



## CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

ĐÃ DUYỆT

Ngày....tháng....năm 1999

MÔN HỌC : Thủy lực  
SỐ TIẾT : 33  
BỘ MÔN : Cơ sở chuyên ngành  
CHUYÊN NGÀNH Cầu đường bộ

### I- VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT, MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU CỦA MÔN HỌC :

#### 1/- Vị trí tính chất của môn học :

Thủy lực là một trong các môn cơ sở chuyên ngành có vai trò khá quan trọng. Đó là môn khoa học nghiên cứu các quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng, đặc biệt là nước. Và các phương pháp ứng dụng các quy luật đó vào trong thực tế sản xuất và trong đời sống xã hội.

#### 2/- Mục đích:

Nhằm trang bị cho học viên hiểu được các quy luật về sự cân bằng của chất lỏng tĩnh cũng như của chất lỏng chuyển động ổn định. ( Trong đó có chuyển động ổn định đều và chuyển động ổn định không đều ). Trên cơ sở đó có thể tính toán được trong khi thiết kế, thi công các công trình giao thông như cầu, cống nhỏ, kênh mương, cống thoát nước...

#### 3/- Yêu cầu:

Học viên cần nắm được các quy luật của thủy tĩnh học và thủy động lực học để nhằm mục đích:

- + Tính toán áp lực nước tác dụng lên công trình.
- + Tính toán được lưu lượng thoát nước qua kênh lắng trụ và thiết kế được kênh, rãnh thoát nước, lượng nước thoát và thiết kế cống thoát nước qua đường.
- + Tính được lượng nước thoát qua đập tràn đỉnh rộng và gia cố hạ lưu đập.

### II/- NỘI DUNG TỔNG QUÁT VÀ PHÂN PHỐI THỜI GIAN:

Chương	Nội dung môn học	Phân bố thời gian ( tiết)			
		LT	BT	KT	T.số
<b>Bài mở đầu</b>	Giới thiệu khái quát môn học	0,5			0,5
<b>Chương 1</b>	Áp suất thủy tĩnh	0,5	1		6,5
<b>Chương 2</b>	Cơ sở thủy động lực học	7	1	1	9
<b>Chương 3</b>	Dòng chảy đều trong kênh hở và trong ống có áp	3,5	1		4,5
<b>Chương 4</b>	Dòng chảy không đều- đập tràn	10	1,5	1	12,5
	<b>Tổng số</b>	<b>26,5</b>	<b>4,5</b>	<b>2</b>	<b>33</b>

### III/- NỘI DUNG CHI TIẾT VÀ PHÂN PHỐI THỜI GIAN :

Mục	Nội dung môn học	Phân bố thời gian (giờ)			
		L.T	B.T	K.tra	T.số
1	2	3	4	5	6
	Bài mở đầu: Giới thiệu khái quát môn học				
	<b>CHƯƠNG 1: ÁP SUẤT THỦY TĨNH</b>				
1.1	Áp lực thủy tĩnh và áp suất thủy tĩnh				
1.2	Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh				
1.3	Công thức cơ bản của thủy tĩnh học				
1.4	Các loại áp suất; chiều cao đo áp				
1.5	Tính áp lực thủy tĩnh				
1.5.1	Trị số áp lực thủy tĩnh				
1.5.2	Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt tiếp xúc dạng phẳng hình chữ nhật				
1.5.3	Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt tiếp xúc phẳng hình chữ nhật bằng giản đồ áp suất				
	<b>CHƯƠNG 2: CƠ SỞ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC</b>				
2.1	Các yếu tố mô tả dòng chất lỏng chuyển động	0,5			0,5
2.2	Các yếu tố thủy lực của dòng C/Lchuyển động	1			1
2.3	Phân loại dòng chảy	1			1
2.4	Phương trình liên tục của dòng chảy ổn định	0,5			0,5
2.5	Phương trình Béc-nu-li	1,5	0,5		2,0
2.6	Tổn thất thủy lực				
2.6.1	Khái niệm và phân loại	0,5			0,5
2.6.2	Hai trạng thái chảy- thí nghiệm Rây-nôn	1,0			1,0
2.6.3	Tính tổn thất cột nước	1,0	0,5		1,5
Cộng	Kiểm tra chương ( 1+2 )			1	1
	<b>CHƯƠNG 3: DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH VÀ TRONG ỐNG</b>				
3.1	Dòng chảy đều trong kênh hở				
3.1.1	Khái niệm và các công thức cơ bản	1			1
3.1.2	Tính toán thủy lực dòng đều trong kênh hở	1,5	1		2,5
3.2	Dòng chảy đều có áp trong ống tròn	1			1

1	2	3	4	5	6
	<b>CHƯƠNG 4: DÒNG CHẢY KHÔNG ĐỀU TRONG KÊNH- ĐẬP TRÀN</b>				
4.1	Dòng chảy không đều trong kênh hở				
4.1.1	Các khái niệm chung	1,0			1,0
4.1.2	Năng lượng đơn vị mặt cắt và chiều sâu phân giới	3,0	0,5		3,5 2,0
4.1.3	Nước nhảy thủy lực	2,0			
4.2	Đập tràn				
4.2.1	Khái niệm chung; các yếu tố của đập tràn; phân loại đập tràn	1,0			1,0
4.2.2	Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng	3,0	1,0		4,0

#### IV/ HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN:

##### **1. Thực hành giảng dạy:**

Giảng dạy môn Thủy Lực cần gắn liền giữa lý thuyết và chương trình của các môn học có liên quan và ứng dụng. Học viên cần vận dụng tốt những kiến thức đã được củng cố và phát triển để vận dụng tốt cho các môn học khác trong chương trình đào tạo.

Để học viên nắm vững bài học cần có các ví dụ, hệ thống bài tập đa dạng có liên quan và tính ứng dụng đối với các môn học khác.

##### **2. Bài tập:**

Sau mỗi chương, mục đều có các bài tập áp dụng lý thuyết đã học và để học viên luyện tập, củng cố. Hệ thống bài tập cần biên soạn gắn liền với các môn học khác và chuyên ngành cầu- đường có ứng dụng sau này.

#### IV/- TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nguyễn Cảnh Cầm, Nguyễn Văn Cung, Lưu Công Đào. Thủy lực- Trường Đại học Bách khoa- Hà Nội - 1975.

2. Đặng Hưng Lâm, Trần Văn Nhân, Bùi Hữu Ánh. Giáo trình Thủy lực- Trường Trung học Thủy lợi Trung ương 1977

*Ngày tháng năm 1999*  
TỔ TRƯỞNG BỘ MÔN

<b>MỤC LỤC</b>	<b>Trang</b>
<b>LỜI NÓI ĐẦU</b>	<b>3</b>
<b>BÀI MỞ ĐẦU</b>	<b>5</b>
<b>Chương 1. ÁP SUẤT THỦY TĨNH</b>	<b>9</b>
1.1 Áp lực thủy tĩnh-áp suất thủy tĩnh	9
1.2 Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh	10
1.3 Công thức cơ bản của thủy tĩnh học	12
1.4 Các loại áp suất-chiều cao đo áp	14
1.5 Áp lực thủy tĩnh	16
-Câu hỏi,bài tập.	27
<b>Chương 2. CƠ SỞ THỦY ĐỘNG LỰC HỌC</b>	<b>28</b>
2.1 Các yếu tố mô tả dòng chất lỏng chuyển động	28
2.2 Các yếu tố thủy lực của dòng chất lỏng chuyển động	30
2.3 Phân loại dòng chảy	31
2.4 Phương trình liên tục của dòng chảy ổn định	33
2.5 Phương trình Béc-nu-li	34
2.6 Tổn thất thủy lực	39
-Câu hỏi,bài tập	45
<b>Chương 3. DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH VÀ TRONG ỐNG</b>	<b>46</b>
3.1 Dòng chảy đều trong kênh hở	46
3.2 Dòng chảy đều có áp trong ống tròn	50
-Câu hỏi,bài tập	55
<b>Chương 4. DÒNG CHẢY KHÔNG ĐỀU TRONG KÊNH</b>	<b>56</b>
4.1 Dòng chảy không đều trong kênh hở	56
4.2 Nước nhảy	60
-Câu hỏi,bài tập.	66
<b>Chương 5. SÔNG VÀ CÁC YẾU TỐ THỦY VĂN CỦA SÔNG</b>	<b>67</b>
5.1 Sông và hệ sông	67
5.2 Các đặc trưng chính của sông	69
5.3 Sự tuần hoàn của nước-phương trình cân bằng nước	71
5.4 Đặc tính của mưa và dòng chảy do mưa rào	73
-Câu hỏi,bài tập	77
<b>Chương 6. ĐO ĐẠC THỦY VĂN SÔNG NGÒI</b>	<b>78</b>
6.1 Đo mực nước sông	78
6.2 Đo lưu tốc dòng chảy	80
6.3 Tính lưu lượng dòng chảy	83
- Câu hỏi,bài tập.	85
<b>Chương 7. XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY</b>	<b>86</b>
<b>ỨNG VỚI TẦN SUẤT THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH</b>	<b>86</b>
7.1 Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT khi có tài liệu thủy văn	86
7.2 Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT khi thiếu tài liệu thủy văn	93

-Câu hỏi, bài tập.

95

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

96

### **LỜI NÓI ĐẦU**

Giáo trình Thủy lực-thủy văn công trình được biên soạn nhằm trang bị cho học viên một số kiến thức cơ bản của chất lỏng ở các trạng thái tĩnh và trạng thái chuyển động, trên cơ sở đó học viên có thể tiếp thu được các kiến thức của các môn học khác và vận dụng vào thực tế xây dựng các công trình, thoả mãn các yêu cầu đổi mới về nội dung cũng như sự phát triển của khoa học công nghệ hiện nay.

Nội dung của giáo trình gồm 7 chương:

-Bài mở đầu

Chương 1: Áp suất thủy tĩnh.

Chương 2: Cơ sở thủy động lực học.

Chương 3: Dòng chảy đều trong kênh và trong ống.

Chương 4: Dòng chảy không đều trong kênh.

Chương 5: Sông và các yếu tố thủy văn của sông.

Chương 6: Đo đạc thủy văn sông ngòi.

Chương 7: Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất thiết kế công trình.

-Phụ lục

Công tác biên soạn giáo trình được tiến hành thận trọng với sự tham gia của các giáo viên trong nhà trường, các cán bộ thuộc Công ty tư vấn và khảo sát thiết kế của Tổng công ty xây dựng Trường sơn.

Chúng tôi xin cảm ơn tới các đồng chí trong hội đồng biên soạn giáo trình Nhà trường, Công ty tư vấn và khảo sát thiết kế đã đóng góp nhiều ý kiến quý giá để xây dựng giáo trình này.

Do khả năng còn hạn chế nên cuốn giáo trình còn nhiều thiếu sót, rất mong các đồng chí giáo viên có các ý kiến bổ sung để cuốn giáo trình được hoàn thiện hơn.

**TÁC GIẢ**

## BÀI MỞ ĐẦU

### 1. Nội dung môn học:

Thủy lực- thủy văn công trình là môn khoa học nghiên cứu các quy luật cân bằng và chuyển động của chất lỏng, đặc biệt là nước, và ứng dụng các quy luật đó vào trong thực tế lao động sản xuất.

Môn học gồm hai phần là phần Thủy lực và thủy văn công trình.

Phần thủy lực nghiên cứu các quy luật của chất lỏng ở các trạng thái tĩnh và trạng thái chuyển động đều và không đều.

Phần thủy văn nghiên cứu các quy luật của dòng chảy trong hệ thống sông, suối và xác định lưu lượng các trận lũ, lưu tốc và lưu lượng dòng chảy trong sông...

### 2. Các tính chất vật lý chủ yếu của chất lỏng

#### a) Khối lượng riêng

Một khối chất lỏng đồng chất có khối lượng là  $M$ , thể tích  $V$ , khi đó khối lượng riêng của chất lỏng là:  $\rho = M/V$  ( $\text{kg/m}^3$ )

#### b) Trọng lượng riêng

Cũng khối chất lỏng nói trên có trọng lượng là  $G$ , khi đó trọng lượng riêng  $\gamma$  của chất lỏng là:  $\gamma = G/V$  ( $\text{KG/m}^3$ ); ( $\text{KN/m}^3$ ); ( $\text{N/m}^3$ ).

Trong trường hợp chất lỏng là nước (ở nhiệt độ  $4^\circ\text{C}$ ) thì:  $\gamma_n = 9810 \text{N/m}^3$

#### c) Sự co giãn của chất lỏng

Chất lỏng có tính co giãn khi áp suất hay nhiệt độ tác dụng vào khối chất lỏng thay đổi, tuy vậy sự thay đổi này rất nhỏ nên trong thực tế có thể bỏ qua được, vậy ta có thể xem nước không bị co giãn khi các yếu tố trên thay đổi.

#### d) Tính nhớt của chất lỏng

Tính nhớt của chất lỏng có liên quan đến lực ma sát trong của chất lỏng, nó phụ thuộc vào nhiệt độ (Độ nhớt giảm khi nhiệt độ tăng). Trong tính toán thủy lực cần chú ý đến tính nhớt của chất lỏng vì nó có ảnh hưởng lớn đến các yếu tố thủy lực và thủy văn trong quá trình tính toán dòng chảy.

## Chương 1 ÁP SUẤT THỦY TĨNH

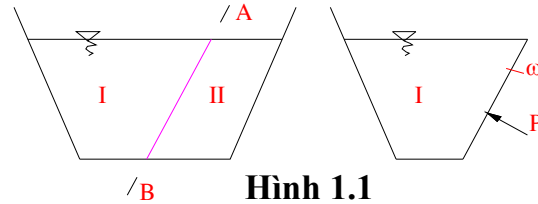
Trong chương này chủ yếu nghiên cứu một số vấn đề cơ bản của thủy tĩnh học như : Các khái niệm về áp lực- áp suất thủy tĩnh; các tính chất và công thức cơ bản của thủy tĩnh học; các loại áp suất và cách tính các loại áp suất này thông qua một đơn vị tính quan trọng vẫn hay được áp dụng rộng rãi là chiều cao đo áp, tính áp lực bằng biểu đồ...

### 1.1. Áp lực thủy tĩnh- Áp suất thủy tĩnh

#### 1.1.1. Áp lực thủy tĩnh

Để có được khái niệm về áp lực thủy tĩnh ta xem (Hình 1.1)

Đó là một khối chất lỏng ở trạng thái tĩnh. Ta cắt khối chất lỏng tĩnh đó bằng một mặt phẳng AB tùy ý, chia khối chất lỏng ra 2 phần I và II bỏ



**Hình 1.1**

phần II và giữ lại phần I để xét cân bằng,

lẽ tự nhiên ta thấy rằng để phần I được cân bằng thì ta phải thay tác dụng của

phần II bằng lực P nào đó. Lực  $\vec{P}$  này chính là áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt chịu tác dụng  $\omega$ . Vậy " *Áp lực thủy tĩnh là áp lực tương hỗ giữa các phần của chất lỏng tĩnh hoặc chất lỏng với vật rắn* ".

#### 1.1.2. Áp suất thủy tĩnh

Ta xét một mặt có diện tích là  $\omega$ , chịu áp lực thủy tĩnh  $\vec{P}$  tác dụng lên nó. Khi đó tỷ số (  $P/\omega$  ) gọi là áp suất thủy tĩnh trung bình:  $p_{tb} = P/\omega$ . Xét khi diện tích  $\omega \rightarrow 0$  thì giới hạn của tỷ số trên là áp suất thủy tĩnh tại một điểm :

$$p = \lim_{\omega \rightarrow 0} ( P/\omega ).$$

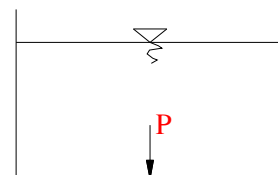
Theo hệ S I : - Đơn vị của áp lực thủy tĩnh là ( N, KN ).

- Đơn vị của áp suất thủy tĩnh là  $N/cm^2$ ;  $KN/m^2$ ...

- Một đơn vị đo khác trong kỹ thuật thông dụng là át- mốt- fe ( at ):  $1 \text{ at} = 9,81 \text{ N/cm}^2$ .

Chú ý rằng áp suất thủy tĩnh chính là áp lực thủy tĩnh tác dụng lên một điểm, tuy nhiên trong thủy lực học từ : "một điểm" cũng là một đơn vị diện tích như " $1cm^2$ "; " $1m^2$ "... Đó là áp suất trung bình của chất lỏng .

Ví dụ: Cho áp lực của nước lên đáy bể là  $P = 20.000 \text{ N}$ , diện tích đáy bể là  $\omega = 2m^2$ . Tính áp suất của nước lên đáy bể.



**Hình 1.2**

Giải: Áp suất trung bình của nước lên đáy bể là:

$$P_{tb} = P/\omega = 20.000/2 = 10.000 \text{ N/m}^2 = 1N/cm^2.$$

## 1.2. Hai tính chất của áp suất thủy tĩnh

### 1.2.1. Tính chất thứ nhất

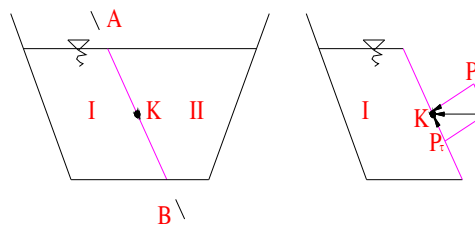
Nội dung: "Áp suất thủy tĩnh tác dụng vuông góc với mặt chịu tác dụng và hướng vào mặt đó".

Ta chứng minh tính chất này như sau:

Xét khối chất lỏng ở trạng thái tĩnh; chia khối chất lỏng thành 2 phần I ; II bằng mặt phẳng AB tùy ý.(Hình1.3). Giả sử tại điểm K trên mặt phân chia có áp suất thủy tĩnh

$\vec{P}$  được phân ra 2 thành phần là  $\vec{P}_n$  :  
Hướng vuông góc với mặt chịu tác dụng,

$\vec{P}_\tau$  : nằm trên mặt chịu tác dụng .



Hình 1.3

Ta thấy thành phần  $\vec{P}_\tau$  là không tồn tại vì chất lỏng không chịu được lực cắt;

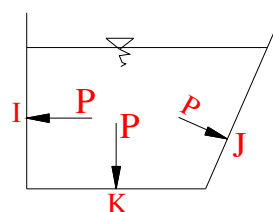
và vì nếu  $\vec{P}_\tau$  quả có tồn tại thì 2 khối chất lỏng I và II đã trượt lên nhau, điều này lại trái giả thiết là khối chất lỏng ở trạng thái tĩnh. Vì vậy mà tại điểm K chỉ

còn có thành phần lực  $\vec{P}_n$  vuông góc với mặt chịu tác dụng.

Mặt khác ta thấy thành phần  $\vec{P}_n$  không thể hướng ra ngoài mặt chịu tác dụng được vì chất lỏng không chịu được lực kéo, và vì vậy  $\vec{P}_n$  chỉ có thể hướng vào trong mặt chịu tác dụng.

Vậy "Áp suất thủy tĩnh tại một điểm trên mặt chịu tác dụng luôn luôn vuông góc với mặt chịu tác dụng và hướng vào mặt đó".

Ví dụ: Cho bể nước như hình vẽ . Áp suất thủy tĩnh của nước lên các điểm I, J, K là  $P_I$ ;  $P_J$ ;  $P_K$  có tính chất vuông góc mặt chịu tác dụng và hướng vào mặt đó ( Hình 1.4)



Hình 1.4

### 1.2.2. Tính chất thứ hai

Nội dung :

"Áp suất thủy tĩnh ở một điểm bất kỳ trong chất lỏng tĩnh theo mọi phương đều bằng nhau". Nghĩa là trị số áp suất thủy tĩnh không phụ thuộc vào phương của mặt chịu tác dụng mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm được xét.

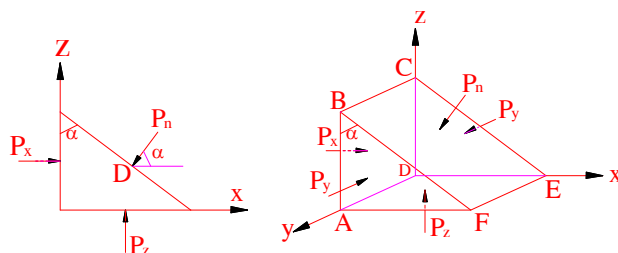
Ta tiến hành chứng minh tính chất này như sau:



Tách trong khối chất lỏng tĩnh một khối lăng trụ tam giác vô cùng nhỏ và thay tác dụng của chất lỏng ở xung quanh bằng các áp lực thủy tĩnh  $P_x$ ;  $P_y$ ;  $P_z$  và  $P'_1$ . Vậy khối chất lỏng lăng trụ vô cùng bé đó đứng được cân bằng dưới tác dụng của các lực sau: ( Hình 1.5)

+  $\vec{P}_x$ : Tác dụng lên ( ABCD) có diện tích là  $\omega_x$ .

+  $\vec{P}_z$ : Tác dụng lên ( ADEF ) có diện tích là  $\omega_z$ .



**Hình 1.5**

+  $\vec{P}_n$ . Tác dụng lên ( BCEF ) có diện tích là  $\omega_n$ .

+  $\vec{P}_y$ . Tác dụng lên ( ABF ) có diện tích là  $\omega_y$

+  $\vec{P}'_y$ . Tác dụng lên ( DCE ) có diện tích là  $\omega_y$

$\vec{G}$  Là trọng lượng bản thân của khối chất lỏng vô cùng bé tuy nhiên vì là khối lượng lăng trụ VCB nên ta có thể bỏ qua giá trị " G" khi viết các phương trình cân bằng. Phương trình cân bằng của khối trụ VCB theo 2 trục X và Z.

$$\sum X = P_x - P_n \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\sum Z = P_z - P_n \cdot \sin \alpha = 0$$

Trong đó  $\alpha$  là góc giữa 2 mặt phẳng ( ABCD) và ( BCEF ) hệ trên tương đương với :

$$P_x = P_n \cos \alpha \tag{1}$$

$$P_z = P_n \sin \alpha \tag{2}$$

Chia (1) cho  $\omega_x$ ; (2) cho  $\omega_z$  ta có hệ tương đương sau:

$$\frac{P_x}{\omega_x} = \frac{P_n \cdot \cos \alpha}{\omega_x} = \frac{P_n}{\frac{\omega_x}{\cos \alpha}} = \frac{P_n}{\omega_n} \tag{1'}$$

$$\frac{P_z}{\omega_z} = \frac{P_n \cdot \sin \alpha}{\omega_z} = \frac{P_n}{\frac{\omega_z}{\sin \alpha}} = \frac{P_n}{\omega_n} \tag{2'}$$

Hay viết gọn là :

$$\frac{P_x}{\omega_x} = \frac{P_x}{\omega_n}; \quad \frac{P_z}{\omega_z} = \frac{P_n}{\omega_n}$$

$$\rightarrow \frac{P_x}{\omega_x} = \frac{P_z}{\omega_z} = \frac{P_n}{\omega_n}$$

Khi các cạnh của khối lăng trụ  $\rightarrow 0$  thì diện tích các mặt  $\omega_x$ ;  $\omega_z$ ;  $\omega_n$  cũng  $\rightarrow 0$ . Vậy giới hạn của các tỷ số trên khi diện tích các mặt tiến dần tới không là :

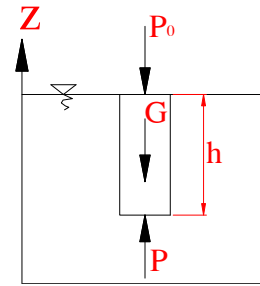
$$\lim_{\omega_x \rightarrow 0} \frac{P_x}{\omega_x} = \lim_{\omega_z \rightarrow 0} \frac{P_z}{\omega_z} = \lim_{\omega_n \rightarrow 0} \frac{P_n}{\omega_n}$$

$\leftrightarrow P_x = P_z = P_n$ . Điều này cho phép chứng minh được tính chất: "Áp suất thủy tĩnh tại một điểm trong chất lỏng tĩnh có trị số bằng nhau theo mọi phương".

### 1.3. Công thức cơ bản của thủy tĩnh học

#### 1.3.1. Công thức cơ bản

Ta xét khối chất lỏng ở trạng thái tĩnh. Tách trong khối đó ra một khối chất lỏng hình trụ có diện tích đáy VCB:  $d\omega$ ; đáy trên hình trụ trùng với mặt thoáng, đáy dưới nằm ở độ sâu  $h$ . Vì diện tích đáy của trụ là VCB nên ta có thể xem áp suất tại mọi điểm trên đáy là như nhau. Đáy dưới có áp suất là  $P$ ; đáy trên có áp suất  $P_0$ . (Hình 1.6). Khối chất lỏng hình trụ được cân bằng dưới các lực sau:



**Hình 1.6**

$P_0 = p_0 \cdot d\omega$  Tác dụng vào đáy trên, hướng từ trên xuống.

$P = p \cdot d\omega$  Tác dụng vào đáy dưới, hướng từ dưới lên.

$G = \gamma \cdot h \cdot d\omega$  Trọng lượng bản thân khối chất lỏng VCB hướng từ trên xuống.

Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt xung quanh của khối trụ có hướng vuông góc với trục  $Z$

Ta tiến hành viết phương trình cân bằng của khối trụ đó với trục  $Z$ :

$$\sum Z = -P_0 \cdot d\omega - \gamma h \cdot d\omega + p d\omega = 0$$

$$\leftrightarrow P - p_0 - \gamma h = 0$$

$$\leftrightarrow P = p_0 + \gamma h \quad (1.1)$$

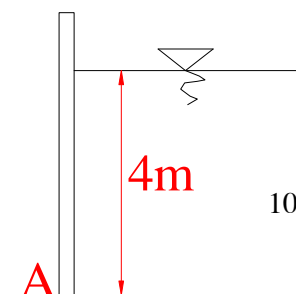
Đây là công thức cơ bản của thủy tĩnh học, nó cho phép ta tính được trị số của áp suất thủy tĩnh tại một điểm trong chất lỏng. Công thức này rất quan trọng, được áp dụng để giải quyết nhiều bài toán trong thực tế.

Một trong các hệ quả của công thức (1.1) là: "Trong khối chất lỏng tĩnh, tại các điểm có cùng một độ sâu thì cũng có cùng một trị số áp suất như nhau; tập hợp các điểm này tạo thành mặt phẳng và được gọi là mặt đẳng áp".

Nếu chất lỏng chỉ chịu tác dụng của trọng lực thì các mặt đẳng áp là các mặt phẳng nằm ngang và song song nhau.

Ví dụ: Tìm áp suất tại điểm A trên tường chắn nước (Hình 1.7), biết điểm A sâu cách mặt nước 4 m. Trọng lượng riêng của nước:  $\gamma_n = 9810 \text{ N/m}^2$ . Áp suất trên mặt nước (áp suất khí quyển) là  $P_a = 98100 \text{ N/m}^2$ .

Giải: Ta tìm áp suất tại A theo công thức (1.1).



$$P_A = p_a + \gamma \cdot h$$

$$= 98100 + 9810 \times 4 = 137340 \text{ N/ m}^2.$$

### 1.3.2. Định luật Pascal- ứng dụng Hình 1,7

Từ công thức ( 1.1) có nhận thấy "Áp suất tại một điểm bất kỳ trong chất lỏng bằng áp suất do bản thân chất lỏng " $\gamma h$ " cộng với áp suất trên mặt chất lỏng " $p_0$ ".

Định luật Pascal : "Áp suất ở trên mặt chất lỏng được truyền nguyên vẹn đến tất cả mọi điểm trong chất lỏng".

Ứng dụng của định luật Pascal khá rộng rãi trong thực tế, nó cho phép có thể biến một lực nhỏ thành một lực lớn trong các máy thủy lực như máy ép thủy lực; kích; các bộ phận chuyển động... ở đây ta chỉ xét một ứng dụng tiêu biểu của định luật : Đó là máy ép thủy lực

Ta xem xét nguyên lý làm việc của máy ép thủy lực (Hình 1.8)

Khi tác dụng lên đầu cánh tay đòn một lực  $F$  thì mặt chất lỏng ở bình nhỏ chịu một lực là  $P_1$ .

$$P_1 = F \cdot \frac{a}{b}$$

(  $a$ ;  $b$  ; là cánh tay đòn ).

Vậy áp suất ở trên mặt chất lỏng ở bình nhỏ có đường kính  $d$ .

( diện tích  $\omega_1$  ) là :  $p_1 = P_1 / \omega_1$ .

Theo định luật Pascal thì áp suất được truyền đi nguyên vẹn trong khối chất lỏng nên áp suất  $p_1$  được truyền tới bình lớn và tác dụng vào mặt chịu ép một lực là  $P_2$  ta có:

$$P_2 = p_1 \cdot \omega_2 = P_1 \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

( Trong đó  $\omega_2$  là diện tích mặt cắt ngang của bình lớn )

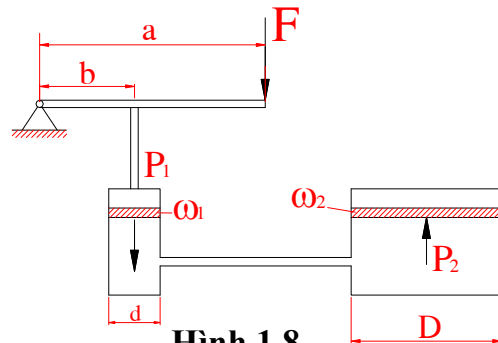
-Giả sử 2 bình đều là hình trụ đứng ( đa số trong thực tế ta gặp dạng này ) thì áp lực  $P_2$  được viết lại như sau :

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (*)$$

$$\text{Mà } P_1 = F \cdot \frac{a}{b} ; \omega_2 = \frac{\pi D^2}{4} ; \omega_1 = \frac{\pi d^2}{4}$$

Thay vào ( \* ) ta có :

$$P_2 = F \cdot \frac{a}{b} \cdot \left( \frac{D}{d} \right)^2 \quad (1.2)$$



Tuy nhiên, trong thực tế ta biết rằng chất lỏng ( nước, dầu ... ) đều có tính nhớt, vì vậy sẽ có ma sát qua quá trình hoạt động của máy. Vì vậy để phù hợp với thực tế làm việc ta phải thêm vào hệ số " $\eta$ " gọi là hệ số hiệu dụng ( $\eta < 1$ ).

$$\text{Vậy } P_2 = \eta \cdot F \cdot \frac{a}{b} \cdot \left( \frac{D}{d} \right)^2 \quad (1.3)$$

Ví dụ: Xác định áp lực của máy ép thuỷ lực tác dụng lên vật ép. Biết lực tác dụng lên cánh tay đòn là  $F = 200N$ . Các cánh tay đòn là :  $a = 80cm$ ;  $b = 20$  cm. Đường kính của các bình chứa chất lỏng là  $d = 10cm$ ;  $D = 60cm$ ;  $\eta = 0,8$  .

Giải : Áp lực của máy tác dụng lên vật ép được tính theo công thức ( 1.3 ).

$$P_2 = \eta \cdot F \cdot \frac{a}{b} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2 = 0,8 \cdot 200 \cdot \frac{80}{20} \cdot \left(\frac{60}{10}\right)^2 = 23.000N .$$

Qua ví dụ trên ta thấy : Độ lớn của lực ép phụ thuộc phần lớn vào kích thước mặt cắt ngang của hai khối trụ. Vì vậy để nâng cao khả năng làm việc của máy người ta thường thay đổi đường kính của các bình hình trụ.

## 1.4. Các loại áp suất chiều cao đo áp

### 1.4.1. Các loại áp suất

Trong thuỷ tĩnh học người ta phân áp suất thuỷ tĩnh làm 3 loại sau đây: Áp suất tuyệt đối; áp suất tương đối, áp suất chân không.

#### a) Áp suất tuyệt đối ( $P_t$ )

Áp suất tuyệt đối ( hay còn gọi là áp suất toàn phần) tại 1 điểm trong chất lỏng được xác định bằng công thức :

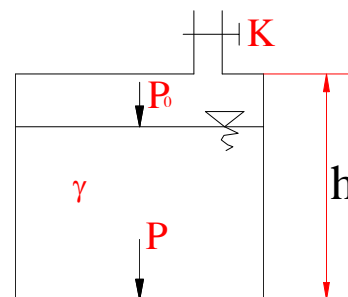
$$P_t = P_0 + \gamma \cdot h$$

Ở đây:

$P_0$  : Áp suất trên mặt chất lỏng.

$P_t$  : Áp suất tuyệt đối

$\gamma \cdot h$  : Áp suất của bản thân chất lỏng.



#### b) Áp suất tương đối ( $P_d$ )

##### Hình 1.9

Áp suất tương đối ( hay còn gọi là áp suất dư ) bằng áp suất tuyệt đối trừ đi áp suất khí quyển  $P_a$  . (  $P_a = 98100N/m^2$  ).

$$\leftrightarrow P_d = P_t - P_a = P_0 + \gamma h - P_a .$$

Nếu  $P_0 = P_a$  ( Tức là theo hình vẽ khoá K mở và khi đó áp suất  $P_0$  bằng áp suất khí quyển ) thì :  $P_d = \gamma h$ .

Vậy áp suất dư chính là áp suất do bản thân chất lỏng gây ra.

#### c) Áp suất chân không ( $P_{ck}$ ).

Hiện tượng của áp suất chân không là ở nơi mà áp suất tuyệt đối nhỏ hơn áp suất khí quyển:  $P_t < P_a$  .

Vậy trị số của áp suất chân không được tính bằng công thức sau :

$$P_{ck} = P_a - P_t$$

Qua công thức này ta thấy : áp suất chân không luôn nhỏ hơn 1 at; chỉ ở nơi nào đó có chân không tuyệt đối thì nơi đó áp suất chân không mới bằng 1at; (  $P_{ck} = P_a$  ) .

### 1.4.2. Chiều cao đo áp :

Để đo áp suất có nhiều cách; tuy nhiên để thuận lợi và dễ thực hiện trong thực tế người ta sử dụng một nguyên lý sau " Áp suất có thể biểu thị bằng chiều cao của cột chất lỏng "

$$h = \frac{P}{\gamma} \rightarrow P = \gamma \cdot h \quad (1.4)$$

Trong đó : h là chiều cao đo áp

$\gamma$  là trọng lượng riêng của chất lỏng.

Qua công thức ( 1.4 ) ta sẽ minh họa cả 3 loại áp suất tuyệt đối; áp suất tương đối; và áp suất chân không, các chiều cao đo áp như sau:

$$h_t = \frac{P_t}{\gamma} = \frac{P_0 + \gamma h}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} + h$$

$$h_d = \frac{P_d}{\gamma} = \frac{P_0 + \gamma h - P_a}{\gamma} = \frac{P_0 - P_a}{\gamma} + h$$

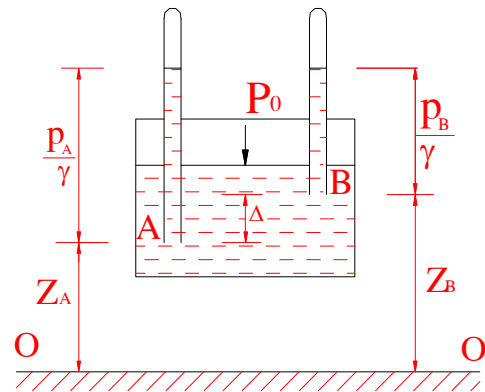
$$h_{ck} = \frac{P_{ck}}{\gamma}$$

Các chiều cao trên có thể được minh họa một cách rõ ràng qua hai hệ thống đo áp sau đây:

#### a) Hệ thống thứ nhất

Dùng để đo áp suất tuyệt đối và áp suất dư, thiết bị của hệ thống (Hình 1.10).

Có một bình kín chứa chất lỏng; áp suất trên mặt chất lỏng là  $P_0$  ( với  $P_0 > P_a$  ). Cắm vào 2 điểm A, B ở 2 bên thành bình 2 ống thủy tinh ( đây là 2 ống đo áp). Ống cắm ở đầu A đầu trên được bịt kín; còn ống cắm vào đầu B thì có đầu trên hở; trong ống



**Hình 1.10**

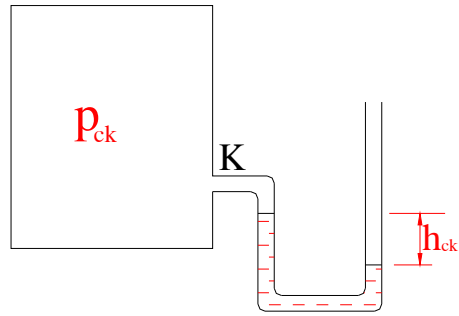
vào đầu B thì có đầu trên hở; trong ống cắm ở đầu A thì trong ống đã được hút hết không khí ra ( để tạo ra chân không trong ống ). Lúc này chất lỏng sẽ dâng lên ở cả 2 ống.

Chiều cao cột chất lỏng tại ống ở đầu A là chiều cao tuyệt đối  $h_t$  ; còn chiều cao cột chất lỏng ở đầu B là  $h_d$ , nó biểu thị áp suất của chất lỏng tại B. ( và nếu A, B cùng nằm trên mặt phẳng nằm ngang thì đó cũng là áp suất tại A ).

#### b) Hệ thống thứ hai :

Dùng đo áp suất chân không thiết bị là một ống thủy tinh hình chữ U; một đầu hở, còn đầu kia cắm vào điểm K trên thành bình. Độ chênh lệch cột chất lỏng trong ống chữ U chính là ( $h_{ck}$ ) của áp suất chân không trong bình vì  $P_{ck} \leq P_a$  nên  $h_{ck} \leq h_a = 10m$ .

(Hình 1.11)



Hình 1.11

### 1.4.3. Cột nước thủy tĩnh

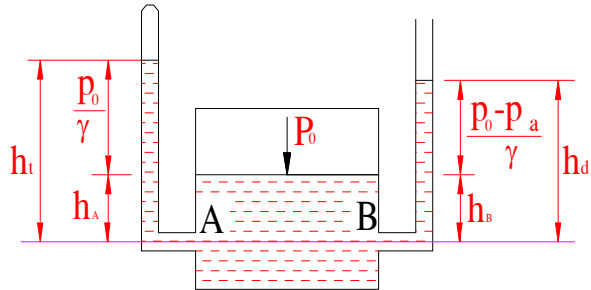
Trong phần này ta xét một trong các định lý rất quan trọng của chất lỏng tĩnh. Đó là sự bất biến của thế năng đơn vị.

Định lý: " Trong chất lỏng tĩnh, thế năng đơn vị chất lỏng ở mọi điểm đều bằng nhau".

$$e_t = Z + \frac{P}{\gamma} = \text{hằng số.}$$

Ta tiến hành chứng minh định lý như sau:

Xét một bình kín có chứa chất lỏng ( Hình1.12), áp suất trên mặt của chất lỏng là  $P_0$ ; chất lỏng ở trạng thái tĩnh. Ta lấy mặt ( 0 - 0 ) làm mặt chuẩn. Khoảng cách thẳng đứng từ mặt chuẩn đến mọi điểm trong khối chất lỏng là  $Z$ . Và được gọi là chiều cao vị trí của điểm đang xét.



Hình 1.12

Xét điểm A bất kỳ có một khối chất lỏng có trọng lực là  $G$ . Tại A ta cắm 1 ống đo áp thì dưới tác dụng của áp suất thủy tĩnh tại A chất lỏng sẽ dâng lên trong ống một chiều cao  $h_A = P_A/\gamma$ . Vậy so với mặt chuẩn ( 0 - 0 ) thì khối chất lỏng đã được dâng lên tới chiều cao là  $Z_A + h_A = Z_A + \frac{P_A}{\gamma}$ .

Vậy khối chất lỏng đó có thế năng là :

$$E_t = G. ( Z_A + \frac{P_A}{\gamma} )$$

Nếu gọi  $e_t$  là thế năng đơn vị trọng lượng chất lỏng thì :

$$e_t = \frac{E_t}{G} = Z_A + \frac{P_A}{\gamma} = Z_A + h_A$$

Từ đây suy ra: "Thế năng đơn vị trọng lượng chất lỏng bằng tổng chiều cao vị trí của điểm đang xét và chiều cao đo áp tại điểm đó". Bây giờ ta xét điểm "B" có  $Z_B - Z_A = \Delta$ ; tuy nhiên ống đo áp có cột nước bằng nhau, tức là khi đó

$$h_A - h_B = \Delta.$$

$$\text{Vậy } Z_A + \frac{P_A}{\gamma} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma}; \rightarrow \text{định lý được chứng minh.}$$

### 1.5. Tính áp lực thủy tĩnh :

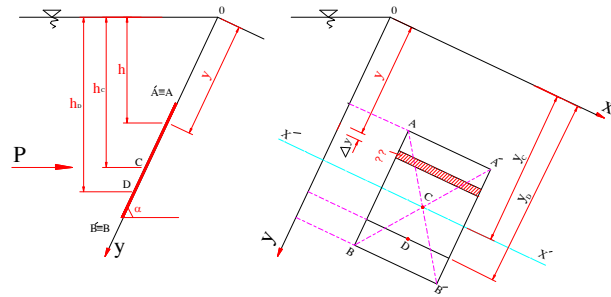
Trong phần này chúng ta xem xét một số công thức cơ bản về tính áp lực thủy tĩnh và điểm đặt của áp lực lên trên một mặt chịu tác dụng nói chung; hình chữ nhật nói riêng; và phương pháp tính chúng bằng giản đồ (đây là phương pháp đơn giản và nhanh, được dùng rộng rãi trong thực tế ).

#### 1.5.1. Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt tiếp xúc phẳng có hình dạng bất kỳ

Trong phần này ta xét 2 nội dung chính là : Trị số của áp lực thủy tĩnh và điểm đặt lực của nó vào mặt tiếp xúc phẳng có dạng bất kỳ.

a) Trị số áp lực thủy tĩnh:

Ta xét một mặt phẳng chắn nước AA'B'B hình chữ nhật nghiêng với mặt nằm ngang một góc  $\alpha$  . Mặt AA'B'B chịu tác dụng của áp lực nước từ bên trái. Để quan sát được dễ dàng ta quay mặt phẳng AA'B'B một góc  $90^0$  quanh trục  $Oy$ , và trục  $Ox$  chính là giao của ( AA'B'B ) với mặt nước ( Hình 1.13).



**Hình 1.13**

Ta chia mặt phẳng ( AA'B'B ) thành các dải VCB có diện tích  $\Delta\omega$ . Các dải này có áp lực thủy tĩnh tác dụng vào là  $\Delta P$ ; giả sử rằng chiều rộng  $\Delta y$  của mỗi dải là VCB cho nên trên các điểm của dải ta coi áp suất thủy tĩnh là như nhau vì chiều sâu mọi điểm thuộc dải là như nhau.

Vậy áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mỗi dải sẽ là:

$$\Delta P = p \cdot \Delta\omega.$$

Ở đây "p" là áp suất thủy tĩnh trong mỗi dải :  $p = \gamma \cdot h$ .

Với "h" là chiều sâu của dải tính từ trục dải đến mặt nước.

Vì thế ta có thể biết :  $\Delta P = \gamma \cdot h \cdot \Delta\omega$ .

Mà  $h = y \cdot \sin \alpha \rightarrow \Delta P = \gamma \cdot y \cdot \sin \alpha \cdot \Delta\omega$ .

