

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

佳作

031611

風生電起—探討風能的有效應用

桃園縣立觀音國民中學

作者姓名：

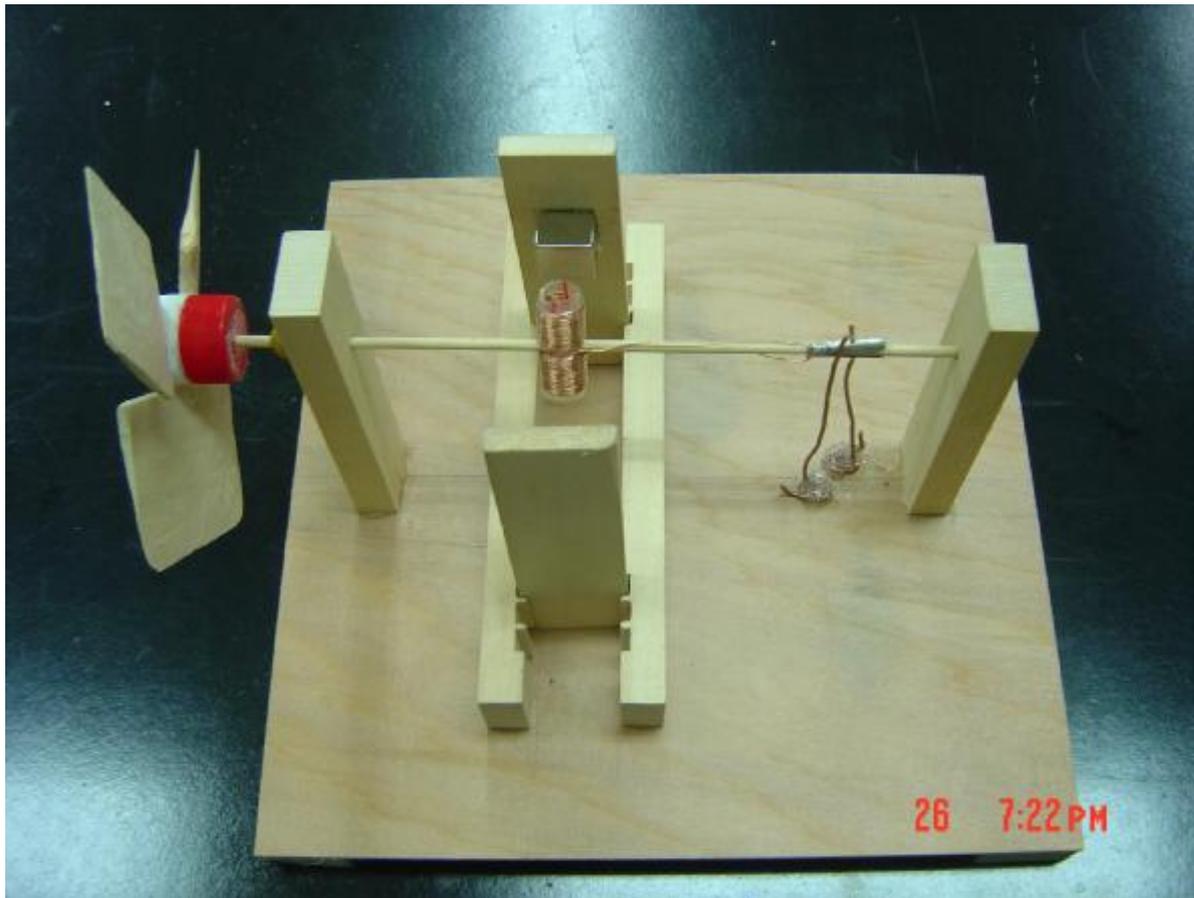
國二 徐易汶 國二 黃俊銘 國二 許秀桃
國二 范姜竹嬋

指導老師：

李惠民 李孟倫

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：風生電起--探討風能的有效應用

關鍵詞：旋轉翼、風力機組、白努利定律

編 號：

1. 作品經過實際生活的經驗, 參觀而引發, 同時訴求 21 世紀重要的議題 - 能源, 值得鼓勵。
2. 作者對實驗與研究中所使用的物理原理能充份了解與解釋。
3. 設計的風力發電裝置實用可行。

編號 031611

壹、 摘要

在科展製作時，我們曾參觀過大潭發電廠。從大潭發電廠的參訪經驗，我們知道設立風力發電廠需考慮當地的風場及風向是否穩定，因此我們利用製作穩定氣流作為實驗的氣流來源。為了探討不同旋轉翼對轉速之影響，我們分別削製出各式各樣不同形狀、寬度的旋轉翼，測量不同旋轉翼片數、翼片剖面形狀、受風面積與攻角對風力機轉速之影響，並且探討風力機的不同轉速與發電機發電量之關係。我們做出不同線圈數的風力發電機，測量其發出的電流，並且試著於線圈中加入磁性物質及非磁性物質探討發電機的發電量有何不同。

貳、 研究動機

炎熱的體育課後，大家都汗流浹背，於是拿著冰涼的飲料往高一點的地方吹吹風，正巧看到不遠之處有個巨大的白色物體微微的轉動著，不禁引起我的好奇，那是為了地方上的美觀而設置的嗎？還是它有神奇的用途？於是又找了幾位同學，一起去探討，我們跑去問自然老師們，也到圖書館，上網找了一些資料，甚至親自前往鄰近的「大潭發電廠」參觀，經過一番努力詢問終於明白—它能發出電來的原因，而且還是零污染的綠色能源，可說是最天然的能源。然而我們想要更進一步去瞭解，我們想著：是否也能運用生活上的點點滴滴做出一個同樣功能的發電機呢？不同的旋轉翼葉片數、形狀、受風面積、攻角的風力機的發電量又有何差別？我們將設計一連串的實驗，加以探討。

