

流体静力学基本方程式的应用（一）

1、静力学基本方程反应的是在重力场中的静止流体内部压强的变化规律。

2、静力学基本方程问题解题步骤：

(1) 选择等压面（三个条件：同一种流体，连通，同一水平面）

(2) 利用静力学原理求等压面不同点处的压强，使其中一个包含的全是已知条件或已求出的量，另一个包含有未知量。

(3) 注意：计算时，方程中各项物理量的单位必须一致。

流体静力学基本方程式的应用（一）

例1 如附图所示，水在水平管道内流动。为测量流体在某截面处的压力，直接在该处连接一U形压差计，

指示液为水银，读数

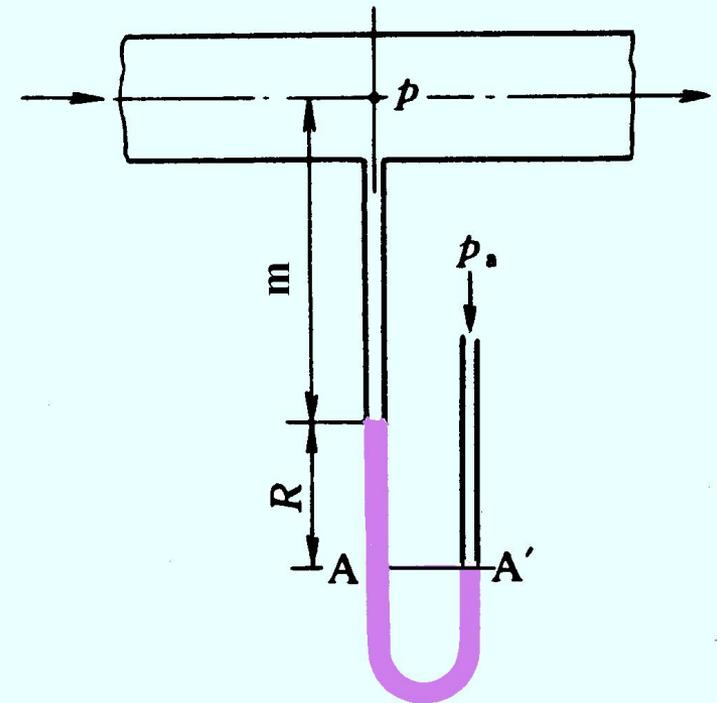
$$R = 250\text{mm}, \quad m = 900\text{mm}.$$

已知当地大气压为 101.3kPa ,

水的密度 1000kg/m^3 ，水银的

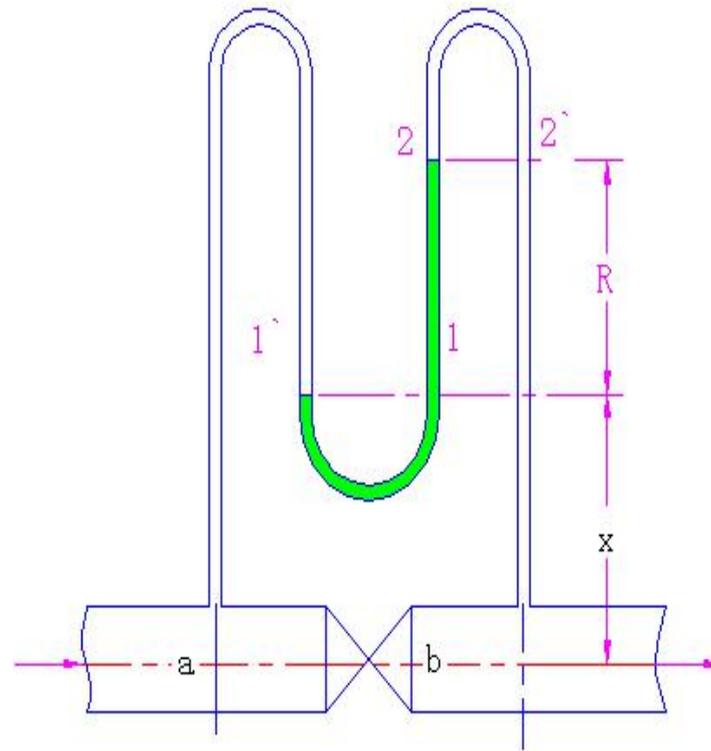
密度 13600kg/m^3 。试计算该截

面处的压力。



流体静力学基本方程式的应用（一）

- **例2** 如附图所示，水在管道中流动。为测得a、b两点的压力差，在管路上方安装一U形压差计，指示液为汞。已知压差计的读数 $R=100\text{mm}$ ，试计算a、b截面的压力差。已知水与汞的密度分别为 1000kg/m^3 和 13600 kg/m^3 。



流体静力学基本方程式的应用 (一)



