

# 习题课

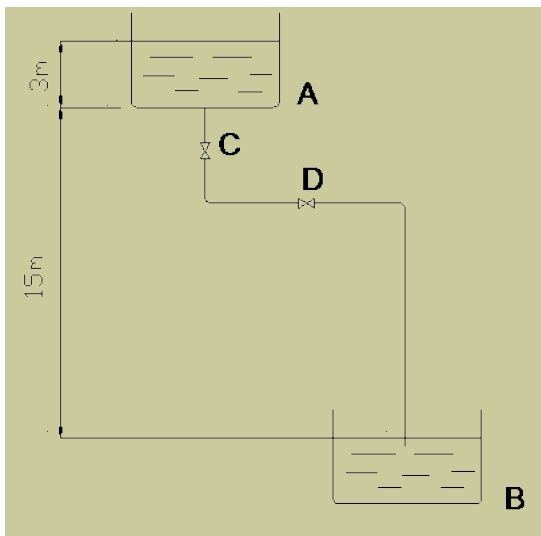
---

# 作业中存在的问题

---

1. 第一章第17题非稳定流动，积分时上、下限不对。
2. 第一章第34题计算中，有同学未查孔流系数 $C_0$ 来进行计算。
3. 第一章第35题计算中，有同学未换算实际条件下的空气密度。
4. 第一章第35题计算中，有同学未用试差法求解，做得不对。
5. 第一章第38题计算中，有些同学直接用 $u_{\max}$ 代替平均速度 $u$ 求解空气流量。
6. 第二章第8、9题，有些同学未选泵的型号或不会选泵。
7. 课堂补充作业未有同学上交。
8. 仍有个别同学抄他人作业的现象。

**习题17.**如本题附图所示，打开阀C和阀D，将储槽A中的NaOH和NaCl的混合水溶液放入反应槽B中，问储槽A中的液面从3m降至0.3 m需要多少时间？已知储槽A和反应槽B的直径均为2 m，管路尺寸为 $\phi 32 \times 2.5\text{mm}$ ，溶液在管路中的瞬时流速  $u = 0.7\sqrt{\Delta z}$ /s，式中 $\Delta z$ 为该瞬时两槽的液面高度差。



解：由于储槽A中没有水溶液的补充，则随着储槽A中的水溶液不断排出时，其液面不断下降，故储槽A属于不稳定流动过程。

设在微分时间  $d\theta$  内，储槽A内液面下降  $dz$ ，排液管中的流速为  $u$ ，则该流动系统的进料速率  $W_i$ 、出料速率  $W_o$  和累积量  $dm$  分别为：

$$W_i = 0 \quad W_o = \frac{\pi}{4} d^2 u \quad dm = -\frac{\pi}{4} D^2 dz$$

$$u = 0.7\sqrt{\Delta z} = 0.7\sqrt{18 - 2z}$$

则由瞬时物料衡算式，得

$$\frac{\pi}{4} d^2 u d\theta = -\frac{\pi}{4} D^2 dz$$

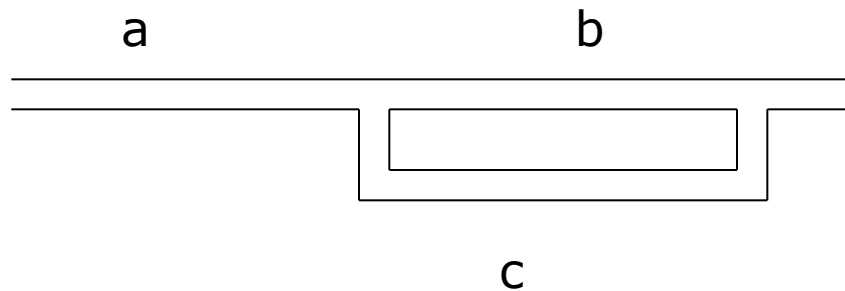
$$d\theta = -\left(\frac{D}{d}\right)^2 \frac{dz}{u} = -\left(\frac{D}{d}\right)^2 \frac{dz}{0.7\sqrt{18-2z}} = -\left(\frac{2}{0.027}\right)^2 \frac{dz}{0.7\sqrt{18-2z}} = -7.838 \times 10^3 \frac{dz}{\sqrt{18-2z}}$$

$$\theta = -7.838 \times 10^3 \int_3^{0.3} \frac{dz}{\sqrt{18-2z}} = 1.51 \text{ h}$$

**习题29.**有一水平输送原油的管路，管径为 $\phi 299 \times 12 \text{mm}$ ，总长度为42m。原油的流量为 $62.5 \text{m}^3/\text{h}$ ，密度和粘度分别为 $910 \text{kg}/\text{m}^3$ 和 $300 \text{mPa}\cdot\text{s}$ ，管路两端压差保持不变，试问：

