

逢甲大學學生報告 ePaper

流力試驗實驗一

雷諾數試驗

作者：吳伯翰、林祐陞、戴憲勝

系級：水利三甲

學號：D9356904、D9357111、D9357078

開課老師：許少華

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利系

開課學年：95 學年度 第一學期

摘要

西元一八八三年，英國人 Osbourne Reynolds 將有色液體注入透明管內之流動流體中，他發現當流量小時，管內之染色液體從頭到尾始終為一條清晰可見的細紋；可是當流量漸次增大，有色液體開始呈現不穩定狀，由波浪狀變成最後的渾濁不清。在流體力學中將前者之流動狀況稱為層流(Laminar Flow)，而後者稱為紊流(Turbulent Flow)。在圓管中雷諾數 $Re < 2100$ 為層流，當雷諾數 $Re > 4000$ 為亂流，而當雷諾數介於 2100 至 4000 之間時，為一過渡流況，此時非層流但也不是真正的紊流，為一轉變過程的過渡流況。

雷諾數是計算出來的數值，而流況則是用肉眼觀察的結果。

在本次試驗中，我們將在 2 種不同口徑的管子中施放顏料，並以肉眼觀察顏料的流動狀況，另外配合流量的資料來計算出雷諾數。將肉眼觀察的結果配合雷諾數來比對，藉此看出雷諾數與流況的關連性。

最後我們由實驗結果可知，如果雷諾數不是在很極端的狀況，而流況通常都是以轉變流出現，這是一種數據與現實的落差。

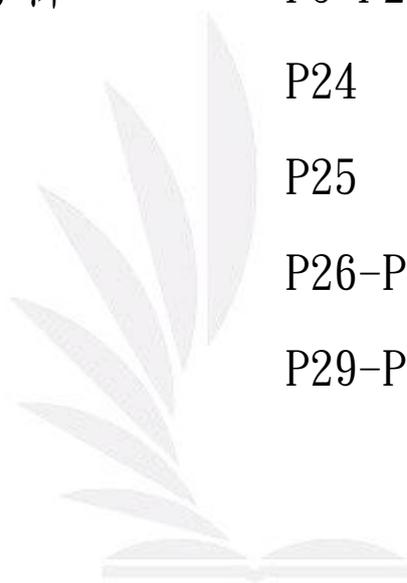
另外，在本次實驗中，我覺得小管子的變化比大管子明顯，這是因為在相同流量下，小管子的雷諾數會比較大，也就是小管子的變化較為明顯。

關鍵字

雷諾數、層流、轉變流、亂流

目錄

一、實驗原理	P4
二、實驗過程	P5
三、注意事項	P5
四、實驗流程	P6
五、實驗表格	P7-P8
六、實驗結果與分析	P9-P23
七、問題討論	P24
八、結論	P25
九、心得	P26-P28
十、照片	P29-P31



一、實驗原理

雷諾數是一種無因次的參數，他是慣性力和黏性力的比值。

雷諾數為 $R_e = \frac{\text{慣性力}}{\text{黏性力}}$

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

R_e 為雷諾數

ρ 為流體密度

μ 為動力黏滯度

V 為管內斷面平均流速

D 為管的直徑

我們可藉由雷諾數了解到該流體的流況。一般而言，情況如下：

層流 $R_e < 2100$

轉變流 $2100 < R_e < 4000$

亂流 $4000 < R_e$

若以肉眼觀察，在均勻流以染料的煙線代替流線時理論上層流是清楚的線狀，轉變流則是擾動狀，而亂流則是揮發狀或消失不見。

在本次實驗中，我們將藉由透明的圓管與針頭染料，來觀察在各種流量下的流況，並藉由計算出的雷諾數來與實際觀察結果來做一個比較。

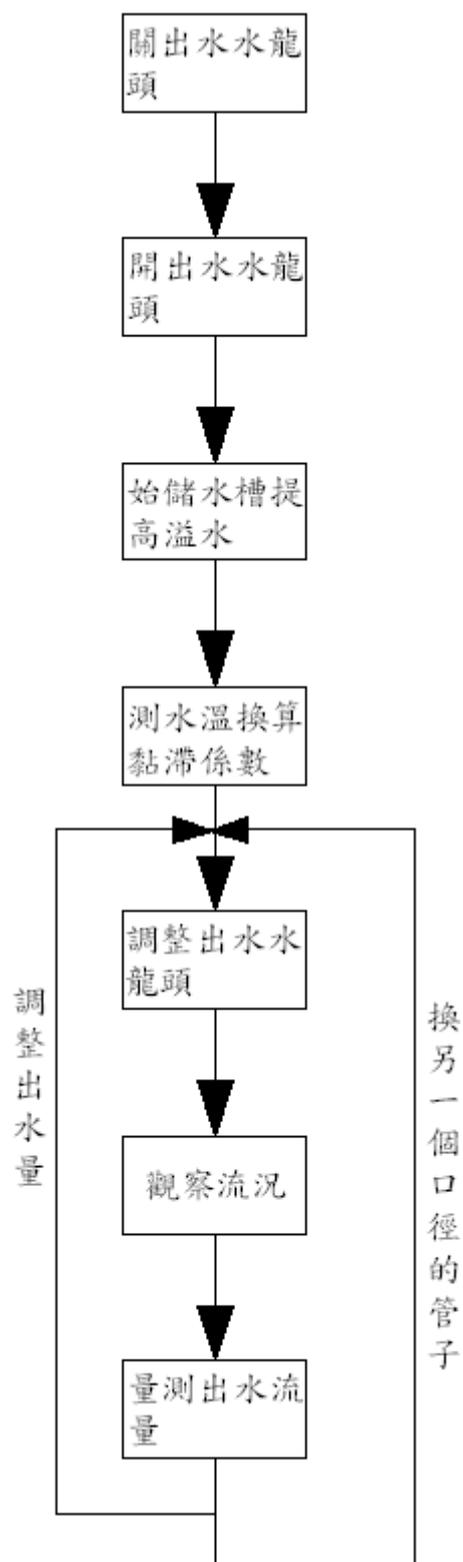
二、實驗過程

1. 關出水龍頭。
2. 開入水龍頭。
3. 等儲水槽的水位提升並溢流。
4. 測水溫，換算動力黏滯係數 μ 。
5. 開出水龍頭，使水流穩定，調整染料。
6. 觀察流況。判斷其為層流、中間流或亂流。
7. 調整出水量。
8. 測量出水流量
9. 重複步驟 6~8。
10. 換水管口徑，重複步驟 5~9

