

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

流體力學試驗報告

第五章 管路系統水頭損失試驗

作者：黃靖純、吳佳倩、邱欣姿

系級：水利工程學系

學號：D9357230、D9357168、D9325517

開課老師：許少華 老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程學系

開課學年：95 學年度 第1學期



摘要

管路系統內之水頭損失(head loss)區分為摩擦損失與幾何條件等二因素造成之水頭損失。而一般均將此二種損失分開討論，以免其間相互影響。討論摩擦損失均指管路之直管部份，其餘部份之能量損失均歸類於非均勻流動(Nonuniform flow)之損失，這一類能量損失之包括相當大的範圍，例如管路之出口、入口、管徑改變、彎曲、分歧…等部份。而這二類之水頭損失，均可利用柏努利定理進行分析。

在管徑保持不變之直管上各壓力孔口總水頭間之連線即為一般所謂之總水頭線，此線之斜率為水頭損失與壓力孔口間距離之比值。很明顯地，在某情況下水頭損失即等於兩壓力孔口之液面高差，此高差代表每單位重之流體自一孔口位置流至另一孔口位置，在這一段距離內由於管壁上之摩擦力所消耗掉之能量。

管路流況是由右往左流，其分別通過不同管徑的直管、彎管、突擴管等，在每個節點上皆有一透明軟管連接到中間的靜壓管計，可觀察不同管路元件的水頭差。

關鍵字

水頭損失、管路系統、摩擦損失

目 次

一、前言.....	3
二、試驗原理.....	4
三、方法與步驟.....	6
四、試驗結果.....	7
五、問題討論.....	10
六、結論與建議.....	12
七、相片拍攝.....	13
八、參考文獻.....	15



第五章、管路系統水頭損失試驗



圖一 管路系統水頭損失試驗儀

一、前言

管路系統內之水頭損失(head loss)區分為摩擦損失與幾何條件等二因素造成之水頭損失。而一般均將此二種損失分開討論，以免其間相互影響。討論摩擦損失均指管路之直管部份，其餘部份之能量損失均歸類於非均勻流動(Nonuniform flow)之損失，這一類能量損失之包括相當大的範圍，例如管路之出口、入口、管徑改變、彎曲、分歧...等部份。而這二類之水頭損失，均可利用柏努利定理進行分析。

二、試驗原理

若分別測定二壓力孔口(Pressure Tap)之總水頭(Total head)，而以其總水頭差代表水頭損失，其關係如下所示：

$$h_1 - h_2 = \left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) \quad \text{----- (1)}$$

右下註標 "1" 與 "2" 分別代表上、下游壓力孔口之位置，方程式 (1) 也可應用於測定管徑不等之直管上。

在管徑保持不變之直管上各壓力孔口總水頭間之連線即為一般所謂之總水頭線，此線之斜率為水頭損失與壓力孔口間距離之比值。很明顯地，在某情況下水頭損失即等於兩壓力孔口之液面高差，此高差代表每單位重之流體自一孔口位置流至另一孔口位置，在這一段距離內由於管壁上之摩擦力所消耗掉之能量。摩擦損失水頭之計算係利用達西定律(Darcy-Weisbach Formula)可得到(2)式：

$$h_{f1} = f \frac{4L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{----- (2)}$$

式中 hf1：摩擦損失水頭 (friction head loss)

f：摩擦因子 (friction factor)

L：導管之長度

D：導管之直徑

V：導管內之斷面平均速度 (sectional mean velocity)

g：重力加速度 (gravity)

摩擦因子 f 是雷諾數 (Reynolds number Re, $Re=V*D/\nu$ ， ν 為運動黏度) 及相對糙度 (relative roughness, ϵ) 之函數，而相對糙度定義為粗糙度與管徑間之比值，其間之詳細關係可由 Moody 圖求得。

