

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

管路流量計試驗

Line flow meter test

作者：簡子媛、張雅淑

系級：水利工程與資源保育學系 三甲

學號：D0308454、D0308471

開課老師：許少華 老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程與資源保育學系

開課學年：105 學年度 第 1 學期

中文摘要

藉由管路系統中流量的裝置(如孔口計、文氏計等)，量測各管徑所產生的壓力差，藉由壓力差來計算流量；再利用壓差討論各管路損失的情形。

一開始先開啟水閥並打開流水閥使管路滿管，等水流穩定後測其流量，調整流量使管路產生壓力差。此實驗利用伯努力方程式及壓差可求流量。也可利用壓差討論損失情形。最後我們得知，文氏計與孔口計為良好的流量計。

關鍵字：孔口計、文氏計、伯努力方程式



Abstract

By means of flowmeters piping systems (Orifice meter 、Venturimeter) measure the pressure difference in each of pipes. In addition, we calculate discharge and discuss loss in pipes by pressure difference.

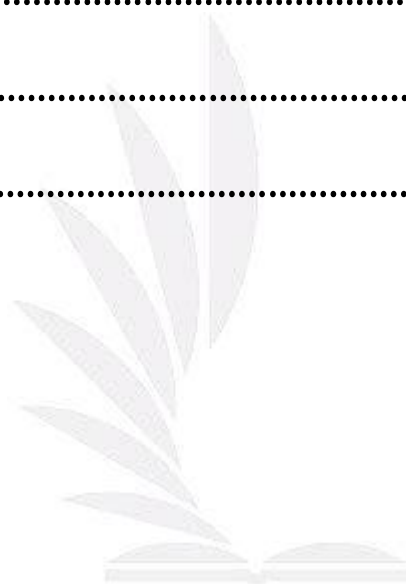
In the beginning, turning on the water valve switch makes pipes filled. When the flow is steady, we can measure discharge. And we can change discharge to measure pressure difference. Following step is that calculating discharge by Bernoulli's principle. You can compare discharge which is measured with discharge which is calculated. Finally, we discover that Venturi meter and Orifice meter both are precise flow meters.

Keyword : Bernoulli's principle 、Venturi meter 、Orifice meter



目 次

中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
試驗原理.....	4
試驗儀器簡介.....	6
試驗之方法與步驟.....	7
注意事項.....	7
試驗數據結果.....	8
問題與討論.....	13



一、試驗原理：

將主水閥開至最大，然後控制羅托計高度一次增加 0.5 單位，記錄各壓力孔口的高度與時間，以計算實際流量。如果文氏計在壓力孔口 a 與 b 間的水頭損失不計，則利用伯努利定理：

$$\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g} = \text{總水頭} = \text{常數} \quad (1)$$

可得如下之方程式：

$$Q_{ab} = CA_b \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_a}{A_b}\right)^2} \left(\frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_b}{\gamma} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} = CA_b \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_a}{A_b}\right)^2} (h_a - h_b) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

同理，利用孔口計上、下游兩壓力孔口之壓力差，亦可根據伯努利定理求得計算孔口計流量之關係式：

$$Q_{cd} = CA_f \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_e}{A_f}\right)^2} \left(\frac{P_e}{\gamma} - \frac{P_f}{\gamma} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} = CA_f \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_e}{A_f}\right)^2} (h_e - h_f) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

上三式中，

Q：流量

C：流量係數(Discharge coefficient)

A：斷面積；右下註腳之小寫字母表示壓力孔口的位置

Z：高度

V：斷面積平均速度(Sectional mean velocity)

g：重力加速度

P：壓力；右下註腳之小寫字母表示壓力孔口的位置

h：壓力水頭；右下註腳之小寫字母表示壓力孔口的位置

γ ：流體之單位體積重(Specific weight of fluid)

此次試驗主要是探討方程式(2)及方程式(3)中之 C 值及羅托計圓錐體上升高度與流量間的關係。我們可以得知方程式(2)及方程式(3)中之 C 值及羅托計圓錐體上升高度與流量間的關係。此外我們還可以利用伯努利原理來探討管路中非均勻流動之水頭損失，以下為文氏計、孔口計、羅托計、廣角突增、彎管等水頭損失之討論：

