

國立虎尾科技大學機械設計工程系

113學年度機械工程實驗(二):熱流實驗

實驗報告

實驗二:水衝擊實驗

41023210鄭翊均

41023222陳奕倫

41023242廖旭宏

41023252鄭煜橙

41023255徐佑寧

壹、實驗目的

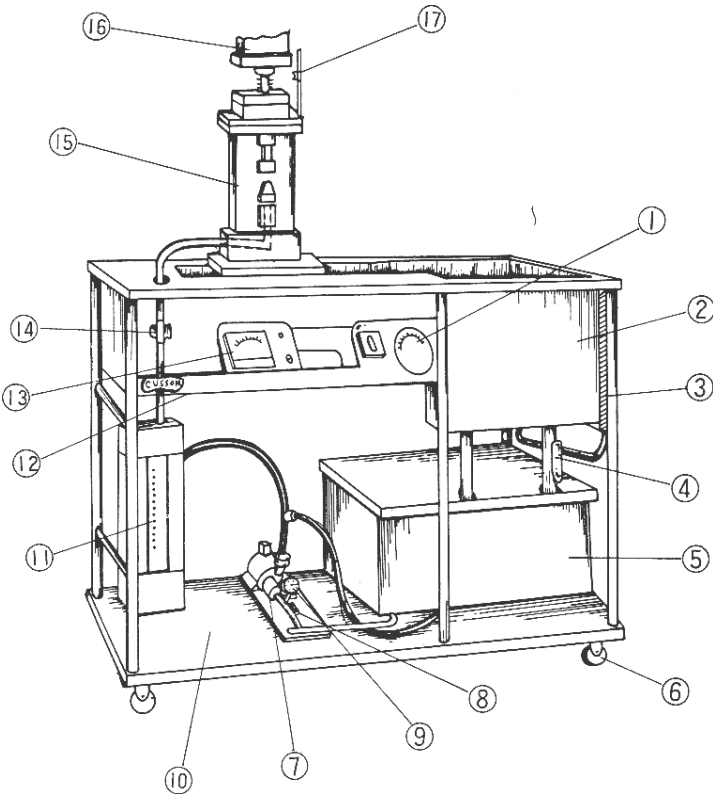
瞭解

體動時，其動變

貳、儀器與設備

水衝擊實驗係由一水循環泵、驅動馬達、儲水槽、實驗台架、柏登壓水衝擊台一套(包括有透明壓克力三角形堰(計)、和稱重器等構成整套儀器，詳細構造如圖一所示。

錶、
)、雙級噴嘴、各



圖一、水衝擊外觀及構造圖

1	出口水壓計	11	浮沉式計
2	測速用水箱	12	馬達開關
3	水刻表	13	馬達速控制錶
4	測速水箱之洩放	14	控制閥
5	儲水槽	15	水衝擊器
6	子	16	重(秤重)器
7	心泵及馬達	17	平衡指標
8	進口閥		
9	進口水壓計		
10	機架底座		

[實驗儀器規格與尺寸]

1	驅動馬達規格	電壓:110 伏特 頻 :60HZ 功 :0.12 仟瓦
2	水循環泵規格	型式: 心式 揚程:3.0-13.7m :11.4-54.5l/min(or 150-720 G. P. H)
3	測試元件	噴嘴:直徑 5mm 1 個 8mm 1 個 衝擊擋板:平板、45° 錐形硯板、半球形硯板各 1 個

實驗原

衝擊試驗之主要目的在驗證動

一，其應用頗為廣泛，如衝動式水

方程式的計算。至於各式

方程式

體積時，一般可表為下 之形式

$$\vec{F} = \vec{F}_s + \vec{F}_B = \frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

上式等號左邊之 \vec{F} 表控制體積所受到之合

\vec{F}_s ，及自體表面(如重、磁

)。 $\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$ 則表控制體積內動

$\int_{cs} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$ 則為。 制經控

體積表面的淨動

$\frac{\partial}{\partial t} \int_{cv} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$ 一種定 而言(1)式簡化為

$$\vec{F}_s + \vec{F}_B = \int_{cs} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

