

# 逢甲大學學生報告 ePaper

## 噴流撞擊試驗

## Jet impact test

作者：林美華、林千惠、薛順鴻

系級：水利三甲

學號：D0437279、D0471377、D0471394

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 第一學期



## 摘要

當水流沖擊物體表面時，是會產生衝擊力的，而衝擊力大小的測量是本次實驗的主要課題。當相同的水流沖擊不同形狀的物體時，物體表面受到的衝擊力是相同的嗎？那要如何測量衝擊力呢？如何得知水流沖擊在不同的物體上的差異性呢？我們對此深感疑惑，於是調查這幾件事，也是這次實驗的課題之一。

本實驗室利用噴流撞擊試驗儀器，使用槓桿原理，利用砝碼和力矩量測水注射流作用於平版或半球杯上之力量大小，並依流體之動量恆量方程式計算此力之理論值，經由實驗值與理論值之比較以瞭解動量變化與恆量的關係，以及驗證流體之動量方程式。

本次實驗可得出流體作用之大小可隨不同形狀的受衝擊葉片而改變。且實驗時使用兩種模型版(平版及半球杯)，當流量計固定時便可觀察到兩者受衝擊後的差異性，最後得出半球杯受衝擊較平版明顯之結論。生活中存在著許多利用噴流原理的儀器，例如高壓清洗機可去除建築物外表的殘漆和污物，水刀可切割大部分材料且切口平滑等，由實驗結論可知，這些儀器在使用時若受衝擊物體是有弧度，則使用的效果會較明顯。

**關鍵字：**噴流撞擊、槓桿原理、平板、半球杯

# Abstract

When the water impact the surface of the object, it will have an impact force, and the impact of the size of the test is the main subject of this experiment. When the same water impact different shapes of objects, the surface impact is the same? How to measure impact? How to know the impact of water impact on different objects? We are deeply puzzled by this, so investigating these few things is also one of the subjects of this experiment.

The laboratory using jet impact test equipment, the use of lever principle, the use of weights and moments measuring water injection force acting on the plate or hemisphere cup strength size, and according to the fluid momentum constant equation to calculate the theoretical value of this force through the experiment Comparisons of values and theoretical values to understand the relationship between momentum changes and constants, and to verify the momentum equations of fluids.

This experiment shows that the size of the fluid effect can vary with different shapes of impacted leaves. And the experiment using two model version (lithography and hemisphere cup), when the flowmeter can be observed when the two were shocked by the difference between the final draw hemisphere cup impact than the lithographic obvious conclusion. There are many instruments that use the principle of jet flow in life. For example, the pressure washer can remove residual paint and dirt on the exterior of a building, the waterjet can cut most of the material and the incision is smooth. From the experimental conclusion, The impact of the object is curved, the effect will be more obvious.

**Keyword : Jet impact, lever principle, flat panel, hemisphere cup**

## 目 次

一、 實驗原理	P4-P
二、 實驗儀器簡介	P7-P9
三、 實驗之方法與步驟	P10
四、 注意事項	P11
五、 實驗數據結果	P12-P13
六、 問題討論	P14-P15
七、 實驗結果	P16
八、 心得	P16



## 一、實驗原理

在水流未開之前，將砝碼置於讀數為零之點，並調整桿臂水平，所應用之原理為合力矩平衡，且僅有彈簧力，砝碼重及桿臂重三力：

$$\sum M = 0 \quad (6-1)$$

亦即為：

$$\text{彈簧施力} \times \text{施力點至支點的距離} = \text{砝碼重} \times \text{砝碼距支點的距離} + \text{桿臂重} \quad (6-2)$$

當噴嘴噴出水柱射流對平板施力時須調整砝碼位置，桿臂方能再回復水平，新的合力矩平衡可先扣除式(6-2)的等號兩邊的量而寫為式(6-3)：

$$\text{射出水流施力} F \times \text{葉板中心至支點的距離} = \text{砝碼重} \times \text{砝碼再調整之移動距離} y \quad (6-3)$$

