

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040805

搶救地球 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ —風動全球

學校名稱：南投縣立旭光高級中學

作者： 高一 陳介宇 高一 廖琬柔 高一 簡資蓉 高一 陳建宏	指導老師： 陳英田 李佩樺
---	---------------------

關鍵詞：風力發電、替代能源、垂直軸葉片

搶救地球 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ —風動全球

摘要

瞭解自製的簡易風力產生器系統內風力強度的分佈情形並量化風力大小與發電量的關係。此風力產生器對應的發電量，會因風扇位置的相對應而有其對稱性，此對稱關係會隨著所開風扇的個數而隨之降低。風力強度有隨距離遞減的趨勢，而不穩定流會因風力產生器邊壁的關係在距離風源 15 cm 最嚴重。如需較強的風力利用，則在近風源 10 cm 處可最有效率使用。在旋翼的設計上，如欲產生較大功率，葉片數目以長 5 cm、寬 4 cm、數目 4 片為最佳。水平軸的旋翼設計可知葉片愈短愈費力省時，反之葉片愈長愈省力費時，因此常見台灣目前所使用之風力發電機組皆為超大風扇葉片。在垂直軸的葉片設計上，發電功率不及水平軸，但卻有不必考慮風力來源方向的好處。

壹、研究動機

最近，學校在中午吃飯的時間，都會播放 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 影片，經過我們的討論，再加上老師的解說約再經 50 年，地球上的石油能源可能用盡，而核能發電廠之發電量及安全性又讓人擔心。因此根據我們欲解決之問題與可能解決問題的方法，我們決定自己製作一個可以產生風力大小的模擬器材，來探討風力大小與發電機組產生電力大小的關係，同時就發電機的風扇葉片（旋翼）及水平軸與垂直軸裝置之差異作一分析討論，希望能得到風力大小與風力發電機組的葉片設計之相關性。更期盼能製作一個可以藉由風力大小的產生，來解說風力發電的原理之教材教具，來提供給學弟妹作為課堂上的教材教具。

貳、研究目的

- 一、分析自製簡易風力產生器內風力大小分佈的情形。
- 二、研究風力發電機的葉片（旋翼）數目、長短、寬度及方向等參數得一最佳葉片之設計。
- 三、探討風力大小與發電量的之間關係。
- 四、比較垂直軸與水平軸葉片（旋翼）之差異。
- 五、製作一個風力產生器與風力發電機組之教材教具。

參、研究設備器材

- 一、風力產生器：5 mm 厚之透明玻璃、排風扇。
- 二、風力發電機組：直流馬達（SONY DNM2200A）、排風扇馬達、保特瓶瓶蓋、排風扇葉片、透明壓克力、布丁桶。
- 三、風力整流層：直徑 1cm 吸管、保麗龍、各式黏著劑。
- 四、測量儀器：萬用電表(TES-2800)、計時器、鱷魚夾。

肆、 研究方法

為了探討風力大小跟發電機之間的關係，我們製作了一簡易的風力產生器及風力發電系統，此系統包括有風力來源區、風力發電區及電量測量區等三大部分。其實驗裝置圖如圖 1。

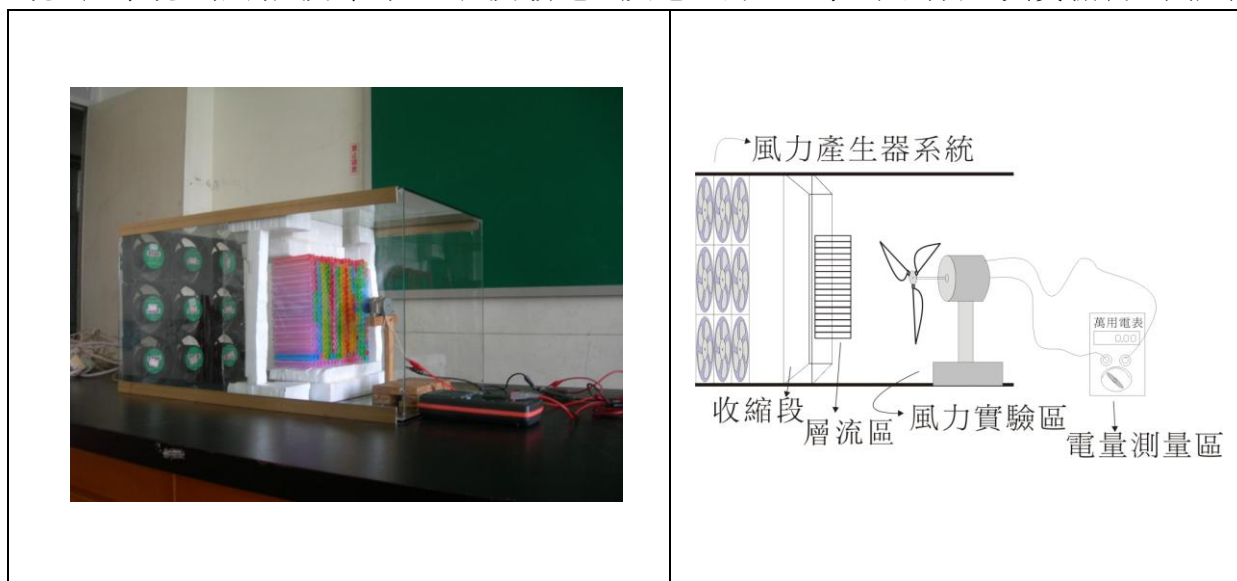


圖 1、實驗裝置圖。

一、 儀器之裝設。

(一) 風力產生器的設計。

我們根據嘗試錯誤的經驗，選擇一般家庭常用之高效率排風扇，選擇以九宮格之方式排列，在風力產生器之系統中以 5 mm 厚之透明玻璃材質，製作一 36 cm×36 cm 之截面積、長 60 cm 之簡易風力產生器系統稱為風洞，並在風洞中間段製作一收縮段，最後再以波霸珍珠奶茶之吸管整齊排列為整流層流段。

(二) 發電系統之製作方面。

1. 以市售之 SONY 直流小馬達改裝成直流發電機。
2. 實驗操縱變因是發電機葉片的設計，其材質則是利用 0.5 mm 厚的透明壓克力板來製作。

(三) 電流、電壓值之測量。

量測實驗所得之電流、電壓值，並相互比較。

二、 風力產生器內風力大小分佈情況測量。

(一) 為了瞭解自製的簡易風力產生器之內的風力大小分佈情形，進行一連串的實驗測量分析，先固定其他實驗參數以分別開各單個風源之風扇，只操縱發電機距離風源之變因，量測其電流、電壓值。接著再以對稱性的開 2 個、3 個…至 9 個風扇全開，改變其距離，量測發電機組所產生的電流與電壓值，來進行分析，藉以瞭解風力產生器區內真實風力大小的分佈情況。所開啟之風扇編號組（圖 2）及順序如下。

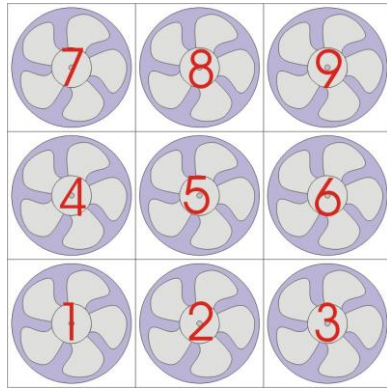


圖 2、風源風扇九宮格排列風扇編號位置示意圖。

1. 開一個風扇：分別開編號 1、2、3、4、5、6、7、8 及 9 號風扇。
2. 開二個風扇：分別開編號組 51、52、53、54、56、57、58、59 號之風扇。
3. 開三個風扇：分別開編號組 123、456、789、147、258、369、159、357 號之風扇。
4. 開四個風扇：分別開編號組 1235、3569、5789、1457、1245、2356、4578、5689 號之風扇。
5. 開五個風扇：分別開編號組 13579、24568 號之風扇。
6. 開六個風扇：分別開編號組 124578、235689、456789、123456 號風扇。
7. 開七個風扇：分別開編號組 1345679、1235789 號之風扇。
8. 開八個風扇：分別開編號組 12346789 之風扇。
9. 開九個風扇：開編號組 123456789 號之風扇。

