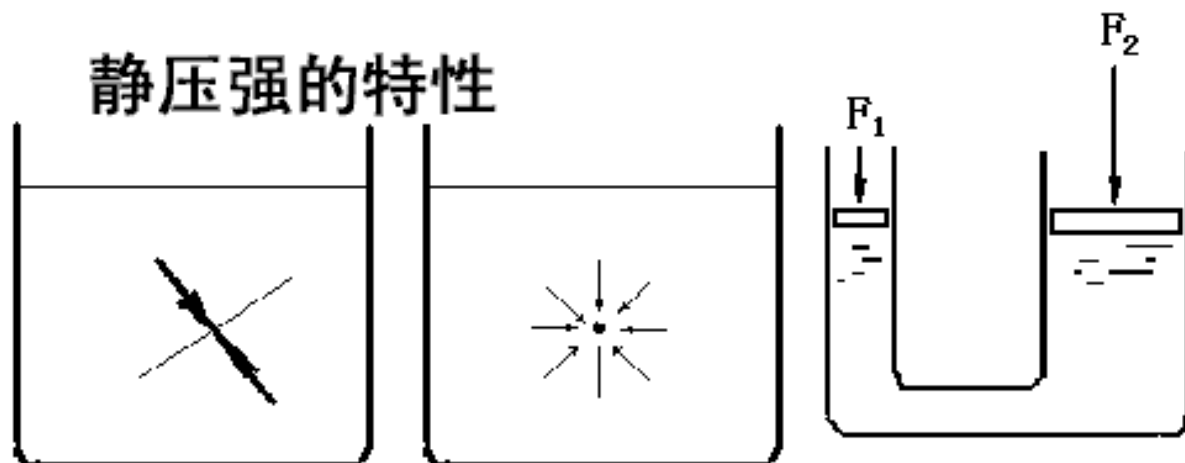


# 流体静力学



- ① 静止流体中任意界面上只受到大小相等方向相反的压力
- ② 作用于任意点所有不同方位的静压强在数值上相等
- ③ 压强各向传递

## 流体静力学基本方程

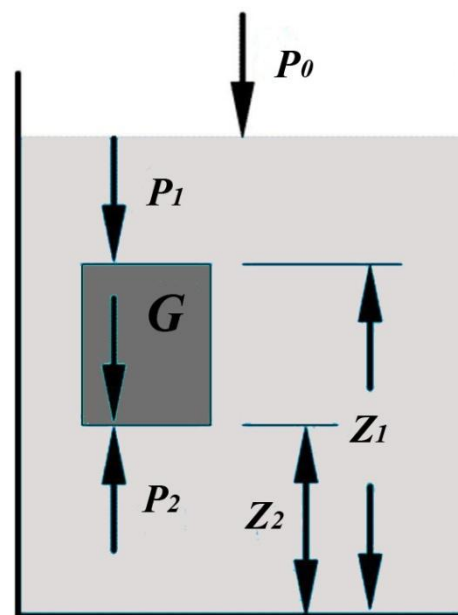
流体静力学：研究在重力和压力作用下流体处于静止状态时的平衡规律。

**基本方程式：**在静止流体内部，压力沿高度的变化。

$$p = p_0 + \rho gh$$

### 静力学方程应用条件

- ①同种流体且不可压缩(气体高差不大时仍可用)
- ②静止(或等速直线运动的流体横截面——均匀流)
- ③重力场
- ④单连通



## 静力学基本方程描述了

当液面上方的压力一定时，静止液体内任一点压力的大小与液体自身的**密度**和该点的**深度**有关。

**等压面**：静止的、连续的、同一液体内、位于同一水平面上各点，因其深度相同，故其压力亦相等。

**巴斯噶原理**当液面的上方压力 $p_0$ 有变化时，必将引起液体内部各点压力发生同样大小的变化。

## 静力学基本方程的其它形式

$\frac{(p-p_0)}{\rho g} = h$  压力（差）的大小可用液柱高度表示，但需注明液体的种类

$\frac{p_1}{\rho} + z_1g = \frac{p_2}{\rho} + z_2g$  静止流体中存在着位能和静压能，在同一静止流体中，处在不同位置流体的位能和静压能各不相同，但二者的总和不变。反映了静止流体内部能量守恒与转换的关系。