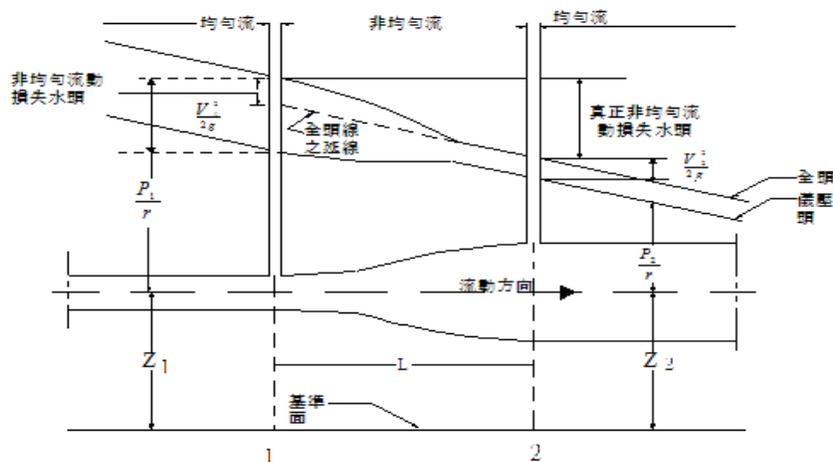
摩擦損失水頭以外的其他損失都可併為非均勻流動損失水頭 (Nonuniform

flow head loss)，此損失之主因係來自管路上幾何因素之改變，在分析這類水頭損失時，我們仍然能利用柏努利定理。所不同的是假設此類損失係發生於距離幾近於零的二個壓力孔口間；於緊接幾何因素改變處之上、下游安置二個壓力孔口，此二孔口之液面高差即為孔口之儀壓水頭差。儀壓水頭 h 定義為壓力水頭 (Pressure head) 與势能 (位置) 水頭 Z (Potential head loss coefficient) 之和，而速度水頭 (velocity head) 可由通過管內之流量求得。非均勻流動損失水頭通常組成下列無因次 (dimension less) 形式：

$$h_{f2} = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{----- (3)}$$

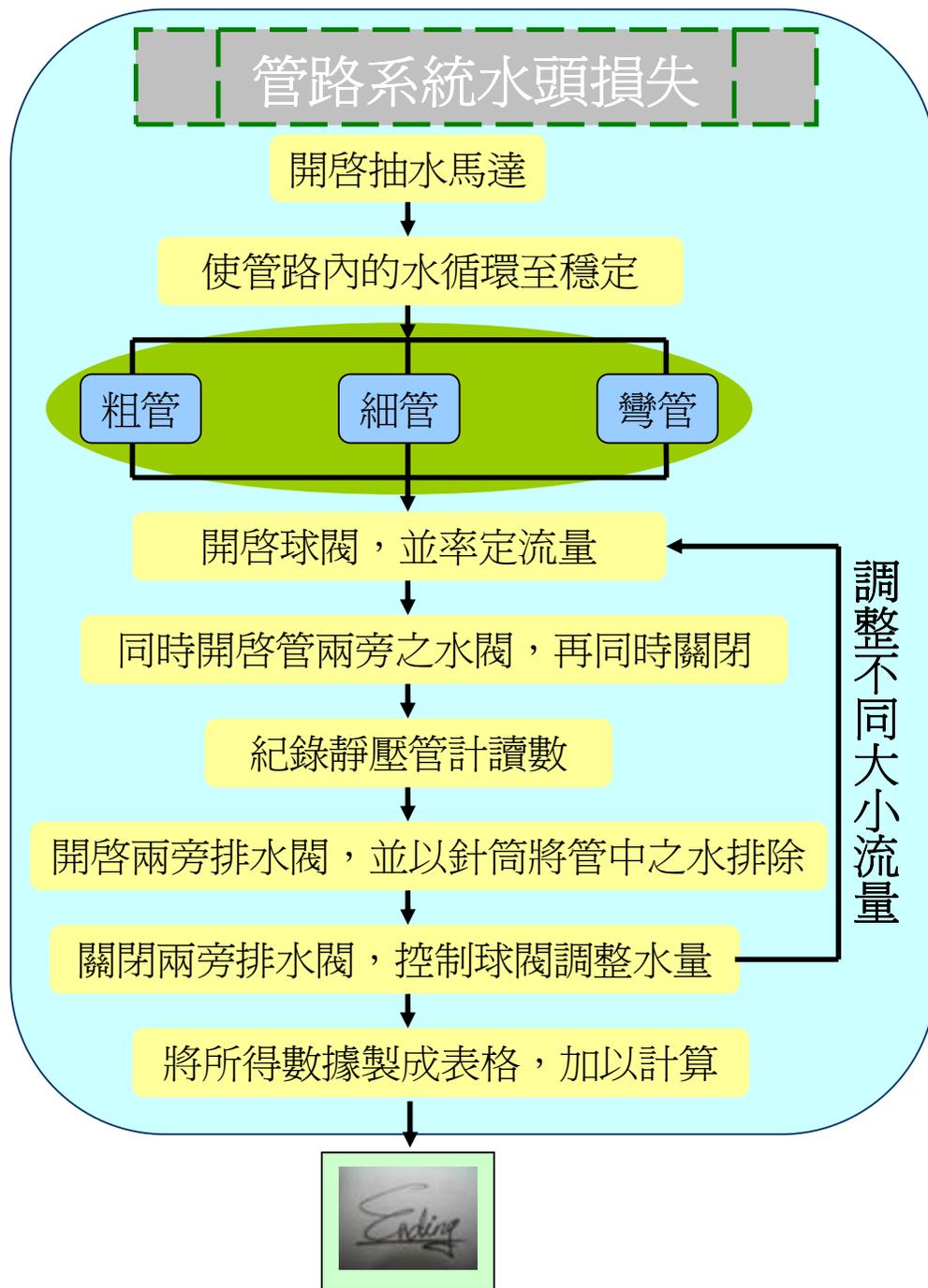
式中 K 為非均勻流動損失水頭係數 (Nonuniform flow head loss coefficient)。雖然一般情況下，我們經常認其為雷諾數與管之幾何因素的函數；實際上，大部份決定於管之幾何因素，與雷諾數之關係非常小。如果非均勻流動係因斷面改變而產生，方程式(3)中之斷面平均速度通常採用面積小的較大速度。