(1)在管路下游1/3处并联一条同样直径的管子时，原油输送流量会增加多少？

(2)欲使原油流量增加50%，需要并联多长的管子？



解：(1) 管径 $d=299-2\times 12=275\text{ mm}=0.275\text{ m}$ ， $L=42\text{ m}$ ，  
未并联管子时：

$$u = \frac{V}{0.785 \times d^2} = \frac{62.5}{0.785 \times 0.275^2} = 0.292\text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{du\rho}{\mu} = \frac{0.275 \times 0.292 \times 910}{0.3} = 243.58 < 2000 (\text{层流})$$

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{243.58} = 0.263$$

$$\frac{\Delta p}{\rho} = \sum h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{u^2}{2} = 0.263 \times \frac{42}{0.275} \times \frac{0.292^2}{2} = 1.71\text{ J/kg}$$

在管路下游1/3处并联一条同样直径的管子时：设并联后总管内流量为 $V_a$ ，两并联支管内的流量分别为 $V_b$ 、 $V_c$ 。

$$L_a = 42 \times (1/3) = 14\text{ m}, L_b = 42 - 14 = 28\text{ m}$$

$$V_a = V_b + V_c, V_b = V_c$$

$$\text{则 } u_a = 2u_b = 2u_c$$

假设主管与并联各分支管内均为层流流动：

$$\lambda_a = \frac{64}{\text{Re}_a} = \frac{64}{\frac{du_a \rho}{\mu}} = \frac{64\mu}{du_a \rho}$$

$$\lambda_b = \frac{64}{\text{Re}_b} = \frac{64}{\frac{du_b \rho}{\mu}} = \frac{64\mu}{du_b \rho} = \frac{128\mu}{du_a \rho}$$

$$\sum h_f = \lambda_a \frac{l_a}{d} \frac{u_a^2}{2} + \lambda_b \frac{l_b}{d} \frac{u_b^2}{2} = 1.71 \text{ J/kg}$$

则可解得： $u_a = 0.35 \text{ m/s}$ ， $u_b = 0.219 \text{ m/s}$

校核管内流动是否处于层流：

$$\text{Re} = \frac{du_a \rho}{\mu} = \frac{0.275 \times 0.438 \times 910}{0.3} = 365.4 < 2000 (\text{层流})$$

说明假设成立

$$\text{Re} = \frac{du_a \rho}{\mu} = \frac{0.275 \times 0.219 \times 910}{0.3} = 182.7 < 2000 (\text{层流})$$

并联后总流量： $V = 0.785 d^2 u_a = 74.8 \text{ m}^3/\text{h}$

(2)当原油流量增加50%时:

$$V_a = 1.5 \times 62.5 = 93.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$u_a = \frac{V_a}{0.785 \times d^2} = \frac{93.75}{0.785 \times 0.275^2 \times 3600} = 0.439 \text{ m/s}$$

$$u_c = \frac{u_a}{2} = \frac{0.439}{2} = 0.219 \text{ m/s}$$

$$\sum h_f = \lambda_a \frac{l_a}{d} \frac{u_a^2}{2} + \lambda_c \frac{l_c}{d} \frac{u_c^2}{2} = 1.71 \text{ J/kg}$$

$$\lambda_a = \frac{64}{\text{Re}_a} = \frac{64}{\frac{du_a \rho}{\mu}} = \frac{64\mu}{du_a \rho}$$

$$\lambda_c = \frac{64}{\text{Re}_c} = \frac{64}{\frac{du_c \rho}{\mu}} = \frac{64\mu}{du_c \rho}$$

则可解得:  $l_c = 27.9 \text{ m}$

**习题34.** 20℃的水在 $\phi 88.5 \times 4$ mm的管内流动，水的流量为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。在管路中装有一孔径 $d_o$ 为25mm的标准孔板，试计算U形管压差计的读数(mmHg)及孔板的永久压力降。

解：(1) 管路内径  $d = 88.5 - 2 \times 4 = 80.5 \text{ mm} = 0.0805 \text{ m}$

$$u = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{10}{0.785 \times 0.0805^2 \times 3600} = 0.546 \text{ m/s}$$

$$\text{Re}_1 = \frac{d_1 u_1 \rho}{\mu} = \frac{0.0805 \times 0.546 \times 998}{1.005 \times 10^{-3}} = 4.36 \times 10^4$$

$$\frac{A_o}{A_1} = \left( \frac{25}{80.5} \right)^2 = 0.09645$$

查图1-59得到流量系数  $C_o = 0.604$

由  $V = C_o A_o \sqrt{\frac{2R(\rho_o - \rho)g}{\rho}}$  得：

$$R = \left( \frac{V}{C_o A_o} \right)^2 \frac{\rho}{2(\rho_o - \rho)g} = \left( \frac{10/3600}{0.604 \times 0.785 \times 0.025^2} \right)^2 \frac{998}{2 \times (13600 - 998) \times 9.807}$$

$$= 0.355 \text{ mHg} = 355 \text{ mmHg}$$

(2) 孔板的永久压力降：  $\Delta p'_f = \left( 1 - 1.1 \frac{A_o}{A_1} \right) R(\rho_o - \rho)g$

$$= (1 - 1.1 \times 0.09645) \times 0.355 \times (13600 - 998) \times 9.807$$

$$= 3.92 \times 10^4 \text{ Pa}$$



**习题35.**在 $\phi 160 \times 5 \text{ mm}$ 的空气管路上安装有一孔径为 $75 \text{ mm}$ 的标准孔板，孔板前空气压力为 $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 绝压，温度为 $25^\circ \text{C}$ 。问当U形管压差计的读数为 $145 \text{ mm H}_2\text{O}$ 时，流经管道的空气质量流量为多少？