參、 研究目的

- 一、 模擬製作穩定氣流。
- 二、 探討旋轉翼葉片數對風力機組轉速之影響。
- 三、 探討旋轉翼形狀對風力機組轉速之影響。
- 四、 探討旋轉翼受風面面積對風力機組轉速之影響。
- 五、 探討旋轉翼與受風面的夾角對風力機組轉速之影響。
- 六、 探討旋轉翼轉速對風力機組產生電流大小的影響。
- 七、 探討單位長度線圈數對發電機發電量的影響。
- 八、 探討線圈內磁性物質與非磁性物質對發電機發電量的影響。
- 九、 探討場磁鐵之間的距離對發電機發電量的影響。

肆、 研究設備及器材

- | | |
|----------|------------|
| 一、風扇 | 十三、天平 |
| 二、吸管 | 十四、帶鋸機 |
| 三、馬錶 | 十五、木板、木條 |
| 四、放大鏡 | 十六、尖尾刀 |
| 五、相機 | 十七、漆包線 |
| 六、數位相機腳架 | 十八、鑽輪機組 |
| 七、毫安培計 | 十九、導線 |
| 八、風速計 | 二十、鋸子(線鋸) |
| 九、瓶蓋 | 二十一、 剪刀 |
| 十、鐵絲 | 二十二、 強力磁鐵 |
| 十一、酒精燈 | 二十三、 粗銅線 |
| 十二、 熱熔膠槍 | 二十四、 鐵片、鋁片 |

伍、 研究過程或方法

一、 模擬製作穩定流

(一) 穩定流製作說明: 製作科展時，我們曾經去參觀過學校附近的「大潭發電廠」，參觀的過程中我們得知，台電公司在設立風力發電廠時會事先針對該地點做一些當地風場及風向的勘查，大家都知道轉速與發電量之間，有絕對的關係，但風力發電公司，不會一味的追求風力最大，最強的地方，因為如果風力發電場設置於懸崖旁邊，雖然風很大但是會有上昇氣流，容易導致旋轉翼毀損；如果風力發電廠設置於山腳下，則可能會有落山風，同樣容易導致旋轉翼毀損；颱風天也是一個風大的時候，但風力發電場在颱風天時，會選擇將旋轉翼擺到 90° (也就是截取風能為 0)，避免旋轉翼毀損，所以風力發電公司要找的地方，氣流的強度一定會選擇在一定範圍內，且該地的風向是穩定的。因此我們製作了整流管，篩選風扇所吹出的氣流，製造出穩定氣流，可以模擬野外的情況，並且使轉速的實驗有一個精確的值。

(二) 整流前風扇氣流

1. 實驗方法：

- (1) 分別測出家用電扇及工業用電扇的風速。
- (2) 將風速計與工業用風扇的距設為 61cm 且風速計放置於工業用風扇中心上方 8cm

處，分別量測風扇左、中、右三區風速。

- (3) 將風速計與家用風扇的距離設為 11.5cm 且風速計放置於家用風扇中心下方 3cm 處，分別量測風扇左、中、右三區風速。

2. 實驗結果：

表<1> 整流前，風扇前各位置風速

家用電風扇					工業用風扇				
位置	各段數	ft/min	m/s	平均風速	位置	各段數	ft/min	m/s	平均風速
左	3	559	2.84	2.77	左	3	803	4.08	4.93
		583	2.96				1206	6.13	
		494	2.51				902	4.58	
	2	646	3.28	3.33		2	1173	5.96	5.32
		583	2.96				982	4.99	
		738	3.75				990	5.03	
	1	850	4.32	4.28		1	1152	5.85	6.06
		783	3.98				1374	6.98	
		894	4.54				1000	5.08	
中	3	85	3.99	3.83	中	3	1105	5.61	5.60
		765	3.89				1080	5.49	
		710	3.61				1120	5.69	
	2	920	4.67	4.67		2	1220	6.20	5.98
		925	4.76				1185	6.02	
		910	4.62				1125	5.72	
	1	1100	5.59	5.61		1	1205	6.12	5.86
		1105	5.61				1155	5.87	
		1110	5.64				1100	5.58	
右	3	850	4.32	4.11	右	3	898	4.56	4.70
		675	3.43				797	4.05	
		902	4.58				1085	5.51	
	2	587	2.98	3.33		2	843	4.28	5.09
		679	3.45				1173	5.96	
		705	3.58				994	5.05	
	1	898	4.56	4.22		1	982	4.99	5.17
		813	4.13				994	5.05	
		783	3.98				1079	5.48	

3. 討論

- (1) 未經整流的風扇所吹出的氣流，風速變化大，表示該氣流是紊流。
- (2) 爲了實際觀察風扇吹出的氣流流動情形，我們觀察線香的煙霧在風扇直接吹動下飄散情形，如圖<1>所示，煙霧飄散的方向是混亂的。



圖<1>未經過整流管，線香煙霧飄散狀況

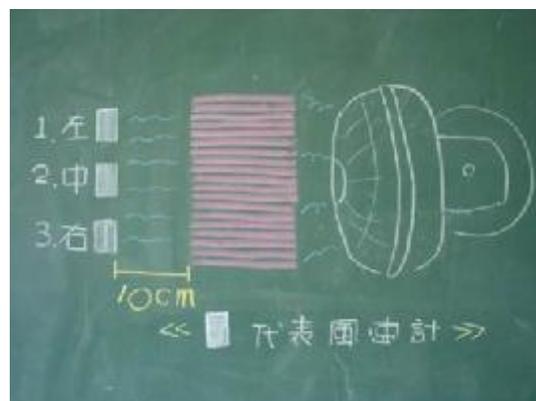
(三) 整流後風扇氣流

1. 實驗方法：

- (1) 利用珍珠奶茶吸管製作整流管，如圖<2>。
- (2) 方法同實驗（一）。



圖<2>



圖<3>

2. 實驗結果：

表<2> 整流後，風扇前方各位置風速

工業用風扇					家用之風扇				
段數		ft/min	m/s	平均風速(m/s)	段數		ft/min	m/s	平均風速(m/s)
3	左	920	4.67	4.72	3	左	230	1.17	1.10
		950	4.83						
		915	4.65						
	中	935	4.75	4.80		中	290	1.47	1.47
		965	4.90						
		935	4.75						
	右	660	3.35	3.30		右	300	1.52	1.43
		635	3.23						
		655	3.33						
2	左	1000	5.08	5.07	2	左	280	1.42	1.46
		1010	5.13						
		985	5.00						
	中	960	4.88	4.06		中	365	1.85	1.81
		890	4.52						
		545	2.77						
	右	705	3.58	3.73		右	350	1.78	1.81
		765	3.89						
		730	3.71						
1	左	1040	5.28	5.28	1	左	335	1.70	1.71
		1060	5.38						
		1020	5.18						
	中	1005	5.11	5.14		中	430	2.18	2.24
		1005	5.11						
		1025	5.21						
	右	765	3.89	4.03		右	420	2.13	2.12
		745	3.78						
		870	4.42						

