

# 中華民國第 52 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

030818

『零』來風－太陽能排熱風扇發電機應用之研究

學校名稱：臺中市立大甲國民中學

作者：  國一 張廷綸  國一 紀丞修  國一 王顥文	指導老師：  楊鍾鳴  郭純真
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：葉片角度、葉片數、熱對流

## 摘要

學校、屋頂上的排熱風扇不管颳風下雨 24 小時皆在運轉，本研究主要以日常生活可見的馬達、齒輪進行排熱風扇發電的可能行。自製的排熱風扇主要分成發電組與排熱風扇組兩部份。透過葉片數、葉片角度、風扇間的距離、馬達種類等因素的探討設計排熱風扇。最後進行實際的模擬發電與電池的充電，在天氣晴天、平地無風的情況下最大的發電電壓值為 1.713V，對 1.5V 容量 1500mah 的充電電池的充電功率為 0.191W。足見排熱風扇動充電的可行性與其應用價值。

## 壹、研究動機

每到夏天時，教室就好像烤箱一樣。如果在氣窗上裝上一個排熱風扇使空氣對流，這樣應該可以讓教室降溫。為了節能減碳，利用自然的熱氣流流動推動風扇，一來可以排出熱氣，一來可以發電再利用。因為實際熱氣流的動力實在太小，因此我們想在排氣管末端放置一個太陽能風扇增加排除熱氣的效果，並在排氣管前端放置熱氣流風扇發電，將電能儲存起來。排熱與能源收集同時並行，並且希望能夠推廣應用到實際校舍中。

## 貳、研究目的與問題

- 一、 設計出最佳發電效能的熱風扇發電機本體
  - (一) 實驗一：熱風扇發電機加裝加速齒組的發電效能有何關係？
  - (二) 實驗二：熱風扇發電機葉片角度對發電效能有何關係？
  - (三) 實驗三：熱風扇發電機葉片數對發電效能有何關係？
  
- 二、 設計出最佳的太陽能排熱風扇本體構造提升發電效能
  - (一) 實驗四：太陽能排熱風扇加裝加速齒對發電效能有何關係？
  - (二) 實驗五：市售小馬達種類對發電效能有何關係？
  - (三) 實驗六：太陽能排熱風扇葉片數對發電效能有何關係？
  - (四) 實驗七：太陽能排熱風扇葉片角度對發電效能有何關係？
  - (五) 實驗八：發電機位置對發電效能有何關係？
  
- 三、 熱風扇發電機的實際安裝效能測試
  - (一) 實驗九：教室安裝效能測試為何？
  - (二) 實驗十：對充電電池的充電測試效果為何？

## 參、研究設備及器材

### 一、 熱風扇發電機：

以簡易取得的珍珠板進行直徑 50cm 的圓切割，再以圓心做不同角度的扇形切割。以量角器設定珍珠板葉片的角度，使用熱熔膠固定。在葉片中心以剪裁保特瓶蓋黏貼固定，葉片朝下。保特瓶蓋中心裝鎖固定於加速齒輪的軸心上，在透過馬達軸心上的小齒輪接軌完成發電機的安裝。



### 二、 太陽能的排熱風扇：

以簡易取得的珍珠板進行直徑 50cm 的圓切割，再以圓心做不同角度的扇形切割。以量角器設定珍珠板葉片的角度，使用熱熔膠固定。在葉片中心以剪裁保特瓶蓋黏貼固定，葉片朝上。保特瓶蓋中心裝鎖固定於馬達軸心上，從馬達兩極使用電線連接到太陽能板上，簡易的排熱風扇完成。



### 三、 風管：

以五金行買到的 12mm 寬長 160cm 的台北新木條六根，綁在直徑 60cm 的鐵絲上形成框架，在基本框架設包裹塑膠布完成風管，在下方開一進氣口。



### 四、 實際模擬安裝：

先建造一個小方屋，在屋上方使用鋁箔貼住，一方面用來增加吸收太陽的輻射熱、一方面造成小方屋內上下的溫差形成熱對流，將風管、發電機、排熱風機裝於小方屋的頂端，打開小方屋的門進行測試。小方屋大小尺寸為 150cm\*60cm\*60cm。



### 五、 動力來源：

本研究以熱氣流為動力來源，但熱氣流大小不容易控制，所以研究中先以小風扇造成風管入口風速 2.0km/hr(相當於 0.56m/s)的進氣流速作為熱氣流的氣流流速。以屋頂推動沈重的不銹鋼熱風扇而言，實際氣流流速可能大於我們的設定值。

