



液柱壓力計



單元學習內容

- ➡ 流體靜力學
- ➡ U形管液柱壓力計
- ➡ 斜管液柱壓力計
- ➡ 反向U形管壓力計
- ➡ 微分液柱壓力計



流體(fluid)的定義

⇒ 流體的指液體(liquid)、氣體(gas)及蒸汽(vapor)。



流體(fluid)的分類

- ➔ 不可壓縮流體：指液體，其密度隨溫度、壓力的變化不大。
- ➔ 可壓縮流體：指氣體及蒸汽，其密度隨溫度及壓力的變化很大。



流體力學

➡ 種類有二

- 流體靜力學：探討流體在平衡狀態下的行為。
- 流體動力學：研究流體成相對運動時的現象。



流體靜力學

➡ 流體於靜止狀態下，與地平面平行的各平行面上的各點壓力皆相同，但是在不同平面上的壓力會隨高度而變。



流體靜力學公式推導-1

➔ 假設：流體柱的斷截面積為(**s**)平方公尺，高度(**z**)公尺處的壓力為(**P**)牛頓，密度為(ρ) kg/m^3 。

流體靜力學公式推導-2

➡ 垂直作用於體積 $s \times dz$ 上的三力分別為

➤ 作用於 z 平面上的壓力： ps

➤ 壓力作用於 $z+dz$ 平面的向下壓力：
 $(p+dp)s$

➤ 作用於 sdz 的向下引力
： $(g/g_c)\rho sdz$

流體靜力學公式推導-3

⇒ 當流體達力平衡時，此三力的合力為零，即

$$ps - (p + dp)s - \rho \frac{g}{g_c} sdz = 0$$

簡化後得 $dp + \frac{g}{g_c} \rho dz = 0$



流體靜力學公式推導-4

➔ 對不可壓縮流體而言， ρ 為定值

則
$$\frac{p_b}{\rho} - \frac{p_a}{\rho} = \frac{g}{g_c} (z_a - z_b)$$

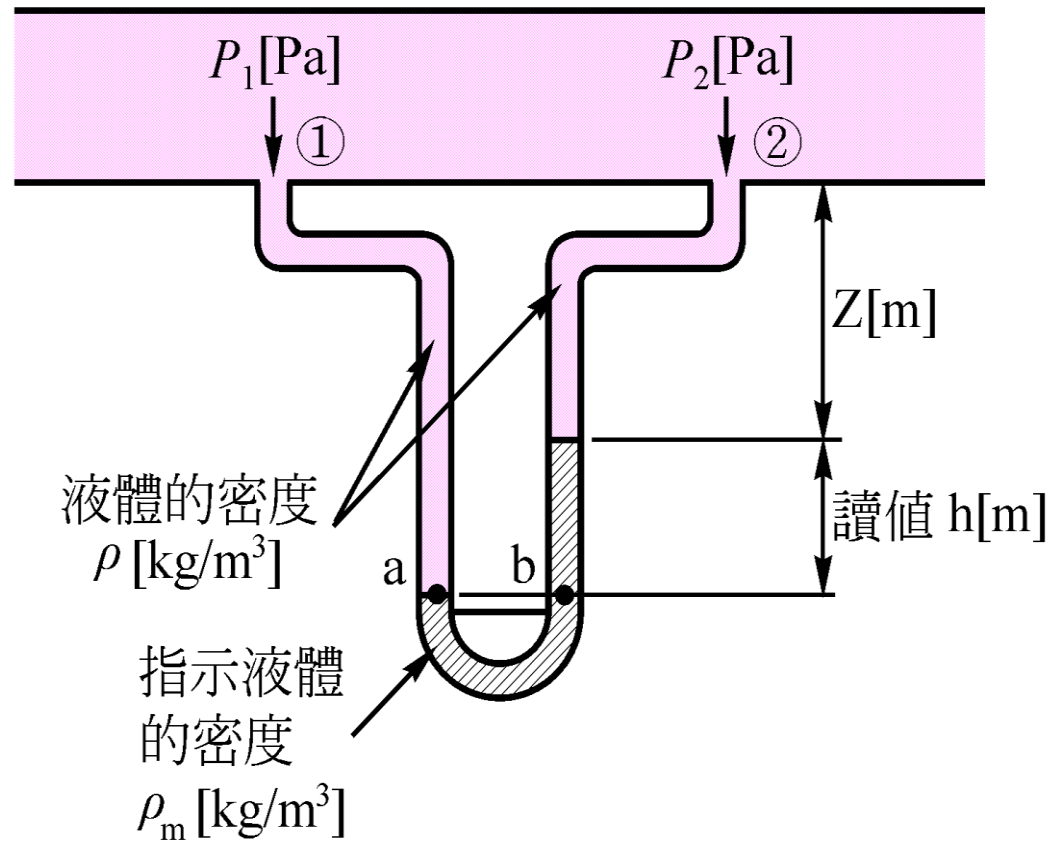


結論

流體所處的位置愈低，
所受的壓力愈大。

U形管液柱壓力計

➡ 構造





U形管液柱壓力計原理

⇒ 利用連通管原理

U形管液柱壓力計 公式推導

➤ 由連通管原理知 $P_a = P_b$

➤ 由流體靜力學知

$$P_a = P_1 + \frac{g}{g_c} \rho(h + Z)$$

$$P_b = P_2 + \frac{g}{g_c} \rho_m h + \frac{g}{g_c} \rho Z$$

故
$$P_1 + \frac{g}{g_c} \rho(h + Z) = P_2 + \frac{g}{g_c} \rho_m h + \frac{g}{g_c} \rho Z$$

U形管液柱壓力計總結

➔ 公式：

$$-\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{g}{g_c} h(\rho_m - \rho)$$