本實驗之目的為使同學瞭解構成管路系統之主要元件或型式，藉此認識管路系統之設計。此外，經由實驗分別測定方程式 (2) 與 (3) 中之 f 與 k 值，而與理論結果比較。



圖二 管流摩擦損失原理示意圖

三、方法與步驟



圖三 管路系統水流損失試驗流程圖

四、試驗結果

表一：直管計算結果表【細直管 D=0.01m】

次數	流量 Q	水頭差 H	面積 A	流速 V	雷諾數 Re	摩擦係數 f	摩擦損失 h_f
1	0.000046	0.115	0.00007854	0.5857	5833.57	0.0720	0.460
2	0.000046	0.117	0.00007854	0.5857	5833.57	0.0732	0.468
3	0.000045	0.116	0.00007854	0.5730	5706.75	0.0759	0.464
4	0.000094	0.180	0.00007854	1.1968	11920.77	0.0270	0.720
5	0.000096	0.160	0.00007854	1.2223	12174.40	0.0230	0.640
6	0.000094	0.180	0.00007854	1.1968	11920.77	0.0270	0.720
7	0.000110	0.202	0.00007854	1.4006	13949.84	0.0221	0.808
8	0.000113	0.200	0.00007854	1.4430	14372.56	0.0206	0.800
9	0.000117	0.190	0.00007854	1.4854	14795.28	0.0185	0.760

註：1.流量 Q(10-4L/s)：依實測數據。

2.水頭差 H (cm)：依編號 3E 的管路所對應之兩水頭差

3.面積 A(cm²)：編號 3E 的管路管徑(D=0.01m)計算所得。

4.平均流速(m/s):由 Q/A 所得。

5.雷諾數 $Re=VD/\nu$ ， $\nu=1.004\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