將數字代入式(3)可得式(4)：

$$0.15F = 0.6gy, \text{ 即 } F = 4gy \quad (6-4)$$

式(6-4)即為所量測之作用力實測值；而射流於管嘴噴出速度(m/sec)：

$$u_0 = \frac{Q}{A_0} = \frac{Q}{(78.5 \times 10^{-6})} = 12739Q \quad (6-5)$$

此處Q為流量(m<sup>3</sup>/s)。噴出一段距離而作用於葉板之速度u(m/sec)可由柏努利公式計算出：

$$\frac{p_0}{\gamma} + \frac{u_0^2}{2g} + z_0 = \frac{p}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} + z \quad (6-6)$$

$$p_0 = p = 0, \quad z - z_0 = s = 0.035\text{m}$$

$$u_1^2 = u_0^2 - 2gs = u_0^2 - 0.686 \quad (6-7)$$

由連續方程式計算離開速度u<sub>2</sub>

$$u_0 A_0 = u_2 A_2 = u_2 2\pi R d \quad (6-8)$$

此處d為厚度。

Z方向的動量方程式：

$$\text{水注射流動量流率} - \text{受力} F_2 = \text{離開水流於Z方向之動量流率} \quad (6-9)$$

噴流撞擊試驗

$$\rho Q u_1 - F_z = \rho Q u_{21} \cos \beta \quad (6-10)$$

葉板所受反作用力

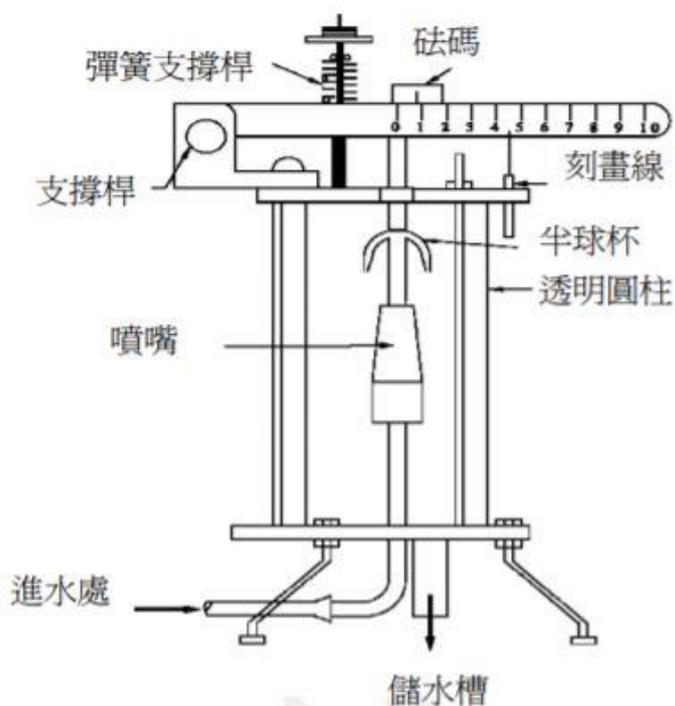
$$\Sigma F_z = \rho Q (u_1 - u_2 \cos \beta) \quad (6-11)$$

