



知识点五 流体力学

【内容预览】

知识体系	具体知识点		解题要点
理想流体的定常流动	理想流体		牢记连续性方程 $S_1 v_1 = S_2 v_2$
	定常流动		
	连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$		
伯努利方程	伯努利方程: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$		理解掌握伯努利方程
	伯努利方程的应用	水平管中压强流速关系	
		均匀管中压强高度关系	
实际流体流动规律	层流		1.了解牛顿黏性定律和黏性流体的伯努利方程 2.了解泊肃叶定律和斯托克斯定律
	湍流		
	流体对固体阻力		

【知识清单】

§5.1 理想流体的定常流动

一、理想流体和定常流动

- 1.理想流体：绝对不可压缩且没有黏性的流体。
- 2.定常流动：空间各点的流速分布不随时间变化，即在不同时刻相继出现在空间同一点的流体的质元总是以同样的速度通过该点，这样的流动称为定常流动。

二、连续性方程

连续性方程: $S_1 v_1 = S_2 v_2$

注意：该公式的推导核心是利用体积相等，即前后两部分的液体的体积必须是相等的。
这个公式是本章节最重要的公式之一，一定要牢记。

例 有一个三通管，水流过 A 管后经 B、C 两个支管流出，已知三个管的横截面积分别为 $S_A=100\text{ cm}^2, S_B=40\text{ cm}^2, S_C=80\text{ cm}^2$ ，A、B 两管的流速分别为 $v_A=40\text{ cm/s}, v_B=30\text{ cm/s}$ 。求 C 管的流速。

解 根据连续性方程可得：

$$S_A v_A = S_B v_B + S_C v_C$$

所以:

$$v_C = \frac{S_A v_A - S_B v_B}{S_C} = 35 \text{ cm/s}$$

§5.2 伯努利方程

一、伯努利方程

伯努利方程: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$

例 (武大习题) 有一个截面很大的竖直放置的圆柱形水桶, 其底部有一个截面面积很小的小孔, 当水桶内水深为 h 时, 求水从小孔流出的速度大小。

解 因为小孔太小, 所以认为上方的水的流速为 0, 以小孔处为高度的参考面, 设 p 为大气压, 则

根据伯努利方程可得: $p + 0 + \rho g h = p + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + 0$

所以: $v_2 = \sqrt{2gh}$

二、伯努利方程的应用

1. 水平管中压强流速关系

此时伯努利方程简化为: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$

空吸作用: 当流体以较快的流速通过管道时, 在管道狭窄部分流速很大, 可能使该处压强小于管外的大气压强, 如果此处开口于外界液体或空气联通, 那么可吸入外界液体或空气, 这种现象叫空吸作用; 常见的应用是喷雾器。

根据此时的伯努利方程可得压强与流速的关系: **流速大处压强小, 流速小处压强大。再结合连续性方程可得: 理想流体在截面不均匀的管道中流动时, 截面大处压强大, 截面小处压强小。**

2. 均匀管中压强高度关系

此时伯努利方程为: $p_1 + \rho g h_1 = p_2 + \rho g h_2$

根据此时的伯努利方程可知: **在截面均匀的流管中, 较高处的流体压强较小, 较低处的流体压强较大, 这和静止液体中压强和高度的关系相同。**

§5.3 实际流体流动规律

一、层流

1. 层流: 在不同条件下, 黏性流体的流动状态是不同的, 当流速不太大时, 液体是分层流动的, 相邻各层以不同的速度作相对滑动, 彼此不相混合, 这种分层流动称为层流。

2. 牛顿黏性定律: 液体的内摩擦力与该处的速率梯度 $\frac{dv}{dr}$ 大小成正比, 与接触面积成正比; $F = \eta S \frac{dv}{dr}$ 。

3. 黏性流体伯努利方程: $p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + \Delta E$

4. 流速分布: $v = \frac{\Delta p}{4\eta L}(r_0^2 - r^2)$, 即截面上各处流速 v 随该处到管轴距离 r 的增大而减小。

5. 泊肃叶定律: 通过整个横截面的流量 $Q = \frac{\pi \Delta p}{8\eta L} r_0^4 = \frac{\Delta p}{R}$

二、湍流

1. 湍流: 当黏性液体流速超过某一限度时候, 流体将不再保持分层流动, 外层流体分子可以进入内层, 整个流动紊乱而不稳定, 流体中每一点的速度大小和方向都在不断变化, 并且还会出现旋涡, 这种流动叫做湍流。

2. 雷诺数: $Re = \frac{\rho v d}{\eta}$, 从层流过渡到湍流就取决于雷诺数。

$Re < 2000$ 时, 流体作层流;

$Re > 3000$ 时, 流体作湍流;

$2000 < Re < 3000$ 时, 不确定, 两者都有可能。

三、流体对固体的作用力

斯托克斯定律: 半径为 r 的球形物体在液体中运动时受到的黏性阻力是: $F = 6\pi\eta vr$

【常考题型】

本章内容较少, 所考题型也十分有限, 主要以小题出现考察定量计算, 学习时要牢记几个公式:

1. $S_1 v_1 = S_2 v_2$

2. $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$

3. 牛顿黏性定律: $F = \eta S \frac{dv}{dr}$

4. 流速分布: $v = \frac{\Delta p}{4\eta L}(r_0^2 - r^2)$

5. 泊肃叶定律: 通过整个横截面的流量 $Q = \frac{\pi \Delta p}{8\eta L} r_0^4 = \frac{\Delta p}{R}$

6. 雷诺数: $Re = \frac{\rho v d}{\eta}$, 判断黏性液体的流动情况。

7. 斯托克斯定律: $F = 6\pi\eta vr$

【精选习题】



微信扫码关注公众号“学解”, 回复“大物习题”即可获取