1. 文氏計：引用伯努利原理於壓力孔口 a 與 b 上，即可得知：

$$h_{1ab} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a}{2g} - \frac{P_b}{\gamma} - \frac{V_b^2}{2g} \quad (4)$$

$$\text{或 } h_{1ab} = h_a - h_b \quad (5)$$

式中，h：封閉式差壓計內之儀壓高，右下註腳之小寫字母代表壓力孔口之位置 h_l：水頭損失，右下註腳之小寫字母代表壓力孔口之位置

2. 孔口計：引用伯努利定理於壓力孔口上 e 及 f 上即可得知：

$$h_{1ef} = \frac{P_e}{\gamma} + \frac{V_e^2}{2g} - \frac{P_f}{\gamma} - \frac{V_f^2}{2g} \quad (6)$$

$$\text{或 } h_{1ef} = h_e - h_f \quad (7)$$

3. 羅托計：在孔口計儀器中，其孔口直徑固定不變，流體經過孔口後產生一壓差。而在羅托計中，並無產生壓差，然浮標與管壁間之流孔則隨流體流量而改變，簡單之羅托計如附圖所示。

浮標與管壁間之周隙表面(Annular Aperture Surface)，隨浮標之上下而改變，亦即隨流量而改變。當一流體自流量計底部進入，自頂部流出，浮標上同時被上下二力所作用，若此二力互相平衡，浮標即固定於某一位置，而對照管壁之流量刻度，即可知當時之流量大小。浮標之向下力(Downward Force)等於浮標之重量減去被浮標所排出液體之重量。此向下力同時被流體流動之向上力(Upward Force)所抵消。因浮標之重量始終不變，在平衡時，浮標上下時之壓力落差亦不變，又因流管之內壁係製成錐形，上大下小，則使流體通過之環型橫斷面積(Annular Cross section Area)為可變者。增加流量後，並不增加浮標上下之壓力落差，卻使浮標昇至一較高位置，於是使流體通過之面積為之增加，此為浮體(面積)流量計之基本原理。而羅托計之上下兩壓力孔所測得之壓力差，其產生之主因係由於通過浮標周圍之高速流所導致之水頭損失。利用伯努利定理於羅托計上，得知：

$$h_{1hi} = \frac{P_e}{\gamma} + Z_h - \frac{P_i}{\gamma} - Z_i \quad (8)$$

$$\text{或 } h_{1hi} = h_h - h_i \quad (9)$$

4. 廣角突增：探討廣角突增(管徑突然增)大之損失水頭，可利用伯努利定理於壓力孔口 c 與 d 上，即可求得：

$$h_{1cd} = \frac{P_c}{\gamma} + \frac{V_c^2}{2g} - \frac{P_d}{\gamma} - \frac{V_d^2}{2g} \quad (10)$$

