

# 第四屆旺宏科學獎

## 成果報告書

參賽編號：SA4-062

作品名稱：神奇的紗網

姓名：林重光

關鍵字：風阻效應、流體力學、風速變化量

## 摘要

想必大家的家裡面多多少少都會裝紗窗或者是紗門吧！其目的是在於防止蚊蟲進入，但是經過了這一道阻隔卻往往造成夏日涼爽的清風無法有效進入室內。本實驗的目的即在於探討是哪些可能因素造成了風在通過紗網時流速的變慢。首先在實驗一中我利用了線香來拍攝氣流通過紗網的軌跡，以推論紗網密度與紗網前後風速變化量的關係，接下來在實驗二中我測量同一高度下，紗網前後各點的平均風速，進而確定紗網網格密度、網徑大小以及(通風面積÷總截面積)會影響風速的變化量，最後經由風洞內各點的壓力分佈得知，風速之所以會減弱是因為紗網網格過密，形成了風阻，阻礙了風的流動，所以風在吹到紗網前，風速早就已經降下來，經過紗網時又因為網徑大小，阻礙了一部分的風量，在紗網後的我們才會感覺風變弱了。但同一紗網對不同的入口風速造成的風速降低比例大約是相同的，不因其入口風速的快慢而改變；而紗網網格密度越小造成風速降低比例值則越小。

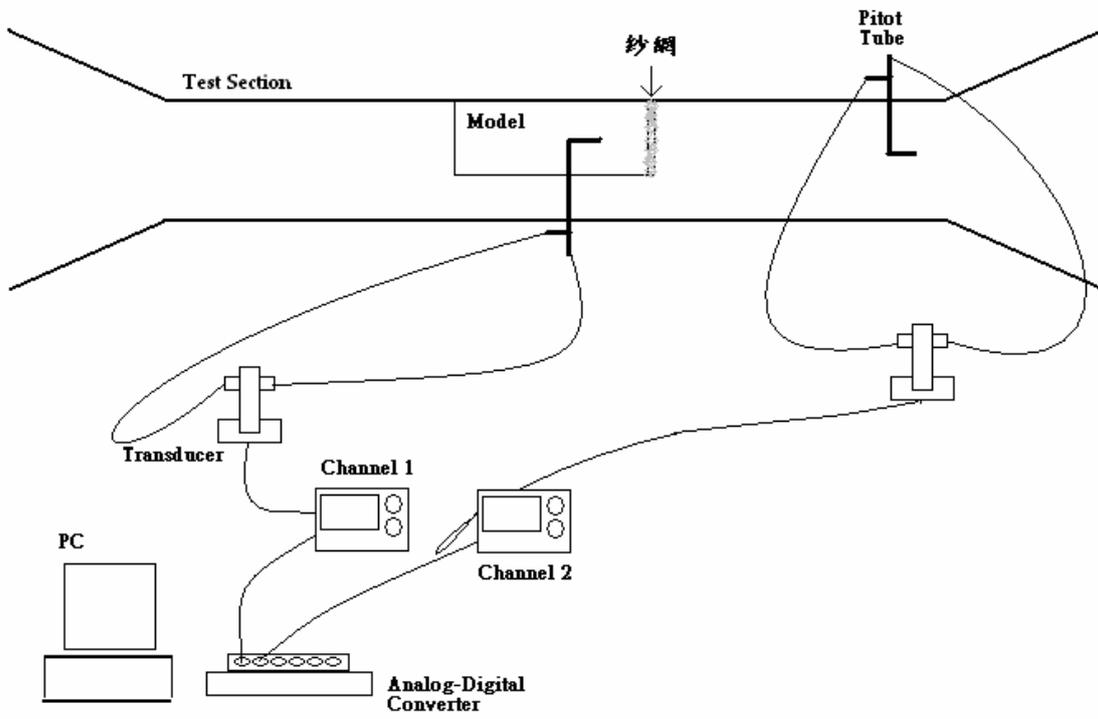
### 一、研究動機：

每當進入炎熱的夏天時，總是想開著窗戶吹著風，享受一下涼爽的感覺，但又怕外面的蚊蟲進入室內，於是就有了紗窗的發明，但是，透過紗窗吹風的感覺總是跟直接吹的感覺有著不小差距，而紗窗的框線部份不過佔總面積的一小部分，為何會有如此大的落差呢，是否在風經過紗窗時引發了一些物理效應？就在這個問題持續在腦中打轉時，剛好有一次聽到老師在上課題起類似問題，於是興起了對這整件事以及其周邊關係做研究的念頭。

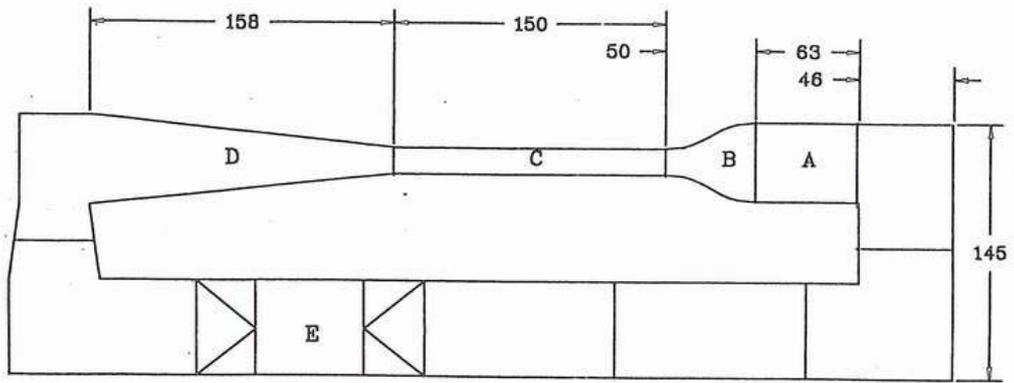
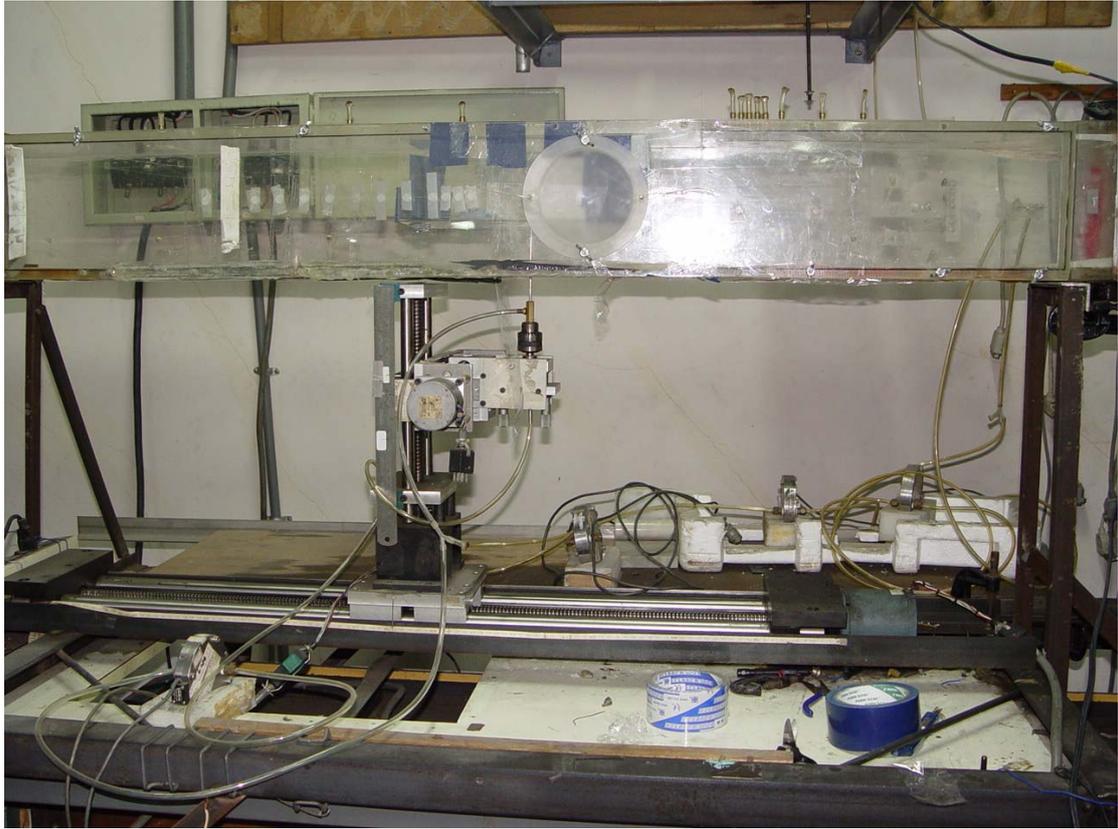
### 二、研究目的：

- (一) 拍攝線香通過紗網的軌跡，觀察紗網對氣流的影響。
- (二) 研究同一紗網對不同風速造成的紗網前後的風速變化量。
- (三) 研究不同紗網在同一風速下造成的紗網前後風速變化量。
- (四) 研究風吹過紗網的軌跡路徑圖

