

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

流線具像化觀察試驗

作者：郭曉芬、梁悅新、林政興

系級：水利工程三年乙班

學號：D9483880、D9357358、D9483583

開課老師：許少華老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程系

開課學年： 95 學年度 第 1 學期

摘要

流線具像化觀察這個實驗中是利用染劑觀察流線及流速的變化，找出流線的停滯點與分離點，也可判斷流線為層流或紊流。

關鍵字

分離點、不可壓縮、可壓縮、流線、流場、流體、紊流、停滯點、層流、邊界層



目次

1.前言.....	3
2.實驗原理.....	3
3.試驗流程.....	4
4.流速數據及圖表.....	5
5.問題討論.....	6
6.結論、建議與心得.....	10



1.前言

藉由此試驗，可以觀察到各種不同形狀的物體在不同流速以及不同相對角度之流場中所產生的流線變化，以及停滯點與分離點的位置，尾部之不同拖曳情況，以及邊界的所產生之影響等等。也可觀察到當流量大小不同時，層流(Laminar Flow)與紊流(Turbulent Flow)是如何產生的。由此透過觀察實際現象來體會課本上的抽象理論，也提升對流體力學之間的直覺。

2. 實驗原理

將物體放置於一流場中，此物體會與周圍的流體產生摩擦而受力，是因為物體表面有黏性的緣故。

此次實驗之流場可視為二維流場，當流體經過物體表面，則於垂直物體表面的方向上產生了速度梯度，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，其尾跡則如旋渦一般。

二維流場之流線函數 Ψ 為二階連續之點函數，其與速度分量之定義關係為：

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y}, v = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (1)$$

將(1)式之 u 、 v 帶入連續方程式中可自動符合：

$$\nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) = 0 \quad (2)$$

二維流線之微分方程式為：

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \quad (3)$$

將(1)式代入(3)式中得：

流線具像化觀察試驗

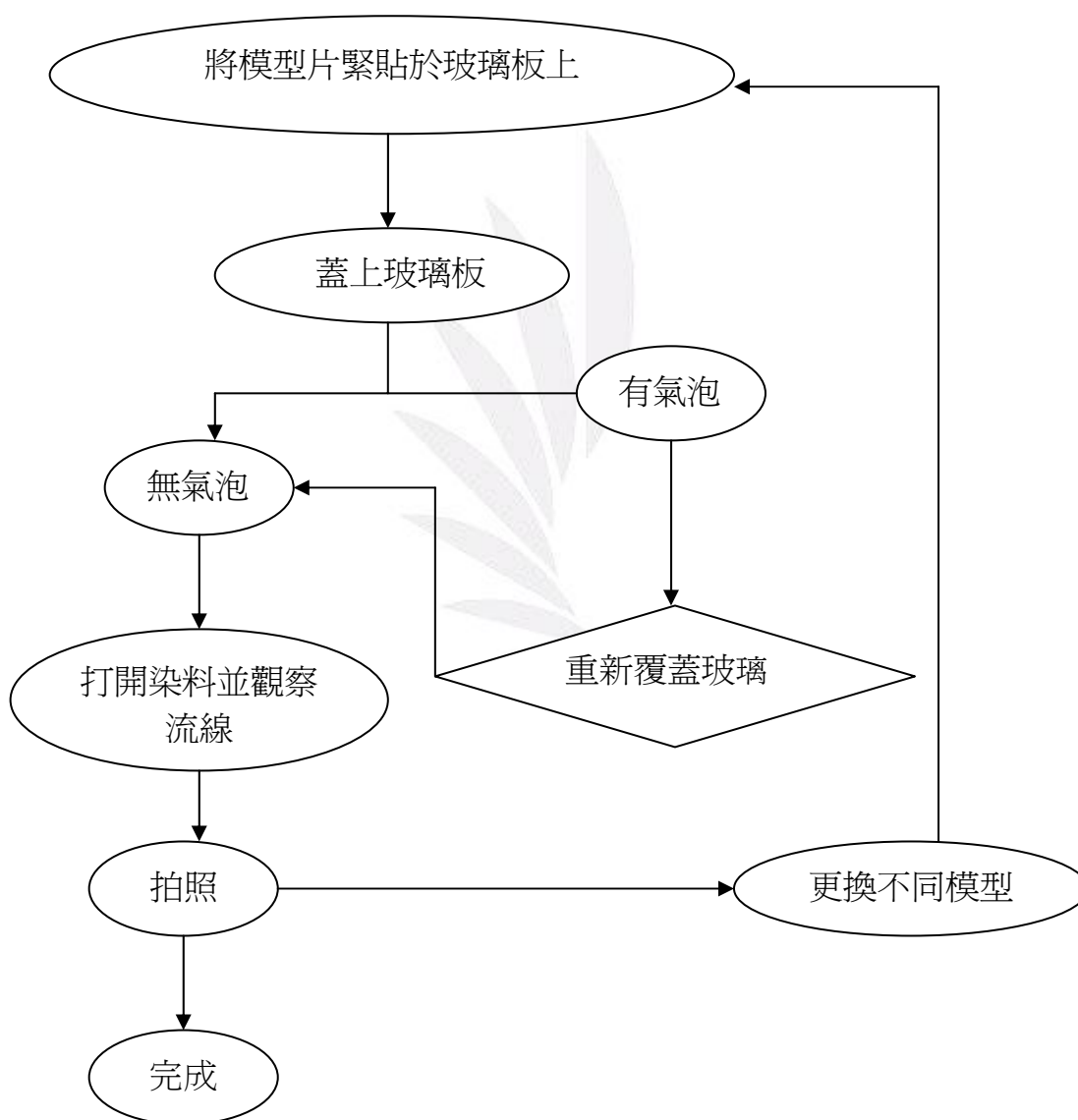
$$\frac{\partial \Psi}{\partial y} dy + \frac{\partial \Psi}{\partial x} dx = 0 \quad (4)$$

