

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

030812

風兒慢慢吹--小巧風力發電機

學校名稱：嘉義縣立太保國民中學

作者： 國二 林冠禎 國二 孫慧純 國二 郭淑慧 國二 楊育婷	指導老師： 陳維力 孫佩璟
---	---------------------

關鍵詞：風力發電、扇葉、充電電池

# 風兒慢慢吹\_小巧風力發電機

## 摘 要

人類使用化石燃料所產生的廢氣、造成空氣污染、酸雨與溫室效應的問題與能源危機等正衝擊人類，尤其在全球氣候變遷與環境保護的呼聲中，科學家不斷努力發展綠色能源以爲因應之道。

台灣地區冬季盛行東北季風，有利於發展免費且沒有污染的風力發電，然而我們中學生在這一方面是否能將我們所學的知識，利用簡單的器材將風力轉換爲可用的能量呢？

利用簡單的器材，將風力轉換爲可用的電能。將課本上所學的「能量的轉換」、「愛惜地球資源」、「環境保護」、「摩擦力」、「力矩」、「串聯；並聯」、「電磁感應」等知識用到現實生活中。

由本研究結果看出利用簡單易得的裝置可以將風力的能量轉換爲可利用的電能，增加的裝置或許不一定經濟，但以較長的時間慢慢充電，可以使用免費且環保的能源，對地球環境保護盡一點心力。尤其推廣這樣的概念，人人動手做，除了樂趣與成就感之外，將使環境更美好。

若有適當的發電機，就算只有微風也能如本研究般發電。像本研究取自錄放影機的發電機，只要感覺到風就會轉動，轉速不用很快就可以使 LED 燈泡發光，就算夏天的微風一樣可以利用風力發電。

若是處處有風車，除了環境美化之外，還可以隨時儲存能量，將這樣免費的能源，運用的更廣更實用。

## 壹、研究動機：

世界經濟的命脈之一，石油，價格不斷飆漲，連帶衝擊到各種產業，使得民生基本花費也隨之日漸昂貴。今日人們愈來愈重視尋找替代能源，而且這種能源最好是具有廉價、易取得、無污染與可再生等優點。

從前人類使用化石燃料所產生的廢氣，造成空氣污染、酸雨與溫室效應的問題與能源危機等正衝擊人類，尤其在全球氣候變遷與環境保護的呼聲中，科學家不斷努力發展綠色能源以爲因應之道。此外，核能發電提供大量且穩定的電力，但是反應爐冷卻水造成的熱污染以及核廢料的處理等問題，仍然亟待克服；利用核融合的發電方式，雖然比較沒有核廢料的問題，但是以現今的技術，仍然無法進行商業運轉。

就目前來說，所謂的綠色能源，大部分是來自太陽能、風力及水力。雖然這些能源的利用，已經不算新聞，但是我們可以藉由不斷提高能源轉換效率，或者增加發電機組，來獲得更多的電力，畢竟「電能」算是在傳送及使用上較方便且低污染的。

處在季風氣候區的台灣，以嘉義地區來說，夏季盛行西南風、冬季盛行東北季風，以及每年的颱風季節等，均有利於發展免費且沒有污染的風力發電。

爲了妥善利用此一上天的禮物，我們想嘗試利用一些簡單的零件以及學得的知識，將風力的動能轉變成電能，並且加以儲存，畢竟，老天爺不會每天都給我們適當的風。

## 貳、研究目的：

利用簡單的器材，將風力轉換爲可用的電能。將課本上所學的「能量的轉換」、「愛惜地球資源」、「環境保護」、「摩擦力」、「力矩」、「串聯；並聯」、「電磁感應」、「充電；放電」等知識用到現實生活中。

### 參、研究器材：

永磁馬達、扇葉、風速計、鎳氫充電電池、電池盒、三用電錶、LED 燈泡（發光二極體）、聖誕燈泡、二極體、導線。



圖 1 本研究的器材

### 肆、研究過程：

#### （研究一）了解發電機原理

1. 電動機（俗稱馬達）是將電能轉換為動能的機械。
2. 由電流磁效應可知，載流導線在磁場中會受到磁力的作用。電流、磁場與導線受的磁力三者的關係，如圖 2 所示。磁力方向，與電流方向、磁場方向之間均互相垂直。磁力的大小，與磁場大小、電流大小以及電流方向與磁場方向的夾角  $\theta$  有關。

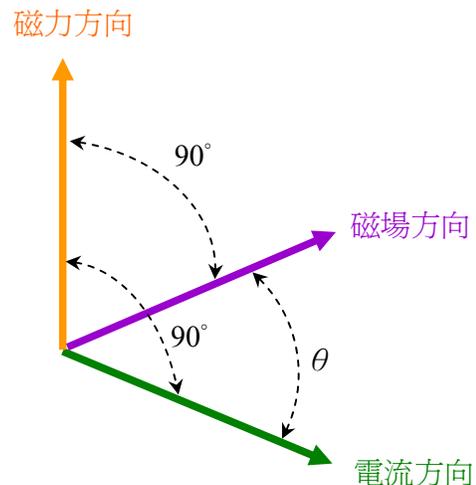


圖 2 電流、磁場與磁力方向的關係

3. 電動機通以適當電流後，其中的線圈（電樞），便因為磁力的作用而開始旋轉，如圖 3 所示。圖 3 中的馬達，正在作順時針方向旋轉。我們也以簡單的器材自製馬達，如圖 4。

