

屏東縣第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：地球科學

組別：國中組

作品名稱：風吹砂—大風吹模擬沙子沉降實驗

關鍵詞：高屏溪揚塵、沉降、擾流板

編號：B5004

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。

根據我們的實驗結果，有設置擾流板時，確實能縮小落沙的區域及集中落沙量。而擾流板的夾角與間隔，的確都會影響落沙的區域及落沙量的多寡。我們建議採用夾角 120 度、間隔 12 公分的擾流板，這樣的組合能有效的縮小落沙區域外，也能最有效將落沙量集中。

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。生為屏東在地小孩，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

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
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：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。	

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>	

「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**，但高屏溪流域範圍太大，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) 研究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

		
電子天平	風速計	自製落沙裝置
		
電風扇	椅子	沙子(取自高屏溪河岸)

二、實驗裝置



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. 以三隻同品牌的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. 取 800g 的河砂，以固定高度(130 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. 改變落沙處與電風扇的距離，並重複步驟 2。

(二) 有擾流板阻隔的實驗

1. 擾流板的角度張開為 90 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 12 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~3。
2. 擾流板的角度張開為 90 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 24 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~3。
3. 擾流板的角度張開為 120 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 12 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~3。
4. 擾流板的角度張開為 120 度，相鄰兩片擾流板間距調整為 24 公分後，重複上面實驗(一)中的步驟 2.~3。

(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紅色、黃色與綠色，分別代表最大落砂量、主要落砂區與次要落砂區。同時將該數據做成折線圖，以方便觀察落沙趨勢。

【註 1】 因為風速計的靈敏度不夠高，當我們用擾流板遮蔽後，距離稍遠時，雖然能感受到有風在吹，但是風速計顯示的數據為 0。因此我們只測量擾流板對落沙量的影響，而沒有測量擾流板對風速影響的數據。

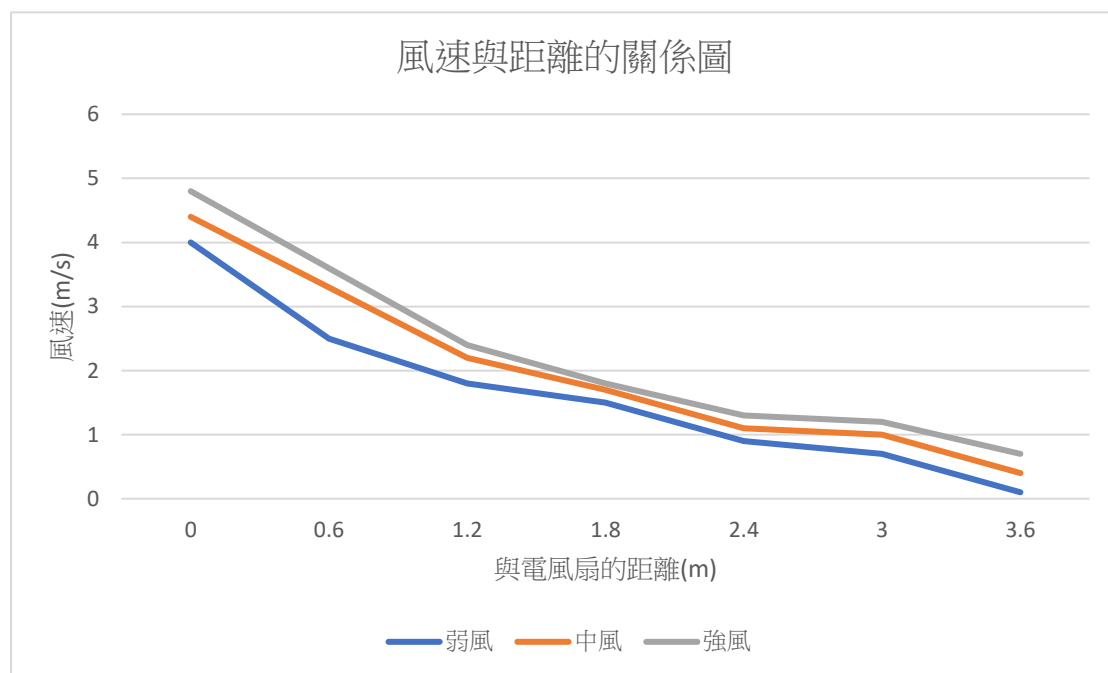
【註 2】 我們每次的落沙實驗，都是秤量 800 公克的沙子進行落沙。但是因為部分沙子會飛到我們鋪設的測量範圍之外，所以我們設定是回收不到 750 克就重新進行實驗，若超過 750 克就採用該次數據。

