

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080820

風車轉轉轉

學校名稱：嘉義市西區大同國民小學

作者：	指導老師：
小六 林正鴻	楊高峰
小六 辜莉婷	林大陣
小五 楊昕	

關鍵詞：垂直受風面、扇葉角度

風車轉轉轉

摘 要

本研究運用自行設計製作的器材，測量風力吹襲風車之受力大小。同時探討風扇扇葉裝置角度和扇葉多寡是否影響轉動速度，最後探討擾流板對整體風車的影響。經實驗研究發現：

- 一、大型電風扇吹出固定風量對不轉動的風扇造成彈簧秤約 60-140 公克重的施力效果，而轉動的風扇則減少約 20% 以上的力量（施力）效果。另外，扇葉角度也影響受風力量的大小，扇葉越平行風向，氣流越能順利通過，風車承受的力量愈小。
- 二、扇葉角度在 45° 以內時，風車旋轉速度較快。另外，從 2、3、4、5、6 扇葉風車與轉速關係實驗，發現將扇葉角度固定在 40° 和 80° 時，扇葉數的多寡不致影響轉速太大，而扇葉角度固定在 10° 時則有明顯差異。
- 三、實驗發現，當擾流板高度加高，六扇葉風車偏轉晃動角度變小。另外，比較六扇葉和二扇葉風車發現，二扇葉風車的偏轉晃動角度都較小而穩定。

風車轉轉轉

壹、研究動機：

近年來，節能減碳的觀念在政府的推動下社會蔚為一股風氣，尤其在油源日益枯竭、油價波動頻繁的時代，風力發電更是一種可行的替代能源之一。河濱運動公園旁的節能路燈，就是同時結合太陽能及風力發電，令人好奇的是風力發電的原理；根據我們所搜尋到的資料，它主要是靠風力對葉片產生旋轉動力，來帶動發電機發電。為了更進一步瞭解風車受力轉動的機制，我們利用教室廢棄的電風扇設計了幾種實驗裝置來探討模擬風車轉動的情形。

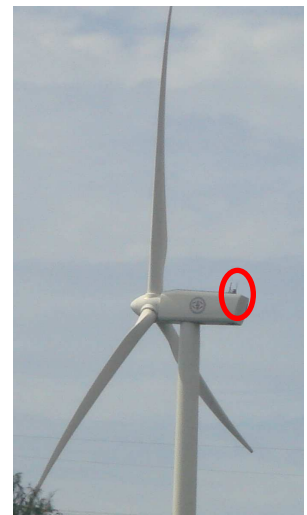


照片 1 河濱運動公園旁的風力發電機

貳、研究目的：

想法：經由我們實地到台灣西濱海岸觀察風力發電機，發現風力發電的扇葉葉片裝置設計不簡單，除了整體風扇會轉動外，風車的扇葉（轉動面）也可以隨著風向不同而改變角度方向；再仔細觀察它的構造，發現大型風扇後面上頭還有一塊垂直的方位板子（照片 2）。我們想，風扇之扇葉數量與垂直受風面夾角大小會影響轉速嗎？所以，我們主要探討問題有：（關鍵詞說明：垂直受風面）

- 一、風車轉動時風扇（軸心支撐架上）會承受多大的力？
- 二、風扇扇葉與垂直受風面夾角角度和轉速大小的關係為何？
- 三、風扇扇葉數量是否會影響轉速？
- 四、導流板位置及大小對風車轉向影響因素的探討。



照片 2 大型風力發電機
上方有一偵測器

參、研究設備器材：

照相機、電子轉速測量器、電風扇、彈簧秤、彈簧、軸承、木條、鋁罐、竹筷子、珍珠板

肆、研究過程：

問題一、風車轉動時風扇（軸心支撐架上）會承受多大的力？

實驗步驟：

- 1.運用彈簧受力伸展的原理，製作一座「受風力大小支撐架」（各項實驗裝置說明，見附件：照片 15～照片 17）。
- 2.將風車【轉軸固定住】，使其無法轉動，之後製作調整不同



照片 3 受風力大小實驗
裝置

扇葉角度（10°，20°，30°，40°，50°，60°，70°，80°）的八種六葉風扇，運用大型工業用電扇產生固定風量，再觀察記錄風扇受力的大小。

- 3.相同做法，但風車【轉軸不固定】，讓風車扇葉可以轉動的情況下，觀察記錄不同扇葉角度的風扇在受風後的彈簧伸長量和換算對照之彈簧承受力。
- 4.將記錄彈簧下降伸長量（公分），對照彈簧伸長公分數，測出彈簧秤施力大小。



