

屏東縣第 63 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：

風兒輕輕地吹—屏風效應的探討

關 鍵 字：風速、屏風效應

編 號：B2013

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

摘要

本研究使用電風扇貼近桌面模擬地面風，利用風速計測量實驗中量測的各區域風速。發現若地面風前方無障礙物存在，則風速會隨著距離越遠而風速越慢(呈現高度負相關)；若地面風前方有長型廊道存在，則廊道間距越近可造成廊道後方的風速較強(相較於無障礙物)；若地面風前方有兩棟大樓存在，則會造成地面風往上方移動，且兩棟大樓間距越近，可讓風上升距離越高。

壹、 研究動機

上地理課的時候老師提到因為台灣海峽具有屏風效應(狹管效應)，所以會造成澎湖群島的東北季風特別強盛，這個現象讓我們非常好奇。同時我們在兩棟大樓之間的時候也會感覺到強方吹襲，那麼當地面風吹起的時候，長廊道和高樓的風速是否也會有所改變呢?於是進行我們的實驗。

貳、 研究目的與問題

本研究目的聚焦於地面風吹起的時候，若經過長型廊道和高樓之間，其風速的改變。因此提出以下研究問題：

- 一、 以電風扇模擬地面風，其在無廊道或無高樓的時候，其風速隨著距離改變的狀況為何?
- 二、 以電風扇模擬地面風，若有廊道存在時，地面風進入廊道時其風速是否有所改變?若有改變，其廊道的寬窄是否會影響風速?
- 三、 以電風扇模擬地面風，若有兩棟大樓存在時，地面風進入兩棟大樓之間時其風速是否有所改變?若有改變，其兩棟大樓的間距寬窄是否會影響風速?

參、 文獻探討與分析

本研究文獻探討參考科學群傑廳，輸入關鍵字「屏風」、「狹管」、「狹道」等關鍵字，共找到 5 篇文獻，分別整理如下：

年分	作者	名稱	研究摘要
2013	謝仁祥、 劉琨庭、 蘇毓智	「風」迴路 轉-以氣流 與水流模 擬颱風過 山的路徑 變化	本實驗以氣流場模擬：氣流撞到不同角度之障礙物、及擋板可移動之水流場模擬：颱風通過台灣的偏移情形，並與實際颱風路徑比對、找尋原因。氣流場實驗發現，氣流與障礙物夾角 90 度時，會有最大的尾流區並產生渦流，夾角降至 20 度以下時則無渦流，顯示副低壓不易生成。水流場實驗發現，障礙物較深、漩渦移動速度慢、轉速小或範圍大者漩渦路徑偏移會越大；此外，漩渦進入障礙物的角度也影響漩渦路徑，<90 度時易直接通過，角度大不易通過，易被副低壓取代過山；大致而言，漩渦從北方通過時，常因漩渦被破壞及副低壓而南落，中央通過時因狹管效應

			而南落，再由背風側副低壓取代過山，下方通過時會因漩渦遭破壞而略為北抬；此結果與許多颱風實際路徑吻合。
2015	郭宜玟、 江怡臻、 吳昱輝、 蘇毓智、 黃婷湘	凌「雲」馭 「風」—以 霧化水分 子氣流場 模型，模擬 颱風在不 同環境下 的風場與 路徑變化	本研究開發霧化水分子氣流場模型，取代傳統水工實驗，以更貼近颱風構造的設計，應用於模擬颱風發展、雙眼牆、風場不對稱、狹管效應、副低壓影響及遇到障礙物的路徑變化等小尺度現象。實驗發現，高層輻散帶動低層輻合，增強到一定程度時出現風眼，類似真實颱風。瞬間提高風速會出現類似雙眼牆構造。當破壞風場的左側，帶動中心往西北偏移。狹管效應會使一側風速加快，造成中心偏移。模擬副低壓影響實驗中，東側的副低壓會使中心往東南偏移。氣場內放障礙物易在背風側產生漩渦，擋板越高越明顯。以臺灣地形障礙物進行實驗，北部通過的漩渦因狹管效應及風場不對稱南偏；中南部通過，先略南偏再北偏；大角度進入的漩渦也常受副低壓影響而偏向背風側。
2017	江東霖、 胡致翔、 游智鈞、 許藝璋、 顏嘉宏	音樂也能 滅火唷!! 新世代科 技滅火器	本實驗希望藉由聲波的反射、駐波、干涉等等原理特性，來發展出具備環保且安全的方式消滅火源，過程中我們利用藍芽無線技術與 Arduino 晶片結合應用，當收到藍芽發射訊號後，能透過 Arduino 發送所設計的低頻接收訊號(25Hz-50Hz)透過功率放大器，再由功率放大傳送到達單體，最後利用狹管效應(Valley effect)與揚聲器發出聲波，並產生高密度聲波，利用疏密波的密度高低，來有效的阻絕火源的擴散、和燃點的餘溫，讓此設計成功的具備有效率、低成本、零污染的聲波滅火器。
2018	鄭宇捷、 歐晉安、 顏廷諺、 鄭書恩、 洪常明、 項志偉	清涼來襲	本研究以通風、遮蔽陽光、煙囪效應、狹風效應等變項作為實驗主題，藉由 Arduino 和電子溫度模組測量及記錄溫度，嘗試找出適用在學校教室能降低室內溫度的方式，解決夏日炎熱之苦。實驗結果發現，室內通風良好能夠帶來的降溫效

			益最大，封閉的教室和開窗的教室在平均溫度能有3度的差距！其次是遮蔽陽光的照射，雖然平均溫度差距不如通風明顯（溫度差距小於1度），但是仍算有效；最後，我們參考了網路上熱門的（DIY 窮人冷氣機），製作前後端孔徑不同的「狹風板」對降溫同樣有幫助，在最炎熱的13:00到14:00間甚至可以有2度的溫差。
2022	陳禹睿、 翁維嘉、 黃煜翔、 林品諾、 彭曼妮、 張芷睿、 林育生	掀風倒谷 —都市風 場峽谷效 應的觀察 與研究	本實驗以透過實地走訪、文獻探討、模型操作，以觀察及分析了解造成新竹人困擾的都市峽谷效應，並希望透過各式實驗讓人們可以更了解這樣的地質現象，並可以了解哪些地點容易發生這樣的現象以小心安全。而本研究完成後發現當建物形狀符合風場、巷道狹窄至臨界點、街口面朝風及廣大處、周遭沒有可以阻止風運行的建物或巷道旁有許多排列整齊高樓的地方較容易出現峽谷效應。而在我們討論過後建議只要將建物距離加大、房屋間距統一且注意臨界值、巷頭巷尾統一寬度、設立告示牌提醒用路人或在建物興建時加入風道思考設計，即可防止峽谷效應對人們的傷害。

（資料來源：科展群傑廳）

文獻探討中發現大部分的研究傾向於台灣海峽的狹管(狹道)效應研究，證明東北季風為何在台灣海峽會有增強現象，同時預測颱風的路徑。另有一篇研究以狹管效應設計聲波滅火器，另有一篇文獻利用狹管效應製造致冷裝置。最讓我們感興趣的是陳禹睿等人(2022)所作之都是峽谷效應，探討城市地貌對於風速改變的影響。因此本研究聚焦於當地面風穿過狹窄巷弄與高樓的時候，其風速的變化，可擴充科展群傑廳之文獻資料。