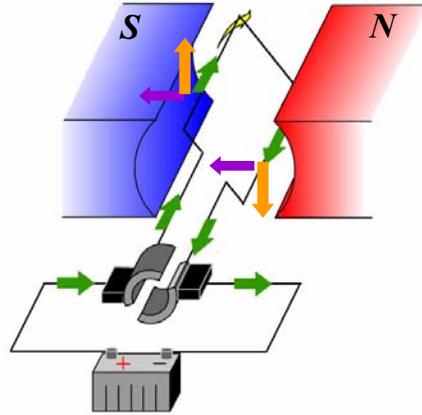


圖 3 電動機受力旋轉情形

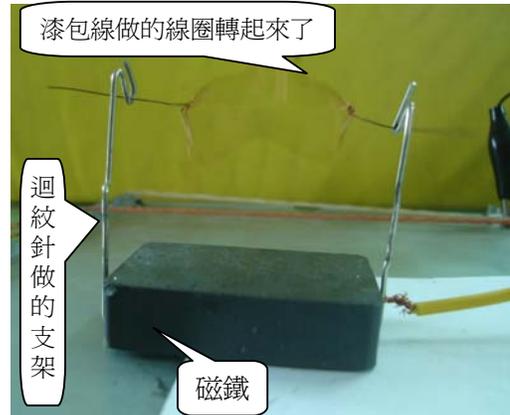


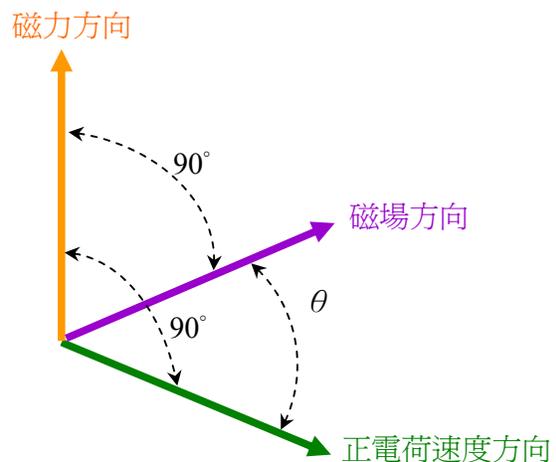
圖 4 我們自製的簡易馬達轉動情形

4. 發電機是將動能轉換為電能的機械，與電動機的功能恰好相反。



發電機是利用電磁感應原理（由 Michael Faraday, 1791—1867, 在 1831 年提出）來運作，當發電機的線圈中的磁場發生變化時，線圈上會產生感應電流。

5. 基本上，發電機與電動機的構造是相同的。由式 (1) 也可以發現，發電機與電動機可以視為一體的兩面；因此，以下我們將嘗試以電動機的原理解釋發電機的現象。



- I. 將圖 2 中的電流方向

視為正電荷移動的速度方向，我們可以得到圖 5。

圖 5 正電荷的速度、磁場與磁力方向的關係

- II. 轉動發電機時，將使線圈中的正電荷產生沿著旋轉方向的切線速度，此速度與磁場作用，將使正電荷向第三方向運動，即圖 5 中的磁力方向。
- III. 感應電流的方向，與磁力方向相同，如圖 6 所示。我們拆了一個汽車雨刷馬達研究其內部構造，如圖 7；轉動即可發電。

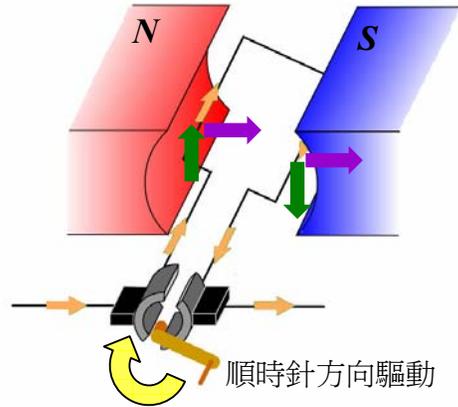


圖 6 發電機轉動時感應電流的方向與磁力方向相同



圖 7 拆開馬達研究馬達的內部構造

- 6. 由以上分析可知，發電機與電動機的確可以視為一體的兩面，電動機通電時可以將電能轉換成動能，反過來，當外力驅使電動機轉動時，動能轉變成電能，可以當作發電機使用。

## (研究二) 找合適的發電機

- 1. 因應環境保護的觀念，我們拆了一些不堪使用、將要回收的小家電或玩具，以取得其中的馬達，作為我們研究的發電機。
- 2. 我們拆了錄放影機、光碟機、印表機、玩具，取得內部的馬達。馬達轉軸粗細不同，裝上扇葉轉動的難易程度也不一樣。雖然轉動力量大的，可能發電量也大，但是我們準備的扇葉轉不動也沒有用，像是印表機傳動墨水匣的馬達。



圖 8 拆印表機取馬達

3. 以下是初步選出的五個較容易轉動的發電機：

挑選出的馬達（發電機）編號	裝置來源
發電機1	錄放影機進退帶馬達
發電機2	玩具的動力馬達
發電機3	錄放影機轉動錄影帶的動力馬達
發電機4	錄放影機轉動錄影帶的動力馬達
發電機5	錄放影機轉動錄影帶的動力馬達

