

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第一名

080120

有感而發

學校名稱：臺中縣太平市東平國民小學

作者：	指導老師：
小六 柯閔智	陳瓊如
小六 潘季湘	黃聰敏
小五 張家威	
小六 林鈺淳	
小六 廖柏舜	
小六 陳冠竣	

關鍵詞：磁生電、感應電流、發電機

摘要

「馬達」是種將電能轉換成動能的電動機，如果反向操作，就變成發電機。於是，我們應用其『有「感」而「發」』的磁生電原理，研究自製一台靠風力轉動發電的發電機。

研究包含：(一) 拆解馬達，瞭解其內部構造及功能。(二) 利用反式馬達發電機實驗，發現線圈粗細和圈數、電樞角度及磁性都會影響其產生的電壓。(三) 研發盤狀發電機，透過不斷改良其系統及應用齒輪組，提高發電機發電效能。我們發現，當發電機轉動的轉速越快，產生的電壓越高、讓 LED 燈越亮。(四) 設計並研究增進風扇轉速的變因，找出轉動效能最好的風扇帶動盤狀發電機發電。(五) 探討盤狀發電機內線圈粗細與數量變因，並發現細線圈發電效能較好，且增加線圈數量能提高發電效能。

壹、研究動機

老師曾在自然課堂上介紹：「『馬達』是種由電能轉換成動能的電動機」。有天，我們在科研社的社團時間玩著馬達，嘗試利用三用電表接上馬達並轉動轉軸時，赫然發現「竟然有電耶！」。後來透過蒐集與閱讀資料，我們才知道，如果將電動機反式操作，它就可以變成一台發電機，這真是太好玩了！於是，我們想要透過研究製作發電機，看看是否能利用它一起響應「節能省碳」的活動！

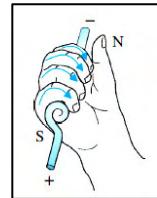
貳、研究目的

- 一、認識馬達的內部構造
- 二、探討影響發電機發電的因素
- 三、研究如何製作具高效能的發電機
- 四、研究如何運用風力發電
- 五、探討線圈粗細與數量對發電機發電效能的影響

參、文獻探討

一、螺旋右手定則：

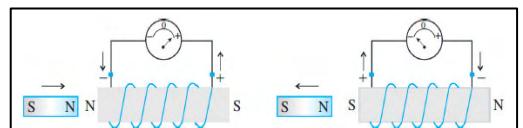
當一個螺旋狀線圈有電流通過時，在其周圍會產生磁場，當我們用右手握住線圈，大拇指所指的方向就是磁力線 N 極。在我們研究自製發電機的過程中，我們就是利用這個原理判斷「當線圈有電流通過時」產生的磁極方向。



二、冷次定律 (Lenz's Law)：

當有磁鐵快速的接近或遠離線圈時，線圈為了因應周圍磁力線的變化，會自然產生要抵抗接近或要補足離開的磁場反應。這樣的反應會使得線圈產生感應電流，也因此有感應電動勢（電壓）產生。

而感應線圈的磁鐵磁性改變時，會使線圈產生的感應電流方向跟著改變，於是在研究中，我們利用這個現象來設計自製發電機中線圈與磁鐵的排法。



肆、研究器材

漆包線（尺寸：0.19mm、0.25mm、0.5mm、0.7mm）、磁鐵、釤鐵硼磁鐵、三用電表、馬達、光碟片、鋁片、熱溶槍、焊槍、厚紙板、珍珠板、鋁板、自行車踏頻感應器、LED 燈。

伍、研究設計

一、研究架構

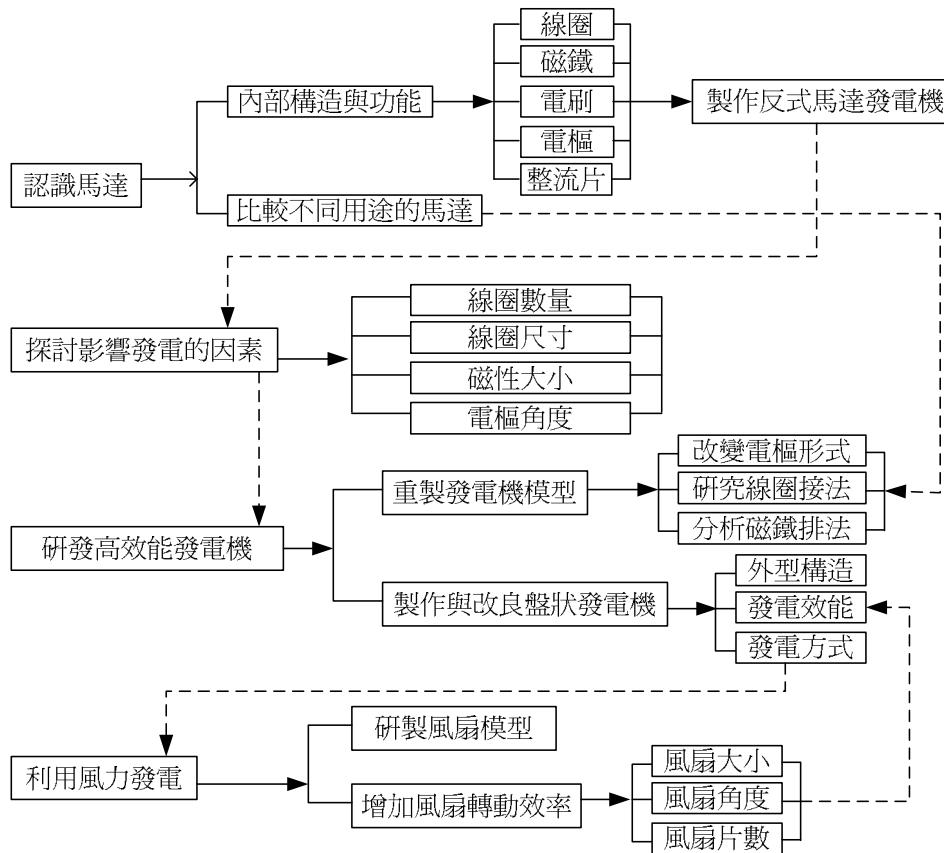


圖1:研究架構圖

二、研究工具

(一) 自製線圈纏繞器

1.構造

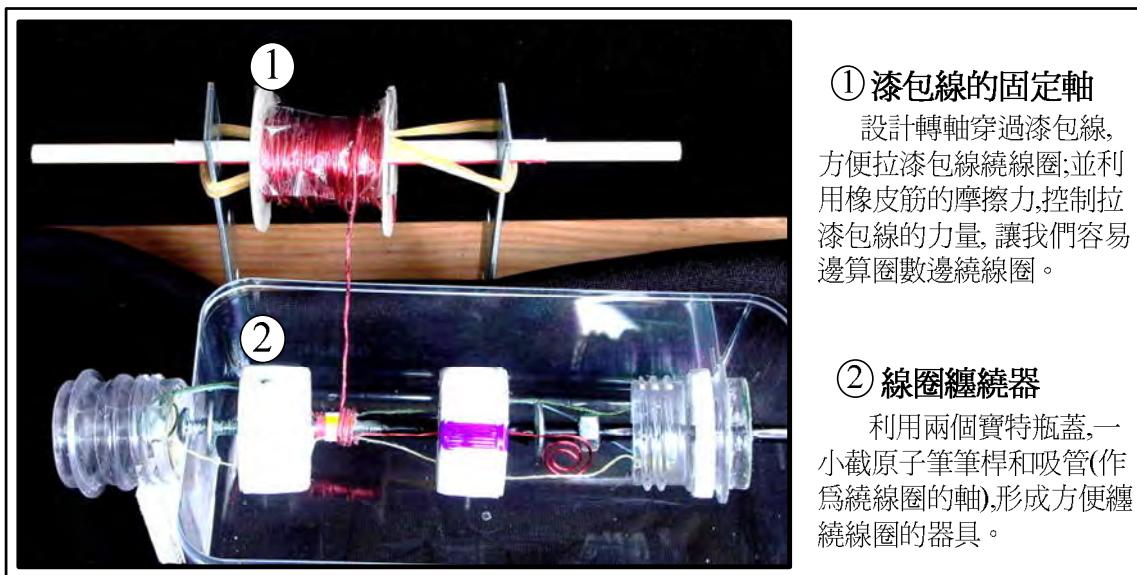


圖2:線圈纏繞器

2.操作方式

- (1)架好漆包線(圖①)
- (2)準備纏繞器(圖②),將一小段原子筆筆桿置中為軸,以此間距控制線圈的厚度;最後套入一小截吸管
- (3)開始拉漆包線繞線圈(圖③)
- (4)繞好線圈後,拆下一側瓶蓋,將線圈取下後用棉線綁好,即是一個線圈(圖④)

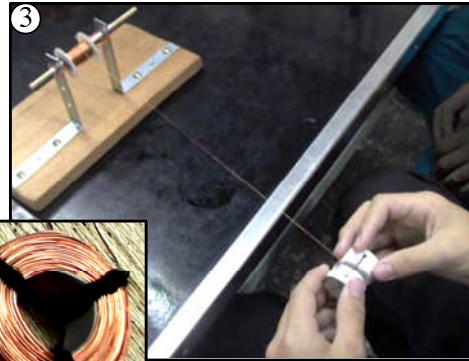
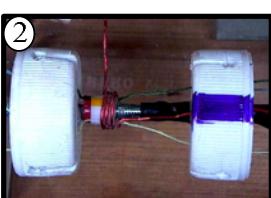
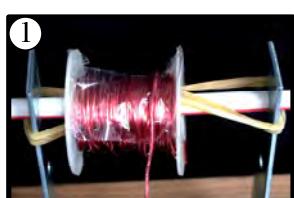


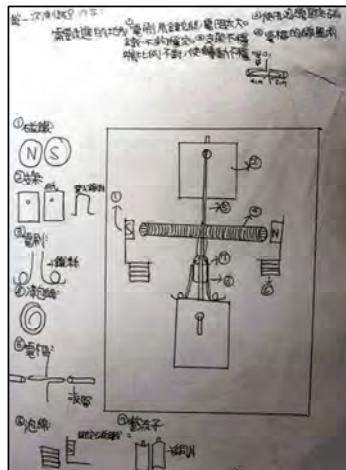
圖3:線圈纏繞法

3.工具之目的與特色

在纏繞過程中漆包線較容易拉直，好纏繞，且繞好的線圈較紮實輕巧。

(二)自製反式馬達發電機

1.構造



參考設計圖
製成發電機

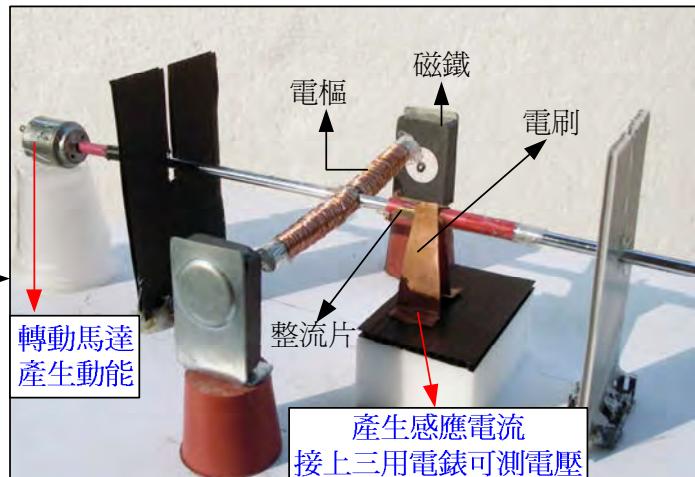


圖4:反式馬達發電機

2.操作方式

- (1).將三用電表電極兩端接在電刷兩側。
- (2).使用變壓器，將110V交流電轉換成3V直流電以驅動馬達，目的是要提供發電機動能，使電樞轉動產生感應電流。
- (3).啓動系統，即可測量感應電流的電壓。



3.自製工具之目的與特色

配合研究二的需求，此發電機的電樞可簡易的替換，在做線圈變因的探討時容易操作。

(三) 自製 LED 亮燈組測電器

1. 構造與特色

- (1).取出廢光碟機裡的「排線接頭」與「通路接線端子」
- (2).篩選品質一致的七顆LED燈泡
- (3).將LED燈泡插入「排線接頭」,利用端子連接,形成串聯電路;可利用連接不同端點,控制串聯燈泡數量
- (4).將不同電壓的電源連接LED燈泡的串聯電路,測得:「各電壓值可讓多少燈亮」這樣我們就知道:看到幾顆燈亮就代表約產生多少的電壓值

