

报考研究生丛书之三

化 工 原 理

研究生入学试题解

邓传芸 编

合肥工业大学学报丛书

530744 - 9

TQ 02-44

109

化工原理研究生入学试题解

邓传芸

TQ 02-44/109

化工原理研究生入学试题解

编辑 出版 发行：

合肥工业大学学报编辑部

印刷：

合肥工业大学印刷厂

定价 0.90元

编 辑 说 明

《报考研究生丛书》是为了帮助广大青年学生复习有关课程，应考研究生，根据部颁教学大纲和招考研究生的要求而编写的，包括政治、数学、物理、化工、力学、英语等类课程。力求使同学们通过学习，进一步掌握基本原理、明确基本概念、提高分析问题和解题的能力。本丛书可作为在校学生辅导读物，也可供有关教师和工程技术人员参考。

本套《报考研究生丛书》由宋权主编、席庆义任付主编。

丛书之三《化工原理研究生入学试题解》，包括1981年全国36所高等院校研究生入学试题及79、80年有关重点院校的试题，由邓传芸讲师选解，范文元付教授审阅定稿。

由于我们水平有限，书中难免有缺点甚至错误，欢迎读者批评指正。

一九八二年六月

目 录

一、流体力学.....	(1)
二、传热过程.....	(56)
三、气体吸收.....	(119)
四、液体蒸馏.....	(162)
五、增湿减湿.....	(205)
六、流化技术.....	(220)
七、液体萃取.....	(226)
八、文字题.....	(228)

一、流体力学

一、(20分) 两敞口贮罐的底部在同一水平面上, 其间由一内径75mm, 长200m的水平管和局部阻力系数为0.17的全开闸伐彼此相连, 一贮罐直径为7m, 盛水深7m, 另一贮罐直径为5m, 盛水深3m, 若将闸伐全开, 问大罐内水平降到6m时, 需多长时间? 设管道的流体摩擦系数 $\lambda = 0.02$ 。

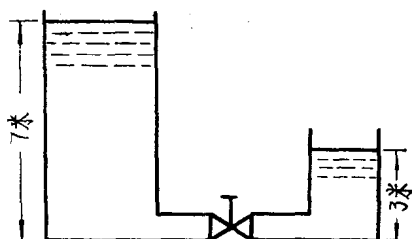


图 1

解: 在任一时间 t 内, 大罐水深为 h , 小罐水深为 H

$$\text{大罐截面积} = \frac{1}{4} \pi \times 7^2 = 38.465 [\text{m}^2],$$

$$\text{小罐截面积} = \frac{1}{4} \pi \times 5^2 = 19.625 [\text{m}^2],$$

当大罐水面下降到 h 时所排出的体积为:

$$V_1 = (7 - h) \times 38.465 [\text{m}^3],$$

这时小罐水面上升高度为 x ;

$$\therefore x = 38.465 (7 - h) / 19.625 = 13.72 - 1.96h,$$

$$\text{而 } H = x + 3 = 16.72 - 1.96h,$$

对两罐水面上列柏努利方程 (大罐水面为1—1截面, 小罐

水面为2—2截面)：

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g} + \left(\xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{u^2}{2g}$$

$u_1 = u_2 = 0$ ， $P_1 = P_2 = \text{大气压}$ ， u 为管中流速，

$$z_1 = h, \quad z_2 = 16.72 - 1.96h$$

$$z_1 - z_2 = h - 16.72 + 1.96h = 2.96h - 16.72$$

$$\therefore z_1 - z_2 = \left(\xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{u^2}{2g}$$

$$\text{即 } 2.96h - 16.72 = \left(0.17 + 0.02 \frac{200}{0.075} \right) \frac{u^2}{2g} = 2.727u^2$$

$$\therefore u = \sqrt{\frac{2.96h - 16.72}{2.727}} \quad [\text{m/s}]$$

若在时间 dt 内 水面 从 h 下降到 $h-dh$ ，这时体积将变化为 $-38.465dh[\text{m}^3]$ ，

$$\begin{aligned} & 0.785(0.075)^2 \sqrt{(2.96h - 16.72)/2.727} dt \\ & = -38.465dh \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{故 } dt &= \frac{-38.465dh}{0.785(0.075)^2 \sqrt{(2.96h - 16.72)/2.727}} \\ &= \frac{-8711.16dh}{\sqrt{1.085h - 6.131}} \end{aligned}$$

$$t = -8711.16 \int_7^6 (1.085h - 6.131)^{-\frac{1}{2}} dh$$

$$= -8711.16 \times \frac{1}{1.085} \times \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} \left[\sqrt{1.085h - 6.131} \right]_7^6$$

$$= -8711.16 \times \frac{2}{1.085} [\sqrt{0.379} - \sqrt{1.464}] = 9543.4 \text{ 秒}$$

