

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

030509

風吹砂—大風吹模擬沙子沉降實驗

學校名稱：屏東縣立中正國民中學

作者： 國二 黃柏丞 國二 王啟安 國二 徐宏武	指導老師： 邱昱智 陳亮竹
---	-----------------------------

關鍵詞：高屏溪揚塵、沙子沉降、擾流板

摘要

本實驗是用電風扇當作風源，針對揚塵的落沙量及落沙區域進行縮小規模的模擬實驗。目的是找到擾流板的角度與間隔的搭配，期望能在揚塵發生時，透過擾流板將落沙的範圍縮小。

我們測量後確定風速衰退與距離有著高度相關的關係，風速衰退又會加速沙子的沉降。所以只要找出角度和間距的最佳組合，就可以有效著攔阻飛砂。

根據我們的數據，我們發現間隔對加速落沙沉降的影響比角度還要大。且有擾流板遮蔽時，落沙量都較無遮擋時集中。其中使落沙區域縮小最有效的組合是 60 度的夾角搭配 15 公分的間隔，這樣的搭配可以使落沙區域較無遮擋時減少 16.7%。但如果是要阻擋砂子或是有效將沙子集中，最有效的搭配是 120 度的夾角搭配 15 公分的間隔，可比無遮擋時增加約 10%。

壹、前言

一、研究動機

近幾年，屏東市區一到冬季，空氣品質就會明顯轉差，其中有一部分的原因跟高屏溪的揚塵有關係。身為屏東在地小孩，我們想要為屏東盡一份心力。我們希望可以作個裝置，讓空氣中的沙塵可以進行初步的沉降，讓冬天的屏東不再灰濛濛的。

二、文獻回顧

1. 歷屆科展得獎作品

表 1. 2006 全國科展得獎作品摘要

風殺竹塹—新竹市沙塵暴的探討	
年份：2006	作者：李抒敏、裘惟欣、蔡承諭、黃夢堯
<p>新竹以東北季風名聞台灣。近幾年我們發現這美麗的風城一到十月份頭前溪河床上的沙被強勁的季風吹入新竹市，讓新竹壟罩在宛如小型沙塵暴的漫天風沙中，這景象令人擔憂。經過我們研究先以吸管束成風洞裝置，風扇為風源模擬河邊自然風的實驗發現 2cm 長的吸管便可達到風洞效果使風保持平穩，在控制風角度的實驗中以 40 度的風向最符合我們發現溪邊的沙丘角度。在沙量的實驗，我們改變風速，發現地表風速在 2.5m/s 以上，表面的沙子會飛走。定沙實驗以覆蓋洗衣網的效果最佳，能定住 92.2%。防風牆 1/2 圓弧具較佳的定沙效果，一層則可定住 88% 的沙，3 層即可達到幾乎百分之百定沙。另外一層柵欄與風向的角度約 60 度與沙面的角度約 135 度可定住 54.5% 的沙。在撒水的實驗中只要 0.5% 的水就可以定住 70% 的沙子，推測水的定沙原理不是靠水的重量是因水的存在增加沙粒間的吸引力。最後，我們實地觀察測量提出沙塵暴的防治可分三方面進行：</p> <p>一、頭前溪左岸應以定沙管理為主；高灘地或民眾休憩的河濱公園的開發應設在右岸。二、定沙管理分兩部份：一是有條件開放農民種植低污染的農業如牧草，一是計畫性的設置定沙柵及定沙牆與覆蓋沙面。三、採砂與運送要利用科學方法：加裝噴霧器噴水或密閉式運送，可節省可觀的砂石與降低環境的汙染。</p>	

表 2. 2005 全國科展得獎作品摘要

討論十年來大陸沙塵暴對台灣之影響與變化趨勢	
年份：2005	作者：俞安
<p>本研究中收集了十年來懸浮顆粒資料，配合環保署空氣品質監測站、中央氣象局所觀測的資料與美國太空總署的衛星影像資料及 NASA 航空資源實驗室的氣流軌跡回推圖，希望能夠在早期觀測時發現大陸地區沙塵暴訊息，和沙塵暴所帶至大氣中的懸浮顆粒可能傳輸路徑。發生沙塵暴侵臺事件的季節，主要在春季及秋冬兩季交替期間發生的次數為最多。由地面天氣圖表、氣流軌跡回推圖及美國太空總署的衛星影像進行綜合比對之後，大致可瞭解大陸沙塵可能的移動路徑與大氣環流特徵有關。在聖嬰現象 (El Nino) 發生時，侵襲臺灣的沙塵暴次數與懸浮量會減少。在「反聖嬰現象」 (La Lina) 發生時，侵襲臺灣的次數與強度相對增加。經由時間序列分析中得知，懸浮顆粒高峰期的變化有 1 年期及 6 個月變化趨勢，懸浮顆粒低峰期的週期變化有 2.2 年與 7 個月的變化趨勢，顯示短週期大氣懸浮顆粒變化應與季節變化有關，長期性變化或許與聖嬰反聖嬰週期有關連。</p>	

表 3. 2018 全國科展得獎作品摘要

「清」出於「蘭」- 宜蘭地區之氣粒狀污染物於不同時間尺度下之研究	
年份：2018	作者：呂柏諺;何昌倫;李德威
<p>雪隧通車後，宜蘭居民對於遊客增加及房地產價格飆漲有深切感受，而近年環保意識抬頭、群眾更關切空污議題，我們當然也不例外。我們以宜蘭、冬山測站為研究測站，並以空氣品質指標污染物為研究對象，後以不同時序作分析。其中，在逐時的研究裡，氮氧化物、臭氧受光化學反應的影響甚大；二氧化硫則較多來自於工業區的固定污染源，並易受海陸風吹拂而影響其動向；而懸浮微粒及細懸浮微粒的逐時變化量並不明顯，但只要屬境外移入的沙塵事件發生，便會使污染物濃度在 2~3 天內維持較高的狀態。未來，我們希望將近來關注度頗高的議題「深澳火力發電廠的重啟與否？」納入研究，試圖探討其對宜蘭地區是否有重大影響，並提出相關建議。</p>	

2. 屏東懸浮微粒來源

由於南部地區空氣品質不良之情形多發生在初春及冬季(1月至4月及10月至12月)，主要於冬天的東北季風挾帶境外污染物及全國中北部污染物往南吹，而高屏空品區受中央山脈阻隔之影響，東北季風過山後易於南部地區形成下沉有逆溫之大氣狀態，不利於污染物之擴散，再加上大高雄地區工廠林立與車輛集中，污染排放累積，導致此季節較易出現空氣品質不良之狀況。

3. 高屏溪揚塵

高屏溪沿岸沙塵暴 住家灰頭土臉〔記者洪臣宏／高雄報導〕

高屏溪因五月大雨帶來細沙，經曝曬乾燥，這兩天受「鸚鵡」颱風外圍環流影響，高屏沿岸揚起漫天沙塵，住戶抱怨住家「灰頭土臉」。水利署第七河川局表示，正進行水覆蓋、植被等工程抑制揚塵，但高屏河流域範圍太大，無法面面俱到。