表 1 較容易轉動的五個發電機

4. 利用風車轉動發電機即可將風力的動能藉由發電機轉換為電能。我們利用遙控飛機的同一規格螺旋槳與玩具風扇當作風車，裝在我們選用的發電機上轉動發電機來發電。

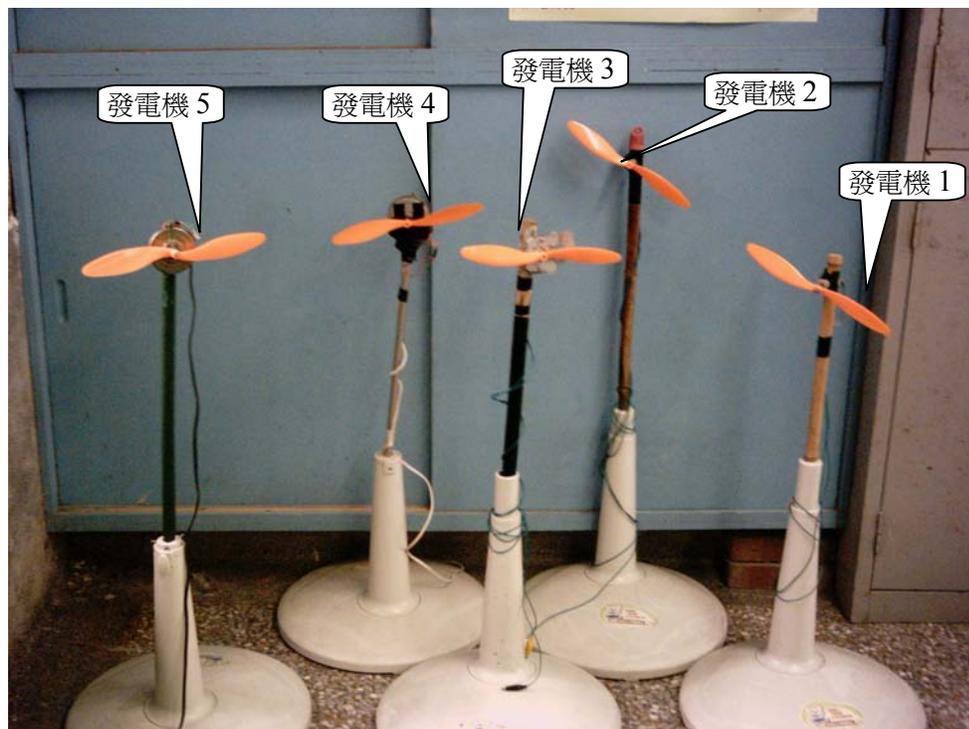


圖 9 本研究的五個發電機

5. 想辦法將扇葉裝上發電機，利用轉接器固定或利用發電機轉軸與扇葉的摩擦力來固定扇葉於發電機上，此時要注意扇葉與轉軸垂直，以避免發電機轉動時會產生震動。

6. 將裝置完成的發電機置於電風扇前檢測其是否轉動；若能轉動則接上三用電錶測其電壓以確定發電機發電的正負極。
7. 我們將確定輸出端正負極的發電機，接上一小 LED 燈泡使其形成迴路，由於發電機發電電流愈大，轉動的力量就要愈大，我們先以小電流的小 LED 燈泡來檢測我們的發電機。將裝置好的發電機置於電風扇正前方適當位置測其啓動風速！
8. 接上 LED 後的啓動風速以及對應的蒲福風級（參考下表 3）：

發電機	發電機 1	發電機 2	發電機 3	發電機 4	發電機 5
啓動風速 (m/s)	1.6	1.4	3.1	2.0	0.9
蒲福風級 Beaufort scale	2	1	2	2	1

表 2 發電機接上小 LED 燈泡時的啓動風速（以遙控飛機螺旋槳作扇葉）

蒲福風級	風之稱謂	一般敘述	每秒公尺(m/s)
0	無風 Calm	煙直上。	不足 0.3
1	軟風 Light Air	僅煙能表示風向，但不能轉動風標。	0.3-1.5
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
3	微風 Gentle Breeze	樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。	3.4-5.4
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	清風 Fresh Breeze	有葉之小樹開始搖擺。	8.0-10.7
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
7	疾風 Near Gale	全樹搖動，逆風行走感困難。	13.9-17.1
8	大風 Gale	小樹枝被吹折，步行不能前進。	17.2-20.7
9	烈風 Strong Gale	建築物有損壞，煙囪被吹倒。	20.8-24.4
10	狂風 Storm	樹被風拔起，建築物有相當破壞。	24.5-28.4
11	暴風 Violent Storm	屋子倒塌破壞，人也可能被吹起。	28.5-32.6
12	颶風 Hurricane	人類被吹倒，極少見如出現必有重大災害。	32.7-36.9

表 3 蒲福風級表（資料取自中央氣象局網站）

9. 爲了獲得更多容易轉動的馬達，所以另外又我們拆了一堆我們所能找到的光碟機，取下其中的馬達，裝上玩具風扇作爲我們的風力發電機（C1, C2, C3... ,C 代表 CD-ROM）。

10.接上 LED 後的啓動風速以及對應的蒲福風級：

發電機	C1	C2	C3	C4	C5
啓動風速 (m/s)	2.9	3.0	2.9	2.9	2.9
蒲福風級 Beaufort scale	2	2	2	2	2

表 4 發電機接上小 LED 燈泡時的啓動風速（以玩具風扇作扇葉）

由表 4 看出這些發電機的啓動風速差別不大，其餘的發電機就不再測試與紀錄。

11.爲確定每個發電機都可轉動而發電，我們選定的風速將大於啓動風速最大的 3.1 m/s。

12.相關討論：

（甲）扇葉推動發電機

有力矩大小的問題，也有轉速的問題。我們曾試過去轉動從廢棄的逆滲透裝置拆下來的馬達，可是轉動的力量要很大，需裝上大



圖 10 以逆滲透裝置馬達來發電

電風扇的扇葉才能轉動。不過轉動後就可使聖誕燈泡亮起，可見這種情況的發電功率較大。我們的發電機 1 若裝上較短的扇葉，在相同的風速下，可以使轉速更快、發電效率更好一些。所以不同的發電機需配合適當的扇葉來運轉。

(乙) 發電機在轉速更快時會有較大的功率，因此適合裝上齒輪組以增加轉速，不過相對的轉動所



圖 11 寶特瓶風車發電機

需要的力矩也會比較大。我們試過將光碟機的傳動系統反向利用，由原本光碟機馬達的高轉速轉換為退片的低轉速，反過來以齒輪的低轉速轉動發電機成為高轉速，但是經過齒輪變速後，轉動的力量較大，相對的風車轉速可以不用很大就可以使發電機有高轉速，使 LED 燈發光。然而現成的扇葉都轉不動我們選用的齒輪系統，於是我們利用 600 cc 礦泉水的寶特瓶剪了一個風車來帶動本系統，看出若有適當變速，可利用這樣的裝置來達到發電的效果。

(丙) 為因應風向的改變，具實用性的發電機宜裝上尾舵，使其能隨時朝向風的來向。我們的發電機 5 有裝上尾舵，以利在室外以自然風測試。我們也作了一個有尾舵的發電風車當作裝飾品。