二、(25分)某一粘度 μ 为 $10^{-1} \text{ N} \cdot \text{S} / \text{m}^2$ 的液体在一内径为 100 mm 的园管内稳定流动, 已知流动滞流且每米管长的压力降 $\Delta P / L = 320 \text{ N} / \text{m}^2$, 求在径向距管壁 20 mm 处某一点的流动速度为若干?

解: 根据园直管内滞流点速度公式:

$$u_r = \frac{-\Delta P}{4\mu L} (R^2 - r^2)$$

$$\therefore u_{20\text{mm}} = \frac{-\Delta P}{4\mu L} (R^2 - r^2) = \frac{320}{4 \times 10^{-1}} (0.05^2 - 0.03^2) \\ = 1.28 [\text{m/s}]$$

三、(15分)某工艺装置的部分流程如图, 已知各段管路均为 $\phi 57 \times 3.5 \text{ mm}$ 的无缝钢管, AB段、BD段的总当量长度(包括直管和局部阻力)均为 20 m , BC段的总当量长度为 120 m 。通过管路的液体密度为 $800 \text{ Kg} / \text{m}^3$, 各段的流动状态处于阻力平方区摩擦系数 $\lambda = 0.025$, 其他条件如图所注。试计算泵的流量和扬程。

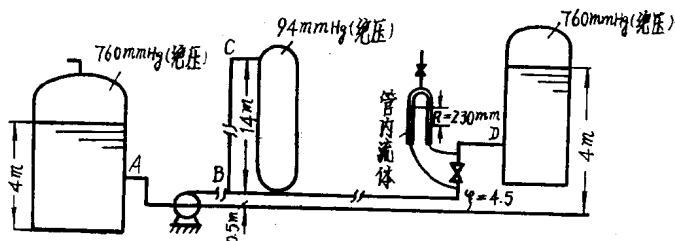


图 2

解: (1) $\Delta P = P_2 - P_1 = gR(\rho - \rho') \doteq gRr \quad (\rho \gg \rho')$

$$= 9.81 \times 800 \times 0.23 = 1805 \text{ N/m}^2 \doteq 1.81 [\text{KN/m}^2]$$

在测压管两端列柏努利方程:

$$gz_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gz_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + h_f$$

$$\Delta z = z_1 - z_2 \doteq 0, \quad u_1 = u_2$$

$$\therefore \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{\Delta P}{\rho} = h_f = \xi \frac{u_{BD}^2}{2}$$

$$u_{BD} = \sqrt{2 \Delta P / \xi \rho} = \sqrt{2 \times 1805 / (4.5 \times 800)} = 1.001 [\text{m/s}]$$

故BD段导管中流速 $u_{BD} \doteq 1 [\text{m/s}]$

(2) B点是分支管的端点, 故B点的能量对BC段和BD段是一样的, 由B到C截面和由B到D截面列柏努利方程得:

$$H_B = z_C + \frac{P_C}{\rho g} + \frac{u_{BC}^2}{2g} + \lambda \frac{l_{BC}}{d} \frac{u_{BC}^2}{2g} + \xi_{\pm} \frac{u_{BC}^2}{2g}$$

$$= z_D + \frac{P_D}{\rho g} + \frac{u_{BD}^2}{2g} + \lambda \frac{l_{BD}}{d} \frac{u_{BD}^2}{2g} + (\xi + \xi_{\pm}) \frac{u_{BD}^2}{2g}$$

$$\text{即 } 14 + \frac{94 \times \frac{101325}{760}}{800 \times 9.81} + \frac{u_{BC}^2}{2 \times 9.81} \left(1 + 0.025 \frac{120}{0.05} \right)$$

$$= (4 - 0.5) + \frac{101325}{800 \times 9.81} + \left(1 + 4.5 + 0.025 \frac{200}{0.05} \right) \frac{1}{19.62}$$