$$\text{或 } h_{1cd} = h_c - h_d \quad (11)$$

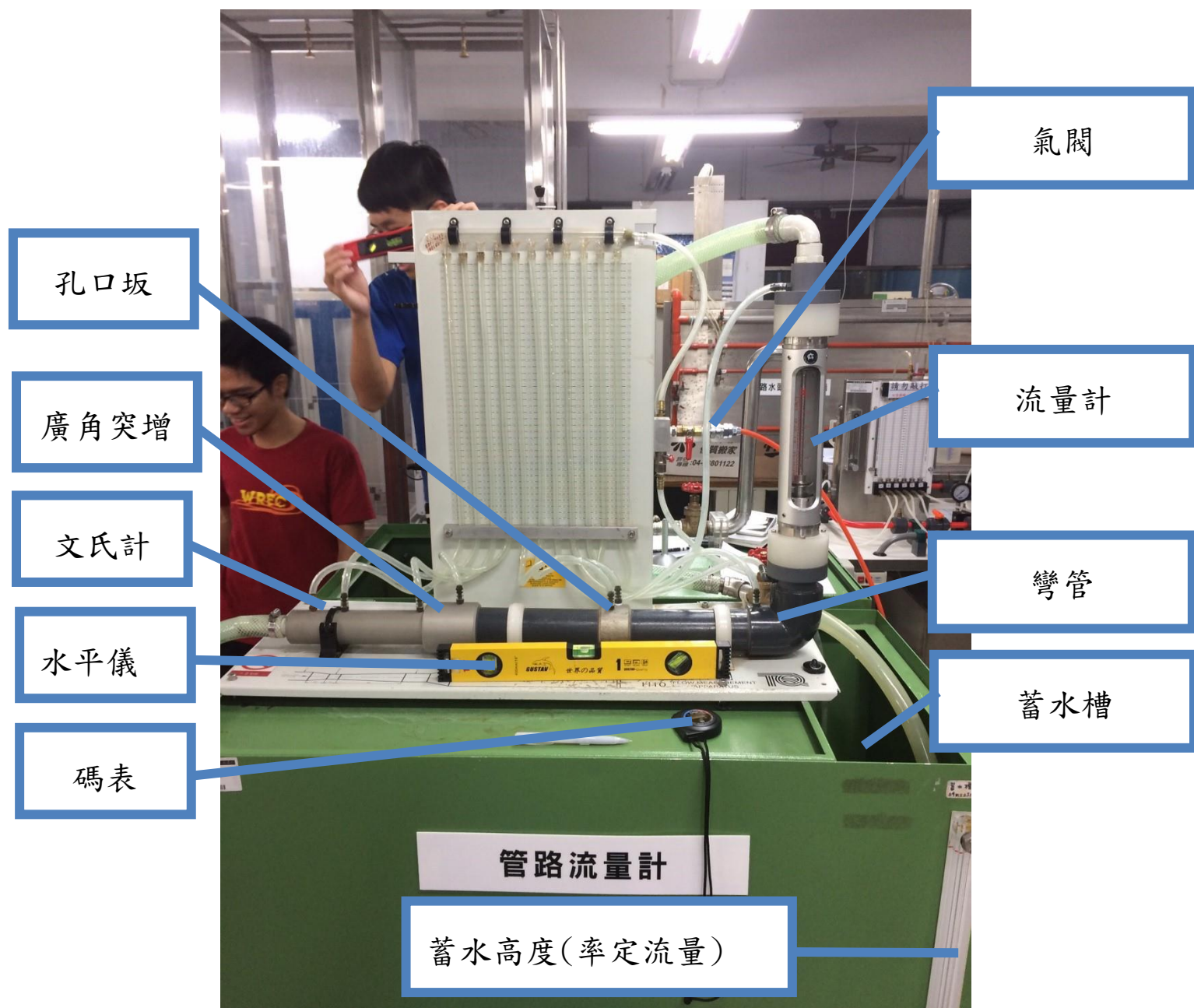
5. 彎管：探討彎管之水頭損失，需引用伯努利定理於壓力孔口 g 與 h 上，亦可求得：

$$h_{1gh} = \frac{P_g}{\gamma} + \frac{V_g^2}{2g} - \frac{P_h}{\gamma} - \frac{V_h^2}{2g} \quad (12)$$