平板時

$$\beta=90^\circ ; \cos \beta=0 ; F_z=F_p=\rho Q u_1$$

半球杯時

$$\beta=180^\circ ; \cos \beta=-1 ; F_z=F_c=\rho Q (u_1+u_2)$$



圖一 噴流撞擊儀器裝置示意圖

【註】實驗儀器之有關資料及符號說明

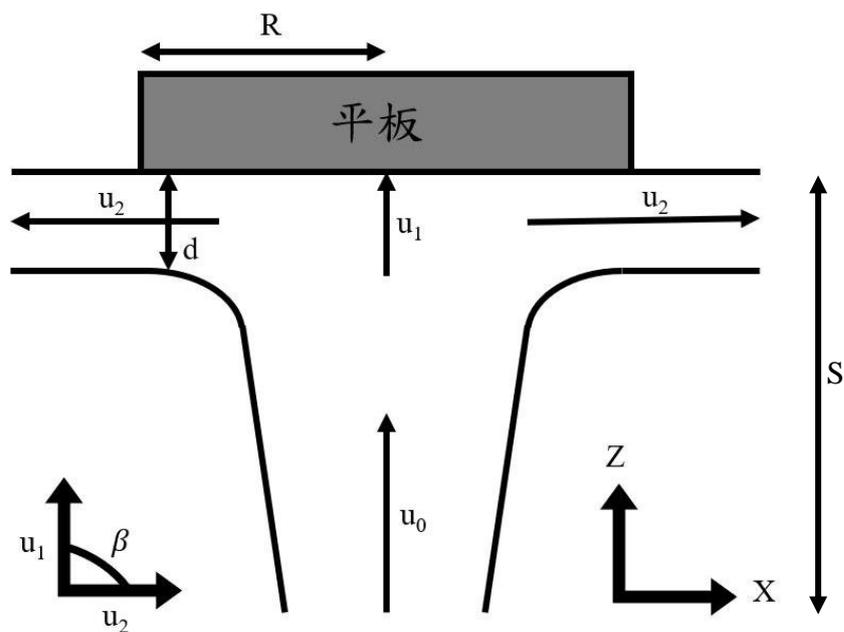
噴嘴直徑:10mm

噴嘴斷面積:78.5mm<sup>2</sup>

葉板中心至支點距離:150mm

噴嘴至葉板距離S:35mm

砝碼離零點距離:y(m)



