

逢甲大學學生報告 ePaper

管路流量計試驗

Pipeline flow meter test

作者：王蕾喬、莊尚文、龍俊毓

系級：水利三乙

學號：D0409206、D0409182、D0436558

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： 106 學年度 第 1 學期

中文摘要

由測量管路系統中流量的裝置如孔口計、文氏計、羅托計等，量測管路口徑所產生壓力差，再由此壓力差來計算流量，此外，利用壓差可以求得文氏計、孔口計、羅托計、廣角突增、彎管等水頭損失。

首先，開啟水閥使得管路充滿水，待水流穩定後，再來調整流量使其產生壓差並記錄數據及流量，最後將實驗數據繪成圖表。利用柏努力方程式及壓差，可得知實驗中各管路流量計之差別。

關鍵字：

文氏計、孔口計、羅托計



Abstract

By measuring the flow of devices in the pipeline system such as Orifice meter, Venturi meter, Rota meter, etc. Measure the pressure difference in each of pipe. Then, calculate the discharge by pressure difference. In addition, the experiment can get each of pipeline head loss by pressure difference.

First, turn on the water valve and make the pipe filled of water. Second, get the pressure difference by changing discharge when the flow remains steady and record the data. Finally, the experimental data is plotted. By the Bernoulli equation and the pressure difference, the experiment can get each device of difference.

Keyword :

Orifice meter, Rota meter ,Venturi meter



目 次

中文摘要	1
英文摘要	2
試驗原理	3
試驗儀器	7
試驗方法與步驟	8
注意事項	8
試驗數據	9
問題與討論	10
實驗心得	12
參考文獻	13



試驗原理

■ 由壓力差計算流量

<文氏計為例>

文氏計在壓力孔口 B 與 C 間的水頭損失不計，則利用伯努利定理；

$$\frac{P}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g} = \text{總水頭} = \text{常數} \quad (8-1)$$

利用連續方程式；

$$V_B A_B = V_C A_C \rightarrow V_B = \frac{A_C}{A_B} V_C \quad (8-2)$$

代入(1)式可求得流速 V，整理如下之方程式；

$$\left(\frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_C}{\gamma} \right) = \frac{V^2}{2g} \rightarrow V_C = \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_C}{A_B} \right)^2} \left(\frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_C}{\gamma} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8-3)$$

再將(3)式代入 $Q = V_B A_B = V_C A_C$ ，整理如下列方程式；

$$Q_{BC} = C_{AC} \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_C}{A_B} \right)^2} \left(\frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_C}{\gamma} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} = C_{AC} \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_C}{A_B} \right)^2} (h_B - h_C) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8-4)$$

上式中，

Q: 流量。

C: 流量係數(Discharge coefficient)，若上述假設是正確的則此係數為 1。

A: 斷面積；右下註腳之小寫字母表示壓力孔口的位置。

Z: 高程。

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)

<孔口計為例>

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：

$$Q_{EF} = C_{AF} \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_E}{A_F}\right)^2} \left(\frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_F}{\gamma} \right) \right\}^{\frac{1}{2}} = C_{AF} \left\{ \frac{2g}{1 - \left(\frac{A_E}{A_F}\right)^2} (h_E - h_F) \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8-5)$$

(5)式中的流量係數C值應與(4)式中的C值不同，因為孔口計之水頭損失不同。此次試驗主要是探討方程式(4)及方程式(5)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。

■ 非均勻流之水頭損失

①. 文氏計

引用伯努利原理於壓力孔口B與C上,即可得知:

$$h_{LBC} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} - \frac{P_C}{\gamma} - \frac{V_C^2}{2g} \quad \text{或} \quad h_{LBC} = h_B - h_C \quad (8-6)$$

式中h為封閉式差壓計內之儀壓計內之儀壓高,右下註腳之小寫自母代表壓力孔口之位置。

②. 孔口計

利用伯努利定理於壓力孔口上E及F上即可得知:

$$h_{LEF} = \frac{P_E}{\gamma} + \frac{V_E^2}{2g} - \frac{P_F}{\gamma} - \frac{V_F^2}{2g} \quad \text{或} \quad h_{LEF} = h_E - h_F \quad (8-7)$$

