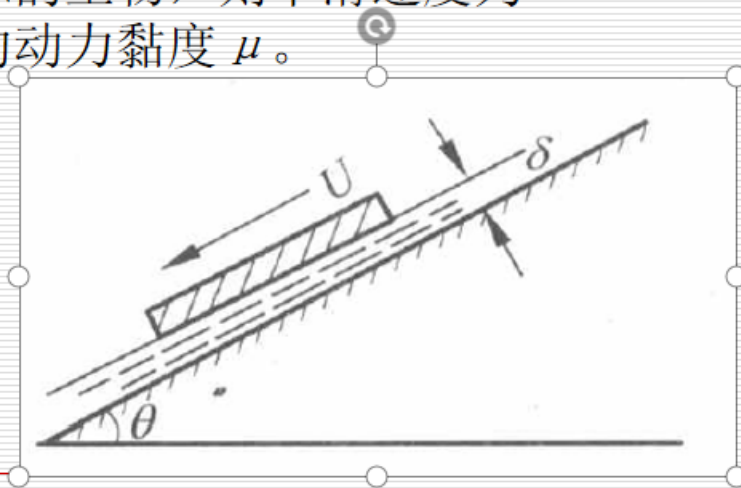


1.3 液体的主要物理性质

- 例题1：一涂有厚度为 $\delta=0.5\text{mm}$ 润滑油的斜面，其倾斜角为 $\theta=30^\circ$ 。一块重量未知，底面积为 $A=0.02\text{m}^2$ 的木板沿此斜面以等速度 $U=0.2\text{m/s}$ 下滑，如图所示。如果在板上加一个重量 $G_1=5.0\text{N}$ 的重物，则下滑速度为 $U_1=0.6\text{m/s}$ 。试求润滑油的动力黏度 μ 。



1.3 液体的主要物理性质

解：由板匀速下滑，可知，沿着板滑动方向加速度为零，则作用在板上的所有外力和为零。

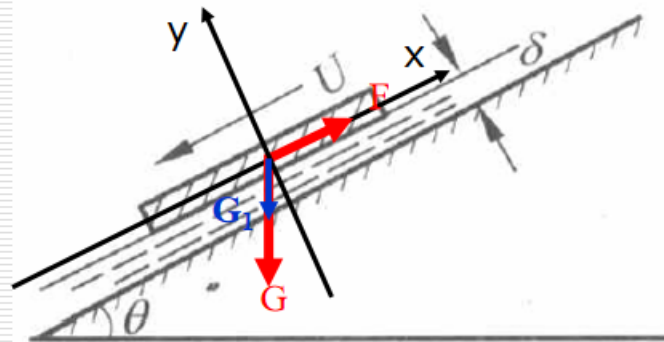
$$\sum F_x = 0$$

$$G \cdot \sin \theta - F = 0$$

$$F = \mu A \frac{U}{\delta}$$

$$G \cdot \sin \theta = \mu A \frac{U}{\delta}$$

$$\mu = 0.1563 (N \cdot s / m^2)$$



另加一重物 G_1 后，则

$$\sum F_x = 0$$

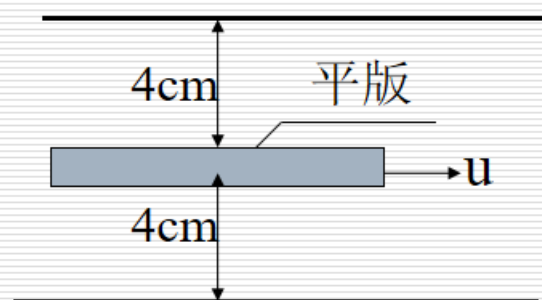
$$(G + G_1) \sin \theta - F = 0$$

$$F_1 = \mu A \frac{U_1}{\delta}$$

$$(G + G_1) \sin \theta = \mu A \frac{U_1}{\delta}$$

1.3 液体的主要物理性质

- 例题2：一极薄的平板，在厚度分别为4cm的两种油层中以 $u = 0.8 \text{ m/s}$ 的速度运动。已知上层动力粘滞系数为下层的动力粘滞系数2倍，两油层在平板上产生的总切应力为 $\tau = 30 \text{ N/m}^2$ ，试求上、下油层的动力粘滞系数。