3. 討論

- (1) 由表<2>知，經過整流管流出的氣流於各區的風速變化不大，可知經過整流管整流過的氣流較穩定。
- (2) 我們亦觀察線香的煙霧經過整流管後飄散情形，發現煙霧飄散的方向一致不混亂，如圖<4>所示。



圖<4>：經過整流管後，線香煙霧飄散狀況（煙為平行前進）

（四）推論

1. 未經整流前，因為電風扇所出來的氣流呈漩渦狀，所以氣流的方向朝四處飛散，非常的不穩定；而當加入整流管時，風扇所吹出的氣流流過整流管後，其氣流流向會較一致。
2. 風扇產生的氣流經過整流管的時候，整流管會做氣流流向的篩選，與整流管方向相同的氣流較容易通過，所以通過整流管的氣流會往同一方向而不會四處飛散。
3. 我們不使用太大或太小的吸管的原因是，太大的吸管無法達到整流的效果，太小的吸管則會淘汰掉太多氣流流向，出來的氣流會過少，會使旋轉翼無法轉動。
4. 由於風速計與整流管的距離為 10cm，並且整流管面涵蓋住整個風扇，所以經過整流管整流後的風，對於本實驗不會有因迴旋回來而產生擾流的困擾。
5. 我們採用整流後的穩定氣流來做接下來的實驗。

二、探討旋轉翼對風力機轉速快慢之影響

（一）研究裝置及量測方法

1. 風力機組

- (1) 旋轉翼製作：利用帶鋸機將木板裁切為長度 6 公分及寬度分別為 2.2 公分、3.6 公分、5.7 公分之木片，在木片上分別繪出翼片剖面為長方形、流線機翼形及三角形的輪廓，再利用木工尖尾刀削去不需要的部份，用磨砂紙仔細精確磨出翼片形狀。再拿寶特瓶蓋將其側邊分成若干等分，並且利用量角器於側邊中線上分別刻畫出上仰角度為 0 度、10 度、30 度及 60 度，利用加熱迴紋針於寶特瓶蓋已劃記處上熔出約 1 公分長度，以便翼片組裝。



圖 <5>

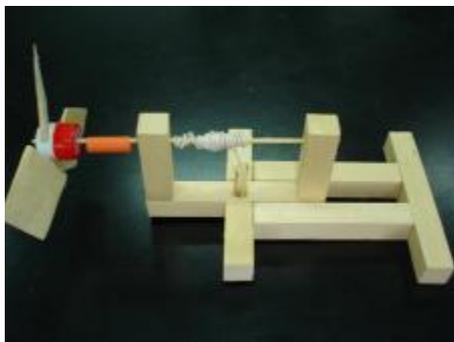


圖 <6>

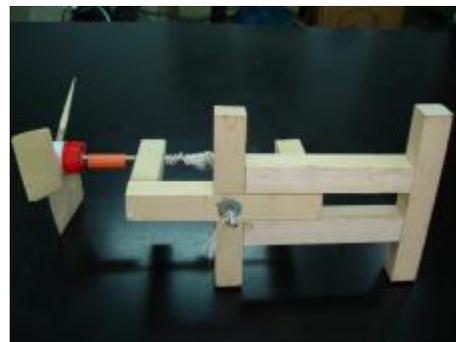


圖 <7>

(2) 支架製作：利用木塊組裝設計使旋轉翼之轉軸可以架於其上旋轉，並在底座打洞。將 156 公分的棉線綁於轉軸上並使其穿過底部的洞，棉線尾端綁上 2 克的砝碼。當轉軸轉動時帶動棉線向上纏繞，利用測量棉線纏繞達終點的時間作為判斷旋轉翼轉動快慢的依據。



