

Chương 4

TỒN THẤT CỘT NƯỚC TRONG DÒNG CHẢY

4.1 Các dạng tổn thất cột nước

4.1.1. Tổn thất dọc đường (h_d) :

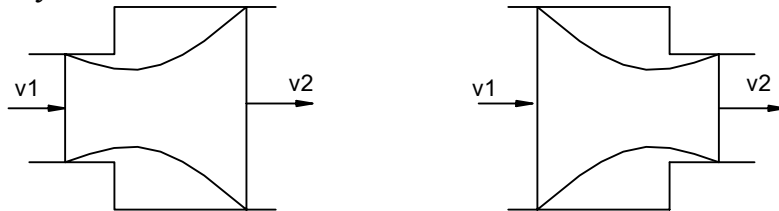
- Là tổn thất sinh ra trên suốt chiều dài dòng chảy.

Nguyên nhân là do ma sát giữa các hạt chất lỏng với nhau và với thành ống.

4.1.2. Tổn thất cục bộ (h_c) :

- Là tổn thất sinh ra tại những nơi cá biệt, ở đó dòng chảy bị biến đổi đột ngột.

(*) Nguyên nhân của sự tổn thất cột nước là do sự ma sát giữa các phần tử chất lỏng (hay do lực ma sát trong sinh ra). Sự ma sát này sinh ra nhiệt năng mất đi không lấy lại được của dòng chảy.



Hình 4 - 1: Tổn thất cục bộ do mở rộng và co hẹp đột ngột

Với giả thiết các dạng tổn thất trên xảy ra độc lập đối với nhau thì tổn thất năng lượng của dòng chảy có thể viết như sau :

$$h_w = \sum h_d + \sum h_c \quad (4-1)$$

trong đó :

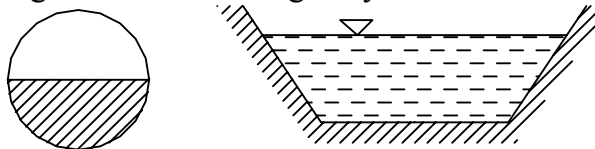
$\sum h_d$ - tổng các tổn thất dọc đường của dòng chảy

$\sum h_c$ - tổng các tổn thất cục bộ của dòng chảy.

4.2 Phương trình cơ bản của dòng chất lỏng chảy đều

4.2.1. Một số khái niệm cơ bản :

- Dòng chảy đều : là dòng chảy ổn định có lưu lượng Q, diện tích mặt cắt ướt ω và sự phân bố vận tốc không đổi dọc theo dòng chảy.



Hình 4 - 2: Khái niệm về mặt cắt ướt

- Dòng chảy có áp : là dòng chảy có chu vi ướt χ là thành rắn liên tục.

- Dòng chảy không áp : là dòng chảy có chu vi ướt gián đoạn, một phần dòng chảy tiếp xúc với không khí (VD : trong ống không đầy, trong kênh, sông...)

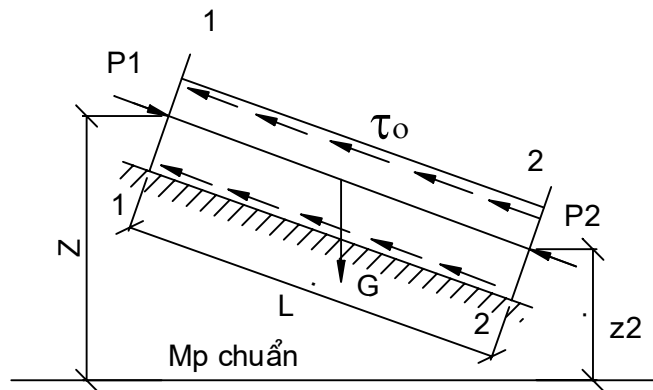
4.2.2. Phương trình cơ bản của dòng chảy đều :

- Xét một đoạn dòng chảy đều, được giới hạn bởi 2 mặt cắt 1-1 và 2-2.

Chương 4 : Tổn thất cột nước trong dòng chảy

Các lực tác dụng lên dòng chảy gồm có :

+ Lực khối lượng : là trọng lực $G = \gamma \cdot \omega \cdot l$



Hình 4 - 3: Sơ đồ xét phương trình cơ bản của dòng chảy đều.

+ Lực mặt : có áp lực thủy động $P_1 = p_1 \cdot \omega$ và $P_2 = p_2 \cdot \omega$ tác dụng thẳng góc với mặt cắt ướt.

+ Lực ma sát ngược chiều dòng chảy ở mặt bên của đoạn dòng chảy. $\tau = \tau_0 \cdot \chi \cdot l$

Vì dòng chảy đều nên không có gia tốc, do vậy tổng hình chiếu các lực trên phương của trục dòng chảy = 0.

