

單元操作講義

第一回

503402-1



社團法
考友社
出版發行

單元操作講義 第一回



第一講 流動概論.....	1
命題大綱.....	1
重點整理.....	2
一、因次.....	2
二、流體靜力學.....	8
三、流體流動現象.....	19
四、流體流動之基本方程式.....	27
五、在導管及薄層中不可壓縮流體的流動.....	32
精選試題.....	51

第一講 流動概論



- 一、因次
 - (一)單位與方程式
 - (二)因次
- 二、流體靜力學
 - (一)流體特性
 - (二)流體類型
- 三、流體流動現象
 - (一)邊界層
 - (二)亂流
 - (三)邊界層中的流動
- 四、流體流動之基本方程式
 - (一)質量平衡
 - (二)巨觀的動量平衡
- 五、在導管及薄層中不可壓縮流體的流動
 - (一)不可壓縮流體的管內流動
 - (二)管及密閉路徑中的亂流
 - (三)摩擦係數
 - (四)薄層中液體的流動



重點整理

一、因次

(一)單位與方程式：

1.單位：

(1)單位制：

①國際單位制（SI制）：

A. MKS 制：

米—公斤—秒單位制。

B. CGS 制：

公分—克—秒單位制。

②FPS 英制：

爲了與公制區別，多在單位前加一「英」字，或冠以口字旁稱之。

表(一) 基本單位表

	國際單位制（SI制）		FPS 英制
	MKS 制	CGS 制	
時間	秒 sec		
長度	公尺 m	公分 cm $1cm \equiv 1 \times 10^{-2}m$	呎 ft $1in \equiv 2.54cm$ $1ft = 12in$ $1ft = 0.3048m$
質量	公斤 kg	公克 g $1g \equiv 1 \times 10^{-3}kg$	磅 lb $1lb \equiv 0.454kg$
溫度	絕對溫度 K $^{\circ}C \equiv K - 273.15$		$^{\circ}R$, $^{\circ}F$ $^{\circ}F = 32 + 1.8^{\circ}C$
速度	$\frac{m}{s}$		$\frac{ft}{s}$
加速度	$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$	$g = 980 \frac{cm}{s^2}$	$g = 32.174 \frac{ft}{s^2}$ $g_c = 32.174 \frac{ft \cdot lb_m}{lb_f \cdot s^2}$

(2) 衍伸單位：

表(二) 衍伸單位表

	國際單位制 (SI 制)		FPS 英制
	MKS 制	CGS 制	
密度	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{lb_m}{ft^3}$
力 質量×加速度	牛頓 (N) $1N \equiv 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$ $1kg_f = 9.8N$	達因 (dyne) $1dyne \equiv 1 \frac{g \cdot cm}{s^2}$	力磅 lb_f $1lb_f \equiv 32.174 \frac{lb_m \cdot ft}{s^2}$
功 (熱量) 力×距離	焦耳 (J) $1J \equiv 1N \cdot m$ $= 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$	耳格 (erg) $1erg \equiv 1dyne \cdot cm$ $= 1 \times 10^{-7} J$	Btu $1 \frac{Btu}{lb \cdot ^\circ F} \equiv 1 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$
功率 能量÷時間	瓦特 (W) $1W \equiv 1 \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$, $W \equiv \frac{J}{s}$		馬力 $1hp \equiv 550 \frac{ft \cdot lb_f}{s}$
壓力 力÷截面積	帕 $1Pa \equiv 1 \frac{N}{m^2}$ $= 1 \frac{kg}{m \cdot s^2}$	$1bar \equiv 1 \times 10^5 Pa$ $\mu bar = \frac{g}{s^2 \cdot cm}$	$psi = \frac{lb_f}{in^2}$ $1atm = 14.7 psi$
黏度 質量÷(長度×時間)	帕秒 $1Pa \cdot s = 1 \frac{kg}{m \cdot s}$	$poise = \frac{g}{cm \cdot s}$ $1pa \cdot s = 10 poise$	
比熱	$\frac{J}{kg \cdot ^\circ K}$	$\frac{cal}{g \cdot ^\circ C}$	$\frac{Btu}{lb_m \cdot ^\circ F}$
熱傳導係數	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{Kcal}{h \cdot m \cdot K}$	$\frac{Btu}{h \cdot ft \cdot ^\circ F}$

(3) 常用之單位換算：

① 力：

$$1N = 10^5 dyne = 1.02 \times 10^{-1} kg_f = 2.248 \times 10^{-1} lb_f$$

② 壓力：

$$1Pa = 10 \frac{\text{dync}}{\text{cm}^2} = 7.5 \times 10^{-3} \text{mmHg} = 10^{-5} \text{bar} = 1.02 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 1.45 \times 10^{-4} \text{psi}$$

③ 能量：

$$1\text{cal} = 4.187\text{J}$$

④ 黏度：

$$1Pa \cdot s = 10 \text{poise} = 1000\text{cps}$$

2. 方程式：

(1) 結算：

① 動量結算：

動量輸入率 + 加於系統中之作用力 = 動量輸出率 + 系統內動量累積率

② 熱量結算：

能量輸入率 + 熱量產生率 = 能量輸出率 + 系統內能量累積率

③ 質量結算：

質量輸入率 + 質量產生率（化學變化） = 質量輸出率 + 系統內質量累積率

(2) 一般傳送方程式：

$$\textcircled{1} \text{ 傳送程序速率} = \frac{\text{推動力}}{\text{阻力}}$$

$$\textcircled{2} \psi = -\delta \frac{d\phi}{dy}$$

ψ ：當性質的量垂直於 y 方向，單位時間、單位面積下所被傳送性質的量

δ ：為一比例常數，稱為擴散係數，單位為 $\frac{m^2}{s}$

ϕ ：為推動力之形式

y ：為傳送之位置方向

(3) 動量傳送與牛頓黏度定律：

♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥
♥ 精選試題 ♥
♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥♥

一、 30°C 之水以 $78.54 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$ 之平均流量沿內徑 1.0cm 之長圓管流動，黏度為 0.8cp ，密度為 $1.0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ，則其流動方式為何？

答：截面積

$$A = \frac{\pi}{4} \times 1^2 = 0.785\text{cm}^2$$

平均速度

$$v = \frac{78.54}{0.785} = 100 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

黏度

$$\begin{aligned} \mu &= 0.8\text{cp} \\ &= 0.8 \times 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{Dv\rho}{\mu} \\ &= \frac{1 \times 100 \times 1}{0.8 \times 10^{-2}} \\ &= 12500 \end{aligned}$$

Ans：得知 $\text{Re} > 4000$ 為湍流。

二、平均流速為 v ，動黏度為 ν 之流體流經一邊長為 a 與 b 之長方形管，其雷諾數為何？

答： $D_e = 4r_H$

$$D_e = 4r_H = 4 \times \frac{\text{截面積}}{\text{沾濕周長}}$$