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。

風速/距離	弱風(m/s)	中風(m/s)	強風(m/s)
0m	4	4.4	4.8
0.6m	2.5	3.3	3.6
1.2m	1.8	2.2	2.4
1.8m	1.5	1.7	1.8
2.4m	0.9	1.1	1.3
3m	0.7	1	1.2
3.6m	0.1	0.4	0.7



從風速與距離的關係圖中，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線性的下降關係。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。

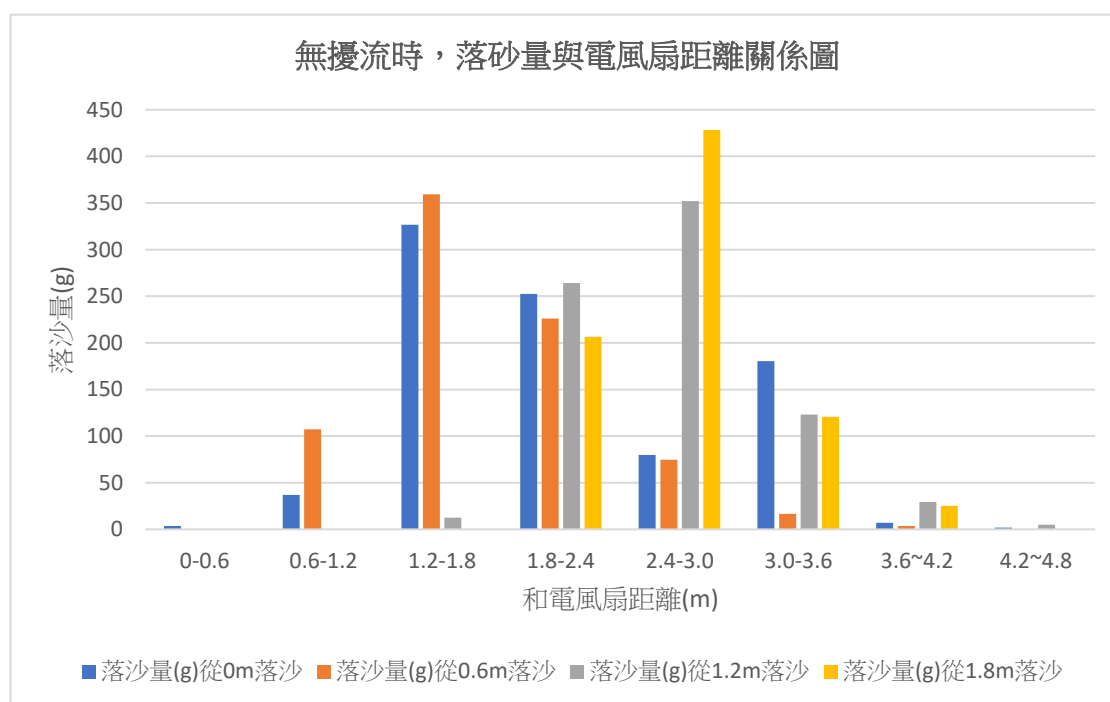
因為我們使用的電風扇，三段風速都一樣隨著距離線性下降。但是因為教室的大小限制了我們的裝置，所以我們決定做落沙量實驗時，一律採用最弱的弱風風速，這樣沙子才不會飛出我們裝置的範圍。

(二) 落沙量隨距離的變化關係。

接著我們讓 800 克沙子從距離電風扇 0m、0.6m、1.2m、1.8m 的同一高度(離地 130 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，所得到的數據如下表。