(二) 根據以上所量測得到之數據資料藉以瞭解風力產生器內風力大小分佈之情形。

(三) 增加收縮段與層流段，比較其差異性。

三、發電機葉片（旋翼）參數操縱。

(一) 根據上述實驗步驟所分析之風力產生器內風力大小分佈的情況，我們選擇一最佳之位置放置發電機組。

(二) 再選擇風力發電機組〈平行軸〉葉片數目、長短、寬度及方向等 4 種變數之操縱來尋求一最佳葉片的設計。

(三) 另外我們再嘗試利用垂直軸葉片之設計，固定其他參數以不同葉片數目為變因，來與水平軸葉片之結果作一比較分析。

四、資料處理分析。

所測量得到的數據資料輸入電腦來整理，再經過作圖處理來分析數據資料。綜合以上所述，其大致的實驗流程可以用圖 3 之流程圖來表示。

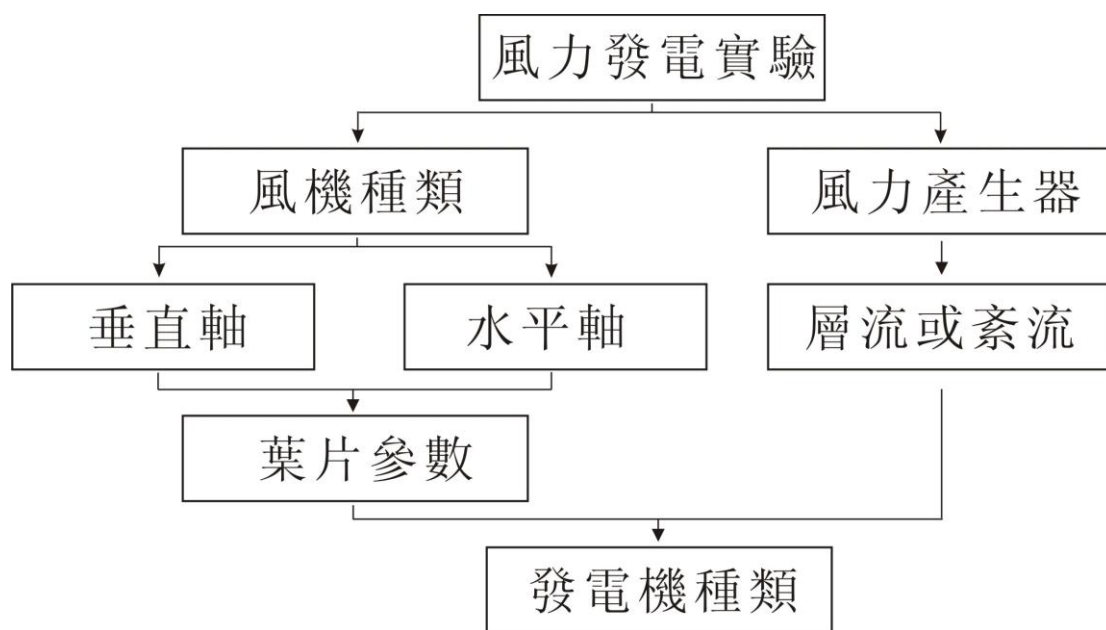


圖 3、實驗步驟流程圖。

伍、 結果與討論

一、風力產生器內風力風力大小的分佈。

- (一) 儀器架設完成後，必須針對我們的設備進行測試與瞭解，所以風力產生器內的風力大小分佈情況即是我們首先所必須知道的，根據參考文獻說明當風力較小、慢時以多葉片的設計為佳，而當風力強勁時以 2、3 葉片為最佳設計，所以風力發電機的葉片設計確實需要參考當時之地形、氣候等實際狀況。
- (二) 我們進行一連串的實驗來對我們主要的實驗環境進行測量。以下即是我們所量測得到與分析的結果。

1. 開一個風扇：(圖 4)

根據測量所得的電流、電壓及功率，我們可以發現風力有很明顯的對稱性，意即當風扇排列的位置相對應時，其單獨所產生的功率會相等。另外可以發現當發電機與風源的距離增加時各風扇的風力輸出功率明顯遞減。以上之結果研判應與風源風扇之排列位置有關，亦即風力產生器壁邊際所造成的效應。

2. 開二個風扇：(圖 5)

根據圖 5 所得之資料，可以發現每一組的風力發電機功率仍然隨距離的增加呈現遞減的趨勢，而且 5 號風扇分別搭配 2、4、6 及 8 號風扇，其所產生的風力致使風力發電機之輸出功率最大。由圖 6 可知其功率跟距離的關係趨勢比較雜亂，應跟其 1、3、7 及 9 號風扇放置於角落位置有關，致使風力大小呈現不穩定流的情況。

3. 開三個風扇：(圖 6)

由圖 6 可知對稱性之排列可以得到較佳之功率，而且風扇在風力產生器之邊際上確有不利之影響。

4. 開四個風扇：(圖 7)

由圖 7 可知四個風扇可分為兩群，一群為在風力產生器四角落之四組有較佳表現之風力，另一為組成分散之四組有較低之功率，造成此差異的原因可能為後四組明顯跟風力產生器壁有較多面積的接觸所造成。所以如欲獲得較強之風力必須將風扇排列群組在一起，不宜分散。

5. 開五個風扇：(圖 8)

由圖 8 知道除了風力產生器邊際的影響之外，如風扇組合位置較處於風力產生器之中心，且風源之風扇排列方式更為集中功率較大。

6. 開六個風扇：(圖 9)

由圖 9 知這四組風扇位置及風扇組成排列方式大致相同，故可以發現大致的風力衰減趨勢是一樣的。

7. 開七個風扇：(圖 10)

圖 10 所示此 7 風扇之二組成排列方式相似，功率亦相差不大。

8. 開八個風扇：(圖 11)

由圖 11 可知近距離 15 公分時其輸出功率較小，且 15 公分以後亦較容易產生亂流之現象，所以研判最佳之測量距離亦即較穩定流之位置應為在距離風源 10 公分處。

9. 開九個風扇：(圖 12)

由圖 12 知隨距離的遞增而風力遞減的趨勢

10. 根據實驗數據可發現，當風源風扇開啟愈多時，其風力產生器內風力分佈對稱性會愈來愈低。

二、風力發電機風扇葉片的設計。

(一) 根據我們自製的簡易風力產生器內之風力大小的分佈分析，我們選擇最佳之實驗位置在距離 10 公分處。

(二) 我們操縱風力發電機之風扇葉片數目、長度、寬度等參數，得到以下的結果。

1. 數目：先以如圖 13 的葉片規格做數目上的測定，實驗結果如圖 14 所示，以 4 片葉片之設計為最佳。
2. 長度：上一步驟數目的測定，以 4 葉片為主，如圖 15 所示之葉片長度做依次遞減至 2 公分，結果顯示以長度 5 公分為最佳(如圖 16)，在我們的系統中，葉片長超過 5cm 後，葉片愈長發電效率反而愈差，這與一般實際應用常見風力發電之超長葉片有很大的不同。
3. 寬度：根據以上步驟 1、2 點所得，以圖 17 所示之寬度依次遞減寬度至 1 公分試驗，結果顯示以寬度 4 公分為最佳(圖 18)。
4. 方向：綜合以上所得，將所得之葉片如圖 19 設計，而將較為圓弧狀的部分向外，發現可得最佳之功率表現。