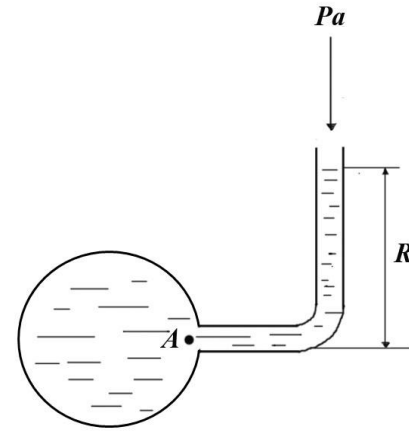
当气体的密度可视为常数时，静力学基本方程亦适用于气体。

# 流体静力学基本方程的应用

## 压力测量

单管压力计  $p_A = p_a + R\rho g$

其表压为  $p_A - p_a = R\rho g$



## 局限性：

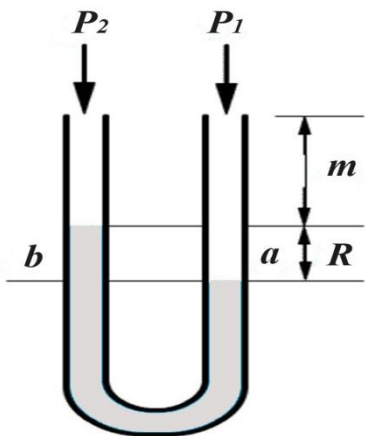
只能测量高于大气压的**液体**压力，不能测量**气体**压力。

若被测压力 $p_A$ 太大，读数 $R$ 将很大，测压很不方便。

若被测压力与大气压相近，读数 $R$ 将很小，使测量误差增大。

## 流体静力学基本方程的应用

### U型管液柱压差计



要求指示液与被测流体不发生化学反应且不互溶， $\rho_0 > \rho$   
常用的指示剂：  
水、水银、四氯化碳和液体石蜡等。

等压面  $p_a = p_b$

$$p_1 - p_2 = R(\rho_0 - \rho)g$$

若被测流体为气体，而气体的密度比指示剂的密度小很多，故  $\rho_0 - \rho \approx \rho_0$ ，上式简化为

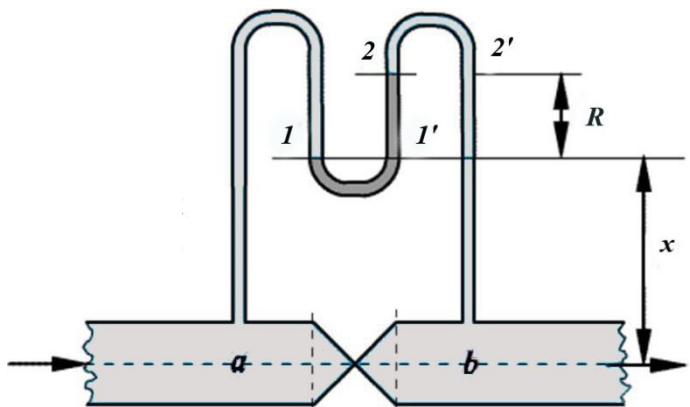
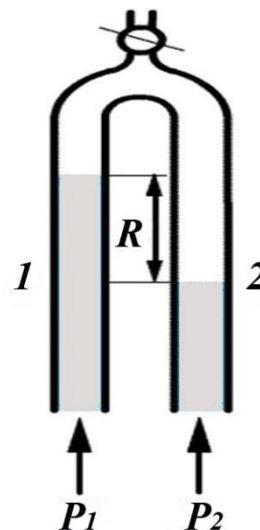
$$p_1 - p_2 = R\rho_0g$$