解:取等压面1-1' , 2-2'

$$p_1 = p_{1'} \quad p_2 = p_{2'}$$

$$p_{1'} = p_a - \rho g x$$

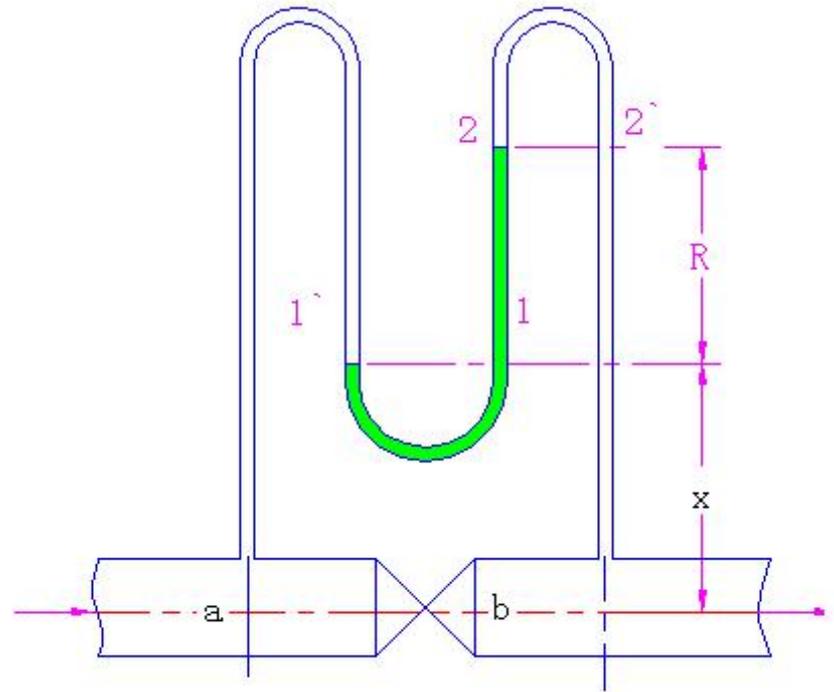
$$p_1 = p_2 + \rho_0 g R = p_{2'} + \rho_0 g R$$

$$= p_b - \rho g (x + R) + \rho_0 g R$$

$$p_a - p_b = (\rho_0 - \rho) g R$$

$$= (13600 - 1000) \times 9.81 \times 0.1$$

$$= 12360.6 \text{ Pa}$$



流体静力学基本方程式的应用(二)



* 本节主要内容:

在重力场中的静止流体内部压强的变化规律及其实际工程应用。

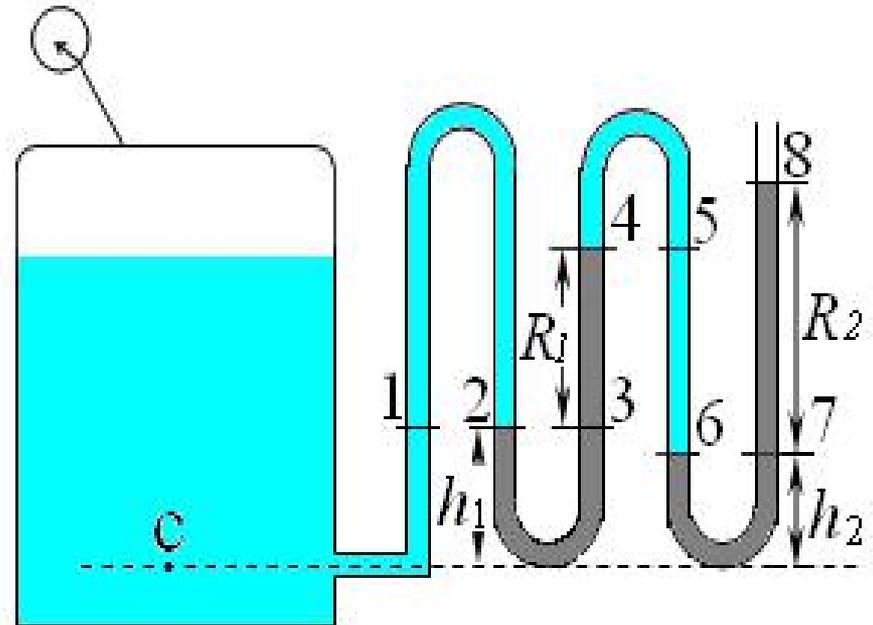
* 本节的重点:

重点掌握流体静力学基本方程式的适用条件及工程应用实例。



流体静力学基本方程式的应用（一）

- 例3:采用如图所示的复式U形管压差计测定设备内C点的压力,压差计中的指示液为汞.两U管间的连接管内充满了被测流体—水.两U形水银测压计中汞柱的读数分别 $R_1=0.3\text{m}$, $R_2=0.6\text{m}$. $h_1=0.4\text{m}$ $h_2=0.3\text{m}$;指示液的其他液面与设备内C点的垂直距离如图所示,求C点压强.