## 肆、研究過程與結果討論

### 實驗一：熱風扇發電機加裝加速齒組的發電效能關係

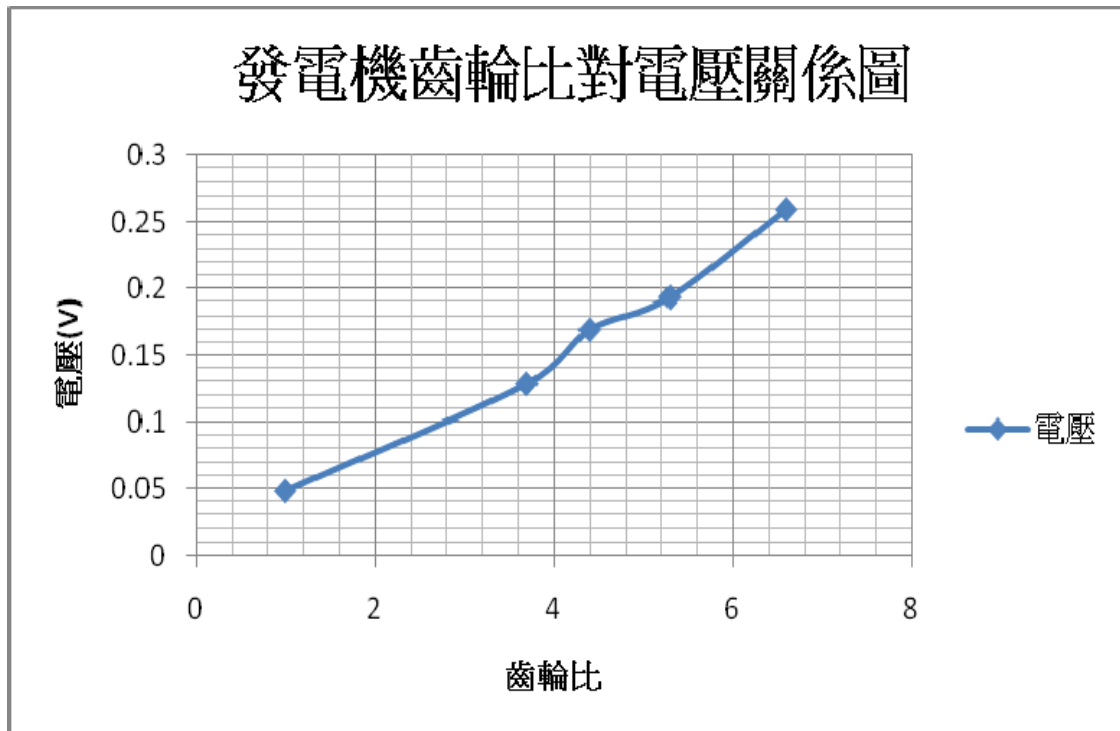
一、目的：以現有的齒輪組在額定風速下設計發電機，設計出最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h(0.56m/s)。
2. 在固定風速下以八葉風扇、葉片角度 30°為本體的發電機，進行不同齒輪組以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

齒輪比	1	1 : 3.73 15/56	1 : 4.4 15/66	1 : 5.33 15/80	1 : 6.6 15/99
電壓(V)	0.048	0.128	0.169	0.193	0.259



小結：

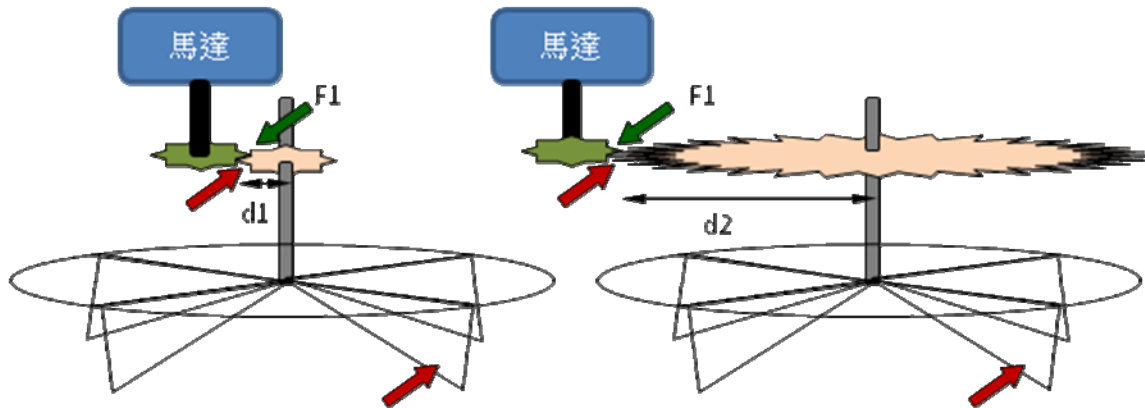
1. 以加速齒輪比 1:6.6 的產生電壓最大，最大的電壓值為 0.259V。

#### 四、討論：

(一) 加速的齒輪比是否越大越好？

如下圖說明：

##### 發電機的加速齒輪說明



同一顆馬達的扭力 $F1$ 大小固定，對小齒輪造成的抵抗扭力矩 $F1 \times d1$ 較小，但齒輪轉速低，發電量小。

同一顆馬達的扭力 $F1$ 大小固定，對小齒輪造成的抵抗扭力矩 $F1 \times d2$ 較大，但齒輪轉速高，發電量大，但並非無限增加。

加速的齒輪比越大會使得發電機運轉越快因此得到的電壓值會較高，但一顆馬達造成的扭力大小是固定的，當加速齒輪數越多時，因為力臂較長所以產生的抗力矩越大，所以要驅動發電機轉動越不容易。因此電壓不會與加速齒輪比成正比，但我們以現有的裝置在加速齒輪比 1:6.6 時所得的電壓值最大。因而我們以這個加速齒輪比進行接下來的實驗研究。

