

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080106

風馳電赴—突發奇想（風力發電機研究）

學校名稱：宜蘭縣蘇澳鎮馬賽國民小學

作者： 小六 林柏漢	指導老師： 劉麗美
---------------	--------------

關鍵詞：磁浮、風力發電

## 摘要

很多廠房和家庭的屋頂上都裝設有自然力抽風機的設備，在本實驗中，利用這樣的設備以固定的磁鐵強度找出最佳線圈數，並藉由磁鐵同異極的排列方式，來達到最佳能源效率；並嘗試利用集風的效果，希望獲得更大風速，讓風力發電機產生更大效益。

## 壹、研究動機

夏天時，宜蘭地區颱風夜裡停電的機會特別高。我的阿公及阿嬤常因停電而跌倒，讓我很擔心。去年暑假到南部外公家度假，經過彰濱工業區看到風力發電機，它們利用風力推動葉片帶動發電機產生沒有汙染的環保電力。這個景象引發我研究風力發電機的靈感，上網找資料發現有磁浮風力發電機的資訊，又注意到很多工廠屋頂，包括我家屋頂上裝設有自然力抽風機，在微風狀態下就可轉動，因此決定從這二方面著手進行研究，希望停電的夜裡不再讓阿公及阿嬤跌倒了。

相關教學單元：能源與運輸工具（四上）、燈泡亮了（四上）、電磁作用（六上）

## 貳、研究目的

在老師及父親指導下，利用現有設備及可借到的儀器，做出幾項實驗，將研究目的說明如下：

- 一、研究磁浮式或自然力抽風機二種不同主體結構下，帶動扇葉所產生的電壓差異。
- 二、研究在固定風速下，不一樣線圈數所產生電壓的差異。
- 三、研究磁鐵以 N-N（同極）及 N-S（異極）排列和線圈輸出端不同接線方式，在固定風速及葉輪轉速中所產生電壓的差異。
- 四、研究在同樣風速下，裝設多少集風板片數，可讓葉輪最有效旋轉，產生最大電壓。
- 五、研究在固定的線圈匝數和固定磁鐵數量中，以最小風速產生電力，點亮 LED 燈。

### 叁、研究設備和器材

設備名稱	數量	單位	設備名稱	數量	單位
環形永久磁鐵 (N45)	4	個	示波器	1	台
圓形永久磁鐵 (N45)	8	個	數位三用電表	1	台
鋁製炊架盤	1	片	轉速計	1	台
鋁合金圓盤	1	片	LED 燈	1	台
圓形木板	1	片	抽風機	1	台
圓形壓克力板	1	片	不鏽鋼底架	1	台
塑膠中空壓克力板	4	片	CD片	6	片
電風扇	1	台	漆包線 0.9mm	1	捲
圓形鐵架	1	組	捲繞線機	1	台
圓形保力龍	8	個	風速計	1	台



圖 1



圖 2

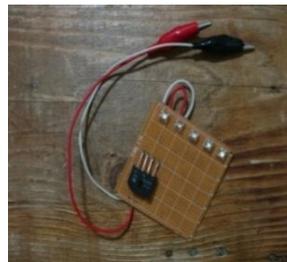


圖 3



圖 4



圖 5



圖 6



圖 7



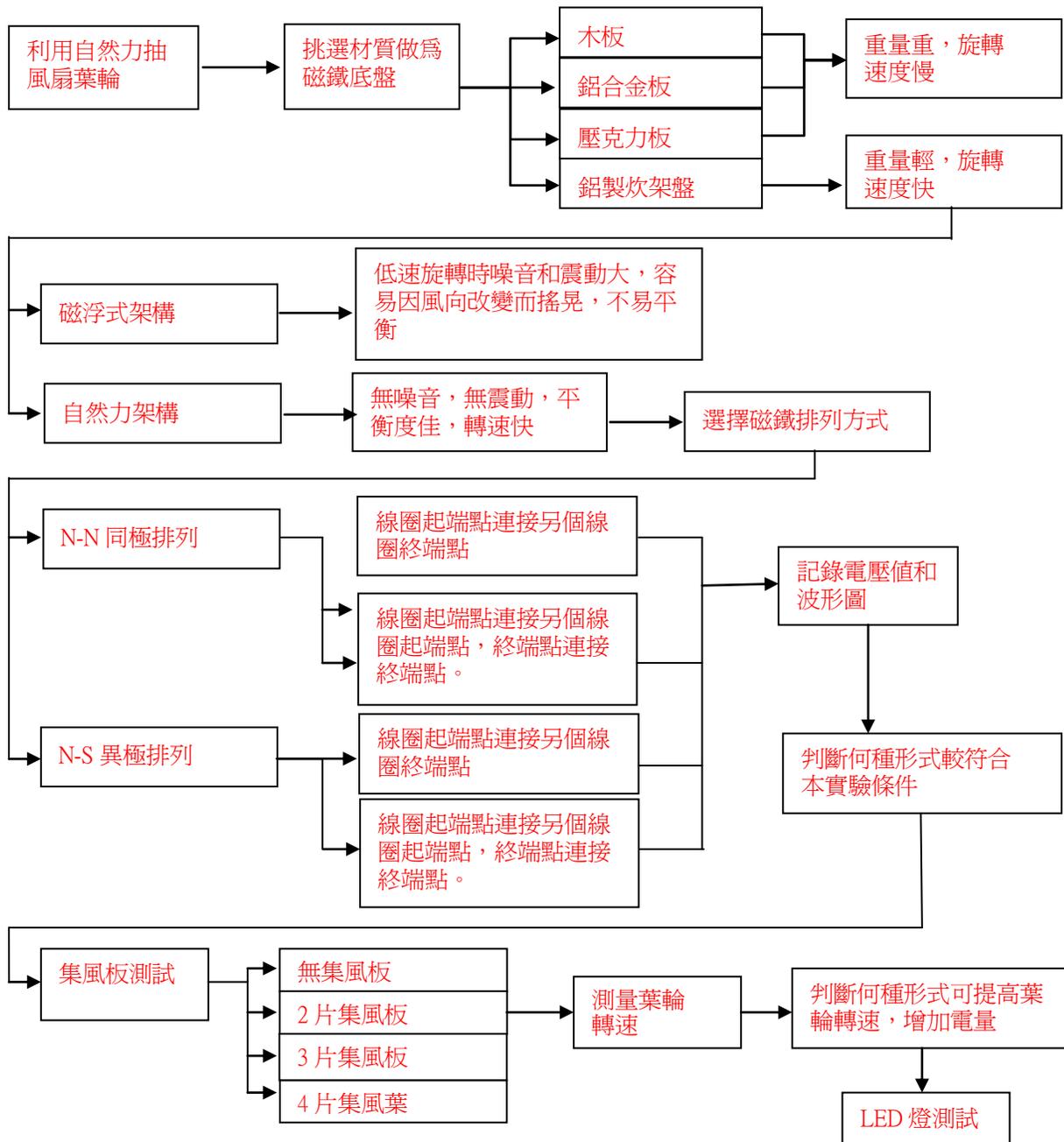
圖 8

# 肆、研究過程與方法

## 一、實驗設施探討：

- (一) 利用磁鐵同極相斥、異極相吸特性製作軸心的發電機
- (二) 利用自然力抽風機的支架作軸心的發電機

## 二、研究流程圖：



### 三、研究一：探討磁浮式或自然力抽風機帶動扇葉所產生電壓值的差異

#### (一) 不同材質底盤選定實驗：

##### 1、過程：

(1) 將圓形鋁合金盤、壓克力盤、木板、鋁製炊架分別固定在腳踏車輪軸架上，再將葉輪固定，並記錄轉速。如圖 9、圖 10、圖 11 和圖 12



圖 9



圖 10



圖 11



圖 12

##### 2、測試數據，如表 1：

表 1

選擇磁鐵底盤測試						
距離(M)	1.5m			風速(m/s)	3.3~3.5	
測試一						
項目	一分鐘 RPM	二分鐘RPM	三分鐘 RPM	五分鐘 RPM	十分鐘 RPM	平均轉速
鋁製炊架盤	61.4	70.2	75.6	78.2	78.3	72.74
鋁合金盤	42.8	52.3	54.3	62.6	63.4	55.08
木板	45.6	65.4	65.4	65.3	64.5	61.24
壓克力板	47	50.8	54.5	56.8	57.5	53.32
測試二						
鋁製炊架盤	60.8	69.5	71.3	78.4	79.1	71.82
鋁合金盤	43.3	52.6	53.7	61.9	63.5	55
木板	44.8	64.4	64.3	65.2	64.1	60.56
壓克力板	47	50.8	54.5	56.8	57.5	53.32
測試三						
鋁製炊架盤	61.2	71.1	75.7	78.3	78.5	72.96
鋁合金盤	42.9	52.8	54.3	62.3	63.1	55.08
木板	45.2	63.9	64.1	64.3	64.8	60.46
壓克力板	46.9	52.3	54.9	57.3	57.2	53.72

##### 3、討論與分析：

從表 1 可知鋁合金、木板和壓克力轉速都比鋁製炊架盤慢，且炊架盤經過一分鐘後轉速即明顯加快。而木板和壓克力、鋁合金經過二、三分鐘後，才達本身最快轉速，但仍遠低於鋁製炊架盤轉速。

4、結果：本實驗選定以鋁製炊架盤當固定磁鐵的底盤。

(二) 磁浮式與自然力方式選定實驗：

1、製作磁浮發電機軸心：

(1) 過程：

- ①將二個環形磁鐵以同極相斥方式放在不銹鋼支架上。如圖 13
- ②放入直徑 50 公分鋁製炊架盤在磁鐵上當底盤。如圖 14
- ③將葉輪放在底盤後，並鎖定葉輪，如圖 15
- ④放入另二個同極相斥方式環形磁鐵在葉輪上，固定葉輪上方磁鐵。如圖 16
- ⑤完成機座後，以風扇模擬自然風，讓葉輪轉動後觀察並記錄。



圖 13



圖 14



圖 15



圖 16

(2) 磁浮式測試數據如表 2 ，磁鐵排列以 (N-N) 方式固定：

表 2

規格	磁鐵排列	N-N	線圈圈數	450
	距離(M)	1.9	磁鐵數	2
	風速km/h	27~27.6	線圈數量	1
	葉輪轉速(RPM)	125~135	電阻 (Ω)	2.03
測試分鐘	1分鐘 電壓	2分鐘 電壓	3分鐘 電壓	平均電壓
第一次測試	4.05	4.38	5.21	4.55
第二次測試	4.17	4.43	5.31	4.64
第三次測試	4.15	4.44	5.35	4.65