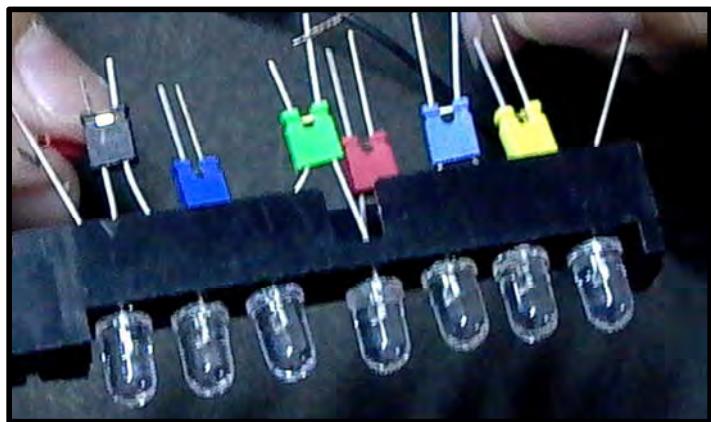
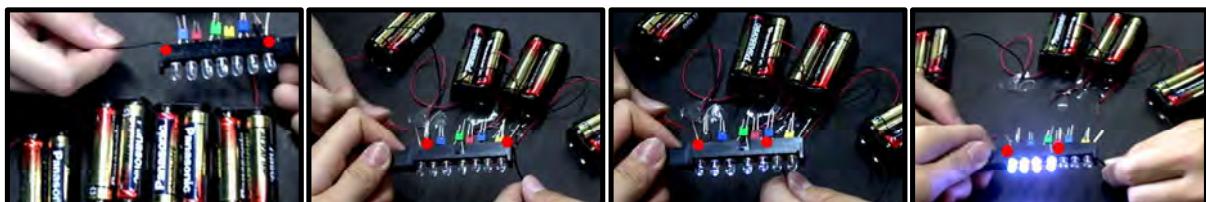


圖5:LED亮燈組測電器

2. 檢測電壓的方法與記錄

(1) 先利用已知電壓測得 LED 亮燈組的燈亮情形

- ①準備6組雙電池組(每組3V),製造3V,6V,9V,12V,15V,18V六種電壓值。
- ②每種電壓在檢測LED亮燈組時,都先從最多燈數開始(七顆燈串聯)逐漸往少燈數檢測與紀錄燈亮情形。如果檢測到燈泡很亮的狀態,就停止往下檢測,以免燒壞燈泡(檢測過程有燒壞過燈泡)。以下舉例檢測12V的過程與記錄燈亮的情形:



測七顆燈,都沒有亮;紀錄 ● 测六顆燈,都沒有亮;紀錄 ● 测五顆燈,都是微亮;紀錄 ○ 测四顆燈,都很亮;紀錄 ●

(2) 建立「LED 亮燈組的燈亮情形與電壓值的比對表」

表1: 各電壓值使LED亮燈組 產生的燈亮情形

		LED 亮燈組 被 連接的串聯燈泡數						
		七	六	五	四	三	二	一
電 壓 值	3V	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	6V	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	9V	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	12V	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	15V	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	18V	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○	○○○○○○○

註:(1) ● 代表燈沒有亮, ○ 代表燈微亮, ● 代表燈很亮。(2)當電壓太高會使串聯數少的燈泡破掉,所以如果測得燈泡全很亮,就不再往下檢測,例如:12V使四個燈全很亮,就不再測三個串聯燈。

三、利用「三用電表」測電壓的紀錄方法

在研究過程中，當發電機電壓不足於讓 LED 燈亮時，我們使用三用電表測電壓。測法如下圖所示：

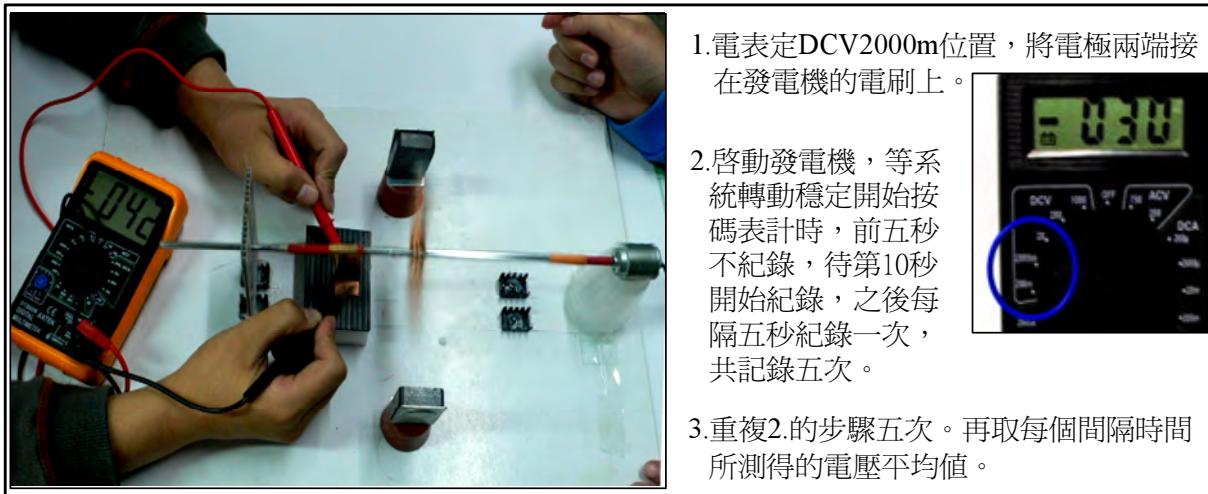


圖6:三用電表測電法

陸、研究過程、結果與討論

研究一：認識馬達

一、認識馬達（1.5V）內部構造與功能

（一）馬達內部構造

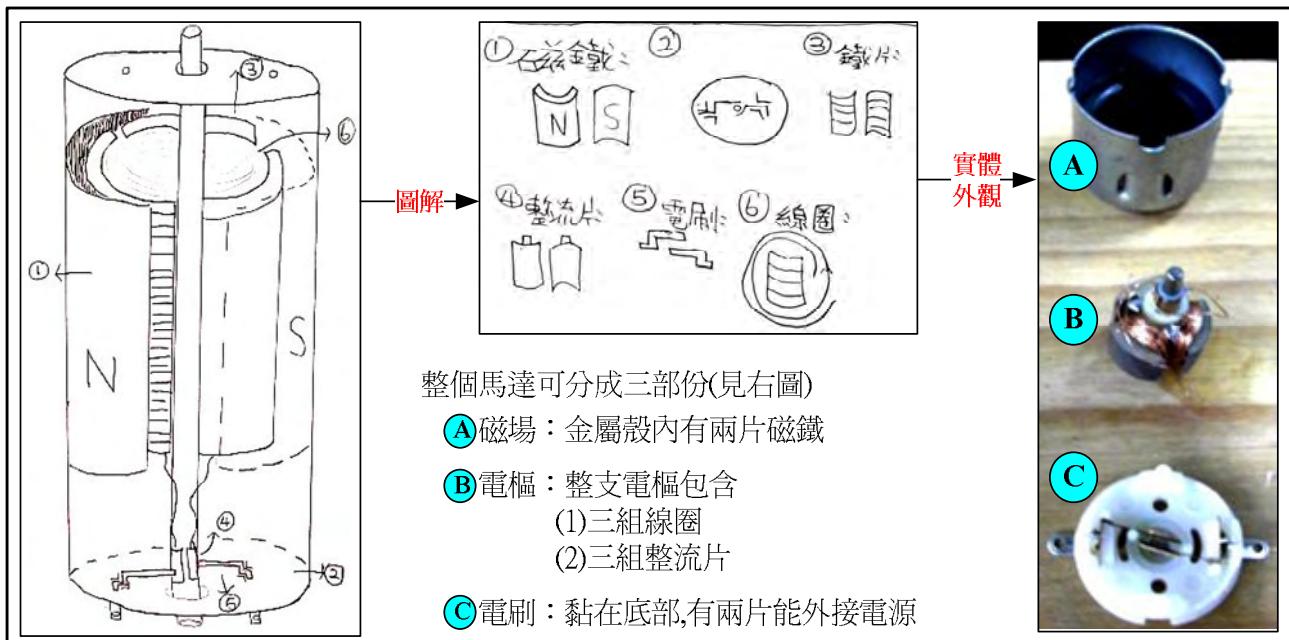


圖7:馬達構造圖解

(二) 電樞構造

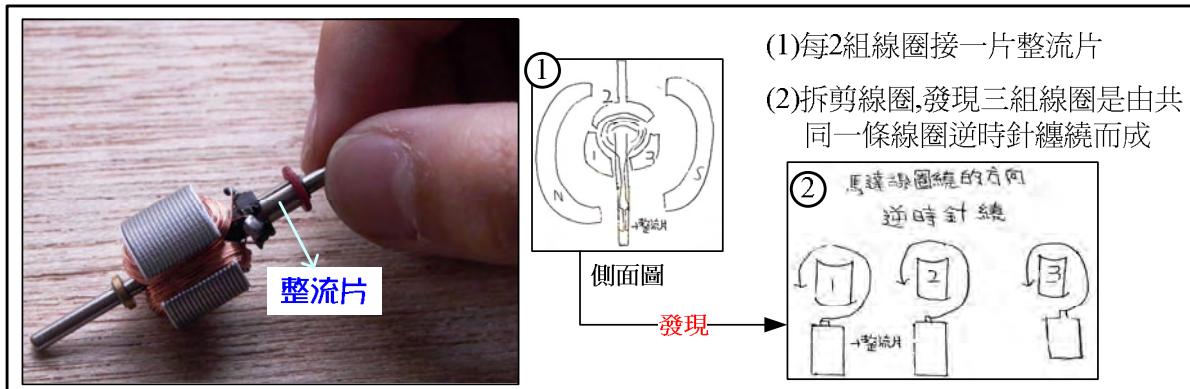


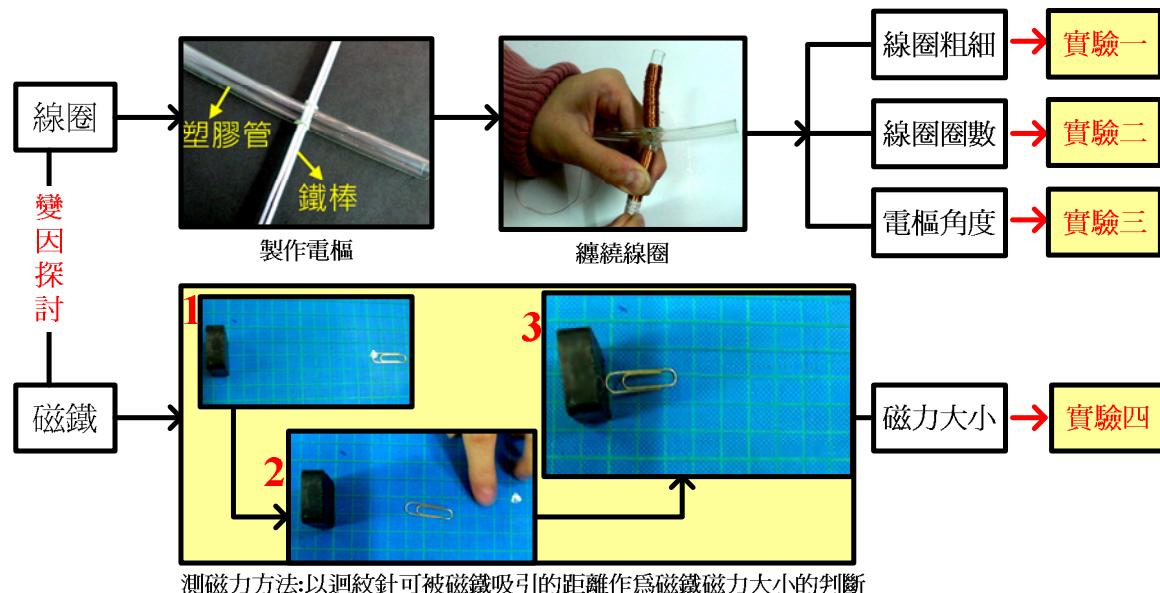
圖8：馬達內電樞圖解

二、比較各種不同用途器具上的馬達

右圖是光碟機和磁碟機，拆解後看到不同構造的馬達。不同馬達內部雖不相同，但是都可以發現「漆包線」和「磁鐵」；另外，電樞排列形狀是最大的差別。根據這些發現，我們決定自製反式馬達發電機，作基本發電因素探討。