三、注意事項

1. 記得量水溫，這樣才知動力黏滯度，並且才能算出雷諾數。
2. 管內最好保持乾淨。
3. 顏料不順可以試著把針頭通一通再用。

四、實驗流程



五、實驗表格

表一. 直徑 1.5cm 的管子

管徑 1.5 cm				
編號	次數	秒數 (s)	體積 (ml)	流量 (m ³ /s)
1	1	30.6	180	5.88235E-06
	2	30.27	170	5.61612E-06
	3	30.27	170	5.61612E-06
	平均	30.38	173.3333	5.70551E-06
2	1	10.34	240	2.32108E-05
	2	10.22	230	2.25049E-05
	3	10.26	240	2.33918E-05
	平均	10.27333	236.6667	2.3037E-05
3	1	5.33	470	8.81801E-05
	2	5.18	440	8.49421E-05
	3	5.29	460	8.69565E-05
	平均	5.266667	456.6667	8.67089E-05
4	1	3.44	840	0.000244186
	2	3.41	840	0.000246334
	3	3.36	830	0.000247024
	平均	3.403333	836.6667	0.000245837
5	1	10.18	240	2.35756E-05
	2	10.02	240	2.39521E-05
	3	10.22	230	2.25049E-05
	平均	10.14	236.6667	2.33399E-05
6	1	90.34	170	1.88178E-06
	2	90.26	170	1.88345E-06
	3	90.18	170	1.88512E-06
	平均	90.26	170	1.88345E-06
7	1	5.51	400	7.25953E-05
	2	5.66	400	7.06714E-05
	3	5.34	380	7.1161E-05
	平均	5.503333	393.3333	7.14718E-05
8	1	3.37	930	0.000275964
	2	3.52	1000	0.000284091
	3	3.6	1000	0.000277778
	平均	3.496667	976.6667	0.000279314

表二. 直徑 2.6cm 的管子

管徑 2.6cm					
編號	次數	秒數 (s)	體積 (ml)	流量 (m ³ /s)	
1	1	10.19	180	1.76644E-05	
	2	10.27	190	1.85005E-05	
	3	10.24	180	1.75781E-05	
	平均	10.23333	183.3333	1.79153E-05	
2	1	4.34	560	0.000129032	
	2	4.2	530	0.00012619	
	3	4.41	580	0.000131519	
	平均	4.316667	556.6667	0.000128958	
3	1	3.18	1070	0.000336478	
	2	3.25	1070	0.000329231	
	3	3.36	1100	0.000327381	
	平均	3.263333	1080	0.00033095	
4	1	5.29	370	6.99433E-05	
	2	5.41	380	7.02403E-05	
	3	5.38	380	7.0632E-05	
	平均	5.36	376.6667	7.02736E-05	
5	1	60.25	180	2.98755E-06	
	2	60.18	180	2.99103E-06	
	3	59.84	180	3.00802E-06	
	平均	60.09	180	2.99551E-06	
6	1	5.38	280	5.20446E-05	
	2	5.31	280	5.27307E-05	
	3	5.54	290	5.23466E-05	
	平均	5.41	283.3333	5.23722E-05	
7	1	3.52	620	0.000176136	
	2	3.34	580	0.000173653	
	3	3.45	600	0.000173913	
	平均	3.436667	600	0.000174588	

六、實驗結果與分析

1. 直徑 1.5cm 的管子

管徑 1.5cm
水溫 20度
動力黏度 0.001002

表三. 直徑 1.5cm 的管子編號 1

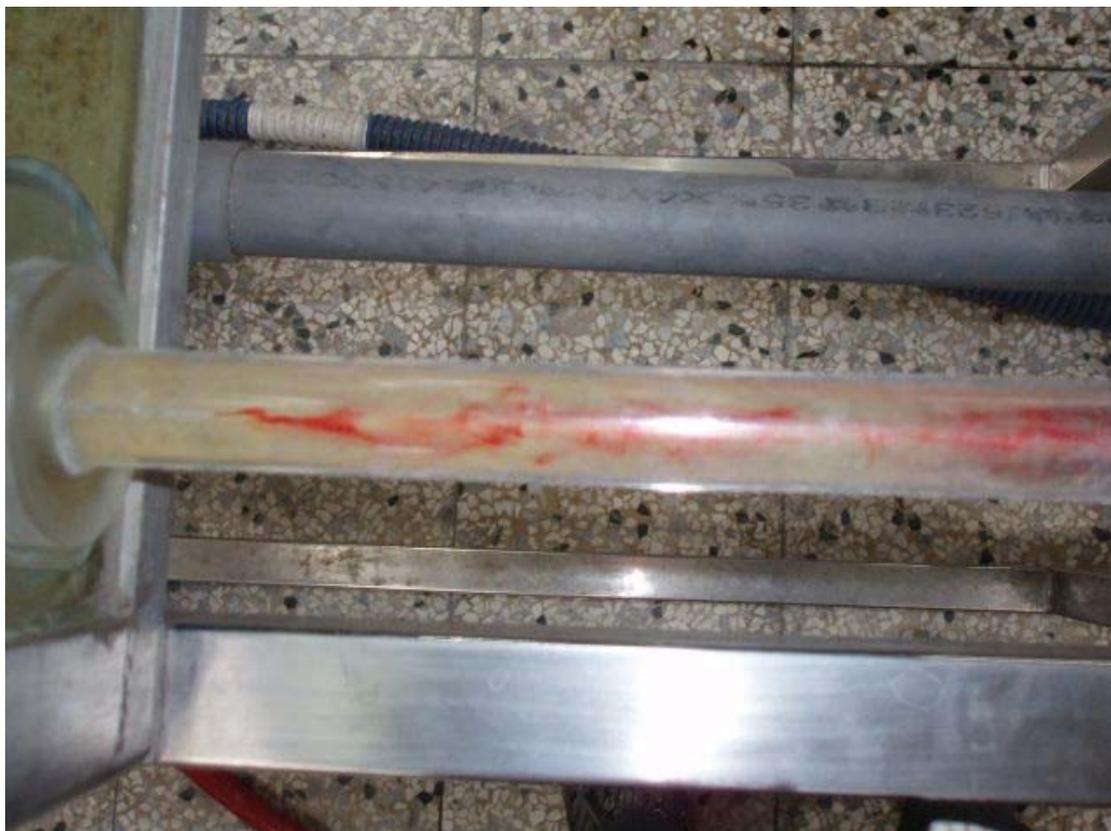
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
1	1	5.88235E-06	0.033287308	層流	497.416036	層流
	2	5.61612E-06	0.031780747	層流	474.903318	層流
	3	5.61612E-06	0.031780747	層流	474.903318	層流
	平均	5.70551E-06	0.032286571	層流	482.4619	層流