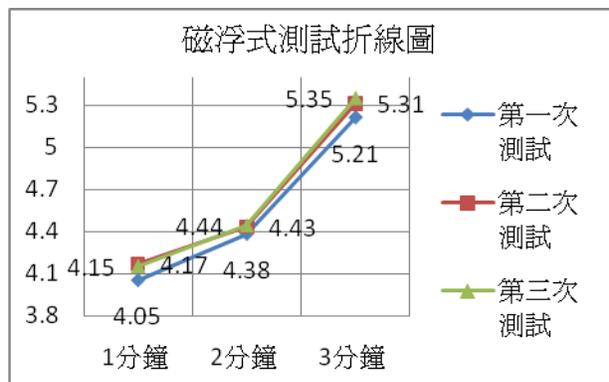


表 3



圖 17 波形圖

2、以自然力抽風機的支架作發電機軸心

(1) 過程：

- ①直徑 50 公分鋁製炊架盤為底盤。如圖 18
- ②鋁製炊架盤中心挖空與抽風機軸心同尺寸，將炊架盤固定在軸心十字架上。如圖 19
- ③將扇葉固定在軸心及鋁製底盤上。如圖 20
- ④固定在基座上並鎖定。如圖 21
- ⑤風扇吹向扇葉觀察並以轉速計測量轉速。如圖 22

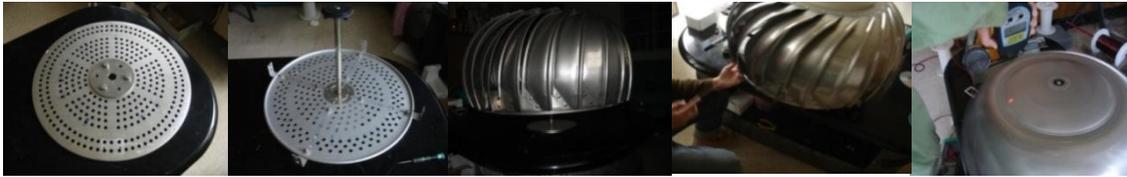


圖 18

圖 19

圖 20

圖 21

圖 22

(2) 自然力抽風機測試數據如表 4，磁鐵排列以 (N-N) 方式固定：

表 4

規格	磁鐵排列	N-N	線圈圈數	450
	距離(M)	1.9	磁鐵數	2
	風速km/h	27~27.6	線圈數量	1
	葉輪轉速(RPM)	135~140	電阻 (Ω)	2.03
測試分鐘	1分鐘 電壓	2分鐘 電壓	3分鐘 電壓	平均電壓
第一次測試	5.92	6.03	6.25	6.07
第二次測試	6.02	6.23	6.34	6.2
第三次測試	5.98	6.34	6.53	6.28

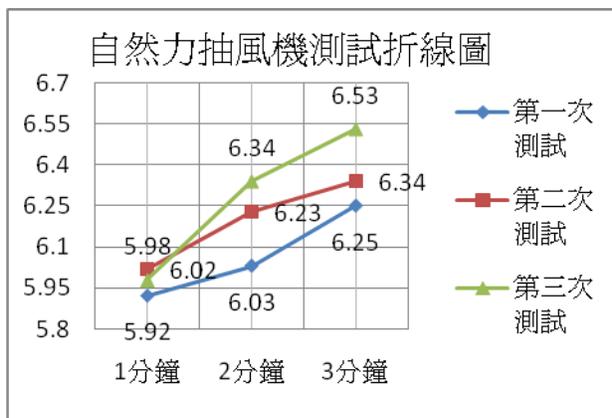


表 5



圖 23 波形圖

### 3、發現：

自製磁浮式發電機葉輪轉動時，有重心不穩現象且支架與鋁盤中心孔產生碰撞，噪音大。相對下自然力抽風機搖晃較小。

### 4、討論與分析：

- (1) 磁浮式磁鐵間磁場不平均。
- (2) 磁浮式以鋁製吹架盤為轉盤時，中心孔不準導致重心不穩，造成搖晃擺動。
- (3) 鋁製吹架盤本身無補強方式可支撐磁鐵盤架的力量，所以下垂嚴重；若增加支架時，盤架變重，轉速變慢。
- (4) 自然力抽風機轉盤軸心上方可固定葉輪，葉輪也可固定在軸心十字架邊緣處，扇葉中心有支撐，旋轉穩定。
- (5) 轉速計測轉速時，在同樣風速下自然力抽風機轉速比磁浮式快並無噪音。
- (6) 自然力抽風機轉盤，放磁鐵後仍有下垂現象，如圖 24。利用磁鐵同極相斥原理改善轉盤中心下垂現象，如圖 25。

### (7) 波形圖比較：

- ①圖 17 波形圖使用磁浮方式時，2 個波峰變化很大，一個較高，另一個較低。這說明磁鐵有一側與線圈較靠近，另一側磁鐵與線圈距離較遠。
- ②圖 23 波形圖使用自然力抽風機方式時，2 個波峰間的變化較小，說明轉盤較平穩，磁鐵與線圈間距離較平均。



圖 24 改善前

轉盤中心有下垂現象

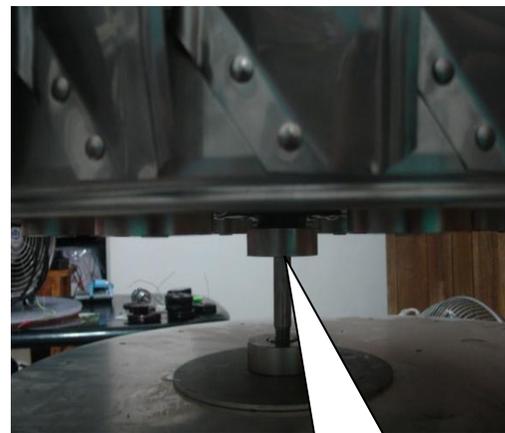


圖 25 改善後

放置兩個磁鐵利用同極相斥原理，轉盤中心下垂現象減少

(三) 結果：選擇自然力抽風機裝置作為風力發電機實驗架構

四、研究二：探討在固定風速下，不同的線圈數所產生電壓值的差異，以取得產生最大電壓輸出線圈數。

(一) 實驗 A：線圈厚度一樣，線圈數（直徑）不同

製作線圈：200、300、400、450、500、600 圈。如圖 26：



圖 26

(二) 實驗 B：線圈的直徑一樣，線圈數（厚度）不同

製作線圈：200、300、400、450、500、600 圈。如圖 27：



圖 27

實驗 A 與 B 測量步驟：

- 1、先量測各線圈電阻值並開啓風扇，利用風速計測量出風速值並記錄。
- 2、鋁製吹架盤上置 8 顆同極磁鐵後進行測試。
- 3、從圈數 200 的線圈開始，依序更換為 300、400、450、500、600 圈，轉一至三分鐘後觀察三用電表電壓值並記錄。

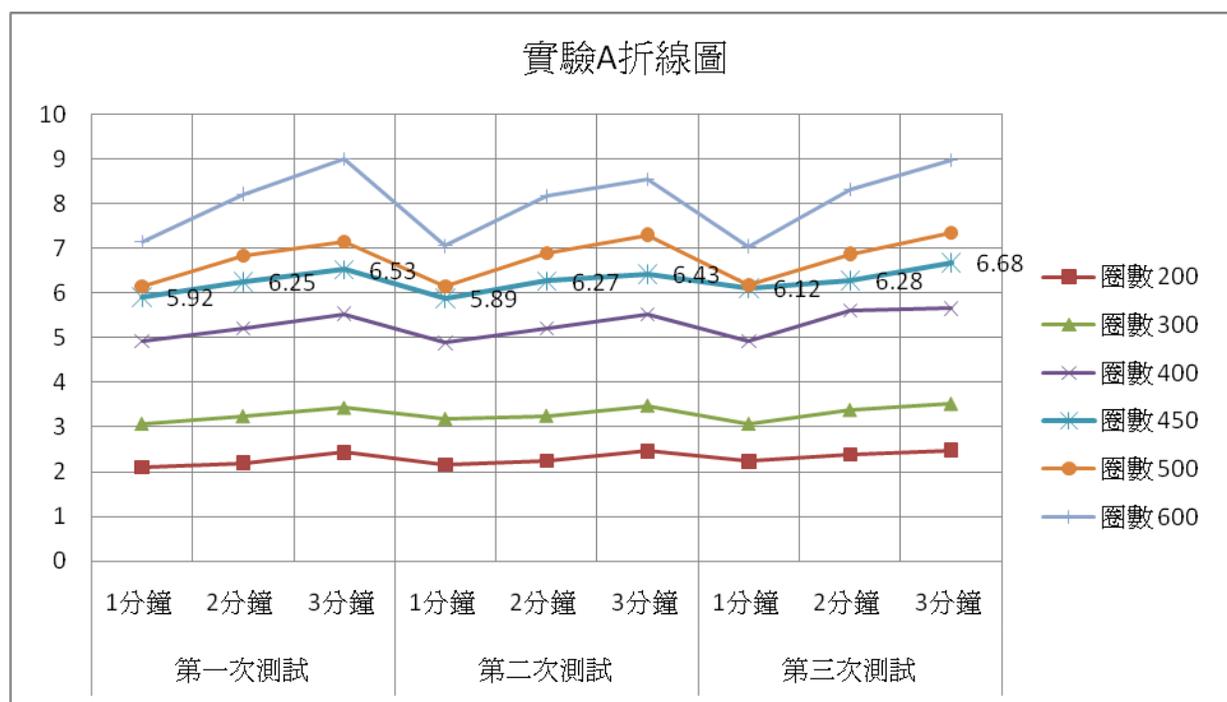
(三)、實驗數據：

1、實驗 A 數據：線圈厚度一樣，線圈數（直徑）不同，測試結果如表 6：

表 6

磁鐵排列		N-N									
規格		距離(M)			葉輪轉速(RPM)			風速km/h			磁鐵數
		1.9			136~141			26.7~27.5			8
		第一次測試			第二次測試			第三次測試			平均電壓
圈數	電阻(Ω)	1分鐘	2分鐘	3分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	
圈數 200	0.95	2.1	2.2	2.43	2.15	2.25	2.46	2.23	2.38	2.48	2.3
圈數 300	1.57	3.07	3.24	3.43	3.18	3.25	3.48	3.07	3.38	3.52	3.29
圈數 400	2.11	4.93	5.21	5.54	4.89	5.22	5.52	4.93	5.61	5.66	5.28
圈數 450	2.43	5.92	6.25	6.53	5.89	6.27	6.43	6.12	6.28	6.68	6.26
圈數 500	3.19	6.15	6.84	7.15	6.16	6.89	7.31	6.18	6.88	7.35	6.77
圈數 600	4.16	7.15	8.22	9.01	7.06	8.18	8.56	7.05	8.32	8.99	8.06

