

(1) 压力单位

SI 制中， $N/m^2 = Pa$ ，称为帕斯卡

$$1atm \text{ (标准大气压)} = 1.013 \times 10^5 Pa = 760mmHg = 10.33mH_2O$$

(2) 压力大小的两种表征方法

- 绝对压力——以当地大气压为基准
- 表压

表压 = 绝对压力 - 当地大气压

真空度 = 当地大气压 - 绝对压力

基本关系：

$$1atm = 101325 Pa = 760 mmHg$$

$$1at = 1Kg/cm^2 = 10mH_2O = 9.81 \times 10^4 Pa$$

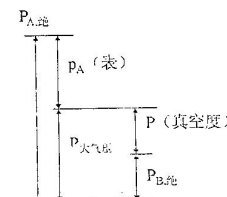
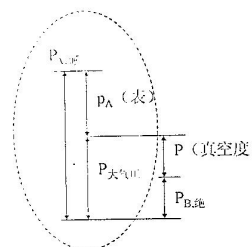
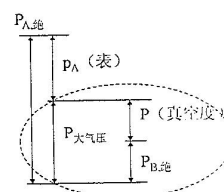
$$1bar = 10^5 Pa$$

$$1mH_2O = 9.81 \times 10^3 Pa \quad 1mmHg = 133.3 Pa$$

绝压/表压/真空度的定义及关系

表压强 = 绝对压强 - 大气压强

真空度 = 大气压强 - 绝对压强



若已知某地的大气压力为750 mmHg，而设备A

内压力为1000 mmHg，则 $P_{A表} =$ _____

mmHg = _____ Pa。

若设备B的真空度为300 mmHg，则 $P_{B绝} =$ _____

mmHg。

1.2.2 流体静力学基本方程

作x方向力的平衡，有：

$$\rho g_x dx dy dz + p dy dz - (p + \frac{\partial p}{\partial x} dx) dy dz = 0$$

$$\Rightarrow \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

$$\text{同理，有：} \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

$$\rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

$$\text{哈密顿算子 } \nabla = i \frac{\partial}{\partial x} + j \frac{\partial}{\partial y} + k \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\rho \vec{F}_{BM} - \nabla p = 0$$

-----流体静力学微分方程

$$\text{重力场中：} X=Y=0, Z=-g \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \rho g + \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

对连续、均质
且不可压缩流体，
 $\rho = \text{常数}$

$$\Rightarrow \rho g + \frac{dp}{dz} = 0$$

$$\rho g z + p = \text{常数} = \Gamma$$

广义压力

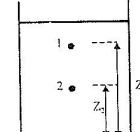
$$\rho g z_1 + p_1 = \rho g z_2 + p_2$$

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

$$\frac{p_2}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} + (z_1 - z_2)$$

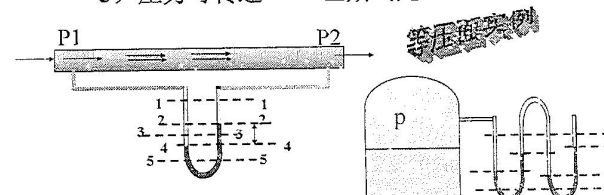
静压头

流体静力学方程



静力学方程的讨论：

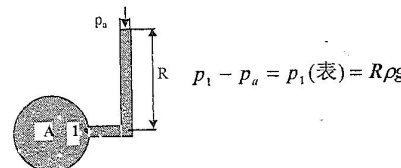
- 1) 适用场合：
绝对静止、连续、均质、不可压缩
- 2) 等压面为水平面：
- 3) 压力可传递——巴斯噶定理。



1.2.3 压力计在工程中的应用

1. 压力计

(1) 单管压力计



(2) U形压力计

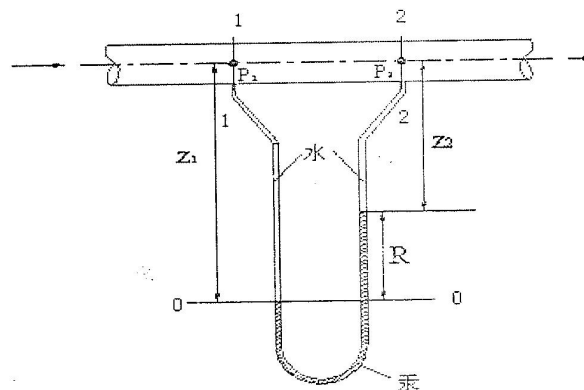
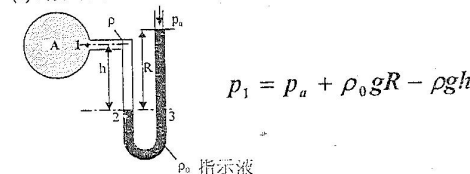