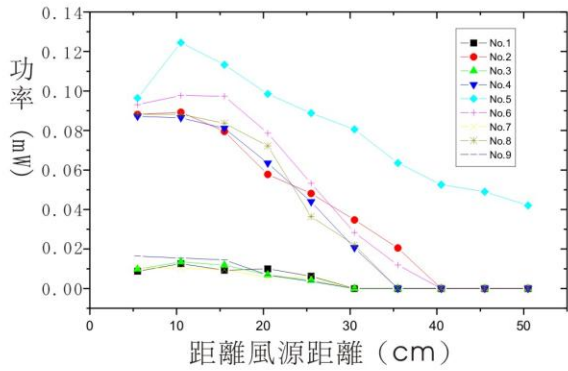


圖4、開一個風扇，各編號風扇其功率與距離的關係。

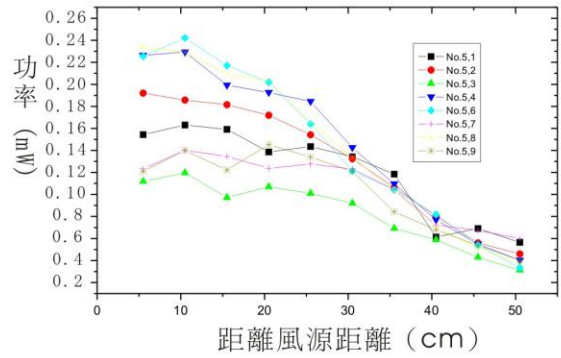


圖5、開二個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

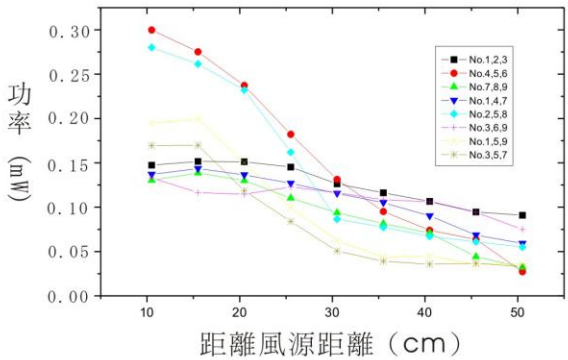


圖6、開三個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

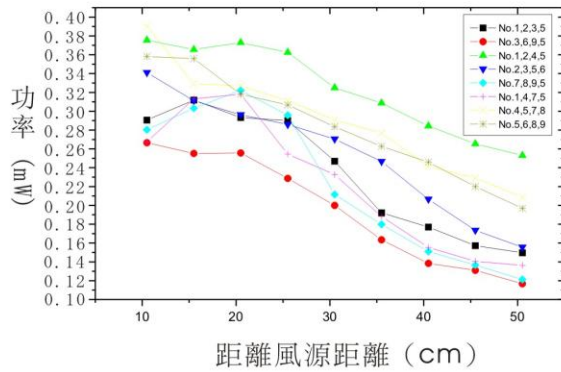


圖7、開四個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

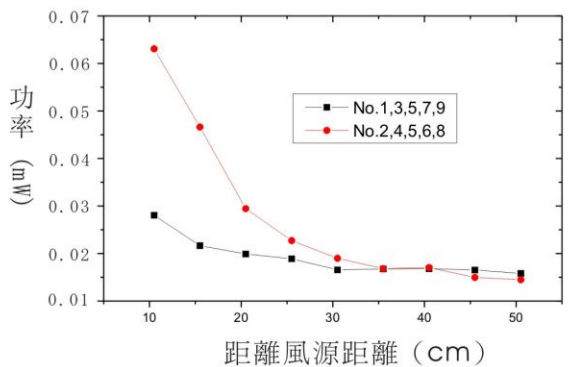


圖8、開五個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

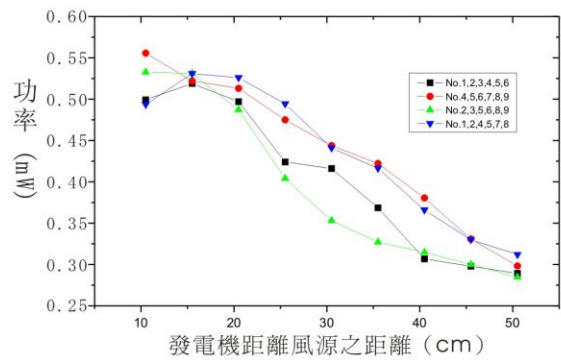


圖9、開六個風扇，各編號風扇其功率與距離的關係。

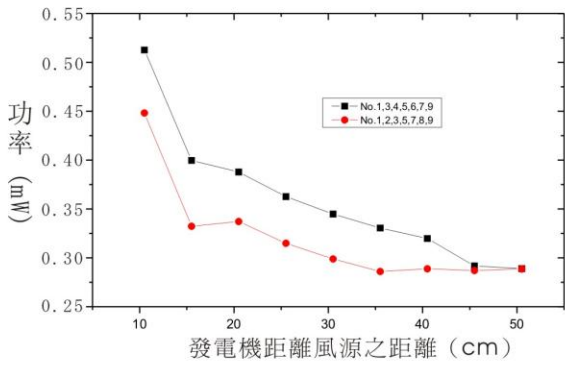


圖10、開七個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

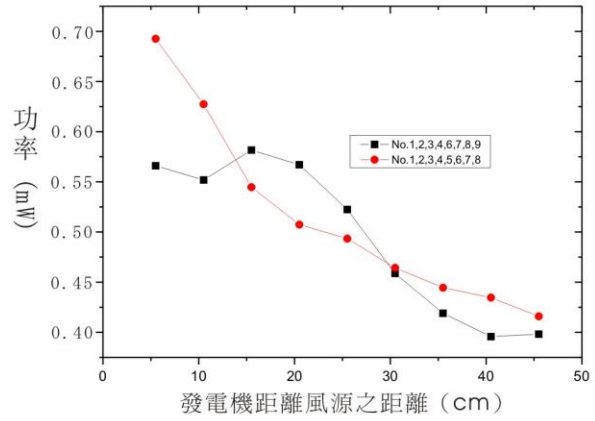


圖11、開八個風扇，各編號風扇組其功率與距離的關係。

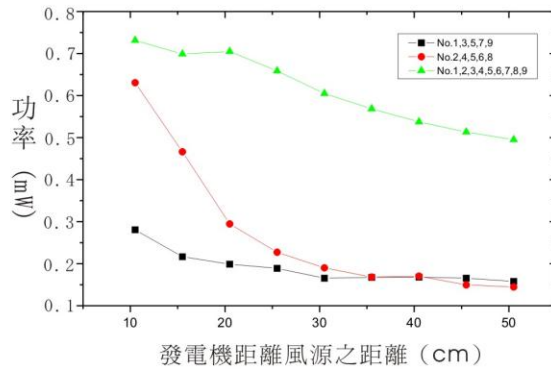


圖12、風扇全開與開五風扇其風扇組其功率與距離的關係。



圖13、葉片規格。

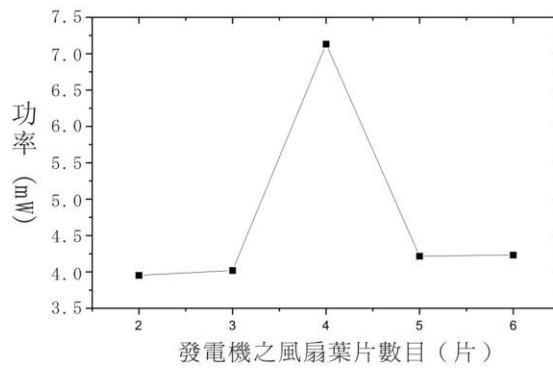


圖14、葉片數目與功率之關係。

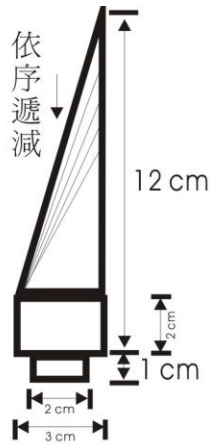


圖15、發電機風扇葉片長度試驗規格。

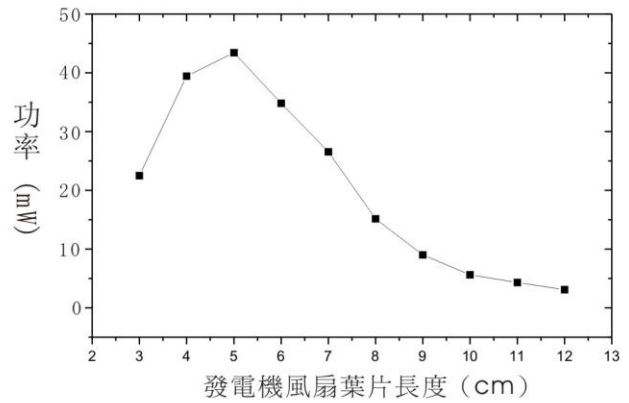


圖16、發電機風扇葉片長度與其功率。

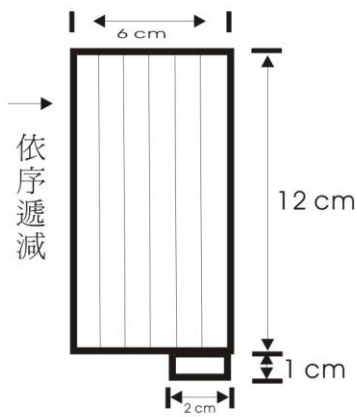


圖17、發電機風扇葉片寬度試驗規格。

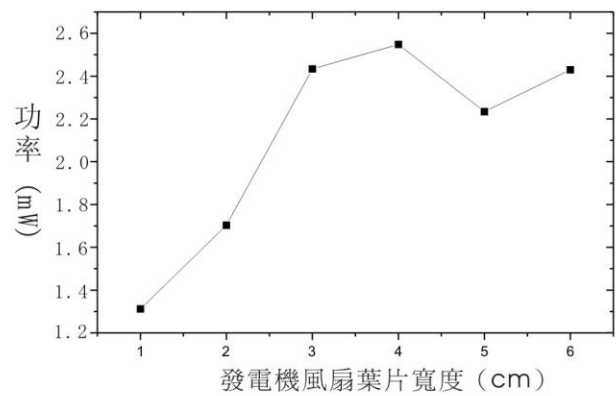


圖18、發電機風扇葉片寬度與其功率。

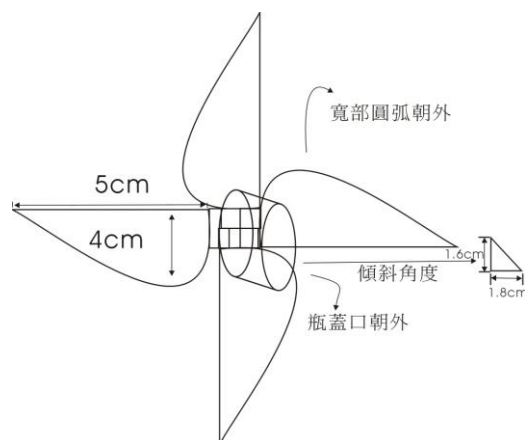


圖 19、水平軸最佳之葉片設計。

三、風力大小與發電量的關係。

根據實驗所得之資料，我們確知在這樣的一個簡易的風力產生器系統，確實不是一個很穩定的平行風力大小，加上風力產生器邊際上的影響造成的亂流、散流更不容忽視，因此要將此風力產生器系統的風力有系統的標準化分級確是不易，但是我們選擇各最有效益的風扇依序遞增，來觀察其所產生風力發電量的關係，可以得到如圖 20 的結果。可知當開啟 5 個風扇其效率提高許多，但是當開啟 6 個、7 個風扇卻因為風流干擾的問題反而下降。而開啟 8 個及 9 個全開雖然發電量更為提高，但是就其經濟效益層面來看，反而不若只開 5 個風扇。

