

Chương 6: Dòng trong ống

Bài giảng của TS. Nguyễn Quốc Ý
nguyenquocy@hcmut.edu.vn

Ngày 14 tháng 4 năm 2013

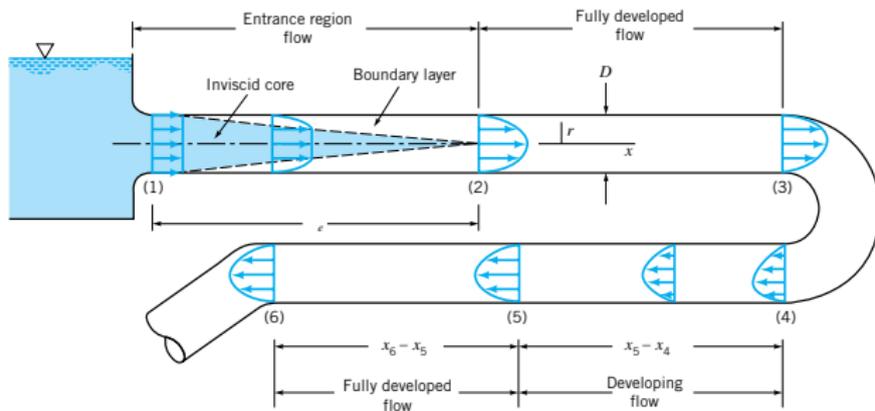
Nội dung cần nắm

- Bản chất của dòng trong ống (PB vận tốc, ma sát. . .)
- Nguyên nhân gây mất năng, công thức Darcy-Weisbach, Chézy
- Các dạng bài toán đường ống: đơn, song song, nhiều hồ chứa. . .

Đặc tính của dòng trong ống

dòng tầng, rối, sự phát triển của phân bố vận tốc

Sự phát triển của phân bố vận tốc trong ống:

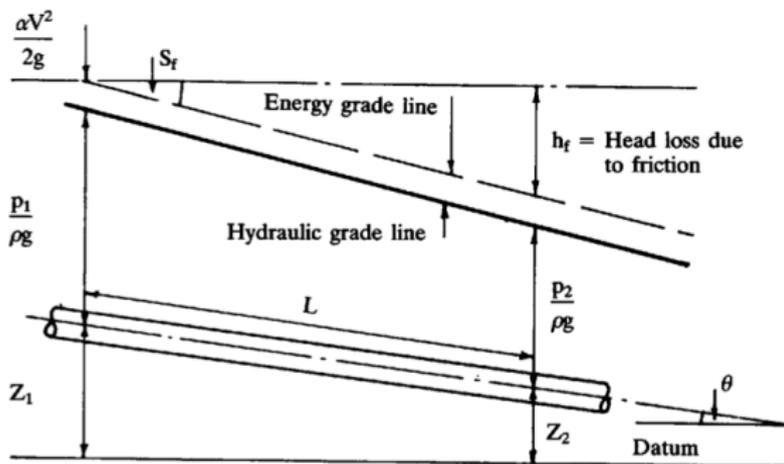


từ khóa: độ nhớt, ma sát, chế độ chảy, lớp biên, hình học ống

$$\frac{l_e}{D} = \begin{cases} 0.06 Re & \text{cho dòng tầng trong ống} \\ 4.4 Re^{1/6} & \text{cho dòng rối trong ống} \end{cases}$$

Mất năng trong đường ống thẳng

PT năng lượng



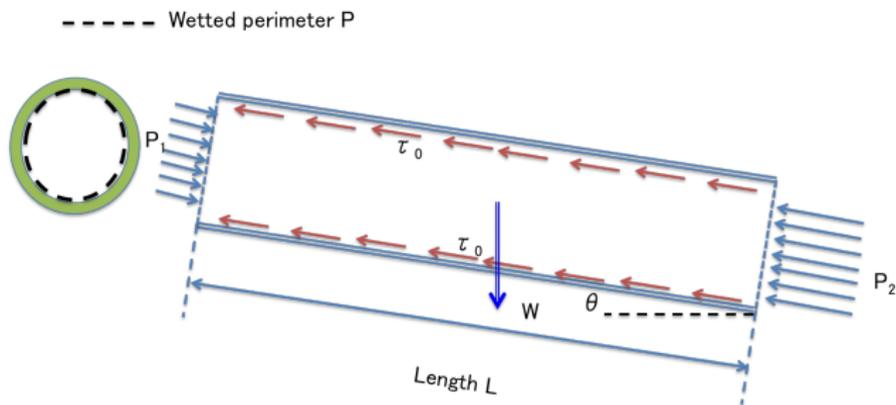
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_l$$

$$\Rightarrow h_l = \left(\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \right) + (z_1 - z_2)$$

Bàn luận: ống nằm ngang? kênh hở?

