

逢甲大學學生報告 ePaper

噴流撞擊試驗

Jet impact experiment

作者：林桓聖、謝承諭、羅偉誠

系級：水利三甲

學號：D0471350、D0483773、D0483790

開課老師：許少華教授

課程名稱：流體力學實驗

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

一、實驗目的

1. 利用槓桿原理量測水注射流作用於平板或半球背上之力量大小求出實驗值用動量衡量方程式計算理論值,比較之後瞭解動量變化與恆量的關係。
2. 複習控制體積的觀念。
3. 了解流體作用力之大小可隨不同形狀的受衝擊葉片而改變。

二、實驗過程

- 1.將儀器平放置水利台，以水準氣泡將儀器調置水平狀態。
- 2.將半球杯在桿臂上鎖緊。
- 3.調整彈簧支撐柱讓桿臂水平。
- 4.開啟水閥檢查射流是否置於平板中央，
如沒有可藉由下方三個腳螺旋調整。
- 5.將砝碼置於桿臂上，使其讀數增加。
- 6.開啟閥門使水柱沖擊半球杯，將桿臂抬升至水平位置。
- 7.記錄砝碼位置讀數及率定其流量。
- 8.更換成平板，重複和半球板步驟試驗。
- 9.實驗結束，將數據繪成表格並加以計算。

三、實驗之生活應用:

- (1)高壓清洗機 (2)水射流又稱水刀、水射流切割 (3)水力發電
(4)消防水槍 (5)農田噴灌 (6)污染擴散 (7)人工噴泉 (8)水力採礦

關鍵字：

噴流撞擊、平板撞擊、半球杯撞擊

Abstract

First, the purpose of the experiment

1. Leverage the principle of measuring the amount of water injection on the plate or hemisphere back to the power of the size of the experimental value calculated by momentum equation to calculate the theoretical value of momentum compared with the constant to understand the relationship.
2. review the concept of control volume.
3. Understand that fluid forces can vary with different shapes of impacted leaves.

Second, the experimental process

1. Place the instrument horizontally on the water platform to adjust the level of the instrument to the level of air bubbles.
2. Lock the hemisphere cup over the lever arm.
3. Adjust the spring support column so that the lever arm level.
4. Open the water valve to check whether the jet is placed in the center of the plate, If not by the bottom three feet spiral adjustment.
5. Place the weight on the lever arm to increase its reading.
6. Open the valve so that the impact of water column hemisphere cup, the lever arm raised to a horizontal position.
7. Record the weight readings and rate of flow.
8. Replace the flat, repeat and hemispherical plate step test.
9. The experiment is over and the data is tabulated and calculated.

Third, the experimental life application:

- (1) High Pressure Washers (2) Water Jet Also Known As Water Jet, Water Jet Cutting (3) Hydroelectric Power
- (4) Fire Sprinklers (5) Irrigation Sprinklers (6) Spread of Pollution (7) Artificial Fountains (8) Hydraulic Mining

Keyword : Jet impact 、 Tablet hit 、 The hemisphere cup hit

目 次

噴流撞擊試驗

中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
試驗目的.....	5
試驗原理.....	5
試驗方法與步驟.....	8
試驗儀器.....	9
試驗分析與結果.....	10
問題與討論.....	12



一、實驗目的

1. 利用槓桿原理量測水注射流作用於平板或半球背上之力量大小求出實驗值，用動量衡量方程式計算理論值，比較之後瞭解動量變化與恆量的關係。
2. 複習控制體積的觀念。
3. 了解流體作用力之大小可隨不同形狀的受衝擊葉片而改變。