表 7

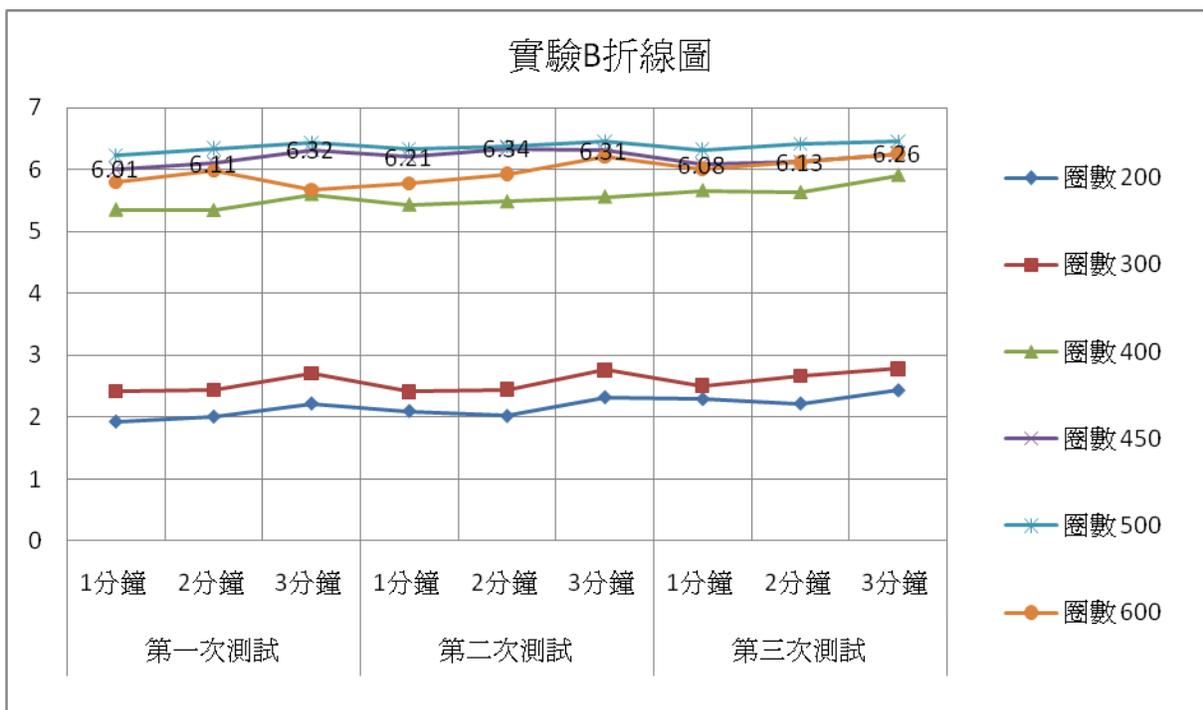


2、實驗 B 數據：線圈直徑一樣，線圈數（厚度）不同，結果如表 8：

表 8

磁鐵排列		N-N									磁鐵數
規格		距離(M)			葉輪轉速(RPM)			風速km/h			
		1.9			135.2~139.6			25.6~27.1			
圈數	電阻(Ω)	第一次測試			第二次測試			第三次測試			平均電壓
		1分鐘	2分鐘	3分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	
圈數 200	0.87	1.93	2.01	2.22	2.1	2.02	2.32	2.29	2.22	2.43	2.14
圈數 300	1.49	2.42	2.44	2.71	2.41	2.45	2.76	2.51	2.67	2.78	2.55
圈數 400	1.84	5.35	5.34	5.6	5.43	5.48	5.56	5.66	5.63	5.91	5.51
圈數 450	2.03	6.01	6.11	6.32	6.21	6.34	6.31	6.08	6.13	6.26	6.19
圈數 500	2.22	6.23	6.34	6.43	6.33	6.38	6.45	6.32	6.41	6.46	6.36
圈數 600	2.63	5.8	5.98	5.67	5.78	5.93	6.21	6.01	6.12	6.26	5.94

表 9



(四)、討論與分析：

- 1、在實驗 A 的表 6 可發現線圈厚度一樣，但圈數不同時，線圈數越多，產生的電壓越大。  
原因是：線圈數越多，面積越大，切過磁場時線圈感應電壓就會越大。

2、實驗 B 的表 8 可發現線圈直徑一樣，線圈數不同（厚度不同）時：

(1) 450 圈平均電壓最高是 6.19 VAC；500 圈時為 6.36 VAC。和 450 圈比較僅增加 0.17 VAC。

(2) 為何當線圈增加到 600 圈時，平均電壓不升反降到 5.94 VAC？

原因：線圈數越多，線圈厚度越厚，就是越強的電磁體，反抗力道就越強。所以，當圈數越多時，並不代表產生電壓會越多。

3、圖 28 所示同是 600 圈的線圈，實驗 A 平均電壓為 8.06VAC，實驗 B 為 5.94 VAC，相差 2.12 VAC。線圈數 450 圈時，實驗 A 平均電壓為 6.26 VAC，實驗 B 為 6.19 VAC，平均電壓僅相差 0.07 VAC，幾乎相同。但比較兩者電阻時，實驗 A 為  $2.43\Omega$ ，實驗 B 為  $2.03\Omega$ ，相差  $0.4\Omega$ 。由漆包線規格資料發現：直徑 0.9mm 漆包線，最大導體電阻每公里  $28.35\Omega$ 。 $0.4\Omega$  約需 14.1 公尺漆包線。本實驗需 8 個線圈，以實驗 B 方式可省約 112.8 公尺漆包線。

故本實驗選用實驗 B 方式，可以最省錢方式獲取最佳輸出電壓值。

4、實驗過程中（以實驗 A 為例）因發現線圈數 300 與 400 兩者電阻相差  $0.54\Omega$ ，可是當線圈數 500 時，電阻上升到  $3.19\Omega$ ，線圈數 500 和 400 的電阻相差  $1.08\Omega$ ，所以實驗過程中，再增加線圈數 450 作比較。

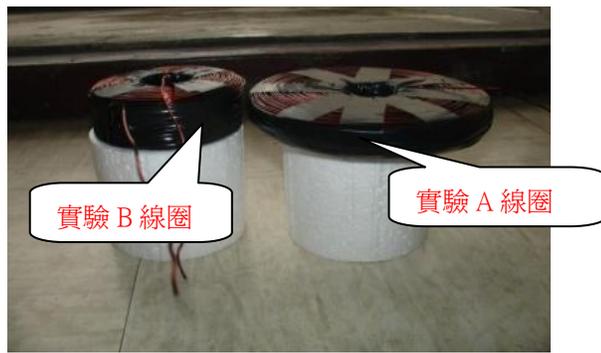


圖 28

5、實驗 A 與實驗 B 衝突分析：

(1) 由表 6 可發現實驗 A 的線圈厚度一樣，但當線圈面積變大，所感應的面積也越大，產生電壓就越大。但線圈直徑越大，耗費漆包線越多，越不符合經濟效益。

(2) 由表 8 中可發現實驗 B 的線圈厚度越高，在同樣的圈數裡，如電磁鐵般，電壓經過線圈時，線圈數越多，其中心磁極生成的磁場強度就越強；也像磁鐵般，磁鐵厚度越厚，則磁力越強。所以當線圈的厚度越大時，其對磁鐵磁場的反抗就會越強，經抵銷後，生成電壓就變弱。

(五) 結果：比較實驗數據，取得最佳和最經濟的線圈為實驗 B 中 450 圈數的線圈（即線圈直徑相同但線圈厚度不同）作為本實驗用的線圈數。

五、研究三：磁鐵以 N-N 或 S-S 同極排列和 N-S 異極排列，在固定的風速下，改變線圈數所產生電壓值的差異



圖 29 (資料來源：奇摩知識+)

- (一) 圖 29 為螺旋右手定則，當右手握住線圈，四指彎曲指向電流方向，大拇指所指方向即為 N 極，也就是線圈內部磁場方向。實驗的線圈是螺旋狀，所以使用螺旋右手定則（螺旋開掌定則）！
- (二) 利用螺旋右手定則方式決定接線方式，則可排列成 2 種線圈接線排列方式：一種是 N-N 或 S-S 同極排列，另一種是 N-S 或 S-N 異極排列。