$$14 + 1.597 + \frac{61}{19.62} \cdot u_{BC}^2 = 3.5 + 12.91 + 5.35$$

$$\therefore \text{解得 } u_{BC} = 1.41 [\text{m/s}], \quad H_B = 21.8 [\text{m}]$$

$$A = 0.785(0.05)^2 = 0.00196[\text{m}^2]$$

管中流量即泵所提供的流量 $V = u \cdot A = (u_{BD} + u_{BC})A$

$$= (1 + 1.410) \times 0.00196 = 0.00472[\text{m}^3/\text{s}] = 17.00[\text{m}^3/\text{h}]$$

(3) 求泵的扬程 H_e ;

由A—A和B—B间列柏努利方程:

$$z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} + H_e = z_B + \frac{P_B}{\rho g} + \frac{u_B^2}{2g} + \left(\lambda \frac{l_{AB}}{d} \right) \frac{u_B^2}{2g}$$

$$(4 - 0.5) + \frac{101325}{800 \times 9.81} + H_e = H_B + \left(0.025 \frac{200}{0.05} \times \frac{2.410}{19.62} \right)$$

$$\therefore H_e = 21.8 + 100 \times \frac{2.410}{19.62} - 3.5 - 12.91$$

$$= 21.8 + 12.3 - 16.41 = 17.7[\text{mH}_2\text{O}]$$

四、(15分)现有一台4B54型的离心式水泵,当配以每分钟2900转的30千瓦功率的电机时,水泵的性能如下表:

型 号	流量Q m ³ /h	压头H (m)	转速 n (转/分)	轴功率 N (KW)
4B54	90	54.2	2900	19.3
	109	47.8	2900	20.6
	120	43.0	2900	21.4

试问:如果对该泵所配的电机,每分钟的转数只有1450转,电机功率仍然为30千瓦,则水泵运转时的性能会发生什么变化?就是说,请求出在新的情况下Q、H、N的相应值,并列成表格,并说明所用电机是否合适?

解：根据离心泵的比例定律关系来计算：

$$Q = Q_1 \frac{n}{n_1} = 90 \times \frac{1450}{2900} = 45 [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q = 109 \times \frac{1450}{2900} = 54.5 [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q = 120 \times \frac{1450}{2900} = 60 [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$H/H_1 = (n/n_1)^2, \quad Q/Q_1 = n/n_1, \quad N/N_1 = (n/n_1)^3$$

$$H = H_1 \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 = 54.2 \left(\frac{1450}{2900} \right)^2 = 13.55 [\text{m}]$$

$$H = 47.8 \left(\frac{1450}{2900} \right)^2 = 11.95 [\text{m}]$$

$$H = 43 \left(\frac{1450}{2900} \right)^2 = 10.75 [\text{m}]$$

$$N = N_1 \left(\frac{n}{n_1} \right)^3 = 19.3 \left(\frac{1450}{2900} \right)^3 = 2.41 [\text{KW}]$$

$$N = 20.6 \left(\frac{1450}{2900} \right)^3 = 2.58 [\text{KW}]$$

$$N = 21.4 \left(\frac{1450}{2900} \right)^3 = 2.68 [\text{KW}]$$

4 B54离心泵在 $n=1450$ [转/分]的情况下工作， Q 、 H 、 n 、 N 都下降，但在新的情况下运转时， Q 增加， H 下降， n 为定值时， N 也增加比原来情况下小得多。由计算结果表明：

在 $n=1450$ 转/分情况下运转时，所配用30KW的电机过

型 号	Q[m³/h]	H[m]	n转/分	N[KW]
4B54	45	13.55	}1450	2.41
	54.5	11.95		2.58
	60	10.75		2.68

大，不合用。

五、(15分)若用测定水流量的浮子流量计来测定酒精的流量，当浮子的上升刻度相同时，酒精的流量应比水流量大还是小？请你推导计算出校正读数的比值来。

已知：水、酒精、浮子的比重分别为1.0, 0.79, 7.70

解：对浮子上下端列柏努利方程：

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2} = \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \Delta P / \rho \quad (\rho \text{ 为流体密度})$$

$$u_1 = u_2 (d_2/d_1)^2, \quad \sqrt{u_2^2 - u_1^2} = \sqrt{2 \Delta P / \rho}$$

$$\therefore u_2 = \frac{C \sqrt{2 \Delta P / \rho}}{\sqrt{1 - (d_2/d_1)^2}} = C_R \sqrt{2 \Delta P / \rho}$$

