

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 物理科

佳作

080107

溝渠發電-廢棄腳踏車變形微型川流式水力發電機

學校名稱：新北市淡水區竹圍國民小學

作者：	指導老師：
小五 錢佑涵	陳建興
小五 陳婕妤	邱玉彤
小五 李無憂	
小五 劉洺呈	

關鍵詞：水力發電、川流式、感應電流

## 摘要

本研究利用廢棄腳踏車設計與製作微型川流式水力發電機，研究目的：首先研究最佳發電線圈，其次製作水平發電機，設計水輪機，最後完成微型水力發電機。研究結果：漆包線直徑 0.5mm 繞 1000 圈，中心為木心、線圈直徑 6.0cm 發電效能較佳。利用最佳線圈製作的水平發電機在磁鐵盤速度 20Km/h，功率約 84W。微型川流式水力發電機在水流流速 3.5 公尺/秒，磁鐵盤速度 30Km/h 時，發電功率約 220W。在灌溉溝渠實際測試，在水流流速 0.9 公尺/秒，磁鐵盤速度 10Km/h 發電功率 14.5W，足夠提供 4 個 12V 的 LED 電量，具實用價值。台灣有溪流或水圳都可設置川流式水力發電機，降低生態影響、提供環保發電方式。

## 壹、研究動機

現在氣候暖化的問題日趨嚴重，主要原因是因過度的使用石化燃料，其中以火力發電是主要原因之一。有一天我們到附近農場玩時發現有一條灌溉溝渠，看見溝渠的水流流速很快，我們想到了：如果能製作一台只要放進溝渠中，利用水流動的力量，帶動水力發電機發電，豈不是既環保又方便的發電方式嗎？

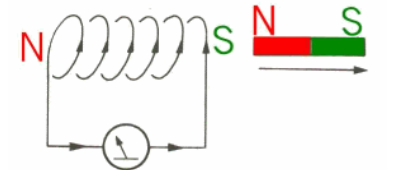
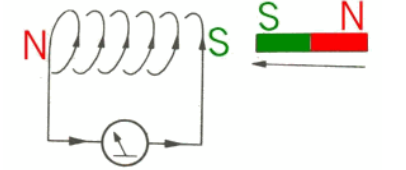
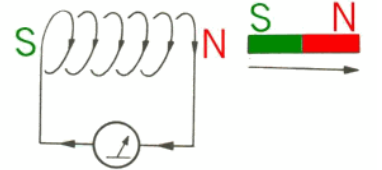
## 貳、研究目的

- 一、研究製作最佳發電線圈
- 二、利用最佳線圈與強力磁鐵製作水平發電機
- 三、利用廢棄腳踏車設計製作微型川流式水力發電機與其發電效能分析
- 四、研究微型川流式水力發電機的改良提升發電效能

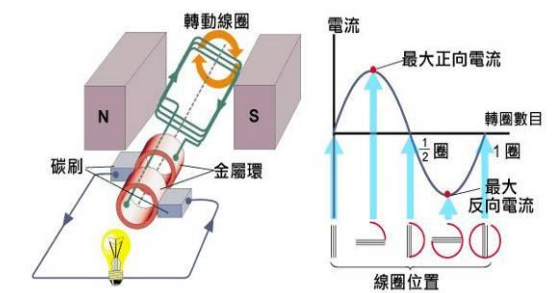
## 參、文獻探討

- 一、黃思詠、許軒哲、黃思詞（2012）發電 800W。水平發電機結構簡單、製作比較容易、發電量大的特點。

二、冷次定律：因磁場感應所生之電流，其所生的磁場恆抵抗原來的磁場變化方向。

		
<p>當磁鐵向右遠離線圈時，因感應而生的感應電流，感應生成的感應磁場→想把磁鐵拉回。</p>	<p>當磁鐵向左靠近線圈時，因感應而生的感應電流，感應生成的感應磁場→想把磁鐵推開。</p>	<p>當磁鐵再次遠離線圈時，所感應所產生的感應電流，感應磁場→想把磁鐵拉回。</p>

三、法拉第的發電原理：

<p>奧斯特（電磁學之父）的電磁效應，法拉第發現既然電與磁有密切聯繫，電能產生磁，那麼它的逆效應「磁能產生電」。一八三一年的某一天，反過來利用磁的運動也可以產生電流，把一塊磁鐵放入金屬線圈中時，會使電流流入線圈，拿出磁鐵時，電流則反方向流動。電流不能無中生有，<b>必須作功才能產生電磁感應現象。</b></p>	
--	--

四、微型水力發電機一定設在有水位落差的地方，利用築壩攔集溪水，水流經引水渠流入，然後經引水管進入機房內的微型水力發電機，推動水輪帶動發電機發電。以 200 瓦而言，入水引道的水流截斷面積約 40cmx 40cm，水流流速 2 公尺/秒。

五、**川流式水力發電系統**：屬於低水位，不用築水壩，主要是利用水圳渠道內水流的衝力，推動設在渠道內的水輪機，經由齒輪變速箱的傳動，帶動發電機發電。



微型軸流式水力發電機



微型衝擊式水力發電機









川流式水力發電機

六、依據相關研究，設置微型水力發電機條件多，水流面積要大，流速要快，又需要水位落差的地方，要築壩攔集水，引水管等。我們發現一般的溪流要有這種條件的地方不多。

**所以我們想設計製作一種，不需水位落差，不需築壩攔集水，也不需引水管的微型水力發電機，它可以方便攜帶，並能在小型的溪流或溝渠使用。**

## 肆、研究設備與器材

### 一、設備

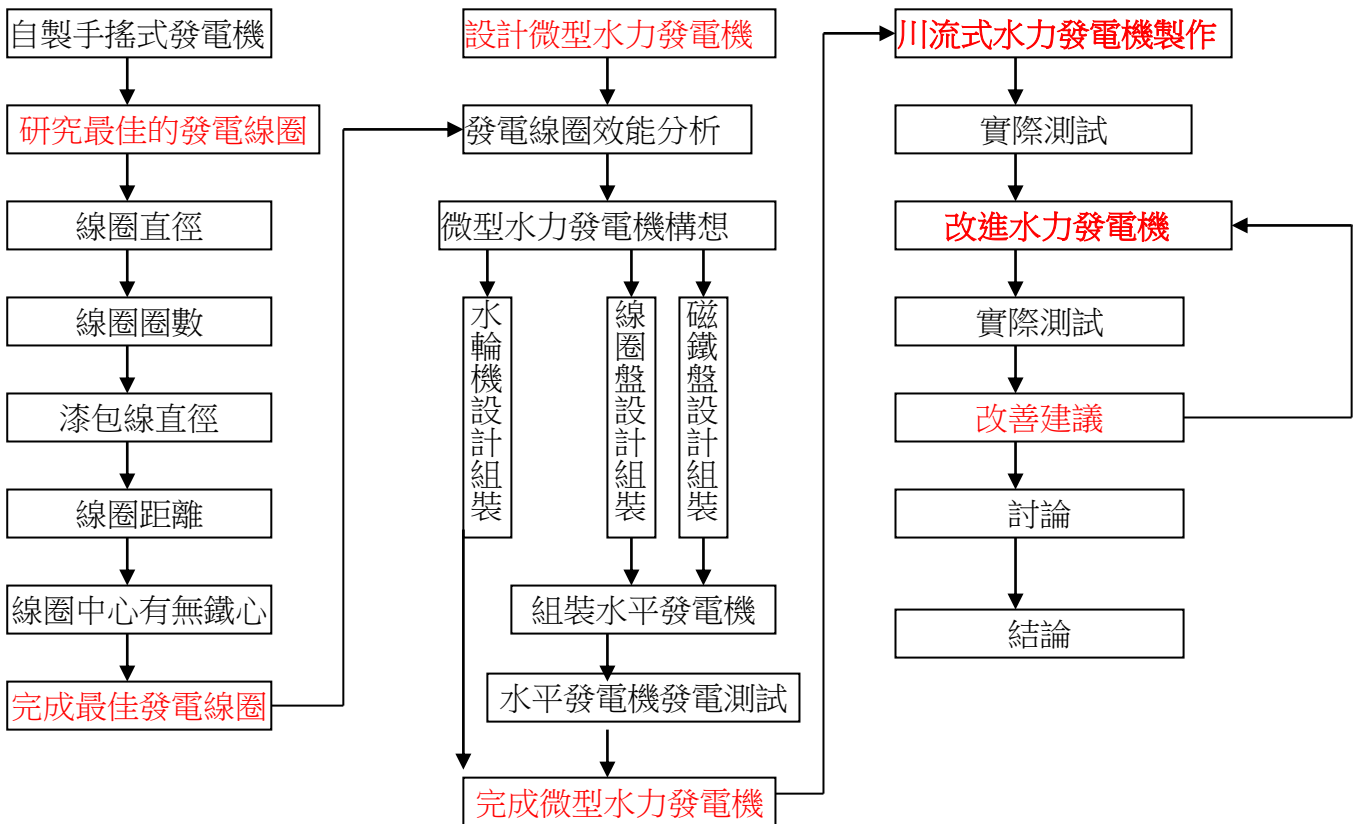
舊腳踏車		桌上型電鋸		立式電鑽台	
手持電鑽		電動螺絲起子		金屬切割器	
金屬電動研磨機		小型研磨機		電動研磨機	
線鋸		三用電表		扳手 8 號~17 號	
鐵鉗		鑽頭 0.1~1.0 公分		腳踏車大盤	
自行車碼表		鑽孔器(29mm、30mm、50mm)		腳踏車變速盤	

### 二、器材

品名	數量	品名	數量	品名	數量
腳踏車飛輪(13~28齒)	1 個	腳踏車飛輪(13 齒)	1 個	腳踏車飛輪(48、58齒)	2 個
腳踏車輪(16吋)	2 個	腳踏車輪(14吋)	1 個	三秒膠 50CC	5 罐
漆包線(0.3mm)	1Kg	漆包線(0.4mm)	1Kg	漆包線(0.5mm)	8Kg
強力磁鐵直徑 30mm 厚 10mm	60 個	螺絲、螺帽、墊片 2 吋 4/8	20 個	螺絲、螺帽、墊片 1 吋 2/8	100 個
螺絲、螺帽、墊片 2 吋 2/8	50 個	90cm 螺桿 2/8 英吋	2 支	橋式整流器	20 個
90cm 螺桿 4/8 英吋	25 支	1.8cm 木心板	1 片	厚 0.5cm 三夾板	12 片
厚 1cm 三夾板	1 片	鋁板 25cm * cm 厚 0.5cm	2 片	導線 20 蕊	10m
電線膠帶	10 個	墊片 4.5cm	50 個	螺絲墊片 1 吋	30 片
12V 的 LED 燈泡	4 個	舊卷宗資料夾紙板	20 張	砂紙	5 塊

