

TS. TRINH XUÂN LAI

XỬ LÝ NƯỚC

CẤP CHO SINH HOẠT
VÀ CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



TS. TRỊNH XUÂN LAI

XỬ LÝ NƯỚC

CẤP CHO SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2004

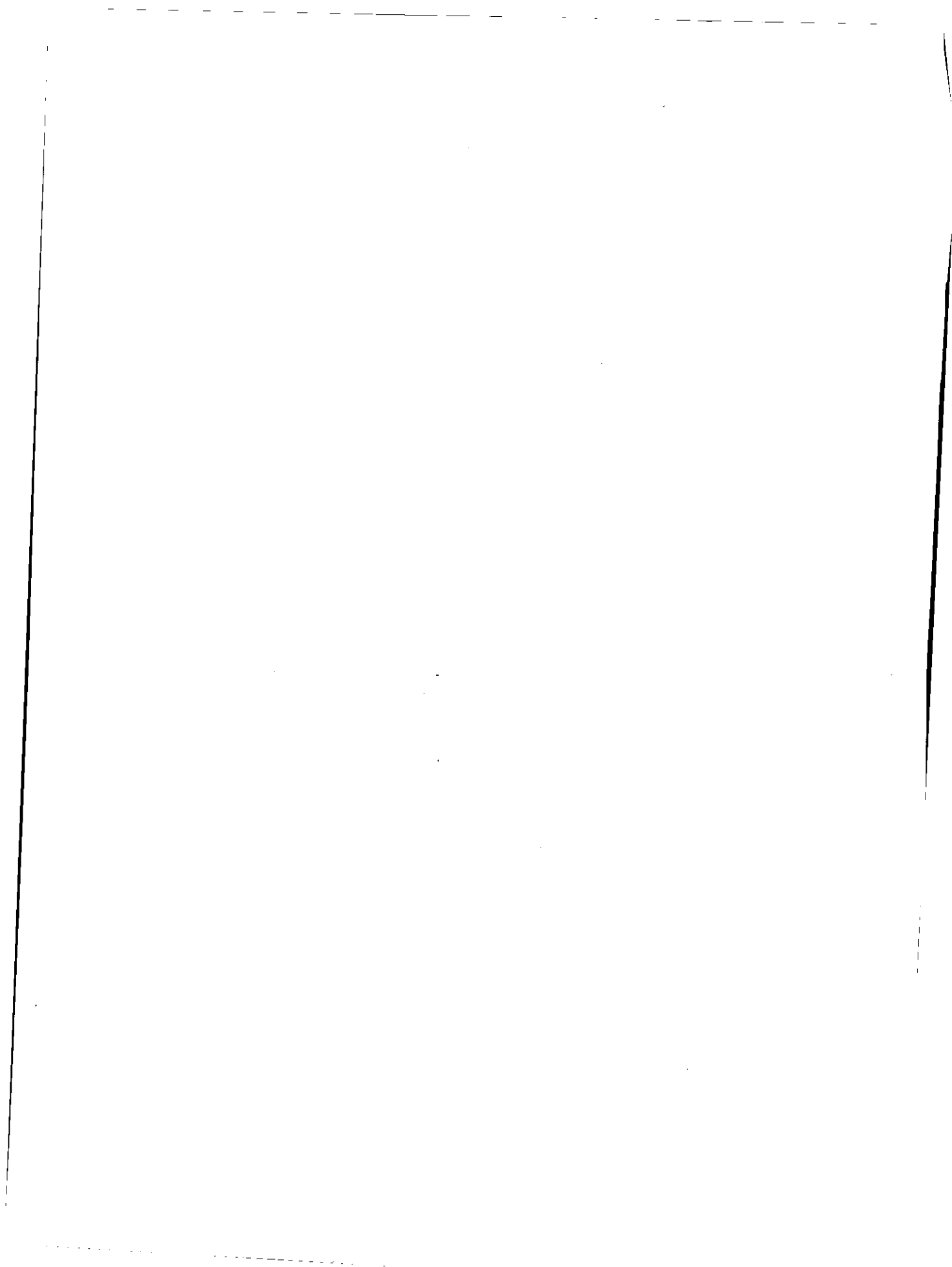
LỜI NÓI ĐẦU

(Cho lần xuất bản thứ hai)

Trong lần xuất bản này, ngoài việc sửa chữa hiệu chỉnh lại những thiếu sót của lần xuất bản trước và lược bỏ phần chứng minh bằng toán học dài dòng không trực tiếp phục vụ cho việc thiết kế và quản lý các nhà máy nước, tác giả còn cho thêm phần tính toán thiết kế các công trình làm nguội nước trong hệ thống cấp nước tuần hoàn. Bổ sung và cập nhật các thông tin về quy trình xử lý arsen, amôni trong hệ thống xử lý nước cấp.

Tác giả gửi lời cảm ơn KS. Nguyễn Trọng Dương Phó Giám đốc Công ty Tư vấn thiết kế xây dựng đã đọc và góp ý cho cuốn sách trước khi xuất bản, rất mong nhận được sự góp ý của bạn đọc để dần dần hoàn chỉnh các nội dung cần thiết. Mọi ý kiến góp ý xin gửi về Nhà xuất bản Xây dựng 37 Lê Đại Hành - Hà Nội.

Tác giả



Chương 1

CHẤT LƯỢNG NƯỚC THIÊN NHIÊN (NGUỒN NƯỚC) DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC

1.1. CÁC LOẠI NGUỒN NƯỚC DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC

Để cung cấp nước sạch, có thể khai thác các nguồn nước thiên nhiên (thường gọi là nước thô) từ *nước mặt*, *nước ngầm*, *nước biển*.

Theo tính chất của nước có thể phân ra: *nước ngọt*, *nước mặn*, *nước lợ*, *nước chua phèn*, *nước khoáng* và *nước mưa*.

Nước mặt: bao gồm các nguồn nước trong các ao, đầm, hồ chứa, sông suối. Do kết hợp từ các dòng chảy trên bề mặt và thường xuyên tiếp xúc với không khí nên các đặc trưng của nước mặt là:

- Chứa khí hoà tan đặc biệt là oxy.
- Chứa nhiều chất rắn lơ lửng, riêng trường hợp nước chứa trong các ao đầm, hồ do xảy ra quá trình lắng cặn nên chất rắn lơ lửng còn lại trong nước có nồng độ tương đối thấp và chủ yếu ở dạng keo.
- Có hàm lượng chất hữu cơ cao.
- Có sự hiện diện của nhiều loại tảo.
- Chứa nhiều vi sinh vật.

Nước ngầm: được khai thác từ các tầng chứa nước dưới đất, chất lượng nước ngầm phụ thuộc vào thành phần khoáng hoá và cấu trúc địa tầng mà nước thấm qua. Do vậy nước chảy qua các địa tầng chứa cát và granit thường có tính axit và chứa ít chất khoáng. Khi nước ngầm chảy qua địa tầng chứa đá vôi thì nước thường có độ cứng và độ kiềm hydrocarbonat khá cao. Ngoài ra đặc trưng chung của nước ngầm là:

- Độ đục thấp.
- Nhiệt độ và thành phần hoá học tương đối ổn định.
- Không có oxy nhưng có thể chứa nhiều khí như: CO_2 , H_2S ...
- Chứa nhiều khoáng chất hoà tan chủ yếu là sắt, mangan, canxi, magie, flo.
- Không có hiện diện của vi sinh vật.

Nước biển: Nước biển thường có độ mặn rất cao (độ mặn ở Thái Bình Dương là 32 - 35g/l). Hàm lượng muối trong nước biển thay đổi tùy theo vị trí địa lý như: cửa sông, gần hay xa bờ, ngoài ra trong nước biển thường có nhiều chất lơ lửng, càng gần bờ nồng độ càng tăng, chủ yếu là các phiêu sinh động thực vật.

Nước lợ: Ở cửa sông và các vùng ven bờ biển, nơi gặp nhau của các dòng nước ngọt chảy từ sông ra, các dòng thấm từ đất liền chảy ra hoà trộn với nước biển. Do ảnh hưởng của thủy triều, mực nước tại chỗ gặp nhau lúc ở mức cao, lúc ở mức thấp và do sự hoà trộn giữa nước ngọt và nước biển làm cho độ muối và hàm lượng huyền phù trong nước ở khu vực này luôn thay đổi và có trị số cao hơn tiêu chuẩn nước cấp cho sinh hoạt và thấp hơn nhiều so với nước biển thường gọi là nước lợ.

Nước khoáng: Khai thác từ tầng sâu dưới đất hay từ các suối do phun trào từ lòng đất ra, nước có chứa một vài nguyên tố ở nồng độ cao hơn nồng độ cho phép đối với nước uống và đặc biệt có tác dụng chữa bệnh. Nước khoáng sau khi qua khâu xử lý thông thường như làm trong, loại bỏ hoặc nạp lại khí CO₂ nguyên chất được đóng vào chai để cấp cho người dùng.

Nước chua phèn: Những nơi gần biển, ví dụ như đồng bằng sông Cửu Long ở nước ta thường có nước chua phèn. Nước bị nhiễm phèn là do tiếp xúc với đất phèn, loại đất này giàu nguyên tố lưu huỳnh ở dạng sunfua hay ở dạng sunfat và một vài nguyên tố kim loại như nhôm, sắt. Đất phèn được hình thành do quá trình kiến tạo địa chất. Trước đây ở những vùng này bị ngập nước và có nhiều loại thực vật và động vật tầng đáy phát triển. Do quá trình bồi tụ, thảm thực vật và lớp sinh vật đáy bị vùi lấp và bị phân huỷ yếm khí, tạo ra các axit mùn hữu cơ làm cho nước có vị chua, đồng thời có chứa nhiều nguyên tố kim loại có hàm lượng cao như nhôm, sắt và ion sunfat.

Nước mưa: Nước mưa có thể xem như nước cất tự nhiên nhưng không hoàn toàn tinh khiết bởi vì nước mưa có thể bị ô nhiễm bởi khí, bụi, và thậm chí cả vi khuẩn có trong không khí. Khi rơi xuống, nước mưa tiếp tục bị ô nhiễm do tiếp xúc với các vật thể khác nhau. Hơi nước gặp không khí chứa nhiều khí oxyt nitơ hay oxyt lưu huỳnh sẽ tạo nên các trận mưa axit.

Hệ thống thu gom nước mưa dùng cho mục đích sinh hoạt gồm hệ thống mái, máng thu gom dẫn về bể chứa. Nước mưa có thể dự trữ trong các bể chứa có mái che để dùng quanh năm.

1.2. TÍNH CHẤT VÀ CÁC CHỈ TIÊU VỀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Chất lượng nước thiên nhiên có thể được phân loại và đánh giá theo các chỉ tiêu sau đây: *các chỉ tiêu lý học, các chỉ tiêu hoá học, các chỉ tiêu vi sinh.*

Để thu được các chỉ tiêu chất lượng nước về lý hoá khi phân tích phản ánh đúng chất lượng của nguồn cấp nước, điều quan trọng là phải tuân theo các quy tắc lấy mẫu nước, bảo quản và vận chuyển.

a) **Đối với nguồn nước mặt:** Mẫu nước phải lấy ở chiều sâu đặt miệng thu nước và không ít hơn 4 mẫu theo các mùa trong năm đặc biệt trong thời kỳ lũ (mực nước trong sông, hồ lên cao nhất) và thời kỳ mực nước trong sông hồ xuống mức thấp nhất.

b) Đối với các hồ chứa nước lớn: Ngoài các điểm quy định trong mục a, còn phải lấy mẫu ngay sau thời kỳ mưa gió gây ra sóng lớn và kéo dài trong hồ chứa. Đối với các cửa sông, phải lấy mẫu trong các đợt thủy triều dâng.

c) Đối với nước ngầm không có áp lực: Số mẫu phân tích theo mùa không ít hơn 4, và đặc biệt là mẫu phân tích ngay sau những đợt mưa lớn và kéo dài.

d) Đối với nước ngầm áp lực (các giếng sâu): Số mẫu cần thiết không ít hơn 2, thời gian lấy mẫu cách nhau 24 giờ trở lên. Trước khi lấy mẫu phải bơm nước liên tục 12 giờ với lưu lượng lớn hơn hoặc bằng 30% lưu lượng dự định khai thác sau này.

Khi đưa mẫu nước về phòng thí nghiệm để phân tích phải kèm theo tờ ghi: địa điểm, ngày giờ lấy mẫu, nhiệt độ nước nguồn, và điều kiện khí hậu trong vòng 10 ngày trước khi lấy mẫu. Để phân tích toàn phần nước, phải lấy mẫu với thể tích 5 lít. Hàm lượng trong nước của khí CO₂, ion sắt hoá trị II, hoá trị III, pH, O₂ và H₂S tốt nhất là xác định ngay tại chỗ sau khi lấy mẫu, các chỉ tiêu còn lại có thể xác định trong phòng thí nghiệm tốt nhất là ngay trong ngày lấy mẫu, nếu không thực hiện được thì phải giữ mẫu trong tủ lạnh nhưng không quá 72 giờ đối với nguồn nước sạch và 48 giờ đối với nguồn nước bị nhiễm bẩn.

1.3. CÁC CHỈ TIÊU LÝ HỌC

1. Nhiệt độ

Nhiệt độ nước là một đại lượng phụ thuộc vào điều kiện môi trường và khí hậu. Nhiệt độ có ảnh hưởng không nhỏ đến các quá trình xử lý nước và nhu cầu tiêu thụ. Nước mặt thường có nhiệt độ thay đổi theo nhiệt độ môi trường. Ví dụ: ở miền Bắc Việt Nam nhiệt độ nước thường dao động từ 13 đến 34°C, trong khi đó nhiệt độ trong các nguồn nước mặt ở miền Nam tương đối ổn định hơn (26 - 29°C).

2. Độ màu

Độ màu thường do các chất bẩn trong nước tạo nên: Các hợp chất sắt, mangan không hoà tan làm nước có màu nâu đỏ; các chất mùn humic gây ra màu vàng; còn các loại thủy sinh tạo cho nước màu xanh lá cây. Nước bị nhiễm bẩn bởi nước thải sinh hoạt hay công nghiệp thường có màu xanh hoặc đen.

Đơn vị đo độ màu thường dùng là độ theo thang màu platin - coban. Nước thiên nhiên thường có độ màu thấp hơn 200 độ (PtCo). Độ màu biểu kiến trong nước thường do các chất lơ lửng trong nước tạo ra và dễ dàng loại bỏ bằng phương pháp lọc. Trong khi đó, để loại bỏ màu thực của nước (do các chất hoà tan tạo nên) phải dùng các biện pháp hoá lý kết hợp.

3. Độ đục

Nước là một môi trường truyền ánh sáng tốt, khi trong nước có các vật lạ như các chất huyền phù, các hạt cặn đất cát, các vi sinh vật... thì khả năng truyền ánh sáng bị

giảm đi. Nước có độ đục lớn chứng tỏ có chứa nhiều cặn bẩn. Đơn vị đo độ đục thường là $\text{mg SiO}_2/\text{l}$, NTU, FTU; trong đó đơn vị NTU và FTU là tương đương nhau. Nước mặt thường có độ đục 20 - 100 NTU, mùa lũ có khi cao đến 500 - 600 NTU. Nước dùng để ăn uống thường có độ đục không vượt quá 5 NTU.

Hàm lượng chất rắn lơ lửng cũng là một đại lượng tương quan đến độ đục của nước.

4. Mùi vị

Mùi trong nước thường do các hợp chất hoá học, chủ yếu là các hợp chất hữu cơ hay các sản phẩm từ các quá trình phân huỷ vật chất gây nên. Nước thiên nhiên có thể có mùi đất, mùi tanh, mùi thối. Nước sau khi khử trùng với các hợp chất clo có thể bị nhiễm mùi clo hay clophenol.

Tuỳ theo thành phần và hàm lượng các muối khoáng hoà tan nước có thể có các vị mặn, ngọt, chát, đắng...

5. Độ nhớt

Độ nhớt là đại lượng biểu thị lực ma sát nội, sinh ra trong quá trình dịch chuyển giữa các lớp chất lỏng với nhau. Đây là yếu tố chính gây nên tổn thất áp lực và do vậy nó đóng vai trò quan trọng trong quá trình xử lý nước. (Độ nhớt tăng khi hàm lượng các muối hoà tan trong nước tăng, và giảm khi nhiệt độ tăng.)

6. Độ dẫn điện

Nước có tính dẫn điện kém. Nước tinh khiết ở 20°C có độ dẫn điện là $4,2 \mu\text{S}/\text{m}$ (tương ứng điện trở $23,8 \text{ M}\Omega/\text{cm}$). Độ dẫn điện của nước tăng theo hàm lượng các chất khoáng hoà tan trong nước; và dao động theo nhiệt độ.

Thông số này thường được dùng để đánh giá tổng hàm lượng chất khoáng hoà tan trong nước.

7. Tính phóng xạ

Tính phóng xạ của nước là do sự phân huỷ các chất phóng xạ có trong nước tạo nên. Nước ngầm thường nhiễm các chất phóng xạ tự nhiên, các chất này có thời gian bán phân huỷ rất ngắn nên nước thường vô hại. Tuy nhiên khi bị nhiễm bán phóng xạ từ nước thải và không khí thì tính phóng xạ của nước có thể vượt quá giới hạn cho phép.

Hai thông số tổng hoạt độ phóng xạ α và β thường được dùng để xác định tính phóng xạ của nước. Trong đó các hạt α bao gồm 2 proton và 2 neutron có năng lượng xuyên thấu nhỏ, nhưng có thể xuyên vào cơ thể sống qua đường hô hấp hoặc tiêu hoá, gây tác hại cho cơ thể do tính ion hoá mạnh. Các hạt β có khả năng xuyên thấu mạnh hơn, nhưng dễ bị ngăn lại bởi các lớp nước và cũng gây tác hại cho cơ thể.

1.4. CÁC CHỈ TIÊU HOÁ HỌC

1. Thành phần ion của nước thiên nhiên

Trong nước thiên nhiên thường chứa các cation và anion như ở bảng (1.2).

Bảng 1.1. Các ion chủ yếu có trong nước thiên nhiên

Cation		Anion	
Tên gọi	Kí hiệu	Tên gọi	Kí hiệu
Hydro	H^+	Hydroxyl	OH^-
Natri	Na^+	Hydrocacbonat	HCO_3^-
Kali	K^+	Clo	Cl^-
Amoni	NH_4^+	Hydrosunfua	HS^-
Canxi	Ca^{2+}	Nitrit	NO_2^-
Magie	Mg^{2+}	Nitrat	NO_3^-
Sắt (hóa trị II)	Fe^{2+}	Flo	F^-
Sắt (hóa trị III)	Fe^{3+}	Sunfat	SO_4^{2-}
Bari	Ba^{2+}	Silicat	SiO_3^{2-}
Nhôm	Al^{3+}	Octophotphat	PO_4^{3-}

Trong đại đa số các trường hợp thành phần ion của nước thiên nhiên được xác định bởi các ion: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Các ion còn lại chiếm số lượng rất bé, tuy đôi khi chúng có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng nước.

(Nước là chất điện phân trung hoà về điện nghĩa là tổng hàm lượng cation biểu thị bằng mg/l phải bằng tổng hàm lượng anion. Quy luật này được sử dụng để kiểm tra sự đúng đắn của bảng phân tích nước. Do trong nước chứa chủ yếu là 7 ion kể trên nên hàm lượng của ion natri và kali được tính theo công thức:

$$(Na^+ + K^+) = (HCO_3^- + SO_4^{2-} + Cl^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Tổng hàm lượng của các chất hoà tan trong nước thường được đánh giá gần đúng bằng lượng cặn sấy khô và lượng cặn nung chảy.

2. Cặn sấy khô

Xác định bằng cách cho bốc hơi 1 thể tích nước đã lọc qua giấy lọc, cặn còn lại sấy ở nhiệt độ 105 - 120°C đến trọng lượng không đổi. Cặn sấy khô biểu thị hàm lượng cặn hoà tan không bay hơi ở trong nước, song thực tế một vài hợp chất ở nhiệt độ 105 - 120°C vẫn còn giữ một lượng nước kết tinh chưa bay hơi trong cấu trúc của nó và cũng ở nhiệt độ này một vài chất hữu cơ đã bị oxy hoá và bay hơi do đó lượng cặn sấy khô chỉ gần đúng biểu thị hàm lượng cặn hoà tan trong nước.

3. Cận nung cháy

Xác định bằng cách nung tiếp cận sấy khô đến nhiệt độ 800°C. Đầu tiên xảy ra quá trình cacbon hoá, sau đó là sự cháy cacbon của các chất hữu cơ và sự bay hơi của hơi ẩm còn lại trong cận sấy khô, đồng thời xảy ra sự phân huỷ một phần cacbonat và khử CO₂. Vì thế lượng cận nung cháy không thể biểu thị chính xác tổng hàm lượng muối trong nước.

Tổng hàm lượng muối trong nước được xác định chính xác bằng cách cộng các hàm lượng thành phần của cation và anion khi phân tích nước.

4. Độ oxy hoá của nước

Độ oxy hoá của nước do các hợp chất hữu cơ và một vài chất vô cơ dễ bị oxy hoá như (H₂S, Fe⁺² tạo nên). Độ oxy hoá của nước thiên nhiên dao động trong giới hạn lớn từ một vài mg/l O₂ trong nước ngầm đến 60 mg/l O₂ trong nước sông. Nước của các đầm lầy có khi độ oxy hoá đạt đến hàng trăm mg/l O₂. Trong thực tế phân tích hoá nước độ oxy hoá biểu thị bằng mg KMnO₄ (pecmanganat kali) cần để oxy hoá chất hữu cơ và một vài chất vô cơ dễ bị oxy hoá trong 1 lít nước hoặc biểu thị bằng số miligam oxy.

Độ oxy hoá 1 mg/O₂ tương ứng với 0,253 mg/l KMnO₄.

5. Ion sunfat và clorua

Có trong tất cả các loại nước thiên nhiên dưới dạng muối của canxi, natri (CaCl₂, CaSO₄, MgCl₂, MgSO₄, NaCl, KCl). Nếu trong nước đồng thời có SO₄²⁻ > 250 mg/l và Cl⁻ từ 50 - 3000 mg/l thì nước có tính xâm thực đối với bê tông và xi măng pooclang. Khi nghiên cứu các quá trình công nghệ xử lý nước cần phải tính đến ảnh hưởng của nồng độ Cl⁻ và SO₄²⁻, đến sự nâng cao độ hoà tan của một số hợp chất trong nước (CaSO₄, CaCO₃, Mg(OH)₂, Al(OH)₃, Fe(OH)₃), do tăng lực ion của dung dịch và giảm độ hoạt tính của ion.

6. Các hợp chất của axit silixic

Các hợp chất của axit silixic rất phổ biến trong nước thiên nhiên và dao động trong giới hạn từ vài phần mười đến hàng chục mg/l.

Phụ thuộc vào pH của nước, các hợp chất của axit silixic có thể tồn tại ở dạng keo hay dạng ion hoà tan. Sự có mặt hợp chất axit silixic trong nước cấp cho các nồi hơi áp lực cao gây ra nguy hiểm do tạo nên lắng đọng silicat trên thành nồi hơi và cánh quạt của tuabin.

7. Các hợp chất chứa nitơ

Ion NH₄⁺, nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻) dùng làm chỉ tiêu đánh giá độ nhiễm bẩn của nước do nước thải sinh hoạt gây ra. Sự tồn tại trong nước của các hợp chất amoni (NH₄⁺)

$$\mu = \frac{1}{2} (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_n Z_n^2)$$

Trong đó: C_1, C_2, C_n - nồng độ thực của các ion trong nước (iong/l);
 Z_1, Z_2, \dots, Z_n - hoá trị của các ion tương ứng.

Đối với nước có tổng hàm lượng muối dưới 1000 mg/l, lực ion μ có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$\mu = \frac{P}{40} \cdot 10^{-3} = 0,000022P$$

Trong đó: P - tổng hàm lượng muối của nước (mg/l).

Khi biết lực ion của dung dịch μ , hệ số hoạt hoá của ion được tính theo công thức:

$$f_i = \frac{AZ_i^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}} \quad (1.4)$$

Trong đó: A - hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ và có các giá trị sau:

t(°K)	273	288	298	303	313	323
A	0,488	0,500	0,509	0,514	0,524	0,535

Đối với dung dịch loãng lực ion của dung dịch $\mu \leq 0,01$, có thể dùng công thức đơn giản để xác định hệ số hoạt hoá:

$$\lg f_i = -0,5 \cdot Z_i^2 \sqrt{\mu} \quad (1.5)$$

Trong các quy trình công nghệ xử lý nước để khử một chất nào đó ra khỏi nước thường áp dụng các biện pháp hoá học để biến nó thành hợp chất khó tan và tạo thành cặn dễ lắng và lọc.

Nếu do kết quả của phản ứng hoá học giữa các ion A và B tạo ra hợp chất khó tan $A_n B_m$:



thì theo định luật tác dụng khối lượng liên hệ giữa nồng độ còn lại của các ion A, B trong dung dịch ở trạng thái cân bằng với nồng độ của hợp chất khó tan $A_n B_m$ mới được tạo thành, có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$\frac{(A)^n (B)^m}{[A_n B_m]} = \frac{f_A^n [A]^n f_B^m [B]^m}{[A_n B_m]} = K$$

hay:

$$(A)^n (B)^m = f_A^n [A]^n f_B^m [B]^m = K [A_n B_m] = S_{A_n B_m} \quad (1.7)$$

Quy ước: nồng độ thực của ion biểu diễn trong móc vuông $[Ca^{2+}]$ còn nồng độ hoạt tính biểu diễn bằng móc tròn (Ca^{2+}) hoặc bằng chữ a_i ($a_{Ca^{2+}}$).

Ở mỗi nhiệt độ nhất định nồng độ của hợp chất khó tan A_nB_m trong dung dịch thực tế không thay đổi và tích số $K[A_nB_m] = S_{A_nB_m}$ gọi là tích số hoà tan của hợp chất A_nB_m . Như vậy $S_{A_nB_m}$ là một hằng số nhiệt động và chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của dung dịch.

Khi biết giá trị bằng số của tích số hoà tan của một hợp chất có thể tính độ hoà tan của chất đó trong nước khi biết lực ion và hệ số hoạt hoá của các ion trong dung dịch.

Nếu hợp chất gồm một cation A và một anion B (Ví dụ: AgCl, MgSO₄, CaCO₃) thì độ hoà tan M tính theo công thức:

$$a_A a_B = f_A [C_A] \cdot f_B [C_B] = f^2 [C_A][C_B] = S_{AB}$$

$$M = [C_A] = [C_B] = \frac{1}{f} \sqrt{S_{AB}}, \text{ (iong/l)} \quad (1.8)$$

Trường hợp hợp chất gồm hai ion A và một ion B:

$$S_{A_2B} = C_A^2 C_B f_1^2 f_2 \quad (1.9)$$

Trong đó: f_2 - hệ số hoạt hoá của ion hai điện tích (B);

f_1 - hệ số hoạt hoá của ion một điện tích (A).

Độ hoà tan của hợp chất này bằng nồng độ thực của ion B.

$$M_2 = [C_B] ; [C_A] = 2[C_B] = 2M_2 \quad (1.9)$$

do đó: $S_{A_2B} = (2M_2)^2 M_2 f_1^2 f_2 \quad (1.9a)$

hay: $M_2 = [C_B] = \sqrt[3]{\frac{S_{A_2B}}{4f_1^2 f_2}} \quad (1.10)$

Công thức này cũng đúng với hợp chất loại AB₂.

Đối với hợp chất loại A₃B có thể viết:

$$[C_A] = 3[C_B] = 3M_3 \quad (1.9b)$$

$$S_{A_3B} = (3M_3)^3 M_3 f_1^3 f_3$$

hay: $M_3 = [C_B] = \sqrt[4]{\frac{S_{A_3B}}{27f_1^3 f_3}} \quad (1.11)$

Đối với hợp chất loại A_nB_m

$$a_A^n a_B^m = f_A^n [C_A]^n f_B^m [C_B]^m = S_{A_nB_m}$$

Trong trường hợp này:

$$M_n = \frac{[C_A]}{n} = \frac{[C_B]}{m} \quad \text{và} \quad [C_A] = \frac{n}{m} [C_B] ; [C_B] = \frac{m}{n} [C_A]$$

ta nhận được:

$$M_n = {}^{m+n} \sqrt{\frac{S_{A_n B_m}}{f_A^n f_B^m m^n n^m}} \quad (1.12)$$

$$[C_A] = {}^{m+n} \sqrt{\frac{S_{A_n B_m} \cdot n^m}{f_A^n f_B^m m^n}} \quad (1.13)$$

$$[C_B] = {}^{m+n} \sqrt{\frac{S_{A_n B_m} \cdot m^n}{f_A^n f_B^m n^m}} \quad (1.14)$$

10. Chỉ tiêu nồng độ ion hydro và trị số pH của nước

Một phần các phân tử nước phân ly thành ion theo phương trình:



theo định luật tác dụng khối lượng thì:

$$\frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = K$$

Bởi vì chỉ có một phần rất nhỏ (xấp xỉ 1 phần 10 triệu) các phân tử nước phân ly nên nồng độ các phân tử nước không phân ly trong 1 lít có thể coi là một trị số không đổi nên:

$$f_{H^+}[H^+]f_{OH^-}[OH^-] = K[H_2O] = K_w \quad (1.15)$$

Hằng số K_w được gọi là tích số ion của nước, giá trị bằng số của nó cho trong bảng (1.2). Trong bảng cũng ghi cả giá trị pK_w .

$$pK_w = -\lg(K_w)$$

Ở đây: p - kí hiệu âm logarit

Trong nước sạch, về hoá học 1 phân tử nước phân ly thành 1 ion H^+ và 1 ion OH^- , bởi vì cả 2 ion hoá trị 1 nên $f_{H^+} = f_{OH^-}$ và $f_{H^+}[H^+] = f_{OH^-}[OH^-]$ từ đó $[f_{H^+}[H^+]]^2 = K_w$.

Ở nhiệt độ $25^\circ C$, $K_w = 10^{-14}$, nồng độ hoạt hoá của ion H^+ bằng:

$$(H^+) = f_{H^+}[H^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

$$-\lg(H^+) = pH = 7$$

Đối với nước sạch về hoá học ở nhiệt độ $25^\circ C$; $pH = 7$.

Từ phương trình (1.15) ta có:

$$\lg\{f_{H^+}[H^+]\} + \lg\{f_{OH^-}[OH^-]\} = \lg K_w$$

$$pH + pOH = pK_w \quad (1.16)$$

Theo công thức (1.16) biết giá trị pH của nước, sử dụng bảng (1.2) có thể tính nồng độ của ion OH⁻.

Bảng 1.2. Các giá trị tích số ion của nước

Nhiệt độ (°C)	K _w .10 ¹⁴	pK _w	Nhiệt độ (°C)	K _w .10 ¹⁴	pK _w
0	0,11	14,96	60	9,55	13,02
10	0,30	14,53	70	15,80	12,80
20	0,69	14,16	80	25,10	12,60
25	1,00	14,00	90	38,00	12,42
30	1,48	13,83	100	55,00	12,26
40	2,95	13,53	150	234,00	11,63
50	5,50	13,26	200	550,00	11,26

Trong dung dịch nước, axit phân ly thành ion H⁺ (ví dụ HCl ⇌ Cl⁻ + H⁺) còn kiềm phân ly thành ion OH⁻ (ví dụ: NaOH ⇌ Na⁺ + OH⁻), vì thế nồng độ axit trong dung dịch càng lớn thì nồng độ ion H⁺ càng lớn và pH của dung dịch càng bé; ngược lại nồng độ của chất kiềm trong dung dịch càng lớn, nồng độ ion OH⁻ càng lớn và nồng độ ion H⁺ càng bé thì pH càng lớn. Do đó pH là chỉ tiêu để đo độ axit của dung dịch, đồng thời pH là một chỉ tiêu quan trọng dùng để kiểm tra các quá trình làm mềm, khử muối, khử sắt và nhiều quy trình công nghệ xử lý khác.

11. Các hợp chất của axit cacbonic

Các hợp chất của axit cacbonic trong nước ảnh hưởng rất lớn đến các quá trình công nghệ xử lý nước, chúng có thể tồn tại dưới dạng phân tử không phân ly của axit cacbonic H₂CO₃ (tuy chỉ gần 0,2%), dưới dạng phân tử khí cacbonic hoà tan CO₂, phân ly thành ion hydrocacbonat HCO₃⁻ và cả dưới dạng ion cacbonat CO₃²⁻ khi pH ≥ 8,4. Axit cacbonic là axit 2 gốc và có 2 bậc phân ly:



Phản ứng (1.17) chuyển dịch rất mạnh về phía trái. Trong tổng hàm lượng axit cacbonic H₂CO₃ hoà tan trong nước, chỉ gần 0,2% tồn tại ở dạng H₂CO₃, còn 99,8% tồn tại ở dạng CO₂, vì vậy sẽ không gây ra sai số đáng kể khi coi nồng độ CO₂ hoà tan trong nước là nồng độ của cả CO₂ + H₂CO₃.

Theo định luật tác dụng khối lượng, trạng thái cân bằng của các phản ứng phân ly được đặc trưng bằng các hằng số phân ly:

$$K_1 = \frac{f_{H^+} [H^+] f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]}{[CO_2]} \quad (1.18)$$

$$K_2 = \frac{f_{H^+} [H^+] f_{HCO_3^{2-}} [CO_3^{2-}]}{f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]} \quad (1.19)$$

Giá trị bằng số của các hằng số K_1 và K_2 cho trong bảng (1.3).

Chú ý rằng: $f_{H^+} = f_{HCO_3^-} = f_1$ và $f_{CO_3^{2-}} = f_2$

Từ phương trình (1.18) rút ra:

$$[HCO_3^-] = \frac{K_1}{[H^+] f_1^2} [CO_2] \quad (1.20)$$

và từ (1.19) và (1.20) ta có:

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_2}{[H^+] f_2} [HCO_3^-] = \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2 f_1^2 f_2} [CO_2] \quad (1.21)$$

Bảng 1.3. Giá trị của hằng số phân ly bậc một K_1 và bậc hai K_2 của axit cacbonic

Nhiệt độ của nước (°C)	$K_1 \cdot 10^7$	pK_1	$K_2 \cdot 10^{11}$	pK_2
5	3,04	6,517	2,77	10,577
10	3,43	6,464	3,24	10,490
15	3,80	6,419	3,71	10,430
20	4,15	6,381	4,20	10,377
25	4,45	6,352	4,69	10,329
30	4,71	6,327	5,13	10,290
40	5,06	6,298	6,03	10,220
50	5,16	6,287	6,73	10,172
60	5,02	6,299	7,20	10,143
70	4,69	6,329	7,52	10,124
80	4,21	6,376	7,55	10,122

Tổng hàm lượng của các hợp chất cacbonic xác định bằng tổng:

$$q_{CO_2} = [CO_2] \left(1 + \frac{K_1}{[H^+] f_1^2} + \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2 f_1^2 f_2} \right) = \varphi [CO_2] \quad (1.22)$$

Trong đó:
$$\varphi = \left(1 + \frac{K_1}{[H^+] f_1^2} + \frac{K_1 K_2}{[H^+]^2 f_1^2 f_2} \right) \quad (1.23)$$

Từ phương trình (1.22) rút ra:

$$[\text{CO}_2] = \frac{q_{\text{CO}_2}}{\varphi} \quad (1.24)$$

Thay (1.24) vào phương trình (1.20) và (1.21) ta có:

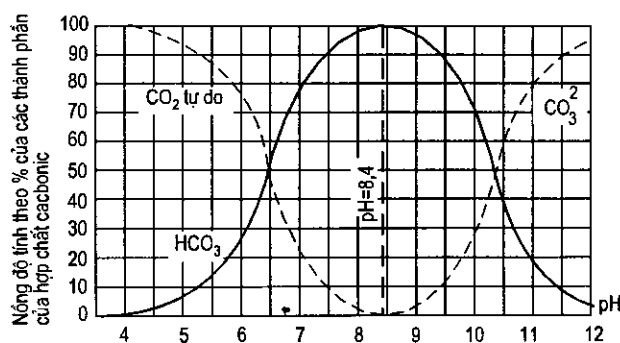
$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_1 q_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+] f_1^2 \varphi} ; \quad [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{K_1 K_2 q_{\text{CO}_2}}{[\text{H}^+]^2 f_1^2 f_2 \varphi} \quad (1.25)$$

Công thức (1.24) và (1.25) cho phép xác định số lượng bằng phần trăm của mỗi dạng hợp chất cacbonic so với tổng hàm lượng của chúng ở trong nước theo các trị số pH và nhiệt độ của nước.

Bảng 1.4. Ghi các giá trị hàm lượng tương đối của mỗi ion thay đổi theo các trị số pH của nước ở nhiệt độ 25°C

pH	$\Sigma = ([\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{CO}_3]) \%$	$[\text{HCO}_3^-] \%$	$[\text{CO}_3^{2-}] \%$
4	99,6	0,4	
5	95,7	4,3	
6	69,0	31,0	0,0015
7	18,2	81,8	0,0394
8	2,16	97,37	0,466
9	0,21	95,23	4,56
10	0,015	67,56	32,42
11	0,0038	17,20	82,80
12	-	2,04	97,96

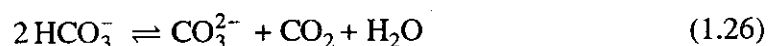
Từ số liệu ghi trong bảng (1.4) vẽ được biểu đồ các thành phần hợp chất cacbonic trong nước (hình 1.1).



Hình 1.1: Biểu đồ thành phần CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} phụ thuộc vào pH của nước ở nhiệt độ 25°C

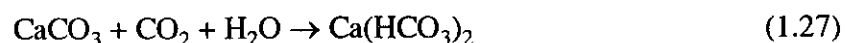
Từ bảng (1.4) và biểu đồ (1.1) thấy rõ rằng khi $\text{pH} \leq 4$ trong nước chỉ tồn tại duy nhất có CO_2 , khi $\text{pH} \leq 8,4$ trong nước có CO_2 và HCO_3^- , khi $\text{pH} > 8,4$ lượng CO_2 biến đi và trong nước song song tồn tại ion HCO_3^- và CO_3^{2-} , khi $\text{pH} > 12$ trong nước duy nhất chỉ có ion CO_3^{2-} .

Trong dung dịch nước luôn tồn tại trạng thái cân bằng giữa các dạng hợp chất của axit cacbonic theo phương trình:

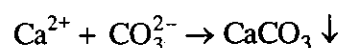


Từ phương trình (1.26) có thể rút ra kết luận: Để đảm bảo trong nước chứa một lượng ion hydrocacbonat (HCO_3^-) cần thiết nào đó, phải có một lượng CO_2 tương ứng với nó cùng tồn tại trong nước. Lượng cacbonic (CO_2) tự do hoà tan trong nước cần thiết để giữ cân bằng với lượng ion hydrocacbonat (HCO_3^-) theo phương trình (1.26) gọi là lượng CO_2 cân bằng.

Nếu lượng CO_2 có trong nước vượt quá lượng CO_2 cân bằng, phương trình (1.26) chuyển dịch về phía trái và khi tiếp xúc với vật cứng có chứa muối cacbonat (Ví dụ: CaCO_3 , MgCO_3 ...) sẽ hoà tan nó theo phản ứng:



Nước có hàm lượng CO_2 tự do vượt quá lượng CO_2 cân bằng gọi là nước xâm thực. Ngược lại nếu hàm lượng CO_2 của nước thấp hơn lượng CO_2 cân bằng thì phương trình (1.26) chuyển dịch về phía phải. Một lượng ion HCO_3^- sẽ bị phân huỷ để tạo thành CO_2 và CO_3^{2-} . Tăng nồng độ của ion CO_3^{2-} vượt quá nồng độ cân bằng của chúng đối với ion canxi Ca^{2+} hoà tan trong nước sẽ xảy ra phản ứng:



Cacbonat canxi là hợp chất khó tan và sẽ bị lắng đọng khi vận chuyển nước theo đường ống, khi chứa trong bể chứa, hay trên bề mặt các bể lọc...

Nước có hàm lượng CO_2 cân bằng gọi là nước ổn định.

Để rút ra công thức tính toán lượng CO_2 cân bằng trong nước ta giải phối hợp phương trình (1.18), (1.19) và phương trình cân bằng của phản ứng (1.26).

$$\frac{f_{\text{HCO}_3^-}^2 [\text{HCO}_3^-]^2}{f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] [\text{CO}_2]} = K_a \quad (1.28)$$

Trong đó: $f_{\text{HCO}_3^-}$, $f_{\text{CO}_3^{2-}}$ - hệ số hoạt hoá của các ion tương ứng;

K_a - hằng số cân bằng.

Chia phương trình (1.18) cho phương trình (1.19) ta có:

$$\frac{f_{\text{HCO}_3^-}^2 [\text{HCO}_3^-]^2}{f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{CO}_2]} = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.29)$$

Từ phương trình (1.28) và (1.29) rút ra:

$$K_a = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.30)$$

Vấn đề chúng ta đề cập đến ở đây là trạng thái cân bằng của các hợp chất cacbonic, nên nồng độ của ion canxi (Ca^{2+}) và ion cacbonat (CO_3^{2-}) hoà tan trong nước sẽ tương ứng với tích số hoà tan của CaCO_3 theo phương trình:

$$f_{\text{Ca}^{2+}} [\text{Ca}^{2+}] f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] = S_{\text{CaCO}_3} \quad (1.31)$$

hay:

$$f_{\text{CO}_3^{2-}} [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{S_{\text{CaCO}_3}}{f_{\text{Ca}^{2+}} [\text{Ca}^{2+}]} \quad (1.32)$$

Thay thế trị số $[\text{CO}_3^{2-}]$ trong phương trình (1.29) bằng trị số của nó theo phương trình (1.32) ta có:

$$\frac{f_{\text{HCO}_3^-}^2 [\text{HCO}_3^-]^2}{\frac{S_{\text{CaCO}_3}}{f_{\text{Ca}^{2+}} [\text{Ca}^{2+}]} [\text{CO}_2]_{\text{cb}}} = \frac{K_1}{K_2} \quad (1.33)$$

Giải phương trình (1.33) đối với CO_2 ta tìm được nồng độ CO_2 cân bằng trong nước:

$$[\text{CO}_2]_{\text{cb}} = \frac{K_2}{K_1 S_{\text{CaCO}_3}} f_{\text{HCO}_3^-}^2 f_{\text{Ca}^{2+}} [\text{HCO}_3^-]^2 [\text{Ca}^{2+}] \quad (1.34)$$

Lấy logarit phương trình (1.34) và thay vào nó giá trị của hệ số hoạt hoá theo công thức (1.5) ta có:

$$\lg[\text{CO}_2]_{\text{cb}} = pK_1 - pK_2 + pS_{\text{CaCO}_3} + 2\lg(\text{HCO}_3^-) + \lg(\text{Ca}^{2+}) - 3\sqrt{\mu} - 5,96, \quad (1.35)$$

Trong đó: $pK_1 = -\lg K_1$, $pK_2 = -\lg K_2$; $pS_{\text{CaCO}_3} = -\lg S_{\text{CaCO}_3}$.

Từ công thức (1.35) ta thấy:

Nồng độ cân bằng của CO_2 trong nước phụ thuộc các yếu tố sau:

a) Nhiệt độ của nước, bởi vì các hằng số K_1 , K_2 , S_{CaCO_3} chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Giá trị hằng số cho trong bảng (1.5) và (1.3).

b) Nồng độ ion HCO_3^- tức là độ kiềm toàn phần của nước khi $\text{pH} < 8,4$.

c) Nồng độ ion Ca^{2+} trong nước.

d) Tổng hàm lượng muối của nước, vì lực ion μ của dung dịch phụ thuộc vào tổng hàm lượng muối.

Bảng 1.5. Giá trị của tích số hoà tan S_{CaCO_3}

Nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
$S_{\text{CaCO}_3} \cdot 10^9$	9,51	7,05	5,22	3,93	3,03	2,37	1,83	1,35	1,002
pS_{CaCO_3}	8,022	8,152	8,282	8,406	8,518	8,625	8,738	8,870	8,992

Từ bảng 1.4 và biểu đồ (1.1) ta thấy rằng khi $\text{pH} \leq 8,4$ tổng độ kiềm của nước bằng nồng độ ion HCO_3^- và trong nước chỉ tồn tại CO_2 và HCO_3^- . Do đó giải phương trình phân ly bậc 1 của axit cacbonic (1.18) ta có thể tìm được tổng hàm lượng CO_2 tự do hoà tan trong nước. Từ (1.18) ta có:

$$[\text{CO}_2] = \frac{f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] f_{\text{HCO}_3^-} [\text{HCO}_3^-]}{K_1} \quad (1.36)$$

Chú ý rằng:

$$f_{\text{HCO}_3^-} = f_1$$

$$\lg f_1 = -0,5 \sqrt{\mu}$$

$$f_1 = 10^{-0,5\sqrt{\mu}} ;$$

$$-\lg f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = \text{pH}$$

$$f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$[\text{HCO}_3^-] = K_1$ - độ kiềm của nước tính bằng (mdlg/l);

CO_2 - hàm lượng CO_2 tự do có trong nước tính bằng (mg/l);

μ - lực ion của dung dịch tính theo công thức (1.2) hay (1.3).

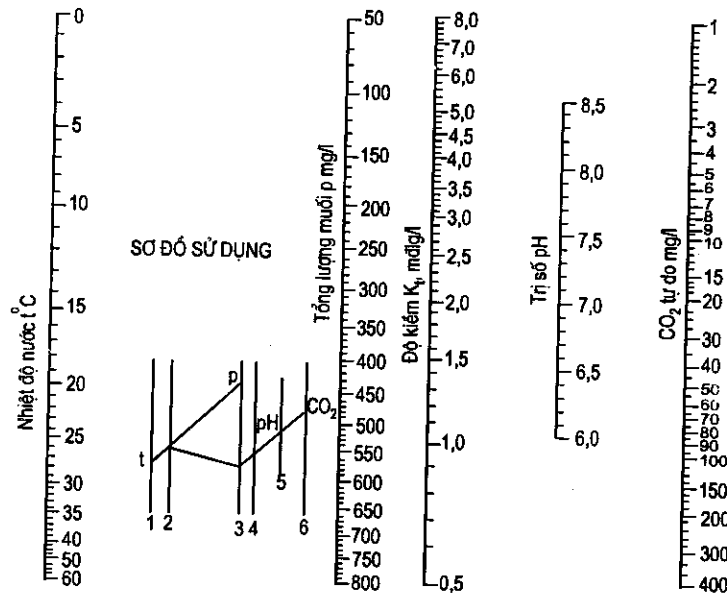
Từ (1.36) ta có:

$$\text{CO}_2 = \frac{44K_1}{K_1 \cdot 10^{\text{pH} + 0,5\sqrt{\mu}}} \quad (1.37)$$

Khi tính toán không đòi hỏi độ chính xác cao, để đơn giản quá trình tính toán có thể xác định lượng CO_2 tự do theo biểu đồ hình 1.2 được thành lập theo công thức (1.37).

Để đánh giá độ ổn định của nước nguồn ta so sánh hàm lượng CO_2 tự do thực tế có trong nước tính theo công thức (1.37) với lượng CO_2 cân bằng tính theo công thức (1.35).

Trong thực tế thường dùng phương pháp đo Langelier đề nghị. Dựa vào tài liệu phân tích hoá học tính ra trị số pH của nước tương ứng với trạng thái cân bằng của các hợp chất cacbonic, được gọi là pH bão hoà cân bằng cacbonat canxi, kí hiệu là pH_s .



Hình 1.2: Biểu đồ để xác định hàm lượng CO_2 tự do trong nước

Khi nước ổn định $pH = pH_s$ và lượng CO_2 tự do đúng bằng lượng CO_2 cân bằng $(CO_2)_{cb} = (CO_2)_{td}$. Từ công thức (1.34) và (1.36) ta có:

$$\frac{K_2}{K_1 S_{CaCO_3}} f_{HCO_3^-}^2 f_{Ca^{2+}} [HCO_3^-]^2 [Ca^{2+}] = \frac{f_{HCO_3^-} f_{H^+} [H^+]}{K_1} [HCO_3^-] \quad (1.38)$$

$$\frac{K_2}{S_{CaCO_3}} f_{HCO_3^-} f_{Ca^{2+}} [HCO_3^-] [Ca^{2+}] = f_{H^+} [H^+] \quad (1.38a)$$

Lấy logarit phương trình (1.38a) ta nhận được:

$$-\lg(f_{H^+} [H^+]) = -\lg K_2 + \lg S_{CaCO_3} - \lg [HCO_3^-] - \lg [Ca^{2+}] - \lg f_{HCO_3^-} - \lg f_{Ca^{2+}}$$

$$\text{vì } -\lg f_{HCO_3^-} = 0,5\sqrt{\mu}; \quad -\lg f_{Ca^{2+}} = 2\sqrt{\mu}; \quad -\lg [HCO_3^-] = -\lg(K_1)$$

$$-\lg K_2 = pK_2; \quad -\lg S_{CaCO_3} = pS_{CaCO_3}; \quad -\lg(f_{H^+} [H^+]) = pH_s$$

$$\text{ta có: } pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg [Ca^{2+}] - \lg(K_1) + 2,5\sqrt{\mu} \quad (1.39)$$

Nếu hàm lượng ion Ca^{2+} tính bằng mg/l, độ kiềm K_1 tính bằng mdg/l, thì công thức (1.39) có dạng:

$$pH_s = pK_2 - pS_{CaCO_3} - \lg[Ca^{2+}] - \lg(K_i) + 2,5\sqrt{\mu} + 7,6 \quad (1.40)$$

Công thức (1.40) được dùng để tính trị số pH_s của nước có tổng hàm lượng muối nhỏ hơn hoặc bằng 1000 mg/l (vì khi rút ra công thức tính pH_s đã áp dụng công thức tính hệ số hoạt hoá (1.5) ứng với hàm lượng muối < 1000mg/l và khi nước có trị số pH nhỏ hơn 10 (vì dùng phương trình phân ly bậc 1 và coi tổng độ kiềm là hàm lượng ion HCO_3^-). Khi tổng hàm lượng muối lớn hơn 1000 mg/l tốt nhất là dùng công thức (1.4) để rút ra hệ số hoạt hoá của các ion rồi từ đó tính tiếp để tìm ra công thức tính pH_s của nước.

Công thức (1.40) có thể viết dưới dạng kí hiệu:

$$pH_s = f_1(t^\circ) - f_2(Ca^{2+}) - f_3(K_i) + f_4(P) \quad (1.41)$$

Trong đó: $f_1(t^\circ)$ - hàm số nhiệt độ của nước;

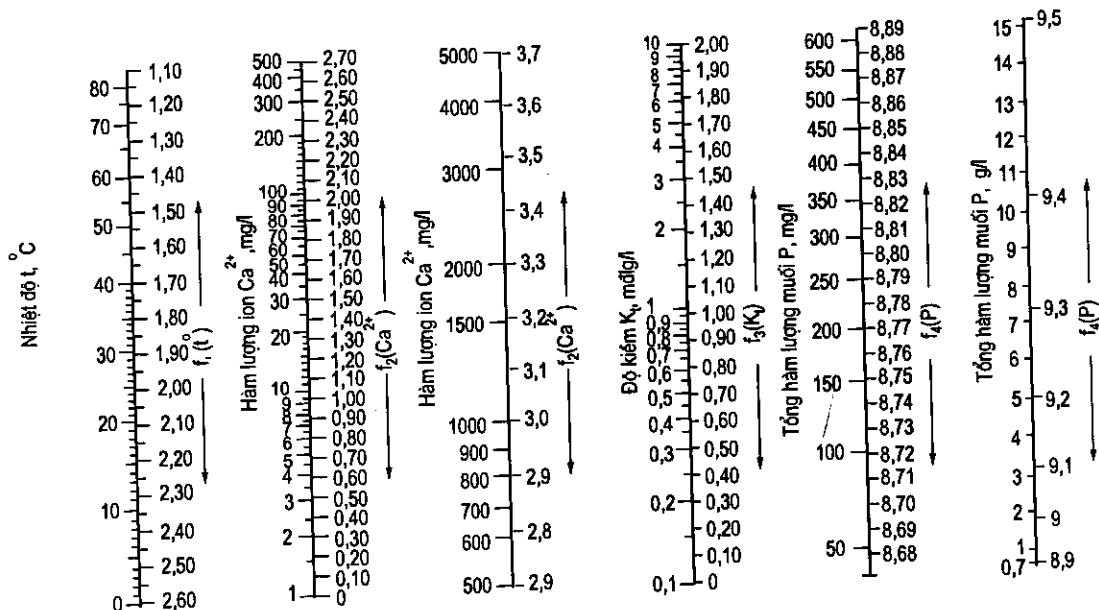
$$f_1(t^\circ) = pK_2 - pS_{CaCO_3};$$

$f_2(Ca^{2+})$ - hàm số hàm lượng của ion Ca^{2+} trong nước;

$f_3(K_i)$ - hàm số độ kiềm của nước;

$f_4(P)$ - hàm số tổng hàm lượng muối của nước.

Để thuận tiện cho tính toán người ta lập biểu đồ như trên hình 1.3.



Hình 1.3: Biểu đồ để tính trị số pH_s

Khi tính trị số pH_s ta cộng đại số các giá trị hàm số tìm được trên biểu đồ theo công thức (1.41).

Sau khi tính được trị số pH_s theo công thức (1.40) hoặc (1.41) ta đem so sánh với giá trị thực của pH đo được để đánh giá độ ổn định của nước.

Nếu pH nhỏ hơn pH_s , trong nước có hàm lượng CO_2 lớn hơn giá trị cân bằng, nó sẽ hoà tan $CaCO_3$ trong các vật cứng khi tiếp xúc với nước (ví dụ các móng tường bê tông, ống dẫn nước bê tông cốt thép, kè đập...). Nước có độ pH < pH_s không có khả năng tạo trên thành ống thép, gang màng bảo vệ cacbonat, do đó khi nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại, oxy hoà tan trong nước sẽ làm gỉ ống. Ngược lại, nếu pH lớn pH_s hàm lượng CO_2 tự do trong nước không đủ để cân bằng và nếu nước có độ cứng lớn sẽ xảy ra sự lắng đọng cặn $CaCO_3$ trên thành ống. Cần chú ý rằng, quan hệ giữa pH và pH_s không phải đã xác định hoàn toàn tính ăn mòn của nước đối với bê tông và kim loại mà chỉ xác định tính chất xâm thực của nước do CO_2 gây ra mà thôi.

Langelier đề nghị biểu thị tính chất ổn định của nước bằng chỉ số bão hoà, thường được gọi là *chỉ số Langelier*. Giá trị bằng số tính theo công thức:

$$I = pH - pH_s \quad (1.42)$$

Nếu $pH > pH_s$, $I > 0$: nước không có tính xâm thực;

$pH < pH_s$, $I < 0$: nước xâm thực;

$pH = pH_s$, $I = 0$: nước ổn định.

Để xác định chỉ số ổn định có thể dùng phương pháp thực nghiệm trực tiếp (trình bày trong chương xử lý ổn định nước).

12. Độ kiềm của nước

Tổng hàm lượng của các ion hydrocacbonat (HCO_3^-), cacbonat (CO_3^{2-}), hydroxyl (OH^-) và ion muối của các axit yếu khác (photphat, silicat, và các axit muối hữu cơ) là độ kiềm toàn phần của nước (kí hiệu bằng K_T).

Độ kiềm của nước thiên nhiên có độ pH < 8,4 chính là lượng ion hydrocacbonat HCO_3^- , đôi khi cả hợp chất của các axit hữu cơ. Độ kiềm của nước khi làm mềm bằng phương pháp trao đổi ion trên các bề Na-cationit cũng được xác định bằng lượng ion HCO_3^- đôi khi cả hợp chất của axit hữu cơ nếu nó tồn tại trong nước nguồn.

Độ kiềm của nước làm mềm bằng vôi, soda (Na_2CO_3) được xác định bằng lượng ion hydroxyl (OH^-), cacbonat (CO_3^{2-}) và muối của các axit hữu cơ, đôi khi bằng lượng cacbonat và hydrocacbonat.

Độ kiềm là một chỉ tiêu quan trọng trong công nghệ xử lý nước. Để xác định độ kiềm thường dùng phương pháp chuẩn độ mẫu nước thử bằng axit clohydric (HCl) hay axit sulfuric (H_2SO_4) và theo dõi theo chất chỉ thị màu, đầu tiên là phenolphthalein sau đó là metyloran.

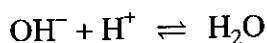
Phenolphthalein khi chuẩn độ chuyển từ màu hồng sang không màu ứng với trị số pH của dung dịch từ 8,2 - 8,4 (pH > 8,4 màu hồng; pH < 8,4 không màu). Khi chuẩn độ với phenoltalein phải rỏ từ từ vào mẫu nước từng giọt HCl hay H_2SO_4 và ngừng lại tại thời

điểm khi mẫu nước chuyển từ màu hồng sang không màu. Lượng axit tiêu thụ tính ra mđlg/l chính là độ kiềm theo phenoltalein.

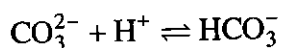
Sau đó rót vào mẫu nước chất chỉ thị metyloran, khi $\text{pH} < 3,7 - 4$ chuyển sang màu hồng. Nếu so sánh các tính chất của các chất chỉ thị màu với biểu đồ hình (1.1) thì có thể khẳng định rằng: sự chuyển màu của phenoltalein khi chuẩn độ bằng axit tương ứng với thời điểm trong nước biến mất hoàn toàn ion CO_3^{2-} và các hợp chất của axit cacbonic được xác định bằng tổng hàm lượng của HCO_3^- và CO_2 . Còn metyloran đổi màu ứng với thời điểm biến mất HCO_3^- và trong nước còn lại duy nhất chỉ có CO_2 .

Khi chuẩn độ với phenoltalein diễn ra các phản ứng sau:

a) Phản ứng của axit với ion hydroxyl (độ kiềm hydrat):



b) Phản ứng của axit với ion cacbonat (độ kiềm cacbonat):



Các phản ứng này chỉ ra rằng lượng axit tiêu thụ khi chuẩn độ với phenoltalein tương ứng với độ kiềm hydrat (ion hydroxyl) và một nửa độ kiềm cacbonat (bởi vì 1 ion gam H^+ kết hợp với 1 ion gam CO_3^{2-} để tạo ra 1 ion gam HCO_3^- mà số ion gam CO_3^{2-}

có trong nước tính theo biểu thức $\left[\frac{\text{Pmg/l}(\text{CO}_3^{2-})}{60} \right]$ chỉ bằng nửa số đương lượng gam

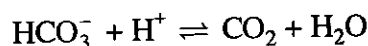
của nó là: $\left[\frac{\text{Pmg/l}(\text{CO}_3^{2-})}{30} \right]$

$$\text{Ta có: } F = [\text{OH}^-] + 0,5 [\text{CO}_3^{2-}] \quad (1.43)$$

Trong đó: F - độ kiềm của nước theo phenoltalein tính bằng mđlg/l ;

$[\text{OH}^-]$ và $[\text{CO}_3^{2-}]$ - nồng độ ion, tính bằng mđlg/l .

Khi tiếp tục chuẩn độ bằng axit với metyloran diễn ra phản ứng:



Như vậy lượng axit tiêu thụ tính từ đầu khi chuẩn độ với phenoltalein đến khi kết thúc với metyloran chính là độ kiềm toàn phần của nước:

$$K_t = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-], \quad (\text{mđlg/l}) \quad (1.44)$$

Việc xác định tách biệt độ kiềm theo phenoltalein và độ kiềm theo metyloran cho phép ta tính toán được các độ kiềm thành phần trong độ kiềm toàn phần theo bảng 1.6.

Bảng 1.6. Độ kiềm thành phần trong độ kiềm chung

Tương quan giữa F và K _t	Nước có chứa	Các thành phần của độ kiềm toàn phần		
		hydrocacbonat	cacbonat	hydrat
F = 0	hydrocacbonat	K _t	0	0
2F < K _t	hydrocacbonat và cacbonat	K _t - 2F	2F	0
2F = K _t	cacbonat	0	2F	0
2F > K _t	cacbonat và hydrat	0	2(K _t - F)	2F - K _t
F = K _t	hydrat	0	0	K _t

Khi thành lập bảng dựa trên giả thiết rằng: trong nước thiên nhiên đồng thời tồn tại hoặc HCO₃⁻ và CO₃²⁻ hoặc CO₃²⁻ và OH⁻. Song khi pH = 8,3 ÷ 8,4 có thể song song tồn tại cả 3 ion HCO₃⁻, CO₃²⁻ và OH⁻, tuy nhiên CO₃²⁻ và OH⁻ chiếm một lượng không đáng kể, vì thế các công thức ghi trong bảng (1.6) có độ chính xác cao chỉ khi F = 0 và khi 2F < K_t, nếu pH < 9,5.

Dựa vào độ kiềm toàn phần xác định bằng chuẩn độ, trị số pH đo được, nhiệt độ và tổng hàm lượng muối của nước, có thể tính toán chính xác các thành phần của độ kiềm toàn phần theo các công thức sau:

Nồng độ ion hydroxyl xác định từ phương trình tích số ion của nước:

$$f_{\text{OH}^-} [\text{OH}^-] \cdot f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = K_w$$

để ý rằng: $-\lg f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = \text{pH} \Rightarrow f_{\text{H}^+} [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}};$

$$\lg f_{\text{OH}^-} = -0,5\sqrt{\mu} \rightarrow f_{\text{OH}^-} = 10^{-0,5\sqrt{\mu}};$$

ta có: $\text{OH}^- = 1000K_w \cdot 10^{\text{pH}+0,5\sqrt{\mu}},$ (1.45)

Trong đó: OH⁻ - độ kiềm hydrat của nước (mdlg/l) (nồng độ ion hydroxyl).

Tổng nồng độ của ion cacbonat (CO₃²⁻) và hydrocacbonat (HCO₃⁻).

N là hiệu số của độ kiềm toàn phần K_t và nồng độ ion OH⁻

$$N = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = K_t - [\text{OH}^-] \quad (1.46)$$

Từ phương trình phân ly bậc 2 của axit cacbonic (1.19) ta có:

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_2 f_{\text{HCO}_3^-}}{(\text{H}^+) f_{\text{CO}_3^{2-}}} \quad (1.47)$$

Nếu trong (1.47) nồng độ ion CO₃²⁻ và HCO₃⁻ tính bằng mdlg/l còn giá trị của các hệ số hoạt độ f_{HCO₃⁻} và f_{CO₃²⁻} và tính theo (1.5) thì ta nhận được:

$$S = \frac{(\text{CO}_3^{2-})}{(\text{HCO}_3^-)} = 2K_2 \cdot 10^{\text{pH} + 1,5\sqrt{\mu}} \quad (1.48)$$

Biết các giá trị bằng số của N và S có thể tính nồng độ ion cacbonat CO_3^{2-} và ion hydrocacbonat (HCO_3^-) theo công thức sau:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{NS}{1+S}; \quad (1.49)$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{N}{1+S} \quad (1.50)$$

Nồng độ $[\text{CO}_3^{2-}]$, $[\text{HCO}_3^-]$ và N tính bằng mdlg/l .

Khi nước thiên nhiên có độ màu lớn hơn 40° , nếu đòi hỏi xác định chính xác các thành phần của độ kiềm toàn phần ta cần xác định thêm độ kiềm do muối của các axit hữu cơ gây ra. Phương pháp xác định nêu trong các tài liệu hướng dẫn phân tích nước.

13. Độ cứng của nước

Độ cứng toàn phần của nước bằng tổng hàm lượng của ion canxi và magie có trong nước. Người ta chia độ cứng toàn phần ra: độ cứng cacbonat (trước gọi là độ cứng tạm thời) tính bằng tổng hàm lượng ion Ca^{2+} và Mg^{2+} trong các muối cacbonat và hydrocacbonat canxi, hydrocacbonat magie. Độ cứng không cacbonat (quen gọi là độ cứng vĩnh cửu) tính bằng tổng hàm lượng ion Ca^{2+} và Mg^{2+} trong các muối axit mạnh của canxi và magie.

Nếu như trong nước hàm lượng của ion $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (mdlg/l) thì trị số độ cứng cacbonat bằng tổng hàm lượng của ion canxi và magie. Lượng dư HCO_3^- là cacbonat natri (Na_2CO_3) và cacbonat kali (K_2CO_3).

Nếu trong nước hàm lượng của ion $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (mdlg/l) thì trị số độ cứng cacbonat bằng nồng độ ion HCO_3^- .

Nếu biểu thị nồng độ ion Ca^{2+} , Mg^{2+} và HCO_3^- bằng mg/l , thì độ cứng tổng và các độ cứng thành phần được tính theo các công thức sau (tính bằng mili đương lượng gam trong 1 lít nước, mdlg/l).

Độ cứng toàn phần:

$$C_o = \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} \quad (1.51)$$

Độ cứng cacbonat:

$$\text{Khi} \quad \frac{\text{Ca}^{2+}}{20,04} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} > \frac{\text{HCO}_3^-}{61,02}$$

$$C_K = \frac{HCO_3^-}{61,02} \quad (1.52)$$

Khi: $\frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} < \frac{HCO_3^-}{61,02}$

$$C_K = C_O = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16} \quad (1.53)$$

Độ cứng phi cacbonat (độ cứng vĩnh cửu):

$$C_V = C_O - C_K \quad (1.54)$$

Độ cứng canxi: $C_{Ca} = \frac{Ca^{2+}}{20,04} \quad (1.55)$

Độ cứng magie: $C_{Mg} = \frac{Mg^{2+}}{12,06} \quad (1.56)$

Giới hạn cho phép của độ cứng trong nước ăn uống sinh hoạt theo quy phạm không được vượt quá 7mdlg/l. Trong trường hợp rất đặc biệt cho phép không quá 14 mdlg/l.

Trong sinh hoạt, nước có độ cứng cao tiêu tốn xà phòng vì khi giặt, rửa tạo ra hợp chất khó tan của canxi và magie với các axit béo. Trong công nghiệp tùy theo chức năng của các thiết bị dùng nước, độ cứng được quy định cụ thể và nghiêm ngặt theo yêu cầu đảm bảo hoạt động tốt và bền vững của chúng.

Các đơn vị đo độ cứng: Hiện nay chưa có đơn vị quốc tế thống nhất để đo độ cứng, các nước khác nhau quy ước dùng riêng đơn vị đo của mình, cụ thể:

Độ Đức: °dH = 10mg CaO hoặc 7,14mg MgO hoà tan trong 1 lít nước.

Độ Pháp: °f = 10mg CaO hoà tan trong 1 lít nước.

Độ Anh: °e = 10mg CaO hoà tan trong 0,7 lít nước.

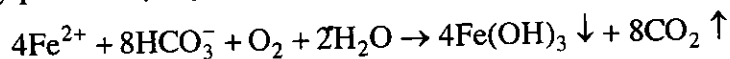
Việt Nam dùng đơn vị đo độ cứng là mili đương lượng trong 1 lít (mdlg/l) khi đo độ cứng bé hơn 0,001 mdlg/l dùng micro đương lượng gam trong lít (mcrdlg/l), 1mdlg/l = 2,8°dH.

14. Các hợp chất của sắt và mangan trong nước

a) Các hợp chất sắt

Trong nước ngầm sắt thường tồn tại dưới dạng hoà tan hydrocacbonat sắt hoá trị hai $Fe(HCO_3)_2$. Khi vừa bơm ra khỏi giếng, nước thường trong và không màu, nhưng sau một thời gian để lắng trong chậu và cho tiếp xúc trực tiếp với không khí, nước trở nên đục dần và ở đáy chậu xuất hiện cặn lắng màu đỏ hung của hydroxit sắt hoá trị ba $Fe(OH)_3$.

Trong các nguồn nước mặt sắt thường tồn tại trong thành phần của các hợp chất hữu cơ. Nước ngầm trong các giếng sâu có thể chứa sắt ở dạng hoá trị II của các hợp chất sunfat và clorua. Nếu trong nước tồn tại đồng thời dihydrosunfua (H_2S) và sắt thì sẽ tạo ra cặn hoà tan sunfua sắt FeS . Khi làm thoáng khử khí CO_2 hydrocacbonat sắt hoá trị II sẽ dễ dàng bị thủy phân và bị oxy hoá để tạo thành hydroxit sắt hoá trị III.



Trong quy trình công nghệ khử sắt của nước ngầm điều quan trọng là biết được điều kiện chuyển sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III và hydroxit sắt (II) và hydroxit sắt (III) được tạo thành từ trạng thái hoà tan sang cặn lắng.

Trạng thái cân bằng bão hoà trong nước bằng hydroxit sắt (II) bắt đầu khi nồng độ OH^- và ion Fe^{2+} tương ứng với tích số hoà tan của $Fe(OH)_2$.

$$f_{Fe^{2+}} [Fe^{2+}] f_{OH^-}^2 [OH^-]^2 = S_{Fe(OH)_2} \quad (1.57)$$

$S_{Fe(OH)_2}$ - tích số hoà tan của $Fe(OH)_2$;

$f_{Fe^{2+}}$, f_{OH^-} - hệ số hoạt hoá của ion Fe^{2+} và OH^- trong dung dịch.

Từ phương trình tích số ion của nước rút ra:

$$f_{OH^-} [OH^-] = \frac{K_w}{f_{H^+} [H^+]} \quad (1.58)$$

Thay giá trị từ (1.58) và (1.57) ta có:

$$f_{Fe^{2+}} [Fe^{2+}] \frac{K_w^2}{f_{H^+}^2 [H^+]^2} = S_{Fe(OH)_2} \quad (1.59)$$

Lấy logarit phương trình (1.59) ta nhận được:

$$2 \lg f_{H^+} [H^+] = 2 \lg K_w - \lg S_{Fe(OH)_2} + \lg Fe^{2+} + \lg f_{Fe^{2+}} \quad (1.60)$$

Vì đang nghiên cứu trạng thái bão hoà của $Fe(OH)_2$ nên ta gọi:

$$-\lg f_{H^+} [H^+] = pH_s, \text{ là trị số pH bão hoà của nước bởi } Fe(OH)_2$$

Để ý rằng $\lg f_{Fe^{2+}} = -2\sqrt{\mu}$, ta nhận được:

$$pH_s = pK_w - \frac{1}{2} pS_{Fe(OH)_2} - \frac{1}{2} \lg Fe^{2+} + \sqrt{\mu} + 2,37 \quad (1.61)$$

Trong công thức (1.61) nồng độ ion $pS_{Fe(OH)_2}$ tính bằng mg/l.

Giá trị pK_w cho trong bảng (1.2), trị số $pS_{Fe(OH)_2}$ ở nhiệt độ $25^\circ C$ theo Latimer bằng 14,75. Theo công thức (1.61) có thể xác định trị số pH của nước để giữ 1 lượng nhất

định ion Fe^{2+} trong nước. Muốn giữ hàm lượng ion Fe^{2+} hoà tan trong nước càng ít, pH, đòi hỏi càng cao. Ví dụ: để trong nước hoà tan lượng sắt hoá trị II không lớn hơn 0,1 mg/l đòi hỏi phải nâng trị số pH của nước lên tới 9,2. Như vậy muốn khử sắt hoá trị II bằng keo tụ lắng, lọc $Fe(OH)_2$ mà không có quá trình oxy hoá sắt II thành sắt III thì phải nâng pH của nước lên $\geq 9,2$.

Trương tự như vậy có thể rút ra công thức để tính trị số bão hoà của nước bằng hydroxit sắt hoá trị III ($Fe(OH)_3$):

$$pH_s = pK_w - \frac{1}{3}pS_{Fe(OH)_3} - \frac{1}{3}lg Fe^{3+} + 1,5\sqrt{\mu} + 1,58, \quad (1.62)$$

$S_{Fe(OH)_3}$ - tích số hoà tan của $Fe(OH)_3$ (khi nhiệt độ nước 25°C theo Latimer);

$$pS_{Fe(OH)_3} = 37,2.$$

Theo công thức (1.62) có thể xác định được rằng: Để giữ trong nước 1 lượng ion Fe^{3+} bằng 0,1 mg/l, pH của nước phải giữ ở trị số không lớn hơn 3,5. Tăng lượng Fe^{3+} hoà tan đòi hỏi phải giảm pH của dung môi. Do vậy trong tất cả các nguồn nước thiên nhiên có trị số pH lớn hơn 4 ÷ 5 sẽ không có ion sắt hoá trị III tồn tại ở dạng hoà tan. Nếu phát hiện bằng phân tích hoá học trong nước thiên nhiên có ion Fe^{3+} ở dạng hoà tan thì lượng sắt hoá trị III này chỉ tồn tại dạng keo hay cặn lơ lửng. Như vậy khi khử sắt của nước thô có $pH \leq 7,5$ thì quá trình oxy hoá sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III và tạo điều kiện để sắt III thủy phân thành bông keo tụ $Fe(OH)_3$ là quá trình quyết định hiệu quả khử sắt.

b) Các hợp chất mangan

Trong các nguồn nước thiên nhiên mangan tồn tại dưới dạng hoà tan của các hợp chất hydrocacbonat hoá trị II $Mn(HCO_3)_2$ nhưng với hàm lượng ít hơn và hiếm hơn sắt. Khi nước ngầm tiếp xúc với không khí trong nước xuất hiện cặn hydroxit sắt sớm hơn vì sắt dễ bị oxy hoá hơn mangan và phản ứng oxy hoá sắt bằng oxy hoà tan trong nước xảy ra ở trị số pH thấp hơn so với mangan. Để oxy hoá mangan trị số pH cần thiết $> 9,5$. Cặn mangan hoá trị cao là chất xúc tác rất tốt trong quá trình oxy hoá khử mangan cũng như khử sắt. Trong các nguồn nước mặt, đặc biệt là nước có màu thì mangan tồn tại trong các hợp chất hữu cơ hay chất keo.

Cặn hydroxit mangan hoá trị IV $Mn(OH)_4$ có màu hung đen.

Trong thực tế cặn và chất lắng đọng trong đường ống, trên các công trình là do hợp chất sắt và mangan tạo nên, vì vậy tùy thuộc vào tỷ số của chúng, cặn có thể có màu từ hung đỏ đến màu đen.

Cặn màu đen trong ống và trong công trình còn do sunfit sắt gây ra. Trong nước ăn uống theo quy phạm hàm lượng sắt $\leq 0,3$ mg/l. Một số ngành công nghiệp có yêu cầu nghiêm ngặt đối với hàm lượng sắt như dệt, giấy, sản xuất phim ảnh...

Nước bổ sung cho các hệ thống cấp nước tuần hoàn hàm lượng sắt không được vượt quá 0,5 mg/l, bởi vì trên dàn làm nguội, trong các bể chứa, sắt hoá trị II bị oxy hoá thành sắt hoá trị III, tạo thành bông cặn, gây lắng đọng trong ống và thiết bị.

Nước có chứa ion sắt, khi trị số pH < 7,5 là điều kiện thuận lợi để vi khuẩn sắt phát triển trong các đường ống dẫn, tạo ra cặn lắng gồ ghề bám vào thành ống làm giảm khả năng vận chuyển và tăng sức cản thuỷ lực của ống.

15. Khí hoà tan

Độ hoà tan của khí trong nước phụ thuộc vào bản chất và áp suất riêng phần của khí và nhiệt độ của nước.

Độ hoà tan của khí trong nước được xác định bằng định luật Henry theo công thức:

$$C = KP \quad (1.63)$$

Trong đó: C - độ hoà tan của khí (mg/l);

K - hệ số tỷ lệ, bằng độ hoà tan của khí ở nhiệt độ đã cho với áp suất riêng phần bằng 1 at;

P - áp suất riêng phần của khí (at).

Các giá trị của độ hoà tan khí CO₂, O₂ và H₂S cho trong bảng 1.7.

Bảng 1.7. Độ hoà tan của khí trong nước khi áp suất riêng phần bằng 1at (tính bằng mg/l)

Khí	Nhiệt độ của nước							
	0	10	20	30	40	60	80	100
CO ₂	3371	2360	1723	1324	1055	719	552	-
O ₂	69,8	54,3	44,3	37,2	32,9	27,8	25,1	24,2
H ₂ S	7100	5160	3925	3090	2520	1810	1394	1230

Nồng độ của một chất khí bất kỳ hoà tan trong nước luôn luôn có khuynh hướng cân bằng với áp suất riêng phần của khí đó trên mặt nước. Nếu nồng độ của khí trong nước lớn hơn nồng độ tương ứng với áp suất riêng phần của nó trên mặt nước thì dần dần khí đó tự tách ra khỏi nước (quá trình khử khí) và ngược lại.

Quá trình hấp phụ và tách khí ra khỏi nước diễn ra với tốc độ rất chậm bởi vì nó phụ thuộc vào tốc độ khuếch tán của khí lên khỏi các lớp sâu của nước (khi tách khí) hoặc đi vào các lớp sâu của nước. Tốc độ hấp thụ và tách khí tăng lên nhanh khi khuấy trộn nước và tăng bề mặt tiếp xúc của nước với khí.

16. Oxy hoà tan

Nguồn bão hoà nước thiên nhiên bằng oxy là sự tiếp xúc của nước với không khí vì trong không khí luôn chứa 21% oxy theo thể tích.

Để tính độ hoà tan cân bằng của oxy trong nước khi tiếp xúc với không khí phải chú ý rằng: áp lực khí quyển trên mặt nước gồm áp lực không khí và áp lực hơi nước bão hoà ở nhiệt độ đó. Ta có công thức để tính độ hoà tan của oxy trong nước:

$$C_{O_2} = K(P_o - P_h)\alpha, \quad (1.64)$$

Trong đó:

C_{O_2} - độ hoà tan của oxy trong nước ở nhiệt độ đã cho và ứng với áp suất khí quyển P_o (at) trên mặt nước;

P_h - áp suất hơi nước bão hoà ở nhiệt độ đã cho;

α - áp suất riêng phần của oxy trong không khí thường lấy bằng 0,21.

Trong bảng 1.8 cho áp suất hơi nước bão hoà ở các nhiệt độ khác nhau.

Bảng 1.8. Áp suất hơi nước bão hoà (at)

Nhiệt độ (°C)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
Áp suất hơi nước bão hoà (at)	0,006	0,012	0,0168	0,0231	0,0313	0,0419	0,0723	0,1217	0,1965	0,4675	1

Số liệu về độ hoà tan của oxy trong nước khi áp suất khí quyển (tổng áp suất không khí và hơi nước) bằng 1 at ghi trong bảng (1.9).

Bảng 1.9. Độ hoà tan của oxy khi nước tiếp xúc với không khí có áp suất toàn phần là 1at

Nhiệt độ (°C)	Độ hoà tan C_{O_2} (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ hoà tan C_{O_2} (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Độ hoà tan C_{O_2} (mg/l)
0	14,2	25	8,1	60	4,8
5	12,4	30	7,5	70	3,9
10	10,9	35	7	80	2,9
15	9,8	40	6,6	90	1,7
20	8,8	50	5,6	100	0

Các lớp nước nằm phía trên trong các nguồn nước mặt thường chứa lượng oxy gần bằng nồng độ hoà tan của chúng. Trong các lớp nước nằm dưới sâu, đặc biệt trong hồ ao do thiếu tác động khuấy trộn, hàm lượng oxy thường thấp hơn nồng độ bão hoà.

Trong các hồ chứa oxy hoà tan bị tiêu thụ trong quá trình oxy hoá để phân huỷ chất hữu cơ đồng thời tạo ra CO_2 ngược lại do hoạt động sống của vi sinh vật rong, rêu, tảo có trong nước và do quá trình quang hợp hấp thụ CO_2 hoà tan trong nước quá trình này

sản sinh ra oxy. Bởi vì quá trình quang hợp phụ thuộc vào cường độ được chiếu sáng của nước, do đó trong các nguồn nước mặt hàm lượng oxy hoà tan thường giảm theo chiều sâu, lượng oxy hoà tan cũng thay đổi theo ngày và đêm. Khi nghiên cứu các quá trình ăn mòn kim loại cần phải tính toán chính xác lượng oxy hoà tan trong nước.

17. Khí dihydrosulfua (H_2S) và metan (CH_4)

Thường xuất hiện trong các nguồn nước mặt khi bị nhiễm bẩn bởi nước thải. H_2S hoà tan trong nước gây ra mùi khó chịu và làm cho nước có tính ăn mòn mạnh khi tiếp xúc với ống dẫn và thiết bị bằng kim loại. Hợp chất H_2S trong nước thiên nhiên thường ở dạng khí H_2S hoà tan, và ion hydrosulfua HS^- , khi pH > 10 trong nước có thể tồn tại cả ion sunfua (S^{2-}).

Trong bảng 1.10 ghi tỷ lệ giữa các thành phần H_2S , HS^- , S^{2-} phụ thuộc vào pH của nước, và ở 25°C khi hằng số phân ly bậc 1 của H_2S - $K_1 = 8,9 \cdot 10^{-8}$, hằng số phân ly bậc 2 - $K_2 = 1,3 \cdot 10^{-13}$.

Bảng 1.10. Hàm lượng H_2S , HS^- ; S^{2-} phụ thuộc vào pH của nước ở nhiệt độ t = 25°C (tính theo % từ tổng hàm lượng muối của chúng)

Hợp chất	Giá trị pH của nước								
	4	5	6	7	7,5	8	8,5	9	10
H_2S	99,9	98,9	91,8	52,9	26	10,1	3,4	1,1	0,1
HS^-	0,1	1,1	8,2	47,1	74	89,9	96,6	98,89	99,9
S^{2-}	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,1

Ghi chú: Nồng độ của tất cả các hợp chất dihydrosulfua tính quy ra H_2S .

Khi trong nước đồng thời tồn tại cả sắt và H_2S , chúng sẽ kết hợp với nhau, tạo thành cặn màu đen sunfua sắt. Đôi khi sunfua sắt tạo ra trong các đoạn ống cụt của mạng lưới do quá trình khử sunfat bằng vi khuẩn.

H_2S là khí độc, vì thế trong các công trình khử H_2S bằng phương pháp bốc hơi phải được thông gió tốt.

Khí metan thường xuất hiện trong nước ao tù, đầm lầy do các quá trình thối rữa chất hữu cơ và thảo mộc. Trong bảng 1.11 ghi độ hoà tan của metan; 1 lít metan ở 0°C áp lực 760mmHg nặng 0,716g.

Bảng 1.11. Độ hoà tan của CH_4 trong nước khi áp lực riêng phần là 1 at

Nhiệt độ của nước (°C)	0	10	20	30	40	60	80	100
Độ hoà tan của CH_4 (mg/l)	39,8	29,9	23,6	19,7	16,9	14	12,7	12,2

Khí metan không làm giảm chất lượng nước ăn uống, tuy vậy nếu nồng độ khí metan cao trong các công trình kín như bể chứa, bể lắng..., có thể gây nổ nguy hiểm. Khí metan được khử bằng cách làm thoáng nước.

1.5. CÁC CHỈ TIÊU VI SINH

1. Vi khuẩn

Vi khuẩn thường ở dạng đơn bào. Tế bào có cấu tạo đơn giản so với các sinh vật khác. Vi khuẩn trong nước uống có thể gây nên các bệnh lỵ, viêm đường ruột và các bệnh tiêu chảy khác.

2. Virut

Virut không có hệ thống trao đổi chất (không có khả năng chuyển hoá thức ăn thành các thành phần cần thiết cho cơ thể mình) nên không sống độc lập được. Chúng thường chui vào tế bào của các loại cơ thể khác rồi lái sự tổng hợp các chất của tế bào chủ theo hướng cần thiết cho sự phát triển của virut. Virut trong nước có thể gây bệnh viêm gan và viêm đường ruột.

3. Nguyên sinh động vật

Nguyên sinh động vật là những cơ thể đơn bào chuyển động được trong nước. Chúng gồm các nhóm amoebas, flagellated protozoans, ciliates và sporozoans. Nguyên sinh động vật gây bệnh ở người là Giardia lamblia, Entamoeba histolytica. Cryptosporidium và Naegleria fowler. Trong số này đáng chú ý nhất Giardia lamblia chúng gây bệnh giardiase.

4. Tảo

Tảo đơn bào thuộc loại quang tự dưỡng. Chúng tổng hợp được các chất cần cho cơ thể từ chất vô cơ đơn giản (NH_4^+ , CO_2 , H_2O) nhờ ánh sáng mặt trời. Tảo không trực tiếp gây bệnh cho người và động vật nhưng có thể sản sinh ra các độc tố.

Đánh giá tính chất sinh học của nước

Mặc dầu có nhiều loại vi sinh tồn tại trong nước có thể gây bệnh nhưng khi đánh giá chất lượng nước, người ta không phân tích chi tiết mà chỉ chú ý đến những dạng chỉ thị. Đó là các dạng coli tổng số và coli phân. Coli phân thường sống trong đường ruột người và động vật và thích nghi với nhiệt độ cao hơn vi khuẩn khác. Nước có coli phân chứng tỏ đã bị ô nhiễm bởi phân. Để định lượng các dạng này pha loãng nước cần thử với nước cất rồi lấy 1ml cho lên đĩa thạch tinh chứa thạch (agar) lẫn với chất dinh dưỡng cần cho vi sinh. Sau khi để một thời gian ở nhiệt độ thích hợp trên đĩa thạch xuất hiện các khuẩn lạc, đó là những vết vi sinh được hình thành do sự sinh sôi của một tế bào trong quá trình ủ. Số khuẩn lạc trên đĩa thạch nói lên số tế bào dạng coli có trong nước.

1.6. YÊU CẦU ĐỐI VỚI CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Theo yêu cầu đối với chất lượng nước của các đối tượng sử dụng nước khác nhau có thể phân loại nước theo mục đích sử dụng như sau:

1. Nước ăn uống và nước cấp cho công nghiệp thực phẩm, lên men...
2. Nước làm lạnh (làm lạnh các thiết bị, máy móc, làm lạnh các sản phẩm rắn, lỏng, khí...).
3. Nước cung cấp cho các nồi hơi cao áp và thấp áp.
4. Nước cấp cho các nhu cầu sản xuất công nghệ ví dụ: giấy, dệt, thuốc da...
5. Nước dùng để tưới đường, tưới cây.

Chất lượng nước ăn uống phải đáp ứng yêu cầu do tiêu chuẩn Nhà nước quy định.

Ngoài nồng độ cho phép của các chất độc ghi trong bảng tiêu chuẩn, nếu phát hiện thấy nguồn nước bị nhiễm bẩn bởi nước thải sản xuất thì phải báo với cơ quan vệ sinh dịch tễ để cùng xác định toàn bộ hàm lượng các chất độc có thể có trong nước, rồi có biện pháp ngăn ngừa tránh cho nguồn nước cấp không bị nhiễm bẩn tiếp tục. Nếu biện pháp đó không thực hiện được thì phải xử lý để đạt được nồng độ quy định rồi mới cấp cho người dùng.

- Khi dùng ion bạc để bảo quản và đóng hộp nước, hàm lượng ion bạc Ag^+ không được vượt quá 0,05mg/l.
- Giá trị hướng dẫn thể hiện nồng độ của một chất trong nước mà khi sử dụng lâu dài, người tiêu thụ không bị bất kỳ một ảnh hưởng nào đáng kể.
- Khi phát hiện trong nước tồn tại đồng thời một vài hoá chất (trừ flo, nitrat, và các chất phóng xạ) thì tổng hàm lượng tương đối của chúng so với tiêu chuẩn cho phép không được vượt quá đơn vị.

$$\frac{a_1}{C_1} + \frac{a_2}{C_2} + \dots + \frac{a_i}{C_i} + \dots + \frac{a_n}{C_n} \leq 1,$$

Trong đó:

a_1, a_2, \dots, a_n - nồng độ đo được bằng kiểm nghiệm trực tiếp (mg/l);

C_1, C_2, \dots, C_n - nồng độ cho phép theo tiêu chuẩn quy phạm (mg/l);

Đối với nước công nghiệp phụ thuộc vào các quá trình công nghệ sản xuất có tiêu chuẩn riêng. Các tiêu chuẩn này thường thay đổi tùy theo phương pháp sản xuất, trình độ trang thiết bị, nhiên liệu và nguyên liệu. Vì vậy, đối với mỗi nhà máy và mỗi công đoạn sản xuất cụ thể người kỹ sư cấp nước cần lựa chọn biện pháp xử lý nước để thoả mãn yêu cầu và chất lượng do các kỹ sư công nghệ của các quá trình sản xuất đề ra.

Chất lượng nước tưới tùy thuộc vào điều kiện vệ sinh, khí hậu, sinh hoạt của các địa phương do các cơ quan vệ sinh dịch tễ địa phương quyết định.

1.7. TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG NƯỚC THÔ DÙNG LÀM NGUỒN NƯỚC CẤP

Khi lựa chọn nguồn nước cấp, nên dựa vào tiêu chuẩn TCXD 233 : 1999 do Bộ Xây dựng ban hành để quyết định.

Các chỉ tiêu lựa chọn nguồn nước mặt - nước ngầm phục vụ hệ thống cấp nước sinh hoạt (trích tiêu chuẩn TCXD 233 : 1999).

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này dùng để đánh giá, so sánh và lựa chọn nguồn nước thô khi nghiên cứu lập báo cáo tiền khả thi, báo cáo khả thi dự án đầu tư xây dựng các hệ thống cấp nước sinh hoạt. Tiêu chuẩn này không áp dụng trong các lĩnh vực cấp nước cho công nghiệp,...

2. Giá trị giới hạn

2.1. Giá trị giới hạn các thông số, nồng độ các chất thành phần của nguồn nước mặt, nước ngầm được quy hoạch dùng cho mục đích ăn uống, sinh hoạt theo sự phân loại được quy định trong bảng 1.12 và bảng 1.13.

2.1.1. Loại A là nguồn nước có chất lượng tốt, chỉ xử lý đơn giản trước khi cấp cho ăn uống, sinh hoạt.

2.1.2. Loại B là nguồn nước có chất lượng bình thường, có thể khai thác, xử lý để cấp cho ăn uống và sinh hoạt.

2.1.3. Loại C là nguồn nước có chất lượng xấu, nếu sử dụng vào mục đích cấp nước ăn uống và sinh hoạt thì cần được xử lý bằng các công nghệ đặc biệt, phải được giám sát nghiêm ngặt và thường xuyên về chất lượng nước.

2.2. Nếu thông số, nồng độ các chất thành phần có giá trị lớn hơn hoặc nằm ngoài giới hạn quy định ở loại C thì không được sử dụng để cấp nước cho ăn uống và sinh hoạt.

2.3. Phương pháp lấy mẫu, phân tích, tính toán, xác định từng thông số và nồng độ cụ thể được quy định trong các tiêu chuẩn Việt Nam tương ứng.

Bảng 1.12. Phân loại chất lượng nguồn nước mặt - giá trị giới hạn các thông số và nồng độ của các chất thành phần trong từng loại nước mặt

Số thứ tự	Các thông số	Đơn vị	Các loại nước		
			Loại A	Loại B	Loại C
1	2	3	4	5	6
1	Độ pH		6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	pH > 9 và pH < 6
2	Độ đục	NTU	< 20	< 500	< 1000
3	Độ màu	mg/l Pt	< 10	< 100	< 200
4	Độ oxy hóa KMnO ₄	mg/l O ₂	< 2,0	2 - 5	< 10

Bảng 1.12. (tiếp theo)

1	2		3	4	5	6
5	Độ cứng toàn phần		°dH	4 - 8	< 4 hoặc 8 - 13	< 28
6	Sulfua	H ₂ S	mg/l	0	0	< 0,5
7	Clorua	Cl ⁻	mg/l	< 25	< 200	< 400
8	Sulfat	SO ₄ ²⁻	mg/l	< 25	< 250	< 400
9	Nitrit	NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,1	< 1	< 2
10	Nitrat	NO ₃ ⁻	mg/N	0	6	< 10
11	Photphat	PO ₄ ³⁻	mg/l	0	< 1,5	< 2
12	Sắt tổng	Fe	mg/l	< 0,3	< 1	< 2
13	Mangan tổng	Mn	mg/l	< 0,2	< 0,5	< 1
14	Amonium	NH ₄ ⁺	mg/l	< 0,2	< 0,5	< 1
15	Florua	F ⁻	mg/l	0,5 - 1,0	< 1,5	< 2
16	Xianua	CN ⁻	µg/l	< 0	< 50	< 100
17	Phenol		µg/l	< 0	< 0,5	< 100
18	Asen	As	µg/l	0	50	< 100
19	Cadimi	Cd	µg/l	0	< 1	< 5
20	Crom tổng	Cr	µg/l	0	< 10	< 50
21	Selen	Se	µg/l	0	5	< 10
22	Thủy ngân	Hg	µg/l	0	0	< 1
23	Đồng	Cu	µg/l	< 50	< 1000	< 3000
24	Chì	Pb	µg/l	0	< 10	< 50
25	Kẽm	Zn	µg/l	< 50	< 1000	< 5000
26	E.Coli		MPN/100ml	< 20	< 100	< 200
27	Tổng hóa chất bảo vệ thực vật (trừ DDT)		mg/l	0	< 0,15	< 0,15
28	DDT		mg/l	0	< 0,01	< 0,01
29	Tổng hoạt độ phóng xạ α		Bq/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
30	Tổng hoạt động độ phóng xạ β		Bq/l	< 1	< 1	< 1

Bảng 1.13. Phân loại chất lượng nguồn nước ngầm - Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ của các chất thành phần trong từng loại nước ngầm

Số thứ tự	Các thông số	Đơn vị	Các loại nước		
			Loại A	Loại B	Loại C
1	Độ pH		6,8 - 7,5	6,0 - 8,0	4,5 - 8,5
2	Độ oxy hóa	KMnO ₄	< 0,5	0,5 - 2,0	< 10
3	Độ cứng toàn phần		4 - 8	< 4 hoặc 8 - 13	< 28
4	Sunfua	H ₂ S	0	0	< 0,5
5	Clorua	Cl ⁻	< 25	< 200	< 400
6	Sunfat	SO ₄ ²⁻	< 25	< 250	< 400
7	Nitrit	NO ₂ ⁻	< 0	< 0,1	< 2
8	Nitrat	NO ₃ ⁻	< 0	< 6	< 10
9	Photphat	PO ₄ ³⁻	0	< 1,5	< 2
10	Sắt tổng	Fe	< 0,3	< 10	< 50
11	Mangan tổng	Mn	< 0,05	< 2	< 3
12	Amonium	NH ₄ ⁺	0	< 3	< 30
13	Florua	F ⁻	0,5 - 1,0	0 - 0,5 hoặc 1,0 - 1,5	< 2
14	Xianua	CN ⁻	0	< 50	< 100
15	Phenol		0	0,5	< 100
16	Asen	As	0	50	< 100
17	Cadimi	Cd	0	< 1	< 5
18	Crom tổng	Cr	0	< 10	< 50
19	Selen	Se	0	< 5	< 10
20	Thủy ngân	Hg	0	0	< 1
21	Đồng	Cu	< 50	< 1000	< 3000
22	Chì	Pb	0	10	< 50
23	Kẽm	Zn	< 50	< 1000	< 5000
24	E.Coli	M.PN/100ml	0	< 20	< 100

1.8. TIÊU CHUẨN CHẤT LƯỢNG NƯỚC CẤP CHO ĂN UỐNG VÀ SINH HOẠT

Nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt phải không màu, không mùi vị, không chứa các chất độc hại, các vi trùng và tác nhân gây bệnh. Hàm lượng các chất hòa tan không được vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Theo tiêu chuẩn chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt phải có các chỉ tiêu chất lượng như trong bảng 1.14.

Tiêu chuẩn vệ sinh nước ăn uống

(Ban hành kèm theo Quyết định của Bộ trưởng Bộ Y tế số 1329/2002/BYT/QĐ ngày 18-4-2002)

A. Giải thích thuật ngữ

1. *Nước ăn uống* dùng trong tiêu chuẩn này là nước dùng cho ăn uống, chế biến thực phẩm, nước từ các nhà máy nước ở khu vực đô thị cấp cho ăn uống và sinh hoạt.

2. *Chỉ tiêu cảm quan* là những chỉ tiêu ảnh đến tính chất cảm quan của nước, khi vượt quá ngưỡng giới hạn gây khó chịu cho người sử dụng nước.

B. Phạm vi điều chỉnh

Nước dùng để ăn uống, nước dùng cho các cơ sở sản xuất, chế biến thực phẩm, nước cấp theo hệ thống đường ống từ các nhà máy nước ở khu vực đô thị, nước cấp theo hệ thống đường ống từ các trạm cấp nước tập trung cho 500 người trở lên.

C. Đối tượng áp dụng

Các nhà máy nước, cơ sở cấp nước cho ăn uống sinh hoạt, cơ sở sản xuất, chế biến thực phẩm.

Khuyến khích các trạm cấp nước tập trung quy mô nhỏ cho dưới 500 người và các nguồn cấp nước sinh hoạt đơn lẻ áp dụng tiêu chuẩn này.

D. Bảng tiêu chuẩn

Bảng 1.14

Số thứ tự	Tên chỉ tiêu	Đơn vị tính	Giới hạn tối đa	Phương pháp thử	Mức độ giám sát
1	2	3	4	5	6
I. Chỉ tiêu cảm quan và thành phần vô cơ					
1	Màu sắc ^(a)	TCU	15	TCVN 6185 : 1996 (ISO 7887 : 1995)	A
2	Mùi vị ^(a)		Không có mùi, vị lạ	Cảm quan	A
3	Độ đục ^(a)	NTU	2	TCVN 6184 : 1996 (ISO 7027 : 1990)	A
4	pH ^(a)		6,5 - 8,5	AOAC hoặc SMEWW	A
5	Độ cứng ^(a)	mg/l	300	TCVN 6224 : 1996	A
6	Tổng chất rắn hòa tan (TDS) ^(a)	mg/l	1000	TCVN 6053 : 1995 (ISO 9696 : 1992)	B
7	Hàm lượng nhôm ^(a)	mg/l	0,2	ISO 12020: 1997	B

Bảng 1.14 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6
8	Hàm lượng amoni, tính theo NH ₄ ⁺ (a)	mg/l	1,5	TCVN 5988 : 1995 (ISO 5664 : 1984)	B
9	Hàm lượng antimon	mg/l	0,005	AOAC hoặc SMEWW	C
10	Hàm lượng asen	mg/l	0,01	TCVN 6182 : 1996 (ISO 6595 : 1982)	B
11	Hàm lượng bari	mg/l	0,7	AOAC hoặc SMEWW	C
12	Hàm lượng bo tính chung cho cả borat và axit boric	mg/l	0,3	ISO 9390 : 1990	C
13	Hàm lượng cadimi	mg/l	0,003	TCVN 6197 : 1996 (ISO 5961 : 1994)	C
14	Hàm lượng clorua ^(a)	mg/l	250	TCVN 6194 : 1996 (ISO 9297 : 1989)	A
15	Hàm lượng crom	mg/l	0,05	TCVN 6222 : 1996 (ISO 9174 : 1990)	C
16	Hàm lượng đồng (Cu) ^(a)	mg/l	2	TCVN 6193 : 1996 (ISO 8288 : 1986)	C
17	Hàm lượng xianua	mg/l	0,07	TCVN 6181 : 1996 (ISO 6703/1 : 1984)	C
18	Hàm lượng florua	mg/l	0,7 - 1,5	TCVN 6195 : 1996 (ISO 10359/1 : 1992)	B
19	Hàm lượng hydro sunfua ^(a)	mg/l	0,05	ISO 10530 : 1992	B
20	Hàm lượng sắt ^(a)	mg/l	0,5	TCVN 6177 : 1996 (ISO 6332 : 1988)	A
21	Hàm lượng chì	mg/l	0,01	TCVN 6193 : 1996 (ISO 8286 : 1986)	B
22	Hàm lượng mangan	mg/l	0,5	TCVN 6002 : 1995 (ISO 6333 : 1986)	A
23	Hàm lượng thủy ngân	mg/l	0,001	TCVN 5991 : 1995 (ISO 5666/1 : 1983 ÷ ISO 5666/3 : 1983)	B
24	Hàm lượng molybden	mg/l	0,07	AOAC hoặc SMEWW	C
25	Hàm lượng niken	mg/l	0,02	TCVN 6180 : 1996 (ISO 8288 : 1986)	C
26	Hàm lượng nitrat	mg/l	50 ^(b)	TCVN 6180 : 1996 (ISO 7890 : 1988)	A
27	Hàm lượng nitrit	mg/l	3 ^(b)	TCVN 6178 : 1996 (ISO 6777 : 1984)	A
28	Hàm lượng selen	mg/l	0,01	TCVN 6183 : 1996 (ISO 9964/1 : 1993)	C

Bảng 1.14 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6
29	Hàm lượng natri	mg/l	200	TCVN 6196 : 1996 (ISO 9964/1 : 1993)	B
30	Hàm lượng sunfat ^(a)	mg/l	250	TCVN 6200 : 1996 (ISO 9280 : 1990)	A
31	Hàm lượng kẽm ^(a)	mg/l	3	TCVN 6193 : 1996 (ISO 8286 : 1989)	C
32	Độ oxy hóa	mg/l	2	Chuẩn độ bằng KMnO ₄	A
II. Hàm lượng của các chất hữu cơ					
<i>a) Nhóm alkan clo hóa</i>					
33	Cacbon tetraclorua	µg/l	2	AOAC hoặc AMEWW	C
34	Diclorometan	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
35	Dicloroetan	µg/l	30	AOAC hoặc SMEWW	C
36	1,1,1-tricloroetan	µg/l	2000	AOAC hoặc SMEWW	C
37	Vinyl clorua	µg/l	5	AOAC hoặc SMEWW	C
38	1,2 - dicloroetan	µg/l	50	AOAC hoặc SMEWW	C
39	Tricloroetan	µg/l	70	AOAC hoặc SMEWW	C
40	Tetracloroetan	µg/l	40	AOAC hoặc SMEWW	C
<i>b) Hydrocacbua thơm</i>					
41	Benzen	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	B
42	Toluen	µg/l	700	AOAC hoặc SMEWW	B
43	Xylen	µg/l	500	AOAC hoặc SMEWW	B
44	Etylbenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	C
45	Styren	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
46	Benzo(a)pyren	µg/l	0,7	AOAC hoặc SMEWW	B
<i>c) Nhóm benzen clo hóa</i>					
47	Monoclorobenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	B
48	1,2-diclorobenzen	µg/l	1000	AOAC hoặc SMEWW	C
49	1,4-diclorobenzen	µg/l	300	AOAC hoặc SMEWW	C
50	Triclorobenzen	µg/l	20	AOAC hoặc SMEWW	C
<i>d) Nhóm các chất hữu cơ phức tạp</i>					
51	Di(2-etylhexyl) adipate	µg/l	80	AOAC hoặc SMEWW	C
52	Di(2-etylhexyl) phtalat	µg/l	8	AOAC hoặc SMEWW	C
53	Acrylamide	µg/l	0,5	AOAC hoặc SMEWW	C
54	Epiclohydrin	µg/l	0,4	AOAC hoặc SMEWW	C
55	Hexacloro butadien	µg/l	0,6	AOAC hoặc SMEWW	C
56	Axit adetic (EDTA)	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C

Bảng 1.14 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6
57	Axit nitrilotriaxetic	$\mu\text{g/l}$	200	AOAC hoặc SMEWW	C
58	Tributyl oxit	$\mu\text{g/l}$	2	AOAC hoặc SMEWW	C
III. Hóa chất bảo vệ thực vật					
59	Alachlor	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
60	Aldicarb	$\mu\text{g/l}$	10	AOAC hoặc SMEWW	C
61	Aldrin/Dieldrin	$\mu\text{g/l}$	0,03	AOAC hoặc SMEWW	B
62	Atrazine	$\mu\text{g/l}$	2	AOAC hoặc SMEWW	C
63	Bentazone	$\mu\text{g/l}$	30	AOAC hoặc SMEWW	C
64	Carbofuran	$\mu\text{g/l}$	5	AOAC hoặc SMEWW	B
65	Clodane	$\mu\text{g/l}$	0,2	AOAC hoặc SMEWW	C
66	Clorotoluron	$\mu\text{g/l}$	30	AOAC hoặc SMEWW	C
67	DDT	$\mu\text{g/l}$	2	AOAC hoặc SMEWW	B
68	1,2 - dibromo và 3- cloropropan	$\mu\text{g/l}$	1	AOAC hoặc SMEWW	C
69	2,4 - D	$\mu\text{g/l}$	30	AOAC hoặc SMEWW	C
70	1,2 - dicloropropan	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
71	1,3 - dichloropropen	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
72	Heptaclo và heptaclo epoxit	$\mu\text{g/l}$	0,03	AOAC hoặc SMEWW	B
73	Haxaclorobenzen	$\mu\text{g/l}$	1	AOAC hoặc SMEWW	B
74	Isoproturon	$\mu\text{g/l}$	9	AOAC hoặc SMEWW	C
75	Lindane	$\mu\text{g/l}$	2	AOAC hoặc SMEWW	B
76	MCPA	$\mu\text{g/l}$	2	AOAC hoặc SMEWW	C
77	Methoxychlor	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
78	Mrthachlor	$\mu\text{g/l}$	10	AOAC hoặc SMEWW	C
79	Molinate	$\mu\text{g/l}$	6	AOAC hoặc SMEWW	C
80	Pendimetalin	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
81	Pentaclorophenol	$\mu\text{g/l}$	9	AOAC hoặc SMEWW	C
82	Permethin	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
83	Propanil	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
84	Pyridate	$\mu\text{g/l}$	100	AOAC hoặc SMEWW	C
85	Simazine	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
86	Trifuralin	$\mu\text{g/l}$	20	AOAC hoặc SMEWW	C
87	2,4 DB,	$\mu\text{g/l}$	90	AOAC hoặc SMEWW	C
88	Dichloprop	$\mu\text{g/l}$	100	AOAC hoặc SMEWW	C
89	Fenoprop	$\mu\text{g/l}$	9	AOAC hoặc SMEWW	C
90	Mecoprop	$\mu\text{g/l}$	10	AOAC hoặc SMEWW	C
91	2,4,5 - T	$\mu\text{g/l}$	9	AOAC hoặc SMEWW	B

Bảng 1.14 (tiếp theo)

IV. Hóa chất khử trùng và sản phẩm phụ					
92	Monocloramin	µg/l	3	AOAC hoặc SMEWW	B
93	Clo dư	µg/l	0,5	AOAC hoặc SMEWW	A
94	Bromat	µg/l	25	AOAC hoặc SMEWW	C
95	Clorit	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C
96	2,4,6 - trichlorophenol	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	B
97	Focmaldehyt	µg/l	900	AOAC hoặc SMEWW	B
98	Bromofoc	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
99	Dibromclorometan	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
100	Bromodichlorometan	µg/l	60	AOAC hoặc SMEWW	C
101	Clorofoc	µg/l	200	AOAC hoặc SMEWW	C
102	Axit dicloroaxetic	µg/l	50	AOAC hoặc SMEWW	B
103	Axit trichloroaxetic	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
104	Clorat hydrat (trichloroaxetadehyt)	µg/l	10	AOAC hoặc SMEWW	C
105	Dichloroaxetonitril	µg/l	90	AOAC hoặc SMEWW	C
106	Dibromoaxetonitril	µg/l	100	AOAC hoặc SMEWW	C
107	Trichloroaxetonitril	µg/l	1	AOAC hoặc SMEWW	C
108	Xyano clorit (tính theo CN)	µg/l	70	AOAC hoặc SMEWW	C
V. Mức nhiễm xạ					
109	Tổng hoạt độ α	Bq/l	0,1	TCVN 6053 : 1995 (ISO 9696 : 1992)	B
110	Tổng hoạt độ β	Bq/l	1	TCVN 6291 : 1995 (ISO 9697 : 1992)	B
VI. Vi sinh vật					
111	Coliform tổng số	Khuẩn lạc/100ml	0	TCVN 6187-1 : 1996 (ISO 9308-1 : 1990)	A
112	E.Coli hoặc coliform chịu nhiệt	Khuẩn lạc/100ml	0	TCVN 6187-1 : 1996 (ISO 9308-1 : 1990)	A

Giải thích:

1. A: bao gồm những chỉ tiêu sẽ được kiểm tra thường xuyên, có tần suất kiểm tra một tuần (đối với nhà máy nước) hoặc một tháng (đối với cơ quan y tế cấp tỉnh, huyện). Những chỉ tiêu này là chỉ tiêu chịu sự biến động của thời tiết và các cơ quan cấp nước cũng như các trung tâm y tế dự phòng tỉnh, thành phố làm được. Việc giám sát chất lượng nước theo các chỉ tiêu này giúp cho việc theo dõi quá trình xử lý nước của trạm cấp nước để có biện pháp khắc phục kịp thời.

2. B: bao gồm các chỉ tiêu cần có trang - thiết bị khá đắt tiền và ít biến động theo thời tiết hơn. Tuy nhiên đây là những chỉ tiêu rất cơ bản để đánh giá chất lượng nước.

Các chỉ tiêu này cần được kiểm tra trước khi đưa nguồn nước vào sử dụng và thường kỳ mỗi năm một lần (hoặc khi có yêu cầu đặc biệt), đồng thời với một đợt kiểm tra các chỉ tiêu theo chế độ A bởi cơ quan y tế địa phương hoặc khu vực.

3. C: đây là những chỉ tiêu cần có trang - thiết bị hiện đại đắt tiền, chỉ có thể xét nghiệm được bởi các viện ở Trung ương, viện khu vực hoặc một số trung tâm y tế dự phòng tỉnh, thành phố. Các chỉ tiêu này nên kiểm tra hai năm một lần (nếu có điều kiện) hoặc khi có yêu cầu đặc biệt bởi cơ quan y tế Trung ương hoặc khu vực.

4. AOAC: viết tắt của Association of Official Analytical Chemists (Hiệp hội các nhà hóa phân tích chính thống).

SMEWW: viết tắt của Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (Các phương pháp chuẩn xét nghiệm nước và nước thải) của Cơ quan Y tế công cộng Hoa Kỳ xuất bản.

Do Việt Nam chưa xây dựng được phương pháp xét nghiệm cho các chỉ tiêu này, cho nên đề nghị các phòng xét nghiệm nước sử dụng các phương pháp của các tổ chức này.

(a) Chỉ tiêu cảm quan.

(b) Khi có mặt cả hai chất nitrit và nitrat trong nước ăn uống thì tổng tỷ lệ nồng độ của mỗi chất so với giới hạn tối đa của chúng không lớn hơn 1 (xem công thức sau đây):

$$\text{Cnitrat/GHTĐ nitrat} + \text{Cnitrit/GHTĐ nitrit} \leq 1.$$

Trong đó: C - nồng độ đo được;

GHTĐ - giới hạn tối đa theo quy định trong tiêu chuẩn này.

1.9. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Ví dụ 1. Xác định nồng độ hòa tan của oxy (O_2) và cacbonic (CO_2) trong nước khi tiếp xúc trực tiếp với không khí ở nhiệt độ $20^\circ C$, áp suất khí quyển $P = 1 \text{at}$, độ ẩm tương đối 80%.

Giải:

Từ bảng (1.8), áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ $t = 20^\circ C$ và độ ẩm 100%;

$$P_h = 0,0231. \text{ Khi độ ẩm bằng } 80\%.$$

$$P_h = 0,0231 \times 0,8 = 0,01848 \text{ at.}$$

a) Tính hàm lượng oxy hòa tan: áp dụng công thức (1.64)

$$C_{O_2} = K(P_o - P_h)\alpha \text{ mg/l}$$

K - hệ số tỷ lệ lấy theo bảng (1.7) đối với oxy ở $20^\circ C$ ta có $K = 44,3$.

α - áp suất riêng phần của oxy trong không khí.

$\alpha = 0,21$. Thay số vào (1.64) ta có:

$$CO_2 = 44,3 \times (1 - 0,01848) \times 0,21 = 9,13 \text{ mg/l}$$

b) Tính hàm lượng CO_2 hòa tan ở 20°C theo bảng (1.7) $K = 1723$.
 α - Lượng CO_2 có trong không khí theo áp suất riêng phần $\alpha = 0,03\%$

$$C_{\text{CO}_2} = 1723 \times (1 - 0,01848) \times 3.10^{-4} = 0,51 \text{ mg/l}$$

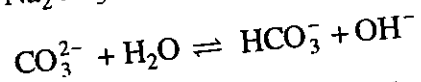
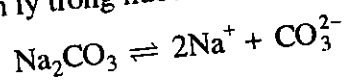
Kết quả nhận được cho ta thấy rằng: nồng độ CO_2 trong nước thiên nhiên lớn hơn rất nhiều so với nồng độ hòa tan cân bằng của nó khi tiếp xúc với không khí.

Ví dụ 2. Xác định gần đúng nồng độ cacbonat natri Na_2CO_3 hòa tan trong nước ở nhiệt độ 25°C và có trị số $\text{pH} = 10,7$ giả thiết hệ số hoạt hóa của các ion bằng đơn vị (nồng độ thực của ion trong nước bằng nồng độ hoạt tính của chúng).

Giải:

Theo biểu đồ hình 1.1 ta tìm được tỷ số của ion $\text{CO}_3^{2-} / \text{HCO}_3^-$ ở 25°C và $\text{pH} = 10,7$ bằng 2,1/1, và trong dung dịch không tồn tại dạng khác của hợp chất cacbonic.

Cacbonat natri phân ly trong nước theo phương trình sau:



Như vậy cứ mỗi ion hydrocacbonat tạo ra kèm theo sự xuất hiện một ion hydroxyl OH^- . Ta có:

$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{OH}^-]$$

Nhưng:
$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]}$$

Từ bảng 1.2 ta có $K_w = 10^{-14}$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10,7}} = 10^{-(14-10,7)} = 10^{-3,3}$$

Do đó:
$$[\text{HCO}_3^-] = 10^{-3,3} \text{ gion/l}$$

và:
$$[\text{CO}_3^{2-}] = 2 \times 10^{-3,3} = 2 \times 10^{-3,3} \text{ iong/l}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = 10^{-3,3} + 2.10^{-3,3} = 3.10^{-3,3} \text{ iong/l}$$

Như vậy, nồng độ cacbonat natri hòa tan trong nước ở $t = 25^\circ\text{C}$ và $\text{pH} = 10,7$ sẽ là $[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 3.10^{-3,3}$ phân tử gam/lít.

hay $C = 3.10^{-3,3} \times 106 = 112 \text{ mg/l Na}_2\text{CO}_3$

Ví dụ 3. Tính độ hòa tan của cacbonat canxi ở nhiệt độ 50°C trong dung dịch nước có chứa 50 mg/l cacbonat natri và 100 mg/l xút (hydroxit natri).

a) Tính độ hòa tan CaCO_3 khi hệ số hoạt hóa của các ion bằng đơn vị.

b) Tính độ hòa tan của CaCO_3 khi hệ số hoạt hóa xác định theo (1.5).

Giải:

a) Trước tiên ta tính nồng độ ion cacbonat trong dung dịch sau đó dựa vào tích số hòa tan để tính độ hòa tan của CaCO_3 .

Ta thừa nhận rằng trong dung dịch toàn bộ canxi và natri hòa tan dưới dạng ion Ca^{2+} và Na^+ còn cacbonat ở dưới dạng CO_3^{2-} và HCO_3^- nồng độ khí CO_2 hòa tan rất bé có thể bỏ qua.

Theo phương trình (1.19) khi hệ số hoạt hóa $f_i = 1$ ta có:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = K_2 = 10^{10,172} \quad (\text{a})$$

K_2 lấy theo bảng 1.3.

Số lượng cacbonat hòa tan (nồng độ ion tính theo iong/l)

$$[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] = \frac{50}{106 \cdot 10^3} = 0,472 \cdot 10^{-3}$$

Viết phương trình cân bằng cation và anion trong dung dịch:

$$\text{Ta có:} \quad 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] + [\text{Na}^+] \quad (\text{b})$$

Trong phương trình cân bằng viết $2[\text{CO}_3^{2-}]$ vì nồng độ trong dung dịch tính theo đương lượng gam bằng hai lần nồng độ tính theo ion gam, ở đây $[\text{CO}_3^{2-}]$ tính theo ion gam/l còn phương trình cân bằng theo đương lượng gam.

Bỏ qua nồng độ ion $[\text{H}^+]$ vì quá bé, ta thu được:

$$[\text{Na}^+] = \frac{50}{53 \cdot 10^3} + \frac{100}{40 \cdot 10^3} = 3,445 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Nhu vậy ta có:} \quad 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] = 3,445 \cdot 10^{-3} \quad (\text{c})$$

Tính số ion của nước theo bảng 1.2 bằng $K_w = 10^{-13,262}$

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-13,262} \quad (\text{d})$$

Giải phối hợp các phương trình từ (a) đến (d) ta nhận được:

$$2[\text{CO}_3^{2-}] = 0,317 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 0,155 \cdot 10^{-3}$$

Từ bảng 1.5 ta có $pS_{CaCO_3} = 8,625$, từ (1.32) ta có:

$$[Ca^{2+}][CO_3^{2-}] = 10^{-8,625}$$

Thay giá trị bằng số của $2[CO_3^{2-}] = 0,317 \cdot 10^{-3}$ vào phương trình trên ta thu được $[Ca^{2+}] = 7,5 \cdot 10^{-6}$ iong/l và độ hòa tan của $[CaCO_3] = 7,5 \cdot 10^{-6}$ phân tử gam/l = $7,5 \times 10^{-6} \times 100 = 7,5 \cdot 10^{-4}$ g/l; $Ca_{CaCO_3} = 0,75$ mg/l.

b) Tính độ hòa tan của $CaCO_3$ theo hệ số hoạt hóa của ion. Trước hết cần tính lực ion của dung dịch. Lực ion phụ thuộc vào nồng độ và dạng tồn tại của mỗi ion trong dung dịch, vì vậy chỉ có thể xác định độ hòa tan của $CaCO_3$ theo cách tính gần đúng dần. Đầu tiên tính theo mục a rồi sử dụng nồng độ ion CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^- thu được để tính lực ion, sau khi có nồng độ mới CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^- ta lại cùng nó tính tiếp lực ion trong dung dịch để xác định hòa tan của $CaCO_3$. Các phép tính được thực hiện cho đến khi sai số không vượt quá 5% (thường qua 3 lần tính là đạt được kết quả mong muốn).

Trị số lực ion của dung dịch theo (1.2) (bỏ qua nồng độ Ca^{2+} và H^+):

$$\mu = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{50}{53 \cdot 10^3} 1^2 + \frac{50}{106 \cdot 10^3} 2^2 + \frac{100}{40 \cdot 10^3} 1^2 + \frac{100}{40 \cdot 10^3} 1^2 \right) = 3,92 \cdot 10^{-3}$$

Từ (1.5) ta có:

$$\begin{aligned} -\lg f_1 &= -0,5\sqrt{\mu} \rightarrow f_1 = 10^{-0,5(3,92 \cdot 10^{-3})^{1/2}} = 10^{-0,031} \\ -\lg f_2 &= -2^2\sqrt{\mu} \rightarrow f_2 = 10^{-4(3,92 \cdot 10^{-3})^{1/2}} = 10^{-0,124} \end{aligned}$$

Áp dụng phương trình (1.19) ta có:

$$\frac{f_{H^+} [H^+] f_{CO_3^{2-}} [CO_3^{2-}]}{f_{HCO_3^-} [HCO_3^-]} = 10^{-10,172}$$

$$\text{Hay: } \frac{[H^+] [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = \frac{f_1}{f_1 \cdot f_2} \cdot 10^{-10,172} = \frac{1}{10^{-0,124}} 10^{-10,172} = 10^{-10,048}$$

Tổng nồng độ ion cacbonat hòa tan:

$$[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = \frac{50}{106 \cdot 10^3} = 0,472 \cdot 10^{-3}$$

Phương trình cân bằng ion trong dung dịch:

$$2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] = [H^+] + [Na^+]$$

Bỏ qua nồng độ ion $[H^+]$ ta có:

$$2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] = [Na^+] = 3,445 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{Tích số ion của nước } [OH^-][H^+] = \frac{K_w}{f_1^2} = 10^{-13,20}$$

Phối hợp giải các phương trình từ (e) đến (i) ta thu được:

$$[CO_3^{2-}] = 0,330 \cdot 10^{-3}$$

$$[HCO_3^-] = 0,142 \cdot 10^{-3}$$

$$[OH^-] = 1,643 \cdot 10^{-3}$$

Tính toán lại lực ion μ với nồng độ các ion thành phần vừa thu được ta có:

$$- \lg f_1 = 0,026 \text{ và } - \lg f_2 = 0,104$$

Tiến hành các phép tính tương tự như trên ta thu được kết quả tính lần thứ 3:

$$[CO_3^{2-}] = 0,329 \cdot 10^{-3}$$

$$[HCO_3^-] = 0,144 \cdot 10^{-3}$$

$$[OH^-] = 1,645 \cdot 10^{-3}$$

Từ đó độ hòa tan của $CaCO_3$ được tính như sau:

$$f_2 [Ca^{2+}] f_2 [CO_3^{2-}] = 10^{-8,625}$$

$$[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] = \frac{10^{-8,625}}{f_2^2} = \frac{10^{-8,625}}{10^{-0,208}} = 10^{-8,417}$$

Thay trị số nồng độ $[CO_3^{2-}]$ tìm được vào phương trình trên ta có:

$$[Ca^{2+}] = 10^{-8,417} / 0,329 \cdot 10^{-3} = 1,16 \cdot 10^{-5} \text{ iong/l.}$$

Độ hòa tan của $[CaCO_3] = 1,16 \cdot 10^{-5}$ phân tử gam/l.

$$C_{CaCO_3} = 1,16 \times 10^{-5} \times 100 = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ g/l} = 1,16 \text{ mg/l.}$$

Trị số độ hòa tan vừa nhận được lớn hơn rõ rệt so với trị số của độ hòa tan khi không tính đến hệ số hoạt hóa của các ion trong dung dịch. Tuy vậy giá trị gần đúng của độ hòa tan $C_{CaCO_3} = 0,75 \text{ mg/l}$ đôi khi thỏa mãn hoàn toàn đối với yêu cầu thực tế khi muốn hòa tan $CaCO_3$, còn khi đánh giá hiệu quả quá trình khử $CaCO_3$ thì phải tính với hệ số hoạt hóa của ion.

Chương 2

CÁC QUÁ TRÌNH VÀ SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN

2.1. MỤC ĐÍCH CỦA CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Mục đích của các quá trình xử lý nước là:

1. Cung cấp số lượng nước đầy đủ và an toàn về mặt hóa học, vi trùng học để thỏa mãn các nhu cầu về ăn uống sinh hoạt, dịch vụ, sản xuất công nghiệp và phục vụ sinh hoạt công cộng của các đối tượng dùng nước.

2. Cung cấp nước có chất lượng tốt, ngon, không chứa các chất gây vấn đục, gây ra màu, mùi, vị của nước.

3. Cung cấp nước có đủ thành phần khoáng chất cần thiết cho việc bảo vệ sức khỏe của người tiêu dùng.

4. Để thỏa mãn các yêu cầu nêu trong các điểm 1, 2, 3 thì nước sau xử lý phải có các chỉ tiêu chất lượng thỏa mãn "Tiêu chuẩn vệ sinh đối với chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt" nêu ở bảng (1.14).

2.2. CHẤT LƯỢNG NƯỚC THÔ THÍCH HỢP VỚI CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Phần lớn các nguồn nước thiên nhiên dùng làm nguồn cấp nước ở Việt Nam có chỉ tiêu chất lượng không thỏa mãn tiêu chuẩn vệ sinh nêu trong bảng (1.14). Do đó phải xử lý nước thô trước khi cấp cho các đối tượng tiêu thụ. Nhà nước đã ban hành tiêu chuẩn nước mặt dùng làm nguồn nước TCVN 5942:1995.

Tiêu chuẩn đã chia nguồn nước mặt và nước ngầm dùng làm nguồn cấp nước thành ba loại theo các chỉ tiêu chất lượng của nước thô như sau:

1. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại A:* được áp dụng các quy trình xử lý đơn giản; lọc trực tiếp, sát trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.

2. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại B:* được áp dụng các quy trình xử lý truyền thống: pha phèn, khuấy trộn, keo tụ, lắng, lọc, sát trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.

3. *Nước thô có các chỉ tiêu chất lượng loại C:* phải áp dụng các quy trình xử lý đặc biệt, như khử NH_3 , NO_2 khử H_2S , khử mangan, làm mềm, khử màu, khử mùi...

Nước thô có các chỉ tiêu hóa học sinh học vượt các giá trị ghi trong tiêu chuẩn loại C không được dùng làm nguồn cấp nước vì có chứa những chất không có khả năng xử lý hoặc nếu xử lý thì quá đắt.

2.3. CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

2.3.1. Hồ chứa và lắng sơ bộ

Chức năng của hồ chứa và lắng sơ bộ nước thô (nước mặt) là: tạo điều kiện thuận lợi cho các quá trình tự làm sạch như: lắng bớt cặn lơ lửng, giảm lượng vi trùng do tác động của các điều kiện môi trường, thực hiện các phản ứng oxy hóa do tác dụng của oxy hòa tan trong nước, và làm nhiệm vụ điều hòa lưu lượng giữa dòng chảy từ nguồn vào và lưu lượng tiêu thụ do trạm bơm nước thô bơm cấp cho nhà máy xử lý nước.

2.3.2. Song chắn và lưới chắn

Song chắn và lưới chắn đặt ở cửa dẫn nước vào công trình thu làm nhiệm vụ loại trừ vật nổi, vật trôi lơ lửng trong dòng nước để bảo vệ các thiết bị và nâng cao hiệu quả làm sạch của các công trình xử lý. Vật nổi và vật lơ lửng trong nước có thể có kích thước như các que tăm nổi, hoặc nhánh cây con khi đi qua máy bơm vào các công trình xử lý có thể bị tán nhỏ hoặc thổi rửa làm tăng hàm lượng cặn và độ màu của nước. Tính toán, cấu tạo và thiết kế các loại song chắn lưới chắn rác xem các tài liệu viết về công trình thu nước.

2.3.3. Bể lắng cát

Ở các nguồn nước mặt có độ đục lớn hơn hoặc bằng 250 mg/l sau lưới chắn, các hạt cặn lơ lửng vô cơ, có kích thước nhỏ, tỷ trọng lớn hơn nước, cứng, có khả năng lắng nhanh được giữ lại ở bể lắng cát.

Nhiệm vụ của bể lắng cát là tạo điều kiện tốt để lắng các hạt cát có kích thước lớn hơn hoặc bằng 0,2 mm và tỷ trọng lớn hơn hoặc bằng 2,6, để loại trừ hiện tượng bào mòn các cơ cấu chuyển động cơ khí và giảm lượng cặn nặng tụ lại trong bể tạo bông và bể lắng. Tính toán thiết kế và cấu tạo bể lắng cát xem tài liệu công trình thu, trạm bơm nước thô.

2.3.4. Xử lý nước tại nguồn bằng hóa chất

Xử lý nước tại nguồn bằng hóa chất (thường là nước trong hồ chứa, trong kênh dẫn nội đồng và ở khu vực quanh công trình thu nước sông có vận tốc dòng chảy rất nhỏ trong một thời gian dài của năm) để hạn chế sự phát triển của rong, rêu, tảo và vi sinh vật nước, để loại trừ màu, mùi, vị do xác vi sinh vật chết gây ra. Hóa chất thường dùng là sunfat đồng CuSO_4 liều lượng thường dùng mỗi đợt xử lý có thể từ 0,12 đến 0,3 mg/l. Liều lượng và quãng thời gian giữa hai lần xử lý phụ thuộc vào thành phần của nước thô như nồng độ loại vi sinh và rêu tảo, nhiệt độ, độ kiềm và hàm lượng CO_2 trong nước. Chi tiết của quá trình xử lý xem phần xử lý đặc biệt của quyển sách này.

2.3.5. Làm thoáng

Nhiệm vụ của công trình làm thoáng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước là:

1) Hòa tan oxy từ không khí vào nước để oxy hóa sắt hóa trị II, mangan hóa trị II thành sắt hóa trị III, mangan hóa trị IV tạo thành các hợp chất hydroxit sắt hóa trị III $\text{Fe}(\text{OH})_3$ và hydroxit mangan hóa trị IV $\text{Mn}(\text{OH})_4$ kết tủa dễ lắng đọng để khử ra khỏi nước bằng lắng và lọc.

2) Khử khí CO_2 , H_2S có trong nước, làm tăng pH của nước, tạo điều kiện thuận lợi và đẩy nhanh quá trình oxy hóa và thủy phân sắt và mangan, nâng cao năng suất của các công trình lắng và lọc trong quy trình khử sắt và mangan.

3) Quá trình làm thoáng tăng hàm lượng oxy hòa tan trong nước, nâng cao thế oxy hóa khử của nước để thực hiện dễ dàng các quá trình oxy hóa các chất hữu cơ trong quá trình khử mùi và màu của nước.

Có hai phương pháp làm thoáng:

1- *Đưa nước vào trong không khí*: cho nước phun thành tia hay thành màng mỏng chảy trong không khí ở các dàn làm thoáng tự nhiên, hay cho nước phun thành tia và màng mỏng trong các thùng kín rồi thổi không khí vào thùng như ở các dàn làm thoáng cưỡng bức.

2- *Đưa không khí vào nước*: dẫn và phân phối không khí nén thành các bọt nhỏ theo dàn phân phối đặt ở đáy bể chứa nước, các bọt khí nổi lên, nước được làm thoáng (thường áp dụng trong xử lý nước thải).

Trong kỹ thuật xử lý nước cấp, áp dụng các dàn làm thoáng theo phương pháp 1 và các thiết bị làm thoáng hỗn hợp giữa hai phương pháp trên: *làm thoáng bằng màng tràn nhiều bậc và phun trên mặt nước*. Đầu tiên tia nước tiếp xúc với không khí, sau khi chạm mặt nước, tia nước kéo theo các bọt khí đi sâu vào khối nước trong bể tạo thành các bọt nhỏ nổi lên.

Hiệu quả của quá trình làm thoáng phụ thuộc vào:

1- Chênh lệch nồng độ (hay còn biểu thị bằng chênh lệch áp suất riêng phần) của khí cần trao đổi trong hai pha khí và nước, độ chênh nồng độ biểu thị thực tế bằng cường độ tưới nếu dùng dàn làm thoáng tự nhiên, hoặc bằng tỷ lệ *gió/nước* nếu dùng dàn làm thoáng cưỡng bức.

2- Diện tích tiếp xúc giữa hai pha khí và nước, diện tích tiếp xúc càng lớn quá trình trao đổi khí diễn ra càng nhanh.

3- Thời gian tiếp xúc giữa hai pha khí nước trong công trình, thời gian tiếp xúc càng lớn mức độ trao đổi càng triệt để.

4- Nhiệt độ của môi trường, nhiệt độ tăng lợi cho quá trình khử khí ra khỏi nước và bất lợi cho quá trình hấp thụ và hòa tan khí vào nước và ngược lại.

5- Bản chất của khí được trao đổi.

2.3.6. Clo hóa trước hay còn gọi là clo hóa sơ bộ

Clo hóa sơ bộ là quá trình cho clo vào nước trước bể lắng và bể lọc, mục đích của clo hóa sơ bộ là:

1. Kéo dài thời gian tiếp xúc để diệt trùng khi nguồn nước bị nhiễm bẩn nặng.
2. Oxy hóa sắt hòa tan ở dạng hợp chất hữu cơ, oxy hóa mangan hòa tan để tạo thành các kết tủa tương ứng.
3. Oxy hóa các chất hữu cơ để khử màu.
4. Trung hòa amoniac thành cloramin có tính chất diệt trùng kéo dài.

Clo hóa sơ bộ còn có tác dụng ngăn chặn sự phát triển của rong, rêu trong bể phản ứng tạo bông cặn và bể lắng, phá hủy tế bào của các vi sinh sản ra chất nhầy nhớt trên mặt bể lọc, làm tăng thời gian của chu kỳ lọc. Tuy vậy clo hóa sơ bộ có các nhược điểm sau:

- Tiêu tốn lượng clo thường gấp 3 đến 5 lần lượng clo dùng để khử trùng nước sau bể lọc, làm tăng giá thành nước xử lý

- Gần đây các nhà dịch tễ học phát hiện ra phản ứng của clo với các chất hữu cơ hòa tan trong nước tạo ra hợp chất trihalomethene là chất gây ra bệnh ung thư cho người sử dụng nước, vì vậy không nên áp dụng quy trình clo hoá sơ bộ cho các nguồn nước mặt chứa nhiều chất hữu cơ.

2.3.7. Quá trình khuấy trộn hoá chất

Mục đích cơ bản của quá trình khuấy trộn hoá chất là tạo ra điều kiện phân tán nhanh và đều hoá chất vào toàn bộ khối lượng nước cần xử lý. Quá trình trộn phèn đòi hỏi phải trộn nhanh và đều phèn vào nước xử lý vì phản ứng thủy phân tạo nhân keo tụ diễn ra rất nhanh thường nhỏ hơn một phần mười giây, nếu không trộn đều và trộn kéo dài sẽ không tạo ra được các nhân keo tụ đủ, chắc và đều trong thể tích nước, hiệu quả lắng sẽ kém và tốn phèn, các loại hoá chất khác đòi hỏi trộn đều còn thời gian trộn đòi hỏi ít nghiêm ngặt hơn trộn phèn. Việc lựa chọn điểm cho hoá chất vào để trộn đều với nước xử lý cần dựa vào tính chất và phản ứng hoá học tương hỗ giữa các hoá chất với nhau, giữa hoá chất với các chất có trong nước xử lý theo quy trình công nghệ được chọn để quyết định.

2.3.8. Quá trình keo tụ và phản ứng tạo bông cặn

Mục đích của quá trình keo tụ và tạo bông cặn là tạo ra tác nhân có khả năng dính kết các chất làm bẩn nước ở dạng hoà tan lơ lửng thành các bông cặn có khả năng lắng trong các bể lắng và dính kết trên bề mặt hạt của lớp vật liệu lọc với tốc độ nhanh và kinh tế nhất.

Khi trộn đều phèn với nước xử lý lập tức xảy ra các phản ứng hoá học và lý hoá tạo thành hệ keo dương phân tán đều trong nước, khi được trung hoà, hệ keo dương này là

các hạt nhân có khả năng dính kết với các keo âm phân tán trong nước và dính kết với nhau để tạo thành các bông cặn, do đó quá trình tạo nhân dính kết gọi là quá trình keo tụ, quá trình dính kết cặn bản và nhân keo tụ gọi là quá trình phản ứng tạo bông cặn.

Trong kĩ thuật xử lý nước thường dùng phèn nhôm $Al_2(SO_4)_3$ phèn sắt $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$ và $FeSO_4$ để keo tụ nước. Ở Việt Nam thường chỉ dùng phèn nhôm vì sản xuất vận chuyển, pha chế định lượng đơn giản, hiện đã có hai nhà máy sản xuất phèn nhôm, một ở khu công nghiệp Việt Trì, một ở Tân Bình thành phố Hồ Chí Minh. Các loại phèn sắt tuy có hiệu quả keo tụ cao, nhưng sản xuất, vận chuyển và định lượng phức tạp nên chưa được dùng ở Việt Nam. Hiệu quả của quá trình keo tụ phụ thuộc vào điều kiện khuấy trộn (càng nhanh càng đều càng tốt), phụ thuộc vào nhiệt độ nước (nhiệt độ càng cao càng tốt), phụ thuộc vào pH của nước (pH để keo tụ bằng phèn nhôm nằm trong khoảng từ 5,7 đến 6,8) phụ thuộc vào độ kiềm của nước (độ kiềm của nước sau khi pha phèn còn lại ≥ 1 mđlg/l).

Hiệu quả của quá trình tạo bông cặn phụ thuộc vào: cường độ và thời gian khuấy trộn để các nhân keo tụ và cặn bản va chạm và dính kết vào nhau nếu là keo tụ trong môi trường thể tích, phụ thuộc vào độ đục của nước thô và nồng độ cặn đã được dính kết từ trước nếu là keo tụ trong lớp vật liệu lọc.

Để tăng cường quá trình tạo bông cặn thường cho vào bể phản ứng tạo bông cặn chất trợ keo tụ polyme, khi hoà tan vào nước polyme sẽ tạo ra liên kết lưới loại anion nếu trong nước nguồn thiếu ion đối (ion âm như SO_4^{2-} ...) hoặc loại trung tính nếu thành phần ion và độ kiềm của nước nguồn thoả mãn điều kiện keo tụ. Các chất trợ keo tụ hiện nay phải nhập ngoại nên các công ty nước ở Việt Nam chưa áp dụng. Gần đây Trung tâm khoa học tự nhiên quốc gia có sản xuất chất keo tụ PAC vừa làm nhiệm vụ keo tụ vừa làm nhiệm vụ trợ keo tụ tạo bông cặn, đã áp dụng có kết quả tại nhà máy nước Hải Dương, Nghệ An, Nam Định nhưng không có kết quả ở Long Xuyên, Đồng Nai, Thủ Đức vì nguồn nước phía Nam có độ kiềm và thành phần ion thấp. Việc tạo ra loại phèn và chất trợ keo tụ có hiệu quả cao thích hợp với điều kiện Việt Nam là hướng nghiên cứu trong những năm tới của ngành xử lý nước Việt Nam.

2.3.9. Quá trình lắng

Lắng là quá trình làm giảm hàm lượng cặn lơ lửng trong nước nguồn bằng các biện pháp sau:

1. Lắng trọng lực trong các bể lắng, khi đó các hạt cặn có tỷ trọng lớn hơn nước ở chế độ thủy lực thích hợp, sẽ lắng xuống đáy bể.
2. Bằng lực ly tâm tác dụng vào hạt cặn, trong các bể lắng ly tâm và xyclon thủy lực.
3. Bằng lực đẩy nổi do các bọt khí dính bám vào hạt cặn ở các bể tuyển nổi. Cùng với việc lắng cặn quá trình lắng còn làm giảm được 90-95% vi trùng có trong nước do vi trùng luôn bị hấp phụ và dính bám vào các hạt bông cặn trong quá trình lắng.

Có ba loại cặn cơ bản thường gắn liền với quá trình lắng trong xử lý nước như sau:

1. Lắng các hạt cặn phân tán riêng rẽ, trong quy trình lắng hạt cặn không thay đổi hình dáng, độ lớn, tỷ trọng, trong xử lý nước thiên nhiên thường là cặn không pha phèn và công trình lắng thường gọi là lắng sơ bộ để giảm độ đục của nước nguồn.

2. Lắng các hạt cặn dạng keo phân tán, trong xử lý nước thiên nhiên gọi là lắng cặn đã được pha phèn. Trong quá trình lắng các hạt cặn có khả năng dính kết với nhau thành các bông cặn lớn, và ngược lại các bông cặn lớn có thể bị vỡ ra thành các mảnh nhỏ hơn nên trong khi lắng các bông cặn thường bị thay đổi kích thước, hình dạng và tỷ trọng.

3. Lắng các hạt cặn đã đánh phèn có khả năng dính kết với nhau như loại cặn nêu trong điểm 2 nhưng với nồng độ lớn, thường lớn hơn 1000 mg/l, với nồng độ cặn lớn do tuần hoàn lại cặn, do tạo ra lớp cặn lơ lửng trong bể lắng, các bông cặn này tạo thành đám mây cặn liên kết với nhau và dính kết để giữ lại các hạt cặn bé phân tán trong nước.

Trong thực tế xử lý nước thường phải lắng cặn loại 2 và loại 3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quy trình lắng cặn keo tụ là:

- Kích thước, hình dáng và tỷ trọng của bông cặn.
- Độ nhớt và nhiệt độ của nước.
- Thời gian lưu nước trong bể lắng.
- Chiều cao lắng cặn (chiều cao lớp nước trong bể lắng).
- Diện tích bề mặt của bể lắng.
- Tải trọng bề mặt của bể lắng hay tốc độ rơi của hạt cặn.
- Vận tốc dòng nước chảy trong bể lắng.
- Hệ thống phân phối nước vào bể và hệ máng thu đều nước ra khỏi bể lắng.

Hiệu quả lắng phụ thuộc rất nhiều vào kết quả làm việc của bể tạo bông cặn, bể tạo bông cặn tạo ra các hạt cặn to, bền, chắc và càng nặng thì hiệu quả lắng càng cao.

Nhiệt độ nước càng cao, độ nhớt càng nhỏ, sức cản của nước đối với hạt cặn càng giảm làm tăng hiệu quả quá trình lắng.

Hiệu quả lắng tăng lên 2 - 3 lần khi tăng nhiệt độ nước 10°C.

• Thời gian lưu nước trong bể lắng là chỉ tiêu quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả của bể lắng. Để đảm bảo lắng tốt, thời gian lưu nước trung bình của các phần tử nước trong bể lắng phải đạt từ 70 - 80% thời gian lưu nước trong bể theo tính toán, nếu để cho bể lắng có vùng nước chết, vùng chảy quá nhanh hiệu quả lắng sẽ bị giảm đi rất nhiều.

Vận tốc dòng nước trong bể lắng không được lớn hơn trị số vận tốc xói và tải cặn đã lắng lơ lửng trở lại dòng nước.

Tính toán thiết kế cấu tạo và vận hành bể lắng xem chương 6.

2.3.10. Quá trình lọc

Lọc là quá trình không chỉ giữ lại các hạt cặn lơ lửng trong nước có kích thước lớn hơn kích thước các lỗ rỗng tạo ra giữa các hạt lọc mà còn giữ lại các hạt keo sắt, keo hữu cơ gây ra độ đục và độ màu, có kích thước bé hơn nhiều lần kích thước các lỗ rỗng nhưng có khả năng dính kết và hấp thụ lên bề mặt hạt lớp vật liệu lọc. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lọc nước qua bể lọc hạt là:

1. Kích thước hạt lọc và sự phân bố các cỡ hạt trong lớp vật liệu lọc.
2. Kích thước, hình dạng, trọng lượng riêng, nồng độ và khả năng dính kết của cặn lơ lửng trong nước xử lý.
3. Tốc độ lọc, chiều cao lớp lọc, thành phần của lớp vật liệu lọc và độ chênh áp lực dành cho tổn thất của một chu kỳ lọc.
4. Nhiệt độ và độ nhớt của nước.

Vật liệu lọc là yếu tố quyết định của quá trình lọc do đó phải chú ý đặc biệt đến việc sản xuất và chọn lớp vật liệu lọc.

- Hiệu quả của quá trình lọc phụ thuộc rất nhiều vào cỡ hạt của lớp vật liệu lọc. Đường kính hạt của lớp vật liệu lọc, trong các tài liệu của Liên Xô cũ và trong tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam TCXD 33-1985 được tính theo đường kính tương đương, còn trong các tài liệu tính toán của các nước phương Tây và khu vực Đông Nam Á được tính theo đường kính "hiệu quả" d_{10} .

Đường kính "hiệu quả" d_{10} là kích thước của mắt sàng, khi sàng để lọt 10% trọng lượng của mẫu hạt, còn 90% trọng lượng của mẫu hạt nằm trên sàng.

- Hiệu quả lọc còn phụ thuộc vào độ đồng nhất về kích thước của các hạt vật liệu lọc biểu thị bằng hệ số đồng nhất của lớp vật liệu. Trong các tài liệu của Liên Xô và trong tiêu chuẩn thiết kế TCVN 33-1985 của Việt Nam hệ số đồng nhất $K = d_{80}/d_{10}$. Trong các tài liệu của các nước phương Tây và các nước trong khu vực hệ số đồng nhất $K = d_{60}/d_{10}$, d_{80} , d_{60} , d_{10} là kích thước mắt sàng cho lọt qua 80%, 60% và 10% số hạt trong mẫu đem sàng tính theo trọng lượng mẫu.

Chiều cao của lớp vật liệu lọc hạt chọn phụ thuộc vào kích thước hạt và vận tốc lọc. Kích thước hạt càng lớn, vận tốc càng cao thì lớp lọc phải càng dày, ngược lại cỡ hạt lọc bé, vận tốc lọc thấp có thể chọn chiều dày lớp lọc mỏng hơn nhưng không được nhỏ hơn 0,6m. Lớp vật liệu lọc có thể chỉ là một loại hạt đồng nhất (cát lọc) hoặc có thể gồm hai lớp vật liệu lọc có kích thước và tỷ trọng hạt khác nhau (than antraxit có hạt lớn, tỷ trọng nhẹ nằm trên, cát có hạt bé, tỷ trọng nặng nằm dưới). Ở Việt Nam cho đến nay chủ yếu dùng bể lọc một lớp vật liệu lọc.

Về cơ bản có thể phân bể lọc làm ba loại chính: lọc chậm, lọc nhanh trọng lực gồm bể lọc hở và bể lọc áp lực, hai loại bể lọc này có chiều dòng nước đi từ trên xuống dưới, loại thứ 3 là lọc ngược hay lọc tiếp xúc có chiều dòng nước đi từ dưới lên trên.

- Bể lọc chậm có tốc độ lọc từ 0.1m/h đến 0.5m/h dùng để lọc nước có độ đục thấp $\leq 30\text{mg/l}$ và không phải pha phèn.

- Bể lọc nhanh trọng lực (hở và áp lực) và bể lọc tiếp xúc, dùng để lọc nước đã pha phèn lắng hoặc có thể lọc trực tiếp không qua quá trình lắng.

- Ưu điểm của bể lọc chậm so với bể lọc nhanh trọng lực là:

- 1- Không phải pha phèn.

- 2- Thiết bị đơn giản dễ dàng trong vận hành và quản lý.

- 3- Cát lọc có cỡ hạt bé rất dễ dàng tìm kiếm, cung cấp tại địa phương.

- 4- Chất lượng nước lọc luôn đảm bảo và ổn định.

- 5- Loại trừ được hầu hết vi trùng và vi khuẩn.

- Nhược điểm của bể lọc chậm:

- 1- Cần diện tích mặt bằng lớn.

- 2- Không áp dụng được cho nước nguồn có độ đục lớn hơn 30mg/l .

- 3- Không có tác dụng khử màu và chóng bị tắc trít khi nước nguồn có hàm lượng rong, rêu, tảo cao.

Bể lọc nhanh trọng lực và bể lọc tiếp xúc dùng để lọc trực tiếp nước nguồn sau khi pha phèn trong các trường hợp:

Độ đục của nước ngầm thấp hơn 10NTU tương đương khoảng 19mg/l , nồng độ sắt và mangan nhỏ hơn $0,3\text{mg/l}$ và $0,1\text{mg/l}$, nước nguồn có độ màu thấp và hàm lượng rêu, tảo thấp.

- Ưu điểm của quá trình lọc trực tiếp.

- 1- Vốn đầu tư xây dựng nhà máy xử lý nước thấp.

- 2- Tốn ít hoá chất (phèn và chất kiềm hoá).

- 3- Giảm được chi phí vận hành và quản lý.

- Nhược điểm:

- 1- Chu kỳ lọc ngắn.

- 2- Tốn lượng nước sạch để rửa lọc hơn bể lọc nhanh thường.

- 3- Cần có công nhân lành nghề thường xuyên giám sát và điều chỉnh để đảm bảo chất lượng và công suất lọc.

Lý thuyết cơ bản của quá trình lọc và cấu tạo các loại bể lọc xem chương 7.

2.3.11. Dùng than hoạt tính để hấp thụ chất gây mùi, màu của nước

Các hạt bột than hoạt tính có bề mặt hoạt tính rất lớn, có khả năng hấp phụ các phân tử khí và phân tử các chất ở dạng lỏng hoà tan trong nước làm cho nước có mùi vị và màu, lên bề mặt của hạt than, sau khi loại các hạt than này ra khỏi nước, nước được khử

mùi vị và màu. Để khử mùi vị, màu của nước bằng than hoạt tính có thể dùng hai phương pháp:

1. Đưa nước sau xử lý theo dây chuyền công nghệ truyền thống vào lọc trực tiếp qua bể lọc than hoạt tính.

2. Pha bột than hoạt tính đã tán nhỏ đến kích thước vài chục micro mét (μm) vào bể trộn nước nguồn cùng với phèn với liều lượng từ 3 - 15mg/l để hấp thụ các chất hữu cơ gây ra mùi vị, màu của nước. Phương pháp này làm tăng hiệu quả quá trình keo tụ, lắng, lọc và cặn lắng ở bể lắng dễ xử lý hơn.

Quy trình dùng than hoạt tính để xử lý nước đất, nguồn nước ở Việt Nam hiện tại chưa đến mức quá xấu nên quy trình này cho đến nay chưa được áp dụng ở nước ta.

2.3.12. Flo hoá nước để tăng hàm lượng flo trong nước uống

Ở Việt Nam trừ một vài nguồn nước có lưu lượng nhỏ như ở giếng Đền thị xã Lào Cai, một vài giếng nước ngầm mạch nông ở Khánh Hoà, Phú Yên có hàm lượng flo cao hơn tiêu chuẩn cần phải xử lý, còn lại đa số các nguồn nước mặt đều có hàm lượng flo dưới tiêu chuẩn nước dùng cho ăn uống cần phải pha thêm flo vào nước. Hiện nay chỉ mới có nhà máy nước Thủ Đức công suất 700000 m³/ngày và nhà máy nước Biên Hoà công suất 40000m³/ngày thực hiện quá trình flo hoá nước.

2.3.13. Khử trùng nước

Để đảm bảo an toàn về mặt vi trùng học, nước trước khi cấp cho người tiêu thụ phải được khử trùng. Để khử trùng thường dùng các biện pháp tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng có trong nước như:

- Đun sôi nước.
- Dùng tia tử ngoại.
- Dùng siêu âm.
- Dùng các hoá chất có tác dụng diệt trùng cao như: ozon, clo và các hợp chất của clo, iod, pemanganat kali KMnO_4 ...

Trong kĩ thuật xử lý nước chất diệt trùng được dùng phổ biến nhất là clo và các hợp chất của clo vì rẻ, dễ kiểm và quản lý vận hành đơn giản. Quá trình khử trùng bằng clo phụ thuộc vào:

- Tính chất của nước xử lý như: số lượng vi khuẩn, hàm lượng chất hữu cơ và các chất khử có trong nước.
 - Nhiệt độ nước.
 - Liều lượng clo.
- Thời gian khuấy trộn và tiếp xúc của clo tự do với nước.
- Thời gian tiếp xúc của clo với nước theo quy định của tiêu chuẩn Việt Nam phải lấy trên 30 phút.

- Liều lượng clo dùng để khử trùng phải được xác định sao cho sau thời gian tiếp xúc 30 phút lượng clo tự do còn lại trong nước là 0,3 mg/l.

2.3.14. Ổn định nước

Xử lý ổn định nước là quá trình khử tính xâm thực của nước đồng thời cày lên mặt trong thành ống lớp màng bảo vệ để cách li không cho nước tiếp xúc trực tiếp với vật liệu làm ống. Tác dụng của màng bảo vệ là:

- Chống gỉ cho ống thép và các phụ tùng trên đường ống.
- Không cho nước hoà tan vôi trong thành phần xi măng của lớp tráng mặt trong ống gang và ống gang dẻo, mặt thành trong của các ống bê tông.

Hoá chất thường dùng để xử lý ổn định nước là: hexametaphotphat, silicat natri, soda, vôi.

2.3.15. Làm mềm, khử muối, xử lý nước nổi hơi và nước làm lạnh

Là các quá trình xử lý đặc biệt dùng trong các dây chuyền xử lý nước công nghiệp được đề cập đến trong phần IV của cuốn sách này.

Tóm tắt nội dung của quá trình xử lý

Các quy trình xử lý nước đã mô tả từ mục 2.3.1 đến 2.3.15 và mục đích cần đạt của mỗi quá trình được tóm tắt trong bảng 2.1 dưới đây.

Bảng 2.1. Các quá trình xử lý nước

Quá trình	Mục đích
<ul style="list-style-type: none"> - Hồ điều hoà và sơ lắng (hồ chứa và lắng sơ bộ) - Song chắn rác - Lưới chắn rác - Bể lắng cát - Xử lý nước tại nguồn bằng hoá chất - Làm thoáng 	<ul style="list-style-type: none"> - Điều hoà sự dao động lưu lượng giữa nguồn và trạm bơm nước thô. - Loại trừ các vật nổi, trôi theo dòng nước - Loại trừ rác, các mảnh vỡ kích thước nhỏ, và một phần rong rêu trôi theo dòng nước. - Loại ra khỏi nước các hạt cát có tỷ trọng $\geq 2,6$ và kích thước $\geq 0,2\text{mm}$ để bảo vệ cho máy móc không bị bào mòn, giảm lượng cặn trợ trong các bể tạo bông cặn và bể lắng. - Loại trừ khả năng phát triển của vi sinh vật và thực vật gây ra mùi, vị, màu của nước. - Lấy oxy từ không khí để oxy hoá sắt và mangan hoá trị II hoà tan trong nước - Khử khí CO_2 nâng cao pH của nước để đẩy nhanh quá trình oxy hoá và thủy phân sắt và mangan trong dây chuyền công nghệ khử sắt và mangan. - Làm giàu oxy để tăng thế oxy hoá khử của nước, khử các chất bẩn ở dạng khí hoà tan trong nước.

Bảng 2.1. (tiếp theo)

Quá trình	Mục đích
- Clo hoá sơ bộ	<ul style="list-style-type: none"> - Giảm lượng vi trùng ở các nguồn nước thô bị nhiễm bẩn nặng. - Oxy hoá sắt và mangan hoà tan ở dạng các phức chất hữu cơ. - Loại trừ rong, rêu, tảo phát triển trên thành các bể trộn, tạo bông cặn và bể lắng, bể lọc. - Trung hoà lượng amoniac dư, diệt các vi khuẩn tiết ra chất nhầy trên mặt lớp cát lọc.
- Quá trình khuấy trộn hoá chất	<ul style="list-style-type: none"> - Phân tán nhanh và đều phen và các hoá chất khác vào nước cần xử lý
- Quá trình keo tụ và phản ứng tạo bông cặn	<ul style="list-style-type: none"> - Tạo điều kiện và thực hiện quá trình dính kết các hạt cặn keo phân tán thành bông cặn có khả năng lắng và lọc với tốc độ kinh tế cho phép.
- Quá trình lắng	<ul style="list-style-type: none"> - Loại trừ ra khỏi nước các hạt cặn và bông cặn có khả năng lắng với tốc độ kinh tế cho phép, làm giảm lượng vi trùng và vi khuẩn.
- Quá trình lọc	<ul style="list-style-type: none"> - Loại trừ các hạt cặn nhỏ không lắng được trong bể lắng, nhưng có khả năng dính kết lên bề mặt hạt lọc.
- Hấp thụ và hấp phụ bằng than hoạt tính	<ul style="list-style-type: none"> - Khử mùi, vị, màu của nước sau khi dùng phương pháp xử lý truyền thống không đạt yêu cầu.
- Flo hoá nước	<ul style="list-style-type: none"> - Nâng cao hàm lượng flo trong nước đến 0,6 - 0,9 mg/l để bảo vệ men răng và xương cho người dùng nước.
- Khử trùng nước	<ul style="list-style-type: none"> - Tiêu diệt vi khuẩn và vi trùng còn lại trong nước sau bể lọc.
- Ổn định nước	<ul style="list-style-type: none"> - Khử tính xâm thực và tạo ra màng bảo vệ cách li không cho nước tiếp xúc trực tiếp với vật liệu mặt trong thành ống dẫn để bảo vệ ống và phụ tùng trên ống.
- Làm mềm nước	<ul style="list-style-type: none"> - Khử ra khỏi nước ion Ca^{2+} và Mg^{2+} đến nồng độ yêu cầu.
- Khử muối	<ul style="list-style-type: none"> - Khử ra khỏi nước các cation và anion của các muối hoà tan đến nồng độ yêu cầu.

2.4. CÁC SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC

2.4.1. Các yêu cầu

Khi lựa chọn sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước phải dựa vào tài liệu kiểm nghiệm các chỉ tiêu lý học, hoá học, sinh học của nước thô ở các thời kỳ đặc trưng trong năm và là tài liệu thu thập nhiều năm, đồng thời phải có các tài liệu dự báo sự thay đổi và biến động về chất lượng của nước thô do quá trình sản xuất và bảo vệ hệ sinh thái trong khu vực nguồn nước gây ra ở những năm tiếp sau.

So sánh các chỉ tiêu chất lượng nước nguồn với các chỉ tiêu ghi trong bảng (1.13) và (1.14) để xác định các yêu cầu cần xử lý.

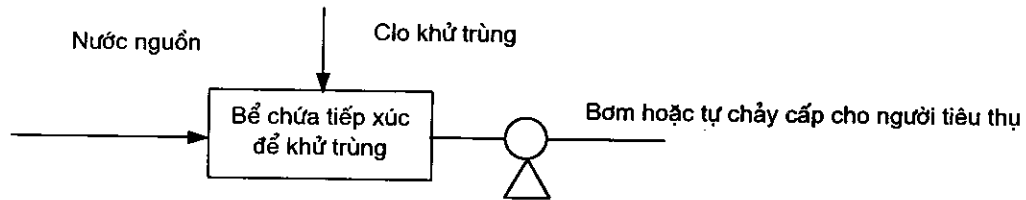
- Để chọn đúng dây chuyền công nghệ xử lý nước thường phải thí nghiệm xử lý thử trước trong phòng thí nghiệm.

- Để xác định các chỉ tiêu thiết kế các công trình trong dây chuyền xử lý phải thử trên mô hình thí nghiệm hoặc tham khảo so sánh với các chỉ tiêu của các công trình có sẵn đang làm việc với nguồn nước có chất lượng tương tự.

2.4.2. Các sơ đồ dây chuyền xử lý nước thường gặp

1. Sơ đồ hình 2.1

Áp dụng khi nước nguồn đạt tiêu chuẩn nước cấp cho ăn uống sinh hoạt ghi trong bảng (1.14). Chỉ cần khử trùng rồi cấp cho người tiêu thụ.

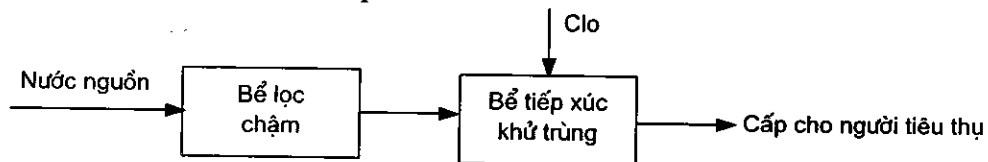


Hình 2.1: Sơ đồ cấp nước trực tiếp sau khi khử trùng

2. Sơ đồ hình 2.2

Áp dụng cho nước nguồn có chất lượng loại A ghi trong tiêu chuẩn nguồn nước TCXD 233 - 1999.

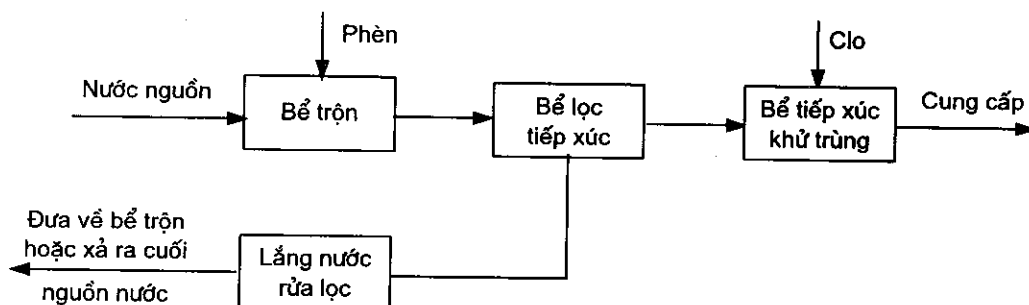
Nước nguồn có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 30mg/l tương đương với 15 NTU, hàm lượng rong, rêu, tảo và độ màu thấp.



Hình 2.2: Sơ đồ xử lý nước bằng lọc chậm

3. Sơ đồ hình 2.3

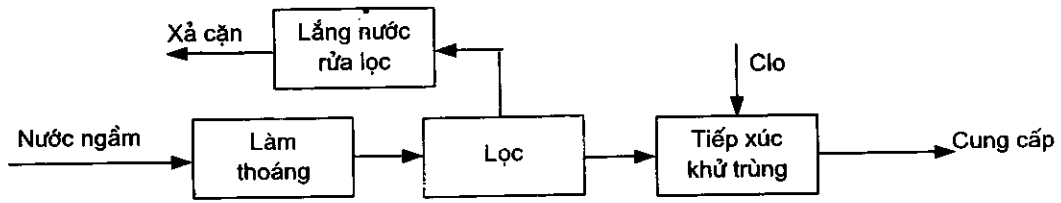
Áp dụng khi nước nguồn có chất lượng loại A theo tiêu chuẩn nguồn nước cấp nước nguồn có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 10 NTU tương đương khoảng 20mg/l.



Hình 2.3: Sơ đồ lọc trực tiếp

4. Sơ đồ hình 2.4

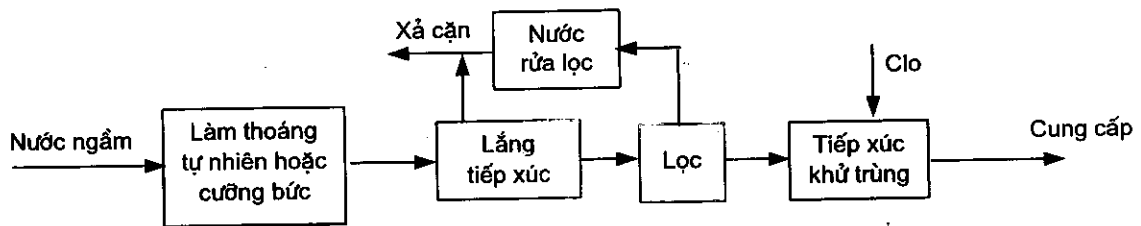
Là sơ đồ xử lý nước ngầm có chất lượng nước nguồn loại A theo tiêu chuẩn TCXD 233 : 1999.



Hình 2.4: Sơ đồ xử lý nước ngầm bằng làm thoáng đơn giản và lọc

5. Sơ đồ hình 2.5

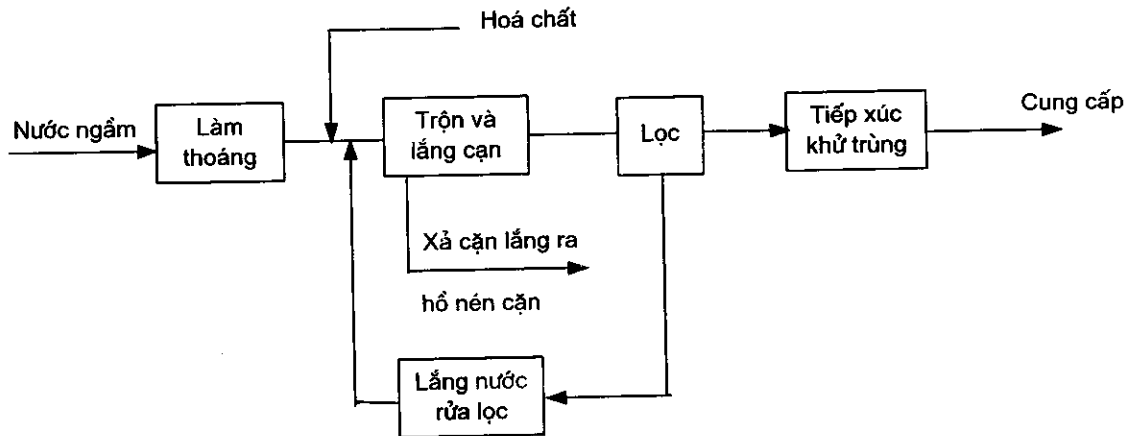
Dùng để xử lý nước ngầm có chất lượng loại B.



Hình 2.5: Sơ đồ khử sắt nước ngầm bằng làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc

6. Sơ đồ hình 2.6

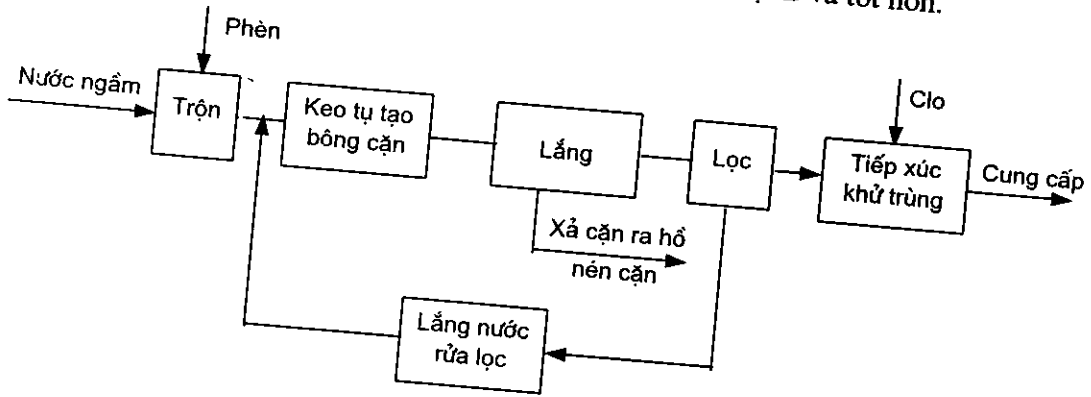
Dùng để xử lý nước ngầm có hàm lượng sắt cao, sắt ở dạng hoà tan trong các phức chất hữu cơ, kết hợp khử mangan, tiêu chuẩn nguồn loại C.



Hình 2.6: Sơ đồ dùng hoá chất để khử sắt và mangan trong nước ngầm

7. Sơ đồ hình 2.7

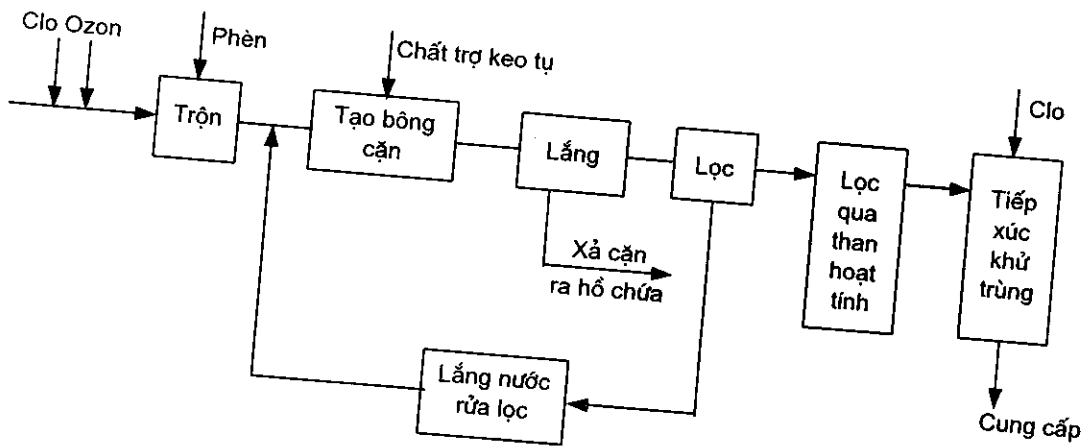
Dùng để xử lý nước nguồn có chỉ tiêu chất lượng nước loại B và tốt hơn.



Hình 2.7: Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước truyền thống

8. Sơ đồ hình 2.8

Áp dụng khi nguồn nước có chất lượng loại C



Hình 2.8: Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước có màu, mùi, vị

Chương 3

KEO TỤ CHẤT BẨN TRONG NƯỚC BẰNG PHÈN

3.1. BẢN CHẤT LÝ HOÁ CỦA QUÁ TRÌNH KEO TỤ

Cặn làm bẩn nước thiên nhiên thường là các hạt sét, cát, bùn, sinh vật phù du, sản phẩm phân hủy các chất hữu cơ... Vì có kích thước rất bé nên chúng tham gia vào chuyển động nhiệt cùng với các phân tử nước, tạo thành một hệ keo phân tán trong toàn bộ thể tích nước, độ bền của các hạt cặn lơ lửng trong nước bé hơn nhiều so với độ bền của hệ phân tán phân tử nên chúng dễ bị phá hủy (lắng đọng) dưới tác dụng của các nhân tố bên ngoài như đun nóng, làm lạnh, pha vào nước chất điện phân...

Lợi dụng tính chất này trong công nghệ xử lý nước, thường cho phèn vào nước để làm mất tính ổn định của hệ keo thiên nhiên đồng thời tạo ra hệ keo mới có khả năng kết hợp thành những bông cặn lớn, lắng nhanh, có hoạt tính bề mặt cao, khi lắng hấp phụ và kéo theo cặn làm bẩn nước, cũng như các chất hữu cơ gây mùi, vị của nước. Trong các quá trình xử lý nước gặp hai loại keo: *keo kị nước và keo háo nước*.

Keo kị nước: hạt keo không kết hợp với các phân tử nước của môi trường để tạo ra vỏ bọc hydrat, các hạt keo riêng biệt mang điện tích lớn, và khi điện tích này được trung hoà thì độ bền của hạt keo bị phá vỡ.

Quá trình keo tụ hệ keo kị nước thường là không thuận nghịch, quá trình diễn ra tới khi keo tụ hoàn toàn các hạt keo tụ.

Keo háo nước: có khả năng kết hợp với các phân tử nước tạo thành vỏ bọc hydrat, các hạt keo riêng biệt mang điện tích bé và dưới tác dụng của các chất điện phân không bị keo tụ.

Các hạt cặn làm bẩn nước thiên nhiên chủ yếu tạo ra hệ keo kị nước gồm các hạt mang điện tích âm còn các hạt keo kị nước tạo ra do sản phẩm thuỷ phân phèn nhôm, phèn sắt, mang điện tích dương. Do trong quá trình xử lý nước bằng phèn, keo kị nước đóng vai trò chủ yếu nên ở đây ta chỉ nghiên cứu *cấu tạo, tính chất và các phương pháp keo tụ keo kị nước*.

• **Cấu tạo:** Hạt keo là một tổ hợp các phân tử của một chất hoà tan trong nước. Do điện tích bề mặt rất lớn của các tổ hợp phân tử, nên chúng có khả năng hấp thụ ưu tiên một loại ion cùng dấu, hoặc có trong thành phần của các ion trong tổ hợp hoặc gần giống một trong các ion của tổ hợp về tính chất và kích thước (ví dụ hấp thụ ion NH^+ tạo thành $(m[\text{Fe}(\text{OH})_3]n\text{H}^+)$).

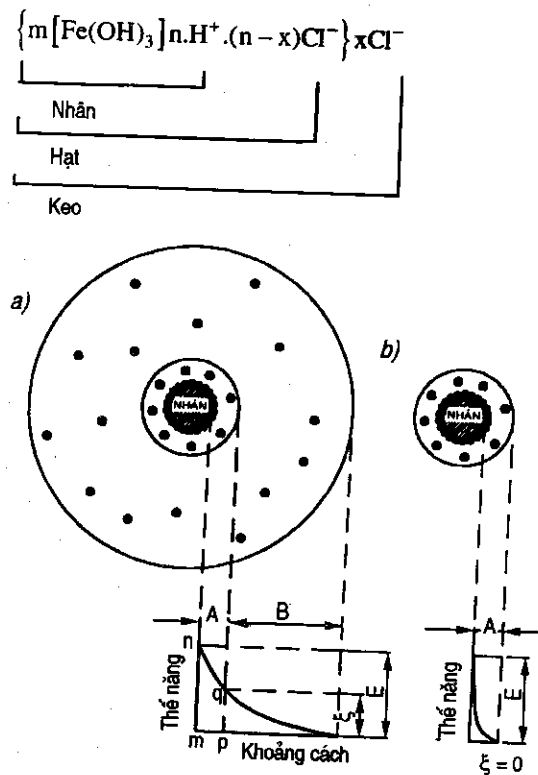
Tổ hợp các phân tử và lớp ion hấp thụ (gắn chặt) trên bề mặt nó tạo thành nhân của hạt keo. Đến lượt mình, nhân của hạt do có lớp ion bề mặt nH^+ nên nó có khả năng hấp thụ (hút) một số ion trái dấu nằm trong dung dịch (ví dụ $(n - x) Cl^-$) để bù lại một phần điện tích. Lớp ion đối bị hấp thụ trên bề mặt nhân và lớp ion bề mặt của nhân gọi là lớp điện tích kép của hạt keo. Nhân cùng với lớp điện tích kép tạo thành hạt. Ví dụ: $[m[Fe(OH)_3]nH^+.(n - x)Cl^-]$. Lớp ion đối trong lớp điện tích kép không đủ để bù lại điện tích của lớp ion bề mặt $n > (n - x)$ nên hạt mang điện tích nhất định. Để bù lại điện tích này chung quanh hạt tạo thành một lớp ion khuếch tán xCl^- . Toàn bộ hạt và lớp ion khuếch tán gọi là keo.

Nếu keo nằm trong tình trạng tĩnh thì điện tích của hạt được bù bởi điện tích của lớp khuếch tán, nhưng do chuyển động Brao (Brown), nên nhân và lớp điện tích kép (hạt) không di chuyển cùng với lớp khuếch tán (vì nó nằm quá xa nhân và có kết cấu không chặt) do đó hạt keo trong nước luôn luôn là hạt mang điện tích.

- Điện thế E (hình 3.1) trên bề mặt của nhân gọi là thế nhiệt động, bằng điện tích của tất cả các ion của lớp bề mặt nhân.

- Điện thế ξ (hình 3.1) trên bề mặt của lớp điện tích kép gọi là thế điện động, còn gọi là thế năng Zeta, bằng điện tích của lớp ion bề mặt và lớp ion đối được hấp thụ. Điện thế ξ nhỏ hơn điện thế E một trị số bằng tổng điện tích của các ion đối nằm trong lớp điện tích kép (hạt).

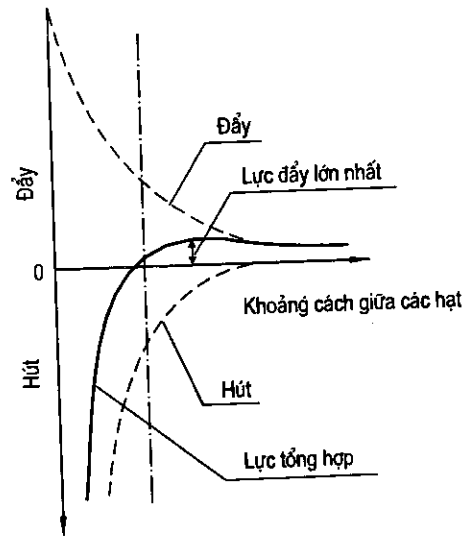
• **Tính chất của hệ keo kị nước:** Các hạt keo trong nước dưới tác dụng của lực khuếch tán do chuyển động Brao có khuynh hướng phân bố đều trong toàn bộ thể tích, và khi kích thước của hạt keo bé, lực khuếch tán lớn hơn trọng lực của chúng, hạt luôn nằm trong tình trạng lơ lửng. Các hạt keo ở trong nước khi va chạm nhau trong quá trình khuấy trộn và chuyển động nhiệt chịu tác dụng đồng thời của hai lực ngược nhau:



Hình 3.1: Cấu tạo của hạt keo
a) $\xi > 0$; b) Tình trạng cân bằng điện tích khi $\xi = 0$;
A: lớp điện tích kép; B: lớp khuếch tán;
E: thế năng nhiệt động; ξ : thế năng điện động.

- Lực hút phân tử Vandecvan (Van der Waals) giữa các hạt có khuynh hướng kết hợp các hạt lại với nhau, và tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa chúng.

- Lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo tích điện cùng dấu có khuynh hướng ngăn cản sự kết hợp giữa các hạt và biến thiên theo khoảng cách giữa chúng theo quy luật hàm số mũ. Khi hai hạt keo gần nhau thì ban đầu lực đẩy tĩnh điện lớn hơn, lực đẩy đạt cực đại tại điểm cách xa giới hạn của hạt một khoảng nhất định (hình 3.2). Nếu các hạt keo dưới tác dụng của năng lượng động học khắc phục được lực cản này thì chúng sẽ xích lại gần nhau, lực hút phân tử giữa chúng sẽ tăng rất nhanh và các hạt dính kết được với nhau.



Hình 3.2: Biểu đồ lực tương tác giữa các hạt keo

Trong thực tế, việc tăng năng lượng động học của mỗi hạt keo nhằm khắc phục lực cản xuất hiện giữa chúng trong quá trình keo tụ rất khó khăn nên thường áp dụng phương pháp giảm lực cản bằng cách giảm lực đẩy tĩnh điện giữa các hạt keo, tức là giảm điện thế Zeta ξ của hạt keo. Thực nghiệm xác định được rằng, điện thế Zeta ξ của keo kị nước dao động trong giới hạn 0,05 - 0,1 V. Để lực hút phân tử thắng được lực đẩy tĩnh điện thì thế năng Zeta ξ của hạt keo phải bé hơn 0,03 V, và quá trình keo tụ đạt vận tốc cực đại khi thế năng ξ bằng không.

Trạng thái của hệ keo khi $\xi = 0$ gọi là trạng thái đẳng điện, còn trị số pH tương ứng với trạng thái đẳng điện gọi là điểm đẳng điện của hệ. Theo lý thuyết keo tụ của Đeriaghin, lực đẩy xuất hiện giữa hai hạt keo tích điện cùng dấu phụ thuộc vào trị số điện tích của hạt tích điện bé hơn, các hạt mang điện tích bé và đẳng điện tích không những có khả năng kết hợp với nhau mà còn có khả năng kết hợp với hạt mang điện của chất khác. Như vậy việc trung hoà điện tích của tất cả các hạt keo tồn tại trong nước là không cần thiết, muốn keo tụ các hạt keo tích điện âm làm bản nước chỉ cần trung hoà điện tích các hạt keo tạo ra do thủy phân phen, các hạt keo này dính kết lẫn nhau và dính kết với keo làm bản nước tạo thành những bông cặn lớn dễ dàng lắng và lọc.

Các phương pháp keo tụ

Một trong các phương pháp keo tụ hệ keo là làm giảm thế năng Zeta của hạt bằng cách tăng nồng độ của chất điện phân trong nước.

Khi nồng độ của ion đối tăng lên, càng nhiều ion chuyển từ lớp khuếch tán vào lớp điện tích kép, kết quả là làm giảm điện thế ξ của lớp điện tích kép (hình 3.1) và chiều dày của lớp khuếch tán giảm. Khả năng làm giảm điện thế ξ của các hạt keo bằng các ion đối tăng nhanh khi tăng hoá trị của các ion này. Bảng (3.1) ghi khả năng keo tụ tương đối của các cation và anion có hoá trị khác nhau. Từ bảng (3.1) ta thấy rằng khả năng gây ra keo tụ của ion hoá trị một: hoá trị hai: hoá trị ba gần đúng theo tỷ số 1: 30:1000.

Bảng 3.1. Khả năng keo tụ tương đối của các chất điện phân

Chất điện phân	Khả năng keo tụ tương đối của chất điện phân với keo tích điện	
	Keo dương	Keo âm
NaCl	1	1
Na ₂ SO ₄	30	1
Na ₃ PO ₄	1000	1
BaCl ₂	1	30
MgSO ₄	30	30
AlCl ₃	1	1000
Al ₂ (SO ₄) ₃	30	1000
FeCl ₃	1	1000
Fe ₂ (SO ₄) ₃	30	1000

Khi keo tụ hệ keo bằng cách cho vào nước chất điện phân, điện thế ξ của các hạt keo giảm dần có khi đến không. Nhưng nếu tăng nồng độ của chất điện phân trong dung dịch quá mức cần thiết có thể gây ra quá trình tích điện lại đối với hạt keo, khi đó điện tích của hạt keo đổi dấu và thế năng ξ của hạt lại tăng lên. Từ đó ta thấy rằng nếu cho phèn vào nước nhiều hơn liều lượng cần thiết sẽ làm cản trở quá trình keo tụ.

- Có thể keo tụ hệ keo bằng cách đưa vào dung dịch một hệ keo mới, tích điện ngược dấu với hệ keo muốn keo tụ, lúc đó trong dung dịch xảy ra sự trung hoà lẫn nhau của các hạt keo tích điện trái dấu.

Khi thực hiện quá trình keo tụ theo phương pháp này phải đảm bảo chính xác sự cân bằng tổng điện tích của hệ keo mới đưa vào dung dịch và tổng điện tích của hệ keo muốn keo tụ.

- Do trong quá trình keo tụ một hỗn hợp các hệ keo khác nhau, ví dụ hỗn hợp keo thiên nhiên làm bản nước và keo tạo ra do thủy phân phèn, điều kiện keo tụ của hệ keo tạo ra do thủy phân phèn không trùng với điều kiện keo tụ của các keo thiên nhiên, cho nên lúc đầu chỉ một số bông được tạo ra do sự kết hợp lẫn nhau của keo tụ thiên tích điện âm và keo thủy phân tích điện dương, còn về sau bông cặn tạo ra là do keo tụ hệ keo do phèn thủy phân, các bông cặn này có bề mặt hoạt tính phát triển nên chúng hấp

phụ các keo tự nhiên làm bẩn nước, các chất hữu cơ hoà tan gây ra mùi vị của nước, và trong quá trình lắng, chúng thu hút các cặn kích thước bé lơ lửng trong nước.

Trong thực tế phương pháp này được áp dụng rộng rãi để keo tụ cặn bản trong nước.

Phèn thường dùng để lắng trong nước là phèn nhôm và phèn sắt trong đó chủ yếu là sunfat nhôm $Al_2(SO_4)_3$, clorua sắt $FeCl_3$ đôi khi dùng sunfat sắt (III); $Fe_2(SO_4)_3$ và sunfat sắt (II); $FeSO_4$. Ưu điểm của loại phèn kể trên là chúng có khả năng tạo ra hệ keo kị nước và khi keo tụ thì tạo ra bông cặn có bề mặt hoạt tính phát triển cao, có khả năng hấp thụ, thu hút, dính kết các tạp chất và keo làm bẩn nước.

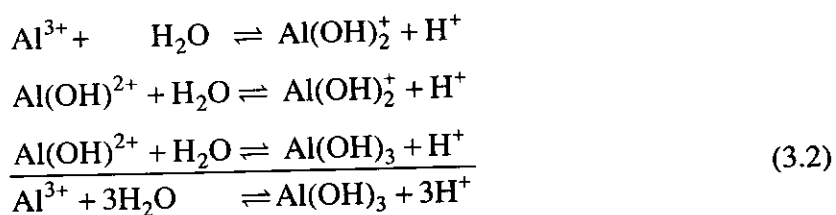
Khi cho phèn sunfat nhôm vào nước nó phân ly theo phương trình:



và ion nhôm tham gia vào quá trình trao đổi với các cation nằm trong lớp điện tích kép của hạt keo âm, làm giảm điện thế ξ của hạt bằng việc thay cation hoá trị II trong hạt keo sét bằng ion nhôm hoá trị III, và nén lớp khuếch tán của keo dẫn đến keo tụ hạt sét. Quá trình trao đổi ion của hạt sét diễn ra nhanh và kết thúc khi dung tích trao đổi của hạt keo sét bị sử dụng kiệt, khi đó trạng thái cân bằng của các cation trong lớp điện tích kép của hạt keo sét và cation nằm trong dung dịch lại được thiết lập lại. Nhưng quá trình keo tụ hệ keo tự nhiên làm bẩn nước chủ yếu lại là sự thủy phân phèn để tạo ra keo mới, và keo tụ hệ keo mới này bằng các anion có trong nước để tạo ra bông cặn có bề mặt hoạt tính phát triển cao có khả năng hấp thụ các cặn bản trong nước.

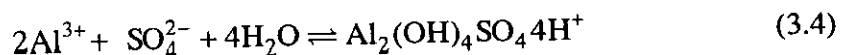
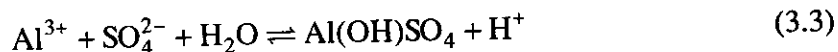
Sự thủy phân của phèn

Khi cho phèn nhôm vào nước, sau khi phân ly thành ion sẽ xảy ra quá trình thủy phân theo các giai đoạn:

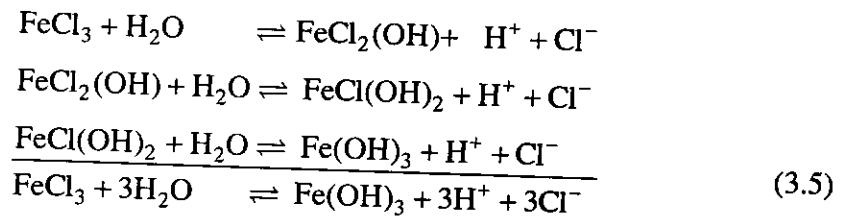


Mức thủy phân tăng lên khi pha loãng dung dịch, khi tăng nhiệt độ và pH của dung dịch.

Tùy thuộc vào điều kiện thủy phân cùng với hydroxit nhôm $Al(OH)_3$ có thể tạo ra cả muối kiềm của nhôm là những hợp chất khó tan như:



Khi cho phèn sắt hoá trị III (clorua sắt) vào nước diễn ra các phản ứng thủy phân sau:



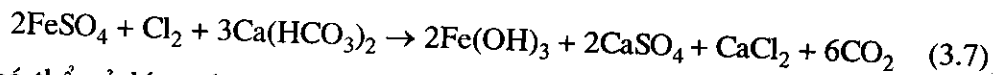
Khi dùng phèn sunfat sắt hoá trị II FeSO_4 diễn ra phản ứng thủy phân sau:



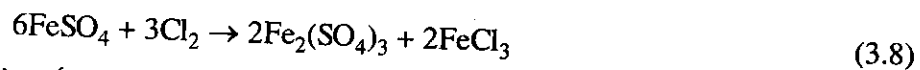
Hydroxit sắt (II) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ chỉ keo tụ khi $\text{pH} > 9 - 9,5$, trong khi đó $\text{Fe}(\text{OH})_3$ keo tụ ở trị số $\text{pH} > 3,5$, vì thế sau khi pha phèn phải tiếp tục oxy hoá sắt hoá trị II thành hoá trị III. Nếu trị số pH thấp và lượng oxy hoà tan trong nước không đủ để oxy hoá, sắt hoá trị II còn lại trong nước sẽ không bị khử trên các công trình lắng lọc. Ở điều kiện bình thường khi tiếp xúc với không khí, trong nước hoà tan $8,0\text{mg/l}$ oxy, đủ để oxy hoá 35mg/l sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III tương ứng với lượng FeSO_4 (theo sản phẩm không ngậm nước) bằng 100mg/l .

Phèn sunfat sắt hoá trị II (FeSO_4) gây khó khăn và tốn kém trong quản lý vì phải kiểm hoá nước để đưa $\text{pH} > 8$ đảm bảo điều kiện oxy hoá sắt hoá trị II thành hoá trị III bằng oxy của không khí. Nếu gần nhà máy nước có phế phẩm thừa của nhà máy luyện kim, nhà máy cơ khí lớn, do tẩy rửa kim loại bằng FeSO_4 , thì có thể dùng nó làm phèn để keo tụ nước cùng với biện pháp oxy hoá bằng clo. Lượng clo tiêu tốn là $0,24\text{mg}$ để oxy hoá 1mg FeSO_4 .

Sunfat sắt (II) và clo có thể định lượng riêng, phản ứng tạo ra hydroxit sắt (III) theo phương trình:



Cũng có thể xử lý trước FeSO_4 bằng clo để tạo ra phèn clorua và sunfat sắt hoá trị III.



Khi dùng phèn sắt hoá trị III, nếu pH của nước sau khi pha phèn không thấp hơn 6 thì không phải kiểm hoá.

Ion H^+ tách ra trong các phản ứng (3.2) - (3.6) ngăn cản quá trình thủy phân của phèn, đồng thời giảm pH của nước, đẩy hệ keo hydroxit nhôm, sắt và muối của chúng lệch khỏi điểm đẳng điện và làm giảm hiệu quả keo tụ. Vì vậy, cần phải khử ion H^+ ra khỏi phạm vi của phản ứng thủy phân ion H^+ thường được khử bằng độ kiềm tự nhiên của nước theo phản ứng:



Nếu độ kiềm có trong nước thiên nhiên không đủ để khử ion H^+ thì phải kiềm hoá nước bằng cách pha vôi hay soda (Na_2CO_3). Khi kiềm hoá bằng soda:



Khi kiềm hoá bằng vôi:



Từ các phản ứng trung hoà axit (3.9) - (3.11) ta thấy rằng: Khi cho phèn vào nước, pH của nước sẽ giảm xuống thấp nhất nếu như ion H^+ tạo ra do thủy phân phèn được trung hoà bằng độ kiềm tự nhiên HCO_3^- vì lúc đó lượng CO_2 tạo ra lớn nhất [(một ion H^+ tạo ra một phân tử khí CO_2) trong phản ứng (3.9)].

Khi trung hoà bằng soda, lượng CO_2 tách ra chỉ bằng một nửa, do đó pH của nước sẽ cao hơn. Trị số pH cao nhất nếu trung hoà bằng vôi (không tạo ra CO_2). Các trường hợp nêu trên cần được tính toán kỹ khi chọn hoá chất để kiềm hoá nước với mục đích tạo ra trị số pH thích hợp đảm bảo quá trình keo tụ xảy ra thuận lợi. Nhiều trường hợp có thể tăng hiệu quả keo tụ và hiệu quả làm sạch nước bằng cách thổi không khí vào bể trộn và bể cấu tạo bông cặn để khử bớt khí CO_2 tạo ra theo phản ứng (3.9) và nâng cao pH của nước.

Liều lượng hợp chất cần thiết để kiềm hoá tính theo công thức:

$$M = e_1 \left(\frac{a}{e_2} - K_i + 1 \right) \frac{100}{C} \quad (3.12)$$

Trong đó:

M - lượng hợp chất (theo sản phẩm kỹ thuật) để kiềm hoá (mg/l);

a - liều lượng phèn tính theo sản phẩm tinh khiết không ngâm nước (mg/l);

e_1, e_2 - trọng lượng đương lượng của hợp chất dùng để kiềm hoá và của phèn (theo bảng 3.2);

K_i - độ kiềm của nước (mdlg/l);

C - hàm lượng hoạt tính (trong sản phẩm kỹ thuật) của hợp chất dùng để kiềm hoá nước (%);

l - độ kiềm dự trữ, tức độ kiềm dư sau khi xử lý nước bằng phèn (mdlg/l).

Bảng 3.2

Hoá chất để kiềm hoá	Trọng lượng đương lượng (mg/mdlg)	Phèn	Trọng lượng đương lượng (mg/mdlg)
CaO	28	$Al_2(SO_4)_3$	57
Na_2CO_3	53	$FeCl_3$	54,1
NaOH	40	$FeSO_4$	76
		$Fe_2(SO_4)_3$	66,7

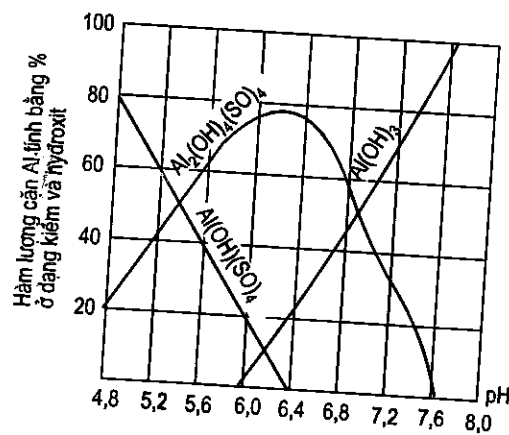
Nếu trị số M tính theo công thức (3.12) có giá trị âm, điều đó có nghĩa là độ kiềm tự nhiên của nước đủ để đảm bảo sau khi pha phèn còn dư 1 mg/l. Tuy vậy, có những trường hợp độ kiềm đủ nhưng vẫn phải kiềm hoá để nâng trị số pH của nước đến trị số tối ưu khi keo tụ, và ngược lại có những trường hợp để đảm bảo trị số pH tối ưu khi keo tụ ta phải axit hoá nước hoặc tăng liều lượng phèn (ví dụ khử màu).

Keo tụ hệ keo do phèn tạo ra

Khi xử lý nước bằng phèn sunfat nhôm, nếu trị số pH < 7,5 thì ngoài keo của hydroxit nhôm $Al(OH)_3$ trong thành phần bông cặn được tạo ra còn có keo của muối kiềm của nhôm $Al(OH)SO_4$ và $Al_2(OH)_4SO_4$. Tỷ số của các hợp chất này trong cặn lắng phụ thuộc vào pH của nước thể hiện trên biểu đồ hình (3.3), xây dựng theo tài liệu nghiên cứu của Martonova.

Trong môi trường trung hoà và axit yếu các hạt keo của hydroxit và muối kiềm của nhôm hấp thụ (lớp ion bề mặt nhân) ion H^+ và ion Al^{3+} nên có điện tích dương, và quá trình keo tụ hệ keo này tăng nhanh khi tăng nồng độ trong nước của ion âm đa hoá trị, ví dụ SO_4^{2-} . Sự nâng cao nồng độ của ion âm 1 hoá trị như Cl^- có tác dụng kích thích rất ít đến quá trình keo tụ. Khi pH > 7,5 - 8 hạt keo hydroxit nhôm tích điện âm do hấp thụ ion aluminat AlO_2^- và trong trường hợp này ion gây keo tụ là ion dương đa hoá trị. Từ đó cho thấy rằng pH và thành phần muối của nước ảnh hưởng rất lớn đến quá trình keo tụ. Khi pH > 8 - 8,5 trong nước tạo ra aluminat hoà tan, còn khi pH < 4,5 phản ứng thủy phân sunfat nhôm không xảy ra, và phèn nhôm tồn tại ở trạng thái hoà tan trong nước. Trong môi trường axit, ion Al^{3+} phản ứng trực tiếp với các chất hữu cơ, cụ thể với anion của axit mùn hữu cơ, tạo ra các hợp chất không tan, lắng đọng thành cặn.

Nhiệt độ của nước có ảnh hưởng lớn đến quá trình keo tụ. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng khi nhiệt độ của nước tăng lên thì liều lượng phèn cần thiết để keo tụ giảm xuống, thời gian và cường độ khuấy trộn cũng giảm xuống theo. Điều này dễ nhận thấy vì ở nhiệt độ cao chuyển động nhiệt của các hạt keo tăng lên, tăng số va chạm giữa các hạt, độ nhớt của nước giảm, chiều dày của lớp nước bọc quanh hạt keo giảm xuống, do đó hiệu quả dính kết do va chạm giữa các hạt keo tăng lên. Hàm lượng và tính chất của cặn cũng có ảnh hưởng đến quá trình keo tụ vì số va chạm giữa các hạt phụ thuộc vào nồng độ, còn hiệu quả va chạm phụ thuộc vào tính chất phân tán, hoạt tính bề mặt của cặn và phèn. Khi hàm lượng cặn



Hình 3.3: Các hợp chất của nhôm trong cặn lắng phụ thuộc vào pH

trong nước tăng lên, liều lượng phèn cần thiết để keo tụ cũng tăng lên, nhưng như đã nêu, hiệu quả keo tụ phụ thuộc rất mạnh vào tính chất của cặn cũng như mức độ phân tán và diện tích của nó... Đồng thời phụ thuộc vào điều kiện nhiệt độ, cường độ và thời gian khuấy trộn, pH và độ kiềm của nước. Do những lý do trên, việc tìm một công thức để xác định liều lượng phèn chung cho tất cả các trường hợp trong thời gian hiện nay còn chưa thực hiện được. Trên thực tế thường xác định liều lượng phèn cần thiết bằng thực nghiệm như sau:

Rót nước cần nghiên cứu vào 9 hoặc 10 ống nghiệm hình trụ bằng thủy tinh (dung tích 1 lít), mỗi ống nghiệm cho vào một lượng khác nhau dung dịch phèn (cả hợp chất để kiểm tra nếu cần), lập tức khuấy mạnh phèn và nước trong 20-30 giây, sau đó khuấy trộn từ từ đều đặn trong 15 phút tiếp theo. Để lắng 30 - 60 phút, dùng mắt thường quan sát bông cặn tạo ra trong các ống nghiệm và theo dõi quá trình lắng của chúng. Liều lượng nhỏ nhất của phèn (hay phèn và lượng hợp chất kiểm tra) sau 15 phút khuấy trộn tạo ra các bông cặn lớn, đều và lắng hoàn toàn sau 30 - 60 phút được chọn làm liều lượng phèn tối ưu. Việc xác định liều lượng phèn như trên tuy khá chính xác nhưng vẫn mang tính chất gần đúng vì điều kiện khuấy trộn và hình dạng ống nghiệm khác hoàn toàn với điều kiện cấu tạo và quản lý các bể trộn và bể phản ứng tại các nhà máy nước. Để tính toán sơ bộ trong khi làm nhiệm vụ thiết kế hay thiết kế sơ bộ các công trình, liều lượng phèn có thể chọn theo chỉ dẫn kinh nghiệm ghi trong quy phạm cấp nước. Khi xử lý nước có màu, liều lượng phèn nhôm sunfat có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$a = 4\sqrt{M} \quad (3.13)$$

Trong đó:

a - liều lượng phèn tính theo $Al_2(SO_4)_3$ (mg/l);

M - độ màu của nước tính bằng độ theo thang mẫu platin-coban.

Khi xử lý nước bằng phèn để giảm cả độ đục, cả độ màu của nước, liều lượng phèn phải chọn số lớn hơn trong hai số tìm được do yêu cầu giảm độ đục và giảm độ màu.

3.2. ĐỘNG HỌC CỦA QUÁ TRÌNH KEO TỤ

3.2.1. Các giai đoạn keo tụ

Khi xử lý nước bằng phèn nhôm Al^{3+} hay phèn sắt Fe^{3+} quá trình keo tụ diễn ra qua các giai đoạn sau:

- Khuấy trộn phèn với nước.
- Thủy phân của phèn.
- Phá huỷ độ bền của keo (làm mất ổn định hệ keo).
- Dính kết hấp thụ và keo tụ do chuyển động nhiệt và do khuấy trộn.

Sự khác nhau có tính chất đặc trưng giữa các quá trình keo tụ chủ yếu là do giai đoạn thủy phân và phá huỷ độ bền của keo gây ra, bởi vì khi nghiên cứu quá trình thủy phân của phèn nhận thấy rằng: Trong điều kiện xử lý nước, quá trình thủy phân, hấp thụ và trao đổi ion của lớp điện tích kép diễn ra rất nhanh chóng (tức thời), tốc độ hấp thụ và trao đổi các hợp chất trung gian của quá trình thủy phân làm phá vỡ độ bền của keo dẫn đến sự dính kết giữa chúng phụ thuộc vào các thông số vật lý: pH, độ pha loãng, nồng độ cặn, tình trạng bề mặt của hệ, nhiệt độ, v.v... Dưới tác dụng của các yếu tố này diễn ra một cách tức thời các phản ứng phá huỷ độ bền của keo. Nghĩa là mức độ phá huỷ độ bền, hiệu quả của các va chạm giữa các hạt keo phụ thuộc vào điều kiện thủy phân và loại các hợp chất được hấp thụ trong lớp điện tích kép. Còn quá trình dính kết đối với tất cả các quá trình keo tụ diễn ra giống nhau vì đều phụ thuộc vào số các va chạm và hiệu quả va chạm của các hạt keo, và là giai đoạn chậm nhất của quá trình keo tụ.

Theo tài liệu nghiên cứu và thực nghiệm thì hằng số tốc độ thủy phân của anion và cation khoảng 10^{-10} s^{-1} , hằng số trùng hợp sản phẩm thủy phân $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Đối với phản ứng thủy phân và trùng hợp của muối nhôm và sắt, người ta rút ra kết luận:

Thời gian cần thiết để tạo ra hợp chất dạng AlOH^{2+} và FeOH^{2+} dễ dàng bị hấp thụ trên bề mặt hạt keo là 10^{-10} s . Việc tạo ra các trùng hợp xảy ra chậm hơn, mất khoảng $10^{-2} - 1 \text{ s}$, còn thời gian hấp thụ các hợp chất này trên bề mặt keo khoảng 10^{-4} sec . Do đó khi đã đạt được các thông số lý hoá tối ưu cho quá trình thủy phân và phá huỷ độ bền của keo ta phải đưa quá trình keo tụ vào chế độ tối ưu bằng cách tạo điều kiện để giai đoạn dính kết giữa các hạt diễn ra có hiệu quả nhất. Hiệu quả của giai đoạn này chủ yếu phụ thuộc vào số lượng các va chạm giữa các hạt của hệ keo. Kích thước hạt do dính kết lớn dần lên và điều đó ngăn cản hạt tham gia trực tiếp vào chuyển động nhiệt. Lúc đó muốn đạt được số va chạm cần thiết trong hệ phải khuấy trộn với cường độ nhất định, do đó giai đoạn dính kết, phụ thuộc chủ yếu vào các thông số thủy động lực học của dòng chảy. Trong các công trình xử lý nước, các quá trình keo tụ diễn ra trong dòng chảy rối, liên tục. Sự hiểu biết quy luật keo tụ trong dòng chảy rối cho phép trả lời được các câu hỏi:

- Cần phải khuấy trộn nước với dung dịch phèn trong bao lâu và với cường độ nào để đạt được hiệu quả làm sạch cao nhất?
- Những yêu cầu gì được đặt ra khi thiết kế kết cấu các bể trộn, bể cấu tạo bông và bể lắng?

3.2.2. Keo tụ do chuyển động nhiệt

Các hạt keo bị mất độ bền và có khả năng dính kết tham gia vào các chuyển động nhiệt (chuyển động Brao) và va chạm với nhau tạo thành bông cặn. Theo lý thuyết của Smolukhốpki tốc độ keo tụ do chuyển động nhiệt phụ thuộc vào nồng độ ban đầu của hạt n_0 , cường độ chuyển động Brao, hệ số khuếch tán của môi trường D. Bán kính tác dụng của lực hút Vandecvan R, và tốc độ tăng các tổ hợp hạt n_x tương ứng với phản ứng bậc hai:

$$\frac{dn_x}{dt} = 4\alpha\pi DR(n_0 - n_x)^2 \quad (3.14)$$

Kí hiệu $(n_0 - n_x) = n_t$: số lượng hạt trong một đơn vị thể tích tại thời điểm t , ta có:

$$-\frac{dn_x}{dt} = 4\alpha\pi DRn_t^2 \quad (3.15)$$

Sau khi tích phân trong giới hạn từ n_0 đến n_t và từ 0 đến t , ta nhận được:

$$n_t = \frac{n_0}{1 + 4\alpha\pi DRn_0 t} \quad (3.16)$$

Trong đó:

- D - hệ số khuếch tán của các hạt đơn;
- R - bán kính tác dụng của lực hút Vandecvan;
- α - hệ số hiệu quả va chạm.