$$\text{或 } h_{1gh} = h_g - h_h \quad (13)$$

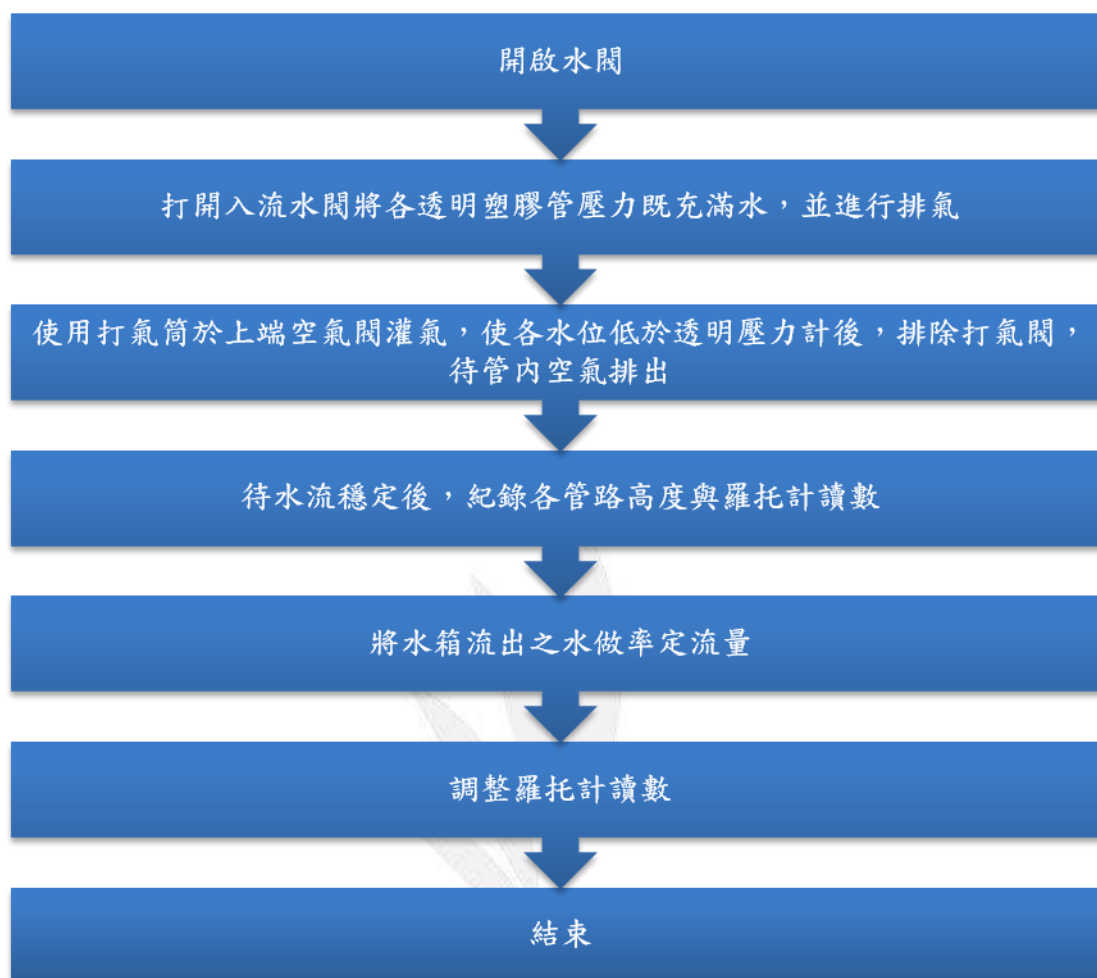
利用以上的討論我們可以求得文氏計、孔口計、羅托計、廣角突增、彎管等水頭損失。

二、試驗儀器簡介：



水自右邊出水口進入儀器後上升，再自上端左邊經量水孔口流回試驗台之蓄水箱，構成一個循環單元。儀器上有九個壓力孔口上以透明軟塑膠管集合構成一集合封閉試壓力計。板之上端有一空氣孔閥門，調整壓力計內之空氣含量。儀器左上端有一流量控制閥門。儀器下方平板的四腳分別有四個調整支腳，用以調整儀器成水平。

三、試驗之方法與步驟：



● 注意事項：

1. 注意試驗儀器是否水平
2. 打氣筒注入空氣待水位回升後，各透明管路必定要同水位高
3. 量測前確認管內空氣是否已經排除，避免測量之誤差
4. 避免使儀器空轉，內部之抽水馬達易損壞
5. 須等水面保持穩定後，才能開始測量
6. 使用後之清潔儀器上的水漬

四、試驗數據結果：

試驗 次數	水柱高(cm)									流量率定	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	蓄水體積 (cm)	時間 (s)
起始	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	0	0
1	26.5	26	26.4	26.4	26.4	26	26	25.7	14.4	2000	30.59
2	26.5	25.8	26.4	26.3	26.4	25.5	25.6	25.4	13.8	2000	22.58
3	26.5	25.5	26.4	26.3	26.4	25.2	25.4	25.1	13.2	2000	19.08
4	26.5	25	26.4	26.3	26.4	24.8	25.2	24.9	12.7	2000	16.83
5	26.6	24.7	26.3	26.3	27	24.2	24.7	24.4	11.8	2000	13.76
6	26.9	24.5	26.5	26.5	27.5	23.9	24.5	24.2	11.2	2000	13.04
7	27.4	24.1	26.6	26.7	27.2	23.4	24	23.8	10.4	2000	11.95
8	27.4	23.9	26.9	26.9	27.6	23.3	23.9	23.6	9.8	2000	12.2
9	27.5	23.5	26.9	27.1	27.7	22.7	23.5	23.1	8.9	2000	10.99
10	27.6	23.1	27	27.4	27.6	22.3	23.1	22.9	8.1	2000	10.37