上式左端相等於 $d\Psi$ ，所以：

$$d\Psi = \frac{\partial \Psi}{\partial y} dy + \frac{\partial \Psi}{\partial x} dx = 0 \quad (5)$$

(5) 式代表在同一流線上，故流線函數相差為零

3. 試驗流程



4.流速數據及圖表

層流	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
距離	10cm	10cm	10cm	10cm	10cm	10cm
時間	1.07s	0.95s	0.95s	0.91s	0.95s	0.966s
流速	0.093m/s	0.105m/s	0.105m/s	0.110m/s	0.105m/s	0.104m/s
雷諾數	216	244	244	255	244	241.355

表 1

雷諾數 參考值 27 度 $D=2\text{mm}=0.002\text{m}$ (平均流速) $V=0.104\text{m/s}$

$$(1) R = \frac{0.002 \times 0.093}{8.618 \times 10^{-7}} = 215.827 \cong 216$$

$$(2) R = \frac{0.002 \times 0.105}{8.618 \times 10^{-7}} = 243.676 \cong 244$$

$$(3) R = \frac{0.002 \times 0.105}{8.618 \times 10^{-7}} = 243.676 \cong 244$$

$$(4) R = \frac{0.002 \times 0.110}{8.618 \times 10^{-7}} = 255.280 \cong 255$$

$$(5) R = \frac{0.002 \times 0.105}{8.618 \times 10^{-7}} = 243.676 \cong 244$$

$$(6) R = \frac{0.002 \times 0.104}{8.618 \times 10^{-7}} = 241.355 \cong 241$$

紊流	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
距離	20cm	20cm	20cm	20cm	20cm	20cm
時間	0.91s	0.81s	0.94s	0.84s	0.88s	0.876s
流速	0.22m/s	0.247m/s	0.213m/s	0.238m/s	0.227m/s	0.229m/s
雷諾數	511	573	494	552	527	531.446