圖二 噴流撞擊原理

【註】  $u_0$ : 射流於管嘴噴出之速度

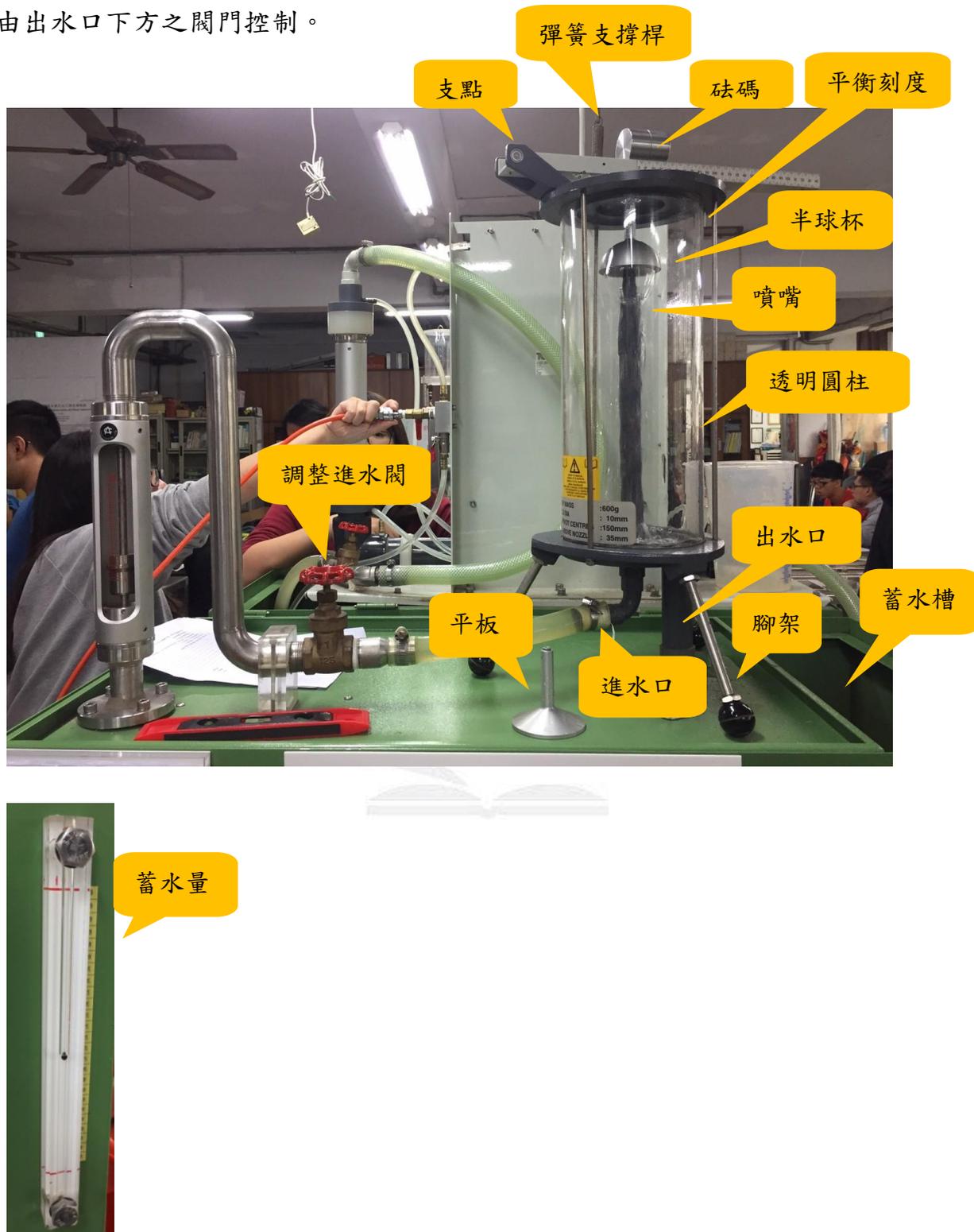
$u_1$ : 射流向上  $S$  距離的速度

$u_2$ : 射流作用葉版後離開時之速度

$\beta$ : 水柱撞擊後的偏離角度

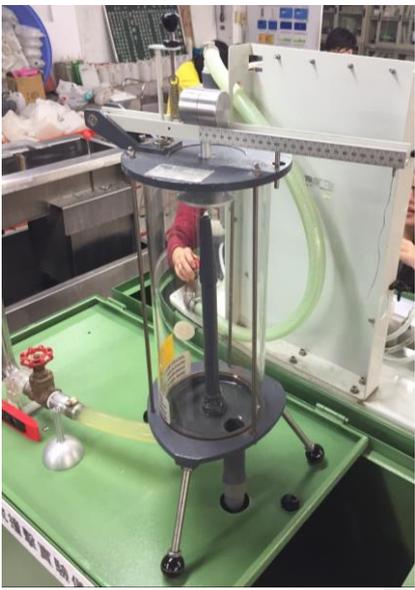
## 二、實驗儀器簡介

一個圓筒安置在電動馬達上(以供強制轉動圓筒之用)，可透過在圓筒兩側設置兩個進水孔，可透過水管連接抽水馬達，圓筒底部有一出水口，由出水口下方之閥門控制。



圖三 儀器簡介

實驗照片

實驗照片	描述
 <p data-bbox="373 965 711 999">圖四 本實驗操作用儀器</p>	<p data-bbox="874 577 1358 763">以水準氣泡調整使平台呈水平，將平板鎖於桿臂上，砝碼放置桿臂上並移至零點，調整彈簧支撐住使桿臂水平。</p>
 <p data-bbox="405 1397 679 1431">圖五 平板噴流撞擊</p>	<p data-bbox="874 1137 1358 1263">將進水閥開啟，桿臂因受射流作用向上傾斜，移動砝碼使桿臂恢復水平。</p>
 <p data-bbox="389 1973 695 2007">圖六 蓄水及量測時間</p>	<p data-bbox="874 1688 1358 1771">紀錄距離及時間內出流量，計算其流量。</p>



