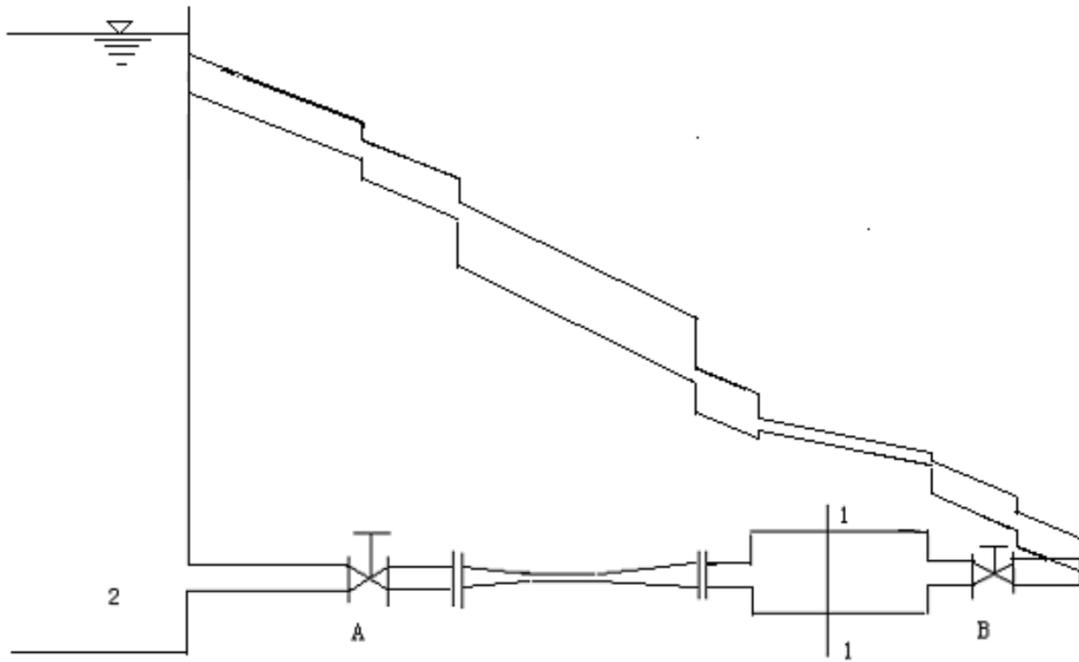


## 流动阻力和能量损失

1.如图所示:



(1) 绘制水头线; (2) 若关小上游阀门 **A**, 各段水头线如何变化? 若关小下游阀门 **B**, 各段水头线又如何变化? (3) 若分别关小或开大阀门 **A** 和 **B**, 对固定断面 1-1 的压强产生什么影响?

解: (1) 如图所示

(2) **A** 点关小阀门, 使 **A** 点局部阻力加大 (**A** 点总水头线下降更多) 但由于整个管道流量减小, 使整个管道除 **A** 点外损失减小, 即 **B** 点局部阻力减小 (**B** 点总水头线下降, 但没有原来多) 各管道沿程阻力减小 (总水头线坡长减小), 速度水头减小 (测压管水头线与总水头线之间距离减小)

同理可以讨论 **B** 点阀门关小的性质

(3) 由于 1—1 断面在 A 点的下游，又由于 A 点以下测压管水头线不变，所以开大或者关小阀门对 1—1 断面的压强不受影响。对 B 点，关小阀门，B 点以上测压管水头线上移，使 1—1 断面压强变大，反之亦然

2. 用直径  $d = 100\text{mm}$  的管道，输送流量为  $10\text{kg/s}$  的水，如水温为  $5^\circ\text{C}$ ，试确定管内水的流态。如用这样管道输送同样质量流量的石油，已知石油密度  $\rho = 850\text{kg/m}^3$ ，运动粘滞系数  $\nu = 1.14\text{cm}^2/\text{s}$ ，试确定石油的流态。