Công thức của Smolukhốpki dựa trên sự va chạm chỉ của hai hạt, không tính đến khả năng va chạm đồng thời một nhóm hạt do tăng nồng độ ban đầu của các hạt và tăng thể tích của tổ hợp tạo thành.

3.2.3. Keo tụ do khuấy trộn

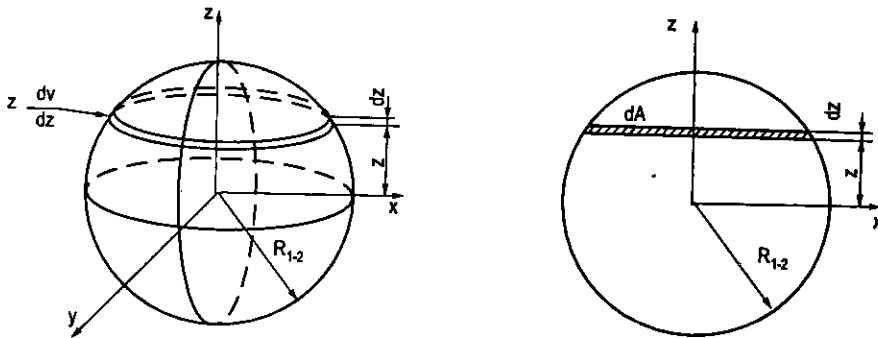
Nếu ngay từ lúc ban đầu, kích thước của hạt keo lớn hơn rất nhiều so với kích thước phân tử của môi trường phân tán hoặc do kết quả dính kết khi chuyển động nhiệt, kích thước hạt đạt tới $1 \mu\text{m}$, thì sự va chạm giữa các hạt chỉ có thể xảy ra do khuấy trộn bởi vì kích thước lớn của hạt không cho phép nó tham gia vào chuyển động nhiệt và chuyển động tương đối giữa các hạt với nhau là chuyển động có hướng do dòng chảy tầng và dòng chảy rối của môi trường phân tán gây ra. Tốc độ dính kết do khuấy trộn tương ứng với phản ứng bậc nhất. Đối với các hạt riêng biệt điểm chuyển từ keo tụ do chuyển động nhiệt sang keo tụ do khuấy trộn là điểm keo tụ tạm thời, tại điểm đó hạt chuyển từ tình trạng phân tán của hệ keo sang tình trạng phân tán của các hạt có kích thước tương đối bé. Từ thời điểm đó trở đi cường độ khuấy trộn là một trong những yếu tố có tác dụng quyết định đến quá trình keo tụ, điều đó có nghĩa là các hạt bông cặn phải có một tốc độ di chuyển tương đối để đảm bảo đạt được số va chạm tối đa nhưng không gây ra phá hoại các hạt bông đã tạo ra.

Keo tụ trong dòng chảy tầng

Chúng ta xét hai hạt (1) và (2) chuyển động trong dòng chất lỏng chảy tầng dọc tường phẳng theo hướng trục x . Tốc độ của hạt (2) bằng v . Theo hướng của trục z , tốc độ dòng lớn dần theo gradien tốc độ $\frac{dv}{dz}$; hạt (1) nằm cách hạt (2) một khoảng cách z theo hướng trục z . Lúc đó tốc độ của hạt (1) so với mặt phẳng bằng $v + z\frac{dv}{dz}$, còn tốc độ chuyển động tương đối của hạt (1) đối với hạt (2) bằng:

$$v_{td} = z \frac{dv}{dz} \quad (3.17)$$

Giả thiết hạt (2) nằm ở gốc tọa độ. Theo Smolukhốpki lực tác dụng tương hỗ giữa hạt (1) và hạt (2) xảy ra nếu khoảng cách giữa hai hạt giảm đến trị số bằng bán kính tác dụng của lực hút (hình 3.5).



Hình 3.4: Mô hình về sự tác dụng lẫn nhau của các hạt trong dòng chảy tầng

Số lượng hạt (1) trong một đơn vị thời gian đi vào trong bề mặt của hình cầu bán kính R_{12} bằng tích số của lưu lượng q đi qua hình cầu và số hạt (1) nằm trong một đơn vị thể tích (n_1), từ hình (3.4) ta có:

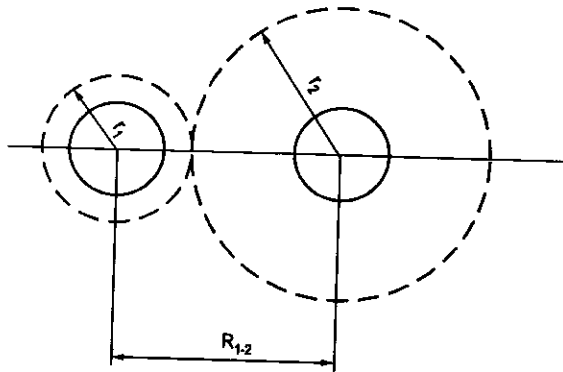
$$dq = v_{td} \times dA \quad (3.18)$$

$$dq = z \frac{dv}{dz} 2 \left(\sqrt{R_{12}^2 - z^2} \right) dz \quad (3.19)$$

Số hạt (1) có tác dụng tương hỗ với hạt (2) nằm ở tâm sau một đơn vị thời gian trong một đơn vị thể tích bằng:

$$N_1 = 4n_1 \int_0^{R_{12}} z \frac{dv}{dz} \left(R_{12}^2 - z^2 \right)^{1/2} dz \quad (3.20)$$

Hình 3.5: Mô hình bán kính tác dụng tương hỗ giữa hai hạt



Sau khi thay giá trị gradient tốc độ bằng giá trị trung bình của nó theo thời gian và kí hiệu $\frac{dv}{dz} = G$, lấy tích phân (3.20) thu được:

$$N_1 = \frac{4}{3} n_1 G R_{12}^3 \quad (3.21)$$

Đối với n_2 hạt (2) ta có n_2 tâm keo tụ, sau khi thay vào (3.21) $R_{12} = r_1 + r_2$ để ý đến hiệu quả va chạm α_0 ta có:

$$-\frac{dN_1}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_0 n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3 G \quad (3.22)$$

Đối với hệ keo có các hạt giống nhau ta có:

$$-\frac{dN_1}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_0 n_1^2 R_{12}^3 G \quad (3.23)$$

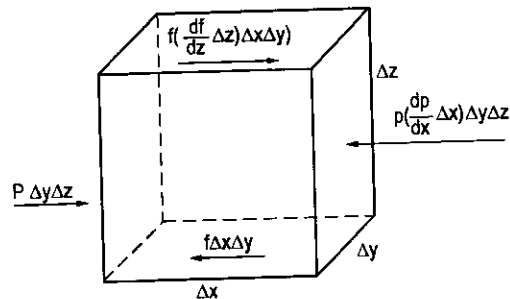
công thức (3.22) biểu diễn tốc độ keo tụ của hệ đa phân tán trong dòng chảy tầng.

Keo tụ trong dòng chảy rối

Điều kiện cân bằng giữa áp lực P và lực ma sát f tác dụng vào một thể tích nguyên tố của chất lỏng (hình 3.6) được viết theo biểu thức sau:

$$P \Delta z \Delta y + \left[f + \left(\frac{df}{dz} \right) \Delta z \right] \Delta x \Delta y = f \Delta x \Delta y + \left[P + \frac{dP}{dx} \Delta x \right] \Delta y \Delta z \quad (3.24)$$

Để cho lớp trên và lớp dưới của chất lỏng trong thể tích nguyên tố chuyển động tương đối với nhau với tốc độ $v_{td} = dv/dz$ (hay để thể tích nguyên tố chất lỏng quay với tốc độ góc dv/dz) phải tiêu tốn một năng lượng bằng tích số của momen quay $(f \Delta x \cdot \Delta y) \Delta z$ với vận tốc góc dv/dz . Do đó năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị thể tích chất lỏng trong một đơn vị thời gian là:



Hình 3.6: Sơ đồ quan hệ cân bằng lực đối với thể tích nguyên tố chất lỏng trong dòng chảy rối

$$W = \frac{(f \Delta x \Delta y) \Delta z \frac{dv}{dz}}{\Delta x \Delta y \Delta z} = f \frac{dv}{dz} \quad (3.25)$$

Trong đó:

$f \Delta x \cdot \Delta y$ - lực ma sát tác dụng trên mặt dưới của thể tích nguyên tố chất lỏng;

Δz - cánh tay đòn;

dv/dz - tốc độ góc của thể tích ($dv/dz = G$) hay gradien tốc độ;
 $\Delta x, \Delta y, \Delta z = \Delta V$ - thể tích nguyên tố của chất lỏng được tách ra;
 f - lực ma sát theo định luật Newton.

$$f = \mu \frac{dv}{dz}; \quad (3.26)$$

μ - độ nhớt động lực học của chất lỏng
 Thay (3.26) vào (3.25) ta nhận được:

$$W = \mu \left(\frac{dv}{dz} \right)^2 = \mu G^2; \quad (3.27)$$

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\nu}} \quad (3.28)$$

Trong đó:

ε_1 - năng lượng tiêu tốn cho một đơn vị khối lượng chất lỏng trong một đơn vị thời gian.

ν - độ nhớt động học.

hoặc
$$G = \sqrt{\frac{W_1}{\mu Q t}}, (s^{-1}) \quad (3.29)$$

W_1 - công tiêu tốn để khuấy trộn (kG.m);

μ - độ nhớt động lực học của nước $\left(\frac{kG.s}{m^2} \right)$;

Q - thể tích khuấy trộn (m^3);

t - thời gian khuấy trộn (s).

Công thức (3.28) và (3.29) cho phép xác định giá trị của gradien tốc độ và độ rối của dòng chảy khi khuấy trộn. Chúng được sử dụng để tính toán cường độ khuấy trộn và để đánh giá mức độ keo tụ theo chuẩn số keo tụ.

Công thức (3.22) do nhà khoa học Mỹ, Camp, tìm ra đối với dòng chảy tầng, nghiêm ngặt mà nói không thể dùng nó cho dòng chảy rối, vì gradien tốc độ không hoàn toàn đặc trưng cho độ rối của dòng. Nhưng kết quả thực nghiệm của nhiều nhà khoa học chứng tỏ rằng có thể dùng công thức (3.22) và (3.29) của Camp đối với trường hợp chảy rối vì gradien tốc độ và kích thước của các xoáy trong dòng chảy rối tương ứng với các va chạm của hạt cặn trong xử lý nước được xác định bởi cùng một thông số, đó là độ hấp thụ năng lượng cơ học của một đơn vị khối lượng chất lỏng nhớt.

So sánh tốc độ keo tụ do chuyển động nhiệt và tốc độ keo tụ do khuấy trộn bằng cách chia phương trình (3.23) cho (3.15) ta có:

$$\frac{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do khuấy trộn)}}{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do chuyển động nhiệt)}} = \frac{GR^3}{3D\pi R} \quad (3.30)$$

Nếu kích thước các hạt keo tụ không lớn, tích số DR có thể thay bằng $2KT/3\pi\mu$.

Trong đó:

K - hằng số Boltzman (Boltzmann) ($1,38 \cdot 10^{-16}$ erg/độ K);

T - nhiệt độ tuyệt đối (K);

thu được:

$$\frac{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do khuấy trộn)}}{-\frac{dN_t}{dt} \text{ (do chuyển động nhiệt)}} = \mu \frac{GR_{12}^3}{2KT} \quad (3.31)$$

Kích thước hạt tới 5 μm , cường độ khuấy trộn $G = 50\text{s}^{-1}$ là các thông số thường đạt được ở các nhà máy xử lý nước, khi $t^\circ = 20^\circ\text{C}$, $\mu = 0,01 \text{ g.s/cm}^2$, theo (3.31) keo tụ do khuấy trộn lớn hơn keo tụ do chuyển động nhiệt 5000 lần. Từ đó ta thấy rằng để thu được các hạt cặn do kết quả keo tụ có kích thước đủ lớn có thể lắng trong bể lắng thì cần khuấy trộn và cường độ khuấy trộn đóng vai trò chủ yếu. Các công thức trên đây rút ra từ điều kiện va chạm của các hạt hình cầu hoặc đều cạnh, còn sự tác động lẫn nhau của các hạt có hình dạng khác nhau phức tạp hơn nhiều, bởi vì lúc đó cùng với chuyển động có hướng của các hạt còn xảy ra chuyển động quay của mỗi hạt, do đó keo tụ có thể xảy ra nhanh hơn, và ta thấy rằng tìm một công thức toán học hoàn toàn chính xác về mặt lý thuyết để đánh giá hiệu quả keo tụ đối với tất cả các trường hợp là không thể thực hiện được, vì trong xử lý nước, cặn bẩn và keo do phèn tạo ra để ngưng tụ chúng không những có dạng hình cầu mà còn là các hạt có hình dạng bất kỳ.

3.2.4. Keo tụ bằng phèn có tính đến tác dụng phá hoại bông cặn khi khuấy trộn

Keo tụ nước bằng phèn trong các công trình xử lý nước có những đặc điểm riêng:

1. Các hạt cặn làm bẩn nước và các hạt keo tạo ra do thủy phân phèn cùng tham gia vào quá trình keo tụ.
2. Tốc độ tạo ra bông cặn là hàm số của tốc độ phản ứng hoá học, và cường độ khuấy trộn.
3. Kích thước của bông cặn được tạo thành lớn hơn hàng nghìn lần so với kích thước các hạt cặn tự nhiên.
4. Bông cặn tạo ra do quá trình keo tụ có các tính chất vật lý và kích thước hình học khác xa bông cặn lý tưởng mà ta đã xét trong điểm (2 và 3). Muốn thu được các số liệu đúng đắn để thiết kế và quản lý công trình keo tụ nước phải để ý đến tất cả các đặc điểm trên.

Trong công thức (3.22) ta coi hạt (2) là hạt bông cặn, hạt (1) là hạt ban đầu, do kích thước bông cặn rất lớn so với hạt (1) ban đầu ta có thể lấy $(r_1 + r_2)^3 \sim r_2^3$.

$$\text{Thể tích hạt bông cặn } V = \frac{4}{3} \pi r_2^3$$

Nồng độ thể tích của bông cặn trong nước:

$$C_o = n_2 \frac{4}{3} \pi r_2^3 \quad (3.32)$$

Thay C_o vào (3.22) thu được:

$$-\frac{dn}{dt} = \alpha_o \frac{C_o}{\pi} G n \quad (3.33)$$

Lấy tích phân theo thời gian từ 0 đến t và từ nồng độ cặn ban đầu n_o đến n_t thu được:

$$\frac{n_t}{n_o} = e^{-\alpha_o \frac{C_o}{\pi} G \cdot t} \quad (3.34)$$

Từ phương trình (3.34) Camp đã rút ra kết luận: Hiệu quả của quá trình keo tụ được đặc trưng bằng chuẩn số không thứ nguyên G.t. thường gọi là chuẩn số Camp. Một số tác giả nghiên cứu khác đề nghị dùng $C_o \cdot G \cdot t$ làm chuẩn số đánh giá hiệu quả của quá trình keo tụ vì trong thực tế xử lý nước, chuẩn số G.t dao động trong khoảng rất lớn đối với các nguồn nước khác nhau và trị số của nó phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng nước. Do đó không thể dùng chuẩn số G.t như là một thông số để cấu tạo và quản lý công trình trong mọi trường hợp.

Phân tích phương trình (3.34) ta thấy rằng: Hiệu quả của quá trình thủy phân phèn và phá huỷ độ bền của keo, nghĩa là ảnh hưởng của pH, độ kiềm K, nhiệt độ của nước và thành phần ion của dung dịch đến quá trình keo tụ được thể hiện bằng hệ số hiệu quả va chạm α_o . Trong thực tế việc xác định hệ số này là không thực hiện được, đồng thời không thể căn cứ vào trị số của nó để tìm giá trị tối ưu của các thông số kể trên. Còn ảnh hưởng của nồng độ cặn n_1 , liều lượng phèn a được thể hiện bằng nồng độ thể tích của bông cặn C_o , hiện nay cũng chưa đo trực tiếp được và cũng không thể dựa vào trị số của nó để tìm liều lượng phèn tối ưu của quá trình keo tụ.

Công thức (3.34) thể hiện rằng hiệu quả của quá trình keo tụ tăng tỷ lệ thuận với nồng độ cặn C_o , cường độ khuấy trộn G và thời gian khuấy trộn t, với công thức (3.34) ta không thể xác định được giá trị tối ưu của các thông số C_o , G và t. Điều này mâu thuẫn với thực tế vì rằng đối với mỗi quá trình keo tụ đều có giá trị tối ưu của cường độ khuấy trộn G, nếu cường độ khuấy trộn nhỏ hơn trị số này thì số lượng va chạm giữa các hạt không đủ để keo tụ; các hạt lớn không bị di chuyển sẽ lắng nhanh còn các hạt nhỏ sẽ lơ lửng trong thể tích nước, ngược lại nếu cường độ khuấy trộn lớn hơn trị số tối ưu thì sẽ gây ra sự phá vỡ các bông cặn lớn. Mặt khác nếu thời gian khuấy trộn ít hơn thời gian

khuấy trộn tối ưu thì số lượng va chạm không đủ và hiệu quả keo tụ sẽ thấp, còn nếu khuấy trộn lâu hơn thời gian tối ưu thì sẽ gây ra sự lặp đi lặp lại nhiều lần quá trình dính kết, phá vỡ giữa các bông cặn dẫn đến làm trơ một phần bề mặt hoạt tính của bông cặn, tức là giảm hiệu quả dính kết và giảm đường kính của bông cặn.

Để tăng cường hiệu quả keo tụ, giảm giá trị G , t và tránh một phần các tác dụng xấu kể trên, các nhà khoa học đã tạo ra bể cấu tạo bông có lớp cặn lơ lửng và bể tạo bông có lớp hạt tiếp xúc bằng vật liệu rắn để tăng nồng độ các hạt cặn n_1 , n_2 trong công thức (3.22) tức là tăng nồng độ thể tích của hạt cặn C_0 trong (3.33).

3.2.5. Ảnh hưởng của hàm lượng cặn và việc sử dụng tuần hoàn cặn lắng để đẩy mạnh quá trình keo tụ

Từ công thức (3.22) và (3.34) ta thấy rằng tốc độ và hiệu quả của quá trình keo tụ phụ thuộc vào hàm lượng cặn (nồng độ các hạt n_1 , n_2) m_0 trong nước. Khi các điều kiện khác như nhau, hàm lượng cặn càng lớn, tốc độ và hiệu quả của quá trình keo tụ càng lớn, nhưng khi hàm lượng cặn lớn đòi hỏi đồng thời phải tăng cường độ khuấy trộn và thời gian khuấy trộn nghĩa là đòi hỏi tiêu tốn nhiều năng lượng hơn. Do tác dụng của hàm lượng cặn như đã nêu trên, trong nhiều trường hợp xử lý nước có độ đục thấp, độ màu cao, người ta pha thêm cát, sét vào nước nguồn để tăng cường quá trình keo tụ. Như vậy, hàm lượng cặn trong nước đi vào bể phản ứng m_0 , cũng là thông số điều khiển được trong các quá trình keo tụ, và bằng thực nghiệm trên mô hình hoặc trên công trình đang quản lý ta tìm hàm lượng cặn tối ưu cho mỗi nguồn nước cụ thể. Trong nhiều trường hợp thực tế quản lý các nhà máy nước và cả trong nghiên cứu thực nghiệm khi tăng hàm lượng cặn trong nước bằng cách sử dụng tuần hoàn lại cặn đã lắng trong các bể lắng, đạt kết quả rất tốt. Trong các tạp chí và sách chuyên ngành đã có nhiều công bố về kết quả sử dụng tuần hoàn cặn của bể lắng, để tăng cường quá trình keo tụ, nhưng việc nghiên cứu hiện tượng này một cách có lý luận chặt chẽ, từ đó tìm ra đặc điểm chung đối với các nguồn nước trong các tài liệu công bố còn rất ít. Ở đây chúng tôi cố gắng giải thích bằng lý luận hiện tượng này.

- Hiệu quả va chạm giữa các hạt được đánh giá bằng hệ số α .
- Hiệu quả thủy động của các công trình keo tụ (hệ số sử dụng thể tích, độ trộn đều các phần tử trong chất lỏng) được đánh giá bằng hệ số γ .

Ta giả thiết rằng: Số lượng hạt hydroxit do phen tạo ra trong một đơn vị thể tích bằng n_0 còn số lượng hạt hydroxit phen đã tác dụng với cặn bản của nước sau thời gian t bằng x . Như vậy, tại thời điểm t số lượng keo phen tự do còn lại chưa tác dụng với cặn bản $S = (n_0 - x)$. Khi các công trình làm việc ổn định trong khoảng thời gian từ t đến $t + \Delta t$, ta coi quá trình va chạm để dính kết các hạt keo phen và cặn bản là xảy ra đều trong toàn bộ thể tích. Như vậy sau thời gian dt , số hạt keo phen tác dụng với cặn bản sẽ là dx và tốc độ keo tụ tức thời là $\frac{dx}{dt}$. Rõ ràng tốc độ sử dụng các hạt hydroxit phen tỷ lệ

với số lượng hạt tự do còn lại sau thời gian t ($n_0 - x$), tỷ lệ với hệ số hiệu quả va chạm α và hệ số hiệu quả thủy động γ , tỷ lệ với hàm lượng cặn m_0 trong nước. Ta có:

$$\frac{dx}{dt} = \alpha \gamma m_0 (n_0 - x) \quad (3.35)$$

hay:
$$dt = \frac{1}{\alpha \gamma m_0} \frac{dx}{(n_0 - x)} \quad (3.36)$$

Bởi vì khi các công trình làm việc ổn định: α , γ , m_0 là các hằng số nên sau khi tích phân (3.36) ta thu được:

$$t = \frac{1}{\alpha \gamma m_0} \lg \frac{1}{n_0 - x} + C \quad (3.37)$$

Giá trị của hằng số tích phân C được xác định xuất phát từ điều kiện ban đầu như sau: Quá trình sử dụng các hạt hydroxit phèn xảy ra ngay sau khi tạo ra nó nghĩa là khi $t = 0$, $x = 0$, thay giá trị $t = 0$, $x = 0$ vào (3.37) thu được:

$$C = \frac{1}{\alpha \gamma m_0} \ln \frac{1}{n_0} \quad \text{và} \quad t = \frac{1}{\alpha \gamma m_0} \ln \frac{n_0}{n_0 - x} \quad (3.38)$$

Số lượng hạt hydroxit nhôm đã dính kết với cặn bản của nước sau thời gian t . Rút từ (3.38):

$$x = n_0 (1 - e^{-\alpha \gamma m_0 t}) \quad (3.39)$$

Từ công thức (3.39) thấy rõ rằng: $x < n_0$ và các hạt hydroxit phèn không bao giờ được sử dụng hết trong các công trình làm sạch dù cho chúng có kết cấu rất hoàn hảo, nghĩa là γ xấp xỉ bằng đơn vị. Bởi vì thời gian keo tụ trong công trình t_1 là thời gian tối ưu của quá trình keo tụ chứ không phải là thời gian sử dụng hết các hạt phèn là t_2 và $t_1 \ll t_2$. Từ đó ta thấy: Muốn tăng hiệu quả sử dụng hạt keo phèn trong nước ta phải tuân hoàn lại cặn để tăng thời gian t trong công thức (3.39). Như vậy, việc sử dụng lại các cặn đã lắng về nguyên tắc là có lợi trong mọi trường hợp nhưng cần chú ý rằng:

- a) Trong quá trình xử lý nếu thu được hệ số hiệu quả va chạm giữa các hạt α quá thấp, trong trường hợp này tuân hoàn cặn để tăng hạt keo phèn là không hiệu quả.
- b) Hiệu quả sử dụng lại cặn phụ thuộc vào số hạt tự do còn lại trong cặn sau một thời gian keo tụ trên công trình (t_1).

$$S = n_0 - x_{t_1} = n_0 e^{-\alpha \gamma m_0 t_1}$$

Nếu tuân hoàn lại nhiều lần lượng cặn thì thời gian sử dụng tăng lên, lượng tự do S giảm xuống, đồng thời bề mặt hoạt tính của hạt bị trơ hoá vì nhiều lần dính kết và tách các hạt bản trên nó, dẫn đến giảm hệ số hiệu quả va chạm α . Do đó nhiệm vụ của người thiết kế công nghệ là phải cấu tạo thiết bị để tuân hoàn lại, chỉ những cặn mới lắng lần đầu (các kiểu bể lắng accelator).

c) Cặn đã lắng có kích thước và cấu trúc của bông cặn, vì vậy khi tuần hoàn lại phải hết sức tránh tác động gây phá hoại bông cặn. Cặn tuần hoàn có thể đưa vào bể cấu tạo bông (bể phản ứng) hay đưa trực tiếp vào máng phân phối của bể lắng.

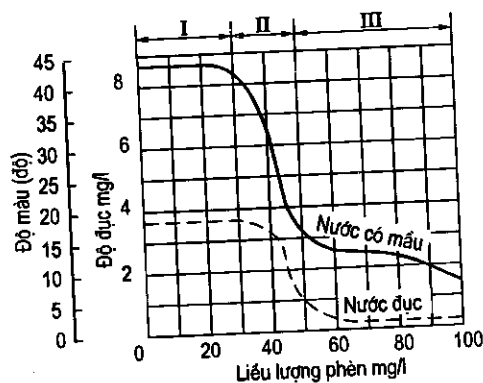
Tóm lại để tìm hàm lượng cặn tối ưu cho mỗi nguồn nước khi keo tụ chúng và tìm hệ số tuần hoàn cặn thích hợp, trong thời gian hiện nay chưa thể thực hiện được bằng tính toán thuần túy vì các hệ số α và γ hiện chưa có thiết bị để đo trực tiếp. Vấn đề chỉ có thể được giải quyết một cách chính xác và tin cậy bằng các quy hoạch thực nghiệm trên mô hình đồng dạng hoặc trực tiếp trên công trình (các loại bể có tuần hoàn cặn đáp ứng yêu cầu b và c hiện nay đều là phát minh độc quyền của các hãng).

3.2.6. Keo tụ tiếp xúc

Sử dụng khả năng kết dính của các hạt cặn lên bề mặt các hạt của vật liệu lọc như cát, các nhà khoa học đề xuất bể lọc tiếp xúc để lọc nước theo nguyên tắc keo tụ tiếp xúc. Về bản chất sự dính kết của các hạt cặn vào các hạt của lớp vật liệu lọc là sự keo tụ, bởi vì muốn có dính kết phải tạo ra điều kiện thủy động thuận lợi cho các hạt cặn chuyển động gần các hạt của các lớp vật liệu lọc đến mức xuất hiện lực hút Vandecvan giữa chúng, đồng thời phải khử độ bền của hệ keo để giảm lực đẩy tĩnh điện giữa chúng. Quá trình keo tụ tiếp xúc diễn ra với tốc độ nhanh và với mức độ hoàn hảo hơn sự keo tụ trong thể tích chất lỏng. Vì cường độ dính kết giữa các hạt bé trong nước với các hạt lớn của lớp vật liệu lọc lớn hơn nhiều lần so với cường độ dính kết (do va chạm) giữa các hạt bé với nhau trong môi trường thể tích. Ngoài ra các hạt bé tuy còn tích điện và thậm chí nồng độ các hạt còn chưa đủ để gây ra keo tụ do va chạm trong môi trường thể tích nhưng nó đã có thể thực hiện được quá trình keo tụ tiếp xúc trong lớp vật liệu hạt. Quy trình thực hiện keo tụ tiếp xúc có hiệu quả nhất là sau khi pha phèn vào nước lập tức cho lọc qua môi trường hạt, ví dụ như cát. Đặc trưng của quá trình keo tụ tiếp xúc theo quy trình đã nêu thể hiện trên biểu đồ hình 3.7.

Lúc đầu khi tăng liều lượng phèn, độ đục và độ màu của nước giảm rất ít và gần như không thay đổi (vùng I trên hình 3.7), sau đó khi phèn đạt đến một liều lượng nhất định thì bắt đầu "ngưỡng" keo tụ, độ đục, độ màu của nước lọc giảm rất nhanh (vùng II), sau giai đoạn đó việc tiếp tục tăng liều lượng phèn ảnh hưởng rất ít đến hàm lượng cặn trong nước lọc.

Liều lượng phèn tương ứng với ngưỡng keo tụ trong keo tụ tiếp xúc bé hơn lượng phèn dùng để keo tụ cùng một số lượng cặn trong môi trường thể tích và



Hình 3.7: Sự phụ thuộc liều lượng phèn và hiệu quả làm trong và khử màu khi keo tụ tiếp xúc

cường độ dính kết giữa cặn và các hạt của lớp vật liệu lọc lớn hơn cường độ dính kết giữa các hạt cặn với nhau trong keo tụ thể tích, cho nên keo tụ tiếp xúc cặn ít thời gian hơn, năng suất của công trình cao hơn.

Quá trình keo tụ tiếp xúc xảy ra không chỉ trong các bể lọc tiếp xúc mà cả trong bể lọc nhanh nếu nước sau khi trộn đều với phèn không cho lắng mà chuyển ngay vào bể lọc. Thông số có ảnh hưởng quyết định đến hiệu quả lọc nước không phải là kích thước của cặn mà là khả năng dính kết của chúng vào lớp vật liệu hạt, là tính chất lý hoá của cặn bản sau khi đã xử lý phèn. Nếu không xử lý cặn bản bằng phèn thì chúng hầu như không có khả năng dính kết và ngay các hạt cặn có kích thước lớn cũng có thể dễ dàng lọt qua chiều dày của lớp vật liệu lọc.

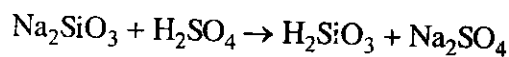
Trong các bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng, nước sau khi trộn đều với phèn đi qua lớp cặn lơ lửng gồm các bông cặn đã tạo ra từ trước để thực hiện quá trình keo tụ tiếp xúc và nước sau khi qua bể lắng trở nên trong.

3.3. DÙNG CÁC HOÁ CHẤT PHỤ ĐỂ TĂNG CƯỜNG QUÁ TRÌNH KEO TỤ

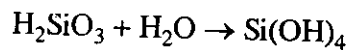
Các hoá chất dùng để tăng cường quá trình keo tụ của phèn nhôm và phèn sắt là các chất cao phân tử. Trong những trường hợp đặc biệt các hoá chất này có thể thay phèn để keo tụ cặn.

Chất cao phân tử dùng để tăng cường quá trình keo tụ của phèn nhôm và phèn sắt theo thành phần hoá học có thể chia ra: hợp chất cao phân tử vô cơ như axit silixic hoạt hoá và hợp chất cao phân tử hữu cơ như poliacrilat natri, poliacriamit...

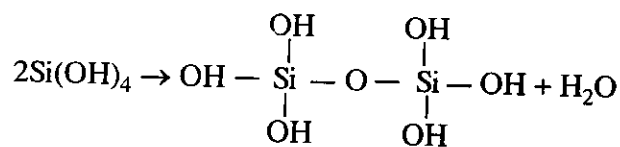
Axit silixic hoạt hoá được sản xuất từ silicat natri (thuỷ tinh lỏng) ở ngay nhà máy nước bằng cách trung hoà độ kiềm dung dịch thuỷ tinh lỏng có nồng độ 1 - 2%. Dung dịch thuỷ tinh lỏng nồng độ 1% có phản ứng kiềm (pH = 11 ÷ 12), trong điều kiện ấy không thể tạo ra axit silixic hoạt hoá. Nhưng khi trung hoà ví dụ bằng axit sunfuric 70 - 85% độ kiềm của dung dịch thuỷ tinh lỏng nồng độ 1 - 2%, silicat natri chuyển thành axit silixic theo phản ứng:



Axit silixic bị thuỷ phân:



Sau đó xảy ra ngưng kết axit silixic bằng cách khử dần nước để tạo ra liên kết lưới:



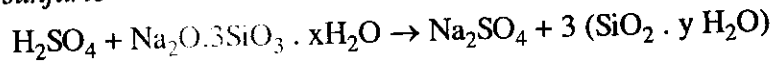
Quá trình ngưng kết dẫn đến sự tạo ra axit keo silic. Hạt keo của axit silixic hoạt hoá khi cho vào nước đã được pha phèn có tác dụng đẩy mạnh quá trình keo tụ các hạt keo tích điện dương hydroxit nhôm hoặc lượng ion âm đa hoá trị quá ít không đủ để đảm

bảo keo tụ nhanh các hạt keo tích điện dương của phèn (vì axit silixic hoạt hoá sau khi ngưng kết tạo ra liên kết lưới tích điện âm). Trong nhiều trường hợp dùng axit silixic hoạt hoá làm chất tăng cường để xử lý nước có độ đục thấp, độ màu cao cho kết quả rất tốt.

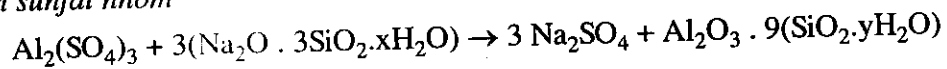
Nguyên liệu gốc để sản xuất axit silixic hoạt hoá là thuỷ tinh lỏng có modun (tỷ số phân tử) gần bằng 3.

Thuỷ tinh lỏng modun bằng 3 gồm 28 - 29% SiO_2 và 8,8 - 9,4% Na_2O , trọng lượng riêng gần bằng 1,5. Để hoạt hoá axit silixic có thể dùng các hoạt chất khác nhau.

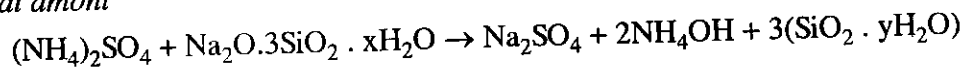
- *Axit sunfuric*



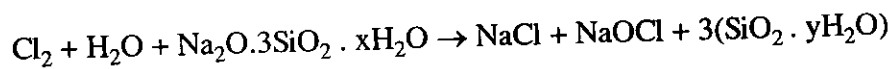
- *Phèn sunfat nhôm*



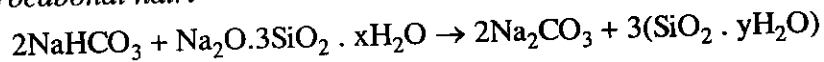
- *Sunfat amoni*



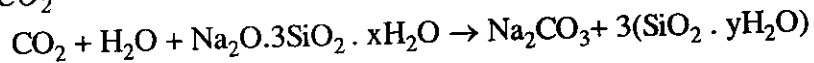
- *Clo*



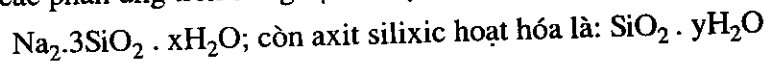
- *Hydrocarbonat natri*



- *Khí CO_2*



Trong các phản ứng trên dung dịch thuỷ tinh lỏng có ký hiệu là:



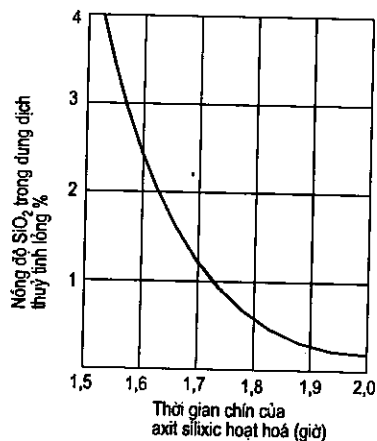
Việc chọn hoạt chất để hoạt hoá axit silixic cần dựa vào khả năng của từng nhà máy nước và dựa trên cơ sở tính toán kinh tế kỹ thuật. Tại các nhà máy nước dùng phèn sunfat để keo tụ và dùng clo để khử trùng, ta có thể dùng một trong hai chất ấy làm chất hoạt hoá axit silixic. Khi dùng clo làm hoạt chất phản ứng sẽ tạo ra hypoclorit natri (NaOCl) và chất này được dùng để khử trùng nước. Sau khi đưa hoạt chất vào dung dịch thuỷ tinh lỏng sẽ xảy ra sự "ngấu" của keo axit silixic hoạt hoá và dung dịch axit bắt đầu keo tụ ngay sau khi chín ngấu, các hạt keo bắt đầu bị mất điện tích và độ hoạt tính của keo axit silixic mất dần. Vì thế cần phải sử dụng axit silixic hoạt hoá ngay trong vài giờ sau khi nó ngấu. Để kéo dài thời gian sử dụng axit silixic hoạt hoá phải pha loãng dung dịch bằng nước đến nồng độ 0,5% (tính theo SiO_2). Hình 3.8 biểu diễn sự phụ thuộc của thời gian chín axit silixic hoạt hoá vào nồng độ của nó (tính theo SiO_2).

Biểu đồ thành lập đối với dung dịch thuỷ tinh lỏng 1,5 - 2% có 82% độ kiềm đã được trung hoà bằng axit sunfuric.

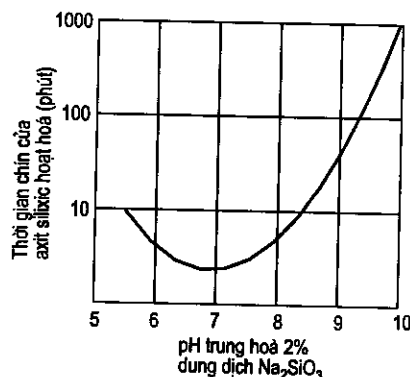
Tốc độ ngấu của axit silixic hoạt hoá có thể điều chỉnh bằng mức độ trung hoà độ kiềm của dung dịch (bằng trị số pH sau khi trung hoà) và bằng cách chọn hoá chất để

trung hoà. Sự phụ thuộc thời gian ngấu của axit silixic hoạt hoá vào trị số pH của dung dịch thuỷ tinh lỏng 2%, sau khi trung hoà một phần độ kiềm được biểu diễn trên đồ thị hình 3.9. Từ đồ thị 3.9 ta thấy rằng thời gian ngấu tăng nhanh khi giá trị pH của dung dịch lớn hơn 8 và bé hơn 6.

Độ pH của dung dịch thuỷ tinh lỏng có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi liều lượng của chất hoạt hoá và dùng biểu đồ hình 3.10 ta có thể xác định gần đúng phần trăm độ kiềm của dung dịch thuỷ tinh lỏng đã bị trung hoà bằng những hoạt chất khác nhau theo pH.



Hình 3.8: Sự phụ thuộc thời gian chín của axit silixic hoạt hoá vào nồng độ dung dịch tinh theo SiO₂%



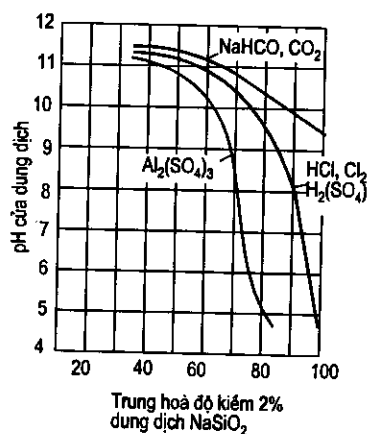
Hình 3.9: Sự phụ thuộc thời gian chín của axit silixic hoạt hoá vào pH của dung dịch trung hoà 2% dung dịch thuỷ tinh lỏng 2%

Mức trung hoà độ kiềm của dung dịch thuỷ tinh lỏng 2% (SiO₂).

Liều lượng axit silixic hoạt hoá cho vào nước để tăng cường quá trình keo tụ được xác định bằng thực nghiệm trong phòng thí nghiệm tại các nhà máy nước.

Quy cách sản xuất và định lượng axit silixic hoạt hoá vào nước được trình bày trong chương 4.

Trong thời gian gần đây để tăng cường quá trình keo tụ, người ta dùng ngày càng nhiều các hợp chất cao phân tử hữu cơ, ví dụ poliacrilamit. Hiệu quả làm trong nước đạt được cao nhất khi cho poliacrilamit vào nước sau khi trộn phèn. Poliacrilamit làm tăng nhanh đường kính hiệu quả của các bông cặn đã được tạo ra khi cho phèn vào nước. Dùng poliacrilamit có thể là một trong những hướng phát triển tương lai của quá trình công nghệ xử lý nước ở nước ta.



Hình 3.10: Sự phụ thuộc pH của dung dịch thuỷ tinh lỏng 2% vào mức độ trung hoà độ kiềm

Chương 4

HÓA CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC

CÁC THIẾT BỊ PHA CHẾ ĐỊNH LƯỢNG

4.1. CÁC HOÁ CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC

Trong đại đa số các trường hợp, để thu được nước có chất lượng thoả mãn yêu cầu của các đối tượng dùng nước khác nhau, trong quá trình xử lý phải dùng các hoá chất khác nhau hoặc phải lọc nước qua môi trường hạt của các chất hấp thụ và sau một thời gian làm việc phải dùng hoá chất thích hợp để khôi phục lại khả năng hấp thụ của hạt vật liệu lọc.

Dưới đây giới thiệu tóm tắt đặc tính cơ bản của các hoá chất thường dùng trong công nghệ xử lý nước:

Phèn

Phèn để keo tụ cặn bẩn trong nước thường dùng các chất sau:

- **Phèn nhôm** (sunfat nhôm) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ được sản xuất bằng cách điều chế bôxít, cao lanh và các chất sét khác có chứa oxy nhôm với axit sunfuric. Phụ thuộc vào phương pháp sản xuất và tính chất của nguyên liệu thu được các loại phèn nhôm khác nhau.

Phèn nhôm không tinh khiết thường dùng ở các nhà máy nước là phèn tảng, cục, có hình dạng không đều nhau và có màu xám, có chứa không ít hơn 35,5% $Al_2(SO_4)_3$ (9% Al_2O_3) không lớn hơn 2% axit sunfuric tự do, 0,5% Fe_2O_3 ; không lớn hơn 0,003% thạch tín (As_2O_3) và không lớn hơn 23% cặn không hoà tan. Trọng lượng thể tích khi đổ thành đồng $\gamma = 1,1 - 1,4 t/m^3$.

Phèn nhôm kĩ thuật, phèn sạch là các tảng hoặc cục có màu xám sáng có chứa không ít hơn 40,3% $Al_2(SO_4)_3$ (13,3% Al_2O_3) và không lớn hơn 1% cặn không hoà tan trong nước. Ở các nước Mỹ, Anh, Pháp ngoài phèn cục còn sản xuất phèn nhôm ở dạng bột để định lượng khô cho vào nước.

Aluminat natri $NaAlO_2$ sản xuất bằng cách hoà tan hydroxit nhôm hay oxyt nhôm vào dung dịch xút $NaOH$. Phèn nhận được có dạng cục cứng, màu sáng có ánh xà cừ khi bị vỡ, trọng lượng thể tích khi đổ thành đồng $\gamma = 1,2 - 1,8 t/m^3$.

Alumi oxyt clorit $[Al_2(OH)_5]Cl \cdot 6H_2O$ sản xuất bằng cách hoà tan bột hydroxit nhôm vào dung dịch 0,5 - 1% của axit HCl . Nó là phèn kết tinh màu vàng nhạt, có chứa 40 - 44% Al_2O_3 và 20 - 21% Cl . Có thể sản xuất ở dạng dung dịch đặc 35%.

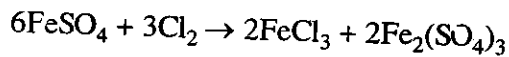
• **Phèn sắt:** Sunfat sắt hoá trị II ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) thu được bằng cách tận dụng phế liệu (chất thải) khi tẩy rửa bề mặt kim loại đen ở các nhà máy luyện kim bằng H_2SO_4 . Nó là các tinh thể màu xanh sáng, bề mặt do bị oxy hoá dần dần bị phủ bởi màng màu vàng.

Sản phẩm kỹ thuật của phèn $\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ có chứa từ 47 đến 53% FeSO_4 , không lớn hơn 0,25 - 1% H_2SO_4 tự do, không lớn hơn 0,4 - 1% cặn không hoà tan trong nước, thường đựng trong các thùng gỗ để vận chuyển đến nhà máy nước.

Trọng lượng thể tích khi đổ thành đồng $\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$.

Clorua sắt FeCl_3 : Đựng trong các thùng thép kín để vận chuyển đến nhà máy nước. Sản phẩm thị trường của FeCl_3 có chứa không ít hơn 98% FeCl_3 .

Hỗn hợp clorua sắt FeCl_3 và sunfat sắt hoá trị III: $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ có thể thu được ngay tại nhà máy nước bằng cách điều chế dung dịch sunfat sắt hoá trị II với clo. Quá trình clo hoá sunfat sắt (II) diễn ra theo phản ứng sau:



liều lượng clo 0,128 gam cho 1 gam $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Sunfat sắt hoá trị III $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ do có chứa nhiều H_2SO_4 tự do nên ăn mòn mạnh, khó định lượng chính xác để cho vào nước vì hàm lượng H_2SO_4 bị thay đổi luôn nên ít được dùng làm phèn để keo tụ nước tuy rằng nó có khả năng keo tụ rất cao.

Các chất dùng để tăng cường quá trình keo tụ

Để đẩy nhanh quá trình keo tụ khi xử lý nước có màu, độ đục thấp, khi nhiệt độ nước thấp người ta dùng các chất tăng cường để làm cho các bông cặn tạo nên có kích thước lớn và rắn chắc.

Thường hay dùng hơn cả là axit silixic hoạt tính, $(\text{Na}_2\text{O})_m (\text{SiO}_2)_n$ sản xuất từ thủy tinh lỏng.

Hoá chất thường dùng để khử trùng nước

• Clo lỏng Cl_2 là chất lỏng màu ánh vàng da cam có chứa 99,5% clo và không lớn hơn 0,06% nước. Clo là chất độc loại mạnh, hàm lượng clo cho phép trong phòng là 0,001mg/l. Vận chuyển clo trong các thùng hoặc bình đặc biệt chịu được áp lực cao.

• Hypoclorit natri NaClO thu được bằng điện giải dung dịch muối ăn ngay tại nhà máy nước. Nếu là sản phẩm công nghiệp thì dung dịch NaClO chứa 185 g/l clo hoạt tính, vận chuyển hypoclorit đến nhà máy nước dưới dạng dung dịch đựng trong các thùng chống ăn mòn.

• Hypoclorit canxi $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ chứa 30 - 45% clo hoạt tính, đựng trong các thùng chống ăn mòn.

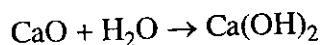
- Clorua vôi là sản phẩm dạng bột, màu trắng có mùi clo mạnh, dễ bị phân huỷ khi bảo quản lâu. Có chứa không ít hơn 32 - 35% clo hoạt tính và không ít hơn 10% hơi nước đọng trong các thùng gỗ, trọng lượng riêng $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$.

- Sunfat amoni: dạng bột tinh thể không màu, chứa không ít hơn 25% NH_3 , hàm lượng cặn không hoà tan bé hơn 0,01%. Hoà tan trong nước ở 20°C đến 754g/l . Dùng để amoniac hoá nước khi khử trùng và để giảm độ kiềm và hàm lượng muối trong nước dùng cho nồi hơi khi làm mềm nước bằng phương pháp lọc qua bể lọc amoni natri cationit.

Hoá chất dùng để làm mềm, kiềm hoá và ổn định nước

- Vôi chưa tôi (vôi xây dựng) thu được bằng cách nung đá vôi, đá phiến ở nhiệt độ $900 - 1200^\circ\text{C}$. Vôi gồm oxyt canxi CaO và cặn bần (CaCO_3 chưa nung chín, oxyt magie MgO , cát và sét). Vôi chưa tôi được sản xuất ở hai dạng, vôi cục và vôi bột. Phụ thuộc vào hàm lượng của oxyt magie trong vôi, chia ra: vôi canxi (chứa oxyt magie MgO dưới 7%) vôi magie chứa hơn 7% MgO .

Khi cho vào nước, vôi bị tôi (hydrat hoá) phản ứng toả nhiệt và kết thúc khi tạo ra hydroxit canxi:



Khi tôi vôi cho thừa nước ($3,5\text{m}^3$ nước/1 tấn vôi) thu được vôi nhão, 1 tấn vôi cục tạo ra $1,6 - 2,2 \text{ m}^3$ vôi nhão. Khi tôi vôi không cho thừa lượng nước ($0,7\text{m}^3$ nước/1 tấn vôi) thu được vôi tôi ở dạng bột sét. Vì vôi có độ hoà tan thấp nên thường định lượng để cho vào nước dưới dạng sữa vôi.

- Soda Na_2CO_3 : là bột hút ẩm màu trắng chứa không ít hơn 95% Na_2CO_3 và không ít hơn 1% NaCl . Hoà tan mạnh trong nước nóng nhưng lại tan chậm trong nước lạnh. Đựng trong bao giấy.

- Xút ăn da NaOH : là chất hút ẩm màu trắng đục, bay hơi trong không khí. Xút dùng trong các trạm xử lý nước có chứa 95 - 92% NaOH không lớn hơn 3 - 2,5% Na_2CO_3 , 1,5 - 3,75% NaCl và 0,2% Fe_2O_3 .

- Muối ăn NaCl chứa không ít hơn 98% NaCl loại tinh khiết, các tạp chất khoảng 2% trong đó cặn không hoà tan 0,2 - 0,9%; 0,6% Ca ; 0,1% Mg , trọng lượng khi đổ thành đồng 1 t/m^3 .

- Axit sunfuric kĩ thuật H_2SO_4 : là chất lỏng dầu, không màu chứa từ 75 - 90% H_2SO_4 . Hoà tan H_2SO_4 vào nước diễn ra theo quá trình tách nhiệt. Vì thế khi điều chế dung dịch axit sunfuric phải rót rất từ từ axit vào nước, tuyệt đối không cho phép đổ nước vào axit. Đựng trong các bình thuỷ tinh, thùng gỗ hay thùng có lót lớp cách ly chống ăn mòn.

- Axit clohydric HCl : là chất lỏng, trong, màu phớt vàng, loại 1 chứa không ít hơn 27,5% HCl , không lớn hơn 0,4% H_2SO_4 ; 0,01% As . Đựng trong các bình thuỷ tinh, thùng gỗ và thùng có bảo vệ chống ăn mòn.

- Trinatri photphat $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$: tinh thể màu trắng và phốt vàng hàm lượng PO_4 trong sản phẩm thị trường không ít hơn 23,7%, cặn không hoà tan ít hơn 0,1%.

Hoá chất dùng để xử lý chống gỉ, chống rong, rêu, tảo và các quá trình sinh học khác

- Hexameta photphat natri $(\text{NaPO}_3)_6$: dạng cục không màu hay màu xanh sáng, có chứa 72 - 74% $(\text{NaPO}_3)_6$ dùng để ngăn ngừa sự lắng đọng của cacbonat canxi, hydroxit sắt trong các đường ống dẫn nước và dùng để hoà tan cặn bám cacbonat và sắt, để chống gỉ cho ống dẫn nước.

- Sunfat đồng: tinh thể màu xanh, loại I chứa không ít hơn 98% $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Loại II chứa không ít hơn 94% CuSO_4 hàm lượng cặn không hoà tan ít hơn 0,1%. Dùng để chống mọc rong, rêu tảo trong các hồ chứa nước, các bể làm nguội nước và trên đường ống dẫn. Vận chuyển trong các thùng gỗ dung tích 5, 10, 20 lít.

Các hoá chất dùng trong các quá trình xử lý khác

Bảng 4.1. Độ hoà tan của các hoá chất dùng khi xử lý nước

Hoá chất	Độ hoà tan tính bằng gam- trong một lít nước ở các nhiệt độ (°C)						
	0	10	20	40	60	80	100
Phèn nhôm tính theo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	312	335	364	457	592	731	890
Phèn nhôm tính theo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	608	650	703	890	1148	1420	1725
Sunfat sắt FeSO_4	156	205	265	402	495	-	-
Clorua sắt FeCl_3	744	818	919	1120	-	5250	5370
Vôi tính theo CaO	1,43	1,33	1,23	1,04	0,86	0,67	0,49
Soda Na_2CO_3	70	125	215	485	464	458	455
Xút NaOH	420	515	1090	1290	1470	-	3470
Muối ăn NaCl	357	358	360	366	373	384	398
Sunfat đồng CuSO_4	143	174	207	285	400	550	754
Pecmanganat kali KMnO_4	28,3	44	64	126	222	300	410
NaSiF_6	4,3	5,5	7,3	10,3	-	18,6	24
Florit Natri NaF	35,3	38,5	41,7	44	46,8	48,9	50
Amoniac NH_3 (áp lực riêng pha 760mm thủy ngân)	875	679	526	-	307	-	-
Khí SO_2 (khí Pr = 760mm)	228	162	112,9	54,1	-	-	1033
Hexameta photphat natri $(\text{NaPO}_3)_6$	-	-	754	-	-	1744	-
Anuminat natri NaAlO_2	-	-	370	-	-	-	-

- Na_2SiF_6 : bột tinh thể nhỏ màu trắng, là chất độc, có chứa 93 - 98,95% Na_2SiF_6 không lớn hơn 0,1 - 0,15% axit tự do tính ra HCl. Dùng để flo hoá nước, vận chuyển trong các thùng gỗ, trọng lượng riêng $\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$.

- Natri florit NaF: bột màu trắng hay xám trắng, là chất độc có chứa 80- 90,84% NaF độ ẩm nhỏ hơn 1,3 - 4%, cần không hoà tan nhỏ hơn 10% dùng để flo hoá nước. Dùng trong các thùng tôn có lót giấy bên trong, trọng lượng riêng $\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$.

- Sunfit natri $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ là tinh thể không màu hay màu vàng nhạt. Sản phẩm thị trường chứa không ít hơn 44% Na_2SO_3 , không lớn hơn 0,4% $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ và 0,08% sắt. Bảo quản Na_2SO_3 ở chỗ khô, chống ẩm và có nhiệt độ dưới 30°C . Dùng để khử clo trong nước và để hoà tan clo dư tại các trạm pha clo, $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$.

- Than hoạt tính dạng hạt là sản phẩm xử lý than gỗ bằng nhiệt hơi nước hay là sản phẩm hoạt hoá của than đá nửa cốc dùng để hấp thụ các chất hữu cơ chứa trong nước, vận chuyển trong các thùng gỗ dán hay bao giấy, $\gamma = 0,2 \text{ t/m}^3$.

Bảng 4.1 ghi độ hoà tan trong nước của các hoá chất kể trên theo nhiệt độ khác nhau của nước.

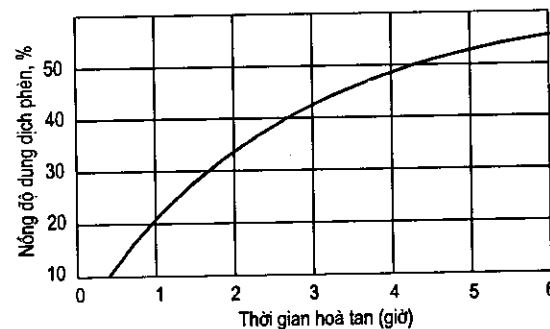
4.2. THIẾT BỊ HOÀ TAN PHÈN

Có thể cho phèn vào nước dưới dạng bột, hạt khô hoặc dưới dạng dung dịch. Để định lượng phèn vào nước dưới dạng bột hoặc hạt khô phải có phèn sản xuất ra ở dạng bột. Ở nước ta không sản xuất loại phèn này, thêm vào đó việc định lượng phèn dưới dạng bột khô thường kém chính xác và không đảm bảo điều kiện vệ sinh vì nhiều bụi, nên có thể loại trừ việc dùng phèn bột.

Thường định lượng phèn vào nước dưới dạng dung dịch có nồng độ 1-5%.

Việc tăng nồng độ của dung dịch phèn sẽ làm giảm độ chính xác khi định lượng. Vì vậy đầu tiên dùng các thùng hoà tan để hoà tan phèn có nồng độ cao đồng thời để lắng bớt các tạp chất không tan trong nước ở bể hoà tan, sau đó chuyển sang bể tiêu thụ để pha loãng đến nồng độ 1 - 5% rồi định lượng vào nước.

Tốc độ hoà tan của phèn cục ở trong nước tăng nhanh khi giảm kích thước của cục phèn, tăng cường độ tuần hoàn của nước trong bể hoà tan và tăng nhiệt độ của nước. Vì thế để đảm bảo thời gian hoà tan phèn phù hợp với yêu cầu quản lý ở



Hình 4.1: Biểu đồ biểu diễn tốc độ hoà tan phèn cục vào nước ở 20°C khuấy trộn bằng khí nén với cường độ 4l/s m^2 .

các nhà máy nước, phải đập nhỏ phèn trước khi cho vào bể hoà tan và thực hiện việc khuấy trộn dung dịch trong bể hoà tan bằng thiết bị khuấy cơ khí, bằng khí nén hoặc bằng bơm tuần hoàn nước. Trên hình (4.1) giới thiệu biểu đồ biểu diễn tốc độ hoà tan phèn cục khi khuấy trộn dung dịch bằng khí nén với cường độ 4 l/s m² ở nhiệt độ nước 20°C.

Biểu đồ cho thấy đối với phèn cục sau bốn giờ khuấy trộn bằng khí nén có thể nhận được dung dịch phèn 40 - 50% tính theo Al₂(SO₄)₃.18H₂O hay dung dịch phèn 20 - 23% tính theo Al₂(SO₄)₃.

Dung tích của thùng hoà tan xác định phụ thuộc vào phương pháp dự trữ phèn. Có hai phương pháp dự trữ phèn tại nhà máy nước: Dự trữ khô và dự trữ ướt.

a) Dự trữ khô

Phèn đựng trong bao xếp thành đống cao 2,0m trong kho. Hàng ngày đem cân các bao phèn theo khối lượng cần rồi cho vào bể hoà tan để hoà thành dung dịch.

Dung tích bể hoà tan tính theo công thức sau:

$$W = \frac{Q.n.a}{10000py}, \quad (\text{m}^3), \quad (4.1)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước cần xử lý (m³/h);

a - liều lượng phèn cần thiết lớn nhất tính theo sản phẩm không ngậm nước Al₂(SO₄)₃ (g/m³);

p - nồng độ dung dịch phèn trong thùng hoà tan (%). Thường lấy p = 10% (tính theo sản phẩm không ngậm nước);

n - thời gian giữa hai lần hoà tan (h);

γ - trọng lượng riêng của dung dịch phèn (t/m³).

Đối với nhà máy nước có công suất Q < 10000m³/ngày.

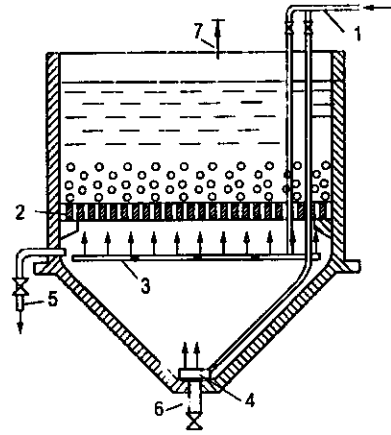
Khi làm việc cả ba ca: n = 12 - 24h; nếu nhà máy không làm việc ba ca thì n lấy bằng số giờ nhà máy hoạt động. Đối với các nhà máy nước có công suất 10000 đến 50000m³/ngày đêm, n = 8-12h. Đối với nhà máy nước có công suất Q lớn hơn 50000m³/ngày đêm, n = 6-8h. Nhà máy nước có công suất Q > 100000 m³/ngày đêm, n = 3h.

Sau khi hoà tan phèn cục thành dung dịch 10% để lắng bớt tạp chất không hoà tan rồi dùng bơm hoặc cho tự chảy sang bể tiêu thụ. Trên hình (4.2) giới thiệu sơ đồ bể hoà tan khuấy trộn bằng khí nén.

Bể hoà tan làm bằng bê tông cốt thép có mặt bằng hình chữ nhật, cách đáy 0,5m đặt các thanh ghi bằng gỗ hai đầu tựa lên sườn đỡ tạo thành các khe hở 12 - 15mm. Dưới lớp ghi đỡ phèn cục, đặt hệ thống ống khoan lỗ để phân phối gió, ống có thể là ống nhựa hoặc ống cao su. Hệ thống phân phối gió được tính với cường độ 4 l/s không khí nén

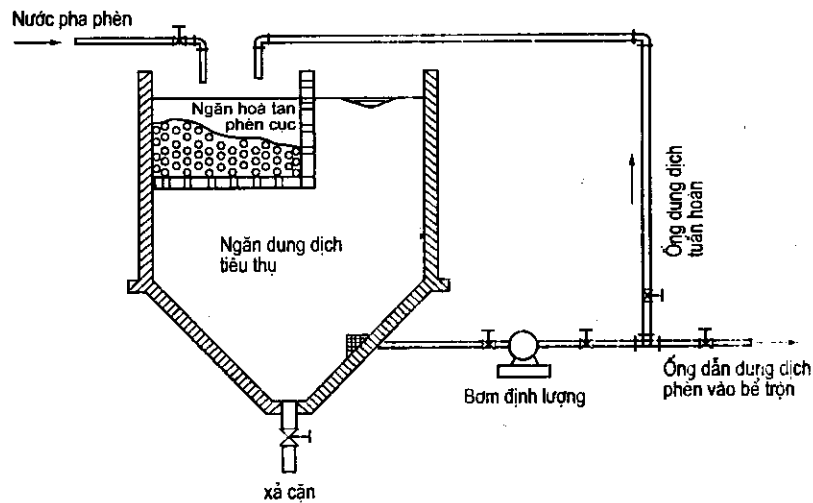
trên một mét vuông sàn ghi, trên thành ống phân phối khoan lỗ $d = 3 - 4\text{mm}$ tạo thành góc 45° với phương thẳng đứng và hướng xuống dưới. Tốc độ gió ra khỏi lỗ 20 - 25 m/s. Ở đáy thùng đặt ống xả cận lớn hơn 100mm, quanh miệng xả đặt ống vòng có khoan lỗ để phân phối gió xối cận.

Ở các nhà máy nước nhỏ có thể xây dựng kết hợp bể hoà tan và bể tiêu thụ (hình 4.3). Dung tích ngăn hoà tan tính theo công thức (4.1). Dung tích ngăn tiêu thụ tính theo công thức (4.3). Đối với các trạm công suất nhỏ, thùng hoà tan có thể làm bằng composite có máy bơm tuần hoàn hoặc dùng thùng nhựa khuấy bằng tay.



Hình 4.2: Bể hoà tan phèn cục khuấy trộn bằng khí nén

1. Ống dẫn không khí nén; 2. Ghi đỡ phèn cục;
- 3 và 4. Hệ phân phối gió trên và dưới;
5. Ống dẫn dung dịch phèn sang bể tiêu thụ;
6. Ống xả cận; 7. Ống đưa nước vào.



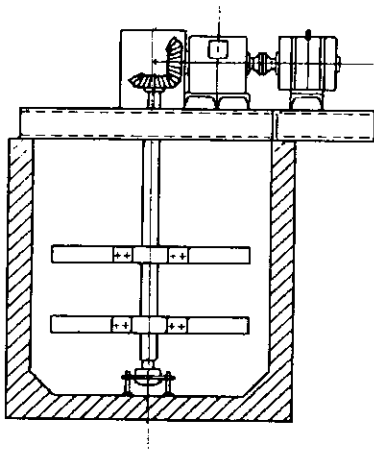
Hình 4.3: Sơ đồ kết hợp bể hoà tan và bể tiêu thụ

Để đẩy nhanh quá trình hoà tan phèn cục, người ta dùng máy khuấy cơ khí loại cánh quạt phẳng hay loại tuabin.

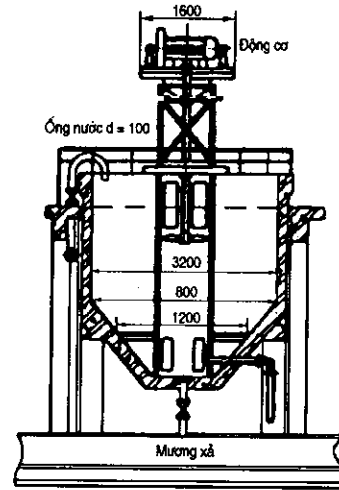
Trên hình (4.4) giới thiệu sơ đồ bể hoà tan dùng máy khuấy loại cánh quạt phẳng để hoà tan phèn hạt có kích thước nhỏ hơn 20mm.

Bể hoà tan có máy khuấy kiểu chong chóng (hình 4.5) có thể dùng để hoà tan phèn cục cũng như phèn hạt. Phèn chất trên sàn ghi đỡ, sau đó đổ đầy nước vào bể rồi cho

máy khuấy làm việc. Cánh tuabin hút nước ở phía trên đẩy xuống phía dưới, trong bể hoà tan, nước chảy tuần hoàn qua sàn ghi đỡ từ dưới lên trên tiếp xúc với phèn cục và hoà tan chúng.



Hình 4.4: Sơ đồ bể hoà tan phèn hạt dùng máy khuấy loại cánh phẳng



Hình 4.5: Sơ đồ bể hoà tan phèn kiểu tuabin

Các trạm công suất bé, để hoà tan phèn và các chất hoá như xút, Na_2CO_3 , photphorit natri... có thể dùng thùng composite hoặc thép không gỉ, gang có lớp cách ly bảo vệ, có lắp máy khuấy như các thùng dùng trong công nghệ hoá học.

Khi thiết kế thùng hoà tan có máy khuấy kiểu cánh quạt phẳng lấy các chỉ tiêu sau: Số vòng quay trên trục của cánh quạt $n = 30 - 40$ vòng/phút, chiều dài cánh quạt tính từ trục quay lấy bằng $0,4 - 0,45$ chiều rộng hoặc đường kính bể hoà tan. Diện tích cánh quạt lấy bằng $0,1 - 0,2\text{m}^2$ cho 1m^3 dung dịch trong bể hoà tan.

Công suất động cơ của máy khuấy N có cánh quạt phẳng nằm ngang xác định theo công thức:

$$N = 0,5 \frac{\rho}{\eta} h n^3 d^4 z, \quad (\text{kW}) \quad (4.2)$$

Trong đó:

- ρ - trọng lượng thể tích của dung dịch được khuấy trộn (kg/m^3);
- h - chiều cao cánh quạt (m);
- n - số vòng quay của cánh quạt trong một giây;
- d - đường kính của vòng tròn do đầu cánh quạt tạo ra khi quay (m);
- z - số cánh quạt trên trục máy khuấy;
- η - hệ số hữu ích của cơ cấu truyền động.

Trong bể hoà tan dùng máy khuấy kiểu tuabin chong chóng thường lắp ba cánh quạt, số vòng quay và công suất động cơ có thể chọn theo bảng 4.2.

Bảng 4.2.

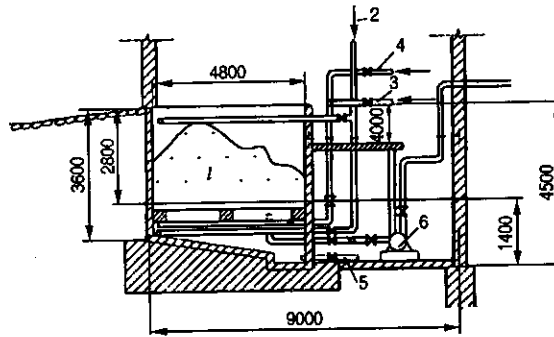
Đường kính bể hoà tan (m)	Đường kính cánh quạt (mm)	Bước trục vít (mm)	Số vòng quay của trục (vòng/phút)	Công suất động cơ (kW)
0,6	150	210	1000	0,2
0,8	200	280	630	0,37
1,0	250	350	800	0,6
1,2	300	420	400	0,75
1,4	300	420	500	1,1
1,6	400	480	500	2,2
2,0	500	500	400	3
2,4	600	600	250	5
2,6	600	600	320	6,6

b) Dự trữ uớt

Phèn vận chuyển đến nhà máy đổ ngay vào bể hoà tan, ở đây phèn được bảo quản dưới dạng dung dịch.

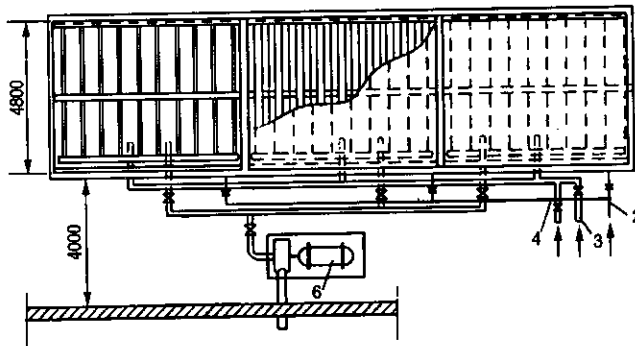
Ưu điểm: giảm nhẹ được lao động trong việc cân đong để pha chế hàng ngày, dễ cơ giới hoá, không bị hao hụt phèn.

Nhược điểm: phải xây bể dung tích lớn, do đó diện tích bề mặt cần chống ăn mòn lớn.



Hình 4.6: Sơ đồ bể dự trữ phèn uớt

1. Phèn cục; 2. Ống dẫn nước; 3. Ống dẫn khí nén; 4. Ống dẫn nước rửa cặn; 5. Ống xả cặn; 6. Máy bơm dung dịch phèn lên bể tiêu thụ.



Có hai phương án dự trữ phèn ướt:

- *Phương án thứ nhất:* phèn đưa đến nhà máy đổ vào bể hoà tan có hệ thống khuấy trộn bằng khí nén. Hoà tan phèn thành dung dịch rồi bơm vào bể chứa để dự trữ phèn ở nồng độ 15%, sau đó lại đổ mẻ khác vào thùng hoà tan để hoà tan tiếp. Sở dĩ chọn nồng độ dung dịch phèn 15% để dự trữ trong bể chứa vì ở nước ta nhiệt độ nước chứa trong bể có thể dao động 10 - 30°C, nồng độ 15% dung dịch phèn thấp hơn nồng độ bão hoà của nó ở nhiệt độ 10°C là 33,5% nên phèn không bị lắng xuống đáy bể và có nồng độ phân bố hầu như đều theo chiều cao bể.

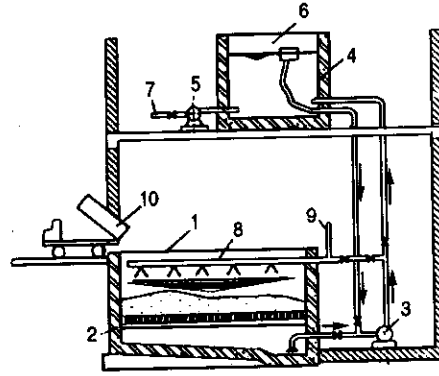
- *Phương án thứ hai:* phèn đổ vào bể hoà tan đồng thời là kho dự trữ ướt. Ở đây phèn được hoà tan đến nồng độ bão hoà vì trong thùng luôn luôn có lượng dư phèn cục chưa hoà tan. Theo định kỳ bơm dung dịch phèn bão hoà vào bể tiêu thụ, pha loãng thành dung dịch có nồng độ 1 - 5% để định lượng vào nước. Việc chọn phương pháp khuấy trộn ở bể hoà tan phụ thuộc vào dung tích của bể tiêu thụ, nếu bể tiêu thụ thiết kế với dung tích làm việc từ 3 - 8h, nghĩa là sau 3 - 8 h phải bơm dung dịch bão hoà từ bể hoà tan lên bể tiêu thụ một lần, thì để đảm bảo dung dịch phèn có nồng độ đậm đặc cần thiết, phải khuấy trộn bằng khí nén với cường độ 4 l/s.m² liên tục từ hai đến ba giờ sau mỗi lần bơm phèn. Nếu bể tiêu thụ có mức làm việc 8 - 24h, để đảm bảo cho dung dịch có nồng độ đậm đặc cần thiết chỉ cần bơm tuần hoàn lượng nước có trong bể hoà tan 5 đến 8 lần tính theo thể tích thùng và phải dùng ống khoan lỗ đặt dọc hai thành bể để phun đều lượng dung dịch phèn tuần hoàn lên bề mặt các cục phèn chưa tan còn nằm trong bể, sau mỗi lần bơm lại cho thêm nước vào thùng. Dung tích bể hoà tan hay kho dự trữ ướt tính theo chỉ tiêu 1,5m³ nước cho một tấn phèn cần dự trữ. Ưu điểm của phương án là bể dự trữ nhỏ, tiết kiệm khối tích xây dựng. Nhược điểm là mỗi lần bơm phèn phải xác định nồng độ dung dịch phèn bão hoà ở bể hoà tan để tính ra thể tích phèn cần thiết phải bơm lên bể tiêu thụ. Vì thế ở gian đặt máy bơm để bơm dung dịch phèn lên bể tiêu thụ và tuần hoàn dung dịch phèn phải đặt ống đo mức dung dịch trong bể, trên đó có lắp vòi lấy mẫu để kiểm tra nồng độ, hoặc dùng thiết bị đo nồng độ thả ngay vào ống đo mức dung dịch này. Kho dự trữ hay bể hoà tan phải thiết kế làm hai ngăn: ngăn làm việc, ngăn dự trữ, có mái che để tránh mưa và bụi.

Dung dịch phèn có tính ăn mòn mạnh đối với bê tông và thép, vì thế thành và đáy bể chứa dung dịch phèn phải được bảo vệ chống ăn mòn bằng một lớp bitum dày hoặc lát gạch men chống gỉ. Ống dẫn dung dịch phèn có thể dùng ống nhựa hoặc cao su.

FeCl₃ không thể hoà tan trong các bể hoà tan đã mô tả vì phải chứa nó trong các thùng kim loại để vận chuyển đến nhà máy, việc tháo phèn FeCl₃ từ các thùng này vào bể hoà tan rất khó khăn, mặt khác khi hoà tan FeCl₃ vào nước, hơi HCl bay lên làm hỏng giác mạc của công nhân làm việc tại đó và ăn mòn các thiết bị đặt ở chung quanh. Vì thế phải hoà tan FeCl₃ ở phòng cách ly bằng tường kín, có quạt thông gió, công nhân phải đeo mặt nạ khi vào phòng làm việc. Khuấy trộn dung dịch cần thực hiện bằng máy khuấy có động cơ đặt trên nắp thùng hoà tan. Thùng đựng FeCl₃ cần đặt cao hơn bể hoà tan để có thể dùng vòi rồng tháo dung dịch FeCl₃ từ thùng vận chuyển vào.

Hình 4.7: Hệ thống pha phèn

1. Bể pha và kho phèn ướt;
2. Sàn đỡ;
3. Máy bơm tuần hoàn;
4. Bể tiêu thụ;
5. Bơm định lượng;
6. Phao đỡ ống hút bơm tuần hoàn;
7. Ống dẫn dung dịch vào nước;
8. Ống phun;
9. Ống nước sạch;
10. Xe chở phèn cục.



Để đưa 100 kg FeCl_3 từ thùng đựng để vận chuyển xuống bể hoà tan, cần dùng vòi rồng có đường kính 13mm lưu lượng 2,5 l/s áp lực 2 kG/m² làm việc trong thời gian 15 - 17 phút. Trong bể hoà tan ta thu được dung dịch 4 - 5% FeCl_3 có thể dùng trực tiếp dung dịch này để định lượng vào nước mà không cần thiết kể bể tiêu thụ.

Dung tích bể tiêu thụ xác định theo công thức:

$$W = \frac{Q.n.a}{10000P_1\gamma}, \quad (\text{m}^3) \quad (4.3)$$

Trong đó:

Q, a, n, γ - theo công thức (4.1);

P_1 - nồng độ dung dịch trong bể tiêu thụ ($P_1 = 1 \div 5\%$).

Số lượng bể hoà tan cũng như bể tiêu thụ chọn không ít hơn hai, (một làm việc, một dự trữ; nếu là ba thì hai làm việc một dự trữ).

4.3. THIẾT BỊ TÔI VÔI, PHA CHẾ SỮA VÔI VÀ DUNG DỊCH VÔI BẢO HOÀ

Để định lượng vôi vào nước phải tôi vôi cục hoặc hoà tan vôi bột rồi pha chế thành sữa vôi hoặc dung dịch vôi bão hoà.

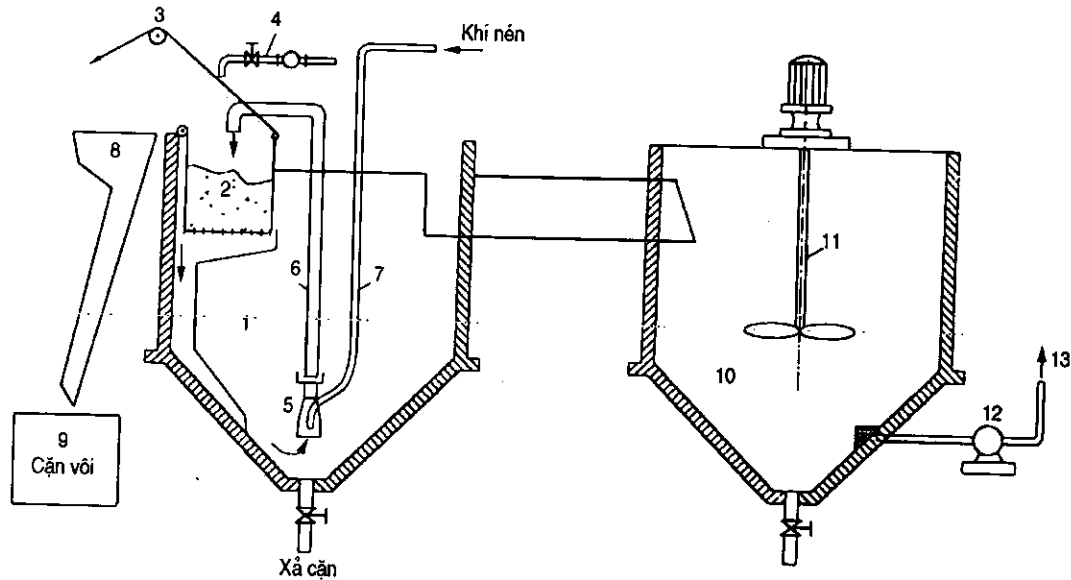
Vôi bột có thể không cần tôi mà định lượng thẳng vào nước bằng các thiết bị định lượng bột khô. Do vôi bột đắt hơn vôi cục, việc vận chuyển đòi hỏi bao bì phức tạp và dự trữ khô trong kho ở điều kiện khí hậu nhiệt ẩm như nước ta rất dễ bị cacbonat hoá làm tăng lượng cặn không hoà tan trong nước, hơn nữa khi định lượng ở dạng vôi bột bụi bay lên nhiều gây độc hại cho công nhân. Vì thế ở nước ta không dùng phương pháp này.

Hình 4.8 giới thiệu thiết bị dùng khí nén để tôi vôi cục, hoà tan vôi thành sữa vôi do VIWASE thiết kế khi cải tạo khu hoá chất nhà máy nước Thủ Đức 1990 và WASE thiết kế và lắp đặt ở nhà máy nước ngầm Hóc Môn năm 2000.

Nguyên tắc hoạt động của thiết bị như sau:

Vôi cục chứa trong kho, được băng tải chuyển lên đổ vào rọ (2) (có kích thước 500 × 400 × 400mm, đáy làm bằng lưới thép 5mm × 5mm).

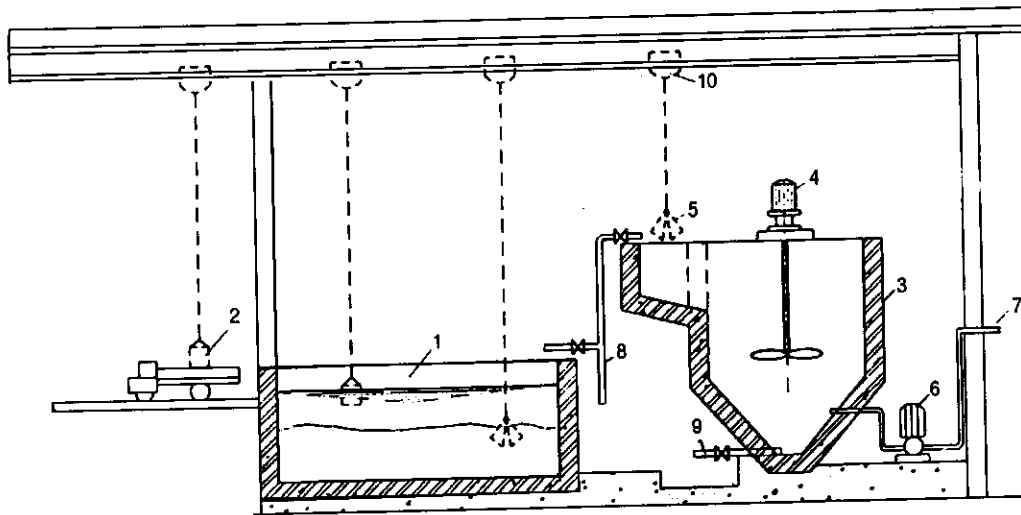
Khi chất vào rọ (2) khoảng 50 - 80kg vôi sống, vận cho nước từ ống dẫn (4) vào để tôi vôi, đồng thời cho máy bơm dung dịch bằng khí nén (5) hoạt động để tuần hoàn lượng dung dịch với cường độ $3,5\text{m}^3/\text{m}^2$ rọ một phút. Vôi tôi theo ống đứng đi xuống đáy bể hoà tan, được bơm air lift bơm tuần hoàn lại vào rọ. Dung dịch vôi 5% sau khi thực hiện quá trình lắng đứng trong bể hoà tan (1) với lưu lượng bằng lưu lượng nước cấp vào để tôi vôi qua ống (4), được thu vào máng vòng đặt quanh bể rồi dẫn sang bể tiêu thụ (10). Trong quá trình hoà tan vôi, điều chỉnh lưu lượng nước vào từ ống (4) sao cho vận tốc đi lên của dung dịch trong bể (1) dưới 1mm/s đảm bảo lắng hết cát sạn $d \geq 0,1\text{mm}$. Trong bể tiêu thụ (10) đặt máy khuấy để giữ nồng độ sữa vôi đều trong toàn bộ thể tích. Chiều cao bể hoà tan và bể tiêu thụ thường từ 3,0 - 4,0m.



Hình 4.8: Thiết bị tôi vôi và pha vôi sữa

1. Bể hoà tan vôi; 2. Rọ tôi vôi có khớp xoay nối với thành bể; 3. Ròng rọc nâng rọ để đổ bã vôi ra ngoài; 4. Ống dẫn nước vào bể tôi vôi; 5. Bơm nâng dung dịch vôi bằng khí nén (air lift); 6. Ống dẫn dung dịch tuần hoàn để pha vôi; 7. Ống dẫn khí nén; 8. Máng thu cặn bã vôi sau khi tôi; 9. Bể chứa cặn vôi; 10. Bể tiêu thụ sữa vôi 5%; 11. Máy khuấy; 12. Bơm định lượng; 13. Ống dẫn sữa vôi đến nơi tiêu thụ.

Vôi cục cũng có thể tôi trong các bể thành vôi sệt, sau đó dùng gầu ngoam vận chuyển bằng cầu palăng đưa vào các bể có đáy hình côn và có lắp máy khuấy cơ khí để pha loãng thành sữa vôi. Sau mỗi lần pha, mở van xả ở đáy hình côn cho cặn chưa tôi chảy vào rọ thép, rồi lại dùng palăng đưa rọ này ra ngoài xưởng. Quy trình này đã xây dựng trên trạm cấp nước cho khu công nghiệp gang thép Thái Nguyên.



Hình 4.9: Hệ thống pha vôi sữa

1. Bể tôi vôi; 2. Lòng dung vôi cục; 3. Bể pha vôi sữa; 4. Máy khuấy;
5. Gầu xúc vôi tôi; 6. Máy bơm định lượng vôi sữa; 7. Ống dẫn sữa vôi;
8. Ống nước sạch đến; 9. Ống xả cặn; 10. Monoray.

4.4. THIẾT BỊ PHA CHẾ DUNG DỊCH SODA, XÚT, HEXAMETA PHOTPHAT NATRI

Soda được hoà tan trong các thùng bằng thép hoặc bê tông có đặt thiết bị khuấy trộn cơ khí hoặc khí nén. Dùng nước nóng, quá trình hoà tan các chất này sẽ nhanh hơn rất nhiều. Nồng độ dung dịch lấy khoảng 5%.

Thể tích thùng hoà tan tính theo công thức (4.1) với $n = 12h$.

Hexameta photphat natri được hoà tan trong các thùng có lớp cách ly bảo vệ chống gỉ, nồng độ dung dịch 0,5 - 3%.

Thời gian hoà tan hexameta photphat natri để thu được nồng độ 3%, nếu là nước lạnh phải mất từ 4 - 5h, nếu là nước nóng $50^{\circ}C$ mất gần 2h và phải khuấy trộn liên tục.

4.5. THIẾT BỊ KHUẤY TRỘN BẰNG KHÍ NÉN

Để tăng cường quá trình hoà tan phèn và các hoá chất khác trong các bể hoà tan hoặc để khuấy trộn đều dung dịch trong các bể tiêu thụ (ví dụ sữa vôi..) có thể dùng khí nén.

Cường độ gió để hoà tan phèn chọn từ 4 đến 5 l/sm^2 , để trộn đều dung dịch trong các thùng tiêu thụ là $2 - 3 \text{ l/sm}^2$.

Lưu lượng không khí:

$$Q = W.F, (l/s)$$

Trong đó: W - cường độ gió cần thiết ($l/s\ m^2$);

F - diện tích mặt cắt ngang của bể hoà tan hay bể tiêu thụ (m^2).

Tốc độ chuyển động của khí nén trong ống dẫn lấy bằng 10 - 20m/s.

Tổn thất áp lực của khí nén tính theo công thức:

$$P_1 = \frac{12,5\beta G^2 l}{\gamma d^5}, \quad (kG/cm^2) \quad (4.4)$$

Trong đó: β - hệ số tổn thất lấy theo bảng (4.3), phụ thuộc vào trị số của G ;

G - trọng lượng không khí đi qua đường ống (kG/h).

$$G = Q 60 \delta, \quad (kG/h) \quad (4.5)$$

Ở đây: Q - công suất của máy nén khí ($m^3/phút$);

l - chiều dài đường ống dẫn (m);

d - đường kính ống dẫn (mm);

γ - trọng lượng riêng của không khí khô, chọn theo bảng (4.4)

Bảng 4.3. Hệ số tổn thất β theo G

G (kG/h)	β	G (kG/h)	β
10	2,03	400	1,18
15	1,92	650	1,1
25	1,78	1000	1,03
40	1,68	1500	0,97
65	1,54	2500	0,9
100	1,45	4000	0,84
150	1,36	6500	0,78
250	1,26	-	-

Bảng 4.4. Trọng lượng riêng của không khí khô γ , kG/m^3

Áp lực	10°C	20°C	30°C	40°C
1	1,207	1,166	1,128	1,058
2	2,414	2,332	2,255	2,115
4	4,829	4,664	4,510	4,232
6	7,244	6,996	6,765	6,346
8	9,658	9,328	9,020	8,464
10	12,070	11,660	11,280	10,580

Tổn thất áp lực cục bộ tính theo công thức:

$$P_2 = 0,063v^2 \sum \xi \quad (mm\ \text{cột nước}) \quad (4.6)$$

Trong đó:

v - tốc độ chuyển động của không khí trong ống $v = 10 \div 20\text{m/s}$, tốc độ qua lỗ $v = 20 \div 25\text{m/s}$;

$\sum \xi$ - tổng các hệ số tổn thất cục bộ (chọn theo sổ tay thủy lực).

Tổn thất để thắng lớp nước và phèn hoặc sữa vôi nằm phía trên tâm lỗ của hệ thống phân phối gió

$$p_3 = \gamma_1 H, \text{ (mét cột nước)} \quad (4.7)$$

Trong đó:

γ_1 - tỷ trọng của dung dịch phèn hoặc sữa vôi, $\gamma_1 = 1,1 \div 1,4 \text{ t/m}^3$;

H - chiều cao lớp dung dịch nằm trên tâm lỗ phân phối (m).

Lỗ phân phối gió tính với tốc độ $v = 15 \div 20\text{m/s}$, lỗ được khoan với đường kính $d = 3 \div 4\text{mm}$, làm thành góc 45° với phương thẳng đứng và hướng xuống dưới.

Áp lực dự trữ P_4 thường chọn 200 - 300mm cột nước.

Bơm tuần hoàn sữa vôi bằng khí nén (air-lift)

Tính toán bơm air-lift chủ yếu là xác định áp lực và lưu lượng không khí W cần thiết để bơm được lượng dung dịch Q yêu cầu lên độ cao h so với mặt cắt a-a.

• Hiệu suất bơm air-lift phụ thuộc vào độ cao nâng nước h và độ ngập của bơm H chọn theo bảng (4.5).

Bảng 4.5. Hệ số hiệu suất phụ thuộc vào chiều cao nâng nước và độ ngập của bơm air-lift

Chiều cao nâng nước $h(\text{m})$	< 15	15 - 30	30 - 60	60 - 90
H/h	3 - 2,5	2,5 - 2,2	2,2 - 2	2 - 1,75
Hiệu suất η	0,59 - 0,57	0,57 - 0,54	0,54 - 0,5	0,5 - 0,41

Công do không khí nén giãn nở đẳng nhiệt từ áp lực nén P_2 xuống áp lực khí quyển P_1 .

$$A = P_1 \cdot W_1 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (4.8)$$

Trong đó:

P_1 - áp lực khí quyển bằng $10 \text{ t/m}^2 = 10\text{m}$ cột nước;

P_2 - áp lực khí nén = $(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + 10)\text{m}$ cột nước;

W - lưu lượng khí ở áp lực P_1 .

Khí giãn nở đưa được lưu lượng dung dịch Q lên chiều cao h , thực hiện được lượng công hữu ích là γQh , để ý đến hiệu suất η của bơm ta có:

$$\frac{\gamma Qh}{\eta} = P_1 W_1 \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ hay}$$

$$W_1 = \frac{\gamma Qh}{\eta P_1 \ln \frac{P_2}{P_1}}, (\text{m}^3/\text{h}) \quad (4.9)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng dung dịch bơm lên chiều cao h (m^3/h);

P_1 - áp lực khí quyển bằng $10\text{t}/\text{m}^2$.

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = 2,3 \lg \frac{P_2}{P_1};$$

$$\gamma_{\text{sữa vôi}} = 1,1 \text{ t}/\text{m}^3, \gamma_{\text{nước}} = 1 \text{ t}/\text{m}^3;$$

$$W_1 = \frac{1,1 Qh}{\eta \cdot 2,3 \lg \frac{P_2}{P_1}}, (\text{m}^3/\text{h}); \quad (4.10)$$

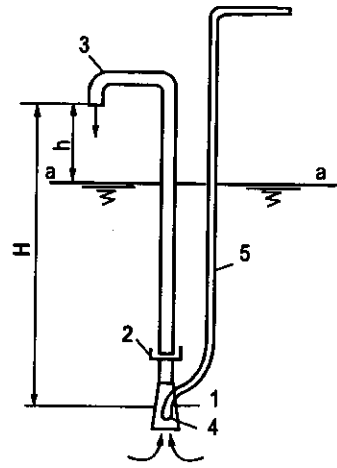
- Đường kính ống dẫn khí xác định theo tốc độ chuyển động của khí trong ống, tốc độ này thường lấy là 5 - 10m/s.
- Đường kính lỗ phân phối khí lấy 2 - 5mm, vận tốc khí qua lỗ 2 - 3m/s.
- Vận tốc của hỗn hợp khí nước tại mặt cát đáy côn thu lấy 2,5 - 3m/s.
- Vận tốc hỗn hợp khí nước trong ống dẫn 5 - 6 m/s.
- Ống khoan lỗ phân phối khí đặt thẳng đứng theo tâm côn thu và ngay dưới mặt cát đáy côn thu.
- Máy thổi gió chọn theo thông số $Q = W_1/60$ ($\text{m}^3/\text{phút}$), áp lực nén P_2 (bar).

4.6. KHO CHỨA HOÁ CHẤT

Kích thước kho chứa xác định theo khả năng mua và vận chuyển hoá chất đến nhà máy. Nếu hoá chất phải mua ở xa, vận chuyển khó khăn thì chọn thời gian dự trữ dài ngày. Thường với cự ly vận chuyển trung bình, phương tiện vận chuyển bằng ô tô chọn thời gian dự trữ từ 15 ngày đến 3 tháng tính theo thời kỳ dùng hoá chất cao nhất.

Chiều cao của lớp hoá chất trong các kho dự trữ khô chọn như sau:

- Phèn nhôm cục: 2m.



Hình 4.10: Bơm tuần hoàn sữa vôi bằng khí nén (air-lift)
1. Côn thu; 2. Khớp xoay; 3. Ống dẫn dung dịch vôi và khí; 4. Lỗ phân phối; 5. Ống dẫn khí nén

- Vôi cục chưa tôi: 1,5m.
- Phèn sunfat sắt đựng trong bao giấy: 2m.
- Clorua sắt đựng trong các thùng: 2,5m.
- Muối ăn đổ thành đống: 2 - 2,5m.
- Than hoạt tính đựng trong bao giấy: 2,5m.

Các hoá chất như phèn, muối ăn nên dự trữ ướt vì dễ cơ khí hoá các quá trình hoà tan và định lượng.

Nếu dự trữ ướt phèn cục thể tích kho được tính với chỉ tiêu $1,5m^3$ cho một tấn phèn cục cần dự trữ.

Kho dự trữ ướt muối được trình bày ở chương làm mềm nước.

Kho phải lợp mái để chống bụi và mưa, phải thuận tiện cho việc bốc dỡ hoá chất từ các phương tiện vận chuyển xuống kho, phải đặt các thiết bị để cơ khí hoá các quá trình thao tác trong kho.

4.7. THIẾT BỊ ĐỊNH LƯỢNG HOÁ CHẤT VÀO NƯỚC

Các hoá chất thường dùng trong xử lý nước như: phèn $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $FeCl_3$, các chất trợ keo tụ cao phân tử PAC. Các chất dùng để ổn định pH như vôi, soda Na_2CO_3 , xút $NaOH$, axit H_2SO_4 , HCl . Các chất khử trùng nước: clo, ozon... thường được định lượng vào nước dưới dạng dung dịch lỏng.

4.7.1. Thiết bị định lượng thủ công

Ở các trạm xử lý nước nhỏ, nông thôn, thị trấn... để định lượng dung dịch phèn, soda, hypoclorit canxi, $Ca(HClO)_2$, nước zavel $NaHClO$ dùng bể định lượng (hình 4.11) gồm:

Vỏ thùng (1) có thể làm bằng nhựa PVC, thép không gỉ, và yêu cầu kín tuyệt đối để không khí không lọt vào.

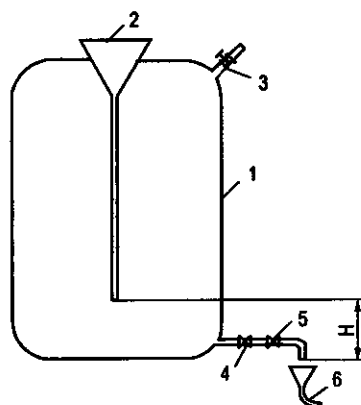
Phễu rót dung dịch vào (2) có đầu ống cách đáy 10cm.

Van xả khí (3) mở khi rót dung dịch đến đáy thùng, sau đó đóng lại, van này cũng yêu cầu tuyệt đối kín.

Van điều chỉnh lưu lượng dung dịch (4).

Van đóng mở (5)

Phễu dẫn dung dịch vào nước (6): có thể vào đầu ống hút ngập dưới nước của máy bơm, vào ngăn đầu bể trộn, vào đầu ống đưa nước vào bể chứa (nếu là chất khử trùng...).



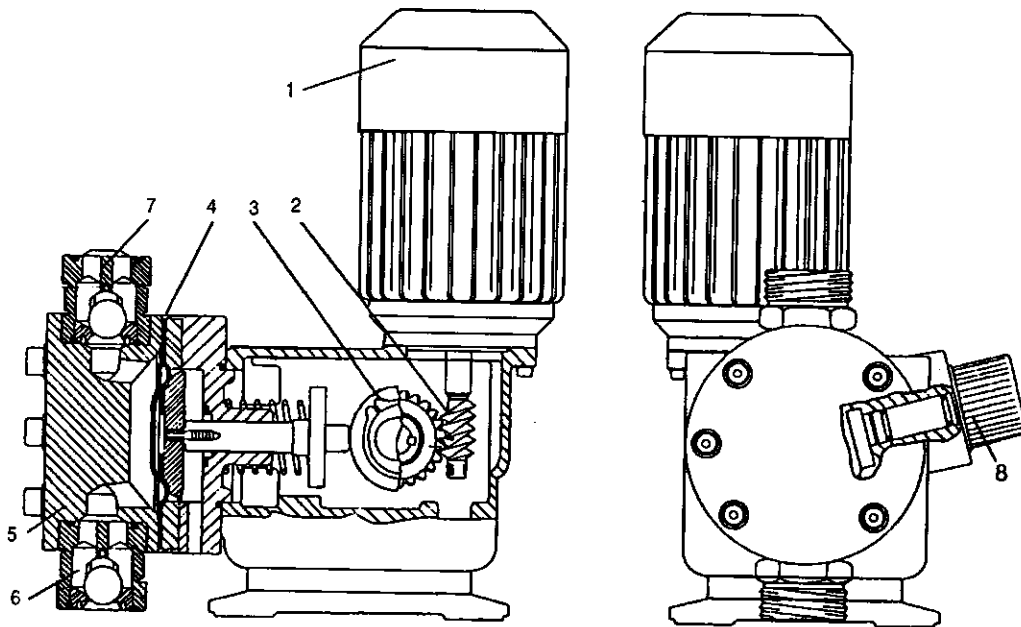
Hình 4.11: Thùng định lượng

Nguyên tắc làm việc của thiết bị này giống như bình truyền huyết thanh trong bệnh viện.

4.7.2. Bơm định lượng

1. Cấu tạo

Hình 4.12 giới thiệu cấu tạo bơm định lượng kiểu màng. Bơm hoạt động theo trình tự sau: khi motor (1) quay truyền chuyển động đến hộp số (2). Hộp số (2) được điều khiển theo ý muốn bằng nút điều chỉnh (8) để bánh lệch tâm (3) chuyển động quay với các tốc độ khác nhau. Bánh lệch tâm (3) khi quay làm cho trục màng (4) có gắn lò xo chuyển động tịnh tiến với tần số và biên độ theo sự đặt trước của nút điều khiển (8). Khi màng chuyển động lùi, van hút (6) mở cho dung dịch vào buồng bơm khi màng chuyển động tới van hút (6) đóng van đẩy (7) mở cho dung dịch đi vào ống đẩy.



Hình 4.12: Cấu tạo bơm định lượng kiểu màng

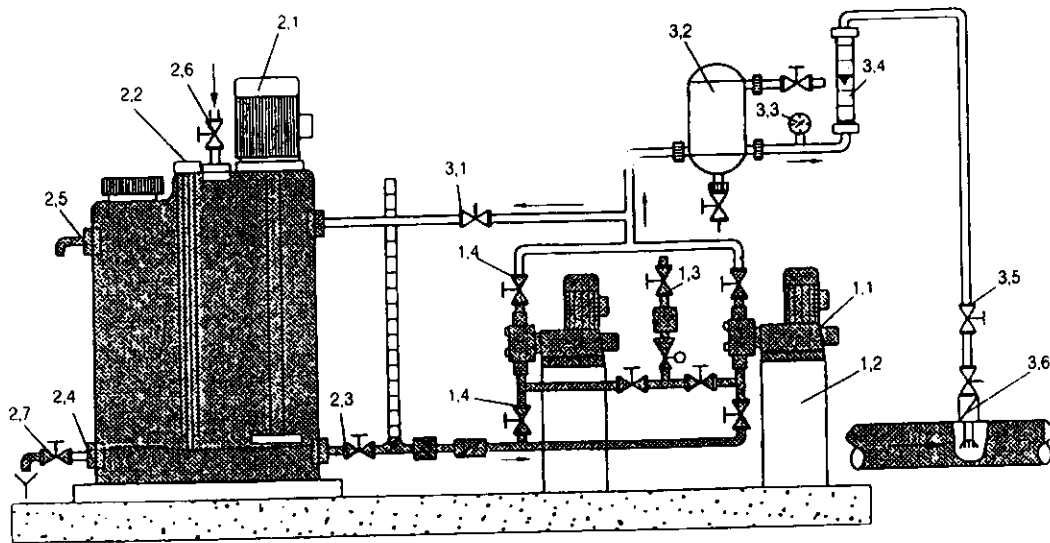
1. Động cơ; 2. Hộp số; 3. Bánh lệch tâm; 4. Màng bơm;
5. Đầu bơm; 6. Van hút; 7. Van đẩy; 8. Nút điều chỉnh lưu lượng

2. Các sơ đồ lắp đặt bơm định lượng

Hình 4.13 giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng có nút chỉnh lưu lượng điều khiển bằng tay.

Sơ đồ gồm: Bơm định lượng (1.1) đặt trên bệ (1.2). Đầu hút và đầu đẩy lắp van (1.4), trên đầu hút lắp van (1.3). Lấy nước sạch để rửa tráng bơm sau mỗi chu kỳ hoạt động. Bơm định lượng hút dung dịch hoá chất từ bể tiêu thụ có máy khuấy (2.1) và bộ

do mực nước (2.2). Bể tiêu thụ được cách ly với hệ thống bơm định lượng bằng van (2.3) và có ống xả đáy (2.4), ống tràn (2.5), ống nạp dung dịch vào (2.6) và van xả (2.7). Trên đường ống dẫn của bơm định lượng có van điều áp (3.1) đặt trên nhánh tuần hoàn lại bể, thùng điều áp (3.2) để ổn định áp lực và lưu lượng, đồng hồ đo (3.3) hoặc (3.4), van điều chỉnh áp lực (3.5) và điểm đưa hoá chất vào nước (3.6). Sơ đồ bơm định lượng loại này dùng cho nhà máy nước hoạt động liên tục trong ngày nên phải đặt hai bơm, một làm việc, một dự phòng.



Hình 4.13: Sơ đồ đặt bơm định lượng điều chỉnh bằng tay

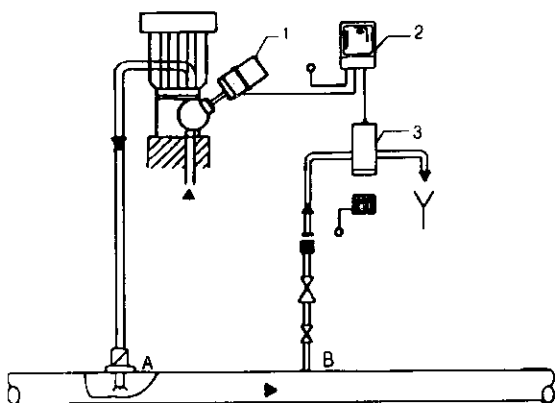
Hình (4.14) giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng tự động điều chỉnh lưu lượng. Để điều khiển tự động lưu lượng của bơm định lượng theo một chỉ tiêu ở đầu ra cố định theo ý muốn (ví dụ giữa pH = 7 phải cho thêm dung dịch kiềm vào nước) thay nút điều khiển hộp số (8) ở hình 4.12 bằng động cơ điện từ (1).

Sơ đồ gồm: Bơm định lượng có động cơ điện từ điều khiển lưu lượng tự động (1) hút dung dịch (xút) từ thùng tiêu thụ bơm vào điểm A của ống để trộn đều với nước. Tại điểm B của ống khi nước đã được trộn đều và phản ứng xong với hoá chất, lấy 1 lượng nước nhỏ đi vào hộp (3). Trong hộp (3) ngâm đầu dò (sensor) (ví dụ đầu dò pH, đầu dò conductivity, độ đục, clo...) để đưa tín hiệu về bộ xử lý và khuếch đại (2). Trên bộ (2) cài sẵn trị số đầu ra mong muốn (ví dụ pH = 7). Nếu có sai lệch chỉ tiêu muốn có ở đầu ra.

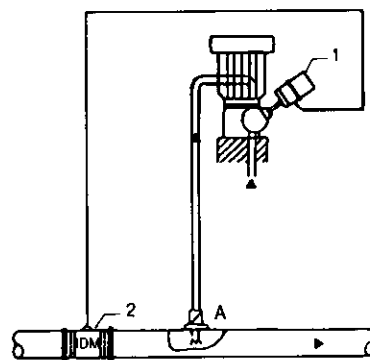
Bộ xử lý (2) sẽ truyền tín hiệu để điều khiển motor (1) làm thay đổi giá trị ở hộp số sao cho lưu lượng dung dịch được bơm đáp ứng với yêu cầu.

Hình 4.15 giới thiệu sơ đồ lắp đặt bơm định lượng tự động điều chỉnh lượng hoá chất tỷ lệ với lượng nước đưa vào xử lý.

Trên đường ống trước thiết bị trộn đặt đồng hồ đo lưu lượng kiểu điện từ (2). Giá trị lưu lượng đo được, được truyền bằng tín hiệu về motor (1) để điều chỉnh lưu lượng hoá chất của bơm định lượng, theo tỷ lệ đã định sẵn.



Hình 4.14: Sơ đồ đặt bơm định lượng điều chỉnh tự động



Hình 4.15: Sơ đồ điều chỉnh tự động theo lưu lượng

4.8. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Tính toán kho, bể hoà tan, bể định lượng và các thiết bị tương ứng để hoà tan và định lượng phèn vôi cho nhà máy nước công suất $60000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 2500 \text{ m}^3/\text{h}$. Liều lượng phèn cần thiết vào mùa lũ $a = 80 \text{ mg/l}$; mùa khô 50 mg/l . Liều lượng vôi để kiềm hoá vào mùa lũ $a_v = 10 \text{ mg/l}$, mùa khô $a_v = 15 \text{ mg/l}$. Thời gian dự trữ phèn 30 ngày, vôi 15 ngày. Phèn thị trường chứa $P = 35\% \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tính theo sản phẩm không ngậm nước. Vôi chứa 80% CaO. Dùng phương pháp dự trữ phèn ướt.

Giải:

a) Phèn

1. Tính dung tích kho phèn

- Lượng phèn thị trường cần dùng cho một ngày về mùa lũ:

$$G = \frac{aQ}{1000.P} = \frac{80 \times 60000 \times 100}{1000 \times 35} = 13700 \text{ kg} = 13,7 \text{ t}$$

- Lượng phèn thị trường dùng cho một ngày về mùa khô:

$$G = \frac{aQ}{1000.P} = \frac{50 \times 60000 \times 100}{1000 \times 35} = 8570 \text{ kg} \approx 8,7 \text{ t}$$

Lượng phèn dự trữ trong một tháng: $G = 30 \times 13,7 \approx 411 \text{ t}$.

Dùng luôn kho chứa dự trữ phèn ướt làm bể hoà tan phèn đến nồng độ bão hoà.

Thể tích kho cần thiết: $V = 1,5 \times 411 = 617 \text{ m}^3$.

Kho chia làm hai ngăn bằng tường ngăn chịu lực ở giữa. Kích thước một ngăn: rộng 5m, dài 15m, cao 4,2m. Tính từ mặt sàn đỡ đến mép bể. Sàn đỡ dùng xà gỗ $50 \times 100\text{mm}$ đặt cách nhau 20mm, chiều dài xà gỗ $l = \frac{5000}{3} = 1660\text{mm}$, hai đầu gắn chặt vào mấu và dầm đỡ. Mặt dưới của sàn đỡ cách đáy bể 20cm. Đáy bể được thiết kế với độ dốc dọc 1% về phía đặt ống xả cặn và độ dốc ngang 2%.

$$\text{Chiều sâu bể phía đặt bơm và ống xả } H_1 = 4,2 + 0,3 + \frac{15}{100} = 4,65\text{m.}$$

$$\text{Chiều sâu đầu bể } H_2 = 4,2 + 0,2 + 0,1 = 4,5\text{m.}$$

Thời gian dự trữ phèn về mùa khô:

$$T = 411/8,7 \approx 48 \text{ ngày}$$

Dưới sàn đỡ đặt hệ thống ống phân phối gió để tăng cường quá trình hoà tan phèn đảm bảo cho dung dịch phèn nằm phía dưới sàn đỡ luôn ở tình trạng bão hoà. Từ đây dung dịch phèn được bơm lên thùng tiêu thụ.

2. Tính dung tích bể tiêu thụ

Chọn số giờ làm việc của bể tiêu thụ $n = 6\text{h}$, $P = 5\%$. Theo công thức (4.3) thể tích bể tiêu thụ bằng:

$$W = \frac{2500 \times 80 \times 6}{10000 \times 5 \times 1} = 24\text{m}^3$$

Về mùa khô bể tiêu thụ sẽ làm việc trong thời gian:

$$n = \frac{w.P.\gamma.10000}{Q_a} = 10000 \frac{24 \times 5 \times 1}{2500 \times 50} = 9,6\text{h}$$

Bể tiêu thụ được thiết kế với tiết diện vuông $2,5 \times 2,5\text{m}$, đáy là hình chóp bốn cạnh đều, góc cân 60° (xem hình 4.7), chiều cao phần hình trụ $H_1 = 3,4\text{m}$ (20cm dự trữ chống tràn), chiều cao phần hình chóp $H_2 = 2,1\text{m}$.

$$\text{Tổng chiều cao bể tiêu thụ } H = 3,4 + 2,1 = 5,5\text{m.}$$

Dưới đáy hình chóp lắp ống xả D100.

$$\text{Thể tích thực tế: } W = 2,5 \times 2,5 \times 3,2 + \frac{1}{3} 2,5 \times 2,5 \times 2,1 = 24,2\text{m}^3.$$

Trong trạm đặt hai bể, một làm việc, một chuẩn bị dung dịch dự trữ.

Dung dịch phèn 5% ở bể tiêu thụ được định lượng đều với lưu lượng không đổi bằng bơm định lượng để đưa vào bể trộn.

3. Chọn bơm dung dịch phèn và bơm định lượng

Dung dịch phèn từ bể hoà tan (kho dự trữ ướt) theo định kỳ sáu giờ bơm lên bể tiêu thụ một lần. Chọn thời gian bơm $t = 2\text{h}$ (sau mỗi lần bơm sục gió ở bể hoà tan ba giờ liên tục, hai giờ bơm, một giờ pha chế đến nồng độ $P = 5\%$ ở bể tiêu thụ).

- Lượng phèn cần thiết tính cho một lần bơm:

$$G_1 = Q.a.n = 2500 \times 80 \times 6 = 1200000 \text{ g} = 1200 \text{ kg}$$

Nồng độ hoà tan bão hoà của phèn tính theo $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ bảng 4.1 thường từ 33% đến 36% (ứng với nhiệt độ nước ở ta từ $10 - 20^\circ\text{C}$). Vì nồng độ bão hoà thay đổi theo nhiệt độ nên trước mỗi lần bơm phải xác định nồng độ phèn ở bể hoà tan để quyết định thời gian bơm cần thiết. Khi chế độ quản lý đã ổn định nên lập biểu đồ thay đổi nồng độ theo nhiệt độ để tra thời gian bơm. Nếu nồng độ dung dịch phèn bão hoà ở bể hoà tan $P = 33\%$ thì thể tích dung dịch phèn cần dùng trong sáu giờ là:

$$V_1 = \frac{1200 \times 100}{33} = 3600\text{l}$$

Nếu bơm trong hai giờ, lưu lượng máy bơm sẽ là $Q = 3600/2 = 1800 \text{ lít} = 30 \text{ l/ph}$.

- Chọn máy bơm chịu axit có lưu lượng $q = 30 \text{ l/ph}$; $H = 10\text{m}$ cột nước trong trạm đặt hai bơm (một làm việc, một dự phòng).

Về mùa khô lượng phèn cần trong sáu giờ là:

$$G_2 = 2500 \times 50 \times 6 = 750000\text{g} = 750\text{kg}$$

thể tích dung dịch phèn cần bơm mỗi lần:

$$V_2 = \frac{750 \times 100}{33} = 2280\text{l}$$

- Thời gian bơm cần thiết:

$$t = 2280/30 = 76 \text{ phút}$$

- Bơm định lượng: lưu lượng dung dịch phèn 5% cần thiết đưa vào nước trong một giờ:

$$q = \frac{Q.a}{1000P} = \frac{2500 \times 80 \times 100}{1000 \times 5} = 4000\text{l/h} = 4\text{m}^3/\text{h}$$

Chọn máy bơm định lượng kiểu màng có lưu lượng thay đổi từ 0,5 đến $6\text{m}^3/\text{h}$. Áp lực đẩy $H \approx 60\text{m}$ cột nước.

Trong trạm bố trí hai máy, một làm việc một dự phòng. Sơ đồ lắp đặt máy xem (hình 4.13).

b) Vôi

Vôi cục mua về dự trữ khô dùng thiết bị tôi và pha chế sữa vôi (hình 4.8).

1. Xác định kích thước kho chứa vôi cục

Lượng vôi thị trường với độ tinh khiết 80% cần dùng cho một ngày về mùa khô:

$$G = \frac{60000 \times 15 \times 100}{1000 \times 80} = 1125 \text{ kg.}$$

Lượng vôi dự trữ 15 ngày:

$$G = 15 \times 1125 \approx 17000 \text{ kg} = 17 \text{ tấn.}$$

Tỷ trọng vôi cục khi đổ thành đống $\gamma = 1,2$.

Thể tích vôi cục choán trong kho $W = 17/1,2 \approx 14 \text{ m}^3$.

Vôi đổ cao 1,5m. Diện tích mặt bằng để đổ vôi: $14/1,5 = 9,5 \text{ m}^2$.

Thiết kế kho rộng 5m dài 6m có cửa lớn ở đầu hồi để ô tô có thể lùi vào đổ vôi trực tiếp vào kho, chung quanh xây kín để chống mưa, bụi, có cửa thông hơi thoáng gió để hạ độ ẩm của không khí trong kho. Kho xây liền với gian đặt máy tôi vôi.

2. Xác định kích thước rọ tôi

Mỗi lần tôi dùng băng tải điện vận chuyển 80 kg vôi đưa vào rọ, thể tích rọ cần thiết:

$$W = 0,08/1,2 = 0,067 \text{ m}^3$$

Rọ có tiết diện hình chữ nhật: 0,5m \times 0,4m, cao 0,4m, thể tích rọ.

$$W_R = 0,5 \times 0,4 \times 0,4 = 0,08 \text{ m}^3$$

Rọ làm bằng thép không gỉ, đáy rọ và lưới thép 5mm \times 5mm. Thời gian tôi một mẻ hết 10 phút, thời gian đưa vôi vào rọ 5 phút, mỗi mẻ tôi 15 phút. Cứ ba lần tôi xả cạn ở rọ ra ngoài một lần. Như vậy trung bình 1 giờ tôi được $3 \times 80 = 240$ kg vôi cục.

3. Tính dung tích thùng tiêu thụ chứa dung dịch sữa vôi 5%

Sau mỗi lần tôi, sữa vôi từ bể tôi tự chảy theo máng hở về bể tiêu thụ chứa sữa vôi.

Mỗi lần tôi 10 mẻ liên tục được 800 kg.

Mỗi lần tôi 800 kg vôi thị trường tức $800 \times 80\% = 640$ kg vôi tinh khiết.

Thể tích bể tiêu thụ chứa sữa vôi nồng độ 5% sẽ là:

$$W = \frac{640 \times 100}{5} = 12800 \text{ l} = 12,8 \text{ m}^3$$

Trong trạm bố trí hai bể một làm việc một dự phòng.

• Do mỗi lần tôi và pha dung dịch sữa vôi được 640 kg vôi tinh khiết nên số giờ giữa hai lần tôi và chuẩn bị sữa vôi về mùa khô sẽ là:

$$T_1 = \frac{640}{2500 \times \frac{15}{1000}} = 17 \text{ h}$$

- Thời gian giữa hai lần tôi về mùa lũ $a = 10\text{g/m}^3$.

$$T_1 = \frac{640}{2500 \times \frac{10}{1000}} \approx 24\text{h (ngày tôi một lần)}.$$

Kích thước bể hoà tan và bể tiêu thụ chứa vôi sữa: tiết diện phân hình trụ $2\text{m} \times 2\text{m}$ cao 3m . Phần hình chóp có góc tâm 60° cao $1,6\text{m}$. Đáy chóp lắp ống xả cặn $D100\text{mm}$ dưới miệng xả có rọ sắt để hứng cặn. Để giữ cho sữa vôi không bị lắng và có nồng độ đều 5% phải liên tục khuấy trộn bằng máy khuấy.

4. Máy bơm định lượng vôi

Lưu lượng sữa vôi 5% cần phải đưa vào nước trong một giờ:

$$q = \frac{2500 \times 15 \times 100}{1000 \times 5} = 750 \text{ l/h}$$

Chọn bơm định lượng kiểu màng. Trong trạm đặt hai bơm, một làm việc một dự phòng.

Sơ đồ đặt bơm định lượng xem hình 4.13.

5. Tính bơm air-lift tuần hoàn dung dịch vôi

- Diện tích tiết diện ngang của rọ: $0,5 \times 0,4 = 0,2\text{m}^2$.

Cường độ tuần hoàn dung dịch để tôi và hoà tan vôi cục là $3,5\text{m}^3/\text{m}^2$ rọ phút.

Lưu lượng bơm tuần hoàn cần:

$$Q = 3,5\text{m}^3/\text{m}^2 \times 0,2\text{m}^2 = 0,7\text{m}^3/\text{ph} = 42\text{m}^3/\text{h}$$

Bơm đặt ở độ sâu 4m so với dung dịch trong bể, chiều cao nâng $h = 1\text{m}$, tỷ số $H/h = 5/1 = 5$.

Tra bảng 4.4 có được hiệu suất của bơm $\eta = 0,59$.

Lưu lượng không khí cần thiết theo (4.6).

$$W_1 = \frac{1,1 \times Q \times h}{\eta \cdot 23 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1}} = \frac{1,1 \times 42 \times 1,0}{0,59 \times 23 \cdot \lg \frac{1,4}{1}} = 24,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Ống dẫn gió $\phi 20$, $Q = 24,3\text{m}^3/\text{h}$, $v = 10\text{m/s}$.
- Tổn thất áp lực trên đường ống dẫn gió từ máy gió đến bơm $l = 20\text{m}$.

$$P_1 = \frac{12,5\beta G^2 l}{\gamma \cdot d^5} ;$$

$$G = \gamma Q = 1,842 \times 24,3 = 44,76 \text{ kg/h}$$

$$G = 1,68 \text{ (bảng 4.3)}$$

$$P_1 = \frac{12,5 \times 1,68 \times 44,76^2 \times 20}{1,842 \times 20^5} = 0,143 \text{ kG/cm}^2 = 1,43 \text{ m cột nước.}$$

- Tổn thất cục bộ theo (4.6):

$$P_2 = 0,063 \cdot v^2 \cdot \sum \xi = 0,063 \times 10^2 \times 12 = 75,6 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$$

- Áp lực đi qua lớp dung dịch theo (4.7):

$$P_3 = \gamma \cdot H = 1,1 \times 4 = 4,4 \text{ m}$$

$$P_4 = 0,2 \text{ m, áp lực dự trữ.}$$

Tổn thất áp lực cần thiết của máy gió: $P = 1,43 + 0,076 + 4,4 + 0,2 = 6,106 \text{ m cột nước} = 0,61 \text{ bar.}$

Chọn hai máy thổi gió có $Q = 25 \text{ m}^3/\text{h}$, áp lực nén $P = 0,61 \text{ bar}$. Một máy làm việc một dự phòng.

- Lưu lượng hỗn hợp khí nước: $Q = Q_n + W_1 = 42 + 24,3 = 66,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Vận tốc tại đáy côn $v = 3 \text{ m/s}$. Đường kính côn $d_1 = 110 \text{ mm}$, ống dẫn hỗn hợp khí nước $v = 6 \text{ m/s}$, đường kính ống $d_2 = 60 \text{ mm}$. Xem hình 4.10.

Chương 5

TRỘN VÀ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN

5.1. TRỘN VÀ BỂ TRỘN

So với khối lượng nước xử lý, lượng hoá chất sử dụng thường chỉ chiếm một tỷ lệ rất nhỏ, khoảng vài chục phần triệu. Mặt khác phản ứng của chúng lại xảy ra rất nhanh ngay sau khi tiếp xúc với nước. Vì vậy cần phải khuấy trộn để phân phối nhanh và đều hoá chất ngay sau khi cho chúng vào nước, nhằm đạt được hiệu quả xử lý cao nhất.

Khi thiết kế và quản lý vận hành bể trộn cần chú ý các điểm sau:

- Loại và tính chất của hoá chất cần trộn đều với nước.
- Các hoá chất khác nhau cần hoà trộn vào nước;
- Tính chất của nước thô;
- Điều kiện địa phương và trình độ quản lý.

5.1.1. Động lực của quá trình trộn

Mục tiêu của quá trình trộn là đưa các phân tử hoá chất vào trạng thái phân tán đều trong môi trường nước khi phản ứng xảy ra, đồng thời tạo điều kiện tiếp xúc tốt nhất giữa chúng với các phân tử tham gia phản ứng, việc này được thực hiện bằng cách khuấy trộn để tạo ra các dòng chảy rối trong nước. Hiệu quả của quá trình trộn phụ thuộc vào cường độ và thời gian khuấy trộn. Đặc biệt khi pha phèn vào nước, cường độ khuấy trộn quá nhỏ thì không đạt yêu cầu phân phối hoá chất, nếu quá lớn sẽ làm cho các phân tử tham gia phản ứng trượt khỏi nhau khi tiếp xúc. Cường độ khuấy trộn phụ thuộc trực tiếp vào năng lượng tiêu hao để tạo ra dòng chảy rối. Trong kĩ thuật xử lý nước sử dụng đại lượng gradien vận tốc để biểu thị cường độ khuấy trộn.

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{0.5} \quad (5.1)$$

Trong đó:

G - gradien vận tốc (s^{-1});

μ - độ nhớt động lực của nước ($N.s/m^2$), đối với nước ở nhiệt độ $20^\circ C$ ta có $\mu = 0,001 Ns/m^2$;

P - năng lượng tiêu hao tổng cộng (J/s) ($1W = 1000 J/s$);

V - dung tích bể trộn (m^3).

Thời gian khuấy trộn hiệu quả được tính cho đến lúc hoá chất đã phân tán đều vào nước và đủ để hình thành các nhân keo tụ, nhưng không quá lâu làm ảnh hưởng đến các phản ứng tiếp theo. Trong thực tế, để hoà trộn có hiệu quả, giá trị gradien vận tốc thường được lấy từ 200 đến $1000s^{-1}$, thời gian hoà trộn t lấy từ 1 giây đến 2 phút. Chuẩn số khuấy trộn Camp nằm trong khoảng $G_t = 300 \div 1600$, thường lấy $G_t = 1000$. Thời gian khuấy trộn phụ thuộc rất nhiều vào loại hoá chất cần trộn.

Phèn nhôm và phèn sắt khi cho vào nước, xảy ra phản ứng thủy phân và hấp thụ để tạo ra hạt keo dương làm nhân keo tụ, quá trình diễn ra ngắn hơn 1 giây, nếu không trộn nhanh và đều với nước (khoảng 1 - 2 giây) các nhân keo tụ không được phân phối đều trong thể tích nước làm cho hiệu quả keo tụ phèn - chất kiềm hoá vôi, xút, soda và các polyme trợ keo tụ khi cho vào nước không xảy ra phản ứng thủy phân, không phải là nhân keo tụ, chỉ là chất điều chỉnh độ kiềm và pH giúp cho quá trình tạo bông cặn tốt hơn, nếu cho cùng với phèn xảy ra phản ứng với phèn làm giảm số lượng nhân keo tụ. Vì thế các chất kiềm hoá và trợ keo tụ phải cho vào nước sau khi nước đã được trộn đều với phèn từ 15 giây đến 1 phút và thời gian trộn các hoá chất này có thể dài hơn từ 10 giây đến 2 phút.

Các chất oxy hoá cho vào nước thô để oxy hoá các chất hữu cơ, diệt rong tảo phải cho vào nước trước khi trộn phèn từ 3 phút trở lên, thời gian khuấy trộn có thể từ 10 giây đến 2 phút.

Theo nguyên lý cấu tạo và vận hành, các quá trình trộn được chia thành trộn thủy lực, trộn cơ khí và trộn bằng dòng tia áp lực.

5.1.2. Trộn thủy lực

Trộn thủy lực về bản chất là phương pháp dùng các loại vật cản để tạo ra sự xáo trộn trong dòng chảy của hỗn hợp nước và hoá chất. Giá trị gradien vận tốc trong trường hợp này được tính theo năng lượng cần tiêu hao để thắng sức cản thủy lực do các vật cản tạo ra. Tổn thất thủy lực cần thiết phải tạo ra khi qua bể trộn được tính theo công thức:

$$H = \frac{G^2 v V}{g Q} \quad (5.2)$$

Trong đó:

H - tổng tổn thất thủy lực qua bể trộn (m);

G - gradien tốc độ chọn từ 200 - 1000 (s^{-1});

V - thể tích bể trộn (m^3);

Q - lưu lượng nước qua bể (m^3/s);

g - gia tốc trọng trường = $9,81 m/s^2$;

v - độ nhớt động học của nước (m^2/s) chọn theo bảng 5.1.

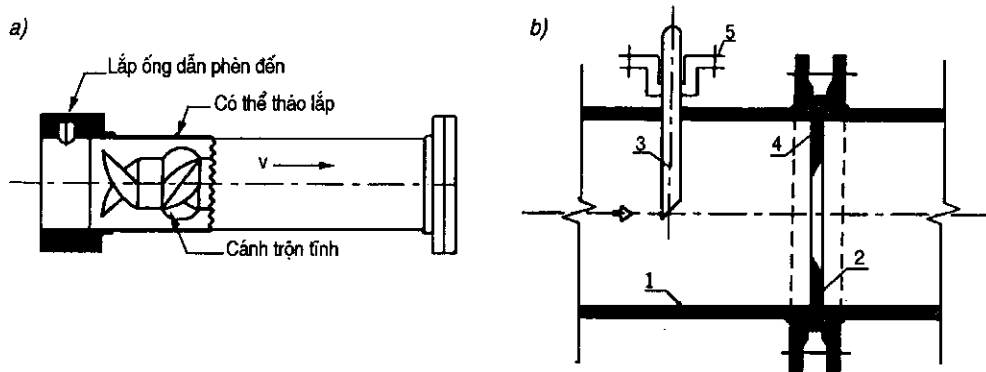
Bảng 5.1. Độ nhớt động học của nước

$t(^{\circ}\text{C})$	10	12	15	20	30	40
$\nu \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$	1,31	1,24	1,14	1,01	0,81	0,66

Tùy theo cấu tạo, quá trình trộn thủy lực được thực hiện bằng máy bơm, thiết bị trộn trong ống dẫn, bể trộn vách ngăn và bể trộn đứng.

Thiết bị trộn đặt trong ống dẫn (in line static mixer)

Gần đây trên thị trường xuất hiện nhiều loại thiết bị trộn đặt trên đường ống dẫn, ưu điểm là gọn, không có bộ phận chuyển động, chiều dài khuấy trộn $l = 1,5D$ (D là đường kính ống), thời gian trộn nhanh, không cần đưa năng lượng từ ngoài vào và không cần tôn cao công trình. Thời gian trộn 1 - 3s, tổn thất áp lực qua thiết bị 0,4 - 0,6m.



Hình 5.1: Thiết bị trộn trên đường ống dẫn

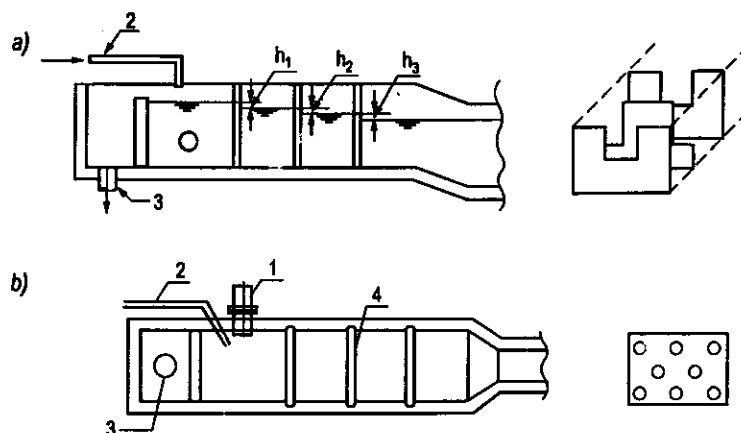
a) Cánh trộn; b) Vành chắn;

1. Ống nước thô;
2. Vành chắn;
3. Dung dịch hoá chất;
4. Zoăng cao su;
5. Vành ngăn nước

• **Khuấy trộn bằng máy bơm:** ở các trạm xử lý nước có công suất nhỏ có thể cho dung dịch hoá chất vào đầu hút của máy bơm nếu chiều dài ống dẫn từ bơm đến công trình xử lý $\leq 200\text{m}$. Tốc độ nước trong ống dẫn phải bằng hoặc lớn hơn 1,2 m/s để có thể xói và tải cặn lắng bám vào đường ống trong thời gian bơm ngừng hoạt động.

• **Trộn trong ống dẫn:** thường được sử dụng như khâu trộn sơ bộ khi cần cho hai hoặc nhiều loại hoá chất đồng thời vào nước. Biện pháp đơn giản nhất là sau điểm cho hoá chất, thay một đoạn ống dẫn nước nguồn đến bể trộn chính bằng đoạn ống có đường kính nhỏ hơn, tính với vận tốc nước 1,2 - 1,5m/s. Chiều dài đoạn ống trộn tính theo tổng tổn thất áp lực bằng 0,3m - 0,4m. Nếu ống nước nguồn không có đủ chiều dài cần thiết, dùng thiết bị trộn vành chắn thay cho đoạn ống trộn, (hình 5.1). Vành chắn tạo ra dòng chảy rối trong ống, đường kính lỗ vành chắn chọn với tổn thất cục bộ 0,3m đến 0,4m.

• **Bể trộn vách ngăn** còn gọi là bể trộn ngang (hình 5.2): gồm một đoạn mương bê tông cốt thép có các vách trộn chắn ngang.



Hình 5.2: Bể trộn vách ngăn

a) Mặt đứng; b) Mặt bằng.

1. Ống dẫn nước; 2. Ống dẫn dung dịch; 3. Ống xả tràn; 4. Vách chắn ngang

Số lượng vách ngăn thường lấy là 3. Để tạo nên sự xáo trộn dòng chảy, trên các vách ngăn có thể khoét các hàng cửa so le hoặc các hàng lỗ cho nước đi qua. Tiết diện cửa hoặc lỗ tính với vận tốc nước đi qua 1 m/s. Đường kính lỗ thường lấy từ 20 - 40mm. Số lỗ trên một vách ngăn xác định theo công thức:

$$n = \frac{4Q}{\pi d^2 v} \quad (5.3)$$

Trong đó:

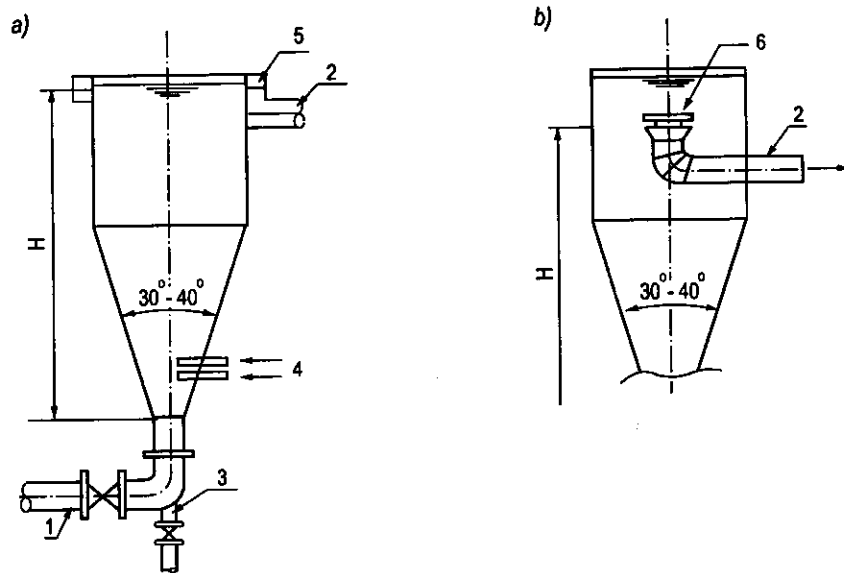
Q - lưu lượng nước qua bể trộn (m³/s);

v - vận tốc nước qua lỗ (m/s);

d - đường kính lỗ (m).

Tổn thất áp lực qua mỗi vách ngăn thường lấy từ 0,10m đến 0,15m, tổn thất tổng cộng trong bể 0,3m - 0,45m. Kích thước bể tính theo vận tốc nước chảy ở phần mương thu cuối bể 0,6m/s - 0,7m/s và ở phần đầu bể không nhỏ hơn 0,3m/s. Khoảng cách giữa các vách ngăn lấy không bé hơn chiều rộng bể trộn. Bể trộn vách ngăn thường được áp dụng để trộn nước với các dung dịch hoá chất chứa ít cặn như phèn, xô đa. Thời gian trộn từ 1 đến 2 phút, không nên dùng bể trộn vách ngăn để trộn dung dịch vôi sữa vì khi trộn dung dịch vôi sữa, cặn vôi có thể lắng xuống và đóng thành lớp trước các vách ngăn.

• **Bể trộn đứng:** thường được sử dụng trong các nhà máy nước có xử lý bằng vôi sữa. Với chiều nước chảy từ dưới lên, các hạt vôi sẽ được giữ ở trạng thái lơ lửng và hoà tan dần. Cấu tạo bể trộn gồm hai phần, phần thân trên thường có tiết diện vuông hoặc tròn, phần đáy có dạng hình côn với góc hợp thành giữa các tường nghiêng trong khoảng 30 - 40° (hình 5.3).



Hình 5.3: Bể trộn đứng

a) Kiểu thu nước bằng máng; b) Kiểu thu nước bằng phễu

1. Ống dẫn nước nguồn; 2. Ống đưa nước sang bể phản ứng;
3. Ống xả; 4. Ống dẫn hoá chất; 5. Máng thu nước; 6. Phễu thu nước.

Kích thước bể trộn được tính với các chỉ tiêu: vận tốc nước dâng ở phần thân trên 25 đến 28mm/s; vận tốc nước ở miệng ống nước vào dưới đáy bể 1 - 1,2m/s. Chiều cao bể tính theo thời gian hoà trộn 1,0 - 2 phút khi trộn soda và phèn, và 3 phút khi trộn vôi. Kích thước máng thu tính theo vận tốc nước trong phần cuối máng nhỏ hơn 0,6m/s. Khi dùng phễu thu phải có biện pháp chống hút khí vào nước.

Phương pháp trộn thuỷ lực có ưu điểm là cấu tạo công trình đơn giản, không cần máy và thiết bị phức tạp, giá thành quản lý thấp. Nhược điểm cơ bản là không điều chỉnh được cường độ khuấy trộn khi cần thiết và do tổn thất áp lực lớn nên công trình phải xây dựng cao hơn.

Ví dụ 1. Tính toán bể trộn có vách ngăn (khoan lỗ hoặc khe) hình 5.2.

Lưu lượng nước thô: $Q = 54\text{m}^3/\text{h} = 0,015\text{m}^3/\text{s}$.

Nhiệt độ nước trung bình: $t = 20^\circ\text{C}$.

Cường độ khuấy trộn: $G = 250\text{s}^{-1}$.

Thời gian khuấy trộn: $T = 1\text{ph} = 60\text{s}$.

Giải:

- Thể tích cần thiết của bể trộn: $V = 60 \times 1 \times 0,015 = 0,9\text{m}^3$

- Tổng tổn thất cần thiết qua bể trộn:

$$H = G^2 v V / g Q ; G = 250.$$

Ở 20°C ta có $v = 1,01 \times 10^{-6}$;

$$g = 9,81; Q = 0,015; V = 0,9.$$

$$H = (250)^2 \times 1,01 \times 10^{-6} \times 0,9 / (9,81 \times 0,015) = 0,386\text{m}.$$

- Trong bể đặt ba vách ngăn, mỗi vách ngăn tạo tổn thất 0,13m. Chiều sâu lớp nước sau vách ngăn cuối cùng chọn $H = 0,3\text{m}$.

Vận tốc qua vách ngăn:

$$v = \mu \sqrt{2gh} = 0,62 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,13} = 1\text{m/s}$$

Mức nước ngăn thứ hai (trên ngăn cuối):

$$h = 0,3 + 0,13 = 0,43\text{m}$$

Lỗ thủng ở giữa vách ngăn thứ ba có mép trên ngập dưới mực nước ở ngăn thứ hai là 0,15m.

Chiều cao lỗ thủng: $0,43\text{m} - 0,15\text{m} = 0,28\text{m}$.

Chiều rộng lỗ thủng:

$$b = \frac{Q}{h.v} = \frac{0,015}{0,28 \times 1} = 0,053\text{m} \approx 5,3\text{cm}.$$

Vách ngăn ở giữa chừa hai lỗ hai bên sát thành.

Chiều cao mực nước trong ngăn đầu: $h = 0,3 + 0,13 + 0,13 = 0,56\text{m}$, mép trên hai lỗ thủng ngập dưới mực nước ngăn đầu 0,25m.

Chiều cao lỗ thủng: $0,56 - 0,25 = 0,31\text{m}$.

Chiều rộng của mỗi lỗ thủng:

$$b = \frac{Q}{2h.v} = \frac{0,015}{2 \times 0,31 \times 1} = 0,025\text{m}$$

Ngăn đầu tiên bố trí một lỗ thủng ở giữa, mép trên lỗ thủng ngập dưới mực nước ở đầu bể 0,35m.

Chiều cao lỗ thủng:

$$0,69 - 0,35 = 0,34\text{m}$$

Chiều rộng lỗ thủng:

$$b = \frac{Q}{h.v} = \frac{0,015}{0,34 \times 1} = 0,044\text{m} \approx 4,5\text{cm}$$

Với công suất nhỏ nên thay khe bằng các lỗ D20 khoan đều trên diện tích ngập nước. Thể tích bể $0,9\text{m}^3$. Chiều cao lớp nước trung bình trong bể 0,56m. Chọn chiều rộng bể 0,5m.

Chiều dài:

$$L = \frac{0,9}{0,56 \times 0,5} = 3,2\text{m.}$$

Chọn: ngăn đầu cho hoá chất $L_1 = 0,6\text{m}$. Khoảng cách giữa hai vách ngăn 1m , phần cuối bể $0,6\text{m}$ ống dẫn sang bể phản ứng, lấy tốc độ $0,6\text{m/s}$.

Chiều cao thành bể trộn:

$$H = 0,69 + 0,16_{\text{dự trữ}} = 0,85\text{m}$$

5.1.3. Trộn cơ khí

Thay bằng năng lượng dòng nước, trộn cơ khí dùng năng lượng cánh khuấy để tạo ra dòng chảy rối. Cánh khuấy có thể được cấu tạo theo nhiều dạng khác nhau. Năng lượng cần thiết để cho chúng chuyển động trong nước được tính theo công thức:

$$P = K\rho n^3 D^5 \quad (5.4)$$

Trong đó:

P - năng lượng cần thiết (W);

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng (kG/m^3);

D - đường kính cánh khuấy (m);

n - số vòng quay trong 1 giây (vg/s);

K - hệ số sức cản của nước, phụ thuộc vào kiểu cánh khuấy, lấy theo số liệu của Rushton, (hình 5.4).

- Cánh khuấy chân vịt 3 cánh	K = 0,32
- Cánh khuấy chân vịt 2 cánh	K = 1,00
- Tuabin 6 cánh phẳng đầu vuông	K = 6,3
- Tuabin 4 cánh nghiêng 45°	K = 1,08
- Tuabin kiểu quạt 6 cánh	K = 1,65
- Tuabin 6 cánh đầu tròn cong	K = 4,80
- Cánh khuấy gắn 2 - 6 cánh dọc trục	K = 1,70

Từ công thức trên ta thấy năng lượng để quay cánh khuấy hoặc năng lượng tiêu hao cho việc khuấy trộn nước phụ thuộc vào đường kính bản cánh và tốc độ chuyển động của cánh khuấy. Như vậy bằng cách điều chỉnh tốc độ quay của cánh khuấy, sẽ điều chỉnh được năng lượng tiêu hao và cường độ khuấy trộn. Đối với việc khuấy trộn cơ khí, do cường độ khuấy trộn cao, giá trị gradien vận tốc thường từ 800 đến 1000s^{-1} , nên thời gian khuấy trộn ngắn hơn, chỉ từ 1 đến 3s.

Việc khuấy trộn thường được tiến hành trong các bể trộn hình vuông hoặc hình tròn, với tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng là 2:1. Nước và hoá chất đi vào phần đáy bể, sau

khi hoà trộn được thu lại ở trên mặt bể và đưa sang bể phản ứng. Cánh khuấy có thể là cánh tuabin hoặc cánh phẳng gắn trên trục quay (hình 5.4). Tùy theo chiều sâu của bể có thể gắn nhiều tầng cánh trên một trục quay.

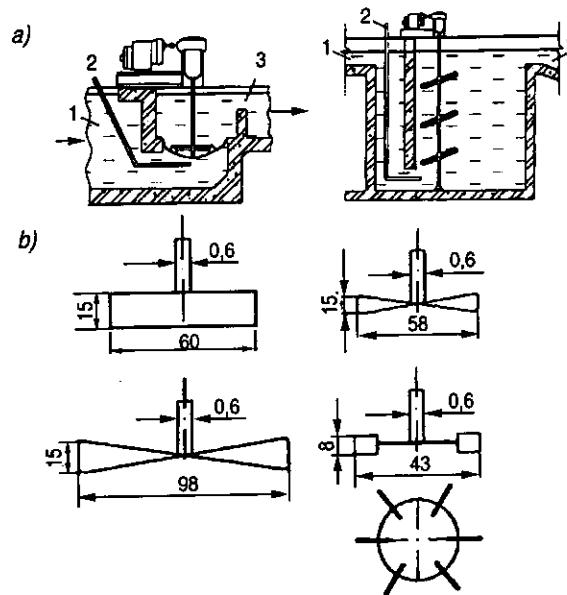
Tốc độ quay của trục được chọn theo kiểu cấu tạo và kích thước của cánh khuấy. Thường lấy theo vận tốc giới hạn của điểm xa nhất trên cánh khuấy so với trục quay không lớn hơn 4,5m/s. Như vậy kiểu cánh tuabin có tốc độ quay trên trục 500 - 1500 vòng/phút, kiểu cánh phẳng 50 - 500 vòng/phút. Cánh khuấy có thể làm bằng hợp kim, thép không gỉ hoặc bằng gỗ. Bộ phận truyền động thường đặt trên mặt bể và trục quay đặt theo phương thẳng đứng.

So với phương pháp trộn thủy lực, trộn cơ khí có nhiều ưu điểm hơn, có thể điều chỉnh cường độ khuấy trộn theo ý muốn, thời gian khuấy trộn ngắn nên dung tích bể trộn nhỏ, tiết kiệm được vật liệu xây dựng. Nhược điểm chính là cần có máy khuấy và các thiết bị cơ khí khác, đòi hỏi trình độ quản lý, vận hành cao. Vì vậy bể trộn cơ khí chỉ nên áp dụng cho các nhà máy nước có mức độ cơ giới hoá cao, thường là các nhà máy có công suất vừa và lớn. Trong một số trường hợp, khi áp lực nước nguồn còn dư như nguồn nước ở trên cao tự chảy về hoặc áp lực bơm nước nguồn còn dư nên chọn bể trộn thủy lực. Trước khi lựa chọn biện pháp khuấy trộn, cần phải tiến hành việc so sánh hiệu quả kinh tế giữa hai phương pháp thủy lực và cơ khí để tìm ra quy trình tối ưu nhất.

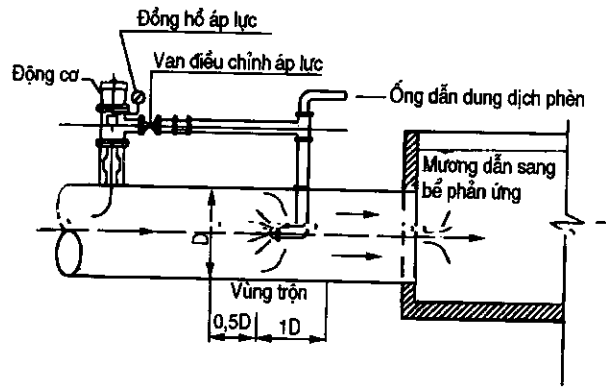
5.1.4. Trộn bằng dòng tia áp lực

Ưu điểm của thiết bị trộn bằng dòng tia áp lực (hình 5.5) là:

- Không có tổn thất thủy lực trên dòng nước thô.
- Có hiệu quả cao vì tỷ lệ giữa hai dòng chính và dòng tia là 2 - 3% đảm bảo trộn đều và nhanh, có thể điều chỉnh được cường độ khuấy trộn.
- Có thể thay thế máy bơm tạo tia áp lực tại chỗ bằng dòng nước lấy từ đài rửa lọc, từ trạm bơm nước kĩ thuật trong nhà máy, từ trạm bơm II quay về.



Hình 5.4: a) Bể trộn cơ khí; b) Các loại cánh khuấy
1. Nước nguồn vào; 2. Cấp dung dịch phèn;
3. Nước ra sau trộn



Hình 5.5: Thiết bị trộn bằng dòng tia áp lực

5.1.5. Các yêu cầu chung về cấu tạo

Bể trộn thường xây dựng thành một hoặc nhiều ngăn tùy theo công suất xử lý và quy trình công nghệ của nhà máy nước. Không cần xây dựng bể hoặc ngăn dự phòng, nhưng phải có biện pháp đề phòng sự cố như khi bể chỉ gồm một ngăn, phải có ống hoặc mương dẫn nước vòng qua bể sang khâu xử lý tiếp theo để dây chuyền xử lý không bị gián đoạn nếu bể trộn ngừng làm việc để sửa chữa. Nước từ bể trộn được dẫn bằng ống hoặc mương sang khâu xử lý tiếp theo, tốc độ chuyển động của nước 0,8 - 1,0m/s. Nếu trộn hoá chất keo tụ thời gian đưa nước từ bể trộn sang bể phản ứng tạo bông cần không vượt quá một phút.

5.1.6. Quản lý vận hành

- Điều quan trọng nhất trong quản lý vận hành bể trộn là xác định đúng liều lượng hoá chất cần trộn, theo sự thay đổi hàng ngày của lưu lượng và chất lượng nước thô.
- Điều thứ hai là thường xuyên xem xét đường ống dẫn hoá chất, kịp thời phát hiện chỗ rò rỉ, chỗ tắc nghẽn và thông rửa thường xuyên những chỗ có thể gây đóng cặn.
- Điều thứ ba là kiểm tra và điều chỉnh để giữ đúng trị số năng lượng khuấy trộn (cường độ khuấy trộn G) cần thiết theo chất lượng nước thô.
- Điều thứ tư là: xác định đúng thứ tự và khoảng cách về thời gian để cho các hoá chất khác nhau vào trộn đều với nước cần xử lý.
- Điều thứ năm là: ghi vào sổ trực ban hàng ngày:
 - Liều lượng hoá chất cho vào nước, nồng độ hoá chất %.
 - Cường độ khuấy trộn, để có số liệu khi xem xét đánh giá từng khâu trong toàn bộ dây chuyền xử lý nước.

Ví dụ 2: Thiết kế bể trộn cơ khí cho nhà máy nước công suất $Q = 1,80\text{m}^3/\text{s}$.

- Thời gian khuấy trộn: 3 giây.
- Cường độ khuấy trộn: $G = 1000\text{s}^{-1}$.
- Nhiệt độ nước: $t = 20^\circ\text{C}$.

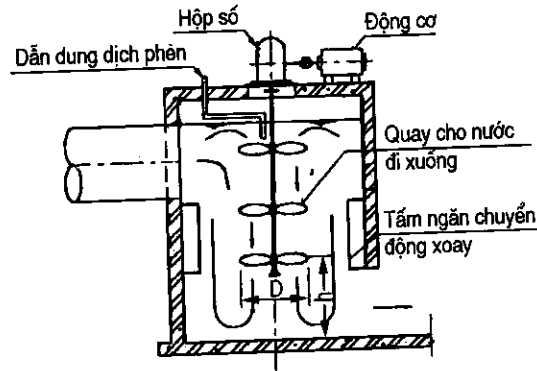
Giải:

Thể tích bể trộn cần: $V = 3 \times 1,8 \text{m}^3/\text{s} = 5,4 \text{m}^3$.

Bể trộn vuông: $a \times a \times h = 1,35 \times 1,35 \times 3 \text{m}$.

Ống dẫn nước vào ở đỉnh bể, dung dịch phèn cho vào ngay cửa ống dẫn vào bể, nước đi từ trên xuống dưới qua lỗ của thành bể để dẫn sang ngăn phản ứng.

Dùng máy khuấy tuabin sáu cánh nghiêng góc 45° hướng xuống dưới để đưa nước từ trên xuống. Đường kính máy khuấy $D \leq 1/2$ chiều rộng bể. Trong bể đặt bốn tấm chắn để ngăn chuyển động xoay của nước, chiều cao tấm chắn 3m, chiều rộng 0,13m, bằng $1/10$ đường kính bể.



Hình 5.6: Bể trộn cơ khí

- Máy khuấy đặt cách đáy một khoảng $h = D$ (đường kính cánh khuấy).
- Chiều rộng bản cánh khuấy bằng $1/5$ đường kính cánh khuấy.
- Chiều dài bản cánh khuấy bằng $1/4$ đường kính máy khuấy.
- Đường kính cánh khuấy lấy bằng 0,6m.
- Năng lượng cần truyền vào nước: $P = G^2 V \mu$

$$P = (1000)^2 \times 0,001 \times 5,4 = 5400 \text{ J/s} = 5,4 \text{ kW}.$$

Hiệu suất động cơ $\eta = 0,8$, công suất động cơ: $5,4 : 0,8 = 6,75 \text{ kW}$.

Xác định số vòng quay của máy khuấy

$$n = \left(\frac{P}{K \rho D^5} \right)^{1/3} = \left(\frac{5400}{1,08 \times 1000 \times (0,6)^5} \right)^{1/3} = 4 \text{ vg/s} = 240 \text{ vg/ph}$$

phải có hộp giảm tốc cho động cơ.

Ví dụ 3. Tính toán thiết bị trộn dùng bơm để tạo dòng tia áp lực

- Công suất nước thô: $Q = 1,5 \text{m}^3/\text{s}$.
- Đường kính ống dẫn nước thô: $\phi 1000 \text{mm}$.
- Chuẩn số: $G_{xt} = 1000$ ($G = 750 \text{s}^{-1}$).
- Nhiệt độ nước thấp nhất: $t^\circ = 10^\circ \text{C}$.
- Liều lượng phèn thay đổi: $a = 8 \div 50 \text{mg/l}$.

Xác định:

1. Thời gian trộn.
2. Năng lượng trộn cần thiết do dòng tia tạo ra.
3. Công suất của bơm.
4. Vận tốc dòng tia và đường kính vòi phun.
5. Công suất điện của động cơ.
6. Lượng phèn và vị trí cho phép vào nước

Giải: Chiều dài vùng khuấy trộn:

$$L = 1,5D = 1,5 \times 1000\text{mm} = 1500\text{mm} = 1,5\text{m}$$

1. Thể tích vùng trộn:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot L = 0,785 \times 1^2 \times 1,5 = 1,18\text{m}^3$$

Thời gian khuấy trộn:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{1,18}{1,5} = 0,79\text{s}$$

2. Năng lượng khuấy trộn cần thiết do dòng tia tạo ra xác định theo công thức (5.1):

$$P = G^2 \mu V$$

$$\mu = 1,336 \cdot 10^{-3} \text{ NS/m}^2 \text{ ở } 10^\circ\text{C}$$

$$P = (750)^2 \times 1,336 \cdot 10^{-3} \times 1,18 = 887 \text{ J/s} \approx 0,89 \text{ kW}$$

3. Công suất của bơm: Theo thực nghiệm để đạt được hiệu quả trộn tốt nhất thì lưu lượng dòng tia phải từ 2 - 5% lưu lượng dòng chính.

$$Q_{\text{bơm}} = 0,04 \times 1,5\text{m}^3/\text{s} = 0,045\text{m}^3/\text{s} = 45\text{l/s}$$

- Áp lực do dòng tia tạo ra: H_t tính theo công thức:

$$P = \frac{\gamma Q H_t}{102 \eta}$$

$$\eta = 1; Q = 0,04\text{m}^3/\text{s}; \gamma = 1000\text{kg/m}^3; P = 0,89\text{kW}$$

$$H_t = \frac{102 \times 0,89}{1000 \times 0,045} \approx 2,0\text{m}$$

4. Vận tốc của dòng tia:

$$H = \frac{v^2}{2g} \rightarrow v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 2} = 6,26\text{m/s.}$$

- Đường kính đầu vòi phun:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}}$$

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,045}{6,26} \rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 0,045}{3,14 \times 6,26}} = 0,095\text{m} = 95\text{mm}$$

5. Công suất điện của động cơ:

- Áp lực đẩy của bơm = áp lực dòng tia + tổn thất qua vòi phun + tổn thất qua ống

$$H_{\text{bơm}} = H_t + h_{w1} + h_{w2}$$

$$H_t = 2\text{m}; h_{w1} = \zeta \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{6,26^2}{19,6} = 2,0\text{m}; h_{w2} = 1\text{m}$$

$$H_b = 2 + 2 + 1 = 5\text{m}^3/\text{s}.$$

$$Q_b = 0,045\text{m}^3/\text{s}.$$

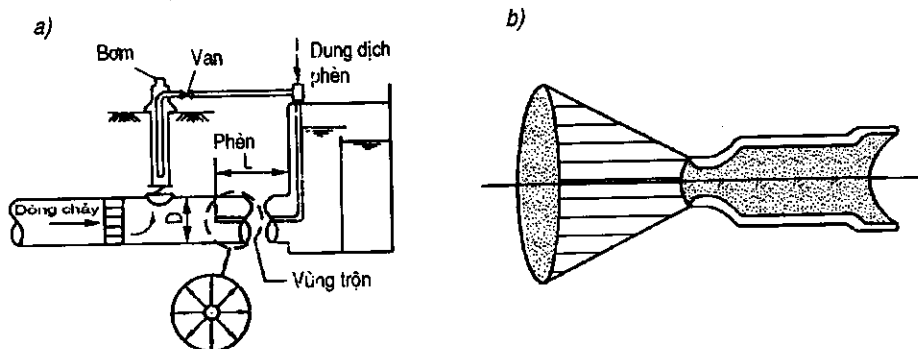
Công suất động cơ của bơm:

$$N = \frac{\gamma Q H}{102 \eta_1 \eta_2}$$

η_1 - hiệu suất của bơm = 0,8;

η_2 - hiệu suất của động cơ = 0,9.

$$N = \frac{1000 \times 0,045 \times 5}{102 \times 0,8 \times 0,9} = 3,06 \text{ kW} \approx 3,1\text{kW}$$



Hình 5.7: a) Bơm; b) Vòi phun

6. Lượng phèn và vị trí cho phèn vào nước

- Lượng phèn cao nhất pha thành dung dịch 5% theo trọng lượng:

$$q_{\text{max}} = \frac{50\text{g}/\text{m}^3 \times 1,5\text{g}/\text{m}^3 \times 60\text{s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 90\text{l/ph}$$

$$q_{\text{trung bình}} = \frac{15\text{g/m}^3 \times 1,5\text{g/m}^3/\text{s} \times 60\text{s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 27 \text{ l/ph}$$

$$q_{\text{min}} = \frac{8\text{g/m}^3 \times 1,5\text{g/m}^3/\text{s} \times 60\text{s}}{1000} \times \frac{100}{5} = 14,4 \text{ l/ph}$$

Nồng độ dung dịch phèn không nên pha loãng hơn 1% vì với nồng độ loãng hơn pH của dung dịch có thể lớn hơn 3, làm hòa tan và thủy phân phèn ngay trong dung dịch, giảm tác dụng hoạt tính keo tụ của phèn.

- Dung dịch phèn cho vào ống đẩy của bơm ngay trước vòi phun đảm bảo cho vòi phun không bị đóng cặn và dung dịch phèn đã pha loãng bởi dòng tia được trộn ngay tức khắc với nước thô. Xem hình 5.7.

5.2. BỂ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN

Mục đích của quá trình phản ứng tạo bông cặn là tạo điều kiện thuận lợi nhất để các hạt keo phân tán trong nước sau quá trình pha và trộn với phèn đã mất ổn định và có khả năng dính kết với nhau, va chạm với nhau để tạo thành các hạt cặn có kích thước đủ lớn, có thể lắng trong bể lắng hoặc giữ lại được ở bể lọc.

5.2.1. Nguyên lý hoạt động và cấu tạo các loại bể tạo bông cặn

Khi thiết kế cấu tạo và quản lý vận hành bể phản ứng tạo bông cặn phải cân nhắc các điều kiện sau:

1) Chất lượng nước thô gồm: độ đục, tổng hàm lượng hữu cơ, độ kiềm, pH, độ màu, nhiệt độ.

2) Các loại công trình xử lý đặt sau bể phản ứng tạo bông cặn.

3) Điều kiện địa phương gồm: có sẵn chênh lệch cao độ, điều kiện khí hậu, nhiệt độ, trình độ trang thiết bị chung và trình độ quản lý vận hành. Cân nhắc, lựa chọn từ các điều kiện trên để thiết kế và vận hành bể, tạo ra số hạt cặn N lớn nhất hay giảm số hạt keo n_0 ban đầu nhanh nhất. Từ phân tích ở chương 3, số lượng cặn hình thành trong đơn vị thời gian được tính theo công thức (3.22):

$$\frac{dN}{dt} = N_{12} = \frac{4}{3} \alpha_0 n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3 G$$

còn giảm số lượng cặn đến n_t so với số lượng cặn ban đầu n_0 tính theo công thức (3.34):

$$\frac{n_t}{n_0} = e^{-\alpha C_0 G t}$$

Trong đó: $C_0 = \frac{4}{3} n_1 n_2 (r_1 + r_2)^3$.

N_{12} - số hạt cận tạo thành từ hạt n_1 có bán kính r_1 và hạt n_2 có bán kính r_2 ;

G - gradien vận tốc tính theo công thức (5.1).

Từ công thức (3.22) cho thấy: Khi keo tụ trong môi trường thể tích, n_1, n_2 là các hạt keo tự nhiên và các hạt keo do phèn tạo ra phân bố đều trong thể tích nước, hiệu quả keo tụ N_{12} chỉ còn phụ thuộc vào thông số G_{xt} . Dựa vào nguyên lý này các nhà khoa học chuyên ngành Cấp thoát nước đã tạo ra các loại bể phản ứng cơ khí, bể phản ứng thủy lực bằng vách ngăn, bể phản ứng khuấy trộn bằng gió,...

Từ công thức (3.22) và (3.34) cũng cho thấy: nếu tăng số lượng và kích thước hạt n_2, r_2 lên nhiều lần thì sẽ giảm được cường độ và thời gian khuấy trộn G_t , từ đó các nhà khoa học đã tạo ra:

- Bể tạo bông có lớp cận lơ lửng
- Bể tạo bông tuần hoàn lại cận đặt trong bể lắng có lớp cận lơ lửng (accelerator) sẽ xem xét trong chương bể lắng.
- Bể tạo bông tiếp xúc qua lớp vật liệu hạt rắn.
- Bể tạo bông xoáy hình côn có các hạt rắn lơ lửng...

Như vậy bể phản ứng tạo bông cận được phân thành năm loại: thủy lực, cơ khí, khí nén, tiếp xúc qua lớp cận lơ lửng hay qua lớp vật liệu hạt cứng, tuần hoàn lại cận.

5.2.2. Bể phản ứng tạo bông cận thủy lực

Nguyên lý vận hành cơ bản của bể phản ứng tạo bông cận thủy lực là sử dụng năng lượng của dòng nước, kết hợp với các giải pháp về cấu tạo, để tạo ra các điều kiện thuận lợi cho quá trình tiếp xúc và kết dính giữa các hạt keo và cận bản trong nước. Theo cơ chế cấu tạo và vận hành, có các kiểu: bể phản ứng xoáy, bể phản ứng vách ngăn và bể phản ứng có lớp cận lơ lửng. Các bể phản ứng tạo bông cận thủy lực thường có cường độ khuấy trộn nhỏ, giá trị gradien vận tốc trung bình từ 30 đến 50s⁻¹. Thời gian phản ứng kéo dài từ 15 đến 30 phút tùy theo kiểu bể.

Bể phản ứng xoáy gồm hai kiểu cấu tạo: xoáy hình trụ và xoáy hình côn.

• **Bể phản ứng xoáy hình trụ** thường được đặt trong bể lắng đứng, (xem hình 5.8) áp dụng cho các nhà máy nước có công suất nhỏ. Bể gồm một ống hình trụ đặt ở tâm bể phần trên của bể lắng đứng. Nước từ bể trộn được dẫn bằng ống rồi qua hai vòi phun cố định đi vào phần trên của bể. Hai vòi phun được đặt đối xứng qua tâm bể, với hướng phun ngược nhau và chiều phun nằm trên phương tiếp tuyến với đường chu vi bể. Do tốc độ qua vòi phun nước, nước chảy quanh thành bể tạo thành chuyển động xoáy từ trên xuống. Các lớp nước ở bán kính quay khác nhau có tốc độ chuyển động khác nhau và tạo điều kiện tốt cho các hạt cận, keo và chạm kết dính với nhau tạo thành bông cận. Đường kính vòi phun được chọn theo tốc độ nước ra khỏi vòi 2 - 3m/s. Tổn thất áp lực tại vòi phun tính theo công thức:

$$h = 0,06v^2, \text{ (m)}, \quad (5.5)$$

Trong đó: v - vận tốc nước qua miệng vòi phun (m/s).

Đường kính bể phản ứng tính theo công thức:

$$D = \sqrt{\frac{4Qt}{60\pi Hn}}, \quad (\text{m}) \quad (5.6)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước xử lý (m^3/h);

t - thời gian lưu lại của nước trong bể phản ứng lấy 15 - 20 phút;

H - chiều cao của bể phản ứng lấy bằng 0,90 chiều cao vùng lắng của bể lắng đứng (m);

n - số bể phản ứng làm việc đồng thời.

Nước chứa các bông cặn đi ra từ đáy bể phản ứng. Ở đây, theo đường chu vi bể đặt các vách ngăn hướng dòng xếp hình nan quạt để đập tắt chuyển động xoáy và phân phối đều nước vào bể lắng. Kích thước các vách ngăn lấy cấu tạo theo khoảng cách từ đáy bể phản ứng đến đáy bể lắng và đường kính bể lắng. Khoảng cách giữa các vách ngăn tại đường chu vi của bể phản ứng lấy từ 0,1m đến 0,6m. Cường độ khuấy trộn trong bể xác định bằng gradien vận tốc tính theo công thức:

$$G = \sqrt{\frac{Q\gamma v^2}{2V\eta}}, \quad (\text{s}^{-1}) \quad (5.7)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước vào bể (m^3/s);

γ - trọng lượng riêng của nước (kg/m^3);

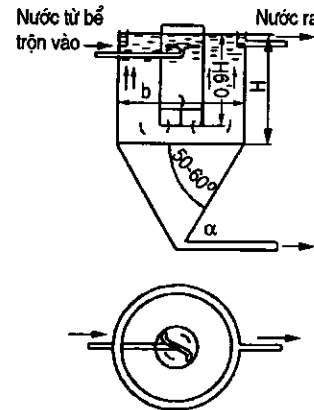
v - tốc độ nước qua vòi phun (m/s);

V - dung tích bể phản ứng (m^3);

η - hệ số nhớt động học của nước

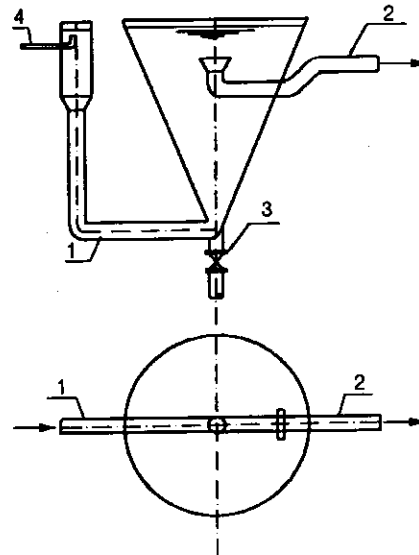
Ngoài bể lắng đứng bể phản ứng xoáy hình trụ ít khi được xây dựng kết hợp với các kiểu bể lắng khác do cấu tạo phức tạp của vòi phun.

• **Bể phản ứng xoáy hình côn** (hình 5.9) có dạng như một cái phễu lớn. Nước đi vào ở đáy bể và dâng dần lên mặt bể. Trong quá trình đi lên, do tiết diện dòng chảy tăng dần



Hình 5.8: Bể phản ứng xoáy hình trụ đặt trong bể lắng đứng

làm cho tốc độ nước giảm dần. Tuy nhiên do ảnh hưởng quán tính, tốc độ của dòng nước phân bố không đều trên cùng một mặt phẳng nằm ngang, vào gần tâm bể, tốc độ càng lớn hơn và dòng chảy ở tâm có xu hướng phân tán dần ra phía thành bể. Ngược lại, do ma sát các dòng chảy phía ngoài lại bị các dòng bên trong kéo lên theo. Sự chuyển động thuận nghịch đó đã tạo ra các xoáy nước nhỏ phân bố đều trong bể, làm tăng hiệu quả khuấy trộn. Các bông cặn được tạo ra có kích thước tăng dần theo chiều nước chảy, đồng thời tốc độ nước giảm dần sẽ không phá vỡ các bông cặn lớn đó. Cường độ khuấy trộn trong bể phản ứng hình côn tính theo công thức (5.2). Nước với bông cặn đã hình thành được thu trên mặt bể và đưa sang bể lắng.



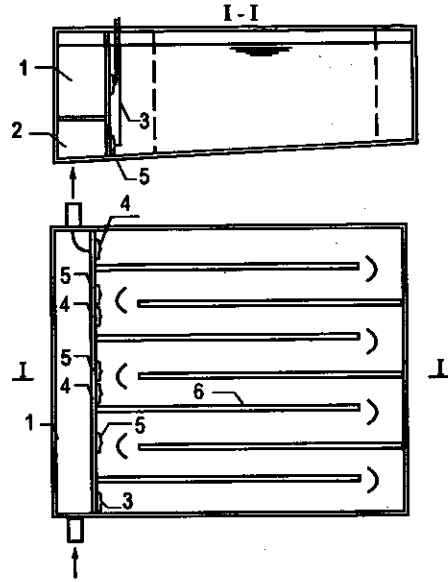
Hình 5.9. Bể phản ứng xoáy hình côn
 1- Ống đưa nước vào; 2- Ống thu nước sang bể lắng; 3- Van xả kiệt; 4- Bộ phận tách khí.

Dung tích bể phản ứng xoáy hình côn được tính với thời gian nước lưu lại 6 - 10 phút. Góc giữa các tường nghiêng lấy trong giới hạn $50 - 70^\circ$. Tốc độ nước đi lên nhỏ nhất, tính tại mặt cắt ngang điểm thu nước trên mặt bể 4 - 5 mm/s khi bể phản ứng đặt trước bể lắng trong và có khử màu; khi làm mềm nước bằng vôi lấy đến 8mm/s. Tốc độ nước đi vào đáy bể 0,7 - 1,2 m/s. Tổn thất áp lực trong bể không kể tổn thất ở đầu ống vào và tổn thất ở phần thu nước là 20 - 50 mm cho mỗi mét chiều cao của bể. Giá trị tổn thất áp lực nhỏ tương ứng tổng hàm lượng cặn nhỏ và ngược lại. Để thu nước trên mặt bể, có thể dùng phễu thu đặt ngấp khi bể có đường kính bề mặt nhỏ. Đối với bể có đường kính bề mặt lớn thì dùng ống hoặc máng khoan lỗ đặt ngấp trong nước. Tốc độ chuyển động của nước trong máng hoặc ống dẫn sang bể lắng lấy không lớn hơn 0,1 m/s để đảm bảo cho các bông cặn không bị phá vỡ. Khoảng cách dẫn nước sang bể lắng càng ngắn càng tốt. Nước trước khi vào bể phản ứng xoáy hình côn phải được tách hết khí hòa tan để tránh hiện tượng bọt khí dâng lên trong bể có thể phá vỡ các bông cặn lớn đã hình thành.

Bể phản ứng xoáy hình côn có ưu điểm là hiệu quả cao, tổn thất áp lực và dung tích nhỏ. Nhược điểm chính là khó tính toán cấu tạo bộ phận thu nước bề mặt, vì phải đảm bảo hai yêu cầu là thu nước đều và không phá vỡ bông cặn. Ngoài ra do hình dáng cấu tạo đặc biệt, khó xây dựng bằng bê tông cốt thép nên trong thực tế chỉ áp dụng cho các nhà máy nước có công suất nhỏ.

- **Bể phản ứng vách ngăn** thường được xây dựng kết hợp với bể lắng ngang.

Nguyên lý cơ bản là dùng các vách ngăn để tạo ra sự đổi chiều liên tục của dòng nước. Mỗi khi dòng nước đổi chiều chảy, giữa các lớp nước lại có sự thay đổi về tốc độ và tạo ra hiệu quả khuấy trộn. Các hạt cặn được vận chuyển lệch nhau sẽ dễ va chạm và kết dính với nhau tạo thành bông cặn. Bể có cấu tạo dạng hình chữ nhật, bên trong có các vách ngăn hướng dòng nước chuyển động ziczắc theo phương nằm ngang hoặc phương thẳng đứng. Hình 5.10 giới thiệu một kiểu bể phản ứng có vách ngăn hướng dòng theo phương nằm ngang. Nước từ bể trộn qua cửa (3) vào bể phản ứng, chảy dọc theo các vách ngăn và đi qua các chỗ ngoặt rồi ra ở cửa (4). Số lượng các vách ngăn được tính theo hai chỉ tiêu: dung tích bể phụ thuộc vào thời gian nước lưu cần thiết và tốc độ chuyển động của nước giữa các vách ngăn. Thời gian nước lưu lấy là 20 phút khi xử lý nước đục và 30 - 35 phút khi nước có màu có vách ngăn hướng dòng theo hoặc độ đục thấp. Tốc độ chuyển động của nước quyết định cấu tạo bể, trường hợp dùng một tốc độ đều cho toàn bể 0,2 - 0,3m/s, thì khoảng cách giữa các vách ngăn bằng nhau. Để tránh vỡ các bông cặn lớn hình thành ở phần cuối bể, thường xây dựng bể với tốc độ nước giảm dần từ 0,3 m/s ở đầu bể xuống 0,1 m/s ở cuối bể. Hiệu quả phản ứng có thể điều chỉnh theo chất lượng nước nguồn bằng cách giảm chiều dài dòng chảy (giảm thời gian phản ứng) theo các cửa đưa nước ra ở các ngăn khác nhau.



Hình 5.10. Bể phản ứng tạo bông cặn có vách ngăn hướng dòng theo phương nằm ngang
 1. Muống dẫn nước vào ra; 2. Muống xả cặn;
 3. Cửa đưa nước vào; 4. Cửa đưa nước ra;
 5. Van xả cặn; 6. Vách ngăn hướng dòng.

Cường độ khuấy trộn của bể tính theo gradien tốc độ trong trường hợp nước chuyển động đều. Tổn thất thủy lực cần thiết qua tổng các vách ngăn.

$$H = G^2 \cdot v \cdot V / g \cdot Q, \text{ (m)} \quad (5.8)$$

Trong đó:

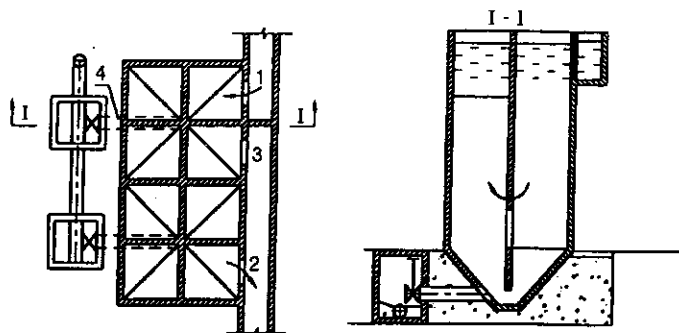
- G - cường độ khuấy trộn cần chọn;
- v - độ nhớt động học;
- V - thể tích bể (m³);
- g - gia tốc trọng trường = 9,81m/s²;
- Q - lưu lượng (m³/s) .

Tổn thất áp lực trong bể tính bằng tổng tổn thất theo chiều dài ở các đoạn có dòng chảy thẳng giữa hai vách ngăn và tổn thất cục bộ tại các chỗ ngoặt. Tổn thất cục bộ tính theo công thức:

$$h = 0,15v^2, \text{ (m)} \quad (5.9)$$

Trong đó: v - vận tốc nước qua chỗ ngoặt (m/s).

Bể phản ứng vách ngăn thông thường có từ 8 đến 10 chỗ ngoặt đổi chiều dòng nước. Khoảng cách giữa các vách ngăn lấy không nhỏ hơn 0,70 m để thuận tiện cho việc xây dựng, cọ rửa và sửa chữa. Khi công suất xử lý nhỏ, khoảng cách giữa các vách ngăn thường nhỏ hơn 0,70 m do phải đảm bảo chiều cao mực nước chảy sang bể lắng. Trong trường hợp này nên xây bể phản ứng vách ngăn với chiều nước chảy theo phương thẳng đứng (hình 5.11). Cấu tạo và tính toán tương tự như kiểu bể có chiều nước chảy theo phương nằm ngang, chú ý kiểm tra chế độ thủy lực chung của bể sau khi chọn kích thước cấu tạo.



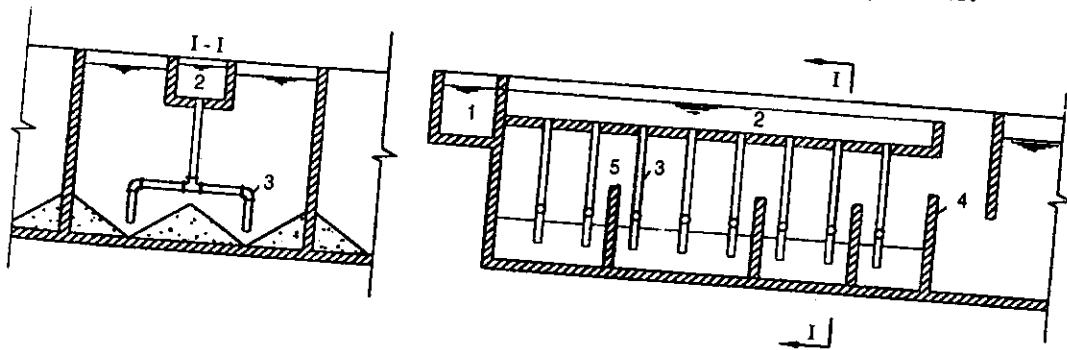
Hình 5.11. Bể phản ứng vách ngăn theo phương thẳng đứng
1. Cửa đưa nước vào; 2. Cửa đưa nước ra;
3. Cửa điều chỉnh lượng nước ra theo thời gian; 4. Xả cặn.

Ưu điểm của các loại bể phản ứng tạo bông cặn vách ngăn là đơn giản trong xây dựng và quản lý vận hành. Nhược điểm chính là khối lượng xây dựng lớn hơn do nhiều vách ngăn và bể phải cao để đủ thỏa mãn tổn thất áp lực trong toàn bể.

• **Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng** thường được xây dựng liền phía trước bể lắng ngang (hình 5.12). Nước vào bể qua các máng phân phối đều đặt dọc theo mặt bể. Các ống đứng dẫn nước từ máng xuống đáy bể. Ở đây, các bức vách nghiêng ở đáy bể có chức năng làm giảm dần tốc độ dâng lên của dòng nước, đồng thời phân phối đều dòng đi lên trên toàn bộ bề mặt bể. Mặt khác, đáy bể có cấu tạo giống bể phản ứng xoáy hình côn, nên qua hết phần đáy nước đã được khuấy trộn sơ bộ và các bông cặn nhỏ đã hình thành. Từ đây nước chứa các bông cặn nhỏ tiếp tục đi lên với tốc độ không đổi. Các bông cặn đã hình thành tiếp tục hấp thụ các hạt cặn nhỏ và lớn dần lên. Trọng lượng của bông cặn lớn dần làm cho tốc độ đi lên của nó giảm dần trong khi tốc độ dòng nước không đổi. Sự lệch pha đó giúp cho các hạt cặn nhỏ trong dòng nước va chạm và kết dính với bông cặn. Lên đến bề mặt bể các bông cặn sẽ bị cuốn đi theo dòng chảy ngang sang bể lắng.

Yếu tố quyết định hiệu quả phản ứng của loại bể này là trị số của nồng độ cặn $n_1 \cdot n_2 = C_0$, phụ thuộc chủ yếu vào việc phân phối đều nước và tốc độ đi lên của dòng

nước. Tốc độ đi lên của dòng nước quá lớn sẽ không đảm bảo đủ thời gian phản ứng hiệu quả, nếu quá nhỏ các bông cặn lớn có thể lắng xuống ngay trong bể. Thường tốc độ đi lên của dòng nước lấy bằng 0,9 mm/s khi hàm lượng cặn nước nguồn đến 20mg/l; bằng 1,2mm/s khi hàm lượng cặn 20 - 50 mg/l; bằng 1,6 mm/s khi hàm lượng cặn bằng 1,2mm/s và lấy đến 2,2 mm/s khi hàm lượng cặn quá lớn. Bề dày lớp nước bên trên phân đáy nghiêng lấy lớn hơn 3,0 m. Thời gian nước lưu lại trong bể lấy không nhỏ hơn 20 phút. Để tránh ảnh hưởng của dòng chảy ngang trên mặt bể, đặt các vách ngăn hướng dòng vuông góc với dòng chảy ngang, khoảng cách giữa các vách lấy 3 - 4 m. Vận tốc dòng chảy ngang trên các vách ngăn lấy nhỏ hơn 0,05 m/s. Để phân phối đều nước trong bể, ở các bể đã xây dựng trước đây, dùng các ống phân phối nước khoan lỗ đặt dọc theo đáy bể. Thực tế quản lý vận hành cho thấy, bể chỉ làm việc có hiệu quả trong một hai tháng đầu vì sau đó các lỗ trên ống bị cặn dính bám làm tắc, trít nên không thể phân phối đều nước. Để loại trừ hiện tượng này phải thay ống bằng các máng phân phối đặt theo mặt bể. Tiết diện máng chọn đủ lớn sao cho mực nước trong máng không thay đổi (tổn thất thủy lực dọc máng gần bằng không). Dùng các ống nhựa $\phi 25 - 40$ đưa nước từ máng xuống đáy bể, vận tốc nước chảy trong ống $v = 0,3 - 0,6\text{m/s}$. Tổn thất áp lực trong lớp nước chứa cặn lấy 1 - 2 cm cho một mét chiều cao cột nước. Trước khi vào bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng, nước phải được đưa qua bộ phận tách khí. Nước được đưa từ bể phản ứng sang bể lắng ngang bằng tường tràn. Tốc độ nước qua tường tràn nhỏ hơn 0,05 m/s. Sau tường tràn đặt một tấm ngăn hướng dòng ngập sâu đến 1/4 chiều sâu bể lắng. Khoảng cách từ tường ngăn đến tường tràn tính với tốc độ nước qua đó nhỏ hơn 0,03 m/s. Bể phản ứng thường có bề rộng bằng bề rộng bể lắng ngang sau nó.



Hình 5.12. Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng

1. Máng dẫn từ bể trộn sang; 2. Máng phân phối nước; 3. Ống đứng phân phối đặt cách nhau 0,8 - 1m; 4. Tường tràn sang bể lắng; 5. Vách ngăn hướng dòng.

Bể phản ứng có lớp cặn lơ lửng có ưu điểm là hiệu quả cao, cấu tạo đơn giản, không cần máy móc cơ khí, không tốn chiều cao xây dựng. Nhưng có nhược điểm là khởi động chậm, thường lớp cặn lơ lửng được hình thành và làm việc có hiệu quả chỉ sau 3 - 4 giờ làm việc.

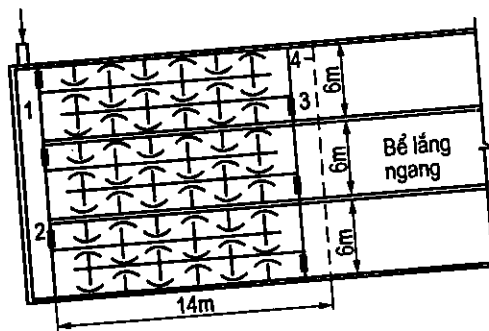
Ví dụ tính toán:

Bể phản ứng thủy lực có vách ngăn:

- Lưu lượng cần xử lý $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Thời gian phản ứng 25 phút.
- Cường độ khuấy trộn ba bậc:

Bậc 1: $G = 70$. Bậc 2: $G = 50$.

Bậc 3: $G = 30$. Nhiệt độ nước $t = 20^\circ\text{C}$.



Giải:

Thể tích bể $V = 25 \times 60 \times 0,5 = 750 \text{ m}^3$ chia làm ba ngăn, mỗi ngăn $0,167 \text{ m}^3/\text{s}$ chiều sâu bể $H = 3\text{m}$. Chiều rộng bể lấy bằng chiều rộng ba bể lắng, $b = 18\text{m}$.

Chiều dài bể:

$$L = \frac{750}{3 \times 18} = 14\text{m} = \frac{V}{H \times b}$$

- Trong một ngăn rộng 6m chia làm ba hàng lang, mỗi hàng lang rộng 2m, sâu 3m.

- Vận tốc nước chảy trong hàng lang $v = \frac{0,5}{3 \times 3 \times 2} = 0,028 \text{ m/s}$.

a) Tổn thất áp lực cần thiết qua hàng lang thứ nhất có cường độ khuấy trộn tương ứng với bậc 1: $G = 70$. Thể tích hàng lang $V = 84 \text{ m}^3$.

$$h_1 = G^2 v V / g Q = 70^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84 / (9,81 \times 0,167) = 0,254\text{m}.$$

Mỗi hàng lang đặt sáu tấm, khoảng cách giữa các tấm $A = 14/7 = 2,0\text{m}$ (xem hình 5.13).

Tổn thất qua một tấm $h = 0,254/6 = 0,0424\text{m}$.

Vận tốc qua khe giữa tấm chắn và thành bể $h = 0,15v^2$

$$v = \left(\frac{0,0424}{0,15} \right)^{0,5} = 0,53 \text{ m/s}$$

Diện tích khe hở:

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,167}{0,53} = 0,315 \text{ m}^2$$

Chiều rộng khe:

$$b_1 = \frac{f}{h} = \frac{0,315}{3} = 0,105 \text{ m}$$

Hình 5.13: Bể phản ứng vách ngăn
1. Mạng chung; 2. Cửa đưa nước vào;
3. Cửa đưa nước sang bể lắng ngang;
4. Tường phân phối nước của bể lắng ngang

b) Tổn thất qua hành lang thứ hai có cường độ khuấy trộn tương đương bậc 2.

$$G = 50s^{-1}; V = 84m^3; v = 1,01 \cdot 10^{-6} m^2/s; g = 9,81m/s^2; Q = 0,5/3 = 0,167m^3/s.$$

$$h_2 = (50)^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84 / (9,81 \times 0,167) = 0,13m.$$

Đặt sáu tấm chắn cách nhau 2m, tổn thất qua một tấm $0,13/6 = 0,022m$.

Vận tốc qua khe:

$$v = \left(\frac{0,022}{0,15} \right)^{0,5} = 0,38m/s$$

Chiều rộng khe:

$$h_2 = \frac{Q}{v \cdot h} = \frac{0,167}{0,38 \times 3} = 0,145m$$

c) Tổn thất áp lực qua ngăn hành lang thứ ba ứng với cường độ khuấy trộn bậc 3

$$G = 30$$

$$h_3 = (30)^2 \times 1,01 \cdot 10^{-6} \times 84 / (9,81 \times 0,167) = 0,047m.$$

Đặt bốn vách ngăn, tổn thất qua một vách ngăn $0,047/4 = 0,012m$.

$$v = \left(\frac{0,012}{0,15} \right)^{0,5} = 0,28m/s$$

Chiều rộng khe:

$$b_3 = \frac{Q}{v \cdot h} = \frac{0,167}{0,28 \times 3} = 0,2m$$

5.3. BỂ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN CƠ KHÍ

Bể phản ứng cơ khí dùng năng lượng của cánh khuấy chuyển động trong nước để tạo ra sự xáo trộn dòng chảy. Cánh khuấy thường có dạng bản phẳng đặt đối xứng qua trục quay và toàn bộ được đặt theo phương nằm ngang hay thẳng đứng (hình 5.14). Kích thước cánh khuấy được chọn phụ thuộc vào kích thước và cấu tạo bể phản ứng. Theo Camp, bể phản ứng cơ khí nên chia thành các ngăn với mặt cắt ngang dòng chảy có dạng hình vuông, kích thước cơ bản $3,6 \times 3,6$ m; $3,9 \times 3,9$ m hoặc $4,20 \times 4,20$ m. Dung tích bể tính theo thời gian nước lưu lại 10 - 30 phút. Theo chiều dài, mỗi ngăn lại được chia làm nhiều buồng bằng các vách ngăn hướng dòng theo phương thẳng đứng. Trong mỗi buồng đặt một guồng cánh khuấy. Các guồng cánh khuấy được cấu tạo sao cho có cường độ khuấy trộn giảm dần từ buồng đầu tiên đến buồng cuối cùng, tương ứng với sự lớn dần lên của bông cặn. Trong thực tế, giá trị gradien tốc độ ở buồng đầu tiên thường là $60 - 70s^{-1}$ và ở buồng cuối cùng $30 - 20s^{-1}$. Để đạt được sự giảm dần đều của cường độ khuấy trộn, cần chia bể phản ứng làm càng nhiều buồng càng tốt, như vậy sẽ giảm được sự chênh lệch của cường độ khuấy trộn ở hai buồng kế tiếp nhau. Tuy nhiên, số lượng

buồng quá nhiều sẽ làm tăng giá thành xây dựng, tăng số lượng thiết bị cơ khí truyền động và quản lý vận hành sẽ phức tạp hơn. Cho nên số lượng buồng thường chỉ lấy từ ba đến bốn với sự chênh lệch của gradien tốc độ giữa hai buồng kế tiếp là $15 - 20 \text{ s}^{-1}$.

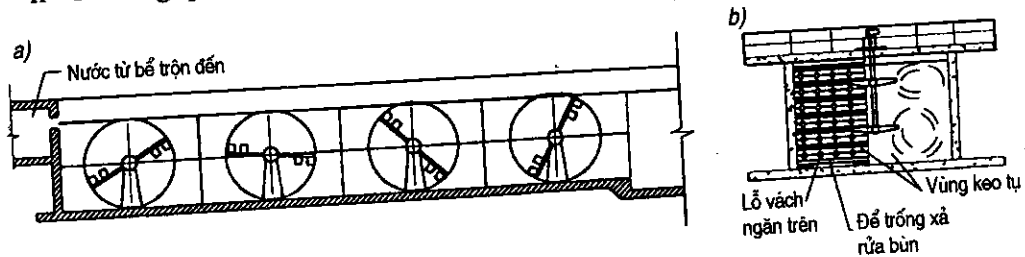
Guồng cánh khuấy có cấu tạo gồm trục quay và các bản cánh đặt đối xứng ở hai hoặc bốn phía quanh trục. Đường kính guồng tính đến mép cánh khuấy ngoài cùng lấy nhỏ hơn bề rộng hoặc chiều sâu bể $0,30 - 0,40\text{m}$. Kích thước bản cánh khuấy được tính với tỷ lệ của tổng diện tích bản cánh với diện tích mặt cắt ngang bể là $15 - 20\%$. Tốc độ quay của guồng khuấy lấy từ 3 đến 5 vòng/phút. Tốc độ chuyển động của cánh khuấy tính theo công thức:

$$v_1 = \frac{2\pi Rn}{60}, \text{ (m/s)} \quad (5.10)$$

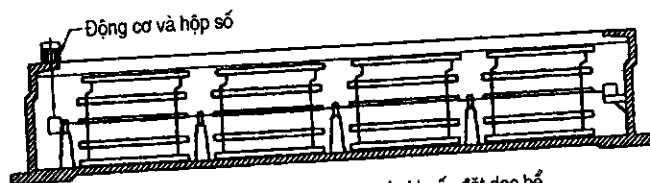
Trong đó:

R - bán kính chuyển động của cánh khuấy, tính từ mép ngoài của cánh đến tâm trục quay;

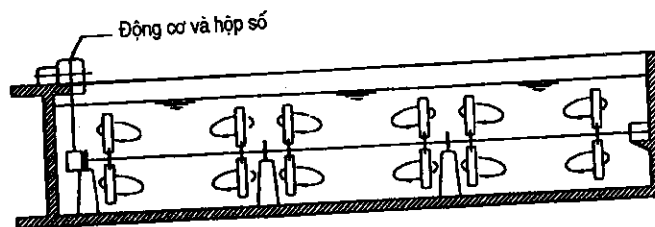
n - số vòng quay trong một phút, (vg/ph).



Mặt cắt ngang cấu tạo có động cơ và hộp số để ngoài bể
a) Trục đứng; b) Trục ngang



Mặt cắt dọc ngăn tạo bông, trục máy khuấy đặt dọc bể.
Truyền động bằng dây xích



Trục dọc truyền động bằng xích

Hình 5.14: Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí

a) Cánh khuấy đặt theo phương thẳng đứng; b) Cánh khuấy đặt theo phương nằm ngang.

Khi cánh khuấy chuyển động trong nước, nước sẽ bị cuốn theo với tốc độ bằng 1/4 tốc độ của cánh khuấy. Như vậy tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước sẽ là:

$$v_n = v_1 - v_a = v_1 - \frac{1}{4}v_1 = 0,75v_1$$

hoặc

$$v_n = 0,75 \cdot \frac{2\pi R n}{60}, \text{ (m/s)} \quad (5.11)$$

Trong đó: v_n - tốc độ chuyển động của nước do cánh khuấy tạo ra (m/s).

Để đảm bảo hiệu quả phản ứng tránh làm vỡ hoặc lắng các bông cặn lớn đã hình thành, tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước không nên vượt quá 0,75m/s và không nhỏ hơn 0,25m/s.

Cường độ khuấy trộn tính với gradien tốc độ trong các buồng phản ứng xác định theo (5.1). Năng lượng tiêu thụ ở đây tính bằng năng lượng cần để đưa cánh khuấy di chuyển trong nước theo công thức:

$$P = 51 \cdot C \cdot F v^3, \text{ (W)} \quad (5.12)$$

Trong đó:

C - hệ số sức cản của nước, phụ thuộc vào tỷ lệ giữa chiều dài l và chiều rộng b của bản cánh khuấy.

Khi $l/b = 5$, $C = 1,2$;

Khi $l/b = 20$, $C = 1,5$;

Khi $l/b > 21$, $C = 1,9$;

F - tổng diện tích của các bản cánh (m^2);

v - tốc độ chuyển động tương đối của cánh khuấy so với nước, (m/s). Tính theo công thức (5.11).

Công thức (5.12) cho thấy năng lượng tiêu hao phụ thuộc chủ yếu vào tốc độ chuyển động của cánh khuấy. Tiết diện bản cánh có ảnh hưởng không đáng kể và thường bị khống chế bởi kích thước giới hạn so với kích thước bể. Tốc độ chuyển động của bản cánh khuấy có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi số vòng quay hoặc bán kính quay của cánh khuấy. Trong thực tế, việc giảm cường độ khuấy trộn trong các buồng phản ứng kế tiếp nhau thường được thực hiện bằng cách giảm dần số vòng quay của cánh khuấy. Khi bể có nhiều buồng phản ứng kế tiếp, sự chênh lệch của gradien tốc độ giữa các buồng nhỏ nên có thể dùng biện pháp thay đổi kích thước và bán kính quay của cánh khuấy. Đồng thời, khi chất lượng nước nguồn hay thay đổi mỗi guồng khuấy có thể có tốc độ quay khác nhau, tương ứng với các cường độ khuấy trộn đã chọn. Để đảm bảo chế độ giảm dần đều cường độ khuấy trộn, các vách ngăn hướng dòng giữa các buồng phản ứng được tính cấu tạo sao cho có giá trị gradien tốc độ bằng giá trị trung bình của hai buồng trước và sau nó.

Bộ phận truyền động gồm động cơ điện, bánh răng trục vít hoặc dây xích, thường đặt ở trên mặt hoặc bên ngoài thành bể ở nơi khô ráo. Có thể dùng một động cơ cho nhiều guồng khuấy hoặc mỗi guồng khuấy một động cơ. Bể phản ứng không cần xây dựng ngăn dự phòng. Cấu tạo bể phải đảm bảo điều kiện phân phối đều nước vào các ngăn, khi cần thiết có thể cách ly từng ngăn riêng biệt để sửa chữa. Nước từ bể phản ứng được dẫn bằng mương hoặc ống sang bể lắng, vận tốc nước 0,15 - 0,30 m/s, tính với giá trị gradien tốc độ trong mương hoặc ống dẫn lớn hơn 20 s^{-1} . Khi mương hoặc ống dẫn sang bể lắng dài, phải có biện pháp sục khí hoặc nước để chống lắng cặn hoặc có biện pháp xả cặn cục bộ.

Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí có ưu điểm là có khả năng điều chỉnh cường độ khuấy trộn theo ý muốn. Nhược điểm chính là cần có máy móc, thiết bị cơ khí chính xác và điều kiện quản lý vận hành phức tạp. Vì vậy nó thường được áp dụng cho các nhà máy nước công suất lớn, có mức độ cơ giới hóa cao trong sản xuất.

Ví dụ tính toán:

Ví dụ 1. Tính cấu tạo bể phản ứng tạo bông cặn cho nhà máy nước công suất $25000 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Hóa chất được trộn với nước bằng bể trộn cơ khí có gradien tốc độ là 900 s^{-1} , thời gian trộn 3s. Theo kết quả thí nghiệm, quy trình phản ứng hiệu quả cần đạt được giá trị gradien tốc độ trung bình $50 - 55 \text{ s}^{-1}$ trong thời gian 30 phút.

Dung tích bể phản ứng chọn theo kiểu bể phản ứng cơ khí.

$$V = \frac{Q}{T} \times 30 \times 60 = \frac{25000}{86400} \times 30 \times 60 = 520,80 \text{ m}^3$$

Xây dựng hai ngăn phản ứng với các kích thước: rộng 4,20m, sâu 4,20m, tiết diện ngang $17,64 \text{ m}^2$.

Chiều dài bể phản ứng:

$$L = \frac{V}{2f} = \frac{520,8}{2 \times 17,64} = 14,76 \text{ m}$$

Theo chiều dài chia bể làm ba buồng bằng các vách ngăn hướng dòng nước theo phương thẳng đứng khoảng cách giữa các vách ngăn ở buồng thứ nhất 4,5 m, buồng thứ hai 4,5m, buồng thứ ba 5,5 m. Tổng chiều dài $L = 15,5 \text{ m}$. Dung tích các buồng là $79,4 \text{ m}^3$; $79,4 \text{ m}^3$; $97,0 \text{ m}^3$. Ở tâm các buồng đặt guồng khuấy theo phương thẳng đứng. Cường độ khuấy trộn trong các buồng dự kiến đạt các giá trị gradien tốc độ 85, 69 và 35 s^{-1} . Cấu tạo guồng khuấy gồm trục quay và bốn bản cánh đặt đối xứng qua trục. Kích thước bản cánh khuấy chọn: rộng 0,17 m, dài 3,50m, tiết diện bản cánh $f = 0,595 \text{ m}^2$. Bản cánh khuấy đặt ở các khoảng cách tính từ mép ngoài đến tâm trục quay $R_1 = 1,80 \text{ m}$, $R_2 = 1,30 \text{ m}$.

Tổng tiết diện bản cánh khuấy $F_C = 4f = 2,38 \text{ m}^2$. Tiết diện ngang bể phản ứng $F_u = 4,2 \times 4,20 = 17,64 \text{ m}^2$. Tỷ lệ diện tích cánh khuấy:

$$\frac{F_c}{F_u} = \frac{2,38}{17,64} \cdot 100 = 13,5\% \text{ đạt tỷ lệ theo quy định (nhỏ hơn 15\%).}$$

Chọn tốc độ quay của guồng khuấy, sử dụng bộ truyền động trực vít với một động cơ điện kéo chung ba guồng khuấy. Tốc độ quay cơ bản lấy 5 vòng/phút ở buồng đầu tiên, 4 vòng/phút buồng thứ hai và 3 vòng/phút buồng thứ ba.

Tính kiểm tra các chỉ tiêu khuấy trộn cơ bản.

Buồng phản ứng thứ nhất

Dung tích $79,4\text{m}^3$, thời gian nước lưu lại 548s, tốc độ quay của guồng khuấy 5 vòng/phút. Tốc độ chuyển động tương đối của các bản cánh khuấy so với nước.

$$v_1 = \frac{n \cdot 2\pi \cdot R_1 \cdot 0,75}{60} = \frac{5 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7065\text{m/s}$$

$$v_2 = \frac{n \cdot 2\pi \cdot R_2 \cdot 0,75}{60} = \frac{5 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5103\text{m/s}$$

Năng lượng cần để quay cánh khuấy:

$$N = 51 \cdot C_b \cdot F (v_1^3 + v_2^3),$$

Trong đó:

$$C_b = 1,5 \text{ (tỷ lệ kích thước cánh khuấy } l/b = 3,50/0,17 = 20);$$

$$F = 1,19\text{m}^2 \text{ - tiết diện bản cánh khuấy đối xứng.}$$

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,19 [(0,7065)^3 + (0,5103)^3] = 44,20\text{W.}$$

Năng lượng tiêu hao cho việc khuấy trộn 1m^3 nước trong buồng:

$$\omega = \frac{N}{V} = \frac{44,20}{79,4} = 0,5567 \text{ W/m}^3.$$

Giá trị gradien tốc độ:

$$G = 10 \sqrt{\frac{\omega}{\mu}}$$

$\mu = 0,0092 \text{ kgm}^2/\text{s}$ - độ nhớt động lực của nước ở 25°C ;

$$G = 10 \sqrt{\frac{0,5567}{0,0092}} = 78\text{s}^{-1}$$

$$\text{Giá trị GT, } GT = 78 \times 548 = 42.744$$

Giá trị gradien tốc độ hơi nhỏ so với dự kiến. Tăng tốc độ quay của guồng khuấy lên 5.5 vòng/phút, tính lại các chỉ tiêu cơ bản:

$$v_1 = \frac{5,5 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7772 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{5,5 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5613 \text{ m/s}$$

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,19 [(0,7772)^3 + (0,5613)^3] = 58,9 \text{ W};$$

$$\omega = \frac{58,9}{79,4} = 0,7418 \text{ W/m}^3$$

$$G = 10 \sqrt{\frac{0,7418}{0,0092}} = 90 \text{ s}^{-1}$$

$$GT = 90 \times 548 = 49320$$

chọn tốc độ quay 5,25 vòng/phút

$$v_1 = \frac{5,25 \times 2 \times 3,14 \times 1,8 \times 0,75}{60} = 0,7418 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{5,25 \times 2 \times 3,14 \times 1,3 \times 0,75}{60} = 0,5358 \text{ m/s}$$

$$N = 51 \times 1,5 \times 1,19 [(0,7418)^3 + (0,5358)^3] = 51,16 \text{ W}.$$

$$\omega = \frac{51,16}{79,4} = 0,6443 \text{ W/m}^3$$

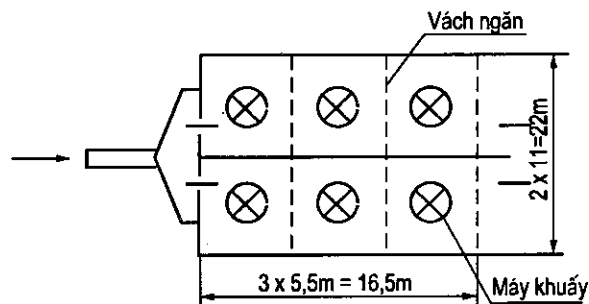
$$G = 10 \sqrt{\frac{0,6453}{0,0092}} = 84 \text{ s}^{-1}$$

$$GT = 84 \times 548 = 46032$$

Tương tự như vậy buồng phản ứng thứ hai và thứ ba đều được tính với ba tốc độ quay của guồng khuấy.

Ví dụ 2. Tính toán bể cấu tạo bằng cơ khí. Dùng cánh khuấy tuabin trục đứng, bốn cánh nghiêng 45° quạt nước xuống đáy bể để xối và tải cặn lắng đọng ở đáy khi động cơ phải ngừng hoạt động hình 5.15.

Nhiệt độ nước $t = 20^\circ\text{C}$, thời gian keo tụ $T = 20$ phút.



Hình 5.15

Cường độ khuấy 3 bậc $G_1 = 70$; $G_2 = 50$; $G_3 = 30$.

Lưu lượng nước xử lý $Q_{\max} = 1,32\text{m}^3/\text{s}$.

Giải:

Thiết kế hai bể cấu tạo bằng, dung tích một bể:

$$V = (1,32/2) \times 60' \times 20' = 792\text{m}^3$$

Chọn chiều sâu bể: $H = 4,25\text{m}$.

Diện tích bể: $F = 792: 4,25 = 186,4\text{m}^2$.

- Bể chia làm ba ngăn bởi các tấm chắn khoan lỗ $D100 - 150\text{mm}$.

Vận tốc nước qua lỗ trên vách ngăn $v = 0,1\text{m/s}$.

- Mỗi ngăn đặt hai máy khuấy, tổng số máy khuấy $n = 12$ (khi phải sửa chữa một máy ít ảnh hưởng đến chế độ làm việc của bể).

Cách bố trí máy, tấm chắn và kích thước bể xem hình 5.15.