③. 羅托計

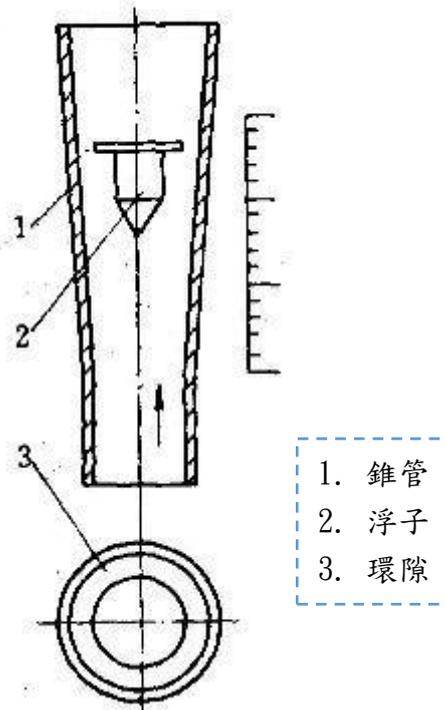
羅托計是由一根自下向上擴大的垂直錐形管和一個沿著管軸上下移動的浮子組所組成。流體從下向上經過環隙時,浮子上下端產生壓差形成浮子上升的力,當浮子所受上升力大於浸在流體中浮子重量時,浮子便上升,環隙面積隨之增大,環隙處流體流速立即下降,浮子上下端差壓降低,作用於浮子的上升力亦隨著減小,直到上升力等於浸在流體中浮子重量時,浮子便穩定在某一高度。浮子在錐管中高度和通過的流量有對應關係。而對照管壁之流量刻度,即可知當時之流量大小。因浮標之重量始終不變,在平衡時,浮標上下時之壓力落差義不變,又因流管之內壁係製成錐形,上大下小,則使流體通過之環型橫斷面積(Annular cross section area)為可變者。增加流量後,並不增加浮標上下之壓力差,卻使浮標升至一較高位置,於是使流體通過之面積為增加,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

管路流量計試驗

差，其產生之主因係由於通過浮標周圍之高速流所導致之垂向拖曳力所致。利用伯努利定理於羅托計上，得知：

$$h_{LHI} = \frac{P_E}{\gamma} + Z_H - \frac{P_F}{\gamma} - Z_1 \quad \text{或} \quad h_{LHI} = h_H - h_I \quad (8-8)$$