## 伍、研究過程與方法

### 研究架構與流程



### 名詞解釋：

- 1.漆包線：一條銅線經由處理將絕緣漆覆蓋在銅線表面上就稱為「漆包線」。
- 2.釷鐵硼強力磁鐵：鐵中加（釷、硼），使鐵的分子排列更整齊，磁力較強。
- 3.發電線圈：在自製圓形的紙線槽 6cm，上面繞不同圈數漆包線所成的線圈。
- 4.磁鐵盤：利用強力磁鐵在圓形的木盤上排成環狀，作為感應發電的環狀磁鐵。
- 5.速度：利用腳踏車碼表裝置在磁鐵盤上轉動的速度（Km/h）。
- 6.空載：沒有連接電器輸出的電力，稱為「空載」。
- 7.負載：連接電器，將電輸出至電器用品，稱為「負載」。
- 8.磁通量：磁力線經過的路徑稱為磁路，磁路中所有磁力線的總數量，稱為「磁通量」。
- 9.功率：電壓×電流，單位 W。






## 一、研究製作最佳發電線圈

### 自製手搖式發電磁鐵盤作為實驗工具

為了使研究方便有效，我們設計製作了手搖式發電磁鐵盤，利用 16 顆，直徑 30mm、厚度 10mm 的釹鐵硼強力磁鐵，排成環狀的圓形轉盤，利用腳踏車測速器做為測速裝置，自製手搖式發電磁鐵盤作為測試線圈發電電壓、發電電流的工具。

製作過程：

			
1.黏上厚紙板（舊的卷宗夾）	2.裝上直徑3公分厚1公分的強力磁鐵	3 裝上磁鐵盤	4. 裝上線圈的支架

### （一）線圈直徑與發電效能

#### 1.實驗設計：

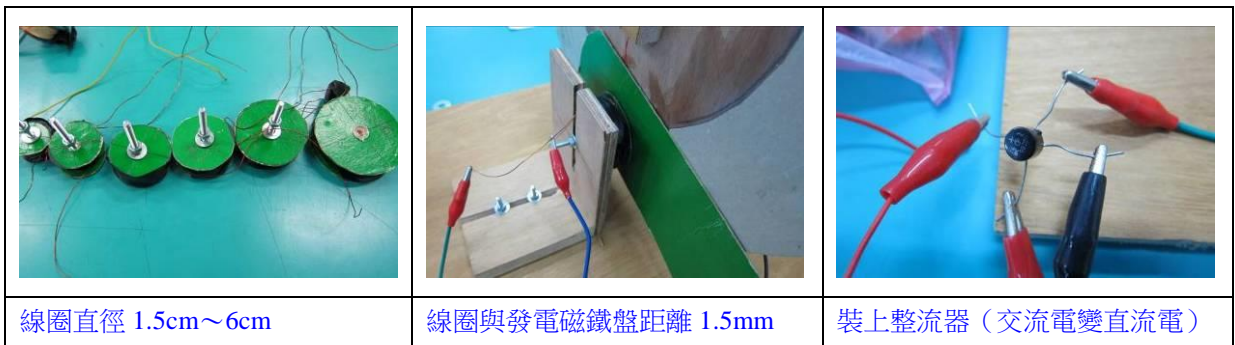
實驗假設：線圈直徑的大小，會影響發電電壓的大小。

假設推論：磁鐵的磁場有一定範圍，線圈大小與磁鐵的磁場近時，才能有效發電。

研究變因	設計條件
操作變因	線圈直徑（1.5cm、2.0cm、2.5cm、3.0cm、3.5cm、4.0cm、4.5cm、5.0cm）
控制變因	手搖式發電磁鐵盤速度、線圈圈數 100 圈。線圈距離 1.5mm
應變變因	紀錄發電電壓（V）

#### 2.實驗步驟：

- （1）將不同直徑 1.5cm、2.0cm、2.5cm、3.0cm、3.5cm、4.0cm、4.5cm、5.0cm，長度 10mm，的圓柱狀木頭，繞 0.5mm 漆包線 100 圈，繞完漆包線後，直徑約增加 0.7cm，做成不同直徑的線圈。如：原直徑 3.0cm 的線圈，繞完漆包線後直徑約 3.7cm。
- （2）將線圈架在手搖式發電磁鐵盤上，線圈中心要對準磁鐵的中心，減少產生實驗誤差。
- （3）測量手搖式發電磁鐵盤速度 10km/h、15 km/h、20 km/h、25 km/h 時發電電壓。
- （4）共測量 5 次求其平均值。



線圈直徑 1.5cm~6cm

線圈與發電磁鐵盤距離 1.5mm

裝上整流器（交流電變直流電）

### 3.實驗結果記錄表

表 1-1-1 線圈直徑與發電電壓紀錄表

線圈直徑與發電電壓 (V)				
線圈直徑	10Km	15Km	20Km	25Km
1.5~2.2cm	0.02	0.06	0.14	0.30
2.0~2.7 cm	0.09	0.11	0.20	0.41
2.5~3.2 cm	0.12	0.29	0.40	0.77
3.0~3.7 cm	0.16	0.36	0.48	0.84
4.0~4.7 cm	0.17	0.34	0.51	0.89
4.5~5.2 cm	0.16	0.33	0.43	0.77
5.0~5.7 cm	0.15	0.33	0.48	0.76

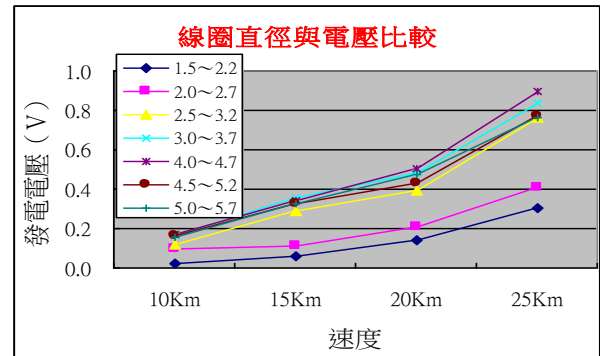


圖 1-1-1 線圈直徑與發電電壓比較圖

### 4.結果分析：

- 1.由表 1-1-1 發現：1.5cm~2.7cm 時因為線圈直徑較小，所以發電電壓比較小；直徑 4.0~4.7cm 的線圈，發電效能最佳。
- 2.由圖 1-1-1 發現：線圈直徑由 2.5~5.7cm 的線圈，發電電壓約在 0.76V~0.89V 之間，發電電壓都相當接近，其中以直徑 4.0~4.7cm 的線圈，發電電壓最高。

## (二) 線圈圈數與發電效能

### 1.實驗設計

實驗假設：線圈圈數越多，發電效能越佳。

假設推論：線圈圈數越多，導線越多通過磁場的數量越多，所發的電量越多。

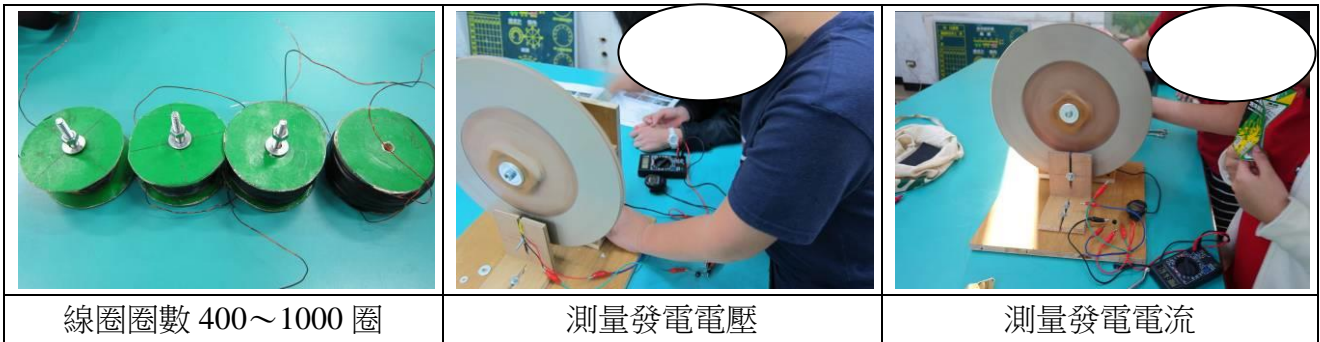
研究變因	設計條件
操作變因	線圈圈數 (400 圈、600 圈、800 圈、1000 圈)
控制變因	手搖式發電磁鐵盤轉速、線圈距離 1.5mm。
應變變因	發電電壓 (V)、發電電流 (A)、發電功率 (W)

### 2.實驗步驟：

- (1) 直徑 2.0cm 的圓柱狀木頭，長度 2.0cm，分別繞上直徑 0.5mm 的漆包線 400 圈、600

圈、800 圈、1000 圈。

(2) 其他與研究 (一) 相同。



線圈圈數 400~1000 圈

測量發電電壓

測量發電電流

### 3.結果與分析：

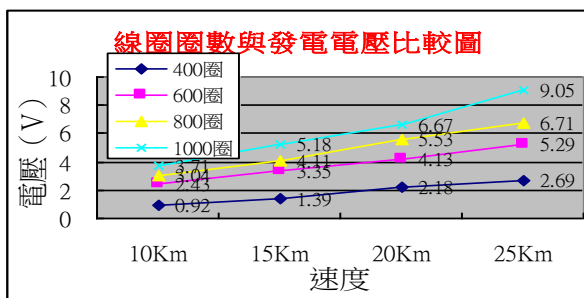


圖 1-2-1 線圈圈數與發電電壓比較圖

由圖 1-2-1 發現線圈 400 圈的發電效果是最低，線圈 1000 圈的發電電壓最高，越多圈發電電壓越高。線圈 400、600、800、1000 圈的發電電壓比為 1.00 : 1.97 : 2.49 : 3.37，圈數越多發電電壓越大。

