

投稿類別：自然科學

篇名：

3D列印風力發電機之效能分析

作者：

黃佑淇。花蓮縣立壽豐國中。國二義班

張胤竺。花蓮縣立壽豐國中。國一義班

陳弈潔。花蓮縣立壽豐國中。國一禮班

指導老師：

陳錦松老師

蘇子傑老師

## 壹●前言

### 一、研究動機

目前全球暖化嚴重，地球資源枯竭，石油、煤炭等資源過度使用，且火力發電佔了全球絕大多數的發電量，火力發電製造出的溫室氣體，讓地球一步步面臨暖化危機；核能發電也有許多問題，包括輻射外洩、核廢料存放，以及廢熱等，對河川及空氣的熱汙染，所以我們不得不去正視這個問題。

上學期參加 58 屆的科展比賽時，我們的參展的作品是「擴充是多功能發電機之效能最佳化分析」，我們設計的發電機既可以用在風力發電也可以水力發電，也做了模擬洋流發電的功能，測得的峰對峰值最高為 115 伏特(兩個線圈、上下各 16 個磁鐵)，但評審給我們的建議是說多功能發電機不太實用，因為我們使用的葉片材料是白鐵，必須要焊接才能黏上發電機本體，太笨重了(約 20 公斤)，無法隨身攜帶(如圖 1)，而且不同葉片數量的發電效能並沒有實際的數據，沒有測試出幾個葉片的效果是最好。

因此，我們希望能確定一個方向進行研究並改良之前的作品，在諸多功能裡，我們選擇了風力來進行研究，因為我們如果選擇水力或洋流發電的話，我們還要大費周章的搬到水圳進行研究，而且機械還會更笨重，畢竟要面臨強勁的水流。我們選擇了風力發電進行研究，希望能夠設計出機構裝置不大、輕便好攜帶、組裝容易、效能佳且有充電效果的風力發電機。

我們利用在創客社團所學到的 123D 繪圖軟體來製作放置磁鐵的圓轉盤以及扇葉，挑戰了用 123D 繪圖軟體來製作出屬於我們的發電機，在製作我們發電機的零件時，如果有不會的地方，我們也不吝嗇地去問老師，解答出我們的疑惑，在一次又一次的挑戰中，我們也成功的一步步的製作出屬於我們的風力發電機。

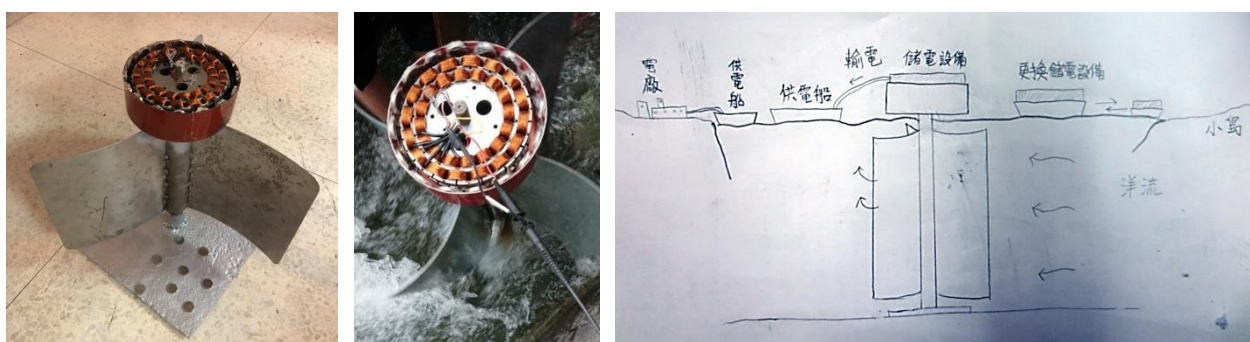


圖 1 我們參加 58 屆科展所製作的多功能發電機裝置，有風力、水力及模洋流發電

### 二、研究目的

為了研究發電機之效能分析，我們與師長討論這個研究構想，設計了許多實驗，讓發電機達到更好的成效。

我們的研究目的有以下幾點：

- (一) 3D 列印風力發電機之機構與拆解廢棄吊扇。
- (二) 3D 風力發電機機構與線圈組件及磁鐵組合之測試。
- (三) 測試葉片數量與發電機效能之關係。
- (四) 測試串接葉片數量與發電機效能之關係。
- (五) 測試葉片角度與發電機效能之關係。
- (六) 測試風向角度與發電機效能之關係。
- (七) 測試磁鐵數量與發電機效能之關係。