解：标准状态下空气的密度为 $1.293 \text{ kg/m}^3$ ，则操作条件下空气的密度为：

$$\rho = 1.293 \times \frac{273}{273 + 25} \times \frac{1.2 \times 10^5}{101325} = 1.403 \text{ kg/m}^3$$

管路内径  $d = 160 - 2 \times 5 = 150 \text{ mm} = 0.15 \text{ m}$

$$\frac{A_o}{A_1} = \left( \frac{75}{150} \right)^2 = 0.25$$

由于 $C_o$ 与 $Re$ 有关，所以需要假设流速 $u$ ，用**试差法**求解。

假设管内空气流速 $u = 7.02 \text{ m/s}$ ：

$$Re_1 = \frac{d_1 u_1 \rho}{\mu} = \frac{0.15 \times 7.02 \times 1.403}{1.835 \times 10^{-5}} = 8.05 \times 10^4 \quad \text{查图1-59得到流量系数 } C_o = 0.624$$

$$\begin{aligned} V &= C_o A_o \sqrt{\frac{2R(\rho_o - \rho)g}{\rho}} \\ &= 0.624 \times 0.785 \times 0.075^2 \times \sqrt{\frac{2 \times 0.145 \times (996.9 - 1.403) \times 9.807}{1.043}} \\ &= 0.124 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

校核得管内流速  $u = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{0.124}{0.785 \times 0.15^2} = 7.02 \text{ m/s}$

与假设值一致，说明假设值正确。

管道的空气质量流量为：

$$W = \rho \times V = 1.403 \times 0.124 = 0.174 \text{ kg/s} = 626.4 \text{ kg/h}$$

**习题38.**在 $\phi 325 \times 8 \text{mm}$ 的输送空气管道中心安装了一个测速管，空气的温度为 $21^\circ\text{C}$ ，压力为 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ （绝对压力）。用一微差压差计测定压差，指示液为油和水，其密度分别为 $835 \text{ kg/m}^3$ 和 $1000 \text{ kg/m}^3$ 。当压差计读数为 $50 \text{mm}$ 时，空气的质量流量为多少？

解：管道内径  $d = 325 - 2 \times 8 = 309 \text{mm} = 0.309 \text{ m}$

$$\Delta p = R(\rho_A - \rho_B)g = 0.05 \times (1000 - 835) \times 9.807 = 80.91 \text{ Pa}$$

$21^\circ\text{C}$ ， $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ （绝对压力）条件下空气的密度为：

$$\rho = 1.293 \times \frac{273}{273 + 21} \times \frac{1.013 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} = 1.201 \text{ kg/m}^3$$

管道中心的最大流速为：
$$u_{\max} = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 80.91}{1.201}} = 11.61 \text{ m/s}$$

$$\text{Re}_{\max} = \frac{du_{\max}\rho}{\mu} = \frac{0.309 \times 11.61 \times 1.201}{1.815 \times 10^{-5}} = 2.37 \times 10^5$$

查图1-65得 $u/u_{\max} = 0.83$ ，则  $u = 0.83u_{\max} = 0.83 \times 11.61 = 9.64 \text{ m/s}$

**空气流量** 
$$W = \frac{\pi}{4} d^2 u \rho = 0.785 \times 0.309^2 \times 9.64 \times 1.201 = 0.868 \text{ kg/s} = 3.12 \times 10^3 \text{ kg/h}$$

**习题8.**拟用离心泵将某生产车间的热水(平均温度为65℃)从热水池以40m<sup>3</sup>/h的流量输送到凉水塔顶，从喷头喷出而落入凉水池中，以达到冷却目的。已知水在进入喷头之前需要维持4.9×10<sup>4</sup>Pa的表压力，喷头入口位置比热水池水面高6m，吸入管路和排出管路中的压头损失分别为1m和3m。管路中的动压头可以忽略不计。试选用合适的离心泵，并确定泵的安装高度。当地大气压按101.3kPa计。

解：65℃，101.3kPa下，查《化工原理》(上册)附录得水的密度为980.5kg/m<sup>3</sup>，水的饱和蒸气压为187.5mmHg(即2.499×10<sup>4</sup> Pa)

在热水池液面与喷头入口截面之间列柏努利方程，求解有效压头，忽略动压头差，则有：

$$\begin{aligned} H_e &= (z_2 - z_1) + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \sum H_{f,1-2} \\ &= 6 + 0 + \frac{4.9 \times 10^4 - 0}{980.5 \times 9.807} + (1 + 3) \\ &= 15.1 \text{ m} \end{aligned}$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/618101133114007006>