





## 二、單位與因次

1. “因次”是量度的基本觀念，而表達因次的工具為“單位”。
  - (1) 我們在測量物理量時表達方式為“數值部份”+“單位部份”，其中數值部份要加一估計值，而單位部份，選用要合理。
  - (2) 同樣一個物理量，若選用單位不同，則其數值部份也不同。
2. 單位系統可分類為：
  - (1) 公制系統：
    - ① M.K.S 制—（化工機械較常使用）
    - ② C.G.S 制—（物理化學數據較常使用）
  - (2) 英制系統：F.P.S 製—（英美工程上較常使用，國內工業界常用）。
  - (3) 國際系統：S.I 制—國際上推廣使用，1960 年國際會議制定。  
以上各系統物理量之轉換因素（conversion factor）稱單位換算。

### 3. 基本量與導出量：

- (1) 基本量：各單位系統所選用為測量之基礎，直接定義之物理量，稱基本量，有長度、質量、時間、溫度四基本量。
- (2) 導出量：藉一些基本物理定律所推導出來，由基本量所組成之物理量稱導出量，如面積、體積、密度、力、加速度、速度等。
- (3) 基本因次：基本量之大小與單位名稱均因系統不同而異，為求方便，以〔L〕表長度，〔M〕表質量，〔 $\theta$ 〕表時間，〔T〕表溫度，〔L〕，〔M〕，〔 $\theta$ 〕，〔T〕稱為基本因次。
- (4) 導出因次：導出量中因次，皆由基本因次分別所組成，如面積〔L<sup>2</sup>〕、體積〔L<sup>3</sup>〕、密度〔ML<sup>-3</sup>〕、加速度〔L $\theta$ <sup>-2</sup>〕、速度〔L $\theta$ <sup>-1</sup>〕稱為導出因次。

【註】在科學研究上以質量為基本量，而工程應用上以力為基本量。

### 4. 公制單位系統：

公制系統分 C.G.S 制與 M.K.S 制，每一種中又細分絕對單位與重力單位

#### (1) C.G.S 制絕對單位：

##### ①基本量：

量	名 稱	符 號	因 次
長 度	公 分	cm	L
質 量	公 克	g	M
時 間	秒	sec	$\theta$

##### ②導出量：

(a) 力：達因 ( dyne )      [ ML $\theta$ <sup>-2</sup> ]

(b)功：耳格 ( erg )      [  $ML^2\theta^{-2}$  ]

③達因：使 1 克物質產生每秒平方 1 公分加速度之力稱 1 達因。

$$1 \text{ dyne} \equiv 1 \text{ g} \cdot \text{cm} / \text{sec}^2$$

④由牛頓第二運動定律， $F = ma / gc$  式中  $gc$  稱轉換因子。

$$\text{則} \quad 1 \text{ dyne} = \frac{1 \text{ g} \times 1 \text{ cm} / \text{sec}}{gc} \quad \therefore gc = 1 \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{dyne} \cdot \text{sec}^2}$$

⑤耳格：1 達因的力作用產生 1 公分位移所作的功叫 1 耳格。

$$1 \text{ erg} \equiv 1 \text{ dyne} \times 1 \text{ cm}$$

(2) M.K.S 制絕對單位：

①基本量：

量	名 稱	符 號	因 次
長 度	公 尺	m	L
質 量	公 斤	kg	M
時 間	秒	sec	$\theta$

②導出量：

(a)力：牛頓 ( NT )      [  $ML\theta^{-2}$  ]

(b)功：焦耳 ( J )      [  $ML^2\theta^{-2}$  ]

③牛頓：使 1 公斤物質產生每秒平方 1 公尺加速度之力稱 1 牛頓。

$$1 \text{ NT} \equiv 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} / \text{sec}^2$$

④由牛頓第二運動定律  $F = ma / gc$  得  $1 \text{ NT} = \frac{1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} / \text{sec}}{gc}$

$$\therefore gc = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{NT} \cdot \text{sec}^2}$$

