

逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

流體力學試驗
第二章 流線具像化觀察試驗

作者：林智祥、陳瑋珣、陳思樺、吳逸崙

系級：水利工程學系

學號：D9325581、D9330163、D9357213、D9357018

開課老師：許少華 老師

課程名稱：流體力學試驗

開課系所：水利工程學系

開課學年：95 學年度 第 1 學期

中文摘要

觀察實驗器材由噴頭所噴出的染料，將抽象的流線分布具體化，可看出層流和紊流通過各種不同形狀模型片之流線具象，因而可更加了解二維流場之流線函數這些方程式的具體狀況，觀察到停滯點與分離點。

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。

理想流體-不可壓縮且無黏性流體。真實流體-流體有粘性係數且可能因表面張力會影響流體運動。

關鍵字：流線具象化、停滯點、分離點

目 次

一、	前言.....	3
二、	目的.....	3
三、	原理.....	3
四、	方法與步驟.....	4
五、	流程圖.....	5
六、	試驗儀器.....	6
七、	結果分析.....	6
八、	問題與討論.....	9
九、	結論與建議.....	11



圖一 流線具像化試驗平臺圖

一、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。

二、目的

由噴頭所噴出的染料，將抽象的流線分布具體化，可看出層流和紊流通過各種不同形狀模型片之流線具象，因而可更加了解二維流場之流線函數這些方程式的具體狀況，觀察到停滯點與分離點。

三、原理

1. 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。
2. 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。

第二章 流線具像化觀察試驗

3. 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：

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

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：

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

上式左端相等於 $d\Psi$ ，所以：

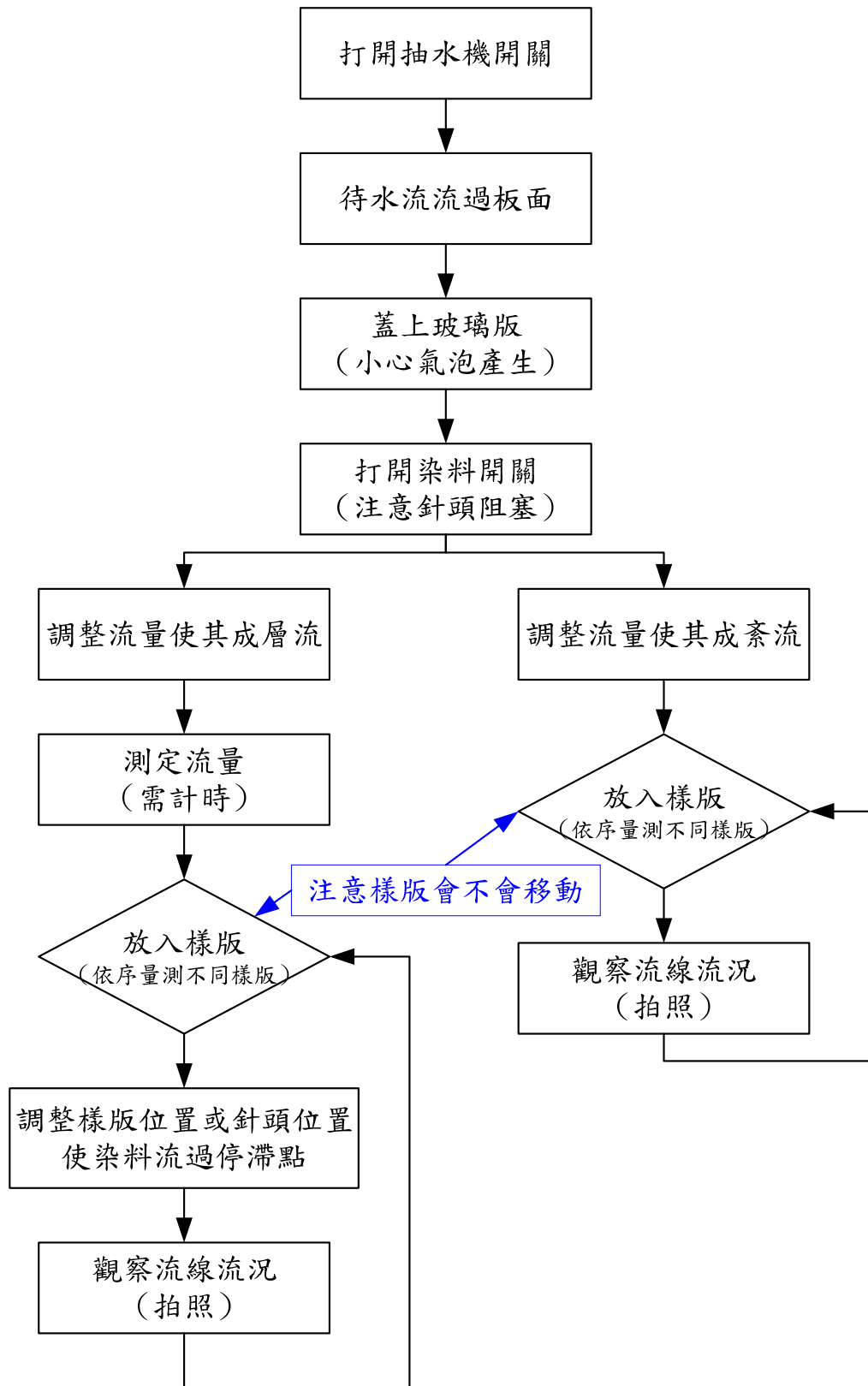
$$d\Psi = \frac{\partial \Psi}{\partial y} dy + \frac{\partial \Psi}{\partial x} dx = 0 \quad (5)$$