圖一. 直徑 1.5cm 的管子編號 1

表四. 直徑 1.5cm 的管子編號 2

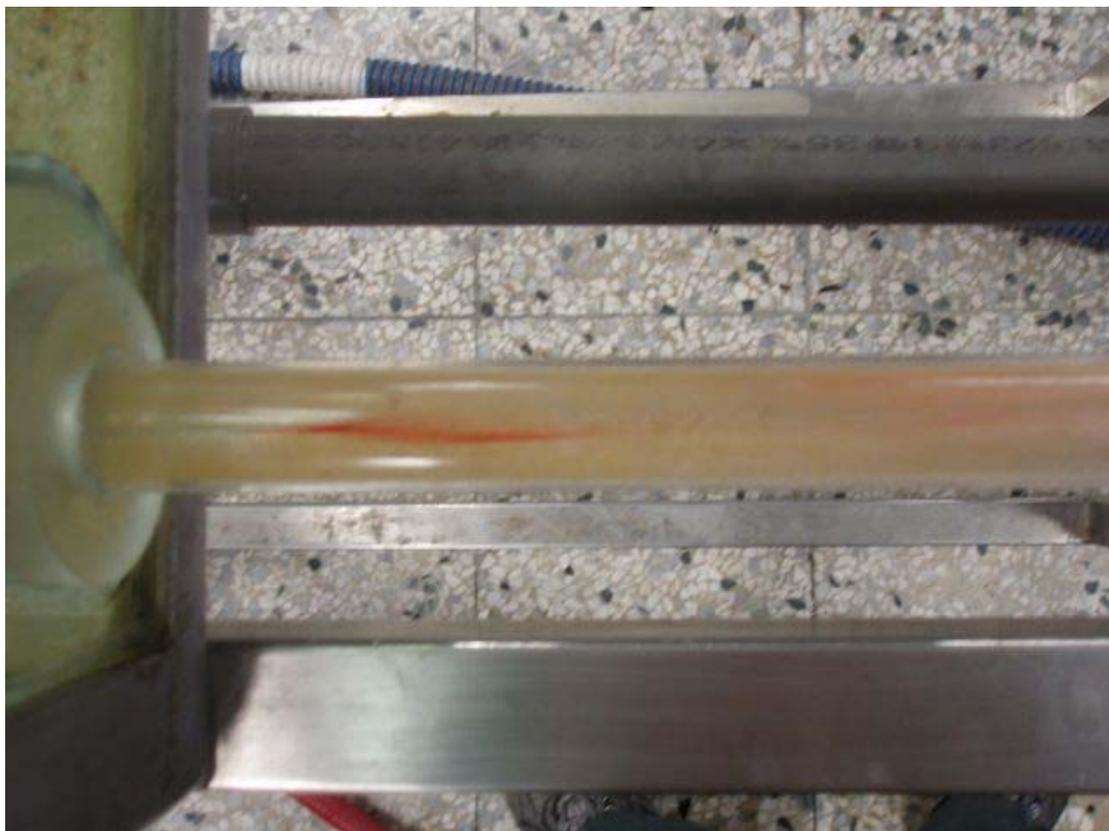
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
2	1	2.3211E-05	0.131346	轉變流	1962.725	層流
	2	2.2505E-05	0.127352	轉變流	1903.03	層流
	3	2.3392E-05	0.132371	轉變流	1978.029	層流
平均		2.3037E-05	0.130363	轉變流	1948.025	層流



圖二. 直徑 1.5cm 的管子編號 2

表五. 直徑 1.5cm 的管子編號 3

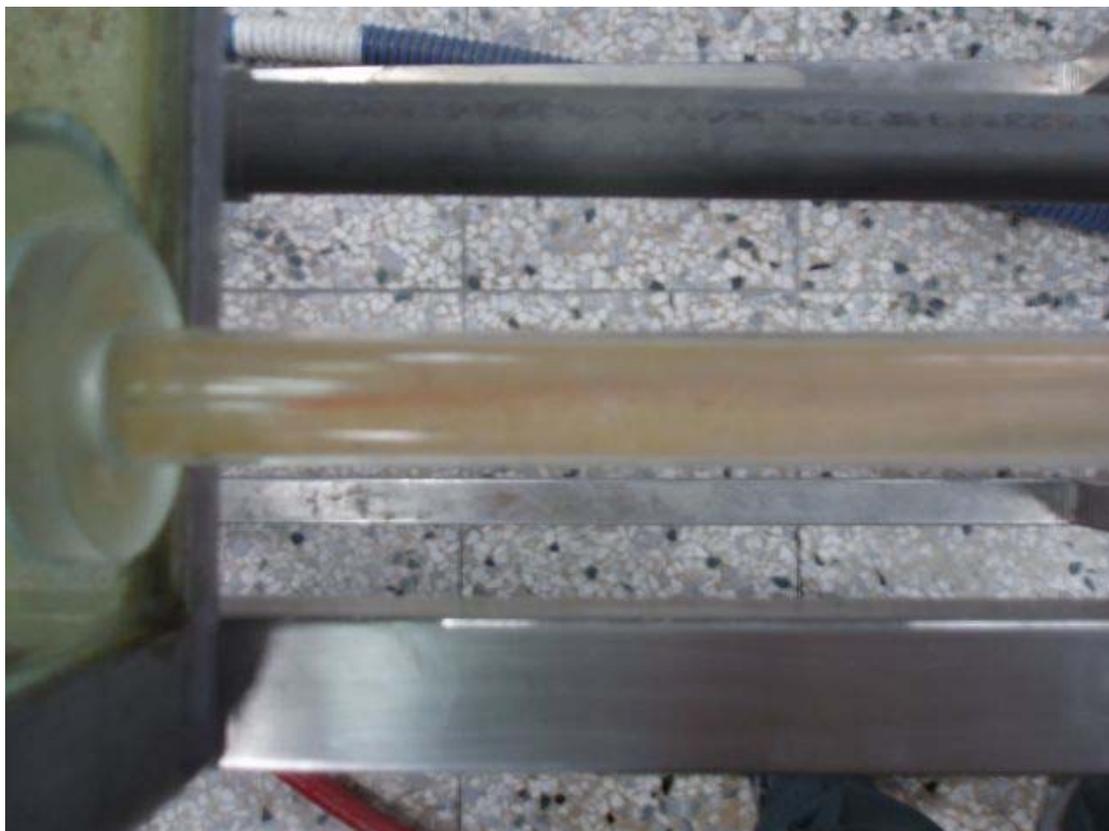
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
3	1	8.818E-05	0.498997	亂流	7456.574	亂流
	2	8.4942E-05	0.480674	亂流	7182.764	亂流
	3	8.6957E-05	0.492073	亂流	7353.107	亂流
	平均	8.6709E-05	0.490672	亂流	7332.164	亂流



