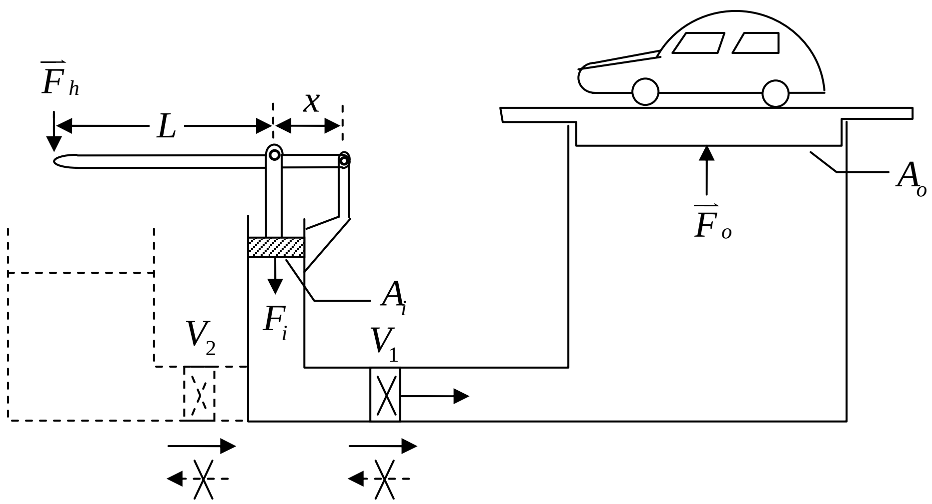
第 21 次课　液压原理_压强测量_表面张力_液体动力学_流线_连续性方程_2007.11.19

帕斯卡原理的应用 —— 液压起重机



Pascal 原理：$\dfrac{F_i}{A_i}=\dfrac{F_o}{A_o} \quad \longrightarrow \quad F_i=F_o\dfrac{A_i}{A_o}$

$$F_h=\frac{x}{L}F_i=F_o\frac{A_i}{A_0}\cdot\frac{x}{L}$$

用小力做功——移动大物体（ 但物体质量超大，这就不能了 ）

但必须使小活塞往复做功，需要一个重要部件“单向阀”，V_1，V_2 只允许液体从左向右流动。

流体：”单向阀” $\longrightarrow$ 控制流体的流动

电流：　二极管 $\longrightarrow$ 控制电荷的流动　　　单向流动性

光　：　“？？” $\longrightarrow$ 控制光的流动

人员：　　？

资金：　　？

$\boxed{\text{差别} \rightarrow \text{流动}}$

二极管整流特性

举例：国外的经历!!

压强的测量（ 详见教材 ）

表面张力：

由于在液体的表面上分子或原子间距由于受力不平衡（ 体内原子或分子所受的力是平衡的），必然导致表面层原子或分子之间的间距变化，即间距偏离平衡位置而造成分子间的相互作用势能增加。为了降低由于表面存在所引起的相互作用势能的增加，表面有收缩减小的趋势。由此在表面切向方向会产生力的作用，这就是表面张力的来源：分子间的相互作用。

亲水、疏水、疏油、亲油，双亲、双疏等特性与液体本身的表面张力以及与接触物体之间相互作用有关。除了改变材料，还可以改变材料表面的微结构获得不同亲、疏水性能。

$r=\dfrac{F}{L}=\dfrac{\Delta U}{\Delta A}$ （ $\dfrac{F}{L}$：单位长度上的力 $\dfrac{\Delta U}{\Delta A}$：单位面积上的表面势能 ）

Chapter 16 Fluid Dynamics

流体的基本概念：

1. 流体质元、微元、微团：宏观上足够小的点，以致于在其上物理性质一样，等效为质点；微观上足够大，包括了大量的原子或分子，形成的集团，微团

2. 描述流体流动的方法：

1) **拉格朗日法**：对于组成流体的每一个质元进行单独跟踪研究，例如：

$$\left.\begin{aligned} x&=x(x_0,y_0,z_0,t)\\ y&=y(x_0,y_0,z_0,t)\\ z&=z(x_0,y_0,z_0,t)\end{aligned}\right\}$$

