（816）工程流体力学答案

一、判断题（本大题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分）

1．水在等直径的圆管内流动时，由于流动阻力的存在，使得水流速度越来越慢。

2．流体在圆管中作层流运动时，其沿程阻力损失与速度的二次方成正比。

3．水箱中的水经变径管流出，若水箱水位保持不变，当阀门开度一定时，水流是非定常流动。

4．描述流动是一固定空间、固定断面或固定点为对象，应采用欧拉法。

5．弯管曲率半径 Rc 与管径 d 之比愈大，则弯管的局部损失系数愈大。

6．随流动雷诺数增大，管流壁面粘性底层的厚度也愈大。

7．欧拉数是惯性力和弹性力的比值。

8．叶片出口方向与叶轮的旋转方向相反，这种叶型叫做前向叶型。

9．水泵的扬程就是指它的提水高度。

10．流体在管道内流动时，流动损失等于两断面间的压强水头之差。

答：

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
错	错	错	对	错	错	错	错	错	错

二、简答题（本大题共 6 小题，每小题 5 分，共 30 分）

1．什么是理想流体？在什么情况下可将流体作为理想流体处理？

答：当不考虑流体的粘性力时，即把流体的粘性力作为零处理时，流体即为理想流体。

由层流流动粘性力计算公式（牛顿内摩擦定律）、紊流流动粘性力计算公式（由普朗特混合长度理论推导出的计算公式），以及纳维尔—斯托克斯公式（或雷诺方程），在两种情况下，将粘性流体可作为理想流体处理：

第一种情况（绝对值很小）：速度梯度很小，理想情况下，速度梯度为零。

第二种情况（相对值很小）：在纳维尔—斯托克斯公式（或雷诺方程）中，流体的粘性力（或雷诺应力）与其它力相比很小，可以忽略。

2．写出纳维—斯托克斯方程，并简述各项的物理意义。

$$\begin{cases}\dfrac{\partial u_x}{\partial t}+u_x\dfrac{\partial u_x}{\partial x}+u_y\dfrac{\partial u_x}{\partial y}+u_z\dfrac{\partial u_x}{\partial z}=f_y-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial x}+\nu\left(\dfrac{\partial^2 u_x}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right)\\ \dfrac{\partial u_y}{\partial t}+u_x\dfrac{\partial u_y}{\partial x}+u_y\dfrac{\partial u_y}{\partial y}+u_z\dfrac{\partial u_y}{\partial z}=f_y-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial y}+\nu\left(\dfrac{\partial^2 u_y}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u_y}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2 u_y}{\partial z^2}\right)\\ \dfrac{\partial u_z}{\partial t}+u_x\dfrac{\partial u_z}{\partial x}+u_y\dfrac{\partial u_z}{\partial y}+u_z\dfrac{\partial u_z}{\partial z}=f_z-\dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial p}{\partial z}+\nu\left(\dfrac{\partial^2 u_z}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u_z}{\partial y^2}+\dfrac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}\right)\end{cases}$$

方程的左边为惯性力，方程右边的第一、二、三项分别为质量力、压力和粘性力。

3．利用皮托管，如何测量某一点的流速？

答：利用皮托管和测压管（如 U 形管），可以测量流场中任一点上的流度。

由计算公式 $z_1+\dfrac{p_1}{\gamma}+\dfrac{v_1^2}{2g}=z_2+\dfrac{p_2}{\gamma}+\dfrac{v_2^2}{2g}$ 得

