

國立虎尾科技大學
機械設計工程系
機械工程實驗(二)
熱流力實驗

實驗 1. 雷諾數實驗

指導教授： 周 榮 源 老 師

班 級： 四 設 四 乙

學 生： 劉于綸 41023245

陳濬祺 41023229

劉昱辰 41023246

廖崇軒 41023244

黃嘉偉 41023238

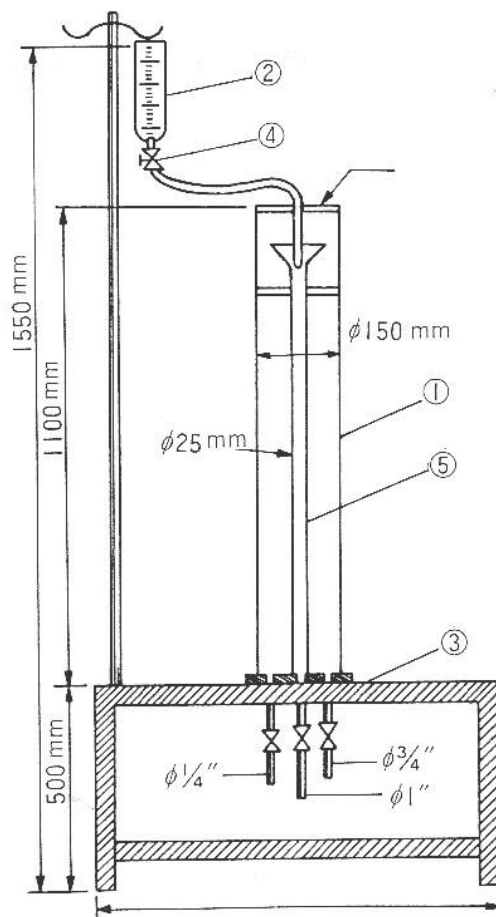
組 別： 第 11 組

中華民國 113 年 12 月 24 日 星期二

壹、 實驗目的以墨汁流入透明之壓克力管流中，觀察流體在管路中流動的情形，並配合計算出

Re(雷諾數)，以瞭解層流和紊流與雷諾數(Re)之間的關係。

貳、 儀器與設備



圖一、雷諾數儀器構造

件號	名稱	材質規格	數量
1	套管式測試管	壓克力	1
2	點滴液瓶	玻璃 500℃	1
3	機架	ss41L 型銅銲接	1
4	節流閥	透明壓克力	1
5	內管	透明壓克力	1

本套儀器是由一透明之壓克力製內外雙套管、機架台座、點滴液瓶、進出口閥、洩水閥及溢水管等和管路連接而成，詳細構造如圖一所示。

[實驗儀器規格與尺寸]

1	外套管直徑	150mm
2	內套管直徑	25mm

參、實驗原理

在研究流體力學的過程中，我們會遇到為數不少的無因次參數，如 Re 、 Fr 、 Ma 等，但其中最為大家所熟知的則為 Re ，及雷諾數。

如大家在研讀流力時所知， $Re = \frac{\rho V L}{\mu}$ ，其物理意義為慣性力與黏性力之比值，式中 ρ 為密度， V 為平均速度， μ 為絕對黏度(或動力黏度)， L 為特徵長度，對一管流而言，特徵長度為直徑 D ，則

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

若採國際單位(SI) 系統， ρ 取 $[kg/m^3]$ ， V 取 $[m/s]$ ， D 為 $[m]$ ， μ 為 $[Ns/m^2]$ ，則 Re 之單位為

$$[Re] = \frac{\frac{kg}{m^3} \times \frac{m}{s} \times m}{\frac{N \cdot s}{m^2}} = \frac{\frac{kg \cdot m}{s^2}}{N} = [1]$$