解：(1)  $5^\circ\text{C}$  时，水的运动粘滞系数  $\nu = 1.519 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$

$$Q = Q = Av, \quad v = \frac{10}{1 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times (0.1)^2}$$

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{10 \times 0.1}{1 \times 10^3 \times \frac{\pi}{4} \times (0.1)^2 \times 1.519 \times 10^{-6}} = 83863 > 2000$$

故为紊流

$$(2) \quad \text{Re} = \frac{10 \times 0.1}{850 \times \frac{\pi}{4} \times (0.1)^2 \times 1.14 \times 10^{-4}} = 314 < 2000$$

故为层流

3. 有一圆形风道，管径为  $300\text{mm}$ ，输送的空气温度  $20^\circ\text{C}$ ，求气流保持层流时的最大质量流量。若输送的空气量为  $200\text{kg/h}$ ，气流是层流还是紊流？

解：  $20^\circ\text{C}$  时，空气的运动粘滞系数  $\nu = 15.7 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$

$$\rho = 1.205\text{kg/m}^3 \quad \text{Re} = \frac{vd}{\nu} < 2000$$

$$v = \frac{2000 \times 15.7 \times 10^{-6}}{0.3} = 0.105\text{m/s}$$

$$Q_m = v A = 1.205 \times 0.105 \times \frac{\pi}{4} \times 0.3^2 \times 8.9 \times 10^3 \text{ kg/s} = 32 \text{ kg/h}$$

因为层流的最大流量为 32Kg/h 所以 200Kg/h 为紊流。

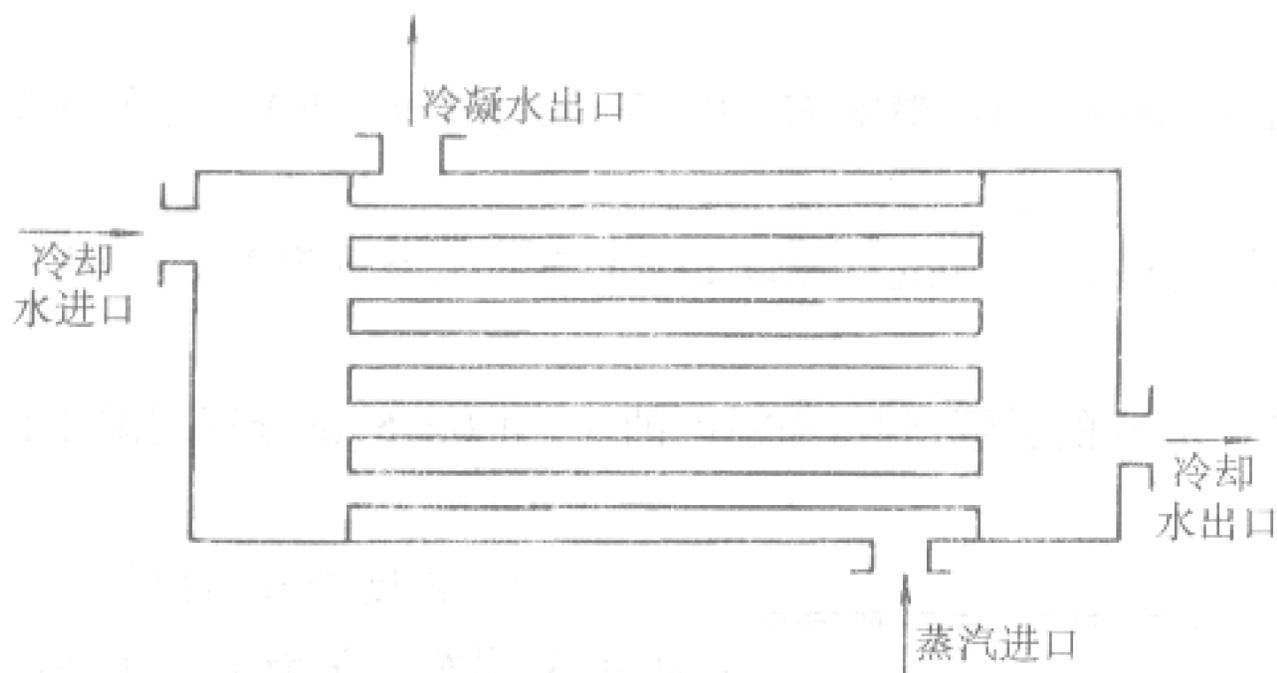
4.水流经过一渐扩管，如小断面的直径为  $d_1$ ，大断面的直径为  $d_2$ ，而  $\frac{d_2}{d_1} = 2$ ，试问哪个断面雷诺数大？这两个断面的雷诺数的比值  $Re_1/Re_2$  是多少？