Áp lực thủy tĩnh trên mặt ( AA'B'B ) có diện tích ( $\omega$ ) bằng tổng áp lực thủy tĩnh trên các dải trong diện tích đó.

$$P = \sum \Delta P = \sum \gamma \cdot y \cdot \sin \alpha \cdot \Delta\omega = \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \sum y \cdot \Delta\omega$$

Ta thấy  $\sum y \cdot \Delta\omega$  chính là mô- men tĩnh của diện tích ( $\omega$ ) đối với trục x.

Vậy  $\sum y \cdot \Delta\omega = \omega \cdot y_c$ .

Với  $y_c$  là toạ độ trọng tâm diện tích ( AA'B'B ), thay vào công thức tìm ( P )ta có:

$$P = \gamma \cdot \sin \alpha \cdot y_c \cdot \omega.$$

$$\text{Nhưng } y_c \cdot \sin \alpha = h_c.$$

$$\text{Vậy } P = \gamma \cdot h_c \cdot \omega.$$

$$( 1.5 )$$

Qua công thức ta thấy được:  $\gamma \cdot h_c$  là áp suất thủy tĩnh của chất lỏng ở trọng tâm diện tích mặt tiếp xúc. Mặt khác qua cách xây dựng công thức thấy

rằng công thức ( 1.5 ) có thể dùng được cho bất kỳ mặt chịu tác dụng nào có hình dạng tùy ý. Vậy ta có kết quả sau:

"Áp lực thủy tĩnh của chất lỏng trên một diện tích phẳng có hình dạng bất kỳ bằng tích của diện tích ấy với áp suất thủy tĩnh ở trọng tâm của nó".

b) Điểm đặt của áp lực thủy tĩnh trên mặt phẳng chịu áp lực

Điểm đặt của áp lực thủy tĩnh trên mặt chịu áp lực gọi là tâm áp lực hay tâm đẩy. Trong thực tế ta thường phải tìm áp lực thủy tĩnh trên các hình đối xứng như: Hình tròn, chữ nhật, tam giác cân... Vì vậy ta tìm tâm đẩy chỉ cần ở trên 1 trục đối xứng, cụ thể là tìm tọa độ tâm đẩy  $y_D$  thuộc 1 trục đối xứng của các hình trên.

Trong trường hợp ta đang xét thì áp lực thủy tĩnh ( P ) là lực tổng hợp; D là tâm đẩy trên diện tích  $\omega$ ;  $\Delta P$  là áp lực thành phần trên diện tích  $\Delta\omega$ . Ta viết phương trình mô men của lực tác dụng đối với trục X.

$$\text{Ta có : } P.y_D = \sum \Delta P.y. \quad (*)$$

ở đây :  $P.y_D$  là tọa độ tâm đẩy trên diện tích  $\omega$ .

$y$  là tọa độ tâm đẩy trên diện tích  $\Delta\omega$ .

Từ ( \* ) ta rút ra được :

$$y_D = \frac{\sum \Delta P.y}{P}$$

$$\text{Mà } P = \gamma . y_c . \omega . \sin \alpha ; \sum \Delta P = \sum \gamma . y . \sin \alpha . \Delta \omega$$

$$\text{Vậy } y_D = \frac{\gamma . \sin \alpha . \sum y . \Delta \omega . y}{\gamma . \sin \alpha . \omega . y_c} = \frac{\sum \Delta \omega . y^2}{\omega . y_c}$$

Mặt khác biểu thức  $\sum . \Delta \omega . y^2 = I_x$  được gọi là mô- men quán tính của diện tích  $\omega$  với trục X.

$$\text{Vậy : } y_D = \frac{I_x}{\omega . y_c}$$

$$\text{Tuy vậy } I_x = I_0 + \omega . y_c^2 \rightarrow y_D = \frac{I_0 + \omega y_c^2}{\omega . y_c}$$

$$\Leftrightarrow y_D = y_c + \frac{I_0}{\omega . y_c} \quad (1.6)$$

Ở đây:  $I_0$  là mô-men quán tính của diện tích  $\omega$  đối với trục ( X' - X' ) là trục song song với trục ( X ) và qua điểm C. Với ( C ) là trọng tâm của diện tích ,đó gọi là mô men quán tính trung tâm.

Ta cũng có công thức tính chiều sâu tâm đẩy

$$h_D = y_D . \sin \alpha = y_c . \sin \alpha + \frac{I_0 . \sin \alpha}{\omega . y_c} \quad (1.7)$$

Chú ý: Công thức ( 1.6 ) chứng tỏ điểm đặt lực nằm ở vị trí thấp hơn trọng tâm của mặt chịu lực.

Trên đây là 2 công thức cơ bản của áp lực thủy tĩnh ( 1.6 ) và (1.7).



**1.5.2. Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt tiếp xúc dạng phẳng hình chữ nhật:**

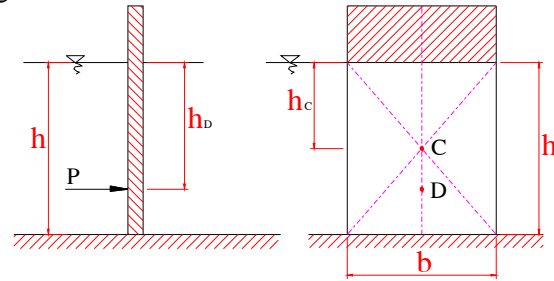
Trong mục này chúng ta xem xét áp lực thủy tĩnh ( cả về trị số và tâm đẩy)

lên các mặt phẳng chữ nhật trong các trường hợp: Mặt chịu lực ngập hoàn toàn và không hoàn toàn.

a) Mặt chịu áp lực không ngập hoàn toàn trong chất lỏng

- Trường hợp mặt chịu áp lực thẳng đứng:

Ta xét một tường chắn chữ nhật chịu tác dụng của chất lỏng. Tường có chiều rộng ( b ), chiều sâu ngập trong chất lỏng là ( h ), góc  $\alpha = 90^0$  ( tường thẳng đứng ). Ta cần tìm giá trị của áp lực chất lỏng lên tường chắn và chiều sâu tâm đẩy .(Hình 1.14)



**Hình 1.14**

Để tìm giá trị của áp lực chất lỏng lên tường chắn ta dùng công thức (1.5)

$$P = \gamma \cdot h_c \cdot \omega$$

Trong đó :  $\omega = b \cdot h$ ;  $h_c = h/2$  thay vào ta được:

$$P = \gamma \cdot \frac{h^2}{2} \cdot b \cdot h \Leftrightarrow P = \frac{\gamma \cdot b \cdot h^3}{2} \quad (1.8)$$

Để tìm chiều sâu tâm đẩy (  $h_D$  ) ta dùng công thức ( 1.7 ) :

$$h_D = y_c \cdot \sin \alpha + \frac{I_0 \cdot \sin \alpha}{\omega \cdot y_c}$$

Trong đó:  $\sin \alpha = \sin 90^0 = 1$

$$y_c = h_c = \frac{h}{2}; h_D = y_D$$

$$I_0 = \frac{b \cdot h^3}{12} \text{ ( mô men quán tính trung tâm hình chữ nhật )}.$$

$$\rightarrow \text{Thay vào } h_D = \frac{h}{2} + \frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{b \cdot h \cdot \frac{h}{2}} = \frac{h}{2} + \frac{h}{6}$$

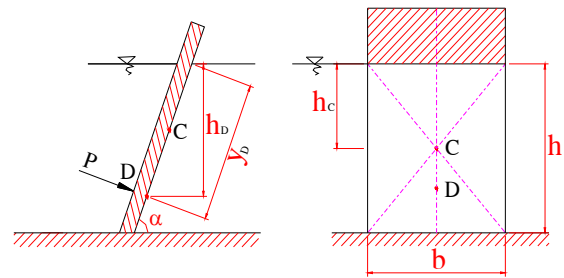
$$\rightarrow h_D = \frac{2}{3} \cdot h \quad (1.9)$$

Vậy chiều sâu tâm đẩy nằm dưới trọng tâm của hình chữ nhật.

b) Trường hợp mặt chịu áp lực nằm nghiêng (  $0 < \alpha < 90^0$  )

Ta xét một tường chắn hình chữ nhật chịu tác dụng của chất lỏng. Tường có chiều rộng là ( b ); chiều sâu ngập trong chất lỏng là ( h ); tường nghiêng  $\alpha^0$  ( $0 < \alpha < 90^0$ ).

(Hình 1.15)



Hình 1.15

- Để tìm giá trị của áp lực chất lỏng lên tường chắn ta vẫn sử dụng công thức dạng tổng quát ( 1.5 ) và chú ý rằng  $y_c = h/2\sin \alpha$ ; ta có:

$$P = \gamma \cdot h_c \cdot \omega = \gamma \cdot \frac{h}{2} \cdot b \cdot \frac{h}{\sin \alpha}$$

$$\rightarrow P = \frac{\gamma \cdot b \cdot h^2}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (1.10)$$

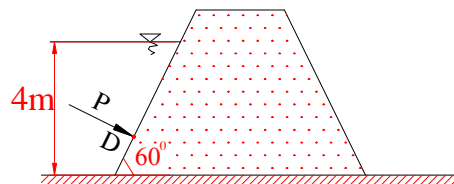
- Toạ độ tâm đẩy cũng có cặp công thức sau:

$$h_D = \frac{2}{3}h ; y_D = \frac{2h}{3 \sin \alpha} \quad (1.11)$$

Chú ý: Trong các công thức ( 1.10 ) và ( 1.11 ) nếu ta thay giá trị  $\sin \alpha = 1$  ( $\alpha = 90^0$ ) thì ta có lại các công thức ( 1.8 ) và ( 1.9 ). Để làm rõ phần này ta xét ví dụ sau :

Ví dụ: Cho 1 đập ngăn nước có  $\alpha = 60^0$  chân đập sâu 4m. Tìm P cho 1 m dài đập và xác định tâm đẩy.

Hình 1.16



Hình 1.16

Giải: Áp lực nước tác dụng lên mặt đập cho 1<sup>m</sup> dài ( b = 1<sup>m</sup> ).

$$\text{Áp dụng ( 1.10 ) có : } P = \frac{\gamma \cdot b \cdot h^2}{2 \sin \alpha} = \frac{9810 \cdot 1 \cdot 4^2}{2 \cdot \sin 60^0} = 90623N$$

$$\text{Chiều sâu tâm đẩy } h_D = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 4 = 2,66m$$

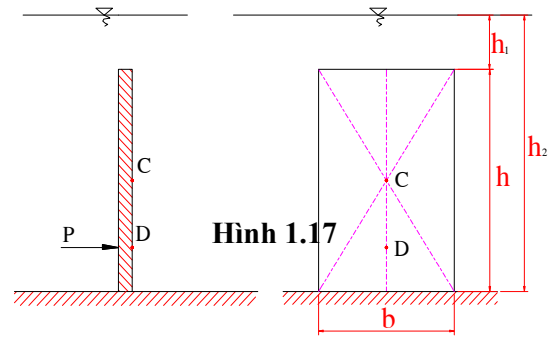
$$\text{Toạ độ tâm đẩy : } y_D = \frac{h_d}{\sin 60^0} = \frac{2,66}{0,866} = 3,08m .$$

b). Mặt chịu áp lực ngập hoàn toàn trong chất lỏng

- Trường hợp mặt chịu áp lực thẳng đứng:

Ta xét một mặt phẳng chữ nhật đặt thẳng đứng và ngập trong chất lỏng, cạnh dưới của chữ nhật ngập ở độ sâu  $h_2$ ;

cạnh trên ngập ở độ sâu  $h_1$ ; mặt chữ nhật có chiều rộng là ( $b$ ); chiều dài (cao) là  $h$ . Ta phải tìm giá trị của áp lực chất lỏng lên mặt chịu lực và toạ độ tâm đẩy của nó.(Hình 1.17)



Giá trị của áp lực chất lỏng lên mặt chịu lực được tìm từ công thức tổng quát ( 1.5):

$$P = \gamma \cdot h_c \cdot \omega$$

Ở đây ta có :  $h_c = \frac{h_1 + h_2}{2}$  ;  $\omega = b \cdot h = b \cdot (h_2 - h_1)$

Vậy:  $P = \gamma \cdot \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \cdot b(h_2 - h_1)$

$$\rightarrow P = \frac{\gamma \cdot b(h_2^2 - h_1^2)}{2} \quad (1.12)$$

Để tìm chiều sâu tâm đẩy ( $h_D$ ) ta áp dụng công thức tổng quát ( 1.7):

$$h_D = y_c \cdot \sin\alpha + \frac{I_0 \cdot \sin\alpha}{\omega \cdot y_c}$$

Ở đây ta có:  $\sin\alpha = 1$  ( $\alpha = 90^\circ$ ).

$$y_c = h_c = (h_1 + h_2)/2$$

$$I_0 = \frac{bh^3}{12} = b \cdot \frac{(h_2 - h_1)^3}{12}$$

$$\omega = b(h_2 - h_1)$$

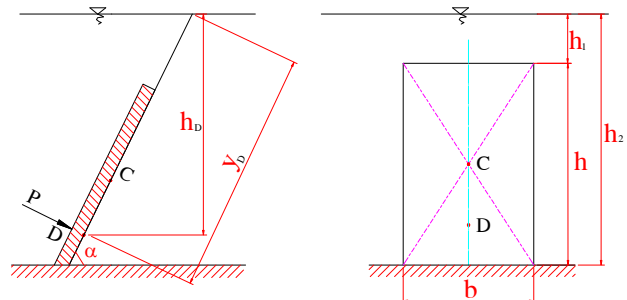
Thay vào ta có :  $h_D = \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{b(h_2 - h_1)^3 / 12}{b(h_2 - h_1) \cdot (h_2 + h_1) / 2}$

$$\rightarrow h_D = \frac{2}{3} \cdot \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \quad (1.13)$$

- Trường hợp mặt chịu áp lực nằm nghiêng ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ).

Mặt chịu áp lực hình chữ nhật có chiều rộng ( $b$ ). Cạnh dưới ngập dưới nước ở độ sâu  $h_2$ ; cạnh trên ngập ở độ sâu  $h_1$ ; mặt nghiêng góc  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 90^\circ$ )

(Hình 1.18) Khi đó ta có các công thức sau :



**Hình 1.18**

Giá trị áp lực chất lỏng tác dụng lên mặt chịu lực :

$$P = \frac{\gamma \cdot b}{2 \sin \alpha} (h_2^2 - h_1^2) \quad (1.14)$$

Công thức tọa độ tâm đáy:

$$y_D = \frac{2}{3 \sin \alpha} \cdot \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right) \quad (1.15)$$

Công thức chiều sâu tâm đáy

$$h_D = y_D \cdot \sin \alpha = \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right) \quad (1.16)$$

Chú ý : Trong các công thức ( 1.14 ); ( 1.15 ); (1.16) nếu ta thay (  $\sin \alpha = 1$  ) thì ta có các công thức ( 1.12 ) và ( 1.13 ).

Nếu  $\alpha = 90^\circ$  và  $h_1 = 0$  ta sẽ có lại các công thức ( 1.8 ) và ( 1.9 ).

Nếu  $h_1 = 0$  và (  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  ) ta có công thức ( 1.10 ); ( 1.11 ).

Vì vậy trường hợp tổng quát: Để tính áp lực thủy tĩnh tác dụng lên mặt chịu áp hình chữ nhật ( về giá trị áp lực và tâm đáy ) ta sử dụng hệ các công thức ( 1.14 ); ( 1.15 ); ( 1.16 ). Từ đây căn cứ vào các trường hợp riêng cụ thể ta có thể suy được ra hệ các công thức từ ( 1.8 ) ÷ ( 1.13 )

Bảng công thức P,  $h_c$ ,  $y_c$ ;  $h_D$ ,  $y_D$  cho các trường hợp mặt phẳng thẳng đứng và nằm nghiêng chịu áp lực nước.

<b>Trạng thái</b>	<b>P</b>	<b><math>h_c</math></b>	<b><math>y_c</math></b>	<b><math>h_d</math></b>	<b><math>y_d</math></b>
Mặt chịu áp thẳng không ngập hoàn toàn	$\frac{\gamma \cdot b \cdot h^2}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{2}{3} \cdot h$	$\frac{2}{3} \cdot h$
Mặt chịu áp nghiêng không ngập hoàn toàn	$\frac{\gamma \cdot b \cdot h^2}{2 \sin \alpha}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{2 \sin \alpha}$	$\frac{2}{3} h$	$\frac{2h}{3 \sin \alpha}$
Mặt chịu áp thẳng đứng ngập hoàn toàn	$\frac{\gamma \cdot b \cdot (h_2^2 - h_1^2)}{2}$	$\frac{h_1 + h_2}{2}$	$\frac{h_1 + h_2}{2}$	$\frac{2}{3} \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right)$	$\frac{2}{3} \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right)$
Mặt chịu áp nằm nghiêng ngập hoàn toàn	$\frac{\gamma \cdot b \cdot (h_2^2 - h_1^2)}{2 \sin \alpha}$	$\frac{h_1 + h_2}{2}$	$\frac{h_1 + h_2}{2 \sin \alpha}$	$\frac{2}{3} \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right)$	$\frac{2}{3 \sin \alpha} \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{h_2^2 - h_1^2} \right)$

--	--	--	--	--	--

### 1.5.3. Áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt tiếp xúc phẳng hình chữ nhật bằng giản đồ áp suất

Phương pháp này có tính trực quan, dùng rất phổ biến trong khi giải các bài toán thủy lực thực tế như tính cánh công, đập nhỏ và tường chắn nước...

Trước tiên ta hãy xem xét về nguyên tắc để vẽ được giản đồ áp suất vì đây là công việc nguyên tắc để vẽ được giản đồ áp suất vì đây là công việc quan trọng nhất.

#### a) Vẽ giản đồ áp suất

Ta biết chất lỏng ở trạng thái tĩnh thì áp suất của nó tại một điểm ( trong phần trước đã xét ) được tính theo công thức sau:  $P = p_0 + \gamma h$ .

Tuy nhiên trong thực tế phần lớn công trình có  $P_0 = P_a$ . Vì vậy áp suất chủ yếu là của bản thân chất lỏng . Vậy công thức áp suất :  $P = \gamma \cdot h$ .

Với mỗi chất lỏng cụ thể thì ta có thể coi " $\gamma$ " không đổi, vậy ( P ) phụ thuộc ( h ) theo quan hệ tuyến tính. Ta sẽ thành lập các giản đồ áp suất cho 4 trường hợp cụ thể ( mà ta đã xét ở phần trước ).

- Mặt chịu áp lực thẳng đứng ngập hoàn toàn trong chất lỏng:(Hình 1.20)

Nguyên tắc: Đường biểu diễn hàm số ( P ) trong một mặt phẳng vuông góc với mặt chịu áp có giao tuyến song song với trục thẳng đứng. Ở mỗi độ sâu ( h ) vẽ một véc tơ biểu thị phương, chiều, và độ lớn của áp suất thủy tĩnh ở nơi đó thì được một giản đồ gọi là giản đồ áp suất thủy tĩnh.

(Hình 1.20)

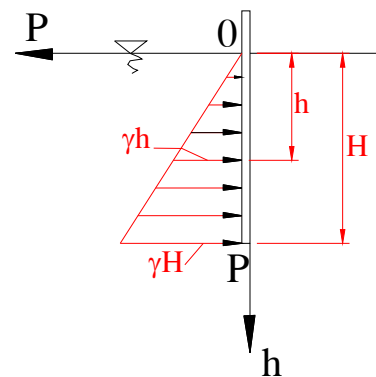
Ta áp dụng nguyên tắc trên để vẽ cho trường hợp này ( và cả các trường hợp sau nữa ).

Lấy điểm 0 làm gốc tọa độ ( giao của đường mặt nước với cạnh chịu áp lực ); cạnh mặt chịu áp lực là trục  $0h$ . Trục  $0P$  vuông góc mặt chịu áp lực (  $0P$  vuông góc  $0h$  ).

Điểm 0 nằm ngay mặt chất lỏng nên:  $h_1 = 0$

→  $P_1 = 0$ .

Điểm cuối của mặt chịu áp có độ sâu H; vậy tại đây có  $P_2 = \gamma H$ .



Hình 1.20

Tại điểm có độ sâu "h" tùy ý thì tại đây có áp suất  $P = \gamma \cdot h$ .

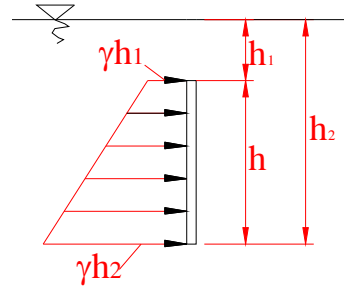
Vì ( P ) và ( h ) phụ thuộc tuyến tính nên giản đồ áp suất chính là tam giác  $0AB$ ; các véc-tơ áp suất vuông góc mặt chịu áp lực .

- Mặt chịu áp lực thẳng đứng ngập hoàn toàn trong chất lỏng:(Hình 1.21)

Vẫn theo nguyên tắc trên ta thấy giản đồ áp suất của nó là một hình thang vuông có cạnh trên là:

$$p_1 = \gamma \cdot h_1.$$

Cạnh dưới  $p_2 = \gamma \cdot h_2$ . Chiều cao  $h = h_2 - h_1$

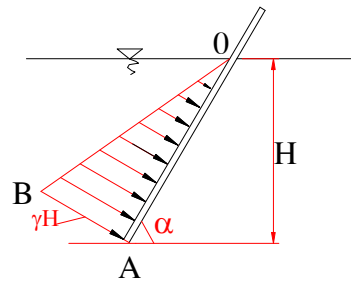


Hình 1.21

- Mặt chịu áp lực nằm nghiêng, không ngập hoàn toàn trong chất lỏng:(Hình 1.22)

Vẫn theo nguyên tắc trên và chú ý thêm rằng phương, chiều của véc-tơ áp suất thủy tĩnh hướng vuông góc vào mặt chịu áp lực ta có giản đồ áp suất là một tam giác vuông có cạnh bên là :

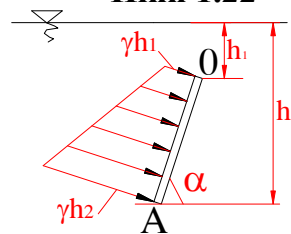
$$\overline{AB} = \gamma H \text{ và } H/\sin\alpha = \overline{OA}$$



Hình 1.22

-Mặt chịu áp lực nằm nghiêng, ngập hoàn toàn trong chất lỏng(Hình 1.23):

Theo nguyên tắc trên ta được giản đồ là một hình thang vuông có cạnh nhỏ  $p_1 = \gamma \cdot h_1$ . Cạnh lớn  $p_2 = \gamma \cdot h_2$ . Chiều cao  $\overline{OA} = (h_2 - h_1) / \sin\alpha$ .



Hình 1.23

Trên đây là cách vẽ giản đơn đồ áp suất cho 4 trường hợp cụ thể mà ta hay gặp nhất. Khi vẽ giản đồ cần chú ý các vấn đề sau đây:

- Giản đồ chỉ có dạng tam giác vuông hoặc hình thang vuông.
- Giá trị các cạnh của giản đồ bằng giá trị áp suất của chất lỏng tại điểm đó ( $p = \gamma \cdot h$ ).

b) *Tính áp lực chất lỏng tác dụng vào mặt chịu áp hình chữ nhật bằng giản đồ áp suất*

Sau khi đã biết cách vẽ được giản đồ áp suất, thì ta tiến hành vận dụng nó để tính áp lực của chất lỏng và tâm đẩy của nó lên mặt chịu áp hình chữ nhật ( là hình dạng hay gặp nhất trong thực tế ).

Nguyên lý của phương pháp là:

" Áp lực thủy tĩnh trên mặt chịu áp hình chữ nhật bằng tích số của chiều rộng ( b ) với diện tích giản đồ áp suất".

Công thức tính áp lực thủy tĩnh bằng giản đồ là :

$$P = b \cdot S \tag{1.17}$$

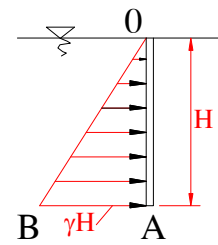
Ta chứng minh công thức trên qua trường hợp sau:

- Xét mặt chịu áp lực thẳng đứng và không ngập hoàn toàn dưới mặt chất lỏng. (Hình 1.24). Áp lực để tính là

$$P = \frac{\gamma \cdot b \cdot H^2}{2}$$

Phân tích về phải ta có :

$$P = b \cdot \frac{\gamma \cdot H \cdot H}{2} = \frac{\gamma H^2}{2} \cdot b$$



Hình 1.24

Mà  $S = \gamma \cdot H^2/2$  ( vì S là diện tích của tam giác vuông OAB ).

Vậy  $P = b \cdot S$  ( đpcm )

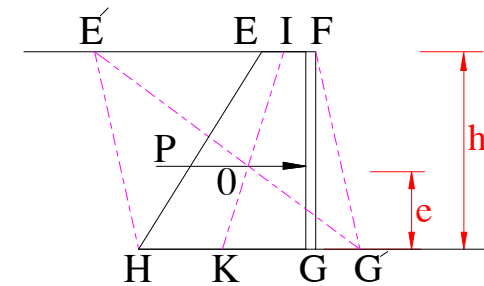
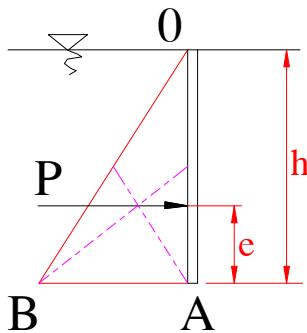
- Các trường hợp khác của mặt chịu áp: Ngập hoàn toàn, nghiêng không ngập và nghiêng ngập hoàn toàn thì công thức ( 1.17 ) vẫn đúng.

- Công thức ( 1.17 ) cho phép tính được giá trị của áp lực thủy tĩnh lên mặt chịu áp lực hình chữ nhật.

Để xác định được tâm đẩy của áp lực trên giản đồ áp suất thì ta phải nắm nguyên tắc sau:

" Áp lực P luôn đi qua trọng tâm của diện tích giản đồ áp suất và vuông góc với mặt chịu áp lực ".

Vì vậy việc xác định tâm đẩy trở thành việc xác định được trọng tâm của giản đồ áp suất: Hình tam giác và hình thang.



Hình 1.25

b,

a,

- Với hình tam giác thì trọng tâm là giao của các trung tuyến và nếu gọi "e" là khoảng cách từ trọng tâm tam giác đến đáy (Hình 1.25-a) thì ta có công thức sau:

$$e = \frac{1}{3} \cdot h$$

- Với hình thang ta xác định trọng tâm như sau:

Trên EF kéo dài lấy  $\overline{EE'} = \overline{HG}$ ; trên HG kéo dài lấy  $\overline{GG'} = \overline{EF}$  ( chú ý EE' và GG' ngược chiều nhau ), nối E'G' trên EF lấy điểm giữa I và trên HG lấy điểm giữa K, nối IK ( chú ý : HE'FG' là bình hành ), đường IK cắt đường E'G' tại O, với O là trọng tâm hình thang. Ngoài ra nếu gọi " e " là khoảng cách từ trọng tâm giản đồ đến đáy ( Hình 1.25-b) thì ta có công thức :

$$e = \frac{h}{3} \cdot \left( \frac{m+2n}{m+n} \right); \begin{cases} m = \overline{HG} \\ n = \overline{EF} \end{cases} \quad (1.18)$$

*Chú ý* : Nếu trong công thức này ta lấy  $n = 0$  ( $\overline{EF} = 0$ ), thì  $e = h/3$  ta trở lại phân giản đồ cho tam giác, để làm rõ hơn cách sử dụng của phương pháp này ta cùng xem một số ví dụ sau đây:

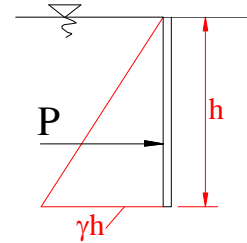
Ví dụ: Tìm áp lực thủy tĩnh tác dụng lên cánh cổng thẳng đứng hình chữ nhật. Cạnh dưới của cánh cửa ở độ sâu  $h = 4\text{m}$ ; chiều rộng  $b = 3\text{m}$ ;  $\gamma_{nc'} = 9810\text{N/m}^3$ .(Hình 1.26)

Giải : Áp lực thủy tĩnh được tính :

$$P = b.S = b \cdot \frac{\gamma \cdot h^2}{2} = 3 \cdot \frac{9810 \cdot 4^2}{2} = 235440\text{N}$$

$$\text{Hay } P = 235,44 \text{ KN.}$$

Hình 1.26



Ví dụ 2: Tính áp lực nước tác dụng lên cánh cửa cổng thẳng đứng hình chữ nhật. Cạnh dưới của cửa cổng ở độ sâu  $h_2 = 4\text{ m}$ ; cạnh trên ở độ sâu  $h_1 = 2\text{m}$ ; chiều rộng cánh cửa  $b = 2\text{ m}$ ;  $\gamma_{nc'} = 9810\text{ N/ m}^3$

Giải : Ta tìm diện tích của giản đồ áp suất :

$$S = \frac{\gamma \cdot h_2 + \gamma h_1}{2} (h_2 - h_1)$$

$$s = 58860\text{N/m}$$

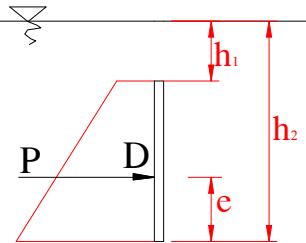
Vậy áp lực của nước lên cánh cổng là

$$P = b.S = 2 \cdot 58860 = 117.720\text{ N}$$

$$\text{Tâm dầy } e = \frac{(h_2 - h_1)}{3} \cdot \left( \frac{4 + 2 \cdot 2}{4 + 2} \right) = 0,88\text{m}$$

Vậy chiều sâu tâm dầy  $h_D = 4 - 0,88 = 3,12\text{m}$ .(Hình 1.27)

Hình 1.27

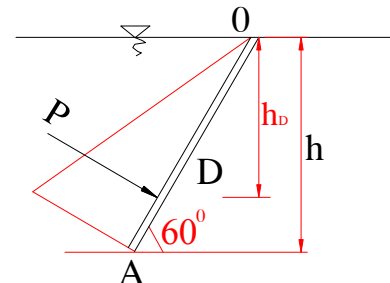


Ví dụ 3: Một cánh cổng chữ nhật nghiêng với mặt nằm ngang một góc  $\alpha = 60^\circ$ . Chân cánh cổng ở độ sâu  $h = 4\text{m}$ ; chiều rộng cánh cổng  $b = 2\text{m}$ . Tính áp lực nước lên cánh cổng.(Hình 1.28)

Giải : Ta tìm diện tích giản đồ áp suất :

$$S = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h \cdot \overline{OA} \quad \text{Mà } \overline{OA} = h / \sin 60^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Vậy } S &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{h^2}{\sin 60^\circ} \\ &= \frac{9810 \cdot 4^2}{2 \cdot \sqrt{3} / 2} = 90.728\text{N / m} \end{aligned}$$



Hình 1.28

Vậy áp lực của chất lỏng lên cánh cổng là :  $P = b.S$ .

$$\rightarrow P = 2 \cdot 90728 = 181456 = 181,46 \text{ KN.}$$



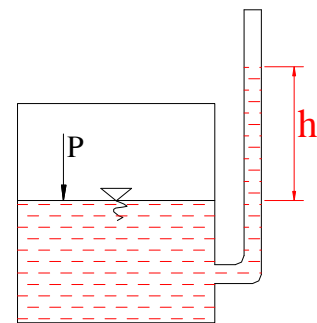
$$\text{Chiều sâu tâm đáy } h_D = OD \sin 60^\circ = \frac{2}{3} OA \cdot \sin 60^\circ$$

$$h_D = \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{\sin 60^\circ} \cdot \sin 60^\circ \approx 2,7m.$$

### CÂU HỎI- BÀI TẬP CHƯƠNG 1:

1. Phân biệt áp lực thủy tĩnh và áp suất thủy tĩnh? đơn vị đo.
2. Giải thích công thức cơ bản của áp suất thủy tĩnh.
3. Phát biểu định luật Pascal và tìm ví dụ.
4. Xác định áp suất tuyệt đối và áp suất dư ở đáy bể nước. Biết chiều sâu nước trong bể là  $h = 0,6m$ ; mặt bể hở ; áp suất trên mặt nước là áp suất khí quyển  $P_a = 98100 \text{ N/m}^2$ ;  $\gamma_{nc'} = 9810 \text{ N/m}^3$ .

5. Tìm áp suất  $p_0$  trên mặt nước trong một bình kín ( Hình.1 ). Biết mực nước trong ống đo áp hở cao hơn mực nước trong bình là  $h = 2m$ ; áp suất khí quyển  $P_a = 98100 \text{ N/m}^2$ .



**Hình 1**

6. Tìm chiều cao cột nước dâng lên trong đường ống hút của máy bơm, biết áp suất chân không ở đường ống là  $58860 \text{ N/m}^2$  ( do đồng hồ chỉ ). Trọng lượng riêng của nước  $\gamma_{nc'} = 9810 \text{ N/m}^3$  ( khi tính bỏ qua ma sát )

7. Phân biệt sự khác nhau của công thức tính áp lực thủy tĩnh tác dụng vào mặt chịu áp hình chữ nhật trong các trường hợp mặt chịu áp thẳng đứng và nằm nghiêng.

8. Một tường chắn nước thẳng đứng; tường cao 4 m; chiều rộng của tường là  $b = 4\text{m}$ ; chiều sâu của nước là  $h = 3\text{ m}$ . Tính áp lực thủy tĩnh tác dụng lên tường và tâm đẩy.

9. Một tường nghiêng chắn nước. Mặt tường nghiêng với mặt nằm ngang góc  $\alpha = 60^\circ$ ; chiều rộng của tường  $b = 3\text{m}$ ; cạnh kia của tường là  $a = 3\text{m}$ ; chân tường ở độ sâu  $h = 2\text{ m}$ ; tính áp lực thủy tĩnh tác dụng lên tường và chiều sâu tâm đẩy.

10. Một cánh cổng thẳng đứng có chiều rộng  $b = 2\text{ m}$ ; chiều cao  $a = 2\text{ m}$ . Khi cửa cổng đóng hoàn toàn thì cạnh dưới cửa cổng ở độ sâu  $h = 5\text{m}$ ; tính áp lực nước tác dụng lên cửa cổng và xác định tâm đẩy.

## Chương 2

### CƠ SỞ THUYẾT ĐỘNG LỰC HỌC

Thuyết động lực học nghiên cứu các quy luật chung về chuyển động của chất lỏng và vận dụng các quy luật đó vào thực tế ( nghiên cứu dòng chảy trong sông; trong kênh; trong ống; chảy qua cống; qua đập...). Trong thuyết động lực học ta xem môi trường chất lỏng chuyển động là một môi trường liên tục, bao gồm vô số phân tử chất lỏng VCB chuyển động. Mỗi phân tử chất lỏng chuyển động đó đều có tốc độ chất lỏng  $u$  ( lưu tốc ) và chịu áp suất thủy động  $p$ . Vậy  $u, p$  là các đặc trưng cơ bản của chuyển động và được gọi là các yếu tố chuyển động.

Trong chương này chúng ta cùng nhau xem xét một số các quy luật cơ bản của động lực học, một số các khái niệm định nghĩa, công thức... quan trọng có tính cơ bản và sẽ được sử dụng nhiều cho các chương sau.

#### 2.1. Các yếu tố mô tả dòng chất lỏng chuyển động

##### 2.1.1. Khái niệm chung

Nhìn chung thì áp suất thủy động  $p$  và lưu tốc  $u$  thay đổi theo vị trí, ( tức là theo tọa độ không gian  $(x, y, z)$  ) của phần tử chất lỏng chuyển động, và thay đổi theo thời gian diễn ra chuyển động đó. Vậy  $u, p$ ; là các hàm số liên tục của tọa độ không gian  $(x, y, z,)$  và thời gian  $t$ .

$$\rightarrow u = f_1 ( x, y, z, t )$$

$$P = f_2 ( x, y, z, t ).$$

ở đây  $f_2, f_1$ ; là các hàm số biểu diễn áp suất thủy động và lưu tốc.

+ Trường hợp chuyển động của chất lỏng mà các yếu tố chuyển động chỉ thay đổi vị trí của phần tử chất lỏng, và không thay đổi theo thời gian, thì gọi là : Chuyển động ổn định. Khi đó các yếu tố được cho bởi các hàm số sau:

$$u = f_1 ( x, y, z )$$

$$p = f_2 ( x, y, z ).$$

+ Chuyển động của chất lỏng mà các yếu tố chuyển động không những thay đổi theo vị trí của phần tử chất lỏng mà còn thay đổi theo thời gian thì được gọi là : Chuyển động không ổn định. Khi đó các yếu tố chuyển động được cho bởi các hàm số sau:

$$u = f_1 ( x, y, z, t )$$

$$p = f_2 ( x, y, z, t ).$$

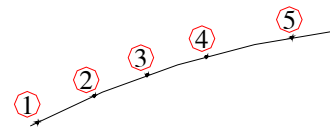
### 2.1.2. Các yếu tố mô tả dòng chất lỏng

Để mô tả đầy đủ dòng chất lỏng chuyển động, người ta đưa vào 4 yếu tố sau đây:

Quỹ đạo; đường dòng; dòng nguyên tố; dòng chảy.

a). *Quỹ đạo* :

" Là đường đi của một phần tử chất lỏng trong một khoảng thời gian nào đó".



**Hình 2.1**

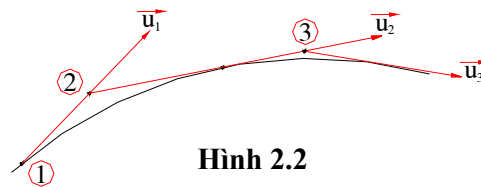
Xét phần tử chất lỏng " m " ban đầu

ở vị trí 1, sau đó lần lượt chuyển động qua các vị trí 2, 3, 4, 5 ... ta nối các điểm đó lại với nhau sẽ được quỹ đạo của phần tử chuyển động. Qua đây ta thấy rằng: Quỹ đạo của phần tử chất lỏng chuyển động càng chính xác khi mà các điểm 1 đến 5 ... càng gần nhau ( Hình 2.1 ).

b) *Đường dòng*

" Đường dòng là đường cong trong môi trường chất lỏng chuyển động mà ở một thời điểm các phần tử chất lỏng nằm trên đường cong đó có véc-tơ lưu tốc

tiếp tuyến với đường cong". Để làm rõ hơn nội dung này ta xem xét cách vẽ đường dòng như sau: Trong môi trường chất lỏng chuyển động tại một thời điểm " t " có một phần tử chất lỏng ở điểm 1 có phương; chiều, và tốc độ



**Hình 2.2**

chuyển động là  $\vec{U}_1$ . Mặt khác, cũng đúng tại thời điểm đó có một phần tử chất lỏng nữa ở vị trí 2 rất gần với điểm 1 và nằm trên  $\vec{U}_1$  có phương chiều và độ lớn biểu thị qua véc-tơ  $\vec{U}_2$ .

Tương tự như trên, xét phần tử chất lỏng ở điểm 3 thuộc  $\vec{U}_2$  ta có  $\vec{U}_3$  v.v.. khi khoảng cách giữa các điểm 1,2,3... dần đến 0 thì đường gãy khúc 1,2,3.. sẽ trở thành đường cong trơn mà các phần tử chất lỏng trên đường cong này đều có véc tơ tốc độ tiếp tuyến với nó. Đây chính là hình ảnh của đường dòng.

Chú ý :

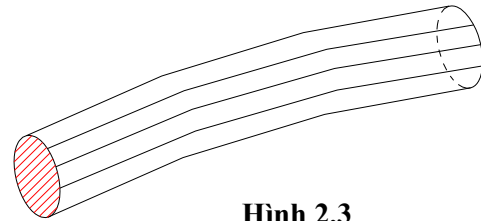
Trong chuyển động ổn định, các yếu tố chuyển động không thay đổi theo thời gian nên đường dòng không thay đổi. Trường hợp này đường dòng trùng với quỹ đạo.

Trong chuyển động không ổn định lưu tốc của các phần tử chất lỏng luôn thay đổi về trị số và hướng nên đường dòng thay đổi theo thời gian.

c) *Dòng nguyên tố*

"Ta lấy trong môi trường chất lỏng chuyển động một diện tích  $\Delta\omega$ ; VCB khi đó tập hợp tất cả các đường dòng đi qua mọi điểm của diện tích  $\Delta\omega$  là dòng nguyên tố"

(Hình 2.3)



Hình 2.3

Sau đây ta xem xét một số các tính chất cơ bản của dòng nguyên tố trong chuyển động ổn định.

- Trong chuyển động ổn định, các đường dòng không thay đổi hình dáng theo thời gian nên dòng nguyên tố không thay đổi hình dáng và diện tích mặt cắt ngang theo thời gian.

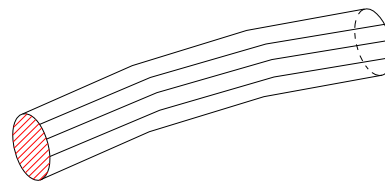
- Mặt xung quanh dòng nguyên tố được bao bởi các đường dòng, mà trong chuyển động ổn định thì đường dòng trùng với quỹ đạo. Vì vậy mà chất lỏng không thể chảy xuyên qua mặt xung quanh của dòng nguyên tố.

- Diện tích mặt cắt ngang của dòng nguyên tố là V.C.B nên trị số tốc độ  $u$  ở mọi điểm thuộc 1 mặt cắt được xem là như nhau.

d) *Dòng chảy:*

"Một môi trường chất lỏng mà các phần tử chất lỏng cũng chuyển động dời chỗ theo một chiều nào đó thì gọi là dòng chảy". Vậy dòng chảy là một tập hợp của các dòng nguyên tố.

(Hình 2.4)



Hình 2.4

**2.2. Các yếu tố thủy lực của dòng chất lỏng chuyển động:**

Trong chất lỏng chuyển động, người ta sử dụng 5 yếu tố cơ bản sau đây:

- Mặt cắt ướt (  $\omega$  )
- Chu vi ướt (  $\chi$  )
- Bán kính thủy lực (  $R$  )
- Lưu lượng (  $Q$  )

Lưu tốc trung bình (v).  
 Chúng ta sẽ cùng xem xét từng yếu tố:

**2.2.1. Mặt cắt utor**

a) Định nghĩa "Mặt cắt utor là mặt cắt ngang của dòng chảy, nó vuông góc với tất cả các đường dòng"(Hình 2.5)



( Mặt cắt utor cong)

**Hình 2.5**

( Mặt cắt utor phẳng)

Mặt cắt utor là phẳng khi các đường dòng song song nhau; và là cong khi các đường dòng không song song nhau.

Ký hiệu diện tích mặt cắt utor là  $\omega$ ; đơn vị đo là đơn vị diện tích ( m<sup>2</sup>; cm<sup>2</sup> ).

b) Một số mặt cắt utor thường gặp

-Mặt cắt utor hình chữ nhật (Hình 2.6)

$$\omega = b.h$$

( 2.1 )

Trong đó b : chiều rộng đáy kênh mương

h : chiều sâu của nước trong kênh.

-Mặt cắt utor hình tròn: ( ống dẫn, cống nhỏ ..)

Trường hợp chảy có áp

( chảy đầy ống ) thì ta có diện tích mặt cắt utor là:  $\omega = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,785 \cdot D^2$  ( 2.2 )

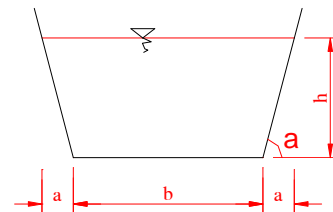
( D: đường kính ống dẫn ).