林園區雙園大橋至水管橋一段，前天沙塵蔽天，沒想到大樹區斜張橋一帶昨天也發生同樣狀況，沿岸居民直呼「是沙塵暴嗎？」抱怨住家都是灰塵，開車經過附近路段也會揚塵，空氣品質差，這樣的情況經常發生卻不見改善，更有人建議政府開放採砂石，減少溪床砂石量。

水利署第七河川局局長李宗恩表示，南部地區五月廿日左右下起大雨，為高屏溪帶來大量細沙，經過近月來曝曬乾燥，這一、兩天受到「鸚鵡」颱風外圍環流影響，才會揚起沙塵。

根據高市府、屏東縣府環保單位揚塵通報，高屏溪沿岸昨天上午十時 CCTV（遠端即時影像監視系統）畫面顯示，斜張橋河段已出現河川揚塵，屏東端測站顯示尚未影響沿岸村里，里港大橋河段一度出現瞬時 PM10 濃度十五·六微克揚塵，南水局立即進行高屏堰裸露地揚塵抑制作業，七河局也對屏東縣里港鄉、高雄大樹區進行周邊預防性揚塵抑制作業，防止二次捲揚。

從近幾年的科展作品中，不難看出一個共通點，就是研究者都是從分析污染物的角度出發。但是真的有防治，或是改善空氣品質的研究比較少。這更激起了我們的鬥志。

從文獻中也可以知道，目前政府處理揚塵主要有兩種方式：1. 種植植被減少裸地面積；2. 灑水減少揚塵。其中種植植被可以視為比較一勞永逸的方式，而灑水比較偏向治標不治本。而我們的目標是想找到讓大部分沙子可以沉降的一種裝置，一旦裝置做好之後，只要風中沙子經過此裝置，就會減少大部分的揚塵。









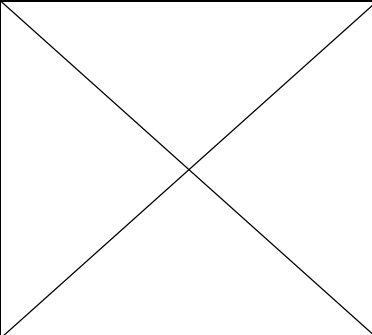
三、研究目的

- (一) 找出固定風源時，風速大小隨距離的變化關係。
- (二) 研究擾流板夾角和沙子沉降區域與沉降量之間的關係。
- (三) 研究擾流板間距和沙子沉降區域與沉降量之間的關係。
- (四) 找出擾流板夾角與間距的最有效搭配。

貳、實驗器材與裝置

一、實驗器材

表 4. 實驗器材與裝置

 <p>電子天平</p>	 <p>風速計</p>	 <p>自製落沙裝置</p>
 <p>電風扇</p>	 <p>自製擾流板架子</p>	 <p>沙子(取自高屏溪河岸)</p>
 <p>30 目網篩</p>	 <p>小掃把(回收沙子用)</p>	

二、實驗裝置示意圖



圖 1. 間隔 15 公分的擾流板裝置



圖 2. 間隔 30 公分的擾流板裝置

三、研究架構圖

本實驗研究架構圖如下。其中揚塵情形與懸浮微粒來源部分主要是文獻調查，接著找出風速與距離關係之後，在空教室中進行簡化變因的縮小規模實驗。

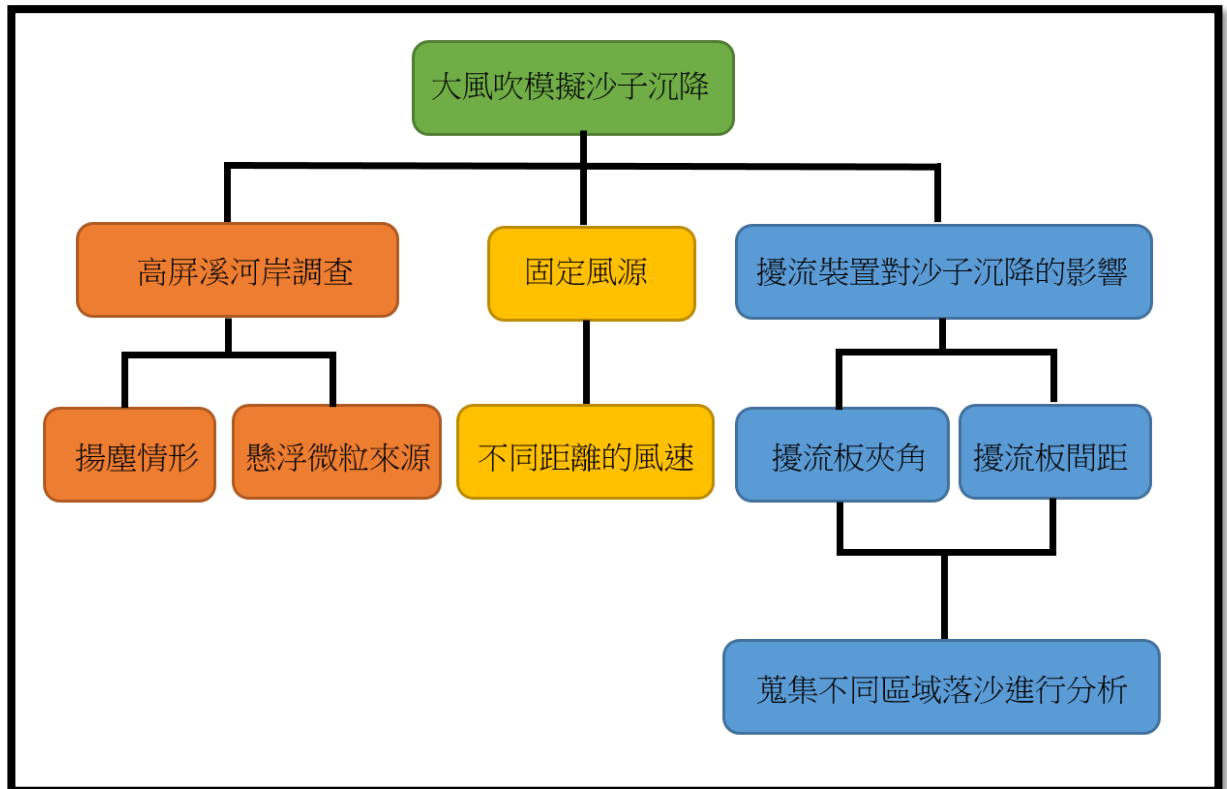


圖 3. 研究架構圖

參、研究過程

本實驗的研究過程如下：

(一) 無擾流板阻隔的實驗(對照組)