肆、 研究設備

- 一、風速計(使用每秒鐘有多少公尺的傳速計算，m/s)。
- 二、電風扇
- 三、PP板
- 四、地面積5*5cm，長度為100cm的長方體構造*2座。

五、鐵尺

六、木板

伍、研究設計與分析

一、研究架構

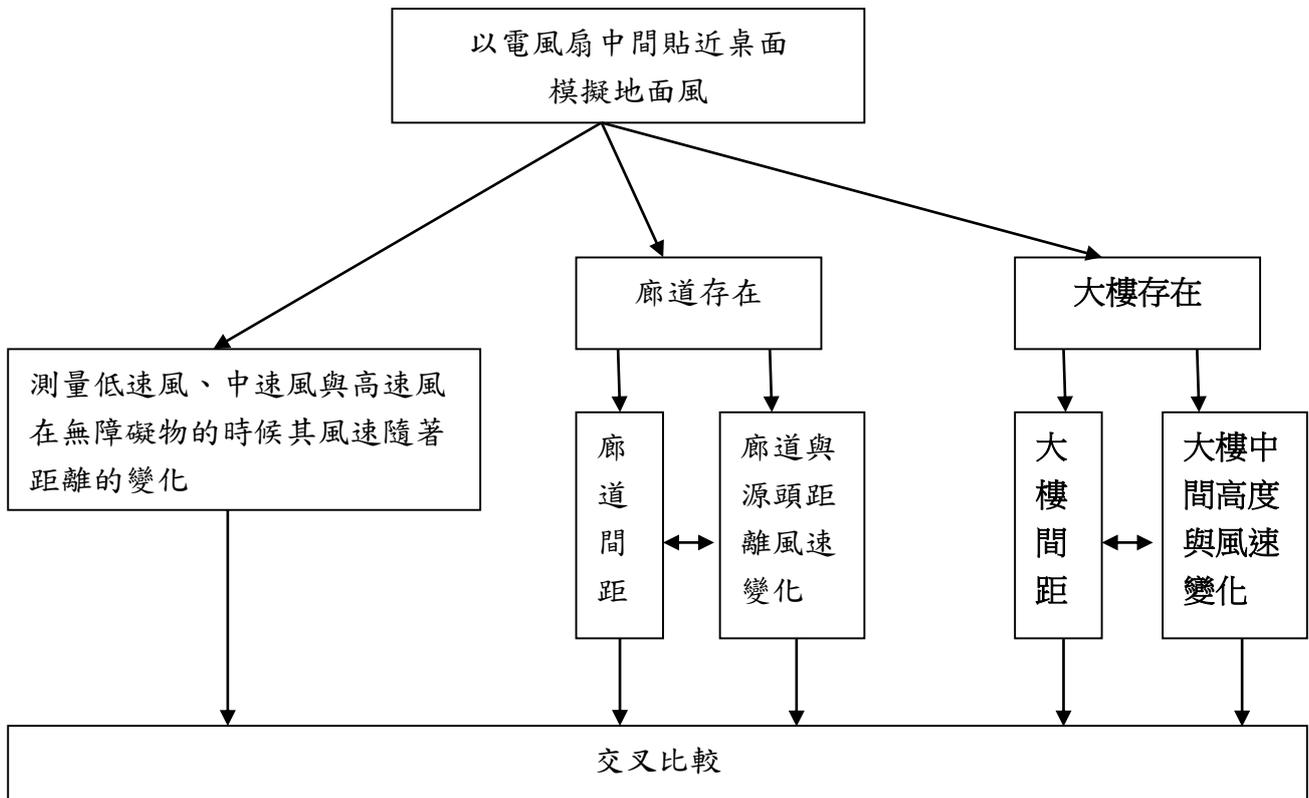


圖 5-1 研究架構設計

二、無障礙之風速分析 (如圖 5-1 所示)

1. 在電風扇源頭前量取 140 公分直線距離。
2. 在低速風下，每隔 10 公分使用風速計測量風速，單位使用 m/s，量至 140 公分處。
3. 在中速風下，每隔 10 公分使用風速計測量風速，單位使用 m/s，量至 140 公分處。
4. 在高速風下，每隔 10 公分使用風速計測量風速，單位使用 m/s，量至 140 公分處。

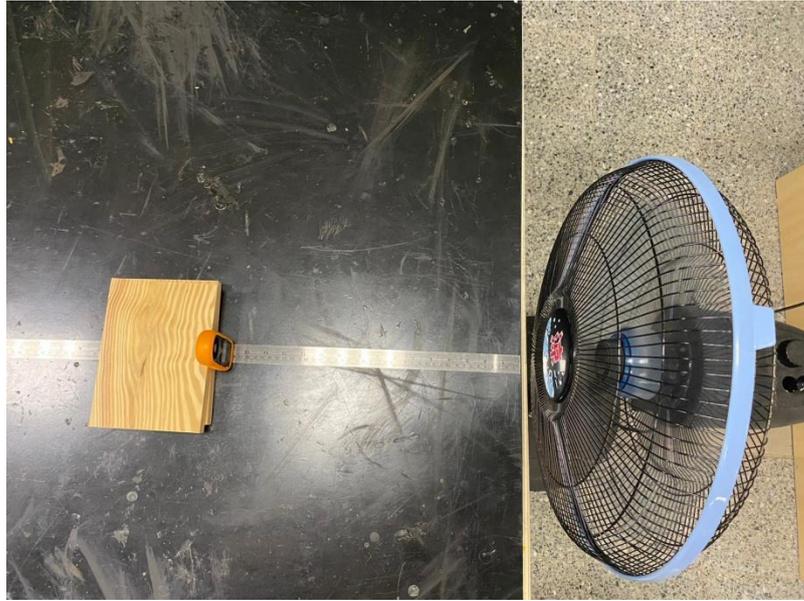


圖 5-1 無障礙之風速測量

三、廊道設計與風速分析

1. 製作底面積為 $5*5\text{cm}$ ，長度為 100 公分的長方體。
2. 放置兩個長方體位於電風扇源頭前方 40 公分處。
3. 首先將兩個長方體間距 20 公分，如下圖所示，在低速風下分別測量從源頭每隔 20 公分使用風速計測量風速，量至 140 公分為止。依次改成中速風、高速風測量。

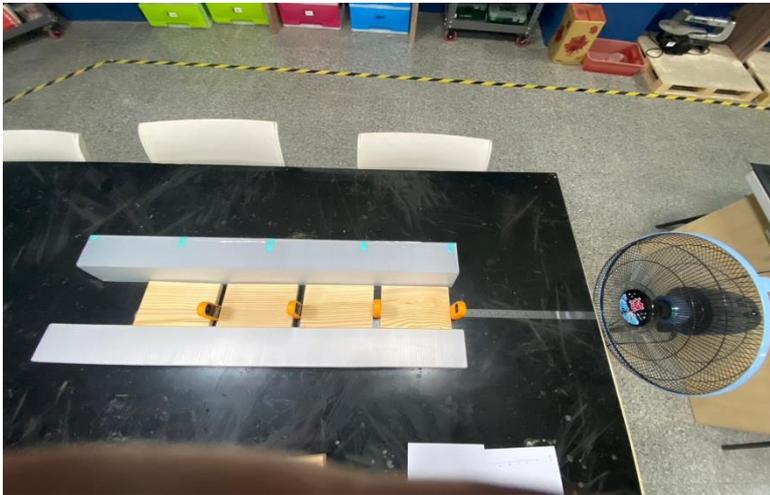


圖 5-2 廊道設計與風速測量

4. 再來將兩個長方體間距 40 公分，在低速風下分別測量從源頭每隔 20 公分使用風速計測量風速，量至 140 公分為止。依次改成中速風、高速風測量。
5. 最後將兩個長方體間距 60 公分，在低速風下分別測量從源頭每隔 20