➔ 最簡單也是應用最廣的液柱壓力計。

➔ U形管壓力計的讀值與Z高度無關。



U形管液柱壓力計計算

→ 一內管裝水銀(比重為**13.6**)的U型壓力計測水流經孔口流量計，若壓力計讀數為**20cm**，則壓力損失為多少**Pa**？



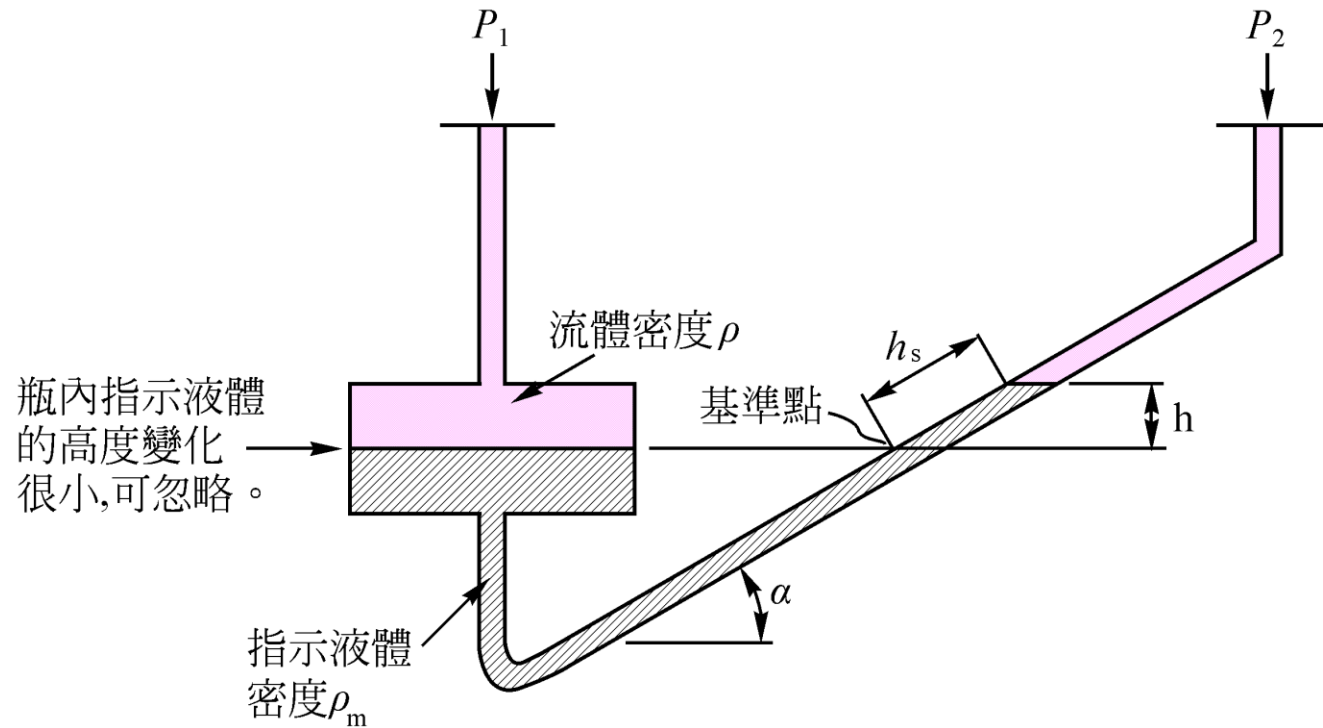
U形管液柱壓力計計算解

$$-\Delta P = \frac{g}{g_c} R_m (\rho_m - \rho)$$

$$-\Delta P = 9.8 \times \frac{20}{100} \times (13.6 - 1) \times 10^3 = 24696 Pa$$

斜管液柱壓力計構造

➡ 構造





斜管液柱壓力計原理

⇒ 原理：連通管原理(與U形壓力計相同)

斜管液柱壓力計總結

➔ 斜管液柱壓力計一臂傾斜與水平成 α 角，則 $R_n = R_m / \sin \alpha$

➔ 公式：
$$-\Delta P = \frac{g}{g_c} h_s (\rho_m - \rho) \sin \alpha$$

➔ 說明： α 愈小， R_n 愈大，測量愈容易，所得的值愈準確。



斜管液柱壓力計例題

➔ 用U型壓力計測流體兩端的差壓讀數為**76cmHg**，若改用斜管壓力計測量，其讀數應為多少**cmHg**？



斜管液柱壓力計例題解

$$R_m = R_n \times \sin \alpha$$

$$76 = R_n \times \frac{1}{2}$$

$$\therefore R_n = 152 \text{cmHg}$$



反向U形管液柱壓力計

⇒ 原理：連通管原理

⇒ 公式：

$$-\Delta P = P_1 - P_2 = R_m \rho \frac{g}{g_c}$$

反向U形管液柱壓力計例題