### 三、研究方法與架構

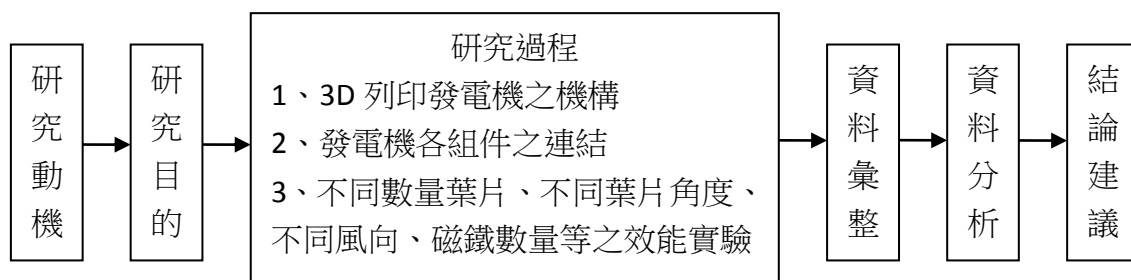


圖 2 研究架構圖

### 貳•正文

目前地球暖化嚴重，許多資源漸漸耗竭，火力發電廣泛使用，排出廢氣加速溫室效應，所以有很多人去抗議不要再繼續使用火力發電，也不要核能發電。臺灣的地理環境特殊，有穩定的季風可做風力發電，能為綠色能源盡一分心力。我們的實驗設計依序如下：