⑤焦耳 ( J )：1 牛頓的力作用產生 1 公尺位移所作的功叫 1 焦耳。

$$1 \text{ Joule} \equiv 1 \text{ NT} \times 1 \text{ m}$$

(3) C.G.S 制重力單位

①基本量

量	名 稱	符 號	因 次
長 度	公 分	cm	L
質 量	公 克	g	M
時 間	秒	sec	$\theta$
力	公 克 重	gw	F

② 1 公克重為 1 公克質量物質在緯度  $45^\circ$  之海平面受重力加速度作用產生之力。

$$1 \text{ gw} = 1 \text{ g} \times 980 \text{ cm} / \text{sec}^2$$

③由牛頓第二運動定律  $F = mg / gc$  得  $1 \text{ gw} = \frac{1 \text{ g} \times 980 \text{ cm} / \text{sec}^2}{gc}$

$$\therefore gc = 980 \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{gw} \cdot \text{sec}^2}$$

(4) M.K.S 制重力單位：

①基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	公尺	m	L
質量	公斤	kg	M
時間	秒	sec	$\theta$
力	公斤重	kgw	F

② 1 公斤重為 1 公斤物質在緯度  $45^\circ$  海平面上受重力加速度作用產生之力

$$1 \text{ kgw} \equiv 1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m} / \text{sec}^2$$

③由牛頓第二運動定律  $F = mg / gc$  得  $1 \text{ kgw} = \frac{1 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m} / \text{sec}^2}{gc}$

$$\therefore gc = 9.8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kgw} \cdot \text{sec}^2}$$

5. 英制單位系統：

(1) 英國絕對單位：

①基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	呎	ft	L
質量	磅質量	lbm	M
時間	秒	sec	$\theta$

②導出量：

(a)力：磅達 (poundal)  $[ML\theta^{-2}]$

③磅達：使 1 磅物質產生每秒平方 1 呎加速之力，稱 1 磅達。

$$1 \text{ poundal} \equiv 1 \text{ lbm} \times 1 \text{ ft} / \text{sec}^2$$

④由牛頓第二運動定律  $F = ma / gc$  得  $1 \text{ poundal} = \frac{1 \text{ lbm} \times 1 \text{ ft} / \text{sec}^2}{gc}$

$$\therefore gc = 1 \frac{\text{lbm} \times \text{ft}}{\text{poundals} \cdot \text{sec}^2}$$

(2) 英國重力單位：

## 精選試題

- 一、試計算 3 lb 質量物體所呈之力：(1) lbf 為單位 (2) dyne 為單位  
(3) kgw 為單位

$$\text{解：(1) } F = mg / gc = 3 \text{ lbm} \times \frac{32.174 \text{ ft/sec}^2}{32.174 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbm}}{\text{sec}^2 \cdot \text{lbf}}} = 3 \text{ lbf}$$

$$\begin{aligned} \text{(2) } F = mg / gc &= 3 \text{ lbm} \times \frac{454 \text{ g}}{1 \text{ lbm}} \times \frac{980 \text{ cm/sec}^2}{1 \frac{\text{g} \cdot \text{cm}}{\text{dyne} \cdot \text{sec}^2}} \\ &= 1334760 \text{ dyne} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(3) } F = mg / gc &= 3 \text{ lbm} \times \frac{0.454 \text{ kg}}{1 \text{ lbm}} \times \frac{9.8 \text{ m/sec}^2}{9.8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{kgw} \cdot \text{sec}^2}} \\ &= 1.362 \text{ kgw} \end{aligned}$$