二、試驗原理

1. 一開始合力矩平衡：

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，

→彈簧力、砝碼重、桿臂重三力：

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

意義：彈簧施力×施力點至支點距離=砝碼重×砝碼距支點的距離+桿臂重

2. 移動砝碼合力矩平衡：

當噴嘴噴出水注射流對平板施力時，調整法碼位置，桿臂能再回復水平

意義：射出水流施力 F × 葉板中心至支點距離 = 砝碼重 × 砝碼再調整之移動距離 y

→所量測之作用力實測值：

$$F = 4gy \quad (6-2)$$

3. 射流於管嘴噴出速度 u_0 (m/sec)：

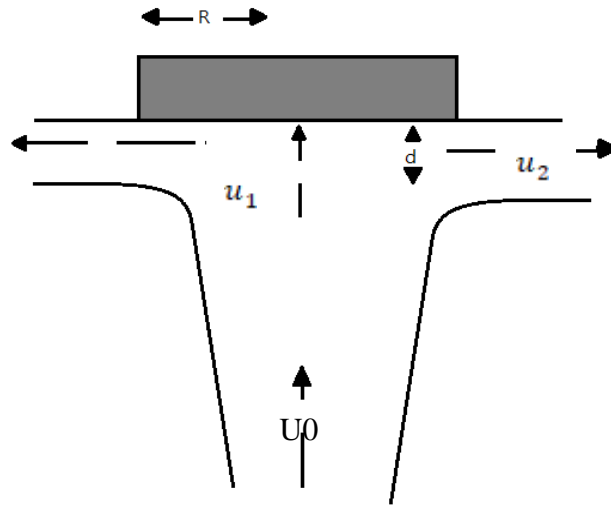
$$u_0 = \frac{Q}{A_0} = \frac{Q}{(78.5 \times 10^{-6})} = 12739Q \quad (6-3)$$

註： Q 為流量(m³/sec)， A_0 噴嘴斷面積(m²)

4. 噴出一段距離而作用於葉板之速度 u_1 (m/sec):

由柏努利公式：

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{u_0^2}{2g} + z_0 = \frac{P}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} + z \quad (6-4)$$



圖中可看出， $P_0 = P = 0$ ， $z - z_0 = s$ ，相削去後得

$$u_1^2 = u_0^2 - 2gs = u_0^2 - 0.686 \quad (6-5)$$

移項後得作用於葉板之速度 u_1 :

$$u_1 = \sqrt{u_0^2 - 0.686} \quad (6-6)$$

5. 計算離開速度 u_2 :

由連續方程式

$$u_0 A_0 = u_2 A_2 = u_2 2\pi R d \quad (6-7)$$

註: d 為厚度，如圖 6.2

移項後得離開速度 u_2

$$u_2 = \frac{u_0 \times A_0}{2 \times \pi R d}$$

6. 計算葉板所受反作用力理論值:

(1) 由 Z 方向的動量方程式:

$$\rho Q u_1 - F_z = \rho Q u_2 \cos \beta \quad (6-8)$$

意義: 水柱射流量流率 - 受力 F_z = 離開水流於 Z 方向之動量流率

(2) 葉板所受反作用力:

$$\Sigma F_z = \rho Q (u_1 - u_2 \cos \beta) \quad (6-9)$$

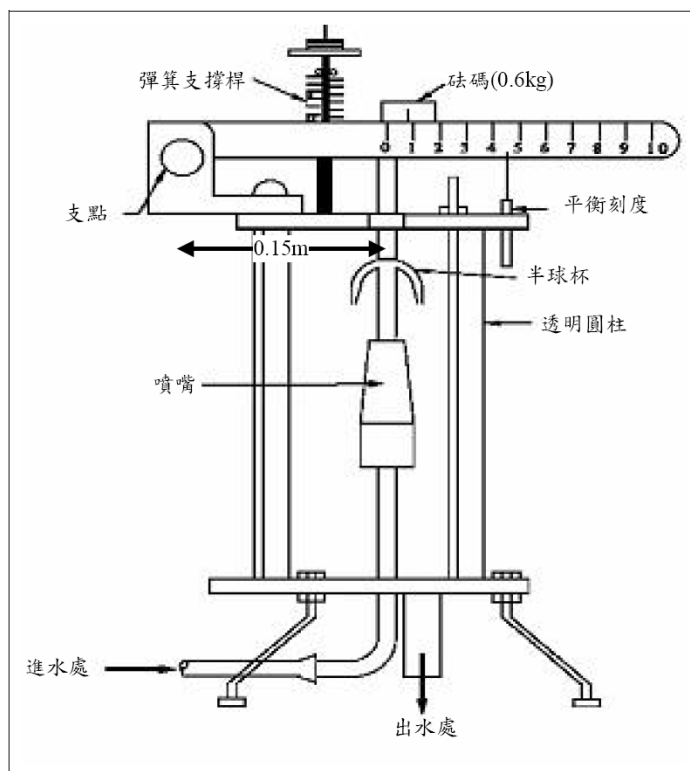
a. 平板時

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

噴流撞擊試驗

b. 半球杯時

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



【註】

試驗儀器之有關資料

及符號說明：

噴嘴直徑：

0.01m

噴嘴斷面積：

$$0.0000785 \text{ m}^2 \left(= \frac{\pi}{4} 0.01^2 \right)$$

葉板中心至支點距離：

0.15m

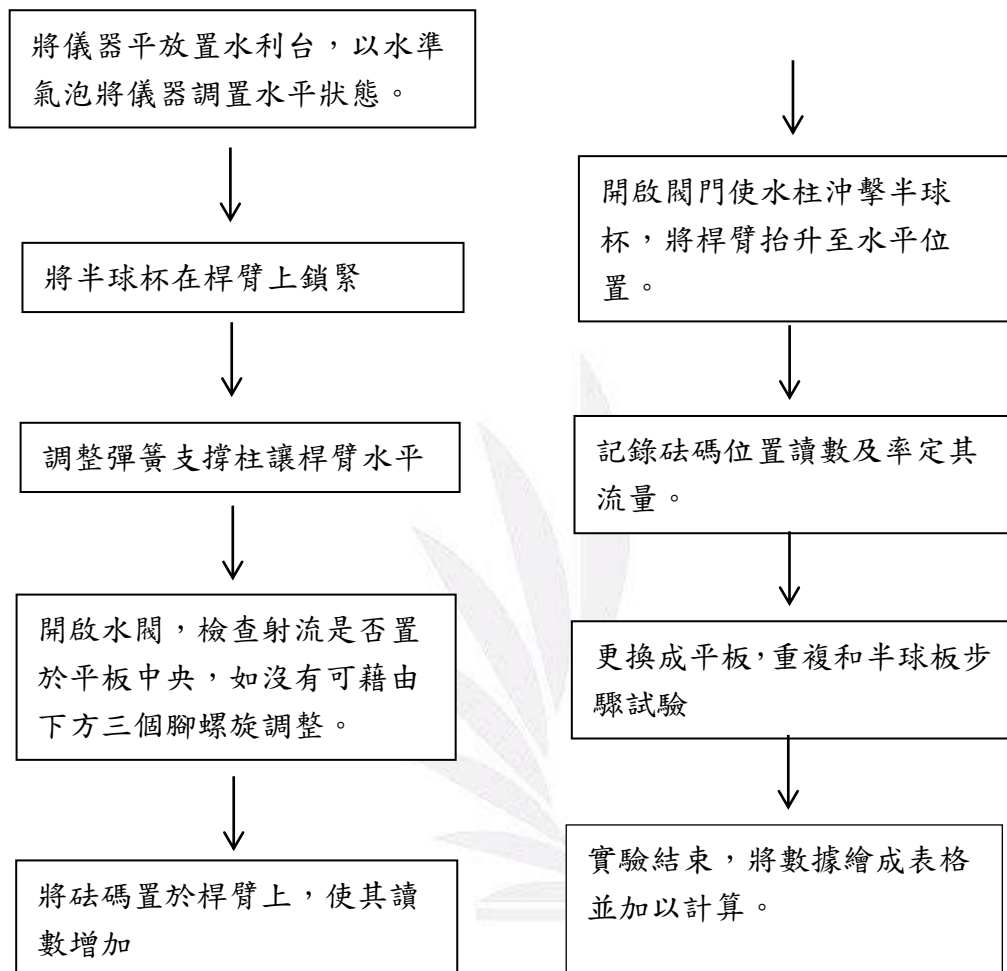
噴嘴至葉板距離 S：

0.035 mm






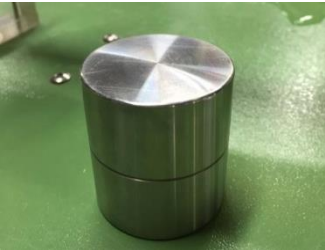
砝碼離零點距離：

y (m)

三、試驗之方法與步驟：



四、試驗儀器簡介

儀器名稱	圖片
碼錶	
噴流撞擊儀器	
半球杯	
平板	
水準儀	
砝碼	

五、試驗數據結果

蓄水面積 = $2000 \text{ cm}^2 = 0.2 \text{ m}^2$ 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) y	率定流量		流量 Q (m^3/sec) $\frac{h \times A}{t}$
		蓄水高度 (m) h	時間 (sec) t	
1	0.03	0.05	30.65	0.000326
2	0.035	0.05	29.27	0.000342
3	0.04	0.05	27.645	0.000362
4	0.045	0.05	25.915	0.000386
5	0.05	0.05	24.77	0.000404
6	0.055	0.05	23.495	0.000426
7	0.06	0.05	22.72	0.00044
8	0.065	0.05	22.14	0.000452
9	0.07	0.05	21.21	0.000471

表二、平板撞擊試驗之數據計算 ($\beta = 90^\circ$)