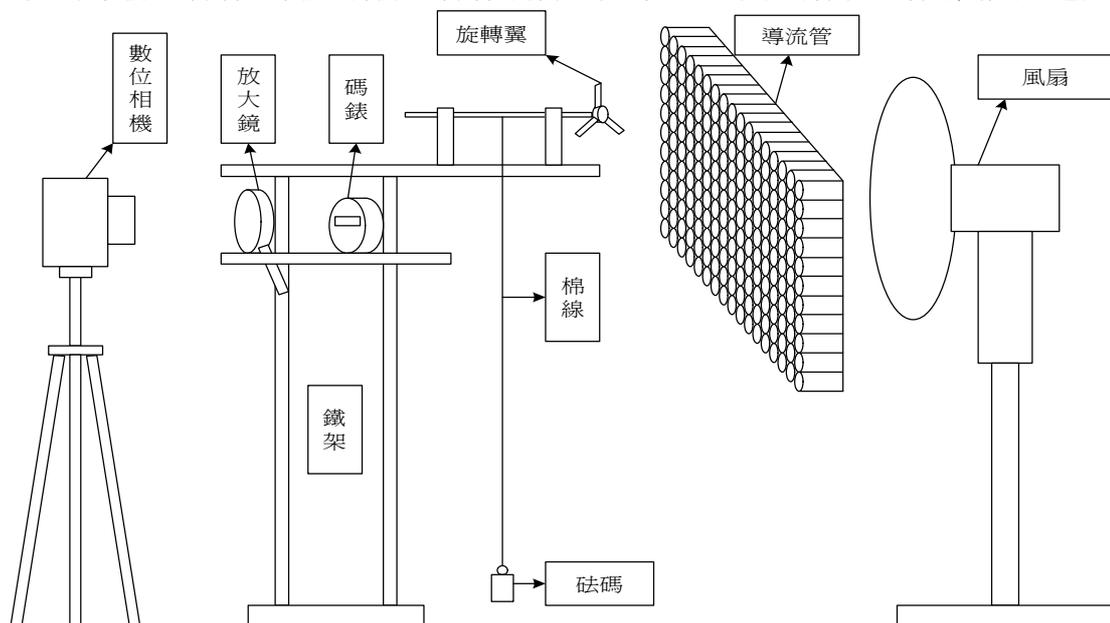
圖<8>



圖<9>

2. 實驗裝置及量測方法

(1) 利用數位攝影方式再加上一組放大鏡及馬錶，同步攝影量測風力機風速，將風力機支撐架綁上棉線，利用所綁之棉線旋轉至支架底座小孔所需的時間代表風速大小。



圖<10> 實驗裝置

- (2) 本實驗裝置運用簡單且容易取得之器材同步攝影，可以精確拍攝到綁線下砝碼旋轉到達風力機所需時間。



圖<11>



圖<12>



圖<13>

(二) 探討旋轉翼受風面積對風力機轉速之影響

1. 實驗方法：分別利用受力面積不同的流線機翼形翼片組裝成三翼片式風力機，再利用同步攝影方式量測風力機所綁之棉線旋轉到達終點所需的時間，藉以表示風力機轉動速度。
2. 實驗結果

表<3>

探討 旋轉翼受力面積 & 風力機轉速						
控制變因： 流線機翼形翼片、旋轉翼片數三片、 翼片旋轉角度 10 度、風力機所綁棉線長度 156 公分						
風速 旋轉翼片	風速 1(弱) (工業用 3 段)		風速 2(中) (工業用 2 段)		風速 3(強) (工業用 1 段)	
小片	4.70 秒	平均值 5.45 秒	5.67 秒	平均值 5.71 秒	4.59 秒	平均值 4.58 秒
	5.37 秒		5.79 秒		4.59 秒	
	5.53 秒		5.78 秒		4.59 秒	
	6.38 秒		5.78 秒		4.65 秒	
	5.29 秒		5.53 秒		4.49 秒	
中片	5.29 秒	平均值 5.69 秒	5.40 秒	平均值 5.59 秒	4.93 秒	平均值 4.88 秒
	5.14 秒		5.57 秒		4.71 秒	
	5.57 秒		5.44 秒		4.91 秒	
	5.71 秒		5.53 秒		4.98 秒	
	5.72 秒		6.01 秒		4.89 秒	
大片	5.24 秒	平均值 4.97 秒	4.76 秒	平均值 4.42 秒	4.00 秒	平均值 3.89 秒
	4.79 秒		4.17 秒		3.89 秒	
	4.55 秒		4.57 秒		3.79 秒	
	4.95 秒		4.27 秒		3.68 秒	
	4.33 秒		4.35 秒		4.10 秒	

3. 討論

- (1) 由表<3>可知，旋轉翼片面積越大，風力機轉速越快。
- (2) 對於同一寬度翼片而言，風速越大，風力機轉速亦越快。

4. 推論

- (1) 風力機的運轉是利用旋轉翼片來捕獲風能。若翼片面積增大，代表翼片受風面積增加，則風力機運轉時獲取的風能較多，故轉速亦較快。
- (2) 從氣體動力學推論，對於同一組旋轉翼風力機而言，若流動通過的氣流速度越快，旋轉翼所能吸收的風能越多，風力機轉動速度也越快。

