

# 逢甲大學學生報告 ePaper

## 流線具象化試驗

### Streamlined visualization test

作者：張麗汶、許芯瑜、許雅雯

系級：水利工程暨資源保育學系 三甲

學號：D0943767、D0943737、D0943784

開課老師：許少華

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程暨資源保育學系

開課學年： 111 學年度 第 1 學期

## 中文摘要

### (A)流線具象化試驗

該試驗的目的主要有五大部分。第一點，使用不同形狀、相對角度的模型片，分別觀察其流場中產生的流線變化。第二點，觀察不同模型片的停滯點與分離點位置。第三點，觀察不同形狀之尾部拖曳情況。第四點，觀察邊界對流線所產生的影響。最後一點，不同流速之流況所形成的流線疏密程度。

過程中需要確定玻璃版有正確蓋上，且沒有氣泡產生，另外，模型片在中途也不能被沖走。試驗的主要設備有染料桶、玻璃蓋板、進水閥、排水箱以及染料噴頭。

了解不同形狀對於流體的流動狀況，也能藉此應用在生活中的不同建材上。

### (B)流線演示試驗

不同形狀的固體，在流體經過後的流線有所不同，藉由堰流型與壩底滲流型的流線儀，觀察流線運動的變化。

此試驗的倒入液體順序很重要，清水先加且高度要維持比染料還高的狀態。

從不同流場了解邊界、形狀與流線曲直、疏密間的關係，並應用在生活中的壩體、河堰上。

**關鍵字：分離點、流線具象化、停滯點、堰、壩**

## Abstract

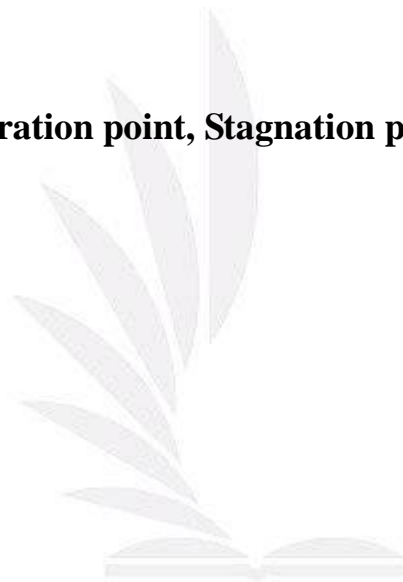
### (A) Streamlined visualization test

Use model slices of different shapes or angles to observe different flow fields. In addition, different flow velocities were used to observe the separation points, stagnation point and streamline density. Understanding the flow conditions of different shapes for fluids can also be applied to different buildings in life.

### (B) Streamline demo test

Observe the changes of different streamlines by passing the streamlines through solids of different shapes.

**Keyword : Dam, Separation point, Stagnation point, Streamline concretization, Weir**



## 目次

### 一、試驗目的

(A) 流線具象化試驗.....	07
(B) 流線演示試驗.....	07

### 二、試驗原理

(A) 流線具象化試驗.....	07
(B) 流線演示試驗.....	08

### 三、試驗儀器

(A) 流線具象化試驗.....	08
(B) 流線演示試驗.....	10

### 四、試驗方法與步驟

(A) 流線具象化試驗.....	11
(B) 流線演示試驗.....	12

## 五、試驗數據

(A) 流線具象化試驗.....	13
(B) 流線演示試驗.....	14

## 六、問題討論

(A) 流線具象化試驗.....	15
(B) 流線演示試驗.....	20

## 七、試驗結果

(A) 流線具象化試驗.....	21
(B) 流線演示試驗.....	22

心得.....	24
---------	----

工作分配.....	25
-----------	----

參考文獻.....	26
-----------	----

## 表目錄

表五-1 圓形與機翼形模板之試驗數據.....	10
-------------------------	----

## 圖目錄

圖三-1 含玻璃蓋板與染料桶之試驗儀器圖 .....	08
圖三-2 於模擬實驗台下的排水箱 .....	08
圖三-3 下方進水閥與實驗台右側之染料噴頭 .....	09
圖三-4 堰流型流線儀 .....	19
圖三-5 壩底滲流型流線儀 .....	19
圖五-1 流線特徵(堰流型流線儀) .....	21
圖五-2 流線特徵(壩底滲流型流線儀) .....	21
圖六-1 流線與等勢能線之關係圖 .....	12
圖六-2 不同流場之流線狀態 .....	13
圖六-3 真實流況之流線圖(位於左圖) .....	14
圖六-4 理想流況之流線圖(位於右圖) .....	14
圖六-5 機翼模型片的理想流場圖 .....	15
圖六-6 有無蓋玻璃板的流速分布圖 .....	16

圖六-7 流線曲、直與疏、密之關係圖 .....	22
圖七-1 在流場較慢下的圓形模板 .....	17
圖七-2 在流場較快下的圓形模板 .....	17
圖七-3 在流場較慢下的機翼形模板 .....	17
圖七-4 在流場較快下的機翼形模板 .....	17
圖七-5 機翼的上升力說明圖 .....	17
圖七-6 堰流型流線儀之試驗結果圖 .....	23
圖七-7 壩底滲流型流線儀之試驗結果 .....	24