C为考虑到有关影响因素的修正系数，

$$C_R = C / \sqrt{1 - (d_2/d_1)^2}$$

$$\therefore V_R = C_R S_R \sqrt{\Delta P \frac{2}{\rho}} \quad (S_R \text{——环隙截面积})$$

根据在平衡状况的受力平衡分析得：

$$\Delta P S_f = V_f \rho_f g - V_f \rho g$$

(转子受压力) (转子重) (浮力)

$$\therefore \Delta P = V_f g (\rho_f - \rho) / S_f$$

$$\text{则流量 } V = C_R S_R \sqrt{\frac{2gV_f(\rho_f - \rho)}{S_f \rho}}$$

V_f 、 S_f 、 ρ_f ——分别为转子的体积、截面、密度。

若水和酒精的流量系数 C_R 相同时，

$$\text{对水: } V_{\text{水}} = C_R S_R \sqrt{\frac{2gV_f(\rho_f - \rho_{\text{水}})}{S_f \rho_{\text{水}}}}$$

$$\text{对酒精: } V_{\text{酒}} = C_R S_R \sqrt{\frac{2gV_f(\rho_f - \rho_{\text{酒}})}{S_f \rho_{\text{酒}}}}$$

$$\therefore V_{\text{酒}}/V_{\text{水}} = \sqrt{\frac{(\rho_f - \rho_{\text{酒}})\rho_{\text{水}}}{(\rho_f - \rho_{\text{水}})\rho_{\text{酒}}}} = \frac{(7.70 - 0.79) \times 1.0}{(7.70 - 1.0) \times 0.79} = 1.143$$

$$\therefore V_{\text{酒}} = 1.143 V_{\text{水}}$$

故在同样刻度读数下，酒精的流量大于水的流量。

六、有一实验室转子流量计，转子为钢质，出厂时，用标准状况下的空气标定流量，其下限为 $1\text{m}^3/\text{h}$ ，上限为 $7\text{m}^3/\text{h}$ ，现在用来测定二氧化碳流量。试问：

(1) 此时的上、下限应各为多少？(体积流量和重量流量)。

(2) 若要求将下限提高到 $1.3\text{m}^3/\text{h}$ ，应对原转子作何简单的加工？

(3) 加工后，如果下限确定已提高到 $1.3\text{m}^3/\text{h}$ ，此时上限将变为多少？(注：全过程中设流量系数为恒定值)

$$\text{解: } V = C_R F_R \sqrt{\frac{2gV_f(\gamma_f - \gamma)}{F_f \gamma}} \quad C_R = \text{常数}$$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\gamma_2(\gamma_f - \gamma_1)}{\gamma_1(\gamma_f - \gamma_2)}} = \sqrt{\frac{1.976(1850 - 1.293)}{1.293(1850 - 1.976)}} = 1.236$$

(1)测空气时下限为 $V_1 = 1 [\text{m}^3/\text{h}]$,

则 CO_2 $V_2 = 1/1.236 = 0.809 [\text{m}^3/\text{h}]$,

$G_2 = 0.809 \times 1.976 = 1.599 [\text{Kg}/\text{h}]$,

当测定空气上限 $V_1 = 7 [\text{m}^3/\text{h}]$ 时:

则 CO_2 $V_2 = 7/1.236 = 5.663 [\text{m}^3/\text{h}]$

$G_2 = 5.663 \times 1.976 = 11.191 [\text{Kg}/\text{h}]$ 。

(2)将转子顶端面积减小, 增加环隙面积 F_R , 即减小转子上端面积 F_f , 但 V_f/F_f 的比值基本不变。

$$\frac{V_{1F}}{V_{2F}} = \frac{F_{R1}}{F_{R2}} = \frac{1}{1.3} \quad \therefore F_{R2} = 1.3F_{R1} \text{ 使上端面积 } F_f \text{ 减小}$$