1.3 液体的主要物理性质

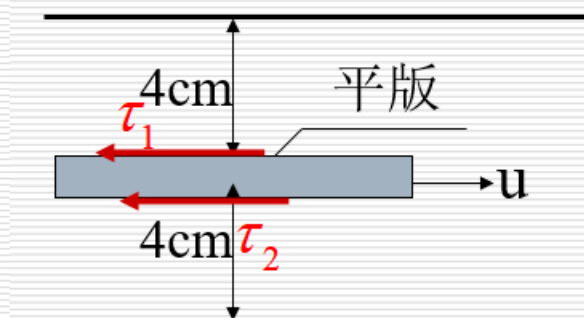
解：由牛顿内摩擦定律可知

$$\tau_1 = \mu_1 \frac{du}{dy} \quad \tau_2 = \mu_2 \frac{du}{dy}$$

$$\frac{du}{dy} = \frac{u}{y} = \frac{0.8 \text{ m/s}}{0.04 \text{ m}} = 20 \text{ l/s}$$

$$\mu_1 = 2\mu_2$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = (\mu_1 + \mu_2) \frac{du}{dy} = 60\mu_2$$

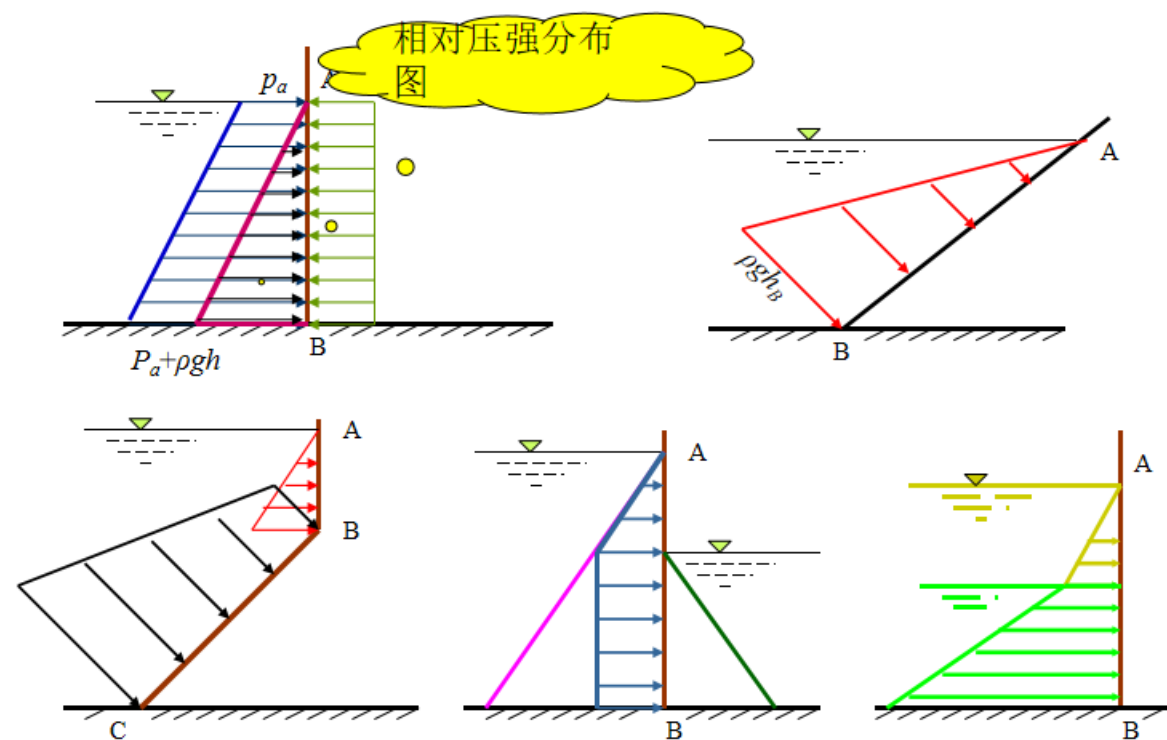


$$\mu_2 = 0.5 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

$$\mu_1 = 1.0 \text{ N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

画出下列AB或ABC面上的静水压强分布图

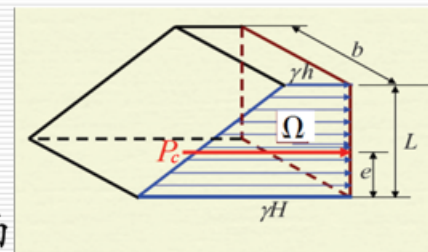
幻灯片切



5. 作用于平面上的静水总压力

□ 图解法：作用于矩形平面上的静水总压力的计算
静水总压力的大小 P

= 该平面形心点的压强 P_c \times 平面面积 A_c
= $\Omega \cdot b$

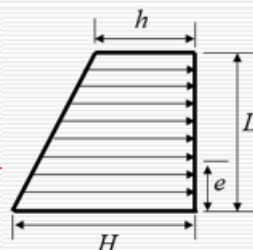


静水总压力的方向：垂直并指向受压面