公分使用風速計測量風速，量至 140 公分為止。依次改成中速風、高速風測量。

四、高樓設計與風速分析

1. 在電風扇源頭前方 40 公分處，放置兩個長方體(模擬大樓)(5*5*100cm)。
2. 將兩棟大樓相距 20 公分，於高速風下測量兩棟大樓中間 0 公分、10 公分、20 公分、30 公分、40 公分、50 公分、60 公分、70 公分、80 公分、90 公分、100 公分處的風速。(如右圖 5-3 所示)
3. 再來將兩棟大樓相距 40 公分，於高速風下測量兩棟大樓中間 0 公分、10 公分、20 公分、30 公分、40 公分、50 公分、60 公分、70 公分、80 公分、90 公分、100 公分處的風速。



圖 5-3 大樓設計與風速測量

陸、 研究結果與討論

一、 以電風扇模擬地面風，其源頭之低速風、中速風、高速風之風速分析

以風速計放置於電風扇的源頭，測量低速風、中速風、高速風的風速如下表 6-1、圖 6-1 所示。

表 6-1 以電風扇模擬地面風的源頭風速比較

風的類別	風速(m/s)
低速風	3.4
中速風	4.1
高速風	5.0

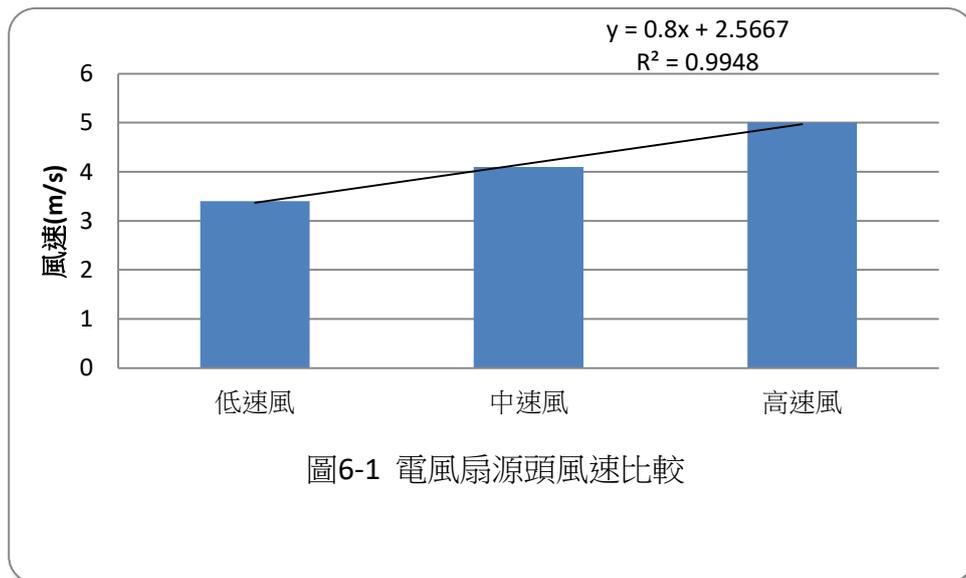


圖6-1 電風扇源頭風速比較

由上述資料分析可發現，低速風風速每秒 3.4 公尺、中速風風速每秒 4.1 公尺、高速風風速每秒 5.0 公尺，繪製成為線性關係圖，其風速大小與低、中、高風速呈現線性關係， R^2 為 .9948，屬於極高度正相關。

二、 低速風、中速風、高速風在任何障礙下之風速與距離之關係

此段分析在無任何障礙下，以電風扇模擬地面風的低速風、中速風與高速風從源頭開始隨著距離的增長，其風速的變化，結果如下。

(一) 低速風

表 6-2-1 低速風在無障礙下風速與距離之關係表

距離(cm)	風速(m/s)
0	3.4
10	3.4
20	3.4
30	3.2
40	3.1
50	3.0
60	2.8
70	2.6
80	2.4
90	2.2
100	2.1
110	2.1
120	2.0
140	1.6

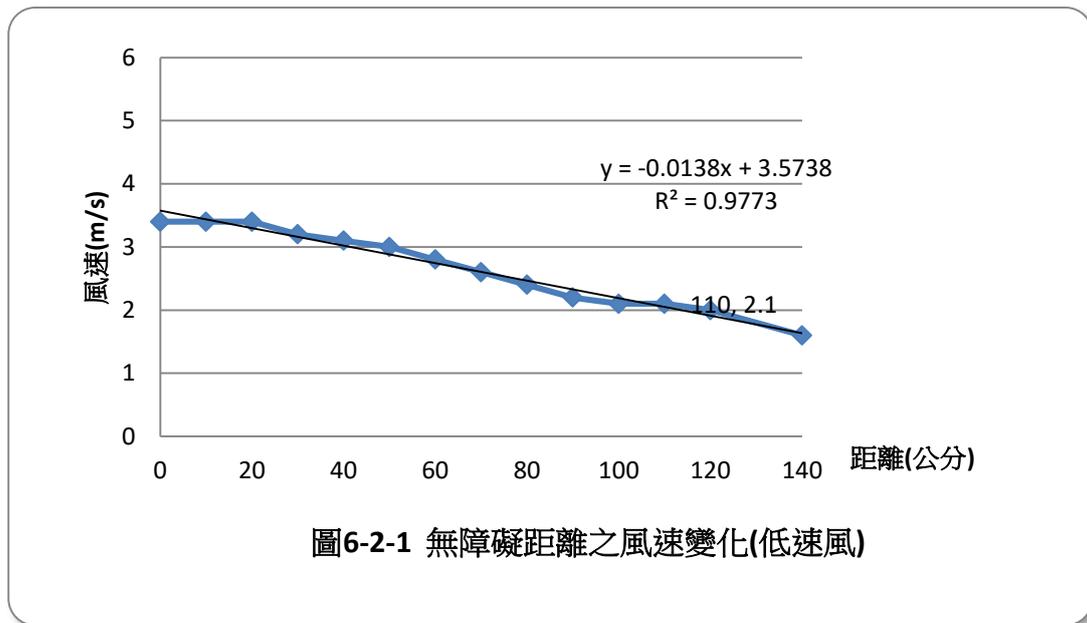


圖6-2-1 無障礙距離之風速變化(低速風)

(二) 中速風

表 6-2-2 中速風在無障礙下風速與距離之關係表

距離(cm)	風速(m/s)
0	4.1
10	4.1
20	4
30	3.9
40	3.7
50	3.5
60	3.4
70	3.0
80	3.0
90	2.8
100	2.7
110	2.5
120	2.4
140	2.0