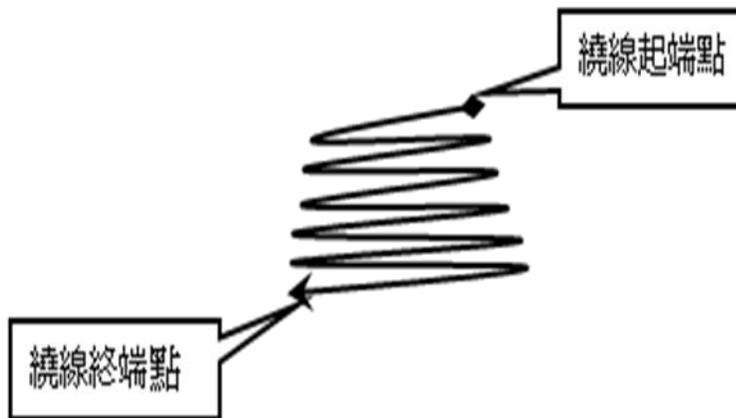


圖 30 線圈繞線圖

(三) 實驗步驟及過程：

◎ 磁鐵以 N-N 或 S-S 同極排列，所感應線圈的磁極如圖 31、32、33 所示：

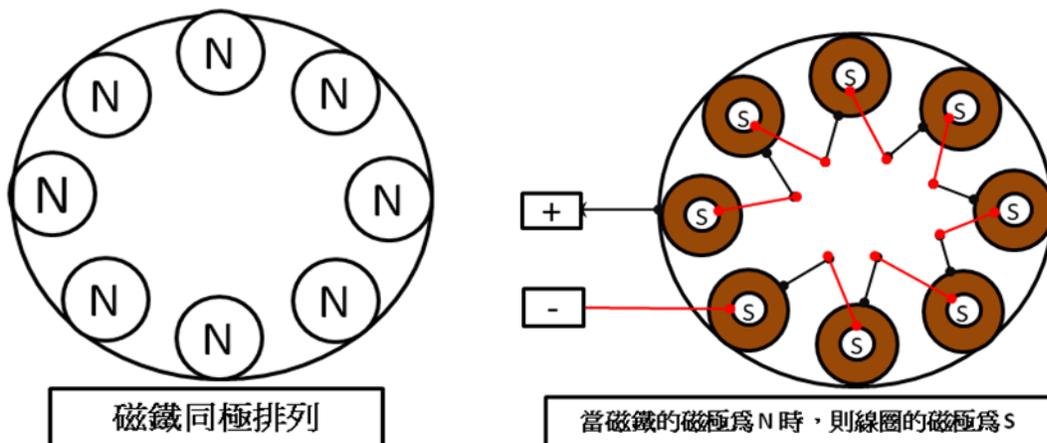


圖 31

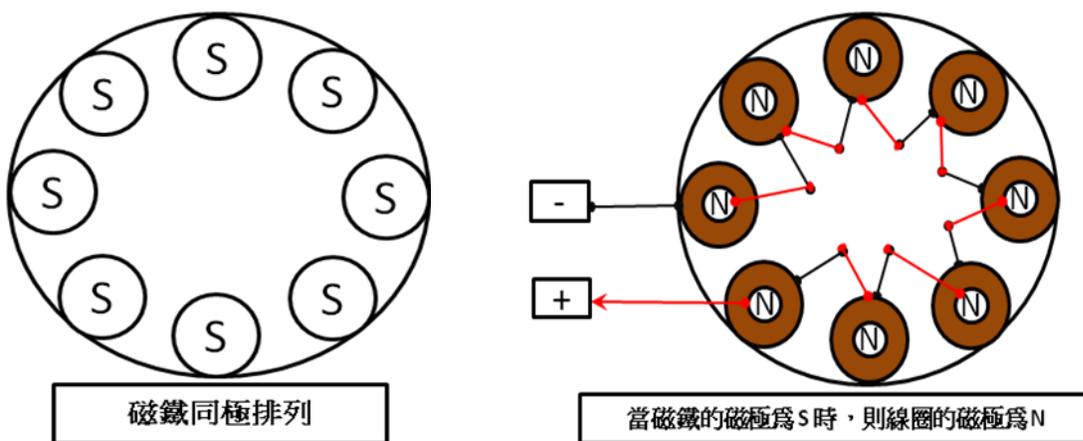


圖 32

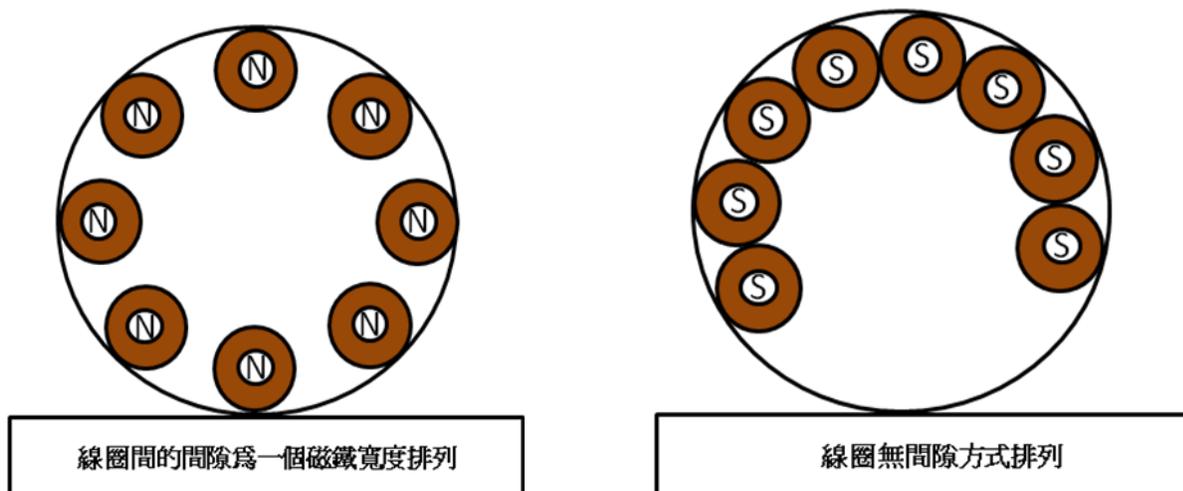


圖 33

1、步驟：(磁鐵以 N-N 或 S-S 同極排列)

- ① 開啓風扇，利用風速計測量風速值並記錄。
- ② 線圈起端點串接另個線圈終端點，將 8 個線圈串接。
- ③ 線圈起端點串接另個線圈起端點，終端點串接另個線圈終端點，將 8 個線圈串接。
- ④ 分別將線圈以一個磁鐵寬度作間隔及以無間隙方式排列，進行實驗並記錄電壓值。

2、實驗數據：

實驗 C-1：(線圈間隙以一個磁鐵寬度排列) 如表 10：

表 10

磁鐵排列	距離(M)	磁鐵數	線圈數	風速(km/h)	轉速(RPM)	線圈數量	電阻值( $\Omega$ )
N-N	1.9	8	450	31.7	170~175	8	15.82
線圈間隙以一個磁鐵寬度排列							
線圈以起端點連接下個線圈終端點				線圈以起端點連接下個線圈起端點，終端點與下個線圈終端點連接			
測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘
第一次測試	51.7	51.7	52.2	第一次測試	0.92	1.05	1.11
第二次測試	51.2	51.9	53.2	第二次測試	0.87	1.05	1.15
第三次測試	51.6	52.1	52.48	第三次測試	0.98	1.11	1.13

表 11

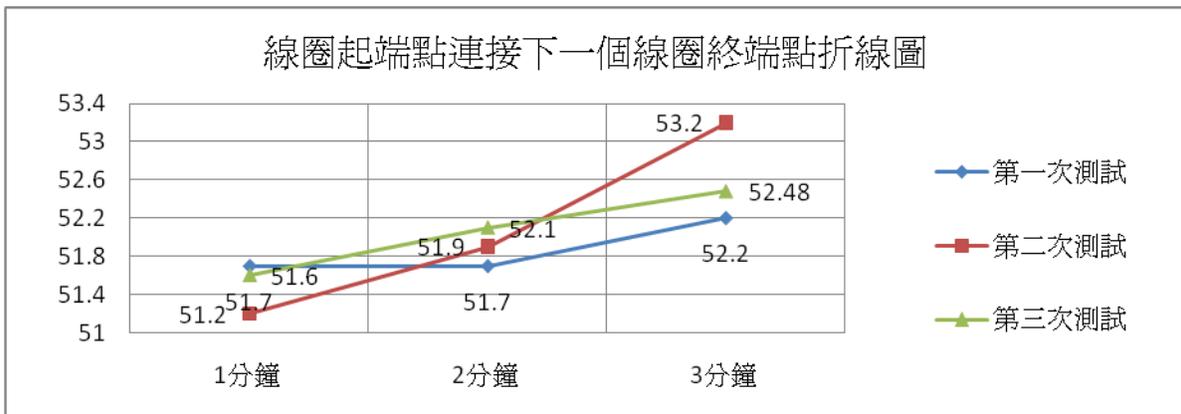
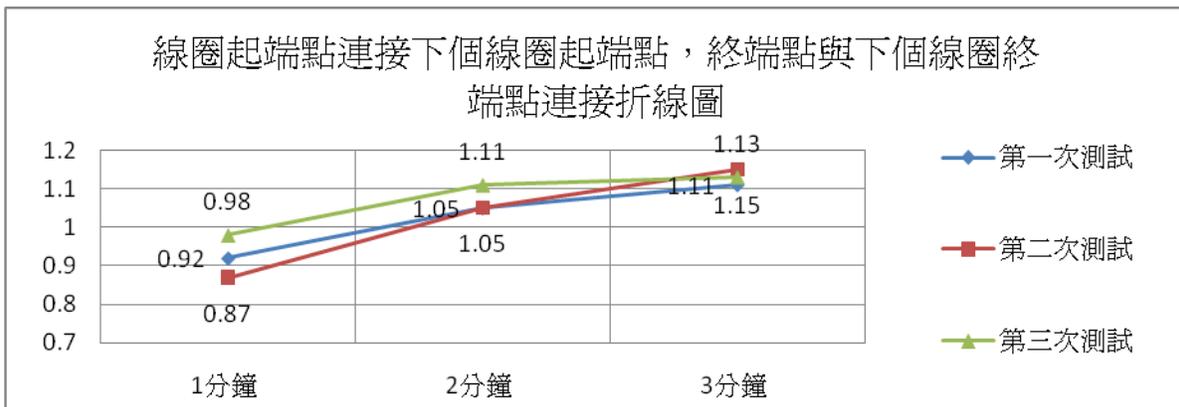


表 12



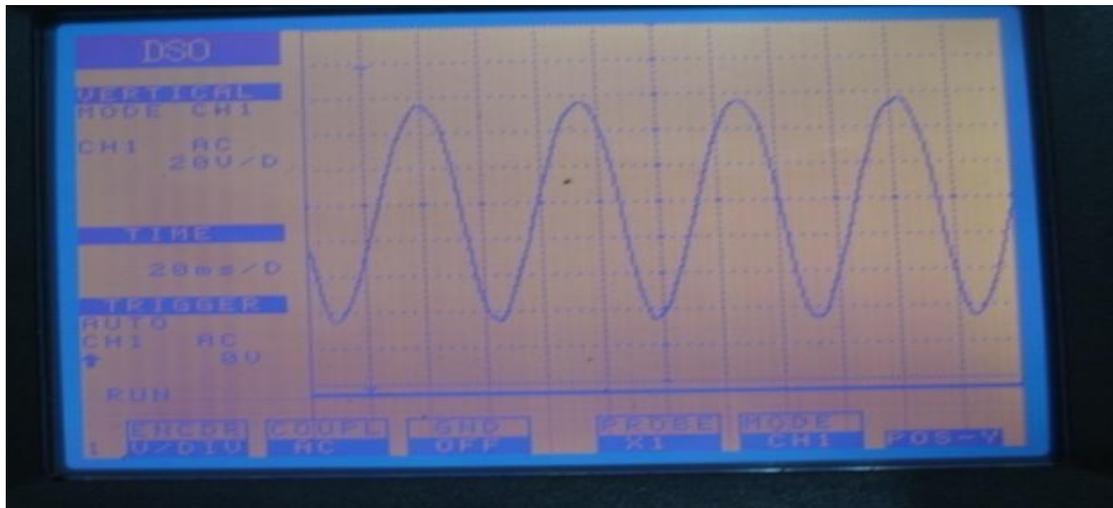


圖 34 起端點連接終端點波形圖

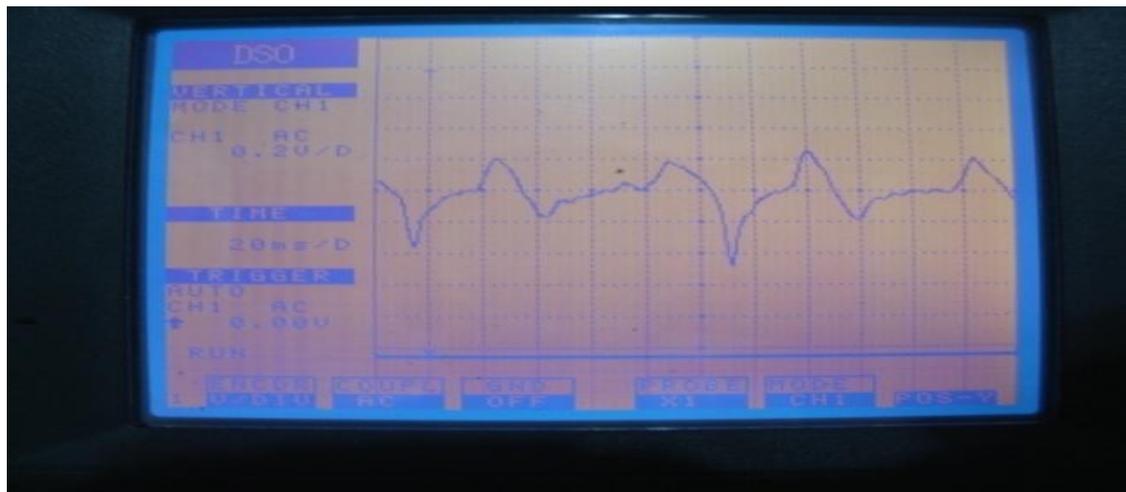


圖 35 終端點連接終端點，起端點連接起端點波形圖

**實驗 C-1** 討論與分析：

- (1) 由表 10 得知，磁鐵以同極排列，線圈以起端點連接下個線圈終端點時，電壓產生最強；當線圈起端點串接另個線圈起端點，終端點串接另個線圈終端點時，電壓產生最弱或是接近 0 電壓輸出。

(2) 原因：

- ① 由表 10 可知，同極排列的磁鐵，每個線圈所感應磁場方向一樣，線圈起端點連接終端點時，就像電池般，正極接負極再接正極再接負極…其電壓產生量就是每個線圈產生量總和。圖 34 可看出波形是順暢正弦波。