依據資料結果可知只要選擇適當的風扇組合，即可找出其風扇組合與發電功率之間的相對關係，亦即可以將此系統的風力強度分級。我們固定風力發電機各種參數，而其中風源風扇組合個數與功率的關係是由對稱特定的風扇所組合，可以輕易的發現當有偏離趨勢線段的組合時，我們可以重新依據之前所得的數據資料，再重新選擇組合號數，成功的使得預測點落到趨勢線上（表 1）。例如開 2、4、5、6 及 8 號等五個風扇造成功率太高偏離趨勢線，只要改為開 2、5、6、7 及 8 號等五個風扇即可成功的重回到趨勢線上，同理，開 1、3、4、5、6、7 及 9 號等七個風扇功率太低，只要改為 1、2、4、5、6、8 及 9 號風扇，即可又回到趨勢線上（如圖 21）。

綜合以上所得到之實驗結果，我們找出在距離風源 10 公分、只開 2、4、5、6 及 8 號風扇、發電機組葉片 4 片、長度為 5 公分、寬 4 公分，在這樣的情況下，我們可以得到一最有效益及最大值的發電量，實驗的結果也驗證這樣的預測結果，我們得到前所未有的發電量(0.10 W)，甚可使 LED 作功發亮。(圖 22)

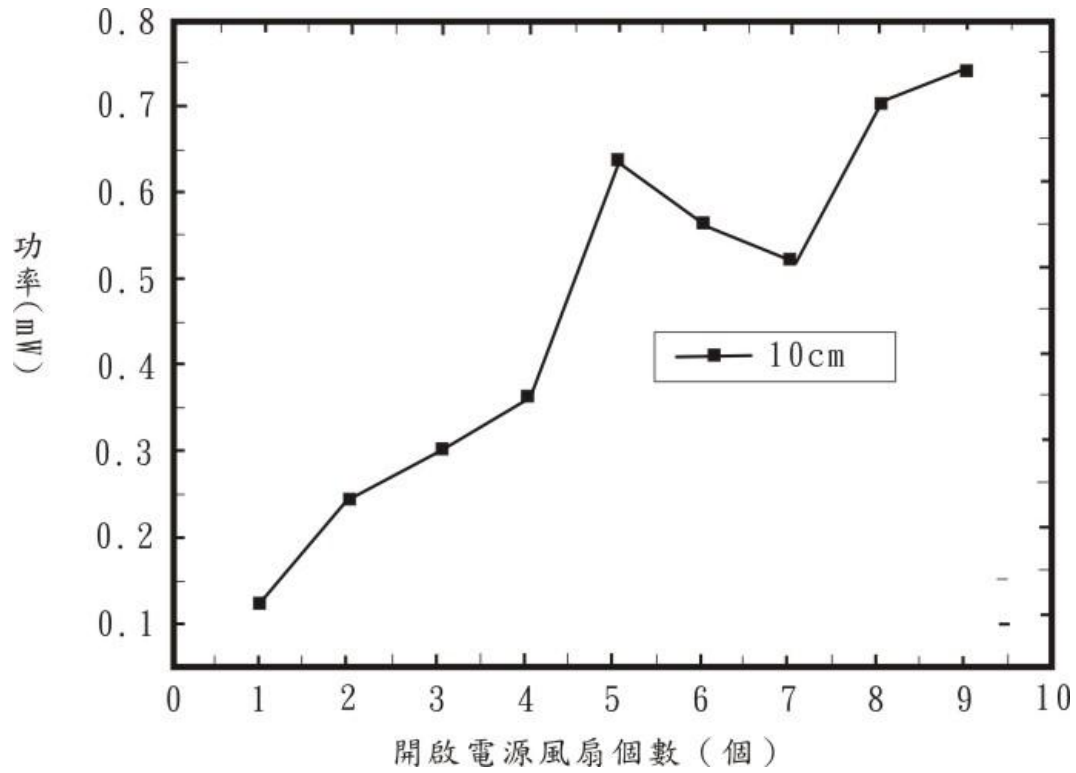


圖 20、開啟風力來源風扇個數與其風力發電機功率的關係。

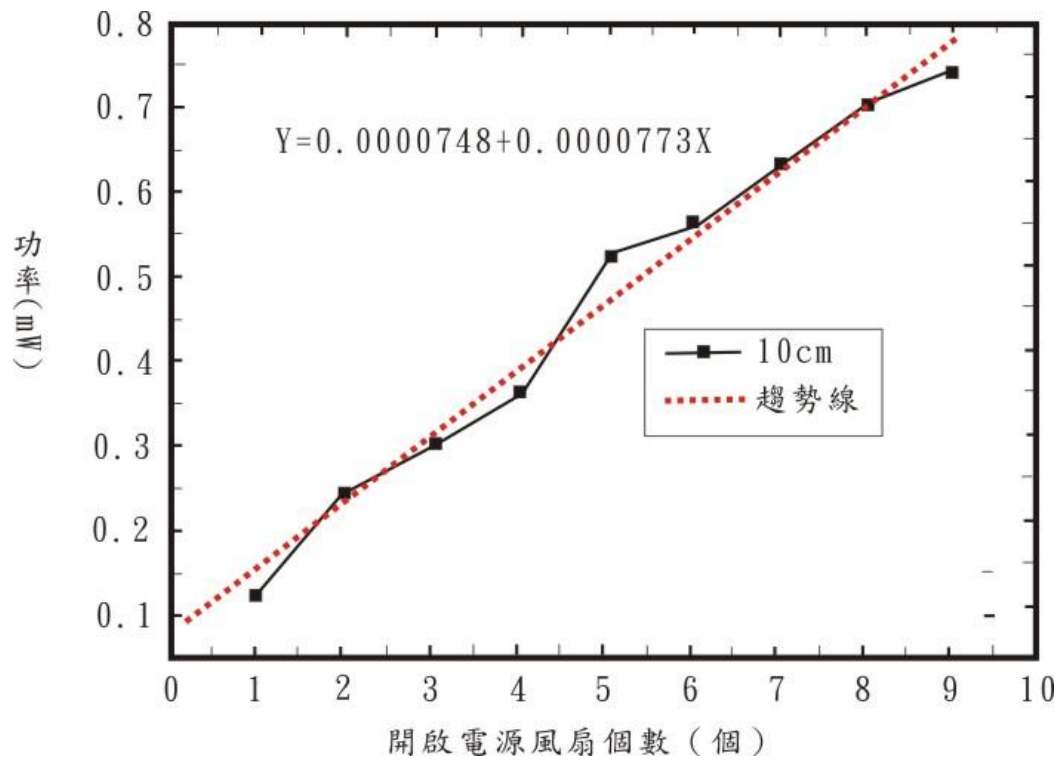


圖 21、調整開啟風源風扇組合號數，可成功預測發電功率之趨勢。

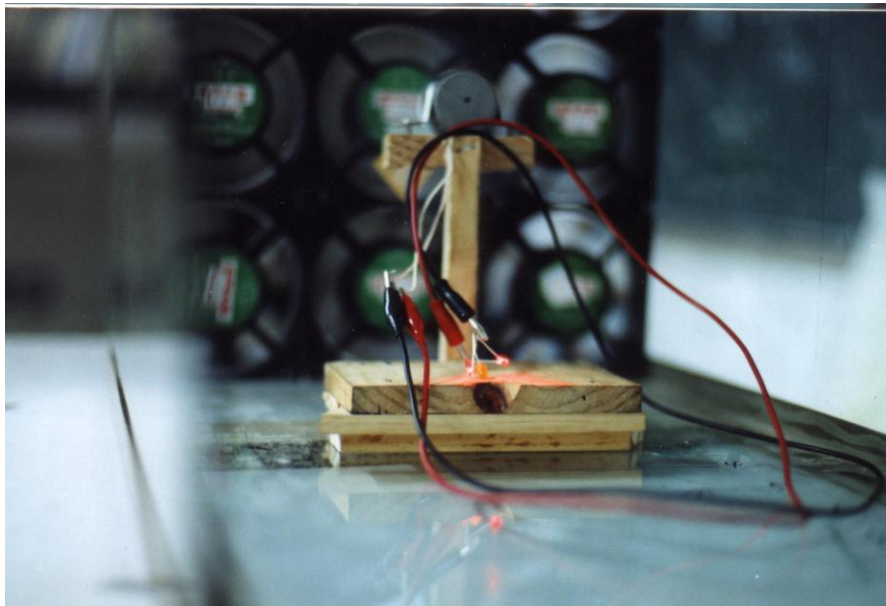


圖 22、風力發電機較佳功率之表現。

表 1、自製風力產生器系統之風力大小分級與發電量大小之關係。

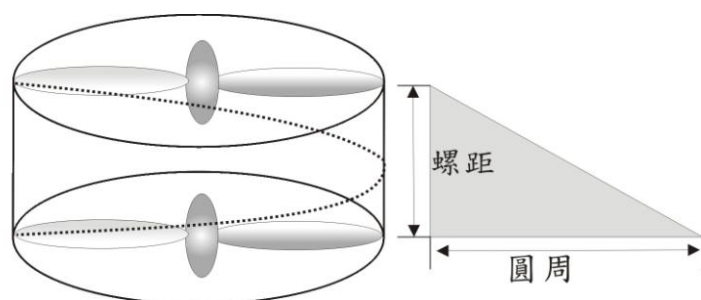
風力分級	所開風扇編號	發電功率 (mW)
1 級	5	0.124524
2 級	5、6	0.242098
3 級	4、5、6	0.299898
4 級	1、2、4、5	0.358181
5 級	2、5、6、7、8	0.517567
6 級	2、3、5、6、8、9	0.555681