表 8.1 管路流量計試驗紀錄表

註：流量率定請率定三次再取平均值。

8.2 壓差紀錄表

試驗 次數	壓力差 h_l (cm)				
	文氏管(BC)	孔口版(EF)	羅托計(HI)	廣角突增(CD)	彎管(GH)
1	-0.4	0.4	11.3	0	0.3
2	-0.6	0.9	11.6	0.1	0.2
3	-0.9	1.2	11.9	0.1	0.3
4	-1.4	1.6	12.2	0.1	0.3
5	-1.6	2.8	12.6	0	0.3
6	-2	3.6	13	0	0.3
7	-2.5	3.8	13.4	-0.1	0.2
8	-3	4.3	13.8	0	0.3
9	-3.4	5	14.2	-0.2	0.4
10	-3.9	5.3	14.8	-0.4	0.2

8.3 文氏計、孔口版與水箱之關係表

試驗 次數	理論流量(cm^3/s)		實測流量 (cm^3/s)
	文氏計(Q_{BC})	孔口版(Q_{EF})	
1	60.90	89.00	65.38
2	74.50	133.50	88.57
3	91.30	154.10	104.82
4	113.90	178.00	118.84
5	121.70	235.50	145.35
6	136.10	267.00	153.37
7	152.10	274.30	167.36
8	166.70	291.80	163.93
9	177.40	314.60	181.98
10	190.00	324.00	192.86

8.4 各管路損失計算

試驗次數	文氏計		
	壓差	速頭差	損失
1	-0.4	0.462	0.062
2	-0.6	0.847	0.247
3	-0.9	1.187	0.287
4	-1.4	1.525	0.125
5	-1.6	2.282	0.682
6	-2	2.540	0.540
7	-2.5	3.025	0.525
8	-3	2.902	-0.098
9	-3.4	3.577	0.177
10	-3.9	4.017	0.117

試驗次數	孔口計		
	壓差	速頭差	損失
1	0.4	-0.218	0.182
2	0.9	-0.400	0.500
3	1.2	-0.560	0.640
4	1.6	-0.720	0.880
5	2.8	-1.077	1.723
6	3.6	-1.199	2.401
7	3.8	-1.427	2.373
8	4.3	-1.370	2.930
9	5	-1.688	3.312
10	5.3	-1.896	3.404

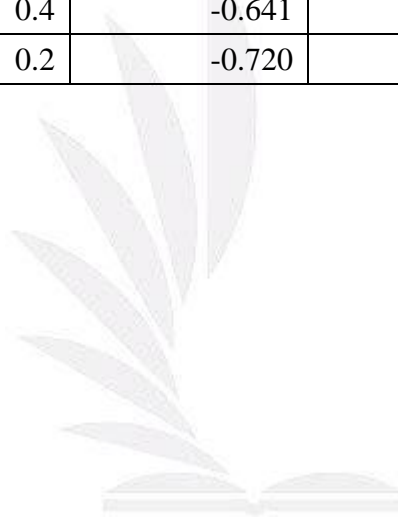
管路流量計試驗

試驗次數	廣角突增		
	壓差	速頭差	損失
1	0	0.072	0.072
2	0.1	0.133	0.233
3	0.1	0.186	0.286
4	0.1	0.239	0.339
5	0	0.358	0.358
6	0	0.399	0.399
7	-0.1	0.475	0.375
8	0	0.455	0.455
9	-0.2	0.561	0.361
10	-0.4	0.630	0.230