### 三、實驗平臺



圖一



UNIT : cm

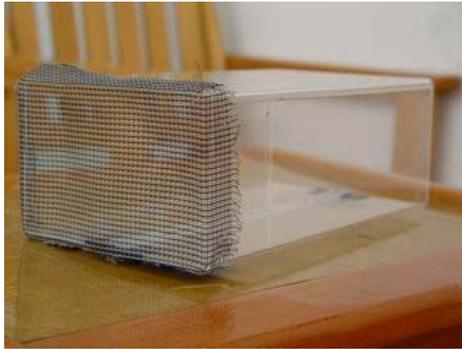
- A : SETTLING CHAMBER
- B : CONTRACTION
- C : TEST SECTION
- D : DIFFUSER
- E : MOTER & FAN

圖二

1. Computer 2. Transducer 3. Analog-Digital Converter 4. Pitot Tube
5. 電壓放大器 (Channel 1 和 Channel 2) 6. low-speed wind tunnel (圖二)
7. DV 8. 線香 9. Model (長 30 cm 寬 15 cm 高 10 cm) 10. 解剖顯微鏡 (圖四)
11. 紗網 A (圖五)、紗網 B (圖六)、紗網 C (圖七)、紗網 D (圖八)

此風洞長約 500 cm 高約 150 cm，Test Section 長約 150 cm，截面約為 150 mm × 150 mm，風洞上架有移動機構，方便 Pitot Tube 移動到各定點作測量，其下緣有刻度尺可用以定位，風洞中的流場是由下端的馬達轉動風扇來帶動，馬達的迴轉頻率與未加障礙前的出口風速則已事先校正過，我利用這個風洞來模擬一個可控制流速的均勻風場。Model 則架設在 Test Section 的上方，其目的在於製造障礙物，造成紗網前後更明顯的壓差，若純以紗網夾在 Test Section 中間則在均勻風場的條件下，紗網前後的壓差會為零。

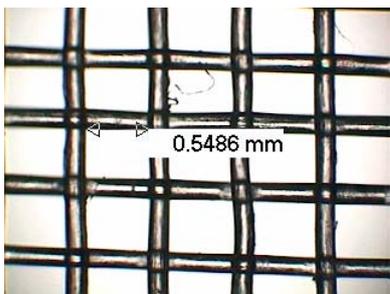
Pitot Tube 是利用管頭前後壓差 (所以必須正對流場)，造成 Transducer 內薄膜的彎曲而形成電流，經過電壓放大器後傳入 Analog-Digital Converter 轉換成數位訊號，最後再透過電腦程式設定以抓取 Data。



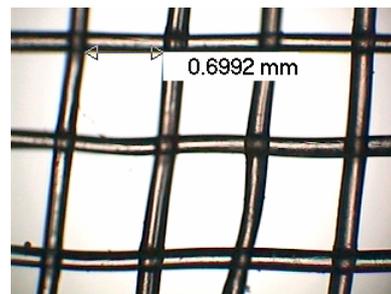
圖三



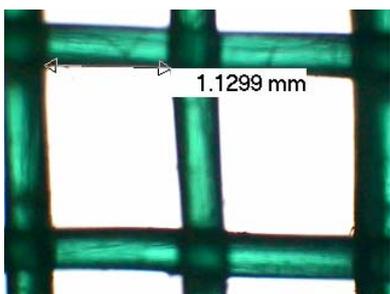
圖四



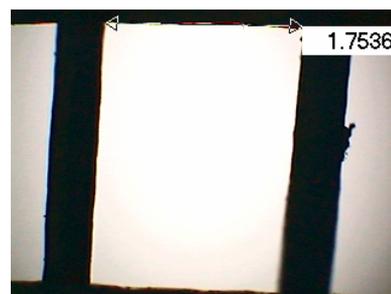
圖五 網徑 0.55mm



圖六 網徑 0.70mm



圖七 網徑 1.13mm

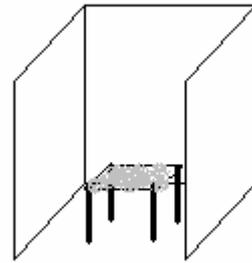


圖八 網徑 1.75mm

## 五、實驗過程

### 實驗一：

首先為了解線香是如何通過紗網以及其間所發生的變化，設置了實驗裝置如圖(一)所示，灰色區域為紗網，周圍用 3 塊黑色板子防止外來氣體的影響，將線香置於紗網下方，因為有空氣浮力，所以線香會自然垂直上升，利用 DV 記錄線香經過此 3 種紗網時的軌跡。



### 結果：

1. 當線香通過紗網 A 時，顯然不易通過，原本細細的一絲線香遇及紗網即整片在紗網上散開來，只有極少部份可以通過（參考圖片 A）。
2. 當線香通過紗網 B 時，線香變的比原來還細，但其通過紗網時，也會稍微散開來，然後再完全通過時又聚合在一起（參考圖片 B）。
3. 當線香通過紗網 C 時，線香受到紗網的影響顯然不大，粗細並無明顯的改變。



圖 A



圖 B

經過了實驗一，對氣體通過紗網有一個初步的認識，由其流量變化量和軌跡，發現紗網確實阻擋了風的流動，於是進行假設。

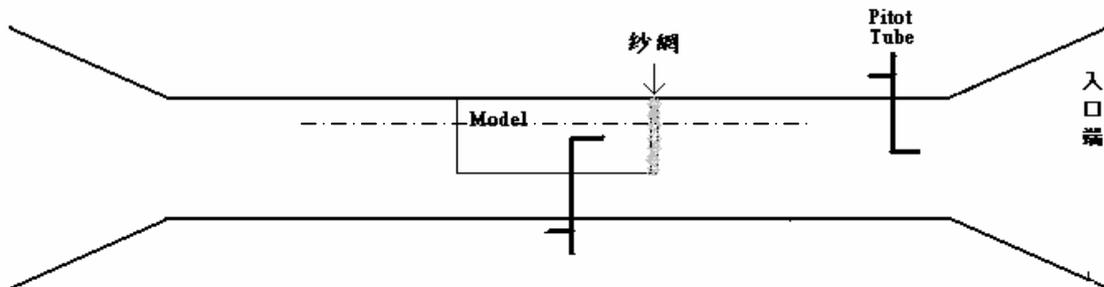
**推論：**網格密度越大氣體撞擊網格的機率越高，致使通過氣體減少，無形中形成一面牆一樣，所以風速應該也會減少。

**假設一：**網格密度會影響氣體通過紗網時的 $\Delta V$ ，密度越大 $\Delta V$ 的值越大，密度越小 $\Delta V$ 的值越小。

## 實驗二：

測量風的流速，首先考慮在自然情況下作此實驗（因為較為貼近真實情況），後來想想認為外來流場所造成的影響可能會導致許多數值的不穩定。於是便利用這架低速風洞（參考實驗平臺的介紹）來模擬出一個均勻風場，為了更貼近自然情況，做了一個 Model 將紗網固定在前端，放置於風洞內。（實驗裝置如下圖二所示）

測量水平高度下(圖二中虛線的位置)每隔一段距離取一點的速度。



圖二

### (一) 預備實驗：校正 Transducer。

#### 步驟：

1. 將 Transducer 1 連接上電壓放大器並且兩端接上微壓計，P 小那一端接(-端)，P 大那一端接(+端)。
2. 此時管內尚有殘留下來的空氣，所以其內壓力尚不為 0 (Pa)，對壓力計執行排氣的動作使其管內無殘留氣體，確定管內壓力為 0 (Pa) 時，將電壓放大器歸零。
3. 利用微壓計給予它 250 (Pa) 的壓力，再調整電壓放大器上的 Gain 值，使其對應電壓值約為 9.5 (Volt)。
4. 再執行一次排氣的動作，確定當壓力為 0 (Pa) 時對應電壓為 0 (Volt)，將電壓放大器上 Zero 和 Gain 值鎖上。
5. 以每 20 (Pa) 的壓力間隔變化輸出給 Transducer 1，透過 PC，每秒取 100 個點，連續取 10 秒，得到其平均壓力，反覆做 5 次再求其平均值。
6. 校正完 Transducer 1 後，再校正 Transducer 2