Ta có :

$$P_1 \cdot \omega - p_2 \cdot \omega - \tau_0 \cdot \chi \cdot l + \gamma \cdot \omega \cdot l \cdot \cos\theta = 0 \quad (4-2)$$

$$\text{Ta thấy : } \cos\theta = \frac{z_1 - z_2}{l} \quad (4-3)$$

Thay vào phương trình trên ta được :

$$p_1 \cdot \omega - p_2 \cdot \omega - \tau_0 \cdot \chi \cdot l + \gamma \cdot \omega \cdot L \cdot \frac{z_1 - z_2}{l} = 0$$

Chia 2 vế cho $G = \gamma \cdot \omega \cdot L$ và biến đổi ta được :

$$\frac{\left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right)}{L} = \frac{\chi \cdot \tau_0}{\gamma \cdot \omega} = \frac{\tau_0}{\gamma \cdot R} \quad (4-4)$$

Viết phương trình Becnuly cho 2 mặt cắt 1-1 và 2-2 đối với mặt chuẩn 0-0

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha \cdot u_2^2}{2g} + h_d$$

$u_1 = u_2$ nên ta có :

$$\left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right) = h_d \quad (4-5)$$

Vậy $\frac{h_d}{L} = \frac{\tau_0}{\gamma \cdot R}$ hay $J = \frac{\tau_0}{\gamma R}$ trong đó J là độ dốc thủy lực.

$$\Rightarrow \frac{\tau_0}{\gamma} = JR \quad (4-6)$$

(4-6): Phương trình cơ bản của dòng chảy đều.

4.3 Hai trạng thái chuyển động của chất lỏng

(*) Thí nghiệm Raynold : (trình bày theo giáo trình)

4.3.1. Trạng thái chảy tầng :

Là trạng thái chảy trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động theo những tầng lớp không xáo trộn vào nhau.

4.3.2. Trạng thái chảy rối :

Là trạng thái chảy trong đó các phần tử chất lỏng chuyển động không có trật tự, hỗn loạn.

- Trạng thái chảy quá độ từ chảy tầng sang chảy rối hoặc từ chảy rối sang chảy tầng gọi là trạng thái chảy phân giới.

- Lưu tốc ứng với trạng thái chảy từ tầng sang rối gọi là lưu tốc phân giới trên (V_k^t) và ứng với trạng thái từ chảy rối sang chảy tầng là lưu tốc phân giới dưới (V_k^d)

Qua thực nghiệm : $V_k^t > V_k^d$

4.3.3. Tiêu chuẩn phân biệt hai trạng thái chảy :

- Dựa vào kết quả thí nghiệm, Raynold dùng một đại lượng đặc trưng cho trạng thái chảy gọi là số Raynold (Re) :

$$Re = \frac{vL}{\nu} \quad (4-7)$$

v : vận tốc trung bình của dòng chảy (cm/s)

L : thông số độ dài (cm)

+ Dòng chảy trong ống tròn : $L = d$

+ Dòng trong kênh : $L = R$

ν : hệ số nhớt động học. (cm²/s)

Re : số Raynold (không thứ nguyên)

(*) Đối với dòng chảy có áp :

Re > 2320 : trạng thái chảy rối

Re < 2320 : trạng thái chảy tầng

(*) Dòng chảy không áp :

Re > 580 : chảy rối

Re < 580 : chảy tầng.

Ví dụ : xác định chế độ chảy trong ống dẫn đường kính $d = 10\text{cm}$, $Q = 0.004 \text{ m}^3/\text{s}$, $\nu = 0.5 \text{ cm}^2/\text{s}$.

4.4 Tổn thất dọc đường của dòng chảy đều

4.4.1. Công thức Darcy :

(*) Đối với ống tròn :

$$h_d = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4-8)$$

$\left\{ \begin{array}{l} v : \text{ vận tốc trung bình} \\ d : \text{ đường kính} \\ L : \text{ chiều dài dòng chảy} \\ \lambda : \text{ hệ số Darcy} \end{array} \right.$

(*) Đối với dòng chảy có tiết diện ngang không tròn :

$$h_d = \lambda \cdot \frac{L}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4-9)$$

R : bán kính thủy lực

+ Đối với trạng thái chảy tầng :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{dòng chảy trong ống})$$

$$\lambda = \frac{24}{Re} \quad (\text{dòng chảy trong kênh})$$

4.4.2. Công thức Sedi :

Từ công thức của Darcy ta có :

$$v^2 = 8gR \frac{h_d}{\lambda L}$$

$$v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{\frac{h_d}{L}} \quad \text{mà} \quad \frac{h_d}{L} = J$$

$$\rightarrow v = C \cdot \sqrt{RJ} \quad (4-10)$$

$$\text{với } C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \text{ gọi là hệ số Sedi.} \quad (4-11)$$

- Lưu lượng dòng chảy :

$$Q = \omega \cdot v = \omega \cdot C \cdot \sqrt{RJ} \quad (4-12)$$

Hệ số Sedi được xác định bằng các công thức thực nghiệm của nhiều tác giả :

$$(*) \text{ Manning : } C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

Trong đó :

n : độ nhám (n < 0.02)

R : bán kính thủy lực (R < 0.5m)

(*) Focorayme :

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/5} \quad (n > 0.02)$$

(*) Pavolopxki :

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y$$

$$y = 1,5 \cdot \sqrt{n} \quad \text{khi } R < 1\text{m}$$

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

4.5 Tổn thất cục bộ

4.5.1. Đặc điểm chung :

- Tổn thất cục bộ là tổn thất xuất hiện tại nơi dòng chảy thay đổi đột ngột về phương hướng, mặt cắt ướ... và những nơi có chướng ngại vật (như đập, cửa van...).