7 級	1、2、4、5、6、8、9	0.631569
8 級	1、2、3、4、5、6、7、8	0.692580
9 級	1、2、3、4、5、6、7、8、9	0.731525

四、水平軸葉片之設計整理分析與垂直軸葉片之嘗試。

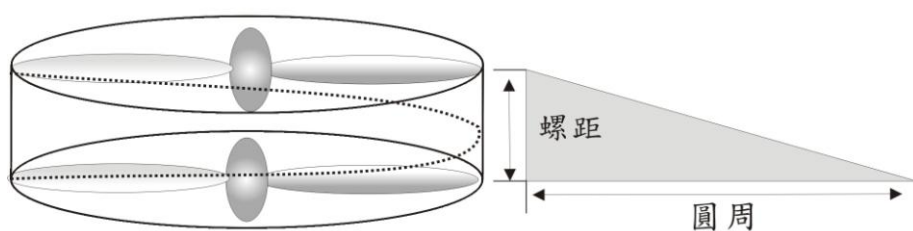
(一) 水平軸葉片之設計。

1. 為了與垂直軸之優劣做一比較，我們再嘗試將水平軸之葉片設計重點做一整理。依據簡單機械斜面之原理（圖 23），我們可以知道水平軸葉片長短之優缺點，葉片長者省力費時，而短者省時費力。

2. 為了證明此是否吻合斜面原理，我們在層流系統中，設計有系統之一系列水平軸葉片長度（圖 24）實施驗證實驗，實驗結果如圖 25，結果顯示在距離風源 50cm 的地方，因為風力足夠，所以小風扇葉片轉速快較省時，所以有較佳的功率顯現，但在距離風源 150 公分距離下，因為風力不足，所以小風扇葉片確實都呈現無法轉動之情況，只有大風扇葉片還可以慢慢轉動，所以呈現省力費時之情況。因此，可以顯見為什麼在澎湖或是海濱的風力發電機，葉片都是超長超大機組，顯然因為是風力大小之考量，而在我們的風力場系統反而是小風扇葉片表現比較好，因為我們的風力產生器所產生的風力絕對足夠，所以小風扇葉片斜面短、轉動快，當然功率就高。



直徑較短的螺旋槳像陡斜坡，費力省時。



直徑較長的螺旋槳像平緩斜坡，省力費時。

圖 23、水平軸葉片長短之憂缺點比較圖。

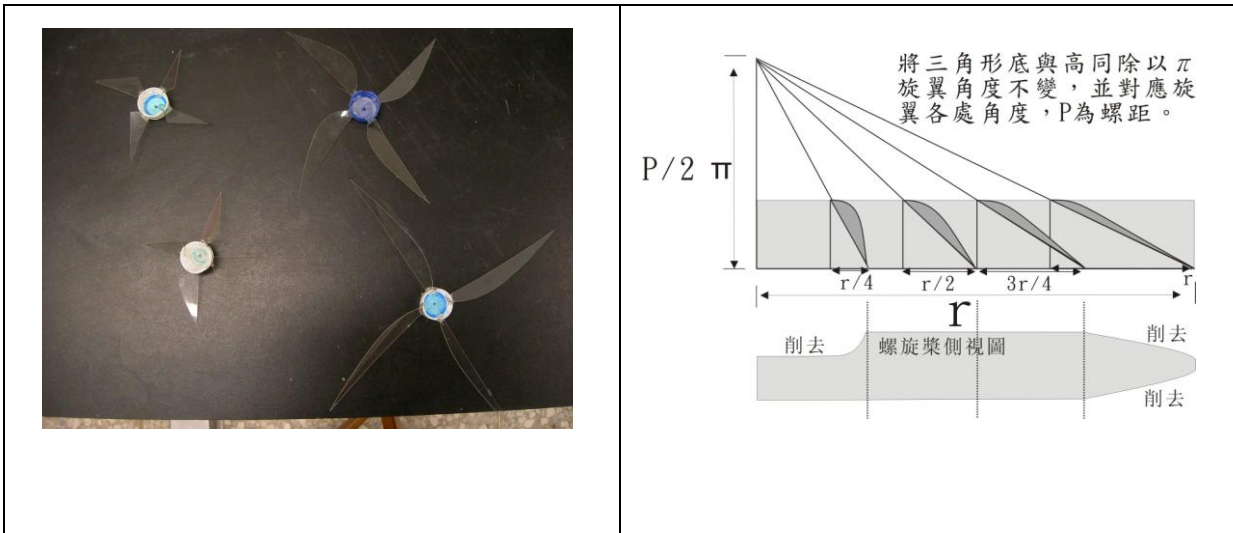


圖 24、水平軸葉片長短設計剪裁圖示。

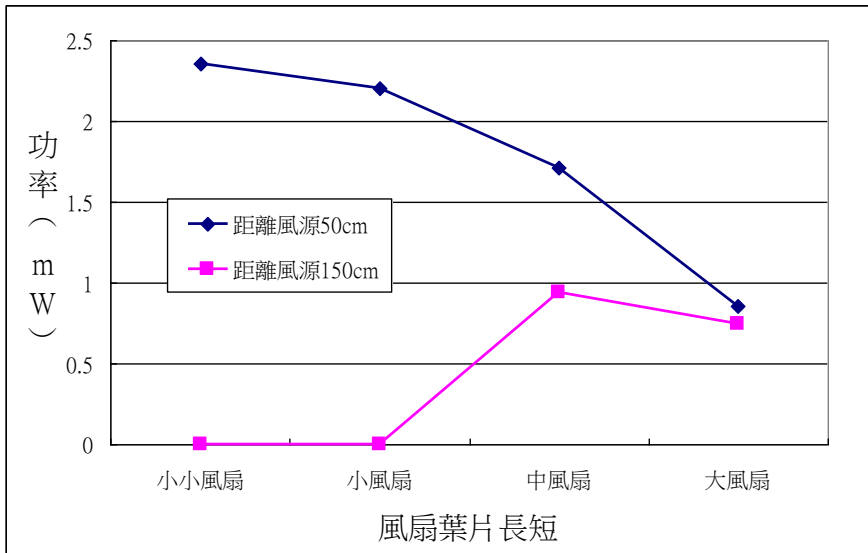


圖 25、水平軸葉片長短之實驗結果圖。

(二) 垂直軸葉片之實驗結果。

1. 我們亦嘗試垂直軸的葉片設計，設計裝置如圖 26 所示。
2. 發現垂直軸重心低較不易振動，其風力發電實驗結果如圖 27，結果可知垂直軸之葉片設計好處為無須考慮風力之來源，亦即不必像水平軸需設計尾翼來迎合風向，但其發電功率卻不及水平軸之設計，而以我們的系統而言，垂直軸葉片設計以 3 片為最佳。

