

化工基本概論講義

第一回

503511-1



社團法
考友社
出版發行

化工基本概論講義 第一回

目錄

第一回 (1/2)

第一講 單位，因次及基本定律.....	1
壹、單位與因次.....	1
貳、單位換算.....	8
參、質量守恆定律.....	10
肆、能量守恆定律.....	18
伍、氣體定律.....	21
⊕精選試題⊕.....	25

第一回 (2/2)

第二講 熱力學基本定律.....	1
壹、熱力學基本概念.....	1
貳、熱力學第一定律.....	4
參、熱力學第二定律.....	6
肆、熱力學第三定律.....	7
伍、內能與焓.....	8
陸、熱容量.....	10
柒、熔解熱與汽化熱.....	13
捌、絕熱過程.....	16
玖、循環過程.....	19
拾、卡諾循環與熱機效率.....	22
拾壹、熵.....	25
拾貳、熱力學第二定律與熵.....	32
拾參、化學反應之熵變化.....	35
⊕精選試題⊕.....	37

第一講 單位、因次及基本定律

❖ 命題重點 ❖

壹、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)測量物理量時表達方式為“數值部份”+“單位部份”。
 - (2)同一物理量，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：
 - ①M.K.S 制
 - ②C.G.S 制
 - (2)英制系統： F.P.S 制
 - (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，〔 θ 〕表時間，〔T〕表溫度，〔L〕〔M〕〔 θ 〕〔T〕稱基本因次。
 - (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〔L²〕、體積〔L³〕、密度〔ML⁻³〕、加速度〔L θ ⁻²〕、速度〔L θ ⁻¹〕稱為導出因次。
〔註〕科學研究上以質量為基本量，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	θ

② 導出量：

(a) 力：達因(dyne) [ML θ^{-2}]

(b) 功：耳格(erg) [ML² θ^{-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 dyne \equiv 1g \cdot cm/sec²

④ 由牛頓第二運動定律， $F=ma/g_c$ 式中 g_c 稱轉換因子。

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

⑤ 耳格：1 達因的力作用產生 1 公分位移所作的功稱 1 耳格。
1 erg \equiv 1 dyne \times 1 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	θ

② 導出量：

(a) 力：牛頓(NT) [ML θ^{-2}]

(b) 功：焦耳(J) [ML² θ^{-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 $F=ma / g_c$ 得 $1\text{NT} = \frac{1\text{kg} \times 1\text{m} / \text{sec}^2}{g_c}$

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

⑤焦耳(J)：1 牛頓的力作用產生 1 公尺位移所作的功稱 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	θ
力	公克重	gw	F

②1 公克重為 1 公克質量物質在緯度 45° 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 $F=mg/g_c$ 得 $1\text{gw} = \frac{1\text{g} \times 980\text{cm} / \text{sec}^2}{g_c}$

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

(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	θ
力	公斤重	kgw	F

② 1 公斤重為 1 公斤質量物質在緯度 45° 之海平面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 $F = mg / g_c$ 得 $1\text{kgw} = \frac{1\text{kg} \times 9.8\text{m} / \text{sec}^2}{g_c}$

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

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	θ

② 導出量：

力：磅達(poundal) [$ML \theta^{-2}$]

③ 磅達：使 1 磅物質產生每秒平方 1 呎加速度之力，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 $F = ma / g_c$ 得 $1\text{poundal} = \frac{1\text{lbm} \times 1\text{ft} / \text{sec}^2}{g_c}$

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

(2) 英國重力單位：

① 基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	呎	ft	L
時間	秒	sec	θ
力	磅力	lbf	F

②導出量：

質量：斯拉格(slug) [$F \theta^2 L^{-1}$]

③斯拉格：用 1 磅力作用一物體，使產生每秒平方 1 呎加速度的質量，稱 1 斯拉格。

$$1\text{ lbf} \equiv 1\text{ slug} \times 1\text{ ft}/\text{sec}^2$$

或 $1\text{ slug} \equiv 1\text{ lbf}\cdot\text{sec}^2/\text{ft}$

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

$$\therefore g_c = 1 \frac{\text{slug} \cdot \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$$