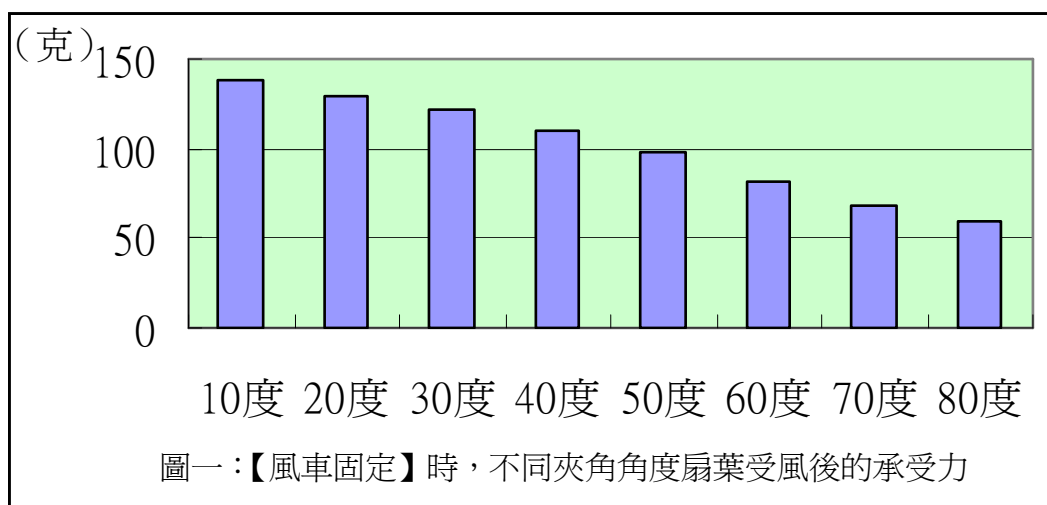
照片 4 利用彈簧秤測量下降 1 公分的受風力

實驗結果：

- 1.【轉軸固定】時，不同扇葉角度，受風後的彈簧伸長量和換算對照之彈簧承受力結果如下：（表一）

扇葉角度	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
拉長 (cm)	9.2	8.6	8.1	7.3	6.5	5.4	4.6	4.0
受風大小	138.0	129.0	121.5	109.5	97.5	81.0	69.0	60.0

- 2.由（表一）數據顯示，【轉軸固定】情況，風車扇葉卡住固定不轉動時，相同風力吹襲，則扇葉越垂直風向（扇葉角度 10°），風車承受的力量就愈大，扇葉越平行風向（扇葉角度 80°），風車承受的力量就愈小。
- 3.作圖（圖一），可以發現扇葉角度的變化與受力關係呈現反比例。



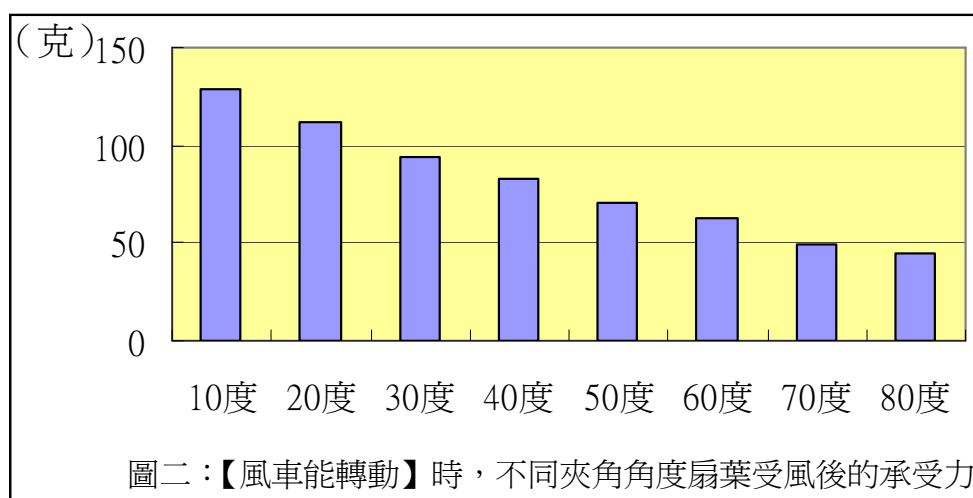
- 4.【轉軸不固定】時，不同扇葉角度，受風後的彈簧伸長量和換算對照之彈簧承受力結果如下：

（表二）

風扇角度	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
拉長 (cm)	8.6	7.5	6.3	5.5	4.7	4.2	3.3	3.0
受風大小	129.0	112.5	94.5	82.5	70.5	63.0	49.5	45.0

- 5.由（表二）數據可以看出，當【轉軸不固定】，風車能自由轉動時，各種不同扇葉角度風車受到相同風力吹襲時，風車承受的力量比較【轉軸固定】-風車不轉動時的力量普遍減小，可見風扇的轉動可以分散受風力，也就是風力的力學能轉化成扇葉的轉動能。

6.作圖（圖二），發現【轉軸不固定】-風扇可以轉動的情況下，和【轉軸固定】-風扇不轉的情形一樣：扇葉角度的變化與受力關係呈現反比例，也就是，扇葉角度愈小，風車承受的力量反而大。