### 實驗記錄：

1. 不同壓力對應的電壓值。如附表 2-1
2. 不同壓力變化和電壓值的線性函數圖。圖 2-1-1 和圖 2-1-2

校正完 Transducer 得到壓力 (Pa) 與電壓 (Volt) 的線性函數以後，進行主要實驗。

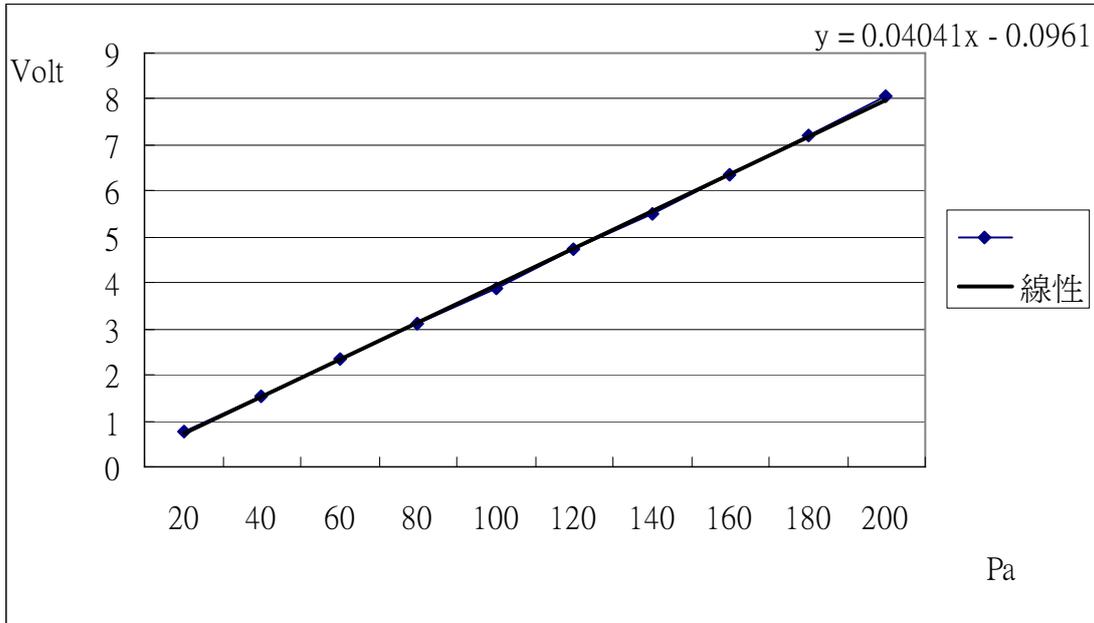


圖 2-1-1 Channel 1 校正曲線

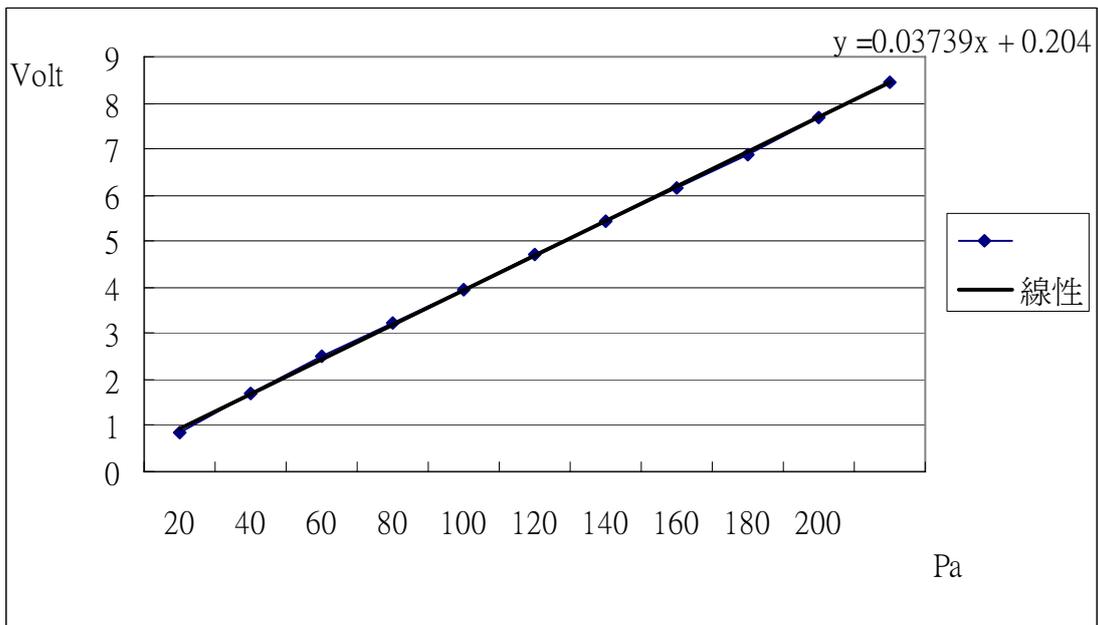


圖 2-1-2 Channel 2 校正曲線

## (二) 測量風洞中四種不同紗網其網前及網後的風速值

### 步驟：

1. 打開風洞，調整 Pitot Tube 的角度，當其在電壓放大器上顯示出最大數值時，表示其為正對流場，將其鎖緊固定。
2. 把 Model(此時並無紗網)放入風洞中，位置約在距離基準點 23 cm 處，下緣距離風洞底部約 5 cm。
3. 蓋上風洞蓋，四周用螺絲拴緊，啟動風洞以香煙或是線香在周圍檢查，看是否有空氣外漏或是被吸進去，若有漏氣的部份則以膠帶將其封死。
4. 確定檢查完畢，即開始進行實驗，實驗裝置如上圖二，其前端的 Pitot Tube 是用以測量入口端接受到的風速值，後端的 Pitot Tube 則架在一滑軌上，可以前後移動，用來測量風洞中各點的壓力值。
5. 因為 Pitot Tube 有限制測量範圍必須大於 5(m/s)，所以需先啟動風洞，找出風速約為 5(m/s)風洞馬達所對應的轉動頻率(Hz)，其值約為 25(Hz)。
6. 再次將風洞啟動，調整頻率約為 25(Hz)，運轉 3 至 5 分鐘，使其流場穩定以後，再開始進行測量。
7. 以每點距約 6 cm 左右的變化量，測量各點的壓力差，透過 PC，每秒取 100 點，連續取 10 秒，得其平均值，反覆做 5 次，求其平均值，將其記錄下來。
8. 得到的  $\Delta P$  再帶入白努利方程式，便可算出其平均風速。
9. 測完所有點之後，將風洞重新調整至 33(Hz)、40(Hz)、48(Hz)以及 55(Hz)，再重複步驟 7~9。
10. 將 Model 取出，將紗網 A、B、C、D 依次固定於 Model 前端，其邊緣用膠帶固定，以防紗網翹起來時造成流場干擾，重複步驟 2~9。

### 實驗記錄：

記錄如附表 2-2-1~附表 2-2-18 並繪製圖表(圖 2-2-1~圖 2-2-9)，整理資料，比較各紗網在不同入口風速下其紗網前後兩端風速差值與入口風速比值的關係。(表 3-1、表 3-2、表 3-3 和圖 3)以及比較各紗網網徑大小和通風面積與紗網前後兩端風速差值之間的關係。(表 4 和圖 4-1 圖 4-2)