Thể tích nước khuấy trộn của một máy:

$$V = 5,5 \times 5,5 \times 4,25 = 128,5\text{m}^3$$

a) Công suất tiêu thụ cần thiết của máy khuấy bậc 1.

$$P = G^2 \mu \cdot V = (70)^2 \times 0,001 \times 128,5 = 629,7 \text{ J/s} = 0,63 \text{ kW}$$

chọn máy khuấy đường kính $D = 1\text{m}$, tuabin bốn cánh nghiêng 45° hướng xuống dưới.
Vòng quay của động cơ:

$$n = \left(\frac{P}{K\rho D^5} \right)^{1/3} = \left(\frac{630}{1,08 \times 1000 \times 1^5} \right)^{1/3}$$

$$n = 0,82 \text{ v/s} = 49,2 \text{ vg/ph, lấy tròn } 50 \text{ vg/ph}$$

Hiệu suất động cơ: 0,75.

Công suất động cơ: $0,63/0,75 = 0,84\text{kW}$.

b) Năng lượng cần cho máy khuấy bậc 3.

$$P = (30)^2 \times 0,001 \times 128,5 = 115,7 \text{ J/s} \approx 0,116 \text{ kW}$$

Đường kính máy khuấy $D = 1\text{m}$. Tuabin 4 cánh nghiêng 45° .

$$n = \left(\frac{P}{K\rho D^5} \right)^{1/3} = \left(\frac{115,5}{1,08 \times 1000 \times 1^5} \right)^{1/3}$$

$$n = 0,47 \text{ vg/s} = 28 \text{ vg/ph}$$

Công suất động cơ $N = P$; $\eta\% = 0,116/0,75 = 0,155 \text{ kW}$.

Máy khuấy thiết kế với hợp số ba nấc vòng quay $n_1 = 50$ vg/ph. $n_2 = 40$ vg/ph, $n_3 = 28$ vg/ph.

Động cơ đặt trên hành lang máy khuấy đặt cách đáy $h = 1,2m$, $h \geq D$.

5.3.1. Bể tạo bông dùng khí nén

Dùng bọt không khí nén, phân phối đều bằng dàn ống đặt dưới đáy bể, dàn ống khoan lỗ D5 hướng xuống dưới để tránh tắc nghẽn do bùn, cặn lắng đọng. Vận tốc khí qua lỗ 15 - 20m/s. Vận tốc khí trong ống dẫn 10 - 15m/s. Năng lượng do bọt khí truyền vào nước để khuấy trộn tính theo công thức đẳng nhiệt.

$$P = P_a V_a \ln \frac{P_c}{P_a} \quad (5.13)$$

Trong đó:

- P - năng lượng truyền vào nước (kW);
- P_a - áp lực khí trời (kN/m^2);
- P_c - áp lực khí tại lỗ phân phối (kN/m^2);
- V_a - thể tích khí ở điều kiện P_a (m^3/s).

Phương trình (5.13) có thể viết dưới dạng:

$$P = K Q_a \cdot \ln \left(\frac{h + 10,33}{10,33} \right), \quad (kW)$$

Trong đó:

- K - hằng số = 1,689;
- Q_a - lưu lượng khí ở áp lực khí trời (m^3/ph);
- h - độ ngập nước của lỗ phân phối (m).

Giá trị gradien tốc độ G tính theo công thức (5.1).

Bể tạo bông cặn dùng khí nén, nếu phân phối bọt khí không tốt sẽ phá vỡ bông cặn, dễ bị lắng đọng bùn cặn làm tắc, trít lỗ phân phối, phải có máy thổi gió, gây tiếng ồn. Tuy có ưu điểm là kết hợp việc tạo bông với quá trình oxy hóa một phần chất hữu cơ, giải phóng một lượng CO_2 do khi pha phen tạo ra nhưng quản lý phức tạp, trong thực tế ít dùng.

5.3.2. Bể tạo bông tiếp xúc qua lớp vật liệu hạt

Áp dụng trong trường hợp nước nguồn có nhiều cặn hữu cơ, nhẹ (nước hồ nhiều rong rêu tảo).

- Thời gian keo tụ tiếp xúc từ 3 - 5 phút.
- Lớp tiếp xúc là các hạt sỏi cỡ hạt 3 - 5 mm hoặc hạt vật liệu nổi cỡ hạt 3 - 4 mm.

Chiều dày lớp tiếp xúc 0,5 - 0,8 m.

- Vận tốc nước đi qua lớp lọc 10 - 15 m/h.

- Gradient G từ 50 - 400.

Bể keo tụ tiếp xúc đồng thời là bể lọc sơ bộ, do đó phải bố trí các thiết bị để rửa, dòng nước qua lớp tiếp xúc có thể đi từ dưới lên hay từ trên xuống.

Bể có hiệu quả tốt trong trường hợp khử sắt, và xử lý nước hồ có nhiều cặn hữu cơ.

5.4. QUẢN LÝ VẬN HÀNH

Có ba việc cơ bản khi quản lý vận hành bể phản ứng tạo bông cặn là:

- Quan sát sự hình thành các bông cặn, kích thước và độ đều chắc của các hạt bông. Cả đèn đèn chiếu sáng không đủ, người trực ca phải có đèn pin đủ mạnh để quan sát. Nếu thấy hiện tượng bất thường phải kiểm tra ngay hệ thống pha và định lượng hóa chất, bể trộn để khắc phục ngay các hiện tượng sai lạc.

- Kiểm tra thường xuyên việc phân phối lưu lượng đều vào các bể, vớt kịp thời các bọt váng nổi. Vì các bọt váng gây cản trở cho các khâu xử lý nước tiếp theo. Kiểm tra và loại trừ kịp thời rong, rêu bám vào thành bể, không cho rong rêu phát triển bằng cách: từng thời kỳ quét vôi vào thành bể và vách ngăn, nếu có hiện tượng phát triển mạnh, có thể pha clo với liều lượng cao 5 - 10mg/l trong quãng thời gian 2 - 3 giờ để diệt tảo.

- Định kỳ 6 tháng hay 1 năm một lần cách ly từng ngăn bể, tháo khô bể, làm sạch đáy bể không cho bùn đóng ở đáy lâu ngày gây hiện tượng phân hủy yếm khí sinh ra váng nổi và làm giảm chất lượng nước.

Tùy theo chất lượng nước thô thay đổi theo từng mùa mà điều chỉnh cường độ khuấy trộn để đạt hiệu quả tạo bông cao nhất. Định kỳ tra dầu mỡ cho các ổ trục máy khuấy cơ khí, phải có biện pháp an toàn, không để dầu mỡ rơi vào nước.

Hàng ngày phải làm thí nghiệm keo tụ trong phòng thí nghiệm để tìm ra liều lượng phèn, và cường độ khuấy trộn tốt nhất để điều chỉnh hệ thống hóa chất, trộn và phản ứng tạo bông cặn.

Chương 6

QUÁ TRÌNH LẮNG VÀ BỂ LẮNG

Lắng là khâu quan trọng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước thiên nhiên. Các loại bể lắng được thiết kế để loại trừ ra khỏi nước các hạt cặn lơ lửng có khả năng lắng xuống đáy bể lắng bằng trọng lực.

6.1. CÁC LOẠI CẶN LẮNG, CÁC LOẠI BỂ LẮNG, VỊ TRÍ BỂ LẮNG TRONG DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC

6.1.1. Các loại cặn lắng

Trong thực tế xử lý nước gặp ba loại cặn sau đây:

- **Cặn rắn:** là các hạt phân tán riêng lẻ, có độ lớn, bề mặt và hình dáng không thay đổi trong suốt quá trình lắng, tốc độ lắng cặn không phụ thuộc vào chiều cao lắng và nồng độ cặn.

- **Cặn lơ lửng** có bề mặt thay đổi, có khả năng dính kết và keo tụ với nhau trong quá trình lắng làm cho kích thước và vận tốc lắng của các bông cặn thay đổi (tăng dần) theo thời gian và chiều cao lắng (sẽ được đề cập đến khi xét bể lắng đứng, bể lắng ngang).

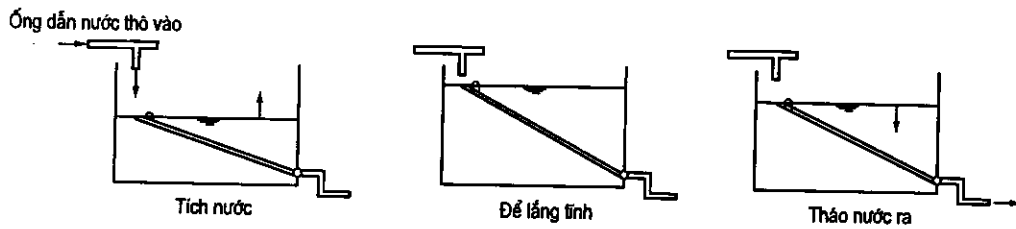
- **Các bông cặn** có khả năng dính kết với nhau, khi nồng độ lớn hơn 1000 mg/l tạo thành các đám cặn, khi các đám mây cặn lắng xuống, nước từ dưới đi lên qua các khe rỗng giữa các bông cặn tiếp xúc với nhau, lực ma sát tăng lên làm hạn chế tốc độ lắng của đám bông cặn nên gọi là lắng hạn chế.

Tốc độ lắng của đám mây các bông cặn phụ thuộc vào tính chất và nồng độ cặn sẽ được xem xét khi thiết kế bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

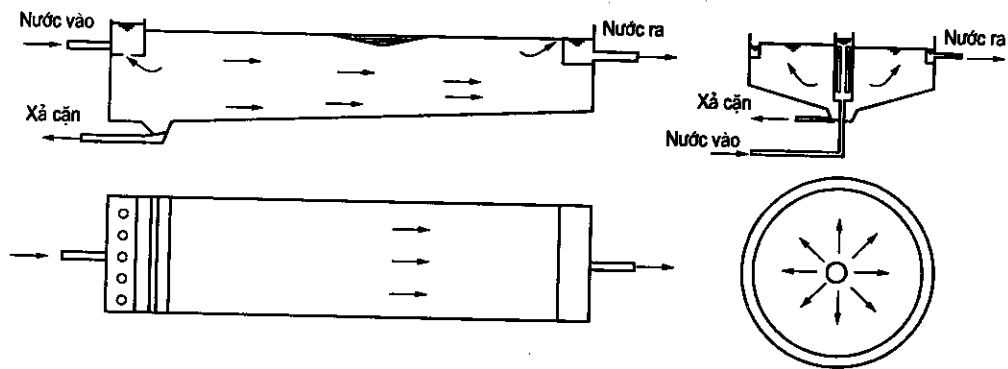
6.1.2. Các loại bể lắng

1. **Lắng tĩnh và lắng theo từng mẻ kế tiếp** thường gặp trong các hồ chứa nước, sau trận mưa nước chảy vào hồ đem theo cặn lắng làm cho nồng độ cặn trong hồ tăng lên, nước trong hồ đứng yên, cặn lắng tĩnh xuống đáy. Trong công nghiệp sau một mẻ sản xuất, nước được xả ra, để lắng bớt cặn, được bơm tuần hoàn lại để tái sử dụng cho quá trình sản xuất gọi là lắng tĩnh theo từng mẻ kế tiếp (hình 6.1).

2. **Bể lắng có dòng nước chảy ngang cặn rơi thẳng đứng:** gọi là bể lắng ngang. Hình dáng mặt bằng có thể là hình chữ nhật hoặc hình tròn (hình 6.2), dùng để lắng cặn thô và cặn keo tụ.

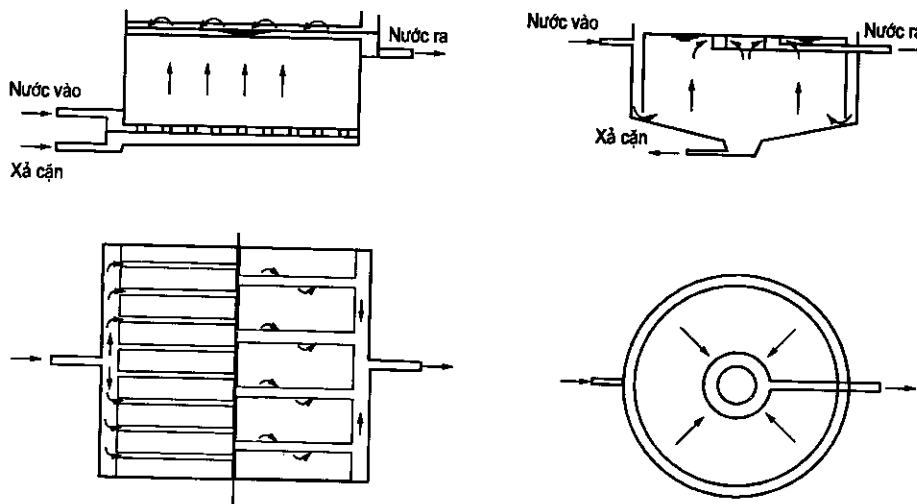


Hình 6.1: Sơ đồ bể lắng tĩnh theo mẻ kế tiếp



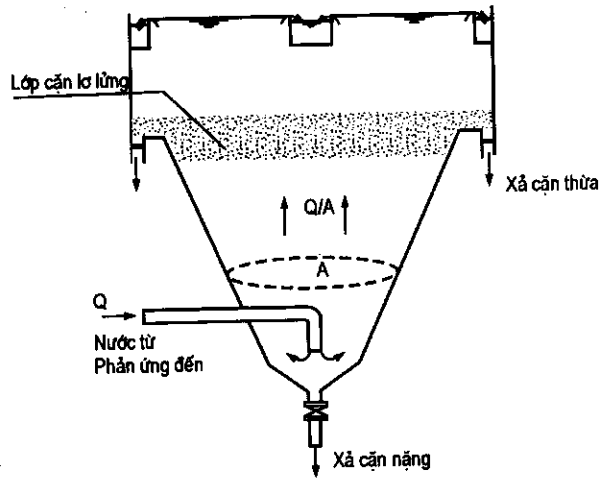
Hình 6.2: Bể lắng ngang hình chữ nhật và hình tròn

3. Bể lắng có dòng nước đi từ dưới lên, cặn rơi từ trên xuống gọi là bể lắng đứng, hình dáng mặt bằng có thể là hình vuông hoặc hình tròn (hình 6.3) dùng để lắng cặn keo tụ.



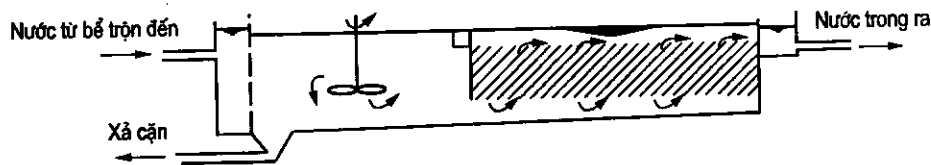
Hình 6.3: Bể lắng đứng hình vuông và hình tròn

4. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng: nước đi từ dưới lên qua lớp cặn lơ lửng được hình thành trong quá trình lắng, cặn dính bám vào lớp cặn, nước trong thu trên bề mặt, cặn thừa đưa sang ngăn nén cặn, từng thời kỳ xả ra ngoài. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng dùng để lắng cặn có khả năng keo tụ (hình 6.4).



Hình 6.4: Sơ đồ nguyên lý bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng

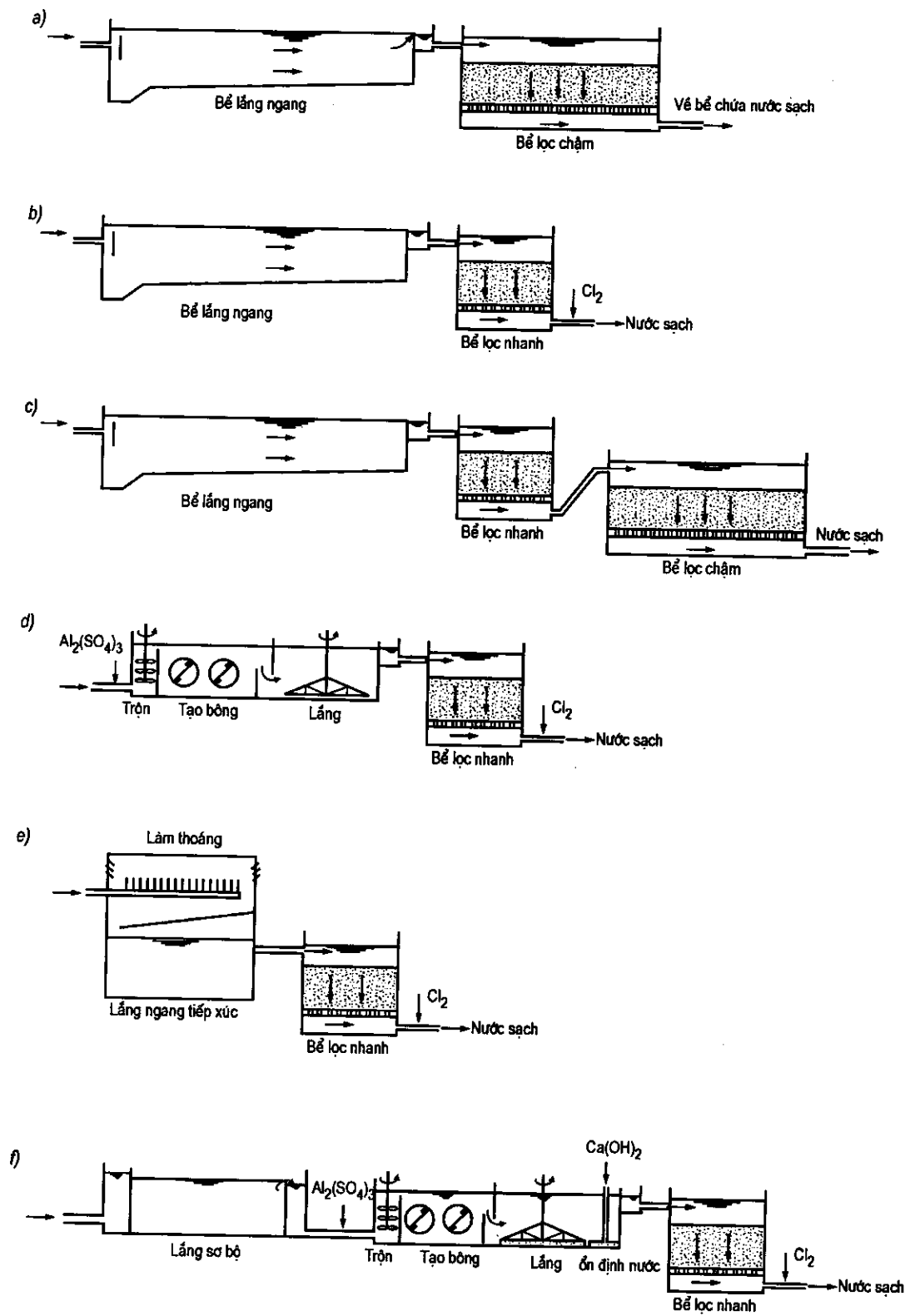
5. Lắng trong các ống tròn hoặc trong các hình trụ vuông, lục lăng đặt nghiêng so với phương ngang 60° . Nước đi từ dưới lên, cặn trượt theo đáy ống từ trên xuống gọi là bể lắng nghiêng hay còn gọi là bể lắng lớp mỏng, dùng chủ yếu để lắng nước đã trộn phèn (hình 6.5).



Hình 6.5: Bể lắng nghiêng kết hợp với ngăn tạo bông

6.1.3. Vị trí các bể lắng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước

- Khi gặp nguồn nước có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 30mg/l có thể áp dụng sơ đồ (6.6a) và (6.6b) để xử lý không phèn. Bể lắng đặt trước bể lọc chậm hoặc bể lọc nhanh để phòng ngừa khi độ đục của nước nguồn đột ngột tăng lên do mưa lũ.
- Khi nguồn nước có độ đục lớn hơn 30 mg/l và nhỏ hơn 100 mg/l , ít cặn hữu cơ, cặn dễ dàng lắng có thể áp dụng sơ đồ xử lý nước không pha phèn (sơ đồ 6.6c). Bể lắng đặt trước bể lọc nhanh và bể lọc chậm.
- Sơ đồ (6.6d) giới thiệu quy trình công nghệ xử lý nước mặt truyền thống. Bể lắng đặt trước bể lọc, sau bể trộn phèn và bể phản ứng tạo bông cặn.
- Sơ đồ (6.6e) giới thiệu quy trình xử lý khử sắt trong nước ngầm bằng làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc. Bể lắng được đặt ngay trước bể lọc.
- Khi gặp nguồn nước có độ đục cao, nhiều cặn nặng (ví dụ như nước sông Hồng), thì trước sơ đồ (6.6d) đặt bể lắng sơ bộ, lắng phần lớn cặn nặng và bùn để giảm tải trọng cho các công trình xử lý tiếp theo (sơ đồ 6.6f).



Hình 6.6

6.2. LẮNG CÁC HẠT CẶN KHÔNG CÓ KHẢ NĂNG KEO TỤ

6.2.1. Lắng cặn trong môi trường tĩnh, biểu đồ phân bố vận tốc lắng

Trong thể tích nước tĩnh, dưới tác dụng của trọng lực các hạt cặn rơi theo phương thẳng đứng xuống dưới. Tốc độ rơi của hạt phụ thuộc vào kích thước, hình dạng. Tỷ trọng của hạt, đồng thời phụ thuộc vào lực cản của nước tác dụng vào hạt rơi. Để tìm quy luật chuyển động của hạt cặn trong nước khi lắng tự do theo trọng lực và không có vận tốc ban đầu, ta xét hạt rắn hình cầu, không thay đổi hình dạng và kích thước trong quá trình lắng và không bị dính kết với các hạt cặn khác (cặn thiên nhiên không đánh phèn). Tại thời điểm bất kỳ t , hạt chuyển động với vận tốc u mm/s, các lực tác dụng lên hạt đang chuyển động theo phương thẳng đứng gồm:

- Lực quán tính:

$$F = ma = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) \frac{du}{dt} \quad (6.1)$$

- Lực trọng trường:

$$F = mg = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) g \quad (6.2)$$

Lực cản của môi trường: dưới dạng tổng quát, lực cản khi hạt chuyển động trong chất lỏng được biểu diễn bằng biểu thức:

$$F_c = \varphi_0 \rho_0 u^2 d^2. \quad (6.3)$$

Theo định luật Newton, ta viết được phương trình cân bằng lực theo phương thẳng đứng:

$$F = ma = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) g - \varphi_0 \rho_0 u^2 d^2 = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) \frac{du}{dt} \quad (6.4)$$

Trong đó:

ρ_1 - mật độ của hạt;

ρ_0 - mật độ của nước;

d - đường kính của hạt;

φ_0 - hệ số sức cản phụ thuộc vào số Reynold: $Re = \frac{\rho_0 u d}{\mu}$;

μ - độ nhớt của nước;

g - gia tốc trọng trường.

Tích phân phương trình (6.4), khi $t = 0, u = 0$ (vận tốc ban đầu bằng 0), rút ra:

$$u = \sqrt{\frac{mg}{\varphi_0 \rho_0 d^2}} \left(\frac{e^{\sqrt{\frac{\varphi_0 \rho_0 d^2 g t}{m}} - 1}}{e^{\sqrt{\frac{\varphi_0 \rho_0 d^2 g t}{m}} + 1}} \right) \quad (6.5)$$

Từ biểu thức 6.5 cho thấy, khi bắt đầu chuyển động, hạt chuyển động rơi nhanh dần, nhưng sau thời gian t rất ngắn, hạt có chuyển động đều (biểu thức trong dấu móc (6.5) bằng đơn vị).

Theo thực nghiệm $t = 6,5 \cdot 10^{-2}$ s, đối với hạt có $d = 1$ mm và $t = 1,67 \cdot 10^{-6}$ đối với hạt có $d = 0,002$ mm. Vì thế có thể coi chuyển động của hạt cặn trong bể lắng tĩnh là chuyển động đều với vận tốc không đổi.

$$u = \sqrt{\frac{\pi g}{6} \frac{\rho_1 - \rho_o}{\rho_o} \frac{d}{\varphi_o}} \quad (6.6)$$

Hệ số sức cản φ_o là hàm số của Re. Khi giá trị $Re < 2$ (hạt bé, tốc độ lắng bé)

$$\varphi_o = \frac{3\pi}{Re} = \frac{3\pi\mu}{\rho_o u d} \quad (6.7)$$

Thay φ_o vào phương trình (6.6), ta nhận được:

$$u = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_1 - \rho_o}{\mu} g d^2 = \frac{1}{18} \cdot \frac{g}{\nu} \left(\frac{\rho_1 - \rho_o}{\rho_o} \right) \cdot d^2 \quad (6.8)$$

Phương trình (6.8) thường được gọi là phương trình Stokes.

Khi $2 < Re < 500$ ta có:

$$\varphi_o = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (6.9)$$

Khi $Re > 500$: lực nhớt không còn ảnh hưởng đến chuyển động của hạt, hệ số sức cản φ_o không phụ thuộc vào Re.

Tốc độ lắng trong nước của các hạt hình dạng bất kỳ bé hơn tốc độ lắng của hạt hình cầu, ảnh hưởng của hình dạng đến hệ số sức cản có thể biểu diễn qua hệ số hình dạng:

$$\varphi = K_h \cdot \varphi_o \quad (6.10)$$

Trong đó:

φ - hệ số sức cản khi lắng của hạt có hình dạng bất kỳ;

K_h - hệ số hình dạng;

đối với cát có $K_h = 0,85 \div 0,87$;

đối với cát sắc cạnh có $K_h = 0,67 \div 0,75$;

đối với than antraxit có $K_h = 0,58 \div 0,7$.

Cặn lơ lửng trong nước thiên nhiên gồm những hạt rất khác nhau về hình dạng, kích thước và mật độ cho nên không dùng công thức lý thuyết để tính toán tốc độ lắng của các loại hạt cặn được. Tốc độ lắng của cặn lơ lửng đa phân tán như vậy thường được xác định bằng đường cong lắng cặn hay còn gọi là đường cong phân bố vận tốc lắng theo hiệu quả lắng R%.

Số liệu để xây dựng đường cong lắng được xác định như sau:

Phương pháp đơn giản nhất là dùng ống lắng (hình 6.7). Nước cần xử lý sau khi đã biết hàm lượng cặn lơ lửng M_o (mg/l) được rót vào 5 - 6 ống nghiệm hình trụ có đáy hình côn có dung tích 0,05l. Để nước lắng tĩnh trong các thời gian khác nhau từ T_1 đến T_i .

Giả sử chiều cao mực nước trong ống nghiệm ở phần hình trụ là H (mm).

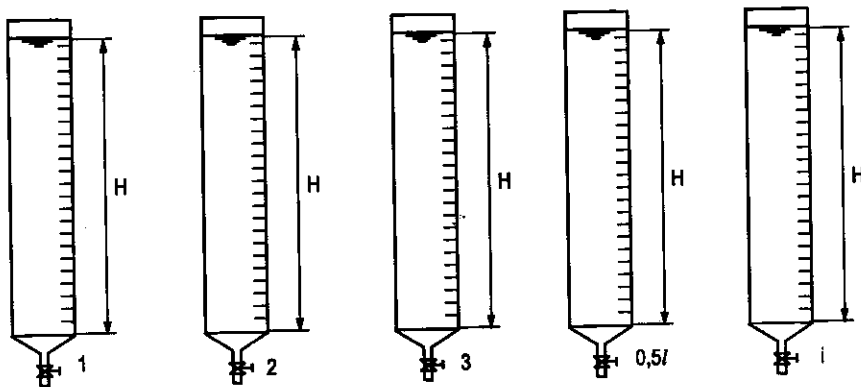
Hàm lượng cặn trong nước nguồn là M_o (mg/l).

Đối với ống nghiệm thứ nhất, sau thời gian lắng T_1 , tiến hành rút từ phần hình côn 0,05l nước bao gồm cả phần cặn đã lắng, sau đó xác định tổng hàm lượng cặn C_1 trong mẫu.

Lượng cặn đã lắng sau thời gian T_1 tính theo phần trăm:

$$R_1 = \frac{C_1 - 0,05M_o}{M_o \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\%$$

Đối với ống nghiệm thứ i sau thời gian T_i , ta cũng lấy mẫu và xác định tổng hàm lượng cặn đã lắng C_i của mẫu.



Hình 6.7: Ống nghiệm để xác định vận tốc lắng u

Lượng cặn đã lắng trong mẫu thứ i , sau thời gian T_i tính theo phần trăm:

$$R_i = \frac{C_i - 0,05M_o}{M_o \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\% \quad (6.11)$$

Trọng lượng cặn C_i (mg) rơi vào phần hình côn của ống nghiệm có những hạt cặn nằm ở mặt thoáng của nước, sau thời gian T_i đi được quãng đường H (mm) tức là có tốc độ $u_i = H/T_i$ (mm/s). Tốc độ lắng này được coi là tốc độ lắng đặc trưng cho quãng thời gian T_i và lượng cặn lắng C_i , vì trong thời gian T_i có những hạt cặn có tốc độ lắng lớn hơn $u_i = \frac{H}{T_i}$ (mm/s) và những hạt cặn nằm phía dưới gần phần hình côn của ống nghiệm

có tốc độ lắng bé hơn nhưng đã kịp rơi vào phần hình côn của ống nghiệm sau thời gian lắng T_i .

Quy ước gọi tất cả các hạt cặn đã rơi vào phần hình côn với trọng lượng C_i có tốc độ lắng lớn hơn hoặc bằng $u_i = \frac{H}{T_i}$ (mm/s).

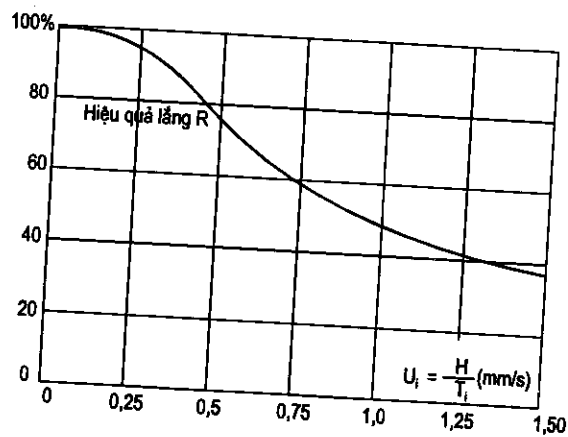
Ví dụ, sau 10 phút lắng, lượng cặn trong mẫu cân được C_{10} .

Lượng cặn có tốc độ lớn hơn hoặc bằng $u_{10} = \frac{H}{10 \times 60}$ (mm/s) là :

$$R_{10} = \frac{C_{10} - 0,05M_0}{M_0 \cdot H \cdot 0,785d^2} 100\%$$

Dem các kết quả u_i và R_i thu được bằng thí nghiệm vẽ trên biểu đồ (hình 6.8), ta có được đường cong lắng cặn. Từ biểu đồ cho thấy để lắng được 75% tổng số cặn cần phải giữ trong bể lắng tất cả các cỡ hạt có tốc độ lắng $u_0 \geq 0,50$ mm/s.

Hình 6.8: Đường cong lắng cặn hay là biểu đồ phân bố vận tốc lắng



6.2.2. Lắng các hạt cặn không có khả năng keo tụ trong bể lắng ngang

Trong kỹ thuật xử lý nước, khi áp dụng sơ đồ xử lý nước không phèn trong các bể lắng theo mẻ, bể lắng đứng đã được thay thế bằng bể lắng ngang vì: bể lắng tĩnh theo mẻ kế tiếp chiếm nhiều diện tích, giá thành xây dựng cao, đòi hỏi phải thao tác thường xuyên, còn bể lắng đứng chỉ có các hạt vận tốc lắng lớn hơn vận tốc dòng nước đi lên mới có khả năng lắng xuống đáy bể, nên hiệu quả lắng thấp hơn bể lắng ngang, vì thế bể lắng đứng không còn được sử dụng để lắng cặn không pha phèn nữa.

1. Bể lắng ngang

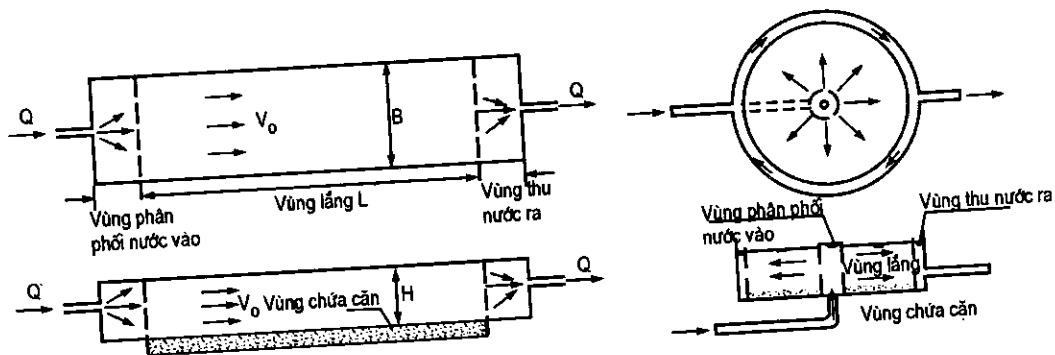
So với bể lắng đứng, hiệu quả lắng với dòng nước chuyển động theo phương nằm ngang đạt cao hơn. Ở đây một phần các hạt cặn có tốc độ lắng nhỏ hơn giá trị $u_0 = H/T_0$ cũng được giữ lại. Để tìm ra quy luật chuyển động của hạt cặn, ta hãy xét trường hợp bể lắng ngang với những điều kiện tối ưu nhất:

- Dòng nước chuyển động theo phương nằm ngang ở trong chế độ chảy tầng, tốc độ dòng chảy tại mọi điểm trong bể đều bằng nhau. Thời gian lưu lại của mọi phân tử nước đi qua bể đều bằng nhau và bằng dung tích bể chia cho lưu lượng dòng chảy.

- Trên mặt cát ngang vuông góc với chiều dòng chảy ở đầu bể, nồng độ các hạt cặn có cùng kích thước tại mọi điểm đều bằng nhau.

- Hạt cặn ngừng chuyển động khi chạm đáy bể.

Để thỏa mãn các điều kiện trên, trong bể lắng ngang phải có bốn vùng riêng biệt: vùng phân phối đảm bảo đưa nước vào và phân phối đều nước, cặn trên toàn bộ mặt cắt ngang đầu bể; vùng lắng; vùng chứa cặn; vùng thu nước (hình 6.9).



Hình 6.9: Sơ đồ cấu tạo bể lắng ngang hình chữ nhật và hình tròn

Xét chuyển động của hạt cặn tự do trong bể lắng ngang, ngoài lực rơi tự do hạt cặn còn chịu lực đẩy theo phương nằm ngang của dòng chảy. Quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do là véc tơ tổng hợp của hai lực nói trên (hình 6.10). Nếu gọi các kích thước cơ bản của vùng lắng bằng ký hiệu, chiều sâu H, chiều rộng B và chiều dài L. Giá trị các lực cơ bản được biểu thị bằng:

$$\frac{H}{u_o} = \frac{L}{v_o} ; u_o = \frac{Hv_o}{L} ;$$

$$v_o = \frac{Q}{BH} , (m/s);$$

$$u_o = \frac{Q}{BL} = \frac{Q}{F} , (m/s) , \text{ hay } F = \frac{Q}{u_o} , (m^2) \quad (6.12)$$

Trong đó:

v_o - tốc độ chuyển động của dòng nước (m/s);

Q - lưu lượng dòng nước qua vùng lắng (m^3/s);

F - diện tích bề mặt vùng lắng (m^2).

Các công thức trên cho thấy tốc độ lắng cặn (hay hiệu quả lắng) chỉ phụ thuộc vào diện tích bề mặt bể, hoàn toàn không phụ thuộc vào các yếu tố khác như chiều sâu hoặc thời gian nước lưu lại.

Theo sơ đồ (hình 6.10), hiệu quả lắng bằng tổng số cặn có tốc độ lắng lớn hơn hoặc bằng tốc độ u_0 , và một phần cặn có tốc độ lắng nhỏ hơn u_0 . Hiệu quả lắng các hạt cặn có tốc độ lắng nhỏ có thể xác định theo tương quan.

$$C_n = \frac{h}{H} 100 = \frac{u_1}{u_0} 100, (\%)$$

2. Ảnh hưởng của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng

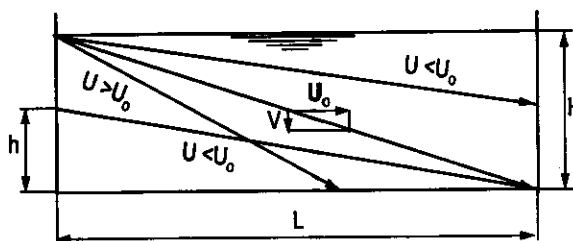
Khi hạt cặn lắng trong dòng chảy ngang, hạt cặn chịu ảnh hưởng của hai hệ số Reynold.

- Hệ số Reynold của bản thân hạt cặn khi rơi tự do trong nước bị lực cản của nước làm chậm lại.
- Hệ số Reynold của dòng chảy ngang trong bể lắng, phụ thuộc vào vận tốc của dòng chảy và kích thước của bể lắng.

Trong kỹ thuật xử lý nước, hệ số Reynold của hạt lắng rất nhỏ và hạt lắng luôn trong trạng thái chảy tầng không cần xét đến, chỉ có hệ số Reynold của dòng chảy ngang trong bể là cần xét. Khi $Re < 2000$, dòng chảy ngang trong bể là dòng chảy tầng, khi $Re > 2000$, dòng chảy ngang trong bể là dòng chảy rối.

Trong thực tế không thể cấu tạo bể lắng để có dòng chảy tầng, vì thế quá trình lắng cặn trong bể lắng xảy ra chậm hơn so với ống thí nghiệm do chuyển động rối, với sự xuất hiện thành phần tốc độ dòng chảy theo hướng thẳng đứng và ngang. Vì thế tại mỗi thời điểm trị số thực và hướng tốc độ chuyển động của hạt cặn trong quá trình lắng là véctơ tổng hợp của ba véctơ thành phần: thành phần chuyển động ngang v , thẳng đứng w và tốc độ lắng của hạt u_0 dưới tác dụng của trọng lực.

Thành phần ngang của tốc độ di chuyển hạt cặn theo hướng chuyển động của dòng nước trong bể lắng, thành phần thẳng đứng của tốc độ cùng phương với tốc độ lắng của hạt cặn hoặc làm chậm hoặc đẩy nhanh quá trình lắng của hạt cặn. Theo kết quả nghiên cứu của Velicanop, Xavenep... thì trị số và hướng của thành phần thẳng đứng của tốc độ dòng chảy rối trong bể lắng là trị số ngẫu nhiên tuân theo luật phân phối chuẩn Gauss.



Hình 6.10: Sơ đồ quỹ đạo chuyển động của các hạt cặn tự do trong bể lắng ngang

$$F(w) = \frac{1}{\sigma_w \sqrt{2\pi}} e^{\frac{-w^2}{2\sigma_w^2}}, \quad (6.13)$$

Trong đó:

σ_w - giá trị bình phương trung bình của thành phần thẳng đứng w của tốc độ dòng chảy trong bể lắng:

$$\sigma_w = m \frac{v_{tb}}{H^n} \quad (6.14)$$

m - hệ số phụ thuộc vào độ nhám của thành và đáy bể lắng;

v_{tb} - vận tốc trung bình của nước trong bể lắng;

H - chiều cao lớp nước trong bể lắng;

n - số mũ.

Do thành phần thẳng đứng và nằm ngang của tốc độ dòng chảy là các trị số biến đổi, nên tốc độ chuyển động thực của hạt cặn trong bể lắng cũng là trị số biến đổi, nó thay đổi về trị số và hướng. Do đó quỹ đạo chuyển động của hạt cặn trong quá trình lắng rất khác nhau và tuân theo quy luật của các hiện tượng ngẫu nhiên. Việc xác định vị trí rơi vào đáy bể lắng của hạt cặn bất kỳ là không có nghiệm đơn trị.

Để tính toán bể lắng cần phải biết tốc độ lắng của cặn u_0 và thành phần thẳng đứng w của tốc độ dòng chảy trong bể lắng. Tại mỗi điểm bất kỳ trong dòng chảy ở thời điểm bất kỳ có thể xuất hiện thành phần thẳng đứng của tốc độ và nó có thể hướng lên phía trên hoặc phía dưới. Theo các nhà khoa học Xô Viết, giá trị của w có thể lấy $w = \frac{v_0}{30}$, hệ số Reynol của bể lắng tính theo các công thức sau:

$$Re = \frac{v_0 R}{\nu}$$

Trong đó:

v_0 - vận tốc chảy ngang (m/s);

R - bán kính thủy lực của bể (m): $R = \frac{BH}{B + 2H}$;

ν - độ nhớt động học của nước (m²/s);

Đối với bể lắng ngang hình chữ nhật

$$Re = \frac{Q}{\nu} \frac{1}{(B + 2H)}$$

Đối với bể lắng ngang hình tròn:

$$v_0 = \frac{Q}{2\pi rH}; \quad R = H; \quad (6.15a)$$

$$Re = \frac{Q}{v} \frac{1}{2\pi r}$$

Vì trong bể có $Re > 2000$, nên phải xem xét đến thành phần tốc độ chảy rối nâng hạt cặn lên là w . Tốc độ lắng của hạt chỉ còn lại là $(u_o - w)$. Đưa trị số này vào công thức (6.12) ta có:

$$\frac{H}{L} = \frac{u_o - w}{v_o}$$

$$L = \frac{v_o H}{u_o - \frac{v_o}{30}} = \alpha \cdot \frac{v_o H}{u_o} \text{ hay } LB = F = \alpha \frac{Q}{u_o}, \quad (6.16)$$

Trong đó: α - hệ số kể tới ảnh hưởng của dòng chảy rối trong vùng lắng.

$$\alpha = \frac{u_o}{u_o - \frac{v_o}{30}}$$

Từ (6.16) rút ra:

$$v_o = \frac{L/H}{1 + \frac{L/H}{30}} u_o = K u_o$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{K}{30}}, \text{ hệ số } K \text{ phụ thuộc vào tỷ số } L/H \text{ lấy theo bảng (6.1).}$$

Bảng 6.1. Giá trị của hệ số α

L/H	10	15	20	> 25
K	7,5	10	12	13,5
α	1,33	1,5	1,67	1,82

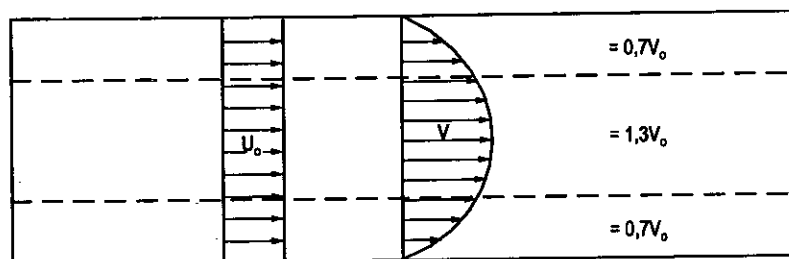
3. Ảnh hưởng của hiện tượng phân bố vận tốc không đều và hiện tượng ngắn dòng đến hiệu quả lắng

Thời gian lưu nước trong bể lắng theo lý thuyết:

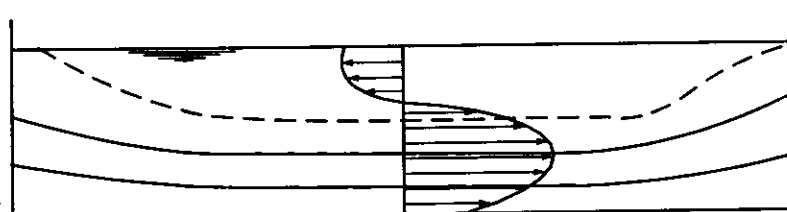
$$T_L = \frac{v}{Q} = \frac{L}{v_o} = \frac{H}{u_o} \quad (6.17)$$

Thực tế vận tốc dòng chảy ngang trong bể phân phối không đều cả theo chiều dọc và theo chiều ngang bể (hình 6.11).

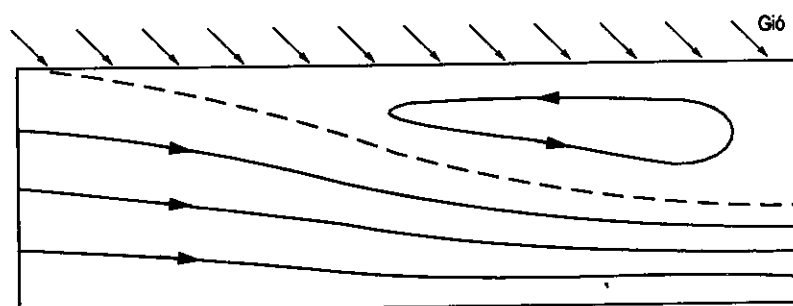
Sự phân bố vận tốc không đều theo chiều ngang bể do lực ma sát giữa thành bể và dòng chảy gây ra, vận tốc ngang càng nhỏ, chênh lệch giữa vận tốc ở tâm bể và ở sát thành bể càng lớn.



Hình 6.11a: Phân bố vận tốc không đều theo chiều ngang bể



Hình 6.11b: Phân bố vận tốc không đều và sự xuất hiện dòng đối lưu theo chiều sâu của bể



Hình 6.11c: Xuất hiện vùng nước chết trong bể

Sự phân bố vận tốc không đều và sự xuất hiện dòng đối lưu theo chiều sâu của bể là do:

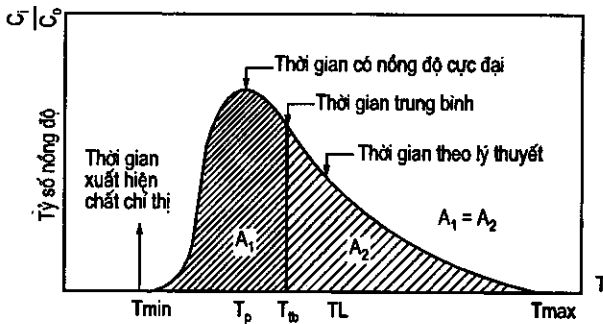
- Phân phối nước vào bể không đều trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể.
- Chênh lệch nhiệt độ giữa lớp nước ở trên mặt và lớp nước ở đáy bể.
- Chênh lệch nồng độ cặn giữa lớp nước ở trên mặt và lớp nước ở sâu trong bể.

Sự xuất hiện vùng nước chết trong bể là do:

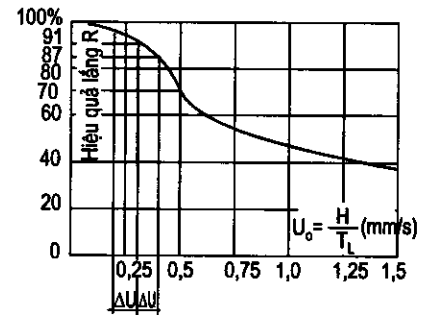
- Tác động của gió lên mặt nước trong bể.
- Phân phối nước vào bể và thu nước ra khỏi bể không đều trên toàn mặt cắt ngang của bể.

Trong thực tế, để đánh giá mức độ của hiện tượng ngắn dòng vừa nêu trên, thường tiến hành đo thời gian phân bố của nước lưu lại trong bể. Phương pháp đo như sau: ở đầu máng đưa nước vào bể lắng, trộn đều nước với chất chỉ thị (NaCl hoặc chất có màu) với nồng độ khi đã trộn đều với nước là C_0 .

Trong suốt thời gian lý thuyết $T_L = \frac{v}{Q} = \frac{L}{v_0}$ ở đầu ra của bể cứ sau khoảng thời gian Δt bằng 5 đến 10 phút, lấy mẫu đo nồng độ chất chỉ thị có trong nước C_i , đem kết quả vẽ lên biểu đồ (hình 6.12), trục tung là tỷ số $\frac{C_i}{C_0}$, trục hoành là $T_i = \sum_1^i \Delta t$.



Hình 6.12: Biểu đồ thể hiện sự phân bố của nước lưu trong bể lắng theo thời gian



Hình 6.13: Biểu đồ phân bố vận tốc lắng u_0 thường gặp

Nếu thời gian T_p , T_b càng gần thời gian lý thuyết T_L , thì bể lắng có hiệu quả thủy lực càng cao và sẽ cho hiệu quả lắng đạt yêu cầu. Nếu T_p , T_b nhỏ hơn $0,8 T_L$ cần phải có biện pháp khắc phục:

- Thiết kế và xây dựng lại hệ thống phân phối đầu vào.
- Thiết kế và xây dựng lại hệ thống phân phối đầu ra.
- Cải thiện chế độ thủy lực trong bể.

Từ biểu đồ phân bố vận tốc lắng thường gặp trong xử lý nước (hình 6.13) cho thấy $u_0 = 0,25 \text{ mm/s}$, hiệu quả lắng $R = 91\%$.

Nếu thời gian lưu nước T_b , trong bể lắng bằng $0,8 T_L$ thời gian tính toán theo lý thuyết, vận tốc lắng u_0 sẽ tăng lên $u_{01} = 0,25/0,8 = 0,31 \text{ mm/s}$ và hiệu quả lắng còn lại $R_1 = 87\%$. Nếu thời gian lưu nước trung bình trong bể chỉ bằng $0,5 T_L$ thời gian tính toán, vận tốc lắng u_0 tăng lên $u_{02} = 0,25/0,5 = 0,5 \text{ mm/s}$ và hiệu quả lắng còn lại là $R = 70\%$. Vì vậy, khi thiết kế và quản lý bể lắng phải giữ cho được thời gian lưu nước trung bình trong bể lắng $T_b \geq 0,8 T_L$. Để hạn chế tác dụng xấu của hiện tượng ngắn dòng làm cho thời gian lưu nước trung bình $T_b \geq 0,8 T_L$, phải tăng tỷ số giữa lực quán tính của dòng và lực trọng trường, tức tăng trị số của chuẩn số Froude:

$$Fr = \frac{v_o^2}{gR}$$

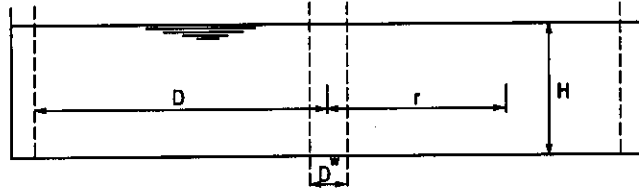
Đối với bể lắng ngang:

$$v_o - \text{vận tốc chuyển động ngang} = \frac{Q}{BH}$$

$$R - \text{bán kính thủy lực} = \frac{BH}{B + 2H}$$

$$Fr = \frac{Q^2}{g} \cdot \frac{B + 2H}{B^3 H^3} \quad (6.18)$$

Hình 6.14: Bể lắng ngang hình tròn



Đối với bể lắng ngang hình tròn chuẩn số Fr không phải là hệ số cố định.

Có trị số Fr max ở tâm bể:

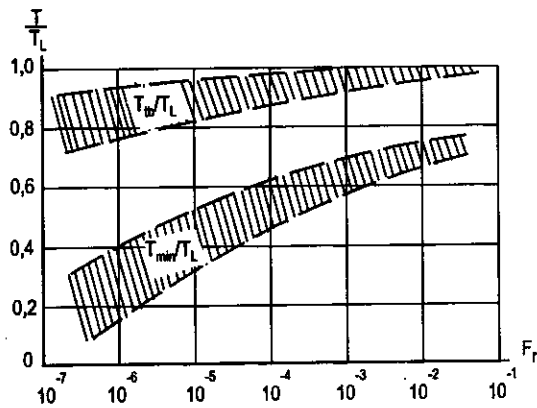
$$Fr_{\max} = \frac{Q^2}{\pi^2 g} \frac{1}{D_w^2 H^3} \quad (6.19a)$$

và trị số Fr min ở ngoài sát thành bể:

$$Fr_{\min} = \frac{Q^2}{\pi^2 g} \frac{1}{D^2 H^3} \quad (6.19b)$$

Bằng thực nghiệm các nhà khoa học đã xác định được ảnh hưởng của chuẩn số Fr đối với tỷ số thời gian lưu nước trung bình trong bể T_{Tb} và thời gian lý thuyết T_L và ảnh hưởng của Fr đối với tỷ số thời gian tối thiểu T_{\min} và thời gian lý thuyết T_L . Kết quả thể hiện trên hình 6.15.

Từ kết quả thực nghiệm cho trên hình 6.15 rút ra: Để đảm bảo hiệu quả lắng có thể chấp nhận được, chế độ thủy lực trong vùng lắng phải chọn sao cho chuẩn số Froude - $Fr \geq 10^{-5}$ đảm bảo điều kiện $T_{Tb} \geq 0,8T_L$.



Hình 6.15: Ảnh hưởng của chuẩn số Froude đến thời gian lưu nước trong bể

4. Trị số vận tốc ngang xói cận đã lắng

Trong bể lắng ngang, khi cận đã lắng xuống vùng chứa cận, chưa kịp xả ngay ra ngoài, cận tích lũy dần đến đỉnh vùng chứa cận. Nếu vận tốc dòng chảy ngang lớn hơn vận tốc giới hạn cho phép sẽ xảy ra hiện tượng xói cận đã lắng, làm đục nước trở lại, do đó khi thiết kế bể lắng ngang phải tuân thủ điều kiện $v_o < v_s$. Hiện tượng xói cận xảy ra khi lực cắt τ do dòng chảy ngang với vận tốc v_s lớn hơn hoặc bằng lực ma sát f giữa các hạt cận với nhau.

Lực cắt do dòng chảy tạo ra:

$$\tau = \frac{\lambda}{8} \rho_w v_s^2.$$

Lực ma sát giữa các hạt cận:

$$f = \alpha \cdot f \cdot N = \beta(\rho_c - \rho_n)gd,$$

Trong đó:

ρ_n - tỷ trọng của nước;

ρ_c - tỷ trọng của cận;

d - đường kính hạt cận;

α - hệ số ma sát $\sim 0,03$;

β - hệ số ma sát tổng hợp $\sim 0,4 - 0,06$.

Cho $\tau = f$, rút ra:

$$v_s = \sqrt{\frac{40}{3} \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} gd}$$

Thay đường kính hạt d (mm) bằng vận tốc lắng của hạt u_o theo biểu thức:

$$d = \sqrt{\frac{18\nu}{g} \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} u_o}$$

Ở 20°C , $\nu = 1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{s}$

$$v_s = 0,35 \left(\frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} \right)^{1/4} \cdot u_o^{1/4} \quad (6.20)$$

Thay giá trị bằng số $\rho_n = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_c = 1020 \text{ kg/m}^3$ và vận tốc lắng u_o khi đạt hiệu quả lắng trên 95%, $u_o = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ta có:

$$v_s = 16,3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 16,3 \text{ mm/s}.$$

Từ kết quả trên cho thấy rằng: khi tăng vận tốc ngang, giá trị của chuẩn số Fr tăng, hiệu quả thủy lực của bể lắng tăng lên, nhưng nếu tăng vận tốc ngang lớn hơn 16,3 mm/s sẽ gây ra hiện tượng xói cận làm giảm hiệu quả lắng nước của bể lắng.

5. Thiết kế vùng lắng

Khi thiết kế vùng lắng của bể lắng ngang để lắng cặn không keo tụ tiến hành các bước sau:

1) Dựa vào đường cong lắng, chọn tốc độ lắng của hạt cặn u_0 , còn gọi là tải trọng bề mặt, $u_0 = Q/F$ để có hiệu quả lắng $R\%$ mong muốn.

Khi không có đường cong lắng, tải trọng bề mặt có thể chọn $u_0 = Q/F$ từ $0,8 - 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, để có hiệu quả lắng $R \geq 65\%$.

2) Tính diện tích bề mặt bể lắng theo công thức (6.16).

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0}$$

3) Có thể chọn kích thước của bể lắng theo kinh nghiệm để đảm bảo chế độ thủy lực và hiệu quả kinh tế.

- Chiều dài bể $L \geq 5B$ chiều rộng bể.

- Chiều cao vùng lắng $H = 1/12 \cdot L^{0,8}$ cộng thêm 1m chiều cao vùng chứa cặn.

4) Kiểm tra lại điều kiện thủy lực để đảm bảo $Fr \geq 10^{-5}$.

Ví dụ tính toán:

Thiết kế vùng lắng của bể lắng ngang công suất $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Hiệu quả lắng $R = 70\%$. Theo đường cong phân bố vận tốc tìm được $u_0 = 0,67 \text{ mm/s}$ ứng với tải trọng bề mặt $2,42 \text{ m}^3/\text{m}^2$ giờ.

Giải:

Diện tích bề mặt bể lắng:

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0}$$

hệ số α tra bảng 6.1 ứng với trường hợp $L/H \geq 25$, $\alpha = 1,82$

$$F = 1,82 \cdot \frac{0,5}{0,00067} = 1358 \text{ m}^2$$

chọn chiều dài: $L = 6B$

chiều rộng bể: $B = F/L = 1358/6B$ rút ra $B = 15 \text{ m}$.

$$L = 6B = 6 \times 15 = 90 \text{ m}$$

chiều cao: $H = \frac{1}{12} 90^{0,8} = 3 \text{ m}$

$$\text{bán kính thủy lực: } R = \frac{BH}{B + 2H} = \frac{3 \times 15}{15 + 2 \times 3} = 2,14 \text{ m}$$

vận tốc $v_o = \frac{Q}{BH} = \frac{0,5}{15 \times 3} = 0,0111 \text{ m/s} = 11,1 \text{ mm/s} < 16,3 \text{ mm/s}$

Ở nhiệt độ 10°C $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{vR}{\nu} = \frac{0,011 \times 2,14}{1,31 \times 10^{-6}} = 18000 > 2000$$

trong bể có chế độ chảy rối, chấp nhận được vì đã tính đến hệ số giảm hiệu quả lắng α do dòng chảy rối.

$$Fr = \frac{v^2}{gR} = \frac{0,011^2}{9,81 \times 2,14} = 0,6 \times 10^{-5}$$

$Fr < 10^{-5}$ trong bể xuất hiện hiện tượng ngăn dòng cần phải lắp các vách ngăn không chịu lực dọc theo bể để giảm trị số Re và tăng hệ số Fr.

Lắp ba vách ngăn theo chiều dọc bể, chia chiều rộng bể thành bốn ngăn, chiều rộng mỗi ngăn là $15/4 = 3,75 \text{ m}$

$$\text{Bán kính thủy lực } R = \frac{3 \times 3,75}{3,75 + 2 \times 3} = 1,15 \text{ m.}$$

Vận tốc dòng chảy không thay đổi $v = 0,011 \text{ m/s}$, $Re = 9700$, $Fr = 1,1 \cdot 10^{-5}$ đạt yêu cầu.

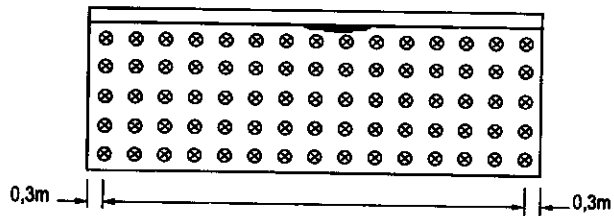
6. Thiết kế cấu tạo vùng phân phối nước vào bể và máng thu nước ra khỏi bể

Việc phân phối nước vào trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể là điều kiện cực kỳ quan trọng bởi vì: nếu phân phối không đều nước vào sẽ gây ra hiện tượng ngăn dòng và tạo ra các xoáy nước nhỏ làm cho dòng chảy trong vùng lắng không ổn định. Biện pháp có hiệu quả nhất là đặt tám phân phối khoan lỗ cách cửa đưa nước vào ở đầu bể từ 1,5 - 2,5m (hình 6.16) tám phân phối có kích thước bằng mặt cắt ngang của bể.

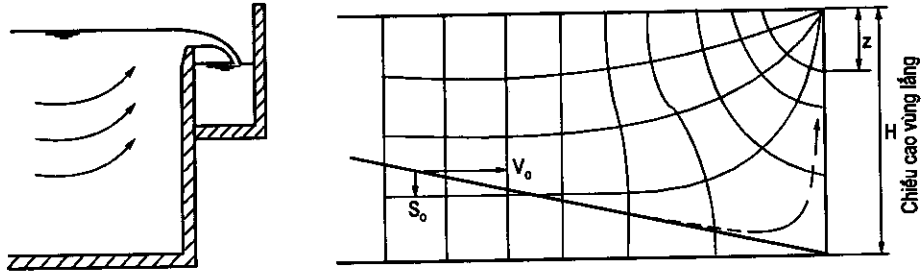
Các lỗ trên tám phân phối có đường kính như nhau và từ 0,075 - 0,2m, khoảng cách giữa tâm các lỗ từ 0,25 - 0,45m.

Vận tốc nước qua lỗ phân phối chọn sao cho tổn thất qua lỗ từ 0,3 - 0,9mm bắt buộc nhỏ hơn 10mm để tránh hiện tượng phá vỡ bông cặn.

Thu nước ra: nước sau khi lắng phải được thu đều trên toàn mặt cắt ngang của bể. Trong thực tế, thường cấu tạo máng thu nước dài suốt chiều rộng bể (hình 6.17).



Hình 6.16: Sơ đồ tám phân phối khoan lỗ đặt ở đầu bể lắng



Hình 6.17: Sơ đồ dòng nước thu vào máng ở cuối bể lắng

Nếu chỉ có một máng thu với chiều dài máng bằng B , bằng chiều rộng bể, dòng nước sẽ tập trung về máng làm tăng vận tốc thu nước cục bộ ở cuối bể, dòng nước với vận tốc lớn hơn vận tốc lắng u_0 của hạt, sẽ kéo hạt cặn đã lắng ở đáy bể vào máng thu, làm xấu chất lượng nước đã lắng.

Xét vận tốc thu ở độ sâu Z kể từ mép máng xuống. Diện tích mặt cắt dòng nước đi qua là diện tích xung quanh của 1/4 hình trụ có bán kính Z và chiều dài là B , vận tốc sẽ là:

$$V_z = \frac{Q}{\frac{\pi}{2} ZB}$$

Gần đáy vùng lắng, vận tốc nước đi vào máng thu là:

$$V_H = \frac{Q}{\frac{\pi}{2} HB}$$

Để tránh hoàn toàn hiện tượng kéo cặn vào máng bằng thực nghiệm đã rút ra giá trị $1/3 V_H$ phải nhỏ hơn u_0 .

$$\frac{1}{3} V_H = \frac{1}{3} \frac{Q}{\frac{\pi}{2} HB} < u_0 \text{ rút ra:}$$

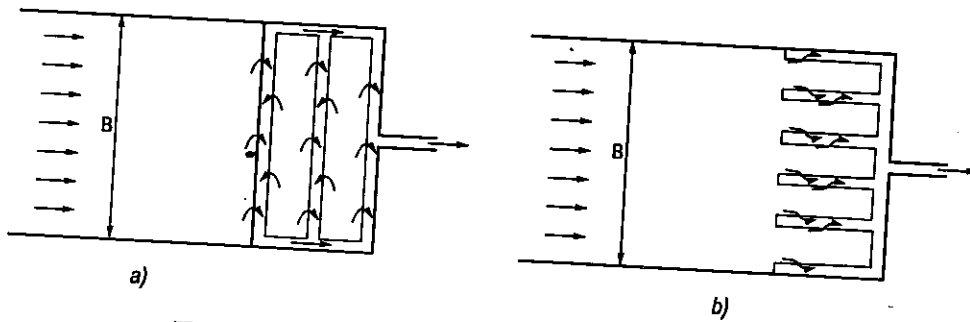
$$\frac{2Q}{3\pi B} < Hu_0 \frac{Q}{B} < \frac{3\pi}{2} Hu_0$$

$$\frac{Q}{B} < 5Hu_0$$

với B là chiều dài một máng thu (hình 6.18), nếu biểu thức trên không thoả mãn phải tăng tổng chiều dài máng thu lên n lần.

$$L = nB.$$

$$\frac{Q}{nB} < 5Hu_0$$



Hình 6.18: Sơ đồ bố trí máng thu nước ở cuối bể lắng

Tổng chiều dài máng thu:

$$L > \frac{Q}{5Hu_0} \quad (6.21)$$

Ví dụ tính toán:

Tính chiều dài máng thu cần thiết L để thu nước của bể lắng công suất $0,5\text{m}^3/\text{s}$, vận tốc lắng $u_0 = 0,37\text{ mm/s}$. Chiều cao lắng $H = 3\text{m}$.

Giải:

Chiều dài tối thiểu máng thu cần thiết:

$$L = nB = \frac{0,5}{5 \times 3 \times 0,37 \times 10^{-3}} = 90\text{m}. \text{ Chọn } L = 135\text{m}$$

chiều rộng bể $B = 15\text{m}$. Nếu bố trí máng thu theo chiều rộng số máng $n = 135/15 = 9$ (hình 6.18a).

Khoảng cách giữa các tim máng $\leq 1,5H$.

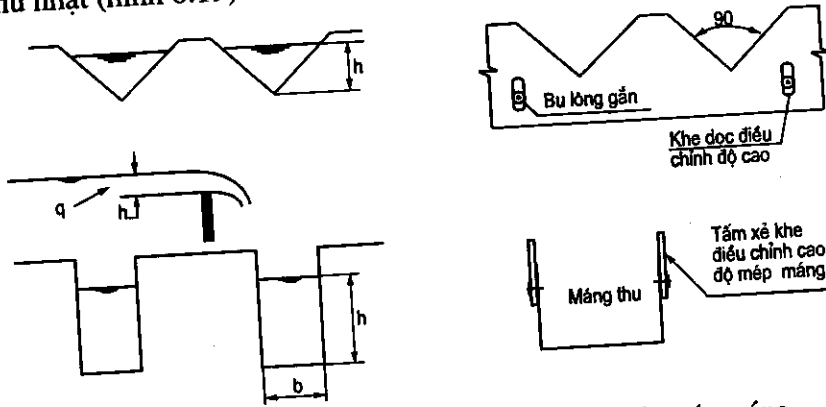
- Nếu bố trí máng thu dọc bể lắng, khoảng cách giữa tâm các máng $a = 3,75\text{m}$, số máng cần là 4 máng, chiều dài 1 máng $l = L/4 = 135/4 = 33,75\text{m}$.

Đối với bể lắng hình tròn, máng bố trí vòng theo chu vi bể, chiều dài $L = \pi D > \frac{Q}{5Hu_0}$.

Nếu không thoả mãn phải lắp thêm các máng thu nước hình nan quạt hoặc đặt thêm một máng vòng có bán kính $R_1 = R - 2\text{m}$.

Khi tính toán máng thu nước, chiều dài máng thu tính theo công thức (6.21), có tải trọng nước trên một mét dài máng chỉ từ 1 - 3 l/s.m dài. Với lưu lượng $q = 1 - 3\text{ l/s.m}$ dài, chiều cao lớp nước trên mép máng tràn chỉ từ 10 - 14mm. Nếu mép máng xây dài, chiều cao lớp nước trên mép máng tràn chỉ từ 10 - 14mm. Nếu mép máng xây không thật phẳng và nằm ngang, để cho ở một chỗ nào đó, mép máng nhô lên hoặc thấp xuống 1mm thì lưu lượng thu vào máng ở chỗ đó sẽ chênh lệch từ 10 - 15% so với định mức. Vì vậy, để đảm bảo thu đều nước trên toàn bộ chiều dài máng, phía ngoài thành máng

phải gắn các tấm điều chỉnh chiều cao mép máng bằng thép không gỉ, xẻ khe hình chữ V hoặc hình chữ nhật (hình 6.19).



Hình 6.19: Chi tiết tấm xẻ khe điều chỉnh cao độ mép máng

- Lưu lượng nước qua một khe chữ V góc đáy 90° :

$$q_o = 1,4 \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

- Lưu lượng qua một khe hình chữ nhật:

$$q_o = 1,8b \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Công suất bể lắng là $0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 500 \text{ l/s}$.

Tổng chiều dài máng thu nước $L = 135\text{m}$, máng thu nước từ hai phía, chiều dài mép máng thu $L_2 = 2 \times 135 = 270\text{m}$.

Tải trọng thu nước trên 1m dài mép máng:

$$q = \frac{500 \text{ l/s}}{270\text{m}} \doteq 1,85 \text{ l/s.m,}$$

1m dài máng phải thu $0,00185 \text{ m}^3/\text{s}$.

Chọn tấm xẻ khe hình chữ V, góc đáy 90° để điều chỉnh cao độ mép máng. Chiều cao hình chữ V là 5cm, đáy chữ V là 10cm, mỗi m dài có năm khe chữ V, khoảng cách giữa các đỉnh là 20cm. Chiều cao mực nước h trong khe chữ V.

$$q_o = \frac{q}{5} = \frac{1,85 \cdot 10^{-3}}{5} = 1,4h^{5/2}$$

rút ra $h = 3,9\text{cm} < 5\text{cm}$ đạt yêu cầu.

7. Vùng chứa cặn và xả cặn ra khỏi bể lắng

• Trong quá trình lắng, cặn lơ lửng lắng xuống và được tích lũy ở vùng chứa cặn sát đáy bể lắng. Vùng chứa cặn có thể bố trí dọc suốt chiều dài bể lắng nếu xả cặn theo định kỳ, hoặc bố trí ở đầu bể lắng nếu dùng cào cặn để dồn cặn về đầu bể.

- Thể tích vùng chứa cặn. Thể tích vùng chứa cặn của bể lắng ngang được tính toán theo thời gian giữa hai lần xả cặn với hàm lượng cặn cao nhất của nước nguồn:

$$W = \frac{TQ(M_c - m)}{\delta_c}, (m^3), \quad (6.22)$$

Trong đó:

T - thời gian thu cặn giữa hai lần xả nếu xả bằng phương pháp thủ công thời gian giữa hai lần xả có thể lấy từ 1 đến 6 tháng tùy thuộc vào điều kiện cụ thể. Nếu dùng cào cặn, thời gian giữa 2 lần xả có thể lấy từ 1 đến 3 giờ;

Q - lưu lượng nước vào bể lắng (m^3/h);

M_c - hàm lượng cặn trong nước xử lý đưa vào bể lắng (mg/l) hay (g/m^3);

m - hàm lượng cặn trong nước đi ra khỏi bể lắng, thường chọn 8 - 12 (g/m^3);

δ_c - nồng độ cặn đã nén sau T giờ chọn theo bảng 6.2.

Bảng 6.2. Nồng độ trung bình cặn đã nén

Đặc tính của nước và phương pháp xử lý	Nồng độ cặn đã nén δ_c (g/m^3) sau T giờ dưới lớp nước chiều cao H_0 của bể lắng					
	2	4	6	8	12	> 24
Cặn tạo ra khi lắng nước đã đánh phèn có hàm lượng						
Từ 10 - 100mg/l	5000	7000	8000	8500	9500	10000
Từ 100 - 500mg/l	17000	20000	24000	25000	27000	30000
Từ 500 - 1000mg/l	20000	25000	27000	29000	31000	35000
Từ 1000 - 3000 mg/l	25000	32000	34000	36000	38000	40000
Cặn tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi và soda						
Có độ cứng magie nhỏ hơn 25% độ cứng toàn phần	60000	72000	75000	78000	80000	85000
Có độ cứng magie lớn hơn 25% độ cứng toàn phần	20000	25000	28000	30000	32000	35000
Cặn tạo ra khi khử sắt bằng vôi	26000	30000	32000	34000	38000	40000

Tính M_c theo công thức:

$$M_c = M_0 + KA + 0,25M + B \quad (6.23)$$

Trong đó:

M_0 - hàm lượng cặn lớn nhất trong nước nguồn (g/m^3);

A - liều lượng phèn cho vào nước (g/m^3);

K - hệ số tính chuyển trọng lượng của phèn thành trọng lượng của cặn lắng trong bể lắng.

$K = 0,55$ đối với phèn nhôm sạch;

$K = 1$ đối với phèn nhôm sản phẩm kỹ thuật;

$K = 0,8$ đối với phèn sắt;

M - độ màu của nước tính bằng độ;

B - lượng cặn không tan trong vôi hoặc các chất kiềm hóa khác khi kiềm hóa nước (g/m^3).

Các phương pháp xả cặn

• **Xả cặn bằng phương pháp thủ công:** Khi cặn chứa đầy vùng thu cặn, để tháo cặn ra khỏi bể lắng, đóng van đưa nước vào bể, tháo cặn nước trong bể, dùng vòi phun lấy nước từ đường ống áp lực $\Phi 50$ đặt quanh mép bể, phun nước cho cặn tan ra, chảy theo nước vào ống tháo cặn, xả cặn định kỳ bằng phương pháp thủ công, chỉ áp dụng cho những nơi có hàm lượng cặn không lớn $M_{\text{cmax}} \leq 500\text{mg/l}$, cặn tương đối ổn định, không bị thối rửa và phân huỷ yếm khí. Nếu cặn chứa nhiều chất hữu cơ, khi bị phân huỷ yếm khí tạo ra bùn nổi từng đám lên mặt nước, sinh bọt khí làm nước sủi tăm, giảm hiệu quả lắng và giảm hiệu quả của bể lọc, gây ra mùi và màu của nước. Thời gian giữa hai lần xả tùy thuộc vào hàm lượng cặn của nước nguồn mà thay đổi theo từng mùa trong năm.

Đáy bể làm độ dốc về hai phía: Độ dốc theo dọc bể về phía cửa xả $i_d = 1 - 2\%$, độ dốc ngang tập trung về tâm bể: $i_n = 2 - 4\%$.

• **Xả cặn bằng phương pháp thuỷ lực:** Dùng hệ thống ống khoan lỗ, hoặc máng khoan lỗ đặt sát đáy bể lắng, khi cần xả cặn, mở van ở ống xả chính, nước dưới áp lực H_0 của bể lắng đẩy cặn chui vào các lỗ trên hệ thống ống hoặc máng cùng với nước, xả ra ngoài, khi xả cặn bể lắng vẫn làm việc.

Thực tế quản lý các bể lắng ở Việt Nam từ 1960 đến nay cả ở miền Bắc và miền Nam cho thấy hệ thống xả cặn thuỷ lực bằng hệ thống ống, máng khoan lỗ không làm việc được, tuy có trang thiết bị hệ thống ống khoan lỗ và van khoá nhưng đều phải xả bằng phương pháp thủ công. Do vậy, kiến nghị loại trừ phương pháp này.

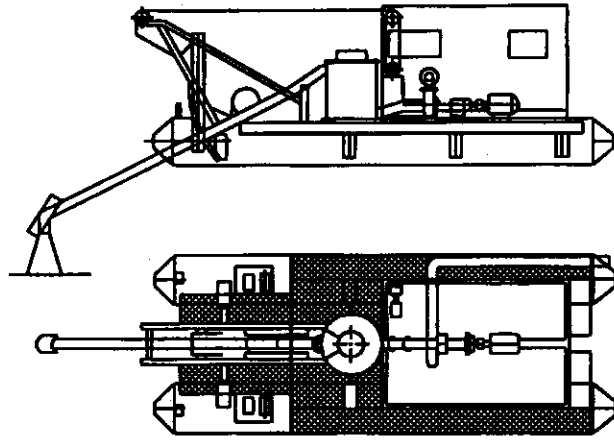
Thực tế phương pháp xả cặn bằng thuỷ lực chỉ thực hiện được khi vùng thu cặn là hình chóp với góc côn $< 60^\circ$ ở tâm, khi góc tâm nhỏ hơn 60° tức là góc của tường nghiêng phần hình chóp làm với phương ngang một góc $> 60^\circ$ lớn hơn góc trượt của cặn đã nén, cặn có thể trượt theo tường nghiêng cùng với nước đi vào ống xả cặn tháo ra ngoài.

• **Xả cặn bằng phương pháp cơ khí:** Để cơ giới hoá việc xả cặn theo định kỳ ở các bể sơ lắng bằng đất, bể sơ lắng bằng gạch hoặc bê tông cốt thép, có công suất lớn dùng bơm hút bùn đặt trên phao nổi di động (hình 6.20).

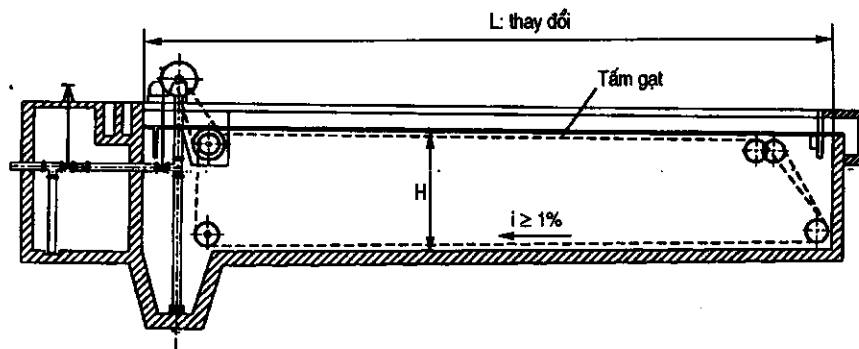
Việc xả cặn liên tục bằng cào cặn là cần thiết, khi hàm lượng cặn trong nước thô bằng hoặc lớn hơn 1000 mg/l và ở những nơi cặn có khả năng thối rửa (ví dụ bể lắng ở

trạm xử lý nước thải). Khi trang bị cào cặn, dung tích vùng thu cặn nhỏ làm giảm chiều cao xây dựng bể, rẻ về xây dựng nhưng đắt về trang thiết bị làm cho giá thành bể lắng tăng lên khoảng trên 10%.

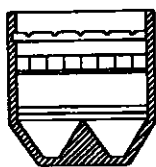
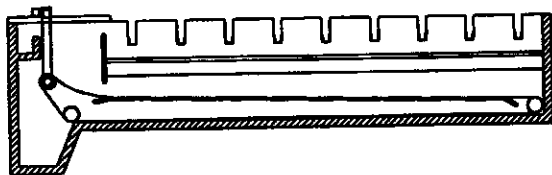
Ở bể lắng ngang hình chữ nhật, thường lắp thiết bị cào cặn truyền động bằng hai vòng dây xích, kéo các tấm gạt bằng gỗ đặt sát đáy bể, để gạt cặn về hố thu đặt ở đầu bể rồi xả ra ngoài bằng áp lực nước H_0 có trong bể. Tùy từng trường hợp cụ thể thiết bị cào cặn có thể lắp đặt theo hình (6.21a) hoặc (6.21b).



Hình 6.20: Bơm hút bùn xả cặn bể lắng đặt trên phao nổi di động



Hình 6.21a: Sơ đồ lắp đặt thiết bị cào cặn có một vòng xích ngấp nước



Hình 6.21b: Sơ đồ lắp đặt thiết bị cào cặn có hai vòng xích ngấp trong nước

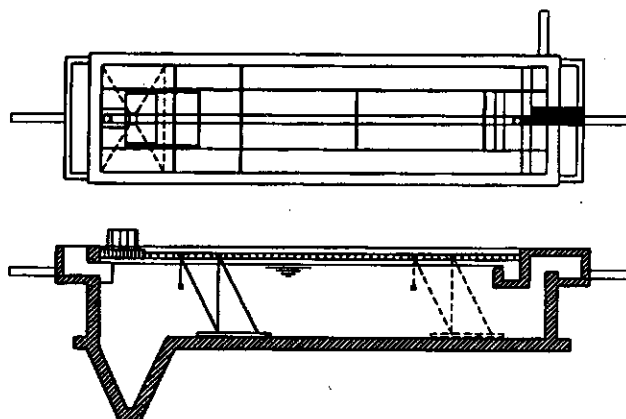
Khẩu độ của máy cào dây xích (chiều dài tấm gạt) thường từ 3 - 6m. Nếu bể lắng có chiều rộng $B > 6m$ phải đặt hai hoặc ba thiết bị cào cặn làm việc song song. Tốc độ chuyển động của dây xích (tấm gạt) từ 5.10^{-3} đến $15.10^{-3}m/s$.

Thiết bị cào cặn làm việc tốt nhất là loại cào đặt trên dầm cầu chạy, bánh xe chạy trên hai thanh ray đặt dọc theo thành bể. Khi

cán gạt cặn, hạ thanh gạt xuống đáy bể, khi đi vòng lại nhấc thanh gạt lên khỏi mặt nước (hình 6.22).

Loại này có ưu điểm là toàn bộ các bộ phận chuyển động đặt trên khô. Khi sửa chữa, bảo dưỡng không phải tháo khô bể như loại cào cặn chạy bằng dây xích.

Tốc độ chuyển động của máy từ $10 \cdot 10^{-3}$ đến $15 \cdot 10^{-3}$ m/s, chiều rộng của máy cào tùy thuộc vào kết cấu của dầm cầu chạy có thể từ 6 - 20m.



Hình 6.22: Thiết bị cào cặn đặt trên dầm cầu chạy

- **Máy cào cặn ở các bể lắng tròn:** Loại đường kính nhỏ hơn 8m, thường đặt động cơ và trục quay thẳng đứng ở tâm bể, trên trục quay lắp hai cánh tay đòn bằng bán kính bể, dưới cánh tay đòn sát đáy bể lắp các tấm gạt bằng gỗ tạo thành góc sao cho khi cánh tay đòn quay quanh trục các tấm gạt cặn về hố thu đặt ở tâm bể. Loại có đường kính lớn hơn 8m, thường làm dầm cầu chạy theo bán kính bể, động cơ đặt trên thanh ray chạy quanh chu vi bể, ở tâm bể đặt khớp xoay 360° .

Tốc độ chuyển động của cánh tay đòn từ 1 vòng/giờ đến 1,5 vòng/giờ, tùy thuộc theo độ dốc đáy bể, đặc tính và nồng độ của cặn.

Loại thiết bị này làm việc an toàn và ổn định. Độ dốc đáy bể lấy từ 1 - 8% tùy thuộc vào nồng độ và đặc tính của cặn.

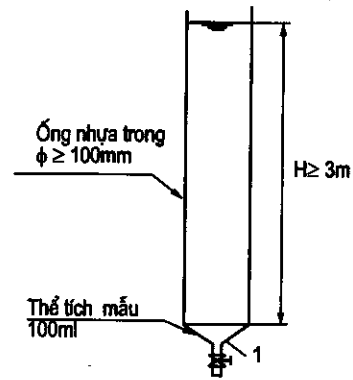
6.3. LẮNG CÁC HẠT CẶN KEO TỤ

6.3.1. Đường cong phân bố vận tốc lắng

Quá trình lắng các hạt cặn có khả năng keo tụ (cặn trong nước thiên nhiên sau khi đã pha trộn phèn) khác với quá trình lắng các hạt tự do không có khả năng keo tụ ở chỗ: các hạt cặn có kích thước và vận tốc lắng khác nhau phân bố đều trong thể tích nước, khi lắng, các hạt có kích thước và trọng lượng lớn hơn rơi với tốc độ lớn hơn, khi rơi và chạm vào các hạt bé lắng chậm hoặc lơ lửng trong nước, dính kết với các hạt bé thành hạt lớn hơn nữa và có tốc độ lắng lớn hơn. Hạt cặn rơi với chiều cao H càng lớn và thời gian lắng T càng lâu thì sự xuất hiện các hạt cặn to với tốc độ lắng nhanh càng nhiều. Tuy vậy, khi hạt đã dính kết với nhau thành hạt có đường kính lớn, khi lắng chịu lực cản của nước cũng lớn hơn, đến lúc nào đó lực cản thành lực cắt đủ lớn để chia hạt cặn có đường kính to thành nhiều mảnh nhỏ, đến lượt các mảnh nhỏ này lại va chạm và dính kết vào nhau hoặc dính kết với các hạt khác thành hạt lớn hơn. Và như vậy, hiệu quả

lắng các hạt keo tụ phụ thuộc vào vận tốc lắng ban đầu u_0 của hạt và phụ thuộc vào chiều cao lắng H cũng như thời gian lắng $T = H/u_0$. Thực tế không thể tìm được công thức toán học để xác định hiệu quả lắng R cho nên phải dùng phương pháp thực nghiệm để xác định đường cong lắng hay còn gọi là đường phân bố vận tốc lắng u_0 theo hiệu quả lắng R .

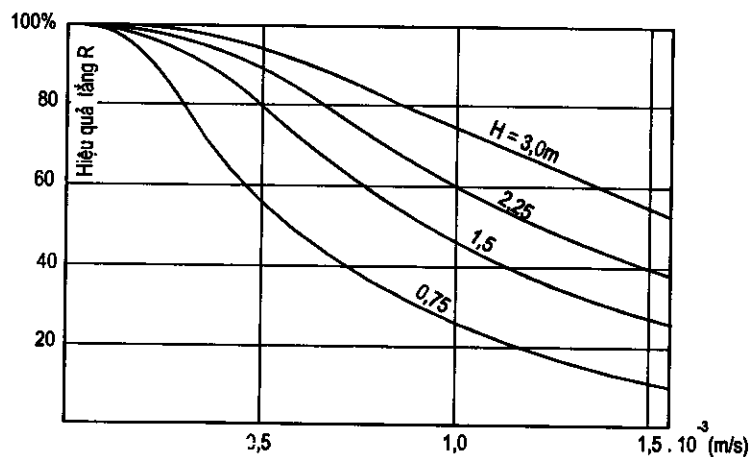
Để có được kết quả chính xác khi lập biểu đồ lắng của các hạt keo tụ, thí nghiệm phải được tiến hành trong các ống lắng bằng nhựa trong, đường kính lớn hơn 100mm, chiều cao ống lắng lớn hơn hoặc bằng 3m, đáy ống lắng hình côn dung tích bằng 0,1L = 100 ml (hình 6.23).



Hình 6.23: Ống lắng thí nghiệm đo tốc độ lắng cận keo tụ

Nước nguồn được trộn đều với phèn theo liều lượng đã xác định bằng thí nghiệm keo tụ thử, sau khi trộn phèn, khuấy đều trong 15 phút, bơm nước vào ống lắng theo chiều từ dưới lên. Nước đầy đến mức đã định, ngừng bơm và tính thời gian lắng. Số lượng mẫu thử và khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu chọn theo tốc độ lắng của cặn trong ống lắng qua quan sát bằng mắt. Nếu cặn lắng nhanh chọn chu kỳ lấy mẫu nhỏ. Sau mỗi lần lấy mẫu 100ml. Xác định tổng lượng cặn đã lắng xuống đáy ống lắng C_i (mg). Hiệu quả lắng xác định theo công thức:

$$R_i = \frac{\sum (C_i - 0,1M_0)}{(V - 0,1n).M_0} \quad (6.24)$$



Hình 6.24: Đường cong lắng của các hạt cận keo tụ theo các chiều cao lắng khác nhau

Tốc độ lắng hay tải trọng bề mặt xác định theo công thức:

$$u_i = \frac{H_i}{T_i}$$

Trong đó:

M_o - hàm lượng cặn trong nước đã đánh phèn đưa vào ống lắng (mg/l);

C_i - tổng hàm lượng cặn đã lắng sau mỗi lần lấy mẫu (mg);

V - thể tích nước trong ống lắng (l). $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot H$;

H_i - chiều cao cột nước trong ống lắng trước khi lấy mẫu (mm);

$$H_i = H - i \cdot \frac{100ml}{\frac{\pi d^2}{4}}, \quad (\text{mm});$$

H - chiều cao cột nước ban đầu;

d - đường kính ống lắng;

i - số thứ tự của mẫu;

$T_i = \sum \Delta t$ - thời gian tính từ khi bắt đầu thí nghiệm (s);

Δt - khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu.

Theo kết quả nhận được $R_i\%$ và u_i (mm/s) vẽ được đường cong phân bố vận tốc lắng u_i theo hiệu quả lắng R_i , gọi là đường cong lắng. Hình 6.24 giới thiệu đường cong lắng của cặn keo tụ khi thí nghiệm lắng ở các chiều cao khác nhau.

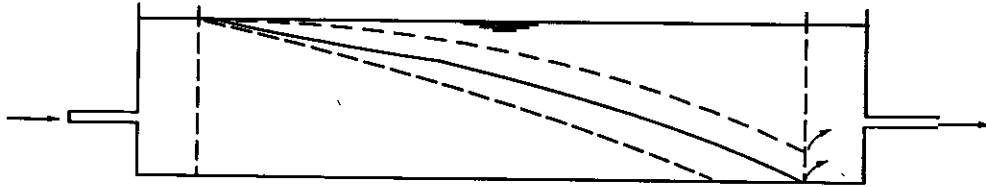
6.3.2. Lắng cặn keo tụ trong bể lắng ngang

Bể lắng ngang dùng để lắng cặn keo tụ có cấu tạo và nguyên tắc hoạt động giống hệt bể lắng ngang dùng để lắng cặn không có khả năng keo tụ đã xét ở mục 6.2.2. Chỉ có một điểm khác duy nhất là ảnh hưởng của chế độ thủy động của lực nhớt biểu thị bằng chuẩn số Reynold đến hiệu quả lắng là khác nhau.

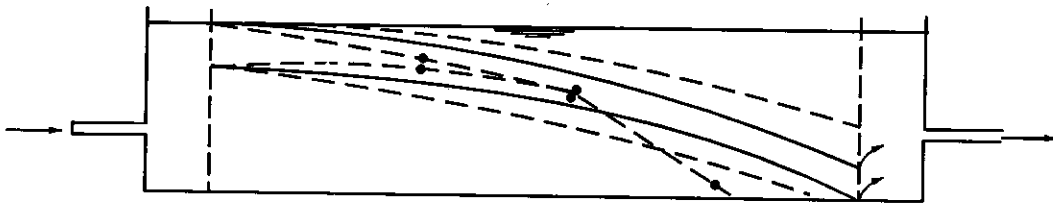
Theo kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học phương Tây, dòng chảy rối khi $Re > 2000$ tạo ra các chuyển động xoáy nhỏ, đẩy hạt cặn lên, xuống theo phương hướng bất kỳ, làm kìm hãm quá trình lắng của các hạt tự do, còn đối với các hạt có khả năng keo tụ, các chuyển động xoáy này lại làm tăng số lần va chạm và dính kết giữa các hạt cặn với nhau, làm cho bông cặn lớn lên và có tốc độ lắng lớn hơn, tác động xấu của dòng chảy rối được bù bằng tác động tích cực của sự keo tụ nên kết quả là không ảnh hưởng đến hiệu quả lắng.

Hình 6.25 minh họa ảnh hưởng của dòng chảy rối khi $Re > 2000$ đối với hai loại cặn.

Công thức tính toán diện tích bể lắng ngang khi lắng cặn keo tụ.



Hình 6.25a: Ảnh hưởng xấu của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng khi lắng hạt cặn tự do



Hình 6.25b: Ảnh hưởng của dòng chảy rối đến hiệu quả lắng khi lắng hạt cặn keo tụ

$$F = \frac{Q}{u_0} \quad (\text{m}^2) \quad (6.25)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước cần xử lý (m^3/h);

u_0 - tốc độ lắng của cặn (m/h) chọn trên đường cong lắng để đảm bảo hiệu quả lắng R mong muốn.

Thường chọn $u_0 = 0,83 \div 2,5 \text{m}/\text{h}$. Chiều sâu vùng lắng $H = 3 \div 5 \text{m}$.

Thời gian lưu nước trong bể $T = 1,5 \div 3 \text{h}$. Tỷ số giữa chiều dài/chiều cao $L/H > 15$.

Tỷ số chiều dài/chiều rộng $L/B > 5$. Tải trọng thu nước bề mặt từ 1,5 đến 3 $\text{l}/\text{s} \cdot \text{m}$ dài mép máng.

Ví dụ tính toán:

Tính toán thiết kế bể lắng ngang với điều kiện:

- Công suất nhà máy $Q_{\text{max ngày}} = 2 \text{m}^3/\text{s}$.

- Lắng cặn đã pha phèn nhôm.

- Tốc độ lắng của hạt cặn: $u_0 = 0,53 \text{mm}/\text{s} = 1,9 \text{m}/\text{h}$ để đạt hiệu quả lắng $R = 98\%$, nước ra có độ đục nhỏ hơn hoặc bằng 2NTU $\sim 4 \text{mg}/\text{l}$.

- Đợt 2: Nhà máy mở rộng gấp đôi $Q_{\text{max ngày}} = 4 \text{m}^3/\text{s}$.

Xác định: - Số lượng bể lắng.

- Kích thước bể lắng

- Vùng phân phối nước vào bể

- Máng thu nước trong

Giải:

- *Số lượng bể lắng:* Có thể chọn hai bể hoặc ba bể. Nếu không phát triển đợt 2 lên $4\text{m}^3/\text{s}$ sẽ chọn ba bể khi một bể ngừng, hai bể còn lại làm việc tăng cường ở mức có thể chấp nhận được. Trường hợp này chọn hai bể vì: hai bể xây dựng rẻ hơn ba bể. Khi xây dựng xong đợt 2, nhà máy có bốn bể làm việc, hệ số an toàn đảm bảo.

- *Kích thước bể lắng:* Chọn phương pháp xả cặn cơ giới dùng cào cặn, gạt cặn về hố thu cặn ở đầu bể để xả. Nếu dùng cào chuyển động bằng dây xích, chiều rộng lớn nhất của một dải 6m. Bề rộng bể có thể chọn 6, 12, 18m. Nếu dùng cào đặt trên dầm cầu chạy chiều rộng từ 12 - 30m, chọn chiều rộng $B = 18\text{m}$, đảm bảo tỷ số $L/B > 5$.

- *Diện tích mặt bằng hai bể lắng:*

$$F = \frac{Q}{u_o} = \frac{2 \times 3600}{1,9} = 3790\text{m}^2$$

Chiều rộng bể $B = 18\text{m}$, chiều dài bể $L = 3790/2 \times 18 = 105\text{m}$.

Tỷ số $L/B = 105/18 = 5,8 > 5$.

Chọn chiều cao vùng lắng $H = 4\text{m}$.

Tỷ số chiều dài và chiều cao vùng lắng $L/H = 105/4 = 26,3 > 15$.

Vận tốc nước chảy trong bể $v_o = \frac{Q}{B.H} = \frac{2}{2 \times 18 \times 4} = 13,8 \text{ mm/s}$

$$v_o = 13,8\text{mm/s} < 16,3 \text{ mm/s (vận tốc xói cặn)}$$

- *Tính chuẩn số:*

$$Re = \frac{VR}{\nu}$$

$$\text{Bán kính thủy lực: } R = \frac{B.H}{B + 2H} = \frac{4 \times 18}{18 + 2 \times 4} = 2,77\text{m}$$

Độ nhớt động học: $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$; $t^0 = 10^{\circ}\text{C}$

$$Re = \frac{1,38 \times 10^{-2} \text{m/s} \cdot 2,77\text{m}}{1,31 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}} = 29180$$

Re quá lớn nên cấu tạo bể sao cho $Re \leq 20000$.

Tính chuẩn số Froud đảm bảo điều kiện ổn định dòng, giảm tác dụng ngăn dòng và không tạo ra vùng nước chết trong bể.

$$Fr = \frac{v^2}{g.R} = \frac{(1,38 \times 10^{-2})^2}{9,81 \times 2,77} = 7 \times 10^{-6} < 10^{-5}$$

không đảm bảo điều kiện ổn định dòng.

Để giảm trị số của chuẩn số Re và tăng giá trị của Fr, giữ nguyên chiều rộng bể B = 18m nhưng đặt thêm hai vách ngăn không chịu lực, chia bể rộng bể làm 3 dải, mỗi dải bằng 6m, vận tốc dòng chảy không đổi $v_0 = 1,38 \times 10^{-2} \text{m/s}$.

Bán kính thủy lực tính cho một dải B' = 6m.

$$R = \frac{4 \times 6}{6 + 2 \times 4} = 1,71 \text{m}$$

Chuẩn số Re = 18260 chấp nhận được Fr = $1,2 \times 10^{-5} > 10^{-5}$ dòng ổn định ở mức cho phép.

Như vậy, xây hai bể lắng mỗi bể kích thước rộng 18m. Trong đặt hai vách ngăn hướng dòng, theo dọc bể tạo ra ba dải rộng 6m. Trong mỗi bể đặt ba máy cào cặn chuyển động bằng dây xích. Chiều dài bể lắng L = 105m.

Thời gian lưu nước T = 2 giờ 6 phút.

Tải trọng bề mặt $u_0 = 0,53 \text{mm/s} = 1,9 \text{m}^3/\text{m}^2 \text{h}$.

- Vùng phân phối nước vào:

Hiệu quả lắng phụ thuộc rất nhiều vào kết quả làm việc của bể tạo bông cặn, mương hoặc ống dẫn nước từ bể tạo bông cặn sang bể lắng làm sao để không phá vỡ bông cặn đồng thời không để bông cặn lắng xuống đáy mương dẫn và phân phối cặn gần bể lắng càng tốt, vận tốc trong mương $v = 0,3 \text{m/s}$. Để đảm bảo phân phối đều nước vào hai bể lắng, mỗi bể đặt 6 cửa lấy nước từ mương dẫn chung vào, cửa lấy nước đặt van bướm để điều chỉnh lưu lượng và tổn thất áp lực qua cửa. Tổn thất áp lực qua cửa thu h chọn lớn hơn hoặc bằng 0,01m. Đảm bảo phân phối đều qua 12 cửa theo nguyên tắc phân phối trở lực lớn (xem chương 8). Cửa thu $\phi 600 \text{mm}$. Vận tốc qua cửa:

$$v = \frac{Q}{\sum F} = \frac{2 \text{m}^3/\text{s}}{12 \times \frac{\pi d^2}{4}} = 0,59 \text{m/s};$$

$$h = \xi \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,59^2}{19,6} = 0,0178 \text{m}$$

đảm bảo phân phối đều nước từ mương chung vào 12 cửa. Cách cửa thu 1,5m. Đặt tám chấn khoan lỗ $\phi 120 \text{mm}$. Phân phối đều nước trên toàn mặt cắt ngang của mỗi bể lắng.

Vận tốc qua lỗ từ 0,2 - 0,3m/s. Chọn $v_{lỗ} = 0,23 \text{m/s}$. Tổng diện tích lỗ cần thiết trên hai tường chắn:

$$\sum f_{lỗ} = \frac{Q}{v} = \frac{2}{0,23} = 8,7 \text{m}^2.$$

Tổng số lỗ cần thiết:
$$n = \frac{\sum f}{f} = \frac{8,7 \times 4}{3,14(0,12)^2} = 770 \text{lỗ}.$$

Các lỗ bố trí cách nhau 0,4m theo chiều ngang và 0,45m theo chiều dọc, do đó tổng số lỗ lấy là 780 lỗ. Vận tốc qua lỗ còn lại $v = 0,227\text{m/s}$.

Tổn thất qua lỗ:

$$h = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,227^2}{19,6} = 0,0026\text{m}.$$

- Máng thu nước đã lắng:

Tổng chiều dài máng cần thiết tính theo (6.21):

$$L > \frac{Q}{5H \times u_0} = \frac{2}{5 \times 4 \times 0,00053} = 188,6\text{m} \sim 200\text{m}.$$

Tổng chiều dài máng một bể là $\frac{200}{2} = 100\text{m}$.

Mỗi ngăn đặt hai máng, khoảng cách tim máng 3,0m, hai máng ngoài cách tường ngăn $\frac{3}{2} = 1,5\text{m}$. Cả hai bể lắng có 12 máng thu.

Chiều dài mỗi máng $l = \frac{100}{6} = 16,6\text{m}$.

Kiểm tra tải trọng thu nước trên 1m dài mép máng:

$$q = \frac{Q}{2L} = \frac{2000}{2 \times 200} = 5\text{l/s.m dài, quá lớn.}$$

Chọn tải trọng thu nước trên 1m dài mép máng $q = 3\text{l/s.m dài}$.

Tổng chiều dài mép máng:

$$\sum l = \frac{Q}{q} = \frac{2000}{3} = 1000\text{m}.$$

Tổng chiều dài máng:

$$L = \frac{\sum l}{2} = \frac{1000}{2} = 500\text{m}.$$

Mỗi bể đặt sáu máng, chiều dài mỗi máng là $l = \frac{500}{2 \times 6} = 41,7\text{m}$.

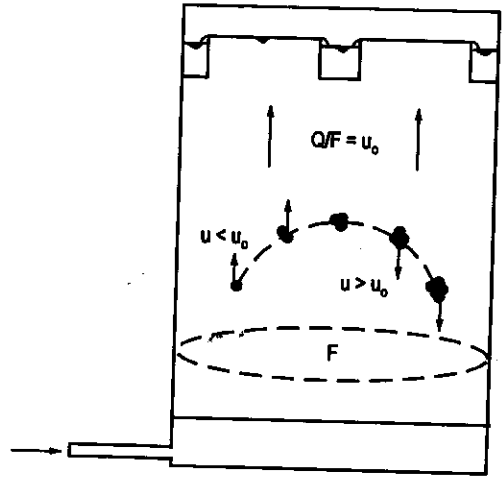
Hai bên mép máng gắn tấm điều chỉnh chiều cao mép máng bằng inox xẻ rãnh chữ V, mỗi m dài 5 chữ V, có chiều cao 6cm cách nhau 20cm.

6.3.3. Lắng cặn keo tụ trong bể lắng đứng

Trong bể lắng đứng, nước chuyển động theo phương thẳng đứng từ dưới lên, ngược chiều với hướng rơi của các hạt cặn lắng. Nếu gọi tốc độ của dòng nước đi lên là

$u_0 = \frac{Q}{F}$ (hình 6.26) thì chỉ có các hạt cận có

tốc độ lắng $u > u_0$ mới lắng được xuống đáy bể, còn các hạt có $u \leq u_0$ thì lơ lửng và bị dòng nước cuốn ra ngoài. Khi lắng các hạt cận không có khả năng keo tụ, hiệu quả lắng có trị số đúng bằng tỷ lệ tính theo phần trăm của trọng lượng các hạt lớn $u > u_0$ trên tổng số trọng lượng các loại hạt cận có trong nước, hiệu quả lắng thấp, vì thế không dùng bể lắng đứng để lắng các hạt cận tự do không có khả năng keo tụ.



Hình 6.26: Sơ đồ lắng đứng các hạt cận keo tụ

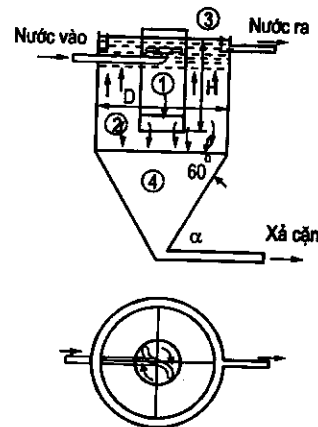
Trong trường hợp lắng các hạt cận keo tụ. Hiệu quả lắng đạt cao hơn, ban đầu các hạt có tốc độ lắng nhỏ hơn tốc độ dòng nước ($u < u_0$) sẽ bị đẩy dần lên, trong quá trình đi lên, các hạt cận va chạm và dính kết với nhau, tăng dần kích thước, cho đến khi có tốc độ lắng lớn hơn tốc độ dòng nước đi lên thì rơi xuống đáy bể.

Như vậy khi lắng các hạt cận keo tụ trong bể lắng đứng, hiệu quả lắng không chỉ phụ thuộc vào diện tích bề mặt bể Q/F mà còn phụ thuộc vào chiều cao lắng H và thời gian lưu nước trong bể T .

Bể lắng đứng: bể lắng đứng thường được xây dựng kết hợp với ngăn phản ứng tạo bông cận đặt ở giữa. Bể có cấu tạo gồm 4 vùng: vùng phân phối nước vào, vùng lắng, vùng thu nước ra, vùng chứa cận (hình 6.27).

Hình 6.27: Sơ đồ cấu tạo bể lắng đứng

1. Bể phản ứng tạo bông cận và vùng phân phối nước vào;
2. Vùng lắng; 3. Vùng thu nước ra; 4. Vùng thu cận.



Diện tích bề mặt bể lắng đứng xác định theo công thức:

$$F = \alpha \frac{Q}{u_0} \quad (6.26)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước đưa vào bể lắng (m^3/s);

u_0 - tốc độ lắng của hạt cặn (m/s), u_0 tra theo biểu đồ đường cong lắng theo hiệu quả lắng $R\%$ mong muốn. Khi không có số liệu có thể chọn u_0 từ 0,0022 đến 0,0007 m/s ;

α - hệ số dự phòng kể đến việc phân phối nước không đều trên toàn bộ mặt cắt ngang của bể. Giá trị của hệ số α phụ thuộc vào tỷ số giữa đường kính và chiều cao vùng lắng.

D/H	1	1,5	2	2,5
α	1,3	1,5	1,75	2

Bề mặt bể lắng đứng có thể là hình tròn hoặc hình vuông, thời gian lưu nước trong bể từ 2 - 3 giờ.

Chiều cao vùng lắng H chọn phụ thuộc vào sơ đồ cao trình thủy lực của các công trình trong dây chuyền xử lý thường từ 3 - 5m.

Nếu bể xây dựng kết hợp với ngăn phản ứng đặt ở giữa, đường kính bể tính theo công thức:

$$D = \sqrt{\frac{4(F_0 + f)}{\pi}}, \quad (m)$$

Trong đó:

F_0 - diện tích vùng lắng tính theo công thức (6.26);

f - diện tích bề mặt ngăn phản ứng (m^2).

Phần đáy thu cặn của bể lắng đứng cấu tạo dạng hình côn nếu bể là hình tròn và dạng hình chóp nếu bể là hình vuông. Góc của tường nghiêng phần hình chóp so với phương nằm ngang α chọn $\geq 60^\circ$, để có thể xả cặn bằng thủy lực.

- Máng thu nước đặt theo chu vi bể và các máng hình nan quạt tải trọng thu từ 1,5 - 3 $l/s.m$ dài mép máng.

- Xả cặn bằng độ chênh áp lực thủy tĩnh giữa mực nước trong bể và mực nước ở miệng xả của ống tháo cặn ra ngoài. Đường kính ống tháo cặn tính theo lưu lượng xả $q = W/T$.

T - thời gian xả cặn thường chọn 3-5 phút, vận tốc xả tính theo chênh lệch mực nước ΔH . Ống xả cặn không được nhỏ hơn 100mm.

Thời gian giữa hai lần xả cặn tính theo công thức:

$$T = \frac{\delta_c W}{Q(M_0 - M)}, \quad (h) \quad (6.27)$$

Trong đó:

W - thể tích vùng chứa cặn (m^3) theo cấu tạo bể;

δ_c - nồng độ cặn chọn theo bảng (6.2);

Q - lưu lượng nước vào bể (m^3/h);

M_0 - nồng độ cặn trong nước đi vào bể (g/m^3);

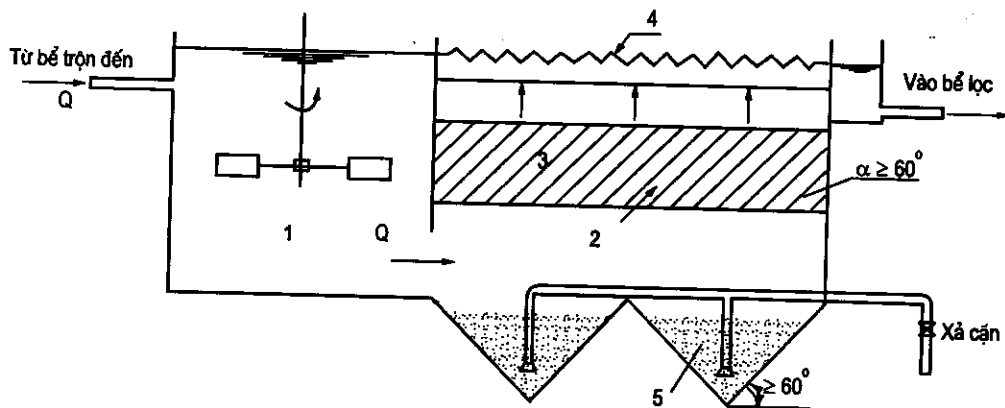
M - hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lấy $8 - 10g/m^3$.

Do khó khăn trong việc phân phối đều nước theo mặt cắt ngang của bể nên bể lắng đứng chỉ áp dụng cho các trạm xử lý có công suất nhỏ hơn hoặc bằng $2000m^3/ng.đ$.

6.3.4. Bể lắng lớp mỏng, lắng trong các ống hình trụ đặt nghiêng

Hiệu quả của quá trình lắng (như đã nghiên cứu ở các mục trước) phụ thuộc vào diện tích bề mặt lắng F , phụ thuộc vào chế độ thủy lực của dòng chảy. Bể cho hiệu quả lắng cao nhất khi chế độ chảy tầng $Re < Re$ giới hạn và dòng ổn định $Fr > 10^{-5}$.

Bằng cách đưa vào vùng lắng của bể lắng ngang các ống lắng hình trụ đặt nghiêng một góc 60° so với phương ngang (hình 6.28) làm tăng diện tích bề mặt đáy bể lắng (cặn lắng chạm đáy hình trụ, trượt theo đáy có góc nghiêng 60° xuống vùng thu cặn của bể). Nước trong đi lên vùng thu nước chảy vào máng thu đưa ra ngoài, chế độ nước chảy trong các ống hình trụ luôn là chế độ chảy tầng $Re < 2000$ và dòng luôn ở trạng thái ổn định $Fr > 10^{-5}$.



Hình 6.28: Sơ đồ cấu tạo bể lắng lớp mỏng có các ống lắng hình trụ đặt nghiêng 60°
1. Bể phản ứng tạo bông cặn; 2. Vùng phân phối nước; 3. Vùng đặt các ống lắng diện tích F ;
4. Máng răng cưa thu nước; 5. Vùng thu cặn và xả cặn.

Chế độ thủy lực của quá trình lắng trong các ống hình trụ thể hiện ở (hình 6.29).

Trong ống lắng, nước đi từ điểm A với vận tốc v_0 đến điểm C, còn hạt cặn có vận tốc lắng u_0 phải rơi được quãng đường CD, chạm đáy và trượt theo đáy xuống vùng thu cặn.

$$AC = AE + EC;$$

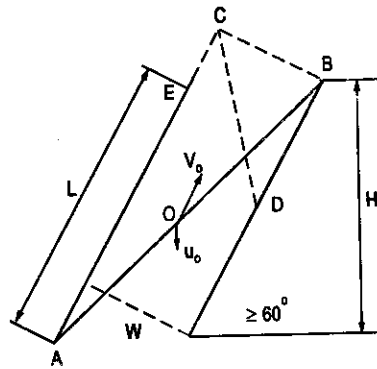
$$AE = H/\sin\alpha;$$

$$EC = W/\operatorname{tg}\alpha;$$

$$AC = \frac{H}{\sin\alpha} + \frac{W}{\operatorname{tg}\alpha} = v_o T;$$

$$CD = \frac{W}{\cos\alpha} = u_o \cdot T ;$$

$$\frac{u_o T}{v_o T} = \frac{W \sin\alpha}{H \cos\alpha + W \cos^2 \alpha}$$



Hình 6.29: Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của ống lắng đặt nghiêng

Diện tích mặt bằng của bể lắng nghiêng là F. Diện tích tiết diện vuông góc với hướng nước chảy trong ống là $F \cdot \sin\alpha$ vận tốc nước chảy trong ống lắng, $v_o = \frac{Q}{F \sin\alpha}$ thay v_o vào phương trình trên rút ra:

$$u_o = \frac{Q}{F} \times \frac{W}{H \cos\alpha + W \cos^2 \alpha} \quad (6.28)$$

Từ công thức (6.28), nếu chọn các ống lắng hình trụ vuông có cạnh là $W = 0,1\text{m}$ hoặc tròn có đường kính $W = 0,1\text{m}$, $H = 1\text{m}$, $\alpha = 60^\circ$ thì:

$$u_o = \frac{Q}{F} \times \frac{0,1}{1,0,5 + 0,1,0,5^2} = 0,19 \cdot \frac{Q}{F}$$

Như vậy khi đặt ống lắng nghiêng vào bể lắng ngang diện tích mặt bằng chỉ cần 0,19 lần diện tích bể lắng ngang thường hay diện tích bể lắng đã giảm đi $1/0,19 = 5,26$ lần.

Khó khăn về mặt kỹ thuật đối với bể lắng lớp mỏng (lamella) là khối ống hình trụ đặt trong bể lắng dễ bị xô, cong vênh nếu các dàn đỡ không thật chắc chắn, việc xả, rửa cặn từ các ống lắng hình trụ đặt nghiêng còn chưa được nghiên cứu kỹ, các chỉ số quản lý còn chưa được công bố nhiều, do vậy cần phải nghiên cứu tiếp để hoàn thiện loại bể lắng này.

Ví dụ tính toán:

Tính toán thiết kế bể lắng nghiêng cho nhà máy nước công suất $20000\text{m}^3/\text{ng}$.

Trong bể lắng đặt các ống lắng hình trụ vuông cạnh $0,05 \times 0,05\text{m}$, chiều dài ống lắng $l = 1\text{m}$, đặt nghiêng 60° , chiều cao khối trụ lắng $H = l \cdot \sin\alpha = 1 \times 0,867 = 0,867\text{m}$.

Vận tốc lắng $u_o = 0,25\text{mm/s}$.

Xác định: - Số bể lắng.

- Kích thước bể lắng.
- Máng thu nước ra.
- Thời gian xả cặn.

Giải:

Công suất nước đi vào bể lắng:

$$Q_L = \alpha \cdot Q = 1,05 \times 20000 \text{ m}^3/\text{ng} = 21000 \text{ m}^3/\text{ng} = 0,243 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Tính diện tích mặt bằng cần thiết của bể lắng áp dụng công thức (6.28):

$$u_o = \frac{Q}{F} \times \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha}$$

Trong đó: u_o - tốc độ lắng của hạt, $u_o = 0,25 \text{ mm/s} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$;

$$W = 0,05 \text{ m}; H = 0,867 \text{ m}; \alpha = 60^\circ, \cos \alpha = 0,5;$$

$$F = \frac{Q}{u_o} \times \frac{W}{H \cos \alpha + W \cos^2 \alpha};$$

$$F = \frac{0,243}{2,5 \times 10^{-4}} \cdot \frac{0,05}{0,867 \times 0,5 + 0,05 \times 0,5^2} = 972 \times 0,112 = 109 \text{ m}^2 \approx 110 \text{ m}^2.$$

Trong nhà máy xây dựng hai bể lắng. Diện tích mặt bằng một bể $F_1 = 55 \text{ m}^2$. Chọn chiều rộng một bể 6m, chiều dài $L_1 = 55/6 = 9,16 \text{ m}$. Lấy 10m.

Diện tích thực tế của bể lắng $F_1 = 6 \times 10 = 60 \text{ m}^2$.

- Tốc độ u_o của các hạt:

$$u_o = \frac{Q}{F} \cdot 0,112 = \frac{0,243}{2 \times 60} \cdot 0,112 = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}.$$

- Vận tốc nước chảy trong ống lắng:

$$v_o = \frac{Q}{F \cdot \sin \alpha} = \frac{0,243}{2 \times 60 \times 0,867} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}.$$

Ở nhiệt độ 10°C , $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6}$; $Re = \frac{v_o \cdot R}{\nu}$

$$R = \frac{0,05 \times 0,05}{4 \times 0,05} = 0,0125 \text{ m}.$$

$$Re = \frac{2,34 \cdot 10^{-3} \times 1,25 \cdot 10^{-2}}{1,31 \cdot 10^{-6}} = 22,3 < 200.$$

Nước trong ống lắng chuyển động theo chế độ chảy tầng.

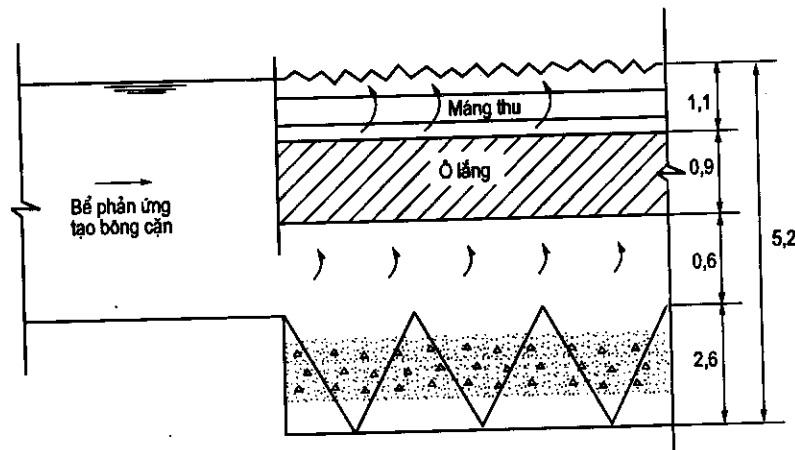
- Chuẩn số Froude:

$$Fr = \frac{v_o^2}{g.R} = \frac{(2,34.10^{-3})^2}{9,81 \times 1,25.10^{-2}} = 4,4.10^{-5} > 10^{-5}.$$

Dòng chảy trong ống lắng là dòng ổn định.

- Tính chiều cao bể lắng:

- + Chiều cao phân nước trong trên các ống lắng $h_1 = 1,1m$.
- + Chiều cao đặt ống lắng nghiêng $h_2 = 0,867m$.
- + Chiều cao phân không gian phân phối nước dưới các ống lắng nghiêng $h_3 = 0,6m$.



Hình 6.30: Sơ đồ chiều cao bể lắng nghiêng

+ Chiều cao phân chứa cặn: cặn thu vào đáy hình chóp có cạnh xiên 1 góc 60° so với phương ngang. Bể có chiều rộng 6m, dài 10m, mỗi bể làm 6 hình chóp thu cặn, cạnh đáy hình chóp $3 \times 3,3m$, chiều cao hình chóp $h_4 = 2,6m$.

- Tổng chiều cao bể lắng:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 5,167m, \text{ lấy } H = 5,2m \text{ (hình 6.30)}$$

Xả cặn bằng thủy lực theo sáu ống tháo từ mỗi chóp chứa cặn.

- Tổng chiều dài máng:

Máng thu nước đặt suốt chiều dài bể lắng, tải trọng thu $q = 2l/s.m$ dài mép máng, máng thu cả hai phía, tổng chiều dài máng là:

$$L = \frac{Q}{2q} = \frac{0,1215m^3/s}{2 \times 0,002m^3/s} = 30,75m.$$

Trong bể đặt ba máng, khoảng cách tim máng $a_1 = 2,0m$.

Tim máng đến tường dọc $a_2 = 1m$.

6.3.5. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng

1. Nguyên tắc hoạt động của bể lắng trong

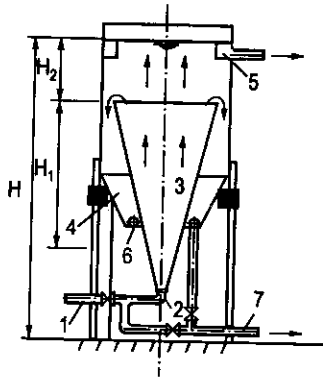
Hiệu quả lắng của bể lắng đứng tăng lên do nước nguồn đã đánh phèn khi chuyển động đi qua lớp cặn lơ lửng ở trong bể. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm và thực tế sản xuất chỉ ra rằng: Nước sau khi trộn với phèn hoặc hoá chất khác tiếp xúc với cặn đã lắng của bể lắng sẽ đẩy nhanh quá trình tạo ra bông cặn của các chất bẩn có trong nước hoặc tăng cường quá trình kết tinh cặn CaCO_3 và MgO khi làm mềm nước bằng vôi và soda. Các nhà khoa học đã sử dụng kết quả nghiên cứu này để tạo ra nhiều dạng kết cấu của bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

Trong thực tế đã sử dụng hai loại kết cấu của bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng.

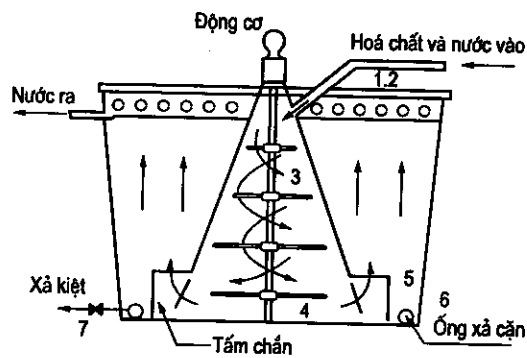
- **Loại thứ nhất:** kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời. Khi nước chuyển động từ dưới lên trên đi qua lớp cặn với tốc độ đủ lớn để giữ cặn trong tình trạng lơ lửng, nhưng bé hơn tốc độ lắng tự do của từng bông cặn trong môi trường tĩnh, để những bông cặn này không bị cuốn ra khỏi bể lắng. Hình 6.31 giới thiệu sơ đồ hoạt động của bể loại thứ nhất.

Sơ đồ bể lắng trong có đáy loe hình côn (hình 6.31). Nước sau khi trộn phèn hoặc các hoá chất khác cho đi qua ngăn tách khí đặt trước bể lắng rồi theo ống (1) đi vào phần đáy dưới côn loe (2). Trong côn loe nước chuyển động từ dưới lên trên với tiết diện dòng chảy mở rộng dần, do đó tốc độ của nước giảm đến trị số cho phép tạo ra ở phần hình côn (3) một lớp cặn lơ lửng. Cặn dư do tích lũy dần dần được tràn qua mép hình côn rơi xuống ngăn nén cặn (4). Nước trong đi qua lớp nước bảo vệ H_2 nằm phía trên côn loe (3) tập trung vào máng thu (5) rồi chảy sang bể lọc. Cặn được thu bằng ống khoan lỗ (6) từng chu kỳ theo ống dẫn (7) xả ra ngoài.

- **Loại thứ hai:** kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng tách rời, ngăn phản ứng đặt ở tâm bể lắng. Hình 6.32 giới thiệu sơ đồ cấu tạo của loại bể thứ hai.



Hình 6.31: Bể lắng trong có đáy loe hình côn



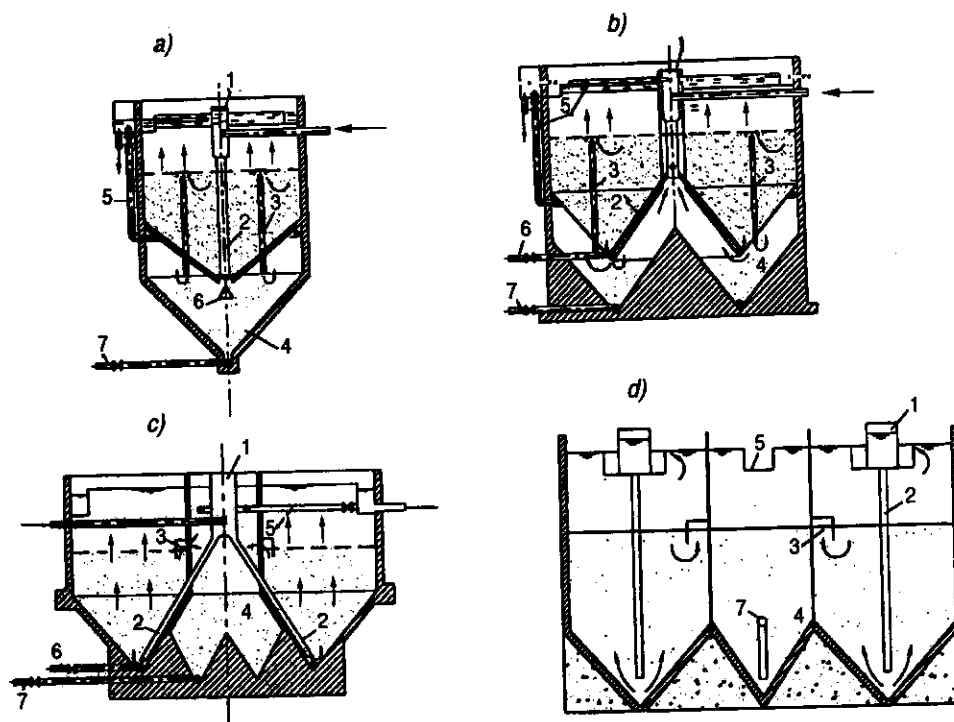
Hình 6.32: Bể lắng trong có ngăn tạo bông cơ khí đặt ở tâm bể

Bể lắng là hình nón cụt dựng trên đáy nhỏ, ở tâm bể lắng có ngăn tạo bông cặn hình nón cụt dựng trên đáy lớn. Nước theo ống (1) đi vào ngăn tạo bông cặn, phèn và hoá chất khác theo ống (2). Trong ngăn tạo bông cặn có hệ thống cánh khuấy (3) để khuấy trộn nước và hoá chất, cánh khuấy (4) để giữ cho các bông cặn lơ lửng ở phần dưới của ngăn tạo bông cặn. Cặn thừa của lớp cặn lơ lửng rơi vào ngăn nén cặn (5), từ đó theo ống dẫn (6) từng chu kỳ tháo ra ngoài. Tháo nước làm khô bề khi cần sửa chữa bằng ống tháo (7).

2. Cấu tạo bể lắng trong

Loại thứ nhất: kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời, ngoài kết cấu dạng đáy loe còn xây dựng bể kiểu hành lang (hình 6.33).

Trên (hình 6.34) giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong kiểu hành lang của hãng Kendy (Anh).



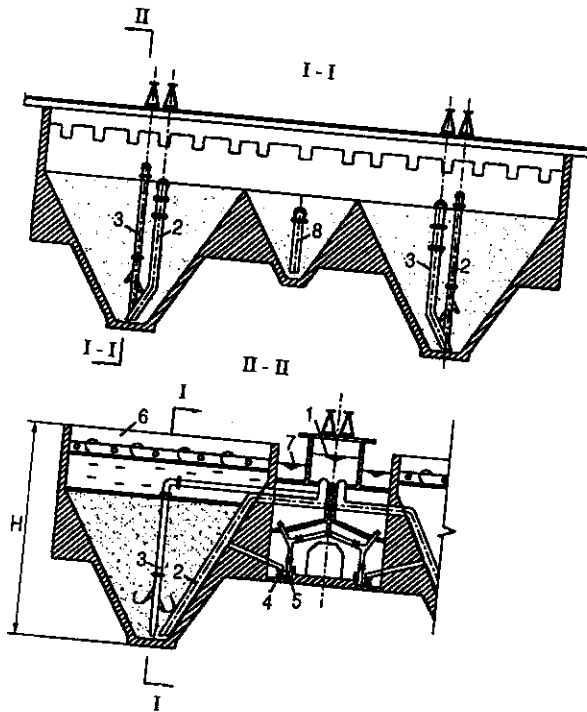
Hình 6.33: Bể lắng có quá trình tạo bông cặn và lắng xảy ra đồng thời

a) Bể hình vuông hoặc tròn có ngăn chứa cặn đặt dưới ngăn lắng trong; b) Bể mặt bằng hình chữ nhật có ngăn chứa cặn đặt dưới ngăn lắng trong; c) Bể hành lang có ống phân phối đặt xiên; d) Bể hành lang có ống phân phối thẳng đứng.

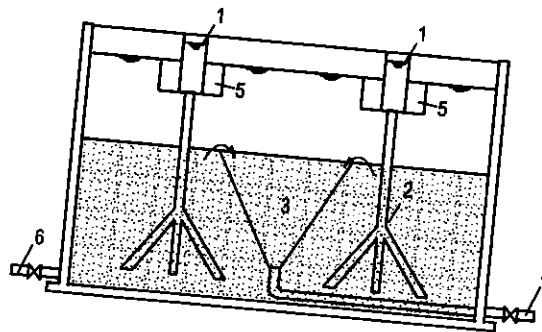
1. Máng dẫn nước đồng thời là ngăn tách khí; 2. Ống phân phối nước vào bể; 3. Ống hay cửa sổ thu cặn; 4. Ngăn chứa và nén cặn; 5. Thu nước trong từ ngăn nén cặn; 7. Ống tháo cặn.

Hình 6.34: Sơ đồ cấu tạo bể lắng kiểu hành lang của hãng Kendy (Anh)

1. Máng dẫn nước nguồn kết hợp làm ngăn tách khí;
2. Ống xả cặn bể lắng;
3. Ống phân phối nước nguồn đã trộn đều với hoá chất;
4. Đũa chặn vào ngăn nén cặn;
5. Rửa cặn bằng nước;
6. Máng thu nước;
7. Máng dẫn nước sang bể lọc;
8. Xả cặn từ ngăn nén cặn ra ngoài.



Trên hình 6.35 giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong đáy phẳng do WASE thiết kế đã hoạt động tốt tại nhà máy nước Châu Phú - An Giang từ năm 1994 (công suất 2000 m³/ngày). Chỉ tiêu thiết kế giống như bể lắng kiểu hành lang. Riêng phần thu và nén cặn dùng phễu thu đặt ở giữa bể. Phễu thu hình côn góc tâm nhỏ hơn hoặc bằng 60°. Góc phễu có cao độ bằng mặt trên của lớp cặn lơ lửng, khoảng cách mép phễu đến thành bể $L_{max} = 2,2m$. Diện tích đáy phễu ngang mặt lớp cặn lấy bằng 15-20% diện tích bể lắng. Khoảng cách các ống phân phối nước nhỏ hơn hoặc bằng 1,2m, tốc độ đi lên của dòng nước $u_0 = 0,8 - 0,9mm/s$.



Hình 6.35: Bể lắng trong đáy phẳng

1. Máng dẫn và là ngăn tách khí;
2. Ống phân phối nước vào;
3. Phễu thu và nén cặn;
4. Ống xả cặn;
5. Máng thu nước trong dẫn sang bể lọc;
6. Ống xả kiệt.

Loại thứ hai: kiểu bể có quá trình phản ứng tạo bông cặn và lắng trong tách rời, ngăn phản ứng đặt ở tâm bể ngoài kiểu hình chóp cụt (hình 6.32) còn có nhiều kiểu cấu tạo ngăn phản ứng tạo bông cặn với quá trình tuần hoàn lại cặn. Chỉ tiêu thiết kế:

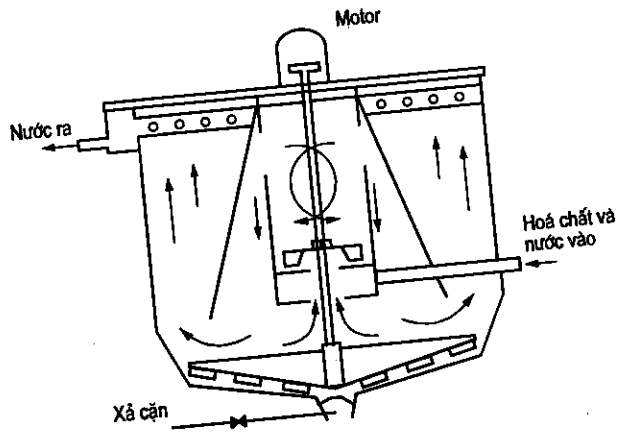
- Thời gian phản ứng tạo bông cặn gần bằng 20 phút (dung tích ngăn phản ứng đặt giữa bể lắng tính theo thời gian lưu nước 20 phút).

- Thời gian lắng trong ngăn lắng từ 1,5 - 2 giờ.
- Tải trọng bề mặt vùng lắng $2 - 3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.
- Tải trọng thu nước $q = 2 - 3 \text{ l/s} \cdot \text{m}$ dài mép máng.
- Vận tốc nước đi lên ở vùng lắng nhỏ hơn hoặc bằng $0,85 \text{ mm/s}$.
- Lượng nước và cặn tuần hoàn trong vùng phản ứng tạo bông cặn do máy khuấy cơ khí hay ejector tạo ra, $q_1 = 3 \div 5$ lần lưu lượng nước thô đi vào bể lắng.

Hình 6.36 giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lắng trong có ngăn keo tụ và tuần hoàn cặn tách biệt.

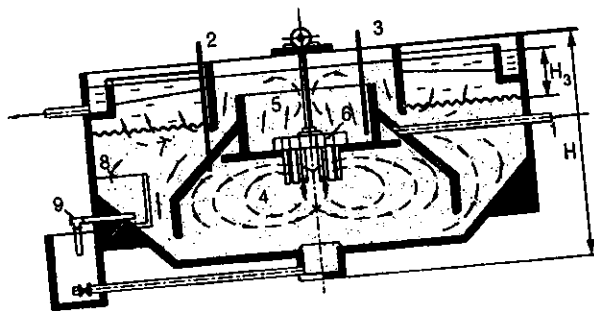
- Lưu lượng nước đưa vào bể thay đổi không quá 1% trong 1h.

- Điều chỉnh lưu lượng cặn tuần hoàn bằng cách giảm hoặc tăng số vòng quay của máy khuấy. Số lượng bể trong nhà máy chọn sao cho khi ngừng một bể để sửa chữa, vận tốc dòng nước đi lên ở các bể còn lại tăng không quá hai lần lúc làm việc bình thường.



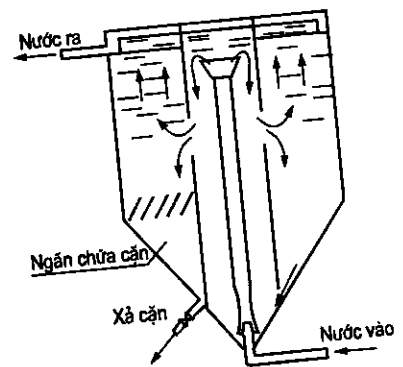
Hình 6.36: Bể lắng có ngăn keo tụ và tuần hoàn cặn đặt ở tâm bể

Hình 6.38 giới thiệu cấu tạo bể lắng dùng áp lực nước nguồn qua ejector để tuần hoàn cặn. Bể có nhược điểm là không thường xuyên điều chỉnh được cường độ khuấy trộn và tỷ lệ nước tuần hoàn.



Hình 6.37: Sơ đồ cấu tạo bể lắng accelerator của hãng Inphilco (Mỹ)

1. Ống dẫn nước nguồn vào; 2 và 3. Ống dẫn dung dịch hoá chất; 4. Vùng trộn và phản ứng tạo bông sơ cấp; 5. Vùng tạo bông cặn; 6. Máy khuấy tuần hoàn cặn; 7. Vùng lắng; 8. Ngăn chứa cặn; 9. Ống xả cặn.



Hình 6.38: Bể lắng tuần hoàn cặn bằng thủy lực

3. Nguyên lý tính toán bể lắng trong

Bể lắng trong gồm các cơ cấu chính sau: hệ thống để phân phối đều nước theo toàn bộ diện tích bể; vùng cấu tạo bông cặn, lớp cặn lơ lửng, vùng lắng, ngăn nén cặn, hệ thống để thu nước trong ở vùng lắng và ngăn nén cặn, hệ thống xả cặn.

Sau khi ra khỏi hệ thống phân phối, nước đi vào vùng tạo bông cặn của bể lắng. Do kết quả xáo trộn chậm bằng dòng nước đi lên với vận tốc 3 - 10mm/s những bông cặn nhỏ do phèn tạo ra va chạm và dính kết với các cặn bản của nước thành những bông cặn lớn. Khi làm mềm nước ở vùng tạo bông cặn hình thành cặn lắng tinh thể CaCO_3 và Mg(OH)_2 . Trong một số bể lắng có cấu tạo vùng tạo bông cặn đồng thời là bể trộn và là ngăn tạo bông cặn. Trong trường hợp này hoá chất được đưa thẳng trực tiếp vào vùng tạo bông cặn. Khi tính toán thể tích của vùng tạo bông cặn, tùy theo kết cấu của từng kiểu bể lắng có thể xác định theo thời gian lưu lại của nước trong vùng này từ 5 - 20 phút.

Khi nước chuyển động từ dưới lên trên đi qua lớp cặn lơ lửng, các bông cặn chuyển động hỗn loạn quanh vị trí cân bằng động trong dòng nước đi lên. Nồng độ bông cặn trong lớp cặn lơ lửng càng lớn nếu vận tốc đi lên của dòng nước càng bé và đường kính, trọng lượng riêng của hạt cặn càng lớn. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm chỉ ra rằng: Nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng tỷ lệ nghịch với vận tốc đi lên của dòng nước:

$$C = \frac{K}{v^a}, \quad (6.29)$$

Trong đó:

C - nồng độ trung bình của cặn rắn trong lớp cặn lơ lửng (g/m^3);

K - hệ số giãn nở của cặn, phụ thuộc vào kích thước và trọng lượng riêng của bông cặn;

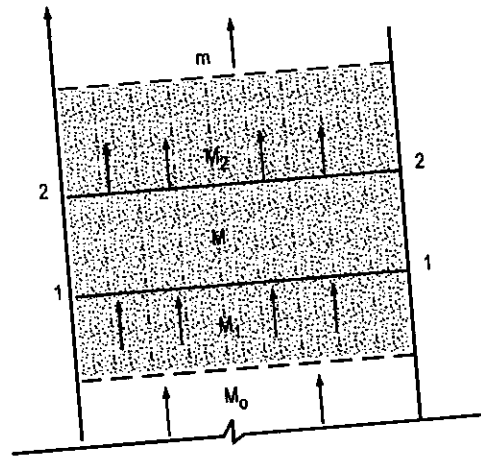
v - tốc độ đi lên của dòng nước (m/h);

a - hệ số mũ.

Trị số của hệ số mũ a theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của các nhà khoa học Xô Viết có thể lấy trung bình bằng 1.

Trị số của hệ số giãn nở K thay đổi trong giới hạn rộng: từ $0,8 \text{ gam/m}^2 \cdot \text{h}$ đối với trường hợp xử lý nước có màu và độ đục thấp cho đến $30 \text{ gam/m}^2 \cdot \text{h}$ đối với nước có độ đục cao. Khi chuyển động cùng với dòng nước qua lớp cặn lơ lửng, những bông cặn bé do phèn tạo ra và cặn bản của nước va chạm và dính kết với các bông cặn to của lớp cặn lơ lửng và bị giữ lại ở lớp cặn lơ lửng. Rõ ràng là nồng độ của các bông cặn trong lớp cặn lơ lửng càng lớn thì xác suất va chạm và dính kết các bông cặn nhỏ trong nước càng lớn, nghĩa là tốc độ giảm lượng cặn bản trong nước tỷ lệ thuận với nồng độ bông cặn C trong lớp cặn lơ lửng. Mặt khác số bông cặn bé trong nước càng nhiều thì khả năng va chạm với các bông cặn của lớp cặn lơ lửng cũng càng lớn, tức khả năng giữ cặn bản tỷ lệ thuận với hàm lượng cặn M của nước xử lý, ngoài ra lớp cặn lơ lửng càng dày, khả năng

giữ cặn bản càng cao. Từ hình 6.39 ta có: nước nguồn tại mặt cắt 1-1 có nồng độ cặn M_1 sau khi đi qua lớp cặn lơ lửng chiều dày ΔH giảm xuống M_2 tại mặt cắt 2.2.



Hình 6.39: Sơ đồ tính toán hiệu quả lắng của lớp cặn lơ lửng

Ta có thể viết phương trình sau:

$$(M_2 - M_1) = \gamma C \cdot M \Delta H$$

Nếu chiều dày lớp cặn lơ lửng dH là vô cùng bé và giá trị $M_2 < M_1$:

$$-dM = \gamma C \cdot M dH$$

(6.30)

Tích phân hai vế phương trình (6.30):

$$\int_{M_0}^m \frac{dM}{M} = -\gamma C \int_0^H dH$$

(6.31)

Khi vận tốc đi lên của dòng nước không đổi thì nồng độ bông cặn C trong lớp cặn lơ lửng sẽ không thay đổi theo toàn bộ chiều cao H nên:

$$\ln \frac{m}{M_C} = -\gamma C H ;$$

(6.32)

$$m = M_C e^{-\gamma C H}$$

(6.33)

Trong đó:

m - hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lắng (mg/l);

M_C - hàm lượng cặn lớn nhất trong nước đưa vào bể lắng (mg/l), M_C tính theo công thức (6.23);

γ - hệ số đặc trưng cho tính chất và khả năng dính kết của cặn. Căn cứ vào kết quả nghiên cứu thực nghiệm sơ bộ có thể lấy $\gamma = 0,004$ khi xử lý nước đục và $\gamma = 0,008$ khi xử lý nước có màu, độ đục thấp;

H - chiều cao lớp cặn lơ lửng trong bể lắng (m).

Trị số nồng độ cặn C trong lớp cặn lơ lửng của bể lắng (theo công thức 6.29) phụ thuộc vào vận tốc đi lên của dòng nước. Thay giá trị nồng độ C từ phương trình (6.29) với $a = 1$ vào phương trình (6.32) và (6.33) ta có:

$$\ln \frac{m}{M_C} = -\gamma \frac{K}{v} H \quad (6.34)$$

Hay

$$m = M_C e^{\frac{-\gamma K H}{v}} \quad (6.35)$$

Chiều cao lớp cặn lơ lửng H cần thiết để đảm bảo hiệu quả lắng cho trước được tính từ công thức (6.35):

$$H = -\frac{v}{\gamma K} \ln \frac{m}{M_C} = -\frac{2,3v}{\gamma K} \lg \frac{m}{M_C} \quad (6.36)$$

Việc xác định bằng thực nghiệm hệ số giãn nở của cặn K và hệ số dính kết γ rất khó khăn bởi vì các hệ số này liên hệ với nhau và ảnh hưởng lẫn nhau nên trong thí nghiệm không thể xác định tách riêng chúng được. Để dễ dàng hơn thường xác định bằng thực nghiệm nồng độ chuẩn của lớp cặn lơ lửng C_0 theo vận tốc chuẩn v_0 của dòng nước đi lên khi nhiệt độ nước cố định (ví dụ: khi tốc độ đi lên của dòng nước $v_0 = 3,6\text{m/h}$ (1mm/s) nhiệt độ nước $t^\circ = 20^\circ$). Nếu như biết nồng độ chuẩn C_0 và vận tốc chuẩn v_0 theo công thức (6.29) với $a = 1$:

$$K = C_0 \cdot v_0$$

hay:

$$C = \frac{K}{v};$$

$$C = \frac{C_0 v_0}{v} = \frac{C_0}{\frac{v}{v_0}} = \frac{C_0}{v_*}$$

Tỷ số $\frac{v}{v_0} = v_*$ là trị số không thứ nguyên, biểu thị tỷ số giữa vận tốc thực trong bể lắng và vận tốc chuẩn v_0 khi thí nghiệm.

Thay trị số K vào công thức (6.35) và (6.36) ta có:

$$m = M_C e^{\frac{-\gamma H C_0}{v_*}} \quad (6.37)$$

và

$$H = \frac{-2,3v_*}{\gamma C_0} \lg \frac{m}{M_C} \quad (6.38)$$

Khi bể lắng làm việc lớp cặn lơ lửng giữ lại các cặn bẩn của nước, do đó lượng cặn trong lớp lơ lửng không ngừng tăng lên. Khi tốc độ đi lên của dòng nước cố định tức

nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng không thay đổi thì chiều dày của lớp cặn lơ lửng không ngừng tăng lên. Để tránh việc lôi cặn từ lớp lơ lửng vào máng thu nước trong, phải liên tục hoặc theo từng chu kỳ rút bớt cặn lơ lửng vào ngăn nén cặn để giữ chiều dày H không đổi. Lượng nước cùng với cặn cần rút ra khỏi vùng lắng xác định theo phương trình cân bằng cặn. Nếu hàm lượng cặn trong nước cho vào bể lắng là M_C (g/m^3) hàm lượng cặn còn lại trong nước khi ra khỏi bể lắng là m (g/m^3) thì số lượng cặn được giữ lại nhờ lớp cặn lơ lửng trong bể lắng sẽ là:

$$Q(M_C - m) = QM, \quad (g/h), \quad (6.39)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước đi qua bể lắng (m^3/h);

M - số lượng cặn được giữ lại (g/m^3).

Theo kết quả xác định nhiều lần trong thực tế và phòng thí nghiệm thì nồng độ cặn của lớp cặn lơ lửng thay đổi rất ít theo chiều cao và khi tốc độ đi lên của dòng nước cố định có thể coi là không đổi và bằng C (g/m^3) (hình 6.40). Do đó ta có phương trình cân bằng cặn:

$$QM = Cq \quad (6.40)$$

Trong đó: q - lưu lượng nước cùng với cặn cần rút từ ngăn lắng sang ngăn nén cặn (m^3/h).

Vì:
$$C = \frac{C_0}{v_*} \quad (6.41)$$

và
$$QM = \frac{C_0}{v_*} q \quad (6.42)$$

nên ta có:
$$q = \frac{QMv_*}{C_0} \quad (6.43)$$

Rõ ràng trị số $\frac{Q-q}{Q} = K_p$ là hệ số phân phối nước giữa vùng lắng và ngăn nén cặn; và như vậy thì $Q.K_p$ là lưu lượng nước đi qua vùng lắng, còn $(1 - K_p)Q$ là lưu lượng nước cùng với cặn được rút sang ngăn nén cặn.

$$K_p = 1 - \frac{Mv_*}{C_0}; \quad (6.44)$$

$$1 - K_p = \frac{q}{Q} = \frac{Mv_*}{C_0} \quad (6.45)$$

Lưu lượng nước cùng với cặn thực tế phải rút từ ngăn lắng vào ngăn nén cặn là:

$$Q(1 - K_p) \cdot \varphi = \frac{Mv_* \varphi}{C_0} Q \quad (6.46)$$

Trong đó: φ - hệ số tính đến khả năng cuốn theo một số nước trong từ vùng lắng vào ngăn nén cặn, thường lấy $\varphi = 1,15 - 1,2$.

Diện tích vùng lắng cần thiết xác định theo công thức:

$$F_1 = \left(1 - \frac{Mv_*}{C_o}\right) \frac{Q_{tính}}{v_{tính}}, \quad (m^2) \quad (6.47)$$

Diện tích ngăn nén cặn:

$$F_2 = \varphi \frac{Mv_*}{C_o} \frac{Q_{tính}}{v_{tính}}, \quad (m^2) \quad (6.48)$$

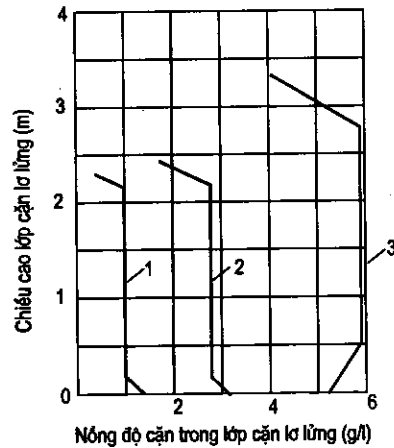
Trong đó: $v_{tính}$ - vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong vùng lắng (m/h).

Hình 6.40: Biểu đồ thể hiện sự thay đổi nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng theo chiều cao từ kết quả thực nghiệm

Đường cong 1: làm mềm nước bằng vôi;

Đường cong 2: lắng nước có độ đục 511 mg/l;

Đường cong 3: lắng nước có độ đục 47 mg/l.



4. Xác định các thông số tính toán bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng bằng thực nghiệm

Để tính toán công nghệ bể lắng trong cần phải biết lưu lượng tính toán, hàm lượng cặn cho phép của nước khi ra khỏi bể lắng, vận tốc cho phép của dòng nước đi lên trong vùng lắng, nồng độ chuẩn của cặn trong lớp lơ lửng, và động học của quá trình nén cặn.

Khi tính toán thiết kế bể lắng trong, hai thông số đầu được cho trước, các thông số còn lại xác định bằng thực nghiệm tại nguồn nước, hoặc xác định bằng tài liệu quản lý bể lắng làm việc trong điều kiện tương tự.

Việc xác định bằng thực nghiệm các thông số đặc trưng cho cặn cần phải tiến hành khi nước có hàm lượng cặn cao nhất (mùa lũ) và thấp nhất (mùa khô), mỗi thời kỳ phải xác định: hàm lượng cặn của nước trước khi vào bể lắng M_C (mg/l) khi đã trộn với liều lượng phèn tối ưu. Nồng độ chuẩn của lớp cặn lơ lửng C_o (g/m³). Theo tốc độ chuẩn $v_o = 1$ mm/s đối với nước đục và $v_o = 0,5$ mm/s (1,8 m/h) đối với nước có màu. Tốc độ cho phép lớn nhất của dòng nước đi lên trong bể lắng.

Xác định vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong bể lắng và nồng độ cặn trong lớp cặn lơ lửng tiến hành trên mô hình bể lắng trong có đường kính không bé hơn 150 mm và chiều cao bằng 300 mm.

Mô hình là ống thủy tinh hữu cơ hoặc thủy tinh thường (hình 6.41) đầu dưới và đầu trên hình côn có lắp ống để dẫn nước vào và thu nước trong ra khỏi mô hình. Giữa mô hình lắp ống có vòi để rút cặn thừa ở lớp cặn lơ lửng. Đầu tiên tiến hành keo tụ thử để xác định liều lượng tối ưu của phèn.

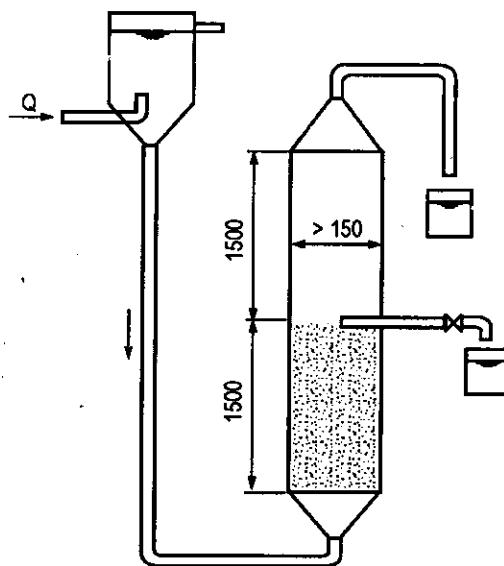
Dung dịch phèn 0,1% định lượng vào bể trộn.

Từ bể trộn nước được rót vào phễu đặt cao hơn đầu ra của ống thu nước 500mm.

Từ phễu nước theo ống cao su đi vào đáy dưới của mô hình. Phễu đồng thời làm nhiệm vụ của ngăn tách khí. Trong thời kỳ đầu để tạo ra lớp cặn lơ lửng, cho mô hình làm việc với tốc độ đi lên của dòng nước 0,3 - 0,5mm/s. Khi chiều cao của lớp cặn lơ lửng trong mô hình đạt được 100cm bắt đầu tăng dần vận tốc đi lên của dòng nước (tăng từ từ vận tốc, đảm bảo trong vòng 10 phút tăng không quá 0,1mm/s khi xử lý nước có màu). Để mô hình làm việc với vận tốc $v_0 = 1\text{mm/s}$ cho đến khi chiều cao của lớp cặn lơ lửng vượt quá ống rút cặn 300 - 400mm. Lúc đó mở từ từ vòi thu cặn sao cho lưu lượng nước và cặn chảy qua vòi không lớn hơn 150 - 200ml trong một phút. Thu liên tục năm mẫu nước và cặn, thể tích mỗi mẫu 100ml với thời gian lấy mẫu cách nhau 10 phút, sau đó xác định hàm lượng cặn trong mỗi mẫu. Giá trị trung bình hàm lượng cặn của các mẫu này là nồng độ chuẩn C_0 của cặn trong lớp lơ lửng. Đồng thời thu mẫu nước trong ở đỉnh mô hình. Nếu hàm lượng cặn trong mẫu nhỏ hơn 8mg/l thì tiếp tục tăng một cách dần dần vận tốc của dòng nước đi lên trong mô hình cho đến khi hàm lượng cặn trong mẫu nước trong đạt đến trị số $m = 8 \div 10\text{mg/l}$.

Tốc độ lớn nhất của dòng nước đi lên trong mô hình khi hàm lượng cặn của nước đi ra đạt đến trị số 8 - 10mg/l là vận tốc giới hạn v_{gh} của bể lắng trong. Khi biết vận tốc giới hạn, vận tốc tính toán của bể lắng trong tính theo công thức:

$$v = 0,75(v_{gh} - 0,1) \text{ (mm/s)} \quad (6.49)$$



Hình 6.41: Sơ đồ mô hình để xác định thông số tính toán bể lắng trong

Bảng 6.3. Tốc độ tính toán của dòng nước đi lên trong bể lắng và giá trị trung bình của nồng độ chuẩn C_0 của lớp cặn lơ lửng

Đặc tính của nước nguồn và phương pháp xử lý	Tốc độ đi lên của dòng nước trong vùng lắng $\frac{\text{mm/s}}{\text{m/h}}$		Nồng độ chuẩn C_0 của cặn trong lớp cặn lơ lửng (g/m^3) khi vận tốc chuẩn $v_0 = 1\text{mm/s}$
	Mùa hè	Mùa đông	
Nước màu có độ đục thấp xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{0,7-0,8}{2,5-2,8}$	$\frac{0,5-0,6}{1,8-2,15}$	500 - 1000
Xử lý bằng phèn nhôm có pha thêm axit silixic hoạt hoá	$\frac{0,9-1,0}{3,2-3,6}$	$\frac{0,8-0,9}{2,85-3,2}$	600 - 1200
Nước có hàm lượng cặn 100-400mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{0,8-1,0}{2,85-3,6}$	$\frac{0,6-0,8}{2,15-2,8}$	1000- 2000
Xử lý bằng phèn nhôm có pha thêm axit silixic hoạt hoá	$\frac{1,0-1,1}{3,6-4}$	$\frac{0,9-1,0}{3,2-3,6}$	1200 - 2100
Nước có hàm lượng cặn 400-1000mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{1,0-1,1}{3,6-4}$	$\frac{0,8-1,0}{2,8-3,6}$	1300 - 2500
Nước có độ đục 1000-2500 mg/l xử lý bằng phèn nhôm	$\frac{1,1-1,2}{4-4,3}$		2500 - 10000
Nước có độ cứng magie < 25% độ cứng toàn phần, làm mềm bằng vôi hoặc vôi và soda	$\frac{1,2-1,7}{4,3-5}$		3000 - 12000
Nước có độ cứng magie > 25% độ cứng toàn phần, làm mềm bằng vôi hoặc vôi và soda	$\frac{1-1,1}{3,6-4}$		2000 - 6000

Sau khi xác định được vận tốc giới hạn, ngừng đưa nước nguồn vào mô hình, đánh dấu vị trí mặt trên của lớp cặn tại thời điểm ngừng cấp nước để cho cặn lắng và đo chiều cao cặn sau 5, 15, 30, 60 phút và sau 2, 4, 6, 12 và 24 giờ. Hết 24 giờ thí nghiệm lắng cặn, tháo toàn bộ cặn trong mô hình ra để xác định thể tích và nồng độ trọng lượng, xây dựng biểu đồ tương quan giữa trọng lượng, thể tích cặn theo thời gian dùng để tính toán thể tích vùng chứa cặn của bể lắng.

Khi không có khả năng xác định bằng thực nghiệm tại nguồn nước các thông số tính toán, để thiết kế sơ bộ có thể dùng các số liệu ghi ở bảng (6.3) và (6.4).

Để so sánh đánh giá trong bảng (6.4) ghi vận tốc tính toán thực tế của dòng nước đi lên trong các bể lắng trong khác nhau.

Bảng 6.4. Tốc độ đi lên của nước trong các bể kết cấu khác nhau

Kết cấu bể lắng	Tốc độ của nước trong vùng lắng (mm/s)			
	Khi lắng trong và khử mùi			Khi làm mềm bằng vôi
	Độ đục thấp	Độ đục trung bình	Độ đục > 1000mg/l	
Bể lắng kiểu hành lang ngăn nén cặn thẳng đứng	0,6 - 0,7	0,8 - 0,9	1,1 - 1,2	1,2 - 1,4
Ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng và phân phối nước bằng đáy có lỗ	1 - 1,1	1,1 - 1,2	1,2 - 1,6	
Bể lắng hãng "Gre-ver - Mỹ"	0,7 - 0,9	0,9 - 1	1 - 1,4	1 - 2
Bể lắng hãng "Kendy - Anh"	0,5 - 0,85	0,7 - 0,8	0,8 - 1	1 - 1,85
Accelerator hãng Inphilco của Mỹ	0,6 - 1	0,7 - 1,1	0,8 - 1,1	1 - 2
Tuần hoàn cặn bằng ejector	0,7 - 0,9	0,9 - 0,95	1 - 1,2	

5. Tính toán xác định kích thước bể lắng trong

Sau khi có vận tốc tính toán v_t của dòng nước đi lên trong bể lắng, nồng độ chuẩn của cặn trong lớp cặn lơ lửng C_o , và nồng độ chất rắn trong cặn đã nén δ ta tiến hành tính toán xác định kích thước bể lắng.

Lưu lượng tính toán của nước đi vào bể lắng:

$$Q_t = Q_o \left(1 + \frac{M}{\delta} \right) \quad (6.50)$$

Trong đó:

Q_t - lưu lượng tính toán của bể lắng (m^3/h);

Q_o - lưu lượng nước trong đi ra khỏi bể lắng (m^3/h);

M - lượng cặn trong nước được bể lắng giữ lại ($M = M_c - m$) (mg/l);

δ - nồng độ cặn đã nén sau 6 giờ (mg/l).

- Tổng diện tích của bể lắng trong được xác định như sau:

a) *Bể lắng có ngăn nén cặn thẳng đứng*

$$F = F_1 + F_2 = \frac{K_p Q_t}{v_t} + \frac{(1 - K_p) Q_t}{v_t} \varphi \quad (6.51)$$

Trong đó:

Q_t - lưu lượng nước tính toán (m^3/h);

F_1 - diện tích ngăn lắng (m^2);

F_2 - diện tích ngăn nén cặn (m^2);

v_t - vận tốc đi lên của nước trong vùng lắng (m/h).

Thay vào công thức (6.51) giá trị của hệ số phân phối K_p và $(1 - K_p)$ từ phương trình (6.44) và (6.45) ta có:

$$F = F_1 + F_2 = \frac{\left(1 - \frac{M}{C_o} v_{*t}\right) Q_t}{v_t} + \frac{\frac{\varphi \cdot M \cdot v_{*t}}{C_o} Q_t}{v_t} \varphi, \quad (6.52)$$

Trong đó:

v_t - vận tốc tính toán của dòng nước đi lên trong vùng lắng tại mặt cắt cách mép trên cửa thu cặn 0,75m, tính bằng m/h;

φ - hệ số tính đến lượng nước rút theo cặn từ vùng lắng vào ngăn chứa cặn, lấy bằng 1,2.

b) Bể lắng có ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng

$$F = F_1 + f = \frac{K_p Q_t}{v_t} + \frac{(1 - K_p) \cdot \varphi \cdot Q_t}{v_{tc}} \quad (6.53)$$

Trong đó:

f - diện tích tiết diện ống thu cặn (m^2);

v_{tc} - vận tốc của nước và cặn trong ống thu cặn lấy không lớn hơn 100 - 150m/h.

Diện tích ngăn nén cặn đặt dưới vùng lắng lấy theo cấu tạo bể lắng nhưng phải thoả mãn điều kiện sau:

$$v_t \geq \left(\frac{M}{C_o} v_{*t} \varphi \cdot Q_t \right) / F'_1, \quad (6.54)$$

Trong đó: F'_1 - diện tích mặt cắt ngang của ngăn chứa cặn tính tại cao độ 100cm thấp hơn trục ống khoan lỗ thu nước trong đặt ở ngăn chứa cặn.

Sau khi xác định diện tích bể lắng trong, tiến hành tính toán và cấu tạo các chi tiết khác của bể lắng theo các quy định sau:

1) Góc nghiêng so với phương nằm ngang của tường ở phần dưới ngăn lắng có đáy hình côn hay hình chóp và góc nghiêng của tường ở ngăn nén cặn không được nhỏ hơn 55° . Thường chọn bằng 60° để đảm bảo cho cặn trượt được đến ống xả.

2) Chiều cao cần thiết của lớp cặn lơ lửng tính theo công thức (6.38) là chiều cao tính từ mép dưới của cửa sổ thu cặn hay mép trên của ống thu cặn đến đáy ống phân phối tại mặt cắt có vận tốc đi lên của dòng nước bằng 2mm/s.

3) Trong các bể lắng có đáy hình côn hay hình chóp mép dưới của cửa sổ thu cặn hay mép trên của ống thu cặn phải đặt cao hơn mặt cắt chuyển tiếp từ tường nghiêng sang tường thẳng đúng một đoạn H không nhỏ hơn 1,5m.

4) Diện tích cửa sổ thu cặn ở bể lắng có ngăn nén cặn thẳng đứng hay diện tích ống thu cặn ở bể lắng có ngăn nén cặn đặt dưới đáy vùng lắng tính theo vận tốc chuyển động của nước và cặn không lớn hơn 40 - 60m/h đối với cửa sổ thu cặn và 100 - 150m/h đối với ống thu cặn. Chọn trị số lớn của tốc độ khi xử lý nước có độ đục cao. Diện tích mặt cắt ngang của cửa sổ hoặc ống thu cặn tính theo lưu lượng nước và cặn lớn nhất đi qua bằng $\varphi \cdot (1 - K_p) Q_t$.

Ống thu cặn cần đặt chính giữa diện tích cặn thu của mỗi ống. Khoảng cách giữa các cửa sổ thu cặn hay ống thu cặn chọn xuất phát từ quy định: chiều dài đường chuyển động của cặn đến cửa thu tính theo phương nằm ngang không lớn hơn 3 - 3,5m.

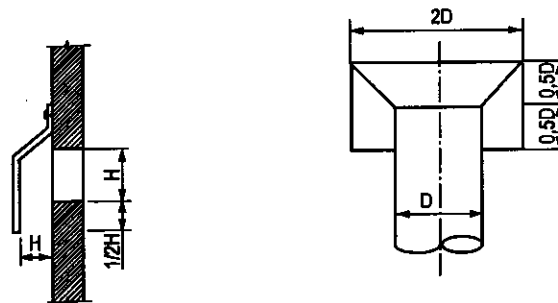
5) Trên cửa sổ và ống thu cặn đặt tấm chắn bảo vệ (hình 6.42) để giảm lượng nước trong đi từ vùng lắng vào ngăn chứa cặn.

6) Mép máng thu nước trong ở ngăn chứa cặn đặt thấp hơn mực nước trong ngăn lắng không ít hơn 30mm.

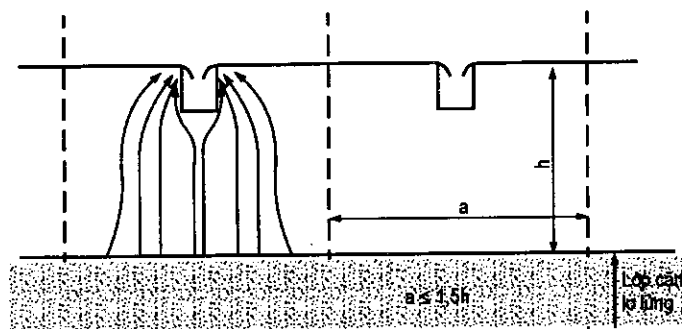
7) Tốc độ chuyển động của nước trong các ống phân phối thẳng đứng không được lớn hơn 0,7m/s. Tốc độ chuyển động của nước qua khe hở giữa mép ống phân phối thẳng đứng và tường nghiêng của bể lắng chọn từ 0,5 - 0,6m/s. Khoảng cách giữa các ống phân phối từ 0,8 - 1,2m.

8) Nước trước khi đi vào bể lắng phải được khử hết bọt khí bởi vì nếu để bọt khí lọt vào bể lắng, nó sẽ nổi lên rất nhanh xuyên qua lớp cặn lơ lửng kéo theo cả bông cặn làm vẩn đục vùng lắng và làm giảm hiệu quả lắng. Ngăn tách khí có thể là mương hay là thùng chứa (hình 6.44). Nước nguồn đi vào ngăn tách khí từ sườn hay từ phía dưới lên.

Nước sau khi được giải phóng khỏi bọt khí chảy xuống đáy thùng với vận tốc rất bé rồi đi vào bể lắng. Tốc độ trong ống dẫn nước vào ngăn tách khí không lớn hơn 0,75m/s. Thời gian lưu lại của nước trong ngăn tách

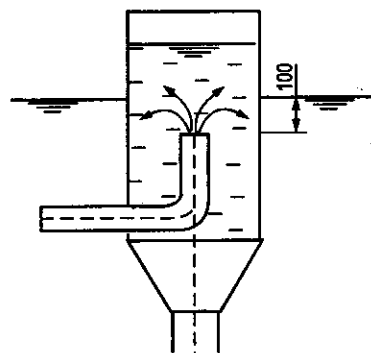


Hình 6.42: Sơ đồ đặt tấm chắn bảo vệ ở cửa sổ và ống thu cặn



Hình 6.43: Sơ đồ bố trí máng thu nước trong

khí không nhỏ hơn 45 giây. Tốc độ đi xuống của nước trong ngăn tách khí không được lớn hơn 0,05m/s. Chiều cao phần hình trụ trong ngăn tách khí hay chiều sâu của nước trong mương không bé hơn 0,7m. Mép dưới phần hình trụ của ngăn tách khí phải đặt thấp hơn mực nước trong bể lắng 500mm. Miệng ống dẫn nước vào ngăn tách khí đặt thấp hơn mực nước trong bể lắng 100 mm. Mực nước trong ngăn tách khí phải đảm bảo tạo được áp lực để khắc phục tổn thất trong đường ống dẫn nước vào bể lắng, tổn thất qua hệ thống phân phối và tổn thất qua lớp cặn lơ lửng.



Hình 6.44: Sơ đồ ngăn tách khí

9) Tổn thất áp lực qua lớp cặn lơ lửng lấy từ 1 - 5cm cột nước cho 1m chiều dày của lớp cặn lơ lửng. Trị số bé lấy khi xử lý nước màu, trị số lớn lấy khi xử lý nước đục và khi làm mềm nước.

10) Thu nước trong ở bể lắng bằng hệ thống máng. Nước tràn qua mép có khía răng cưa hình chữ V hoặc chảy qua lỗ khoan ở thành máng. Có thể dùng ống khoan lỗ dọc theo đường sinh ở đỉnh ống. Khoảng cách giữa trục hai máng thu kề nhau ở các bể lắng hình chữ nhật không được lớn hơn 1,5 lần chiều cao vùng nước trên lớp cặn lơ lửng (hình 6.43).

Thu nước trong ở các bể lắng tròn có đường kính nhỏ hơn 4m bằng máng thu đặt vòng theo chu vi bể. Khi đường kính bể lớn hơn 4m ngoài mép vòng theo chu vi đặt thêm các máng thu từ tâm ra (máng nan quạt). Số lượng máng nan quạt lấy từ 4 đến 6 khi đường kính bể lắng nhỏ hơn 6m và từ 6 đến 8 khi đường kính bể từ 6 - 10m (Tính toán máng thu và ống khoan lỗ xem chương 7).

Ống thu hoặc máng thu nước được đặt ở vị trí cao hơn mép trên của cửa sổ thu cặn một khoảng cách không bé hơn 1 - 1,5 m để tạo ra trên lớp cặn vùng bảo vệ (vùng nước trong). Trị số lớn được chọn khi xử lý nước có độ đục thấp, cặn nhẹ.

11) Vùng tích lũy và nén cặn ở trong ngăn chứa cặn phải tính toán để có đủ thể tích chứa và nén cặn từ 3 đến 6 giờ. Thể tích vùng chứa cặn tính từ đáy ngăn nén cặn đến mặt phẳng ngang nằm dưới cửa sổ thu cặn một đoạn bằng 0,5 - 0,7m.

Thể tích vùng chứa và nén cặn không được nhỏ hơn thể tích tính theo công thức:

$$W_c = \frac{Q_t(M_c - m)}{\delta} T, \quad (m^3) \quad (6.55)$$

Trong đó: T - thời gian nén trong ngăn chứa cặn (h).

Nếu như một ngăn chứa cặn dùng chung cho nhiều ngăn lắng thì Q_t là lưu lượng của tất cả các ngăn lắng.

Để xả cặn khỏi bể lắng trong có đáy hình côn hay hình chóp đặt ống tháo cặn trực tiếp từ ngăn nén cặn ra.

Đối với bể lắng kiểu hành lang phải cấu tạo nhiều phễu chứa cặn hình chóp ở đáy ngăn chứa cặn. Đường kính ống tháo không nhỏ hơn 100mm. Để xả toàn bộ cặn ra khỏi ngăn chứa cặn, góc nghiêng của tường so với phương nằm ngang không nhỏ hơn 55° .

Ví dụ tính toán:

Tính toán bể lắng trong kiểu hành lang (hình 6.33) có ngăn chứa cặn thẳng đứng. Công suất trạm: $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Hàm lượng cặn lớn nhất trong nước nguồn $M_0 = 472 \text{ mg/l}$, độ màu 60 độ, độ kiềm 2 mdlg/l . Nước được keo tụ bằng phèn nhôm sạch với liều lượng tính theo sản phẩm không ngậm nước $a = 150 \text{ mg/l}$. Vôi để kiềm hóa tính theo CaO 50 mg/l .

Hàm lượng cặn trong nước khi vào bể lắng tính theo công thức (6.23):

$$M_c = 472 + 0,46 \times 150 + 0,25 \times 60 + 0,8 \times 50 = 596 \text{ mg/l}$$

Lưu lượng tính toán của nước đi qua bể lắng theo công thức (6.50):

$$Q_t = 100 \left(1 + \frac{586}{25.000} \right) = 102,3 \text{ m}^3/\text{h}. \text{ Chọn } Q_t = 103 \text{ m}^3/\text{h}.$$

(Từ bảng (6.2) tìm được $\delta = 25000 \text{ mg/l}$ và chọn $m = 10 \text{ mg/l}$).

$$M = M_0 - m = 596 - 10 = 586 \text{ mg/l}$$

- Hệ số phân phối nước giữa ngăn lắng và ngăn nén cặn K_p tính theo công thức (6.44).

- Từ bảng 6.3 chọn: nồng độ chuẩn $C_0 = 1600 \text{ mg/s}$; $V_t = 3,6 \text{ m/h}$; $V_{*t} = 1 \text{ m/h}$.

- Diện tích bể lắng trong kể cả ngăn nén cặn tính theo công thức (6.51):

$$F = \frac{0,64 \times 103}{3,6} + \frac{0,36 \times 103}{3,6} \times 1,2 = 18,3 + 12,3 = 30,6 \text{ m}^2.$$

Cấu tạo bể (hình 6.33) có hai ngăn lắng hai bên, ngăn chứa cặn ở giữa. Diện tích một ngăn lắng bằng $9,15 \text{ m}^2$, diện tích ngăn chứa cặn $12,3 \text{ m}^2$. Chọn chiều rộng ngăn lắng $b_1 = 2,5 \text{ m}$, chiều dài là:

$$l = \frac{9,15}{2,5} = 3,7 \text{ m}.$$

Chiều rộng của ngăn nén cặn tại mặt cắt phía trên cửa sổ thu cặn $0,5 \text{ m}$:

$$b_2 = \frac{12,3}{3,7} = 3,3 \text{ m}.$$

- Để xác định diện tích của sổ thu cặn, tìm lưu lượng nước cùng với cặn đi qua cửa sổ thu cặn vào ngăn nén theo công thức (6.46):

$$q = \frac{586 \times 1}{1600} \times 1,2 \times 100 = 43,2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cận đi vào ngăn nén từ hai phía dọc ngăn lắng, lưu lượng vào từ một phía:

$$q_1 = 43,2 : 2 = 21,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diện tích cửa sổ thu cận tính cho một phía:

$$f_c = \frac{q_1}{V} = \frac{21,6}{40} = 0,54 \text{ m}^2$$

Chọn chiều cao cửa sổ thu cận $h = 0,2\text{m}$ khi đó chiều dài toàn bộ cửa sổ thu ở một phía: $l_o = 0,54 : 0,2 = 2,70 \text{ m}$ bố trí sáu cửa, kích thước mỗi cửa sổ $0,2 \times 0,45\text{m}$.

- Thu nước trong ở ngăn nén cận bằng hai ống khoan lỗ đặt thấp hơn mực nước trong bể $0,3 \text{ m}$.

Lưu lượng nước thu của mỗi ống:

$$\begin{aligned} q_o &= \frac{1}{2} Q \left(\frac{Mv_*}{C_o} \varphi - \frac{M}{\delta} \right) = \frac{100}{2} \left(\frac{586 \times 1}{1600} \times 1,2 - \frac{586}{25000} \right) \\ &= \frac{43,2 \text{ m}^3/\text{h} - 2,3 \text{ m}^3/\text{h}}{2} \\ &= 20,45 \text{ m}^3/\text{h} \text{ hay } 5,68 \text{ l/s}. \end{aligned}$$

- Xác định chiều cao của bể lắng.

a. Theo điều kiện cấu tạo: chiều cao lớn nhất tính từ miệng ống phân phối đến mép máng thu tính theo điều kiện là góc tạo ra bởi hai tia nối tâm ống phân phối với mép máng phải nhỏ hơn 30° (hình 6.33).

$$H_o = \frac{b_1 - 4X}{2 \text{tg}15^\circ} = \frac{2,5 - 0,26}{2 \times 0,2679} = 4,2\text{m}.$$

Trong đó: X - nửa chiều rộng của máng thu nước.

- Chiều cao phần đáy hình chóp có góc tâm 60° , bằng:

$$H_{ch} = \frac{b - x}{2 \text{tg}30^\circ} = \frac{2,5 - 0,3}{2 \times 0,5774} = 1,9\text{m}.$$

- Chiều rộng đáy bể lắng để đặt ống phân phối $a = 0,3 \text{ m}$.

- Chọn chiều cao lớp nước bảo vệ trên cửa sổ thu cận $H_2 = 1,5 \text{ m}$.

Như vậy chiều cao của lớp cận lơ lửng trong phần hình trụ của bể lắng sẽ là:

$$H_3 = H_o - H_{ch} - H_2 = 4,2 - 1,9 - 1,5 = 0,8 \text{ m} < 1,5\text{m}.$$

Kết quả này không thỏa mãn quy định ở điều 3 điểm 5 mục 6.3.5.

- Chiều cao toàn bộ lớp cặn lơ lửng trong bể lúc đó:

$$H_c = 0,8 + \frac{1,9}{2} = 1,75\text{m}$$

b. Tính theo yêu cầu của lớp cặn lơ lửng ở phân hình trụ. Chiều cao lớp cặn lơ lửng theo công thức (6.38):

$$H = -2,3 \times \frac{1}{0,004 \times 1600} \times \lg \frac{10}{596} \approx 0,75$$

không thỏa mãn quy định ở điều 3.

- Để đạt yêu cầu ta chọn chiều cao bể lắng $H = 5\text{m}$. Như vậy chiều cao lớp cặn lơ lửng ở phân hình trụ $H_3 = 5 - 1,9 - 1,5 = 1,6\text{m}$ thỏa mãn yêu cầu quy định ở điều 3 điểm 5 mục 6.3.5.

- Thể tích vùng nén cặn trong ngăn chứa cặn $W_c = 30\text{ m}^3$.

- Thời gian lưu lại (tích lũy) của cặn trong ngăn nén cặn tính theo công thức (6.54).

$$T = \frac{W_c \delta}{Q_t (M_o - m)} = \frac{30 \times 25.000}{103 \times 586} = 12\text{giờ} > 6\text{ giờ}$$

phù hợp với yêu cầu quy định.

6. Vận hành, điều chỉnh và quản lý bể lắng trong

Trước khi cho bể lắng trong làm việc phải biết được chắc chắn là bể không bị rò rỉ, trong các đường ống dẫn nước không có gạch đá, gỗ vụn, giẻ rách... làm tắc ống và tắc lỗ phân phối nước trên ống. Đặc biệt phải kiểm tra độ phẳng nằm ngang của mép máng tràn hoặc tìm các lỗ thu nước trên thành máng, của mép cửa sổ và ống thu cặn. Sau đó tiến hành điều chỉnh để phân phối đều lưu lượng vào các bể lắng. Điều chỉnh bằng cách đo lưu lượng vào mỗi bể theo đồng hồ đo đặt ở từng bể nếu có, hoặc bằng thời gian chảy đầy đến cốt đã định của mỗi bể lắng. Cho bể lắng làm việc chỉ sau khi đã chọn được lưu lượng phèn tối ưu cân pha vào nước. Trong thời kỳ đầu, cho bể lắng trong làm việc với 40 - 50% công suất thiết kế nhằm mục đích tạo nhanh lớp cặn lơ lửng trong bể lắng. Khi cho bể lắng làm việc phải phân phối nước sao cho 80% lưu lượng đi vào vùng lắng còn 20% đi vào ngăn nén cặn, sau đó tiến hành điều chỉnh van thu nước ở ngăn nén cặn để thu được lượng nước theo tính toán. Bể lắng làm việc với chế độ công suất hạn chế đến lúc lớp cặn lơ lửng đạt được chiều dày từ 100 - 125 cm. Sau đó tăng dần dần lưu lượng của bể đến công suất thiết kế trong khoảng 5 - 6 giờ. Sau vài giờ làm việc theo công suất thiết kế phải xác định vị trí bề mặt của lớp cặn lơ lửng, nếu mặt trên của lớp cặn lơ lửng cao hơn mép trên cửa sổ hoặc ống thu cặn 10 - 15cm thì phải tăng lượng nước thu ở ngăn nén cặn. Trong khi điều chỉnh lưu lượng giữa 2 ngăn lắng và nén cặn phải tiến hành phân tích nước để xác định hàm lượng cặn trong nước thu ở ngăn nén cặn. Tỷ số

lưu lượng nước giữa ngăn lắng và ngăn nén cặn, điều chỉnh sao cho độ trong của nước thu ở 2 ngăn là như nhau. Sau một thời gian làm việc cặn chất đáy ngăn nén cặn. Điều đó phát hiện một cách dễ dàng do mép trên của lớp cặn cao hơn mép trên của thu cặn. Lúc đó phải xả cặn. Khi xả cặn, mở van ở ống xả và quan sát lượng cặn trong bể chảy ra, đến khi thấy nước trong thì ngừng xả.

Chiều cao của lớp cặn trong bể lắng được kiểm tra bằng xi phông kiểm tra. Xi phông kiểm tra làm bằng ống cao su mềm đường kính 10 - 15mm. Đầu cuối của xi phông đeo tải trọng nặng 1 - 1,5 kg. Tại vị trí cách 3m, 4 m, 5m tính từ đầu cuối của xi phông cắt ống cao su ra và lồng vào nó ống thủy tinh chiều dài 15 - 20 cm. Trên xi phông tính từ đầu đeo tải trọng cách 20 - 25 cm gắn một vòng đo, trên vòng có ghi khoảng cách tính từ đầu xi phông trở đi. Khi muốn đo chiều dày lớp cặn lơ lửng người ta thả xi phông vào bể sao cho đầu có đeo tải trọng chạm đáy bể lắng. Mỗi cho xi phông làm việc, tay cầm xi phông ở đoạn có ống thủy tinh, nâng dần dần đầu của xi phông lên, đi qua lớp cặn lơ lửng, quan sát hàm lượng cặn trong nước rút ra từ xi phông. Nếu thấy trong đánh dấu vị trí cao độ ở vòng đeo trên xi phông, từ đó tính ra chiều dày lớp cặn lơ lửng. Dụng cụ này cho phép xác định chính xác giới hạn trên của lớp cặn lơ lửng và bề mặt trên của cặn trong ngăn chứa cặn.

6.3.6. Vận hành và quản lý bể lắng

Đội ngũ kỹ sư và công nhân vận hành nhà máy nước, khi vận hành quản lý bể lắng cần nắm vững các điều sau:

- 1) Điều kiện để lắng các bông cặn trong bể lắng.
- 2) Các hiện tượng bất thường xảy ra trong bể lắng.
- 3) Phân phối đều nước vào các bể lắng và phân phối đều nước trên toàn bộ tiết diện ngang của từng bể lắng.
- 4) Chu kỳ và lịch xả cặn.
- 5) Những điểm đặc biệt trong thiết kế bể lắng.

Nếu bể phản ứng tạo bông làm việc tốt, phần lớn các bông cặn lắng được ở nửa đầu của bể, nếu bằng mắt thường quan sát thấy giữa bể còn có bông cặn và lớp nước trên mặt còn đục, thì phải điều chỉnh lại chế độ khuấy trộn của bể phản ứng hoặc xác định lại liều lượng phèn và kiểm tra lại hiệu quả làm việc của bể trộn.

Nếu quan sát thấy nước ở giữa bể đã trong những vẫn còn các bông cặn lơ lửng và trôi đến máng thu điều đó chứng tỏ tỷ trọng các bông cặn thấp, cặn nhẹ khó lắng, người vận hành có thể áp dụng hai biện pháp để khắc phục.

- *Thứ nhất:* bịt bớt 3 - 6m đầu máng thu xẻ rãnh chữ V hay bịt lỗ ở đầu máng thu nước để tăng thời gian lắng của lớp nước trên mặt. Biện pháp này chỉ có thể thực hiện được khi hệ thống máng thu nước bề mặt đặt dài đến tận giữa bể.

- *Thứ hai:* pha thêm chất trợ keo tụ (axit silixic hoạt hoá PAC) với liều lượng 0,5 - 1 mg/l vào nửa cuối của bể phản ứng tạo bông cặn để tăng cường độ bền chắc và tăng tỷ trọng của bông cặn.

Nếu phát hiện thấy hiện tượng bất thường như từng đám cặn nổi lên, ấu trùng, muỗi mất trên mặt nước, rong rêu bám vào tường, vách ngăn và thành máng thu nước, điều đó chứng tỏ: nước có chứa nhiều chất hữu cơ có khả năng phân huỷ, khi lắng xuống đáy bể lắng, cặn không được xả ngay, xảy ra hiện tượng phân huỷ yếm khí, tạo ra các bọt khí làm nước sủi tăm và giảm nhẹ trọng lượng của cặn, đẩy từng đám cặn lên mặt nước, côn trùng cũng từ đó sinh ra.

Biện pháp khắc phục: clo hoá nước nguồn với liều lượng từ 2 - 3mg/l. Nhưng những năm gần đây, các nhà khoa học cảnh báo nếu dùng clo để clo hoá sơ bộ nước thô, clo tự do sẽ kết hợp với các chất hữu cơ tạo thành hợp chất trihalomentan (THM) bền vững có khả năng tích lũy trong cơ thể người và là tác nhân gây bệnh ung thư. Vì thế, để khắc phục hiện tượng nổi cặn trong bể lắng chỉ nên tiến hành clo hoá sơ bộ nước thô theo từng đợt 5 - 6 giờ/ngày, 5 - 6 ngày/tháng với liều lượng cao 3 - 5 mg/l.

- Phải có lịch xả cặn ra khỏi bể lắng thường xuyên hơn, tránh hiện tượng cặn bị phân huỷ yếm khí ngay trong bể lắng.

- Thường xuyên kiểm tra việc phân phối đều nước vào các bể lắng và thu nước đều trên các máng. Công việc có thể thực hiện qua việc đo chiều cao của nước ở cuối mỗi máng thu của từng bể. Nếu thấy chênh lệch giữa các máng trong một bể thì tiến hành kiểm tra và điều chỉnh tấm khía chữ V sao cho chiều cao nước chảy qua khe chữ V là đều nhau. Nếu phát hiện thấy chênh lệch chiều cao nước ở cửa ra của máng thu giữa các bể lắng với nhau thì điều chỉnh các van phân phối nước vào từng bể lắng.

- Theo dõi hàng ngày lượng cặn tích lũy trong bể, nếu là xả cặn thủ công thì phải xả ngay khi mặt cặn đạt đến cao độ thiết kế, tránh hiện tượng thu hẹp diện tích mặt cắt ngang bể, tăng vận tốc làm xói cặn.

- Nếu xả cặn bằng máy cào trên dầm cầu chạy thì quy trình gạt cặn có thể điều chỉnh bằng cách tăng số lần gạt cặn ở phần nửa đầu bể gấp hai hoặc ba lần ở phần nửa cuối bể.

- Nếu phát hiện thấy hiện tượng xâm thực, ăn mòn thành bể cần áp dụng biện pháp bảo vệ thành bể.

- 1) Sơn phủ lớp cách ly không cho nước tiếp xúc sâu vào bề mặt, thành, tường bể.

- 2) Xử lý nước ổn định trước khi vào bể lắng nếu điều kiện keo tụ và lắng các bông cặn không bị ảnh hưởng xấu do tăng pH.

6.4. LẮNG LI TÂM VÀ XICLON THUỶ LỰC

Trong các bể lắng đứng và lắng ngang hạt cặn lắng xuống đáy bể dưới tác dụng của lực trọng trường có gia tốc bằng $9,81 \text{ m/s}^2$. Khi quay một khối lượng nước có chứa các hạt cặn bẩn, các hạt cặn bị văng ra xa tâm quay dưới tác dụng của lực ly tâm có gia tốc a bằng:

$$a = v^2/R, \text{ (m/s}^2\text{)} \quad (6.56)$$

Trong đó:

v - vận tốc quay vòng của nước khi quay (m/s);

R - bán kính quay của hạt cặn (m).

Khi vận tốc quay v lớn và bán kính quay R bé, lực ly tâm tác dụng lên hạt cặn nằm trong khối nước chuyển động quay sẽ lớn hơn rất nhiều so với lực trọng trường và tốc độ chuyển động của hạt cặn theo hướng từ tâm quay ra ngoài sẽ lớn hơn rất nhiều so với vận tốc lắng tự do của hạt cặn trong khối nước tĩnh. Do đó có thể tách các hạt cặn bẩn ra khỏi nước trong các thiết bị ly tâm hay xyclon thủy lực sau một khoảng thời gian bé hơn nhiều so với các bể lắng. Các thiết bị lắng ly tâm có hiệu quả lắng cao nhưng do cấu tạo phức tạp, quản lý khó khăn không kinh tế nên trong lĩnh vực cấp nước ít sử dụng. Thiết bị lắng dùng lực ly tâm đơn giản nhất là xyclon thủy lực (hình 6.45). Nước nguồn đi vào xyclon thủy lực ở phần trên theo phương tiếp tuyến với tiết diện ngang và quay chung quanh trục của xyclon rồi đi vào ống thu đặt trên đỉnh đồng trục với xyclon. Cặn bị văng ra thành xyclon trượt xuống dưới đi vào côn thu rồi từ đó được tháo liên tục ra ngoài qua ống đặt ở đáy côn. Quá trình tách cặn ra khỏi nước trong xyclon thủy lực xảy ra dưới tác dụng của lực bằng hiệu số lực ly tâm tác dụng lên nước và lên hạt cặn có trọng lượng riêng lớn hơn nước. Trị số của lực ly tâm P tác dụng lên hạt cặn trong xyclon thủy lực.

$$P = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_1 - \rho_0) \frac{v^2}{R}, \text{ (din)}, \quad (6.57)$$

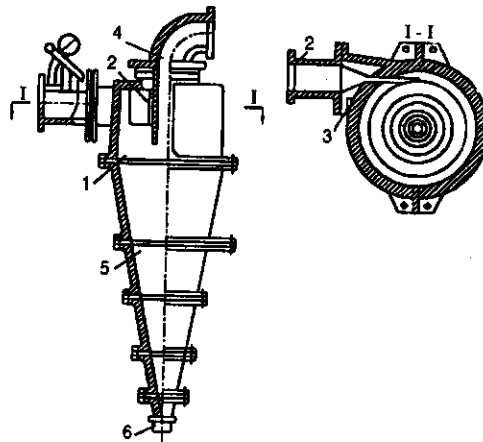
Trong đó:

d - đường kính hạt cặn (cm);

ρ_1 và ρ_0 - trọng lượng riêng của cặn và nước (g/cm^3);

v - tốc độ chuyển động của nước ở cửa vào xyclon thủy lực (cm/s);

R - khoảng cách từ tâm xyclon thủy lực đến trục của ống dẫn nước vào theo phương tiếp tuyến với mặt cắt ngang của xyclon (cm).



Hình 6.45: Xyclon áp lực
1. Vỏ; 2. Ống dẫn nước nguồn vào; 3. Côn thu để tạo vận tốc cho dòng vào; 4. Ống dẫn nước ra; 5. Vỏ xyclon; 6. Vòi xả cặn.

Công suất của xyclon được tính theo lượng nước đã được tách khỏi cặn, (công suất hữu ích) có thể tính theo công thức:

$$Q = 3.600 \alpha \mu_x \omega \sqrt{2g\Delta H} \text{ , (m}^3/\text{h) ,} \quad (6.58)$$

Trong đó:

α - hệ số kể đến tổn thất nước do xả cặn liên tục lấy bằng 0,85 - 0,9;

μ_x - hệ số lưu lượng của xyclon thủy lực;

ω - diện tích mặt cắt ngang của đầu ống dẫn nước vào xyclon thủy lực (m²);

ΔH - tổn thất áp lực trong xyclon thủy lực (m)

Trị số của hệ số lưu lượng μ_x của xyclon thủy lực xác định bằng công thức:

$$\mu_x = 0,24 \frac{d_t}{d_c} \text{ ,} \quad (6.59)$$

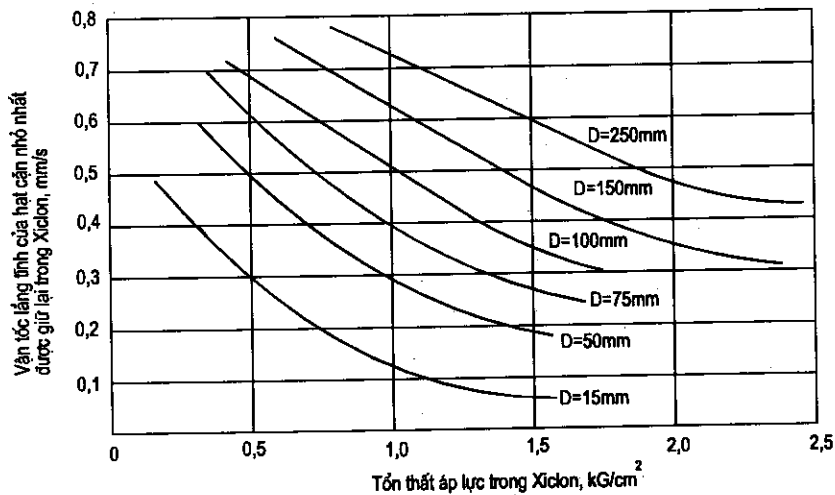
Trong đó:

d_t - đường kính tương đương của ống thu nước đặt đồng trục trên đỉnh xyclon;

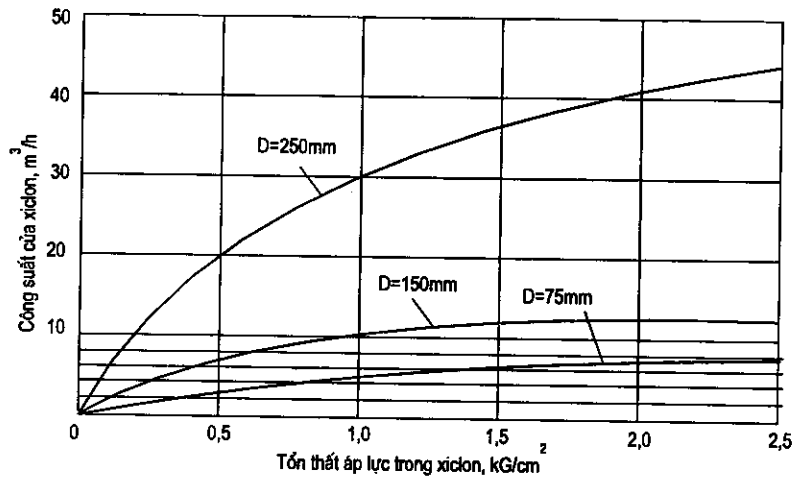
d_c - đường kính tương đương của miệng ống (lỗ) đưa nước vào xyclon.

Trị số tổn thất áp lực trong xyclon phụ thuộc vào cấu tạo và công suất của nó. Tăng lưu lượng nước qua xyclon làm tăng tốc độ chuyển động của nước nhờ vậy tăng cả hiệu quả lắng nước nhưng đồng thời cũng tăng cả tổn thất áp lực trong xyclon.

Trên hình (6.46) và (6.47) vẽ các biểu đồ quan hệ phụ thuộc giữa hiệu quả, công suất của xyclon thủy lực có đường kính khác nhau với tổn thất áp lực ở trong xyclon. Trên các biểu đồ này hiệu quả của xyclon biểu thị bằng độ lớn thủy lực của hạt cặn bé nhất có thể giữ lại được trong xyclon (vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn bé nhất có thể giữ lại trong xyclon).

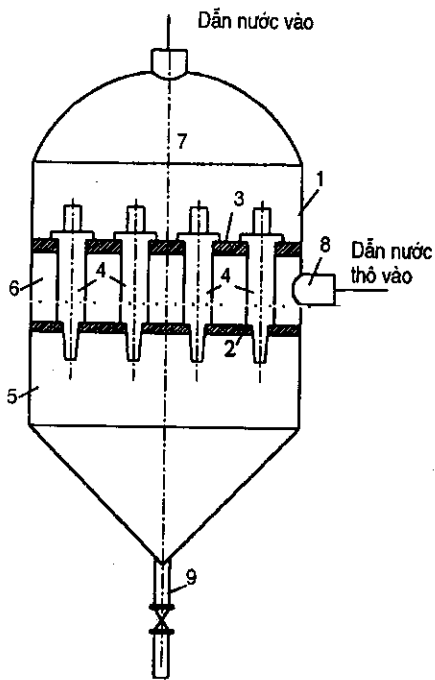


Hình 6.46: Biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc giữa hiệu quả lắng của xyclon và tổn thất áp lực của xyclon

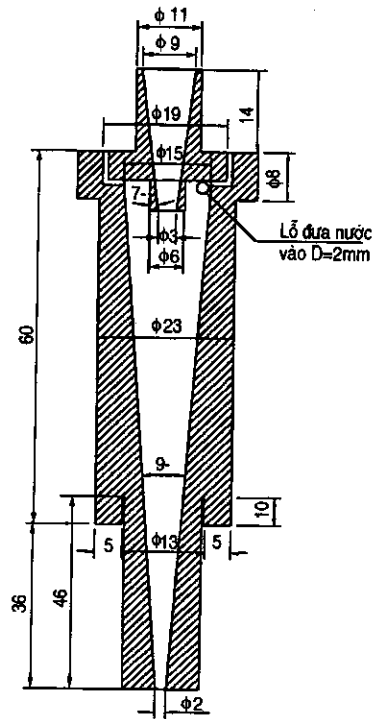


Hình 6.47: Biểu đồ biểu diễn sự phụ thuộc của công suất vào tổn thất áp lực trong xyclon

Từ các biểu đồ trên (hình 6.46) ta thấy rằng khi tổn thất áp lực trong xyclon không đổi, hiệu quả lắng nước trong xyclon thuỷ lực tăng khi giảm đường kính của nó và hiệu quả của xyclon tăng khi tăng áp lực tại cửa vào xyclon (xiclon không áp). Vì thế để giữ các hạt cặn phân tán nhỏ thường dùng xyclon có đường kính bé, và cho nhiều xyclon làm việc đồng thời. Thiết bị trong đặt nhiều xyclon đường kính bé làm việc đồng thời gọi là xyclon tổ hợp (hình 6.48).



Hình 6.48: Sơ đồ xyclon tổ hợp



Hình 6.49: Xyclon thuỷ lực đường kính 15mm

Xyclon tổ hợp gồm thùng thép (1) bên trong chia làm ba ngăn bởi các tấm (2) và (3). Các xyclon đường kính bé (4) đặt trên các tấm (2) và (3) sao cho đầu côn xả cặn của tất cả các xyclon nằm trong ngăn dưới (5) của thùng (1). Còn lỗ để dẫn nước vào xyclon nằm ở ngăn giữa (6) và ống thu nước đặt ở đỉnh ngăn trên (7). Nước nguồn theo ống dẫn (8) đi vào ngăn giữa của xyclon rồi từ đó đi vào các lỗ dẫn nước vào tất cả các xyclon bé. Cặn rơi xuống đáy theo ống xả (9) xả ra ngoài. Nước trong đi lên trên (7) theo ống thu đưa sang bể lắng hoặc lọc. Xyclon thuỷ lực đường kính 10, 15 - 20 mm làm bằng nhựa (hình 6.49), chúng có khả năng giữ các hạt cặn có độ lớn thuỷ lực đến 0,1 mm/s. Với tổn thất áp lực gần 1 kG/cm². Công suất của một xyclon thuỷ lực 15 mm, tổn thất áp lực 1 kG/cm² gần 70 l/h. Do đó xyclon tổ hợp đường kính 1m trong có đặt 320 xyclon thuỷ lực đường kính 15 mm có công suất gần 500 m³ nước một ngày.

Để lắng sơ bộ trước bể lọc chậm hoặc trước bể lọc nhanh có thể dùng xyclon áp lực đúc bằng gang trắng (hình 6.45), các kích thước cơ bản có thể chọn theo bảng (6.5).

Bảng 6.5: Kích thước cơ bản (mm) và trọng lượng (kg) của xyclon

Đường kính của xyclon	Đường kính ống thu nước	Kích thước lỗ dẫn nước vào	Đường kính tương đương của lỗ dẫn nước vào	Đường kính vôi xả cặn	Chiều cao xyclon	Trọng lượng
75	30	10 × 30	20	8	305	37
		15 × 30	24	12		
		10 × 45	24	12		
150	45	20 × 45	34	17	695	115
		20 × 65	41	17		
250	90	30 × 65	50	24	1,070	251
350	105	20 × 90	48	24, 34	1,450	424
500	150	20 × 140	60	24, 34	2,015	172

Ghi chú: Góc côn của tất cả các xyclon $\alpha = 20^\circ$.

- Tính toán xyclon thuỷ lực được tiến hành như sau:

Theo phần trăm lắng cặn cần thiết tra trên biểu đồ đường cong lắng thu được bằng thực nghiệm có dạng như (hình 6.13) tìm ra vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn bé nhất cần phải giữ lại trong xyclon. Theo các biểu đồ (hình 6.46) tìm đường kính xyclon và tổn thất áp lực ứng với vận tốc lắng tĩnh của hạt cặn cần được giữ lại. Sau đó theo các biểu đồ (hình 6.47) hay theo công thức (6.58) xác định công suất của xyclon ứng với tổn thất áp lực cần thiết đã chọn. Chia lưu lượng nước hữu ích cần thiết cho công suất vừa tìm được của mỗi xyclon ta tìm được số xyclon làm việc đồng thời trong trạm. So sánh chi phí về năng lượng (tổn thất áp lực) của các xyclon thuỷ lực có đường kính khác nhau từ đó tìm ra đường kính tối ưu của xyclon thuỷ lực có chi phí năng lượng bơm nước qua xyclon là bé nhất.

6.5. TUYỂN NỔI

Thiết bị tuyển nổi dùng để tách cặn hoặc dầu, mỡ ra khỏi nước. Quá trình tách cặn, dầu, mỡ xảy ra khi hoà tan vào nước những bọt khí nhỏ. Các bọt khí này bám vào các hạt cặn làm cho tỷ trọng của tổ hợp cặn khí giảm, lực đẩy nổi xuất hiện, khi lực đẩy nổi đủ lớn, hỗn hợp cặn, khí nổi lên mặt nước và được gạt ra ngoài. Khi nguồn nước có nhiều cặn nhẹ (hữu cơ) khó lắng, dùng bể tuyển nổi sẽ giảm được thời gian lắng và dung tích bể.

Hiện nay trong công nghệ xử lý nước cấp và nước thải thường dùng không khí hoà tan vào nước dưới áp lực nhất định sau đó giảm áp lực nước, không khí hoà tan sẽ tách ra thành các bọt rất nhỏ dính với cặn và đẩy chúng lên bề mặt.

TUYỂN NỔI ÁP LỰC

6.5.1. Nguyên lý chung

Trong các loại tuyển nổi: chân không, cơ học, áp lực thì tuyển nổi áp lực được ứng dụng rộng rãi hơn cả vì có khả năng tạo ra các bọt khí có kích thước rất nhỏ (40 - 70 μ m) và dễ dàng phân phối đều trong toàn bộ khối lượng nước cần xử lý.

Trong tuyển nổi áp lực, nước được bơm vào bình áp lực, ở đó nước được bão hoà không khí. Không khí được đưa vào bằng máy nén hoặc bằng ejector đặt ở đầu nối ống hút của bình áp lực và ống có áp của bơm ly tâm.

Nước bơm vào bình áp lực có thể là nước thô (sơ đồ trực tiếp) hoặc nước sau xử lý được hoàn lưu lại (sơ đồ hoàn lưu), xem hình 6.50.

Từ bình áp lực, nước đã bão hoà không khí chảy vào bể tuyển nổi qua một van giảm áp. Khi hạ đến áp suất khí quyển, khí hoà tan được tách ra và thực hiện quá trình tuyển nổi.

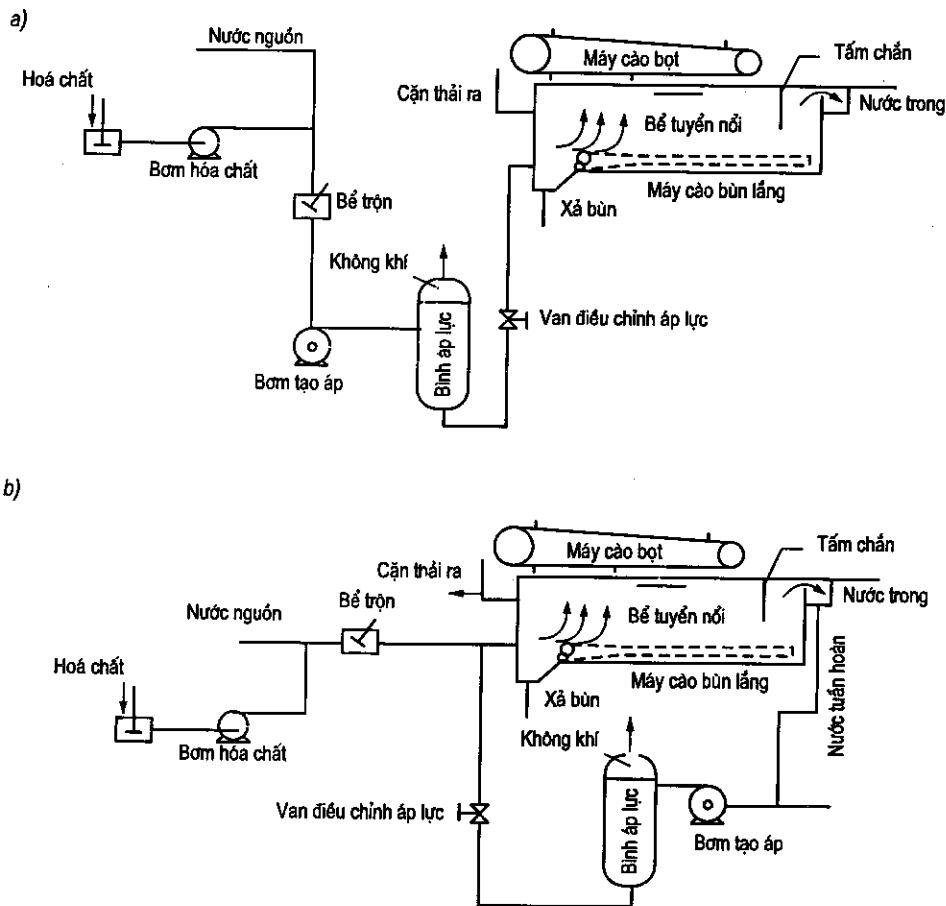
Khi dùng tuyển nổi trực tiếp, toàn bộ thể tích nước thô chảy vào bình áp lực. Ở sơ đồ hoàn lưu, có 20 - 50% nước sau xử lý được đưa trở về bình áp lực. Ngoài ra còn có trường hợp 30 - 70% nước thô chảy vào bình áp lực, phần còn lại đi thẳng vào bể tuyển nổi.