流体静力学基本方程式的应用 (一)

■ 解: $p_C = p_1 + \rho_{H_2O}gh_1$

$$p_1 = p_2 = p_3$$

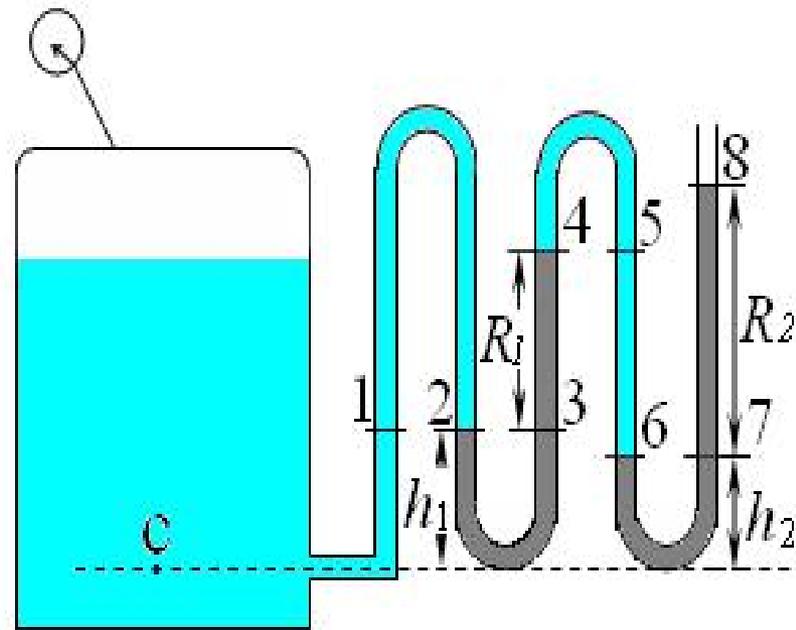
$$p_3 = p_4 + \rho_{Hg}gR_1$$

$$p_4 = p_5$$

$$p_5 + \rho_{H_2O}g(R_1 + h_1 - h_2) = p_6$$

$$p_6 = p_7 = p_a + \rho_{Hg}gR_2$$

解得 $P_C = 223725 Pa$ (绝压)



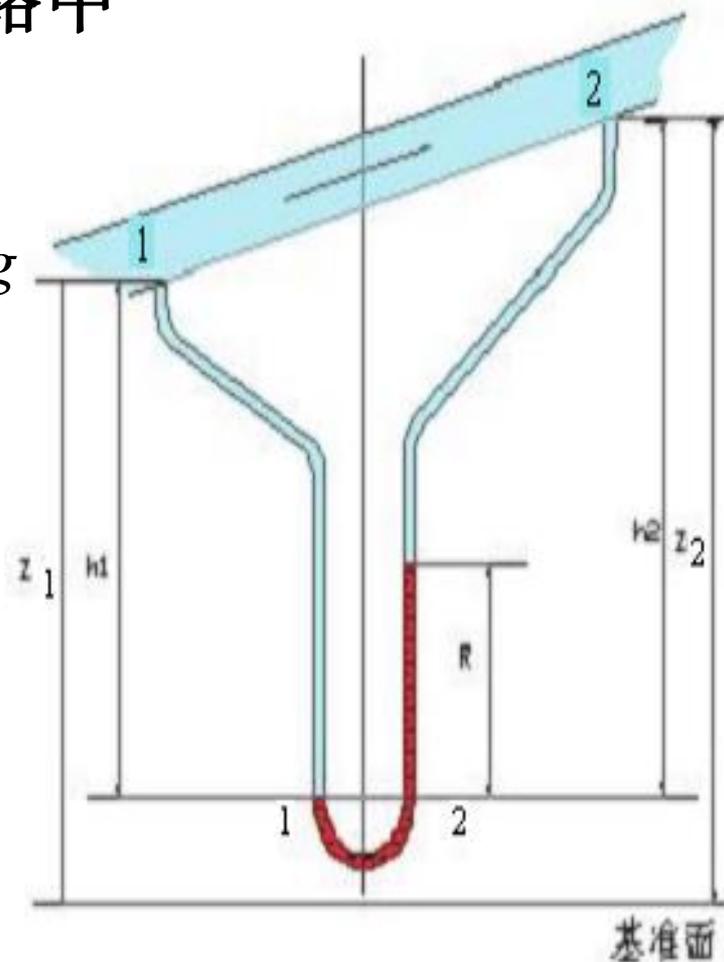
流体静力学基本方程式的应用（一）

■ U形压差计安装在倾斜管路中

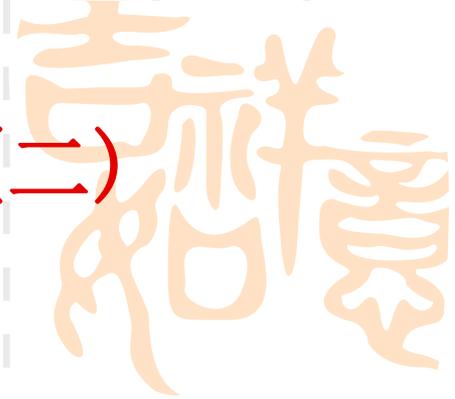
$$p_1 - p_2 = (\rho_0 - \rho)gR + \rho(z_2 - z_1)g$$

$$\begin{aligned}(\rho_0 - \rho)gR &= (p_1 - p_2) - \rho(z_2 - z_1)g \\ &= (p_1 + \rho gz_1) - (p_2 + \rho gz_2)\end{aligned}$$

