

中華民國第 51 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

佳作

030818

風生水起、來電好神

學校名稱：臺南市立建興國民中學

作者： 國二 楊承達	指導老師： 楊志鴻
---------------	--------------

關鍵詞：自製雙頭直立式發電機、

自製「好神」發電機一、二號、負載電流

作品名稱：「風生水起，來電好神！」

摘要

「自製雙頭垂直軸發電機」的最佳化設計探討過程，發現固定風速下，翼片寬度愈小不容易啓動，但轉速較快且輸出電壓較高，並容易達到 LED 燈泡發亮所需的電壓。

接著進行水力發電的試驗，發現可利用製造飲用水時所排放的大量廢水沖擊發電機，產生夜間照明所需的電，達到水資源再利用的目的。將「好神拖」脫水機改裝成「好神發電機一號」，然後又進一步改裝屋頂排風扇為「好神發電機二號」，希望利用人力或是風力來發電。

經過現有零件的改裝，能輕鬆產生十二伏特以上的電壓並對蓄電瓶充電，比起歷屆科展的作品，這是一個很大的突破，未來可應用在電動車行車時的電力回充。

研究者發現，只用「用心觀察、勇於嘗試」，天馬行空的想法也是可以「風生水起、來電好神」。

壹、研究動機

繼一年級科展進行了校園**福安坑溪**的整治之後，一直想讓這條溪在夜晚的時候也會有類似螢火蟲的閃爍效果。

偶然經過某大學的水利系館時，抬頭一看，發現頂樓有一支形狀特殊的風力發電機正在隨風快速的轉動，然後又恰巧在資源回收筒裡發現一支礦水瓶身的弧度與那支垂直軸風力發電機的造型類似，於是便開始動手改良，希望能夠透過廢物利用，做出一台便宜又可行的自製風力發電機。

後來又在新聞報導中看到「好神拖」的拖把一不小心捲到了家庭主婦的頭髮而傷了頭皮的事件，心裡便想著：「如果直接利用這種高速旋轉的「好神拖」來發電，會不會比自製的發電機又更加強大……」。

貳、研究目的

將瓶身類似於垂直軸發電機槳葉構造的寶特瓶改造成「自製雙頭垂直軸發電機」，看看如何才能使其輸出最佳的發電功率，並且至少達到可以讓 LED 燈泡閃爍的實用價值，是研究者的主要研究目的；另外家庭或工廠中還有沒有其他隨手可得的發電裝置，也是我有興趣去發現、改裝與探討的。

利用風力、水力與人力等不同方式來轉換成電能，並實際運用在照明與化學能的儲存上，研究者針對以下幾個方向來分別進行深入的探究：

- 一、「自製雙頭直立式發電機」的**風力發電效能**及最佳化設計及應用的可行性為何？
- 二、「自製雙頭直立式發電機」的**水力發電效能**及應用的可行性為何？
- 三、「自製好神發電機」的**人力發電及風力發電**的效能及應用的可行性為何？










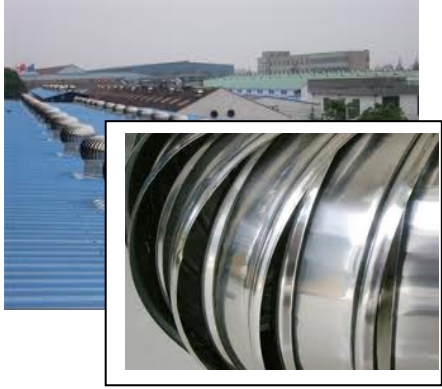

參、研究設備及器材

一、一般器材

真空板、珍珠板、橡皮塞、熱熔膠、魔鬼氈、圓規、直尺、剪刀、美工刀、泡棉膠、保麗龍板、廢棄紙箱、螺絲起子和螺絲釘、碼錶、鐵鎚、扁鑽、鱷魚夾、電線、燒杯、保麗龍切割器、焊槍與錫條。

二、特殊器材

表 1：特殊器材一覽表

<p>統一 pH8.0 寶特瓶(ml)</p> 	<p>冷氣插座蓋</p> 	<p>LED 燈泡</p> 
<p>水管栓</p> 	<p>DC 直流馬達(4.5V)</p> 	<p>風速計</p> 
<p>「好神拖」脫水槽</p> 	<p>方格鐵架組</p> 	<p>電錶</p> 
<p>自然排風扇</p>  <p>圖片來源 http://www.lioutongfeng.net.cn/athena/offerdetail/sale/lioutongfeng-1035663-401804817.html</p>		<p>安全警示燈</p> 

肆、研究過程或方法

一、「自製雙頭直立式發電機」的風力發電效能及最佳化設計

(一) 自製「雙頭直立式發電機」的製作

- 1.比較分析垂直軸與水平軸發電機的優缺點。
- 2.探討不對稱三葉片之垂直軸風力發電機的設計理念及優缺點。
- 3.改造「統一 pH 9.0 鹼性離子水」寶特瓶(800ml 裝)為「雙頭垂直軸自製發電機」。

(二) 探討不同風力對不同葉片寬度「自製雙頭垂直軸發電機」輸出電壓的影響

- 1.固定葉片寬度為 8 公分，測量不同風力產生的輸出電壓。
- 2.改變葉片寬度為 7、6、5、4 及 2.5 公分，進行不同風力的輸出電壓測量。

(三) 利用「自製雙頭垂直軸發電機」分析學校高樓風的風力發電可行性

二、「自製雙頭垂直軸發電機」的水力發電效能及實際應用

(一) 探討不同水流量對「雙頭垂直軸自製發電機」輸出電壓的影響

- 1.量測實驗室水龍頭不同開啓角度的水流量與輸出功率換算。
- 2.測量不同水流量下的輸出電壓。

(二) 測量不同水流量下，「自製雙頭垂直軸發電機」接上單顆 LED 燈泡的發光情形與負載功率。

(三) 測量「自製雙頭垂直軸發電機」置於「福安坑溪」中的發電情形。

1. 測量「福安坑溪」一般水流的發電情形。
2. 測量「福安坑溪」有水位落差時的發電情形。

(四)分析利用學校頂樓的交換廢水來做水力發電的可行性。

三、改裝「好神發電機」探討步步來電與風力發電的效能與可行性

(一) 探討連續踩踏對「好神發電機一號」輸出電壓的影響。

(二) 探討連續踩踏對「好神發電機一號」進行電解水的可行性與趣味性。

(三) 探討車速對「好神發電機二號」輸出電壓的影響。

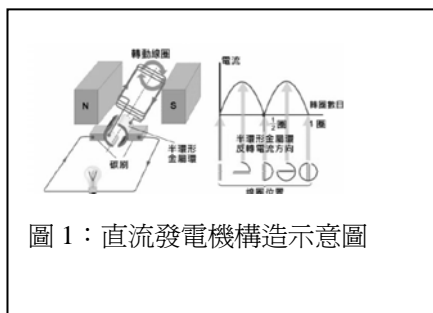
(四) 探討改裝後的「好神發電機二號」對蓄電瓶充電的可行性

伍、研究結果

一、「自製雙頭垂直軸發電機」的風力發電效能及最佳化設計

(一)「自製雙頭垂直軸發電機」的發電原理與製作

- 1.關於直流發電機的發電原理：將動能轉變成電能的裝置，構造如下圖 1 所示。
- 2.以各種不同的動力使線圈在磁鐵的兩極間快速轉動，通過線圈的磁場因產生變化而輸出感應電流。
- 3.感應電流的大小與單位時間內磁場的變化強弱有關，磁場變化愈劇烈感應電流愈大；線圈的圈數愈多，感應電流也會愈大，此稱為「法拉第定律」。



- 4.整理比較垂直軸與水平軸風力發電機的優缺點如下表 2

表 2：垂直軸與水平軸風力發電機比較表

	垂直軸風力發電機	水平軸風力發電機
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1.任何風向皆能使發電機運轉，但效率較差 2.葉片不容易損壞 	<ol style="list-style-type: none"> 1.設計較複雜，效率較垂直軸好
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1.兩側葉片的阻力常使發電機時而向左時而向右，無法啟動 2.無法抽取大量風能並需要大量材料 	<ol style="list-style-type: none"> 1.風扇結構需要順風向來源才能運轉，所以需要再加裝導風尾翼來尋找風向來源 2.需要強一點的風力才能夠發揮該有的電力輸出 3.葉片容易損壞