6.摩擦係數 $f=2HgD/LV^2$ ， $g=9.81(\text{m/s}^2)$ ， $L=0.914\text{m}$ 。

表二：直管計算結果表【粗直管 D=0.02m】

次數	流量 Q	水頭差 H	面積 A	流速 V	雷諾數 Re	摩擦係數 f	摩擦損失 h_f
1	0.000180	0.073	0.00031416	0.5730	11413.50	0.0955	0.292
2	0.000170	0.129	0.00031416	0.5411	10779.42	0.1891	0.516
3	0.000174	0.146	0.00031416	0.5539	11033.05	0.2043	0.584
4	0.000263	0.229	0.00031416	0.8382	16697.53	0.1399	0.916
5	0.000267	0.225	0.00031416	0.8488	16908.89	0.1341	0.900
6	0.000270	0.222	0.00031416	0.8594	17120.25	0.1290	0.888
7	0.000425	0.452	0.00031416	1.3528	26948.55	0.1060	1.808
8	0.000450	0.436	0.00031416	1.4324	28533.76	0.0912	1.744
9	0.000450	0.453	0.00031416	1.4324	28533.76	0.0948	1.812

註：1.流量 Q(10^{-4} L/s)：依實測數據。

2.水頭差 H (cm)：依編號 4F 的管路所對應之兩水頭差

3.面積 A(cm^2)：編號 4F 的管路管徑(D=30mm)計算所得。

4.平均流速(m/s)：由 Q/A 所得。

5.雷諾數 $\text{Re}=\text{VD}/\nu$ ， $\nu=1.004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

6.摩擦係數 $f=2\text{HgD}/\text{LV}^2$ ， $g=9.81(\text{m}/\text{s}^2)$ ， $L=0.914\text{m}$ 。

表六：90°彎管計算表【D=0.02m】

次數	流量 Q	水損頭差 δ	斷面積 A	平均速度 V	K 值
1	0.000200	0.050	0.00031416	0.6366	2.4205
2	0.000200	0.046	0.00031416	0.6366	2.2269
3	0.000203	0.045	0.00031416	0.6472	2.1076
4	0.000390	0.102	0.00031416	1.2414	1.2986
5	0.000383	0.113	0.00031416	1.2202	1.4891
6	0.000380	0.098	0.00031416	1.2096	1.3142
7	0.000517	0.118	0.00031416	1.6446	0.8560
8	0.000510	0.135	0.00031416	1.6234	1.0051