## 實驗二：熱風扇發電機葉片角度對發電效能關係

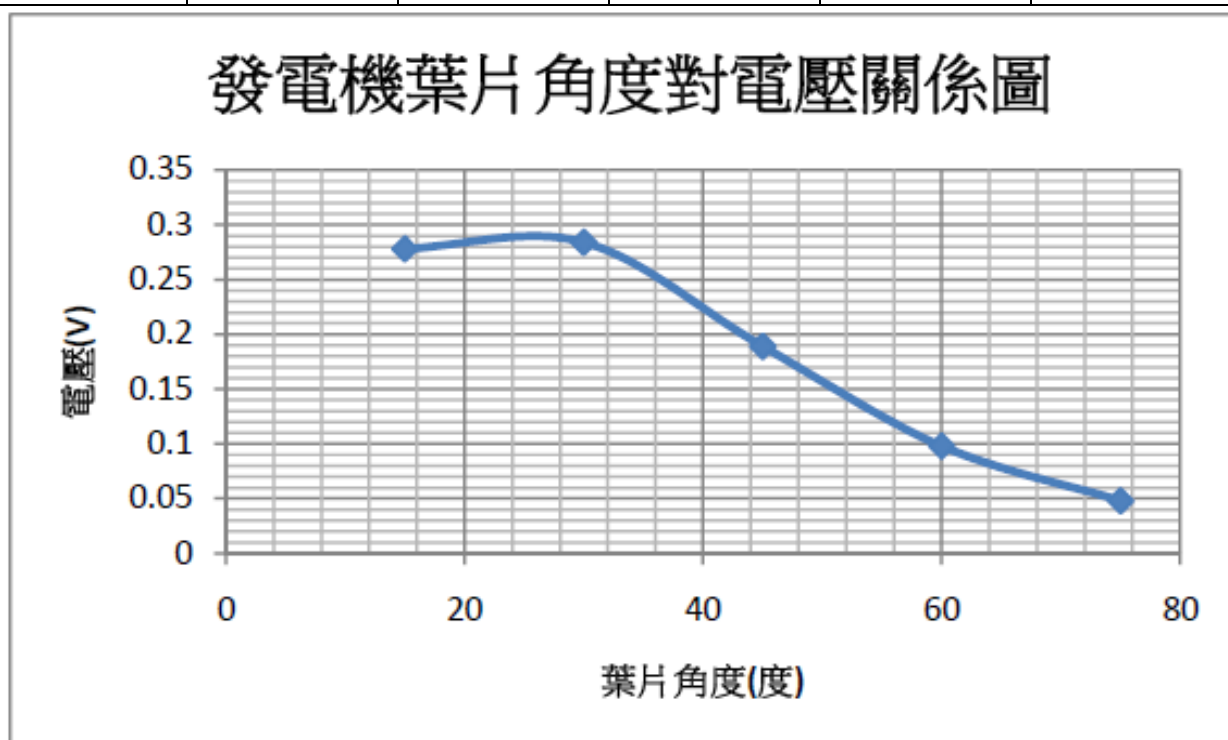
一、目的：在額定風速下改變發電機葉片角度，設計出最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下以八葉風扇為本體的發電機，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

角度(°)	15	30	45	60	75
電壓(V)	0.278	0.284	0.189	0.098	0.048



四、小結：

1. 葉片角度以 30°時所得的電壓值最大為 0.284V。

五、討論：

(一) 葉片角度是否越小越好？

葉片受到垂直向上的氣流推動而轉動，葉片角度越大，氣流較容易順利通過葉片，葉片的受力面積就較小因此不容易轉動，所以產生的電壓值就較小。但是葉片角度太小時，雖然受力面積大，卻不利於氣流流通。因此產生的電壓不會隨葉片角度變小而增加。本實驗以葉片角度 30°時所得的電壓值最大為 0.284V，而理論上是 45°，這可能是因為我們的風管中的空氣流動並非垂直向上，而是受到轉彎反彈的原因，因此以葉片角度 30°進行接下來的實驗。

### 實驗三：熱風扇發電機葉片數對發電效能關係

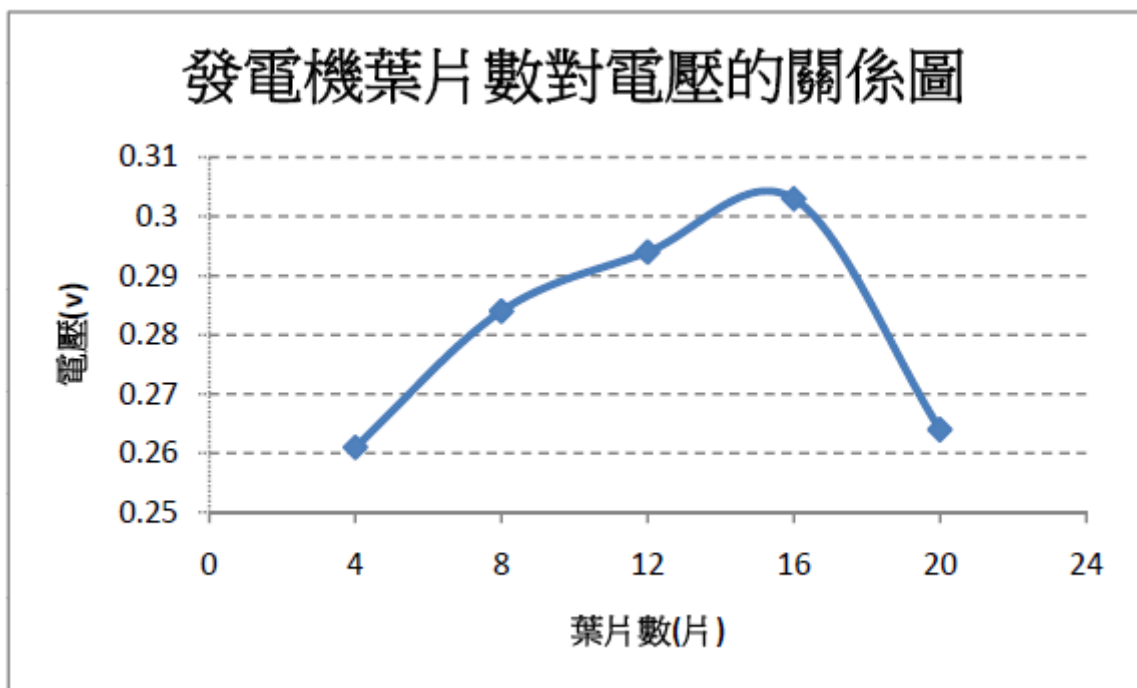
一、目的：在額定風速下改變發電機葉片數，設計出最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下以 30 度角葉片設計風扇為本體的發電機，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