圖一、羅托計示意圖



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 及 D 上，即可求得；

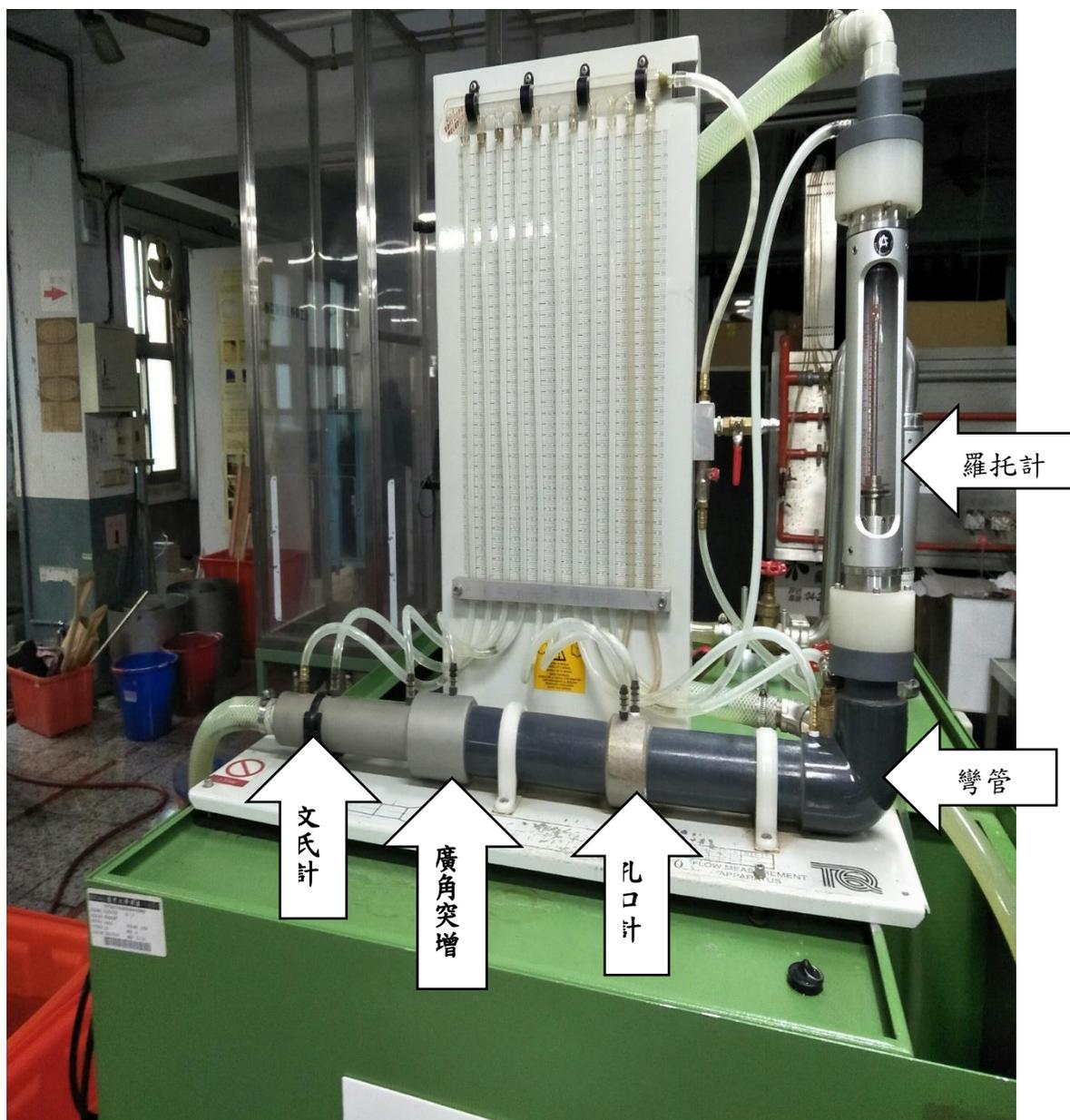
$$h_{LCD} = \frac{P_C}{\gamma} + \frac{V_C^2}{2g} - \frac{P_D}{\gamma} - \frac{V_D^2}{2g} \quad \text{或} \quad h_{LCD} = h_C - h_D \quad (8-8)$$