- Mặt cắt utor hình thang: (Hình 2.7)

Ta có :  $\omega = (b + a).h$  ; mà  $a = h \cdot \cot \alpha = mh$

$$\rightarrow \omega = (b + m.h)h$$

( m: hệ số dốc mái kênh )



**Hình 2.7**

**2.2.2. Chu vi utor**

a) Định nghĩa " Chu vi utor là phần chu vi của mặt cắt utor tiếp xúc với lòng dẫn "

Ký hiệu của chu vi utor :  $\chi$

Đơn vị của chu vi utor là đơn vị đo độ dài ( m; cm...)

b) Một số dạng chu vi ướt thường gặp

$$\text{Mặt cắt ướt hình chữ nhật: } \chi = b + 2h \quad (2.4)$$

$$\text{Mặt cắt ướt hình tròn: Trong trường hợp dòng chảy có áp } \chi = \pi D \quad (2.5)$$

Mặt cắt ướt hình thang:

$$\begin{aligned} \chi &= b + 2\sqrt{h^2 + a^2} \\ &= b + 2\sqrt{h^2 + h^2 \cdot \cot^2 \alpha} = b + 2\sqrt{h^2 + h^2 \cdot m^2} \\ &\rightarrow \chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

c) Bán kính thủy lực

Bán kính thủy lực là tỷ số giữa diện tích mặt cắt ướt  $\chi$

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (2.7)$$

Ký hiệu bán kính thủy lực là : R

Đơn vị đo là đơn vị chiều dài ( m ; cm...)

### 2.2.4. Lưu lượng

a) Định nghĩa: " Lưu lượng của dòng chất lỏng là thể tích dòng chảy của chất lỏng qua một mặt cắt ướt nào đó của dòng trong một đơn vị thời gian"

Ký hiệu lưu lượng dòng chảy : Q.

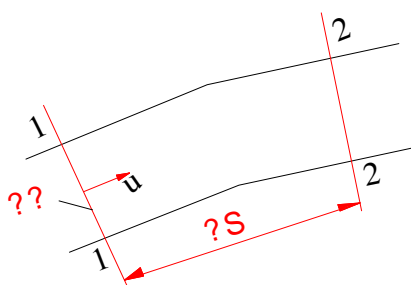
Đơn vị lưu lượng: Thể tích chất lỏng trong một đơn vị thời gian ( m<sup>3</sup>/s; m<sup>3</sup>/h...)

b) Biểu thức toán học

Nếu gọi V là thể tích khối chất lỏng chảy qua một mặt cắt ướt trong thời gian (t) thì lưu lượng của dòng chất lỏng là :  $Q = \frac{V}{t}$  (2.8)

Tuy nhiên việc sử dụng công thức này để tìm lưu lượng sẽ gặp khó khăn trong trường hợp mà lưu lượng dòng chảy là khá lớn. Do vậy người ta còn dùng cách sau đây. (Hình 2.8)

Xét một dòng nguyên tố có diện tích mặt cắt ướt là  $\Delta\omega$  ; lưu tốc của các phần tử chất lỏng chảy qua mặt cắt ướt là  $\vec{U}$  ; trong thời gian là  $\Delta t$  các phần tử chất lỏng chuyển động từ mặt cắt ( 1- 1 ) đến mặt cắt ( 2- 2 )



**Hình 2.8**

trên đoạn đường dài là  $\Delta S$ . Vậy sau thời gian  $\Delta t$  có một khối chất lỏng đã đi qua mặt cắt ( 1- 1 ) thể tích khối chất lỏng đó bằng thể tích hình trụ:  $\Delta V = \Delta\omega \cdot \Delta S$ , khi đó nếu tính cho một đơn vị thời gian thì ta sẽ được lưu lượng của dòng nguyên tố:

$$\Delta Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta\omega \cdot \Delta S}{\Delta t} = \Delta\omega \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\text{Vì lưu tốc } u = \Delta S / \Delta t \rightarrow \Delta Q = \Delta\omega \cdot u$$

Mặt khác dòng chất lỏng là tập hợp của tất cả các dòng nguyên tố nên lưu lượng Q của dòng bằng tổng lưu lượng của các dòng nguyên tố

$$Q = \sum \Delta \omega \cdot u \quad (2.9)$$

Tuy vậy việc xác định được lưu tốc (u) cũng phức tạp, do đó người ta đưa vào khái niệm sau: Lưu tốc trung bình.

### 2.2.5. Lưu tốc trung bình

a) Định nghĩa " Lưu tốc trung bình là lưu tốc tương đương, có giá trị bằng nhau tại mọi điểm của một mặt cắt ướt. Với lưu tốc này, lưu lượng tính ra bằng lưu lượng thực " .

Ký hiệu của lưu tốc trung bình : v

Đơn vị của lưu tốc trung bình : m/s; m/h...

b) Biểu thức toán học

Từ công thức  $Q = \sum \Delta \omega \cdot u$  ta thay lưu tốc cục bộ u bằng lưu tốc trung bình v. Khi đó  $Q = \sum \Delta \omega \cdot v = v \cdot \sum \Delta \omega = v \cdot \omega$ .

$\omega = \sum \Delta \omega$  là diện tích mặt cắt ướt của dòng.

$$\text{Vậy : } v = \frac{Q}{\omega} \quad (\text{m/s; m/h...}) \quad (2.10)$$

Trên đây là 5 yếu tố thủy lực cơ bản của dòng chất lỏng chuyển động. Qua các yếu tố trên, người ta có thể minh họa được một cách tương đối đầy đủ một dòng chảy qua kênh, mương, ống cống, ống dẫn...

### 2.2.6. Các ví dụ

Ví dụ 1: Một máng dẫn nước hình chữ nhật có chiều rộng đáy là  $b = 2$  m, chiều sâu nước trong máng  $h = 1$  m. Tính  $\omega$ ;  $\chi$ ; R.

(Hình 2.9)

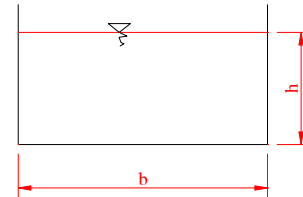
Giải : Diện tích mặt cắt ướt :

$$\omega = b \cdot h = 2 \cdot 1 = 2 \text{ m}^2.$$

$$\text{Chu vi ướt : } \chi = b + 2h = 2 + 2 \cdot 1 = 4 \text{ m}$$

$$\text{Bán kính thủy lực : } R = \omega / \chi = 2 / 4 = 0,5 \text{ m}$$

Hình 2.9



Ví dụ 2: Một ống dẫn nước có đường kính  $D = 30$  cm, nước chảy đầy ống hãy tìm :  $\omega$ ;  $\chi$ ; R.

Giải : Diện tích mặt cắt ướt :  $\omega = 0,785 \cdot D^2 = 0,785 \cdot 30^2 = 706,5 \text{ cm}^2$ .

$$\text{Chu vi ướt : } \chi = \pi \cdot D = 3,14 \times 30 = 94,2 \text{ cm.}$$

$$\text{Bán kính thủy lực : } R = \omega / \chi = 706,5 / 94,2 = 7,5 \text{ cm.}$$

Ví dụ 3 : Một kênh dẫn nước mặt cắt hình thang có chiều rộng đáy  $b = 3$  m; hệ số dốc mái kênh  $m = 1,5$ ; chiều sâu nước trong kênh  $h = 2$  m;

Tìm  $\omega$ ;  $\chi$ ; R.

Giải :

$$\text{Diện tích mặt cắt ướt : } \omega = (b + mh) \cdot h = (3 + 1,5 \cdot 2) \cdot 2 = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Chu vi ướt : } \chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2} = 3 + 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{1 + 1,5^2} = 10,21 \text{ m.}$$

$$\text{Bán kính thủy lực : } R = \omega / \chi = 12 / 10,21 = 1,17 \text{ m.}$$

Ví dụ 4: Một kênh dẫn nước mặt cắt hình thang có chiều rộng đáy  $b = 8\text{m}$ ; hệ số dốc mái kênh  $m = 1,5$ ; chiều sâu nước trong kênh  $h = 2,5\text{m}$ ; lưu tốc trung bình  $v = 0,8\text{m/s}$ . Tính các yếu tố thủy lực thuộc dòng chảy trong kênh.

Giải: Diện tích mặt cắt ướt:

$$\omega = (b + mh).h = (8 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 2,5 = 29,4\text{m}^2$$

$$\text{Chu vi ướt} : \chi = b + 2h\sqrt{1+m^2} = 8 + 2 \cdot 2,5 \cdot \sqrt{1+1,5^2} = 17,02\text{m}$$

$$\text{Bán kính thủy lực} : R = \omega/\chi = 29,4/17,02 = 1,73\text{m}$$

Lưu lượng nước chảy trong kênh:

$$Q = v \cdot \omega = 0,8 \cdot 29,4 = 23,52\text{m}^3/\text{s}$$

Trên đây là một số ví dụ cụ thể, ngoài ra chúng ta còn có thể tham khảo thêm dưới dạng bài tập được cho ở phần cuối chương.

### 2.3. Phân loại dòng chảy:

Trong thủy lực học người ta phân loại dòng chảy như sau:

- Dòng chảy ổn định: Dòng chảy đều  
Dòng chảy không đều.

- Dòng chảy không ổn định

Cả hai loại: Dòng chảy ổn định và dòng chảy không ổn định đều có các dạng là dòng chảy có áp và dòng chảy không áp; trong giáo trình này chúng ta chỉ nghiên cứu về dòng chảy ổn định. Các yếu tố ( $P$ ) và ( $u$ ) không phụ thuộc thời gian.

#### 2.3.1. Dòng chảy ổn định

a) Định nghĩa " Dòng chảy mà các yếu tố chuyển động của chất lỏng là ( $P$ ) và ( $u$ ) không thay đổi theo thời gian gọi là dòng chảy ổn định. các đặc điểm của dòng chảy ổn định:

- Lưu lượng  $Q$  không thay đổi dọc theo dòng chảy và theo thời gian.
- Các yếu tố thủy lực:  $\omega$ ;  $h$ ;  $v$  tại một mặt cắt không thay đổi.

b) Phân loại: Có 2 loại là dòng ổn định chảy đều và không đều. (Hình 2.10)

- Dòng ổn định chảy đều (Hình 2.10-a) " Dòng chảy đều có đặc điểm là các yếu tố thủy lực không thay đổi dọc theo dòng" Trong dòng chảy đều các đường dòng được xem như thẳng và song song với nhau.

Ví dụ: + Dòng chảy ổn định trong ống dẫn có đường kính không đổi.

+ Dòng chảy ổn định trong kênh có mặt cắt không đổi; chiều sâu dòng chảy và lưu tốc trung bình không đổi.

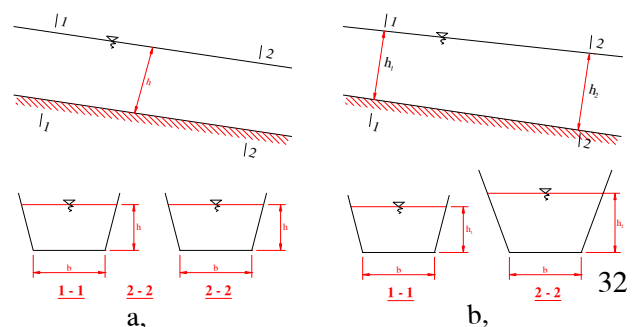
- Dòng ổn định chảy không đều (Hình 2.10-b) " Dòng chảy không đều có đặc điểm là các yếu tố thủy lực thay đổi dọc theo dòng".

Ví dụ: + Dòng chảy trong ống có đường kính thay đổi.

+ Dòng chảy trong sông (kênh mương) có mặt cắt thay đổi; chiều sâu dòng chảy thay đổi (tăng, giảm).

#### 2.3.2. Dòng chảy có áp và không áp

a) Dòng chảy có áp





Dòng chảy có áp có đặc điểm là dòng chảy không có mặt tự do ( không có mặt thoáng ).

### Hình 2.10

Vì vậy mà toàn bộ chu vi mặt cắt ướt đều tiếp xúc với thành lòng dẫn.

Ví dụ : Dòng chảy trong các ống dẫn cấp nước chảy đầy ống.

#### b) Dòng chảy không áp

Dòng chảy không áp có đặc điểm là dòng chảy có mặt tự do ( có mặt thoáng ) mặt này tiếp xúc với môi trường khí trời.

Ví dụ: Dòng chảy trong kênh, mương, cống không đầy...

#### 2.3.3. Dòng chảy thay đổi dần

Trong dòng chảy thay đổi dần có các đặc điểm sau đây:

- Bán kính cong của đường dòng rất lớn, vì vậy các đường dòng được xem gần như các đường thẳng.

- Các đường dòng gần như song song nhau, do đó mặt cắt ướt có thể được xem như là mặt phẳng.

- Phân bố áp suất ở mặt cắt ướt giống như phân bố áp suất thủy tĩnh .Tức là :  $P = p_0 + \gamma .h$

$$Z + \frac{P}{\gamma} = \text{hằng số.}$$

*Chú ý:* Nếu dòng chảy mà không thỏa mãn được các đặc điểm trên thì gọi là dòng chảy thay đổi đột ngột.

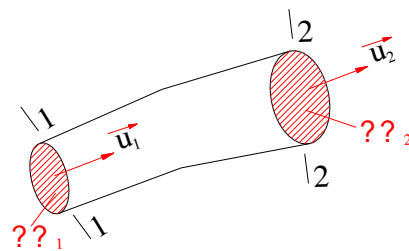
Ví dụ : Dòng chảy ổn định trong một đoạn kênh thẳng hoặc có bán kính cong lớn; dòng chảy ổn định trong đoạn ống thẳng hay có bán kính cong lớn, có đường kính ống không thay đổi (  $D = \text{hằng số}$  ) thì là dòng chảy thay đổi dần.

Dòng chảy ở các đoạn kênh hay ống mở rộng ( hoặc co hẹp ) đột ngột, hay ở chỗ đoạn cong gấp thì là dòng chảy thay đổi đột ngột ( nơi giao điểm của ống, kênh, mương, cửa cống ...)

## 2.4 . Phương trình liên tục của dòng chảy ổn định :

### 2.4.1. Phương trình liên tục của dòng nguyên tố :

Trong dòng chảy ổn định ta xét lấy một dòng nguyên tố. Trên dòng nguyên tố ta lấy 2 mặt cắt bất kỳ là ( 1- 1 ) và ( 2- 2 ) ( xem hình vẽ ). Tại mặt cắt ( 1- 1 ) có diện tích mặt cắt ướt là  $\Delta\omega_1$  và lưu tốc  $\bar{u}_1$ ; tại mặt cắt ( 2- 2 ) có diện tích mặt cắt ướt là  $\Delta\omega_2$  và lưu tốc  $\bar{u}_2$ . (Hình 2.11)



Hình 2.11

Khi đó lưu lượng của dòng nguyên tố qua 2 mặt cắt trên là :  $\Delta Q_1 = \Delta\omega_1 . u_1$  và  $\Delta Q_2 = \Delta\omega_2 . u_2$ .

Mặt khác, ta đã biết rằng trong chuyển động ổn định thì dòng nguyên tố không thay đổi hình dạng, kích thước và vị trí theo thời gian. Các phần tử chất lỏng chuyển động theo đường dòng nên nó không thể chảy xuyên qua thành dẫn của dòng nguyên tố. Môi trường chất lỏng là môi trường liên tục, không bị co thể tích dưới tác dụng của sự tăng áp suất. Vì vậy, trong một đơn vị thời gian thì lượng chất lỏng chảy qua mặt cắt ( 1- 1 ) có diện tích mặt cắt ướt là  $\Delta\omega_1$  để vào đoạn dòng nguyên tố cũng bằng đúng lượng chất lỏng chảy qua mặt cắt ( 2-2 ) có diện tích mặt cắt ướt là  $\Delta\omega_2$  để ra khỏi đoạn dòng nguyên tố. Biểu thức toán học biểu diễn là :  $\Delta Q_1 = \Delta Q_2 \leftrightarrow \Delta\omega_1 \cdot u_1 = \Delta\omega_2 \cdot u_2$ .

Biểu thức trên được gọi là phương trình liên tục của dòng nguyên tố trong dòng ổn định.

Các mặt cắt (1- 1 ) và (2-2 ) là các mặt cắt được lấy bất kỳ, tùy ý nên theo phép quy nạp ta cũng có thể viết cho "n" mặt cắt khác nhau (  $n \geq 3$  ) và ta có biểu thức sau:

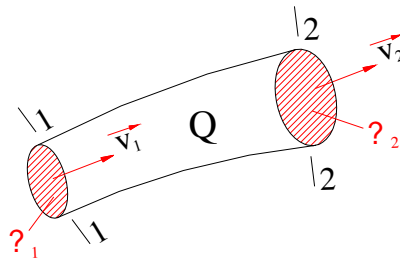
$$\Delta\omega_1 \cdot u_1 = \Delta\omega_2 \cdot u_2 = \Delta\omega_3 \cdot u_3 = \dots = \Delta\omega_n \cdot u_n = \Delta Q \quad (\Delta Q \text{ là hằng số}).$$

Qua đây có được kết luận :

"Trong dòng ổn định thì lưu lượng của dòng nguyên tố là không thay đổi".

#### 2.4.2. Phương trình liên tục của dòng chảy ổn định

Như ta đã biết được dòng chảy là tập hợp của tất cả các dòng nguyên tố, vì vậy ta xét dòng chảy ổn định trong đoạn giữa 2 mặt cắt ( 1-1 ) và ( 2-2 ) có các diện tích mặt cắt ướt tương ứng là  $\omega_1$  và  $\omega_2$  ( Hình 2.12)



**Hình 2.12**

Lượng chất lỏng chuyển động qua mặt cắt ( 1-1 ) để vào đoạn dòng chảy cũng bằng lượng chất lỏng chuyển động qua mặt cắt ( 2-2 ) để ra khỏi đoạn đó, vậy ta có biểu thức sau :  $\sum \Delta\omega_1 \cdot u_1 = \sum \Delta\omega_2 \cdot u_2$

$$\leftrightarrow Q_1 = Q_2.$$

Mặt khác, ta cũng có :  $Q_1 = v_1 \cdot \omega_1$  ;  $Q_2 = v_2 \cdot \omega_2$ .

$$\rightarrow v_1 \cdot \omega_1 = v_2 \cdot \omega_2.$$

Ở đây  $v_1$  và  $v_2$  là lưu tốc trung bình tại mặt cắt ( 1-1 ) và ( 2-2 ).

Các mặt cắt ( 1-1 ) và ( 2-2 ) chọn tùy ý nên theo phép quy nạp ta cũng có thể suy ra được cho "n" mặt cắt khác (  $n \geq 3$  ) và ta có biểu thức sau:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n = Q = \text{hằng số}.$$

Hay :  $v_1 \cdot \omega_1 = v_2 \cdot \omega_2 = v_3 \cdot \omega_3 = \dots = v_n \cdot \omega_n = Q = \text{hằng số}$ .

Qua đây ta có được kết luận sau:

" Lưu lượng của dòng ổn định là không đổi "

Chú ý : Từ phương trình (2.12) ta có thể viết lại như sau:

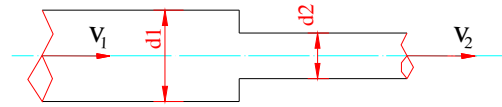
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (2.13)$$

Tức là trong dòng chảy ổn định lưu tốc trung bình của dòng tỷ lệ nghịch với diện tích mặt cắt ướt tương ứng.

Ví dụ: Cho đoạn ống (Hình 2.13); biết rằng :

$d_1 = 200\text{mm}$ ;  $d_2 = 100\text{mm}$ ;  $v_2 = 1,5\text{m/s}$ .

Tìm  $Q$  và  $v_1$ .



**Hình 2.13**

Giải: Tìm  $Q$  :  $Q = v_2 \cdot \omega_2 = 1,5 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} \right) = 0,03925\text{m}^3 / \text{s}$

Tìm  $v_1$ : Từ công thức ( 2.13 ) ta có :

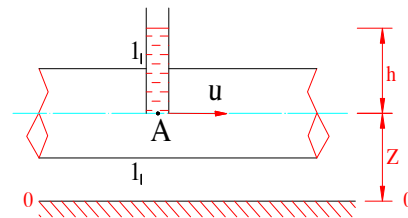
$$v_1 = v_2 \cdot \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right) = 1,5 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} : \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \right) = 0,37\text{m} / \text{s}$$

## 2.5. Phương trình Bec-nu-Li

Trong dòng chất lỏng ổn định có rất nhiều các yếu tố cần được biểu diễn qua lại, tương tác với nhau để cho thuận lợi trong quá trình tính toán các bài toán thủy lực. Để giải quyết vấn đề này chúng ta cần xem xét tới một trong các phương trình rất cơ bản của thủy lực học đó là phương trình Béc-nu-li. Để hiểu được và vận dụng tốt phương trình Béc-nu-li chúng ta trước tiên phải cần biết một số khái niệm cơ sở sau đây

### 2.5.1. Năng lượng đơn vị của dòng nguyên tố

Trong dòng chất lỏng chảy ổn định ta tách ra xét một dòng nguyên tố (Hình 2.14), trong dòng nguyên tố ta lại xét một phân tử chất lỏng tại một mặt cắt tùy ý ( phân tử A thuộc mặt cắt ( 1-1 ) .



**Hình 2.14**

Giả sử phân tử chất lỏng này lượng là "m" và có lưu tốc là "u" thì động năng của phân tử chất lỏng này là  $\left( \frac{m \cdot u^2}{2} \right)$ ; mặt khác ta lại có trọng lượng của phân tử chất lỏng này là : ( m.g); ( với  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Vậy động năng đơn vị của phân tử chất lỏng thuộc dòng nguyên tố đó là :  $e_d = \left( \frac{m \cdot u^2}{2} \right) : (mg) = \frac{u^2}{2g}$ ;

Giả sử phân tử chất lỏng này cách mặt phẳng chuẩn nằm ngang ( 0-0 ) một độ cao là "Z" thì năng lượng do vị trí của phân tử chất lỏng sẽ là : ( m.g.z ), vậy năng lượng đơn vị do vị trí của phân tử chất lỏng này là :  $e_v = \frac{mg \cdot z}{mg} = z$ ;

Mặt khác, phân tử chất lỏng này còn chịu một áp suất là "P" và nếu ta cắm vào vị trí này một ống đo áp thì phân tử chất lỏng sẽ được nâng lên một độ cao là

$h=P/\gamma$  . Vậy phân tử chất lỏng có năng lượng do áp suất là:  $\left( mg \cdot \frac{P}{\gamma} \right)$  và do đó

năng lượng đơn vị do áp suất là :  $e_p = \left( mg \cdot \frac{P}{\gamma} \right) / mg = P/\gamma$  . ( Ở đây các đại lượng  $e_d$ ;  $e_v$ ;  $e_p$  đều có đơn vị là đơn vị đo chiều dài ).

Kết hợp các đại lượng trên ta có được năng lượng đơn vị toàn phần của dòng nguyên tố tại một mặt cắt sẽ là:

$$e = e_d + e_v + e_p$$

$$\text{Hay } e = \frac{u^2}{2g} + z + \frac{P}{\gamma} \quad (2.14)$$

Các thành phần trong công thức trên là :

$Z + P/\gamma = e_t$  được gọi là thế năng đơn vị.

$u^2/2g = e_d$  được gọi là động năng đơn vị.

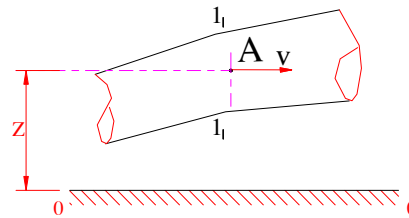
Trên đây là nội dung chính về khái niệm năng lượng đơn vị của dòng nguyên tố. Trên cơ sở này ta xây dựng biểu thức tính toán năng lượng đơn vị của dòng chảy.

### 2.5.2. Năng lượng đơn vị của dòng chảy

Năng lượng đơn vị của dòng chảy bao gồm 2 thành phần : Động năng đơn vị và thế năng đơn vị.

#### a) Động năng đơn vị của dòng chảy

Trong dòng chảy ổn định, ta xét một phân tử chất lỏng ( phân tử A ) tại một mặt cắt tùy ý ( mặt cắt 1-1 ) của dòng chảy ấy. (Hình 2.15)



**Hình 2.15**

Ta đã biết rằng động năng đơn vị của phân tử chất lỏng thuộc dòng nguyên tố là  $e_d = u^2/2g$ .

Trị số này khác nhau tùy theo vị trí của phân tử chất lỏng trên mặt cắt thuộc dòng chảy đang xét ( ở đây là mặt cắt 1-1 ) . Vì vậy ta phải tìm được trị số trung bình cho mọi điểm thuộc mặt cắt này và muốn vậy thì ta phải thay lưu tốc " $u_i$ " ở mỗi điểm thuộc mặt cắt bằng lưu tốc trung bình " $v$ " của dòng chảy. (  $i = 1, 2, \dots, n$  ) . Ta coi dòng chảy gồm có " $n$ " dòng nguyên tố thì động năng đơn vị của dòng chảy sẽ là :

$$E_d = \sum_1^n e_{di} = \frac{1}{n} \left( \frac{u_1^2}{2g} + \frac{u_2^2}{2g} + \dots + \frac{u_n^2}{2g} \right) = \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} \quad (2.15)$$

(  $\alpha$  : Hệ số phân bố lưu tốc;  $\alpha = 1 \div 1,1$  phụ thuộc vào mặt cắt ướt ) .

Lưu tốc trung bình " $v$ " của dòng chảy tại mặt cắt đang xét ( 1-1 ) bằng trung bình cộng của các lưu tốc do các phân tử chất lỏng chuyển động của mặt cắt ấy gây ra: Tức là :

$$v = \frac{\sum u_i}{n} = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n}{n}$$

Ở đây  $u_i$  là lưu tốc tại phân tử thứ  $i$  thuộc mặt cắt ( 1-1 ) .

Ví dụ : Tại 1 mặt cắt của dòng chảy, lưu tốc ở 5 điểm thuộc mặt cắt ấy là :  $u_1 = 1\text{m/s}$ ;  $u_2 = 1,1\text{ m/s}$ ;  $u_3=1,2\text{m/s}$ ;  $u_4 = 1,3\text{m/s}$ ;  $u_5 = 1,4\text{m/s}$ . Hãy tìm lưu tốc trung bình  $v$  và hệ số  $\alpha$ .

Giải : Lưu tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt đó là :

$$v = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5}{5} = \frac{1 + 1,1 + 1,2 + 1,3 + 1,4}{5} = 1,2\text{m/s}$$

Áp dụng công thức ( 2.15 ) ta có:

$$\frac{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2}{2g} = \frac{1^2 + 1,1^2 + 1,2^2 + 1,3^2 + 1,4^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0744\text{m}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{1,2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0733\text{m}$$

$$\text{Vậy } \alpha = \frac{0,0744}{0,0733} = 1,02 > 1$$

( Dễ thấy  $1 < \alpha = 1,02 ( 1,1 )$  )

b) *Thế năng đơn vị của dòng chảy*

Trong dòng nguyên tố, thế năng đơn vị tại một mặt cắt là :  $e_t = Z + p/\gamma$ . Vì vậy nếu mặt cắt ta đang xét thuộc đoạn dòng chảy thay đổi dần thì tại mọi điểm thuộc mặt cắt đó trị số :  $(Z + P/\gamma)$  là không đổi, nên ta có thế năng đơn vị của dòng chảy tại một mặt cắt là:

$$E_t = Z + \frac{P}{\gamma} \quad (2.16)$$

c) *Năng lượng toàn phần của dòng chảy tại một mặt cắt*

Công thức :  $E = E_d + E_t$

$$\text{Hay } : E = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (2.17)$$

Để làm rõ thêm vấn đề, chúng ta xét ví dụ sau:

Ví dụ: Trên một kênh dẫn nước; tại mặt cắt ( 1-1 ) có cao trình mặt nước là  $Z = 10\text{m}$ ; lưu tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt đó là :  $v = 1,34\text{ m/s}$ ; cho  $\alpha = 1,1$ . Tính năng lượng đơn vị của dòng chảy tại mặt cắt đó.

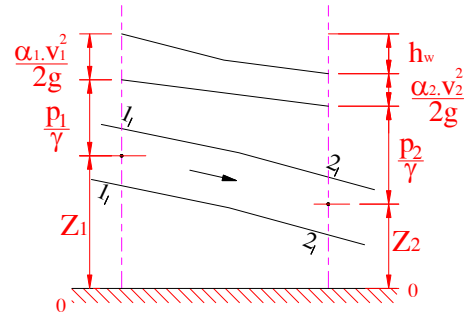
Giải: Năng lượng đơn vị của dòng chảy trong kênh tại mặt cắt ( 1-1 ) được tính theo công thức ( 2.17 ) :  $E = Z + p/\gamma + \alpha v^2/2g$ . Vì  $Z = 10\text{m}$  là cao trình mặt nước trong kênh nên "p" tại đây là áp suất khí trời  $p_a$ . Vì ở đây ta chỉ xét tới áp suất tương đối nên  $p=0$ . Vậy năng lượng đơn vị của dòng tại mặt cắt lúc này chỉ

$$\text{là : } E = Z + \frac{\alpha v^2}{2g} = \frac{1,1 \cdot 1,34^2}{2 \cdot 9,81} = 10,10\text{m}$$

### 2.5.3. Phương trình Béc-nu-li

a) Phương trình Béc-nu-li

Sau khi ta đã biết được năng lượng đơn vị của dòng chảy tại một mặt cắt tùy ý thì bây giờ chúng ta cùng đi xem xét vấn đề là trong quá trình chuyển động của chất lỏng trong kênh, mương, ống... thì năng lượng của nó thay đổi như thế nào?.



Hình 2.16

Ta xét một dòng chảy ổn định, lấy một đoạn của dòng chảy được giới hạn bởi 2 mặt cắt (1-1) và (2-2). Dòng chảy tại 2 mặt cắt này thỏa mãn điều kiện chảy thay đổi dần (Hình 2.16). Ta có các giả thiết sau đây:

$z_1$  và  $z_2$ : Độ cao của điểm ta xét tại mặt cắt (1-1) và (2-2) so với mặt chuẩn (0-0)

$p_1$  và  $p_2$ : áp suất thủy động tại các điểm đó.

$v_1$  và  $v_2$ : Lưu tốc trung bình của dòng chảy tại hai mặt cắt ta xét tại các mặt cắt (1-1) và (2-2) ta viết biểu thức tính toán năng lượng đơn vị của dòng chảy.

$$E_1 = Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} ; E_2 = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$$

( Ở đây  $\alpha_1$  và  $\alpha_2$  là hệ số phân bố lưu tốc ứng với các mặt cắt ). Vì chất lỏng mà ta đang xét là chất lỏng thực, có tính nhớt, nên khi chất lỏng chuyển động, nó bị tiêu hao một phần năng lượng vào việc khắc phục sức ma sát giữa các lớp chất lỏng và giữa chất lỏng với thành dẫn. Vì vậy năng lượng đơn vị của dòng chảy tại mặt cắt (2-2) phải nhỏ hơn năng lượng đơn vị ở mặt cắt (1-1) tức là

$E_1 > E_2$ . Ký hiệu phần năng lượng bị tiêu hao là :  $h_w$

Ta có:  $E_1 = E_2 + h_w$

$$\text{Hay : } Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w \quad (2.18)$$

Đây là phương trình Béc-nu-li của dòng chất lỏng . Rất quan trọng vì nó được ứng dụng khá nhiều để giải các bài toán thủy lực hay gặp trong thực tế.

b) Ý nghĩa của phương trình Béc-nu-li

Ta xem các thành phần (Hình 2.16)

$Z_1$  và  $Z_2$  : Độ cao vị trí của điểm đang xét tại mặt cắt (1-1) và (2-2) so với mặt chuẩn (0-0). Nó biểu thị năng lượng của một đơn vị trọng lượng chất lỏng ở độ cao  $z_1$  và  $z_2$ ; đây là : Năng lượng đơn vị do vị trí .

$p_1/\gamma$  và  $p_2/\gamma$  : Đây được biểu thị qua chiều cao của cột chất lỏng dâng lên trong ống đo áp cắm vào vị trí ta xét tại 2 mặt cắt (1-1) và (2-2) nó biểu thị năng lượng do áp suất thủy động tác dụng vào một đơn vị trọng lượng chất lỏng. Đây là : Năng lượng đơn vị do áp suất. Đường nối đỉnh các đoạn ( $z + p/\gamma$ ) ở các mặt cắt gọi là đường áp năng đơn vị.

$v_1^2/2g$  và  $v_2^2/2g$ : Đây là chiều cao của cột chất lỏng dâng lên trong ống đo lưu tốc ( là cột nước lưu tốc ) . Nó biểu thị năng lượng của một đơn vị trọng lượng của chất lỏng có lưu tốc trung bình là  $v_1$  và  $v_2$  được gọi là : Động năng đơn vị, đường nối đỉnh các đoạn (  $z + p/\gamma + \alpha v^2/2g$  ) ở các mặt cắt gọi là đường năng lượng ; giá trị  $h_w$  được gọi là tổn thất thủy lực của dòng chất lỏng.

c) Các điều kiện sử dụng phương trình Béc-nu-li

Khi sử dụng phương trình Béc-nu-li để giải các bài toán thủy lực ta cần chú ý tới các điều kiện sau:

- Dòng chảy trong đoạn viết phương trình phải là chảy ổn định.
- Tại các mặt cắt được chọn để viết phương trình dòng chảy là chảy thay đổi dần ( Để tại mỗi mặt cắt trị số :  $Z + p/\gamma$  đều giống nhau ở mọi điểm ).
- Đoạn giữa 2 mặt cắt mà ta viết phương trình thì dòng chảy không nhất thiết là chảy thay đổi dần.
- Khi viết phương trình ta có thể chọn bất kỳ điểm nào trên 2 mặt cắt vì vậy ta cần chọn sao cho phương trình được viết đơn giản.

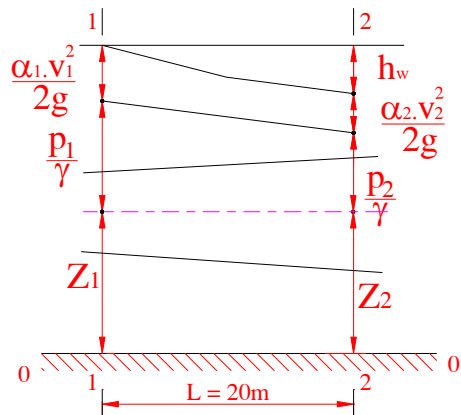
Ví dụ: Cho một ống dẫn nước có trục nằm ngang; đường kính ống tăng dần dọc theo dòng chảy (Hình 2.17), tại mặt cắt (1-1) có lưu tốc là  $v_1 = 1,9\text{m/s}$ ; áp suất ở trục dòng là  $p_1 = 47088\text{N/m}^2$ ; tại mặt cắt (2-2) có  $v_2 = 1,4\text{ m/s}$ ;

$p_2 = 38259\text{N/m}^2$ . Đoạn ống từ mặt cắt ( 1- 1 ) tới ( 2-2 ) dài  $L = 20\text{m}$ .

Hãy tính  $h_w$ .

Giải: Ta tiến hành viết phương trình Béc-nu-li cho đoạn dòng chảy giữa 2 mặt cắt ( 1-1 ) và ( 2-2 ). Vì đường kính ống thay đổi từ từ nên tại các mặt cắt (1-1 ) và ( 2-2 ) thoả mãn điều kiện dòng chảy thay đổi dần, nên ta có thể viết phương trình Béc-nu-li tại 2 mặt cắt này

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w$$



Hình 2.17

Theo hình vẽ có:  $Z_1 = Z_2 \Rightarrow h_w = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\gamma} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$

Thay số ta có : (  $\gamma_{nc} = 9810\text{N/m}^3$  ) và  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1,01$ .

$$h_w = \frac{47088}{9810} + \frac{1,01 \cdot 1,9^2}{2 \cdot 9,81} - \frac{38259}{9810} - \frac{1,01 \cdot 1,4^2}{2 \cdot 9,81} \approx 1\text{m}$$

Tổn thất thủy lực cho 1 m dài đường ống là :

$$h_w^{(1)} = h_w : L = 1 : 20 = 0,05\text{m}.$$

## 2.6. Tổn thất thủy lực:

### 2.6.1. Khái niệm và phân loại

Như ta đã biết, chất lỏng thực có tính nhớt, vì vậy mà khi chất lỏng chuyển động trong lòng dẫn (kênh, mương, ống ...) thì năng lượng của dòng chảy bị mất dần đi, tức là cột nước giảm dần. Điều này nghĩa là trên đường đi của mình, dòng chảy phải khắc phục sức cản thuỷ lực do ma sát nội bộ dòng chảy và ma sát giữa dòng chảy với thành chứa. Tổng thất cột nước ( $h_w$ ) trong phương trình Béc-nu-ni được cho:  $h_w = (z_1 + p_1/\gamma + \alpha_1 v_1^2/2g) - (z_2 + p_2/\gamma + \alpha_2 v_2^2/2g)$ . Nguyên nhân gây ra tổn thất cột nước là do sức cản dọc đường và sức cản cục bộ.

a) *Sức cản dọc đường*: Do ma sát giữa các lớp chất lỏng với nhau và ma sát giữa chất lỏng với thành dẫn dọc theo dòng chảy. Tổng thất cột nước do sức cản dọc đường gọi là tổn thất dọc đường :  $h_d$ .

b) *Sức cản cục bộ* : Do ma sát dòng chất lỏng tại các vị trí đặc biệt của thành dẫn ( ở nơi thu hẹp hay mở rộng đột ngột, các đoạn gấp khúc ; nơi có vật cản...) tổng thất cột nước do sức cản cục bộ gây ra gọi là tổn thất cục bộ.  $h_c$ . Do đó tổng thất cột nước được viết theo công thức sau:

$$h_w = h_d + h_c \quad (2.19)$$

Chú ý :- Ở đoạn ống mà có đường cột nước giảm liên tục thì đoạn đó chỉ có tổn thất dọc đường là chính, còn tổn thất cục bộ thì nhỏ không đáng kể.

- Ở các vị trí có đường cột nước giảm đột ngột thì ở đó tổn thất cục bộ là chính, còn tổn thất dọc đường không đáng kể.

c) *Độ dốc thuỷ lực*

Tổn thất cột nước dọc đường tính theo đơn vị chiều dài dòng chảy gọi là độ dốc thuỷ lực. Ký hiệu  $J$ .

$$\text{Biểu thức toán học : } J = \frac{h_d}{L} \quad (2.20)$$

(  $L$ : Chiều dài dòng chảy ).

Công thức ( 2.20 ) chỉ đúng trong điều kiện đoạn dòng  $L$  chỉ có tổn thất dọc đường và đường cột nước là đường thẳng có độ dốc không đổi.

### 2.6.2. Hai trạng thái chảy

Một trong các nguyên nhân cơ bản có ảnh hưởng quyết định tới mức độ tổn thất cột nước là các trạng thái chảy của chất lỏng .Vì vậy ở phần này cần nghiên cứu các trạng thái chảy của chất lỏng qua thí nghiệm Rây-nôn.

a) *Thí nghiệm Rây-nôn*

-Cấu tạo và thiết bị cho thí nghiệm.

A : Bình chứa nước màu.

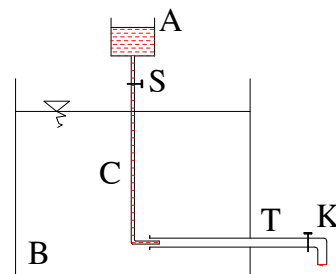
B : thùng chứa nước thường

C : ống dẫn nước màu

T: ống thuỷ tinh

S, K : Các khoá.

(Hình 2.18)

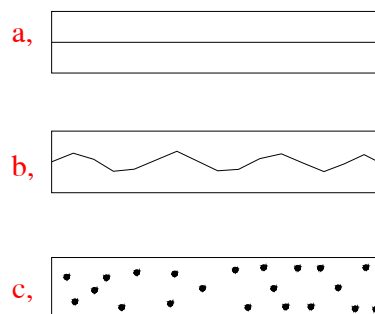




-Thao tác thí nghiệm: )

( Chú ý trọng lượng riêng của nước màu và nước thường phải gần bằng nhau ). Đầu tiên ta mở khoá K, mở từ từ với độ mở rất nhỏ; sau đó mở khoá S để cho nước màu chảy vào ống T; khi độ mở khoá K còn nhỏ tức là lưu tốc trong ống T còn rất nhỏ thì thấy sợi nước màu không trộn vào dòng chảy mà tách biệt rõ ràng và thẳng như sợi chỉ căng ( Hình 2.19-a).Tiếp tục mở khoá K để tăng dần lưu tốc trong ống T thì sợi nước màu dần dần bị lay động và lượn cong (Hình 2.19-b) khi khoá K đã mở to, lưu tốc trong ống T được tăng cao thì sợi nước màu bị đứt, bị phá huỷ và bị xáo trộn vào dòng chảy trong ống T ( Hình 2.19-c)

**Hình 2.18**



**Hình 2.19**

Kết luận - Trạng thái chảy đầu tiên, khi sợi nước màu còn tách biệt và thẳng, gọi là trạng thái chảy tầng. Tức là ở trạng thái này chất lỏng chuyển động thành tầng trượt trên nhau, tầng nọ không trộn vào tầng kia.

-Trạng thái chảy cuối cùng, nước màu xáo trộn trong ống T, đây gọi là trạng thái chảy rối, dòng chất lỏng không còn tầng nữa.

b) Tiêu chuẩn xác định trạng thái chảy:

Qua thí nghiệm trên ta nhận thấy rằng các trạng thái chảy ( chảy tầng hay chảy rối ) phụ thuộc vào lưu tốc của dòng chảy, kích thước mặt cắt ướt của dòng và tính nhớt của dòng chất lỏng. Vậy nên Rây- rôn đã dùng một đại lượng đặc trưng cho trạng thái chảy chảy, đó là số Rây- nôn (  $R_e$  ) được xác định theo công thức

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (2.21)$$

Trong đó : - v: Lưu tốc trung bình của dòng chảy ;( cm/s )

- d: Đường kính bên trong của ống ; (cm )

-  $\nu$  : Hệ số nhớt động của chất lỏng ; (  $\text{cm}^2/\text{s}$  )

Nếu dòng chảy trong lòng dẫn nói chung ( kênh, mương...) thì số Rây- nôn được tìm theo công thức sau :  $R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$  ( R: Bán kính thuỷ lực) ( 2.22)

Khi dòng chảy chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác thì phải qua một số Rây- nôn nhất định; đây gọi là trị số Rây- nôn giới hạn (  $R_{egh}$ ); do đó người ta dùng  $R_{egh}$  làm tiêu chuẩn để xác định trạng thái chảy, qua thực nghiệm người ta đã xác định các giá trị của số Rây-nôn:

$R_{egh} = 2320$  nếu là dòng chảy trong ống tròn, có áp .

$R_{egh} = 580$  nếu là dòng chảy không phải trong ống tròn.

$R_{egh}$  khác ống tròn =  $R_{egh}$  ống tròn /4.