1. 以兩隻同品牌的工業用電風扇當作風力來源，並測量完全無阻擋時的風速隨距離的變化關係。
2. 將河砂用 30 目的篩子過篩後，得到粒徑 0.55mm 以下的沙子，秤 1000 克重後，以固定高度(120 公分)使其自然落下。
3. 待沙子落完後，以 60 公分的間距將落沙回收秤重，並記錄於表格中。
4. 重複步驟 3. 的過程三次後，將所得的數據求平均當作結果。
5. 改變落沙處與電風扇的距離，並重複步驟 2.到 4.。

(二) 有擾流板阻隔的實驗

1. 擾流板的角度張開為 60 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 15 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。
2. 擾流板的角度張開為 60 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 30 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。
3. 擾流板的角度張開為 90 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 15 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。
4. 擾流板的角度張開為 90 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 30 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。
5. 擾流板的角度張開為 120 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 15 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。
6. 擾流板的角度張開為 120 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 30 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~5.。

(三) 將風速實驗數據整理出來，繪成折線圖(如圖 4.)之後，觀察不同情況下的風速變化情形。

(四) 將不同距離的落沙量數據整理出來，並依照落砂量將表格底色分別塗上綠、黃、橙、紅、紫等色，分別代表不同的落沙量。區分的依據是以無遮擋時的落沙平均值與標準差為基準設定。

【註】 我們每次的落沙實驗，都是秤量 1000 公克的沙子進行落沙。但是因為部分沙子會飛到我們鋪設的測量範圍之外，或是因為地上的髒東西(如：毛髮、刷子的毛…等)所以我們設定是回收誤差超過 1%就重新進行實驗，也就是說本實驗的落沙回收需在 990~1010 克的範圍中才能採用該次數據。

肆、研究結果

一、無放置擾流板的結果

(一) 風速隨距離的變化關係。

表 5. 不同段風速隨距離變化關係數據

風速/距離	弱風(m/s)	中風(m/s)	強風(m/s)
0m	5	5.3	5.4
0.6m	4	4.2	4.3
1.2m	3.3	3.6	3.8
1.8m	2.5	2.7	3.1
2.4m	2	2.1	2.8
3m	1.8	2.0	2.2
3.6m	1.6	1.8	2.0
4.2m	1.4	1.6	1.8
4.8m	1.2	1.4	1.6
5.4m	1.0	1.2	1.4
6m	0.8	1.0	1.1

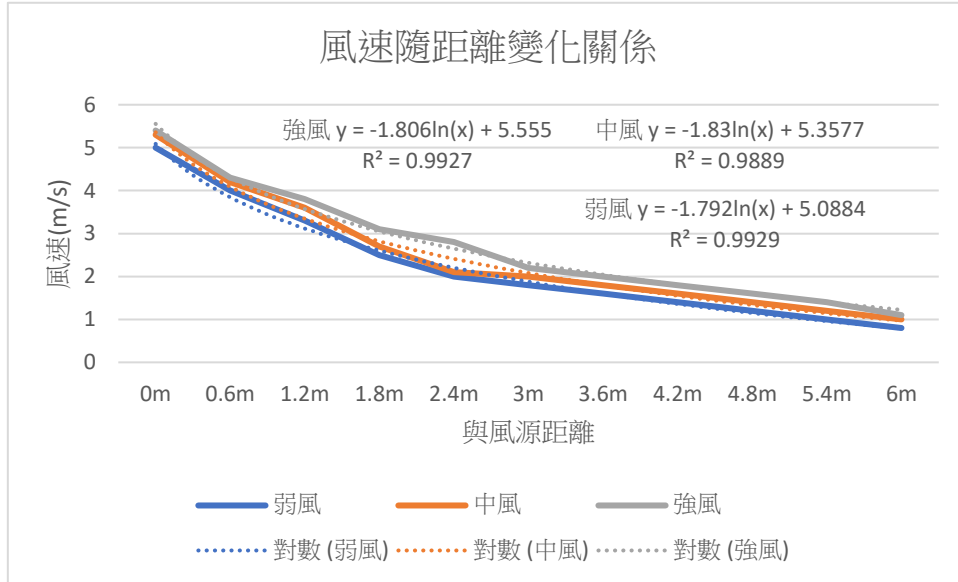


圖 4. 風速隨距離變化關係圖

從風速與距離的關係圖(上圖 4.)中，我們可以看出不論是哪一段的風速，隨著距離增加幾乎是呈現對數的下降關係。在對不同風速做了對數方程式媒合之後，我們發現 R^2 都能接近 0.99，表示風速減弱與距離有高度相關的關係。而風速的減弱就會造成沙子提早落地，這表示我們只要有辦法能加速風速的衰退，就可以讓沙子停留在空中的時間縮短，以減少揚塵。

因為我們使用的電風扇，三段風速都一樣隨著距離呈現類似的下降關係。所以我們決定做落沙量實驗時，一律採用最強的強風風速，這樣可以模擬出沙子飛最遠的情形。

(二) 無擾流板時，落沙量隨距離的變化關係。

接著我們讓 1000 克沙子分別從距離電風扇 0m、0.6m、1.2m 的同一高度(離地 120 公分)自然落下，待沙子全部落下後，以 60 公分一組的間距將沙子回收秤重後求平均值，所得到的數據如下表 7。

我們整理無遮蔽時的所有落沙量數據平均值後，求出所有數據的平均值 (μ) 約為 106g、標準差 (σ) 約為 140g，所以我們以此為依據將落沙量分成五種顏色，如下表 6. 所示。

表 6. 落沙量顏色標示依據

	$\leq \mu$	μ 到 $(\mu + \sigma)$	$(\mu + \sigma)$ 到 $(\mu + 2\sigma)$	$(\mu + 2\sigma)$ 到 $(\mu + 3\sigma)$	超過 $(\mu + 3\sigma)$
重量範圍(g)	$x \leq 106$	$106 < x \leq 246$	$246 < x \leq 386$	$386 < x \leq 526$	$x > 526$
顏色標示	綠色	黃色	橙色	紅色	紫色

表 7. 無遮擋時平均落沙量結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6-4.2	4.2-4.8	4.8-5.4	5.4-6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙		6.9	106.6	463.4	312.3	80.4	15.2	4.2	1.7	0.8		
從 0.6m 落沙			4.7	175.5	384.3	272.4	107.7	29.3	8.4	2.6	2.2	
從 1.2m 落沙				8.2	190.15	381.05	271.1	115.9	19.3	6.45	3.1	0.9

從上面表 7. 中我們可以看出無遮擋時只有一個紅色區塊，但是分布範圍極大。接著我們將全部的落沙區域(包含裝置後方，共有 36 格)當作分母，實際上有沙子分佈的區域當作分子，就可以求出沙子分布的比例。計算結果如下表 8.：

表 8. 無遮擋時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	27	75%
綠色格子的區域	17	47.2%
黃色格子的區域	4	11.1%
橙色格子的區域	5	13.9%
紅色格子的區域	1	2.8%
紫色格子的區域	0	0%