- (3) 經由(1)(2)可知，當翼片的面積越大、自由流通的氣流速度越快時，旋轉翼所接受的風能就越多。

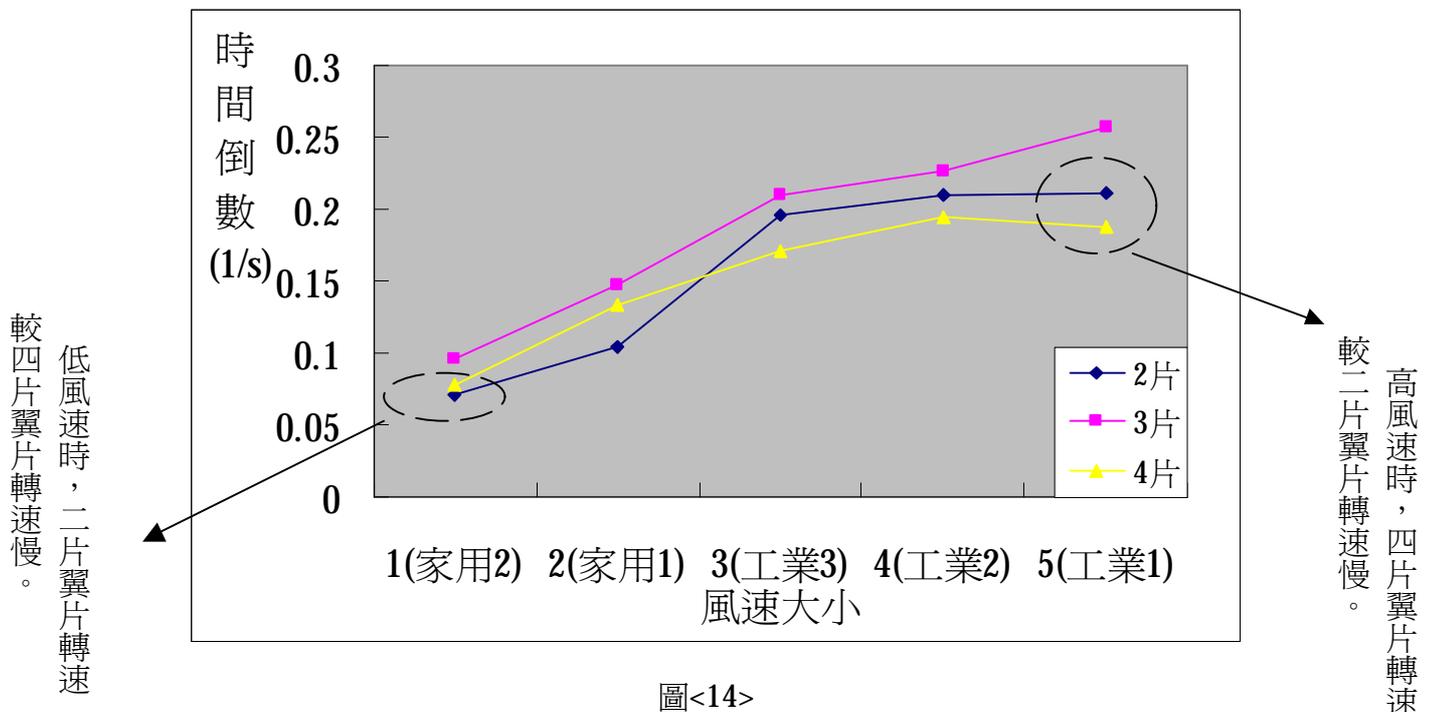
(三) 探討旋轉翼葉片數對風力機組轉速之影響

1. 實驗方法：分別利用流線形機翼組裝成 2 片、3 片及 4 片翼片風力機各一組，利用同步攝影方式測量風力機轉速。

2. 實驗結果

表<4>

探討 旋轉翼片數 & 風力機轉速										
控制變因： 流線機翼形、寬度 5.7cm、長度 6cm、質量 4.2g、 翼片旋轉角度 10 度、風力機所綁棉線長度 156 公分										
風速 翼片數	風速 1 (家用 2 段)		風速 2 (家用 1 段)		風速 3 (工業用 3 段)		風速 4 (工業用 2 段)		風速 5 (工業用 1 段)	
2 片	15.19 秒	平均值 14.10 秒	8.73 秒	平均值 9.62 秒	4.59 秒	平均值 5.10 秒	4.25 秒	平均值 4.78 秒	4.90 秒	平均值 4.74 秒
	13.61 秒		9.48 秒		4.57 秒		4.74 秒		4.99 秒	
	13.27 秒		11.50 秒		5.04 秒		4.73 秒		5.03 秒	
	16.39 秒		8.44 秒		5.59 秒		5.19 秒		4.28 秒	
	12.05 秒		9.95 秒		5.70 秒		5.00 秒		4.49 秒	
3 片	11.85 秒	平均值 10.50 秒	6.29 秒	平均值 6.81 秒	5.24 秒	平均值 4.77 秒	4.76 秒	平均值 4.42 秒	4.00 秒	平均值 3.89 秒
	10.67 秒		6.59 秒		4.79 秒		4.17 秒		3.89 秒	
	10.00 秒		7.00 秒		4.55 秒		4.57 秒		3.79 秒	
	9.89 秒		7.18 秒		4.95 秒		4.27 秒		3.68 秒	
	10.09 秒		7.00 秒		4.33 秒		4.35 秒		4.10 秒	
4 片	12.31 秒	平均值 12.88 秒	7.77 秒	平均值 7.47 秒	5.85 秒	平均值 5.87 秒	5.05 秒	平均值 5.15 秒	5.19 秒	平均值 5.35 秒
	12.79 秒		6.77 秒		5.44 秒		5.13 秒		5.29 秒	
	13.39 秒		7.45 秒		5.97 秒		5.19 秒		6.15 秒	
	13.05 秒		7.59 秒		6.15 秒		5.16 秒		5.03 秒	
	12.85 秒		7.79 秒		5.95 秒		5.23 秒		5.08 秒	



圖<14>

3. 討論

- (1) 由表<4>知當風力機旋轉翼組裝成三個翼片時，風力機的運轉速度最快。
- (2) 由圖表比較二個翼片和四個翼片，發現當風速較慢時(如風速 1、風速 2)，四個翼片的運轉速度較二個翼片運轉速度快。
- (3) 若風速較快時(如風速 3、風速 4 和風速 5)，反而是二個翼片轉速較四個翼片運轉速度快。

4. 推論

- (1) 二片翼片之間相距為 180 度(成一直線)，三片翼片之間相距為 120 度，四片翼片之間相距 90 度。當翼片之間間隔多且間隙狹小時，流道過窄，氣流從間隙中流通時遇到的阻礙較大，此時容易造成風阻，故四片翼片轉速較差。此外，由實驗結果發現，當比較三片翼片與兩片翼片時，三片翼片轉速較二片翼片轉速快。此應是因為三片翼片的總面積較大，旋轉翼所獲得的風能較多，故轉速較快。
- (2) 由實驗(二) 探討旋轉翼受風面積對風力機轉速影響的實驗推論可知，旋轉翼所獲得的風能和旋轉翼的受風面積及風速有相當於正比例的關係。當翼片周圍流通的氣流速度較緩慢時，風力機為了獲得較多的風能，翼片的受風面積應增大；反之，若翼片周圍流通的氣流速度較快時，翼片設計時，其受風面積應減小。故一般低速風車(如：磨坊風車)由於慢速轉動的關係，需要的翼片數較多；高速風車(如：螺旋槳飛機)轉速快，所需的翼片較少。

(四) 探討旋轉翼最佳之翼片剖面形狀

1. 實驗方法：分別利用不同的翼片剖面形狀(包含：流線機翼形、三角形及長方形)各取三個翼片組裝，利用同步攝影方式測量風力機轉速。
2. 實驗結果：

表<5>

探討 旋轉翼形狀 & 風力機轉速						
控制變因: 旋轉翼數 3 片、寬度 3.6cm、長度 6cm、質量 2.75g、 翼片旋轉角度 10 度、風力機所綁棉線長度 156 公分						
風速 旋轉翼片	風速 1(工業用 3 段)		風速 2(工業用 2 段)		風速 3(工業用 1 段)	
流線機翼形	5.29 秒	平均值 5.69 秒	5.40 秒	平均值 5.59 秒	4.93 秒	平均值 4.88 秒
	5.14 秒		5.57 秒		4.71 秒	
	5.57 秒		5.44 秒		4.91 秒	
	5.71 秒		5.53 秒		4.98 秒	
	6.72 秒		6.01 秒		4.89 秒	
三角形	9.65 秒	平均值 9.52 秒	9.47 秒	平均值 9.43 秒	7.93 秒	平均值 7.56 秒
	11.34 秒		9.49 秒		7.53 秒	
	8.49 秒		9.29 秒		7.83 秒	
	8.95 秒		9.43 秒		7.33 秒	
	9.17 秒		9.48 秒		7.19 秒	
長方形	11.08 秒	平均值 9.64 秒	7.38 秒	平均值 7.71 秒	6.56 秒	平均值 7.32 秒
	8.55 秒		7.75 秒		7.16 秒	
	10.59 秒		7.36 秒		7.06 秒	
	9.59 秒		7.83 秒		7.65 秒	
	8.39 秒		8.25 秒		8.18 秒	