## 一、試驗目的

### (A) 流線具象化試驗

- 1.使用不同形狀、相對角度的模型片，分別觀察其流場中產生的流線變化。
- 2.觀察不同模型片的停滯點與分離點位置。
- 3.觀察不同形狀之尾部拖曳情況。
- 4.觀察邊界對流線所產生的影響。
- 5.不同流速之流況所形成的流線疏密程度。

### (B) 流線演示試驗

藉由流線演示儀進一步了解流線的基本特徵，並觀察液體流經不同形狀的固體邊界時的流動現象。

## 二、試驗原理

### (A) 流線具象化試驗

將物體放置於一流場中，物體會與周圍的流體產生摩擦而受力，乃因物體表面與流體的黏性相互作用的緣故。實驗之流場可視為二維流場，當流體經過物體表面，物體表面有一不滑動條件，即流體在接觸物體表面之點上，流體的速度與物體表面點同速。垂直物體表面的方向上產生了速度梯度(邊界層流)，造成流體在邊界層中受到阻力，並於物體尾部產生細長的尾跡。如果物體為流線型，則流線將沿物體表面流過；如果物體為非流線型，則在邊界表面會產生分離點，流線會在此處分離，其尾跡則如漩渦一般。



## (B) 流線演示試驗

流場中液體質點的運動狀態可用徑線或流線描述。

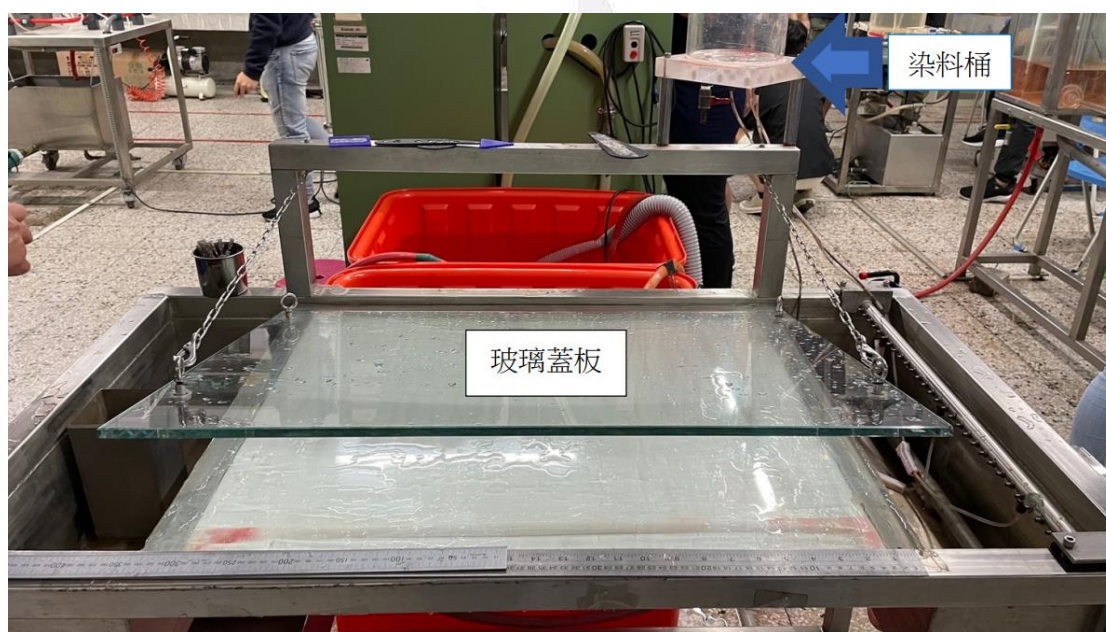