圖七 半球杯實驗

換上半球杯。



圖八 噴流撞擊半球杯模型

後將進水閥開啟，桿臂因受射流作用向上傾斜，移動砝碼使桿臂恢復水平。

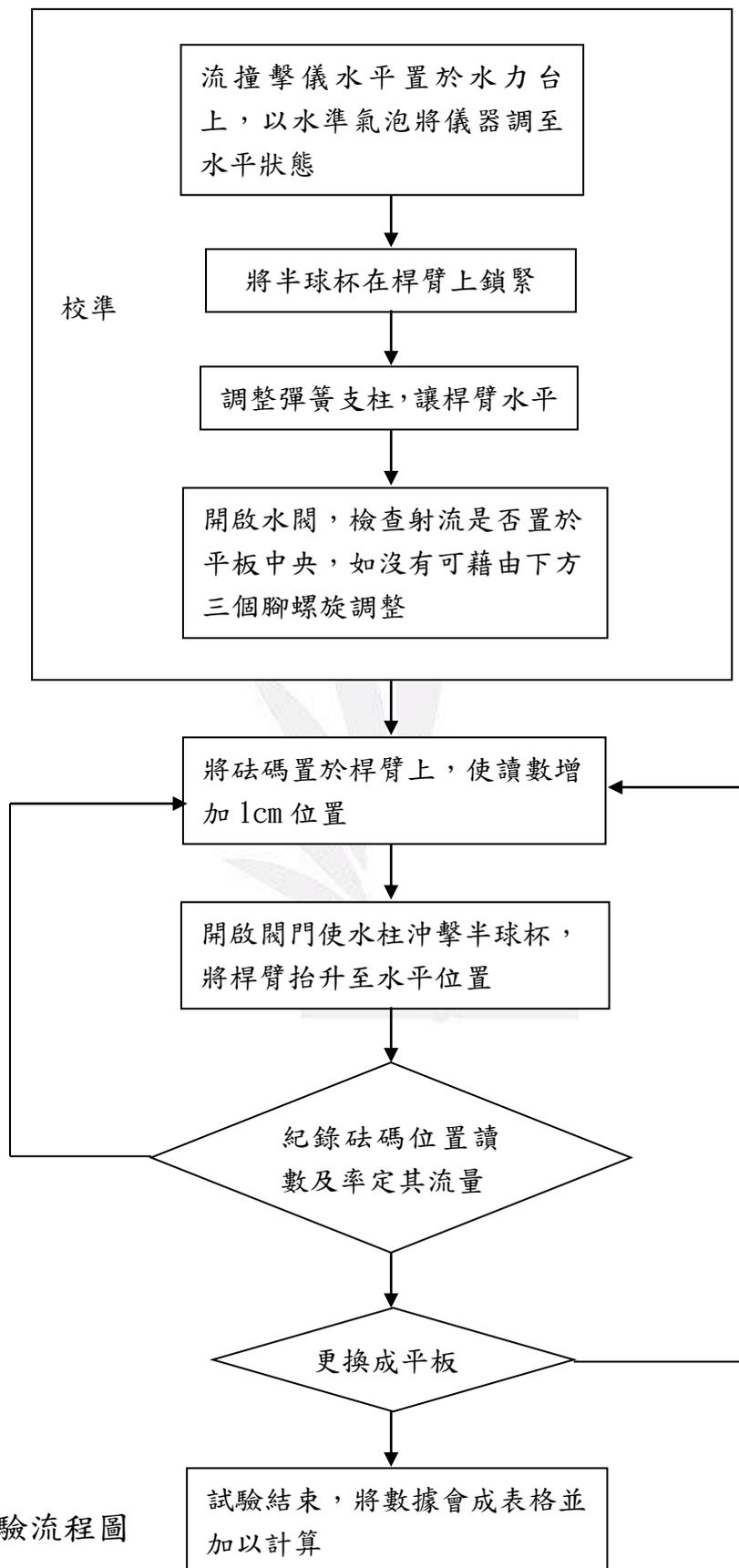


圖九 蓄水及量測時間

紀錄距離及時間內出流量，計算其流量。

結束實驗後將辦半球杯及砝碼取下放置好，蓄水槽水需放乾淨。

### 三、試驗之方法與步驟



圖十 實驗流程圖

#### 四、注意事項

- 1.水流沖擊時一定要正中中心，才不會有角度 $\theta$ 的出現。
- 2.利用碼錶測量時間時有人為誤差，看水位線時也會有些許差異。
- 3.儀器使用前一定要先定水平，避免儀器誤差。
- 4.水流不可過大或過小。



## 五、實驗數據結果

蓄水面積= 2000  $cm^2$ 表一、平板撞擊試驗之數據紀錄( $\beta=90^\circ$ )

試驗 次數	砝碼位置 (m)	率定流量		流量Q ( $m^3/sec$ )
		蓄水高度 (m)	時間 (sec)	
1	0.0088	0.05	58' 97	0.000169578
2	0.0129	0.05	48' 78	0.000205002
3	0.0189	0.05	39' 97	0.000250188
4	0.0315	0.05	32' 41	0.000308547
5	0.0388	0.05	28' 74	0.000347947
6	0.0569	0.05	24' 74	0.000404204
7	0.0655	0.05	21' 66	0.000461681
8	0.0799	0.05	20' 56	0.000486381
9	0.0935	0.05	19' 27	0.000518941

表二、平板撞擊試驗之數據計算( $\beta=90^\circ$ )

