

1 第六讲 流体力学

1.1 压强与平衡方程

物质的三态：固态，液态，气态

流体（液态，气态）：具有一定体积、无固定形状、易于变形，具有一定的流动性

液体和气体的不同点：液体有一定体积，几乎不可压缩，黏性大；气体没有一定体积，充满整个容器，易压缩，粘性小

连续介质假设：流体在其存在的空间是连续、无间隙分布的，可取微分元

流体元：宏观足够小而微观足够大，流体物理量是大量流元的相应物理量的统计平均

1.1.1 流体静力学压强

静止流体没有抵抗剪切形变的能力，作用在流体内任一面元上的应力必与该面元垂直

在静止流体中任取一个小面元 $d\vec{s}$ ，作用在此面元上的力为 $d\vec{f}$

$$\text{通常流体内部的压力： } d\vec{f} = -pd\vec{s}$$

p 称为流体静力学压强， p 为标量，单位帕（Pa）

流体中静压强与面元取向无关

1.1.2 静止流体的平衡方程

作用在流元上的力可以分为两类

面积力：可用压强表述，作用在流元外表面上

体积力：作用在每一质量微元上，亦称质量力

设单位质量流体上的体积力为 \vec{F} ，则 $d\vec{F} = \rho\vec{F}dxdydz$

对静止流体： $\rho\vec{F}dxdydz - \nabla p dxdydz = 0$

即

$$\rho\vec{F} - \nabla p = 0 \quad \rho F_x = \frac{\partial p}{\partial x} \quad \rho F_y = \frac{\partial p}{\partial y} \quad \rho F_z = \frac{\partial p}{\partial z}$$

结论：体积力与压强梯度方向平行，体积力与等压面垂直

重力场中的静止流体

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

设深度 $z = z_A$ 处的压强 p_A ， $z = z_B$ 处的压强 p_B ，若密度为常量

$$p_B = p_A - \int_{z_A}^{z_B} \rho g dz = p_A - \rho g(z_B - z_A)$$

静止在重力场中的同种流体

- (1) 液体中压强随距液面深度线性变化
- (2) 等压面是水平面，与重力方向垂直

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \quad z + \frac{p}{\rho g} = c \text{ (常数)}$$

1.2 流体连续性原理

1.3 伯努利方程及其应用

1.4 粘滞流体的运动

1.5 运动物体在流体中的受力