7.整體而言，大型工業用的電風扇所吹出的風量可以對不轉動的風扇造成彈簧秤約 60-140 公克重的施力效果，而轉動的風扇則可降低約 20% 以上的力量（施力）效果（表三），也就是可以轉換成轉動能量，其中，風扇角度 10°（幾乎垂直受風面）及 20° 時，風車轉不轉動所減少的受力比例只有 6.5% 和 12.8%，而風扇角度 50°、70° 及 80° 時，減少的受力比例則高達 25% 以上，尤其風扇角度 70°，減少的受力比例則高達 28.3%，這樣的結果可以說明風力發電機的扇葉角度大約都是設定在 70° 左右（照片 5）。



照片 5 風力發電機的扇葉角度

（表三）

風扇角度	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
不轉動時受力（公克）	138.0	129.0	121.5	109.5	97.5	81.0	69.0	60.0
轉動時受力（公克）	129.0	112.5	94.5	82.5	70.5	63.0	49.5	45.0
減少受力（公克）	9.0	16.5	27.0	27.0	27.0	18.0	19.5	15.0
佔原有百分比	6.5%	12.8%	22.2%	24.6%	27.6%	22.2%	28.3%	25.0%

問題二、風車扇葉與垂直受風面夾角角度和轉速大小的關係為何？

實驗步驟：

1. 製作一座「風車測速支撐架」（各項實驗裝置說明，見附件：照片 18），並在支撐架轉軸上放入不同扇葉角度（10°，20°，30°，40°，50°，60°，70°，80°）的八種六葉



照片 6 風車轉速實驗裝置

的風扇，風車與大型電風扇成一直線，距離 2 公尺。

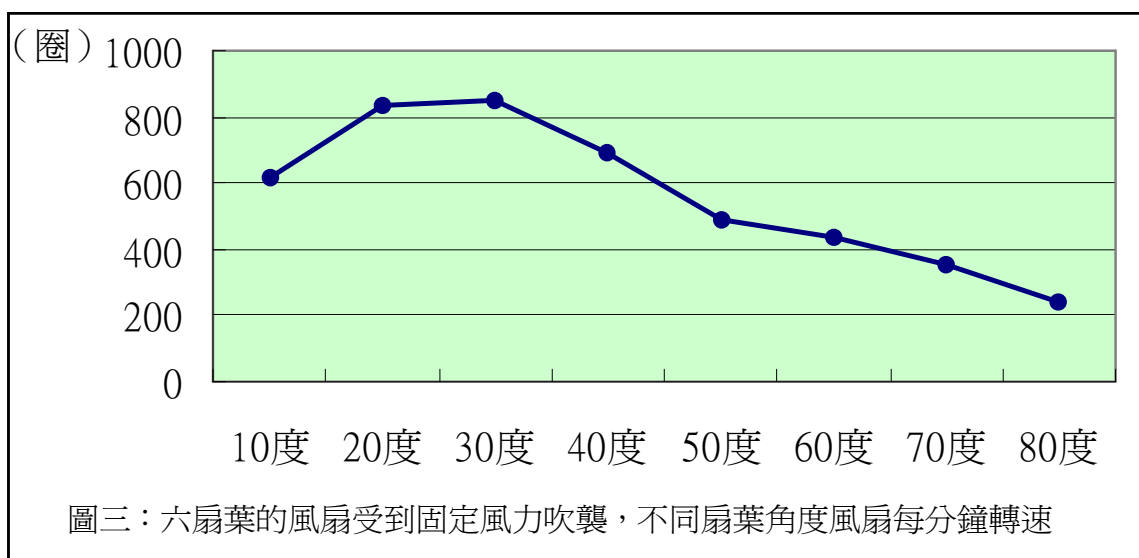
- 2.在八種六葉風車的其中一扇葉背面貼一小張反光紙，再將電子轉速測量器架在相機腳架上置放於支撐架後（離反光紙約 60 公分）。調整轉速器位置，使轉速器可以接收反射回來的紅光（照片 6）。
- 3.每種六葉風車均測量 5 次，然後分別算出八種風車每分鐘受相同風力吹襲的平均旋轉圈數（風車轉速）。

實驗結果：

- 1.在電風扇固定風量與八種 6 葉風扇距離 200 公分條件下，所測得不同扇葉角度的風車每分鐘平均旋轉圈數結果如下：（表四）

扇葉角度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
10°	587	614	631	631	633	619
20°	821	834	833	836	840	833
30°	836	860	870	845	848	852
40°	671	697	692	701	695	691
50°	489	491	499	486	479	488
60°	417	452	436	441	443	438
70°	344	359	363	345	340	350
80°	232	240	229	244	249	239