# 流体静力学基本方程的应用

## 倒U形管液柱压差计

当被测压差很小时，为提高读数准确度，采用倒U型管压差计，使读数放大。该压差计是利用被测量液体本身作为指示液的：

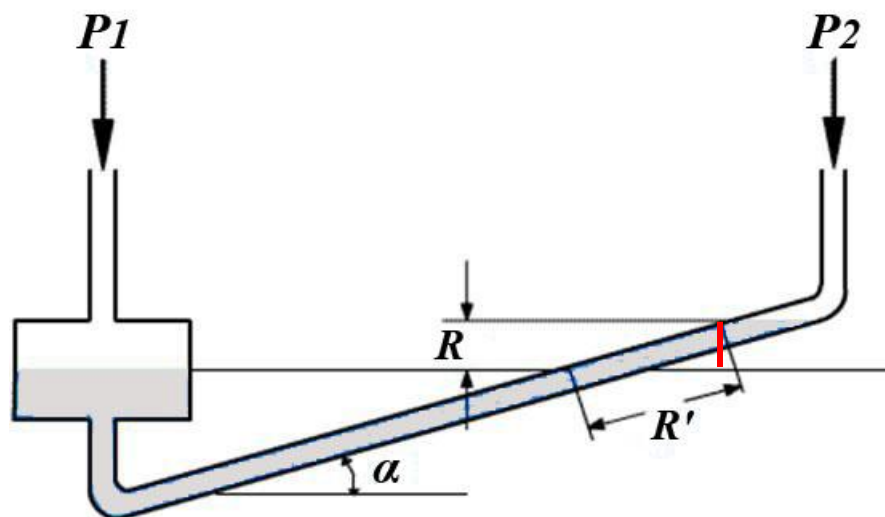
$$p_1 - p_2 = R\rho_0 g$$



【例1-3】确定等压面与两点压力的关系是关键

## 流体静力学基本方程的应用

### 斜管压差计



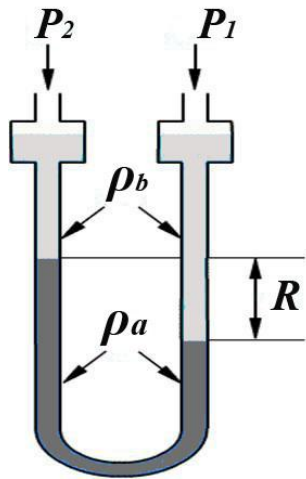
当被测量的流体压力（差）较小，读数R必然很小，为了提高测量的精确度，采用斜管压差计。对于同一压差值，读数R'被放大的倍数：