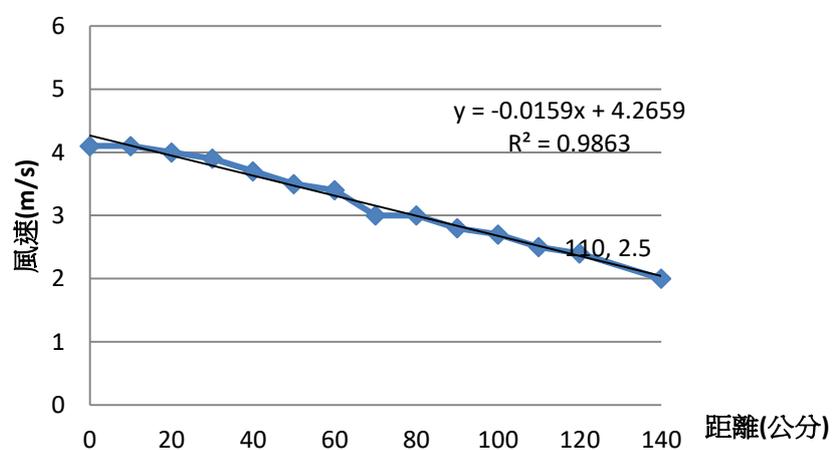


圖6-2-2 無障礙距離之風速變化(中速風)

(三) 高速風

表 6-2-3 高速風在無障礙下風速與距離之關係表

距離	風速(m/s)
0	5
10	4.8
20	4.7
30	4.5
40	4.4
50	4.1
60	4.0
70	3.6
80	3.4
90	3.0
100	3.0
110	2.7
120	2.5
140	2.3

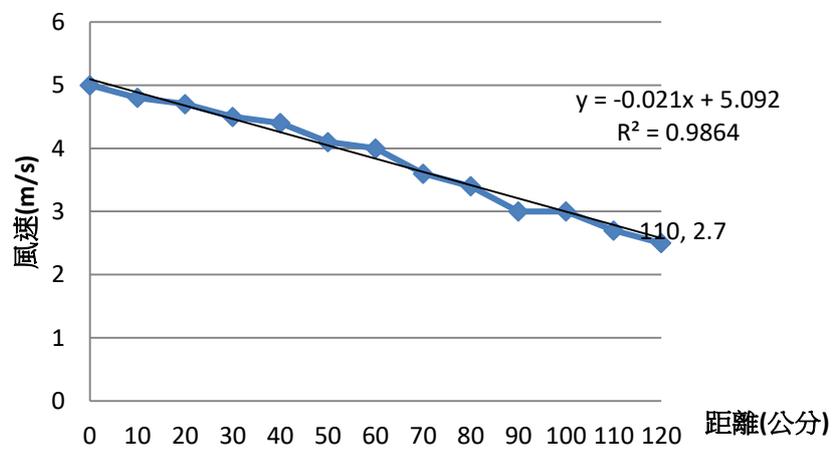


圖6--2-3 無障礙距離之風速變化(高速風)

(四) 無廊道與無高樓存在之不同風速隨著距離之風速變化比較

表 6-2-4 低速風、中速風、高速風在無障礙下風速與距離之關係表

距離(cm)	低速風速(m/s)	中速風速(m/s)	高速風速(m/s)
0	3.4	4.1	5
10	3.4	4.1	4.8
20	3.4	4.0	4.7
30	3.2	3.9	4.5
40	3.1	3.7	4.4
50	3.0	3.5	4.1
60	2.8	3.4	4
70	2.6	3.0	3.6
80	2.4	3.0	3.4
90	2.2	2.8	3.0
100	2.1	2.7	3.0
110	2.1	2.5	2.7
120	2.0	2.4	2.5
140	1.6	2.0	2.3
直線方程式與 R ²	y = -0.0138x + 3.5738 R ² = 0.9773	y = -0.0159x + 4.2659 R ² = 0.9863	y = -0.021x + 5.092 R ² = 0.9864
末端/源頭的風速%	47.06%	48.78%	46.00%

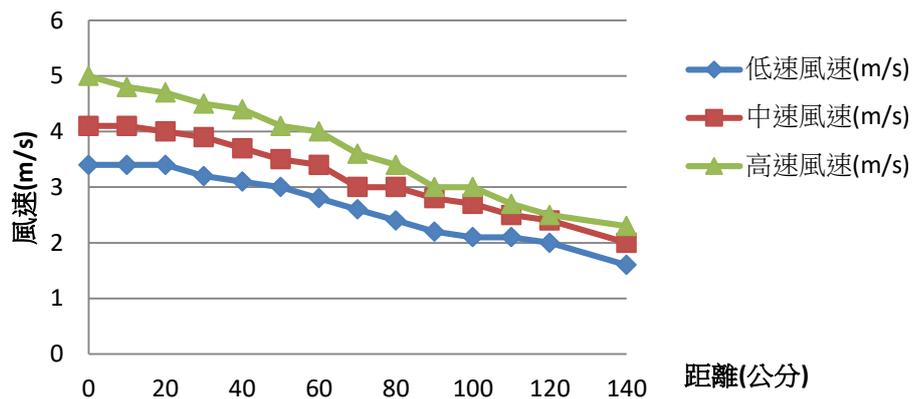


圖6-2-4 無障礙之不同風速與距離變化

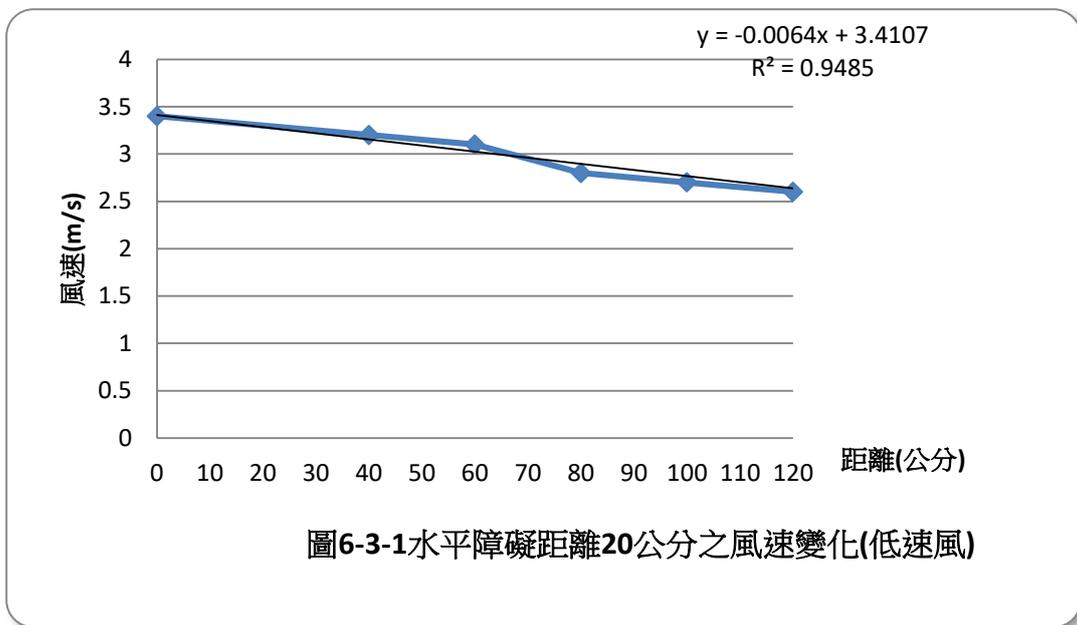
由此段分析可發現，低速風、中速風與高速風都會隨著傳遞距離越遠而風速減弱，且皆成為線性關係，R2 都達到.9 以上，屬於極高度負相關。