- 5.探討不對稱三葉片之直立式風力發電機的設計理念及優缺點

- (1)如右圖，某一方向的風，吹到不對稱的翼片後，容易使合力矩不為零而造成轉動。
- (2)如果翼片愈寬，受風面積愈大，合力矩就愈大，比較容易啟動。
- (3)但是轉動慣量變動不大的條件下，旋轉臂愈長會造成轉速變慢。

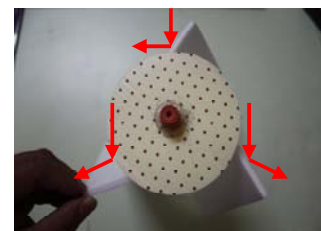


圖 2 自製發電機俯視圖

- (4)不對稱的葉片設計非常適合用在垂直軸的風力發電，也可變身為水平軸式的發電水車。

- 6.進行「統一 pH9.0 寶特瓶(ml)」變身為「自製雙頭直立式發電機」的改裝。

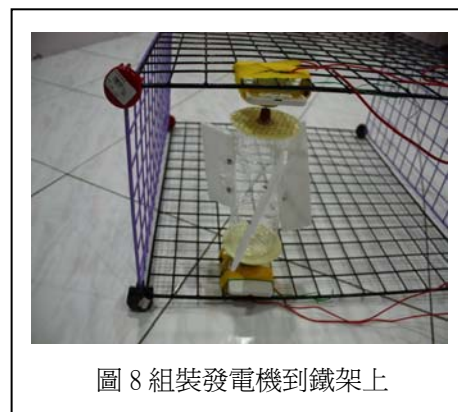
(1)將寶特瓶瓶嘴水平裁切，沿瓶身紋路切割翻出翼片底板並鎖上翼片，再於上下面層貼上圓形真空板後，圓心加裝橡皮塞做為軸承基座，如下圖 3、圖 4



(2)試過幾種方法後，發現利用冷氣插座挖空中間圓孔，用熱熔膠將直流馬達固定在插座上，並焊接外接電線，如下圖 5、圖 6 所示。



(3)為使馬達的轉軸能順利隨橡皮塞旋轉，於轉軸前端套上齒輪狀軸承套，如下圖 7 所示。



(4)組裝方格狀鐵架，利用魔鬼氈固定發電機座，隨時可將發電機身套裝上去，如圖 8。

(二) 記錄不同風力對不同葉片寬度的「自製雙頭垂直軸發電機」輸出電壓的影響

1. 用風速計實際測量電風扇距離葉片 20 公分、角度固定 60°的四段風速後，取平均值如下：

- (1) 強風：約 7.07(m/s)
- (2) 中風：約 6.01(m/s)
- (3) 弱風：約 5.11(m/s)
- (4) 微風：約 2.88(m/s)

【註】：經實地測量，晴天在一般都市中以時速 30km 左右騎機車所感覺到的風與微風的風速差不多，不是很容易讓本發電機轉動。

2. 用電錶連續記錄上、下方發電馬達在不同風力下對不同葉片寬度的輸出電壓值一分鐘，並取平均值後紀錄於下表 3、表 4。

表 3 上方發電馬達在不同風力下對不同葉片寬度的輸出電壓值

上方發電馬達 輸出電壓(V)				
風力強弱(m/s)	強	中	弱	微
葉片寬度(cm)	約 7.07(m/s)	約 6.01(m/s)	約 5.11(m/s)	約 2.88(m/s)
2.5	0.9	0	0	0
4	1.57	1.16	0.88	0.76
5	1.31	0.99	0.86	0.67
6	1.27	1.01	0.86	0.7
7	1.19	0.97	0.81	0.59
8	1.02	0.79	0.7	0.53

表 4 下方發電馬達在不同風力下對不同葉片寬度的輸出電壓值

下方發電馬達 輸出電壓(V)				
風力強弱(m/s)	強	中	弱	微
葉片寬度(cm)	約 7.07(m/s)	約 6.01(m/s)	約 5.11(m/s)	約 2.88(m/s)
2.5	0.88	0	0	0
4	1.51	1.15	0.83	0.75
5	1.27	0.99	0.83	0.64
6	1.21	0.99	0.85	0.68
7	1.19	0.95	0.81	0.65
8	0.99	0.83	0.74	0.53

3. 用電錶連續紀錄串聯上下方發電馬後，在不同風力下對不同葉片寬度的輸出電壓值一分鐘，取平均值後記錄於下表 5。

表 5 串聯發電馬達在不同風力下對不同葉片寬度的輸出電壓值

串聯上下發電馬達 輸出電壓(V)				
風力強弱(m/s)	強	中	弱	微
葉片寬度(cm)	約 7.07(m/s)	約 6.01(m/s)	約 5.11(m/s)	約 2.88(m/s)
2.5	1.66	0	0	0
4	3.06	2.35	1.87	1.48
5	2.52	2	1.67	1.34
6	2.5	2.01	1.7	1.4
7	2.4	1.92	1.63	1.31
8	2.08	1.62	1.42	1.12

(三) 利用「自製雙頭垂直軸發電機」分析學校高樓風風場的風力發電可行性

1. 利用「自製雙頭垂直軸發電機」分析學校高樓風之風場發電情形。

(1) 測量地點：本校勤學樓五樓空教室面向北側的落地窗

(2) 測量時間：100 年 3 月 1 日(一)至 3 月 9 日(三)共七日(周末及周日未測量)，每日利用下課期間的空檔進行測量，每次記錄為五分鐘，記錄時段分別為：

(p.s. 電錶可以記錄的資料容量有限，不能記錄太久)

上午早自修前：07：00~07：05 左右
 中午午餐後：12：30~12：35 左右
 傍晚放學後：17：00~17：05 左右

(3) 測量記錄每次測量的輸出電壓平均值於下表 6：

表 6 3 月各時段勤學樓五樓空教室風力發電輸出電壓平均值

日期	3 月 1 日(二)			3 月 2 日(三)			3 月 3 日(四)			3 月 4 日(五)		
時段	上午	中午	傍晚	上午	中午	傍晚	上午	中午	傍晚	上午	中午	傍晚
電壓	1.14	1.07	1.32	1.36	0.59	1.03	1.15	0.24	0.57	1.19	0.14	0.34
日期	3 月 7 日(一)			3 月 8 日(二)			3 月 9 日(三)			【註】輸出電壓值 約 1~2 伏特左右才 能使 LED 燈泡發亮		
時段	上午	中午	傍晚	上午	中午	傍晚	上午	中午	傍晚			
電壓	1.76	2.19	1.04	0	0	0	0.027	0.59	1.13			



圖 9 在五樓空教室落地窗前裝設發電機組



圖 10 將落地窗打開一門縫，利用風洞效果讓風力加強



圖 11 紀錄轉動中的輸出電壓

二、「自製雙頭垂直軸發電機」的水力發電效能及實際應用

(一) 探討不同水流量對「自製雙頭垂直軸發電機」輸出電壓的影響

1. 量測實驗室水龍頭不同開啓角度的水流量與計算輸出功率

(1) 固定流出 1000(cm³)的水，記錄平均流出時間。

(2) 計算每秒流量及流速，計算式說明如下：

$$\frac{\text{水量}}{\text{時間}} = \text{流量}(\text{cm}^3/\text{sec}) ; \quad \frac{\text{流量}}{\text{截面積}} = \text{流速}(\text{cm}/\text{s})$$

實驗室水龍頭流出水柱直徑約 1 公分，截面積約為 $\pi \times \left(\frac{1}{2}\right)^2$ (平方公分)