$$R' = R / \sin\alpha$$

$\alpha$ 为倾斜角，其值越小，则R'值越大。

## 流体静力学基本方程的应用

### 微差压差计



若使用斜管压差计读数 $R$ 仍然很小，  
则可采用微差压差计

扩大室的截面积足够大（其内径是U形管内径的10倍以上），当读数 $R$ 变化时，两扩大室中的液面不致有明显的变化而可认为等高。于是，由流体静力学方程可导出

$$P_1 - P_2 = \Delta P = Rg(\rho_a - \rho_b)$$

对于一定的压差，密度差愈小则读数 $R$ 愈大，所以为了提高测量的精确度，应该使用两种密度接近的指示液。



# 流体静力学基本方程的应用

## 液面测定

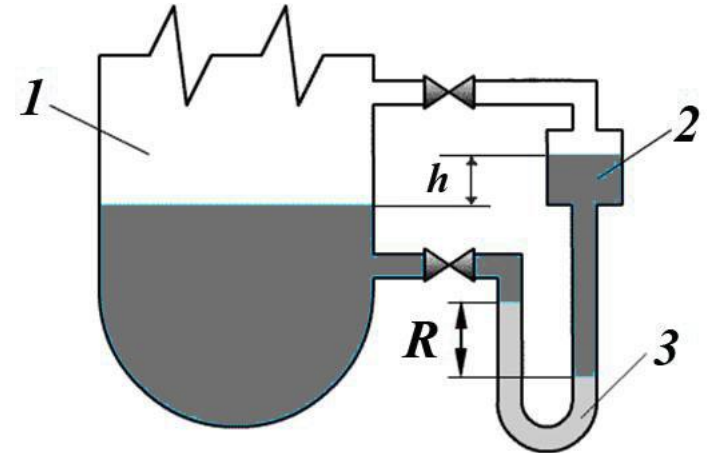
小室2中的液体与容器里的液体相同

平衡器里液面高度设置在容器液面  
容许到达的最大高度处。

U型管3的两端分别与容器内的液体  
和平衡器内的液体连通。

容器里的液面高度可由读数R求得：

$$h = \frac{(\rho_B - \rho_A) R}{\rho_A}$$



1-气体

2-液体A

3-指示剂B

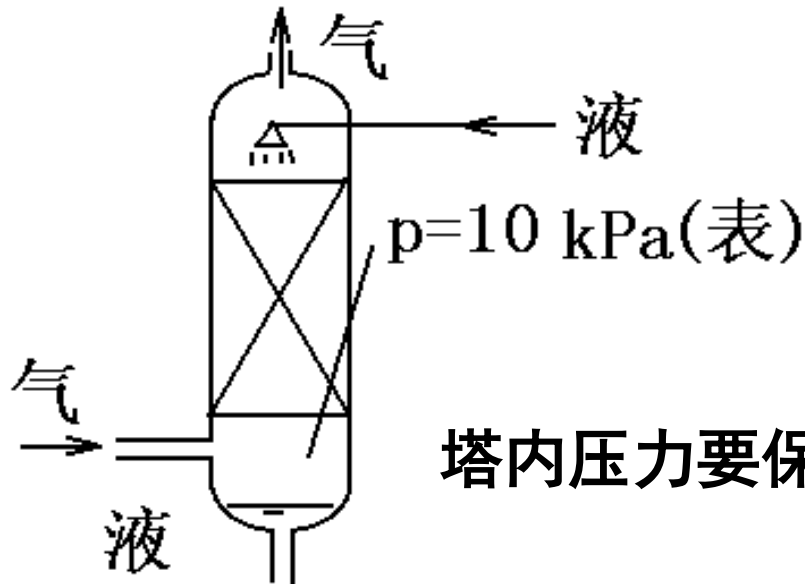
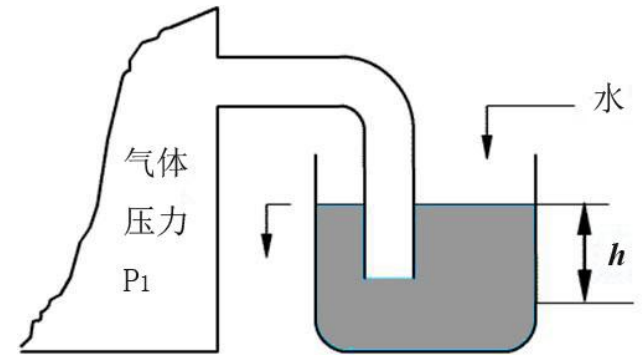
容器液面越低，压差计读数R越大，液面越高，读数R越小。  
当液面达到最大容许高度时，压差计的读数为零。