圖三. 直徑 1.5cm 的管子編號 3

表六. 直徑 1.5cm 的管子編號 4

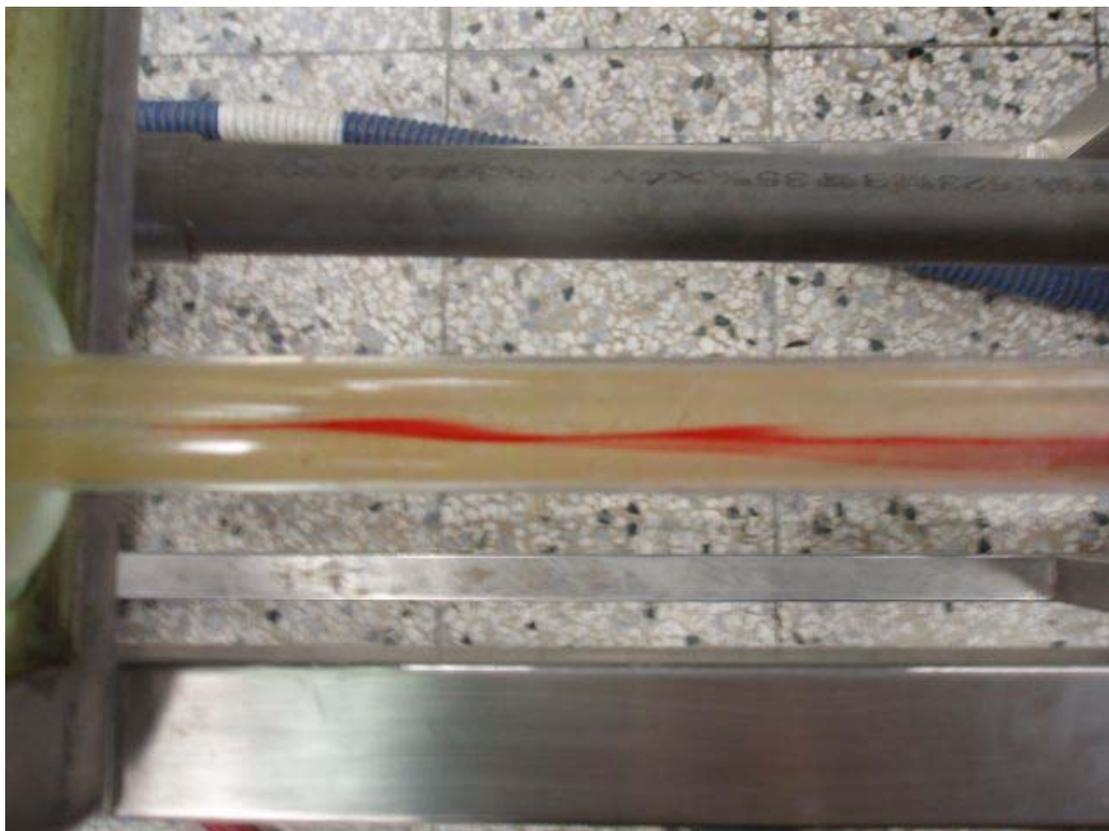
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
4	1	0.00024419	1.38181	亂流	20648.55	亂流
	2	0.00024633	1.393967	亂流	20830.21	亂流
	3	0.00024702	1.397869	亂流	20888.51	亂流
	平均	0.00024584	1.391155	亂流	20788.19	亂流



圖四. 直徑 1.5cm 的管子編號 4

表七. 直徑 1.5cm 的管子編號 5

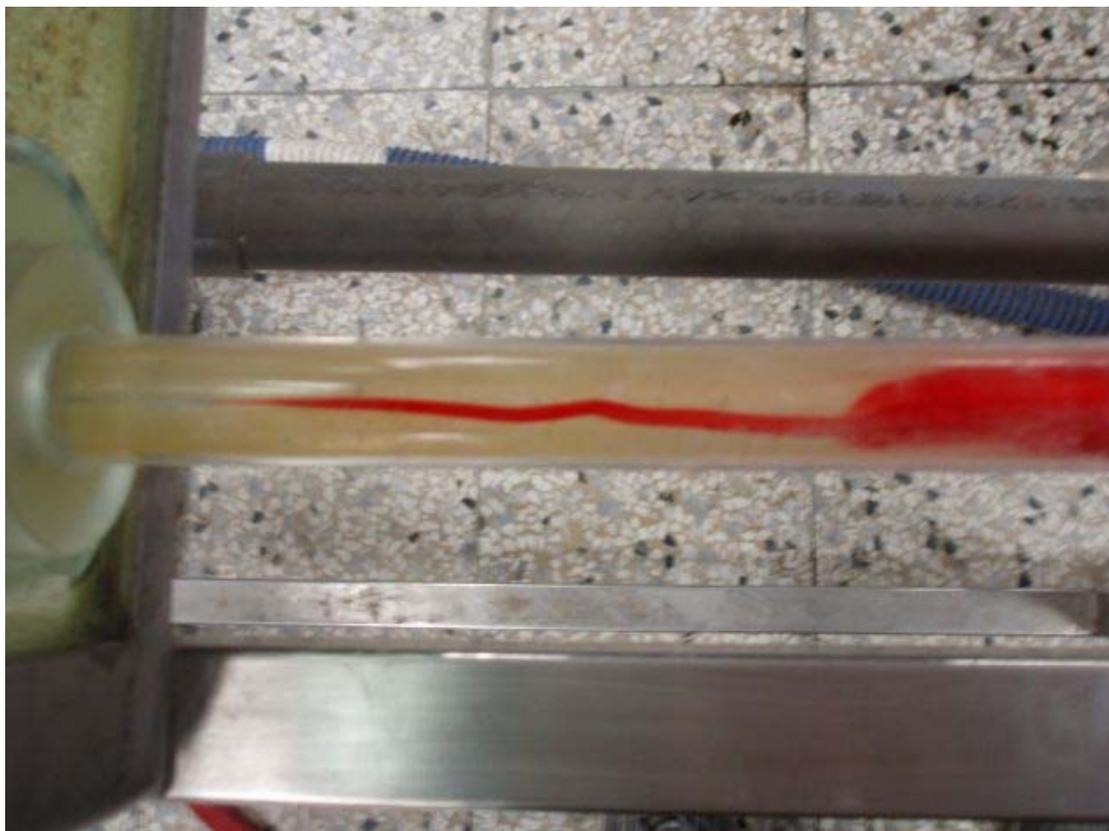
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
5	1	2.3576E-05	0.133411	層流	1993.573	層流
	2	2.3952E-05	0.135541	層流	2025.407	層流
	3	2.2505E-05	0.127352	層流	1903.03	層流
	平均	2.334E-05	0.132077	層流	1973.64	層流



圖五. 直徑 1.5cm 的管子編號 5

表八. 直徑 1.5cm 的管子編號 6

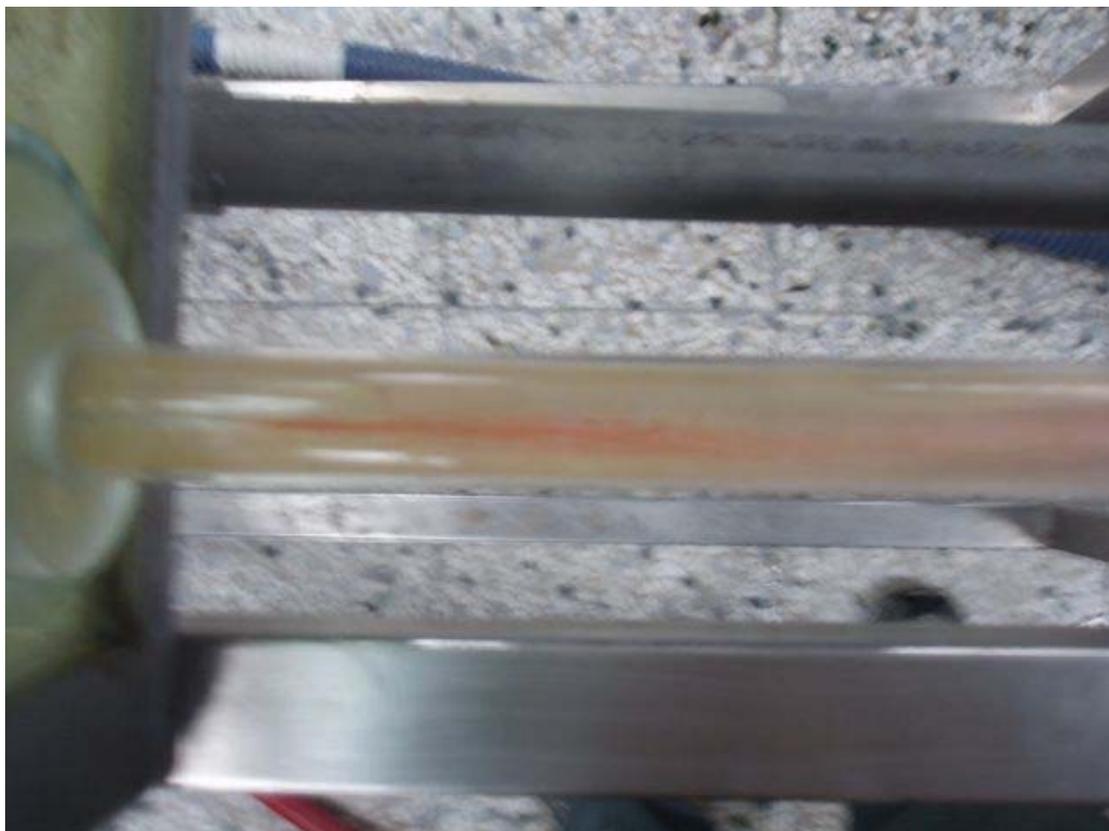
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
6	1	1.8818E-06	0.010649	層流	159.1247	層流
	2	1.8834E-06	0.010658	層流	159.2657	層流
	3	1.8851E-06	0.010668	層流	159.407	層流
	平均	1.8834E-06	0.010658	層流	159.2657	層流