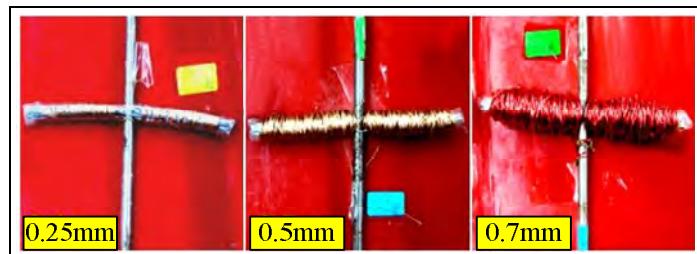
研究二：探討影響發電機發電的因素



【實驗一】：改變線圈粗細

一、設計

- (一) 控制變因：線圈圈數 (200 圈)、電樞角度和磁力大小。
(二) 操作變因：不同粗細的線圈 (0.1mm 、 0.25mm 、 0.5mm 、 0.7mm 四種)。



二、結果

在同樣的磁力大小、線圈數相同的情況下，較細的漆包線 (0.25 mm) 產生的電壓較大。

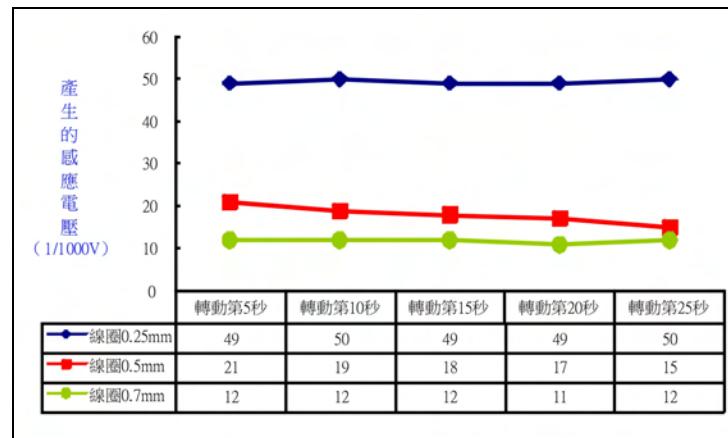
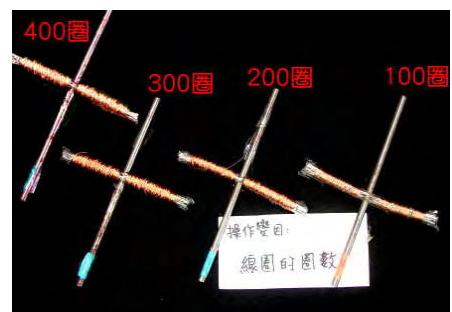


圖9：比較不同粗細的線圈產生的感應電壓

【實驗二】：改變線圈圈數

一、設計

- (一) 控制變因：線圈粗細 (0.25mm) 、電樞角度和磁力大小。
(二) 操作變因：線圈圈數 (左右各 100 圈、 200 圈、 300 圈、 400 圈四種)。



二、結果

實驗結果顯示：線圈數與產生的電壓有正向關係，除了線圈數最多的 400 圈以外。

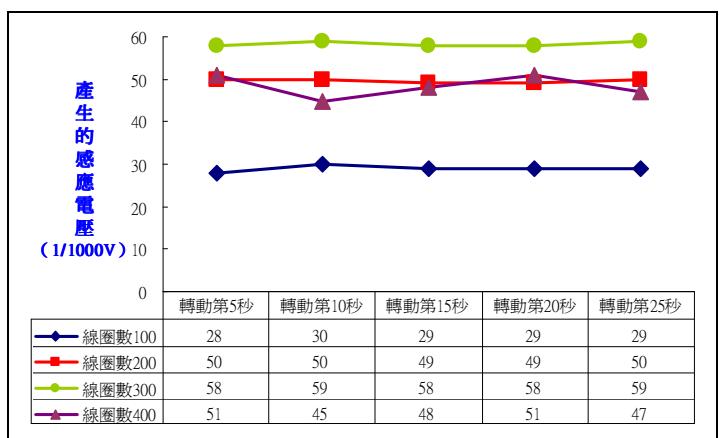


圖10：比較不同線圈數產生的感應電壓

【實驗三】：改變電樞角度

一、構想

馬達裡的電樞是由三組線圈組成，光碟機的圓盤型電樞中，更有9組以上的線圈；引起我們思考，在一組電樞上的線圈量越多，轉動時的感應頻率（單位時間內，電樞裡的線圈與磁鐵的產生電磁感應次數總和）會越多，那產生的電壓是否會越大呢？



二、設計

- (一) 控制變因：線圈圈數（200 圈）、線圈粗細（0.25mm）和磁力大小。
- (二) 操作變因：不同的電樞角度（90 度、180 度）。

三、結果

發現 180 度電樞產生的電壓比 90 度電樞大。

此實驗結果與我們的預期不同。實驗觀察發現，在裝置上多加了兩個電樞，轉速明顯變慢。或許因為這樣，所以實驗結果與預期有出入。

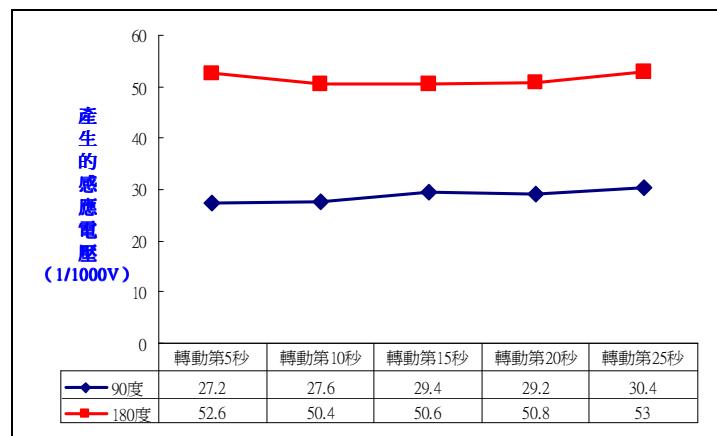


圖11：比較不同角度電樞產生的感應電壓

【實驗四】：改變磁力大小

一、設計

- (一) 控制變因：線圈圈數（200 圈）、線圈粗細（0.25mm）和電樞角度。
- (二) 操作變因：磁力大小（吸迴紋針的距離 1 格和 3 格兩種）。

二、結果

實驗結果發現：在相同電樞與轉速下，磁場磁力大，產生的感應電流明顯增大很多。由此可知，磁力大小是影響的感應電流產生電壓的因素。

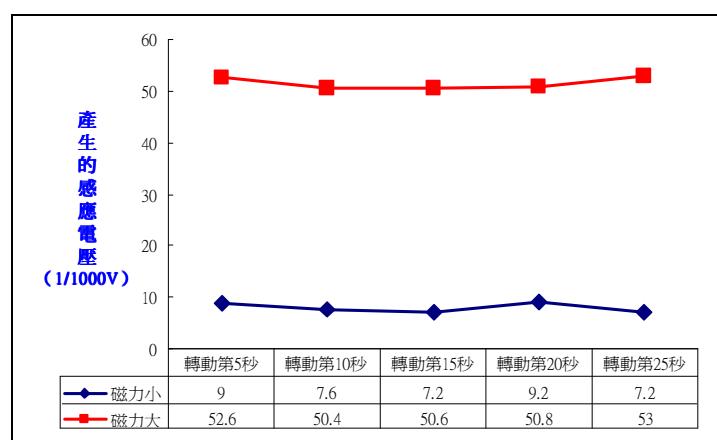


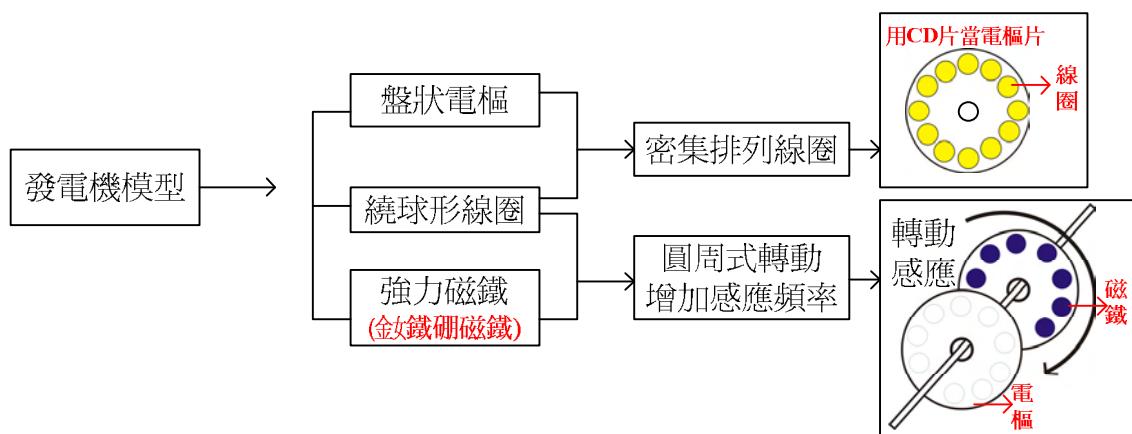
圖12：比較不同磁力大小產生的感應電壓

研究三：研究如何製作具高效能的發電機

從研究二的結果，我們發現漆包線的粗細、圈數、磁力大小會影響感應電流產生的電壓；此外也要考慮電樞重量不能過大以免影響電樞轉速。不過很沮喪的是，不管如何改善「反式馬達發電機」，其產生的電壓都不足讓一顆 LED 燈發亮；且發電機容易損壞又笨重。

此時，我們想到光碟機那盤狀電樞，有著密密麻麻的線圈和超強的磁鐵，其排法一定具有功效值得探討。再加上我們想到如果用整個盤面轉動，應該能產生較高的電壓。所以在考慮要有轉動的軸、能擺放線圈、能安排與線圈相對應磁鐵的考量下，「盤狀發電機」是我們值得深入研究的模型。