試驗次數	彎管		
	壓差	速頭差	損失
1	0.3	-0.083	0.217
2	0.2	-0.152	0.048
3	0.3	-0.213	0.087
4	0.3	-0.273	0.027
5	0.3	-0.409	-0.109
6	0.3	-0.455	-0.155
7	0.2	-0.542	-0.342
8	0.3	-0.520	-0.220
9	0.4	-0.641	-0.241
10	0.2	-0.720	-0.520

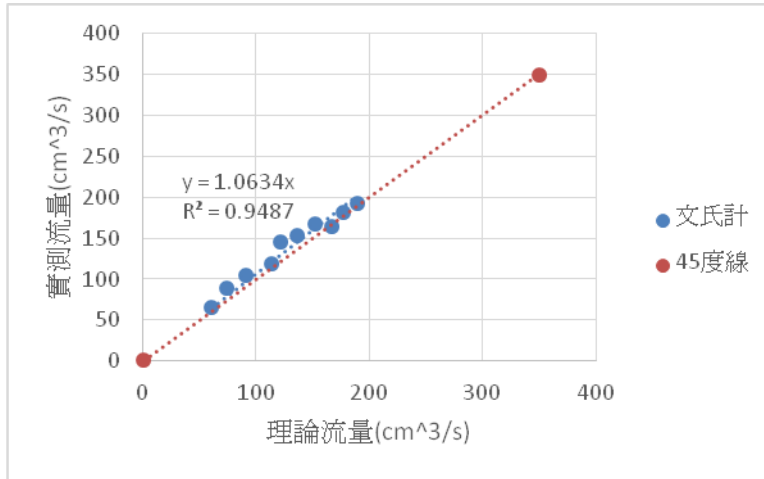
管路流量計試驗

試驗次數	流量計			
	壓差	速頭差	位頭差	損失
1	0.3	-0.083	-11	0.217
2	0.2	-0.152	-11	0.048
3	0.3	-0.213	-11	0.087
4	0.3	-0.273	-11	0.027
5	0.3	-0.409	-11	-0.109
6	0.3	-0.455	-11	-0.155
7	0.2	-0.542	-11	-0.342
8	0.3	-0.520	-11	-0.220
9	0.4	-0.641	-11	-0.241
10	0.2	-0.720	-11	-0.520



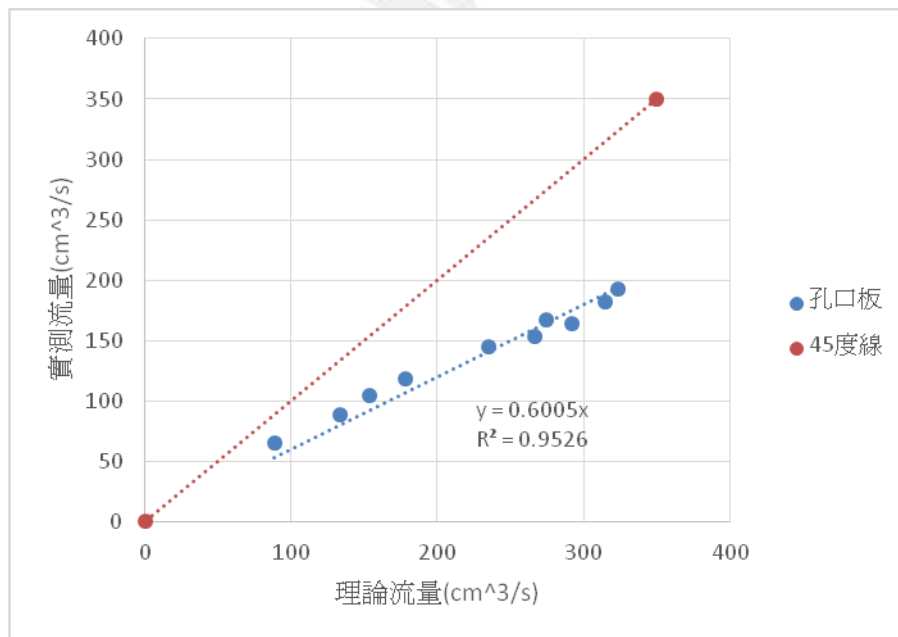
五、問題與討論

1. 決定文氏計儀器係數或流量係數 C 值方法如下：於方格紙上，以實測流量 Q 為垂直座標軸，而以方程式 (8-4) 等號之右除 C 以外之理論值 Q1 為水平座標軸，方程式 (8-4) 顯示 C 值即一最佳值使 C 可以近似 Q，亦即趨近 45° 之斜線。將數據繪於圖上以不同符號表示流量漸次增加及減少等不同情況，而後再求直線數值方程式，圖上須標示通過原點之 45° 直線，比較並討論結果。