圖六. 直徑 1.5cm 的管子編號 6

表九. 直徑 1.5cm 的管子編號 7

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
7	1	7.26E-05	0.410805	亂流	6138.71	亂流
	2	7.067E-05	0.399918	亂流	5976.023	亂流
	3	7.116E-05	0.402689	亂流	6017.43	亂流
	平均	7.147E-05	0.404448	亂流	6043.71	亂流



圖七. 直徑 1.5cm 的管子編號 7

表十. 直徑 1.5cm 的管子編號 8

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
8	1	0.00027596	1.561639	亂流	23335.75	亂流
	2	0.00028409	1.607626	亂流	24022.93	亂流
	3	0.00027778	1.571901	亂流	23489.09	亂流
	平均	0.00027931	1.580592	亂流	23618.96	亂流



圖八. 直徑 1.5cm 的管子編號 8

2. 直徑 2.6cm 的管子

管徑 2.6cm
水溫 20度
動力黏度 0.001002

表十一. 直徑 2.6cm 的管子編號 1

編號	次數	流量(m ³)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
1	1	1.77E-05	0.033271	層流	497.1676	層流
	2	1.85E-05	0.034845	層流	520.7001	層流
	3	1.76E-05	0.033108	層流	494.7401	層流
	平均	1.79E-05	0.033743	層流	504.2302	層流



圖九. 直徑 2.6cm 的管子編號 1

表十二. 直徑 2.6cm 的管子編號 2

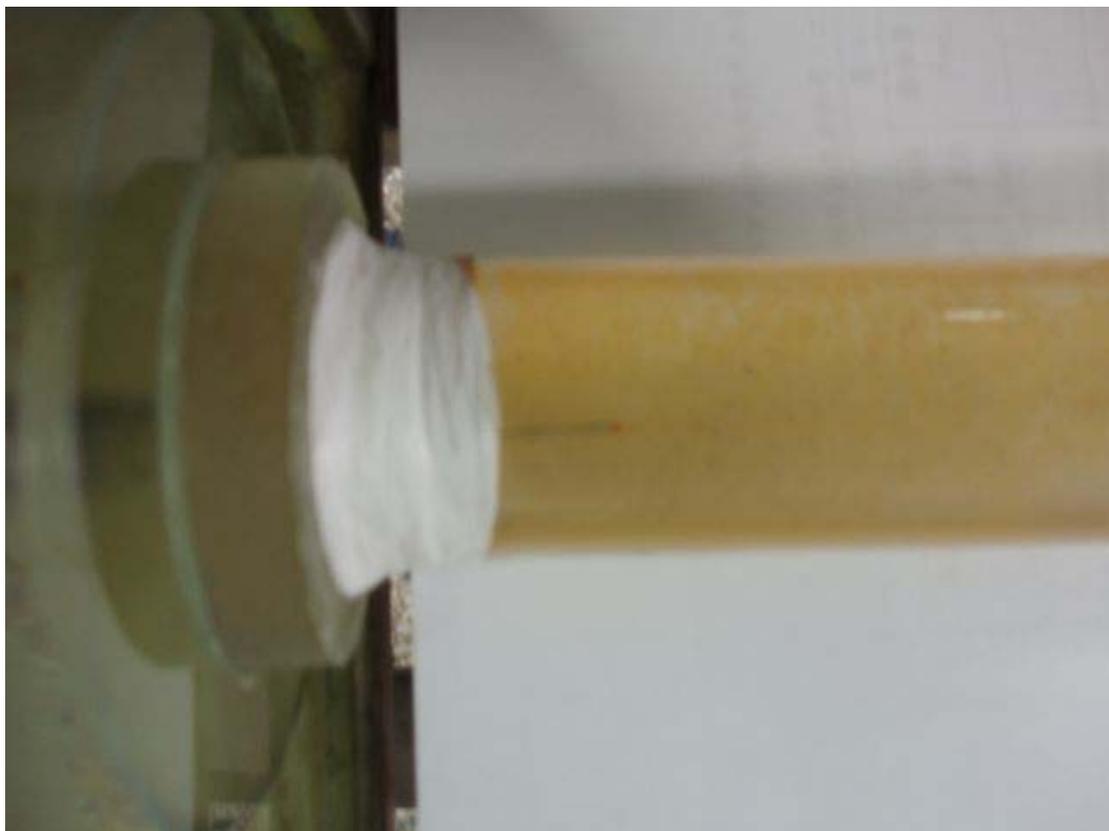
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
2	1	0.000129	0.243031	亂流	3631.64	轉變流
	2	0.000126	0.237679	亂流	3551.658	轉變流
	3	0.000132	0.247715	亂流	3701.638	轉變流
	平均	0.000129	0.24289	亂流	3629.537	轉變流



圖十. 直徑 2.6cm 的管子編號 2

表十三. 直徑 2.6cm 的管子編號 3

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
3	1	0.00033648	0.633753	亂流	9470.244	亂流
	2	0.00032923	0.620103	亂流	9266.27	亂流
	3	0.00032738	0.616619	亂流	9214.206	亂流
	平均	0.00033095	0.623341	亂流	9314.657	亂流



圖十一. 直徑 2.6cm 的管子編號 3

表十四. 直徑 2.6cm 的管子編號 4

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
4	1	6.9943E-05	0.131738	亂流	1968.569	層流
	2	7.024E-05	0.132297	亂流	1976.928	層流
	3	7.0632E-05	0.133035	亂流	1987.952	層流
	平均	7.0274E-05	0.13236	亂流	1977.866	層流