图1-6 U形管压差计

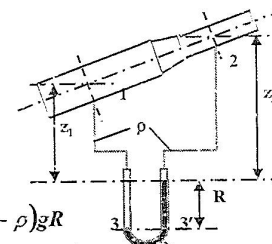
2. 压差计 (manometer)

(1) U形压差计

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

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

$$\Rightarrow \Gamma_1 - \Gamma_2 = (\rho_0 - \rho) g R$$

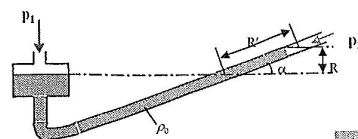


U形压差计的读数R的大小反映了被测两点间广义压力之差

(2)双液柱压差计

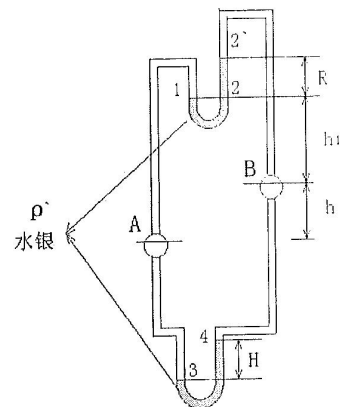
ρ_1 略小于 ρ_2

$$p_1 - p_2 = (\rho_2 - \rho_1)gR$$



倾斜式压差计

读数放大



$$R = H$$

$$p_B = p_2 + (R + h_1) \rho_2 g$$

$$p_2 = p_1 + R \rho_1 g$$

$$p_A = p_1 + (h_1 + h) \rho_1 g$$

$$p_A - p_B = R(\rho_2 - \rho_1)g + h \rho_1 g$$

同理可推导

$$p_A - p_B = H(\rho_2 - \rho_1)g + h \rho_1 g$$

$$\therefore R = H$$

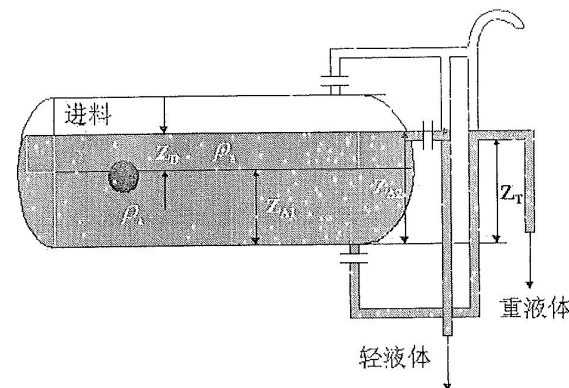
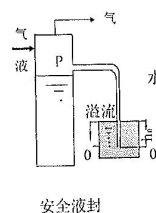


图1-7 不混溶液体连续重力倾析器

液封高度

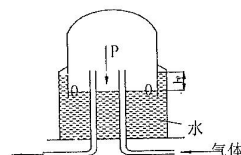
目的：

- (1) 恒定设备内的压力，防止超压；



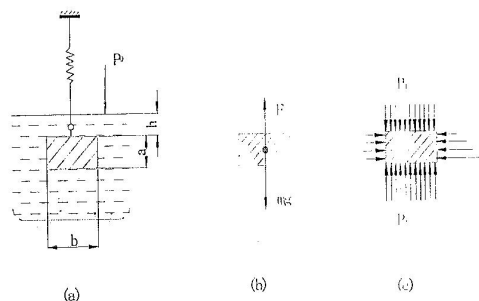
- (2) 防止气体外泄；

水封



液封高度 计算： $h_0 = \frac{p}{\rho g}$

浮力



已知： $R = 130\text{mm}$, $h = 20\text{cm}$, $D = 2\text{m}$,

$$\rho = 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_1 = 13600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