- 2.從表四發現，6 扇葉的風扇受到相同固定風力吹襲時，其中扇葉角度成 30°的風車旋轉最快，每分鐘平均旋轉 852 圈，扇葉角度 80°時旋轉最慢，每分鐘平均旋轉只有 239 圈，兩者差距頗大高達 3.5 倍（圖三）。
- 3.從作圖三可以看到風車的風扇角度在 10°至 40°時，風車旋轉速度較快，每分鐘旋轉達 600 圈以上，而風扇角度在 50°至 80°時，風車旋轉速度逐漸降低，至 80°時只有 239 圈；這樣的情形對照實驗一的受風力實驗，扇葉角度在 30°至 80°時減少的受風力比例在 20%以上，轉動的風扇降低的施力應是做為轉動力量的說法似乎有所矛盾，經過我們與老師討論後認為：減少的受風力雖然可以轉為旋轉風扇的力量（即轉動能），但效率不高，大多數散失的垂直受風力還是在扇葉角度的逐漸增加時，因為通過的空隙越來越大而流失掉，所以沒有辦法有效的完全轉變成轉動能，因此從扇葉角度 30°至 80°，風扇的轉動速度是逐漸下降的。



問題三、風扇扇葉數量是否會影響轉速？

實驗步驟：

- 1.製作扇葉數量分別是 2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉的五種不同風車，且扇葉角度都調整為 10° ，放在風車測速支撐架轉軸上，測出五種不同扇葉數量風車，每分鐘受相同固定風力吹襲的平均旋轉圈數。
- 2.同樣方法，再分別製作扇葉角度為 40° 和 80° 的 2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉的各五種不同風車，觀察並記錄比較三種不同扇葉角度（ 10° 、 40° 和 80° ）條件下，風扇的扇葉數量是否會造成轉速的不同。

實驗結果：

- 1.在電風扇與風扇距離 200 公分，扇葉角度 10° 情況下，2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉的五種不同風車，每分鐘旋轉圈數（轉速）為：

（表五）

扇葉數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2 扇葉	1225	1226	1220	1226	1200	1219
3 扇葉	1060	1089	1068	1075	1081	1075
4 扇葉	844	884	884	836	862	862
5 扇葉	851	857	859	965	849	856
6 扇葉	587	614	631	631	633	619

- 2.同樣情況下，扇葉角度改為 40° 時，2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉的五種不同風車，每分鐘旋轉圈數（轉速）為：

（表六）

扇葉數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2 扇葉	670	657	706	689	698	684
3 扇葉	709	720	708	691	701	706
4 扇葉	613	638	627	633	651	632
5 扇葉	616	625	626	623	640	626
6 扇葉	671	697	692	701	695	691

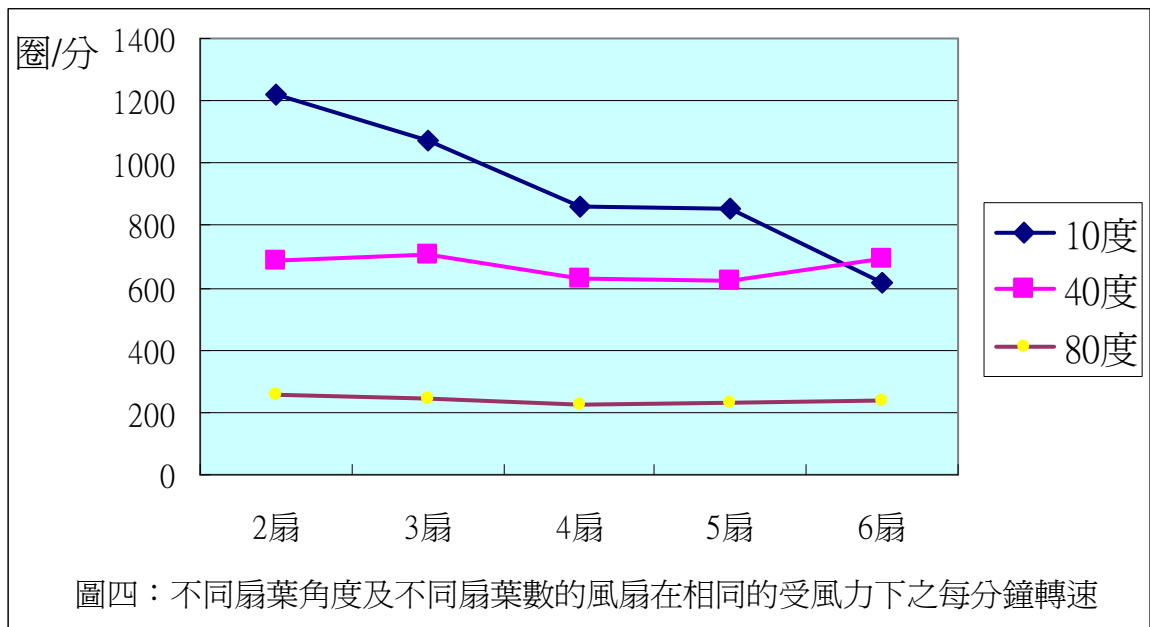
- 3.同理，扇葉角度改為 80° 時，2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉的五種不同風車，每分鐘旋轉圈數（轉速）則為：

（表七）

扇葉數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
2 扇葉	260	253	259	254	250	255
3 扇葉	249	246	246	246	248	247
4 扇葉	219	224	222	226	224	223
5 扇葉	226	231	227	232	229	229
6 扇葉	232	240	229	244	249	239