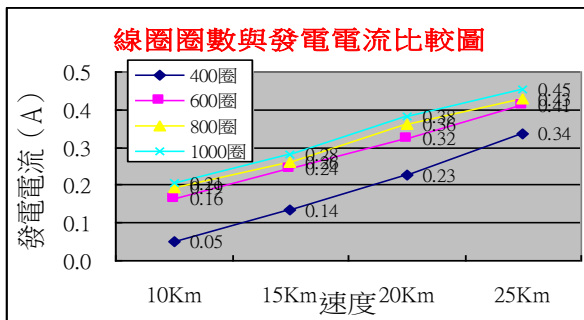


圖 1-2-2 線圈圈數與發電電流比較圖

由圖 1-2-2：線圈圈數越多發電電流越大，但在線圈 600~1000 圈，差異不大。線圈 400、600、800、1000 的發電電流比在 25Km/h 時為 1.00、1.21、1.26、1.34。線圈圈數越多電流越大。

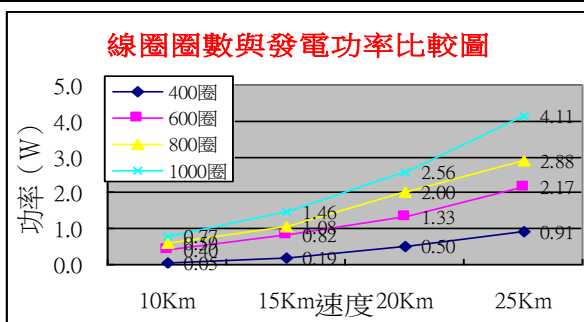


圖 1-2-3 線圈圈數與發電功率比較圖

由圖 1-2-3，線圈圈數 400、600、800、1000，在速度越高時發電的功率差異越大，在速度 25Km/h 時發電功率比為 1.00 : 2.38 : 3.17 : 4.52，線圈圈數越多，發電功率越大。



### (三) 漆包線粗細與發電效能。

#### 1. 實驗設計

實驗假設：漆包線粗細會影響發電的效果，越粗電流越大，越細電壓越大。

假設推論：漆包線越粗電阻越小電流越大，漆包線越細繞的圈數越多電壓越大。

研究變因	設計條件
操作變因	漆包線粗細（直徑 0.3mm、0.4mm、0.5mm）
控制變因	手搖式發電磁鐵盤轉速、線圈距離 1.5mm、相同的線圈直徑
應變變因	發電電壓（V）、電流（A）、發電功率 W

#### 2. 實驗步驟：

(1) 以長度 2.0cm、直徑 2.5cm 的圓柱狀木頭當線圈的軸心，兩側黏上直徑 6.0 公分的圓形紙板，做成線軸，分別繞上直徑 0.3mm、0.4mm、0.5mm 的漆包線，到線圈軸大小 6.0 公分。其繞漆包線的圈數分別為 0.3mm（約 1600 圈）、0.4mm（約 1200 圈）、0.5mm（約 1000 圈）。

(2) 其他與研究（一）相同。

#### 3. 結果與分析

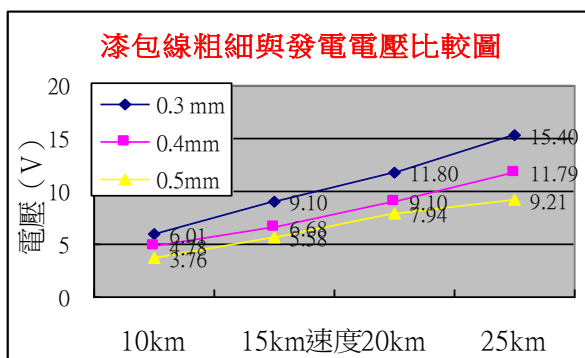
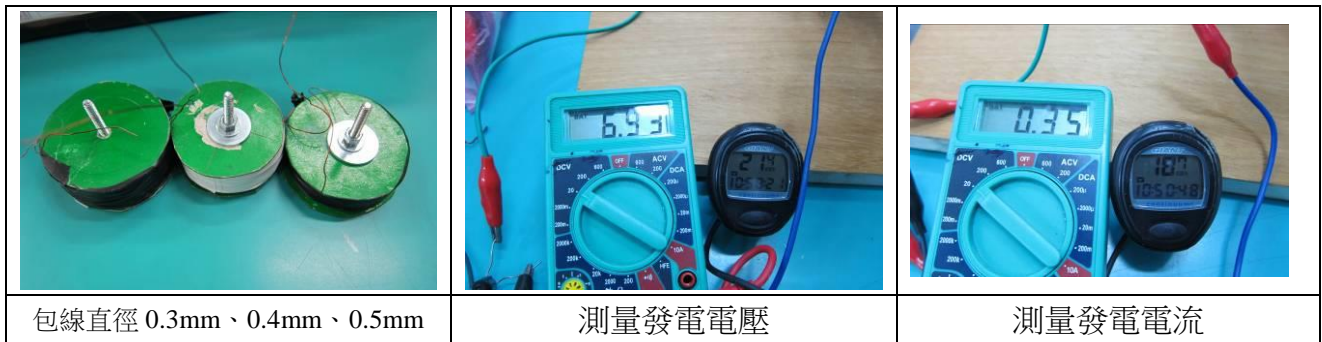


圖 1-3-1 漆包線粗細與發電電壓比較圖

由表 1-3-1，發現：漆包線直徑 0.3mm 的發電電壓最高，漆包線直徑 0.5mm 的發電電壓最低。漆包線越細繞線圈數越多，相對的電壓越高。漆包線 0.3mm、0.4mm、0.5mm 發電電壓比為為 1.00 : 0.77 : 0.60，約略與線圈數比相同。

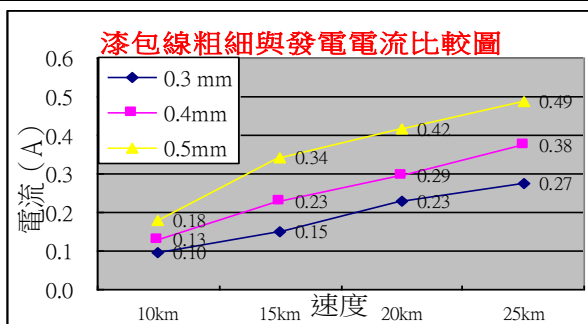


圖 1-3-2 漆包線粗細與發電電流比較圖

由表 1-3-2，發現：漆包線越粗，電阻越少，發電電流越高。漆包線的長度越長越細，電阻也越高。漆包線直徑 0.3mm、0.4mm、0.5mm 漆包線，發電電流比為 **1.01 : 1.39 : 1.80**。

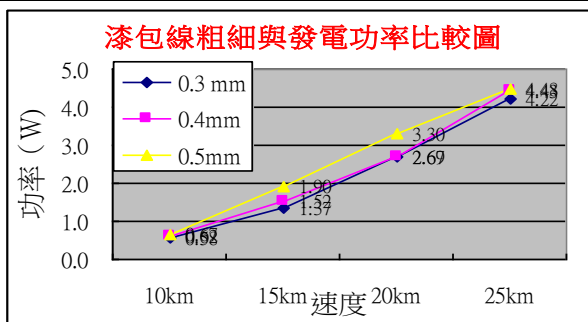


圖 1-3-3 漆包線粗細與功率比較圖

由表 1-3-3，發現：漆包線直徑 0.3mm、0.4mm、0.5mm 的發電功率 4.22W : 4.43 W : 4.48 W，漆包線直徑 0.5mm 比直徑 0.3mm 發電功率略高，但是差異不大。**電功率比約為 1.00 : 1.05 : 1.06** 粗的漆包線比較好一些。

## (四) 線圈距離與發電效果

### 1. 實驗設計

實驗假設：線圈距離越近，發電效能越佳。

假設推論：磁鐵的磁力強度與距離的關係，距離越近磁力越強，所產生的感應電流越大。

研究變因	設計條件
操作變因	線圈與發電磁鐵盤的距離 0.1cm、0.5cm、1.0cm、1.5cm、2.0cm
控制變因	手搖式發電磁鐵盤轉速、相同的線圈。
應變變因	發電電壓 (V)、電流 (A)、發電功率 (W)

### 2. 實驗步驟：

- (1) 以長度 2.0cm、直徑 2.5cm 的圓柱狀木頭線圈的軸心，兩側黏上直徑 6.0cm 的圓形紙板，做成線軸，繞上 1000 圈直徑 0.5mm 的漆包線，直到線圈直徑變為 6.0cm。
- (2) 其他與研究 (一) 相同。

### 3.結果與分析：

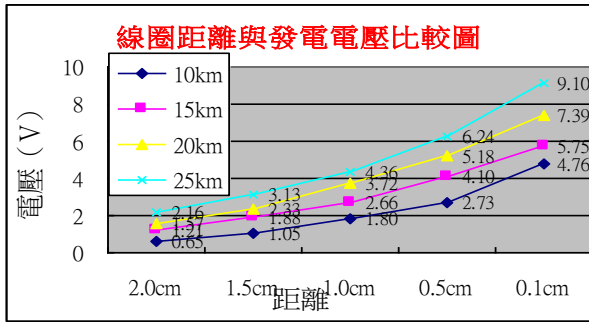


圖 1-4-1 線圈距離與發電電壓比較圖

由圖 1-4-1，發現：線圈距離越小，電壓越高，在 25Km/h 速度時，線圈距離 0.1cm ~ 2.0cm，發電電壓比為 4.21 : 2.89 : 2.02 : 1.45 : 1.00，發電電壓差異大。

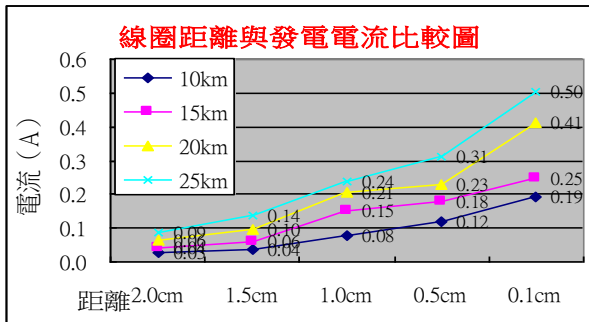


圖 1-4-2 線圈距離與發電電流比較圖

由表 1-4-2，發現：線圈距離越小，線圈發電電流越大。在 25Km/h 速度時，線圈距離 0.1cm ~ 2.0cm，發電電流比為 5.70 : 3.55 : 2.68 : 1.57 : 1.00，發電電流差異大。