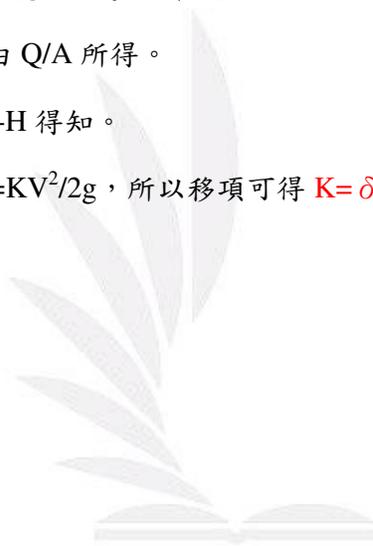
註：1.流量 Q(10^{-4} L/S)：依實測流量所得。

2.斷面積 A(m²)：依編號 6C 或 5B 管路，取 D=20mm 計算所得。

3.平均速度 V(m/s)：由 Q/A 所得。

4.水損頭差 δ (m):由 h-H 得知。

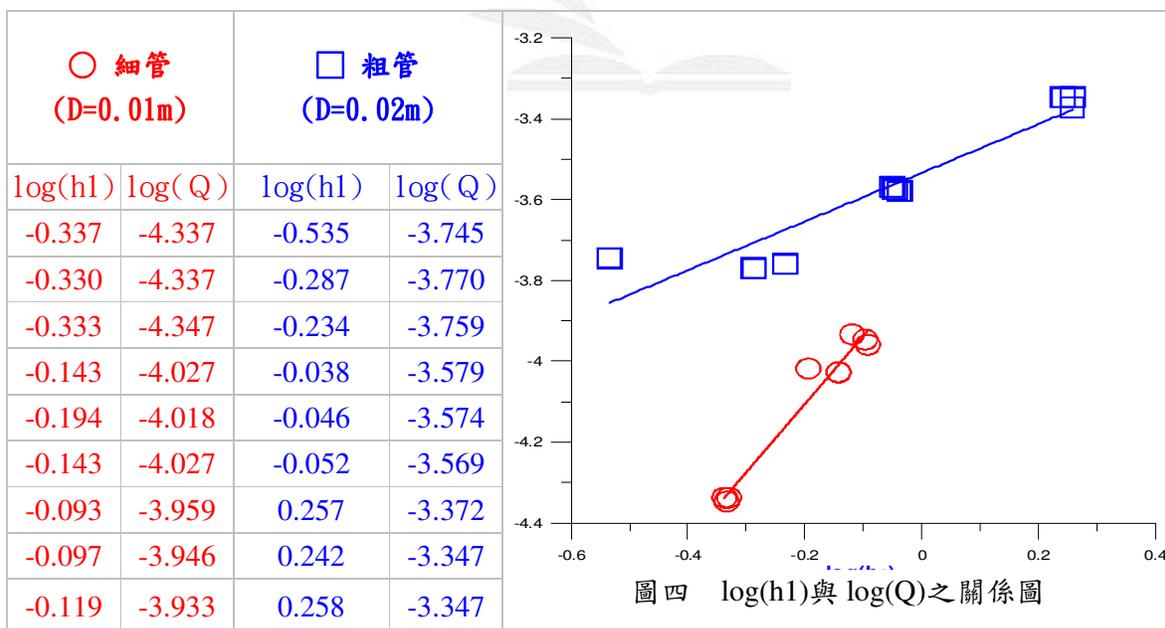
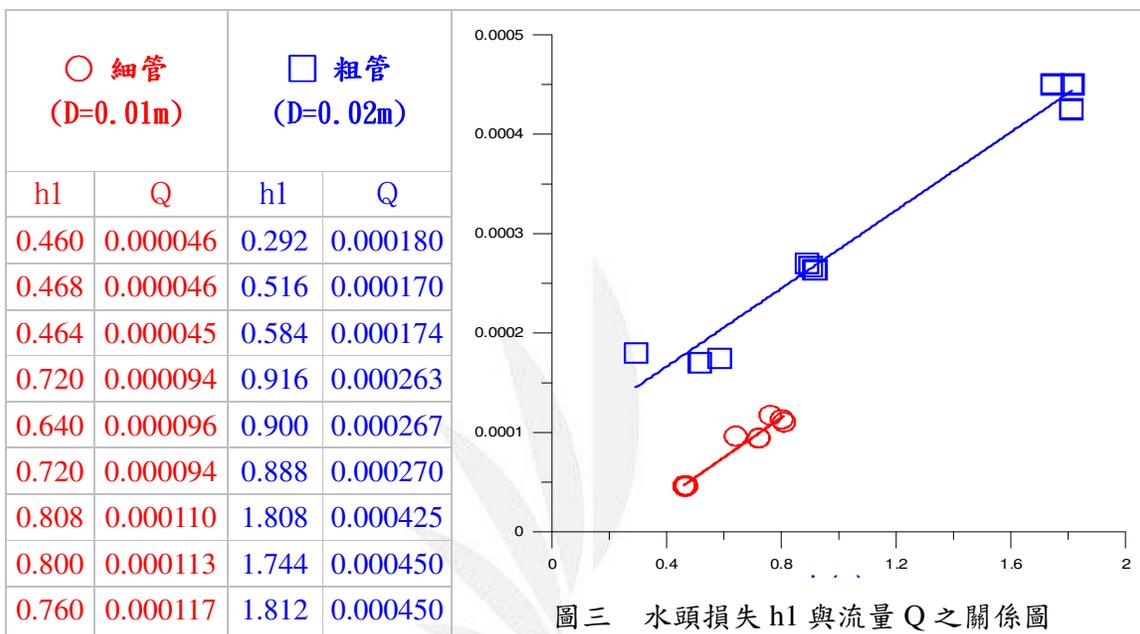
5.K 值:因為損頭差 $\delta = KV^2/2g$ ，所以移項可得 $K = \delta 2g/V^2$ 計算即可得 K 值。