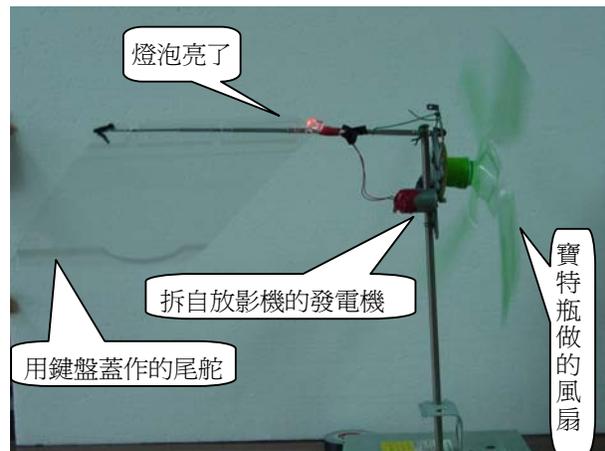


圖 12 自動轉向發電機

(丁) 裝有尾舵的風力發電機會面向風向而轉動發電，但若是背風而轉會有反向電流。為避免這種狀況發生，可在發電機的輸出端接上一整流器來解決此一問題。而當發電機隨風

向轉來轉去時，輸出端導線應有類似電刷的裝置，才不會導線纏繞在一起。這一部分本研究尚未製成。

### (研究三) 儲存發電機產生的電力

1. 我們以用電量較大的數位相機淘汰的 3 號鎳氫充電電池儲存發電機產生的電能。為避免電池的電流回流給發電機，我們在電池盒上焊接一個二極體，讓發電機產生的電流可以流進電池而電池的電流無法流進「馬達」，使「馬達」轉動。因為是數位相機淘汰下來不用的電池，所以已有電池老化的現象。
2. 我們的發電機對電池充電的裝置線路：

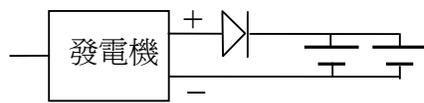


圖 13 電池並聯充電線路圖

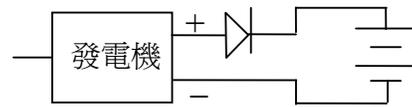


圖 14 電池串聯充電線路圖

3. 以電風扇測試發電的情形：由於我們需要穩定的風速以測量我們的發電機的發電效率，所以這一部分我們選擇以電風扇作為我們試驗的風源。以風速計在電風扇正前方測定一特定風速的位置，將發電機置於此位置，測試不同發電機裝置對 2 個充電電池分別以串聯或並聯的方式充電的充電情形。



圖 15 以電風扇測試發電機充電情形

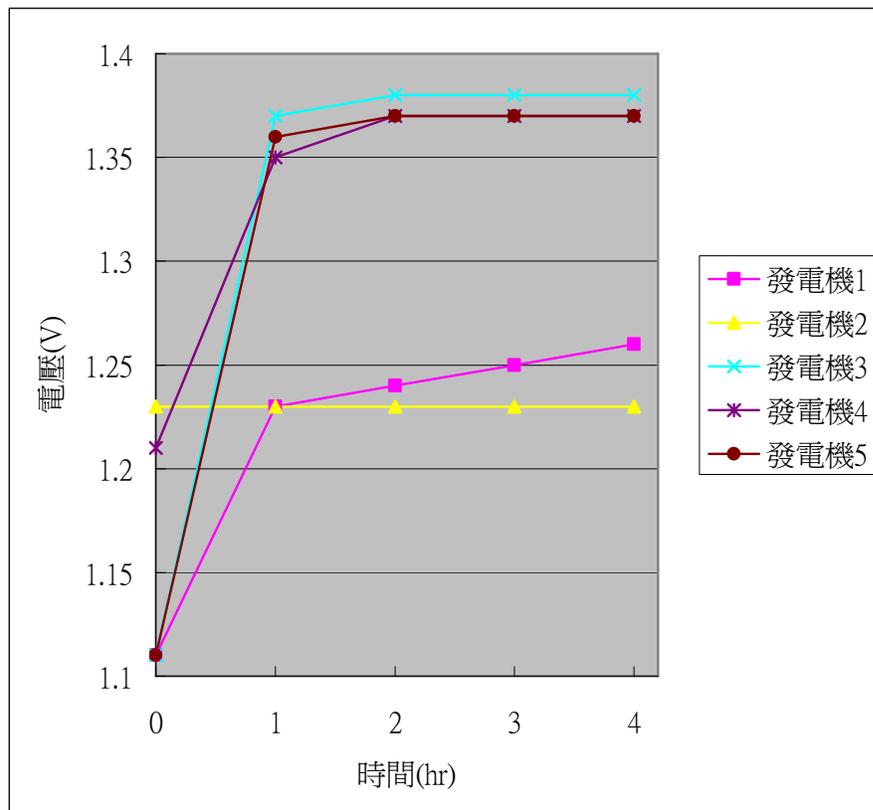
4. 風速 5 m/s 時，發電機充電之時間、電壓關係：

(甲) 將發電機的輸出端接上裝有 2 個充電電池並聯的電池盒，將發電機置於電風扇正前方風速約 5 m/s 的位置使發電機轉動以便對充電電池充電。每隔一小時讓發電機停止 3 分鐘後電壓穩定時，記錄其電池電壓。

表 5 風速 5m/s，2 個電池並聯時，發電機充電之時間、電壓

時間(hr) \ 發電機	0	1	2	3	4
發電機 1	1.11V	1.23V	1.24V	1.25V	1.26V
發電機 2	1.23V	1.23V	1.23V	1.23V	1.23V
發電機 3	1.11V	1.37V	1.38V	1.38V	1.38V
發電機 4	1.21V	1.35V	1.37V	1.37V	1.37V
發電機 5	1.11V	1.36V	1.37V	1.37V	1.37V

圖 16 風速 5m/s，2 個電池並聯時，發電機充電時間、電壓關係



(乙) 由表 5 與圖 16 看出「發電機 2」無法充電，「發電機 3」、「發電機 4」和「發電機 5」發電效率較好。「發電機 2」在這樣的風速下直接接三用電錶測出其電壓約為 0.13 伏特，低於充電電池當時的電壓，因此無法充電。