P.S.下圖中，第一條虛線代表紗網所在處，第二條虛線代表 Model 後端處。

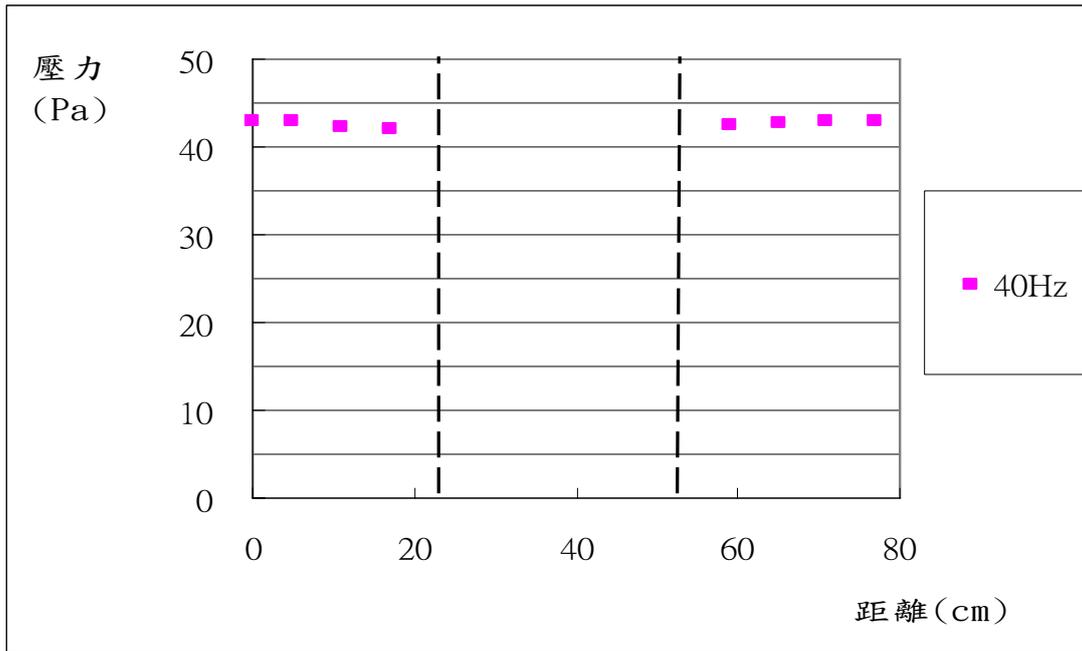


圖 2-2-1 沒有紗網，各點的壓力散佈圖

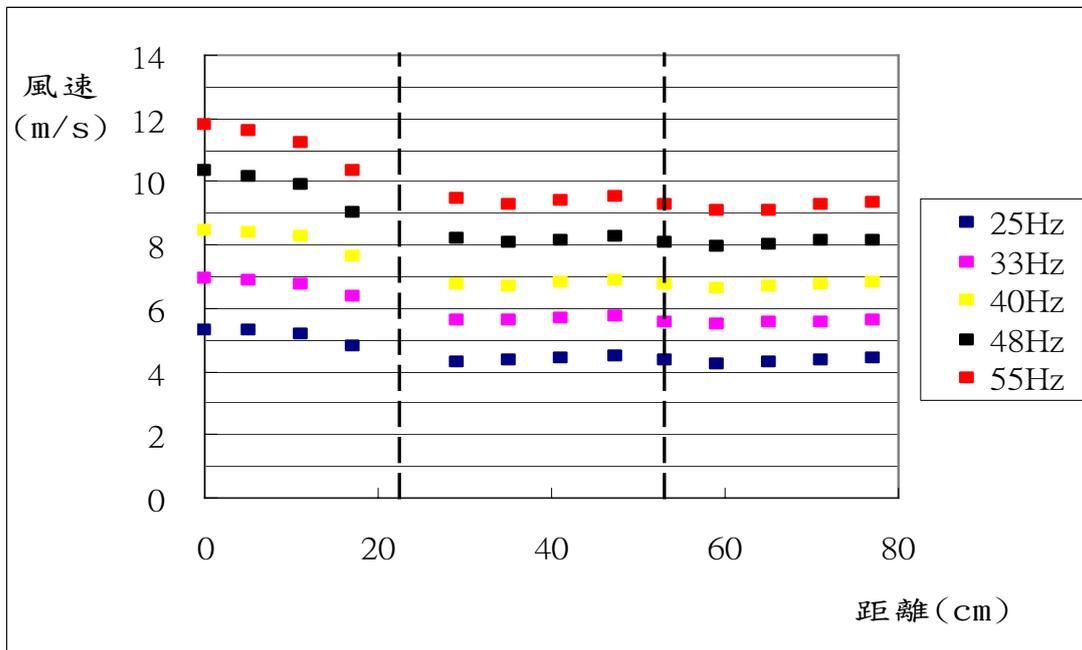


圖 2-2-2 紗網 A，各點的風速散佈圖

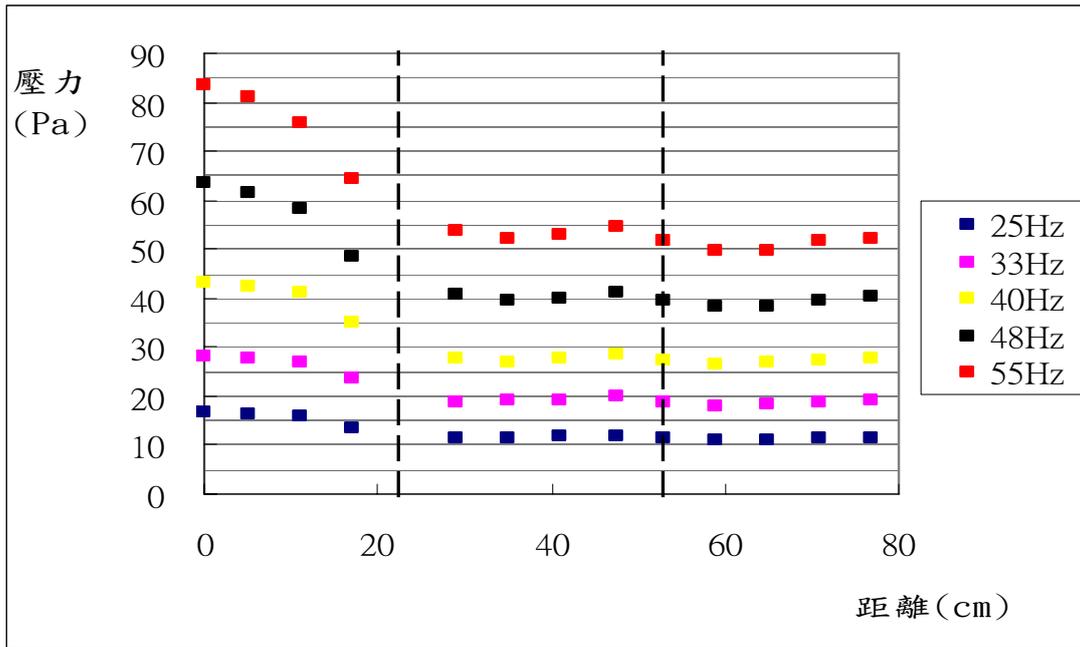


圖 2-2-3 紗網 A，各點的壓力散佈圖

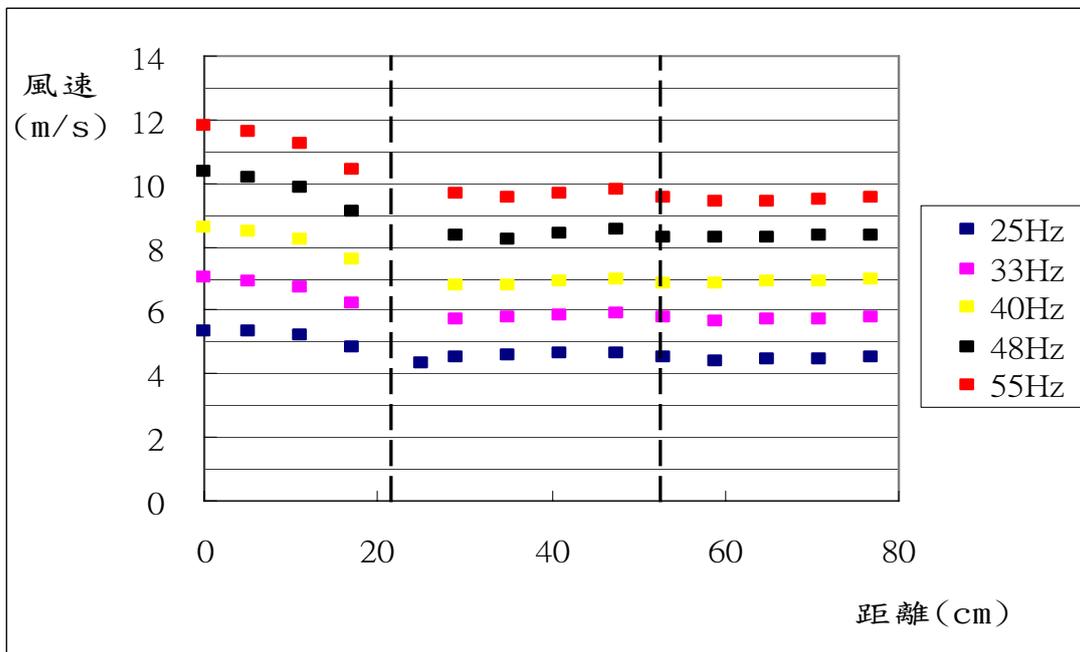


圖 2-2-4 紗網 B，各點的風速散佈圖

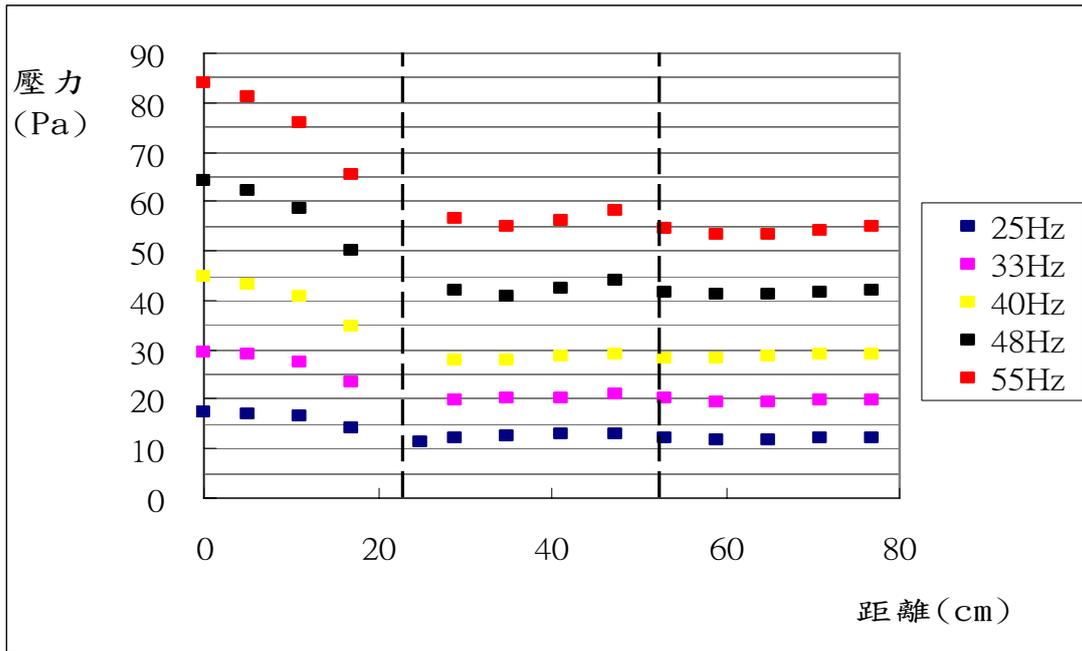


圖 2-2-5 紗網 B，各點的壓力散佈圖

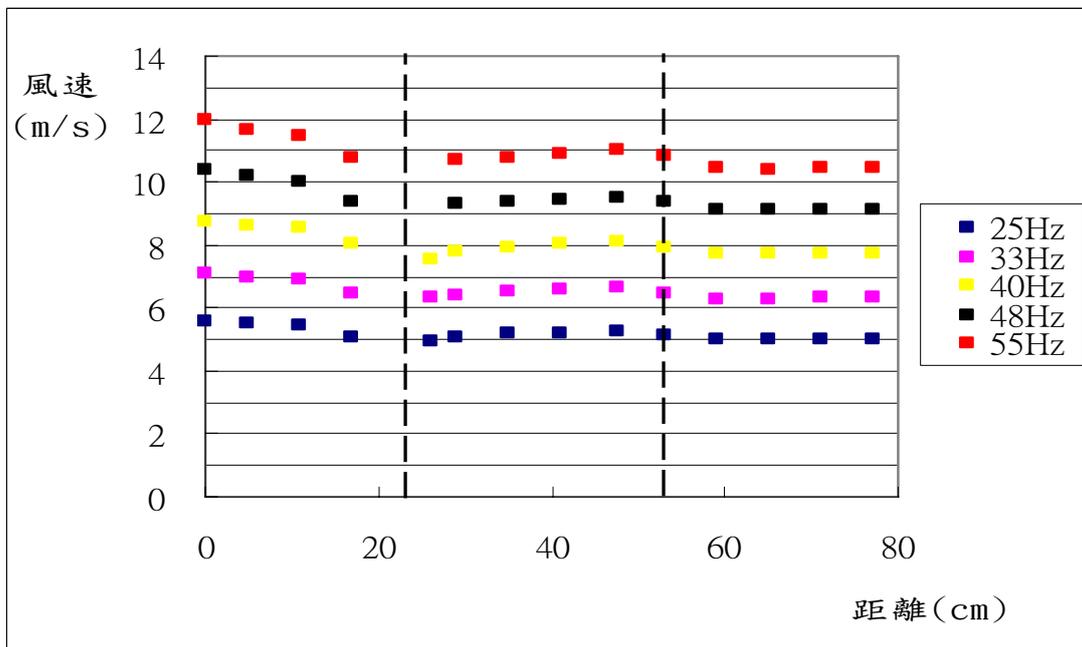


圖 2-2-6 紗網 C，各點的風速散佈圖