$$\text{解： } Q = v_1 A_1 = v_2 A_2 ; \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = 4$$

$$\frac{Re_1}{Re_2} = \frac{v_1 d_1}{v_2 d_2} = 4 \times \frac{1}{2} = 2$$

故直径为  $d_1$  的雷诺数大

5.有一蒸汽冷凝器，内有 250 根平行的黄铜管，通过的冷却



水总流量为 8L/s，水温为 10°C，为了使黄铜管内冷却水保持为紊流（紊流时黄铜管的热交换性能比层流好），问黄铜管的直径不得超过多少？

解：0°C时，水的运动粘滞系数  $\nu = 1.31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

要使冷却水保持紊流, 则  $Re \geq 4000$

$$\frac{vd}{\nu} \geq 4000, \quad d \geq \frac{4000 \times 1.31 \times 10^{-6}}{v} \text{ mm}$$

即:  $d \geq 7.76 \text{ mm}$

若最小  $Re$  取 2000 时,  $d \geq 15.6 \text{ mm}$

6. 设圆管直径  $d = 200 \text{ mm}$ , 管长  $L = 1000 \text{ m}$ , 输送石油的流量  $Q = 40 \text{ L/s}$

运动粘滞

系数  $\nu = 1.6 \text{ cm}^2/\text{s}$ , 求沿程水头损失。

$$\text{解: } v = \frac{Q}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{40 \times 10^{-3}}{\frac{\pi \times 0.2^2}{4}} = 1.27 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1.27 \times 0.2}{1.6 \times 10^{-4}} = 1588, \text{ 故为层流}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1588} = 0.04$$

$$\therefore h_f = \frac{\lambda L v^2}{d \cdot 2g} = \frac{0.04 \times 1000 \times 1.27^2}{0.2 \times 2 \times 9.807} = 16.45 \text{ m}$$

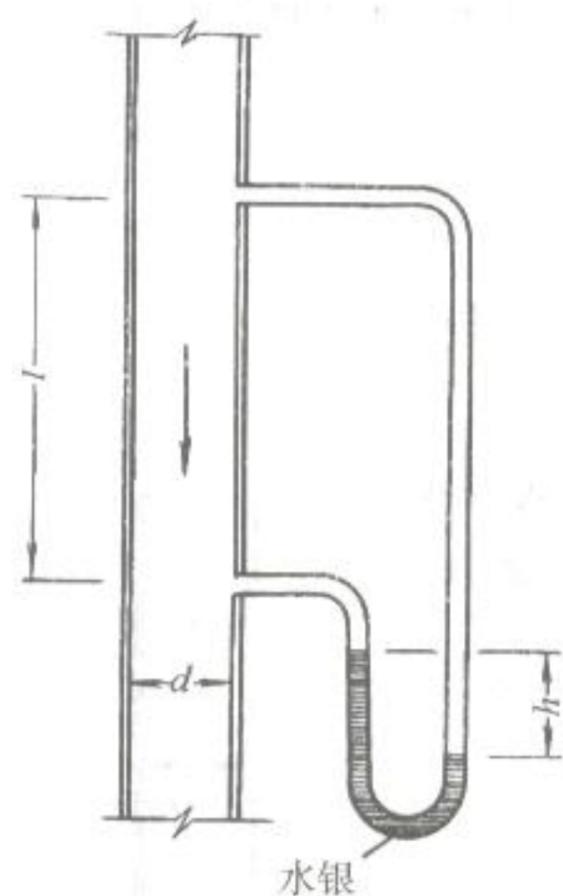
7. 有一圆管, 在管内通过  $Q = 0.013 \text{ cm}^3/\text{s}$  的水, 测得通过的流量为  $35 \text{ cm}^3/\text{s}$ , 在管长  $15 \text{ m}$  长的管段上测得水头损失为  $2 \text{ cm}$ , 求该圆管内径  $d$ 。