五、問題討論

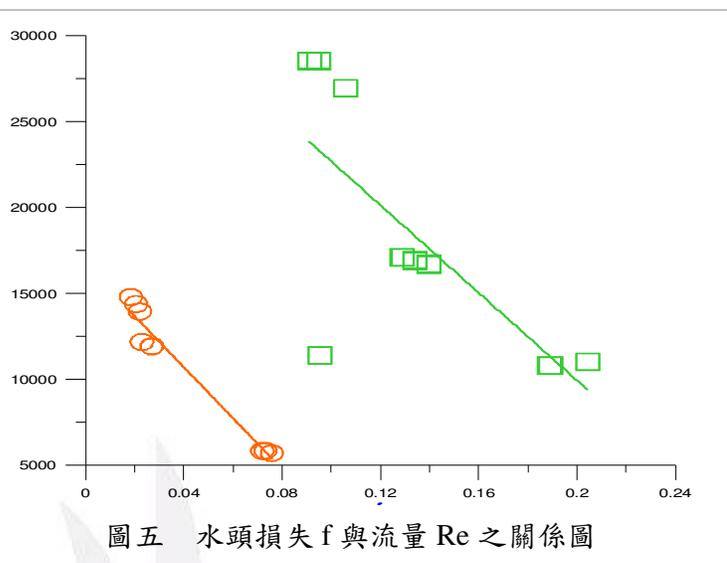
1. 依據實驗結果求直管之水頭損失 h_1 與流量 Q 之關係同時繪出 $\log(h_1)$ v.s. $\log(Q)$ 之關係圖

$$\text{摩擦損失水頭： } h_1 = f \frac{4L}{D} \frac{V^2}{2g}$$



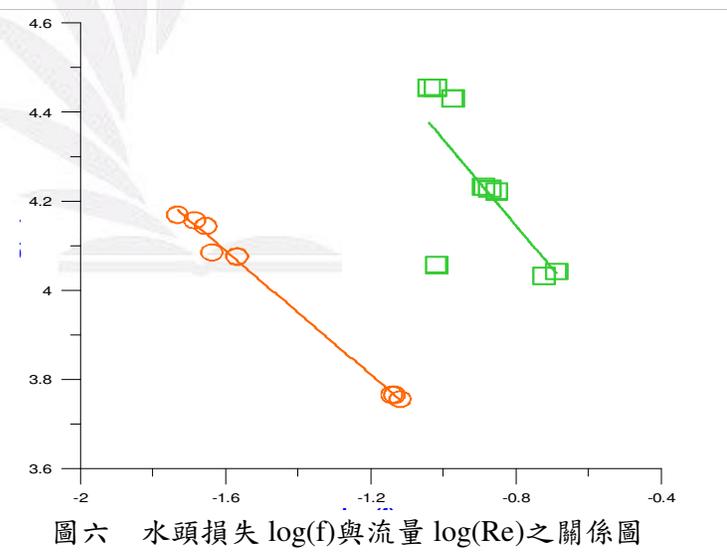
2. 依據實驗結果求直管之摩差係數 f 與雷諾數 Re 之關係同時繪出 $\log(f)$ v.s. $\log(Re)$ 之關係圖

○ 細管 (D=0.01m)		□ 粗管 (D=0.02m)	
f	Re	f	Re
0.0720	5833.57	0.0955	11413.50
0.0732	5833.57	0.1891	10779.42
0.0759	5706.75	0.2043	11033.05
0.0270	11920.77	0.1399	16697.53
0.0230	12174.40	0.1341	16908.89
0.0270	11920.77	0.1290	17120.25
0.0221	13949.84	0.1060	26948.55
0.0206	14372.56	0.0912	28533.76
0.0185	14795.28	0.0948	28533.76