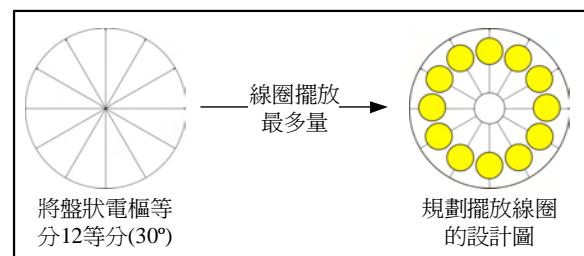
一、設計盤狀發電機模型的概念



二、討論磁鐵與線圈的排法

我們收集廢光碟片，並著手規劃如何讓一片光碟片上容納最多數量的線圈數；在討論過後，決定將圓畫分 12 等分。

因此，可用一片光碟片擺上 12 個線圈當電樞；也能用另一片光碟片擺放 12 個釤鐵硼磁鐵。



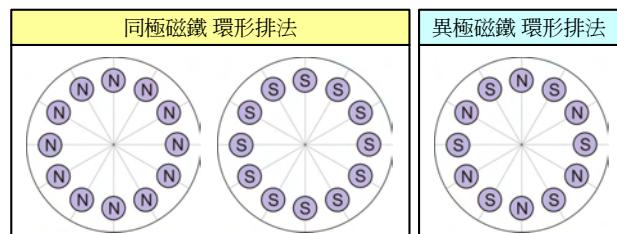
據此規畫，我們開始設計磁鐵與線圈的排法：

(一) 磁鐵排法

1.先測試釤鐵硼磁鐵極性，再設計「同極」與「異極」環形排法。

2.考量我們現有的釤鐵硼磁鐵數量與蒐集的參

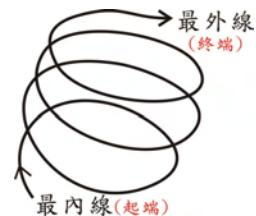
考資料介紹，我們選擇以「異極」環形排法方式形成發電機的磁場。



(二) 線圈排法

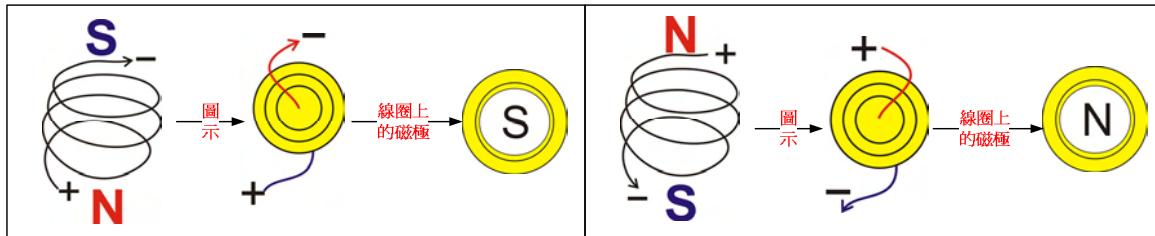
1. 決定繞線圈方式：

以順時針的方式繞成環形線圈；每繞好一個線圈就標示兩端線頭（繞入的起端線或是繞出的終端線）。



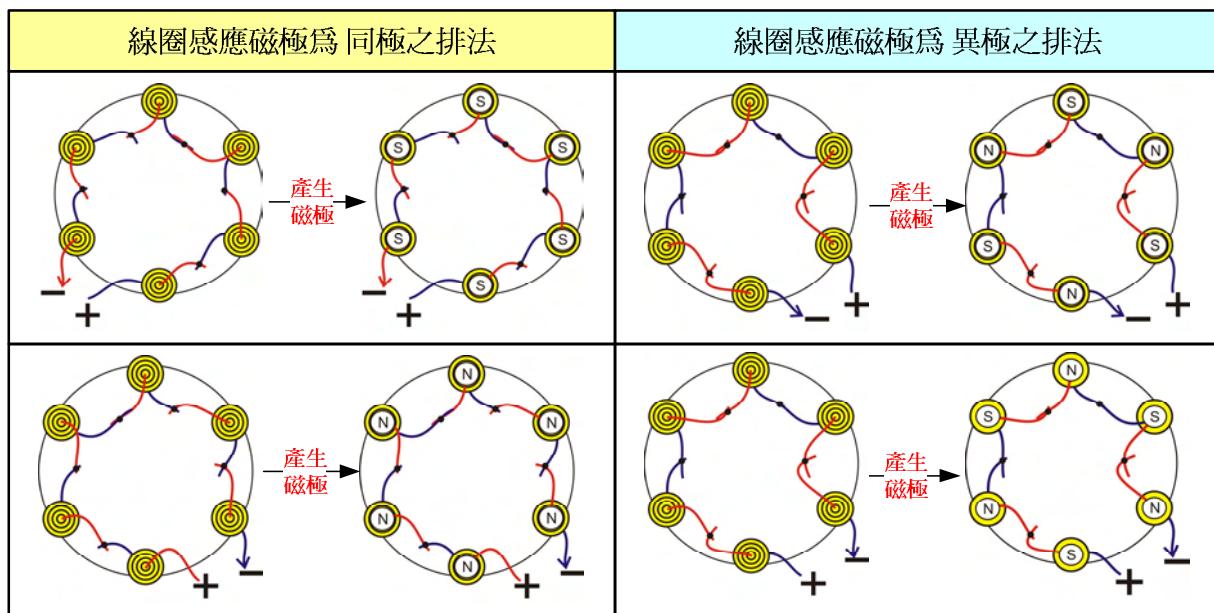
2. 判斷有感應電流時的線圈磁極：

利用「螺旋右手定則」判斷有感應電流時，線圈產生的 2 種磁極情形：

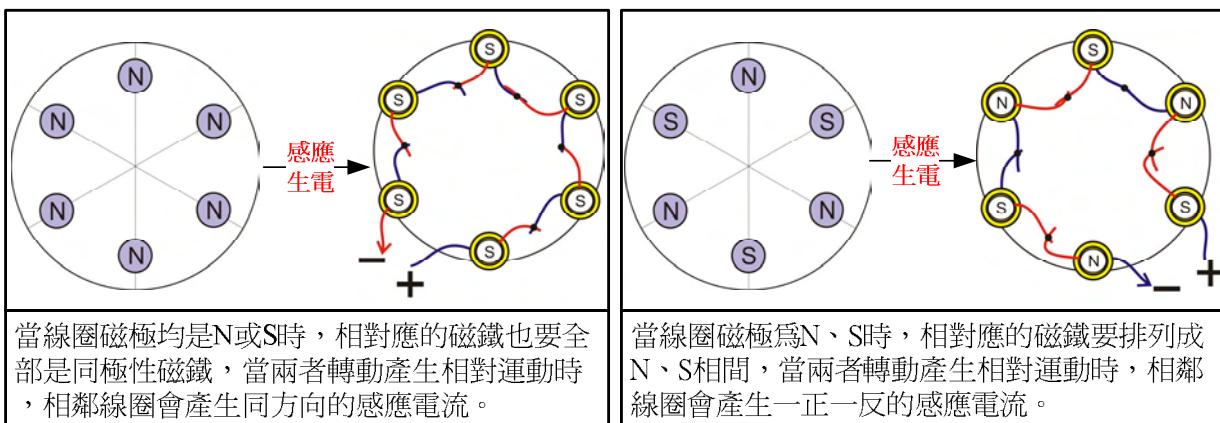


3. 設計線圈排法：

經過一連串繪製草圖、篩選與討論後，我們完成以下兩種「線圈感應磁極排法」：



(三) 根據磁鐵與線圈排法的組合推測感應的電流



三、發電機研發與改良歷程

我們花了兩個多月的時間研製構想中的盤狀發電機，共產出三代發電機，前兩代沒有成功不發電，透過重製、改良缺點、嘗試與討論，最後發展出能發電的第三代發電機。以下先介紹前兩代發電機的研發歷程，最後再說明第三代發電機成果與發電效能測試。

(一) 第一、二代發電機的研製歷程

1.概念

表2：盤狀發電機的研發概念說明表

	電樞形式	磁場設計
設計與材料	1.電樞片:將12個線圈黏在光碟片上 2.漆包線規格:0.25mm 3.線圈圈數:一個300圈 4.線圈構造:利用裁縫機的梭子纏繞環形線圈 5.線圈排列:採感應磁極異極排法	1.磁鐵片:將12個磁鐵黏在廢光碟片上 2.磁鐵材質:選用釤鐵硼磁鐵 3.磁鐵規格:直徑15mm,厚度3mm 4.磁鐵排法:「異極」環形排法
感應生電設計	1.連接方法:利用一根金屬製轉軸穿過電樞片與磁鐵片 2.組合方式:電樞用螺絲固定在轉軸上靜止不轉，磁鐵片僅穿過轉軸不固定 3.生電方式:轉動磁鐵片，以感應電樞片上的線圈生電，再拉出電樞片上的兩端電線，再利用我們研究的測電方式測得感應電壓值 4.電流形式:線圈磁極為N、S排列，對應的磁鐵也是N、S相間，所以磁鐵片轉動，會不斷產生一正一反的感應電流，也就是交流電。	

2.結果—成品與檢討

表3：第一代與第二代的盤狀發電機

	第一代 發電機	第二代發電機
設計概念	<p>(1) 一片電樞片置中不轉動。用螺絲鎖線圈，希望增加與集中磁力線。 (2) 兩片磁鐵片，分置電樞片前、後，各與電樞片上的線圈對應，同時轉動以產生包圍電樞的磁場</p>	<p>(1) 為避免磁性過強使系統變形，將金屬CD片改成塑膠材質，並取下線圈上的螺絲改用三秒膠固定。 (2) 一片電樞片置中不轉動。 (3) 為減輕系統重量，改成一片磁鐵片，與電樞片上的線圈對應，轉動感應線圈。</p>
成品		
檢討	<p>(1)整個裝置太重，固定在支撐架上後，無法保持水平。 (2)原本想增加磁力的螺帽組與磁鐵互相緊緊吸住，使整個裝置系統嚴重變形，無法測試電壓。</p>	<p>(1)裝置重量已有減輕，可以裝上支撐架測量電壓，但系統仍有傾斜不穩的狀況。 (2)無法使一顆LED燈亮。 (3)用三用電表檢測，電壓非常不穩且十分微弱。</p>

(二) 第三代發電機

我們根據前兩代發電機研發經驗，重擬發電機的設計想法與改良方式。

1.想法：減輕發電機的重量及縮小發電機系統，改利用更有效率的轉動方式。

2.改良：

(1) 減輕及縮小裝置

【電樞形式】：

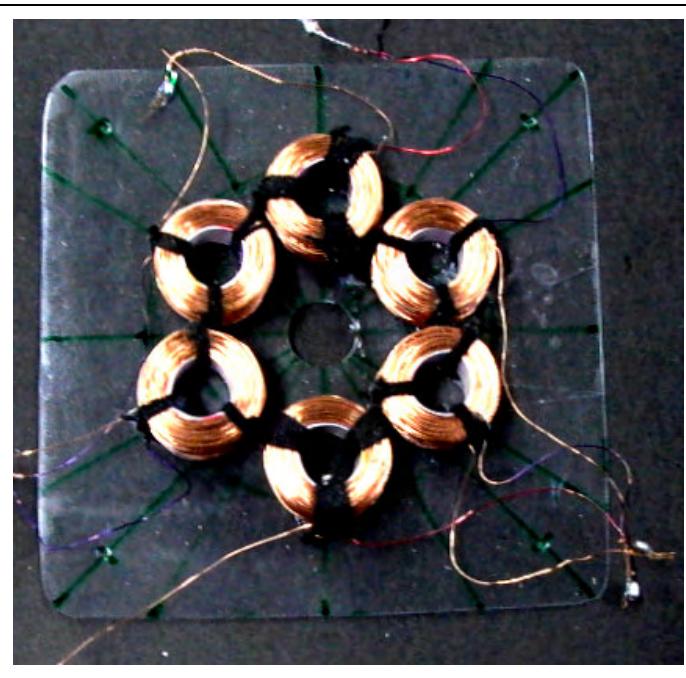


圖13：盤狀發電機的電樞片

- ① 換掉笨重的光碟片，改成薄透明片；再裁成符合我們研究需要的形狀。
- ② 不用笨重的裁縫梭子繞線圈；改用自製的纏繞器(圖 2)纏繞緊實又小巧輕盈的線圈(維持順時針方向纏繞)。
- ③ 改更細的漆包線 (0.19mm)，並提高圈數(400 圈)的方式完成線圈。
- ④ 縮小電樞片尺寸，將原本 12 個線圈量改成 6 個線圈量。仍維持讓一片電樞片達最飽和的線圈量。

【磁場設計】：

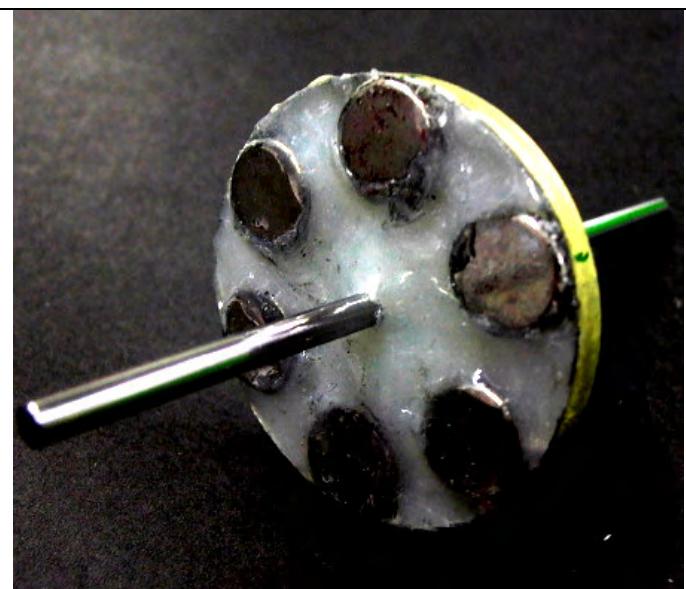


圖14：盤狀發電機的磁鐵片

- ① 改用薄蓋(蜆精罐的蓋子)換掉笨重的光碟片，再用樹脂固定好磁鐵，並採異極環形排法。
- ② 配合線圈大小，更改釤鐵硼磁鐵尺寸(直徑 10mm,厚 5mm)。
- ③ 改用更細的轉軸穿過並黏住磁鐵片，讓磁鐵片的轉動能更加順暢有效率。
- ④ 縮小磁鐵片尺寸，將原本 12 個磁鐵量改成 6 個磁鐵量。