➡ 一反向U形管壓力計用於測量水管上兩點的壓力，其讀值為**10cm**，水的密度為 **1g/cm^3** ，求壓力差為多少**atm**？

反向U形管液柱壓力計例題解

$$-\Delta P = P_1 - P_2 = R_m \rho \frac{g}{g_c}$$

$$-\Delta P = \frac{10}{100} \times 1 \times 1000 \times 9.8 = 980 \text{ Pa}$$

$$980 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} = 9.67 \times 10^{-3} \text{ atm}$$



微分液柱壓力計

➡ 構造：請看視訊

➡ 公式：

$$-\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{g}{g_c} R_m (\rho_A - \rho_C) + \frac{g}{g_c} R_n (\rho_C - \rho_B)$$

微分液柱壓力計計算

→ 一微分液柱壓力計用來測量管中水的壓力，若儲液槽(內裝液體為煤油，其密度為 365kg/m^3)兩端液面差為 0.15cm ，U形管中的流體為甲烷(密度為 1.24kg/m^3)液面差為 15cm ，求水的壓力為多少Pa？



微分液柱壓力計計算解

$$-\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{g}{g_c} R_m (\rho_A - \rho_C) + \frac{g}{g_c} R_n (\rho_C - \rho_B)$$

$$-\Delta P = 9.8 \times \frac{0.15}{100} (1000 - 365) + 9.8 \times \frac{15}{100} (365 - 1.24)$$

$$\therefore -\Delta P = 544 \text{ Pa}$$