实际上，不论两测压点位置如何，U形压差计的读数所反映的实际上是两测压点之间的总势能差。



流体静力学基本方程式的应用(二)



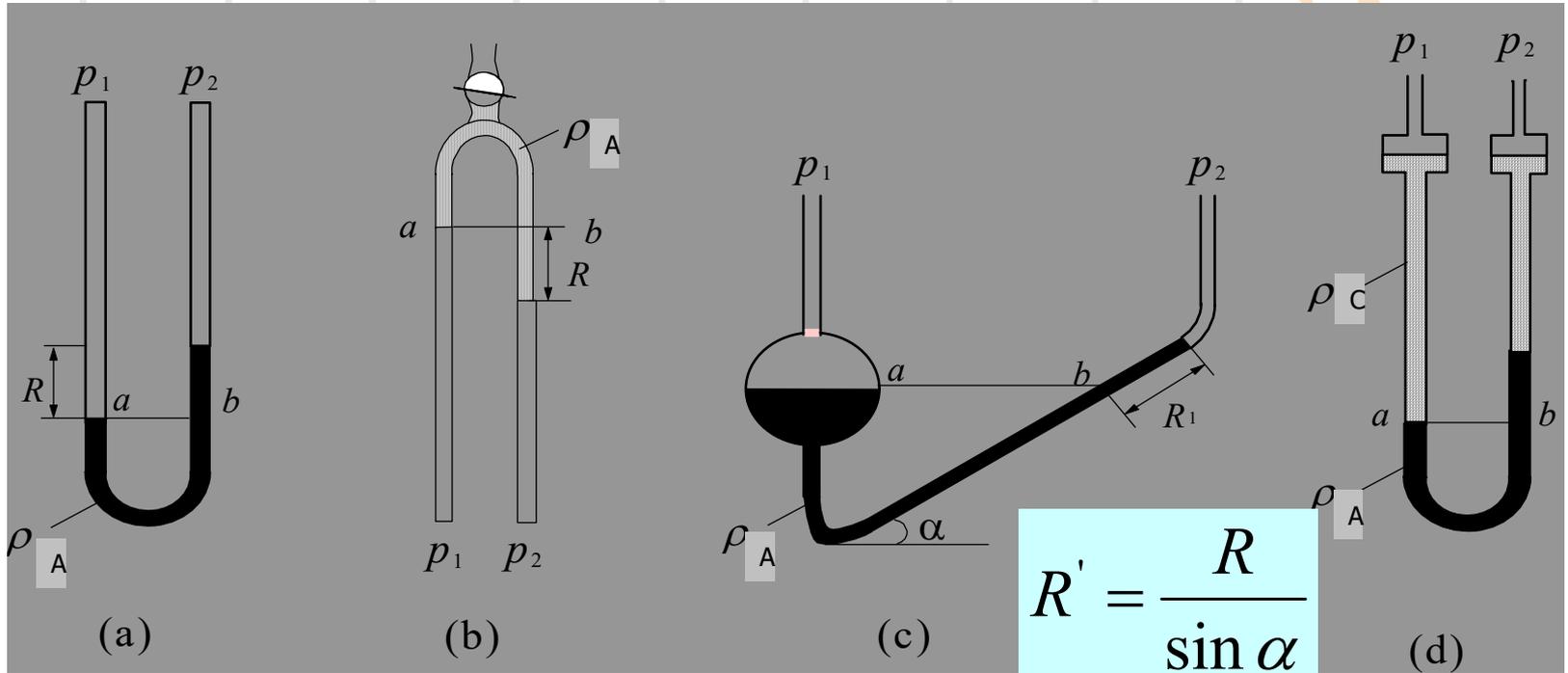
利用流体静力学基本原理可以测量:

- 流体内部两点间的压差或某处的压力
(表压或是真空度)
- 容器(贮罐)中的液位
- 液封高度计算



流体静力学基本方程式的应用(二)

一、1、压差测量 (U形管压差计或液柱式压差计)



$$R' = \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_A - \rho_B)gR$$

$$p_1 - p_2 = Rg(\rho_A - \rho_C)$$

$$p_1 - p_2 \approx Rg\rho_A$$

$$p_1 - p_2 = Rg(\rho_B - \rho_A)$$

$$p_1 - p_2 \approx Rg\rho_B$$

流体静力学基本方程式的应用(二)