Sơ đồ trực tiếp cho phép bão hoà không khí toàn bộ lượng nước thô, khi chảy vào bể tuyển nổi, các bọt khí nhỏ tạo thành ngay bên cạnh các hạt cặn nên rất dễ tạo thành các hạt keo khí. Sơ đồ này đơn giản trong thiết kế và vận hành nhưng chi phí năng lượng cao, không thích hợp để áp dụng trong trường hợp nước thô có bông cặn vì các hạt cặn có thể bị phá vỡ trong bình áp lực hoặc khi đi qua bơm ly tâm.

Sơ đồ hoàn lưu thường được ứng dụng trong trường hợp nước đã cho hoá chất để keo tụ thành bông cặn, hoặc là giai đoạn tiền xử lý của nước thải trong quá trình xử lý sinh học, cũng như trong xử lý để cô đặc bùn hoạt tính. Khi đó lượng nước bão hoà không khí sẽ ít hơn ở sơ đồ trực tiếp. Lưu lượng khí được tính trên lượng cặn và được điều chỉnh theo lưu lượng nước hoàn lưu. Trong sơ đồ này, dung tích bể tuyển nổi sẽ lớn hơn.

Để xử lý nước mặt hoặc nước thải công nghiệp thường dùng sơ đồ hoàn lưu với lưu lượng nước hoàn lưu chiếm 10 - 50% lưu lượng xử lý ở áp suất 3 - 6 bar. Ở áp suất này lượng khí hoà tan chiếm gần 70% mức bão hoà.

Trong trường hợp cô đặc bùn (ở các nhà máy xử lý nước hoặc nước thải) có thể cho vào bình áp lực toàn bộ lưu lượng cần xử lý hoặc chỉ đưa vào lượng nước hoàn lưu (hình 6.50).



Hình 6.50: Sơ đồ trạm tuyển nổi dùng áp lực để hoà tan không khí

6.5.2. Các quá trình trong tuyển nổi áp lực

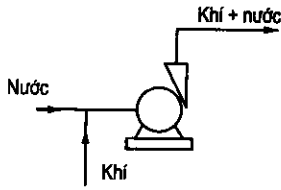
Trong quá trình tuyển nổi xảy ra lần lượt các công đoạn sau:

- Cấp không khí vào nước.
- Hoà tan không khí vào nước.
- Tạo bọt khí từ dung dịch quá bão hoà khí.
- Kết dính bọt khí.
- Bám dính cặn vào bọt khí.
- Tách cặn ra khỏi nước trong bể tuyển nổi.

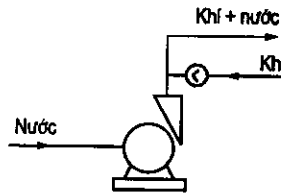
a) Quá trình cấp khí vào nước

Có thể thực hiện việc cấp khí vào nước bằng một trong ba cách sau:

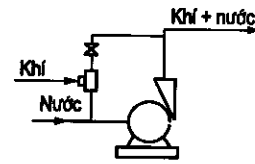
- Cấp khí theo đường ống hút của bơm.
- Cấp khí theo đường ống có áp của bơm.
- Dùng ejector.



Hình 6.51: Sơ đồ cấp khí theo đường ống hút của bơm



Hình 6.52: Sơ đồ cấp khí theo đường ống có áp của bơm



Hình 6.53: Sơ đồ ejector

Khí đưa khí vào phía trước bơm (sơ đồ 6.51) sẽ tăng cường khả năng tán nhỏ không khí trong bơm, do đó tăng tốc độ hoà tan khí trong nước. Tuy nhiên sơ đồ này làm giảm công suất và áp lực của bơm. Ngoài ra chế độ làm việc của bơm sẽ bị xấu đi.

Do những yếu điểm trên, thường cấp khí theo đường áp lực của bơm (sơ đồ 6.52). Để ngăn ngừa nước rơi vào ống cấp khí phải lắp thêm một van một chiều.

Sơ đồ 6.51 và 6.53 được ứng dụng trong trường hợp các chất lơ lửng trong nước có kích thước lớn. Mực nước trong bể hút không được dao động quá $\pm 0,5m$ đảm bảo cho bơm làm việc ổn định.

b) Quá trình hoà tan khí vào nước

Cho không khí tiếp xúc với nước, tăng áp lực của môi trường, khí sẽ hoà tan vào nước thành dung dịch quá bão hoà khí, khi giảm áp lực của môi trường bọt khí thoát ra từ dung dịch quá bão hoà và hiệu quả tuyển nổi phụ thuộc vào lượng khí hoà tan trong nước.

Theo định luật Henry, khi nhiệt độ không đổi, độ hoà tan của khí trong chất lỏng tỷ lệ thuận với áp suất riêng phần của khí.

$$C = kP$$

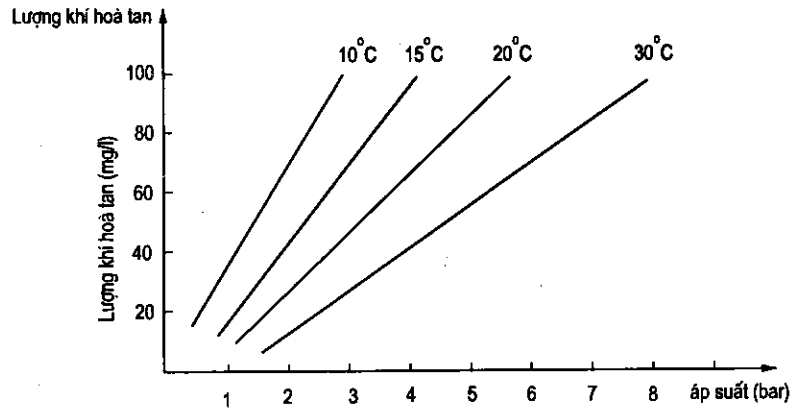
Trong đó:

C - độ hoà tan của khí;

k - hằng số Henry, phụ thuộc vào nhiệt độ và môi trường chất lỏng;

P - áp suất riêng phần của khí.

Khi nhiệt độ tăng, độ hoà tan của khí trong nước bị giảm đi (xem hình 6.54).



Hình 6.54: Biểu đồ liên quan giữa độ hoà tan của không khí với áp suất và nhiệt độ

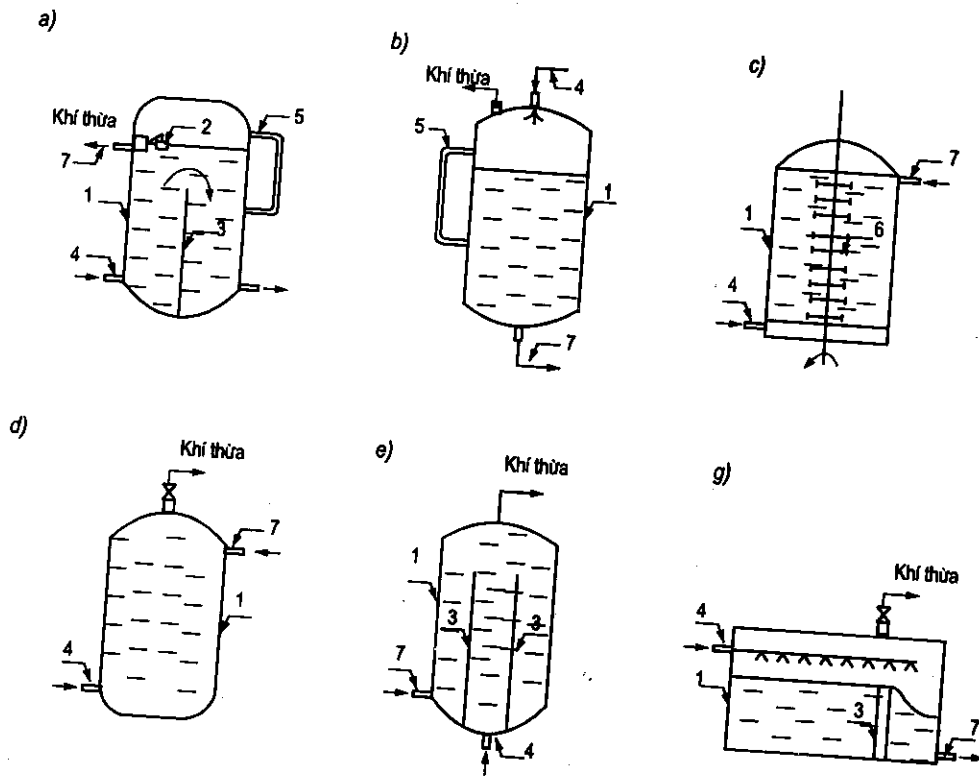
Tốc độ hoà tan khí phụ thuộc vào cách khuấy trộn không khí và nước. Khi dùng ejector tốc độ này là 0,8 l/phút, máy khuấy được 30l/phút. Có thể giải thích như sau: cường độ khuấy trộn hỗn hợp khí - nước ảnh hưởng đến kích thước cuối cùng của bọt khí và diện tích bề mặt tiếp xúc hai pha khí - nước, do đó sẽ ảnh hưởng đến tốc độ hoà tan của khí vào nước. Với tốc độ 0,8 l/phút thời gian đạt sự bão hoà hoàn toàn là 2 - 3 phút.

Sự hoà tan khí vào nước xảy ra hoặc trong ống có áp hoặc trong bình áp lực. Trường hợp hoà tan khí trong ống dẫn chỉ được áp dụng khi bơm đặt cách bể tuyển nổi ít nhất 50 - 60m, hoặc phải dùng hệ thống ống ziczac có tổng chiều dài 40 - 50m. Đường kính ống được tính sao cho thời gian lưu nước trong ống lớn hơn 150 giây.

Tuy nhiên sự hoà tan khí trong ống có áp cũng có một số yếu điểm: lâu dần có nhiều cặn tích tụ bên trong bề mặt ống làm giảm tiết diện ống, giảm thời gian lưu nước trong ống và lượng khí hoà tan vào nước. Ngoài ra, tổn thất thuỷ lực sẽ tăng dần theo chiều dài đường ống làm hao tổn năng lượng tính trên 1m³ nước.

Trên thực tế thường dùng bình áp lực để hoà trộn khí vào nước. Có 2 vị trí đưa nước vào bình: phía trên hoặc phía dưới của bình. Đưa nước vào phía trên bình áp lực hạn chế được hiện tượng các bọt khí lớn lọt vào bể tuyển nổi, làm ảnh hưởng xấu đến hiệu quả xử lý. Tuy nhiên hiệu quả sử dụng khí ở sơ đồ cấp nước phía trên thấp hơn sơ đồ cấp nước phía dưới là do các bọt khí lớn sẽ nổi lên trên nên không thể hoà tan vào nước, vì thế phải tăng thời gian lưu nước trong bình.

Nếu dùng thêm hệ thống khuấy trộn bên trong bình áp lực có thể làm giảm thời gian lưu nước trong bình. Trường hợp bão hoà khí cho bùn hoạt tính ở áp suất 2 bar và có hệ thống khuấy trộn cho kết quả tương đương trong trường hợp áp suất 4 bar mà không có khuấy trộn (xem hình 6.55).



Hình 6.55: Sơ đồ thùng áp lực để bão hoà khí

a, c, d, e) Thùng áp lực đưa nước vào từ dưới; b) Thùng áp lực đưa nước vào từ trên; g) Thùng áp lực đưa nước vào dạng phun tia
 1. Vỏ thùng áp lực; 2. Van phao; 3. Tấm ngăn; 4. Ống áp lực dẫn hỗn hợp nước khí vào thùng;
 5. Ống báo mực nước; 6. Máy khuấy; 7. Ống dẫn nước đã bão hoà khí sang bể tuyển nổi.

c) Sự hình thành bọt khí từ dung dịch quá bão hoà khí

Theo định luật Henry, khi giảm áp suất hoặc tăng nhiệt độ khí sẽ tách ra khỏi nước. Kích thước nhỏ nhất R_{\min} của bọt khí phụ thuộc vào lực căng bề mặt khí - nước và độ giảm áp.

$$R_{\min} = 2\sigma / (P - P_1), \text{ (mm)},$$

Trong đó:

σ - lực căng bề mặt khí - nước;

P - áp suất bão hoà (Pa);

P_1 - áp suất trong bình tuyển nổi (Pa).

d) Sự kết dính bọt khí

Sự kết dính bọt khí nhỏ thành bọt khí lớn hơn ảnh hưởng đến số lượng và kích thước bọt khí, do đó sẽ ảnh hưởng đến quá trình tuyển nổi. Sự kết dính này có thể xảy ra trong

nước, trong lớp bọt tạo thành của quá trình tuyển nổi. Đôi khi sự kết dính làm tăng hiệu quả tuyển nổi, nhưng thông thường nó làm cản trở quá trình này. Các hạt có kích thước nhỏ nổi lên bề mặt rất chậm còn các hạt có kích thước lớn hơn lại nổi lên nhanh trong quá trình tuyển nổi. Mặt khác, sự kết dính bọt khí làm giảm diện tích bề mặt và thời gian lưu của bọt khí trong bể. Do vậy trong quá trình tuyển nổi cần hạn chế tối đa các ảnh hưởng xấu do sự kết dính bọt khí gây ra.

e) Quá trình bám dính cận vào bọt khí

Khả năng hình thành các keo khí phụ thuộc vào bản chất hạt cận, và có thể phân chia thành ba dạng:

- Các hạt cận va chạm vào bọt khí và dính bám.
- Các bọt khí phát sinh trong lớp cận lơ lửng.
- Đầu tiên trong lớp cận hình thành các bọt khí nhỏ, sau đó chúng va chạm và dính bám với nhau tạo thành các bọt khí lớn có đủ khả năng tuyển nổi.

g) Quá trình tách cận ra khỏi nước trong bể tuyển nổi

Tách cận ra khỏi nước trong bể tuyển nổi xảy ra theo hai chiều ngược nhau.

- Hỗn hợp cận khí nổi lên trên, nước trong đi xuống dưới để vào máng thu dẫn ra ngoài. Vận tốc nước đi xuống hay tải trọng bề mặt của bể tuyển nổi và lượng cận được tách ra phụ thuộc vào tính chất của cận và tỷ số:

$$\frac{A}{S} = \frac{\text{Trọng lượng không khí hoà tan trong nước}}{\text{Trọng lượng cận được tách ra khỏi nước}}$$

Trong xử lý nước, thường nước nguồn có chứa cận thô, những hạt cận nặng, chắc, diện tích bề mặt không phát triển thường không bị đẩy lên bề mặt mà lắng xuống đáy bể, vì vậy bể phải cấu tạo hố thu cận và thiết bị xả cận. Tiêu chuẩn thiết kế bể tuyển nổi lấy trong giới hạn:

- Tải trọng bề mặt: $3 - 10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.
- Thời gian lưu nước trong bể: 20 - 40 phút.
- Lượng không khí tiêu thụ: 15 - 50 lít/ m^3 nước.
- Cấu tạo bể tuyển nổi.

+ Bể tuyển nổi có mặt bằng hình chữ nhật (xem hình 6.50).

+ Bể tuyển nổi hình tròn (xem hình 6.56).

- Chiều cao ngăn tạo bọt $H_K = 1,5\text{m}$.

- Đường kính ngăn tạo bọt:

$$D_K = 0,6 \sqrt{\frac{Q}{v_K}}$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước xử lý (m^3/h);

v_K - vận tốc nước trong ngăn lấy $6mm/s$;

$0,6$ - hệ số đổi đơn vị.

- Thời gian lưu nước trong ngăn là $4 - 6$ phút.

- Chiều cao vùng lắng $H_o = 1,5m$.

- Tổng chiều cao của bể $H_\phi = 3m$.

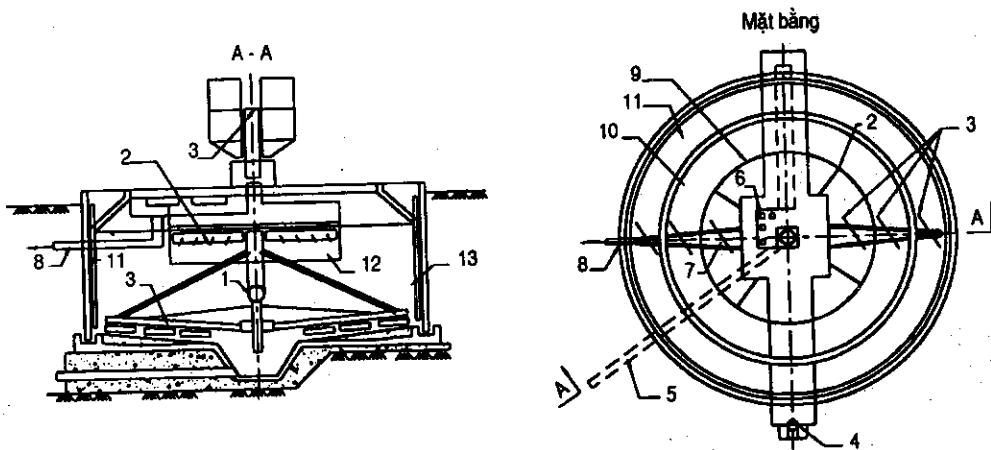
- Đường kính của bể

$$D_\phi = \sqrt{\frac{4Qt_o}{\pi H_\phi 60}}$$

Trong đó: t_o - thời gian lưu nước trong bể từ $20 - 40$ phút.

Sau khi tính toán kích thước bể, kiểm tra tải trọng bề mặt:

$a = \frac{Q}{F_{bc}}$ nằm trong khoảng từ $3 - 10 m^3/m^2 h$ là được.



Hình 6.56: Bể tuyển nổi hình tròn công suất $150 - 300m^3/h$

1. Ống dẫn nước vào; 2. Dàn ống phân phối; 3. Hệ thống gạt bọt và cào cặn;
4. Ống dẫn nước ra; 5. Ống tháo cặn ở đáy; 6. Hệ truyền động; 7. Máng thu cặn nổi;
8. Ống tháo cặn nổi; 9. Vách ngăn giữa hai buồng; 10. Ống phun nước làm tan bọt;
11. Vách ngăn thu nước; 12. Ngăn tạo bọt khí; 13. Ngăn lắng.

6.5.3. Tính toán

Quan hệ giữa tỷ số A/S , độ hoà tan của không khí, áp lực cân nén, nồng độ cặn trong nước được biểu diễn bằng phương trình:

a) Trường hợp bão hoà khí toàn bộ lượng nước cần xử lý

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1)}{C_c}$$

Trong đó:

A/S - tỷ lệ khí/cặn (ml không khí cho 1mg cặn) phụ thuộc vào tính chất của cặn thường lấy từ 0,015 - 0,05;

C_K - độ hoà tan của không khí vào nước ml/l.

Nhiệt độ (°C)	0	10	20	30
C _K (ml/l)	29,2	22,8	18,7	15,7

f - hệ số tỷ lệ của độ hoà tan không khí vào nước tại áp lực P thường lấy f = 0,5;

P - áp lực tính bằng at.

$$P = \frac{p + 101,5}{101,5} ;$$

p - áp lực áp kế (kPa);

C_c - nồng độ cặn (mg/l).

b) Trường hợp bão hoà khí một phần nước xử lý tuần hoàn lại

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1).R}{C_c.Q}$$

Trong đó:

R - lượng nước tuần hoàn hay lượng nước thô đưa vào bình áp lực (m³/ngày);

Q - lượng nước thô cần xử lý (m³/ngày).

Trong hai phương trình trên: tử số biểu thị trọng lượng khí bão hoà trong nước, mẫu số biểu thị trọng lượng cặn cần xử lý;

C_K - độ hoà tan của không khí vào nước (ml/l);

C_c - tổng hàm lượng cặn trong nước sau khi đánh phèn (mg/l);

1,3 - tỷ trọng khí.

Tỷ số A/S phụ thuộc vào kích thước, tỷ trọng và trạng thái bề mặt của bông cặn, thường lấy bằng 0,015 đến 0,05.

Ví dụ tính toán:

Ví dụ 1. Thiết kế bể tuyển nổi hình tròn công suất Q = 1000m³/ngày.

- Tổng hàm lượng cặn sau khi keo tụ bằng phèn C_c = 800 mg/l.

- Nhiệt độ $t = 20^{\circ}\text{C}$. Tỷ số $A/S = 0,02$.
- Độ hoà tan bão hoà của khí 18,7 ml/l nước.
- Thời gian lưu nước trong bể: 30 phút.

Giải:

- Tính áp lực nén trong bình P: trường hợp bão hoà 100% lượng nước:

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3C_K(fP - 1)}{C_c}$$

$$0,02 = \frac{1,3 \times 1,87 (0,5P - 1)}{800};$$

$$P = 3,316\text{atm} = \frac{P + 101,5}{101,5};$$

$$p = 235,1\text{kPa}.$$

- Lưu lượng khí cần $Q = 0,02.S \cdot \frac{1}{0,7}$ lít/phút $= 0,02 \times 555 \times \frac{1}{0,7} = 16$ l/ph.

Dưới áp lực dư $P = 235,1$ kPa lượng khí dùng để bão hoà 70%.

- Lượng cần S lấy ra trong 1 phút tính bằng gam:

$$S = 0,8\text{g/l} \cdot \frac{1000\text{l/m}^3 \cdot 1000\text{m}^3/\text{ngày}}{24(\text{giờ}) \cdot 60(\text{phút})} = 555,5\text{g/ph}$$

- Chọn máy bơm gió: $Q = 0,016\text{m}^3/\text{ph}$; $p = 250$ kPa.

- Máy bơm nước: $Q = 1000\text{m}^3/\text{ngày}$; $H = 25\text{m}$.

- Bình áp lực có thể tích lưu nước 2 phút $W = 1.400$ lít $= 1,4\text{m}^3$.

Bình làm bằng thép, có van an toàn xả khí dư, áp lực làm việc $2,5$ kG/cm², áp lực thử 6 kG/cm².

- Thể tích bể tuyển nổi $t = 30$ phút nước lưu:

$$W = \frac{1000 \times 30}{24 \times 60} = 20,8 \text{ m}^3$$

- Chiều cao bể $H_{\phi} = 3\text{m}$. Diện tích bể $= 20,8/3 = 7\text{m}^2$

- Tải trọng bề mặt: $a = Q/F = 1000/(24 \times 7) = 5,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

Ví dụ 2. Cần phải giảm hàm lượng cặn trong nước từ 680mg/l xuống 100 mg/l . Công suất của trạm xử lý nước: $Q = 500\text{m}^3/\text{h}$. Yêu cầu chọn kích thước và số xi-clon cần thiết để đảm bảo yêu cầu lắng.

Giải:

Tỷ lệ phân trăm lắng cặn cần thiết:

$$\frac{680 - 100}{680} = 85,5\%$$

Theo đường cong lắng cặn, ứng với phân trăm lắng 85,5% thì tốc độ lắng tĩnh của hạt bé nhất cần giữ lại trong xyclon bằng 0,45 mm/s. Theo biểu đồ (hình 6.46) tìm được: Cặn có độ thô thủy lực 0,45mm/s sẽ được giữ lại trong xyclon có đường kính 75mm ứng với tổn thất áp lực $\Delta P = 0,75 \text{ kG/cm}^2$ hay xyclon có đường kính 150mm với tổn thất áp lực $\Delta P = 1,5 \text{ kG/cm}^2$.

Theo công thức (6.57) ta tìm được công suất của xyclon đường kính 750mm (tổn thất áp lực $\Delta H = 7,5\text{m}$) $q_1 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$. Còn xyclon đường kính 150mm (tổn thất áp lực $\Delta H = 15 \text{ m}$) $q_2 = 12 \text{ m}^3/\text{h}$.

Số lượng xyclon làm việc đồng thời cần để lắng lưu lượng nước: $Q = 500\text{m}^3/\text{h}$.

Loại có đường kính 75mm là $n_1 = 500:5 = 100$ cái.

Loại đường kính 150 mm là $n_2 = 500:12 = 42$ cái.

Chương 7

QUÁ TRÌNH LỌC VÀ BỂ LỌC

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Bể lọc được dùng để lọc một phần hay toàn bộ cặn bẩn có trong nước tùy thuộc vào yêu cầu đối với chất lượng nước của các đối tượng dùng nước. Bể lọc gồm: Vỏ bể, lớp vật liệu lọc, hệ thống thu nước lọc và phân phối nước rửa, hệ thống dẫn nước vào bể lọc và thu nước rửa lọc.

Tốc độ lọc tính bằng m/h là đại lượng biểu thị số lượng nước (m^3) lọc qua $1m^2$ diện tích của lớp vật liệu lọc trong thời gian 1 giờ. Tốc độ lọc được xác định bằng cách chia lưu lượng nước đi vào bể lọc Q (m^3/h) cho diện tích F (m^2) của bể lọc:

$$v = \frac{Q}{F}, \text{ (m/h)} \quad (7.1)$$

Nước được lọc qua bể lọc do hiệu số áp lực ở cửa vào và cửa ra của bể. Hiệu số áp lực đối với bể lọc hở bằng hiệu số cột mực nước ở trong bể và chiều cao cột nước trong ống thu nước lọc dẫn về bể chứa. Hiệu số áp lực trước và sau lớp vật liệu lọc gọi là tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc. Tổn thất áp lực tại thời điểm khi bể lọc bắt đầu làm việc gọi là tổn thất ban đầu, bằng tổn thất khi lọc nước sạch qua lớp vật liệu sạch.

Tổn thất ban đầu trong lớp vật liệu lọc phụ thuộc vào tốc độ lọc, độ nhớt của nước, kích thước và hình dạng của các lỗ rỗng trong lớp vật liệu lọc, chiều dày của lớp lọc. Trong quá trình lọc số lượng cặn bẩn trong nước do vật liệu lọc giữ lại ngày càng tăng, cho nên tổn thất áp lực qua lớp lọc cũng không ngừng tăng lên, khi đến một trị số giới hạn, lớp vật liệu lọc bị nhiễm bẩn hoàn toàn. Lớp vật liệu lọc có thể là các hạt hoặc là lưới cứng, màng lọc, hoặc gạch xếp v.v...

Khi tổn thất áp lực trong lớp lọc đạt được trị số giới hạn hoặc khi chất lượng nước lọc xấu hơn quy định thì rửa lớp vật liệu lọc bằng nước hoặc bằng các biện pháp cơ học khác.

Theo đặc điểm của vật liệu lọc chia ra

- *Vật liệu lọc dạng hạt*: lớp lọc gồm các hạt cát, thạch anh nghiền, than antraxit, đá hoa macnetit (Fe_3O_4)...
- *Lưới lọc*: lớp lọc là lưới có mắt lưới đủ bé để giữ lại các cặn bẩn trong nước.
- *Màng lọc*: lớp lọc là vải bông, vải sợi thủy tinh, vải sợi nilông, màng nhựa xếp...

Vật liệu lọc dạng hạt được ứng dụng rộng rãi và phổ biến nhất trong lãnh vực xử lý nước. Lưới lọc dùng để làm sạch sơ bộ hoặc để lọc ra khỏi nước chất phù du rong, tảo và sinh vật. Màng lọc dùng trong các bể lọc để cấp nước lưu động.

Tùy theo tốc độ lọc bể lọc có vật liệu lọc hạt chia ra:

- Bể lọc chậm: Tốc độ lọc 0,1 - 0,5m/h.
- Bể lọc nhanh: Tốc độ lọc 2 - 15 m/h.
- Bể lọc cực nhanh: Tốc độ lọc 25 m/h trở lên.

Bể lọc nhanh có thể là bể lọc hở hay bể áp lực, bể lọc chậm chỉ cấu tạo là bể lọc hở, còn bể lọc cực nhanh chỉ có thể là bể lọc áp lực.

Theo độ lớn của hạt vật liệu lọc chia ra

- *Bể lọc hạt bé* (ở bể lọc chậm) kích thước hạt của lớp trên cùng bé hơn 0,4mm.
- *Bể lọc hạt trung bình* (kích thước lớp hạt trên cùng bé hơn 0,4 - 0,8mm).
- *Bể lọc hạt cỡ lớn* (kích thước lớp hạt trên cùng lớn hơn 0,8mm) dùng để lọc sơ bộ.

Lớp lọc của bể lọc nhanh có thể là các hạt đồng nhất về kích thước và trọng lượng riêng (bể lọc cát thạch anh) hoặc có thể gồm vật liệu hạt không đồng nhất (bể lọc hai lớp, lớp trên là than antraxit lớp dưới là cát thạch anh).

Trong các bể lọc chậm, nước đi qua lớp lọc từ trên xuống dưới. Trong các bể lọc nhanh, hướng chuyển động của nước khi đi qua lớp vật liệu lọc có thể khác nhau (từ trên xuống ở bể lọc nhanh thường, từ dưới lên ở bể lọc tiếp xúc, từ trong ra từ trên xuống ở bể lọc hai chiều v.v...).

Khi lọc nước, tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng lên, còn độ chênh áp lực của bể lọc không đổi nên vận tốc lọc giảm dần. Bể lọc có thể làm việc với tốc độ lọc thay đổi (tốc độ lớn ở đầu chu kỳ, tốc độ bé cuối chu kỳ) hoặc với vận tốc cố định trong suốt chu kỳ lọc. Cố định tốc độ lọc bằng thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc.

Đến cuối chu kỳ lọc, tổn thất qua lớp vật liệu lọc đạt đến trị số giới hạn, vận tốc lọc trở nên bé hơn vận tốc tính toán làm cho công suất bể lọc giảm. Để khôi phục lại khả năng lọc của lớp lọc và công suất của bể lọc, phải tiến hành rửa lớp vật liệu lọc, ở các bể lọc nhanh, rửa lọc tiến hành ngay trong bể bằng dòng nước đi từ dưới lên với cường độ đủ để đẩy cặn bẩn ra ngoài, còn ở các bể lọc chậm, để rửa lớp vật liệu lọc, xúc lớp cát trên dày 2-3 cm ra ngoài, cạo rửa sạch cặn bẩn rồi lại chất vào bể lọc. Thời gian làm việc của bể lọc trong 1 chu kỳ (giữa 2 lần rửa lọc) phụ thuộc vào tính chất và số lượng cặn bẩn có trong nước, vào tốc độ lọc, độ dày và độ rỗng của lớp vật liệu hạt.

7.2. VẬT LIỆU CỦA BỂ LỌC HẠT

Thường dùng cát thạch anh ở các bãi sông hay ở các mỏ cát lộ thiên, thạch anh nghiền, đá hoa nghiền, macnetit (Fe_3O_4), keramrit, làm vật liệu lọc trong các bể lọc hạt.

Khi chọn vật liệu lọc xuất phát từ giá thành và điều kiện khai thác, vận chuyển, đồng thời phải thoả mãn các yêu cầu sau:

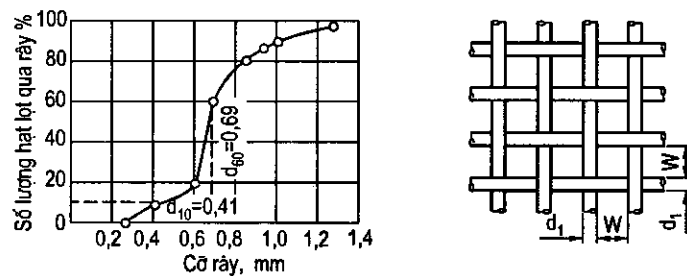
- Đảm bảo được thành phần hạt theo yêu cầu phân loại;
- Đảm bảo mức đồng nhất về kích thước hạt;
- Đảm bảo độ bền cơ học;
- Đảm bảo độ bền về hoá học đối với nước lọc.

Độ lớn và độ đồng nhất của hạt trong lớp vật liệu lọc xác định bằng phân tích rây trên một số cỡ rây khác nhau. Sau khi chọn được bộ rây với kích thước mỗi cỡ rây chênh nhau không quá 25mm, tiến hành sàng mẫu vật liệu để xác định thành phần hạt. Lấy bất kỳ một mẫu nào đó của vật liệu lọc nặng 300g sấy khô ở nhiệt độ 105° đến trọng lượng không đổi, cân lấy 200g (với độ chính xác 0,01g) và sàng qua bộ rây có kích thước đã chọn, đem cân để tìm trọng lượng của số hạt lọt qua rây và ghi vào bảng. Ở đây cho một ví dụ về kết quả phân tích rây (bảng 7.1).

Bảng 7.1. Mẫu ghi kết quả phân tích rây vật liệu lọc

Cỡ rây mm	Còn lại trên rây		Lọt qua rây	
	g	%	g	%
0,25	18	9	2	1
0,41	12	6	20	10
0,56	71	35,5	32	16
0,68	60	30	103	51,5
0,80	18	9	163	81,5
0,94	11	5,5	181	90,5
1,01	6	3	192	96,6
1,28	2	1	198	99,0

Theo số liệu thu được trong bảng (7.1) lập biểu đồ kết quả phân tích rây vật liệu lọc: trục tung ghi hàm lượng % cỡ hạt lọt qua rây, trục hoành ghi cỡ rây (hình 7.1).



Hình 7.1: Biểu đồ kết quả phân tích vật liệu lọc bằng rây

Dựa vào biểu đồ (7.1) có thể xác định các chỉ tiêu cơ bản của lớp vật liệu lọc.

a) Đường kính tương đương của lớp vật liệu hạt, xác định theo công thức:

$$d_{td} = \frac{100}{\sum \frac{P_i}{d_i}}, (\text{mm}) \quad (7.2)$$

Trong đó: P_i - số phần trăm lượng cát (tính theo trọng lượng) còn lại trên rây có đường kính lớn hơn hoặc bằng kích thước mắt rây tương ứng d_i . Đối với vật liệu lọc cho kết quả phân tích rây ghi ở bảng (7.1) có đường kính tương đương bằng:

$$d_{td} = \frac{100}{\frac{1}{1,28} + \frac{3,1}{1,01} + \frac{5,5}{0,94} + \frac{9}{0,8} + \frac{30}{0,68} + \frac{35,5}{0,56} + \frac{6}{0,41} + \frac{9}{0,25}} = 0,56\text{mm}$$

b) Hệ số không đồng nhất của lớp vật liệu lọc là tỷ số của đường kính d_{60} và đường kính d_{10} - đường kính d_{10} là kích thước của cỡ rây khi sàng cho lọt qua 10% tổng số hạt và d_{60} - kích thước của cỡ rây khi sàng cho lọt qua 60% tổng số hạt.

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Đối với vật liệu lọc kết quả phân tích rây trên biểu đồ (hình 7.1).

$$K = \frac{0,69}{0,41} = 1,68$$

và đường kính trung bình của lớp vật liệu lọc $d_{50} = 0,65 \text{ mm}$.

Độ bền cơ học là một chỉ tiêu chất lượng rất quan trọng của vật liệu lọc, nếu vật liệu lọc có độ bền cơ học không đạt yêu cầu thì khi rửa lọc, các hạt nằm trong tình trạng chuyển động hỗn loạn, va chạm vào nhau sẽ bị bào mòn và vỡ vụn; các mảnh vụn do phân loại thủy lực khi rửa sẽ dồn lên trên mặt lớp vật liệu làm tăng tổn thất áp lực khi lọc và dẫn đến rút ngắn thời gian của chu kỳ lọc. Mặt khác hạt cát bị bào mòn, mảnh vụn sẽ bị cuốn theo dòng nước rửa ra ngoài, dần dần lớp vật liệu lọc không còn đủ chiều dày quy định làm cho chất lượng nước lọc xấu đi.

Đánh giá độ bền cơ học của lớp vật liệu lọc bằng hai chỉ tiêu, độ bào mòn và độ vỡ vụn.

Để xác định các chỉ tiêu này lấy 100 g vật liệu lọc lọt qua rây cỡ 1 mm và còn lại trên rây cỡ 0,5 mm đã được sấy khô, cho vào bình thủy tinh có 150 ml nước cất, lắc đều trong 24 h trên máy rung thí nghiệm. Sau 24 h lấy vật liệu lọc ra, sấy khô ở nhiệt độ 105°C đến trọng lượng không đổi.

Độ bào mòn được xác định bằng số phần trăm trọng lượng hạt của mẫu thử đi qua rây cỡ 0,25 mm.

Độ vỡ vụn được xác định bằng số phần trăm trọng lượng hạt của mẫu thử đi qua rây cỡ 0,5 mm nhưng nằm trên rây cỡ 0,25 mm. Vật liệu lọc có độ bền cơ học đảm bảo khi độ vỡ vụn không lớn hơn 4% và độ bào mòn không lớn hơn 0,5%.

Độ bền hoá học đối với nước của lớp vật liệu lọc cũng là chỉ tiêu quan trọng, nó đảm bảo cho nước lọc không bị nhiễm bẩn bởi các chất có hại cho sức khoẻ của người hoặc có hại đến quy trình công nghệ của sản phẩm nào đó khi dùng nước. Đánh giá độ bền hoá học của vật liệu lọc như sau:

Lấy ba bình thí nghiệm, cho vào mỗi bình 10 g vật liệu lọc cần thử đã rửa sạch và sấy khô ở 60°C. Sau đó rót vào mỗi bình 500 ml nước cất, pha vào bình thứ nhất 250 mg NaCl (muối tinh khiết, môi trường trung tính), pha vào bình thứ hai 100 mg HCl (môi trường axit) và pha vào bình thứ ba 100 mg NaOH (môi trường kiềm).

Cứ sau bốn giờ lại lắc các bình thí nghiệm một lần, sau 24 h (6 lần lắc) đem lọc qua giấy lọc. Phân tích nước lọc của ba mẫu để tìm các chỉ tiêu: cặn hoà tan, độ oxy hoá, nồng độ H₂S. Vật liệu lọc có độ bền hoá học đảm bảo khi: hàm lượng cặn hoà tan không lớn hơn 20 mg/l; độ oxy hoá ≤ 10 mg/l; hàm lượng axit silixic ≤ 10 mg/l.

Cát thạch anh, than antraxit thường thoả mãn độ bền hoá học theo yêu cầu đã nêu.

7.3. VẬT LIỆU ĐỠ

Lớp vật liệu đỡ đặt giữa lớp vật liệu lọc và hệ thống ống thu nước lọc, phân phối nước rửa. Chức năng của lớp đỡ là ngăn không cho hạt vật liệu lọc chui qua lỗ của hệ thống ống thu nước ra ngoài, ngoài ra lớp vật liệu đỡ còn có tác dụng phân phối đều nước rửa theo diện tích của bể lọc. Sỏi hoặc đá dăm dùng làm lớp đỡ phải có độ bền cơ học và hoá học thoả mãn yêu cầu nêu trong mục 7.2, và không chứa hơn 10% hạt là đá vôi. Trong mỗi lớp của vật liệu đỡ đường kính của hạt lớn nhất d_{max} không được vượt quá hai lần đường kính hạt bé nhất. Kích thước hạt bé nhất của lớp trên cùng của vật liệu đỡ (trên lớp này là vật liệu lọc) không được lớn quá hai lần kích thước hạt của lớp vật liệu lọc.

Chiều dày của các lớp đỡ trong bể lọc dùng hệ thống ống khoan lỗ để phân phối nước rửa lọc trở lực lớn được chọn theo số liệu sau:

<i>Độ lớn của hạt (mm)</i>	<i>Chiều dày lớp đỡ (mm)</i>
16 - 32	Mặt trên của lớp này cao hơn lỗ của hệ thống ống phân phối nước 100 mm
8 - 16	100
4 - 8	100
2 - 4	50

Cần lưu ý rằng lớp đỡ làm tăng chiều cao của bể lọc, do đó làm tăng giá thành xây dựng bể. Mặt khác khi rửa lọc, lớp đỡ có thể bị xáo trộn, gây ra các hố lõm trên mặt bể

lọc, phá hoại sự làm việc bình thường của bể lọc, vì thế khi thiết kế bể lọc tốt nhất là dùng hệ thống phân phối nước rửa lọc có thể đổ trực tiếp vật liệu lọc lên trên mà không cần lớp đỡ.

7.4. LÝ THUYẾT CƠ BẢN CỦA QUÁ TRÌNH LỌC NƯỚC

Khi lọc nước có chứa các cặn bẩn qua lớp cát hay các lớp vật liệu hạt khác có thể xảy ra các quá trình sau:

a) Cặn bẩn chứa trong nước lắng đọng thành màng mỏng trên bề mặt của lớp vật liệu lọc (thường gọi là màng lọc).

b) Cặn bẩn chứa trong nước lắng đọng trong các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc.

c) Một phần cặn lắng đọng trên bề mặt tạo thành màng lọc, còn một phần khác thì lắng đọng trong các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc.

Khi cặn bẩn lắng đọng tạo thành màng lọc trên mặt lớp vật liệu lọc tức là đã tạo ra một lớp lọc phụ có độ rỗng rất bé, có khả năng giữ lại những cặn rất bé phân tán trong nước. Tổn thất thủy lực của màng lọc tăng nhanh, do vậy phải tiến hành rửa bể lọc thường xuyên, để tẩy rửa cặn bẩn chứa trong lớp vật liệu lọc trên cùng kể cả màng lọc.

Khi vận tốc lọc lớn, màng lọc không được tạo thành bởi vì lực thủy động quá lớn sẽ phá vỡ các vòm do cặn bẩn tạo ra ở các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc, cặn bẩn sẽ chui xuống lớp vật liệu lọc nằm phía dưới v.v...

Màng lọc thường được tạo ra trên bề mặt của lớp cát ở bể lọc chậm. Trong các bể lọc nhanh màng lọc thường không được tạo ra, cặn bẩn cùng với nước đi vào chiều dày của lớp vật liệu lọc, bị dính kết và hấp thụ lên bề mặt hạt của lớp lọc. Đường kính hạt vật liệu lọc và tốc độ lọc càng lớn thì chiều sâu xâm nhập của cặn bẩn vào lớp vật liệu lọc càng lớn. Diện tích và kích thước của hạt cặn có ảnh hưởng rất lớn đến sự hấp thụ và dính kết của cặn lên bề mặt các hạt của lớp vật liệu lọc. Nếu cặn bẩn có độ bền vững, độ phân tán cao và mang điện tích cùng dấu với điện tích bề mặt hạt vật liệu lọc thì bể lọc sẽ không lọc được cặn như vậy.

7.4.1. Quy luật của quá trình lọc nước qua màng lọc tạo ra trên bề mặt lớp cát (bể lọc chậm)

Giả thiết rằng các hạt cặn được giữ lại trên màng lọc là không nén được và có thể tích bằng nhau, bằng thể tích của hạt hình cầu đường kính d . Hệ số hình dạng của các hạt cặn là Φ , độ rỗng của màng lọc là p . Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định được tổn thất áp lực qua màng lọc theo công thức:

$$H = K_p \frac{\mu v}{\Phi^2 d^2} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} L \text{ (mét cột nước)} \quad (7.3)$$

Trong đó:

K_p - hệ số có thứ nguyên;

μ - độ nhớt động học của nước;

v - vận tốc lọc;

L - chiều dày của màng lọc.

Giả sử trong 1 m^3 nước chứa M tấn cặn có trọng lượng riêng $\gamma(\text{t/m}^3)$, qua thời gian dt trên diện tích 1 m^2 của bể lọc, màng lọc được tạo ra có thể tích:

$$dw = \frac{M}{\gamma} \cdot F \cdot v \cdot dt. \quad (7.4)$$

Chiều dày của màng:

$$dL = \frac{dw}{F} = \frac{M \cdot v \cdot dt}{\gamma}$$

Tổn thất áp lực qua màng sẽ là:

$$dH = K_p \frac{\mu v}{\Phi^2 d^2} \cdot \frac{(1-p)^2}{p^3} \frac{M \cdot v \cdot dt}{\gamma} \quad (7.5)$$

Các hệ số K_p , Φ , d , p , γ đặc trưng cho tính chất của cặn. Gộp các hệ số này lại và gọi là tổn thất đơn vị của cặn, ký hiệu bằng chữ β . Ta có:

$$\beta = K_p \frac{(1-p)^2}{\Phi^2 d^2 p^3 \gamma}; \quad (7.6)$$

$$dH = \beta \mu M v^2 dt. \quad (7.7)$$

Tốc độ tăng tổn thất áp lực qua màng lọc sẽ là:

$$\frac{dH}{dt} = \beta \mu M v^2 \quad (7.8)$$

Như vậy khi lọc nước có chứa cặn bẩn không nén được qua lớp màng lọc, tốc độ tăng tổn thất tỷ lệ bậc nhất với hàm lượng cặn M có trong nước và tỷ lệ bậc hai với tốc độ lọc v . Tích phân phương trình (7.8) thu được công thức để tính toán tổn thất qua màng lọc H ở thời điểm bất kỳ kể từ đầu chu kỳ lọc.

$$H = \beta \mu M v^2 T + H_0. \quad (7.9)$$

Trong đó: H_0 - tổn thất áp lực trong lớp cát sạch (tổn thất ban đầu của bể lọc).

Giải phương trình (7.9) đối với T , xác định được thời gian của một chu kỳ lọc.

$$T_0 = \frac{H_1 - H_0}{\beta \mu M v^2}, \quad (h) \quad (7.10)$$

Trong đó: H_1 - độ chênh áp của bể lọc theo thiết kế.

Đại bộ phận cặn tạo ra khi xử lý nước là cặn nén được. Độ rỗng của chúng giảm khi tăng độ chênh áp lực qua màng lọc, nên tổn thất đơn vị của cặn β tăng lên khi chiều dày và tổn thất áp lực qua màng tăng lên.

$$\beta = \beta_0 \cdot H^n \quad (7.11)$$

Trong đó: n - chỉ số nén cặn.

Thay giá trị của β vào (7.8):

$$\frac{dH}{dt} = \beta_0 H^n \mu M v^2. \quad (7.8a)$$

Khi $n \neq 1$, tích phân phương trình (7.8a) trong khoảng thời gian từ 0 đến T_0 với giá trị H thay đổi từ H_0 đến H_1 ta có:

$$T_0 = \frac{H_1^{1-n} - H_0^{1-n}}{(1-n)\mu\beta_0 M v^2}, \quad (h) \quad (7.12)$$

Các hệ số n , β_0 đặc trưng cho tính chất của cặn xác định bằng thực nghiệm.

7.4.2. Quy luật của quá trình lọc nước qua lớp vật liệu lọc giữ cặn bản trong các lỗ rỗng (lọc nhanh)

Khi lọc nước qua lớp vật liệu lọc, cặn bản bị lớp vật liệu lọc giữ lại còn nước được làm trong, cặn tích lũy dần trong các lỗ rỗng làm tăng tổn thất thủy lực của lớp lọc.

Lọc trong nước là quá trình làm việc cơ bản của bể lọc, còn tăng tổn thất áp lực của lớp vật liệu lọc là quá trình đi kèm với quá trình lọc. Nên cả hai quá trình cần phải tính đến khi tính toán, thiết kế và quản lý bể lọc.

Sự tách cặn bản ra khỏi nước và dính kết chúng lên bề mặt hạt của lớp lọc xảy ra do tác dụng của lực dính kết. Cặn bản lắng đọng trong lớp vật liệu lọc có cấu trúc không bền vững, dưới tác dụng của lực thủy động khi nước chuyển động qua lỗ rỗng của lớp vật liệu, cấu trúc của cặn bị phá vỡ và một phần cặn đã được dính kết vào bề mặt hạt lớp lọc bị tách ra đi theo nước xuống các lớp nằm ở phía dưới, ở đây do lực dính kết lớn hơn lực thủy động những cặn bản này lại được dính kết vào bề mặt của hạt mới.

Hiệu quả lọc nước ở mỗi lớp lọc nguyên tố là kết quả của hai quá trình ngược nhau: quá trình cặn bản tách ra khỏi nước và gắn lên bề mặt của hạt dưới tác dụng của lực dính kết và quá trình tách các hạt cặn bản đã bám lên bề mặt của hạt để chuyển chúng ngược lại vào nước dưới tác dụng của lực thủy động. Quá trình lọc nước ở mỗi lớp lọc nguyên tố xảy ra cho đến khi mà cường độ dính kết các hạt cặn bản vào bề mặt hạt cát còn lớn hơn cường độ tách chúng. Do quá trình tích lũy ngày càng nhiều cặn bản trong các lỗ rỗng của cát lọc, cường độ tách cặn do lực thủy động gây ra ngày càng tăng. Hiện tượng dính kết và tách cặn quyết định sự tiến triển của quá trình lọc nước, theo chiều dày lớp vật liệu lọc và theo thời gian lọc.

Trên hình 7.2 giới thiệu sự tiến triển của quá trình lọc nước. Trên biểu đồ vẽ các đường cong thay đổi nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc. Mỗi đường cong ứng với một thời điểm nhất định của quá trình lọc $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$. Đường cong (1) đặc trưng cho thời kỳ đầu của quá trình ngay sau khi một lượng nước lọc đầu tiên đi qua bể lọc.

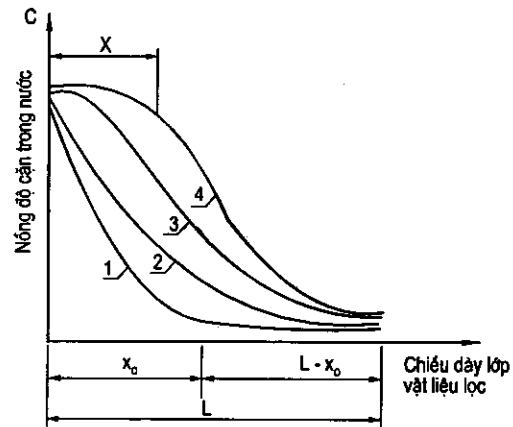
Tại thời điểm t_1 số lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu lọc bé đến mức hiện tượng tách cặn không có ảnh hưởng đến sự tiến triển của quá trình, nên đường cong (1) chỉ rõ sự thay đổi nồng độ cặn trong nước theo chiều dày của lớp vật liệu lọc dưới tác dụng của lực dính kết.

Ở đầu quá trình lọc, nước được lọc trong sau khi đi qua lớp vật liệu có chiều dày x_0 (hình 7.2). Trong các lớp còn lại có chiều dày $L - x_0$ nồng độ cặn trong nước thay đổi không đáng kể hoặc không thay đổi. Điều đó chứng tỏ trong nước còn một lượng cặn có đặc tính lý hoá hoàn toàn khác, không có khả năng dính kết lên bề mặt hạt của lớp vật liệu lọc. Độ trong của nước sau bể lọc hoàn toàn phụ thuộc vào hàm lượng cặn có tính chất như vậy. Thời gian lọc tăng lên, số lượng cặn tích lũy trong lớp vật liệu lọc tăng lên, số lượng cặn đã bám vào bề mặt các hạt cát lọc bị dòng nước đẩy xuống lớp dưới cũng ngày càng tăng và vai trò của các lớp vật liệu nằm gần sát bề mặt trong quá trình lọc nước giảm dần (đường cong (2), (3), (4) hình 7.2). Sau một thời gian làm việc các lớp này bị bão hoà bởi cặn bẩn bám vào và chúng mất hoàn toàn khả năng lọc nước. Chiều dày của lớp vật liệu tại thời điểm t_4 nằm trong tình trạng bão hoà là đoạn x trên đường cong (4).

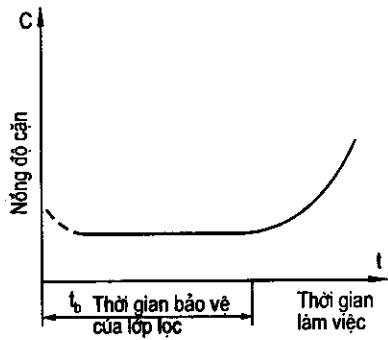
Theo thời gian vai trò của các lớp lọc nằm phía trên giảm dần, còn vai trò của các lớp nằm phía dưới thì tăng dần và chiều dày của lớp lọc cần thiết x_t để lọc trong nước cũng tăng dần lên. Cuối cùng đến một thời điểm khi mà toàn bộ chiều dày của lớp vật liệu lọc có trong bể lọc không đủ để lọc nước đến độ trong đã quy định, nồng độ cặn trong nước lọc bắt đầu tăng lên rất nhanh (đường cong (4) trên hình 7.2).

Thời gian làm việc mà lớp vật liệu lọc có chiều dày L đảm bảo lọc nước đến độ trong quy định gọi là *thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc*. Chừng nào bể lọc làm việc chưa hết thời gian bảo vệ thì nước lọc còn đảm bảo chất lượng quy định. Sau thời gian bảo vệ, chất lượng nước lọc xấu đi rõ ràng.

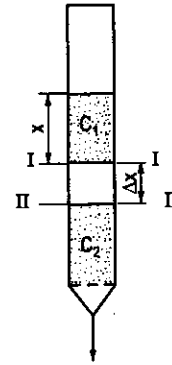
Nhiệm vụ cơ bản của việc nghiên cứu quá trình lọc nước là xác định thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc.



Hình 7.2: Diễn biến của quá trình lọc theo chiều dày lớp vật liệu lọc



Hình 7.3: Sự thay đổi nồng độ cặn trong nước lọc theo thời gian



Hình 7.4: Sơ đồ tính bề dày lớp vật liệu lọc

7.4.3. Thành lập phương trình vi phân của quá trình lọc nước

Tách lớp vật liệu lọc nguyên tố có chiều dày Δx và cách bề mặt một đoạn x bằng mặt cắt ngang I-I và II-II (hình 7.4).

Diện tích mặt cắt ngang của lớp lọc chọn bằng đơn vị. Nước lọc khi đi đến mặt cắt I-I có hàm lượng cặn C_1 , đi qua mặt cắt II-II nước có hàm lượng cặn C_2 . Hàm lượng cặn trong nước giảm một lượng bằng:

$$\Delta C = -(C_2 - C_1) = -\frac{\partial C}{\partial x} \Delta x. \quad (7.13)$$

Đạo hàm riêng $\frac{\partial C}{\partial x}$ là gradien nồng độ nghĩa là đại lượng biểu thị sự thay đổi nồng độ cặn trong nước trên một đơn vị chiều dày của lớp vật liệu lọc. Gradien nồng độ biểu thị bằng đạo hàm riêng bởi vì nồng độ của cặn ở mỗi mặt cắt ngang phụ thuộc vào hai biến số: (x) khoảng cách từ mặt lớp vật liệu và (t) thời gian làm việc của quá trình lọc, dấu (-) ở phương trình (7.13) biểu thị sự giảm của nồng độ cặn trong nước khi tăng khoảng cách x kể từ bề mặt của lớp vật liệu lọc.

Qua một đơn vị diện tích của lớp lọc chiều dày Δx sau một đơn vị thời gian lọc được một thể tích với tốc độ lọc v . Do đó tổng trọng lượng cặn do lớp lọc nguyên tố có chiều dày Δx giữ lại sau một đơn vị thời gian bằng:

$$\Delta Q = v \Delta C = -v \frac{\partial C}{\partial x} \Delta x. \quad (7.14)$$

Cặn bám vào bề mặt của hạt theo sự tiến triển của quá trình lọc. Số lượng cặn bám trong lớp vật liệu chiều dày Δx bằng $\rho \cdot \Delta x$, còn tốc độ tích lũy cặn bám, hay là tổng số lượng cặn bám sau một đơn vị thời gian bằng:

$$\Delta Q = \frac{\partial \rho}{\partial t} \Delta x, \quad (7.15)$$

Trong đó: ρ mật độ bão hoà cận của lớp vật liệu, tức là tổng trọng lượng cận bám trong một đơn vị thể tích của lớp vật liệu lọc tại một thời điểm nhất định của quá trình lọc nước. Cân bằng phương trình (7.14) và (7.15) thu được:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -v \frac{\partial C}{\partial x} \quad (7.16)$$

Phương trình vi phân (7.16) là phương trình cân bằng vật chất, nó chỉ ra rằng: số lượng cận do lớp vật liệu lọc chiều dày Δx được tách ra khỏi nước trong một đơn vị thời gian đúng bằng số lượng cận tích lũy trong lớp vật liệu trong cùng một đơn vị thời gian. Phương trình (7.16) có hai biến số C và ρ , do đó cần phải thành lập một phương trình nữa thể hiện được bản chất vật lý của quá trình lọc. Hiệu quả lọc nước là kết quả của hai quá trình ngược nhau: quá trình tách cận ra khỏi nước cho chúng bám vào bề mặt hạt và quá trình tách cận đã bám vào hạt vật liệu lọc, chuyển chúng trở lại vào nước dưới tác dụng của lực thủy động. Do đó lượng giảm nồng độ cận trong nước khi lọc qua lớp nguyên tố có chiều dày Δx có thể biểu diễn bằng phương trình:

$$\Delta C = \Delta C_1 - \Delta C_2, \quad (7.17)$$

Trong đó: ΔC_1 - lượng giảm nồng độ cận do dính kết;

ΔC_2 - lượng tăng nồng độ cận do tách từ bề mặt hạt ra.

Lượng giảm nồng độ cận do dính kết tỷ lệ với nồng độ trung bình của cận có trong nước C , ngoài ra nó tỷ lệ với chiều dày Δx của lớp lọc:

$$\Delta C_1 = b \cdot C \cdot \Delta x \quad (7.18)$$

Lượng tăng nồng độ cận do tách từ bề mặt các hạt cát tỷ lệ thuận với số lượng cận tích lũy trong thể tích đã cho tại thời điểm khảo sát $\rho \cdot \Delta x$. Ngoài ra nó tỷ lệ nghịch với lượng nước lọc qua lớp lọc trong một đơn vị thời gian là vì càng nhiều nước nồng độ càng loãng.

$$\Delta C_2 = a \frac{\rho \cdot \Delta x}{v} \quad (7.19)$$

Trong các công thức trên a , b là các thông số của quá trình lọc.

Thay giá trị ΔC_1 theo phương trình (7.18) và ΔC_2 theo phương trình (7.19) vào phương trình (7.17) và đưa đến giới hạn ta có:

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - \frac{a}{v}\rho \quad (7.20)$$

Đây là phương trình lý thuyết cơ bản của quá trình lọc, nó phản ánh đặc tính của quá trình lọc nước qua lớp vật liệu hạt.

Đầu quá trình lọc, lượng cận tích lũy trong lớp vật liệu lọc ρ rất bé và sự tách cận từ bề mặt hạt cát lọc không có ảnh hưởng đến sự tiến triển của quá trình, lúc đó có thể coi $\rho = 0$ và tích phân phương trình (7.20) ($\rho = 0$) ta có:

$$C = C_0 \cdot e^{-bx} \quad (7.21)$$

Trong đó: C_o - nồng độ ban đầu của cặn trong nước cho vào bể lọc.

Như đã phân tích ở trên, hiện tượng tách cặn từ bề mặt hạt cát lọc và chuyển ngược cặn trở lại vào nước do lực thủy động gây ra là yếu tố cơ bản làm giảm khả năng lọc nước của lớp vật liệu lọc. Sau một thời gian lọc, lớp vật liệu lọc đạt đến trạng thái bão hòa và khi đó nồng độ cặn trong nước lọc không thay đổi suốt toàn bộ chiều dày lớp lọc, tức $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$;

$$C = C_o \text{ và } \rho = \rho_{gh}.$$

Từ phương trình (7.20) ta rút ra:

$$bC_o = \frac{a}{v} \rho_{gh} \quad (7.22)$$

Trong đó: ρ_{gh} - mật độ bão hòa giới hạn của cặn trong vật liệu lọc

$$a = \frac{bC_o v}{\rho_{gh}} \quad (7.23)$$

Biểu thức (7.23) chỉ ra: thông số lọc a tăng tỷ lệ thuận với thông số lọc b , nồng độ cặn ban đầu C_o , vận tốc lọc v và tỷ lệ nghịch với mật độ bão hòa cặn ρ_{gh} . Từ số đặc trưng cho mức độ tích lũy cặn còn mẫu số đặc trưng cho độ bền của cặn.

Lấy vi phân hai vế phương trình (7.20) theo thời gian rồi đem kết hợp với phương trình cân bằng vật chất (7.16) ta thu được:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial C}{\partial x} + b \frac{\partial C}{\partial t} = 0. \quad (7.24)$$

Đây là phương trình vi phân mô tả quá trình thay đổi nồng độ cặn của nước theo chiều dày của lớp vật liệu hạt và theo thời gian lọc. Mặc khác lấy vi phân phương trình (7.20) theo chiều dày x đem kết hợp với phương trình (7.16) ta thu được phương trình vi phân mô tả sự thay đổi của mật độ bão hòa cặn ρ trong lớp vật liệu lọc theo chiều dày và theo thời gian lọc:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial \rho}{\partial x} + b \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (7.25)$$

Tích phân phương trình (7.24) và (7.25) và tính toán đồng dạng quá trình lọc xem [3].

7.5. TÍNH TOÁN CÔNG NGHỆ BỂ LỌC

Tính toán bể lọc về mặt công nghệ gồm: xác định diện tích cần thiết của bể lọc, chiều dày và kích thước hạt của lớp vật liệu lọc. Diện tích của bể lọc tính theo công thức:

$$F = \frac{Q}{V}, \text{ (m}^2\text{)} \quad (7.26)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước đi vào các bể lọc (m^3/h), $Q = Q_1 + Q_2$;

Q_1 - lưu lượng nước cấp cho các đối tượng tiêu thụ;

Q_2 - lưu lượng nước cần để rửa lọc và cấp cho các nhu cầu kỹ thuật khác trong nhà máy;

V - tốc độ lọc tính toán khi bể lọc làm việc bình thường (m/h).

Tốc độ lọc tính toán phụ thuộc vào tính chất của cặn và của nước, vào kích thước và chiều dày của lớp vật liệu lọc. Các thông số kể trên phụ thuộc lẫn nhau và được tính toán theo thời gian làm việc giữa hai lần rửa lọc. Bể lọc có lớp vật liệu lọc, vận tốc lọc, thời gian giữa hai lần rửa tối ưu khi đảm bảo điều kiện $t_{bv} = t_{gh}$ (thời gian bảo vệ của lớp vật liệu lọc bằng thời gian làm việc đạt đến tổn thất giới hạn của bể). Nếu $t_{bv} > t_{gh}$ bể lọc phải rửa do tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc tăng vượt quá chiều cao chênh áp của bể. Trong khi đó chất lượng nước lọc vẫn đảm bảo được tiêu chuẩn sau một thời gian làm việc nữa. Bể lọc như vậy hoặc có lớp vật liệu quá dày, hoặc làm việc với tốc độ lọc quá bé. Đối với bể lọc đã thiết kế có chiều cao hoặc có diện tích quá lớn đều gây tổn kém trong xây dựng.

Nếu $t_{bv} < t_{gh}$ phải rửa bể lọc do chất lượng nước lọc xấu không đạt yêu cầu. Trong trường hợp này áp lực dư dành cho tổn thất trong lớp vật liệu phải tiêu bớt trên các van khoá thu nước lọc, làm tiêu tốn một số năng lượng đáng lẽ là không cần thiết. Về phương diện vệ sinh để cho bể lọc làm việc an toàn với chất lượng nước đảm bảo tiêu chuẩn quy định thường chọn $t_{bv} = 1,2 t_{gh}$.

Thường thì chất lượng nước nguồn, nhiệt độ, điều kiện xử lý, thay đổi theo mùa trong năm, do đó làm thay đổi cả các thông số lọc của chúng. Vì thế mô hình công nghệ cần phải tiến hành trong thời kỳ đặc trưng khác nhau của năm, đối với mỗi thời kỳ đặc trưng phải xác định được các giá trị của các thông số lọc chuẩn. Để cho thời gian làm việc của bể lọc không bao giờ bé hơn thời gian cho phép tối thiểu cần phải tiến hành tính toán theo hai thời kỳ bất lợi nhất, một thời kỳ cho thời gian bảo vệ của bể lọc giảm xuống còn thời kỳ thứ hai làm cho thời gian làm việc đạt đến tổn thất giới hạn nhỏ nhất.

Khi không có số liệu thí nghiệm, để thiết kế bể lọc nhanh có thể chọn tốc độ lọc ứng với chiều dày và thành phần hạt của lớp vật liệu lọc ghi trong bảng (7.2).

Bảng 7.2. Tốc độ lọc và đặc tính của lớp vật liệu lọc dùng để lọc nước đã qua bể lắng và có độ đục không lớn hơn 12mg/l

Bể lọc	Đường kính hạt vật liệu lọc (mm)			Hệ số không đồng nhất K	Chiều cao lớp vật liệu lọc (m)	Tốc độ tính toán (m/h) trong chế độ làm việc	
	Tối thiểu	Tối đa	Tương đương			Bình thường	Tăng cường
Bể lọc nhanh	0,5	1,2	0,7- 0,8	2 - 2,2	700	6	7,5
	0,7	1,5	0,9 - 0,1	1,8 - 2	1200-1300	8	10
	0,9	1,8	1,1-1,2	1,5-1,7	1800-2000	10	12
Bể lọc 2 lớp cát và antraixit	0,5	1,2	0,8	2	400-500		
	0,8	1,8	1,1	2	400-500	10	12

7.6. CHỌN THỜI GIAN CỦA CHU KỲ LỌC

Thời gian hay độ dài của một chu kỳ lọc là thời gian làm việc của bể lọc giữa hai lần rửa lọc kế tiếp.

7.6.1. Các lý do cần xét đến

Trong khi tính toán công nghệ bể lọc thường gặp hai trường hợp:

Trường hợp thứ nhất: khi cải tạo và nâng cấp nhà máy, các thông số biết trước là: chất lượng nước thô, chiều cao lớp lọc, vận tốc lọc. Tính toán chọn đường kính và cấp phối hạt lọc thoả mãn thời gian yêu cầu của chu kỳ lọc.

Trường hợp thứ hai: khi xây dựng nhà máy mới, các thông số cho trước là: chất lượng nước thô, chiều cao lớp lọc, đường kính và cấp phối hạt lọc. Tính toán chọn tốc độ lọc thoả mãn thời gian yêu cầu của chu kỳ lọc.

Trong cả hai trường hợp, người kỹ sư phải chọn trước thời gian của một chu kỳ lọc và thường căn cứ vào các điều kiện sau:

1) Số bể lọc và thời gian rửa lọc. Thao tác rửa một bể lọc từ khi bắt đầu đến khi cho bể lọc trở lại làm việc thường mất khoảng 30 phút. Nếu chu kỳ lọc là 24 giờ, ngày rửa một lần mà trong nhà máy có số bể lọc lớn hơn 20 thì một ca trực không thể rửa hết lượt, rửa lọc phải thực hiện vào ca ngày, khi rửa cần quan sát để xử lý các trường hợp bất thường, trong trường hợp này phải tăng thời gian của chu kỳ lọc vì lý do quản lý.

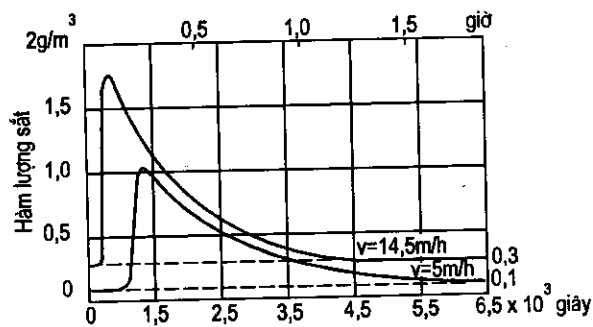
2) Nếu thời gian rửa các bể lọc kéo dài liên tục suốt trong ca ngày, các bể lọc còn lại làm việc trong chế độ tăng cường, $V_{tc} = V_{tt}/n-1$, thời gian làm việc tăng cường quá dài làm giảm thời gian tổn thất giới hạn t_{gh} và thời gian bảo vệ t_{bv} , chu kỳ lọc sẽ ngắn dần lại so với dự kiến ban đầu.

3) Khi rửa lọc xong, đưa bể lọc trở lại làm việc, thời gian từ 10 - 20 phút đầu, nước ra khỏi bể lọc là nước rửa lọc còn đọng lại trong lớp cát lọc và trong gôm sản phẩm phân phối có chất lượng tốt sau đó cặn trong nước lọc tăng lên đột ngột, lớp lọc ổn định dần, cặn trong nước lọc giảm dần sau khoảng 1 đến 1,5 giờ thì đạt chất lượng tính toán (hình 7.5).

Để hạn chế tác dụng xấu của quá trình khởi động bể lọc trong thực tế đã áp dụng ba biện pháp.

Biện pháp thứ nhất: Xả lượng nước lọc đầu có chất lượng không đạt tiêu chuẩn.

Trong quản lý khó xác định chính xác thời gian bắt đầu và kết thúc giai đoạn nước lọc có chất lượng nước xấu để xả nên việc xả nước lọc đầu không mang lại hiệu quả. Ở các nước



Hình 7.5: Biểu đồ thực nghiệm đo hàm lượng sắt trong nước lọc theo thời gian sau khi rửa lọc.

phương Tây và các nước khác trong khu vực đã không còn áp dụng quy trình xả nước lọc đầu.

Biện pháp thứ hai: Giảm tốc độ xuống còn 1/2 tốc độ lọc bình thường trong vòng nửa giờ đến 1 giờ để cho lớp lọc trở lại ổn định biện pháp này cần phải bổ sung thiết bị điều khiển, phức tạp và tốn kém, ít áp dụng.

Biện pháp thứ ba: Kéo dài chu kỳ lọc từ hai ngày đến hơn ba ngày để pha loãng nồng độ cặn. Qua thực nghiệm đã đo được, nếu bể lọc rửa một ngày một lần nước đã lọc, sau khi hoà trộn ở bể chứa, hàm lượng cặn tăng lên 20% so với chất lượng nước lọc trước khi rửa. Nếu bể lọc rửa hai ngày một lần, nước ở bể chứa có hàm lượng cặn cao hơn bình thường 8% và nếu ba ngày rửa một lần, hàm lượng cặn trong nước lọc chỉ cao hơn 4%. Vì các lý do trên, nên chọn thời gian của một chu kỳ lọc lớn hơn hai ngày, tốt nhất là ba ngày.

7.6.2. Tính toán sơ bộ thời gian của chu kỳ lọc theo khả năng chứa cặn của lớp vật liệu lọc

Khi lọc nước qua lớp vật liệu hạt, nước chảy qua các khe rỗng, cặn bám vào bề mặt hạt, dần dần thu hẹp kích thước của các khe rỗng làm cho vận tốc nước qua các khe rỗng tăng lên kéo theo các hạt cặn đã bám dính từ trước đi xuống lớp hạt nằm dưới, cứ như thế đến cuối chu kỳ lọc cặn có thể bị kéo ra ngoài làm xấu chất lượng nước lọc. Qua theo dõi phân tích nhiều năm, phòng thí nghiệm Công ty Tư vấn cấp thoát nước số 2 đã tổng kết được các số liệu sau:

- Vận tốc lọc dưới 5 m/h, cặn chứa được 1/3 thể tích các lỗ rỗng.
 - Vận tốc lọc 5,5 - 7,5 m/h, cặn chứa được 1/4 thể tích các lỗ rỗng.
 - Vận tốc lọc lớn hơn hoặc bằng 8 m/h, cặn chứa được 1/6 - 1/5 thể tích các lỗ rỗng.
- Độ đặc của cặn có thể phân làm ba loại.
- Cặn nước hồ chứa nhiều hữu cơ nhẹ: độ ngậm nước 98% còn 2% là trọng lượng cặn.
 - Cặn nước sông độ đục cao: độ ngậm nước 96% còn 4% cặn.
 - Cặn sắt, vôi làm mềm nước: độ ngậm nước 94% còn 6% là cặn.

Biết được các thông số này người kỹ sư có thể căn cứ vào tốc độ lọc, chu kỳ lọc muốn có và chất lượng nước nguồn để chọn đường kính và chiều dày lớp vật liệu lọc.

Ví dụ: nước sông về mùa lũ, sau bể lắng hàm lượng cặn còn 12 mg/l.

Lọc qua bể cát: $d_{\min} = 0,6 \text{ mm}$; $d_{\max} = 1,8 \text{ mm}$.

Hệ số không đều hạt: $K = 1,6$.

Đường kính tương đương $d = 0,9 \text{ mm}$.

Độ rỗng: 38%, chiều dày lớp cát: 1m, vận tốc lọc 6 m/h.

- Thể tích chứa cặn của 1m³ cát lọc:

$$V = \frac{1}{4} \times 0,38 \times 1\text{m}^3 = 0,095\text{m}^3$$

- Trọng lượng cặn: 1 m³ cát lọc có thể giữ lại.

Trọng lượng cặn chiếm 4% tức $G = 40 \text{ kg/m}^3 \times 0,095\text{m}^3 = 3,8 \text{ kg}$.

Tốc độ lọc 6m³/h. Lớp cát dày 1m, mỗi khối cát 1 giờ phải giữ lại được:

$$6 \times 12 \text{ g/m}^3 = 72\text{g} = 0,072 \text{ kg}$$

Để đảm bảo chất lượng, chu kỳ lọc là:

$$T_{\text{chất lượng}} = 3,8 \text{ kg} / 0,072\text{kg} = 52,78 \text{ giờ} \sim 52 \text{ giờ}$$

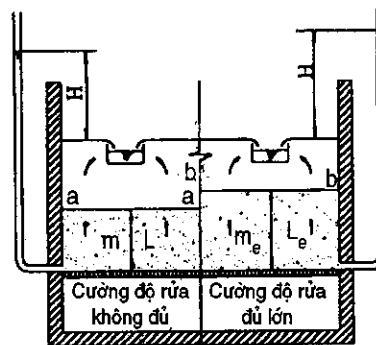
Nếu lọc quá thời gian này, chất lượng nước không đạt. Thường người kỹ sư phải chọn độ chênh áp lực giữa mực nước trên bề lọc và mực nước trong ngăn thu nước sau lọc (Z) sao cho sau thời gian tổn thất qua lớp lọc bằng độ chênh áp lực Z.

$$T_{\text{tổn thất gh}} \leq T_{\text{chất lượng bv}}$$

7.7. RỬA LỌC

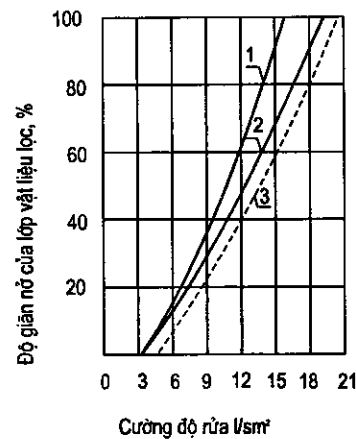
Sau một chu kỳ làm việc đến thời điểm tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc đạt đến trị số giới hạn, hay chất lượng nước lọc bắt đầu xấu đi, khi nhận được tín hiệu này, người quản lý điều khiển các van khoá để rửa bể lọc, hoặc bể lọc tự rửa theo chương trình cài sẵn nhằm khôi phục lại khả năng lọc của lớp vật liệu. Rửa lớp vật liệu trong các bể lọc nhanh bằng dòng nước đi từ dưới lên trên. Trước khi rửa bể đóng van trên đường dẫn nước vào để cho nước trong bể rút xuống ngang với mép máng thu nước rửa, đóng van trên đường ống thu nước lọc và cho nước rửa vào phía dưới bể lọc. Nước rửa theo hệ thống ống khoan lỗ hoặc các chụp lọc phân phối đều theo diện tích bề rồi đi lên phía trên qua lớp vật liệu lọc với cường độ đảm bảo chuyển các hạt của lớp vật liệu lọc vào trạng thái lơ lửng (hình 7.6).

Bề mặt cát lọc từ vị trí a - a khi làm việc bình thường do giãn nở nâng lên vị trí b - b. Khi lớp vật liệu nằm trong trạng thái lơ lửng các hạt không ngừng chuyển động hỗn loạn va chạm vào nhau làm cho cặn bẩn bám trên bề mặt hạt bị tách ra, đi theo nước rửa tràn vào máng thu rồi xả ra ngoài bể lọc. Bể lọc được rửa cho đến khi quan sát thấy nước tràn vào máng thu đã trở nên trong. Đối với bể lọc nhanh thời gian rửa khoảng 5 - 8 phút. Tuy rằng rửa bể lọc là một quá trình phụ nhưng nó ảnh hưởng quyết định đến chế độ



Hình 7.6: Sơ đồ giãn nở của lớp lọc khi rửa bể lọc nhanh

làm việc bình thường của bể lọc. Nếu lớp vật liệu lọc không được rửa hết cặn bẩn thì dần dần cặn bẩn tích lại làm rút ngắn thời gian làm việc của bể thậm chí phải ngừng hoàn toàn để thay lớp lọc khác. Vì thế phương pháp và điều kiện rửa lọc trở thành yếu tố quyết định khi thiết kế bể lọc. Nhiệm vụ cơ bản khi tính toán rửa bể lọc là xác định cường độ rửa và độ giãn nở của lớp vật liệu lọc để đảm bảo rửa sạch hoàn toàn cặn bẩn bám vào bề mặt hạt vật liệu lọc trong quá trình lọc nước. Cường độ va chạm giữa các hạt của lớp vật liệu lọc có độ lớn khác nhau phụ thuộc vào độ giãn nở khi rửa. Kích thước hạt càng bé đòi hỏi độ giãn nở càng cao, để rửa tốt lớp vật liệu lọc có đường kính hạt $d < 0,8\text{mm}$ đòi hỏi cường độ rửa đủ để làm giãn nở 50% chiều dày lớp lọc, còn để rửa sạch lớp vật liệu lọc cỡ hạt $d > 1,2\text{mm}$, chỉ cần làm giãn nở 30% chiều dày lớp vật liệu lọc. Trên (hình 7.7) giới thiệu số liệu thí nghiệm xác định độ giãn nở tính theo phần trăm của cát thạch anh và antraxit theo cường độ rửa và nhiệt độ nước khác nhau.



Hình 7.7: Sơ đồ giãn nở của lớp lọc khi rửa bể lọc nhanh

Từ biểu đồ cho thấy: Lớp vật liệu lọc chỉ bắt đầu giãn nở khi cường độ rửa đạt đến một trị số giới hạn nào đó, sau đó tăng cường độ rửa, độ giãn nở tăng theo quy luật tuyến tính. Các hạt của lớp vật liệu lọc đã giãn nở nằm trong trạng thái cân bằng động dưới tác dụng của lực trọng trường hướng xuống dưới và lực ma sát của nước rửa tác dụng vào bề mặt hạt hướng lên phía trên. Lực ma sát của nước vào bề mặt hạt vật liệu lọc khi rửa phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của dòng nước đi lên gần bề mặt hạt, vào mật độ và độ nhớt của nước. Tốc độ chuyển động của nước sát bề mặt hạt phụ thuộc vào khoảng không gian giữa các hạt trong lớp vật liệu đang giãn nở. Bởi vì khi lưu lượng nước rửa không đổi, độ giãn nở của lớp vật liệu tăng làm tăng khoảng cách giữa các hạt nên tốc độ chảy thực tế của nước giữa các hạt giảm xuống.

7.7.1. Tính toán cường độ rửa lọc

Đối với các hạt hình cầu đường kính $d(\text{mm})$ nằm trong lớp vật liệu lọc giãn nở, chịu tác dụng của lực trọng trường P_1 , hướng xuống dưới và lực ma sát bề mặt của dòng nước chảy P_2 hướng lên trên:

$$P_1 = \frac{\pi d^3}{6} (\gamma_1 - \gamma_0) \quad (7.27)$$

$$P_2 = \pi d^2 \tau$$

Trong đó:

τ - cường độ đơn vị của lực ma sát của nước vào bề mặt hạt vật liệu lọc,

$$\tau = \frac{Bu^2}{Re^n} \quad (7.28)$$

B - hệ số phụ thuộc vào hình dạng và độ nhám của hạt;

u - tốc độ chuyển động của nước đi qua bề mặt hạt.

$$Re = \frac{uR\rho}{\mu}; \quad R = \frac{e + m_o}{1 - m_o} \cdot \frac{d}{6},$$

R - bán kính thủy lực của hạt;

m_o - độ rỗng của lớp vật liệu lọc khi rửa;

e - độ giãn nở của lớp vật liệu lọc tính bằng %.

Biểu diễn tốc độ chuyển động thực tế của nước đi qua bề mặt hạt u khi rửa bằng cường độ rửa lọc w, ta có

$$Q = u(e + m_o) = w(1 + e)$$

hay
$$u = \frac{w(1 + e)}{e + m_o}$$

Thay trị số của u vào công thức xác định chỉ số Reynol ta có:

$$Re = \frac{\rho}{\mu} \cdot \frac{w(e + 1)}{1 - m_o} \phi d_{td}$$

Trong đó: ϕ - hệ số hình dạng, đối với hình cầu $\phi = 1/6$; đối với cát $\phi = 1/7$.

Bởi vì trong lớp vật liệu lọc giãn nở, các hạt nằm trong tình trạng cân bằng động nên hình chiếu của tất cả các lực tác dụng lên hạt theo phương thẳng đứng phải bằng 0, ta có $P_1 - P_2 = 0$ hay:

$$\frac{\pi d_{td}^3}{6} (\gamma_1 - \gamma_o) - \frac{Bw^2 \left(\frac{1 + e}{e + m_o} \right)^2}{\left[\frac{\rho}{\mu} w \frac{e + 1}{1 - m_o} \phi d_{td} \right]} = 0 \quad (7.29)$$

Đối với cát thường và nước có nhiệt độ từ 4 - 40°C có thể lấy $n = 0,7$; $B = 0,1$; $\rho = 1$; $(\gamma_1 - \gamma_o) = 1,65$; $\phi = 1/7$; $m_o = 0,4$.

Khi đó cường độ rửa w cần thiết để đạt được độ giãn nở e có thể tính theo công thức:

$$W_e = 5 \frac{d_{td}^{1,33} (e + m_o)^{1,77}}{(e + 1)^{1,33} \mu^{0,54}} \quad (7.30)$$

Đối với hạt antraxit, có thể lấy:

$$n = 0,6; B = 0,08; \rho = 1; (\gamma_1 - \gamma_0) = 0,75; \phi = 1/7,5; m_0 = 0,4.$$

Cường độ rửa lọc cần thiết:

$$W_a = 2,8 \frac{d_{ld}^{1,33} (e + m_0)^{1,77}}{(e + 1)^{1,33} \mu^{0,54}} \quad (7.31)$$

Khi rửa bể lọc ngoài việc đạt được độ giãn nở của lớp vật liệu lọc theo % quy định còn phải làm cho các hạt lớn của lớp vật liệu lọc nằm ở phía dưới chuyển vào trạng thái cân bằng động lơ lửng trong dòng nước. Cường độ rửa lọc làm cho các hạt này bắt đầu chuyển động vào trạng thái lơ lửng có thể tính theo công thức (7.30) và (7.31) nếu như trong các công thức này chọn $e = 0$; $d_{ld} = d_{max}$, khi rửa cát thạch anh bằng nước có nhiệt độ 20°C, ta có:

$$W_e = 15d_{max}^{1,33}; \quad (7.32)$$

đối với lớp vật liệu lọc là các hạt antraxit:

$$W_a = 8d_{max}^{1,33}; \quad (7.33)$$

Trong quản lý bể lọc cần phải điều chỉnh cường độ rửa lọc theo mùa trong năm phù hợp với sự thay đổi nhiệt độ của nước rửa. Bảng (7.3) ghi kết quả tính toán cường độ rửa lọc ($l/s.m^2$) công thức (7.30) đối với cát thạch anh $d_{ld} = 1mm$, độ rỗng $m_0 = 0,38$.

Bảng 7.3: Giá trị cường độ rửa lọc tính theo (7.30) ($l/s.m^2$)

Nhiệt độ t(°C)	Độ giãn nở e(%)			
	0,01	10	20	30
10	5,6	8,4	11,5	14,7
20	6,6	10	13,6	17,5
30	7,7	11,6	15,8	20,3

7.7.2. Các phương pháp rửa lọc

Mục đích của quá trình rửa lọc là tạo ra điều kiện để:

- Tách cặn bám ra khỏi bề mặt hạt cát lọc bằng lực ma sát và lực cắt do dòng nước với cường độ lớn đi qua bề mặt hạt tạo ra.
- Làm giãn nở lớp lọc để tăng thể tích các khe rỗng, tạo điều kiện thuận lợi cho các hạt cặn đã được tách ra khỏi bề mặt hạt cát chuyển động lên trên cùng với nước để tháo ra ngoài.

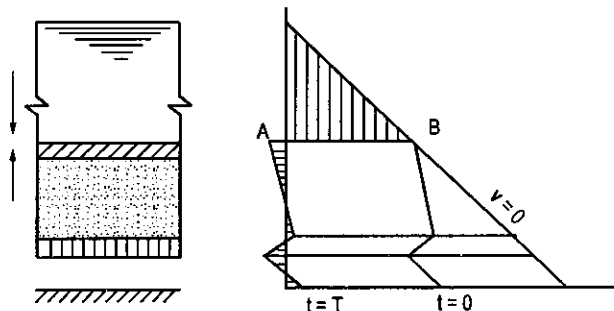
Có nhiều phương pháp rửa lọc để thực hiện tốt cả hai điều kiện trên, nhưng ở Việt Nam hiện đang áp dụng ba phương pháp sau:

- 1) Rửa lọc bằng nước thuần túy.
- 2) Rửa lọc bằng gió trước nước sau.
- 3) Rửa lọc bằng gió nước kết hợp đồng thời ở thời gian đầu, sau đó rửa bằng nước thuần túy.

1. Rửa lọc bằng nước thuần túy

Trong mục 7.7.1 đã nêu cách tính toán chọn cường độ rửa lọc cần thiết cho các lớp vật liệu lọc có đặc tính khác nhau theo từng mùa có nhiệt độ nước khác nhau, trong mục này chỉ nêu các diễn biến trong quá trình rửa lọc và các hiện tượng xấu cần khắc phục.

Khi rửa lọc bằng nước thuần túy xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, hạt bé chuyển lên phía trên, hạt lớn nằm ở dưới. Trong quá trình lọc các hạt cặn lơ lửng trong nước thô phần lớn bị giữ lại ở lớp trên cùng, lớp có hạt cặn bé nhất, tạo thành một màng nhầy của cặn bẩn với chiều dày l tăng dần theo thời gian. Tổn thất áp lực qua màng tăng nhanh làm giảm áp lực nước trong các hạt nằm dưới (đường A-B trong hình 7.8) xảy ra hiện tượng chân không trong lớp lọc.



Hình 7.8: Hiện tượng tạo màng trên đỉnh lớp lọc và tổn thất áp lực qua màng

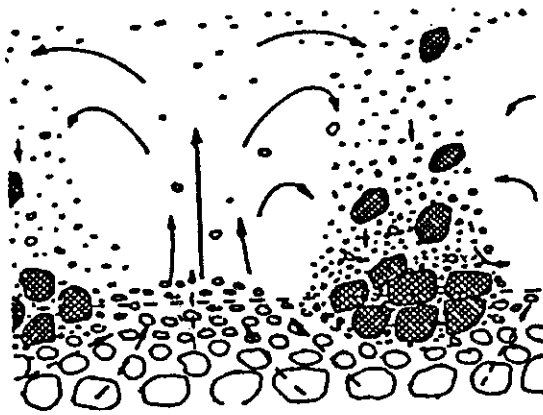
Trong nhiều trường hợp các hạt lọc bị bọc dính một lớp màng gelatin rất dai, khi rửa lọc cặn bám không thể tách ra khỏi mặt hạt mà chỉ bị vỡ ra thành cục nhỏ gọi là cặn vón cục, có nhiều cục vón kích thước lớn mà dòng nước không thể cuốn đi được, nằm lẫn với các hạt lọc, dính các hạt lại, tạo thành cục có kích thước và tỷ trọng lớn, khi rửa lọc chìm xuống dưới làm bùn hoá các lớp hạt lớn và làm tắc trít hệ thống phân phối (hình 7.9), làm giảm khả năng lọc và làm xấu chất lượng nước lọc, buộc phải thay hoàn toàn lớp lọc.

Để loại trừ hiện tượng cặn vón cục, ở Mỹ đã áp dụng quy trình rửa bề mặt lớp lọc bằng nhiều loại thiết bị tạo dòng nước có áp lực cao, xói trực tiếp vào bề mặt lớp cát lọc, phá vỡ các liên kết trước và trong khi rửa bằng dòng nước ngược. Ở các nước châu Âu và Việt Nam áp dụng phương pháp rửa gió kết hợp với nước.

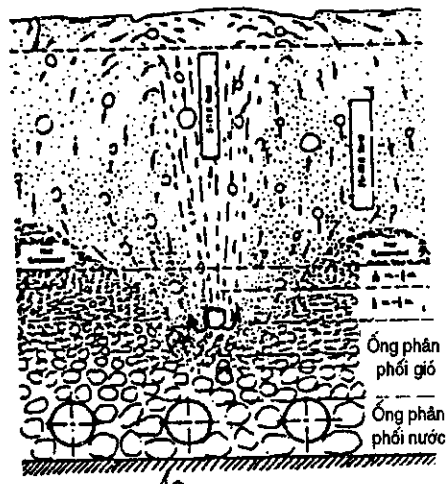
2. Rửa lọc bằng gió trước, nước sau

Khi rửa lọc, hạ mực nước trong bể xuống thấp hơn mép máng thu nước rửa từ 10-12cm sau đó sục gió từ dưới lên với cường độ $50 - 60\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ trong vòng 4-6 phút. Khi sục gió các hạt cát chuyển động hỗn loạn trong thể tích nước, làm vỡ vụn các liên

kết giữa bùn và hạt lọc tách cận bản ra khỏi bề mặt hạt, khi các bọt khí đi lên, kéo theo nước và các hạt cát lên theo tạo ra dòng tuần hoàn đưa bùn cận và các hạt bé xuống dưới (hình 7.10).



Hình 7.9: Bùn vón cục trên mặt lớp lọc làm bùn hoá lớp lọc khi rửa



Hình 7.10: Tạo dòng tuần hoàn khi rửa gió đơn thuần

Để đưa bùn cận đã tách ra khỏi hạt lọc nhưng còn nằm trong toàn bộ chiều dày lớp lọc sau khi sục gió phải rửa tiếp bằng dòng nước ngược với cường độ $40 - 45 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ đủ cho lớp lọc giãn nở 20% để kéo cận ra ngoài. Do nước rửa với cường độ lớn nên xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực, các hạt bé nằm trên, các hạt lớn nằm dưới, khi lọc tạo ra màng cận ở phía trên, có thể gây ra hiện tượng chân không trong lớp lọc. Như vậy, phương pháp rửa gió trước, nước sau, khắc phục được hiện tượng cận vón cục nhưng không khắc phục được hết hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc. Phương pháp này hiện chỉ áp dụng để rửa bể lọc hai lớp, lớp trên là than antraxit, hạt lớn, nhẹ, khi phân loại thủy lực luôn nằm trên lớp cát và có độ rỗng lớn nên không có khả năng tạo ra màng cận.

3. Rửa gió nước kết hợp đồng thời ở thời gian đầu, sau đó rửa bằng nước

Để tránh hiện tượng tạo dòng tuần hoàn nước và cận khi rửa gió thuần túy, khi bọt khí nổi lên cấp ngay một lượng nước đủ để lấp chỗ trống mà bọt khí vừa đi qua, như thế vừa không tạo ra dòng tuần hoàn vừa đẩy được cận lên trên lớp vật liệu lọc. Ngay sau khi thổi gió với cường độ $50 - 60 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ mở ngay van nước để cấp nước đồng thời $5 - 7 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ nước. Rửa gió nước kết hợp trong 4 - 6 phút, sau đó ngừng cấp gió và rửa nước thuần túy với cường độ $15 - 20 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ để đưa cận ra ngoài. Rửa gió nước kết hợp loại trừ hoàn toàn được hiện tượng bùn vón cục, lớp vật liệu lọc không bị phân loại thủy lực, các cỡ hạt phân phối với tỷ lệ như nhau trong suốt chiều dày lớp lọc nên loại trừ được hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc.

7.7.3. Cấp nước rửa lọc

Rửa lọc bằng nước sạch có thể cấp nước rửa lọc theo ba cách:

- *Cách thứ nhất:* lấy nước từ mạng lưới phân phối, ngay sau trạm bơm nước sạch.
- *Cách thứ hai:* đặt bơm rửa lọc riêng, trong trạm bơm nước sạch hay ngay trong hành lang bể lọc để cấp nước rửa.
- *Cách thứ ba:* xây dựng một đài nước riêng trong nhà máy nước kết hợp cấp nước rửa lọc và cấp nước cho các nhu cầu khác trong nhà máy. Chọn cách nào là thích hợp và kinh tế nhất phụ thuộc vào công suất và tổng khối lượng nước cần để rửa lọc, phụ thuộc vào khoảng thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp nhau.

Rửa lọc bằng lấy nước từ mạng lưới phân phối là biện pháp kém an toàn nhất: Nước trên mạng thường có áp lực cao hơn nhiều so với áp lực cần thiết để rửa lọc nên phải đặt van giảm áp, mất năng lượng tiêu phí trên van giảm áp và khi van làm việc thiếu chính xác lượng nước vào bể lọc nhiều hơn yêu cầu, làm cát lọc trôi ra ngoài. Khi rửa lọc áp lực trên mạng tụt xuống không đáp ứng yêu cầu dùng nước cho các hộ tiêu thụ. Biện pháp này chỉ được áp dụng ở những trạm nhỏ lẻ cấp nước không liên tục trong ngày.

Rửa lọc bằng máy bơm riêng là biện pháp thích hợp khi công suất của máy bơm rửa lọc bằng hoặc xấp xỉ bằng 1,2 công suất của máy bơm nước sạch, khi khởi động không làm ảnh hưởng đến điện áp của lưới điện trong nhà máy, số lần khởi động bơm trong một ngày ít và khoảng thời gian giữa hai lần khởi động lớn. Ở những nơi có nhiệt độ nước chênh lệch giữa hai mùa hè và đông lớn hơn 10° , nên đặt hai bơm rửa lọc có công suất khác nhau để tăng cường độ rửa lọc về mùa hè.

Rửa lọc bằng nước lấy từ đài cho phép tăng hoặc giảm cường độ rửa lọc theo ý muốn bằng cách điều chỉnh van đặt trên ống dẫn từ đài xuống. Để tích nước lên đài chỉ cần bơm có công suất bằng 10 - 20% bơm rửa lọc, chiều cao cột nước ổn định bơm tích nước vào đài luôn làm việc ở điểm có hiệu suất cao nhất, không cần thể tích chứa nước rửa lọc ở bể chứa, nhưng phải xây dựng đài nước có dung tích bằng hai lần lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc ở độ cao đủ để dẫn nước rửa cho bể lọc ở xa nhất. Ở những nhà máy nước lớn có số lượng bể lọc $n > 14$, xây dựng đài để lấy nước rửa lọc là an toàn và kinh tế nhất.

Tính toán bơm nước rửa lọc

Nước rửa lọc lấy từ ngăn chứa nước rửa lọc đặt trong bể chứa nước sạch, dung tích ngăn chứa nước rửa lọc bằng hai lần lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc, mực nước trong ngăn trước khi khởi động bơm rửa lọc giữ ổn định ở mức thấp hơn miệng ống tràn của bể chứa 20 - 30cm, đảm bảo bơm rửa lọc luôn ở trong tình trạng tự mỗi.

- Lưu lượng bơm:

$$Q = F \cdot W \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (7.34)$$

Trong đó:

F - diện tích bể lọc (m^2);

W - cường độ rửa lọc cao nhất về mùa hè ($m^3/m^2.h$);

- Áp lực của bơm:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \text{ (m)}$$

Trong đó:

h_1 - chênh lệch cao độ giữa mép máng thu nước rửa trong bể lọc và mực nước thấp nhất trong ngăn chứa nước rửa lọc ở bể chứa, thường từ 3,5 - 4m;

h_2 - tổn thất qua hệ thống phân phối nước rửa lọc.

Khi dùng hệ thống ống phân phối, dàn ống bố trí theo hình xương cá:

$$h_2 = \left(\frac{2,2}{K_w^2} + 1 \right) \frac{V_1^2}{2g} + \frac{V_2^2}{2g} \text{ ,} \quad (7.35)$$

Trong đó:

K_w - tỷ số giữa tổng diện tích các lỗ trên hệ thống ống phân phối và diện tích mặt cắt ngang của ống chính;

V_1, V_2 - vận tốc của nước tại mặt cắt đầu của ống chính và ống nhánh;

Khi dùng sàn phân phối gắn chụp lọc với số lượng 36 - 50 cái trên một m^2 sàn.

$h_2 \sim 1m$;

h_3 - tổn thất qua lớp vật liệu lọc và lớp sỏi đỡ;

Tổn thất qua lớp sỏi đỡ; $h_s = 0,061H_S W$ (m);

H_S - chiều dày các lớp sỏi đỡ (m);

W - cường độ rửa lọc ($m^3/m^2.h$).

- Tổn thất qua lớp cát lọc:

$$h_c = (1 - m) L \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} \text{ ;}$$

m - độ rỗng của lớp cát lọc $\sim 0,4$;

ρ_c - trọng lượng riêng của cát = 2,65;

ρ_n - trọng lượng riêng của nước = 1;

L - chiều dày lớp vật liệu lọc.

$h_c = L$;

$$h_3 = L + 0,061 H_S W, \text{ (m)}; \quad (7.36)$$

h_4 - tổn thất trên đường ống dẫn từ bơm đến bể lọc.

Khi rửa lọc bằng gió và nước kết hợp, mỗi lần rửa lọc cần hai cường độ rửa khác nhau.

- Pha đầu gió nước đồng thời :

$$q_1 = F.W_1, (m^3/h);$$

$$W_1 = 5 \div 7 m^3/m^2.h.$$

- Pha hai nước thuần túy

$$q_2 = F.W_2, (m^3/h)$$

Bơm rửa lọc nên chọn bơm có đường đặc tính thoải, độ dốc nhỏ để cho khi áp lực thay đổi ít, lưu lượng thay đổi nhiều hơn (hình 7.11). Trên đường ống dẫn bố trí nhánh rẽ, đường kính nhánh rẽ tính toán với q_1 sao cho độ tăng tổn thất qua nhánh rẽ Δh đúng bằng độ giảm lưu lượng Δq trên đường Q-H của bơm đã chọn (hình 7.11).

Sau khi bơm nước chạy, mở van điện M_1 , van điện M_2 ở vị trí đóng, nước đi qua nhánh rẽ, bơm làm việc tại điểm $H = h_1$, $Q = q_1$. Hết thời gian pha 1, mở tiếp van M_2 ở ống chính, bơm làm việc tại điểm $Q = q_2$, $H = h_2$.

- Tính toán chiều cao đài nước

Độ chênh giữa mực nước thấp nhất trong đài so với mép máng thu nước rửa lọc

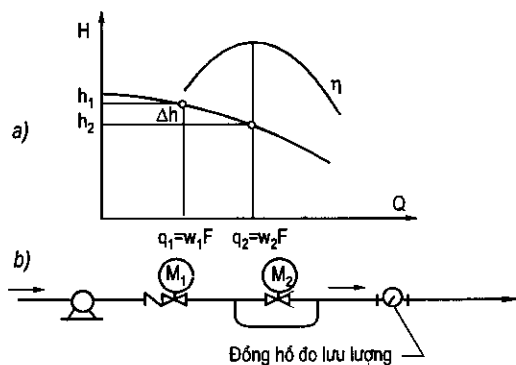
$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

Trong đó:

h_1 - tổn thất áp lực qua lớp lọc và lớp đỡ;

h_2 - tổn thất áp lực qua hệ thống phân phối nước rửa lọc;

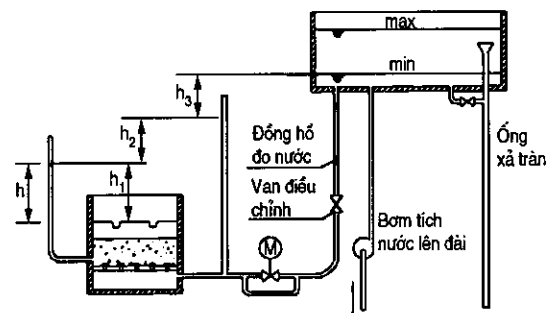
h_3 - tổn thất áp lực trên đường ống dẫn (xem hình 7.12)



Hình 7.11:

a) Điểm làm việc của bơm khi rửa;

b) Sơ đồ đầu nhánh giảm lưu lượng



Hình 7.12: Sơ đồ bố trí

đài nước rửa lọc

- Công suất bơm tích nước lên đài:

$$Q = \frac{(n-2)V}{n.t}, (m^3/h), \quad (7.37)$$

Trong đó:

V - lượng nước lớn nhất cần để rửa một bể lọc (m^3);

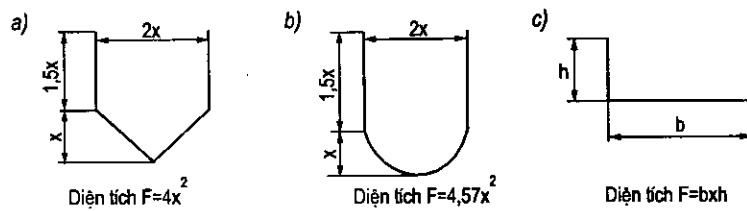
n - số bể lọc cần rửa trong ngày;

t - quãng thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp tùy thuộc vào trang thiết bị điều khiển bể lọc và số người bố trí trong ca trực, có thể lấy $t = 1/2; 3/4; 1h$.

7.7.4. Thu gom và xả nước rửa lọc

Thu nước rửa trong các bể lọc hở dùng máng hay ống khoan lỗ, còn trong bể lọc áp lực thì dùng phễu hay ống khoan lỗ đặt nằm ngang hoặc vòng quanh bể.

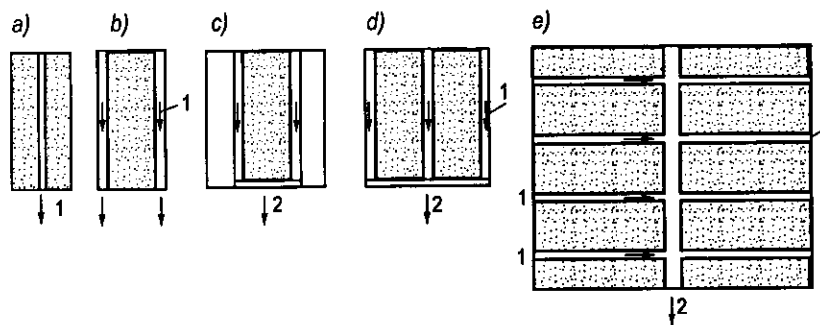
Máng thu nước rửa có thể làm bằng gỗ, thép, bê tông cốt thép. Thời gian gắn đáy bắt đầu dùng composite. Theo hình dạng mặt cắt ngang của máng chia ra: máng thu nước rửa hẹp và sâu đáy hình tam giác (hình 7.13a), máng hẹp, sâu có đáy là nửa vòng tròn (hình 7.13b), lòng máng có độ dốc 1% đổ về mương thu và máng rộng, nông, có đáy phẳng dạng hình chữ nhật độ dốc lòng máng bằng 0 (hình 7.13c).



Hình 7.13: Tỷ số kích thước máng thu nước rửa

Nước rửa tràn tự do (chảy hở), qua mép máng thu, theo dọc lòng máng chảy về mương tập trung. Hình 7.14 giới thiệu cách bố trí máng thu và mương tập trung trong bể lọc.

Mép máng thu phải nhẵn, mép tràn của tất cả các máng phải thật phẳng và nằm trên cùng một mặt phẳng ngang.

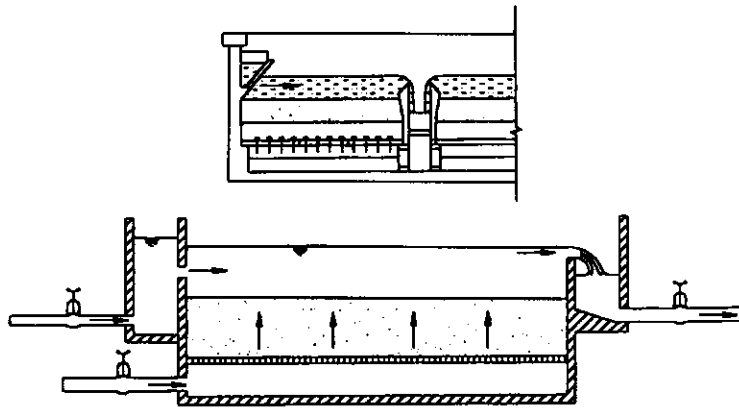


Hình 7.14: Sơ đồ bố trí máng thu và mương tập trung nước rửa trong các bể lọc hở
1. Máng thu; 2. Mương tập trung

- Khoảng cách giữa các máng thu.

Khi nước rửa mang theo cặn bẩn đi ra khỏi các lỗ rỗng của lớp cát lọc vận tốc dâng trong lớp nước trên mặt cát giảm xuống 1,5 đến 2,5 lần nên cặn bẩn rất dễ lắng xuống. Trong thực tế để thu được hết cặn bẩn quãng cách tối đa đến mép máng từ 0,75 - 1,5m tùy thuộc vào tính chất của cặn và cường độ rửa lọc. Vì vậy, khoảng cách giữa hai tim máng không được vượt quá 2,5m. Khoảng cách thu nước tính từ mép máng có thể tăng lên khi áp dụng biện pháp quét bề mặt bằng dòng nước thô phân phối đều theo chiều dài dọc máng (hình 7.15).

Hình 7.15: Sơ đồ dòng nước quét bề mặt khi rửa



Nước thô từ các lỗ phân phối đặt sâu hơn mép máng thu nước rửa từ 10 - 15cm chảy ngang ra với cường độ từ:

- 1,4 l/m dài có thể tăng quãng cách thu của máng đến 2m;
- 2,8 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 3m;
- 4,2 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 4m;
- 5,6 l/m dài có thể tăng quãng cách thu tính từ mép máng lên 5m;

- Tính toán máng thu

Tính toán máng thu nước rửa và mương tập trung nước bao gồm các việc: xác định kích thước mặt cắt ngang của máng, khoảng cách từ đáy máng thu đến đáy mương tập trung và khoảng cách từ mép máng đến bề mặt của lớp cát lọc.

Lưu lượng nước rửa đi qua máng thu khi không có nước quét bề mặt

$$q_m = w.a.b \text{ (l/s)} \quad (7.38a)$$

Khi có nước thô quét bề mặt

$$q_m = w.a.b + b.q \text{ (l/s)} \quad (7.38b)$$

Trong đó:

- w - cường độ rửa lọc (l/s.m²);
- a - khoảng cách giữa các trục máng (m);

b - chiều dài của máng (m);

q - cường độ quét của bề mặt (l/m dài).

Chiều rộng của máng có đáy tam giác và đáy nửa hình tròn tính theo công thức:

$$B = K \sqrt[5]{\frac{q_m^2}{(1,57 + C)^3}}, \quad (7.39)$$

Trong đó:

q_m - tính bằng m^3/s ;

C - tỷ số giữa chiều cao phần chữ nhật của tiết diện ở đầu máng và nửa chiều rộng của máng, giá trị C chọn trong giới hạn 1-1,5;

K - hệ số hình dạng đối với máng đáy nửa hình tròn $K = 2$, máng đáy tam giác $K = 2,1$.

Lòng máng có độ dốc 1% về mương tập trung.

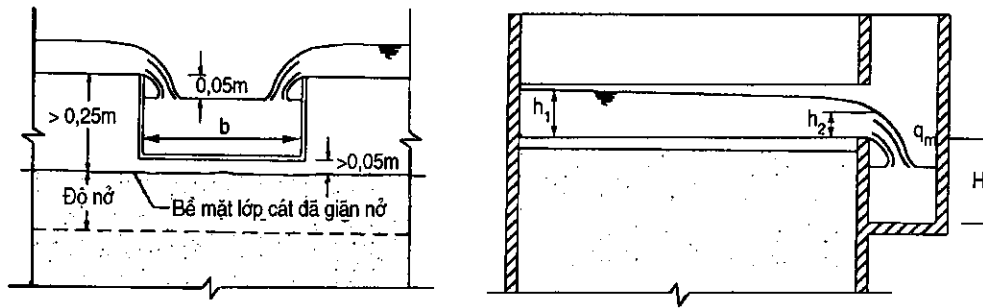
Máng thu nước có tiết diện hình chữ nhật chiều rộng b, độ dốc lòng máng bằng 0 (hình 7.16).

Chiều cao nước đầu máng xác định theo công thức:

$$h_1 = \sqrt[3]{h_2} ; h_2 = \sqrt[3]{\frac{q_m^2}{gb^2}} \quad (7.40)$$

Trong các bể lọc áp lực, đôi khi dùng hệ thống ống khoan lỗ để thu nước rửa. Để đảm bảo thu đều nước rửa theo toàn diện tích bể lọc, tốc độ của nước qua lỗ vào ống thu lớn hơn 2,5-3 lần vận tốc qua miệng ống. Để tiết kiệm kim loại, tốc độ chuyển động của nước ở cửa ống thu thường chọn $v = 1,5m/s$. Như vậy tốc độ đi qua lỗ phải là $4 \div 4,5m/s$. Với tốc độ chuyển động như vậy của nước qua lỗ và trong hệ thống ống tháo, tổn thất áp lực có thể đạt đến 1,5 - 2m cột nước. Vì thế miệng xả của ống tháo nước vào mương phải đặt thấp hơn trục của ống khoan lỗ đặt trong bể lọc không ít hơn 2,5m, và miệng xả nên đặt ngập nước để tránh không khí lọt vào làm giảm lưu lượng của ống xả. Ở các bể lọc hở cũng có thể dùng hệ thống ống khoan lỗ để thu nước rửa lọc. Khoảng cách giữa trục các ống khoan lỗ chọn 1,2 - 1,5m. Các chỉ tiêu tính toán và cấu tạo khác lấy như trong bể lọc áp lực.

Đối với bể lọc có mương thu tập trung nước rửa từ các máng ngang đổ về (hình 7.14c, d, e). Cũng như đối với bể lọc không có máng thu ngang, thu nước rửa lọc chảy trực tiếp qua mép mương dọc trục để hoặc tràn qua mép mương đặt dọc hai bên thành bể lọc (hình 7.14a, b) để đảm bảo chảy tự do, chiều sâu của mương tính từ đáy máng thu ngang đến đáy mương (trong trường hợp có các máng ngang) hoặc tính từ mép tràn đến đáy mương (trường hợp thu trực tiếp bằng mương) tính theo công thức (xem hình 7.16).



Hình 7.16: Sơ đồ tính máng thu tiết diện chữ nhật và khoảng cách H từ đáy máng thu đến đáy mương tập trung

$$H = 1,75 \sqrt[3]{\frac{q_m^2}{gA^2}} + 0,2, \quad (\text{m}) \quad (7.41)$$

Trong đó:

q_m - lưu lượng của mương (m^3/s);

A - chiều rộng của mương (đối với mương trung tâm thường chọn $A \geq 0,7\text{m}$);

g - gia tốc trọng trường $9,81\text{m}/\text{s}^2$.

Khoảng cách từ bề mặt lớp lọc đến mép tràn của máng thu tính theo công thức:

$$\Delta H_m = \frac{H \cdot e}{100} + 0,25, \quad (\text{m}) \quad (7.42)$$

H - chiều dày của lớp vật liệu lọc (m);

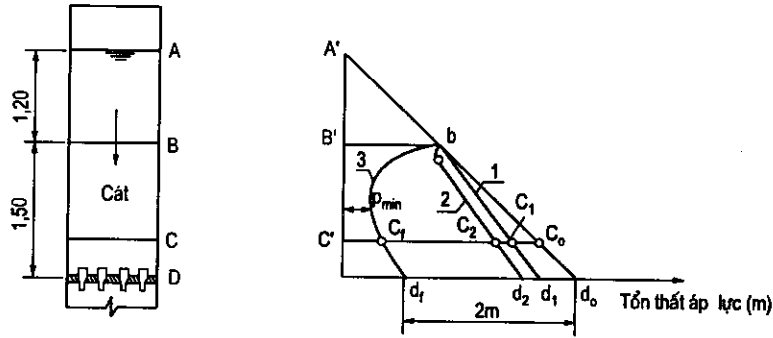
e - độ giãn nở của lớp lọc khi rửa.

Nước rửa lọc từ mương tập trung theo ống tháo xả ra hệ thống cống thoát nước của nhà máy. Đường kính ống tháo chọn theo vận tốc nước chảy trong ống. Vận tốc nước trong ống xác định theo độ chênh giữa mực nước trong mương tập trung và mực nước ở cửa xả của ống tháo vào cống chung.

7.7.5. Chiều cao cần thiết của lớp nước trên bề mặt lớp cát lọc

Trên hình (7.17) giới thiệu đường phân bố áp lực trong lớp cát lọc dày 1,5m có thành phần hạt phân phối đều sau khi rửa lọc bằng gió nước đồng thời. Trên lớp cát là lớp nước dày 1,2m, tổn thất áp lực sau một chu kỳ lọc $H_{gh} = 2\text{m}$, vận tốc lọc $v = 7\text{m}/\text{h}$.

- Đường A'd_o biểu diễn áp lực tĩnh theo chiều dày lớp lọc;
- Đường thẳng (1) biểu diễn áp lực trong lớp cát sạch khi bắt đầu lọc.
- Đường cong (2) biểu diễn áp lực trong lớp lọc sau thời gian $t \leq T$.
- Đường cong (3) biểu diễn áp lực trong thời điểm $t = T$ (cuối chu kỳ lọc).

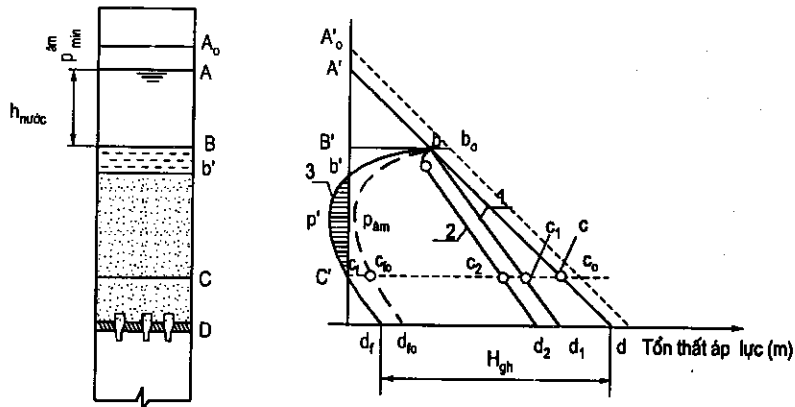


Hình 7.17: Biểu đồ phân bố áp lực trong lớp lọc khi vận tốc lọc 7m/s

Đến cuối chu kỳ lọc, cần thâm nhập đến mặt cát C của lớp lọc, tổn thất qua lớp cát bản biểu diễn bằng đoạn thẳng $C_f - C_o$.

Lớp cát với chiều dày CD còn sạch nên đoạn $c_f d_f$ trên đường cong (3) là đoạn thẳng song song với đường thẳng (1). Trên đường cong (3) xuất hiện áp lực tối thiểu P_{min} ở độ sâu nhất định của lớp cát. Vì chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc $h = 1,2m$, vận tốc $v = 7m/h$, tổn thất của một chu kỳ lọc là 2m nên $P_{min} > 0$ không có áp lực âm trong cát lọc.

Trên (hình 7.18) thể hiện đường phân bố áp lực trong lớp cát lọc đã bị phân loại thủy lực sau khi rửa bằng nước thuận tuý hay rửa gió trước, lớp trên cùng là các hạt bé, lớp dưới là các hạt lớn.



Hình 7.18: Biểu đồ phân bố áp lực chân không trong lớp lọc khi vận tốc lọc (m/h)

Vì chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc h không tương xứng với chiều cao tổn thất giới hạn H_{gh} và không tương xứng với chiều dày lớp cát lọc nên khi lọc cùng vận tốc v m/h, trên đường cong (3) xuất hiện vùng có áp lực âm $b'p'c'$ trên suốt chiều dày $b'c'$ của lớp cát. Trong trường hợp này để loại trừ vùng có áp lực âm trong chiều dày lớp lọc, phải tăng chiều cao của lớp nước trên mặt cát lọc từ A đến A₀ với trị số $\Delta h \geq P_{âm}$.

Sau khi tăng chiều dày lớp nước, đường cong (3) chuyển về vị trí $b_0 c_{f0} d_{f0}$ sẽ không còn áp lực âm trong lớp lọc.

Khi có hiện tượng chân không, khí bão hoà trong nước và hơi nước tách ra thành những bọt nhỏ dính bám vào hạt, làm nghẽn một phần lỗ rỗng, tăng tổn thất trong lớp lọc và lâu dần các bọt khí kết với nhau thành bọt lớn, nổi lên trên tạo thành những khoảng trống mạch lươn phá vỡ lớp vật liệu lọc, làm cho chất lượng nước lọc bị xấu đi rõ rệt. Mặt khác, do các bọt khí bám quanh, hạt lọc bị giảm trọng lượng và dễ trôi ra ngoài khi rửa lọc. Để tránh hiện tượng chân không trong lớp lọc, chiều dày lớp nước trên mặt cát lọc phải chọn sao cho phù hợp với cấu tạo lớp vật liệu lọc, vận tốc lọc, phương pháp rửa lọc và tổn thất giới hạn của một chu kỳ lọc.

Có thể tham khảo số liệu sau:

Cát lọc có đường kính $d_{\min}=0,6$; $d_{\max} = 1,5$; dày $1 \div 1,5$ m, tốc độ lọc $v = 6 \div 8$ m/h, tổn thất giới hạn $H_{gh} = 2,5 \div 3$ m. Rửa lọc bằng nước thuận tuý hoặc rửa gió trước, rửa nước sau, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy $2,0 - 2,2$ m.

Cát lọc có đường kính $d_{\min} = 0,6$; $d_{\max} = 1,5$ dày; $1 \div 1,5$ m, tốc độ lọc $v = 6 \div 8$ m/h, tổn thất giới hạn $H_{gh} = 2 \div 2,2$ m, rửa lọc bằng gió nước đồng thời, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy $1,2 \div 1,4$ m.

Cát lọc với đường kính như trên, chiều dày lớp lọc < 1 m, tốc độ lọc nhỏ hơn hoặc bằng 7 m/h, tổn thất giới hạn $H_{gh} = 1,6 \div 1,8$, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lấy $0,6 - 0,8$ m.

7.7.6. Hệ thống thu nước lọc và phân phối nước rửa

Hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc trong bể lọc nhanh thực hiện ba nhiệm vụ:

- Đỡ lớp vật liệu lọc không cho các hạt vật liệu lọc lọt ra ngoài.
- Thu đều nước lọc.
- Phân phối đều nước rửa trên toàn mặt đáy của lớp lọc. Hiện có rất nhiều chủng loại và kiểu dáng cấu trúc của hệ thống phân phối, nhưng chưa có tài liệu nghiên cứu tin cậy nào được công bố về tính ưu việt của từng loại, vì vậy trong tài liệu này chỉ giới thiệu hai loại phổ biến và hay dùng nhất là: *hệ thống ống khoan lỗ* và *hệ sàn chụp lọc*.

1. Hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa và thu nước lọc

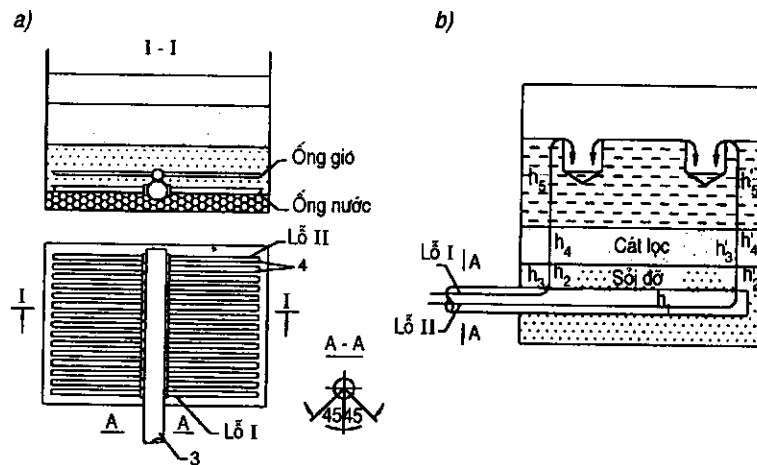
Hệ thống gồm ống chính và các ống nhánh khoan lỗ ghép với nhau thành hình xương cá (hình 7.19).

Ống nhánh có đường kính từ $\phi 50$ mm đến 120 mm. Khoảng cách tim ống $0,15 - 0,3$ m. Trên ống khoan lỗ có số lượng và đường kính theo tính toán thường từ $\phi 6$ mm đến 15 mm. Khoảng cách tim lỗ từ $0,1$ đến $0,25$ m, mật độ $25 - 75$ lỗ/m², lỗ khoan thành một hàng hoặc hai hàng dọc theo đường sinh của ống nhánh, tim lỗ hướng xuống dưới vuông góc với sàn bể lọc hoặc hợp với đường thẳng đứng 1 góc nhỏ hơn 45° để cho động năng của tia nước khi ra khỏi lỗ được phân tán đều bằng đáy bể lọc hay bằng lớp sỏi cỡ hạt lớn trong bể lọc.

Vật liệu ống có thể là gang, thép, nhựa cứng.

Cấp phối và cấu trúc của lớp sỏi đỡ xem mục 7.3.

Khi thi công lớp sỏi đỡ dưới cùng có đường kính 16 - 32mm, phải xếp bằng tay sao cho các hạt sỏi lớn nằm sát lỗ và không che lấp diện tích lỗ.



Hình 7.19: Hệ thống phân phối khoan lỗ

a) Sơ đồ cấu tạo; b) Sơ đồ làm việc

- Khi rửa lọc bằng gió và nước, dùng hệ thống ống khoan lỗ phân phối gió đặt trên hệ thống phân phối nước sao cho lỗ phân phối gió nằm trong lớp sỏi đỡ có đường kính lớn hơn hai lần đường kính lỗ gió. Đường kính lỗ phân phối gió thường từ 2 - 3mm, tốc độ gió qua lỗ 20 - 25m/s, mật độ 50 - 100 lỗ/m², vận tốc gió trong ống chính và ống nhánh từ 15 - 20m/s, khoảng cách giữa các ống nhánh từ 0,15 - 0,3m, lỗ khoan dọc theo đường sinh ống nhánh, tim lỗ hướng xuống dưới làm thành góc từ 0 - 45° so với phương thẳng đứng. Vì vận tốc gió lớn, đường kính ống nhánh thường từ 15 - 25mm, ống thường làm bằng thép hoặc nhựa cứng, ống dài dễ bị võng làm cho các lỗ phân phối gió không cùng nằm trên một mặt phẳng ngang làm cho gió phân phối không đều, khi thiết kế và thi công cần đặc biệt chú ý đến hiện tượng này.

- Tính toán hệ thống ống phân phối khoan lỗ bao gồm việc xác định đường kính ống, đường kính lỗ và tổng số lỗ.

Xét hệ thống phân phối khoan lỗ với các ống nhánh có đường kính và khoảng cách bằng nhau làm việc theo sơ đồ (hình 7.19).

Tia nước đi qua lỗ I có lưu lượng:

$$Q_1 = \mu_1 \omega \sqrt{2gH_1} \quad (7.43a)$$

Trong đó: $H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$;

h_1 - tổn thất áp lực từ mặt cắt A-A của ống chính đến mặt cắt qua tim lỗ I trên ống nhánh;

h_2 - tổn thất qua lỗ;

h_3, h_4, h_5 - tổn thất khi nước chuyển động qua lớp sỏi đỡ, lớp cát lọc và lớp nước trên bề mặt cát lọc.

Tia nước đi qua lỗ II có lưu lượng

$$Q_2 = \mu_2 \omega \sqrt{2gH_2}; \quad (7.43b)$$

$$H_2 = h'_1 + h'_2 + h'_3 + h'_4 + h'_5 \quad (7.44)$$

Vì μ_1 khác μ_2 , Σh khác $\Sigma h'$ nên Q_1 khác Q_2 .

Gọi m là chỉ tiêu phân phối đều của hệ thống:

$$m = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2} \sqrt{\frac{h}{h'}} \quad (7.45)$$

Bằng cách làm tăng giá trị của một số hạng nào đó ở tử số và mẫu số của phân số (7.45) đến một trị số đủ lớn sẽ làm cho giá trị của m tiến gần đến 1. Các trị số của μ, h_3, h_4, h_5 không thể thay đổi được vì chúng không phụ thuộc vào cấu tạo của hệ thống ống, còn giá trị của h_1 (tổn thất dọc đường) từ mặt cắt A-A đến lỗ I là quá bé có thể coi bằng

0, h_1 là tổn thất dọc đường từ mặt cắt A-A đến lỗ II: $h'_1 = \alpha \frac{V^2}{2g}$; α là hệ số kể đến tổn

thất do ma sát và xoáy nước từ A-A đến tim lỗ II. Trong bể lọc có thể chấp nhận $\alpha = 1$;

$h'_1 = \frac{V^2}{2g}$ là rất bé và khó thay đổi. Chỉ có trị số của h_2 tổn thất qua lỗ là có thể tăng lên

tùy ý bằng cách thu hẹp đường kính lỗ.

Giả thiết giá trị của h_3, h_4, h_5 bé hơn nhiều so với h_2 công thức (7.44) có thể viết lại:

$$m = \frac{Q_1}{Q_2} = K_\mu \sqrt{\frac{h_2}{h_2 - \frac{V^2}{2g}}} \quad (7.46)$$

Rút ra:
$$h_2 = \frac{m^2}{m^2 - K_\mu^2} \cdot \frac{V^2}{2g} = A \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (7.47)$$

Khi cho trước lưu lượng nước rửa, trị số $V^2/2g$ xác định bằng cách chia lưu lượng cho diện tích mặt cắt ngang của ống. Trị số của hệ số lưu lượng khi nước chảy qua lỗ K_μ thay đổi phụ thuộc vào tỷ số tổng diện tích các lỗ phân phối đối với diện tích mặt cắt ngang ống K_ω .

Theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm của Viện Vogeo - Liên bang Nga, khi K_{ω} bằng từ 0,1 - 2,2 có thể tính:

$$K_{\mu} = 1 - 0,35 K_{\omega} \quad (7.48)$$

Chỉ tiêu phân phối đều của hệ thống ống khoan lỗ

Thay giá trị của K_{μ} từ (7.48) vào công thức (7.47) thu được giá trị của hệ số A để xác định trị số tổn thất áp lực qua lỗ cần thiết H, đảm bảo độ phân phối đều m cho trước.

Bảng 7.4: Giá trị của hệ số A trong công thức (7.46) tính theo m

m	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,5
A	12	10	6	5	3	2	1,5	1

Sau khi tính theo công thức (7.47) trị số tổn thất áp lực cần thiết của nước khi qua lỗ $H = h_2$ theo chỉ tiêu phân phối đều m cho trước, ta có thể tính được tổng diện tích lỗ trên hệ thống ống theo công thức:

$$\sum f_c = \frac{Q}{\mu_{tb} \sqrt{2gH}}, \quad (m^2) \quad (7.49)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước trong hệ thống phân phối (m^3/s);

μ_{tb} - hệ số lưu lượng trung bình khi chảy qua lỗ phụ thuộc vào tỷ số đường kính lỗ d_c và chiều dày thành ống δ_o (bảng 7.5);

g - gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}$;

H - tổn thất áp lực qua lỗ để đảm bảo độ phân phối đều m mong muốn.

Bảng 7.5. Giá trị trung bình của hệ số μ

d_c/δ_o	1	1,5	2	2,5	3	4
μ_{tb}	0,7	0,68	0,65	0,63	0,6	0,58

Khi phân phối nước theo diện tích bể lọc có hình chữ nhật, hệ thống ống khoan lỗ gồm ống chính đặt theo chiều dài bể, hai bên là các ống nhánh khoan lỗ có chiều dài và đường kính bằng nhau thì tổng diện tích lỗ trên tất cả các ống nhánh được tính theo công thức (7.49), còn tổn thất áp lực qua lỗ tính theo công thức:

$$H = A \frac{V_c^2}{2g} + 1,25A \frac{V_n^2}{2g}, \quad (7.50)$$

Trong đó:

A - hệ số tra bảng (7.4);

v_c và v_n - tốc độ chuyển động của nước qua mặt cắt ở đầu ống chính và đầu của các ống nhánh (m/s).

Khi phân phối nước theo diện tích hình tròn, hệ thống ống khoan lỗ gồm ống chính và các ống nhánh có chiều dài không bằng nhau đặt ở hai bên vuông góc với ống chính, tổn thất áp lực qua lỗ cần thiết để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức:

$$H = 0,5A \frac{V_c^2}{2g} + 2A \frac{V_{n1}^2}{2g} - A \frac{V_{n2}^2}{2g} \quad (7.51)$$

Trong đó: V_{n1} , V_{n2} - tốc độ chuyển động của nước ở mặt cắt đầu của ống nhánh có chiều dài lớn nhất và chiều dài bé nhất. Tốc độ của nước ở đầu ống chính lấy từ 1-2m/s, ở đầu các ống nhánh khoan lỗ lấy từ 1-1,5m/s.

Ví dụ tính toán:

Tính toán hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa cho bể lọc kích thước 6m × 6m, cường độ rửa lọc 15l/s.m², chỉ tiêu phân phối đều $m = 95\%$.

Giải:

Lưu lượng nước rửa lọc qua hệ thống phân phối:

$$Q = 6m \times 6m \times 15l/s.m^2 = 540 \text{ l/s.}$$

- Chọn khoảng cách giữa các ống nhánh khoan lỗ là 300mm, dàn ống cấu tạo hình xương cá, ống chính ở giữa, hai bên sườn ống chính là các ống khoan lỗ. Số ống nhánh trên một bên ống chính $n = 6000: 300 = 20$ ống.

- Lưu lượng nước qua một ống nhánh:

$$q_n = 540: 40 = 13,5 \text{ l/s}$$

Ống chính: chọn ống thép $\phi 600$, dày 10mm, $v_c = 1,85$ m/s;

Ống nhánh: chọn ống thép $\phi 100$ dày 7mm, $v_n = 1,56$ m/s.

Tổn thất qua lỗ cần để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức (7.50)

$$H = A \frac{V_c^2}{2g} + 1,25A \frac{V_n^2}{2g},$$

Tra bảng (7.4) với $m = 0,95$; $A = 12$.

$$H = \frac{1,85^2}{19,6} \times 12 + \frac{1,56^2}{19,6} \times 1,25 \times 12 = 3,97m.$$

Chọn đường kính lỗ $\phi 10$, tỷ số $d/\delta = 10/7 = 1,4$.

Tra bảng (7.5) có hệ số lưu lượng $\mu_{tb} = 0,68$.

Tổng diện tích của các lỗ trên các ống nhánh tính theo công thức (7.49)

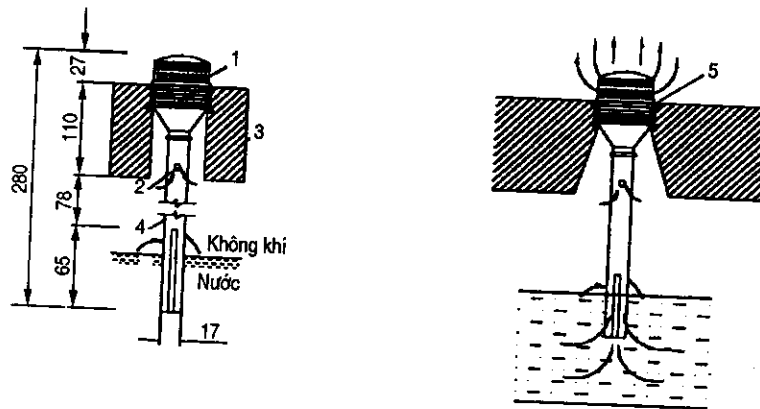
$$\sum f_{l\delta} = \frac{Q}{\mu_{tb} \sqrt{2gH}} = \frac{0,54}{0,68 \sqrt{19,6 \times 3,97}} = 0,09m^2 = 900cm^2.$$

Diện tích một lỗ $\phi 10$, $f_e = 0,785\text{cm}^2$. Tổng số lỗ cần thiết $\frac{\sum f}{f} = \frac{900}{0,785} = 1140$ lỗ.

Số lỗ trên 1 ống nhánh 1140: 40 = 28 lỗ. Chiều dài một ống nhánh $l = 2600$ mm, mỗi ống khoan hai hàng lỗ, nửa phía dưới ống trục tim lỗ làm thành 1 góc 45° so với phương thẳng đứng, khoảng cách giữa các lỗ $a = 2600: 28/2 = 186\text{mm}$.

2. Hệ thống phân phối nước rửa và thu nước bằng sàn chụp lọc

Thực tế ứng dụng ngày càng nhiều hệ thống chụp lọc gắn trên sàn đỡ phân phối nước và gió khi rửa bể lọc, chụp lọc thường làm bằng nhựa cứng hoặc inox, đầu chụp lọc xẻ các khe song song với chiều rộng $0,7 - 1\text{mm}$ để phân phối nước và gió. Hình 7.20 giới thiệu sơ đồ cấu tạo và nguyên tắc làm việc của chụp lọc khi rửa gió nước đồng thời.

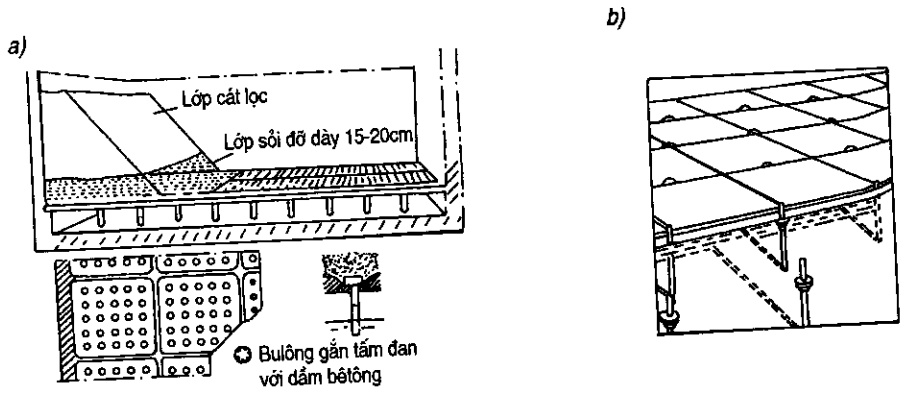


Hình 7.20: Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của chụp lọc khi rửa gió nước đồng thời

1. Khe phân phối gió và nước; 2. Lỗ thu khí; 3. Sàn gắn chụp lọc của đuôi chụp lọc; 4. Khe thu khí và nước ở phần cuối của đuôi chụp lọc; 5. Vòng nhựa có ren gắn sẵn vào sàn đỡ

Không khí nhẹ hơn nước gần 800 lần, nên khi rửa gió nước đồng thời, gió tạo thành đệm khí nằm trên mặt nước, gió đi vào lỗ (2) của phần trên của khe (4) vào chụp lọc, còn nước đi qua đáy chụp lọc và phần dưới của khe (4). Vì tổn thất của gió khi đi qua chụp lọc là rất nhỏ so với áp lực cột nước và vật liệu lọc nằm trên sàn đỡ nên muốn phân phối đều gió, lỗ (2) và đỉnh khe (4) trên chuỗi của các chụp lọc phải tuyệt đối đều nhau và cùng nằm trên một mặt phẳng ngang.

- Khi đổ cát trực tiếp lên đầu chụp lọc, số lượng chụp lọc phải bằng $50 - 80$ cái/ 1m^2 sàn.
- Khi đổ một lớp sỏi đỡ, đường kính $2 - 4\text{mm}$, dày $15 - 20\text{cm}$, trên đầu chụp lọc để ngăn ngừa cát chui vào khe làm tắc trít và để phân phối nước theo chiều ngang đều và xa hơn, số lượng chụp lọc có thể lấy từ 36 đến 49 cái/ 1m^2 diện tích sàn. Sàn gắn chụp lọc có thể làm bằng thép tấm, nhựa composite hoặc bê tông cốt thép đúc sẵn dưới dạng tấm vuông hay hình chữ nhật kích thước $600 \times 600\text{mm}$, $800 \times 800\text{mm}$, $1000 \times 1000\text{mm}$, dày $80 - 120\text{mm}$.



Hình 7.21: Sơ đồ lắp tấm đan sàn chụp lọc

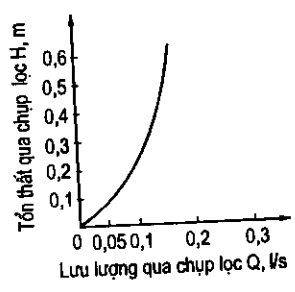
a) Đỡ tấm đan bằng trụ và dầm bê tông; b) Đỡ bằng trụ thép hoặc gang.

Các tấm đan gắn chụp lọc được đặt trên dầm bê tông có trụ đỡ (hình 7.21a) hoặc đặt trên các trụ đỡ bằng thép hoặc gang (hình 7.21b), được liên kết với nhau và gắn với trụ đỡ bằng bulông ở bốn góc tấm hoặc ở giữa mỗi cạnh của tấm. Khe tiếp giáp giữa các tấm với nhau phải được chèn kỹ bằng cao su, vữa xi măng giãn nở hay nhựa chống thấm, đảm bảo khi rửa, gió và nước không thấm qua khe.

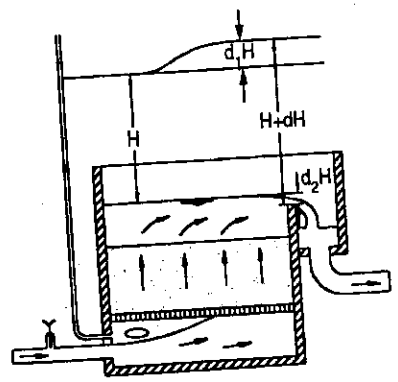
Đặc tính thủy lực của chụp lọc phải được nhà sản xuất cung cấp nếu không phải xác định trong phòng thí nghiệm để lập ra biểu đồ hình 7.22.

Tính toán thủy lực sàn chụp lọc phân phối nước rửa bao gồm việc xác định tổn thất áp lực H cần thiết qua sàn để đảm bảo độ phân phối đều $m = 95\%$. Từ tổn thất áp lực H cần thiết, dựa vào đặc tính thủy lực của chụp lọc để chọn số lượng chụp lọc cần có trên $1m^2$ sàn hoặc căn cứ vào số lượng chụp lọc trên $1m^2$ sàn đã chọn theo cấu tạo, chọn chụp lọc có đặc tính thủy lực thích hợp.

Hình 7.23 giới thiệu sơ đồ phân phối áp lực trong bể lọc khi dùng sàn chụp lọc để phân phối nước rửa.



Hình 7.22: Biểu đồ đặc trưng thủy lực của chụp lọc



Hình 7.23: Sơ đồ phân bố áp lực khi rửa lọc

Áp lực cần thiết khi rửa lọc tính từ đáy bể:

$$H_{\text{rửa}} = H_{\text{sàn}} + H_{\text{lớp lọc}} \quad (7.52)$$

Trong đó:

$H_{\text{sàn}}$ - tổn thất qua sàn chụp lọc khi rửa; $H_{\text{sàn}} = \alpha v^2$;

$H_{\text{lớp lọc}}$ - tổn thất qua lớp lọc khi rửa.

$$H_{\text{lớp lọc}} = (1 - P_e) \cdot L_e \cdot \frac{\rho_{\text{cát}} - \rho_{\text{nước}}}{\rho_{\text{nước}}}$$

(thường lấy bằng chiều dày lớp cát lọc)

$$H_{\text{rửa}} = \alpha v^2 + (1 - P_e) \cdot L_e \cdot \frac{\rho_{\text{cát}} - \rho_{\text{nước}}}{\rho_{\text{nước}}}$$

Độ chênh áp lực dưới sàn phân phối gây ra việc phân phối không đều:

$$dH_{\text{rửa}} = 2\alpha v dv - L_e \frac{\rho_c - \rho_n}{\rho_n} dP_e$$

Ở đây: P_e - độ rỗng của lớp cát khi rửa; L_e - chiều dày lớp cát khi rửa.

$$dP_e = \frac{1,2(1 - P_e)P_e}{3 - 2,2P_e} \times \frac{dv}{v}$$

Sau khi thay dP_e và rút gọn ta có:

$$dH_r = 2H_{\text{sàn}} \frac{dv}{v} - 1,2H_{\text{lớp lọc}} \frac{P_e}{3 - 2,2P_e} \frac{dv}{v}$$

Rút ra:

$$H_{\text{sàn}} = 0,6H_{\text{lớp lọc}} \frac{P_e}{3 - 2,2P_e} + \frac{1}{2} \times \frac{v}{dv} \times dH. \quad (7.53)$$

Từ công thức (7.53) theo yêu cầu phân phối đều, có thể tính tổn thất áp lực cần thiết của sàn chụp lọc để chọn số lượng chụp lọc.

Ví dụ tính toán:

Bể lọc cát độ rỗng: $P_o = 38\%$.

Độ giãn nở khi rửa: $E = 20\%$.

Độ rỗng lớp cát khi rửa: $P_e = 48\%$.

Chiều dày lớp cát: 1m.

Yêu cầu: tính số chụp lọc

Giải:

Nước rửa đi qua các lỗ $\phi 150$, ở thành máng dẫn nước vào bể lọc với vận tốc 0,6m/s.

Áp lực tốc độ (áp lực động):

$$h = \gamma_n \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{0,6^2}{19,6} = 0,0184\text{m.}$$

Ở cuối bể và hai bên bể, áp lực tốc độ này biến thành áp lực tĩnh vì $v = 0$ do đó độ chênh áp dưới sàn bể $dH = 0,0184$ (hình 7.23). Nếu chọn độ phân phối đều là 95% tức vận tốc nước qua sàn chênh nhau $dV = 5\% = 0,05$. Thay vào công thức (7.53) tổn thất cần thiết qua sàn là:

$$H_{\text{sàn}} = 0,6 \times 1\text{m} \frac{0,48}{3 - 2,2 \times 0,48} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{0,05} \times 0,0184 = 0,218$$

Theo yêu cầu, tổn thất qua sàn phân phối là 0,218m.

Sau pha rửa gió nước đồng thời, cường độ rửa nước thuần túy:

$$W = 20\text{m}^3/\text{hm}^2 = 5,55\text{l}/\text{sm}^2$$

- Nếu chọn 36 chụp lọc 1m^2 lưu lượng nước đi qua một chụp lọc:

$$q = 5,55/36 = 0,154\text{ l/s}$$

Chọn chụp lọc có đặc tính thủy lực

$$q = 0,154\text{ l/s} \cdot H_{\text{tổn thất}} = 0,218\text{m}$$

- Nếu đã có sẵn chụp lọc nhựa, có đặc tính kỹ thuật cho trước, ví dụ $q = 0,114\text{ l/s}$; $H_{\text{tt}} = 0,218\text{m}$ thì số chụp lọc cần thiết trên 1m^2 sàn sẽ là $n = 5,55/0,114 = 48,68 = 49$ cái.

- Khoảng cách từ đáy bể lọc đến mặt trên sàn phân phối thường lấy từ 0,8 - 1m tạo không gian cho việc quan sát làm sạch khe và lỗ ở đuôi chụp lọc, làm giảm độ chênh áp lực do phục hồi tốc độ khi phân phối nước rửa lọc.

7.8. BỂ LỌC NHANH HỖ

7.8.1. Cấu tạo

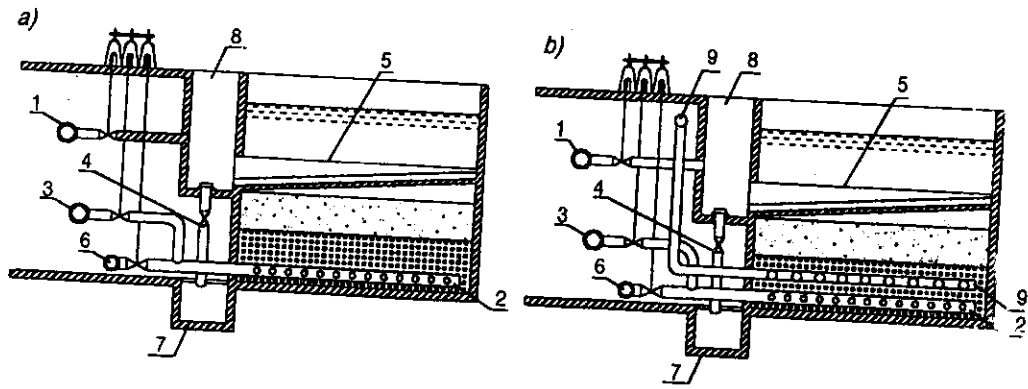
Bể lọc nhanh có thể là bể lọc hở hay bể lọc áp lực. Bể lọc hở theo cấu tạo của hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc có thể chia làm hai loại sau:

Loại 1: Bể lọc nhanh có hệ thống phân phối nước và gió rửa lọc bằng dàn ống khoan lỗ (hình 7.24)

- Về hình dáng mặt bằng, bể lọc hở có thể là vuông, chữ nhật, hình tròn. Ở các nhà máy nước có số bể lọc $n \geq 4$, thường chọn mặt bằng hình chữ nhật để dễ dàng bố trí hành lang đặt ống và hành lang điều khiển.

- Chiều cao bể lọc tính từ đáy đến mép tường bể:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$



Hình 7.24: Sơ đồ bể lọc nhanh hở dùng hệ thống ống khoan lỗ phân phối nước rửa
a) Rửa nước thuần túy; b) Rửa gió nước kết hợp

1. Ống dẫn nước thô; 2. Hệ thống khoan lỗ phân phối nước rửa và thu nước lọc;
3. Ống dẫn nước lọc về bể chứa nước sạch; 4. Ống xả nước rửa lọc; 5. Máng phân
phối nước thô và thu nước rửa; 6. Ống dẫn nước sạch vào rửa bể lọc; 7. Mương
thoát nước rửa; 8. Mương tập trung nước rửa lọc; 9. Hệ thống ống dẫn và phân
phối gió

Trong đó:

- h_1 - chiều cao phân đặt hệ thống phân phối và các lớp sỏi đỡ ở đáy bể lọc;
- h_2 - chiều cao lớp cát lọc;
- h_3 - chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc;
- h_4 - chiều cao dự trữ + chiều cao bảo vệ = $h'_4 + h''_4$;
- h'_4 - chiều cao dự trữ dành cho mực nước dâng lên trong bể lọc khi nhà máy có
một bể ngừng để sửa chữa hoặc ngừng để rửa lọc.

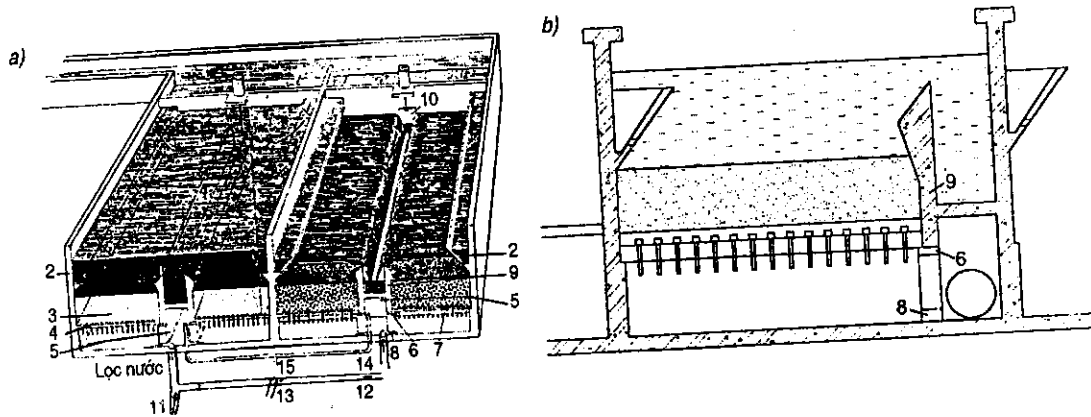
$$h'_4 = \frac{iQ}{n(n-i)f}, \quad (\text{m}), \quad (7.54)$$

Trong đó:

- Q - lưu lượng nước thô đưa vào n bể lọc (m^3/h);
- n - số bể lọc trong nhà máy;
- i - số bể lọc ngừng để sửa chữa hoặc rửa;
- f - diện tích của một bể lọc;
- h''_4 - chiều cao bảo vệ thường chọn 0,2m.

Loại 2: Bể lọc nhanh có hệ thống phân phối nước và gió rửa lọc bằng sàn chụp lọc (hình 7.25) giới thiệu sơ đồ bể lọc V của Công ty Degremont Pháp dùng hệ thống phân phối gió nước bằng sàn chụp lọc và dùng máng bên để phân phối nước thô khi lọc và quét bề mặt khi rửa. Chiều rộng một ngăn lọc $2,5\text{m} \leq B \leq 5\text{m}$. Bể lọc có thể làm hai

ngăn (hình 7.25a) và một ngăn (7.25b). Lớp cát lọc đường kính tương đương, $d_{td} = 0,9 \div 1\text{mm}$, $d_{10} = 0,6\text{mm}$, $d_{max} = 1,6 \div 1,8\text{mm}$; $k = 1,3 \div 1,5$ dày 1 - 1,5m. Chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc lớn hơn hoặc bằng 1,2m, vận tốc lọc 6 - 10m/h. Cường độ rửa gió từ 50 đến $60\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, cường độ rửa nước đồng thời với gió từ $5,5 - 7,5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, sau đó rửa nước thuần túy với cường độ 15 - $20\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, cường độ quét bề mặt 6 - $8\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, độ chênh áp ứng với một chu kỳ lọc $H = 2\text{m}$.



Hình 7.25: Sơ đồ bể lọc Aquazurv
a) Bể lọc hai ngăn; b) Bể lọc một ngăn

1. Muong dẫn nước thô; 2. Máng phân phối nước thô quét bề mặt khi rửa lọc;
3. Lớp cát lọc; 4. Sàn chụp lọc; 5. Muong thu nước lọc và phân phối nước rửa;
6. Hàng lỗ phân phối gió; 7. Đệm khí; 8. Hàng lỗ phân phối nước lọc;
9. Muong thu nước rửa; 10. Van xả nước rửa lọc; 11. Van trên ống nước lọc;
12. Van trên ống nước rửa; 13. Ống đưa nước rửa đến; 14. Van trên đường ống dẫn gió vào bể; 15. Ống dẫn gió từ máy thổi gió đến.

7.8.2. Số lượng bể lọc và cách sắp xếp

Diện tích cần thiết của tất cả các bể lọc tính theo công thức (7.26):

$$F = \frac{Q}{V} \quad , \quad (\text{m}^2)$$

Chọn số lượng bể lọc căn cứ vào các yếu tố sau:

- Diện tích một bể lọc nên chọn lớn hơn 10m^2 vì chất lượng nước lọc qua lớp cát ở sát thành theo chu vi bể xấu hơn chất lượng nước lọc qua các lớp cát xa thành bể. Thực nghiệm đã chứng minh khi diện tích bể lớn hơn 10 - 20m^2 thì ảnh hưởng xấu của vận tốc lọc ở sát thành bể đến chất lượng nước lọc của cả bể là không đáng kể.
- Mặt khác, nên chọn diện tích bể lọc nhỏ hơn 150m^2 để giảm khối lượng xây dựng hành lang đặt ống và hành lang điều khiển, giảm đường kính ống dẫn nước vào và ra

khỏi bể, giảm kích thước các thiết bị, van, khoá đến mức không quá nặng và công kênh làm khó khăn cho việc lắp đặt và sửa chữa. Số lượng bể lọc có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{F} \quad (7.55)$$

Số bể lọc không nên lấy nhỏ hơn 3 để khi phải ngừng 1 bể, vận tốc trong hai bể còn lại không vượt quá 1,5 vận tốc bình thường.

- Tốc độ lọc khi bể lọc làm việc trong chế độ tăng cường:

$$V_{tc} = V_{bt} \frac{n}{n-i}, \quad (\text{m/h}), \quad (7.56)$$

Trong đó:

V_{bt} - tốc độ lọc tính toán khi bể lọc làm việc bình thường;

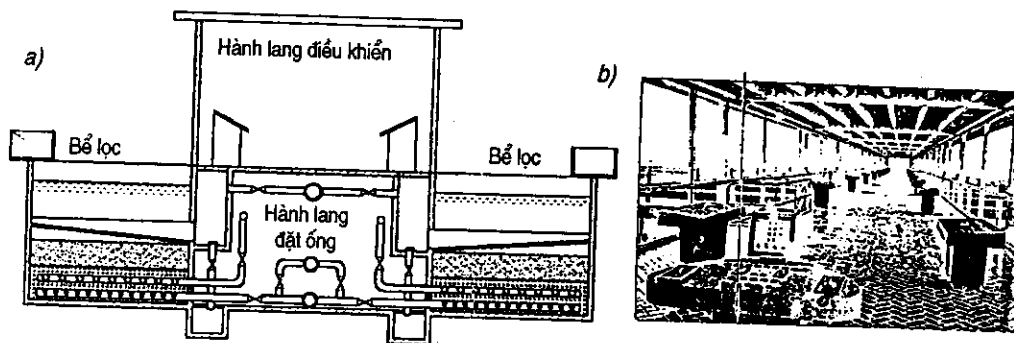
n - số bể lọc trong nhà máy;

i - số bể lọc ngừng làm việc để sửa chữa hoặc để rửa.

Khi tính theo (7.56) tốc độ lọc tăng cường lớn hơn trị số cho trong bảng (7.4) cần phải tăng số lượng bể lọc.

• Các bể lọc trong nhà máy nước thường được sắp xếp thành một hàng hoặc hai hàng ghép vào nhau cùng chung một hành lang đặt ống và thiết bị cùng chung một hành lang điều khiển (hình 7.26). Hành lang điều khiển có mái che, nằm ngay trên hành lang đặt ống, trên sàn hành lang điều khiển đặt tất cả các tủ điều khiển bể lọc. Đứng trong hành lang người vận hành dễ dàng quan sát được các hiện tượng xảy ra khi rửa bể lọc.

Hành lang đặt ống phải đủ rộng để có thể đặt, tháo lắp ống và thiết bị khi cần sửa chữa, có ánh sáng và mức thông thoáng đầy đủ không bị ẩm, mốc và không bị nước làm ướt sàn.



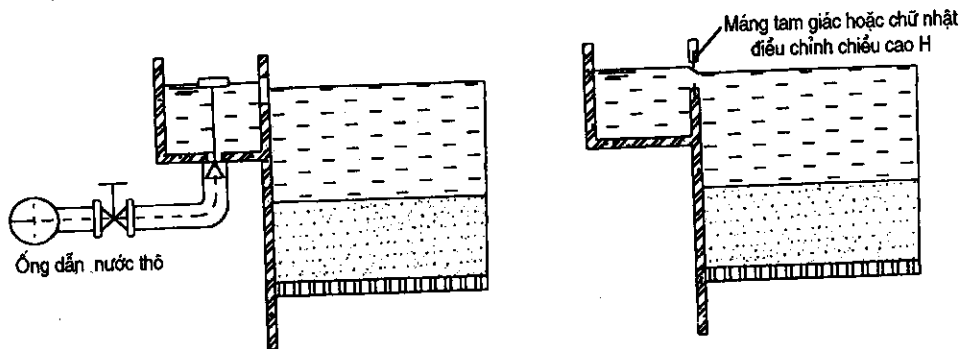
Hình 7.26: Sơ đồ bố trí hành lang đặt ống và hành lang điều khiển
a) Hành lang đặt ống; b) Hành lang điều khiển

7.8.3. Phân phối đều nước vào các bể lọc, điều chỉnh tốc độ lọc. Thiết bị điều khiển vận hành bể lọc

1. Phân phối đều nước vào các bể lọc

Trong nhà máy nước có nhiều bể lọc, việc phân phối đều nước thô vào các bể lọc là công việc bắt buộc và trên thực tế đã áp dụng các nguyên tắc sau:

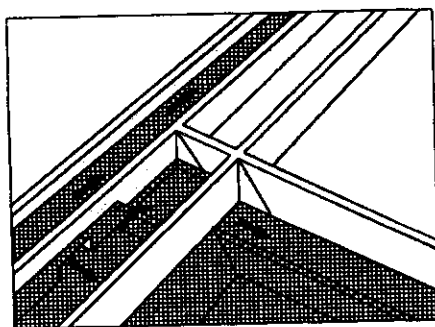
a) Cố định mực nước trong ngăn ổn định trước đập tràn chảy hở vào mỗi bể lọc (hình 7.27).



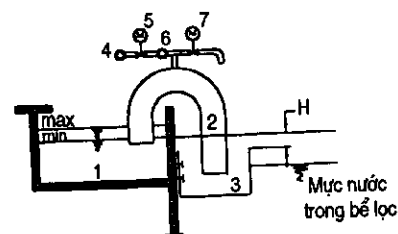
Hình 7.27: Sơ đồ thiết bị điều chỉnh lượng nước vào các bể lọc bằng cửa tràn chảy hở

Hình 7.28 giới thiệu sơ đồ bố trí máng phân phối nước thô qua lỗ và đập tràn chảy hở vào máng chữ V phân phối nước quét bề mặt. Điều chỉnh lưu lượng giữa các bể bằng cách điều chỉnh cao độ cửa tràn.

Hình 7.29 giới thiệu sơ đồ phân phối đều nước thô vào các bể lọc bằng xiphông theo thiết kế của KS. Lưu Khánh Toàn, Công ty WASE. Mương (1) dẫn nước từ bể lắng sang, có chiều rộng và chiều sâu đủ lớn để mực nước trong mương là như nhau trước cửa thượng lưu của mỗi xiphông. Xiphông (2) có tiết diện chữ nhật cạnh $a \times b = \omega$ đều nhau suốt chiều dài của xiphông. Hạ lưu của xiphông đặt khay ổn định mực nước (3), nước tràn qua khay (3) vào bể lọc. Đường ống (4) dẫn nước áp lực từ bơm kỹ thuật hay bơm II tới để mỗi xiphông.



Hình 7.28: Sơ đồ hệ thống máng phân phối nước thô vào bể lọc



Hình 7.29: Sơ đồ phân phối đều nước thô vào các bể lọc bằng xiphông

Khi muốn môi xiphông, mở đồng thời van điện (5) và (7) để nước qua ejector (6) hút khí ở xiphông ra. Khi môi xong đóng đồng thời van (5) và (7) lại để xiphông làm việc. Khi không muốn cho nước thô vào bể lọc, mở van điện (7) cho không khí đi vào ngắt xiphông. Tiết diện xiphông tính theo công thức:

$$a \times b = \omega = 1,76 \frac{Q}{\sqrt{H}}, \quad (m^2). \quad (7.57)$$

Trong đó:

- ω - diện tích tiết diện ngang của xiphông (m^2);
- Q - lưu lượng nước thô vào một bể lọc (m^3/s);
- H - độ chênh mực nước trước và sau xiphông (m).

2. Điều chỉnh tốc độ lọc

Tốc độ lọc nước qua lớp vật liệu lọc phụ thuộc vào hiệu số mực nước trên mặt cát lọc và mực nước trong máng dẫn về bể chứa nước sạch ΔH . Độ chênh áp lực của bể lọc ΔH không đổi, tổn thất trên các ống và thiết bị cũng không đổi, còn tổn thất qua lớp vật liệu lọc thì tăng dần theo thời gian của một chu kỳ lọc.

Nếu không điều chỉnh tốc độ lọc thì trong thời gian đầu của mỗi chu kỳ lọc (ngay sau khi rửa lọc) bể lọc sẽ làm việc với tốc độ lớn và sau một thời gian lớp cát bị bẩn, tổn thất qua lớp cát lọc tăng lên, bể lọc sẽ làm việc với tốc độ giảm dần. Như vậy, bể lọc sẽ làm việc với công suất luôn luôn thay đổi trong suốt một chu kỳ lọc, điều này không thể chấp nhận được bởi vì trong nhà máy nước các công trình khác trong dây chuyền xử lý không thay đổi công suất, do đó cần phải điều chỉnh để giữ tốc độ lọc không đổi trong suốt chu kỳ lọc.

Có thể dùng tay vặn các van khoá trên đường ống thu nước lọc để điều chỉnh tốc độ lọc. Thực chất của việc điều chỉnh tốc độ lọc là điều chỉnh áp lực. Áp lực làm việc toàn phần của bể lọc bằng hiệu số cốt mực nước trên mặt bể lọc và cốt mực nước trong ống dẫn về bể chứa có thể biểu diễn bằng công thức:

$$\Delta H = h_1 + h_2 + h_3 = \text{hằng số}$$

- h_1 - tổn thất áp lực qua lớp vật liệu sạch (sau khi rửa bể lọc);
- h_2 - tổn thất áp lực qua lớp vật liệu bẩn;
- h_3 - tổn thất áp lực tại van điều chỉnh.

h_1 đối với mỗi bể lọc là trị số cố định và có giá trị rất bé, còn trị số h_2 và h_3 là các trị số thay đổi. Nếu giữ tốc độ lọc không đổi, để đảm bảo cân bằng áp lực thì tất cả áp lực dư (vì đầu chu kỳ lọc $h_2 \sim 0$) phải được chi phí trên van điều chỉnh, tức tăng h_3 bằng cách đóng bớt van trên ống thu nước lọc ra. Độ nhiễm bẩn của lớp vật liệu lọc tăng lên, tổn thất h_2 cũng tăng lên, để giữ nguyên tốc độ lọc phải giảm tổn thất h_3 , tức phải mở rộng thêm van thu nước lọc. Như vậy, điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay đòi hỏi từng thời

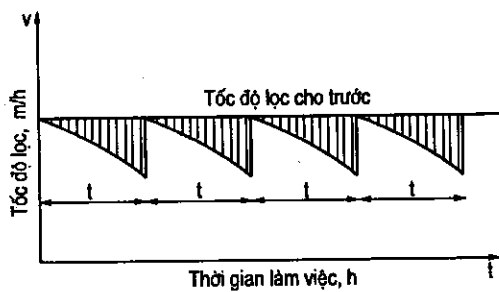
điểm phải mở rộng dần van thu nước lọc phù hợp với tốc độ tăng dần tổn thất trong lớp cát lọc h_2 . Hình 7.30 giới thiệu biểu đồ thay đổi tốc độ khi điều chỉnh bằng tay.

Điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay có những nhược điểm sau:

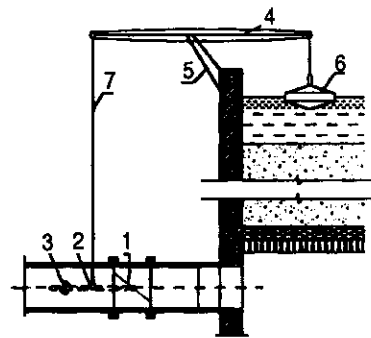
- Công suất lọc bị giảm, lượng nước bị giảm giữa hai lần điều chỉnh tốc độ lọc thể hiện trên phần gạch chéo ở (hình 7.30).

- Tại thời điểm mở rộng thêm van thu nước lọc, tốc độ lọc tăng nhảy vọt, có thể kéo theo cặn đi qua lớp vật liệu vào nước lọc, đặc biệt khi lọc nước chứa loại cặn bé không bền vững.

Để tránh những khuyết điểm kể trên, phải dùng thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc làm việc tự động. Yêu cầu đối với thiết bị điều chỉnh đảm bảo giữ cố định tốc độ lọc (cho phép dao động không quá 3 - 5% so với trị số tính toán). Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc có thể thay đổi một cách tự động và đều đặn tốc độ lọc trong tất cả các bể lọc khi thay đổi tổng lượng nước nguồn đưa vào lọc, nhưng tốc độ thay đổi lưu lượng nước lọc không được vượt quá 5 - 10% trong 1 phút. Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc đơn giản nhất đặt trong các bể lọc hở là van bướm dùng phao tác động trực tiếp theo dao động mực nước trong bể lọc (hình 7.31).



Hình 7.30: Biến thiên của tốc độ lọc theo chu kỳ điều chỉnh tốc độ lọc bằng tay



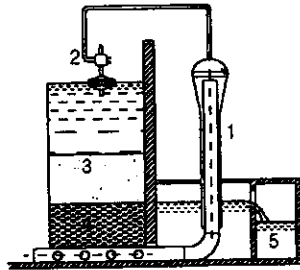
Hình 7.31: Sơ đồ van bướm dùng phao để điều chỉnh tốc độ lọc

Thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc gồm: Cánh bướm của van (1) đặt trực tiếp trên đường ống thu nước lọc, cần (2) gắn vào trục của cánh bướm, đối trọng (3) di chuyển theo cần (2). Tay đòn (4) quay tự do trên khớp của giá đỡ (5), phao (6) treo trên cáp (7) gắn vào một đầu của tay đòn (4), còn đầu kia thì buộc vào tay đòn (2) có đối trọng (3). Thiết bị điều chỉnh trực tiếp bằng phao như vậy chỉ có thể áp dụng trong những trường hợp nước đi vào bể lọc luôn cố định.

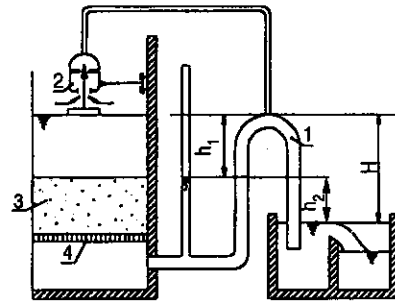
Khi lắp đặt thiết bị phải điều chỉnh để cánh bướm lập thành một góc với trục ống sao cho qua van bướm thu được một lượng nước lọc tương ứng với tốc độ lọc tính toán khi mức nước trong bể ở cốt thiết kế và lớp cát còn sạch. Qua một thời gian làm việc lớp

cát lọc bị bẩn, tổn thất qua lớp cát tăng lên, tốc độ lọc giảm xuống trong khi đó lượng nước chảy vào bể không thay đổi nên mực nước trong bể dâng lên theo, tay đòn (4) quay, đối trọng (3) hạ xuống kéo theo cân (2) làm quay cánh bướm (1) để cho diện tích van rộng ra, tổn thất qua van bướm giảm xuống, tốc độ lọc tăng lên đến trị số tính toán. Đường kính của cánh bướm chọn theo tốc độ chuyển động của nước ứng với tốc độ lọc tính toán nằm trong giới hạn 1,3 - 1,8m/s.

Điều chỉnh tốc độ lọc bằng xiphông đồng tâm (hình 7.32a) và bằng ống xiphông (hình 7.32b).



Hình 7.32a: Điều chỉnh tốc độ lọc bằng xiphông đồng tâm



Hình 7.32b: Điều chỉnh tốc độ lọc bằng ống xiphông

Nguyên lý: dựa vào việc giữ mực nước không đổi trong bể lọc để điều khiển hoạt động của xiphông.

- Độ chênh áp lực giữa mực nước trong bể lọc (thượng lưu của xiphông) và mực nước trong ngăn thu nước lọc (hạ lưu) là H .

Độ chênh này gồm:

+ h_1 : tổn thất áp lực khi lọc với tốc độ v qua lớp cát, dàn phân phối và các thiết bị đầu ra của xiphông. Đầu chu kỳ lọc $h_1 = h_0$ là tổn thất qua lớp cát sạch và dàn thu nước.

+ h_2 : Tổn thất áp lực của hỗn hợp khí nước qua bản thân xiphông.

• Đầu chu kỳ lọc, độ chân không tại đỉnh xiphông là h_1 , độ chênh áp cho xiphông làm việc là h_2 . Do h_2 lớn, nước chảy qua xiphông nhiều làm hạ mực nước trong bể lọc, phao hạ xuống làm mở van hình nêm ở đỉnh phao cho không khí đi vào xiphông, làm tăng lưu lượng của hỗn hợp khí nước ở ống hạ lưu xiphông và làm cho tổn thất ở hạ lưu xiphông tăng lên bằng giá trị h_2 khi làm việc với lưu lượng nước ứng với vận tốc lọc không đổi.

• Cuối chu kỳ lọc, tổn thất trong lớp lọc tăng dần, trị số h_1 tăng, trị số h_2 giảm làm giảm lưu lượng qua xiphông, mực nước trong bể lọc dâng lên, làm cho phao chuyển động lên phía trên, đóng dần van hình nêm để giảm lượng khí đi vào xiphông làm cho

tổn thất ở ống xiphông hạ lưu giảm đi để bù vào việc tăng tổn thất qua lớp lọc. Van hình nêm có thể chế tạo với mức dao động mực nước trong bể lọc từ $\pm 3\text{cm}$ đến $\pm 5\text{cm}$.

• Tính toán chọn tiết diện của xiphông ứng với điều kiện $h_2 = 0,2\text{m}$ và lưu lượng qua xiphông bằng lưu lượng Q_{\max} của bể lọc.

$$h_2 = \frac{Q_{\max}^2}{2g\omega^2} \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \quad (7.58)$$

h_2 - độ chênh áp lực ở cuối chu kỳ lọc, $h_2 = 0,2\text{m}$;

Q - lượng nước qua bể lọc (m^3/s);

d - đường kính thủy lực của xiphông (m);

λ - hệ số tổn thất do ma sát;

ξ - hệ số tổn thất cục bộ qua xiphông;

l - chiều dài xiphông (m);

g - gia tốc trọng trường (m/s^2);

ω - tiết diện của xiphông (m^2).

Nếu lắp đồng hồ chân không ở đỉnh xiphông, số đo độ chân không trên đồng hồ có giá trị tuyệt đối đúng bằng tổn thất qua bể lọc.

Điều chỉnh tốc độ lọc bằng van khí nén hoặc van thủy lực:

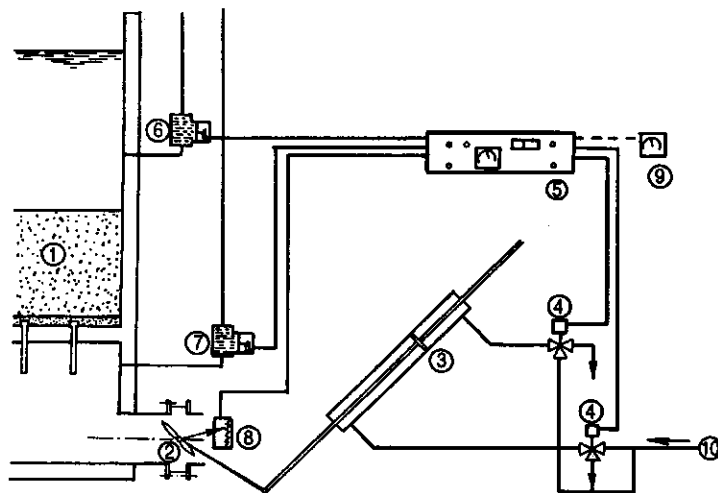
Hình 7.33 giới thiệu sơ bộ hoạt động của thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc điều khiển bằng khí nén hay bằng thủy lực.

Khi mực nước trong bể lọc thay đổi so với vị trí đã cài sẵn trong thiết bị (5), bộ đo áp lực (6) báo về thiết bị (5) xử lý và ra lệnh cho van điện từ (4) đóng hoặc mở để chuyển dịch vị trí của pitông (3) điều khiển đóng bớt hoặc mở rộng thêm van bướm (2) cho đến khi mực nước trong bể ổn định đúng bằng trị số đã cài đặt. Bộ đo mực nước sau lọc truyền áp lực về bộ xử lý (5) để so sánh độ chênh với số đo của bộ đo (6) và được hiển thị lên đồng hồ (9). Nếu độ chênh áp đạt đến giới hạn, đồng hồ (9) sẽ phát tín hiệu để rửa bể.

3. Thiết bị điều khiển vận hành bể lọc

Trừ các bể lọc nhỏ đặt trong các trạm cấp nước lẻ ở nông thôn là còn dùng van điều khiển bằng tay, còn lại hầu hết bể lọc ở các nhà máy nước đều dùng van điều khiển bằng điện, bằng khí nén hoặc bằng thủy lực. Dùng các thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc làm việc tự động bằng xiphông hoặc bằng van bướm điều khiển bằng thủy lực hay khí nén, theo nguyên tắc giữ mực nước không đổi trên mặt bể lọc, hoặc giữ lưu lượng nước lọc không đổi trên đường nước ra khỏi bể.

Điều khiển vận hành bể lọc chủ yếu là thực hiện các thao tác rửa bể lọc. Có ba mức độ trang thiết bị điều khiển quá trình rửa bể lọc:



Hình 7.33: Sơ đồ thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc bằng khí nén

1. Lớp cát lọc; 2. Van bướm trên đường ống thu nước lọc; 3. Pitông di chuyển bằng khí nén hoặc nước có áp để điều khiển van bướm 2; 4. Van điện từ (Selenoid); 5. Thiết bị khuếch đại tín hiệu và điều khiển bằng điện từ; 6. Bộ đo và phát tín hiệu mực nước trên mặt lớp lọc; 7. Bộ đo và phát tín hiệu mực nước sau lớp lọc; 8. Thang đo chỉ vị trí của cánh van bướm; 9. Đồng hồ chỉ độ chênh áp lực trước và sau lớp lọc; 10. Cung cấp khí nén hay nước có áp để điều khiển pitông 3.

a) Điều khiển các van, khoá, máy thổi gió bơm nước từ xa bằng tay. Toàn bộ công tắc đóng, mở các van và bơm nước, máy gió đều tập trung về tủ điều khiển đặt trong hành lang điều khiển trước mỗi bể lọc. Khi nhận được tín hiệu đèn báo hoặc chuông kêu từ đồng hồ chân không ở đỉnh xiphông hoặc từ bộ đo độ chênh mực nước trước và sau bể lọc phát ra báo hiệu bể đã đạt đến tổn thất giới hạn, người trực ca bắt đầu rửa bể lọc bằng cách ấn các nút riêng biệt để mở và đóng các thiết bị tương ứng và thời gian yêu cầu của chu trình rửa các bể lọc.

b) Khởi động rửa lọc bằng tay, trình tự mở đóng các van và máy gió, máy bơm nước kế tiếp thực hiện tự động. Sau khi nhận được tín hiệu từ bộ đo chênh áp trước và sau bể lọc báo hiệu bể đã làm việc đến tổn thất giới hạn, người quản lý ấn nút khởi động chu trình rửa lọc. Việc đóng mở các thiết bị theo trình tự kế tiếp nhau ứng với khoảng thời gian khác nhau đã được cài đặt sẵn bằng hệ thống role đóng mở theo thời gian đặt trong tủ điều khiển của mỗi bể lọc.

c) Bể lọc tự động rửa. Tín hiệu cần rửa bể lọc có thể phát ra từ một trong các thiết bị sau:

- Bộ đo chênh áp lực trước và sau bể lọc.
- Bộ đo độ đục cho phép của nước sau lọc.
- Bộ đo thời gian của một chu kỳ lọc.
- Bộ đo thể tích nước đã lọc được.

Tín hiệu rửa lọc được bộ phận khuếch đại phát xung lượng đóng mạch để quá trình rửa bắt đầu. Trình tự rửa bể lọc giống trường hợp b. Trong sơ đồ tự động rửa, ở tủ điều khiển phải lắp thêm thiết bị loại trừ khởi động khi có một bể lọc khác trong nhà máy đang rửa và lắp chương trình chọn thứ tự ưu tiên để rửa lần lượt các bể lọc. Để theo dõi và quản lý bể lọc, thường phải đặt các thiết bị đo sau:

- Bộ đo độ đục ở ống chung dẫn nước về bể chứa để biết sự thay đổi chất lượng nước lọc theo sự thay đổi chất lượng của nước thô.
- Đo lưu lượng nước rửa để điều chỉnh cường độ theo độ giãn nở của lớp lọc theo mùa trong năm, và điều chỉnh lưu lượng giữa các pha rửa kế tiếp nhau.
- Khi dùng máy thổi gió là loại máy thể tích lưu lượng ổn định không cần đặt đồng hồ đo lưu lượng khí.

7.9. BỂ LỌC ÁP LỰC

7.9.1. Đặc điểm và phạm vi áp dụng

Về nguyên lý làm việc thì bể lọc nhanh áp lực cũng giống bể lọc nhanh trọng lực đã trình bày ở trên chỉ khác là: bình lọc kín, vỏ bình làm bằng thép hoặc composite.

Ưu điểm:

- Gọn, chế tạo tại công xưởng, lắp ráp nhanh, tiết kiệm đất xây dựng thích hợp cho những nơi chật hẹp.
- Áp lực nước sau bể lọc còn dư có thể chảy thẳng lên đài hay cấp trực tiếp cho các hộ tiêu thụ, không cần máy bơm đợt 2.
- Nước có áp lực nên không xảy ra hiện tượng chân không trong lớp lọc, chiều cao lớp nước trên mặt cát lọc chỉ cần 0,4 - 0,6m, đủ để thu nước rửa không kéo cát lọc ra ngoài.
- Do tổn thất qua lớp lọc có thể lấy từ 3 - 10m, nên có thể tăng chiều dày lớp lọc lên để tăng vận tốc lọc.

Khi lọc trong vận tốc từ 8 - 12m/h.

Khi lọc nước tuần hoàn vận tốc lọc từ 20 - 35m/h.

Khi lọc sơ bộ và khử sắt trong nước ngầm, vận tốc từ 8 - 20m/h.

Khuyết điểm:

- Khi xử lý nước sông đã đánh phèn và qua lắng phải dùng bơm, bơm vào bể lọc áp lực, cánh bơm làm phá vỡ bông cặn nên hiệu quả kém.
- Do bể lọc kín, khi rửa không quan sát được nên không khống chế được lượng cát mất đi, bể lọc làm việc kém hiệu quả dần.
- Do bể lọc làm việc trong hệ kín nên không theo dõi hiệu quả của quá trình rửa lọc.

- Khi mất điện đột ngột, nếu van một chiều bị hỏng, hay rò nước hoặc xảy ra tình trạng rửa ngược, đưa cát lọc về bơm.

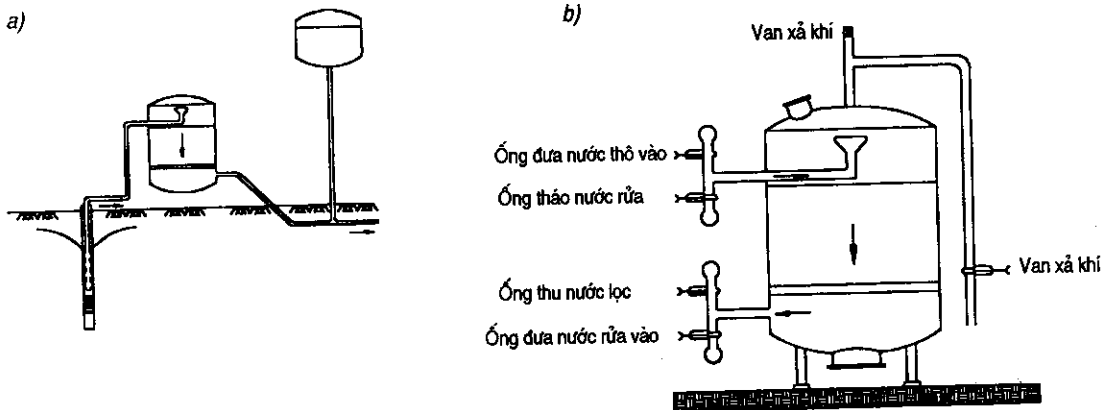
Do khuyết điểm trên nên ở nhiều nước không dùng bể lọc áp lực để lọc nước đã đánh phèn và đã qua bể lắng, chỉ dùng để lọc sơ bộ nước sông và lọc nước ngầm cấp cho công nghiệp, đòi hỏi chất lượng không cao và công suất trạm giới hạn ở mức dưới $5000\text{m}^3/\text{ngày}$ hoặc lọc nước tuần hoàn bể bơi.

7.9.2. Cấu tạo và các chỉ tiêu vận hành

Hình 7.34a giới thiệu vị trí bể lọc áp lực trong sơ đồ cấp nước trực tiếp từ giếng khoan.

Hình 7.34b giới thiệu cấu tạo bể lọc áp lực đặt đứng. Bình có dạng hình trụ đứng bằng thép hoặc composite. Đường kính lớn nhất 4 - 5m, diện tích tương ứng 10 - 20m^2 , chiều dày lớp lọc 1,2 - 2m, chiều cao từ mặt cát lọc đến mép phễu thu nước rửa 0,4 - 0,6m tùy thuộc cường độ rửa.

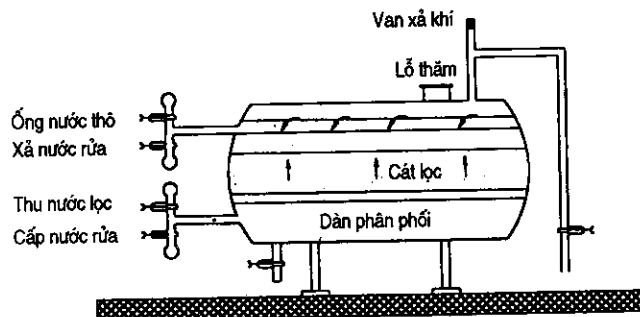
Kích thước phễu thu nước rửa và phân phối nước lọc tính toán sao cho khoảng cách thu nước xa nhất $< 0,7\text{m}$.



Hình 7.34:

a) Sơ đồ làm việc của bể lọc áp lực; b) Bể lọc áp lực đặt đứng

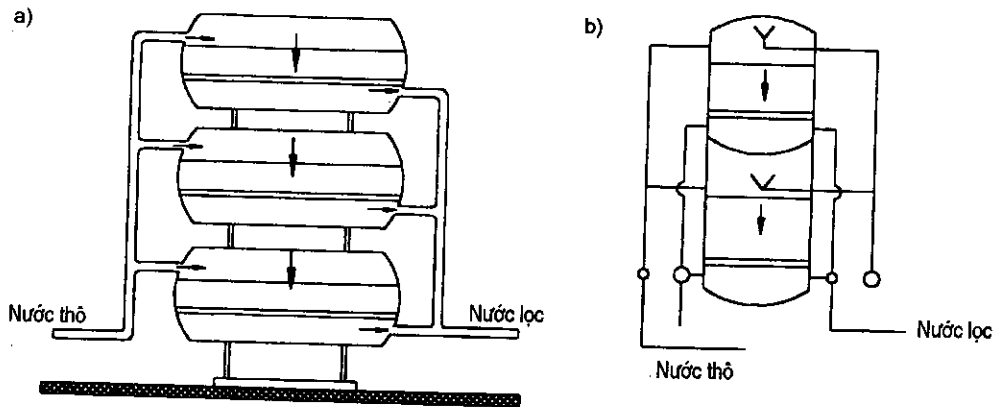
Hình 7.35 giới thiệu bể lọc áp lực nằm ngang. Đường kính lớn nhất từ 4 - 5m, chiều dài lớn nhất 10m tương đương diện tích lọc 40 - 50m^2 . Chiều cao lớp lọc từ 0,8 - 1,2m.



Hình 7.35: Bể lọc áp lực nằm ngang

Hình 7.36a giới thiệu cách sắp xếp bể lọc áp lực nằm ngang ở những nơi hiếm đất xây dựng và hình 7.36b giới thiệu cách sắp xếp bể lọc đứng khi thiếu mặt bằng xây dựng.

Tính toán bể lọc áp lực cũng giống bể lọc nhanh trọng lực với vận tốc lọc có thể lấy 1,2 - 1,5 lần lớn hơn ứng với tổn thất qua bể lọc có thể đến 9 - 10m.



Hình 7.36: Cách sắp đặt bể lọc

- Khi lọc sơ bộ, lọc thô không phèn và lọc nước tuần hoàn của bể bơi có thể lấy tốc độ 15 - 35m/h.
- Rửa lọc có thể dùng nước thuần túy, hay gió trước, nước sau. Dàn phân phối tính như bể lọc nhanh trọng lực, ống đưa nước vào và ra tính với vận tốc 1 - 1,5m/s.

7.10. BỂ LỌC HAI LỚP VẬT LIỆU LỌC

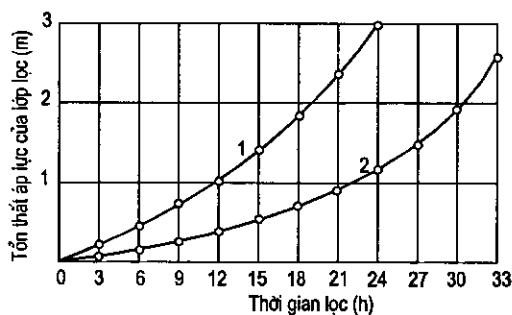
Tăng dung tích chứa cặn bẩn trong các bể lọc nhanh có thể đạt được bằng cách dùng hai lớp vật liệu lọc có đường kính hạt và trọng lượng riêng khác nhau, nhưng phải tính toán để cho lớp trên của vật liệu lọc có đường kính hạt lớn hơn và trọng lượng nhỏ hơn lớp vật liệu lọc nằm dưới.

Thường dùng lớp vật liệu lọc nằm trên là than antraxit còn lớp dưới là cát thạch anh. Lớp vật liệu lọc hạt lớn nằm trên, nên trong bể hai lớp không tạo ra màng lọc rắn chắc như thường thấy trong các bể lọc nhanh một lớp vật liệu lọc là cát hạt bé. Trong lớp vật liệu lọc hạt lớn các lỗ rỗng có thể tích lớn nên dung tích chứa cặn của bể lọc hai lớp lớn hơn dung tích chứa cặn của bể lọc nhanh thông thường 2 - 2,5 lần. Do đó có thể tăng tốc độ lọc hoặc thời gian của một chu kỳ lọc. Hình 7.37 vẽ đường biểu diễn tăng tổn thất áp lực trong bể lọc nhanh thường và trong bể lọc hai lớp khi chúng làm việc song song với cùng một nguồn nước và cùng tốc độ 12m/h. Biểu đồ cho thấy: khi lọc cùng một nguồn nước, thời gian của một chu kỳ lọc ở bể lọc hai lớp hầu như gấp hai lần so với bể lọc nhanh thường. Dùng bể lọc hai lớp để lọc trong hoặc khử màu nước sông hồ đã đánh phèn và qua lắng, nước sau khi đã làm mềm hoặc khử sắt nước ngầm. Dùng bể lọc hai

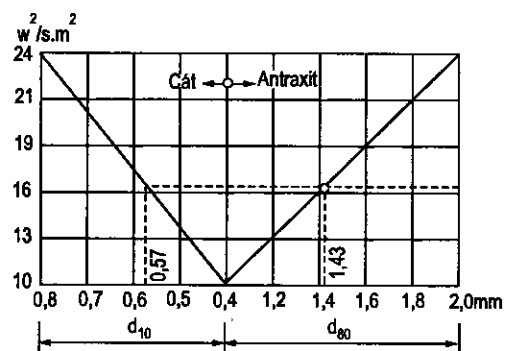
lớp có lợi nhất trong các trường hợp nếu dùng bể lọc nhanh thường thì chu kỳ lọc sẽ rất ngắn (dưới 10 giờ) do cặn bẩn tạo ra trên bề mặt lớp cát một màng lọc rắn chắc. Ví dụ khi lọc nước hồ có chứa nhiều sinh vật phù du, bể lọc hai lớp có chu kỳ lọc thoải mãn khi lọc nước có tổng hàm lượng cặn không lớn hơn 50 mg/l (kể cả cặn do đánh phèn và hoá chất tạo ra). Vì thế chỉ có thể đưa nước nguồn đã đánh phèn trực tiếp vào bể lọc không qua lắng đối với nước sông có độ đục thấp, nước ở các hồ chứa lớn.

Chiều cao lớp vật liệu lọc trong bể lọc hai lớp chọn 800 - 1000mm trong đó chiều cao của lớp than antraxit từ 400 - 600mm. Tốc độ lọc của bể lọc hai lớp có thể lấy đến 10m/h, tốc độ tăng cường 12m/h. Chất lượng nước lọc qua bể lọc hai lớp phụ thuộc rất nhiều vào sự thay đổi tốc độ lọc, vì thế phải có thiết bị điều chỉnh tốc độ lọc có độ tin cậy để giữ được tốc độ không đổi trong suốt chu kỳ lọc. Vật liệu lọc của bể lọc hai lớp là cát đã được sàng kỹ để phân loại kích thước với cỡ hạt từ 0,5 - 1,2mm, hệ số không đồng nhất $k < 2$ và antraxit có kích thước hạt bé nhất 0,8 - 1mm đường kính hạt antraxit lớn nhất phải lớn gấp ba lần đường kính hạt cát bé nhất.

Có thể dùng biểu đồ (hình 7.38) để xác định kích thước hạt antraxit khi đã chọn trước kích thước hạt cát hoặc ngược lại.



Hình 7.37: Biểu đồ so sánh độ tăng tổn thất trong bể lọc cát và bể lọc hai lớp
1. Một lớp cát lọc; 2. Hai lớp lọc, than antraxit trên, cát ở dưới.



Hình 7.38: Biểu đồ để chọn kích thước hạt của bể lọc hai lớp

Nếu chọn đúng thành phần phân hạt giữa cát và antraxit thì khi rửa lọc không xảy ra hiện tượng xáo trộn trên giới hạn giữa hai lớp. Rửa bể lọc hai lớp bằng gió trước nước sau hoặc chỉ dùng nước đi từ dưới lên với cường độ rửa đủ đảm bảo độ giãn nở 50% của toàn bộ lớp vật liệu lọc, tức là cát có độ giãn nở 50% và antraxit cũng có độ giãn nở 50%. Cường độ rửa lọc của bể lọc hai lớp (khi nhiệt độ nước rửa xấp xỉ 20°) có thể tra biểu đồ (hình 7.38). Thời gian rửa từ 5 - 6 phút, lượng nước rửa không vượt quá 2 - 2,5% công suất bể lọc. Đưa bể lọc hai lớp vào quản lý, tiến hành như sau: đầu tiên đổ cát thạch anh vào bể đúng cốt thiết kế, cho bể lọc làm việc với một lớp cát liên tục trong một tháng, trong thời gian này phải hút vớt bỏ lớp cát có kích thước bé nằm trên, thay

bằng cát mới cho đúng chiều dày quy định, làm như vậy 2 - 3 lần để đảm bảo loại trừ hoàn toàn các hạt cát bé hơn 0,5 - 0,6mm không đúng quy định. Lớp antraxit đổ vào bể lọc phải có chiều dày đều nhau trên toàn bộ diện tích bể. Sau một thời gian ngâm nước (không ít hơn 4 giờ) tiến hành rửa bằng dòng nước đi từ dưới lên để loại các hạt bụi. Hai, ba lần rửa đầu tiên rửa với cường độ 7 - 8 l/s.m². Trong nước rửa không được có không khí để tránh hiện tượng kéo các hạt antraxit ra ngoài. Sau một vài lần rửa các hạt antraxit xốp nhẹ sẽ nổi lên mặt dùng xẻng hớt bỏ ra ngoài và thay hạt mới.

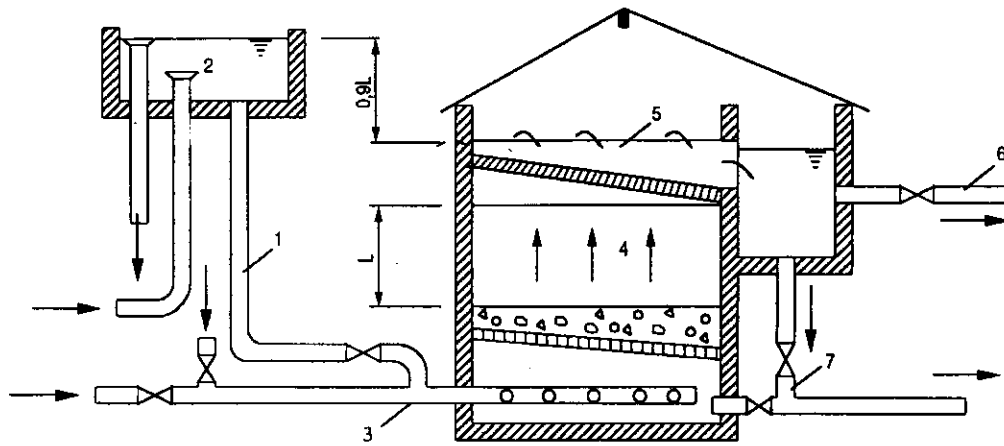
7.11. BỂ LỌC PHÁ (LỌC SƠ BỘ)

Bể lọc phá dùng để lọc nước có độ đục 50 - 250 mg/l trước khi cho nước vào bể lọc chậm. Lớp cát lọc có chiều dày 600 - 700 mm, và kích thước hạt 1 - 2mm. Tốc độ lọc trong các bể lọc phá không được lớn hơn 5 m/h khi lọc nước có hàm lượng cặn dưới 100 mg/l và không lớn hơn 3 m/h, khi hàm lượng cặn 100- 200mg/l, rửa bể lọc phá bằng nước đi từ dưới lên với cường độ 12 - 14 l/s.m², thời gian rửa lọc không lớn hơn 6 - 7 phút. Nước rửa có thể dùng nước nguồn hoặc nước đã qua lọc. Để thu nước lọc hoặc phân phối nước rửa dùng hệ thống phân phối trở lực lớn. Nếu dùng nước nguồn để rửa lọc, để phòng tắc ống phân phối, lỗ trên hệ thống ống phân phối phải có đường kính lớn hơn 5mm và nước nguồn phải được lọc qua lưới lọc có mắt lưới 2mm × 2mm. Thu nước rửa lọc bằng hệ thống máng có mép tràn cao hơn mặt cát lọc 40 - 50mm. Rửa bằng gió nước kết hợp có thể thay cho bể lắng, và đặt trước bể lọc chậm. Khi rửa bể lọc phá, đầu tiên sục gió trong 7 - 10 phút với cường độ 18 l/s.m², sau đó giảm cường độ gió xuống 5 - 7 l/s.m² đồng thời dẫn nước rửa vào bể, rửa gió nước phối hợp trong 5 - 7 phút, sau đó ngừng thổi gió và rửa nước thuần túy với cường độ 10 - 12 l/s.m² trong thời gian 5 - 7 phút.

7.12. BỂ LỌC CÓ DÒNG NƯỚC ĐI TỪ DƯỚI LÊN CÒN GỌI LÀ LỌC NGƯỢC HAY LỌC TIẾP XÚC

Khi rửa bể lọc nhanh bằng nước thuần túy hoặc gió trước nước sau, xảy ra hiện tượng phân loại thủy lực. Các hạt bé nằm trên, hạt lớn nằm dưới, các lớp cát lọc nằm dưới có độ chứa cặn cao hơn các lớp trên. Sau khi trộn đều phèn vào nước với liều lượng đủ để giảm thế năng của hạt keo, cho tiếp xúc ngay với môi trường hạt, quá trình dính kết giữa các hạt keo do phèn tạo ra trên bề mặt hạt vật liệu lọc diễn ra nhanh và hiệu quả hơn keo tụ trong môi trường thế tích. Vì hai lý do nêu trên, trong kỹ thuật xử lý nước đã áp dụng bể lọc tiếp xúc kết hợp làm nhiệm vụ của bể tạo bông cặn, bể lắng, bể lọc trong một công trình xử lý nước có độ đục thấp $m_{\max} \leq 150$ mg/l và độ màu cao.

Vật liệu lọc của bể lọc tiếp xúc thường là cát thạch anh thành phần hạt: $d_{\min} \geq 0,6$ mm, $d_{\text{trung bình}} = 0,9 \div 1$ mm, $d_{\max} \leq 2$ mm, chiều dày thường chọn 1,2 - 2m. Rửa lọc bằng nước thuần túy, cường độ rửa 18 l/s.m², độ giãn nở $e \geq 30\%$. Rửa gió trước với cường độ 18 - 20 l/s.m², nước sau 10 - 12 l/s.m² thời gian rửa nước từ 6 - 8 phút. Lượng nước rửa chiếm 4 - 10% công suất lọc (với bể lọc nhanh là 0,8 - 2,5 %).



Hình 7.39: Giới thiệu sơ đồ cấu tạo và vận hành bể lọc tiếp xúc

1. Ống dẫn nước thô đã trộn phen; 2. Ngăn ổn định áp lực; 3. Hệ thống cấp gió và nước rửa lọc; 4. Lớp lọc; 5. Máng thu nước lọc và thu nước rửa; 6. Ống dẫn nước lọc; 7. Ống xả nước rửa lọc.

Xác định vận tốc lọc

Để cho lớp cát lọc không bị dòng nước làm giãn nở trong quá trình lọc, tổn thất giới hạn của bể lọc phải nhỏ hơn trọng lượng của lớp cát lọc ngâm trong nước.

$$H_{gh} = L(1 - m) (\gamma_c - \gamma_n) , \quad (7.59a)$$

Trong đó:

L - chiều dày lớp cát lọc;

m - độ rỗng của lớp cát lọc, $m \sim 0,4$;

γ_c - trọng lượng riêng của cát, $\gamma_c = 2,6$;

γ_n - trọng lượng riêng của nước, $\gamma_n = 1$.

Thay các giá trị bằng số vào (7.59a) rút ra:

$$H_{gh} = 0,96L \quad (7.59b)$$

Tổn thất trong lớp vật liệu lọc $H = iL$.

i - độ tăng tổn thất, theo (7.59b):

$$i = 5,2 \cdot 10^{-3} \mu V \frac{\omega^2}{m^3} = 0,96.$$

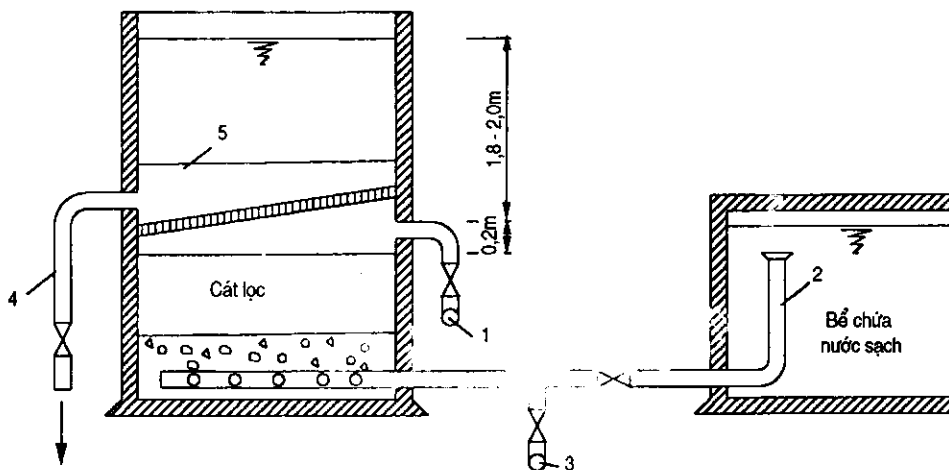
Khi nhiệt độ nước bằng 10°C , $\mu = 1,31 \cdot 10^{-3} \text{s/m}^2$, cát lọc có đặc tính $m_o \sim 0,4$, $\omega_o \approx 40 \text{ m}^2/\text{m}^3$, rút ra vận tốc lọc $v_{gh} = 5,4 \text{ m}$. Như vậy vận tốc lọc cho phép trong bể lọc tiếp xúc $v \leq 5 \text{ m/h}$.

Bể lọc tiếp xúc được áp dụng để xử lý nước ở các trạm có công suất nhỏ, thời gian làm việc 10 - 16 giờ/ngày, thích hợp với các công trình cấp nước cho nông trường, làng xã, có nguồn nước thô là nước suối, nước trong kênh mương thủy lợi dẫn từ hồ chứa về...

7.13. BỂ LỌC KHÔNG CÓ VAN ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ LỌC

Bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc (hình 7.51) thường được xây dựng ở vùng nông thôn, miền núi, các trạm lẻ có công suất nhỏ. Tốc độ lọc dao động theo lưu lượng nước đưa vào bể, nếu lưu lượng nước thô không thay đổi, tốc độ lọc cũng không thay đổi.

- Ống thu nước lọc dẫn về bể chứa có cốt miệng tràn cao hơn cốt đỉnh lớp cát lọc 0,2m để đảm bảo đầu chu kỳ lọc và trong khi ngừng làm việc lớp cát lọc không bị khô.
- Ống dẫn nước thô vào bể lọc đặt song song với mặt cát lọc và cao hơn mặt cát 0,2m để cho mặt cát lọc không bị xói và phẳng đều.
- Trong quá trình lọc, tổn thất qua lớp lọc tăng lên làm cho lớp nước trên mặt cát lọc tăng cao dần, khi mực nước đạt đến độ chênh giới hạn từ 1,8 đến 2m so với miệng tràn của ống thu nước lọc thì rửa bể. Do tổn thất qua lớp lọc được bù ngay bằng mực nước dâng cao trong bể, nên không xảy ra hiện tượng tạo chân không trong lớp lọc.
- Rửa lọc và cấu tạo các bộ phận chi tiết tính toán như đối với bể lọc nhanh bình thường.



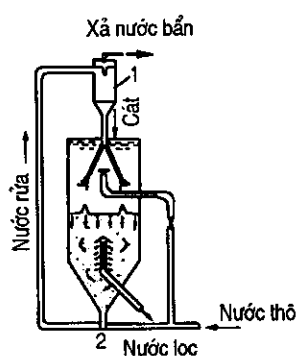
Hình 7.40: Sơ đồ làm việc của bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc

1. Ống dẫn nước thô; 2. Ống thu nước lọc về bể chứa;
3. Ống cấp nước rửa lọc; 4. Ống xả nước rửa; 5. Máng thu nước rửa lọc.