Vậy để xác định được trạng thái chảy của một dòng chất lỏng thì ta đi tìm  $R_e$  của dòng chảy đó, sau đó so sánh kết quả với  $R_{e_{gh}}$ . Nếu :

$R_e < R_{e_{gh}}$ : dòng chảy tầng.

$R_e > R_{e_{gh}}$ : dòng chảy rối.

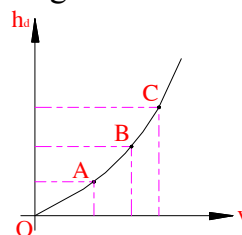
Ví dụ : Xác định trạng thái chảy của dầu trong ống tròn có áp.

Biết  $d = 150\text{mm}$ ;  $v = 0,3\text{m/s}$ ;  $\nu = 0,28\text{cm}^2/\text{s}$ .

Giải: Tìm  $R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{30 \cdot 15}{0,28} = 1600$ ; thấy  $R_e = 1600 < 2320 \rightarrow$  dòng chảy tầng.

c) Ảnh hưởng của trạng thái chảy đối với quy luật tổn thất cột nước

Qua các phần đã trình bày, nhất là thí nghiệm Rây- nôn thì chúng ta rút được một kết luận là : Trạng thái chảy có ảnh hưởng quyết định đến quy luật tổn thất cột nước của dòng chất lỏng. Khi  $v$  tăng mức độ xáo trộn lớn thì ma sát dòng chảy lớn và do đó tổn thất cột nước cũng sẽ tăng



**Hình 2.20**

Ở đây ta chỉ xét tổn thất dọc đường  $h_d$  ( là loại tổn thất chiếm tỷ lệ lớn trong các dòng chảy thực tế ); qua thí nghiệm người ta đã tìm được đồ thị biểu diễn mối quan hệ  $h_d$  và  $v$  (Hình 2.20). Dạng toán học của đường này là :

$$h_D = K \cdot v^m \quad (2.23)$$

Trong đó :  $K$  là hằng số tỷ lệ

$v$  là lưu tốc trung bình của dòng chảy.

$$m = 1 \div 2.$$

Khi dòng chảy ở trạng thái chảy tầng thì  $m = 1$  . Khi đó ta có :  $h_D = K \cdot v$  và đồ thị là đoạn  $\overline{OA}$ .

Khi dòng chất lỏng ở trạng thái chảy rối thì  $m = 1,7 - 2$ . Khi đó trên đồ thị  $h_d$  được biểu diễn bằng đường cong AC. Trong đó đoạn AB ứng với thời kỳ quá độ từ chảy tầng sang chảy rối (  $m = 1,7 - 2$  ), còn đoạn BC ứng với  $m = 2$  là trạng thái chảy rối của dòng chất lỏng.

Qua đây ta thấy  $h_d$  là hàm số có bậc không quá hai đối với lưu tốc trung bình  $v$ . Đây là kết luận khá lý thú, nó cho phép ta có thể thành lập một loạt các hàm số dạng bậc hai dùng cho các loại ống, kênh, mương... để có thể tính nhanh ngay được tổn thất cột nước dọc đường của dòng chảy. Qua đó ta có thể xác định sơ bộ được một số phương tiện cần thiết phục vụ cho thi công công trình như công suất máy bơm, loại ống, hệ thống bố trí kho bãi...

### 2.6.3. Tính toán tổn thất cột nước

a) *Tổn thất cột nước dọc đường*

Ta thấy rằng tổn thất dọc đường do ma sát dọc đường gây ra lực ma sát dọc đường lại phụ thuộc vào tính chất, hình dáng và kích thước thành chứa cũng như phụ thuộc vào trạng thái chảy của dòng chất lỏng (chảy tầng hoặc chảy rối)

Để tính toán tổn thất cột nước dọc đường thì có rất nhiều công thức do các nhà nghiên cứu thủy lực trên thế giới đề ra. Các công thức này nói chung đều là các công thức thực nghiệm song khi tính toán cho ra được kết quả chấp nhận được. Ở đây chúng ta chỉ xem xét một số công thức hay gặp, phổ biến nhất.

- Công thức Đác-xy: Công thức này dùng cho tính toán tổn thất cột nước dọc đường cho ống tròn chảy có áp.

$$h_d = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.24)$$

Ở đây: +  $\lambda$  : là hệ số sức kháng ( hệ số Đacxy)

+  $l$  : Chiều dài dòng chảy ( m )

+  $d$ : đường kính bên trong của ống ( m )

+  $v$  : Lưu tốc trung bình trong ống ( m/s )

Công thức ( 2.24 ) dùng cho cả 2 trạng thái : Chảy tầng và chảy rối . Vì vậy chủ yếu là ta đi xác định được hệ số sức kháng  $\lambda$ . Tuy nhiên ta để ý rằng trong thực tế dòng chảy trong ống, kênh, mương....nói chung đều ở trạng thái chảy rối. Vì vậy mà công thức Đacxy có thể biến đổi để sử dụng tốt hơn.

- Công thức Sêzi: Từ công thức ( 2.24 ) ta có thể biến đổi như sau :

$$v^2 = \frac{2g \cdot d}{\lambda} \cdot \frac{h_d}{l}$$

Do dòng chảy có áp nên  $d = 4R$ ;  $J = h_d/l$ . Vậy thay vào ta có :

$$v^2 = \frac{8g}{\lambda} \cdot R \cdot J \rightarrow v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R \cdot J}$$

$$\text{Đặt } C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \rightarrow \lambda = \frac{8g}{C^2}$$

$$\text{Vậy : } v = C \cdot \sqrt{R \cdot J} \quad (2.25)$$

Công thức này gọi là công thức Sê zi; đây chính là công thức cơ bản của dòng ổn định chảy rối trong lòng dẫn nói chung : ống, kênh, mương...

Từ công thức ( 2.25 ) ta có một hệ công thức để tính ra được lưu lượng dòng chảy, độ dốc thủy lực, tổn thất dọc đường.

$$Q = v \cdot \omega = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot J} \quad (2.26)$$

$$J = \frac{v^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (2.27)$$

$$h_d = J \cdot l = \frac{v^2}{C^2 R} \cdot l = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \quad (2.28)$$

Trong đó

$v$ : Lưu tốc trung bình ( m/s )

$R$ : Bán kính thủy lực ( m )

$\omega$ : Diện tích mặt cắt ướt ( m<sup>2</sup> )

J : Độ dốc thủy lực

Q: Lưu lượng dòng chảy ( m<sup>3</sup>/s)

C: Hệ số Sêzi ( m<sup>1/2</sup>/ s ).

Qua đây ta lại thấy vấn đề quan trọng là xác định được hệ số Sêzi . Có nhiều công thức thực nghiệm để tính hệ số này.

- Công thức Marning:  $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$  (

2.29)

Dùng tốt cho dòng chảy trong ống và kênh nhỏ;  $n < 0,02$  ;  $R < 0,5m$ .

- Công thức Bazin :  $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$  ( 2.30)

Công thức này thường dùng để tính toán sơ bộ dòng sông thiên nhiên với  $\gamma$  là hệ số gồ ghề của sông :  $\gamma > 1,75$ .

- Công thức Paplôpxki:  $C = \frac{1}{n} R^\gamma$  ( 2.31)

Trong đó: Nếu tính gần đúng thì :  $R < 1m$  thì  $\gamma = 1,5\sqrt{n}$  .

$R > 1m$  thì  $\gamma = 1,3\sqrt{n}$  .

Tổng quát :  $\gamma = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 0,10)$

Với:  $n$  là hệ số nhám của thành dẫn.

b) *Tổn thất cột nước cục bộ:*

Tổn thất này do ma sát cục bộ gây ra. Đó là ma sát giữa dòng chất lỏng với các chỗ đặc biệt của dòng dẫn làm ảnh hưởng hoặc cản trở dòng chảy. Ví dụ như các chỗ co hẹp hay mở rộng đột ngột, gấp khúc, nơi có vật cản....

Trong tính toán tổn thất cột nước cục bộ người ta bỏ qua trong trường hợp trạng thái chảy tầng của dòng chảy vì nó rất nhỏ. Đối với dòng chảy rối công thức tính

toán tổn thất cục bộ là :  $h_c = \xi_c \cdot \frac{v^2}{2g}$  ( 2.32)

Trong đó:  $h_c$  : Tổn thất cột nước cục bộ ( m )

$\xi_c$ : Hệ số tổn thất cục bộ. Hệ số này được tìm bằng thực nghiệm,

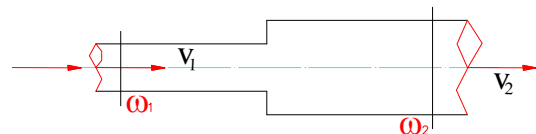
$v$ : Lưu tốc trung bình của dòng chảy. giá trị của ( $v$ ) phải lấy ở phía sau chỗ có tổn thất cục bộ.

Chú ý : Ta cần xem xét thêm một số trường hợp đặc biệt sau:

- Trường hợp dòng chảy mở rộng đột ngột ( Hình 2.21 )

Công thức là :  $h_c = (v_1 - v_2)^2 / 2g$   
( 2- 32 )

$$h_c = \xi_{c1} \cdot \frac{v_1^2}{2g} = \xi_{c2} \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$



Hình 2.21

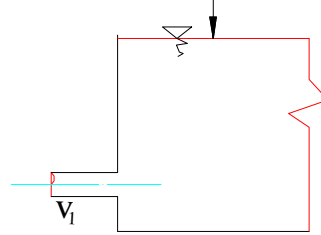
$$\text{ở đây : } \xi_{c1} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 ; \xi_{c2} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1\right)^2$$

Hệ công thức trên là công thức Boóc- đa . nó áp dụng được cho cả dòng chảy có áp và không áp.

- Dòng chảy từ ống ra bể lắng hay kênh. (Hình2.22)

Trường hợp này lưu tốc phía sau chỗ có tổn thất cục bộ  $\approx 0$ , tức là  $v_2^2 / 2g = 0$ . Vậy khi tính

$$h_c \text{ ta lấy giá trị } v_1 \text{ với } \xi_c = 1,0 \Rightarrow h_c = \frac{v_1^2}{2g}.$$



**Hình 2.22**

c) *Tổn thất cột nước toàn phần :*

Là tổng các loại tổn thất trên cả chiều dài dòng chảy .  $h_w = \sum h_d + \sum h_c$ .

$$\Leftrightarrow h_w = \left( \xi_{d1} \frac{v_1^2}{2g} + \xi_{d2} \frac{v_2^2}{2g} + \dots + \xi_{dn} \frac{v_n^2}{2g} \right) + \left( \xi_{c1} \frac{v_{c1}^2}{2g} + \xi_{c2} \frac{v_{c2}^2}{2g} + \xi_n \frac{v_{cn}^2}{2g} \right) \quad (2.33)$$

Trên đây là công thức tổng quát để tính  $h_w$ .

Trường hợp đặc biệt : Nếu dọc theo dòng, hệ số tổn thất dọc đường không thay đổi. ( $\xi_d = \text{const}$ ) và lưu tốc trung bình của dòng là không thay đổi thì công thức trên có thể viết lại là :

$$h_w = \left( \xi_d + \sum_1^n \xi_c \cdot \frac{v^2}{2g} \right) \quad (2.34)$$

Trong đó:  $\xi_d$  là hệ số tổn thất dọc đường ( $\xi_d = \lambda \frac{l}{d}$ ) do đó để có được  $\xi_d$  ta phải tìm được  $\lambda$ . Có thể dùng công thức sau để tìm  $\lambda$

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad (2.35)$$

( Trong đó  $\Delta$  là độ nhám của ống).

Ví dụ : Tính  $h_d$  của đoạn ống thép quét bi-tum dài  $l = 100\text{m}$ ; đường kính trong của ống  $d = 200 \text{ mm}$ ;  $v = 1,4\text{m/s}$ ; chảy có áp .

Giải: Để tính  $h_d$  ta sử dụng công thức ( 2- 23 ).

$$h_d = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Vì ống thép quét bi- tum nên có :  $\Delta = 0,4\text{mm}$ . Vậy để tìm  $\lambda$  ta dùng công thức

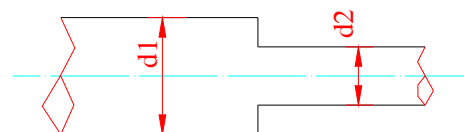
$$\lambda = 0,114 \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d}} = 0,114 \sqrt[4]{\frac{0,4}{200}} = 0,0232$$

$$\text{Do đó tổn thất dọc đường sẽ là : } h_d = 0,0232 \cdot \frac{100}{0,2} \cdot \frac{1,4^2}{2 \times 9,81} = 1,16\text{m}.$$

## CÂU HỎI- BÀI TẬP CHƯƠNG 2.

1. Thế nào là mặt cắt ướt, chu vi ướt, bán kính thủy lực; lưu lượng và lưu tốc trung bình của dòng chảy. Trình bày các công thức tính toán các yếu tố đó trong các trường hợp cụ thể?
2. Phân biệt dòng chảy ổn định và không ổn định; chảy đều và không đều; chảy có áp và không áp. Cho ví dụ minh họa?
3. Chứng minh phương trình Béc nuli; nêu ý nghĩa và điều kiện áp dụng của phương trình này?
4. Cho một kênh dẫn nước có mặt cắt hình thang, chiều rộng đáy kênh  $b = 3,8$  m hệ số mái dốc  $m = 1,5$ ; chiều sâu nước trong kênh  $h = 1,2$  m; lưu lượng nước chảy trong kênh  $Q = 5,2$  m<sup>3</sup>/s. Tính  $\omega$ ;  $\chi$ ;  $R$ ;  $v$
5. Một ống dẫn nước có đường kính trong  $d = 250$ mm;  $v = 2$  m/s; Tính các yếu tố  $\omega$ ;  $\chi$ ;  $R$ ;  $Q$ ; Biết nước chảy đầy ống.
6. Một đường ống dẫn nước gồm 2 đoạn có đường kính khác nhau. Đoạn I có  $d_1 = 250$  mm và  $v_1 = 2$ m/s; đoạn II có  $d_2 = 300$ mm; Tìm  $v_2$  ?.
7. Một kênh dẫn nước bằng bê tông tốt; mặt phẳng; mặt cắt hình thang có  $m = 1$ ;  $b = 5$ m;  $h = 2$ m. Dòng chảy trong kênh ổn định đều; hãy tìm hệ số Sêdi  $C$  và  $Q$  trong kênh; biết  $i = J = 0,0004$ .
8. Một ống dẫn nước bằng gang làm việc trong điều kiện bình thường  $d = 250$  mm;  $Q = 0,005$  m<sup>3</sup>/s;  $L = 800$  m; Tính  $h_d$ .

9. Tính tổn thất cột nước ở chỗ nối giữa ống lớn có  $d_1 = 400$  mm và ống nhỏ có  $d_2 = 240$  mm.(Hình vẽ)



Biết  $Q = 0,1356 \text{ m}^3/\text{s}$ .

10. Tính tổn thất cột nước dọc đường của dòng chảy trong ống kim loại có  $\Delta = 0,1\text{mm}$ ; ống dài  $L = 50 \text{ m}$ ;  $d = 100\text{mm}$ ;  $Q = 93,6 \text{ l/s}$ .

11. Kênh AB bằng đất, làm việc trong điều kiện giữ gìn và tu sửa bình thường ; AB có chiều dài  $10 \text{ km}$ ; mực nước ở đầu A là  $8,6\text{m}$  ở đầu B là  $4,6 \text{ m}$ ; mặt cắt ngang kênh hình thang có  $b = 8,0 \text{ m}$ ,  $m = 2$ ; độ sâu nước chảy trong kênh  $h = 2\text{m}$ . Hãy tìm  $v$ ,  $Q$  nếu dòng chảy trong kênh ổn định và đều.

---

### **Chương 3** **DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH VÀ TRONG ỐNG**

Trong chương này chúng ta cùng xem xét tới vấn đề dòng chảy đều trong kênh hở và trong ống tròn có áp; vì đây là 2 dạng hay gặp nhất trong các công trình cầu - đường. Tuy vậy, mục đích của ta trong chương này chỉ giới hạn tới 2 nội dung sau:

- Dòng chảy đều trong kênh hở hình thang, chữ nhật, tam giác.
- Dòng chảy đều có áp trong ống tròn.

#### **3.1. Dòng chảy đều trong kênh hở :**

##### **3.1.1. Khái niệm và công thức cơ bản**

###### *a) Khái niệm*

Dòng nước chảy trong các sông, suối, kênh... có đặc điểm là có mặt thoáng, tiếp xúc với khí trời. Tại mặt thoáng đó dòng chảy chịu tác dụng của áp suất khí trời, và còn nước chảy được là do trọng lực ( năng lượng này dùng để khắc phục sức cản thủy lực ). Các dòng chảy như vậy được gọi là: Dòng chảy hở hoặc dòng chảy không áp ( chú ý rằng ngay cả các cống ngầm, ống... nếu chảy có mặt thoáng thì cũng thuộc loại này ).

Trong thực tế chúng ta gặp khá phổ biến các loại dòng chảy hở, song ở chương này chúng ta chỉ xem một loại dòng chảy hở đơn giản, đó là Dòng đều. Ta có được khái niệm về dòng đều như sau:

" Một dòng chảy hở được xem là dòng đều nếu có các yếu tố thủy lực không thay đổi theo thời gian và dọc đường đi " .

Một dòng chảy hở được xem là dòng đều phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Lưu lượng của dòng không đổi (  $Q = \text{const}$  )
- Hình dạng mặt cắt ngang lòng dẫn không đổi theo chiều dài dòng chảy.
- Độ sâu dòng nước không đổi trên suốt chiều dài dòng chảy.
- Độ dốc đáy kênh không đổi (  $i = \text{tg}\alpha = \text{const} = \text{hằng số}$  ).
- Độ nhám lòng kênh không đổi dọc theo chiều dòng chảy (  $n = \text{const}$  )
- Không có sức kháng cục bộ (  $h_c = 0$  ).

Qua các điều kiện trên ( 6 điều kiện ) ta thấy rằng nếu là dòng chảy đều trong kênh hở thì sẽ có :  $\omega = \text{hằng số}$  ;  $\lambda = \text{hằng số}$ ;  $R = \text{hằng số}$ ;  $i = J$  ( vì có  $h = \text{hằng số}$  nên đường mặt nước và đáy kênh sẽ song song nhau ). Ta thấy rằng một dòng chảy muốn thỏa mãn cùng lúc cả 6 điều kiện trên để trở thành dòng đều thật là khó khăn, và trong thực tế hầu như chúng ta không bao giờ gặp được . Vì vậy để tính toán thủy lực dòng chảy hở trong kênh nhân tạo ta có thể tạm coi đó là dòng đều, điều này hoàn toàn mang tính quy ước và vậy nên các phép toán sẽ có sai số. Tuy nhiên, qua thực tế kiểm tra cho thấy rằng các dòng chảy như vậy vẫn hoàn toàn có giá trị thực tiễn.

*b) Các công thức cơ bản*

Công thức cơ bản để tính toán thủy lực dòng đều trong kênh hở là công thức Sêzi quen thuộc :  $v = C\sqrt{Ri}$  . Tuy nhiên vì là dòng đều nên ta có

$$J = i \quad \text{nên} \quad v = C\sqrt{Ri} \quad (3.1)$$

(Hình 3.1)

Trong đó:

$v$  là lưu tốc trung bình của dòng ( m/s )

$R$  là bán kính thủy lực ( m )

$i$  là độ dốc đáy kênh

$C$  là hệ số Sêzi (  $\text{m}^{1/2}/\text{s}$  ).

Để tính lưu lượng của dòng chảy ta dùng công thức sau:

$$Q = \omega.v \rightarrow Q = \omega . C\sqrt{Ri} \quad (3.2)$$

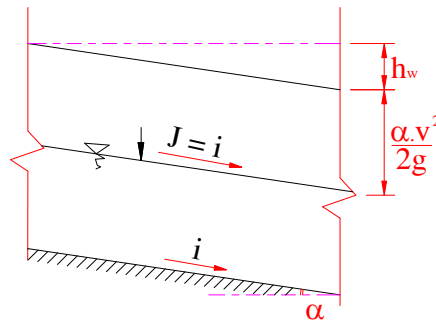
ở đây :  $Q$  là lưu lượng dòng chảy (  $\text{m}^3/\text{s}$  ).

$\omega$  là diện tích mặt cắt ướt của dòng (  $\text{m}^2$  )

Nếu ta đặt :  $\omega . C\sqrt{R} = K$  là đặc tính lưu lượng của dòng chảy thì

$$Q = .K\sqrt{i} \quad (3.3)$$

Qua các công thức trên ta thấy vấn đề quan trọng phải tìm ra được hệ số Sêzi. Ở đây cũng xin nhắc lại một số công thức để tìm (  $C$  ).



**Hình 3.1**



- Công thức Páplôpxki :  $C = \frac{1}{n} . R^y$  ( n : là hệ số nhám )

Với  $y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10)$

Hoặc gần đúng thì  $y = 1,5 \cdot \sqrt{n}$  khi  $R < 1m$

$y = 1,3 \cdot \sqrt{n}$  khi  $R > 1m$

Công thức này dùng tốt nhất trong trường hợp :  $n \in ( 0,009 \div 0,04 )$  và  $R \in ( 0,1 \div 3m )$

- Công thức Maninh ; ( Dùng tốt cho các loại kênh ).

$$C = \frac{1}{n} . R^{1/6}$$

- Công thức Agrôxkin :  $C = 17,72(k + \lg R)$

( k: thông số độ nhám )

### 3.1.2. Tính toán thủy lực dòng đều trong kênh hở

Trong phần này ta xét cụm công thức dùng cho kênh hình thang sau đó suy ra kênh chữ nhật và tam giác. Cuối cùng ta xét 3 dạng bài toán cơ bản của phần này .

a) Công thức tính cho kênh hình thang

Ta xét các yếu tố của một mặt cắt ngang kênh hình thang ( Hình 3.2)

- b: Chiều rộng đáy kênh
- h: Độ sâu nước trong kênh khi chảy đều
- $\Delta$  : Độ cao an toàn bờ kênh
- $H = h + \Delta$  : Chiều cao bờ kênh
- B: Chiều rộng mặt nước trong kênh
- $\theta$ : Góc nghiêng của mái kênh;
- nếu  $m = \cot\alpha = a/h$  thì "m" là mái kênh .

Chú ý :

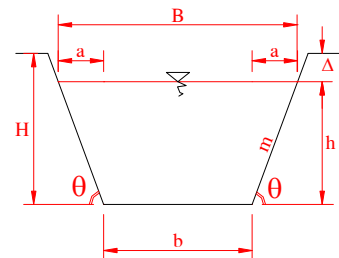
Nếu  $m = 0$  thì mặt cắt trở thành mặt cắt chữ nhật .

Nếu  $b = 0$  thì mặt cắt trở thành mặt cắt tam giác .

Vậy mặt cắt hình thang ( ở đây là thang cân ) có dạng tổng quát vì từ các công thức của nó

( tính các yếu tố thủy lực như  $\omega$ ,  $\lambda$ ,  $v$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $v$  )

ta có thể suy được ra các công thức dùng cho 2 dạng mặt cắt còn lại là : Mặt cắt chữ nhật và mặt cắt tam giác (Tam giác cân hay đều ) .



**Hình 3.2**

Vậy các yếu tố thủy lực trong kênh hình thang được xác định bằng cụm công thức sau:

$$\text{- Diện tích mặt cắt ướt : } \omega = b.h + mh^2 = (b + mh).h \quad (3.4)$$

$$\text{- Chu vi ướt : } \chi = b + 2h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (3.5)$$

$$\text{- Bán kính thủy lực : } R = \omega / \chi \quad (3.6)$$

$$\text{- Chiều rộng mặt nước : } B = b + 2m.h \quad (3.7)$$

$$- \text{Lưu lượng và lưu tốc : } Q = \omega \cdot v \text{ hay } v = C \sqrt{R \cdot i} . \quad (3.8)$$

b) Các bài toán về dòng đều trong kênh hở

Vẽ cơ bản chúng ta hay gặp 3 dạng bài toán sau đây:

- Tính lưu lượng Q trong kênh.
- Tính độ dốc i của đáy kênh
- Tính kích thước mặt cắt ngang kênh.

Sau đây ta hãy đi xem xét và giải các dạng bài toán đã nêu trên một cách cụ thể.

- Bài toán 1: Tính lưu lượng Q trong kênh khi đã biết các yếu tố của mặt cắt ngang kênh : b; h; m; n và i.

Cách giải :

Lưu lượng trong kênh được tính như sau :  $Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}$ .

Lưu tốc trong kênh được tính như sau:

$$v = Q / \omega \text{ hay } v = C \sqrt{R \cdot i}$$

Ở đây :  $\omega$ ; R; C được tìm theo các giả thiết đã cho.

- Bài toán 2: Tính độ dốc i của đáy kênh khi đã biết lưu lượng Q và các yếu tố mặt cắt ngang kênh: b; h; m ; n.

Cách giải: Để tìm độ dốc i ta sử dụng công thức sau:

$$\text{Từ } Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \Rightarrow i = \frac{Q^2}{\omega^2 \cdot C^2 \cdot R}$$

Ở đây các thành phần  $Q_1$ ,  $\omega$ , C, R đều có thể tìm được theo các giả thiết của đề bài.

- Bài toán 3 : Tính kích thước mặt cắt ngang kênh khi đã biết lưu lượng Q; độ dốc đáy kênh i và hệ số nhám lòng kênh n ; Dạng bài toán này để giải được thì ta cần đưa về 3 trường hợp cụ thể sau đây:

+ Trường hợp 1: Biết Q; i; n và một trong hai kích thước của mặt cắt ngang kênh hình thang ( b hay h ), tìm kích thước còn lại.

Cách giải : Ta dùng phương pháp thử dần.

Ta biết rằng  $Q = K \cdot \sqrt{i} \rightarrow K = Q / \sqrt{i}$ ; Vì Q và i đã biết nên ta có giá trị so sánh  $K^* = Q / \sqrt{i}$  đã biết . Mặt khác, ta cũng có  $K = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R}$  . Rõ ràng về phải của phương trình này chứa ẩn số ( b hay h ). Bằng cách giả thiết các giá trị của ẩn số để tính giá trị  $K = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R}$  tương ứng khi nào với một giá trị của ẩn số mà ta có được giá trị  $K \approx K^*$  thì giá trị này chính là đáp số cần tìm. Để làm được nhanh chóng hơn, ta có thể vẽ trước biểu đồ các hàm  $K = F ( h )$  hay  $K = F( b )$  sau đó từ giá trị  $K^*$  đã biết ta có thể tìm được các giá trị "h" hay "b" tương ứng .

+ Trường hợp 2: Biết Q, i, n; còn 2 kích thước của mặt cắt ngang kênh hình thang đều chưa biết; ( b; h là ẩn số ).

Cách giải: Ta cần đưa vào một phương trình mới phản ánh sự liên quan giữa "b" và "h" . Đó là đặt tỷ số  $\beta = b/h$  (1). Vì Q đã biết nên  $\beta$  có thể tìm được theo công thức kinh nghiệm của Ghyascan  $\beta = \sqrt{Q} - m$  (2) ta được giá trị  $\beta$

Từ (1) ta có :  $b = \beta \cdot h$  hoặc  $h = b / \beta$ . Vậy ( h ) hay ( b ) được biểu diễn qua nhau nên ta chỉ còn một ẩn số phải tìm.

Đến đây ta giải bằng phương pháp thử dần như trong trường hợp 1 tức là:  $K^* = Q/\sqrt{i}$  đã biết.

$K = \omega \cdot C \sqrt{R}$  ta đặt phép thử với chú ý rằng  $b = h \cdot \beta$  hoặc  $h = b/\beta$ ; khi nào với giá trị ( b; h ) sao cho  $K \approx K^*$  thì đây là đáp số cần tìm.

Chú ý rằng: các bài toán ở trường hợp này chủ yếu để tính bề rộng đáy kênh ( b ) và chiều sâu nước trong kênh ( h ); Vì vậy phần lớn trường hợp người ta cho thêm điều kiện thiết kế độ dốc của mái kênh là "m"; ( vì vậy  $\beta$  tìm được dễ dàng ). Ta cũng có thể tìm được tỷ số  $\beta$  sao cho mặt cắt ngang kênh có các kích thước có lợi nhất về thủy lực theo công thức sau :  $\beta_{l,n} = 2\sqrt{1+m^2} - m$  ( 3.9)

( Kênh có diện tích mặt cắt ướt  $\omega$  ; độ dốc đáy i và hệ số nhám n nhưng nếu các kích thước ( b; h ) sao cho  $R_{max} \rightarrow C_{max} \rightarrow Q_{max}$  thì đây là kênh có mặt cắt lợi nhất về thủy lực ).

-Trường hợp 3: Biết Q; i; n; và biết thêm v; Hãy xác định các kích thước của mặt cắt ngang kênh hình thang.

Cách giải: Từ công thức  $v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}$  ta có thể viết thành 2 vế rõ ràng để so sánh như sau :  $C \sqrt{R} = \frac{v}{\sqrt{i}}$ .

Ta thấy giá trị  $(v/\sqrt{i})$  tính được theo các giả thiết của bài toán và từ ( n ) đã biết ta tính được R . Vì đã có được R nên ta có thể lập được hệ phương trình sau:

$$\omega = \frac{Q}{v} = b \cdot h + mh^2$$

$$\chi = \frac{\omega}{R} = b + 2h \cdot \sqrt{1+m^2} .$$

Rõ ràng  $\omega = Q/v$  và  $\chi = \omega/R$  là hoàn toàn tính được theo các giả thiết của bài và R vừa tìm được. Vậy các kích thước ( b ) và ( h ) được giải trực tiếp qua hệ phương trình mà không phải thử dần .

Chú ý rằng dạng này nếu không cho trước ( v ) thì không giải được.

c) Các ví dụ minh họa

- Ví dụ 1: Tìm chiều rộng đáy ( b ) của một kênh dẫn mặt cắt hình thang. Biết  $Q = 5,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $i = 0,0006$ ;  $n = 0,025$ ;  $m = 1,0$ ; và  $h = 1,2 \text{ m}$ .

Giải : Ta thấy đây là dạng bài toán 1; nên ta giải bằng phương pháp thử dần  
 Tính  $K^* = Q/\sqrt{i} = 5,2/\sqrt{0,0006} = 213 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Lập các biểu thức liên hệ với ẩn số ( b ) của mặt cắt hình thang.

$$\omega = (b + mh) h = (b + 1 \cdot 1,2) = 1,2b + 1,44.$$

$$\chi = b + 2h \sqrt{1+m^2} = b + 2 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{2} = b + 3,39$$

$$R = \omega/\chi ; C = \frac{1}{n} + 17,72 Lg.R; \text{ ( công thức Agrôskin )}$$

Ta thử với  $b = 3,85 \text{ m}$  thì thấy  $K = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R} = 213,9 \text{ m}^3/\text{s}$

So sánh thấy  $K \approx K^*$  nên  $b = 3,85 \text{ m}$  là được .

- Ví dụ 2 : Xác định kích thước mặt cắt ngang kênh hình thang nếu:

$$Q = 19,6 \text{ m}^3/\text{s}; n = 0,025 ; m = 1; i = 0,0007 ; v = 1,3 \text{ m/s}.$$

Giải: - Ta thấy đây là dạng bài toán 3; vậy ta có:

$$C \sqrt{R} = v / \sqrt{i} = 1,3 / \sqrt{0,0007} = 49,2 \text{ m/s.}$$

Từ giá trị  $C \sqrt{R} = 49,2 \text{ m/s}$  và  $n = 0,025$  tra bảng trong phụ lục ta có:  $R = 1,35 \text{ m}$ .

Hệ phương trình có dạng :  $\omega = Q/v = 15,1 = b.h + 1h^2$

$$\chi = \omega / R = 11,2 = b + 2h\sqrt{2}$$

$$\Leftrightarrow b.h + h^2 = 15,1 \quad \rightarrow b = 5,5 \text{ m}$$

$$b + 2h\sqrt{2} = 11,2 \quad h = 2,02 \text{ m}$$

Đây là kết quả thoả mãn được của hệ phương trình trên, vậy ta có :  $b = 5,5 \text{ m}$ ;  
 $h = 2,02 \text{ m}$ .

### 3.2. Dòng chảy đều có áp trong ống tròn

#### 3.2.1. Khái niệm cơ bản

Dòng chảy trong ống được coi là đều và có áp khi lưu lượng ( Q ) và tiết diện ướt của dòng (  $\omega$  ) không đổi

Trong thủy lực học người ta chia ống ra làm 2 loại :

- Ống dài là ống trong đó tổn thất cột nước chủ yếu là do tổn thất dọc đường gây ra; còn tổn thất cục bộ thì rất nhỏ so với tổn thất dọc đường và có thể bỏ qua được (  $h_c < 5\% h_d$  ).

- Ống ngắn là ống trong đó tổn thất cột nước phải kể đến cả cột nước tổn thất cục bộ; và tổn thất cột nước cục bộ là đáng kể so với tổn thất các dọc đường. (  $h_c > 5\% h_d$  ).

Áp dụng trong thực tiễn :

- Ống dài là ống có  $h_c < 5\% h_d$  .

- Ống ngắn là ống có  $h_c > 5\% h_d$  .

Qua đây ta thấy sơ bộ rằng các ống dẫn nước trong thành phố; ống dẫn dầu đường dài;... thì được coi là ống dài còn các cống ngầm, ống hút máy bơm... thì là ống ngắn.

#### 3.2.2. Tính toán thủy lực ống dài

Người ta chia ống dài thành 2 loại sau đây:

- Ống dài đơn : Là ống dài có tiết diện không đổi dọc theo dòng chảy .

- Ống dài phức hợp là ống dài nhưng dọc theo dòng chảy tiết diện ống thay đổi trong từng đoạn nhất định, hoặc là gồm nhiều đoạn ống cùng xuất phát tại một điểm rồi sau đó cùng hội tụ về một điểm.

Công thức cơ bản để tính thủy lực ống dài là công thức Sêzi :

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J} ; Q = \omega \cdot v = \omega C \sqrt{R \cdot J} .$$

Trong đó :  $v$  là lưu tốc bình quân trong ống.

$Q$  là lưu lượng dòng chảy trong ống

$C$  là hệ số Sêxi được tìm qua công thức hoặc bảng.

$R$  là bán kính thủy lực

$J$  là độ dốc thủy  $J = h_d/l$ .

Sau đây ta vận dụng công thức trên để đi giải quyết các trường hợp: Tính toán thủy lực cho ống dài đơn và ống phức hợp.

a) *Tính toán thủy lực ống dài đơn*

Đặc điểm của ống dài đơn là có tiết diện ống không đổi dọc theo chiều dài dòng chảy, vì vậy để tiện cho việc tính toán thì công thức Sêxi được biến đổi về dạng sau : Đặt  $C \sqrt{R} = S$  và  $\omega.C \sqrt{R} = K$ . (3.10)

Do đó:  $v = S \sqrt{J}$ .

Với S : Đặc tính lưu tốc

$Q = K \sqrt{J}$ .

Với K: đặc tính lưu lượng

Do "S" và "K" chỉ phụ thuộc vào kích thước ống và độ nhám của thành ống nên các thông số trên sẽ được tính sẵn cho các loại ống. Để tính tổn thất cột nước của dòng đều có áp trong ống ta biến đổi công thức ( 3.10 ) như sau:

$$Q = K \sqrt{J} = K \cdot \sqrt{\frac{h_d}{l}} \Rightarrow h_d = \frac{Q^2}{K^2} \cdot l \quad (3.11)$$

( Ở đây "l" là chiều dài đoạn ống ứng với  $h_d$  ).

Trong tính toán thủy lực ống dài đơn ta gặp 3 bài toán cơ bản sau đây:

- Biết đường kính ống "d"; chiều dài ống là "l" ;tổn thất cột nước trong ống là  $h_d$ . Tính lưu lượng qua ống "Q".

- Biết đường kính ống "d"; chiều dài ống là "l" ; lưu lượng qua ống "Q" .

Tính tổn thất cột nước  $h_d$ .

- Biết chiều dài ống là "l" ; lưu lượng qua ống là Q ; Tổn thất cột nước là " $h_d$ " ; Tính đường kính ống dẫn "d".

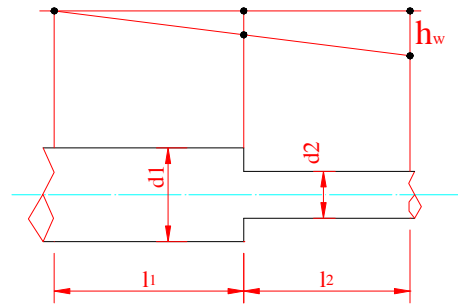
b) *Tính toán thủy lực ống dài phức hợp:*

Trong ống dài phức hợp người ta chia ra làm 2 loại : Ống nối tiếp và ống ghép song song .

- Ống ghép nối tiếp : (Hình 3.3)

Ta thấy ống ghép nối tiếp là ống bao gồm 2 hay nhiều đoạn ống có đường kính khác nhau được ghép nối lại. Vì vậy khi tính toán thủy lực ta dùng các công thức cơ bản áp dụng cho từng đoạn ống, sau đó cộng lại.

$$Q = K_1 \cdot \sqrt{J_1} = K_2 \cdot \sqrt{J_2} = \dots = K_n \cdot \sqrt{J_n} \quad (3.14)$$



**Hình 3.3**

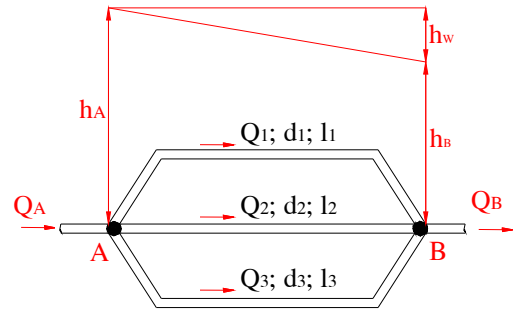
$$h_{d1} = Q^2 \frac{l_1}{K_1^2} = Q^2 \cdot \frac{l_2}{K_2^2} = \dots = Q^2 \cdot \frac{l_n}{K_n^2} \quad (3.15)$$

$$h_w = \sum_1^n h_{wi} = Q^2 \cdot \sum_1^n \frac{l_i}{K_i^2} \quad (3.16)$$

-Ống ghép song song : ( Hình 3.4).

Ta thấy trong hệ ống được ghép song song thì các ống nhánh là các ống dài đơn; các ống đơn có 2 điểm chung là điểm A và điểm B. Lưu lượng nước vào tại điểm A bằng lưu lượng nước ra tại

điểm B; và tổng lượng nước vào và ra tại các nút A và B là bằng nhau. Vậy ta có



**Hình 3.4**

$$\text{Tại các điểm nút A và B thì: } Q_A = \sum_1^n Q_i = Q_B$$

(3.17)

$$h_w = h_A - h_B \quad (3.18)$$

Trên các ống nhánh ta có :

$$Q_1 = K_1 \cdot \sqrt{J_1}; Q_2 = K_2 \cdot \sqrt{J_2}; \dots; Q_n = K_n \cdot \sqrt{J_n} \quad (3.19)$$

$$J_1 = \frac{h_w}{l_1}; J_2 = \frac{h_w}{l_2}; \dots; J_n = \frac{h_w}{l_n} \quad (3.20)$$

Chú ý: - Trong ống nối tiếp thì "Q" không đổi trên các đoạn ống.

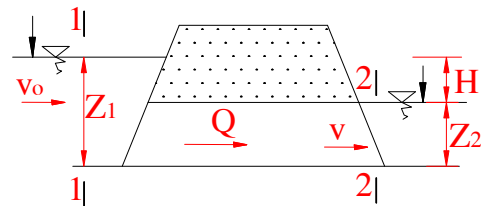
- Trong hệ ống song song thì "h<sub>w</sub>" không đổi trên các nhánh ống.

### 3.2.3. Tính toán thủy lực ống ngắn:

Khi ta tiến hành tính toán thủy lực dòng chảy đều, có áp trong ống ngắn thì phải xét cụ thể đến 2 trường hợp cơ bản sau : Chảy tự do và chảy ngập . ( Vì sẽ ảnh hưởng tới lưu lượng nước chảy qua ống ).

#### a) Chảy tự do qua ống ngắn

Một dòng chảy qua ống ngắn được xem là tự do khi mực nước hạ lưu ống không làm ảnh hưởng đến lưu lượng nước chảy qua ống. Ta quy ước mực nước hạ lưu của ống vừa đến mép trên của ống ( hoặc thấp hơn ) thì dòng chảy là tự do (Hình 3.5).



**Hình 3.5**

Để thành lập công thức tính toán cho trường hợp này ta tiến hành viết phương trình Béc-nu-li cho 2 mặt cắt ( 1-1 ) và ( 2-2 ) với chú ý rằng tại mặt cắt (2-2) thì áp suất thủy động phân bố theo quy luật áp suất thủy tĩnh và lưu tốc ở đây coi như là lưu tốc "v" ở trong ống . Ta có:

$$Z_1 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} + h_w$$

$$\Leftrightarrow Z_1 - Z_2 + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\alpha v^2}{2g} + (h_d + h_c)$$

$$\Leftrightarrow H + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{av^2}{2g} + (\xi_d + \sum \xi_c) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ta đặt :  $H + \frac{v_0^2}{2g} = H_0$  thì :  $H_0 = \left( \alpha + \xi_d + \sum \xi_c \frac{v^2}{2g} \right) \frac{v^2}{2g}$

Từ đây ta rút ra được lưu tốc trong ống là :  $v = \frac{\sqrt{2gH_0}}{(\alpha + \xi_d + \sum \xi_c)}$

Và lưu lượng qua ống là :  $Q = \omega \cdot v$

$$\rightarrow Q = \omega \cdot \frac{\sqrt{2gH_0}}{(\alpha + \xi_d + \sum \xi_c)}$$

Đặt  $\frac{1}{(\alpha + \xi_d + \sum \xi_c)} = \mu$  ( $\mu$  là hệ số lưu lượng) thì ta có công thức tính lưu lượng như sau:

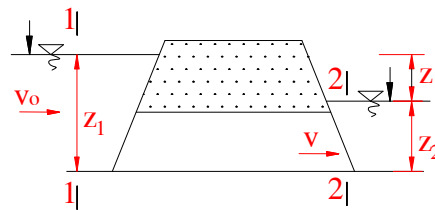
$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \cdot H_0} \quad (3.21)$$

$$\text{lưu tốc của dòng chảy : } v = \mu \sqrt{2g \cdot H_0} \quad (3.22)$$

(  $H$  ) được lấy từ tâm ống đến mực nước thượng lưu trong thực hành tính toán ).

*b) Chảy ngập qua ống ngắn*

Một dòng chảy qua ống ngắn được xem là ngập khi mực nước hạ lưu ống cao hơn mép trên của ống. Khi đó mực nước hạ lưu sẽ ảnh hưởng tới lưu lượng nước chảy qua ống ( xem hình vẽ ).



**Hình 3.6**

Để thành lập công thức tính toán cho trường hợp này ta cũng tiến hành viết phương trình Béc-nu- li cho 2 mặt phẳng ( 1- 1 ) và ( 2-2 ). Sau khi biến đổi ta được các công thức cơ bản sau đây:

$$v = \mu \cdot \sqrt{2g \cdot Z_0} \quad (3.23)$$

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2g \cdot Z_0} \quad (3.24)$$

ở đây:  $Z_0 = Z + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$  ;  $Z = Z_1 - Z_2$ .