⑤. 彎管

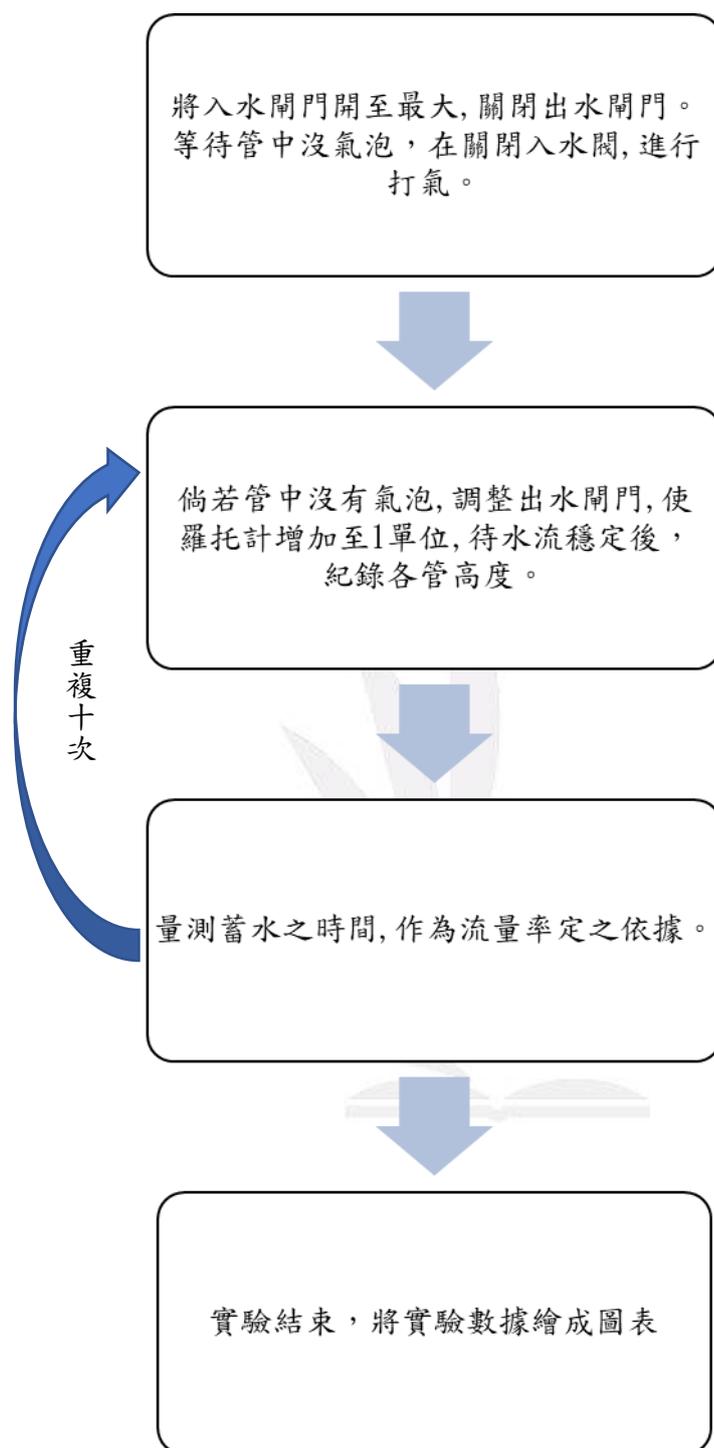
探討彎管之水頭損失，需引用伯努利定理於壓力孔口 G 與 H 上，亦可求得：

$$h_{LGH} = \frac{P_G}{\gamma} + \frac{V_G^2}{2g} - \frac{P_H}{\gamma} - \frac{V_H^2}{2g} \quad \text{或} \quad h_{GH} = h_G - h_H$$

試驗儀器



試驗方法與步驟



注意事項

1. 管路中應避免氣泡
2. 打氣進入管中讓水柱高維持在中間位置
3. 應等待水流穩定後再開始記錄水柱高
4. 紀錄水柱高應水平觀測, 避免因觀測造成數據誤差

試驗數據

表 8.1 管路流量計試驗紀錄表

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 ³	時間 (s)
起始	22.3	21.7	22	22	22	21.5	21.6	21.8	9.7	10000	154.68
1	22	21.2	21.8	21.8	21.8	21	21.1	21.1	9	10000	111.35
2	22.3	20.7	21.8	21.8	21.9	20.4	20.6	20.5	8	10000	85.81
3	22.4	20.5	21.8	21.9	21.9	20.1	20.4	20.3	7.8	10000	84.33
4	22.5	20	21.7	21.8	23	19.6	20	19.8	6.8	10000	74.77
5	23	19.8	22	22	22.8	19.1	19.6	19.5	6	10000	66.01
6	23.1	19.4	22	22	22.9	18.5	19.2	19	4.8	10000	57.44
7	23.4	19.3	22.1	22.2	22.5	18.4	19	18.8	4.6	10000	56.26
8	23.8	18.9	22.3	22.4	22.8	17.7	18.5	18.4	3.4	10000	49.33
9	24.2	18.2	22.4	22.5	24.3	16.7	17.8	17.7	2.2	10000	45.33
10	22.3	21.7	22	22	22	21.5	21.6	21.8	9.7	10000	154.68