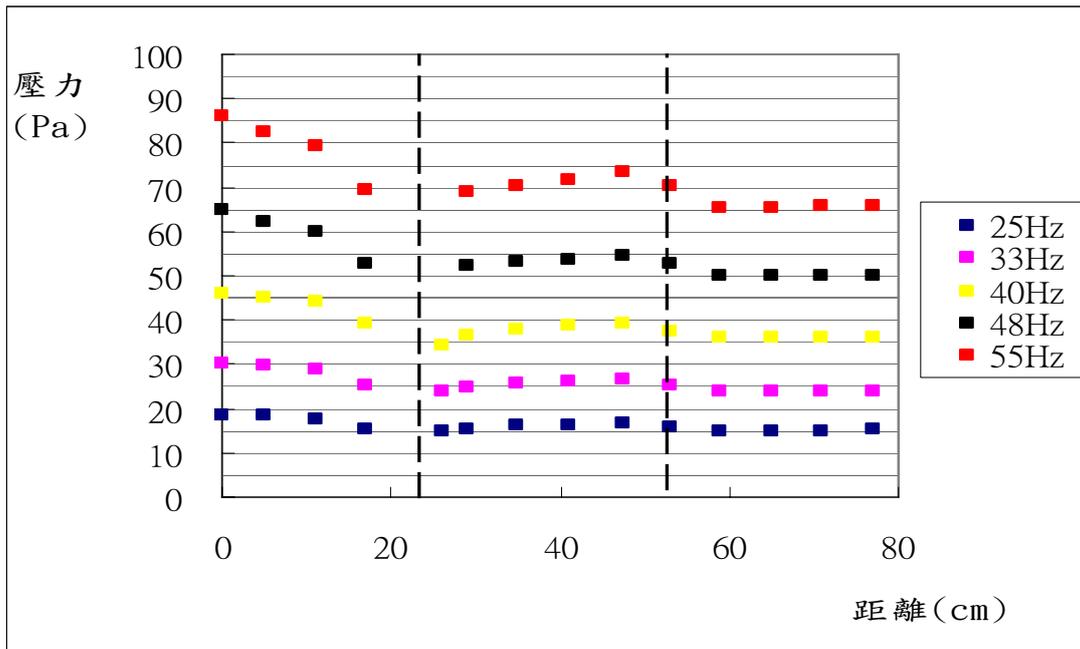


圖 2-2-7 紗網 C，各點的壓力散佈圖

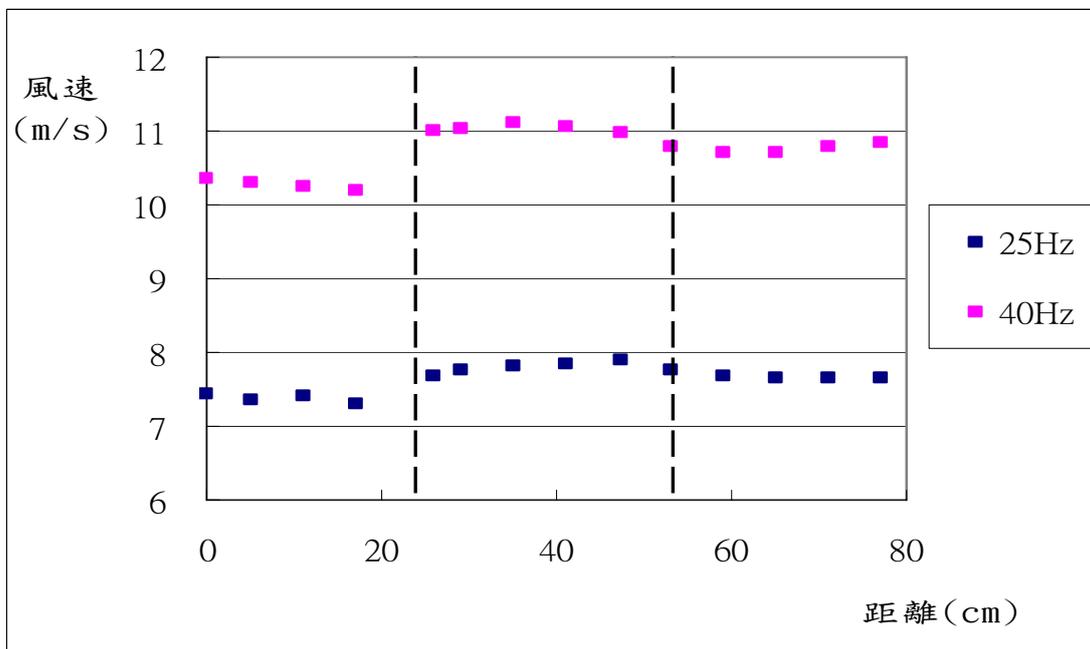


圖 2-2-8 紗網 D，各點的風速散佈圖

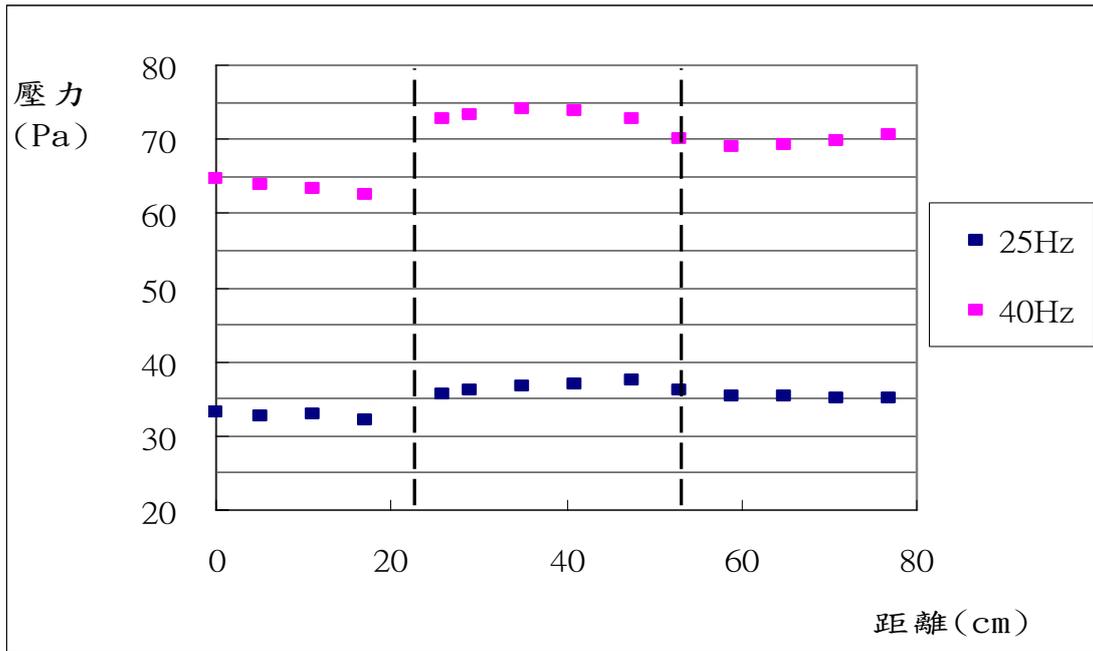


圖 2-2-9 紗網 D，各點的壓力散佈圖

表 3-1

紗網 A	25Hz	33Hz	40Hz	48Hz	55Hz
入口 V	5.506	7.826	9.924	12.031	13.822
V 前	5.149	6.708	8.184	9.867	11.231
V 後	4.320	5.550	6.702	8.053	9.179
$\Delta V$	0.829	1.157	1.482	1.814	2.052
$\Delta V/V$	0.151	0.148	0.149	0.151	0.148
百分比	15.1%	14.8%	14.9%	15.1%	14.8%