作用力實測值 $(\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}) = 4Fg$	出口流速 (m/sec) $U_0 = \frac{Q}{A}$	撞擊流速 $u_1 = \sqrt{u_0^2 - 0.686}$	作用葉板力 理論值 $F = \rho Q u_1, \rho = 1000$
1.18	4.16	4.07	1.33
1.37	4.35	4.27	1.46
1.57	4.61	4.53	1.64
1.77	4.92	4.85	1.87
1.96	5.14	5.08	2.05
2.16	5.42	5.36	2.28
2.35	5.61	5.55	2.44
2.55	5.75	5.69	2.57
2.75	6.01	5.95	2.80

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 0.6 kg ，蓄水面積為 $0.4 \times 0.5 (\text{m}^2)$

噴流撞擊試驗

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) y	率定流量		流量Q (m^3/sec) $\frac{h \times A}{t}$
		蓄水高度 (m) h	時間 (sec) t	
1	0.03	0.05	43.05	0.000232
2	0.035	0.05	36.81	0.000272
3	0.04	0.05	36.3	0.000275
4	0.045	0.05	34.93	0.000286
5	0.05	0.05	32.89	0.000304
6	0.055	0.05	31.81	0.000314
7	0.06	0.05	31.28	0.00032
8	0.065	0.05	30.1	0.000332
9	0.07	0.05	28.38	0.000352

表四、半球杯撞擊試驗之實驗記錄($\beta=180^\circ$)

作用力實測值 $(\frac{kg \cdot m}{s^2})=4Fg$	出口流速 (m/sec) $U_0 = \frac{Q}{A}$	撞擊流速 $u_1 = \sqrt{u_0^2 - 0.686}$	作用葉板力 理論值 $F = \rho Q(u_1 + u_2)$ $\rho = 1000$
1.18	3.35	3.25	1.90
1.37	3.46	3.36	2.03
1.57	3.51	3.41	2.09
1.77	3.65	3.55	2.26
1.96	3.87	3.78	2.55
2.16	4.00	3.92	2.73
2.35	4.07	3.99	2.82
2.55	4.23	4.15	3.05
2.75	4.49	4.41	3.44

註：*流量 Q 等於累計進水量除以累計時間。

*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)，其半球杯直徑為 6cm，d 值假設為 0.35mm。