解: 假设为层流

$$Q = Av, \quad \lambda = \frac{64}{Re}, \quad Re = \frac{vd}{\nu}$$

$$h_f = \frac{\lambda L v^2}{d \cdot 2g} = 2 \text{ cm}$$

代入数据得:  $d = 19.4 \text{ mm}$



校核：  $Re = \frac{vd}{\nu}$ ，将  $d = 19.4\text{mm}$  代入，  $Re < 2000$

计算成立

8. 油在管中以  $v = 1\text{m/s}$  的速度流动，油的密度  $\rho = 920\text{kg/m}^3$ ， $L = 3\text{m}$ ， $d = 25\text{mm}$  水银压差计测得  $h = 9\text{cm}$ ，试求（1）油在管中的流态？（2）油的运动粘滞系数  $\nu$ ？（3）若保持相同的平均速度反向流动，压差计的读数有何变化？

解：（1）  $\frac{\rho \nu^2}{d} h = \rho L v^2$

$$= \frac{13600 \times 920 \times 9 \times 10^{-2}}{920}$$

$$= \frac{3 \times 10^2}{2 \times 9.807 \times 25 \times 10^{-3}}$$

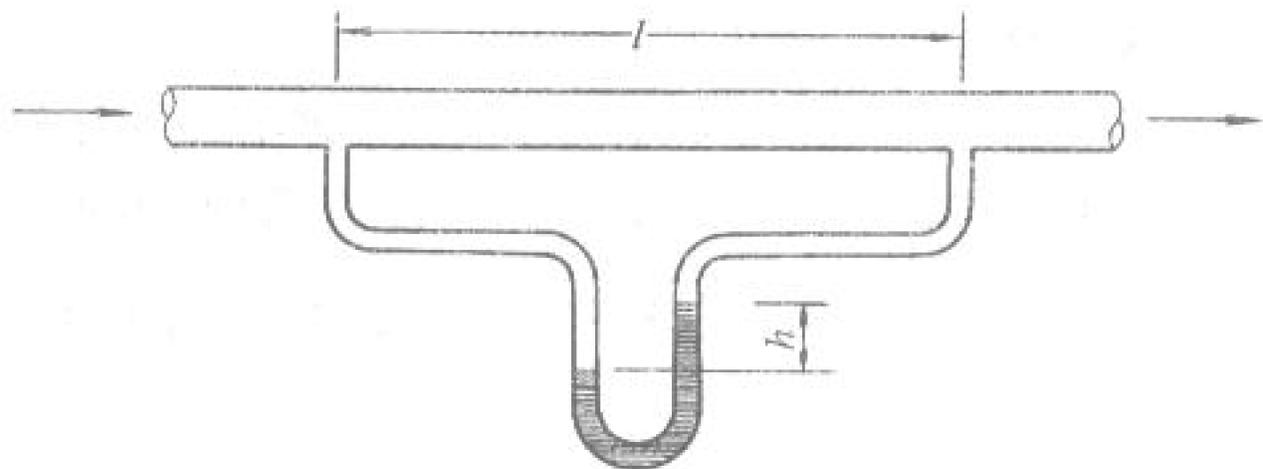
$\therefore \nu = 0.20$ 。设为层流，则  $Re = \frac{64}{0.20} = 320 < 2000$ ，故为层流

假设成立

（2）  $Re = \frac{vd}{\nu}$ ，  $\nu = \frac{1 \times 25 \times 10^{-3}}{320} = 7.8 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$