註：流量率定請率定三次再取平均值。

8.2 水頭損失紀錄表

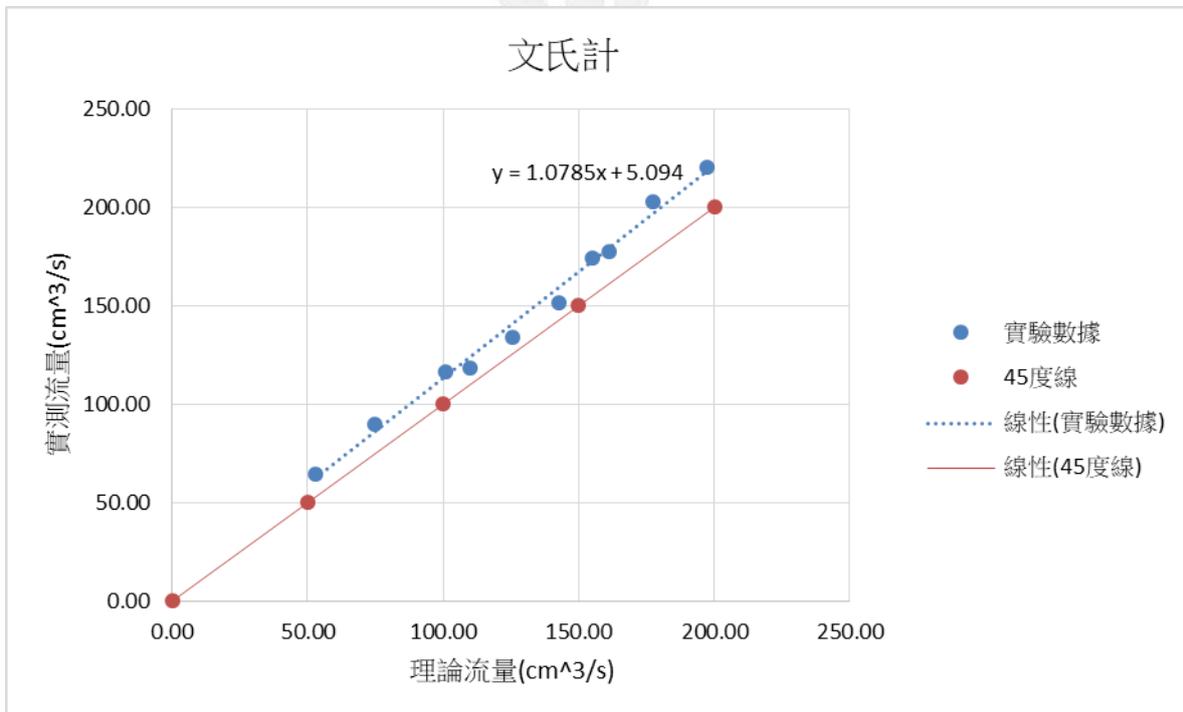
試驗 次數	水頭損失 h_l (cm)				
	文氏管(BC)	孔口版(EF)	羅托計(HI)	廣角突增(CD)	彎管(GH)
1	-0.3	0.5	12.1	0	-0.2
2	-0.6	0.8	12.1	0	0
3	-1.1	1.5	12.5	0	0.1
4	-1.3	1.8	12.5	-0.1	0.1
5	-1.7	3.4	13	-0.1	0.2
6	-2.2	3.7	13.5	0	0.1
7	-2.6	4.4	14.2	0	0.2
8	-2.8	4.1	14.2	-0.1	0.2
9	-3.4	5.1	15	-0.1	0.1
10	-4.2	7.6	15.5	-0.1	0.1