(3) 換算每秒同水量相對落下高度及釋放重力位能的功率，換算式說明如下：

$$\text{利用落下的重力位能轉換成動能的功能原理：} mgh = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{推得每秒水量相當於 } h = \frac{v^2}{2g} \text{ 的高度落下}$$

$$\text{計算每秒落下的重力位能} = \text{流量} \times g \times h = \text{輸入功率}(w)$$

(4)將水龍頭開啓不同角度的水流量、流速及輸入功率記錄及計算如下表 7

表 7 不同角度的水流量、流速及輸入功率一覽表

水龍頭開啓 角度定位	水量 (cm ³)	時間 (sec)	流量 (cm ³ /sec)	流速 (cm/s)	高度 h (m)	輸入功率 (w)
30°	1000	39	25.64	32.66	0.0054	0.0014
45°	1000	25	40	50.96	0.0132	0.0052
60°	1000	13	76.92	97.99	0.0490	0.0369
90°	1000	8	125	159.24	0.1294	0.1585
120°	1000	6	166.67	212.31	0.2300	0.3756
135°	1000	5	200	254.78	0.3312	0.6491
150°	1000	4.5	222.22	283.09	0.4089	0.8904

2.測量不同水流量下的輸出電壓

(1) 開啓不同角度水龍頭的水流量，記錄對單一發電馬達的輸出電壓如下表 8

表 8 不同水流量對單一發電馬達輸出電壓平均值

角度	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
流量(cm ³ /sec)	25.6	40	76.92	125	166.67	200	222.22
平均輸出電壓(V)	0	0	0.28	0.78	1.34	1.41	1.62

(2) 開啓不同角度水龍頭的水流量，記錄對串聯雙頭發電馬達的輸出電壓如下表 9

表 9 不同水流量對串聯雙頭發電馬達輸出電壓平均值

角度	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
流量(cm ³ /sec)	25.6	40	76.92	125	166.67	200	222.22
平均輸出電壓(V)	0	0	0.96	1.94	2.76	2.85	3.02

(二) 測量不同水流量下，「自製雙頭直立式發電機」接上單顆 LED 燈泡的發光情形與**負載功率**(燈泡發亮時通過燈泡的電壓及電流乘積，並非燈泡的發光功率)。

1. 串聯雙頭發電馬達，記錄一分鐘在不同水流量時提供單一 LED 燈泡的負載電壓與電流，並計算平均負載功率及轉換效率如下表 10

表 10 不同水流量提供 LED 燈泡負載電壓、電流、平均負載功率及轉換效率一覽表

角度	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
流量(cm ³ /sec)	25.6	40	76.92	125	166.67	200	222.22
平均負載電壓(V)	0	0	0.7	1.5	1.73	1.83	1.85
平均負載電流(A)	0	0	0	0.00018	0.0044	0.0085	0.012
平均負載功率(w)	0	0	0	0.00027	0.00761	0.01556	0.0222
輸入功率(w)	0.0014	0.0052	0.0369	0.1585	0.3756	0.6491	0.8904
轉換效率(%)	0	0	0	0.17	2.03	2.40	2.49
燈泡亮暗情形	不亮	不亮	不亮	微亮閃爍	微亮快閃	亮快閃	亮

(三) 測量「自製雙頭直立式發電機」置於「福安坑溪」中的發電情形

1. 測量「福安坑溪」一般水流對串聯馬達的輸出電壓：結果發現溪水的流速太過緩慢，完全無法推動發電機。
2. 測量「福安坑溪」有落差之水流對串聯雙頭發電馬達的輸出電壓
 - (1)測量水位落差高度：約 3~5 公分。
 - (2)結果發現水位落差不夠，翼片間距太大，推動第一片後的轉速不大，無法持續推動第二片翼片，仍然無法使發電機發電。

(四)分析利用學校頂樓的交換廢水來做水力發電的可行性。

- 1.向學校總務處詢問供應全校飲用水的製程與廢水產量，得知本校 RO 逆滲透飲用水在製水的時候每分鐘會產生 4000(cm³)的廢水，若用 1500(公升)的水塔儲存，約 6.25 小時會儲滿一個水塔。
- 2.經詢問維護飲水設備的廠商得知，本校每日約製造一桶飲用水，並同時產生三桶的交換廢水(共計 4500 公升)。
- 3.根據不同水流量的輸出負載功率與 LED 燈泡發光情形，計算利用一桶廢水發電可供最長照明時間如下表 11：



圖 14 本校勤學樓五樓的水塔區

表 11 一桶廢水發電可供最長照明時間換算表

角度	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
流量(cm ³ /sec)	25.6	40	76.92	125	166.67	200	222.22
燈泡亮暗情形	不亮	不亮	不亮	微亮閃爍	微亮快閃	亮快閃	亮
對單一顆 LED 的最長照明時間	略	略	略	3.3 小時	2.5 小時]	2.1 小時	1.9 小時

三、改裝「好神發電機」探討步步來電與風力發電的效能與應用可行性

(一) 改裝好神拖脫水槽為「好神發電機一號」並探討踩踏對輸出電壓的影響

1. 利用熱融膠將橡皮塞固定在「好神拖脫水槽」的轉盤中心，然後安裝一個改裝後的發電馬達組如圖 15 所示，連續踩踏踏板，記錄脫水槽轉盤旋轉至停的輸出電壓情形，整理不同踩踏次數的瞬間最大輸出電壓值如下表 12。

表 12 不同踩踏次數的瞬間最大輸出電壓值

踩踏次數	瞬間最大輸出電壓(V)
1	1.76
2	2.2
3	2.92
4	3.64
5	3.49
6	4.1
7	3.41
8	3.66
9	3.91
10	3.46
11	3.93
12	3.67
13	3.99
14	3.57
15	4.17
16	4.22



圖 15 用熱融膠將橡皮塞固定在轉盤中心



圖 16 安裝發電馬達



圖 17 踩踏發電時可使 LED 發亮

(二) 探討連續踩踏對「好神發電機一號」進行電解水的應用可行性

1. 配製 1.0(M)的氫氧化鈉溶液盛裝在學校實驗室的電解水槽中，將組裝好的「好神發電機」並聯電解水槽與一顆 LED 燈泡，連續踩踏踏板，觀察紀錄產生氫氣與氧氣的情形，並記錄分析負載的電壓與電流。



圖 18 組裝好的好神電解水裝置



圖 19 用力的踩踏讓 LED 發亮並且同時電解水



圖 20 可以看到電解後產生的氫氣與氧氣

2. 和指導老師一起推算產生氫氣所需的踩踏時間，發現若「好神發電機」平均產生 1 (mA)的負載電流，需踩踏時間 21 小時左右才能產生 1(ml)的氫氣，看來有點不符經濟效益。

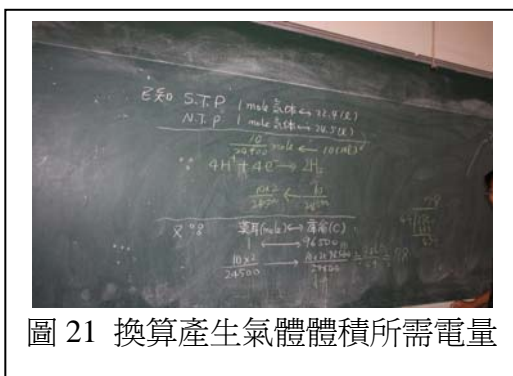


圖 21 換算產生氣體體積所需電量

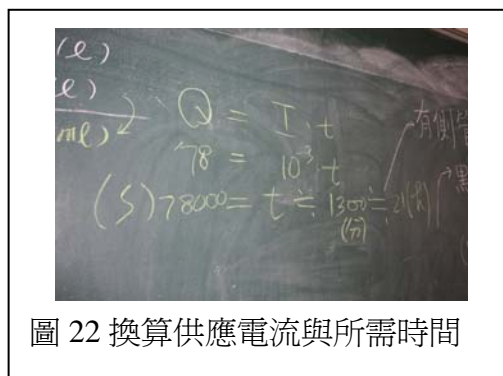


圖 22 換算供應電流與所需時間

3. 分別電解 0.5(M)、1.0(M)、2.0(M)及 3.0(M)的氫氧化鈉溶液，用力連續踩踏後發現輸出電流平均值經測量皆為 50(mA)左右。可見一定濃度以上的強電解質，在固定電壓下的通電電流與電解質的濃度無關。不過所需時間已大約可降 0.42 小時 (約 20 多分鐘)左右，將測量到的負載電壓與電流平均值紀錄如下表 13。

表 13 踩踏好神發電機對不同濃度氫氧化鈉溶液電解時的電壓、電流均值與負載功率

氫氧化鈉濃度	負載電壓	負載電流	負載功率
0.5(M)	2.33(V)	49.7(mA)	1115.8(mW)
1.0(M)	2.34(V)	50.2(mA)	117.5(mW)
2.0(M)	2.35(V)	50.6(mA)	119.0(mW)
3.0(M)	2.25(V)	50.4(mA)	118.4(mW)