- 二、質量、重量、壓力、密度、粘度、功、表面張力等單位，因次分別以絕對單位及重力單位制列表之。

解：

量	絕對單位制(MKS制)		重力單位制(MKS制)	
	因次	MKS制單位	因次	MKS制單位
質量	M	kg	$\text{FL}^{-1}\text{T}^2$	$\text{kgw} \cdot \text{sec}^2/\text{m}$
重量(力)	$\text{MLT}^{-2}$	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$	F	kgw
壓力	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	$\text{kg}/\text{m} \cdot \text{sec}^2$	$\text{FL}^{-2}$	$\text{kgw}/\text{m}^2$
密度	$\text{ML}^{-3}$	$\text{kg}/\text{m}^3$	$\text{FL}^{-4}\text{T}^2$	$\text{kgw} \cdot \text{sec}^3/\text{m}^4$
黏度	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$	$\text{kg}/\text{m} \cdot \text{sec}$	$\text{FL}^{-2}\text{T}$	$\text{kgw} \cdot \text{sec}/\text{m}^2$
功	$\text{ML}^2\text{T}^{-2}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{sec}^2$	FL	$\text{kgw} \cdot \text{m}$
表面張力	$\text{MT}^{-2}$	$\text{kg}/\text{sec}^2$	$\text{FL}^{-1}$	$\text{kgw}/\text{m}$

三、水的表面張力為  $72.4 \text{ dyne/cm}$ ，換算之則應為多少  $\text{kg/sec}^2$  及  $\text{kgw/m}$ ？

$$\text{解：(1) } 72.4 \text{ dyne/cm} \times \frac{1 \text{ g} \times 1 \text{ cm/sec}^2}{1 \text{ dyne}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

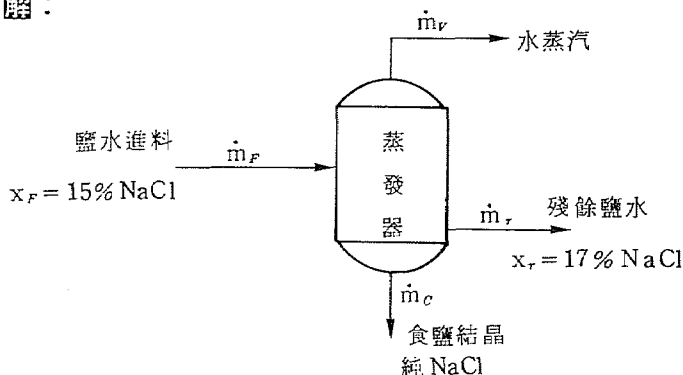
$$= 0.0724 \text{ kg/sec}^2$$

$$(2) 72.4 \text{ dyne/cm} \times \frac{1 \text{ NT}}{10^5 \text{ dyne}} \times \frac{1 \text{ kgw}}{9.8 \text{ NT}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

$$= 0.007388 \text{ kgw/m}$$

四、蒸發器不斷地以  $20 \text{ 噸/小時}$  的速率加入溶液，該溶液含  $15\%$   $\text{NaCl}$  和  $85\%$  的水，蒸發進行時，水被沸騰成蒸汽以  $5.0 \text{ 噸/小時}$  的速率除去，食鹽以結晶狀態沈澱於蒸發器底部，殘餘溶液流出時含有  $17\%$   $\text{NaCl}$  及  $83\%$  水，試計算(1)食鹽結晶的生成速率。(2)殘餘溶液的生成速率。

解：



由系統平衡，進料 = 出料

$$\dot{m}_F = \dot{m}_v + \dot{m}_c + \dot{m}_r \Rightarrow 20 = 5.0 + \dot{m}_c + \dot{m}_r \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

對食鹽作平衡

$$\dot{m}_F \cdot x_F = \dot{m}_v \cdot x_v + \dot{m}_c \cdot x_c + \dot{m}_r \cdot x_r$$

$$20 \times 15\% = 5 \times 0 + \dot{m}_c \times 1.0 + \dot{m}_r \times 17\% \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

解①及②式得  $\dot{m}_c = 0.5 \text{ 噸/小時}$ ， $\dot{m}_r = 14.5 \text{ 噸/小時}$

五、將  $400 \text{ in}^3/\text{day}$  轉換為  $\text{cm}^3/\text{min}$

$$\text{解：} 400 \text{ in}^3/\text{day} \times \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in}}\right)^3 \times \frac{1 \text{ day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}$$

$$= 4.56 \text{ cm}^3/\text{min}$$