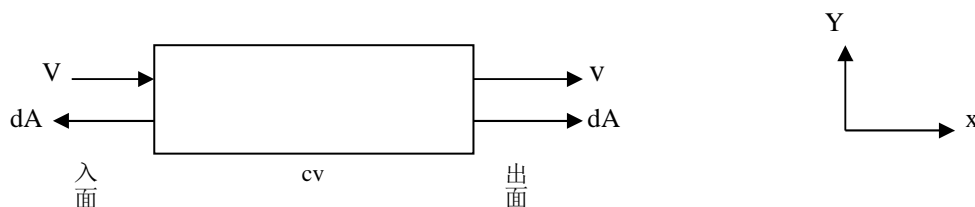
現

將上式表為純方向的方程式為 則可得在

$$F_x = F_{sx} + F_{Bx} = \int_{cs} \rho u \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3a)$$

$$F_y = F_{sy} + F_{By} = \int_{cs} \rho v \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3b)$$

$$F_z = F_{sz} + F_{Bz} = \int_{cs} \rho w \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (3c)$$



上式 u, v, w 為 x, y, z 方向之速 分。

上面各式之 $\vec{V} \cdot \vec{A} = |\vec{V}| |d\vec{A}| \cos\theta$ 。由於 $d\vec{A}$ 之方向均定義為自控制體表面垂直向外之

方向，故

θ 為 180° ，取此控制表面均與 動方

根據此一現象，則對一均勻

(3)式而表為最簡單形式為:

$$F_x = F_{sx} + F_{Bx} = \rho Q (u_{out} - u_{in}) \quad (4)$$

即 X 方向之受 = 出之動 在 X 方向之分 - 入之動 在 X 方向之分 y 其他
方向之情形均同，在此 再重複。

為

形，轉硯板

方程式的時候，吾人均做

：如下的假設

1. 平板之表面極為光

V_j 等視為無磨擦，即水進出平板之速

2. 因水之重

對平板產生之影響很小，故予以忽。

3. 穩定。

1. 水平硯板

衝擊水

(2) 作用在水硯板板之動情受如圖

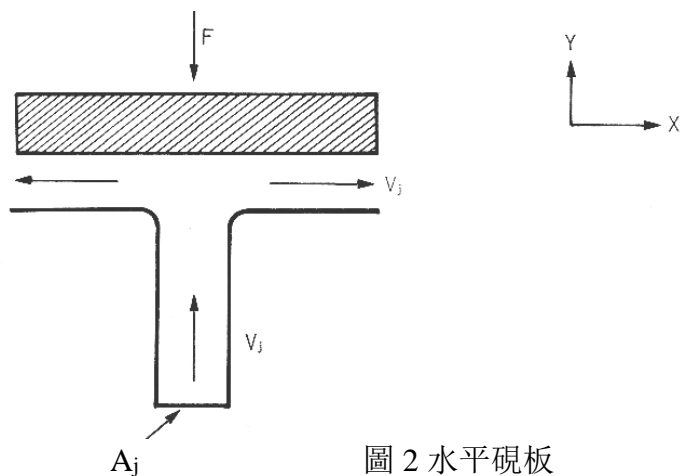


圖 2 水平硯板

由於左右對稱故其受 F_x 為 0，在 y 方向之受 $F_y =$ 出之動)y - 入之動)y，其中
出之動 y 在方向之分 0，為 $\rho Q V_j$ 之動 y 則為 $\rho Q V_j$ 方程式式為

$$-F_y = 0 - \rho Q V_j$$

$$\text{得 } F_y = \rho Q V_j$$

(5)

2. 圓錐形硯板

圓錐形硯板受水

(3) 作用之情樣的圖在 X 方向為對稱，故 $F_x = 0$ ，而在 y 方

向 $\rho Q V_j \cos \theta$ ，入之動 則為 $\rho Q V_j$ ，故得

$$-F_y = \rho Q V_j \cos \theta - \rho Q V_j$$

$$\text{得 } F_y = \rho Q V_j (1 - \cos \theta)$$

(6)

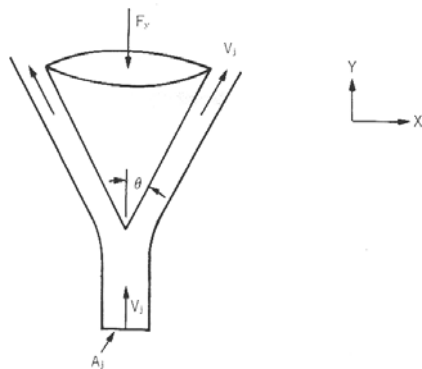


圖 3 圓錐形硯板

3. 半圓形硯板

半圓形硯板受水
為負 y 方向，而

(4) 衝擊的慣形如圖

180° 衝擊後成

出之動

，故得動 則與前面所述想同

$$-F_y = -\rho Q V \quad \text{出} -\rho Q V \quad \text{入}$$

$$\text{即 } F_y = 2\rho Q V$$

(7)