(三) 改裝「自然排風扇」為「好神發電機二號」並探討行車速度對輸出電壓的影響

1.如圖 23，將前面的自製雙頭發電機安裝在汽車上，

想要記錄實地行車時的供電情形，結果發現基座的組裝是需要非常牢固才可，否則容易從軸承處斷裂。

2.就像是好神拖的脫水槽轉軸設計得非常容易轉動一般，

參考歷屆科展的優秀作品時，發現曾經有人利用屋頂的「自然排風扇」做過發電的研究，而此種風扇的轉軸設計

恰與好神拖脫水槽相似，轉動效果更好，經思考後認為延續改裝好神拖脫水槽為「好神發電機一號」的發電馬達安裝方式，並且將「自然排風扇」改成水平軸轉動的方式迎風發電，應該是可行的方案，於是便著手進行改裝為「好神發電機二號」，如圖 24 至圖 26。



圖 23 垂直軸的軸承易斷



圖 24 用方格鐵架組裝

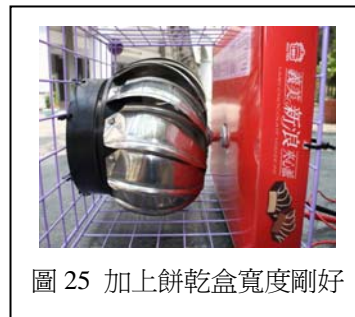


圖 25 加上餅乾盒寬度剛好



圖 26 發電馬達由背面輸出電流

3.將改裝好的「好神發電機二號」安裝在汽車的天窗上，接上電錶記錄不同行車速率的輸出電壓，如圖 27 至圖 28。

4.因為是實地的市區行車，所以不容易維持車速的固定，下表 14 為達到各種車速所測量的最大瞬間輸出電壓值。

表 14 各種車速的最大瞬間輸出電壓值

車速(km/hr)	40	50	60	70	80
最大輸出電壓(V)	1.64	1.73	2.3	2.82	3.47



圖 27 安裝在天窗上



圖 28 用電錶做記錄

(四) 進一步改裝「好神發電機二號」的發電基座，並探討對蓄電瓶充電的可行性

1.將原 12 伏特直流的安全警示燈基座，改裝成可串聯四顆馬達的發電基座，如下圖 29 至圖 32：



圖 29 拆下大齒輪

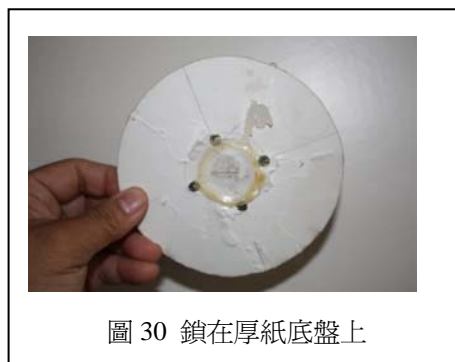


圖 30 鎖在厚紙底盤上

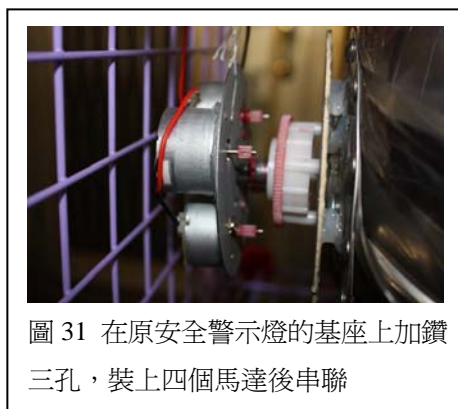


圖 31 在原安全警示燈的基座上加鑽三孔，裝上四個馬達後串聯



圖 32 對準中心點後安裝在自然排風扇上

2.測量電風扇輸出風力(約 7.07m/s)使好神發電機二號發電後，對 3 伏特 LED、12 伏特 LED 及串接 3 伏特 LED 的蓄電瓶之負載電流與電壓，取平均值結果如表 15。

表 15 不同串接對象的負載電流與電壓

串接對象	平均負載電流	平均負載電壓	觀察風扇轉動及 LED 發光現象
3 伏特 LED	13.49(mA)	16.3(V)	風扇轉動變很緩慢 LED 很亮
12 伏特 LED	5.29(mA)	16.3(V)	風扇轉動變較快 LED 很亮
串接 3 伏特 LED 的蓄電瓶	0.029(mA)	15.26(V)	風扇轉動更快 LED 閃爍發亮

3.測量實際行車對串接 3 伏特 LED 蓄電瓶的充電情形，結果如表 16。

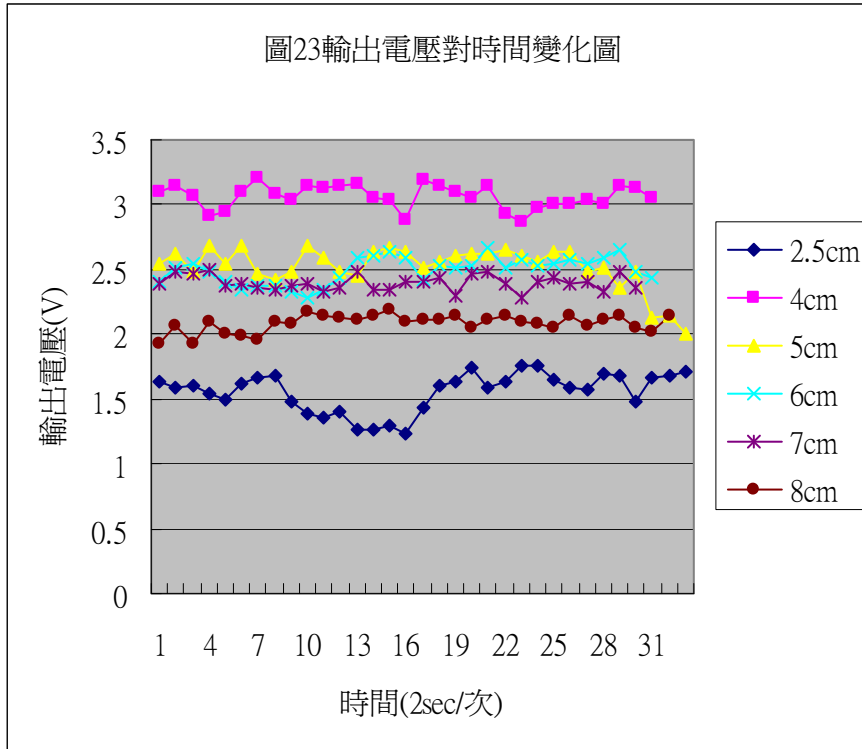
表 16 不同行車時速對蓄電瓶充電的負載電壓與電流

不同車速	平均負載電流	平均負載電壓	備註
30 (km/hr)	17.95 (mA)	14.32 (V)	1.測量日期：100.6.10. 2.漁光島無人馬路 3.背景風速：4.52(m/s) 4.風向：南
40 (km/hr)	83.11 (mA)	15.12 (V)	
50 (km/hr)	100.88 (mA)	15.53 (V)	
60 (km/hr)	146.62 (mA)	16.84 (V)	