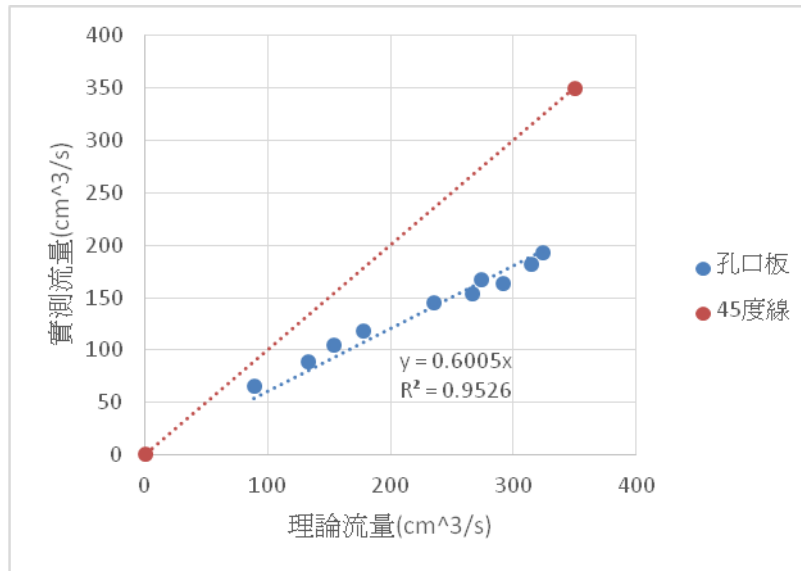
由上圖，可求得 $C=1.0634$ ，非常接近 1.0，可推論文氏計水頭損失影響較小。

2. 由方程式 (8.5) 決定孔口計之流量係數 C 值，方法類似 1



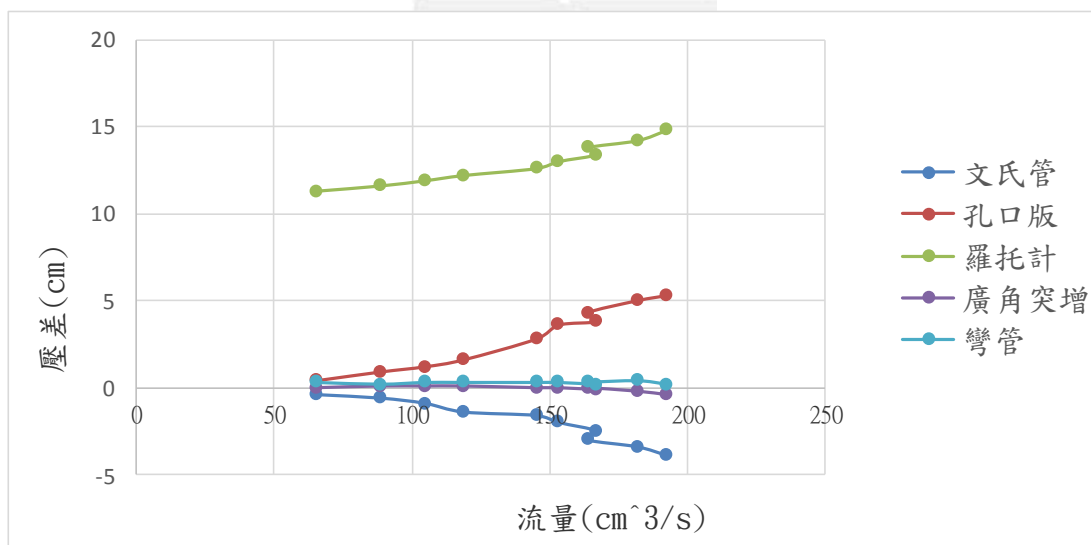
由上圖，可求得 $C=0.6005$ ，與理論的 1.0 有差距，因此可推論孔口計水頭損失影響較大。