$\mu = 1/(\alpha + \xi_d + \xi_c)$  với:  $\mu$  là hệ số lưu lượng .

Chú ý : Trong cả 2 trường hợp chảy tự do và chảy ngập thì để tính toán sơ bộ được giá trị  $\xi_d = \lambda \cdot v \cdot l/d$ ; thì ta có thể lấy giá trị  $\lambda$  ( là hệ số sức kháng của ống ngắn ) qua bảng sau

TT	Loại ống ngắn	$\lambda$
01	Ống gỗ	1/52
02	Ống ngang; ống thép hàn	1/50
03	Ống thép ghép bằng đinh Ri - vê	1/42

Hệ số tổn thất cục bộ  $\xi_c$  được tìm theo bảng tra phần phụ lục hoặc tính theo các công thức đã cho ở phần trước.

### CÂU HỎI - BÀI TẬP CHƯƠNG 3

1. Những dòng chảy thế nào thì được coi là dòng đều không áp; Nêu các công thức để tính thủy lực dòng đều trong kênh hở; Khi dùng các công thức đó thì phải chú ý tới các hệ số nào và nêu cách tìm các hệ số đó.
2. Nêu 3 loại bài toán tính kênh và nói các phương pháp giải các bài toán đó.
3. Khi tính toán thủy lực ống dài đơn thì dùng các công thức nào? Có mấy loại bài toán ống dài đơn, cách giải các loại bài toán đó.
4. Khi tính thủy lực ống dài phức hợp thì gặp các trường hợp nào? Nêu công thức và cách giải trong các trường hợp đó.
5. Nêu khái niệm về chảy tự do và chảy ngập qua ống ngắn; Trình bày cách tính toán trong từng trường hợp.
6. Tính lưu lượng  $Q$  và lưu tốc  $v$  của kênh hình thang; Biết :  $n = 0,025$ ;  $i = 0,0002$ ;  $m = 1,25$ ;  $b = 10\text{m}$ ;  $h = 3,5\text{m}$ .



7. Tính độ dốc  $i$  của kênh hình thang; Biết  $b = 1,2\text{m}$  ;  $h = 0,8\text{m}$ ;  $m = 1,0$ ;  $n = 0,025$ ;  $Q = 0,7\text{m}^3/\text{s}$ .

8. Thiết kế một mặt cắt ngang kênh hình thang, mặt kênh lát bê tông; Biết  $Q = 30\text{ m}^3/\text{s}$ ;  $n = 0,014$ ;  $i = 0,00016$ ;  $m = 1,5$ ;  $\beta = \frac{b}{h} = 3$ .

9. Tính lưu lượng trong ống gang thường; Biết đường kính ống  $d = 5\text{m}$ . Chiều dài ống là  $L = 1000\text{m}$  tổn thất của nước trong ống  $h_d = 5\text{m}$ .

10. Một ống dẫn nước dài  $2500\text{ m}$ ; dẫn lưu lượng  $Q = 0,25\text{m}^3/\text{s}$ ; Tổn thất cột nước  $30$  ; ống thép mới; Hãy xác định " $d$ " của ống.

## Chương 4 DÒNG CHẢY KHÔNG ĐỀU TRONG KÊNH

Trong chương này chúng ta sẽ đề cập tới nội dung cơ bản sau đây:  
Xét dòng chảy không đều trong kênh hở mà nội dung của nó là xét tới việc tính toán thủy lực cho kênh dẫn hình thang và chữ nhật, hiện tượng nước nhảy thủy lực và cách tính toán.

### 4.1. Dòng chảy không đều trong kênh hở

#### 4.1.1. Các khái niệm chung

a) *Định nghĩa* " Một dòng chảy ổn định trong kênh có lưu tốc trung bình thay đổi; chiều sâu dòng chảy thay đổi; mặt cắt ướt thay đổi về diện tích hoặc hình dáng dọc theo dòng, thì được gọi là dòng không đều trong kênh hở "

b) *Các nguyên nhân*

Có 5 nguyên nhân gây ra dòng không đều là :

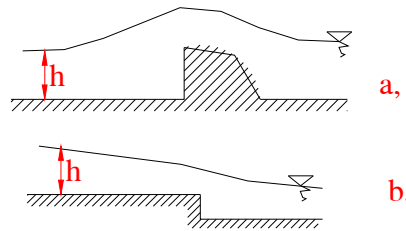
- Mặt cắt kênh thay đổi về kích thước hoặc hình dáng dọc theo dòng chảy.
- Dòng chảy gặp vật cản như : Đập, cống....
- Dòng chảy trước bậc nước hoặc trên đoạn kênh khá dốc.
- Chỗ tuyến kênh uốn cong nhiều.
- Chỗ lòng kênh có độ nhám thay đổi đột ngột.

Qua đây ta thấy rằng dòng chảy đều trong kênh hở sẽ trở thành dòng chảy không đều nếu như lòng kênh có một trong các yếu tố trên.

*c) Đường mặt nước*

Theo sự thay đổi chiều sâu dọc theo dòng chảy ta có thể chia đường mặt nước trong kênh hở ra thành 2 loại :

- Đường nước dâng ( Hình 4.1-a) có chiều sâu dòng chảy tăng dần còn lưu tốc thì giảm dần.
- Đường nước hạ : ( Hình 4.1-b ) có chiều sâu dòng chảy giảm dần còn lưu tốc thì tăng dần.



**Hình 4.1**

*d) Kênh lắng trụ và kênh không lắng trụ*

- Kênh lắng trụ: Là loại kênh có hình dạng, kích thước mặt cắt kênh không thay đổi dọc theo chiều dài kênh. Vì vậy mà dòng không đều trong kênh lắng trụ có chiều sâu thay đổi dọc theo chiều dài của kênh do đó diện tích mặt cắt ướt thay đổi theo chiều sâu  $h$ :  $\omega = f(h)$  ;  $h = \varphi(l)$ .

- Kênh không lắng trụ: Là loại kênh có hình dạng hoặc kích thước mặt cắt kênh thay đổi dọc theo chiều dài kênh. Vậy dòng không đều trong kênh không lắng trụ sẽ có diện tích mặt cắt ướt thay đổi theo chiều sâu "h" và thay đổi theo chiều dài dòng chảy "l" :  $\omega = f(h; l)$ .

*e) Độ dốc đáy kênh*

Nếu gọi  $\alpha$  là góc tạo bởi đường đáy kênh với đường nằm ngang ( xét theo mặt cắt dọc kênh ) thì  $i = \text{tg}\alpha$  được gọi là độ dốc đáy kênh. Khi góc  $\alpha$  khá nhỏ thì ta có được dãy đẳng thức sau:  $\text{tg}\alpha \approx \sin\alpha \approx \alpha \approx i$  ( theo tính chất V.C.B ). Độ dốc đáy kênh được chia làm 3 loại sau:

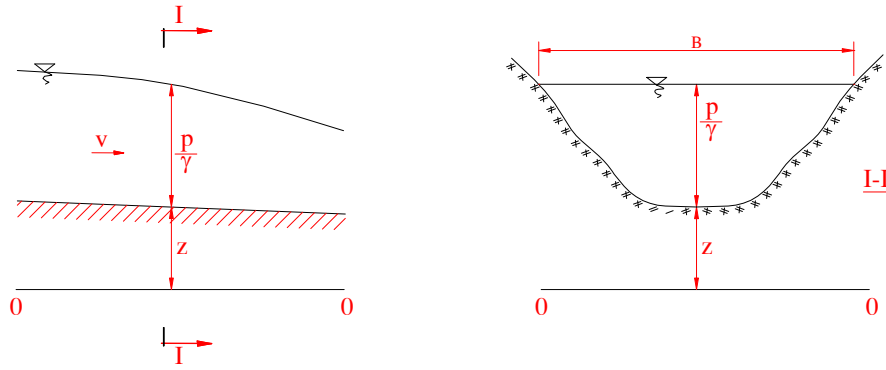
- Dốc xuôi : Là kênh có cao trình đáy giảm dần dọc theo dòng chảy trường hợp này ta có  $i = \text{tg}\alpha > 0$ .
- Không dốc : Là kênh có cao trình đáy không thay đổi dọc theo dòng chảy. Trường hợp này ta có :  $i = \text{tg}\alpha = 0$ .
- Dốc ngược : Kênh có cao trình đáy tăng dần dọc theo dòng chảy trường hợp này ta có  $i = \text{tg}\alpha < 0$

Chú ý : Trong thực tế phần lớn là ta gặp kênh có dạng dốc xuôi.

**4.1.2. Năng lượng đơn vị mặt cắt**

*a) Phương trình năng lượng đơn vị mặt cắt*

Như ở phần trước đã trình bày, ta hiểu năng lượng của dòng chảy ổn định tại một mặt cắt so với mặt chuẩn ( 0 -0 ) bất kỳ được xác định bởi 3 thành phần của phương trình Béc-nu-li:  $E = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ .



Hình 4.2

Nếu ta lấy mặt chuẩn ( 0 - 0 ) đi qua điểm thấp nhất của mặt cắt ( I - I ) thì khi đó thành phần " Z" bằng không nên :  $E^* = \frac{P}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g}$ .

Mặt khác ta lại có :  $\frac{P}{\gamma} = h$  ;  $v^2 = \frac{Q^2}{\omega^2}$

Nên  $E^* = h + \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \omega^2}$       Q: Lưu lượng dòng chảy      ( 4.1 )

$\omega$  : Diện tích mặt cắt ướt.

Công thức ( 4.1 ) được gọi là phương trình năng lượng đơn vị của mặt cắt. Trong phương trình này ta thấy thành phần  $(\alpha Q^2 / 2g)$  là không đổi, vì vậy  $E^*$  chỉ phụ thuộc vào ( h ) và (  $\omega$  ), mà (  $\omega$  ) cũng phụ thuộc ( h ), nên  $E^*$  là một hàm của ( h ) :  $E^* = f( h )$ . Sau đây ta xem xét mối liên hệ giữa  $E^*$  và ( h ).

b) Quan hệ giữa năng lượng đơn vị mặt cắt và chiều sâu ( h ).

Đặt  $E_t = h$  là thế năng đơn vị.

$E_d = \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \omega^2}$  là động năng đơn vị khi đó

( 4-1 ) được viết lại là :  $E^* = E_t + E_d$ . Ta thấy  $E_t = h$  là hàm bậc nhất nên đường biểu diễn của nó là đường thẳng .

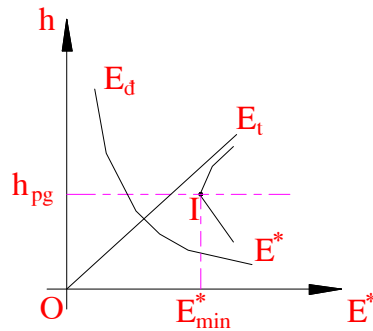
$E_d = \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \omega^2}$  là hàm Hypebol nên

đường biểu diễn của nó là đường cong.

Ta biểu diễn hệ hàm trên hệ trục tọa độ  $E^*0h$  và bằng phép cộng đồ thị ta có được đường biểu diễn của  $E^*$  (Hình 4.3).

$$E^* = h + \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \omega^2} = f(h).$$

Đồ thị của  $E^*$  có 2 nhánh ra vô cực (  $\infty$  ) và có điểm cực tiểu (  $E^*_{min}$  ). Chiều sâu dòng chảy ứng với giá trị (  $E^*_{min}$  ) gọi là chiều sâu phân giới ( ký hiệu  $h_{pg}$  ); và tất cả các yếu tố thủy lực ứng với chiều sâu này đều có thêm hiệu là "pg" . Ví dụ :  $\omega_{pg}$ ;  $\chi_{pg}$ ;  $R_{pg}$ ... Qua đồ thị ta thấy dòng chảy có 2 trạng thái như sau:



Hình 4.3

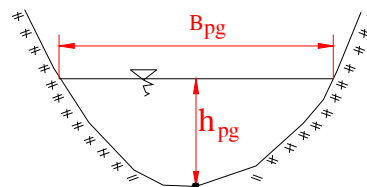
a) *Chảy êm*: Khi dòng chảy có chiều sâu  $h > h_{pg}$  thì trạng thái dòng chảy là chảy êm. Khi đó  $E^*$  đồng biến với  $(h)$ . Vậy trong trạng thái này năng lượng đơn vị mặt cắt tăng hay giảm là do thế năng đơn vị ( $E_t$ ) tăng hay giảm. ( Còn  $E_d$  hoàn toàn ngược lại ).

b) *Chảy xiết*: Khi dòng chảy có chiều sâu  $h < h_{pg}$  thì trạng thái dòng chảy là chảy xiết. Khi đó  $E^*$  nghịch biến với  $(h)$ . Vậy trong trạng thái này năng lượng đơn vị mặt cắt tăng hay giảm là do động năng đơn vị ( $E_d$ ) tăng hay giảm ( còn  $E_t$  thì ngược lại ).

Qua đây ta thấy ( $h_{pg}$ ) là tiêu chuẩn phân biệt trạng thái của dòng chảy là chảy êm hay chảy xiết. Vậy ta cần xác định công thức để tính ( $h_{pg}$ ).

- Cách xác định chiều sâu phân giới

Đường biểu diễn hàm số  $E^*$  là đường cong có điểm cực tiểu I ( $E^*_{min}; h_{pg}$ ). Vậy để tìm được điểm I ta lấy đạo hàm của  $E^*$  đối với  $h$ :



**Hình 4.4**

$$E^* = h + \frac{\alpha Q^2}{2g \cdot \omega^2} \rightarrow \frac{dE^*}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2 \cdot (2g \cdot \omega^2)'}{4 \cdot g^2 \cdot \omega^4} \cdot \frac{d\omega}{dh}$$

Mà  $\frac{d\omega}{dh} = B$  ( B là chiều rộng bề mặt của mặt cắt ướt )

$$\text{Vậy: } \frac{dE^*}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g \cdot \omega^3} \cdot B$$

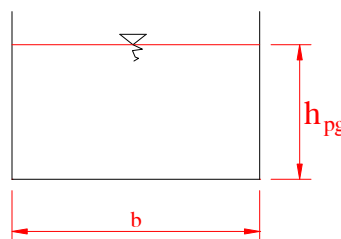
Tại điểm cực tiểu của  $E^*$  thì ta có  $\frac{dE^*}{dh} = 0$ ; còn các yếu tố khác có ký hiệu "pg".

$$\text{Do đó: } \frac{dE^*}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2}{g \cdot \omega_{pg}^3} \cdot B_{pg} = 0 \rightarrow \frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega_{pg}^3}{B_{pg}} \quad (4.2)$$

Đây là phương trình cơ bản để tính chiều sâu phân giới cho mặt cắt tùy ý. Tuy nhiên trong thực tế chúng ta thường hay gặp 2 dạng mặt cắt ướt là dạng hình chữ nhật và hình thang. Vì vậy để tiện cho tính toán nhanh ta sẽ đi thành lập công thức tính riêng cho 2 trường hợp này.

a) *Với mặt cắt hình chữ nhật*:

Ta có :  $\omega_{pg} = b \cdot h_{pg}$ ;  $B = b$ . Vậy phương trình ( 4.2 ) được viết lại như sau:



**Hình 4.5**

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{b^3 \cdot h_{pg}^3}{b} \rightarrow h_{pg} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g \cdot b^2}} \quad (4.3)$$

Công thức (4.3) là công thức tính trực tiếp được  $h_{pg}$ .

b) Với mặt cắt hình thang :

Ta có 2 cách tính như sau:

Cách thứ nhất: Dùng phương pháp thử dần.

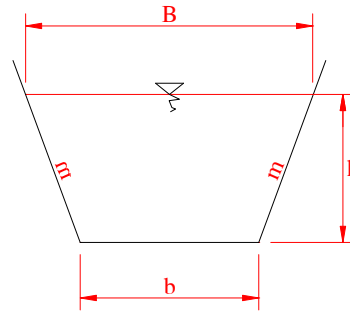
Xét công thức (4.2)  $\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega^3}{B_{pg}}$

Ta thấy vế trái  $\frac{\alpha Q^2}{g}$  luôn là một giá trị không đổi và có thể tính trước ngay

được, sau đó bằng cách lần lượt cho trước các giá trị của (h) ta sẽ tìm được các giá trị của  $\omega^3$  và B ở vế phải. Công thức:

$$\omega = h \cdot (b + nh).$$

$$B = b + 2m \cdot h$$



**Hình 4.6**

Nếu tới một giá trị (h) nào đó ta chọn mà tỷ số  $\omega^3/B \approx \frac{\alpha Q^2}{g}$  thì đó là  $h_{pg}$  cần tìm.

Cách thứ hai: Phương pháp gần đúng của Agrôxkin:

$$h_{pgt} = (1 - \frac{\sigma_n}{3} + 0,105 \cdot \sigma_n^2) \cdot h_{pgn} \quad (4.4)$$

Trong đó:  $\sigma_n = \frac{m \cdot h_{pgn}}{b} \quad (4.5)$

$h_{pgn}$  là chiều sâu phân giới của mặt cắt kênh hình chữ nhật có chiều rộng bằng đáy kênh hình thang và có lưu lượng bằng lưu lượng chảy qua mặt cắt kênh hình thang đang xét.

b là chiều rộng đáy kênh có mặt cắt hình thang.

m là độ dốc mái kênh.

Tuy nhiên để tiện trong tính toán thì người ta đã lập sẵn bảng tính giá trị :

$$f(\sigma_n) = 1 - \frac{\sigma_n}{3} + 0,105 \sigma_n^2$$

Vậy khi đó :  $h_{pg} = f(\sigma_n) \cdot h_{pgn} \quad (4.6)$

Ví dụ : Xác định chiều sâu phân giới trong kênh. Biết rằng  $b = 5m$ ;  $m = 1,4$  ;  $Q = 6,6m^3/s$  ;  $\alpha = 1,1$ . Với chiều sâu nước trong kênh là  $h = 0,7m$  thì trạng thái dòng chảy là chảy xiết hay chảy êm.

Giải : Ta sử dụng phương pháp Agrôxkin.

Tìm  $h_{pgn}$  :  $h_{pgn} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot b^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 6,6^2}{9,815^2}} = 0,58m$

$$\text{Tìm } \sigma_n : \sigma_n = \frac{m \cdot h_{pgn}}{b} = \frac{1,5 \cdot 0,58}{5} = 0,174$$

$$h_{pgt} = \left( 1 - \frac{\sigma_n}{3} + 0,105 \sigma_n^2 \right) \cdot h_{pgn}$$

$$= \left( 1 - \frac{0,174}{3} + 0,105 \cdot 0,174^2 \right) 0,58 = 0,53m .$$

Vì chiều sâu nước trong kênh = 0,7m > h<sub>pg</sub> = 0,53m nên dòng chảy trong kênh ở trạng thái chảy êm.

#### 4.1.3. Nước nhảy

##### a). Định nghĩa

Ở phần trước chúng ta đã thấy rằng trạng thái dòng chảy gọi là chảy xiết nếu  $h < h_{pg}$ , và là chảy êm nếu  $h > h_{pg}$ . Vậy thì khi dòng chảy thay đổi trạng thái chảy: Từ chảy êm sang chảy xiết hoặc từ chảy xiết sang chảy êm thì các hiện tượng này được định nghĩa như sau:

Khi dòng chảy quá độ từ chảy êm sang chảy xiết thì độ sâu giảm đi rất nhanh dọc theo chiều dòng chảy. Hiện tượng này gọi là hiện tượng nước đổ.

Khi dòng chảy quá độ từ trạng thái chảy xiết sang chảy êm thì độ sâu tăng rất nhanh dọc theo một đoạn ngắn của dòng. Hiện tượng này gọi là hiện tượng nước nhảy.

Vậy ta có định nghĩa về nước nhảy như sau:

" Nước nhảy là một dạng quá độ của dòng chảy từ trạng thái chảy xiết sang chảy êm, tức là quá độ qua độ sâu phân giới (  $h_{pg}$  ).

##### b) Phân loại

Người ta căn cứ vào điều kiện hình thành và cấu tạo nước nhảy để phân nước nhảy ra thành 5 loại sau:

- Nước nhảy hoàn chỉnh : Hình thành trong kênh lắng trụ có độ dốc đáy nhỏ và độ nhám bình thường. Cấu tạo của nước nhảy hoàn chỉnh có 2 vùng rõ rệt là vùng trên và vùng dưới ở vùng dưới chất lỏng tĩnh tiến dưới dạng dòng mở rộng dần theo mặt phẳng thẳng đứng, sự chuyển động của các phân tử chất lỏng biến đổi rất nhiều, phân bố áp suất chất lỏng ở đây không theo quy luật thủy tĩnh

(  $Z + p/\gamma \neq \text{hằng số}$  ). Ở vùng trên hình thành khu nước cuộn , chất lỏng trộn khí và các hạt chất lỏng quay tròn trên mặt phẳng thẳng đứng , cả vùng sủi bọt trắng xoá ( Hình 4.7-a ).

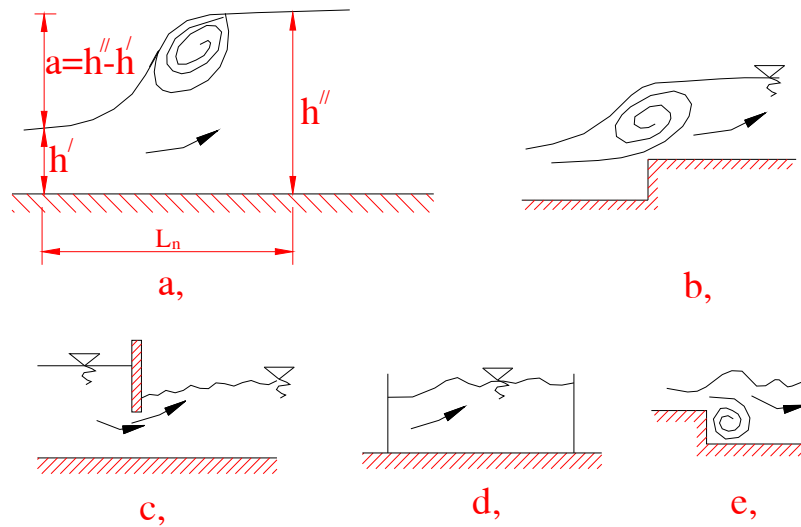
b) *Nước nhảy dâng*: Hình thành trước một chướng ngại vật chắn ngang dòng chảy. Loại này có chiều dài hạn chế, khu vực chảy cuộn mặt ngoài phát triển mạnh ( Hình 4.7-b ).

c) *Nước nhảy ngập* : Hình thành khi dòng chảy chui qua vật cản ( ví dụ như chui qua cánh cửa cống ). Loại này có chiều dài hạn chế, khu vực chảy cuộn mặt ngoài tương đối lớn ( Hình 4.7- c ).

d) *Nước nhảy sóng* : Là một dạng của nước nhảy ngập, nhưng có độ cao nước nhảy nhỏ nên mặt trên có dạng hình sóng tắt dần, và không có khu nước cuộn ( Hình 4.7-d ).

e) *Nước chảy mặt ngoài* : Thường được hình thành ở phía sau bậc chân đập. Loại này có 2 khu rõ rệt nhưng ngược lại với nước nhảy hoàn chỉnh: Khu xoáy cuộn ở đáy, khu xuôi dòng ở trên mặt ( Hình 4.7-e ).

Trên đây là 5 loại nước nhảy, và trong giáo trình này chúng ta chỉ nghiên cứu một loại, đó là nước nhảy hoàn chỉnh.

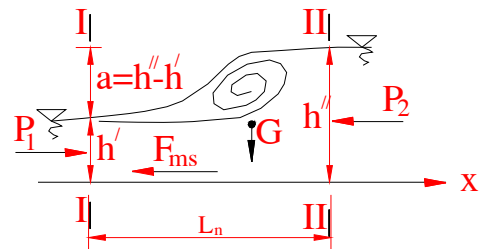


**Hình 4.7**

- Phương trình cơ bản của nước nhảy hoàn chỉnh

Trước hết ta xét tới cấu tạo của nước nhảy hoàn chỉnh (Hình 4.8).

Các mặt cắt ( I - I ) và ( II - II ) là các mặt cắt trước và sau nước nhảy, nó quy định nước nhảy bắt đầu phát sinh ( mặt cắt I - I ) và khi nước nhảy kết thúc ( tại mặt cắt II - II ).



**Hình 4.8**

$h'$  là độ sâu trước nước nhảy :  $h' < h_{pg}$ .

$h''$  là độ sâu sau nước nhảy :  $h'' > h_{pg}$ .

( Ngoài ra  $h'$  và  $h''$  còn được gọi chung là độ sâu liên hiệp ).

$a = h'' - h'$  là độ cao nước nhảy.

$L_n$  là chiều dài nước nhảy; đây là khoảng cách giữa 2 mặt cắt. Phương trình cơ bản của nước nhảy là biểu thức liên hệ các độ sâu liên hiệp (  $h'$  ) và (  $h''$  ) Xét trường hợp nước nhảy hoàn chỉnh trong kênh lăng trụ có độ dốc đáy rất nhỏ ta cần cho một số giả thiết ban đầu sau đây:

- Dòng ổn định

- Dòng chảy trước và sau nước nhảy là dòng thay đổi dần: Do đó phân bố áp suất chất lỏng ở mặt cắt trước và sau nước nhảy tuân theo quy luật thủy tĩnh.

- Lực ma sát giữa chất lỏng với thành chứa không đáng kể.

- Hệ số động lượng tại các mặt cắt trước và sau nước nhảy coi như bằng nhau và không đổi :  $\alpha_{01} = \alpha_{02} = \alpha_0 =$  hằng số.

Phương trình cơ bản của nước nhảy được xây dựng trên cơ sở định luật biến thiên động lượng : " Biến thiên động lượng theo phương chuyển động của khối chất lỏng trong đơn vị thời gian bằng tổng hình chiếu lên phương chuyển động của các ngoại lực tác dụng vào khối chất lỏng đó".

$$\text{Biểu thức toán học } \Delta (\text{đl}) = \sum(P_i)_x \quad (4.7)$$

Trong đó :  $\Delta (\text{đl})$  là biến thiên động lượng trong đơn vị thời gian.

$\sum(P_i)_x$  là tổng hình chiếu các ngoại lực lên phương (x).

(x) là phương chuyển động của khối chất lỏng.

Căn cứ vào hình vẽ ta xét từng vế của phương trình ( 4.7 ).

- Xét biến thiên động lượng trong đơn vị thời gian :  $\Delta (\text{đl})$  .

$$\text{Có : } \Delta (\text{đl}) = m_2 \cdot \alpha_{02} \cdot v_2 - m_1 \cdot \alpha_{01} \cdot v_1.$$

$$\text{Theo giả thiết thì : } \alpha_{02} = \alpha_{01} = \alpha_0$$

$$\text{Và : } m_2 = \rho \cdot Q_2 = \frac{\gamma}{g} \cdot Q_2 ; m_1 = \rho \cdot Q_1 = \frac{\gamma}{g} \cdot Q_1$$

Vì  $Q_1 = Q_2 = Q$  ( do dòng chảy ổn định ) nên ta có :

$$m_1 = m_2 \rightarrow \frac{\gamma}{g} \cdot Q_1 = \frac{\gamma}{g} \cdot Q_2 = \frac{\gamma}{g} \cdot Q$$

$$\text{Vậy : } \Delta (\text{đl}) = \alpha_0 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot (v_2 - v_1)$$

-Xét vế phải của phương trình ( 4.7 ) ta thấy các ngoại lực tác dụng vào khối chất lỏng bao gồm:

Trọng lực G có giá trị bằng trọng lượng bản thân khối chất lỏng đó. Khi chiếu lên phương (x) thì  $G_x = 0$

Lực ma sát  $F_{ms}$  giữa khối chất lỏng với thành dẫn, theo giả thiết ban đầu thì  $F_{ms} = 0$ .

Áp lực thủy động theo quy luật thủy tĩnh tại mặt cắt ( I - I ) và mặt cắt ( II - II ) là :  $P_1 = \gamma \cdot y_1 \cdot \omega_1$ ;  $P_2 = \gamma \cdot y_2 \cdot \omega_2$ .

Ở đây:  $y_1$ ;  $y_2$  là độ sâu trọng tâm của các mặt cắt ( I - I ) và ( II - II ) .

$\omega_1$ ;  $\omega_2$  là diện tích của các mặt cắt ( I - I ) và ( II - II ) . Vậy khi chiếu các lực trên lên phương chuyển động (x) ta có:

$$\sum (P_i)_x = P_1 - P_2 = \gamma \cdot y_1 \cdot \omega_1 - \gamma \cdot y_2 \cdot \omega_2 = \gamma ( y_1 \cdot \omega_1 - y_2 \cdot \omega_2 )$$

Thay vế trái và vế phải đã tìm được vào phương trình ( 4.7 ) ta có :

$$\alpha_0 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot Q(v_2 - v_1) = \gamma (y_1 \cdot \omega_1 - y_2 \cdot \omega_2)$$

$$\frac{\alpha_0 \cdot Q^2}{g \cdot \omega_1} + y_1 \cdot \omega_1 = \frac{\alpha_0 \cdot Q^2}{g \cdot \omega_2} + y_2 \cdot \omega_2 \quad (4.8)$$

Đây chính là phương trình cơ bản của nước nhảy hoàn chỉnh giải phương trình này ta sẽ tìm được một độ sâu liên hiệp khi đã biết một độ sâu kia.

Trong thực tế tính toán ta có thể lấy giá trị  $\alpha_0 \approx 1$ .

Chú ý :  $y_1$  và  $y_2$  là độ sâu trọng tâm của các mặt cắt ướt.



- Tính độ sâu liên hiệp của nước nhảy

Để tính toán độ sâu liên hiệp của nước nhảy, ta phải giải phương trình cơ bản ( 4.8 ). Ở đây ta chỉ xét tới 2 dạng mặt cắt phổ biến của kênh lăng trụ là hình chữ nhật và hình thang.

+ Kênh lăng trụ mặt cắt chữ nhật

Với kênh lăng trụ có mặt cắt chữ nhật thì các thành phần của phương trình cơ bản ( 4.8 ) sẽ là:  $\omega_1 = b.h'$  ;  $\omega_2 = b.h''$  ;  $y_1 = h'/2$ ;  $y_2 = h''/2$ .

Vậy ( 4-8 ) trở thành dạng sau :

$$\frac{\alpha_0 \cdot Q^2}{g \cdot b \cdot h'} + \frac{b \cdot h'^2}{2} = \frac{\alpha_0 Q^2}{g \cdot b \cdot h''} + \frac{b \cdot h''^2}{2}$$

Sau khi biến đổi ta được phương trình tương đương sau:

$$\frac{2\alpha_0 \cdot Q^2}{g \cdot b^2} = h' \cdot h'' (h'' + h')$$

Đây là phương trình bậc 2 đối với ( h' ) hoặc ( h'' ). Giải phương trình này và

chú ý  $h_{pgn} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g \cdot b^2}}$  ta sẽ có hệ công thức tính độ sâu liên hiệp của nước nhảy

$$h'' = \frac{h'}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8h_{pg}^3}{h'^3}} - 1 \right) \quad (4.9)$$

$$\text{và : } h' = \frac{h''}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8h_{pg}^3}{h''^3}} - 1 \right) \quad (4.10)$$

Chú ý : Sử dụng hệ công thức này trước hết ta tính ngay:  $h_{pg}^3 = \frac{\alpha Q^2}{g b^2}$

Biết ( h' ) tìm ( h'' ) ta dùng công thức ( 4.9); ngược lại dùng công thức ( 4.10 ) .

Ví dụ: Tính độ sâu liên hiệp sau nước nhảy ( h'' ) trong kênh chữ nhật biết

$Q = 10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $b = 3\text{m}$  ;  $h' = 0,7\text{m}$ ;  $\alpha = 1,1$ .

Giải : Trước hết ta tìm chiều sâu phân giới  $h_{pg}$  .

$$h_{pg}^3 = \frac{\alpha Q^2}{g b^2} = \frac{1,1 \cdot 10,8^2}{9,81 \cdot 3^2} = 1,44 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow h_{pg} = \sqrt[3]{1,44} = 1,13 \text{ m}$$

Vì biết  $h' = 0,7 \text{ m}$  để tìm ( h'' ) áp dụng công thức ( 4.9 ) ta có :

$$h'' = \frac{h'}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8h_{pg}^3}{h'^3}} - 1 \right)$$

$$h'' = \frac{0,7}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8 \cdot 1,44}{0,7^3}} - 1 \right) = 1,71 \text{ m}$$

- Kênh lăng trụ mặt cắt hình thang:

Để tính các độ sâu liên hiệp của nước nhảy trong trường hợp này ta vẫn có thể sử dụng phương trình cơ bản ( 4- 8 ) với các yếu tố sau :

$$\omega_1 = (b + mh') \cdot h' ; y_1 = \frac{h'}{3} \cdot \frac{B' + 2b}{B' + b}; B' = b + 2m \cdot h'$$

$$\omega_2 = (b + mh''). h'' ; y_2 = \frac{h''}{3} \cdot \frac{B'' + 2b}{B'' + b}; B'' = b + 2m.h''$$

Thay các yếu tố này vào công thức ( 4.8 ) ta được một phương trình giải được, tuy nhiên sẽ rất phức tạp và mất nhiều thời gian. Vì vậy, để giảm bớt khối lượng tính toán các độ sâu liên hiệp trong kênh hình thang ta có thể sử dụng phương pháp tính gần đúng của Racmanôp. Nội dung của phương pháp như sau:

Nếu  $h'' \geq 5 h_{pg}$  thì ta có :

$$h'' = \frac{1,2 \cdot h_{pg}^2}{h' + 0,2 h_{pg}} \quad (4.11)$$

$$h' = 1,2 \cdot \frac{h_{pg}^2}{h''} - 0,2 h_{pg} \quad (4.12)$$

Trong các trường hợp khác thì với điều kiện  $\xi_2 \leq 5$ , ta sử dụng công

thức sau:  $\frac{1}{\xi_2} = 0,17 + 0,83 \xi_1$  Với :  $\xi_1 = \frac{h'}{h_{pg}} ; \xi_2 = \frac{h''}{h_{pg}}$  (

4.13)

Chú ý : Trong hệ công thức trên ( $h_{pg}$ ) là của hình thang.

\* Ví dụ : Tính độ sâu nước nhảy ( $h''$ ) trong kênh hình thang. Biết rằng  $b = 7m$ ;  $m = 1$ ;  $Q = 54,3 m^3/s$ ;  $h' = 0,8 m$ ;  $\alpha_0 = 1,1$ .

\* Giải: Ta áp dụng phương pháp tính của Racmanop:

+ Trước hết tìm  $h_{pgt}$  của hình thang theo công thức Agrôxkin.

$$h_{pg} = \left( 1 - \frac{\delta_n}{3} + 0,105 \delta_n^2 \right) h_{pgn}$$

$$\text{Mà trong đó : } h_{pgn} = \sqrt[3]{\frac{\alpha_0 Q^2}{g \cdot b^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,154,3^2}{9,817^2}} = 1,886m.$$

$$\delta_n = \frac{m \cdot h_{pgn}}{b} = \frac{1,1,886}{7} = 0,27.$$

$$h_{pgt} = \left( 1 - \frac{0,27}{3} + 0,105 \cdot 0,27^2 \right) 1,886 = 1,73m$$

$$\text{Dùng công thức ( 4.3) ta có : } \xi_1 = \frac{h'}{h_{pg}} = \frac{0,8}{1,73} = 0,463$$

$$\frac{1}{\xi_2} = 0,17 + 0,83 \cdot 0,463 \rightarrow \xi_2 = 1,805$$

$$\text{Vậy : } h'' = \xi_2 \cdot h_{pgt} = 1,805 \cdot 1,73 = 3,12 m.$$

- Tính chiều dài nước nhảy ( $L_n$ ).

+ Kênh chữ nhật : Ta có thể sử dụng các công thức thực nghiệm sau:

$$\text{* Công thức Páplôpxki : } L_n = 2,5 ( 1,9 h'' - h' ) \quad (4.14)$$

$$\text{* Công thức Trechtôxốp: } L_n = 10,3 h' \left[ \sqrt{\left( \frac{h_{pg}}{h'} \right)^3} - 1 \right]^{0,81} \quad (4.15)$$

$$* \text{ Công thức Picalốp : } L_n = 4 h' \cdot \sqrt{1 + 2 \left( \frac{h_{pg}}{h'} \right)^3} \quad (4.16)$$

\* *Chú ý* : Trong hệ công thức trên, ( $h_{pgn}$ ) là chiều sâu phân giới của mặt cắt hình chữ nhật.

Các công thức (4.14) (4.15) (4.16) dùng thích hợp trong điều kiện :  $\left( \frac{h_{pg}}{h'} \right)^3 > 10$ , Qua đây ta thấy để tính được chiều dài nước nhảy ( $L_n$ ) thì ta phải tính trước được các độ sâu liên hiệp ( $h'$ ) và ( $h''$ ) và tìm tỷ số  $(h_{pg} / h')^3$  để chọn công thức cho phù hợp.

+ Kênh hình thang : Ta sử dụng công thức thực nghiệm của Treçtôn xốp:

$$L_n = 5h'' \cdot \left( 1 + 4 \cdot \sqrt{\frac{B'' - B'}{B'}} \right) \quad (4.18)$$

Ở đây :  $B'' = b + 2mh''$  ;  $B' = b + 2mh'$ .

( *Chú ý* rằng  $B''$  và  $B'$  là bề rộng mặt trên của kênh hình thang ( $b$ ) là chiều rộng đáy kênh; và ( $m$ ) là hệ số mái dốc của kênh. Ta biết rằng nước nhảy là một dạng giải tỏa năng lượng của dòng chảy khi thay đổi trạng thái từ chảy xiết sang chảy êm, vì vậy mà ngoài việc tính toán chiều sâu và chiều dài nước nhảy ta còn cần tính thêm một đoạn chiều dài sau nước nhảy ( $L_{s.n}$ ) và người ta đề nghị công thức sau :  $L_{s.n} = (2,5 \div 3) L_n$ . (4.19)

## 4.2. Đập tràn :

4.2.1. *Định nghĩa* Các yếu tố, phân loại đập tràn.

4.2.1.1. *Định nghĩa* " Một dòng chảy được coi là qua đập tràn nếu dòng đó vượt vật cản dưới dạng không áp "

4.2.1.2. *Các yếu tố của đập tràn*

### Cắt dọc

### Nhìn tự hạ lưu.

Các yếu tố cơ bản của đập tràn được biểu diễn qua hình vẽ trên :

\* ( H ) là cột nước đỉnh đập ; có giá trị bằng hiệu số giữa cao trình mặt nước thượng lưu (  $\nabla t$  ) và cao trình đỉnh đập (  $\nabla đ$  ).

$H = \nabla t - \nabla đ$ ; chú ý rằng cao trình mặt nước thượng lưu đập phải lấy cách đỉnh đập về phía thượng lưu một khoảng  $l \geq 3H$ .

\* ( b ) là chiều rộng tràn nước hay chiều rộng cửa tràn.

\* ( B ) là chiều rộng mặt nước thượng lưu.

\* ( S ) là chiều dày đỉnh đập tràn.

\* (  $h_b$  ) là độ sâu bình thường của dòng hạ lưu đập.

\* (  $p_1$  ) và ( p ) là chiều cao đập tràn phía thượng và hạ lưu đập.

\* ( Z ) là độ chênh mực nước thượng và hạ lưu đập

\* (  $v_0$  ) là lưu tốc tiến sát đập tràn.

#### 4.2.1.3. Phân loại đập tràn:

Có nhiều cách để phân loại đập tràn . Ở trong giáo trình này ta sẽ trình bày các loại đập tràn theo hình dạng mặt cắt ngang đập. Theo cách này đập tràn có 3 loại sau :

a) *Đập tràn đỉnh nhọn*: ( hình 4-1 ).

Còn được gọi là đập tràn thành mỏng. Chiều dày thành đập  $S \leq 0,5 H$ , không ảnh hưởng đến hình dạng của làn nước tràn.

b) *Đập tràn đỉnh rộng* :

( Hình 4-2 ): Là đập tràn có chiều dày đỉnh đập trong khoảng (  $2H < S < 10 H$  ) và có ảnh hưởng đến hình dạng làn nước tràn, làn nước tràn trên đỉnh đập có chiều dài nhất định và có tính chất thay đổi dần, tổn thất cột nước trên đỉnh đập có thể bỏ qua. Nếu  $S > 10 H$  thì dòng chảy được coi là dòng chảy trong kênh.

c) *Dòng chảy đập tràn có mặt*

*cắt thực dụng* ( hình 4- 3 ): Là đập tràn có chiều dày đỉnh đập thoả mãn (  $0,5 H < S < 2H$  ) và có ảnh hưởng tới làn nước tràn. Phía sau của đập tràn thực dụng thường có dạng cong.

#### 4.2.1.4. Công thức cơ bản của dòng chảy qua đập tràn

Đó là công thức liên hệ giữa các thông số cơ bản của đập tràn như Q, H, b... Ta xét trường hợp đập có cửa tràn hình chữ nhật và nằm thẳng góc với dòng chảy. Nếu chiều rộng tràn nước là ( b ); cột nước đỉnh đập là ( H ); lưu lượng qua đập là Q thì mối liên hệ giữa các thông số đó được cho bằng công thức sau:

$$Q = m.b.H. \sqrt{2gH} = b. \sqrt{2g.H^3} \quad (4-20)$$

\* Nếu ta kể đến cả cột nước lưu tốc tiến tới  $\alpha v_0^2 / 2g$  thì khi đó:

$$H_0 = H + \alpha v_0^2 / 2g \rightarrow Q = m.b. \sqrt{2g.H_0^3} \quad (4-21)$$

Trong đó: + Q là lưu lượng của dòng chảy qua đập ( m<sup>3</sup>/ s ).

+ H; H<sub>0</sub> là cột nước đỉnh đập H hay tổng cột nước H<sub>0</sub> ( m ).

+ b là chiều rộng tràn nước ( m )

+ g là gia tốc trọng trường  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

+ m là hệ số lưu lượng của đập tràn .

Các công thức ( 4- 20 ) ( 4- 21 ) là công thức cơ bản của dòng chảy qua đập tràn. Tuy nhiên trong thực tế đập tràn làm việc có nhiều trường hợp cụ thể khác nhau. Ở đây ta xét 3 trường hợp hay gặp của dòng chảy qua đập tràn như sau:

\* Nếu đập làm việc ở trạng thái nhảy ngập, khi đó mực nước hạ lưu ảnh hưởng tới lưu lượng và cột nước tràn, nên lúc này ta phải đưa thêm vào hệ số ngập  $\delta_n$  (  $\delta_n < 1$  )

$$Q = \delta_n. m.b. \sqrt{2g.H^3} \quad (4-22) \quad \text{hay } Q = \delta_n. m.b. \sqrt{2g.H_0^3} \quad (4-23)$$

\*\* Nếu dòng chảy qua đập có eo hẹp ngang (  $b/B < 1$  ) thì lúc này ta đưa thêm vào hệ số eo hẹp ngang  $\varepsilon_n$  (  $\varepsilon_n < 1$  ).

$$Q = \varepsilon_n.m.b. \sqrt{2g.H^3} \quad (4-24) \quad \text{hay } Q = \varepsilon_n.m.b. \sqrt{2g.H_0^3} \quad (4-25)$$

\*\*\* Nếu dòng chảy qua đập vừa có eo hẹp ngang, vừa chảy ngập thì ta đưa cả 2 hệ số  $\delta_n, \varepsilon_n$  vào trong công thức tìm lưu lượng của dòng chảy.

$$Q = \varepsilon_n. \delta_n. m.b. \sqrt{2g.H^3} \quad (4-26) \quad \text{hay } Q = \varepsilon_n. \delta_n. m.b. \sqrt{2g.H_0^3} \quad (4-27)$$

Ở đây ta thấy ( 4- 26 ) ( 4- 27 ) có dạng tổng quát vì từ đây có thể suy ra dễ dàng được các công thức ( 4 - 22 ) ÷ ( 4- 25 ).