我們整理所有數據後，將落沙量分成三種顏色。同一次落沙量中，最大值我們給予紅色底色，表示最集中落沙的區域；50g 以上的數值，我們給予黃色底色，該區域和紅色區域和稱主要落沙區；最後是不到 50g 的數據，我們給予綠色底色，表示次要落沙區。

距離(m)	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
落沙量(g) 從 0m 落沙	3.6	36.9	326.8	252.4	79.9	180.5	7	2
落沙量(g) 從 0.6m 落沙		107.3	359.2	225.9	74.7	16.7	3.7	
落沙量(g) 從 1.2m 落沙			12.5	264.1	352.2	123.2	29.4	4.9
落沙量(g) 從 1.8m 落沙				206.4	428.4	120.6	25.1	

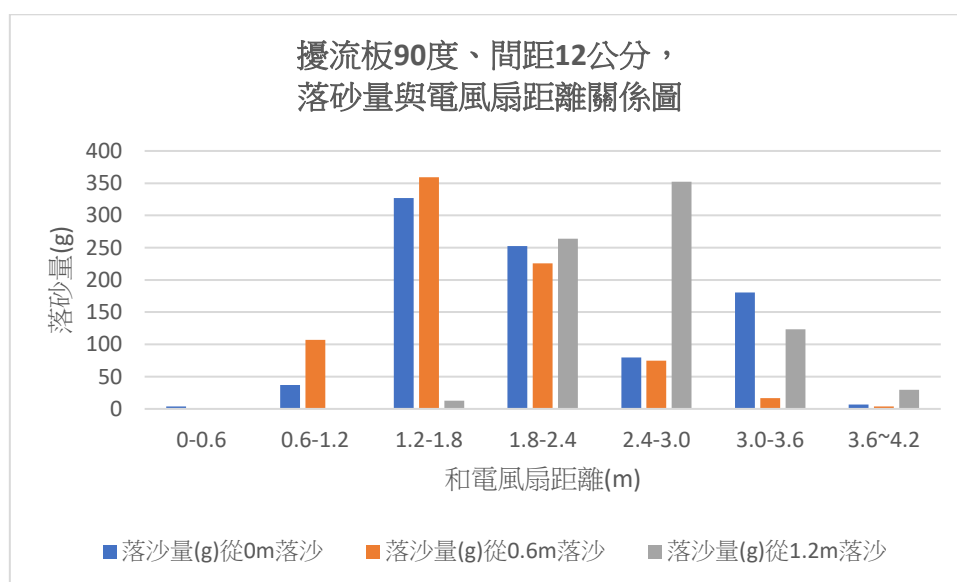


接著我們將表中數據轉換成折線圖後，不難看出從距離電風扇越近處落沙，沙子落下後主要分布的範圍越廣；反之從越遠處落沙，沙子主要分布的範圍就越小。這點和我們預測的相同，風速的衰退會影響落沙的範圍。而同一次落沙量的最大值，也隨著遠離電風扇而靠近落沙處。