從表中數據可以看出擾流板遮蔽時，沙子分布在所有範圍的 75%內，而高過兩個標準差的集中區域(紅色+紫色)只佔了 2.8%。

(三) 擾流板角度 60 度時，落沙量隨距離的變化關係。

我們針對夾角 60 度做了兩種間隔(15cm 與 30cm)的擾流測試，所得到的結果分別如下表 9.與表 11.：

表 9. 角度 60 度、間隔 30 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6~4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	12.4	19.5	127.8	361.9	322.1	119.2	28	7.7	0.9	0.2		
從 0.6m 落沙	49		95.1	475.4	234.55	103.55	18.75	5.7	1.1			
從 1.2m 落沙	25.85			65.6	355.1	304.45	171.55	56.45	14.55	4.25		

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 10。

表 10. 角度 60 度、間隔 30 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	26	72.2%
綠色格子的區域	17	47.2%
黃色格子的區域	4	11.1%
橙色格子的區域	4	11.1%
紅色格子的區域	1	2.8%
紫色格子的區域	0	0%

從表 10.中結果可以知道，採用 60 度、間隔為 30 公分的擾流板遮擋時，其實總落沙區域只比無遮擋時小了一些，其餘的落沙區域差異不大，也就是說可以視為跟無遮擋的情況類似。

表 11. 角度 60 度、間隔 15 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6~4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	94	176.4	614.1	104.2	5.4	1.2						
從 0.6m 落沙	128.3		139.9	594.4	122.7	5.3	0.2					
從 1.2m 落沙	99.9			56.55	429.1	348.05	52.4	8.05	2.3	0.95	0.65	

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 12.：

表 12. 角度 60 度、間隔 15 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	21	58.3%
綠色格子的區域	13	36.1%
黃色格子的區域	4	11.1%
橙色格子的區域	1	2.8%
紅色格子的區域	1	2.8%
紫色格子的區域	2	5.6%

從表 12.中數據可以看出有沙子的區域明顯縮小了，而且這也是目前為止第一次出現高於三個標準差的落沙區域(紫色)。表示我們的裝置的確是能縮小落沙的範圍，而且能夠集中沙子落下的區域。

(四) 擾流板角度 90 度時，落沙量隨距離的變化關係。

我們針對夾角 90 度做了兩種間隔(15cm 與 30cm)的擾流測試，所得到的結果分別如下表 13.與表 15.：

表 13.角度 90 度、間隔 30 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6~4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	41.3	51.5	172	335.2	279.5	91.9	20.9	3.4	1.1	1.0		
從 0.6m 落沙	12.4		30.2	367.5	332.8	167.6	61.8	16.9	7.7	1.6		
從 1.2m 落沙	59.6			142.2	286.6	280.7	142.5	58.1	18.7	4.4		

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 14.：

表 14. 角度 90 度、間隔 30 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	27	75%
綠色格子的區域	17	47.2%
黃色格子的區域	4	11.1%
橙色格子的區域	6	16.7%
紅色格子的區域	0	0%
紫色格子的區域	0	0%

從表 14.中的數據可以看出有沙子的區域跟無遮擋時又一樣了，而且最高只出現了橙色區域。表示這樣的配置除了無法縮小落沙區域之外，也無法有效地將沙子集中。

表 15.角度 90 度、間隔 15 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6-4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	86.4	166.8	571.6	154	16.1	1.2	0.5	0.2				
從 0.6m 落沙	62.6		52.2	366.7	437.2	72.4	6.2	1.1				
從 1.2m 落沙	96			74.5	383	354.3	76.2	9.1	1.3			

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 16.。

表 16. 角度 90 度、間隔 15 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	22	61.1%
綠色格子的區域	15	41.7%
黃色格子的區域	2	5.6%
橙色格子的區域	3	8.3%
紅色格子的區域	1	2.8%
紫色格子的區域	1	2.8%

將間隔縮小成 15 公分之後，雖然同樣都是 90 度的擾流板，可是落沙區域明顯的縮小了，而且出現了高於落沙平均值 2 個標準差以上的集中區域。這表示較小的間隔應該可以比較有效的集中落沙區域，但是跟 60 度、間隔 15 公分的擾流裝置相比，紫色區域的比例較低，表示集中沙子的效果差了一點點。

(五) 擾流板角度 120 度時，落沙量隨距離的變化關係。

我們針對夾角 120 度做了兩種間隔(15cm 與 30cm)的擾流測試，所得到的結果分別如下表 17.與表 19.：

表 17. 角度 120 度、間隔 30 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6-4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	23.4	54.0	185.6	302.5	276.4	114.0	30.3	6.4	1.5	0.5		
從 0.6m 落沙	10.7		23.5	328.3	358.3	174.9	70.0	21.8	5.9	4.4		
從 1.2m 落沙	6.6			19.8	357.8	389.5	159.3	45.1	11.0	1.6		

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 18.：

表 18. 角度 120 度、間隔 30 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	27	75.0%
綠色格子的區域	17	47.2%
黃色格子的區域	4	11.1%
橙色格子的區域	6	16.7%
紅色格子的區域	0	0%
紫色格子的區域	0	0%

這次雖然沒有出現紅色的落沙集中區域，不過我們從表 17.中的數據可以看出，有些橙色部分已經接近紅色落沙量的最下限了。這表示還是有將沙子集中，只是效果沒有其他角度與間距搭配這麼好。

表 19. 角度 120 度、間隔 15 公分落沙結果

距離 (m)	後方	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6	3.6-4.2	4.2~4.8	4.8~5.4	5.4~6.0	6.0-6.6
從 0m 落沙	10.7	16.3	150.8	458.8	295.1	56.1	6.8	1.8				
從 0.6m 落沙	9.3		265.4	522.5	168.3	15.7	2.7	0.9				
從 1.2m 落沙	29.6			32.3	336	447.9	125.2	16.3	4.1			

接著將落沙的區域結果整理成分佈比例後，可以得到下表 20.：

表 20. 角度 120 度、間隔 15 公分時落沙區域面積百分比

	格子數	百分比(四捨五入取到小數點後第一位)
有沙子的區域	22	61.1%
綠色格子的區域	13	36.1%
黃色格子的區域	3	8.3%
橙色格子的區域	3	8.3%
紅色格子的區域	3	8.3%
紫色格子的區域	0	0%

將間隔縮小之後，可以看出整體落沙區域明顯下降許多。而且紅色落沙區域也出現了，這表示間隔的確是會對落沙區域的範圍造成影響。

伍、討論

我們將不同間隔的落沙量所占面積比例整理出來，可以得到下面的表格。

表 21. 沙子經過不同擾流板之後的落沙面積變化。

	無遮擋	60°、 30cm	60°、 15cm	90°、 30cm	90°、 15cm	120°、 30cm	120°、 15cm
有沙子	75%	72.2%	58.3%	75%	61.1%	75.0%	61.1%
綠色	47.2%	47.2%	36.1%	47.2%	41.7%	47.2%	36.1%
黃色	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	5.6%	11.1%	8.3%
橙色	13.9%	11.1%	2.8%	16.7%	8.3%	16.7%	8.3%
紅色	2.8%	2.8%	2.8%	0%	2.8%	0%	8.3%
紫色	0%	0%	5.6%	0%	2.8%	0%	0%