圖十二. 直徑 2.6cm 的管子編號 4

表十五. 直徑 2.6cm 的管子編號 5

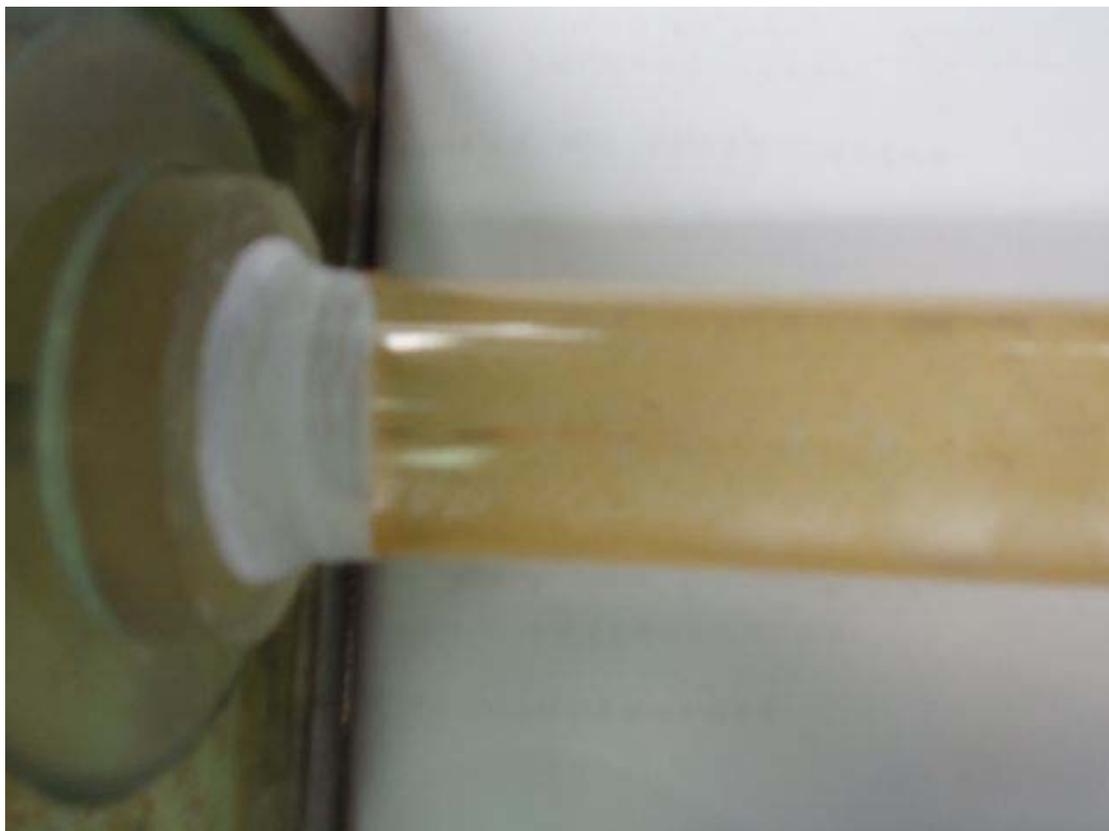
編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
5	1	2.9876E-06	0.005627	層流	84.08528	層流
	2	2.991E-06	0.005634	層流	84.18309	層流
	3	3.008E-06	0.005666	層流	84.6614	層流
	平均	2.9955E-06	0.005642	層流	84.30917	層流



圖十三. 直徑 2.6cm 的管子編號 5

表十六. 直徑 2.6cm 的管子編號 6

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
6	1	5.2045E-05	0.098026	亂流	1464.807	層流
	2	5.2731E-05	0.099318	亂流	1484.117	層流
	3	5.2347E-05	0.098594	亂流	1473.305	層流
	平均	5.2372E-05	0.098642	亂流	1474.025	層流



圖十四. 直徑 2.6cm 的管子編號 6

表十七. 直徑 2.6cm 的管子編號 7

編號	次數	流量(m ³ /s)	平均流速	實際觀測情況	雷諾數	理論情況
7	1	0.00017614	0.331751	亂流	4957.395	亂流
	2	0.00017365	0.327073	亂流	4887.492	亂流
	3	0.00017391	0.327564	亂流	4894.819	亂流
	平均	0.00017459	0.328834	亂流	4913.81	亂流



圖十五. 直徑 2.6cm 的管子編號 7

七、問題討論

1.在出水閘門旋開至 2.5 圈後，流量即沒有明顯變化，試探討其原因。

ANS :

基本上，有種東西叫最大流量，達到最大流量後，不管你再怎麼轉水龍頭水量都不會變大。

2.實驗所見之層流、紊流及臨界情況與流力課本所描述之狀況是否相同？

ANS :

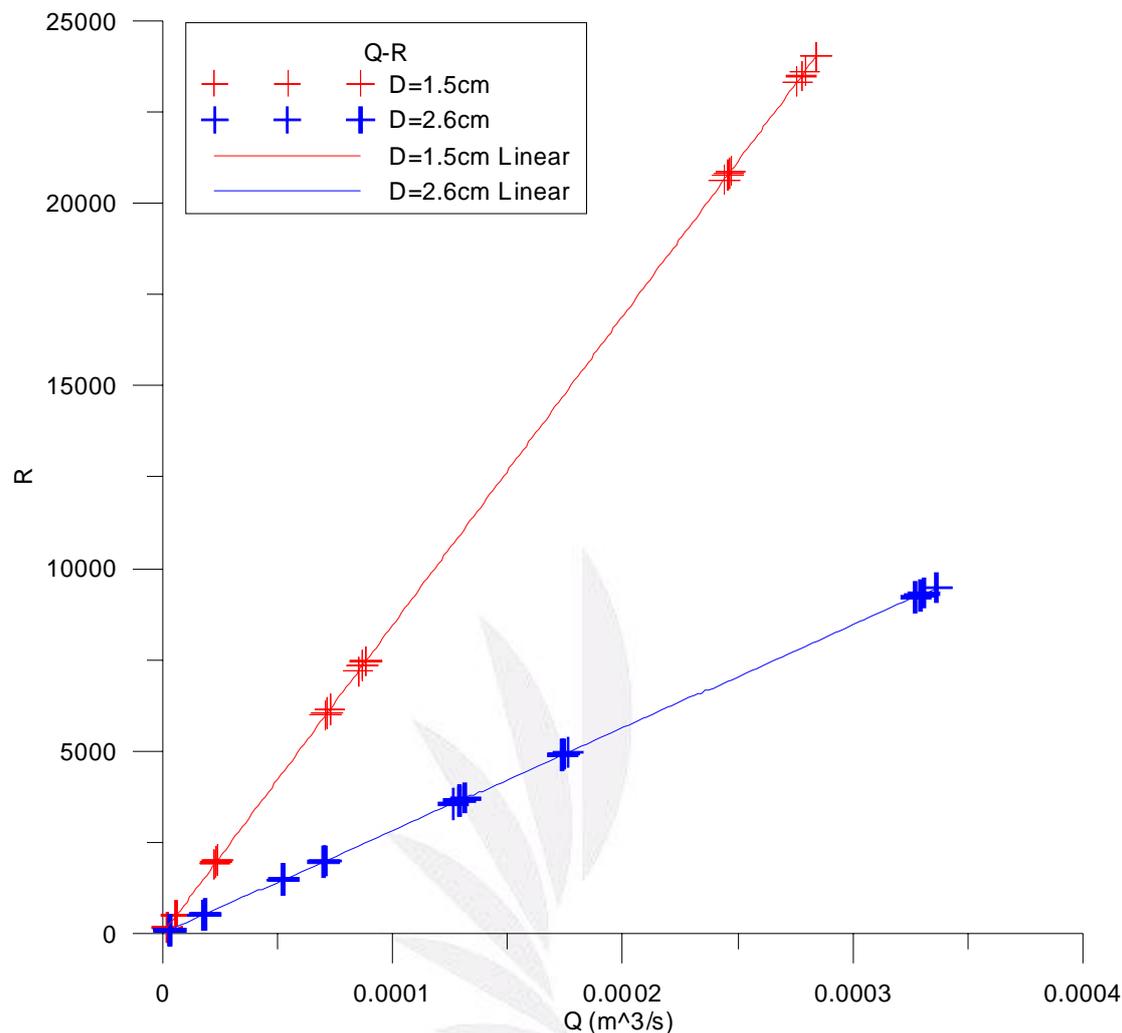
大致相同，但是層流和轉變流的分異點實在很難分。

3.入水口之水溫和出水口之水溫是否相同？

ANS :