葉片數(片)	4	8	12	16	20
電壓(V)	0.261	0.284	0.294	0.303	0.264



四、小結：

1. 發電機葉片數以 16 片產生的電壓值最大為 0.303V。

五、討論：

(一)是否發電機葉片數越多越好？

本實驗以直徑 50cm 在 3mm 厚的珍珠板上進行葉片數的切割，在固定葉片角度上使用熱熔膠也儘量少用，因此在風扇本體的重量上是儘量控制相同，同時葉片面積是相同的。而葉片數越少，氣流通過風扇時間短，作用力時間較短，因此運轉不快。但葉片數越多，氣流通過風扇的時間常，卻因為阻力大而運轉速度也不快。本實驗以葉片數 16 片所產生的電壓值最大為 0.303V。因此之後發電機的本體以葉片數 16 片為依據。



### 實驗四：太陽能排熱風扇加裝加速齒對發電效能的關係

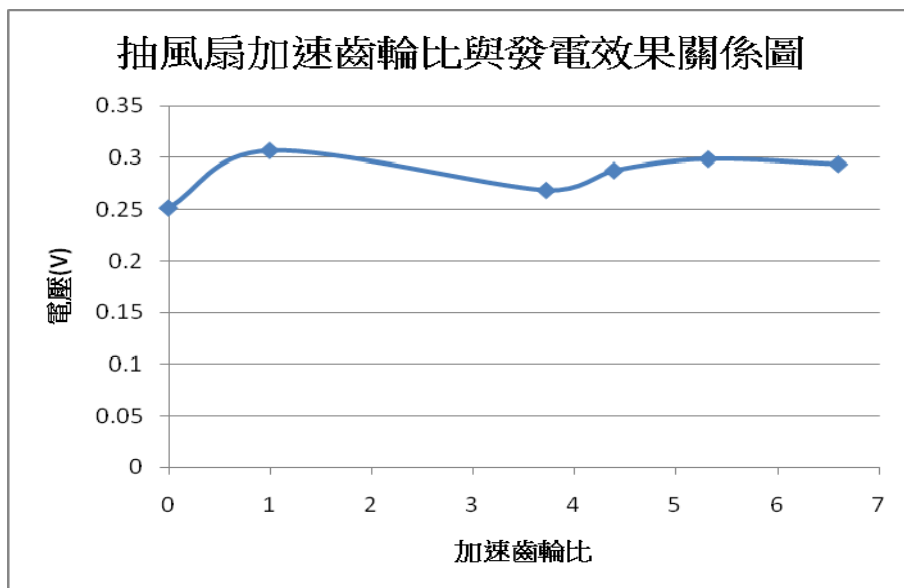
一、目的：以現有的齒輪組在額定風速下設計發電機，設計出最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下，綜合實驗一、二、三結果，設計以 16 葉風扇、葉片角度 30 度、加速齒輪比 1:6.6 的發電機。
3. 將發電機置入風管中央，風管出風口放置排熱風扇，排熱風扇以 8 頁、傾角 30 度設計。
4. 排熱風扇以太陽能馬達為動力，通以 6V 直流電，改變排熱風扇齒輪比，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

排熱風扇 加速齒輪比	未加裝	空載	1	1 : 3.73 15/56	1 : 4.4 15/66	1 : 5.33 15/80	1 : 6.6 15/99
電壓(V)	0.357	0.252	0.307	0.269	0.288	0.299	0.294



四、小結：

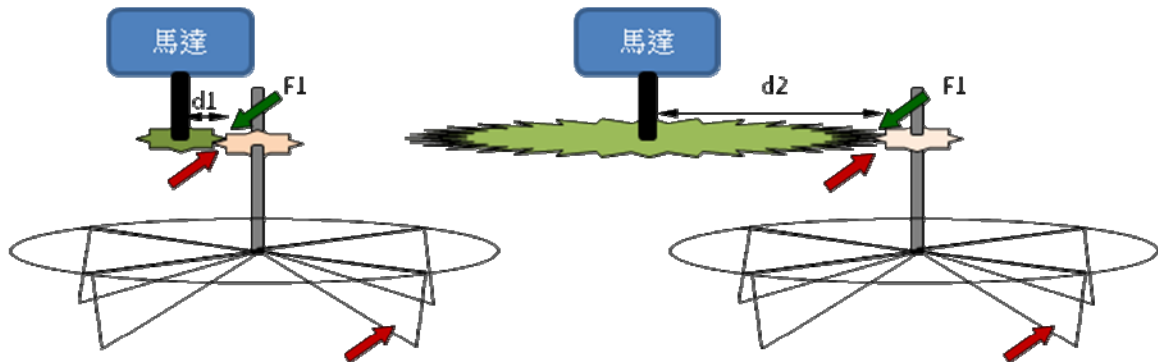
1. 加上抽氣風扇與未加上時的發電效率變低。
2. 以未加裝加速齒輪產生的電壓值最大為 0.307V。

## 五、討論：

(一)是否有加裝抽氣風扇的必要？

如下圖示說明：

### 抽氣機的加速齒輪說明



同一顆馬達的扭力 $F1$ 大小固定，對馬達齒輪造成的扭力矩 $F1 \times d1$ 較小，但風扇齒輪轉速低，抽氣量理論上較小。

同一顆馬達的扭力 $F1$ 大小固定，對馬達齒輪造成的扭力矩 $F1 \times d2$ 較大，但風扇齒輪轉速高，抽氣量理論上較大，但並非無限增加。

從實驗結果來看，加裝抽風扇的造成的抵抗扭力矩大，因此在加裝加速齒輪的情況下，因為馬達齒輪大而提升了抵抗扭力矩所以更不容易轉動。因此我們不打算使用加速齒輪組進行抽氣。

另外在加裝風扇葉片時，可能是因為裝在排氣口的風扇擋住了氣流，不利於氣體流動因而電壓值下降。但是在無風的情況下，我們仍需要抽氣風扇把熱氣抽走，並且當抽氣扇運轉時發電的電壓值開始提升了，因此加裝抽氣扇有其必要與功用。