(2) 提高發電機的轉動效率

縮小並減輕裝置重量後，如何提高轉動磁鐵片的轉速是一大挑戰。我們在偶然情況下發現「立可帶」內的齒輪組（齒輪比約 1:2），靈機一動，商請老師幫我們在「立可帶」殼鑽洞，裝上我們的磁鐵片，把它運用在我們盤狀發電機的轉動系統上，提高發電機的轉動效能。

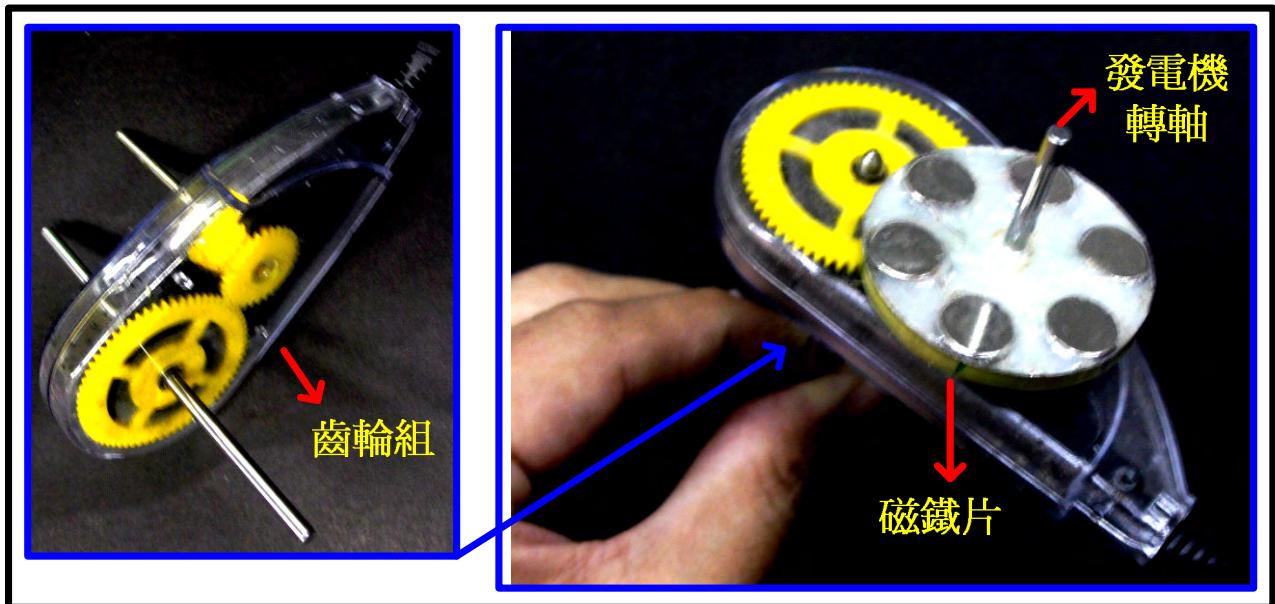
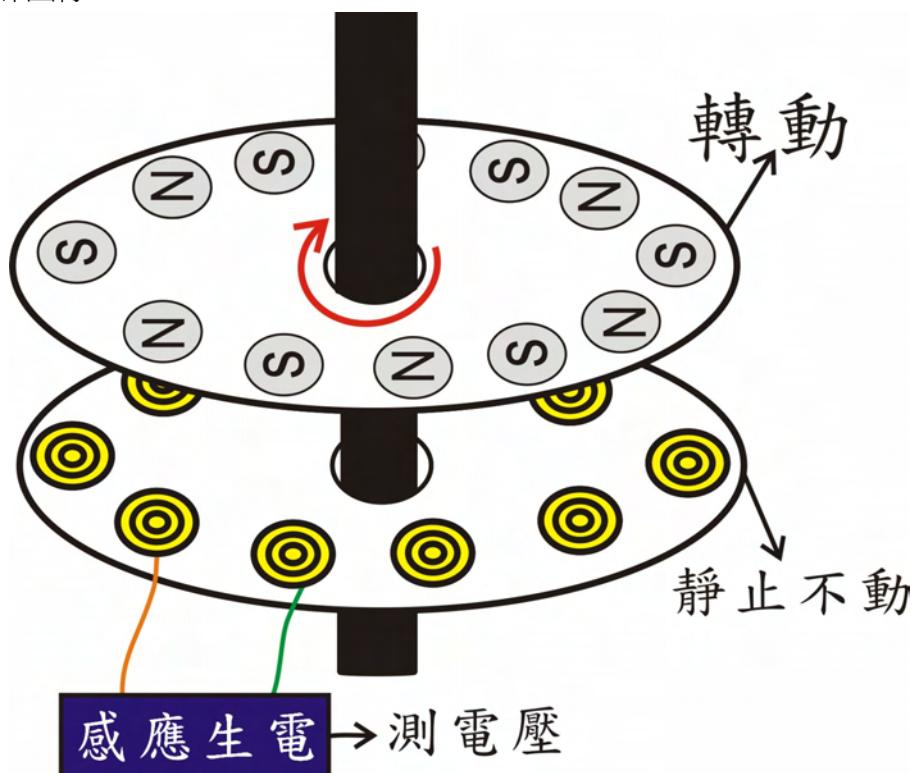


圖15：裝上齒輪組的盤狀發電機轉軸

2.結果：

(1) 成品設計圖像



(2) 成品圖示與說明

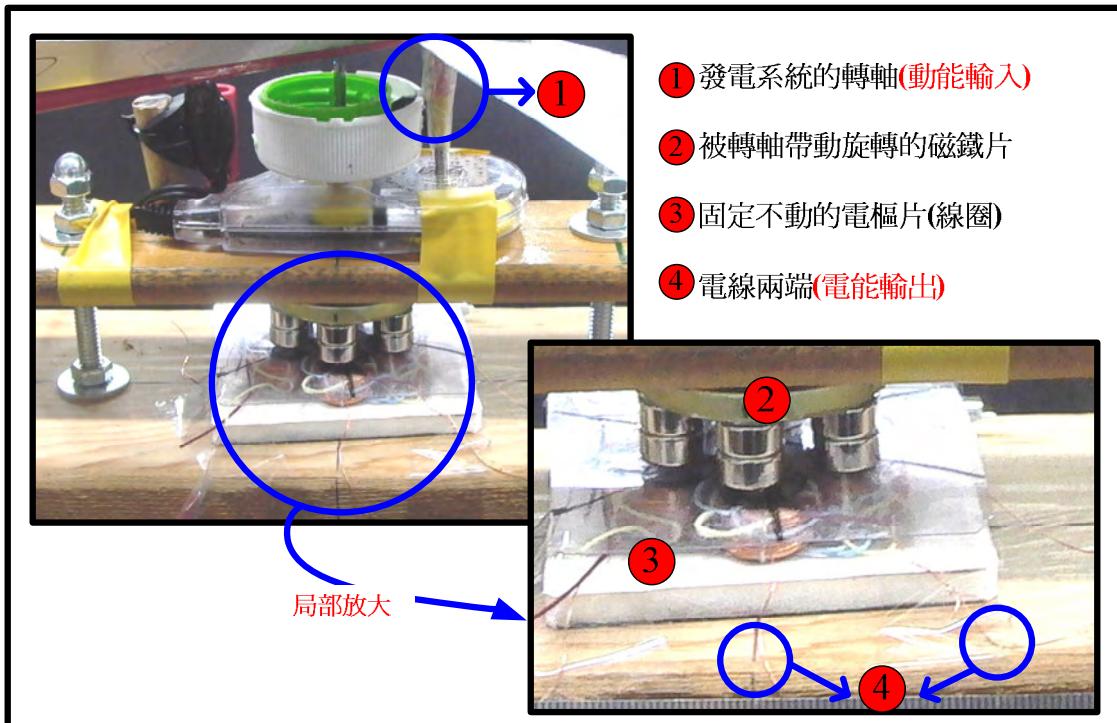
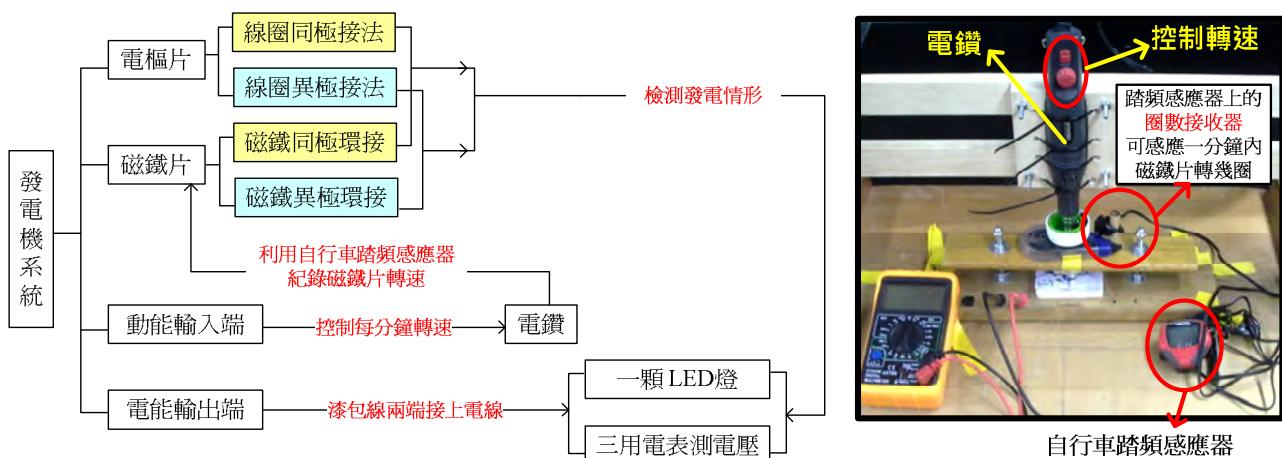


圖15：研究成功的盤狀發電機系統

(3) 檢測

根據之前推測的兩種磁鐵與線圈排法組合，利用控制轉速方式(最慢到最快速)檢測發電情形。



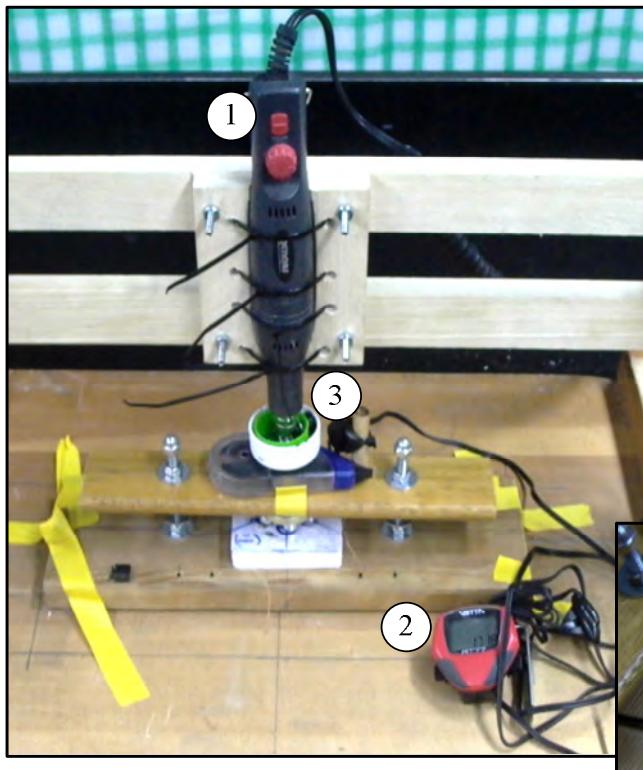
(4) 發現異極排法發電效能比較好，見下表 4。後續研究便以此發電形式繼續探討。

	異極排法的感應電流	同極排法的感應電流
異極排法的感應電流	 三用電表能測出ACV電壓最大值是9V	 三用電表測不出ACV電壓 能測出DCV電壓最大值是0.158V