大致相同，都是 20 度左右。

八、結論



圖十六. 兩種口徑的流量與雷諾數的關係圖

在圖十六中，我們可以清楚看到，在相同流量下，口徑小的管子的雷諾數會比口徑大的大。

在實驗過程中，我們需要用肉眼來觀看流況，並且將其分類。

層流與亂流的差異性是蠻好分別的，但是層流與轉變流的分別卻是不容易分出的。如直徑 1.5cm 的管子編號 2、直徑 2.6cm 的管子編號 1、直徑 2.6cm 的管子編號 5 這些層流看起來實在是很像轉變流。

九、心得

水利三甲 吳伯翰

我們這次做的是雷諾數試驗，其實，實驗的過程是蠻好想像的，因為之前的流力課老師就曾用香來比擬過，而這次的結果也和香差不多，差別只在於香的流體是空氣而本次試驗的流體為水。

其實，雷諾數還真的蠻準的，至少用雷諾數判定出來的流況和實際看到的相差不小，比想像中的還準。

用肉眼觀察流況是有點小辛苦的，尤其是那隻直徑 2.6cm 的管子，那管子不但髒而染料也不通暢，所以觀察起來真的很困難。但撇開這種儀器問題不管，光是要分辨層流和轉變流的差異性基本上是蠻困難的，很多時候一條流線出來真的會讓人煩惱該流況是屬於哪種。

真正讓我覺得比較奇怪的是，那兩條管子為什麼要做那麼長，應該是還能拿來做其他試驗吧，不然沒事弄那麼長而實際用到的只有源頭的那一小段，那還真是怪設計。

這篇是本學期的最後一篇試驗報告了，打完後剩下的周末會輕鬆不少吧，這學期的試驗雖然做起來累人，但是學到的東西也是蠻多的，這應該算是收益良多的一門課吧！

2006/12/16 吳伯翰

九、心得

水利三甲 林祐陞

這實驗室利用染料用肉眼來區別層流與紊流，並計算流量及其雷諾數來相對應。

調整控制閥控制流量並配合染料的大小，但由於染料會擴散故用肉眼看以為是紊流，實際雷諾數計算出來卻不是紊流，在不同的管徑觀測出來的感覺又不太一樣，而且我們實驗管徑大的實驗時，染料的針孔堵塞使得流出之染料過於小，又在擴散作用下，流速大一點，染劑就看不見了，很難區別是否為紊流。

這次最後一次試驗了，但我們還是抱持著始終如一的信念，努力完成最後一個試驗，比照慣例我一開始要去教導下一組上個試驗方法，協助後回到自己的組別，實驗的前置動作在另外兩位組員的努力下完成了，等我回來已經開始進行觀察，我在旁邊觀看一下，並問說我要協助哪裡，最後我是協助讀取流量，實驗才剛開始，就發現地上有一灘水，我們就利用空檔時間清理一下，覺得很奇怪清理完沒多久，地上又是溼答答的一片，水永遠也趕不完，等到實驗最後，才發現原來是排水管被大家踩來踩去，已經出現破洞，難怪有清不完的水，最後反應給助教後助教馬上處理漏水結束了淹水之苦。

謝謝助教在這一學期辛苦的照顧我們，並指導我們實驗的小技巧，讓我們在實驗上面減少錯誤的發生順利的完成這學期的試驗。

2006/12/17 林祐陞

九、心得

水利三甲 戴憲勝

時間過的很快，這次的實驗是我們這學期的最後一次實驗，也就是雷諾數的實驗，這學期我也有修中等流體力學，感覺有很多東西都很相關，只是中流老師是用言語、公式和日常生活可以看到的來舉例說明，而做實驗卻可以讓我們在儀器上親眼看到。

中流老師說明雷諾數，由小變大的形狀就像點香菸一樣，一開始煙都很整齊的往上飛(層流)，經過一段時間雷諾數變大，當然煙也會改變，就開始左右搖擺不定(亂流)，雷諾數再變大一點，整團煙就整個亂擴散(過度流)。

層流：是當流體流動時，各質點間互相平行，不相干擾者。

亂流：流體除了向前流動外，並碎成許多漩渦，而與側邊的流體混合者。

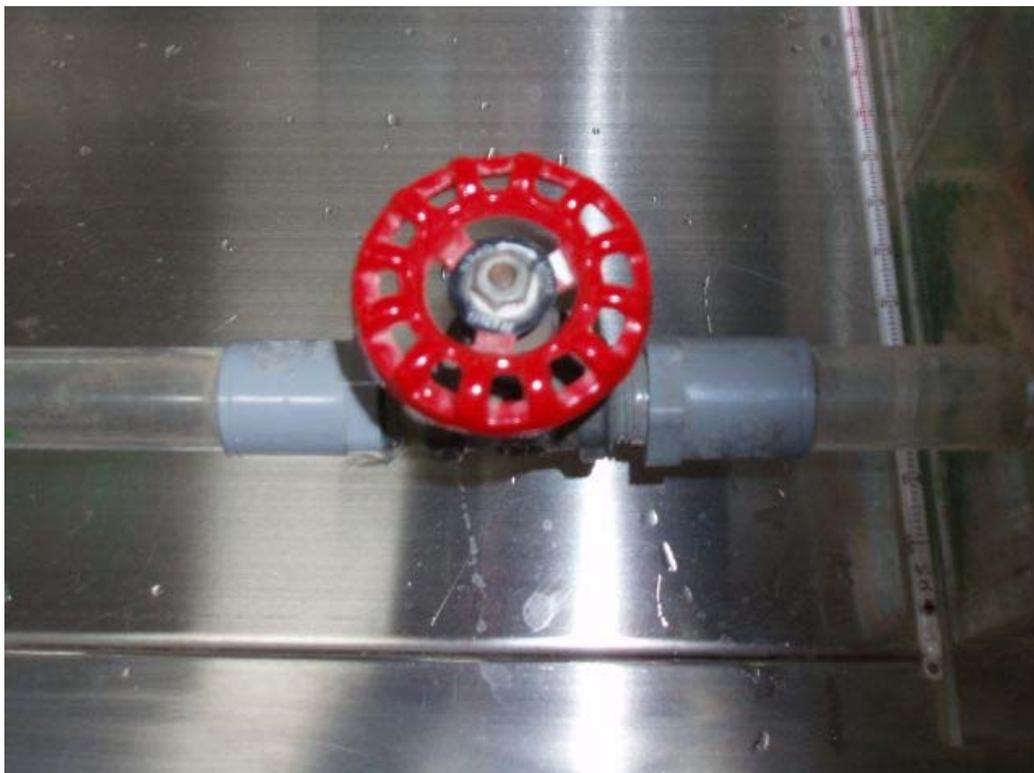
過度流：是從層流過渡至亂流的中間狀態，流體行為不穩定。

本次的實驗，我們是利用染料來觀察，並控制流量來呈現我們想要看到的變化，當然很清楚的在我們眼前呈現，不過在做實驗的過程，地上都會不斷冒出一灘水，讓我們邊做實驗邊清除積水，發現原來是地上的排水管，經過歲月的摧殘、殘酷的脚步，不得不讓管子變形破洞，才會使我們實驗起來增加許多負擔，做完實驗我們也盡量找出破洞的地方，讓助教用防水膠布包住，好讓未來的使用者減少清除積水的工作。