從上面的落沙區域面積變化數據中，我們可以看出整體有沙子的落下區域很明顯的都是間距為 15 公分時較為縮小。我們認為這是因為間距較小時，表示擾流板間距較密集，這樣能有效的減少經過的風速，進而造成沙子的沉降區域面積整體縮小。如下圖 5.與下圖 6.，擾流板角度同樣都是 60 度，可是間隔為 15 公分時，可以明顯的看出沙子較為集中。



圖 5. 60°、間隔 15 公分的落沙情形



圖 6. 60°、間隔 30 公分的落沙情形

而間距 30 公分時，只有 60°的夾角出現紅色落沙區域，表示間隔大小對落沙量的影響比角度的影響還要大。比較完落沙區域面積的分佈結果之後，我們將非綠色區域的值加總，再除以不同情況下的總落沙量，目的是要看看落沙量的集中程度。我們定義的算式如下：

$$\text{落沙集中程度} = \frac{\text{非綠色區域總落沙量} + \text{裝置後方落沙量}}{\text{全部落沙量}} \times 100\%$$

計算出來的數值越高，表示越能將沙子集中在某一個區域(包含裝置後方)內。我們將不同情況的數值計算結果紀錄如下頁表 22。

表 22. 不同擾流板對落沙集中程度百分比的影響。

	非綠色區域落沙量和 +裝置後方落沙量	總落沙量	落沙集中程度 百分比
無遮擋	2509.3g	2974.65g	84.36%
60°、30cm	2568.3g	2989.55g	85.91%
60°、15cm	2746.85g	2983.75g	92.06%
90°、30cm	2619.9g	2989.2g	87.65%
90°、15cm	2678.6g	2989.8g	89.59%
120°、30cm	2687.3g	2983g	90.09%
120°、15cm	2819.6g	2984g	94.49%

從表 22. 中可以明顯看出對於落沙集中效果最好的是 120 度夾角搭配 15 公分的間距，其次是 60 度搭配 15 公分的間距。兩者分別都比無遮擋時多了 8%~10% 左右，顯示我們設計的裝置的確是有將落沙集中的效果。接著我們再將兩者的非綠色區域落沙量與裝置後方落沙量分開進行計算，可以得到下面表 23。

表 23. 最佳的兩次落沙集中的擾流板在裝置後方與非綠色區域落沙量比例

	裝置後落沙量	占總落砂比例	非綠色區域落沙量	占總落砂比例
60°、15cm	322.2g	10.8%	2424.65g	81.26%
120°、15cm	49.6g	1.66%	2770g	92.83%

從表 23. 中，可以明顯看出雖然兩者都有將落沙集中在某一區域的效果，但是集中的位置是不一樣的。角度較小(60 度)時，在裝置後方的落沙量明顯較多；而角度較大(120 度)時，在裝置前方集中的程度明顯較高。我們推測可能是下面的原因：同樣 15 公分為間距的情況下，60 度夾角的立面較高，所以容易讓吹過去的風彈回來，這樣就造成了裝置後方有大量的落沙；但是 120 度剛好相反，立面較平緩，所以可以讓較多的風通過，而風通過之後，又因為坡度緩，所以起了將風減速的效果，風速下降之後，就會造成落沙集中。風速變化示意圖如下圖 7. 所示。

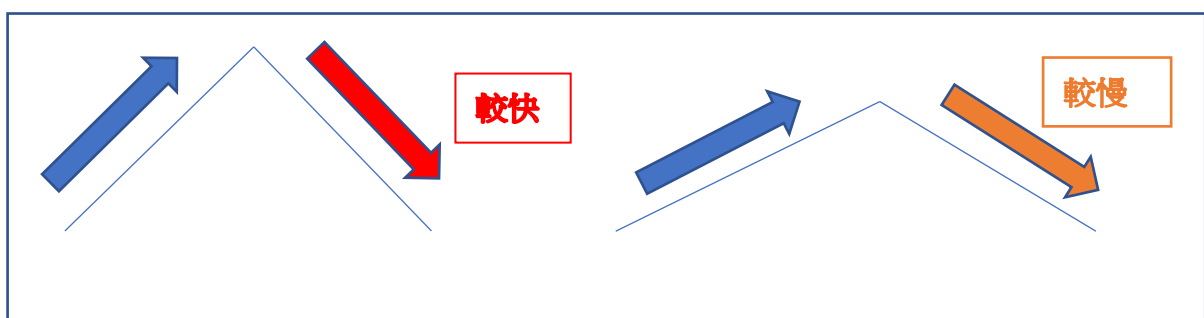


圖 7. 風通過擾流板之後風速變化示意圖。

而同樣是 30 公分為間距時，能通過的風都比 15 公分為間距時多。所以不論是 60 度、90 度還是 120 度的擾流板，集中落沙的效果都是比較差的，其中又以 30 公分、60 度的效果較差。我們推測是因為較多的風能通過時，坡度對風速的影響變成相對不明顯，如下圖 9.所示。

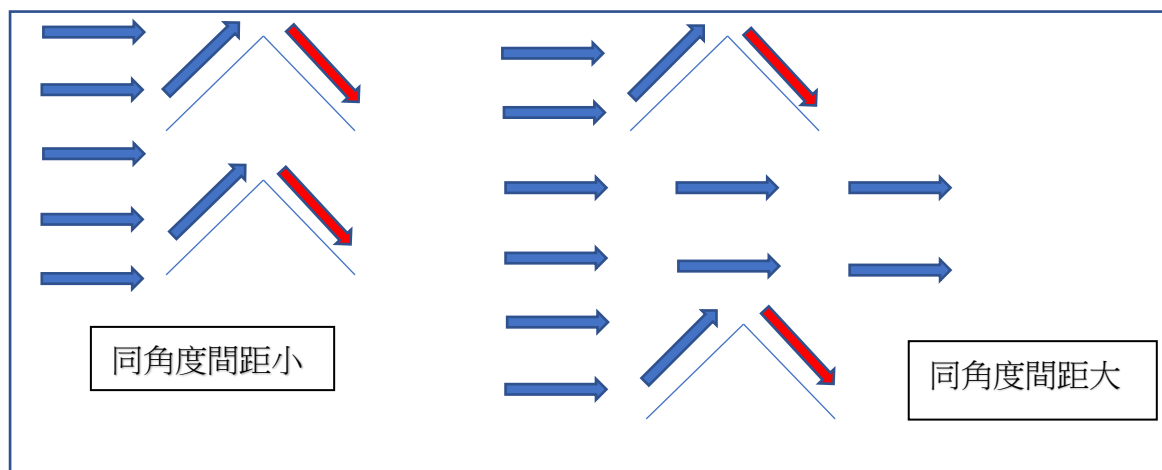


圖 9. 間距對通過風量的影響。

陸、結論

在實際進行了實驗之後，我們了解了擾流板的角度與間距，都會對風速及落沙量造成影響，而裝設了擾流板則是比沒裝設更能集中落沙的區域。在整理並分析了數據和文獻之後，我們得到了下面的結論：