（3）当保持相同的平均速度反向流动时，上面压强小于下面压强水银柱会被压向另一侧，但是两边的压强差不变。

9. 油的流量  $Q = 77\text{cm}^3/\text{s}$ ，流过直径  $d = 6\text{mm}$  的细管，在  $L = 2\text{m}$



长的管段两端水银压差计读数  $h=30\text{cm}$ ，油的密度  $\rho=900\text{kg/m}^3$ ，求油的  $\lambda$  和  $\lambda$  值。

解：(1) 
$$h_f = \frac{\lambda L u^2}{d 2g}$$

$\lambda=0.0335$ ，设为层流

$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$ ，可以求得  $\text{Re}=1909 < 2000$  为层流

$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$ ，代入数据得  $\nu = 8.52 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$

$\lambda = 0.0335$

10. 利用圆管层流  $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$ ，水力光滑区  $\lambda = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}}$  和粗糙区

$\lambda = 0.11 \frac{k}{d} \frac{v}{\nu}^{0.25}$  这三个公式，论证在层流中  $h_1 \propto v$ ，光滑区  $h_1 \propto v^{1.75}$ ，

粗糙区  $h_1 \propto v^2$

解：层流中  $\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{vd}$

$$h = \frac{\lambda L v^2}{d 2g} = \frac{64 L v^2}{vd d 2g} = \frac{64 L v}{d^2 2g}$$

$\therefore h_1 \propto v$

光滑区  $\lambda = \frac{0.3164}{\text{Re}^{0.25}} = \frac{0.3164}{v^{0.25} d^{0.25}}$

$$h = \frac{\lambda L v^2}{d 2g} = \frac{0.3164 L v^{1.75}}{d^{1.25} 2g}$$

$\therefore h_1 \propto v^{1.75}$

粗糙区，由于与  $\text{Re}$  无关，故  $h = \frac{\lambda L v^2}{d 2g} = 0.11 \frac{k}{d} \frac{L v^2}{d 2g}$

$\therefore h_1 \propto v^2$

11. 某风管直径  $d=500\text{mm}$ ，流速  $v=20\text{m/s}$  沿程阻力系数

$\lambda = 0.017$ , 空气温度  $t = 20^\circ\text{C}$

求风管的  $K$  值。

解：查表得  $t = 20^\circ\text{C}$  时,  $\rho = 1.205 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu} = \frac{20 \times 500 \times 1.205}{15.7 \times 10^{-6}} = 6.4 \times 10^5, \text{ 故为紊流}$$

查莫迪图：由  $\lambda = 0.017$  及  $\text{Re}$  得：  $\frac{k}{d} = 0.0004$

$$\therefore k = 0.2 \text{ mm}$$

或用阿里特苏里公式  $\lambda = 0.11 \left( \frac{k}{d} \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25}$  也可得此结果

12. 有一  $d = 250 \text{ mm}$  圆管, 内壁涂有  $K = 0.5 \text{ mm}$  的砂粒, 如水温为  $10^\circ\text{C}$ , 问流动要保持为粗糙区的最小流量为多少?

解：  $\nu = 1.308 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$   $\frac{k}{d} = 0.002$

由  $\frac{k}{d}$  查尼古拉兹图, 得：  $\text{Re} = 6 \times 10^5$   $v = \frac{\text{Re} \nu}{d}$

$$\therefore Q = \frac{\pi}{4} d^2 v = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\text{Re} \nu}{d} = 0.154 \text{ m}^3/\text{s}$$

13. 上题中管中通过流量分别为  $5 \text{ L/s}, 20 \text{ L/s}, 200 \text{ L/s}$  时, 各属于什么阻力区? 其沿程阻力系数各为若干? 若管长  $l = 100 \text{ m}$ , 求沿程水头损失各为多少?