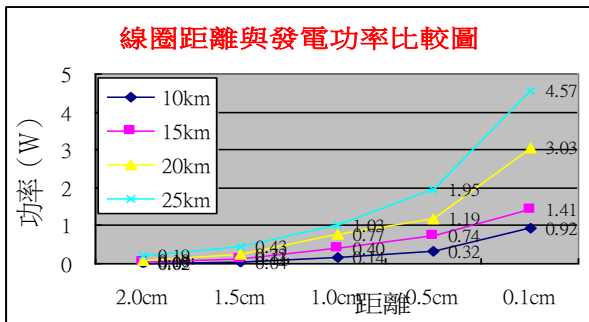


圖 1-4-3 線圈距離與發電功率比較圖

由圖 1-4-3，發現：線圈距離越小，線圈發電功率越大。在 25Km/h 速度時，線圈距離 0.1cm ~ 2.0cm 功率比為 24.01 : 10.23 : 5.41 : 2.27 : 1.00，距離越小發電功率越高。

## (五) 線圈中心有無鐵心的發電效能

### 1.實驗設計

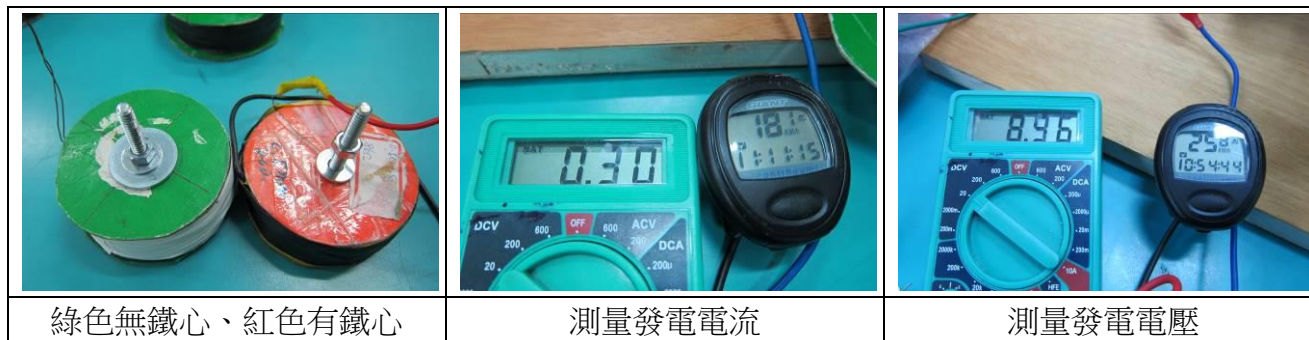
實驗假設：有鐵心的線圈，發電效能較佳。

假設推論：線圈中有鐵心，鐵心會受外部磁鐵感應暫時變成磁鐵，而增加磁力強度，所以發電效能提高。

研究變因	設計條件
操作變因	鐵心線圈、木心線圈
控制變因	手搖式發電磁鐵盤轉速、相同的線圈圈數 800 圈，線圈距離 1.5mm
應變變因	發電電壓 (V)、電流 (A)、發電功率 (W)

## 2. 實驗步驟：

- (1) **木心線圈**：以長度 2.0cm、直徑 2.5cm 的圓柱狀木頭線圈為軸心，兩側黏上直徑 6.0 公分的圓形紙板，做成線軸，繞直徑 0.5mm 漆包線 800 圈。**鐵心線圈**：在鐵六角柱螺帽直徑 1.8 公分，長度 2.0 公分，繞直徑 0.5mm 漆包線繞 800 圈。
- (2) 其他與研究（一）相同。



## 3. 結果與分析

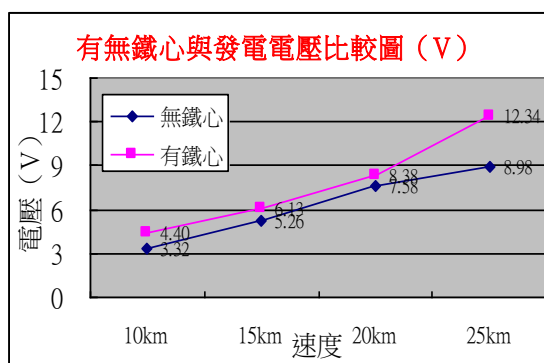


圖 1-5-1 有無鐵心與發電電壓比較圖

由圖 1-5-1，發現：在速度 25Km/h 時無鐵心與有鐵心發電電壓比為 1.00 : 1.37，有鐵心的線圈發電電壓比無鐵心高出 37%，且有鐵心的發電電壓都比無鐵心的高，可推論：在線圈中加入鐵心，可以提高發電電壓。

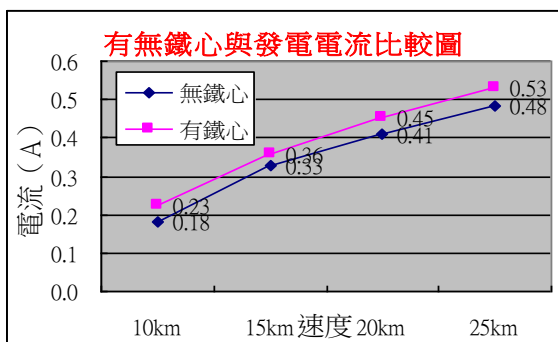


圖 1-5-2 有無鐵心與發電電流比較圖

由圖 1-5-2，發現：在速度 25Km/h 時無鐵心與有鐵心發電電流比為 1.00 : 1.11，有鐵心的線圈發電電流比無鐵心高出 11%，且有鐵心的發電電流都比無鐵心的高，可推論：在線圈中加入鐵心，可以提高發電電流。

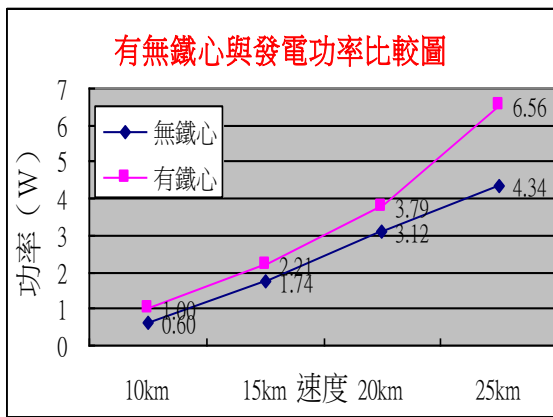


圖 1-5-3 有無鐵心與發電功率比較圖

由圖 1-5-3，發現：在速度 25Km/h 時無鐵心與有鐵心發電功率比為 1.00 : 1.51 有鐵心的線圈發電功率比無鐵心高出 51%，且有鐵心的發電功率都比無鐵心的高，在線圈中加入鐵心，可以提高發電功率的作用。

但是發現線圈中加入鐵心會與磁鐵盤的磁鐵相吸，使施力要增加很多。

## (六) 研究木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈的發電效能

由研究（一）～研究（五）的研究結果發現最佳線圈為漆包線直徑 0.5mm、繞 1000 圈、中心有鐵心發電效能最佳，但是發現線圈中加入鐵心會與磁鐵盤的磁鐵相吸，使施力要增加很多，所以將中心木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈三種線圈，實驗測試轉動施力大小與發電效能比較。

### 1. 實驗設計

實驗假設：線圈中加入鐵心，可以加發電效能，但是施力也會增加。

假設推論：線圈中有鐵心，鐵心會受磁鐵的吸引，使施力增加，相對會影響發電效能。

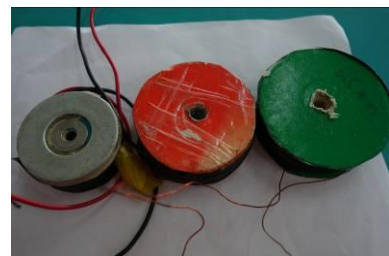
研究變因	設計條件
操作變因	木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈
控制變因	漆包線圈數 800 圈，線圈距離 1.5mm，磁鐵盤轉速
應變變因	轉動磁鐵盤施力大小、發電電壓 (V)、電流 (A)、功率(W)