在(5)(6)(7)式中， ρ 以 kg/m^3 ， Q 以 m^3/s ， V 以 m/s 為單位，則計算所得之 F 單位為

$$[F_y] = [\text{kg/m}^3] [\text{m}^3/\text{s}] [\text{m/s}] = [\text{kg} \times \text{m/s}^2] = [\text{N}]$$

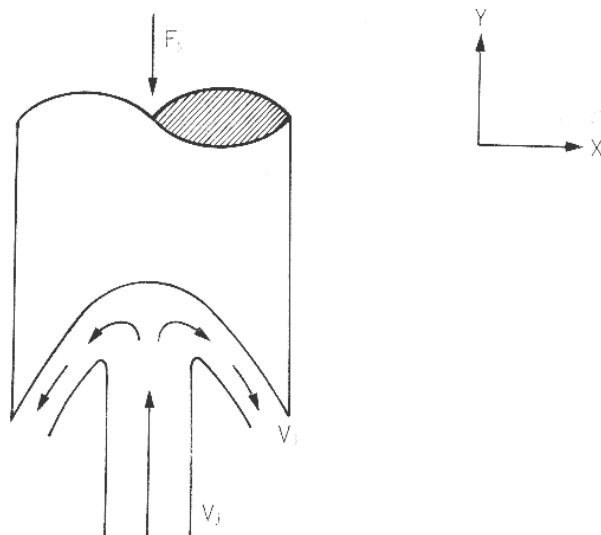


圖 4 半球形硯板

在實驗時， Q 可由水位計中測得，再配合噴嘴的口徑 D ，則由 $Q = AV$ 可求得

$V = Q/A$ ，那麼由 (5) ~ (7) 式，各型硯板的

F 受可輕

(1) 圖 5 為石硯台之衝擊部分簡圖。在水

未啟

動時，硯板因受彈簧作用位於最高點 A，此時加一預付荷 W ，(約 350 ~ 450gw) 於盤上，使硯板下

B 點。

(2) 啟動水

A 點此時硯板將受水衝擊推回

於是吾人再加負荷重於盤上直至將硯板壓回

B 點，此時盤上之負荷 W_2 稱為總負荷。

(3) 顯然的，總負荷 W_2 較預負荷 W_1 所增加之部

份即為水的衝擊

$F_{\text{實際}} = W_2 - W_1$ ，

由實驗所得之實際衝擊

與 衝擊 之比

可得實驗誤差 $E(\%)$ 為

$$E(\%) = \frac{|F_{\text{理}} - F_{\text{實}}|}{F_{\text{理}}} \times 100\%$$

(8)

:某生在實驗中，以 $D = 5\text{mm}$ 之噴嘴衝及平面形硯板，測得之預負荷 $W_1 =$

450gw，總負荷 $W_2 = 1700\text{gw}$ ，

Q 為 3l/min，是求(1)實際衝擊 (2)

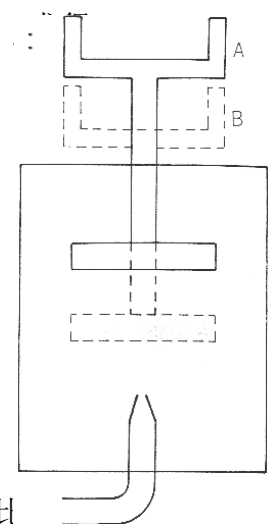


圖 5 實驗台簡圖

衝擊 (3) 實驗誤差。

解: (1) $F_{\text{實際}} = \text{總負荷 } (W_2) - \text{預負荷 } (W_1)$

$$= 1700\text{gw} - 450\text{gw} = 1250\text{gw}$$

現因 N 表示, 故上式以

$$1\text{kgw} = 9.8\text{N}$$

$$\text{換算得 } 1250\text{gw} = 1.25\text{kgw} = 12.25\text{N}$$

(2) 衝擊

對平面形硯板而言,

$$F_{\text{實際}} = \rho QV$$

其中

$$\rho = 1000\text{kg/m}^3, Q = 30\text{l/min} = \frac{0.03\text{m}^3}{60\text{s}} = 0.0005\text{m}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0005\text{m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times 0.005^2}{4}\text{m}^2} = 25.5\text{m/s}$$

$$F = \rho QV = 1000\text{kg/m}^3 \times 0.0005\text{m}^3/\text{s} \times 25.5\text{m/s} = 12.75\text{N} \quad (4)$$

$$\text{實驗誤差 } E(\%) = \frac{|F_{\text{理}} - F_{\text{實}}|}{F_{\text{理}}} \times 100\%$$

