

第一章 流体及其物理性质

1. 连续介质假设

临界体积：流体分子团增大到一定体积时，分子热运动对分子团平均速度的影响可以忽略不计，这个体积称为临界体积。

流体质点：无线尺度,无热运动,只在外力作用下作宏观平 移运动 ，质点的性质为其周围临界体积内分子的平均性质。

流体质元：大量流体质点构成的微小单元 $(\delta x, \delta y, \delta z)$ 。流体质点相对运动形成流体元的旋转和变形运动 。

连续介质假设:假设流体是由连续分布的流体质点组成的介质 。

2. 流体的易变形性

流体（力学定义）：不能抵抗任何剪切力作用下的剪切变形趋势的物体。

1 .流体不能承受拉力。{这条没有证明}

2 .静止流体不能承受切向应力。因为流体具有易变形性，所以对于刚体模型能平衡的所有有切向应力的应力状态，流体微元都不能平衡。比如材料力学中的平面纯剪切应力状态下流体微元会发生变形。

3. 流体的黏性

粘性力：相邻两层流体作相对运动时存在的内摩擦作用。

库仑的悬吊圆盘摆动实验证明衰减原因不是圆板与液体间的摩擦,而是液体内部的摩擦,即内摩擦。

流体黏性的形成原因：

液体：主要由分子内聚力形成。

气体：主要由分子动量交换形成。

壁面不滑移假设：流体与固壁形成分子量级的黏附，分子内聚力使得固壁上的流体质点与固壁一起运动，即固壁上流体与固壁相对速度为零。

壁面不滑移假设已被大量实验证实，被称为壁面不滑移条件。

牛顿黏性定律： $\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \dot{\gamma}$

a.粘性切应力与速度梯度，或变形速度 $\frac{du}{dy}$ 成正比

b.粘性切应力与角变形速率 $\dot{\gamma}$ 成正比

其中的比例系数 μ 称为(动力)黏度。

动力黏度 dynamic viscosity: $\mu := \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$

温度对流体的黏度影响很大，温度越高，液体的黏度越低，气体的黏度越高。

运动黏度 kinematic viscosity: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

4. 流体的可压缩性

流体的密度：单位体积的质量；临界体积内的质量。

$$\rho := \lim_{\Delta \tau \rightarrow 0} \frac{\delta m}{\delta \tau} = \frac{dm}{d\tau}$$

重度: $\gamma = \rho g$

比重: $SG = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}(4^\circ C)}$

流体的可压缩性: 在外力作用下流体密度, 或体积, 发生改变的的性质。

体积模量: $K = \frac{dp}{\left(\frac{-d\tau}{\tau}\right)} = \frac{dp}{\left(\frac{d\rho}{\rho}\right)}$

声速: $c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$

马赫数: $M_a = \frac{V}{c}$, 当马赫数 < 0.3 时, 气体可以按不可压缩流体处理; 马赫数 > 0.3 时, 按可压缩流体处理。

表面张力: 液体与气体、另一种不相容的液体或固体相接触时, 会形成一个表面层, 在这个表面层内存在着的相互吸引力就是表面张力, 它能使液面自动收缩。

内聚力: 同一种物质的分子之间的相互作用力。

附着力: 不同物质的分子之间的相互作用力。

内聚力小于附着力的情况下, 就会产生“浸润现象”; 反之, 则会出现“不浸润现象”。

接触角 Contact angle: 在固、液、气三相交界处, 自固-液界面经过液体内部到气-液界面之间的夹角称为接触角。

$\theta > 90$ 度, 不浸润; $\theta < 90$, 浸润

表面张力公式

球形液面

$$\sigma 2\pi R = \Delta p \pi R^2 ; \quad \Delta p = 2 \frac{\sigma}{R}$$

非球面: $\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$ {这个公式不用掌握}