### 實驗五：市售小馬達對發電效能的關係

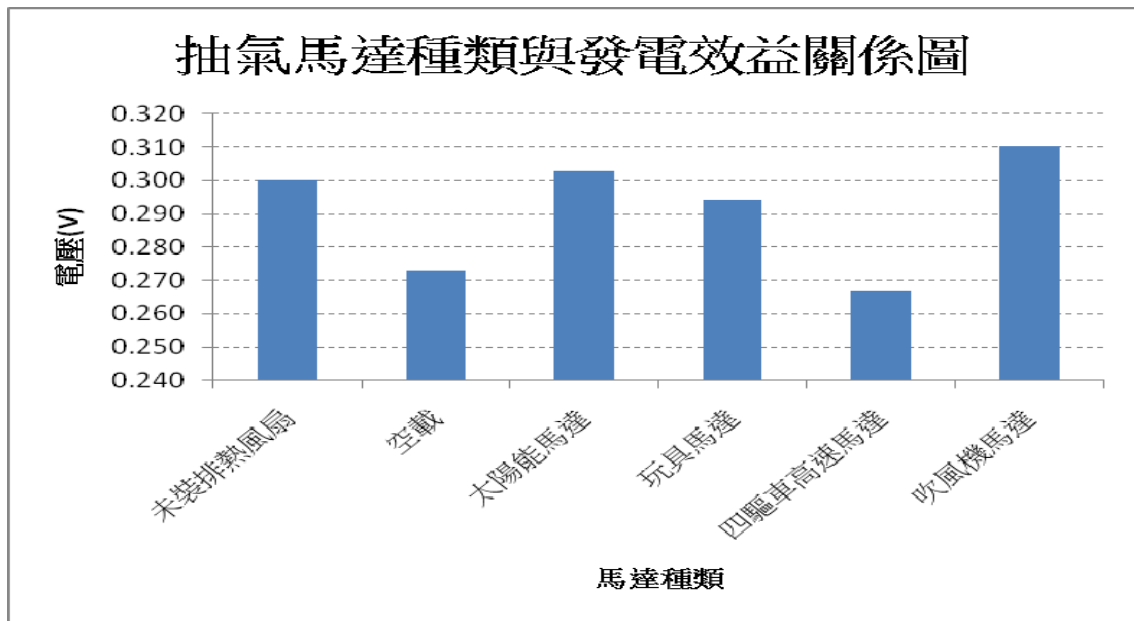
一、目的：在額定風速下不加裝加速齒輪，找出市售玩具馬達為排熱風扇的最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下，綜合實驗一、二、三結果，設計以 16 葉風扇、葉片角度 30 度、加速齒輪比 1:6.6 的發電機。
3. 將發電機置入風管中央，風管出風口放置排熱風扇，排熱風扇以 8 葉、傾角 30 度直接安裝。
4. 排熱風扇更換市售不同通的玩具馬達通以 6V 直流電，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

馬達種類	未裝排熱風扇	空載	太陽能馬達	玩具馬達	四驅車高速馬達	吹風機馬達
電壓(V)	0.300	0.273	0.303	0.294	0.267	0.310



四、小結：

1. 以吹風機馬達進行抽氣的發電最大電壓值為 0.310V。

五、討論：

(一)是否轉速越高的馬達抽氣效果越好？

馬達在固定電壓下，而高轉速的馬達其扭力未必大，因此高轉速的四驅車馬達其扭力不大的情況下無法帶動風扇有效的運轉，相對的太陽能馬達扭力大轉速不高卻也有良好的抽氣效果。本實驗以生活中能取得的吹風機馬達其抽氣造成發電的效益最好，因此接下來以吹風機馬達進行排熱風扇的設計並為接下來的研究依據。

### 實驗六：太陽能排熱風扇葉片數對發電效能的關係

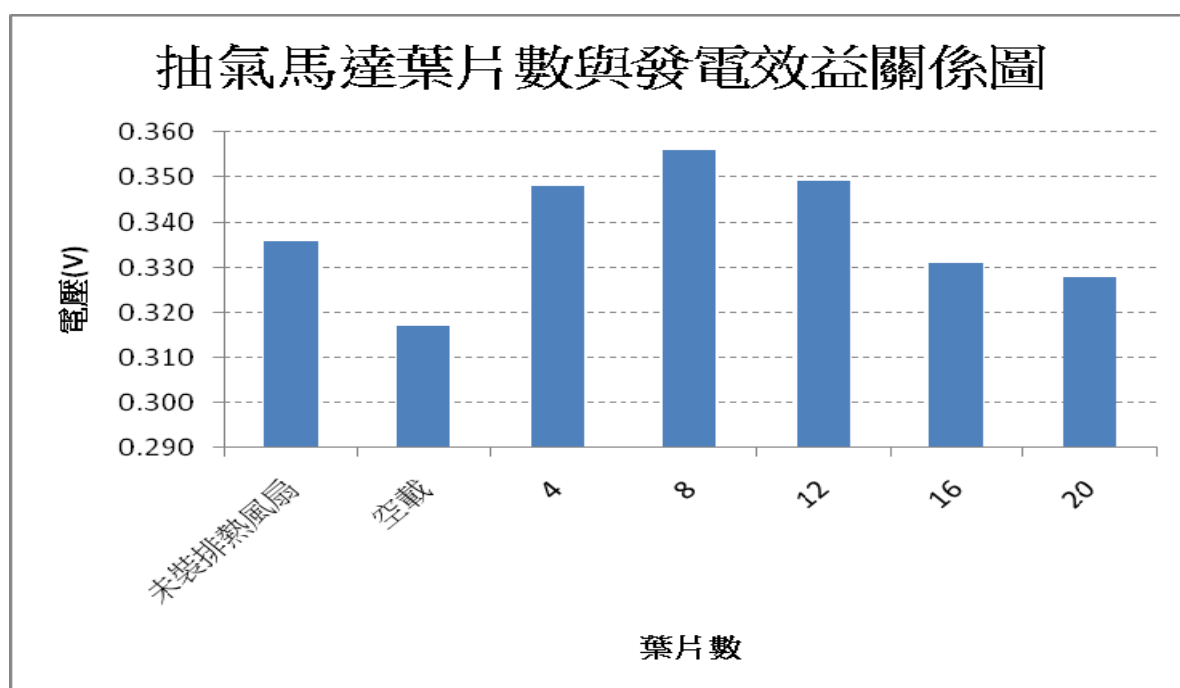
一、目的：在額定風速下不加裝加速齒輪，找出排熱風扇發電效能的最佳葉片數。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下，綜合實驗一、二、三結果，設計以 16 葉風扇、葉片角度 30 度、加速齒輪比 1:6.6 的發電機。
3. 將發電機置入風管中央，風管出風口放置排熱風扇，排熱風扇以吹風機馬達直接安裝傾角 30 度的葉片。
4. 以 6V 直流電通電，改變不同葉片數，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