三、 不同風速下的長廊道(屏風效應)探討

(一)低風速下 100 公分長廊道間距 20 公分、間距 40 公分、間距 60 公分

表 6-3-1 低速風下測量不同廊道間距之距離與風速

與源頭距離(公分)	廊道間距 20 公分	廊道間距 40 公分	廊道間距 60 公分
0	3.4	3.4	3.4
40	3.2	3.2	3.2
60	3.1	3.1	2.8
80	2.8	2.7	2.6
100	2.7	2.5	2.2
120	2.6	2.4	1.8
140	2.6	2.4	1.6
直線方程式與 R ²	$y = -0.0064x + 3.4107$ $R^2 = 0.9485$	$y = -0.0083x + 3.4545$ $R^2 = 0.9337$	$y = -0.0148x + 3.627$ $R^2 = 0.9572$
末端/源頭的風速%	76.47%	70.59%	47.06%



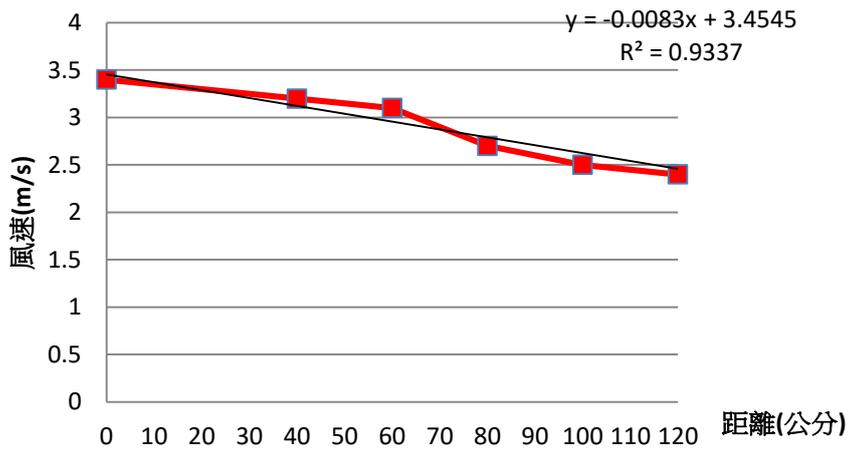


圖6-3-2水平障礙距離40公分之風速變化(低速風)

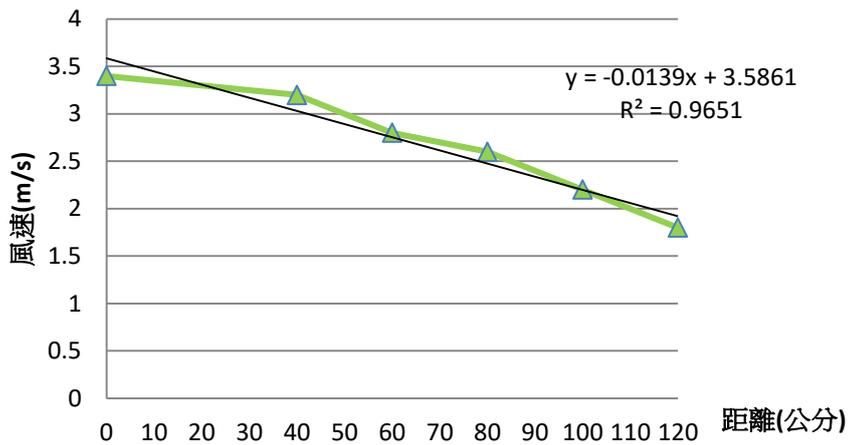


圖6-3-3水平障礙距離60公分之風速變化(低速風)

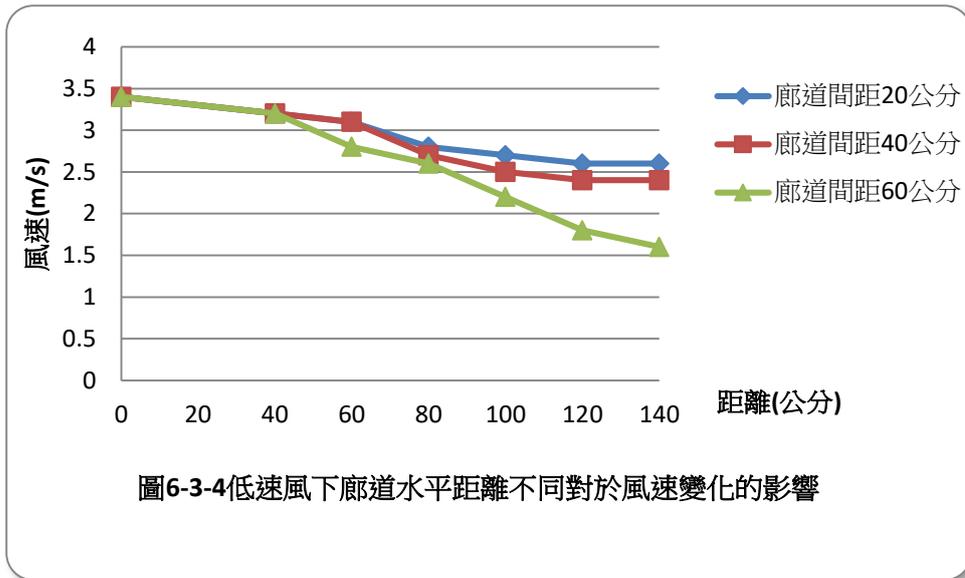


圖6-3-4 低速風下廊道水平距離不同對於風速變化的影響

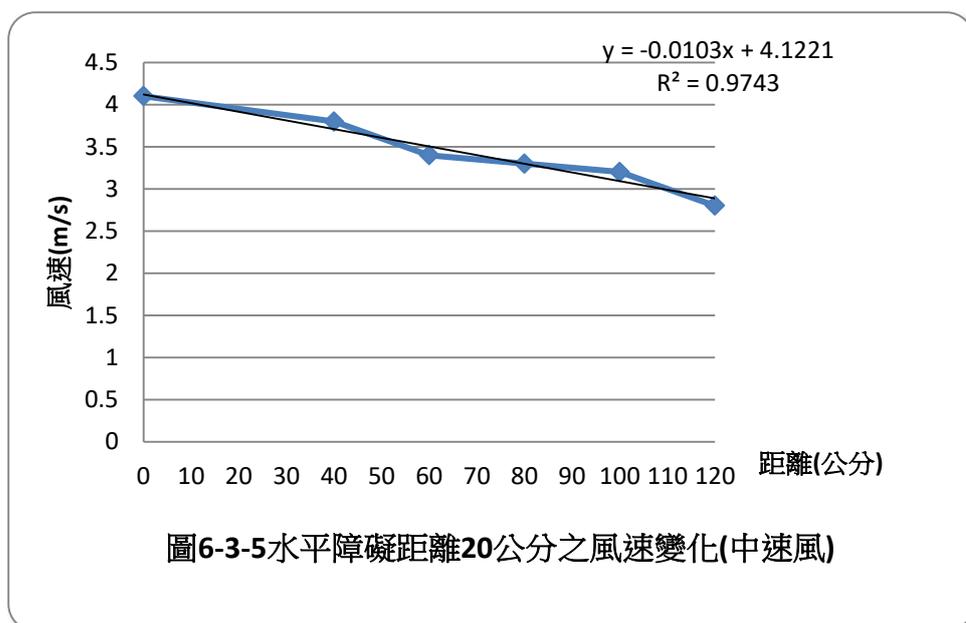
在低速風有 100 公分廊道的狀況下，發現以下幾點：

1. 風穿越廊道的距離越長，其風速越低，皆呈現負相關， R^2 皆達.9 以上，屬於高度負相關。
2. 廊道的間距越大，其風速隨著與源頭的距離越遠而風速越低的現象越明顯。
3. 廊道的間距 20 公分，其末端的風速約剩源頭的 76.47%；廊道的間距 40 公分，其末端的風速剩源頭的 70.59%；廊道的間距 60 公分，其末端的風速剩源頭的 47.06%。