1. 目前政府對於揚塵有兩種主要的處理方式，其中以種植植被的比較長遠，但是和土地開發、砂石採集有一定衝突在。我們提出的設置擾流板想法，可以縮小落沙區域的範圍，且不須占用太大的土地面積，可以提供政府多一個參考。
2. 在考慮擾流板的角度時，不宜設置太陡的擾流板。除了立面的大小會形成風阻，造成整個裝置可能因為進風風速太快而傾倒之外；較陡的擾流板會使得出風時的風速較快，對裝置前方集中落沙區域反而不利。
3. 在考慮擾流板的間隔時，不宜設置間隔過大的擾流板。較大的間隔會使得擾流的效果變差，就數據看來，相較無擾流板時，一樣可以將落沙量集中，但效果明顯沒有小間隔時來的好。
4. 設置擾流板時，間隔跟角度要互相搭配，可惜因為時間限制，無法取得更多的實驗數據。就我們的實驗結果來說，我們建議採用 120 度夾角的擾流板，以 15 公分為間隔鋪設。這樣的搭配能將大部分的沙子集中在擾流板前方一個較小的區域內，而減少對其他區域的影響。

柒、未來展望

在進行了這次實驗之後，我們確定了在一定的空間內，擾流板的確是可以將飛砂集中在一個較小的區域內。但是比較可惜的是我們因為經費跟時間的關係，沒有真的將裝置移到室外進行大規模的實驗。在今年的冬天，高屏溪畔又將因為東北風的關係開始揚塵，希望到時候能將我們在室內模擬實驗所得到的結果拿到室外測試，早日改變每到冬天就會灰頭土臉的屏東市。

捌、參考資料

1. 台灣網路科教館。 <<https://www.ntsec.edu.tw/index.aspx>>
2. 高屏溪河川揚塵，屏東沿岸 6 村落受影響。2018，謝錦彰。
<https://www.pthg.gov.tw/plantou/News_Content.aspx?n=B666B8BE5F183769&sms=6B402F30807E7BB3&s=327A87045B81A0A0>
3. 高屏溪沿岸沙塵暴，住家灰頭土臉。2020，洪臣宏。
<<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1379785>>

【評語】 030509

本研究屬於工程性實驗，研究動機強烈，目的及結論明確。以格化區塊測量，做了很好的數據討論。但實際應用時必須考慮的問題更複雜，例如結論二提到立面大小造成風阻的問題，或可考慮進行戶外實際施測。

作品簡報

風吹砂 —大風吹模擬砂子沉降實驗

關鍵詞：高屏溪揚塵、沙子沉降、擾流板

摘要

- 本實驗是用電風扇當作風源，針對揚塵的落沙量及落沙區域進行縮小規模的模擬實驗。目的是找到擾流板的角度與間隔的搭配，期望能在揚塵發生時，透過擾流板將落沙的範圍縮小。
- 我們測量後確定風速衰退與距離有著高度相關的關係，風速衰退又會加速沙子的沉降。所以只要找出角度和間距的最佳組合，就可以有效著攔阻飛砂。
- 根據我們的數據，我們發現間隔對加速落沙沉降的影響比角度還要大。且有擾流板遮蔽時，落沙量都較無遮擋時集中。其中使落沙區域縮小最有效的組合是60度的夾角搭配15公分的間隔，這樣的搭配可以使落沙區域較無遮擋時減少16.7%。但如果是要阻擋砂子或是有效將沙子集中，最有效的搭配是120度的夾角搭配15公分的間隔，可比無遮擋時增加約10%。

壹、前言

一、研究動機

- 近幾年，屏東市區一到冬季，空氣品質就會明顯轉差，其中有一部分的原因跟高屏溪的揚塵有關係。身為屏東在地小孩，我們想要為屏東盡一份心力。我們希望可以作個裝置，讓空氣中的沙塵可以進行初步的沉降，讓冬天的屏東不再灰濛濛的。

二、文獻探討

- 從近幾年的科展作品中，不難看出一個共通點，就是**研究者都是從分析污染物的角度出發。但是真的有防治，或是改善空氣品質的研究比較少**。這更激起了我們的鬥志。
- 從文獻中也可以知道，目前政府處理揚塵主要有兩種方式：1. 種植植被減少裸地面積；2. 灑水減少揚塵。其中**種植植被可以視為比較一勞永逸的方式，而灑水比較偏向治標不治本。而我們的目標是想找到讓大部分沙子可以沉降的一種裝置，一旦裝置做好之後，只要風中沙子經過此裝置，就會減少大部分的揚塵。**

貳、研究目的

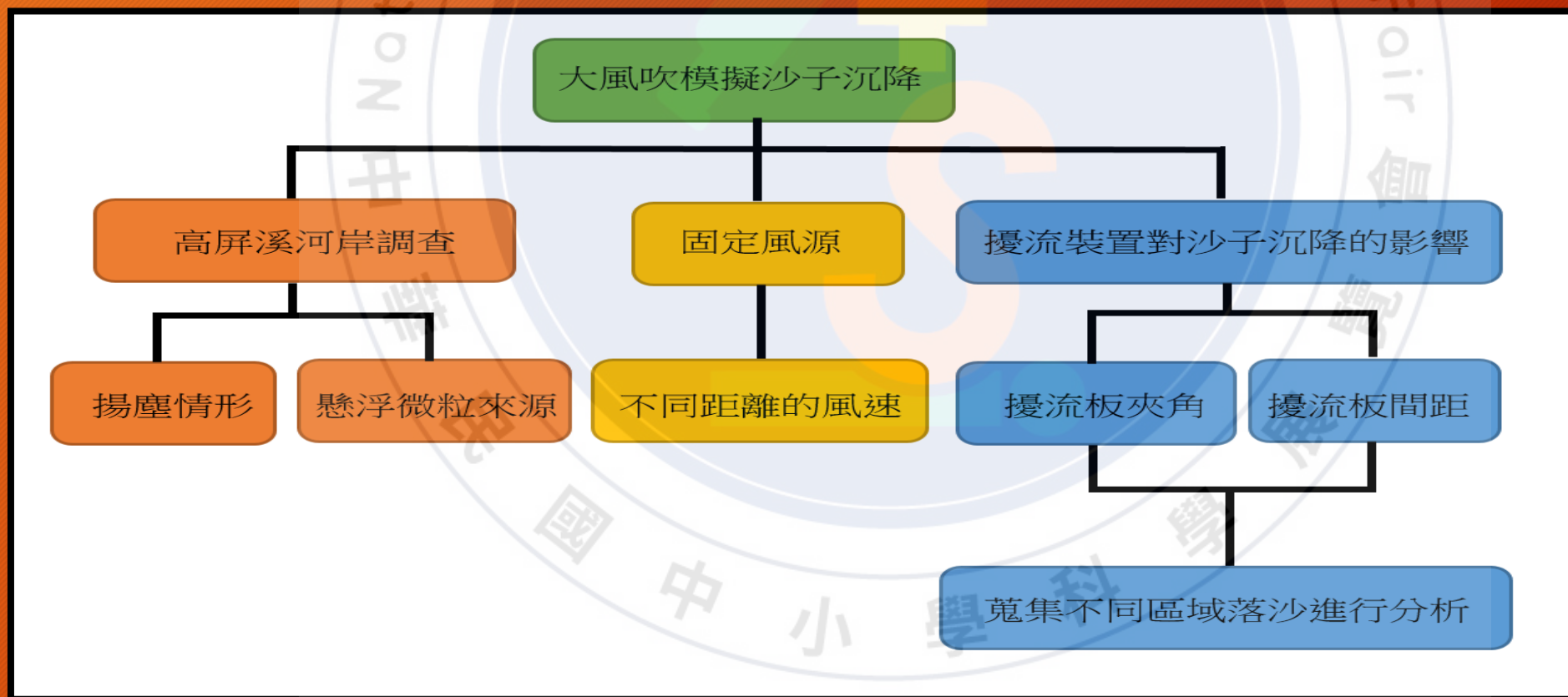
- (一) 找出固定風源時，風速大小隨距離的變化關係。
- (二) 研究擾流板夾角和沙子沉降區域與沉降量之間的關係。
- (三) 研究擾流板間距和沙子沉降區域與沉降量之間的關係。
- (四) 找出擾流板夾角與間距的最有效搭配。