鐵心線圈



鐵心鐵片線圈



三種線圈

### 2. 實驗步驟：

- (1) 線圈：木心線圈與鐵心線圈與研究（五）相同
- (2) 依據參考文獻，黃思詠、許軒哲、黃思詞（2012）發電 800W，相同的鐵心鐵片線圈



(漆包線 0.3mm，800 圈，中心有鐵心，外側有 5.0 公分的墊片鐵片)。

(2) 利用電子鉤秤，鉤住轉動的握把，測量不同的線圈在速度 0Km/h(啟動拉力)、4 Km/h、8 Km/h、12 Km/h 的速度下，施力大小與發電效能。

(3) 其他與研究(一)相同。



鐵心鐵片線圈拉力測試



鐵心線圈拉力測試



木心線圈拉力測試

### 3. 實驗結果:

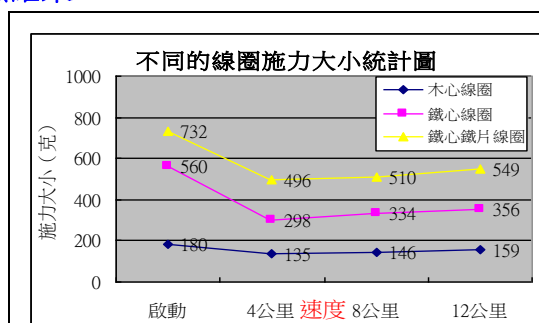


圖 1-6-1 不同線圈的施力大小統計圖

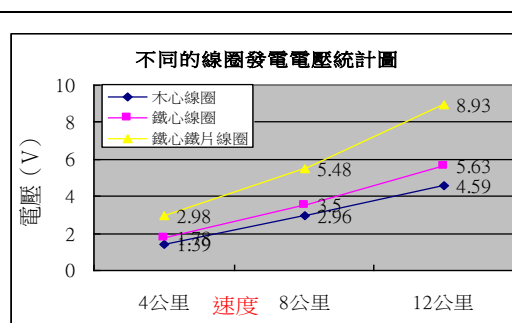


圖 1-6-2 不同線圈的發電電壓統計圖

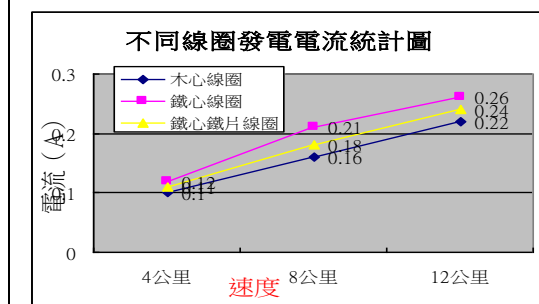


圖 1-6-3 不同線圈的發電電流統計圖

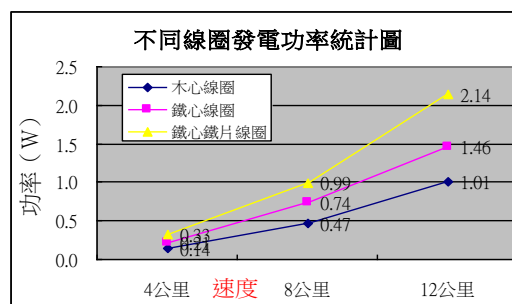


圖 1-6-4 不同線圈的發電功率統計圖

### 4. 結果分析:

- (1) 由圖 1-6-1 發現：啟動線圈時木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈施力大小比為 1.00 : 3.11 : 4.07，施力的大小差異很大。
- (2) 由圖 1-6-2 發現：木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈在速度 12 Km/h 時，發電電壓比為 1.00 : 1.23 : 1.95，鐵心鐵片線圈的發電電壓約木心線圈的兩倍。
- (3) 由圖 1-6-3 發現：木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈在速度 12 Km/h 時，發電

電流比為 1.00 : 1.18 : 1.09，差異不大。

(4) 由圖 1-6-4 發現：木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈在速度 12 Km/h 時，發電功率比為 1.00 : 1.45 : 2.12，鐵心線圈發電電壓約木心線圈的 1.45 倍，鐵心鐵片線圈發電功率最佳。

(5) 由圖 1-6-1、1-6-4 發現：施力大小與發電功率比較（發電功率/施力大小），木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈，在啟動時發電效率比為 1.00 : 0.47 : 0.52，在 12Km/h 時發電效率比為 1.00 : 0.65 : 0.61，可以推論：在相同的施力大小的情況下，木心線圈可以較小的施力，發出較大的發電功率，力量轉換成發電功率較佳。

## 二、研究利用最佳線圈與強力磁鐵製作水平發電機

線圈中心加入鐵心可以提升發電效能，但是中心加入鐵心會與磁鐵盤的磁鐵相互的吸引，反而不利於發電，如果有 10 個鐵心的線圈，那使施力要增加很多，微型水力發電機的水輪機的動力較小，所以不適用中心加鐵心的線圈，因此我們使用，中心為木心（2.5cm），漆包線直徑 0.5mm 繞漆包線 1000 圈、繞到漆包線後線圈直徑 6.0cm，發電線圈距離磁鐵盤 1.5mm，進行發電線圈效能分析，共製作 10 個發電線圈。

### （一）發電機發電線圈的效能分析

#### 1. 發電線圈製作

		
線圈的圈軸（中心為直徑 2.5cm 木頭，外徑 6 公分）	利用電動螺絲起子繞漆包線 1000 圈，繞線比較整齊，比較快。	繞漆包線時約每 200 圈要以三秒膠黏住固定，以免線圈散開

## 2.發電線圈測試

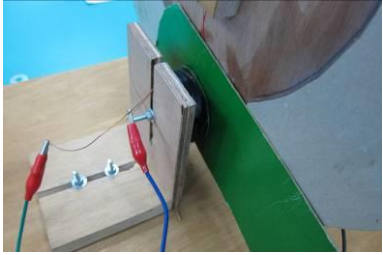


		
線圈固定在手搖發電磁鐵盤上	利用手搖發電磁鐵盤發電	發電電流、電壓實驗

表 2-1-1 發電線圈測試結果 (轉速 25 Km/h)

線圈編號	發電電壓 (V)	發電電流 (A)	發電功率 (W)	線圈編號	發電電壓 (V)	發電電流 (A)	發電功率 (W)
1	9.06	0.52	4.71	6	9.32	0.51	4.75
2	8.63	0.48	4.14	7	8.95	0.48	4.30
3	9.56	0.53	5.07	8	9.36	0.49	4.59
4	8.79	0.49	4.31	9	9.45	0.48	4.54
5	9.25	0.51	4.72	10	9.41	0.51	4.80

## 3.結果分析：

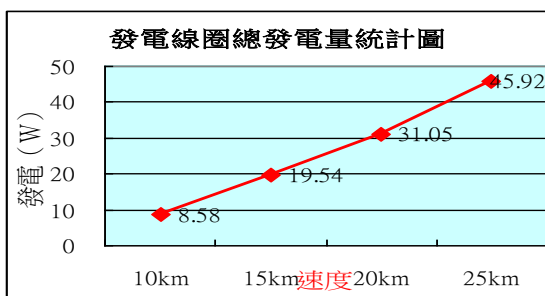


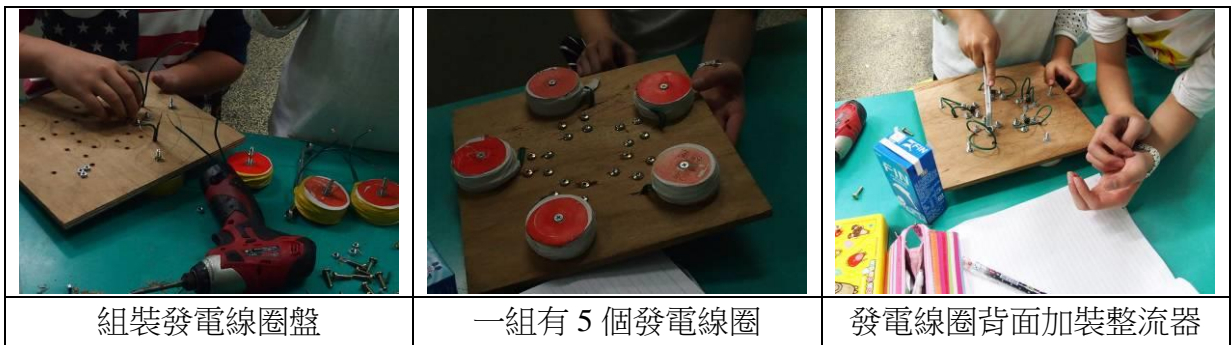
圖 2-1-1 發電線圈總發電量統計圖

(1) 由圖 2-1-1 發現：十個線圈在速度 10Km/h 總發電功率約 9W，25 Km/h 發電總功率約 46W。

(2) 我們設計 10 個發電線圈做實驗，如果在之後的實際負載測試中，水輪機的力量可以帶動更多的線圈，會再進行進一步的修改。

### (二) 組裝發電線圈盤

由於電磁感應發電時，會產生磁場阻力效應，如果設置太多的線圈，磁場阻力效應會加大，致使水輪機的動力無法帶動發電機，依據研究一（最佳的線圈）磁鐵盤速度速，在 12 Km/h 時有負載的情況，而每一個線圈磁場阻力效應約 0.2 Kg，10 個線圈磁場阻力效應約是 2 Kg 的力量，我們估算水輪機的力量約 2.5Kg，達到施力大於磁場阻力下，大約可以裝設 10 個線圈。



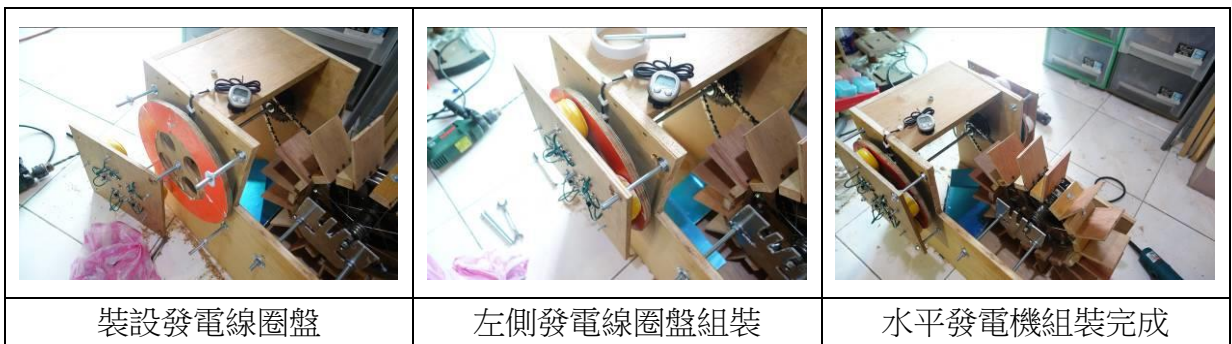
### (三) 裝設磁鐵盤

為配合發電線圈的數量，我們設計裝設 10 個強力的磁鐵，對應發電線圈，並與發電線圈在相同的位置轉動磁鐵盤時，10 個磁鐵同時發電功率為最大值。



### (四) 將磁鐵盤、發電線圈盤組裝成水平發電機

將磁鐵盤與發電線圈盤，組裝成水平發電機，並將發電線圈盤裝在磁鐵盤的外側，發電線圈的中心對準磁鐵盤中心，讓發電線圈產生較佳的感應發電效能，調整發電線圈與磁鐵盤距離，取轉動的磁鐵盤不會卡到發電盤的最近距離，平均距離約為 1.5mm。



### (五) 水平發電機發電效能測試

利用手搖磁鐵盤的方式進行水平發電機的發電，測試水平發電機的發電效果，並實驗發電線圈，在不同的串並聯電路方式下，所產生發電電壓、發電電流、發電功率。



## 1. 水平發電機發電線圈測試



## 2. 實驗結果

表 2-5-1 單一線圈測試（在轉速 15Km/h 測試）

線圈編號	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)	線圈編號	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)
1	5.02	0.25	1.26	6	5.02	0.26	1.31
2	5.33	0.27	1.44	7	5.12	0.27	1.38
3	5.04	0.24	1.21	8	4.82	0.26	1.25
4	4.98	0.26	1.29	9	4.91	0.25	1.23
5	4.86	0.27	1.31	10	4.98	0.28	1.39