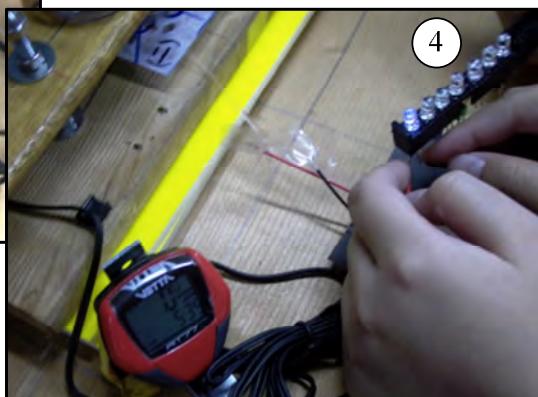
四、發電機的發電效能測試：

(一) 目的：我們想探討提高發電機的轉速是否真能提高感應產生的電壓？

(二) 過程：



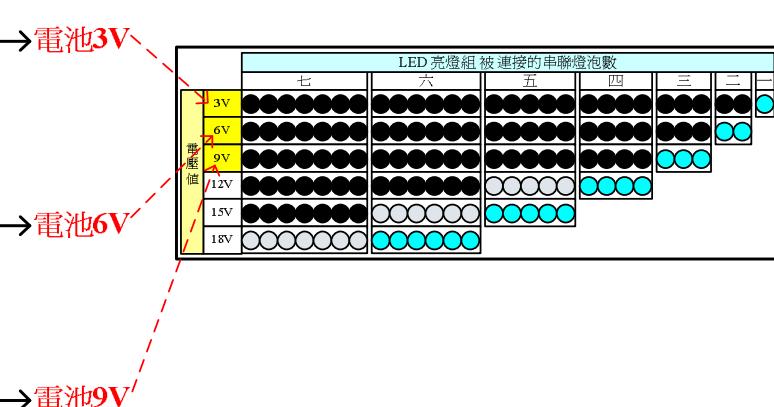
1. 將發電機的電能輸出電線兩端接上「LED亮燈組測電器④」。
2. 將「自行車踏頻感應器」②上的「圈數接受感應端」③綁在發電機的磁鐵片旁(沒接觸)。
3. 準備有控制轉速的電鑽①，將鑽頭接上發電機的動能輸入轉軸上。
4. 啓動鑽頭，控制轉速，由慢速逐漸調整至快速，在過程中記錄各轉速值使「LED亮燈組測電器④」的亮燈情形，紀錄成表5。
5. 根據表4結果比對表1，即可推估發各轉速值能使發電機產生多大的電壓。



(三) 結果：

表5：在不同轉速下LED燈的亮燈情形

發電情形	亮燈情形
500	●●●●●●●●
700	●●●●●●●●
900	●●●●●●●●
1050	●●●●●●●●
1200	●●●●●●●●
1400	●●●●●●●●
1600	●●●●●●●●
1728	●●●●●●●●

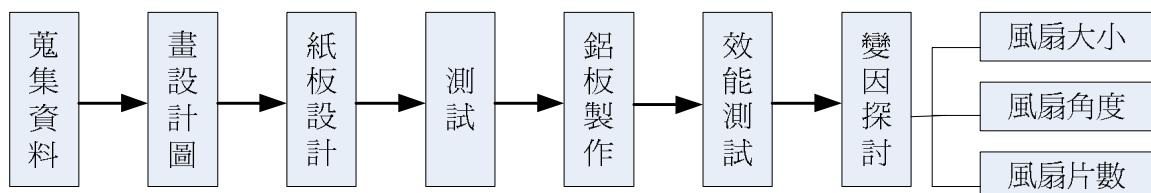


註: ●指燈沒亮。○燈微亮。○燈閃爍亮。●燈很亮。

- 我們控制轉軸每分鐘 500~1728 轉，利用 LED 亮燈組測電器的亮燈情形，記錄發電機發電情形(表 5)，再比對表 1，就能知道我們的發電機發電電壓在 3~9V 之間。
- 發電機的轉軸轉速越快，產生的電壓越高。

研究四：研究如何利用風力發電

把發電機做好後，我們便迫不及待的想知道「怎麼讓它開始工作！」。自然產生又沒有污染的「風」，就變成了我們運用動力的主角。於是我們開始作風扇設計的探討。



(一) 風扇設計過程

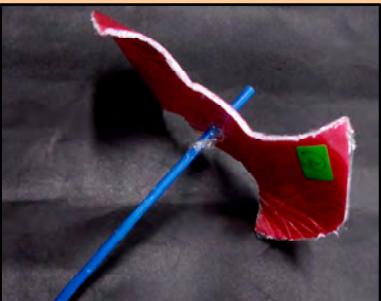
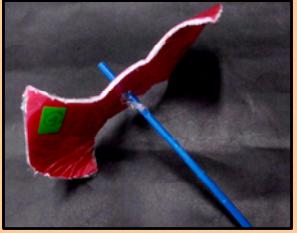
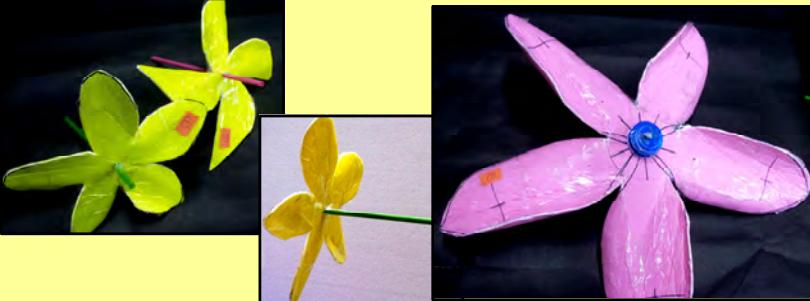
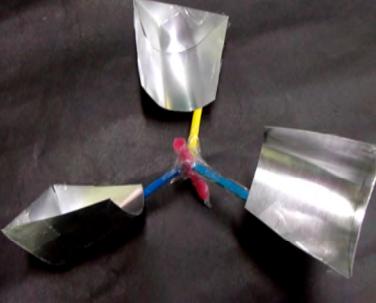
- 材料：保特瓶、珍珠板和鋁板
- 實作發現：我們先拿最方便的取材－保特瓶製作風扇，但因有些缺點，故改用珍珠板當製作材料；直到要測試發電時，又發現珍珠板不夠堅固也不易塑造立體造型，故改用鋁板做成設計的風扇實品。

表6：比較不同材質製作風扇的優缺點

材質	保特瓶	珍珠板	鋁板
材質			
優點	回收物品再利用 具環保精神	容易切割、材質輕	容易切割、材質輕、 材質堅固且易塑形
優點	不好裁剪不易塑形 容易受傷	容易破損、折裂 不易塑造立體造形	必須小心銳利的邊緣 容易割傷手

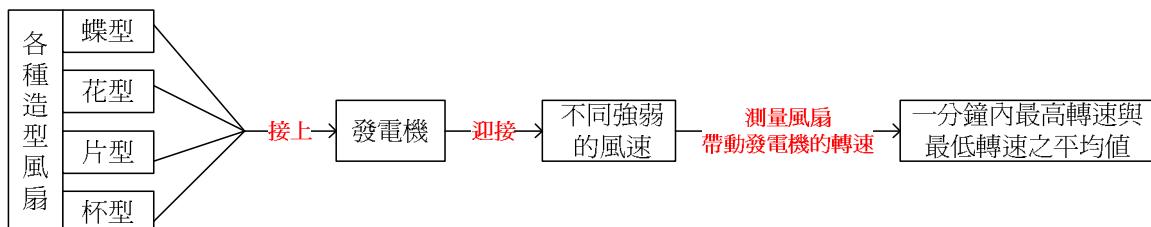
3. 設計完成的風扇造形

表7：各種造型的風扇研發歷程與最後成品

類型	風扇設計演變過程		最後成品
蝶型			
花型			
片型			
杯型			

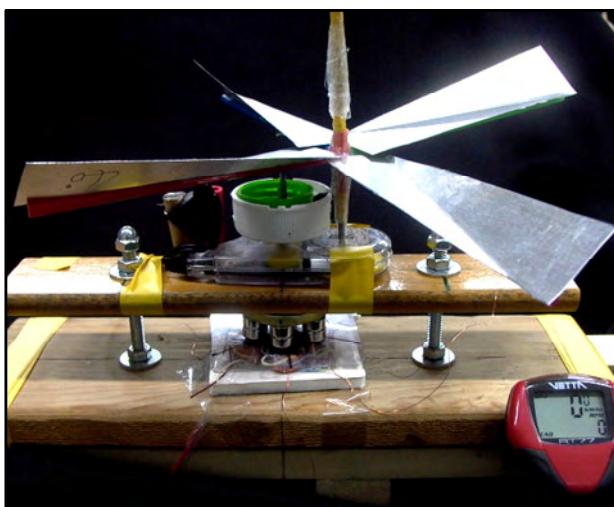
(二) 比較不同風扇形狀的發電效能

1. 構想

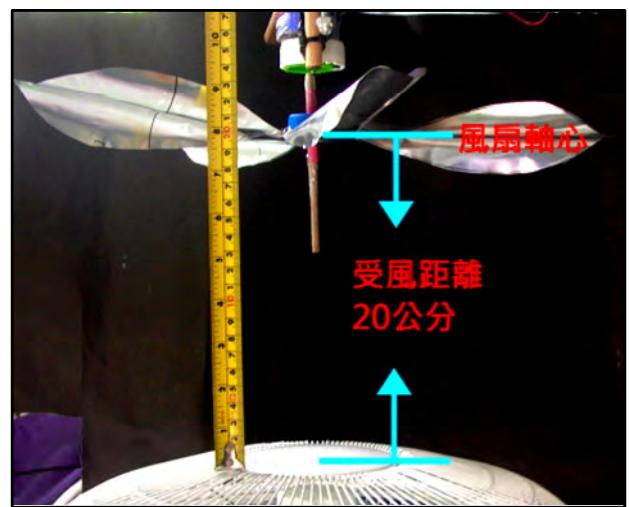


2.測量過程

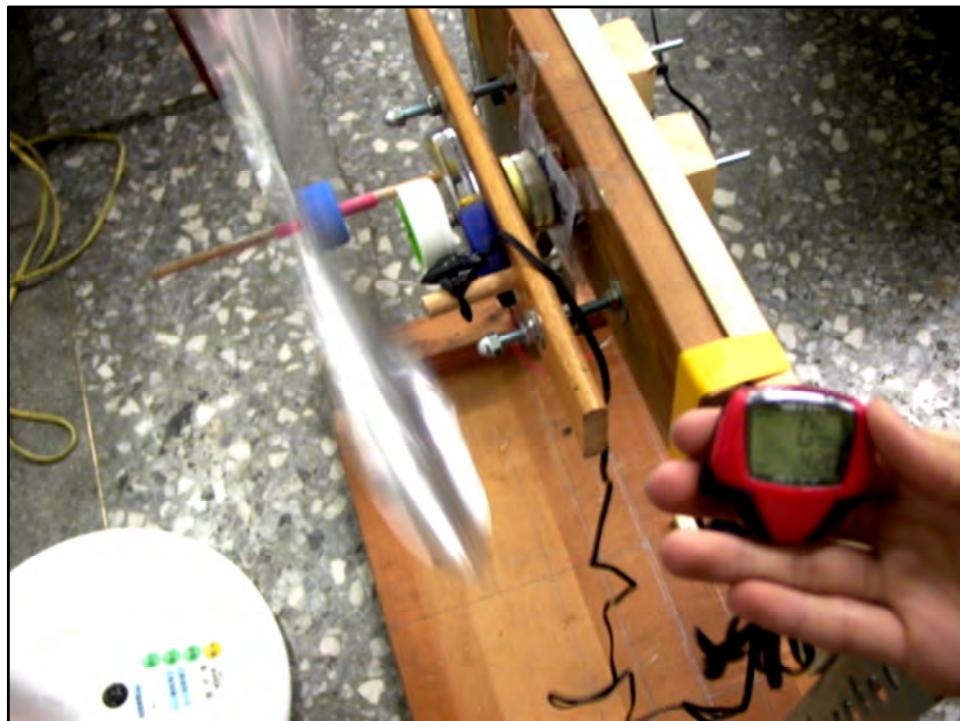
- (1) 將研製的風扇固定在發電機動能輸出的轉軸上。
- (2) 固定風扇迎風距離:風扇轉軸與電風扇中心距離固定為20公分。
- (3) 開始測量風扇帶動發電機的轉速:按下電扇弱風開關，待轉速穩定後，紀錄計數器上轉動圈數的數值，在一分鐘內取該風扇的最大轉速及最小轉速值，再取其平均值作為風扇之代表轉速值。
- (4) 再轉至中風、強風時，重複(3)的步驟記錄。