# 流体静力学基本方程的应用

## 确定液封高度

$$h = \frac{p_1}{\rho_{H_2O} g}$$

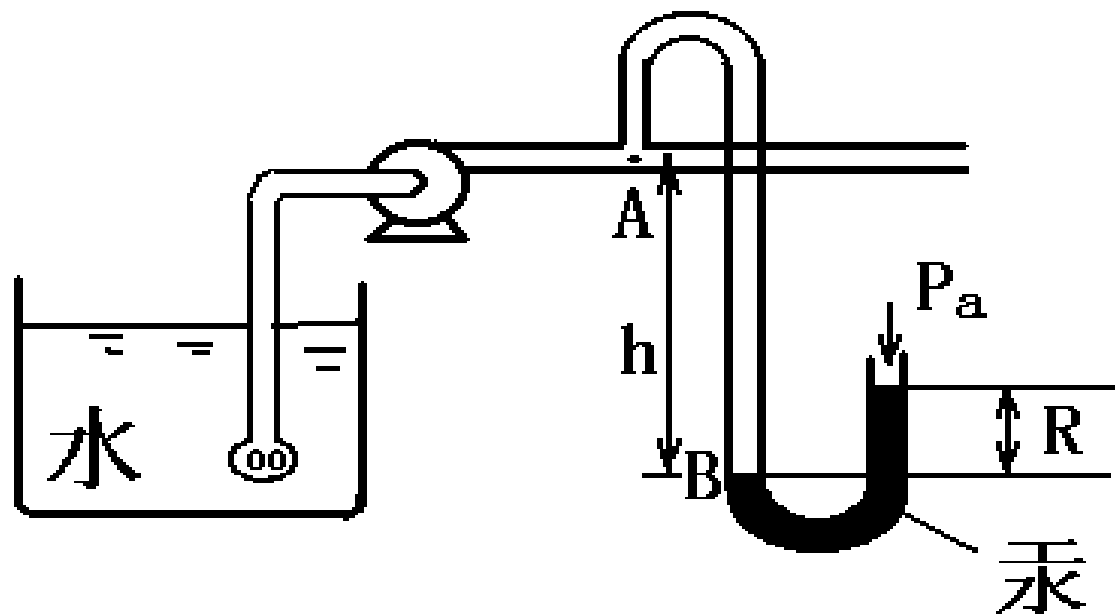
为了安全起见，实际安装时管子在液面下的深度应比计算值 $h$ 略小些。



塔内压力要保持，液体要排出，需要液封

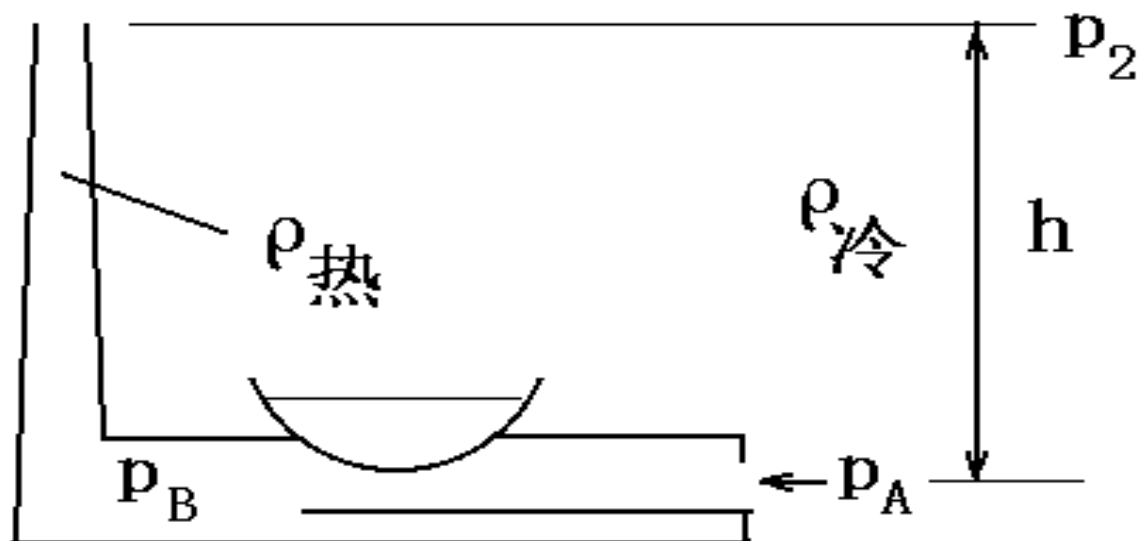
## 静力学方程的工程应用－测压

---



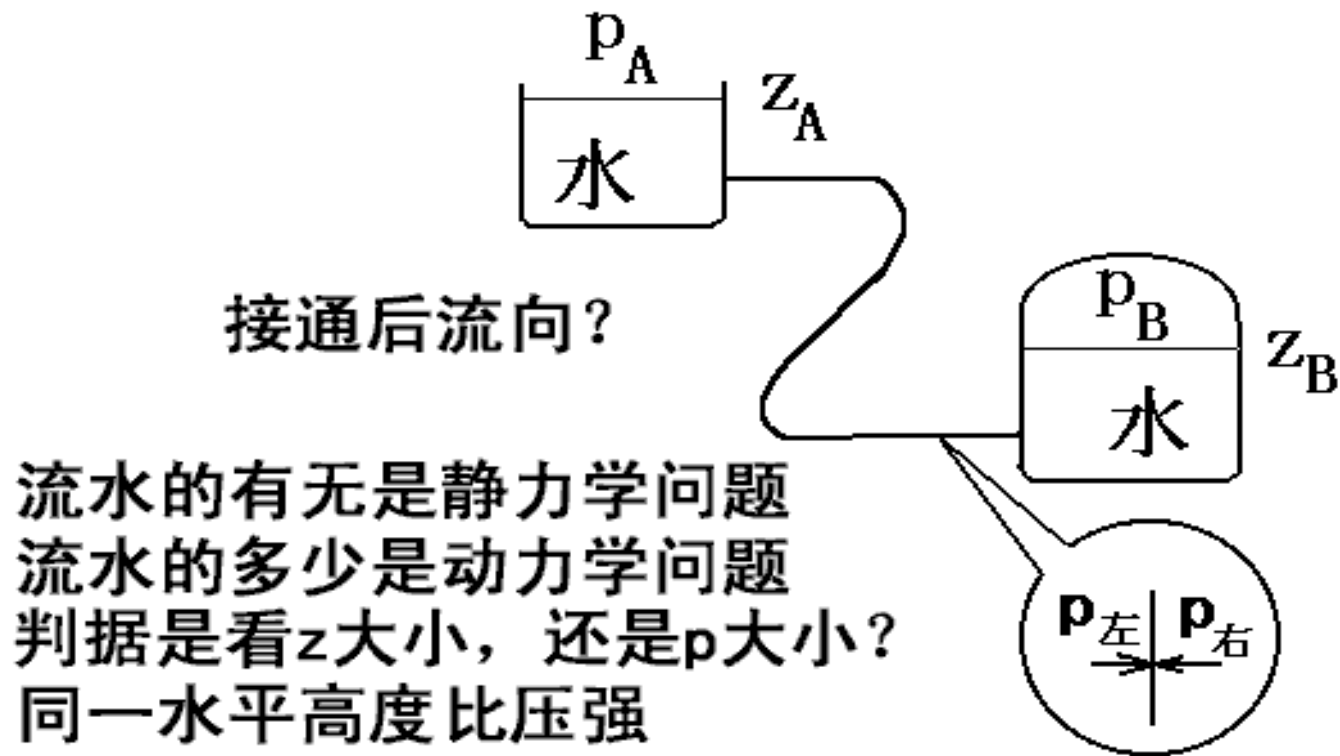
已知：  $R=180\text{mm}$ ,  $h=500\text{mm}$   
求：  $p_A=?$  (绝压), (表压)

## 静力学方程的工程应用 — 烟囱拔烟



$p_A = p_2 + \rho_{\text{冷}} gh$       由于  $\rho_{\text{冷}} > \rho_{\text{热}}$   
 $p_B = p_2 + \rho_{\text{热}} gh$       则  $p_A > p_B$  所以拔风  
烟囱拔风的必要条件是什么？

## 静力学方程的工程应用 – 流向判别



$$p_{左} = p_A + \rho g z_A$$

$$p_{右} = p_B + \rho g z_B$$