#### 一、3D 列印風力發電機之機構與拆解廢棄吊扇

我們先拆解學校廢棄吊扇，取出線圈組件，用游標卡尺測量線圈組件與磁鐵凹槽的精確尺寸，記錄好尺寸後進行發電機的 3D 繪圖設計。



圖 3 我們用游標卡尺精確測量拆解後的吊扇線圈組件及磁鐵尺寸。

### 3D 列印風力發電機之效能分析

接著我們透過 123D 繪圖軟體，繪製我們的風力發電機轉盤主體(黃色)，再印製出兩種不同規格的葉片(藍色與黃色)及支撐底座(粉紅色)，如下圖 3 所示。

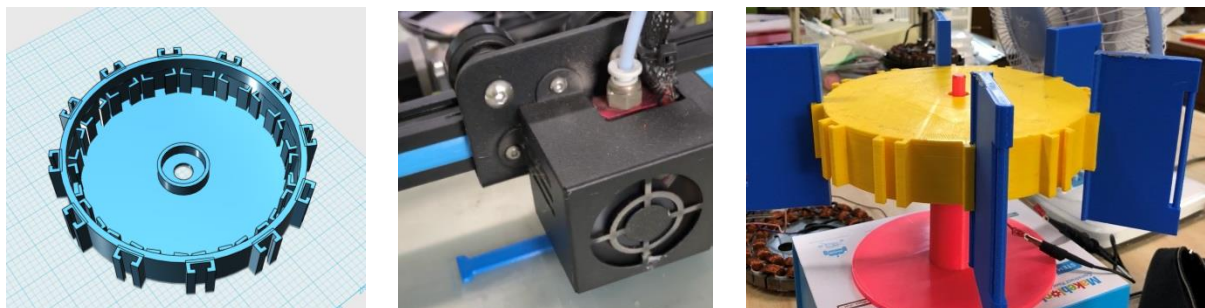


圖 4 我們 3D 繪圖發電機的機構，經 3D 列印之後，組裝完成實用的風力發電機。

### 二、3D 風力發電機機構與線圈組件及磁鐵組合之測試。

我們完成發電機主體後，放入四個磁鐵及一個線圈進行測試，再利用小型電風扇轉動發電機，透過示波器顯示電壓的峰對峰值以及電壓(有效值)，如下圖所示。

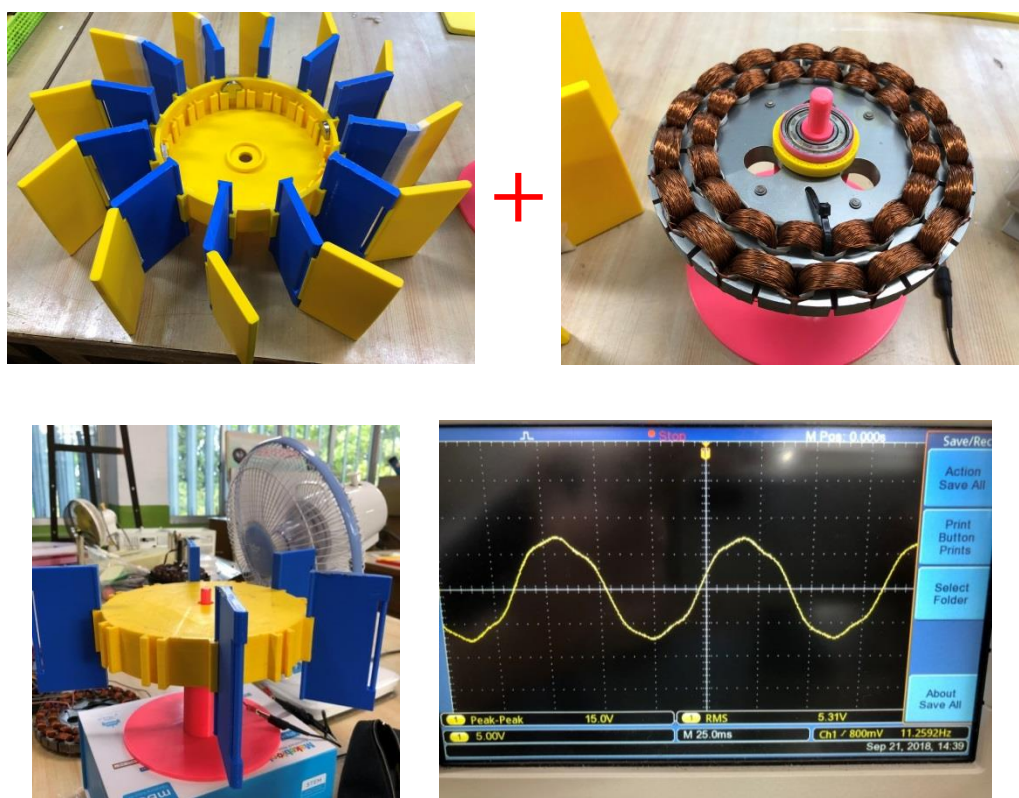


圖 4 風力發電機之裝置連結與發電機測試

### 三、 測試葉片數量與發電機效能之關係

我們先將發電機組裝上第一層藍色的扇葉(1~12 片)，轉盤內等距放置 4 個磁鐵，測試葉片數量與發電機效能之關係，我們將數據繪製成以下表格，如表 1。





圖 5 單葉片風力發電機之裝置測試，依序增加葉片。

表 1：葉片數量與發電機效能之關係（一個線圈，一層葉片）

葉片數量	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
1	轉不動	轉不動
2	轉不動	轉不動
3	轉不動	轉不動
4	7.20V	2.48V
5	15.2V	5.28V
6	15.0V	5.31V
7	20.0V	7.15V
8	22.0V	7.63V
9	18.2V	6.50V
10	23.8V	8.49V
11	23.4V	8.21V
12	25.0V	9.02V