(二)中風速下 100 公分長廊道間距 20 公分、間距 40 公分、間距 60 公分

表 6-3-2 中速風下測量不同廊道間距之距離與風速

距離(公分)	水平障礙 20 公分	水平障礙 40 公分	水平障礙 60 公分
0	4.1	4.1	4.1
40	3.8	3.6	3.6
60	3.4	3.2	3.2
80	3.3	2.9	2.8
100	3.2	2.9	2.7
120	2.8	2.5	2.4
140	2.7	2.5	2.2
直線方程式與 R ²	$y = -0.0103x + 4.1221$ $R^2 = 0.9743$	$y = -0.0119x + 4.0184$ $R^2 = 0.9594$	$y = -0.0139x + 4.0734$ $R^2 = 0.9851$
末端/源頭的風速%	65.85%	65.85%	53.66%



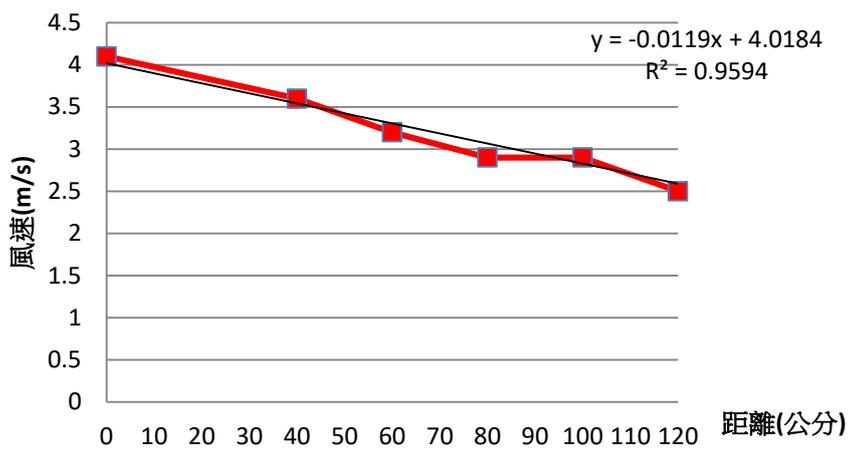


圖6-3-6水平障礙距離40公分之風速變化(中速風)

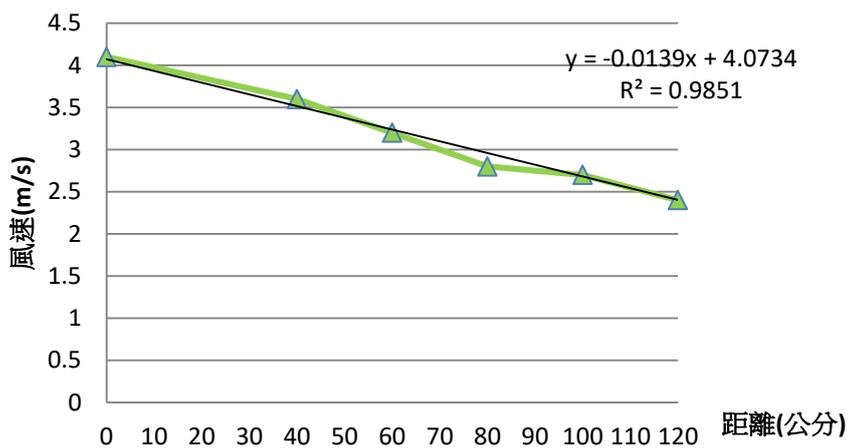


圖6-3-7水平障礙距離60公分之風速變化(中速風)