#### 4.2.2. Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng

Đập tràn đỉnh rộng và khái niệm về dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng được ứng dụng nhiều trong thực tế như loại cống; dòng chảy dưới gầm cầu... Vì vậy trong phần này ta xét trường hợp đập thẳng góc với dòng chảy, cửa tràn hình chữ nhật, mặt đỉnh đập nằm ngang và phẳng. Trước hết ta xét các dạng nước tràn của dòng chảy trên mặt đập: Chảy không ngập và chảy ngập.

Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng đặc trưng bởi chiều dày đỉnh đập ( S ) so với cột nước đỉnh đập ( H ) ( tỷ số S/H ) và các điều kiện chảy có ảnh hưởng đến bản chất khả năng tháo nước của đập. Tùy điều kiện phân vào đập và tỷ số ( S/ H ) mà hình dạng làm nước tràn biến đổi như sau: Đường mặt nước biến đổi dần; đường mặt nước hạ xuống hai lần; đường mặt nước hình sóng; đường mặt nước có chiều sâu phức hồi ở hạ lưu đập. Trong thực tế thì ta xem 3 dạng đầu chảy là chảy không ngập (  $h < h_{pg}$  ); còn trường hợp sau cũng được xem là chảy ngập.

#### 4.2.2.1. Dòng chảy không ngập qua đập tràn đỉnh rộng

Ta chú ý một điều quan trọng sau: Nếu dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng không ngập thì chiều dày lớp nước đỉnh đập nhỏ hơn độ sâu phân giới tương ứng.

(  $h < h_{pyg}$  ) dù làn nước tràn có hình dạng nào. Công thức tính toán :  
 $Q = m.b.\sqrt{2g.H_0^{3/2}}$ . Mặt khác ta biết phương trình Becnuli tại các mặt cắt trước đập ( I - I ) và ở trên đỉnh đập ( II - II ) khi đó ta có :

$$H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = h + \frac{\alpha v^2}{2g} + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\Leftrightarrow H_0 = h + (\alpha + \sum \xi) \cdot \frac{v^2}{2g} \Leftrightarrow v = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \sum \xi}} \cdot \sqrt{2g(h_0 - h)}.$$

Đặt (  $1/\sqrt{\alpha + \sum \xi} = \varphi$  ); với (  $\varphi$  ) gọi là hệ số lưu tốc thì ta có công thức:

$$v = \varphi \cdot \sqrt{2g(h_0 - h)} \quad (4 - 28)$$

Diện tích mặt cắt ngang của làn nước tràn là hình chữ nhật nên  $\omega = b.h$  và  $Q = v \cdot \omega \rightarrow Q = \varphi.b.h \cdot \sqrt{2g(h_0 - h)}$  (4-29)

Các công thức ( 4 - 28 ) và ( 4-29 ) là công thức ở dạng tổng quát vì ngay chiều dày lớp nước đỉnh đập ( h ) cũng là ẩn số. Tuy nhiên theo một số các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy nếu đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập thì sẽ có:  $h < \frac{2}{3}h_0$  và  $h < h_{pg}$ .

Nếu ta lại đặt :  $k = h/H_0$ . Thì ( 4- 29 ) có thể được viết lại là :

$$Q = \varphi.k \sqrt{1-k}.b.\sqrt{2g}.H_0^{3/2}$$

Đặt  $\varphi.k \sqrt{1-k} = m$ ; với ( m ) là hệ số lưu lượng của đập tràn đỉnh rộng thì ta lại có:  $Q = m.b \cdot \sqrt{2g}.h_0^{3/2}$

Và ta lại trở về công thức quen thuộc ( 4 - 21 ).

\* Trong quá trình chứng minh công thức này chúng ta nên chú ý tới hệ số ( m ) hệ số này phụ thuộc vào tỷ số (  $p_1/H$  ); (  $b/B$  ); độ nhám mặt đập và hình dạng phân vào của đập. Nói chung hệ số ( m ) được xác định bằng các bảng tra

( xem phần phụ lục ) hay các công thức thực nghiệm của  $X_{m\text{tr\acute{o}p}}$  là để dùng tính ( m ) có kể đến eo hẹp ngang trong các trường hợp sau đây:

\* Phần vào không thuận, không lượn tròn:

$$m = 0,30 + 0,08 \cdot \frac{b \cdot H}{\Omega_t} \quad (4-30)$$

\* Phần vào lượn vòng hình nón cụt:  $m = 0,30 + \frac{0,08}{1 + 2 \cot g \alpha - \frac{H}{b}}$  (4-31)

\* Phần vào lượn tròn trên mặt bằng, nối tiếp hình miệng loa :

$$m = 0,35 \div 0,36$$

Ở đây: -  $\Omega_t$  là diện tích mặt cắt ướt ở thượng lưu đập.

-  $\alpha$ : Góc nghiêng của đường sinh hình nón cụt.

#### 4.2.2.2. Dòng chảy ngập qua đập tràn đỉnh rộng ( xem hình vẽ )

Đập tràn đỉnh rộng

được coi là chảy ngập khi

mức nước hạ lưu có ảnh

hưởng đến lưu lượng và cột

nước của đập. Vì vậy để

xác định được trạng thái

chảy của dòng chảy người

ta đưa vào hệ số giới hạn :

$K_2 = \Delta/H_0$ . Hệ số (  $K_2$  ) phụ

thuộc hệ số lưu lượng của đập trong điều kiện chảy không ngập nếu trị số

(  $K_2$  ) lớn hơn giá trị (  $K_2$  ) trong bảng thì coi là chảy ngập.

#### HỆ SỐ GIỚI HẠN CHẢY NGẬP $K_2 = \Delta/H_0$

m	0,32	0,34	0,35	0,36	0,385
$\varphi$	0,956	0,970	0,976	0,983	1,000
$K_2$	0,88	0,84	0,83	0,81	0,67

\* Trường hợp xác định sơ bộ thì nếu đập tràn đỉnh rộng thoả mãn các điều kiện sau thì được coi là chảy ngập:

+ Phần vào thuận,  $K_2 > 0,75$

+ Phần vào không thuận  $K_2 > 0,85$ .

\* Khi tính toán thuỷ lực đập tràn đỉnh rộng chảy ngập thì ta cần đưa thêm vào các công thức thêm giá trị (  $\delta_n$  ).

$$Q = \delta_n \cdot m \cdot b \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

Ở đây hệ số ( $\delta_n$ ) phụ thuộc vào tỷ số ( $\Delta/H_0$ ); và mức độ mở rộng dòng chảy sau đập  $\varepsilon = b \cdot \Delta/\Omega_b$  ( trong đó ( $b$ ) là chiều rộng tràn nước và ( $\Omega_b$ ) là diện tích mặt cắt ướt của dòng chảy sau đập ) ( $\delta_n$ ) được tra bảng trong phần phụ lục .

#### 4.2.2.3. Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng có eo hẹp ngang

Qua 2 phần trước chúng ta mới xét dòng chảy ngập và không ngập của đập tràn đỉnh rộng mà không có eo hẹp ngang ( $b/B = 1$ ) Trong phần này ta xét trường hợp dòng chảy có eo hẹp ngang.

+ Nếu dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng không ngập có eo hẹp ngang thì ta có công thức :  $Q = \delta_n \cdot m \cdot b \sqrt{2gH_0^{3/2}}$

+ Nếu dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng ở dạng chảy ngập lại có eo hẹp ngang thì ta có công thức :  $Q = \delta_n \cdot \delta_n \sqrt{2gH_0^{3/2}}$

Ở đây  $\delta_n < 1$  với ( $\delta_n$ ) là hệ số eo hẹp ngang.

\* Hệ số eo hẹp ngang  $\delta_n$  có giá trị phụ thuộc vào mức độ eo hẹp dòng chảy, hình dạng của mố, trụ, và hiện tượng dòng chảy quanh các mố, trụ đó. Vì vậy công thức tổng quát để tính hệ số eo hẹp ngang ( $\delta_n$ ) có dạng:

$$\delta_n = 1 - 0,2 \cdot \frac{\xi_m + (n-1) \cdot \xi_t}{n} \cdot \frac{H_0}{b'} \quad (4-32)$$

Trong đó: +  $\delta_n$  là hệ số hình dạng mố bên; được lấy theo hình vẽ.

$$\xi_m = 1,0 \quad \xi_m = 0,7 \quad \xi_m = 0,7$$

+  $\xi_t$  là hệ số hình dạng mố giữa, được lấy theo hình vẽ.

$$a = 0,2 \quad a = 0,11 \quad a = 0,11$$

$$\xi_t = 0,8 \quad \xi_t = 0,45 \quad \xi_t = 0,45$$

+  $n$  là số khoang tràn.

+  $b'$  là chiều rộng mỗi khoang tràn ;  $b = \sum_1^n b' = n \cdot b'$

*Chú ý:* + Khi  $n = 1$  tức là đập có một khoang tràn thì lúc này ( 4-32 ) trở thành :  $\varepsilon_n = 1 - 0,2 \cdot \xi_m \cdot \frac{H_0}{b}$  ( 4-33 )

+ Ở công thức ( 4-32 ) 4- 33 ) nếu có ( $H_0/b'$ ) hay ( $H_0/b$ ) mà quá 1 thì lấy bằng 1 để tính.

$$+ \text{ Công thức Zamarin : } \varepsilon_n = 1 - a \cdot \frac{H_0}{b + H_0} \quad (4-34).$$

Với ( $a$ ) hệ số của trụ, cho trên hình vẽ ở phần tìm ( $\xi$ )



#### CÂU HỎI BÀI TẬP CHƯƠNG 4

1. Phân biệt năng lượng đơn vị của dòng chảy với năng lượng đơn vị mặt cắt .
2. Chiều sâu phân giới là gì? Nêu các phương pháp tính chiều sâu phân giới của kênh có mặt cắt hình thang và mặt cắt hình chữ nhật.
3. Xác định chiều sâu phân giới trong kênh có.
  - a) Mặt cắt chữ nhật với  $b = 8,6 \text{ m}$ ;  $Q = 7,5 \text{ m}^3/\text{s}$
  - b) Mặt cắt hình thang cân có  $b = 7,3 \text{ m}$ ;  $m = 1,25$  ;  $Q = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .
4. Nước nhảy xảy ra trong điều kiện nào của dòng chảy? Hãy mô tả cấu tạo của nước nhảy hoàn chỉnh.
5. Khi tính toán các độ sâu liên hiệp hoặc là chiều dài của nước nhảy trong kênh lăng trụ hình chữ nhật và hình thang thì dùng công thức nào? bảng tra nào? Nêu trình tự và phương pháp tính.
6. Nước nhảy trong kênh hình thang khi  $Q = 22 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $m = 1$ ;  $b = 5\text{m}$ ;  $h' = 1,5\text{m}$ . Hãy tìm  $h''$ ;  $L_n$ .
7. Tính  $h''$  và  $L_n$  của nước nhảy trong kênh chữ nhật nếu biết  $Q = 36 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $b = 10 \text{ m}$ ;  $h' = 0,7\text{m}$ .



## CHƯƠNG TRÌNH MÔN HỌC

ĐÃ DUYỆT

Ngày....tháng....năm 1999

MÔN HỌC : Thủy văn công trình  
SỐ TIẾT : 32  
BỘ MÔN : Cơ sở chuyên ngành  
CHUYÊN NGÀNH Cầu đường bộ

### I- VÍ TRÍ, TÍNH CHẤT, MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU CỦA MÔN HỌC :

**1/- Vị trí tính chất của môn học** : Môn Thủy văn có một vị trí quan trọng trong chuyên ngành cầu đường. Nội dung của môn học là nghiên cứu các quy luật cơ bản của các quá trình động học của nước trên mặt đất bao gồm nước mặt, nước ngầm và mối quan hệ giữa chúng. Trong môn học cũng nêu lên được các phương pháp tính toán các đặc trưng thủy văn, tính toán cân bằng nước trong lưu vực và có thể nói đây là chuyên ngành thủy văn ứng dụng.

**2/- Mục đích**: Trang bị cho học viên nắm được các quy luật cơ bản về chuyển động của nước thiên nhiên, của sông ngòi và dòng chảy sông ngòi... Từ đó giúp học viên có cơ sở để có thể tính toán được các công trình thoát nước vừa và nhỏ cho các công trình giao thông. ( Cầu, cống, đường giao thông...)

**3/- Yêu cầu**: Học viên cần nắm vững các yêu cầu sau:

+ Hiểu và nắm được quá trình hình thành dòng chảy sông ngòi, nguồn duy trì sông, sự hoạt động của sông, quá trình mưa lũ ...

+ Thu thập được các số liệu thống kê thủy văn để giải quyết được 2 vấn đề:

- Tính toán lưu lượng dòng chảy theo điều tra hình thái thủy văn sông ngòi.

- Tính toán lưu lượng dòng chảy theo tần suất thiết kế công trình.

+ Tính toán và thi công được các công trình thoát nước nhỏ trên đường.

### II/- NỘI DUNG TỔNG QUÁT VÀ PHÂN PHỐI THỜI GIAN:

Chương	Nội dung môn học	Phân bố thời gian ( tiết)			
		LT	BT	KT	T.số
<b>Bài mở đầu</b>	Giới thiệu khái quát môn học	0,5			0,5
<b>Chương 1</b>	Sông và các yếu tố thủy văn của sông	3			3
<b>Chương 2</b>	Đặc trưng thủy văn sông ngòi	4	1	1	6
<b>Chương 3</b>	Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất thiết kế công trình	16	1,5	1	18,5
<b>Chương 4</b>	Công trình thoát nước nhỏ trên đường	4			4
	<b>Tổng số</b>	<b>27,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2</b>	<b>32</b>

**III/- NỘI DUNG CHI TIẾT VÀ PHÂN PHỐI THỜI GIAN :**

Mục	Nội dung môn học	Phân bố thời gian (giờ)			
		L.T	B.T	K.tra	T.số
1	2	3	4	5	6
	Bài mở đầu: Giới thiệu khái quát môn học	0,5			0,5
	<b>CHƯƠNG 1: SÔNG VÀ CÁC YẾU TỐ THUY VĂN CỦA SÔNG</b>				
1.1	Sông và hệ sông	0,5			0,5
1.2	Các đặc trưng chính của sông	1,0			1,0
1.3	Sự tuần hoàn của nước - phương trình cân bằng nước	1			1
1.4	Đặc tính của mưa và dòng chảy do mưa rào	0,5			0,5
	<b>CHƯƠNG 2: ĐO ĐẠC THUY VĂN SÔNG NGÒI</b>				
2.1	Đo mực nước sông	1			1
2.2	Đo lưu tốc dòng chảy	1,5			1,5
2.3	Tính lưu lượng dòng chảy	1,5	1		2,5
	Kiểm tra chương ( 1+ 2 )			1	1
	<b>CHƯƠNG 3: XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY ỨNG VỚI TẦN SUẤT THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH</b>				
3.1	Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất thiết kế công trình khi có tài liệu thiết kế thủy văn				
3.1.1	Khái niệm về tần suất và công thức tính tần suất	1,0			1,0
3.1.2	Đường tần suất kinh nghiệm	1,0			1,0
3.1.3	Đường tần suất lý luận	1,0			1,0
3.1.4	Vẽ đường tần suất lý luận Piéc-Son III	3,5			3,5
3.1.5	Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT bằng đường tần suất lý luận Piéc-Son III	3,5	1		4,5
3.2	Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất thiết kế công trình bằng phương pháp điều tra hình thái đoạn sông				
3.2.1	Khái niệm về phương pháp và công thức tính	1,0	0,5		1,0

3.2.2	Công tác đo đạc và điều tra tài liệu	1,0			1,0
3.2.3	Tính toán lưu lượng lũ đã điều tra	2,0			2,0

1	2	3	4	5	6
3.3	Tính lưu lượng trận lũ ứng với tần suất TKCT khi thiếu tài liệu thiết kế- thủy văn	2,0			2,0
Cộng	Kiểm tra chương 3			1	1
<b>CHƯƠNG 4: CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC TRÊN ĐƯỜNG</b>					
4.1	Giới thiệu chung về cống	1			1
4.2	Tính cống	2			2
4.3	Nền đường thấm nước	1			1

#### IV- HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN :

##### **1. Thực hành giảng dạy**

Giảng dạy môn Thủy văn công trình cần gắn liền giữa lý thuyết và chương trình của các môn học có liên quan và ứng dụng. Học viên cần vận dụng tốt những kiến thức đã được củng cố và phát triển để vận dụng tốt cho các môn học khác trong chương trình đào tạo .

Để học viên nắm vững bài học cần có các ví dụ, hệ thống bài tập đa dạng có liên quan và tính ứng dụng đối với các môn học khác.

##### **2. Bài tập :**

Sau mỗi chương, mục đều có các bài tập áp dụng lý thuyết đã học để học viên luyện tập, củng cố. Hệ thống bài tập cần biên soạn gắn liền với các môn học khác và chuyên ngành cầu đường có ứng dụng sau này.

#### V- CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Đỗ Cao Đàm, Hà Văn Khôi, Trịnh Quang Hoà- Thủy văn công trình- Trường Đại học Thủy Lợi- Hà Nội 1993.
2. Nguyễn Sinh Huy, Phạm Phó, Nguyễn Lai- Giáo trình thủy văn công trình - Nhà xuất bản nông thôn- Hà Nội 1974.
3. Quy trình 20- TCN - 220 - 95
4. Quy trình 20 - TCN - 27 - 84
5. Vũ Quang Chiu - Giáo trình thiết kế và thi công cống- Trường Trung học Giao thông vận tải - Hà Nội 1998 .

*Ngày tháng năm 1999*

## **Chương 5**

### **SÔNG VÀ CÁC YẾU TỐ THUỶ VĂN CỦA SÔNG**

Trong chương này chúng ta sẽ đi nghiên cứu về các vấn đề cơ bản sau đây: Các khái niệm về sông và hệ thống sông ngòi trong một khu vực; các yếu tố thủy văn cơ bản của sông và của lưu vực sông, sự tuần hoàn của nước trên lưu vực. Và trong phần này ta cũng sẽ đề cập tới một vấn đề khá phức tạp song rất quan trọng, đó là tính toán được một cách sơ bộ lưu lượng nước sau một trận mưa nào đó để từ cơ sở đó người cán bộ kỹ thuật có thể chọn được các giải pháp thiết kế thi công công trình cho phù hợp với yêu cầu đặt ra.

#### **5.1. Sông và hệ sông**

##### **5.1.1 Hệ thống sông ngòi**

Ta thấy rằng trong thiên nhiên, khi nước mưa rơi xuống đất thì một phần nước tổn thất do bốc hơi, phần đọng vào các chỗ trũng và ngấm xuống đất, một phần dưới tác dụng của trọng lực chảy dọc theo sườn dốc tập trung vào các lạch nước, rồi sau đó tạo thành các khe suối và chảy xuống phía dưới tạo thành sông ngòi.

Các sông trực tiếp đổ ra biển hoặc đổ vào các hồ trong nội địa được gọi là sông chính. Các sông đổ vào sông chính gọi là sông nhánh cấp I. Các sông đổ vào sông nhánh cấp I gọi là sông nhánh cấp II...

Sông chính cùng với các sông nhánh của nó hợp thành hệ thống sông ngòi. Tên của hệ thống sông thường lấy theo tên của sông chính. Ví dụ: Hệ thống Sông Hồng bao gồm Sông Hồng và các sông nhánh là Sông Thao, Sông Lô, Sông Đà....

Sự phân bố của các sông nhánh dọc theo sông chính quyết định sự hình thành dòng chảy trên hệ thống sông. Có thể phân ra các loại sau đây:

- Sông nhánh phân bố theo hình nan quạt trong đó các cửa sông nhánh lớn ở gần nhau. ( Hệ thống sông Thái Bình ).
- Sông nhánh phân bố theo hình lông chim trong đó các sông nhánh phân bố tương đối đều đặn dọc theo sông chính.
- Sông nhánh phân bố theo hình cành cây. ( Hệ Sông Đà ).
- Sông nhánh phân bố song song ( hệ thống Sông Hồng ).

Nói chung thì ở các hệ thống sông lớn thường có sự phân bố hỗn hợp giữa các loại trên. Ví dụ trong hệ thống Sông Hồng có phân bố dạng song song, trên mỗi sông nhánh chính lại có kiểu phân bố dạng cành cây hoặc lông chim.

##### **5.1.2 Lưu vực sông- các đặc trưng sông ngòi và lưu vực**

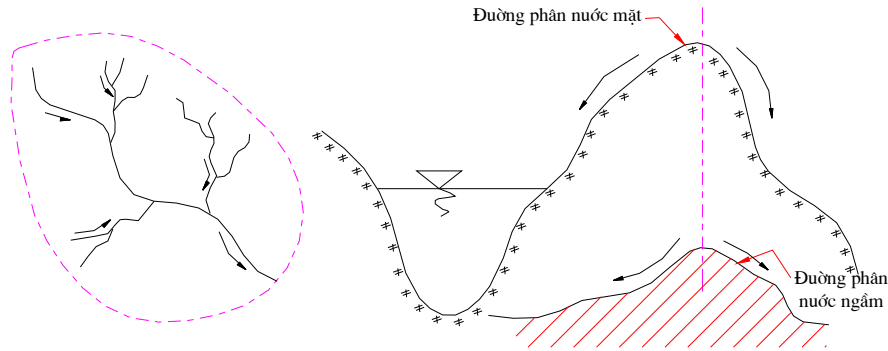
###### **a) Lưu vực sông và mặt cắt không chế**

Lưu vực của một con sông là phần mặt đất mà nước ở trên đó sẽ chảy ra sông ( kể cả nước mặt và nước ngầm ). Vậy lưu vực là nơi tập trung nước của sông. Nước trên lưu vực chảy theo hệ thống sông suối tập trung theo dòng chính

mặt cắt sông tại đó nước trên lưu vực chảy qua nó để chảy về hạ lưu gọi là mặt cắt không chế, hay còn gọi là mặt cắt cửa ra của lưu vực. Tại mặt cắt cửa ra nếu ta đặt các thiết bị quan trắc thì sẽ thu được lượng dòng chảy của lưu vực sông.

*b) Đường phân nước của lưu vực*

Đường phân nước là đường nối các điểm, từ đó nước chảy về hai lưu vực khác nhau ( Hình 5.1)



**Hình 5.1**

Có 2 loại đường phân nước là đường phân nước mặt và đường phân nước ngầm. Đường phân nước mặt là đường nối liền các điểm cao nhất xung quanh lưu vực và ngăn cách nó với các lưu vực khác, nước mưa rơi xuống chảy về hai phía của đường phân lưu và tập trung theo sườn dốc của hai lưu vực. Đường phân nước ngầm phân chia sự tập trung nước ngầm giữa các lưu vực. Nói chung thì đường phân nước mặt và đường phân nước ngầm của một lưu vực là không trùng nhau.

Trong thực tế thì việc xác định được đường phân nước ngầm là rất khó khăn, vì vậy người ta thường lấy đường phân nước mặt làm đường phân nước của lưu vực và gọi là đường phân lưu.

Muốn xác định được đường phân lưu ta phải căn cứ vào bản đồ địa hình có vẽ các đường đồng mức cao độ.

*c) Các đặc trưng hình học của lưu vực*

- Diện tích lưu vực ( F ).

Diện tích không chế bởi đường phân lưu gọi là diện tích lưu vực. Ký hiệu là ( F ) và đơn vị tính thường là ( km<sup>2</sup> ). Để xác định chính xác diện tích lưu vực cần sử dụng các bản đồ có tỷ lệ thích hợp thường trong thực tế hay dùng các bản đồ tỷ lệ 1/10000; 1/25000; 1/50.000.

- Chiều dài sông chính ( L ) và chiều dài lưu vực ( L<sub>o</sub> ).

+ Chiều dài sông chính là chiều dài đường nước chảy theo lòng chính từ nguồn đến cửa sông. Ký hiệu ( L ); đơn vị tính : ( km ).

+ Chiều dài lưu vực là chiều dài đường gấp khúc nối từ cửa sông qua các điểm giữa các đoạn thẳng cắt lưu vực cho đến điểm xa nhất của lưu vực. Các

đường cắt ngang qua lưu vực thường lấy vuông góc với trục của lòng chính tại vị trí vẽ đường cắt ngang đó. Chiều dài lưu vực ký hiệu ( $L_0$ ) đơn vị tính ( km ).

Thông thường người ta coi chiều dài sông chính ( $L$ ) bằng với chiều dài lưu vực ( $L_0$ )  $\sqrt{L} = L_0$ .

- Chiều rộng bình quân của lưu vực ( $B_0$ ).

Chiều rộng bình quân của lưu vực là tỷ số giữa diện tích của lưu vực với chiều dài lưu vực .

$$B_0 = \frac{F}{L_0} \quad (\text{km}) \quad (5.1)$$

- Hệ số hình dạng của lưu vực ( $K_d$ ). Hệ số này biểu thị hình dạng của lưu vực sông, và được tính bằng công thức sau:

$$K_d = \frac{F}{L_0^2} = \frac{L_0 B_0}{L_0^2} = \frac{B_0}{L_0} \quad (5.2)$$

Để thấy  $[K_d] \leq 1$  ( thông thường là như vậy ). Nếu hình dạng của lưu vực càng gần tới hình vuông thì  $[K_d] \rightarrow 1$ ; nếu lưu vực càng hẹp, càng dài thì hệ số  $[K_d]$  càng nhỏ.

- Độ cao bình quân của lưu vực ( $H_{bq}$ ) độ cao này được tính bằng công thức sau:

$$H_{bq} = \frac{\sum_1^n f_i h_i}{\sum_1^n f_i} = \frac{\sum_1^n f_i h_i}{F} \quad (\text{m}) \quad (5.3)$$

Trong đó +  $H_i$  là cao trình bình quân giữa hai đường đồng mức.

+  $J_i$  là diện tích giữa hai đường đồng mức.

+  $n$  là số mảnh diện tích.

- Độ dốc bình quân của lưu vực ( $J$ ) Công tác xác định là :

$$J = \Delta h \frac{\sum_1^n l_i}{\sum_1^n f_i} = \Delta h \cdot \frac{\sum_1^n l_i}{F} \quad (5.4)$$

Trong đó:  $l_i$  là khoảng cách bình quân giữa 2 đường đồng mức gần nhau.

$\Delta h$  là chênh lệch cao độ giữa hai đường đồng mức ( trên bản đồ địa hình thường có giá trị như nhau đối với mọi đường đồng mức ).

- Mật độ lưới sông ( $D$ ) : Mật độ lưới sông bằng tổng chiều dài của tất cả các sông suối trên lưu vực chia cho diện tích của lưu vực.

$$\text{Công thức : } D = \frac{\sum_1^n l_i}{F} \quad (\text{km/km}^2) \quad (5.5)$$

Ta thấy sông suối càng dày thì giá trị ( $D$ ) càng lớn.

Qua phần này chúng ta đã cơ bản nắm được các khái niệm về sông, về lưu vực và các thành phần của nó. Tuy nhiên mục đích chủ yếu của chúng ta cần là phải khảo sát kỹ một đoạn sông nào đó, nhất là ở nơi có công trình mà ta phải thi

công. Vì vậy mà ở mục tiếp theo chúng ta cần phải nắm được một số các yếu tố thủy văn của sông ( các đặc trưng chính của sông ).

## 5.2 Các đặc trưng chính của sông

Trong phần này chúng ta cùng nghiên cứu các đặc trưng chính của một sông, bao gồm có 5 đặc trưng sau đây:

- Chiều dài sông
- Mặt cắt ngang sông và mặt cắt dọc sông
- Độ sâu của nước sông
- Hình dạng đường mặt nước của sông
- Độ nhám của sông.

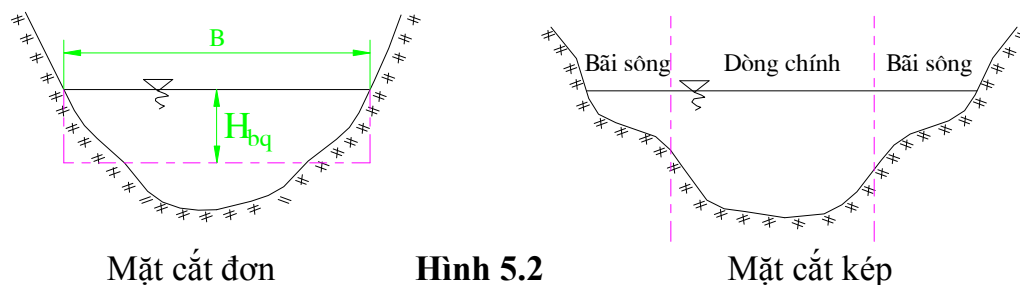
### 5.2.1. Chiều dài sông

Là chiều dài đo được theo đường tim của sông kể từ đầu nguồn đến cửa sông. Nếu là sông chính thì cửa sông là hồ lớn nội địa hay ra biển, nếu là sông nhánh thì cửa sông tính đến đoạn đổ vào sông chính. Đơn vị tính của chiều dài sông thường là ( km ).

### 5.2.2. Mặt cắt ngang sông

Trên một con sông thì từ đầu nguồn cho tới cửa sông ta thấy mặt cắt ngang của nó luôn thay đổi. Ở vùng đồi núi thì mặt cắt ngang sông thường có dạng hẹp và sâu, và ở vùng đồng bằng thì mặt cắt ngang sông có dạng rộng và thường là có bãi sông.

Người ta phân các dạng mặt cắt ngang sông ra 2 loại : Mặt cắt đơn và mặt cắt kép ( Hình 5.2)



Mặt cắt đơn

Hình 5.2

Mặt cắt kép

Trong mặt cắt kép, phần có nước chảy thường xuyên gọi là dòng cơ bản ( hay dòng chính ), còn phần mặt cắt mà mùa lũ mới có nước thì được gọi là bãi sông. Phần mặt cắt mà có nước chảy qua được gọi là mặt cắt ướt và ta cũng có các yếu tố thủy lực cho một mặt cắt ướt là:

- Diện tích của mặt cắt ướt :  $\omega$
- Chu vi ướt :  $\chi$  ( hay C )
- Chiều rộng mặt nước : B
- Chiều sâu bình quân của mặt cắt ướt :  $H_{bq} = \frac{\omega}{\chi}$ .
- Bán kính thủy lực :  $R = \frac{\omega}{\chi}$
- Độ nhám của lòng sông : n.



### 5.2.3. Mặt cắt dọc sông

Đó là mặt cắt dọc theo tim của sông. Mặt cắt dọc sông bao gồm mặt cắt dọc đáy sông và mặt cắt dọc mặt nước.

- Mặt cắt dọc đáy sông thường thay đổi do tình hình bồi xói của sông.
- Mặt cắt dọc mặt nước thường thay đổi theo tình hình bồi xói mà mực nước lên xuống của sông.

### 5.2.4. Độ sâu của nước sông

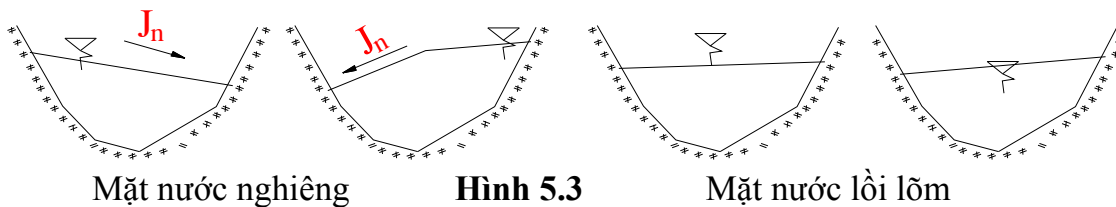
Là độ sâu đo được tính từ đáy sông tới mặt của mặt nước.

Độ sâu của sông luôn thay đổi theo mực nước lên xuống và theo sự bồi xói của lòng sông. Ngoài ra độ sâu của sông còn phụ thuộc vào hình dạng trên mặt bằng của sông: ở các vị trí mà sông uốn khúc thì ở phía bờ lồi sẽ có chiều sâu lớn hơn ở phía bờ lõm.

Đường sâu nhất dọc sông được gọi là đường sâu của sông thường thì đường sâu của sông không trùng với tim sông và có dạng uốn khúc hơn đường tim của sông.

### 5.2.5. Hình dạng đường mặt nước của sông

Trong các bài trước chúng ta mới chỉ xét tới độ dốc dọc của đường mặt nước ( $J$ ); còn ở các mặt cắt ngang thì ta xem đường mặt nước là nằm ngang. Song trên thực tế không phải như vậy: Ở những đoạn sông cong ta thấy mặt nước bị nghiêng về một bên, và độ dốc này được gọi là độ dốc hướng ngang ( $J_n$ ); (độ dốc dọc ký hiệu là  $J$ ).



Nguyên nhân của hiện tượng này là :

- Do lực ly tâm của dòng chảy ở các đoạn sông cong nên đường mặt nước có độ nghiêng, và cao trình mặt nước ở phía bờ lồi luôn cao hơn ở phía bờ lõm.
- Do lưu tốc, phân bố không đều trên mặt cắt ngang.
- Do trái đất tự quay quanh trục của nó, và dòng chảy trong sông là một chuyển động tương đối so với trái đất nên sẽ có lực Cô-ri-lô-rít tác dụng vào dòng chảy.

Trong thực tế thì mực nước hướng ngang rất nhỏ, nên trong khi lập đường mặt nước trong sông ta bỏ qua vấn đề này và xem đường mặt nước trên mỗi mặt cắt là nằm ngang, ở các đoạn sông cong, dưới tác dụng của lực quán tính ly tâm, thì trong dòng chảy ngoài lưu tốc hướng dọc  $u_x$  còn phát sinh lưu tốc hướng ngang  $u_i$  chảy thẳng góc với trục dòng chính, và hiện tượng này gọi là chảy vòng. Giá trị của lưu tốc hướng ngang nói chung rất nhỏ nhưng lại là nguyên nhân sinh ra bồi xói ở các đoạn sông cong.

### 5.2.6. Độ nhám của sông

Việc chọn độ nhám để tính toán dòng chảy trong sông là vấn đề rất quan trọng, phải được chú ý đặc biệt. Độ nhám trong sông thay đổi liên tục dọc theo dòng chảy và thay đổi ngay cả trên một mặt cắt ( thực tế độ nhám ở hai bên bờ và lòng sông cũng khác nhau )...

Độ nhám (  $n$  ) được tra trong các bảng đã tính sẵn.

### 5.3. Sự tuần hoàn của nước - Phương trình cân bằng nước

#### 5.3.1. Sự tuần hoàn của nước

Nước ở trên mặt đất bốc hơi lên không trung dưới tác dụng của bức xạ mặt trời, của gió.. Hơi nước chuyển động lên cao gặp lạnh sẽ ngưng tụ lại, rơi xuống tạo thành mưa. Sau đó nước mưa trong quá trình chảy trên sông suối, ở hồ... lại bốc hơi bốc lên cao, ngưng tụ rơi xuống thành mưa v.v.. Cứ như vậy quá trình xảy ra liên tục và được gọi là sự tuần hoàn của nước ( hoặc sự tuần hoàn thủy văn ).

#### 5.3.2. Phương trình cân bằng nước

Phương trình này là sự thể hiện một định luật rất chung trong vật lý " Định luật bảo toàn vật chất trong thủy văn nguyên lý cân bằng nước đối với một lưu vực được phát biểu như sau " Hiệu số của lượng nước đến và lượng nước đi khỏi một lưu vực bằng sự thay đổi chữ lượng nước chứa trong lưu vực đó trong thời đoạn tính toán bất kỳ ".

Vậy phương trình cân bằng nước là sự biểu diễn toán học của nguyên lý này.

##### a) Phương trình cân bằng nước thông dụng

Ta xét một khu vực bất kỳ trên mặt đất ( một lưu vực ) và chọn một thời đoạn  $\Delta t$  bất kỳ dựa trên nguyên lý cân bằng nước ta thiết lập phương trình cân bằng giữa lượng nước đến, lượng nước đi và lượng nước trữ lại:

- Phần nước đến bao gồm:

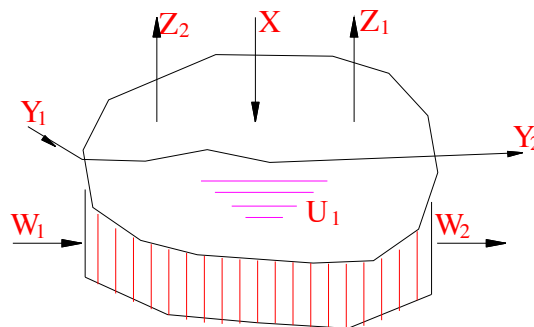
$X$  là lượng mưa bình quân trên lưu vực .

$Z_1$  là lượng nước ngưng tụ trên mặt lưu vực.

$Y_1$  là lượng dòng chảy mặt chảy đến.

$W_1$  là lượng dòng chảy ngầm chảy đến.

$U_1$  là lượng nước trữ trong lưu vực lúc đầu thời đoạn  $\Delta t$ .



**Hình 5.4**

- Phần nước đi bao gồm:

$Z_2$  là lượng nước bốc hơi trên lưu vực .

$Y_2$  là lượng dòng chảy mặt chảy đi.

$W_2$  là lượng dòng chảy ngầm chảy đi.

$U_2$  là lượng nước trữ trong lưu vực ở cuối thời đoạn  $\Delta t$ .

Vậy phương trình cân bằng nước thông dụng trong thời đoạn bất kỳ  $\Delta t$  có dạng sau :

$$(X + Z_1 + Y_1 + W_1) - (Z_2 + Y_2 + W_2) = U_2 - U_1.$$

$$\text{Hay : } X + (Z_1 - Z_2) + (Y_1 - Y_2) + (W_1 - W_2) = \pm \Delta U \quad (5.6)$$

ở đây  $\pm \Delta U = U_2 - U_1$ .

Phương trình ( 5. 6 ) được dùng đánh giá trữ lượng nước của một lưu vực.

b) *Phương trình cân bằng nước của lưu vực kín và hở trong thời đoạn bất kỳ*

Trong lưu vực kín là lưu vực có đường phân chia nước mặt trùng với đường phân chia nước ngầm. Khi đó không có nước mặt và nước ngầm ở lưu vực khác chảy đến (  $Y_1 = 0$ ;  $W_1 = 0$  ). Nước chảy qua mặt cắt cửa ra của lưu vực là  $Y_2$  và  $W_2$ . Vậy phương trình ( 5.6 ) có dạng sau đây:

$$X = (Z_2 - Z_1) + Y_2 + W_2 \pm \Delta U.$$

$$\text{Đặt } Z_2 - Z_1 = Z ; Y = Y_2 + W_2; \text{ ta có : } X = Z + Y \pm \Delta U \quad (5.7)$$

Trong lưu vực hở sẽ có lượng nước ngầm ở lưu vực khác chảy vào và trong lưu vực chảy đi . Khi đó phương trình cân bằng nước sẽ có dạng sau :

$$X = Y + Z \pm \Delta W \pm \Delta U \quad (5.8)$$

ở đây :  $\pm \Delta W = W_2 - W_1$ .

c) *Phương trình cân bằng nước của lưu vực trong thời kỳ nhiều năm*

Phương trình cân bằng nước dạng ( 5.6 ) ÷ ( 5.8 ) được viết cho thời đoạn bất kỳ, tức là  $\Delta t = 1$  năm ; 1 tháng; 1 ngày... Vậy để viết phương trình cân bằng nước cho nhiều năm thì người ta có thể lấy bình quân trong nhiều năm các phương trình trên với thời đoạn năm (  $\Delta t = 1$  năm ). Vậy với ( n ) năm thì phương trình ( 5.7 ) có dạng sau:

$$\frac{\sum_1^n X_i}{n} = \frac{\sum_1^n (Z_i + Y_i \pm \Delta U_i)}{n}$$

hay

$$\frac{\sum X_i}{n} = \frac{\sum Z_i}{n} + \frac{\sum Y_i}{n} \pm \frac{\sum \Delta U_i}{n} \quad (5.9)$$

Mặt khác, giá trị :  $\sum \Delta U_i = 0$  do có sự xen kẽ của các năm nhiều nước và năm ít nước, và nếu ta đặt các giá trị trung bình :

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum X_i ; Y_0 = \frac{1}{n} \sum Y_i ; Z_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum Z_i$$

Thì phương trình ( 1.9 ) được viết như sau:

$$+ \text{ Lưu vực kín : } X_0 = Z_0 + Y_0 \quad (5.10)$$

$$+ \text{ Lưu vực hở : } X_0 = Z_0 + Y_0 \pm \Delta W_0 \quad (5.11)$$

+ Chú ý : Với ( n ) đủ lớn thì  $X_0$ ;  $Y_0$ ;  $Z_0$  gọi là chuẩn mưa năm, chuẩn dòng chảy năm và chuẩn bốc hơi năm .

#### 5. 4. Đặc tính của mưa và dòng chảy do mưa rào

Mưa là nhân tố quan trọng nhất của sự hình thành dòng chảy sông ngòi. Ở nước ta dòng chảy sông ngòi do mưa là chủ yếu. Bởi vậy việc quan trắc, thu thập tài liệu mưa là rất quan trọng. Trong phần này sẽ trình bày các khái niệm cơ bản về mưa và cách tính toán lưu lượng dòng chảy sau trận mưa trong thời điểm nhất định.

#### **5.4.1. Các khái niệm cơ bản**

##### **a) Lượng mưa**

Lượng mưa trong một thời đoạn tính toán nào đó là lớp nước mưa đo được tại một trạm quan trắc trên một đơn vị diện tích trong khoảng thời gian đó. Đơn vị đo lượng mưa là ( mm ) .

Lượng mưa đo được trong thời đoạn một ngày đêm gọi là lượng mưa ngày; trong thời đoạn đo một tháng, một năm được gọi là lượng mưa tháng, lượng mưa năm.

##### **b) Cường độ mưa tức thời**

Cường độ mưa tức thời ( được ký hiệu là  $a_t$  ) là lượng mưa đo được trong một đơn vị thời gian tại một thời điểm bất kỳ ở vị trí quan trắc. Đơn vị đo là : mm/ph; mm/h. Vậy lượng mưa trong khoảng thời gian  $t_1$  đến  $t_2$  được tính theo

$$\text{công thức sau : } H_{t_1-t_2} = \sum_1^n \bar{a}_t \cdot \Delta t \quad (5.12)$$

Trong đó :  $a_t$  là cường độ mưa bình quân trong mỗi thời đoạn  $\Delta t$   
 $n$  là số thời đoạn tính toán  $\Delta t$

#### **5.4.2. Phân loại mưa**

Căn cứ vào nguyên nhân làm không khí thăng lên gây ra mưa thì người ta chia ra các loại mưa sau:

##### **a) Mưa đối lưu**

Là loại mưa tiêu biểu cho vùng nhiệt đới khi mưa có kèm theo sấm chớp. Nguyên nhân là do lớp không khí ẩm sát mặt đất nhận bức xạ nhiệt, di chuyển lên cao nồng độ hạ thấp, áp suất giảm, thể tích tăng, tạo ra luồng khí đối lưu với lớp khí lạnh trên cao đi xuống. Quá trình này diễn ra nhanh chóng, liên tục, đồng thời bị lạnh đột ngột ở trên cao tạo ra các đám mây bông và vỡ ra thành cơn mưa rào. Loại mưa này thường có vào mùa hè, hay gây ra lũ trong lưu vực nhỏ.