#### 四、測試串接葉片數量與發電機效能之關係

接著我們將葉片連接，增加葉片面積來測試發電效果，我們延續實驗三的測試方式，實驗數據如表 2，藍色葉片為第一層，黃色葉片為第二層，如圖 6 所示。

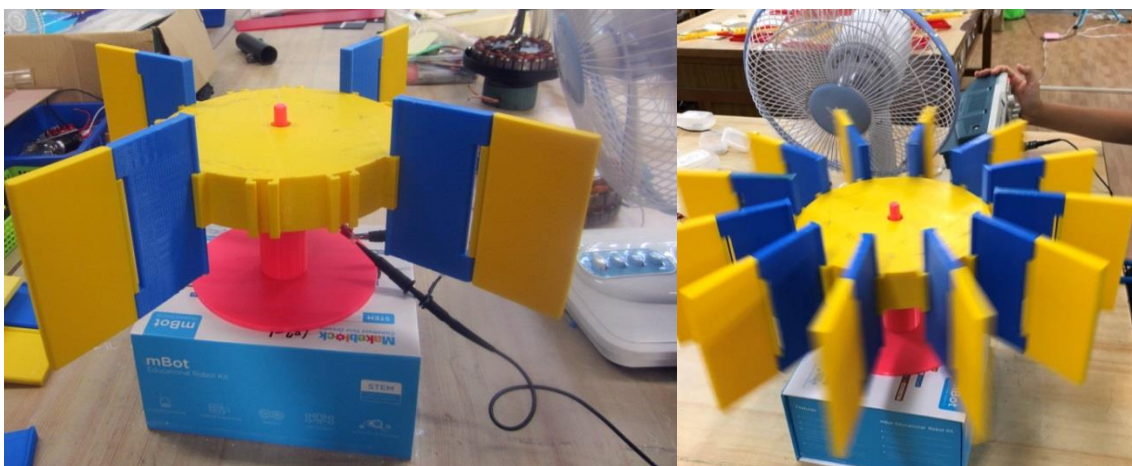


圖 6 串接 2 葉片之風力發電機測試

表 2：串接葉片數量與發電機效能之關係（一個線圈，二層葉片）

葉片數量	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
1	轉不動	轉不動
2	13.0V	4.51V
3	18.2V	6.48V
4	18.4V	6.50V
5	17.6V	6.24V
6	19.4V	6.97V
7	21.8V	7.36V
8	22.8V	7.85V
9	23.6V	8.03V
10	23.8V	8.25V
11	24.6V	9.01V
12	25.6V	9.36V

### 五、測試葉片角度與發電機效能之關係

在測試完串接葉片之後，我想說角度是否會影響發電效果，所以我們將葉片調整角度，如圖 7，藍色葉片和黃色葉片之間可調整角度，測試最佳的角度位置。

### 3D 列印風力發電機之效能分析

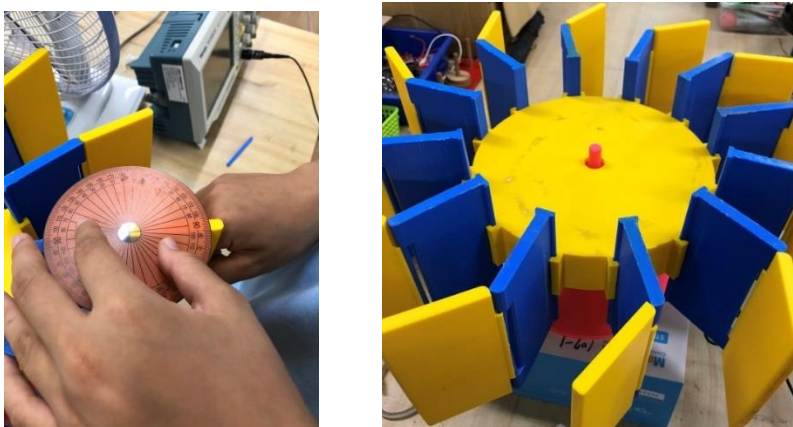


圖 7 葉片間不同角度之風力發電機測試

表 3 測試葉片角度(12 片串接葉片、4 個磁鐵、1 個線圈)

葉片角度	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
10°	20.2V	7.13V
20°	21.0V	7.42V
30°	21.8V	7.62V
40°	21.8V	7.63V
50°	20.4V	7.08V