測試結果：轉速 15Km/h 發電總功率為 13.07W

## 3. 五個線圈串聯、並聯線圈發電電壓、電流、功率比較

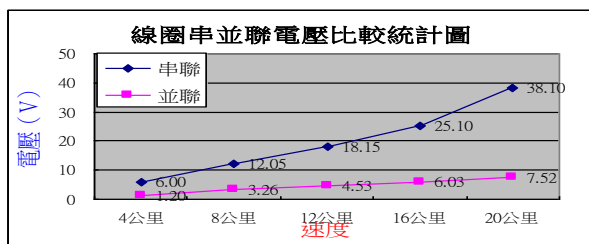


圖 2-5-1 串並聯線圈發電電壓比較統計圖

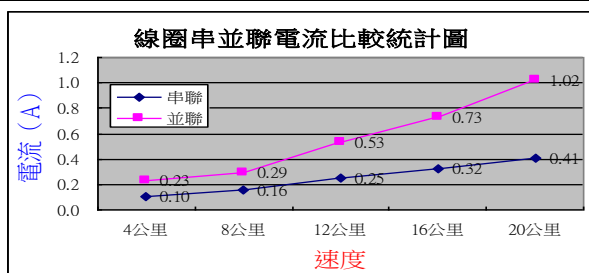


圖 2-5-2 串並聯線圈發電電流比較統計圖

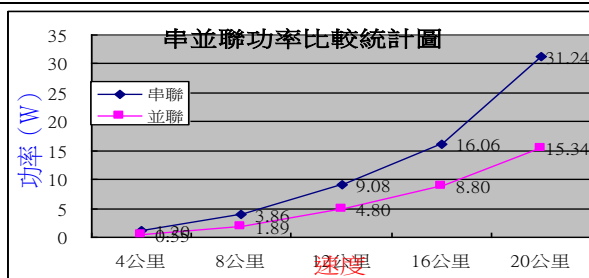


圖 2-5-3 串並聯線圈發電功率比較統計圖

## 4. 結果分析：

(1) 由圖 2-5-1 發現：在發電盤速度在 20Km/h，串聯發電電壓為 38.10V；並聯電壓為 7.52V，串並聯發電電壓比約 5：1。

(2) 由圖 2-5-2 發現：在發電盤速度在 20Km/h，串聯發電電流為 0.41A；並聯發電電流為 1.02A。串並聯發電電流比約 1：2。

(3) 由圖 2-5-3 發現：在發電盤速度在 20Km/h，串聯發電功率 31.24W；並聯發電功率 15.34W，串並聯發電功率比約 2：1。



## (六) 研究如何減少水平發電機的發電阻力

1.由研究(五)發現線圈中的固定螺絲(直徑0.5cm、長度5cm)會受到磁鐵盤的磁鐵吸引，十個發電線圈有十支固定螺絲，所產生的磁力就很大，會影響磁鐵盤的轉速與施力變大情況，必需做進一步的改進。

2.將鐵製的固定螺絲改為不鏽鋼螺絲，降低轉動時的阻力。

(1) 鐵製螺絲改為不鏽鋼的螺絲的發電效能。

(2) 不鏽鋼螺絲串並聯線圈發電電壓、發電電流、發電功率比較。

### 3.實驗結果

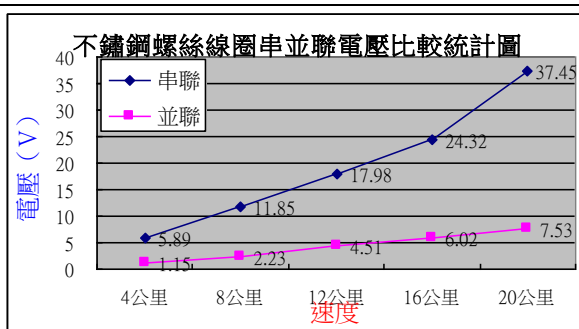


圖 2-6-1 不鏽鋼螺絲串聯並聯線圈發電電壓比較

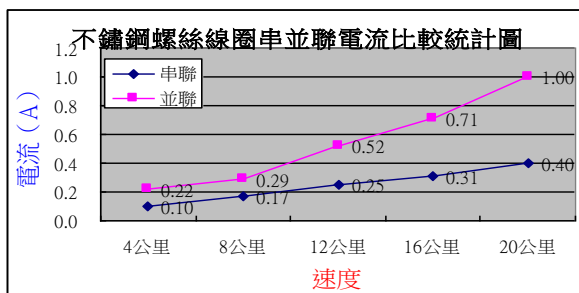


圖 2-6-2 不鏽鋼螺絲串聯並聯線圈發電電流比較

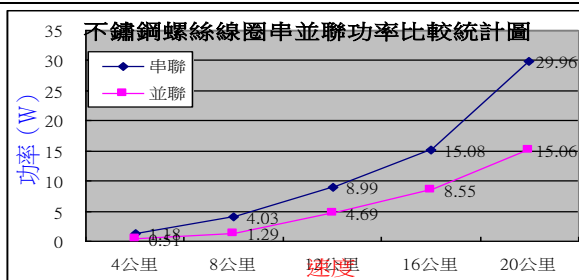


圖 2-6-3 不鏽鋼螺絲串聯並聯線圈發電功率比較

### 4.結果分析

(1) 比較圖 2-6-1 與圖 2-5-1 發現：使用不鏽鋼螺絲的發電電壓，雖比使用鐵螺絲的發電電壓，電壓比較小一點，差異不大。

(2) 比較圖 2-6-2 與圖 2-5-2 發現：使用不鏽鋼螺絲的發電電流，雖比使用鐵螺絲的發電電流，電流比較小一點，差異不大。

(3) 比較圖 2-6-3 與圖 2-5-3 發現：使用不鏽鋼螺絲的發電功率，雖比使用鐵螺絲的發電功率，功率比較小一點，差異不大。

(4) 使用不鏽鋼螺絲的發電線圈，因為不鏽鋼不易受到磁鐵的磁力的吸引，所以轉動的施力減小很多，且轉動比較平順，不會卡卡的。

### 三、利用廢棄腳踏車設計製作微型川流式水力發電機與其發電效能分析

#### (一) 設計微型水力發電機

	<p>設計說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.想法：希望可以藉由鍊條和兩個大小不同的齒輪加快磁鐵盤轉動的速度，進而讓發電量更大。</li> <li>2.結構：水輪機、線圈、磁鐵盤、齒輪、鍊條、固定輪、固定架、蓄電池。</li> <li>3.運轉方法：水衝擊水輪機→齒輪（1）轉動→鍊條轉動→齒輪（2）轉動→線圈輪轉動→與磁鐵產生感應→電流→接到蓄電池蓄電</li> </ol>
--	---

#### (二) 製作微型水力發電機的水輪機

因為考慮參加比賽的模型大小限制在，長 70 公分、寬 60 公分、高 50 公分的範圍設計的模型必需在規範以下，設計水輪機高度必需在高 60 公分以內。

我們製作的水力發電機，就是將水力發電機放置在溪流、或溝渠中，利用水的流動力進行發電，所以**必需要將水輪機的葉片加大，加大水流力量**，製作過程如下。

##### 1.裝置水輪機

<ol style="list-style-type: none"> <li>1.將兩個 16 吋腳踏車輪圈請鐵工將 2 輪焊接並聯</li> <li>2.更改腳踏車後齒輪，利用固定的飛輪再加裝大前齒輪。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3.將腳踏車雙輪（水輪機）安裝在微型水力發電機上。</li> <li>4.調整鍊條的距離，讓它可以正確帶動水平發電機磁鐵盤。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5.安裝水輪機的葉片，依據輪圈的拉條的間距計算，可以安裝 14 片葉片，（長 21 公分、寬 12.5 公分）。</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>6.水輪機完成</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7.水輪機的變速齒輪（2 變速）</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8.發電機的變速齒輪（變 6 速）</li> </ol>

### (三) 水平發電機結合水輪機完成微型川流式水力發電機



### (四) 微型川流式水力發電機溪流實際測試

#### (1) 微型川流式水力發電機電壓、發電電流、發電功率測試

我們分別在學校附近的溪流進行測試，樹梅坑溪水流的流速約 0.6 m/sec，水深約 5cm、大屯農場附近的灌溉水圳流速約 1.1m/sec，水深約 7cm。



測試地點	磁鐵盤速度	發電電壓 (V)	發電電流 (A)	總功率 (W)
樹梅坑溪	5.2Km/h	4.3	0.12	0.52 W*2=1.04W
灌溉水圳	8.1Km/h	7.6	0.17	1.30 W*2=2.60W

#### 2.測試結果

- (1) 由實驗結果，發電量可以使大的 LED 燈泡發亮，表示發電電量效果不錯。
- (2) 在流速較慢的溪流中，發電功率為 1.04W，發電功率不高。
- (3) 在流速較快的溪流中，發電功率為 2.6W，發電功率，只能點亮小型的燈泡。
- (4) 磁鐵盤速度只有 8.1Km/h，速度不高，原因有兩個，一個是水流的流速不高，



，一個則是齒輪的轉速比太小。

(5) 另外我們還發現：水輪機在水流流速較快的溪流中所產生的力量超過負載所需要的力量，所以如果把發電機增加磁鐵盤的磁鐵數量與發電線圈數量增加，就可以提高發電電壓、發電電流，發電功率。

#### 四、研究微型川流式水力發電機的發電效能提升

##### (一) 修改發電磁鐵盤與發電線圈數量

水輪機在流速較快的溪流中所產生的力量較大，所以可以增加發電機的磁鐵盤磁鐵數量，增加發電線圈，將單側發電盤的磁鐵由 10 個增加到 14 個，將單側發電線圈由 5 個增加到 8 個，兩側共計 16 個線圈。