葉片數	未加裝抽氣風扇	空載	4 葉	8 葉	12 葉	16 葉	20 葉
電壓(V)	0.336	0.317	0.348	0.356	0.349	0.331	0.328



四、小結：

1. 排風扇以 8 葉的發電之最大電壓為 0.356V。

五、討論：

(一)為何 8 葉的排風扇有最大的發電電壓？

當葉片數較少時，氣流有較大的空間可以通過，但葉片的風阻反而較大因而不利提高轉速而排出氣流。相對地，葉片數較多時，排除氣流得空間顯然較少，雖然阻力沒有較少的葉片來得大，但仍不利於氣流排除。本實驗以 8 葉的排除效果最好，因而接下來以 8 葉進行不同角度的研究。

### 實驗七：太陽能排熱風扇葉角度對發電效能的關係

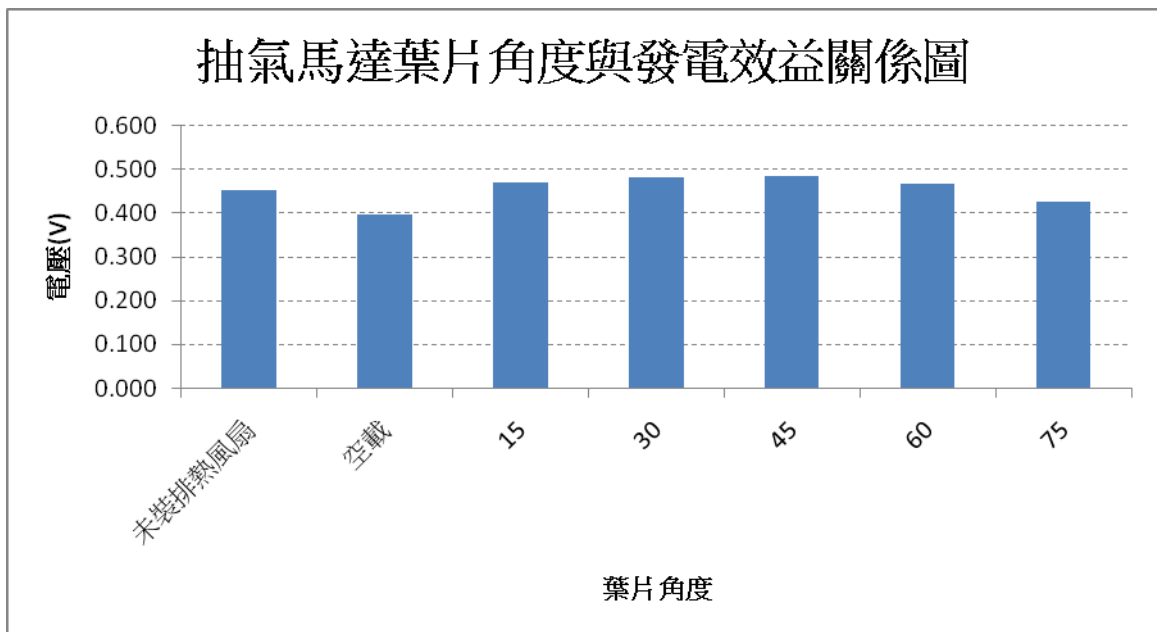
一、目的：在額定風速下不加裝加速齒輪，找出排熱風扇發電效能的最佳葉片角度。

二、步驟：

1. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
2. 在固定風速下，綜合實驗一、二、三結果，設計以 16 葉風扇、葉片角度 30 度、加速齒輪比 1:6.6 的發電機。
3. 將發電機置入風管中央，風管出風口放置排熱風扇，排熱風扇以 8 葉、傾角 30 度直接安裝。
4. 排熱風扇更換市售不同通的玩具馬達通以 6V 直流電，以三用電表量取所產生最大電壓。

三、實驗記錄與資料處理：

角度(°)	未加裝抽氣風扇	空載	15	30	45	60	75
電壓(V)	0.453	0.396	0.471	0.482	0.486	0.468	0.427



四、小結：

1. 抽氣馬達葉片角度以 45° 的發電最大電壓值為 0.486V。

五、討論：

(一)為何抽氣馬達葉片角度有最佳的發電效益？

當抽氣馬達的葉片角度越大其氣流通過越順暢，但旋轉時的風阻越大。因此以葉片 45° 時的轉速可能最高因而能使排氣量達到最好的效果，所以我們以 45° 的葉片設計進行接下來的研究。