表 2

雷諾數 參考值 27 度 $D=2\text{mm}=0.002\text{m}$ (平均流速) $V=0.229\text{m/s}$

$$(1) R = \frac{0.002 \times 0.22}{8.618 \times 10^{-7}} = 510.559 \cong 511$$

$$(2) R = \frac{0.002 \times 0.247}{8.618 \times 10^{-7}} = 573.219 \cong 573$$

$$(3) R = \frac{0.002 \times 0.213}{8.618 \times 10^{-7}} = 494.314 \cong 494$$

$$(4) R = \frac{0.002 \times 0.238}{8.618 \times 10^{-7}} = 552.332 \cong 552$$

$$(5) R = \frac{0.002 \times 0.227}{8.618 \times 10^{-7}} = 526.804 \cong 527$$

$$(6) R = \frac{0.002 \times 0.229}{8.618 \times 10^{-7}} = 531.446 \cong 531$$

5.問題討論

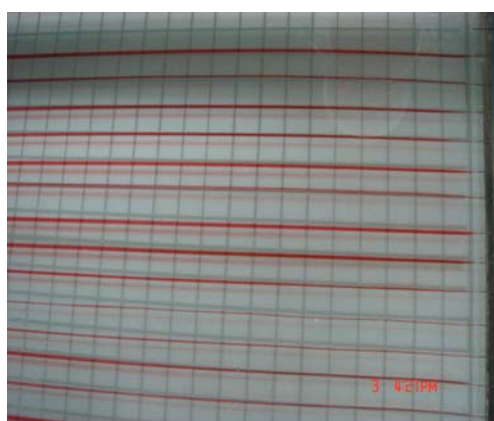
1. 流線與等勢能線之關係為何？

Ans

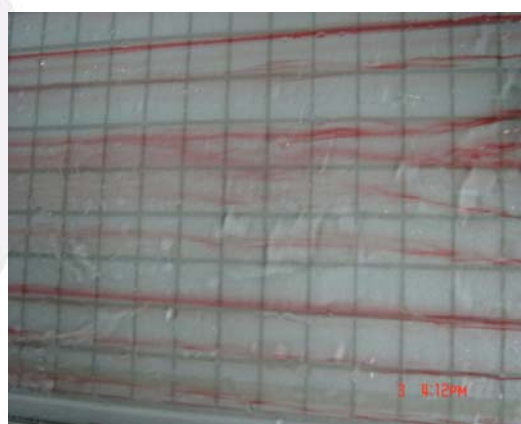
- (1) 流線與等勢能線直角相交。
- (2) 所形成之網格約為方形。

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。

Ans



圖(1)

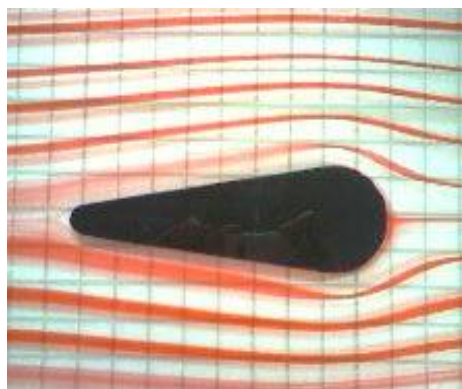


圖(2)

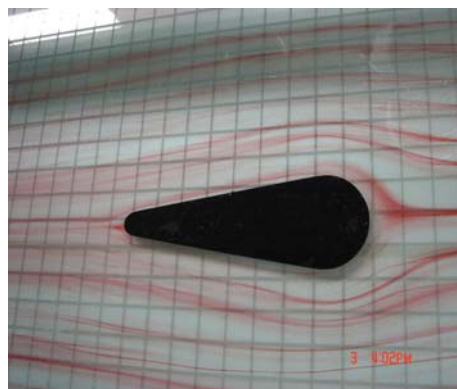
圖(1)是層流 10cm 平均流速 0.104m/s ，圖(2)是紊流 20cm 平均流速 0.229m/s 。

以下的實驗過程，左邊皆是層流，流速為 0.104m/s ，右邊皆是紊流，流速為 0.229m/s

從圖(1)及圖(2)中觀察染料線之清楚與否，可以發現流速之快與慢，而由視覺上判斷屬於層流或是亂流。

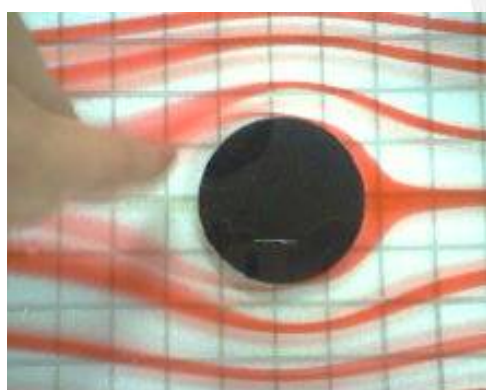


圖(3)