圖五 水頭損失 f 與流量 Re 之關係圖

○ 細管 (D=0.01m)		□ 粗管 (D=0.02m)	
$\log(f)$	$\log(Re)$	$\log(f)$	$\log(Re)$
-1.1429	3.7659	-1.0201	4.0574
-1.1354	3.7659	-0.7232	4.0326
-1.1200	3.7564	-0.6897	4.0427
-1.5691	4.0763	-0.8541	4.2227
-1.6385	4.0854	-0.8727	4.2281
-1.5691	4.0763	-0.8893	4.2335
-1.6555	4.1446	-0.9746	4.4305
-1.6858	4.1575	-1.0399	4.4554
-1.7332	4.1701	-1.0232	4.4554



圖六 水頭損失 $\log(f)$ 與流量 $\log(Re)$ 之關係圖

六、結論與建議

此實驗由柏努力定律知，因流體在管路中有損失水頭會使得總水頭下降；再經由達西定律計算損失水頭。

此實驗給我們的資訊是：流量與管徑之大小跟水頭損失有關。流量與水頭損失成正比；管徑大小與水頭損失成反比；而彎管與直管的差別：彎管雖然管徑與直管管徑相同，水頭差卻不同，因為彎管多k值(此實驗彎管為非均勻流，故k值不是定值)，水頭損失也就不同了，所以彎管之水頭損失又較同管徑之直管大。

在實驗中，水量大小如控制不好，可能因虹吸管原理導致空氣進入管內，造成實驗結果錯誤，需注意在實驗前應先把水流全開，排開管內空氣，降低實驗誤差。

在實驗中，需隨時注意水頭狀況，避免水頭過高衝過頭重做！率定水流量時，需小心警慎，定秒數取流量。實驗中遇到的一些問題：水抽不乾淨，此時，可以灌入一點空氣進去管內，以便把管內多餘的水抽出。水抽乾淨是為了讓水頭差等於零，不等於零實驗就沒有準確度可言。此實驗所需的時間較多，因為可能一個不注意，水就衝過頭了。一開始可能會對儀器的操作陌生一點，但熟悉後，實驗速度就加快了。此實驗需要小組的默契與團隊合作，才能增加實驗的準確度。

七、相片拍攝



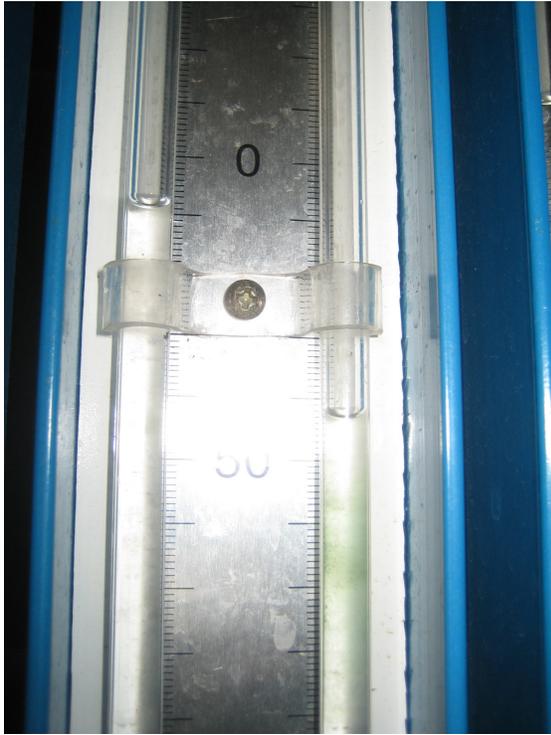
照片一 記錄水頭差



照片二 控制水閥門並吸除管中水份



照片三 控制水閥門並吸除管中水份



照片四 水頭差



照片五 實驗觀察



照片六 實驗觀察

八、參考文獻

1. Young, D. F., B. R. Munson, and T. H. Okiishi, 1997, A Brief Information to Fluid Mechanics, Chapter 8 – Viscous Flow in Pipes.
2. 流體力學試驗手冊