##### **b) Mưa địa hình**

Các lớp không khí nóng ẩm khi di chuyển gặp núi cao sẽ bốc lên theo sườn núi, áp suất giảm, thể tích tăng năng lượng mất đi, ngưng tụ thành mưa xuống sườn núi hứng gió loại mưa này thường có ở miền Trung, gây ra lũ quét. Nguyên nhân của loại mưa này là do lạnh đi vì động lực.

##### **c) Mưa gió xoáy**

Đây là loại mưa do gió xoáy gây ra. Loại mưa này có lượng mưa lớn, phạm vi rộng, thời gian mưa dài dễ sinh ra lụt. Trong mưa gió xoáy thì đáng kể nhất là mưa bão sẽ gây ra mưa lớn trong mùa mưa.

#### **5.4.3. Tính lượng mưa trung bình trên diện tích lưu vực ( $H_m$ )**

Trong phần này ta nghiên cứu một số phương pháp đo mưa trong các vùng có diện tích lưu vực không quá 50 km<sup>2</sup> và thường lấy lượng mưa ở trạm đo mưa làm lượng mưa trung bình cho cả lưu vực. Lượng mưa ở trạm đo mưa gọi là lượng mưa điểm.

a) *Phương pháp trung bình số học*

Phương pháp này chỉ nên áp dụng cho vùng đồng bằng là nơi có lượng mưa điểm xấp xỉ như nhau và số trạm đo phân bố đều.

$$\text{Công thức đo : } \overline{H}_m = \frac{\sum_{i=1}^n H_{mi}}{n} \quad (5.13)$$

Trong đó : + H<sub>mi</sub> là lượng mưa đo ở trạm thứ ( i )  
 + n là số trạm đo mưa trên lưu vực .

b) *Phương pháp đa giác mưa ( Phương pháp Thai- Sơn )*

Khi lượng mưa diễn ra trên toàn lưu vực không đều do điều kiện địa hình, khí hậu...thì lúc này lượng mưa đo được tại các điểm đo mưa sẽ được coi là trung bình cho vùng diện tích nhỏ xung quanh điểm đo ấy. Để tính được diện tích của các đa giác ấy ta tiến hành làm như sau (Hình 5..5)

Đa giác mưa :

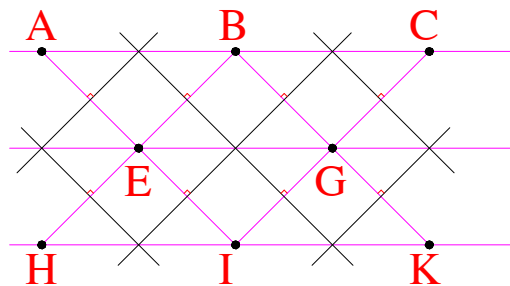
Thể hiện các trạm đo mưa A,B,C... ở trên bản đồ.

Nối các trạm đo mưa lại ta có được các tam giác trạm đo mưa .

Kẻ đường trung trực các cạnh của tam giác ta có được các đa giác bao quanh các trạm đo mưa. Công thức xác định là :

$$\overline{H}_m = \frac{\sum_{i=1}^n H_{mi} . f_i}{\sum f_i} \quad (1 - 14)$$

Trong đó : H<sub>mi</sub> là lượng mưa của trạm thứ ( i )  
 f<sub>i</sub> là diện tích đa giác bao quanh trạm thứ ( i )



Hình 5.5

5.4.4. *Tính lưu lượng lũ thiết kế*

Đối với các lưu vực có diện tích nhỏ ( F < 100 km<sup>2</sup> ) thì ta dùng theo công thức cường độ giới hạn .

$$\text{Công thức : } Q_p = A_p . \varphi . H_p . F . \delta_1 \quad (m^3/s) \quad (5.15)$$

Trong đó H<sub>p</sub>- lượng mưa ngày ( mm ) ứng với tần xuất thiết kế p %.

φ - hệ số dòng chảy lũ phụ thuộc vào loại đất ở khu vực, lượng mưa ngày thiết kế ( H<sub>p</sub> ) và diện tích lưu vực ( F ) tra phụ lục 1-1b

$A_p$ - Mô đun đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế với điều kiện  $\delta = 1$ . Trị số  $A_p$  biểu thị bằng tỷ số so với  $\varphi H_p$  là :  $A_p = \frac{q_p}{\varphi \cdot H_p}$

$A_p$  được tra bảng ( Bảng 1-3 ) phụ thuộc vào đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông  $\Phi_1$ , thời gian tập trung dòng chảy trên dốc  $\tau_s$  và vùng mưa ( xem bản đồ phân mưa ở phụ lục 1-3 ).

$\delta_1$  - hệ số xét tới làm nhỏ lưu lượng đỉnh lũ do ao, hồ, rừng cây... trong lưu vực ( tra bảng 1-6 ).

Sau đây sẽ trình bày các bước cụ thể để xác định  $Q_p$ :

Bước 1: Xác định thời gian tập trung nước trên sườn dốc  $\tau_s$

$\tau_s$  được xác định theo bảng 1-2 trong phụ lục, nó phụ thuộc vào hệ số địa mạo thủy văn của sườn dốc ( $\Phi_s$ ) và vùng mưa ( xem bản đồ phân mưa ).

$$\Phi_s = \frac{b_s^{0,6}}{m_s \cdot J_s^{0,3} \cdot (\varphi \cdot H_p)^{0,4}} \quad (1-16)$$

Trong đó :  $b_s$ - Chiều dài bình quân của sườn dốc lưu vực ( m )

$$b_s = \frac{100F}{1,8(L + \sum l)}$$

Trong công thức tính  $b_s$  có :

$L$  : Chiều dài lòng chính ( Km )

$\sum l$  : Tổng chiều dài các lòng nhánh ( Km ). Trong số này chỉ tính những lòng nhánh có độ dài lớn hơn 0,75 chiều rộng bình quân  $B$  của lưu vực.

$$\text{Với lưu vực có hai sườn : } B = \frac{F}{2L} (Km).$$

$$\text{Với lưu vực có một sườn: } B = \frac{F}{L} (Km).$$

Ở lưu vực một sườn, trong công thức tính  $b_s$  thì hệ số 1,8 thay bằng 0,9.

$m_s$  - Thông số tập trung dòng chảy trên sườn dốc, phụ thuộc vào tình hình bề mặt của sườn lưu vực .Tra bảng trong phụ lục 1-4

$J_s$  - độ dốc của sườn dốc, được tính theo ( ‰ ).

Bước 2 : Tính hệ số  $\Phi_1$  theo công thức sau :

$$\Phi_L = \frac{100L}{m_l \cdot J_l^{1/3} \cdot F^{1/4} \cdot (\varphi \cdot H_p)^{1/4}} \quad (5.17)$$

Trong đó :  $m_l$  - thông số tập trung nước trong sông, phụ thuộc vào tình hình sông suối trong lưu vực. Tra bảng trong phụ lục ( Bảng 1-5 )

$J_l$ - Độ dốc lòng sông chính, được tính theo ( ‰ ).

$L$ - Chiều dài lòng sông chính ( km )

Bước 3 : Tra bảng 1-3 tìm hệ số  $A_p$ . Trong đó các trị số  $\tau_s$ ,  $\Phi_1$  đã được xác định trong Bước 1 và Bước 2, vùng mưa xem bản đồ.

Bước 4: Tính lưu lượng đỉnh lũ ( $Q_p$ ) theo công thức ( 5.15 ).

Trong quá trình tính toán để tìm lưu lượng lũ ta có thể phải chú ý tới một số nội dung sau đây:

Với các lưu lượng nhỏ, lòng sông không rõ ràng thì khi xác định  $A_p$  lấy theo bảng 1-3 trong phụ lục ứng với  $\Phi_1 = 0$  ; còn thời gian  $\tau_s$  vẫn được tính như Bước 1.

Với các lưu vực vùng đồi núi, có diện tích  $> 10 \text{ km}^2$  và có địa hình bị chia cắt nhiều, đất trên lưu vực ít thắm, thảm, phủ thực vật thưa thớt; thì ta có thể lấy  $\tau_s$  khoảng ( 20 - 40 ) phút .

Nếu trên lưu vực có rừng che phủ đáng kể, đất có khả năng thấm nước nhiều, thì  $\tau_s$  khoảng ( 30 - 60 ) phút.

Ngoài ra chúng ta cũng xem xét thêm một số phương pháp tính nhanh lưu lượng lũ để trong trường hợp thiết kế sơ bộ có thể vận dụng một cách linh hoạt mà thực tế có thể cho phép được.

## CÂU HỎI CHƯƠNG 5

1. Trình bày các yếu tố thủy văn trong sông
2. Trình bày sự tuần hoàn của nước và viết phương trình cân bằng nước trên lưu vực.
3. Thế nào là lưu vực sông và đường phân thủy

## **Chương 6**

### **ĐO ĐẠC THỦY VĂN SÔNG NGÒI**

Để thiết kế hoặc thi công một công trình nào đó mà công trình ấy phải vượt qua sông, suối vv... ví dụ như các cầu, đập tràn, cống các loại vv.. thì một trong các nhiệm vụ quan trọng của người cán bộ kỹ thuật là phải thu thập, đo vẽ được các số liệu thủy văn cần thiết. Trong các nội dung đó, cần phải lưu ý tới 3 nội dung sau :

Đo và tính toán mực nước trên sông.

Đo và tính toán lưu tốc dòng chảy.

Tính toán lưu lượng dòng chảy.

Do đó, trong chương này chúng ta đi sâu nghiên cứu các phương pháp đo và tính toán các nội dung trên. Trong các phương pháp này có cả các phương pháp thực hành và phương pháp lý thuyết.

#### **6.1 Đo mực nước sông**

Mực nước là một trong các yếu tố cơ bản, là tài liệu quan trọng làm căn cứ để dùng thiết kế các công trình như cầu cống đập vv... Mặt khác nó có thể còn dùng làm cơ sở để tính toán ra lưu lượng dòng chảy khi mà ta không đo trực tiếp lưu lượng được. Vì vậy mà công tác đo đạc, tính toán mực nước là rất quan trọng và phải thực hiện đúng theo quy phạm.

Trong giao thông cầu đường, chế độ mực nước gồm các nội dung sau:

- Mực nước bình quân ngày.
- Mực nước một trận lũ, nhiều trận lũ, nhiều năm.
- Mực nước trung bình nhiều năm.
- Mực nước cao nhất, thấp nhất trong từng năm và nhiều năm.
- Mực nước lịch sử.



Khi mực nước thay đổi > 10 cm thì mực nước bình quân ngày là:

$$H_{\text{bq ngày}} = \frac{\sum_{j=1}^n H_j}{24} \quad (\text{m}) \quad (6.1)$$

Trong đó:  $H_j$  là mực nước đo được thời điểm (  $j$  ) trong ngày.  
 $n$  là số lần đo trong ngày; ( số lần đo cách đều nhau ).

### 6.1.1. Phương pháp đo

Vì mực nước thay đổi liên tục theo từng ngày, thậm chí từng giờ ( Nếu vào mùa lũ ) nên công tác đo đạc mực nước phải tiến hành thường xuyên, ghi chép đầy đủ theo đúng quy phạm. Sơ bộ công tác đo mực nước có thể tuân theo các nội dung sau:

- Về mùa hạn, mực nước ít thay đổi nên mỗi ngày ta chỉ cần đo mực nước 2 lần hoặc 4 lần. Nếu đo 2 lần thì đo vào lúc 7 giờ và 19 giờ . Nếu đo 4 lần thì đo vào lúc : 1; 7; 13; 19 giờ.

- Về mùa lũ, mực nước thay đổi nhiều nên số lần đo trong một ngày sẽ tăng lên, có thể đo 8 ; 12; 24 lần/ ngày.

Nếu đo 8 lần thì đo vào các giờ : 1; 4; 7; 10; 13; 16; 19; 22.

Nếu đo 12 lần thì đo vào các giờ lẻ : 1; 3; 5; 7; ... ;21; 23.

Nếu đo 24 lần thì đo vào tất cả các giờ trong ngày : 1; 2; ...;24.

Sau khi đã có các số liệu đo, ta sử dụng công thức ( 2-1 ) để tìm được mực nước bình quân trong ngày tại trạm đo ấy. Sau đây ta xem phương pháp xây dựng trạm đo nước trên sông, suối.

### 6.1.2 Xây dựng trạm đo nước

Các yêu cầu đối với một trạm đo nước là :

- Các số liệu của trạm đo phải phản ánh đúng từng thời kỳ của chế độ mực nước.

- Phải bảo đảm độ tin cậy trong cùng hệ thống quan trắc.

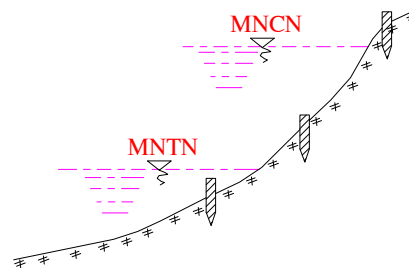
- Trị số không ( 0 ) của biểu đồ phải nhỏ hơn MNTN ( mực nước thấp nhất ) là 0,5m.

Để thoả mãn các yêu cầu trên, nên việc chọn vị trí đặt trạm đo là khá quan trọng; thường người ta chọn vị trí đặt trạm ở các đoạn sông thẳng, nước chảy đều, lòng sông ít bị bồi xói, mặt cắt ngang đều đặn và nơi quan trắc được dễ dàng. Hiện nay có 2 cách đo hay dùng là :

Đo bằng phương tiện thủ công

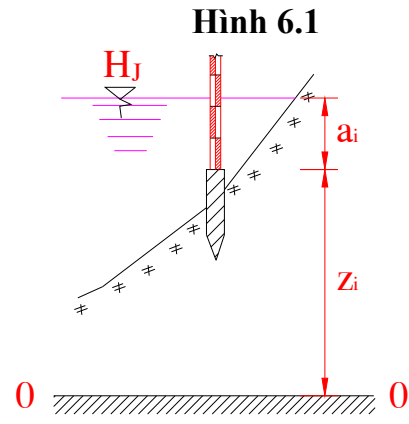
Đo bằng máy tự ghi.

Phương pháp đo thủ công bao gồm có hệ thống cọc và thủy chí. Các cọc ( hay bậc xây hoặc bê tông được bố trí đơn độc hay thành hệ thống theo độ dốc của bờ sông, cái nọ tiếp sau cái kia và có phương vuông góc với dòng chảy mỗi một cọc đều có sẵn cao trình nhất định (  $Z_i$  ) So với mặt



chuẩn ( 0 - 0 ). Các cọc được đóng xuống đất, đầu cọc cao hơn mặt đất ( 5- 20 ) cm. Đầu cọc thấp nhất thấp hơn mực nước thấp nhất ( MNTN ) . Đầu cọc cao nhất cao hơn mực nước cao nhất ( MNCN ).

Thủy chí làm bằng gỗ hay thép, dài ( 2- 4 )m được gắn đặt vào đầu của cọc ( xem hình vẽ ). Tùy theo sự biến động của nước sông mà ta bố trí số lượng thủy chí cho phù hợp. Đầu của thủy chí cao nhất phải cao hơn ( MNCN )



Hình 6.2

là 50 cm; điểm "0" của thủy chí thấp nhất phải thấp hơn ( MNTN ) là 50 cm. ( Điểm " 0" ) của thủy chí là chân của thủy chí.

Mực nước đo được bằng phương pháp này được tính bằng công thức sau :

$$H_j = Z_j + a_i \quad (j \text{ là số giờ đo}) \quad (6.2)$$

Trong đó :  $Z_i$  là cao trình của học thứ ( i ) so với mặt chuẩn .

$a_i$  là độ sâu từ mặt nước tới đầu cọc ( số đo trên thủy chí )

Ví dụ : ở cọc thứ 3 có cao độ so với mặt chuẩn là  $Z_3 = 26,0$  m ở thời điểm 12 giờ đọc được trên thủy chí là 0,08m. Khi đó mực nước tại thời điểm đó là  $H_{12} = 26 + 0,08 = 26,08$ m.

Ngoài phương pháp đo ở trên người ta còn dùng phương pháp ghi bằng máy đo tự ghi . Phương pháp này thường dùng cho các công trình lớn như hồ chứa nước, đập thủy điện v.v...

Khi đã có các số liệu đo, ta cần xử lý trước khi tính toán để loại trừ các sai số xảy ra trong quá trình đo. Tuy nhiên cách làm này chỉ có thể phát hiện được các sai số lớn. Sau đó ta có :

$$H_{bq \text{ ngày}} = \frac{\sum_1^n H_j}{n} \quad (6.3)$$

Trong đó :  $H_j$  là mực nước đo được tại thời điểm ( j ) trong ngày.

$n$  là số lần đo trong ngày; ( số lần đo cách đều nhau )

**6.2. Đo lưu tốc dòng chảy**

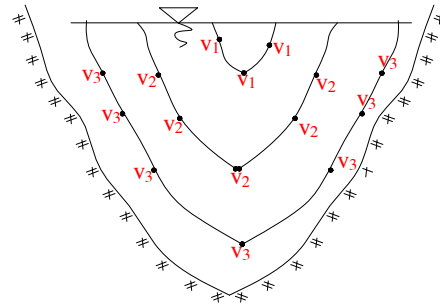
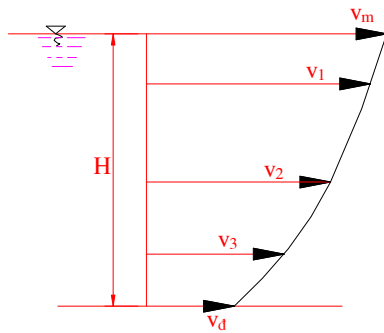
Ta biết rằng dòng chảy trong sông ngòi thực tế là một dòng chảy sôi rất phức tạp, vì vậy ta phải xử dụng khái niệm tốc độ trung bình thời gian và được gọi là tốc độ dòng chảy thay cho khái niệm tốc độ tức thời tại một điểm.

**6.2.1. Phân bố lưu tốc trong sông :**

Ta xét sự phân bố lưu tốc dòng chảy trên sông, suối... qua một mặt cắt ngang nào đó, vuông góc với phương chuyển động của dòng chảy.

Tại mỗi mặt cắt ngang sông thì lưu tốc phân bố không đều theo cả 2 chiều: Chiều rộng và chiều sâu của sông. Theo chiều rộng thì lưu tốc ở gần bờ

nhỏ, càng xa bờ lưu tốc càng lớn. Theo chiều sâu của sông thì lưu tốc ở đáy sông nhỏ hơn lưu tốc ở gần mặt nước.



Mặt cắt ngang đường thủy trực **Hình 6.3** Mặt cắt ngang sông

Để đo lưu tốc tại một mặt cắt ngang của sông người ta tiến hành đo tại nhiều điểm trên mặt cắt đó cả về chiều rộng lẫn chiều sâu và từ đó vẽ ra được các đường phân bố lưu tốc trên mặt cắt ngang đó, trong đó mỗi đường cong ứng với một trị số lưu tốc xác định. Từ đây người ta đặt ra trong quy phạm đo đạc thủy văn, số điểm đo lưu tốc trên từng đường thủy trực được quy định như sau : ( đường thủy trực là một đường thẳng trong mặt cắt ướn dùng để đo lưu tốc dòng chảy từ mặt nước tới đáy dòng chảy ).

Nếu độ sâu thủy trực  $h > 3$  m thì đo 5 điểm ở các vị trí : Tại mặt nước:  $0,2h$ ;  $0,6h$ ;  $0,8h$ ; và đáy sông.

Nếu độ sâu  $h = (2 \div 3)$  m thì đo 3 điểm tại các vị trí :  $0,2h$ ;  $0,6h$ ;  $0,8h$ .

Nếu độ sâu  $h = (1 \div 2)$  m thì đo 2 điểm tại các vị trí :  $0,2h$ ;  $0,8h$ .

Nếu độ sâu  $h < 1$  m thì đo 1 điểm tại vị trí :  $0,6h$ .

Sau khi đã có các số liệu đo lưu tốc trên thủy trực thì căn cứ vào số điểm đo ta tính được lưu tốc bình quân trên từng đường thủy trực theo công thức sau :

$$\text{- Đo 5 điểm : } \bar{v}_t = \frac{1}{10} (v_m + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_d) \quad (6.4)$$

$$\text{- Đo 3 điểm } \bar{v}_t = \frac{1}{4} (v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}) \quad (6.5)$$

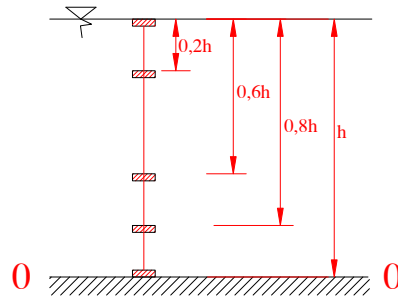
$$\text{- Đo 2 điểm } \bar{v}_t = \frac{1}{2} (v_{0,2} + v_{0,8}) \quad (6.6)$$

$$\text{- Đo 1 điểm } \bar{v} = v_{0,6} \quad (6.7)$$

Trong hệ công thức ( 6.4 ) ÷ ( 6.7 ) các thành phần :  $v_m$ ;  $v_{0,2}$ ;  $v_{0,6}$ ;  $v_{0,8}$ ;  $v_d$  là lưu tốc của dòng chảy tại đường thủy trực ở các độ sâu : Trên mặt nước;  $0,2h$ ;  $0,6h$ ;  $0,8h$ , và ở đáy.

$\bar{v}_t$  : lưu tốc bình quân thủy trực.

Nếu ở vùng sông mà có chịu cả ảnh hưởng của nước triều lên xuống thì ta đo tại 6 điểm và lưu tốc bình quân thủy trực của nó là :



**Hình 6.4**

$$\bar{v}_t = \frac{1}{10} (v_m + 2 v_{0,2} + 2 v_{0,4} + 2 v_{0,6} + 2 v_{0,8} + v_d) \quad (6.8)$$

Theo quy luật chung của dòng chảy thì lưu tốc bình quân thủy trực ( $\bar{v}_t$ ) giảm dần từ giữa dòng ra hai bờ.

### 6.2.2 Đo lưu tốc bằng máy

Máy được chế tạo sẵn trong nhà máy, ở đây ta chỉ nghiên cứu cách sử dụng máy để đo lưu tốc tại từng điểm cần đo trên đường thủy trực.

Khi đo ta cho máy chìm xuống vị trí cần đo, khi đó nước chảy làm cánh quạt quay. Sau một số vòng quay nhất định thì cơ cấu đóng mở mạch điện hoạt động làm chuông reo ( hoặc sáng đèn ). Căn cứ vào thời gian đo được giữa 2 lần chuông reo và số vòng quay của máy ta tính được lưu tốc tức thời tại điểm đo theo công thức sau:

$$v = a \cdot \frac{Z}{S} + b \quad (6.9)$$

Trong đó : Z là số vòng quay của máy trong thời gian S.

S là thời gian đo tại mỗi điểm giữa 2 lần chuông reo.

a; b là các hệ số có trước của từng loại máy.

Thông thường thì ( S ) khoảng 120 giây. Nói chung thì lưu tốc tại các điểm đo giảm dần từ mặt nước tới đáy sông, vì vậy khi đo ta có thể dựa vào quy luật đó để kiểm tra các số liệu đo.

### 6.2.3. Tính lưu tốc bằng lý thuyết

Phương pháp này được sử dụng khi mà ta không có điều kiện đo lưu tốc dòng chảy bằng máy hay bằng phao. Nguyên lý của phương pháp này là dựa vào sự quan hệ giữa lưu tốc bình quân với độ dốc thủy lực ( J ) qua công thức Sêzi :  $v = C \sqrt{R \cdot J}$

Trong đó các thành phần trong công thức này là :

+ R : Là bán kính thủy lực tại mặt cắt ướt đang xét.

+ J : Là độ dốc thủy lực

+ C : Là hệ số Sêzi được tính  $C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$  với n: Độ nhám lòng sông.

Phương pháp này cũng chỉ có tính chất khảo sát sơ bộ vì độ chính xác cũng không cao.

Vậy trong các phương pháp đo lưu tốc, thì chỉ có phương pháp đo bằng máy là thích hợp hơn cả. Mặt khác, ta cũng có thể sử dụng các số liệu của mạng

các trạm thủy văn xung quanh công trình để sử dụng, tham khảo trong quá trình thi công công trình. Trong quá trình đo lưu tốc dòng chảy cần chú ý mấy vấn đề sau:

- Những diện tích bộ phận kẹp giữa hai đường thủy trực thì lưu tốc bình quân của bộ phận bằng trung bình cộng của lưu tốc hai thủy lực đó.

- Lưu tốc bình quân của hai bộ phận ven bờ sẽ bằng lưu tốc bình quân của thủy trực ven bờ nhân với hệ số  $K_b$ . Thường là  $K_b = 0,7 \div 0,8$ .

- Công việc đo lưu tốc ( và đo độ sâu ) rất vất vả, tốn kém nên không thể đo hàng ngày, hàng giờ như đo mực nước được. Số lần đo lưu tốc tùy thuộc quan hệ lưu lượng nước với mực nước của từng trạm đo.

- Dọc theo chiều rộng mặt cắt ước bố trí các đường thủy trực, số đường thủy trực phụ thuộc vào chiều rộng của dòng chảy B và lấy theo bảng 6.1

BẢNG 6.1: SỐ ĐƯỜNG THỦY LỰC

C.rộng mặt nước B (m)	2- 5	5-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80- 100	100- 200	200- 300	300- 500	500- 800	>800
K.cách 2 T.trực(m)	0,5-1	1-2	2	3	4	6	8	10	20	30	40	50

Khi đó tốc độ trung bình mặt cắt là :

$$V = \frac{\int v d\omega}{\omega}$$

### 6.3. Tính lưu lượng dòng chảy

Đây là một trong các yếu tố thủy văn quan trọng của sông, nó có ảnh hưởng lớn tới quá trình thiết kế, thi công của công trình qua sông như : Cầu, đập tràn, cống lớn vv... Vì vậy việc tính toán được lưu lượng dòng chảy là nhiệm vụ quan trọng của người cán bộ kỹ thuật. ( Mặc dù công việc đo đạc này là phức tạp và tốn kém, không thể làm hàng ngày được ). Sau đây ta xét định nghĩa và cách tính lưu lượng.

#### 6.3.1. Định nghĩa :

"Lưu lượng thể tích là thể tích dòng chảy thông qua mặt cắt ước trong một đơn vị thời gian".

Công thức cơ bản  $Q = v.\omega$  (  $m^3/s$  ) (6.10)

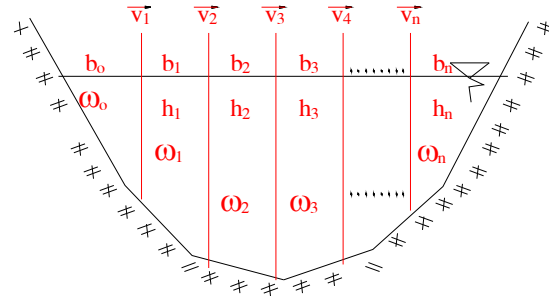
Tuy nhiên trong thực tế, việc áp dụng ( 2 - 13 ) để tính lưu lượng của sông là khó khăn, vì mặt cắt ước rất rộng. Do vậy để tính toán lưu lượng được chính xác người ta phải chia mặt cắt ngang của sông ra nhiều bộ phận nhỏ bằng các đường thủy trực ( số lượng các đường thủy trực phụ thuộc vào bề rộng của sông )

(Hình 6.5).

Ta có hai khái niệm sau:

Lưu lượng nước bộ phận bằng tích của lưu tốc bình quân bộ phận với diện tích bộ phận.

Lưu lượng nước qua toàn mặt cắt bằng tổng lưu lượng bộ phận căn cứ vào các nội dung trên ta đi xây dựng phương pháp tính lưu lượng.



Hình 6.5

### 6.3.2 Tính lưu lượng khi đo lưu tốc bằng máy

Qua công thức (6.10) ta thấy ngay là để đo được lưu lượng dòng chảy tại thời điểm nào đó thì ta phải đo được lưu tốc ( $v$ ) và diện tích mặt cắt ướt ( $\omega$ ), nhưng ( $\omega$ ) lại phụ thuộc vào độ sâu của nước, tức là ta đo mực nước sông tại thời điểm ấy. Vậy để tính lưu lượng dòng chảy ra cần tiến hành qua các bước sau đây:

Bước 1: Chia mặt cắt ngang sông bằng các đường thủy trực, ta được các bộ phận nhỏ của mặt cắt:  $\omega_0, \omega_1, \omega_2 \dots \omega_n$ . Khoảng cách giữa các đường thủy trực là:  $b_1, b_2, \dots, b_{n-1}$ ; khoảng cách giữa 2 đường thủy trực gần 2 bờ sông là:  $b_0, b_n$ .

Bước 2: Tại vị trí của các đường thủy trực ta tiến hành đo độ sâu ( $h$ ) và căn cứ vào đó ta đo lưu tốc của dòng chảy tại các điểm trên đường thủy đó (số điểm đo phụ thuộc vào  $h$ ) và từ các điểm này ta tính được lưu tốc bình quân của các đường thủy trực  $\bar{v}_1; \bar{v}_2; \dots; \bar{v}_n$  theo hệ công thức (6.4) ÷ (6.7). Dĩ nhiên các độ sâu  $h_1, h_2, \dots, h_n$  ta cũng biết qua bước này.

Bước 3: Sau khi đã có lưu tốc bình quân trên các đường thủy trực ta tính lưu tốc bình quân bộ phận cho các bộ phận  $\omega_0, \omega_1, \omega_2 \dots$  theo công thức sau:

- Lưu tốc bình quân bộ phận của mặt cắt gần bờ bằng  $\frac{2}{3}$  lưu tốc bình quân

của đường thủy trực gần bờ:  $v_0 = \frac{2}{3} \bar{v}_1$  ;  $v_n = \frac{2}{3} \bar{v}_n$  (6.11)

- Lưu tốc bình quân bộ phận của hai đường thủy trực gần nhau bằng trung bình cộng lưu tốc bình quân của hai đường thủy trực ấy:

Tức là:  $v_1 = \frac{\bar{v}_1 + \bar{v}_2}{2}$  ;  $v_2 = \frac{\bar{v}_2 + \bar{v}_3}{2}$  ; ... ;  $v_k = \frac{\bar{v}_k + \bar{v}_{k+1}}{2}$  (6.12)

Bước 4: Tính lưu lượng của các bộ phận  $\omega_0, \omega_1, \omega_2 \dots \omega_n$  theo các công thức:

$$q_0 = v_0 \cdot \omega_0; q_1 = v_1 \cdot \omega_1; \dots q_n = v_n \cdot \omega_n \quad (6.13)$$

Và lưu lượng của toàn bộ mặt cắt ướt là  $Q = \sum_{i=0}^n q_i$  (6.14)

Chú ý rằng ở công thức (2 - 16) việc tính các diện tích bộ phận có thể được coi như sau:

- Các bộ phận gần bờ  $\omega_0, \omega_n$  được coi như các tam giác vuông nên giá trị của nó là :  $\omega_0 = \frac{1}{2}b_0 \cdot h_1; \omega_n = \frac{1}{2}b_n \cdot h_n$

- Các bộ phận giữa 2 đường thủy trực gần nhau  $\omega_1, \omega_2 \dots \omega_{n-1}$  được coi như các hình thang vuông như giá trị của nó là:

$$\omega_1 = \frac{(h_1 + h_2) \cdot b_1}{2} ; \omega_2 = \frac{(h_2 + h_3) \cdot b_2}{2}; \dots \quad (6.15)$$

Trên đây là 4 bước cơ bản dùng để xác định được lưu lượng của dòng chảy mà thực chất của vấn đề là đo lưu tốc và mực nước của sông tại một thời điểm nào đó. Tuy nhiên để tiến hành được công việc đo đạc này ta sẽ tốn kém và thực hành phức tạp nên không thể làm hàng ngày, hàng giờ được. Thực tế ta lại cần biết các giá trị lưu lượng này. Để giải quyết được vấn đề này ta phải đi thành lập biểu đồ liên hệ giữa lưu lượng ( Q ) và mực nước ( H ) sao cho để khi ta có các số liệu đo mực nước ( H ) ( mà việc này tiến hành được hàng giờ ) ta cũng có thể suy ra được giá trị ( Q ) tại thời điểm đó ( dĩ nhiên là với độ sai số cho phép được ).

Quan hệ hàm số :  $Q = f ( H )$  được vẽ trên giấy có tỷ lệ thích hợp ( giấy kẻ li ) số liệu dùng để vẽ hàm  $Q = f ( H )$  là các giá trị lưu lượng ( Q ) và mực nước ( H ) tương ứng mà ta có được sau mỗi lần đo. Quan hệ hàm số này được vẽ cho từng năm và chỉ sử dụng tính toán trong phạm vi năm đó thôi.

### 6.3.3. Tính lưu lượng bằng lý thuyết

Phương pháp này sử dụng khi ta không có đủ điều kiện đo lưu tốc bằng máy hay bằng phao . Nguyên lý của phương pháp này là dùng công thức SêZi :

$$Q = \omega \cdot v = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot J}$$

Trong đó: + R bán kính thủy lực tại mặt cắt ướn đang xét.

+ J độ dốc thủy lực

+ C hệ số Sêzi với  $C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$

Chú ý rằng phương pháp này chỉ dùng khi cần các số liệu có tính chất sơ bộ ban đầu vì rất khó tính chính xác được hệ số Sêzi, độ nhám "n" của sông... nên giá trị ( Q ) thu được chỉ là gần đúng.

## CÂU HỎI- BÀI TẬP CHƯƠNG 6

1. Nêu các phương pháp đo mực nước sông
2. Nêu các phương pháp đo lưu tốc của nước trong sông. Trong các phương pháp đó thì phương pháp nào tin cậy nhất.

3. Tính vận tốc nước bình quân tại một đường thủy trực tại một mặt cắt ngang của sông. Biết chiều sâu đo tại các điểm của đường thủy trực đó là :  $h_1=0\text{m}$ ;  $h_2=2\text{m}$ ;  $h_3=6\text{m}$ ;  $h_4=8\text{m}$ ;  $h_5=10\text{m}$  và lưu tốc tương ứng tại các điểm đó là  $v_1 = 1,2\text{ m/s}$ ;  $v_2 = 1\text{m/s}$ ;  $v_3= 0,8\text{m/s}$ ;  $v_4= 0,6\text{ m/s}$ ;  $v_5 = 0,4\text{ m/s}$ .

## **Chương 7** **XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY ỨNG VỚI** **TẦN SUẤT THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH.**

Trong chương này chúng ta sẽ giải quyết một số vấn đề cơ bản sau đây:

Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT ( thiết kế công trình ) khi có tài liệu thiết kế thủy văn.

Tính lưu lượng trận lũ ứng với tần suất TKCT khi thiếu tài liệu thiết kế thủy văn.

Để giải quyết được hai vấn đề cơ bản ở trên, chúng ta sẽ phải làm quen với rất nhiều vấn đề cơ bản trong toán xác suất và thống kê. Tuy nhiên để giải quyết được các nội dung đã nêu ở mức độ sử dụng được trong thực tế thì trong giáo trình này chỉ trình bày một hướng giải quyết chính, còn một vài hướng khác



chỉ mang tính tham khảo . ( Mặc dù các hướng giải quyết này cũng đã được đưa vào một số sách giáo khoa của các trường Đại học chuyên ngành ).

## **7.1 Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT khi có tài liệu điều tra thủy văn**

Trong nội dung này, nội dung cần giải quyết là phải tính được lưu lượng của dòng chảy, hoặc của trận lũ với tần suất thiết kế cho trước. Các tài liệu có được của ta là số liệu đo đạc về lưu lượng dòng chảy, hay lưu lượng các trận lũ của một số năm trước tại trạm thủy văn. Để giải quyết vấn đề này, chúng ta cần khảo cứu một số các nội dung và khái niệm cơ bản sau đây:

- Khái niệm đường tần suất- công thức tính.
- Đường tần suất kinh nghiệm
- Đường tần suất lý luận
- Xác định Q dòng chảy ứng với tần suất TKCT bằng đường tần suất Piéc - Son III.

### **7.1.1. Khái niệm về tần suất và công thức tính**

#### **a) Khái niệm**

Tại một trạm thủy văn trên một con sông, ta có được các số liệu đo lưu lượng dòng chảy trong khoảng thời gian là " n " năm ( giả sử nếu ta có số liệu đo đạc của lưu lượng sông trong thời gian từ năm 1950 đến năm 1970 thì giá trị ( n = 21 năm ). Các giá trị lưu lượng của dòng chảy đo được trong từng năm được gọi là các biến lượng. ( ký hiệu là  $q_i$ ; với i là số năm đo được giá trị ấy).

Sau khi đã có số liệu các biến lượng trong "n" năm ( trong ví dụ của ta n= 21 năm ) thì ta tiến hành sắp xếp lại các biến lượng theo nguyên tắc " Biến lượng có giá trị lớn ở trước còn biến lượng có giá trị nhỏ ở sau" Ví dụ : Trong năm 1952 có biến lượng là  $q_{1952} = 350\text{m}^3/\text{s}$  ; và năm 1960 có biến lượng  $q_{1960} = 400\text{m}^3/\text{s}$ ; thế thì trong thứ tự sắp xếp lại các biến lượng, thứ hạng  $q_{1960}$  sẽ ở trước thứ hạng  $q_{1952}$ . Vì vậy mà qua nguyên lý sắp xếp này ta thấy được rằng:

" Số thứ tự của mỗi biến lượng chẳng những biểu thị vị trí của nó mà còn biểu thị số lần xuất hiện cộng dồn của những biến lượng lớn hơn hoặc bằng biến lượng đó" Dạng tường minh của vấn đề này được giải trình như sau:

- Với trị số lưu lượng lớn nhất có số thứ tự là 1 ( số thứ tự của biến lượng trong năm được ký hiệu là : "m" ) thì nó cho biết trong thời gian "n" năm qua lưu lượng này chỉ xuất hiện có 1 lần ( trong ví dụ của ta : n = 21 năm ).

- Trị số lưu lượng nằm ở vị trí thứ 2 ( m = 2 ) biểu thị trong "n" năm ; ( n = 21 ) cho thấy ít nhất có 2 lần xảy ra lưu lượng bằng nó hoặc lớn hơn nó.

-... Tiếp tục như thế cho tới lưu lượng ở vị trí cuối cùng ( tức là lưu lượng nhỏ nhất ) sẽ biểu thị trong "n" năm có "n" lần xuất hiện lưu lượng có giá trị bằng hay lớn hơn nó ( tức là lúc này số thứ tự "m" bằng số năm đo "n" )qua đây ta thấy hai chú ý quan trọng sau:

+ Số thứ tự của các biến lượng sau khi đã được sắp xếp lại từ lớn tới bé theo giá trị của biến lượng : "m" trong "n" năm khảo sát.

+ Số năm khảo sát các biến lượng của trạm đo : "n" Vậy: Nếu ta đem số thứ tự của mỗi một biến lượng: "m" chia cho tổng số lần đo các biến lượng trong khoảng thời gian nào đó "n" năm và tính phần trăm % ( tức là sau đó đem nhân với 100 ) ta được trị số phần trăm và nó được gọi là tần suất của từng biến lượng.

Ta có được định nghĩa về tần suất như sau :

" Tần suất là mức độ xuất hiện của những biến lượng bằng hoặc lớn hơn một biến lượng nào đó "

b) Công thức tính tần suất ( ký hiệu của tần suất là p% )

Qua phân khái niệm ta thấy được rằng : Nếu gọi "m" là số thứ tự ứng với mỗi biến lượng nào đó, và "n" là tổng số các biến lượng đã được thống kê, thì tần suất của biến lượng thứ "m" sẽ được tính theo công thức sau :

$$p = \frac{m}{n} \cdot 100 (\%) \quad (7.1)$$

Chú ý rằng trong công thức này, số thứ tự của biến lượng thứ "m" là số thứ tự đã được sắp xếp lại theo giá trị của các biến lượng từ lớn đến bé.

Mặt khác ta thấy rằng trong công thức ( 7.1) thì khi:  $m = n$  thì  $p = 100\%$ . Nghĩa là biến cố này là chắc chắn; điều này không thể xảy ra được vì trong tương lai có thể có trị số của biến lượng nhỏ hơn xuất hiện. Vì vậy trong thủy văn thì thường tính toán tần suất kinh nghiệm theo công thức kỳ vọng:

$$p = \frac{m}{n+1} \cdot 100. (\%) \quad (7.2)$$

Công thức này được dùng tính cho dòng chảy lũ, mưa lũ.

Qua phần trên ta thấy được rằng giữa tần suất p(%) của dòng chảy và lưu lượng ( Q ) của dòng là có sự tương quan lẫn nhau, nghĩa là ta có thể biểu diễn mối liên hệ này dưới dạng hàm số (  $Q \sim p$  ) và có thể vẽ được đồ thị của nó. Để biểu diễn mối liên hệ (  $Q \sim p$  ) ta xét 2 dạng đường tần suất sau đây:

Đường tần suất kinh nghiệm.

Đường tần suất lý luận.

### 7.1.2 Đường tần suất kinh nghiệm

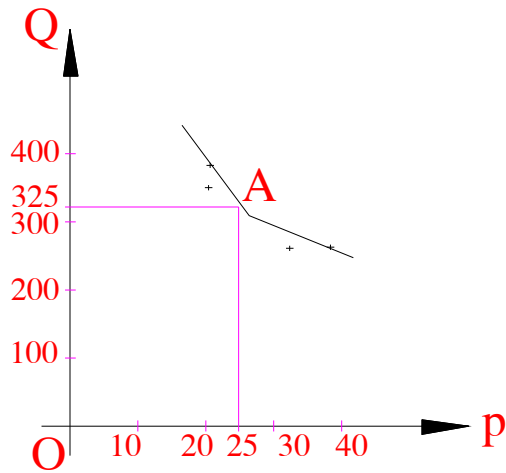
a) Khái niệm "Đường tần suất kinh nghiệm là đường biểu thị sự tương quan giữa độ lớn của các biến lượng với tần suất của các biến lượng ấy".

Qua khái niệm này ta thấy được sự liên hệ giữa các đại lượng (  $Q \sim p$  ) có thể biểu diễn trên một toạ độ mà các giá trị của chúng là các giá trị thực tế đo được ở trạm đo trong khoảng thời gian "n" năm nào đó.

b) Cách vẽ

Để vẽ được đường tần suất kinh nghiệm ta lập một hệ trục tọa độ đề-các trong đó trục tung thể hiện độ lớn của các biến lượng đo được trong các năm; còn trục hoành thể hiện tần suất p(%) tương ứng của các biến lượng ấy. Chú ý rằng số thứ tự "m" của các biến lượng đã được sắp xếp lại từ lớn đến bé và tần suất p(%) được tính bằng công thức ( 7.2).

