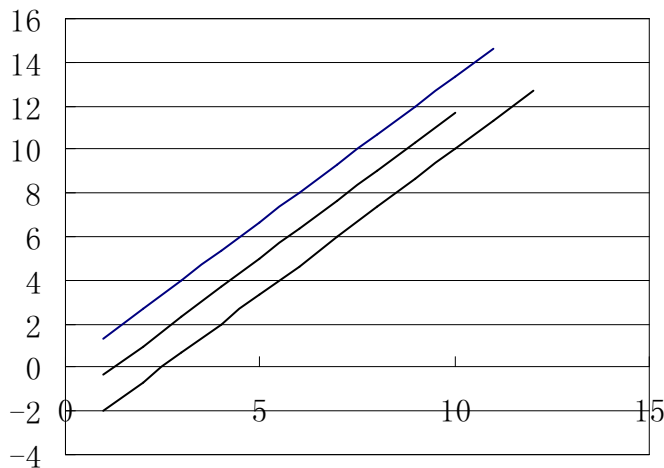


## 标准答案

一、简述题（40 分，每题 8 分）

1. 由  $\frac{dx}{u_x} = \frac{dy}{u_y}$   $4dx = 3dy$

$4x - 3y = c$



2.  $a_x = \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} = -\frac{x}{(1+t)^2} + \frac{x}{(1+t)^2} = 0$

$a_y = \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} = \frac{y}{(1+t)^2} - \frac{y}{(1+t)^2} = 0$

3. 不正确。

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{0.3164}{\left(\frac{vd}{\nu}\right)^{0.25}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{0.3164}{\left(\frac{d}{\nu}\right)^{0.25}} \frac{l}{d} \frac{v^{1.75}}{2g}$$

由此可见，在紊流光滑（管）区，随着 Re 的增加，流动速度增加，沿程阻力增加。

4. 当直圆管内的流体作紊流流动时，在同一过流断面上的不同区域内，各种应力所起的作用不同：

在层流底层，粘性切应力起主要作用，附加切应力（雷诺应力）与粘性切应力相比可以忽略；

在过渡层，附加切应力（雷诺应力）与粘性切应力起相同的作用，即处于同一数量级；

在紊流核心，附加切应力（雷诺应力）起主要作用，粘性切应力与附加切应力（雷诺应力）相比可以忽略。

5. 由风机（泵）的 Q-P 性能曲线与管网的 Q-P 性能曲线的交点，即为离心风机（或离心泵）的工况点；在得到流量 Q 后，由 Q-N 曲线，可以得到风机的功率；在得到流量 Q 后，由 Q-η 曲线，可以得到风机的效率。

改变风机（泵）的 Q-P 性能曲线或管网的 Q-P 性能曲线，都可改变工况点。如改变风机转速、改变管网阀门开度等。

二、力的大小。

$$\text{由 } F = p_c A = \gamma h_c A$$

$$\text{油侧: } F_{\text{油}} = 8 \times 10^3 \times \frac{h_1}{2} \times \frac{h_1}{\sin 60} = 4.62 \times 10^3 N$$

$$\text{水侧: } F_{\text{水}} = 9.8 \times 10^3 \times \frac{h_2}{2} \times \frac{h_2}{\sin 60} = 22.632 \times 10^3 N$$

$$\text{合力: } F = F_{\text{水}} - F_{\text{油}} = 18.012 \times 10^3 N$$

作用点:

油侧：以 c 点为原点，由

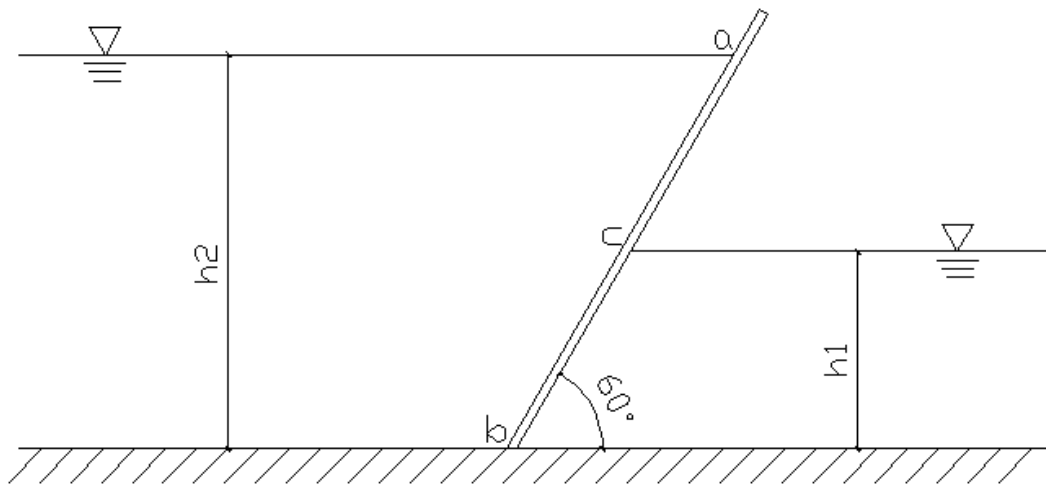
$$y_{D1} = y_c + \frac{J_c}{y_c A} = \frac{1}{2} \frac{h_1}{\sin 60} + \frac{\frac{1}{12} b \left( \frac{h_1}{\sin 60} \right)^3}{\frac{1}{2} \frac{h_1}{\sin 60} b \left( \frac{h_1}{\sin 60} \right)} = \frac{2}{3} \frac{h_1}{\sin 60} = 0.77m$$

水侧：以 a 点为原点，由

$$y_{D2} = y_c + \frac{J_c}{y_c A} = \frac{1}{2} \frac{h_2}{\sin 60} + \frac{\frac{1}{12} b \left( \frac{h_2}{\sin 60} \right)^3}{\frac{1}{2} \frac{h_2}{\sin 60} b \left( \frac{h_2}{\sin 60} \right)} = \frac{2}{3} \frac{h_2}{\sin 60} = 1.54m$$

$$\text{以 b 点为转动点, 由 } F \cdot y_D = F_{\text{水}} \cdot \left( \frac{h_2}{\sin 60} - y_{D2} \right) - F_{\text{油}} \cdot \left( \frac{h_1}{\sin 60} - y_{D1} \right)$$

$$\text{得 } y_D = 0.868m$$

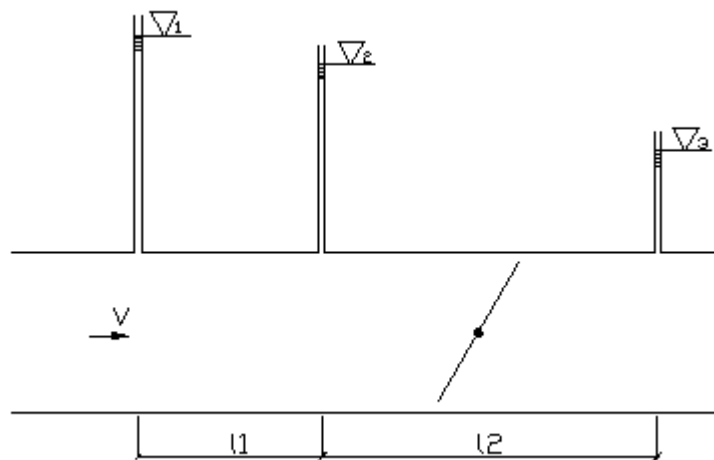


三、由  $z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \lambda \frac{l_1}{d} \frac{v^2}{2g}$

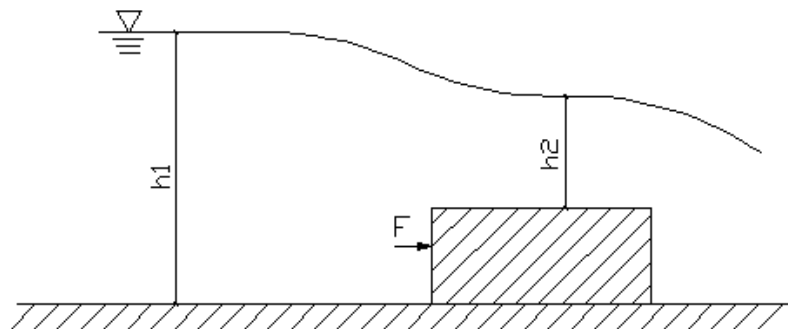
得  $\lambda = \frac{\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma}}{\frac{l_1}{d} \frac{v^2}{2g}}$