- 4.由以上數據可以看出，風扇扇葉角度 10° ，兩葉扇的風車，每分鐘平均旋轉 1219 圈，六葉扇的風車卻只轉 619 圈。而扇葉角度 40° 和 80° 的風車，扇葉數多寡不會影響風扇轉速太大，

扇葉角度 40°的風車轉速都在 600、700 圈／分，數據略有震盪上下，但相差不到 100 圈。而扇葉角度 80°的風車轉速都在 200 至 250 圈／分，數據變化更小（圖四）。

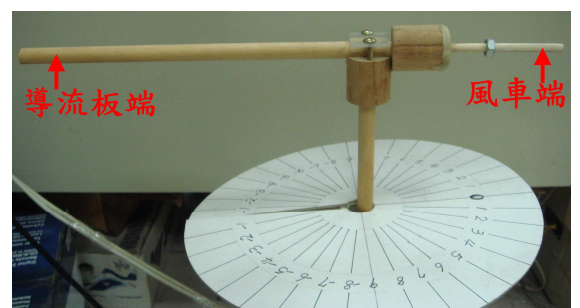


- 由以上實驗發現，扇葉角度 40°及 80°時，2 扇葉、3 扇葉、4 扇葉、5 扇葉及 6 扇葉等五種不同風扇轉速大小差異不大，也就是說，扇葉角度 40°及 80°時，固定風力吹襲時風車扇葉數多寡與轉動速度無關。但是扇葉角度在 10°情況下卻有明顯差異，我們認為可能原因是角度 10°時，扇葉數目增加但扇葉面積卻重覆遮蓋，且扇葉數目增多亦增加風扇重量，導致轉速明顯下降。而扇葉角度 40°及 80°時，扇葉空隙間隔加大，旋轉軸能「循序」置入扇葉，不像 10°時，增加的扇葉都以近乎垂直受風的方式(10°)重疊面積無法有效造成氣流旋轉風扇。尤其扇葉角度 80°，可斜身插入旋轉軸放大側間格，增加的扇葉所置放位置較寬闊平均，可以生成氣流較平穩，風車轉速較穩定不會有大變化。
- 因此，我們認為「大型風力發電機」扇葉角度約 60 度的裝置設備，風車轉速穩定，亦不需要增加扇葉，相對減少扇葉成本，所以是三個扇葉的設計。

問題四、導流板位置及大小對風車轉向影響因素的探討。

實驗步驟：

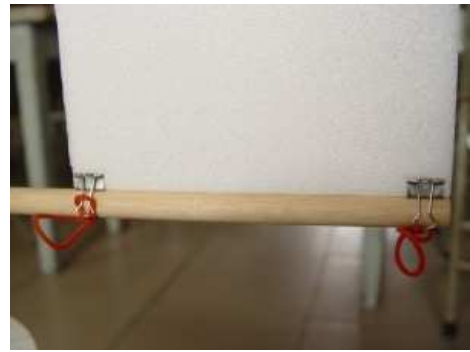
- 製作一「導流板風向實驗架」(如右圖照片 7)，使導流板端長為 35 公分，風車端長為 17.5 公分。
- 取長固定 15 公分，寬分別為 4、6、8、10、12、14、16 公分的珍珠板 7 塊，以及寬 10 公分，長分別為 6、9、12、15、18、21、24 公分的珍珠板 7 塊，做為探討不同大小因素之導流板用。
- 利用長尾夾及橡皮筋將珍珠板導流板固定在圓柱木末端(照片 8)。
- 風車端則分別放 6 扇葉及 2 扇葉的風車(由前面實驗結果，我們決定選擇扇葉角度固定為 40°)，先將風車及導流板整體與受風力風向成垂直(電



照片 7 導流板對風車轉向實驗裝置

風扇與風車距離取為 3 公尺)，鬆手後觀察整體風車的轉向情形並加以記錄。

- 將位置距離條件變化，改變導流板端成為 25 公分，依前面步驟觀察不同導流板及不同葉扇整體風車的轉向情形。



照片 8 用橡皮筋固定尾夾及珍珠板

實驗結果：

- 【導流板端長為 35 公分】的導流板風向實驗架，當導流板寬度相同（固定為 15 cm），高度不同對風車偏轉角度（轉向）的影響情況如下：

（表八）

導流板寬度	導流板高度	導流板面積	六扇葉風車偏轉角度	二扇葉風車偏轉角度
15 cm	4 cm	60	不停旋轉	30 度
	6 cm	90	不停旋轉	左右 15 度
	8 cm	120	不停旋轉	左右 10 度
	10 cm	150	左右 20 度	左右 10 度
	12 cm	180	左右 20 度	左右 10 度
	14 cm	210	左右 10 度	左右 10 度
	16 cm	240	左右 5 度	左右 5 度