(二) 設計發電線圈組：將 16 個線圈，以 4 個線圈為一組進行串聯，共 4 個發電線圈組，利用手搖的方式進行發電，測量發電電壓、發電電流、發電功率。



##### (四) 實驗結果

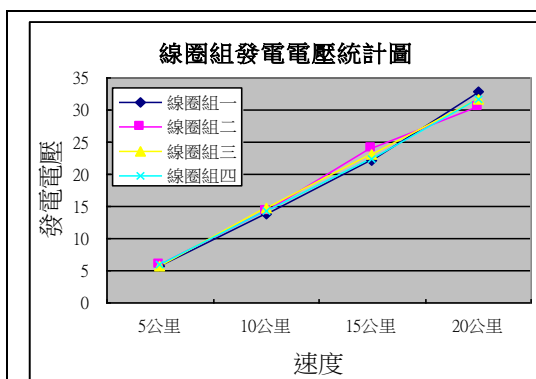


圖 4-1-1 線圈組發電電壓統計圖

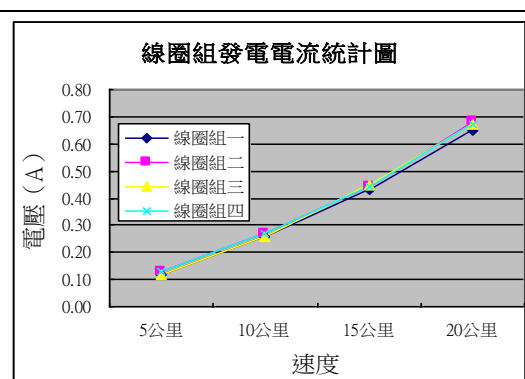


圖 4-1-2 線圈組發電電流統計圖

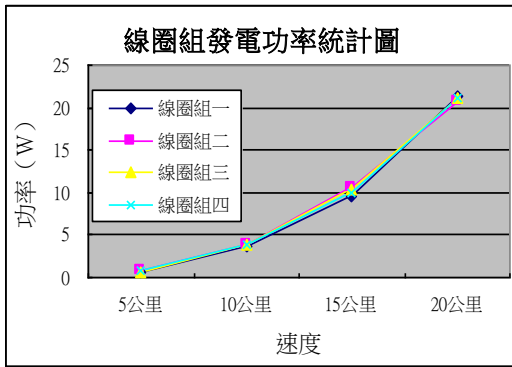


圖 4-1-3 線圈組發電功率統計圖

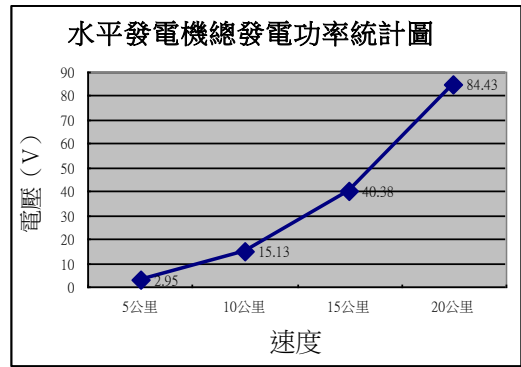


圖 4-1-4 發電機總發電功率統計圖

### (五) 結果分析

- 1.由圖 4-1-1 發現：個別線圈組發電電壓，磁鐵盤速度 20Km/h 時發電電壓 32V。
- 2.由圖 4-1-2 發現：個別線圈組發電電流，磁鐵盤速度 20Km/h 時發電電流 0.65A。
- 3.由圖 4-1-3 發現：個別線圈組發電功率，磁鐵盤速度 20Km/h 時發電功率約 21W。
- 4.由圖 4-1-4，發現：4 個發電線圈組，總發電功率，速度 20Km/h 發電功率約 84W，發電效能良好，達到預期目標。

### (六) 微型川流式水力發電機實際溪流測試

- 1.進行川流式微型水力發電電壓、電流、功率測試。

大屯農場灌溉水圳流速約 1.1m /sec，水深約 7cm，磁鐵盤速度 7.8Km/h。

- 2.測試結果



表 4-6-1 灌溉水圳實際測試發電效果統計表

線圈組	磁鐵盤速度	發電電壓 (V)	發電電流 (A)	發電功率 (W)
線圈組一	7.8Km/h	10.21	0.23	2.35
線圈組二	7.8Km/h	10.46	0.23	2.41
線圈組三	7.8Km/h	9.57	0.22	2.11
線圈組四	7.8Km/h	10.50	0.23	2.42
<b>總功率</b>				<b>9.27</b>



### 3.結果分析

微型川流式水力發電機實際測試，在溝渠中的 4 個線圈組以 12V 的 LED 燈泡為負載的情況下，每一個線圈組發電功率約 2.4W，總發電量為 9.27 W，已經接近微型水發電機的發電標準。

## 五、如何進一步提升微型川流式水力發電機的發電效能

### (一) 找出進一步提升微型川流式水力發電機的發電效能方法

由研究微型川流式水力發電機實際溪流測試，溝渠中的 4 個線圈組以 12V 的 LED 燈泡為負載的情況下，總發電量 9.27W，符合微型水力發電機的最低條件要發電功率 10W 以上，因此，我們想進一步的提升發電的效能。

**1.改進的想法：**(1) 增加水輪機與發電機的齒輪轉速比。

(2) 增加在微型川流式水力發電機的水輪機前方設置擋水板，使水流集中，水流流速度增快與衝擊力增加。

**2. 改進的方法：**

(1) 加大水輪機的齒輪盤齒數 48 齒，加大到 58 齒，前後齒輪的轉速比為 58：13，轉速約 4.6 倍。

(2) 增加水輪機前方設置擋水板，在水輪機入水口兩側增加長 60 公分，寬 15 公分。

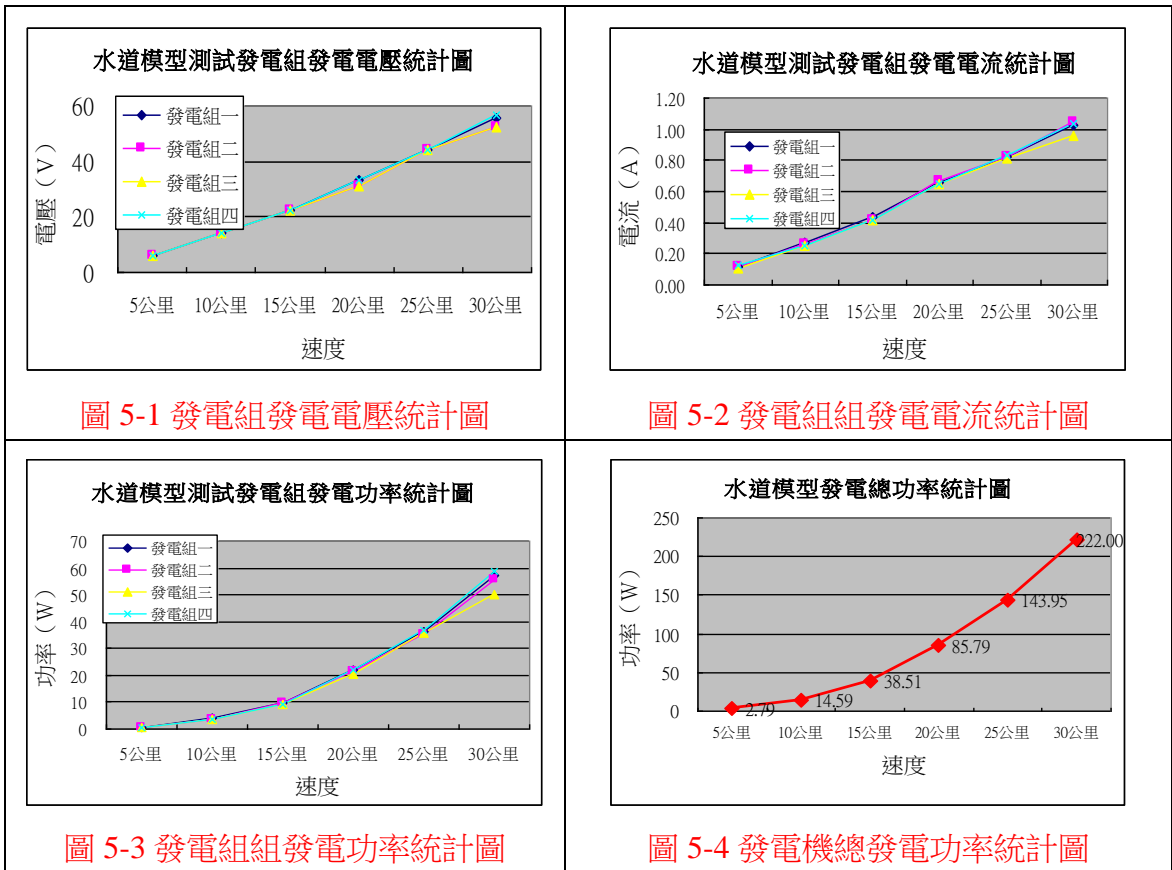
### 3.進行水道模擬測試

製作水道模型，寬 45 公分，長度 360 公分，將微型川流式水力發電機放置在水道的最末端，進行發電測試。



水道模擬測試

## 4.水道模擬測試結果



## 5.測試結果

- 1.由圖 5-1，發現：個別線圈組發電壓磁鐵盤速度 30Km/h 約發電電壓 55V。
- 2.由圖 5-2，發現：個別發電組發電壓磁鐵盤速度 30Km/h，發電電流約 1.0A。
- 3.由圖 5-3，發現：個別發電組發電壓磁鐵盤速度 30Km/h，發電功率約 55W。
- 4.由圖 5-4，發現：**速度 30Km/h，總發電功率約 220W 發電效能良好。**

## (二) 進行溪流實際測試

- 1.進行微型川流式水力發電電壓、發電電流、發電功率測試，農田水圳流速約 0.9 公尺/秒，水深約 10 公分，水圳寬度約 60 公分，水流衝擊下使磁鐵盤速度 10.1Km/h。

### 2.測試結果



線圈組	磁鐵盤速度	電壓 (V)	電流 (A)	功率 (W)
線圈組一	10.1Km/h	13.45	0.27	3.63
線圈組二	10.1Km/h	13.29	0.25	3.32
線圈組三	10.1Km/h	14.21	0.26	3.69
線圈組四	10.1Km/h	14.32	0.27	3.87
<b>總功率</b>				<b>14.52</b>

### 3.結果分析

在水流的速度減小的情況下，利用增加齒輪比，利用水流擋水板的集中水流，增加流速與水流衝擊力，使磁鐵盤的轉速增加，發電總功率為 14.52W，總發電效能與研究四的發電功率 9.27W 比較，約可提升 50%的發電效能，且發電量已達到微型水力發電機的標準。