静水总压力的作用点（压力中心或压心）：通过压强分布体的重心（或在矩形平面的纵对称轴上，且应通过压强分布图的形心点）。

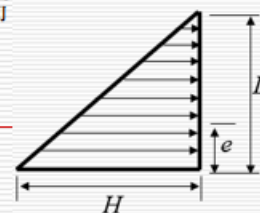
梯形压力分布
图的形心距底

$$e = \frac{L}{3} \cdot \frac{2h + H}{h + H}$$



三角形压力分布
图的形心距底

$$e = \frac{L}{3}$$



5. 作用于平面上的静水总压力

□ 解析法——作用于任意形状平面上的静水总压力

(1) 静水总压力的大小:

$$dp = p dA = \rho g h dA = \rho g y \sin \alpha dA$$

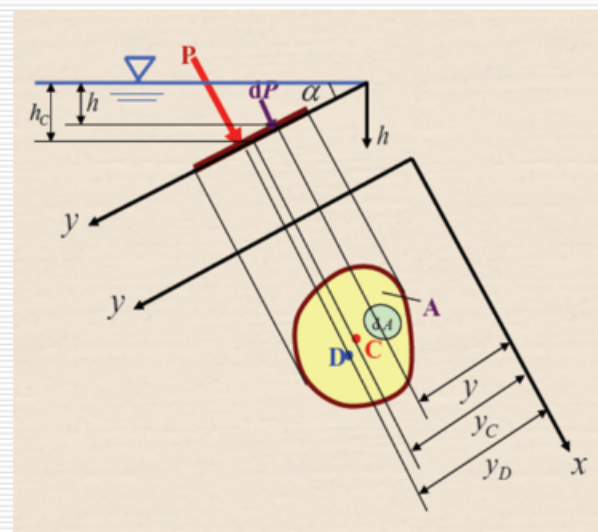
$$P = \int dp = \int_A \rho g y \sin \alpha dA$$

$$P = \rho g \sin \alpha \int_A y dA$$

其中平面对OX轴的面积矩为

$$S_x = \int_A y dA = y_c A$$

$$P = \rho g \sin \alpha y_c A = \rho g h_c A = p_c A$$



(2) 静水总压力的方向: 垂直并指向受压面

5. 作用于平面上的静水总压力

□ 解析法——作用于任意形状平面上的静水总压力

(3) 静水总压力的作用点：

依力矩定理，

$$dp \cdot y = \rho g y \sin \alpha \cdot dA \cdot y = \rho g \sin \alpha y^2 dA$$

$$\int dp \cdot y = \int_A \rho g \sin \alpha y^2 dA = \rho g \sin \alpha \int_A y^2 dA$$