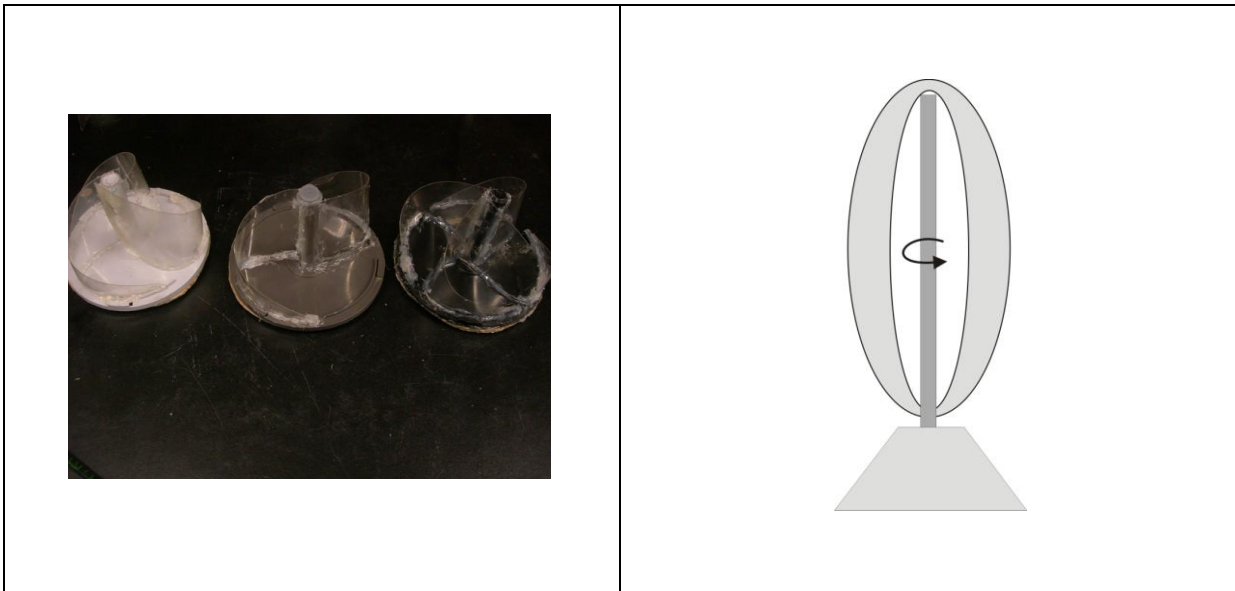


圖 26、垂直軸葉片設計圖示。

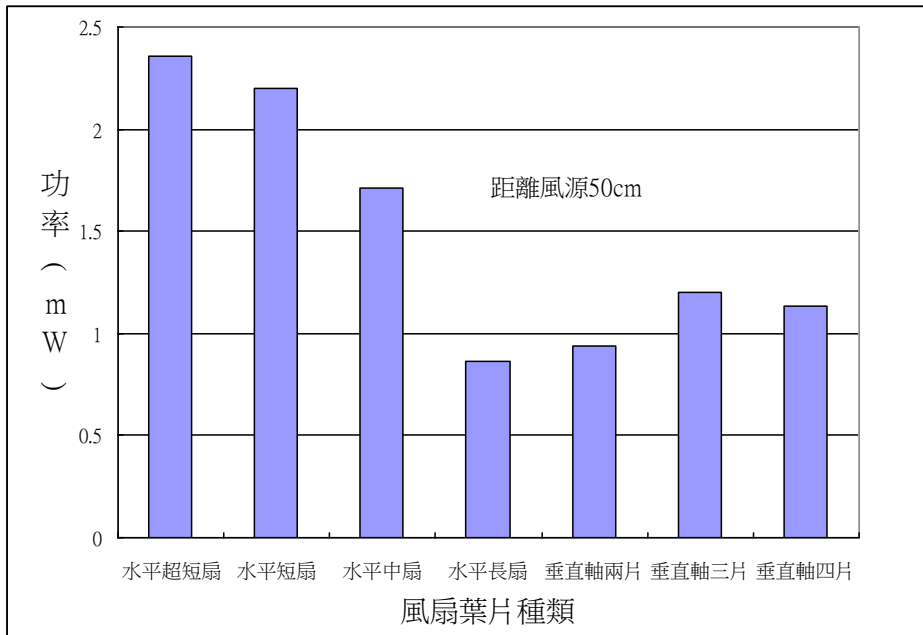


圖 25、垂直軸與水平軸實驗結果比較。

陸、 結論

- 一、 在我們自製的簡易風力產生器系統中，雖然會呈現不穩定的風力大小，但是風力產生器內風力大小在各區的分佈情況仍可由繁複的量測步驟加以分析而得到風力強度的大致分佈情形。
- 二、 此風力產生器對應的風力發電機之功率大小，會因風扇位置的相對應而有其對稱性，但此對稱關係會隨著所開風扇的個數而隨之降低。而且風力強度有隨距離遞減的趨勢，而如果不增加收縮段或層流整流系統裝置，則不穩定流會因為風力產生器邊壁的關係在距離風源 15 公分後會更為嚴重。如需要較強的風力利用，則必須在近風源 10 公分處，而且只開 2、4、5、6 及 8 號風扇既可最有效率使用，又可避免因風力產生器壁及角落的邊際效應所造成的不穩定流。
- 三、 以我們這樣的一個系統及條件而言，因為風力足夠，所以在風力發電機風扇葉片的設計上，如欲產生最大功率，葉片數目以長 5 公分、寬 4 公分、數目 4 片為最佳。如此，可得一較大發電功率之風力發電機。
- 四、 在水平軸的風扇葉片設計上，葉片愈長愈省力費時，因此常見台灣目前所使用之風力發電機機組皆為超大風扇機組，因為只要微小風力即可轉動風力發電機。
- 五、 在此風力產生器系統中，固定實驗位置及固定發電機之參數，只改變風源區風扇開啟個數時，其風力大小與風力發電機之發電量的關係是可以量化的。藉此風力產生器與風力發電機的製作，確實可以充當課堂上教材教具之使用。
- 六、 在垂直軸的葉片設計上，發電功率雖然不及水平軸，但是卻有較不易振動且不必考慮風力來源方向的好處。
- 七、 這樣的實驗結果希望未來能夠有更廣泛的探索與更有效的利用，希望未來風力發電在台灣不只是當作輔助電源，而是主要的供電來源，確實來達到節能減碳之效用，若干年後不用擔心能源問題造成環境污染而能永續生存的綠色地球將是我們最終的願景。

柒、 參考資料

1. 國立編譯館,“電流與磁”國中理化課本第三冊 第十二章, 2000。
2. 國立編譯館,“動力與動力機械”國中生活科技第三冊 第六章, 2000。
3. 林錦聰,“風力/材油發電機併聯系統之控制與模擬”碩士論文, 1988, 6 月。
4. 王京明,錢玉蘭“風力發電及其經濟效益評估”中華經濟研究院, 台北, 1999。
5. 林柏霖,汪慶秋,鄭守鈺“發電機組原理與實務”全華科技圖書股份有限公司, 台北, 1985。
6. 風力發電簡報資料, 台灣電力股份有限公司, 2004.5.26。
7. 數位測量與能源實驗簡報資料, 麗山高中, 吳明德, 2009.12.31。
8. 台灣再生動力股份有限公司, 2010 年 1 月查詢。
<http://www.twce.org.tw/members/03899/product.html>
9. 風力發電, 2010 年 1 月查詢。
http://content.edu.tw/senior/life_tech/tc_t2/enerage/wind.htm
10. 余勝雄 (2006), “我國風力發電現況及展望”, 永續產業發展雙月刊 No.35, pp.16-21。
11. 我國風力發電之現況及未來的發展, 涂夢豪, 2010 年 2 月查詢。
http://www.swan.org.tw/downloadfiles/workshop/2008/workshop_015.pdf
12. 台灣地區風力發電之初探, 梁紘嘉, 2010 年 3 月查詢。
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2007/10/2007102222285879.pdf>

捌、 文獻參考

一、 風的特性。

(一) 由於地球自轉及太陽熱輻射不均而引起的空氣循環流動，空氣在水平方向流動產生風。

(二) 風壓 (F) 由空氣流動而產生，與風速的二次方成正比，其值如下式(1)所示。

$$F = 0.5 \times C_p \times \rho \times A \times V^2 \quad (1)$$

其中 A：單位時間內通過風力機之旋翼(風扇葉片)面積 (單位：m²)

ρ ：空氣密度 (單位：Kg/m³)

C_p ：無維風力係數，表示風力機之型式及運轉情形

V：風速 (單位：m/s)

(三) 風壓的動能稱風能 (P) 為該力 F 在單位時間內所做之功，即如下式(2)所示：

$$P = 0.5 \times C_p \times \rho \times A \times V^3 \quad (\text{KW}) \quad (2)$$