②從表 10 得知，當線圈起端點串接另一個線圈起端點，終端點串接另一個線圈終端點時，就像電池般，正接正、負接負，電壓相互抵觸，所產生電壓相對低或應該是 0VAC。由圖 35 可看出電壓相抵觸時的波形變動，應是線圈繞得不夠完整緊密，線圈的電阻不一致造成。

(3) 從鎮立圖書館裡借的“第 49 屆中小學科學展覽會第一名優勝作品專集”中的【有感而發】文章中第 17 頁裡敘述到：

“在同極排法的感應電流，用三用電表測不出 AC 電壓值，能測出 DCV 電壓最大值是 0.158V ”但這敘述卻和我這次實驗的結果不相同，因而感到懷疑！如圖 36：

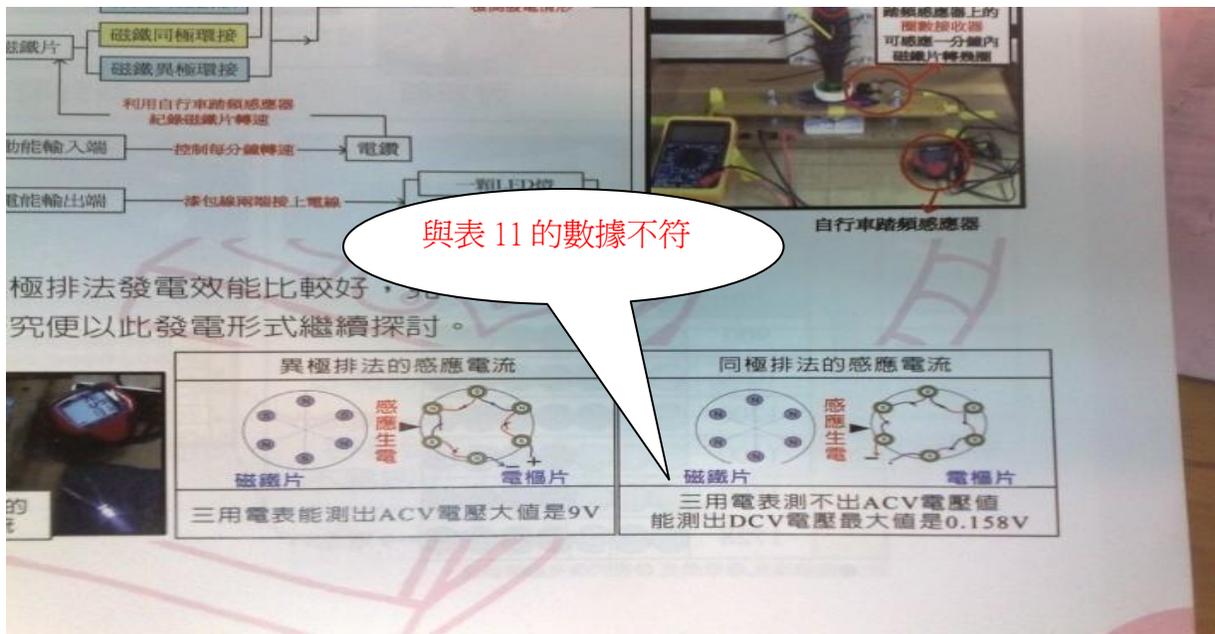


圖 36

經過反覆測試及實驗，得到以同極排列方式，線圈上起端點線連接到另一個線圈終端點線時，電壓產生是每個線圈產生總和，且如圖 35 波形圖所示較接近正弦波。以下三種狀況會產生和【有感而發】文章中一樣測不出 AC 電壓值的情形：

- (1) 當電表檔位錯誤，例如轉到 DC 檔測量電壓。
- (2) 實驗時，只更改磁鐵排列，線圈接線方式沒更改。
- (3) 實驗時，只更改線圈排列，磁鐵排列方式沒更改。

實驗 C-2：(線圈間以無間隙方式排列)，如表 13：

表 13

磁鐵排列	距離(M)	磁鐵數	線圈數	風速(km/h)	轉速(RPM)	線圈數量	電阻值( $\Omega$ )
N-N	1.9	8	450	31.7	170~175	8	15.82
線圈間以無間隙方式排列							
線圈以起端點連接下個線圈的終端點				線圈以起端點連接下個線圈起端點，終端點與下個線圈終端點連接			
測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘
第一次測試	7.1	7.3	7.3	第一次測試	26.1	26.7	27.3
第二次測試	7.1	7.4	7.4	第二次測試	26.3	27.1	27.2
第三次測試	7.1	7.2	7.3	第三次測試	25.8	27.7	27.8

表 14

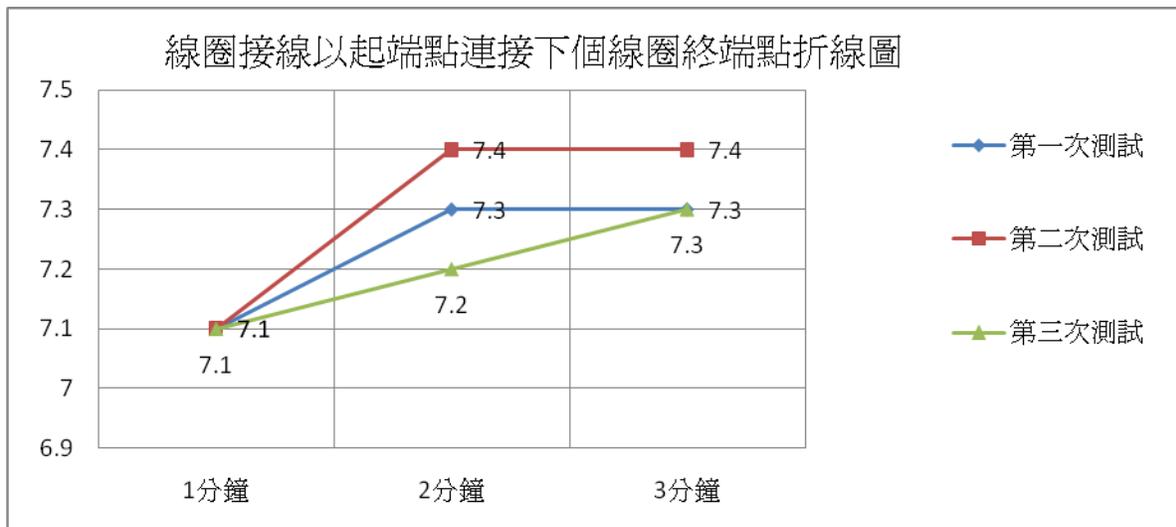
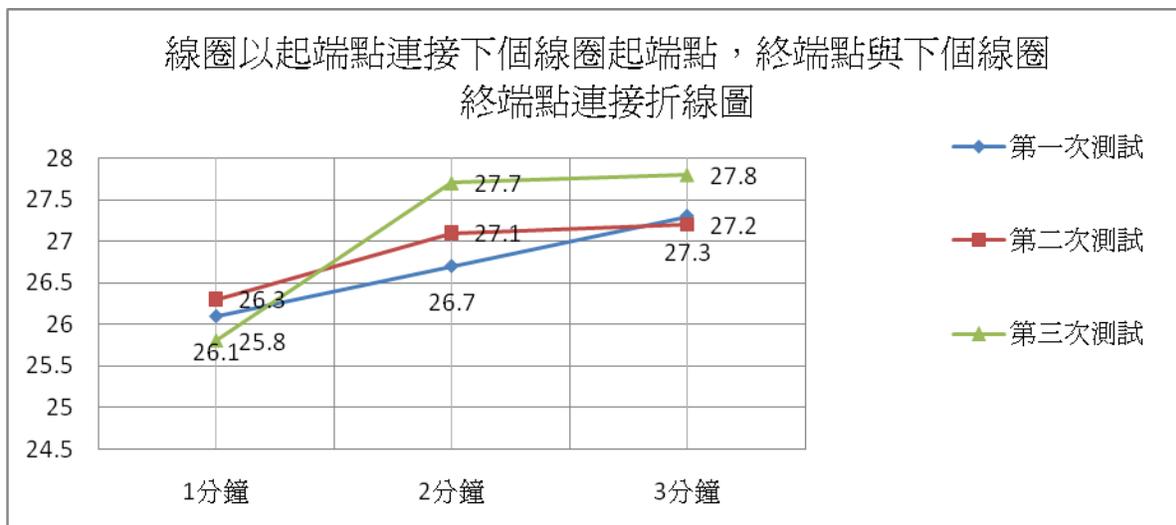