### 實驗八：發電機位置對發電效能的關係

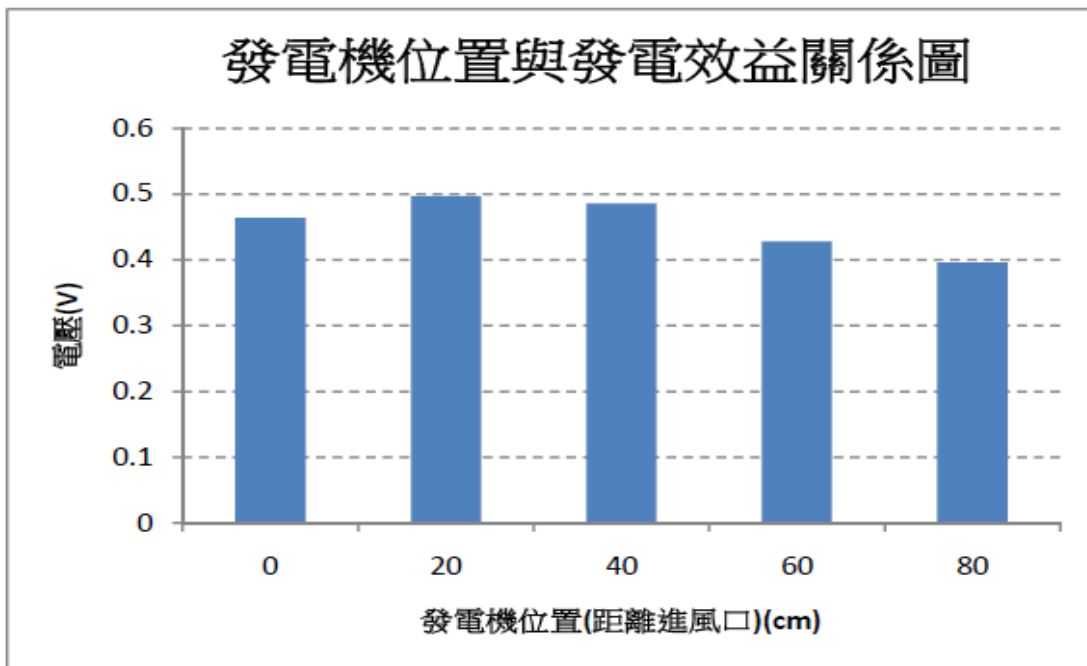
一、目的：在額定風速下不加裝加速齒輪，找出市售玩具馬達為排熱風扇的最佳的發電效能。

二、步驟：

1. 以前七個實驗的最佳發電效能的設計發電機與排熱風扇。
2. 將排熱風扇固定於風管的最上端（出風口）。
3. 以電風扇為動力來源，調整電扇與進氣口距離，使風管進氣口中心風速約為 2.0km/h。
4. 將發電機由進氣口最低端由下而上改變不同的位置，觀察發電效能。

三、實驗記錄與資料處理：

發電機位置 (距離進風口)	0	20	40	60	80
電壓(V)	0.464	0.497.	0.486	0.428	0.396



四、小結：

1. 以距離進氣口 20cm 處的發電電壓值最大為 0.497V。

五、討論：

(一)為什麼在距離進風口 20cm 處的發電效益最好？

我們推測，當氣流進入到風管時，氣流是從旁較散亂而向內集中的方式流動，因此氣流加速不夠，所以推動發電機葉片的轉速就較小。而當發電機位置太過靠近排熱風扇的時候，會因為發電機排出的氣流受到排熱風扇的阻擾所以不能順利排除，因此我們採取以發電機距離進風口 20cm 處作為設計。

### 實驗九：模擬安裝效能測試

一、目的：了解實際安裝上是否可行並找出可改善的地方。

二、步驟：

1. 建造一個小方屋，屋子上方使用鋁箔貼住。
2. 小方屋開一個門作為進氣用。
3. 將發電機組安裝於方屋上方，將器材放置於操場中央進行陽光曝曬。
4. 啟動太陽能抽風扇，紀錄發電值。
5. 針對風扇改善缺失(氣密效果、表層塗黑、齒輪潤滑)再進行量測。

三、實驗記錄與資料處理：

情況說明	未置於小方屋上方	置於小方屋上方未啟動抽風扇	置於小方屋上方啟動抽風扇	改善缺失後電壓
發電電壓(V)	0.536	0.861	1.275	1.713



四、小結：

1. 模擬的最大電壓值為 1.275V。
2. 改善後的產生的最大電壓值為 1.713V。

五、討論：

在我們所建造的小的小方屋大小僅為 50cm (長)\*60cm (寬)\*150cm (高)，因此在空氣進氣量比較小，同時因為高度不足，室內上下的溫差並不明顯，導致熱對流效應不強。此外，如果將風扇在做大一些，使其氣密的效果更好，或是更換更大的齒輪，說不定就可以超過我們一般充電電池的電壓 1.4V 以上，便可以進行充電。因此接下來我們想辦法改進上述的缺失，以求有最大的電壓值。

我們將鋁箔塗黑、將風扇葉片直徑增加 3cm、找尋遙控直昇機所使用的大齒輪(162 齒)安裝於發電機上，最後在天氣晴天、平地無風的情況下最大的發電電壓值為 1.713V。若是有微風的情況下電壓值可以高達 2.096V。超過我們充電電池的電壓，因此接下來我們實際對充電電池充電測試。