$z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + \lambda \frac{l_2}{d} \frac{v^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g}$

$\zeta = \frac{\frac{p_2}{\gamma} - \left( \frac{p_3}{\gamma} + \lambda \frac{l_2}{d} \frac{v^2}{2g} \right)}{\frac{v^2}{2g}} = \frac{\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_3}{\gamma} - \left( \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \right) \frac{l_2}{l_1}}{\frac{v^2}{2g}} = \frac{1.25 - 0.40 - (1.5 - 1.25) \frac{2}{1}}{\frac{3^2}{2g}} = 0.7622$



四、



【例 3-9】 图 3-23 为矩形断面平坡渠道中水流越过一平顶障碍物。已知渠宽  $b=1.5$  m, 上游断面水深  $h_1=2.0$  m, 障碍物顶中部 2-2 断面水深  $h_2=0.5$  m, 已测得  $v_1=0.5$  m/s, 试求水流对障碍物迎水面的冲击力  $F$ 。

解: 利用恒定总流的动量方程计算水流对平顶障碍物迎水面的冲击力。取渐变流过水断面 1-1 和 2-2 以及液流边界所包围的封闭曲面为控制体, 如图 3-24 所示。则作用在控制体上的表面力有两过水断面上的动压力  $P_1$  和  $P_2$ , 障碍物迎水面对水流的作用力  $F'$  以及渠底支承反力  $N$ , 质量力有重力  $G$ 。

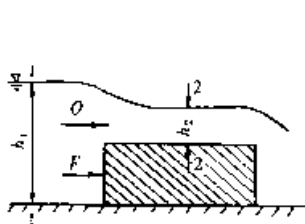


图 3-23

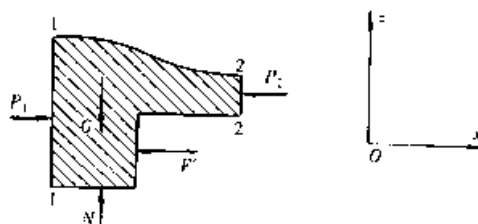


图 3-24

取  $x$  方向如图 3-24 所示, 则在  $x$  方向建立恒定总流的动量方程, 有

$$P_1 - P_2 - F' = \rho Q (\beta_2 v_2 - \beta_1 v_1)$$

式中

$$P_1 = \frac{1}{2} \gamma b h_1^2 = \frac{1}{2} \times 9800 \times 1.5 \times 2.0^2 = 29400 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \gamma b h_2^2 = \frac{1}{2} \times 9800 \times 1.5 \times 0.5^2 = 1837.5 \text{ N}$$

根据恒定总流的连续性方程  $v_1 A_1 = v_2 A_2 = Q$  可得

$$Q = v_1 A_1 = v_1 b h_1 = 0.5 \times 1.5 \times 2.0 = 1.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{b h_2} = \frac{1.5}{1.5 \times 0.5} = 2.0 \text{ m/s}$$

取  $\beta_1 = \beta_2 = 1.0$ , 则

$$\begin{aligned} F' &= P_1 - P_2 - \rho Q(v_2 - v_1) \\ &= 29\,400 - 1\,837.5 - 1\,000 \times 1.5 \times (2.0 - 0.5) \\ &= 25\,312.5 \text{ N} = 25.31 \text{ kN} \end{aligned}$$

水流对平顶障碍物迎水面的冲击力  $F$  与  $F'$  大小相等而方向相反。

五、

(1) 因物体在液面一定深度之下运动, 在忽略波浪运动的情况下, 相似条件应满足雷诺准则, 即

$$\left(\frac{Dv}{\nu}\right)_p = \left(\frac{Dv}{\nu}\right)_m$$

由式(1-7)得  $\nu_m = 1.141 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\nu_p = \frac{\mu_p}{\rho_p} = \frac{0.025\,8}{864} = 2.99 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_m = 8D_p$$

代入雷诺准则:

$$\frac{D_p \times 13.72}{2.99 \times 10^{-5}} = \frac{(8D_p) \times v_m}{1.141 \times 10^{-6}}$$