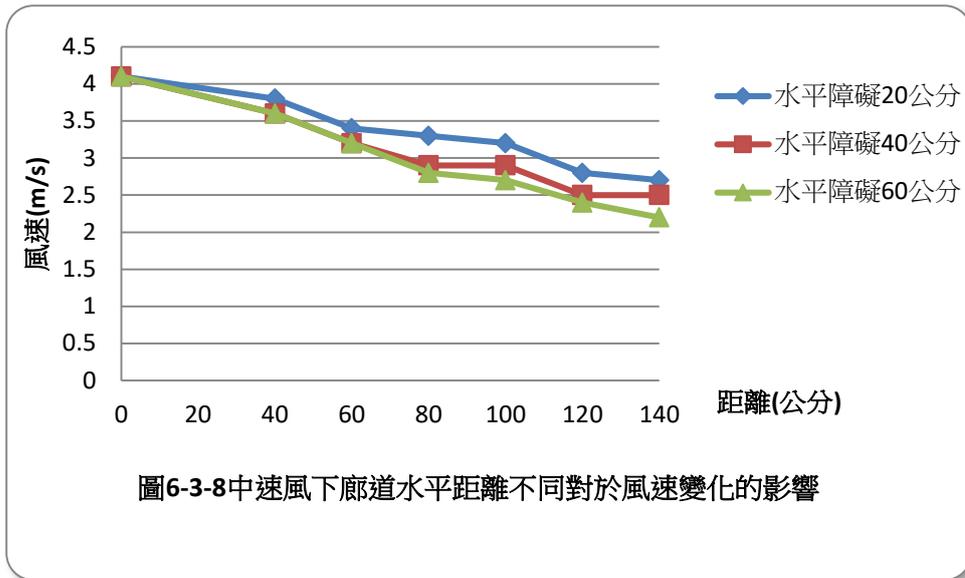


圖6-3-8中速風下廊道水平距離不同對於風速變化的影響

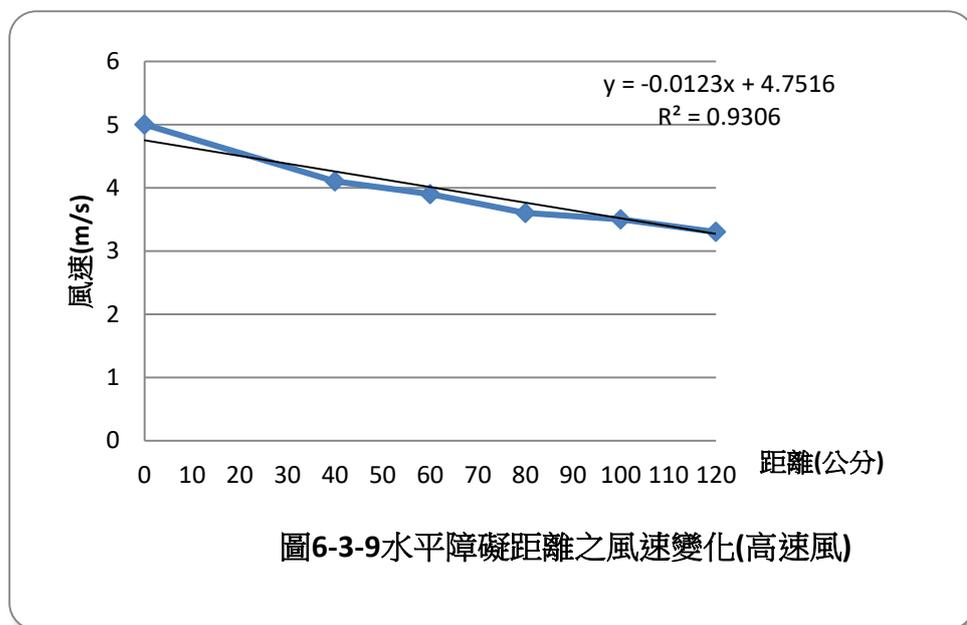
在中速風有 100 公分廊道的狀況下，發現以下幾點：

1. 風穿越廊道的距離越長，其風速越低，皆呈現負相關， R^2 皆達.9 以上，屬於高度負相關。
2. 廊道的間距越大，其風速隨著與源頭的距離越遠而風速越低的現象越明顯。
3. 廊道的間距 20 公分，其末端的風速約剩源頭的 65.85%；廊道的間距 40 公分，其末端的風速剩源頭的 65.85%；廊道的間距 60 公分，其末端的風速剩源頭的 53.66%。

(三)高風速下 100 公分長廊道間距 20 公分、間距 40 公分、間距 60 公分

表 6-3-3 高速風下測量不同廊道間距之距離與風速

距離(公分)	水平障礙 20 公分	水平障礙 40 公分	水平障礙 60 公分
0	5	5	5
40	4.1	3.8	3.8
60	3.9	3.6	3.7
80	3.6	3.4	3.2
100	3.5	3.1	2.8
120	3.3	2.9	2.6
140	3.2	2.8	2.5
直線方程式與 R ²	y = -0.0123x + 4.7516 R ² = 0.9306	y = -0.0119x + 4.0184 R ² = 0.9594	y = -0.0178x + 4.7467 R ² = 0.9521
末端/源頭的風速%	64.00%	56.00%	50.00%



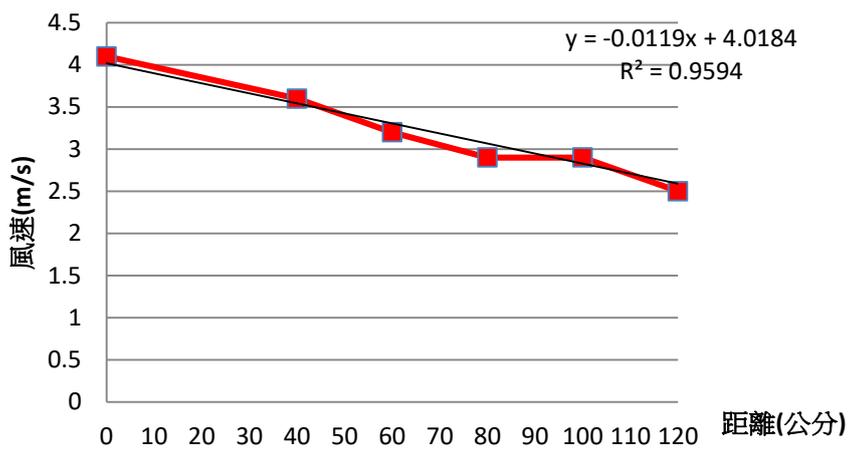


圖6-3-10水平障礙距離之風速變化(高速風)

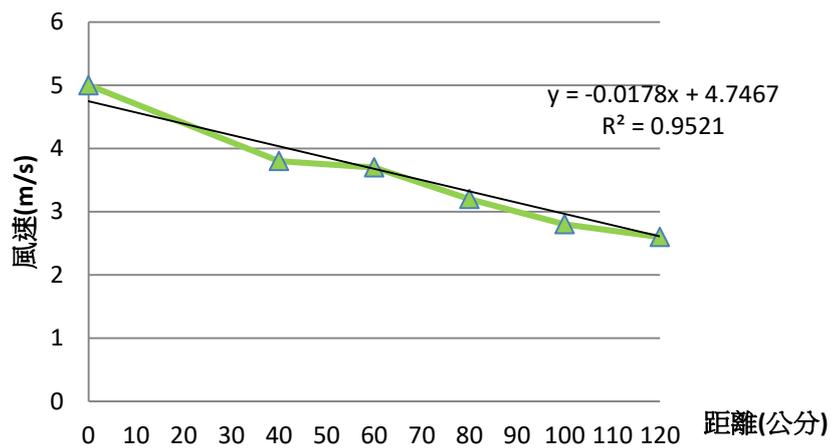
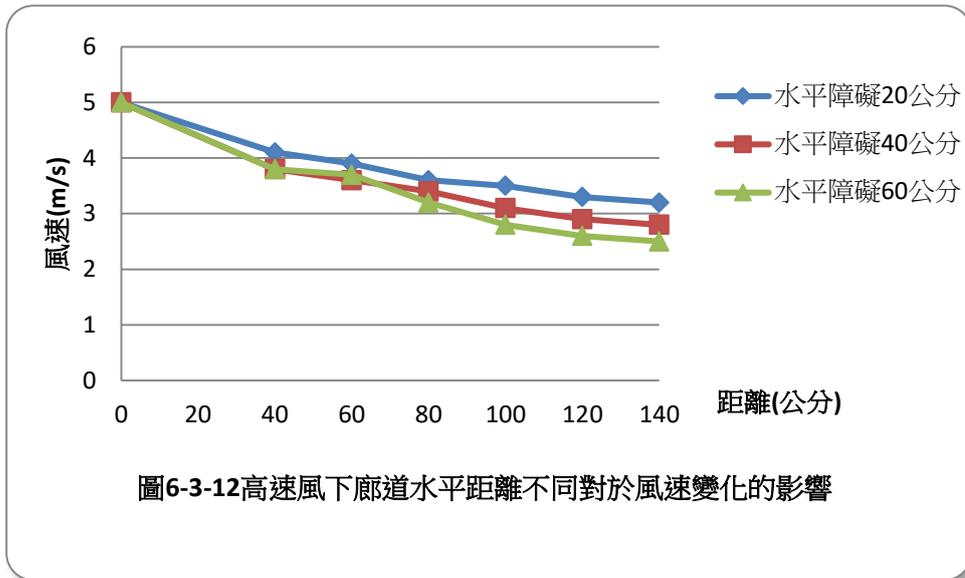


圖6-3-11水平障礙距離60公分之風速變化(高速風)



在高速風有 100 公分廊道的狀況下，發現以下幾點：

1. 風穿越廊道的距離越長，其風速越低，皆呈現負相關， R^2 皆達.9 以上，屬於高度負相關。
2. 廊道的間距越大，其風速隨著與源頭的距離越遠而風速越低的現象越明顯。
3. 廊道的間距 20 公分，其末端的風速約剩源頭的 64.00%；廊道的間距 40 公分，其末端的風速剩源頭的 56.00%；廊道的間距 60 公分，其末端的風速剩源頭的 50.00%。