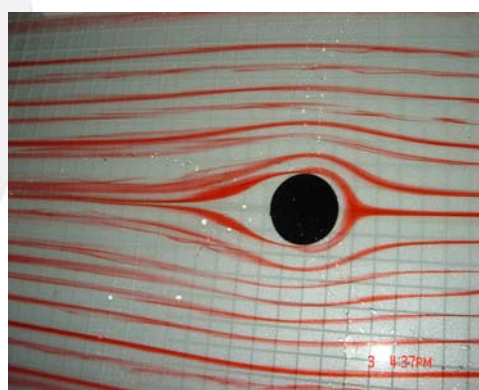


圖(4)

由圖(3)及圖(4)可看出在層流及紊流的停滯點，層流的流線會順滑著物體的曲線流過，且流線分明，但紊流雖也順流過物體，因流速太快，造成流線扭曲且不太分明。且停滯點在為層流下的圖(3)可看出會比在紊流下的圖(4)來的分布均勻。



圖(5)



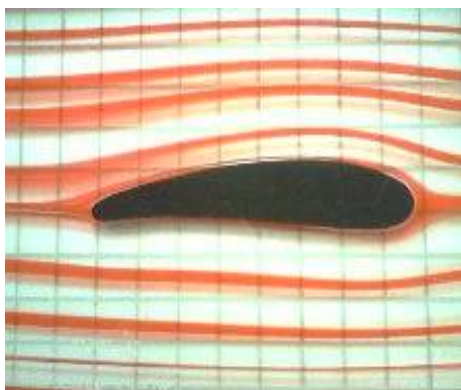
圖(6)

圖(5)是層流的流線情況，圖(6)是在紊流的情況下做的實驗，但是因為流速不夠大，所以無法做出更好的情況。兩張圖的流線與圖(3)及圖(4)一樣，層流流線清楚，紊流則比較混亂，因為流速不夠快，所以圖(6)看不太出來是紊流。

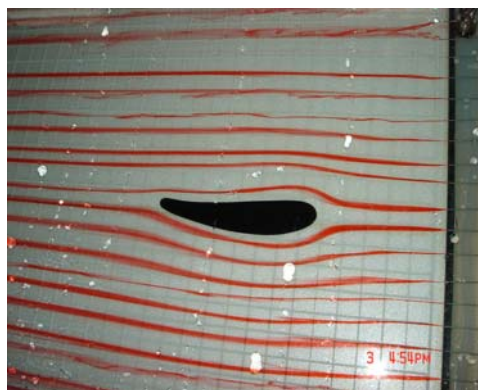
圖(5)及圖(6)皆有停滯點，可發現兩張圖中停滯點有些微的差異，層流下的圖(5)停滯點地方的流線與物體是貼著的，而紊流下的圖(6)則是有明顯的距離，我們這組討論出來的，可能是因為流速較快，造成停滯點出現在距離

流線具像化觀察試驗

物體前零點幾公分處。(討論出來的看法，不知對不對?)



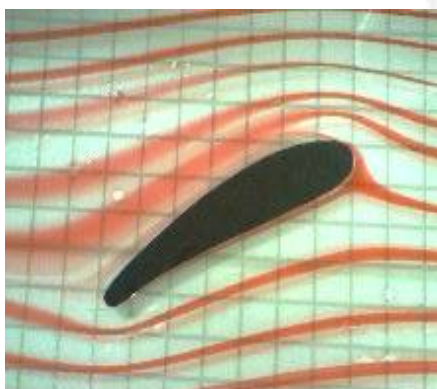
圖(7)