3. 討論

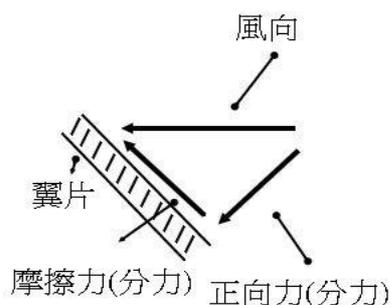
- (1) 由實驗結果可知，翼片剖面形狀以流線機翼形造成的運轉效果最快。
- (2) 若比較三角形翼片與長方形翼片所造成的運轉速度，則長方形翼片轉速大於三角形翼片轉速。

4. 推論

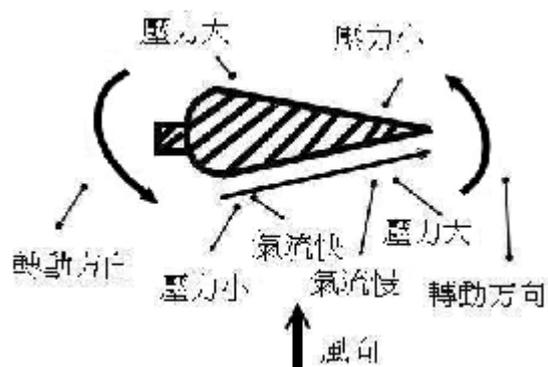
- (1) 根據白努利定律：『流體的流速越快，產生的壓力就越小』。就流線機翼形翼片而言，流過翼片的氣流在曲度較厚的位置(即翼片連接處)，氣流流速較慢，造成較大的氣壓，而此處背風翼片的氣壓與受風面相比，氣壓較小，形成向下壓的力量；而氣流在曲度較薄的位置(即翼片尾段)，因氣流流速較快，產生壓力較小，而此處背風翼片的氣壓與受風面相比，氣壓較大，形成浮升的力量。而翼片利用此一壓一推的力

量，形成一股扭轉力量轉動翼片。

- (2) 當氣流由整流管以水平方向流向翼片時，會在垂直翼片方向上產生正向下壓的分力，以及沿斜面產生另一分力(即為摩擦力)。根據牛頓第三運動定律可知，一作用力會產生另一反作用力，故氣流對翼片產生的摩擦力會產生另一反作用力，此反作用力為翼片推動空氣的力量，而風力機即利用此反作用力帶動旋轉翼轉動。



圖<15>



圖<16>

- (3) 就長方形翼片而言，以白努力定律來說，這個形狀並沒有曲線部份，產生的氣壓會是相同的，所以沒有扭轉的力量使翼片轉動。翼片在組裝時有角度，空氣氣流流向翼片後的反射氣流是單一方向，有較強的作用力，故有較強的反作用力，翼片轉速次於流線機翼形翼片。
- (4) 就三角形翼片而言，受力後氣流的流向以葉片中心垂直線分為兩股氣流，流過翼片的氣流，因作用力與反作用力而在兩側有推力的產生，此兩作用力互相抵消，但因翼片組裝時有角度，導致一邊受風面積較大，而有一邊的作用力大於另一邊的作用力，因此有轉動的情形發生，但比較起來，轉速較其他翼片小。

(五)探討旋轉翼攻角與風力機轉速的影響

- 1.實驗方法：利用流線機翼形翼片各取三個翼片組裝成 10 度、30 度、60 度，利用同步攝影方式測量風力機轉速。
- 2.實驗結果

表<6>

探討 旋轉翼攻角 & 風力機轉速						
控制變因: 流線機翼形、旋轉翼數 3 片、寬度 5.7cm、長度 6cm、質量 4.2g、 風力機所綁棉線長度 156 公分						
風速 翼片攻角	風速 1(工業用 3 段)		風速 2(工業用 2 段)		風速 3(工業用 1 段)	
10 度	5.24 秒	平均值 4.81 秒	4.35 秒	平均值 4.31 秒	3.52 秒	平均值 3.73 秒
	4.79 秒		4.17 秒		3.89 秒	
	4.55 秒		4.4 秒		3.79 秒	
	4.95 秒		4.27 秒		3.68 秒	
	4.33 秒		4.35 秒		3.75 秒	
30 度	5.13 秒	平均值 4.97 秒	4.47 秒	平均值 4.45 秒	3.49 秒	平均值 3.85 秒
	5.13 秒		4.43 秒		3.87 秒	
	4.84 秒		4.39 秒		3.85 秒	
	4.95 秒		4.48 秒		4.13 秒	
	4.78 秒		4.49 秒		3.89 秒	
60 度	10.05 秒	平均值 9.63 秒	8.99 秒	平均值 9.07 秒	8.45 秒	平均值 8.51 秒
	9.26 秒		8.63 秒		8.05 秒	
	9.53 秒		9.05 秒		8.36 秒	
	9.65 秒		9.15 秒		8.65 秒	
	9.65 秒		9.55 秒		9.06 秒	

3. 討論

在 60 度、30 度、10 度的葉片中，以 10 度的翼片組裝轉速最快。

4. 推論

- (1) 扇葉的轉速跟攻角有關係，角度越小，翼片所受的扭轉力越大，故翼片的轉速越快。
- (2) 角度與轉速的關係，可以說是角度與受風面積的關係(角度與受風面積成反比)，受風面積越大轉速越快(角度越小轉速越快)。
- (3) 從大潭發電廠參觀經驗得知，當發電廠中風力機翼片旋轉呈現 2 度時，能擷取的風能最多。但當風太強時，爲了不讓旋轉翼受損，所以風力機組會自動旋轉至 90 度角，使翼片完全不能截取風能。我們曾實驗過 90 度的旋轉翼，結果發現翼片確實無法轉動，因爲攻角爲 90 度時無法擷取到任何風能，因此無法帶動旋轉翼旋轉。此外，我們也曾實驗過 0 度角的翼片，亦發現旋轉翼無法轉動，因爲此種角度無法造成扭力使旋轉翼轉動。