解：由尼古拉兹图可知：对  $\frac{k}{d} = 0.002$ , 紊流过渡区在

$$4 \times 10^4 < \text{Re} < 6 \times 10^5$$

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 v = \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\text{Re} \nu}{d} = \frac{\pi}{4} d \text{Re} \nu$$

当  $Q = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$   $\text{Re} = 19500$  在光滑区

$Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s}$   $\text{Re} = 78000$  在过渡区

$Q = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$   $\text{Re} = 780000$  在粗糙区

由  $h = \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$ , 光滑区  $\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$

过渡区  $\lambda = 0.11 \left( \frac{k}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$  粗糙区  $\lambda = 0.11 \left( \frac{k}{d} \right)^{0.25}$

得:

$$\lambda_1 = 0.027 \quad h_1 = 0.0057\text{m}$$

$$\lambda_2 = 0.026 \quad h_2 = 0.088\text{m}$$

$$\lambda_3 = 0.024 \quad h_3 = 8.15\text{m}$$

14. 在管径  $d = 50\text{mm}$  的光滑铜管中, 水的流量为  $3\text{L/s}$ , 水温  $t = 20^\circ\text{C}$ 。求在管长  $l = 500\text{m}$  的管道中的沿程水头损失。

解:  $20^\circ\text{C}$  时,  $\nu = 1.007 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$   $v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}d^2}$

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{Q/\frac{\pi}{4}d^2 \cdot d}{\nu} = \frac{4Q}{\pi d \nu} = \frac{4 \times 3 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05 \times 1.007 \times 10^{-6}} = 7.6 \times 10^4 > 2000 \quad \text{为紊流}$$

查表 4-1 得  $k=0.01$

$$\frac{k}{d} = \frac{0.01}{50} = 0.0002$$

查莫迪图得  $\lambda = 0.019$

$$\therefore h_f = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} = 22.64\text{m}$$

15. 某铸管直径  $d = 50\text{mm}$ , 当量糙度  $K = 0.25\text{mm}$ , 水温  $t = 20^\circ\text{C}$ , 问在多大流量范围内属于过渡区流动。

解:  $t = 20^\circ\text{C}$  时,  $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$

$$\frac{k}{d} = \frac{0.25}{50} = 0.005, \text{ 由莫迪图得: 过渡区 } Re = (4000 \sim 2.6 \times 10^5)$$

$$\therefore Re = \frac{4Qd}{\pi \nu}$$

$$\therefore Q = Re \frac{\pi \nu}{4d}$$

$$Q = (0.157 \sim 9.1\text{L/s})$$

16. 镀锌铁皮风道，直径  $d = 500 \text{ mm}$ ，流量  $Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ，空气温度  $t = 20^\circ\text{C}$ ，试判别流动处于什么阻力区。并求  $\lambda$  值。

解：查表得  $K = 0.15 \text{ mm}$ ， $\nu = 15.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2}, \quad Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d \nu} = \frac{1.2}{\frac{\pi}{4} \times 0.5 \times 15.7 \times 10^{-6}} = 1.97 \times 10^5$$

$$\therefore \frac{k}{d} = \frac{0.15}{500} = 0.0003$$

查莫迪图得  $\lambda = 0.018$ ，在过渡区

17. 某管径  $d = 78.5 \text{ mm}$  的圆管，测得粗糙区的  $\lambda = 0.0215$ ，试分别用图 4-14 和式 (4-33)，求该管道的当量糙度  $K$ 。

解：由式 (4-33)，

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2.1g \frac{3.7d}{K} \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{0.0215}} = 2.1g \frac{3.7 \times 78.5}{K} \Rightarrow k = 0.113 \text{ mm}$$

由  $\lambda$  及粗糙区，在图上查得： $\frac{k}{d} = 0.0015 \Rightarrow k = 78.5 \times$

$$0.0015 = 0.118 \text{ mm}$$

18. 长度  $10 \text{ m}$ ，直径  $d = 50 \text{ mm}$  的水管，测得流量为  $4 \text{ L/s}$ ，沿程损失为  $1.2 \text{ m}$ ，水温为  $20^\circ\text{C}$ ，求该种管材的  $k$  值。