由上可知， Re 為一無因次參數，亦即其值不因使用之單位系統不同而發生變化。此參數之重要性乃在 Re 之大小與流體之流動情況是層流或擾流有關。當雷諾數小時，流動形態成層狀或板狀運動，在巨觀下，其相鄰各層並無混合現象。此時若將一細絲狀之染料注入其中，可看出此染料成一條線而不致散開，此即大家所熟知的層流，其流況如圖(2a)所示。

現若稍微加快流速，使 Re 稍微加大，吾人可發現此層狀流體在管路下游處成不穩定之擾動現象(圖 2b)，此種上游層流，下游擾流之現象，稱為轉換區

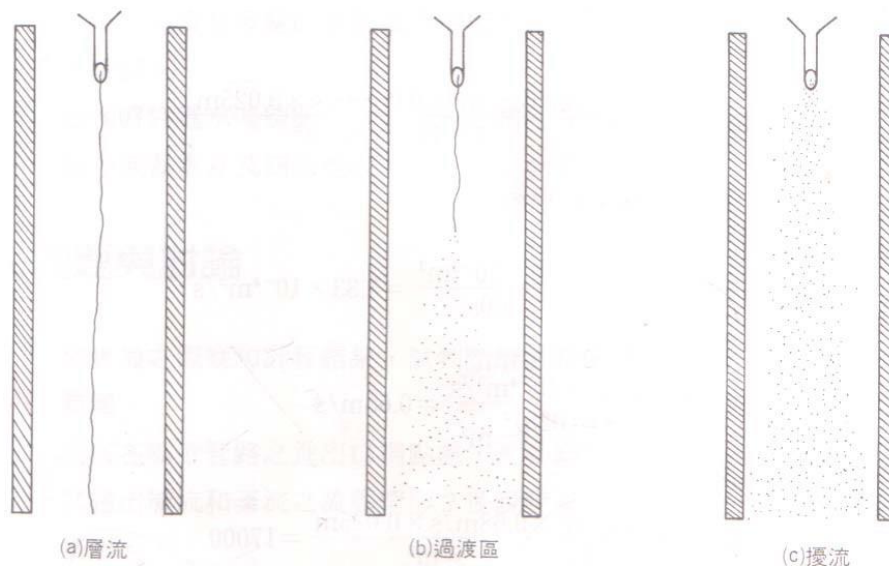


圖 2

層流、擾流及過渡區之流線圖
象(圖 2c)，此即所謂的擾流。

$Re > 4000$ 時為擾流， $2300 < Re < 4000$ 時則為轉換區。

現若再度加快流速，可發現整個流場呈擾動現象
一般而言，當 $Re < 2300$ 時，流場為層流，

本實驗旨在使同學由實驗中觀察層流、擾流、轉換區流場之不同，且驗證雷諾數與流場間之關係。在雷諾數之計算上，只要測得流量 Q 及管徑 D ，則由 $V = Q/A$ ，及已知之流體性質及即可求得所需的 Re 。

例：雷諾數實驗，測得 $D = 2.5\text{cm}$, $Q = 2 \text{ l/min}$ ，若水之 $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ N-s/m}^2$ ，又 $Q =$

20 l/min 時 $Re = ?$ 而流場為層流或擾流？

$$\text{解：(1) } Q = 2 \text{ l/min} = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 3.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q/A = \frac{3.33 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times (0.025)^2}{4} \text{ m}^2} = 0.068 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.068 \text{ m/s} \times 0.025 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ N-s/m}^2} = 1700$$

所以 $Re < 2300$ ，故為層流。

$$(2) Q = 20 \text{ l/min} = \frac{2 \times 10^{-2} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 3.33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3.33 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times (0.025)^2}{4} \text{ m}^2} = 0.68 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.68 \text{ m/s} \times 0.025 \text{ m}}{1 \times 10^{-3} \text{ N-s/m}^2} = 1700$$