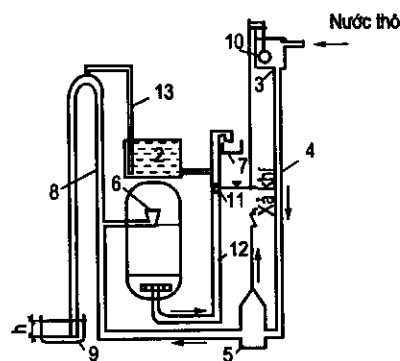
7.14. BỂ LỌC RỬA LIÊN TỤC, BỂ LỌC ÁP LỰC TỰ ĐỘNG RỬA THEO CHU KỲ LỌC VÀ BỂ LỌC KHÔNG VAN KHÓA TỰ ĐỘNG RỬA

Hình 7.41 giới thiệu bể lọc hở rửa liên tục, nước thô có áp lực đủ lớn, đi qua ejector (2) đặt ở đáy bể lọc, cát bẩn được thu vào ejector chuyển lên xyclon thủy lực (1) để rửa, nước bẩn tháo ra ngoài trên đỉnh xyclon còn cát sạch đi xuống đáy xyclon dẫn trở lại bể lọc.

Bể lọc tự động rửa theo chu kỳ (hình 7.42) gồm: bể lọc áp lực đặt dưới bể chứa nước rửa lọc. Nước nguồn đi vào thùng phát xung lượng (3) đặt cao hơn mặt cát trong bể lọc 3,5 - 4m. Từ thùng (3) theo ống (4), nước đi qua ngăn tách khí (5) rồi vào bể lọc (1) qua phễu thu (6). Nước lọc qua bể lọc (ở thời kỳ đầu sau khi rửa lọc) chảy vào bể chứa nước rửa (2), sau đó chảy vào máng thu nước lọc (7). Theo mức độ tăng tổn thất áp lực trong lớp vật liệu lọc, mực nước trong ống (4) và xi phông (8) dâng lên và khi đạt đến trị số tổn thất giới hạn nước nguồn tích lại ở thùng (3) sau đó tràn vào nhánh ở hạ lưu của xi phông đạt được độ cao h (m) cao hơn mực nước trong hố thu, sau đó van (9) mở và xi phông làm việc. Do tích nước vào thùng (3), phao (10) nâng lên làm cho van thu nước lọc (11) đóng lại. Lúc đó tất cả nước sẽ đi vào xi phông để mỗi nó. Xi phông rút hết nước ở phần trên bể lọc là làm hạ mực nước ở thùng (3) xuống, phao (10) lại hạ xuống, mở van (11) ra, nước từ bể chứa (2) theo ống (12) đi xuống đáy bể lọc, rửa từ dưới lên. Khi lượng nước dự trữ trong bể chứa (2) được sử dụng hết làm hở đầu ống (13) không khí chui vào xi phông. Bể lọc ngừng rửa và tự động chuyển sang chế độ làm việc bình thường.



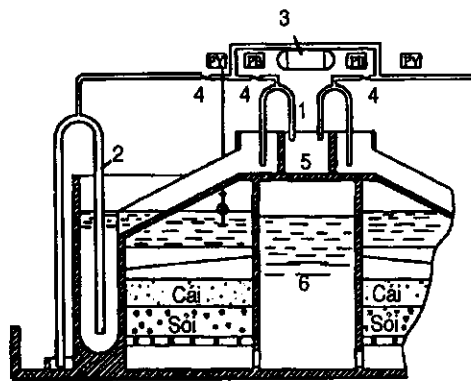
Hình 7.41: Bể lọc rửa liên tục



Hình 7.42: Bể lọc áp lực tự động rửa theo chu kỳ lọc

Hình 7.43 giới thiệu sơ đồ làm việc của bể lọc, không có van khóa, rửa theo chu kỳ lọc (bể lọc greenleaf).

Nước thô từ bể lắng chảy theo máng (5) được xi phông (1) đưa vào bể lọc, khi mực nước thô trong bể lọc dâng cao đạt đến độ chênh giới hạn so với mực nước trong ngăn chứa nước sạch (6), bộ đo mực nước PY phát tín hiệu cần rửa lọc, người quản lý điều khiển hệ thống công tắc ở hộp điều khiển PB mở van (4) cho khí lọt vào, ngắt không cho xi phông (1) làm việc



Hình 7.43: Bể lọc không có van khóa, rửa theo chu kỳ lọc

và môi cho xi phông (2) để rút nước rửa lọc. Nước sạch từ ngăn chứa (6) đi vào đáy bể lọc rửa ngược lớp cát lọc, nước rửa được thu vào máng theo xi phông (2) xả ra ngoài. Hết thời gian rửa từ hộp điều khiển PB, điều khiển hệ thống van (4) để ngắt xi phông (2), môi lại xi phông 1 cho bể lọc trở lại làm việc bình thường. Tạo chân không cho hệ thống điều khiển được thực hiện bằng máy chân không (3). Bể lọc greenleaf được xây dựng ở nhà máy nước Cần Thơ và Biên Hòa từ 1972 đến nay vẫn đang hoạt động.

7.15. BỂ LỌC CHẬM

Lọc nước qua lớp cát lọc với vận tốc $v \leq 0,5$ m/h là lọc chậm. Do vận tốc $v \leq 0,5$ m/h nên lớp trên cùng của cát lọc dày khoảng 2 - 3 cm, cặn bẩn tích lại tạo thành màng lọc. Trong màng lọc chứa vô số các loại vi sinh vật có khả năng lọc và diệt 97 - 99% vi khuẩn có trong nước thô khi lọc qua màng.

Ưu điểm của bể lọc chậm:

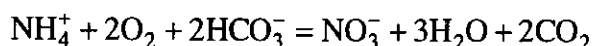
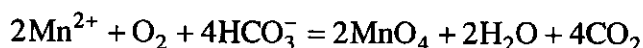
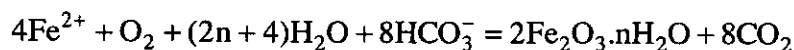
- Cấu tạo và quản lý đơn giản, giá thành thấp.
- Chất lượng nước lọc tốt và luôn ổn định.
- Không đòi hỏi người vận hành có trình độ nghề nghiệp cao, không tốn năng lượng.
- Bể lọc chậm có thể chịu được những đợt sốc ngắn hạn (2 - 3 ngày) do tăng hàm lượng chất bẩn trong nước thô, cũng như tăng lưu lượng nước thô.

Nhược điểm của bể lọc chậm:

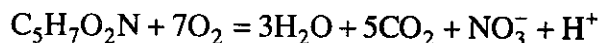
- Đòi hỏi diện tích xây dựng lớn.
- Mau bị tắc, trít khi hàm lượng rong, tảo trong nước thô vượt quá mức cho phép.
- Nếu thời gian ngừng hoạt động liên tục quá 1 ngày đêm, xảy ra hiện tượng phân hủy yếm khí màng lọc, tạo ra bọt khí và mùi hôi làm xấu chất lượng nước lọc.

7.15.1. Các quá trình làm sạch cơ học và làm sạch sinh hóa của bể lọc chậm

Hiệu quả làm sạch nước của bể lọc chậm là tổng hợp hiệu quả của các quá trình: *lắng, lọc cơ học, hấp phụ*, gọi chung là *quá trình làm sạch cơ học và quá trình làm sạch sinh hóa*. Quy luật của quá trình làm sạch cơ học trong bể lọc chậm đã được đề cập ở mục (7.4.1), trong mục này chỉ xét hiệu quả làm sạch của quá trình sinh hóa trong bể lọc chậm. Khi nước thô có chứa các tạp chất sắt Fe^{2+} , mangan Mn^{2+} , amôn NH_4^+ , vi khuẩn và các tạp chất hữu cơ khác đi vào bể lọc chậm, trong bể lọc xảy ra các quá trình sinh hóa như sau:



Một phần các chất hữu cơ bị oxy hóa tạo ra năng lượng cung cấp cho vi khuẩn trong quá trình trao đổi chất:



còn một phần chuyển hóa thành tế bào vi khuẩn trong quá trình sinh sản và phát triển của chúng.

Nồng độ các chất hữu cơ trong nước có hạn nên lượng vi khuẩn tồn tại trong bể lọc không lớn. Cuối cùng các chất hữu cơ chứa trong nước đưa vào bể lọc sẽ dần dần phân hủy thành các chất vô cơ như H_2O , CO_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ... và được đưa ra ngoài cùng với nước lọc.

Bề dày tối thiểu của lớp cát lọc để phân hủy hoàn toàn các chất hữu cơ là 0,5m cộng với 0,3 - 0,5m dự trữ để có thể tiến hành rửa bể lọc nhiều lần trước khi thay cát mới hoặc bổ sung thêm vào bể. Lượng oxy cần thiết để khử 1g Fe^{2+} là 0,14g, để khử 1g Mn^{2+} là 0,29g để khử 1g NH_4^+ là 3,6g và khử 1g chất hữu cơ là 2,0g.

Bể lọc chậm có ưu điểm cơ bản là khử được các vi sinh vật kể cả vi trùng E.coli và các vi trùng gây bệnh khác. Các vi sinh vật và vi khuẩn dính trên bề mặt hạt vật liệu lọc hấp thụ các chất dinh dưỡng qua màng tế bào để chuyển hóa thành thức ăn và sản phẩm cuối cùng thải ra là các chất vô cơ đơn giản, khi nguồn thức ăn (chất dinh dưỡng hữu cơ) cạn kiệt vi khuẩn buộc phải ăn phần chất hữu cơ có sẵn trong tế bào, do đó trong màng lọc của bể lọc chậm xuất hiện loài vi sinh ăn vi khuẩn. Nhờ quá trình sinh hóa nồng độ các chất hữu cơ giảm đi, vi khuẩn thiếu thức ăn bị tiêu diệt dần và chất lượng nước lọc được đảm bảo.

7.15.2. Ảnh hưởng của rong tảo lên quá trình lọc

Do thời gian giữa hai lần rửa lọc rất dài nên dễ tạo điều kiện cho rong tảo phát triển trong lớp nước bảo vệ trên bề mặt lọc, làm dao động hàm lượng oxy trong nước và có thể dẫn đến tình trạng thiếu oxy hòa tan trong nước và thậm chí dẫn đến bằng 0, làm cho nước sau xử lý vẫn còn chứa NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} và các chất gây mùi vị khó chịu.

Trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, tảo phát triển mạnh dễ phủ kín bề mặt lọc, cản trở quá trình lọc và rút ngắn thời gian giữa hai lần rửa lọc do trở lực của lớp lọc tăng nhanh. Để tránh hiện tượng đó, thường làm mái che cho bể lọc chậm với mục đích hạn chế sự phát triển của tảo trong bể lọc và hạn chế sự ô nhiễm từ không khí và môi trường xung quanh.

Trong nước thô, sự có mặt của tảo cũng có ảnh hưởng tốt là tảo sử dụng các chất hữu cơ có trong nước để phát triển. Do đó, một số chất hữu cơ bền, khó xử lý chứa trong nước thô được chuyển thành tế bào dễ phân hủy. Ngoài ra, theo các tài liệu nghiên cứu khác, tảo còn sinh ra một độc tố trong nước làm tăng khả năng diệt vi khuẩn.

7.15.3. Chất lượng nước thô cho phép lọc trực tiếp qua bể lọc chậm

Chất lượng nước thô cho phép lọc trực tiếp qua bể lọc chậm để cung cấp cho ăn uống sinh hoạt cơ bản dựa trên tiêu chuẩn chất lượng nước nguồn cho phép khai thác, xử lý để cấp cho sinh hoạt ghi trong bảng 1.5 và với các chỉ tiêu hạn chế sau:

Độ đục < 50 mg/l.	Rêu tảo < 5,10 ASU/ml.
Độ màu ≤ 20 độ.	Sợi amiăng < 10 mg/l.
Coliform ≤ 10 ³ ml.	Mùi vị < 3 tính theo (TON).

Nếu nước thô có độ đục, độ màu và hàm lượng rêu tảo, sợi amiăng lớn hơn các giá trị đã nêu, cần phải xử lý để loại bớt trước khi cho vào bể lọc chậm.

7.15.4. Chỉ tiêu thiết kế bể lọc chậm

Diện tích lọc 0,2 - 0,15m² cho một người một ngày đêm.

Số bể lọc: $n = 0,25Q^{0,5}$, Q tính bằng m³/h.

Diện tích một bể lọc thường là 100 - 200m² và phải nhỏ hơn 3000m² - Trong trạm phải có ít nhất hai bể lọc.

Tốc độ lọc 0,1 - 0,3 m/h khi xử lý nước mặt.
0,2 - 0,5 m/s khi xử lý nước ngầm.

Đường kính hạt cát lọc d_{10} 0,15 - 0,35 mm, hệ số không đồng nhất $k \leq 2$.

Chiều dày lớp cát lọc 1 - 1,5m.

Thành phần lớp sỏi đỡ:

lớp trên cùng, lớp thứ nhất $d_{10} = 0,4 \div 0,6$ mm dày 10 cm.

lớp thứ hai: $d_{10} = 1,5 \div 2$ mm dày 10 cm.

lớp thứ ba: $d_{10} = 5 \div 8$ mm dày 10cm.

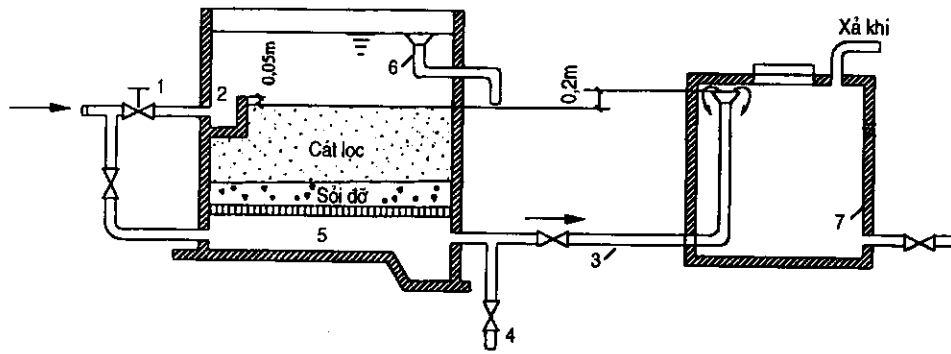
Lớp cuối cùng $d_{10} = 15 \div 25$ mm với chiều dày tính từ đáy bể lên đến cốt cao hơn lỗ thu nước ở hệ thống ống và máng thu 10cm.

Chiều cao dành cho lớp nước trên mặt cát lọc từ 1,5 đến 2,0m và cũng là tổn thất giới hạn của bể lọc chậm, chiều cao bảo vệ của thành bể là 0,2m.

Tổng chiều cao bể lọc từ 2,5 đến 4m, thường là 3,3m.

Thu nước lọc bằng hệ thống máng hoặc ống khoan lỗ cấu tạo theo dạng xương cá, khoảng cách giữa các máng hoặc ống ở hai thành bên ống, máng chính không lớn hơn 4m.

Miệng tràn của ống dẫn nước lọc ra khỏi bể phải đặt cao hơn mặt trên của lớp cát lọc đầu tiên (chưa rửa) 0,2m. Hình 7.44 giới thiệu sơ đồ cấu tạo bể lọc chậm bằng bê tông cốt thép.



Hình 7.44: Giới thiệu sơ đồ cấu tạo của bể lọc chậm

1. Ống dẫn nước thô; 2. Máng phân phối nước thô dọc bể; 3. Ống thu nước lọc về bể chứa có miệng tràn cao hơn mặt cát lọc $\geq 0,2m$; 4. Ống xả nước lọc đầu và xả kiệt; 5. Hệ thống thu nước lọc; 6. Ống xả bọt vàng và xả tràn báo hiệu cần phải rửa lọc; 7. Bể chứa nước sạch; 8. Ống tích nước lần đầu để đuổi khí ra khỏi lớp lọc.

7.15.5. Vận hành bể lọc chậm

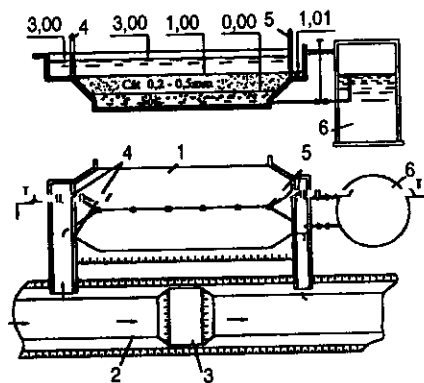
Trước khi đưa bể lọc chậm vào làm việc phải cho nước vào bể từ từ theo chiều từ dưới lên trên để nhúng ướt lớp cát lọc và đuổi không khí ra khỏi các lỗ rỗng của lớp vật liệu lọc, tạo điều kiện tốt cho việc hình thành màng lọc trên bề mặt lớp cát sau này. Sau khi cho nước vào bể lọc chậm theo chiều từ dưới lên trên đạt đến mức cao hơn mặt cát lọc 200 - 300mm thì mở van dẫn nước nguồn vào phía trên bể lọc đến cốt thiết kế. Để nước lắng tĩnh khoảng 20 - 30 phút rồi mở van xả nước lọc đầu, điều chỉnh cho bể lọc làm việc đúng tốc độ đã tính toán, khi thấy nước trong thì cho nước lọc vào bể chứa. Sau một thời gian làm việc (20 - 30 ngày) tổn thất qua bể lọc chậm đạt đến giới hạn khoảng 1,5 đến 2m, thì rửa bể.

Rửa bể lọc chậm tiến hành như sau: đóng van dẫn nước nguồn vào bể, để cho mực nước trong bể rút xuống thấp hơn mặt cát lọc 200mm, rồi dùng xẻng xúc lớp cát ở trên mặt dày 20 - 30mm, đem ra ngoài rửa, sau 10 đến 15 lần làm sạch bể như vậy, chiều dày lớp cát lọc giảm xuống còn 500 - 600mm. Khi đó phải tiến hành rửa toàn bộ lớp cát còn lại và đổ cát sạch vào bể lọc để đảm bảo chiều dày ban đầu. Để cơ khí hoá việc rửa có thể dùng ejector hút cát ra ngoài bể lọc, cho qua xi-clon thuỷ lực để rửa, sau đó lại dùng ejector vận chuyển bằng thuỷ lực để đưa cát trở lại vào bể lọc.

Ở nông thôn lấy nước ở các kênh thuỷ lợi hay ở vùng núi lấy nước từ suối có thể thiết kế bể lọc chậm rửa bể mặt bằng thuỷ lực (hình 7.45).

Bể lọc chậm (1) có hai ngăn đặt song song với kênh thuỷ lợi hay suối (2). Cống hoặc đập dâng nước (3) tạo ra độ chênh áp 20 - 30cm ở trước và sau cống để đưa nước vào bể lọc chậm. Khi bể làm việc van cửa (4) mở còn van cửa (5) đóng. Nước đi vào bể lọc

chậm, lọc qua lớp cát với tốc độ 0,2 - 0,3m/h được thu bằng hệ thống thu nước dẫn về bể chứa (6). Khi lớp cát lọc bị bẩn đòi hỏi phải rửa, thì đóng van thu nước lọc lại và mở hé van cửa (5) ra sao cho mép dưới của cánh van và mặt trên của lớp cát lọc tạo ra khe hở 2 - 3cm. Khi đó dọc bề mặt lớp cát lọc, nước chảy từ thượng lưu của cống xuống hạ lưu với tốc độ 0,25 - 0,30m/s, kéo theo màng lọc của cặn bẩn nằm trong mặt cát ra ngoài, khi nước trong thì ngừng rửa và lại đưa để lọc về vị trí làm việc. Bể lọc chậm rất chóng bị tắc do sinh vật phù du sinh sống trong nước, do đó khi lọc nước hồ có nhiều phù du phải làm sạch trước bằng cách lọc nước qua lưới lọc trước khi cho vào bể lọc chậm. Để chống rêu rong và sinh vật phù du sinh ra trong bể lọc chậm, nên làm mái che nắng và che bớt ánh sáng.



Hình 7.45: Bể lọc chậm rửa bề mặt bằng thủy lực

7.16. QUẢN LÝ VẬN HÀNH BỂ LỌC

Có ba chỉ tiêu theo dõi hàng ngày khi vận hành bể lọc:

1. Độ đục của nước lọc;
2. Độ dài của chu kỳ lọc;
3. Lượng nước rửa lọc so với lượng nước đã lọc được.

Chỉ tiêu thứ nhất: độ đục của nước lọc được theo dõi một đến hai giờ một lần bằng thiết bị đo độ đục đặt ở ống dẫn chung đưa nước lọc về bể chứa, truyền trực tiếp về tủ điều khiển hay bàn điều khiển trung tâm, nếu không trang bị bộ đo độ đục tự động phải lấy mẫu nước để phân tích tại phòng thí nghiệm hai giờ một lần. Nếu phát hiện thấy độ đục của nước lọc vượt quá tiêu chuẩn, phải tìm nguyên nhân và khắc phục ngay.

Chỉ tiêu thứ hai: độ dài của một chu kỳ lọc phụ thuộc vào chất lượng nước thô, vận tốc lọc và tình trạng của lớp vật liệu lọc sau khi rửa. Giảm độ dài của một chu kỳ lọc có thể do các nguyên nhân sau:

- Do phân loại thủy lực khi rửa làm cho các hạt nhỏ tập trung lên mặt trên cùng của lớp lọc.
- Đường kính trung bình của lớp cát dày 20cm ở lớp trên cùng quá bé, hoặc đường kính hiệu quả d_{10} quá bé.
- Nước từ bể lắng sang đục hơn bình thường.
- Lớp cát lọc rửa không sạch, có nhiều chỗ bị bùn vón thành cục.

- Bị hiện tượng chân không trong lớp lọc, bọt khí bám vào hạt cát lọc.
- Lượng phèn cho vào nước quá liều lượng cần thiết.

Chỉ tiêu thứ ba: lượng nước rửa lọc nếu chỉ chiếm 0,8 - 2% lượng nước lọc mà chu kỳ lọc không bị rút ngắn là đạt yêu cầu, nếu từ 3 đến 5% quá lớn cần phải xem xét lại toàn bộ lớp vật liệu lọc cường độ và thời gian rửa lọc.

- Thực hiện đúng chế độ rửa lọc với cường độ, thời gian và trình tự rửa thích hợp là điều kiện quyết định đến hiệu quả làm việc của bể lọc.

- Để tránh làm xáo trộn lớp sỏi đỡ khi bắt đầu rửa, phải tăng từ từ cường độ gió, tránh cho gió vào bể lọc một cách đột ngột theo cường độ rửa ngay giây đầu tiên bằng cách mở van xả ở ống dẫn từ máy gió đến bể lọc (thường đặt ở trước xiphông chống nước dội ngược), cho máy gió chạy, mở từ từ van gió vào bể lọc, sau đó đóng dần van xả gió lại.

- Để giảm đến mức tối đa lượng nước lọc có chất lượng xấu sau khi rửa bể lọc có thể thực hiện bằng hai cách:

Cách thứ nhất: cho bể lọc làm việc với tốc độ bằng nửa tốc độ lọc bình thường trong 30 phút đầu tiên.

Cách thứ hai: rửa lọc đến lúc nước rửa có độ đục từ 30 - 40mg/l thì ngừng rửa vì nếu hàm lượng cặn trong nước rửa cao hơn 30 - 40mg/l, lớp cát lọc chưa được rửa sạch sẽ mau bị tắc. Còn nếu nước rửa có độ đục bé hơn, cát được rửa quá sạch làm bong mất lớp màng hấp thụ hoạt tính bọc sát hạt lọc, khả năng hấp thụ kém, chất lượng nước lọc lúc đầu sẽ xấu.

Người quản lý phải luôn theo dõi lớp cát lọc trước và sau khi rửa: nếu thấy mặt cát lọc nhấp nhô, có bùn đọng trước khi rửa lọc là do phân phối nước vào không đều làm xói bề mặt lớp lọc, nếu quan sát thấy hiện tượng trên sau khi rửa lọc, chứng tỏ việc phân phối gió và nước rửa không đều.

- Theo dõi độ đục nước rửa lọc: trong khi rửa lọc, lấy mẫu nước rửa để đo độ đục một phút một lần, đem kết quả vẽ lên biểu đồ trục tung là độ đục của nước rửa, trục hoành là thời gian rửa. Nếu thấy biểu đồ có giá trị cực đại lớn sau 30 giây đến một phút, sau đó giảm nhanh thì có thể phán đoán: cường độ rửa thích hợp, độ rửa sạch đạt yêu cầu. Nếu giá trị của điểm cực đại nhỏ, độ đục giảm chậm, chứng tỏ cường độ rửa không đủ, cát rửa chưa sạch.

- Từng thời gian lấy mẫu để kiểm tra tình trạng của lớp vật liệu lọc: lấy mẫu vật liệu lọc trước khi rửa và sau khi rửa. Mẫu lấy ở ba điểm bất kỳ trong một bể lọc theo suốt chiều dày lớp lọc.

Dụng cụ và trình tự lấy mẫu: dụng cụ lấy mẫu là một ống nhựa cứng, thành mỏng đường kính 40mm, dài 1,5m - 2,0m trên thành ống khắc độ cách nhau 5cm và ghi khoảng cách cộng dồn tính từ đầu ống đến cuối ống.

Khi lấy mẫu, hạ mực nước trong bể lọc xuống dưới mặt lớp cát, vừa ấn vừa xoay đầu ống nhựa xuống lớp cát lọc sâu 5cm, sau đó xoay ống cho lỗ rộng ra, vừa rút ống vừa xoay nhẹ, đưa mẫu cát ở trong ống vào một túi nilông và đánh số mẫu 1 - độ sâu 5cm, tiếp tục lấy mẫu thứ hai ở cùng vị trí lỗ của mẫu một, vừa ấn vừa xoay ống lấy mẫu sao cho cát ở thành lỗ không chui vào ống, đến độ sâu 15cm thì từ từ vừa xoay vừa rút ống lên, đổ cát vào bao nilông và đánh số mẫu 2 - độ sâu từ 5cm đến 15cm, lặp lại trình tự như vậy cho đến khi ống lấy mẫu không thể ấn xuống sâu hơn nữa, tức đã đến độ sâu của đỉnh lớp sỏi đỡ.

Dem mẫu thu được phân tích hai chỉ tiêu:

1. Đo đường kính trung bình của hạt cát trong mỗi mẫu sẽ biết được sự phân bố thành phần hạt theo chiều cao lớp lọc.

2. Lấy 50ml cát lọc đổ vào bình 500ml, lần đầu cho vào bình 100ml nước sạch, khuấy đều với mẫu cát 30 giây sau đó rót nước rửa ra bình khác, tiếp tục làm như vậy bốn đến năm lần, sau đó đo tổng lượng cặn tách ra từ mẫu.

Biết được lượng cặn trong mẫu theo độ sâu của lớp lọc trước và sau khi rửa có thể đánh giá được:

- Độ rửa sạch của lớp lọc theo chiều cao lớp.
- Độ chứa cặn của lớp lọc.

Từ kết quả trên có thể kết luận về tình trạng và khả năng làm việc của lớp lọc, phán đoán tìm cường độ rửa và chế độ rửa thích hợp nhất cho bể lọc.

- Độ hao hụt của cát lọc khi rửa trung bình hàng năm từ 5 - 6%, nếu chiều dày lớp lọc còn lại bằng 90%, chiều dày ban đầu phải bổ sung ngay cát lọc vào cho đủ độ dày thiết kế.

- Độ hao hụt của lớp antraxit trong bể lọc hai lớp có thể từ 8 - 12%, do vậy hàng năm phải bổ sung hạt antraxit vào bể lọc để đảm bảo đủ chiều dày của lớp lọc.

Ví dụ tính toán:

Thiết kế bể lọc cho nhà máy nước theo các số liệu sau:

- Công suất nước từ bể lắng sang bể lọc $Q = 34560 \text{ m}^3/\text{ngày đêm}$ hay $Q = 1440 \text{ m}^3/\text{h} = 400 \text{ l/s}$.

- Cát lọc khai thác tại địa phương có các đặc tính:

$d_{1d} = 0,7\text{mm}$; $d_{20} = 0,58\text{mm}$ (đường kính trung bình của hạt cát sau khi rửa lọc bằng gió trước nước sau nằm ở lớp trên dày 20cm), hệ số không đồng nhất $K = 2$.

Hàm lượng cặn của nước sau bể lắng $m = 10 \text{ mg/l}$ qua bể lọc yêu cầu giảm xuống 1 mg/l tức $C/C_0 = 0,1$.

Giải

1. Diện tích lọc cần thiết : $F = Q/V = 1440/6 = 240\text{m}^2$.

Số bể lọc cần thiết là:

$$N = \frac{1}{2}\sqrt{F} = \frac{1}{2}\sqrt{240} = 8.$$

Diện tích một bể lọc $240/8 = 30\text{m}^2$.

Thiết kế bể hình vuông: $5,4 \times 5,55\text{m}$.

Kiểm tra tốc độ lọc khi làm việc tăng cường:

$$v_{tc} = v_t \cdot \frac{N}{N-1} = 6 \cdot \frac{8}{7} = 7\text{m/h} < 7,6\text{m/h}.$$

Như vậy là cho phép (xem bảng 7.2).

Rửa lọc bằng phương pháp: rửa gió trước 4 - 5 phút với cường độ 15 l/s.m^2 , rửa nước sau với cường độ 10 l/s.m^2 đảm bảo độ giãn nở $e = 10\%$ ở 20°C .

- Tính toán hệ thống ống phân phối nước rửa lọc.

Dùng hệ thống ống phân phối trở lực lớn. Lưu lượng nước rửa lọc:

$$Q_r = 10 \times 30 = 300\text{l/s}.$$

Ống chính của hệ thống phân phối lấy $d = 600\text{mm}$, vận tốc $v = 1,1\text{m/s}$ (cho phép từ $1 - 2\text{m/s}$), đường kính ngoài ống chính $d = 630\text{mm}$.

Ống nhánh hàn vào tim ống chính, chiều cao từ đáy bể đến tim ống nhánh là $630/2 = 315\text{m}$.

Khoảng cách giữa trục các ống nhánh 2 bên ống chính chọn là $0,27\text{m}$ (cho phép $0,25 - 0,35\text{m}$).

Số nhánh cần thiết: $(5,4/0,27) \times 2 = 40$ ống.

Lưu lượng nước đi vào một ống nhánh chiều dày là 7mm . Vận tốc ở đầu nhánh $v = 1,8\text{m/s}$ (cho phép từ $1,8 - 2,2\text{m/s}$).

- Chiều dài một ống nhánh:

$$l_1 = \frac{5,55 - 0,63}{2} \approx 2,46\text{m}.$$

Tổn thất áp lực qua lỗ trên hệ thống ống phân phối để đảm bảo độ phân phối đều 95% tính theo công thức (7.50):

$$H = A \frac{v_c^2}{2g} + 1,25A \frac{v_n^2}{2g}. \text{ Tra bảng (7.4), } A = 12$$

$$H = 12 \cdot 1 \frac{1,1^2}{19,62} + 1,25 \times 12 \frac{1,8^2}{19,62} = 3,22\text{m}.$$

Đường kính lỗ chọn $d = 10\text{mm}$.

Diện tích lỗ $f = 0,785\text{cm}^2$. Tỷ số $d/\delta = 10/7 = 1,4$.

Tra hệ số lưu lượng theo bảng (7.5), $\mu = 0,68$.

Tổng diện tích lỗ cần thiết tính theo công thức (7.49).

$$\sum f = \frac{Q}{\mu\sqrt{2gH}} = \frac{0,3}{0,68\sqrt{19,62 \times 3,22}} = 0,06\text{m}^2 = 600\text{cm}^2.$$

Tổng số lỗ cần thiết:

$$n = \frac{\sum f}{f} = \frac{600}{0,785} = 764 \text{ lỗ.}$$

Số lỗ trên một ống nhánh:

$$n_1 = \frac{764}{40} = 19 \text{ lỗ.}$$

Khoảng cách tim các lỗ:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{2,46}{19} = 0,13 \text{ m.}$$

Lỗ khoan trên ống nhánh thành hai hàng sole nhau, tim lỗ hướng xuống dưới làm thành một góc 45° so với phương thẳng đứng. Khoảng tim lỗ trên một hàng:

$$l_3 = 2l_2 = 2 \times 0,13 = 0,26\text{m} = 260\text{mm.}$$

Để đẩy không khí ra khỏi hệ thống phân phối, cuối ống chính hàn ống thông khí D30, đầu nhô cao hơn mực nước trong bể lọc.

Chọn chiều dày lớp đỡ:

đường kính hạt sỏi d_{16-32} là 400mm (mặt trên lớp này cao hơn tim lỗ 100mm).

$$8-16 = 100$$

$$4-8 = 100 \text{ (lớp đặt ống phân phối gió)}$$

$$2-4 = 100$$

Tổng chiều dày lớp đỡ $H_s = 700\text{mm} = 0,7\text{m}$.

- Tính toán máng thu nước rửa: Bố trí ba máng dọc theo chiều rộng bể, tim các máng cách nhau 1,8m và tim máng cách tường 0,9m.

Lưu lượng nước rửa đi vào một máng:

$$q_m = 300 : 3 = 100\text{l/s} = 0,1\text{m}^3/\text{h}$$

Máng có đáy hình tam giác, tỷ lệ chiều cao phần chữ nhật của máng đối với nửa chiều rộng lấy bằng $C = 1,5$; $K = 2,1$.

Chiều rộng máng xác định theo công thức:

$$B = K \sqrt[5]{\frac{q_m^2}{(1,57 + c)^2}} = 2,1 \sqrt[5]{\frac{0,1^2}{(1,57 + 1,5)^2}} = 0,41\text{m.}$$

Chiều cao phân chữ nhật:

$$h = 0,75B = 0,75 \times 0,41 = 0,307\text{m} \sim 0,31\text{m.}$$

Chiều cao toàn bộ máng:

$$h = 1,25 \times 0,41 = 0,51\text{m.}$$

Vận tốc tại mặt cắt đầu $v = 0,59\text{m/s}$.

Máng có độ dốc 1% về phía cuối.

Chiều cao đầu máng:

$$h = 0,51 - \frac{5,4}{100} = 0,45\text{m.}$$

Chiều cao phân chữ nhật phía cuối máng:

$$h = 0,31 - \frac{5,4}{100} = 0,26\text{m.}$$

Khoảng cách từ mép máng đến mặt cát lọc:

$$\Delta H = \frac{e}{100} + 0,25 = \frac{20}{100} + 0,25 = 0,45\text{m.}$$

Do chiều cao của máng $h = 0,51\text{m}$ cộng với chiều dày $0,08\text{m}$, ở mặt cắt cuối máng, máng sẽ có chiều cao toàn bộ $H = 0,6\text{m}$. Để cho máng không chạm vào cát, chọn khoảng cách từ mép máng đến mặt cát lọc $\Delta H = 0,65\text{m}$ (tương ứng với giãn nở 40% khi rửa nước thuần túy).

- Máng thu nước đổ vào mương tập trung bố trí ở cạnh bể, chiều rộng mương chọn $A = 0,7\text{m}$, khoảng cách từ đáy máng đến đáy mương tính theo công thức:

$$H_m = 1,75 \sqrt[3]{\frac{q_M^2}{gA^2}} + 0,2 = 1,75 \sqrt[3]{\frac{0,3^2}{9,81 \times (0,7)^2}} + 0,2 ;$$

$$H_m = 0,65\text{m.}$$

- Tính ống phân phối gió: lưu lượng gió cần thiết khi rửa một bể lọc:

$$q_{gi} = W.F = 15 \times 30 = 450 \text{ l/s} = 27\text{m}^3/\text{phút.}$$

Tốc độ trong ống dẫn gió chính chọn $v = 20\text{m/s}$.

Diện tích tiết diện ống gió sẽ là:

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,45}{20} = 0,0225\text{m}^2.$$

Đường kính ống gió:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00225}{3,14}} = 0,06\text{m}$$

Chọn ống $D = 70\text{mm}$.

Các ống nhánh đặt sát nhau 270mm . Tổng số ống nhánh cần thiết:

$$n_1 = (5400:270) \times 2 = 40 \text{ ống}$$

Lưu lượng gió đi vào một ống:

$$q_n = 450:40 = 11,25 \text{ l/s}$$

Vận tốc qua ống nhánh chọn $v = 25\text{m/s}$.

Diện tích tiết diện cần thiết của ống nhánh:

$$f = \frac{Q}{v} = \frac{0,01125}{25} = 0,00051\text{m}^2$$

Đường kính ống nhánh:

$$d = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00051}{3,14}} = 0,0246\text{m}$$

Chọn $d = 25\text{mm}$.

Vận tốc gió qua lỗ phân phối chọn $v = 25\text{m/s}$.

Tổng diện tích lỗ cần thiết:

$$\sum f_1 = \frac{Q}{v} = \frac{0,45}{25} = 0,018\text{m}^2 = 180\text{cm}^2$$

Lỗ chọn đường kính $d = 2\text{mm}$. Diện tích một lỗ $f = 0,0314\text{cm}^2$.

Tổng số lỗ cần thiết:

$$n_2 = \frac{180}{0,0314} = 5732 \text{ lỗ}$$

Số lỗ trên một ống nhánh:

$$n_3 = \frac{5732}{40} = 143 \text{ lỗ}$$

Chiều dài một ống nhánh:

$$l_n = \frac{5,55 - 0,07}{2} = 2,7\text{m} = 2700 \text{ mm}$$

Lỗ bố trí làm hai hàng so le nhau hướng xuống dưới và làm thành một góc 45° với trục ống. Khoảng cách tim lỗ trên một hàng, $L_1 = 2700:(143:2) = 38\text{mm}$.

Ống nhánh hàn vào đáy ống chính và hệ thống phân phối gió đặt trong lớp sỏi đỡ cỡ hạt 4 - 8mm.

Tổng chiều cao bể lọc tính từ đáy bể.

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

Trong đó:

h_1 - chiều cao lớp đỡ, $h_1 = 0,70\text{m}$;

h_2 - chiều cao lớp cát lọc, $h_2 = 0,7\text{m}$;

h_3 - chiều cao lớp nước trên mặt cát, $h_3 = 1,2\text{m}$;

h_4 - chiều cao dự trữ, $h_4 = 0,3\text{m}$.

$$H = 0,70 + 0,7 + 1,2 + 0,3 = 2,9\text{m}.$$

Hiệu số cốt mực nước trên bể lọc và ống tràn trong bể chứa.

$$\Delta h = h_1 + h_2.$$

h_1 - tổn thất qua lớp cát lọc, $h_1 = 2\text{m}$;

h_2 - tổn thất trong hệ thống thu và dẫn về bể chứa theo tính toán = 0,3.

$$\Delta h = 2 + 0,3 = 2,3\text{m}.$$

- Mương dẫn nước xả khi rửa lọc rộng 0,7m, đặt sâu dưới đáy bể lọc 0,7m.

Chiều cao mép máng thu nước rửa lọc tính từ đáy bể lọc lên.

$$H_1 = h_1 + h_2 + \Delta h = 0,65 + 0,7 + 0,65 = 2\text{m}.$$

Đáy mương thu tập trung cách đáy bể lọc;

$$H_2 = H_1 - H_m - h,$$

H_1 - chiều cao từ đáy bể đến mép máng thu nước rửa, $H_1 = 2\text{m}$.

H_m - khoảng cách từ đáy máng đến đáy mương thu, $H_m = 0,65\text{m}$.

h - chiều cao mặt cát đầu máng, $h = 0,51\text{m}$.

$$H_2 = 2 - 0,65 - 0,51 = 0,84\text{m}.$$

Ống xả đặt thẳng từ đáy mương thu nước tập trung đến mương tháo nước nằm dưới đáy bể lọc, miệng xả cách đáy mương 0,3m có chiều dài:

$$l = H_2 + 0,7 - 0,3 = 0,87 + 0,4 = 1,24\text{m}$$

Mực nước xả trong mương tập trung cao hơn đáy mương 0,3m. Chiều cao xả nước theo ống đứng:

$$H = l + 0,3 = 1,24 + 0,3 = 1,54\text{m}$$

Vận tốc xả trong ống đứng tính theo công thức:

$$v = \mu \sqrt{2gH}; \quad \mu = 0,8 \text{ (ống dài)};$$

$$v = 0,8 \sqrt{19,6 \times 1,54} = 4,4\text{m/s}.$$

Diện tích ống xả đứng:

$$F = \frac{Q}{V} = \frac{0,3}{4,4} = 0,068 \text{m}^2.$$

Đường kính ống:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,068}{4,14}} = 0,294 \text{m}.$$

Chọn ống có đường kính trong $D = 300 \text{mm}$. Nếu dùng van đáy có thể chọn ống bê tông cốt thép.

Xác định tổn thất áp lực khi rửa lọc:

Tổn thất qua lỗ hệ thống phân phối nước rửa tính theo công thức (7.35):

$$h_2 = \left(\frac{2,2}{K_o^2} + 1 \right) \frac{v_1^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g}; \quad K_o = \frac{\sum f_e}{f_o} = \frac{0,06}{0,298} = 0,21;$$

$$h_2 = \left(\frac{2,2}{0,21^2} + 1 \right) \frac{1,2^2}{19,62} + \frac{1,8^2}{19,62} = 4,3 \text{m}.$$

Tổn thất qua lớp cát và lớp sỏi đỡ tính theo (7.36):

$$h_3 = L + 0,061 H_S \cdot W, \quad H_S = 0,7 \text{m}; \quad L = 0,7 \text{m}; \quad w = 10 \text{ l/s.m} = 36 \text{m}^3/\text{m}^2/\text{h};$$

$$h_3 = 0,7 + 0,061 \times 0,7 \times 36 = 1,83 \text{m}.$$

Tổn thất trên đường ống dẫn từ bơm rửa đến bể lọc, $Q = 300 \text{ l/s}$;

$$D = 500 \text{mm}, \quad v = 1,7 \text{ m/s}; \quad 1000j = 8,18; \quad \text{chiều dài } 100 \text{m}.$$

$$h_4 = 0,1 \times 8,18 \sim 0,82 \text{m}.$$

Tổn thất ở đầu ống hút và đầu ống đẩy của máy bơm rửa tại các chỗ gây ra tổn thất cục bộ chọn $h_5 = 1 \text{m}$.

Tổng số tổn thất rửa lọc cần thiết:

$$H_t = h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 4,3 + 1,83 + 0,82 + 1 = 7,95 \text{m}.$$

Chiều cao hình học từ mép máng thu nước rửa lọc đến miệng ống thu nước của máy bơm rửa lọc trong bể chứa:

$$H_h = h'_1 + h''_1 = 1,95 + 4,0 = 5,95.$$

Trong đó:

h'_1 - chiều cao từ mép máng thu đến miệng ống tràn của bể chứa;

h''_1 - chiều cao từ miệng tràn đến miệng ống thu nước của máy bơm rửa đặt trong ngăn chứa nước rửa lọc ở bể chứa (lấy bằng chiều cao chứa nước của bể chứa), $h''_1 = 4 \text{m}$.

Tổng áp lực cần thiết của bơm rửa:

$$h_b = h_t = 7,95 + 5,95 = 13,9\text{m} \sim 14\text{m}.$$

Chọn bơm rửa có lưu lượng $Q = 300 \text{ l/s}$, $H = 14\text{m}$.

Trong trạm phải đặt hai bơm, một làm việc một dự phòng.

Nếu chọn ba bơm làm việc trong trạm phải đặt ba bơm, hai làm việc, một dự phòng. Có thể thay bơm dự phòng bằng cách đặt một nhánh lấy nước dự trữ từ trạm bơm đợt II về, nếu trạm bơm có công suất lớn gấp đôi công suất rửa lọc trong giờ phát ít nước nhất. Nếu nơi xây dựng nhà máy nước lợi dụng được độ cao tự nhiên để xây dựng đài chứa nước rửa lọc thì khoảng cách từ đáy đài đến mép máng thu nước rửa lọc phải đảm bảo trị số:

$$H = h_t + h_d,$$

Trong đó:

h_t - tổn thất khi rửa lọc, $h_t = 7,95\text{m}$;

h_d - chiều cao dự trữ, $h_d = 2\text{m}$.

$$H = 7,95 + 2 = 9,95\text{m} \sim 10\text{m}.$$

Thể tích đài đủ để rửa hai bể lọc. Thời gian rửa nước 7 phút.

$$W = \frac{2W.F.60t}{1000} = 0,12 \times 10 \times 30 \times 7 = 264 \text{ m}^3.$$

Công suất máy bơm đưa nước lên đài chứa rửa lọc tính theo công thức (7.38).

$$q = \frac{(n-2)V}{n.t}$$

n - số bể cần rửa trong ngày, chu kỳ lọc $T = 30$ giờ.

Tổng số bể lọc là 8.

Số bể cần rửa $n = 6$.

Thời gian rửa kế tiếp hai bể $t = 1\text{h}$.

$$q = \frac{(6-2) \times 264}{6 \times 1} = 176 \text{ m}^3/\text{h} = 44,8 \text{ l/s};$$

$$H_b = H_1 + H_2,$$

H_1 - cao độ hình học từ đáy bể chứa nước sạch đến miệng ống tràn của đài chứa rửa lọc.

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

h_1 - chiều cao mực nước trong đài chứa rửa lọc, $h_1 = 3\text{m}$;

h_2 - chiều cao từ đáy đài rửa lọc đến mép máng thu nước rửa trong bể lọc, $h_2 = 10\text{m}$;

h_3 - cao độ từ miệng máng thu nước rửa đến đáy bể chứa nước sạch:

$$h_3 = 2,4 + 4,5 = 6,95\text{m};$$

H_2 - tổn thất trên đường ống và trong trạm bơm, $H_2 = 2\text{m}$

$$H_b = 3 + 10 + 6,95 + 2 = 21,95\text{m} = 22\text{m}.$$

Chọn bơm có $Q = 48,8 \text{ l/s}$, $H = 22\text{m}$. Đặt hai bơm, một làm việc, một dự phòng.

Nếu áp lực ở trạm bơm II đủ thì có thể lấy nước từ trạm bơm II về bể chứa rửa lọc với lưu lượng $Q = 44,8 \text{ l/s}$.

Để cấp gió rửa lọc chọn máy bơm nén khí có lưu lượng $27 \text{ m}^3/\text{phút}$ áp lực gió cần thiết để rửa lọc tính theo mét cột nước:

$$H = h_1 + h_2 + h_3$$

h_1 - tổn thất trong đường ống dẫn gió đến bể lọc và trong hệ thống phân phối gió.
Theo tính toán $h_1 = 0,5\text{m}$;

h_2 - áp lực để thắng cột nước và lớp cát lọc trên lỗ phân phối gió:

$$h_2 = \gamma.H_1 + H_2,$$

γ - trọng lượng riêng của cát, $\gamma = 2,6$;

H_1 - chiều cao lớp cát, $H_1 = 0,7\text{m}$;

H_2 - chiều cao lớp nước từ mặt cát đến mép máng, $H_2 = 0,65\text{m}$.

$$h_2 = 2,6 \times 0,7 + 0,65 = 2,27\text{m}.$$

h_3 - áp lực dự trữ, $h_3 = 0,5\text{m}$.

$$H = 0,5 + 2,27 + 0,5 = 3,27\text{m cột nước}.$$

Chương 8

KHỬ TRÙNG

Ngoài các tạp chất hữu cơ và vô cơ, nước thiên nhiên còn chứa rất nhiều vi sinh vật, vi khuẩn và các loại vi trùng gây bệnh như tả, lỵ, thương hàn. Để ngăn ngừa các bệnh dịch, nước cấp cho sinh hoạt phải được khử trùng. Với các hệ thống cấp nước công nghiệp cũng cần phải khử sạch các loại vi sinh vật để ngăn ngừa sự kết bám của chúng lên thành ống dẫn nước trong các thiết bị làm lạnh, làm giảm khả năng truyền nhiệt, đồng thời làm tăng tổn thất thủy lực của hệ thống. Các quá trình xử lý cơ học không thể loại trừ được toàn bộ vi sinh vật và vi trùng có trong nước. Để tiêu diệt được toàn bộ vi sinh vật, cần tiến hành các biện pháp khử trùng nước. Theo nguyên lý, các quá trình khử trùng có thể là lý học hoặc hóa học.

8.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP LÝ HỌC

8.1.1. Phương pháp nhiệt

Khi đun sôi nước ở 100°C đa số các vi sinh vật bị tiêu diệt. Còn một số ít khi nhiệt độ tăng lên cao liền chuyển sang dạng bào tử với lớp bảo vệ vững chắc. Chúng không hề bị tiêu diệt dù có đun sôi liên tục trong vòng 15 đến 20 phút. Để tiêu diệt được nhóm vi khuẩn bào tử này, cần đun sôi nước đến 120°C hoặc đun theo trình tự sau: đun sôi ở điều kiện bình thường 15 đến 20 phút, để cho nước nguội đi đến dưới 35°C và giữ trong vòng hai giờ cho các bào tử phát triển trở lại, sau đó lại đun sôi nước một lần nữa.

Phương pháp nhiệt tuy đơn giản nhưng tốn năng lượng nên thường chỉ được áp dụng ở quy mô nhỏ.

8.1.2. Khử trùng bằng tia cực tím

Tia cực tím (UV) là tia bức xạ điện từ có bước sóng khoảng 4 - 400 nm (nanometer). Độ dài sóng của tia cực tím nằm ngoài vùng phát hiện, nhận biết của mắt thường. Dùng tia cực tím để khử trùng không làm thay đổi tính chất hóa học và lý học của nước.

Tia cực tím tác dụng làm thay đổi DNA của tế bào vi khuẩn, tia cực tím có độ dài bước sóng 254 nm có khả năng diệt khuẩn cao nhất. Trong các nhà máy xử lý nước, dùng đèn thủy ngân áp lực thấp để phát tia cực tím, loại đèn này phát ra tia cực tím có bước sóng 253,7 nm, bóng đèn đặt trong hộp thủy tinh không hấp thụ tia cực tím, ngăn cách đèn và nước. Đèn được lắp thành bộ trong hộp đựng có vách ngăn phân phối để khi

nước chảy qua hộp, được trộn đều để cho số lượng vi khuẩn đi qua đèn trong thời gian tiếp xúc ở hộp là cao nhất. Lớp nước đi qua đèn có độ dày khoảng 6 mm, năng lượng tiêu thụ từ 6000 đến 13000 microwatt/s. Các loại đèn thủy ngân áp lực thấp sản xuất tia cực tím hiện nay có thể phát ra công suất 30000 microwatt/s, độ bền 3000 giờ đến 8000 giờ.

Nhược điểm của thiết bị tia cực tím:

1- Chi phí vận hành cao.

2- Độ vẩn đục của nước và chất nhờn bám vào đèn có thể ngăn cản tia cực tím tác dụng vào vi khuẩn, do đó hiệu quả khử trùng thấp.

Công suất tiêu thụ để khử trùng nước tính bằng (W):

$$P = \frac{q \cdot \alpha \cdot K \cdot \lg \left(\frac{P}{P_c} \right)}{1.563,4 \eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (W),$$

Trong đó:

q - công suất nước đi qua thiết bị (m^3/h);

α - hệ số hấp thụ tia cực tím của nước (cm^{-1}).

Đối với nước ngầm giếng sâu không phải xử lý và sau khi xử lý sắt đạt tiêu chuẩn nước ăn uống $\alpha = 0, 1$.

Nước suối, giếng thấm đã qua lọc $\alpha = 0,15$.

Nước sông, hồ sau xử lý $\alpha = 0,3$.

K - hệ số kháng của vi trùng đường ruột MKW s/cm^2 lấy bằng 2500;

P - chỉ số coli của nước trước khi khử trùng (con/1ít);

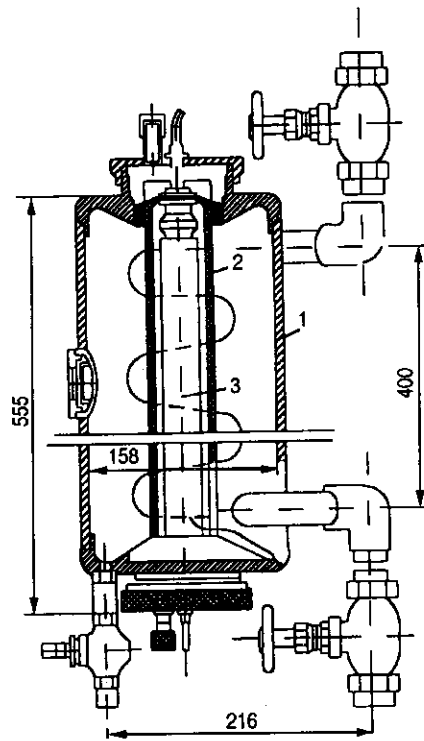
P_0 - chỉ số coli của nước sau khi khử trùng, $P_0 \leq 3$ (con/1ít);

η_1 - hệ số sử dụng dòng tia, $\eta_1 = 0,9$;

η_2 - hệ số sử dụng tia để khử trùng, $\eta_2 = 0,9$.

8.1.3. Phương pháp siêu âm

Dòng siêu âm với cường độ tác dụng không nhỏ hơn $2W/cm^2$ trong khoảng thời gian trên 5 phút có khả năng tiêu diệt toàn bộ vi sinh vật trong nước.



Hình 8.1: Thiết bị tia cực tím dùng để khử trùng nước ở các trạm nhỏ

1. Vỏ thiết bị; 2. Hộp thủy tinh;
3. Đèn thủy ngân áp lực thấp.

8.1.4. Phương pháp lọc

Đại bộ phận vi sinh vật có trong nước (trừ siêu vi trùng) có kích thước 1- 2 μ m. Nếu đem lọc nước qua lớp lọc có kích thước khe rỗng nhỏ hơn 1 μ m có thể loại trừ được đa số vi khuẩn. Lớp lọc thường dùng là các tấm sành, sứ xếp có khe rỗng cực nhỏ. Với phương pháp này, nước đem lọc phải có hàm lượng cặn nhỏ hơn 2 mg/l.

Khử trùng bằng các phương pháp vật lý, có ưu điểm cơ bản là không làm thay đổi tính chất lý hóa của nước, không gây nên tác dụng phụ. Tuy nhiên do hiệu suất thấp nên thường chỉ áp dụng ở quy mô nhỏ với các điều kiện kinh tế kỹ thuật cho phép.

8.2. PHƯƠNG PHÁP HÓA HỌC

Cơ sở của phương pháp hóa học là sử dụng các chất oxy hóa mạnh để oxy hóa men của tế bào vi sinh và tiêu diệt chúng. Các hóa chất thường dùng là: clo, brom, iod, clo dioxit, axit hypoclorit và muối của nó ozon, kali permanganat, hydro peroxit. Do hiệu suất cao nên ngày nay khử trùng bằng hóa chất đang được áp dụng rộng rãi ở mọi quy mô.

8.2.1 . Khử trùng nước bằng clo và các hợp chất của nó

1. Bản chất của quá trình khử trùng bằng clo

Clo là một chất oxy hóa mạnh, ở bất cứ dạng nào, nguyên chất hay hợp chất khi tác dụng với nước đều tạo ra phân tử axit hypoclorit HOCl có tác dụng khử trùng rất mạnh. Quá trình diệt vi sinh vật xảy ra qua hai giai đoạn. Đầu tiên chất khử trùng khuếch tán xuyên qua vỏ tế bào vi sinh, sau đó phản ứng với men bên trong tế bào và phá hoại quá trình trao đổi chất dẫn đến sự diệt vong của tế bào. Tốc độ của quá trình khử trùng được xác định bằng động học của quá trình khuếch tán chất diệt trùng qua vỏ tế bào và động học của quá trình phân hủy men tế bào. Tốc độ của quá trình khử trùng tăng khi nồng độ của chất khử trùng và nhiệt độ nước tăng, đồng thời phụ thuộc vào dạng không phân ly của chất khử trùng, vì quá trình khuếch tán qua vỏ tế bào xảy ra nhanh hơn quá trình phân ly. Tốc độ khử trùng bị chậm đi rất nhiều khi trong nước có các chất hữu cơ, cặn lơ lửng và các chất khử khác.

2. Các phản ứng hóa học xảy ra khi cho clo vào nước (clo hóa nước)

Phản ứng đặc trưng là sự thủy phân của clo tạo ra axit hypoclorit và axit clohydric:



Hoặc ở dạng phương trình phân ly:



Khi sử dụng clorua vôi làm chất khử trùng phản ứng sẽ là:



Như đã biết, khả năng diệt trùng của clo phụ thuộc vào sự tồn tại của HOCl. Theo (8.2) và (8.4) sự phân ly của HOCl lại phụ thuộc vào nồng độ ion H^+ có trong nước, phụ thuộc vào độ pH của nước. Kết quả thực nghiệm cho thấy quá trình thủy phân của clo xảy ra hoàn toàn khi $pH > 4$. Hằng số thủy phân của clo trong nước ở nhiệt độ $25^\circ C$ là:

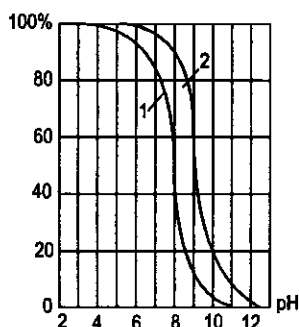
$$K = \frac{[HOCl][H^+][Cl^-]}{[Cl_2]} = 4,05 \cdot 10^{-4} \quad (8.5)$$

Với HOCl, giá trị của hằng số phân ly thay đổi từ $1,5 \cdot 10^{-8}$ ở $0^\circ C$ đến $2 \cdot 10^{-8}$ ở $10^\circ C$ và $2,7 \cdot 10^{-8}$ ở $25^\circ C$. Tính theo hằng số phân ly ứng với các giá trị của pH, tỷ số nồng độ (%) giữa HOCl và ion OCl^- thay đổi khá mạnh (xem bảng 8.1).

Khi pH tăng, nồng độ HOCl giảm làm cho hiệu quả khử trùng cũng giảm đi tương ứng. Sự tương quan này được thể hiện rõ ở biểu đồ hình 8.2, biểu thị số lượng vi trùng bị diệt sau một khoảng thời gian nhất định khi tiến hành thí nghiệm với cùng một liều lượng clo và các giá trị pH khác nhau của nước

Bảng 8.1. Mức độ phân ly của HOCl phụ thuộc vào các giá trị pH khác nhau của nước ở $20^\circ C$

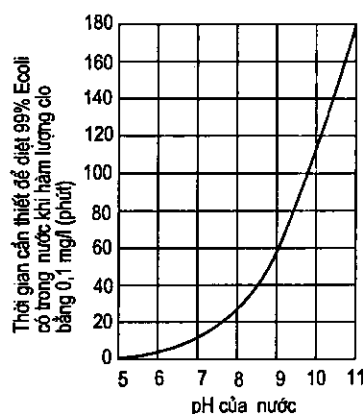
pH	4	5	6	7	8	9	10	11
OCl^- : %	0,05	0,50	2,50	21,00	75,00	97,00	99,50	99,90
HOCl, %	99,95	99,50	97,50	79,00	25,00	3,00	0,50	0,10



Hình 8.2: Tương quan giữa pH với nồng độ HOCl không phân ly (1) và tỷ lệ vi trùng E.coli bị diệt sau 30 phút (2)

Đường cong 1: Hàm lượng axit hypoclorit HOCl không phân ly theo pH của nước tính theo %

Đường cong 2: Số phần trăm E.coli bị tiêu diệt sau 30 phút.

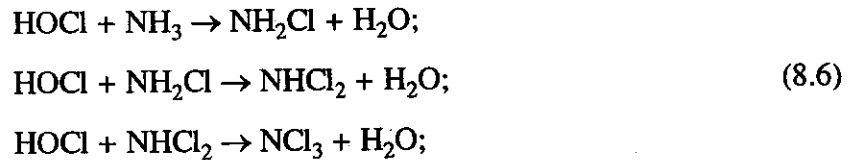


Hình 8.3: Tương quan giữa pH và thời gian khử trùng cần thiết

Sự đồng dạng của hai đường cong (1) và (2) ở biểu đồ hình 8.2 cho thấy rằng HOCl là chất khử trùng chính trong các thành phần của clo trong nước. Để quá trình khử trùng nước bằng clo đạt hiệu quả cao nhất, nên tiến hành khi nước có độ pH thấp, trước khi xử lý ổn định nước.

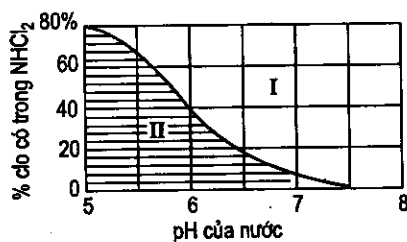
Xét về mặt hiệu quả theo thời gian (hình 8.3) cho thấy để diệt được 99% số E.coli có trong nước bằng liều lượng 0,1 mg/l clo tự do, thời gian cần thiết đã tăng từ 6 phút khi pH = 6 đến 180 phút khi pH = 11.

Khi trong nước có amoniac, muối amoni hay các hợp chất hữu cơ có chứa nhóm amoni, thì clo, axit hypoclorit, ion hypoclorit tham gia vào phản ứng với chúng tạo thành monocloramin và đicloramin.

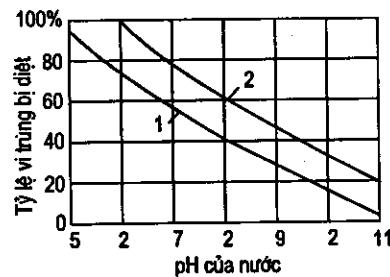


Để kết hợp 1 mg clo tự do thành monocloramin cần 0,2 mg amoniac. Tỷ lệ giữa monocloramin và đicloramin khi cho clo vào nước có chứa amoniac biểu diễn trên hình 8.4. Trị số pH càng cao thì lượng clo kết hợp thành đicloramin càng ít và nồng độ monocloramin trong nước càng cao. Đồng thời khả năng diệt trùng càng giảm đi. Hình 8.5. cho thấy, tương ứng với sự tăng của nồng độ monocloramin, tỷ lệ vi trùng bị diệt giảm đi. Khả năng diệt trùng của monocloramin thấp hơn của đicloramin khoảng ba đến năm lần. So với clo, khả năng diệt trùng của đicloramin lại thấp hơn từ 20 đến 25 lần.

Clo đã kết hợp với amoniac thành cloramin gọi là clo kết hợp, tổng hàm lượng của clo tự do, Cl_2 , HOCl, OCl^- và clo kết hợp gọi là clo hoạt tính.



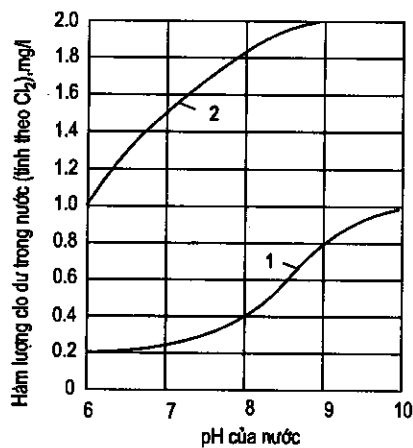
Hình 8.4: Tỷ số giữa monocloramin (I) và đicloramin (II) ứng với các giá trị pH khác nhau ở 20°C
I : Vùng monocloramin;
II : Vùng đicloramin.



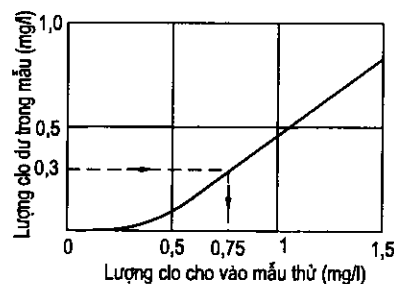
Hình 8.5: Sự thay đổi khả năng khử trùng của cloramin theo pH của nước khi lượng clo là 0,8 mg/l và NH_3 là 0,2 mg/l
Đường cong 1: Thời gian tiếp xúc 10 phút;
Đường cong 2: Thời gian tiếp xúc 30 phút.

Để đảm bảo cho quá trình khử trùng đạt được hoàn toàn, sau khi khử trùng, cần giữ lại trong nước một lượng clo dư thích hợp. Với các hệ thống cấp nước sinh hoạt, lượng clo dư cần để chống sự nhiễm bẩn trở lại của nước trong mạng lưới đường ống phân phối hoặc nơi tiêu thụ, thường lấy từ 0,2 đến 0,3 mg/l tính theo clo tự do. Do khả năng diệt trùng khác nhau của clo tự do và clo kết hợp, lượng dư cần thiết của chúng trong nước cũng khác nhau (hình 8.6).

Liều lượng clo cho vào nước để đảm bảo sau phản ứng có được lượng clo dư cần thiết thường được xác định trực tiếp bằng thực nghiệm. Lấy năm hoặc sáu bình thủy tinh, mỗi bình đựng một ít nước thí nghiệm, cho vào mỗi bình một lượng clo nhất định (theo trình tự tăng dần liều lượng). Khuấy đều đồng thời các bình rồi để lắng trong bóng tối 30 phút. Sau đó đem phân tích các mẫu để xác định lượng clo dư. Theo kết quả nhận được vẽ biểu đồ hấp thụ clo của nước (hình 8.7).

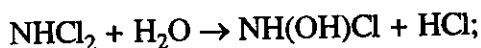
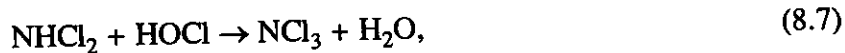


Hình 8.6: Liều lượng dư cần thiết của clo tự do và cloramin ứng với các giá trị pH khác nhau
 1. Lượng clo tự do trong nước sau 10 phút;
 2. Lượng cloramin dư cần có sau 60 phút tiếp xúc với nước.



Hình 8.7: Độ hấp thụ clo của nước xác định bằng thực nghiệm

Với biểu đồ (8.7) từ lượng clo dư có thể tìm được lượng clo cần cho vào nước. Ví dụ lượng clo dư là 0,3 mg/l thì lượng clo cần thiết là 0,75 mg/l. Trong trường hợp nước có chứa amôniac hoặc muối amoni, biểu đồ hấp thụ clo của nước có dạng hình 8.8. Ban đầu clo phản ứng với các muối amoni thành cloramin, khi tỷ số phân tử Cl_2/CH_4^+ < 1,1 tạo ra đồng thời monocloramin và đicloramin, tỷ số nồng độ của các cloramin phụ thuộc vào độ pH của nước, (hình 8.4). Như vậy lượng clo dư ban đầu đều ở dạng cloramin - đoạn đường cong trước điểm A trên hình 8.8. Tiếp tục cho clo vào nước sẽ làm cho tỷ số phân tử Cl_2/CH_4^+ tăng lên đến lớn hơn 1,1. Khi đó bắt đầu xảy ra quá trình oxy hóa mono và đicloramin bằng axit hypoclorit theo các phản ứng sau:

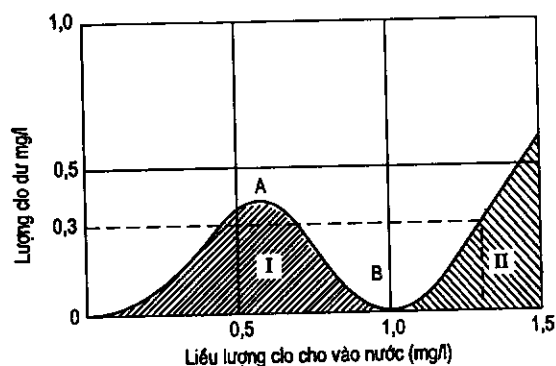


Hàm lượng clo dư kết hợp có trong nước bắt đầu giảm theo mức độ cho thêm clo vào nước. Khi tỷ số phân tử $\text{Cl}_2/\text{NH}_4^+$ có trong nước tăng lên đến 2 (10 mg Cl_2 trên 1 mgN ở dạng NH_4^+), thì toàn bộ cloramin đều bị oxy hóa và hàm lượng clo dư giảm xuống gần đến không (điểm B trên biểu đồ, hình 8.8). Tiếp tục tăng lượng clo cho vào nước sẽ làm cho lượng clo dư tăng dần lên (đoạn sau điểm B ở biểu đồ hình 8.8). Ở đây toàn bộ lượng clo dư là clo tự do có độ hoạt tính diệt trùng cao. Như vậy khi khử trùng nước có chứa amoniac và muối amoni, muốn đạt được hiệu quả tuyệt đối cần sử dụng một lượng clo lớn để có được lượng clo dư cần thiết là clo tự do (liều lượng cao hơn tại điểm sục B trên hình 8.8), phương pháp này gọi là clo hóa tới điểm cực trị. Nếu liều lượng clo cần dùng quá lớn do hàm lượng muối amoni trong nước cao, thì có thể chọn liều lượng clo cho vào nước như ở hình 8.6. Nghĩa là sử dụng lượng clo vừa đủ để đảm bảo sau 60 ph tiếp xúc còn được lượng clo dư hoạt tính ở dạng các cloramin. Ví dụ với pH = 6, lượng cloramin hoạt tính cần không nhỏ hơn 1 mg/l và 1,5 mg/l khi pH bằng 7.

Clo hóa nước với liều lượng cao.

Để khử trùng nước bị nhiễm bẩn nặng, đặc biệt khi trong nước có chứa vi trùng có sức đề kháng cao đối với các chất oxy hóa, và trong trường hợp cần khử màu, mùi, vị của nước, có thể sử dụng clo với liều lượng cao đến 10 mg/l hoặc hơn. Lượng clo lớn vừa đảm bảo khả năng khử trùng hoàn toàn vừa oxy hóa các chất gây mùi vị. Tuy nhiên, sau khi khử trùng trong nhiều trường hợp lượng clo dư còn lại trong nước khá lớn cho nên cần phải khử bớt clo dư để hạ xuống đến tiêu chuẩn từ 0,3 đến 0,5 mg/l, tránh ảnh hưởng đến người tiêu dùng.

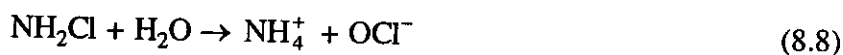
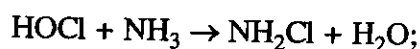
Clo hóa nước kèm với amoniac hóa. Khi nước có chứa phenol nếu cho clo vào sẽ tạo ra clophenol có mùi và vị rất khó chịu. Để khắc phục điểm này, cần tiến hành amoniac hóa trước (đưa amoniac vào nước trước khi cho clo). Lượng amoniac hay muối amoni đưa vào nước lấy từ 0,5 đến 1,0 g tính theo ion NH_4^+ cho 1 g clo. Cho clo vào nước



Hình 8.8: Biểu đồ tương quan giữa lượng clo dư và lượng clo cho vào nước khi trong nước có chứa muối amoni

I: monocloramin và dicloramin; II : clo tự do.

sau amoniac, chúng sẽ kết hợp thành cloramin, clo sẽ không có khả năng kết hợp với phenol để tạo ra clophenol. Nếu pH của nước thấp, phản ứng tạo ra cloramin sẽ xảy ra chậm. Nên tiến hành amoniac hóa khi pH lớn hơn 7 để tạo điều kiện thuận lợi cho phản ứng, ngăn ngừa phản ứng phụ thành clophenol. Trong nhiều trường hợp sau khi khử trùng, nước còn phải lưu lại một thời gian dài trong bể chứa hoặc trong đường ống dẫn (trên 1,5h) rồi mới đến được nơi sử dụng, để kéo dài thời gian tác dụng diệt trùng của clo, có thể cho thêm amoniac vào nước sau khi đã cho clo vào. Phản ứng tạo ra cloramin và cloramin lại tiếp tục thủy phân thành các ion NH_4^+ và OCl^- theo trình tự sau:



Ion OCl^- là chất oxy hóa mạnh. Quá trình phân ly của cloramin diễn ra tương đối chậm, vì thế tác dụng khử trùng trong thời gian đầu thấp hơn so với clo, song điều đó được bù lại bằng thời gian có tác dụng khử trùng dài. Nếu sử dụng clo với amoniac một cách hợp lý sẽ giảm được lượng clo cần dùng và đạt được cả hiệu quả trong việc khử mùi vị. Tỷ lệ giữa liều lượng clo và amoniac được lựa chọn bằng thực nghiệm tùy theo chất lượng nước nguồn: thường lượng amoniac lấy bằng 10 đến 25% lượng clo. Thời gian tiếp xúc tính từ thời điểm khuấy trộn clo và amoniac với nước đến thời điểm sử dụng không ít hơn 1h. So với clo tự do, thời gian tiếp xúc cần thiết lớn hơn hai lần.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử trùng nước bằng clo

Ảnh hưởng của pH. Như trên đã nêu, độ pH của nước là một trong các yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của quá trình khử trùng bằng clo. Khi pH tăng, hiệu quả khử trùng giảm đi. Bằng thực nghiệm đã xác định được lượng clo dư tối thiểu với các giá trị của pH để diệt trùng hoàn toàn (bảng 8.2).

Bảng 8.2. Lượng clo dư tối thiểu để diệt trùng hoàn toàn

Giá trị pH	Lượng clo dư tối thiểu (mg/l)	
	Clo tự do sau 10 ph tiếp xúc	Clo hoạt tính dạng Cloramin sau 60 ph tiếp xúc
6 - 7	0,2	1,0
7 - 8	0,2	1,50
8 - 9	0,4	1,80
9 - 10	0,8	-
> 10	> 1	-

Ảnh hưởng của nhiệt độ. Khi nhiệt độ nước tăng, thì độ nhớt giảm, chuyển động nhiệt tăng lên làm cho quá trình khuếch tán chất khử trùng qua vỏ tế bào vi sinh vật tăng lên. Với cloramin, nhiệt độ có ảnh hưởng lớn hơn so với clo tự do. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ khử trùng có thể biểu diễn bằng phương trình sau:

$$\lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{E(T_2 - T_1)}{RT_1 T_2} \quad (8.9)$$

Trong đó:

t_1, t_2 - thời gian tiếp xúc (ph) cần để giảm lượng vi trùng trong nước đến mức yêu cầu tương ứng với nhiệt độ nước T_1 và T_2 ($^{\circ}\text{K}$);

E - năng lượng hoạt hóa của chất khử trùng;

R - hằng số khí bằng 1,99 kcal/độ ($^{\circ}\text{K}$).

Ảnh hưởng của nồng độ. Khi tăng nồng độ chất khử trùng, thời gian tác dụng sẽ giảm xuống. Tương quan giữa nồng độ và thời gian khử trùng được thể hiện bằng phương trình:

$$C^n t = K, \quad (8.10)$$

Trong đó:

C - nồng độ chất khử trùng;

t - thời gian cần thiết để diệt lượng vi trùng nhất định;

n - chỉ số mũ;

K - hằng số.

Phương trình (8.10) có thể viết dưới dạng:

$$\lg t = \lg K - n \lg C \quad (8.11)$$

Từ (8.11) cho thấy $\lg t$ là hàm số phụ thuộc tuyến tính vào $\lg C$ và tang góc nghiêng của đường biểu diễn hàm số $\lg t$ là giá trị của chỉ số mũ n . Trị số n đối với clo và cloramin nằm trong giới hạn từ 0,5 đến 1,5. Nếu coi $n = 1$ thì từ (8.10) cho thấy khả năng diệt trùng của clo tỷ lệ nghịch với mức độ pha loãng. Nếu nồng độ clo giảm đi hai lần thì thời gian khử trùng cần thiết phải tăng lên gấp hai lần. Đối với quá trình oxy hóa phenol, $n = 6$, nếu nồng độ giảm xuống hai lần thì thời gian tiếp xúc phải tăng lên $2^6 = 64$ lần.

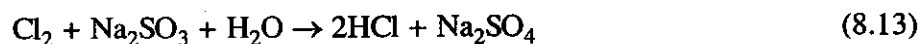
4. Khử clo dư trong nước

Để khử lượng clo tự do còn dư lại trong nước khi clo hóa với liều lượng cao có thể dùng phương pháp hóa học: khử clo thành clorit hoặc phương pháp vật lý: hấp thụ bằng than hoạt tính hoặc làm thoáng.

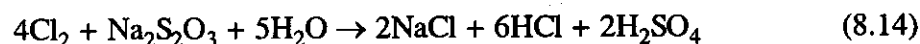
Khử clo dư bằng hóa chất. Đưa khí sunfua SO_2 vào nước chứa clo dư.



Axit clohydric và axit sunfuric tạo ra sau phản ứng được trung hòa bằng độ kiềm tự nhiên của nước. Để khử hết 1 mg clo dư cần 0,9 mg SO_2 . Khi khử bằng Na_2SO_3 .



Khử 1 mg clo dư cần 3,05 mg Na_2SO_3 tinh thể. Có thể dùng $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ với phản ứng sau:



Để khử 1 mg Cl₂ cần 0,85 mg Na₂S₂O₃ ở dạng tinh thể ngậm 5 phân tử nước.

Thành phần hoạt tính của Na₂S₂O₃ trong sản phẩm thương mại từ 30 đến 50%. Trước khi cho Na₂S₂O₃ vào nước phải pha thành dung dịch có nồng độ từ 1 đến 2%, sau đó đưa vào nước bằng các thiết bị định lượng dung dịch. Có thể cho dung dịch Na₂S₂O₃ vào bể chứa nước sạch hoặc ống dẫn nước từ bể chứa đi. Lưu ý rằng chỉ dùng đủ lượng Na₂S₂O₃ cần thiết, dùng quá thừa sẽ làm cho nước có vị khó chịu.

Khử clo dư bằng phương pháp vật lý. Dùng than hoạt tính để hấp thụ clo dư, lọc nước qua lớp than hoạt tính có chiều dày 2 - 2,5 m, kích thước hạt 1,5 - 2,5 mm, tốc độ lọc 20 - 30m/h. Khi lớp than hoạt tính hết khả năng hấp thụ clo, cần rửa than bằng dung dịch kiềm nóng hoặc canxi hypoclorit để hoàn nguyên hoạt độ hấp thụ. Chu kỳ giữa hai lần hoàn nguyên được xác định bằng thực nghiệm cho từng trường hợp cụ thể. Biện pháp làm thoáng chỉ khử được một phần clo hòa tan vì hypoclorit không bay hơi. Khử clo và cloramin bằng làm thoáng chỉ đạt hiệu quả cao khi độ pH của nước nhỏ hơn 5.

5. Các hóa chất khử trùng gốc clo

Clo nguyên chất, trong điều kiện bình thường clo là chất khí màu vàng nhạt, có mùi khó chịu và rất độc. Ở nhiệt độ 15°C clo khí bị hóa lỏng dưới áp lực nén 5,75 at. Clo lỏng có màu vàng xanh, trọng lượng riêng 1,43 kg/l, nhiệt dung 0,2262 kcal/kg độ. Độ hòa tan của clo vào nước phụ thuộc vào nhiệt độ nước và áp lực riêng phần của clo (xem bảng 8.3).

Khi áp lực bằng 1at, nhiệt độ nước 10°C, một lít nước hòa tan được ba lít khí clo (9,65g). Trong kỹ thuật xử lý nước, clo thường được dùng ở thể lỏng. Khi sử dụng cho bốc thành hơi rồi mới hòa tan vào nước.

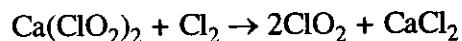
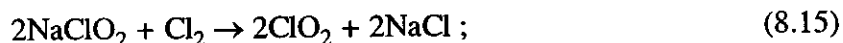
Bảng 8.3. Độ hòa tan của clo vào nước

Áp lực mm thủy ngân	Nồng độ clo hòa tan (mg/l) theo nhiệt độ nước (°C)						
	0	10	20	30	40	50	90
200	4,8	3,3	2,7	2,3	2,1	1,8	1,4
500		6,9	5,3	4,3	3,6	3,1	2,2
700		9,65	7,3	5,8	4,8	4,0	2,8
1000			9,0	7,3	5,9	5,0	3,3
2000			17,0	13,0	10,2	8,4	5,2

Canxi hypoclorit Ca(OCl)₂ là sản phẩm của quá trình làm bão hòa dung dịch vôi sữa bằng clo hơi. Theo lý thuyết 1 kg Ca(OCl)₂ sạch chứa 49,6% Cl₂, trong sản phẩm thương mại, hàm lượng clo hoạt tính chỉ chiếm từ 30 đến 45%. Ca(OCl)₂ không hút ẩm, có thể bảo quản lâu trong kho tối, khô ráo mà không bị giảm độ hoạt tính.

Clorua vôi được sản xuất bằng cách cho clo phản ứng với vôi tôi. Trong clorua vôi có chứa 40 - 45% canxi hypoclorit, lượng clo hoạt tính là 20 - 25%. Clorua vôi dễ hút ẩm và phân hủy khí clo nên cần bảo quản trong các kho kín, khô ráo.

Clo đioxit ClO_2 là chất khí màu vàng xanh, hòa tan trong nước và không bền vững dưới ánh sáng. ClO_2 thường được dùng để khử trùng nước có chứa phenol và có hàm lượng chất hữu cơ cao do phản ứng không tạo ra clophenol. Clođioxit được sản xuất trực tiếp tại chỗ bằng cách sục khí clo vào dung dịch natri clorit hay canxi clorit đã được axit hóa.



1 kg natri cloxit và 400 g clo hơi tạo ra 750 g ClO_2 ở dạng dung dịch. Khả năng diệt trùng của clo đioxit khi $\text{pH} = 7$ tương đương với clo.

Natri hypoclorit (nước javen) NaClO là sản phẩm của quá trình điện phân dung dịch muối ăn. Nước javen thường có nồng độ clo hoạt tính từ 6 đến 8g/l.

6. Thiết bị pha chế clo và hợp chất clo vào nước

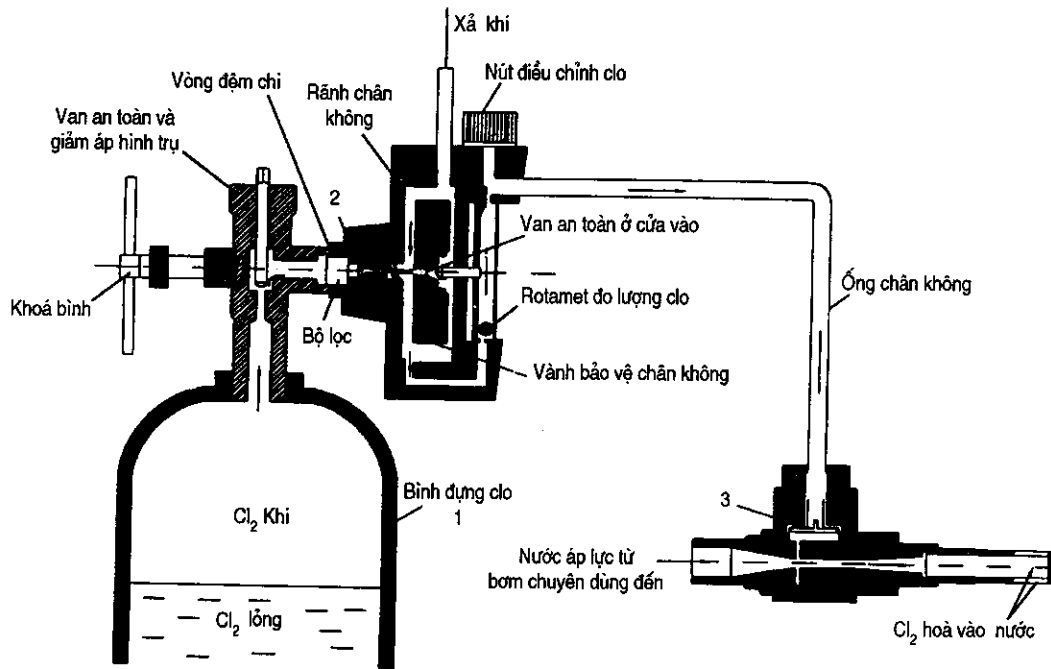
Clorator dùng để pha chế định lượng clo hơi vào nước. Theo nguyên tắc hoạt động có thể chia clorator ra làm hai loại: clorator có lưu lượng không đổi - luôn luôn cho một lượng không đổi khí clo vào nước và clorator có lưu lượng thay đổi tương ứng với lượng nước xử lý. Cả hai loại có thể là clorator áp lực hoặc clorator chân không. Trong clorator áp lực, khí clo hòa vào nước dưới áp lực lớn hơn áp lực khí quyển và áp lực nước trong ống dẫn. Còn trong clorator chân không áp lực khí clo khi hòa vào nước thấp hơn áp lực khí quyển. Do clorator áp lực hay bị rò hơi clo gây nguy hiểm cho người và thiết bị, nên hiện nay clorator chân không được sử dụng chủ yếu.

Trên (hình 8.9) là sơ đồ cấu tạo clorator chân không có lưu lượng không đổi. Nguyên lý làm việc như sau:

Dòng nước áp lực từ bơm đến, đi qua ejector (3), tạo ra chân không trong clorator (2). Nhờ độ chênh áp lực trước và sau van chân không làm cho màng nằm trên rãnh chân không di chuyển, nén lò xo để mở van an toàn ở cửa vào. Khí clo từ bình chứa (1) đi qua hệ van an toàn và giảm áp lực, lọc qua bộ lọc giữ lại clo nước còn lại khí clo, đi vào rãnh chân không, định lượng qua rotamet, đi tiếp vào ống dẫn chân không rồi được hút vào ejector, theo đường ống dẫn nước áp lực đến nơi hòa trộn với nước. Khi ejector (3) không làm việc, trong clorator (2) không còn chân không, độ chênh áp lực bằng không, màng giãn ra, lò xo không bị nén, van an toàn ở cửa vào đóng lại. Toàn hệ thống ngừng làm việc.

Năng suất bốc hơi của clo lỏng phụ thuộc vào nhiệt độ chung quanh và diện tích bề mặt của bình đưng. Khi diện tích chung quanh của bình hay thùng đưng clo không đủ phải cho làm việc song song nhiều bình đồng thời.

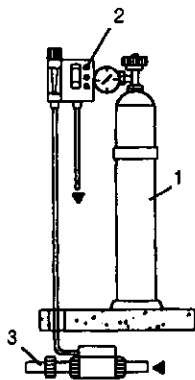
Hình 8.10 giới thiệu sơ đồ lắp thiết bị clorator ở các trạm công suất nhỏ, lượng clo tiêu thụ $\leq 2\text{kg/h}$.



Hình 8.9: Sơ đồ cấu tạo clorator chân không

1. Bình đựng clo lỏng; 2. Clorator; 3- Ejector tạo chân không và hòa trộn clo

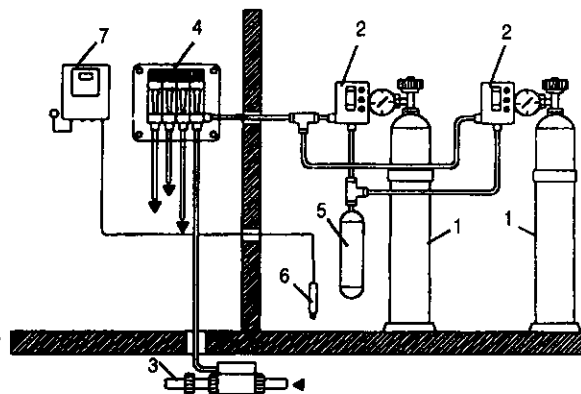
Hình 8.11 giới thiệu sơ đồ lắp đặt thiết bị định lượng clo ở các nhà máy nước công suất vừa và nhỏ, lượng clo tiêu thụ $2 \text{ kg/h} < q < 10 \text{ kg/h}$.



Hình 8.10: Trạm định lượng

clo công suất $\leq 2 \text{ kg/h}$

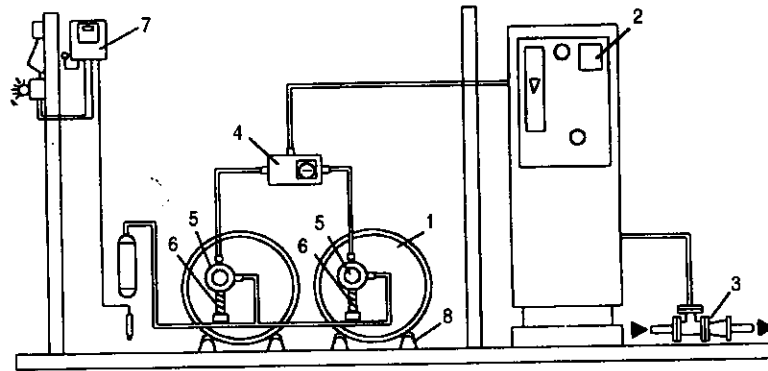
1. Bình đựng clo;
2. Clorator; 3. Ejector



Hình 8.11: Trạm clorator công suất vừa và nhỏ

1. Bình đựng clo; 2. Clorator; 3. Ejector; 4. Bảng phân phối clo đến các đến các điểm hòa trộn khác nhau; 5. Bình xử lý clo rò rỉ; 6. Bộ dò để phát hiện nồng độ clo trong trạm; 7. Thiết bị báo động khi lượng clo trong không khí quá nồng độ cho phép.

Hình 8.12 giới thiệu sơ đồ lắp đặt thiết bị định lượng clo ở nhà máy nước có công suất vừa và lớn, lượng clo tiêu thụ ≥ 8 kg/h.



Hình 8.12: Trạm clorator công suất vừa và lớn

1. Bình đựng clo; 2. Clorator; 3. Ejector; 4. Thiết bị chuyển đổi giữa các bình làm việc và dự phòng; 5. Van chân không an toàn; 6. Bộ lọc để giữ lại clo nước; 7. Thiết bị báo động; 8. Bể đỡ thùng đựng clo

Để cấp nước cho ejector (3) hoạt động, lưu lượng và áp lực nước trước ejector lấy theo bảng (4), thường dùng máy bơm riêng, lấy nước từ bể chứa nước sạch bơm về.

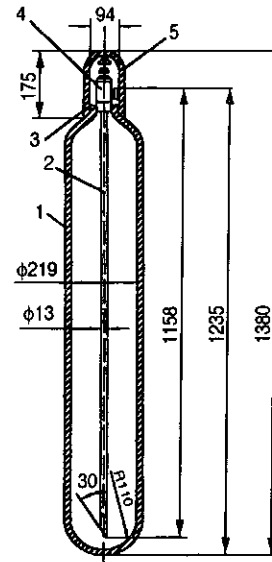
Bảng 8. 4: Áp lực và lưu lượng nước cho ejector (3)

Công suất Max (g/h) Cl_2	Lưu lượng nước (l/h)	Áp lực nước cần thiết phụ thuộc vào áp lực đầu ra (bar)	
		Áp lực đầu vào ejector (bar)	Áp lực nước ở đầu ra ejector (bar)
500	750 - 1 450	4 - 16	0,5 - 6,5
1000	1200 - 2300	4 - 16	0,5 - 6,5
2000	2800 - 4000	4 - 16	0,5 - 6,5
4000	3300 - 4600	4 - 8	0,5 - 3,0
6000	4500 - 6000	4 - 8	0,5 - 3,0
8000	4500 - 6000	4 - 8	0,5 - 3,0
10000	5000 - 75000	4 - 8	0,5 - 3,0

Nếu cho vào bể chứa, áp lực đầu ra chỉ khoảng 0,2 - 0,3 có thể giảm áp lực đầu vào từ 4 bar xuống 3,5 - 3,8 bar.

Bình chứa clo lỏng. Để tiện cho việc vận chuyển và bảo quản, khí clo được nén thành thể lỏng trong các bình chứa, áp lực nén 20,0 - 25,0 kG/cm². Theo dung tích các bình được phân thành loại nhỏ chứa từ 35 đến 80 lít clo lỏng (hình 8.13) và loại lớn có dung tích 800 đến 2000 lít dùng cho các nhà máy nước tiêu thụ clo trên 8 kg/ngày (hình 8.13).

Trạm clorator. Tổ hợp các thiết bị gồm bình đựng clo, cân, ống và clorator được lắp ráp thành hệ thống đặt trong một hoặc hai phòng để định lượng clo vào nước gọi là trạm clo. Do tính độc hại của hơi clo, trạm phải được cách ly với xung quanh bằng các cửa kín và có hệ thống thông gió riêng. Trong trạm có clorator, đường dẫn clo, bình clo lỏng đặt trên cân bàn. Diện tích trạm clorator tính theo tiêu chuẩn 3 m² cho một clorator và 4 m² cho một cân bàn. Khi công suất trạm lớn hơn 250 kg clo một ngày phải chia trạm thành các gian riêng biệt, một gian đặt clorator và một gian đặt bình clo lỏng. Các gian đều có cửa thoát dự phòng riêng. Trạm phải được thông gió thường xuyên bằng quạt với tần suất 12 lần tuần hoàn trong 1h. Không khí được hút ở điểm thấp sát mặt sàn và xả ra ở điểm cao hơn 2m so với nóc nhà cao nhất ở gần trạm. Trong nhà máy nước, trạm phải được bố trí ở cuối hướng gió. Nếu nằm liền trong cụm hóa chất, trạm clorator được ngăn cách với bộ phận khác bằng một buồng trung gian, ở đây có trang bị phương tiện phòng hộ và các thiết bị vận hành, hệ thống bảo hiểm, thiết bị báo nồng độ hơi clo trong buồng công tác. Số lượng clorator trong trạm lấy không ít hơn hai, hệ số dự phòng lấy 50% số clorator hoạt động. Lượng clo dự trữ trong trạm thường xuyên phải đủ cho ba ngày tiêu thụ. Khả năng hóa hơi của clo trong các bình phụ thuộc vào nhiệt độ không khí. Ở nhiệt độ 15°C, ở một bình đường kính 219 mm có thể bốc hơi được từ 0,5 đến 0,7 kg clo trong một giờ, nếu làm nóng bằng nước hoặc không khí đến 40°C lượng clo bốc hơi đạt đến 3 kg/h. Ngoài ra trong trạm cần có dàn phun và bể chứa dung dịch trung hòa clo khi có sự cố. Dung dịch trung hòa được pha chế theo tỷ lệ 1kg Na₂S₂O₃, 5H₂O và 2 kg Na₂CO₃ cho 1 kg clo lỏng. Dung tích bể phải đủ để trung hòa được hai bình clo. Nồng độ dung dịch tính theo 1 m³ nước hòa tan được 40 kg Na₂S₂O₃, 5H₂O và 80 kg Na₂CO₃.



Hình 8.13: Sơ đồ bình đựng clo lỏng dung tích 35 ÷ 80 lít

Kho dự trữ clo. Tùy theo cự ly vận chuyển từ nơi sản xuất đến nhà máy nước mà quyết định lượng clo dự trữ. Lượng dự trữ phải đủ cho từ 15 ngày đến 90 ngày sử dụng. Trong kho dự trữ clo cũng phải thực hiện các biện pháp bảo hiểm và an toàn lao động như ở trạm clorator.

Pha chế clorua vôi và canxi hypoclorit. Thường sử dụng trong các nhà máy nước có công suất bé hơn 10000 m³/ngày. Các hóa chất được bảo quản ở dạng bột, trước khi cho vào nước phải pha thành dung dịch có nồng độ 1- 2%. Đầu tiên hóa chất được hòa tan trong thùng pha đến nồng độ 10% để lắng tách cặn bẩn và tạp chất, sau đó cho vào thùng tiêu thụ pha loãng đến nồng độ 2%. Thể tích các thùng xác định theo công thức.

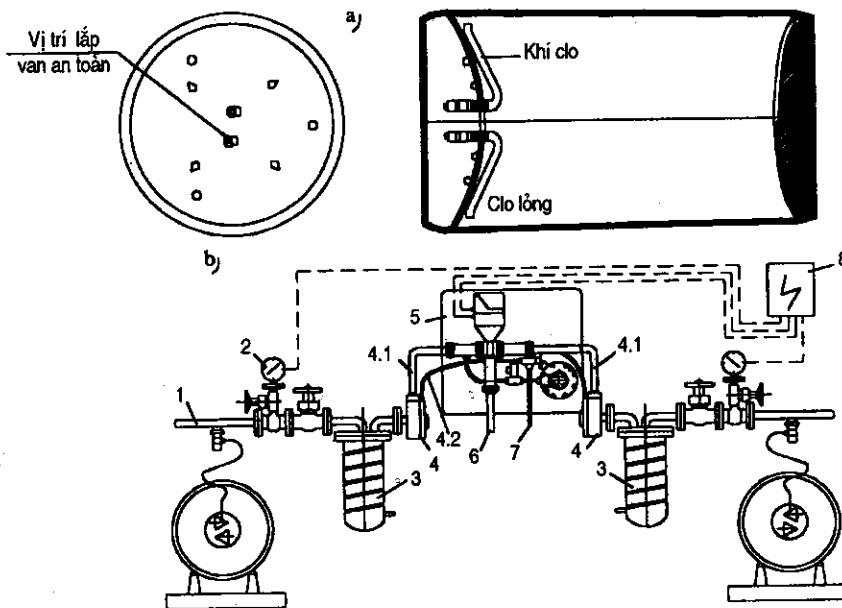
$$W = \frac{Qat}{100bc}, (m^3), \quad (8.16)$$

Trong đó:

- Q - lưu lượng nước xử lý (m^3/h);
- t - thời gian sử dụng cho một lần pha (h);
- a - liều lượng thuốc khử trùng tính theo clo hoạt tính (g/m^3);
- c - hàm lượng clo hoạt tính trong hóa chất (%);
- b - nồng độ dung dịch pha (%).

Số thùng pha lấy bằng một, số thùng tiêu thụ không nhỏ hơn hai. Từ thùng tiêu thụ, dung dịch được đưa vào nước bằng các thiết bị định lượng - hình (8.15).

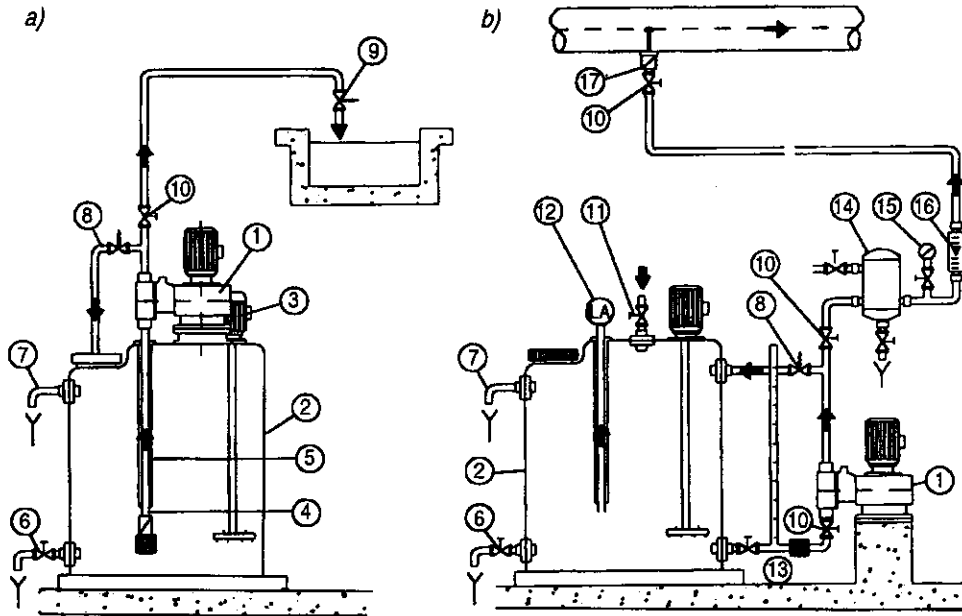
Điều chế nước Javen. Với các trạm cấp nước nhỏ, nhất là vùng ven biển, khi không có điều kiện cung cấp clo và các hóa chất khác nên xây dựng trạm điện giải để điều chế nước javen. Trạm gồm bể dự trữ muối ướt có cấu tạo như kho phen ướt, các bể pha và bể tiêu thụ. Bể dự trữ muối ướt thường tính cho lượng tiêu thụ từ 30 đến 45 ngày, lượng nước để pha tính theo tỷ lệ $1 m^3$ cho 1 tấn muối. Độ hòa tan và tỷ trọng dung dịch muối lấy theo bảng (8.5).



Hình 8.14: Sơ đồ thùng đựng clo lỏng dung tích từ 800 đến 2000 lít

a) Thùng đựng clo lỏng; b) Sơ đồ đấu nối hai bình làm việc song song.

1. Ống dẫn khí clo từ bình ra; 2. Đồng hồ áp lực; 3. Bình lọc nước cho clo;
4. Điều chỉnh độ chân không: 4.1. Đường rút chân không; 4.2. Đường dự phòng;
5. Bộ chuyển đổi; 6. Đường chân không nối với clorator; 7. Đường dự phòng; 8. Tủ điều khiển



Hình 8.15: Thiết bị định lượng dung dịch hóa chất để khử trùng

1. Bơm định lượng; 2. Thùng đựng dung dịch hóa chất khử trùng; 3. Máy khuấy; 4. Van 1 chiều ở đầu hút của bơm; 5. Ống hút; 6. Van xả; 7. Ống tràn; 8. Van điều chỉnh áp lực đặt trên đường tuần hoàn; 9. Van điều áp đặt ở đầu ra; 10. Van cách ly đặt trên ống đẩy và hút; 11. Ống nạp dung dịch vào thùng; 12. Bộ đo mức dung dịch trong thùng; 13. Đầu hút; 14. Thùng ổn định áp lực; 15. Đồng hồ đo áp lực; 16. Rotamet đo lưu lượng dung dịch; 17. Van một chiều.

Bảng 8.5: Độ hòa tan và tỷ trọng dung dịch của muối ở 20°C

Nhiệt độ nước (°C)	Độ hòa tan của NaCl		Tỷ trọng dung dịch NaCl ở 20°C		
	Nồng độ (%)	Nồng độ (g/l)	Nồng độ (%)	Nồng độ (g/l)	Tỷ trọng (g/cm ³)
10	26,35	316,70	5	51,70	1,0345
20	26,43	317,20	10	107,10	1,0707
30	26,56	317,60	15	166,30	1,1087

Dung dịch muối bão hòa được pha thành dung dịch tiêu thụ với nồng độ 100 - 120mg/l. Lượng dung dịch tiêu thụ xác định tương ứng với công suất các bình điện phân. Số lượng bình điện phân lấy với hệ số dự phòng 1,2 - 1,5. Nước javen từ bình điện phân được đưa thẳng vào điểm pha với nước.

8.2.2. Khử trùng nước bằng iod

Iod là chất oxy hóa mạnh và thường được dùng để khử trùng nước ở các bể bơi. Là chất khó hòa tan nên iod được dùng ở dạng dung dịch bão hòa. Độ hòa tan của iod phụ thuộc nhiệt độ nước. Ở 0°C độ hòa tan là 100 mg/l. Ở 20°C là 300 mg/l. Khi độ pH của nước nhỏ hơn 7, liều lượng iod sử dụng lấy từ 0,3 đến 1 mg/l. Nếu sử dụng liều lượng cao hơn 1,2 mg/l sẽ làm cho nước có mùi vị iod.

8.2.3. Khử trùng nước bằng ion của các kim loại nặng

Với nồng độ rất nhỏ của ion kim loại nặng có thể tiêu diệt được các vi sinh vật và rêu tảo sống trong nước (xem bảng 8.6).

Bảng 8.6. Nồng độ diệt trùng của ion kim loại nặng

Kim loại	Nồng độ cần (ml/l) để tiêu diệt	
	Vi trùng Ecoli	Rêu tảo
Bạc - Ag	0,04	0,05
Đồng - Cu	0,08	0,15
Cadimi - Cd	0,15	0,10
Rôm - Cr	0,70	0,70
Kẽm - Zn	1,40	1,40

Khử trùng bằng ion kim loại nặng đòi hỏi thời gian tiếp xúc lớn. Ví dụ với bạc khi sử dụng 0,03 mg/l khử trùng nước có pH = 7,5 ở 15°C, thời gian cần để khử 99% vi trùng là 177 ph. Tuy nhiên không thể nâng cao nồng độ ion kim loại nặng để giảm thời gian diệt trùng vì ảnh hưởng đến sức khỏe của con người.

8.2.4. Khử trùng bằng ozon

Ozon có công thức hóa học là O₃, ở điều kiện bình thường, ozon là chất không bền vững và bị phân hủy rất nhanh thành khí oxy dạng bền vững O₂. Bởi vì ozon là chất không bền vững và không thể lưu giữ lâu trong bình chứa nên phải dùng máy sản xuất ozon ngay tại nơi sử dụng.

Ozon được sản xuất bằng cách cho oxy hoặc không khí đi qua thiết bị phóng tia lửa điện, như hiện tượng ta vẫn thấy trong thiên nhiên sau tia chớp của dông bão, không khí trở nên sạch và mát hơn là do tác dụng làm sạch không khí của ozon. Để cấp đủ lượng ozon khử trùng cho nhà máy xử lý nước, dùng máy phát tia lửa điện gồm hai điện cực kim loại đặt cách nhau một khoảng cho không khí chạy qua. Cấp dòng điện xoay chiều vào các điện cực để tạo ra tia hồ quang, đồng thời với việc thổi luồng không khí sạch đi qua khe hở giữa các điện cực để chuyển một phần oxy thành ozon. Nguồn không khí vừa là nguồn cấp oxy vừa là chất điện môi để san đều điện tích phóng ra trên toàn bề mặt điện cực, ngăn cản hiện tượng phóng điện quá tải cục bộ. Sản phẩm phụ của quá trình

sản xuất ozon là nhiệt lượng. Luồng không khí đi qua khe hở giữa các điện cực không đủ để làm lạnh (hạ nhiệt) các điện cực, do ở nhiệt độ cao, ozon được sản xuất ra rất dễ bị phân hủy thành oxy do đó cần phải lắp thiết bị làm lạnh điện cực ở máy sản xuất ozon. Có hai loại thiết bị làm lạnh điện cực:

- 1- Làm lạnh bằng không khí.
- 2- Làm lạnh bằng nước.

Dưới tác dụng của tia lửa điện, một phần ni tơ phản ứng với nước thành axit thì có tác dụng ăn mòn kim loại của máy phát, do đó để loại trừ hiện tượng này, không khí trước khi cho vào máy tạo ozon phải được làm sạch để khử hoàn toàn độ ẩm.

Nồng độ ozon trong hỗn hợp khí đi ra khỏi máy phát từ 1 - 2 % tính theo trọng lượng được đưa thẳng vào bể hòa tan và tiếp xúc với nước để khử trùng. Hiệu quả khử trùng phụ thuộc vào chất lượng nước, cường độ khuấy trộn và thời gian tiếp xúc. Dựa vào thời gian tiếp xúc cần thiết từ 4 đến 8 phút, thường thiết kế ba loại bể hòa tan và khuấy trộn ozon vào nước:

- 1- Đi qua lớp lọc nổi.
- 2- Dùng ejector.
- 3- Dùng cánh khuấy để hòa tan khí.

Ưu nhược điểm của ozon:

• Ưu điểm:

- 1- Không có mùi.
- 2- Làm giảm nhu cầu oxy của nước, giảm nồng độ chất hữu cơ, giảm nồng độ các chất hoạt tính bề mặt.
- 3- Khử màu, phenol, xianua.
- 4- Tăng nồng độ oxy hòa tan.
- 5- Không có sản phẩm phụ gây độc hại.
- 6- Tăng vận tốc lắng của các hạt lơ lửng.

• Nhược điểm:

- 1- Vốn đầu tư ban đầu cao.
- 2- Tiêu tốn năng lượng điện.

Khả năng khử trùng của ozon:

Độ hòa tan vào nước của ozon gấp 13 lần độ hòa tan của oxy. Khi vừa mới cho ozon vào nước, tác dụng diệt trùng xảy ra rất ít, khi ozon đã hòa tan đủ liều lượng, ứng với hàm lượng đủ để oxy hóa chất hữu cơ và vi khuẩn có trong nước, lúc đó tác dụng khử trùng của ozon mạnh và nhanh gấp 3100 lần so với clo và thời gian khử trùng xảy ra trong khoảng từ 3 đến 8 giây.

Liều lượng ozon cần để khử trùng nước từ 0,2 - 0,5 mg/l, tùy thuộc vào chất lượng nước đã xử lý. Ozon có tác dụng tiêu diệt virút rất mạnh khi thời gian tiếp xúc đủ dài, khoảng 5 phút.

Khả năng sử dụng ozon trong quy trình xử lý nước:

1- Ozon có khả năng khử chất rắn trong nước thô bằng tác dụng oxy hóa và tuyến nổi, bọt cặn nổi lên khi cho ozon hòa tan vào nước thô, các bọt này trong quá trình nổi lên hấp thụ số lớn cặn cứng, hợp chất ni tơ và photpho.

2- pH của nước thô tăng lên chút ít do CO_2 được thoát ra.

3- Khử màu và độ đục do tác dụng oxy hóa của ozon với các hợp chất tạo màu.

4- Chuyển hóa NH_4^+ thành NO_3^-

Nồng độ ozon trong không khí cao hơn 1 mg/l gây độc hại cho người quản lý vận hành, do đó cần phải có biện pháp phát hiện và phòng ngừa tại gian đặt máy.

Chương 9

TRAO ĐỔI VÀ KHỬ KHÍ

9.1. KHÁI NIỆM VÀ MỤC ĐÍCH

Các loại khí hoà tan trong nước có nhiều nguồn gốc khác nhau, đồng thời cũng có nhiều ảnh hưởng đến quá trình xử lý và sử dụng nước. Khi hàm lượng khí cacbonic trong nước cao, nước sẽ không ổn định, có tính ăn mòn cao với bê tông. Khí CO_2 còn ngăn cản quá trình ôxy hoá sắt và mangan trong nước. Nước có chứa hydro sunfua sẽ có mùi vị khó chịu và là môi trường ăn mòn kim loại. Khí NH_3 hoà tan làm cho lượng clo khử trùng phải dùng tăng lên, khí ứ đọng quá nhiều CH_4 dễ gây cháy, nổ. Trong công nghiệp, oxy hoà tan trong nước là tác nhân ăn mòn kim loại, ngược lại để khử sắt và mangan trong nước cần có lượng oxy hoà tan cao. Khí clo hoặc ozon hoà tan có tác dụng diệt trùng và oxy hoá một số chất hữu cơ v.v... Vì vậy, trong kỹ thuật xử lý nước, thường tiến hành các biện pháp loại ra khỏi nước một số khí gây hại (CO_2 , H_2S , NH_3), đồng thời lại pha thêm vào nước một số khí cần cho các mục đích khác nhau (O_2 , Cl_2 , O_3). Các quá trình đó được gọi là quá trình trao đổi khí.

9.2. TRAO ĐỔI KHÍ BẰNG PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

9.2.1. Bản chất của quá trình trao đổi khí bằng cơ học

Cơ sở của phương pháp dựa trên hiện tượng khuếch tán tự nhiên của các phân tử khí từ môi trường khí sang môi trường nước và ngược lại. Sự khuếch tán này xảy ra ở bề mặt tiếp xúc giữa hai môi trường khí - nước, khi áp suất riêng phần của một chất khí nào đó trong môi trường này nhỏ hơn trong môi trường kia. Nếu áp suất riêng phần hai bên bằng nhau, quá trình trao đổi sẽ ngừng lại. Như vậy trong những điều kiện nhất định, trong nước sẽ tồn tại một lượng khí hoà tan nào đó và gọi là độ hoà tan của khí. Độ hoà tan khí trong môi trường chất lỏng phụ thuộc vào:

- Bản chất của khí với đặc tính riêng là hệ số khuếch tán K_D ;
- Nồng độ của khí đó trong môi trường khí (g/m^3) phụ thuộc vào áp suất riêng phần của nó trong cùng môi trường:
 - Nhiệt độ của nước T;
 - Lượng tạp chất có trong nước.

Ảnh hưởng của nồng độ đến độ hoà tan của khí

Thông thường, môi trường trao đổi chính trong kỹ thuật và tự nhiên là không khí và nước. Nếu sự trao đổi ngừng lại, đã có một sự cân bằng động học giữa hai môi trường và trạng thái đó được đặc trưng bằng độ hoà tan tương ứng gọi là nồng độ bão hoà của khí trong nước. Khi nồng độ của một chất khí trong không khí tăng lên thì nồng độ bão hoà của nó trong nước cũng tăng lên. Sự tương quan giữa nồng độ bão hoà C_s (g/m^3) và nồng độ khí trong không khí C_k (g/m^3) có thể biểu thị bằng công thức:

$$C_s = K_D \cdot C_k \quad (9.1)$$

Hệ số khuếch tán K_D phụ thuộc vào bản chất của khí (nước), nhiệt độ của nước. Giá trị K_D cho các chất khí khác nhau ở bảng (9.1). Nồng độ C_k xác định từ định luật cơ bản của các chất khí:

$$PV = nRT \quad (9.2)$$

Trong đó:

P - áp suất riêng phần của khí tính toán trong môi trường không khí (Pa);

V - dung tích của môi trường khí bao gồm toàn bộ các khí trong hỗn hợp (m^3);

n - số mol của khí tính toán có trong dung tích hỗn hợp V;

R - hằng số chung của khí, $R = 8,3143 \text{ J/k.mol}$;

T - nhiệt độ tuyệt đối ($^\circ\text{K}$).

Từ (9.2) rút ra công thức tính nồng độ mol trong không khí:

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{R.T}, \quad (\text{mol/m}^3) \quad (9.3)$$

Để tính nồng độ theo khối lượng, nhân nồng độ mol với trọng lượng phân tử M_p của khí tính toán:

$$C_k = \frac{n}{V} \cdot M_p = \frac{PM_p}{RT}, \quad (\text{g/m}^3) \quad (9.4)$$

Thay (9.4) vào (9.1):

$$C_s = K_D \cdot \frac{PM_p}{R.T}, \quad (\text{g/m}^3) \quad (9.5)$$

Phương trình (9.5) cho thấy nồng độ hoà tan bão hoà của một khí nào đó trong nước phụ thuộc vào áp suất riêng phần của nó trong môi trường khí. Theo định luật Dalton, áp suất riêng phần của một chất khí trong môi trường hỗn hợp khí bằng tích của áp suất môi trường và tỷ lệ dung tích của khí đó trong hỗn hợp. Ví dụ: không khí khô có 20,948% oxy, áp suất không khí ở điều kiện tiêu chuẩn $P_a = 101.325 \text{ Pa}$, áp suất riêng phần của oxy trong không khí sẽ là:

$$P = 101.325 \times 0,20948 = 21.226 \text{ Pa}$$

Bảng 9.1. Giá trị của hệ số khuếch tán K_D

Các chất khí	Nguyên tử lượng (g/mol)	Hệ số khuếch tán K_D			
		°C	10°C	20°C	30°C
Oxy (O ₂)	32,00	0,0493	0,0398	0,0337	0,0296
Sunfua hydro (H ₂ S)	34,08	4,690	3,650	2,870	
Cacbonic (CO ₂)	44,01	1,710	1,230	0,942	0,738
Ozon (O ₃)	48,00	0,641	0,539	0,395	0,259
Không khí		0,0288	0,0234	0,0200	0,0170

Trong kỹ thuật, ở các công trình làm thoáng không khí thường bị bão hoà bởi hơi nước, do vậy áp suất riêng phần của các chất khí thực tế bị giảm đi do sự có mặt của hơi nước và tính theo:

$$P' = f(P - P_w) \quad (9.6)$$

Trong đó:

f - tỷ lệ một chất khí trong không khí khô;

P - áp suất không khí khô;

P_w - áp suất hơi nước (xem bảng 9.2).

Thay (9.6) vào (9.5) ta được công thức xác định nồng độ bão hoà của các chất khí trong các công trình làm thoáng:

$$C_s = K_D \cdot \frac{f(P - P_w)}{R.T} M_p, \text{ (g/m}^3\text{)} \quad (9.7)$$

Ở đây áp suất không khí và hơi nước thay đổi theo nhiệt độ của môi trường.

Tỷ lệ các chất khí trong không khí khô ở điều kiện tiêu chuẩn (cao độ ngang mực nước biển chuẩn) như sau:

Tên gọi	Kí hiệu	Tỷ lệ %
Nitơ	N ₂	78,084
Oxy	O ₂	20,948
Cacbonic	CO ₂	0,032
Các khí khác		0,936

Bảng 9.2. Áp suất hơi nước trong không khí

Nhiệt độ	°C	0	10	20	25	30
Áp suất hơi nước	kPa	0,611	1,23	2,33	3,17	4,24
	mmHg	4,58	9,21	17,50	23,80	31,80

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ hoà tan của khí

Quá trình hoà tan của khí vào nước đi đôi với việc giải phóng năng lượng. Khi nhiệt độ nước tăng lên, độ hoà tan của khí giảm đi, điều đó được phản ánh ở giá trị của hệ số khuếch tán K_D (bảng 9.1). Mức độ ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ hoà tan của khí chỉ có thể xác định chính xác bằng thực nghiệm.

Ảnh hưởng của tạp chất trong nước đến độ hoà tan của khí

Khi trong nước có các tạp chất, độ hoà tan của khí sẽ giảm đi, sự ảnh hưởng đó được biểu thị bằng phương trình;

$$C_s = \frac{K_D}{\gamma} C_k \quad (9.8)$$

Với nước tinh khiết, hệ số ảnh hưởng γ bằng 1. Nếu nồng độ tạp chất tăng, giá trị γ cũng tăng và làm giảm độ hoà tan. Giá trị của hệ số khuếch tán K_D trong bảng (9.1) tương ứng với trường hợp nước tinh khiết. Tuy nhiên do ảnh hưởng của nồng độ tạp chất đến độ hoà tan của khí không lớn lắm nên trong thực tế có thể bỏ qua.

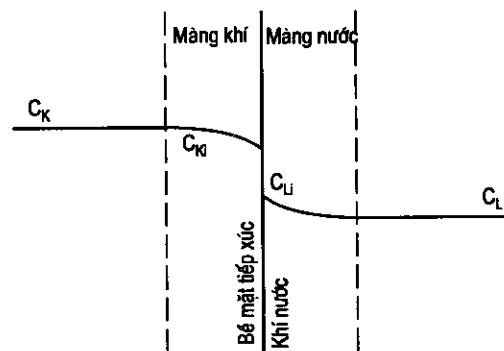
9.2.2. Động học của quá trình trao đổi khí

Khi có hai môi trường khí và nước tiếp xúc với nhau, sự trao đổi xảy ra theo hai chiều. Một số chất khí sẽ được hấp thụ và hoà tan vào nước gọi là chiều thuận, một số khác sẽ tách ra khỏi nước - chiều nghịch. Ta hãy xét một mô hình theo chiều thuận (hình 9.1).

Gọi hai môi trường trao đổi là pha lỏng và pha khí. Theo lý thuyết hấp thụ hai lớp của chất khí, quá trình hấp thụ là hiện tượng khuếch tán nối tiếp của khí qua bề mặt tiếp xúc giới hạn giữa hai pha. Trên bề mặt tiếp xúc, ở cả hai pha đều xuất hiện một lớp màng khuếch tán. Trong lớp màng khuếch tán khí, nồng độ khí giảm dần từ giá trị ban đầu C_k đến giá trị C_{ki} tại bề mặt tiếp xúc. Qua bề mặt tiếp xúc, sang lớp màng khuếch tán lỏng, nồng độ khí tiếp tục giảm từ C_{Li} đến C_L . Theo định luật của Fick, khối lượng khí vận chuyển qua bề mặt tiếp xúc có diện tích F trong một đơn vị thời gian tỷ lệ thuận với sự chênh lệch của nồng độ và có thể biểu thị như sau:

- Với pha khí:

$$m = K_k F(C_k - C_{ki}), \text{ (g/s)} \quad (9.9)$$



Hình 9.1: Mô hình nguyên lý hấp thụ khí

- Với pha lỏng:

$$m = K_L F (C_{Li} - C_L), \text{ (g/s)} \quad (9.10)$$

Trong đó:

K_k, K_L - hệ số tách khí riêng của pha khí và pha lỏng (m/s);

F - diện tích bề mặt tiếp xúc giữa hai pha (m^2).

Các giá trị C_{ki} và C_{Li} về thực chất không xác định được. Tuy nhiên theo (9.1) có thể viết:

$$C_{Li} = K_D \cdot C_{Ki}$$

Thay vào (9.10) được:

$$m = K_L F (K_D \cdot C_k - C_L), \text{ (g/s)} \quad (9.11)$$

Trong thực tế việc xác định bằng tính toán hệ số tách khí (hay hấp thụ khí) K_L và diện tích tiếp xúc F giữa hai pha khí, nước trong một công trình làm thoáng có thể tích V là không thể thực hiện được, vì vậy, để xác định các thông số bằng thực nghiệm phải gộp các nhóm thông số lại: Đặt $K_2 = K_L \frac{F}{V}$ là hệ số kỹ thuật của quá trình trao đổi khí và để ý rằng: $C_{Li} = K_D C'_K = C_S =$ nồng độ hoà tan bão hoà của khí trong pha lỏng, ta có thể viết phương trình (9.11) dưới dạng:

$$\frac{m}{V} = \frac{d_c}{d_t} = K_2 (C_s - C), \text{ (g/m}^3\text{s)} \quad (9.12)$$

Tích phân phương trình (9.12) với $t = 0; C = C_0$ ta có:

$$C = C_s - (C_s - C_0)e^{-K_2 t} \quad (9.13)$$

Từ phương trình (9.13) cho thấy nồng độ C của một khí nào đó còn lại trong nước sau thời gian làm thoáng t ở điều kiện tự nhiên phụ thuộc vào nồng độ bão hoà C_s , vào diện tích tiếp xúc đơn vị F/V và vào bản chất khí K_L . Theo phương trình (9.13) ứng với mỗi loại thiết bị làm thoáng đã định, có thể xác định bằng thực nghiệm trị số $K_2 t$ bằng cách đo nồng độ khí có trong nước khi vào thiết bị C_0 và nồng độ khí có trong nước khi ra khỏi thiết bị C tính theo phương trình:

$$\lg \frac{C_s - C}{C_s - C_0} = \lg e^{-K_2 t} = -K_2 t \lg e = -0,4343 K_2 t \quad (9.14)$$

Để có kết quả đúng, cần xác định chính xác nồng độ hoà tan bão hoà của khí C_s trong điều kiện thực tế.

Giáo sư H.J Pupel Trường đại học Delft (Hà Lan) bằng thực nghiệm trong điều kiện làm thoáng tự nhiên khử CO_2 ở nhiệt độ nước $20^\circ C$, qua dàn phun mưa cường độ tưới nhỏ hơn $20 m^3/m^2$ giờ, với chiều cao dàn $0,5 - 0,7 m$, đã xác định được các trị số $K_2 t$ khử khí CO_2 và $K_2 t$ hấp thụ khí oxy (xem bảng 9.3).

Bảng 9.3. Giá trị K_2t thực nghiệm

TT	Kiểu dàn làm thoáng	K_2t đối với khí	
		O_2	CO_2
1	Phun qua lỗ, qua khe hẹp rơi trực tiếp xuống sàn	1,12	0,357
2	Phun qua lỗ hoặc khe hẹp rơi xuống dàn ống nhựa $\phi 25$ đặt cách nhau 25mm thành 10 lớp, lớp trên vuông góc với lớp dưới, tổng chiều cao lớp ống nhựa 250mm	1,21	0,431

Ví dụ tính toán:

Tính nồng độ CO_2 và O_2 còn lại trong nước sau khi làm thoáng tự nhiên qua dàn mưa, cường độ tưới $10m^3/m^2$. Dàn mưa có ba sàn đỡ, sàn trên là tám xẻ khe hoặc khoan lỗ, hai sàn dưới xếp ống nhựa $\phi 25mm$ cách 25mm thành 10 lớp vuông góc với nhau với tổng chiều dày 250mm. Chiều cao giữa các sàn 0,6m. Nồng độ CO_2 ban đầu trong nước $C_o = 60mg/l$, nồng độ oxy $C_o = 2mg/l$. Nồng độ bão hoà CO_2 : $C_s = 1 mg/l$, của oxy $C_{s_o} = 9mg/l$.

Giải:

1) Khử CO_2 - trị số K_2t theo kết quả thực nghiệm ở bảng (9.3) có K_2t toàn dàn làm thoáng $= K_2t_1 + 2 \times K_2t_2$

$$K_2t = 0,357 + 2 \times 0,431 = 1,219.$$

Lượng CO_2 còn lại trong nước sau làm thoáng theo (9.13)

$$C = C_s - (C_s - C_o)e^{-K_2t};$$

$$C = 1 - (1 - 60)e^{-1,219} = 18,47 mg/l.$$

Hiệu quả làm thoáng khí CO_2 :

$$R = \frac{C_o - C}{C_o} = \frac{60 - 18,47}{60} \times 100 = 59,69\%$$

2) Hấp thụ oxy

$$K_2t = 1,12 + 2 \times 1,21 = 3,54;$$

$$C = C_s - (C_s - C_o)e^{-K_2t};$$

$$C_{o_2} = 9 - (9 - 2)e^{-3,54} = 8,7mg/l;$$

Hiệu quả làm thoáng hấp thụ O_2 :

$$R = \frac{C - C_o}{C_s} = \frac{8,7 - 2}{9} = 74,5\%.$$

9.2.3. Làm thoáng cưỡng bức

Trong các phần trước, ta mới xét các quá trình trao đổi ở điều kiện tự nhiên và do vậy động lực của quá trình biến đổi ($C_s - C$) được giả thiết là chỉ phụ thuộc vào sự biến đổi của nồng độ khí trong nước. Thực tế khi nồng độ khí trong pha khí giảm thì giá trị nồng độ hoà tan bão hoà $C_s = K_D C_k$ sẽ giảm tương ứng. Động lực của quá trình ($C_s - C$) sẽ giảm đi do giá trị C tăng lên còn giá trị C_s giảm đi. Trong thực tiễn làm thoáng, việc tăng giảm các giá trị trên phụ thuộc vào lượng khí cung cấp, diện tích bề mặt tiếp xúc, thời gian tiếp xúc, điều kiện khuấy trộn. Để làm rõ vấn đề này, ta hãy xét các yếu tố theo đầu vào và ra của công trình. Giả thiết một công trình làm thoáng được cung cấp ở đầu vào lưu lượng không khí Q_k (m^3/s) với nồng độ một chất khí C_{k_0} (g/m^3), và lưu lượng nước Q_n (m^3/s) có chứa cùng chất khí đó với nồng độ C_o (g/m^3). Coi lưu lượng khí là không đổi trong quá trình làm thoáng, tại cửa ra của công trình ta có các nồng độ tương ứng C_{k_1} , C_1 và sự cân bằng vào - ra là:

$$Q_k C_{k_0} + Q_n C_o = Q_k C_{k_1} + Q_n C_1.$$

Gọi R là tỷ số giữa lưu lượng khí và nước $R = \frac{Q_k}{Q_n}$ và biến đổi phương trình trên

ta có:

$$R = \frac{C_1 - C_o}{C_{k_1} - C_{k_0}} = \frac{\Delta C}{\Delta C_k} \quad (9.15)$$

Biến thiên của nồng độ khí ΔC và ΔC_k trong hai môi trường ảnh hưởng đến động lực của quá trình làm thoáng. Các giá trị biến thiên lại phụ thuộc vào kiểu công trình làm thoáng.

Tháp làm thoáng có dòng khí và nước đi cùng chiều từ trên xuống. Giả sử tháp làm thoáng có dung tích V bên trong chất đầy vật liệu tiếp xúc có tổng diện tích bề mặt F . Lưu lượng nước cần làm thoáng Q_n , có nồng độ khí đã hoà tan sẵn C_o . Lượng khí cấp vào tháp Q_k có nồng độ C_{k_0} .

Nước, khí có cùng vận tốc, và cùng thời gian lưu trong tháp.

Nồng độ khí tương ứng là C_k và C .

Xét sự liên hệ giữa nồng độ ở đầu ra C_k và C từ phương trình (9.15) ta có:

$$C_k = \left(C_{k_0} + \frac{C_o}{R} \right) - \frac{C}{R} \quad (9.16)$$

Thay giá trị của nồng độ ở đầu ra C_k theo công thức (9.16) vào công thức (9.1) ta có:

$$C_s = K_D C_k = C_{s_0} + C_o \frac{K_D}{R} - C \frac{K_D}{R} \quad (9.17)$$

Biến thiên nồng độ khí trong môi trường lỏng khi làm thoáng đã được xác định theo (9.12).

$$\frac{dC}{dt} = (C_s - C)K_2.$$

Thay giá trị của C_s ở (9.17) và tích phân theo điều kiện biên $t = 0, C = C_0$ ta có:

$$C = C_0 + (C_{s0} - C_0) \frac{1 - e^{\left[-K_2 t \left(1 + \frac{K_D}{R}\right)\right]}}{1 + \frac{K_D}{R}} \quad (9.18)$$

Trong đó:

C - nồng độ khí có trong nước tại đầu ra (g/m^3);

C_0 - nồng độ khí có trong nước ở đầu vào (g/m^3);

C_{s0} - trị số nồng độ khí bão hoà trong nước ở đầu vào (g/m^3);

R - Tỷ lệ gió trên nước, $R = \frac{Q_K}{Q_n}$;

t - thời gian lưu nước trong dàn (s);

K_D - hệ số khuếch tán;

K_2 - hệ số tách khí kỹ thuật: $K_2 = \frac{F}{V} \cdot K_L$.

Công trình làm thoáng có dòng ngược chiều - nước từ trên xuống không khí từ dưới lên:

$$K_s = \frac{C_1 - C_0}{C_{s0} - C_0} = \frac{1 - e^{\left[-K_2 t \left(1 - \frac{K_D}{R}\right)\right]}}{1 - \frac{K_D}{R} e^{\left[-K_2 t \left(1 - \frac{K_D}{R}\right)\right]}} \quad (9.19)$$

Trong đó:

C_{s0} - nồng độ khí hoà tan bão hoà trong các điều kiện thực tế (g/m^3);

t - thời gian tiếp xúc;

$$t = \frac{H}{v}, \text{ (s);}$$

H - chiều cao công trình làm thoáng;

v - tốc độ trung bình của nước đi qua công trình làm thoáng.

- Tải trọng thuỷ lực của tháp lấy từ 36 đến $150m^3/m^2h$.

- Tỷ lệ gió/nước $R = 15 \div 60$.

- Hiệu suất khử khí CO_2 và hấp thụ oxy đạt từ 75 đến 90%.

Ví dụ tính toán:

Tính hiệu quả khử khí CO_2 trong tháp làm thoáng cưỡng bức tải trọng thuỷ lực $140m^3/m^2h$. Tỷ lệ gió/nước $R = 15$, gió nước đi cùng chiều. Trong tháp bố trí một dàn

ống phun cho nước rơi tự do 0,5m, rồi đi qua 4 lớp sàn đỡ, mỗi sàn đỡ đặt 10 lớp ống ϕ 25 cách nhau 25mm, các lớp ống xếp vuông góc với nhau tạo thành khối dày 250mm, đáy sàn cách nhau 0,5m. Nồng độ bão hoà CO_2 trong nước $C_s = 1\text{mg/l}$. Nồng độ ban đầu của CO_2 trong nước $C_o = 60\text{mg/l}$.

Giải:

Ở nhiệt độ 10°C hệ số khuếch tán K_D của CO_2 tra bảng (9.1):

$$K_D = 1,2; K_D/R = 12/15 = 0,08,$$

K_2t tra bảng (9.3) có:

$$K_2t = 0,357 + 4 \times 0,431 = 2,081.$$

Áp dụng công thức (9.18):

$$C = C_o + (C_s - C_o) \frac{1 - e^{-K_2t(1 + K_D/R)}}{1 + K_D/R}$$

$$C = 60 + (1 - 60) \frac{1 - e^{-2,081(1 + 0,08)}}{1 + 0,08};$$

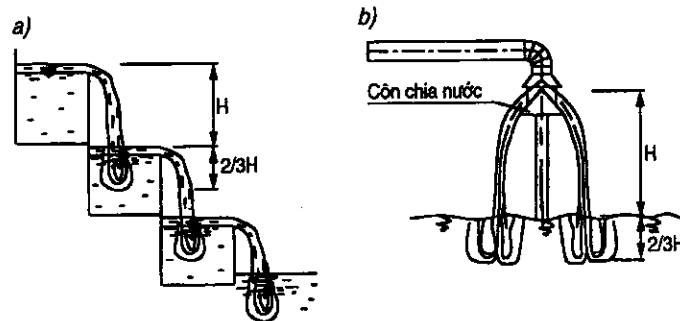
$$C = 60 - 59 \times 0,828 = 60 - 48,9 = 11,1 \text{ gCO}_2/\text{m}^3$$

Hiệu quả khử khí:

$$R = \frac{60 - 11,1}{60} = 81,5\%.$$

9.2.4. Làm thoáng bằng hệ máng tràn nối tiếp và bằng vòi phun trực tiếp trên mặt nước

Khi làm thoáng bằng máng tràn hay ống phun trực tiếp lên mặt nước, dòng tia nước rơi tự do ở độ cao H và ngập sâu xuống mặt nước với chiều sâu bằng $2/3H$. Diện tích tiếp xúc giữa hai pha nước, khí, ngoài diện tích của dòng tia nước, khi rơi tự do tiếp xúc với không khí, khi đi sâu vào thể tích nước kéo theo một lượng khí, tạo thành bọt phân tán trong thể tích nước làm cho bề mặt tiếp xúc đơn vị F/V tăng lên, tăng hiệu quả làm thoáng.



Hình 9.2: Sơ đồ làm

thoáng đơn giản

a) Máng làm thoáng;

b) Ống phun trực tiếp

a) Làm thoáng bằng máng tràn

Nồng độ khí C đối với oxy và CO₂ trong nước sau làm thoáng tính theo công thức:

$$C - C_o = K(C_s - C_o) \quad (9.20)$$

Với $K = 1 - e^{-K_2 t}$ gọi là hệ số hiệu quả của quá trình trao đổi khí.

Với hệ thống n máng tràn tính theo công thức:

$$C_n = C_s - (C_s - C_o) \left(1 - \frac{K}{n}\right)^n \quad (9.21)$$

Bảng thực nghiệm đã xác định được hệ số K đối với oxy:

Đối với nước không nhiễm bẩn:

$$K = 0,45 (1 + 0,046 T^\circ) H.$$

Đối với nước bẩn

$$K = 0,36 (1 + 0,046 T^\circ) H.$$

Đối với nước thải

$$K = 0,29 (1 + 0,046 T^\circ) H.$$

Các công thức trên đúng cho tải trọng thuỷ lực từ 6,5 đến 26 l/sm dài của máng tràn. Đối với khí CO₂ khi áp dụng công thức (9.20) có thể lấy $K = 0,25 - 0,3$ cho mỗi bậc làm thoáng.

Ví dụ tính toán

Nước thô có nhiệt độ 12°C, làm thoáng trên máng tràn ba bậc nối tiếp, chiều cao mỗi bậc 0,5m. Nồng độ oxy ban đầu $C_o = 2\text{mg/l}$. Nồng độ bão hoà $C_s = 10\text{mg/l}$. Tính nồng độ oxy trong nước sau làm thoáng.

Giải:

Tổng chiều cao làm thoáng $H = 1,5\text{m}$; $n = 3$.

$$K = 0,45 (1 + 0,046 T^\circ) h = 0,45 (1 + 0,046 \times 12) 1,5 = 1,05;$$

$$C_3 = C_s - (C_s - C_o) \left(1 - \frac{K}{n}\right)^n;$$

$$C_3 = 10 - (10 - 2) \left(1 - \frac{1,05}{3}\right)^3 = 7,2 \text{ g O}_2/\text{m}^3;$$

Nếu làm hai bậc ta có: $n = 2$; $h = 0,75\text{m}$

$$C_2 = 10 - (10 - 2) \left(1 - \frac{1,05}{2}\right)^2 = 8,0 \text{ g O}_2/\text{m}^3.$$

Như vậy, chọn hai bậc tràn tốt hơn ba bậc tràn.

b) Làm thoáng bằng ống phun trực tiếp trên mặt nước (hình 9.2b)

Nồng độ khí C (g/m³) còn lại trong nước sau khi làm thoáng tính theo công thức (9.20)

$$C - C_o = K (C_s - C_o),$$

với: $K = 1 - e^{-K_2 T_c}$

$$t_c = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Tăng tải trọng thuỷ lực, giảm nhanh hệ số hiệu quả K. Bằng thực nghiệm với tải trọng thuỷ lực 26 l/s của chu vi đáy côn chia nước, các chiều cao rơi H so với mực nước, thu được các giá trị của hệ số K cho trong bảng (9.4).

Bảng 9.4. Giá trị thực nghiệm của hệ số K

Hệ số hiệu quả làm thoáng K ở t° = 20°C	Chiều cao từ côn chia đến mặt nước		
	0,65m	0,95m	1,3m
K(CO ₂)	0,25	0,32	0,39
K(O ₂)	0,4	0,44	0,49
K _(O₂) /K _(CO₂)	1,6	1,375	1,257

Ví dụ tính toán:

Nhà máy xử lý nước công suất 12000 m³/ngày = 500m³/h, có 6 bể lọc, lưu lượng nước vào một bể 484 m³/h = 23/1 l/s. Nồng độ CO₂ trong nước thô C_o = 30 mg/l, nồng độ oxy C_o = 2mg/l, nồng độ bão hoà CO₂; C_s = 1mg/l; C_s oxy = 8,2 mg/l. Xác định nồng độ CO₂ và oxy còn lại trong nước sau khi làm thoáng trên mặt bể lọc theo sơ đồ hình 9.2.

Giải:

Xác định đường kính côn phân phối nước:

- Chu vi đáy côn cân: $L = \pi D = \frac{23,1}{26} = 0,89m.$

- Đường kính đáy côn: $D = \frac{L}{\pi} = \frac{0,89}{3,14} = 0,282 \approx 0,3m.$

Khoảng cách từ đáy côn đến mặt nước: H = 0,95m.

- Tra bảng (9.2): $K_{(CO_2)} = 0,32; K_{(O_2)} = 0,44.$

Hàm lượng CO₂ còn lại trong nước sau làm thoáng:

$$C_{(CO_2)} = C_o + K(C_s - C_o) = 30 + 0,32(1 - 30) = 20,7mg/l.$$

$$C_{(O_2)} = C_o + K(C_s - C_o) = 2 + 0,44(8,2 - 2) = 4,728mg/l.$$

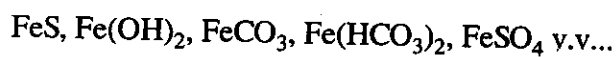
Chương 10

KHỬ SẮT, KHỬ MANGAN VÀ XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN

10.1. KHỬ SẮT

10.1.1. Các trạng thái tồn tại tự nhiên của sắt trong các nguồn nước

a) Các hợp chất vô cơ của ion sắt hoá trị II



- Các hợp chất vô cơ của ion sắt hoá trị III

$\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{FeCl}_3$ v.v... trong đó keo hydroxyt sắt hoá trị III $\text{Fe}(\text{OH})_3$ là chất keo tụ, dễ dàng lắng đọng trong các bể lắng và bể lọc. Vì thế các hợp chất vô cơ của sắt hoà tan trong nước hoàn toàn có thể xử lý bằng phương pháp lý học: làm thoáng lấy oxy của không khí để oxy hoá sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III và cho quá trình thuỷ phân, keo tụ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ xảy ra hoàn toàn trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong.

b) Các phức chất vô cơ của ion sắt với silicat, photphat ($\text{FeSiO}(\text{OH})_3^{+3}$)

- Các phức chất hữu cơ của ion sắt với axit humic, fulvic v.v...
- Các ion sắt hoà tan $\text{Fe}(\text{OH})^+, \text{Fe}(\text{OH})_3^-$ tồn tại tùy thuộc vào giá trị thế oxy hoá khử và pH của môi trường.

Các loại phức chất và hỗn hợp các ion hoà tan của sắt không thể khử bằng phương pháp lý học thông thường, mà phải kết hợp với phương pháp hoá học. Muốn khử sắt ở các dạng này phải cho thêm vào nước các chất oxy hoá như: clo, KMnO_4 , ozon để phá vỡ liên kết và oxy hoá ion sắt thành ion hoá trị III hoặc cho vào nước các chất keo tụ $\text{FeCl}_3, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ và kiềm hoá để có giá trị pH thích hợp cho quá trình đông keo tụ các loại keo sắt và phèn xảy ra triệt để trong các bể lắng, bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong.

10.1.2. Số liệu cần thiết để thiết kế trạm xử lý khử sắt

Khi thiết kế trạm khử sắt cần thu thập các số liệu sau:

- Công suất hữu ích của trạm ($\text{m}^3/\text{ngđ}$), số giờ hoạt động trong ngày hay công suất giờ (m^3/h).
- Bơm nước liên tục với lưu lượng đủ lớn để loại trừ hết nước tù đọng, sau đó lấy mẫu ngay tại đầu bơm để phân tích các chỉ tiêu:

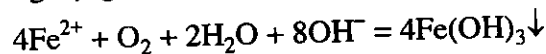
- 1) Độ đục.
- 2) Độ màu.

- 3) Độ oxy hoá.
 - 4) Độ kiềm.
 - 5) Độ cứng toàn phần và độ cứng cacbonat.
 - 6) pH.
 - 7) Tổng hàm lượng sắt.
 - 8) Hàm lượng ion sắt hoá trị II.
 - 9) Hàm lượng ion sắt hoá trị III.
 - 10) Hàm lượng silic, poliphosphat và các kim loại nặng.
 - 11) Hàm lượng CO₂ tự do.
 - 12) Hàm lượng H₂S.
- Kết quả thí nghiệm khử sắt tại chỗ theo phương pháp lý học, hoá học.

10.1.3. Lựa chọn dây chuyền công nghệ khử sắt

a) Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình khử sắt

Quá trình oxy hoá sắt hoá trị II thành sắt hoá trị III và thuỷ ngân sắt hoá trị III thành bông cặn Fe(OH)₃ dễ lắng đọng biểu hiện bằng phương trình sau:



Để oxy hoá 1mg sắt (II) tiêu tốn 0,143 mg oxy.

Tốc độ của quá trình oxy hoá và thuỷ phân:

$$\frac{d\text{Fe}^{2+}}{dt} = K[\text{Fe}^{2+}] [\text{OH}^-]^2 \cdot [\text{O}_2], \quad (10.1)$$

Trong đó:

[O₂] - lượng oxy hoà tan trong nước tính bằng phần tử g/l. Tốc độ phản ứng tăng khi nồng độ oxy hoà tan trong nước tăng lên.

K - hằng số tốc độ oxy hoá và thuỷ phân phụ thuộc vào nhiệt độ, tính chất đệm của dung dịch nước, phụ thuộc vào các chất xúc tác như: cặn Fe(OH)₃ tích lũy trên mặt các hạt vật liệu lọc, hoạt động của vi khuẩn sắt, các muối đồng, mangan oxyt, là những xúc tác làm tăng nhanh rất nhiều (từ 2 đến 3 lần) quá trình oxy hoá và thuỷ phân sắt.

[OH⁻]² - tốc độ phản ứng và thuỷ phân sắt tăng khi tăng pH của nước (nồng độ ion OH⁻ tăng).

Khi có đủ hàm lượng oxy để oxy hoá sắt, thời gian oxy hoá và thuỷ phân sắt trên công trình phụ thuộc vào trị số pH của nước theo tiêu chuẩn thiết kế các công trình cấp nước (TCN 33-85) và theo số liệu đúc kết nhiều năm của Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Công nghệ cấp thoát nước thuộc Công ty Tư vấn cấp thoát nước số 2 - Bộ Xây dựng có thể lấy như sau:

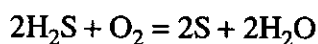
pH	6,0	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	≥ 7,5
Thời gian tiếp xúc cần thiết trong bể lắng và bể lọc (thời gian lưu nước) (phút)	90	60	45	30	25	20	15	10
Thời gian tiếp xúc cần thiết (thời gian lưu nước) trong bể lọc tiếp xúc (bể lọc I) và bể lọc trong (bể lọc đợt II) (phút)	60	45	35	25	20	15	12	5

- Tốc độ lọc qua bể tiếp xúc có thể lấy 5 - 20m/h tùy thuộc vào thời gian lưu nước cần thiết và lượng cặn cần giữ lại sao cho qua bể lọc đợt I hàm lượng cặn còn lại đi vào bể lọc trong (lọc đợt II) ≤ 15mg/l.

- Tốc độ lọc qua bể lọc trong lấy 3 - 9m/h tùy thuộc vào chiều dày và cỡ hạt của lớp vật liệu lọc và thời gian lưu nước cần thiết.

b) Các sơ đồ dây chuyền công nghệ khử sắt

Trong nước ngầm ngoài ion Fe^{2+} luôn có một lượng chất khử hoặc là hữu cơ hoặc vô cơ biểu thị bằng độ oxy hoá của nước tính theo mg/l oxy. Nếu trong nước có chứa các hợp chất của lưu huỳnh dưới dạng khí H_2S hoà tan, ion HS^- hoặc S^{2-} , các hợp chất này là các chất khử đối với hệ sắt (tại 25°C thế oxy hoá tiêu chuẩn $E_0 = - 0,48V$) nên có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình oxy hoá sắt.



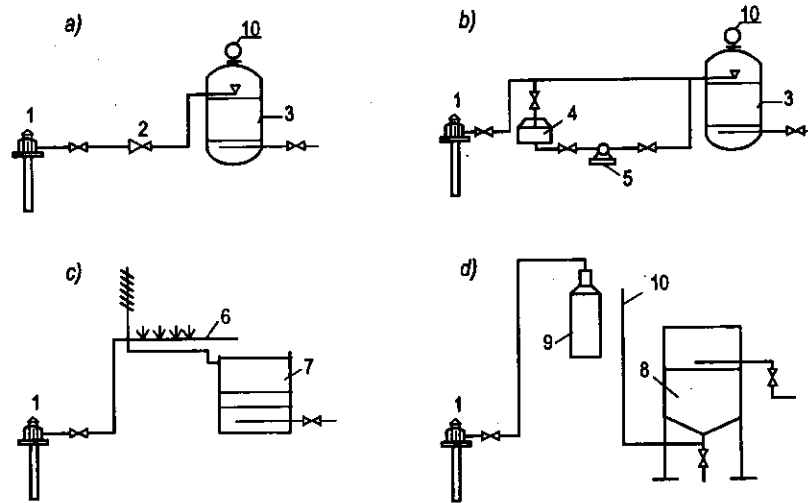
Oxy còn dư sau phản ứng trên sẽ tiếp tục oxy hoá Fe^{2+} thành Fe^{3+} , 1mg H_2S tiêu thụ 0,47 mg O_2 . Trong quá trình oxy hoá sắt một phần oxy hoà tan sẽ tham gia vào quá trình phân huỷ các chất khử. Vì vậy lượng oxy cần thiết để khử sắt là:

$$(\text{Độ oxy hoá (biểu thị bằng mg/l } O_2) + 0,47 H_2S + 0,15 Fe^{2+}) \text{ mg/l.}$$

1. Sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc

Điều kiện áp dụng:

- Độ màu của nước khi chưa tiếp xúc với không khí ≤ 15.
- Hàm lượng $SiO_2^{2-} \leq 2\text{mg/l}$.
- $H_2S \leq 0,5 \text{ mg/l}$.
- $NH_4^+ \leq 1 \text{ mg/l}$.
- Tổng hàm lượng sắt ≤ 10 mg/l.
- Nhu cầu oxy = độ oxy hoá + $0,47 H_2S + 0,15 Fe^{2+} \leq 7 \text{ mg/l}$.



Hình 10.1: Các sơ đồ khử sắt bằng phương pháp làm thoáng đơn giản và lọc
a) Thu khí bằng ejector lọc qua bể áp lực; b) Làm thoáng bằng thùng hỗn hợp khí;
c) Làm thoáng bằng ống phun mưa; d) Tháp oxy hoá và lọc nổi.

1. Trạm bơm giếng; 2. Ejector thu khí; 3. Bể lọc áp lực; 4. Thùng hỗn hợp khí nước; 5. Máy bơm li tâm; 6. Ống phun mưa; 7. Bể lọc nhanh; 8. Bể lọc vật liệu nổi; 9. Tháp oxy hoá; 10. Xả khí.

Ví dụ tính toán:

Công suất cần $10\text{m}^3/\text{h} \approx 200\text{m}^3/\text{ng}$.

Tổng hàm lượng sắt 9 mg/l , sắt hoá trị II $\text{Fe}^{2+} = 6\text{mg/l}$, $\text{pH} = 6,8$.

Độ oxy hoá $4\text{ mg O}_2/\text{l}$; $\text{NH}_4^+ \approx 0$, $\text{SiO}_2 < 1$; $\text{H}_2\text{S} \approx 0$.

Độ kiềm tính theo $\text{CaCO}_3 = 25\text{ mg/l} < 1\text{ mđlg/l}$.

Có thể áp dụng sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc trực tiếp:

- Lượng oxy cần thiết để khử sắt: $4 + 0,15 \times 6 = 4,9\text{ mg/l}$.

Hàm lượng oxy trong nước nguồn = 0.

Lượng oxy cần hấp thụ vào nước $C = 4,9\text{mg/l}$. Đủ điều kiện để áp dụng sơ đồ làm thoáng đơn giản và lọc.

Giải:

a) Tính thiết bị làm thoáng để lấy đủ lượng oxy

Nếu dùng ejector thu khí, lượng oxy hoà tan được vào nước theo sơ đồ gió nước đi cùng chiều tính theo công thức:

$$C = C_0 + (C_s - C_0) \cdot \frac{1 - e^{\left[-k_2 t \left(1 + \frac{K_D}{R} \right) \right]}}{1 + \frac{K_D}{R}}$$

C_o - hàm lượng oxy có sẵn trong nước trước khi làm thoáng ≈ 0 ;

C_s - hàm lượng oxy bão hoà trong nước phụ thuộc vào nhiệt độ và tổng hàm lượng muối chọn theo bảng: $C_s = 8,4$.

Lượng oxy hoà tan bão hoà trong nước (g/m^3) khi tổng hàm lượng muối < 1000 mg/l								
Nhiệt độ nước ($^{\circ}C$)	18	19	20	21	22	23	24	25
C_s (g/m^3)	9,5	9,4	9,2	9,0	8,8	8,7	8,5	8,4

K_D - hệ số truyền khí vào nước, phụ thuộc vào nhiệt độ.

Hệ số K_D đối với các chất khí				
Nhiệt độ ($^{\circ}C$)	0	10	20	30
O_2	0,0493	0,0398	0,0337	0,0296
CO_2	1,710	1,23	0,942	0,738
H_2S	4,690	3,65	2,87	-
Không khí	0,0288	0,0234	0,0200	0,0179

$$K_D = 0,021$$

K_2 - năng suất truyền tách khí kỹ thuật, K_2 phụ thuộc vào bản chất khí và diện tích bề mặt tiếp xúc của công trình.

$$\text{Đối với oxygen và } CO_2: K_2 = \frac{A}{V} \times 2.10^{-4}.$$

$$\text{Đối với } H_2S: K_2 = \frac{A}{V} \times 1,5.10^{-4}.$$

A - diện tích bề mặt tiếp xúc giữa khí và nước tính bằng diện tích bề mặt phía trong thiết bị làm thoáng cộng với diện tích mặt rộng của vật liệu có trong thiết bị (tính bằng m^2);

V - thể tích thiết bị làm thoáng (m^3). Trong trường hợp lấy khí bằng ejector qua tháp oxy hoá, hoặc dẫn trực tiếp vào bể áp lực lấy $K_2 = 2.10^{-2}$;

t - thời gian làm thoáng, hay thời gian lưu nước và khí trong thiết bị;

$$t = \frac{V}{Q}, (s)$$

Q - lưu lượng nước (m^3/s);

V - thể tích lưu nước và khí, từ điểm thu khí vào đến điểm xả khí ra, trong sơ đồ thu khí bằng ejector qua tháp oxy hoá hay dẫn vào bể áp lực. Trong ví dụ này thể tích tính theo cấu tạo bằng $0,4m^3$;

Q - lưu lượng $10\text{m}^3/\text{h}$.

$$t = \frac{0,4}{10} = 0,04 \text{ giờ} = 138 \text{ giây}$$

$$K_2 t = 2.10^{-2} \times 138 = 2,76.$$

$$R: \text{Tỷ lệ gió/nước} = \frac{Q_{\text{không khí}}}{Q_{\text{nước}}} = 10.$$

Hàm lượng oxy trong nước sau làm thoáng:

$$C_{O_2} = 8,4 \times \frac{1 - e^{-2,76 \left(1 + \frac{0,021}{10}\right)}}{1 + \frac{0,021}{10}} = \frac{0,937}{1,0021} \times 8,4 = 7,85 \text{ mg/l}$$

$C_{O_2} = 7,85$ có dư để ôxy hoá sắt (II) thành sắt (III).

- Nếu làm thoáng đơn giản phun mưa trên máng bể lọc (sơ đồ hình 10.1c) cường độ mưa $a \leq 10\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$, hoặc qua máng tràn, lưu lượng tràn qua mép máng $q = 6,5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{ms}$ đến $2,6 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{ms}$. Lượng oxy trong nước sau làm thoáng tính theo công thức (9.21).

$$C = C_o + (C_s - C_o) \times 0,45 (1 + 0,046T) \text{ h, (mg/l)}.$$

C_s, C_o - hàm lượng oxy bão hoà và hàm lượng oxy có trong nước nguồn;

T - nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$);

h - chiều cao nước rơi (m).

$$\text{Trong ví dụ: } C = 0 + 8,4 \times 0,45 (1 + 0,046 \times 25) \times 0,7 = 5,68 \text{ mg/l}.$$

Nhu cầu oxy chỉ cần 4,9 mg/l do đó có thể chọn một trong hai sơ đồ làm thoáng nêu trên.

b) Tính toán bể lọc khử sắt

Khi thiết kế bể lọc khử sắt phải thoả mãn đồng thời ba yêu cầu:

- Yêu cầu giữ lại cặn để làm trong nước.
- Yêu cầu thời gian lưu nước đủ để hoàn thành quá trình oxy hoá và thủy phân sắt.

Đặc tính lớp vật liệu lọc theo yêu cầu làm trong				Tốc độ lọc tính toán		Vật liệu lọc	Cường độ rửa
d nhỏ nhất	d lớn nhất	Hệ số không đều	Chiều dày (m)	Bình thường	Tăng cường		
0,8	1,8	1,5 ÷ 2	1	≤ 7	10	Cát	Nước + gió 2 ÷ 4 l/sm ² . 50 m ³ /m ² h
1	2,2	1,5 ÷ 2	1,3	≤ 9	12	Vật liệu lọc nổi	12 ÷ 14 l/sm ² rửa nước

Yêu cầu thời gian tiếp xúc pH = 6,8; thời gian cần T = 20 phút = 0,33 giờ. Chiều dày lớp lọc 1m + 1 (chiều dày lớp nước trên mặt bể lọc cát hoặc lớp nước dưới mặt vật liệu lọc nổi); h = 1 + 1 = 2,0m.

Vận tốc lọc:
$$v = \frac{h}{T} = \frac{2,0}{0,33} = 6,02 \text{ m/h lấy } 6\text{m/h.}$$

Diện tích lọc:
$$F = \frac{Q}{v} = \frac{10}{6} = 1,7\text{m}^2.$$

2. Sơ đồ làm thoáng + lắng hoặc lọc tiếp xúc + lọc trong

- Điều kiện áp dụng:

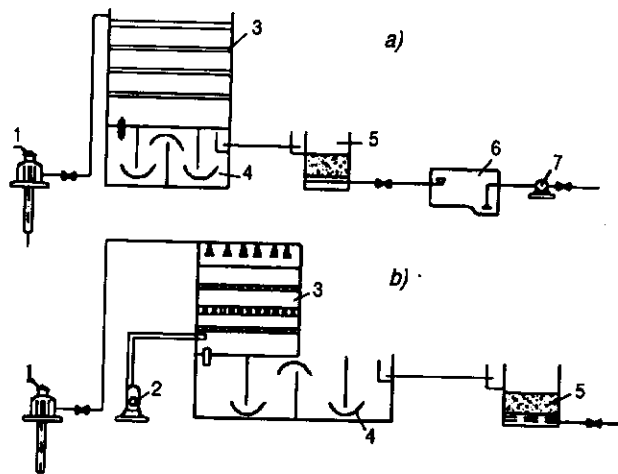
Độ oxy hoá $\leq \left(\frac{\text{Fe}^{+2}}{28} + 5 \right) \text{ mg/l.}$

Nhu cầu oxy = độ oxy hoá + 0,47 H₂S + 0,15 Fe²⁺ < 10 mg/l.

- Tổng hàm lượng sắt $\geq 15 \text{ mg/l}$; tổng hàm lượng muối khoáng < 1000mg/l.

- Hàm lượng SiO₂⁻ $\leq 2\text{mg/l}$, NH₄⁺ $\leq 1,5\text{mg/l}$, H₂S < 1mg/l.

- Độ kiềm của nước $K \geq \left(1 + \frac{\text{Fe}^{+2}}{28} \right).$



Hình 10.2: Sơ đồ dây chuyền công nghệ khử sắt làm thoáng, lắng hoặc lọc tiếp xúc, lọc trong

a) Dàn làm thoáng tự nhiên; b) Dàn làm thoáng cưỡng bức.

1. Trạm bơm giếng; 2. Máy quạt gió; 3. Dàn làm thoáng (tự nhiên hoặc cưỡng bức);
4. Bể lắng hoặc bể lọc tiếp xúc; 5. Bể lọc trong; 6. Bể chứa nước sạch; 7. Trạm bơm đợt II.

- pH < 6,8 thì tính toán thiết bị làm thoáng theo điều kiện khử khí CO₂ để tăng pH.

- Độ kiềm của nước K < $\left(1 + \frac{Fe^{2+}}{28}\right)$

- pH > 6,8 thì tính toán thiết bị làm thoáng theo điều kiện lấy oxy để khử sắt.

Ví dụ tính toán:

Lưu lượng cần xử lý Q = 100 m³/h ≈ 2300 m³/ngày.

Tổng hàm lượng sắt = 28 mg/l.

Sắt hoá trị II Fe²⁺ = 12 mg/l.

SiO₂²⁻ < 1 mg/l.

Độ oxy hoá: 5,5 mg/l; H₂S ≈ 0; NH₄ < 1mg/l.

Độ kiềm 2,1 mđlg/l > $\left(1 + \frac{12}{28}\right)$, pH = 6,5.

Giải:

Nhu cầu ôxy: 5,5 + 0,15 × 12 = 7,3 mg/l.

Độ kiềm 2,1: pH = 6,5 < 6,8. Tổng hàm lượng sắt 28 mg/l.

Áp dụng sơ đồ làm thoáng khử CO₂ nâng pH, lọc tiếp xúc, lọc trong để khử sắt.

a) Tính toán thiết bị làm thoáng

- Xác định tổng hàm lượng CO₂ có trong nước = C_o + 1,6 Fe²⁺, trong đó:

1,6 Fe²⁺ là lượng CO₂ bổ sung do thủy phân sắt tạo ra, cứ 1 mg sắt Fe²⁺ bị thủy phân tạo ra 1,6 mgCO₂ và làm giảm độ kiềm 1 lượng bằng 0,036 mđlg/l.

C_o - hàm lượng ban đầu của CO₂ trong nước nguồn tính theo công thức:

$$C_o = \frac{44 K_{(\text{độ kiềm mđlg/l})}}{K_1 \times 10^{\text{pH} + \sqrt{\mu}}} \quad (\text{mg/l}),$$

K - độ kiềm của nước nguồn mđlg/l, K = 2,1;

μ - lực ion của dung dịch μ = 0,000022 P;

P - tổng hàm lượng muối (mg/l) ≤ 1000 → μ = 0,022;

K₁ - hằng số phân ly bậc 1 của axit cacbonic

t°C	10	20	25	30
K ₁	3,34.10 ⁻⁷	4,05.10 ⁻⁷	4,31.10 ⁻⁷	4,52.10 ⁻⁷

$$C_o = \frac{44 \times 2,1}{4,31 \cdot 10^{-7} \times 10^{6,5 + \sqrt{0,02}}} + 1,6 \times 12 = 66,1 \text{ mg/l}$$

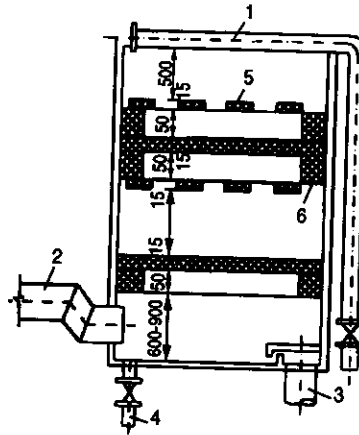
- Nếu khử khí CO₂ và lấy oxy trên tháp làm thoáng cưỡng bức có cấu tạo như hình 10.3, có chiều cao h = 3m. Diện tích tiếp xúc đơn vị $\frac{A}{V} = 100$. Cường độ tưới 50 ÷ 100 m³/m²h.

Chọn q = 60m³/h.

Diện tích mặt bằng của tháp:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{100}{60} = 1,66 \text{ m}^2$$

Tháp hoạt động theo sơ đồ gió nước đi ngược chiều. Hàm lượng khí trong nước khi ra khỏi tháp làm thoáng tính theo công thức (9.19).



Hình 10.3: Tháp làm thoáng cưỡng bức gió nước ngược chiều

1. Ống phân phối nước;
2. Ống cấp gió;
3. Ống đưa nước sang lắng hoặc lọc tiếp xúc;
4. Ống xả đáy;
5. Sàn gỗ xếp so le;
6. Dầm gỗ đỡ các lớp sàn tung.

$$C = C_o + (C_s - C_o) \frac{1 - e^{\left[-K_2 t \left(1 - \frac{K_D}{R}\right)\right]}}{1 - \frac{K_D}{R} e^{\left[-K_2 t \left(1 - \frac{K_D}{R}\right)\right]}}$$

R - tỷ lệ gió/nước, R = 20;

C_s - hàm lượng CO₂ bão hoà trong nước, C_s = 1 mg/l;

C_o - hàm lượng CO₂ ban đầu, C_o = 66,1 mg/l;

K_D - đối với khí CO₂, K_D = 0,942;

K₂ - hệ số tách khí kỹ thuật, K₂ = 2.10⁻⁴ × $\frac{A}{V}$ = 2.10⁻²;

t - thời gian lưu của nước và khí trong tháp:

$$t = \frac{h}{q} = \frac{3}{60} = 0,05 \text{ h} = 180 \text{ s};$$

$$C = 66,1 + (1 - 66,1) \frac{1 - e^{\left[-3,6 \left(1 - \frac{0,94}{20}\right)\right]}}{1 - \frac{0,94}{20} e^{\left[-3,6 \times 0,9531\right]}} = 12 \text{ mg/l}$$

Đối với oxy cũng tính tương tự, được hàm lượng oxy $\approx 7,9 \text{ mg/l}$.

- Chọn máy quạt gió có công suất $Q = 100 \times 20 = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$, tổn thất áp lực $H \geq 3 \times 100 \text{ mm}$ (tổn thất áp lực gió lấy 100 mm cho 1 m chiều cao của dàn).

- Nếu khử khí CO_2 và lấy oxy trên dàn làm thoáng tự nhiên theo nguyên tắc rơi trọng lực (hình 10.4).

Dàn làm thoáng (hình 10.4) gồm hệ thống ống phun tia hoặc máng răng cưa tạo tia nước, cách lớp sàn tung thứ nhất $0,6 \text{ m}$, ba lớp sàn tung nước, mỗi lớp sàn tung gồm 10 lớp ống nhựa $\phi 25 \text{ mm}$ đặt cách nhau 25 mm , các lớp xếp vuông góc với nhau theo thứ tự lớp nọ đè so le trực tiếp lên lớp kia (xếp cũi lợn), khoảng cách giữa các sàn tung $0,5 - 0,6 \text{ m}$.

- Từ kết quả nghiên cứu ở chương 4 (các quá trình trao đổi khí và khử khí) với cường độ tưới $q = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. Có thể tính được hàm lượng CO_2 còn lại sau dàn mưa theo công thức (4.20):

$$C = C_o + K (C_s - C_o).$$

- Đối với dàn ống phun tia cách sàn tung thứ nhất:

$$C_o = 66,1 \text{ mg/l}; C_s = 1 \text{ mg/l}; K = 0,3;$$

$$C_1 = 66,1 + 0,3(1 - 66,1) = 46,57 \text{ mg/l}.$$

- Sau lớp sàn tung thứ nhất:

$$C_1 = C_o = 46,57 \text{ mg/l}; C_s = 1 \text{ mg/l}; K = 0,35;$$

$$C_2 = 46,57 + 0,35(1 - 46,57) = 30,62 \text{ mg/l}.$$

- Sau lớp sàn tung thứ hai:

$$C_2 = C_o = 30,62 \text{ mg/l}; C_s = 1 \text{ mg/l}; K = 0,35;$$

$$C_3 = 30,62 + 0,35(1 - 30,62) = 20,25 \text{ mg/l}.$$

- Sau lớp sàn tung thứ ba:

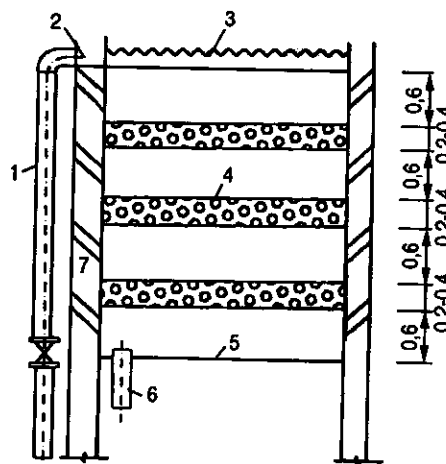
$$C_3 = C_o = 20,25 \text{ mg/l}; C_s = 1 \text{ mg/l}; K = 0,35;$$

$$C_4 = 20,25 + 0,35(1 - 20,25) = 13,52 \text{ mg/l}.$$

Diện tích mặt bằng của dàn mưa $F = \frac{100 \text{ m}^3/\text{h}}{10 \text{ m}^3/\text{h}} = 10 \text{ m}^2$. Từ kết quả tính cho thấy:

dàn làm thoáng cưỡng bức và dàn mưa làm thoáng tự nhiên có hiệu suất khử khí CO_2 gần bằng nhau khi diện tích chênh nhau $10: 1,66 = 6$ lần.

Hình 10.4: Dàn làm thoáng tự nhiên
 1. Ống dẫn nước nguồn; 2. Máng phân phối chung; 3. Máng tràn răng cưa (có thể là ống khoan lỗ) để phân phối đều nước theo diện tích; 4. Lớp vật liệu tiếp xúc có diện tích bề mặt lớn; 5. Sàn thu nước; 6. Ống thu nước; 7. Nan chóp lấy không khí và ngăn bụi nước.



b) Tính toán bể lọc tiếp xúc và bể lọc trong:

- Xác định pH sau làm thoáng (chọn dàn làm thoáng cưỡng bức) theo công thức:

$$C = \frac{44K}{K_1 10^{\text{pH} + \sqrt{\mu}}} \rightarrow \text{pH} = \log \frac{44K}{K_1 C} - \sqrt{\mu} \quad (10.2)$$

C - hàm lượng CO_2 sau làm thoáng = 12 mg/l;

K - độ kiềm sau làm thoáng $K = 2,1 - (12 \times 0,036) = 1,66 \text{ mdlg/l}$.

$$\text{pH} = \log \frac{44 \times 1,66}{4,31 \times 10^{-7} \times 12} - \sqrt{0,022} = 6,9.$$

- Thời gian cần thiết để hoàn thành quá trình oxy hoá và thủy phân $t \geq 5$ phút.
- Bể lọc tiếp xúc chọn bể lọc vật liệu nổi, $d = 1 \div 2 \text{ mm}$, chiều dày 1,5m, tốc độ lọc 15m/h, qua bể lọc tiếp xúc hàm lượng cặn còn $< 10 \text{ mg/l}$, sang bể lọc trong tốc độ 6m/h, chiều cao lớp lọc 1m.

$$\text{Thời gian lưu nước } T = \left(\frac{1,5}{15} + \frac{1}{6} \right) \cdot h = \frac{7}{30} \cdot h = 16 \text{ phút, đạt yêu cầu}$$

3. Sơ đồ kiểm hoá, làm thoáng, lắng hoặc lọc tiếp xúc, lọc trong

Điều kiện áp dụng:

- Nhu cầu oxy = độ oxy hoá + $0,47 \text{ H}_2\text{S} + 0,15 \text{ Fe}^{+2} \leq 15 \text{ mg/l}$.
- Độ pH của nước sau làm thoáng tính theo công thức (10.2) $\leq 6,5$.

Khi cho chất kiềm hoá vào nước như vôi CaO , NaOH , Na_2CO_3 v.v... pH của nước tăng lên, phá vỡ các liên kết của các chất hữu cơ môi trường axit, các ion Fe^{+2} thủy phân nhanh chóng thành $\text{Fe}(\text{OH})_3$ và kết tủa một phần, lúc này thế oxy hoá khử của hệ $\text{Fe}(\text{OH})_2/\text{Fe}(\text{OH})_3$ giảm xuống, oxy có trong nước dễ dàng oxy hoá sắt (II) thành sắt hoá

trị III. Hydroxit sắt (III) kết tụ thành bông cặn lớn dễ loại bỏ bằng bể lắng và bị giữ lại hoàn toàn trong bể lọc.

Liều lượng các chất kiềm cần thiết tính theo công thức:

$$\text{CaO} = 0,8 \text{ CO}_2 + 1,8 \text{ Fe}^{2+} \text{ (mg/l)} \quad (10.3)$$

Trong đó:

CO_2 - lượng CO_2 tính theo công thức (10.2) (mg/l);

Fe^{2+} - hàm lượng ion sắt hoá trị II (mg/l).

Các công trình trong dây chuyền công nghệ khử sắt bằng vôi tính toán như các công trình xử lý nước mặt (bể lắng trong, bể lắng ngang, bể lắng đứng, bể lọc tiếp xúc) đảm bảo giữ được từ 80 - 90% tổng lượng cặn trong nước.

Chất kiềm hoá cho vào sau thiết bị làm thoáng để tiết kiệm vì đã khử được một phần hàm lượng CO_2 .

4. Sơ đồ oxy hoá bằng hoá chất, lắng và lọc tiếp xúc, lọc trong

Điều kiện áp dụng:

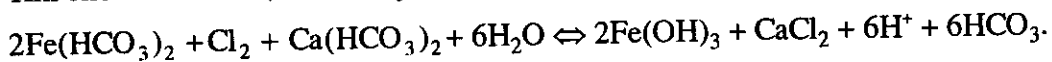
Khi trong nước có chất hữu cơ, các tổ hợp chất hữu cơ tạo thành keo bảo vệ của ion sắt, chúng ngăn cản quá trình thủy phân và oxy hoá sắt. Trong nhiều trường hợp, muốn khử sắt trước hết phải phá vỡ màng bảo vệ hữu cơ bằng tác dụng của các chất oxy hoá mạnh. Đối với nước ngầm khi hàm lượng sắt quá cao đồng thời tồn tại cả H_2S thì lượng oxy thu được bằng làm thoáng không đủ để oxy hoá toàn bộ H_2S và sắt, trong trường hợp này cần dùng hoá chất để khử sắt.

Khử sắt bằng clo, có quá trình oxy hoá khử như sau:



Thế oxy hoá khử tiêu chuẩn $E_0 = 1,36\text{V}$.

Khi cho clo và nước, clo sẽ oxy hoá sắt (II) thành sắt (III).



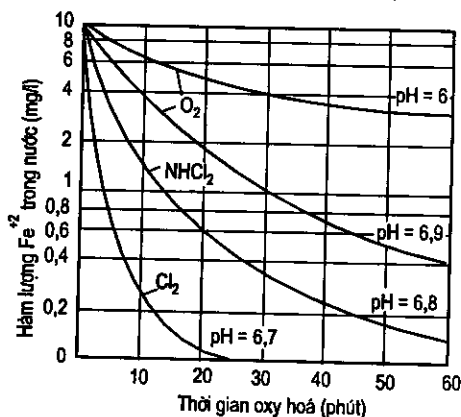
Tốc độ oxy hoá của phản ứng:

$$-\frac{d\text{Fe}^{2+}}{dt} = K \frac{[\text{Fe}^{2+}][\text{Cl}_2]^{1/2}}{[\text{Cl}^-][\text{H}^+]^3} \quad (10.5)$$

Để oxy hoá 1 mg Fe^{2+} cần 0,64 mg Cl_2 và đồng thời độ kiềm của nước giảm đi 0,018 mđlg/l.

Từ (10.5) cho thấy tốc độ oxy hoá sắt bằng clo tăng nhanh khi giảm nồng độ ion H^+ , tức là tăng pH của nước (10.4). Tuy nhiên do clo là chất oxy hoá mạnh ($E_0 = 1,36\text{V}$), nên phản ứng oxy hoá sắt vẫn xảy ra nhanh khi độ pH có giá trị lớn hơn hoặc bằng 5.

Khi trong nước có muối hoà tan của các hợp chất amoni, clo tự do trong nước kết hợp với chúng thành cloramin. Thế oxy hoá khử của cloramin $E_o = 0,76V$, bằng một nửa thế oxy hoá khử của clo, vì vậy quá trình oxy hoá bị chậm lại. Với giá trị pH của nước bằng 7, quá trình oxy hoá sắt (II) bằng cloramin kết thúc sau 60 ph. Vì vậy nếu phát hiện trong nước có muối hoà tan của các hợp chất amoni với nồng độ đáng kể thì việc oxy hoá bằng clo là không có lợi (xem hình 10.5).



Hình 10.5: Tốc độ oxy hoá Fe^{2+} trong nước bằng oxy của không khí, clo và cloramin

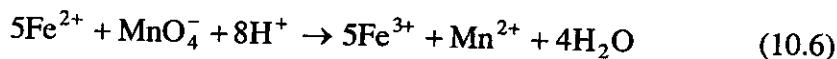
Đồng thời với việc khử sắt bằng clo, các chất hữu cơ cũng được khử khỏi nước, vì vậy liều lượng clo sử dụng sẽ tăng lên. Liều lượng clo bổ sung để khử hữu cơ bằng:

$$a_{Cl} = 0,5 [O_2] \text{ (mg/l)}$$

Trong đó $[O_2]$ - độ oxy hoá bằng kali permanganat của muối tính chuyển ra oxy.

Khử sắt bằng kali permanganat ($KMnO_4$)

Khi dùng $KMnO_4$, quá trình khử sắt kết thúc rất nhanh vì cặn mangan (IV) hydroxit vừa được tạo thành lại là nhân tố xúc tác cho quá trình khử sắt. Phản ứng oxy hoá khử của hệ $KMnO_4$ và sắt diễn ra theo phương trình sau:



Thế tiêu chuẩn của cặp và của Fe^{3+}/Fe^{2+} là $E_o = 0,77V$.

Hệ số cân bằng của (10.6):

$$K = \frac{[Mn^{2+}][Fe^{3+}]^5}{[MnO_4^-][Fe^{2+}][H^+]^8} \quad (10.7)$$

Từ (10.7) cho thấy nồng độ ion do phản ứng tạo ra lớn hơn rất nhiều lần ($10^{63,5}$) nồng độ các ion bị oxy hoá. Trong quá trình khử sắt, các ion Fe^{3+} được tạo thành sẽ thủy phân và tạo bông cặn ngay nên nồng độ ion Fe^{3+} hoà tan trong nước còn lại không đáng kể. Do đó (10.6) là phản ứng không thuận nghịch, xảy ra nhanh và triệt để. Để khử hết 1mg Fe^{2+} cần 0,564 mg $KMnO_4$.

Trong nguồn nước mặt, cùng với việc xử lý độ đục và các cặn bản khác bằng clo hoá sơ bộ, kiềm hoá, pha phèn, ion sắt sẽ bị oxy hoá và lắng cùng với các keo, keo tụ cặn bản trong nước tức là việc khử sắt luôn được thực hiện bằng quá trình xử lý nước mặt để loại trừ độ đục của nước.

5. Thí nghiệm khử sắt bằng mô hình

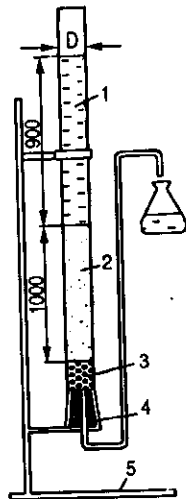
Để xác định được quy trình công nghệ khử sắt an toàn và hợp lý nhất cần phải tiến hành công tác thí nghiệm bằng mô hình ngay tại nguồn nước với các trình tự sau:

a) Làm thoáng đơn giản và lọc

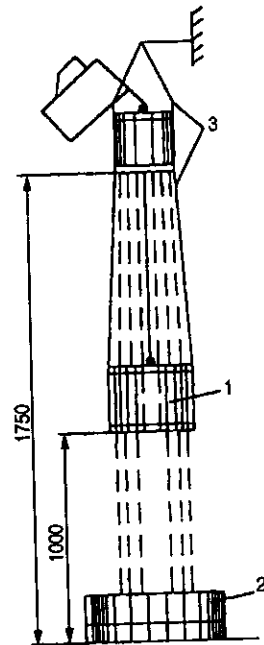
Dùng ống lọc thí nghiệm bằng thủy tinh hay nhựa trong (hình 10.6), đường kính tối thiểu 50mm, bên trong đổ lớp cát lọc cỡ hạt 0,8 - 1,8mm, dày 1m. Nước thí nghiệm phải bơm liên tục từ giếng lên với lưu lượng lớn hơn 0,3 lần lưu lượng sẽ khai thác. Dùng ống cao su trích lấy một phần nước để thí nghiệm. Đầu ống cao su đặt cao hơn ống lọc 0,4m. Tốc độ lọc 6 - 8m/h. Tiến hành lọc liên tục trong 10 ngày để tạo ra trên bề mặt hạt cát một lớp sắt (III) hydroxit. Sau đó giảm tốc độ lọc xuống 5m/h và tiếp tục lọc thêm 7 ngày nữa. Tiến hành lấy mẫu nước đã lọc để phân tích theo trình tự: 10 ngày đầu mỗi ngày 1 lần, bảy giờ cuối mỗi giờ một lần. Nếu hàm lượng sắt trong các mẫu cuối đạt yêu cầu thì quy trình đã chọn là phù hợp.

b) Làm thoáng, lắng tiếp xúc và lọc

Nếu kết quả của quy trình (a) không đạt yêu cầu thì tiếp tục thí nghiệm theo quy trình sau: Dùng các chậu đục lỗ (1) và (2) làm giàn mưa (hình 10.7), chậu (1) có đường kính 100mm, đáy khoan 100 lỗ đường kính 0,5mm, chậu (2) có đường kính 150mm,



Hình 10.6: Sơ đồ ống lọc đường kính 50mm dùng để thí nghiệm khử sắt
1. Vỏ ống lọc thủy tinh; 2. Cát lọc;
3. Sỏi đỡ; 4. Ống lấy mẫu; 5. Giá đỡ



Hình 10.7: Sơ đồ thiết bị làm thoáng
1. Chậu làm thoáng;
2. Chậu lắng; 3. Dây đỡ

khoan 225 lỗ cùng đường kính 0,5mm. Lấy 5 lít nước từ giếng lên đổ vào chậu theo một cường độ tưới $10\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Nước chảy xuống chậu (3) để lắng 30 phút rồi lọc qua ống lọc với tốc độ 5m/h. Tiến hành phân tích mẫu nước trước khi lắng, sau lắng và sau lọc. Lặp lại thí nghiệm nhiều lần với các cường độ tưới, thời gian lắng, tốc độ lọc khác nhau và chọn quy trình đạt các chỉ tiêu tối ưu nhất về khử sắt.

c) *Làm thoáng, pha vôi, lắng và lọc*

Nếu quy trình (b) vẫn chưa cho kết quả mong muốn cần điều chỉnh độ pH của nước sau làm thoáng bằng cách pha thêm nước vôi bão hoà. Tiến hành thí nghiệm với các liều lượng vôi và thời gian lắng khác nhau và chọn lấy kết quả tối ưu.

d) *Pha clo, lắng tiếp xúc và lọc*

Khi thí nghiệm bằng làm thoáng không đạt hiệu quả khử sắt thì chuyển sang dùng clo để oxy hoá sắt. Lấy năm bình thuỷ tinh có dung tích 2 lít, đổ đầy nước và pha clo với liều lượng khác nhau vào các bình rồi để lắng 45 phút. Lọc qua ống lọc và lấy mẫu để phân tích. Mẫu nào đạt tiêu chuẩn với liều lượng clo ít nhất sẽ được chọn.

Trong thực tế quá trình khử sắt còn luôn chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố phụ, do vậy để xác định được quy trình tối ưu cần phải tiến hành thí nghiệm ở quy mô bán sản xuất và ngay cả trong quá trình quản lý.

Mangan thường tồn tại song song với sắt ở dạng ion hoá trị II trong nước ngầm và dạng keo hữu cơ trong nước mặt. Do vậy việc khử mangan thường được tiến hành đồng thời với khử sắt.

Mangan (II) hoà tan khi bị ôxy hoá sẽ chuyển dần thành mangan (III) và (IV) ở dạng hydroxit kết tủa, quá trình oxy hoá diễn ra như sau:



Công thức (10.8) cho thấy quá trình khử mangan phụ thuộc vào pH của nước, pH càng cao tức nồng độ ion H^+ càng thấp thì tốc độ oxy hoá và thuỷ phân mangan càng lớn. Như vậy quá trình oxy hoá mangan sẽ đạt hiệu quả cao nhất ở một giá trị pH nào đó. Xét phương trình biểu diễn thế oxy hoá khử mangan.

$$E_{\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{2+}} = 1,23 - 0,12 \text{ pH} - 0,03 \lg a_{\text{Mn}^{2+}}, \quad (10.9)$$

Trong đó: $a_{\text{Mn}^{2+}}$ - hoạt độ của ion Mn^{2+} trong nước.

$$a_{\text{Mn}^{2+}} = f_{\text{Mn}^{2+}} \times C_{\text{Mn}^{2+}};$$

Ở đây: $f_{\text{Mn}^{2+}}$ - hệ số hoạt độ;

$a_{\text{Mn}^{2+}}$ - nồng độ của ion Mn^{2+} trong nước.

Trong môi trường nước, hệ số hoạt độ $f_{\text{Mn}^{2+}}$ thường có giá trị 0.6. Nếu muốn giảm hàm lượng mangan xuống còn 0,2 mg/l theo tiêu chuẩn vệ sinh ta có:

$$a_{\text{Mn}^{2+}} = 0,6 \times 0,2 \text{ mg/l} = 0,12 \text{ mg/l} = 2,2 \cdot 10^{-6} \text{ iong/l}.$$

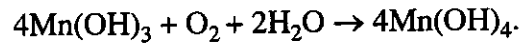
Thế oxy hoá khử cần thiết sẽ là:

$$E_{\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{2+}} = 1,23 - 0,12\text{pH} - 0,03\lg 2,2 \times 10^{-6} = 1,29 - 0,12 \text{pH} \quad (10.10)$$

Trong thực tế, sau làm thoáng, quá trình oxy hoá diễn ra ngay với các chất dễ bị oxy hoá, do vậy đến mangan thế oxy hoá khử của nước thường chỉ còn lại khoảng 0,2V. Thay vào (10.10) ta thấy rằng để đưa hàm lượng mangan xuống đến 0,2mg/l, pH của nước phải có giá trị xấp xỉ bằng 9.

Kết quả thực nghiệm cho thấy khi pH < 8 và không có chất xúc tác thì quá trình oxy hoá mangan (II) thành mangan (IV) diễn ra rất chậm. Độ pH tối ưu thường trong khoảng từ 8,5 đến 9,5.

Tương tự như với sắt, quy trình xử lý mangan cơ bản cũng bao gồm các khâu làm thoáng, lắng và lọc. Trong quá trình lọc, hạt lọc được phủ dần một lớp mangan hydroxit Mn(OH)₄ tích điện âm, lớp Mn(OH)₄ có tác dụng như chất xúc tác hấp thụ các ion Mn²⁺ và oxy hoá nó theo phương trình:



Lớp phủ Mn(OH)₄ mới tạo thành lại tham gia vào phản ứng mới và cứ như vậy tạo ra một chu trình phản ứng liên tục. Như vậy hiệu quả khử mangan lại phụ thuộc vào lớp phủ Mn(OH)₄ do chính bản thân quá trình khử tạo ra trên bề mặt hạt cát lọc.

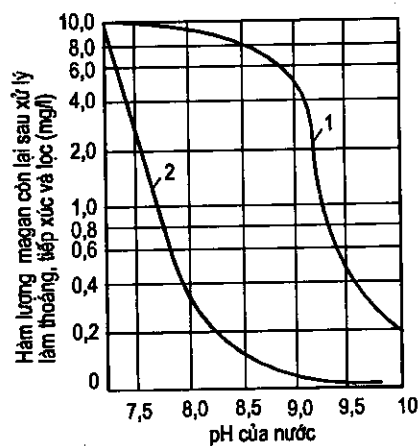
Biểu đồ (hình 10.8) cho thấy vai trò quan trọng của lớp xúc tác đến hiệu quả khử mangan bằng oxy. Khi chưa có lớp xúc tác, hiệu quả khử chỉ đạt được với pH lớn hơn 9, nếu có xúc tác phản ứng có hiệu quả ngay từ pH = 8,2.

Trong thực tế để sớm đưa bể lọc vào chế độ hoạt động ổn định, cần pha thêm vào nước dung dịch KMnO₄ với liều lượng 1 - 3mg/l trong vài ngày đầu, hoặc nâng pH của nước lên trên 9.

10.2. CÔNG NGHỆ KHỬ MANGAN

10.2.1. Phương pháp oxy hoá

Quy trình công nghệ cơ bản cũng giống như khử sắt bao gồm giàn mưa, lắng tiếp xúc và lọc. Riêng phần bể lọc, do phản ứng oxy hoá mangan diễn ra chậm nên lớp cát lọc phải có bề dày 1,2 - 1,5m. Quy trình rửa lọc phải được lựa chọn trên cơ sở thực nghiệm chính xác, nhằm mục đích giữ lại một lớp



Hình 10.8: Hiệu quả của chất xúc tác trong quá trình khử mangan bằng oxy

màng $Mn(OH)_4$ bao quanh hạt cát lọc làm màng xúc tác cho chu kỳ tiếp theo. Nếu rửa sạch hạt cát lọc thì vào chu kỳ lọc sau lại cần có thời gian để tạo ra lớp màng xúc tác mới (thường từ 5 - 10 ngày). Để đạt hiệu quả cao, vật liệu lọc nên dùng cát đen (đã được phủ một lớp dioxit mangan).

Trong trường hợp nước có chứa cả sắt và mangan, cần tiến hành thí nghiệm để xác định quy trình xử lý kết hợp. Giàn làm thoáng cần phải đảm bảo đủ lượng oxy hoà tan cho cả quá trình oxy hoá sắt và mangan. Do sắt bị oxy hoá trước nên quá trình oxy hoá mangan sẽ xảy ra ở các lớp cát lọc nằm bên dưới.

Tùy theo tính chất nước nguồn và các điều kiện kinh tế kỹ thuật cho phép, quy trình xử lý kết hợp có thể là:

a) Xử lý có xúc tác

Bao gồm làm thoáng, lắng tiếp xúc, bể lọc một hoặc hai lớp. Cơ sở lựa chọn dựa trên điều kiện: nếu sau khi sắt bị oxy hoá hết, độ pH của nước còn giữ được cao hơn 8 thì quá trình oxy hoá mangan sẽ diễn ra thuận lợi. Bể lọc cần có lớp cát với bề dày không nhỏ hơn 1,5m. Trong trường hợp này dùng bể lọc hai lớp (than antraxit và cát) đạt hiệu quả cao hơn. Ưu điểm của quy trình là chỉ có một cấp bể lọc, cặn $Mn(OH)_4$ được tạo ra trước sẽ là nhân tố xúc tác cho sự oxy hoá mangan. Tuy nhiên quy trình rửa lọc sẽ rất phức tạp vì nếu rửa sạch cặn sắt nằm ở lớp vật liệu lọc bên trên (cần cường độ rửa lớn) thì khó giữ lại được lớp màng xúc tác $Mn(OH)_4$ ở lớp cát bên dưới.

b) Xử lý không xúc tác

Khi hàm lượng sắt và mangan trong nước đều lớn hoặc không thoả mãn các yêu cầu của hệ một bậc thì chọn quy trình xử lý hai bậc. Quá trình khử sắt sẽ hoàn thành ở bậc một gồm các khâu làm thoáng, lắng, lọc. Sau đó xử lý nâng pH của nước lên trên 8. Nếu lượng oxy hoà tan còn lại không đủ để oxy hoá mangan tiến hành làm thoáng lại và lọc nước qua bể lọc thứ hai để xử lý mangan. Quy trình này tuy tốn kém hơn về xây dựng nhưng chất lượng và hiệu quả xử lý ổn định. Các bể lọc có chức năng khác nhau rõ ràng, nên vận hành rửa lọc đơn giản hơn.

10.2.2. Các phương pháp khác để khử mangan

a) Phương pháp hoá học

Sử dụng các chất oxy hoá mạnh như clo, ozon. $KMnO_4$ để oxy hoá Mn^{2+} thành Mn^{4+} . Clo oxy hoá Mn^{2+} ở pH = 7 trong 60 đến 90 phút clo dioxit (ClO_2) và ozon (O_3) oxy hoá Mn^{2+} ở pH = 6,5 ÷ 7 trong 10 đến 15 phút.

Để oxy hoá 1 mg Mn^{2+} cần 1,35 mg ClO_2 hay 1,45 mg O_3 . Nếu trong nước có các hợp chất amoni thì quá trình oxy hoá Mn^{2+} bằng clo chỉ bắt đầu sau khi clo kết hợp với amoni thành cloramin và trong nước còn dư clo tự do. Kali permanganat oxy hoá Mn^{2+} ở mọi dạng tồn tại (kể cả dạng keo, hữu cơ) thành $Mn(OH)_4$.

b) Phương pháp sinh học

Sử dụng vật liệu đã được cấy trên bề mặt một loại vi khuẩn có khả năng hấp thụ mangan trong quá trình sinh trưởng. Các vi khuẩn chết sẽ tạo ra trên bề mặt hạt vật liệu lọc một màng mangan oxit có tác dụng như chất xúc tác trong quá trình khử mangan.

10.3. XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN

10.3.1. Khảo sát và phân loại nguồn nước

Qua khảo sát đánh giá, vùng nhiễm phèn chiếm 41% diện tích đồng bằng sông Cửu Long, bao gồm vùng Tây Bắc Long An, Đồng Tháp Mười, tứ giác Long Xuyên và vùng Tây sông Hậu. Thời gian nhiễm phèn từ 2 đến 6 tháng. Vào mùa mưa, nước mưa rửa trôi đất phèn, mang theo nhiều sắt, nhôm sunfat và axit mìn hữu cơ. Đặc trưng của nước chua phèn là chứa nhiều ion H^+ và các muối thủy phân mang tính axit như $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$. Nước chua phèn không có tính chất đệm (hàm lượng ion HCO_3^- và CO_3^{2-} không có hoặc rất thấp) nên không thích hợp cho đời sống của các sinh vật sống dưới nước. Các vùng trũng, nước đọng chứa rất nhiều sunfat, ngược lại các vùng có địa hình cao hàm lượng sunfat có trong nước ít hơn.

Do công tác thủy lợi được phát triển với hệ thống kênh rạch chằng chịt, độ phèn và thời gian nước bị nhiễm phèn có giảm đi. Sau khi khảo sát và lấy mẫu phân tích chúng tôi nhận biết và phân loại ba loại nước chua phèn cần có những nghiên cứu xử lý khác nhau:

1. Loại 1

Nước ở vùng sâu, ao tù, chưa có hệ thống thủy lợi nội đồng, nước chua phèn có đặc tính:

- Màu: Vàng đục.
- pH: 2,5 - 3,0.
- Độ kiềm: 0 ($CO_3^{2-} = 0$; $HCO_3^- = 0$).
- Hàm lượng sắt: 30 - 120 mg/l.
- Hàm lượng SO_4^{2-} : 800 - 5000 mg/l.

Ngoài ra loại nước này có nhiều tạp chất mùn hữu cơ, tắm rửa bị rộp da, gây ăn mòn các dụng cụ chứa, không thể uống được.

Nguồn nước này phân bố ở vùng hẹp, chất lượng nước rất xấu, hiện nay dân địa phương không có nhu cầu sử dụng. Nếu xử lý phải dùng hoá chất rất đắt tiền không phù hợp với người dân nông thôn.

2. Loại 2

Nước nhiễm phèn dọc kênh Vĩnh Tế, kênh Tri Tôn, Ba Thê và một số ở vùng Châu Đốc, Hòn Đất (Kiên Giang), và Tam Nông Đồng Tháp.

Vì có hệ thống thuỷ lợi nội đồng, các kênh thông với sông lớn do đó nước trong kênh ngọt quanh năm, từ 3 đến 4 tháng đầu mùa mưa, nước chảy ở nội đồng đổ vào các kênh lớn gây hiện tượng nhiễm phèn. Nước có đặc tính:

- Màu: Vàng đục, nhiều tạp chất hữu cơ.
- pH: 2,5 - 3,5.
- Độ kiềm: 0 ($\text{CO}_3^{2-} = 0$; $\text{HCO}_3^- = 0$).
- Hàm lượng sắt: 25 - 70 mg/l.
- Hàm lượng SO_4^{2-} : 100 ÷ 380 mg/l.
- Độ mặn: 180 mg/l
- Các chỉ tiêu khác nằm trong tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt.

Để sử dụng cho ăn uống sinh hoạt cần phải xử lý.

3. Loại 3

Nước nhiễm phèn dọc kênh Nguyễn Văn Tiếp, kênh Nguyễn Tất Thành (Tiền Giang), kênh Dương Văn Dương, sông Vàm Cỏ Tây (Long An), kênh Vĩnh Tế, kênh T₃, kênh Hà Giang, (Kiên Giang). Thời gian nhiễm phèn từ tháng 2 đến tháng 8 hàng năm, vào cuối mùa khô và đến đầu mùa mưa nước đổ từ nội đồng làm cho hệ thống kênh mương thuỷ lợi bị nhiễm phèn. Nước có đặc tính:

- Màu: trong xanh.
- pH: 2,5 - 2,8.
- Độ kiềm: 0 ($\text{CO}_3^{2-} = 0$; $\text{HCO}_3^- = 0$).
- Hàm lượng sắt: 2 - 10 mg/l.
- Hàm lượng nhôm: 4 - 20 mg/l.
- Hàm lượng SO_4^{2-} : 100 - 400 mg/l.
- Có nhiều tạp chất hữu cơ lơ lửng nhưng nước rất trong.

Để sử dụng cho ăn uống sinh hoạt cần phải xử lý.

10.3.2. Đánh giá mức độ độc hại của các chất trong nước

Theo đánh giá của nhân dân trong khu vực, hầu hết người dân đều bị mắc bệnh đau bao tử, các dụng cụ chứa trong nhà đều bị ăn mòn, tắm rửa bị rộp da, loại nước vàng đục có chứa nhiều phèn sắt gây cảm giác mỹ quan không tốt, người dân không thích dùng. Loại nước trong xanh có chứa nhiều phèn nhôm, pH thấp. Nếu dùng sẽ gây hư hại cho men răng, hệ tiêu hoá vì nước quá chua.

Theo các quan niệm từ trước tới nay, nhôm, sắt, sunfat và mangan là các chất không gây độc cho sức khoẻ. Lượng sắt lớn hơn 0,3 mg/l, mangan > 0,1 mg/l sẽ làm hoen ố quần áo và các dụng cụ chứa trong nhà. Lượng nhôm cao sẽ làm nước có màu và gây lắng đọng trong các dụng cụ chứa. Hàm lượng sunfat cao gây vị khó chịu cho nước

uống. Nếu nước chứa nhiều sunfat với magie sẽ gây tính nhuận trường. Tuy nhiên, theo tài liệu của Tổ chức Y tế thế giới năm 1993, người ta tìm thấy sự liên quan giữa nồng độ cao của nhôm trong nước uống với các bệnh rối loạn thần kinh, như bệnh Alzheimer. Ngoài ra nhôm còn gây loãng xương cho người già và ảnh hưởng đến chức năng lọc máu của thận. Do vậy, vấn đề khử nhôm, sắt, sunfat và mangan cho nước chua phèn cần phải được đặt ra.

Tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt của Bộ Y tế quy định: độ pH = 6,5 ÷ 8,5; nhôm: 0,2 mg/l; sắt tổng cộng 0,3 mg/l; mangan 0,1 mg/l; sunfat 400 mg/l.

10.3.3. Các biện pháp xử lý trong dân gian

Qua việc điều tra thăm dò ý kiến của nhân dân trong khu vực, các hộ dân ở đây đều có trữ nước mưa để uống. Về mùa khô họ lấy nước sông lọc qua tro bếp để dùng.

Liều lượng tro thay đổi từ 5 đến 10 g/l nước. Kết quả thí nghiệm cho thấy, nhìn chung tro bếp có khả năng làm tăng pH, tăng độ kiềm HCO_3^- , giữ lại một phần sắt, nhôm. Nước qua lắng tro có vị ngọt, uống được nhưng phảng phát mùi tanh.

Tuy nhiên, do lượng tro bếp có giới hạn, thời gian bận nhiều vào công việc đồng áng nên không thường xuyên chuẩn bị được, phần lớn người dân ở đây vẫn muốn có một nguồn nước khác có thể phục vụ ăn uống và sinh hoạt mà chỉ cần thao tác đơn giản, nhanh gọn.

Ngoài ra dân trong khu vực còn truyền nhau kinh nghiệm lọc nước qua lớp bã thom (dứa) đã được sấy khô. Nước sau khi qua lọc có vị ngọt, làm cho ta có cảm giác uống được. Tuy nhiên thử nghiệm cho thấy độ pH vẫn còn quá thấp ($\text{pH} < 4,0$), hàm lượng nhôm và sắt không giảm. Do vậy nếu sử dụng loại nước này để uống, nhân dân sẽ đưa vào cơ thể một số độc chất mà không hề hay biết.

Theo các tài liệu xử lý nước, việc xử lý nước chua phèn chưa được đặt ra. Do tính chất nguồn nước quá xấu, mà ở các nơi khác trên thế giới, có thể không có loại nước này, hoặc có điều kiện lựa chọn nguồn nước khác tốt hơn nên vấn đề nước chua phèn không hề được sự quan tâm của giới khoa học.

Thực hiện chủ trương nâng cao đời sống nhân dân khu vực đồng bằng sông Cửu Long, mà việc đầu tiên là cấp nước đủ tiêu chuẩn cho nhân dân sử dụng, chúng tôi mạnh dạn đưa vấn đề nước chua phèn vào chương trình nghiên cứu. Trong ba năm từ 1994 đến hết 1996, và đã áp dụng thành công ở ba trạm cấp nước cho đồn biên phòng thuộc tỉnh Đồng Tháp, sẽ áp dụng cho trạm cấp nước ở huyện Hòn Đất, Kiên Giang.

10.3.4. Các phương pháp xử lý

1. Nước loại I

Phải khử sunfat bằng kiềm hoá và bari để keo tụ thành BaSO_4 . Lắng và lọc qua giấy. Lượng SO_4^{2-} giảm xuống còn 500 - 700 mg/l nhưng không ổn định, liều lượng bari lớn,

đất tiền; ngoài ra không khống chế được bari dư trong nước, điều đó gây độc hại cho người dùng.

Hiện nay chưa tìm được biện pháp xử lý nước chua phèn có lượng sunfat cao.

2. Nước loại 2

Để đưa vào sử dụng nguồn nước này, cần kiểm hoá nước để nâng pH và khử sắt. Trên trạm thực hiện $1\text{m}^3/\text{h}$, chúng tôi đã dùng kiềm Na_2CO_3 để tạo môi trường cho quá trình keo tụ lượng sắt hoà tan có trong nước, sau đó để lắng và lọc qua bể lọc cát. Nước sau khi xử lý có:

- Độ pH: 6,5.
- Độ kiềm tổng cộng: 50 - 100mg/l CaCO_3 .
- Sắt: có vết.
- Các chỉ tiêu khác đạt tiêu chuẩn nước ăn uống sinh hoạt.

3. Nước loại 3

Để đưa vào sử dụng nguồn nước này, cần kiểm hoá nước để nâng pH, khử nhôm và sắt. Sau khi thí nghiệm kiểm tra hiệu quả xử lý của tro bếp, chúng tôi nhận thấy sự gia tăng của độ kiềm, độ pH cùng với việc khử một phần nhôm, sắt trong nước sau xử lý là kết quả của:

- Quá trình hoà tan tro bếp trong nước.
- Quá trình hấp phụ các ion sắt, nhôm trên bề mặt hạt tro.
- Quá trình lắng.

Do có quá nhiều thông số thay đổi như chất lượng tro bếp, thời gian lắng nên nước sau xử lý có nhiều biến động về hàm lượng chất khoáng, pH, độ kiềm. Từ cách nhìn nhận bản chất xử lý của tro bếp, chúng tôi tổng hợp hoá chất gồm FeCl_3 , Na_2CO_3 , PAC có tác dụng tạo môi trường để ion Al^{3+} chuyển về dạng hydroxyt nhôm và các muối nhôm ở dạng keo như $\text{Al}(\text{OH})\text{SO}_4$, $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SO}_4$. Ngoài ra hoá chất tổng hợp này còn tạo trong nước nhân keo tụ mang điện tích dương, gây phản ứng đồng keo tụ với các ion sắt và nhôm trong nước. Các ion sunfat là những ion đối, có tác dụng mở rộng vùng phản ứng, nâng hiệu quả keo tụ. Sau khi xử lý, lượng ion SO_4^{2-} trong nước giảm đi một phần do hấp phụ trên bề mặt keo và lắng. Đặc biệt hoá chất này tạo được bông cặn to, nặng và dễ lắng. Nước sau lắng được phân tầng rõ rệt. Sau khi xử lý tính chất của nước đạt yêu cầu nước ăn uống và sinh hoạt.

Hoá chất này được tổng hợp từ các hoá chất xử lý nước hiện đang dùng nên không chứa độc chất, không gây hại cho sức khoẻ.

Chương 11

LÀM MỀM NƯỚC

11.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ LÀM MỀM NƯỚC

Làm mềm nước là quá trình làm giảm nồng độ của ion canxi và magie là chất gây ra độ cứng của nước. Có nhiều phương pháp làm mềm nước, vì thế phải căn cứ vào mức độ làm mềm cần thiết (độ cứng cho phép còn lại của nước), chất lượng nước nguồn và các chỉ tiêu kinh tế khác để chọn ra phương pháp làm mềm thích hợp nhất.