解： $\nu = 1.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 v, \quad v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} d^2} = 2.037$$

$$h_f = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{d} \frac{Q^2}{\frac{\pi^2}{16} d^4 2g}$$

$$\lambda = \frac{16}{8} \cdot g \cdot d^5 \frac{h_f Q^2}{L},$$

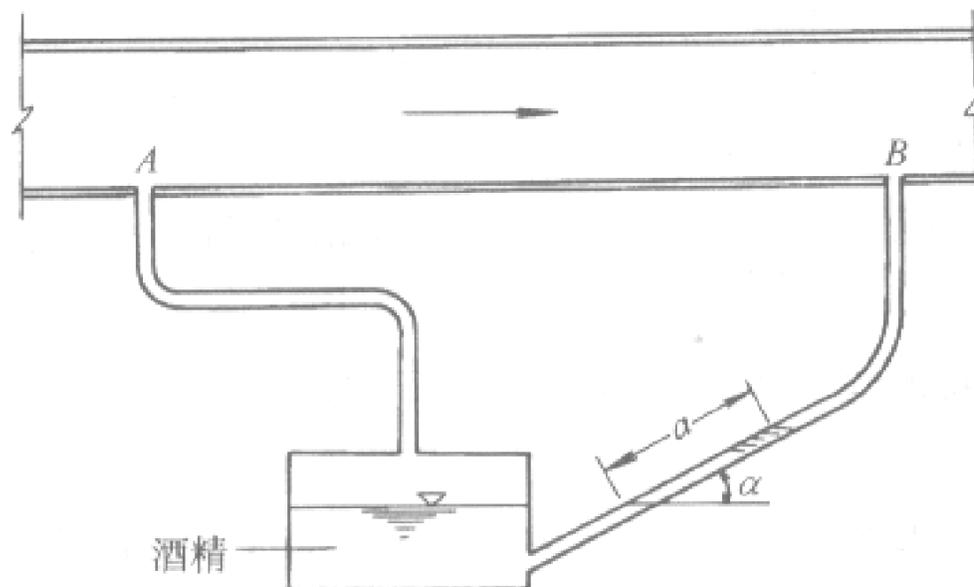
假设管中流动为紊流粗糙区  $\lambda = 0.11 \left( \frac{k}{d} \right)^{0.25}$

$$Re = \frac{2.037 \times 10^5}{1.007 \times 10^{-6}} = 1.01 \times 10^5$$

$$\frac{k}{d} = 0.0036$$

查莫迪图知，流动在紊流的粗糙区

19. 矩形风道的断面尺寸为  $1200 \times 600\text{mm}$ ，风道内空气的温度为  $45^\circ\text{C}$ ，流量为  $42000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，风道壁面材料的当粗糙度  $K=0.1\text{mm}$ ，今用酒精微压计量测风道水平段 AB 两点的压差，



微压计读值  $a=7.5\text{mm}$  已知  $\alpha=30^\circ$ ， $l_{AB}=12\text{m}$ ，酒精的密度  $\rho=860 \text{ kg/m}^3$ ，试求风道的沿程阻力系数  $\lambda$ 。

解：当量直径  $de=4R=\frac{4A}{\perp}=\frac{4 \times 1200 \times 600}{2 \times (1200+600)}=800\text{mm}$

$45^\circ\text{C}$  时， $v=6\text{m/s}$ ， $\rho=1.1165\text{kg/m}^3$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{42000}{3600 \times 1.2 \times 0.6} = 16.2\text{m/s}$$

$$Re = \frac{vde}{\nu} = \frac{16.2 \times 0.8}{18.1 \times 10^{-6}} = 7.16 \times 10^5 > 2000, \text{ 为紊流}$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{de} \frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta h}{\rho} = \frac{\rho}{\rho} a \sin \alpha$$

$$\frac{2 \deg a \sin \alpha}{Lv^2} = \frac{2 \times 0.8 \times 9.8 \times 7.5 \times 10^{-3} \times 860 \sin 30}{12 \times 16.2^2 \times 1.1165} = 0.014$$

此题也可查图得到结果。

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/238061112026006032>