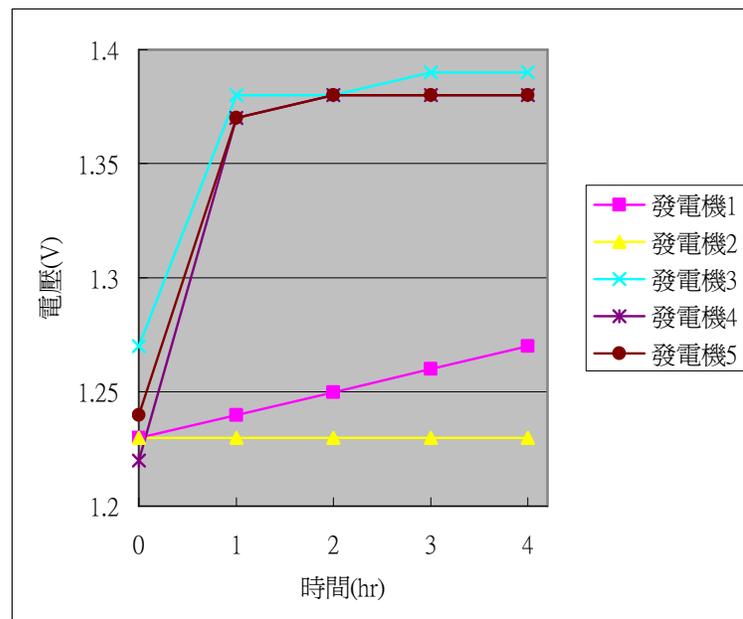
5. 風速 7 m/s 時，發電機對並聯的電池充電之時間、電壓關係：

(甲) 將發電裝置接上裝有 2 個充電電池並聯的電池盒，置於電風扇正前方風速約 7 m/s 的位置充電，每隔一小時讓發電機停止 3 分鐘後電壓穩定時，記錄其電池電壓。

表 6 風速 7m/s，2 個電池並聯時，發電機充電之時間、電壓

時間(hr) \ 發電機	0	1	2	3	4
發電機 1	1.23V	1.24V	1.25V	1.26V	1.27V
發電機 2	1.23V	1.23V	1.23V	1.23V	1.23V
發電機 3	1.27V	1.38V	1.38V	1.39V	1.39V
發電機 4	1.22V	1.37V	1.38V	1.38V	1.38V
發電機 5	1.24V	1.37V	1.38V	1.38V	1.38V

圖 17 風速 7m/s，2 個電池並聯時，發電機充電時間、電壓



(乙) 由表 6 及圖 17 看出風速 7 m/s 時的充電效率較風速 5 m/s 時的充電效率好一些，相信風速愈大發電機的發電效率將愈好。「發電機 2」依然無法充電，「發電機 2」在這樣的風速下直接接三用電錶測出其電壓約為 0.23 伏特，低於充電電池當時的電壓，因此無法充電。

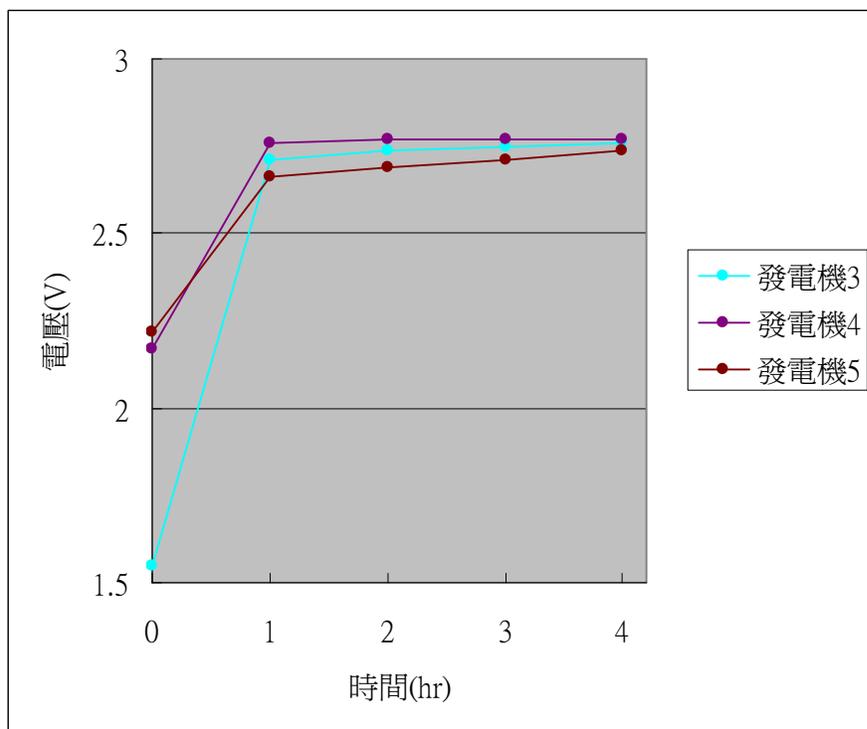
6. 風速 7 m/s 時，發電機對串聯的電池充電之時間、電壓關係：

(甲) 我們選擇電池並聯充電時，發電效率較接近的「發電機 3」、「發電機 4」和「發電機 5」以風速 7 m/s 對裝有 2 個充電電池串聯的電池盒充電，每隔一小時讓發電機停止 3 分鐘後電壓穩定時，記錄其電池電壓。

表 7 風速 7m/s，2 個電池串聯時，發電機充電之時間、電壓

時間(hr) \ 發電機	0	1	2	3	4
發電機 3	1.55V	2.71V	2.74V	2.75V	2.76V
發電機 4	2.17V	2.76V	2.77V	2.77V	2.77V
發電機 5	2.22V	2.66V	2.69V	2.71V	2.74V