表 3-2

紗網 B	25Hz	33Hz	40Hz	48Hz	55Hz
入口 V	5.568	7.883	9.975	12.061	13.864
V 前	5.181	6.721	8.225	9.872	11.261
V 後	4.455	5.702	6.904	8.297	9.454
$\Delta V$	0.725	1.019	1.320	1.575	1.808
$\Delta V/V$	0.130	0.129	0.132	0.131	0.130
百分比	13.0%	12.9%	13.2%	13.1%	13.0%

表 3-3

紗網 C	25Hz	33Hz	40Hz	48Hz	55Hz
入口 V	5.825	8.110	10.185	12.182	14.038
V 前	5.396	6.862	8.491	9.978	11.462
V 後	5.000	6.303	7.742	9.107	10.438
$\Delta V$	0.396	0.559	0.749	0.871	1.024
$\Delta V/V$	0.068	0.069	0.074	0.072	0.073
百分比	6.8%	6.9%	7.4%	7.2%	7.3%

圖 3

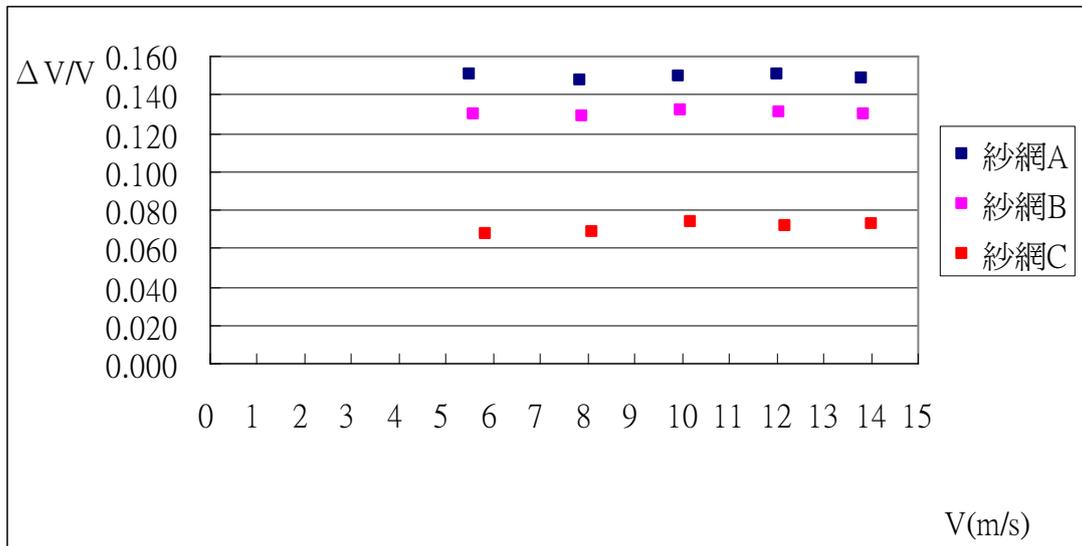


表 4

網徑	0.55	0.7	1.13
$\Delta V/V$	0.149	0.131	0.071
A	9283.368	10198.458	7125.102
$A/A'$	0.619	0.680	0.475

A：通風面積 A'：總截面積

圖 4-1

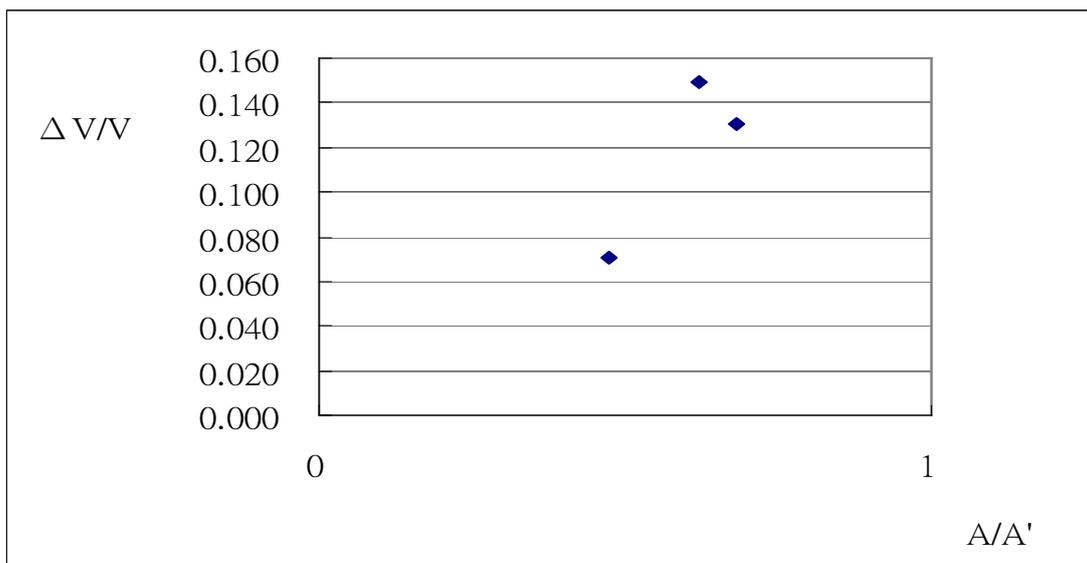
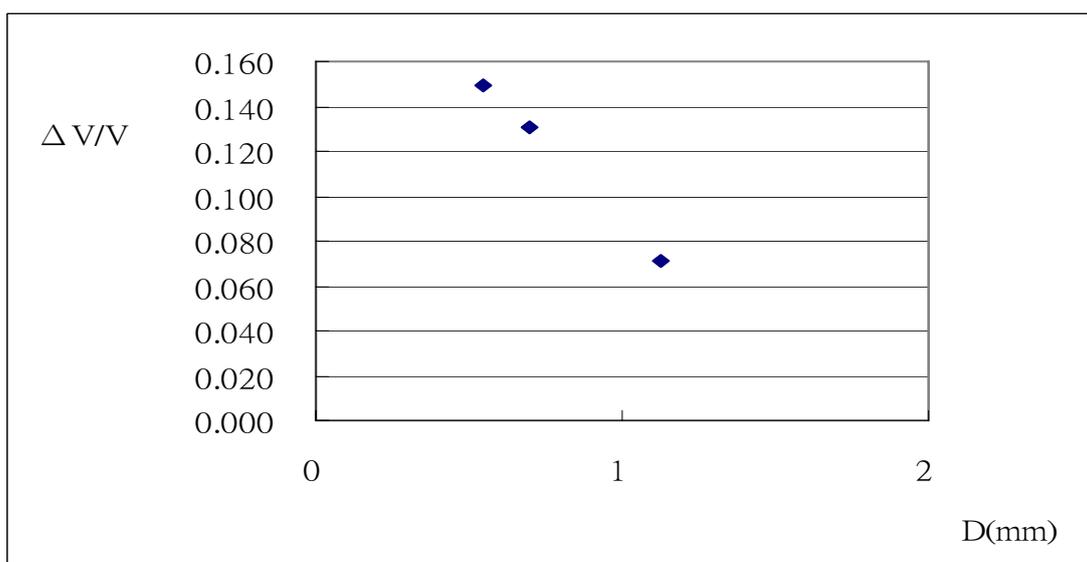


圖 4-2



## 五、討論：

### (一)軌跡拍攝：

1. 在第一個軌跡拍攝的實驗中，線香的溫度往往會造成紗網的扭曲變形，所以在紗網變形前的觀察時間不夠長。
2. 實驗室中些微的流體即會干擾到線香的流動，導致其軌跡路徑的不易拍攝。
3. 若能改進以上缺失，應該可以得到更好的軌跡觀察，有助於對本實驗的了解。

## (二)氣流：

1. 因為要方便 Pitot Tube 能夠移動，所以在風洞的 Test Section 下方挖了一條寬約 1 cm 的溝，造成第一次做的實驗數據全部錯誤，必須重新再做。
2. 第二次做實驗時，我們便利用膠帶將那條溝封起來，每當要移動 Pitot Tube 時，再將膠帶割開，等固定好 Pitot Tube 時再封一次。

## (三)氣流的補充：

1. 當氣體流動時，會因為截面的壓力分布而向壓力小的地方匯集，而壓力大的地方則形成風阻效應。

## (四)邊界層：

1. 一開始在試驗風洞的時候發現，把 Pitot Tube 移近 Model 或風洞的邊緣時，風速會劇烈降低。
2. 上述現象的成因是當氣體流過邊緣時會與壁面造成摩擦的邊界效應所致，並考慮流體的黏性，會吸附在邊界上，故在實驗二中我們決定將取樣的水平高度位置改在 Model 的中央高度處，以避免此類干擾。

## (五)實驗前的校正

1. 一開始先測量 model 在沒有紗網的狀態下，各點壓力值。
2. 得到結果： $\Delta V = 0$
3. 證實 model 的置入並不會造成前後壓力不均勻。