表示在 $t=0$ 时刻处于 x_0,y_0,z_0 位置上的流体质元在 t 时刻所处的位置

2) **欧拉法**：将液体的流动性质看成一个场，即某个物理量是空间的函数，这样不考虑每个流体质元单独运动情况，而是了解在某一时刻 t 整体考虑空间上每一点的

$$\left\{\begin{aligned} &\text{速度场}\quad \vec{v}(x,y,z,t)\\ &\text{加速场}\quad \vec{a}(x,y,z,t)\\ &\text{压强场}\quad p(x,y,z,t)\\ &\vdots \end{aligned}\right.$$

3. 各种流体

1) **定常流动流体**：空间中各个位置 (x,y,z) 上的流体质元的物理性质：如速度 $\vec{v}$ 仅是位置的函数 $\vec{v}=\vec{v}(x,y,z)$，与 t 无关，不随时间变化。
(非定常流动)

2) **不可压缩流体**： $\rho=const$，空间上任一点的流体密度一致
(可压缩流体)

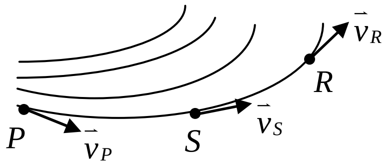
3) **理想流体** — 无粘滞流体：流体内任意相邻质元间无摩擦力
(非理想流体 — 粘滞流体)

4) **转动流体**：流体质元在流动中有绕自身质心的转动 $\rightarrow$ 一桶转动的水
(非转动流体) --- (漩涡)

4. 流线：在定常流动中，通过某个特定点 P 的任意流体质元不仅速度为 $\vec{v}_P$，而且必

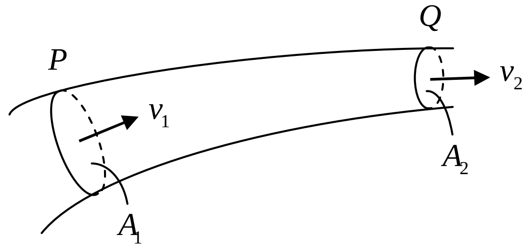
定分别以 $\vec{v}_Q$ 和 $\vec{v}_R$ 的速度分别通过 Q，R 点。

通过 P 点的流体质元的轨迹——流线
用流线表示流体速度场：越密的地方速度越大，越稀的地方越小
流线上一点的速度方向为该点的切向方向



流管：由一组流线组成的“流管”，流管内的流体不能穿过流管壁流出管外。

质量连续性方程：



在 δt 时间内：

在流管 P 端流进的流体质量：$\delta m_1 = \rho_1 A_1 v_1 \delta t$

在流管 Q 端流出的流体质量：$\delta m_2 = \rho_2 A_2 v_2 \delta t$

由于流体不可压缩以及没有产生质量的“源”以及质量消失的“汇”，

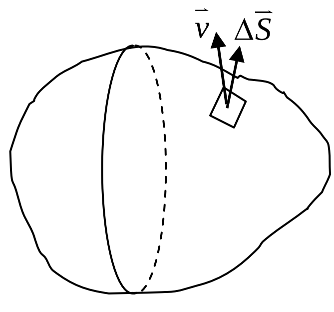
因而 流进的质量＝流出的质量

$$\underbrace{\rho_1 = \rho_2 \qquad\qquad\qquad \delta m_1 = \delta m_2}$$

$\rho A v = const$ 或 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ **连续性方程**

截面大，流速小；截面小，流速大。

在流体中取一封闭曲面 S



在曲面上取一小面积微元 $\Delta\vec{S}$，流过该面积微元的

质量 $\propto$ $\vec{v}\cdot\Delta\vec{S}$，对整个封闭曲面积分：

$$\oiint \vec{v}\cdot d\vec{S} = 0$$

连续性方程积分形式
即流进该曲面的质量等于流出该曲面的质量