面积A对ox轴的惯性矩为：

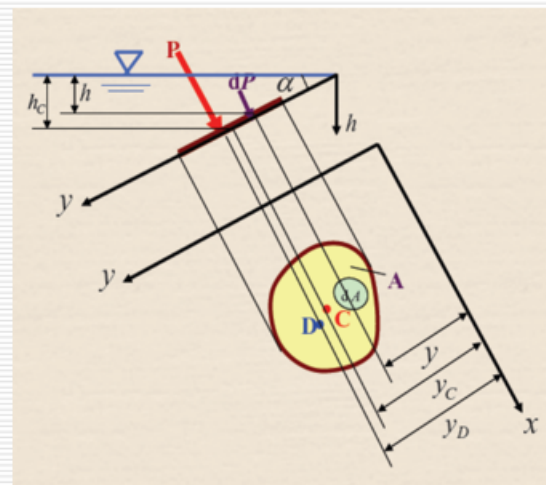
$$I_x = \int_A y^2 dA$$

$$Py_D = \int dp y = \rho g \sin \alpha I_x$$

$$\rho g \sin \alpha y_c A y_D = \rho g \sin \alpha I_x$$

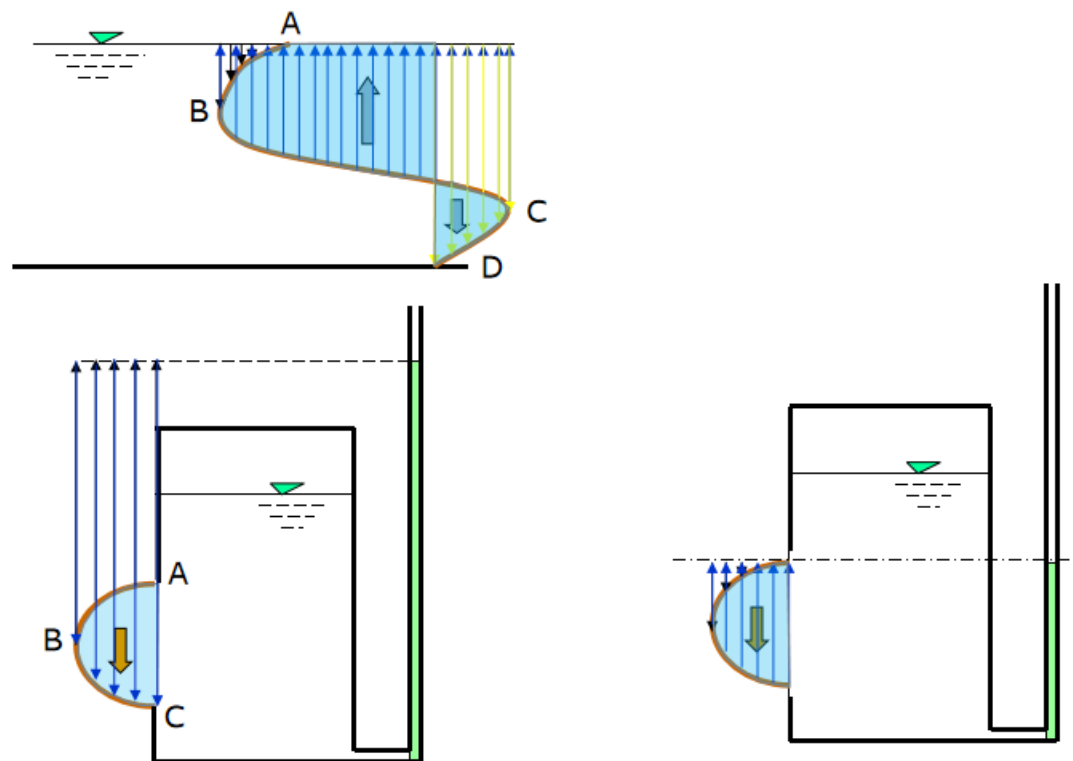
$$y_D = \frac{I_x}{s_x} = \frac{I_x}{y_c A}$$