二、 風力分級。

(一) 風速大小一般以每秒幾公尺或是蒲福式風級(The Beaufort Scale)，蒲福氏風級如表 A1。

(二) 蒲福氏風級是觀察煙、樹葉及枝的搖動、或旗幟的搖動而編制。蒲緣氏風級表是依照 1~12 來編制，但在某些國家，在 12 風級後再加上 13~17 等級，但普遍來說，風級表只由 1~12 等級表示，風速愈高其所蘊藏的能量也愈大。

表 A1、蒲福式風級表。

蒲福風級	風之稱謂	一般敘述	風速 m/s	澎湖中屯風力發電場	
				風速 m/s	發電量(KW)
0	無風 calm	煙直上。	小於0.3	0~0.3	0
1	軟風 light air	僅煙能表示風向，但不能轉動風標	0.3~1.5	0.3~1.5	0
2	輕風 slight breeze	人面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動。	1.6~3.3	1.5~2.5	0
				2.5~3.0	4.9
3	微風 gentle breeze	樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。	3.4~5.4	3~4	19.1
				4~5	42.1
				5~6	77.7
4	和風 moderate breeze	塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動。	5.5~7.9	5~7	126.5
				7~8	193.4
5	清風 fresh breeze	有葉之小樹開始搖擺。	8.0~10.7	8~9	278.7
				9~10	377.8
6	強風 strong breeze	樹之木枝搖動，電線發出呼呼嘯聲，張傘困難。	10.8~13.8	10~11	484.6
				11~12	550.5
				12~13	590.0
7	疾風 near gale	全樹搖動，逆風行走感困難。	13.9~17.1	13~16	605
8	大風 gale	小樹枝被吹折，步行不能前進。	17.2~20.7	16~19	605
9	烈風 strong gale	建築物有損壞，煙囪被吹倒。	20.8~24.4	20~24	605
10	狂風 storm	樹被風拔起，建築物有相當破壞。	24.5~28.4	25~28	605
11	暴風 violent storm	極少見，如出現必有重大災害。	28.5~32.6	29~32	605
12	颶風 hurricane	極少見，其摧毀力極大。	32.7~36.9	33~36	605

三、風力發電機。

- (一) 風力發電機是透過風輪機或風力機，將風能轉換成機械能，再利用發電機發電，風力發電的效能受風速大小、風力葉片設計及葉片受風面積等影響。

(二) 為維持額定輸出，避免齒輪箱及發電機的損壞，風力機有必要做輸出控制。中大型風力機運作葉片之固定旋翼或可變旋翼以控制風能吸收轉換及輸出，其優缺點比較如表 A2。

表 A2、固定旋翼及可變旋翼風力機之性能比較。

項目	固定旋翼	可變式旋翼
吸收風能	僅能得到折衷之輸出性能曲線	理論上較佳，可獲得較佳之輸出性能曲線
定速控制	一般可滿足控制需求	在高風速時，較困難
變速控制	須待改進及印證	較固定變翼式有較佳之電力品質
安全性	需輔助系統做超速保護	可為一完整的葉輪保護
價格	整體葉輪費用較低，但煞車系統費用較高	整體葉輪費用較高

(三) 發電機容量由於技術進步迅速，單機容量已由早期 1980 年的小於 100 瓩（可用率僅 60%），至西元 2000 年之 2000 瓩（可用率達 97~99%），2005 年之後將有 3000 瓩（可用率達 98%~99%）之大型機組做商業運轉，如表 A3。

表 A3、風力發電技術效益之演進。

年代	1980	2000	2005~
單機容量	<100 千瓦	600~1000 千瓦	1000~3000 千瓦
可用率	60%	97~99%	98~99%
產能	500 度電/m ² /年	1100 度電/m ² /年	1250 度電/m ² /年
安裝成本	4000 美元/千瓦	1000 美元/千瓦	<1000 美元/千瓦
發電成本	40 美分/度電	5~6 美分/度電	3~4 美分/度電

四、國內風力發電應用現況。

(一) 民國 92 年為止，國內已知有三處設有風力發電示範系統如表 A4。

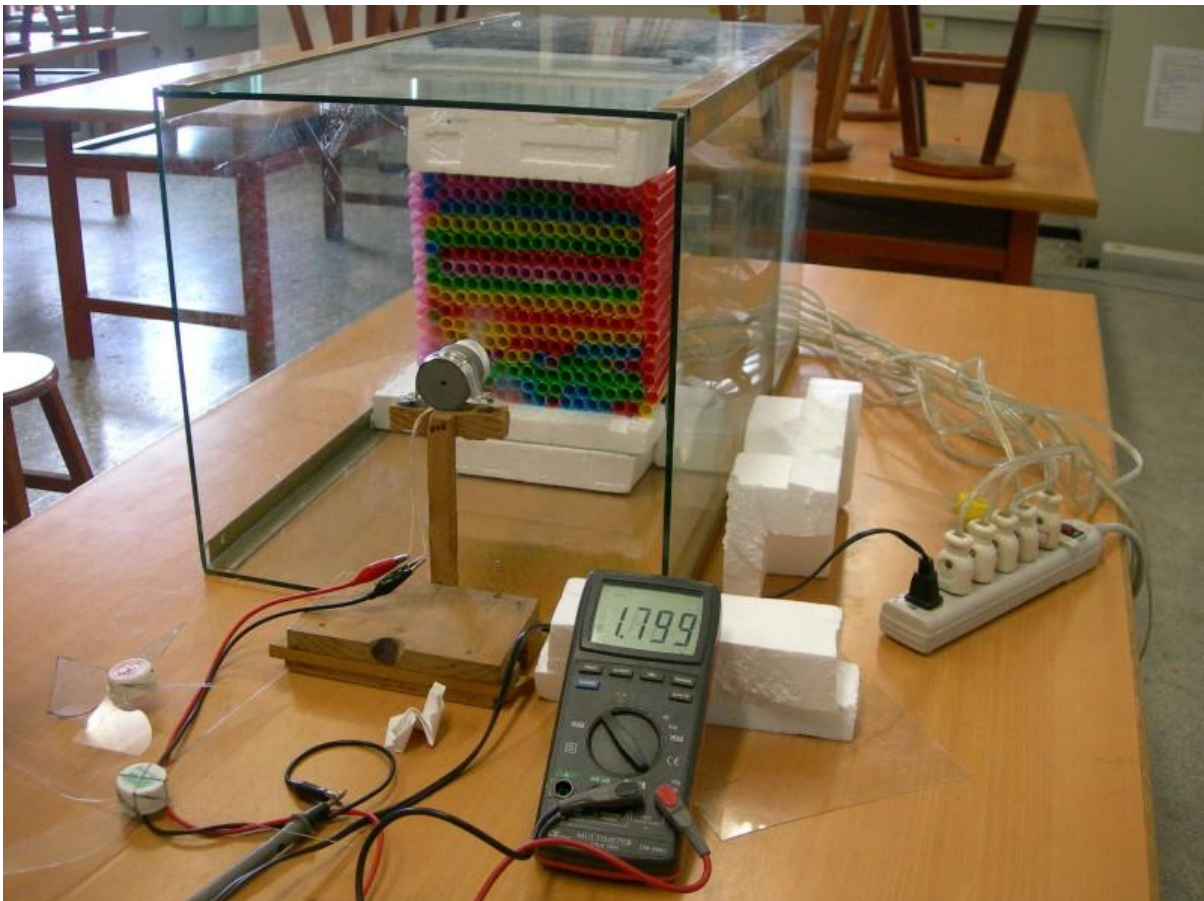
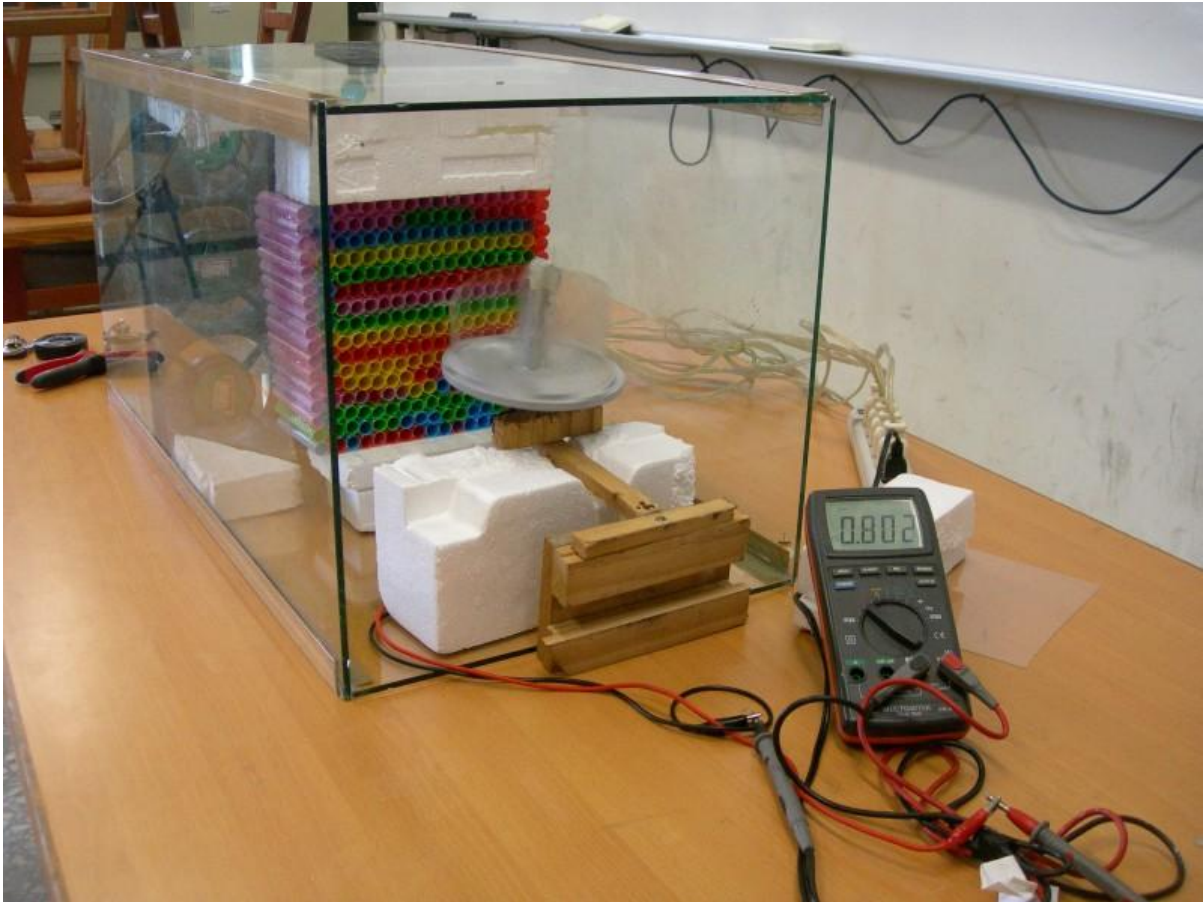
表 A4、國內三處設有風力發電示範系統比較，民 92 年前。