徑線：液體質點在流動空間所走過的軌跡。

流線：流場內反映瞬時流速方向的曲線。

在同一時刻處在流線上所有各點的流體質點的流速方向與各該點流線的切線方向重合，在恆定流中，徑線和流線相互重合。

## 三、試驗儀器

### (A) 流線具象化試驗



圖三-1 含玻璃蓋板與染料桶之試驗儀器圖



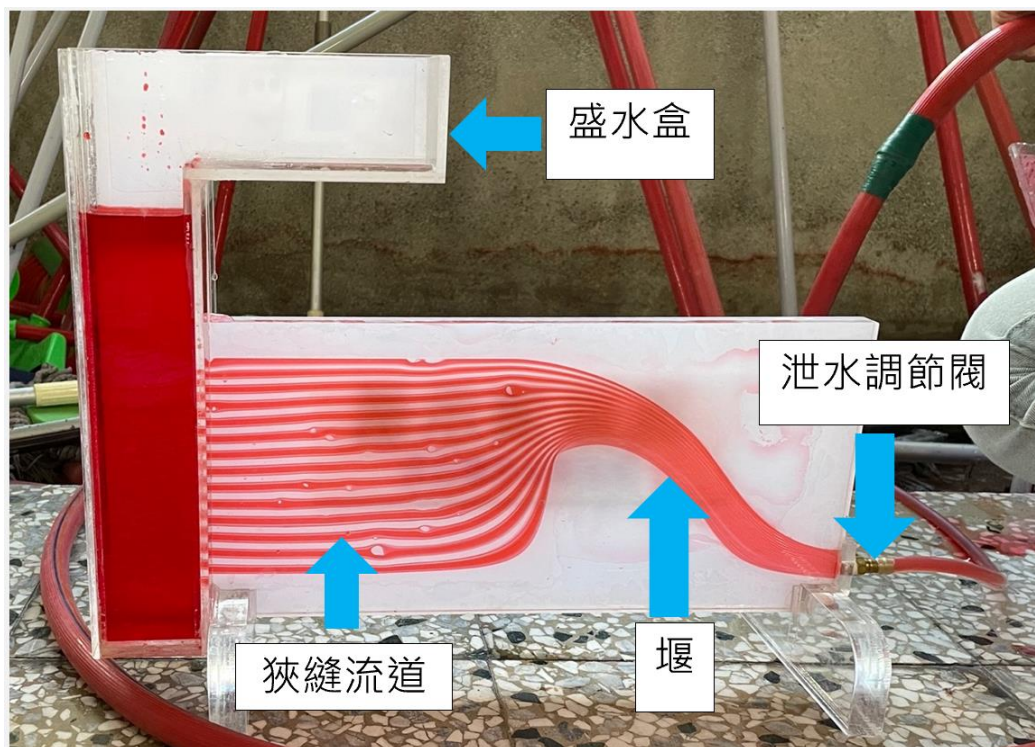
圖三-2 於模擬實驗台下的排水箱



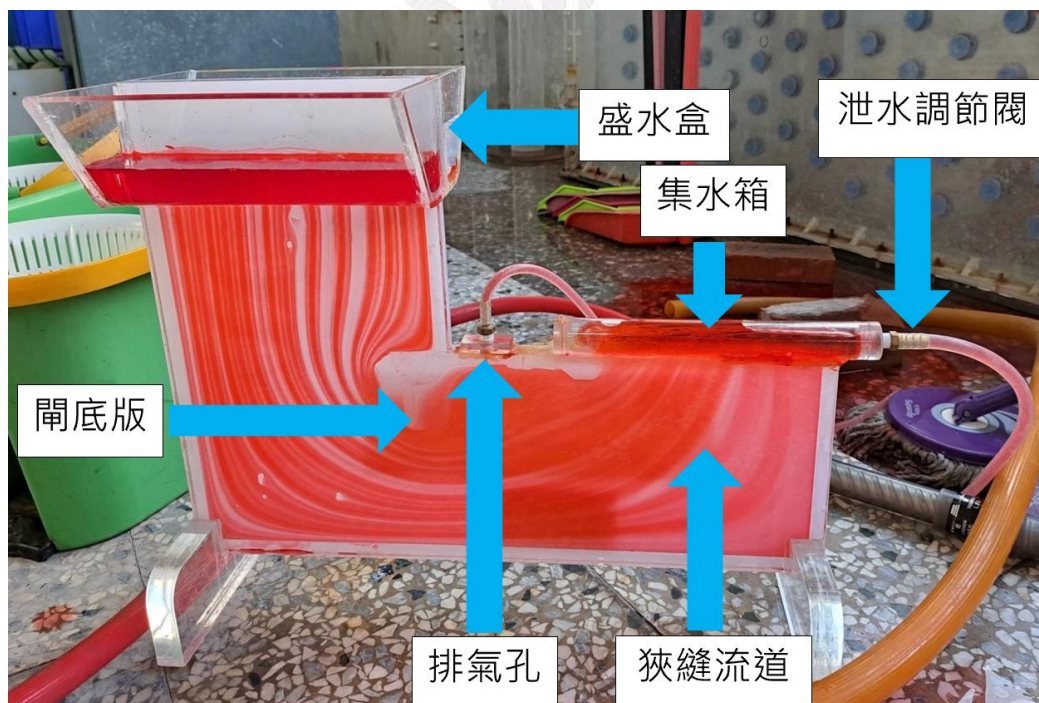
圖三-3 下方進水閥與實驗台右側之染料噴頭



(B) 流線演示試驗



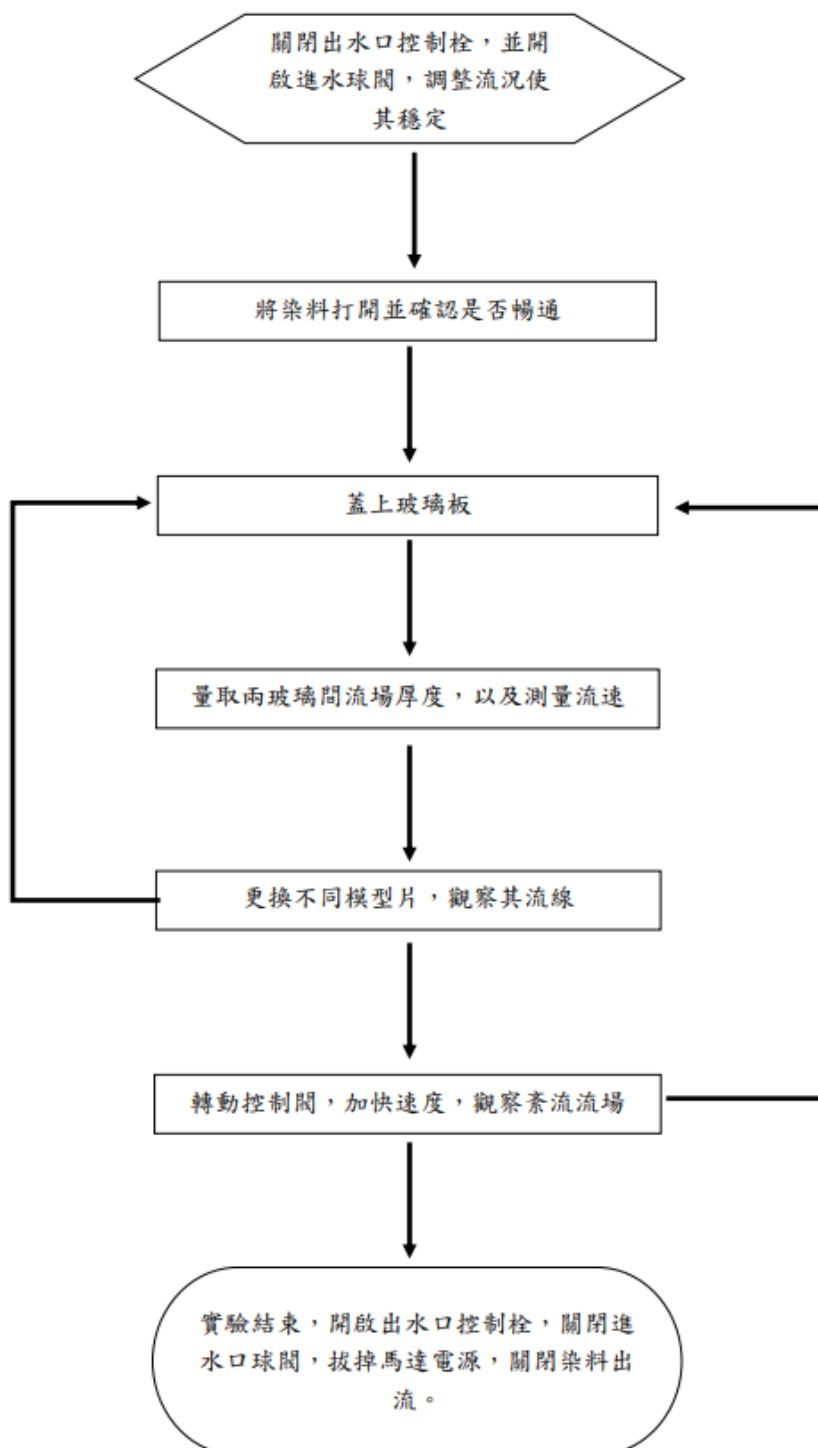
圖三-4 堰流型流線儀



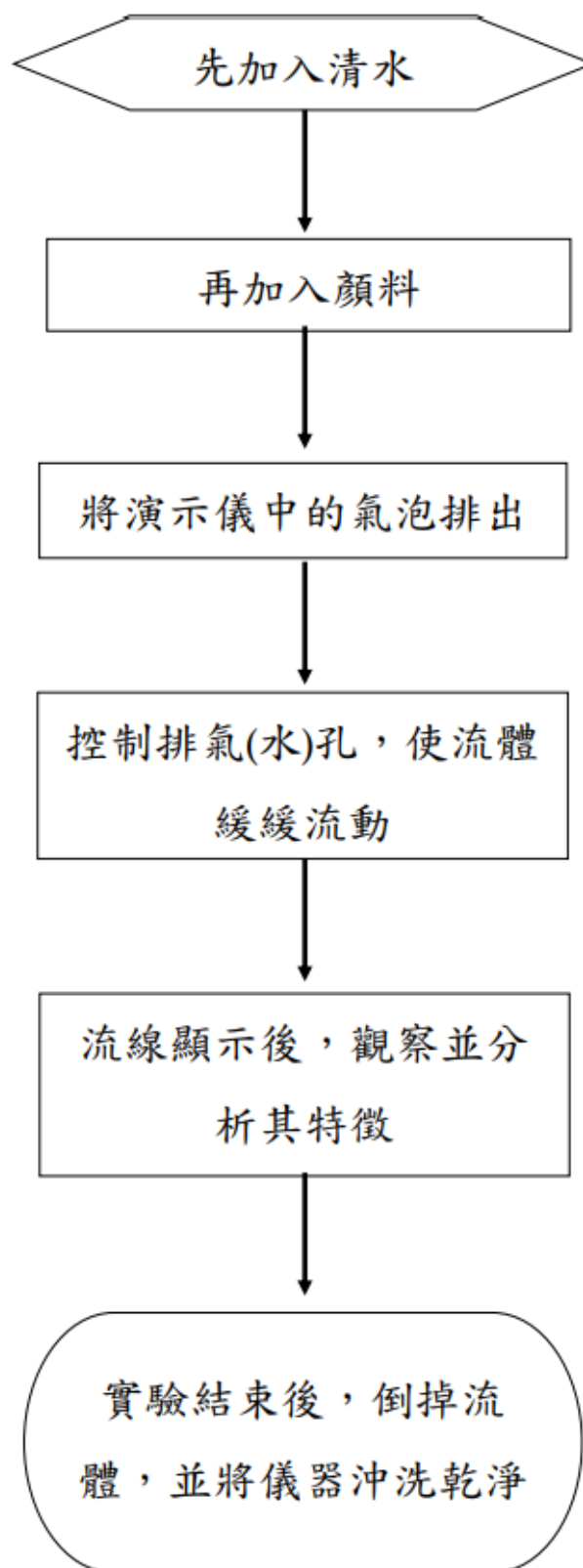
圖三-5 壩底滲流型流線儀

#### 四、試驗方法與步驟

##### (A) 流線具象化試驗



(B) 流線演示試驗



## 五、試驗數據

### (A) 流線具象化試驗

水溫(°C)： 25

表五-1 圓形與機翼形模板之試驗數據

模板形狀	流況	距離 (m)	時間 (s)	流速 V	平均流速 V(m/s)	運動黏度 $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	雷諾數 Re
圓形	層流	0.44	4.08	0.108	0.111	8.93E-07	1233
		0.44	3.91	0.113			
	層流	0.44	3.75	0.111	0.125	8.93E-07	1388
		0.44	3.17	0.139			
機翼形	層流	0.38	3.12	0.122	0.120	8.93E-07	1332
		0.38	3.24	0.117			
	層流	0.38	3.16	0.120	0.112	8.93E-07	1244
		0.38	3.68	0.103			

水力半徑  $R = A/P$  [橫斷面斷面積(m<sup>2</sup>)/潤濕周界(m)]

$$A = 0.6 * 0.005 = 0.003 \text{ m}^2$$

$$P = 0.6 * 2 + 0.005 * 2 = 1.21 \text{ m}$$

$$\text{故水力半徑 } R = 0.003 / 1.21 = 2.479E-03 \text{ m}$$



(B) 流線演示試驗



圖五-1 流線特徵(堰流型流線儀)



圖五-2 流線特徵(壩底滲流型流線儀)