到使环隙面积 F_{R2} 增到原来环隙面积 F_{R1} 的1.3倍, 即可满足要求。

$$V_{1上}/V_{2上} = 7/V_{2上} = F_{R1}/1.3F_{R1} = \frac{1}{1.3}$$

$$\therefore V_{2上} = 7 \times 1.3 = 9.1 [\text{m}^3/\text{h}],$$

当下限提高到 $1.3 [\text{m}^3/\text{h}]$ 则上限为 $9.1 [\text{m}^3/\text{h}]$ 。

七、试导出牛顿流体沿垂直壁面流下的滞流液膜中的速率分布, 液膜的厚度 δ , 单位宽度上流体流量的解析表达式以及平均速度与最大流速之比值, 流动状况如图所示。设稳定流动, 向下的加速度不计。

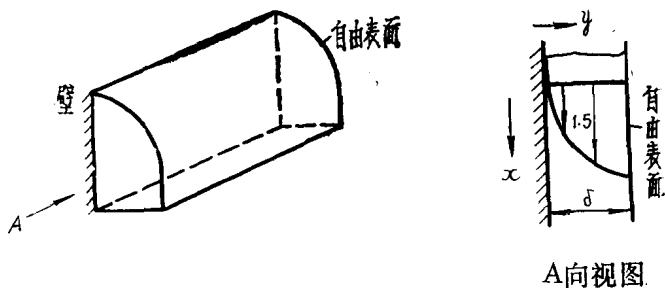


图 3

解：因为X轴向下，y轴为横向，

$$\therefore u_y = 0, \quad u_z = 0$$

$$\frac{\partial u_v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \quad \text{因是自由表面} \quad \therefore \frac{\partial P}{\partial x} = 0$$

$$\text{故有：} \quad X + \mu \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} = 0 \quad X = \rho g \quad u_x = u$$

$$\text{故} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -\frac{\rho g}{\mu} = -g/\nu \quad (1)$$

$$\text{对(1)式积分得：} \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{g}{\nu} y + K_1$$

$$\text{当} y = \delta \text{ 时，则} \quad \frac{\partial u}{\partial y} = 0$$

$$\therefore K_1 = g\delta/\nu$$

$$\text{于是有} \quad \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{g}{\nu} (\delta - y) \quad (2)$$

再对(2)式积分得：

$$u = \frac{g}{\nu} \left(\delta y - \frac{1}{2} y^2 \right) + K_2$$

$$\text{当} y = 0 \text{ 时，则} u = 0, \quad K_2 = 0$$

因而得此速度分布式：

$$u = \frac{g}{\nu} \left(\delta y - \frac{1}{2} y^2 \right)$$

单位宽度上的流量为：

$$Q = \int_0^{\delta} 1 \cdot u dy = \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^3}{3}$$

$$\therefore \delta = \left(\frac{3\nu Q}{g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{平均速度 } u_{\text{均}} = \frac{Q}{1 \times \delta} = \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^2}{3}$$

当 $y = \delta$ 时, 则最大速度为:

$$u_{\text{max}} = \frac{g}{\nu} \left(\delta^2 - \frac{\delta^2}{2} \right) = \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^2}{2}$$

$$\therefore \frac{u_{\text{均}}}{u_{\text{max}}} = \frac{\frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^2}{3}}{\frac{g}{\nu} \cdot \frac{\delta^2}{2}} = \frac{2}{3}$$

八、(25分) 如图, 水槽中水经管道可从C、D同时放出, AB段管长为60米(忽略AB间的局部阻力), 管内径为40毫米, BC段长6米, 伐门全开时, 该段局部阻力总和的当量长度为9米, BD段长9米, 当伐门全开时该段局部阻力总和的当量长度为15米, BC和BD段管内径均为25毫米, 求:

(1) 当D处伐门关闭而C处伐门全开时的流量米³/时;

(2) 当C、D两处伐门均全开时各自的流量和总流量米³/时。

管内摩擦阻力系数可取0.03不变, 水的重度为1000公斤/米³, 其他参数见图示。

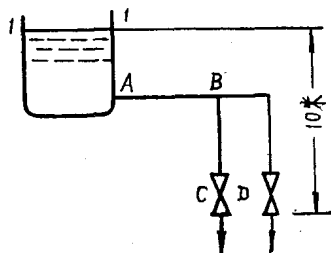


图 4

解: (1) $l_{AB} = 60\text{m}$, $l_{BC} = 6\text{m}$, $l_{eBC} = 9\text{m}$, $l_{BD} = 9\text{m}$,
 $l_{eBD} = 15\text{m}$, $d_{AB} = 40\text{mm} = 0.04\text{m}$, $d_{BC} = d_{BD} = 25\text{mm} = 0.025\text{m}$,

$$\frac{u_{BC}}{u_{AB}} = \left(\frac{d_{AB}}{d_{BC}} \right)^2 = \left(\frac{40}{25} \right)^2 = 2.56 \quad \therefore u_{AB} = u_{BC}/2.56$$