二、有放置擾流板的結果

(一) 擾流板角度 90，間距 12 公分，落沙結果如下。

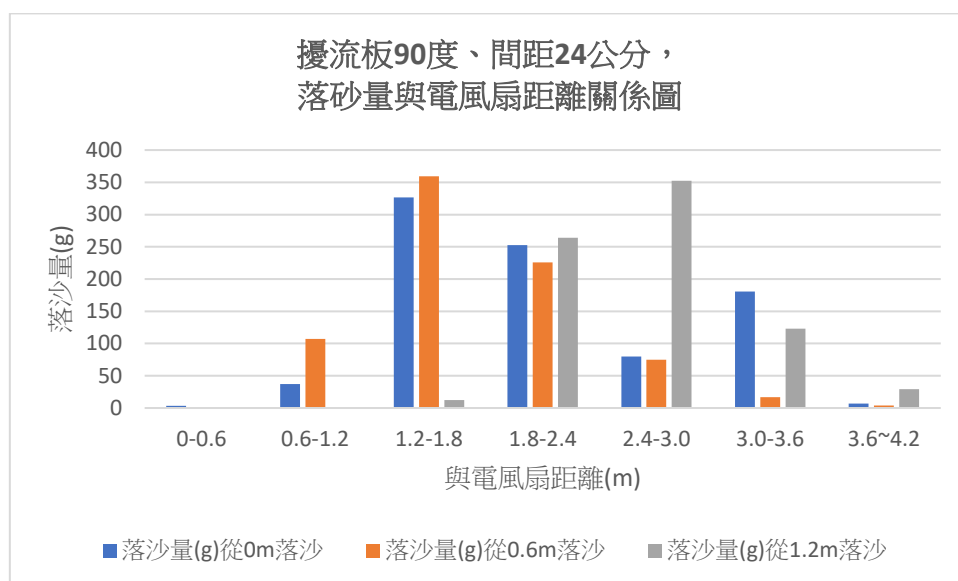
距離(m)	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6
落沙量(g) 從 0m 落沙	176.9	537.4	72.6	1.6		
落沙量(g) 從 0.6m 落沙		108	449.7	188.2	12.3	
落沙量(g) 從 1.2m 落沙			546.8	240.6	5.8	



從這次實驗數據中，不難看出有了擾流板之後，沙子分布的主要範圍明顯的縮小了，而且紅色區域也有明顯往沙子落下處靠近的趨勢。這表示我們的擾流板想法是成功的，我們縮小了落沙的主要範圍。接下來我們要做的就是改變不同的角度和間距，試著找出效果最好的組合。

(二) 擾流板角度 90 度，間距 24 公分，落沙結果如下。

距離(m)	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
落沙量(g) 從 0m 落沙	243.3	534.3	261.6	57			
落沙量(g) 從 0.6m 落沙		269.4	487.7	224.3	85		
落沙量(g) 從 1.2m 落沙			318.5	515.6	217.1	50.7	

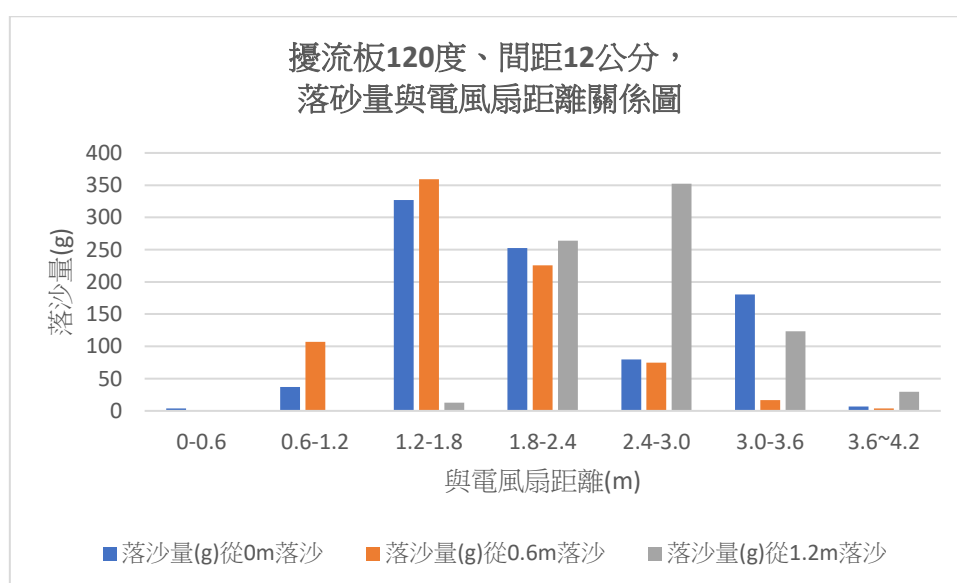


第二次實驗中，我們用同樣角度的擾流板，但是將相鄰兩片擾流板間距加倍。原本我們預期效果應該會比較差，但是沒有想到非主要落沙區(綠色區域)居然消失了，不過主要落沙區域(黃色+紅色區域)增加了，這表示沙子更有效率地被集中在一個稍大的範圍內。