四、 不同風速下，有高樓屏障(屏風效應)的存在下之比較分析

*說明，本段研究直接以最高風速進行

本段研究在高速風下，兩棟 100 公分高樓水平相距 10 公分、20 公分、40 公分之不同高度位置之風速比較，其結果如下。

表 6-4-1 高速風下測量不同大樓間距之高度與風速

高度距離(公分)	垂直障礙 (水平 10 公分) 風速(m/s)	垂直障礙 (水平 20 公分) 風速(m/s)	垂直障礙 (水平 40 公分) 風速(m/s)
0	5.0	5.0	5.0
10	6.2	5.8	5.2
20	5.9	4.9	4.5
30	4.9	3.9	3.5
40	3.8	2.8	2.3
50	2.7	1.7	1.2
60	1.6	1.1	0
70	1.2	0.8	0
80	0.6	0	0
90	0	0	0
100	0	0	0

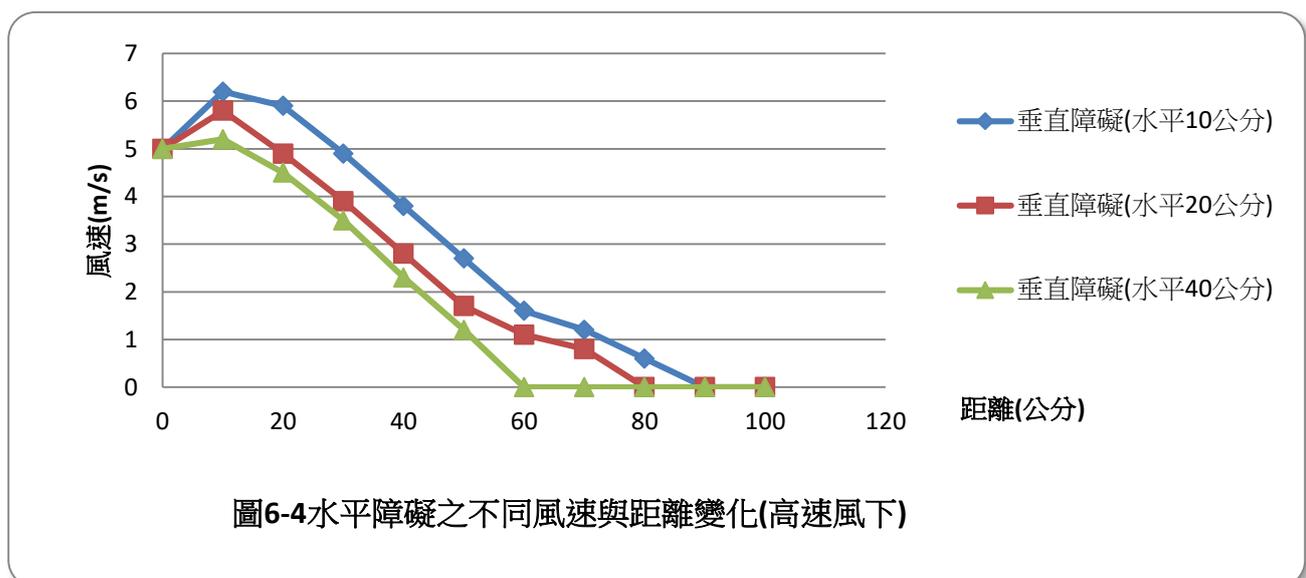


圖6-4水平障礙之不同風速與距離變化(高速風下)

此段研究發現以下幾點：

1. 隨著高度越高，風速越趨下降。
2. 水平距離 10 公分的兩棟大樓在 90 公分高時無法測得風速；水平距離 20 公分的兩棟大樓在 80 公分高時無法測得風速；水平距離 40 公分的兩棟大樓在 60 公分高時無法測得風速。
3. 大樓的距離越近，可將地面風往上推高並加強風速至 10~20 公分處。

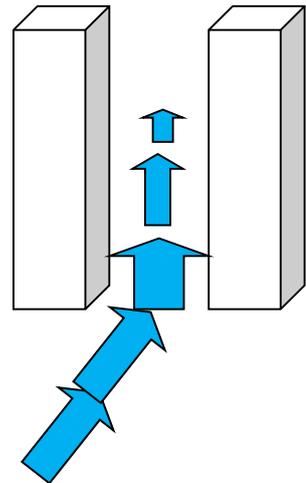
柒、 研究綜合討論

一、長廊道存在的狀況下，會增強風速還是降低風速？

根據理論的狹管效應，風經過長廊之後應該會有增強風速的現象。可是在我們長廊間距 20 公分、40 公分、60 公分的狀況下傳至最後 140 公分處，與源頭比較起來都是降低風速，僅為源頭的 6 成到 7 成風左右。可是若是跟完全沒有長廊障礙物出現的狀況下比較起來，其傳至 140 公分處僅剩下源頭的 5 成左右。所以我們認為長廊道的存在仍有利於保留較多的風流動。

二、有高度的垂直障礙物(大樓)存在下，可能存在的風流模型為何？

如右圖所示，當地面風吹進兩棟大樓之間時，除了直接穿越過兩棟大樓的風之外，也會造成風往上方流動，呈現兩棟距離越短，可爬升的風高度越高的現象。



三、未來研究方向為何？

1. 除了平行的廊道以外，可以做聚集型廊道和擴散型廊道，分析不同的縮口張口程度的廊道效應是否不同。
2. 在垂直的兩棟大樓之間，除了測量往上高度的變化外，也可測量地面方向兩棟大樓之間穿透到後方的風速大小，更能建立風流模型。

捌、 研究結論

一、 無障礙的壯況下，以電風扇模擬地面風，其風速會隨著距離源頭越遠而風速變慢。本研究找出 Y(風速)、X(離源頭前方距離)的關係式為：

(一)低速風狀況下： $y = -0.0138x + 3.5738$ ， $R^2 = 0.9773$

(二)中速風狀況下： $y = -0.0159x + 4.2659$ ， $R^2 = 0.9863$

(三)高速風狀況下： $y = -0.021x + 5.092$ ， $R^2 = 0.9864$

二、 無障礙的壯況下，距離源頭 140 公分之風速保留百分比如下：

風速別	低速風	中速風	高速風
末端/源頭的風速%	47.06%	48.78%	46.00%

三、 若地面風前方有廊道存在，則廊道的距離會影響傳遞的風速改變。廊道間距距離越短，傳至最後方的風速保留%越高。

風速別	低速風			中速風			高速風		
	廊道間距	20cm	40cm	60cm	20cm	40cm	60cm	20cm	40cm
末端/源頭的風速%	76.47	70.59	47.06	65.85	65.85	53.66	64.00	56.00	50.00
	%	%	%	%	%	%	%	%	%

四、 若地面風前方有兩棟高樓存在，會造成穿過大樓中間的風往上流動(造成上方 10~20 公分處之風速較地面風強)。且兩棟大樓的距離越近，可讓地面風上升的高度越高。

玖、 參考文獻

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=10142>

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=12556>

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13737>

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=19874>

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=15406>