$v=\sqrt{\dfrac{2\Delta p}{\rho}}$　　其中 $\Delta p=p_2-p_1$

p_2、p_1 分别为总压和静压读数。

4. 什么是沿程阻力？什么是局部阻力？

流体沿流动路程所受的阻力称为沿程阻力

局部阻力之流体流经各种局部障力（如阀门、弯头、变截面管等）时，由于水流变形、方向变化、速度重新分布，质点间进行剧烈动量交换而产生的阻力。

5. 当流体在圆管内作紊流流动时，试分析在同一断面上的不同区域内，各种切应力所起的作用。

在层流底层，粘性力起主要作用，惯性力可忽略；在过渡区，粘性力和惯性力起同等作用；在核心区，惯性力起主要作用，粘性力可忽略。

6. 简述自动模拟区。

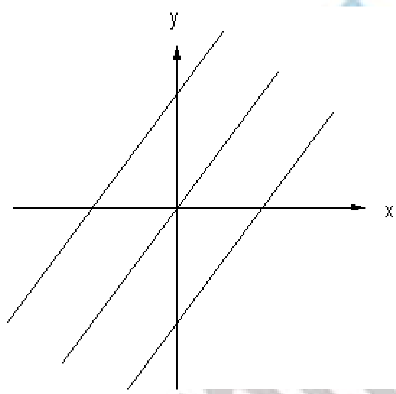
当管流雷诺数相当大时，断面流速接近均匀分布，紊流达到成熟阶段，进入阻力平方区。说明阻力与惯性力均与流速平方成正比。这样，模型设计不受模型律的制约，只是要求尽可能提高模型流动的雷诺数，使它们进入阻力平方区。由于这个缘故，阻力平方区也称为自动模型区。所谓自动模拟区，就是说，当某一相似准数在一定的数值范围内，流动的相信性和该准则数无关，也就是即使原型和模型的该准则数值不相等，流动仍保持相似，准则数的这一范围就称为自动模型区，并说流动进入了该准则数的自动模型区。

三、分析题（本大题共 4 小题，每小题 8 分，共 32 分）

1. 已知平面流动的速度为$u_x = 3m/s$，$u_y = 4m/s$，试绘制流线。

解：由$\frac{dx}{u_x} = \frac{dy}{u_y}$，得$3y - 4x = c$

由此绘制的流线如图所示。



2．当流量和断面面积相同时，证明圆形管道的沿程损失小于方形管道的沿程损失。

答：当流量和断面面积相同时，则速度相同。由$h_f = \lambda \frac{l}{d_e}\frac{v^2}{2g}$，若沿程阻力系数和管道长度相同，则影响沿程损失的物理量只有管道的当量管径。

圆形管道的当量管径$d_e = \sqrt{\frac{4}{\pi}A} = 1.1284\sqrt{A}$

方形管道的当量管径$d_e = 4\times\frac{A}{4a} = 4\times\frac{A}{4\sqrt{A}} = \sqrt{A}$

由此可见，圆形管道的当量管径大于方形管道的当量管径，则圆形管道的沿程损失小于方形管道的沿程损失。

3. 在紊流光滑（管）区，沿程阻力系数λ随着Re的增加而减小，由$h_f = \lambda\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$，因此，有人说：在紊流光滑（管）区，随着$\mathrm{Re}$的增加，沿程阻力逐渐减小。你认为此说明正确吗？为什么？

答：不正确。在紊流光滑（管）区，如取沿程阻力系数$\lambda = \frac{0.3164}{\mathrm{Re}^{0.25}}$，可以看出，当$\mathrm{Re}$

的增加时，沿程阻力减小。将λ代入$h_f=\lambda\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}$，得

$$h_f=\frac{0.3164}{\mathrm{Re}^{0.25}}\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g}=\frac{0.3164}{\left(\frac{\rho d}{\mu}\right)^{0.25}}\frac{l}{d}\frac{v^{1.75}}{2g}$$

可以看出，当Re的增加时，速度v增加，沿程阻力增加。

4．简述如何调节泵或风机的工况点？

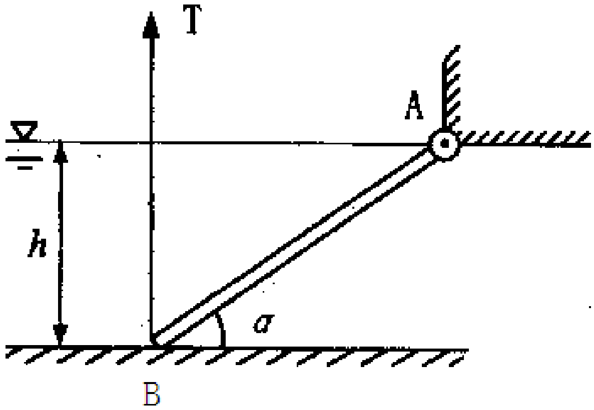
答：由于工况点是泵或风机的性能曲线与管路性能曲线的交点，要改变工况点，一是可以通过改变泵或风机的性能曲线，二是可以通过改变管路性能曲线。

改变泵或风机的性能曲线的方法有：改变转速等。

改变管路性能曲线的方法有：调节管路上的阀门开度等。

四、计算题（本大题共 4 小题，共 68 分）

1. 如图所示，一矩形平板闸门 AB，宽 b=2m，与水平面夹角α=30°，其自重 G=19.6kN，并铰接于 A 点。水面通过 A 点，水深 h=2.1m，试求打开闸门的最大铅直拉力 T。（20 分）