Để làm mềm nước người ta dùng các phương pháp sau:

1. Làm mềm nước bằng hoá chất: pha các hoá chất khác nhau vào nước để kết hợp với ion Ca^{2+} và Mg^{2+} tạo thành các hợp chất không tan trong nước.

2. Phương pháp nhiệt: đun nóng hoặc chưng cất nước.

3. Phương pháp trao đổi ion: lọc nước cần làm mềm qua lớp lọc cationit có khả năng trao đổi ion Na^+ hoặc H^+ có trong thành phần của hạt cationit với ion Ca^{2+} và Mg^{2+} hoà tan trong nước và giữ chúng lại trên bề mặt của các hạt lớp vật liệu lọc.

4. Phương pháp tổng hợp: là phương pháp phối hợp hai trong ba phương pháp kể trên (phương pháp thứ nhất và thứ hai, hoặc thứ nhất và thứ ba...).

5. Lọc qua màng bán thấm, thẩm thấu ngược (RO)

11.2. LÀM MỀM NƯỚC BẰNG HOÁ CHẤT

Trong thực tế áp dụng hàng loạt phương pháp xử lý nước bằng hoá chất với mục đích kết hợp các ion Ca^{2+} và Mg^{2+} hoà tan trong nước thành các hợp chất không tan dễ lắng và lọc. Các hoá chất thường dùng để làm mềm nước là: vôi, soda Na_2CO_3 , xút NaOH , hydroxit bari $\text{Ba}(\text{OH})_2$, photphat natri Na_3PO_4 .

Làm mềm nước bằng hoá chất có thể thực hiện khi đun nóng hoặc không đun nóng nước. Chọn phương án làm mềm nước bằng hoá chất cần phải dựa vào chất lượng nước nguồn và mức độ làm mềm cần thiết. Trong một vài trường hợp có thể kết hợp làm mềm nước với khử sắt, khử silic, khử photphat...

Ngoài ra trong mỗi trường hợp cụ thể phải dựa trên cơ sở so sánh kinh tế kỹ thuật giữa các phương pháp, đặc biệt là với phương pháp làm mềm bằng cationit.

11.2.1. Khử độ cứng cacbonat của nước bằng vôi

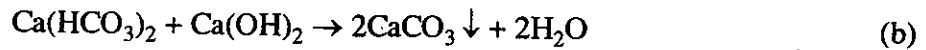
Khử độ cứng cacbonat của nước bằng vôi có thể áp dụng trong trường hợp ngoài yêu cầu giảm độ cứng cần phải giảm cả độ kiềm của nước cũng như trong những trường hợp

giảm độ kiềm là yêu cầu chính. Phương pháp này có thể kết hợp với phương pháp làm mềm nước bằng Na - cationit để thu được nước có độ cứng bé đến mức cần thiết và có độ kiềm thấp.

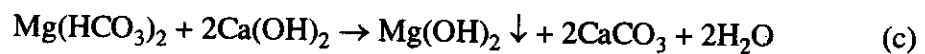
Khi cho dung dịch vôi bão hoà hay sữa vôi vào nước, trước hết chúng kết hợp với CO_2 hoà tan trong nước tạo thành ion hydrocacbonat theo phản ứng:



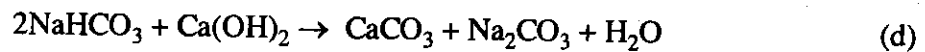
Tiếp tục cho vôi vào nước, vôi sẽ kết hợp với ion hydrocacbonat thành ion cacbonat. Ion cacbonat mới tạo thành kết hợp với ion canxi có trong nước, nếu tích số nồng độ của ion cacbonat và ion canxi lớn hơn tích số hoà tan của CaCO_3 thì cặn CaCO_3 sẽ lắng đọng, tách ra khỏi nước.



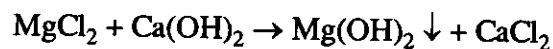
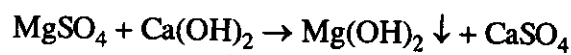
Để khử độ cứng magie phải pha vào nước một lượng vôi đủ để tạo thành hydroxit magie không tan.



Nếu trong nước có hydrocacbonat natri thì khi pha vôi vào nước sẽ tạo ra cặn CaCO_3 và cacbonat natri.



Nếu tổng hàm lượng của các ion $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ có trong nước nhỏ hơn tổng hàm lượng của Ca^{2+} và Mg^{2+} thì sẽ có một lượng magie hoà tan trong nước dưới dạng muối của axit mạnh, ví dụ MgSO_4 , MgCl_2 . Trong trường hợp này nếu xử lý nước bằng vôi thuần tuý sẽ xảy ra việc chuyển các muối cứng không cacbonat của ion magie thành hydroxit magie không tan đồng thời tạo ra một lượng tương đương muối cứng canxi của các axit mạnh tan trong nước.



Quá trình này làm giảm độ cứng magie nhưng độ cứng tổng không giảm bởi vì ion canxi của vôi hoà tan trong nước thay thế cho ion magie tách ra khỏi nước đúng một lượng tương đương với nó.

Như vậy để giảm độ cứng trong trường hợp này phải pha thêm vào nước một lượng ion CO_3^{2-} sao cho tích số nồng độ CO_3^{2-} mới cho vào và nồng độ ion Ca^{2+} của vôi đã thay thế cho ion Mg^{2+} lớn hơn tích số hoà tan của CaCO_3 .

Giới hạn lý thuyết làm mềm nước bằng vôi khi không đun nóng nước được xác định bằng độ hoà tan của cacbonat canxi và hydroxit magie. Độ hoà tan của cacbonat canxi trong dung dịch đơn chất ở 0°C bằng 0,15 mdlg/l; ở 80°C bằng 0,03 mdlg/l, còn đối với hydroxit magie tương ứng bằng 0,4 và 0,2 mdlg/l. Do đó giới hạn lý thuyết làm mềm

nước bằng các phương pháp nêu trên khi không có lượng dư ion CO_3^{2-} và ion OH^- ở 0°C bằng 0,55mdlg/l và ở 80°C bằng 0,23 mdlg/l. Thực tế trong nước thiên nhiên độ hoà tan của các hợp chất này phụ thuộc vào thành phần ion của nước, lượng dư các ion CO_3^{2-} và OH^- , CaCO_3 cũng như $\text{Mg}(\text{OH})_2$ có khả năng tạo ra dung dịch quá bão hoà, nó tiến gần đến trạng thái cân bằng rất chậm ngay cả khi tiếp xúc với pha cứng do cặn CaCO_3 và $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tạo ra. Do đó trong nước sau khi làm mềm sẽ còn lại một lượng $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nào đó. Nếu lượng vôi còn lại quá nhiều sẽ làm tăng độ cứng của nước đã được làm mềm và đồng thời làm tăng độ kiềm hydrat của nước. Kết quả của quá trình làm mềm nước bằng cách lắng và lọc các hợp chất cacbonat canxi và hydroxit magie phụ thuộc vào điều kiện cân bằng bão hoà của nước bởi các hợp chất này ở cuối quá trình.

Liều lượng vôi cần pha vào nước để khử độ cứng cacbonat phụ thuộc vào tỷ số của các ion canxi, magie, hydrocacbonat (tính bằng mdlg/l) có trong nước. Nếu nồng độ của ion canxi có trong nước lớn hơn nồng độ của ion hydrocacbonat (hình 11.1a) thì lượng vôi cần thiết để khử độ cứng cacbonat có thể xác định bằng lượng vôi cần thiết để chuyển CO_2 và ion hydrocacbonat thành ion cacbonat là ion sẽ kết hợp với ion canxi có trong nước thành hợp chất không tan CaCO_3 . Như đã nói trên trong trường hợp này không cần tính lượng vôi để khử độ cứng magie.

a)

Ca^{2+}		Mg^{2+}	Na^+ K^+
HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	

b)

Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+ K^+
HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-

\longrightarrow $(\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+})$ \longleftarrow

Hình 11.1: Biểu đồ thành phần giả định của muối trong các nguồn nước khác nhau

Công thức để xác định liều lượng vôi cần thiết khi $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} > \frac{\text{HCO}_3^-}{61}$ (Ca^{2+} và HCO_3^- tính bằng mg/l) có dạng sau:

$$a_v = 28 \left[\frac{\text{CO}_2}{22} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61} \pm \frac{a_p}{e} + 0,5 \right] \frac{100}{C_v}, \quad (11.1)$$

Trong đó:

a_v - liều lượng vôi kỹ thuật (mg/l);

CO_2 - hàm lượng CO_2 tự do trong nước (mg/l);

HCO_3^- - nồng độ ion bicarbonat trong nước (mg/l);

a_p - liều lượng phèn (FeCl_3 hay FeSO_4) tính chuyển thành sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

e - đương lượng của phèn hoạt tính (đối với FeCl_3 , $e = 54$; đối với FeSO_4 , $e = 76$);

C_v - hàm lượng vôi tinh khiết CaO trong vôi kỹ thuật (%);

0,5 - lượng vôi dư (mdlg/l) để đảm bảo lắng cặn CaCO_3 khi pH = 9,5.

Số hạng $\frac{a_p}{e}$ lấy dấu dương khi cho phèn vào nước sau khi cho vôi hay cho cùng với vôi, lấy dấu âm khi cho phèn trước vôi vì trong trường hợp này khi phèn thủy phân đã làm tiêu hao độ kiềm tự nhiên của nước đi một lượng bằng đương lượng của phèn (xem chương 2).

Trong trường hợp nếu nồng độ của ion canxi có trong nước nhỏ hơn nồng độ của ion hydrocarbonat (tính theo miligam đương lượng/lít) thì liều lượng vôi cần thiết để khử độ cứng carbonat được xác định xuất phát từ các yếu tố thứ nhất là tạo ra cặn CaCO_3 , thứ hai là lắng cặn hydroxit magie theo đương lượng, tương đương với nồng độ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ có trong nước. Theo biểu đồ thành phần giả thiết của muối trong nước (hình 10.1b) thì

khi $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} < \frac{\text{HCO}_3^-}{61} < \left(\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \right)$ nồng độ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ có trong nước bằng:

$$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 = \left(\frac{\text{HCO}_3^-}{61} - \frac{\text{Ca}^{2+}}{20} \right) \text{ mdlg/l.}$$

Trong trường hợp này liều lượng vôi cần thiết được tính theo công thức:

$$a_v = 28 \left[\frac{\text{CO}_2}{22} + 2 \frac{\text{HCO}_3^-}{61} - \frac{\text{Ca}^{2+}}{20} \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right] \frac{100}{C_v} \quad (11.2)$$

Ca^{2+} - nồng độ ion Ca^{2+} có trong nước (mg/l).

Các ký hiệu còn lại lấy theo công thức (11.1). Lượng vôi dư lấy 1 mdlg/l vì phải chuyển $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ thành hợp chất không hoà tan $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Để lắng $\text{Mg}(\text{OH})_2$ đòi hỏi phải có độ pH cao hơn trường hợp trên. Nhằm tăng cường quá trình lắng cặn CaCO_3 và $\text{Mg}(\text{OH})_2$ tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi người ta cho phèn vào nước. Do quá trình làm mềm bằng vôi diễn ra trong khoảng pH > 9 nên không dùng được phèn nhôm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ vì trong môi trường kiềm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tạo ra aluminat hoà tan (xem chương 2) mà phải dùng phèn sắt FeCl_3 hoặc FeSO_4 .

Liều lượng FeCl_3 hay FeSO_4 cần thiết để tăng cường quá trình lắng cặn $\text{Mg}(\text{OH})_2$ và CaCO_3 tạo ra khi khử độ cứng carbonat của nước có thể xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$a_p = 3 \sqrt[3]{M} \quad (11.3)$$

a_p - liều lượng phèn (FeCl_3 hay FeSO_4) tính theo sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

M - hàm lượng cặn trong nước làm mềm (mg/l).

Hàm lượng cặn tạo ra khi khử độ cứng cacbonat cần biết để tính liều lượng phèn theo công thức (11.3) có thể xác định theo biểu thức sau:

a) Khi $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} > \frac{\text{HCO}_3^-}{61}$ (trường hợp dùng công thức (11.1))

$$M = M_o + 50 \frac{\text{CO}_2}{22} + 2 \times 50 \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + a_v \frac{100 - C_v}{100}, \text{ (mg/l)}. \quad (11.4)$$

b) Khi $\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} < \frac{\text{HCO}_3^-}{61} < \left(\frac{\text{Ca}^{2+}}{20} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \right)$ (trường hợp dùng công thức (11.15)

và (11.16)).

$$M = M_o + 50 \frac{\text{CO}_2}{22} + 2 \times 50 \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + 29 \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} + 50 C_v + a_v \frac{100 - C_v}{100}, \text{ (mg/l)} \quad (11.5)$$

Trong đó:

M_o - hàm lượng cặn lơ lửng trong nước nguồn trước khi pha vôi (mg/l);

$\text{CO}_2, \text{HCO}_3^-$ - hàm lượng CO_2 và hydrocacbonat trong nước nguồn (mg/l);

a_v - liều lượng vôi kỹ thuật tính theo công thức (11.1) và (11.2);

C_v - lượng vôi tinh khiết CaO có trong vôi kỹ thuật (%).

Thường dùng trị số pH của nước sau khi pha vôi để kiểm tra sự diễn biến đúng đắn của quá trình làm mềm nước bằng vôi (kiểm tra liều lượng vôi pha vào nước). Để kiểm tra quá trình làm mềm bằng vôi theo trị số pH cần phải biết trước giá trị nào của pH làm cho quá trình diễn ra nhanh chóng và triệt để. Giá trị này trước hết phụ thuộc vào giá trị pH cân bằng bão hoà của nước bằng cacbonat canxi hay hydroxit magie (pH_s). Bởi vì chính pH_s xác định nồng độ thấp nhất của ion OH^- để đảm bảo cho quá trình làm mềm xảy ra triệt để. Song trị số thấp nhất này của pH có thể đảm bảo lắng triệt để cặn CaCO_3 và $\text{Mg}(\text{OH})_2$ chỉ sau khi bắt đầu trạng thái cân bằng bão hoà nước bằng cacbonat canxi hay hydroxit magie và như thế đòi hỏi thời gian khá lớn. Để đạt được nồng độ của ion Ca^{2+} hay Mg^{2+} còn dư lại trong nước đã làm mềm theo yêu cầu định trước sau một quãng thời gian có thể chấp nhận được, trong công nghệ xử lý nước cần phải có một lượng dư ion OH^- xác định bằng lượng dư ΔpH . Như vậy trị số pH_c cần thiết để đảm bảo cho quá trình diễn ra với tốc độ yêu cầu gồm 2 trị số

$$\text{pH}_c = \text{pH}_s + \Delta\text{pH} \quad (11.6)$$

Trị số pH_c phụ thuộc vào nhiệt độ của nước, hàm lượng ion Ca^{2+} còn lại trong nước, tổng hàm lượng muối, độ kiềm... Để xác định trị số pH_s ở cuối quá trình làm mềm nước có thể dùng biểu đồ (hình 1.3). Biết nhiệt độ và tổng hàm lượng muối của nước, định

trước hàm lượng ion Ca^{2+} và tổng độ kiềm sẽ còn lại trong nước sau khi làm mềm ta có thể tra biểu đồ (hình 1.3) để tính theo công thức (1.43) trị số pH_S cân bằng bão hoà.

Trong trường hợp khử CaCO_3 thường lấy $\Delta\text{pH} = 0,5$.

Muốn xác định trị số pH cần thiết để khử độ cứng magie bằng phương pháp lắng cần phải tìm công thức để tính toá trị số pH_S cân bằng bão hoà của nước bằng hydroxit magie.

Trạng thái cân bằng bão hoà của nước bằng hydroxit magie bắt đầu khi tích số nồng độ ion Mg^{2+} và OH^- bằng tích số hòa tan của $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

$$f_{\text{Mg}}[\text{Mg}^{2+}] f_{\text{OH}}^2 [\text{OH}^-]^2 = S_{\text{Mg}(\text{OH})_2} \quad (11.7)$$

f_{Mg} và f_{OH} - hệ số hoạt tính của ion Mg^{2+} và ion OH^- ;

$[\text{Mg}^{2+}]$, $[\text{OH}^-]$ - nồng độ trong nước của ion Mg^{2+} và ion OH^- ở thời điểm bắt đầu trạng thái cân bằng bão hoà (gam ion/l);

$S_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$ - tích số hoà tan của $\text{Mg}(\text{OH})_2$, là hằng số nhiệt động chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước, chọn theo bảng (11.1).

Bảng 11.1. Giá trị của $p S_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = -\lg S_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$

Nhiệt độ của nước °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
$pS_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$	10,61	10,64	10,67	10,71	10,75	10,84	10,96	11,08	11,22	11,36

Từ phương trình tích số ion của nước ta có:

$$f_{\text{H}}[\text{H}^+] f_{\text{OH}}[\text{OH}^-] = K_w, \quad (11.8)$$

rút ra:
$$f_{\text{OH}}[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{f_{\text{H}}[\text{H}^+]}, \quad (11.9)$$

Thay giá trị của $f_{\text{OH}}[\text{OH}^-]$ từ công thức (11.9) vào công thức (11.7) ta có:

$$f_{\text{Mg}}[\text{Mg}^{2+}] \frac{K_w^2}{f_{\text{H}}^2[\text{H}^+]^2} = S_{\text{Mg}(\text{OH})_2}. \quad (11.10)$$

Lấy logarit phương trình (11.10) ta thu được biểu thức sau:

$$\lg f_{\text{Mg}} + \lg[\text{Mg}^{2+}] + 2\lg K_w - 2\lg[f_{\text{H}}(\text{H}^+)] = \lg S_{\text{Mg}(\text{OH})_2}. \quad (11.11)$$

Để ý rằng $-\lg K_w = \text{p}K_w$; $-\lg[f_{\text{H}}(\text{H}^+)] = \text{pH}$; $-\lg S_{\text{Mg}(\text{OH})_2} = \text{p}S_{\text{Mg}(\text{OH})_2}$.

Và biểu diễn f_{Mg} qua lực ion μ của dung dịch theo công thức (I-5) ta có:

$$\lg f_{\text{Mg}} = -0,5Z^2 \sqrt{\mu} = -0,5 \times 2^2 \sqrt{\mu} = -2\sqrt{\mu}$$

($Z = 2$ hoá trị của Mg^{2+})

Thay các giá trị trên vào công thức (11.11) có thể rút ra công thức để tính pH'_S cân bằng bão hoà của nước bằng hydroxit magie;

$$pH'_S = pK_w - \frac{1}{2}p \cdot S_{Mg(OH)_2} - \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + \sqrt{\mu} \quad (11.12)$$

giá trị pK_w tra bảng (1.2); giá trị $pS_{Mg(OH)_2}$ tra bảng (11.1).

Nếu biểu diễn nồng độ của ion Mg^{2+} bằng mg/l thì công thức (11.12) có dạng:

$$pH'_S = pK_w - \frac{1}{2}p \cdot S_{Mg(OH)_2} - \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + \sqrt{\mu} + 2,19 \quad (11.13)$$

Công thức (11.13) có thể viết dưới dạng ký hiệu

$$pH'_S = f_1(t) + f_2(Mg^{2+}) + f_3(p) \quad (11.14)$$

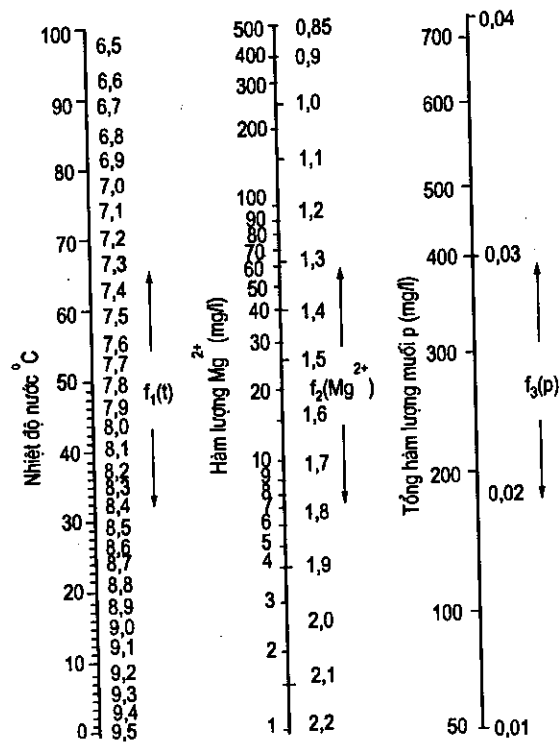
Trong đó: $f_1(t) = pK_w - \frac{1}{2}p \cdot S_{Mg(OH)_2}$ - là số hạng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước;

$$f_2(Mg^{2+}) = \frac{1}{2} \lg[Mg^{2+}] + 2,19$$

- là số hạng phụ thuộc vào nồng độ của ion Mg^{2+} tại thời điểm bắt đầu trạng thái cân bằng bão hoà;

$f_3(p) = \sqrt{\mu}$ - là số hạng phụ thuộc vào tổng hàm lượng muối của nước. Để dễ tính toán theo công thức (11.14) thành lập biểu đồ hình 11.2 gồm ba thang. Trên mỗi thang phía trái ghi nhiệt độ nước, nồng độ ion Mg^{2+} và tổng hàm lượng muối P của nước còn phía phải ghi giá trị của các hàm số tương ứng.

Sau khi tra theo các thang tương ứng trên (hình 11.2) được các giá trị bằng số của các hàm số, theo công thức (11.14) tính ra giá trị của pH'_S (giá trị pH ứng với trạng thái cân bằng bão hoà của nước bằng hydroxit magie tính theo lượng ion Mg^{2+} định trước còn dư lại trong nước sau khi làm mềm).

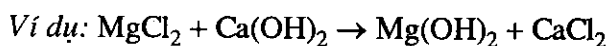


Hình 11.2: Biểu đồ để xác định trị số pH'_S cân bằng bão hoà của nước bằng hydroxit magie

Để khử CaCO_3 ra khỏi nước bằng cách lắng khi làm mềm nước bằng vôi trị số pH₅ thường đòi hỏi từ 9,5 - 9,8, còn để khử Mg(OH)_2 đòi hỏi pH₅ cao hơn, thường từ 10,6 - 11,5.

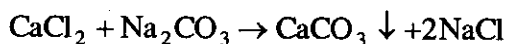
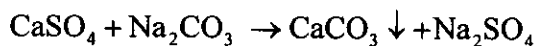
11.2.2. Làm mềm nước bằng vôi và soda (Na_2CO_3)

Làm mềm nước bằng vôi và soda là phương pháp có hiệu quả đối với thành phần ion bất kỳ của nước. Khi cho vôi vào nước khử được độ cứng canxi và magie ở mức tương đương với hàm lượng của ion hydrocacbonat trong nước. Nếu cho thêm vôi vào nước sau khi đã chuyển tất cả CO_2 và ion hydrocacbonat thành ion cacbonat và để lắng xuống dưới dạng hợp chất CaCO_3 thì tuy trong nước có tạo ra cặn không tan Mg(OH)_2 làm giảm độ cứng magie, nhưng tổng độ cứng lúc đó không giảm vì Ca^{2+} của vôi mới cho vào thay ion Mg^{2+} kết hợp với anion của các axit mạnh tạo thành muối canxi của các axit mạnh tan trong nước.

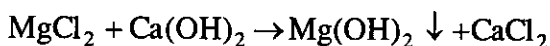
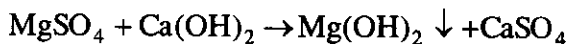


Để làm mềm nước trong trường hợp $\frac{\text{HCO}_3^-}{61} < \frac{\text{Ca}^{2+}}{20} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12}$, các ion Ca^{2+} và Mg^{2+} còn dư nằm trong dạng kết hợp với anion của axit mạnh, ngoài vôi phải cho thêm vào nước hoá chất có chứa ion CO_3^{2-} để chuyển lượng ion dư Ca^{2+} của vôi thành hợp chất không tan CaCO_3 . Trong thực tế xử lý nước thường dùng soda Na_2CO_3 .

Khi cho Na_2CO_3 vào nước ion Ca^{2+} còn dư sẽ chuyển thành cặn theo phản ứng:



Còn magie chuyển thành cặn do cho thêm vôi vào theo phản ứng:



Theo các phản ứng trên có thể tính được liều lượng vôi và soda khi làm mềm nước bằng vôi và soda theo các công thức sau:

$$a_v = 28 \left[\frac{\text{CO}_2}{22} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \pm \frac{a_p}{e} + 0,5 \right] \frac{100}{C_v} \quad (11.15)$$

$$a_x = 53 \left[\frac{\text{Ca}^{2+}}{22} + \frac{\text{HCO}_3^-}{61} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12} \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right] \frac{100}{C_x} \quad (11.16)$$

Trong đó:

a_x - liều lượng soda tính theo sản phẩm kỹ thuật (mg/l);

C_x - hàm lượng Na_2CO_3 trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Các ký hiệu còn lại xem công thức (11.1) và (11.2).

Để ý rằng: $\frac{Ca^{2+}}{22} + \frac{Mg^{2+}}{12} = C_o$ (C_o : độ cứng tổng của nước)

còn $\frac{HCO_3^-}{61} = C_K$ (C_K : độ cứng cacbonat).

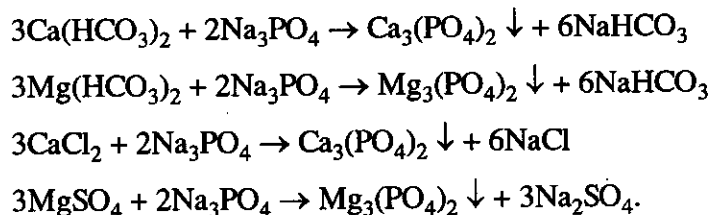
Công thức (11.16) có thể viết như sau:

$$a_x = 53 \left(C_v \pm \frac{a_p}{e} + 1 \right) \frac{100}{C_x} \quad (11.16a)$$

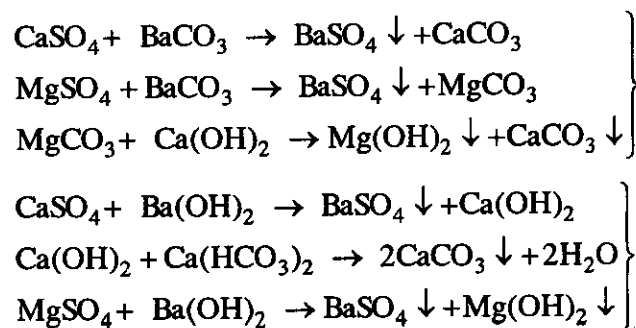
Trong đó: C_v - độ cứng vĩnh cửu hay độ cứng phi cacbonat (mdlg/l).

10.2.3. Làm mềm nước bằng photphat và bari

Khi làm mềm nước bằng vôi và soda do độ cứng của nước sau khi làm mềm còn tương đối lớn, người ta bổ sung phương pháp làm mềm triệt để bằng photphat. Hoá chất thường dùng là trinatri photphat hay dinatri photphat. Khi cho các hoá chất này vào nước chúng sẽ phản ứng với ion canxi và magie tạo ra muối photphat của canxi và magie không tan trong nước.



Quá trình làm mềm nước bằng photphat để đạt được độ cứng bé thường tiến hành ở nhiệt độ nước lớn hơn 100°C. Với quá trình này có thể thu được nước sau làm mềm có độ cứng gần 0,04 - 0,05 mdlg/l. Do giá thành cao của photphat, nên thường không dùng thuần túy photphat để làm mềm nước mà thường chỉ dùng photphat sau khi đã làm mềm trước bằng vôi và soda. Để khử độ cứng sunfat có thể dùng cacbonat bari $BaCO_3$, hydroxit bari $Ba(OH)_2$ hay aluminat bari $Ba(AlO_2)_2$. Quá trình làm mềm diễn ra theo các phản ứng sau:



Vì các hợp chất bari cũng có giá thành cao nên phương pháp này chỉ được dùng hãn hữ. Bari là hoá chất độc, do đó không thể dùng để xử lý nước ăn uống.

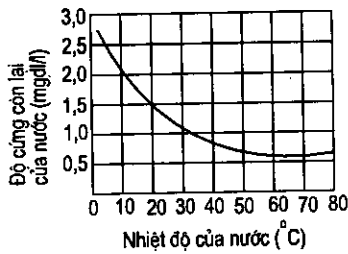
Trong các hợp chất kể trên của bari, dễ kiếm nhất là cacbonat bari nhưng vì nó có độ hoà tan thấp nên phải dùng với lượng hoá chất đủ lớn và định lượng dưới dạng sữa có các hạt đã nghiền nhỏ. Các hạt nhỏ của cacbonat bari khi pha vào nước có chứa sunfat sẽ bị bao phủ bởi sản phẩm của phản ứng làm giảm khả năng hoạt tính của hạt.

Sữa cacbonat bari có các hạt nặng, lắng nhanh vì thế khi dùng $BaCO_3$ phải chọn bể tạo bông khuấy trộn bằng cơ khí. Cặn sunfat bari được tạo ra khi làm mềm nước bằng các hạt chất bari lắng rất chậm, do đó đòi hỏi phải có bể lắng kích thước lớn. Trong thực tế người ta đã áp dụng phương pháp làm mềm nước bằng cacbonat bari theo quy trình sau: Đầu tiên xử lý bằng cacbonat bari để khử độ cứng sunfat và chỉ sau khi lắng mới làm mềm tiếp bằng vôi và soda.

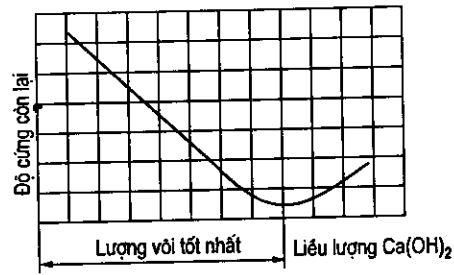
11.2.4. Quy trình công nghệ làm mềm nước bằng vôi và soda

Quá trình tạo ra cặn khi làm mềm nước bằng hoá chất xảy ra theo hai pha. Pha thứ nhất là các phản ứng hoá học của các ion tác dụng với nhau để tạo ra hợp chất khó tan $CaCO_3$ và $Mg(OH)_2$; pha này thực tế diễn ra rất nhanh hầu như là tức thời. Pha thứ 2 là quá trình kết tinh các hợp chất khó tan vừa tạo ra và keo tụ chúng thành các bông cặn. Tốc độ của quá trình làm mềm nước được xác định bằng cường độ diễn biến của pha thứ hai. Vì thế để đẩy nhanh quá trình làm mềm nước cần phải tăng cường quá trình tạo ra bông cặn để lắng chúng trong các bể lắng ngang hay lắng trong và lọc. Biện pháp kỹ thuật cơ bản để làm mềm triệt để và đẩy nhanh quá trình làm mềm nước là đun nóng nước, cho dư lượng hoá chất để lắng nước, tạo ra sự tiếp xúc giữa nước làm mềm và cặn lắng tạo ra từ trước. Khi đun nóng nước độ hoà tan của $CaCO_3$ và $Mg(OH)_2$ giảm, đồng thời có tác dụng thúc đẩy và hoàn thiện các phản ứng làm mềm. Trên (hình 11.3) giới thiệu ảnh hưởng của việc đun nóng nước đến quá trình làm giảm độ cứng còn lại trong nước sau khi đã làm mềm theo tài liệu thực nghiệm làm mềm nước bằng vôi và soda. Biểu đồ (hình 11.3) cho thấy độ cứng của nước sau khi làm mềm đạt gần đến trị số lý thuyết chỉ khi đun nóng nước đến nhiệt độ cao. Hiệu quả làm mềm nước tăng lên rõ rệt khi đun nước đến nhiệt độ từ $35 - 40^\circ C$, tiếp tục đun nóng nước hiệu quả làm mềm tăng rất chậm. Nếu đòi hỏi làm mềm triệt để hơn cần phải đun nóng nước đến nhiệt độ lớn hơn $100^\circ C$. Hiệu quả cuối cùng khi xử lý nước bằng vôi thuần tuý (khử độ cứng cacbonat) phụ thuộc vào tỷ số của độ cứng tổng và độ kiềm của nước.

Nếu độ cứng tổng lớn hơn độ kiềm thì độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm sẽ lớn hơn hiệu số giữa độ cứng tổng và độ kiềm một trị số bằng 1 - 1,5 mg/l. Khi độ kiềm của nước lớn hơn độ cứng tổng, độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm sẽ lớn hơn độ hoà tan của $CaCO_3$ và $Mg(OH)_2$ một trị số phụ thuộc vào nhiệt độ và lượng vôi dư đã cho vào nước.

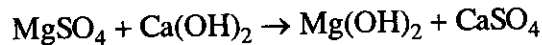


Hình 11.3: Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu quả làm mềm nước bằng vôi và soda



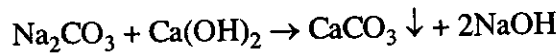
Hình 11.4: Sự phụ thuộc độ cứng dư của nước sau làm mềm vào liều lượng vôi

Trên hình 11.4 giới thiệu biểu đồ đặc trưng sự phụ thuộc của độ cứng còn lại trong nước sau khi làm mềm vào liều lượng vôi. Trên đồ thị tồn tại giá trị cực tiểu của độ cứng dư ứng với liều lượng tối ưu của vôi. Nếu lượng vôi cho vào nước lớn hơn giá trị tối ưu, độ cứng còn lại trong nước sẽ tăng lên vì lượng vôi dư không tham gia vào phản ứng, hoặc chỉ phản ứng với độ cứng magie không cacbonat để chuyển thành độ cứng canxi



Lượng vôi dư trong những trường hợp này không nên lấy lớn hơn 0,5 mgd/l.

Khi làm mềm nước bằng vôi và soda lượng vôi dư cũng không nên lấy lớn, tuy rằng ion Ca^{2+} của vôi sẽ kết hợp với ion CO_3^{2-} của soda thành CaCO_3 ,



và sẽ không làm tăng độ cứng của nước đã làm mềm, nhưng lượng vôi dư nhiều sẽ tốn Na_2CO_3 và làm tăng độ kiềm hydrat của nước. Trong quản lý, để kiểm tra thường xuyên quá trình làm mềm (kiểm tra liều lượng vôi và soda cho vào nước) tốt nhất là dùng trị số pH. Phải giữ cố định trị số pH của nước bằng trị số pH ứng với độ cứng thấp nhất của nước đã được làm mềm. Sự tiếp xúc của nước với cặn đã tạo ra từ trước có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ, độ triệt để của quá trình làm mềm và độ ổn định của nước. Các hạt cặn có khả năng đẩy nhanh quá trình kết tinh và keo tụ CaCO_3 và Mg(OH)_2 tạo ra khi làm mềm nước thành các bông cặn lớn vì thế khi cho nước đi qua lớp cặn lơ lửng trong bể lắng thường thu được hiệu quả cao nhất. Nhờ có tiếp xúc với cặn, độ cứng còn lại trong nước thấp hơn khi không cho nước tiếp xúc với cặn từ 0,3 đến 0,5 mgd/l. Chỉ tiêu quản lý thuận lợi để đánh giá sự đúng đắn liều lượng hoá chất đã cho vào nước và độ hoàn thiện của quá trình làm mềm trong các bể lắng là độ ổn định của nước khi ra khỏi bể lắng. Độ ổn định của nước có thể đánh giá bằng sự thay đổi độ kiềm của nó khi ra khỏi bể lắng và ra khỏi bể lọc.

Chỉ tiêu không ổn định có thể xác định theo công thức:

$$\Delta\text{Ki} = \text{Ki}_1 - \text{Ki}_2,$$

Trong đó:

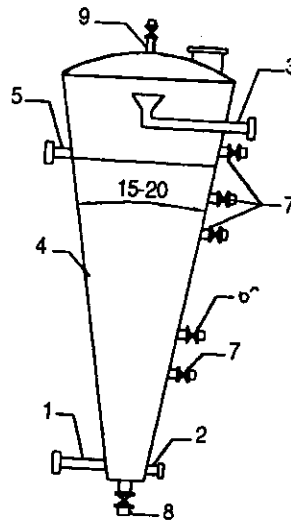
ΔKi - trị số giảm độ kiềm của nước do lắng đọng $CaCO_3$ trong bể lắng và trong lớp vật liệu lọc;

Ki_1 - độ kiềm của nước khi ra khỏi bể lắng (mdlg/l) (độ kiềm của nước xác định trong các mẫu nước đã lọc qua giấy lọc);

Ki_2 - độ kiềm của nước khi ra khỏi bể lọc (mdlg/l).

Trong quản lý nên giữ trị số ΔKi : khi nhiệt độ của nước thấp hơn $10^\circ C$, Ki không lớn hơn 0,25 mdlg/l, khi nhiệt độ nước $10 - 20^\circ C$ không lớn hơn 0,15 mdlg/l và khi nhiệt độ nước $30 - 40^\circ C$, Ki không lớn hơn 0,1 mdlg/l.

Khi làm mềm nước có chứa các cặn bẩn hữu cơ quá trình kết tinh $CaCO_3$ và keo tụ bông cặn bị chậm đi rất nhiều. Nhiều keo hữu cơ tạo thành màng bảo vệ các mầm tinh thể $CaCO_3$ và keo hydroxit magie. Ví dụ khi độ oxy hoá của nước $75 - 100 mg O_2/l$ việc tách cặn $CaCO_3$ và $Mg(OH)_2$ không thực hiện được, còn độ cứng của nước khi làm mềm bằng vôi và soda chỉ giảm được 15 - 20%. Trong các trường hợp như vậy trước khi làm mềm nước bằng vôi và soda phải khử hết cặn hữu cơ của nước bằng clo hoặc phèn. Thiết bị đơn giản nhất để làm mềm nước bằng vôi hay vôi và soda là bể phản ứng xoáy (hình 11.5).



Hình 11.5: Bể phản ứng xoáy

1. Ống đưa nước vào; 2. Ống đưa hoá chất vào; 3. Ống đưa nước ra; 4. Các hạt tiếp xúc; 5. Ống đưa các hạt tiếp xúc mới vào; 6. Ống xả các hạt tiếp xúc; 7. Ống lấy mẫu thử; 8. Ống xả khô; 9. Van xả khí

Nước đi vào phần thu hẹp phía dưới của bể phản ứng qua đầu mút được hàn theo phương tiếp tuyến với thành bể. Nước ra khỏi ống có chuyển động xoáy đi lên phía trên. Trong bể phản ứng xoáy có các hạt tiếp xúc bằng đá hoa nghiền hay cát cỡ hạt 0,2 - 0,3mm với khối lượng 10kg cho $1m^3$ thể tích của bể. Các hạt tiếp xúc lơ lửng trong dòng nước chuyển động đi lên, các hạt va chạm và cọ sát vào nhau và nhờ vậy quá trình kết tinh $CaCO_3$ sẽ được tăng cường trên bề mặt của chúng, dần dần quanh hạt (tâm kết tinh) lớp $CaCO_3$ kết tinh bám vào tăng dần lên, các hạt tiếp xúc biến thành các hạt hình cầu.

Khi đường kính của hạt tiếp xúc hình cầu đạt đến trị số 1,5 - 2mm thì xả các hạt tiếp xúc lớn và nặng qua ống (6) đặt ở phần dưới của bể phản ứng, đồng thời cho các hạt tiếp xúc mới vào qua ống (5) đặt ở phần trên. Bể phản ứng xoáy thực tế không giữ được cặn hydroxit magie, vì thế sơ đồ công nghệ gồm bể phản ứng và bể lọc ở phía sau chỉ có thể áp dụng trong trường hợp nếu hàm lượng magie trong nước xử lý không vượt quá 10 - 15mg/l. Nếu magie trong nước nguồn có hàm lượng lớn cũng có thể dùng bể phản ứng xoáy để khử cặn CaCO_3 , sau đó đặt bể lắng trong để khử cặn hydroxit magie, sau bể lắng trong đặt bể lọc. Tốc độ chuyển động của nước qua tiết diện thu hẹp ở phần dưới lấy từ 0,8 - 1m/s, góc côn của bể 15 - 20°. Tốc độ đi lên của dòng nước tại mặt cát ngang với miệng phễu thu nước lấy từ 4 - 6mm/s. Bể phản ứng xoáy có thể làm việc theo nguyên tắc áp lực hay hờ. Kết cấu bể lắng trong dùng trong trường hợp làm mềm nước và phương pháp tính toán xem chương 6. Bể lắng trong được coi là công trình chủ yếu để tách cặn khi làm mềm nước bằng hoá chất.

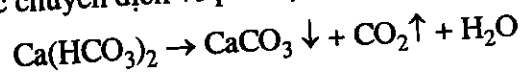
Sơ đồ công nghệ làm mềm nước khi dùng bể phản ứng xoáy gồm các công trình và thiết bị sau: kho hoá chất, thiết bị để chuẩn bị dung dịch vôi bão hoà hay sữa vôi, thiết bị hoà tan soda (nếu cần), thiết bị đun nóng nước (nếu áp dụng phương pháp làm mềm bằng hoá chất có đun nóng nước), thiết bị định lượng dung dịch, bể phản ứng xoáy, bể lọc có lớp vật liệu lọc là cát thạch anh, antraxit, đá hoa nghiền v.v... Nếu làm mềm có đun nóng nước, ở trị số pH cao, cát thạch anh có thể bị hoà tan làm tăng lượng silic trong nước, vì thế trong trường hợp này không dùng cát thạch anh mà dùng than antraxit làm lớp vật liệu lọc. Ngoài ra còn có thiết bị để rửa bể lọc (máy bơm rửa, thùng chứa nước rửa), bể chứa nước đã làm mềm, trạm bơm đợt II (nếu cần).

- Sơ đồ công nghệ làm mềm nước khi dùng bể lắng trong, chỉ khác sơ đồ làm sạch nước thông thường ở chỗ: trước bể lắng trong, bể trộn được thay bằng bể phản ứng xoáy. Bể lắng trong của trạm làm mềm nước chỉ làm việc tốt khi nhiệt độ nước không đổi. Thay đổi đột ngột nhiệt độ nước thậm chí từ 1 - 2° gây ra dòng đối lưu trong bể lắng làm vẩn đục lớp cặn lơ lửng, kéo cặn sang bể lọc. Vì thế trong thiết bị đun nước phải đặt thiết bị đóng mở tự động làm việc theo nhiệt độ nước để giữ nhiệt độ nước không đổi hoặc chỉ thay đổi đều nhiệt độ trong vòng 1 giờ không quá 1°C.

Khi làm mềm nước bằng phương pháp hoá chất, nước ra khỏi bể lắng hay bể phản ứng không ổn định thường gây ra việc lắng cặn CaCO_3 lên bề mặt của lớp vật liệu lọc. Tạo thành lớp rắn chắc, cho nên phải đặc biệt chú ý khi tính toán rửa lọc, trong trường hợp này tốt nhất là đặt thiết bị rửa bề mặt để tăng cường cho quá trình rửa lọc.

11.2.5. Làm mềm bằng phương pháp nhiệt

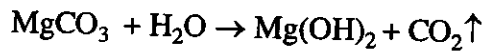
Làm mềm bằng phương pháp nhiệt dựa trên nguyên tắc: khi đun nóng nước cân bằng hợp chất cacbonic chuyển dịch về phía tạo ra cặn không tan cacbonat canxi.



Sự chuyển dịch cân bằng xảy ra do giảm độ hoà tan trong nước của CO_2 khi tăng nhiệt độ nước. Khu đun sôi có thể khử được hoàn toàn khí CO_2 do đó giảm được 1 lượng độ cứng cacbonat. Tuy nhiên không thể khử hoàn toàn độ cứng cacbonat bằng đun sôi mặc dù độ hoà tan của nó rất bé (13 mg/l khi nhiệt độ nước bằng 18°C), và trong nước vẫn có CaCO_3 hoà tan. Khi trong nước có cacbonat magie quá trình biến nó thành cặn xảy ra như sau: đầu tiên tạo ra hợp chất cacbonat magie hoà tan trong nước (110 mg/l ở nhiệt độ 18°C).



Muối MgCO_3 khi tiếp tục đun sôi bị thuỷ phân tạo thành cặn khó hoà tan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (8,4 mg/l);



Như vậy khi đun sôi nước, độ cứng cacbonat giảm đi rất nhiều. Đun sôi nước khử được cả độ cứng sunfat canxi (độ hoà tan của nó giảm đến 0,65 g/l ở nhiệt độ 100°C). Cặn tạo ra trong quá trình làm mềm nước bằng hoá chất có đun nóng nước là những bông cặn lớn và nặng. Khi đun nóng, độ nhớt của nước giảm chúng lắng rất nhanh, vì thế một số chuyên gia cho rằng khi đun nóng nước thì không cần dùng phèn để lắng cặn tạo ra trong quá trình làm mềm nước bằng hoá chất. Ưu điểm của việc đun nóng nước là giảm được liều lượng vôi để kết hợp với CO_2 hoà tan trong nước, bởi vì CO_2 đã thoát ra khỏi nước khi đun nóng trước khi cho hoá chất vào nước. Làm mềm nước ở nhiệt độ cao hầu như chỉ dùng khi xử lý nước cấp cho nồi hơi, vì trong trường hợp này lượng nhiệt dùng để đun nóng nước được sử dụng một cách hợp lý. Hoá chất cơ bản dùng để làm mềm nước bằng phương pháp nhiệt là: vôi và soda đôi khi dùng xút và soda. Dùng vôi và soda thường kết hợp với quá trình làm mềm tiếp theo bằng photphat, hay khử silic bằng oxyt magie.

Trạm để làm mềm nước bằng phương pháp nhiệt gồm các công trình sau:

Thiết bị pha và định lượng hoá chất, thiết bị đun nóng nước, bể lắng và bể lọc. Dùng xút thay cho vôi đơn giản được các thiết bị pha và định lượng nhưng giá thành của xút đắt hơn rất nhiều nên thực tế hầu như không dùng xút. Khi đun nóng nước và cho soda với liều lượng dư 0,8 mdlg/l có thể giảm độ cứng canxi xuống đến 0,2 mdlg/l, cho dư liều lượng vôi 0,1 mdlg/l có thể giảm độ cứng magie đến 0,05 - 1 mdlg/l. Để thu được nước có độ kiềm thấp có thể giữ độ kiềm hydrat trong giới hạn 0,05 - 0,15 mdlg/l. Khi thiết kế bể lắng trong, chọn chiều cao vùng lắng không bé hơn 1,5m, tốc độ đi lên của nước khi khử silic không lớn hơn 1,7 mm/s, khi khử độ cứng cacbonat không lớn hơn 2mm/s. Tổng thời gian lưu lại của nước trong bể lắng trong để giảm độ kiềm lấy từ 0,75 - 1 giờ còn khi khử silic lấy từ 1 - 1,5 giờ.

Ví dụ tính toán:

Tính toán trạm làm mềm nước bằng hoá chất (dùng vôi và soda không đun nóng nước) có công suất $5000 \text{ m}^3/\text{ngày} = 208 \text{ m}^3/\text{h} = 0,038 \text{ m}^3/\text{s}$. Theo tài liệu phân tích nước

nguồn: có các chỉ tiêu chất lượng sau: hàm lượng ion canxi (Ca^{2+}) = 85 mg/l; (Mg^{2+}) = 12,5mg/l.

Độ cứng toàn phần: $C_o = \frac{85}{20,04} + \frac{12,5}{12,16} = 5,25 \text{ mđlg/l.}$

Độ kiềm: $(\text{HCO}_3^-) = 225\text{mg/l}$; $K_t = \frac{225}{61,02} = 3,7 \text{ mđlg/l.}$

Độ cứng cacbonat: $C_K = 3,7 \text{ mđlg/l}$

Độ cứng vĩnh cửu (không cacbonat).

$$C_v = C_o - C_K = 5,25 - 3,7 = 1,55 \text{ mđlg/l.}$$

Hàm lượng CO_2 tự do trong nước ở 10°C , độ kiềm $K_t = C_K = 3,7 \text{ mđlg/l}$ và $\text{pH} = 6,9$, tra biểu đồ (1.2) (CO_2) = 52,5 mg/l. Độ đục của nước nguồn $M_o = 18,5 \text{ mg/l}$, độ màu $27,5^\circ$ cho phèn vào nước cùng với vôi.

Giải:

- Liều lượng vôi cần thiết để khử độ cứng theo công thức (11.15):

$$a_v = 28 \left[\frac{52,5}{22} + \frac{225}{61,2} + \frac{12,5}{12,16} + \frac{20}{54} + 0,5 \right] = 215 \text{ mg/l.}$$

Dùng FeCl_3 phèn đương lượng $e = 54$; hàm lượng cặn 18,5 mg/l, sơ bộ chọn $q_{tp} = 20\text{mg/l.}$

- Số lượng cặn vôi tạo ra khi làm mềm tính theo (11.5):

$$M = 18,5 + 50(2 \times 3,7 + 1,55 + \frac{52,5}{22} + 0,5) + 29 \frac{12,5}{12,16} + 215 \frac{100 - 70}{100} = 627 \text{ mg/l.}$$

$C_v = 70\%$ hàm lượng CaO trong vôi kỹ thuật.

Liều lượng phèn FeCl_3 cần thiết tính theo (11.3):

$$a_p = 3 \sqrt[3]{627} \approx 20 \text{ mg/l.}$$

Do đó không cần tính lại liều lượng vôi.

- Liều lượng soda cần thiết tính theo (11.16):

$$a_x = 53 \times (1,55 + \frac{20}{54} + 1) \approx 152 \text{ mg/l.}$$

- Vôi cho vào nước dưới dạng sữa vôi, thiết bị định lượng pha chế, kho vôi, phèn, Na_2CO_3 (xem chương 5).

- Lượng vôi dùng trong một ngày:

$$G_v = \frac{Q \cdot a_v \cdot 100}{C_v \cdot 1000} = \frac{5000 \times 215 \times 100}{70 \times 1000} \approx 1536 \text{ kg} = 1,536 \text{ tấn/ngày.}$$

- Lượng Na_2CO_3 cần dùng trong một ngày:

$$G_x = \frac{Q \cdot a_x \cdot 100}{C_x \cdot 1000} = \frac{5000 \times 152 \times 100}{95 \times 1000} \approx 800 \text{ kg} = 0,8 \text{ tấn / ngày.}$$

- Lượng phèn FeCl_3 cần trong một ngày:

$$G_p = \frac{Q \cdot a_p \cdot 100}{C_p \cdot 1000} = \frac{5000 \times 20 \times 100}{98 \times 1000} \approx 51 \text{ kg} = 0,051 \text{ tấn / ngày.}$$

Do nước có hàm lượng cặn lơ lửng thấp $18,5 \text{ mg/l}$, hàm lượng $\text{Mg}^{2+} = 12,5 < 15 \text{ mg/l}$, có thể dùng bể phản ứng xoáy đặt trước bể lọc.

Trong trạm chọn hai bể phản ứng xoáy. Lưu lượng nước đi qua một bể:

$$Q = 208 : 2 = 104 \text{ m}^3/\text{h} = 0,029 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Diện tích mặt cắt ngang ở phần trên của bể phản ứng ngang với miệng phễu thu nước:

$$F_1 = Q_s : v = 0,029 : 0,006 = 4,8 \text{ m}^2.$$

Tốc độ dòng nước đi lên cho phép $v = 4 - 6 \text{ mm/s}$.

$$\text{Đường kính phần trên của bể phản ứng: } D_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = 2,45 \text{ m}$$

Đường kính đáy bể phản ứng chọn $D_2 = 0,6 \text{ m}$, do đó diện tích đáy dưới $F_2 = 0,283 \text{ m}^2$.

Tốc độ đi lên của nước tại mặt cắt đáy $v = Q : F_2 = 0,029 : 0,283 \approx 0,103 \text{ m/s}$, bé hơn quy định ($0,2 - 1 \text{ m/s}$) vì thế cần phải lắp dưới đáy bể một đoạn côn để đảm bảo tốc độ đúng tiêu chuẩn. Góc côn của bể phản ứng chọn 20° (cho phép từ $15 - 20^\circ$) chiều cao của phần nón cụt:

$$h = \frac{1}{2}(D_1 - D_2) \cot g \frac{20^\circ}{2} = 5,25 \text{ m.}$$

Thể tích của bể phản ứng:

$$W = \frac{1}{3}h(F_1 + \sqrt{F_1 F_2} + F_2) = \frac{1}{3} \times 5,25(4,8 + \sqrt{4,8 \times 0,2833} + 0,283) = 11 \text{ m}^3.$$

Trọng lượng cần thiết của các hạt tiếp xúc bằng đá hoa nghiền cỡ hạt $0,2 - 0,3 \text{ mm}$ để chất vào một bể phản ứng:

$$G = 11 \times 10 = 110 \text{ kg}$$

Chọn chiều cao lơ lửng của các hạt tiếp xúc trong bể phản ứng:

$$h_1 = 0,5h = 0,5 \times 5,25 = 2,6 \text{ m.}$$

Đường kính mặt cắt ngang của bể phản ứng tính từ đáy F_2 :

$$d_1 = 2 \left(h_1 \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} \right) + D_2.$$

$$d_1 = 2 (2,6 \text{ tg} 10^\circ) + 0,6 = 1,5 \text{ m.}$$

Diện tích $f_1 = 1,767 \text{ m}^2$.

Thể tích phân chứa các hạt tiếp xúc của bể phản ứng:

$$W_1 = \frac{1}{3} \times 2,6 (1,767 + \sqrt{1,767 \times 0,283} + 0,283) = 2,4 \text{ m}^3.$$

Độ bão hoà nước của các hạt tiếp xúc:

$$P = 100 - \frac{G}{W_1 \gamma_1 1000} \cdot 100\% \text{ trong nước:}$$

γ_1 - trọng lượng riêng của các hạt tiếp xúc trong nước, $\gamma_1 = 1,65 = (2,65 - 1)$,

$$P = 100 - \frac{110 \times 100}{2,4 \times 1,65 \times 1000} \approx 97,2\%.$$

Tổn thất áp lực qua 1m lớp hạt tiếp xúc trong bể phản ứng là 0,35m.

Tổn thất áp lực qua toàn bộ lớp hạt tiếp xúc:

$$h_{w1} = 2,6 \times 0,35 = 0,91 \text{ m.}$$

Tổn thất áp lực khi ra khỏi miệng ống dẫn nước vào bể $v = 1 \text{ m/s}$; $\mu = 0,9$.

$$h_{w2} = \frac{v^2}{\mu^2 2g} = \frac{1^2}{(0,9)^2 \times 19,62} = 0,06 \text{ m.}$$

Tổn thất áp lực qua bể phản ứng xoáy:

$$H_w = h_{w1} + h_{w2} = 0,91 + 0,06 = 0,97 \text{ m.}$$

Phần tính toán bể lọc xem chương 7.

Trong quá trình quản lý, phải giữ cố định trị số pH để đảm bảo cho nước sau khi làm mềm có các chỉ tiêu sau: $\text{Ca}^{2+} = 10 \text{ mg/l}$; $\text{Mg}^{2+} = 4 \text{ mg/l}$, độ kiềm của nước 0,5 mdlg/l . Tổng hàm lượng muối 150 mg/l ở nhiệt độ 10°C .

Đối với Ca^{2+} : tra biểu đồ (1.3) rồi tính theo công thức (1.43) ta có:

$$\text{pH}_S = 2,34 - 1 - 0,7 + 8,745 = 9,385.$$

Đối với Mg^{2+} : tra biểu đồ (11.2) rồi tính theo công thức (11.14) ta có:

$$\text{pH}'_S = 9,15 + 1,89 + 0,017 = 11,057.$$

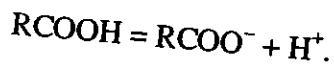
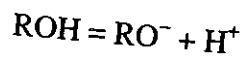
Khi đảm bảo pH luôn luôn bằng 11,7 thì hàm lượng Ca^{2+} sẽ chắc chắn được đảm bảo theo yêu cầu hoặc thấp hơn.

11.3. LÀM MỀM NƯỚC BẰNG CATIONIT

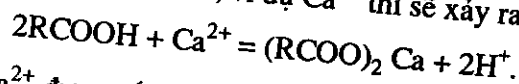
11.3.1. Cationit và các phương pháp sử dụng

Làm mềm nước bằng cationit dựa trên tính chất của một số chất không tan hoặc hầu như không tan trong nước - cationit, nhưng có khả năng trao đổi ion, khi ngâm trong

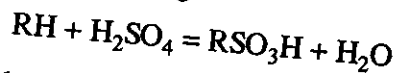
nước các chất này hấp thụ cation của muối hoà tan lên bề mặt hạt và nhả vào nước một số lượng tương đương cation đã được cấy lên bề mặt hạt từ trước. Sở dĩ cationit có tính chất như vậy vì trong thành phần cấu tạo của nó có nhóm trao đổi ion hay còn gọi là nhóm hoạt tính. Để làm ví dụ ta xem xét hạt than đá thường, nó không phải là cacbon đơn thuần mà là hỗn hợp của hợp chất hữu cơ phức tạp gồm: cacbon C, hydro H, oxy O, lưu huỳnh S, nitơ N và nhiều nguyên tố khác. Than đá thực tế không tan trong nước nhưng khi tiếp xúc với oxy hoà tan trong nước bị oxy hoá chậm dần đến việc tạo ra các nhóm oxy hoá khác nhau. Trên bề mặt của than đá tạo ra các nhóm hydroxyn hay cacboxin gắn chặt với lõi than. Nếu quy ước gọi lõi không thay đổi này bằng chữ R thì cấu trúc của vật liệu như vậy có thể viết bằng công thức: ROH hay RCOOH tùy thuộc vào nhóm oxy hoá hydroxyn (OH) hay cacboxyn (COOH) được tạo ra trên bề mặt lõi khi oxy hoá. Các nhóm này có khả năng phân ly, nghĩa là trong môi trường nước diễn ra quá trình:



Nếu trong nước tồn tại cation, ví dụ Ca^{2+} thì sẽ xảy ra quá trình trao đổi ion:



Khi đó ion Ca^{2+} được gắn lên bề mặt lõi than còn ion H^+ tan vào dung dịch một số lượng tương đương. Quá trình trao đổi có thể xảy ra cả đối với ion khác như Mg^{2+} , Na^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} ... Số lượng nhóm trao đổi ion của than đá thiên nhiên không lớn nhưng có thể tăng nó bằng cách xử lý than đá bằng axit sunfuric, khi đó cùng với quá trình oxy hoá xảy ra cả quá trình kết hợp nhóm sunfua cacbon với lõi than, nghĩa là xảy ra quá trình sunfua hoá theo sơ đồ phản ứng:



Vật liệu thu được (sunfua cacbon) ngoài nhóm cacboxyn, hydroxyn có cả nhóm trao đổi ion sunfua - SO_3H . Tất cả các vật liệu có khả năng trao đổi cation gọi là cationit. Vật liệu có khả năng trao đổi anion gọi là anionit, chúng có các nhóm trao đổi anion khác nhau thường là NH_2 hay NH , các nhóm này kết hợp với nước thành NH_2OH .

Đại bộ phận vật liệu trao đổi ion thuộc loại nhựa tổng hợp. Phân tử của chúng gồm hàng nghìn, đôi khi hàng chục nghìn nguyên tử kết hợp lại với nhau. Vật liệu trao đổi ion là các chất điện ly rắn rất khác nhau. Phụ thuộc vào đặc điểm của nhóm hoạt tính của ionit, những ion di động có khả năng trao đổi có thể tích điện dương hoặc tích điện âm. Khi tích điện dương cation di động là ion H^+ , cationit như vậy thực chất là một axit đa hoá trị, và anionit có nhóm trao đổi OH^- là kiềm đa hoá trị. Độ di động của các ion có khả năng trao đổi bị giới hạn bởi khoảng cách mà với khoảng cách đó, sự liên kết của các ion di động với các ion không di động tích điện trái dấu gắn trên bề mặt của lõi còn chưa bị mất. Không gian giới hạn xung quanh lõi ionit, trong đó có chứa các ion di động

có khả năng trao đổi gọi là bầu khí quyển ion của ionit. Dung tích trao đổi của ionit phụ thuộc vào số nhóm hoạt tính trên bề mặt hạt ionit. Bề mặt chỗ lõm, các khe rỗng cũng được coi là bề mặt của hạt ionit. Vì thế ionit có cấu trúc xốp được sử dụng rộng rãi hơn. Cỡ hạt của ionit thường từ 0,3 đến 2,0mm, đường kính trung bình của các hạt 0,6 - 0,8mm. Hệ số không đều hạt gần 2 đến 2,5. Nước xử lý có thể làm hoà tan một ít hạt ionit hay chuyển nó sang trạng thái keo, điều này thấy rõ khi để lớp lọc ionit ngâm trong nước xử lý lâu ngày. Thường ionit bền vững trong môi trường axit hơn là trong môi trường kiềm đặc biệt là môi trường có nồng độ cao. Dung tích trao đổi của ionit được xác định hoặc là bằng số lượng ion được hấp thụ trong một đơn vị khối lượng của vật liệu, khi đó gọi là dung tích trao đổi khối lượng của ionit hoặc là bằng số lượng ion được hấp thụ trong một đơn vị thể tích của vật liệu, khi đó gọi là dung tích trao đổi thể tích của ionit.

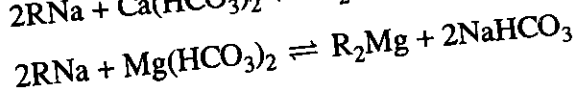
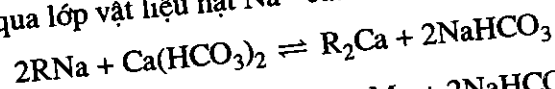
Trong thực tế xử lý nước, thường dùng dung tích trao đổi thể tích, nó được biểu thị bằng số lượng ion (tính bằng gam đương lượng) được hấp thụ trong $1m^3$ vật liệu ionit (dlg/m^3) hay bằng miligam đương lượng được hấp thụ trong một lít ($mdlg/l$).

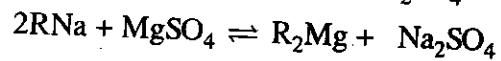
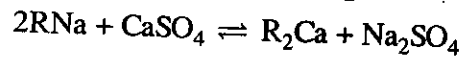
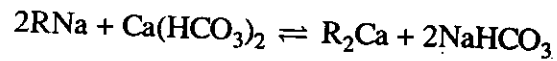
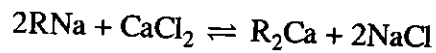
Hiện nay công nghiệp hoá học đã sản xuất ra hàng loạt loại vật liệu trao đổi ion khác nhau. Đặc tính của cationit được dùng phổ biến ở Nga và Mỹ giới thiệu trong bảng 11.2.

Bảng 11.2. Đặc tính của cationit

Loại vật liệu - cationit	Nhóm hoạt tính	Trọng lượng đồ thành đồng (t/m^3)		Kích thước hạt (mm)	Khả năng trao đổi toàn phần dlg/m^3
		Không khí khô	Nở trong nước		
Nhóm sunfua cacbon loại I	SO ₃ H	0,55	0,42	0,4 - 1,8	550
KY - 1	SO ₃ H	0,6	0,47	0,3 - 2	650
KY - 2	SO ₃ H	0,73	0,65	0,3 - 1,2	1700
Ks - 4II- 2	COOH	0,50	0,40	0,3 - 1	2800
Emberlite IR - 100	SO ₃ H	0,6	0,5	0,3 - 1	800
Emberlite IR - 120	SO ₃ H	0,75	0,68	0,3 - 1	2000
Emberlite IRC - 50	COOH	0,5	0,42	0,3 - 1	2800

Khi lọc nước qua lớp hạt cationit, nhóm hoạt tính của chúng sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với cation của các muối hoà tan trong nước. Nếu lúc đầu cho lọc qua lớp hạt cationit dung dịch muối NaCl đậm đặc thì cation H⁺ của nhóm hoạt tính của cationit sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với cation Na⁺ hoà tan trong dung dịch, kết quả ion Na⁺ được cấy lên toàn bộ bề mặt cationit thay cho ion H⁺ và cationit biến thành Na - cationit. Sau đó lọc nước qua lớp vật liệu hạt Na - cationit sẽ xảy ra các phản ứng sau:

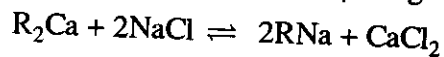




Kí hiệu R chỉ lõi không hoà tan của cationit tổng hợp, quy ước gọi là axit một gốc không tan trong nước. Theo mức độ lọc nước qua lớp cationit trong bể, ngày càng nhiều nhóm hoạt tính của nó được thay thế bằng ion canxi và magie của nước.

Cuối cùng khả năng trao đổi của cationit hoàn toàn bị kiệt vì tất cả các nhóm hoạt tính của chúng đã bị thay thế bằng ion canxi và magie.

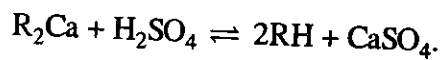
Để khôi phục lại khả năng trao đổi của cationit người ta rửa lớp vật liệu lọc bằng dung dịch có nồng độ cao của ion Na^+ , ví dụ dung dịch muối ăn.



Vì phản ứng trao đổi cũng như bất kỳ phản ứng hoá học nào cũng đều tuân theo định luật tác dụng khối lượng nên khi lọc dung dịch muối ăn qua lớp cationit đã sử dụng kiệt, trong bể lọc ngày càng tích lại nhiều ion Na^+ , còn nồng độ Ca^{2+} và Mg^{2+} ít dần đi, quá trình cân bằng của phản ứng sẽ chuyển dịch về phía phải, kết quả là toàn bộ Ca^{2+} và Mg^{2+} sẽ bị thay thế bằng ion Na^+ . Ion Ca^{2+} và Mg^{2+} đã bị thay thế sẽ tan trong dung dịch rồi chảy ra ngoài bể lọc. Quá trình hoàn nguyên tiến hành cho đến khi đại bộ phận nhóm hoạt tính của cationit đã được thay thế bằng ion Na^+ .

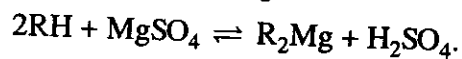
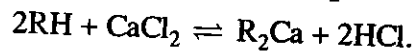
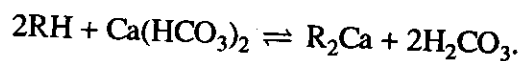
Sau khi hoàn nguyên lại tiến hành lọc nước để làm mềm tiếp tục. Quá trình làm mềm bằng Na - cationit có thể giảm được hàm lượng Ca^{2+} và Mg^{2+} trong nước đến trị số rất bé. Độ kiềm tổng của nước không đổi, cặn sảy khô tăng lên một chút vì đã thay thế một ion Ca^{2+} hoà tan trong nước có trọng lượng nguyên tử 40,08 bằng hai ion Na^+ trọng lượng nguyên tử: $2 \times 22,99 = 45,98$.

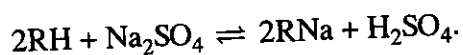
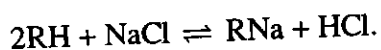
Khi hoàn nguyên cationit bằng dung dịch axit, cation hoạt tính (có khả năng trao đổi) của cationit bị thay thế bằng ion H^+ của axit:



Và cationit biến thành H - cationit.

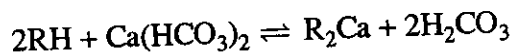
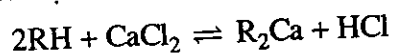
Nếu lọc nước xử lý qua lớp lọc H - cationit thì tất cả cation của các muối hoà tan trong nước sẽ bị hấp thụ lên bề mặt hạt cationit và H - cationit sẽ nhả vào nước một lượng tương đương cation hydro, các muối hoà tan trong nước sẽ biến thành các axit tương ứng:



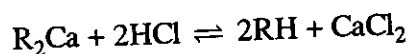


Độ axit của nước khi lọc qua bể H - cationit sẽ bằng tổng nồng độ muối của các axit mạnh trong nước nguồn. Khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng axit với số lượng không đủ để đẩy hoàn toàn các cation của các muối ra khỏi bề mặt các hạt cationit, thì các hạt cationit nằm trong bể lọc sẽ có hai dạng: trong phần trên là dạng H - cationit, còn phần dưới là dạng Ca - và Mg - cationit.

Khi lọc nước qua bể lọc như vậy, ở phần trên của bể lọc do kết quả trao đổi cation của các muối với ion H^+ , toàn bộ muối hoà tan trong nước sẽ biến thành các axit tương ứng.



Axit cacbonic sẽ bị phân huỷ tạo thành CO_2 và nước, và CO_2 đi ra khỏi phạm vi của phản ứng. Trong các lớp dưới của bể lọc sẽ xảy ra phản ứng trao đổi giữa Ca - và Mg - cationit và các axit.



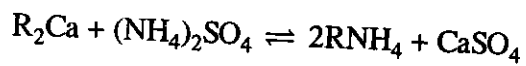
Kết quả là tất cả các muối không cacbonat sẽ còn lại trong nước, và nước lọc qua bể lọc chỉ khử được độ cứng cacbonat. Quá trình hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng axit với số lượng không đủ để đuổi toàn bộ các cation Ca^{2+} và Mg^{2+} ra khỏi bề mặt hạt cationit ở trong bể lọc gọi là quá trình hoàn nguyên "đổi".

Bể lọc làm việc trong chế độ hoàn nguyên "đổi" chỉ khử được độ cứng cacbonat của nước và giảm độ kiềm trong nước đến 0,4 - 0,5 mđlg/l mà không khử được độ cứng không cacbonat ($MgSO_4$, $CaCl_2$...).

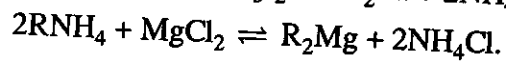
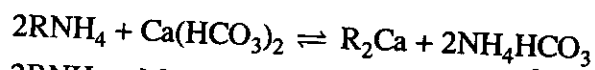
Chọn phương pháp làm mềm nước bằng cationit phải dựa vào yêu cầu đối với chất lượng nước sau xử lý, thành phần muối hoà tan trong nước nguồn. Trong tất cả các trường hợp, khi chỉ cần giảm độ cứng của nước thì phương pháp làm mềm rẻ nhất là Na - cationit. Khi nước nguồn có độ kiềm cao, độ cứng magie cao hay hàm lượng sắt cao thường áp dụng phương pháp phối hợp: đầu tiên làm mềm nước bằng vôi sau đó lọc qua bể lọc Na - cationit. Phương pháp này có hiệu quả khi làm mềm nước của các nguồn nước mặt có độ kiềm cao hơn 3 mđlg/l. Đối với trường hợp trong nước đã làm mềm không cho phép hydrocacbonat natri tạo ra bởi các muối cứng cacbonat khi làm mềm bằng Na - cationit, người ta lọc nước song song hay nối tiếp qua bể lọc H-Na - cationit hoặc làm mềm nước bằng vôi sau đó lọc qua bể lọc Na - cationit. Khi lọc nước song song qua H-Na - cationit, một phần nước qua bể lọc H - cationit, phần còn lại lọc qua Na - cationit. Nước lọc của H - cationit chứa các axit tự do với nồng độ bằng nồng độ của các muối axit mạnh có trong nước nguồn, còn nước lọc qua Na - cationit chứa hydrocacbonat natri với nồng độ tương đương với độ kiềm của nước nguồn. Khi trộn lẫn hai thứ nước này theo tỷ lệ thể tích tính toán, độ axit sẽ trung hoà với độ kiềm, nước hỗn hợp sẽ có độ cứng bé và độ kiềm gần bằng không. Kết quả tương tự cũng có thể nhận

được khi lọc nối tiếp H-Na - cationit. Khi lọc nước qua bể lọc H - cationit toàn bộ muối hoà tan trong nước biến thành các axit tương ứng, axit cacbonic phân huỷ thành CO₂ và H₂O. Nước qua bể lọc H - cationit sẽ là dung dịch của axit sunfuric và clohydric. Khi lọc dung dịch này qua bể lọc Na - cationit các axit sẽ biến thành các muối natri tương ứng. Và nước sau bể lọc Na - cationit sẽ có độ cứng và độ kiềm bé. Để tiết kiệm axit có thể cho bể lọc H - cationit làm việc trong chế độ hoàn nguyên "đổi".

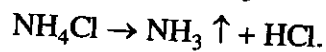
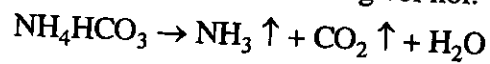
Nếu trong nước làm mềm không cho phép chứa cacbonat natri hay kali nhưng cho phép tồn tại ion amon (ví dụ nước cấp cho các nồi hơi, hơi của chúng không tiếp xúc với đồng và đồng thau) có thể thay H-Na - cationit bằng amon - natri cationit. Khi hoàn nguyên cationit bằng dung dịch muối amoni, nhóm trao đổi của cationit được thay thế bằng ion amon.



Khi lọc nước qua amon - cationit các ion của muối cứng Ca²⁺ và Mg²⁺ sẽ bị hấp thụ trên bề mặt các hạt cationit, và từ cationit nhả vào nước một số lượng tương đương ion NH₄⁺.



Khi dung nóng hoặc đun sôi nước đã lọc qua bể lọc NH₄ - cationit, các muối amon sẽ bị phân huỷ, amoniac và CO₂ sẽ bay ra theo cùng với hơi.



Axit tạo ra khi phân huỷ muối amoni của các axit mạnh sẽ biến nước nồi hơi thành dung dịch axit. Để tránh hiện tượng này cùng với NH₄ - cationit phải cho một phần nước lọc qua Na - cationit nhằm tạo ra xút NaOH khi phân huỷ nhiệt cacbonat natri, để trung hoà với axit tạo ra khi phân huỷ nhiệt sunfat và clorit amon.

Chỉ tiêu công nghệ của các sơ đồ làm mềm nước bằng cationit khác nhau ghi trong bảng (11.3).

Bảng 11.3. Chỉ tiêu công nghệ của các sơ đồ làm mềm nước khác nhau

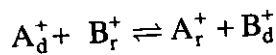
Sơ đồ công nghệ	Chất lượng nước đã lọc		Chỉ tiêu áp dụng
	Tổng độ cứng (mdlg/l)	Tổng độ kiềm (mdlg/l)	
1	2	3	4
Na - cationit 1 bậc	0,03 - 0,05	bằng độ kiềm của nước nguồn	Để làm mềm nước không triệt để và không yêu cầu giảm độ kiềm của nước. Để làm mềm nước triệt để và để làm mềm nước có độ cứng lớn hơn 6 mdlg/l.
Na - cationit 2 bậc	0,01	"	

Bảng 11.3. (tiếp theo)

1	2	3	4
Na - cationit 2 bậc ở giữa axit hoá và khử khí CO ₂	0,01	0,35	Để làm mềm nước có hàm lượng Cl ⁻ + SO ₄ đến 1 mdlg/l. Để làm mềm triệt để nước có hàm lượng Cl ⁻ + SO ₄ không lớn hơn 3 - 5 mdlg/l, Na không lớn hơn 2 mdlg/l. Để làm mềm nước có độ cứng > 6 mdlg/l tổng hàm lượng muối > 700 mg/l. Độ cứng cacbonat < 50% độ cứng tổng. Để làm mềm nước có độ cứng cacbonat > 1 mdlg/l và tổng hàm lượng muối < 1500 ml/l. Để làm mềm nước mặt và nước có độ kiềm cao Nếu trong nước đã làm mềm cho phép tồn tại ion NH ₄ ⁺
H - cationit có khử khí và kiềm hoá	0,05	0,35	
Song song H - Na - cationit có bể lọc đệm Na - cationit bậc II	0,01	0,35	
Nối tiếp H - Na - cationit có bể lọc đệm Na - cationit bậc II	0,01	0,7	
Nối tiếp H - Na - cationit hoàn nguyên đối H - cationit	0,1	0,7 - 1,5	
Làm mềm bằng vôi rồi lọc qua Na - cationit	0,1	1 - 1,5 (không đun nóng) 0,3 (nếu đun nóng đến 80 - 90°C)	
NH ₄ - Na - cationit	0,1	Bằng độ kiềm của nước nguồn	

11.3.2. Lí thuyết cơ bản của quá trình trao đổi ion

Cationit là các axit sunfua cacbon hay caboxin tổng hợp hữu cơ ở dạng hạt không hoà tan trong nước. Nếu đặt cationit vào một dung dịch muối nào đó thì ion có khả năng trao đổi H⁺ của nhóm hoạt tính sẽ tham gia vào phản ứng trao đổi với các cation của các muối hoà tan, và kết quả, một phân ion H⁺ của nhóm hoạt tính bị thay thế bởi các cation của các muối hoà tan trong dung dịch. Tuy rằng, đối với vật liệu trao đổi ion, quá trình trao đổi không đạt đến trạng thái cân bằng, nhưng nghiên cứu nó sẽ có lợi bởi vì sẽ rút ra được kết luận để biết được quá trình phản ứng trao đổi sẽ diễn ra bằng cách nào và đến mức độ nào. Phương trình trao đổi thuận nghịch của bất kỳ ion một hoá trị nào cũng có thể viết ở dạng sau:



Chỉ số d và r chỉ ion tương ứng nằm trong dung dịch và nằm trên bề mặt rắn của vật liệu trao đổi ion. Phản ứng trao đổi này tuân theo quy luật tác dụng khối lượng nên ta có:

$$\frac{[A_r^+]}{[B_r^+]} = K \frac{[A_d^+]}{[B_d^+]} \quad (11.17)$$

Khi làm mềm nước sẽ xảy ra phản ứng trao đổi ion natri một hoá trị cho ion canxi hai hoá trị và phương trình viết theo quy luật tác dụng khối lượng sẽ là:

$$\frac{[Ca_r^{2+}]}{[Na_r^+]^2} = K \frac{[Ca_d^{2+}]}{[Na_d^+]^2} \quad (11.18)$$

Từ phương trình (11.18) ta thấy rằng: nồng độ ion Na^+ có trong dung dịch càng ít thì ion Ca^{2+} được hấp thụ lên bề mặt cationit càng nhiều, quá trình làm mềm càng triệt để. Có thể viết phương trình (11.18) đối với quá trình làm mềm diễn ra trong bể lọc Na - cationit như sau:

$$\frac{\gamma_{Ca} \frac{E_{Ca}}{V_{Ca}}}{\left(\gamma_{Na} \frac{E_{Na}}{V_{Na}}\right)^2} = K \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.19)$$

Trong đó:

E_{Ca} và E_{Na} - nồng độ của ion canxi và natri trong cationit (mdl/l);

γ_{Ca} , γ_{Na} - hệ số tính đến khả năng phản ứng của canxi và natri;

V_{Ca} , V_{Na} - thể tích đơn vị của cationit bão hoà bằng canxi và natri (mg/l);

a_{Ca} , a_{Na} - nồng độ hoạt tính của canxi và natri trong nước (mdl/l);

K - hằng số trao đổi ion phụ thuộc vào tỷ số a_{Ca}/a_{Na} .

Tổng khả năng trao đổi của cationit đối với các cation được hấp thụ trên bề mặt của chúng bằng khả năng trao đổi toàn phần của cationit nên ta có:

$$E_{Na} = E_{tp} - E_{Ca} \quad (11.20)$$

Phương trình (11.19) có thể viết dưới dạng:

$$\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2} \cdot \frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}} \cdot \frac{E_{Ca}}{(E_{tp} - E_{Ca})^2} = K \frac{A_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.21)$$

Trị số $\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2}$ phụ thuộc vào tính chất của cationit và khả năng trao đổi của nó. Tỷ số

của hệ số khả năng phản ứng của canxi, magie, natri trong cationit axit mạnh có thể lấy bằng tỷ số hệ số hoạt tính của các ion này trong dung dịch muối có cùng lực ion như

trong cationit. Trị số của tỷ số $\frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}}$ đối với cationit nằm trong khoảng 1,27 đến 1,725.

Trị số của hằng số trao đổi ion K khi trao đổi ion Na^+ với Ca^{2+} và Mg^{2+} của nước nằm trong giới hạn từ 1,96 đến 2,23. Thay vào phương trình (11.21) giá trị trung bình của trị

số K , $\frac{\gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2}$; $\frac{V_{Na}^2}{V_{Ca}}$ và giải phương trình đối với E_{Ca} ta nhận được công thức để tính khả

năng trao đổi trung bình của cationit đối với canxi, hoặc Mg^{2+} ứng với các tỷ số nồng độ khác nhau của cation muối cứng và natri trong nước.

$$E_{Ca} = E_{tp} \times \left[1 + 0,5 \frac{a_{Na}^2}{a_{Ca}} \left(1 - \sqrt{\frac{2a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} \right) \right] = \beta_{Na} E_{tp} ; \quad (11.22)$$

$$\beta_{Na} = 1 + 0,5 \frac{a_{Na}^2}{a_{Ca}} \left(1 - \sqrt{\frac{2a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} \right), \quad (11.23)$$

Trong đó: β_{Na} - hệ số kể đến sự giảm khả năng trao đổi của cationit với ion Ca^{2+} và Mg^{2+} do hấp thụ cation Na^+ . Chọn theo bảng (11.4).

Bảng 11.4. Giá trị của hệ số β_{Na}

C_{Na}^2 / C_o	0,01	0,03	0,05	0,1	0,5	1	2	3	5	10
β_{Na}	0,93	0,9	0,88	0,83	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,5

Ghi chú: C_{Na} : Nồng độ ion Na^+ trong nước xử lý (mđlg/l)

C_o : Độ cứng toàn phần của nước xử lý (mđlg/l).

Khi làm mềm nước trong bể lọc cationit, khả năng trao đổi thực tế của cationit đối với các ion Ca^{2+} và Mg^{2+} sẽ bé hơn trị số tính toán theo công thức (11.22) và (11.23), bởi vì khi hoàn nguyên cationit trong bể lọc không phải toàn bộ canxi và magie được đuổi ra khỏi cationit, mà một phần khả năng trao đổi ion của cationit sẽ bị mất khi hoàn nguyên và rửa nó bằng nước đã được làm mềm. Kể đến hiện tượng này, khả năng trao đổi khi làm việc của Na - cationit đối với Ca^{2+} và Mg^{2+} có thể tính theo công thức:

$$E_{Na}^{lv} = \alpha \cdot \beta_{Na} \cdot E_{tp} - \varphi C_{or} \cdot q \quad (11.24)$$

Trong đó:

E_{Na}^{lv} - khả năng trao đổi khi làm việc trong bể lọc của Na - cationit (đlg/m³);

E_{tp} - khả năng trao đổi toàn phần của cationit chọn theo đặc tính của cationit do nhà sản xuất cung cấp;

α - hệ số hiệu quả hoàn nguyên, phụ thuộc vào thời gian hoàn nguyên, lưu lượng đơn vị, nhiệt độ và nồng độ dung dịch hoàn nguyên tính theo công thức (11.46) hay chọn theo bảng (11.5);

C_{or} - độ cứng của nước rửa (mđlg/l);

q - lưu lượng đơn vị của nước rửa thường lấy bằng 4 - 5m³ cho 1m³ vật liệu cationit;

φ - hệ số kể đến sự làm mềm không toàn phần của nước rửa, khi rửa bể lọc Na - cationit, thường chọn $\varphi = 0,5$.

Khi lọc nước nếu ngoài các muối cứng trong nước còn chứa cả ion Na^+ qua bể lọc H - cationit thì khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit cũng được tính như Na - cationit khi lọc nước có cùng chất lượng.

Bởi vì trong thời kỳ đầu của quá trình làm việc sau khi hoàn nguyên, cationit hấp thụ không những ion Ca^{2+} , Mg^{2+} có trong nước mà còn hấp thụ cation Na^+ . Ion Na^+ sau đó sẽ bị các ion Ca^{2+} và Mg^{2+} đẩy ra khỏi hạt cationit. Như vậy, khi trong nước có ion Na^+ , nếu lọc nó qua bể lọc H - cationit thì khả năng trao đổi của H - cationit đối với Ca^{2+} và Mg^{2+} cũng sẽ bị giảm một trị số giống như khi lọc nước này qua bể lọc Na - cationit.

11.3.3. Thời gian làm việc của bể lọc Na - cationit giữa hai lần hoàn nguyên

Sau khi hoàn nguyên và rửa cationit trong bể lọc, các hạt cationit bị phủ một màng nước mỏng. Vì thế để cho các cation của muối cứng hoà tan trong nước có thể tham gia vào phản ứng trao đổi với cation hoạt tính của lớp vật liệu cationit cần phải hoàn thành các quá trình sau:

- Khuếch tán muối cứng qua màng nước trên bề mặt hạt cationit.
- Khuếch tán muối cứng vào trong hạt cationit.
- Trao đổi ion của muối cứng đã khuếch tán được cho cation trao đổi của cationit.
- Khuếch tán sản phẩm trao đổi ra bề mặt cationit, qua màng nước vào dòng nước xử lý đang chuyển động qua lớp cationit trong bể lọc.

Tốc độ của các quá trình này và thời gian cần thiết để hoàn thiện chúng phụ thuộc vào nồng độ của muối cứng trong nước làm mềm, hệ số khuếch tán của các muối này qua màng nước trên bề mặt hạt và trong hạt cationit, tốc độ khuếch tán của sản phẩm trao đổi từ hạt cationit ra. Độ cứng của nước làm mềm càng lớn và hệ số khuếch tán của muối cứng trong nước và trong các hạt cationit càng bé thì thời gian đòi hỏi để hoàn thành quá trình làm mềm nước càng lớn.

Chiều dày của lớp cationit mà khi lọc qua nó độ cứng của nước giảm từ trị số ban đầu đến trị số định trước gọi là chiều dày bảo vệ của cationit. Chiều dày lớp bảo vệ của cationit trong bể lọc có thể tính theo công thức:

$$H_{bv} = 0,04 v d^2 \ln C_0 \quad (11.25)$$

Trong đó:

v - tốc độ lọc (m/h);

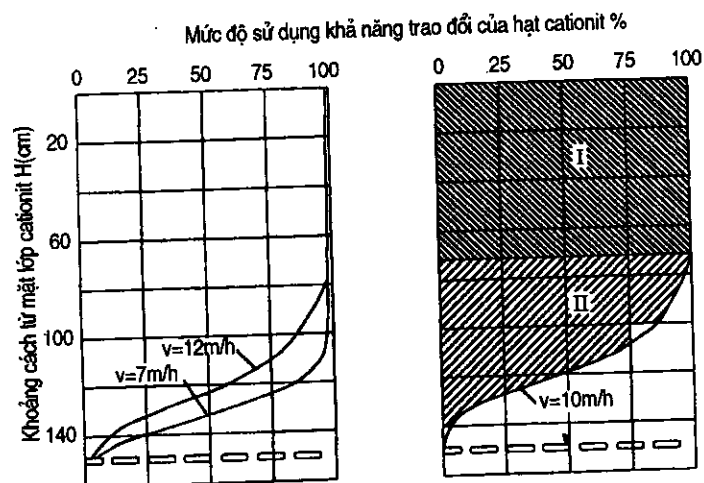
d - đường kính hạt cationit (mm);

C_0 - độ cứng toàn phần của nước làm mềm (mg/l).

Sau một thời gian làm việc, các lớp cationit nằm ở phía trên trong bể lọc sẽ bị bão hoà bởi các cation của các muối hoà tan trong nước đến trạng thái cân bằng, còn lớp bảo vệ sẽ di chuyển xuống dưới. Khi mép dưới của lớp bảo vệ di chuyển đến giới hạn dưới của cationit, độ cứng của nước ra khỏi bể lọc bắt đầu tăng lên. Hình 11.6 giới thiệu biểu

đồ biểu diễn mức độ sử dụng khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong bể lọc tại thời điểm muối cứng lọt vào nước đã lọc nghĩa là thời điểm bắt đầu tăng dần độ cứng của nước qua bể lọc. Từ các biểu đồ (11.6) ta thấy rằng: các lớp trên của cationit trong bể lọc, tại thời điểm lọt muối cứng vào nước đã lọc, được bão hoà bởi cation của các muối hoà tan trong nước hầu như đến tình trạng cân bằng, và khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong các lớp này được sử dụng hầu như hoàn toàn. Trong lớp bảo vệ phía dưới của cationit, khả năng bão hoà của nó chỉ được sử dụng một phần 50 - 60%.

Bởi vì chiều dày của lớp bảo vệ tăng khi tăng tốc độ lọc và độ cứng của nước thô, nên mức độ sử dụng dung tích hấp thụ của cationit trong bể lọc bị giảm khi tăng tốc độ lọc, tăng chiều dày của lớp cationit và độ cứng của nước thô. Vì thế để sử dụng tốt khả năng trao đổi của cationit trong bể lọc, cần phải chọn chiều dày của lớp cationit càng lớn khi độ cứng của nước nguồn và tốc độ lọc càng lớn. Nếu định trước chiều cao của lớp cationit trong bể lọc, thì cần phải chọn tốc độ lọc càng bé khi độ cứng của nước thô càng cao.



Hình 11.6: Mức độ sử dụng khả năng trao đổi của cationit trong bể lọc tại thời điểm lọt cation Mg^{2+} và Ca^{2+} vào nước lọc

Có thể xác định chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc để đảm bảo thời gian làm việc định trước giữa hai lần hoàn nguyên như sau: Số lượng (gam - đương lượng) muối cứng G_1 mà bể lọc cationit cần phải hấp thụ sau một chu kỳ làm việc giữa 2 lần hoàn nguyên bằng:

$$G_1 = Q(C_0 - C_c) T = F.v(C_0 - C_c) T, \quad (11.26)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng nước thô cần làm mềm (m^3/h);

$C_0 - C_c$ - độ cứng ban đầu và độ cứng cuối cùng của nước thô (dlg/m^3);

T - thời gian làm việc của bể lọc giữa 2 lần hoàn nguyên (giờ);

F - tiết diện bể lọc (m^2);

v - tốc độ lọc (m/h).

Số lượng muối cứng G_2 có thể hấp thụ được trong bể lọc cationit sau một chu kỳ làm việc giữa hai lần hoàn nguyên bằng:

$$G_2 = F.H.E_{cb} - F.H_{bv}.\delta.E_{cb}$$

hay
$$G_2 = F.E_{cb}(H - \delta.H_{bv}), \quad (11.27)$$

Trong đó:

H - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m);

H_{bv} - chiều cao lớp cationit bảo vệ, trong đó khả năng trao đổi cân bằng chỉ được sử dụng một phần (m);

E_{cb} - khả năng trao đổi cân bằng của cationit (gam đương lượng/ m^3) (dlg/m^3);

δ - hệ số tính đến sự sử dụng không triệt để khả năng trao đổi cân bằng của cationit trong lớp bảo vệ.

Tại thời điểm lợ muối cứng vào nước lọc thì $G_1 = G_2$, ta có:

$$F.v(C_o - C_c)T = F.E_{cb}.(H - \delta H_{bv}) \quad (11.28)$$

Lấy $\delta = 0,5$ và ký hiệu $C_o - C_c = C_*$, giải phương trình (11.28) đối với T - thời gian của 1 chu kỳ làm việc của bể lọc cationit giữa hai lần hoàn nguyên ta có:

$$T = \frac{E_{cb}.H}{v.C_*} - \frac{0,5.E_{cb}.H_{bv}}{v.C_*} \quad (11.29)$$

Thay vào (11.29) giá trị của H_{bv} từ phương trình (11.25) ta có:

$$T = \frac{E_{cb}.H}{v.C_*} - \frac{0,02.E_{cb}.d^2.\ln C_*}{C_*} \quad (11.30)$$

Giải phương trình (11.30) đối với H và v, ta thu được phương trình để tính chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc và tốc độ lọc theo các giá trị cho trước T, E_{cb} và C_* :

$$v = \frac{E_{cb}.H}{TC_* + 0,02.E_{cb}.d^2.\ln C_*}; \quad (11.31)$$

$$H = \frac{vTC_* + 0,02.E_{cb}.d^2.v.\ln C_*}{E_{cb}} \quad (11.32)$$

11.3.4. Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit giữa hai lần hoàn nguyên

Khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch axit, phần lớn nhóm hoạt tính của cationit được thay thế bằng ion H^+ . Khi lọc nước cần làm mềm qua bể H - cationit theo chiều từ trên xuống dưới, các ion canxi, magie, natri có trong nước thay thế ion H^+

trên bề mặt hạt H - cationit, còn ion H^+ lại hoà tan vào nước với số lượng tương đương. Bởi vì ion Ca^{2+} và Mg^{2+} có năng lượng hấp thụ vào hạt cationit cao hơn natri nên sau một thời gian làm việc, trong bể lọc ion Ca^{2+} và Mg^{2+} sẽ thay thế ion Na^+ đã được hấp thụ từ trước ở các lớp trên của cationit. Khi chuyển động cùng với nước đi xuống phía dưới ion Na^+ lại được hấp thụ bằng các lớp nằm ở phía dưới của H - cationit. Ở các lớp này các cation Ca^{2+} và Mg^{2+} còn chưa đi tới bởi vì chúng đã bị hấp thụ ở các lớp trên. Dần dần tuyến hấp thụ canxi và magie di chuyển xuống phía dưới và đồng thời cũng di chuyển cả tuyến hấp thụ Na^+ xuống dưới. Như thế sau một quãng thời gian kể từ đầu chu trình hoạt động, trong bể lọc H - cationit tạo ra năm vùng: vùng trên các cationit đã bão hoà cân bằng bởi Ca^{2+} và Mg^{2+} , dưới vùng này là vùng bảo vệ đối với canxi và magie, trong đó xảy ra sự thay thế ion natri bằng ion canxi và magie, dưới đó là vùng cân bằng bão hoà natri, dưới nữa là vùng bảo vệ đối với ion natri, và dưới cùng là vùng H - cationit còn chưa tham gia vào quá trình trao đổi ion. Lớp trên đã bão hoà cân bằng của H - cationit bằng ion canxi và magie theo thời gian ngày càng tăng lên, đường giới hạn dưới của nó đi dần xuống phía dưới và đồng thời di chuyển cả các vùng còn lại. Qua một quãng thời gian nào đó lớp bảo vệ đối với natri của cationit di chuyển đến giới hạn dưới của H - cationit nằm trong bể lọc, thì bể lọc H - cationit bắt đầu cho lọt natri vào nước lọc, lúc đó độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit bắt đầu giảm. Nếu ở đầu chu trình độ axit của nước lọc gần với tổng nồng độ của ion Cl^- và SO_4^{2-} có trong nước, thì sau khi bắt đầu cho Na^+ lọt vào nước lọc, độ axit của nước sẽ giảm đi một trị số bằng nồng độ của ion Na^+ có trong nước đã lọc tại thời điểm quan sát. Khi giới hạn dưới của vùng cân bằng bão hoà đối với natri xuống đến mép dưới của vùng H - cationit trong bể lọc, thì toàn bộ ion H^+ có thể được trao đổi và độ axit của nước lọc sẽ bằng không.

Sau đó trong nước lọc xuất hiện độ kiềm, dần dần độ kiềm đạt đến trị số bằng độ kiềm của nước nguồn. Cuối cùng vùng bảo vệ đối với canxi và magie di chuyển đến mép dưới của lớp cationit trong bể lọc, Ca^{2+} và Mg^{2+} bắt đầu lọt vào nước lọc.

Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt ion Na^+ vào nước có thể xác định được theo các phương trình cân bằng, tương tự như việc xác định phương trình (11.30) ta có:

$$T_{Na} = \frac{E_{Cb}^{Na}}{v.(C_* + C_{Na})} - \frac{0,025.d^2 \ln(C_* + C_{Na})}{(C_* + C_{Na})} \quad (11.33)$$

Trong đó:

$E_{cb}^{Na} = \alpha E_{tp} - 0,5q(C_* + C_{Na})$ - khả năng trao đổi cân bằng đối với ion Na^+ ;

C_{Na} - nồng độ ion natri trong nước cần làm mềm ($đlg/m^3$);

α - hệ số hiệu quả hoàn nguyên bể lọc H - cationit.

Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt muối cứng vào nước lọc xác định theo công thức (11.30).

Thường bể lọc H - cationit khi làm mềm nước hoạt động song song với bể lọc Na - cationit bậc I và làm việc đến thời điểm giảm một lượng nhất định độ axit của nước lọc. Độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit bằng:

$$C_H = C_{Cl} + C_{SO_4} - C_M = C_* - C_{Na} - K_{tp} - C_M, \quad (11.34)$$

Trong đó:

C_{Cl} và C_{SO_4} - nồng độ ion Cl^- và SO_4^{2-} trong nước cần làm mềm (dlg/m^3);

K_{tp} - độ kiềm toàn phần của nước cần làm mềm (dlg/m^3);

C_M - nồng độ các cation Ca^{2+} và Mg^{2+} , K^+ trong nước lọc qua bể lọc;

C_H - nồng độ axit tại thời điểm đang xét (dlg/m^3), ($mdlg/l$).

Sau T_{Na} giờ kể từ khi bắt đầu chu kỳ làm việc, nồng độ natri trong nước lọc bắt đầu tăng lên. Tại thời điểm cho lọt ion Ca^{2+} vào nước lọc nồng độ ion Na^+ trong nước bằng tổng nồng độ (tính theo đương lượng) của các cation cứng (Ca^{2+} và Mg^{2+}) và ion Na^+ có trong nước nguồn. Thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm nồng độ axit trong nước lọc giảm đến không (T_o) có thể tính theo công thức sau:

$$T_o = \frac{0,8.T_{Ca}.C_H + 1,2.T_{Na}.K_{tp}}{K_{tp} + C_H} \quad (11.35)$$

Trong đó:

T_{Ca} - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm cho lọt ion canxi vào nước lọc (h).

Độ axit của nước lọc qua bể lọc H - cationit tại thời điểm bất kỳ sau khi cho lọt ion Na^+ vào nước lọc có thể xác định theo công thức:

$$C_H^T = C_H - K_p \frac{T - 1,2.T_{Na}}{T_o - 1,2.T_{Na}} \quad (mdlg/m^3), \quad (11.36)$$

Trong đó:

T - thời gian làm việc của bể lọc kể từ đầu chu trình;

K_p - hệ số có thứ nguyên có trị số bằng 1.

11.3.5. Độ triệt để của quá trình làm mềm bằng cationit

Độ triệt để của quá trình làm mềm nước được hiểu là độ cứng còn lại trong nước sau khi lọc qua bể lọc cationit.

Khi chiều dày của lớp cationit trong bể lọc Na - cationit vượt quá chiều dày của lớp bảo vệ ứng với tốc độ lọc đã định và độ cứng của nước nguồn, các lớp trên của cationit trong bể lọc làm việc trong điều kiện cân bằng, cationit nằm trong trạng thái cân bằng bão hoà bởi các muối cứng và natri của nước.

Quá trình cân bằng của các phản ứng trao đổi ion được mô tả bằng phương trình (11.18) và (11.19). Thay vào công thức (11.19), giá trị của:

$$E_{Na} = \alpha \cdot E_{tp} \quad (11.37)$$

và
$$E_{Ca} = (1 - \alpha) \cdot E_{tp} \quad (11.38)$$

rút ra:
$$\frac{\gamma_{Ca} \cdot V_{Na}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca}} \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} = K \cdot \frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \quad (11.39)$$

Từ đó độ cứng tổng của nước lọc qua bể lọc cationit sẽ bằng:

$$a_{Ca} = \frac{V_{Na}^2 \cdot \gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca}} \cdot \frac{1}{K} \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} \cdot a_{Na}^2 \quad (11.40)$$

Nồng độ natri trong nước đi vào lớp dưới của bể lọc Na - cationit thực tế bằng tổng nồng độ cation của tất cả các muối hoà tan trong nước, còn trị số $\frac{V_{Na}^2 \cdot \gamma_{Ca}}{\gamma_{Na}^2 \cdot V_{Ca} \cdot K} = \varphi_{Na}$ là hằng số đối với mỗi loại cationit.

Khi đó phương trình (11.40) có dạng:

$$C_C^{Na} = \varphi_{Na} \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha^2} P^2 \quad (11.41)$$

Trong đó:

C_C^{Na} - độ cứng của nước lọc qua bể lọc Na - cationit (mđlg/l);

α - hệ số hiệu quả hoàn nguyên các lớp cationit nằm phía dưới trong bể lọc;

P - tổng hàm lượng muối của nước cần làm mềm (mđlg/l);

φ_{Na} - hằng số trao đổi, theo tài liệu của Clatrico V.A đối với sunfua cationit, $\varphi_{Na} = 0,00125$ khi trao đổi ion Ca^{2+} và Mg^{2+} với ion Na^+ .

Độ cứng của nước lọc qua bể lọc H - cationit được xác định bằng phương trình tương tự với phương trình (11.41):

$$C_C^H = \varphi_H \cdot \frac{1 - \alpha_H}{\alpha_H^2} A^2, \quad (11.42)$$

Trong đó:

A - tổng nồng độ ion SO_4^{2-} và Cl^- trong nước cần làm mềm (mđlg/l);

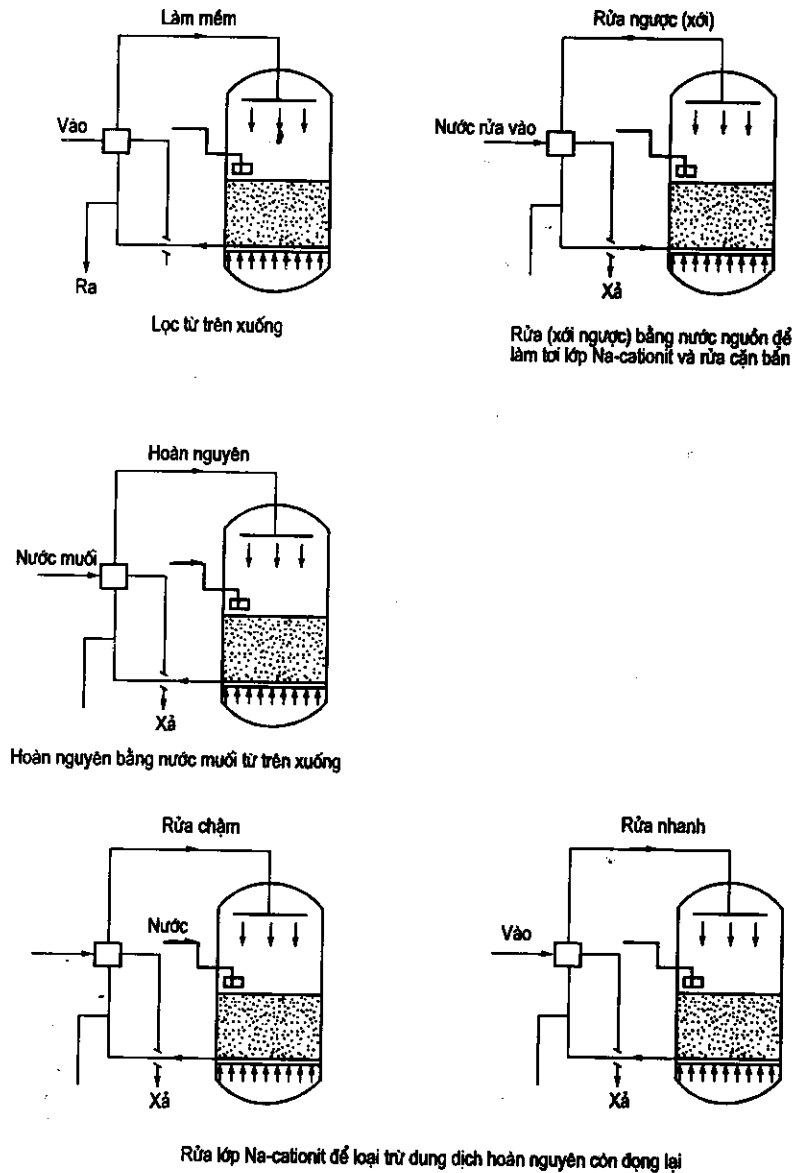
φ_H - hằng số trao đổi đối với sunfua cationit gần bằng 0,0014.

11.3.6. Các quá trình vận hành bể lọc cationit

Có bốn công đoạn cơ bản trong vận hành bể lọc cationit

- Làm mềm.

- Rửa ngược để xối lớp vật liệu.
 - Hoàn nguyên cationit bằng dung dịch muối NaCl, axit H_2SO_4 v.v...
 - Rửa sạch dung dịch hoàn nguyên.
- Sơ đồ quy trình vận hành xem hình (11.7).



Hình 11.7: Sơ đồ quy trình vận hành bể lọc cationit

1. Quá trình làm mềm

Nước nguồn theo dần ống phân phối đi từ trên xuống với tốc độ tính toán, khi nước lọc ra có độ cứng tăng trên mức cho phép đã định (thường được báo bằng máy đo tự động theo độ dẫn điện của nước Conductivity) thì ngừng lọc để hoàn nguyên lớp cationit.

2. Rửa ngược để xối vật liệu

Trước khi hoàn nguyên, cần phải xối toi lớp vật liệu để rửa cặn bản, có thể dùng nước rửa bể lọc sau khi hoàn nguyên để xối, bởi vì trong nước rửa có chất hoàn nguyên cho nên đồng thời với việc xối, bể lọc đã được hoàn nguyên một phần. Thể tích thùng chứa nước rửa bể lọc Na - cationit sau khi hoàn nguyên lấy không nhỏ hơn $5m^3$ cho $1m^2$ diện tích bể lọc cho phép thu và sử dụng gần 50% lượng nước rửa để xối toi bể lọc.

Nước xối phân phối đều theo diện tích đáy bể bằng hệ thống thu nước lọc. Thời gian xối thường từ 12 đến 15 phút. Cường độ xối chọn theo bảng sao cho toàn bộ lớp cationit kể cả lớp dưới gồm các hạt lớn nhất đều lơ lửng trong dòng nước và có độ dẫn nở 5 - 10%

Cỡ hạt $D_{80}mm$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Cường độ xối $l/s.m^2$	1,5	1,8	2	2,5	3,3	3,5	4	4,5	5

Khoảng cách từ mép máng hay phễu thu đến bề mặt lớp cationit lấy bằng nửa chiều dày của lớp, tốc độ chuyển động của nước trong ống dẫn lấy 1,5 - 2m/s.

3. Hoàn nguyên

Mục đích của việc hoàn nguyên bể lọc cationit là khôi phục lại khả năng trao đổi của cationit.

Mức độ hoàn nguyên cationit được đặc trưng bằng hệ số hiệu quả hoàn nguyên:

$$\alpha = \frac{E_{Na}}{E_{Tp}} \quad (11.43)$$

Nếu phản ứng hoàn nguyên Na - cationit diễn ra theo sơ đồ phản ứng:



thì phương trình trao đổi đẳng nhiệt ở cuối quá trình hoàn nguyên có dạng:

$$\frac{E_{tp}(E_{tp} - E_{Na})}{E_{Na}^2} = K_{hn} \left[\frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \right]_{h.n} \quad (11.45)$$

Thay vào phương trình này giá trị E_{Na} từ phương trình (11.43) thu được:

$$\frac{E_{tp}^2(1 - \alpha)}{\alpha^2 \cdot E_{tp}^2} = K_{hn} \left[\frac{a_{Ca}}{a_{Na}^2} \right]_{h.n} \quad \text{và rút ra:}$$

$$\alpha_{Na} = \frac{a_{Na}^2}{2K_{h.n} a_{Ca}} \left[\sqrt{\frac{4K_{hn} a_{Ca}}{a_{Na}^2} + 1} - 1 \right], \quad (11.46)$$

Trong đó: a_{Na} , a_{Ca} - nồng độ natri và các cation muối cứng trong dung dịch hoàn nguyên ở cuối quá trình hoàn nguyên.

Từ (11.46) thấy rằng: hệ số hiệu quả hoàn nguyên α là hàm số của tỷ số nồng độ natri đối với nồng độ các muối cứng trong dung dịch hoàn nguyên ở cuối quá trình hoàn nguyên. Có thể tăng trị số α_{Na} đến gần 1 bằng cách tăng nồng độ natri trong dung dịch hoàn nguyên hoặc giảm độ cứng trong dung dịch ở cuối quá trình hoàn nguyên. Tăng nồng độ natri trong dung dịch hoàn nguyên thường dẫn đến việc tăng lượng muối ăn dùng để hoàn nguyên. Vì thế để nâng cao hiệu quả hoàn nguyên thường chỉ tăng nồng độ muối ăn ở cuối quá trình hoàn nguyên. Đầu quá trình dùng dung dịch muối nồng độ 1,5 - 2%, cuối quá trình dùng dung dịch muối 7 - 8%. Khi chọn chế độ hoàn nguyên cần chú ý rằng: để có thể khử được hoàn toàn Ca^{2+} và Mg^{2+} ra khỏi các hạt cationit bằng dung dịch muối ăn ở nhiệt độ thấp (10 - 15°) cần không ít hơn 3 lần thay đổi dung dịch hoàn nguyên tiếp xúc với bề mặt các lỗ rỗng trong lớp lọc cationit. Trong thời gian 30 phút, thể tích của dung dịch hoàn nguyên lấy không ít hơn 1,5m³ ứng với 1m³ thể tích của lớp cationit trong bể lọc. Tăng nhiệt độ của dung dịch hoàn nguyên đến 30 - 40°C, làm tăng nhanh quá trình khuếch tán và cho phép nâng cao hiệu quả quá trình hoàn nguyên.

Số lượng muối ăn để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit một bậc phụ thuộc vào hệ số hiệu quả hoàn nguyên α có thể chọn theo bảng (11.5) hoặc tính theo (11.46).

Bảng 11.5. Giá trị của hệ số α

Lượng muối đơn vị tiêu thụ γ_m để hoàn nguyên cationit tính bằng gam/dlg khả năng trao đổi của cationit	100	150	200	250	300	400
Hệ số hiệu quả hoàn nguyên α_{Na}	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9	0,91

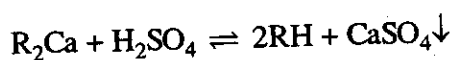
Căn cứ vào độ cứng cho phép còn lại trong nước sau khi làm mềm theo công thức (11.41), có thể tính được hệ số hiệu quả hoàn nguyên α_{Na} cần thiết, sau đó theo bảng (11.5) chọn ra lượng muối đơn vị để hoàn nguyên.

Đối với bể lọc Na - cationit bậc I trong sơ đồ Na - cationit hai bậc, ta hoàn nguyên bằng dung dịch muối ăn nồng độ 2 - 3% lượng muối tiêu thụ từ 125 - 150 gam NaCl/1 gam đương lượng của khả năng trao đổi E_{Na}^{IV} của cationit, còn đối với bể Na - cationit bậc II hoàn nguyên bằng dung dịch muối 10% lượng muối đơn vị tiêu thụ bằng 300 - 400 g cho 1 gam đương lượng trao đổi của Na - cationit (lấy trị số lớn của lượng tiêu thụ muối khi làm mềm nước có hàm lượng muối cao). Để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit, đặc biệt là bể Na - cationit bậc II có thể dùng muối ăn không bị nhiễm muối cứng. Nếu dùng muối ăn có độ cứng cao sẽ làm giảm hệ số hiệu quả hoàn nguyên và tăng độ cứng của nước sau khi làm mềm.

Khi làm mềm nước có độ cứng cao (> 15 mdlg/l) hay có hàm lượng muối cao (> 350 - 400 mg/l), cũng như trong trường hợp dùng sơ đồ cationit một bậc, để tiết kiệm lượng

muối hoặc axit và để đảm bảo độ triệt để cần thiết của quá trình làm mềm, thường hoàn nguyên bể lọc theo nguyên tắc ngược dòng: khi làm việc bình thường, nước lọc đi từ trên xuống dưới, khi hoàn nguyên cho dung dịch đi từ dưới lên trên. Để tránh hiện tượng kéo các hạt cationit theo dung dịch hoàn nguyên ra khỏi bể lọc thì tốc độ chuyển động của dung dịch hoàn nguyên và nước rửa trong bể lọc không được lớn hơn 8 - 10m/h, điều này đòi hỏi phải tăng thời gian hoàn nguyên lên một chút. Nhược điểm đó của quá trình hoàn nguyên ngược chiều được bù lại bằng sự sử dụng triệt để dung dịch hoàn nguyên và hoàn nguyên hết được các lớp cationit nằm phía dưới của bể lọc, góp phần nâng cao hiệu quả hoàn nguyên và độ triệt để của quá trình làm mềm.

Hoàn nguyên bể lọc H - cationit có thể thực hiện bằng dung dịch axit clohydric hay axit sunfuric. Khi dùng axit sunfuric nồng độ H_2SO_4 trong dung dịch hoàn nguyên không được vượt quá 1,5%. Nếu nồng độ H_2SO_4 trong dung dịch hoàn nguyên lớn có thể làm lắng đọng thạch cao $CaSO_4$ trên bề mặt các hạt cationit và trong khe hở của hệ thống ống phân phối và thu nước, và khi đó tích nồng độ SO_4^{2-} và Ca^{2+} sẽ lớn hơn tích số hoà tan của $CaSO_4$.



Để tránh lắng đọng thạch cao trong bể H - cationit, khi hoàn nguyên cần cho dung dịch axit qua lớp cationit một cách nhanh chóng và liên tục, còn bể lọc sau khi hoàn nguyên phải rửa sạch ngay bằng nước để loại trừ các sản phẩm hoàn nguyên. Nếu pha hexameta photphat natri vào dung dịch axit H_2SO_4 có nồng độ lớn hơn 1,5% với liều lượng từ 250 - 300 g/m³ thì có thể tránh được lắng đọng thạch cao khi hoàn nguyên bể lọc.

Hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch axit sunfuric 1,5% cho phép đạt được mức độ sử dụng dung dịch hoàn nguyên khá tốt, gần với lý thuyết, nhưng nồng độ thấp của axit trong dung dịch hoàn nguyên thường không đảm bảo hoàn nguyên đầy đủ cationit đặc biệt là cationit có dung tích lớn. Khi cần hoàn nguyên triệt để cationit có dung tích lớn thì phải dùng hoặc là axit clohydric, (giá đắt hơn H_2SO_4), hoặc áp dụng phương pháp hoàn nguyên theo hai bậc. Đầu tiên hoàn nguyên bể lọc H - cationit bằng dung dịch H_2SO_4 1% hoặc bằng dung dịch NaCl để đuổi phần lớn ion Ca^{2+} và Mg^{2+} , sau đó hoàn nguyên bằng dung dịch H_2SO_4 : 5 - 10% vì SO_4^{2-} không tạo với natri thành hợp chất khó hoà tan trong nước.

Để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit có thể dùng nước biển, dùng dung dịch muối xả ra từ nồi hơi hay các thiết bị bốc hơi khi nước cấp cho nồi hơi là nước biển đã được làm mềm.

Hoàn nguyên bể lọc, amon - cationit bằng dung dịch 2-3% sunfat hay clorit amoni; lượng tiêu thụ đơn vị của sunfat amoni khi hoàn nguyên bể lọc amoni cationit lấy bằng 200 gam cho 1 gam đương lượng trao đổi của cationit. Khi áp dụng sơ đồ hai bậc, để hoàn nguyên bể lọc amon - cationit bậc I, lượng tiêu thụ đơn vị sunfat amoni lấy 140g/dlg, bậc II lấy 250 - 300 g/dlg.

4. Rửa nước sau khi hoàn nguyên hay còn gọi là thời gian xả nước lọc đầu

Cho nước nguồn vào bể lọc với tốc độ chậm 5 - 8 m/h để rửa dung dịch muối hoàn nguyên còn đọng lại trong lớp vật liệu, xả nước lọc đầu đến khi nồng độ ion clo trong nước rửa bằng nồng độ ion clo trong nước nguồn thì ngừng lại và cho bể lọc vận hành với quy trình lọc bình thường. Nên có bể giữ lại 1/2 nước rửa để xối bể lọc.

11.3.7. Tính toán bể lọc Na - cationit

Tính toán công nghệ, bể lọc Na - cationit bao gồm việc xác định tổng diện tích và số bể lọc cần thiết để làm mềm lượng nước yêu cầu có độ cứng nhất định. Tổng diện tích các bể lọc cationit xác định theo công thức sau:

$$F = \frac{Q_{\text{ngày}}}{v_t [T - n(t_x + t_h + t_r)]} \quad (11.47)$$

Trong đó:

$Q_{\text{ngày}}$ - lưu lượng có ích của các bể lọc Na - cationit ($\text{m}^3/\text{ngày}$);

T - số giờ làm việc của trạm trong ngày;

n - số lần hoàn nguyên trong ngày;

t_x - thời gian xối lớp cationit, thường lấy bằng 0,25 giờ;

t_h - thời gian hoàn nguyên, thường lấy 25 - 30 phút tức là 0,45 - 0,5 giờ;

t_r - thời gian rửa bể sau khi hoàn nguyên 0,75 - 0,83 giờ (50 phút);

v_t - tốc độ lọc tính toán (m/h), xác định theo (11.31)

$$v_t = \frac{E_{IV} \cdot H}{T_1 \cdot C_o + 0,02 E_{IV} d_{80}^2 (\ln C_o - \ln C_c)} \quad (11.47a)$$

C_o - độ cứng toàn phần của nước nguồn (dlg/m^3);

C_c - độ cứng cho phép còn lại;

T_1 - thời gian của một chu kỳ làm việc của bể lọc giữa hai lần hoàn nguyên (h):

$$T_1 = \frac{T}{n} - (t_x + t_h + t_r);$$

d_{80} - đường kính cỡ hạt 80% (đối với cationit dùng để làm mềm nước có thể lấy $d_{80} = 0,8 \div 1,2\text{mm}$);

H - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m);

Đối với bể lọc Na - cationit áp lực $H = 2 \div 2,5\text{m}$.

Bể lọc hở $H = 2,5 \div 4\text{m}$.

Bể lọc hoàn nguyên ngược chiều $H = 4,7\text{m}$.

Bể lọc Na - cationit bậc II $H = 1,5\text{m}$;

E_{lv} - khả năng trao đổi cân bằng ở trạng thái làm việc của cationit (đlg/m^3) tính theo công thức (11.24).

$$E_{Na}^{lv} = \alpha \cdot \beta_{Na} \cdot E_{tp} - \varphi \cdot C_{or} \cdot q ,$$

Trong đó:

α - chọn theo bảng (11.5);

β - chọn theo bảng (11.4);

E_{tp} - chọn theo bảng (11.2);

$\varphi = 0,5$;

$q = 5\text{m}^3 \text{ nước}/1\text{m}^3 \text{ cationit}$.

- Tốc độ lọc tính theo công thức (11.47a) không được nhỏ hơn 3 m/h và không được lớn hơn các trị số ghi trong bảng (11.6): ở đây coi tốc độ lọc là tốc độ làm việc bình thường khi tất cả các bể lọc Na - cationit trong trạm đều hoạt động trừ bể lọc dự trữ. Còn tốc độ lọc tăng cường là tốc độ lọc của các bể còn lại trong trạm trong thời gian hoàn nguyên một hay hai bể lọc.

Bảng 11.6

Độ cứng của nước nguồn (mđlg/l)	Tốc độ lọc m/h ở chế độ	
	Làm việc bình thường	Tăng cường
0,5 - 1	30 - 25	45 - 35
1 - 3	25 - 20	35 - 30
3 - 6	20 - 15	30 - 25
6 - 10	15 - 10	25 - 20

- Thể tích cần thiết của cationit xác định theo công thức sau:

$$W = \frac{Q_{\text{ngày}} \cdot C_o}{n \cdot E_{lv}^{Na}} , (\text{m}^3) \quad (11.48)$$

Trong đó:

Q - $\text{m}^3/\text{ngày}$;

C_o - độ cứng tổng của nước nguồn (đlg/m^3);

E_{lv}^{Na} - đlg/m^3 ;

n - số lần hoàn nguyên trong ngày.

- Số bể lọc Na - cationit bậc I cần thiết tính theo công thức:

$$m = \frac{4F}{\pi \cdot D^2} + e , \quad (11.49)$$

Trong đó:

F - tổng diện tích các bể lọc tính theo (11.47) (m^2);

D - đường kính trong của bể lọc (m), cần chọn đường kính bể lọc sao cho tổng số bể lọc trong trạm là ít nhất nhưng số bể lọc làm việc đồng thời không ít hơn 2;

e - số bể lọc dự trữ trong trạm: chọn e = 1 khi trong trạm có ít hơn 6 bể làm việc đồng thời; e = 2 khi trong trạm số bể lọc làm việc đồng thời lớn hơn 6.

Khi tính toán bể lọc Na - cationit bậc I: hoặc chọn trước chiều cao lớp cationit $H = 2,5m$, và cho trước số lần hoàn nguyên trong ngày n. Rồi tính tốc độ lọc theo công thức (11.47a); hoặc chọn trước tốc độ lọc tính toán theo bảng (11.6) và cho trước số lần hoàn nguyên trong ngày rồi xác định chiều dày cần thiết của lớp cationit trong bể lọc theo công thức sau (tương tự công thức 11.32):

$$H = \frac{T_1 \cdot v_1 \cdot C_o}{E_{lv}^{Na}} + 0,025 v_1 \cdot d_{80}^2 \ln \cdot C_o, (m) \quad (11.50)$$

Tốc độ lọc nước trong bể lọc Na - cationit bậc II v_{l2} chọn trong giới hạn từ 25 - 60m/h. Chiều dày lớp cationit $H_2 = 1,5m$. Lưu lượng hữu ích đúng bằng lưu lượng yêu cầu của đối tượng tiêu thụ nước. Thời gian của một chu kỳ làm việc giữa hai lần hoàn nguyên tính theo công thức (tương tự công thức 11.30).

$$T_2 = \frac{E_{lv}^2 \cdot H_2}{v_{l2} \cdot C_{O_2}} - 0,025 \cdot d_{80}^2 \cdot \ln \cdot C_{O_2} \quad (11.51)$$

Các kí hiệu trong công thức (11.51) xem giải thích ở công thức (11.47a), chỉ số 2 trong kí hiệu các trị số này tính cho bể lọc Na - cationit bậc II. Khả năng trao đổi khi làm việc của cationit trong bể lọc Na - cationit bậc II (tương tự công thức (11.24) bằng:

$$E_{lv}^2 = \alpha_2 \cdot \beta \cdot E_{tp} \quad (11.52)$$

Trong đó:

α_2 - chọn trong bảng (11.5), với lượng muối tiêu thụ đơn vị khi hoàn nguyên, 400g/1 đlg muối cứng được khử ra khỏi nước;

β - chọn theo bảng (11.4), lấy nồng độ natri trong nước bằng tổng nồng độ của canxi, magie, natri và kali trong nước nguồn.

Dùng nước đã lọc qua bể lọc Na - cationit bậc I để rửa bể lọc Na - cationit bậc II sau khi hoàn nguyên.

Độ cứng của nước đưa vào bể lọc cationit bậc II: C_{O_2} lấy bằng hai lần độ cứng trong nước đã được lọc qua bể lọc bậc một, xác định theo công thức (11.41).

$$C_{O_2} = 2 \cdot \varphi_{Na} \frac{1 - \alpha_2}{\alpha_2} P^2.$$

Tổn thất áp lực trong bể lọc cationit có thể lấy theo bảng (11.7).

Bảng 11.7. Tổn thất áp lực trong lớp cationit

Tốc độ lọc (m/h)	Tổn thất trong lớp lọc cationit (m) với cỡ hạt bằng mm			
	0,3 - 0,8 (mm)		0,5 - 1,1 (mm)	
	Chiều cao lớp cationit trong bể lọc (m)			
	2	2,5	2	2,5
5	5	5,5	4	4,5
10	5,5	6	5	5,5
15	6	6,5	5,5	6,0
20	6,5	7	6	6,5
25	9	10	7	7,5

11.3.8. Tính toán bể lọc H và Na - cationit

Sơ đồ làm mềm nước bằng bể lọc H và Na - cationit được áp dụng trong các trường hợp đồng thời với làm mềm đòi hỏi giảm cả độ kiềm của nước.

Dùng sơ đồ bể lọc H - cationit làm việc song song với bể lọc Na - cationit sau đó khử khí CO₂ trong nước đã trộn lẫn với nhau rồi lọc qua bể lọc Na - cationit bậc II để làm mềm tiếp và để điều chỉnh trị số pH, cho phép giảm độ cứng của nước nguồn xuống 0,01 mdlg/l và độ kiềm xuống 0,35 mdlg/l. Để thu được nước trung hòa phải tính toán lưu lượng nước cấp vào bể H - cationit và Na - cationit sao cho độ kiềm của nước lọc qua Na - cationit đủ để trung hòa độ axit có trong nước lọc qua H - cationit.

Độ axit của nước lọc khi qua bể lọc H - cationit bằng tổng hàm lượng muối của các axit mạnh trong nước nguồn $\sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$. Như vậy tổng lượng axit trong nước lọc qua H - cationit bằng $Q_H \sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$. Còn độ kiềm của nước nguồn khi lọc qua bể lọc Na - cationit không giảm nên tổng lượng kiềm cần khử trong nước lọc qua Na - cationit bằng $Q_{Na}(K_{tp} - a)$; a là độ kiềm cho phép còn lại trong nước sau làm mềm (mdlg/l).

Để thu được nước trung tính ta phải có:

$$Q_H \sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) = Q_{Na}(K_{tp} - a) \text{ và } Q_{tt} = Q_H + Q_{Na};$$

giải phối hợp hai phương trình này ta rút ra:

$$Q_H = \frac{Q_{tt}(K_{tp} - a)}{K_{tp} + \sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) - a}; \tag{11.53}$$

$$Q_{Na} = Q_{tt} - Q_H;$$

Trong đó:

Q_{tt} - lưu lượng nước tính toán (hữu ích) của trạm (m³/h);

K_{tp} - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (mdlg/l);

$\sum(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-)$ - tổng hàm lượng muối của các axit mạnh trong nước nguồn (mdlg/l).

Tốc độ của bể H - cationit v_{tt}^H xác định theo điều kiện bể lọc làm việc đến thời điểm giảm độ axit trong nước lọc đến không.

$$v_{tt}^H = \frac{E_{lv}^H \cdot H}{T_o(C_o + C_{Na}) + 0,025d_{80}^2 \ln(C_o + C_{Na})}, \quad (11.54)$$

Trong đó:

E_{lv}^H - khả năng trao đổi của H - cationit,

$$E_{lv}^H = \alpha_H \cdot E_{tp} - 0,5q_o(C_o + C_{Na} + C_K) \quad (11.55)$$

q_o - lưu lượng đơn vị của nước trong dùng để rửa H - cationit sau khi hoàn nguyên bằng $5m^3/1m^3$ cationit;

C_o - độ cứng toàn phần của nước nguồn;

C_{Na}, C_K - nồng độ của natri và kali trong nước nguồn (mdlg/l);

E_{tp} - khả năng trao đổi toàn phần của cationit chọn trong bảng (11.2);

T_o - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit đến thời điểm độ axit trong nước đã lọc giảm đến 0, tính theo (11.35);

d_{80} - đường kính cỡ hạt 80% của lớp cationit (mm);

H - chiều cao lớp cationit trong bể lọc H - cationit (m), thường lấy từ 2 - 2,5m đối với bể bậc I và 1,5m đối với bể bậc II;

α_H - hệ số hiệu quả hoàn nguyên, phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của axit có thể chọn theo bảng (11.8).

Bảng 11.8. Giá trị của hệ số α_H

Lượng tiêu thụ đơn vị H_2SO_4 (g/dlg) ion được hấp thụ	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	250
Giá trị của α_H	0,62	0,68	0,74	0,78	0,81	0,83	0,85	0,89	0,91	0,92	0,93	0,95

Thể tích cần thiết của lớp cationit trong bể H - cationit:

$$W_H = \frac{Q^H(C_o + C_{Na}) \cdot 2H}{n \cdot E_{lv}^H} \quad (11.56)$$

Trong đó: n - số lần hoàn nguyên trong ngày.

Số bể lọc H - cationit dự trữ trong trạm cũng lấy như đối với trạm chỉ có bể Na - cationit. Tất cả các bể lọc dự trữ phải được chống gỉ để có thể làm việc thay cho H - cationit cũng như Na - cationit.

Bể lọc Na - cationit bậc II trong sơ đồ này cũng tính như bể Na - cationit bậc I trong sơ đồ Na - cationit hai bậc.

Trong quá trình làm việc của bể lọc H - cationit, nước qua bể lọc có độ axit giảm dần tính theo thời gian vì thế để giữ độ kiềm không đổi trong nước hỗn hợp cần phải xây bể chứa lớn, chứa đủ lượng nước để điều hoà với quá trình thay đổi độ axit trong nước lọc qua H - cationit, hoặc đặt van tự động điều chỉnh phân phối lưu lượng giữa hai bể Na - và H - cationit để luôn luôn thu được hỗn hợp nước có tính trung hoà.

Sơ đồ H và Na - cationit nối tiếp.

Khử khí CO_2 sau bể H - cationit sau đó lọc qua hai bậc Na - cationit được dùng để làm mềm nước có hàm lượng muối cao (lớn hơn 700 - 1000 mg/l). Bể lọc H - cationit phải ngừng để hoàn nguyên khi độ kiềm trong nước lọc qua nó đạt đến 0,5 - 0,7 mđlg/l. Tính toán các bể lọc của sơ đồ này cũng như cách tính các bể lọc trong các sơ đồ trên.

11.3.9. Làm mềm nước bằng Na - cationit và Cl- anionit

Làm mềm nước đồng thời giảm độ kiềm của nó có thể thực hiện được bằng cách cho nước lọc qua bể lọc hỗn hợp cationit và anionit hoặc là lọc nối tiếp: đầu tiên qua bể lọc cationit sau đó qua bể lọc anionit. Hai bể lọc này đều hoàn nguyên bằng muối ăn. Bể cationit chuyển thành dạng Na - cationit còn bể anionit chuyển thành dạng Cl - anionit. Khi lọc nước qua bể lọc Na - cationit, ion Na^+ sẽ trao đổi với cation của các muối cứng của nước, còn lọc qua Cl - anionit nó sẽ hấp thụ tất cả các anion SO_4^{2-} và HCO_3^- và nhả vào nước một lượng tương đương anion Cl^- .

Độ cứng của nước sau khi làm mềm bằng phương pháp này giảm đến 0,01 mđlg/l, còn độ kiềm giảm đến 0,2 - 0,6 mđlg/l.

Cationit trong bể lọc Na - cationit của sơ đồ Na - cationit và Cl - anionit có thể chọn bất kỳ cationit axit mạnh nào: sunfua cacbon KY - 1 hay KY - 2. Còn anionit trong bể Cl - anionit có thể chọn anionit kiềm yếu hoặc kiềm mạnh.

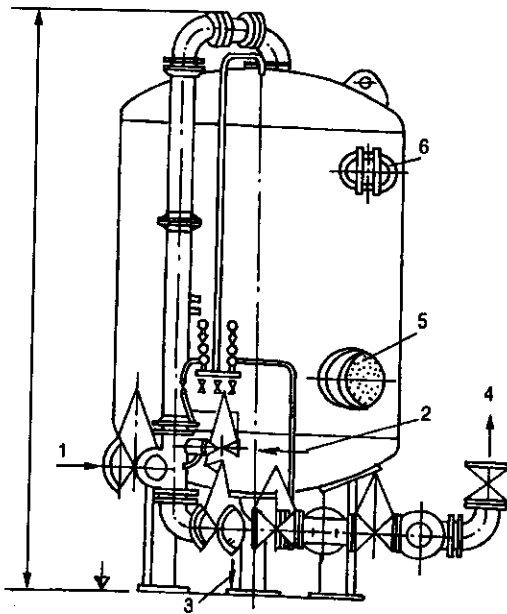
Khả năng trao đổi khi làm việc của cationit xác định theo công thức (11.24) như đối với bể Na - cationit thường. Còn khả năng trao đổi khi làm việc của anionit phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của muối. Khi hoàn nguyên anionit bằng dung dịch muối 5%, nhiệt độ 70°C , lượng tiêu thụ đơn vị 170g/dlg anion được hấp thụ, thì khả năng trao đổi khi làm việc của anionit đối với tổng của SO_4^{2-} và HCO_3^- đạt tới 1000 - 1100 dlg/m³.

Còn khi chỉ tính khả năng trao đổi của anionit đối với riêng HCO_3^- , lượng tiêu thụ đơn vị của muối đến 500 - 600 g/dlg, thì khả năng trao đổi của anionit không vượt quá 300 - 500dlg/m³. So với phương pháp làm mềm nước bằng H và Na - cationit, trong trường hợp làm mềm nước để cấp cho nồi hơi áp lực thấp và cấp cho thiết bị bốc hơi thì phương pháp này có các ưu điểm sau: không cần dùng axit và các thiết bị để pha chế và định lượng axit, bảo vệ được các thiết bị khỏi gỉ, kiểm tra và quản lý đơn giản.

Khuyết điểm của phương pháp này là làm tăng hàm lượng clorit trong nước lên một trị số bằng độ kiềm của nước nguồn và nâng cao hàm lượng CO_2 .

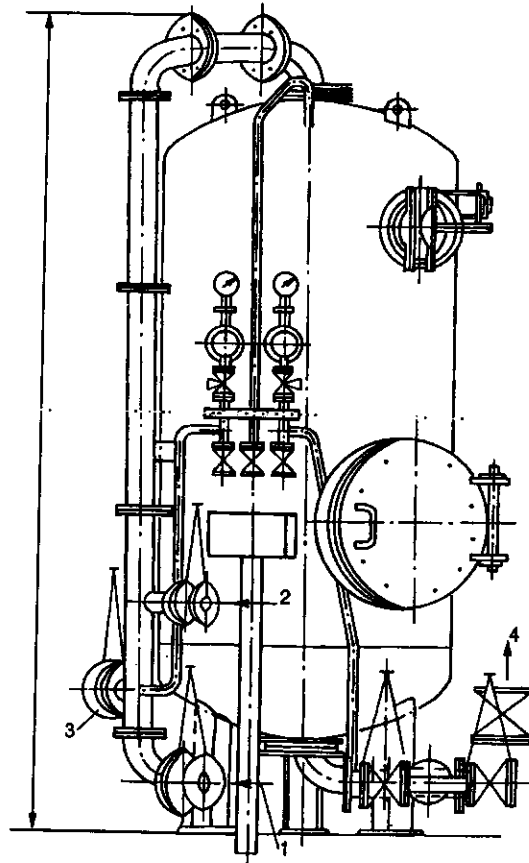
11.3.10. Cấu tạo bể lọc cationit

Cấu tạo của bể lọc cationit gồm: Vỏ bể, hệ thống thu nước lọc và phân phối nước để xối lớp cationit, hệ thống phân phối dung dịch hoàn nguyên theo diện tích bể, và hệ thống thu nước rửa và phân phối nước nguồn đều theo diện tích bể. Bể lọc cationit có thể là bể áp lực đặt đứng, đặt nằm ngang hay là bể lọc hở. Thường người ta sử dụng rộng rãi bể cationit áp lực đặt thẳng đứng (hình 11.8).



Hình 11.8a: Bể lọc Na - cationit bậc I (áp lực đặt đứng)

1. Ống dẫn nước thô; 2. Ống dẫn dung dịch;
3. Xả nước rửa; 4. Dẫn nước lọc ra; 5. Cửa đổ vật liệu hoàn nguyên; 6. Cửa thăm.



Hình 11.8b: Bể lọc áp lực H - cationit đặt đứng

11.3.11. Các thiết bị phụ của trạm làm mềm nước bằng cationit

Trong trạm làm mềm nước bằng cationit ngoài các bể lọc cationit cần phải có các thiết bị và công trình để phục vụ việc hoàn nguyên và rửa bể lọc trong quá vận hành như: thùng chứa và kho dự trữ muối và axit, bể chứa nước để xối lớp cationit trong bể lọc, dàn

khử khí CO₂, thùng pha dung dịch axit đậm đặc hay dung dịch muối bão hòa, thiết bị để đưa dung dịch hoàn nguyên vào bể lọc, thiết bị đo và kiểm tra v.v...

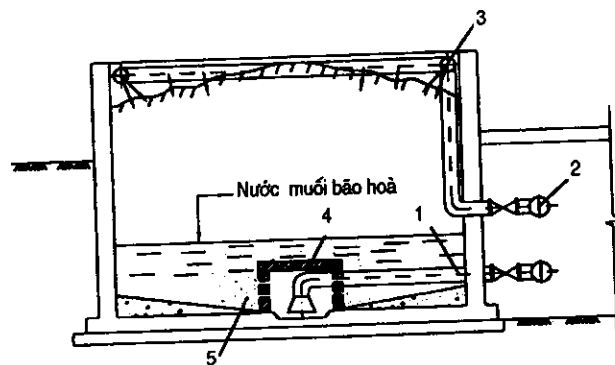
Muối dùng để hoàn nguyên bể lọc Na - cationit được dự trữ trong trạm ở dạng ướt. Muối trong bể dự trữ được hòa tan thành dung dịch bão hòa và dùng dần, phương pháp dự trữ muối ướt có ưu điểm:

1) Hàng ngày không phải vận chuyển muối từ kho dự trữ khô đến để pha thành dung dịch, không phải dùng thiết bị pha muối.

2) Đảm bảo đưa vào bể lọc dung dịch hoàn nguyên có nồng độ cố định chọn trước, điều này không thể đạt được trong các thiết bị hòa tan muối đặt trước bể lọc, vì nồng độ của nó thay đổi từ cao (lúc bắt đầu hòa tan) đến không (cuối kỳ hòa tan vì lượng muối trong bể hòa tan đã hết).

Trên hình (11.9) giới thiệu sơ đồ bể dự trữ muối ướt.

Hình 11.9: Sơ đồ chuẩn bị dung dịch muối bão hòa để hoàn nguyên bể Na - cationit
1. Ống hút của máy bơm;
2. Ống dẫn nước áp lực để hòa tan muối;
3. Ống khoan lỗ phun nước;
4. Máng thu nước muối đã lọc;
5. Lớp sỏi cát lọc d = 2-3mm.



Dung tích bể chứa dự trữ muối ướt có thể xác định theo công thức (nồng độ dung dịch muối bão hòa trong kho: b = 26%):

$$W = \frac{Q^{Na} \cdot 24 \cdot C_o \cdot n \cdot \gamma_m \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b} \text{ (m}^3\text{)} \quad (11.57)$$

Trong đó:

Q^{Na} - lưu lượng nước qua bể lọc Na - cationit (m³/h);

C_o - độ cứng toàn phần trong nước nguồn (đlg/m³);

n - số ngày cần dự trữ muối, thường chọn từ 15 - 40 ngày;

γ_m - lượng tiêu thụ muối đơn vị (g/đlg) (tra bảng 11.5).

Lượng muối cần thiết để hoàn nguyên 1 bể lọc Na - cationit tính theo công thức:

$$G_m = \frac{F_{Na} \cdot H \cdot E_{lv}^{Na} \cdot \gamma_m}{1000} \text{ (kg)}, \quad (11.58)$$

Trong đó:

F_{Na} - diện tích bể lọc Na - cationit (m^2);

H - chiều dày lớp cationit trong bể lọc (m);

E_{iv}^{Na} - khả năng trao đổi cân bằng của Na - cationit trong bể lọc ($đlg/m^3$);

γ_m - lượng muối tiêu thụ đơn vị (g/đlg) tra bảng (11.5).

- Thể tích thùng đo dung dịch muối bão hòa, $b_1 = 26\%$ hay thể tích dung dịch muối bão hòa cần cho một lần hoàn nguyên một bể lọc.

$$W_1 = \frac{G_m}{10 \cdot b_1 \cdot \gamma} \quad (m^3) \quad (11.59)$$

Khi $b_1 = 26\%$, $\gamma = 1,201$:

$$W_1 = \frac{G_m}{10 \times 26 \times 1,201} = \frac{G_m}{312,26} \quad (m^3) \quad (11.59a)$$

- Thể tích thùng đựng dung dịch pha loãng 8 - 10%.

$$W_2 = \frac{G_m}{10 \cdot b_2 \cdot \gamma} \quad (m^3) \quad (11.60)$$

Khi $b_2 = 8\%$, $\gamma = 1,0585$:

$$W_2 = \frac{G_m}{10 \times 8 \times 1,0585} = \frac{G_m}{84,68} \quad (m^3) \quad (11.60a)$$

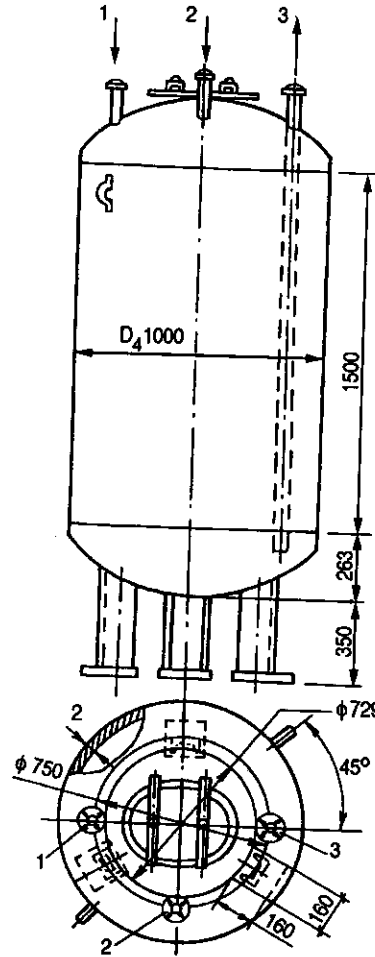
- Lưu lượng của máy bơm dung dịch hoàn nguyên 8 - 10% vào bể lọc Na - cationit xác định theo công thức:

$$q_b = \frac{W_2}{0,45 \div 0,50} \quad (m^3/h) \quad (11.61)$$

(0,45 - 0,50) giờ - thời gian hoàn nguyên;

W_2 - tính theo (11.60a).

Để hoàn nguyên bể lọc H - cationit thường dùng axit H_2SO_4 . Thiết bị chuẩn bị axit gồm: thùng chứa axit đậm đặc và các thiết bị hút axit đậm đặc từ thùng chứa, pha loãng đến nồng độ yêu cầu rồi chuyển vào bể H- cationit. Trên hình (11.10) giới thiệu sơ đồ thùng chứa axit đậm đặc.



Hình 11.10: Sơ đồ thùng chứa axit đậm đặc để hoàn nguyên bể H - cationit, dung tích $1,5m^3$
1. Cấp không khí nén để đưa axit ra;
2. Nạp axit vào; 3. Dẫn axit ra.

- Thể tích xitec dung axit đậm đặc dự trữ tính theo công thức:

$$W_x = \frac{Q_H \cdot 24 \cdot C_o \cdot m \cdot \gamma_a \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b \cdot \gamma}$$

$$W_x = 0,0024 \cdot \frac{Q_H \cdot C_o \cdot m \cdot \gamma_a}{b \cdot \gamma}, (m^3) \quad (11.62)$$

Trong đó:

Q^H - lưu lượng nước đi qua bể lọc H - cationit (m^3/h);

C_o - độ cứng toàn phần của nước nguồn (dlg/m^3);

γ_a - lượng tiêu thụ đơn vị của axit (g/dlg), (tra bảng 11.8);

m - số ngày dự trữ;

b - nồng độ axit H_2SO_4 đậm đặc từ 75 - 100%;

γ - trọng lượng riêng của axit đặc; $b = 100\%$; $g = 1,83 t/m^3$.

- Thể tích thùng đo dung dịch axit đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên 1 bể lọc H - cationit:

$$W_d = \frac{Q_H \cdot C_o \cdot t \cdot \gamma_a}{10000 \cdot b \cdot \gamma \cdot n}, (m^3) \quad (11.63)$$

Trong đó:

t - thời gian làm việc của bể lọc H - cationit giữa 2 lần hoàn nguyên;

n - số bể lọc H - cationit trong trạm.

- Các ký hiệu còn lại như công thức (11.62).

- Thể tích thùng chứa nước để xối lớp cationit trong bể lọc W_x phải đảm bảo xối liên tục hai bể và được xác định theo công thức:

$$W_x = 2 \cdot \frac{W \cdot F \cdot t_x \cdot 60}{1.000} = 0,12 W \cdot F \cdot t_x (m^3) \quad (11.64)$$

Trong đó:

W - cường độ xối ($l/s \cdot m^2$) chọn theo bảng (mục 6 - các quá trình vận hành);

F - diện tích bể cationit (m^2);

t_x - thời gian xối tính bằng phút, lấy từ 12 - 15 phút.

Đáy thùng phải đặt cao hơn mép máng hoặc phễu thu nước xối trong bể lọc từ 5 - 7m, và phải có biện pháp thu vào thùng này nước rửa và một phần dung dịch hoàn nguyên ra khỏi bể lọc ở cuối quá trình hoàn nguyên.

Để trung hòa độ axit của nước thải khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit có thể dùng vôi cục, đá vôi v.v... Để ngăn ngừa quá trình ăn mòn và phá hoại bề mặt trong và các chi

tiết của bể lọc H - cationit bởi nước axit, hoặc phải sản xuất bể H - cationit bằng thép không gỉ chống được dung dịch axit loãng, hoặc phải bảo vệ bằng lớp cách ly chống gỉ đặc biệt.

Ví dụ tính toán:

Ví dụ 1. Tính toán trạm làm mềm nước bằng Na - cationit với lưu lượng hữu ích cần thiết.

$Q = 2400\text{m}^3/\text{ngày}$; Q giờ = $100\text{ m}^3/\text{h}$; hàm lượng cặn trong nước nguồn: 6 mg/l ; độ màu $< 20^\circ$.

Độ cứng toàn phần của nước nguồn: $C_o = 6\text{mdlg/l}$ hay 6 đlg/m^3 .

Độ cứng cacbonat: $C_K = 1,9\text{mdlg/l}$.

Hàm lượng ion Na^+ trong nước nguồn $15\text{ mg/l} = 15/23 = 0,65\text{ mdlg/l}$.

Tổng hàm lượng muối $P = 7\text{ mdlg/l}$.

Độ cứng cho phép sau khi làm mềm: $0,2\text{ mdlg/l}$.

Giải:

Chọn sơ đồ Na - cationit một bậc, vì theo bảng (11.3) độ cứng còn lại sau Na - cationit một bậc có thể đạt tới: $0,03 - 0,05\text{ mdlg/l} < 0,2\text{ mdlg/l}$.

Nước sau khi làm mềm không yêu cầu giảm độ kiềm ($K_{io} = C_K = 1,9\text{ mdlg/l}$).

- Lưu lượng tính toán của trạm lấy bằng lưu lượng hữu ích: $q = 100\text{ m}^3/\text{h}$, vì nước dùng cho nhu cầu bản thân trạm (xối, rửa, pha dung dịch muối v.v.... dùng nước nguồn) (vì nước nguồn có độ trong đảm bảo).

- Chọn số lần hoàn nguyên trong ngày: $n = 2$.

Thời gian làm việc của bể lọc giữa 2 lần hoàn nguyên:

$$T_1 = \frac{1}{2} - (t_x + t_h + t_r) = \frac{24}{2} - (0,25 + 0,42 + 0,83) = 10,5\text{ giờ}.$$

- Khả năng trao đổi khi làm việc của Na - cationit theo (11.24):

$$E_{lv}^{\text{Na}} = \alpha \beta_{\text{Na}} \cdot E_{tp} - \varphi \cdot C_{or} \cdot q$$

α - Hệ số hiệu quả hoàn nguyên; khi độ cứng cho phép còn lại $0,2\text{ mg/l}$ theo công thức (11.41) ta có:

$$C_c = \gamma_{\text{Na}} \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha^2} \cdot P^2 = 0,2 = 0,00125 \cdot \frac{1-\alpha}{\alpha^2} \cdot 7^2.$$

Rút ra $\alpha \approx 0,81$.

β_{Na} - khi hàm lượng Na^+ trong nước nguồn là $0,65\text{ mdlg/l}$ trị số:

$$\frac{C_{Na}^2}{C_o} = \frac{0,65^2}{6} = 0,07; \text{ tra bảng (11.4) ta có: } \beta_{Na} = 0,86.$$

E_{ip} - khả năng trao đổi toàn phần của cationit sunfua cacbon loại I (bảng 11.2) bằng 550 đlg/m^3 ;

C_{or} - độ cứng của nước rửa (dùng nước nguồn $C_{or} = 6 \text{ mđlg/l}$);

q - lưu lượng đơn vị của nước rửa từ 4 - $5 \text{ m}^3/\text{m}^3$ cationit chọn:

$$q = 4; \varphi = 0,5.$$

$$E_{iv}^{Na} = 0,81 \times 0,86 \times 550 - 0,5 \times 4 \times 6 \approx 370 \text{ đlg/m}^3.$$

- Thể tích cần thiết của cationit tính theo (11.48):

$$W_{\text{sunfua cacbon}} = \frac{Q_{\text{ngày}} \cdot C_o}{n \cdot E_{iv}^{Na}} = \frac{2.400 \times 6}{2 \times 370} \approx 19,4 \text{ m}^3.$$

- Chiều dày lớp cationit trong bể lọc chọn bằng $H = 2,5 \text{ m}$.

Tốc độ lọc xác định theo công thức (11.47a):

$$v_{tt} = \frac{E_{iv}^{Na} H}{T_1 \cdot C_o - 0,02 E_{iv}^{Na} d_{80}^2 (\ln C_o - \ln C_c)}$$

$$v_{tt} = \frac{370 \times 2,5}{10,5 \times 6 - 0,02 \times 370 \times 0,8^2 \times (\ln 6 - \lg 0,2)} \approx 13 \text{ m/h}$$

$3 < v_{tt} < 15 \text{ m/h}$ (bảng 11.6) đạt yêu cầu.

Diện tích cần thiết của các bể lọc cationit theo (11.47):

$$F = \frac{Q_{\text{ngày}}}{v_{tt} \cdot [T - n(t_x + t_h + t_r)]};$$

$$F = \frac{2.400}{13 \times [24 - 2 \times (0,25 + 0,42 + 0,83)]} \approx 8,8 \text{ m}^2.$$

Chọn 2 bể lọc diện tích mỗi bể $f = 4,4 \text{ m}^2$. Đường kính bể:

$$D = \sqrt{\frac{4f}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4,4}{3,14}} \approx 2,4 \text{ m}.$$

Trong trạm đặt 3 bể, 2 làm việc, một dự trữ. Tốc độ lọc tăng cường khi 1 bể ngừng làm việc để hoàn nguyên.

$$v_{tc} = v_{tt} \cdot \frac{N}{N-1} = 13 \times \frac{2}{2-1} = 26 \text{ m/h} \text{ (nằm trong giới hạn cho phép: } 25 - 30 \text{ m/h)}.$$

Chiều dày lớp cationit: 2,5m. Thể tích thực tế của cationit:

$$W_{\text{sunfua cacbon}} = 8,8 \times 2,5 = 21,2 \text{ m}^3 > 19,4 \text{ m}^3 \text{ (đạt yêu cầu).}$$

Tổn thất qua lớp cationit chọn theo bảng (11.7): $H_w \approx 6,5\text{m}$.

Khi tăng cường $h_w = 10\text{m}$.

Lượng muối tiêu thụ để hoàn nguyên một bể Na - cationit theo (11.58):

$$G_m = \frac{f.H.E_{lv}^{Na} \cdot \gamma_m}{1000} \text{ (kg)}$$

γ_m - lượng tiêu thụ muối đơn vị $\alpha_{Na} = 0,81$ (tra bảng 11.5)

$$\gamma_m = 200 \text{ g/dlg.}$$

$$G_m = \frac{4,4 \times 2,5 \times 370 \times 200}{1000} = 814 \text{ kg.}$$

Muối dự trữ ướt trong kho, số ngày dự trữ $n = 15$ ngày. Dung tích bể chứa muối dự trữ (11.57)

$$W = \frac{Q.24.C_o.n.\gamma_m.100}{1000.1000.b}$$

$$W = \frac{2400 \times 6 \times 15 \times 200 \times 100}{1000 \times 1000 \times 26} = 166 \text{ m}^3.$$

Xây dựng hai bể chứa muối dung tích một bể 85 m^3 . Sâu 3,5m, dài 7m, rộng 4,8m.

Bể xây chìm để xe ben chở muối về có thể đổ thẳng vào bể. Thể tích cần thiết của thùng chứa dung dịch muối 8% để hoàn nguyên một bể lọc tính theo (11.60):

$$W_1 = \frac{G_m}{10.C.\gamma} = \frac{814}{10 \times 8 \times 1,0585} = 9,6 \text{ m}^3 \approx 10 \text{ m}^3.$$

Lưu lượng của bơm dung dịch muối hoàn nguyên theo (11.62):

$$Q_{\text{bơm}} = \frac{9,6}{0,5} = 19,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Mỗi lần hoàn nguyên bơm từ kho muối dự trữ ướt một thể tích dung dịch muối bão hòa 26%:

$$W = \frac{W_1.C}{b} = \frac{9,6 \times 8}{26} = 2,95 \text{ m}^3,$$

- Sau mỗi lần hoàn nguyên một bể Na - cationit, bơm $2,95 \text{ m}^3$ dung dịch muối bão hòa 26% từ kho muối lên thùng đựng dung dịch hoàn nguyên và pha loãng dung dịch đến thể tích $9,6 \text{ m}^3$ để có được nồng độ 8%.

Dung dịch muối như vậy được dự trữ sẵn cho lần hoàn nguyên sau.

- Thể tích thùng chứa nước rửa để xói cationit trước khi hoàn nguyên, tính theo (11.64).

$$W_x = 0,12 W.f.t_x = 0,12 \times 3 \times 4,4 \times 1,5 = 24 \text{ m}^3.$$

- Lưu lượng bơm nước xói:

$$Q = W.f = 3 \times 4,4 = 13,2 \text{ l/s} = 47,5 \text{ m}^3/\text{h}.$$

- Rửa lớp cationit sau khi hoàn nguyên

Thể tích nước cần thiết:

$$W_{\text{rửa}} = q.f.H = 4 \times 4,4 \times 2,5 = 44 \text{ m}^3.$$

Rửa trong thời gian 50 phút = 0,83h.

Lưu lượng bơm nước rửa cần thiết:

$$Q_b = \frac{44}{0,83} = 53,01 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Lượng nước tiêu thụ để pha dung dịch muối hoàn nguyên với tiêu chuẩn 10 lít nước/1kg muối.

$$W_m = \frac{814 \times 10}{1.000} = 8,14 \text{ m}^3.$$

Ngày hoàn nguyên hai lần, trong trạm có hai bể làm việc, như vậy lượng nước nguồn phục vụ cho nhu cầu bản thân công trình sẽ bằng:

$$Q_2 = 2 \times 2 \times (44 + 8,14) = 208 \text{ m}^3.$$

(không tính lượng nước xói vì dùng một nửa nước rửa ở cuối quá trình rửa).

Lượng nước nguồn phải bổ sung thêm cho trạm tính theo phần trăm:

$$P\% = \frac{Q_2 \cdot 100}{Q_{\text{ngày}}} = \frac{208 \times 100}{2.400} = 8,66\%.$$

Ví dụ 2. Tính toán trạm làm mềm nước công suất hữu ích: $100 \text{ m}^3/\text{h}$ hay $2.400 \text{ m}^3/\text{ngày}$.

Chất lượng nước nguồn:

Độ cứng toàn phần $C_o = 5,0 \text{ mđlg/l}$.

Độ kiềm: $K_t = 2,35 \text{ mđlg/l}$.

Hàm lượng cặn lơ lửng $\leq 6 \text{ mg/l}$.

Hàm lượng anion $(\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-) = A = 2,00 \text{ mđlg/l}$.

Hàm lượng ion $\text{Na}^+ = 14 \text{ mg/l} = \frac{14}{23} = 0,6 \text{ mđlg/l}$.

Độ kiềm cho phép sau làm mềm: $a = 0,35 \text{ mđlg/l}$.

Độ cứng yêu cầu: $0,05 \text{ mđlg/l}$.

Giải:

Áp dụng sơ đồ H - và Na - cationit làm việc song song vì cùng với giảm độ cứng cần giảm cả độ kiềm của nước.

- Lưu lượng nước đi qua bể lọc H - cationit tính theo (11.53):

$$Q_H = Q_{tt} \cdot \frac{K_t - a}{K_t + \sum (SO_4^{2-} + Cl^-) - a}$$

$$Q_H = 100 \times \frac{2,35 - 0,35}{2,35 + 2 - 0,35} = 50 \text{ m}^3/\text{h} = 50\% Q_{tt}.$$

Từ độ cứng cho phép sau khi làm mềm 0,05 mdlg/l, theo (11.42) tính ra: $Q_H = 0,83$. Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit tính theo (11.55):

$$E_{lv}^H = \alpha_H \cdot E_{tp} - 0,5q_o(C_o + C_{Na} + C_K);$$

$$E_{lv}^H = 0,83 \times 550 - 0,5 \times 5 \times (6 + 0,6) = 450 \text{ dl}/\text{m}^3.$$

Thể tích cần thiết của cationit trong bể lọc H - cationit (11.56)

$$W_H = \frac{Q_H(C_o + C_{Na})24}{n \cdot E_{lv}^H} = \frac{50 \times (6 + 0,6)24}{2 \times 450} = 8,8 \text{ m}^3.$$

Tốc độ lọc tính toán của bể H - cationit theo (11.54).

Chọn chiều dày của lớp cationit: $H_H = 2,5 \text{ m}$, ta có:

$$v_{tt} = \frac{E_{lv}^H \cdot H_H}{T_o \cdot (C_o + C_{Na}) + 0,025d_{80}^2 \ln(C_o + C_{Na})};$$

$$v_{tt} = \frac{450 \times 2,5}{10,5 \times (6 + 0,6) + 0,025 \times 0,8^2 \times \ln(6 + 0,6)} \approx 15 \text{ m}/\text{h}.$$

Diện tích cần thiết của các bể H - cationit.

$$F = \frac{W_H}{H_H} = \frac{8,8}{2,5} = 3,52 \text{ m}^2.$$

Chọn ba bể lọc, hai cái làm việc, một dự trữ. Đường kính bể: $d = 1,5 \text{ m}$.

Diện tích một bể: $f = 1,77 \text{ m}^2$.

Tổng diện tích thực tế: $F = 2 \times 1,77 = 3,54 \text{ m}^2$.

- Tốc độ lọc thực tế đạt được:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{50}{3,54} = 14,4 \text{ m}/\text{h} \approx 15 \text{ m}/\text{h}.$$

Lượng axit tiêu thụ G_a để hoàn nguyên một bể H - cationit: Với $\alpha_H = 0,83$, tra bảng (11.8) ta tìm được lượng tiêu thụ đơn vị của axit H_2SO_4 , bằng $Q_a = 90g/dlg$. Như vậy:

$$G_a = \frac{f_H \cdot H_H \cdot E_{iv}^H \cdot \gamma_a}{1.000} \text{ (kg);}$$

$$G_a = \frac{1,77 \times 2,5 \times 450 \times 90}{1.000} = 179 \text{ kg}$$

Lượng axit tiêu thụ để hoàn nguyên hai bể H - cationit (hai lần trong một ngày) sẽ là:

$$179 \times 2 \times 2 = 716 \text{ kg/ngày.}$$

- Thể tích xitec đựng axit đậm đặc 100% dự trữ cho 30 ngày tính theo (11.63):

$$W_a = \frac{50 \times 24 \times 6 \times 90 \times 30 \times 100}{1000 \times 1000 \times 100 \times 1,83} = 10,08 \text{ m}^3$$

- Khi nồng độ axit dự trữ lớn hơn 75% thùng và ống có thể làm bằng thép thường. Khi nồng độ axit bé hơn 75% phải làm bằng thép không gỉ.

- Thể tích thùng đo dung dịch axit đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên một bể lọc H - cationit tính theo (11.63):

$$W_d = \frac{50 \times 6 \times 90 \times 12}{10.000 \times 100 \times 1,83 \times 2} \approx 0,084 \text{ m}^3 \approx 84 \text{ lít.}$$

Chương 12

KHỬ MUỐI VÀ KHỬ MẶN

12.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỬ MUỐI VÀ KHỬ MẶN

Giảm lượng muối hoà tan trong nước đến hàm lượng cho phép đối với nước ăn uống gọi là khử mặn; còn giảm lượng muối hoà tan trong nước đến nồng độ bằng một vài mg hay một vài phần mười mg trong một lít gọi là khử muối.

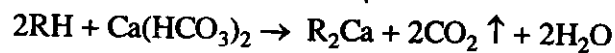
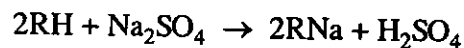
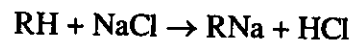
Khử mặn có thể đạt được bằng các phương pháp: Chưng cất, đóng băng, điện phân, lọc nước qua màng bán thấm, chiết ly, trao đổi ion. Khử muối có thể đạt được bằng các phương pháp: Chưng cất trong các thiết bị bốc hơi, trao đổi ion, điện phân trong chậu điện giải nhiều ngăn, lọc qua màng bán thấm.

Khi chọn phương pháp khử mặn và khử muối cần phải tính đến: hàm lượng muối của nước nguồn, công suất yêu cầu của trạm khử muối hay khử mặn, giá thành nhiên liệu đốt, giá thành điện năng và giá thành các hoá chất và vật liệu cần thiết. Trong thực tế thường gặp các trường hợp khử mặn đối với nguồn nước có hàm lượng muối từ 2000 đến 35000mg/l. Khi hàm lượng muối trong nước nguồn dưới 2000 - 3000mg/l kinh tế nhất là khử muối bằng phương pháp trao đổi ion (lọc qua bể lọc cationit và bể lọc anionit). Khi hàm lượng muối từ 3000 - 10000 mg/l dùng phương pháp điện phân. Nếu cần phải khử mặn nước biển có hàm lượng muối từ 10.000 - 35.000 mg/l thì dùng phương pháp chưng cất hay phương pháp làm đóng băng hoặc lọc qua màng bán thấm.

12.2. KHỬ MUỐI CỦA NƯỚC BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRAO ĐỔI ION

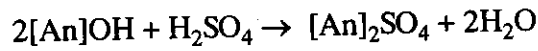
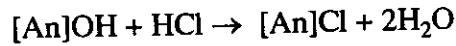
12.2.1. Nguyên lý và các chỉ tiêu làm việc của trạm lọc ionit

Khử muối của nước bằng phương pháp trao đổi ion tức là lọc nước qua bể lọc H - cationit và OH - anionit. Khi lọc nước qua bể lọc H - cationit do kết quả trao đổi các cation của muối hoà tan trong nước với các ion H^+ của hạt cationit, các muối hoà tan trong nước biến thành các axit tương ứng:



Và khi lọc tiếp nước đã được khử cation ở bể H - cationit qua bể lọc anionit (OH - anionit), các hạt anionit sẽ hấp thụ từ nước các anion của các axit mạnh như Cl^- , SO_4^{2-}

(khí cacbonic được khử ra khỏi nước bằng làm thoáng trước khi cho vào bể OH⁻ anionit) và nhả vào nước một số lượng tương đương anion OH⁻.



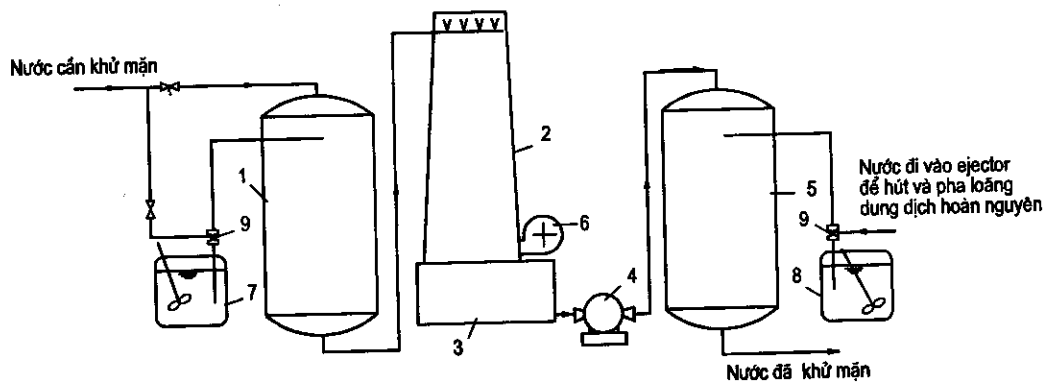
Các axit yếu hoà tan trong nước (axit silixic và axit cacbonic) chỉ được hấp thụ bằng các hạt anionit có nhóm hoạt tính là chất kiềm mạnh và khi trong nước không còn các anion của các axit mạnh (Cl⁻, SO₄²⁻ v.v...).

Vì thế để khử muối của các axit yếu hoà tan trong nước phải dùng sơ đồ bể lọc ionit 2 bậc. Qua bể lọc H - cationit bậc I khử được phần lớn cation của các muối hoà tan, sau đó lọc tiếp qua bể lọc anionit bậc I với lớp vật liệu lọc là các hạt anionit có nhóm hoạt tính kiềm yếu sẽ khử được anion của các axit mạnh (Cl⁻, SO₄²⁻, v.v...). Trong các bể lọc H - cationit và anionit bậc I nước được khử muối triệt để hơn, bể lọc anionit bậc I chứa lớp lọc là các hạt anionit kiềm mạnh để hấp thụ anion của các axit yếu (SiO₃²⁻, v.v...).

Các bể lọc H - cationit được hoàn nguyên bằng dung dịch axit nồng độ 1 - 1,5% còn các bể lọc anionit được hoàn nguyên bằng dung dịch kiềm hay soda (Na₂CO₃).

Sau khi rửa các bể lọc khỏi các sản phẩm hoàn nguyên, lại đưa bể vào làm việc bình thường để khử muối của nước. Trong các trạm khử muối bằng phương pháp trao đổi ion thường dùng các cationit hữu cơ axit mạnh, còn các anionit dùng cả hai loại: kiềm yếu (ở bể bậc I) và kiềm mạnh (ở bể bậc II).

Hình 12.1 giới thiệu trạm lọc ionit một bậc, được dùng để khử phần lớn muối hoà tan trong nước.

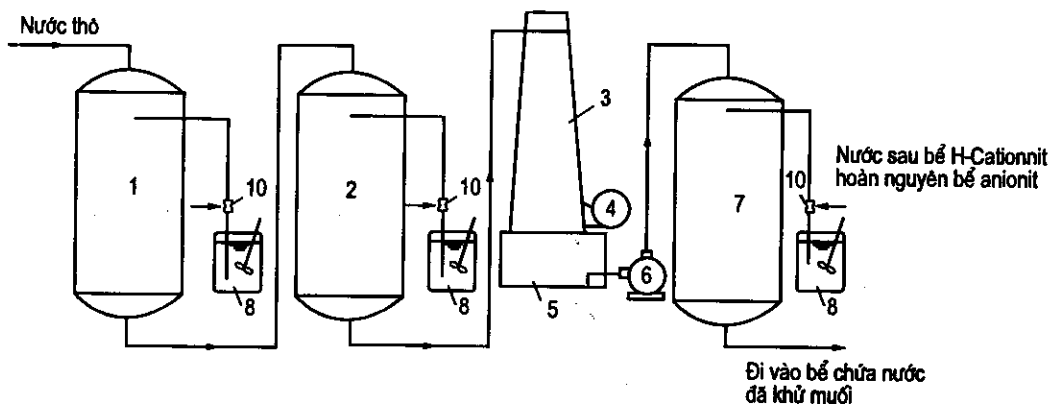


Hình 12.1: Sơ đồ trạm lọc ionit một bậc để khử mặn

1. Bể lọc H - cationit; 2. Tháp làm thoáng khử khí CO₂; 3. Bể tập trung nước;
4. Máy bơm; 5. Bể lọc anionit; 6. Quạt gió; 7. Thùng đựng dung dịch axit hoàn nguyên bể H - cationit; 8. Thùng đựng dung dịch xút để hoàn nguyên bể OH⁻ anionit; 9. Ejector hút dung dịch.

Nếu trong các bể lọc H - cationit dùng cationit là sunfua cacbon còn trong bể lọc anionit dùng anionit kiềm yếu, thì trạm khử muối ionit một bậc có thể giảm hàm lượng muối hoà tan trong nước từ 100 - 300 xuống còn 2 - 10 mg/l, khi đó hàm lượng axit silixic trong nước thực tế không bị giảm.

Khử muối hoà tan trong nước theo sơ đồ lọc ionit một bậc không kinh tế, vì bể lọc H - cationit phải ngừng làm việc để hoàn nguyên khi để lọt ion Na^+ vào nước lọc và tiêu tốn một khối lượng nước lớn để rửa bể H - cationit và bể anionit. Trạm ionit một bậc chỉ có thể đạt được hiệu quả khử muối cao khi hoàn nguyên các bể lọc bằng một lượng tiêu thụ đơn vị lớn của axit và kiềm. Để khử một phần muối hoà tan trong nước thường người ta dùng sơ đồ lọc qua bể H - cationit hai bậc, sau đó khử CO_2 rồi lọc tiếp qua bể anionit (hình 12.2).



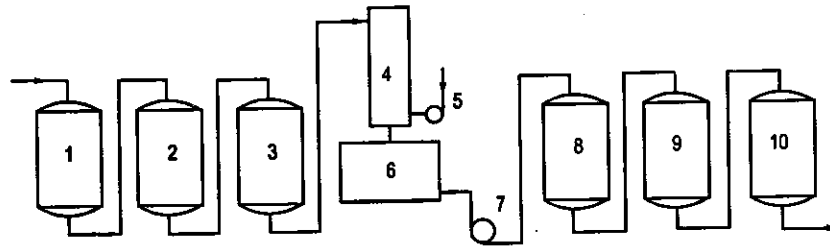
Hình 12.2: Sơ đồ trạm khử muối bằng ionit có hai bậc H - cationit

1. Bể lọc H - cationit bậc I; 2. Bể lọc H - cationit bậc II; 3. Tháp làm thoáng khử CO_2 ; 4. Quạt gió; 5. Bể thu nước; 6. Máy bơm; 7. Bể lọc OH - anionit; 8. Thùng đựng dung dịch axit hoàn nguyên bể H - cationit; 9. Thùng đựng dung dịch kiềm để hoàn nguyên bể OH - anionit; 10. Ejector.

Bể lọc H - cationit bậc I cho làm việc đến khi độ axit trong nước lọc giảm xuống bằng 20% trị số lớn nhất của nó và được hoàn nguyên bằng axit sunfuric với lượng tiêu thụ đơn vị 70 - 75 g/dlg các cation được hấp thụ sau một chu trình làm việc.

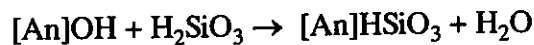
Bể lọc H - cationit bậc II làm việc đến khi cho lọt natri vào nước lọc và được hoàn nguyên bằng một lượng axit cao hơn tiêu chuẩn, thu dung dịch axit ở nửa cuối quá trình hoàn nguyên bể H - cationit bậc II, hoà với nước rửa để xối bể H - cationit bậc I, làm như vậy cho phép tiết kiệm được 15 - 20% lượng axit dùng để hoàn nguyên. Sơ đồ trạm lọc ionit (hình 12.3) với các bể lọc anionit kiềm mạnh cho phép giảm tổng hàm lượng muối hoà tan trong nước xuống từ 1 ÷ 3 mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,05 - 0,15mg/l tính theo SiO_3^{2-} .

Để khử muối hoà tan trong nước triệt để hơn người ta dùng sơ đồ lọc ionit hai bậc (hai bậc H - cationit và hai bậc anionit; bể lọc bậc I chứa các hạt anionit kiềm yếu, bậc II chứa các anionit kiềm mạnh). Với sơ đồ này, có thể giảm tổng hàm lượng muối từ 100 - 400mg/l xuống đến 0,1 - 0,2 mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,02 - 0,1 mg/l. Việc khử hoàn toàn muối hoà tan trong nước có thể đạt được trên các trạm lọc ionit ba bậc (hình 12.3).



Hình 12.3: Sơ đồ trạm ionit để khử hoàn toàn muối hoà tan trong nước

Nước nguồn cần khử muối đã được làm trong đi qua bể lọc H - cationit bậc I sang bể lọc anionit bậc I (2) có lớp lọc là các hạt anionit kiềm yếu. Nước lọc qua bể anionit bậc I đi sang bể lọc H - cationit bậc II (3) rồi chảy vào dàn khử khí CO₂ (4) có quạt gió (5). Nước sau khi khử CO₂ tập trung vào bể (6) được máy bơm (7) bơm vào bể lọc anionit bậc II (8) chứa anionit kiềm mạnh. Bể anionit bậc II có nhiệm vụ khử axit silixic hoà tan còn lại trong nước sau bể lọc bậc I.



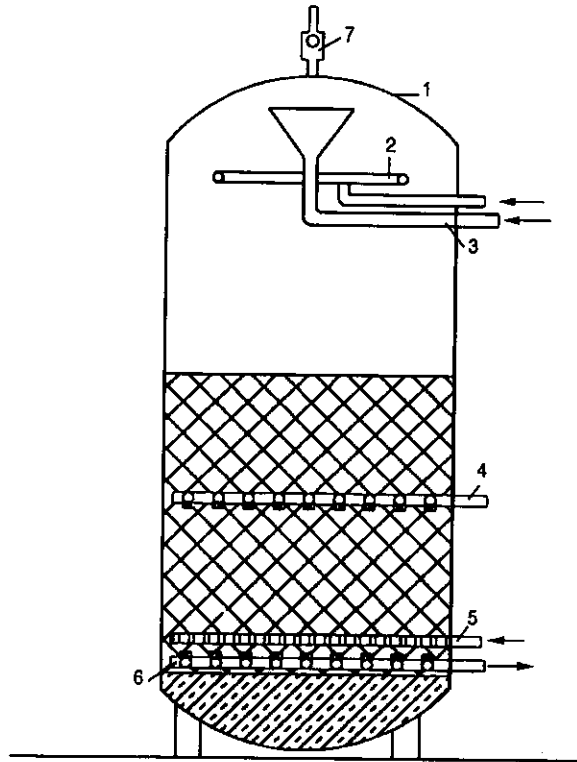
Anionit kiềm mạnh trong bể lọc bậc II được hoàn nguyên bằng dung dịch xút (NaOH) với nồng độ 2 - 3% ở đầu quy trình hoàn nguyên và 0,2 - 0,3% ở cuối quy trình hoàn nguyên.

Dung dịch hoàn nguyên sau khi đi qua bể anionit bậc II ngoài xút còn chứa cả silixicat và cacbonat natri. Dung dịch này được dùng lại để hoàn nguyên bể lọc anionit bậc I, chất anionit kiềm yếu không có khả năng hấp thụ axit silixic. Bể lọc H - cationit bậc III (9) dùng để khử Na⁺ còn sót lại trong nước do không rửa sạch các anionit kiềm mạnh sau khi hoàn nguyên. Bể lọc H - cationit bậc III ngoài nhiệm vụ giảm hàm lượng muối còn sót lại trong nước còn cho phép giảm lượng nước đã được khử muối để rửa bể lọc anionit bậc II và nâng cao hiệu quả kinh tế của trạm khử muối. Hoàn nguyên bể H - cationit bậc III bằng dung dịch axit sunfuric 1 - 2%. Bể lọc anionit bậc III (10) dùng để khử các sản phẩm hoà tan và giữ lại các mảnh vỡ của cationit, đồng thời nâng cao mức độ sử dụng anionit của bể lọc bậc II. Khi dùng sơ đồ có bể lọc anionit bậc III, bể lọc anionit bậc II phải ngừng làm việc để hoàn nguyên vào thời điểm nồng độ axit silixic trong nước lọc đạt đến 0,1 - 0,2 mg/l. Hoàn nguyên bể lọc anionit bậc III bằng dung dịch nước amoniac 2 - 4%, bởi vì khi hoàn nguyên nó bằng dung dịch xút (NaOH), Na⁺ sẽ lọt vào nước đã được khử hết muối trong thời kỳ đầu của chu kỳ.

Trạm khử muối bằng các bể lọc ionit ba bậc cho phép giảm tổng hàm lượng muối hòa tan trong nước từ 100 - 500mg/l xuống 0,02 - 0,1mg/l trong đó hàm lượng axit silixic giảm đến 0,02 - 0,05 mg/l. Có thể dùng bể lọc với lớp vật liệu lọc là hỗn hợp các hạt cationit và anionit để thay cho hai bể lọc H - cationit và OH - anionit bậc III trong sơ đồ trạm khử muối triệt để bằng các bể lọc ionit ba bậc.

Bổ sung bể lọc hỗn hợp các hạt cationit và anionit (hình 12.4) vào sơ đồ trạm khử muối bằng ionit một bậc hay hai bậc cho phép tăng sự triệt để của quá trình khử muối lên rất nhiều.

Bể lọc ionit có lớp vật liệu hỗn hợp (hình 12.4) khác với bể lọc cationit và anionit thường ở chỗ: Sắt đáy bể có hệ thống phân phối gió, và có thêm hệ thống ống đặt trong ionit tại giới hạn phân chia giữa hai lớp anionit và cationit để phân phối dung dịch axit khi hoàn nguyên bể lọc. Khi hiệu chuẩn bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp, đầu tiên đưa vào bể lọc lớp cationit đã được ngâm ướt trong dung dịch muối ăn. Chiều dày lớp cationit lấy đủ lớn để có thể phủ lên hệ thống ống phân phối dung dịch axit hoàn nguyên đặt ở giữa bể lọc một lớp mỏng. Sau đó đổ lớp anionit lên trên lớp cationit. Trong bể lọc hỗn hợp nên dùng các hạt cationit và anionit có dạng hình cầu. Các hạt ionit phải có kích thước gần nhau, và hạt cationit phải có kích thước lớn hơn các hạt anionit để đảm bảo có thể phân loại được bằng thủy lực (bằng dòng nước đi ngược từ dưới lên), ngay trước khi hoàn nguyên bể lọc. Khi đưa bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp vào làm việc phải hoàn nguyên trước. Trình tự hoàn nguyên như sau: Đầu tiên chuyển dung dịch xút (với lượng tiêu thụ đơn vị 70 - 90 g/dlg (khả năng trao đổi khi làm việc của anionit) qua hệ thống phân phối dung dịch kiềm (2) đặt ở nửa trên của bể lọc,



Hình 12.4. Sơ đồ bể lọc có lớp vật liệu lọc là hỗn hợp các hạt cationit và anionit

1. Vỏ bể lọc; 2. Hệ thống phân phối dung dịch kiềm;
3. Ống dẫn nước từ bể bậc II vào; 4. Hệ thống phân phối dung dịch axit;
5. Hệ thống phân phối gió; 6. Hệ thống thu nước

dung dịch xút đi từ trên xuống dưới đầu tiên qua lớp anionit sau đó qua lớp cationit rồi đi vào thùng chứa dung dịch hoàn nguyên của bể lọc anionit bậc I. Ngay sau khi cho dung dịch kiềm đi qua phải tiến hành rửa ngay anionit bằng nước đã khử muối theo chiều từ trên xuống dưới qua cả hai lớp ionit trong bể lọc. Sau khi cho 6-8 m³ nước rửa qua 1 m³ anionit với tốc độ rửa 3 - 5 m/h thì bắt đầu chuyển vào bể lọc dung dịch axit sunfuric 3% hay dung dịch axit clohydric 5% qua hệ thống phân phối dung dịch axit (4) đặt ở trên lớp cationit.

Thể tích của dung dịch axit tính theo lượng tiêu thụ đơn vị 200 - 250 g axit sunfuric cho 1 đlg khả năng trao đổi khi làm việc của cationit. Sau khi cho toàn bộ dung dịch axit đi qua lớp cationit, tiếp tục rửa bể lọc cho đến khi trong nước rửa không còn ion sunfat. Sau đó khuấy trộn các hạt cationit và anionit bằng không khí nén. Quá trình khử muối tiếp tục trong bể lọc hỗn hợp tiến hành bằng cách lọc nước đã được khử phần lớn muối hòa tan từ trên xuống dưới. Khi lớp ionit trong bể lọc có chiều dày 2 - 2,5 m, tốc độ lọc lấy 30-50 m/h và cần phân chia các hạt cationit và anionit thành hai lớp riêng biệt để hoàn nguyên chúng bằng cách xối toàn bộ lớp ionit trong bể lọc với cường độ 6-8 l/s.m², giảm cường độ xối từ từ để cho các hạt cationit lớn và nặng lắng xuống đáy trước, sau đó đến các hạt anionit nhẹ hơn lắng lên trên lớp cationit.

Bể lọc có lớp vật liệu hỗn hợp cho phép khử muối hòa tan trong nước triệt để hơn nhưng lượng tiêu thụ dung dịch để hoàn nguyên cao hơn so với các bể lọc cationit và anionit riêng biệt 50 - 60%.

Các anionit kiềm mạnh dùng khi khử muối triệt để hấp thụ rất mạnh các hợp chất hữu cơ hòa tan trong nước, làm giảm đi rất nhiều khả năng trao đổi của anionit, và quá trình hấp thụ các chất hữu cơ bằng các hạt anionit là quá trình không thuận nghịch nghĩa là khi hoàn nguyên bằng dung dịch kiềm không khử được các chất hữu cơ đã bám vào hạt anionit; vì thế nước trước khi đưa vào bể lọc ionit để khử muối cần phải khử hết chất hữu cơ hòa tan đến nồng độ 2-3 mg/l O₂ bằng cách cho hoà nước với liều lượng cao hay bằng cách lọc qua than hoạt tính. Gần đây công nghiệp đã sản xuất được các ionit vừa có khả năng trao đổi ion vừa có khả năng hấp thụ thuận nghịch các hợp chất hữu cơ, nếu dùng các hạt ionit này thì không cần khử chất hữu cơ hòa tan trong nước đến 2-3 mg/l (O₂). Ở Nga có sunfua cationit KY - 23 và anionit kiềm mạnh AB - 17 - 10P, ở Mỹ có anionit emberlite.

Khử muối hòa tan trong nước ngưng tụ có thể dùng sơ đồ lọc đơn giản một bậc (H - cationit, OH - anionit) hoặc lọc nước ngưng tụ qua bể lọc ionit có lớp vật liệu lọc hỗn hợp. Khi khử muối trong nước ngưng tụ, bể lọc cationit được hoàn nguyên bằng dung dịch axit H₂SO₄ 1-2%. Còn bể anionit nếu đặt sau bể cationit thì được hoàn nguyên bằng dung dịch muối amoniac. Nếu đặt trước bể cationit thì hoàn nguyên bằng dung dịch xút và khử triệt để được axit silixic hòa tan trong nước ngưng tụ.

12.2.2. Tính toán các bể lọc ionit

Tính toán bể lọc H - cationit bậc I của trạm khử muối với điều kiện bể lọc làm việc đến thời điểm để lọc Na⁺ vào nước lọc tiến hành theo các công thức và chỉ dẫn ở chương

làm mềm nước. Khi tổng hàm lượng anion sunfat và clorit (SO_4^{2-} và Cl^-) trong nước nguồn vượt quá 2 - 2,5 mđlg/l cần phải áp dụng biện pháp hoàn nguyên bể lọc cationit bằng dòng dung dịch đi ngược từ dưới lên. Lượng tiêu thụ đơn vị của axit sunfuric để hoàn nguyên bể lọc H cationit bậc I có thể chọn theo bảng (12.1).

Bảng 12.1. Lượng tiêu thụ đơn vị của axit H_2SO_4 để hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc I trong trạm khử muối

Tổng hàm lượng SO_4^{2-} và Cl^- trong nước nguồn (mđlg/l)	1	2	4	6	8	10	12	14	16
Lượng tiêu thụ đơn vị H_2SO_4 khi hoàn nguyên bình thường (g/dlg)	82	98	130	162	194	226	258	290	322
Lượng tiêu thụ đơn vị H_2SO_4 khi hoàn nguyên ngược chiều (g/dlg)	62,5	65	70	75	80	85	90	95	100

Lượng nước rửa đơn vị lấy $5\text{m}^3/1\text{m}^3$ cationit có trong bể lọc.

Với lượng tiêu thụ đơn vị của axit sunfuric ghi trong bảng (12.1) bảo đảm hoàn nguyên được 80 - 93% khả năng trao đổi của cationit ($\alpha_H = 0,8 - 0,93$). Khả năng trao đổi khi làm việc của bể lọc H - cationit bậc I trong trạm khử muối xác định theo công thức:

$$E_{lv}^H = \alpha_H \gamma E_{tp} - 0,5q_o(C_o + C_{Na} + C_K), \quad (12.1)$$

Trong đó: γ - hệ số tính đến sự giảm khả năng trao đổi đối với cation Na^+ của các hạt cationit so với khả năng trao đổi của nó đối với các cation muối cứng (Ca^{2+} , Mg^{2+}) thường lấy $\gamma = 0,8 \div 0,9$.

Các ký hiệu còn lại như trong công thức (11.55)

Bể lọc H - cationit bậc II dùng chủ yếu để khử ion Na^+ lọt qua bể lọc H - cationit bậc I vào nước lọc.

Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit trong bể lọc bậc II xác định bằng công thức:

$$E_{lv}^H = \alpha_H E_{tp} - 0,5q_o C_{Na}, \quad (12.2)$$

Trong đó: C_{Na} - hàm lượng ion natri trong nước rửa, có thể lấy bằng 0,2-0,25 mđlg/l (dùng nước đã lọc qua bể H - cationit bậc I để rửa). Thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên của bể H - cationit bậc II rõ ràng là rất lớn, có thể lấy t_1 đến 100 giờ.

Tốc độ lọc qua bể H - cationit bậc II lấy là 40 - 50m/h.

Chiều cao lớp cationit trong bể lọc lấy bằng 1,5m. Kích thước hạt cationit bé nhất không nhỏ hơn 0,5 - 0,7mm.

- Ống và các thiết bị khác được tính cho bể lọc làm việc tăng cường (khi hoàn nguyên một bể lọc trong trạm) với tốc độ đến 100m/h.

- Bể lọc H - cationit bậc III không tính toán mà lấy cấu tạo như bể lọc H - cationit bậc II.

- Lượng tiêu thụ H_2SO_4 để hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc II và bậc III lấy 100g cho 1g đương lượng tính theo khả năng trao đổi khi làm việc của cationit. Lượng nước rửa đơn vị lấy 8 - 10m³ cho 1m³ cationit có trong bể lọc.

Dung dịch hoàn nguyên và nước rửa của bể H - cationit bậc II và bậc III được thu vào bể chứa để xối và hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc I.

Tính toán bể lọc anionit bậc I tiến hành như sau:

Thời gian của một chu kỳ làm việc tính từ khi kết thúc việc hoàn nguyên đến khi bắt đầu quá trình hoàn nguyên sau lấy bằng 20 - 22 giờ đối với các bể điều khiển bằng tay, và 9 - 10 giờ đối với bể điều khiển tự động. Thời gian bể lọc anionit phải ngừng làm việc để hoàn nguyên và rửa lấy từ 2 - 2,5 giờ đối với trạm một bậc và lấy bằng 4 giờ đối với trạm có hai và ba bậc. Trong các trạm lọc ionit hai và ba bậc để tiết kiệm kiểm và nước rửa, người ta tiến hành hoàn nguyên theo thứ tự nối tiếp các bể lọc bậc II hoặc bậc III với bể lọc bậc I. Khi đó dùng nước rửa của bể bậc II hoặc bậc III để xối bể anionit bậc I và dùng dung dịch kiểm đã hoàn nguyên của bể lọc anionit bậc II hoặc bậc III để hoàn nguyên bể lọc bậc I.

Khả năng trao đổi khi làm việc của anionit trong bể lọc bậc I được xác định theo công thức:

$$E_{lv}^A = \alpha_A E_{tp}^A - 0,8qA_{io}, \text{ (đlg/m}^3\text{)} \quad (12.3)$$

Trong đó:

α_A - hệ số hiệu quả hoàn nguyên của anionit phụ thuộc vào lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiểm. Khi lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiểm bằng 60 g/đlg các ion clorit và sunfat được hấp thụ, thì có thể lấy $\alpha_A = 0,8 \div 0,9$;

E_{tp}^A - khả năng trao đổi toàn phần của anionit tính bằng đlg/m³ anionit trong trạng thái làm việc lấy theo bảng số liệu của hãng sản xuất cấp;

q - lưu lượng đơn vị của nước rửa anionit lấy bằng 7,5m³ nước/1m³ anionit khi sử dụng lại nước rửa của bể bậc I và bằng 10 m³ nước/1m³ anionit khi không sử dụng lại nước rửa;

A_{io} - nồng độ các ion SO_4^{2-} và Cl^- trong nước rửa (mđlg/l).

$$v_{tt} = \frac{E_{lv}^A \cdot H}{T \cdot A_o + 0,03E_{lv}^A d^2 (\ln A_o - \ln A_1)}, \text{ (m/h)}, \quad (12.4)$$

Trong đó:

T - thời gian làm việc của bể anionit giữa hai lần hoàn nguyên (h);

d - đường kính trung bình của hạt anionit (mm);

A_0, A_1 - nồng độ ion SO_4^{2-} và Cl^- trong nước nguồn và trong nước lọc có thể lấy $A_1 = 0,01 \text{ mg/l}$;

H - chiều cao lớp anionit trong bể lọc lấy 2 - 2,5m.

Tổng diện tích các bể lọc anionit bậc I tính theo công thức:

$$F_{A1} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{ngày đêm}}}{n \cdot T \cdot v_{tt}}, \text{ (m}^2\text{)} \quad (12.5)$$

Trong đó: n - số lần hoàn nguyên trong một ngày.

Đối với các bể lọc anionit bậc II nếu không dùng để khử axit silixic thì không cần tính toán mà chỉ lấy theo cấu tạo: diện tích bể lọc tính theo tốc độ lọc là 30 - 40m/h. Chiều cao lớp anionit trong bể lấy bằng 1,5m.

Nhưng thường bể lọc anionit bậc II với lớp hạt anionit kiềm mạnh, được dùng để khử axit silixic hoà tan trong nước.

Độ chứa silixic tính toán hay là mức độ hấp thụ silixic của anionit kiềm mạnh phụ thuộc vào hàm lượng của silixic trong nước nguồn, vào mức độ làm sạch và vào lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch kiềm (xút) dùng để hoàn nguyên anionit, có thể chọn theo catalogue của nhà sản xuất. Tốc độ lọc tính toán của bể lọc anionit bậc II dùng để khử silixic tính theo công thức:

$$v_{tt} = \frac{E_{\text{SiO}_2} \cdot H}{T \cdot C_{\text{SiO}_3}^0 + 0,04 E_{\text{SiO}_2} d^2 (\ln C_{\text{SiO}_3}^0 - \ln C_{\text{SiO}_3}^1)}, \text{ (m/h)}, \quad (12.6)$$

Trong đó:

E_{SiO_2} - mức hấp thụ silixic của anionit (đlg/m^3);

H - chiều cao lớp anionit trong bể lọc thường lấy bằng 1,5m;

$C_{\text{SiO}_3}^0$ - nồng độ axit silixic trong nước nguồn (mg/l);

$C_{\text{SiO}_3}^1$ - nồng độ axit silixic cho phép còn lại trong nước sạch (mg/l);

d - đường kính trung bình của hạt anionit (mm);

T - thời gian làm việc của bể anionit giữa hai lần hoàn nguyên (h);

T = 18 ÷ 20 giờ đối với các bể điều khiển bằng tay;

T = 7 ÷ 8 giờ đối với các bể điều khiển tự động.

Tổng diện tích bể lọc anionit bậc II tính theo (12.5).

Độ triệt để của quá trình khử axit silixic hoà tan trong nước phụ thuộc rất lớn vào lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch kiềm để hoàn nguyên anionit. Vì thế, để khử silixic một cách triệt để (giảm nồng độ đến $0,05 \text{ mg/l SiO}_3^{2-}$) lượng tiêu thụ đơn vị của xút (NaOH) phải lấy bằng 2000 g/đlg axit silixic được hấp thụ (gần 50g NaOH cho 1g silixic được khử ra khỏi nước). Trong các trường hợp lượng xút (NaOH) chứa trong các dung dịch đã hoàn nguyên bể lọc anionit bậc II hoặc bậc III không đủ để hoàn nguyên bể lọc anionit

bạc I (lượng tiêu thụ đơn vị dung dịch xút 60 - 70 g/dlg) thì phải bổ sung vào dung dịch này các dung dịch hoàn nguyên như soda, amoniac có giá thành rẻ hơn xút nhiều lần. Tất cả dung dịch hoàn nguyên phải được pha bằng nước đã được làm mềm. Nếu dùng hoàn nguyên và rửa bể anionit bằng nước cứng, cacbonat canxi sẽ bám vào anionit, sau đó lại bị hoà tan vào nước, làm kém chất lượng của nước.

Để tránh hiện tượng làm nứt vỡ các hạt ionit nên hoàn nguyên và rửa bể lọc bằng dung dịch và nước có nhiệt độ gần với nhiệt độ của nước nguồn.

12.2.3. Các thiết bị phụ của trạm khử muối hoà tan trong nước bằng ionit

Dung tích xitec đựng axit, xút đậm đặc để dự trữ trong trạm tính theo công thức:

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{ngày}} \cdot \sum K.a.m}{10^4 \cdot b.\gamma} \quad (\text{m}^3), \quad (12.7)$$

Trong đó:

α_1 - hệ số tính đến lượng nước dùng cho nhu cầu bản thân trạm;

$\sum K$ - tổng lượng cation hay là tổng lượng anion trong nước nguồn tính theo dl/m³.

Các giá trị a, b, m γ chọn theo bảng (12.2).

Khi không cần khử axit silixic hoà tan trong nước, bể lọc anionit được hoàn nguyên bằng dung dịch soda hay bicacbonat natri. Nếu trạm khử muối có bể lọc anionit kiềm mạnh thì nó được hoàn nguyên bằng dung dịch xút.

Dung tích thùng đo hay lượng dung dịch hoàn nguyên đậm đặc cần thiết cho một lần hoàn nguyên một bể lọc tính theo công thức:

$$W_1 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{giờ}} \cdot \sum K.t.a}{10^4 \cdot b.\gamma.n} \quad (\text{m}^3), \quad (12.8)$$

Trong đó:

t - thời gian làm việc của bể lọc giữa hai lần hoàn nguyên (h);

n - số bể lọc cationit hay anionit làm việc đồng thời;

Bảng 12.2. Hoá chất để hoàn nguyên ionit

Hoá chất để hoàn nguyên ionit	Lượng tiêu thụ đơn vị của hoá chất: a(g/dlg)	Số ngày cần dự trữ: m	Nồng độ của dung dịch: b(%)	Trọng lượng riêng γ (T/m ³)
Axit sunfuric (H ₂ SO ₄)	120 - 125	20 - 40	65 - 95,2	1,55 - 1,83
Axit clohydric (HCl)	90 - 95	20 - 40	27 - 30	1,14
Xút (NaOH)	60 - 70	20 - 40	42	1,45
Soda (Na ₂ CO ₃)	110 - 120	20 - 40	95	0,95
Bicacbonat natri (NaHCO ₃)	150 - 170	20 - 40	98	0,95

Các ký hiệu còn lại lấy theo công thức (12.7)

- Lưu lượng dung dịch đậm đặc của các chất hoàn nguyên được hút bằng ejector để pha loãng khi hoàn nguyên bể lọc ionit tính theo công thức (11.59).
- Thể tích thùng chứa nước để xối lớp ionit trong bể lọc tính theo công thức (11.64).
- Thể tích thùng để thu dung dịch xút sau khi hoàn nguyên bể lọc anionit bậc II làm dung dịch hoàn nguyên cho bể lọc anionit bậc I tính theo công thức:

$$W_2 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{giờ}} \sum A \cdot t \cdot a}{10^4 \cdot b \cdot \gamma [Sb_2 + (1-S)b_3]n}, (m^3), \quad (12.9)$$

Trong đó:

γ - $1 t/m^3$;

n - tổng số bể lọc cationit bậc I và bậc II làm việc đồng thời trong trạm;

$S = 0,6$ - lượng dung dịch NaOH tính bằng số phần đơn vị có nồng độ b_2 là 1,5-4% dùng để hoàn nguyên bể anionit trong thời kỳ đầu;

$(1 - S) = 0,4$ - phần dung dịch NaOH có nồng độ b_3 là 0,2 - 0,3% dùng ở cuối thời kỳ hoàn nguyên bể anionit.

- Thể tích thùng thu dung dịch axit sau khi hoàn nguyên bể lọc H - cationit bậc II hay bậc III để hoàn nguyên bể lọc bậc I.

$$W_3 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{giờ}} \sum K \cdot t \cdot a}{10^4 \cdot n \cdot \gamma \cdot b_1}, (m^3), \quad (12.10)$$

Trong đó: b_1 - nồng độ axit trong dung dịch hoàn nguyên, $b_1 = 1 \div 1,5\%$.

- Thể tích thùng thụ nước rửa bể cationit và anionit để xối bể ionit trước khi hoàn nguyên tính theo công thức:

$$W_4 = 0,12 \cdot W \cdot F \cdot t_x, (m^3) \quad (12.11)$$

(ký hiệu xem 11.64).

12.2.4. Lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân trạm khử muối

- Lượng nước cần thiết để pha dung dịch hoàn nguyên:

$$Q_1 = \frac{24Q_{\text{giờ}}}{10^4} \left(\frac{\sum K \cdot a_1}{b_1} + \frac{\sum A \cdot a_2}{b_2} \right), (m^3/\text{ngày}) \quad (12.12)$$

Trong đó:

$\sum K$ - tổng nồng độ cation trong nước nguồn tính theo ($\text{đlg}/m^3$);

$\sum A$ - tổng nồng độ anion của các axit mạnh (SO_4^{2-} , Cl^-) ($\text{đlg}/m^3$);

a_1 - lượng tiêu thụ đơn vị của axit ($\text{g}/\text{đlg}$);

a_2 - lượng tiêu thụ đơn vị của dung dịch kiềm (g/dlg);

b_1 và b_2 - nồng độ dung dịch axit và kiềm dùng để hoàn nguyên (%).

- Lượng nước tiêu thụ để xối lớp ionit trong các bể lọc bậc II và bậc III:

$$Q_2 = 0,06t_x (m_1 n_1 F_{HI} W_1 + m_2 n_2 F_{AI} W_2 + m_m n_3 F_{HII} W_3 + \\ + m_4 n_4 F_{AII} W_4 + m_5 n_5 F_{HIII} W_5 + m_6 n_6 F_{AIII} W_6), (m^3/ngày). \quad (12.13)$$

Trong đó:

t_x - thời gian xối thường lấy từ 15 đến 20 phút;

n_1, n_3, n_5 - số lần hoàn nguyên của mỗi bể lọc H - cationit bậc I, bậc II, bậc III trong một ngày;

$$n_1 = 1 \div 2;$$

$$n_3 = 0,25;$$

$$n_5 = 0,05;$$

n_2, n_4, n_6 - số lần hoàn nguyên các bể lọc anionit bậc I, bậc II, bậc III trong một ngày;

$$n_2 = 1 - 2;$$

n_4 - khi không cần khử silixic lấy bằng 0,25; khi khử silixic $n_4 = 1 - 2$;

$$n_6 = 0,05;$$

$F_{HI}, F_{HII}, F_{HIII}$ - diện tích bể lọc H - cationit bậc I, II, III (m^2);

$F_{AI}, F_{AII}, F_{AIII}$ - diện tích bể lọc anionit bậc I, II, III (m^2);

$m_1 \dots m_6$ - số bể lọc của các nhóm tương ứng;

$W_1 \dots W_6$ - cường độ xối lớp ionit trong các bể lọc tương ứng ($l/s.m^2$).

Trong công thức (12.13) $m_1 n_1 F_{HI} W_1$ và $m_2 n_2 F_{AI} W_2$ có giá trị bằng không bởi vì các bể H - cationit và anionit bậc I được xối bằng cách dùng lại nước rửa.

- Lượng nước tiêu thụ để rửa ionit (không tính lượng nước rửa các bể bậc I, vì dùng lại nước rửa bể lọc bậc II để rửa bể bậc I).

$$Q_2 = m_3 n_3 P_{HII} q_3 + m_4 n_4 P_{AII} q_4 + m_5 n_5 P_{HIII} q_5 + m_6 n_6 P_{AIII} q_6), (m^3/ngày) \quad (12.14)$$

Trong đó:

P_{HII}, P_{HIII} - thể tích lớp cationit ở trạng thái làm việc (m^3);

P_{AII}, P_{AIII} - thể tích anionit trong các bể lọc tương ứng (m^3);

$q_{HII}, q_{HIII}, q_{AII}, q_{AIII}$ - lượng tiêu thụ nước rửa đơn vị (m^3/m^3).

Thường lấy, $q_{HII} = 8 \div 10 m^3/m^3$, $q_{HIII} = 10 \div 200 m^3/m^3$,

$q_{AII} = 7 \div 10 m^3/m^3$, $q_{AIII} = 10 \div 12 m^3/m^3$ vật liệu ionit có trong bể lọc.

Tổng lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân trạm:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ (m}^3\text{/ngày)}$$

Gọi α_1 là hệ số kể đến lượng nước tiêu thụ cho nhu cầu bản thân.

$$\alpha_1 = \frac{Q_{\text{ngày}} + Q}{Q_{\text{ngày}}}$$

Ví dụ tính toán:

Tính toán trạm khử muối bằng các bể lọc ionit ba bậc với yêu cầu khử triệt để muối hoà tan trong nước. Công suất hữu ích.

$$Q_{\text{ngày}} = 1.680\text{m}^3\text{/ngày}; Q_h = 70\text{m}^3\text{/h.}$$

Nước nguồn có các chỉ tiêu về hàm lượng muối như sau:

Cation	mg/l	mdlg/l	Anion	mg/l	mdlg/l
Ca ²⁺	199,8	9,96	Cl ⁻	84,3	2,37
Mg ²⁺	89,1	7,32	SO ₄ ²⁻	702,7	14,63
Na ⁺	189,2	8,22	HCO ₃ ⁻	488,1	7,07
K ⁺	8,1	0,20	SiO ₃ ²⁻	24	0,63
Tổng cộng	486,2	25,70		1299,1	25,70

Tổng hàm lượng muối khoáng $M = 486,2 + 1299,1 = 1785,3 \text{ mg/l} \approx 1,8 \text{ g/l}$.

Giải:

a) *Tính bể lọc H - cationit*

Bể lọc H - cationit tất cả ba bậc đều dùng cationit axit mạnh.