Mất năng trong đường ống thẳng

PT năng lượng



cân bằng động lượng: $(p_1 - p_2)A + \rho g A L \sin \theta = \tau_0 P L$

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho g} + z_1 - z_2 = \boxed{\frac{\tau_0 P L}{\rho g A} = h_f} \sim \frac{\tau_0 L}{\rho g D}$$

Mất năng trong đường ống thẳng

h_l cho dòng tầng

phân bố vận tốc:

$$u = U_{center} \left(1 - \frac{4r^2}{D^2} \right)$$

Ứng suất ma sát trên thành:

$$\tau_w = \mu \left. \frac{du}{dr} \right|_{r=R=D/2} \sim \mu V \frac{1}{D}$$

$$h_l \sim \frac{\tau_w L}{\rho g D} \sim \mu \frac{V L}{D} \frac{1}{\rho g}$$

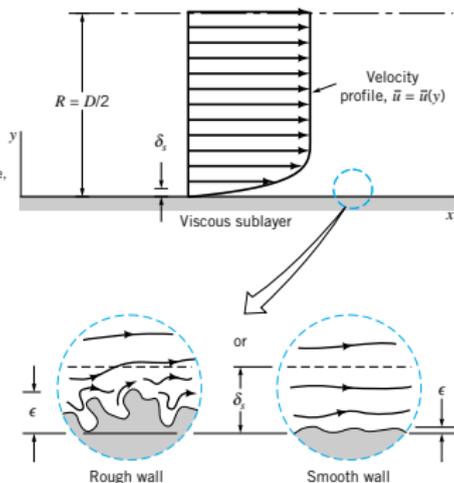
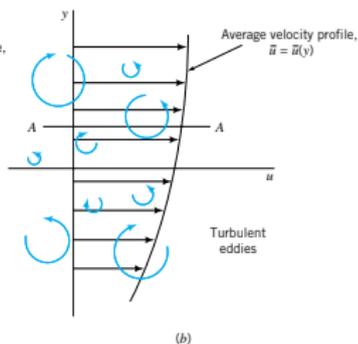
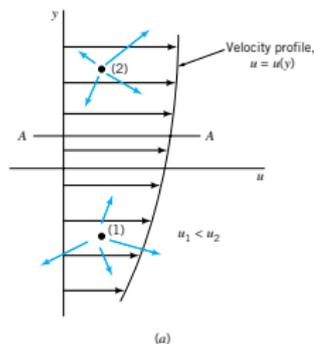
$$h_l \sim \underbrace{\frac{1}{\left(\frac{VD}{\nu}\right)}}_{Re} \frac{L V^2}{D g} \Rightarrow \boxed{\text{Darcy: } h_l = \underbrace{\frac{\text{const.}}{Re}}_{\lambda} \frac{L V^2}{D 2g}} \text{ tầng: } \lambda = \frac{64}{Re}$$

Mất năng trong đường ống thẳng

h_l cho dòng rối

phức tạp!
$$\begin{cases} \tau = \tau_{lar} + \tau_{tur} \\ u \in \left(r, \text{độ nhám thành ống } \epsilon \right) \end{cases}$$

Bằng thực nghiệm: $\lambda \in \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right)$



Mất năng trong đường ống thẳng

h_f cho dòng rối

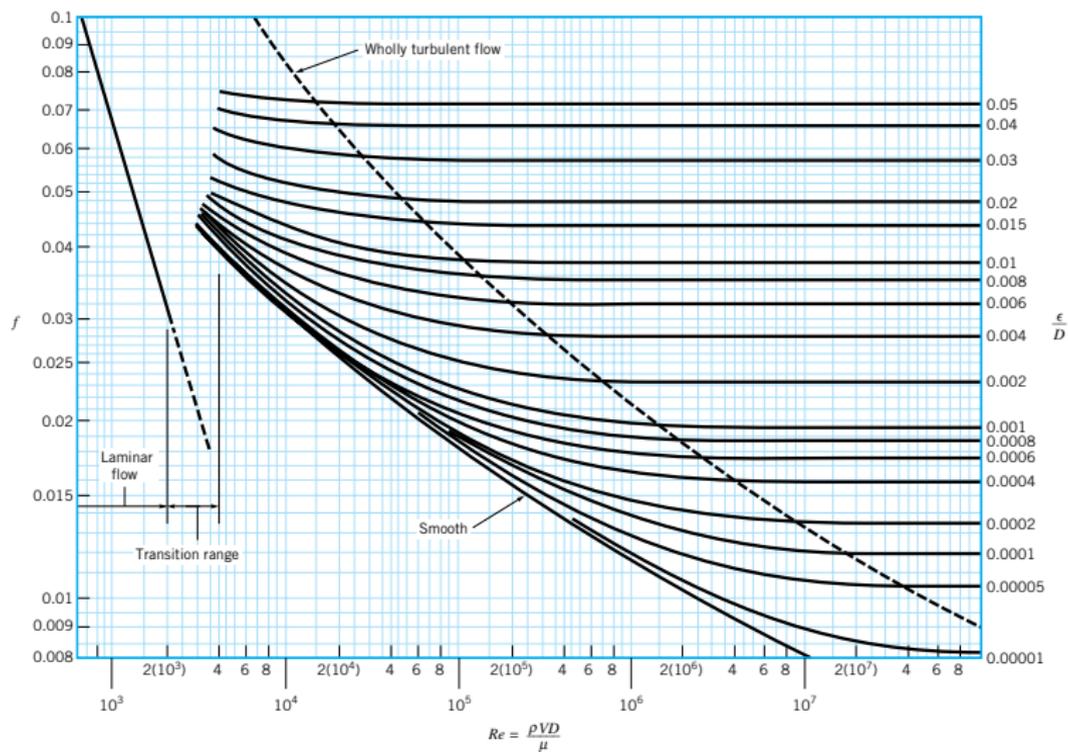
$$\text{tóm lại: } \left\{ \begin{array}{ll} \text{tầng: } \lambda \in \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right) & \text{why?} \\ \text{chuyển tiếp: } \lambda \in \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right) & \\ \text{rối, thành trơn: } (\epsilon = 0) \lambda \in \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right) & \\ \text{rất rối, thành nhám: } \lambda \in \left(Re, \frac{\epsilon}{D} \right) & \text{why?} \end{array} \right.$$