陸、討論

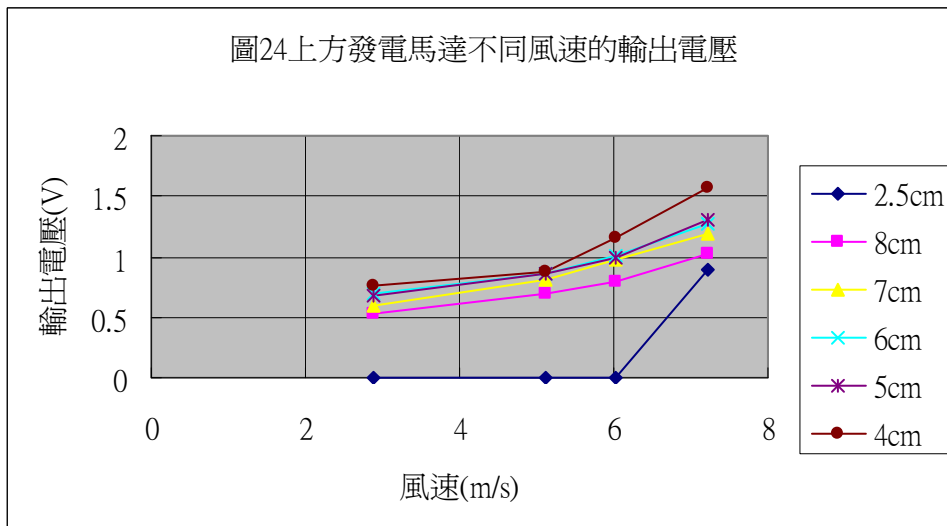
一、「自製雙頭直立式發電機」的風力發電效能及最佳化設計

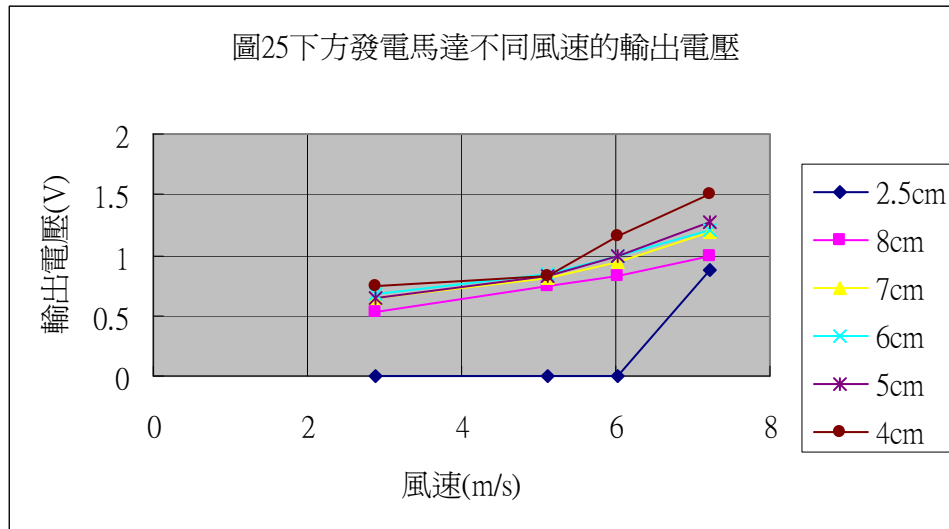
(一)不同翼長度的串聯輸出電壓隨時間變化圖(電風扇距離 20cm，角度 60°)



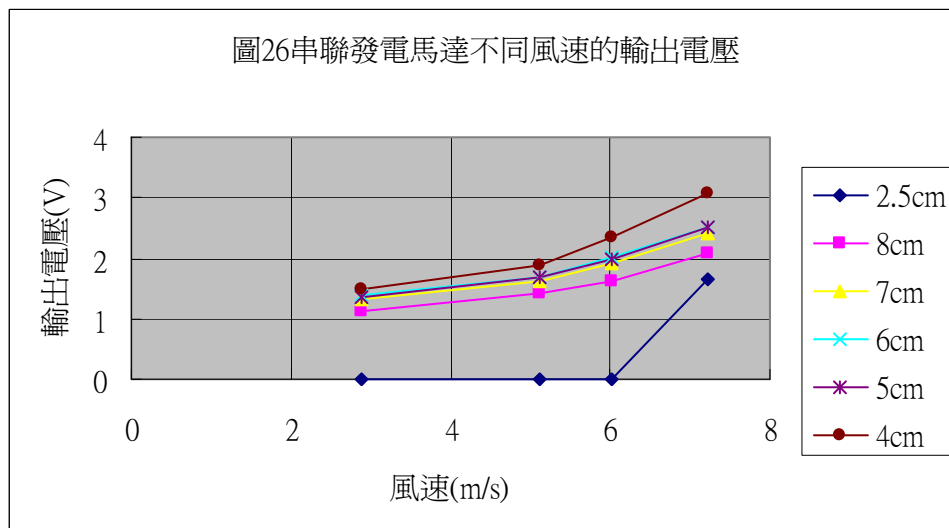
【說明】由上圖可知，直流發電機的輸出電壓會隨時間上下起伏。且不同翼寬，串聯時的輸出電壓也不同。

(二)不同強弱風力的串聯輸出電壓(電風扇距離 20cm，角度 60°)





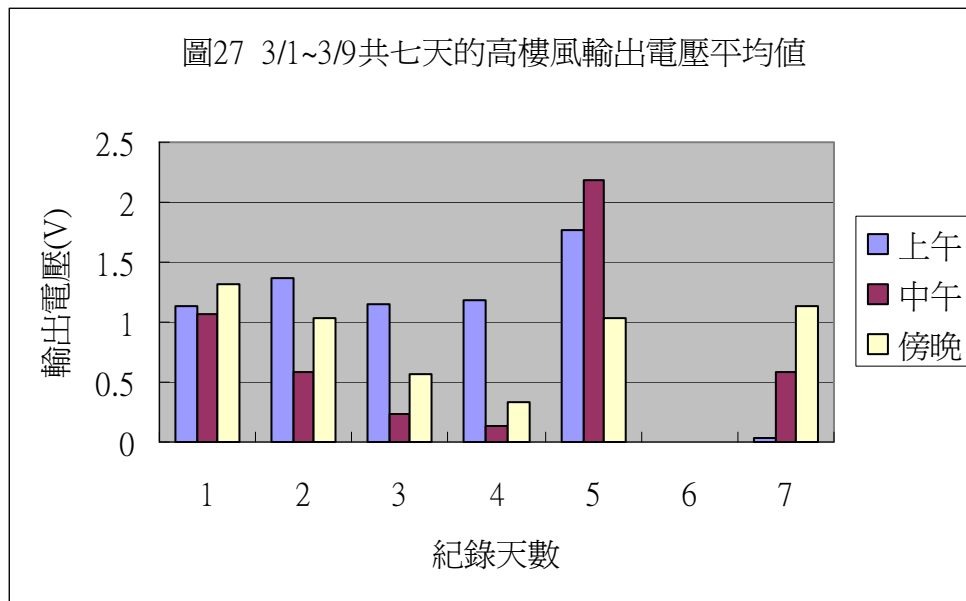
【說明】由上二圖示，發電機轉動時上下馬達輸出電壓相似。



- 【說明】
1. 在各種不同風速下，翼寬 4cm 的輸出電壓均為最高。
 2. 5、6、7 公分的翼寬則無明顯差別。
 3. 8 公分雖較易啓動，輸出電壓較低(轉速較慢)
 4. 2.5 公分需再強風下才易起動，但強風時的輸出電壓仍然不高。
 5. 由上圖可推論，在風速高於 3(m/s)且啓動本發電機的情況下，輸出電壓應與風速有類似二次函數或是指數函數的關係，由此可建立未來的數學的分析模式。

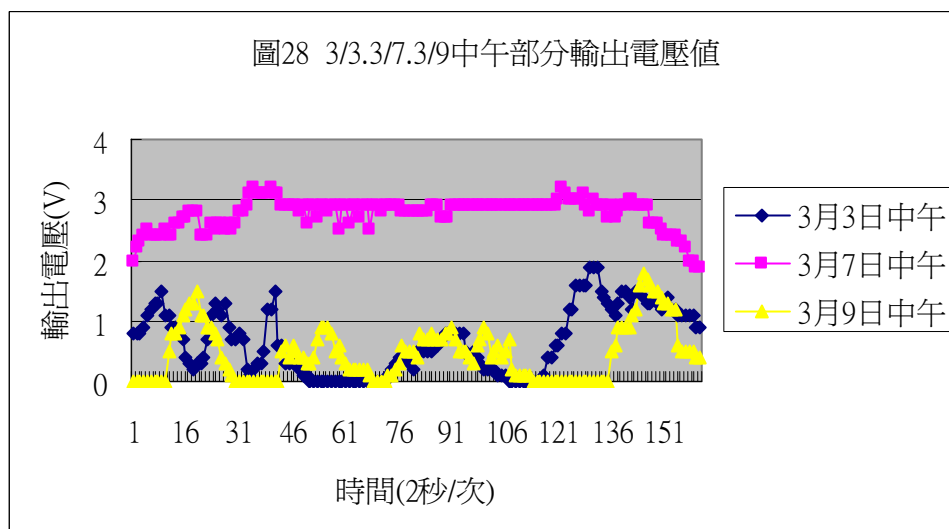
二、 利用「自製雙頭直立式發電機」分析學校高樓風風場的風力發電可行性

(一) 圖 27 為 100 年 3 月 1 日(一)至 3 月 9 日(三)共七日測量紀錄本校勤學樓五樓空教室面向北側的高樓風輸出電壓平均值，由於是利用課餘時間紀錄，每次紀錄五分鐘，所以並不能代表當日的常態輸出電壓情形。