表 15



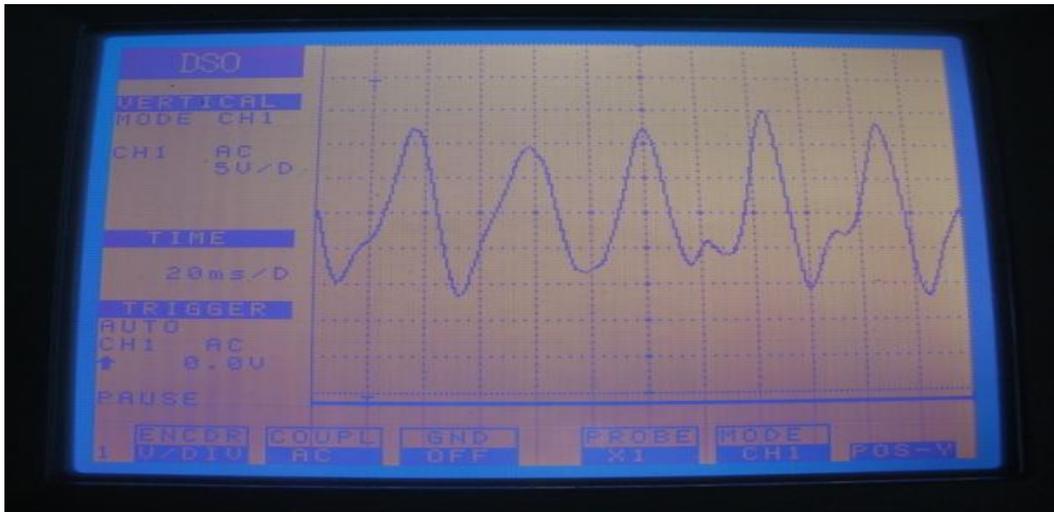


圖 37 起端點連接終端點波形圖

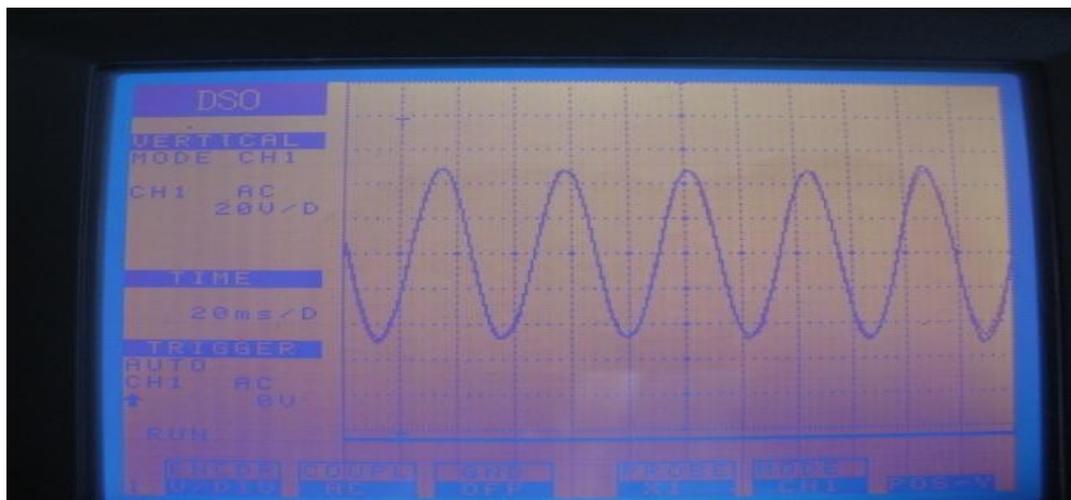


圖 38 終端點連接終端點，起端點連接起端點波形圖

**實驗 C-2**之討論與分析：

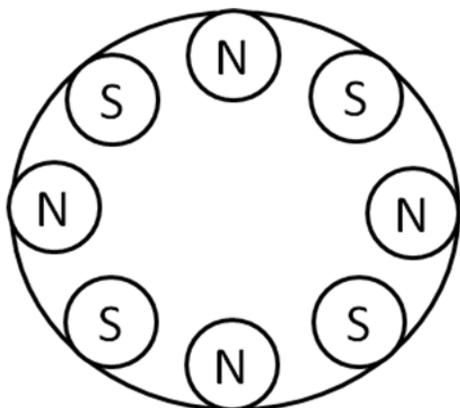
- (1) 由表 13 發現，磁鐵同極排列，線圈以無間隔排列，線圈終端點連接下個線圈起端點串接時，為何電壓測量出來約等於一個線圈的電量？

原因：線圈間沒有間隔串接時，就如一個大線圈，所以只有一個線圈的電壓。

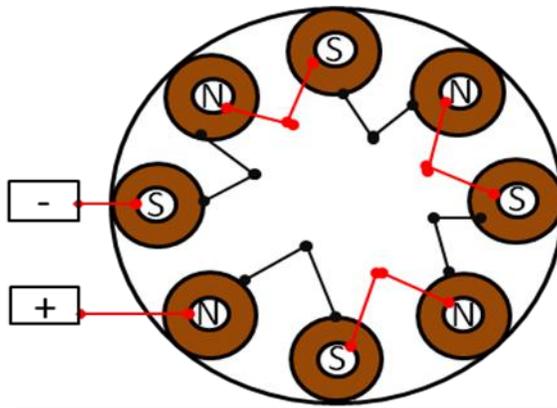
- (2) 再由表 13 發現，線圈終端點連接下個線圈終端點，起端點連接下個線圈起端點，為何電壓測出約等於 8 線圈電量總和的 1/2？

原因：就像兩顆電池並聯再串接另外兩顆並聯的電池一樣，其輸出的電壓就只有一個電池量。所以，8 個線圈就是 4 組並聯線圈，即四個線圈的電壓。然後每組並聯線圈再串接起來，總共約 27VAC。也因並聯的輸出串接，如圖 38，發現波形和圖 34 一樣是正弦波，但其電壓是圖 34 的 1/2。

◎磁鐵以 N-S 異極排列，所感應線圈磁極如圖 39、圖 40、圖 41：

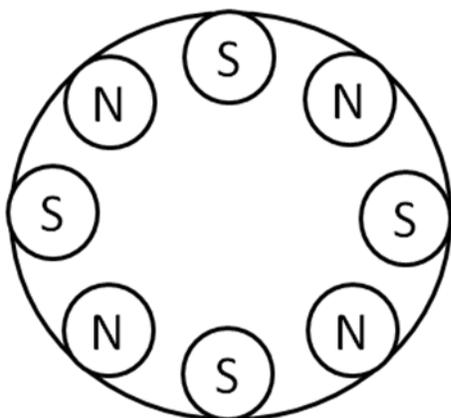


磁鐵異極排列

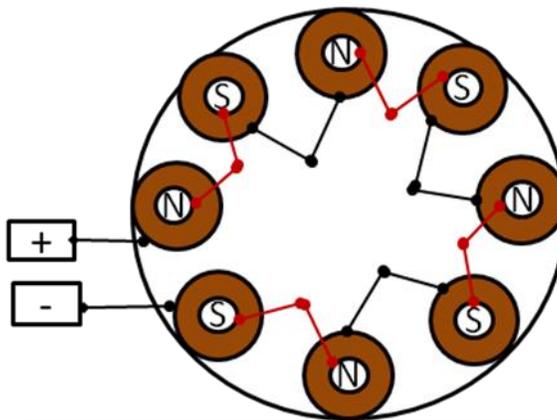


磁鐵異極排列

圖 39

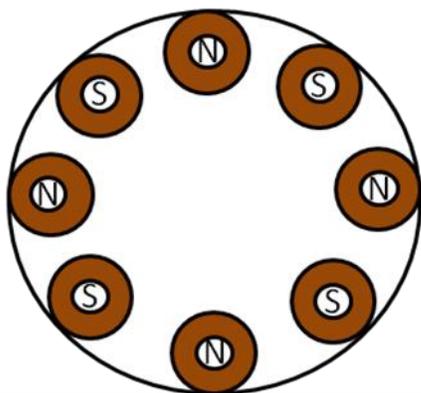


磁鐵異極排列

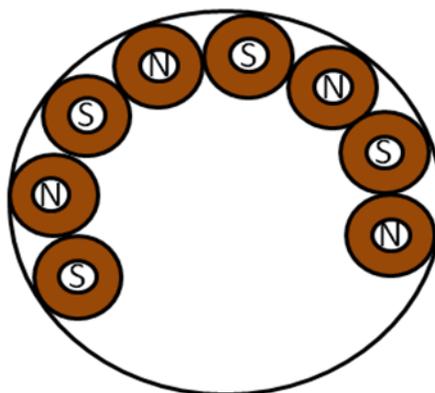


磁鐵異極排列

圖 40



線圈間間隙為一個磁鐵寬度排列



線圈間以無間隙方式排列

圖 41

1、步驟：(磁鐵以 N-S 異極排列)

- ① 開啓風扇且利用風速計測量風速並記錄。
- ② 在風車鋁製吹架盤上放 8 顆永久磁鐵，以 N-S-N-S 排列。
- ③ 放 8 個線圈並以線圈起端點串接另一個線圈終端點後記錄電壓值；再將線圈起端點串接另個線圈起端點，終端點串接另個線圈終端點後記錄電壓值。

2、實驗數據：

實驗 D-1：線圈間隙以一個磁鐵寬度排列，如表 16：  
表 16

磁鐵排列	距離(M)	磁鐵數	線圈數	風速(km/h)	轉速(RPM)	線圈數量	電阻值( $\Omega$ )
N - S	1.9	8	450	31.7	170~175	8	15.82
線圈間隙以一個磁鐵的寬度排列							
線圈以起端點連接下個線圈的終端點				線圈以起端點連接下個線圈的起端點，終端點與下個線圈的終端點連接			
測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘
第一次測試	2.21	2.45	2.67	第一次測試	52.06	52.17	52.18
第二次測試	2.32	2.47	2.65	第二次測試	51.95	52.18	52.19
第三次測試	2.34	2.51	2.68	第三次測試	51.81	52.13	52.21

表 17

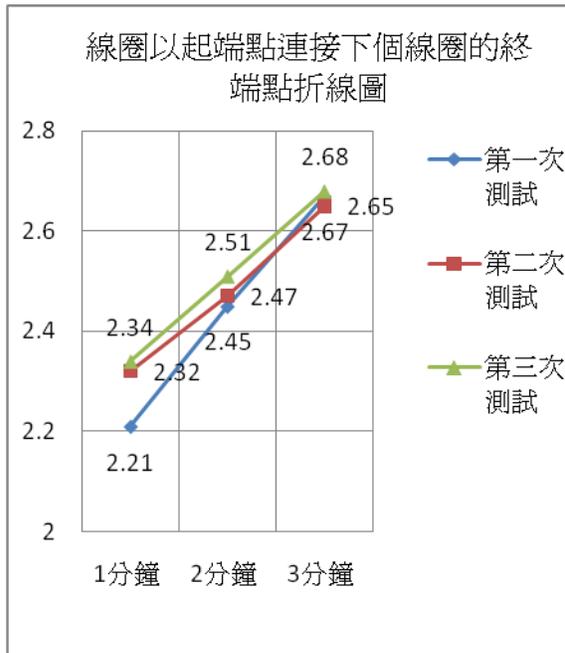


表 18

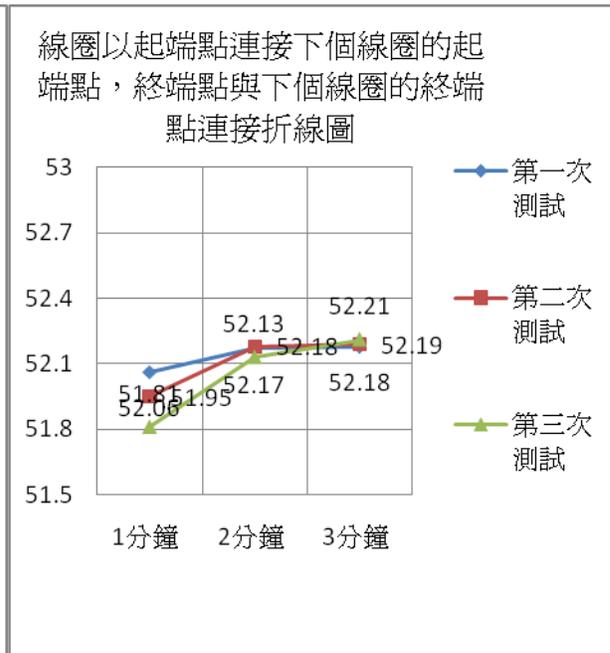




圖 42 起端點連接終端點波形圖

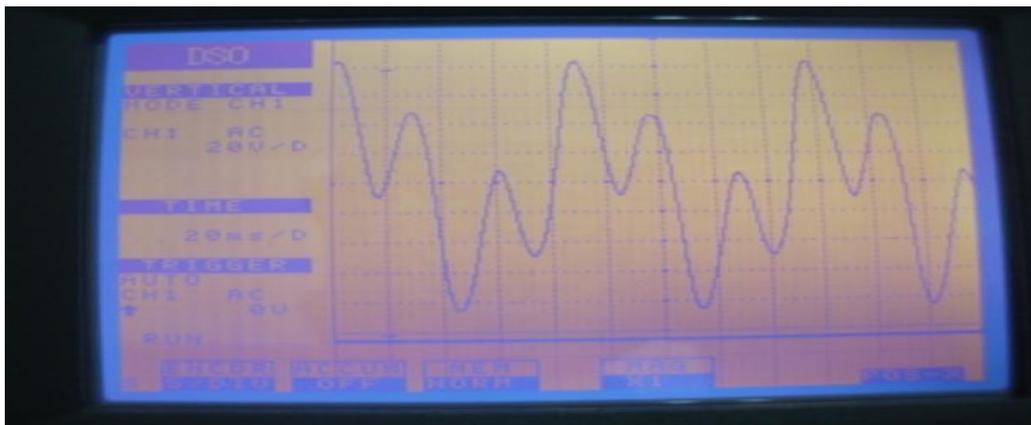


圖 43 終端點連接終端點，起端點連接起端點波形圖

**實驗 D-1** 之討論與分析：

(1) 表 16 中，在異極 (N-S) 排列裡，為何起端點連接另一個線圈起端點，終端點連接另一個線圈終端點，電壓會最大？

原因：① 當線圈以起端點連接下個線圈終端點，且線圈間隔是一個磁鐵寬度時，其電壓輸出低，如表 16。圖 42 的波形狀況可能有二種原因造成：其一是與實驗 C-1 一樣，電壓相互抵觸，電壓輸出就低。另一原因是磁鐵感應線圈時，當磁鐵 N-S 異極排列，磁鐵位置遠離或靠近時，所感應而生的電流，又生成感應磁場，將磁鐵拉回或推離，各產生兩個波形變化。