## (六)置入 model 的原因

1. 因為整個風洞是一個均勻流場，如果我們只是單純將紗網置於 test section 中間，並不加任何物體，紗網後端會受到整個流場的影響而不會有明顯壓差。
2. 所以我們製作了一個 model，刻意製造一個空間來穩定紗網後端的流場，以製造明顯的壓差。

## (七)風速快慢對同一紗網 $\Delta V$ 的影響

1. 由圖 2-2-2 和圖 2-2-4 以及圖 2-2-6 可以知道，當風速越快時， $\Delta V$  就越大越明顯。

## (八)網格密度

1. 在網線粗細相同的情況下，網格密度為單位面積內的網格數。
2. 因本實驗是建立在同一截面積的前提下，所以當網徑越大，網格密度便會越小，反之，網徑越小時，網格密度愈大。

證明：將 model 的長、寬邊長 $\div$ (單一網徑+網線寬度)，便會得到長、寬的格子數，相乘便是總格子數，應此當網徑越大，長、寬的格子數就會越少，總格子數就越少，網格密度變越小，網徑小則反之。

### (九)網格密度對風速造成的影響

1. 對入口風速和紗網前後端風速變化量，進行無因次化，發現在同一紗網密度時，無論入口風速為多少，其值均約為一個固定比例。
2. 當紗網網格密度越大時，這個比例值越大，網格密度越小則反之。(由紗網 A 和紗網 B 得知)

### (十)網徑大小對風速造成的影響

1. 實驗結果(圖 4-1)顯示，網徑越大時 $\Delta V$  越小，被阻擋下的風量也就越少，通風量就越大。
2. 網徑大小會影響風通過紗網的流量，由圖 2-2-2 所知在紗網 A 的結果中，在紗網後那一點的風速值明顯比紗網前那一點的風速值要來的低，而在圖 2-2-4 和圖 2-2-6 中，紗網 B 和紗網 C 的網徑漸大，而其風速差值便漸小。

### (十一) $A/A'$ (通風面積/總截面積)對風速造成的影響

1. 由(圖 4-2)知，在同一網線粗細下(紗網 A 和紗網 B)，網徑越小 $A/A'$  的值就越小， $\Delta V$  也就越大，但紗網 C 雖然網徑較大，因為其網線較粗，所以其 $A/A'$  為最小，而且其 $\Delta V$  較小。

### (十二)壓力分佈

1. 在實驗中，也發現在 Model 下方的風速甚大。
2. 其成因應該是紗網造成風阻效應，以致大部份的氣體均由 Model 下方流過，風速才會急遽升高。

### (十三)紗網 D 異於前兩紗網的討論

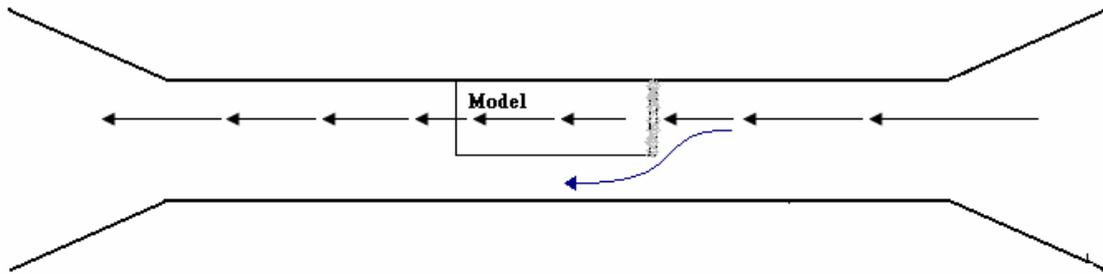
1. 由圖 2-2-5 看出，在紗網 D 前端風速並無明顯下降，由此可以推論紗網造成的風阻太小，以致於風阻的效應反而較因為模型厚度造成的截面積小導致風速變快的效應還小，以致紗網後的風速會較紗網前快。

### (十四)網徑與 $\Delta V/V$ 的比例關係

1. 本實驗中發現，網徑與 $\Delta V/V$  有一定的比例關係(圖 4-2)，礙於數據不足，無法確立其數學關係式，若能找出其關係式，往後只需做出一組紗網數據，便能推算其他紗網的結果，將能省下許多時間。

## 六、結論：

(一)當風從遠方吹向紗網時，紗網會因為網格密度大小形成不同強度的風阻，密度越大形成的風阻越大，阻擋下來的氣體也越多，密度越小則反之，因此當氣體流到紗網前時，速度已經明顯降下，後端接收的風速才會相較紗網前風速低。



1. 風從一開始便受到流場中網格密度所造成的風阻效應的影響，而速度漸慢。
  2. 當流到網前時，又受到網徑大小的影響使通風量減低。
  3. 藍色線表示當風受到紗網的影響時，一部份流過紗網，一部份從下方流過。
  4. 進入 model 後，風速略為回升。
  5. 當出 model 時，又與後方流場混合，使的風速先降低後回升。
  6. 最後在 model 後方，流場穩定，風速也趨於穩定。
- (二)本實驗發現，不同風速對同一紗網前後端的風速變化量會約略成為一個固定比例( $\Delta V/V$ )，這個比例不受入口風速的影響；亦即對同一紗網而言不論當時室外環境風速多大，其所造成的風速下降的比例值均不變。
- (三)由圖 4-1 和圖 4-2 發現，網徑大小和  $A/A'$  (通風面積/總截面積) 的值皆會影響  $\Delta V$  的大小，然而網徑大小的效應卻比  $A/A'$  的因素強，所以對  $\Delta V$  的影響主要是取決於網徑的大小。當網徑較大時，即使總通風面積比例較小，能通過的風速依然較大。
- (四)網格密度是造成風阻效應的主要原因，然而網徑大小影響風通過紗網的通風量，但它們同時會影響  $\Delta V/V$  的值。(由討論十和討論九知)
- (五)在往後關於紗網的實驗，只需做一組入口風速的實驗，便可藉本次實驗結果推論，在其他入口風速時，也會有相同的  $\Delta V/V$  值，進而直接算其  $\Delta V$ ，應此可省下不少時間。
- (六)當網徑大於 2mm 左右造成的風阻效應太小，因此風速並無太大的改變，建議可適合用於蚊蟲體積較大、較少的環境區域。

## 七、未來發展與展望

- (一)本實驗雖然是探討氣流通過紗網的現象，但應可推論一般性質的流體在通過網格狀障礙物時，皆會有類似的特性。
- (二)紗網前後的擾亂區域其分佈範圍似乎也和風速及紗網密度有關，應該是個值得再進行研究的主題。
- (三)本次實驗所用的網格形狀均為正方形，未來可以觀察不同幾何形狀的網格是否有不同的影響。
- (四)若風阻的形成確實源於紗網前後亂流的作用，也許我們可以設計出特殊立體形狀的網格以減少氣流通過時的亂流形成，進而降低風阻效應。

## 八、參考文獻

1. 流體力學(作者 江幫從)
2. 流體力學知多少(作者 苗君易 教授)
3. 流體力學導論(作者 Rbert W.Fox 和 Alan T.McDonald 翻譯 李基禎和郭鴻森)
4. 龍騰 高中物質科學物理篇(下)(龍騰文化事業公司 編印)
5. 圖二出處 <http://www.iaa.ncku.edu.tw/%7Ejmiu/main1.htm> (成功大學 流體力學實驗室)

附錄：實驗記錄

Channel 1	壓力(Pa)	電壓(volt)	Channel 2	壓力(pa)	電壓(Volt)
	20	0.764		20	0.860
	40	1.543		40	1.716
	60	2.345		60	2.514
	80	3.097		80	3.237
	100	3.897		100	3.957
	120	4.728		120	4.698
	140	5.505		140	5.447
	160	6.35		160	6.149
	180	7.199		180	6.897
	200	8.062		200	7.666
				220	8.460

附表 2-1

附表 2-2-1 無紗網 25Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.643	43.025	8.522
2	5	1.635	42.845	8.504
3	11	1.610	42.216	8.442
4	17	1.602	42.012	8.421
11	59	1.622	42.526	8.402
12	65	1.634	42.804	8.430
13	71	1.640	42.959	8.445
14	77	1.643	43.029	8.452
入口流速		1.845	43.892	8.536

附表 2-2-2 紗網 A 25Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	0.573	16.569	5.315
2	5	0.567	16.409	5.289
3	11	0.542	15.803	5.192
4	17	0.448	13.475	4.800
6	29	0.358	11.233	4.318
7	35	0.368	11.473	4.364
8	41	0.383	11.850	4.435
9	47.5	0.387	11.964	4.457
10	53	0.370	11.522	4.374
11	59	0.344	10.883	4.251
12	65	0.352	11.080	4.289
13	71	0.365	11.409	4.352
14	77	0.373	11.601	4.389
入口流速		0.887	18.260	5.506

附表 2-2-3 紗網 A 33Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.041	28.144	6.905
2	5	1.020	27.632	6.843
3	11	0.985	26.746	6.733
4	17	0.864	23.747	6.349
6	29	0.663	18.775	5.583
7	35	0.669	18.940	5.607
8	41	0.682	19.259	5.655
9	47.5	0.712	20.007	5.763
10	53	0.655	18.593	5.556
11	59	0.636	18.118	5.484
12	65	0.647	18.382	5.524
13	71	0.655	18.596	5.556
14	77	0.677	19.138	5.637
入口流速		1.583	36.895	7.826