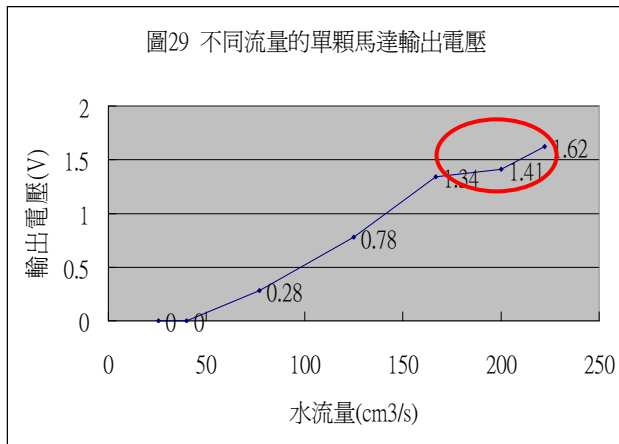
【說明】紀錄天數第六天(3/8)當日天晴，僅能感覺到微風，無法推動發電機發電。

(二) 雖然經查詢氣象站資料，本市於紀錄時段的風向均偏北風，但是因為地形陣風的影響，本校五樓教室的高樓風並無法穩定地輸出電壓，即使瞬間能輸出 1.5(V)以上的電壓，但直接利用的效果不大，下圖 28 為節錄部份天數輸出電壓隨時間變化曲線，發現若是瞬間風向有改變或是陣風的風力減弱，發電機很容易停止轉動。



三、「自製雙頭直立式發電機」的水力發電效能及實際應用

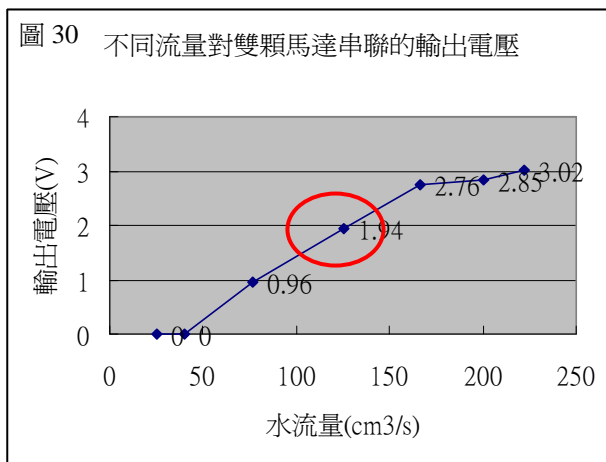
(一)不同水流量對單顆馬達的輸出電壓如圖 29 所示



【說明】

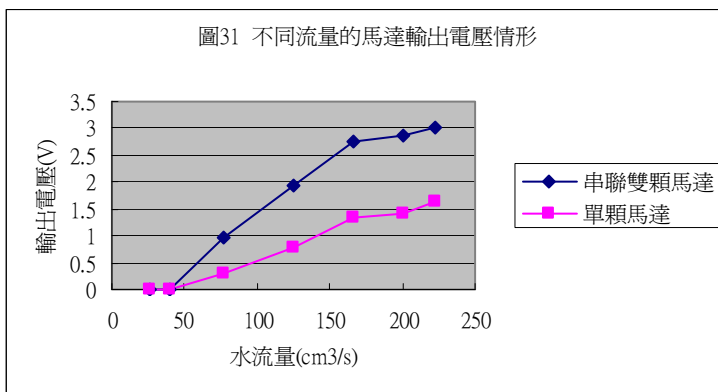
- 1.由圖可知水流量愈大，輸出電壓愈高。
- 2.單顆馬達要使燈泡亮，水流量要在 200~250(cm³/s)

(二) 不同水流量對串聯雙顆馬達的輸出電壓如圖 30 所示



【說明】

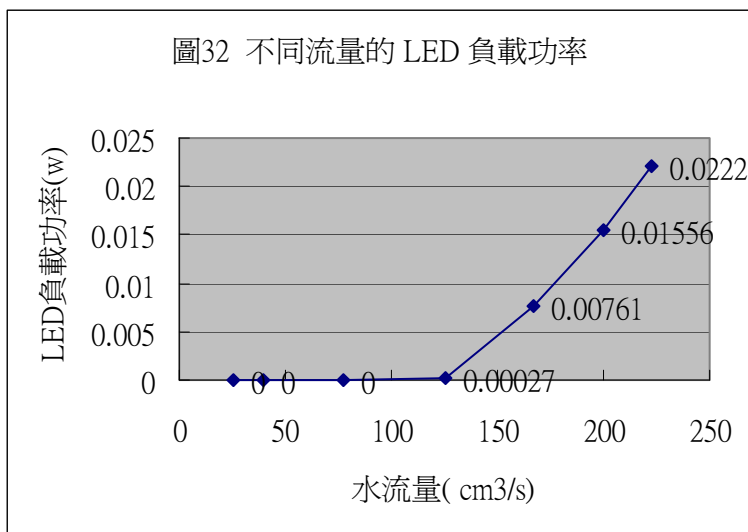
- 1.雙顆馬達串聯後的輸出電壓不只增為兩倍(如圖 31)。
- 2.水流量大於兩百時電壓增加量則變為趨緩，但是可以達到 3V 的電壓輸出值。
- 3.串聯雙顆馬達時，水流量只要約 125(cm³/s)左右，便可



【說明】

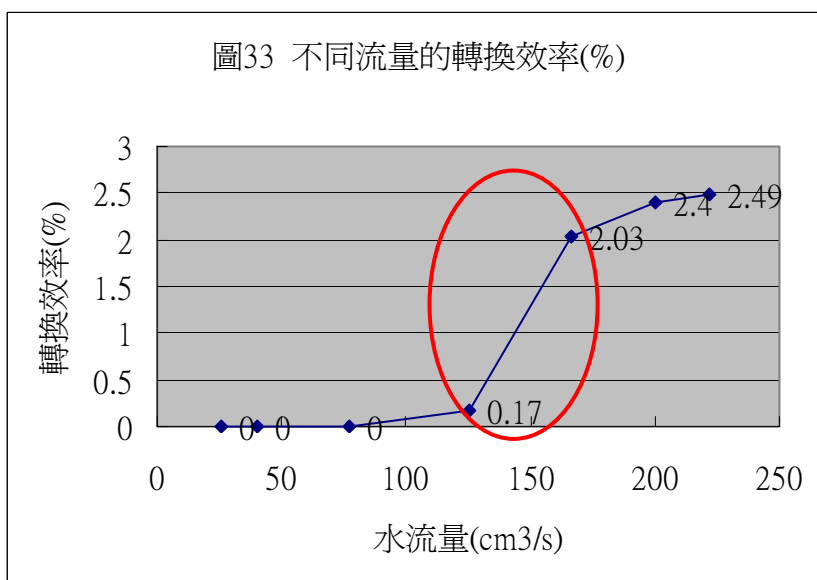
- 1.合併單顆與雙顆的電壓輸出圖再做一次比較，果然雙頭的設計可以讓效果提升很多。