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_c + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{u_c^2}{2g} + \lambda \frac{l_{AB}}{d_{AB}} \frac{u_{AB}^2}{2g} \\ + \lambda \frac{(l_e + l)_{BC}}{d_{BC}} \frac{u_{BC}^2}{2g}$$

$$\therefore z_1 - z_c = 4 = \left(1 + 0.03 \frac{9+6}{0.025} \right) \frac{u_{BC}^2}{19.62} + 0.03 \frac{60}{0.04} \times \\ \times \frac{(u_{BC}/2.56)^2}{19.62}$$

$$= 0.9684 u_{BC}^2 + 0.35 u_{BC}^2 = 1.3184 u_{BC}^2$$

$$\therefore u_{BC} = \sqrt{3.034} = 1.74 [\text{m/s}]$$

$$V_C = 0.785(0.025)^2 \times 1.74 = 0.000854 [\text{m}^3/\text{s}] = 3.073 [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$(2) z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_D + \frac{P_D}{\gamma} + \frac{u_{BD}^2}{2g} + \lambda \frac{l_{AB}}{d_{AB}} \times \\ \times \frac{u_{AB}^2}{2g} + \lambda \frac{(l + l_e)_{BD}}{d_{BD}} \frac{u_{BD}^2}{2g}$$

$$z_1 - z_D = 4 = \left(1 + 0.03 \frac{15+9}{0.025} \right) \frac{u_{BD}^2}{19.62} + 0.03 \frac{60}{0.04} \times \\ \times \frac{(u_{BD}/2.56)^2}{19.62}$$

$$= 1.4679 u_{BD}^2 + 0.35 u_{BD}^2 = 1.8179 u_{BD}^2$$

$$\therefore u_{2D} = \sqrt{\frac{4}{1.8179}} = 1.48 [\text{m/s}]$$

$$V_D = 0.785(0.025)^2 \times 1.48 = 0.000726 [\text{m}^3/\text{s}] = 2.614 [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{故 } V = V_D + V_C = 2.614 + 3.073 = 5.687 [\text{m}^3/\text{h}]$$

九、(20分)有一内径为50毫米的管道,水在其中以2立升/秒到3立升/秒的流量流过。今欲用一孔板流速计测定其流量,流速计的压差用简单的水柱差压计测定,设取其最大压差读数为1米,试计算其孔口直径应为多少?若当水之最大流量需要增至6立升/秒时,仍用原来的孔板,则需将差压计改作水银差压计,问此时最大流量下水银差压计的读数为多少?(孔流系数 C_0 可取为0.62)並以简图表示水柱差压计之安装。

$$\text{解: } V = 3 [\text{升/s}] = 0.003 [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$V = 6 [\text{升/s}] = 0.006 [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\text{孔口流速 } u_0 = C_0 \sqrt{2g \Delta h} = 0.62 \sqrt{19.62 \times 1} = 2.75 [\text{m/s}]$$

$$V_0 = 0.785 d_0^2 u_0 = 2.159 d_0^2 = 0.003$$

$$\therefore d_0 = \sqrt{\frac{0.003}{2.159}} = 0.0373 [\text{m}] = 37.3 (\text{mm})$$

$$\begin{aligned} V &= C_0 A_0 \sqrt{\frac{2gR(\gamma' - \gamma)}{\gamma}} = 0.62 \times 0.785(0.0373)^2 \times \\ &\times \sqrt{\frac{19.62R(13600 - 1000)}{1000}} \\ &= 0.0006771 \sqrt{247.212R} = 0.010646 \sqrt{R} \end{aligned}$$

$$\therefore \sqrt{R} = \frac{0.006}{0.010646} = 0.5636$$

$$\text{故 } R = 0.312 \text{m} = 312 (\text{mm})$$