thực nghiệm:

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{công thức: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Blasius } (\epsilon = 0, Re < 10^5) : \lambda = \frac{0.316}{Re^{1/4}} \\ \text{Colebrook : } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1.8 \log \left[\left(\frac{\epsilon/D}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right] \end{array} \right. \\ \text{giản đồ: } \text{Moody} \end{array} \right.$$

Mất năng trong đường ống thẳng

h_f cho dòng rối: Giải đồ Moody



Mất năng trong đường ống thẳng

công thức Chézy

Dùng độ nhám Manning n ($\sim \epsilon$):

$$h_l = \frac{Q^2}{K^2} L \begin{cases} K = \frac{1}{n} R_h^{2/3} A & \text{module lưu lượng} \\ R_h = \frac{D}{4} \end{cases}$$

Lưu ý: Chỉ sử dụng được cho ống NHÁM (why?)

Mất năng trong đường ống KHÔNG thẳng

+ mất năng do hình học h_m

Mất năng do hình học:

$$\text{tổng quát } h_m \in \begin{cases} \text{hình dạng vị trí gây mất năng} \\ \text{độ nhớt, hay } Re \end{cases}$$

Nếu $Re \gg 1$: $h_m \in$ hình dạng gây mất năng,

$$h_m = \xi \frac{V^2}{2g}$$

Mất năng tổng (do ma sát + do hình học):

$h_l = \sum_i \lambda \frac{L_i}{D_i} \frac{V_i^2}{2g} + \sum_j \xi_j \frac{V_j^2}{2g}$	$h_l = \sum_i \frac{Q_i^2}{K_i} L_i + \sum_j \xi_j \frac{V_j^2}{2g}$
---	--

Một số bài toán đường ống

Dạng:

①

$$\text{có } i \text{ ống nối tiếp: } \begin{cases} Q_1 = Q_2 = \dots = Q_i = \dots = Q \\ h_{l,\Sigma} = \sum_i h_{l,i} \end{cases}$$

②

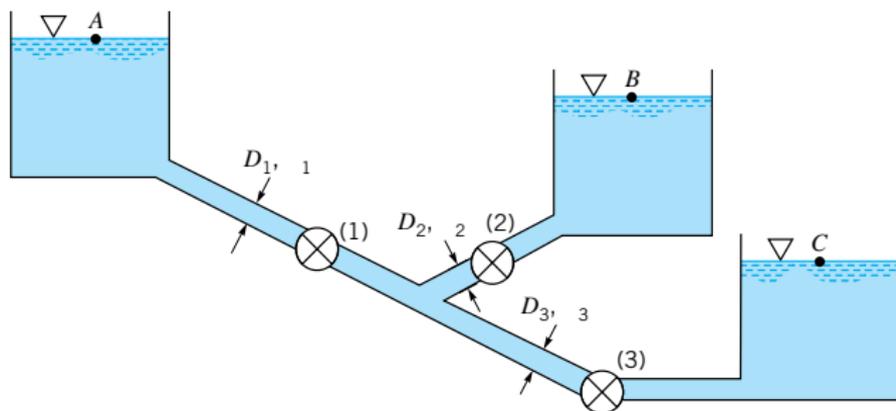
$$\text{có } i \text{ ống song song: } \begin{cases} Q = \sum_i Q_i \\ h_l = h_{l,1} = h_{l,2} = \dots = h_{l,i} \end{cases}$$

③ các ống vừa nối tiếp vừa song song,

④ bài toán nhiều hồ chứa thông nhau

Một số bài toán đường ống

bài toán nhiều hồ chứa thông nhau



Van 2 đóng, quan hệ: $Q_1, Q_2?$ $h_{l,1}, h_{l,2}?$

Van 2 mở: $Q_1, Q_2, Q_3?$ $h_{l,1}, h_{l,2}, h_{l,3}?$