Khả năng trao đổi H - cationit bậc I tính theo (12.1) ta có:

$$E_{lv}^H = \alpha_H \gamma E_{tp} - 0,5 q_o \sum K.$$

$$E_{lv}^H = 0,91 \times 0,85 \times 1700 - 0,5 \times 5 \times 25,7 = 1250 \text{ dlg/m}^3.$$

- Thể tích cần thiết của lớp H - cationit tính theo (11.56)

$$W_{HI} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{ngày}} \sum K}{n E_{lv}^H} = \frac{1,3 \times 1680 \times 25,7}{2 \times 1250} \approx 23\text{m}^3.$$

Chiều cao của lớp H - cationit trong bể lọc chọn $H = 2,5\text{m}$.

Tổng diện tích của các bể H - cationit;

$$F = \frac{W_{HI}}{H} = \frac{23}{2,5} = 9,2\text{m}^2.$$

Chọn ba bể lọc đường kính 2m, diện tích một bể $3,14\text{m}^2$.

Tổng diện tích: $F_t = 3 \times 3,14 = 9,42\text{m}^2$.

Tốc độ lọc khi làm việc bình thường:

$$v = \frac{\alpha_1 Q}{F} = \frac{1,3 \times 70}{9,2} = 10\text{m/h.}$$

Tốc độ lọc khi làm việc tăng cường:

$$v_{tc} = v \frac{N}{n-1} = 10 \times \frac{3}{3-1} = 15 \text{ m/h} < 30\text{m/h.}$$

- Tính bể lọc H - cationit bậc II:

Khả năng trao đổi khi làm việc của H - cationit trong bể bậc I tính theo công thức (12.2).

$$E_{lv}^H = \alpha_H E_{tp} - 0,5 q_0 C_{Na} = 0,85 \times 1700 - 0,5 \times 10 \times 0,2 = 1444 \text{ đlg/m}^3.$$

- Thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên (đối với bể bậc II có thể lấy đến 100 giờ) ở đây chọn $t_1 = 33$ giờ, thời gian rửa và hoàn nguyên khi bình thường 1,5h, khi làm việc tăng cường ba giờ. Như vậy số lần hoàn nguyên bể H - cationit bậc II trong một ngày:

$$n = \frac{24}{33+3} = 0,67$$

Thể tích cần thiết của H - cationit tính theo (11.56):

$$W_{HII} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{ngày}} \sum K.Na}{n \cdot E_{lv}^H}$$

α_2 - hệ số tăng lưu lượng ở bể lọc bậc II; ở vị trí này lấy $\alpha_2 = 1,03$;

$\sum K.Na$ - hàm lượng cation Na^+ đi vào bể lọc H - cationit bậc II. Để an toàn, ta lấy bằng hàm lượng Na^+ trong nước nguồn:

$$\sum K.Na = 8,22 \text{ mđlg/l.}$$

$$W_{HII} = \frac{1,03 \times 1680 \times 8,22}{0,67 \times 1444} \approx 14,7\text{m}^3$$

Chiều cao lớp H - cationit trong bể lọc chọn bằng 1,5m.

Diện tích cần thiết của bể lọc:

$$F_{HII} = \frac{14,7}{1,5} = 9,8\text{m}^2.$$

Chọn ba bể lọc đường kính 2m, diện tích 1 bể: $f = 3,14\text{m}^2$.

Tổng diện tích đạt được:

$$F_{\text{HIII}} = 3 \times 3,14 = 9,42\text{m}^2$$

Tốc độ lọc qua bể bậc II:

$$v = 7,6\text{m/h}$$

- Bể lọc H - cationit bậc III không tính toán mà lấy cấu tạo giống bể lọc II. Trong quản lý thời gian làm việc giữa hai lần hoàn nguyên lấy $t_1 = 440$ giờ.

$$n = \frac{24}{440 + 4} = 0,05$$

b) Tính bể lọc anionit

- Bể lọc anionit bậc I: Khả năng trao đổi khi làm việc của anionit trong bể bậc I. ($E_{\text{tp}}^A = 700 \text{ đlg/m}^3$) tính theo công thức (12.3).

$$E_{\text{lv}}^A = \alpha_A E_{\text{tp}}^A - 0,8qA_{\text{io}}$$

$$\alpha_A = 0,8$$

Nước rửa các bể bậc II được sử dụng lại để rửa bể bậc I, lấy $A_{\text{io}} = 0,10 \text{ mđlg/l}$ (theo bảng kiểm nghiệm).

$$q = 10\text{m}^3/\text{m}^3$$

$$E_{\text{lv}}^A = 0,8 \times 700 - 0,8 \times 7,5 \times 0,1 = 560 \text{ đlg/m}^3$$

- Vận tốc qua bể anionit bậc I tính theo (12.4):

$$v_{\text{tt}} = \frac{E_{\text{lv}}^A \cdot H}{T \cdot A_o + 0,03 E_{\text{lv}}^A d^2 (\ln A_{\text{io}} - \ln A_{\text{il}})}$$

$$T = 9\text{h}; \quad n = \frac{24}{9 + 3} = 2$$

$$v_{\text{tt}} = \frac{560 \times 2,5}{9 \times 17 + 0,03 \times 560 \times 0,8^2 (\ln 17 - \ln 0,01)} \approx 10,6\text{m/h}$$

Diện tích của các bể anionit bậc I tính theo (12.5).

$$F_{\text{AI}} = \frac{\alpha_1 Q_{\text{ngày}}}{n \cdot t \cdot v_{\text{tt}}} = \frac{1,30 \times 1680}{2 \times 9 \times 10,6} = 11,45\text{m}^2$$

Chọn năm bể đường kính 2m, bốn bể làm việc, một bể dự trữ.

Diện tích các bể làm việc: $4 \times 3,14 = 12,56\text{m}^2$;

- Bể lọc anionit bậc II dùng để khử axit silixic hoà tan trong nước:

Theo công thức (12.6) tốc độ qua bể anionit bậc II sẽ là:

$$v_{II} = \frac{E_{SiO_3} \cdot H}{T \cdot C_{SiO_3}^0 + 0,04 E_{SiO_3} d^2 (\ln C_{SiO_3}^0 - \ln C_{SiO_3}^1)}$$

Chọn anionit có $E_{SiO_3} = 50$.

$$v_{II} = \frac{50 \times 1,5}{8 \times 0,63 \times 0,04 \times 50 \times 0,8^2 (\ln 0,63 - \ln 0,002)} = 7,8 \text{ m/h}$$

Diện tích cần thiết của bể anionit bậc II tính theo (12.5):

$$F_{AII} = \frac{\alpha_2 Q_{\text{ngày}}}{n.t.v_{II}} = \frac{1,03 \times 1680}{2 \times 8 \times 7,8} \approx 13,87 \text{ m}^2$$

Chọn bốn bể làm việc, đường kính bể 2m.

Tổng diện tích: $4 \times 3,14 = 12,56 \text{ m}^2$.

Tốc độ lọc tăng cường:

$$v_{lc} = 7,8 \times \frac{4}{3} = 10,4 \text{ m/h}$$

- Bể anionit bậc III lấy theo cấu tạo với tốc độ lọc 30m/h.

Chiều cao lớp anionit trong bể 1,5m.

Diện tích bể:

$$F_{AIII} = \frac{70}{30} = 2,35 \text{ m}^2$$

Chọn một bể đường kính 2m.

Diện tích $F_{AIII} = 3,14 \text{ m}^2$.

Tốc độ lọc thực tế:

$$v = \frac{70}{3,14} = 22,3 \text{ m/h}$$

c) *Tính toán lượng nước tiêu thụ cho bản thân trạm*

Lượng nước dùng để pha dung dịch hoàn nguyên:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{ngày}}}{10^4} \left(\frac{\sum Ka_1}{b_1} + \frac{\sum Ka_2}{b_2} \right)$$

$$Q_1 = \frac{1.680}{10^4} \left(\frac{25,7 \times 120}{1,5} + \frac{17,0 \times 60}{4} \right) = 388 \text{ m}^3$$

- Lưu lượng nước xối các bể lọc: Trong trạm có thùng và ống dẫn để thu dung dịch hoàn nguyên (ở cuối thời kỳ hoàn nguyên) và nước rửa của tất cả các bể để xối vật liệu lọc, vì vậy ở đây không cần tính lượng nước xối, $Q_2 = 0$.

- Lưu lượng nước rửa tính theo (12.14)

$$Q_3 = (0,25 \times 3 \times 3,14 \times 1,5 \times 10) + (1,4 \times 3,14 \times 1,5 \times 8) + (0,05 \times 3 \times 3,14 \times 1,5 \times 15) \\ + (0,05 \times 1 \times 3,14 \times 1,5 \times 10) = 37 + 141 + 10,5 + 2,35 = 101 \approx 100 \text{ m}^3$$

Trong đó nước để rửa bể lọc bậc III, phải lọc qua bể bậc II:

$$Q = 10,5 + 2,5 = 13 \text{ m}^3$$

Tổng lượng nước tiêu thụ cho bản thân trạm:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 388 + 0 + 100 = 488 \text{ m}^3$$

Hệ số α_1 đối với bể bậc I:

$$\alpha_1 = \frac{1.680 + 488}{1.680} \approx 1,3 \text{ đã lấy } 1,3 \text{ là phù hợp}$$

Hệ số α_2 đối với bể bậc II:

$$\alpha_2 = \frac{1.680 + 13}{1.680} \approx 1,01 \text{ đã lấy } 1,03 \text{ là phù hợp}$$

d) Tính toán các thiết bị phụ

- Dung tích thùng đựng axit đậm đặc $b = 75\%$, $\gamma = 1,67$, dự trữ 20 ngày tính theo công thức (12.7).

$$W_a = \frac{1,3 \times 1.680 \times 25,7 \times 120 \times 20}{1,67 \times 10^4 \times 75} \approx 110 \text{ m}^3$$

- Dung tích thùng đựng axit đậm đặc $b = 42\%$, $\gamma = 1,45$.

$$W_K = \frac{1,3 \times 1.680 \times (2,37 + 14,63 + 0,63) \times 60 \times 20}{10^4 \times 42 \times 1,45} \approx 0,75 \text{ m}^3$$

Thể tích thùng đo dung dịch axit cho một lần hoàn nguyên bể lọc bậc I tính theo (12.8) đối với axit:

$$W_a = \frac{1,3 \times 70 \times 25,7 \times 10,5 \times 120}{10^4 \times 75 \times 1,67 \times 3} = 0,8 \text{ m}^3$$

Đối với dung dịch kiềm (xút nồng độ 42%) hoàn nguyên bể lọc bậc II, $a = 2000$:

$$W_K = \frac{1,3 \times 70 \times 0,63 \times 10,5 \times 2.000}{10^4 \times 42 \times 1,45 \times 4} = 0,5 \text{ m}^3$$

Thùng đựng nước xối tính theo (11.64) đối với tất cả các bể $F = 3,14 \text{ m}^2$.

$$W_x = 0,12 \cdot w \cdot F \cdot t_x = 0,12 \times 5 \times 3,14 \times 15 = 28,3 \text{ m}^3$$

Mỗi bậc bể lọc ionit đặt một thùng đựng nước rửa, dung tích $28,5 \text{ m}^3$ để xối các bể trước khi hoàn nguyên.

Công suất máy bơm nước xới bể lọc:

$$Q = w.F = 5 \times 3,14 \text{ l/s} = 15,70 \text{ l/s}; H = 15\text{m}.$$

Dung tích thùng đựng dung dịch xút sau khi hoàn nguyên bể bậc II dùng để hoàn nguyên bể anionit bậc I tính theo (12.9):

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_h \cdot \sum A.t.a}{10^4 \cdot n \cdot \gamma [Sb_2 + (1-S)b_3]}$$

$$W = \frac{1,3 \times 70 \times 17,63 \times 10,5 \times 70}{10^4 \times 4[0,6 \times 2 + 0,4 \times 0,2]} \approx 20\text{m}^3$$

Dung tích thùng đựng dung dịch axit sau khi hoàn nguyên bể H - cationit bậc II để hoàn nguyên bể bậc I, tính theo (12.10):

$$W = \frac{\alpha_1 \cdot Q_h \cdot \sum K.t.a}{10^4 \cdot n \cdot \gamma \cdot b_1}$$

$$W = \frac{1,3 \times 70 \times 25,7 \times 10,5 \times 120}{10^4 \times 3 \times 1 \times 1,5} = 57,6\text{m}^3$$

Trong ví dụ này, bốn bể anionit bậc II dùng để khử silixic vì thế nó được hoàn nguyên hai lần trong ngày và bốn bể bậc I cũng cần phải hoàn nguyên hai lần trong ngày nên trong trạm cần pha dung dịch xút để hoàn nguyên bể bậc II, còn bể bậc I có thể dùng lại dung dịch xút, sau khi hoàn nguyên bể bậc II, vì thế không cần dùng thêm soda, amoniac hay bicacbonat để hoàn nguyên bể anionit bậc I. Còn đối với các bể H - cationit, có ba bể lọc bậc II; 36 giờ hoàn nguyên một lần, tức một ngày rửa hoàn nguyên một lần cho một bể, vậy một ngày đêm cần hoàn nguyên hai lần cho ba bể bậc II. Và có ba bể bậc I ngày hoàn nguyên hai lần, tức ngày cần sáu lần hoàn nguyên bể bậc I.

Tổng số lần hoàn nguyên bể H - cationit trong trạm $n = 6 + 2 = 8$ lần. Đã có hai lần dùng lại dung dịch axit đã hoàn nguyên bể bậc II để hoàn nguyên bể bậc I. Như vậy, còn cần phải chuẩn bị dung dịch axit cho 6 lần hoàn nguyên bể H - cationit đúng như đã tính toán ở trên.

12.3. KHỬ MUỐI HOÀ TAN TRONG NƯỚC BẰNG THẨM THẤU NGƯỢC

12.3.1. Khái niệm chung

Thực chất của phương pháp này là: lọc nước qua màng bán thấm đặc biệt bằng axetyl xenlulo. Màng chỉ cho nước đi qua còn các ion của muối hoà tan trong nước được giữ lại. Để lọc được nước qua màng này phải tạo ra áp lực dư ngược với hướng di chuyển nước bằng thẩm thấu, nghĩa là tạo ra áp lực dư trong nước nguồn cao hơn áp lực thẩm thấu của nước qua màng, để nước đã được lọc qua màng không trở lại dung dịch muối do quá trình thẩm thấu.

Màng có thể được làm bằng nhiều loại vật liệu, miễn sao cho có độ dày khoảng 0,05 đến 2mm và có khả năng tách khỏi dung dịch lỏng các phần tử khác nhau (chất lơ lửng, chất hoà tan hoặc dung môi).

12.3.2. Cơ cấu quá trình chuyển dịch qua màng

Có thể chia làm ba nhóm: lọc, thấm và thẩm tách.

a) Lọc

Trong trường hợp này người ta sử dụng màng bán thấm, chất hoà tan được giữ lại do sợi màng chỉ cho nước chảy qua (sự chuyển vận đối lưu của dung môi qua môi trường rỗng). Số lượng các phần tử hoà tan trong nước được giữ lại trên bề mặt của màng rõ ràng tùy thuộc vào kích thước các lỗ rỗng của màng. Màng lọc lý tưởng chỉ cho phép nước đi qua (thẩm thấu hoàn chỉnh).

b) Thấm

Có khả năng phân chia hỗn hợp bằng cách chọn lọc để chỉ cho đi qua màng một loại phần tử trong hỗn hợp.

c) Thẩm tách

Dùng loại màng cho phép đi qua một loại ion chọn lọc, không cho nước đi qua. Các màng này có thể là tự nhiên hoặc màng tích điện. Nếu là màng tích điện, nó chỉ cho phép các ion tích điện ngược dấu đi qua, màng có thể là cationic chỉ cho phép các cation đi qua, hoặc màng anionic chỉ cho phép anion đi qua.

12.3.3. Màng bán thấm hay màng lọc

Với loại màng này, nước được coi là pha chuyển động dưới tác dụng của gradien áp lực, và được phân loại theo kích thước của lỗ rỗng trong màng (hình 12.5).

Ion Phân tử hữu cơ Vi khuẩn virus ← Thẩm thấu ngược (Reverse osmosis)	Polimer ← → Protein Siêu lọc (Ultrafiltration)	→ ← Lọc tinh (Microfiltration)
0,0001µm 1A ^o Năng suất lọc 1 - 10 lít/m ² .bar.h	0,002µm 20A ^o 20 - 400 lít/m ² .bar.h	0,02µm 200A ^o 200 - 500 lít/m ² .bar.h

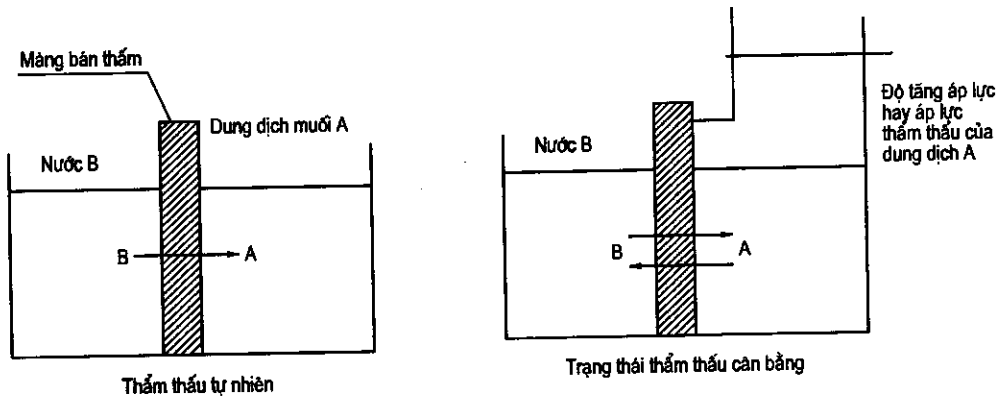
Hình 12.5: Kích thước và năng suất các loại màng lọc

Tuy vậy sự phân chia này cũng chưa chính xác bởi vì tại thời điểm đạt được chế độ siêu lọc và thẩm thấu ngược, rất khó xác định được kích thước lỗ rỗng một cách chính xác bằng các phương pháp đang dùng (kính hiển vi quang học và kính hiển vi điện tử).

12.3.4. Thẩm thấu ngược RO

Thẩm thấu ngược sử dụng đặc tính của màng bán thấm là cho nước đi qua trong khi giữ lại các chất hoà tan trừ một vài phần tử hữu cơ rất giống nước (có trọng lượng phân tử bé và độ phân cực lớn). Hiện tượng thẩm thấu thường xảy ra trong tự nhiên, ví dụ: khi ta ăn mặn, nồng độ muối bên ngoài tế bào tăng cao làm mất cân bằng thế năng hoá học giữa hai phía của màng tế bào, tạo ra áp lực thẩm thấu tự nhiên π làm cho nước từ bên trong ra ngoài để giảm nồng độ muối, tế bào mất nước và ta cảm thấy khát. Trong kỹ thuật khử muối, thực hiện quá trình ngược với quá trình thẩm thấu tự nhiên, gọi là thẩm thấu ngược (xem hình 12.6): ngăn chứa nước B được ngăn cách với ngăn chứa dung dịch muối A bằng màng bán thấm, nếu để tự nhiên nước từ ngăn B sẽ thẩm thấu sang ngăn A dưới tác dụng của độ chênh thế năng hoá học. Khi tăng áp lực nén trong ngăn chứa dung dịch muối A đến một trị số nào đó, nước lại chuyển động ngược từ ngăn A sang ngăn chứa nước B.

Độ chênh áp lực trước và sau màng được thiết lập để tạo ra trạng thái cân bằng gọi là áp lực thẩm thấu của hệ (hình 12.6).



Hình 12.6

Phương trình đơn giản biểu diễn quan hệ giữa áp lực thẩm thấu và nồng độ là:

$$\pi = \Delta C.R.T,$$

Trong đó:

π - áp lực thẩm thấu (Pa);

ΔC - khác biệt nồng độ (mol/m^3);

$$\Delta C = \frac{\text{Nồng độ kg/m}^3}{\text{Trọng lượng phân tử kg/mol}};$$

R - hằng số khí lý tưởng, $R = 8,314 \text{ (J/mol} \cdot \text{°K)}$;

T - nhiệt độ Kenvine.

Ví dụ: Nồng độ dung dịch 100 kg/m^3 , $T = 300^\circ\text{K}$ hỗn hợp có phân tử lượng $0,05 \text{ kg/mol}$.

$$\Delta C = \frac{100}{0,05}$$

$$\pi = \frac{100}{0,05} \times 300 \times 8,314 = 50.10^5 \text{ Pa} = 50 \text{ bar}$$

Rõ ràng rằng phân tử có trọng lượng càng bé thì áp lực thẩm thấu càng lớn khi có cùng một độ chênh nồng độ. Điều này cắt nghĩa tại sao áp lực trong hệ thẩm thấu ngược RO lại cao hơn trong hệ siêu lọc UF.

Trong thực tế sản xuất nước tinh khiết từ dung dịch muối, áp lực thẩm thấu của dung dịch phải cao hơn áp lực tính theo lý thuyết ít nhất gấp hai lần. Ví dụ: đối với nước lợ chứa vài gram muối trong một lít nước phải cần áp lực từ 5 đến 30 bar, còn đối với nước biển áp lực cần từ 50 đến 80 bar.

Hiện tượng cần phải chú ý tới là: khi nước đi qua màng, các phân tử và ion hoà tan trong nước được giữ lại và có xu hướng tích tụ lại trên toàn bề mặt của màng, làm tăng nồng độ muối trong dung dịch và tăng áp lực thẩm thấu, dẫn đến chi phí cao về năng lượng và gây ra sự nguy hiểm do hiện tượng kết tủa của một số chất trên màng.

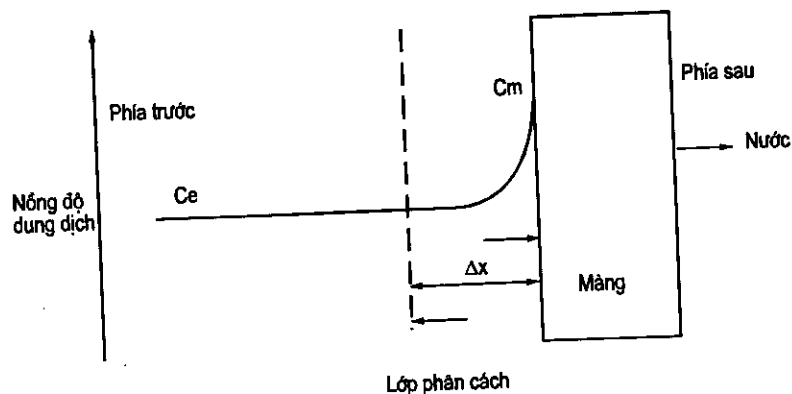
Hiện tượng này gọi là sự phân cực nồng độ của màng và được xác định bằng hệ số:

$$\psi = \frac{C_m}{C_e}$$

Trong đó:

C_m - nồng độ chất hoà tan trong nước ở lớp tiếp xúc với màng;

C_e - nồng độ các chất hoà tan trong nước đem lọc.



Hình 12.7: Hiện tượng phân cực nồng độ

Hiện tượng phân cực có thể giảm đến mức tối thiểu bằng cách duy trì dòng tuần hoàn sát bề mặt phía trước của màng làm giảm chiều dày lớp phân cách trước màng và làm suy yếu hiện tượng khuếch tán ion, phân tử đã được giữ lại trên bề mặt màng được lưu lượng tuần hoàn kéo ngược vào dung dịch, biện pháp này được dùng trong công nghiệp để duy trì hệ số ψ từ 1 đến 1,4.

Đối với dung dịch muối, vận tốc nước và vận tốc dòng muối có thể xác định theo định luật Henry.

• *Đối với nước:*

$$Q_n = K_n \frac{S}{e} (\Delta P - \Delta \pi) K_t,$$

Trong đó:

Q_n - lưu lượng nước đi qua màng;

K_n - hệ số thấm của nước qua màng;

S - diện tích bề mặt của màng;

e - chiều dày màng;

ΔP - độ chênh áp lực qua màng;

$\Delta \pi$ - độ chênh áp lực thẩm thấu của dung dịch trước và sau màng;

K_t - hệ số nhiệt độ.

Từ phương trình trên ta thấy: lưu lượng nước đi qua màng tỷ lệ thuận với gradient áp lực biểu thị bằng độ chênh giữa áp lực thủy lực và áp suất thẩm thấu, thông qua hệ số nhiệt độ K_t , độ nhớt của nước cũng được đưa vào phương trình tính toán, và độ nhớt giảm khi nhiệt độ tăng.

• *Đối với muối:*

$$Q_m = K_m \cdot \frac{S}{e} \cdot \Delta C \cdot K_t$$

Trong đó:

Q_m - lưu lượng muối qua màng;

K_m - hệ số thấm của màng đối với muối hoà tan;

S - diện tích bề mặt của màng;

e - chiều dày màng;

ΔC - độ chênh nồng độ ion của dung dịch trước và sau màng $\Delta C = C_m - C_p$;

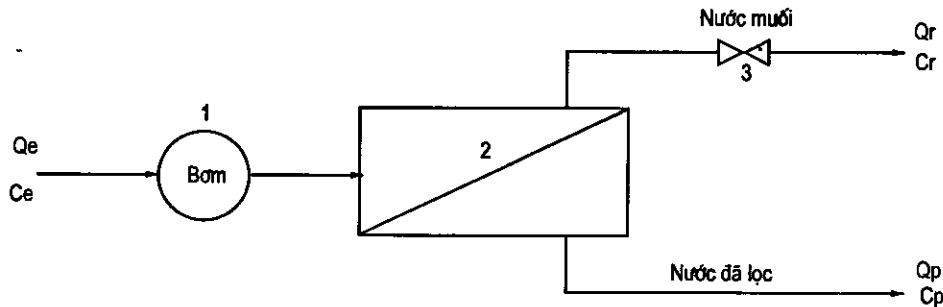
K_t - hệ số nhiệt độ.

Lưu lượng muối qua màng tỷ lệ thuận với độ chênh nồng độ của dung dịch qua màng, đối với màng đã cho và dung dịch đã biết, giá trị của nó không phụ thuộc vào áp

lực. Nồng độ muối trong dung dịch lọc qua màng được biểu thị bằng quan hệ trong 2 công thức trên.

$$C_p = \frac{Q_m}{Q_n} = \frac{K_m C_m - C_e}{K_n \Delta P - \Delta \pi} = \frac{K_m \cdot \psi \cdot C_e}{K_n (\Delta P - \Delta \pi) + K_m}$$

Trong thực tế hệ thống thẩm thấu đơn giản nhất gồm những bộ phận sau:



Hình 12.8:

1. Bơm áp lực cao để cấp năng lượng cho hệ; 2. Màng bán thấm (modul) hoặc tổ hợp modul thẩm thấu; 3. Van trên đường xả để duy trì áp lực trong hệ.

12.3.5. Khử muối bằng thiết bị lọc thẩm thấu ngược

Quá trình lọc nước qua màng thẩm thấu ngược để khử muối ngày càng được áp dụng rộng rãi cùng với các phương pháp khác như chưng cất, điện phân, trao đổi ion và khử cacbonat.

Cùng với việc khử muối, khi lọc nước qua màng bán thấm các chất hữu cơ hoà tan, vi khuẩn, vi rút cũng được loại trừ, như vậy so với các phương pháp khác như chưng cất, điện phân, trao đổi ion, phương pháp này có ưu điểm là cho chất lượng nước tinh khiết hơn và quá trình sản xuất an toàn hơn.

a) Chọn màng lọc

Chỉ tiêu đầu tiên để chọn màng là khả năng để thẩm lọc qua màng của các ion muối khác nhau. Trong bảng (12.3) giới thiệu tóm tắt khả năng thẩm lọc ion qua màng đang có trên thị trường.

b) Điều kiện vận hành

Khi thiết kế trạm lọc khử muối bằng lọc qua màng bán thấm, thông số cần xác định trước tiên là tỷ lệ lọc qua màng

$$Y = \frac{Q_p}{Q_e}$$

Áp lực thẩm thấu trung bình trong modul lọc phụ thuộc vào Y và tỷ lệ với nồng độ: $\frac{C_r + C_e}{2}$.

C_r - nồng độ chất hoà tan trong nước tuần hoàn;

C_e - nồng độ chất hoà tan trong nước cấp vào lọc.

Bảng 12.3. Khả năng để thẩm lọc ion qua màng (%)

	Nước biển màng áp lực cao	Nước nhiễm mặn áp lực trung bình	Màng áp lực thấp	Màng áp lực rất thấp
Áp lực làm việc (bar)	55 ÷ 100	20 ÷ 40	7 ÷ 20	3 ÷ 10
Ion đơn hoá trị Na^+ , K^+ , Cl^-	0,5 ÷ 1,5	3 ÷ 8	5 ÷ 15	30 ÷ 60
Ion đa hoá trị Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2}	0,1 ÷ 0,5	1 ÷ 3	2 ÷ 5	2 ÷ 20
Chất hữu cơ có trọng lượng phân tử > 300g	< 2	< 5	< 5	< 5
Chất hữu cơ phân tử lượng 80 - 100g	< 10	< 10	< 15	< 15

Nếu coi lượng nước thẩm lọc qua màng là không đáng kể thì có thể tính:

$$C_r = \frac{100C_e}{100 - Y} \quad \text{và} \quad \frac{C_r + C_e}{2} = \frac{C_e}{2} \cdot \frac{200 - Y}{100 - Y}$$

Tỷ lệ lọc Y cũng quyết định việc có hình thành vảy lắng đọng trên bề mặt màng hay không. Nếu trong nước lọc có hoà tan chất gồm hai ion.

Ví dụ: $\text{Ca}^{+2} = i$; $\text{SO}_4^{2-} = j$ thì nồng độ của hai chất sẽ là:

$$C_{ri} \cdot C_{rj} = \frac{10^4 C_{ei} \cdot C_{ej}}{(100 - Y)^2}$$

Để không tạo ra lắng đọng CaSO_4 trên bề mặt màng thì tích số ion C_{ri} , C_{rj} phải nhỏ hơn tích số hoà tan S của CaSO_4 ở nhiệt độ tương ứng, trong trạm lọc cần phải phân tích chính xác nồng độ các cặp ion như: CaCO_3 , CaF_2 , CaSO_4 , BaSO_4 , FeS , FeSO_4 và sự dao động của chúng theo mùa. Nếu như nồng độ một trong các cặp ion trên trong dung dịch nồng độ C_r vượt quá tích số hoà tan ở nhiệt độ của nước lọc thì cần phải xử lý trước để giảm bớt như: làm mềm nước để giảm nồng độ kim loại kiềm, khử sắt, khử silic SiO_2^- , v.v...

Trước khi cho nước vào lọc qua màng bán thấm trong trạm lọc thẩm thấu cần phải làm trong nước để giảm độ đục xuống dưới 1 NTU, khử vi trùng bằng tia cực tím UV. Tuy vậy trong quá trình vận hành hiện tượng gây ra tắc trít màng là không thể tránh khỏi. Do đó phải làm sạch màng bằng hóa chất khoảng sáu tháng một lần.

Chọn hóa chất để làm sạch màng, phải chú ý là dung dịch hóa chất này không phá hoại cấu trúc của màng. Thường dùng:

Dung dịch axit citric, amonium eirat ($\text{pH} = 4 \div 8$) để hòa tan lắng đọng oxit kim loại.

Dung dịch axit clohydric citric để hòa tan lắng đọng cacbonat.

Dung dịch kiềm enzyme thuốc tẩy ($\text{pH} = 8 \div 11$) để loại trừ vật dính bám hữu cơ và vi khuẩn, vi trùng...

12.3.6. Sản xuất nước tinh khiết

Nước tinh khiết cần dùng cho các công nghiệp kỹ thuật cao như sản xuất linh kiện bán dẫn, điện tử, sản xuất các loại dược phẩm...

a) Công nghiệp điện tử

Công nghiệp sản xuất linh kiện bán dẫn và các cấu kiện vi mạch đòi hỏi chất lượng nước tinh khiết rất cao, gần như nước tinh về mặt lý thuyết:

- Tổng lượng hữu cơ cacbon phải $< 50 \mu\text{g/l}$
- Tổng số vi trùng hiếu khí < 10 con trong 1 lít
- Lượng SiO_2 hòa tan $\leq 5 \mu\text{g/l}$
- Oxy hòa tan $< 0,1 \mu\text{g/l}$ thậm chí đến 0,05
- Độ trở kháng ở $25^\circ\text{C} \leq 18 \text{ M}\Omega\text{cm}$.

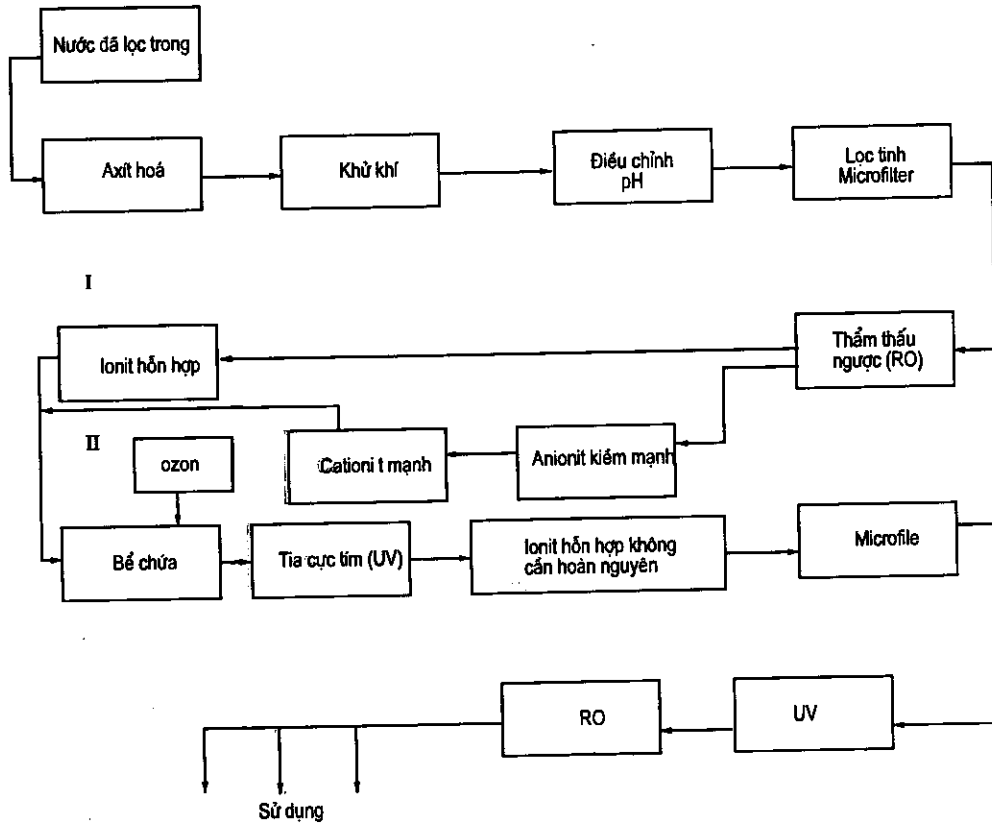
b) Sơ đồ quy trình xử lý nước có độ tinh khiết cao

Trong sơ đồ dây chuyền công nghệ trên, tuyến I gồm các thiết bị xử lý sơ bộ, lọc tinh trước khi cho nước vào lọc thẩm thấu ngược. Các thiết bị tuyến II gồm lọc thẩm thấu ngược, qua lọc thẩm thấu ngược, nước đi qua các bể lọc cationit axit mạnh anionit kiềm mạnh đặt riêng rẽ hay đặt trong một bể ionit hỗn hợp để loại trừ các ion có thể còn lọt qua thiết bị RO.

Các thiết bị ionit này phải chọn vật liệu có chất lượng cao, hoàn nguyên bằng dung dịch axit và kiềm có chất lượng cao và đảm bảo độ trong suốt. Tuyến III gồm các thiết bị ozon để oxy hóa các chất hữu cơ hòa tan còn sót lại và giết chết các vi khuẩn, virus...

Thiết bị tia cực tím để loại trừ ozon còn dư và tiệt trùng, lọc qua ionit không cần hoàn nguyên một lần nữa để ổn định nước đảm bảo sức trở kháng dưới $8 \text{ M}\Omega\text{cm}$ và loại trừ các ion bị phân hủy từ các hợp chất do tác dụng của quá trình tiệt trùng như S, P, Na... Thiết bị lọc tinh microfilter dùng để loại trừ các mảnh vụn có thể có sau bể lọc ionit, tiếp đến tuyến thiết bị tiệt trùng v.v... để diệt các vi trùng có thể sinh ra trên các đường ống dẫn, thiết bị RO sau cùng đảm bảo lọc toàn bộ các chất hữu cơ và ion còn sót lại.

Sơ đồ quy trình xử lý nước có độ tinh khiết cao



Trong thiết kế lắp đặt các đường ống, van khóa phải chú ý không để có vùng nước chết và vận tốc trong ống không được nhỏ hơn 0, 1 m/s để tránh việc vi trùng có thể sống và phát triển, toàn bộ thiết bị phải được chống ăn mòn gỉ sét ở mặt trong và mặt ngoài ở mức độ cao.

Chương 13

XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI VÀ XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH

13.1. XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI

13.1.1. Khái niệm chung

Nồi hơi có cấu tạo khác nhau chủ yếu là do các thiết bị phụ dùng để đốt các nhiên liệu khác nhau (khí, madút, than, đôi khi cả củi). Việc xử lý nước cấp và chế độ hoá nước của nồi hơi hình trống và nồi hơi dòng thẳng khác nhau về nguyên tắc cơ bản.

Trong nồi hơi hình trống hơi được tạo ra từ nước tuần hoàn liên tục trong nồi hơi (hình 13.1a).

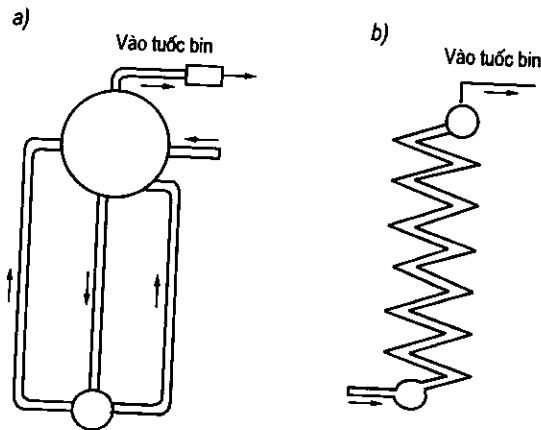
Nước trong các nồi hơi hình trống là vật tích lữ các cặn bẩn khác nhau của nước cấp, là môi trường để lắng dưới dạng bùn các hợp chất khó hoà tan chưa khử được ra khỏi nước cấp đồng thời là dung tích để điều hoà sự dao động về chất lượng của nước cấp.

Cặn tích lữ trong nước nồi hơi ở dạng hoà tan hay dạng bùn được đưa ra khỏi nồi hơi bằng cách xả thổi định kỳ hay liên tục một phần nước nồi hơi. Thay đổi lượng xả nước nồi hơi có thể điều chỉnh được nồng độ cặn trong nước nồi hơi. Tất cả điều vừa phân tích trên là ưu điểm của nồi hơi hình trống so với nồi hơi dòng thẳng (hình 13.1b).

Trong nồi hơi dòng thẳng, nước cấp theo đường ống đi vào nồi hơi hoàn toàn biến thành hơi đi vào turbin và do đó trong nồi hơi dòng thẳng không có nước nồi hơi, còn các chất hoà tan trong nước cấp đều được tách ra khỏi nước, bởi vì lúc đó nước đã hoàn toàn biến thành hơi.

Như vậy sự khác nhau giữa nồi hơi hình trống và nồi hơi dòng thẳng có thể biểu diễn bằng phương trình cân bằng môi trường hoạt động và cân bằng chất hoà tan trong nồi hơi.

Phương trình cân bằng môi trường hoạt động đối với nồi hơi hình trống:



Hình 13.1: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của nồi hơi
a) Kiểu tuần hoàn (hình trống); b) Kiểu dòng thẳng

$$D_c = D_h + D_x \quad (13.1)$$

Đối với nồi hơi dòng thẳng:

$$D_c = D_h \quad (13.2)$$

Trong đó:

D_c - lượng nước cấp vào nồi hơi (kg);

D_h - lượng hơi đi ra khỏi nồi hơi (kg);

D_x - lượng nước nồi hơi xả ra ngoài (kg).

Đối với các chất hoà tan có thể thành lập các phương trình cân bằng sau:

$$C_c \cdot D_c = C_h \cdot D_h + C_{nh} \cdot D_x + R \quad (13.3)$$

và

$$C_c \cdot D_c = C_h \cdot D_h + R \quad (13.4)$$

Trong đó:

C_c , C_h và C_{nh} - nồng độ chất hoà tan trong nước cấp, trong hơi và trong nước nồi hơi;

R - số lượng chất lắng đọng lại trong các bộ phận nồi hơi.

Đối với nồi hơi kiểu trống số lượng chất hoà tan trong hơi C_h và số cặn lắng đọng R có thể giảm được bằng cách tăng lượng nước xả. Trong nồi hơi dòng thẳng khả năng này không có. Do đó tất cả cặn đi vào nồi hơi cùng với nước cấp sẽ theo hơi đi vào turbin, hoặc lắng đọng lại trong hệ nồi hơi, rõ ràng là đối với nồi hơi dòng thẳng C_c phải rất bé. Tiêu chuẩn hiện tại đối với nước cấp cho hai loại nồi hơi ghi trong bảng (13.1).

Bảng 13.1. Tiêu chuẩn nước cấp cho nồi hơi (hàm lượng cặn cho phép lớn nhất)

Chỉ tiêu trung bình μg (micro gam/lít)	Nồi hơi dòng thẳng	Nồi hơi hình trống
Độ cứng ($\mu\text{g}/\text{dl}/\text{l}$)	0,2	1
Oxy hoà tan trước thiết bị khử khí ($\mu\text{g}/\text{l}$)	30	30
pH	$9,1 \pm 0,1$	$9,1 \pm 0,1$
Hàm lượng hidrazin NH_2 ($\mu\text{g}/\text{l}$)	20 - 60	20 - 60
Axit silic ($\mu\text{g}/\text{l}$)	15	120
Natri ($\mu\text{g}/\text{l}$)	5	Không tiêu chuẩn hoá
Sắt ($\mu\text{g}/\text{l}$)	10	20
Đồng ($\mu\text{g}/\text{l}$)	5	5
Sản phẩm dầu ($\mu\text{g}/\text{l}$)	0,1	0,3

13.1.2. Sự hình thành cặn bám trong nồi hơi và thiết bị trao đổi nhiệt

Do tác dụng của nhiệt và do quá trình bốc hơi, trong nước nồi hơi diễn ra các quá trình lý hoá khác nhau, một loạt hợp chất bị phân huỷ và một loạt hợp chất khác sinh ra... Trong nhiều trường hợp quá trình này dẫn đến sự tạo ra các hợp chất không hoà tan,

tách ra khỏi dung dịch bão hoà dưới dạng cặn và trong những điều kiện nhất định biến thành cặn bám hoặc bùn. Chất lắng đọng dính chặt trên bề mặt đun nóng hay làm lạnh có khả năng phá hoại sự làm việc bình thường của nồi hơi hay thiết bị trao đổi nhiệt gọi là cặn bám.

Chất lắng đọng xốp do cặn lơ lửng trong nước nồi hơi được tích lũy và nén lại gọi là bùn. Lắng đọng dạng cặn bám và dạng bùn gây ra mức độ nguy hiểm như nhau đối với sự hoạt động của nồi hơi.

Theo tính chất vật lý có thể đánh giá chất lắng đọng theo các chỉ tiêu: màu, độ cứng, cường độ dính kết với bề mặt kim loại, chiều dày, độ phân phối đều theo bề mặt...

Theo đặc tính hoá học, thành phần của chất lắng đọng thường biểu diễn bằng phần trăm các chất như: CaO , MgO , CuO , SO_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Al_2O_3 , P_2O_5 và cả lượng cặn bay hơi.

Trong quản lý điều quan trọng là phải biết thành phần của chất lắng đọng, bởi vì nó thường cho phép tìm ra nguyên nhân cặn bám và bùn. Song phân tích hoá học không thể cho biết chính xác được hợp chất nào có trong thành phần của chất lắng đọng. Lời đáp của câu hỏi này chỉ có thể nhận được khi áp dụng của phương pháp phân tích phức tạp như dùng biểu đồ ronghen, quang học tinh thể và biểu đồ nhiệt. Thành phần hoá học của cặn bám tạo ra trong nồi hơi rất khác nhau, song có thể phân chúng thành bốn nhóm sau:

1) *Cặn bám kim loại kiềm thổ chủ yếu bao gồm các hợp chất của canxi và magie:* CaCO_3 , CaSO_4 , CaSiO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, MgO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$. Tùy thuộc vào số lượng của chất nào có nhiều trong cặn bám mà người ta phân biệt ra cặn bám cacbonat CaCO_3 , sunfat CaSO_4 , photphat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ và v.v... Cũng có thể có cặn bám loại hỗn hợp gồm nhiều hợp chất.

2) *Cặn bám oxyt sắt.* Trong thành phần của loại cặn lắng đọng này có thể có silicat sắt, photphat sắt $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$, sắt photphat natri NaFePO_4 oxyt sắt Fe_2O_3 , Fe_3O_4 .

3) *Cặn bám đồng:* Trong thành phần của cặn bám chứa một số lượng lớn đồng.

4) *Cặn bám silicat có các thành phần khác nhau.* Tính chất quan trọng nhất của cặn bám là độ dẫn nhiệt thấp, nó thay đổi phụ thuộc vào cấu trúc và độ rỗng của vật chất lắng đọng từ 0,12 đến 1,2 at/(m.K).

13.1.3. Các phương pháp loại trừ cặn bám trong hệ nồi hơi

Để ngăn ngừa việc tạo ra cặn bám trong nồi hơi hình trống dùng các phương pháp sau đây:

- a) Làm mềm triệt để nước cấp cho nồi hơi.
- b) Ngăn ngừa quá trình làm bẩn nước cấp do các sản phẩm của quá trình gỉ kim loại của hệ nồi hơi.
- c) Khử hiện tượng thấm hút nước làm lạnh vào thiết bị ngưng tụ của turbin.

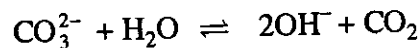
d) Tổ chức xử lý nước bên trong nồi hơi để giữ chế độ hoá học hợp lý của nồi hơi.

e) Khử hiện tượng nung quá nhiệt cục bộ trên các ống phát hơi. Phương pháp làm mềm nước, ngăn ngừa sản phẩm gỉ làm bẩn nước cấp... xét trong các chương tương ứng của quyển sách này, ở đây chỉ nghiên cứu quá trình xử lý nước bên trong nồi hơi (nước nồi hơi). Xử lý hay điều chỉnh chất lượng nước nồi hơi có mục đích chính là ngăn ngừa quá trình cặn bám trên bề mặt đun nóng của nồi hơi. Để thực hiện được mục đích này thường cho vào nước nồi hơi các muối của axit orthophospho hay etylen diamin (trilon B hoá).

1. Photphat hoá nước nồi hơi

Ion canxi Ca^{2+} đi vào nồi hơi cùng với nước cấp có thể tạo với các anion SiO_3^{2-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} các hợp chất khó hoà tan. Silicat canxi $CaSiO_3$ và sunfat canxi $CaSO_4$ chủ yếu lắng trên các bề mặt đun nóng và trở thành cặn rắn chắc (cặn bám). Cacbonat canxi và các hợp chất của canxi với ion PO_4^{3-} (hydroxylapatit $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$) ngược lại tách ra chủ yếu ở dạng bùn, dễ dàng đưa ra khỏi nồi hơi bằng cách xả thổi.

Vì thế trong thực tế người ta cố tạo ra trong nước nồi hơi các điều kiện để cặn canxi có thể tách ra dưới dạng cacbonat hay hydroxylapatit. Muốn vậy phải luôn luôn giữ cho nước nồi hơi có một nồng độ nhất định các ion PO_4^{3-} và CO_3^{2-} . Song chế độ kiềm CO_3^{2-} của nước nồi hơi chỉ có hiệu quả đối với hơi có áp lực dưới 1,6 MPa, còn đối với hơi có áp lực lớn hơn phải dùng chế độ photphat. Điều này được giải thích như sau: ion CO_3^{2-} bị phân huỷ và khi nhiệt độ càng cao sự phân huỷ càng mạnh:



Còn ion PO_4^{3-} có độ bền cao không bị phân huỷ trong nước nồi hơi. Photphat hoá chỉ cho phép ngăn ngừa việc tạo ra cặn bám canxi chứ không phải tất cả các loại cặn bám nói chung, bởi vì triphotphat magie $Mg_3(PO_4)_2$ có khả năng tạo ra cặn bám. Để ngăn ngừa quá trình tạo ra cặn bám canxi nồng độ của ion PO_4^{3-} trong nước nồi hơi không được thấp hơn giá trị giới hạn i (mg/kg) xác định theo phương trình:

$$i = N + 0,1 C_{SiO_3^{2-}} + 0,01 C_{SO_4^{2-}}, \text{ (mg/kg)}, \quad (13.5)$$

Trong đó:

N - trị số không đổi bằng 5 mg/kg đối với nồi hơi không có bậc bốc hơi, bằng 3 mg/kg đối với các ngăn sạch của nồi hơi có bậc bốc hơi;

$C_{SiO_3^{2-}}$; $C_{SO_4^{2-}}$ - nồng độ các ion SiO_3^{2-} và SO_4^{2-} trong nước nồi hơi.

Nồng độ i cũng có giới hạn trên: đối với nồi hơi không có bậc bốc hơi không lớn hơn 15, trong ngăn cuối của nồi hơi có bậc bốc hơi không lớn hơn 30 khi đốt bằng nhiên liệu lỏng và không lớn hơn 50 khi đốt bằng các loại nhiên liệu khác. Photphat hoá chỉ

dùng cho nồi hơi có quá trình tuần hoàn tự nhiên (nồi hơi kiểu trống). Khi cho nồi hơi vào làm việc sau khi lắp hay đại tu xong, cần phải đưa photphat vào để tạo ra lượng dư ion PO_4^{3-} . Số lượng photphat kỹ thuật Φ_1 kg cần đưa vào nồi hơi có thể xác định theo công thức gần đúng.

$$\Phi_1 = \frac{V_{nh} \cdot i}{100 \cdot C_\phi}, \text{ (kg)} \quad (13.6)$$

Trong đó:

V_{nh} - thể tích nước của nồi hơi (m^3);

C_ϕ - hàm lượng PO_4^{3-} trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Trong thời gian hoạt động của nồi hơi phải đưa liên tục vào nước cấp một lượng photphat bởi vì một phần của nó sẽ tiêu tốn để kết hợp với các chất tạo ra cặn bám, phần khác thường lớn hơn bị xả ra ngoài cùng với nước xả. Số lượng trinitrat photphat đưa vào nồi hơi đang hoạt động xác định theo công thức sau:

$$\Phi_2 = \frac{100}{C_\phi} (28,5C_o + P_c \cdot i), \text{ (kg)}; \quad (13.7)$$

$$\Phi_3 = \frac{D_c}{10 \cdot C_\phi} (28,5C_o + P_c \cdot i), \text{ (kg)}; \quad (13.8)$$

$$\Phi'_3 = \frac{D_h}{10 \cdot C_\phi} (28,5C_o (P_h + 1) + P_h \cdot i), \text{ (kg)}, \quad (13.9)$$

Trong đó:

Φ_2 - tính bằng (kg);

Φ_3, Φ'_3 - tính bằng (kg/h);

C_o - độ cứng của nước cấp (mdlg/kg);

D_c - số lượng nước cấp (t/h);

D_h - công suất hơi của nồi hơi (t/h);

P_c và P_h - lượng nước xả nồi hơi tính theo phần nước cấp và tính theo phần hơi;

28,5 - đương lượng của ion PO_4^{3-} trong hydroxylapatit.

Trong các công thức nêu trên, số hạng đầu tiên xác định lượng tiêu thụ hữu ích của photphat để kết hợp với chất tạo cặn bám, còn số hạng thứ hai đặc trưng cho tổn thất photphat do nước nồi hơi xả ra ngoài. Khi tính toán định lượng thường phải xác định thể tích m^3/h dung dịch photphat có nồng độ nhất định để chuyển vào nồi hơi. Trong trường hợp này có thể dùng công thức sau:

$$V_\phi = \frac{D_h (28,5C_o (1 + P_h) + P_h \cdot i)}{10 \cdot C_d \cdot \rho_\phi \cdot n}, \text{ (m}^3/\text{h)}, \quad (13.10)$$

Trong đó:

C_d - nồng độ Na_3PO_4 trong dung dịch (%);

n - tỷ số $C_{\text{PO}_4^{3-}} / C_{\text{Na}_3\text{PO}_4}$ trong sản phẩm thường $n = 0,579$;

ρ_Φ - mật độ của dung dịch trinatri photphat (kg/m^3).

Nếu trong quá trình quản lý tính toán được chính xác lượng tiêu thụ photphat, thì sử dụng công thức (13.11) (13.12) có thể xác định được độ cứng trung bình của nước cấp (mdlg/kg) trong quãng thời gian Δt .

$$C_o = \frac{10\Phi_3\Delta t C_\Phi - D_c \cdot P_c \cdot i \cdot \Delta t}{28,5 \cdot D_c \cdot \Delta t} \quad (13.11)$$

$$C_o = \frac{10\Phi'_3\Delta t C_\Phi - D_h \cdot P_h \cdot i \cdot \Delta t}{28,5 \cdot D_h \cdot \Delta t \cdot (1 + P_h)} \quad (13.12)$$

Trong đó: tích số $\Phi_3\Delta t$, $D_h\Delta t$, $D_c\Delta t$ tương ứng biểu thị lượng tiêu thụ photphat, lượng hơi sản xuất được và lượng nước cấp vào trong khoảng thời gian Δt .

Cần chú ý rằng độ cứng chính xác có thể tính được chỉ khi xác định chính xác các trị số đưa vào vế phải của công thức.

Nồng độ của dung dịch photphat C_Φ (%) đưa vào nổi hơi và công suất của máy bơm định lượng q (l/h) liên hệ với nhau rất chặt chẽ bằng công thức:

$$C_\Phi = \frac{100\Phi_3}{q \cdot P_\Phi} \quad (13.13)$$

Vì thế không được chọn nồng độ của dung dịch photphat một cách tùy ý không tính toán đến công suất của máy bơm định lượng đã chọn, và lượng tiêu thụ photphat Φ_3 . Nồng độ dung dịch photphat C_Φ nên chọn sao cho máy bơm làm việc với công suất 75 - 80% lưu lượng định mức.

Thể tích thùng định lượng photphat xác định theo công thức:

$$V_{th} = 1,3 \times \frac{\Phi_3 t_1}{10 \cdot C_\Phi \cdot \rho_\Phi} \quad (13.14)$$

Trong đó: T_1 - thời gian giữa hai lần pha dung dịch tính bằng giờ.

Bảng 13.2. Mức giảm độ kiềm của nước cấp khi photphat hoá

Chất	Giảm độ kiềm mdlg/kg khi trung hoà đến		Chất	Giảm độ kiềm mdlg/kg khi trung hoà đến	
	Na_2HPO_4	Na_3PO_4		Na_2HPO_4	Na_3PO_4
Na_2HPO_4	-	$0,01\Phi$	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	$3,5 \cdot 10^{-3}\Phi$	$0,014\Phi$
NaH_2PO_4	$0,01\Phi$	$0,02\Phi$	$(\text{NaPO}_3)_6$	$0,01\Phi$	$0,02\Phi$

Ngoài trinatri photphat người ta còn dùng: dinatri photphat Na_2HPO_4 , hexameta photphat natri (NaPO_3)₆, tripoli photphat natri $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, pirophotphat natri $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Poliphotphat trong dung dịch nước bị thủy phân chuyển thành axit photphat NaH_2PO_4 và Na_2HPO_4 . Điều đó có nghĩa là khi dùng các loại photphat kể trên độ kiềm của nước cấp bị giảm đi một trị số ghi trong bảng (13.2)

Trong đó Φ kí hiệu lượng photphat g/tấn hơi tính ra PO_4^{3-} và được xác định theo công thức:

$$\Phi = 28,5 C_o(P_h + 1) + P_h \cdot i.$$

Khi áp dụng kiểm hoá thuần túy bằng photphat lượng dư photphat trong nước nổi hơi i (mg/kg) phụ thuộc vào độ kiềm K_{ic} và độ cứng C_o của nước cấp, đồng thời phụ thuộc vào khả năng trung hoà n của axit photphat, n : biểu thị số đương lượng gam NaOH cần thiết để trung hoà một ion gam PO_4^{3-} .

$$i = \frac{95}{P_c} \left(\frac{K_{ic} - 0,1C_o}{n} - 0,3C_o \right) \quad (13.15)$$

Nếu trong nước nổi hơi photphat chỉ tồn tại ở dạng Na_3PO_4 thì khi áp dụng chế độ kiểm hoá thuần túy bằng photphat tỷ số sẽ như sau:

$$40 K_{iFnh} = 0,42i.$$

$$40 K_{tonh} = 0,84i.$$

Trong đó K_{iFnh} và K_{tonh} là độ kiềm của nước nổi hơi theo phenolphtalein và độ kiềm tổng (mdlg/kg). Bởi vì chế độ tương ứng với tỷ số này rất khó giữ nên trong thực tế giữ chế độ thoả mãn tỷ số $40 K_{tonh} \leq 0,84i$.

2. Xử lý nước nổi hơi bằng các chất tổ hợp

Photphat hoá không loại trừ được oxít sắt, như vậy photphat hoá chỉ tránh được quá trình tạo cặn bám chứ không loại trừ được quá trình tạo bùn. Xử lý nước bằng các chất tổ hợp có thể đảm bảo được chế độ không tạo ra cặn bám và bùn của nước nổi hơi trong những điều kiện nhất định. Dùng chất tổ hợp như etylen diamin axit, muối natri của nó gọi là trilon B. Trilon B hoá nổi hơi kiểu trống tức là đưa vào nước cấp (ống hút của máy bơm) dung dịch trilon B có nồng độ dưới 1,5% đã được kiểm hoá bằng NaOH hay NH_4OH đến trị số pH = 8,5. Chất tổ hợp này kết hợp với các cation của chất tạo cặn bám thành hợp chất có độ hoà tan bền vững và có cấu trúc phức tạp. Do đó các hợp chất tạo cặn bám và bùn không xuất hiện. Trilon B kết hợp với sắt thành chất tổ hợp, làm giảm lượng sắt kéo theo hơi và giảm được nồng độ sắt trong nước ngưng tụ (giảm đến 50% so với chế độ photphat hoá). Lượng chất tổ hợp (g/h) để hiệu chỉnh chế độ nước có thể xác định theo công thức.

$$G = (186C_o + 6,7 C_{Fe} + 6C_{Cu}) D_h \cdot 10^2, \text{ (g/h)} \quad (13.16)$$

Trong đó:

D_h - năng suất hơi của nồi hơi (t/h);

C_o - độ cứng của nước cấp (mdlg/kg);

C_{Fe} và C_{Cu} - nồng độ của sắt và đồng trong nước cấp ($\mu\text{g/kg}$).

Kết quả của việc xử lý bằng chất tổ hợp phụ thuộc vào nhiệt độ của nước nồi hơi và chỉ tiêu chất lượng nước cấp.

3. Kiểm hoá nước nồi hơi

Trong quản lý nhiều khi cần phải kiểm hoá nước nồi hơi, nghĩa là cho vào nước cấp vào nồi hơi các hợp chất kiềm khác nhau. Trong thực tế thực hiện việc kiểm hoá nồi hơi trong các trường hợp sau:

- Nước cấp cho nồi hơi rất mềm (nước ngưng tụ và nước xử lý qua cationit).
- Nước cấp cho nồi hơi có độ cứng tương đối cao.

Trong trường hợp thứ nhất đòi hỏi phải kiểm hoá là do yêu cầu của sản xuất (Ví dụ trị số pH thấp của nước cấp, cần phải trung hoà muối amoni của các axit mạnh, khi nó có trong nước nồi hơi, hay phải nâng cao độ kiềm của nước nồi hơi để trung hoà axit photphat).

Trong trường hợp thứ hai: kiểm hoá để ngăn ngừa quá trình tạo cặn bám, biện pháp này gọi là xử lý nước trong nồi hơi. Số lượng hợp chất kiềm cần thiết cho vào nước cấp, xác định theo công thức sau:

$$q'_{Ki} = \frac{P_h}{1 + P_h} Ki_{cnh} - Ki_{tnh}, \text{ (mdlg/kg)}, \quad (13.17)$$

$$\text{hay } q''_{Ki} = e \cdot \left(\frac{P_h}{1 + P_h} Ki_{cnh} - Ki_{tnh} \right), \text{ (mg/kg)}, \quad (13.18)$$

Trong đó:

Ki_{cnh} - độ kiềm cần thiết của nước nồi hơi (mdlg/kg);

Ki_{tnh} - độ kiềm thực tế trong nước nồi hơi trước khi kiểm tra (mdlg/kg);

e - đương lượng gam của chất kiềm.

Thường dùng xút NaOH để kiểm hoá nước mềm cấp cho nồi hơi vì nếu dùng soda Na_2CO_3 , NaHCO_3 , chúng dễ bị thủy phân trong nước nồi hơi tạo ra khí CO_2 làm bắn hơi và gây ra tác dụng gỉ trên các tuyến ngưng tụ. Tốc độ thủy phân soda phụ thuộc vào nhiệt độ của nước nồi hơi tức phụ thuộc vào áp lực hơi. Nếu độ kiềm của nước cấp gồm độ kiềm cacbonat và hydrocacbonat $Ki_o = Ki_c + Ki_b$ thì số lượng CO_2 chuyển vào hơi sẽ bằng:

$$C_{\text{CO}_2} = 22[Ki_b(1 + \alpha) + \alpha Ki_c] \quad (13.19)$$

Nếu độ kiềm của nước cấp gồm độ kiềm hydrát và độ kiềm cacbonat thì:

$$C_{CO_2} = 22\alpha Ki_c,$$

Trong đó: α - mức độ thủy phân Na_2CO_2 tính bằng phần của đơn vị.

Xử lý bên trong đối với nước cứng cấp cho nồi hơi thường áp dụng cho nồi hơi không có vách ống và có áp lực hơi dưới 1,6MPa và đốt bằng nhiên liệu rắn. Thực chất của việc kiềm hóa nước nồi hơi là làm cho các chất tạo cặn Mg^{2+} , Ca^{2+} dưới tác dụng của các hợp chất kiềm kết hợp thành các hợp chất $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, tách ra khỏi nước dưới dạng bùn để xả ra ngoài, và bằng cách ấy ngăn chặn được quá trình tạo cặn bám trên bề mặt đun nóng. Để thu được kết quả thỏa mãn cần phải giữ cho nước nồi hơi luôn luôn có độ kiềm xác định tức là luôn luôn giữ nồng độ nhất định của chất tạo ra bùn lắng. Vì thế khi cho nồi hơi làm việc phải nạp đầy đủ thể tích nồi hơi V_{nh} bằng nước cấp và cho vào nó một lượng kiềm xác định theo công thức:

$$q'_{Ki} = C_1(1 + P_h) + P_h Ki_{nh}, \text{ (mdlg/kg)} \quad (13.20)$$

hay
$$q''_{Ki} = D_h \cdot 10^{-3} [C_1(1 + P_h) + P_h Ki_{nh}] e, \text{ (kg/h)} \quad (13.21)$$

Số lượng bùn tạo ra trong nồi hơi bằng:

$$B' = D_h \cdot (1 + P_h) (50 C_{Ca} + 29C_{Mg}), \text{ (g/h)}; \quad (13.22)$$

$$B'' = \frac{1 + P_h}{P_h} C_o e, \text{ (mg/kg)}, \quad (13.22a)$$

Trong đó:

B' - số lượng bùn đi vào nồi hơi (g/l);

C_1 - độ cứng không cacbonat (mdlg/l);

e - đương lượng gam trung bình của Ca^{2+} và Mg^{2+} , $e = 50$;

$29C_{Mg}$ - thành phần của Mg^{2+} trong độ cứng tổng.

13.1.4. Tẩy rửa cặn bám trong nồi hơi

Tẩy rửa cặn bám trong nồi hơi hay trên các thiết bị trao đổi nhiệt có thể thực hiện bằng hai biện pháp: *cơ học* và *hóa học*.

Biện pháp cơ học dùng các dụng cụ nạo, phay... phương pháp này được dùng đối với nồi hơi bé và các thiết bị trao đổi nhiệt đơn giản.

Phương pháp hóa học dùng các dung dịch hóa chất kiềm, axit..., làm sạch hóa học trước khi cho nồi hơi hoạt động và trong thời kỳ quản lý.

Làm sạch trước khi hoạt động tiến hành trong các nồi hơi mới, hoặc nồi hơi sau đại tu, mục đích làm sạch là khử cặn gỉ, mếp vữa hàn và các cặn bẩn khác. Làm sạch trong quản lý với mục đích khử các loại cặn bẩn khác nhau sinh ra trong quá trình

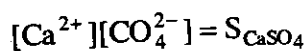
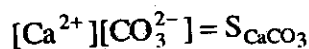
hoạt động của nồi hơi. Làm sạch trước khi vận hành bắt đầu bằng việc rửa nước với tốc độ lớn 1 - 1,5m/s đối với nồi hơi có bề mặt thoát nước và 2 - 2,5m/s đối với nồi hơi không có bề mặt thoát nước, đầu tiên rửa bằng nước lạnh, sau đó rửa bằng nước nóng 100°C theo vòng kín. Thao tác tiếp theo là dùng dung dịch kiềm NaOH nồng độ 0,5 - 1% để tẩy rửa silicat, đầu trong nồi hơi kiểu trống và dùng NH₄OH để tẩy rửa nồi hơi đồng thẳng. Sau khi rửa bằng dung dịch kiềm phải xử lý bằng hoá chất để tẩy cặn gỉ sắt. Làm sạch trong quản lý thì không cần rửa nước. Hoá chất sử dụng để tẩy rửa để kiểm và rẻ nhất và axit clohydric HCl. Thường dùng HCl để tẩy rửa các nồi hơi công nghiệp và các thiết bị trao đổi nhiệt, kể cả bộ ngưng tụ của turbin. Song đối với nồi hơi công suất lớn việc sử dụng HCl bị hạn chế do tính ăn mòn và sự phức tạp của sơ đồ làm sạch. Axit hữu cơ có độ ăn mòn thấp hơn nhưng khối lượng cần thiết phải lớn hơn nên việc tẩy rửa rất đắt. Vì thế hợp lý nhất là dùng hỗn hợp EDDT và axit hữu cơ với tỷ lệ 1:1. Việc chọn hoá chất để tẩy rửa trong quá trình quản lý phụ thuộc vào tính chất và cấu trúc của cặn bám. Sau khi khử cặn bám dung dịch được đẩy ra khỏi nồi hơi bằng nước và rửa tiếp bề mặt của nó để khử cặn còn lắng lại. Sau khi rửa phải trung hoà nước axit còn lại bằng dung dịch kiềm. Đối với các nồi hơi công nghiệp kích thước bé có thể dùng biện pháp nấu kiềm Na₂CO₃ hay photphat Na₃PO₄ làm cho cặn bám kim loại mềm ra, sau đó dùng biện pháp cơ học để tẩy rửa.

Ví dụ tính toán:

Ví dụ 1. Trong nước nồi hơi có chứa các ion Ca²⁺, SO₄²⁻ và CO₃²⁻ chúng có thể tạo thành cặn CaCO₃, và CaSO₄. Bởi vì cặn CaCO₃ tạo ra ở dạng bùn còn CaSO₄ tạo thành cặn bám, nên trong thực tế người ta xử lý nước nồi hơi bằng Na₂CO₃ (kiềm hoá) để tạo ra cặn lắng CaCO₃ mà không cho nó tạo thành CaSO₄. Xác định nồng độ ion CO₃²⁻ cần thiết để đảm bảo điều kiện trên.

Giải:

Đối với dung dịch bão hoà cacbonat canxi và sunfat canxi ta có thể viết được các phương trình:



Cặn sunfat canxi không thể tạo thành nếu đảm bảo điều kiện:

$$[Ca^{2+}] < \frac{S_{CaSO_4}}{[SO_4^{2-}]}$$

Mặt khác đối với dung dịch bão hoà cacbonat canxi, nồng độ canxi [Ca²⁺] sẽ bằng:

$$[Ca^{2+}] = \frac{S_{CaCO_3}}{[CO_3^{2-}]}$$

Thay giá trị của $[Ca^{2+}]$ vào phương trình trên ta thu được:

$$\frac{S_{CaCO_3}}{[CO_3^{2-}]} < \frac{S_{CaSO_4}}{[SO_4^{2-}]}$$

Bất phương trình này quyết định điều kiện để trong nước nổi hơi không tạo ra cặn đóng $CaSO_4$ mà chỉ tạo ra cặn $CaCO_3$. Giải nó đối với $[CO_3^{2-}]$ ta có:

$$[CO_3^{2-}] > \frac{S_{CaCO_3}[SO_4^{2-}]}{S_{CaSO_4}}$$

$[Ca^{2+}]$, $[CO_3^{2-}]$, $[SO_4^{2-}]$: Tính bằng (gam ion/l).

Do đó nồng độ ion CO_3^{2-} (hay nồng độ PO_4^{3-} khi photphat hoá) trong nước nổi hơi phụ thuộc vào nồng độ của ion SO_4^{2-} . Nói chính xác hơn là nồng độ để ngăn ngừa cặn bám của ion CO_3^{2-} trong nổi hơi khi tiến hành kiềm hoá hay của ion PO_4^{3-} khi photphat hoá phụ thuộc vào nồng độ trong nước nổi hơi của các ion khác có khả năng tạo với Ca^{2+} thành cặn bám $[SO_4^{2-}] + [SiO_3^{2-}] \dots$

Ví dụ 2. Trạm nổi hơi công nghiệp có 2 nổi hơi, công suất hơi của mỗi nổi hơi 3T/h. Dùng nước sông có độ cứng tổng $C_0 = 2,6$ mdlg/l và độ kiềm cacbonat $Ki_c = 1,3$ mdlg/l để cấp cho nổi hơi. Xác định lượng tiêu thụ soda Na_2CO_3 và nồng độ bùn trong nước nổi hơi khi lượng nước xả nổi hơi $P_h = 5\%$. Độ kiềm của nước nổi hơi $Ki_{nh} = 10$ mdlg/kg; $e = 43$.

Giải:

Lượng kiềm cần thiết tính theo công thức (13.20) bằng:

$$C_{Na_2CO_3} = C_1(1 + P_h) + P_h Ki_{nh}, \text{ (mdlg/l).}$$

C_1 - độ cứng không cacbonat:

$$C_1 = 2,6 - 1,3 = 1,3 \text{ mdlg/l.}$$

$$P_h = 5\% = 0,05; Ki_{nh} = 10.$$

$$C_{Na_2CO_3} = 1,3 \times 1,05 + 0,05 \times 10 = 1,87 \text{ mdlg/kg.}$$

Lượng tiêu thụ Na_2CO_3 bằng:

$$q_{Na_2CO_3} = \frac{C_{Na_2CO_3} e_{Na_2CO_3} \cdot n \cdot D_h}{1.000} = \frac{1,87 \times 53 \times 2 \times 3}{1.000} = 0,6 \text{ kg/h}$$

Mỗi giờ trong nổi hơi tạo ra một lượng bùn tính theo (13.22):

$$B' = D_h(1 + P_h)(50C_{Ca^{2+}} + 29C_{Mg^{2+}})$$

$$B' = 3(1 + 0,05) \times 2,6 \times 43 = 352 \text{ g/h.}$$

Nồng độ bùn trong nước nổi hơi tính theo (13.22a):

$$B'' = \frac{1 + P_h}{P_h} \cdot C_o \cdot e = \frac{1,05}{0,05} \times 2,6 \times 43 = 2348 \text{ mg/kg.}$$

Ví dụ 3. Độ kiềm của nước cấp $Ki_c = 12$. Độ cứng $C_o = 3$ mkg/kg, nổi hơi làm việc với chế độ kiềm hoá thuận tuý bằng photphat với lượng nước xả $P_h = 3\%$ và lượng dư tiêu thụ của ion $PO_4^{3-} = 30$ mg/kg. Xác định khả năng giữa chế độ không có dư ion OH^- khi photphat hoá nước nổi hơi - khả năng trung hoà của dinatri photphat Na_2HPO_4 bằng một, khả năng trung hoà của NaH_2PO_4 bằng hai.

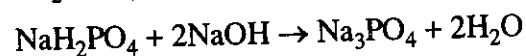
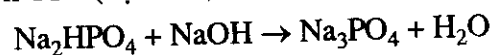
Lượng dư ion PO_4^{3-} tính theo công thức:

$$i = \frac{95}{100 \cdot n \cdot P_h} (Ki_c - 0,4C_o)$$

0,4 là hệ số tính đến lượng kiềm và photphat tiêu tốn để tạo ra hydroxylapatít.

Giải:

Trung hoà ion OH^- (độ kiềm) diễn ra theo phương trình:



Nếu chỉ dùng Na_2HPO_4 để trung hoà thì $n = 1$, theo phương trình trên tìm được $i = 34$ mg/kg, vượt quá trị số tiêu chuẩn cho trong đầu bài $i = 30$ mg/kg. Do đó cần phải sử dụng hỗn hợp axit photphat. Ví dụ Na_2HPO_4 và NaH_2PO_4 với tỉ số sao cho:

$$n = \frac{95}{100 P_h \cdot i_{tc}} (Ki_c - 0,4C_o)$$

i_{tc} - nồng độ dư tiêu chuẩn của ion PO_4^{3-} , mg/kg.

Thay giá trị bằng số tìm được $n = 1,14$.

Do đó ta có thể lập phương trình: $1 + 2x = 1,14$ (vì n của $Na_2HPO_4 = 1$ còn n của $NaH_2PO_4 = 2$).

Giải phương trình này tìm được $x = 0,07$. Như vậy để có hỗn hợp có thể trung hoà OH^- với tỉ lệ $n = 1,14$ ta phải chọn hỗn hợp 1 phân tử Na_2HPO_4 cùng với 0,07 phân tử NaH_2PO_4 .

13.2. XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH

Trong thực tế sản xuất, hiện nay đang tồn tại hai loại hệ thống cấp nước cho các thiết bị làm lạnh hệ thống xả thẳng và hệ thống tuần hoàn.

- **Hệ thống xả thẳng:** Nước từ nguồn được bơm vào đối tượng cần làm lạnh, sau khi làm lạnh thiết bị, máy móc hoặc sản phẩm xả thẳng ra sông hoặc hồ chứa.

- **Hệ thống tuần hoàn:** Nước từ bể chứa bơm vào đối tượng làm lạnh, sau khi làm lạnh thiết bị, máy móc hoặc sản phẩm nhiệt độ của nước tăng lên, người ta cho nước qua dàn phun tiếp xúc trực tiếp với không khí để giảm nhiệt độ của nước xuống nhiệt độ ban đầu rồi tập trung về bể chứa và lại bơm vào thiết bị cần làm lạnh v.v...

13.2.1. Nguyên nhân làm giảm hiệu quả của hệ thống làm lạnh

Trong nhiều trường hợp do nước làm lạnh có chất lượng không thỏa mãn yêu cầu sử dụng đã gây ra cặn bám, hoặc rêu, màng sinh vật phủ lên mặt trong thành ống dẫn nước làm lạnh, phá hoại chế độ trao đổi nhiệt của thiết bị, gây tổn thất cho sản xuất. Việc tiến hành làm sạch ống và thiết bị làm lạnh trong quá trình quản lý theo định kỳ gặp nhiều khó khăn: phải ngừng sản xuất, và giữa hai lần cọ rửa, đường ống dẫn có thể bị tắc. Do đó việc xử lý nước để ngăn ngừa việc đóng cặn và rêu lên thành ống và thiết bị là phương pháp an toàn và kinh tế nhất trong quá trình sản xuất.

1. Sự đóng cặn trên bề mặt thiết bị làm lạnh và trên thành ống dẫn

Thành phần chủ yếu của cặn lắng đọng trên các bề mặt làm lạnh là cacbonat canxi CaCO_3 . Nó được tạo ra do sự phân hủy ion hydrocacbonat có trong nước làm lạnh: ($\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) khi nước bị đun nóng, CO_2 hòa tan trong nước bị bay hơi, lượng CO_2 còn lại trong nước thấp hơn nồng độ cân bằng làm cho phản ứng chuyển dịch về phía phải, nồng độ của ion CO_3^{2-} trong nước tăng lên, các ion Ca^{2+} luôn luôn có trong nước thiên nhiên sẽ tác dụng với ion CO_3^{2-} thành CaCO_3 tạo ra màng rắn chắc trên toàn bộ thành ống của tuyến dẫn nước. Khi nước có trị số pH cao ($\text{pH} > 10$), nước sau khi xử lý bằng vôi để giảm độ cứng cacbonat thì trong thành phần của cặn lắng đọng và cặn bám có cả hydroxit magie ($\text{Mg}(\text{OH})_2$).

Sunfat canxi có độ hòa tan tương đối lớn và vì thế rất ít gặp trong thành phần của cặn bám trong các hệ thống cấp nước tuần hoàn, trừ trường hợp nước bị đun sôi trên bề mặt làm lạnh và khi xử lý nước dùng một liều lượng lớn axit sunfuric mà không thực hiện đúng chế độ xả nước để giảm bớt cặn trong hệ thống. Khi trong nước làm lạnh có chứa một lượng lớn axit silic thì trong thành phần của cặn bám có thể có cả silicat canxi và silicat magie.

2. Cặn lơ lửng

Khi nước làm lạnh có hàm lượng cặn lớn (cát, sét, cặn lơ lửng khác) chúng có thể lắng đọng trên các đoạn ống của hệ thống làm lạnh, nếu vận tốc chuyển động của nước trong ống thấp. Nếu trong hệ thống làm lạnh xảy ra việc tạo cặn bám thì cùng với cacbonat canxi trên bề mặt cần làm lạnh và trên thành ống của hệ thống dẫn nước có thể dính bám cả cặn lơ lửng vì CaCO_3 xi măng hóa chúng. Việc tích lũy cặn lơ lửng trên bề mặt làm lạnh và trên thành ống có thể xảy ra cả trong trường hợp khi trên thành ống có lớp phủ sinh vật, lớp này sẽ thu hút cặn lơ lửng trong nước, làm dày lớp cặn bám vào

thành ống. Trong cả hai trường hợp kể trên, việc tồn tại cặn lơ lửng trong nước làm lạnh là rất nguy hiểm.

3. Cặn sắt

Khi trong nguồn nước cấp cho hệ thống làm lạnh có sắt (nước ngầm) thì trong hệ thống ống dẫn, trên bề mặt làm lạnh có thể lắng đọng cặn hydroxit sắt, vì thế cần xử lý sắt trước khi cấp cho hệ thống cấp nước làm lạnh.

4. Sự lắng đọng vi sinh vật

Sự tồn tại trong nước các chất làm thức ăn cho vi sinh vật, rêu tảo, và điều kiện nhiệt độ thuận lợi cho vi sinh phát triển là nguyên nhân gây ra lớp phủ sinh vật trên bề mặt làm lạnh.

Sự phát triển của lớp phủ sinh vật đặc biệt mạnh trong các hệ thống làm lạnh khi nước cấp chứa nhiều chất hữu cơ. Sự phát triển của vi sinh vật trên thành thiết bị ở dạng lắng đọng nhầy dính, trong đó có cả cát và cặn lơ lửng. Trong nước làm lạnh có sắt có thể xảy ra quá trình phát triển vi khuẩn sắt, vi khuẩn sắt có khả năng phát triển nhanh và thường làm tắc ống của các thiết bị làm lạnh. Khi trong nước làm lạnh có sun phat, có thể phát triển vi khuẩn khử sunfat thành H_2S và sunfit làm tăng cường quá trình gỉ ống và thiết bị. Trên các bề mặt hở của hệ thống làm lạnh, trong dàn làm nguội, bể phun có thể có rong, rêu phát triển. Lớp phủ sinh vật làm xấu hoạt động của hệ thống làm lạnh không chỉ phá hoại chế độ trao đổi nhiệt, tăng tổn thất áp lực trong đường ống mà còn làm gỉ ống và thiết bị.

5. Gỉ

Oxy hòa tan trong nước làm lạnh ở nhiệt độ cao gây ra hiện tượng gỉ kim loại. Nhân tố khác đẩy mạnh quá trình gỉ là cacbonic, nitrat, clorit và giá trị thấp của trị số pH. Thường quá trình gỉ kèm theo việc tạo ra trên thành ống lớp cặn lắng đọng mấp mô làm xấu quá trình trao đổi nhiệt, tăng tổn thất áp lực trong đường ống, làm giảm lưu lượng của máy bơm cấp nước làm lạnh. Khi dùng ống đồng trong các máy lạnh thường gặp sự phá hoại do khử kẽm. Nhân tố cơ bản làm gỉ ống đồng của máy lạnh là hàm lượng cao trong nước của clorit (đặc biệt mạnh khi dùng nước biển), cacbonic và nước có độ axit cao. Khi trong nước có cặn lơ lửng rắn, cứng, bề mặt ống dẫn bị bào mòn, làm cho lớp bảo vệ chống gỉ trên bề mặt thành ống bị phá hoại và quá trình gỉ lại tiếp tục.

13.2.2. Xử lý nước trong hệ thống làm lạnh xả thẳng

Cần phải xử lý nước làm lạnh để loại trừ các khả năng tạo cặn bám và gổĩ ống như đã kể trên. Để loại trừ cặn lắng, cặn sắt, lớp phủ sinh vật cần áp dụng các biện pháp xử lý nước thông thường lắng, lọc, clo hóa v.v... Trong mục này chỉ nghiên cứu quá trình xử lý để tránh cặn bám $CaCO_3$ v.v...

Nếu trong hệ thống xả thẳng xảy ra quá trình cặn bám thì một trong các biện pháp có hiệu quả nhất để loại trừ việc tạo cặn bám là giảm nhiệt độ đun nóng nước làm lạnh bằng cách tăng lưu lượng nước cấp cho máy lạnh. Trong trường hợp việc tăng lưu lượng nước cấp không đạt hiệu quả mong muốn hay là do không đủ nước để tăng đến lưu lượng yêu cầu thì có thể xử lý nước bằng cách: axit hóa hay photphat hóa. Song cần phải chú ý rằng trong hệ thống xả thẳng đòi hỏi lưu lượng lớn do đó hóa chất cần thiết để xử lý cũng rất lớn. Liều lượng axit hay photphat cho vào nước đối với mỗi hệ thống xả thẳng phải xác định bằng thực nghiệm, sao cho trên bề mặt ống của máy lạnh còn tồn tại một lớp màng mỏng của cặn bám CaCO_3 để bảo vệ cho ống khỏi gỉ.

Do thời gian lưu lại của nước trong các máy lạnh ở các hệ thống xả thẳng ngắn, nên liều lượng axit hay photphat cần thiết chỉ bằng một phần liều lượng cần thiết để làm ổn định hoàn toàn nước. Khi cho vào nước một lượng không đủ axit quá trình phân hủy bicacbonat bị chậm lại tới mức nó không kịp phân hủy trong thời gian nước lưu lại trong các máy lạnh của hệ thống xả thẳng.

Khi photphat hóa, liều lượng photphat cần thiết thường bằng 1 - 2 mg/l tính theo P_2O_5 . Để tính toán khi thiết kế hệ thống làm lạnh xả thẳng có thể dùng biểu đồ hình (1.3) để tính pH_s bão hòa của nước bằng cacbonat canxi. Khi xác định pH_s theo biểu đồ hình (1.3) cần phải lấy nhiệt độ của nước được đun nóng trong các máy lạnh. Nhờ biểu đồ (1.3) có thể xác định được nước có khả năng tạo cặn bám trong hệ thống xả thẳng, song cặn bám có thể không tạo ra nếu thời gian lưu lại của nước trong máy lạnh quá ngắn, đến mức quá trình tách CaCO_3 ra khỏi nước còn chưa kịp xảy ra, thì nước đã được xả ra ngoài. Vì thế khi thiết kế hệ thống làm lạnh xả thẳng nếu nước có chỉ tiêu bão hòa $J \geq 0$ theo nhiệt độ đun nóng trong máy lạnh, thì cần thiết kế hệ thống pha axit nhưng không xây dựng ngay. Hệ thống xử lý ổn định chỉ xây dựng sau khi đã đưa hệ thống làm lạnh xả thẳng vào hoạt động và phát hiện thấy có đóng cặn bám trên bề mặt cần làm lạnh.

Trong phòng thí nghiệm thường đo trị số pH của nước ở nhiệt độ 20 - 25°C khi nước bị đun nóng, trị số pH của nó giảm.

Trị số pH của nước sau khi đun nóng có thể xác định theo công thức:

$$\text{pH}_1 = \text{pH}_d - a, \quad (13.23)$$

Trong đó:

pH_1 - trị số pH của nước khi bị đun nóng trong các máy làm lạnh đến nhiệt độ t_1 °C;

pH_d - trị số pH của nước đo được trong phòng thí nghiệm ở nhiệt độ từ 20 - 25°C;

a - trị số hiệu chỉnh chọn theo bảng (13.3).

**Bảng 13.3. Giá trị của trị số hiệu chỉnh a khi đun nóng nước
từ nhiệt độ $t_1 = 20 \div 25^\circ\text{C}$ đến $t_1 = 50 \div 75^\circ\text{C}$**

Giá trị pH đo được trong phòng thí nghiệm	Trị số hiệu chỉnh a khi độ kiềm tổng của nước tính bằng mdlg/l				
	0,5	1	2	4	8
Khi đun nóng đến 50°C					
≤ 8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1
8,4	0,3	0,2	0,2	0,15	0,15
Khi đun nóng đến 75°C					
$\leq 7,6$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
7,8	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
8,0	0,3	0,2	0,15	0,15	0,1
8,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15
8,4	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2

Như đã phân tích ở trên, liều lượng axit để ngăn ngừa việc tạo cặn bám trong hệ thống làm lạnh xả thẳng có thể lấy bằng 50% liều lượng cần thiết để ổn định hoàn toàn nước.

13.2.3. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trong hệ thống làm lạnh bằng nước

Để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trên bề mặt thiết bị và ống làm lạnh bằng nước phổ biến nhất là dùng biện pháp xử lý nước bằng clo và sunfat đồng.

1. Clo hoá nước làm lạnh

Thường tiến hành clo hoá nước làm lạnh theo từng chu kỳ. Khoảng thời gian giữa hai lần cho clo vào nước và thời gian cho clo vào nước phụ thuộc vào độ bẩn của nước do các chất hữu cơ gây ra và phụ thuộc vào dạng và cường độ phát triển của vi khuẩn trong hệ thống. Chế độ clo hóa trong mỗi trường hợp cụ thể xác định bằng thực nghiệm. Liều lượng clo chọn sao cho khi nước đi qua thiết bị cần làm lạnh xa nhất sau thời gian 30 - 40 phút còn lại khoảng 1mg/l. Nếu như xác định được thời gian tạo ra lớp phủ sinh vật trên thành ống và bề mặt làm lạnh dày 0,5mm, thì chu kỳ clo hoá và thời gian của mỗi lần clo hoá có thể chọn theo bảng (13.4).

Bảng 13.4. Chu kỳ và thời gian tiến hành clo hoá nước

Thời gian để tạo ra lớp phủ sinh vật dày 0,5mm (giờ)	Chu kỳ clo hoá (giờ)	Thời gian đạt nồng độ clo hoạt tính 1 mg/l sau khi qua thiết bị xa nhất (phút)
2	2	30 - 40
4	4	30 - 40
8 - 24	8 - 16	30 - 40
48 và lớn hơn	24	60

Khi xả nước làm lạnh đã được clo hoá vào hồ dùng để nuôi cá, có thể gây hại cho sự sống của cá, do đó phải được sự đồng ý của cơ quan hải sản. Lượng clo cần thiết có thể xác định theo công thức:

$$G = \frac{Q.a.t.n}{60.100} \quad (\text{kg/ngày}) \quad (13.24)$$

Q - lưu lượng nước làm lạnh (m^3/h);

a - liều lượng clo (g/m^3);

t - thời gian tiến hành clo hoá, xác định trong quá trình quản lý tính bằng phút (sơ bộ có thể chọn từ 40 - 60 phút sao cho nồng độ clo dư sau khi đi qua thiết bị xa nhất trong quãng 30 - 40 phút còn lại gần 1 g/m^3);

n - số lần tiến hành clo hoá trong một ngày.

2. Khử lớp phủ sinh vật bằng sunfat đồng

Xử lý nước bằng sunfat đồng được áp dụng để loại trừ sự phát triển của vi sinh vật trong hồ chứa, ngăn ngừa rong rêu trong các dàn, bể làm nguội nước, và trong các thiết bị làm lạnh kiểu phun nước. Tùy theo từng thời kỳ xử lý nước có thể chọn liều lượng sunfat đồng 1 - 2 g/m^3 tính theo Cu (hay từ 4 - 8 g/m^3 tính theo $\text{CuSO}_4.5\text{H}_2\text{O}$) chu kỳ xử lý phụ thuộc vào sự phát triển của rong rêu, có thể dao động từ vài tuần đến một tháng. Thời gian đưa dung dịch sun phát đồng vào nước từ 1 - 2 giờ và đưa trực tiếp vào ngay trước dàn hay bể làm nguội nước. Nếu quan sát thấy lớp phủ sinh vật trên thành bể, bề mặt tiếp xúc v.v... thì sau khi xử lý bằng sunfat đồng, tiến hành clo hoá tiếp trong vòng 1 giờ với liều lượng clo từ 7 - 10 mg/l trực tiếp trước dàn làm nguội nước.

13.2.4. Xử lý nước để ngăn ngừa quá trình gỉ ống và thiết bị làm lạnh

Để chống gỉ ống và thiết bị trong hệ thống làm lạnh, điều trước tiên là phải chọn ống và thiết bị không bị gỉ, nếu không quá trình gỉ sẽ được đẩy mạnh bằng nước làm lạnh vì: Nó làm việc trong môi trường có nhiệt độ cao, trong nước có hàm lượng oxy hoà tan lớn. Trong hệ thống làm lạnh xả thẳng việc xử lý nước để chống gỉ bị hạn chế bởi lý do kinh tế, vì lưu lượng nước cần thiết lớn, tốn nhiều hoá chất. Trong trường hợp này tốt nhất là xử lý nước bằng vôi hay sôđa để tạo lên thành ống và thiết bị một lớp màng bảo vệ CaCO_3 mỏng rắn chắc, ngăn ngừa sự tiếp xúc trực tiếp giữa nước và kim loại của ống và thiết bị.

Một trong các phương pháp tạo ra màng bảo vệ có khả năng giảm tác dụng gỉ là xử lý nước bằng hexameta photphat hay tripoli photphat natri. Khi cho hệ thống làm lạnh hoạt động, bơm đầy nước có nồng độ hexameta photphat natri 100 mg/l (P_2O_5), cho tuần hoàn liên tiếp dung dịch trong vòng 10 ngày. Sau đó chuyển sang chế độ xử lý nước bổ sung bằng hexameta photphat natri với liều lượng 4 - 10 mg/l (P_2O_5). Xử lý nước bằng liều lượng lớn poli photphat, chúng sẽ bị thủy phân tạo ra orto photphat canxi và magie ở

dạng bùn. Vì chế xử lý chống gỉ bằng photphat liều lượng lớn chỉ có lợi trong trường hợp nước có độ cứng thấp. Chế độ photphat hoá đối với mỗi trường hợp riêng biệt phải được xác định chính xác trong quá trình quản lý.

13.2.5. Xử lý nước trong hệ thống làm lạnh tuần hoàn

Hệ thống cấp nước tuần hoàn (hình 13.2) gồm dàn làm nguội nước (1), máy bơm tuần hoàn (2) và thiết bị trao đổi nhiệt (3). Nước từ bể chứa của dàn làm nguội được máy bơm tuần hoàn bơm vào thiết bị trao đổi nhiệt, nước lấy nhiệt của sản phẩm công nghệ cần làm lạnh đi vào dàn làm nguội, trong dàn xảy ra sự làm lạnh nước do bốc hơi khi tiếp xúc trực tiếp với không khí. Sau đó nước lại được tập trung về bể chứa và chu trình lại lập lại.

1. Chế độ nước và cân bằng muối trong hệ thống cấp nước tuần hoàn

Một phần nước tuần hoàn đi ra khỏi hệ thống do bốc hơi, phần khác bị mất đi do các giọt nước bắn ra ngoài dàn làm nguội, ngoài ra nước tuần hoàn bị hao hụt do cấp cho sản xuất, cho nhu cầu công nghệ và các nhu cầu khác, theo định kỳ hoặc thường xuyên phải xả bớt một lượng nước để giảm hàm lượng muối trong nước tuần hoàn.

Tất cả lượng nước hao hụt này được bù lại bằng một khối tương đương của nước bổ sung từ nguồn vào:

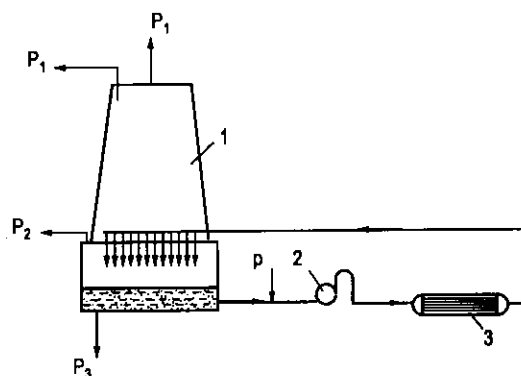
$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (13.25)$$

Trong đó:

- P - lượng nước bổ sung tính bằng % so với lưu lượng nước của hệ tuần hoàn;
- P_1 - tổn thất nước do bốc hơi (%);
- P_2 - tổn thất do các giọt bắn ra ngoài;
- P_3 - tổn thất nước do xả cặn và do nhu cầu công nghệ.

Tổn thất nước do bốc hơi, do phun bắn ra và xả cặn đặc trưng cho chế độ nước và được gọi là thông số của chế độ nước. Tổn thất do bốc hơi P_1 phụ thuộc vào hàng loạt các thông số và được xác định bằng tính toán. Với độ chính xác thực tế có thể chấp nhận được, tổn thất do bốc hơi có thể xác định theo công thức:

$$P_1 = k\Delta t \quad (13.26)$$



Hình 13.2: Sơ đồ hệ thống cấp nước tuần hoàn
1. Dàn làm nguội nước; 2. Máy bơm nước tuần hoàn; 3. Thiết bị trao đổi nhiệt

Trong đó:

Δt - hiệu số nhiệt độ của nước tuần hoàn trước và sau dàn làm nguội;

k - hệ số phụ thuộc vào nhiệt độ của không khí.

Nhiệt độ của không khí °C	0	10	20	30	40
Giá trị của hệ số k	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16

Tổn thất do mưa bắn ra ngoài $P_2\%$ đối với các dàn làm lạnh khác nhau như sau:

Dàn làm lạnh có hệ thu nước	0,2 - 0,5
Dàn kiểu tháp và dàn phun có lưới	0,5 - 1
Dàn phun hở có cửa chớp	1 - 1,5.
Bể phun công suất $> 500\text{m}^3/\text{h}$	1,5 - 2
Bể phun công suất $< 500\text{m}^3/\text{h}$	2 - 3

Nếu trong nước bổ sung có chứa muối hoà tan nhưng không lắng đọng thành cặn, không bị tách ra trên thành ống và trong máy lạnh thì ta có sự cân bằng muối của hệ thống, được biểu diễn bằng phương trình:

$$C_{bs} \cdot P = C_{th}(P_2 + P_3) = C_{th}(P - P_1) \quad (13.27)$$

C_{bs} và C_{th} là nồng độ của muối (hay ion) trong nước bổ sung vào trong nước tuần hoàn (mg/l). Khi hệ thống tuần hoàn làm việc do bốc hơi một phần nước P_1 , nên xảy ra sự tăng dần nồng độ muối hoà tan trong nước tuần hoàn.

2. Xử lý nước tuần hoàn bằng poli photphat

Xử lý nước tuần hoàn bằng poli photphat cho phép nâng cao độ kiềm của nước tuần hoàn mà không bị đóng cặn bám. Hoá chất dùng để photphat hoá nước làm lạnh thường dùng hexameta photphat natri $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ và tripoli photphat natri $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$. Áp dụng phương pháp xử lý nước bằng poli photphat trong những trường hợp nước bị đun nóng đến nhiệt độ không vượt quá $60 - 70^\circ\text{C}$. Khi nhiệt độ cao, quá trình thuỷ phân meta photphat thành orto photphat xảy ra nhanh, làm lắng đọng cặn orto photphat canxi và magie ở dạng bùn và nhiều trường hợp có thể tạo ra lắng đọng cứng. Độ kiềm lớn nhất cho phép của nước tuần hoàn khi xử lý bằng photphat phụ thuộc vào độ kiềm của nước bổ sung, nhiệt độ đun nóng của nước trong các thiết bị trao đổi nhiệt, và hàm lượng trong nước của Ca^{2+} và Mg^{2+} (độ cứng của nước).

Tăng độ kiềm của nước bổ sung làm giảm mức độ cô đặc muối cho phép, tuy vậy độ kiềm cho phép trong nước tuần hoàn trong trường hợp này lại tăng lên. Tăng nhiệt độ và độ cứng của nước cũng làm giảm hệ số cô đặc muối cho phép. Quy luật này được Cutrerencô phát hiện bằng thực nghiệm, phản ánh trong công thức sau:

$$K_{ncp} = (2 - 0,125 K_{ibx}) (1,4 - 0,01 t_1) (1,1 - 0,01 C_{obx}) \quad (13.28)$$

Trong đó:

K_{ncp} - hệ số cô đặc muối cho phép (không tạo ra cặn);

K_{ibx} - độ kiềm của nước bổ sung (mdlg/l);

C_{obx} - độ cứng của nước bổ sung (mdlg/l);

t_1 - nhiệt độ nước nóng trong thiết bị làm lạnh ($^{\circ}C$).

Xử lý nước bằng photphat chỉ cho phép giữ trong hệ tuần hoàn một mức độ giới hạn độ cô đặc của muối và độ kiềm, vì thế khi dùng photphat phải tiến hành xả thải để giữ nồng độ muối dưới nồng độ cô đặc cho phép. Lượng nước xả tính theo phần trăm khi xử lý bằng photphat để đảm bảo điều kiện không đóng cặn xác định theo công thức:

$$P_3 = \frac{P_1}{K_{ncp} - 1} - P_2 \quad (13.29)$$

Nếu $P_2 > \frac{P_1}{K_{ncp} - 1}$ thì điều đó có nghĩa là tổn thất nước do các giọt mưa bắn ra

ngoài dàn làm lạnh đã bảo đảm đưa ra ngoài hệ một lượng muối cần thiết, nên việc xả thải hệ thống không cần thiết nữa. Có thể có trường hợp, mức độ cô đặc muối cho phép K_{ncp} gần bằng 1 (trường hợp độ kiềm của nước bổ sung bằng hoặc lớn hơn 8 mdlg/l) khi đó lượng nước xả rửa là rất lớn. Số lượng nước xả cần thiết quyết định phạm vi áp dụng phương pháp xử lý bằng photphat và cần phải tính toán so sánh kinh tế kỹ thuật với phương pháp axit hoá. Trong trường hợp nếu áp dụng phương pháp xử lý bằng photphat đòi hỏi lượng nước xả P_3 quá lớn vì độ kiềm của nước bổ sung cao, thì có thể áp dụng biện pháp xử lý hỗn hợp: axit hoá để giảm độ kiềm của nước bổ sung và sau đó xử lý nước bằng phương pháp hỗn hợp được xác định trong mỗi trường hợp cụ thể bằng lượng nước xả (hay lượng nước bổ sung). Sau khi chọn được lượng nước bổ sung P (hay P_3) có thể xác định được độ kiềm của nước bổ sung sau khi đã axit hoá theo công thức:

$$K_{ibsl} = 16 - \frac{8P}{(P - P_1)(1,4 - 0,01t_1)(1,1 - 0,01C_{obs})} \quad (13.30)$$

Để bảo đảm cho nước bổ sung có độ kiềm tính theo (13.30) cần cho vào nước bổ sung một lượng axit:

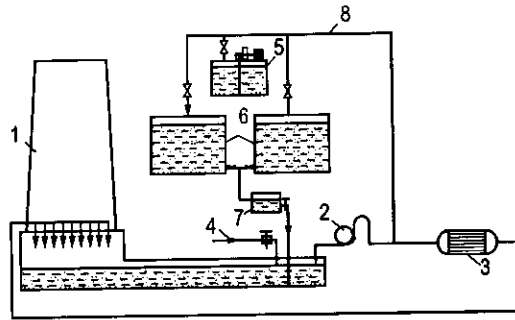
$$a = e(K_{ibx} - K_{ibsl}) \frac{100}{C} \quad (13.31)$$

Định lượng photphat vào nước phải tiến hành sao cho khi xử lý chỉ bằng photphat hay bằng phương pháp tổ hợp axit và photphat, nồng độ photphat trong nước tuần hoàn từ 1 - 2 mg/l tính theo P_2O_5 . Chú ý rằng lượng poli photphat trong nước tuần hoàn giảm do thuỷ phân và tạo ra hợp chất hoà tan của muối orto photphat. Liều lượng meta photphat hay tripoli photphat natri cho vào 1 lít nước bổ sung, khi tính toán sơ bộ có thể lấy 1,5 - 2,5 mg/l P_2O_5 hay 3 - 5 mg/l tính theo sản phẩm kỹ thuật.

Trên hình (13.3) giới thiệu sơ đồ thiết bị hoà tan và định lượng dung dịch photphat. Thùng hoà tan và định lượng, ống van phải làm bằng vật liệu không gỉ. Nồng độ dung dịch không lớn hơn 1,5% tính theo P₂O₅ và không lớn hơn 3% tính theo sản phẩm kỹ thuật.

Hình 13.3: Sơ đồ trạm pha và định lượng dung dịch photphat

1. Dàn làm nguội nước;
2. Máy bơm tuần hoàn;
3. Thiết bị trao đổi nhiệt;
4. Cấp nước bổ sung;
5. Bể hoà tan photphat;
6. Bể đựng dung dịch tiêu thụ;
7. Thiết bị định lượng;
8. Cấp nước vào thùng pha và tiêu thụ dung dịch.



13.3. CÔNG TRÌNH VÀ THIẾT BỊ LÀM NGUỘI NƯỚC TUẦN HOÀN

Để làm nguội nước trong hệ thống cấp nước tuần hoàn, thường áp dụng năm loại công trình sau:

1. Hồ, ao, sông, suối có mặt thoáng tự nhiên.
2. Hồ phun nước có mặt thoáng tự nhiên.
3. Tháp làm nguội (nhỏ giọt, màng nước, phun tia) có hệ thống thông gió tự nhiên.
4. Tháp làm nguội (thông gió cưỡng bức) có quạt gió.
5. Thiết bị làm nguội tản nhiệt, bức xạ nhiệt.

Trong tài liệu này chỉ giới thiệu cách tính toán thiết kế 4 loại công trình nêu trên, theo phương pháp tính toán đã được Viện thiết kế cấp thoát nước và Viện thiết kế năng lượng cộng hoà Liên bang Nga áp dụng mà không nêu chi tiết tính toán nhiệt động xảy ra trong quá trình làm nguội các công trình; bạn đọc muốn tìm hiểu kỹ quá trình này có thể xem tài liệu [17].

13.3.1. Số liệu cần thiết khi tính toán các công trình làm nguội nước

- Lượng nhiệt do nước tuần hoàn truyền vào không khí trong các công trình làm nguội gọi là tải trọng nhiệt của công trình và được tính theo công thức sau:

$$G = C.Q.\Delta t \quad (13.32)$$

Trong đó:

- C - nhiệt dung của nước bằng 1 kilocalo/kg.độ;
- Q - lưu lượng nước đi vào công trình làm nguội (m³/h);

Δt - khoảng chênh nhiệt độ của nước trước và sau công trình làm nguội - °C.

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

t_1 - nhiệt độ nước khi vào công trình;

t_2 - nhiệt độ nước khi ra khỏi công trình làm nguội.

- Tải trọng thuỷ lực của công trình hay cường độ tưới, cường độ mưa là lưu lượng nước tính trên $1m^2$ diện tích hoạt động của công trình:

$$q = \frac{Q}{F_a} \quad (13.33)$$

Trong đó F_a : diện tích hoạt động thực tế của công trình và bằng diện tích thực trừ đi diện tích vùng chết, vùng bảo vệ.

- Đối với hồ làm nguội đó là diện tích vùng nước đọng, nước xoáy tại chỗ.

- Đối với hồ phun là bề mặt vùng bảo vệ quanh thành hồ.

- Đối với tháp làm nguội là bề mặt dải bảo vệ sát các cửa sổ thu khí.

$$F_a = K.F_t \quad (13.34)$$

K - hệ số sử dụng bề mặt, đối với hồ làm nguội có mặt thoáng tự nhiên có thể lấy hệ số K như sau:

Hồ có chiều dài lớn hơn 5 lần chiều rộng $K = 0,8 - 0,9$.

Hồ chữ nhật hoặc dạng bầu dục $K = 0,6 - 0,75$.

Hồ có dạng không đều, nhiều vùng nước chết và xoáy $K = 0,4 - 0,5$.

- Khi thiết kế các công trình làm nguội phải biết và chọn đúng các loại nhiệt độ của nước và không khí ở môi trường tự nhiên.

Theo từng mùa trong năm phù hợp với yêu cầu sản xuất đó là:

- Nhiệt độ nước ở lớp trên mặt của các hồ tự nhiên trong vùng t_e (°C).

- Nhiệt độ không khí đo bằng nhiệt kế ẩm τ (°C);

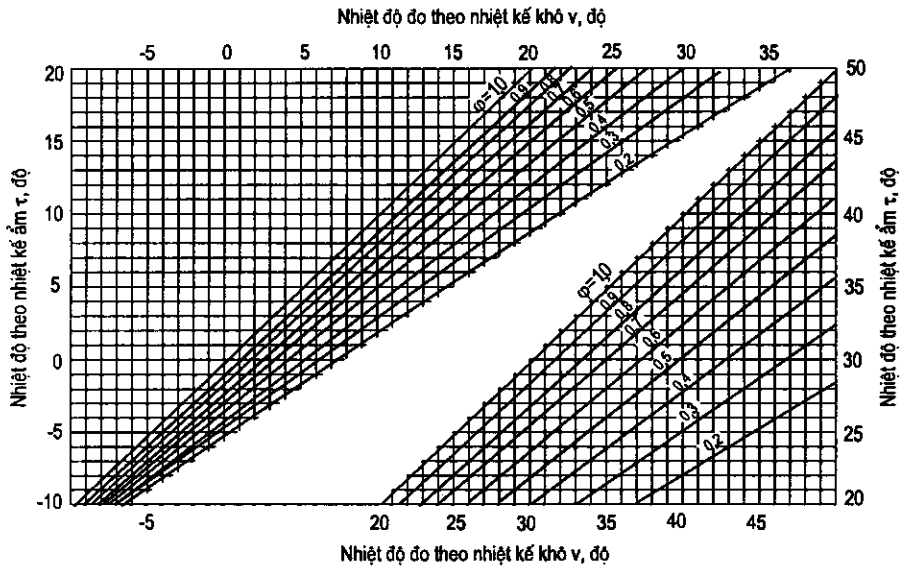
- Nhiệt độ không khí đo bằng nhiệt kế khô v (°C);

- Độ ẩm tương đối của không khí φ (%).

Nhiệt độ của nước đã được làm nguội t_2 thường cao hơn nhiệt độ không khí đo bằng nhiệt kế ẩm τ , vì thế τ được coi là nhiệt độ giới hạn của quá trình làm nguội bằng không khí tự nhiên.

Sự phụ thuộc giữa nhiệt độ không khí đo bằng nhiệt kế ẩm, nhiệt độ không khí đo bằng nhiệt kế khô và độ ẩm tương đối của không khí được giới thiệu trên biểu đồ đo nhiệt độ và độ ẩm trên hình (13.4).

Lượng nước cần bổ sung vào hệ thống cấp nước tuần hoàn khi áp dụng các công trình làm nguội tính theo các công thức đã nêu trong mục (13.2).



Hình 13.4: Biểu đồ quan hệ giữa nhiệt độ τ , v và độ ẩm tương đối ϕ của không khí

13.3.2. Hồ làm nguội nước có mặt thoáng tự nhiên

Quá trình làm nguội nước trong hồ là do sự chuyển động liên tục của lượng nước trong hồ và do truyền nhiệt qua bề mặt lớp nước tiếp xúc với không khí trong quá trình bốc hơi:

Viện thiết kế nhiệt và năng lượng nước cộng hoà Liên bang Nga đã thành lập biểu đồ giới thiệu trên (hình 13-5) để tính toán các hồ làm nguội theo điều kiện tự nhiên:

- Tốc độ gió ở cao độ 2m cách mặt thoáng của hồ W_2 dao động trong ngày từ 0,5m đến 2m/s.

- Nhiệt độ nước ở lớp mặt thoáng của hồ trong điều kiện tự nhiên từ 1 đến 27°C.

- Khoảng chênh nhiệt độ của nước trước và sau làm nguội Δt từ 5 đến 15°C;

- Độ sâu của hồ từ 1,5 đến 3,5m.

Ví dụ: Xác định diện tích cần thiết của hồ để làm nguội lượng nước 20.000m³/ngày. Nhiệt độ trung bình của nước trong các hồ tự nhiên quanh vùng về mùa hè $t_e = 27^\circ\text{C}$ về mùa đông $t_e = 19^\circ\text{C}$.

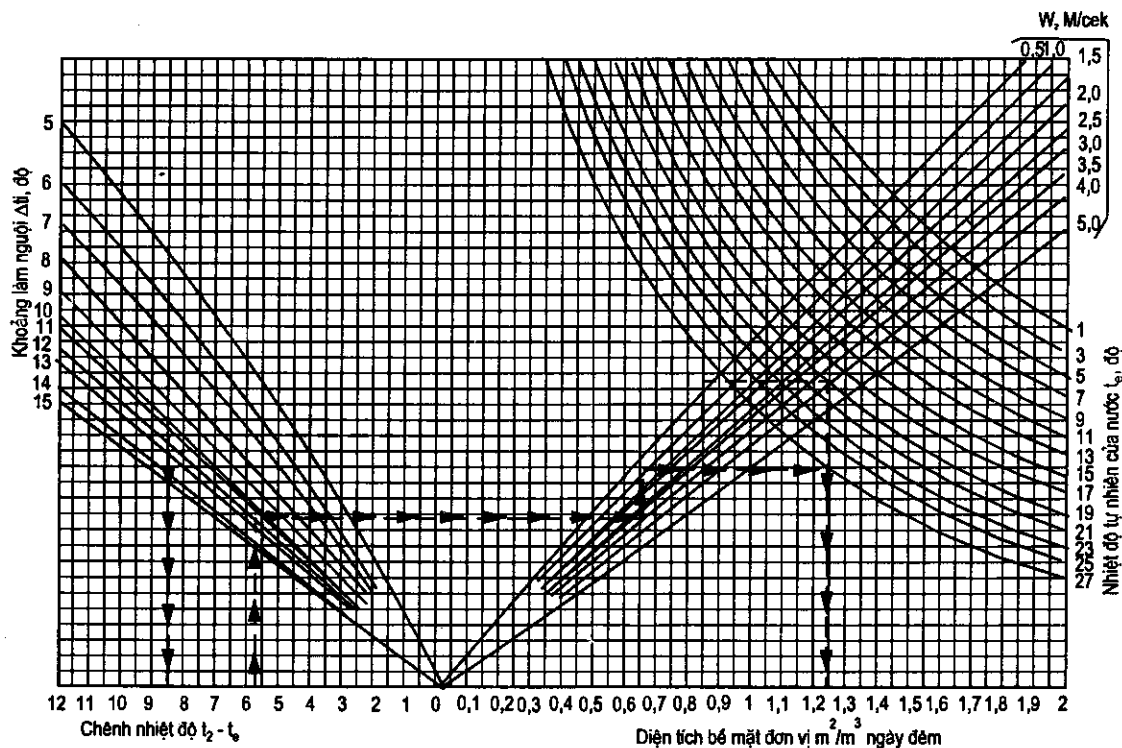
- Nhiệt độ của nước đưa vào hồ $t_1 = 43,5^\circ$ yêu cầu làm nguội đến nhiệt độ nước ra $t_2 = 32,5^\circ$.

- Khoảng làm nguội $\Delta t = t_1 - t_2 = 43,5 - 32,5 = 11^\circ$.

- Nhiệt độ sau khi làm nguội cao hơn nhiệt độ tự nhiên của nước về mùa hè $t_2 - t_e = 32,5 - 27 = 5,5^\circ\text{C}$.

- Gió trên mặt hồ ở độ cao 2m.

$$W_{2\min} = 0,5\text{m/s}; W_{2\text{tb}} = 2\text{m/s}.$$



Hình 13.5: Biểu đồ tính toán hồ làm nguội nước

Giải:

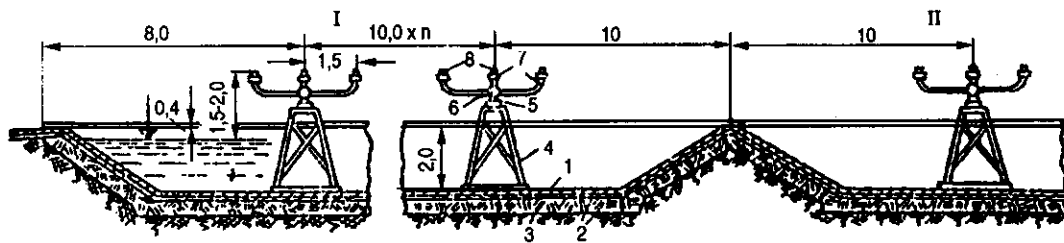
Trên trục hoành của biểu đồ tìm điểm chênh lệch nhiệt độ $t_2 - t_e = 5,5$ từ đây dóng lên theo hướng trục tung đến điểm cắt đường biểu diễn khoảng làm nguội $\Delta t = 11^\circ$, từ điểm này dóng ngang đến cắt đường biểu diễn tốc độ gió $W_2 = 2\text{m/s}$ và $W_2 = 0,5\text{m/s}$, dóng ngang đến cắt đường biểu diễn nhiệt độ nước tự nhiên $t_e = 27^\circ\text{C}$. Từ điểm này dóng xuống trục hoành, tìm được diện tích bề mặt đơn vị cần thiết để làm nguội 1m^3 nước trong 1 ngày đêm là $f = 1,25\text{m}^2/\text{m}^3\text{ngđ}$.

Theo địa hình thiết kế cấu tạo hồ có hệ số sử dụng bề mặt $K = 0,7$. Diện tích hồ cần thiết là: $F = \frac{f}{K} \times Q = \frac{1,25}{0,7} \times 20.000 = 35.715\text{m}^2$ hay 3,57ha.

- Về mùa đông nhiệt độ tự nhiên của nước là 19°C tra biểu đồ ngược lại tìm được độ chênh nhiệt độ trong hồ $t_2 - t_e = 8,5$ ta có $t_2 = 19 + 8,5 = 27,5^\circ$.

13.3.3. Hồ có thiết bị phun để làm nguội nước

Hồ phun nước làm nguội thường được xây dựng bằng bê tông, gạch hoặc đất chìm chung quanh thành ốp đá chống thấm, hồ có hình dạng mặt bằng vuông, chữ nhật, tròn hoặc bầu dục, độ sâu lớp nước trong hồ thường từ 1 đến 1,5m. Trong hồ đặt các cụm vòi phun nước miệng vòi hướng lên trên và cách mặt nước trong hồ từ 1,5 đến 2m (hình 13.6).



Hình 13.6: Mặt cắt ngang hồ phun nước để làm nguội

1. Tấm bê tông lát đáy; 2. Lớp cát đệm; 3. Lớp đất sét chống thấm; 4. Giá đỡ ống và cụm vòi bằng khung thép; 5. Khớp nối; 6. Ống phân phối; 7. Giá đỡ vòi; 8. Miệng vòi.

- Thường bố trí 3 vòi cho 1 cụm vòi, khoảng cách quy định giữa các cụm vòi trong một hàng a thường chọn từ 3 đến 4,5m tùy từng loại vòi. Khoảng cách từ cụm vòi ngoài cùng đến thành hồ A lấy bằng 5m. Khoảng cách giữa các hàng của cụm vòi b thường lấy bằng 10m (hình 13.7).

Khoảng cách a giữa các cụm vòi trên 1 hàng chọn như sau:

- Đối với vòi xoắn ly tâm có khoảng cách từ miệng vòi đến tâm cụm vòi 1,5 - 2m
a = 3 đến 3,5m.
- Đối với vòi loại cổ chai a = 4m.
- Đối với vòi dạng khe a = 4 - 4,5m.
- Đối với vòi dạng ốc sên a = 4m.

Hình dạng các loại vòi phun giới thiệu trên (hình 13.8).

Mật độ tưới (mưa) khi áp lực đầu vòi H = 5m thường chọn từ 1,2 - 1,5m/h công suất phun tia của vòi:

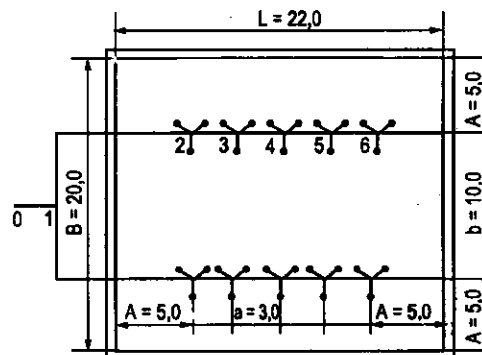
$$Q_v = K_v \sqrt{H} \quad \text{m}^3/\text{h} \quad (13.35)$$

Trong đó:

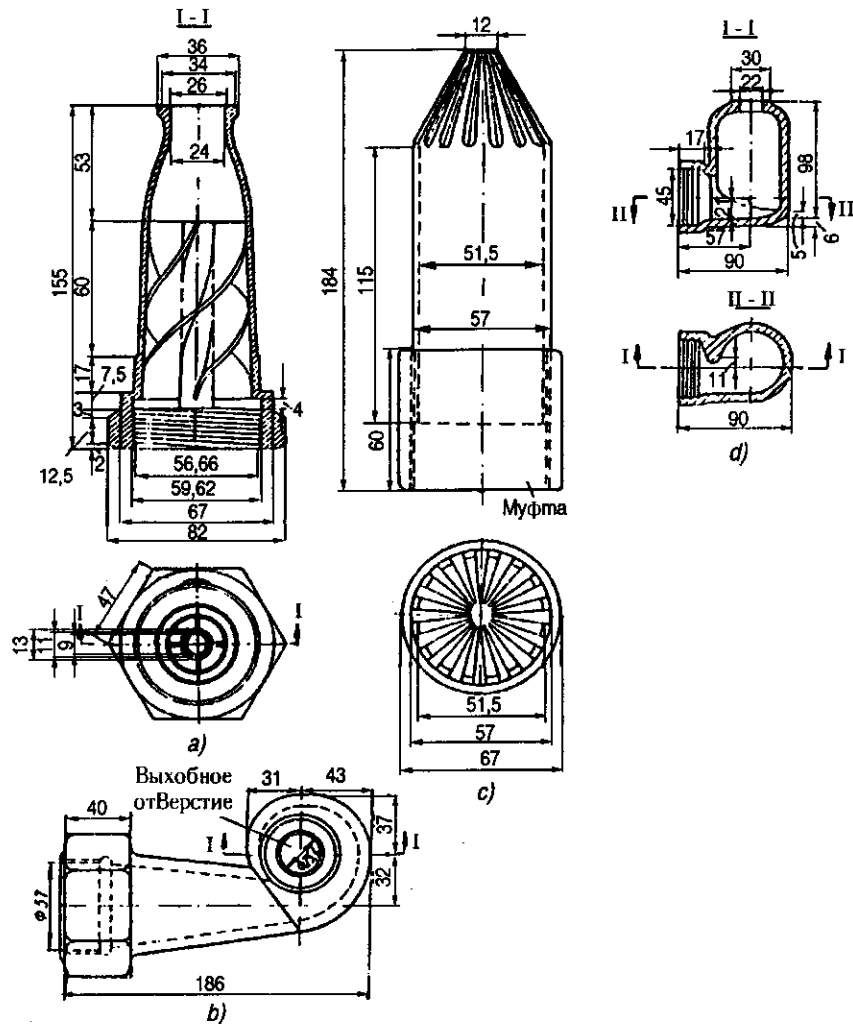
H - áp lực ở đầu vòi (m);

K_v - hệ số công suất thủy lực của vòi ứng với áp lực 5m cột nước đối với vòi xoắn ly tâm $K_v = 8,1$.

Vòi cổ chai có đường kính lỗ vào 38mm; lỗ ra 22mm; $K_v = 2,6$; $d_{\text{vào}} = 50$ $d_{\text{ra}} = 29$ mm; $K_v = 5,1$ đối với vòi ốc sên $d_{\text{vào}} = 50$; $d_{\text{ra}} = 25$ mm; $K_v = 3,7$ đối với vòi loại khe $K_v = 17 - 20$.



Hình 1.37: Sơ đồ bố trí các cụm vòi phun trong bể có 10 cụm vòi gồm hai hàng



Hình 13.8: Hình dạng các loại vòi phun

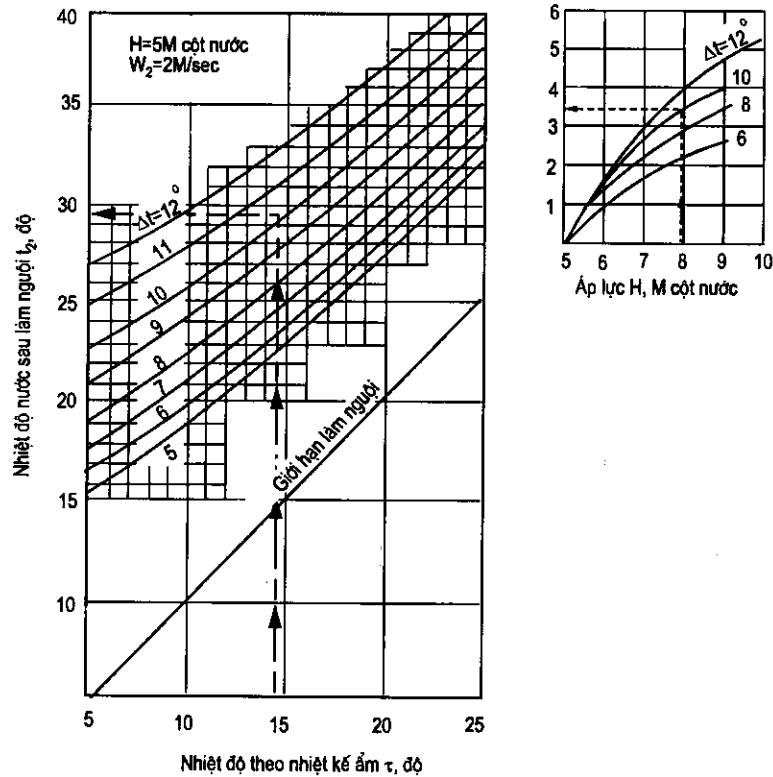
a) Vòi xoắn ly tâm; b) Vòi dạng ốc sên; c) Vòi dạng khe; d) Vòi loại cổ chai.

Khi công suất nước làm lạnh nhỏ $Q < 100\text{m}^3/\text{h}$ có thể tạo bể phun trên mái nhà xưởng, hoặc tạo bể phun nước trước phân xưởng kết hợp làm hồ phun nước trang trí.

Để tính toán nhiệt bể phun nước làm nguội dùng biểu đồ (hình 13.9). Biểu đồ thành lập với điều kiện:

- Khoảng làm nguội từ 5° đến 12° .
- Vận tốc gió ở độ cao 2m cách mặt nước $W_2 = 2\text{m/s}$.

- Áp lực nước trước vòi phun $H = 5\text{m}$. Nếu áp lực nước ở đầu vòi cao hơn, tức tia nước sẽ phun cao hơn, các giọt nước được chia ra nhỏ hơn, hiệu quả làm lạnh sẽ cao hơn, hệ số điều chỉnh theo áp lực vòi được ghi ở biểu đồ đính kèm.



Hình 13.9: Biểu đồ tính nhiệt độ làm nguội của bể phun nước

Ví dụ: Hãy xác định kích thước hồ phun nước làm nguội và số lượng vòi phun với các điều kiện sau: lưu lượng nước cần làm nguội $Q = 200\text{m}^3/\text{h}$

- Khoảng làm lạnh $t_1 - t_2 = \Delta t = 10^\circ\text{C}$. Nhiệt độ không khí theo nhiệt kế ẩm $\tau = 15^\circ\text{C}$. Áp lực nước tự do ở đầu vòi $H = 8\text{m}$.

- Dùng vòi loại cổ chai có hệ số công suất $K_v = 2,6$.

Giải:

Lưu lượng nước qua 1 vòi phun

$$Q_v = K_v \sqrt{H} = 2,6 \sqrt{8} = 7,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

Số lượng vòi cần thiết $n = \frac{200\text{m}^3/\text{h}}{7,38\text{m}^3/\text{h}} \approx 30$

Mỗi cụm bố trí 3 vòi, số cụm $n_1 = \frac{n}{3} = 10$ cụm, sơ đồ bố trí xem (hình 13.7). Tổng diện tích bể $F = 440\text{m}^2$ diện tích hiệu dụng $F_a = 195\text{m}^2$.

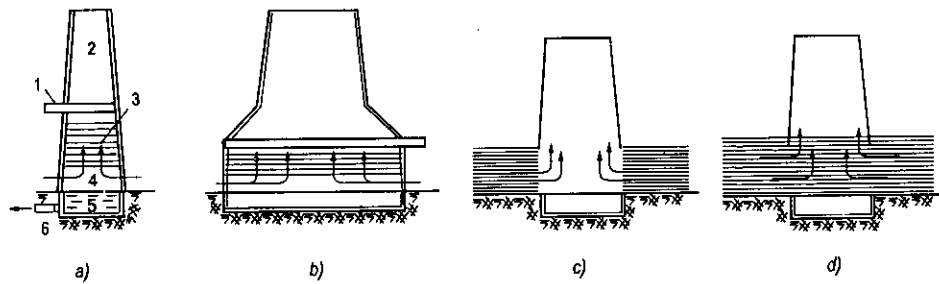
- Nhiệt độ nước sau làm nguội xác định theo biểu đồ (hình 13.8) trên trục hoành tìm điểm có nhiệt độ không khí đo theo nhiệt kế ẩm $\tau = 15^\circ$ dóng lên gặp đường biểu diễn

khoảng làm lạnh $\Delta t = 10^\circ$, đóng ngang sang gấp trục tung, tìm được nhiệt độ sau làm nguội $t'_2 = 30^\circ$. Vì áp lực tự do đầu vòi $H = 8\text{m}$ lớn hơn 5m , tra biểu đồ bên cạnh, tìm được số nhiệt độ hiệu chỉnh là $3,5^\circ\text{C}$. Nhiệt độ nước sau làm nguội trong điều kiện trên:

$$T_2 = T'_2 - 3,5 = 30 - 3,5 = 26,5^\circ\text{C}$$

13.3.4. Tháp làm nguội thông gió tự nhiên

1. Tháp làm nguội nước nhỏ giọt phụ thuộc vào hướng chuyển động của không khí đối với dàn phân phối nước nhỏ giọt có thể là ngược chiều, đi ngang vuông góc với chiều rơi của giọt nước, vừa đi ngang vừa chuyển động ngược chiều mà có cấu tạo dàn phân phối nước nhỏ giọt và tiếp xúc với không khí khác nhau xem (hình 13.10).



Hình 13.10: Tháp làm nguội có dàn phân phối nước nhỏ giọt.

a, b) Gió nước ngược chiều; c) Gió đi ngang, nước rơi thẳng; d) Gió đi ngang và ngược chiều

1. Giàn phân phối nước;
2. Phần cao hút khí;
3. Khối chia nước và tiếp xúc;
4. Phân phối không khí;
5. Bể thu nước;
6. Ống đưa nước làm nguội ra

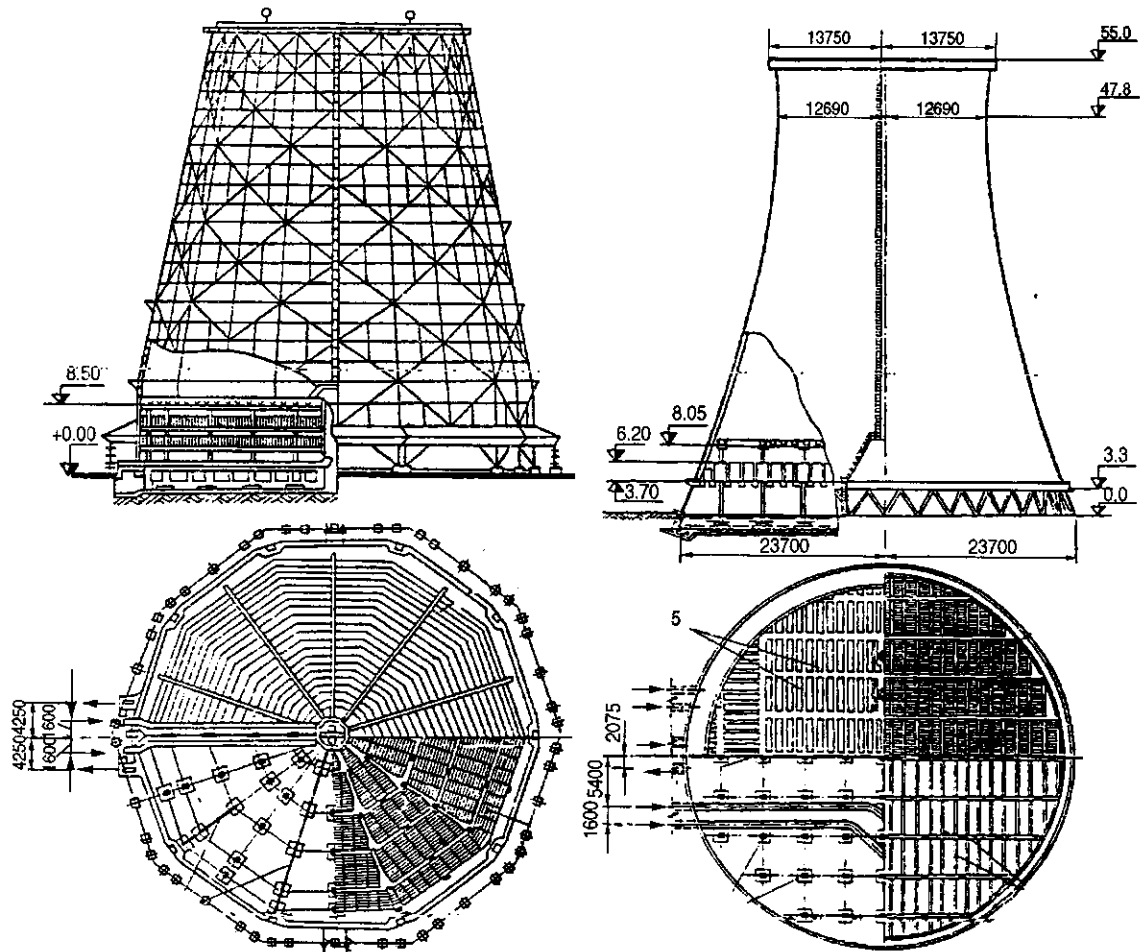
- Về mặt bằng tháp có thể là hình tròn, hình vuông, hình đa giác đều.
- Về chiều cao: chiều cao dàn chia nước nhỏ giọt thường từ 6 đến 8m.
- Chiều cao phần của sở thu không khí ở phần đáy tháp thường 1,5 - 2m.
- Tỷ lệ diện tích các cửa sở thu khí so với diện tích mặt bằng dàn chia nước thường chọn từ 1/4 đến 1/3.

- Chiều cao phần hút khí ở đỉnh tháp phía trên dàn chia nước có ý nghĩa quyết định. Khi tạo ra lực hút không khí lạnh đi qua cửa sở, theo hơi nước nóng bốc lên đỉnh tháp, chiều cao này phụ thuộc vào diện tích mặt bằng của thiết bị tưới và mật độ tưới.

- Mật độ tưới đối với tháp hình tháp từ $2 - 5\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$ đối với tháp hình hyperbol $7\text{m}^3/\text{h.m}^2$.

Tổng chiều cao tháp so với mặt đất từ 18m khi diện tích tưới 10m^2 , đến 50m khi diện tích tưới đến 2000m^2 .

- Tường bao quanh tháp có thể làm bằng bê tông, gỗ tấm ghép v.v... có hình dạng tháp hay hyperbol (hình 13.11).



Hình 13.11: Hình dạng tháp làm nguội
a) Dạng hình chóp cụt; b) Dạng hyperbol

- Chiều cao khối chia nước thành giọt và thành màng thường từ 6 - 8m và có cấu tạo sao cho tạo ra được các giọt đều, nhỏ ứng với cường độ tưới từ 2 - 5m³/m² h có đủ khoảng không để gió đi qua với tốc độ 2m/sec có tổng tổn thất là từ 10 - 12mm (áp lực gió) (hình 13.12).

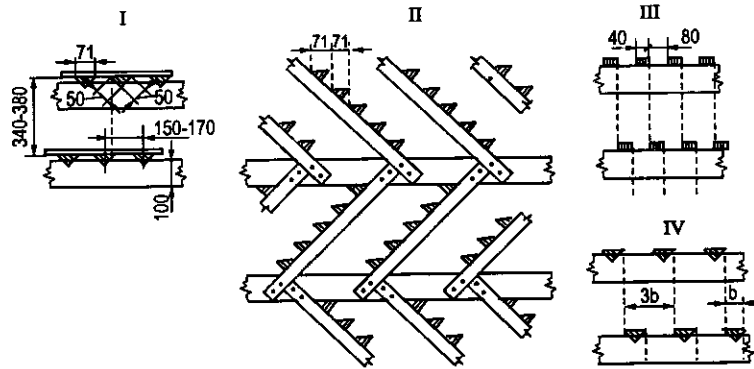
Tính toán tháp làm nguội kiểu chia nước nhỏ giọt dùng biểu đồ (hình 13.13).

Ví dụ: Xác định diện tích dàn chia nước của tháp làm nguội kiểu nhỏ giọt với điều kiện sau: lưu lượng nước làm lạnh $Q = 1500\text{m}^3/\text{h}$. Nhiệt độ không khí theo nhiệt kế ẩm $\tau = 19^\circ$, nhiệt độ không khí khô $v = 23^\circ$, độ ẩm tương đối $\phi = 0,6$. Nhiệt độ nước đầu vào $t_1 = 37,5$, đầu ra $t_2 = 28,5^\circ$, $\Delta t = 9^\circ$.

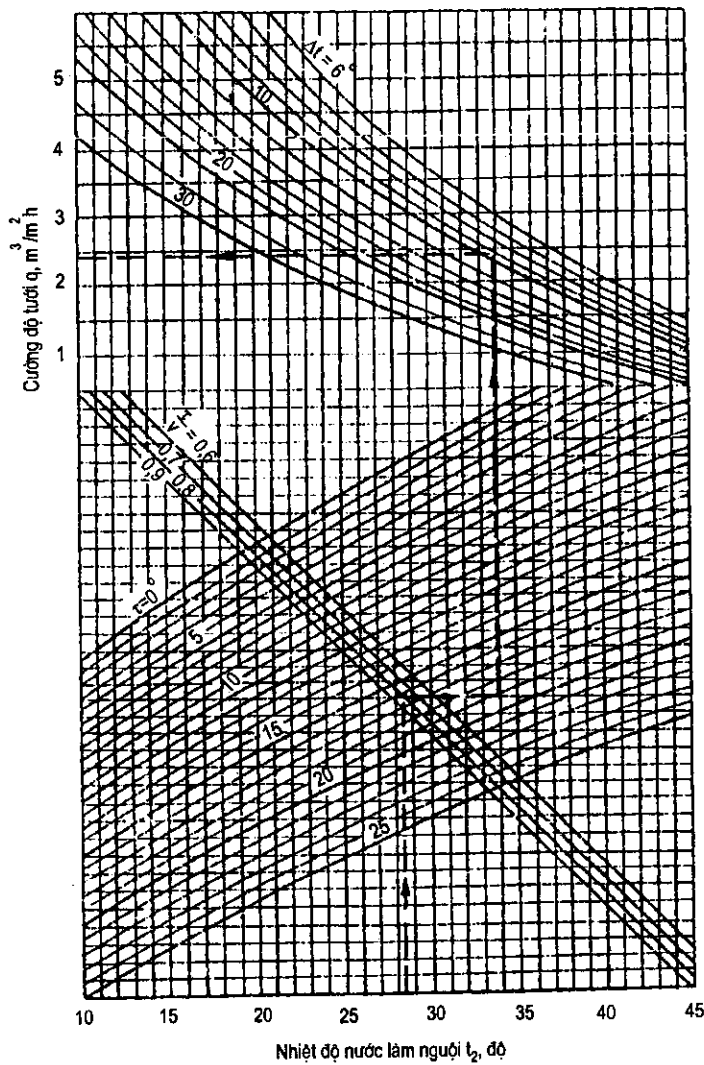
Giải: Trên biểu đồ (hình 13.12) tìm điểm có nhiệt độ sau làm nguội $t_2 = 28,5$ đóng lên đến điểm cắt đường biểu diễn tỉ số $\frac{\tau}{v} = \frac{19}{23} = 0,83$, từ điểm này đóng đường song

song với trục t_2 đến cắt đường biểu diễn nhiệt độ theo nhiệt kế ẩm.. $\tau = 19^\circ$, rồi dóng đến cắt đường $\Delta t = 9^\circ$ và tìm được mật độ tưới của dàn là $2,4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

- Tổng diện tích của dàn tưới là $F = \frac{1500}{2,4} = 650 \text{ m}^2$



Hình 13.12: Các cấu tạo dàn chia nước trong tháp làm nguội

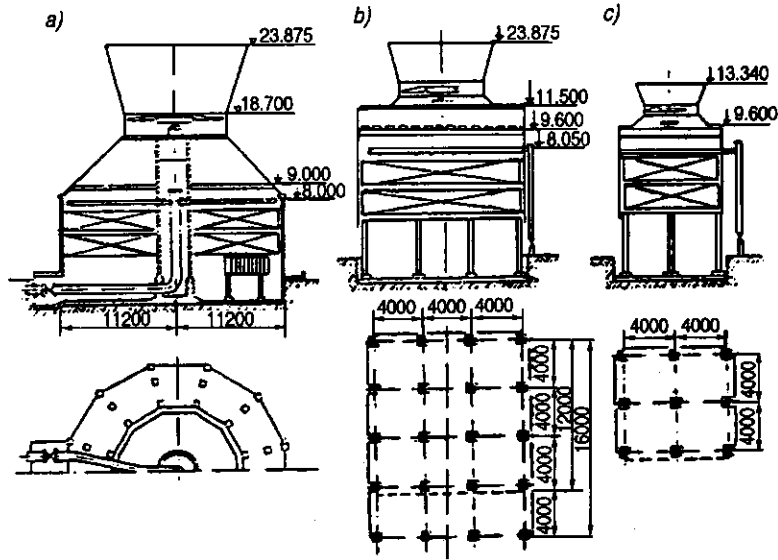


Hình 13.13: Biểu đồ tính toán tháp làm nguội kiểu nhỏ giọt

13.3.5. Tháp làm nguội có quạt gió

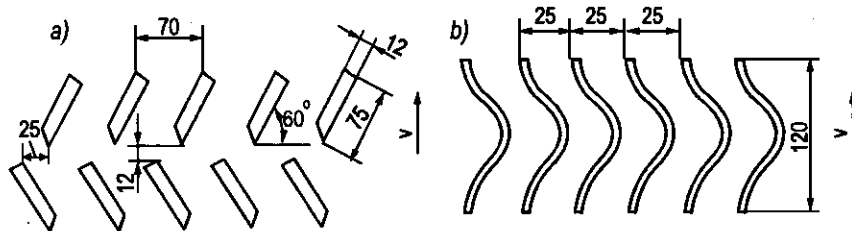
Tháp làm nguội có quạt gió có bộ phận phân phối và chia nước, giống tháp làm nguội thông gió tự nhiên, chiều cao phân chia nước từ 5 - 6m. Quạt gió đặt trên đỉnh tháp, hút không khí từ dưới lên, tạo nên luồng gió đi ngược chiều với nước, tốc độ gió từ 1,8 - 2,5m/s mật độ tưới từ 3 - 7m³/m²h. Chiều cao phần trên của tháp thấp hơn nhiều so với tháp thông gió tự nhiên vì không cần tạo khoảng không hút khí (hình 13.14).

- Tổng tổn thất của gió đi qua khối tiếp xúc từ 9 - 12mm.



Hình 13.14: Sơ đồ tháp làm nguội có quạt gió.

Để giảm lượng nước tổn thất theo hơi quạt ra ngoài, phía trên khối tiếp xúc gió với nước khoảng 2m đặt 1 hoặc 2 lớp tấm ngưng tụ (hình 13.15).



Hình 13.15: Sơ đồ đặt tấm chắn ngưng tụ nước.

Trên (hình 13.16) giới thiệu biểu đồ tính toán thép làm nguội có quạt gió ứng với số liệu:

- Khoảng làm nguội Δt từ 4 đến 30°.
- Nhiệt độ nước sau làm nguội từ 22 đến 30°.
- Vận tốc: gió đi qua khối tiếp xúc $W = 2\text{m/s}$. Áp lực quạt gió 10 - 12mm.

- Tỷ số nhiệt độ theo nhiệt kế ẩm trên nhiệt độ theo nhiệt kế khô $\frac{\tau}{v} = 0,8$.

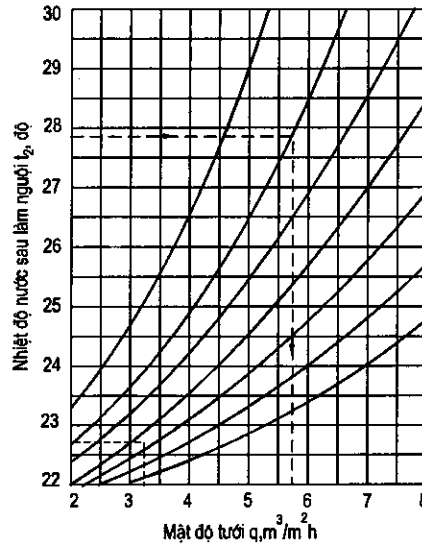
- Nhiệt độ không khí đo theo nhiệt kế ẩm $\tau = 20^\circ$.

Khi điều kiện thiết kế khác với điều kiện lập biểu đồ, có thể tính nhiệt độ nước sau khi làm nguội trong tháp mẫu theo công thức:

$$t'_2 = t_2 - \left[(\tau - 20) \left(0,9 - \frac{\Delta t}{100} \right) \right] + 8 \left(0,8 - \frac{\tau}{v} \right) \quad (13.36)$$

Từ nhiệt độ nước sau làm nguội vừa tìm được là t'_2 , tra biểu đồ (hình 13.16) tìm được cường độ tưới cần thiết.

Hình 13.16: Biểu đồ để tính toán tháp làm nguội có quạt gió loại nước nhỏ giọt.



Ví dụ: Xác định diện tích tháp làm nguội có quạt gió loại nhỏ giọt và công suất quạt với điều kiện: $Q = 100\text{m}^3/\text{h}$; $t_1 = 40^\circ$, $t_2 = 30^\circ$.

$\Delta t = 15^\circ$ vận tốc gió $W = 2\text{m/s}$ nhiệt độ không khí theo nhiệt kế ẩm $\tau = 28^\circ$ nhiệt độ đo theo nhiệt kế khô $v = 31^\circ$, độ ẩm $\varphi = 0,8$.

Giải: Theo công thức (13.36) tìm nhiệt độ t'_2 trong tháp mẫu để có nhiệt độ sau làm nguội $t_2 = 30^\circ$.

$$t'_2 = 30 - (28 - 20) \left(0,9 - \frac{15}{100} \right) + 8 \left(0,8 - \frac{28}{31} \right) = 22,6$$

Tra biểu đồ từ điểm nước sau làm nguội $t'_2 = 22,6$ dóng ngang đến cắt đường biểu diễn $\Delta t = 10^\circ$ tìm được cường độ tưới cần thiết của tháp $q = 3,2\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Diện tích dàn $F = \frac{100}{3,2} = 31,2\text{m}^2$; công suất quạt gió $Q_{\text{gió}} = 2 \times 31,2 = 62,4\text{m}^3/\text{s}$ chọn máy có công suất hút $Q = 3750\text{m}^3/\text{phút}$ $H = 15\text{mm}$.

Chương 14

ĐIỀU CHỈNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC

14.1. KHỬ SILIC

14.1.1. Khái niệm chung

Axit silixic hoà tan trong nước có thể thay đổi từ dạng ion phân tán đến dạng keo phụ thuộc vào trị số pH và nhiệt độ của nước, đồng thời phụ thuộc vào tỷ số của các loại cặn khác có trong nước. Không cho phép dùng nước có chứa silic để cấp trực tiếp cho nồi hơi áp lực cao và một vài ngành sản xuất như: công nghiệp sản xuất xenlulozơ, sợi nhân tạo, luyện các kim loại hiếm và một vài công nghiệp hoá học khác.

Axit silixic là thành phần cơ bản của cặn silicat lắng đọng trên bề mặt nồi hơi và các thiết bị trao đổi nhiệt. Cặn bám silicat có độ truyền nhiệt rất thấp (0,07 - 0,2 kcal/mh) và vì thế làm giảm rất nhiều các chỉ tiêu công nghệ nhiệt của nồi hơi và các thiết bị truyền nhiệt.

Trong các nồi hơi áp lực cao (100 - 170 at) axit silic có khả năng chuyển thành hơi ở dạng phân tử riêng biệt hay nhóm phân tử và đi cùng với hơi vào turbin. Khi giảm áp lực và nhiệt độ, axit silixic có trong hơi lắng đọng thành pha cứng trên cánh quạt của turbin. Vì thế nước có chứa silixic làm giảm hiệu quả hoạt động của nồi hơi và turbin và làm giảm số lượng sản phẩm của hàng loạt ngành sản xuất, cho nên khi cấp nước cho các đối tượng kể trên cần phải khử silic.

Để khử silic trong thời gian hiện nay thường dùng các biện pháp sau:

- Dùng hoá chất.
- Lọc qua lớp hạt có khả năng hấp thụ silic.
- Lọc qua bể lọc anionit.

Việc chọn phương pháp khử silic phụ thuộc vào mức độ yêu cầu cần khử.

14.1.2. Khử silic bằng hoá chất

Khử silic bằng vôi

Có thể khử một phần axit silic hoà tan trong nước bằng cách lắng hợp chất CaSiO_3 khi làm mềm nước bằng vôi. Khả năng khử silixic tăng khi tăng lượng vôi dư và tăng nhiệt độ của nước.

Nước cần làm mềm và khử silic được đun nóng trong một dãy bể đến 80 - 90°C để cho CO_2 tách ra khỏi nước. Sau đó bão hoà nước bằng vôi. Trong bể phản ứng xoáy diễn

ra quá trình tách cặn hydroxit magie, cacbonat và silicat canxi. Sau đó khử lượng vôi dư trong nước bằng cacbonic hoá (dùng khói lò). Cặn cacbonat canxi sạch được thu lại, sấy khô dùng cho công nghiệp sứ và các công nghiệp khác. Xử lý nước theo quy trình công nghệ trên, giảm được hàm lượng silic trong nước xuống còn khoảng 0,5 - 0,3mg/l SiO_3^{2-} .

Khử silic bằng muối sắt

Khi cho vào nước các muối sắt, chúng tạo ra keo hydroxit sắt hoá trị ba $\text{Fe}(\text{OH})_3$ có điện tích dương lớn. Trong nước xảy ra quá trình tác dụng lẫn nhau giữa keo sắt tích điện dương và keo silic tích điện âm tạo thành hạt không mang điện dễ lắng. Lượng tiêu thụ muối sắt cần thiết là 2mg Fe^{3+} để khử 1 mg SiO_3^{2-} . Axit silixic hoà tan bị hấp thụ bằng bông cặn hydroxit sắt. Để giảm hàm lượng silic trong nước từ 12 - 14 mg/l xuống 2 mg/l cần 300 - 350 mg sunfat sắt. Giá trị pH tốt nhất từ 8,5 - 9,5 vì thế cùng với muối sắt phải pha thêm vôi vào nước để nâng pH đến trị số tối ưu.

Khử silic bằng muối nhôm

Keo âm của axit silixic bị keo tụ bằng keo dương hydroxit nhôm thành cặn lắng trong bể lắng. Bông cặn hydroxit nhôm hấp thụ axit silixic hoà tan trong nước. Quá trình này diễn ra tốt nhất khi cho vào nước aluminat natri với liều lượng 10 - 15 mg NaAlO_2 cho 1 mg SiO_3^{2-} có trong nước, bởi vì khi cho vào nước sunfat nhôm thường tạo ra kiềm sunfat nhôm không có khả năng hấp thụ axit silixic.

Bông cặn aluminat magie tạo ra khi cho vào nước muối magie đồng thời với phèn nhôm có khả năng hấp thụ cao đối với ion SiO_3^{2-} .

Quá trình này diễn ra tốt nhất khi nước có trị số pH = 8,5.

Khử silic bằng hydroxit magie

Hydroxit magie có khả năng hấp thụ ion, phân tử và keo của axit silixic hoà tan trong nước. Tốc độ tạo cặn và độ bền của cặn tăng khi tăng nhiệt độ và pH của nước.

Khi cho vào nước 5 - 10 mg MgO ứng với 1 mg SiO_3^{2-} có trong nước, hay keo tụ một số lượng tương đương muối magie hoà tan trong nước bằng vôi hoặc xút có thể làm giảm nồng độ SiO_3^{2-} trong nước xuống đến 1mg/l khi đun nóng nước đến nhiệt độ 40°C, và xuống 0,25 mg/l khi nhiệt độ của nước 100 - 125°C. Quá trình diễn ra ở trị số pH của nước là 10,2 - 10,3, vì với trị số pH thấp hơn các hợp chất magie bị hoà tan trong nước.

Khử silic bằng dolomit nung ($\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$)

Khi nung dolomit thiên nhiên có hàm lượng $\text{CaO} = 27 - 36\%$; $\text{MgO} = 13 + 23\%$ ở nhiệt độ gần 750°C thu được vôi dolomit có chứa đến 40% MgO. Khi cho vôi này vào nước sẽ xảy ra quá trình làm mềm độ cứng cacbonat do vôi CaO tác dụng với hydrocacbonat của nước, đồng thời xảy ra quá trình khử silic do oxy magie (MgO) của vôi dolomit hấp thụ ion SiO_3^{2-} hoà tan trong nước.

Lượng tiêu thụ vôi dolomit tính cho 1mg SiO_3^{2-} là 10 - 15mg MgO khi nhiệt độ nước 40°C, 4 - 6 mg (MgO) khi nhiệt độ 70 - 75°C và 2,5 - 3,6mg khi nhiệt độ nước 98°C. Hàm lượng SiO_3^{2-} còn lại trong nước là 2mg/l khi nhiệt độ 40°C và 0,2 mg/l khi nhiệt độ 98°C.

Khử silic bằng magie oxyt kiềm

Magie oxyt kiềm dùng để khử silic trong nước là bụi thu được từ khí thải của lò nung magezit (MgCO_3). Trong nó có chứa 70 - 85% MgO, 4,5% CaO, gần 4% SiO_2 và các oxyt nhôm và sắt. Bụi trước khi dùng phải sàng qua rây có mắt lưới 0,14mm. Magie oxyt kiềm bị thủy phân trong nước tạo ra hydroxit magie hấp thụ silic hoà tan trong nước, quá trình này diễn ra khi pH > 10 bởi vì khi trong nước có CO_2 , hydrocacbonat và cacbonat thì hydroxit magie bị hoà tan. Liều lượng magie oxyt kiềm dùng để khử silic phụ thuộc vào hàm lượng của SiO_3^{2-} trong magie oxyt kiềm. Khi nhiệt độ nước 40°C cần 10 - 15 mg magie oxyt kiềm để khử 1 mg SiO_3^{2-} . Hàm lượng SiO_3^{2-} còn lại trong nước từ 1 - 1,5mg/l nếu thời gian tiếp xúc của nước với lớp cặn magie từ 80 - 90 phút. Để thu được hiệu quả khử silic cao, cần lắng nước trong bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng cao 4 - 5m. Ở đây nhiệt độ giữ vai trò không quan trọng. Nâng cao nhiệt độ trên 50°C chỉ làm tăng rất ít hiệu quả khử silic.

14.1.3. Khử silic bằng phương pháp lọc

Nhược điểm của các phương pháp khử silic bằng hoá chất là phải dùng bể lắng trong có thể tích quá lớn. Để giảm khối tích xây dựng người ta áp dụng phương pháp khử silic bằng cách lọc qua lớp lọc gồm các hạt vật liệu có khả năng hấp thụ ion SiO_3^{2-} hoà tan trong nước. Khi lọc nước qua lớp hạt oxyt nhôm hoạt hoá và boxit nghiền có thể giảm hàm lượng silic trong nước 90 - 95%. Độ chứa cặn silic của lớp vật liệu này đến 10 kg/t.

Hoàn nguyên oxyt nhôm hoạt tính bằng xút (80 mg NaOH cho 1 mg SiO_3^{2-} được khử). Chất hấp thụ magie có độ chứa silic lớn sản xuất bằng cách nhào trộn bụi magie oxyt kiềm có chứa 90% MgO với dung dịch clorit magie hay axit clohydric thành bột nhão. Tỷ số trọng lượng Mg: Cl trong bột phải đạt được xấp xỉ 1,5:1. Khi sấy ở nhiệt độ 80 - 100°C bột nhão này hoá rắn, sau đó đập vụn ra thành hạt có kích thước từ 0,5 - 1,5mm cho vào bể lọc. Trước khi cho bể lọc làm việc phải rửa lớp vật liệu hấp thụ bằng dòng nước từ trên xuống dưới với tốc độ 5 - 7 m/h. Nước rửa khử MgCl_2 , CaCl_2 ra khỏi lớp hấp thụ, độ rỗng tăng lên, làm tăng độ chứa silic của lớp lọc. Hiệu quả khử silic tăng khi tăng chiều dày của lớp hấp thụ và tăng nhiệt độ của nước.

Theo tài liệu thí nghiệm của Viện Vogeo Liên bang Nga khi nhiệt độ nước bằng 45°C chiều dày lớp hấp thụ 2,5m bể lọc có thể làm giảm hàm lượng SiO_3^{2-} trong nước đã được làm mềm qua bể H - Na cation từ 12,5 xuống 0,05 mg/l khi tốc độ lọc 5m/h và xuống 0,1 - 0,12mg/l khi tốc độ lọc bằng 10 m/h. Độ chứa silic trong 1 tấn chất hấp thụ làm việc đến lúc cạn kiệt là 90 kg/tấn.

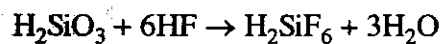
Không hoàn nguyên lớp hấp thụ, mà để nó làm việc đến mức kiệt khả năng hấp thụ SiO_3^{2-} thì tháo ra ngoài và thay lớp mới vào.

Nếu trong nước có CO_2 và HCO_3^- chất hấp thụ magie dần dần bị hoà tan, làm tăng lượng muối cứng trong nước lọc.

14.1.4. Khử silic bằng anionit

Anionit mạnh và trung bình dạng OH có khả năng hấp thụ axit silixic hoà tan trong nước, khi trong nước không có muối của các axit mạnh và CO_2 . Thường dùng loại anionit R-OH để khử silic kèm theo quá trình khử muối (xem chương XII). Anionit kiềm yếu không có khả năng hấp thụ SiO_3^{2-} . Vì thế khi cần khử SiO_3^{2-} trong các quá trình khử muối buộc phải dùng các sơ đồ nhiều bậc. Anion của axit mạnh được khử trên các bể anionit kiềm yếu bậc một, còn khử tiếp SiO_3^{2-} được thực hiện trong các bể anionit kiềm mạnh bậc II, hoàn nguyên bằng xút. Phương pháp này đắt vì giá thành cao của anionit kiềm mạnh và xút, đồng thời phải thay thế thường xuyên anionit kiềm mạnh vì khả năng chứa silic của chúng sau 2 - 3 năm quản lý giảm xuống chỉ còn 50% khả năng ban đầu. Vì thế thường áp dụng phương pháp florua để khử silic trong các anionit kiềm yếu và hoàn nguyên bằng soda.

Cho florua Natri vào nước cần khử muối trước bể lọc H - cationit hay lọc một phần nước đã qua H-cationit qua bể lọc chứa AlF_3 hay CaF_2 . Khi đó nước được làm giàu axit florit HF. Axit HF phản ứng với axit silixic tạo thành axit mạnh H_2SiF_6 theo phương trình:



Đến lượt axit mạnh H_2SiF_6 bị hấp thụ bằng anionit kiềm yếu. Dung dịch sau khi hoàn nguyên bể lọc anionit có chứa silic florua natri, flo trong dung dịch này có thể sử dụng lại bằng cách cho amoniac hay cacbonat amoni vào để tạo điều kiện cho Na_2SiF_6 thủy phân. Florua amoni natri được cho vào nước trước bể lọc H - cationit.

14.2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHỈNH HÀM LƯỢNG FLO TRONG NƯỚC

Nếu trong nước cấp cho sinh hoạt có hàm lượng flo lớn hơn 1,5 mg/l hoặc nhỏ hơn 0,7mg/l sẽ gây ra bệnh hoại men răng, và khi hàm lượng flo lớn hơn 3 - 5mg/l ngoài bệnh hoại men răng có thể gây cho trẻ em bệnh thiếu máu, còi xương và có ảnh hưởng xấu đến sự hoạt động của tim mạch và hệ cơ năng. Ở những vùng dùng nước cấp thiếu lượng iod nhưng có lượng flo cao sẽ gây ra bệnh bướu cổ (vì flo đẩy iod ra khỏi tuyến giáp trạng).

Liều lượng flo tốt nhất trong nước ăn uống là từ 0,7 - 1,5 mg/l.

Trong trường hợp trong nước có hàm lượng ion flo lớn hơn 1,5 mg/l cần phải xử lý để khử lượng flo thừa trong nước, mặc dù đó là công việc rất phức tạp vì cho đến hiện nay chưa tìm ra được phương pháp khử flo đơn giản và rẻ tiền.

14.2.1. Khử flo dư trong nước

Khử flo trong nước thực hiện bằng phương pháp hoá chất và phương pháp lọc. Dựa trên các quá trình hấp thụ để kết hợp flo thành hợp chất khó hoà tan, lắng cùng với các chất hấp thụ dưới dạng cặn lắng, hoặc hấp thụ flo bằng vật liệu lọc trong các bể lọc khử flo.

Phương pháp khử flo bằng hoá chất

Biến ion flo thành oxy florua khó hoà tan của magie, nhôm và flo apatit bằng cách cho cặn $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$ và $Ca_3(PO_4)_2$ hấp thụ flo. Để cho $Mg(OH)_2$ hấp thụ ion flo và lắng thành cặn, ngoài các muối magie, clorua magie còn cho thêm vôi vào nước để nâng pH đến 10. Số lượng $Mg(OH)_2$ tính bằng mg/l cần giữ lại trong bể lắng để giảm hàm lượng flo từ F_1 đến F_2 mg/l. Có thể xác định theo công thức sau:

$$(Mg(OH)_2) = \frac{F_1 - F_2}{0,03F_1} \quad (14.1)$$

Thường trong nước có hàm lượng flo cao thì hàm lượng muối magie hoà tan lại rất thấp, nên phải cho thêm muối magie vào nước thô.

Lượng muối magie (mg/l) cần cho vào nước khi khử flo thừa xác định theo công thức:

$$a_{Mg} = e[2(F - 1) - C_{Mg}] , \quad (14.2)$$

Trong đó:

F - hàm lượng flo trong nước thô (mg/l);

C_{Mg} - nồng độ magie trong nước thô (mgdl/l);

2 - lượng tiêu thụ muối magie (mgdl/l để khử 1 mg/l flo);

e - đương lượng của muối magie cho vào nước.

Số lượng vôi cần thiết để lắng hydroxit magie xác định theo công thức:

Khi $[Ca^{2+}] > K_{to}$

$$a_{CaO} = 28[2(Mg^{2+}) + \frac{(CO_2)}{22} + K_{to} + 1] \quad (14.3)$$

Khi $[Ca^{2+}] < K_{to}$

$$a_{CaO} = 28 \left[\frac{(CO_2)}{22} + (Mg^{2+}) + (Ca^{2+}) + 1 \right] \quad (14.4)$$

Trong đó:

a_{CaO} - liều lượng vôi tính theo CaO (mg/l);

28 - đương lượng gam của vôi CaO;

(CO_2) - hàm lượng CO_2 trong nước (mg/l);

K_{10} - độ kiềm toàn phần của nước, (mgdl/l);

(Mg^{2+}) - hàm lượng ion Mg^{2+} (mgdl/l) trong nước, sau khi cho muối Magie vào để hấp thụ flo;

(Ca^{2+}) - hàm lượng ion Ca^{2+} trong nước (mgdl/l);

1 - lượng vôi dư cần thiết (mgdl/l).

Khi thiết kế trạm khử flo bằng cách lắng $Mg(OH)_2$ nên dùng bể lắng trong có đáy hình côn hay hình chóp, chiều cao của lớp cặn lơ lửng không bé hơn 2m và tốc độ đi lên của dòng nước từ 0,2 - 0,25 mm/s. Sau bể lắng trong là bể lọc nhanh thường.

Dùng hydroxit nhôm $Al(OH)_3$ để khử flo

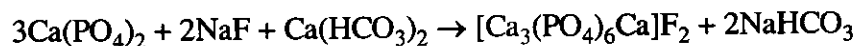
Khi cho phèn $Al_2(SO_4)_3$ vào nước, chúng bị thủy phân tạo thành $Al(OH)_3$ có khả năng hấp thụ ion flo hoà tan trong nước. Kết quả nghiên cứu ở Viện Vegeo xác định được rằng: quá trình khử flo diễn ra tốt nhất ở khoảng pH từ 4,6 ÷ 5, nên cần phải axit hoá nước trước bể lắng và sau bể lắng trước bể lọc lại phải kiềm hoá. Lượng tiêu thụ $Al_2(SO_4)_3$ khi pH = 4,6 ÷ 5 cần 25 ÷ 30 mg cho 1mg flo cần khử.

Do cần một số lượng lớn $Al_2(SO_4)_3$, axit và kiềm (vôi) đồng thời phải định lượng thật chính xác các hoá chất này nên phương pháp khử flo bằng cách lắng cặn $Al(OH)_3$ là phương pháp phức tạp và không kinh tế trong quản lý.

Dùng canxi photphat để khử flo

Theo kết quả nghiên cứu của Viện Vogeo:

· Khi cho axit orto photphat vào dung dịch nước vôi nồng độ 1% ta sẽ thu được tricanxi photphat dùng để khử flo hoà tan trong nước. Để khử 1mg flo cần 23 - 30 mg $Ca_3(PO_4)_2$ và quá trình kết hợp với flo diễn ra theo phương trình:



Khử flo bằng phương pháp lọc

Dùng vật liệu hấp thụ dạng hạt như oxyt nhôm hoạt hoá, hydroxylapatit làm lớp vật liệu lọc khử flo, ôxít nhôm hoạt tính do công nghiệp sản xuất, trước khi chất vào bể lọc phải tiến hành hoạt hoá lần thứ hai bằng cách: nung chúng liên tục trong 3 giờ ở nhiệt độ 800°C, sau khi để nguội, ngâm ướt vào dung dịch Na_2CO_3 nồng độ 15%, sau cùng lại sấy khô ở nhiệt độ 800°C trong vòng 30 phút.

Trước khi cho bể lọc làm việc phải xối lớp vật liệu lọc bằng dòng nước đi từ dưới lên trên, hoàn nguyên lại bằng dung dịch NaOH 2%, sau đó trung hoà lượng kiềm dư bằng dung dịch HCl nồng độ 0,5%. Có thể dùng bể lọc hở hay bể lọc áp lực, trong cả hai trường hợp hệ thống phân phối nước rửa và thu nước lọc nên dùng chụp lọc. Trên chụp lọc đổ lớp cát thạch anh cỡ hạt 2 - 4mm chiều dày 100 - 150 mm để đủ phân phối nước đều hơn. Trên lớp cát là lớp vật liệu hạt oxyt nhôm hoạt hoá đường kính hạt từ 1 - 3mm,

trọng lượng $5t/m^3$. Chiều dày lớp oxyt nhôm trong bể lọc áp lực lấy bằng 2m khi hàm lượng flo trong nước nguồn đến 5mg/l và lấy bằng 3m khi hàm lượng flo trong nước nguồn 8 - 10 mg/l. Trong các bể lọc hở chiều cao lớp vật liệu lọc lấy bằng 2 - 2,5m. Chiều cao lớp nước trên lớp vật liệu hạt phải tính toán để đảm bảo độ giãn nở 50% của lớp vật liệu lọc. Phải có biện pháp chống gỉ bề mặt trong của bể lọc, vì lớp vật liệu lọc được hoàn nguyên bằng phèn nhôm. Tốc độ lọc không lớn hơn 6 m/h khi làm việc bình thường và không lớn hơn 8m/h khi làm việc tăng cường. Tổn thất áp lực qua 1m chiều cao lớp vật liệu lọc khi tính toán chọn từ 0,7 - 1m. Chu trình lọc kéo dài đến lúc hàm lượng flo trong nước lọc nâng cao đến hàm lượng cho phép 1 mg/l hoặc 1,5 mg/l tùy các trường hợp cụ thể. Thời gian của một chu trình lọc có thể xác định theo công thức:

$$T = \frac{f.H.E}{q.(C_o - C_1)}, \quad (14.5)$$

Trong đó:

f - diện tích của một bể lọc (m^2);

H - chiều cao của lớp hấp thụ trong bể lọc (m);

E - dung tích hấp thụ flo khi làm việc của lớp vật liệu lọc lấy từ 900 - 1000 g/m^3 ;

q - lưu lượng nước vào bể lọc (m^3/h);

C_o - hàm lượng flo trong nước nguồn (g/m^3);

C_1 - hàm lượng trung bình của flo trong nước lọc (g/m^3) $C_1 \approx 0,4 g/m^3$.

Cuối mỗi chu kỳ lọc phải hoàn nguyên lớp vật liệu hấp thụ bằng dung dịch sun phát nhôm. Trước khi hoàn nguyên xối lớp lọc bằng dòng nước đi từ dưới lên, cường độ xối 4-5l/s. m^2 thời gian xối 15 phút. Để xối có thể dùng nước rửa lọc sau mỗi lần hoàn nguyên. Hoàn nguyên bằng dung dịch $Al_2(SO_4)_3$ nồng độ 1 - 1,5% tính toán theo sản phẩm $Al_2(SO_4)_3$ không ngậm nước.

Số lượng phèn cần thiết cho một lần hoàn nguyên xác định theo công thức:

$$G = \frac{q.T(C_o - C_1)a}{10b} \quad (14.6)$$

Trong đó:

a - liều lượng $Al_2(SO_4)_3$ cần thiết để khử ra khỏi lớp vật liệu lọc 1g flo khi hoàn nguyên, $a = 40 \div 50 g/g$;

b - hàm lượng $Al_2(SO_4)_3$ trong sản phẩm kỹ thuật.

Dung dịch hoàn nguyên được đưa vào bể lọc từ dưới lên trên với tốc độ 2 - 2,5 m/h. Sau khi kết thúc mỗi lần hoàn nguyên phải rửa bể lọc để tách khỏi vật liệu lọc sản phẩm hoàn nguyên và dung dịch hoàn nguyên. Nước rửa đi từ dưới lên trên, cường độ rửa 4-5l/s. m^2 . Có thể thu một nửa lượng nước rửa ở giai đoạn cuối quá trình rửa để xối lớp vật liệu hấp thụ. Cần phải kiểm tra khi trong nước rửa không còn $Al_2(SO_4)_3$ thì mới

ngừng quá trình rửa. Bởi vì hàm lượng flo trong nước lọc luôn thay đổi trong một chu kỳ lọc, hàm lượng bé ở đầu chu kỳ và lớn dần vào cuối chu kỳ, vì thế phải bổ sung nước nguồn vào ống tập trung dẫn nước lọc về bể chứa để cho nước trong bể chứa luôn luôn có lượng flo tối ưu (từ 0,7 - 1,5 mg/l). Số lượng nước nguồn cần bổ sung phải tính toán dựa vào kết quả phân tích hàm lượng flo có trong nước lọc của toàn trạm. Số lượng nước nguồn được bổ sung tính theo % tổng lượng nước qua các bể lọc xác định theo công thức:

$$n = \frac{C_y - C_t}{C_o - C_t} 100 \quad (14.7)$$

Trong đó:

C_y - hàm lượng flo yêu cầu trong nước cấp (0,7 - 1,5 mg/l);

C_t - hàm lượng flo thực tế trong nước lọc (mg/l);

C_o - hàm lượng flo trong nước nguồn (mg/l).

Do các kết quả nghiên cứu các phương pháp khử flo khác nhau, Viện Vogeo đã đề nghị chọn sơ đồ khử flo như sau:

- Đối với nước mặt cần phải lắng trong: dùng phương pháp lắng hydrôxít magie và vôi trong các bể lắng để khử flo.
- Đối với các nguồn nước ngầm không cần lắng: dùng phương pháp lọc qua vật liệu hấp thụ oxyt nhôm hoạt tính để khử flo.

14.2.2. Tăng hàm lượng flo trong nước

Thường hàm lượng flo yêu cầu trong nước ăn uống ở điều kiện khí hậu ôn hoà cần từ 0,9 - 1 mg/l, trong điều kiện khí hậu nhiệt đới, nóng ẩm từ 0,7 - 0,8 mg/l. Nhiệm vụ xử lý nước là phải đảm bảo được hàm lượng flo trong nước phân tích tại các vòi chênh lệch với hàm lượng quy định không lớn hơn 0,1 mg/l. Để flo hoá nước có thể dùng các hoá chất sau:

Silic florua natri, silic florua amon, florua natri, axit silixic florua, florit canxi. Các hoá chất này có thể định lượng vào nước dưới dạng dung dịch hoặc bột. Liều lượng cần thiết của các hoá chất chứa flo có thể xác định theo công thức:

$$a_f = [na - (F^-)] \frac{100}{K} \frac{100}{C}, \text{ (mg)}, \quad (14.8)$$

Trong đó:

n - hệ số phụ thuộc vào vị trí cho hoá chất chứa flo vào nước.

Khi cho vào nước sạch $n = 1$, khi cho vào trước bể lọc hay bể lắng trong $n = 1,1$;

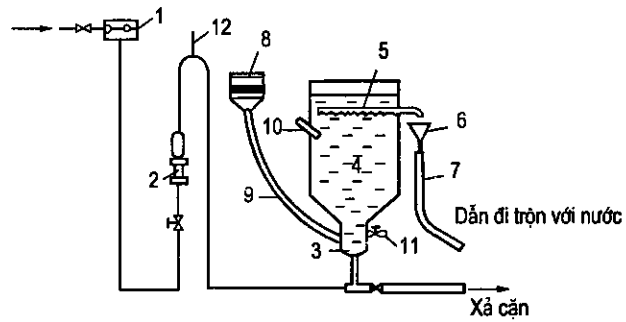
a - hàm lượng cần thiết của flo trong nước ăn uống (mg/l);

F - hàm lượng flo có trong nước nguồn (mg/l);

K - hàm lượng flo trong hoá chất có chứa flo tính theo sản phẩm sạch (%);

C - hàm lượng của chất chứa flo trong sản phẩm kỹ thuật (%).

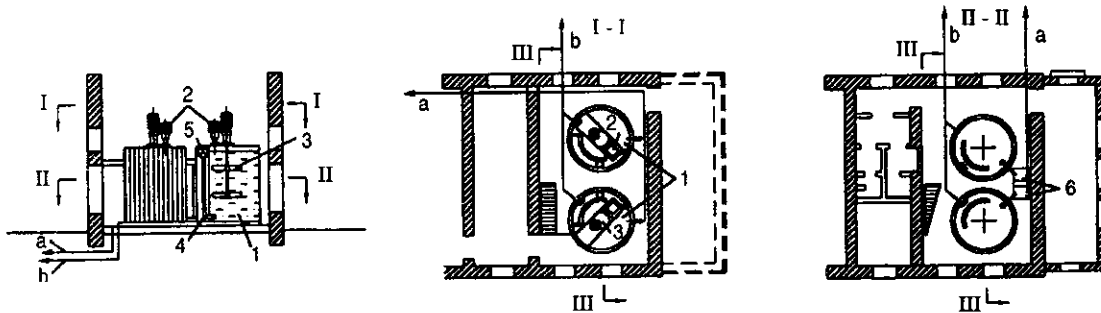
Trên (hình 14.1) giới thiệu sơ đồ trạm flo hoá nước dùng bể phản ứng xoáy. Nước đi qua thùng có van cầu (1) giữ mực nước không đổi trong thùng, đi tiếp vào ống đo (2) rồi vào phần dưới của bể phản ứng xoáy (3). Ở đây luôn luôn có lượng dư 10 kg silic florua natri. Nước đi từ dưới lên trên qua lớp hạt silic florua natri, hoà tan flo đến nồng độ gần bão hoà đi vào phân lắng (4) của bể phản ứng.



Hình 14.1: Sơ đồ trạm Flo hoá nước dùng bể phản ứng xoáy

Tốc độ đi lên của dòng nước trong phân lắng 0,1 mm/s. Nước được thu bằng ống khoan lỗ (5) qua phễu (6) theo ống mềm (7) và đi vào bể trộn với nước nguồn. Qua từng quãng thời gian nhất định, bổ sung lượng silic florua natri vào bể qua phễu (8) và ống (9). Để đo nhiệt độ nước nguồn và dung dịch silic florua natri dùng nhiệt kế (10). Vòi lấy mẫu thử (1) dùng để kiểm tra lượng silic florua natri còn lại trong bể. Để tránh hiện tượng xiphông, đặt van xả khí (12), và van điều chỉnh lưu lượng (13).

Nhược điểm của sơ đồ trên là phải dùng bể phản ứng có thể tích lớn vì tốc độ chuyển động của nước trong nó rất bé. Nồng độ bão hoà flo trong nước dao động theo nhiệt độ của nước. Tốt nhất là định lượng hoá chất chứa flo vào nước dưới dạng dung dịch. Thường dùng các bể hoà tan có máy khuấy cơ khí để hoà tan hoá chất chứa flo, sau đó pha loãng chúng thành dung dịch có nồng độ thích hợp cho việc định lượng trong các thùng tiêu thụ, (hình 14.2) giới thiệu sơ đồ trạm pha dung dịch silic flourua natri định lượng vào nước.



Hình 14.2: Sơ đồ trạm pha dung dịch silic florua natri

1. Thùng hoà tan; 2. Thiết bị định lượng bột silic florua natri;
3. Máy khuấy ($n = 60$ vòng/phút); 4. Ống đưa dung dịch đã lắng hai giờ vào thùng đo;
5. Phao gắn vào đầu ống 4; 6. Thùng đo lưu lượng dung dịch silic flourua natri

14.3. KHỬ CÁC KHOÁNG CHẤT ĐỘC HẠI CHO SỨC KHOẺ CỦA NGƯỜI DÙNG NƯỚC, KHỬ MÙI VỊ VÀ CHẤT HỮU CƠ

14.3.1. Khử các khoáng chất độc hại cho sức khỏe

Hàm lượng của các khoáng chất có khả năng gây độc hại cho sức khỏe được quy định trong tiêu chuẩn vệ sinh của nước ăn uống (TCXD-33-85). Nếu trong nguồn nước cấp hàm lượng các khoáng chất vượt quá tiêu chuẩn quy định thì phải tiến hành xử lý nước để khử chúng trước khi cấp cho người tiêu thụ.

1. Chì (Pb)

Có thể khử ra khỏi nước bằng cách dùng vôi để kiềm hoá, chì sẽ lắng đọng dưới dạng hợp chất không hoà tan $Pb(OH)_2$. Vì tích số hoà tan của hydroxit chì $S_{Pb(OH)_2} = 1,1 \cdot 10^{-20}$. Hoặc có thể lọc nước qua bể lọc có lớp vật liệu từ tính.

2. Arsen hay còn gọi là thạch tín

Trong các nguồn nước thiên nhiên, arsen tồn tại trong các hợp chất vô cơ ở dạng ion arsenit (AsO_2^-) và ion arsenat (AsO_4^{3-}) cùng với sự tồn tại của oxy trong nước, arsenit bị oxy hoá dẫn đến arsenat là dạng tồn tại ít độc hại hơn, và dễ bị keo tụ, lắng ra khỏi nước hơn. Trong các hệ thống cấp nước đôi khi gặp nguồn nước có hàm lượng arsen cao cần phải xử lý ví dụ: nước ngầm ở tầng nông phía nam Hà Nội, một số vùng lấy nước ngầm ở nam Châu phi, Bangladesh, nước giếng sâu ở một số vùng của Đài Loan và Đông Nam Hoa Kỳ v. v... có hàm lượng arsen $> 0,1 \text{ mg/l}$ đã phải áp dụng những phương pháp đặc biệt để xử lý.

Quy trình công nghệ đã áp dụng thành công ở các nước để khử arsen trong nguồn nước ngầm như sau:

- Oxy hoá ion arsenit AsO_2^- thành ion Arsenat AsO_4^{3-} bằng cách cho clo hay permanganat vào nước thô, trộn đều trong 2 - 4 phút. Chất oxy hoá (clo hay permanganat) với liều lượng sao cho sau 5 phút tiếp xúc lượng clo dư trong nước là $0,1 - 2,2 \text{ mg/l}$ - sau clo hoá sơ bộ tiến hành keo tụ các hợp chất của arsenat bằng:

- Phèn sắt $FeCl_3$ hay $FeSO_4$, $Fe_2(SO_4)_3$ ở $pH \approx 7$
- Phèn nhôm $Al_2(SO_4)_3$ ở $pH \approx 7$.
- Bàng sunphit SO_2 ở $pH \approx 6,9$.
- Bàng vôi $Ca(OH)_2$ ở $pH \approx 12$.

Sau khi pha phèn, qua bể tạo bông, lắng ngang, lọc hoặc sau khi pha trộn phèn cho nước vào bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng và lọc.

- Lọc nước qua than hoạt tính chỉ khử được 40% arsen so với hàm lượng ban đầu, tuy có một vài công trình lọc nước có hàm lượng arsen ban đầu $\leq 0,2 \text{ mg/l}$ đạt được hàm lượng arsen đầu ra $\leq 0,06 \text{ mg/l}$, khử được 70% nhưng không ổn định.

- Lọc nước qua bể lọc ionit có hạt lọc là anion kiềm yếu, giữ pH ở mức 6,9 - 7 có thể khử được 82 đến 99% lượng arsen ban đầu nước bằng phèn, clorua sắt hay sunfat sắt kèm theo kiềm hoá và làm thoáng để tách CO₂ thì thạch tín tồn tại ở dạng hợp chất hữu cơ sẽ bị oxy hoá bằng clo biến thành hợp chất vô cơ, lắng cùng với phèn sắt.

3. Kẽm (Zn)

Có thể khử ra khỏi nước bằng cách lắng các hợp chất khó hoà tan của kẽm như Zn(OH)₂ khi kiềm hoá bằng vôi ($S_{Zn(OH)_2} = 7,1.10^{-18}$) hoặc ZnCO₃ khi kiềm hoá bằng soda ($S_{ZnCO_3} = 1,45.10^{-11}$).

4. Titan (Ti), vanadi (V), vonfram (W), molipden (Mo), berili (Be), coban (Co), niken (Ni), uran (U), thuỷ ngân (Hg)

Có thể lắng dưới dạng hợp chất không tan của hydroxit của chúng bằng cách kiềm hoá nước hay lọc nước qua bể từ tính.

5. Bari (Ba)

Lắng bằng photphat ($S_{Ba_3(PO_4)_2} = 6.10^{-39}$) hoặc bằng axit sunfuric hay sunfat natri ($S_{BaSO_4} = 1,1.10^{-10}$).

6. Bạc (Ag)

Lắng bằng soda hay muối ăn (NaCl)

Phần lớn các kim loại (Ag, Bi, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Sn) được tách dễ dàng ra khỏi dung dịch dưới dạng sunfit khi cho vào nước dihydro sunfua H₂S hay sunfua natri. Nhưng khi các kim loại này trong nước có hàm lượng nhỏ thì các keo sunfit của chúng rất khó lắng trong các bể lắng và khó giữ lại bằng bể lọc thường. Vì thế khi khử các kim loại nêu trên dưới dạng hợp chất sunfit của chúng phải tiến hành keo tụ thử để chọn lượng phèn và thời gian lắng cho kết quả thích hợp.

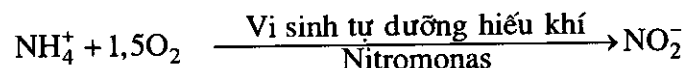
7. Brom và iod

Brom và iod tồn tại trong nước thiên nhiên dưới dạng BrO₃²⁻, có thể khử ra khỏi nước bằng cách lọc qua bể anionit dạng sunfat.

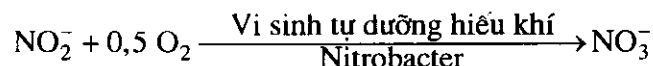
8. Khử ion Amoni

8.1. Nguồn gốc và các dạng tồn tại của amoni trong nước thiên nhiên

Các hợp chất chứa nitơ xâm nhập vào nước thiên nhiên là từ các chất thải sinh hoạt và công nghiệp có chứa chất hữu cơ chủ yếu là protein. Protein (hợp chất có chứa nitơ) + tác dụng của vi khuẩn biến thành ion amoni (NH₄⁺). Ion amoni dưới tác dụng của vi sinh tự dưỡng hiếu khí nitromonas được chuyển hoá thành NO₂⁻:



Đến lượt NO_2^- dưới tác dụng của vi sinh tự dưỡng hiếu khí nitrobacter được chuyển hoá thành NO_3^- :



NO_3^- là chất phú dưỡng cho đất và cây xanh. Ngoài quy trình ở trên, NO_3^- còn được bổ sung vào nước thiên nhiên do trong không khí chứa 72% nitơ (N), khi gặp các đám mây tích điện, nitơ bị oxy hoá thành N_2O_5 ; N_2O_5 kết hợp với hơi nước tạo thành axit nitric HNO_3 có trong nước mưa. Từ các kết quả nghiên cứu đã ghi nhận với lượng mưa trung bình, mỗi năm nước mưa có thể bổ sung thêm 12kg NO_3^- cho một ha đất. Các nguồn phân bón hoá chất NPK là nguồn bổ sung NH_4^+ , NO_3^- cho nguồn nước mặt và nước ngầm. Trong thiên nhiên lại xảy ra quy trình tuần hoàn ngược theo chu trình $\text{NO}_3^- + \text{CO}_2 + \text{cây xanh, tảo} + \text{quang hợp} \rightarrow \text{protein}$. Amoni có trong nước thiên nhiên nếu không có vi sinh hiếu khí tự dưỡng và hệ sinh thái thuỷ vực (rong, rêu, tảo) dưới tác dụng của quá trình quang hợp sản sinh ra oxy thì sẽ không bị oxy hoá thành NO_2^- và NO_3^- ngay cả đối với chất oxy hoá mạnh là ozon và clo. Vì vậy khi phát hiện nguồn nước có NH_4^+ có thể kết luận: nguồn nước mới bị nhiễm bẩn và bị nhiễm bẩn trực tiếp bằng các chất thải sinh hoạt và công nghiệp, khi phát hiện trong nước có NO_3^- chứng tỏ nguồn nước đã bị nhiễm bẩn lâu ngày và có thể do nước đã bị nhiễm bẩn từ xa chảy đến. Tổng hàm lượng các chất chứa nitơ hoà tan trong nước uống lớn hơn 10mg/l tính theo nitơ là nguyên nhân gây ra bệnh methemoglobinemia, còn gọi là bệnh 'blue - baby' ở trẻ em. Chính lượng NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- xâm nhập vào máu sẽ oxy hoá hemoglobin (là thành phần chính sắc tố màu đỏ của máu làm nhiệm vụ vận chuyển oxy đến các tế bào) thành methemoglobinemia là chất không có khả năng vận chuyển oxy. Đặc biệt đối với trẻ em dưới 3 tháng tuổi bị cản trở việc trao đổi oxy ở não bộ, thiếu oxy ở trong máu và ở não bộ, gây ngạt thở, da xanh dẫn đến tử vong.

Dạng tồn tại cân bằng của NH_4^+ trong nước thiên nhiên biểu diễn bằng phương trình:



$$\text{hay} \quad \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = K, \quad (14.9)$$

Trong đó: K - hằng số phân ly của NH_4^+ chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nước:

$$\text{ở } 20^\circ\text{C } K = 10^{-9,25};$$

$$\text{ở } 40^\circ\text{C } K = 10^{-8,21};$$

$$\text{ở } 100^\circ\text{C } K = 10^{-7,03}.$$

Để ý rằng $-\log [\text{H}^+] = \text{pH}$ rút ra $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$. Thay giá trị của nồng độ ion $[\text{H}^+]$ vào phương trình (14-9) ta có:

$$\frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} = K \cdot 10^{\text{pH}} \quad (14-10)$$

Do vậy ở 20°C tỷ lệ khí amoniac NH₃ hoà tan trong nước và nồng độ ion NH₄⁺ có trong nước sẽ là:

$$\frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} = 10^{-9.25 + \text{pH}}$$

ở 40°C: $\frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} = 10^{-8.21 + \text{pH}}$

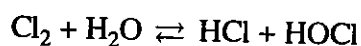
ở 100°C: $\frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+} = 10^{-7.03 + \text{pH}}$

Như vậy trong nước cấp cho ăn uống khi đảm bảo trị số pH ≥ 7 và đun sôi nước đến 100°C trong 3 - 5 phút thì toàn bộ lượng NH₄⁺ hoà tan sẽ biến thành khí NH₃ và có thể cho bay ra khỏi nước. Quá trình đun sôi nước có pH ≥ 7 và làm thoáng ở nhiệt độ ≥ 90°C là quá trình khử amoni.

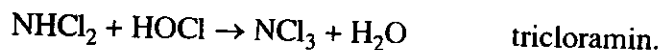
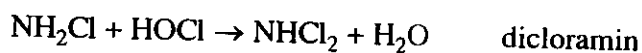
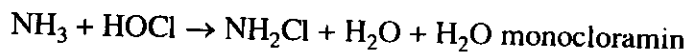
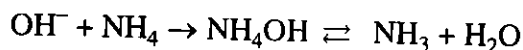
8.2. Các phương pháp khử ion amoni

a) Phương pháp clo hoá nước đến điểm đột biến

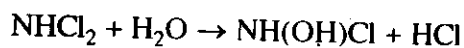
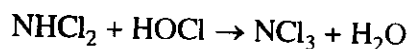
Khi cho clo vào nước, trong nước tạo ra axit hypoclorit



Axit hypoclorit kết hợp với NH₄⁺ tạo thành cloramin. Khi nhiệt độ nước ≥ 20°C, pH ≥ 7 phản ứng diễn ra như sau:

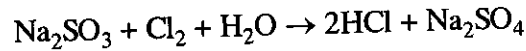


Khi cho clo vào nước với liều lượng bằng hoặc nhỏ hơn theo tỷ lệ trọng lượng phân tử gam Cl: NH₄⁺ bằng 1: 1 (2,6 mg clo cho 1mg NH₄⁺) thì quá trình chuyển hoá NH₄⁺ và clo tự do thành cloramin sau 30 phút. Khi cho tiếp clo vào nước với liều lượng đủ để đạt tỷ số tính theo phân tử gam Cl₂: NH₄⁺ lớn hơn hoặc bằng 2 (tức là 10 mg clo cho 1mg NH₄⁺) thì axit hypoclorit HOCl sẽ oxy hoá tiếp cloramin theo phản ứng:



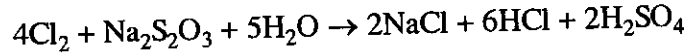
Quá trình kết thúc sau 30 phút khuấy trộn nhẹ. Tại điểm oxy hoá hết cloramin và trong nước xuất hiện clo tự do gọi là điểm đột biến. Sau khi khử hết NH_4^+ trong nước còn lại lượng clo dư lớn (khoảng $10 - 7,6 = 2,4$ mg clo dư cho 1mg NH_4^+ cần khử) phải khử clo dư trước khi cấp cho người tiêu thụ.

- Khử clo dư trong nước sau khi lọc bằng natrisunfit (Na_2SO_3):



Cứ 1 mg clo dư tiêu tốn 3,05 mg Na_2SO_3 .

- Khử clo dư trong nước sau lọc bằng trionatri sunfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$):



Để khử 1 mg clo dư tiêu tốn 0,9 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sản phẩm hàng hoá dạng kết tinh.

Quá trình diễn ra hoàn chỉnh sau 15 phút khuấy trộn đều hoá chất và nước.

b) Phương pháp làm thoáng

Amoni tồn tại trong nước thiên nhiên ở dạng cân bằng động:

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K \cdot 10^{\text{pH}} \quad (14.11)$$

hoặc ở nước có nhiệt độ 20°C :

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 10^{-9,25+\text{pH}}, \quad (14.12)$$

Trong đó:

NH_3 ở dạng khí có thể làm thoáng để khử ra khỏi nước NH_4^+ ở dạng ion hoà tan không bay hơi;

K - hằng số cân bằng, chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

Như vậy muốn khử NH_4^+ ra khỏi nước bằng phương pháp làm thoáng, phải đưa pH của nước nguồn lên 10,5 - 11,0 để biến 99% NH_4^+ thành khí NH_3 hoà tan trong nước.

* Nâng pH của nước thô: Để nâng pH của nước thô lên 10,5 - 11,0 thường dùng vôi hoặc xút. Các điều kiện vận hành hoàn toàn trùng với quá trình khử độ cứng cacbonat bằng vôi, do đó việc tính toán liều lượng vôi cần thiết, bể phản ứng, bể lắng, bể lọc (xem chương 11). Sau bể lọc pha axit vào nước để đưa pH từ 10,5 đến 11,0 xuống còn 7,5.

* Tháp làm thoáng khử khí amoniac NH_3 thường được thiết kế để khử khí amoniac có hàm lượng đầu vào 20 - 40 mg/l, đầu ra khỏi giàn hàm lượng còn lại 1 - 2 mg/l, như vậy hiệu quả khử khí của tháp phải đạt 90 - 95%. Hiệu quả khử khí NH_3 của tháp làm thoáng khi $\text{pH} \geq 11$ phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ của nước. Khi nhiệt độ nước tăng, tốc độ và số lượng ion NH_4 chuyển hoá thành NH_3 tăng nhanh. Khi tăng nhiệt độ: hệ số bốc

hơi của khí tăng nhanh, độ nhớt của nước giảm, sức căng bề mặt của các giọt nước và màng nước trong tháp làm thoáng giảm khí, tạo điều kiện dễ dàng cho quá trình thay đổi bề mặt tiếp xúc giữa hai pha nước và không khí, làm tăng nhanh hiệu quả khử khí.

- Tải trọng thủy lực có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả làm thoáng của tháp.

Để đạt hiệu quả khử NH_3 80 - 98%, tải trọng thủy lực chọn 1,8 - 9,7 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

- Vật liệu tiếp xúc thường làm bằng các thanh gỗ hồng sắc hay composite 10 mm, rộng 50 mm, dài tùy ý. Các thanh này xếp cách nhau 50 mm theo chiều ngang và đặt vuông góc với nhau theo chiều dọc, lớp nọ chồng lên lớp kia với chiều cao 50 mm theo dạng ô cờ. Chiều cao lớp vật liệu tiếp xúc thường lấy 6,6 - 7,9m.

- Tỷ lệ gió - nước tức là số lượng m^3 không khí thổi vào giàn cho một m^3 nước thường phải 1500 - 6000. Áp lực gió (tổng thất áp lực của gió khi qua giàn) thường 10,5 - 30,5 milimet cột nước. Trong thực tế thường áp dụng quạt hút đặt trên đỉnh tháp làm thoáng, không khí đi từ đáy tháp qua lớp tiếp xúc rồi xả ra ở đỉnh tháp.

- Ở điều kiện pH = 11, nhiệt độ nước $\geq 20^\circ\text{C}$, nhiệt độ không khí $\geq 10^\circ\text{C}$, chỉ tiêu thiết kế tháp làm thoáng khử NH_4^+ có thể chọn theo bảng (14.1).

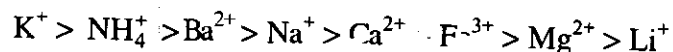
Bảng 14.1.

Hiệu quả khử NH_4^+ của tháp (%)	Lớp tiếp xúc cao 6,6m		Lớp tiếp xúc 7,9m	
	Tải trọng thủy lực ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	Tỷ lệ gió/nước (m^3 khí/ m^3 nước)	Tải trọng thủy lực ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)	Tỷ lệ gió/nước (m^3/m^3)
80	9,3	1700	9,72	1500
85	7,92	1800	8,64	1600
90	6,12	2100	7,20	1900
95	-		5,04	3000
98	-		1,8	6000

* Quản lý vận hành tháp làm thoáng: Khi thiết kế tháp phải đặc biệt chú ý đến điều kiện thau rửa ống, máng phân phối và chia nước, lớp tiếp xúc trong tháp khỏi cặn lắng đọng CaCO_3 và cặn khác. Thường phải rửa định kỳ bằng dung dịch axit loãng. Thời gian giữa hai lần cọ rửa, lượng axit cần thiết, nồng độ axit thích hợp phải xác định theo kinh nghiệm quản lý thực tế.

c) Phương pháp trao đổi ion

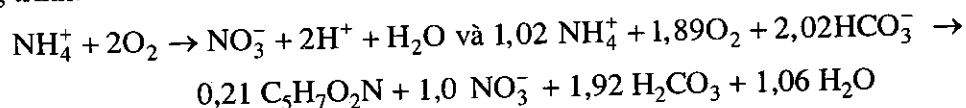
Để khử NH_4^+ ra khỏi nước có thể áp dụng phương pháp lọc qua bể lọc cationit. Trên thị trường có bán loại cationit với tên gọi là clinoptilolite có khả năng trao đổi chọn lọc các cation theo thứ tự sau đây:



Như vậy nếu lọc nước qua bể lọc cationit loại clinoptilolite và hoàn nguyên bằng muối ăn NaCl, thì lớp lọc sẽ giữ lại các cation K^+ , NH_4^+ và Ba^{2+} hoà tan trong nước trên bề mặt hạt và cho vào nước ion Na^+ . Để khử NH_4^+ phải giữ pH của nước nguồn lớn hơn 4 và nhỏ hơn 8. Vì khi $pH \leq 4$ hạt lọc cationit clinoptilolite sẽ giữ lại cả ion H^+ làm giảm hiệu quả khử NH_4^+ . Khi $pH > 8$ một phần ion NH_4^+ chuyển thành NH_3 dạng khí hoà tan không có tác dụng với hạt cationit.

d) Phương pháp sinh học

Lọc nước đã được khử hết sắt và cặn bẩn qua bể lọc chậm hoặc bể lọc nhanh, thổi khí liên tục từ dưới lên. Do quá trình hoạt động vi khuẩn nitrosomonas oxy hoá NH_4^+ thành NO_2^- và vi khuẩn nitrobacter oxy hoá NO_2^- thành NO_3^- . Quá trình diễn ra theo phương trình:



với các điều kiện cần thiết sau đây:

- Cấp đủ lượng oxy để oxy hoá NH_4^+ thành NO_3^- (1 mg NH_4^+ tiêu thụ 4,3 mg O_2).
- Có sẵn hoặc cấp thêm photpho tạo điều kiện cho vi khuẩn phát triển.
- Có đủ lượng cacbonat cấp cho vi khuẩn tự nuôi vì cacbon cần cho sự sống và phát triển của vi khuẩn (1 mg NH_4^+ - N tiêu thụ 7,2 mg độ kiềm tính theo $CaCO_3$).
- pH tốt nhất $\geq 7,5$. Tổng lượng NH_4 - N có trong nước sau khi qua bể lọc sinh học thì có 20 - 25% tạo thành sinh khối còn 75 - 80% NH_4 bị oxy hoá thành NO_3^- .
- Nhiệt độ môi trường luôn $\geq 10^\circ C$.
- Vật liệu tiếp xúc, thường chọn dạng hạt đặt trong các bể lọc.
- Không có các chất độc hại (kim loại nặng, thuốc sát trùng, v.v...).

Khi lọc nước qua bể lọc sinh học để khử NH_4^+ , thì cỡ hạt vật liệu, chiều dày lớp vật liệu, chiều nước chảy cùng chiều hay ngược chiều với lượng khí cấp để lấy oxy có ảnh hưởng lớn đến cường độ khử NH_4^+ trong bể lọc, tức là tốc độ lọc.

9. Khử nitrat

Hàm lượng cho phép của nitrat (NO_3^-) trong nước ăn uống theo tiêu chuẩn Việt Nam phải ≤ 50 mg/l, theo WHO = 45 mg/l.

Để khử nitrat dùng lọc thẩm thấu ngược RO, điện phân, trao đổi ion trong các bể lọc onnit.

Điều kiện áp dụng phương pháp trao đổi ion:

- Nước có hàm lượng cặn < 1 mg/l.

- Tổng hàm lượng ion NO_3^- và SO_4^{2-} và Cl^- có sẵn trong nước phải nhỏ hơn 250 mg/l là hàm lượng ion Cl^- lớn nhất cho phép có trong nước ăn uống. Vì khi lọc qua bể lọc anionit các ion SO_4^{2-} , NO_3^- được giữ lại, thay bằng ion Cl^- khi hoàn nguyên bể lọc anionit bằng dung dịch muối ăn.

- Khử nitrat bằng phương pháp sinh học trong các tài liệu làm sạch nước thải đã nêu đầy đủ.

10. Photphat (orto, meta, poli v.v...)

Có trong nước thiên nhiên chủ yếu là do sản phẩm phân bón hoá học, nước thải công nghiệp và các hợp chất tẩy rửa dùng trong sinh hoạt. Có thể hấp thụ photphat ra khỏi nước bằng cách lọc qua lớp hạt oxyt nhôm hoạt hoá, khả năng hấp thụ gần 20 kg PO_4^{3-} tấn vật liệu oxyt nhôm hoạt hoá được hoàn nguyên bằng dung dịch xút và định kỳ rửa bể lọc (một lần rửa sau ba lần hoàn nguyên) bằng dung dịch axit nitơ 1% để chuyển oxyt nhôm thành anionit muối. Photphat với nồng độ 1-2 mg/l P_2O_5 hoàn toàn bị khử ra khỏi nước khi làm mềm bằng vôi.

11. Radon (Rn)

Khử Radon bằng cách làm thoáng. Độ hoà tan của radon trong nước ở nhiệt độ 0°C áp lực riêng gần 1 kg/cm² gần bằng 500 mg/l và ở nhiệt độ 20°C gần 222 mg/l.

Lượng không khí tiêu thụ để khử radon xác định bằng công thức gần đúng:

$$\ln \frac{C_1}{C_2} = \frac{\rho}{H} \cdot Q \quad (14.13)$$

Trong đó:

C_1 và C_2 - nồng độ radon trong nước nguồn và trong nước sau làm thoáng;

ρ - mật độ không khí (mg/l.at);

H - hằng số henri (mg/l.at) $H = 2200$ khi $t = 20^\circ\text{C}$;

Q - lượng không khí cần thiết để khử radon (m^3/m^3 nước).

Khi lượng không khí tiêu thụ $8\text{m}^3/1\text{m}^3$ nước có thể giảm hàm lượng radon trong nước từ 100 - 120 lần.

14.3.2. Khử các chất gây ra mùi vị của nước bằng các chất oxy hoá

Dùng phương pháp clo hoá và ozon hoá có thể khử được mùi, vị của nước do quá trình hoạt động sinh sống của vi sinh vật và rong rêu gây ra.

Cần chú ý rằng nếu liều lượng chất oxy hoá (ozon, clo) không đủ thì không những không giảm được mùi vị tồn tại trong nước mà còn làm tăng thêm lên.

Chất oxy hoá làm chết vi sinh vật, giải phóng ra những chất gây mùi vị của nước, do đó cần phải tăng liều lượng clo đủ để oxy hoá tiếp các chất này. Dùng clo để khử mùi vị

của nước không phải trong trường hợp nào cũng thu được kết quả tốt. Ví dụ: thế oxy hoá của clo không đủ để oxy hoá sản phẩm khó oxy hoá, sẽ gây ra mùi bùn trong nước. Khi trong nước có phenol, clo tạo với phenol thành clophenol có mùi rất khó chịu. Vì thế khi dùng clo để khử mùi vị của nước, liều lượng clo cần phải xác định bằng thực nghiệm. Muốn vậy, lấy một loạt mẫu nước đựng trong các ống thuỷ tinh hình trụ, cho vào các mẫu nước clo với liều lượng tăng dần. Mẫu đầu cho vào 0,2 mg/l clo, các mẫu sau tăng dần với số lượng bổ sung 0,2 mg/l. Sau khi khuấy trộn nước thử với clo để mẫu lắng trong 30 phút, đem xác định cường độ mùi vị của nước làm liều lượng tính toán. Đôi khi trong mẫu nước thử xuất hiện mùi clo làm lẫn át mùi của nước thiên nhiên, để tránh hiện tượng này (clo đã thực sự khử được mùi của nước chưa hay chỉ có mùi clo lẫn át nó đi, còn thực chất thì mùi vẫn chưa khử được) sau khi clo hoá phải khử mùi clo trong các mẫu thí nghiệm bằng cách cho vào nước chất trung hoà Na_2SO_3 hay tiosunfat natri $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

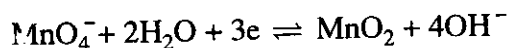
Để ngăn ngừa mùi, clophenol (nếu trong nước có phenol) có thể:

- 1) Cho quá liều lượng clo để oxy hoá thành axit không mùi,
- 2) Dùng amoniac hoá trước.