管道中空气缓慢流动。

求：贮槽内液体的存储量 W 。

解：(1) 管道内空气缓慢鼓泡， $u \approx 0$ ，用静力学原理解。

(2) 空气的 ρ 很小，忽略空气柱的影响。

$$\therefore H \rho g = R \rho_1 g$$

$$H = \frac{\rho_1 R}{\rho} = \frac{13600}{980} \times 0.13 = 1.8\text{m}$$

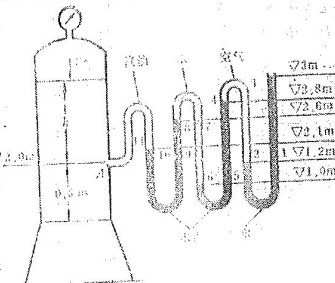
$$\therefore W = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (H + h) \rho = 0.785 \times 2^2 \times (1.8 + 0.2) \times 980 = 0.65(\text{吨})$$

[复式U管压差计]：容器内装有密度 $\rho_1 = 700\text{kg/m}^3$ 的汽油，顶部接一压力表，其读数 $p_0 = 2.943 \times 10^5 \text{Pa}$ (表)，在容器距底面 0.5m 处接一冲以水银、水和空气的复式U管压差计，压差计内各指示液的界面高度（以地面为基准）如图所示。容器直径为 2m ，求容器内汽油的体积。

几个U管串联

可测大压差。

U管一般 $R < 1500\text{mm}$



解：因等压面即等高面。故

$$p_1 = p_2, p_3 = p_4, p_5 = p_6, p_7 = p_8, p_9 = p_{10} = p_{11}$$

$$\text{对水平面1-2而言, } p_2 = p_1 = 1000 \times 9.81 \times (3 - 1.2) = 1.77 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$\text{若忽略空气柱重量, } p_4 = p_3 = p_2$$

对水平面5-6而言,

$$p_6 = p_5 = 1.77 \times 10^4 + 13600 \times 9.81 \times (2.8 - 1) = 2.58 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{由 } p_6 \text{ 可求出: } p_8 = p_7 = 2.58 \times 10^5 - 1000 \times 9.81 \times (2.6 - 1) = 2.42 \times 10^5 \text{ Pa}$$

对水平面9-10-11而言,

$$p_{11} = p_{10} = p_9 = 2.42 \times 10^5 + 13600 \times 9.81 \times (2.6 - 2.1) = 3.09 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_A = 3.09 \times 10^5 + 700 \times 9.81 \times (2.1 - 2) = 3.083 \times 10^5 \text{ Pa}$$

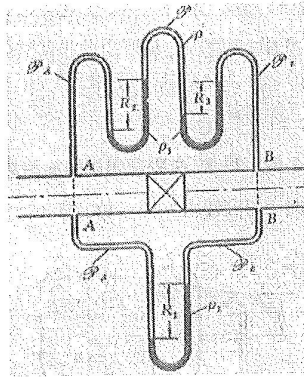
$$\text{由 } p_A \text{ 可求出: } h = \frac{p_A - p_0}{\rho g} = \frac{3.083 \times 10^5 - 2.943 \times 10^5}{700 \times 9.81} = 2.18\text{m}$$

$$\text{容器中油量 } V = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot (H + h) = 0.785 \times 2^2 \times (2.18 + 0.5) = 8.0\text{m}^3$$

[管道两点之间压差的测量]

A、B两断面分别位于直管段内，在两断面间装有单U形管和复式U形管，单U形管内指示液密度为 ρ_1 ，复式U形管的中间流体和直管内流体相同，密度均为 ρ ，证明：

$$R_1 = R_2 + R_3$$



解题须知

1. 每道题需简明写出已知条件及待求量，题目全文可以不抄，必须作简图，图中标明已知条件及待求量。
2. 解题思路要明确，必要时用方框图表明。
3. 使用SI制，作好单位换算。
4. 对每一项具体计算过程，须具备三个步骤：
 - a. 列出文字式（全由符号表示，根据公式、定义式或自推导的公式写出）；
 - b. 写出数值式
 - c. 写出解答。
5. 每一项计算应尽可能用计算器连算，不要读取中间数据，以减小误差，读取数据时，有效数字一般取3~4位。