8.3 文氏計、孔口版與流量之關係表

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	52.72	67.00	64.65
2	74.55	84.75	89.81
3	100.95	116.05	116.54
4	109.74	127.13	118.58
5	125.49	174.73	133.74
6	142.76	182.27	151.49
7	155.20	198.77	174.09
8	161.05	191.87	177.75
9	177.47	213.99	202.72
10	197.25	261.23	220.60

問題討論

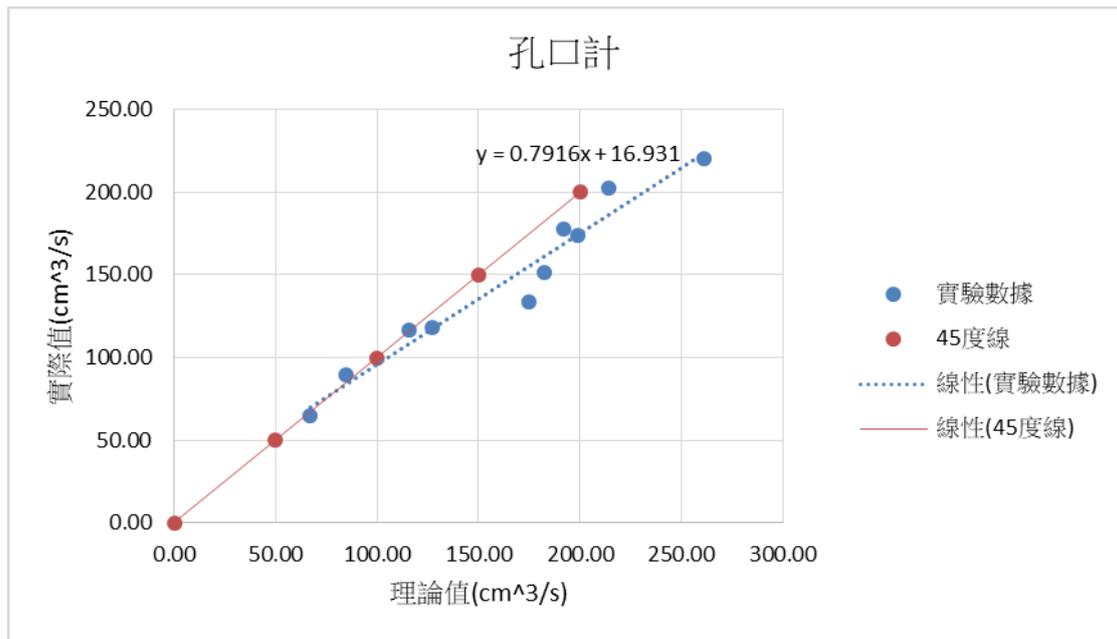
1. 決定文氏計流量係數 C ，將數據繪成圖表，以實測流量 Q 為垂直座標，理論流量為水平座標，加入 45 度線作為輔助。