② 利用右手定則，當磁鐵 N 極感應線圈時，線圈會成為 S 極而感應電壓就從終端點輸出；但當另一個磁鐵 S 極感應另一個線圈時，線圈會感應成為 N 極，這時電壓會逆向往起端點輸出；所以當線圈 S 極終端點電壓輸出必須連接下個線圈 N 極終端點，成為串接功能，電壓輸出最大，由表 16 中可得到約 52VAC 的輸出。

實驗 D-2：線圈間無間隙排列，如表 19：

表 19

磁鐵排列	距離(M)	磁鐵數	線圈數	風速(km/h)	轉速(RPM)	線圈數量	電阻值( $\Omega$ )
N-S	1.9	8	450	31.7	170~175	8	15.82
線圈與線圈間無間隙排列							
線圈以起端點連接下個線圈的終端點				線圈以起端點連接下個線圈起端點，終端點與下個線圈終端點連接			
測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘	測試分鐘	1分鐘	2分鐘	3分鐘
第一次測試	6.72	7.01	7.3	第一次測試	7.62	7.64	7.74
第二次測試	6.71	7.11	7.37	第二次測試	7.61	7.67	7.75
第三次測試	6.61	6.96	7.31	第三次測試	7.58	7.63	7.75

表 20

表 21

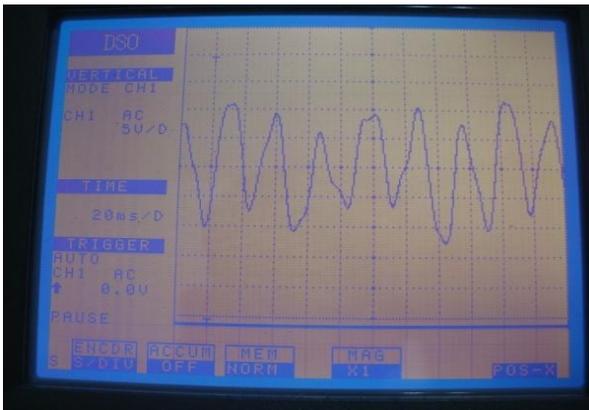
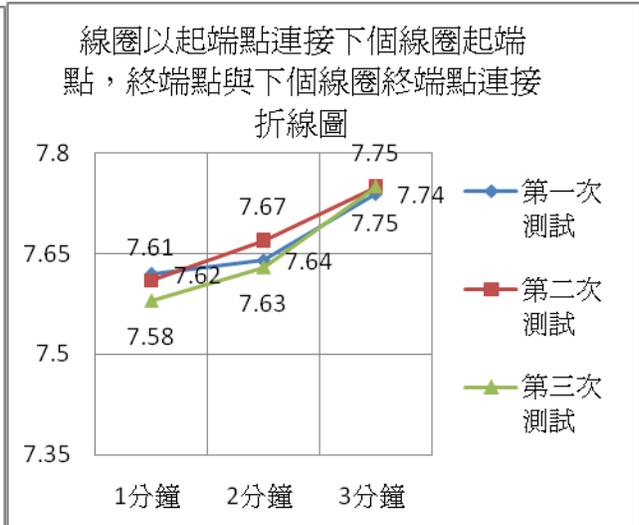
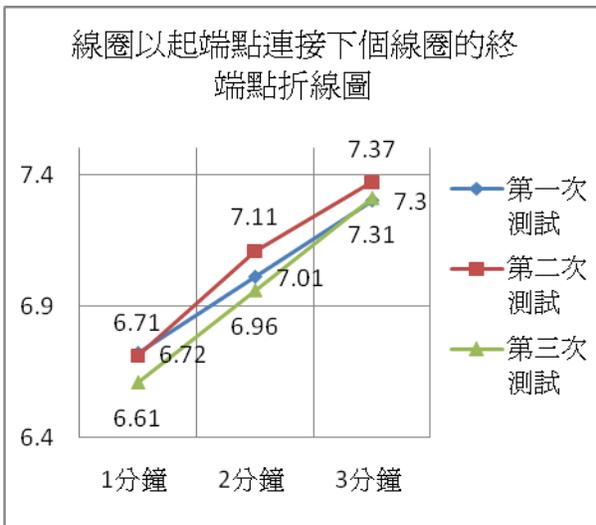


圖 44 起端點連接終端點波形圖

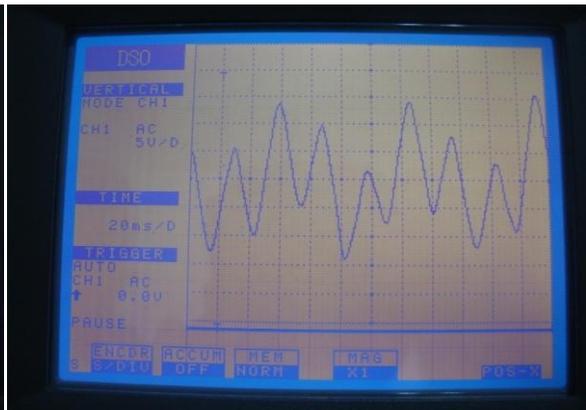


圖 45 終端點連接終端點，起端點連接起端點波形圖

**實驗 D-2** 之討論與分析：

(1) 由表 19 得知，線圈無間隙，以起端點連接下個線圈終端點，線圈 S 極終端點電壓輸出和線圈 N 極起端點連接，等於一個大線圈，所以只有一個線圈的電壓輸出。

(2) 由表 19 得知，當線圈無間隙時，線圈以起端點連接下個線圈起端點，終端點連接下個線圈終端點時，就像 8 個電池並聯一樣，只有一個電壓輸出。

**3、結果：以 N-N 或 S-S 同極排列，且線圈以起端點連接下個線圈終端點，所產生電壓和波形圖為最佳選擇。**

**六、研究四：利用本發電機裝設不同數量集風板，測試風車葉輪轉速**

(一) 製作過程：

分別以未裝設集風板、裝設集風板 2 片、3 片、4 片，測量風葉的轉速和電壓，如圖 46、圖 47、圖 48、圖 49



圖 46

圖 47

圖 48

圖 49

(二) 測量結果和數據如表 21

表 21

磁鐵排列		N-N									
風扇距離(M)		磁鐵數量		線圈圈數		風速(km/h)		線圈數量		電阻值(Ω)	
6		8		450		12.1		8		15.82	
項目	測試分鐘	1分鐘		2分鐘		3分鐘		平均	平均	轉速	電壓
		轉速	電壓	轉速	電壓	轉速	電壓	轉速	電壓	增加率	增加率
無集風板	第一次測試	57.1	16.25	58.3	16.62	59.3	17.32	58.68	17	0%	0%
	第二次測試	58.2	16.57	59.1	17.03	59.8	17.53				
	第三次測試	57.3	16.48	58.9	16.96	60.1	18.22				
2片集風板 180°	第一次測試	61.3	18.45	62.7	19.21	63.2	19.21	62.17	18.92	5.90%	11.30%
	第二次測試	60.7	18.37	62.5	19.11	62.9	19.04				
	第三次測試	60.3	18.31	62.5	19.12	63.4	19.42				
3片集風板 120°	第一次測試	62.5	19.21	66.2	20.34	72.1	24.75	66.94	21.38	14.10%	25.80%
	第二次測試	63.1	19.2	65.7	20.18	73.1	24.98				
	第三次測試	62.8	19.25	65.9	20.26	71.1	24.22				
4片集風板 90°	第一次測試	62.2	19.15	64.5	20.11	65.7	23.15	63.89	20.73	8.90%	21.90%
	第二次測試	61.9	19.01	63.8	19.43	65.3	23.34				
	第三次測試	62.3	19.2	64.1	19.96	65.2	23.19				

(三) 討論與分析：

- 1、未裝設集風板時，沒有收集風力作用，故轉速慢。
- 2、以 2 片 180°裝設集風板時，部份風力順著集風板往葉輪吹，部分風力往集風板外側吹，未完全集中風力，收集效果不佳。
- 3、以 4 片 90°裝設集風板時，因集風板間以 90°收集風力，面積不夠，收集風力的效果仍不理想。
- 4、以 3 片 120°裝設集風板時，收集面積比 90° 大，轉速較快。若風向改變時，因 120°的面積夠，故不因風向改變而減少風力收集。
- 5、為何不做 5 片或 6 片以上的集風板？考慮到 5 片的收集面積只有 72°，收集面積不夠。可肯定的是越多片越不經濟基於經濟性與收集風力的效率考量，故只作 2、3、4 片集風板的測試。

(四) 結果：本實驗使風車轉速達到最快且最經濟的方式是使用 3 片集風板。

六、 研究五：利用本發電機在風速最低情況下讓 LED 燈組發光

- (一) 利用電風扇在風速於 4m/s（蒲福風級中的第 3 級）微風狀態，就可讓 LED 燈亮。但各線圈不可串接後再接上 LED 燈，否則會把 LED 燈燒毀。
- (二) 以單獨線圈的輸出連接 LED 燈，所以 8 個線圈就可以連接 8 組 LED 燈座。如圖 50：



圖 50

(三) 結果：如圖 50 點亮 LED 燈。

## 伍、結論

### 一、影響發電機發電量大小的因素：

- (一) 線圈數：圈數越多，線圈面積越大，所接觸的磁場面積越多，電壓越大。但須考慮線圈厚度大小，否則會減少電壓產生。
- (二) 風速：風速越大，轉速越快，電壓越高。
- (三) 磁鐵種類及大小：用超強永久磁鐵(釹鐵硼磁鐵)，磁性比一般鐵氧體磁鐵大很多。因磁鐵的磁性在上下兩側，左右兩側無磁性，所以磁鐵上下兩側磁性越大越好。然並非表示線圈越多或是磁鐵越大就越好，因重量過重就無法帶動轉盤產生電力。
- (四) 當 LED 燈組接上線圈後，燈組本身有電阻，其電壓輸出會下降。如實驗 B 一樣，電阻越大電流就越大，線圈中心磁極產生的反抗磁場就越大，電壓就會下降。
- (五) 研究四中磁鐵以同極排列和異極排列，所產生的電壓差異：同極排列，線圈以頭尾串接時，電壓生成最大且其波形較接近家用電壓的“正弦波”；而異極排列，線圈以頭接頭，尾接尾方式連接，輸出電壓和同極排列幾無差異，但波形不像同極排列時的波形順暢！
- (六) 如線圈繞得不夠完整，線與線纏繞間有空隙或交叉現象，是否會影響電壓品質？
  - 1、如圖 51，波峰間有小波形出現，表示線圈繞線不夠緊密，漆包線間彼此感應產生小磁場，線圈內的電壓無法集中輸出，線路內電壓有小堵住現象，線圈就會發熱。
  - 2、如圖 52，波峰與波峰間沒有小波形出現，電壓很順暢輸出，線圈就不會發熱。