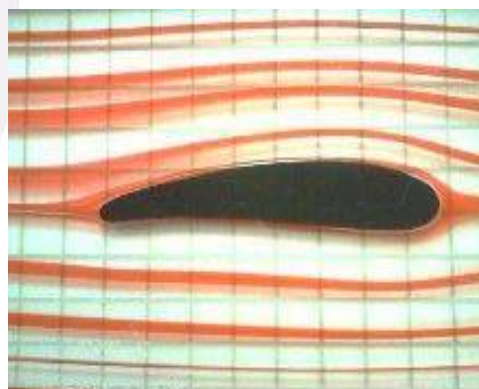
圖(8)

圖(8)因為位置沒有擺好，所以沒有出現停滯點。

圖(7)為層流下的流線分部情況，圖(8)則是紊流下的情況。流線情況與上述圖(3)到圖(6)一樣。



圖(9)



圖(10)

(9)和(10)皆是層流，(9)與(10)不同的是，(9)的阻力比較大，且上方的流速較慢下方的流速比較快，而(10)的上下面流速相近。

3. 理想流體與真實流體之異同？請繪圖三的流線圖（經圓柱體的層流）加以說明，若是理想流體該如何？

Ans

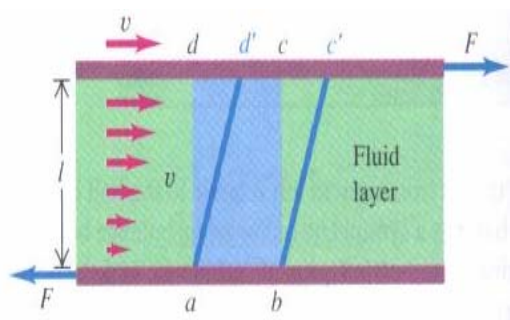
(A)

理想流體

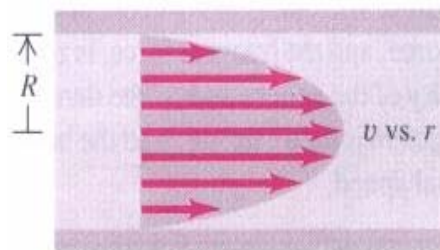
流線具像化觀察試驗

- (1) 穩流 Steady flow
- (2) 不可壓縮 Incompressible flow
- (3) 非粘滯 Nonviscous flow
- (4) 無轉動 Irrotational flow

真實流體 – 則帶黏滯性、可壓縮、非均勻流、可轉動

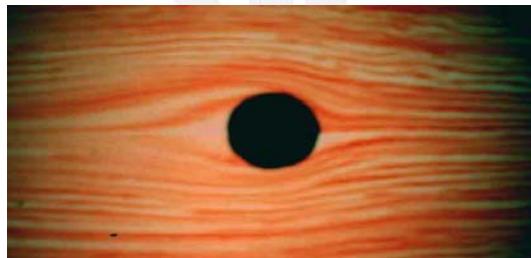


圖(11)



圖(12)

(B)



圖(13)：圓形模型片之流線具像化(層流)

1. 流體沒有粘滯性，因此不會因內部的摩擦而消耗能量。
2. 流線上每一點的速度和壓力保持定值，不隨時間而改變。
3. 流體不會轉動，例如將一附有踏板的轉輪，不論放在液體內部任何一處，皆不會轉動。
4. 流體具有不可壓縮的性質，即流體的密度保持一定，不受壓力的影響。

6. 結論、建議與心得

結論：

經過這次的試驗，可以觀察到不同形狀的物體在不同流速以及不同的角度所產生的流線變化，還有停滯點的位置以及尾跡的形狀等。

建議：

- 1.染色劑流出的多重細管可以再增加數量，較容易看的出有紊流的產生以及如旋渦般的尾跡。
- 2.不知模型片的厚度是否可以加厚，避免在流量加大時流走。

心得：

對於這次的試驗爲了不讓氣泡產生耗費了大家許多的精力，不過當氣泡一個都沒出現的時候，也相當的有成就感。看到停滯點讓我們更加清楚流體力學課堂上所說的東西。在這過程中當然少不了團隊在實驗過程中的快樂，過程讓隊友更加合作，而且有問題都會一起討論，讓不了解的部分都更清楚，感覺真的很好，這也是收穫的一點。