• 實驗裝置示意圖



研究架構圖

- 本實驗研究架構圖如下。其中揚塵情形與懸浮微粒來源部分主要是文獻調查，接著找出風速與距離關係之後，在空教室中進行簡化變因的縮小規模實驗。



參、研究過程

本實驗的研究過程如下：

(一) 無擾流板阻隔的實驗(對照組)

1. 以兩隻同品牌的工業用電風扇當作風力來源，並測量完全無阻擋時的風速隨距離的變化關係。
2. 將河砂用30目的篩子過篩後，得到粒徑0.55mm以下的沙子，秤1000克重後，以固定高度(120公分)使其自然落下。
3. 待沙子落完後，以60公分的間距將落沙回收秤重，並記錄於表格中。
4. 重複步驟3. 的過程三次後，將所得的數據求平均當作結果。
5. 改變落沙處與電風扇的距離，並重複步驟2.到4.。

(二) 有擾流板阻隔
的實驗

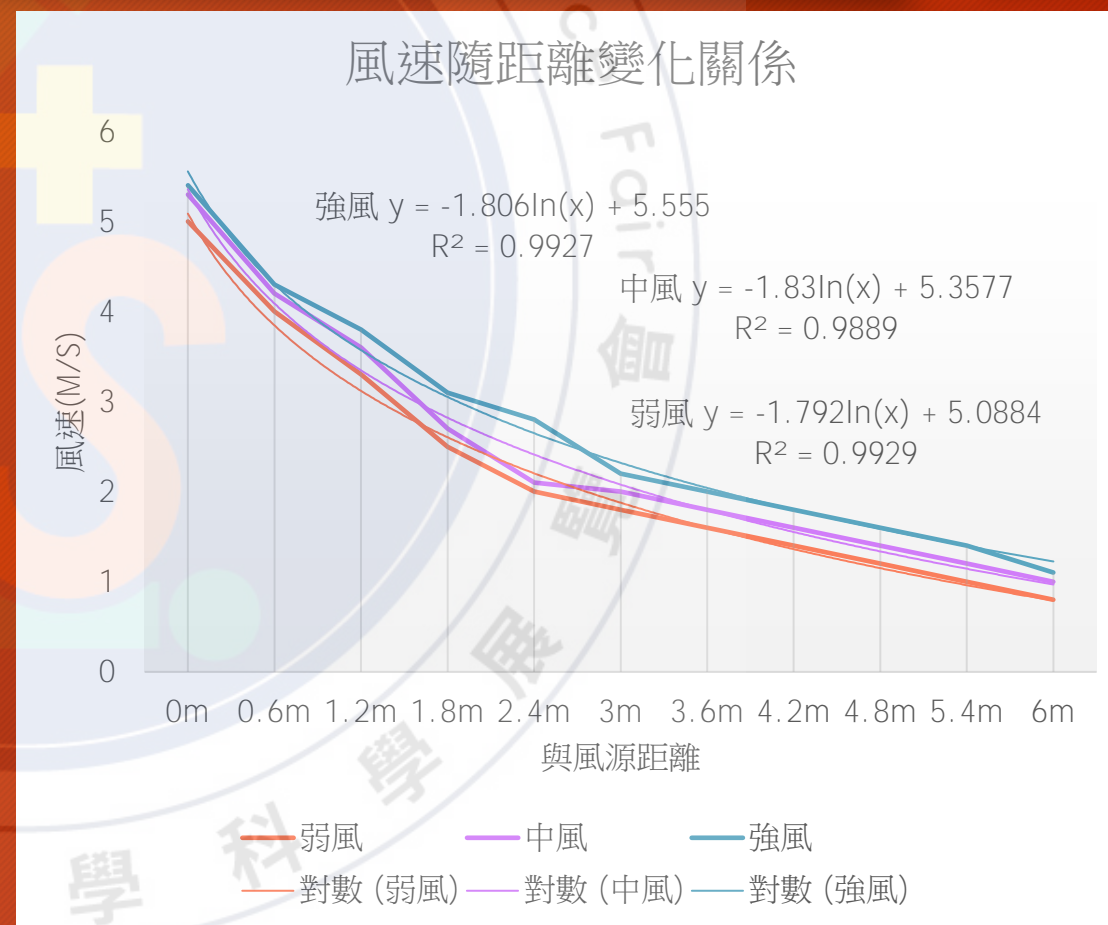
將擾流板的角度分別張開為60度、90度或120度，相鄰兩片擾流板間距調整為15公分或30公分後，重複上面實驗(一)中的步驟2.~5.。

(三) 將風速實驗數據整理出來，繪成折線圖之後，觀察不同情況下的風速變化情形。

(四) 將不同距離的落沙量數據整理出來，並依照落砂量將表格底色分別塗上綠、黃、橙、紅、紫等色，分別代表不同的落沙量。區分的依據是以無遮擋時的落沙平均值與標準差為基準設定。

肆、研究結果

風速/距離	弱風(m/s)	中風(m/s)	強風(m/s)
0m	5	5.3	5.4
0.6m	4	4.2	4.3
1.2m	3.3	3.6	3.8
1.8m	2.5	2.7	3.1
2.4m	2	2.1	2.8
3m	1.8	2.0	2.2
3.6m	1.6	1.8	2.0
4.2m	1.4	1.6	1.8
4.8m	1.2	1.4	1.6
5.4m	1.0	1.2	1.4
6m	0.8	1.0	1.1