平行移轴定理 $I_x = I_c + y_c^2 A$



$$y_D = \frac{I_c + y_c^2 A}{y_c A} = y_c + \frac{I_c}{y_c A}$$

复杂柱面的压力体



4.10 谢才公式

$$V = C \sqrt{RJ}$$

↓ ↓ ↓ ↓

均流速 断面平 谢才系数 水力半径 水力坡度

1. 谢才系数有量纲，量纲为 $[L^{1/2}T^{-1}]$ ，单位为 $m^{1/2}/s$ 。

2. 谢才公式可适用于不同流态和流区，既可适用于明渠水流也可应用于管流。

↓

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad \text{或} \quad \lambda = \frac{8g}{C^2}$$

曼宁公式 $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ n 为曼宁粗糙系数，简称曼宁糙率

4.10 谢才公式

$$\left. \begin{array}{l} \text{谢才公式} \quad V = C\sqrt{RJ} \\ \text{水力坡度} \quad J = \frac{h_f}{l} \end{array} \right\} h_f = \frac{v^2}{C^2 R} l = \frac{Q^2}{C^2 A^2 R} l$$

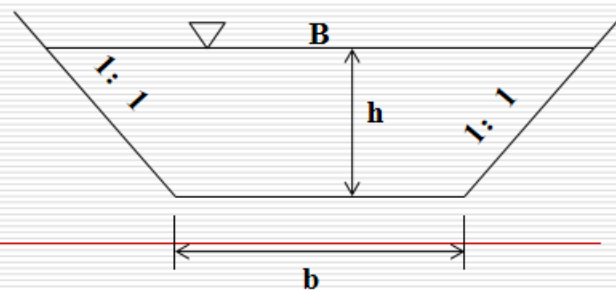
沿程水头损失

例题：有一混凝土护面的梯形渠道，底宽10m，水深3m，两岸边坡为1：1，粗糙系数为0.017，流量为39m³/s，水流属于阻力平方区的紊流，求每公里渠道上的沿程水头损失

分析：

$$h_f = \frac{Q^2}{C^2 A^2 R} l \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

?



4.10 谢才公式

$$h_f = \frac{Q^2}{C^2 A^2 R} l$$

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

□ 解：

过水断面的面积 $A = \frac{1}{2}(B+b)h = 39 \text{ m}^2$

湿周 $\chi = b + 2h\sqrt{2} = 18.5 \text{ m}$

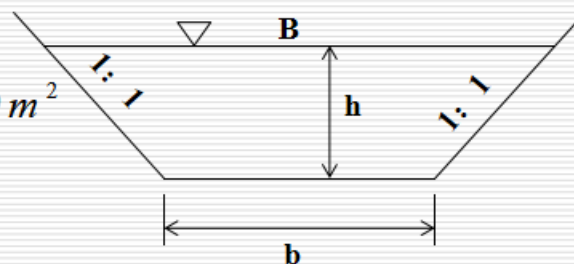
水力半径 $R = \frac{A}{\chi} = 2.11 \text{ m}$

谢才系数 $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = 66.5 \text{ m}^{\frac{1}{2}} / \text{s}$