圖 18 風速 7m/s，2 個電池串聯時，發電機充電時間、電壓



(乙) 從表 7 及圖 18 的結果推測，若以串聯的 2 個電池的電壓相等的觀點來看，這三個發電機對電池並聯與串聯的充電效率，由電壓看起來相差不多。

7. 相關討論：

(甲) 我們認為充電的電源電壓應略高於電池電壓才能充電，像我們的發電機 2 在測試時的發電電壓低於電池電壓，在我們測試的過程中看出沒辦法充電。於是我們認為電池並聯的電壓低於串聯的電壓，應有利於充電。但從本研究的設備充電結果看出其實相差不多。

(乙) 我們的發電機 5 在風速 5 m/s 時直接以三用電表測其電壓為 10.8 伏特，但接上串聯的 2 個充電電池後就變為 2.61 伏特，並沒有直接損壞電池或發電機的立即危險。

(丙) 由圖 16、17、18 可看出充電過程中電壓的變化都是低電壓上升快速，高電壓時上升緩慢，因此後續實驗只監測電壓，不再記錄比較。

(研究四) 以電風扇風力發電充電的電池使用壽命

1. 充電後電池使 LED 燈發光時間：

我們曾試過以表 6 充完電之電池串聯接上聖誕燈的燈泡來測試發光時間，可是聖誕燈泡正常發光的時間只有幾秒鐘，接下來就只有微弱的亮光而已，

因此我們接上一顆小 LED 燈泡，測其發光時間，如下表。



圖 19 充完電的電池以 LED 燈泡放電情形

表 8 小 LED 燈泡發光時間(電池充電 4 小時)

發電機	發電機 1	發電機 2	發電機 3	發電機 4	發電機 5
發光時間(hr)	0	0	12	9	10

表 9 發電機 3 的充電時間與電池放電時間(LED 發光時間)的關係

發電機 3 充電時間(hr)	0.5	1	2	3	4
LED 發光時間(hr)	0.25	1.5	6.0	10	12

## 2. 相關討論：

- (甲) 由表 8 看出本研究的裝置，可以將風力轉換為可利用的電能。本研究所使用的小 LED 燈泡功率並不大，雖然使小 LED 燈泡亮了約 10 小時，其實電能並不多。但可將其運用在小電流的電器，像 LED 燈泡的手電筒。
- (乙) 相同的電能對電池充電時，愈接近額定電壓，電壓變化愈少；電壓愈低時變化愈大。因此，本研究開始充電時電壓上升較多並不代表電能增加特別多；而充電時間較長，紀錄的電壓有時沒有上升(表 5、6、7)，並不代表電能沒有增加，從表 9 的放電情形可看出電能有比較多。

**(研究五) 以自然風力發電**

1. 在東北季風吹襲下，於校園中所測到的風速有時可達 11 m/s 以上，我們選擇一靠北邊的窗戶，將啟動風速最小、發電效率又不錯的發電機 5 置於窗前，接上裝有 2 個充電電池串聯的電池盒充電。
2. 將前述裝置放置超過 2 個上學時間，我們發現電池電壓可達 2.97 伏特，這樣的電壓已可使聖誕燈泡正常發光。



圖 20 以自然風測試發電機充電情形

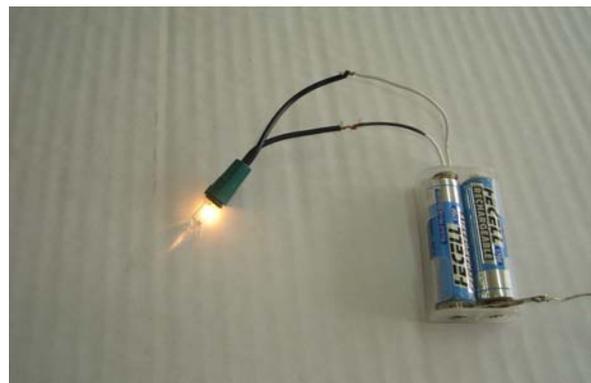


圖 21 以聖誕燈泡測試電池組放電情形

- 我們將此組電池放置至隔天，測其電壓為 2.78 伏特，以聖誕燈泡（功率遠大於 LED 燈泡）放電，可正常發光超過 7 小時。也就是說，這樣充完電的電池裝於功率如我們測試的聖誕燈泡，將可使用 7 小時以上。
- 我們用一組全新的碳鋅電池以聖誕燈泡放電，可正常發光約 4 小時，足以顯示我們這樣的裝置與充電情形是實用的！

### （研究六）發電機並聯發電

- 將發電情形相近的發電機 3 和發電機 5 並聯同時以風速 7m/s 發電，對裝有 2 個充電電池串聯的電池盒充電，每隔一小時讓發電機停止 3 分鐘後電壓穩定時，記錄其電池電壓。

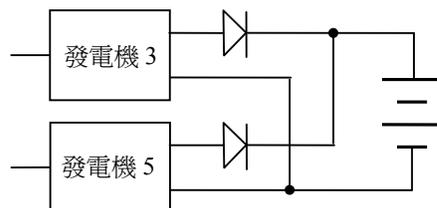


圖 22 並聯發電機對串聯的電池充電



圖 23 並聯發電機充電的情形

- 充電結果：

時間(hr)	0	1	2	3	4
發電機					
並聯發電	1.62V	2.72V	2.74V	2.75V	2.76V

表 10 風速 7m/s，並聯發電，2 個電池串聯充電之時間、電壓

- 由表 10 看出發電機並聯發電和只有發電機 3 的結果（與表 7 比較）相差不多，並沒有如我們預期可減少充電時間，提高充電效率。不過單就電壓而言並不能確定電池儲存的電能沒有變多。

## (研究七) 數個發電機組成發電機系統

1. 由於前面的研究無法有效縮短充電時間，我們覺得可能是因為發電機數不足造成，因此接下來我們要測試很多個發電機組成的發電機系統。
2. 組成發電機系統的馬達數量要多，而且規格要接近，以避免放電時產生無法預料的後果。我們取得了很多光碟機的讀寫頭驅動馬達及進退光碟片的馬達，可以符合這樣的要求。
3. 以風速 4m/s 使發電機轉動，測試發電機在無負載時（直接以電表測量）的電壓與接上一顆 LED 時的電壓及電流，來測試各個發電機的供電能力。