- 【導流板端長為 35 公分】的導流板風向實驗架，當導流板高度相同（固定為 10 cm），寬度不同對風車偏轉角度（轉向）的影響情況如下：

（表九）

導流板高度	導流板寬度	導流板面積	六扇葉風車偏轉角度	二扇葉風車偏轉角度
10 cm	6 cm	60	不停旋轉	0 度
	9 cm	90	左右 60 度	0 度
	12 cm	120	左右 40 度	0 度
	15 cm	150	左右 10 度	0 度
	18 cm	180	左右 10 度	0 度
	21 cm	210	0 度	0 度
	24 cm	240	0 度	0 度

- 由表八和表九數據可見，六扇葉風車容易有不停旋轉、不穩定的情況，當導流板逐漸加大面積（加高或加寬），風車偏轉晃動角度變小甚至穩定不偏轉。而二扇葉風車則較穩定，隨著導流板高度增加，風車偏轉晃動角度逐漸變小穩定（表八），而導流板高度固定 10 cm，即使寬度增加、面積增大，風車仍然穩定不偏轉。

- 4.【導流板端長為 25 公分】的導流板風向實驗架，當導流板寬度相同（固定為 15 cm），高度不同對風車偏轉角度（轉向）的影響情況如下：（表九）

導流板寬度	導流板高度	導流板面積	六扇葉風車偏轉角度	二扇葉風車偏轉角度
15 cm	4 cm	60	左右 50 度	左右 20 度
	6 cm	90	左右 40 度	左右 10 度
	8 cm	120	左右 30 度	左右 10 度
	10 cm	150	左右 30 度	左右 10 度
	12 cm	180	左右 20 度	左右 10 度
	14 cm	210	左右 15 度	左右 10 度
	16 cm	240	左右 10 度	左右 5 度

- 5.【導流板端長為 25 公分】的導流板風向實驗架，當導流板高度相同（固定為 10 cm），寬度不同對風車偏轉角度（轉向）的影響情況如下：（表十）

導流板高度	導流板寬度	導流板面積	六扇葉風車偏轉角度	二扇葉風車偏轉角度
10 cm	6 cm	60	不停旋轉	左右 5 度
	9 cm	90	左右 20 度	左右 5 度
	12 cm	120	左右 20 度	左右 5 度
	15 cm	150	左右 30 度	左右 5 度
	18 cm	180	左右 10 度	左右 5 度
	21 cm	210	左右 20 度	左右 5 度
	24 cm	240	左右 30 度	左右 5 度

- 6.由表九和表十數據可見，六扇葉仍然較二扇葉風車普遍有不穩定旋轉（晃動角度較大）的情況，（表九）當擾流板逐漸加高，六扇葉和二扇葉風車一樣都有偏轉晃動角度變小的趨勢。而導流板高度固定 10 cm（表十），導流板即使寬度增加（面積增大），六扇葉風車仍然有不穩定旋轉的情況（偏轉角度又變為左右 30 度），沒有明顯規律。
- 7.而對照（表七、八）的導流板端較長距離到（表九、十）的導流板端較短距離之數據變化，我們整理了（表十一）和（表十二），發現不管導流板端的距離是否縮短，導流板高度、寬度的增加均能有效降低六扇葉和二扇葉風車的偏轉晃動角度，但是，從表十二可以看到，導流板高度固定為 10 公分時，導流板寬度從 6 公分變化到 24 公分，不管是導流板端長或較短的條件下，二扇葉風車偏轉角度都不會再受影響，整體風車呈現穩定的 0 度或些微左右 5 度晃動，這樣的現象對照前面風扇受力和轉速的實驗，我們認為，這是因為氣流比較能通過空隙間隔較大的二扇葉風扇，經由導流板發生作用而呈現穩定不晃動的情形。這樣的說法，我們可以由六扇葉的情況來對照驗證，氣流經過密集垂直受風面積的六扇葉風扇後產生比二扇葉較大幅度的擾動，要有較長的一段距離氣流才會恢復原來的方向，使導流板發生穩定作用，所以（表十二）六扇葉風車在導流板端距離風車越遠（35 公分）的情況下，導流板高度固定、導流板寬度增加越能發揮導流功能。
- 8.另外，不管導流板端距離遠近，導流板面積較小時 60 平方公分（15×4，10×6），風車都有不停旋轉的不穩定情況，一直要到導流板高度達到 10 公分以上時才有影響整體風車穩定的迎向風效果，因此，我們認為導流板的裝置是有作用的（表十一）。

(表十一)