U形压差计测量原理

由于a, b在同一等压面上

$$p_a = p_1 + \rho_B g(m + R)$$

$$p_b = p_2 + \rho_B gm + \rho_A gR$$

$$p_1 + \rho_B g(m + R) = p_2 + \rho_B gm + \rho_A gR$$

$$p_1 - p_2 = (\rho_A - \rho_B)gR$$

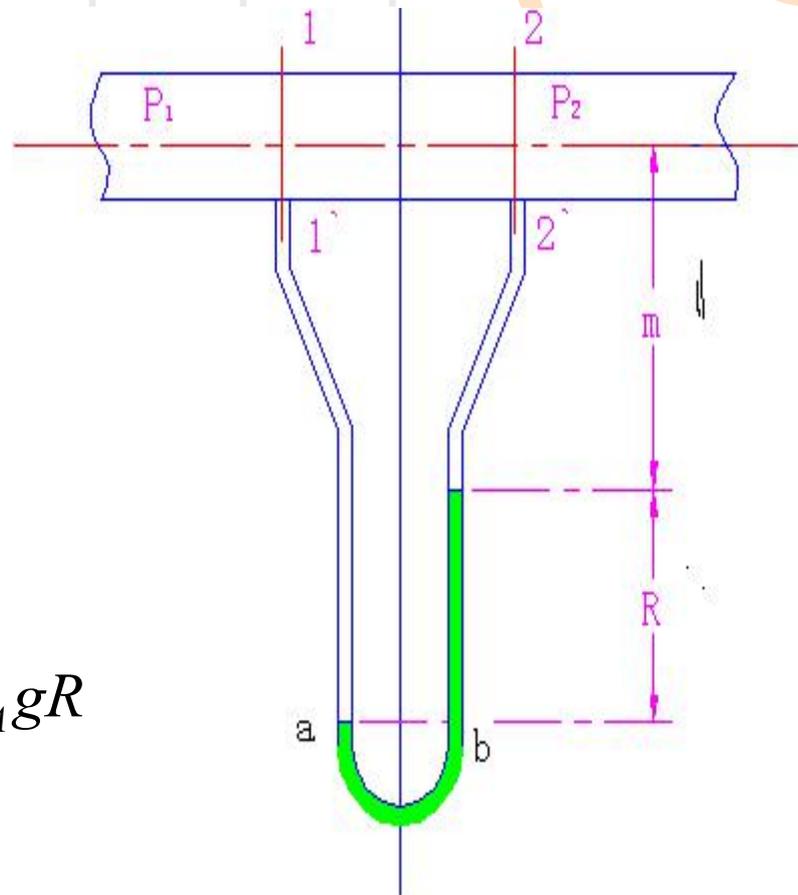
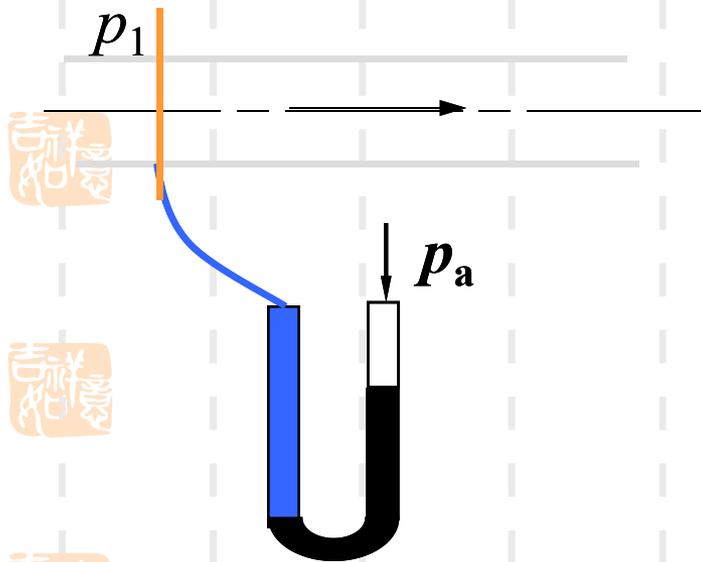