(5)式代表在同一流線上，故流函數相差為零

四、方法與步驟

1. 轉開進水口與出水口之閥門控制栓，讓水流通上下兩塊玻璃平版之間之二維流場，並確定蓋上玻璃之後無氣泡的產生。
2. 打開染料開關，檢查染料噴頭的噴射情況是否良好，若有阻塞發生，則以針頭暢通之，待情況良好之後，再將空染料罐裝置與主機相接，並關上染料罐之控制閥。
3. 慢慢打開進水閘門，調整流況使其成為穩定層流流過。
4. 量取兩玻璃平板之間的流場厚度。
5. 觀察染料流動之長度(抖動針頭)，記錄其時間而求得流速，並換算得雷諾數。
6. 待測完流速之後，蓋上玻璃蓋板，在蓋上時應避免讓氣泡產生於板蓋與槽面之間，或樣板前有無氣泡產生。
7. 控制染料之開關使其沿著水槽並環繞塑膠模型流過，最後經由出水口流出。
8. 觀察流線之形狀，並拍攝其流線狀況。
9. 更換不同的橡皮模型片，重覆步驟 1~6，觀察不同的流線之具像化。
10. 轉動控制閥，使流速加快，使之更符合實際流體之情況。
11. 觀察各模型片在流場中之現象，重覆步驟 4~8。

五、流程圖



第二章 流線具像化觀察試驗

試驗注意事項:

1. 應避免氣泡的產生，因為氣泡會影響流線而影響觀察結果。
2. 添加染料溶液時流線會產生紊流的狀況，但只要稍待片刻，水流會自然穩定。
3. 染料移動速度與水流流速近似，可藉此來觀察流速及計算流速。
4. 在開水閥門時，水流量應先開大再慢慢轉小，如此可更順利呈現層流現象。
5. 在染色劑流出的多重細管如有所阻塞，應立即清除乾淨，否則無法呈現十分正確的流況。
6. 留意染料的濃度與流量，過深或過淺都會造成流現觀察的不便。