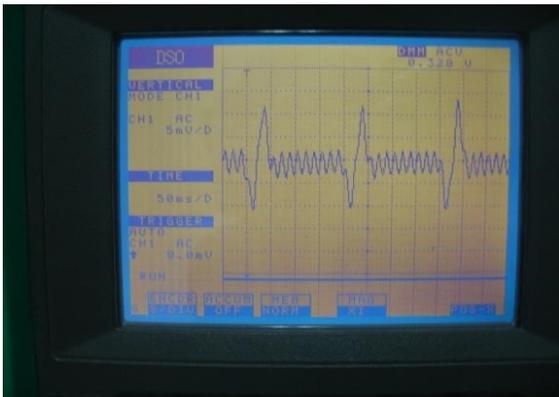


圖 51 波形圖

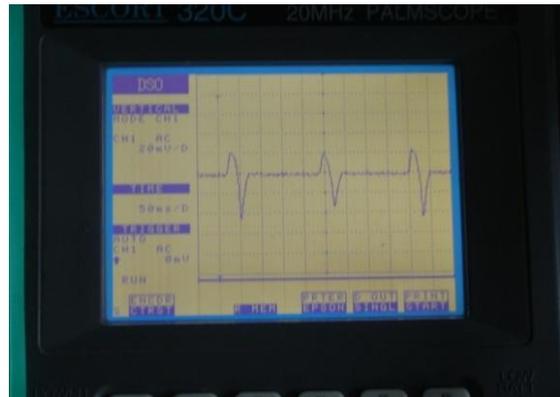


圖 52 波形圖

### (七) 適合安裝地點和應用

根據中央氣象局氣候資料庫所下載的資料，與研究六在最低風速中讓 LED 燈發光的實驗數據比較，宜蘭地區很適合發展製作此類發電機。

## 陸、未來展望

原本還想要自行做一台簡單的風洞設備，來測試集風板在什麼角度下可以更有效的聚集風力，讓風車可以轉動更快。但是因為時間不夠繼續研究，所以只好留待以後有機會時再繼續作風洞測試。

期許自己未來能力更強時，可以進行改良風車上的葉輪和轉盤，讓轉盤上的磁鐵兩面都可以感應線圈，就可產生兩倍量電壓；也讓葉輪可以更有效的轉動。

# 柒、附錄

## 附錄 一

	項目	溫度(°C)			雨量 (毫米)	風速(公尺/秒) / 風向(360°) / 日期						相對溼度(%)		測站氣壓 (百帕)	降水日數 >=0.1毫 (天)	日照時數 (小時)
		測站	平均	最高/日期		最低/日期	最大十分鐘風			最大瞬間風			平均			
2009年01月 氣象資料	蘇澳	16.2	25.6/21	8.6/24	282.7	9.1	80°	5	19.5	360°	23	72	47/13	1019.4	22	68.1
	宜蘭	16.2	26.1/29	7.6/14	129.5	8.9	330°	30	13.6	320°	30	69	Oct-47	1021.4	15	84.3
2009年02月 氣象資料	蘇澳	20	28.4/25	13.8/21	508	9.4	180°	12	18.6	360°	20	84	Jan-45	1013.5	18	91
	宜蘭	20.2	27.7/25	14.0/21	137	8.8	50°	20	13.9	60°	20	75	Jan-49	1015.2	11	95.6
2009年03月 氣象資料	蘇澳	19.2	29.2/22	10.9/14	150.4	12.1	50°	13	23.4	80°	13	78	Oct-51	1013.5	17	90.1
	宜蘭	19.4	29.2/22	10.1/15	132.5	12	330°	5	21.3	330°	5	71	53/25	1015.3	14	105.7
2009年04月 氣象資料	蘇澳	20.5	29.1/13	13.0/2	150.4	7.8	170°	19	18.8	40°	5	77	46/28	1011.5	20	61.5
	宜蘭	21	29.7/13	13.4/9	81.3	8.5	20°	14	12.9	330°	14	73	48/28	1013.3	11	82
2009年05月 氣象資料	蘇澳	23.8	30.7/23	15.6/8	91.6	9.2	150°	9	16.9	60°	27	74	34/31	1009.1	12	180.9
	宜蘭	24.3	32.3/21	16.5/7	41.3	9.3	70°	24	12.2	80°	24	71	32/30	1010.7	10	200.1
2009年06月 氣象資料	蘇澳	27.1	33.4/26	20.0/6	230.4	8.8	160°	9	21	160°	21	79	Aug-52	1003.1	12	178.5
	宜蘭	27.3	33.9/25	19.5/6	216.1	6.6	70°	14	9.8	70°	14	77	Aug-54	1004.6	14	189
2009年07月 氣象資料	蘇澳	28.7	32.8/27	24.0/4	139.8	13.2	170°	18	27.9	210°	18	76	Apr-55	1003.7	9	239.5
	宜蘭	28.8	34.4/25	24.2/4	66	9.4	110°	12	18.7	160°	18	77	55/19	1005.6	9	255.4
2009年08月 氣象資料	蘇澳	28.7	32.9/6	24.8/19	160.6	19.6	170°	8	35.4	360°	7	78	Jun-48	1001.2	12	228.7
	宜蘭	28.9	34.5/22	24.9/21	119	16.3	70°	7	28.5	40°	7	78	53/19	1003.2	11	236.6
2009年09月 氣象資料	蘇澳	27.5	33.1/14	23.1/20	618.4	9.4	110°	27	19.1	10°	27	79	Nov-50	1006.4	16	145.5
	宜蘭	27.4	34.4/7	22.2/20	626.3	8.2	70°	6	15	10°	2	79	Jul-46	1008.2	20	153.8
2009年10月 氣象資料	蘇澳	23.9	30.5/1	19.2/27	1632.5	19.6	80°	5	28.9	360°	5	81	45/27	1010	24	72.3
	宜蘭	23.5	30.8/1	18.1/26	988.8	13.4	50°	5	21.5	50°	5	80	46/27	1012	21	69.4
2009年11月 氣象資料	蘇澳	21.1	28.3/8	14.6/18	336.2	9.3	80°	25	21.6	360°	2	82	Feb-47	1015.1	24	58.4
	宜蘭	21.1	29.3/8	15.2/18	229.7	8.1	10°	2	14.2	20°	2	79	Feb-41	1017.1	18	67.6
2009年12月 氣象資料	蘇澳	17.2	26.1/10	10.4/19	381.3	8.3	70°	5	17.9	30°	16	78	May-49	1017.3	19	72.2
	宜蘭	17.1	26.2/10	10.6/19	162.7	7	50°	5	12.3	360°	16	74	45/24	1019.5	14	71
2010年01月 氣象資料	蘇澳	16.9	26.4/31	9.2/14	376.9	7.9	160°	27	19.7	70°	25	82	43/15	1018.6	21	92.4
	宜蘭	16.6	25.8/20	7.0/13	140.9	7.7	30°	25	11.7	40°	5	78	42/13	1020.7	20	93.5
2010年02月 氣象資料	蘇澳	18.3	27.4/26	11.2/18	169.4	8.8	60°	1	22.9	60°	1	84	59/25	1014.2	19	68.7
	宜蘭	18.3	28.5/26	10.8/19	179.9	10.4	70°	11	17.1	70°	11	80	56/22	1016.2	15	85.8

最大十分鐘風之最大風速值(公尺/秒)	19.6	最大瞬間風之最大風速值(公尺/秒)	35.4
最大十分鐘風之最小風速值(公尺/秒)	6.6	最大瞬間風之最小風速值(公尺/秒)	9.8
最大十分鐘風之平均風速值(公尺/秒)	10.25	瞬間風之平均風速值(公尺/秒)	19.08

## 附錄 二

陸上應用之蒲福風級表			
蒲福風級	風之稱謂	一般敘述	公尺每秒m/s
0	無風	煙直上	不足0.3
	calm		
1	軟風	僅煙能表示風向，但不能轉動風標。	0.3-1.5
	light air		
2	輕風	人面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動。	1.6-3.3
	slight breeze		
3	微風	樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。	3.4-5.4
	gentle breeze		
4	和風	塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動。	5.5-7.9
	moderate breeze		
5	清風	有葉之小樹開始搖擺。	8.0-10.7
	fresh breeze		
6	強風	樹之木枝搖動，電線發出呼呼嘯聲，張傘困難。	10.8-13.8
	strong breeze		
7	疾風	全樹搖動，逆風行走感困難。	13.9-17.1
	near gale		
8	大風	小樹枝被吹折，步行不能前進。	17.2-20.7
	gale		
9	烈風	建築物有損壞，煙囪被吹倒。	20.8-24.4
	strong gale		
10	狂風	樹被風拔起，建築物有相當破壞。	24.5-28.4
	storm		
11	暴風	極少見，如出現必有重大災害。	28.5-32.6
	violent storm		
12	颶風	-	32.7-36.9
	hurricane		
13	-	-	37.0-41.4
14	-	-	41.5-46.1
15	-	-	46.2-50.9
16	-	-	51.0-56.0
17	-	-	56.1-61.2

## 捌、參考資料

1. Paul G. Hewitt 原著。 陳可崗 譯。 觀念物理 V。 天下文化叢書。
2. 第 49 屆的中小學科學展覽會 第一名優勝作品專集。 有感而發－風力發電機。
3. Yahoo 知識+： 安培右手定則和螺旋定則是什麼？  
(<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1510011008011>)
4. 銻鐵鋁永久磁鐵資料。 東浩科技公司所提供的。  
( "[http://www.micromeg.com.tw/products\\_2-2.htm](http://www.micromeg.com.tw/products_2-2.htm) )
5. 中央氣象局氣候資料。 <http://www.cwb.gov.tw/tw/>
6. 氣象百科中的蒲福風級 ( Beaufort scale )  
(<http://www.cwb.gov.tw/V6/education/encyclopedia/me016.html#main001>)
7. 太平洋電線電纜公司漆包線規格表  
(<http://www.pewc.com.tw/filectrl/5E-03I-14.pdf> )
8. 冷次定律介紹  
(<http://physical.tcfsh.tc.edu.tw/physical/physdemo/select/s8-5/s8-5.htm>)

## **【評語】 080106**

- 1.能根據研究主題設計改良實驗器，建議增加數據表達及分析。
- 2.可考慮科展的合作方式。