(3)英國工程單位：

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	θ
力	磅力	lbf	F

②1 磅力為 1 磅物質在緯度 45° 海平面上受重力加速度作用產生之力。

$$1\text{ lbf} \equiv 1\text{ lbm} \times 32.174\text{ ft}/\text{sec}^2$$

③由牛頓第二運動定律 $F=mg/g_c$ 得 $1\text{ lbf} = \frac{1\text{ lbm} \times 32.174\text{ ft}/\text{sec}^2}{g_c}$

$$\therefore g_c = 32.174 \frac{\text{lbm} \times \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$$

6.國際系統(S.I 制)：

(1)基本量：

量	名稱	符號	因次
長度	公尺 meter	m	L
質量	公斤 kilogram	kg	M
時間	秒 second	sec	θ
電流	安培 amper	A	I
溫度	凱氏 Kelvin	K	T
物質質量	莫耳 mole	mol	n
光度	燭光 candela	cd	I_v

(2)導出量:

量	名稱	符號	因次
力	牛頓 Newton	NT	$ML \theta^{-2}$
壓力	巴斯卡 Pascal	Pa	$ML^{-1} \theta^{-2}$
能(功)	焦耳 Joule	J	$ML^2 \theta^{-2}$
功率	瓦特 Watt	Watt	$ML^2 \theta^{-3}$
熱傳導度		$W/m \cdot K$	$ML \theta^{-3} T^{-1}$
熱傳導係數		$W/m^2 \cdot K$	$M \theta^{-3} T^{-1}$
比熱		$J/kg \cdot K$	$QM^{-1} T^{-1}$
黏度		$kg/m \cdot sec$	$ML^{-1} \theta^{-1}$

(3)功率：單位時間所作的功稱功率。由公式 $P = \frac{W}{t}$ 。

瓦特(Watt)：每秒作 1 焦耳的功稱 1 瓦特。

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/sec}$$

(4)壓力：單位面積所受的力稱壓力。由公式 $P = \frac{F}{A}$

巴斯卡：每平方公尺面積受 1 牛頓的力稱 1 巴斯卡。

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ NT/m}^2$$

(5)由牛頓第二運動定律 $F = ma/g_c$ 得 $1 \text{ NT} = \frac{1 \text{ kg} \times 1 \text{ m}}{g_c \cdot \text{sec}^2}$

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

- (6) 對太大或太小的數值，SI制單位經常用10的冪次來表示，以求簡明，如下表。

中 文	英 文	符 號	倍 數
萬 億	tera	T	10^{12}
十 億	giga	G	10^9
百 萬	mega	M	10^6
千	kilo	K	10^3
百	hecto	h	10^2
十	deca	da	10^1
分	deci	d	10^{-1}
厘	centi	c	10^{-2}
毫	milli	m	10^{-3}
微	micro	μ	10^{-6}
塵	nano	n	10^{-9}
漠	pico	p	10^{-12}

7. 熱量單位：

- (1) 熱量為能量形式一種，不同系統有不同單位。

- ① C.G.S 制：卡(cal) ② M.K.S 制：仟卡(kcal)
 ③ F.P.S 制：英熱單位(BTU) ④ S.I 制：焦耳(J)

- (2) 比熱為導出單位：

- ① C.G.S 制：卡/公克 $^{\circ}$ C cal/g $^{\circ}$ C
 ② M.K.S 制：仟卡/公斤 $^{\circ}$ C kcal/kg $^{\circ}$ C
 ③ F.P.S 制： BTU/lbm $^{\circ}$ F
 ④ S.I 制： J/kg \cdot K