Căn cứ vào đường tần suất kinh nghiệm đã vẽ được (Hình 7.1) ta có thể dễ dàng tìm được lưu lượng ( Q ) ứng với một tần suất p(%) cho trước nào đó ( được gọi là tần suất T.K.C.T ).



Hình 7.1

Từ đó ta có thể sử dụng giá trị ( Q ) yêu cầu này để phục vụ cho công việc thiết kế- thi công công trình .

Ví dụ 1: Căn cứ vào đồ thị quan hệ ( Q - p ) đã có ở hình bên, hãy xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất TKCT ; p = 25 % .

Giải : Từ đồ thị quan hệ ( Q- p ) đã được xây dựng thì trên trục hoành( trục p %) ta lấy giá trị p = 25%; đường dóng thẳng đứng cắt đồ thị tại điểm A; đường dóng ngang qua A cắt trục tung ( trục Q ) tại điểm có giá trị Q = 325m<sup>3</sup>/s . Vậy Với tần suất T.K.C.T ; p = 25% thì lưu lượng dòng chảy tương ứng là Q = 325 m<sup>3</sup>/s.

### 7.1.3. Đường tần suất lý luận

#### a) Chu kỳ xuất hiện lại

Ta đã biết rằng tần suất p % chính là mức độ có thể xuất hiện của một hiện tượng thủy văn nào đó ( ví dụ biên lượng của dòng chảy qua các năm ). Thì chu kỳ xuất hiện lại là số năm bình quân để hiện tượng thủy văn đó xuất hiện lại một lần nữa.

Để tìm chu kỳ xuất hiện lại của các biến lượng lớn hơn hay bằng một biến lượng đã được xác định trước nào đó. ( Tức là tần suất p % đã được biết trước ) ta dùng công thức sau :

$$T = \frac{100}{p} \quad (\text{năm}) \quad (7.3)$$

Trong đó: T là chu kỳ xuất hiện lại một hiện tượng thủy văn.  
p là tần suất ( % ) của hiện tượng thủy văn đó.

Ví dụ 2: Hãy tính chu kỳ xuất hiện lại của lưu lượng một dòng sông ứng với p = 25 % như trong ví dụ 1.

Giải : Để tìm chu kỳ xuất hiện lại của sông ứng với tần suất p = 25% ta cùng công thức ( 7.3 ) ,  $T = 100/25 = 4$  năm. Vậy bình quân trong nhiều năm thì trên

dòng sông đó cứ khoảng 4 năm một lần thế nào cũng xuất hiện lại lưu lượng nước lũ có  $Q = 325 \text{ m}^3/\text{s}$ . ( ứng với  $p = 25\%$  như ở ví dụ 1 ).

Chú ý : Qua công thức ( 37-3 ) ta có được nhận xét sau : Khi  $p$  tăng thì  $T$  giảm, vậy thì với các giá trị (  $p$  ) càng nhỏ ( tức là  $Q$  càng lớn ) thì (  $T$  ) càng lớn, tức là số năm lặp lại hiện tượng càng lớn.

#### *b) Đường tần suất lý luận*

Trong thực tế thì ở các trạm quan trắc trên các sông, suối... các số liệu đo đạc thủy văn không quá nhiều để phục vụ cho nhiệm vụ của ta đòi hỏi. Do vậy mà đường tần suất kinh nghiệm mà ta xây dựng được chỉ có thể cho biết các yếu tố thủy văn trong giai đoạn thực đo đó thôi.

Tuy nhiên, trong thiết kế tổ chức thi công công trình nhiều khi cần đòi hỏi được các số liệu mà thực tế đo đạc lại thường ít xảy ra, ví dụ như cần các giá trị lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất T.K.C.T ;  $p = 0,1\%$  ;  $p = 0,3\%$  vv... Do đó để giải quyết vấn đề này người ta đã đi thiết lập được các phương trình toán học, dựa trên cơ sở lý thuyết xác suất và thống kê cũng như kết hợp với các tài liệu đã có về các yếu tố thủy văn sông ngòi ( bản thân các tài liệu này cũng được sắp xếp có tính thống kê từ trước ). Giải các phương trình này và trên cơ sở đó người ta vẽ được đồ thị các quan hệ và vẽ được các đường tần suất. Chính các đường tần suất này được gọi là đường tần suất lý luận, biểu thị quan hệ (  $Q - p$  ) thực tế cho thấy danh từ " Đường tần suất lý luận" chỉ là để phân biệt với "Đường tần suất kinh nghiệm" mà thôi còn thực chất của nó là một số mô hình phân phối xác suất được sử dụng nhiều trong thủy văn, nó có một số đặc điểm phù hợp với tính chất vật lý của hiện tượng thủy văn .

( Các phương trình toán học mô tả hàm mật độ xác suất rất phức tạp nên không giới thiệu trong giáo trình này, tuy nhiên có thể tham khảo trong giáo trình thủy văn của trường ĐH Thủy lợi ).

#### **7.1.4. Vẽ đường tần suất lý luận Piéc-Son III**

Trong giáo trình này chỉ trình bày một phương pháp vẽ đường tần suất lý luận gọi là : Phương pháp 3 điểm của Alêchxâyép. ( Thực tế phương pháp này đã được đưa vào trong quy phạm của Liên- Xô từ trước và cho đến nay vẫn được một số sách giáo khoa trong các trường Đại học giới thiệu ).

Nội dung cơ bản của phương pháp là như sau:

##### *a) Các thông số*

Phương trình của đường tần suất lý luận Piéc-Son III được xác định bởi 3 thông số sau:

Biến lượng bình quân  $\bar{Q}$

Hệ số phân tán  $C_v$

Hệ số lệch  $C_s$

Và để vẽ được đồ thị theo phương pháp 3 điểm thì Alêchxâyép đã đưa thêm vào 3 thông số sau:

Hệ số lệch  $S$  .

Hiệu số quân phương  $\sigma$

Hệ số cách tâm  $\Phi$  .

Qua các thông số trên và các giá trị của các yếu tố thủy văn ban đầu ta có quy trình vẽ đường tần suất lý luận ( qua 10 bước ).

b) Các bước tiến hành : 10 bước

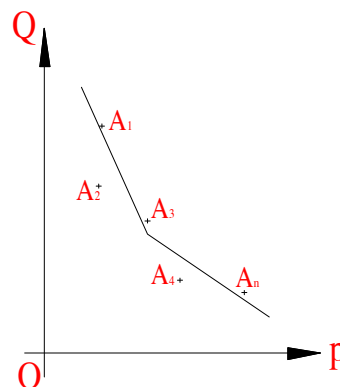
Bước 1: Sắp xếp lại số liệu thống kê theo thứ tự các biến lượng có giá trị từ lớn đến nhỏ. Sau đó tính tần suất kinh nghiệm  $p\%$  theo công thức ( 7.2 ) :

$$p = \frac{m}{n+1} 100 (\%)$$

( Chú ý trong bước này các số liệu tính toán cần sắp xếp vào một bảng theo số thứ tự " m" của nó ).

Bước 2: Lập hệ trục tọa độ Đề- các trên giấy kẻ ly, với trục hoành là trục  $p\%$ , trục tung  $Q^{m^3/s}$  là giá trị của các biến lượng.

Lấy trị số các biến lượng và các tần suất tương ứng ta đánh dấu được các điểm  $A_1, A_2 \dots A_n$  trên toạ độ. Nối các điểm  $A_1 A_2 \dots A_n$  ta được đồ thị của đường tần suất kinh nghiệm ( Chú ý bước này thực chất là vẽ đường tần suất kinh nghiệm ) (Hình 7.2)



Hình 7-2

Bước 3 : Trên đường tần suất kinh nghiệm vừa vẽ ta lấy 3 điểm có các giá trị hoành độ  $p\%$  là  $p = 5\%$ ;  $p = 50\%$ ;  $p = 95\%$ . Và tương ứng với nó ta có 3 giá trị của biến lượng là :  $Q_{5\%}$ ;  $Q_{50\%}$ ;  $Q_{95\%}$ . ( Chú ý bước này đồ thị của đường tần suất kinh nghiệm vẽ càng gần với các điểm đã cho  $A_1 A_2 \dots A_n$  thì các giá trị của các biến lượng :  $Q_{5\%}$ ;  $Q_{50\%}$ ;  $Q_{95\%}$  càng chính xác ).

Bước 4: Tính độ lệch S và tìm hệ số lệch  $C_s$ .

- Độ lệch S được xác định theo công thức :

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}} \quad (7.4)$$

- Qua độ lệch S đã tìm được và thành phần của 3 điểm ( 5% - 50% - 95% ) tra bảng ta có được giá trị  $C_s$  tương ứng.

Bước 5: Tìm hệ số cách tâm  $\Phi_{50\%}$  và hiệu số ( $\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}$ ) bằng cách tra bảng ở trong phụ lục. Các giá trị này phụ thuộc vào hệ số lệch  $C_s$  ( vừa tìm được ở bước 4- bảng ở phụ lục ).

Bước 6: Tính hiệu số quân phương  $\sigma$  theo công thức sau.

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}} \quad (7.5)$$

Bước 7: Ta tính biến lượng bình quân  $\bar{Q}$  theo công thức sau :

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \sigma \cdot \Phi_{50\%}. \quad (7.6)$$

( Chú ý rằng ở đây giá trị  $Q_{50\%}$  có được ở bước 3 )

Bước 8 : Ta tìm hệ số phân tán  $C_v$  theo công thức sau :

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{Q}} \quad (7.7)$$

Bước 9: Từ giá trị  $C_v$  vừa tính được và với giá trị  $C_s$  (bước 4 ) ta có được sự quan hệ (  $C_s - C_v$  ) và cùng với giá trị của các tần suất  $p = 0,1\%$ ;  $p = 0,2\%$  v.v.. tra bảng ta có được giá trị của hệ số mô đun  $K_p$  đã được tính sẵn.

$$\text{Công thức : } K_p = \Phi. C_v + 1 \quad (7.8)$$

$$\text{Ta lập bảng tính có dạng tổng quát như sau: } Q = K_p. \bar{Q} \quad (7.9)$$

TOA ĐỘ ĐƯỜNG TẦN SUẤT LÝ LUẬN PIẾCSƠN III.  $C_s \sim C_v$

p%	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	5	10	25	...
$K_p$										
$Q=K_p. \bar{Q}$										

Chú ý : ở bước này độ chính xác của  $p\%$  phụ thuộc vào bảng tra có một số bảng tra chia giá trị của  $p\%$  tới 0,1 ( xem phụ lục ) nên các hệ số  $K_p$  có được càng chính xác thì  $Q$  càng chính xác .

Bước 10: Căn cứ vào bảng toạ độ (  $Q - p$  ) vừa tìm được ta tiến hành vẽ đường tần suất lên hệ toạ độ đề các (  $Q - p$  ), đường tần suất thu được này là đường tần suất lý luận Piéc- Sơn III.

Chú ý : Qua quá trình thực hiện 10 bước đã nêu thì ta thấy công tác tra bảng là rất quan trọng, nên để đảm bảo độ chính xác ta cần cố gắng hạn chế sai số, nhất là trong quá trình nội suy. Ở phương pháp này cho phép nội suy các giá trị không có trong bảng bằng nguyên lý đường thẳng ( nội suy tuyến tính ).

### **7.1.5. Xác định lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất thiết kế công trình bằng đường tần suất lý luận Piéc- Sơn III theo phương pháp 3 điểm Alêchxâyép**

#### **a) Phương pháp chung**

Để giải quyết các bài toán cụ thể đặt ra trong thực tế là cần phải biết được các lưu lượng của dòng chảy ứng với các tần suất T.K.C.T cho trước, mà thường là các giá trị  $p(\%)$  này là rất nhỏ ( ví dụ  $p = 1\%$ ;  $1,5\%$ ;  $2\%$  hay bé hơn ) nên số liệu quan trắc có được ở các trạm thủy văn thường là không thoả mãn được ( ví dụ để có được một giá trị lưu lượng đo được ứng với  $p = 1\%$  thì trạm thủy văn đó phải có số liệu đo đạc trong thời gian là 99 năm. (Điều này xem ra không thực tế) Do vậy với các giá trị đo đạc đã có ( thường là trong vòng 20 năm) ta tiến hành vẽ đường tần suất lý luận Piéc - Sơn III bằng phương pháp ba điểm Alêchxâyép qua 10 bước đã nêu ở trên. Sau khi đã vẽ được đồ thị của hàm số (  $Q - p$  ) thì lúc này chỉ cần căn cứ vào  $p(\%)$  theo yêu cầu thiết kế ta ép lên đồ thị

sẽ suy ra được lưu lượng thiết kế. Đó chính là phương pháp chung để giải bài toán. Để tường minh phương pháp ta xét một ví dụ cụ thể sau.

Ví dụ:

Một trạm thủy văn trên sông trong vòng 20 năm đã đo được các giá trị lưu lượng cụ thể ( có bảng ghi chép của trạm ). Căn cứ vào đó hãy xác định lưu lượng lũ thiết kế ứng với tần suất T.K.C.T là  $p = 1,5\%$  và chu kỳ xuất hiện lại của trận lũ đó. Biết rằng sau khi căn cứ số đo của trạm ta nội suy được :  $p = 5\% \rightarrow Q_{5\%} = 611 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $p = 50\% \rightarrow Q_{50\%} = 385 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $p = 95\% \rightarrow Q_{95\%} = 222 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Giải : Ta tiến hành vẽ đường tần suất lý luận Piéc - Sơn III qua 10 bước.

Qua giả thiết của bài toán ta thấy 3 bước đầu coi như đã xong vì ta đã có các kết quả :  $Q_{5\%} = 611 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{50\%} = 385 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_{95\%} = 222 \text{ m}^3/\text{s}$ , sau đây ta sẽ tiến hành tiếp tục các bước còn lại :

Bước 4: Tính độ lệch S theo ( 7.4)

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}} = \frac{611 + 222 - 2.385}{611 - 222} = 0,162$$

Từ  $S = 0,162$  tra bảng trong phụ lục ta có :  $C_s = 0,60$ .

Bước 5: Từ  $C_s = 0,60$  tra bảng trong phụ lục ta được các giá trị sau :

$$\Phi_{50\%} = - 0,10$$

$$\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%} = 3,259.$$

Bước 6: Tính hệ số quân phương theo ( 7.5)

$$\sigma = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}} = \frac{611 - 222}{3,259} = 119,4$$

Bước 7: Tính biến lượng bình quân theo công thức ( 7. 6 )

$$\bar{Q} = Q_{50\%} - \sigma \cdot \Phi_{50\%} = 385 + 119,4 \cdot 0,1 = 396,9 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Bước 8: Tìm hệ số phân tán  $C_v$  theo công thức ( 7.7 )

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{Q}} = \frac{119,4}{396,9} = 0,3$$

Bước 9: Ta thấy rằng  $C_s = 0,6$ ;  $C_v = 0,3$ . Vậy mối quan hệ giữa  $C_s$  và  $C_v$  là :  $C_s = 2.C_v$  và với các giá trị của tần suất  $p = 0,1\%$ ;  $1\%$ ;  $2\%$ ;... tra bảng trong phụ lục ta có được các giá trị của  $K_p$ .

Với  $Q_p = k_p \cdot \bar{Q}$  ta có bảng tính đường tần suất lý luận như sau:

TOA ĐỘ ĐƯỜNG TẦN SUẤT LÝ LUẬN

$$C_s = 2 C_v$$

$$C_v = 0,3$$

p%	0,1	1	2	5	10	25	50	75	90	95	99
$K_p$	2,19	1,83	1,64	1,54	1,40	1,18	0,97	0,79	0,64	0,56	0,44

$Q=K_{px} \bar{Q}$	896	726	651	611	556	468	385	341	254	222	175
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Bước 10: Căn cứ vào bảng tọa độ ta vẽ đường tần suất lý luận lên giấy kẻ li, và căn cứ vào tần suất TKCT  $p\% = 1,5\%$  ta tính được lưu lượng trận lũ là

$$Q_{1,5\%} \approx 686,8 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ ( hệ số nội suy } K_p = 1,73 \text{ )}.$$

$$\text{Chu kỳ xuất hiện lại : } T = \frac{100}{p} = \frac{100}{1,5} = 66,66 \text{ (năm)}$$

Chú ý : Khi vẽ đường tần suất lý luận thì ở bước 2 ta không nhất thiết phải chọn trên đường tần suất kinh nghiệm các giá trị biến lượng ứng với tần suất là

$p$  ( 5% - 50% - 95%) mà còn có thể chọn các giá trị biến lượng khác ứng với  $p$  ( 1%- 50% - 99%);  $p$  ( 3%- 50% - 97%);  $p$  ( 10%- 50%- 90% ); và khi đó các công thức (7.4) (7.5) cũng thay đổi theo cho phù hợp.

Ví dụ: Với  $p$  ( 10% - 50% - 90% ) thì khi đó công thức ( 7.4) và( 7.5) có dạng sau:

$$S = \frac{Q_{10\%} + Q_{90\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{10\%} - Q_{90\%}}$$

$$\text{Và} \quad \sigma = \frac{Q_{10\%} - Q_{90\%}}{\Phi_{10\%} - \Phi_{90\%}}$$

Khi chọn các giá trị  $p\%$  cần xét kỹ đường tần suất kinh nghiệm đã vẽ để chọn cho phù hợp theo các giá trị đã giới thiệu ở trên. Phương pháp này có ưu điểm là tính toán nhanh, đơn giản song vì cũng do phụ thuộc vào chủ quan người vẽ nên độ chính xác không cao.

## 7.2. Tính lưu lượng trận lũ ứng với tần suất T.K.C.T khi thiếu tài liệu điều tra thủy văn

Nội dung của phần này là ta cần phải tính được lưu lượng dòng chảy ứng với tần suất T.K.C.T cho trước, tức là cho  $p(\%)$  và ta phải tìm được  $Q_p$ , mà tài liệu về thủy văn lại thiếu ( không có số liệu đo của các trạm quan trắc gần đó; số liệu lưu trữ qua các năm thiếu ..) Do đó để giải quyết vấn đề này ta cần tiến hành cụ thể qua các bước giải sau đây:

Bước 1: Vào năm ( I ) xảy ra trận lũ, ta đo được giá trị là :  $Q_I$ .

Vào năm ( II ) xảy ra trận lũ, ta đo được giá trị là :  $Q_{II}$ .

Các giá trị  $Q_I$  ;  $Q_{II}$  được giả thiết mà không mất tính tổng quát :  $Q_I > Q_{II}$ .

Từ năm ( I ) đến năm ( II ) là khoảng thời gian (  $n$  ) năm. Vậy số thứ tự của hai trận lũ là :

Tại năm ( I ) có  $m_I = 1$  ( Vì chỉ có 2 trận lũ và ta có  $Q_I > Q_{II}$  )

Tại năm ( II ) có  $m_{II} = 2$ .

Bước 2: Ta tính tần suất (  $p\%$  ) của các trận lũ :

$$\text{Tại năm ( I ) có : } p_I = \frac{m_I}{n+1} 100 = \frac{1}{n+1} 100(\%)$$



Tại năm ( II ) có :  $p_{II} = \frac{m_{II}}{n+1} 100 = \frac{2}{n+1} 100$  ( % ).

Bước 3 : Từ các công thức  $K_p = ( 1 + \Phi \cdot C_v )$  và  $Q_p = K_p \cdot \bar{Q}$

Áp dụng vào hai trận lũ của năm ( I ) và năm ( II ) ta có :

$$\text{Năm ( I )} \quad Q_I = K_I \cdot \bar{Q}.$$

$$\text{Năm ( II )} \quad Q_{II} = K_{II} \cdot \bar{Q}.$$

Lập tỷ số giá trị lưu lượng giữa 2 trận lũ ta được :

$$\frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{K_I}{K_{II}} \quad ( 7.17 )$$

Đẳng thức trên gợi ý cho ta vấn đề : Lập tỷ số giá trị Q giữa trận lũ thiết kế (  $Q_p$  ) với các giá trị Q lũ đã biết (  $Q_I$  ) và (  $Q_{II}$  ).

$$+ \frac{Q_p}{Q_I} = \frac{K_p}{K_I} \rightarrow Q_p = \frac{K_p}{K_I} Q_I \quad ( 7.18 )$$

$$+ \frac{Q_p}{Q_{II}} = \frac{K_p}{K_{II}} \rightarrow Q_p = \frac{K_p}{K_{II}} Q_{II} \quad ( 7.19 )$$

( Chú ý rằng để tìm  $Q_p$  ta chỉ cần dùng một trong hai công thức là đủ )

Bước 4: Đây là bước rất quan trọng của phương pháp, đó là ta phải giả định được hệ số phân tán (  $C_v$  ). Nội dung của bước này như sau: Vì đã có được các giá trị  $Q_I$  và  $Q_{II}$  ( bước 1 ) và các giá trị tần suất  $p_I$ (%) và  $p_{II}$ (%) ( bước 2 ) nên ta giả thiết giá trị  $C_v$  và độ quan hệ (  $C_s - C_v$  ) qua bảng tra ( phần phụ lục ).

+ Có  $C_v$  giả định và  $p_I$ (%) tra bảng ta có :  $K_I$ .

+ Có  $C_v$  giả định và  $p_{II}$ (%) tra bảng có :  $K_{II}$ .

Sau khi có được các giá trị  $K_I, K_{II}$  ta kiểm tra theo công thức ( 7.17 ):

(  $Q_I / Q_{II} \approx K_I / K_{II}$  ); nếu các giá trị của  $K_I, K_{II}$  thoả mãn gần đúng ( 7.17 ) thì giá trị  $C_v$  đã chọn là chấp nhận được ( Không thoả mãn phải chọn lại ).

Bước 5 : Từ  $C_v$  đã chọn được và  $p\%$  thiết kế ta tra bảng để có được giá trị  $K_p$  ; sau đó áp dụng ( 7.18 ) hay ( 7.19 ) ta được  $Q_p$  cần tìm . Vậy để tính toán được lưu lượng lũ ứng với tần suất TKCT ta cần phải có được số liệu thủy văn của ít nhất là 2 trận lũ, và sau đó áp dụng 5 bước đã nêu ta sẽ tìm được  $Q_p$ . Để tường minh cho phương pháp ta xét ví dụ sau đây

Ví dụ: Tính lưu lượng của trận lũ ứng với tần suất TKCT là  $p = 1\%$ . Biết lưu lượng hai trận lũ lớn trước đó là :

$$\text{Trận thứ nhất} \quad : Q_I = 364 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\text{Trận thứ hai} \quad : Q_{II} = 350 \text{m}^3/\text{s}.$$

Thời gian giữa hai trận lũ là  $n = 99$  năm.

Giải: Ta thực hiện qua 5 bước như sau :

Bước 1: Ta thấy vì  $Q_I = 364 > Q_{II} = 350$  nên thứ tự sắp xếp của hai trận lũ là :  $m_I = 1$ ;  $m_{II} = 2$ .

Bước 2: Tính tần suất của hai trận lũ :

$$\text{Trận thứ nhất} : p_I = \frac{m_I}{n+1} 100 = \frac{1}{99+1} 100 = 1\%$$

$$\text{Trận thứ hai : } p_{II} = \frac{m_{II}}{n+1} 100 = \frac{2}{99+1} 100 = 2\%$$

$$\text{Bước 3 : Lập tỷ số giữa hai trận lũ : } \frac{Q_I}{Q_{II}} = \frac{364}{350} = 1,04$$

Bước 4 : Chọn  $C_v$  : Ta chọn  $C_v = 1,4$  với quan hệ  $C_s = 2 C_v$ .

Vậy từ  $p_I = 1\%$  và  $p_{II} = 2\%$  ta tra bảng để có được  $K_I$  và  $K_{II}$

$$p_I = 1\% \quad \text{Tra bảng có } K_I = 5,56$$

$$p_{II} = 2\% \quad \text{Tra bảng có } K_{II} = 5,35.$$

$$\text{Sau đó ta lập tỷ số : } \frac{K_I}{K_{II}} = \frac{5,56}{5,35} = 1,039$$

$$\text{Ta so sánh thấy rằng : } \frac{Q_I}{Q_{II}} = 1,04 ; \quad \frac{K_I}{K_{II}} = 1,039$$

Vậy  $\frac{Q_I}{Q_{II}} \approx \frac{K_I}{K_{II}}$  Do đó giá trị  $C_v = 1,4$  với quan hệ  $C_s = 2 C_v$  là được.

Bước 5: Từ  $C_v = 1,4$ ;  $C_s = 2 C_v$  và  $p_{TK} = 1,5\%$  tra bảng và nội suy ta có  $K_p = 5,455$ . Vậy lưu lượng ứng với  $p = 1,5\%$  là :

$$Q_p = \frac{K_p}{K_{II}} Q_{II} = \frac{5,455}{5,35} 350 = 357 \text{m}^3 / \text{s}$$

## CÂU HỎI-BÀI TẬP CHƯƠNG 7

1. Thế nào là tần suất; nêu công thức tính tần suất
2. Thế nào là đường tần suất lý luận
3. Trình bày cách vẽ đường tần suất lý luận Fiéc-Son III theo phương pháp 3 điểm của Alékhxâyép.
4. Tại một mặt cắt ngang của một con sông có một cầu được thiết kế với tần suất lũ là  $p \% = 1,5\%$ ; Hãy xác định lưu lượng thiết kế và chu kỳ xuất hiện lại. Biết rằng số liệu của ba con lũ trong lịch sử như sau:

$$p = 5\% \quad \text{thì } Q_{5\%} = 370 \text{m}^3 / \text{s}$$

$$p = 50\% \quad \text{thì } Q_{50\%} = 270 \text{m}^3 / \text{s}$$

$p = 95\%$  thì  $Q_{95\%} = 171\text{m}^3/\text{s}$

## **CHƯƠNG 4**

### **CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC TRÊN ĐƯỜNG**

Ta biết rằng cống là công trình thoát nước chủ yếu trên các tuyến đường. Số lượng cống chiếm 80% - 95 % toàn bộ các công trình thoát nước, còn giá thành chiếm khoảng 10% - 20 % giá thành toàn bộ tuyến đường. Vì vậy mà các công trình cống là các công trình quan trọng trên tuyến đường.

Trong chương này chỉ giới thiệu cách xác định lưu lượng thoát của cống và khẩu độ cống mà chủ yếu là theo bảng tính sẵn, cách xác định vị trí cống, tính toán xói lở hạ lưu và gia cố. Còn phần xây dựng và sửa chữa cống thì không đề cập tới.

#### **4.1. Giới thiệu chung về cống**

##### *4.1.1. Khái niệm*

Bất kỳ một công trình thoát nước nhỏ nào đặt dưới nền đường mà chiều cao đất đắp ở phía trên ( kể cả chiều dày mặt đường ) lớn hơn hay bằng 0,5m gọi là cống.

Tác dụng chủ yếu của cống là để thoát các dòng chảy thường xuyên hay định kỳ qua dưới nền đất. Cống khác với cầu ở chỗ nước chảy trong cống không những chỉ có chế độ chảy không áp lực, mà còn có cả chế độ chảy bán áp lực và có áp lực, và chiều cao đất đắp trên đỉnh cống ( kể cả chiều dày mặt đường ) tối thiểu là 0,05m đối với đường ô tô và 1,0m đối với đường sắt.

Khẩu độ cống là chiều rộng lớn nhất của tiết diện thoát nước. Trường hợp cống nhiều lỗ thì khẩu độ được tính bằng tổng số khẩu độ mỗi lỗ. Cống đơn

( một lỗ ) có khả năng thoát nước tối đa  $76 \div 80 \text{m}^3/\text{s}$ ; cống đôi ( hai lỗ ) tới  $152-160 \text{m}^3/\text{s}$  cống có những ưu điểm nổi bật sau đây:

+ Cống không làm thay đổi các điều kiện chuyển động của xe ô tô trên đường, không hạn chế mặt đường và lề đường, không yêu cầu thay đổi loại kết cấu mặt đường trên cống.

+ Cống có thể bố trí dễ dàng với bất cứ một tổ hợp nào của biểu đồ và trắc dọc, mà vẫn không gây nên sự phức tạp của kết cấu.

+ Do nằm sâu dưới nền đường nên sự tăng tải trọng của đoàn xe ít ảnh hưởng tới cống. Vì vậy khi nâng cấp đường ít khi phải tăng cường cống.

+ Xây dựng cống dễ và nhanh vì kết cấu đơn giản, móng cống không yêu cầu là móng sâu.

+ Bảo dưỡng cống đơn giản và chi phí bảo dưỡng nhỏ.

#### 4.1.2. Phân loại cống

Có thể phân loại cống theo vật liệu xây dựng, theo hình dạng mặt cắt ngang cống, theo chế độ dòng chảy của nước trong cống, theo số lỗ cống...

+ Theo vật liệu xây dựng có thể phân ra các loại cống như cống gạch, cống đá, cống bê tông cốt thép, cống gỗ, cống kim loại ....trong đó cống bê tông cốt thép được dùng rộng rãi hơn cả vì ưu điểm cơ bản là bền, dễ cơ giới hoá trong xây dựng, thi công nhanh.

+ Theo hình dạng mặt cắt ngang có các loại : Cống hình thang, hình chữ nhật, hình tam giác, hình tròn...

+ Theo chế độ nước chảy trong cống có các loại: Cống chảy không áp lực, chảy bán áp lực và chảy có áp lực. Trong các điều kiện bình thường thì nên áp dụng chế độ chảy không áp hay bán áp lực.

+ Theo số lỗ cống có các loại: Cống đơn, cống đôi, cống ba...

#### 4.1.3. Các bộ phận cơ bản của cống:

Các bộ phận cơ bản của cống gồm: Đầu cống; thân cống, móng cống.

+ Đầu cống có tác dụng điều tiết dòng nước chảy vào và ra khỏi cống; giữ ổn định cho mái dốc nền đắp hai đầu cống; giữ ổn định cho cống không bị dịch chuyển theo chiều dọc cống.

Dạng đầu cống, đặc biệt là đầu cống thượng lưu, có nhiều loại khác nhau; phổ biến có các kiểu: Kiểu hành lang, kiểu tường cánh chéo, kiểu có 1/4 nón; kiểu tường đầu; kiểu cổ áo; kiểu bình loa ( xem hình 4-1 ).

## Hình 4.1

+ Thân cống là bộ phận chủ yếu của cống cho nước thoát qua dưới nền đường và chịu toàn bộ tải trọng của đất xung quanh và của đoàn xe tác dụng lên nó. Để tránh cho cống khỏi bị phá hoại do nứt, vỡ hay đứt bởi sự uốn dúc, hay bởi lực cắt thì người ta cắt rời thân cống ra từng đoạn dài 3-5 m bằng các khe phòng lún. Các khe phòng lún này cắt đứt cả phần móng dưới cống. Để chống thấm người ta dùng dây đay tằm bi tum, matik bitum... để nhét đầy và kín vào các khe phòng lún này.

+ Móng cống có tác dụng truyền và phân chia áp lực của tải trọng tác dụng xuống đất và giữ ổn định cho cống theo phương thẳng đứng. Móng dưới thân cống thường làm bằng các khối đá xây, bê tông hay bê tông cốt thép kiểu lắp ghép.

### 4.2. Tính toán cống

Để có cơ sở vững chắc cho tính toán, trước hết ta phải tiến hành điều tra, đo đạc và thu thập các tài liệu cần thiết sau đây:

+ Bản tính lưu động : Đây là tài liệu cơ bản để tính toán xác định khẩu độ cống. Tần số lặp của lưu lượng tính toán thiết kế cống là 1% đối với đường ô tô cấp I và đường sắt cấp I, II; là 2% đối với đường ô tô cấp II, III và đường sắt cấp III; là 3% đối với đường ô tô cấp IV, V.

+ Bình đồ khu vực đặt cống

+ Cấp hạng kỹ thuật của con đường.

+ Tình trạng hoạt động và mức độ ổn định của sông, suối, khả năng và hướng di chuyển của dòng chảy.

+ Địa chất nơi xây dựng cống .

+ Vật liệu xây dựng : Vị trí mỏ vật liệu, trữ lượng, cự ly, giá thành...

+ Phương pháp thi công: Thủ công, cơ giới hoặc kết hợp.

#### 4.2.2. Tính toán xác định khẩu độ cống:

##### 4.2.2.1. Các chế độ chảy của nước trong cống: 3 chế độ.

+ Cống làm việc ở chế độ chảy tự do ( không áp lực ) khi chiều cao nước dâng trước cống  $H$  thấp hơn chiều cao cống  $h_t$  hoặc không cao hơn 20% ( tức là  $H \leq 1,2 h_t$  ) trên toàn bộ chiều dài cống dòng chảy có bề mặt tự do ( hình 4-2a ).

+ Chế độ bán áp( hay nửa áp ) xuất hiện chiều cao nước dâng trước

cống H lớn hơn chiều cao cống  $h_t$  là 20% đối với đầu cống kiểu thông thường hay 40% đối với đầu cống hình loa, nghĩa là ta có  $H > (1,2 \div 1,4) h_t$ . Phần vào cống làm việc với mặt cắt đầy, còn trên toàn bộ chiều dài còn lại dòng chảy có bề mặt tự do ( hình 4- 2b ).

Hình 4-2

+ Chế độ có áp được xác lập khi nước dâng trước cống cao hơn chiều cao cống 20% đối với đầu cống thông thường hay 40% đối với đầu cống hình loa. Trên phần lớn chiều dài cống làm việc với mặt cắt đầy và chỉ ở phần ra dòng chảy có thể có bề mặt tự do ( hình 4- 2c ).

#### 4.2.2.2. Tính toán khẩu độ cống

\* Cống chảy tự do ( tương tự đập tràn đỉnh rộng )

Khả năng thoát nước của cống được tính theo công thức sau:

$$Q = \omega_c \cdot v_c = \varphi \cdot \omega_c \cdot \sqrt{2g(H - h_c)} \quad (4-1)$$

Trong đó :  $\omega_c$  là diện tích mặt cắt ướt thu hẹp của dòng chảy trong cống được tính với chiều sâu thu hẹp  $h_c$ .

$\varphi$  là hệ số lưu tốc .  $\varphi = 0,85$  đối với tất cả các loại đầu cống thông thường, trừ loại hình loa.

H là chiều sâu nước dâng trước cống được tính toàn công thức :

$$H = h_c + \frac{v_c^2}{2g \cdot \varphi^2} \text{ với } v_c \text{ là lưu tốc ở mặt cắt có chiều sâu } h_c.$$

Công thức ( 4-1 ) có thể viết dưới dạng đơn giản hơn như sau:

$$\text{Vì } H = 2 h_c \text{ nên } Q = 0,85 \cdot \omega_c \cdot \sqrt{gh} \quad (4-2)$$

\* Cống chảy bán áp ( chảy nửa áp ): Tương tự như chảy dưới tấm chắn.

$$Q = \varphi \cdot \varepsilon \cdot \omega \cdot \sqrt{2g(H - \varepsilon \cdot h_t)} \quad (3-4)$$

Trong đó : +  $\varphi$  : Hệ số lưu tốc.  $\varphi = 0,95$  với đầu cống hình loa.

+  $\varepsilon$ : Hệ số thu hẹp.  $\varepsilon = 0,6$  đối với cống chữ nhật và  $\varepsilon = 0,65$  đối với cống tròn.

+ H: Chiều sâu nước dâng trước cống

+  $\omega$ : Diện tích mặt cắt cống

+  $h_t$ : Chiều cao lòng cống.

\* Cống chảy có áp ( tương tự chảy qua vòi )

$$A = \omega \cdot \sqrt{2g(H - \varepsilon \cdot h_t)} \quad (4-4)$$

Các ký hiệu cũng giống như phần trên.

\* Chú ý :+ Đối với các chế độ chảy khác nhau của dòng chảy qua cống thường người ta đã lập các bảng tính sẵn về khả năng thoát nước cho cống định hình. Các bảng này cho trong phần phụ lục.

+ Chiều cao nền đắp trên cống tối thiểu là 0,5m đối với đường ô tô là 1m đối với đường sắt.

+ Nền đắp phải cao hơn mực nước dâng trước cống tối thiểu là 0,5m đối với chế độ chảy tự do, và 1 m với chế độ chảy bán áp và có áp.

+ Lưu tốc chảy trong cống không nên quá 6m/s. Vì lưu tốc của dòng chảy sau khi ra khỏi cống lớn gấp  $1,4 \div 1,5$  lần lưu tốc trong cống.

\* Ví dụ : Hãy chọn phương án khẩu độ cống tròn, đầu cống kiểu tường cánh chéo để thoát qua lưu lượng nước  $Q = 9\text{m}^3/\text{s}$  , chế độ chảy tự do.

Giải : Để giải quyết bài toán này ta dùng bảng tính sẵn ở phụ lục. Các phương án có được cho trong bảng tính sau:

Phương án	Khẩu độ cống (m)	Số lỗ cống	Lưu lượng qua mỗi lỗ ( m <sup>3</sup> /s )	Chế độ chảy	Nước dâng trước cống (m)	Lưu tốc tổng cống v ( m/s )
1	1,5	2	4,5	Bán áp	2,01	3,9
2	1,5	3	3,0	Không áp	1,47	3,1
3	1,25	2	4,5	Bán áp	3,24	5,8
4	1,25	3	3,0	Bán áp	1,89	3,8
5	1,25	4	4,25	Không áp	1,33	3,0
6	1,0	3	3,0	Bán áp	3,16	6,0
7	1,0	4	2,25	Bán áp	2,07	4,5

Qua bảng trên ta thấy phương án tốt nhất là phương án có số lỗ cống ít nhất. Vậy có thể chọn phương án 1,3,6 sau đó so sánh thêm về vấn đề kinh tế để chọn phương án rẻ nhất.

4.2.3. *Xác định chiều dài cống* : ( xem hình 4- 3 )

Hình 4-3

\* Chiều dài cống được tính theo công thức :



$$L_1 = \frac{b + m(H - h_1) + c}{1 + m.i} \quad (4-5)$$

$$L_2 = \frac{b_2 + m(H - h_{21}) + c}{1 - m.i} \quad (4-6)$$

Trong đó: +L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> là chiều dài thân công thượng hạ lưu tính từ tim đường trở ra.  
+ b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> là nửa bề rộng nền đường phía thượng hạ lưu tính từ tim đường.

- + m là hệ số mái dốc của mái dốc nền đắp.
- + H là chiều cao nền đắp tại tim đường tính từ lòng cống tới vai đường.
- + i là độ dốc của lòng cống
- + h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> là chiều cao công thượng và hạ lưu.
- + c là chiều dày tường đầu của đầu cống.

Khi chiều cao nền đắp lớn ( H > 6m ) phải làm mái dốc có hai độ dốc m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub> thì ta cũng tính như công thức ( 4- 5 ) ( 4-6 ) nhưng thay b<sub>1</sub> = b'<sub>1</sub> ; b<sub>2</sub> = b'<sub>2</sub> và m = m<sub>2</sub>. Trong đó : b'<sub>1</sub> = b<sub>1</sub> + m<sub>1</sub> . H<sub>1</sub> ; b'<sub>2</sub> = b<sub>2</sub> + m<sub>1</sub> . H<sub>1</sub>. với H<sub>1</sub> là chiều cao nền đắp tối đa mà khi lớn hơn thì phải thay độ dốc mái dốc ; m<sub>1</sub> và m<sub>1</sub> là hệ số mái dốc bên trên và bên dưới.

#### 4.2.4. Tính toán xói lở hạ lưu và gia cố lòng dẫn sau công trình

##### 4.2.4.1. Nguyên nhân xói lở lòng dẫn sau công trình

Sự xói lở lòng dẫn sau công trình do hai nguyên nhân chủ yếu là :

+ Lưu tốc dòng chảy ở chỗ hạ lưu công trình lớn hơn lưu tốc trong cống ( tới 1,4 - 1,5 lần ) và trị số của nó có thể đạt tới 6m/s hay hơn nữa. Trong khi đó lưu tốc cho phép không xói lở đất với đất của lòng dẫn sau công trình rất nhỏ, chỉ từ 0,7 - 1,0m/s.

+ Dòng chảy sau khi ra khỏi công trình thường ở trạng thái chảy xiết có lưu tốc và động năng rất lớn.

##### 4.2.4.2. Tính toán xói lở và gia cố hạ lưu công trình ( hình 4-4 )

#### Hình 4-4

Để ngăn ngừa sự xói lở lòng dẫn hạ lưu cần phải bảo vệ lòng dẫn trên một đoạn dài nào đó . Muốn vậy phải chọn đúng hình thức và kích thước gia cố mà đã được quyết định từ điều kiện không có xói lở cục bộ, hoặc cho phép xói lở nhưng an toàn của đoạn gia cố cũng như của bản thân công trình.

Tính toán chiều sâu xói lở sau đoạn gia cố ( để quyết định chiều sâu của mái nghiêng bảo vệ ) trong trường hợp chảy tự do của dòng chảy sau công trình cho bằng công thức sau :

$$\Delta = 2H \sqrt{\frac{b}{b + 2,5.l_{g,c}}} \quad (4-7)$$

Trong đó : +  $\Delta$  là chiều sâu xói lở đoạn gia cố phẳng  
 + H là chiều sâu nước dâng trước công trình  
 +  $l_{g,c}$  là chiều dài đoạn gia cố phẳng  
 + b là khẩu độ công trình.

\* Chiều rộng đoạn gia cố thường bằng 4 - 6 lần khẩu độ công trình.

\* Hình thức gia cố thường là lát đá khan, lát đá có trát vữa, lát tấm bê tông đúc sẵn hoặc đổ bê tông liền khối.

+ Mái nghiêng bảo vệ cuối đoạn gia cố được đặt sâu hơn hố xói là 0,5m .

Tức là :  $h_m \geq \Delta + 0,5$  (4-8)

Với  $h_m$  là chiều sâu của mái nghiêng bảo vệ

Mái dốc nền đắp hạ lưu công được gia cố tới chiều cao của tường đầu.

Phần thượng lưu công được gia cố với chiều dài bằng 0,4 chiều dài gia cố hạ lưu.

#### CÂU HỎI - BÀI TẬP CHƯƠNG 4

1. So sánh, phân tích các đặc điểm của từng chế độ chảy trong cống.
2. Khi tính khẩu độ cống cần thoả mãn những điều kiện gì?
3. Hãy nêu đặc điểm tính toán cống
4. Hãy xác định khẩu độ cống tròn bê tông cốt thép. Biết :  
 - Nền đường rộng 7m; cao 9m; độ dốc ta luy 1/1,5; độ dốc mặt đất tự nhiên  $i_0 = 0,021$ ; lưu lượng thoát  $Q = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .  
 Sau khi chọn được khẩu độ cống thì tính chiều dài cống.
5. Xác định khẩu độ cống tròn bê tông cốt thép và chiều dài cống. Biết :  
 - Nền đường rộng 7m, cao 1,6m; độ dốc ta luy 1/1,5; độ dốc mặt đất tự nhiên  $i_0 = 0,028$  ; lưu lượng thoát  $Q = 4\text{m}^3/\text{s}$

#### CÁC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Giáo trình Thủy văn công trình ( Trường Đại học Thủy lợi - 1993 )
2. Giáo trình Thủy văn cầu đường ( Trường Đại học giao thông - 1993 )
3. Quy trình 20- TCN- 220 -95
4. Quy trình 20- TCN- 27-84.



---

--