得  $v_m = 0.065 \text{ m/s}$

(2) 因为  $F \propto \rho l^2 v^2$ , 所以

$$\begin{aligned} \frac{F_p}{F_m} &= \frac{\rho_p l_p^2 v_p^2}{\rho_m l_m^2 v_m^2} \\ &= \frac{864 \times 1^2 \times (13.72)^2}{1\,000 \times 8^2 \times (0.065)^2} = 601.47 \end{aligned}$$

得  $F_p = 601.47 F_m = 601.47 \times 3.56 = 2\,141.2 \text{ N}$

六、解:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}}$$

计算  $S_1$   $S_2$

$$S_1 = \left( \lambda_1 \frac{l}{d} + \sum \zeta_1 \right) \frac{8\rho}{\pi^2 d^4} = 2.03 \times 10^{11} \text{ kg/m}^7$$

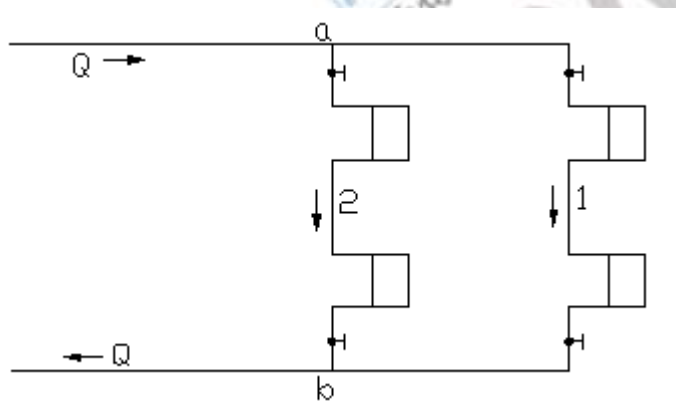
$$S_2 = \left( \lambda_2 \frac{l}{d} + \sum \zeta_2 \right) \frac{8\rho}{\pi^2 d^4} = 1.39 \times 10^{11} \text{ kg/m}^7$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}} = 0.828$$

$$Q_2 = \frac{Q}{1.828} = 0.55 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 0.828Q = 0.45 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta_1 \right) \frac{v_1^2}{2g} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta_1 \right) \frac{8Q^2}{\pi^2 d^4} = 202.6 \text{ mmH}_2\text{O}$$



(第六题图)

七、现有 Y9-35-12No.10D 型锅炉引风机一台，铭牌上参数为  $n_0 = 960 \text{ r/min}$ ， $p_0 = 162 \text{ mmH}_2\text{O}$ ， $Q = 20000 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $\eta = 60\%$ 。配用电机  $22 \text{ kW}$ 。考虑三角皮带的传动效率  $\eta_t = 98\%$ 。现在用此引风机输送  $20^\circ\text{C}$  的清洁空气， $n$  不变，求在新的条件下的性能参数。是否影响电机的大小？

(注：锅炉引风机铭牌参数是以大气压为  $101.325 \text{ kPa}$  和介质温度为  $200^\circ\text{C}$  为基础提供的，这时空气的重度为  $7.31 \text{ N/m}^3$ ； $20^\circ\text{C}$  空气的重度为  $11.77 \text{ N/m}^3$ 。)

解：由：  $\frac{Q_n}{Q_m} = \frac{n_n}{n_m} \frac{D_{2n}}{D_{2m}}$

得：  $Q_m = Q_n$

由：  $\frac{p_n}{p_m} = \frac{\rho_n}{\rho_m} \left( \frac{n_n}{n_m} \right)^2 \left( \frac{D_{2n}}{D_{2m}} \right)^2$

$$\text{得: } p_m = \frac{\rho_m}{\rho_n} p_n = \frac{11.77}{7.31} \times 162 = 261 \text{ mmH}_2\text{O}$$

电机功率: 由

$$N_m = K \frac{Q_m P_m}{\eta} \frac{1}{\eta_t} = 1.15 \times \frac{20000}{3600} \times 261 \times 9807 \times \frac{1}{0.6} \times \frac{1}{0.98} = 27.8 \text{ kW}$$

故电机容量不够。