沿程水头损失

$$h_f = \frac{Q^2}{C^2 A^2 R} l = 0.11 \text{ m}$$

答：略。

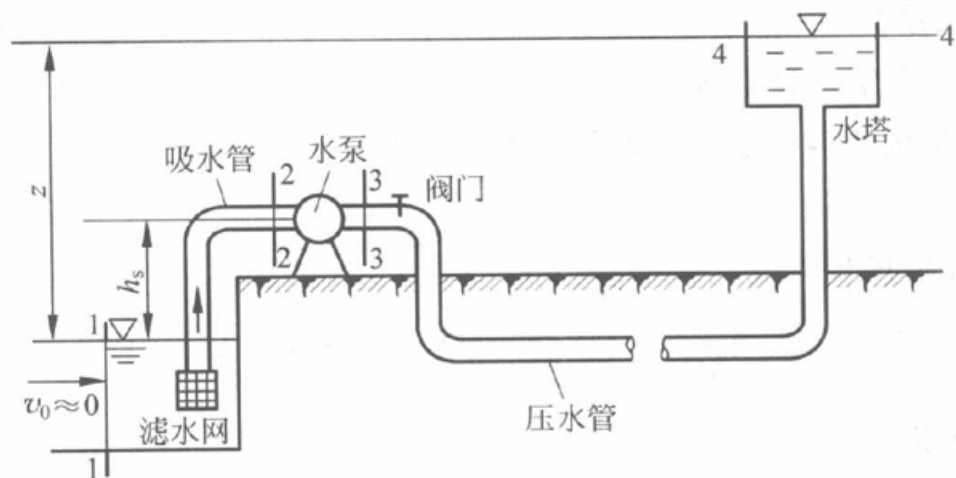


6.2 短管的水力计算

1、水泵扬程 h_p

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_p = Z_4 + \frac{P_4}{\rho g} + \frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} + h_w \longrightarrow 0 + 0 + 0 + h_p = z + 0 + 0 + h_w$$

$$h_p = z + h_w = z + h_{w1-2} + h_{w3-4}$$



6.2 短管的水力计算

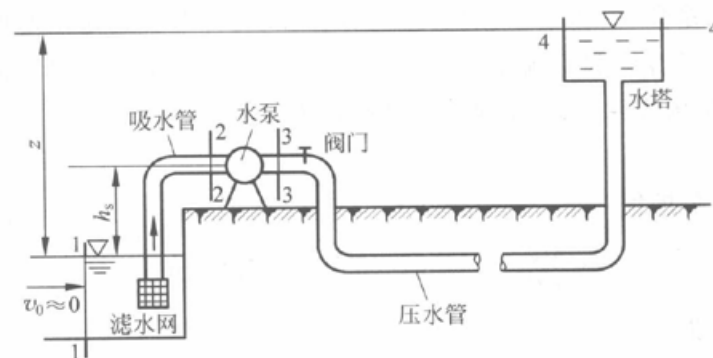
2、水泵允许安装高度

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_w \quad h_w = h_f + h_j$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad h_j = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} = \zeta_1 \frac{v^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g}$$

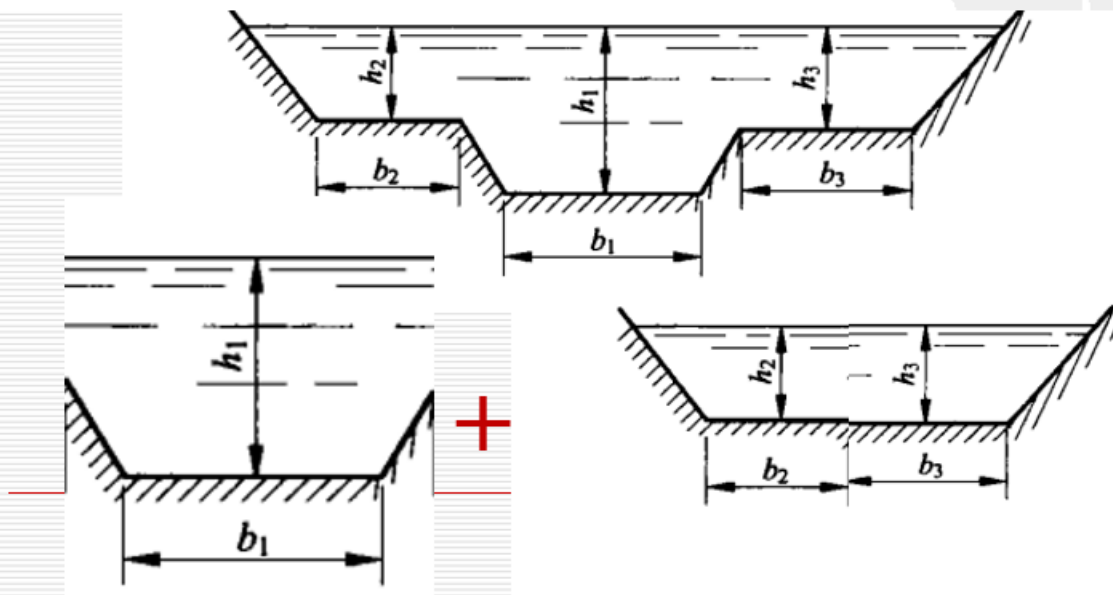
$$0 + 0 + 0 = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + \zeta_1 \frac{v^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g}$$