## 實驗十：實際對 1.5V 電池的充電測試

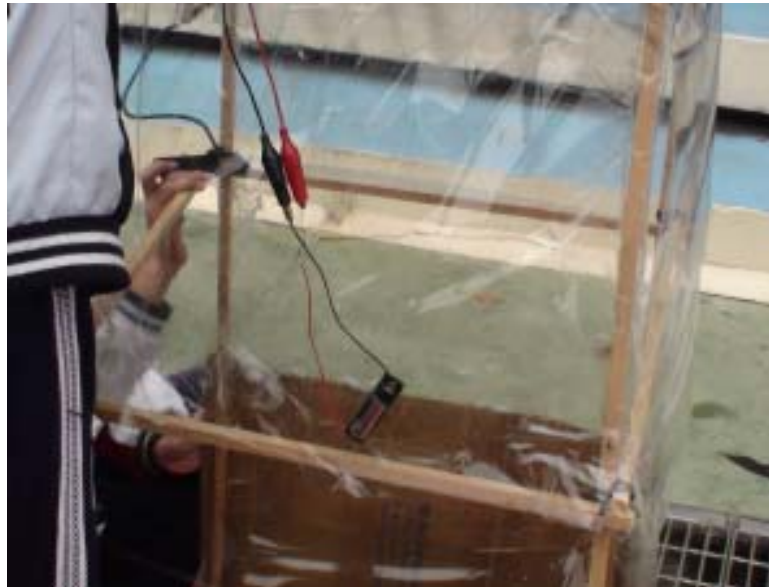
一、目的：是否可以利用簡易的方式進行充電電池的充電。

二、步驟：

1. 在發電機的電源線上安裝一固定電流方向的二極體，再串聯一個充電電池。
2. 充電電池規格為 3 號 1500mah。
3. 測量充電前的電壓。
4. 對電池充電一個白天約 1 小時，再進行電壓測量。

三、實驗記錄與資料處理：

情況說明	未充電前的電壓	充電後的電壓
電壓(V)	1.389	1.516



四、小結：

1. 自製的排熱風扇發電機可以對充電電池充電。

五、討論：

自製的發電機並不是一直維持電壓超過 1.4V 以上，我們所測量到的電壓也不是穩定不變的電壓，並且在實際安裝充電器的電路中電阻也會消耗電能，就實際充電的效果換算，我們可以知道我們發電機對電池充電的平均功率是：

$$P=IVt/t=1.5*(1.516-1.389)*3600/3600=0.191W$$



## 伍、研究結論與建議

### 一、結論：

(一) 自製的太陽能排熱風扇發電機的構造說明圖示如下：

太陽能排熱風扇熱對流發電機  
說明圖



噴黑外膜風管  
•增加熱對流

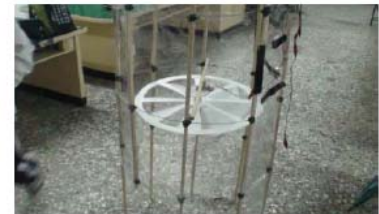
維修孔  
•方便維修

加高方屋  
•增加對流量



太陽能排熱風扇

- 利用太陽能板發電、額定電壓6V、太陽能板\$300、控制器\$200、馬達組\$200。
- 8片傾斜貫穿式葉片，當受風時可以增加排氣量。



熱風扇發電機

- 利用熱對流發電、無風電壓1.5V、馬達組\$100、充電組\$50。
- 16片平面非貫穿式葉片。



簡易充電組

- 簡易LED燈整流
- 3號乾電池盒充電

尺寸規格：長60cmx寬60cmx高300cm

- (二) 在發電風扇的研究上：
  - 1. 自製的發電機可以使用大齒輪的加速齒增加發電效益，但須注意發電機葉片啟動時的扭力。本實驗裝置以遙控直昇機用的大齒輪在微風 2km/hr 的情況下仍可順利運轉。
  - 2. 自製的發電機葉片角度 30 度、葉片數八片時的發電效益最好。
- (三) 在排熱風扇的研究上：
  - 1. 未加加裝排熱風扇時的發電效益比加裝但未運轉時好。但啟動排熱風扇後可以提升發電效益。
  - 2. 排熱風扇以 8 頁、45 度，使用市售吹風機用馬達或遙控模型店的高扭力馬達的發電效益最好。
  - 3. 發電機放於進氣口前端、排熱風扇放於排氣口末端的發電效益最好。
- (四) 在模擬應用的研究上：
  - 1. 排熱風扇在天氣晴天、平地無風的情況下最大的發電電壓值為 1.713V。
  - 2. 自製的排熱風扇發電機對電池充電的功率是 0.191W。

## 二、建議

- (一) 進氣與排氣口的安裝方式：

研究中的風管是垂直均勻的圓桶狀，若能改以圓弧形的彎角，或是使用下大上小的喇叭狀風管，這樣也許能夠幫助氣流流動的順暢性。此外，我們觀察室內浴室的排風扇的排風口是在旁邊，或許這樣從側邊排氣的方式能夠增進發電效益，但是同時應該也要更改葉片的設計方式。而排熱風扇的葉片向上的設計可以透過風吹來達到增加排氣的目的，也可以最為之後的研究。外葉片形狀是否使用傳統屋頂上包覆型狀可以提升氣密效果造成較強的對流推動力也是值得研究的主題。

- (二) 推廣使用的價值：

我們證明了熱風扇發電機確實的可行性，因此學校、工廠每天屋頂上的排熱風扇，其 24 小時不斷的運轉，也不受風速大小的影響。我們的發電機組僅用到塑膠齒輪與太陽能馬達、吹風機馬達等便宜的物體，若能在每一個現有的排熱風扇上加裝這樣的發電機，其產生的總能將會非常的可觀。在更精密製造下（如使用滾珠軸承、齒輪盤旋轉校正），相信發電的效能會更加提升，因此我們強烈的建議製造熱風扇的工廠研發這樣的發電機，在將發電電能儲存起來轉換成其他的應用。

## 陸、參考資料

1. 林佳緯等(2007)，風力知多少，中華名國第四十八屆中小學科學展覽說明書
2. 郭伯助等(2007)，風力發電之葉片設計及其應用，中華民國第四十八屆中小學科學展覽說明書
3. 郭信佑(2007)，誰與爭風，中華名國第四十八屆中小學科學展覽說明書

## 【評語】 030818

本作品係改善日常屋頂之抽風散熱設備，利用太陽能電池來帶動上一層風扇，帶動下一層風扇來抽風散熱，亦可在第二層(下層)上裝置小型發電機來發電，唯此發電機將減緩抽風效能，並不值得加裝。葉片的設計考量過於簡單，可再參考文獻，提升葉片效能。