Việc cho clo quá liều lượng cần phải tiến hành sao cho thời gian tiếp xúc của nước với clo đủ lớn (lớn hơn 2 - 3 giờ), cho clo vào ống hút trạm bơm I còn chất khử mùi clo cho vào ống hút trạm bơm II.

Trong những trường hợp clo hoá không đạt kết quả cao hoặc làm cho nước có mùi, thường áp dụng phương pháp tổ hợp: dùng clo và permanganat kali (KMnO_4). Clo oxy hoá phần lớn các chất bản hữu cơ của nước, làm giảm liều lượng cần thiết KMnO_4 xuống còn 0,3 - 0,5 mg/l. Lượng clo dùng để khử mùi vị của nước dao động trong thời hạn rộng từ 1mg/l đối với nước sạch đến 20-30 mg/l đối với nguồn nước bị nhiễm bản mạnh. Trong trường hợp clo hoá không đạt kết quả cao hay không kinh tế vì lượng clo quá lớn và phải dùng amoniac để khử mùi clo với liều lượng lớn v.v... cần kiểm tra khả năng dùng các chất oxy hoá khác như (dioxyt, clo, permanganat kali, ozon v. v...) hoặc dùng than hoạt tính để hấp thụ chất gây ra mùi, vị của nước.

Permanganat kali là một trong các chất oxy hoá để khử chất gây ra mùi và vị của nước hiệu quả nhất. Khi cho permanganat kali vào nước có chứa các chất hữu cơ, permanganat sẽ oxy hoá các chất hữu cơ có trong nước.



Thế oxy hoá tiêu chuẩn của MnO_4^- , trong phản ứng này khi pH = 7 là $E_o = + 1,15$ vôn, oxyt mangan hoá trị II tạo ra sau phản ứng sẽ bị thuỷ phân thành keo $\text{Mn}(\text{OH})_2$, có bề mặt rất phát triển (gần 300 m²/g) nên có khả năng hấp thụ các chất bản hữu cơ hoà tan trong nước. Tốc độ oxy hoá các chất hữu cơ hoà tan trong nước bằng permanganat kali tăng khi tăng trị số pH (mặc dù khi tăng pH, thế oxy hoá giảm), vì pH tăng sẽ làm tăng rất nhanh khả năng oxy hoá của một số chất, ví dụ: khi nâng cao pH, phenol biến

thành phenolit dễ bị oxy hoá hơn phenol. KMnO_4 là chất diệt trùng rất tốt, vì thế khi dùng KMnO_4 không cần dùng clo nữa. Sau khi cho dung dịch KMnO_4 1- 2% vào nước, nước có màu ánh hồng sau chuyển thành màu hung. Liều lượng KMnO_4 coi là đủ khi mới cho vào nước có màu hồng và chuyển thành màu hung ở quãng giữa chiều dài bể lắng ngang. Trong nhiều trường hợp xử lý nước bằng phương pháp tổ hợp dùng clo với KMnO_4 hay KMnO_4 với than hoạt tính cho kết quả tốt và tiết kiệm được lượng hoá chất. Permanganat kali là sản phẩm công nghiệp hoà tan trong nước 30 g/l ở 10°C và 150 g/l ở 50°C . Permanganat kali được định lượng vào nước bằng các thiết bị định lượng thông thường.

Khử các chất hữu cơ hoà tan trong nước bằng than hoạt tính

Lọc nước qua lớp vật liệu lọc là các hạt than hoạt tính, hay cho vào nước bột than hoạt tính là biện pháp tổng hợp nhất để khử các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc thiên nhiên hoặc nhân tạo hoà tan trong nước. Bởi vì các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc tự nhiên có trong nước chỉ biểu hiện gián tiếp bằng độ màu, mùi, vị của nước. Độ màu của nước có thể khử bằng phèn... clo hoá v.v...

Còn than hoạt tính là vật liệu đất tiền chi dùng để khử các hợp chất hữu cơ có nguồn gốc phi tự nhiên có trong nước: do nước thải công nghiệp, sản phẩm phân huỷ của phân bón v.v... gây ra.

Bột than hoạt tính dùng để khử các chất hữu cơ gây ra mùi vị của nước có thể định lượng vào nước dưới dạng bột khô hay dạng dung dịch ngay trước bể lắng hay trước bể lọc.

Cho bột than hoạt tính vào trước bể lọc chỉ áp dụng trong trường hợp liều lượng than hoạt tính không lớn hơn 5-7 mg/l. Vì liều lượng lớn bể lọc chóng bị trít. Để giảm tổn thất áp lực trong trường hợp này nên dùng bể lọc hai lớp. Khi liều lượng than hoạt tính cần ít, tốt nhất là cho vào trước bể lọc vì nếu cho vào bể lắng bột than bị lắng nhanh không đủ thời gian tiếp xúc để hấp thụ chất hữu cơ.

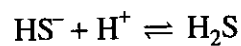
Bột than hoạt tính hoà tan thành dung dịch trong thùng kín có máy khuấy và chỉ giữ dung dịch của than không quá 4 giờ vì ngâm lâu than trong dung dịch nước sẽ làm giảm khả năng hoạt hoá của chúng. Để dẫn dung dịch, có thể dùng ống cao su. Bột than hoạt tính là chất dễ cháy vì thế phải đựng trong thùng kín và trong kho có thiết bị phòng hoá đặc biệt. Do thời gian tiếp xúc của bột than hoạt tính với nước cần làm sạch không lớn, cho nên chất bị hấp thụ không kịp thấm vào lõi hạt than, vì thế càng nghiền nhỏ bột than hoạt tính thì khả năng hấp thụ của nó càng lớn. Khả năng hấp thụ của bột than hoạt tính được đánh giá gián tiếp bằng trị số phenol của than, tức là số mg bột than cần thiết để giảm nồng độ phenol trong một lít nước từ 0,1mg xuống 0,01mg từ sau thời gian khuấy trộn 1 giờ. Bột than hoạt tính dùng trong các nhà máy nước phải có trị số phenol không lớn hơn 30.

Lọc nước qua lớp than hoạt tính thường dùng bể lọc áp lực, hạt than có kích thước $1 \div 1,5 \div 2\text{mm}$ chiều dày lớp lọc $1,5 - 2,5\text{ mm}$, tốc độ lọc $5 - 10\text{ m/h}$. Tổn thất áp lực qua 1m chiều dày lớp vật liệu từ $0,4\text{m}$ khi $d = 2\text{mm}$ tốc độ lọc 5 m/h đến $7,2\text{m}$ khi $d = 1\text{mm}$ tốc độ lọc 10 m/h . Khi sử dụng kiệt khả năng hấp thụ của các hạt than hoạt tính, người ta hoàn nguyên bằng cách nung các hạt than đã được sấy khô đến nhiệt độ $700 - 800^\circ\text{C}$ trong điều kiện thiếu oxi. Tổn thất than mỗi lần nung $2 - 3\%$, tổn thất hàng năm $7 - 8\%$. Để đảm bảo sử dụng hết khả năng hấp thụ chất hữu cơ của than hoạt tính, trước khi cho nước vào bể lọc than hoạt tính phải khử hết cặn lơ lửng có trong nước bằng phương pháp keo tụ, lắng và lọc cát. Nâng cao pH làm tăng khả năng hấp thụ chất hữu cơ của than hoạt tính, còn nâng cao nhiệt độ nước xử lý lại làm giảm hiệu quả làm sạch của than hoạt tính.

14.4. KHỬ HYĐRO SUNFUA (H_2S) HOÀ TAN TRONG NƯỚC

14.4.1. Nguyên tắc khử khí H_2S hoà tan trong nước

Khí hydro sunfua tồn tại trong nước thiên nhiên ở dạng cân bằng động:

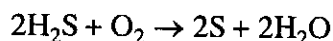


$$\frac{(\text{HS}^-)(\text{H}^+)}{(\text{H}_2\text{S})} = 10^{-7,2}$$

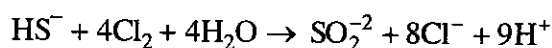
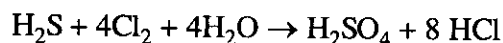
$$\frac{(\text{H}_2\text{S})}{(\text{HS}^-)} = 10^{7,2}(\text{H}^+) = 10^{7,2-\text{pH}}$$

Trong các nguồn nước thiên nhiên cùng với khí H_2S hoà tan thường có cả ion hydro sunfua HS^- . Nếu pH của nước lớn hơn 10, khí H_2S chuyển hoàn toàn sang dạng HS^- và S^{2-} hoà tan. Khi pH của nước ≤ 5 , ion HS^- và S^{2-} chuyển hoàn toàn sang dạng khí H_2S hoà tan trong nước. Vì vậy muốn khử hydro sunfua bằng phương pháp làm thoáng trước hết phải axit hoá để giảm pH của nước xuống gần bằng 5. Trong các dàn làm thoáng chia nước thành các giọt nhỏ hoặc màng mỏng cho tiếp xúc với không khí, vì áp suất riêng phần của khí H_2S trong không khí bằng không nên khí H_2S tách ra khỏi nước bay vào không khí. Bằng phương pháp làm thoáng không khử được ion HS^- hoà tan trong nước, song khi khí H_2S tách ra khỏi nước, cân bằng giữa H_2S và ion HS^- trong nước bị phá hoại và ion HS^- chuyển một phần thành phân tử H_2S . Hàm lượng tương đối của H_2S so với HS^- trong nước càng lớn thì làm thoáng càng có hiệu quả. Tỷ số phần trăm giữa H_2S và HS^- phụ thuộc vào pH của nước. Khi $\text{pH} \leq 5$ thực tế toàn bộ sunfua nằm ở dạng H_2S . Vì thế khử hydro sunfua hoà tan trong nước có hiệu quả nhất khi giá trị pH của nước thấp hơn 5. Trị số pH của nước thiên nhiên phụ thuộc vào hàm lượng hoà tan của khí CO_2 và H_2S trong nước. Trong quá trình làm thoáng, ngoài khí H_2S , khí CO_2 cũng được tách ra khỏi nước, do đó pH của nước tăng lên làm cho H_2S bị chuyển một phần thành ion HS^- nên hiệu quả khử H_2S bằng làm thoáng giảm xuống. Vì thế trị số pH của

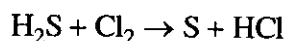
nước ở cuối quy trình làm thoáng cần phải giữ gần bằng 5. Khi làm thoáng nước cùng với việc tách khí H₂S thường xảy ra cả quá trình oxy hoá một phần hydro sunfua thành lưu huỳnh.



Quá trình oxy hoá hydro sunfua có thể tiếp diễn ở mức độ thấp đến khi tạo ra tiosunfat S₂O₃²⁻. Quá trình oxy hoá tiếp theo sunfat đến sunfit hoặc sunfat bằng làm thoáng khi không có vi khuẩn lưu huỳnh thường không xảy ra. Có thể làm thoáng nước thô để giảm trị số pH, khi hàm lượng hydro sunfua trong nước cần xử lý dưới 2 - 3 mg/l pH ≤ 6,5 ÷ 7. Sau làm thoáng, hàm lượng H₂S có thể giảm xuống đến 0,3 - 0,5 mg/l. Có thể dùng phương pháp clo hoá nước sau quá trình làm thoáng để oxy hoá lượng H₂S còn lại trong nước đến sunfat.



Lượng clo tiêu thụ hết 8,4 mg để oxy hoá 1 mg hydro sunfua còn lại trong nước sau làm thoáng (ở dạng H₂S hay HS⁻). Quá trình oxy hoá một phần H₂S ra lưu huỳnh khi hàm lượng hydro sunfua trong nước nguồn 2 - 3 mg/l tạo thành cặn lơ lửng (keo lưu huỳnh) với hàm lượng không vượt quá 0,5 - 1 mg/l. Có thể oxy hoá hydro sunfua bằng clo đến lưu huỳnh.



Lượng tiêu thụ clo 2,1 mg cho 1mg H₂S.

Để làm thoáng có thể sục không khí qua lớp nước, phun thành mưa trên các dàn làm thoáng tự nhiên hay cưỡng bức. Dàn làm thoáng có thổi gió là thiết bị gọn và có hiệu quả nhất để khử H₂S hoà tan trong nước. Cường độ tưới khi vật liệu tiếp xúc trong dàn là vòng sành, sứ 25 × 25 × 3mm có thể lấy bằng 40 m³/m².h. Cần chú ý rằng trên bề mặt các vòng sành, sứ tích lũy dần cặn lưu huỳnh là do kết quả của việc phát triển vi khuẩn lưu huỳnh, chúng có khả năng oxy hoá H₂S thành lưu huỳnh. Ngoài ra do khử đi một phần CO₂ hoà tan trong nước, trên bề mặt tiếp xúc sẽ lắng đọng CaCO₃. Do đó cần phải chọn vật liệu tiếp xúc có bề mặt trơn nhẵn để cạo rửa cặn lưu huỳnh và CaCO₃ dính bám, có thể dùng vật liệu tiếp xúc là ống nhựa mặt nhẵn, rửa bằng dòng nước hoặc sục gió từ dưới lên như khi rửa bể lọc. Lượng không khí cấp vào dàn khử khi vật liệu tiếp xúc là vòng sành, sứ 25 × 25 × 3mm lấy bằng 15m³/1m³ nước. Chiều cao lớp vòng sành, sứ trong dàn khi hàm lượng H₂S trong nước dưới 10 mg/l lấy bằng 1,5 - 2m, khi hàm lượng H₂S từ 20 - 30 mg/l lấy bằng 2,5m. Chiều cao của lớp tiếp xúc bằng ống nhựa xếp cũi lợp lấy từ 2 - 2,5 lần lớn hơn chiều cao lớp vòng sành sứ.

Trên các trạm nhỏ có thể dùng dàn làm thoáng tự nhiên cường độ tưới từ 10-15m³/m².h, vật liệu tiếp xúc dùng cọc dạng cục hoặc xỉ đá cỡ hạt 30-50mm. Chiều dày của mỗi lớp tiếp xúc từ 300-400mm khoảng cách giữa các lớp 600mm. Khi hàm

lượng H_2S dưới $5mg/l$ trong dàn đặt ba lớp tiếp xúc, khi hàm lượng H_2S đến $10mg/l$ đặt năm lớp tiếp xúc. Khi hàm lượng H_2S đến $15 mg/l$ phải làm thoáng trong các dàn có thổi gió cưỡng bức. Khi hàm lượng H_2S trong nước bé phương pháp làm thoáng và clo hoá trở nên không kinh tế bởi vì sau khi làm thoáng trong nước còn lại một vài miligam H_2S cần phải làm sạch tiếp bằng clo nên rất đắt. Ngoài ra trong nước tạo ra keo lưu huỳnh phải tiếp tục lọc trong. Để khử hoàn toàn H_2S bằng làm thoáng khi hàm lượng bé tốt hơn là nên giảm trị số pH xuống đến 5. Điều này có thể đạt được bằng cách thổi khí lò có chứa CO_2 vào nước, hoặc là axit hoá nó bằng H_2SO_4 hoặc HCl . Để khử H_2S bằng khí lò nên dùng dàn khử có hai tầng. Ở tầng trên khí lò thổi từ dưới lên trên, còn nước phun thành giọt chảy từ trên xuống dưới. Nồng độ CO_2 trong khí lò từ 5 - 15% (trong không khí chỉ có 0,03 - 0,04%). Vì có áp suất riêng phần trong khí lò lớn nên CO_2 hoà tan mạnh vào nước làm giảm trị số pH của nước xuống trong suốt thời gian đi qua ngăn trên của dàn, nhờ vậy tạo ra được điều kiện để chuyển ion HS^- thành H_2S . Khí H_2S tách ra khỏi nước ở ngăn trên cùng với khí lò bay ra ngoài, sau đó nước tràn xuống ngăn dưới có không khí thổi vào ngược chiều nước chảy để khử khí CO_2 và khôi phục lại pH đến trị số ban đầu. Lượng H_2S còn lại trong nước sẽ được oxy hoá tiếp bằng clo (không lớn hơn $0,3 mg/l$).

Để giảm trị số pH của nước có thể dùng H_2SO_4 hay HCl . Liều lượng axit cần thiết để giảm trị số pH của nước đến 4,3 - 4,5 có thể xác định theo công thức:

$$a = e.K_1 \cdot \frac{100}{C_a}, \text{ mg/l);}$$

$$a = e.K_1, \text{ (mg/l),} \tag{14.14}$$

Trong đó:

e - đương lượng của axit (mg/mgdl), đối với axit H_2SO_4 $e = 49 mg/mgdl$, đối với HCl $e = 36,5 mg/mgdl$;

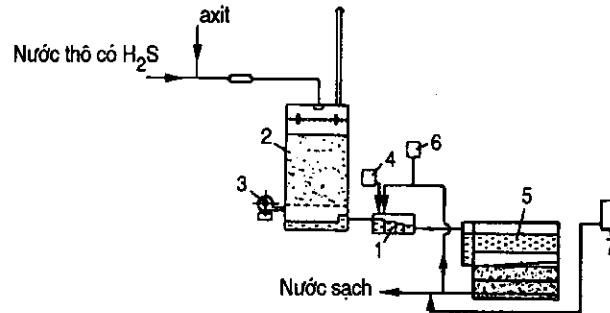
K_1 - độ kiềm của nước thô (mgdl/l);

C_a - hàm lượng H_2SO_4 hay HCl trong sản phẩm kỹ thuật (%).

Thực tế liều lượng axit cần phải xác định tại chỗ trong quá trình quản lý. Nước đã được axit hoá phải làm thoáng trên các dàn thổi gió cưỡng bức để khử H_2S . Khi đó phần lớn H_2S bị khử ra khỏi nước đi vào không khí nhưng có một phần nhỏ bị oxy hoá đến lưu huỳnh. Để làm sạch triệt để H_2S cần phải cho khí clo vào nước sau làm thoáng để oxy hoá nốt lượng H_2S còn lại, sau đó cho phèn vào (liều lượng 20 - 30 mg/l $Al_2(SO_4)_3$ hay $FeCl_3$) để kết hợp với keo lưu huỳnh tạo thành bông cặn rồi lọc qua bể lọc. Liều lượng clo xác định bằng thực nghiệm sao cho nước đi ra khỏi bể lọc ở cuối quy trình làm sạch chứa lượng clo hoạt tính không lớn hơn $0,5 mg/l$. Điều này là cần thiết để ngay trong bể lọc không tạo ra điều kiện khôi phục các hợp chất có chứa lưu huỳnh tạo ra khi làm thoáng đến H_2S . Do kết quả axit hoá nước để giảm pH xuống đến 5, nên hầu như

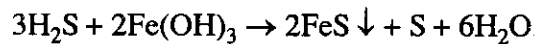
toàn bộ độ kiềm của nước bị khử và nước mất tính chất đệm, khi clo hoá nước pH tiếp tục giảm và nước có tính chất gây gỉ. Để loại trừ hoạt tính gỉ của nước cần phải xử lý ổn định nước (xem chương xử lý ổn định nước). Sơ đồ của trạm khử khí H₂S bằng làm thoáng có axit hoá và lọc tiếp qua bể lọc giới thiệu trên hình (14.3).

Hình 14.3: Sơ đồ của trạm khử khí H₂S bằng làm thoáng có axit hoá nước
1. Bể trộn; 2. Dàn làm thoáng cường bức; 3. Máy quạt gió; 4. Thùng.

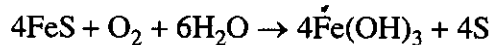


14.4.2. Khử khí H₂S hoà tan trong nước bằng hydroxit sắt hoá trị III

Khi cho vào nước hydroxit sắt hoá trị III ở dạng huyền phù, nó sẽ kết hợp với H₂S và ion hydro sunfit HS⁻ hoà tan trong nước tạo thành sunfit sắt.

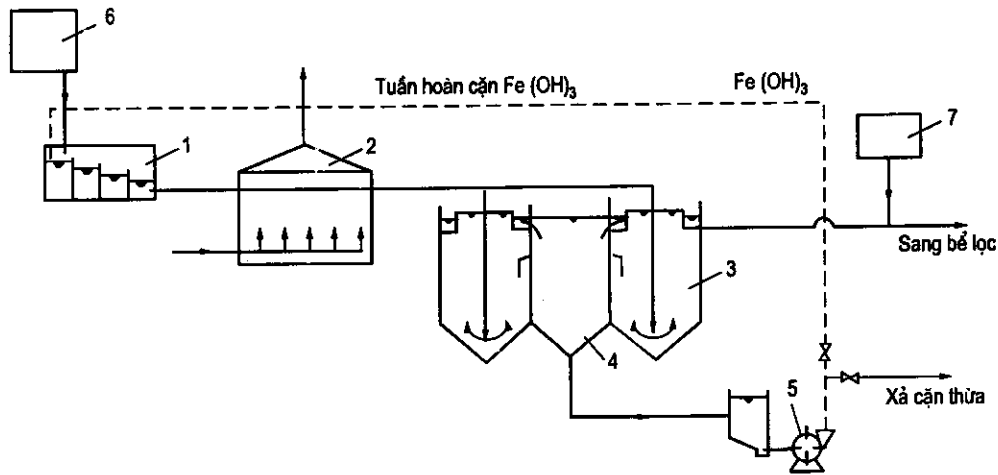


Cặn sunfit sắt tách ra khỏi nước bằng lắng, và có thể hoàn nguyên lại Fe(OH)₃ bằng cách thổi không khí vào cặn:



Có thể dùng quá trình kín sử dụng lại nhiều lần hydroxit sắt hoá trị III bằng cách chuyển luân phiên từ FeS thành Fe(OH)₃. Việc sử dụng một lượng cố định Fe(OH)₃ bị hạn chế bởi quá trình làm giàu dần dần cặn Fe(OH)₃ bằng lưu huỳnh tạo ra trong mỗi chu trình chuyển chất. Vì thế cần phải bớt trong mỗi chu trình một lượng Fe(OH)₃ đã bị nhiễm bẩn bởi lưu huỳnh và thay vào đó một lượng sạch Fe(OH)₃. Trong quá trình sục huyền phù FeS bằng không khí có thể tạo ra cả tiosunfat, khi pH của môi trường cao hơn 7 - 7,2 chủ yếu là tạo ra nguyên tố lưu huỳnh. Khi có các giá trị pH = 7 - 7,2 quá trình hoàn nguyên Fe(OH)₃ từ FeS xảy ra trong khoảng thời gian vài phút, đó là tốc độ có thể chấp nhận được đối với các công trình làm việc trong thực tế xử lý nước.

Bằng thực nghiệm đã xác định được rằng không cần thiết phải tách cặn sunfit sắt ra khỏi nước bằng cách lắng rồi sau đó mới hoàn nguyên chúng bằng cách thổi không khí vào. Có thể sau khi cho vào nước Fe(OH)₃ và thu được cặn sunfit sắt FeS thì sục không khí vào toàn bộ khối lượng nước trong các bể hở (loại bể aeroten). Khi đó một phần cặn lưu huỳnh nổi trên mặt nước và được tháo ra khỏi bể (tuyển nổi). Ưu điểm của sơ đồ công nghệ này là nước sau khi làm thoáng thu được cặn hydroxit sắt hoá trị III lắng nhanh hơn sunfit sắt (xem hình 14.4).



Hình 14.4: Sơ đồ trạm khử H_2S bằng $Fe(OH)_3$

1. Bể trộn; 2. Bể làm thoáng; 3. Bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng; 4. Ngăn tập trung cặn;
5. Bơm tuần hoàn và xả cặn; 6. Thùng định lượng $FeCl_3$ hay $Fe_2(SO_4)_3$; 7. Clorator

Trên cơ sở thí nghiệm Viện Vogeo - Liên bang Nga người ta đã kiến nghị các chỉ tiêu tính toán sau:

a) Nồng độ $Fe(OH)_3$ trong nước phải lớn hơn so với lượng $Fe(OH)_3$ cần thiết để kết hợp H_2S và HS^- thành FeS gấp ba lần (3,3 mg Fe cho 1 mg H_2S). Số lượng muối sắt cần phải bổ sung vào trong mỗi chu trình (tính theo Fe) từ 0,2 - 0,3 mg cho 1mg H_2S cần khử (6 - 9 mg $FeSO_4$ hay $FeCl_3$ tính theo sản phẩm không ngậm nước cho 1 mg H_2S cần khử).

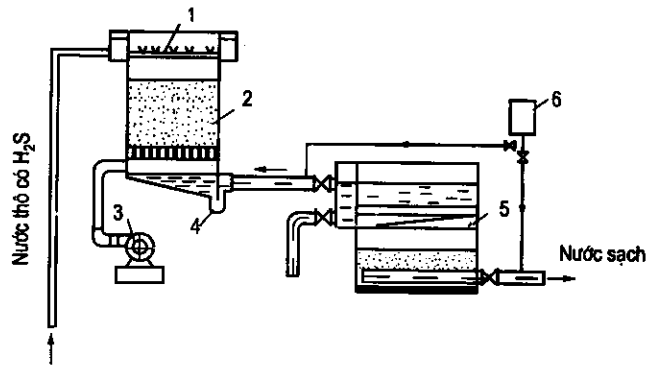
b) Thể tích của ngăn tạo bông dùng làm bể sục gió hoàn nguyên sunfit sắt phải đảm bảo thời gian lưu lại của nước trong bể từ 20 - 30 phút, cường độ sục gió 3 - 5 l/s.m² diện tích bể.

c) Tốc độ đi lên của dòng nước trong vùng bảo vệ của bể lắng trong lấy bằng 0,8 - 0,9 mm/s. Lưu lượng nước thu cưỡng bức sang ngăn nén cặn từ 20 - 25%. Nếu xử lý nước dùng cho sinh hoạt thì trước bể lọc cần tiến hành clo hoá với liều lượng đảm bảo giữ được lượng clo dư hoạt tính trong nước lọc 0,5 mg/l. Thực nghiệm cho thấy rằng phương pháp này khử được hoàn toàn H_2S hoà tan trong nước khi đi ra khỏi bể lắng trong vì vậy lượng clo tiêu tốn không lớn.

14.4.3. Khử H_2S trong nước bằng phương pháp sinh hoá

Khử khí H_2S hoà tan trong nước bằng phương pháp sinh hoá dựa trên cơ sở oxy hoá H_2S do hoạt động sống của vi khuẩn lưu huỳnh của bùn hoạt tính và màng sinh vật. Phương pháp này khử H_2S bằng phối hợp tách một phần khí H_2S hoà tan trong nước bằng làm thoáng và oxy hoá bằng sinh hoá khi cho nước tiếp xúc với màng sinh vật có cấy vi khuẩn lưu huỳnh. Sơ đồ trạm làm sạch theo quy trình nêu trên hình (14.5).

Nước nhờ thiết bị tưới (1) phun đều vào bề làm thoáng và oxy hoá xỉ đá (2), màng sinh vật dần dần tạo ra và phát triển trên bề mặt xỉ. Quạt gió (3) cấp không khí vào phía dưới bể. Sau bể làm thoáng và oxy hoá nước đi qua khoá thuỷ lực (4) chảy vào bể lọc nhanh (5) để làm sạch lưu huỳnh và các màng vi sinh vật bị kéo ra khỏi bể làm thoáng và oxy hoá. Để làm tốt quá trình làm trong nước, cho phèn vào trước bể lọc. Để tránh hiện tượng tạo ra điều kiện yếm khí ở các lớp cát lọc nằm phía dưới bể lọc và để ngăn ngừa hiện tượng khôi phục các hợp chất lưu huỳnh có thể dùng hai phương pháp: cho clo từ clorator (6) vào nước trước bể lọc hoặc rửa lọc bằng không khí nén từ dưới lên trên. Trên cơ sở thực nghiệm bán sản xuất người ta đã rút ra các chỉ tiêu tính toán sau (số liệu của Viện Vogeo):



Hình 14.5: Sơ đồ của trạm khử khí H_2S phối hợp làm thoáng và oxy hoá bằng sinh hoá

1) Cường độ tưới trong bể làm thoáng và oxy hoá khi hàm lượng H_2S đến 40 mg/l lấy bằng 3 - 4 $m^3/m^2.h$, khi hàm lượng H_2S 20 mg/l và gần 8 $m^3/m^2.h$ có thổi không khí cưỡng bức.

2) Cường độ tưới khi làm thoáng tự nhiên lấy bằng 4 $m^3/m^2.h$ đối với nguồn nước có hàm lượng H_2S không lớn hơn 20 - 25 mg/l.

3) Lưu lượng không khí cấp vào bể khi hàm lượng H_2S từ 40 - 50 mg/l lấy từ 26 - 30 m^3/m^3 nước, tiếp tục tăng lượng không khí không làm tốt hơn việc khử H_2S .

4) Chiều dày của lớp xỉ 2,6m hệ thống tưới nước phải đặt cao hơn bề mặt lớp xỉ tiếp xúc 0,3 - 0,5m. Kích thước xỉ từ 50 - 70mm.

5) Áp lực cần thiết của quạt gió từ 60 - 70mm cột nước. Khi thiết kế bể làm thoáng và oxy hoá bằng sinh hoá phải có biện pháp ngăn ngừa hiện tượng làm trít lớp xỉ bởi cặn $CaCO_3$ do đã khử đi một phần khí CO_2 hoà tan trong nước khi làm thoáng.

Chương 15

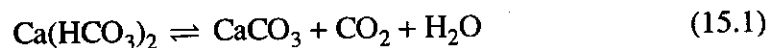
XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC

15.1. XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC

Mục đích của việc xử lý ổn định nước là để ngăn ngừa các quá trình xâm thực hoặc lắng đọng CaCO_3 trong các công trình xử lý và vận chuyển nước.

15.1.1. Các phương pháp đánh giá độ ổn định của nước

Độ ổn định của nước có thể được xác định bằng thực nghiệm hoặc bằng tính toán, dựa vào tương quan của các hợp chất nằm trong thể cân bằng động đặc trưng cho tính chất của nước qua phản ứng thuận nghịch:



• *Phương pháp thực nghiệm.* Để xác định độ ổn định của nước, ban đầu xác định độ pH_0 và độ kiềm K_{t_0} của mẫu nước sau đó đem bão hoà mẫu nước bằng CaCO_3 và khuấy đều trong 2 giờ, xác định lại độ pH và độ kiềm K. Bản chất của phương pháp là: Nếu trong nước có dư lượng CO_2 tự do nó sẽ chuyển một phần CaCO_3 thành $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ làm cho pH và độ kiềm nước tăng lên. Ngược lại nếu trong nước quá bão hoà CaCO_3 thì CaCO_3 sẽ tách ra khỏi nước ở dạng kết tủa và bám vào bề mặt hạt CaCO_3 mới đưa vào, làm cho độ kiềm và pH của nước giảm xuống. Chỉ tiêu ổn định của nước được đánh giá bằng biểu thức sau:

$$C_o = \frac{K_{t_0}}{K_t} = \frac{\text{pH}_0}{\text{pH}} \quad (15.2)$$

Trong đó:

K_{t_0} và K_t - độ kiềm của nước trước và sau khi bão hoà bằng cacbonat canxi;

pH_0 và pH - độ pH của mẫu nước trước và sau khi bão hoà bằng cacbonat canxi.

Nếu giá trị $C_o = 1$ nước ổn định, lớn hơn 1 thì nước có khả năng lắng đọng CaCO_3 , nhỏ hơn 1 thì nước có tính xâm thực.

• *Phương pháp phân tích.* Xác định độ ổn định của nước bằng chỉ số bão hoà tính theo công thức:

$$I = \text{pH}_0 - \text{pH}_s \quad (15.2a)$$

Trong đó: pH_0 là độ pH của nước cân xử lý, pH_s là độ pH cân bằng bão hoà của nước bằng cacbonat canxi và được tính theo công thức (1.40) hoặc (1.41) hay biểu đồ hình (1.3).

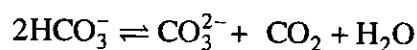
Nếu giá trị của chỉ số bão hoà I tính theo công thức (15.2a) gần bằng không (từ 0 đến $\pm 0,25$) thì được coi là ổn định, khi I có giá trị âm ($I < -0,25$) nước có tính gi, khi I có giá trị dương ($I \geq + 0,25$) nước có khả năng tạo ra lắng đọng cacbonat canxi lên thành ống và thiết bị khi tiếp xúc với nó.

Nước có chỉ tiêu bão hoà dương có thể quy ước gọi là nước không gây tác dụng gi, bởi vì nó tạo ra một lớp lắng đọng cacbonat canxi rắn chắc ngăn cách kim loại trên thành ống, không tiếp xúc được với nước làm cho quá trình gi dần dần bị đình chỉ. Chỉ tiêu bão hoà dương và tên gọi nước không gi không có nghĩa là nước hoàn toàn không gây tác động làm gi kim loại. Trong thời kỳ đầu vận chuyển nước theo đường ống khi mà màng bảo vệ cacbonat canxi còn chưa được tạo ra thì nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống sẽ gây ra quá trình gi, cường độ gi phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng oxy hoà tan trong nước, nhiệt độ và thành phần muối của nước.

Khi chỉ tiêu bão hoà có giá trị âm, lớp bảo vệ cacbonat canxi không thể tạo ra được, và nước luôn luôn tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống gây ra các quá trình làm gi kim loại. Vì thế nước có chỉ tiêu bão hoà âm, quy ước gọi là nước gây gi. Do kết quả gi kim loại của thành ống, trên bề mặt của ống dần dần tạo ra một lớp lắng đọng gi sắt, nhưng chiều dày của lớp này thường không đều, xốp và không có khả năng cách ly hoàn toàn nước với kim loại của thành ống. Do có lớp lắng đọng gi sắt tạo ra trên bề mặt thành ống, cường độ gi có giảm đi ít nhiều nhưng không thể ngăn chặn được hoàn toàn quá trình gây tác động gi ống của nước. Như vậy thực chất của việc xử lý ổn định nước là: trong thời kỳ đầu quản lý các đường ống dẫn nước, người ta cho vào nước các hoá chất thích hợp để phủ lên thành ống một lớp màng bảo vệ cacbonat canxi, tức tạo ra chỉ số bão hoà dương của nước. Sau khi tạo ra màng bảo vệ, để giữ nguyên được nó phải xử lý để nước có chỉ tiêu bão hoà bằng không. Nếu việc xử lý nước để có được chỉ tiêu bão hoà dương liên tục trong một thời gian quá dài thì lớp cacbonat canxi tạo ra trên bề mặt trong của ống sẽ quá dày, làm giảm khả năng vận chuyển của ống. Ngược lại sau khi hình thành màng bảo vệ cacbonat canxi, hoàn toàn ngừng việc xử lý để khử tính gi của nước, do đó CO_2 xâm thực trong nước, nó sẽ hoà tan dần màng bảo vệ và quá trình gây gi kim loại thành ống lại bắt đầu. Như vậy việc xử lý ổn định nước là quá trình thay đổi một cách hợp lý tỷ số nồng độ ion HCO_3^- và CO_2 có trong nước.

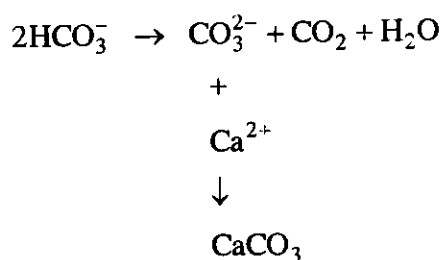
15.1.2. Xử lý ổn định nước bằng axit để ngăn ngừa lắng đọng CaCO_3

Khi nước ổn định sẽ tồn tại sự cân bằng động giữa các hợp chất cacbonic có trong nước theo phương trình:

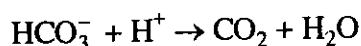


Nếu nước có chỉ tiêu bão hoà cacbonat canxi $I > 0$, chứng tỏ rằng nồng độ CO_2 tự do bé hơn nồng độ cân bằng và để bù lại sự thiếu hụt của CO_2 phản ứng sẽ chuyển dịch về phía phải, khi đó nồng độ HCO_3^- trong nước bị giảm, còn nồng độ CO_3^{2-} và CO_2 thì

được tăng lên. Ion CO_3^{2-} được tạo ra sẽ phản ứng với ion Ca^{2+} thường có trong nước thiên nhiên, tạo thành cacbonat canxi có khả năng lắng đọng trên thành ống dưới dạng tinh thể. Quá trình này có thể biểu diễn theo sơ đồ sau:



Muốn làm ngừng quá trình tạo cặn CaCO_3 ta phải pha axit (H_2SO_4 hoặc HCl) vào nước với số lượng đủ đảm bảo độ ổn định của nước. Khi axit hoá, hàm lượng HCO_3^- trong nước bị giảm còn hàm lượng CO_2 tự do tăng lên theo phương trình:



Để chọn đúng liều lượng axit bảo đảm xử lý ổn định nước một cách chính xác, ta quan sát sơ đồ nguyên tắc giải bài toán này trên hình (15.1).

Như đã phân tích trong chương 1, đối với nước thiên nhiên có độ pH < 8,4 độ kiềm thực tế bằng nồng độ ion HCO_3^- hoà tan trong nước. Và quy luật thay đổi pH có thể biểu diễn bằng phương trình phân ly bậc một của axit cacbonic:

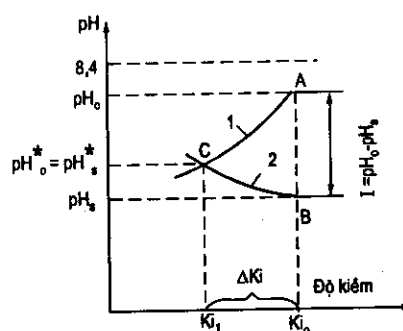
$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1 ;$$

$$\text{pH} = \text{p}K_1 - \lg[\text{H}_2\text{CO}_3] + \lg[\text{HCO}_3^-] \quad (15.3)$$

Điểm A của biểu đồ đặc trưng cho tính chất của nước nguồn chưa xử lý, độ kiềm của nó bằng K_{i0} và chỉ tiêu nồng độ ion hydro bằng pH_0 .

Điểm B có tọa độ K_{i0} và pH_5 , còn hiệu số tung độ của điểm A và điểm B bằng chỉ số bão hoà I. Do kết quả axit hoá độ kiềm và pH của nước đồng thời giảm xuống. Quy luật giảm của chúng được đặc trưng bằng đường cong (1). Khi axit hoá nước độ kiềm của nó giảm nhưng lại xảy ra quá trình tăng pH_5 cân bằng bão hoà của nước bằng cacbonat canxi.

Sau khi axit hoá, nước trở nên ổn định khi các giá trị độ kiềm và pH của nước bằng các giá trị ghi trên tọa độ điểm cắt nhau C của đường cong (1) và đường cong (2), nghĩa



Hình 15.1: Biểu đồ ổn định nước khi axit hoá

là khi $pH_o^* = pH_S^*$. Giá trị độ kiềm của nước ổn định ghi trên hình (15.1) bằng K_{i1} còn giá trị pH_o và pH_S tương ứng bằng pH_o^* và pH_S^* . Biết quy luật thay đổi pH và pH_S khi giảm độ kiềm của nước do axit hoá, nghĩa là biết sự phụ thuộc hàm số $f_1(K_i) = pH$ và $pH_S = f_2(K_i)$ ta có thể giải phối hợp hai phương trình này để tìm ΔK_i và xác định pH_S , pH_o .

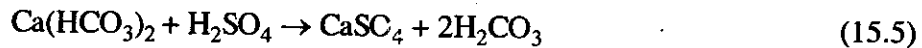
1. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $pH_S < pH_o < 8,4$.

Bởi vì khi $pH_o < 8,4$ trị số độ kiềm được xác định bằng nồng độ ion HCO_3^- hoà tan trong nước nên phương trình (15.3) có thể viết dưới dạng sau:

$$pH = pK_1 + \lg[K_i] - \lg[H_2CO_3] \quad (15.4)$$

(H_2CO_3 tính bằng phân tử g/l).

Khi axit hoá nước ví dụ bằng axit sunfuric trong khoảng pH đang xét sẽ xảy ra phản ứng:



Quá trình axit hoá dẫn đến việc giảm nồng độ ion HCO_3^- và tăng nồng độ của axit cacbonic tự do H_2CO_3 theo tỷ số phân tử 1: 1. Một ion gam HCO_3^- đúng bằng một đương lượng gam (HCO_3^-). Còn 1 phân tử gam H_2CO_3 chứa 2 đương lượng gam của (H_2CO_3). Và như vậy khi nâng cao hay giảm độ kiềm của nước lên một trị số ΔK_i mdlg/l, nồng độ H_2CO_3 ptg/l sẽ bị thay đổi đi một trị số $2\Delta K_i$ với dấu ngược lại. Theo phương trình (15.4) ta viết lại theo nồng độ mdlg/l.

$$pH_o = pK_1 + \lg K_{to} - \lg(H_2CO_3)_o - 0,3$$

$$pH_i = pK_1 + \lg(K_{to} + \Delta K_i) - \lg(H_2CO_3 - 2\Delta K_i) - 0,3$$

Hiệu số pH của nước xác định theo phương trình:

$$\Delta pH = pH - pH_o = \lg \frac{K_{to} + \Delta K_i}{K_{to}} - \lg \frac{(H_2CO_3)_o - 2\Delta K_i}{(H_2CO_3)_o} \quad (15.6)$$

Trong đó:

K_{to} - độ kiềm của nước nguồn trước khi xử lý (dlg/l);

$(H_2CO_3)_o$ - hàm lượng cacbonic trong nước trước khi xử lý, phân tử (g/l);

pH_o - giá trị pH của nước trước khi xử lý;

pH - giá trị pH của nước sau khi xử lý.

Khi axit hoá nước chỉ có sự thay đổi của độ kiềm là có ảnh hưởng đến trị số của pH_S còn sự thay đổi tổng hàm lượng muối là không đáng kể, ta có:

$$\Delta pH_S = \lg \frac{K_{to}}{K_{to} + \Delta K_i} \quad (15.7)$$

Từ biểu đồ hình (15.1) ta có:

$$I = -\Delta pH + \Delta pH_S \quad (15.8)$$

Thay giá trị của ΔpH và ΔpH_S từ các phương trình (15.6), (15.7) vào phương trình (15.8) và giải phương trình đối với ΔK_i ta có:

$$\Delta K_i = K_{to} \left[\frac{\sqrt{\varphi^2 B + 2\varphi B + I} - (\varphi B + I)}{\varphi B} \right] \quad (15.9)$$

Trong đó:

ΔK_i - gia số của độ kiềm (mdlg/l);

K_{to} - độ kiềm của nước trước khi xử lý bằng axit (mdlg/l);

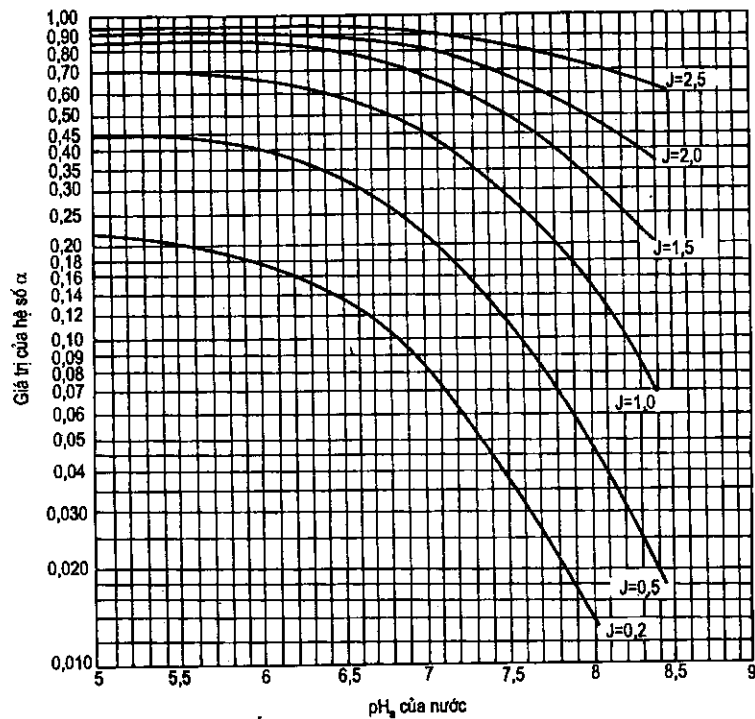
φ - tỉ số $\frac{H_2CO_3}{K_{to}} = \frac{CO_2}{K_{to}}$ trong nước trước khi xử lý;

B - hệ số tính toán $B = 10^l$ (số lũy thừa l).

Ta có thể viết công thức (15.9) dưới dạng gọn hơn:

$$\Delta K_i = \alpha K_{to} \quad (15.10)$$

α - hệ số phụ thuộc vào pH của nước nguồn và chỉ số bão hoà I , giá trị của hệ số α được xác định theo biểu đồ hình (15.2).



Hình 15.2: Biểu đồ để xác định hệ số α khi xử lý ổn định nước bằng axit trong trường hợp $pH_S < pH_o < 8,4$

Liều lượng axit sunfuric hay clohydric kỹ thuật cần thiết để xử lý ổn định nước xác định theo công thức:

$$a = \Delta K_i \cdot e \frac{100}{P} = \frac{100 \alpha K_{to} e}{P} \text{ (mg/l)}, \quad (15.11)$$

Trong đó:

e - đương lượng của axit:

đối với H_2SO_4 ta có $e = 49$ mg/mdlg,

đối với HCl ta có $e = 36,5$ mg/mdlg;

P - hàm lượng H_2SO_4 hay HCl tinh khiết chứa trong sản phẩm kỹ thuật (%).

2. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $pH_o > 8,4 > pH_s$

Đối với nước sau khi làm mềm bằng vôi hay vôi và soda thường có $pH_o > 8,4 > pH_s$. Trong trường hợp này độ kiềm toàn phần của nước được xác định bằng tổng các ion $HCO_3^- + CO_3^{2-}$ hay $CO_3^{2-} + OH^-$. Bằng phân tích xác định được độ kiềm theo phenoltalein F và độ kiềm toàn phần K_{tp} . Như đã phân tích trong chương 1 khi cho vào nước một lượng axit tương đương với độ kiềm theo phenoltalêin xảy ra việc trung hoà các ion OH^- và chuyển ion CO_3^{2-} thành ion HCO_3^- .

Còn trị số pH_o sẽ giảm xuống bằng 8,4. Và độ kiềm toàn phần lúc đó còn lại bằng:

$$K_{i_1} = K_{i_o} - F, \quad (15.12)$$

Trong đó:

K_{i_1} - độ kiềm của nước sau khi axit hoá với liều lượng axit bằng độ kiềm của nước tính theo phenoltalêin (mdlg/l);

K_{i_o} - độ kiềm toàn phần của nước xử lý (mdlg/l);

F - độ kiềm của nước nguồn tính theo phenoltalêin (mdlg/l).

Sau khi axit hoá nước bằng liều lượng axit tương đương với độ kiềm phenoltalêin có thể dùng biểu đồ hình (15.2) để xác định số lượng axit bổ sung cần thiết để làm cho nước ổn định ($pH_o^* = pH_s^*$).

Thứ tự tính toán liều lượng axit để ổn định nước có $pH_o > 8,4 > pH_s$ như sau:

1) Xác định pH_s theo biểu đồ hình (1.3) đối với nước nguồn đã được axit hoá với liều lượng axit bằng F mdlg/l, tức là nước có độ kiềm $K_{i_1} = K_{i_o} - F$. Các chỉ tiêu còn lại như nhiệt độ, hàm lượng ion canxi, tổng hàm lượng muối không thay đổi.

2) Tính giá trị của chỉ số bão hoà I_1 đối với nước sau khi axit hoá nó với liều lượng axit bằng F.mdlg/l, tức đối với nước có trị số pH_o giảm xuống bằng 8,4.

$$I_1 = 8,4 - pH_s$$

3) Xác định theo biểu đồ hình (15.2) hệ số α khi $pH_0 = 8,4$ và trị số của chỉ số bão hoà bằng I_1 .

4) Xác định liều lượng toàn phần của axit để ổn định nước theo công thức:

$$a = e(K_{i1} + F) \frac{100}{P} = e[\alpha(K_{t0} + F) + F] \frac{100}{P}$$

$$a = e [\alpha K_{t0} + (1 - \alpha) F] \frac{100}{P}, \text{ (mg/l)} \quad (15.13)$$

3. Xác định liều lượng axit để ổn định nước khi $pH_0 > pH_S > 8,4$

Nước sau khi làm mềm thường gặp $pH_0 > pH_S > 8,4$.

Quy luật thay đổi pH khi giá trị của nó lớn hơn 8,4 được xác định bằng phương trình phân ly bậc hai của axit cacbonic.

$$\frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = K_2 ;$$

$$pH = pK_2 - \lg \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} \quad (15.14)$$

Khi axit hoá nước bằng H_2SO_4 hoặc HCl với giá trị $pH > 8,4$ xảy ra phản ứng



Trong đó: nồng độ HCO_3^- tăng còn nồng độ CO_3^{2-} giảm theo tỷ số ion gam bằng 1: 1, khi tăng hay giảm một lượng (HCO_3^-) $mdlg/l$ thì nồng độ ion gam CO_3^{2-} sẽ đồng thời bị thay đổi theo chiều ngược lại $2(HCO_3^-)$ $mdlg/l$ (vì 1 ion gam $[HCO_3^-]$ bằng một đương lượng gam $[HCO_3^-]$ còn 1 ion gam $[CO_3^{2-}]$ chứa 2 đương lượng gam của nó). Và giá số ΔpH được xác định theo phương trình:

$$\Delta pH = \lg \frac{[HCO_3^-]_0}{[HCO_3^-]_0 + \Delta[HCO_3^-]_0} + \lg \frac{[CO_3^{2-}]_0 - 2\Delta[CO_3^{2-}]_0}{[CO_3^{2-}]_0} \quad (15.16)$$

Vì độ kiềm tổng $K_{t0} = [HCO_3^-]_0 + [CO_3^{2-}]_0$ nên sự thay đổi độ kiềm khi axit hoá theo phương trình (15.15) bằng:

$$\Delta K_t = -\Delta[HCO_3^-]_0 \quad (15.17)$$

Phương trình (15.16) khi thay $\Delta[HCO_3^-]_0$ bằng ΔK_t sẽ có dạng:

$$\Delta pH = \lg \frac{[HCO_3^-]_0}{[HCO_3^-]_0 + \Delta K_t} + \lg \frac{[CO_3^{2-}]_0 - 2\Delta K_t}{[CO_3^{2-}]_0} \quad (15.18)$$

Trong đó:

$[\text{HCO}_3^-]_0$ và $[\text{CO}_3^{2-}]_0$ là giá trị hàm lượng ban đầu của chúng trong nước nguồn:

ΔK_i : Sự thay đổi độ kiềm mđg/l do kết quả axit hoá.

Phối hợp giải phương trình (15.18) và phương trình (15.17) đối với ΔK_i dẫn đến công thức:

$$\Delta K_i = K_{to} \left[\frac{\sqrt{(\tau B + 2\sigma B + I)^2 - 8\tau\sigma B(B - I)}}{4\sigma B} - \frac{(\tau B + 2\sigma B + I)}{4\sigma B} \right] \quad (15.19)$$

$$\tau = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{K_{to}}$$

Phụ thuộc vào pH của nước nguồn có thể tính theo công thức (1.50):

$$B = 10^I; B = 10^{(8,4 - \text{pH}_S)}$$

$$\sigma = \frac{[\text{HCO}_3^-]_0}{[\text{CO}_3^{2-}]_0}$$

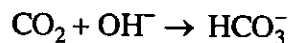
Phụ thuộc vào pH và có thể tính theo công thức (1.48)

Để đơn giản tính toán, liều lượng axit cần thiết để ổn định nước có thể lấy gần đúng bằng độ kiềm của nước tính theo phenoltalêin. Lấy như vậy liều lượng axit sẽ hơi cao hơn liều lượng tính toán theo công thức (15.19) một chút bởi vì khi axit hoá với liều lượng bằng độ kiềm F; pH của nước sẽ giảm xuống đến 8,4 trong khi đó chỉ cần giảm pH xuống gần pH_S là đủ ($\text{pH}_S > 8,4$). Cho nên trong quản lý cần xác định lại bằng thực nghiệm lượng axit cần thiết để ổn định nước. Để tính toán sơ bộ có thể xác định liều lượng axit theo công thức sau:

$$a = \frac{100e.F}{P} \text{ (mg/l)} \quad (15.20)$$

15.1.3. Xử lý nước bằng kiềm để ngăn ngừa quá trình xâm thực

Trong trường hợp nước có chứa CO_2 xâm thực cần cho vào nước chất kiềm với liều lượng cần thiết để kết hợp một phần CO_2 thành ion HCO_3^- theo phản ứng:



Phương pháp tìm liều lượng cần thiết của kiềm, về nguyên tắc giống phương pháp đã trình bày ở trên nhưng cần chú ý khi kiềm hoá nước có thể gặp hai trường hợp:

- Khi nước nguồn có $\text{pH}_0 < \text{pH}_S < 8,4$.
- Khi nước nguồn có chỉ tiêu $\text{pH}_0 < 8,4 < \text{pH}_S$.

1. Xác định liều lượng kiềm để ổn định nước khi $pH_o < pH_s < 8,4$.

Trong trường hợp này quy luật thay đổi pH của nước trong quá trình kiềm hoá tuân theo phương trình phân ly bậc I của axit cacbonic vì $pH < 8,4$. Sơ đồ diễn biến của quá trình kiềm hoá giới thiệu trên hình (15.3).

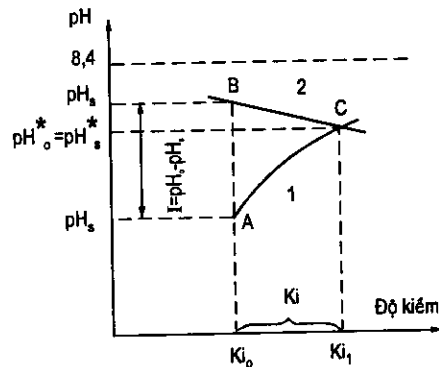
Trong quá trình kiềm hoá pH_o của nước được nâng lên đồng thời với độ kiềm K_{10} còn pH_s thì giảm (ngược với trường hợp axit hoá).

Đường cong 1 đặc trưng cho quy luật thay đổi pH_o của nước tính theo phương trình (15.6) với dấu ngược lại, còn đường cong 2 tính theo phương trình (15.7) theo dấu ngược lại đặc trưng cho quy luật giảm pH_s khi kiềm hoá.

Nước ổn định khi $pH_o = pH_s$ tương ứng với giá trị tung độ $pH_o^* = pH_s^*$ (xem hình 15.3).

Hình 15.3: Biểu đồ ổn định nước khi kiềm hoá trong trường hợp $pH_o < pH_s < 8,4$

- Điểm A: Tương ứng với độ kiềm và pH của nước nguồn (K_{10} và pH_o);
- Điểm B: Tương ứng với độ kiềm K_{10} và pH_s của nước nguồn (K_{10} và pH_s);
- Điểm C: Đặc trưng cho trạng thái ổn định của nước (K_{i1} và $pH_o^* = pH_s^*$);
- ΔK_i : Độ kiềm cần tăng để ổn định nước.



Phối hợp giải phương trình của đường cong (1) và đường cong (2) cho phép tìm công thức để xác định lượng kiềm cần ΔK_i để ổn định nước. Khi tìm liều lượng axit đã rút ra phương trình (15.9) và (15.10), cũng làm theo trình tự này để rút ra phương trình xác định số gia cần thiết của độ kiềm khi kiềm hoá:

$$\Delta K_i = \beta K_{10}, \quad (15.21)$$

Trong đó:

β - hệ số phụ thuộc vào pH_o và chỉ số bão hoà I của nước nguồn xác định theo biểu đồ (hình 15.4);

K_{10} - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (trước khi kiềm hoá) (mđlg/l).

Liều lượng kiềm xác định theo công thức:

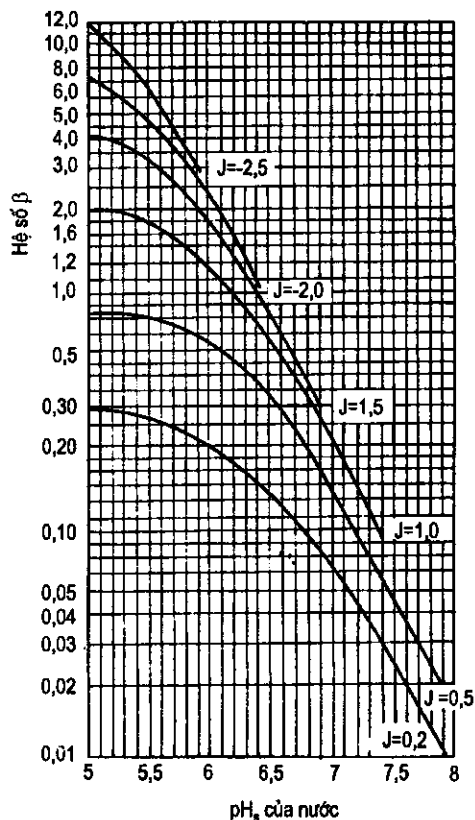
$$a = e \Delta K_i \frac{100}{P} = e \beta K_{10} \frac{100}{P}, \quad (15.22)$$

Trong đó: e - đương lượng của kiềm đối với NaOH, $e = 40$ mg/mđlg

đối với Na_2CO_3 , $e = 53$ mg/mđlg;

đối với $Ca(OH)_2$, $e = 28$ mg/mđlg;

p - hàm lượng chất kiềm hoạt tính trong sản phẩm kỹ thuật %.

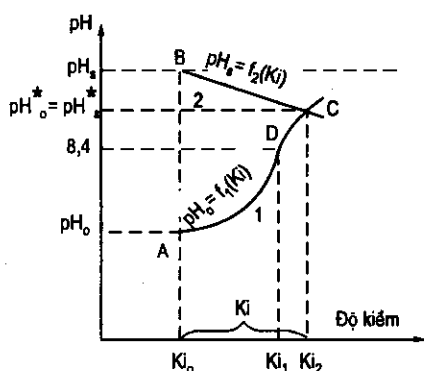


Hình 15.4: Biểu đồ xác định hệ số β khi xử lý ổn định nước bằng kiềm hoá trong trường hợp $pH_0 < pH_S < 8,4$

2. Xác định liều lượng kiềm để ổn định nước khi $pH_0 < 8,4 < pH_S$

Nước có ít khoáng chất thường có tính gđ cao và có chỉ tiêu $pH_0 < 8,4 < pH_S$. Sơ đồ thay đổi pH khi kiềm hoá để ổn định nước trong trường hợp này giới thiệu trên hình (15.5).

Trên đoạn AD của đường cong (1) quy luật thay đổi pH_0 khi kiềm hoá tuân theo phương trình phân ly bậc II. Đường cong (2) biểu diễn quy luật thay đổi pH_S khi kiềm hoá. Nước ổn định tại điểm giao nhau C của hai đường cong (1) và (2). Phối hợp giải phương trình của đường cong (1) và đường cong (2) rút ra công thức:



Hình 15.5: Biểu đồ ổn định nước khi kiềm hoá trong trường hợp $pH_0 < 8,4 < pH_S$

Điểm A: Tương ứng với độ kiềm và pH của nước nguồn (toạ độ K_{10} và pH_0).

Điểm B: Có toạ độ K_{10} và pH_S .

Điểm C: Có toạ độ K_{12} và $pH_0^* = pH_S^*$.

$$\Delta K_i = (\chi + \xi + \chi\xi)K_{10} \quad (15.23)$$

Trong đó:

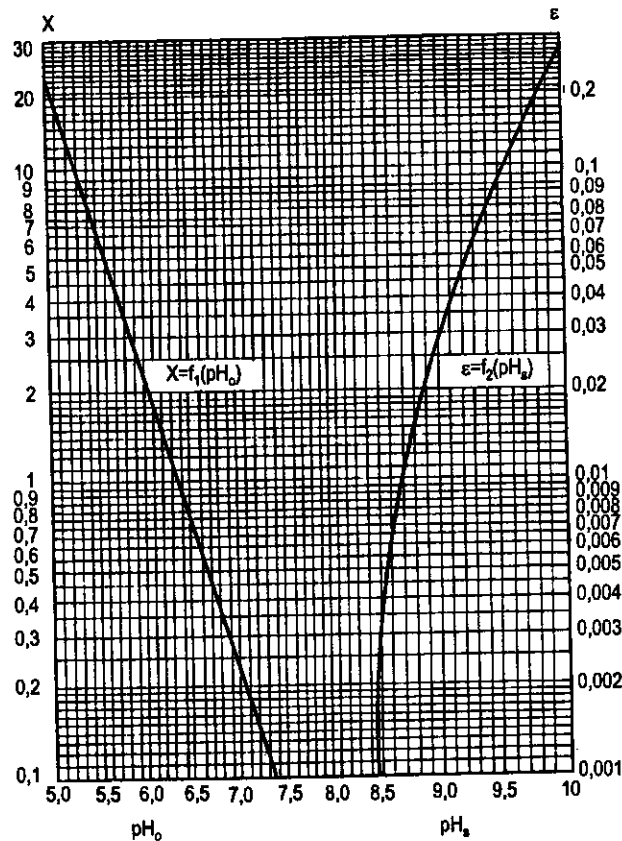
ΔK_i - độ kiềm cần tăng để ổn định nước (mdlg/l);

χ và ξ - hệ số phụ thuộc vào pH_0 và pH_5 của nước nguồn, xác định theo biểu đồ hình (15.6);

K_{10} - độ kiềm toàn phần của nước nguồn (trước khi kiềm hoá) (mdlg/l).

Liều lượng kiềm xác định theo công thức:

$$a = e(\chi + \xi + \chi\xi)K_{10} \frac{100}{P}, \text{ (mg/l)}. \quad (15.24)$$



Hình 15.6: Biểu đồ để xác định hệ số χ và ξ khi xử lý ổn định nước bằng kiềm hoá trong trường hợp $pH_0 < 8,4 < pH_5$.

15.1.4. Xử lý nước để tạo màng bảo vệ cacbonat canxi

Bằng thực nghiệm đã xác định được rằng, để phủ lên thành ống (1) màng bảo vệ cacbonat canxi với độ bền cần thiết thì phải giữ chỉ tiêu bão hoà I trong giới hạn từ +0,5 đến +0,7. Nếu giữ chỉ tiêu bão hoà I cao hơn +0,7 có thể gây ra hiện tượng tách cặn $CaCO_3$ làm vẩn đục nước.

Cần phải quan sát hai trường hợp khi xác định liều lượng kiềm để tạo ra chỉ tiêu bão hoà dương $I = +0,7$. Khi pH của nước nguồn nhỏ hơn 7,7 và khi pH của nước nguồn lớn hơn 7,7.

Trong trường hợp thứ nhất: khi kiềm hoá nước để thu được $I = +0,7$; trị số pH của nước tăng lên nhưng vẫn bé hơn 8,4. Và do đó quy luật thay đổi trị số pH tuân theo phương trình phân ly bậc I của axit cacbonic.

Trong trường hợp thứ hai: pH của nước sau khi kiềm hoá sẽ tăng lên đến trị số lớn hơn 8,4. Trong thời gian đầu pH của nước nguồn tăng đến trị số 8,4, sự thay đổi trị số của nó tuân theo phương trình phân ly bậc I của axit cacbonic, còn khi $pH > 8,4$ sự thay đổi tuân theo phương trình phân ly bậc II của axit cacbonic. Apenxin U.E đã rút ra công thức gần đúng để xác định liều lượng hoá chất khi kiềm hoá nước để chỉ tiêu bão hoà $I = +0,7$.

a) Khi $pH_S < 7,7$

$$a = \left[\frac{K_{t_0} C_0 (5 \cdot 10^{-J} - 1)}{220K_{t_0} 10^{-J} + C_0} \right] \frac{100e}{P}, \text{ (mg/l)} \quad (15.25)$$

Trong đó:

K_{t_0} - độ kiềm của nước nguồn trước khi kiềm hoá (mdlg/l);

I - chỉ tiêu bão hoà nước bằng cacbonat canxi ($I = pH_0 - pH_S$);

C_0 - hàm lượng CO_2 tự do có trong nước trước khi kiềm hoá (mg/l).

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hoá với liều lượng a (mg/l) tính theo (15.25) sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \left[\frac{K_{t_0} C_0 (5 \cdot 10^{-J} - 1)}{220K_{t_0} 10^{-J} + C_0} \right], \text{ (mdlg/l)} \quad (15.26)$$

b) Khi $pH_S > 7,7$

$$a = \left[\frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} + \frac{10^{pH_S-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_S-7,7}} \right] \frac{100e}{P}, \text{ (mg/l)} \quad (15.27)$$

$$\times \left(K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_0 (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_0} \right)$$

Trong đó:

pH_0 - trị số pH của nước nguồn trước khi xử lý;

pH_S - trị số pH cân bằng bão hoà của nước nguồn bằng cacbonat canxi.

Độ kiềm của nước sau khi kiềm hoá sẽ tăng lên một trị số:

$$\Delta K_i = \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \times \left(K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} \right), \text{ (mdlg/l)} \quad (15.28)$$

Khi thiết kế các nhà máy mới trong tính toán xác định lượng hoá chất cần thiết cho việc xử lý ổn định nước phải chú ý rằng khi pha phèn vào nước để keo tụ cần bản độ kiềm và hàm lượng CO₂ tự do trong bảng phân tích nước nguồn đã bị thay đổi. Sự thay đổi này kéo theo sự thay đổi pH₀ và chỉ tiêu bão hoà I của nước.

Độ kiềm của nước sau khi pha phèn xác định theo công thức:

$$K_{t_{01}} = K_{t_0} - \frac{a_p}{e}, \text{ (mdlg/l)}, \quad (15.29)$$

Trong đó:

K_{t_0} - độ kiềm của nước nguồn trước khi pha phèn (mdlg/l);

a_p - liều lượng phèn tính theo lượng hoạt tính của sản phẩm không ngậm nước (mg/l);

e - đương lượng của phèn.

đối với Al₂(SO₄)₃, $e = 57$ mg/mdlg,

đối với FeSO₄, $e = 51$,

đối với FeCl₃, $e = 54$.

Trị số độ kiềm tính theo công thức (15.29) được dùng để xác định trị số pH_S theo biểu đồ hình (1.3) hay công thức (1.40).

Nồng độ CO₂ tự do trong nước sau khi pha phèn xác định theo công thức:

$$[CO_2]_{01} = [CO_2]_0 + 44 \frac{a_p}{e}, \text{ (mg/l)} \quad (15.30)$$

Trong đó: [CO₂]₀ - nồng độ CO₂ tự do có trong nước nguồn trước khi pha phèn (mg/l).

Theo các trị số độ kiềm $K_{t_{01}}$ và (CO₂)₀₁ vừa tính được sau khi pha phèn, dùng biểu đồ hình (1.2) và (1.3) để xác định pH₀ và pH_S của nước nguồn sau khi pha phèn rồi dùng công thức (1.42) để tính chỉ số bão hoà I.

Ví dụ tính toán:

Xác định liều lượng kiềm để cấy lên bề mặt trong của thành ống dẫn một lớp màng bảo vệ CaCO₃, nước nguồn có chất lượng sau: Nhiệt độ nước 12°C, hàm lượng Ca²⁺: 40 mg/l, độ kiềm toàn phần của nước nguồn $K_{t_0} = 4$ mdlg/l. Tổng hàm lượng muối 200 mg/l, hàm lượng CO₂ tự do trong nước 6 mg/l.

Để lắng nước trước khi xử lý ổn định, pha phèn với liều lượng 57 mg/l, tính theo phèn hoạt tính không ngậm nước $Al_2(SO_4)_3$.

Kiểm hoá bằng vôi có hàm lượng hoạt tính 75%.

Giải:

Xác định độ kiềm của nước nguồn sau khi pha phèn theo (15.29):

$$K_{t_{01}} = K_{t_0} - \frac{a_p}{e} = 4 - \frac{57}{57} = 3 \text{ mđlg/l}$$

Hàm lượng CO_2 tự do trong nước nguồn sau khi pha phèn tính theo (15.30):

$$[CO_2]_{01} = [CO_2]_0 + 44 \frac{a_p}{e} = 6 + \frac{57}{57} \times 44 = 50 \text{ mg/l}$$

Theo biểu đồ hình (1.2) tra được $pH_0 = 6,8$ (khi $K_{t_0} = 3$ và $[CO_2]_0 = 50 \text{ mg/l}$). Tìm pH_s theo biểu đồ hình (1.3) ta có:

$$f_1(t) = 2,35; \quad f_2(Ca^{2+}) = 1,6; \quad f_3(K_{t_0}) = 1,5; \quad f_4(P) = 8,77$$

$$pH_s = f_1(t) - f_2(Ca^{2+}) - f_3(K_{t_0}) + f_4(P) = 2,35 - 1,6 - 1,5 + 8,77 = 8,02.$$

Chỉ số bão hoà của nước:

$$I = pH_0 - pH_s = 6,8 - 8,02 = -1,22, \text{ nước có tính xâm thực.}$$

Trong trường hợp này $pH_0 < 8,4$, $pH_s > 7,7$ nên để tính liều lượng vôi cần thiết cho việc cấy lên thành ống màng bảo vệ $CaCO_3$ ta dùng công thức (15.27).

$$a = \left[\frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} + \frac{10^{pH_s-7,7} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{pH_s-7,7}} \times \left(K_{t_0} + \frac{K_{t_0} C_o (10^{8,4-pH_0} - 1)}{44K_{t_0} 10^{8,4-pH_0} + C_o} \right) \right] \frac{100e}{P} \text{ mg/l}$$

$$a = \left[\frac{3 \times 50 \times (10^{1,6} - 1)}{44 \times 3 \times 10^{1,6} + 50} + \frac{10^{0,32} - 1}{100 + 1,02 \cdot 10^{0,32}} \times \left(3 + \frac{3 \times 50 \times (10^{1,6} - 1)}{44 \times 3 \times 10^{1,6} + 50} \right) \right] 28 \times \frac{100}{75}$$

$$a = 44 \text{ mg/l}$$

Sau một thời gian cho liều lượng với $a = 44 \text{ mg/l}$ để tạo thành màng bảo vệ $CaCO_3$ trên mặt trong của thành ống, phải giảm liều lượng vôi để có chỉ tiêu bão hoà $I \approx 0$.

Trong trường hợp này: $pH_0 = 6,8 < pH_s = 8,02 < 8,4$.

Để tìm liều lượng vôi dùng công thức (15.22):

$$a = e\beta K_{t_0} \frac{100}{P} \text{ mg/l}$$

Tra biểu đồ hình (15.4) tìm được $\beta = 0,33$ (khi $I = 1,22$, $pH_0 = 6,8$)

$$a = 28 \times 0,33 \times 3 \times \frac{100}{75} = 36,5 \text{ mg/l}$$

Khi xử lý nước sông có độ đục cao, độ màu thấp để ổn định nước có thể cho sữa vôi vào bể trộn trước bể lắng ngang hoặc bể lắng trong. Khi xử lý ổn định nước sông có độ màu cao, độ màu của nước cần phải xử lý bằng phèn, nếu đưa vôi vào nước cùng với phèn có thể làm xấu quá trình khử màu và keo tụ (vì quá trình khử màu diễn ra tốt nhất ở khoảng $\text{pH} = 5,5 \div 6$).

Trong nhiều trường hợp, để ổn định nước đưa dung dịch sữa vôi vào trước bể lọc hoặc trước bể chứa. Cần phải chú ý rằng khi cho vôi sữa vào trước bể lọc, lượng cặn bẩn được giữ lại trong bể lọc sẽ tăng lên do cặn không hoà tan có trong sữa vôi.

Khi cần phải nâng trị số pH của nước lên đến $8 \div 8,2$ có thể dùng bất kỳ chất nào trong ba chất kiềm CaO, xút NaOH, soda Na_2CO_3 bởi vì trong giới hạn $\text{pH} < 8,4$ sự nâng cao pH đạt được là do kết hợp CO_2 tự do có trong nước vôi, xút hay soda.

Đối với nước có độ kiềm thấp liều lượng vôi hay xút bị giới hạn bởi hàm lượng CO_2 hay HCO_3^- có trong nước, bởi vì khi cho thừa xút hoặc vôi so với hàm lượng của CO_2 và HCO_3^- độ kiềm OH^- của nước sẽ tăng lên, không giúp cho việc tạo ra trên thành ống lớp màng bảo vệ cacbonat canxi. Liều lượng vôi hoặc xút khi xử lý ổn định nước bị giới hạn bởi trị số xác định theo công thức:

$$a_{\text{cp}} = k \left[\frac{[\text{CO}_2]_0}{44} + K_{\text{to}} \right], \text{ (mđlg/l)}, \quad (15.31)$$

Trong đó:

$[\text{CO}_2]_0$ - hàm lượng CO_2 tự do trong nước nguồn (mg/l);

K_{to} - độ kiềm của nước nguồn (mđlg/l);

k - hệ số tính đến độ dự trữ của độ kiềm hydrocacbon bằng 0,7 - 0,8.

Nếu hàm lượng vôi hay xút cho phép tính theo công thức (15.31) nhỏ hơn liều lượng kiềm yêu cầu để xử lý ổn định nước tính theo các công thức từ (15.21) đến (15.28) thì phải xử lý ổn định bằng hai hoá chất vôi và soda hoặc xút và soda.

Liều lượng soda a_1 trong trường hợp này tính theo công thức:

$$a_1 = a_0 - a_{\text{cp}}, \text{ mđlg/l}, \quad (15.32)$$

a_0 - liều lượng kiềm cần thiết để xử lý ổn định nước (mđlg/l).

Trong quá trình xử lý ổn định nước cần phải thường xuyên kiểm tra quá trình hình thành màng bảo vệ cacbonat canxi trên thành ống. Dùng các điểm quan sát bố trí trên mạng lưới ống, tại đó có thể nhìn hoặc đo màng bảo vệ đã hình thành trên thành ống. Có thể kiểm tra gián tiếp bằng sự thay đổi tổn thất áp lực trong đoạn ống kiểm tra. Thực nghiệm chỉ ra rằng lúc đầu khi mới tạo ra màng bảo vệ cacbonat canxi, tổn thất áp lực của đường ống giảm xuống do giảm độ nhám tuyệt đối của thành ống, còn khi tiếp tục cho tăng chiều dày màng bảo vệ CaCO_3 trên thành ống lên thì tổn thất áp lực của đường ống tăng lên. Nếu thực hiện đúng đắn việc xử lý ổn định nước thì chế độ thuỷ lực tối ưu của đường ống luôn được bảo đảm.

Việc phủ lên thành ống màng bảo vệ CaCO_3 có thể xảy ra không đều theo chiều dài của đường ống: đoạn ở gần với chỗ xử lý nước và các chỗ nhánh rẽ của mạng đường ống, màng cacbonat canxi thường được tạo ra dày hơn so với các đoạn ống khác. San bằng chiều dày của màng cacbonat canxi có thể thực hiện được bằng cách áp dụng chế độ kiểm hoá luân phiên, tức là sau một thời gian kiểm hoá nước với chỉ tiêu bão hoà dương ($I = +0,7$) thì ngừng việc kiểm hoá lại. Vì nước có tính xâm thực nên nó lại hoà tan màng cacbonat canxi do quá trình kiểm hoá vừa tạo ra. Trong đó quá trình hoà tan diễn ra nhanh nhất ở đầu mạng lưới đường ống và ở các đoạn gần nơi xử lý, còn ở các đoạn nằm cuối mạng lưới màng cacbonat không bị hoà tan hay bị hoà tan không đáng kể. Luân lượt luân phiên các chu kỳ kiểm hoá và ngừng kiểm hoá phải được phối hợp với việc kiểm tra có hệ thống sự hình thành màng bảo vệ trên toàn mạng lưới đường ống. Tốc độ chuyển động của nước trong đường ống, để thu được màng bảo vệ rắn chắc, không nên lấy nhỏ hơn 0,9m/s.

15.2. XỬ LÝ NƯỚC ĐỂ CHỐNG ĂN MÒN VÀ ĐÓNG CẶN LÀM TẮC ỐNG

15.2.1. Nguyên nhân và các dạng đóng cặn trong đường ống

Khi quản lý mạng lưới đường ống thường phát hiện thấy hiện tượng giảm dần dần khả năng vận chuyển nước của đường ống do trên thành ống có các loại cặn lắng đọng khác nhau. Hiện tượng đóng cặn trên thành ống do tính chất của nước chảy trong ống gây ra.

Cặn đóng trong ống thường có các đặc trưng khác nhau: từ dạng liên tục mịn đều theo toàn bộ chu vi mặt cắt ướt của ống đến dạng gồ ghề thành các mô, gò riêng biệt trên thành ống. Có thể kê ra các dạng cơ bản của cặn lắng đọng và nguyên nhân tạo thành chúng:

1. Lắng đọng dưới đáy

Cặn tạo ra ở phần đáy của ống chủ yếu là do việc vận chuyển nước thô (chưa được làm sạch) gây ra. Lắng đọng đáy còn do tốc độ nước chảy trong ống thấp. Khi nước có chứa sắt, sắt lắng trên thành ống, hydroxit sắt 3 dần dần bị nén chặt và bị "ximăng hoá".

2. Lắng đọng liên tục

Cặn tạo ra khi nước quá bão hoà cacbonat canxi, cặn cứng và gắn chặt vào thành ống. Nếu cùng với quá bão hoà cacbonat canxi, trong nước còn có cả cặn thô, thì cặn thô sẽ lắng xuống phần dưới của ống và bị đóng thành xi măng bởi cặn CaCO_3 . Khi đó cặn lắng đọng phân bố lệch tâm, dưới dày, trên mỏng.

3. Lắng đọng thành mô, gò, nhấp nhô trong các ống gang và ống thép kết hợp với tác động gây gỉ của nước

Cặn đóng thành các mô, gò riêng biệt không đều cạnh đôi khi chồng lên nhau. Chiều cao của các mô riêng biệt có khi đạt tới 20mm - 30mm. Các mô do gỉ lắng đọng

lại rất bền vững và gắn chặt với bề mặt trong của thành ống. Vì khuẩn sắt trong một số trường hợp đóng vai trò chủ yếu trong việc tạo ra quá trình lắng đọng này.

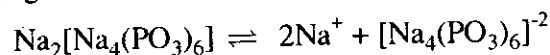
4. Lớp phủ sinh vật

Rất nhiều vi sinh vật, rong tảo đi theo nước nguồn vào đường ống dẫn (chủ yếu là nguồn nước mặt) có khả năng sống bám vào thành ống. Khi có điều kiện thuận lợi thường tích lũy và phát triển rất nhanh thành lớp phủ sinh vật trong ống dẫn. Yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến sự phát triển của lớp phủ sinh vật là nhiệt độ của nước, pH, hàm lượng oxy hoà tan và các chất làm thức ăn cho sinh vật. Rất nhiều dạng và loại của lớp phủ sinh vật tạo ra trong các đường ống dẫn nước, đòi hỏi phải áp dụng các biện pháp đặc biệt để ngăn ngừa, phương pháp có hiệu quả nhất là xử lý nước để loại trừ chúng.

15.2.2. Dùng polyphotphat để chống gỉ và chống cặn bám trên ống dẫn

Khi nước có tính xâm thực, để bảo vệ ống phải xử lý ổn định nước và trong thời gian đầu quản lý, xử lý cho nước có chỉ tiêu bão hoà $I = + 0,7$ để tạo ra màng bảo vệ trên thành ống. Nhược điểm của phương pháp này là khó định lượng chính xác chất kiềm để giữ cho màng bảo vệ trên thành ống có độ dày cần thiết, và không tránh khỏi việc lắng bám không đều của cacbonat canxi trên toàn bộ chiều dài mạng lưới ống.

Có thể dùng phương pháp xử lý khác để chống gỉ cho đường ống, đó là phương pháp xử lý dùng hexameta photphat $\text{Na}_2[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]$. Thực chất của phương pháp xử lý này là: khi hoà tan hexameta photphat vào nước nó phân ly thành hai ion Na^+ và ion phức $[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]^{2-}$ theo phương trình:



Khi cho hexameta photphat vào nước thiên nhiên với số lượng bé hơn tổng hàm lượng của các ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , sẽ tạo ra các phức chất không hoà tan $\text{Ca}[\text{Ca}_2(\text{PO}_3)_6]$; $\text{Mg}[\text{Mg}_2(\text{PO}_3)_6]$; $\text{Fe}[\text{Fe}_2(\text{PO}_3)_6]$. Các phức chất này dính vào mặt trong của thành ống thành một lớp màng rắn chắc ngăn ngừa không cho nước tiếp xúc trực tiếp với kim loại của thành ống và do đó ngăn ngừa được quá trình gỉ ống. Bởi vì trong nước thiên nhiên thường chứa nhiều hơn cả là ion canxi nên màng bảo vệ meta photphat được tạo ra chủ yếu là hợp chất không hoà tan $\text{Ca}[\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_3]$.

Quá trình gỉ ống bị ngăn chặn bằng hexameta photphat xảy ra dần dần theo mức độ tích lũy một số lượng đầy đủ meta photphat canxi trong thành phần của các chất lắng đọng do gỉ gây ra. Càng cho nhiều hexameta photphat vào nước, mức độ ngăn chặn quá trình gỉ ống càng sớm. Sự phân tích hiện tượng lắng đọng trên kim loại chỉ ra rằng: Khi liều lượng hexameta photphat natri nhỏ hơn 25 mg/l, thành phần của màng lắng đọng chỉ bao gồm canxi và sắt, khi tăng lượng lên đến 50- 100 mg/l thì trong thành phần chất lắng đọng chỉ có meta photphat canxi, như vậy chứng tỏ quá trình gỉ bị ngăn chặn rất nhanh đến mức trên mặt kim loại không có cặn gỉ sắt.

Để thu được màng bảo vệ meta photphat canxi, magiê, sắt, rắn chắc trên bề mặt kim loại, phải pha vào nước hexameta photphat natri với số lượng (tính theo P_2O_5) không lớn hơn 70 mg/l tính theo mdlg các cation đa hoá trị có trong nước (ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}).

Nếu liều lượng hexameta photphat lớn hơn tiêu chuẩn đã nêu thì có thể tạo ra các hợp chất hoà tan, trong đó nguyên tử natri của ion tổ hợp $(Na_4(PO_3)_6)^{2-}$ bị thay thế bằng ion Ca^{2+} và Mg^{2+} , Fe^{2+} có trong nước để tạo ra các hợp chất dễ hoà tan $Na_2[Ca_2(PO_3)_6]$, $Na_2[Fe_2(PO_4)_6]$. Các hợp chất này phân li trong nước thành ion Na^+ và ion phức $(Na_2(PO_3)_6)^{2-}$. Do đó trên mặt kim loại không được phủ lớp màng bảo vệ, quá trình gỉ lại bắt đầu và tiếp tục cho đến khi trong nước có được một số lượng gỉ sắt đủ để kết hợp với hexameta photphat thành hợp chất khó hoà tan. Từ cơ cấu tác dụng của hexameta photphat natri có thể rút ra phương pháp xử lý nước để ngừa quá trình gỉ trong các đường ống cấp nước công nghiệp (vì trong nước sinh hoạt hàm lượng hexameta photphat cho phép không lớn hơn 2mg/l) như sau:

- Khi đưa đường ống dẫn hay mạng lưới ống vào hoạt động, trong vài ngày đầu, bơm đẩy vào ống dung dịch hexameta photphat natri với nồng độ 100mg/l P_2O_5 , sau đó rửa đường ống bằng nước có hàm lượng hexameta photphat từ 5 - 10 mg/l tính theo P_2O_5 . Trong quản lý thường xuyên giữ liều lượng hexameta photphat trong nước từ 5 - 10 mg/l P_2O_5 để duy trì màng bảo vệ ống.

- Liều lượng hexameta photphat natri pha vào nước để ngăn ngừa quá trình gỉ đường ống phải được thường xuyên xác định chính xác bằng thực nghiệm trong quá trình quản lý.

- Nếu nguồn nước có chỉ số bão hoà dương (nước gây lắng đọng $CaCO_3$) thì cho hexameta photphat vào, quá trình tạo cặn rắn chắc làm tắc nghẽn đường ống sẽ không xảy ra.

Tác dụng ngăn chặn việc tạo cặn $CaCO_3$ làm tắc ống trong trường hợp nước có chỉ tiêu bão hoà dương là do: hexameta photphat có khả năng tạo thành màng bao bọc lấy tinh thể cặn lắng đọng $CaCO_3$ vừa tách ra khỏi nước không cho chúng tiếp tục lớn lên và không cho chúng dính vào nhau. Thực nghiệm đã xác định được rằng: để ngăn ngừa việc tạo ra $CaCO_3$ làm tắc ống cần cho vào nước liều lượng hexameta photphat 1 - 2 mg/l tính theo P_2O_5 . Sở dĩ chỉ cần liều lượng nhỏ hexameta photphat vì chỉ cần tạo ra các màng mỏng bao bọc chung quanh các tinh thể $CaCO_3$ không cho chúng lớn lên và đọng lại, chứ không cần hoà tan hoàn toàn chúng.

Pha chế dung dịch hexameta photphat natri được thực hiện bằng các thiết bị như đã mô tả trong chương 6, thích hợp nhất là dùng khuấy trộn cơ khí vì hexameta photphat hoà tan tương đối chậm.

15.2.3. Dùng silicat natri để chống gỉ cho đường ống

Khi cho thuỷ tinh lỏng (Na_2SiO_3) vào nước, trên bề mặt trong của thành ống dần dần tạo ra lớp màng bảo vệ.

Thành phần của màng bảo vệ có silicat canxi, silicat magie, do silicat natri phản ứng với ion Ca^{2+} và Mg^{2+} có trong nước tạo ra.

Ngoài ra khi xử lý nước bằng thủy tinh lỏng xảy ra phản ứng kiềm hoá nước do kết quả thủy phân của thủy tinh lỏng làm chuyển dịch chỉ số bão hoà của nước sang chỉ số dương. Tùy theo chỉ số pH của nước nguồn có thể chọn thủy tinh lỏng với các tỷ số $\left(\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}\right)$ khác nhau. Đối với nước có trị số pH từ 6 ÷ 7 dùng thủy tinh lỏng với tỷ số 2,4 - 2,8, đối với nước có trị số pH từ 7 ÷ 8 dùng thủy tinh lỏng với tỷ số 2,8 - 3,2. Thường lấy liều lượng thủy tinh lỏng bằng 7 - 30 mg/l (tính theo SiO_2) liều lượng lớn dùng cho nước có hàm lượng muối lớn (1.000 - 1.200 mg/l).

Trong vài tuần đầu quản lý nên dùng liều lượng lớn của thủy tinh lỏng để nhanh chóng tạo ra lớp màng bảo vệ trên thành ống. Một số tác giả cho rằng khi đã hình thành màng bảo vệ có thể giảm liều lượng thủy tinh lỏng xuống 3 - 4 mg/l SiO_2 .

Nồng độ thủy tinh lỏng trong các thùng dung dịch trước khi pha vào nước không được lớn hơn 3% tính theo SiO_2 .

15.2.4. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật trong đường ống

Biện pháp cơ bản để bảo vệ các đường ống dẫn và các công trình xử lý nước khỏi lớp phủ sinh vật là bảo vệ nguồn cấp nước khỏi bị nhiễm bẩn bởi các chất thải có khả năng kích thích sự phát triển của sinh vật. Không cho phép xả nước bẩn sinh hoạt và công nghiệp chưa được làm sạch vào phía thượng nguồn công trình thu nước, và vào hồ chứa dùng để cấp nước, đồng thời phải bảo đảm cho khu vực xung quanh công trình thu nước không có chất thải sinh hoạt và công nghiệp.

Nếu dùng hồ làm nguồn cấp nước thì trong thời kỳ phát triển của sinh vật, rong, rêu, tảo, phải áp dụng biện pháp xử lý bằng hoá học để tiêu diệt chúng. Để chống lại sự phát triển của sinh vật, rong, rêu trong hồ có thể dùng sunphát đồng rải trực tiếp lên mặt hồ.

Liều lượng gây độc của CuSO_4 trong từng trường hợp cụ thể phải xác định bằng thực nghiệm, bởi vì liều lượng CuSO_4 cần thiết phụ thuộc vào dạng sinh vật phù du gây ra độ màu của nước. Liều lượng CuSO_4 để xử lý nước trong hồ được tính toán với mục đích tạo ra nồng độ yêu cầu trong lớp nước dày 1 - 2m được tính toán với mục đích tạo ra nồng độ yêu cầu trong lớp nước dày 1 - 2m trên mặt hồ. Bột CuSO_4 được rắc đều trên mặt hồ bằng máy bay hay bằng xuống máy. Khi tiến hành xử lý nước trực tiếp trên mặt hồ phải được sự đồng ý của các cơ quan bảo vệ sinh vật và cơ quan hải sản.

Trong các trường hợp dùng các biện pháp phòng ngừa không khử hết được lớp phủ sinh vật trong đường ống, phải xử lý nước khi cho vào mạng lưới ống. Phương pháp xử lý phụ thuộc vào các dạng của lớp phủ sinh vật và thành phần hoá học của nước. Xử lý nước để ngăn ngừa lớp phủ sinh vật nên tiến hành sau khi làm sạch đường ống bởi vì nếu không, xác sinh vật chết có thể tan vào nước làm bẩn nước. Dạng xử lý (liều lượng clo, thời kỳ clo hoá, lọc qua lưới...) đối với từng trường hợp cụ thể cần phải xác định bằng thực nghiệm.

Chương 16

THIẾT BỊ ĐO ĐIỀU KHIỂN

Chọn các thiết bị đo, điều khiển và thiết kế hệ thống điều khiển các công trình trong dây chuyền xử lý nước do kỹ sư thiết bị và điều khiển chịu trách nhiệm. Kỹ sư thiết kế công nghệ xử lý nước, chủ công trình và các kỹ sư vận hành nhà máy chỉ phải cung cấp các thông số cần đo, nêu được các yêu cầu mà hệ thống thiết bị đo và điều khiển cần thực hiện để đảm bảo quy trình xử lý nước diễn ra theo mong muốn. Với yêu cầu trên, ở chương này không đi sâu vào phân tích các thiết bị và cơ sở lý thuyết điều khiển mà chỉ giới thiệu một cách đơn giản các thiết bị cần dùng và các sơ đồ điều khiển có thể áp dụng để các kỹ sư thiết kế công nghệ xử lý nước và các kỹ sư vận hành quản lý nhà máy nước có thể phối hợp dễ dàng với các kỹ sư thiết bị và điều khiển khi thiết kế lắp đặt và vận hành hệ thống.

16.1. BƠM, ĐỘNG CƠ, VAN VÀ CÁC THIẾT BỊ ĐO DÙNG TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC

1. Bơm

Trong hệ thống cấp nước thường dùng bơm ly tâm để bơm nước và bơm màng, bơm piston để bơm dung dịch hóa chất. Trong quá trình vận hành thường phải điều chỉnh lưu lượng và áp lực của bơm để đáp ứng các yêu cầu thay đổi trong quá trình dùng nước và hóa chất. Để điều chỉnh lưu lượng và áp lực của bơm thường dùng hai cách:

Cách 1 : Thay đổi số vòng quay của bơm.

Cách 2: Thay đổi mức độ đóng mở của van trên đường ống đẩy.

Thay đổi số vòng quay của bơm được thực hiện bằng cách thay đổi số vòng quay của động cơ điện, còn thay đổi mức độ đóng mở của van trên đường ống đẩy có thể thực hiện bằng tay, bằng động cơ điện nếu là van điều khiển bằng điện, hoặc bằng cách thay đổi vị trí của piston nếu là van điều khiển bằng thủy lực hay khí nén.

2. Động cơ

Phần lớn động cơ điện dùng trong hệ thống cấp nước là động cơ điện xoay chiều loại đồng bộ. Vận tốc quay của động cơ đồng bộ xác định theo công thức:

$$n = \frac{120F}{P} \quad (16.1)$$

Trong đó:

n - số vòng quay của động cơ trong 1 phút (v/phút);

F - tần số của dòng điện (số lần đổi chiều dòng điện trong một giây);

P - số cực của động cơ.

Các nhà khoa học và các hãng sản xuất đã chế tạo ra thiết bị tự động biến đổi tần số để thay đổi số vòng quay của máy bơm cho phù hợp với sự thay đổi của lưu lượng và áp lực sử dụng. Ví dụ trong giờ tiêu thụ nước thấp, áp lực nước trong mạng lưới tăng lên làm cho áp lực trên ống đẩy của bơm tăng quá mức quy định, trị số gia tăng áp lực được truyền về bộ xử lý qua bộ biến tần, tự động giảm tần số của dòng điện làm giảm vòng quay của máy bơm để giảm áp lực và lưu lượng của bơm đến trị số đã cài đặt trước.

3. Van

Các loại van dùng trong hệ thống cấp nước được điều khiển bằng ba cách:

Cách 1: Điều khiển bằng tay, dùng sức người tác động vào các cơ cấu truyền động cơ khí để đóng mở và điều chỉnh độ mở của van, cách điều khiển này còn được dùng ở các nhà máy nước nhỏ, cách xa thành phố và các van khóa nhỏ hơn 600mm đặt trên mạng lưới truyền dẫn và phân phối ở những vị trí không phải đóng mở hoặc điều chỉnh thường xuyên.

Cách 2: Đóng mở van, điều chỉnh van bằng động cơ điện.

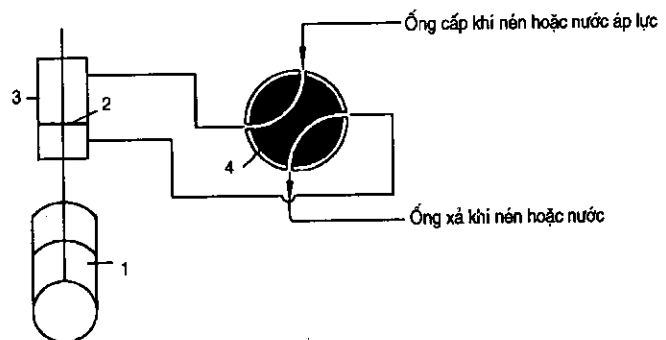
Cách 3: Van có cấu tạo để đóng mở và điều chỉnh bằng thủy lực hoặc không khí nén thông qua hệ thống ngăn kéo phân phối. Xem hình (16.1)

Muốn đóng, mở hoàn toàn van, xoay ngăn kéo phân phối một góc 90°. Để xoay ngăn kéo hoặc dùng tay gạt, hoặc dùng van điện solenoid khi cần điều khiển tự động.

4. Thiết bị đo

Trong hệ thống xử lý nước cấp thường phải đo các thông số sau: áp lực trong ống, mực nước ở công trình thu.

Trong các công trình xử lý nước phải đo các thông số sau: lưu lượng trạm bơm nước thô, bơm rửa lọc, nước lọc, lưu lượng trạm bơm nước sạch, độ đục nước thô, nước sạch, độ pH, độ dẫn điện của nước khi cần, đo lượng clo dư sau sát trùng, nhiệt độ của nước, nhiệt độ động cơ.



Hình 16.1: Sơ đồ điều khiển van bằng thủy lực hoặc khí nén thông qua ngăn kéo phân phối.

1. Van; 2. Piston; 3. Xilanh; 4. Ngăn kéo phân phối

16.2. THIẾT BỊ ĐO LƯU LƯỢNG

Để đo lưu lượng chất lỏng hay khí chảy trong ống, trong kênh, máng, thường dùng đồng hồ turbin, ống venturi, màng chắn, máng đo tam giác, hay chữ nhật, máng do parshall, ống đo dùng phao nổi rotamete, nguyên tắc hoạt động và nguyên lý tính toán các loại đồng hồ nêu trên đã được mô tả kỹ trong các sách thủy lực. Khi chọn đồng hồ cần lưu ý: độ chính xác của đồng hồ, khoảng đo Q_{max}/Q_{min} , ngưỡng đo $Q \geq Q_{tối thiểu}$. Điều kiện lắp đặt: chiều dài các đoạn ống thẳng trước và sau đồng hồ theo hướng dẫn của nhà sản xuất, tổn thất áp lực qua đồng hồ, nhiệt độ và tính chất của chất lỏng cần đo v.v...

Khi chất lỏng cần đo có nhiều cặn lơ lửng làm tắc nghẽn cánh quạt, vành đo v. v... và khi cần đo trong khoảng biến đổi rộng $Q_{max}/Q_{min} \geq 10$ có thể dùng đồng hồ đo điện từ hoặc đồng hồ đo bằng siêu âm.

- Đồng hồ đo nước điện từ gồm một đoạn ống dẫn cách điện, trên có gắn hai nam châm điện, phát ra từ trường cố định vuông góc với dòng chảy. Nước được coi là chất dẫn điện, khi đi qua từ trường sinh ra dòng cảm ứng. Theo định luật Faraday có thể tính điện thế của dòng cảm ứng theo công thức:

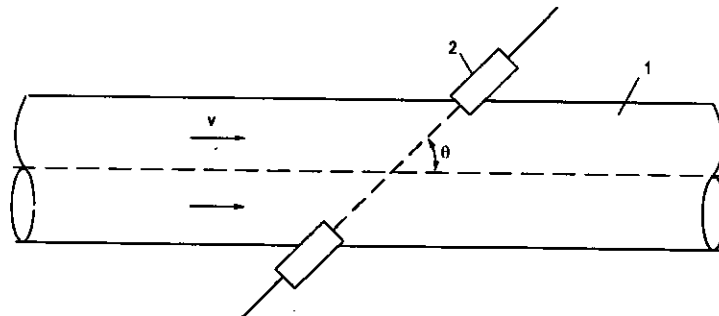
$$U = KDVH, \quad (16.2)$$

Trong đó:

- K - hệ số tỷ lệ;
- D - đường kính ống;
- V - tốc độ dòng chảy;
- H - cường độ từ trường.

Điện thế của dòng cảm ứng được thu nhận bởi hai điện cực gắn trên ống theo tuyến vuông góc với từ trường và vuông góc với dòng chảy. Đồng hồ đo nước kiểu điện từ có giá thành cao, nhưng chính xác, khoảng đo Q_{max}/Q_{min} là 10/1, không gây tổn thất thủy lực.

- Đồng hồ đo nước bằng siêu âm (hình 16.2)



Hình 16.2: Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của đồng hồ đo nước siêu âm
1. Ống dẫn nước; 2. Thanh dò.

Nguyên lý hoạt động như sau: đặt hai thanh dò có khả năng phát và thu nhận sóng siêu âm ngập trong môi trường nước đang chuyển động, trục nối hai thanh làm thành góc $\alpha < 90^\circ$ so với trục ống hay với hướng dòng chảy.

Do tác dụng của dòng chảy, nên thời gian thu nhận sóng siêu âm của thanh dò đặt ở phía thượng lưu dòng chảy khi thanh dưới phát ra, khác với thời gian thu nhận sóng siêu âm của thanh dưới do thanh trên phát ra. $T_1 - T_2 = \Delta t$.

$$\Delta t = \frac{2.v.d \cos\theta}{c^2} \quad (16.3)$$

Trong đó:

- v - vận tốc của dòng chất lỏng;
- d - khoảng cách giữa hai thanh dò;
- c - vận tốc âm trong chất lỏng cần đo;
- θ - góc giữa hướng dòng chảy và trục nối hai thanh dò.

Đồng hồ loại siêu âm lắp đặt dễ dàng, chỉ cần khoan hai lỗ ở hai phía đối diện của ống để lắp hai thanh dò theo quy định của nhà sản xuất và thực hiện việc cân chỉnh cần thiết.

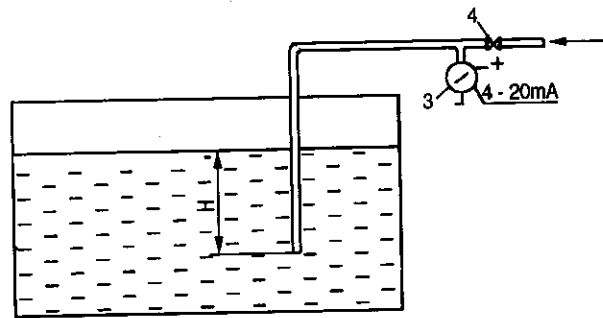
Nhược điểm của đồng hồ siêu âm là khi nước có bọt khí, hoặc có nồng độ cặn lơ lửng thay đổi thì vận tốc truyền âm c thay đổi nên số đo sẽ không chính xác.

16.2.1. Thiết bị đo mực nước

Có thể dùng phao nổi đặt trực tiếp trên mặt nước, hoặc dùng ống đo một đầu gắn vào đáy bể, đầu kia để hở thông với khí trời và cao hơn mực nước cao nhất trong bể.

- *Đo mực nước bằng áp lực khí* (hình 16.3)

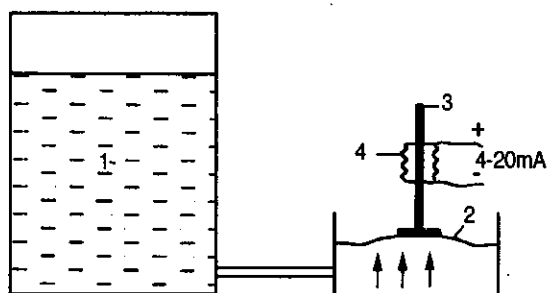
Thiết bị gồm ống (1) đặt ngập trong chất lỏng ở độ sâu H bằng khoảng dao động lớn nhất có thể của mực chất lỏng trong thùng (2). Khí nén với lưu lượng nhỏ liên tục đi theo ống (1) vào thùng (2) đi ra ngoài, lưu lượng khí nén điều chỉnh bằng van (4) sao cho tổn thất áp lực do ma sát trong ống (1) gần bằng không. Chiều cao mực nước trong thùng H đúng bằng áp lực khí trong ống tác động lên đồng hồ đo (3).



Hình 16.3: Sơ đồ lắp thiết bị đo mực nước bằng khí nén
1. Ống dẫn khí nén; 2. Thùng chứa chất lỏng cần đo mực; 3. Đồng hồ đo áp lực và truyền tín hiệu đo đến bộ xử lý.

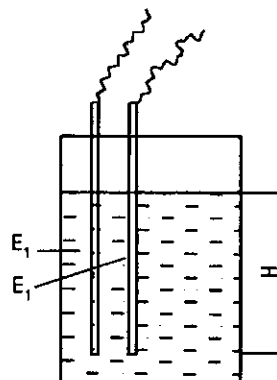
- **Đo mực nước bằng màng chắn (hình 16.4)**

Khi áp lực nước trong thùng (1) thay đổi, lực tác dụng lên màng (2) thay đổi làm chuyển động thanh nam châm (3) đặt trong lõi cuộn dây điện cảm ứng (4) làm thay đổi trị số của dòng điện trong cuộn dây.



Hình 16.4: Sơ đồ hoạt động của thiết bị đo mực nước kiểu màng chắn.

1. Thùng đựng chất lỏng cần đo mức;
2. Màng đo; 3. Nam châm; 4. Cuộn cảm ứng điện từ.



Hình 16.5: Đo mực nước bằng cặp điện cực

- **Đo mực nước bằng cặp điện cực (hình 16.5)**

Đặt hai điện cực E_1 và E_2 ngập trong nước ở vị trí song song có cùng độ dài và độ ngập. Điện cực E_1 được bọc bên ngoài bằng plastic. Khi mực nước H thay đổi, làm thay đổi điện trở kháng giữa hai cực, chênh lệch điện thế được truyền về bộ xử lý.

16.2.2. Đo độ chênh lệch áp lực hay độ chênh mực nước, đo tổn thất áp lực

Khi cần đo tổn thất qua bể lọc: đo hiệu số mực nước trong bể lọc và mực nước ở ống thu nước lọc ra, có thể dùng thiết bị đo mực nước kiểu màng, thiết bị đo bằng khí nén, trị số mực nước ở mỗi vị trí được truyền bằng tín hiệu điện có dòng định mức 4 - 20mA về bộ xử lý để so sánh và hiển thị v.v..., có thể đo độ chân không trên đỉnh xi phông, nếu dùng xi phông để điều chỉnh tốc độ lọc (xem chương bể lọc).

16.2.3. Thiết bị đo độ đục

Độ đục của nước biểu thị số lượng cặn lơ lửng có trong nước. Thiết bị đo độ đục dựa trên độ tán xạ của chùm tia sáng khi chiếu qua mẫu nước, cặn lơ lửng trong nước, hấp thụ hoặc làm lệch đường đi của tia sáng, dựa vào nguyên lý này, trong thiết bị đặt một đèn phát các chùm tia sáng, và một tế bào quang điện để đo độ tán xạ và hấp thụ ánh sáng của môi trường rồi chuyển thành tín hiệu điện, tỷ lệ với độ đục của nước. Đơn vị đo độ đục thường thay đổi theo chuẩn số đo của thiết bị và có tên gọi là:

JTU : Độ đục Jackson

NTU : Độ đục Nephelometric

FTU : Độ đục Formazin

JCU : Độ đục theo nền Jackson

Khi dùng thiết bị phải đọc kỹ hướng dẫn của nhà sản xuất. Độ chính xác của thiết bị đo bị giảm khi cửa kính quang học bị cặn bám và khi trong nước có bọt khí, chất màu hòa tan.

Trong phòng thí nghiệm: có thể xây dựng biểu đồ chuyển đổi từ độ đục theo các thang đo nêu trên sang độ đục biểu thị bằng mg/l đối với mỗi nguồn nước đã có

16.2.4. Thiết bị đo pH

Thiết bị đo pH có hai điện cực và một thanh biến cảm theo nhiệt độ, thiết bị hoạt động dựa trên độ hoạt hóa của ion hydro. Bộ đo pH có thể đặt trực tiếp trong môi trường chất lỏng cần đo.

16.3. SỰ CẦN THIẾT CỦA THIẾT BỊ VÀ CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN

Kỹ sư thiết kế cần phải thảo luận với chủ công trình và các kỹ thuật viên vận hành hệ thống để thống nhất việc chọn lựa thiết bị và lựa chọn cách điều khiển để mua sắm và lắp đặt các thiết bị. Sự lựa chọn dựa trên ba điều kiện:

- Phù hợp với điều kiện địa phương: khí hậu nóng ẩm, trình độ công nhân quản lý vận hành, điều kiện bảo dưỡng và mua sắm thay thế thiết bị, khả năng chinh định và hiệu chỉnh thiết bị.
- Hiệu quả kinh tế của từng trang thiết bị đem lại.
- Loại và giá thành của thiết bị phải phù hợp với kinh phí sẵn có và phù hợp với điều kiện phát triển của hệ thống.

Sự cần thiết của hệ thống trang thiết bị có thể chia làm ba loại:

1) Các trang bị thiết yếu gồm: đồng hồ đo lưu lượng nước thô, đo lưu lượng nước sạch, đo và điều chỉnh lượng hóa chất pha vào nước, đo pH, điều chỉnh tốc độ lọc, kiểm soát chế độ rửa lọc, máy phát hiện clo rò rỉ v.v...

2) Các trang thiết bị tiện ích: làm giảm nhẹ sức lao động về trí óc và chân tay của người vận hành và có thể tiết kiệm được chi phí như dùng hệ thống điều khiển tự động rửa bể lọc, tự động điều khiển các trạm bơm theo chương trình cài sẵn trên máy tính, tự động xả cặn ở bể lắng v.v...

3) Trang thiết bị đắt tiền làm hiện đại hoá hệ thống mà không mang lại hiệu quả kinh tế thiết thực.

Ví dụ: Sơ đồ hiển thị sự làm việc của các công trình đơn vị trên bảng điều khiển trung tâm, hệ thống điều khiển và theo dõi từ xa v.v... Các yêu cầu trên đều dựa vào ba hệ thống điều khiển hiện có.

- Thiết bị điều khiển đóng, mở đơn giản.
- Hệ thống điều khiển analog dựa trên các số đo định lượng các thông số vật lý, truyền tín hiệu và điều khiển theo các giá trị của các thông số vật lý đo được.
- Hệ điều khiển kỹ thuật số digital biến đổi các thông số vật lý đo được sang tín hiệu số.

16.4. CÁC HỆ ĐIỀU KHIỂN CƠ BẢN

Khi lựa chọn hệ điều khiển người kỹ sư công nghệ nước phải hiểu rõ mục đích, đặc tính thủy lực của quá trình, các thông số và điều kiện làm việc của thiết bị, có ba yêu cầu người kỹ sư phải nhớ khi chọn thiết bị cho hệ điều khiển: bản chất của hệ điều khiển và thiết bị định chọn, mức độ hay khoảng biến thiên của thông số mà thiết bị có thể thực hiện được, giá thành và tính phổ cập của thiết bị.

Sơ đồ a: Điều khiển trực tiếp bằng tay

Sơ đồ b: Điều khiển bằng tay thông qua động cơ để giảm nhẹ sức lao động và tiết kiệm thời gian.

Sơ đồ c: Điều khiển bằng tay một số van để thực hiện một chu trình làm việc, ví dụ: các van điện trong bể lọc, công tắc đóng mở tập trung về tủ điều khiển đặt trong hành lang điều khiển trước mỗi bể lọc, khi thực hiện chu trình rửa lọc, người điều khiển, đóng mở các công tắc tập trung trên tủ điều khiển, quan sát quá trình rửa và quyết định thời gian thực hiện của mỗi chu trình và là sơ đồ điều khiển mạch hở.

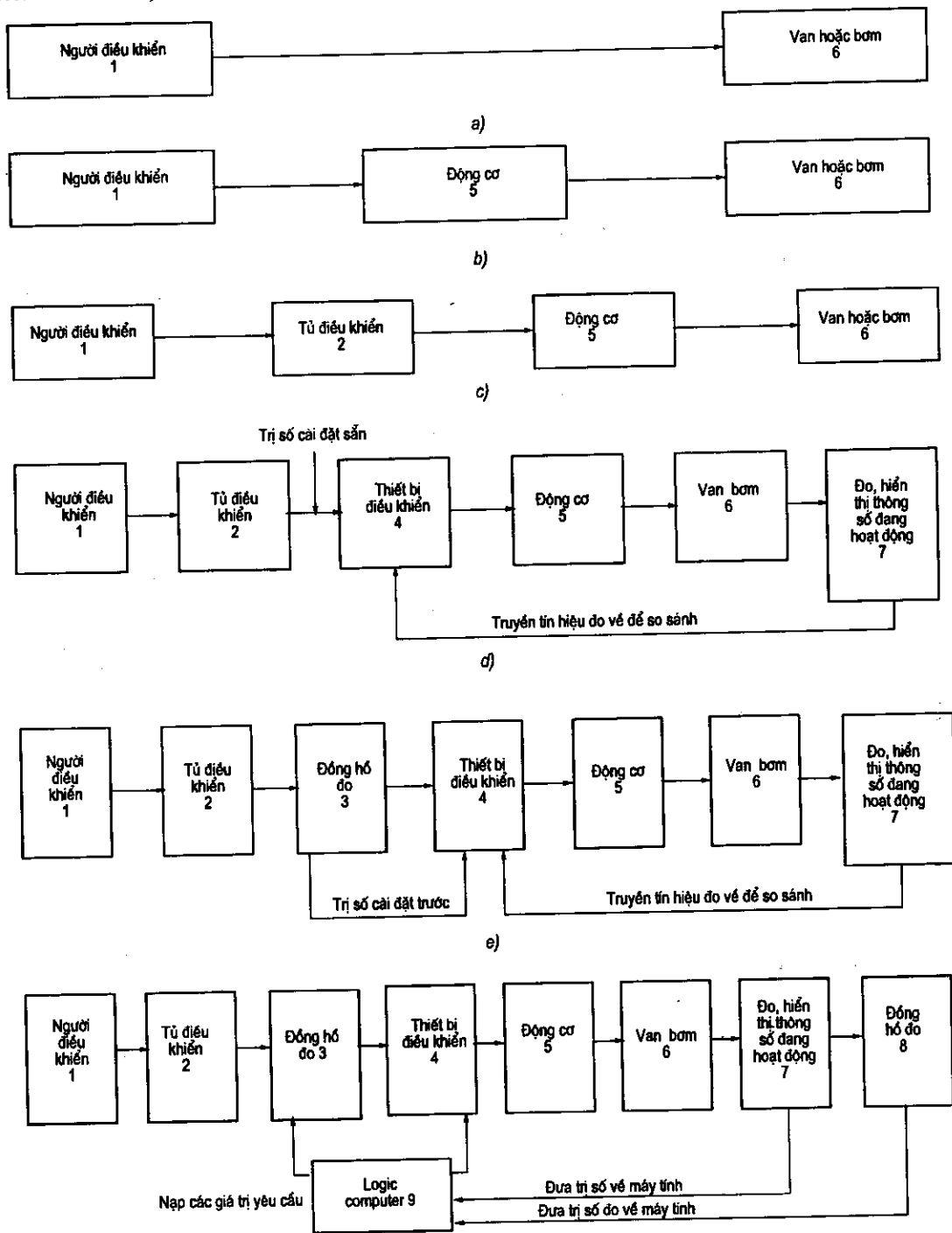
Sơ đồ d: Điều khiển tự động hoặc bán tự động theo vòng kín.

Ví dụ: Đo pH để điều chỉnh lượng vôi: cài đặt sẵn trị số pH mong muốn vào bộ điều khiển (4). Thiết bị dò, đo pH (7) đo trị số pH thực tế của quá trình, truyền ngược về bộ điều khiển (4). Bộ điều khiển (4) so sánh với trị số pH đã cài đặt sẵn, nếu có sai lệch, thì ra lệnh cho động cơ (5) điều khiển bơm vôi (6) để thêm hoặc bớt lượng vôi cho vào nước để đạt được trị số pH cài sẵn.

Sơ đồ e: Điều khiển tự động theo vòng kín có thông số cài sẵn đặt trước quy trình, ví dụ: Để cho bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng làm việc tốt, cần cố định lưu lượng nước thô vào bể lắng, cài sẵn lưu lượng mong muốn vào bộ điều khiển (4) khi đồng hồ đo lưu lượng (3) báo lưu lượng đo được cho bộ điều khiển (4) nếu có sai lệch với trị số cài sẵn, bộ điều khiển (4) sẽ ra lệnh cho động cơ (5) điều khiển bơm (6) để đạt được trị số mong muốn, thiết bị đo công suất hoặc ampe (7) đo thông số điện của bơm báo về bộ điều khiển (4). Nếu bơm (6) làm việc trong chế độ điện cho phép bộ điều khiển không can thiệp, nếu bơm trong chế độ nguy hiểm bộ điều khiển (4) hoặc ra lệnh ngừng, hoặc đưa bơm về chế độ an toàn.

Sơ đồ f: Điều khiển tự động dùng chương trình cài đặt sẵn trong máy tính (9).

Hiện có bốn phương pháp điều khiển: Điều khiển bằng tay, điều khiển bán tự động, điều khiển tự động và hệ điều khiển giám sát từ xa, các phương pháp đều dựa trên hai mạch điều khiển cơ bản là: điều khiển theo vòng khép kín và điều khiển theo mạch hở (xem hình 16.6).



Hình 16.6: Sơ đồ các hệ thống mạch điều khiển

16.5. CÁC THIẾT BỊ VÀ SƠ ĐỒ ĐIỀU KHIỂN THƯỜNG DÙNG TRONG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC CẤP

Việt Nam là nước đang phát triển vì thế khi chọn thiết bị và hệ điều khiển cần chú ý đến tính thích hợp theo điều kiện khí hậu, nguồn nhân lực và trình độ vận hành, trình độ quản lý bảo dưỡng, sửa chữa và tiền mua sắm phụ tùng thay thế. Chú ý rằng: các trang thiết bị điều khiển và hệ thống điều khiển, không ngừng cải tiến và đổi mới với tốc độ rất nhanh. Việc cải tiến, thay thế các thiết bị cũ, lạc hậu bằng thiết bị và hệ thống mới đòi hỏi trình độ quản lý ngày càng cao và tốn rất nhiều tiền, mà nguồn lợi mang lại có thể không bù đắp được. Với hai điều chú ý trên, trong mục này sẽ không giới thiệu các sơ đồ điều khiển tự động bằng máy tính và điều khiển tự động từ xa theo chương trình cài đặt sẵn.

16.5.1. Công trình thu nước

1. Công trình thu nước mặt

Thông số cần đo:

1) *Dao động mực nước nguồn.* Thiết bị: có thể dùng thước đo mực nước đặt cố định, phao nổi truyền qua cáp theo hệ ròng rọc đến thang đo để dễ quan sát ghi chép, thiết bị đo mực nước bằng khí nén, trị số đo được truyền theo tín hiệu điện tiêu chuẩn 4 - 20 mA về phòng điều khiển ở trạm bơm nước thô, chú ý khoảng cách cho phép khi truyền tín hiệu để đảm bảo độ chính xác.

2) *Độ chênh mực nước trước và sau lưới chắn rác* phục vụ cho việc cọ rửa lưới. Thiết bị: có thể dùng hai thước đo, hai phao nổi, một đặt ở thượng lưu và một đặt ở hạ lưu lưới chắn, độ chênh mực nước ghi nhận bằng mắt thường, khi đạt đến trị số định trước, điều khiển hệ thống rửa lưới bằng tay, có thể đặt hai thiết bị đo mực nước bằng khí nén, kết quả được truyền về phòng điều khiển, báo tín hiệu rửa, nếu điều khiển bằng tay, hoặc ra lệnh điều khiển tự động cho quay lưới và cho chạy bơm phun nước làm sạch lưới, hoặc cho thiết bị cào rác hoạt động v.v... Thời gian rửa cài đặt sẵn trên rơ le thời gian.

2. Công trình thu nước ngầm

Thông số cần đo:

1) Dao động mực nước trong giếng để biết được sự thay đổi của mực nước tĩnh.

2) Mực nước động theo mùa trong năm và theo công suất bơm.

Thiết bị: có thể dùng *thiết bị đo mực nước khí nén, thiết bị cấp điện cực.* Kết quả đo hiển thị tại chỗ hoặc truyền về phòng điều khiển trong phạm vi độ dài cho phép của tín hiệu điện 4 - 20 mA.

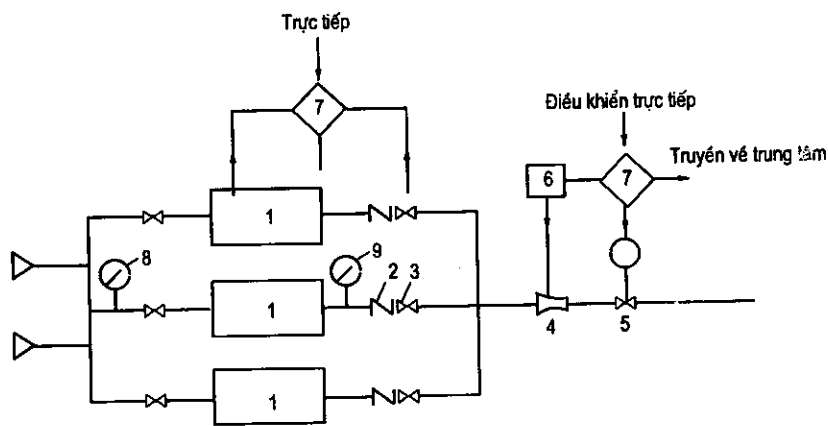
16.5.2. Trạm bơm nước thô

Thông số cần đo: *lưu lượng và áp lực của trạm bơm* để theo dõi hoạt động của bơm và đường ống dẫn. Ví dụ nếu lưu lượng và áp lực bơm đều giảm, chứng tỏ hiệu suất làm việc của bơm đã giảm cần phải tu sửa, nếu áp lực tăng, lưu lượng giảm có thể do ống dẫn trên đường áp lực bị tắc hoặc độ nhám trên ống dẫn tăng nhanh do ống bị xâm thực v.v...

Nếu trục bơm đặt cao hơn mực nước trong ngăn thu nước, đường ống hút dài, có nhiều chỗ nối, nên đặt đồng hồ đo chân không trên đường ống hút sát máy bơm để xử lý các trường hợp: đồng hồ chân không chỉ đúng trị số, nhưng vẫn không bơm được nước chứng tỏ đường ống hút bị tắc nghẽn.

Trường hợp khi bơm chạy, nước không lên, đồng hồ chân không chỉ độ chân không nhỏ hơn tính toán hoặc bằng không, điều đó chứng tỏ đường ống hút bị khí thâm nhập vào.

Ngoài các thiết bị bảo vệ và đo đếm điện như Ampe, Vol kế, cầu chì, aptomat v.v... khi trạm bơm có từ hai bơm trở lên hình (16.7) nên đặt thêm các thiết bị:



Hình 16.7: Sơ đồ thiết bị và điều khiển trạm bơm nước thô

1. Máy bơm; 2. Van một chiều; 3. Van cổng; 4. Đồng hồ đo lưu lượng;
5. Van tổng; 6. Thiết bị hiển thị và truyền tín hiệu lưu lượng; 7. Bộ điều khiển;
8. Đồng hồ đo chân không; 9. Đồng hồ đo áp lực.

Đầu dò nước trên mỗi đỉnh bơm và tiếp điểm điện ở van (2) hoặc (3) khi khởi động bất kỳ một bơm nào trong trạm, nếu đầu dò báo về bộ điều khiển bơm chưa mỗi đầy nước thì không khởi động được hoặc tự động ngừng và ở các van (2) hoặc (3) của các bơm chưa hoạt động, nếu tiếp điểm báo ở tình trạng đóng thì bơm mới có thể khởi động, vì nếu không ở tình trạng đóng, ví dụ van một chiều (2) hỏng, nước của bơm đang chạy sẽ quay ngược về bơm đứng yên, làm hỏng máy bơm.

Đồng hồ đo nước (4) đưa tín hiệu về bộ hiển thị (6) rồi truyền tín hiệu vào bộ điều khiển (7) để điều khiển độ đóng mở của van (5) theo lưu lượng đã cài đặt sẵn.

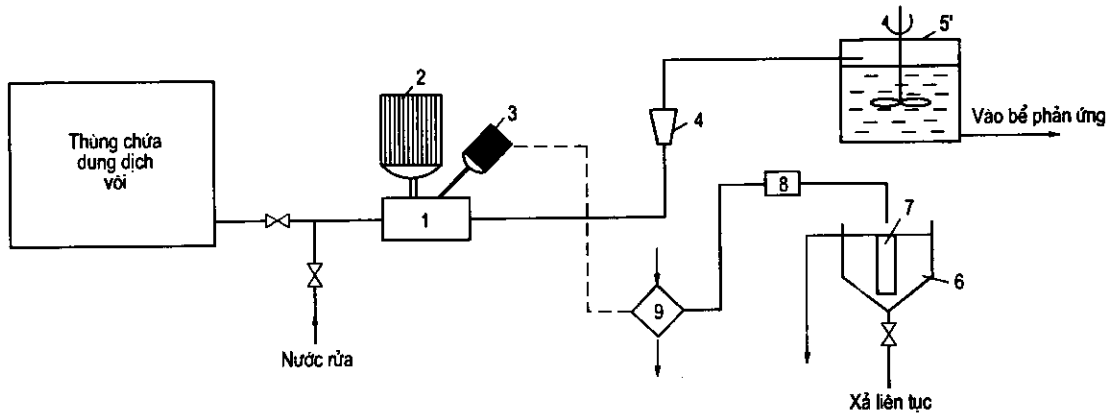
16.5.3. Bể trộn và bể phản ứng

Thường không cần đặt thiết bị đo và điều khiển tự động, ngoại trừ việc điều khiển thay đổi số vòng quay của máy khuấy theo từng mùa khi chất lượng nước thô thay đổi.

16.5.4. Nhà hóa chất

Thiết bị đo đếm và định lượng clo xem chương khử trùng. Pha và định lượng vôi, phèn thiết bị đo cân: Đo nồng độ dung dịch vôi, phèn để tính ra lưu lượng cần thiết của dung dịch cân bơm vào nước. Đồng hồ dung dịch đặt trên đường ống đẩy của bơm.

Thiết bị điều khiển hệ vôi (hình 16.8)



Hình 16.8: Sơ đồ điều khiển tự động lượng vôi cho vào nước để giữ trị số pH cố định

1. Bơm định lượng; 2. Động cơ; 3. Động cơ điện từ điều chỉnh lưu lượng bơm;
4. Đồng hồ đo lưu lượng rotamet; 5. Bể trộn; 6. Bình đặt thiết bị đo pH;
7. Đầu dò pH; 8. Bộ hiển thị và truyền tín hiệu; 9. Bộ điều khiển.

Nếu chọn hệ điều khiển tự động lưu lượng vôi theo pH của nước sau bể trộn thì: *bể trộn và bình đặt thiết bị đo (6) phải gần nhau, bơm và bể trộn phải gần nhau*, nếu không sẽ bị hiện tượng trễ làm cho động cơ (3) và bơm (1) làm việc trong trạng thái thay đổi không ngừng, chóng hỏng và trị số pH sẽ không ở mức cố định hẳn. Đầu dò pH (7) đo trị số pH của nước đã trộn với dung dịch vôi đưa về bộ hiển thị (8) rồi truyền về bộ điều khiển (9) để điều khiển động cơ (3) làm cho bơm tăng hoặc giảm lưu lượng vôi để giữ trị số pH cài đặt sẵn trong bộ điều khiển.

Thiết bị điều khiển hệ phèn

Lượng phèn cho vào nước để đạt hiệu quả keo tụ tốt nhất phụ thuộc vào chất lượng nước thô như: nhiệt độ, độ đục độ màu, hàm lượng các chất hữu cơ v.v... phụ thuộc vào hiệu quả làm việc của bể trộn, bể phản ứng và bể lắng. Nếu lấy chỉ tiêu là độ trong của nước sau bể lắng để điều chỉnh tự động lượng phèn cho vào nước thì sẽ không thực hiện

được vì thời gian từ lúc trộn phèn vào nước đến sau bể lắng thường kéo dài khoảng hai giờ quá trễ để áp dụng hệ điều khiển tự động.

Vì vậy đối với hệ phèn hiện nay chỉ áp dụng: phương pháp keo tụ thử trong phòng thí nghiệm mỗi ngày, mỗi ca để xác định lượng phèn cho vào nước bằng Jarrest.

Thiết bị đo cân bộ đo nồng độ phèn, đồng hồ đo lưu lượng dung dịch phèn đặt trên đường ống đẩy của bơm.

16.5.5. Bể lắng

Thiết bị đo cân thiết: *độ đục của nước sau lắng* (có thể lấy mẫu theo giờ để đo trong phòng thí nghiệm); *độ đầy của cặn* trong ngăn chứa cặn để xả kịp thời. Điều khiển xả cặn tự động trong bể lắng có thể dựa vào:

- Thiết bị đo nồng độ cặn đặt ở mức cao nhất có thể trong ngăn chứa cặn, khi cặn đạt đến mức đã định, đầu dò báo về bộ điều khiển, điều khiển tự động mở van xả cặn, thời gian xả cài đặt sẵn bằng rơ le thời gian.

- Theo kinh nghiệm và tính toán, dùng tiếp điểm và rơ le thời gian chọn khoảng thời gian giữa hai lần tự động xả cặn, theo thời gian hoạt động của trạm bơm nước thô.

16.5.6. Bể lọc

Điều chỉnh tốc độ lọc, rửa lọc theo tổn thất giới hạn, hoặc theo nồng độ cặn của nước sau lọc xem chương bể lọc.

16.5.7. Trạm bơm đợt II

Ngoài các thiết bị bảo vệ yêu cầu như trạm bơm nước thô, có thể điều khiển tự động theo mực nước trên đài, theo áp lực trên mạng thông qua bộ biến tần số, hoặc điều chỉnh độ đóng mở của van.

16.6. CÁC YÊU CẦU KHI THIẾT KẾ

Khi chọn thiết bị và thiết kế hệ điều khiển người kỹ sư phải có bản thuyết minh mô tả tính năng và quy trình hoạt động của các thiết bị và hệ điều khiển được chọn - lập các bản vẽ:

- 1) Sơ đồ quy trình công nghiệp theo mặt cắt dọc nối tiếp các công trình.
- 2) Các sơ đồ của quá trình điều khiển.
- 3) Bảng thống kê số lượng và mô tả đặc tính kỹ thuật các thiết bị.
- 4) Sơ đồ vị trí đặt các tủ điều khiển.
- 5) Sơ đồ của các mạch điều khiển và đường liên hệ giữa chúng.
- 6) Bản vẽ và các yêu cầu chi tiết để lắp đặt thiết bị.

Chương 17

XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ BÙN THẢI CỦA BỂ LẮNG

Ở các nước phương Tây trước năm 1965 và ở Việt Nam trước 1993, nước thải rửa lọc và bùn xả từ bể lắng ra thường xả xuống hạ lưu công trình thu nước. Từ ngày 27-12-1993 Quốc hội Khoá IX nước Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam kỳ họp thứ 4 đã thông qua Luật Bảo vệ môi trường, riêng đối với nước thải trước khi xả vào nguồn tiếp nhận là nguồn nước mặt và nguồn nước ngầm phải tuân theo tiêu chuẩn ban hành trong Quyết định số 229 QĐ/TDC ngày 25-03-1995 của Bộ trưởng Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường. Theo tiêu chuẩn này nước thải từ nhà máy xử lý nước ra nguồn cấp nước được coi là nước thải của các xí nghiệp công nghiệp xả ra các nguồn cấp nước phải đạt tiêu chuẩn loại A, theo đó BOD < 20 mg/l, COD < 50 mg/l, cặn lơ lửng dưới 50mg/l và các chất độc hại khác dưới mức cho phép. Vì vậy, khi thiết kế, xây dựng và vận hành nhà máy xử lý nước, phải có công trình làm sạch nước rửa lọc, xử lý bùn trước khi thải ra môi trường.

17.1. CHẤT LƯỢNG VÀ SỐ LƯỢNG CHẤT THẢI TỪ NHÀ MÁY NƯỚC

Chất thải của nhà máy nước gồm:

- 1) Rác thải sinh hoạt của công nhân vận hành nhà máy, được thu gom vào các thùng đựng rác và được công nhân vệ sinh thu gom và vận chuyển hàng ngày đến nơi tập trung rác của thành phố.
- 2) Nước thải sinh hoạt từ các nhà vệ sinh, nhà ăn, nhà tắm sau khi được xử lý sơ bộ qua bể tự hoại cho xả ra cống dẫn bùn xả của bể lắng.
- 3) Nước xả bùn từ các bể lắng.
- 4) Nước rửa lọc.
- 5) Nước xả rửa cặn từ các bể hoà tan và định lượng hoá chất vào cống xả bùn của bể lắng.

17.1.1. Số lượng và chất lượng nước thải rửa lọc

Số lượng nước rửa lọc thường chiếm 2 đến 3% lượng nước thô, 2% về mùa khô nước ít đục và 3% về mùa lũ, khi nước có nhiều cặn và rong rêu.

Chất lượng nước thải rửa lọc phụ thuộc vào chất lượng nước thô và phụ thuộc vào các công đoạn xử lý bằng hoá chất và hiệu quả làm việc của bể keo tụ, bể lắng. Tính chất điển hình của nước rửa lọc, khi xử lý nước thô bằng phèn nhôm đã qua bể lắng thường có các giá trị sau:

Độ đục 150 đến 250 NTU; hàm lượng BOD từ 2 đến 10mg/l; COD từ 30 đến 150mg/l; tổng hàm lượng chất rắn hoà tan từ 0,01 đến 0,05%; pH = 6,7 ÷ 7,5.

Nước rửa lọc chứa nhiều bông cặn nhỏ được tách ra từ bề mặt các hạt cát lọc, có khả năng keo tụ tốt, lắng nhanh. Nếu để lắng tĩnh 30 phút độ đục của nước rửa lọc giảm từ 210 NTU xuống còn 10NTU, để lắng tĩnh 1 đến 2 giờ, độ đục giảm từ 210 NTU xuống còn 5 NTU, điều đó chứng tỏ trong nước rửa lọc có nhiều nhân keo tụ, nếu tuần hoàn lại bể trộn, các nhân này sẽ góp phần đẩy nhanh quá trình hình thành bông cặn trong bể phản ứng tạo bông cặn. Nồng độ cặn lơ lửng trong nước rửa lọc thường từ 0,01 - 0,04% theo trọng lượng.

17.1.2. Số lượng và chất lượng bùn thải từ bể lắng

Số lượng bùn tích lại ở bể lắng sau một ngày tính theo công thức:

$$G = \frac{Q(C_1 - C_2)}{1000} \quad , \quad (\text{kg}), \quad (17.1)$$

Trong đó:

G - trọng lượng cặn khô (kg);

Q - lượng nước xử lý ($\text{m}^3/\text{ngày}$);

C_2 - hàm lượng cặn trong nước đi ra khỏi bể lắng lấy bằng $10\text{g}/\text{m}^3$;

C_1 - hàm lượng cặn trong nước đi vào bể lắng;

$$C_1 = C_o + K.a_p + 0,25M + B \quad (17.2)$$

C_o - hàm lượng cặn trong nước thô (g/m^3);

a_p - hàm lượng phèn tính theo sản phẩm không ngậm nước (g/m^3);

K - hệ số tạo cặn từ phèn: Đối với phèn nhôm sạch K = 0,55 đối với phèn nhôm sản phẩm kỹ thuật K = 1, phèn sắt K = 0,8;

M - độ màu của nước nguồn tính bằng (độ);

B - lượng cặn không tan trong hoá chất kiềm hoá (vôi, soda v.v...).

Tính chất: bùn trong bể lắng gồm cặn lắng, bùn sét, sắt, mangan, canxi, silic, nhôm, sunfat v.v... thành phần của bùn phụ thuộc vào tính chất của nước nguồn, loại và số lượng hoá chất cho vào nước ở bể trộn và bể phản ứng.

Tính chất đặc trưng của bùn khi xử lý nước sinh hoạt theo dây chuyền công nghệ truyền thống gồm:

BOD là 30 ÷ 300 mg/l, COD là 30 ÷ 5000 mg/l, pH là 6 ÷ 8, tổng chất rắn 0,1 ÷ 4%, Al_2O_3 15 ÷ 40%, SiO_2 35 ÷ 75%, cặn hữu cơ 15 - 25%.

Tính chất của bùn cặn tạo ra khi làm mềm nước bằng vôi:

CaCO_3 là 85 ÷ 93%; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ là 0 ÷ 1%; $\text{Mg}(\text{OH})_2$ là 0,5 ÷ 8%; SiO_2 là 2 ÷ 5%.

Bùn cặn trong bể lắng rất khó làm khô, nếu đem rải ra đất, bùn sẽ ngăn không cho rễ cây hút nước và không khí, có thể làm chết cây trồng. Trạng thái của hỗn hợp bùn cặn phụ thuộc vào hàm lượng chất rắn chứa trong bùn:

Hàm lượng chất rắn trong bùn (%)	Bùn cặn xử lý bằng phèn	Bùn cặn khi làm mềm nước bằng vôi
0 - 10	Bùn lỏng	Bùn lỏng
10 - 15	Dạng lỏng xệt	Dạng lỏng xệt
15 - 20	Bùn nhão	Bùn nhão
20 - 25	Bùn nhão lẫn cục	Bùn nhão lẫn cục
25 - 30	Bùn đặc mềm	Bùn đặc mềm
30 - 50	Cục khô vụn	Cục khô vụn

Nồng độ và tỷ trọng của bùn trong các công trình xử lý:

- Bùn lắng ở bể lắng ngang khi xử lý nước bằng phèn, dùng cào cặn xả định kỳ hoặc liên tục trong ngày, có nồng độ từ 0,1 đến 0,5% tỷ trọng $\gamma = 1,012 \text{ t/m}^3$.
- Bùn xả từ các bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng nồng độ 0,1 đến 0,5%, tỷ trọng $\gamma = 1,01 \text{ t/m}^3$.
- Bùn ở bể lắng ngang, xả rửa thủ công, ba đến bốn tháng một lần nồng độ bùn từ 3 đến 4%, tỷ trọng $\gamma = 1,03 \div 1,04 \text{ t/m}^3$.
- Bùn chứa trong các hồ nén bùn, nồng độ ban đầu 3 - 4% sau bốn đến sáu tháng nén có nồng độ gần 15%, sau khi tháo hết nước phơi khô một đến hai tháng, nồng độ có thể đạt 45% tỷ trọng bùn có nồng độ 15% $\gamma = 1,1$; nồng độ 30% $\gamma = 1,25$; nồng độ 40% $\gamma = 1,3$; 45% $\gamma = 1,35 \text{ t/m}^3$.

17.2. CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ BÙN CẶN

17.2.1. Xả nước thải và bùn vào cống thoát nước bản của thành phố

Ở các thành phố có nhà máy xử lý nước thải chung, có thể hợp đồng với công ty thoát nước để xả bùn và nước thải vào hệ thống cống dẫn nước thải chung của thành phố, lượng cặn trong nước thải của nhà máy nước không tạo ra lắng đọng trên mạng lưới cống, không làm tăng đáng kể lượng cặn và đặc biệt là không có ảnh hưởng xấu đến quá trình xử lý sinh học của nhà máy xử lý nước thải. Chi phí cho việc xả nước và bùn thải từ nhà máy nước vào hệ thống cống của thành phố, ví dụ ở Nam California tính như sau:

$$\text{Chi phí} = 375 \text{ USD} \times [(0,0034 \text{ gpd}) + (0,115 \text{ COD ppd}) + (0,3595 \text{ SS ppd})]$$

Trong đó:

- gpd - lưu lượng xả tính bằng gallon trong một ngày;
- COD ppd - trọng lượng COD xả ra trong một ngày tính bằng pound;
- SS ppd - trọng lượng cặn lơ lửng xả ra trong một ngày tính bằng pound.

17.2.2. Tuần hoàn lại nước rửa lọc, xả bùn ra hồ cô đặc, nén và phơi khô bùn

1. Tuần hoàn lại nước rửa lọc

Ở các nhà máy nước, nước thô phải bơm từ xa về, nguồn nước thô hạn chế, đắt chất thì việc tuần hoàn lại nước rửa lọc là hợp lý và hiện nay đã trở nên phổ biến khi xây dựng nhà máy nước.

Công trình trong hệ thống tuần hoàn nước rửa lọc gồm: bể chứa để điều hoà lượng nước xả khi rửa lọc, máy bơm chìm đặt trong bể điều hoà, bơm nước rửa lọc lên bể trộn.

Khi chọn lưu lượng bơm tuần hoàn dựa vào các điều kiện sau:

a) Lưu lượng tuần hoàn

Để đảm bảo khi bơm tuần hoàn làm việc gián đoạn, không ảnh hưởng đến chế độ thủy lực của các công trình xử lý, do tăng hoặc giảm lưu lượng quá mức quy định thì:

$$q_{th} \leq 5\% Q$$

và để đảm bảo bơm hết nước rửa lọc trong 24 giờ.

$$q_{th} \geq \frac{W}{24}, \quad (\text{m}^3/\text{h}).$$

Trong đó: W - tổng lượng nước rửa trong một ngày.

b) Thể tích bể điều hoà lưu lượng rửa

$$V = n V_r - n q_{th} t, \quad (\text{m}^3) \quad (17.3)$$

Trong đó:

n - số bể lọc cần rửa trong một ngày;

q_{th} - lưu lượng bơm tuần hoàn (m^3/h);

t - thời gian giữa hai lần rửa các bể kế tiếp nhau thường từ 0,45 đến 1 giờ;

V_r - thể tích nước rửa một bể lọc.

- Khi rửa gió nước đồng thời: pha 1 rửa gió + nước, cường độ nước 2 l/sm^2 rửa trong 5 phút, pha 2 rửa nước cường độ 5 l/sm^2 trong 5 phút.

$$V_r = \frac{2 \text{ l/sm}^2 \times 60 \times 5}{1000} F + \frac{5 \text{ l/sm}^2 \times 60 \times 5}{1000} F = 2,1F, \quad (\text{m}^3),$$

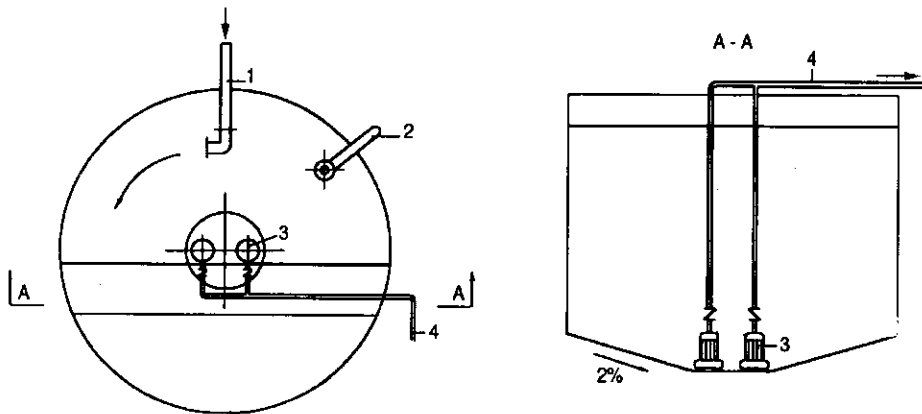
F - diện tích một bể lọc (m^2).

- Khi rửa gió trước, nước sau, cường độ nước 12 l/s rửa trong 6 phút

$$V_r = \frac{12 \times 60 \times 6}{100q} F = 4,32F, \quad (\text{m}^3).$$

- Khi rửa nước thuần túy cường độ 16 l/s m^2 rửa trong 8 phút.

$$W_r = \frac{16 \times 60 \times 8}{1000} F = 7,68F$$



Hình 17.1: Sơ đồ bể điều hoà lưu lượng nước rửa

1. Ống xả nước rửa lọc vào bể;
2. Ống tràn;
3. Máy bơm chìm thoát nước;
4. Ống dẫn nước lên bể trộn.

- Bể điều hoà lưu lượng (hình 17.1) thường có cấu tạo dạng tròn, ống dẫn nước rửa vào có miệng xả song song với chu vi bể, khi nước vào tạo thành chuyển động xoay, xói và hoà cặn vào hố thu của bơm.

- Trong quá trình vận hành, người quản lý phải thường xuyên theo dõi lượng cát từ bể lọc theo nước rửa, xả vào bể điều hoà, nếu thấy cát nhiều, phải xem xét lại chế độ rửa lọc, hoặc tăng cao mép máng thu nước rửa lên hoặc giảm cường độ rửa lọc.

Ví dụ tính toán:

Tính toán bể điều hoà và bơm tuần hoàn nước rửa lọc cho nhà máy nước công suất 12.000 m³/ngày = 500 m³/h, có 5 bể lọc, diện tích 1 bể 20m². Rửa lọc bằng gió nước đồng thời, bể lọc ngày rửa một lần, một ngày rửa 5 bể. Thời gian rửa hai bể kế tiếp nhau là 1 giờ, năm bể rửa trong 5 giờ.

Giải:

- Chọn lưu lượng tuần hoàn:

$$q_{th} \leq 5\%Q \leq \frac{500}{20} = 25\text{m}^3/\text{h}$$

- Lượng nước rửa trong 1 ngày $W = n \times 2,1 F = 5 \times 2,1 \times 20 = 210\text{m}^3$

$$q_{th} > \frac{210}{24} = 8,75\text{m}^3$$

Chọn lưu lượng bơm tuần hoàn $q_{th} = 15\text{m}^3/\text{h}$

Thể tích bể điều hoà tính theo (17.3):

$$V = nV_r - nq_{th} \times t = 5 \times 2,1 \times 20 - 5 \times 15 \times 1 = 135\text{m}^3$$

Bể tròn, cao 3m. Diện tích mặt bằng:

$$f = \frac{135}{3} = 45\text{m}^2$$

$$D = 7,5\text{m}; H = 3\text{m}.$$

2. Hồ cô đặc, nén và phơi khô bùn

Hồ cô đặc, nén và làm khô bùn phải có dung tích đủ chứa lượng bùn từ nhà máy nước xả ra trong 4 đến 6 tháng mùa lũ.

- Chiều sâu hồ thường chọn 1,2 - 1,8m.
- Đáy hồ có độ dốc 1 - 2% về phía cửa tháo nước ra.
- Hình dáng mặt bằng của hồ có thể bất kỳ, nhưng tốt nhất là hình chữ nhật, chiều dài lớn hơn bốn lần chiều rộng.
- Thành và đáy hồ lát đá hộc miết mạch xi măng hoặc lát bê tông tấm, miết mạch bằng vữa xi măng atsfan để chống sỏi lở và ngăn không cho nước bản thấm vào nguồn nước ngầm.

• Đáy hồ đổ lớp sỏi cỡ hạt 16 - 32mm, dày 200mm, trong lớp sỏi đặt hệ thống ống khoan lỗ, cấu tạo hình xương cá để rút nước. Trên lớp sỏi đổ hai lớp sỏi nhỏ, lớp thứ nhất đường kính 4 - 8mm, dày 100mm; lớp thứ hai đường kính 1 - 2mm, dày 100mm.

Hệ thống thu nước làm bằng ống nhựa loại rẻ tiền, vì ống hay bị tắc trít, và khi lấy cạn ra khỏi hồ thường bị phá hỏng, hàng năm phải thay mới. Xây dựng ít nhất là hai hồ, chung quanh hồ phải có đường ô tô có thể đi lại để vận chuyển bùn, tốt nhất cạnh hồ nên có bãi trung chuyển bùn, bùn khô vét từ hồ lên tập trung ở bãi chung chuyển, ô tô lấy bùn từ bãi chung chuyển đem đi chôn lấp.

• Vận tốc nước bùn chảy trong ống dẫn từ cửa xả của bể lắng vào hồ không nhỏ hơn 0,75m/s.

• Diện tích mặt hồ tính theo tải trọng nén bùn trong thời gian 3 - 5 tháng từ 100 kg/m² đến 120 kg/m² tính theo lượng bùn khô.

• Đầu hồ phía đưa nước bùn vào phải đặt thiết bị để giảm vận tốc nước, tránh xói bùn đã lắng trong hồ.

• Thường xuyên tháo hoặc bơm lớp nước trong trên mặt lớp bùn lắng ra khỏi hồ.

Khi hồ đã chứa đầy bùn cạn, đem bơm chìm di động, đặt vào hố tập trung nước ở đầu ra, bơm hết nước để làm khô lớp cạn chứa trong hồ, khi trên mặt bùn xuất hiện các vết nứt nẻ sâu 10 - 20cm có thể xúc bùn khô ra ngoài, sau đó chỉnh sửa lại các lớp sỏi đỡ và hệ ống rút nước ở đáy hồ, rồi cho hồ trở lại làm việc.

• Để làm khô cạn có thể xây dựng sân phơi bùn hay sử dụng, máy ép bùn kiểu băng tải, tính toán và chỉ tiêu thiết kế xem tài liệu "Tính toán thiết kế các công trình xử lý nước thải" Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2000.

Ví dụ tính toán:

Tính toán thiết kế hồ cô đặc, nén và làm khô bùn cho nhà máy xử lý nước cấp cho sinh hoạt công suất 20.000 m³/ngày. Nguồn nước sông: độ đục 4 tháng mùa lũ C_o = 500 mg/l; 8 tháng mùa khô C_o = 50 - 300 mg/l.

- Liều lượng phèn pha vào nước a = 30 mg/l. Độ màu M = 10 độ.
- Liều lượng phèn vôi để kiềm hoá b = 10mg/l, lượng cặn không tan 7 g/m³.
- Nhà máy thiết kế bể lắng trong có lớp cặn lơ lửng, ngày xả cặn 1 lần.

Giải:

Lượng cặn khô xả ra hàng ngày tính theo (17.1).

$$G = \frac{Q(C_1 - C_2)}{1000}, \quad (\text{kg})$$

$$Q = 20.000 \text{ m}^3/\text{ngày}; \quad C_2 = 10 \text{ g/m}^3$$

$$C_1 = C_o + Ka_p + 0,25M + B = 500 + 0,55 \times 30 + 0,25 \times 10 + 7 = 525 \text{ g/m}^3$$

$$G = \frac{20.000(525 - 10)}{1000} = 10.300 \text{ kg/ngày}$$

Lượng bùn cần nén trong bốn tháng mùa lũ:

$$G_2 = 4 \times 30 \times 10.300 \text{ kg} = 1.236.000 \text{ kg}$$

Diện tích mặt hồ cần thiết:

$$F = \frac{G_2}{a} = \frac{1.236.000 \text{ kg}}{110 \text{ kg/m}^3} = 11.236 \text{ m}^2$$

Chọn hồ hình chữ nhật: chiều rộng bằng 1/4 chiều dài

$$4B^2 = 11.236 \text{ m}^2 \rightarrow B = 53 \text{ m}; \quad L = 53 \text{ m} \times 4 = 212 \text{ m}$$

- Bùn chứa trong hồ bốn tháng, đến mùa khô, rút nước ra khỏi hồ, để phơi bùn trong ba tháng, nồng độ bùn khô đạt 25%, tỷ trọng bùn $\gamma = 1,2 \text{ t/m}^3$.

Thể tích bùn khô trong hồ:

$$V = \frac{G_2}{\gamma} = \frac{1.236}{1,2} = 1030 \text{ m}^3$$

- Chiều cao bùn khô trong bể:

$$h = \frac{1030}{11236} = 0,092 \text{ m}$$

Lượng cặn khô xả ra hàng ngày G = 10.300 kg, nồng độ cặn: 0,4% tỷ trọng 1,011 t/m³.

Trọng lượng dung dịch cần xả ra hàng ngày

$$G_3 = \frac{10.300\text{kg} \times 100}{0,4} = 2.575.000\text{kg} = 2.575 \text{ tấn}$$

Thể tích bùn loãng xả ra trong 1 ngày:

$$V = \frac{2.575}{1,011} = 2.546,98 = 2.547\text{m}^3$$

Chiều cao bùn loãng trong hồ:

$$h = \frac{2.547}{11.236} = 0,227\text{m}$$

Chiều sâu phân chứa cặn: $h_{\text{cặn}} = 0,227 + 0,092 = 0,319\text{m}$

Nếu chiều sâu của hồ

$$H = h_{\text{đáy}} + h_{\text{chứa cặn}} + h_{\text{dự trữ}} = 1,5\text{m}$$

Trong đó:

$h_{\text{đáy}}$ - gồm chiều cao 3 lớp sỏi = 0,4m;

$h_{\text{dự trữ}}$ - gồm chiều cao dự trữ = 0,3m

$h_{\text{chứa cặn}} = H - h_{\text{đáy}} - h_{\text{dự trữ}} = 1,5 - 0,4 - 0,3 = 0,8\text{m}$

Hồ có thể chứa cặn trong hai mùa lũ, tức hai năm vét hồ một lần. Trong nhà máy làm hai hồ chiều rộng mỗi hồ $B = 53\text{m}$.

Tổng chiều rộng hai hồ = $2B + 3C = 2 \times 53 + 15 = 121\text{m}$.

C - chiều rộng một làn xe tải = 5m.

Tổng chiều dài $L = 1 + 2C = 212 + 10 = 222\text{m}$

Phải có biện pháp chống rong rêu và muỗi phát sinh trong hồ.

Chương 18

QUY HOẠCH VÀ BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

18.1. TẦM QUAN TRỌNG CỦA CÔNG VIỆC

Nhà máy xử lý nước là thành phần quan trọng trong hệ thống các công trình cấp và phân phối nước. Nhà máy nước là trung tâm điều khiển để đảm bảo số lượng và chất lượng nước cấp của hệ thống, vì thế công tác quy hoạch và bố trí mặt bằng nhà máy nước, bố trí các công trình phụ trợ là công việc rất quan trọng để cho công tác vận hành là kinh tế nhất và công việc quản lý bảo dưỡng được dễ dàng nhất. Nếu chọn sai vị trí và bố trí sắp xếp các công trình trong nhà máy không hợp lý có thể dẫn đến chi phí lớn trong xây dựng và hao tổn năng lượng trong quá trình vận hành, đôi khi dẫn đến giảm số lượng và chất lượng nước cấp.

18.2. CHỌN VỊ TRÍ NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

18.2.1. Các điều kiện cần xem xét

Khi xem xét chọn vị trí nhà máy xử lý nước phải dựa vào các yếu tố sau:

- 1) Quy hoạch chung cư khu vực cấp nước và hướng phát triển của khu vực.
- 2) Các điều kiện thuận lợi và hạn chế của môi trường xung quanh.
- 3) Các công trình thành phần nằm trong nhà máy xử lý nước.
- 4) Điều kiện địa hình, địa chất, thủy văn tại khu đất định chọn.
- 5) Tác động của môi trường xung quanh đến nhà máy và tác động của nhà máy đến môi trường xung quanh.

18.2.2. Các điều kiện quy hoạch và cảnh quan môi trường

Đây là nhân tố chính cần xem xét cân nhắc khi tiến hành quy hoạch hệ thống cấp nước cho các thành phố, thị xã, khu công nghiệp lớn, vị trí của nhà máy nước cần được tính toán cho phù hợp với yêu cầu trước mắt và tương lai, phù hợp với phương hướng và tốc độ phát triển của các khu vực sử dụng nước, xem xét đến khả năng thay đổi chất lượng nguồn nước thô trong tương lai, để chọn vị trí và khu đất có thể dễ dàng xây dựng bổ sung các công trình xử lý mới. Vị trí nhà máy nước phải phù hợp với cảnh quan của môi trường xung quanh và phù hợp với áp lực kinh tế của máy bơm và ống dẫn nước thô, máy bơm và ống dẫn nước sạch.

18.2.3. Các công trình thành phần nằm trong nhà máy xử lý nước

Khi chọn mặt bằng khu đất để xây dựng nhà máy nước phải xác định được trước các công trình xử lý cần xây dựng, các công trình phụ trợ cần thiết cho quá trình vận hành bảo dưỡng và quản lý nhà máy, diện tích cần thiết dành cho mỗi công trình đơn vị, hướng phát triển trong tương lai. Sơ bộ có thể xem xét các vấn đề sau:

- a) Công suất của nhà máy - đợt một và các đợt xây dựng trong tương lai.
- b) Dây chuyền xử lý: đợt đầu và trong tương lai khi chất lượng nguồn nước có biến động.
- c) Kho dự trữ hoá chất ở dạng khô hay dạng ướt, phương thức vận chuyển vào kho.
- d) Bể chứa nước xả rửa lọc, tuần hoàn lại hay xử lý để xả ra hạ lưu công trình thu nước.
- e) Xử lý cặn của bể lắng, dùng hồ chứa cặn hay các công trình xử lý cặn cơ giới.
- f) Bể chứa nước sạch đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy, công suất và diện tích của bể chứa.
- g) Vị trí của trạm bơm nước thô, trạm bơm nước sạch.
- h) Cung cấp điện: dùng điện của khu vực qua trạm biến thế đặt trong khu vực nhà máy hay đặt ngoài. Nguồn điện dự phòng là điện lưới khu vực hay trạm phát điện diesel kể cả kho chứa nhiên liệu đốt.
- i) Công trình thu nước đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy.
- k) Trụ sở Công ty cấp nước các bộ phận kinh doanh và hành chính đặt trong hay ngoài khu vực nhà máy.

Nghiên cứu các vấn đề trên để tính toán sơ bộ diện tích khu vực nhà máy kể cả diện tích mạng lưới đường giao thông nội bộ đường vào nhà máy, độ dốc đường mái dốc ta luy, diện tích kho bãi để ống và phụ tùng xưởng sửa chữa nếu cần, diện tích trồng cây cảnh và cây xanh tạo cảnh quan và bảo vệ sinh thái khu vực.

Sơ bộ có thể chọn diện tích xây dựng nhà máy nước theo bảng (18.1).

Bảng 18.1. Diện tích cần thiết để xây dựng nhà máy nước theo dây chuyền công nghệ truyền thống không kể diện tích bể chứa nước sạch, hồ chứa và nén cặn của bể lắng, không kể diện tích khu nhà hành chính của Công ty cấp nước

Công suất nhà máy xử lý nước $\times 1000 \text{ m}^3/\text{ngày}$	Diện tích xây dựng cần thiết tính theo (ha)
Nhỏ hơn 5	1
5 đến 20	2
21 đến 35	3
36 đến 50	4
Lớn hơn 50	Phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể

18.2.4. Các điều kiện địa hình địa chất, thủy văn

Các điều kiện địa hình, địa chất và thủy văn cần xem xét là:

1. Quan hệ giữa công trình thu, trạm bơm nước thô, nhà máy xử lý và hệ thống mạng lưới phân phối nước

- Ở các nhà máy xử lý nước ngầm: nguồn nước thô lấy từ các giếng mạch sâu nên chọn vị trí đặt nhà máy nước nằm giữa hoặc càng gần khu vực bãi giếng khai thác càng tốt.

Vì: - Giảm được áp lực đẩy của các bơm chìm đặt trong giếng.

- Ống dẫn nước thô ít bị tắc, trít do lắng đọng cát và cặn sắt.

- Ở các nhà máy sấy nước mặt: vị trí nhà máy nước có thể đặt cùng khu vực với trạm bơm nước thô hoặc đặt ở quãng giữa trạm bơm nước thô và mạng lưới phân phối, tùy thuộc vào điều kiện địa hình và áp lực đẩy cho phép của trạm bơm nước thô và trạm bơm nước sạch, vì khi tăng áp lực ở trạm bơm lên lớn hơn 70m, đường ống ngoài trạm bơm phải chịu áp lực làm việc lớn hơn 6 kG/cm² phải chọn ống có chất lượng cao hơn, giá thành tăng cao.

2. Điều kiện thủy lực

Cao độ và địa hình khu vực đặt nhà máy xử lý nước tốt nhất là thoả mãn điều kiện nước tự chảy từ công trình đầu đến công trình cuối mà ít phải đào, đắp, độ dốc tự nhiên của khu đất có thể tạo ra độ chênh từ 4,5 đến 7m là tốt nhất. Nếu có các đồi để đặt nhà máy nước, với đủ diện tích mặt bằng và đường dẫn lên nhà máy có độ dốc không quá 9%, có độ cao đủ để nước tự chảy vào mạng lưới và áp lực trạm bơm nước thô không vượt quá 7 kG/cm² thì nên chọn các vị trí này.

3. Đường vào nhà máy

Nhà máy nước nên đặt ở khu vực có đường giao thông thuận tiện, ít phải làm đường mới, và đường mới làm phải phù hợp với quy hoạch mạng lưới giao thông của khu vực, thuận tiện cho việc vận chuyển nguyên vật liệu khi xây dựng và vận chuyển hoá chất, thiết bị khi quản lý vận hành sau này.

4. Bảo vệ chống lũ lụt

Cao độ khu vực đặt nhà máy nước luôn phải cao hơn cốt đỉnh lũ 100 năm xảy ra một lần.

5. Điều kiện địa chất và cao độ mực nước ngầm

Khi chọn vị trí nhà máy nước nên tránh những khu đất có mực nước ngầm cao, là bãi lấp của đầm lầy trước đây, hoặc các bãi đá học, đá tảng, để tiết kiệm tiền đầu tư xây dựng nhà máy.

6. Điều kiện cung cấp điện và dịch vụ điện thoại

Vị trí đặt nhà máy nước nên chọn ở khu vực gần đường điện quốc gia hoặc lưới điện khu vực và có đường cáp điện thoại đi gần để giảm kinh phí xây dựng.

18.2.5. Đánh giá tác động môi trường

Khi lựa chọn địa điểm nhà máy xử lý nước phải xem xét các vấn đề môi trường sau:

1. Tác động của nhà máy nước đến môi trường xung quanh

Tiếng ồn và bụi, ảnh hưởng đến đất, rác thải ra khu vực chung quanh khi xây dựng nhà máy.

Bụi của vôi, độ an toàn khi vận chuyển và định lượng clo đến môi trường xung quanh trong quá trình quản lý vận hành nhà máy, ảnh hưởng của tiếng ồn của máy bơm, máy gió trong quá trình quản lý vận hành nhà máy.

Ảnh hưởng của nước thải, bùn thải của nhà máy đến cây trồng và nguồn nước của khu vực chung quanh.

2. Ảnh hưởng của môi trường bên ngoài đến nhà máy

- Các loại khói bụi sinh hoạt và công nghiệp ảnh hưởng đến nhà máy.
- Ảnh hưởng của các loại rác thải và nước thải của khu vực chung quanh.
- Độ rung của xe tải và các máy móc lớn khi xây dựng và khai thác khu vực xung quanh.
- Điều kiện địa chấn và động đất.
- Theo quy định của luật môi trường Việt Nam, việc chọn vị trí công trình thu, vị trí nhà máy xử lý nước phải có báo cáo đánh giá tác động môi trường và báo cáo phải được các cấp có thẩm quyền phê duyệt.

18.3. BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC

18.3.1. Các tài liệu cần có

Khi bố trí mặt bằng nhà máy nước phải dựa vào các tài liệu sau:

- Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước đã được chọn và các công trình bổ sung cần thiết (nếu có) trong tương lai.
- Kích thước model đơn nguyên các công trình xử lý phục vụ cho các đợt xây dựng phát triển nâng công suất nhà máy.
- Hệ thống ống, máng dẫn và phân phối để đảm bảo phân phối và thu đều nước giữa các bể lắng, và giữa các bể lọc với nhau.
- Sơ đồ đường ống dẫn nước giữa các công trình, sơ đồ hệ thống ống dẫn hoá chất, hệ thống cáp điện và điện thoại, mạng lưới thoát nước nội bộ.

- Các yêu cầu và các công trình phục vụ khác như: kho hoá chất, bãi để vật liệu, đường giao thông và vận chuyển nội bộ, nhà điều hành trung tâm, hồ lắng và xử lý cặn, nước thải.

18.3.2. Các yêu cầu khi bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước

a) Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước và trắc dọc cao trình mực nước trong các công trình xử lý kế tiếp nhau theo chiều nước chảy

Sơ đồ dây chuyền công nghệ và trắc dọc cao độ mực nước phải thể hiện được các nội dung sau:

1. Tất cả các cao trình trong dây chuyền xử lý phải được thể hiện đầy đủ và chính xác theo trình tự kế tiếp nhau.

2. Đường ống kỹ thuật nối các công trình theo chiều nước chảy.

3. Đường ống dẫn hoá chất và điem cho hoá chất vào trộn với nước.

4. Vị trí của các đồng hồ đo lưu lượng, đo áp lực và lấy mẫu kiểm tra chất lượng nước.

5. Vị trí của các trạm bơm, máy thổi gió.

6. Trên sơ đồ cao trình ghi rõ cốt cao độ mực nước cốt đỉnh, cốt đáy của từng công trình đơn vị, làm cơ sở cho công tác san nền và thoát nước khi thiết kế mặt bằng nhà máy (xem hình 18.1).

b) Bố trí đầy đủ lối đi để kiểm tra, vận hành và quản lý tất cả các công trình đơn vị trong nhà máy nước cụ thể

1. Lối đi và chỗ đủ rộng để đóng mở, thay thế phụ tùng van, khoá và thiết bị, chỗ nâng cầu khi sửa chữa.

2. Lối đi bao quanh bể lọc, bể lắng, bể phản ứng tạo bông cặn chiều rộng tối thiểu 70mm và phải có lan can tay vịn làm bằng bê tông hoặc thép không gỉ.

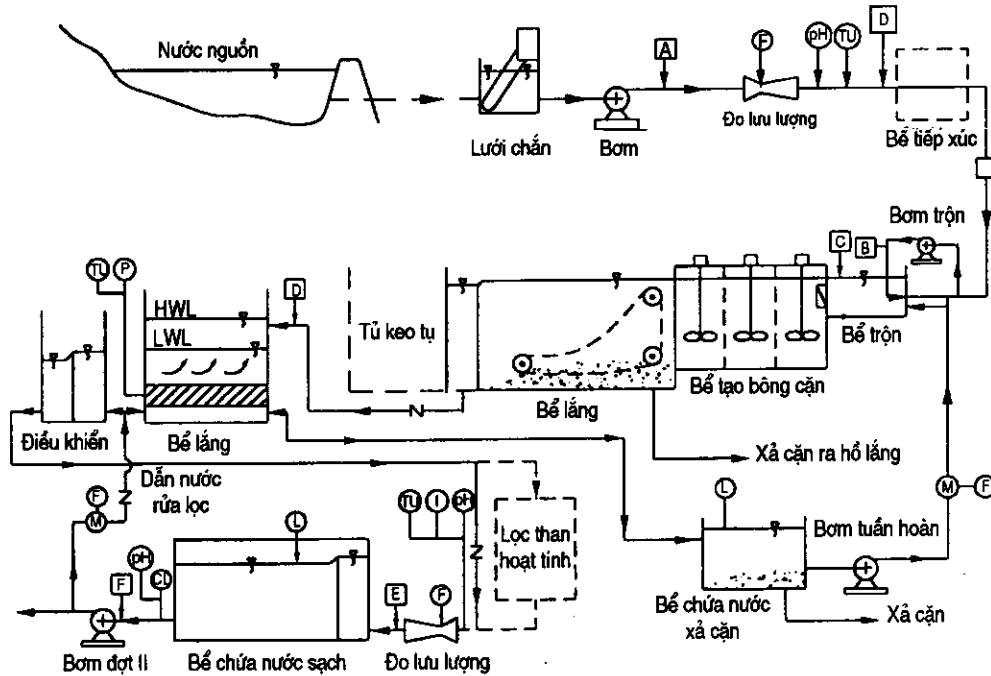
3. Các thang và bậc thang lên công trình phải có chiều rộng tối thiểu 750mm, chiều rộng mỗi bậc 190 - 250mm.

4. Nhà đặt máy phát điện dự phòng và kho nhiên liệu phải ở xa trung tâm điều khiển vận hành để tránh tiếng ồn và có khoảng cách ly phòng cháy an toàn.

5. Bố trí các điểm lấy nước áp lực ở những vị trí hợp lý để cọ rửa bể lắng, bể lọc, bể tạo bông và cọ rửa lối đi.

6. Bố trí bãi để chứa vật liệu lọc khi cần, thay thế.

7. Các mương đặt ống hoá chất, cấp điện, ống nước kỹ thuật phải có độ dốc thoát nước tốt để thoát ra hệ thống cống.



Hình 18.1: Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước (ví dụ)

- Ghi chú:** — các công trình xây dựng đợt 1.
 ---- công trình có thể bổ sung trong tương lai.
 A - hoá chất để oxy hoá sơ bộ có thể là clo, ozôn;
 B - phèn;
 C - chất kiềm hoá;
 D - chất hấp phụ có thể là bột than hoạt tính;
 E - clo sát trùng

c) Có đủ đất dự phòng cho các đợt phát triển trong tương lai.

d) Các đường ống dẫn hoá chất nên bố trí để có chiều dài ngắn nhất và không bị gấp khúc, nên bố trí trong một mương dẫn chung cho cả hệ ống phục vụ.

Để thực hiện được quy định này, nên bố trí nhà pha định lượng hoá chất gần với bể trộn. Đầu các ống dẫn hoá chất phải được nối với đường ống kỹ thuật dẫn nước áp lực, để thổi xả thông tắc ống khi cần (nhất là ống dẫn với sữa).

e) Các công trình vệ sinh như: ống dẫn bùn cặn, bể xi tụt hoại, nhà vệ sinh phải kín nước, và đặt xa các công trình xử lý

Trong nhà máy phải bố trí đủ nhà và thiết bị vệ sinh phục vụ cho người vận hành và quản lý, ở những nhà máy lớn phải có nhà vệ sinh phục vụ khách tham quan.

18.3.3. Các công trình phụ trợ

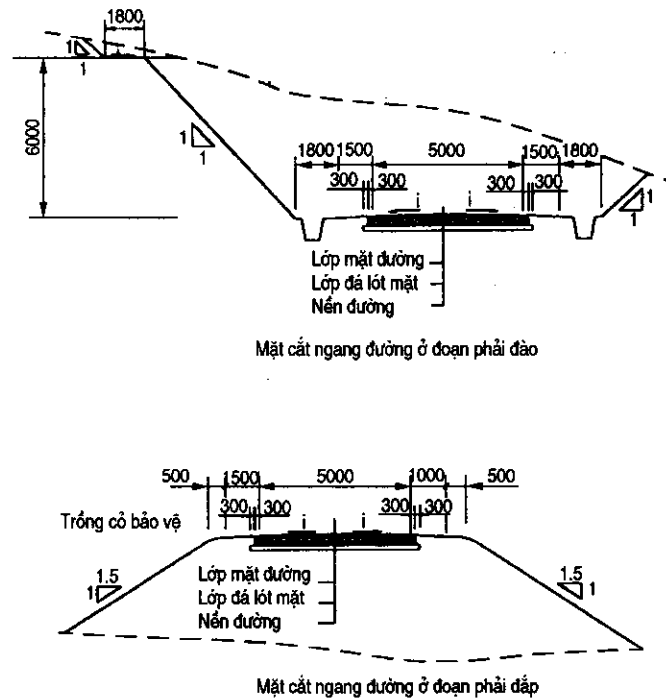
1. Đường quản lý

Đường đi vào nhà máy và đường giao thông trong nội bộ nhà máy phải là đường nền đá, mặt tráng nhựa hay bê tông. Đường chính đi vào nhà máy phải có chiều rộng lòng đường 5m, dọc hai bên đường để chiều rộng 1,5m mỗi bên làm thảm cỏ. Độ dốc mặt đường phải nhỏ hơn 9%. Đường giao thông trong nội bộ nhà máy và đường ra công trình thu nước có chiều rộng lòng đường 4m, hai bên lề đường đặt các tấm bó vỉa bằng bê tông đúc sẵn để ngăn cản lòng đường và thảm cỏ hai bên, tạo điều kiện tốt cho việc thu và thoát nước mưa ở mặt đường.

Tất cả các công trình trong nhà máy phải đặt cách mép bó vỉa hai bên đường ít nhất một mét. Đường nội bộ có bán kính quay 15m và lớn hơn tùy thuộc vào chiều dài xe tải chở ống, phụ tùng thiết bị và hoá chất. Tại điểm kết thúc của đường phải có bãi đủ rộng để quay xe. Ta luy hai bên đường ở các đoạn đào hoặc đắp phải được trồng cỏ dày mịn để giữ đất, chống xói lở và tạo cảnh quan. Hình 18.2 giới thiệu mặt cắt ngang điển hình của đường.

2. Nhà và bãi để xe

Trong nhà máy nước phải có nhà để xe đạp, xe máy của cán bộ công nhân vận hành và bãi để xe cho khách là cán bộ cấp trên xuống làm việc, cán bộ kiểm tra của các ngành liên quan như: vệ sinh dịch tễ, môi trường, điện lực và của khách tham quan.



Hình 18.2: Mặt cắt ngang của đường

3. Trồng cây tạo cảnh quan

- Trồng cỏ cây cảnh ở tất cả các bãi trống (trừ bãi để vật liệu lọc, sân bóng chuyền, cầu lông, tennis) để chống bụi và tạo cảnh quan sạch, đẹp.
- Trồng cây hai bên đường vào và đường đi chính trong nhà máy lưu ý không cho lá rụng, quả rụng rơi vào các công trình xử lý và kho chứa hoá chất.
- Có sân bãi trước nhà điều hành để trồng cột cờ, và tổ chức mít tinh khi cần.

4. Hệ thống thoát nước mưa

Các bãi cỏ, bãi để vật liệu và mặt đường phải có độ dốc để nước mưa chảy đến cửa thu của hệ thống thoát nước mặt, đặt dọc theo đường hoặc cắt ngang các bãi. Khoảng cách giữa các hố thăm trên hệ thống thoát nước không được lớn hơn 40m. Các hố thăm phải được đậy kín bằng tấm đan bê tông hoặc nắp gang đúc sẵn. Độ dốc tối thiểu của cống thoát là 0,5%.

Khi cống thoát nước có độ dốc lớn hơn 30% phải làm giếng chuyển bậc và hệ máng tiêu năng để giảm bớt lực xói lở của dòng chảy. Nước mưa được xả ra hồ lắng bùn hoặc vào suối, mương dẫn xuống phía hạ lưu công trình thu nước. Cống dẫn dung dịch bùn xả từ bể lắng ra, ống dẫn nước xả rửa lọc, nước xả khi tháo khô các công trình phải được thiết kế tuân theo các điều chỉ dẫn trong thiết kế mạng lưới ống thoát nước bản.

5. Mạng lưới ống cấp nước

Trong nhà máy nước phải có mạng lưới cung cấp nước kỹ thuật và sinh hoạt. Nước sạch lấy từ bể chứa hoặc đài chứa nước rửa lọc cấp cho các nhu cầu: pha hoá chất, làm vệ sinh các công trình xử lý, cấp cho các nhà vệ sinh và sinh hoạt ăn uống tắm rửa của công nhân quản lý vận hành.

Trên mạng cấp nước đặt các họng lấy nước cứu hoả $\Phi 100$ theo yêu cầu và tiêu chuẩn phòng chữa cháy của cơ quan cứu hoả địa phương. Mạng ống cấp nước trong nhà máy có thể làm bằng ống sắt tráng kẽm, ống gang dẻo, hoặc ống nhựa.

6. Cổng và hàng rào bảo vệ

Hàng rào bảo vệ chung quanh nhà máy cao hơn 2,5m đỉnh hàng rào có móc thép nhọn chống vượt tường cả hai phía từ ngoài vào và từ trong ra. Nếu trụ sở công ty và bộ phận kinh doanh, hành chính đóng trong khu vực nhà máy nước thì phải xây tường cách ly giữa hai khu vực, tường cao từ 1,5m trở lên, chỉ để một cửa thông giữa hai khu có chiều rộng $B \leq 3m$. Cổng vào nhà máy làm hai cửa: cửa chính rộng 5m để xe ô tô đi qua và cửa bên rộng 1m để công nhân đi ra vào trong các ngày làm việc. Cạnh cổng chính có nhà thường trực, bảo vệ, nên có nhà vệ sinh gần cạnh nhà bảo vệ.

18.3.4. Hệ thống cấp điện và thông tin liên lạc

Trạm biến thế điện nên đặt gần trạm bơm nước sạch là công trình có công suất tiêu thụ điện lớn nhất, có vị trí thuận tiện và an toàn để dẫn cáp cao thế từ ngoài vào, có khoảng cách ly bảo vệ và đường vào kiểm tra an toàn do Sở điện lực quy định.

Nhà máy nước phải có nguồn điện dự phòng, nếu không phải có trạm máy phát Diesel riêng. Hệ thống cột điện chiếu sáng trong và xung quanh nhà máy được thiết kế theo tiêu chuẩn nhà máy sản xuất công nghiệp. Trong nhà máy nước phải có mạng lưới điện thoại nội bộ qua tổng đài, đảm bảo liên lạc tốt nhất với bên ngoài và giữa các bộ phận với nhau.

18.3.5. Nhà quản lý điều hành

Nhà quản lý điều hành đặt trong nhà máy nước để thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Quản lý và phối hợp vận hành giữa các công trình xử lý.
- Điều hành về mặt hành chính các hoạt động của nhà máy.
- Quản lý kỹ thuật thuộc lĩnh vực xử lý nước.
- Là công trình có khả năng tạo dáng kiến trúc, mỹ quan cho nhà máy.

Trong nhà điều hành thường có các phòng sau:

- Tiền sảnh nơi trưng bày mô hình, nội quy và các chỉ dẫn cần thiết của nhà máy, là nơi tập kết, chờ đợi của khách từ ngoài đến làm việc và khách thăm quan. Trước tiền sảnh nên có sân và có vị trí để cột cờ.

- Các phòng phục vụ công tác quản lý: như hành chính, kỹ thuật, lưu trữ v. v...
- Phòng thí nghiệm.
- Kho để thiết bị chuyên dùng.
- Xưởng sửa chữa thiết bị, phụ tùng.
- Nhà vệ sinh, nam, nữ.

Diện tích các phòng bố trí trong nhà điều hành có thể tham khảo số liệu trong bảng (18.2).

Bảng 18.2. Diện tích yêu cầu của các phòng bố trí trong nhà điều hành (tính bằng m²)

Công suất nhà máy (m ³ /ngày)	Tiền sảnh	Hành chính	Phòng thí nghiệm	Kho	Xưởng cơ điện	Phòng thư viện, lưu trữ	Phòng kỹ thuật	Phòng họp	Phòng trực giao ca
Nhỏ hơn 5.000	15	10	15	10	20	10	10	20	15
5.000-30.000	20	10	20	15	25	10	15	20	15
31.000-50.000	30	15	30	15	35	15	15	25	20

Nhà tắm và phòng vệ sinh bố trí theo tầng nhà

18.3.6. Nhà hoá chất

Các nhà kho dự trữ hoá chất, gian đặt các bể pha và thiết bị định lượng cho mỗi loại hoá chất, nên có vách ngăn cách biệt nhau và có đường xe vận chuyển vào riêng biệt cho từng loại hoá chất. Nhà hoá chất nên đặt cạnh bể trộn, cuối hướng gió, có các thiết bị an toàn chống cháy nổ thích hợp.

18.3.7. Bể chứa nước rửa lọc, bể lắng bùn

Bể chứa để tuần hoàn lại nước rửa lọc nên đặt gần cụm xử lý, bể lắng cạnh xả từ các công trình xử lý ra nên đặt ra ngoài hàng rào nhà máy và có cửa xả ra suối hoặc kênh dẫn xuống hạ lưu công trình thu nước.

18.4. TRẠM BƠM ĐỢT II VÀ BỂ CHỨA NƯỚC SẠCH

18.4.1. Bể chứa nước sạch

Nước dùng để rửa bể lọc, pha hoá chất, phục vụ vệ sinh, dự trữ cứu hoả, được chứa trong bể chứa nước sạch hoặc đài nước rửa lọc. Thể tích nước cần thiết cho tiếp xúc khử trùng, dung tích nước điều hoà cho mạng lưới được chứa trong bể chứa nước sạch, dung tích và vị trí của bể chứa nước sạch được xác định theo yêu cầu chung của toàn hệ thống cấp nước. Nếu bể chứa nước sạch đặt trong khu vực nhà máy nước thì nên đặt gần bể lọc và gần trạm bơm đợt II. Cốt mực nước trong bể chọn phù hợp với điều kiện địa hình, cao độ mực nước ngầm và có thể tự mỗi cho các máy bơm đợt II.

18.4.2. Trạm bơm đợt II

Trạm bơm đợt II thường được thiết kế để đặt các máy bơm, phân phối nước ra mạng tiêu thụ, bơm nước rửa lọc, bơm nước kỹ thuật, máy gió rửa lọc và các tủ điện điều khiển ...

Thiết kế bố trí các máy bơm, thiết kế trạm bơm phụ thuộc vào số lượng, kích thước của bơm, đáp ứng việc phân phối nước theo yêu cầu về công suất và độ tin cậy (xem trang tài liệu thiết kế và vận hành trạm bơm).

Khi bố trí vị trí trạm bơm II trong nhà máy xử lý nước nên xét các yêu cầu sau:

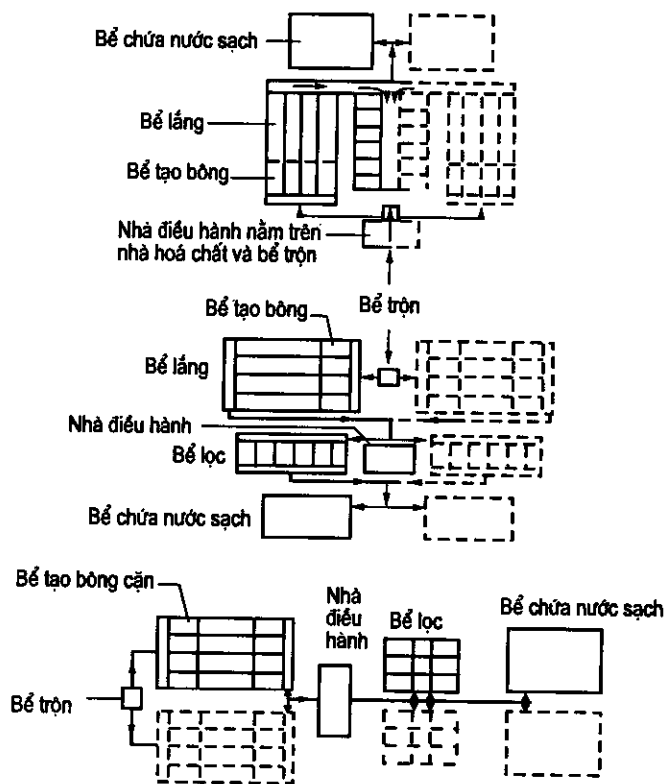
- Diện tích choán chỗ và chiều cao của trạm bơm.
- Cao độ trục bơm so với cốt mực nước thấp nhất trong bể chứa.
- Cốt nền trạm bơm.
- Chọn vị trí trạm bơm thuận tiện và an toàn cho việc bố trí các tuyến cáp điện, ống hút và ống đẩy, chừa hành lang sửa chữa thiết bị trên ống.
- Lối vào và cửa đủ rộng để xe tải có thể tiếp cận trạm bơm. Khi cần tháo dỡ bóc xếp máy bơm và phụ tùng trong quá trình sửa chữa và thay thế các bộ phận của trạm bơm.
- Trước trạm bơm phải có vị trí để đặt các thiết bị hoặc tháp chống va.
- Trạm bơm phải có không gian dự trữ cho các đợt phát triển trong tương lai.
- Trạm bơm và nhà điều hành. là hai công trình tạo dáng kiến trúc và cảnh quan chung cho nhà máy xử lý nước.

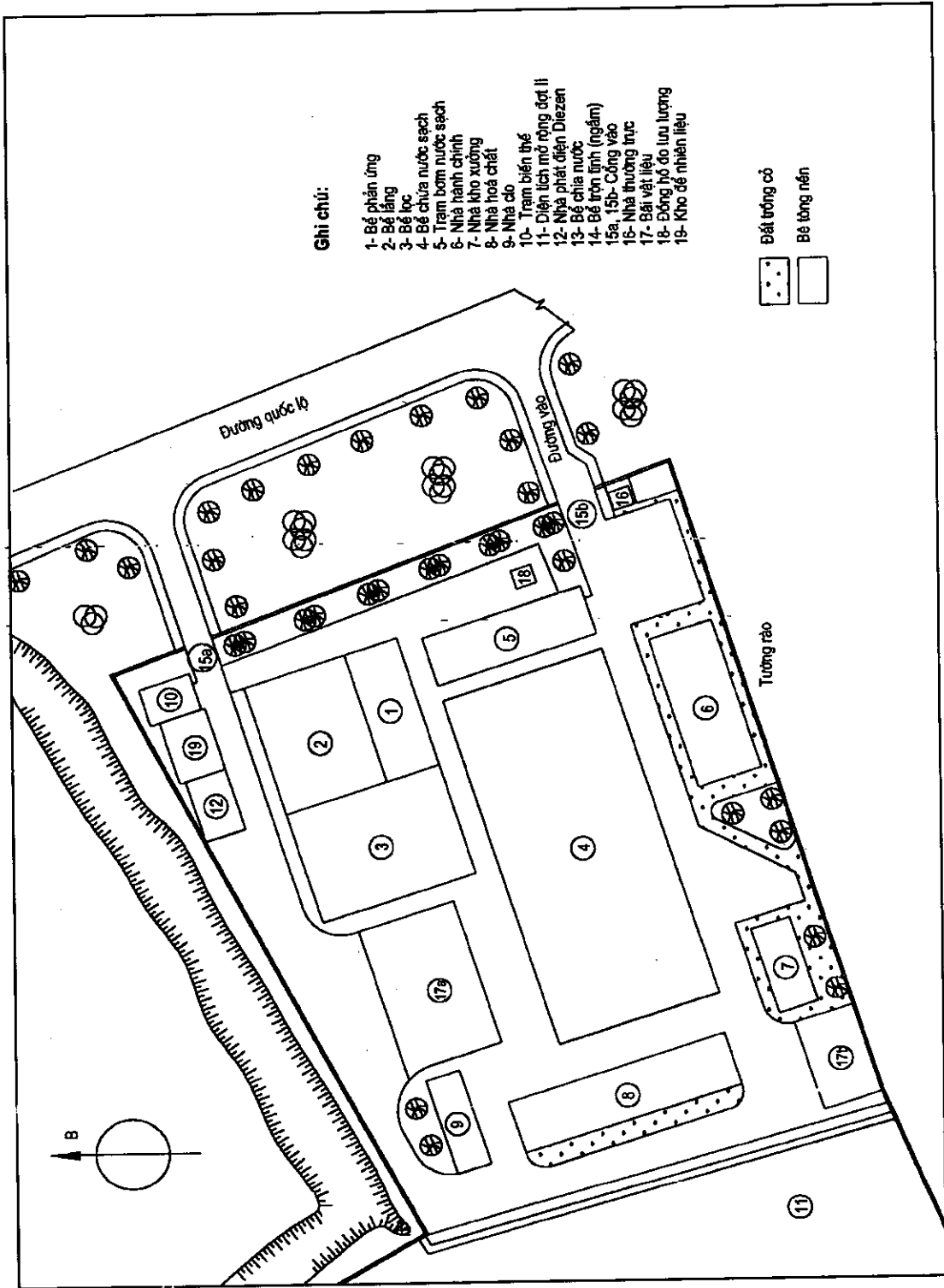
18.5. TÓM TẮT CÁC YÊU CẦU BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY NƯỚC

Khi bố trí mặt bằng nhà máy nước nên xem xét tám yêu cầu cơ bản sau:

- *Thứ nhất:* Kinh phí chuẩn bị mặt bằng là ít nhất, kết cấu móng công trình bền vững và ít tốn kém, công tác đào đắp là ít nhất.
- *Thứ hai:* Thi công dễ dàng nhất, tránh đặt đường ống quá sâu và cắt ngang các công trình.
- *Thứ ba:* Tự động phân phối để lưu lượng nước vào các đơn nguyên của công trình.
- *Thứ tư:* Các công trình dễ dàng liên hệ với nhau và có thể tập trung điều khiển, quan sát các công trình trong hệ thống.
- *Thứ năm:* Các công trình có tải trọng khác nhau phải có khoảng cách an toàn chống lún lệch, nứt vỡ công trình.
- *Thứ sáu:* Bố trí giao thông nội bộ hợp lý thuận tiện trong khai thác, an toàn khi có sự cố khắc phục nhanh hậu quả.
- *Thứ bảy:* Phù hợp với điều kiện khí hậu, có đủ đất để phát triển trong tương lai.
- *Thứ tám:* Có kiến trúc và cảnh quan phù hợp với kiến trúc và cảnh quan môi trường xung quanh, tuân theo luật bảo vệ môi trường trên.

Hình (18.3) giới thiệu ba cách bố trí mặt bằng cụm xử lý trong nhà máy nước, hình (18.4) giới thiệu cách bố trí mặt bằng nhà máy nước công suất 30.000m³/ngày.





Hình 18.4: Giới thiệu cách bố trí mặt bằng nhà máy nước công suất 30.000m³/ngày

Phụ lục

ĐỘ HÒA TAN, TRỌNG LƯỢNG PHÂN TỬ, ĐƯƠNG LƯỢNG GAM
CỦA MỘT SỐ CHẤT THƯỜNG GẶP TRONG CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC

Tên gọi	Công thức hóa học	Trọng lượng phân tử	Đương lượng gam	Trọng lượng riêng	Độ hòa tan của chất tính bằng gam trong 100 g dung dịch nước
1	2	3	4	5	6
Nhôm	Al	26,97	-	2,7	Hòa tan trong môi trường kiềm, axit HCl và H ₂ SO ₄ . Không hòa tan trong các axit nitơ
Hydroxit nhôm	Al(OH) ₃	77,99	25,996	2,423	1,5.10 ⁻⁴ (ở 20°C)
Sunfat nhôm (không ngậm nước)	Al ₂ (SO ₄) ₃	342,15	57,62	2,7	26,6 (20°C)
Sunfat nhôm (ngậm 18.H ₂ O)	Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	666,42	111,07	1,62	26,6 (20°C)
Kali nhôm	KAl(SO ₄) ₂ .12H ₂ O	474,45	158,15	1,751	5,7 (20°)
Amoniac	NH ₃	17,032	17,032	0,638	1g nước (khi 20°C áp lực 760 mm Hg hòa tan 0,526 g amoniac)
Bari	Ba	137,36	-	3,6	phân hủy nước
Hydroxit bari	Ba(OH) ₂ .8H ₂ O	315,5	157,75	1,66	3,36 tính theo oxit bari (20°C)
Sunfat bari	Ba(SO ₄)	233,5	116,75	4,5	2,3.10 ⁻⁴ (18°C)
Cacbonat bari	BaCO ₃	197,4	98,7	4,3	1,62.10 ⁻⁴ (18°C)
Sắt	Fe	55,84	-	7,86	hòa tan trong axit loãng
Hydroxit sắt hai	Fe(OH) ₂	89,86	44,93	3,4	9,6.10 ⁻³ (18°C)
Hydroxit sắt ba	Fe(OH) ₃	106,86	35,62	-	4,8.10 ⁻⁹ (18°C)
Sunfat sắt hai	FeSO ₄ .7H ₂ O	287,02	139,01	1,89	2 (18°C)
Sunfat sắt ba	Fe ₂ (SO ₄) ₃	399,89	60,55	3,1	-
Clorua sắt hai	FeCl ₂	126,76	63,38	2,99	34,8 (20°C)
Clorua sắt ba	FeCl ₃	162,22	54,07	2,8	47,9 (20°C)
-	FeCl ₃ .6H ₂ O	270,32	90,1	-	47,9 (20°C)
Kali	K	39,104	-	0,86	phân hủy nước
Nitrat kali	KNO ₃	101,11	101,11	2,1	24 (20°C)
Hydroxit kali	KOH	56,11	56,11	2,12	51,7 (15°C)
Sunfat kali	K ₂ SO ₄	174,27	87,135	2,67	10,08 (20°C)

Phụ lục (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6
Clorua kali	KCl	74,56	74,56	1,989	25,5 (20°C)
Canxi	Ca	40,07	-	1,55	phân hủy nước
Sunfat canxi	CaSO ₄	136,14	68,07	2,97	20,2.10 ⁻² (18°C)
Thạch cao	CaSO ₄ .2H ₂ O	172,16	86,08	2,32	20,2.10 ⁻² (18°C)
Cacbonat canxi	CaCO ₃	100,7	50,04	2,71	1.3.10 ⁻³ (18°C)
Photphat canxi	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310,29	51,71	-	-
Hydroxit canxi	Ca(OH) ₂	74,09	37,05	2,08	12,3 tính theo CaO (20°C)
Silicat canxi	CaSiO ₃	116,13	58,07	2,92	không hòa tan
Hydrocacbonat canxi	Ca(HCO ₃) ₂	162,12	81,06	-	-
Magie	Mg	24,32	-(12,16)	1,74	-
Hydroxit magie	Mg(OH) ₂	58,34	29,17	2,36	8,4.10 ⁻⁴ (18°C)
Sunfat magie	MgSO ₄	120,39	60,19	2,66	26,6 (20°C)
-	MgSO ₄ .7H ₂ O	246,50	123,25	1,68	26,6 (20°C)
Clorua magie	MgCl ₂	95,24	47,72	-	-
Oxit magie	MgO	40,32	20,16	-	-
Natri	Na	23	(23)	0,97	phân hủy nước
Xút	NaOH	40,01	40,01	-	51,7 (15°C)
Hydrocacbonat natri	NaHCO ₃	84,01	84,01	2,21	8,76 (20°C)
Cacbonat natri	NaCO ₃	106	53	2,5	17,8 (20°C)
-	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	286,16	143,08	1,5	17,8 (20°C)
Sunfat natri	Na ₂ SO ₄	142,07	70,03	2,67	16,1 (20°C)
Silicat natri	Na ₂ SiO ₃	122,06	61,03	2,4	hòa tan mạnh
Photphat natri	Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	380,23	126,74	1,63	9,51 (15°C)
Muối ăn	NaCl	58,46	58,46	2,17	36,13 (25°C)
Bạc	Ag	107,88	-(107,88)	10,5	-
Clorua bạc	AgCl	143,34	143,34	5,65	1,54.10 ⁻⁴ (21°C)
Clo	Cl ₂	70,91	35,46	2,49	1 thể tích nước 4,5 thể tích clo
Axit clohydric	HCl	36,47	36,47	1,269	-
Permanganat kali	KMnO ₄	158,08	158,04	2,703	6,0 (20°C)
Sunfat đồng	CuSO ₄ .5H ₂ O	249,72	124,86	2,99	16,2 (15°C)
Axit sunfuric	H ₂ SO ₄	98,08	49,04	-	-
Ion cacbonat	CO ₃ ²⁻	60,01	30,01	-	-
Ion hydrocacbonat	HCO ₃ ⁻	61,02	61,02	-	-
Cacbonic	CO ₂	44,01	22,01	-	-

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Cấp nước mạng lưới bên ngoài và công trình*. Tiêu chuẩn thiết kế 20 TCN.33.85.
2. Trịnh Xuân Lai. *Tính toán thiết kế các công trình trong hệ thống cấp nước sạch*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2003.
3. Trịnh Xuân Lai (chủ biên), Đồng Minh Thu. *Xử lý nước cấp cho sinh hoạt và công nghiệp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1988.
4. Nguyễn Công Thành. *Xử lý nước thiên nhiên*. Hà Nội, 1992.
5. Nguyễn Ngọc Dung. *Xử lý nước cấp*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1999.
6. Trần Hiếu Nhuệ, Trần Đức Hạ, Đỗ Hải, Ứng Quốc Dũng, Nguyễn Văn Tín. *Cấp thoát nước*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1996.
7. Nguyễn Thị Thu Thủy. *Xử lý nước cấp sinh hoạt và công nghiệp*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999.
8. К.лачко В.А, Апеньцин. И.Е. *Очистка природных вод*. Москва, 1970.
9. Минц Д.М. *Теоретическая основа технологии очистки воды*.
10. *Degremont water treatment hand book*, 1991, Sixth Edition.
11. Susumu Kawwamura. *Integrated design of water treatment*.
12. Japan water works Association. *Design criterion for water works facilities*, 1969.
13. Prof. HJ. Pöpel. *Aeration and gas transfer*. Technische universiteit Delft, 1986.
14. Prof. L. Huisman. *Rapid filtration*. Technische universiteit Delft, 1986.
15. Prof. L. Huisman. *Sedimentation and flotation*. Delft universiteit of Technische, 1986.
16. Mc. Graw. *Water treatment plant design*. Hill Inc, Second Edition.
17. Фафоровский Б.С. *Охладители циркуляционной воды тепловых электростанций*. Энергизд, 1972.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1: CHẤT LƯỢNG NƯỚC THIÊN NHIÊN (NGUỒN NƯỚC) DÙNG ĐỂ CẤP NƯỚC	
1.1. Các loại nguồn nước dùng để cấp nước	5
1.2. Tính chất và các chỉ tiêu về chất lượng nước	6
1.3. Các chỉ tiêu lý học	7
1.4. Các chỉ tiêu hoá học	9
1.5. Các chỉ tiêu vi sinh	33
1.6. Yêu cầu đối với chất lượng nước	34
1.7. Tiêu chuẩn chất lượng nước thô dùng làm nguồn nước cấp	35
1.8. Tiêu chuẩn chất lượng nước cấp cho ăn uống và sinh hoạt	37
1.9. Ví dụ tính toán	43
Chương 2: CÁC QUÁ TRÌNH VÀ SƠ ĐỒ DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THIÊN NHIÊN	
2.1. Mục đích của các quá trình xử lý nước	48
2.2. Chất lượng nước thô thích hợp với các quá trình xử lý nước	48
2.3. Các quá trình xử lý nước	49
2.4. Các sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước	58
Chương 3: KEO TỤ CHẤT BẨN TRONG NƯỚC BẰNG PHÈN	
3.1. Bản chất lý hoá của quá trình keo tụ	62
3.2. Động học của quá trình keo tụ	70
3.3. Dùng các hoá chất phụ để tăng cường quá trình keo tụ	81
Chương 4: HOÁ CHẤT DÙNG ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC CÁC THIẾT BỊ PHA CHẾ ĐỊNH LƯỢNG	
4.1. Các hoá chất dùng để xử lý nước	84
4.2. Thiết bị hoà tan phèn	88
4.3. Thiết bị tôi vôi, pha chế sữa vôi và dung dịch vôi bão hoà	94
4.4. Thiết bị pha chế dung dịch soda, xút, hexameta photphat natri	96
4.5. Thiết bị khuấy trộn bằng khí nén	96

4.6. Kho chứa hoá chất	99
4.7. Thiết bị định lượng hoá chất vào nước	100
4.8. Ví dụ tính toán	103
Chương 5: TRỘN VÀ PHẢN ỨNG TẠO BÔNG CẶN	
5.1. Trộn và bể trộn	109
5.2. Bể phản ứng tạo bông cặn	121
5.3. Bể phản ứng tạo bông cặn cơ khí	129
5.4. Quản lý vận hành	137
Chương 6: QUÁ TRÌNH LẮNG VÀ BỂ LẮNG	
6.1. Các loại cặn lắng, các loại bể lắng, vị trí bể lắng trong dây chuyền công nghệ xử lý nước	138
6.2. Lắng các hạt cặn không có khả năng keo tụ	142
6.3. Lắng các hạt cặn keo tụ	162
6.4. Lắng ly tâm và xyclon thuỷ lực	194
6.5. Tuyển nổi (tuyển nổi áp lực)	199
Chương 7: QUÁ TRÌNH LỌC VÀ BỂ LỌC	
7.1. Khái niệm chung	209
7.2. Vật liệu của bể lọc hạt	210
7.3. Vật liệu đỡ	213
7.4. Lí thuyết cơ bản của quá trình lọc nước	214
7.5. Tính toán công nghệ bể lọc	220
7.6. Chọn thời gian của chu kỳ lọc	222
7.7. Rửa lọc	224
7.8. Bể lọc nhanh hở	246
7.9. Bể lọc áp lực	256
7.10. Bể lọc hai lớp vật liệu lọc	258
7.11. Bể lọc phá (lọc sơ bộ)	260
7.12. Bể lọc có dòng nước đi từ dưới lên còn gọi là lọc ngược hay lọc tiếp xúc	260
7.13. Bể lọc không có van điều chỉnh tốc độ lọc	262
7.14. Bể lọc rửa liên tục, bể lọc áp lực tự động rửa theo chu kỳ lọc và bể lọc không van khóa tự động rửa	262
7.15. Bể lọc chậm	264
7.16. Quản lý vận hành bể lọc	268
	519

Chương 8: KHỬ TRÙNG	
8.1 . Các phương pháp lý học	279
8.2. Phương pháp hoá học	281
Chương 9: TRAO ĐỔI VÀ KHỬ KHÍ	
9.1. Khái niệm và mục đích	298
9.2. Trao đổi khí bằng phương pháp cơ học	298
Chương 10: KHỬ SẮT, KHỬ MANGAN VÀ XỬ LÝ NƯỚC CHUA PHÈN	
10.1. Khử sắt	309
10.2. Công nghệ khử man gan	324
10.3. Xử lý nước chua phèn	326
Chương 11: LÀM MỀM NƯỚC	
11.1. Khái niệm chung về làm mềm nước	330
11.2. Làm mềm nước bằng hoá chất	330
11.3. Làm mềm nước bằng cationit	346
Chương 12: KHỬ MUỐI VÀ KHỬ MẶN	
12.1. Các phương pháp khử muối và khử mặn	381
12.2. Khử muối của nước bằng phương pháp trao đổi ion	381
12.3. Khử muối hoà tan trong nước bằng thẩm thấu ngược	398
Chương 13: XỬ LÝ NƯỚC NỒI HƠI VÀ XỬ LÝ NƯỚC CẤP CHO CÁC THIẾT BỊ LÀM LẠNH	
13.1. Xử lý nước nồi hơi	407
13.2. Xử lý nước cấp cho các thiết bị làm lạnh	418
13.3. Công trình và thiết bị làm nguội nước tuần hoàn	427
Chương 14: ĐIỀU CHỈNH CHẤT LƯỢNG NƯỚC	
14.1. Khử Silic	439
14.2. Các phương pháp điều chỉnh hàm lượng flo trong nước	442
14.3. Khử các khoáng chất độc hại cho sức khoẻ của người dùng nước, khử mùi vị và chất hữu cơ	448
14.4. Khử hydro sunfua (H ₂ S) hoà tan trong nước	458
Chương 15: XỬ LÝ ỔN ĐỊNH NƯỚC	
15.1. Xử lý ổn định nước	464
15.2. Xử lý nước để chống ăn mòn và đóng cặn làm tắc ống	479

Chương 16: THIẾT BỊ ĐO ĐIỀU KHIỂN	
16.1. Bơm, động cơ, van và các thiết bị đo dùng trong hệ thống cấp nước	483
16.2. Thiết bị đo lưu lượng	484
16.3. Sự cần thiết của thiết bị và các hệ điều khiển	487
16.4. Các hệ điều khiển cơ bản	488
16.5. Các thiết bị và sơ đồ điều khiển thường dùng trong nhà máy xử lý nước cấp	490
16.6. Các yêu cầu khi thiết kế	493
Chương 17: XỬ LÝ NƯỚC THẢI RỬA LỌC VÀ BÙN THẢI CỦA BỂ LẮNG	
17.1. Chất lượng và số lượng chất thải từ nhà máy nước	494
17.2. Các giải pháp xử lý nước thải rửa lọc và bùn cặn	496
Chương 18: QUY HOẠCH VÀ BỐ TRÍ MẶT BẰNG NHÀ MÁY XỬ LÝ NƯỚC	
18.1. Tầm quan trọng của công việc	502
18.2. Chọn vị trí nhà máy xử lý nước	502
18.3. Bố trí mặt bằng nhà máy xử lý nước	505
18.4. Trạm bơm đợt II và bể chứa nước sạch	511
18.5. Tóm tắt các yêu cầu bố trí mặt bằng nhà máy nước	512
Phụ lục: ĐỘ HÒA TAN, TRỌNG LƯỢNG PHÂN TỬ, ĐƯƠNG LƯỢNG GAM CỦA MỘT SỐ CHẤT THƯỜNG GẶP TRONG CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC	515
Tài liệu tham khảo	517

XỬ LÝ NƯỚC

CẤP CHO SINH HOẠT VÀ CÔNG NGHIỆP

Chịu trách nhiệm xuất bản :

BÙI HỮU HẠNH

<i>Biên tập:</i>	NGUYỄN TIẾN HỘI
<i>Chế bản:</i>	LÊ THỊ HƯƠNG
<i>Sửa bản in:</i>	NGUYỄN TIẾN HỘI
<i>Bìa:</i>	NGUYỄN HỮU TÙNG

In 500 cuốn khổ 19×27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 1773/XB-QLXB-12, ngày 15-12-2003. In xong nộp lưu chiểu tháng 6-2004.