落沙量實驗結果

落沙區域顏色所代表的意思

	$\leq \mu$	μ 到 $(\mu+\sigma)$	$(\mu+\sigma)$ 到 $(\mu+2\sigma)$	$(\mu+2\sigma)$ 到 $(\mu+3\sigma)$	超過 $(\mu+3\sigma)$
重量範圍(g)	$x \leq 106$	$106 < x \leq 246$	$246 < x \leq 386$	$386 < x \leq 526$	$x > 526$
顏色標示	綠色	黃色	橙色	紅色	紫色

不同角度與間距的落沙結果比較

	無遮擋	60°、30cm	60°、15cm	90°、30cm	90°、15cm	120°、30cm	120°、15cm
有沙子的面積	75%	72.2%	58.3%	75%	61.1%	75.0%	61.1%
綠色	47.2%	47.2%	36.1%	47.2%	41.7%	47.2%	36.1%
黃色	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	5.6%	11.1%	8.3%
橙色	13.9%	11.1%	2.8%	16.7%	8.3%	16.7%	8.3%
紅色	2.8%	2.8%	2.8%	0%	2.8%	0%	8.3%
紫色	0%	0%	5.6%	0%	2.8%	0%	0%

不同擾流板對落沙集中程度百分比的影響

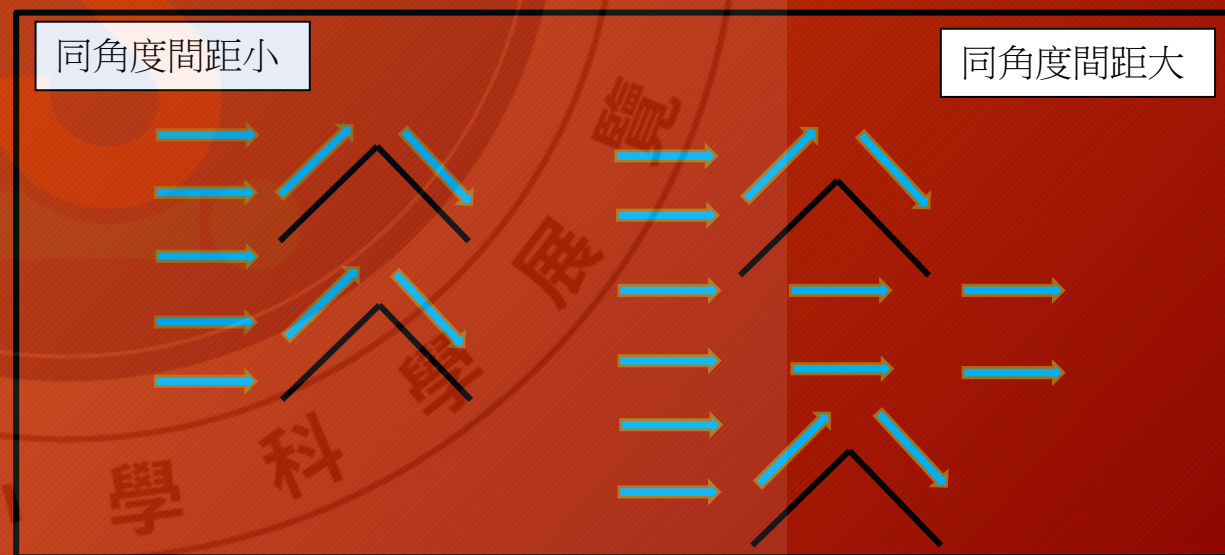
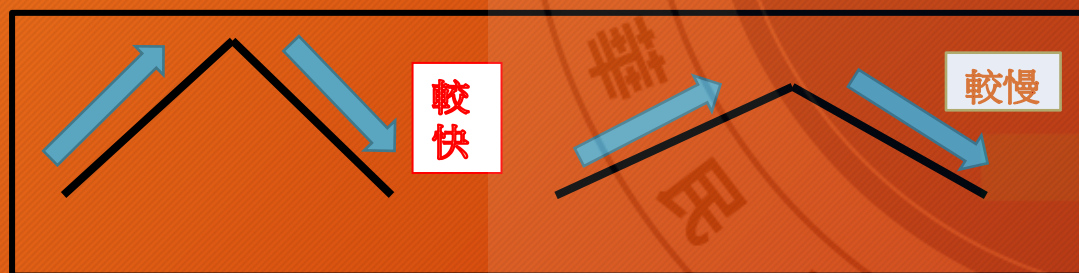
	非綠色區域落沙量和+裝置後方落沙量	總落沙量	落沙集中程度百分比
無遮擋	2509.3g	2974.65g	84.36%
60°、30cm	2568.3g	2989.55g	85.91%
60°、15cm	2746.85g	2983.75g	92.06%
90°、30cm	2619.9g	2989.2g	87.65%
90°、15cm	2678.6g	2989.8g	89.59%
120°、30cm	2687.3g	2983g	90.09%
120°、15cm	2819.6g	2984g	94.49%

伍、討論

最好的兩次結果比較

	裝置後落沙量	占總落砂比例	非綠色區域落沙量	占總落砂比例
60°、15cm	322.2g	10.8%	2424.65g	81.26%
120°、15cm	49.6g	1.66%	2770g	92.83%

間距與角度對風速及風量的影響



陸、結論與未來展望

1. 目前政府對於揚塵有兩種主要的處理方式，其中以種植植披的比較長遠，但是和土地開發、砂石採集有一定衝突在。我們提出的設置擾流板想法，可以縮小落沙區域的範圍，且不須占用太大的土地面積，可以提供政府多一個參考。
2. 在考慮擾流板的角度時，不宜設置太陡的擾流板。除了立面的大小會形成風阻，造成整個裝置可能因為進風風速太快而傾倒之外；較陡的擾流板會使得出風時的風速較快，對裝置前方集中落沙區域反而不利。
3. 在考慮擾流板的間隔時，不宜設置間隔過大的擾流板。較大的間隔會使得擾流的效果變差，就數據看來，相較無擾流板時，一樣可以將落沙量集中，但效果明顯沒有小間隔時來的好。
4. 設置擾流板時，間隔跟角度要互相搭配，可惜因為時間限制，無法取得更多的實驗數據。就我們的實驗結果來說，我們建議採用120度夾角的擾流板，以15公分為間隔鋪設。這樣的搭配能將大部分的沙子集中在擾流板前方一個較小的區域內，而減少對其他區域的影響。

在進行了這次實驗之後，我們確定了在一定的空間內，擾流板的確是可以將飛砂集中在一個較小的區域內。但是比較可惜的是我們因為經費跟時間的關係，沒有真的將裝置移到室外進行大規模的實驗。在今年的冬天，高屏溪畔又將因為東北風的關係開始揚塵，希望到時候能將我們在室內模擬實驗所得到的結果拿到室外測試，早日改變每到冬天就會灰頭土臉的屏東市。

報告結束

感謝評審聆聽，請評審多多指教。