圖 24 以風速 4m/s 的位置測試發電機

4. 測試結果： 表 11 發電機電壓測試，風速 4m/s

發電機	直接(無負載) 電壓(V)	接一顆 LED 電壓(V)	接一顆 LED 電流(mA)	LED 耗電 功率(mW)
C1	2.22	2.16	6.00	12.96
C2	2.57	1.91	10.31	19.69
C3	1.79	1.71	3.79	6.48
C4	2.66	1.94	10.68	20.72
C5	2.84	1.86	10.63	19.77
C6	3.00	1.94	10.70	20.76
C7	2.38	1.80	9.31	16.76
C8	2.59	1.91	12.95	24.73

發電機	直接(無負載) 電壓(V)	接一顆 LED 電壓(V)	接一顆 LED 電流(mA)	LED 耗電 功率(mW)
C9	1.78	1.45	1.00	1.45
C10	3.59	2.05	25.81	52.91
C11	1.75	1.67	0.16	0.27
C12	3.81	1.80	19.00	34.20
C13	2.70	1.81	10.53	19.06
C14	2.70	1.98	15.24	30.18
C15	2.91	2.07	28.40	58.79
C16	1.94	1.84	12.30	22.63
C17	1.74	1.71	5.90	10.09
C18	2.91	1.83	16.40	30.01
C19	3.36	2.13	16.70	35.57
C20	2.38	2.05	10.94	22.43
C21	2.88	2.06	22.23	45.79
C22	2.04	1.70	8.30	14.11
C23	3.03	1.82	16.90	30.76
C24	2.51	1.78	16.00	28.48

表 11 (續) 發電機電壓測試，風速 4m/s

5. 雖然都是從光碟拆下的馬達，直接（無負載）電壓有的不到 2 伏特，有的卻可以高過 3 伏特。因為數據不是很穩定，我們紀錄我們觀察到的最大值。
6. 既然有這麼多相似的發電機，我們就可以將發電機串聯以提高發電電壓，並聯以增加發電電流。並聯的發電測試在研究六已經測試過，所以接下來我們做串聯發電測試。



圖 25 發電機串聯測試

7. 串聯測試：我們選擇直接電壓最高的 C10 和 C12 串聯與直接電壓最低的 C11 和 C17 串聯分別測試比較。
8. 由表 12 的直接電壓可看出我們從課本上學到的「電源串聯時電壓相加」的概念，甚至串聯後電壓還超過我們在表 11 中測得的電壓相加，當然這和風速不穩定有關係，我們還是相信電源串聯電壓相加。

表 12 發電機串聯電壓測試，風速 4m/s

串聯之發電機	直接電壓(V)	接一顆 LED 電壓(V)	接一顆 LED 電流(mA)	備註
C10&C12	8.00	1.97	24.0	電壓最高的兩個發電機
C11&C17	4.32	2.00	32.0	電壓最低的兩個發電機

9. 既然發電機串聯有用，我們即以表 12 中的兩組發電機在風速 5m/s 的情況下對兩個充電電池串聯充電。充電後以聖誕燈泡放電。

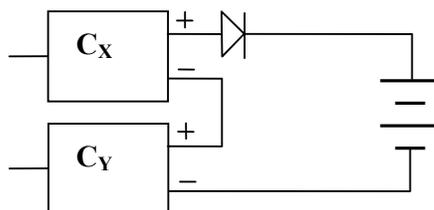


圖 26 發電機串聯發電線路圖。(X,Y)=(10,12)與(11,17)

10. 由表 12 與表 13 明顯看出電壓高的馬達充電效率較好。

表 13 發電機串聯發電情形

串聯之發電機	充電時間(hr)	聖誕燈泡發光時間(hr)	電池儲電規格(mAh)
C10&C12	24	4.5	1700
C11&C17	36	2.0	1800

11. 我們選取表 11 中電壓最高的四個發電機以 C12 和 C23 串聯，C10 和 C19 串聯，這樣兩組串聯後電壓較接近。再以此兩組發電機組並聯成一風力發電系統，以工業電風扇三速（風速約 5m/s）、一速 (7m/s) 的情況下對兩個電池串聯充電，再以聖誕燈泡放電。

表 14 發電機系統充電

項次	風速 (m/s)	充電時間 (hr)	聖誕燈泡發光時間(hr)	電池(mAh)	備註
1	5	21.0	4.5	1800	這一組電池老化較嚴重
2	5	21.5	7.5	2150	這一組電池比較新
3	7	18.5	10.0	2150	碳鋅電池只能亮 4 小時

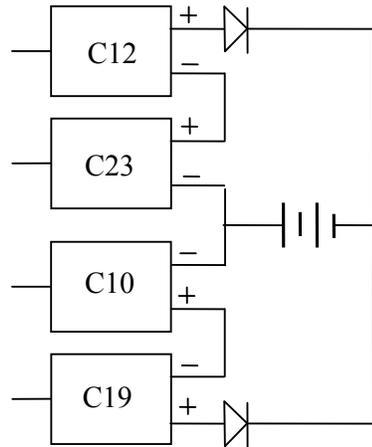


圖 27 發電機系統線路圖



圖 28 發電機系統發電情形

12. 相關討論：

(甲) 由表 14 看出我們組裝的發電系統在充電一天內即可超出碳鋅電池只能放電 4 小時的電能。其中第 1 次與第 2 次的充電時間相差不大，放電時間卻差很多，探討其原因可能是我們使用的不同組充電電池老化程度不同所致。

(乙) 由表 14 看出此系統的充電效率相當不錯，第三次充電 18.5 小時卻可放電約**碳鋅電池的 2.5 倍**，對於用於實用上相當令我們滿意。以此系統在風速不大的情況下，也可以適當的充電，而充電時間也不會太長。若要在風速