$$z_2 = -\frac{P_2}{\rho g} - \left(\alpha_2 + \sum \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v_2^2}{2g}$$



7.3 明渠均匀流水力计算

7.4 有一复式断面渠道,如图所示,渠道底坡 $i=0.003$,主槽底宽 $b_1=20\text{ m}$,边坡系数 $m_1=2.5$; 两侧滩地宽度相等, $b_2=b_3=30\text{ m}$,边坡系数 $m_2=m_3=3.0$ 。当 $h_1=4.0\text{ m}$, $h_2=h_3=2.0\text{ m}$ 时,主槽的粗糙度 $n_1=0.025$ 。滩地的粗糙度 $n_2=n_3=0.03$ 。求通过渠道的流量 Q 。



7.3 明渠均匀流水力计算

解：通过复式断面渠道的流量由深槽流量和滩地流量组成，即 $Q=Q_1+Q_2+Q_3$ ，其中 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 均按均匀流计算。

深槽的过水断面面积

$$A_1 = A_{\text{梯}} + A_{\text{矩}} = [b_1 + m_1(h_1 - h_2)](h_1 - h_2) + [b_1 + 2m_1(h_1 - h_2)]h_2$$

$$= (20 + 2.5 \times 2.0) \times 2.0 + (20 + 5.0 \times 2.0) \times 2.0 = 50 + 60 = 110(\text{m}^2)$$

湿周

$$\chi_1 = b_1 + 2(h_1 - h_2)\sqrt{1 + m_1^2} = 20 + 2.0 \times 2.0\sqrt{1 + 2.5^2} = 30.77(\text{m})$$

水力半径

$$R_1 = \frac{A_1}{\chi_1} = \frac{110}{30.77} = 3.57(\text{m})$$

谢才系数

$$C_1 = \frac{1}{n_1} R_1^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0.025} 3.57^{\frac{1}{6}} = 49.45(\text{m}^{0.5}/\text{s})$$

则深槽的流量

$$Q_1 = A_1 C_1 \sqrt{R_1 i} = 110 \times 49.45 \times \sqrt{3.57 \times 0.003} = 562.93(\text{m}^3/\text{s})$$

7.3 明渠均匀流水力计算

滩地流量为 $Q_2 + Q_3$, 由于渠道两边滩地宽度 $b_2 = b_3$, 边坡系数 m 也相等, 水深 $h_2 = h_3$, 故可将两边滩地合并进行计算, 即过水断面面积

$$A' = (b_2 + b_3)h_2 + m_2 h_2 h_2 = 60 \times 2.0 + 3.0 \times 2.0 \times 2.0 = 132(\text{m}^2)$$

湿周

$$\chi' = (b_2 + b_3) + 2h_2 \sqrt{1 + m_2^2} = 60 + 4.0 \sqrt{10} = 72.65(\text{m})$$

水力半径

$$R' = \frac{A'}{\chi'} = \frac{132}{72.65} = 1.82(\text{m})$$

谢才系数

$$C' = \frac{1}{n_2} R'^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0.03} 1.82^{\frac{1}{6}} = 36.83(\text{m}^{0.5}/\text{s})$$

流量

$$Q' = C' A' \sqrt{R' i} = 36.83 \times 132 \times \sqrt{1.82 \times 0.003} = 359.23(\text{m}^3/\text{s})$$

则总流量

$$Q = Q_1 + Q' = 562.93 + 359.23 = 922.16(\text{m}^3/\text{s})$$