- (3) 機械能與熱能同屬能量，其間可互相轉換。其轉換因子為 Je(熱功當量)。

- ① 熱功當量：提供單位熱量可轉變為機械能的量。
 ② 公制：提供 1cal 熱量可作 4.18Joule 的功。

$$J_e = 4.18 \text{ J/cal}$$

③英制：提供 1BTU 熱量可作 778lb · ft 的功。

$$J_e = 778 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{BTU}}$$

④S.I 制：提供 1Joule 熱量可作 1Joule 的功。

$$J_e = 1$$

8.各單位系統中差異：

① 1kgw = 9.8NT

② 1gw = 980dyne

③ 1lbf = 32.174 poundal

④ 1slug = 32.174lbm = 14.59kg

9.結論：各系統之單位及其 g_c 值。

種類	C.G.S 絕對制	M.K.S 絕對制	C.G.S 重力制	M.K.S 重力制	F.P.S 絕對制	F.P.S 重力制	F.P.S 工程制	S.I 制
長度	cm	m	cm	m	ft	ft	ft	m
質量	g	kg	g	kg	lbm	slug	lbm	kg
時間	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
力	dyne	NT	gw	kgw	poundal	lbf	lbf	NT
g_c 值	1 $\frac{g \cdot \text{cm}}{\text{dyne} \cdot \text{sec}^2}$	1 $\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{NT} \cdot \text{sec}^2}$	980 $\frac{g \cdot \text{cm}}{\text{gw} \cdot \text{sec}^2}$	9.8 $\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{Kgw} \cdot \text{sec}^2}$	1 $\frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{poundal} \cdot \text{sec}^2}$	1 $\frac{\text{slug} \cdot \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$	32.174 $\frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{lbf} \cdot \text{sec}^2}$	1 $\frac{\text{Kg} \cdot \text{m}}{\text{NT} \cdot \text{sec}^2}$

貳、單位換算

常用單位換算

1.長度： 1 公尺(m)=100 公分(cm)=1000 毫米(mm)

$$1\text{ft}=12\text{in}=0.3048\text{m}$$

$$1\text{yd}=3\text{ft}$$

$$1\text{mile}=5280\text{ft}=1.61\text{km}$$

$$1\text{in}=2.54\text{cm}=0.0254\text{m}$$

2.質量： 1 公斤(kg)=1000 公克(g)

$$1 \text{噸}(\text{ton})=2000 \text{磅}(\text{lb})$$

$$1 \text{磅}(\text{lb})=453.6\text{g}$$

- 3.時間： 1hr=60min
1min=60sec
- 4.容積： 1升(L)=1000毫升(mL, cc)
1ft³=7.48gal
1ft³=28.32L
1gal=3.785L
- 5.溫度： 1°C=1K=1.8°F
但 0°C=273K=32°F
100°C=373K=212°F
 $^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32$
 $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$
K=273.16+°C
- 6.力： 1公斤力(Kgf)=9.8牛頓(NT)
- 7.功率： 1馬力=745.5瓦特(W)=0.7455千瓦(KW)
- 8.熱量： 1卡(cal)=4.18焦耳(J)= $\frac{1}{252}$ 英熱單位(Btu)
- 9.壓力： 1巴斯卡(Pa)=1NT/m²
1大氣壓(atm)=76cmHg=760mmHg(torr)=29.92inHg
=14.7psi=1.013Kgf/cm²=1033.6cmH₂O
1atm=1.013 × 10⁵NT/m²=10.13NT/cm²
=10.13 × 10⁵dyne/cm²
=1.013巴(Bar)=1013毫巴(mb)
1巴(Bar)=10⁶dyne/cm²
- 10.密度： 1cm³H₂O=1g
1ft³H₂O=62.4lbm
- 11.比熱： 1cal/g°C=1Kcal/Kg°C=4.18KJ/Kg·K=1Btu/lb°F
- 12.黏度： 1泊(P)=1g/cm·s=100厘泊(cp)=0.1Kg/m·s
=0.0672lbm/ft·s