地點	雲林麥寮	澎湖中屯	竹北春風
發電量	660KW	600KW	1750KW
數量	4 台	4 台	2 台
轉速	28.5rpm	18-38rpm	10.5-24.5rpm
年發電量	775.15 萬度	846.92 萬度	882 萬度
每 KW 年產量	2936 度	3529 度	2520 度
完成時間	89 年 12 月	90 年 10 月	91 年 10 月

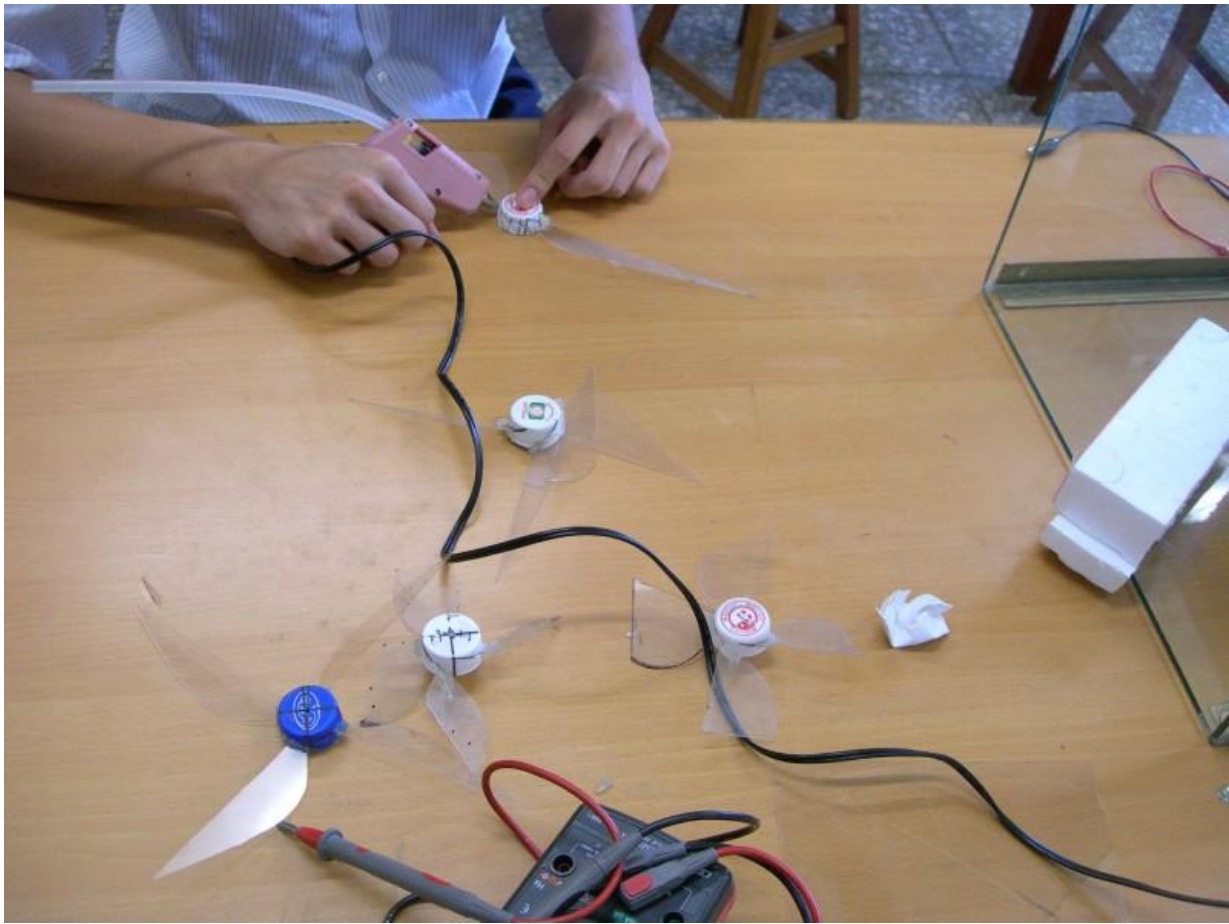
- (二) 台電已於 2002 年初擬訂「風力發電十年發展計畫」，規劃於十年內分期設置 200 部或總容量 30 萬瓩以上之風力機組。
- (三) 為達成分期於十年發展計畫目標，於 91 完成「風力發電第一期計畫」之規劃工作，並於陳報核定後即開始執行建廠工作，於台電公司核一、核三、大潭、台中等自有電廠區域及台中港北側、新竹香山、桃園大園觀音間之濱海防風林地區等七個風能優越地區，分階段興設風力發電機組，規劃自民國 92 年起至 96 年間，先後完成六十台風力發電機組之設置，經公開招標結果，風力一期總裝置容量為 9.896 萬瓩，總投資金額約新台幣 49.29 億元。
- (四) 92 年完成「風力第二期計畫」之規劃研究，選擇於彰工線西區(I)、彰工崙尾區、雲林麥寮、四湖、桃園大潭(II)等濱海防風林區，共設置 63 台 2000KW 級風力機組，總裝置容量為 12.6 萬瓩，總預算約 63 億元，本計畫已奉政府核定，目前正進行各項籌設工作，其中彰濱工業區廠址之 23 台風力機組已完工商轉，從 95 年開始施工，97 年全部完工。
- (五) 94 年持續完成第三期計畫之規劃工作，規劃於台北林口、彰濱工業區彰工(II)、彰化王功、永興、雲林麥寮(II)、台南海汕洲廠址等濱海區域，再設置 52 台風力機組，預計 96 年開始施工至 99 年全部完工，總預算約 57.39 億元。台電公司所規劃之風力發電第一、二、三期及離島風力等計畫，若均能依規劃進度執行且順利運轉，預估至 2010 年底台電公司所設置之風力發電機組總台數即達 191 台，總裝置容量約可達 34 萬瓩以上，屆時台電公司「風力發電十年發展計畫」目標即可如期達成。

五、 台灣位處於海島地形，四周皆為海所包圍著，台灣沿海、高山及離島風速皆超過 4 公尺，這使得台灣在發展風力發電有其先天優勢。由於風力發電具低成本、高競爭力，故在台灣未來將可利用此一具高度競爭力的優勢來增加台灣本身在國際間的競爭力。

玖、 活動照片







【評語】 040805

設計一個風力發電原理的教具，可以研究風力發電的問題，實驗項目包含風力產生器內的風力分佈，發電機風扇葉片的數目與形狀尺寸等因素對發電的影響，本作品是適合高中程度的研究，可獲得風力發電的基本知識。