此次實驗文氏計之流量係數 $C=1.0785$ ，在公式(8-4)之 C 值假設為 1，圖上數據斜率越接近 45 度線，代表實測值與理論值相近。

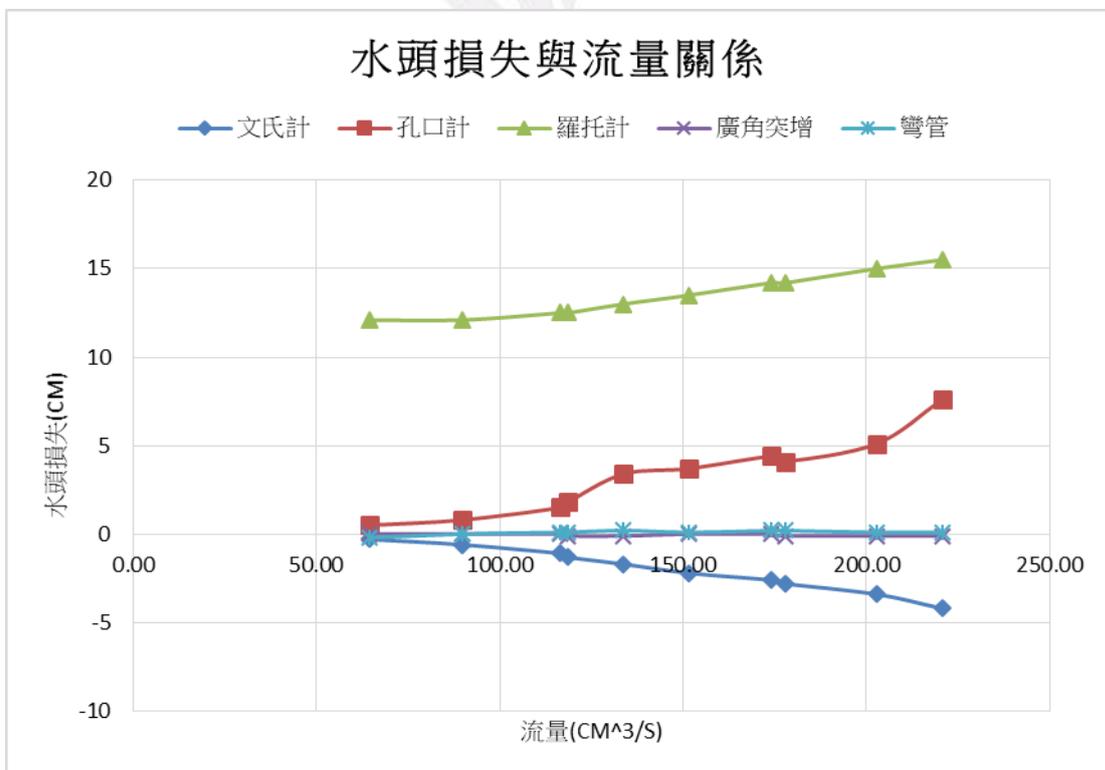
管路流量計試驗

2. 決定孔口計之流量係數 C



此次實驗孔口計之 $C=0.7916$ ，數據較為分散，大膽猜測是水頭損失來的較明顯，故實測值和理論值差的較多。

3. 若管徑不變(即流速不變)，管路兩斷面之間水頭損失=總水頭之差，繪製圖表以水頭損失為垂直座標，流量分別為水平座標，將文氏計、孔口計、羅托計、廣角突增、彎管等五種非均勻流損失水頭和流量之間關係討論。



孔口計在水頭損失有較明顯上升的幅度，而廣角突增、彎管幾乎沒有什麼損失

心得

尚文: 本次實驗水流流經文氏計、孔口計、廣角突增、彎管、廣角突增。流體流經文氏管內的漸擴區等不同截面大小的區域, 連結這些區域的壓力計便產生壓力差, 測出壓力差即可求出流量。流經孔口時, 流經截面突然縮小, 壓力值突然降低, 之後通過的截面積又回復到原來大小, 同時壓力漸漸回升, 但已無法完全恢復到原來的壓力值, 壓力落差的平方根與流體的流量成正比。實驗記得起始水位高度不要過高, 以免在多次測量後水位超過壓力計。

蕾喬: 這次實驗遇到了一個大麻煩, 我們在打氣時, 不知道應該將空氣灌入多少, 在實驗進行到後段發現水柱高已經高過刻度表, 最終只能重做一次。做完數據的分析之後, 發現數據的準確跟操作有無耐心有點關聯, 實驗真的不能隨隨便便, 還有教導前一組實驗也不能馬馬虎虎, 可以稍微說一下操作上的技巧。

俊毓: 這次的管路流量計試驗不難, 比較有問題的點是在讀各管流量的時候, 水位會有些微的上下起伏, 容易影響判斷, 而且儀器擺放的位置對我們來說太高, 怕會影響到讀數, 最後我們搬椅子來站, 盡量降低我們的誤差。

參考文獻

許少華（2008）。流體力學試驗手冊（初版）。逢甲大學出版社
南京迪泰爾儀表機電設備有限公司 網站:<http://www.detair.cn/homepage/lzj1.htm>
(上網日期 2017/12/30)