三、探討影響發電機發電量大小的因素

(一) 研究裝置及量測方法

1. 製作說明：關於發電機的部份，我們看過許多的資料，如構造及原理，其中的發電機組中，我們對於法拉第手搖發電機最感興趣。我們很好奇發電機發電量跟磁場強弱、場磁鐵之間的距離及導線圈數有何關係，如果加入鐵片或鋁片放入線圈中，對於發電量又有什麼影響。於是我們利用強力磁鐵、漆包線、木條以及我們所做的風力旋轉翼製作出發電機。
2. 實驗裝置：在木板上以木塊製作出支撐旋轉翼轉軸的支架，並且利用漆包線纏繞成線圈置於轉軸上，在轉軸兩旁架上強力磁鐵作為場磁鐵，利用鐵片做成半圓形金屬環黏於轉軸上，以粗銅線微微接觸金屬環，導出發電機所發出的電量。



圖 <17>



圖 <18>



圖 <19>

(二) 實驗結果

表 <7> 探討不同線圈數、風速大小與磁場距離對發電量之影響

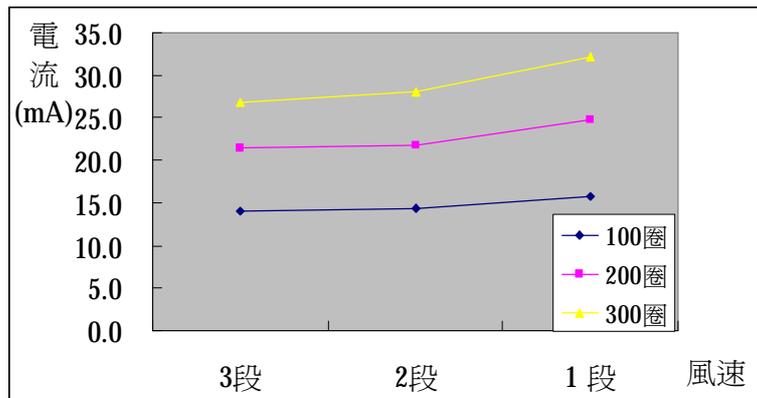
場磁鐵 之間距離	風速	產生電流大小 (mA)		
		線圈長度 5.5cm		
		100 圈	200 圈	300 圈
7cm	風速 1(工業 3 段)	14.0mA	21.5 mA	26.8 mA
	風速 2(工業 2 段)	14.3 mA	21.7 mA	28.0 mA
	風速 3(工業 1 段)	15.7 mA	24.7 mA	32.2 mA
9cm	風速 1(工業 3 段)	6.0 mA	8.2 mA	11.3 mA
	風速 2(工業 2 段)	6.3 mA	9.3 mA	11.5 mA
	風速 3(工業 1 段)	6.8 mA	10.0 mA	12.1 mA
11cm	風速 1(工業 3 段)	3.0 mA	3.8 mA	3.6 mA
	風速 2(工業 2 段)	3.2 mA	4.0 mA	3.9 mA
	風速 3(工業 1 段)	3.7 mA	4.3 mA	4.3 mA

表 <8> 探討加入磁性物質或非磁性物質與線圈數對發電量之影響

線圈中心 控制變因： 線圈長度 5.5 公分 場磁鐵相距 11 公分	風速	產生電流大小 (mA)		
		100 圈	200 圈	300 圈
線圈中心 未加入任何物質	風速 1 (工業 2 段)	3.2 mA	4.0 mA	3.9 mA
	風速 2 (工業 1 段)	3.7 mA	4.3 mA	4.3 mA
線圈中心 加入鋁片(12 片)	風速 1 (工業 2 段)	3.8 mA	6 mA	8.3 mA
	風速 2 (工業 1 段)	3.9 mA	6.1 mA	8.7 mA
線圈中心 加入鐵片(12 片)	風速 1 (工業 2 段)	22.3 mA	47.7 mA	58.7 mA
	風速 2 (工業 1 段)	35.7 mA	49 mA	68 mA