附表 2-2-4 紗網 A 40Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.648	43.150	8.464
2	5	1.614	42.307	8.381
3	11	1.567	41.164	8.267
4	17	1.320	35.037	7.627
6	29	1.018	27.576	6.766
7	35	0.995	26.992	6.694
8	41	1.028	27.805	6.794
9	47.5	1.053	28.435	6.871
10	53	1.006	27.267	6.728
11	59	0.970	26.378	6.618
12	65	0.983	26.716	6.660
13	71	1.008	27.315	6.734
14	77	1.029	27.840	6.798
入口流速		2.422	59.325	9.924

附表 2-2-5 紗網 A 48Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	2.464	63.363	10.326
2	5	2.394	61.612	10.184
3	11	2.260	58.301	9.908
4	17	1.866	48.554	9.048
6	29	1.547	40.667	8.217
7	35	1.496	39.390	8.087
8	41	1.513	39.812	8.130
9	47.5	1.560	40.979	8.248
10	53	1.496	39.390	8.087
11	59	1.445	38.142	7.958
12	65	1.457	38.436	7.988
13	71	1.503	39.563	8.104
14	77	1.525	40.113	8.161
入口流速		3.464	87.185	12.031

附表 2-2-6 紗網 A 55Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	3.281	83.559	11.778
2	5	3.176	80.968	11.594
3	11	2.957	75.565	11.200
4	17	2.512	64.536	10.351
6	29	2.081	53.867	9.457
7	35	2.007	52.035	9.294
8	41	2.050	53.099	9.389
9	47.5	2.110	54.587	9.520
10	53	2.001	51.902	9.283
11	59	1.906	49.557	9.070
12	65	1.917	49.805	9.093
13	71	1.986	51.521	9.248
14	77	2.011	52.151	9.305
入口流速		4.507	115.076	13.822

附表 2-2-7 紗網 B 25Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	0.600	17.214	5.346
2	5	0.592	17.026	5.316
3	11	0.568	16.435	5.224
4	17	0.473	14.090	4.836
5	25	0.357	11.212	4.314
6	29	0.398	12.238	4.508
7	35	0.413	12.588	4.571
8	41	0.423	12.835	4.616
9	47.5	0.426	12.929	4.633
10	53	0.400	12.283	4.516
11	59	0.376	11.693	4.406
12	65	0.383	11.867	4.439
13	71	0.393	12.100	4.482
14	77	0.396	12.168	4.495
入口流速		0.902	18.676	5.568

附表 2-2-8 紗網 B 33Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.102	29.652	7.016
2	5	1.072	28.903	6.927
3	11	1.006	27.270	6.728
4	17	0.843	23.251	6.213
6	29	0.704	19.807	5.734
7	35	0.717	20.132	5.781
8	41	0.727	20.361	5.814
9	47.5	0.753	21.012	5.906
10	53	0.721	20.232	5.796
11	59	0.686	19.359	5.669
12	65	0.690	19.455	5.683
13	71	0.696	19.597	5.704
14	77	0.709	19.929	5.752
入口流速		1.603	37.427	7.883

附表 2-2-9 紗網 B 40Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.710	44.700	8.614
2	5	1.656	43.350	8.483
3	11	1.547	40.655	8.216
4	17	1.304	34.658	7.585
6	29	1.025	27.743	6.787
7	35	1.031	27.881	6.803
8	41	1.060	28.605	6.891
9	47.5	1.080	29.095	6.950
10	53	1.043	28.181	6.840
11	59	1.047	28.294	6.854
12	65	1.056	28.513	6.880
13	71	1.074	28.963	6.934
14	77	1.079	29.091	6.949
入口流速		2.445	59.939	9.975

附表 2-2-10 紗網 B 48Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	2.505	64.370	10.338
2	5	2.424	62.353	10.174
3	11	2.265	58.427	9.849
4	17	1.932	50.183	9.128
6	29	1.607	42.147	8.365
7	35	1.559	40.958	8.246
8	41	1.618	42.422	8.392
9	47.5	1.675	43.825	8.530
10	53	1.578	41.439	8.294
11	59	1.564	41.092	8.260
12	65	1.568	41.191	8.269
13	71	1.589	41.693	8.320
14	77	1.597	41.900	8.340
入口流速		3.480	87.626	12.061

附表 2-2-11 紗網 B 55Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	3.292	83.840	11.798
2	5	3.177	81.000	11.596
3	11	2.977	76.055	11.237
4	17	2.544	65.329	10.414
6	29	2.192	56.622	9.695
7	35	2.116	54.740	9.533
8	41	2.176	56.225	9.661
9	47.5	2.246	57.949	9.808
10	53	2.111	54.624	9.523
11	59	2.051	53.138	9.392
12	65	2.055	53.228	9.400
13	71	2.097	54.265	9.492
14	77	2.115	54.707	9.530
入口流速		4.533	115.781	13.864

基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	0.658	18.653	5.565
2	5	0.646	18.353	5.520
3	11	0.619	17.693	5.420
4	17	0.532	15.533	5.078
5	26	0.502	14.805	4.958
6	29	0.524	15.339	5.046
7	35	0.555	16.120	5.173
8	41	0.560	16.234	5.192
9	47.5	0.570	16.484	5.231
10	53	0.542	15.794	5.121
11	59	0.514	15.086	5.004
12	65	0.510	15.001	4.990
13	71	0.511	15.013	4.992
14	77	0.515	15.133	5.012
入口流速		0.968	20.438	5.825

基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.130	30.353	7.099
2	5	1.096	29.507	6.999
3	11	1.064	28.715	6.904
4	17	0.915	25.031	6.446
5	26	0.875	24.042	6.318
6	29	0.908	24.836	6.421
7	35	0.933	25.473	6.503
8	41	0.953	25.957	6.565
9	47.5	0.971	26.416	6.622
10	53	0.923	25.225	6.471
11	59	0.869	23.872	6.295
12	65	0.870	23.905	6.300
13	71	0.872	23.952	6.306
14	77	0.873	23.980	6.310
入口流速		1.685	39.621	8.110

附表 2-2-14 紗網 C 40Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.759	45.908	8.730
2	5	1.718	44.886	8.632
3	11	1.684	44.050	8.552
4	17	1.481	39.020	8.049
5	26	1.292	34.357	7.552
6	29	1.370	36.279	7.761
7	35	1.433	37.844	7.926
8	41	1.470	38.764	8.022
9	47.5	1.492	39.296	8.077
10	53	1.422	37.567	7.897
11	59	1.356	35.932	7.724
12	65	1.359	36.010	7.732
13	71	1.368	36.230	7.756
14	77	1.368	36.241	7.757
入口流速		2.540	62.485	10.185

附表 2-2-15 紗網 C 48Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	2.532	65.040	10.391
2	5	2.423	62.346	10.174
3	11	2.331	60.073	9.987
4	17	2.037	52.775	9.360
6	29	2.013	52.204	9.310
7	35	2.054	53.210	9.399
8	41	2.073	53.669	9.439
9	47.5	2.099	54.326	9.497
10	53	2.031	52.628	9.347
11	59	1.919	49.871	9.099
12	65	1.921	49.923	9.104
13	71	1.923	49.970	9.108
14	77	1.926	50.050	9.115
入口流速		3.546	89.395	12.182

附表 2-2-16 紗網 C 55Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	3.383	86.102	11.956
2	5	3.227	82.237	11.684
3	11	3.101	79.117	11.461
4	17	2.715	69.567	10.747
6	29	2.684	68.801	10.687
7	35	2.741	70.218	10.797
8	41	2.802	71.723	10.912
9	47.5	2.864	73.259	11.028
10	53	2.749	70.396	10.811
11	59	2.549	65.446	10.424
12	65	2.544	65.333	10.415
13	71	2.561	65.748	10.448
14	77	2.570	65.965	10.465
入口流速		4.642	118.703	14.038

附表 2-2-17 紗網 D 25Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	1.249	33.295	7.435
2	5	1.221	32.602	7.357
3	11	1.234	32.927	7.393
4	17	1.204	32.162	7.307
5	26	1.339	35.508	7.678
6	29	1.370	36.274	7.760
7	35	1.391	36.796	7.816
8	41	1.400	37.014	7.839
9	47.5	1.418	37.480	7.888
10	53	1.366	36.184	7.751
11	59	1.337	35.458	7.672
12	65	1.333	35.354	7.661
13	71	1.324	35.154	7.639
14	77	1.325	35.178	7.642
入口流速		1.637	38.323	7.976

附表 2-2-18 紗網 D 40Hz				
基準點	距離(cm)	電壓值(Volt)	壓力值(Pa)	流速(m/s)
1	0	2.512	64.537	10.351
2	5	2.480	63.759	10.288
3	11	2.462	63.296	10.251
4	17	2.426	62.417	10.179
5	26	2.844	72.755	10.990
6	29	2.862	73.194	11.023
7	35	2.902	74.201	11.099
8	41	2.882	73.695	11.061
9	47.5	2.839	72.626	10.981
10	53	2.735	70.062	10.785
11	59	2.690	68.951	10.699
12	65	2.697	69.113	10.712
13	71	2.729	69.909	10.773
14	77	2.756	70.584	10.825
入口流速		3.213	80.471	11.558