

MECANIQUE des FLUIDES

Equations d'Euler—TD1

■ 流体静力学

流体静力学是研究流体在外力作用下处于相对静止状态的平衡规律。

➡ **主要研究的问题：**静态液体的压力分布、容器壁的受力、液体的输送等。

静止流体不呈现粘性，静止流体不能承受剪应力

■ 流体静力学中的欧拉平衡方程

欧拉平衡方程：

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \overline{\text{grad}} \vec{V} \cdot \vec{V} = -\frac{1}{\rho} \overline{\text{grad}} p + \vec{F}$$

流体静力学中：

$$\vec{F} - \frac{1}{\rho} \overline{\text{grad}} p = 0$$

静平衡状态下流体内部质量力和表面力的平衡状态

MECANIQUE des FLUIDES

Equations d'Euler—TD1

■ 流体静力学中的欧拉平衡方程（续）

重力场中：

$$\vec{F} (f_x = 0, f_y = 0, f_z = -gz)$$

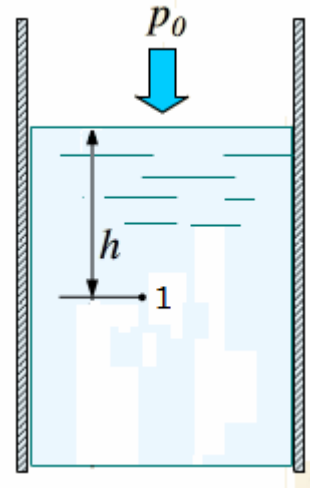
将上式带入欧拉方程：

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

假设水深 h ，自由液面上作用大气压 p_0 ：

$$p = p_0 + \rho gh$$

静止液体内部压强分布



上式也可通过伯努利方程推导

MECANIQUE des FLUIDES :

Equations de Bernoulli—TD2

■ 伯努利方程的不同形式及物理意义

$$(1) \quad p + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho gh = cste$$

量纲为压力

$$\frac{N}{m^2} = \frac{J}{m^3}$$

$$\frac{1}{2}\rho V^2 \quad \text{—动压}$$

$$p + \rho gh \quad \text{—静压}$$

该方程说明理想流体在流管中作稳定流动时, 单位体积的动能、重力势能、该点的压强之和为一个常量, 表征单位体积流体机械能守恒。

$$(2) \quad \frac{p}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + h = cste \quad \text{量纲为高度}$$

$$\frac{p}{\rho g} \quad \text{—流场中一点上单位重量流体所具有的压力势能, 压力对单位体积重量流体所做的功}$$

$$\frac{V^2}{2g} \quad \text{—表示单位重量流体所具有的动能}$$

$$h \quad \text{—流场中该点的高度, 位能}$$

该方程表示流场中一点上单位重量流体所具有的总机械能, 表征单位重量流体机械能守恒。

MECANIQUE des FLUIDES :

Equations de Bernoulli—TD2

■ 伯努利方程的不同形式及物理意义 (续)

$$(3) \quad \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2}V^2 + gh = cste \quad \text{量纲为单位质量压力}$$

$$\frac{N}{m^2} \frac{m^3}{kg} = \frac{J}{kg}$$

$\frac{p}{\rho}$ —流场中某一点上单位质量流体所具有的压力能或弹性势能

$\frac{1}{2}V^2$ —单位质量流体所具有的动能

gh —单位质量流体所具有的位能

该方程表示流场中一点上单位质量流体所具有的总机械能，表征单位质量流体机械能守恒。

(1)(3) 多用于气体； (2) 多用于液体

■ 伯努利方程的适用范围

理想流体、定常流动、不可压缩流体（正压流体）、质量力为重力、沿流线或涡线；无旋流动。

MECANIQUE des FLUIDES :

Equations de Bernoulli—TD2

■ 理想流体沿流线的伯努利方程

$$(2) \quad \frac{p}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + h = cste \quad \text{量纲为高度}$$

重力作用下的理想不可压缩流体稳定流动中，沿同一条流线上，单位重量流体具有的位能、压能和动能的相互转换和守恒关系。

$$\frac{p}{\rho g}$$

流体因具有压强 p 而可在管中上升的高度；单位重量流体流经该点时相对于基准面的压能。

$$\frac{V^2}{2g}$$

流体以速度 v 反抗重力向上自由喷射所能达到的高度；单位重量流体流经该点时所具有的动能。

$$h$$

流体对于基准面的位置高度；单位重量流体流经该点时相对于基准面的位能。

MECANIQUE des FLUIDES : Equations de Bernoulli—TD2

■ 理想流体沿流线的伯努利方程（续）