作用力實測值 ( $\frac{kg.m}{s^2}$ )	出口流速 ( $m/sec$ )	撞擊流速 $u_1$	作用 葉板力 理論值
0.345	2.16	2.00	0.338
0.506	2.61	2.48	0.507
0.742	3.19	3.08	0.768
1.24	3.93	3.84	1.18
1.52	4.43	4.35	1.51
2.23	5.15	5.08	2.05
2.57	5.88	5.82	2.68
3.12	6.20	6.14	2.98
3.67	6.61	6.56	3.40

註：\* 流量 Q 等於累計進水量除以累計時間。

\* 率定流量，請三次率定後再取平均值。

\* 出口流速  $u_0$ ，為式(6-5)。

\* 撞擊流速  $u_1$ ，為式(6-7)。

\* 離開流速  $u_2$ ，為式(6-8)。

\* (理論值) 為式(6-11)。

\* (實測值) 為式(6-4)。

\* 砝碼重為 0.6kg，蓄水面積為 0.4\*0.5(m<sup>2</sup>)

表三、半球杯撞擊試驗之實驗記錄( $\beta=180^\circ$ )

試驗 次數	砝碼位置 (m)	率定流量		流量Q (m <sup>3</sup> /sec)
		蓄水高度 (m)	時間 (sec)	
1	0.0159	0.05	54' 58	0.000183
2	0.0249	0.05	44' 91	0.000223
3	0.0369	0.05	37' 53	0.000266
4	0.0559	0.05	31' 10	0.000322
5	0.0769	0.05	26' 56	0.000377
6	0.0978	0.05	23' 64	0.000423
7	0.1239	0.05	21' 12	0.000473
8	0.1529	0.05	19' 04	0.000525
9	0.1815	0.05	17' 68	0.000566

表四、半球杯撞擊試驗之實驗記錄( $\beta=180^\circ$ )

作用力實測值 ( $\frac{kg.m}{s^2}$ )	出口流速 (m/sec)	撞擊流速 u <sub>1</sub>	作用 葉板力 理論值
0.624	2.33	2.18	0.577
0.977	2.84	2.71	0.865
1.45	3.39	3.29	1.25
2.19	4.10	4.01	1.83
3.02	4.80	4.72	2.53
3.84	5.39	5.32	3.20
4.86	6.03	5.97	4.01
6.00	6.69	6.64	4.94
7.12	7.21	7.16	5.73

註：\* 流量 Q 等於累計進水量除以累計時間。

\* 出口流速 u<sub>0</sub>，為式(6-5)。

\* 撞擊流速 u<sub>1</sub>，為式(6-7)。

\* 離開流速 u<sub>2</sub>，為式(6-8)，其半球杯直徑為 6cm，d 值假設為 1mm。

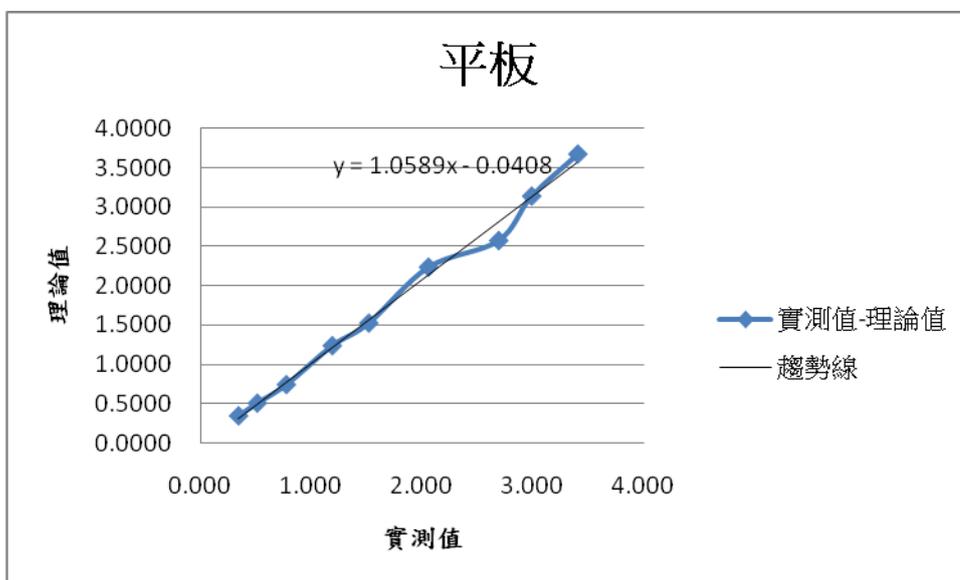
\* (理論值) 為式(6-11)。

\* (實測值) 為式(6-4)。

\*砝碼重為 0.6kg，蓄水面積為 0.4\*0.5(m<sup>2</sup>)