$$= \frac{|12.75 - 12.25|}{12.75} \times 100\% = 3.92\%$$

肆、實驗步驟

1. 將 110V 之電源 接妥當。
2. 儲水槽加入之水 約九分滿。
3. 將噴嘴及硯板裝入水衝擊器內。
4. 將動 350 平衡 450gm, 使其壓縮彈簧約 80% 之壓縮 (勿將彈簧完全壓縮, 否則會產生很大的誤差), 並將平衡指標 口對準與實際重] 計包括容器、即杯子 下, 此即為預負荷。
5. 按下啟動馬達開關, 並逐漸打開 控制閥至某一特定 。
6. 同時衝擊水 對硯板產 到原 之平衡位 即為水對硯板之衝擊 。
7. 逐漸打開 (), 以改變 (出口閥 控制閥), 重複 五種, 並詳細記 各值。
8. 關閉電源, 並將出口閥關閉。
9. 依序 3 換噴嘴或硯板, 成重複之 測。
10. 實驗結束, 關閉電源, 並將 槽內之水排放至儲水槽。

伍、實驗結果與討

- 1.討
- 2.討
- 3.繪製
- 4.討

硯板與噴嘴間之距 對硯板受 大小之影響。
在同 之情況下，噴嘴直徑與硯板受
速與硯板受 之關係圖，比較三種硯
誤差大小與噴嘴直徑、硯板形 間之關係。

、測驗題

1. 水衝擊實驗在驗證 動量 方程式。
2. 本實驗有哪幾種硯板可供實驗： 水平硯版 、 圓錐形硯版 、 半圓形硯版
3. 本實驗有那幾種規格之噴嘴： 噴嘴8mm 、 噴嘴5mm 。
- 4 在 ，使用 固定之硯板，配合那一個噴嘴衝擊 噴嘴大mm ，為 麼：
噴口嘴越小衝擊力越大。
5. 在同一 ，那一種硯板衝擊 半圓形硯版 ，圓錐形硯板衝擊 ，最大約為最
小的 4 倍。
6. 在 噴嘴固定下何種噴嘴與硯板之組合衝擊 最大：
合衝擊 噴嘴8mm、圓錐形硯版， 噴嘴8mm、水平硯版。前者 約為後者的 2 倍。
7. $1\text{Kg} = 9.8\text{ N}$ 。
8. 推導 ρQV 所得到之單位： N 。〈取 ρ 為 kg/m^3 ， Q 為 m^3/s ， V 為 m/s 〉
9. 預負荷 300gw ，總負荷 2800gw ， $Q=301\text{ /min}$ ，噴嘴 5mm 作用在半圓形硯板，則實際負荷
為 24.5 N ， 衝擊 25.5 N ，誤差為 3.92% 。

考文獻

1. J.P. Holman, Experimental Methods for Engineers, McGRAW-Hill.
2. R.S. Figliola and D.F. Beasley, Theory and Design for Mechanical Measurement, Wiley.
3. E.R.G. Eckert and R.J. Goldstein, Measurements in Heat Transfer, Hemisphere Publishing Co.

水衝擊實驗報告

水溫：26℃

密度(ρ)：1000kg/m³

次別	項目	噴嘴		預負荷 (gw) W_1	預負荷 (gw) W_2	實際測得之衝擊		實際量測流量		噴嘴速 度V(m/s)	理論衝擊 力F(N)	誤差(%)
		直徑 (mm)	硯板 型式			公斤重 (kgw)	牛頓 (N)	則量水量(ℓ / min)	測量Q(m ³ /s)			
1	8mm	水平 硯板		310	980	0.67	6.566	30	0.00050	9.9	4.974	32%
2						0	0.000					
3						0	0.000					
4						0	0.000					
5		45°圓錐 形硯板		310	530	0.22	2.156	30	0.00050	9.9	1.457	48%
6						0	0.000					
7						0	0.000					
8						0	0.000					
9		半圓形 硯板		310	1310	1	9.800	31	0.00052	10.3	10.621	8%
10						0	0.000					
11						0	0.000					
12						0	0.000					
1	5mm	水平 硯板		310	970	0.66	6.468	22	0.00037	18.7	6.847	6%
2						0	0.000					
3						0	0.000					
4						0	0.000					
5		45°圓錐 形硯板		310	630	0.32	3.136	21	0.00035	17.8	1.827	72%
6						0	0.000					
7						0	0.000					
8						0	0.000					
9		半圓形 硯板		310	1160	0.85	8.330	18	0.00030	15.3	9.167	9%
10						0	0.000					
11						0	0.000					
12						0	0.000					