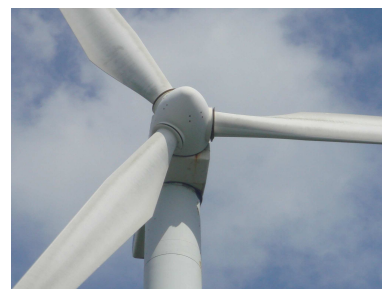
		導流板端長 為 35 公分	導流板端長 為 25 公分	導流板端長 為 35 公分	導流板端長 為 25 公分
導流板 寬度	導流板高度	六扇葉風車 偏轉角度		二扇葉風車 偏轉角度	
15 cm	4 cm	不停旋轉	左右 50 度	30 度	左右 20 度
	6 cm	不停旋轉	左右 40 度	左右 15 度	左右 10 度
	8 cm	不停旋轉	左右 30 度	左右 10 度	左右 10 度
	10 cm	左右 20 度	左右 30 度	左右 10 度	左右 10 度
	12 cm	左右 20 度	左右 20 度	左右 10 度	左右 10 度
	14 cm	左右 10 度	左右 15 度	左右 10 度	左右 10 度
	16 cm	左右 5 度	左右 10 度	左右 5 度	左右 5 度

(表十二)

		導流板端長 為 35 公分	導流板端長 為 25 公分	導流板端長 為 35 公分	導流板端長 為 25 公分
導流板 高度	導流板寬度	六扇葉風車 偏轉角度		二扇葉風車 偏轉角度	
10 cm	6 cm	不停旋轉	不停旋轉	0 度	左右 5 度
	9 cm	左右 60 度	左右 20 度	0 度	左右 5 度
	12 cm	左右 40 度	左右 20 度	0 度	左右 5 度
	15 cm	左右 10 度	左右 30 度	0 度	左右 5 度
	18 cm	左右 10 度	左右 10 度	0 度	左右 5 度
	21 cm	0 度	左右 20 度	0 度	左右 5 度
	24 cm	0 度	左右 30 度	0 度	左右 5 度

伍、結論：

- 一、利用大型工業用的電風扇所吹出的固定風量可以對不轉動的風扇造成彈簧秤約 60-140 公克重的施力效果，而轉動的風扇則可減少約 20% 以上的力量（施力）效果；另外，扇葉裝設的角度也影響受風力量的大小，扇葉越平行風向（扇葉角度 80°），氣流越能順利通過，風車承受的力量就愈小。
- 二、經由風扇扇葉與垂直受風面夾角角度與轉速大小關係的實驗，結果發現風車風扇角度在 45° 以內時，風車旋轉速度較快，每分鐘旋轉達 600 圈以上，而風扇扇葉裝設角度大於 45° 後，風車旋轉速度逐漸降低，甚至 80° 度時轉速只有不到原先一半的 239 圈。另外實際觀察台灣西部海濱的大型風力發電機的扇葉角度大約都是選擇受風力量不大、旋轉速度亦不快的扇葉裝設角度 50-70° 左右。



照片 9 風力發電機的扇葉角度約是 70°

- 三、從 2、3、4、5、6 扇葉風車與轉速關係實驗，發現將扇葉角度固定在 40 度和 80 度的風車實驗，扇葉數設置的多寡不致影響轉速太大，而扇葉角度固定在 10° 的風車實驗數據卻有明顯差異，隨著扇葉數的增加，轉速從每分鐘 1200 轉降至 600 轉，可能原因為扇葉裝設角度 10° 時，扇葉較垂直受風力，以致扇葉的數目增加但扇葉面積卻重覆遮蓋，通過氣流反而不順暢，並且扇葉數目增多亦增加了整體風扇的重量，導致轉速明顯下降。觀察台灣西濱「大型風力發電機」扇葉角度約 60 度的三扇葉裝置設備，風車轉速極為穩定。
- 四、從「導流板位置及大小對風車轉向因素探討」的實驗發現，六扇葉風車較二扇葉風車容易有不停旋轉、不穩定的情況；當導流板高度、長度逐步增加均能有效降低六扇葉風車的偏轉晃動角度，轉為穩定的情形。另外，不管導流板端到風車端的距離是否縮短，二扇葉風車的偏轉晃動角度都較小而穩定，判斷是因為氣流較容易通過二扇葉風車，導流板不論大小均能穩定方向。

陸、討論：

- 一、從搜尋的資料顯示，小型風力發電機有三葉、五葉和六葉風扇類型，發電量約在數百至數千瓦；經由實驗觀察發現，風車扇葉少，氣流大部分直接流向風車後面，較小的導流板就可以發揮導流功能。而風車扇葉多，氣流經風扇後除了推動風扇外大部分氣流會偏向，在風車後方較容易產生擾動，使風車較難穩定的迎向風。然而，我們觀察運動公園旁的小型風力發電機是六葉風扇類型，偏轉晃動情形較大，但因為風強、受風量大，所以發電情況似乎不錯。



圖片資料 香港機電工程署 http://re.emsd.gov.hk/tc_chi/wind/small/small_ep.html

- 二、風車轉速要快，風扇的扇葉設置角度不可以太大，與垂直受風面夾角在 10 度至 40 度最佳，扇葉少、風車輕也是最好的選擇。而觀察多種類型的小型風力發電機，扇葉角度多在 50-70 度間，例如運動公園旁的小型風力發電機即是。
- 三、製作大型風車，例如台灣西濱「大型風力發電機」，因風扇面積大，長度長達數十公尺，轉軸支撐架承受力相對也很大，因此若要減輕支撐架承受力，可以碳纖維的科技技術減輕重量或是減少風扇面積或扇葉的數量，甚至調整風車風扇與垂直受風面夾角，而西濱的大型風力發電機扇葉角度是約 70 度的三扇葉裝置設備。另外，為了避免受風力過大過強，大型風力發電機的扇葉形狀呈現瘦長形，而非掌葉形。