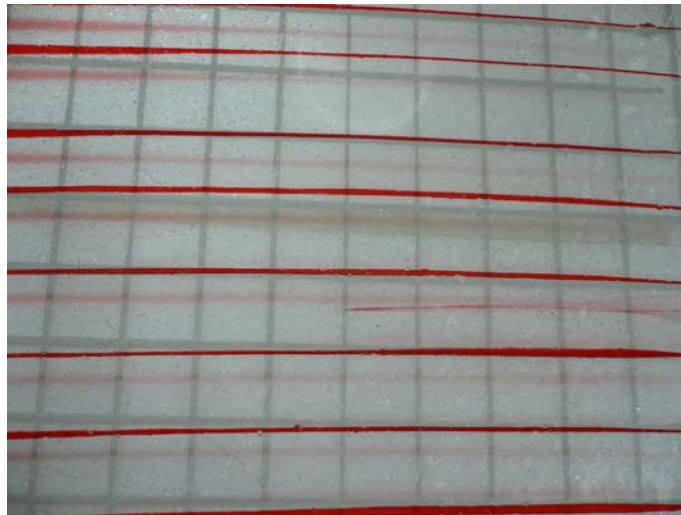
六、試驗儀器

圖一表示的為流線具像化試驗平臺，此為本實驗的實驗儀器

七、結果分析

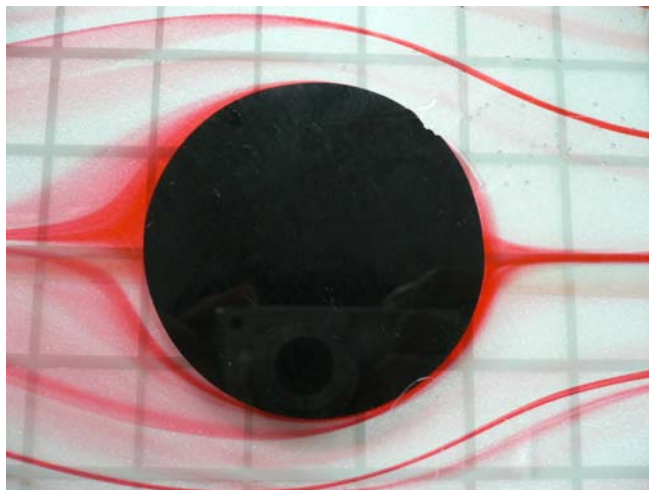
下列圖片二至圖片十八為本試驗所產生之各種不同之流線具像(頂視圖)，圖片中黑色部分為模型片，紅色部分是藉染料所顯示出來的流線群，而水流方向為由右至左(←)，進水口之高度保持一定，且流量與管道坡度保持不變。

請於報告中附上三種塑膠模型片之層、紊流況之照片，並加以討論

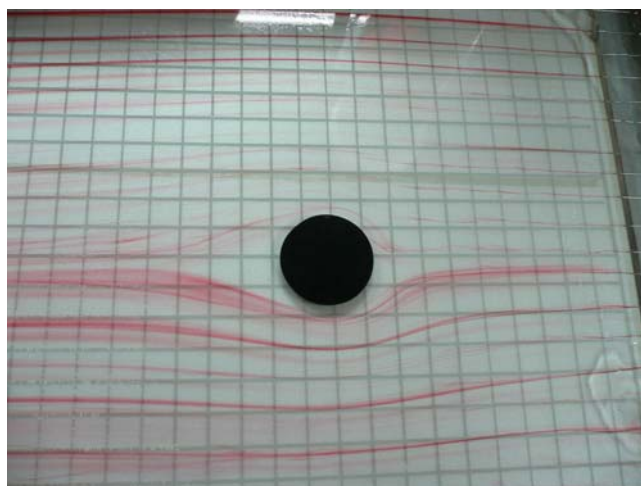


圖二、染色水溶液流場中之流線具像化

第二章 流線具像化觀察試驗



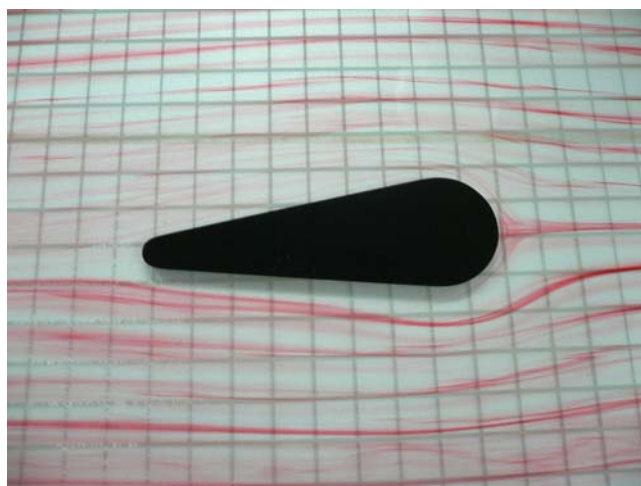
圖三、圓形模型片之流線具像化(層流)



圖四、圓形模型片之流線具像化(紊流)



圖五、錐形之流線具像化(層流)



圖六、錐形模型之流線具像化(紊流)



圖七、機翼型之流線具像化(層流)



圖八、機翼型之流線具像化(紊流)

八、問題與討論

1. 流線與等勢能線之關係為何？

答：流線與等勢能線互相垂直。

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。

答：由圖三、圖四和圖五、圖六和圖七、圖八可以了解到層流情況下，流線遇到停滯點後會漸進變回一條流線，而在紊流流況下流線遇到停滯點後接近的情形比層流不明顯，也較難察覺到停滯點位置。若為不規則形狀，遇到樣板後流線會混亂，變成不規則流線。