## 六、問題討論

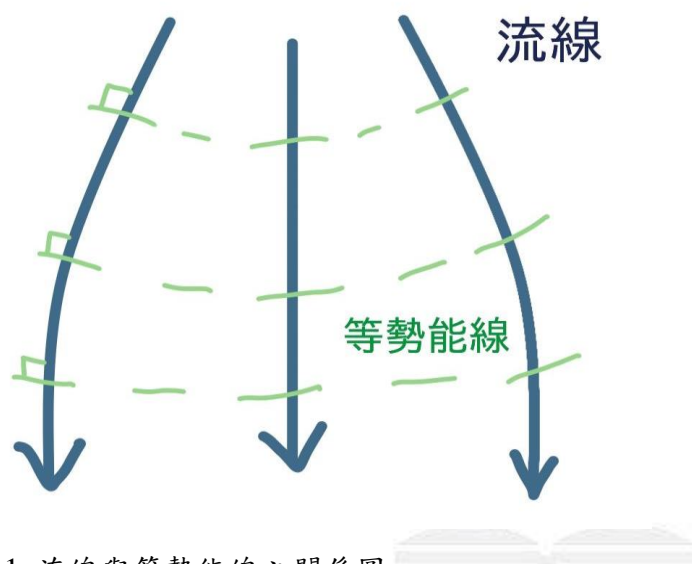
### (A) 流線具象化試驗

#### 1. 流線與等勢能線之關係為何？

流線：水分子在透水層中由上游流至下游所經過之路徑。

等勢能線：流線中能量相等各點所連成之線稱為等勢能線。

流線與等勢能線互相垂直。



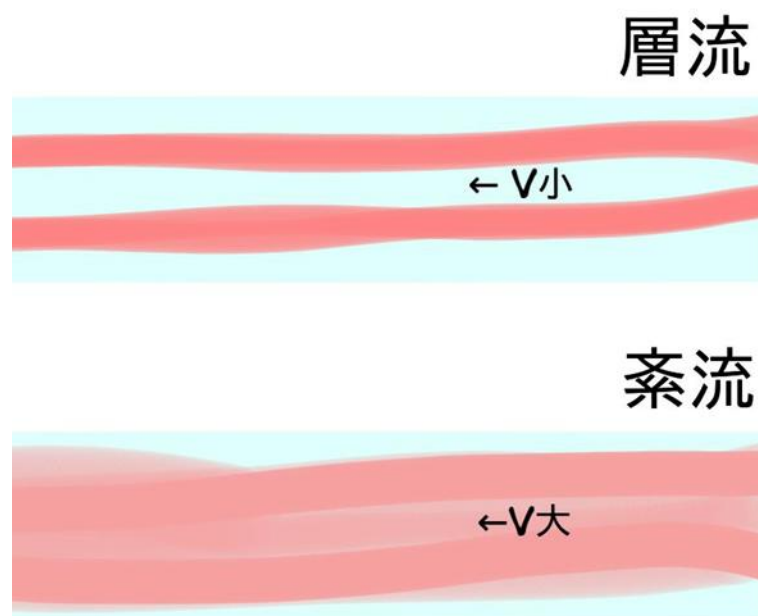
圖六-1 流線與等勢能線之關係圖



2. 就各種模型流場分別說明層流與紊流流況下流場有何差異。

層流：流速較慢，流線較粗且流線線條較明顯。

紊流：流速較快，流線較細且流線線條顏色較淡到後面會呈混濁狀態。

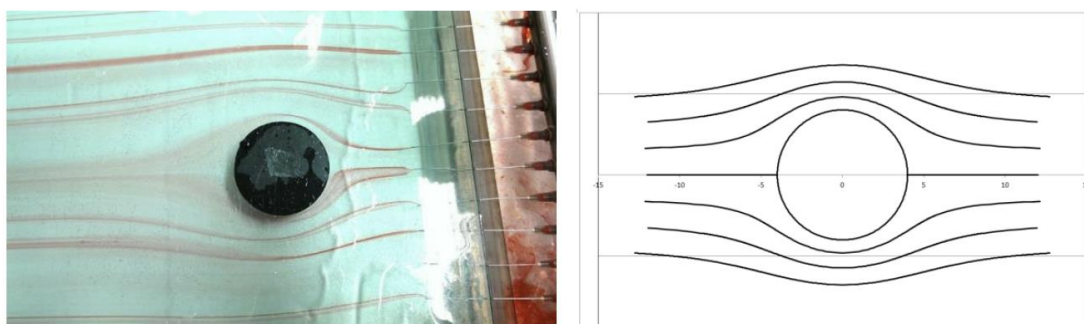


圖六-2 不同流場之流線狀態

實驗結果以雷諾數來看，雖然我們並沒有達到紊流，但是在層流的狀況下也是流速越快，線條會較不明顯。

**3. 理想流體與真實流體之異同？繪流線圖（經圓柱體的層流），加以說明，若是理想流體該如何？**

理想流體是假設不具有黏性的流體，故可以順利通過圓柱之邊界。但真實流體卻有黏滯性。



圖六-3 真實流況之流線圖(位於左圖)

圖六-4 理想流況之流線圖(位於右圖)