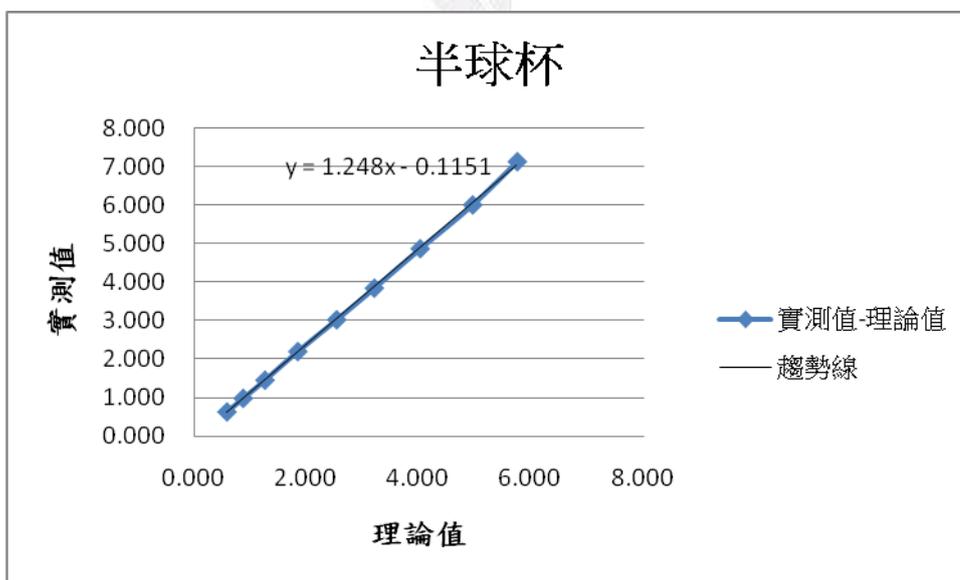
## 六、問題討論

1. 繪出平板與半球杯作用力之理論值(橫坐標)與實測值(縱座標)關係圖，並說明其斜率之意義。



圖十一 平板撞擊力理論值及實測值關係圖

斜率為  $C_c=1.0589$



圖十二 平板撞擊力理論值及實測值關係圖

斜率為  $C_p=1.248$

斜率  $C_p$   $C_c$  為理論值與實測值得比值，不同葉版比值不同，可是為形狀對作用力的影響因素。

2.說明當流體離開平板時， $\beta$  不剛好為  $90^\circ$  而傾斜  $1^\circ$ ，對本實驗有何影響？

ANS：

有所謂的  $\theta$  值影響，在公式中，可見  $\theta$  的影響。 $\beta=90^\circ$ ； $\text{COS}\beta=0$ ； $F_z=F_p=\rho Q u_1$ ，所以對平版型而言  $\theta$  不為  $90^\circ$  時，就會需要考慮離開時的衝撞速度。

3.實驗時如果流量太大，可能產生什麼現象，為什麼？

ANS：

流量太大時，出水會不穩定，桿臂的震盪會更明顯。

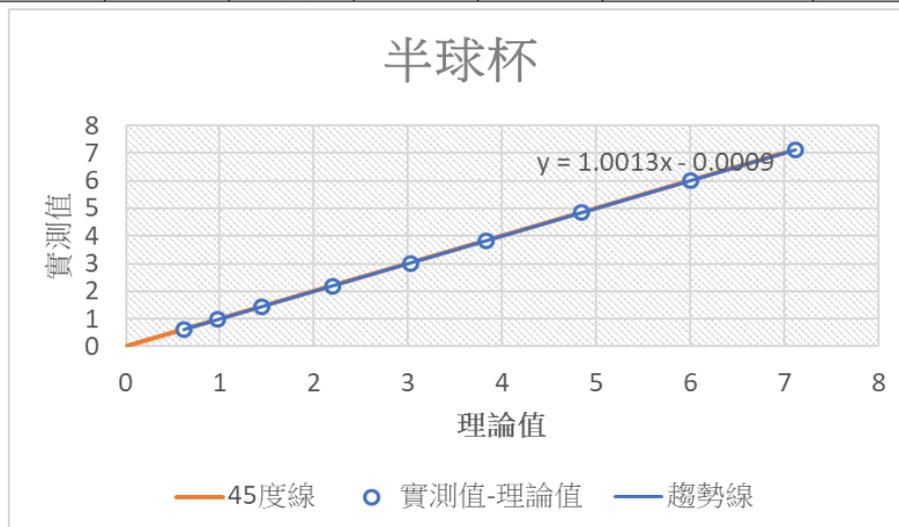
4.半球杯厚度  $d$  為自己訂定的值，那個當  $d$  為多少不同時有什麼影響？什麼時候理論值與實測值最接近？