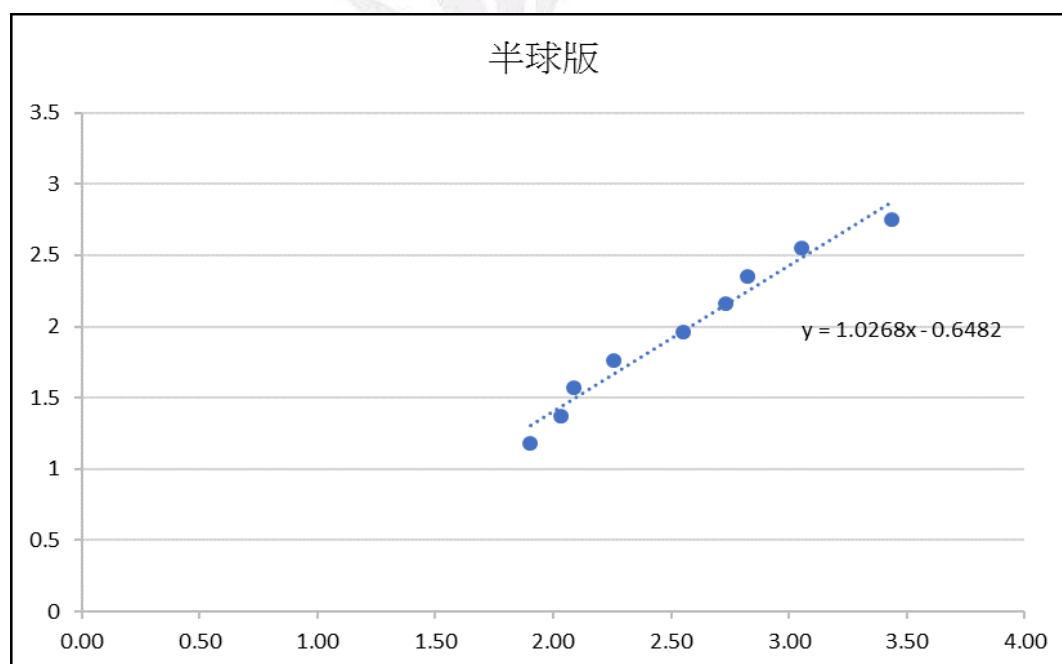
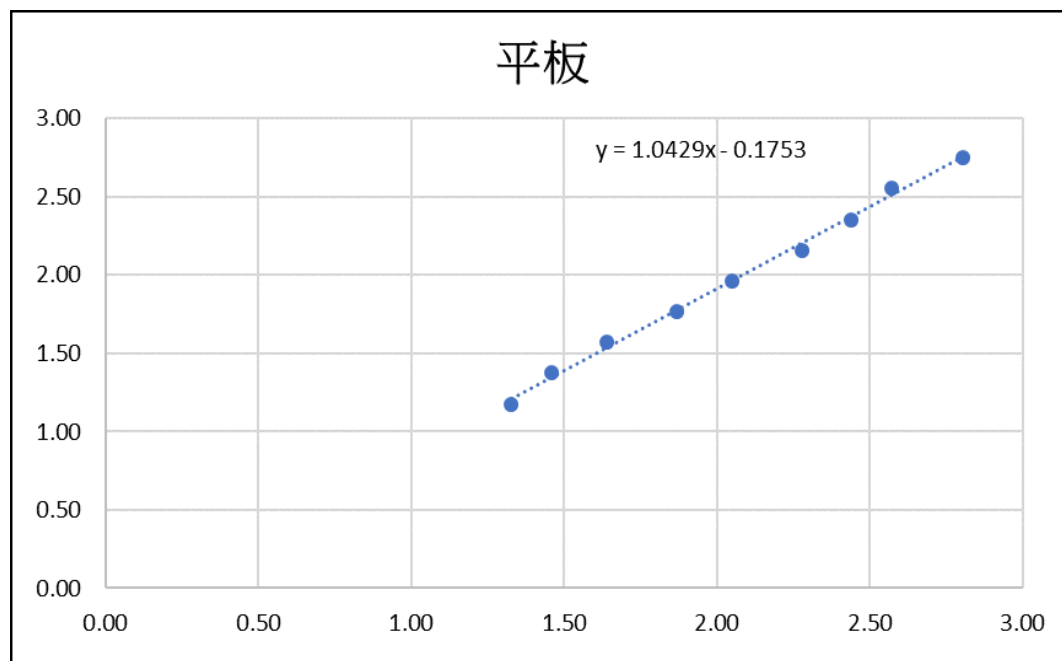
*(理論值)為式(6-11)。

*(實測值)為式(6-4)。

*砝碼重為 0.6kg，蓄水面積為 $0.4 \times 0.5(m^2)$

六、問題與討論

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



斜率說明不同的形狀在一樣的流量所受到的衝擊力不同

2. 說明當流體離開平板時， β 不剛好為 90 度而傾斜 1 度，對本實驗有何影響？

葉板所受反作用力公式為 $\rho Q (u_1 - u_2 \cos \beta)$

公式 $\sum F_x = \rho Q (u_1 - u_2 \cos \beta)$ 顯示，當 β 不是 90° 而是 1° 度時， \cos 值將不會是 0，這將會影響到 u_2 的大小，使計算葉板所受之反作用力時必須考慮 u_2 ，算出來的作用力理論值會減少。

噴流撞擊試驗

3. 實驗時如果流量太大，可能會產生什麼現象，為什麼？

- (1) 流量太大時，因為出水量不穩定的關係，會使桿臂的震盪更劇烈，影響數據誤差。
- (2) 假設儀器保養的情況良好，流量越大時，衝擊葉片所產生的反作用力也會越大，但如果超過某一個限度時，水進入的速度比排出的速度還快，會使透明圓筒會逐漸被水填滿，當水淹過葉片時，噴流撞擊葉片產生的反作用力就會大幅削減，實驗數據就會產生誤差。

4. 生活中的應用：

- (1) 高壓清洗機
- (2) 水射流又稱水刀、水射流切割
- (3) 水力發電
- (4) 消防水槍
- (5) 農田噴灌
- (6) 污染擴散
- (7) 人工噴泉
- (8) 水力採礦

5. 產生誤差的原因：

- (1) 射流沒有在正中央位置
- (2) 水平人為測量有誤差
- (3) 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。

七、注意事項

1. 實驗之初，儀器依定要調到水平。
2. 流開到最大時注意別一次轉動太大，以免砝碼被彈走。
3. 平板或半球杯時需鎖緊。
4. 若未設於平板中央可用底部腳螺旋調整。在開啓水閥後，務必不要使抽水機空抽，否則易壞。

參考文獻

流體力學試驗手冊