最後聽完老師的親自教學，我發現我們太中規中矩，一直太依賴課本的實驗步驟，都不會自己去找尋其他問題，因為聽完老師講解完後，果然還是有很多問題所在，只是我們自己都沒去想而已，感覺有點可惜。

2006/12/17 戴憲勝

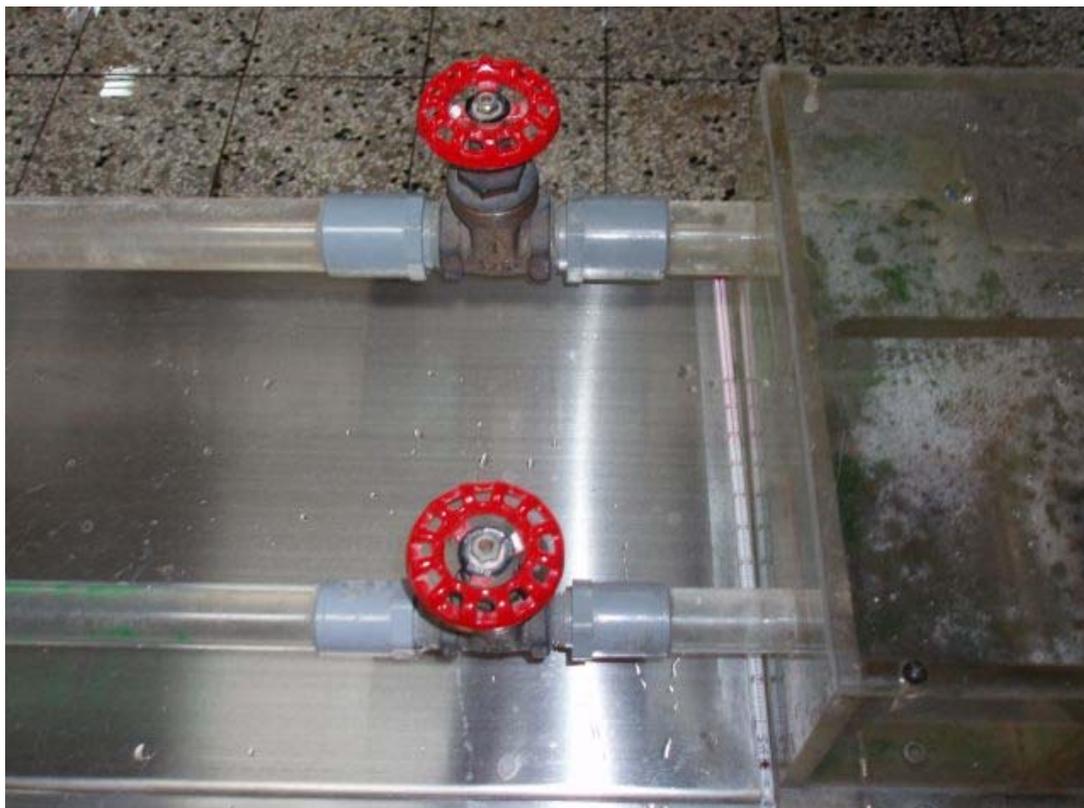
十、照片



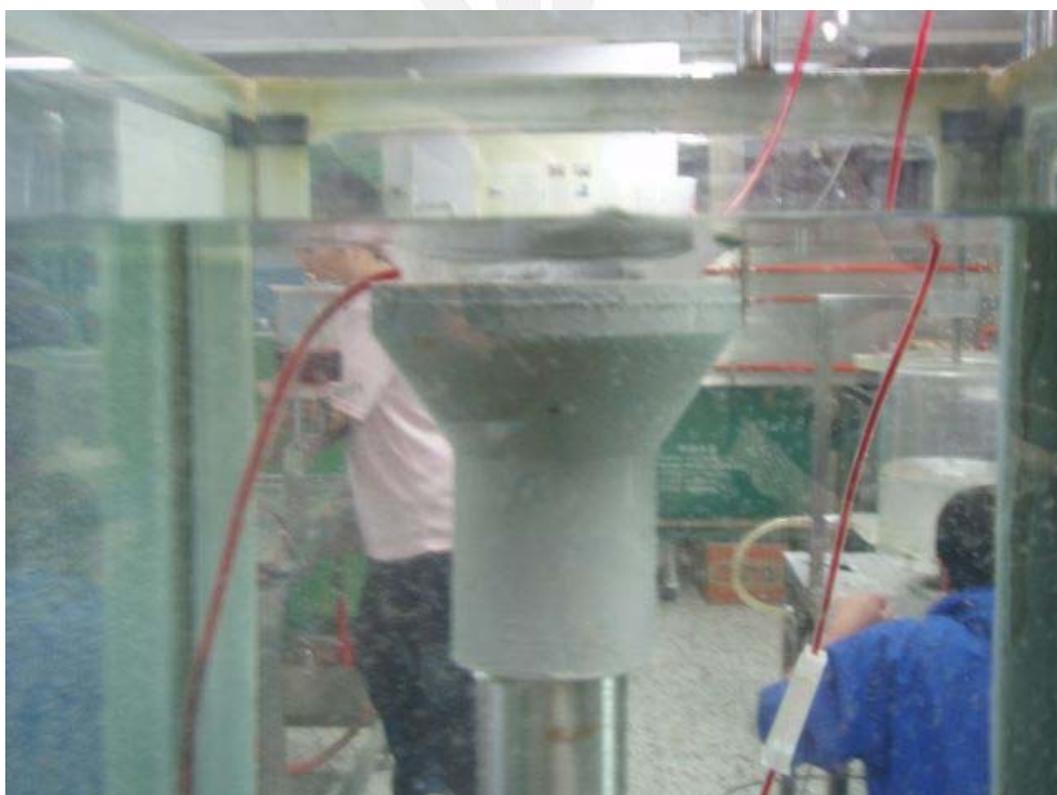
圖十七. 直徑 1.5cm 的管子的出水閥



圖十八. 直徑 2.6cm 的管子的出水閥



圖十九. 兩個管子的出水閥的俯試圖



圖二十. 將儲水槽放到有水溢流後就能開始做試驗囉。



圖二十一. 用體積時間法量流量用的出水處



圖二十二. 不用量流量時記得把導水管套上，不然水會濺的到處都是。

參考文獻

1. 許少華，2006，流體力學試驗手冊。
2. 黃丕陵 林利國，1992，水利工程實驗及應用。