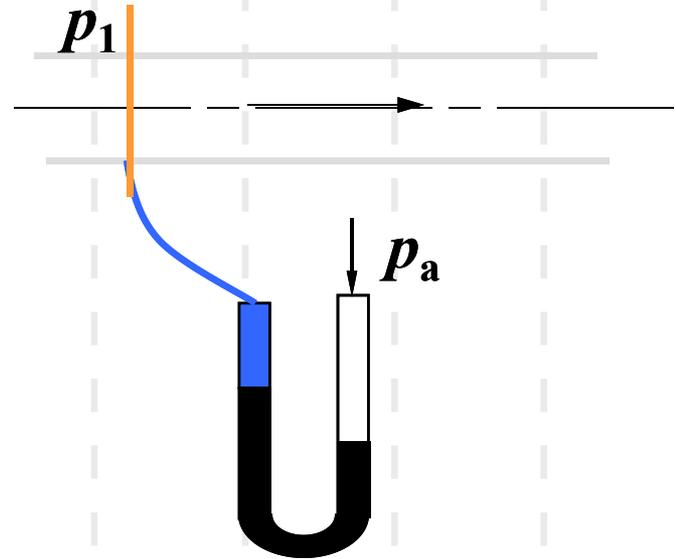
图1-3 U形压差计

2、压力测量：

U形压差计可测系统内两点的压力差，当将U形管一端与被测点连接、另一端与大气相通时，也可测得流体的表压或真空度；



表压

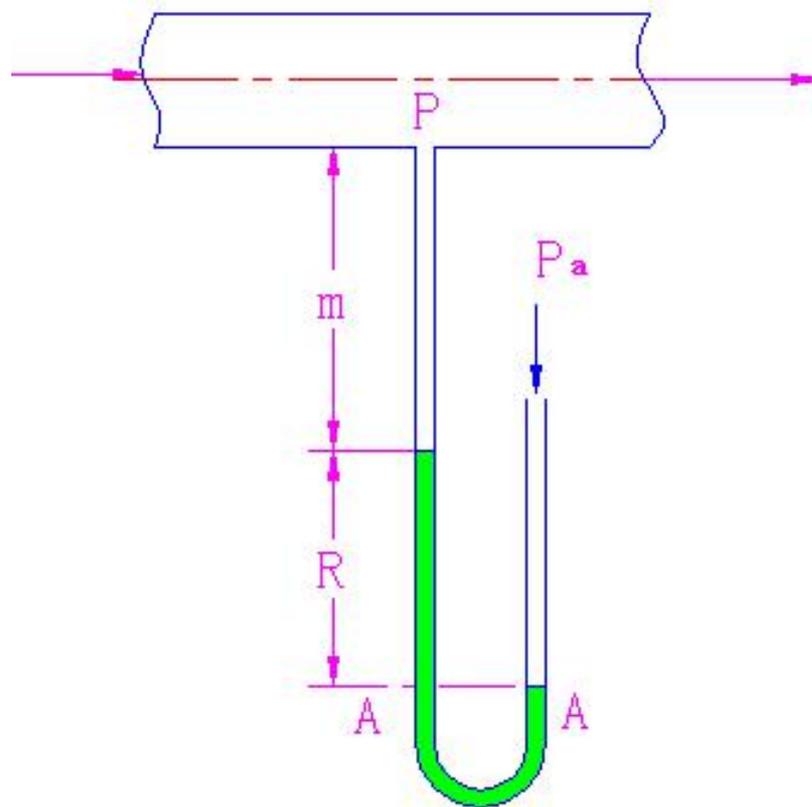


真空度

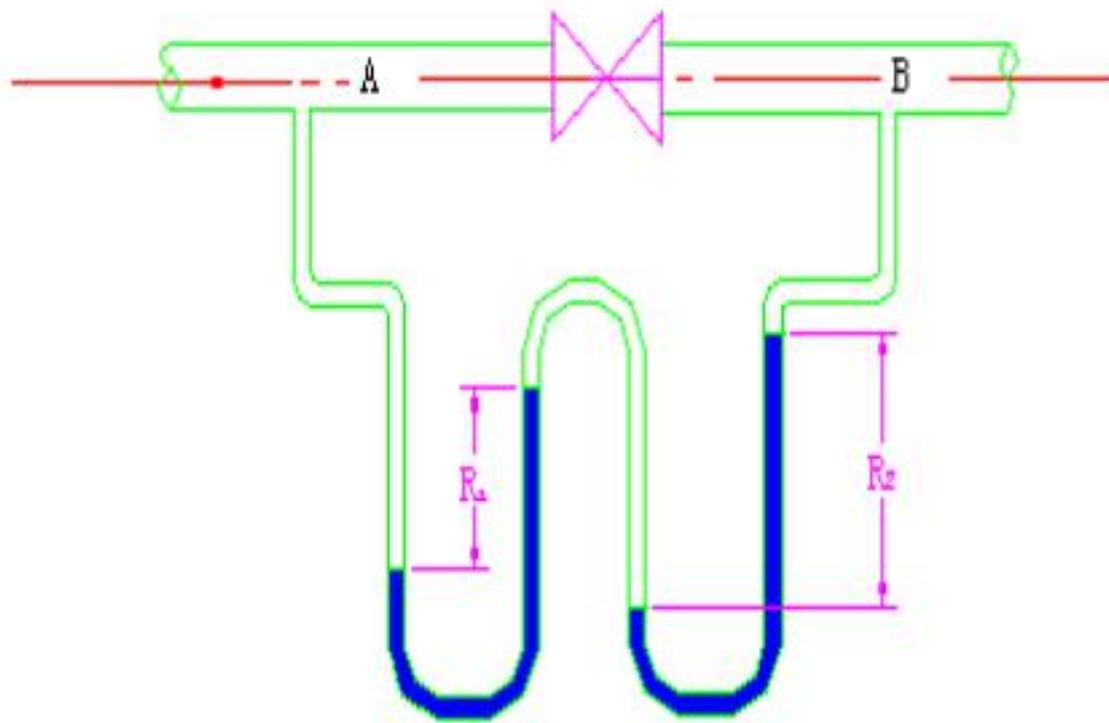
流体静力学基本方程式的应用

一端与被测点连接，另一端与大气相通，则测得的是表压或真空度。

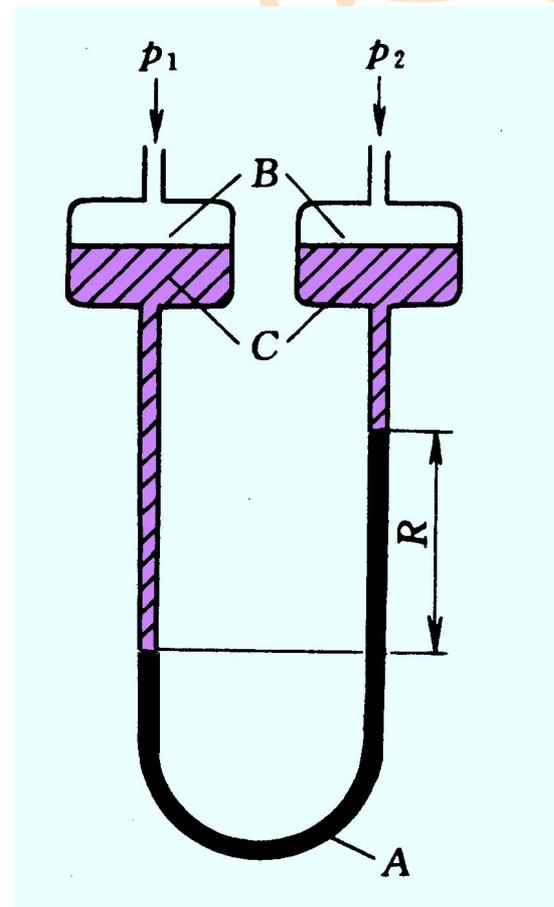
问：图中R表示表压还是真空度？



复合U形压差计



双液体微差计



流体静力学基本方程式的应用



结论：U形压差计所测压差（压力）的大小只与被测流体及指示剂的密度、读数R有关，而与U形压差计的粗细及放置的位置无关