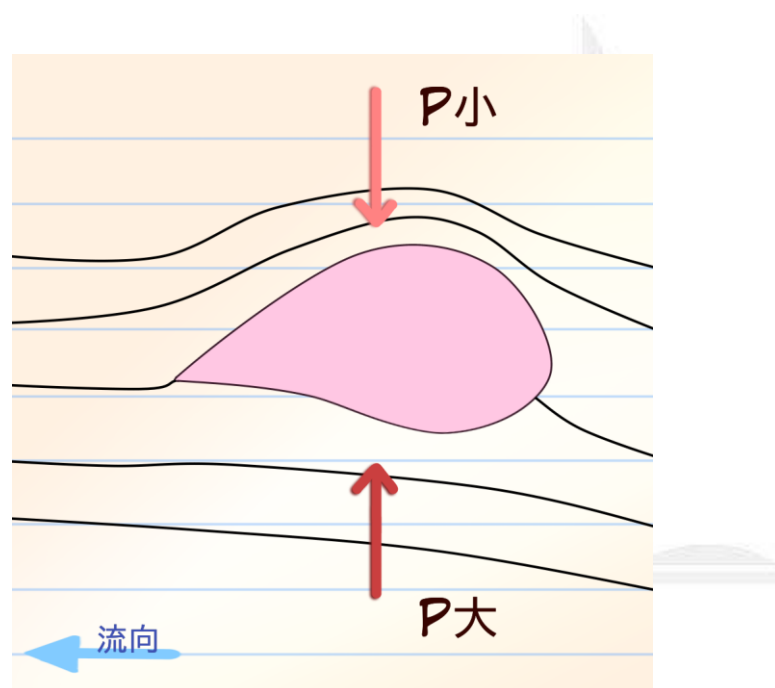
#### 4. 各式模型片之流線在實務上之應用？

a.圓形：應用在圓形橋墩上，當河川的水流通過圓形橋墩的流線圖。

b.三角形：應用在賽車上，三角形前面的點，因接觸面積小，所以阻力小，且空氣流速快。而橋樑不使用三角形建造，因為水流通過後會形成漩渦，使後方河床掏空。

c.矩形：如同大樓在冬天時有風吹過，建築物兩側風速最大。

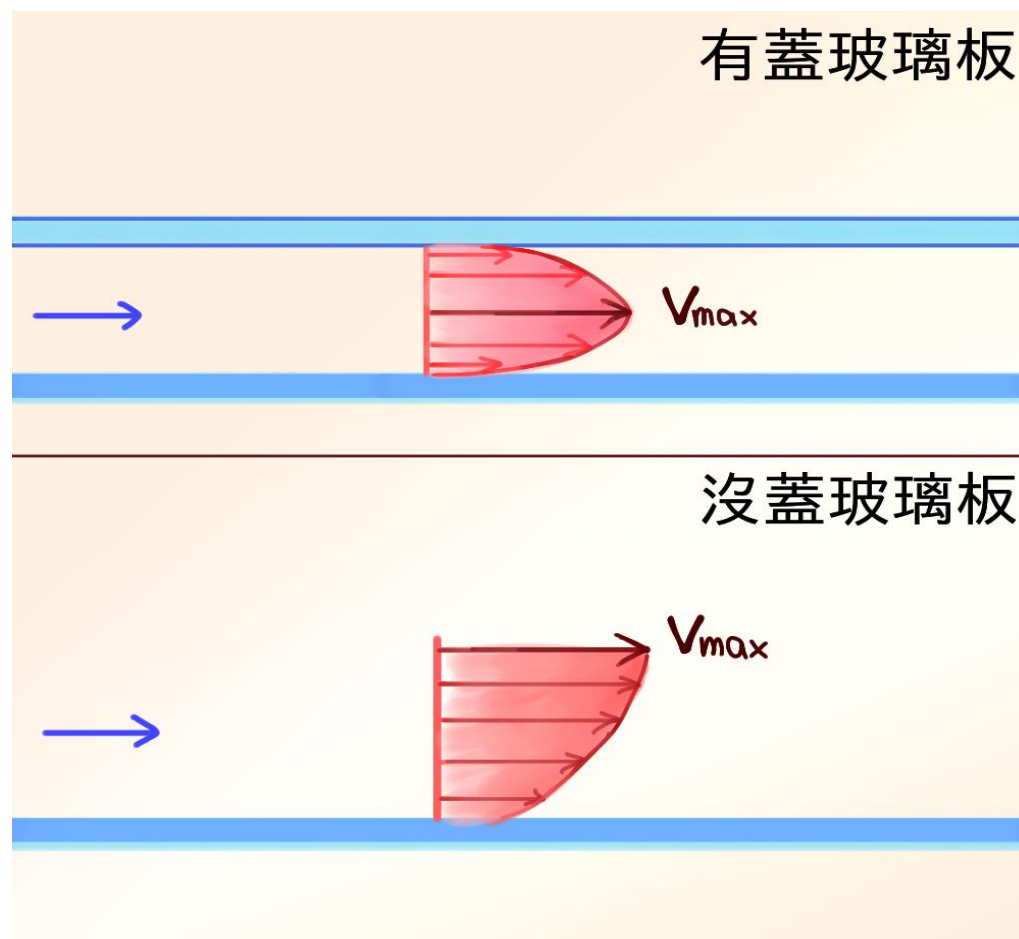