ANS：

修改半球杯厚度，使  $u_2$  改變進而影響理論值，使理論值與實測值接近，由數據可看出，當半球杯厚度約為  $0.0006\text{m}$  時，理論值與實測值大部分最接近，筆直趨近 1。

表五、不同半球杯厚度  $d$  下所造成之撞擊力

實測	$u_0$	$u_1$	$u_2$	理論	半球杯厚度(m)	誤差
0.624	2.33	2.18	1.215	0.621	0.000800	0%
0.977	2.84	2.71	1.688	0.978	0.000700	0%
1.45	3.39	3.29	2.142	1.44	0.000660	0%
2.19	4.10	4.01	2.843	2.20	0.000600	0%
3.02	4.80	4.72	3.329	3.03	0.000600	0%
3.84	5.39	5.32	3.740	3.83	0.000600	0%
4.86	6.03	5.97	4.265	4.84	0.000589	0%
6.00	6.69	6.64	4.804	6.00	0.000580	0%
7.12	7.21	7.16	5.456	7.12	0.000550	0%



圖十二 半球杯厚度  $d$  不同下撞擊力理論值及實測值關係圖

## 七、實驗結果

本次的實驗是噴射衝撞試驗，這次實驗我們使用了兩種模型版，分別是平版型葉板和半球杯型葉板。在實驗過程中可發現，在相同流量下形成之衝撞力，半球杯型葉板所計算值的撞擊力明顯比平版型葉板大。由此我們可以推論受撞擊之模型形狀是會影響衝擊力的大小。

## 八、心得

林美華：

這次的實驗很簡單也很有趣，能透過簡單的蹺蹺板原理去說明水流撞擊的力量大小，並觀測到在平板型及半球杯型時，水流因模型而造成不同的出水流速，然而實驗儀器似乎有些小問題，在看砝碼移動刻度時，刻度小看的較為吃力，另外半球杯型在鎖上儀器時似乎不能完全吻合，因此有一定角度的傾斜，有可能造成儀器誤差。

在計算數據時有一點是我們比較在意的，就是噴嘴流速計算，噴嘴流速是由噴出的體積除以時間會較為準確，然而我們則是計算噴流撞擊模型版後流出的體積除以蓄水時間，得出流量，雖然理論上入水流量會等於出水流量，但現實中在噴流噴出、撞擊後到流出的這段過程中應該是會有誤差存在的，例如卡在管壁上的那些小水滴。

這次的實驗讓我們瞭解在相同流量下對不同模型版造成的撞擊力不相同，對於具有弧度之物體較明顯，其結論若能運用在生活方面必有很大的幫助，例如水刀及高壓清洗機，在使用時，對象若是具有弧度之物體，清潔起來會更方便快速。

薛舜鴻：

這次的實驗操作滿簡單的，只是每次測量完一次都要等水放完才能在繼續實驗，且水流的速度很慢，才造成實驗時間拖那麼長，可是觀測次數比較多，而且讀數稍微不定，所以讓同一個人觀測誤差會比較小。

## 參考文獻

1. 許少華(2006)。流體力學試驗手冊。台中市:逢甲大學出版社。
2. 吳伯翰、林祐陞、戴憲勝(2006)。流體力學試驗實驗六優良報告。檢自  
<http://dspace.lib.fcu.edu.tw/bitstream/2377/3792/1/D935690495106.pdf>  
(Feb. 2, 2018)