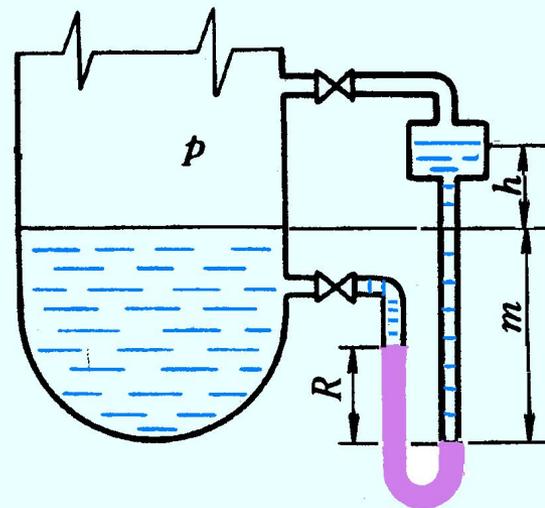


二. 液位测量

(1) 近距离液位测量装置

压差计读数 R 反映出容器内的液面高度。

$$h = \frac{\rho_0 - \rho}{\rho} R$$



液面越高， h 越小，压差计读数 R 越小；当液面达到最高时， h 为零， R 亦为零。

(2) 远距离液位测量装置

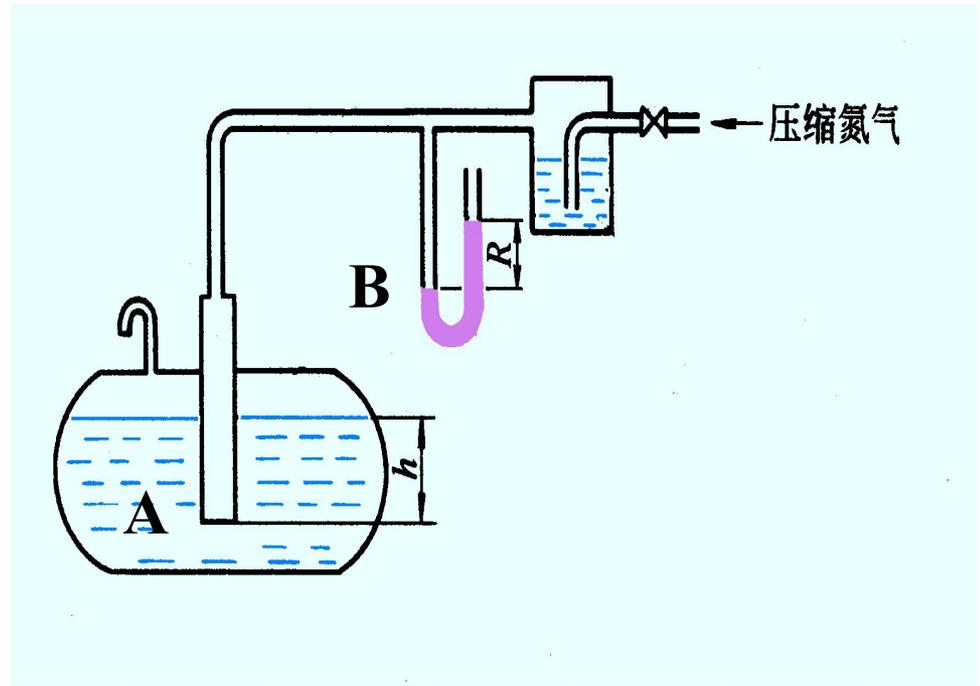
管道中充满氮气，
其密度较小，近似
认为

$$p_A \approx p_B$$

而 $p_A = p_a + \rho gh$

$$p_B = p_a + \rho_0 gR$$

所以
$$h = \frac{\rho_0}{\rho} R$$



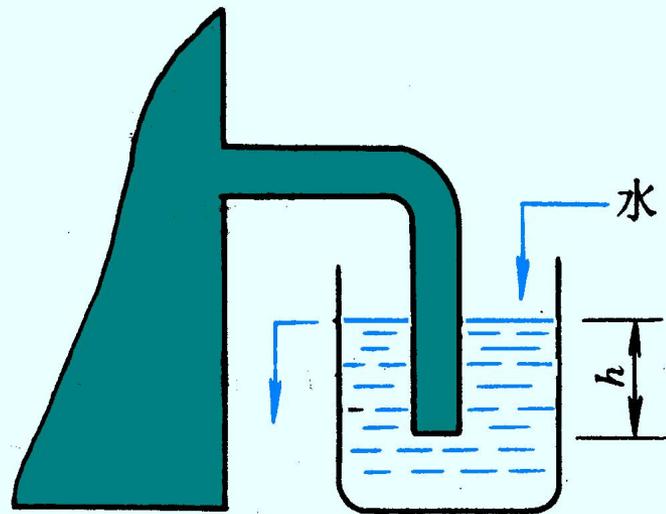
流体静力学基本方程式的应用(二)

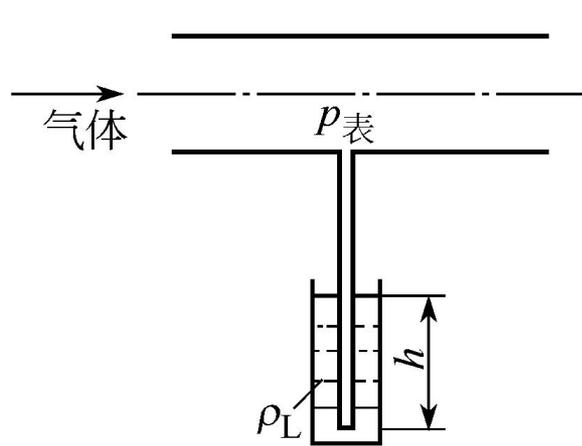