所以 $Re > 4000$ ，故為擾流。

肆、實驗步驟

1. 墨水加水稀釋（約 1：5）後裝入點滴液瓶內並裝置在儀器上端。
2. 打開進水口閥及內管出水口閥，並將進出口流量控制在穩定流動狀態（即外管水位維持在某一固定位置不變）。
3. 將墨水之控制閥打開讓墨水穩定的滴入套筒中。
4. 觀察墨水於管路中流動的情形（層流、紊流或於臨界區域）同時用量杯（或水筒）量取流量並用碼錶確實測量時間（秒）將此等資料數據（流動情形、流量、測量時間）詳細計錄。

5. 改變流量(由小到大)至少取五種不同的流量，以確實觀察由層流變化到完全紊流的情形。
6. 實驗結束，將墨水關閉，且洗淨針頭後置清水桶內，以免墨汁乾化，堵塞針孔，同時開大進水閥(出口閥維持略開)讓清水充滿套筒內部(此時會有多餘的水從溢水口流出)讓其自然循環數分鐘將墨汁 清洗掉。
7. 最後再將進水閥關閉，並打開出口閥和洩水閥將水排乾。
8. 擦淨儀器本身及四周地板。

伍、實驗結果與討論

1. 依實驗之觀察和計算結果，試判斷層流和紊流的臨界區域值在何種範圍。
2. 為何在靠近管路之進出口端點處，流動均呈不穩定現象。
3. 試繪出層流和紊流之流動情形？並說明層流和紊流時水分子的流動情形。
4. 依據實驗數據及觀察結果，本實驗和一般眾多書籍所敘述之數據是否符合？若不符合，你認為原因出在那裡，應如何改善。



雷諾數實驗報告

水溫: 26°C 密度(ρ): 1000kg/m³ 黏度係數(μ): 0.001N-s/m² 內管直徑(D) 25mm

截面積(A): 0.0005 m² 日期: 12/16 姓名: 廖崇軒、陳濬祺、劉于綸、黃嘉偉、劉昱辰

項 次 別	實際流量量測			流 速 $V = \frac{Q}{A}$ (m/sec)	雷諾數 $Re = \frac{\rho V D}{\mu}$	(層流、擾流) 流動情形	符 與 與理論是否相
	測量時間 (sec)	測量水量 (c.c)	流量 Q (m ³ /sec)				
1	10sec	800c. c	8x10 ⁻⁵ m ³ /sec	0.16m/sec	4000	在轉換區接近擾流	是
2							
3							
4							
5							

陸、測驗題

1. 雷諾數公式 $\frac{\rho \times V \times D}{\mu}$

2. Re 之物理意義 慣性力與黏性力之比值。

3. 一般而言，Re 大於 4000 為擾流，小於 2300 層流。

4. 推導 Re 之單位： $\frac{kg \times m}{s^2 N}$

5. 以實驗室之 D=2.5cm 而言，水之 μ 1x10⁻³N-s/m²，則在層流之狀況，其 V 應小於 0.092

6. 同上，在擾流之情況，V 應大於 0.16

7. 若管徑 2cm，Q=10L/min，請問此時之 Re=10600，其流場應為擾流

8. Re 數之功用 是用來判斷流體流動的型態。

柒、延伸應用與討論

1. 列表整理出圓管、通道、矩(或方)形斷面管、任意形狀(如血管)之 Re 算法，及在 Laminar flow, transition flow, turbulent flow 下 Re 範圍?

2. 以一平板為例，外流場之 Re 算法(公式)? 在 Laminar flow, transition flow, turbulent flow 下之 Re 範圍?

3. 請估算一下當你騎機車時，Re 在 Laminar flow, transition flow, turbulent flow 下相當速度是多快?

參考文獻

1. J.P. Holman, Experimental Methods for Engineers, McGRAW-Hill.
2. R.S. Figliola and D.F. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurement, Wiley.
3. E.R.G. Eckert and R.J. Goldstein, Measurements in Heat Transfer, Hemishpere Publishing Co.