- Nguyên nhân sinh ra tổn thất cục bộ là sự phá hoại kết cấu dòng chảy do sự thay đổi về lòng dẫn.

Tại nơi có tổn thất cục bộ thường xảy ra hiện tượng sau đây :

- + Sự hình thành khu nước xoáy.
- + Sự tách dòng chảy khỏi thành rắn.
- + Sự mạch động lưu tốc và áp lực.
- + Sự phân bố lại vận tốc trên mặt cắt ướ.

Các hiện tượng trên xảy ra tại cùng một thời điểm.

4.5.2. Công thức tính :

$$h_c = \xi_c \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4-13)$$

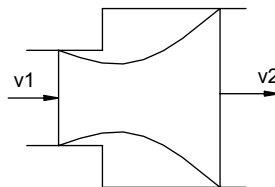
Trong đó :

ξ_c : hệ số tổn thất cục bộ, được xác định bằng thí nghiệm

v : vận tốc trung bình của dòng chảy trước hoặc sau nơi xảy ra tổn thất cục bộ.

4.5.3. Một số dạng tổn thất cục bộ điển hình :

a. Đường ống mở rộng đột ngột :

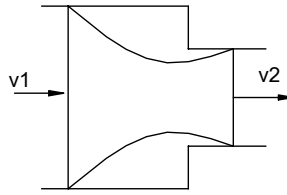


Hình 4 - 4: Trường hợp mở rộng đột ngột

$$h_c = \xi_c \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\xi_c = \left(\frac{\Omega}{\omega} - 1 \right)^2$$

b. Đường ống co hẹp đột ngột :

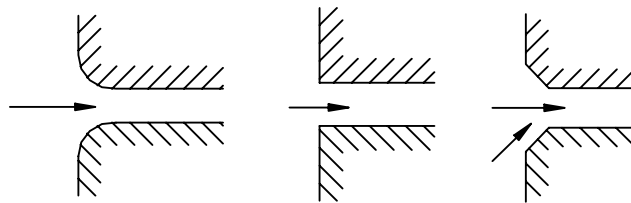


Hình 4 - 5: Trường hợp co hẹp đột ngột

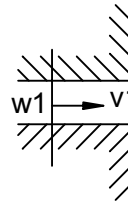
$$h_c = \xi_c \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\xi_c = 0.05 \left(1 - \frac{\omega}{\Omega} \right)$$

c. Cửa vào ống :



Hình 4 - 6: Trường hợp cửa vào: rất thuận; mép sắc; mép tròn



Hình 4 - 7: Trường hợp tính toán cửa ra

- Mép tròn rất thuận : $\xi_c = 0,05$

- Mép sắc : $\xi_c = 0,50$

- Mép tròn : $\xi_c = 0,20$

d. Miệng ra ống :

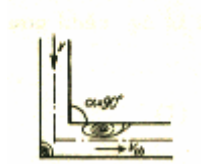
$$h_c = \xi_c \cdot \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\xi_c = \left(1 - \frac{\omega}{\Omega} \right)^2 \text{ khi } \Omega \gg \omega \text{ thì } \xi_c = 1$$

e. Ống tròn, uốn thành góc α :

Bảng 4.1. Bảng tra hệ số tổn thất của ống tròn uốn thành góc α

α	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
ξ	1.2	0.3	0.44	0.55	0.74	0.90	1.10

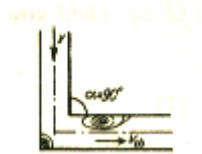


Hình 4 - 8: Đường ống có chỗ ngoặt đột ngột

g. Ống uốn thành góc 90° :

Bảng 4.2. Bảng tra hệ số tổn thất của ống tròn uốn thành góc 90°

d (m)	0.20	0.25	0.34	0.39	0.49
ξ	1.70	1.3	1.10	1.0	0.83



Hình 4 - 9: Đường ống ngoặt góc vuông

h. Cửa van phẳng trong ống tròn :

Bảng 4.2. Bảng tra hệ số tổn thất cửa van phẳng trong ống tròn

$(d - h)/d$	0	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8
ξ	0	0.07	0.26	0.81	2.06	5.52	17	97.8



Hình 4 - 10: Trường hợp cửa van phẳng trong ống tròn