組裝風扇在發電機系統

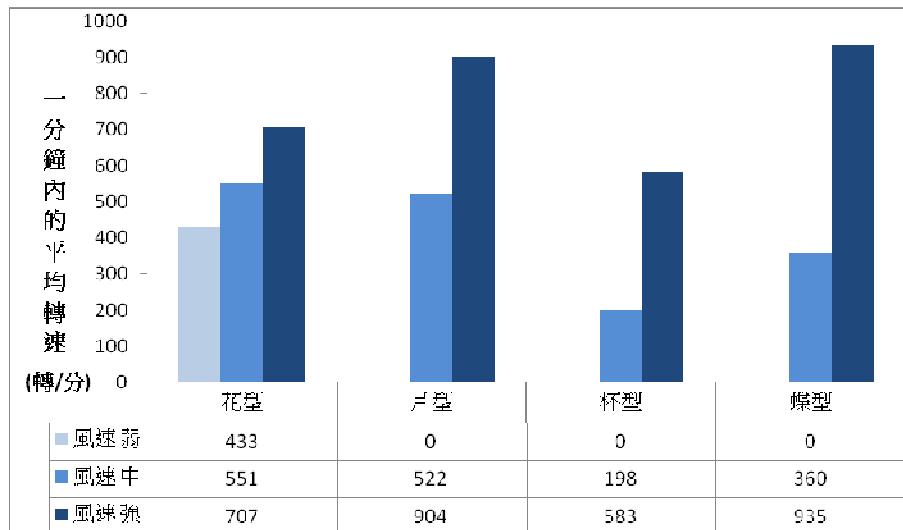


固定風扇受風距離



開始測量受風時,風扇帶動發電機的平均轉速

3.結果



從各造型風扇轉速的實測實驗中可以知道：

- (1) 在弱風情況下，只有「花型」會轉。不過「花型」風扇在不同風力大小下的轉速變化不大，在強風情況下，反而不是最多轉速的風扇。
- (2)「杯型」扇葉的轉速最差。
- (3)「蝶型」與「片型」在不同風力下，轉速較有變化；強風時兩者的轉速相當，中風時的轉速是「片型」較大；代表只要風力夠讓「片型」風扇轉，它的轉速就蠻高的。再加上「片型」風扇的扇葉容易裁切也易塑形變化，所以我們決定取片型扇做進一步的變因探討，再研發出更易帶動發電機的風扇。

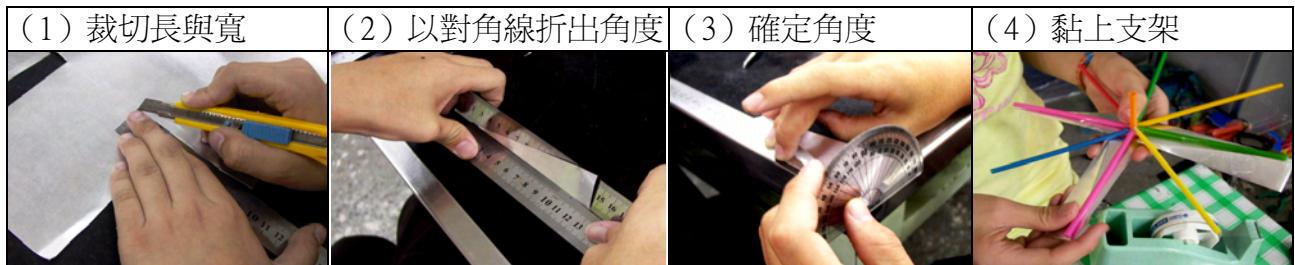
(三) 研究如何改善風扇以提高發電效能

1.構想

再改良片型風扇的扇葉，從可能會影響其轉速的變因進行探討，以期讓片型風扇組裝的發電機能轉得更快，產生更強的電壓。

2.製作扇葉方法：

研製一套固定裁切、製作片型風扇扇葉的方法。

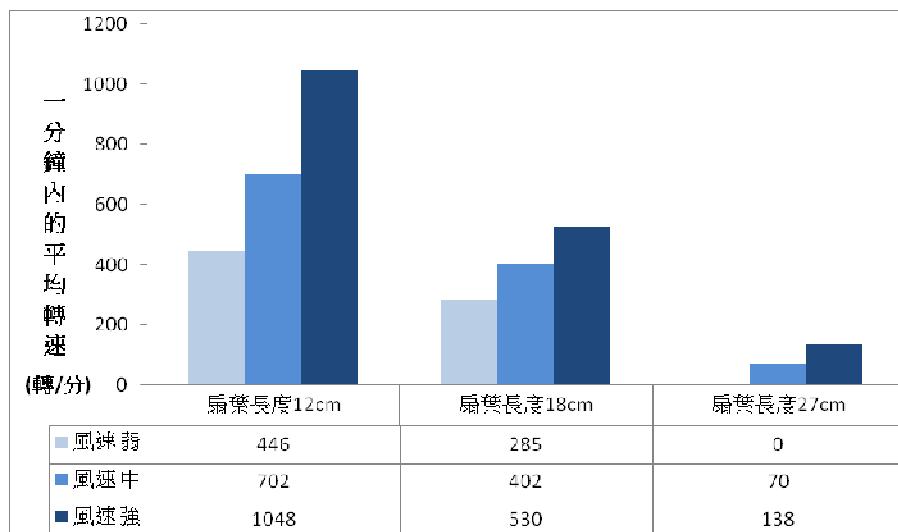


【探討變因一】：改變扇葉長度

(1)、設計

- ① 控制變因：扇葉寬度（3cm）、角度（20 度）和片數（4 片）。
- ② 操作變因：三種不同的扇葉長度（12cm、18cm、27cm）。

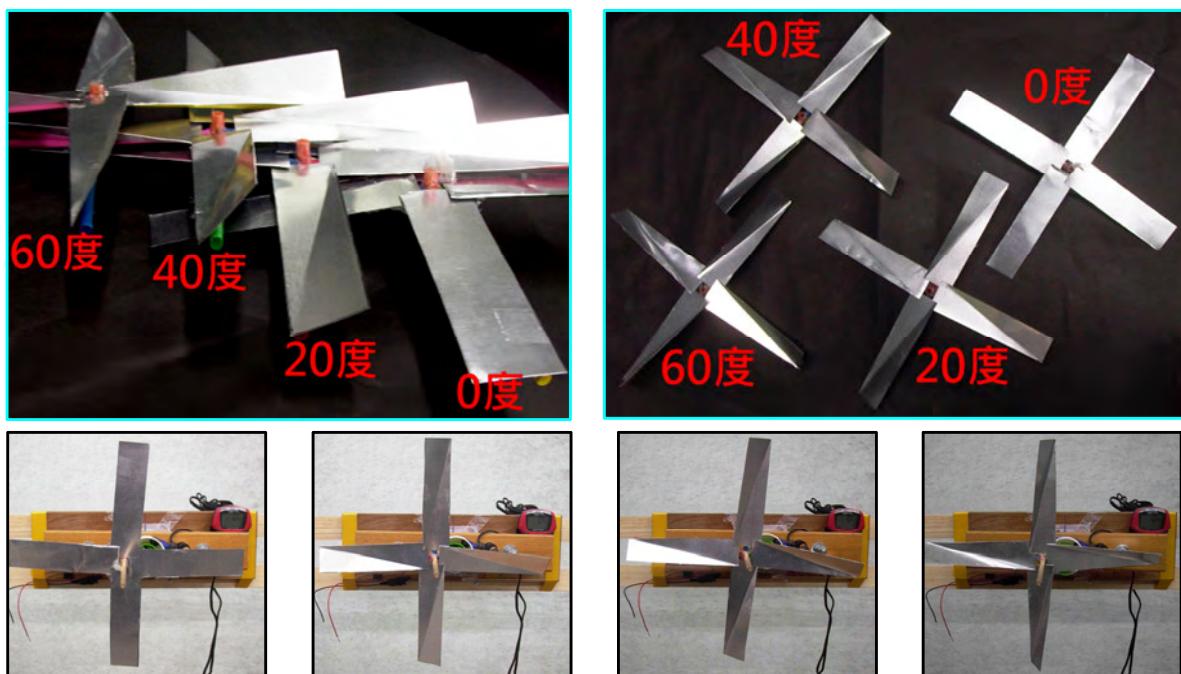
(2)、結果：同樣形狀的風扇，在不同風力下，扇葉越長轉速越慢。



【探討變因二】：改變扇葉角度

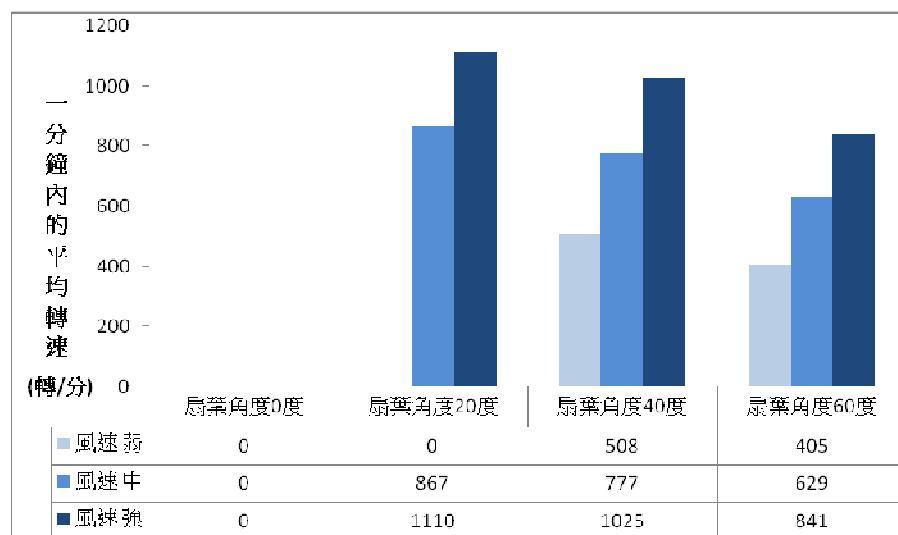
(1)、設計

- ① 控制變因：扇葉寬度（3cm）、長度（12cm）和片數（4 片）。
- ② 操作變因：四種不同的扇葉角度（0 度、20 度、40 度、60 度）。



(2)、結果：

- ①扇葉若沒有角度，不管風有多強都完全無法轉動。
- ②在弱風情況下，扇葉角度若太小（20 度）也無法轉動。
- ③在中與弱風情況下，都是小角度扇葉的轉速最快。
- ④由此可知，扇葉角度不需太大，但需要具備足夠能受風的角度才能轉；只要扇葉能受風，扇葉角度小就能有高的轉速。



【探討變因三】：改變扇葉片數

(1)、設計

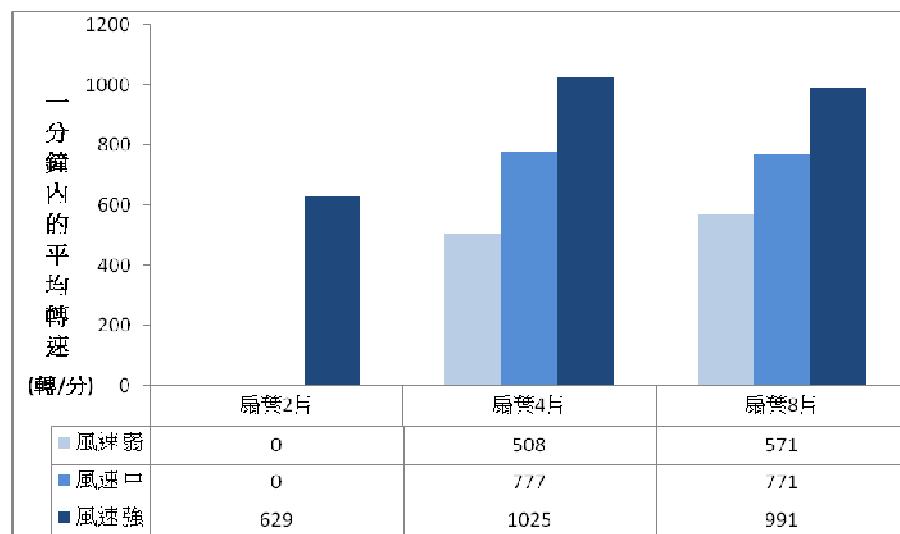
- ① 控制變因：扇葉寬度（3cm）、長度（12cm）和角度（40 度）。
- ② 操作變因：三種不同的扇葉片數（2 片、4 片、8 片）。