（第 1 题图）

解：闸门 AB 上的水压力$P=\gamma h_c A=\rho g h_c\times l\times b$

$$l=\frac{h}{\sin 30^\circ}=2h \qquad h_c=\frac{h}{2}$$

$$P=\rho g\cdot\frac{h}{2}\cdot 2h\cdot b=\rho g h^2 b=86.44\,\mathrm{kN}$$

作用点 D，$y_D=y_c+\frac{J_C}{y_c A}=\frac{2}{3}l=\frac{4h}{3}$

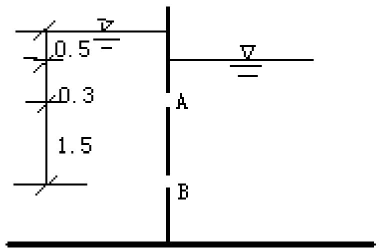
重力 G 作用点 C，AC=$\frac{1}{2}l$

$$\sum M_A = 0 - Tl\cos 30° + p\cdot\frac{4}{3}h + G\cdot\frac{l}{2}\cos 30° = 0$$

T=$\dfrac{1}{2h\cdot\dfrac{\sqrt{3}}{2}}\left(p\cdot\dfrac{4}{3}h + G\cdot h\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right)$=76.34kN

打开闸门的最小铅直拉力为 76.34kN。

2.水池的隔板上开有两个相同的小孔 A 和 B,小孔面积 3cm²,流量系数 μ=0.62,,试求小孔的流量之和。（14 分）



（第 2 题图）

解：对孔口 A，列 1-1，2-2 两断面的伯努利方程

$$H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \zeta_1\frac{v_C^2}{2g} + \zeta_2\frac{v_C^2}{2g}$$

对自由液面的淹没出流，有 $p_1 = p_2 = p_a$，且忽略上下游液面的速度头，同时取 $\zeta_2 = 1$，则

$$v_C = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta_1}}\sqrt{2gH}$$

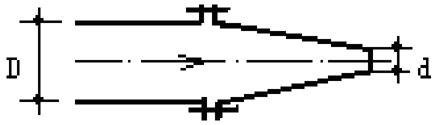
则流量为

$$Q = \mu A\sqrt{2gH} = 0.62\times 3\times 10^{-4}\times\sqrt{2\times 9.81\times 0.5} = 5.8257\times 10^{-4}\ m^3/s$$

则总的流量为

$$Q = 2\times 5.8257\times 10^{-4} = 1.165\times 10^{-3}\ m^3/s$$

3．水由喷嘴射出，已知流量 Q=0.4m³/s，主管直径 D=0.4m，喷口直径 d=0.1m，水头损失不计，求水作用在喷嘴上的力 R。（20 分）



（第 3 题图）

解：列 1-1，2-2 两断面的的伯努利方程得

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_1=\frac{Q}{A_1}=\frac{0.4}{\frac{\pi}{4}0.4^2}=3.18m/s$$

$$v_2=51m/s$$

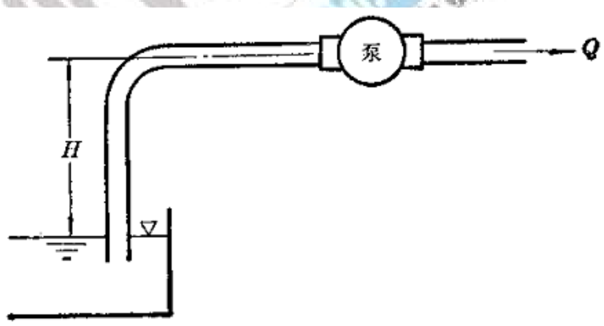
已知［动量修正系数］B1=1

已知［动量修正系数］B2=1

$$p_1-R=\rho Q(v_2-v_1)$$

$$R=1300\frac{\pi}{4}0.4^2+1000\times0.4(3.18-51)=143.4kN$$

4．齿轮泵由油箱吸取润滑油，其流量为$Q=1.2\times10^{-3}m^3/s$，润滑油的运动粘度为$\nu=4\times10^{-5}m^2/s$，油的重度为$\gamma=9000N/m^3$，吸油管长 10m，管径$d=40mm$，油泵进口最大允许真空度为 2.5m 水柱。流动只考虑沿程损失，层流流动沿程阻力系数为$\lambda=64/\mathrm{Re}$。求油泵允许的安装高度H。(14 分)



（第 4 题图）

解：由 o-o　1-1 断面列伯努利方程

$$0+0+0=H+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2{}^2}{2g}+h_l$$

$$R_e=\frac{4Q}{\pi d\nu}=\frac{4\times1.2\times10^{-3}}{\pi\times4\times10^{-3}\times4\times10^{-5}}=955<2320$$ 流态为层流

$$h_l=\frac{32\mu lv}{\gamma d^2}$$

$$H=-\frac{p_2}{\gamma}-\frac{v^2}{2g}-h_l=2.5\times\frac{9810}{9000}-\frac{16\times0.0012^2}{\pi^2\times0.04^4\times9.81}$$

$$-\frac{32\times0.4\times10^{-4}\times10\times0.0012}{9.81\times\frac{\pi}{4}\times0.04^4}=1.85\text{m}$$