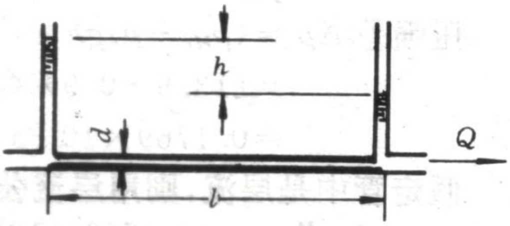
5-1 利用毛细管测定油液粘度，已知毛细管直径 $d=4\text{mm}$，长度 $l=0.5\text{m}$；流量 $Q=1\text{cm}^3/\text{s}$ 时，测压管的落差 $h=15\text{cm}$，试求油液的运动粘度。



题 5-1 图

［解］ 假定管中是层流。按公式

$$Q=\frac{\pi\Delta p d^4}{128\mu l}$$

可解出

$$\mu=\frac{\pi\Delta p d^4}{128lQ}=\frac{\pi\rho g h d^4}{128lQ}$$

于是流体的运动粘度为

$$\nu=\frac{\mu}{\rho}=\frac{\pi g h d^4}{128lQ}=\frac{\pi\times 9.81\times 0.15\times 0.004^4}{128\times 0.5\times 1\times 10^{-6}}$$

$$=0.185\times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}=0.185\text{cm}^2/\text{s}$$

验算：

$$Re=\frac{vd}{\nu}=\frac{4Qd}{\pi d^2\nu}=\frac{4Q}{\pi d\nu}$$

$$=\frac{4\times 1\times 10^{-6}}{\pi\times 0.0004\times 0.185\times 10^{-4}}$$

$$=17.2<2320$$

假定层流是正确的。

［答：$\nu=0.185\text{cm}^2/\text{s}$］

5-11 比重 0.85，$\nu=0.125\text{cm}^2/\text{s}$ 的油在粗糙度 $\Delta=0.04\text{mm}$ 的无缝钢管中流动，管径 $d=30\text{cm}$，流量 $Q=0.1\text{m}^3/\text{s}$，试判断流动状态并求：

(1)沿程阻力系数 λ；

(2)粘性底层厚度 δ；

(3)管壁上的切应力 τ_0。

[解] $Re=\dfrac{vd}{\nu}=\dfrac{4Q}{\pi d\nu}=\dfrac{4\times0.1}{\pi\times0.3\times0.125\times10^{-4}}=33953>2320$

光滑管上限

$$22.2\left(\frac{d}{\Delta}\right)^{8/7}=22.2\times\left(\frac{300}{0.04}\right)^{8/7}=595654>Re$$

故管中是光滑管紊流状态。据光滑管紊流公式可得：

(1)$\lambda=\dfrac{0.3164}{Re^{0.25}}=0.0233$

(2)粘性底层厚度

$$\delta=\frac{32.8d}{Re\sqrt{\lambda}}=\frac{32.8\times0.3}{33953\times\sqrt{0.0233}}=1.898\times10^{-3}\text{m}$$

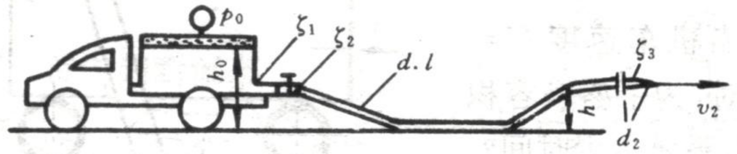
$$=1.898\text{mm}\approx1.9\text{mm}$$

(3)壁面处的切应力

$$\tau_0=\frac{\lambda}{8}\rho v^2=\frac{1}{8}\times0.0233\times850\times\left(\frac{4\times0.1}{\pi\times0.3^2}\right)^2$$

$$=4.89\text{Pa}$$

[答：$\lambda=0.023$，$\delta=1.9\text{mm}$，$\tau_0=4.89\text{Pa}$]



题5-19图

5-19 消防水龙带直径 $d_1=20\text{mm}$，长 $l=20\text{m}$ 末端喷嘴直径 $d_2=10\text{mm}$，入口损失 $\zeta_1=0.5$，阀门损失 $\zeta_2=3.5$，喷嘴 $\zeta_3=0.1$，(相对于喷嘴出口速度)沿程阻力系数 $\lambda=0.03$，水箱表压强 $p_0=4\text{bar}$，$h_0=3\text{m}$，$h=1\text{m}$。试求喷嘴出口速度 v_2。

［解］ 对水箱液面及喷咀出口断面列伯努利方程，即得

$$\frac{p_0}{\gamma}+h_0=\left(\zeta_1+\zeta_2+\lambda\frac{l}{d_1}\right)\frac{v_1^2}{2g}+(1+\zeta_3)\frac{v_2^2}{2g}+h$$

整理

$$\frac{p_0}{\gamma}+h_0-h=\left[\left(\zeta_1+\zeta_2+\lambda\frac{l}{d_1}\right)\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4+1+\zeta_3\right]\frac{v_2^2}{2g}$$

即得

$$v_2=\sqrt{\frac{2g\left(\frac{p_0}{\gamma}+h_0-h\right)}{\left(\zeta_1+\zeta_2+\lambda\frac{l}{d_1}\right)\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4+1+\zeta_3}}$$

$$=\sqrt{\frac{2\times 9.81\left(\frac{4\times 10^5}{1000\times 9.81}+2\right)}{\left(0.5+3.5+0.03\times\frac{20}{0.02}\right)\times\frac{1}{16}+1+0.1}}$$

$$=16\text{m/s}$$

［答：$v_2=16\text{m/s}$］