小的情況下充電，又要縮短充電時間，多並聯 N 組發電機應可達成，只是若風速變大要注意安全。

(丙) 本研究的風力發電系統只用了四個馬達，若再增加並聯數，相信會有更大的充電效果。但我們也擔心若風大電流更大而有更高的充電功率，會不會有損壞電池的疑慮甚至發生危險。因此，若發電功率較大，應有保護裝置，譬如利用電子元件控制電壓上限或調整發電機受風面與風向的夾角，風愈大受風面愈平行於風向；而風愈小則受風面愈垂直於風向。以免減低電池壽命或發生危險。本研究的發電功率都不大，應有助於延長充電電池的使用壽命。在測試過程中並未發現溫度上升或電壓高過額定電壓太多的問題。

## 伍、研究心得：

1. 近年來電腦的進步快，汰舊換新的速度也快，淘汰的光碟機不一定是壞掉的，而升級後要丟棄的光碟機若能充分利用，拿它的馬達來作為發電機，不失為廢物再利用之良方。
2. 我們以電風扇為風源，有利於我們的實驗，什麼時候要風就有風；風要大些小些都可操縱。但電風扇的風並不均勻，靠近風扇扇葉中心處風小，近扇葉外環處風大，且有側向的風。因此我們用喝珍珠奶茶的吸管製作了「導流器」置於電風扇前欲使風向向前並能使風量均勻。但經我們測試後發現，使風向向前的效果不錯，但風量均勻部分的效果不佳，依然是外環風量較大，尤其整體風量經「導流器」後



圖 29 我們製作的導流器

大減，是不利於我們的實驗的。而我們的小風扇並不需要很均勻的大面積風力，而遙控飛機的大螺旋槳只要兩側風力均勻就不易震動而順暢轉動。因此，我們的試驗後來就放棄「導流器」，而大扇葉時就置於電風扇的中心前，而小扇葉則置於外環強風處，這樣試驗的效果不錯。相信東北季風的風力會比電風扇還均勻，大小也常會大於一般的電風扇。所以可以期待在自然風力下，我們的發電系統會有更好的表現。

3. 目前市售的小型風力發電機的扇葉直徑大部分還超過一公尺，架設的工程浩大，成本也高。而一般的汽車行動電源是將 12 伏特的鉛蓄電池轉換為 110 伏特、60 赫茲的家用電源。因此，類似我們的風力發電系統若能有效的對 12 伏特鉛蓄電池充電，則將風力發電應用於家庭電器就更方便實用了。
4. 導線不宜有裸露部分，至於電池盒則應有防水功能，避免置於戶外時受露水或雨水浸溼而造成短路或損壞。
5. 我們將小風力發電機連接一個小 LED 燈泡，以熱溶膠黏在竹筷子上，當作一個小風車玩具，方便攜帶，同學看了也都很喜歡，不論是北風吹或是電風扇吹，LED 燈泡都可以亮起來，甚至有人拿來比肺活量。有一位老師要了一個這樣的玩具要給他的小朋友玩，老師在高速公路上，當時速 90km/hr (25m/s) 時將這樣的裝置伸出車外（這樣是危險的），結果 LED 燈一下子就燒毀了，於是我們不敢再嘗試類似的測試。不過這也證明了風速大時會有較高的功率。

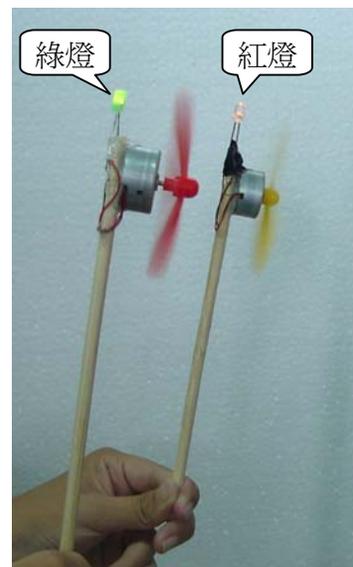


圖 30 亮晶晶的風車

6. 若有適當的發電機，就算只有微風也能如本研究般發電。像本研究的發電機 5，只要感覺到有風就會轉動，轉速不用很快就可以使 LED 燈泡發光，就算夏天的微風一樣可以利用風力發電。

7. 因為風力發電是利用自然免費的能源，又不會造成污染，是值得研究推廣的發電方式。
8. 以台灣地區的天氣狀況而言，冬季風大太陽小，而夏季風小太陽大。若能結合風力與太陽能發電於同一系統中，相信可以造成一穩定而好用的發電系統。

## 陸、結論：

1. 由本研究結果看出利用這樣的裝置可以有效的將風力的能量轉換為可利用的電能，增加的裝置或許不一定經濟，但以較長的時間慢慢充電，可以使用免費且環保的能源，對地球環境保護盡一點心力。尤其推廣這樣的概念，人人動手做，除了樂趣與成就感之外，將使環境更美好。
2. 本研究所用的材料都是常見易得的東西，中學生如果有興趣，可以依這樣的方式自行組裝、測試與利用。
3. 若我們的週遭都能處處有風車，除了環境美化之外，還可以隨時儲存能量，將這樣免費的能源，運用的更廣更實用。

## 柒、參考資料：

1. 郭重吉，國民中學自然與生活科技第 3 冊，修訂版，台灣，南一書局，183 頁，2005。
2. 郭重吉，國民中學自然與生活科技第 4 冊，修訂版，台灣，南一書局，183 頁，2006。
3. 鄧美貴等，國民中學自然與生活科技第 3 冊，第二版，台灣，康軒出版社，172 頁，2004。
4. 鄧美貴等，國民中學自然與生活科技第 5 冊，第二版，台灣，康軒出版社，184 頁，2005。
5. 鄧美貴等，國民中學自然與生活科技第 6 冊，第二版，台灣，康軒出版社，164 頁，2006。

## 評語

030812 風兒慢慢吹—小巧風力發電機

藉由馬達的反轉運用，並搭配 LED 與蓄電池，實現風力發電的想法，為一相當生動之組合。