(三)不同水流量使 LED 發光的負載功率(W)如圖 32 所示，轉換效率如圖 33 所示。



【說明】

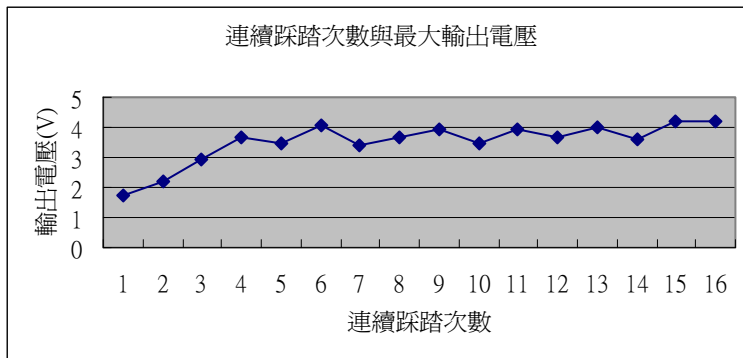
接上單顆 LED 時，所測得的負載電壓與電流乘積(負載功率)，在達啓動所需的水流量以上，負載功率和水流量看起來有正相關的關係。



- 【說明】
- 1.但若從轉換效率來看，水流量愈大，輸入位能愈多，但輸出的負載功率卻沒有相對增加。
 - 2.因為我們只是要讓福安坑溪有螢火蟲般的閃爍效果，故水流量只要 125~175(cm³/s) 左右即可。
 - 3.這樣的話，在固定水塔總水量的條件下，水流供電時間便可以拉長至夜間照明所需的時間(約為晚上的七點到十點左右)。

四、利用簡易改裝「好神發電機一號」來探討步步來電的發電效能

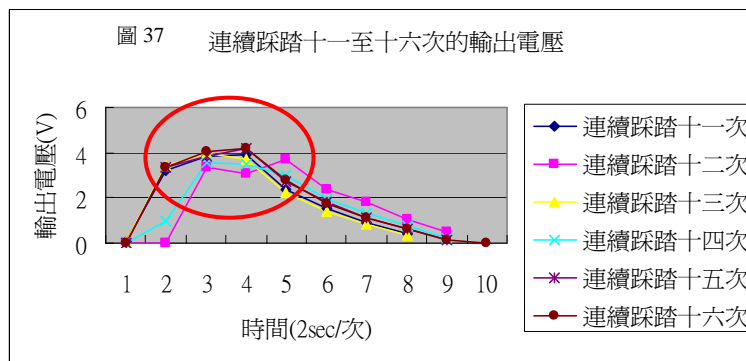
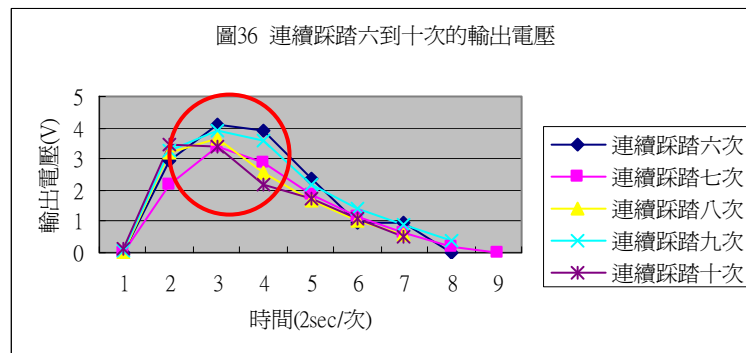
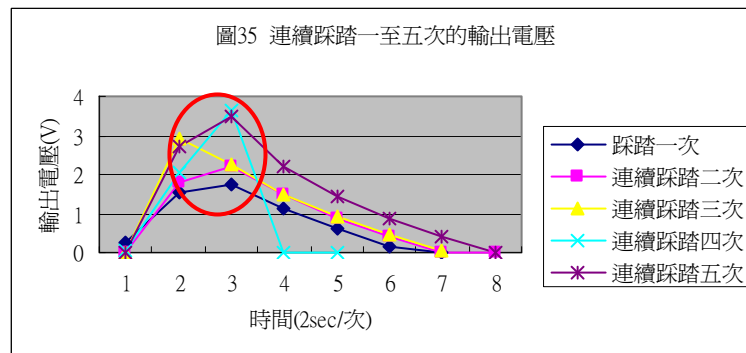
(一)連續踩踏的最大輸電壓關係如圖 34 所示：



【說明】

連續踩踏多次的「好神發電機」可使單一顆發電馬達產生約 4(V)的電壓！

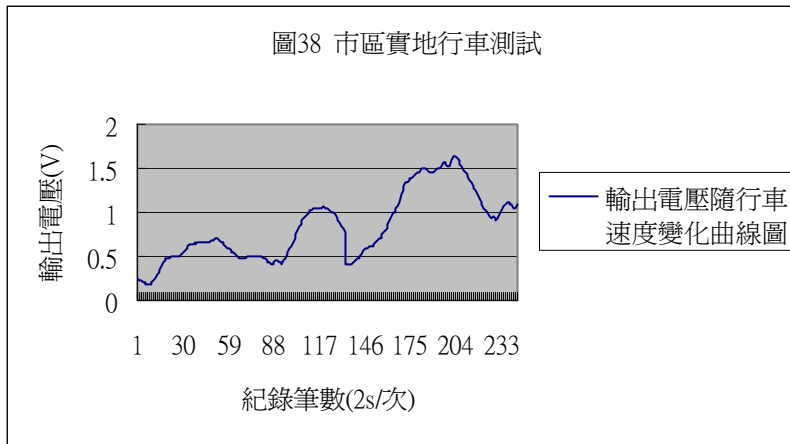
(二)每兩秒紀錄一次連續踩踏時所產生的電壓變化曲線如下圖 35 至圖 37 所示



【說明】由上面三個圖可以發現，連續踩踏更多次，可以延長輸出電壓的高峰期，代價則是必須辛苦的鍛鍊腳力，不過這樣的電壓讓 LED 燈亮或小型收音機發出聲音是絕對可行的。

五、利用簡易改裝「好神發電機二號」來探討實地行車的發電效能

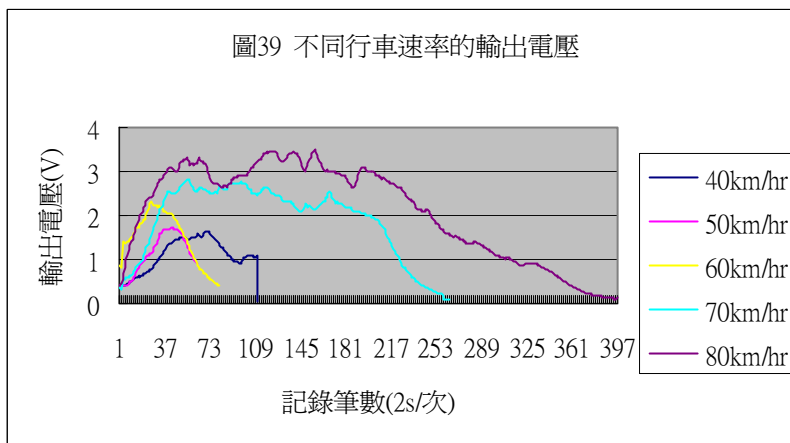
1. 圖 38 為 4 月 14 日(四)中午和指導老師前往漁光島進行實地車速與輸出電壓前，在市區實地車況所記錄到的輸出電壓情形，車速保持在約時速 40 公里左右。



【說明】

輸出電壓隨著車速增減而變化，但是因為慣性的關係，有時車速慢了下來，但風扇仍持續轉動，並且輸出電壓有累增的現象。

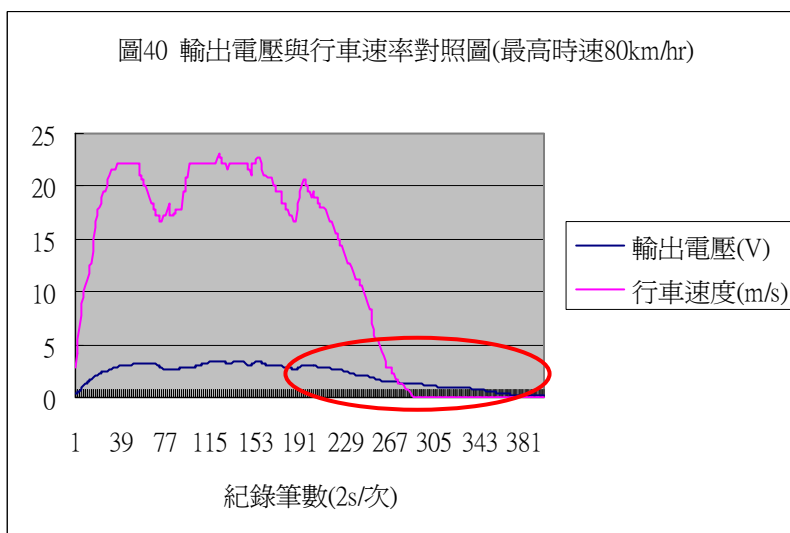
2. 圖 39 為中午到達漁光島後進行不同車速的輸出電壓測量。



【說明】

1. 行車速率愈快，記錄的比數愈多。
2. 車速 50(km/hr)和 60(km/hr)因路況需要而緊急煞車導致發電機較快停止轉動。

3. 圖 40 為最高車速 80(km/hr)的輸出電壓對照圖



【說明】

車速接近 80(km/hr)左右，輸出電壓維持在 3(V)附近，重點是當車速開始減慢時，輸出電壓仍可維持在 1~2 伏特一段時間，即使車子停止了，風扇仍然持續轉動發電。