第二章 流線具像化觀察試驗

圓形樣版：紊流時停滯點位置不易觀察，流線分布大致略同層流，但都呈現紊流流況。

層流時流線均勻劃過樣板，慢慢回規程一條線

錐形樣板：紊流時流線分布混亂，不易觀察。

層流時流線通過停滯點後，沿著樣板變活之前的一條線，其現象明顯於圓型樣板

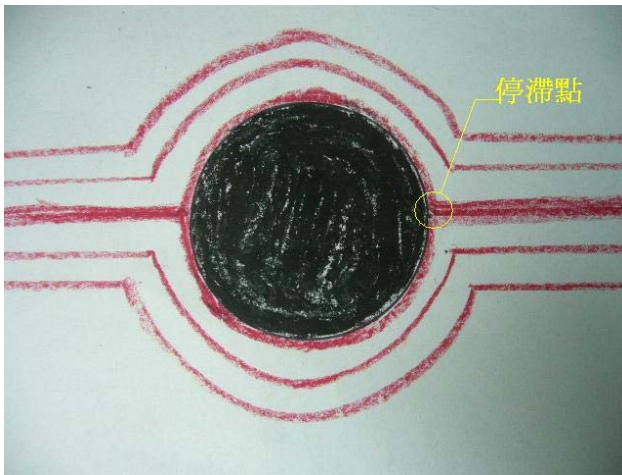
機翼型樣板：紊流時停滯點很難觀察，後方流況分布混亂，是三樣板中最混亂的一個

層流時流線通過停滯點後，沿著樣板移動，回歸成一條流線。

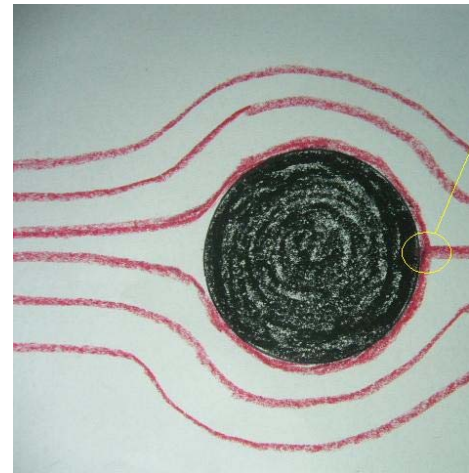
3. 理想流體與真實流體之異同？請繪如圖三的流線圖(經圓柱體的層流)加以說明，若是理想流體該如何？

答：理想流體-不可壓縮且無黏性流體。

真實流體-流體有粘性係數且可能因表面張力會影響流體運動。



理想流體



真實流體

九、結論與建議

藉由此次的實驗，我們觀察到了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，以及停滯點和分離點的位置，當流量大小不同時，可以觀察到層流和紊流間如何變化產生。

這次的實驗，特別要注意的就是避免蓋上玻璃後氣泡的產生，所以在實驗過程中，必須緩慢的蓋上玻璃；噴頭的堵塞也是狀況之一，所以必須先檢查是否有堵塞的現象，若有則可用針頭來暢通；塑膠模型的放置和噴頭的位置也必須注意，才能使染料呈現我們所要觀察的流線分布。

這次實驗較難的地方主要在於蓋玻璃板，因為不能有氣泡產生所以較難控制，必須很小心謹慎，還有再蓋的同時針頭不能先放進去，不然會被玻璃板壓住，造成染料射出不均勻。如果再蓋的時候出現氣泡，可以調整流量變大，讓氣泡沖出，但模型也可能會被沖走，因此必須小心留意。將模型擦乾，然後再在玻璃板上摩擦，有助於模型吸附在玻璃板上，較不容易被沖走。

我們分別做了兩組試驗，一組是紊流，一組是層流，在紊流情況時，停滯點觀察的叫清楚明顯，而層流時停滯點比較不容易出現，需用手調整一下針頭任染料可以剛好在停滯點分開。這是比較需要注意的地方。

另一個要注意的是不能晃動到儀器，不然會出現小氣泡，整體而言雖然對流線射出的影響不大，但還是要小心避免。

參考文獻

1. Young, D. F., B. R. Munson, and T. H. Okiishi, 1997, A Brief Information to Fluid Mechanics, Chapter 4 – Fluid kinematics, p.p. 109.
2. 流體力學試驗手冊, 2006