(2)、結果

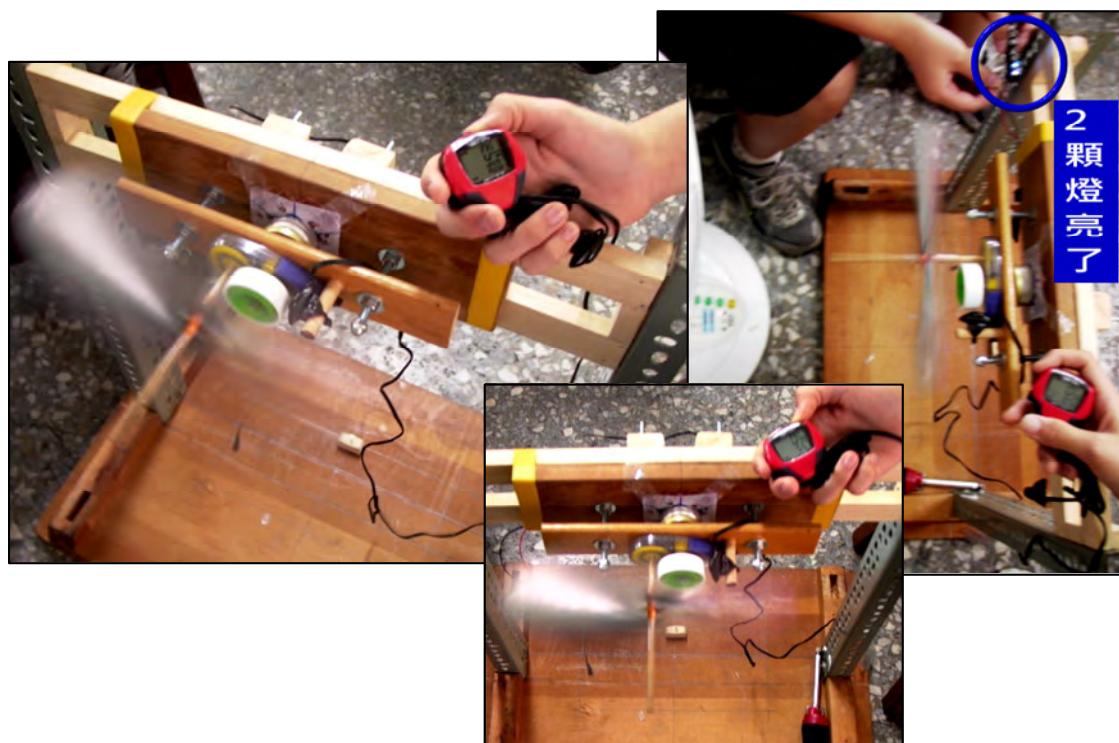
①2 片扇葉只有在強風下才會轉動。

②在不同風力下，4 片扇葉的轉速比 8 片稍快；但是兩者轉速相差不大。



(四) 綜合討論

經過一連串風扇設計、測試與改進，我們發現片型風扇易製造且在相同風力下會有較高的轉數。再深入探討，可發現不需要裁切太長的扇葉，扇葉只要折 20 或 40 度，準備四片扇葉，就能作出具高轉速的風扇。最後，我們參考實驗結果，製作一個高效能的風扇(長度 12cm、角度 40 度、四片扇葉)裝在我們辛苦研製的發電機上，果然風扇轉得好快，產生的電壓讓 2 顆 LED 燈亮了！看到此現象，突然覺得這麼長以來的辛苦都值得了！



研究五：探討線圈粗細與數量對發電機發電效能的影響

蒐集的資料中提到：大型的風力發電機內使用的是「粗銅線」；像我們體積這麼小的發電機，也適用粗線圈嗎？在相同磁場範圍內、固定磁鐵轉速時，改變擺放的線圈個數，使其感應頻率不同時，會改變電壓值嗎？因此我們以研究三的發電機模型，再做線圈粗細與數量的變因探討。

一、設計

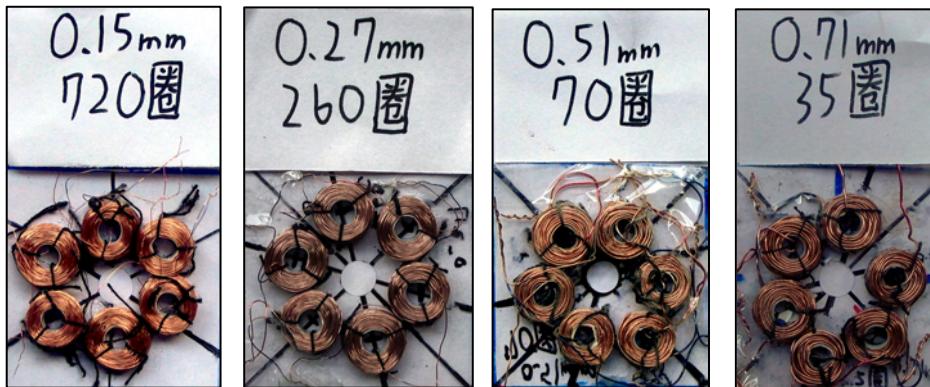
(一) 發電機模型

1. 磁鐵：18 顆直徑 10mm，厚 5mm 的鉀磁鐵。（每層 6 顆，共三層）。
2. 線圈：異極接法；線圈大小固定(直徑 2cm)

(二) 變因設計

在控制線圈大小均相同的狀況下，使用細線圈時，所纏繞的線圈圈數會比較多，選擇粗線圈時，線圈數相對會減少。因此，在不改變磁鐵大小與數量的情形下，不同線圈粗細與所能繞出的線圈圈數結果如下表：

線圈大小	直徑 2cm			
線圈粗細	0.15mm	0.27mm	0.51mm	0.71mm
可繞圈數	720 圈	260 圈	70 圈	35 圈



(三) 動力來源

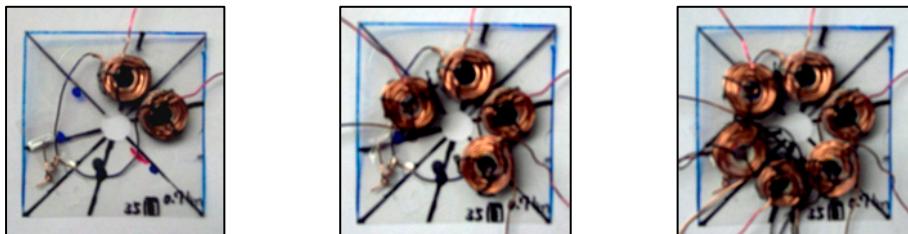
利用研究四中最佳風扇（長 12cm、寬 3cm、扇葉 4 片）帶動發電機轉軸，並以電風扇（微風、中風、強風）控制轉速，再進行發電效能的測量。



開始測量受風時風扇帶動發電機的平均轉速

二、測試過程

實驗時，我們將所繞的線圈類別，依序先擺放 2 個線圈，依照異極排法的接線方式，置放入自製發電機裝置中，開始實驗（如研究四實驗，19 頁），以三用電表及 LED 亮燈測電組測試各組線圈在不同轉速時的發電效能。記錄完畢後，將塑膠片拿下，再加入兩個線圈，重複以上實驗；同樣方式，再增至六個線圈，記錄其發電效能。



三、實驗結果

線圈粗細與個數			轉速/分鐘	弱風	中風	強風
對照組	0.19 mm	6 個		550-650	750-850	1050-1150
		亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●	
實驗組	0.15 mm	2 個	電壓 (ACV)	2V	3V	6V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		4 個	電壓 (ACV)	1.5V	2.2V	3.0V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	0.27 mm	6 個	電壓 (ACV)	2V	2.8V	3.8V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		2 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	0.51 mm	4 個	電壓 (ACV)	0.4V	0.7V	1.1V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		6 個	電壓 (ACV)	0.9V	1.4V	1.6V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	0.71 mm	2 個	電壓 (ACV)	1.2V	1.9V	2.6V
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		4 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		6 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
		2 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	4 個	4 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●
	6 個	6 個	電壓 (ACV)	--	--	--
			亮燈情形	●●●●●●●	●●●●●●●	●●●●●●●

註：(1)對照組是指研究四的實驗裝置與結果，實驗組則是此研究的線圈變因探討。

(2)亮燈情形是記錄「LED 亮燈組」的燈亮數量與亮燈情形；●代表燈不亮，●●代表燈微亮會閃爍，●●●代表燈很亮。

我們發現：

(一) 在線圈粗細選擇上：

實驗組中，較細的漆包線（0.15mm、0.27mm 漆包線），產生的電壓值較高，發電效能較好。而粗漆包線纏繞的線圈裝置在發電機上，無法測出電壓。

(二) 在感應線圈的數量上：

對照組的發電效能高於實驗組，我們推測原因是漆包線細且線圈數多產生的電壓會較大；因為從實驗組的結果可發現，以 0.15mm 及 0.27mm 兩種漆包線尺寸作比較，當感應線圈的數量增加時，電壓也會跟著增加。所以當初在研究三的線圈與磁鐵的排列上，我們選擇排入較多的線圈數的想法是正確的。**用 0.15mm 的漆包線所纏繞出的線圈在 2 顆與 4 顆時的電壓值，會隨著風扇轉速及數量增多而增加。不過，當我們加至 6 顆時卻測不出電壓。**

(三) 當我們提高發電機轉速時，電壓值也會隨著轉速提高而增加。

柒、研究結論

一、影響發電機發電的因素

藉由認識馬達內部構造，我們了解線圈和磁鐵是影響發電的主要因素，因此從此方向進行簡易反式馬達發電機發電的變因探討，發現漆包線粗、圈數多及磁力大會提升發電效能，但也易因重量過重拖累轉速影響發電。

二、研發自製盤狀發電機

我們設計盤狀電樞、利用強磁力的釤鐵硼磁鐵，以圓周轉動而感應生電的方式研發發電機。歷程中我們發現：

- (一) 藉由線圈與磁鐵的排列組合情形，推測能產生「同方向感應電流」和「不同方向感應電流」兩種形式。但測試電壓結果發現，「不同方向感應電流」排法才能產生較大電壓。
- (二) 系統太大、太重容易變形，不易帶動轉軸，產生電壓極小且不穩。因此，把系統縮小、加上運用「齒輪組」加快轉速，便能提高發電機的發電效能。
- (三) 利用研究自製「LED 亮燈測電器」能發現：發電機上的動力轉速越快，發電效能越高，LED 亮燈數越多。

三、運用風力帶動發電機發電

我們採用質輕易塑形的鋁板來製作風扇，並透過扇葉設計與轉速實驗探討。最後推薦以四片葉面長 12 公分、寬 3 公分、40 度折角的片型風扇轉動效果最好，即使是微風也能轉動發電機；如果風力越強其轉速會越快，產生的電壓也會越強。

四、發電機內線圈粗細與個數的選擇

線圈粗細的選擇應考慮發電機內部的構造與大小，在我們自製的發電機裡，細漆包線所繞成的線圈與增加感應線圈的數量都能讓發電機產生較高電壓、增強發電效能。

我們自製的盤狀發電機，只要有一個能轉動它的動力來源就可以讓它發電，除了運用風力外，未來還可以考慮運用在其他地方，像是：腳踏車踏板轉軸裝置、水車等自然無汙染的動力來轉動，這就是我們的研究貢獻。

捌、參考資料

- 一、電學理論,福田務,興也達哉,栗原豐,向板榮夫,2007,建興文化事業有限公司
- 二、電機學,吳 朗,2008,全華圖書出版社
- 三、自然與生活科技教學指引,史家瑩,2008,翰林出版社

【評語】080120

雖然主題並不新穎，但在原理探究以及實驗方法步驟上頗為精進，深具動手實作研究問題的精神，對於艱難的問題亦能引導思考下解決，誠屬可貴。