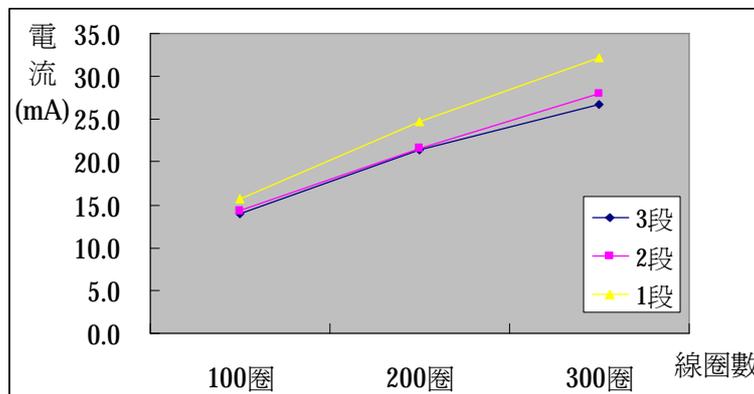
(二) 討論

1. 由圖<20>可看出風速相同時，單位長度內線圈數愈多，則產生的電流愈大。



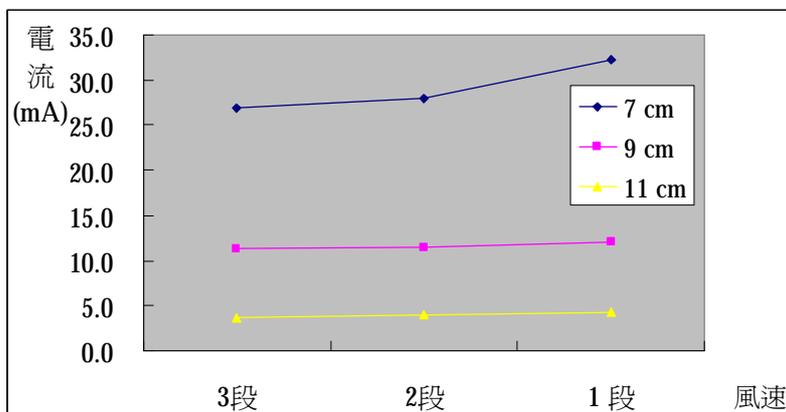
圖<20>

2. 由圖<21>可看出，當線圈數相同時，風速愈大，則產生的電流愈大。



圖<21>

3. 線圈數及風速相同時，磁鐵距離愈近，則產生的電流愈大。



圖<22>

4. 在線圈的中心加入鋁片時，所產生的電流比沒有加鋁片時來得大。
5. 在線圈的中心加入鐵片時，所產生的電流比沒有加鐵片時大很多，也比加鋁片來得大。

(三) 推論

1. 實驗發現，當線圈數愈多，則磁通量變化愈大，感應產生的電流也就愈大。
2. 當風速愈快，使線圈轉動愈快，造成線圈內的磁通量時變率愈大，故感應產生的電流也就愈大。
3. 當場磁鐵兩者之間的距離愈短，其磁力線數分佈愈密集，當線圈轉動時，線圈內部的磁通量時變率愈大，亦使感應產生的電流愈大。
4. 當線圈內部加入磁性物質（如鐵片），則會使線圈的總磁場變大，使得線圈轉動時磁通量時變率變大，同樣使感應產生的電流變大。
5. 我們試著加入鋁片時，發現所產生的感應電流較未加入任何物質時變大許多，我們推測鋁罐的材質可能有混合一些磁性物質，導致在線圈中運轉時磁通量時變率較未加入任何物質時的線圈磁通量時變率大。

陸、 結論

- 一、 風扇前未放置整流管時，出來的氣流成漩渦狀；風扇前放置整流管時，出來的風成平穩流。
- 二、 若流動通過的氣流速度越快，旋轉翼吸收的風能也就越多，其轉速也就越快。
- 三、 受風面積越大，其轉速越快；受風面積越小，其轉速越慢。
- 四、 風速小時，翼片數越多，其轉速越快；風速大時，翼片數越少，其轉速越快。
- 五、 當翼片之間間隔太多且狹小時，氣流從中流過時，就會受到太大的阻力(即風阻大)，

其轉速當然也就越慢。

- 六、若比較流線機翼形、長方形、三角形三種機翼形狀的轉速，則流線機翼形的轉速會比長方形和三角形之轉速還快。
- 七、根據『白努利定律』，這證明了流線機翼形在受到風的阻力時會產生一股可以使翼片轉動的扭轉力，所以其轉速最快。
- 八、攻角越小(例：攻角 10 度)，受風面積越大，轉速越快；攻角越大(例：攻角 60 度)，受風面積越小，轉速越慢。
- 九、當發電機翼片轉速越快，發電機內線圈之單位長度所纏繞圈數越多時，因線圈內磁通量變化較大，所發出的電量也就會比較多。
- 十、場磁鐵越靠近發電機的線圈時，場磁鐵的磁力線數分佈愈密集，造成轉動時線圈內的磁通量變化大，導致感應生成的電流亦愈多。
- 十一、線圈中若加入磁性物質，則磁性物質在場磁鐵中運轉時，會使線圈內的磁通量變化增大，所產生的感應電流亦增多。

柒、 未來研究方向

- 一、探討磁鐵磁場的強弱與其發電量的關係。
- 二、探討旋轉的磁鐵及其磁場的變化。
- 三、探討翼片表面的狀況與其截取風能的大小。
- 四、探討轉子為導線或磁鐵對發電的影響。

捌、 應用方向

近年來，風力發電的發展，成為二十一世紀的發電新潮流，各國積極發展國內可用之風力資源，我國台灣電力公司，也在發展這種發電系統，希望可以在我國提供這類電力能源，總觀而言，目前具有許多的發電方式，如火力發電、核能發電等，雖然發電量很大，但具有許多的缺點，如火力發電廠，它容易造成空氣及環境的污染，而核能發電的發電量雖然是最大的，但也伴隨著許多的問題，像是空氣的污染，所產生的輻射容易致癌，而且核能發電需要大量的水，通常建在海岸邊，利用海水降溫，但排出的熱水，對海洋生物的生態有嚴重影響，最重要的問題是，核能發電廠的安全，令人擔憂，若是爆炸，肯定會有十分可怕的影響，二十世紀後，因工業的快速發展，二氧化碳的排放急遽上升，造成全球暖化的現象(溫室效應)，而土地的開發導致森林資源大量消失，工業用電的缺乏，使得各國努力尋求低污染的環保能源，而風力發電，具有十分的安全性，並且大量興建，也具有的觀光資源，可吸引大量遊客，而且風力發電可說是綠色資源，低人力，且不需大量能源，即可產生電能，可說為當今最需要之

發電方式，完全零污染，缺點就是地點無法隨心所欲，必須要是具有大量風力資源的地方，而且發電的量，還是無法成爲各國主流，還是需要依賴其它的發電系統，若是以上缺點可以解決，風力發電就是個完美的發電系統。

玖、參考資料

- 一、郭重吉等 南一書局 國中自然與生活科技 第六冊 第一章 電與磁 第五節 電磁感應
- 二、台灣電力公司 桃園觀音鄉大潭發電廠風力發電 參考資料
- 三、<http://www.rocga.org.tw> 風力發電的應用發展
- 四、Larry Gonick 天下文化 看漫畫、學物理 第十九章 法拉第感應
- 五、<http://science.boe.tce.edu.tw> 光德國中 風中奇「源」--風力發電

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 理化科

佳作

031611

風生電起—探討風能的有效應用

桃園縣立觀音國民中學

評語：

1. 作品經過實際生活的經驗，參觀而引發，同時訴求 21 世紀重要的議題—能源，值得鼓勵。
2. 作者對實驗與研究中所使用的物理原理能充份了解與解釋。
3. 設計的風力發電裝置實用可行。