六、利用改良「好神發電機二號」發電基座對蓄電瓶充電的可行性

(一)「好神發電機二號」發電基座改良後的相關討論

1. 因為發電模組被改裝成一個大齒輪帶動四個馬達旋轉發電，因此啓動所需的力量較大，一般家用電扇需調至強風輸出才能使「好神發電機二號」啓動旋轉。
2. 若因為固定基座使馬達軸承的小齒輪與大齒輪咬合較緊時，啓動旋轉所需的力量更大；但是調鬆的話，雖然較容易啓動，但在高速的車速行駛下，強大的風扇旋轉力量容易造成馬達基座的晃動與齒輪的移位。

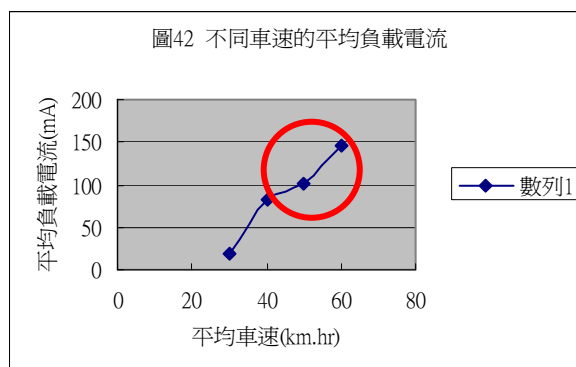
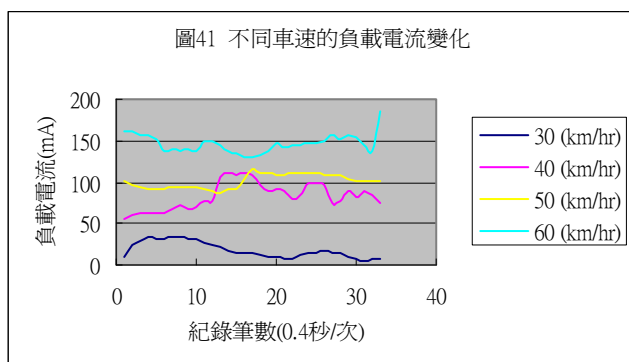
(二)討論不同負載的風扇轉動變化

- 1.由表 15 可發現，串接 3(V)LED 時的負載電流大於串接 12(V)的 LED，造成馬達內部的阻抗變大，因而轉動變慢。
- 2.使用 3(V)LED 的**整流功能**來串接於蓄電瓶上，證實改良「好神發電機二號」的發電模組後的确能對 12(V)的蓄電瓶充電，負載電壓更可高於 12 伏特以上，突破歷屆科展的風力發電設計的輸出電壓，而且將來用於尚未具備自行充電的電動摩托車上，應該可以延長電瓶的壽命，解決電瓶常要充電的麻煩，提高國人使用環保電動車輛的意願。

(三)實際行車對電瓶充電的效能

1. 一般電動機車的電瓶充電，經詢問機車行老闆得知，將 110 伏特的交流電轉為 12 伏特的直流電，電流 2A 可充電約一小時。
- 2.本改良後的「好神發電機二號」於實際行車的輸入負載電流可達 100 毫安培以上，輸入負載電流的變化情形如下圖 41 所示。
- 3.不同車速的輸出負載充電電流變化趨勢如圖 42。

【註】車速高達時速 70 公里以上時，因風扇轉動過快產生晃動與小齒輪移位的現象。



柒、結論與未來展望

- 一、發現自製雙頭發電機的葉片愈短轉的愈快，但葉片過短則很難啓動。
- 二、自製雙頭發電機的最佳化設計以葉片四公分的發電效果最好。
- 三、發現利用學校高樓風很難啓動風力發電機，而且氣流並不是很穩定，發電過程因陣風效應而斷斷續續，不易直接拿來應用。除非做長時間的化學能儲存，雖本校高樓風的風力發電的實用性並不大，但是本自製發電機可以用來檢測環境中最易發電的風場。
- 四、發現自製發電機亦可應用於水力發電，串聯雙馬達的輸出電壓遠大於單顆馬達，且水流量達到約 $125(\text{cm}^3/\text{s})$ 時所輸出的電壓已達 1.5V，能使燈泡產生微亮閃爍的效果。
- 五、利用學校的逆滲透交換廢水來發電，經估算能使 LED 做長達三小時的照明，其微亮閃爍的效果符合研究者想要美化夜間福安坑溪的目的。
- 六、發現以步步來電的方式來進行人力發電也是可行的方案，而且只要一顆馬達便可產生高達 3 到 4 伏特的輸出電壓。如果同時踩踏二個好神發電機一號，串聯後的電壓高達 7 到 8 伏特，輕輕鬆鬆便可對手機的鋰電池進行充電。
- 七、利用單一好神發電機來電解水雖然效率不高，但是發展成創意科學教具與遊戲也是未來可以嘗試的方向。
- 八、利用本研究所發展出來的設計理念與製程，每一個發電模組皆可輕易的安裝在會轉動的東西上。雙頭化的設計更是一個轉軸便可產生兩倍於一般風扇的輸出電壓。
- 九、經嘗試後發現踩踏好神發電機一號所發的電便可輕易讓收音機收到訊號後並且發出聲音，若是將微型化的雙頭垂直軸發電機安裝在安全帽上，則可一邊騎車一邊收聽電台的音樂了。
- 十、若縮小好神發電機二號的排風扇尺寸，採並聯的方式加裝在電動機車的前檔風車身上，應可增加充電電流來對電瓶回充電，延長電瓶的壽命，並且車輛的照明也可以直接利用風力發的電，不需消耗電瓶的電，如此便能增加大眾使用電動機車的意願，減低碳的排放量，解決當前的能源危機與環保問題。

捌、參考資料及其他

一、歷屆科展作品

全國中小學科學展覽會。歷屆優勝作品。台北市：國立科學教育館。取自：

<http://www.ntsec.gov.tw/ml.aspx?sNo=0000263>

1. 中華民國第五十屆中小學科學展覽會（國中組生活與應用科學科佳作）
—腳踏車環保發電儲電裝置。
2. 中華民國第五十屆中小學科學展覽會（高中組生活與應用科學科佳作）
—搶救地球 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ —風動全球。
4. 中華民國第五十屆中小學科學展覽會（國中組生活與應用科學科）
—尋找最佳效能的"Super Fans"。
5. 中華民國第五十屆中小學科學展覽會（國中組生活與應用科學科佳作）
—屋頂亮晶晶—設計【自然排風器發電機】之發電研究。
6. 中華民國第四十八屆中小學科學展覽會（國中組物理科）
—風力知多少。
6. 中華民國第四十八屆中小學科學展覽會（國中組生活與應用科學科）
—風力發電之葉片設計及其應用。
7. 中華民國第三十七屆中小學科學展覽會（高小組物理科第三名）
—推到最高點。

二、參考書籍

8. 朱佳仁(2006)。風工程概論。臺北市：科技圖書股份有限公司。
9. 南一自然科編輯群(2007)。自然與生活科技第六冊，修訂二版，28-48 頁。臺南市：南一出版社

【評語】 030818

1. 利用車輛行進中的風能利用，以達成節能的效果，立意甚佳。
2. 利用串聯馬達以改善輸出電壓。
3. 利用大小齒輪組合，亦利於系統的功能提升。