接著我們比較同角度下，兩次實驗的最大落沙量。可以看出同樣距離落下造成的最大值差異不大，但是從距離電風扇 1.2 公尺落砂時，最大落沙量不是在第一格，這表示風可以吹得比間距小的時候遠。

(三) 擾流板角度 120 度，間距 12 公分，落沙結果如下。

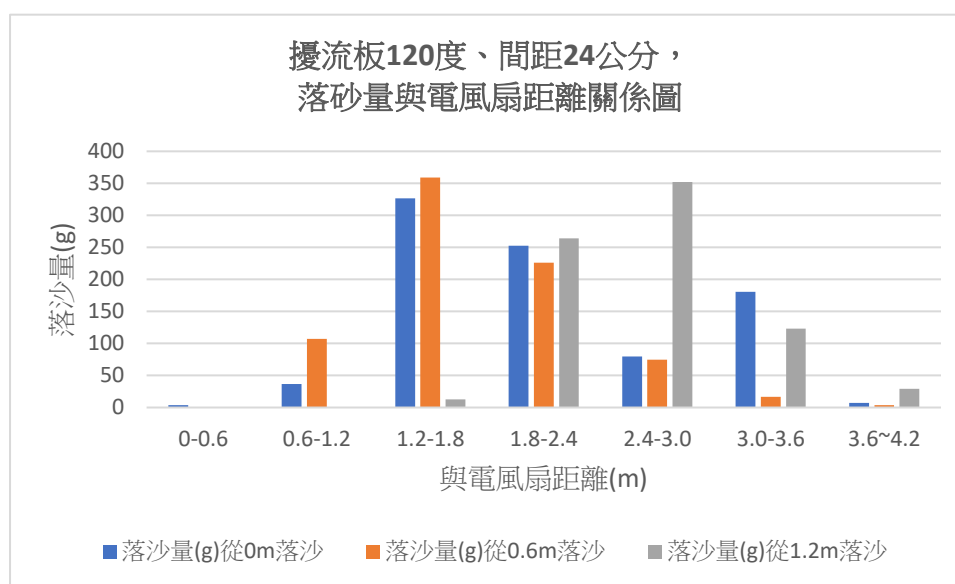
距離(m)	0-0.6	0.6-1.2	1.2-1.8	1.8-2.4	2.4-3.0	3.0-3.6
落沙量(g) 從 0m 落沙	269.9	411.1	141.9	21.9		
落沙量(g) 從 0.6m 落沙		378.5	629.8	40.3		
落沙量(g) 從 1.2m 落沙			499	600.7	78.7	



我們做完 120 度夾角、間距 12 公分的擾流板落沙實驗之後，將數據拿去和同間距 90 度夾角的數據比較。從兩組數據中可以看出來，主要落沙區的範圍更小，而且很明顯的最大落沙量高出 90 度不少。這表示同間距下，120 度的擾流板比 90 度的更能有效地使沙子集中沉降。

(四) 擾流板角度 120 度，間距 24 公分，落沙結果如下。

距離(m)	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
落沙量(g) 從 0m 落沙	26	266.6	360.2	89.5	13.1	3.4	
落沙量(g) 從 0.6m 落沙		136	343.4	209.8	60.7	9.5	
落沙量(g) 從 1.2m 落沙			536	167.5	38.3	17.2	11.2



從上面數據中，我們可以看出 120 度、24 公分為間隔的擾流板設計，會造成整體落沙區域變大。這樣的結果只比完全無遮擋時好一些，因為落沙區域整體看來只比無遮掩的情況縮小一些些，跟其他擾流板相比，都是比較大的。