d.機翼形：當機翼有低攻角時之流線圖。上表面:流線間隙小，流速較快，壓力較小；下表面:流線間隙大，流速較慢，壓力較大 故機翼有上升力。(注意:攻角不能過大，否則飛機的升力會消失，造成墜機。)(攻角大約在 9 度之內)\



圖六-5 機翼模型片的理想流場圖

### 5. 為什麼要蓋上玻璃板呢?

如果沒有玻璃板會造成上邊界條件消失，產生自由液面，最大流速會在水面，而不是在中間，導致染料模糊，觀察不易，且會分散掉。



圖六-6 有無蓋玻璃板的流速分布圖

## (B) 流線演示試驗

### 1. 流線的形狀與邊界是否有關聯？

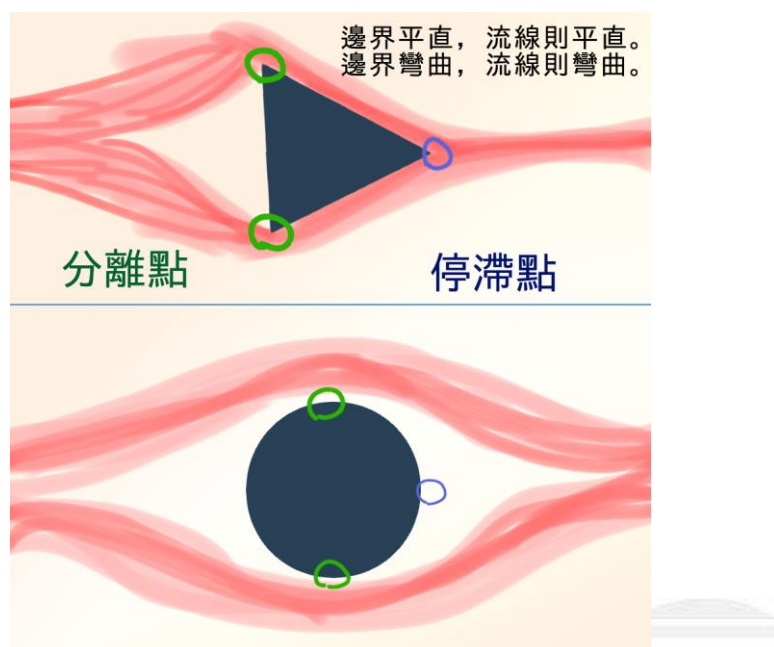
Ans:

有，因為真實的流體具有黏滯性，故會黏在物體邊界上流動，當流線通過物體時，流線會受到物體之形狀阻礙而改變形狀。

### 2. 流線的曲、直和疏、密各反映了什麼？

Ans:

- 曲、直：受物體之邊界條件影響而有不同的曲度變化。
- 疏、密：受流速快慢而使流線有疏與密的現象產生。



圖六-7 流線曲、直與疏、密之關係圖

### 3. 實驗與理論之流線相同嗎？

Ans:相同

- 理想流體為均勻流、不可壓縮、無黏性、無轉動。
- 真實流體為非均勻流、可壓縮、有黏性、可轉動。
- 在實驗過程中可能會遇到儀器及人為因素進而影響到流線的發展

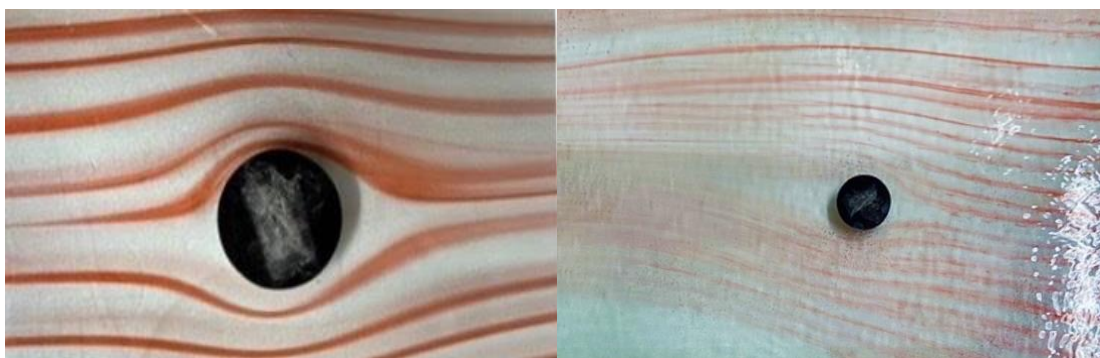
## 七、試驗結果

### (A) 流線具象化試驗

(流向皆由右至左)

#### 1. 圓形模板

(層流/流速較快的層流)



圖七-1 在流場較慢下的圓形模板

圖七-2 在流場較快下的圓形模板

速度越慢的分離點離物體越近。

#### 2. 機翼形模板

(層流/流速較快的層流)



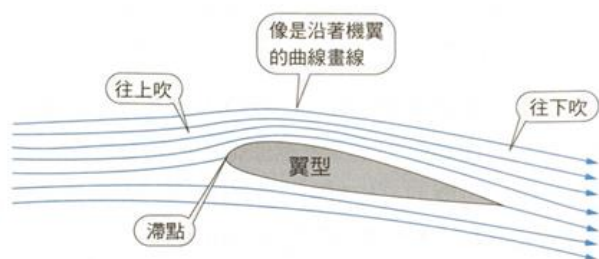
圖七-3 在流場較慢下的機翼形模板

圖七-4 在流場較快下的機翼形模板

上表面流速快且壓力小，上表面的流線較為密集。

下表面流速慢且壓力大，故下表面的流線比較稀疏。





圖七-5 機翼的上升力說明圖

(B) 流線演示試驗

1. 堰流型流線儀

已知流速慢者，流線較稀疏；流速快者，流線較密集。  
故在經過堰體前流速較慢，經過堰體後流速較快。



圖七-6 堰流型流線儀之試驗結果圖

流線具象化試驗、流線演示試驗

## 2. 壩底滲流型流線儀

壩底滲流處，靠左流線較密集，流速快；靠右流線較稀疏，流速慢。



圖七-7 壩底滲流型流線儀之試驗結果



## 心得

這次實驗分為兩個部分，流線演示的部份我們做得比較順利，但是壩底滲流型流線儀的流線比較不清晰，也許是我們水和顏料水的比例沒有抓好，也可能是加入的速度不夠平均，至於流線具象化觀察的部分我們真的花了比較多時間，在做的過程中流速如果太大，模型片和針頭都會常常飄走，玻璃版也要小心地慢慢放避免有氣泡，雖然最後的實驗結果都是層流，但藉由這次實驗我們觀察到不同形狀及不同流速在流場中流線的變化，每個不同型形狀的停滯點和分離點都不同，雖然我們的流線並不是很清晰，但在過程中有學習到怎麼分辨不同的流線，也謝謝助教一直協助我們。



## 工作分配

實驗：全體組員

分析結果：全體組員

問題與討論：全體組員

結報製作：張麗汶

插圖繪製：許雅雯

排版：全體組員



## 參考文獻

- 郭家竹、王煜維、郭一鴻(2016)。流線具象化觀察試驗。
- 許少華(2008)。流體力學試驗手冊。逢甲大學出版社。
- Young,Munson & Okiishi & Huebsch。流體力學(精編本)(SI版)。高立圖書。