## 陸、討論

### 一、討論製作最佳發電線圈

#### (一) 線圈直徑與發電效果

- 1.經實驗發現，1.5~2.7cm 因為線圈，線圈直徑小於磁鐵直徑，在磁鐵中心磁力較弱，所以發電電壓比較小。
2. 圓形磁鐵的磁場強度，以外側強度較強，磁場強度與距離的平方成反比，磁鐵直徑 3.0 cm，線圈的直徑要大於磁鐵的直徑，才能感應磁場範圍，所以發電線圈的直徑要大於 3.0cm 的線圈發電效較佳，但是當線圈越大時在相同的圈數下，直徑越大，漆包線越長，電阻也會越大，則發電電流會減小，因為通過磁場的線圈圈數相同所以 3.0~6.0cm 發電電壓差異不大。

#### (二) 研究線圈圈數與發電效果

- 1.線圈圈數與電壓：線圈圈數 400 圈、600 圈、800 圈、1000 圈，如果換算線圈一圈的發電電壓為 0.7mV、8.8mV、8.4mV、9.0mV，圈數越多發電效能越佳。
- 2.線圈圈數與電流：線圈圈數 400 圈、600 圈、800 圈、1000 圈的發電電流在 25 公里下 0.34A、0.41A、0.43A、0.45A，線圈圈數越多發電電流越大，但是 600~1000 圈的差異不大。

3.線圈圈數與功率：線圈圈數 400 圈、600 圈、800 圈、1000 圈，發電電流在 25Km/h 下 0.91W、2.17W、2.88W、4.11W 電功率比為 1.00：2.38：3.17：4.52 圈數越多發電功率越大。

### (三) 漆包線粗細與發電效果

- 1.漆包線粗細與電壓，相同的線圈直徑大小相同的情況下，漆包線越細線圈的圈數越多，所以漆包線 0.3mm 的電壓高，漆包線 0.5mm 的電壓低。
- 2.漆包線粗細與電流：漆包線越細越長，電阻越高，所以漆包線 0.5mm 的電流最高，漆包線 0.3mm 電流最低。
- 3.漆包線粗細與功率：粗細與發電功率差異不大，粗的漆包線功率略好。
- 4.漆包線的粗細與發電電壓與圈數有關，發電電流與電阻有關，發電功率差異不大。

### (四) 線圈距離與發電效果

- 1.發電電壓：在 10Km/h 時 0.1cm～ 2.0cm，距離越小發電電壓越高、發電電流越高、發電功率越高。
- 2.所以線圈與磁鐵盤的距離越小越好，發電電壓、電流功率也越佳。

### (五) 線圈中心有鐵心的發電效果

- 1.有鐵心的線圈比無鐵心發電在發電電壓、發電電流、發電功率較佳，可以提升 50% 發電功率。
- 2.線圈中加入鐵心，可以提高發電電壓、電流、功率，但施力相對的比較大。

(六) 木心線圈、鐵心線圈、鐵心鐵片線圈，三種線圈各有優點，木心線圈線圈施力小，發電量較小，適合施力小的發電；鐵心鐵片線圈施力大，發電量較大。如果以發電的施力大小與發電電量比較，發現木心線圈線圈發電效率約鐵心鐵片線圈的 2 倍。

## 二、討論利用最佳線圈與強力磁鐵製作水平發電機

- (一) 最佳發電線圈為：漆包線直徑 0.5mm 繞 1000 圈、中心不加鐵心，兼具發電量大且又施力小。10 個發電線圈做實驗，在磁鐵盤速度 25Km/h，總發電功率約 46W。
- (二) 在磁鐵盤盤速在 20Km/h，串聯總功率為 31.24W，並聯總功率為 15.34W，串聯線圈的效果較佳。
- (三) 發現線圈中的固定螺絲會於受到磁鐵盤的磁鐵影響，使施力變很大，將鐵製的固



定螺絲改為不受磁鐵吸引的不鏽鋼螺絲，能降低轉動的阻力。

### 三、討論微型川流水力發電機製作與發電效能

- (一) 流速較慢的溪流 (0.6m/sec)，發電功率為 1.5W，流速較快的溪流中 (1.1/sec)，發電功率為 3.8W，發電量比預期的小，需要進一步的改進水平發電的線圈數量與磁鐵盤的磁鐵數量。
- (二) 在實驗發現水輪機在流速較快的溪流中所產生的力量，超過發電所需力量，所以將發電機的磁鐵盤磁鐵數量增加，發電線圈增加，提升發電的效果。

### 四、討論改良微型川流水力發電機的發電效能

- (一) 改良水平發電機，將單側發電盤的磁鐵由 10 個增加到 14 個，將單側發電線圈由 5 個增加到 8 個，兩側共計 16 個線圈
- (二) 使用 16 個發電線圈，4 個發電線圈為一組，分 4 組供電設計，以利用不同串並聯方式，提供不同的電壓與電流，要電壓大，將發電線圈組串聯，要電流大，線圈組並聯。
- (三) 單一線圈組測試磁鐵盤速度 20Km/h 電壓約 32V、電流約 0.67A、功率約 21W，4 組發電線圈組空載功率約 84W。
- (四) 在溪流實際川流式微型水力發電機實際測試，以 12V 的 LED 燈泡為負載，一個線圈組發電量約 2.4W，總發電量負載功率 9.27W，接近微型水力發電機的標準。

### 五、討論再進一步提升微型水力發電機的發電效能

加大水輪機的齒輪盤與磁鐵盤的齒輪比，加快磁鐵盤的速度，增加水輪機前方設置擋水板加快水流的流速與衝擊力量，有助於磁鐵盤轉速的提高，經過改良後，可以提升發電效能約 50%。

## 柒、結論

### 一、製作最佳發電線圈

- (一) **線圈直徑**：線圈直徑要大於磁鐵直徑，直徑大於 3.0cm 的線圈發電電壓較高，線圈直徑在 3.0~6.0cm 發電電壓較高。
- (二) **線圈圈數**：線圈圈數越多，發電功率越大，線圈直徑在 6.0cm，圈數 1000 圈發電效能最佳。
- (三) **漆包線粗細**：漆包線越細繞線圈數越多，發電電壓高，電流越低，漆包線越粗繞線圈數越少，發電電壓低，電流越高，漆包線粗細與發電功率差異不大。
- (四) **線圈距離**：線圈與磁鐵盤的距離越小越好，發電電壓、發電電流功率也越高。
- (五) **線圈中心有鐵心**：有鐵心的線圈發電電壓、發電電流、發電功率比無鐵心線圈高。
- (六) **比較不同線圈的發電效率**：發現木心線圈的施力小，用施力與發電功率比較，相對的發電效能較佳，適合用在施力小的微型水力發電機的線圈。

### 二、最佳線圈與強力磁鐵製作水平發電機

- (一) 發現線圈中的固定螺絲會於受到磁鐵盤的磁鐵吸引，**會影響磁鐵盤的轉速與施力增加**，必需要使用不受磁鐵吸引的不鏽鋼螺絲，減少磁鐵的吸力。
- (二) 最佳線圈為線圈為 0.5mm 漆包線 1000 圈、不加鐵心，施力小、且發電量大。
- (三) 水平發電機在磁鐵盤速速在 20Km/h 下，功率為 31.24W。

### 三、微型川流水力發電機製作與發電效能

- (一) 經測試流速較慢發電功率為 1.04W，流速較快發電功率為 2.6W，改進水平發電機的磁鐵盤數量與發電線圈的數量，提升發電的效能。
- (二) 發現水輪機在流速快溪流的力量，超過發電所需力量，增加磁鐵盤磁鐵數量增加，增加發電線圈提高發電的效能。

### 四、改良微型川流水力發電機的發電效能

- (一) 經過改良的水平發電機，在**磁鐵盤速度 20Km/h 時**，四組發電功率約 84W，已經水平發電機可以達到實用的價值。
- (二) 溪流實際測試微型川流式水力發電機，在**流速 1.1m/sec 的灌溉溝渠**，總發電量約 9.27W，可以提供四個 12V 的 LED 燈泡電量。

## 五、進一步的進行川流水力發電機的發電效能

- (一) 增加水輪機與磁鐵盤的齒輪比，可以提升磁鐵盤的轉速，利用擋水板集中水流，提高流速與衝擊力，使磁鐵盤速度增加，發電的效能提升 50%。
- (二) 經過模擬水道測試溪流的流速在 3.5m/sec，入水引道的水流截斷面積高 7cm、寬 30cm 的衝擊下，磁鐵盤速度約 30Km/h，空載輸出約 220W，發電效能佳。
- (三) 微型川流式水力發電機，在小型溝渠發電量約 14.5W，根據估算如果水流的流速達到 1.5m/sec 以上，發電功率可以達到 50 W。
- (四) 在小溝渠，流速 0.4m/sec，水流的截面積深 5cm、寬 30cm，就可以用來進行發電，證明微型川流式水力發電機的實用價值與可行性。
- (三) 微型川流式水力發電機，有設計手搖發電的裝置，在沒有溪流的地方也可以供電。

## 六、建議與實用性推廣

台灣有很多溪流或水圳都可以設置川流式水力發電機，提供部分的用電，依據研究的結果發現，溪流每隔 15 公尺就可以裝設一部川流式水力發電機，並聯多部發電機，即可提供較大的電力，不用建築水壩，不用設置引水道，依據現有的情況設置川流式水力發電機，不影響生態，工程費低，環保的發電方式並解決缺電危機。

## 捌、參考資料

- 一、冷次定律涂維聖 1998/6/1 <http://class.ylc.edu.tw/~boe02/sin/bandit/teach2.htm>
- 二、法拉第的實驗：<http://www.hres.chc.edu.tw/sea/energy/faraday.html>
- 三、黃思詠、許軒哲、黃思詞（2012）發電 800W。全國中小學科展第 53 屆作品。
- 四、徐享崑，再生能源活用--微型水力發電之探討。
- 五、小型水力發電設計與製作。聯合大學理工學院優秀專題競賽論文
- 六、水圳也能發電!，台灣環境資源中心。
- 七、川流式水力發電。<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/244327>

## 【評語】 080107

可應用於鄉土的能源主題。原型機發電量也許不大，但具發展潛力。對發電量的量化討論若能校正更佳。