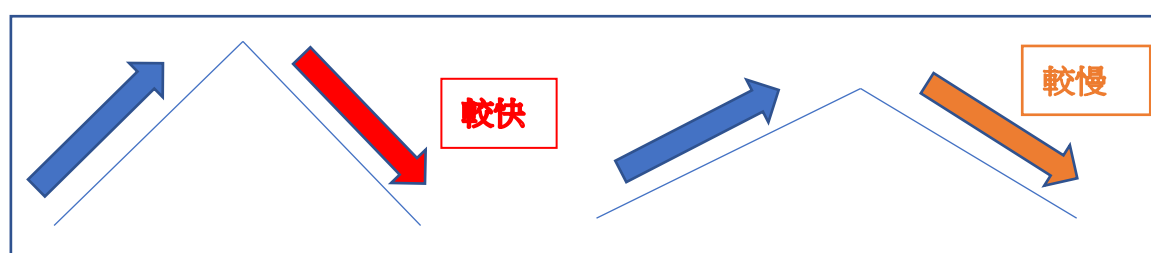
接著比較最大落砂量的部分，120 度、間距 24 公分的落沙結果，明顯的比其他遮掩的情況差很多，這表示既無法集中落沙區域，也無法創造一區主要的落沙區域。

伍、討論

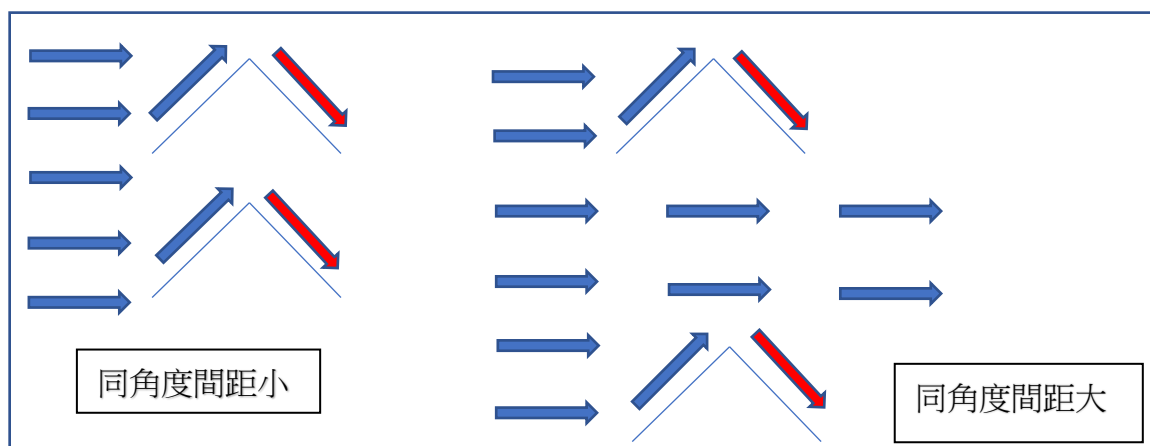
進行了上面實驗之後，我們確認了裝設擾流板的確是可以將落沙的範圍縮小，也確認了擾流板的角度與間距，都會對落沙的範圍造成影響。可惜實驗裝置需要占用整間教室，因此只能利用寒假時間進行實驗，造成我們有些預設的角度和間距無法全部測量完。

從我們進行的落沙模擬實驗可以知道，同角度的情況下，12 公分的間距比 24 公分的間距更能有效地縮小落沙區域。這點不讓人意外，因為理論上距離越小，表示擾流板數目越多，所以能遮擋的風就越多。

而在同樣 12 公分為間距的情況下，120 度比 90 度更能有效地將落沙集中。這點倒是出乎我們的意料，我們原本是預期 90 度的擾流板立面比 120 度的立面大，所以遮蔽的風應該比較多，所以是預測 90 度的擾流板比 120 度效果要好，可是實驗結果剛好相反。雖然兩個實驗的落沙區域大小差不多，但是 120 度的最大落沙量明顯高於 90 度。我們推測造成這樣的原因，可能是因為風越過擾流板之後，較陡的坡面會造成風速增加，所以 120 度的風速相對會比較慢，造成落沙可以集中。



而同樣是 24 公分為間距時，能通過的風都比 12 公分為間距時多。所以不論是 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 24 公分、120 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。



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，一樣可以縮小區域，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 12 公分為間隔鋪設。這樣的搭配能將大部分的沙子集中在一個很小的區域內，而減少對其他區域的影響。

柒、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>>