三. 液封高度的计算

液封作用:

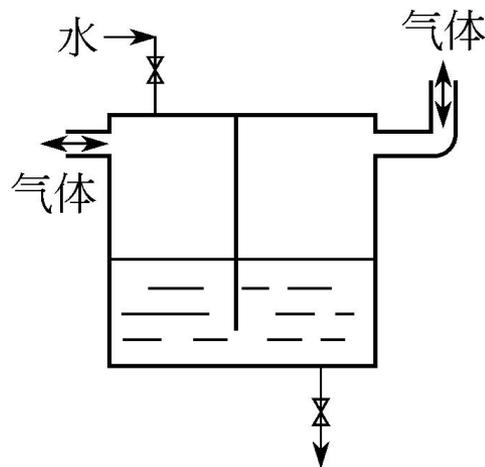
- 确保设备安全: 当设备内压力超过规定值时, 气体从液封管排出;
- 防止气柜内气体泄漏。

液封高度:
$$h = \frac{p(\text{表})}{\rho g}$$

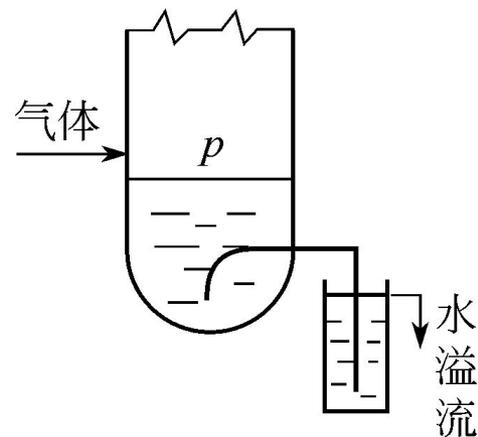




(a)



(b)



(c)

切断水封有些常压可燃气体贮罐前后安装切断水封以代替笨重易漏的截止阀。正常操作时，水封不充水，气体可以顺利绕过隔板出入贮罐；需要切断时（如检修），往水封内注入一定高度的水，使隔板在水中的水封高度大于水封两侧最大可能的压差值。（图所示）

溢流水封许多用水（或其他液体）洗涤气体的设备内，通常维持在一定压力 p 下操作，水不断流入同时必须不断排出，为了防止气体随水一起泄出设备，采用图c所示的溢流水封装置。