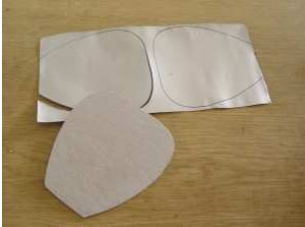
照片 10 大型風力發電機的瘦長形扇葉

柒、參考資料：

鄒紀萬著，科學勞作（力學動力篇），台北市，美勞教育出版有限公司
張毓禎等，科學勞作一點靈，台北市，國立臺灣科學教育館， 2007

附件一 各項實驗裝置說明：

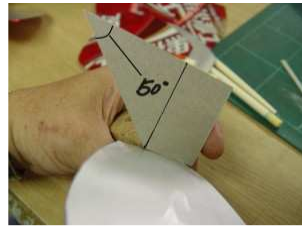
- 1、**風車（風扇）製作**：將回收鋁罐去頭去尾留下側面，以模型板剪成相同形狀，鋁板中央用矽膠黏竹筷子當風扇。將直徑 3.2 公分的圓木柱底面正中央鑽洞當軸心，側面則均勻鑽 6 個洞。將風扇扇葉竹筷以 AB 膠固定在圓柱側面的 6 個洞內，使 6 個扇葉與圓柱底面（垂直受風面）夾角都一樣，分別完成夾角 10° ， 20° ， 30° ， 40° ， 50° ， 60° ， 70° ， 80° 的 8 個風車（風車背面噴深藍色油漆）（照片 11～照片 14）。



照片 11：相同大小的鋁板扇葉



照片 12：利用 AB 膠來固定扇葉角度



照片 13：運用量角器製作相同角度的扇葉



照片 14：幾種不同扇葉角度的風車（風扇）

- 2、**受風力大小支撐架**：先用木條釘一個長 40 cm、寬 40 cm、高 71 cm 的長方體框架，框架內用四條彈簧懸掛一個邊長 38 cm 日字形架子，架子四個角落固定 10 cm 長木條（目的是減少架子搖晃），架子中心固定一個 3.2 公分長圓柱木頭，木頭中央固定軸承及竹筷（照片 15～照片 17）。



照片 15：支撐架



照片 16：四個角落掛四條彈簧



照片 17：架子中心固定圓柱木頭、軸承及竹筷

- 3、**風車測速支撐架**：取一長 39 cm 寬 28 cm 夾板，兩支 55 cm 及一支 60 cm 的廢棄拖把圓木棍，一支 11 cm 的短木棍，釘成如照片 8 的支撐架，在短木棍前端固定軸承及竹筷當風車轉軸。



照片 18：風車測速支撐架

4、**隨風轉向實驗支撐架**：取一支高 45 公分廢棄電風扇支架，兩塊 3.2 公分長圓柱木頭，兩根小圓木，兩個軸承。圓柱木頭鑽洞分別固定在小圓木一端，一組插入軸承露出 12 cm，以 AB 膠土固定軸承在電風扇支架上當風向轉軸，另一組以螺絲固定在前組圓柱木頭成 90 度水平，水平圓柱木頭前端固定軸承及竹筷當風車轉軸（如照片 19），最後在電風扇支架上裝一個角度圓盤，迎風方向為 0 度，反方向為負 0 度。



照片 19：隨風轉向實驗支撐架

5.**彈簧秤測量受風力**：兩張 桌子拉開，將受風力大小支撐架置於桌上，再將大型電風扇置於支撐架上方（如照片 20），用鐵絲勾住日字形架子（如照片 21），以彈簧秤測得架子下降 10 公分要用 150 克的力，則架子下降 1 公分，風車支撐架平均受風力為 15 克的力量。



照片 20
受風力大小實驗裝置



照片 21 彈簧秤測量
下降 1 公分的受風力

6.**風扇轉軸固定方式**：用橡皮筋固定風車轉 軸，放入扇葉風車後用牙籤插入縫隙（如照片 22），使風車受風吹襲時不會轉動，確認後再打開電風扇，測量出八種不同扇葉角度之風車在不轉動情況下，「**受風力大小支撐架**」下降的距離，再換算成受相同風力吹襲的受風力大小。相反的，去除橡皮筋及牙籤則使風車受風會轉動，打開電風扇即可測出八種扇葉角度風車轉動時的受風力。



照片 22 牙籤插入縫隙

【評語】 080820

本作品探討風力發電中，風扇扇葉夾角角度與轉速的關係。其次是風扇扇頁數量的影響。作品皆有模型，不過，本研究在歷屆科展中，已有類似作品與研究方法出現，因此沒有新的發現。