3. 將實測流量及由孔口計所測得之流量分別為垂直及水平座標軸，由此探討孔口計的精確度。如果孔口計的誤差（即實測流量減去孔口計的測值）為零，則數據應該落在 45° 直線上，而實際上免不了有偏差。因此，利用最小二乘法求數據之直線數值方程式，圖上標示通過原點之 45° 直線，比較並討論其結果。



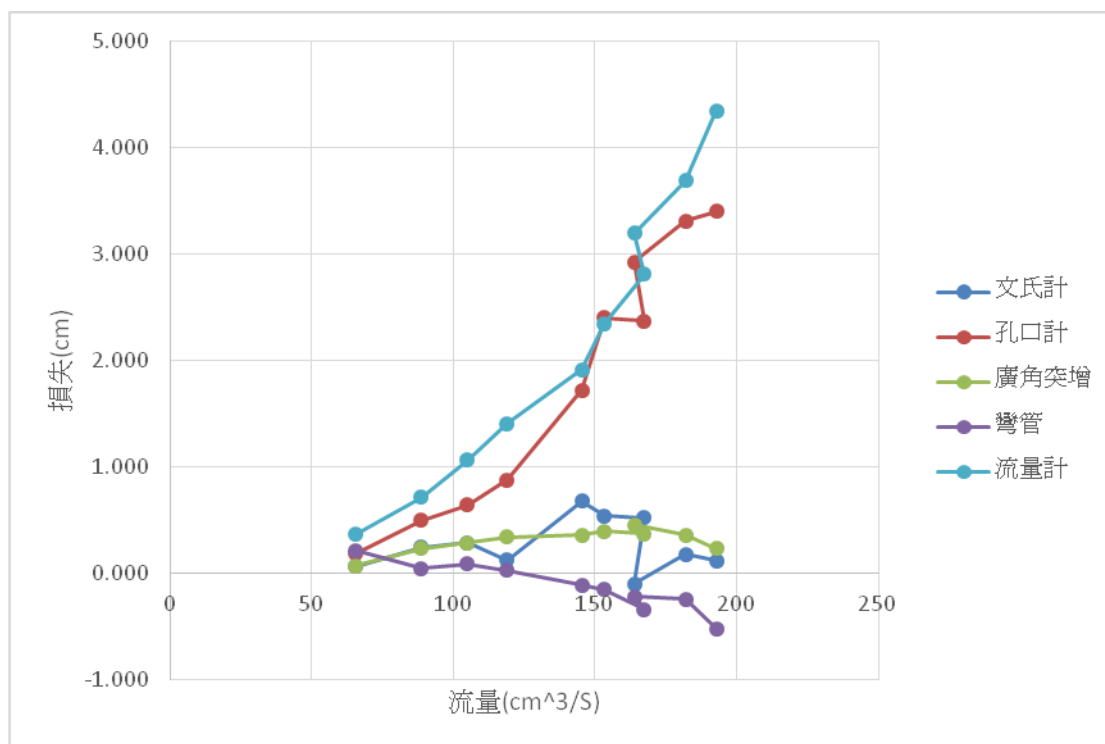
由上圖，可求得 $C=0.6005$ ，與理論的 1.0 有差距，因此可推論孔口計水頭損失影響較大。

4. 若管徑不變（亦即流速不變）管流兩斷面間之水頭損失即等於總水頭之差，因此，比較兩斷面之總水頭差，即可了解水頭損失之概況。於方格紙上，以水頭損失即流量分別為垂直及水平座標軸，將文氏計、孔口計、羅托計、廣角突增、90度彎管等五種非均勻流動損失水頭及流量間的關係，於同一圖上以不同符號表示不同非均勻流動損失水頭，比較並討論之



根據題目假設，流速不變，儀器在同一位置，代表高程不變，損失即為壓差。

5. 繪製水頭損失與流量之關係圖



由上圖觀察，當壓差較小的管路損失趨勢並不明顯，反之壓差較大則會與流量產生正相關。

參考文獻

流體力學試驗手冊