在測試扇葉角度時，我們研究發現，扇葉角度在 30° 或 40° 時所產生的峰對峰值以及電壓有效值是最高的。

#### 六、測試風向角度與發電機效能之關係

測試完最佳葉片角度之後，我們以最佳的葉片角度(30°)來測試風向角度，觀察在何種角度的風向，轉速為最快。

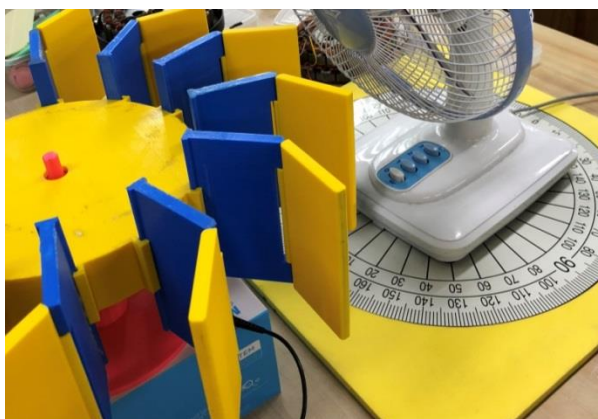


圖 8 風向角度與發電機效能測試

表 4 測試電扇角度與效能之關係(12 片串接葉片、4 個磁鐵、1 個線圈)

風扇角度	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
0°	轉不動	轉不動
10°	1.40V	590mV
20°	11.6 V	3.95 V
30°	24.8 V	8.70 V
40°	22.6 V	7.81 V
50°	10.4 V	3.63 V
60°	轉不動	轉不動

在測試電扇角度時，數據顯示，電扇在角度 30° 所產生的峰對峰值以及電壓有效值是最好的。

### 七、測試磁鐵數量與發電機效能之關係

我們已知最佳角度和最佳風向，接下來我們便測試幾顆磁鐵發電效果最好。



圖 9 不同磁鐵數量與發電機效能測試

表 5 測試不同磁鐵數量(12 片串接葉片，葉片角度 40°，1 個線圈)

磁鐵數量	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
2	11.4V	3.95V
4	21.8V	7.62V
8	36.8V	12.9V
16	轉不動	轉不動



表 6 測試不同磁鐵數量(6 片串接葉片，葉片角度  $40^\circ$ ，1 個線圈)

磁鐵數量	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
2	9.4V	3.15V
4	18.8V	6.62V
8	21.8V	7.30V
16	轉不動	轉不動

表 7 測試不同磁鐵數量(3 片串接葉片，葉片角度  $40^\circ$ ，1 個線圈)

磁鐵數量	峰對峰值(V <sub>P-P</sub> )	電壓 (V <sub>rms</sub> )
2	8.8V	3.05V
4	18.2V	6.31V
8	20.8V	7.11V
16	轉不動	轉不動

在測試不同磁鐵數量所產生的電壓時，我們發現 16 顆磁鐵轉不動的原因可能是磁力太強吸住線圈盤，風力太弱無法使轉盤轉動。實驗結果顯示放 8 顆磁鐵效能是最好的。

## 參●結論

### 一、討論

經由我們這次的實驗，我們發現以下幾點：

1. 我們機構是先由 123D 繪圖軟體繪製，再將圖稿印製出來，我們發現這比我們之前在參加 58 屆的全國科展競賽的擴充式多功能發電機更加輕巧且方便攜帶。
2. 我們的發電機內置一個線圈，發現 8 顆磁鐵測出來的電壓是所有實驗裡最好的數據，16 顆磁鐵的部分，我們會持續進行研究。
3. 我們將葉片組裝在發電機上，發現在發電機上裝上十二個葉片轉速會是最快，且峰對峰值以及電壓為最高。
4. 先將第一層(12 個葉片)裝上發電機組之後，我們再將第二層的葉片依序裝上，由於我們兩個葉片之間的角度可調整，我們研究發現葉片在  $30\sim 40$  度的時候所產生的峰對峰值和電壓為最高。
5. 測試的最佳風向角度為  $30$  度使他的轉速為最快，所產生的峰對峰值和電壓為最高。
6. 在測試中，有時發電機轉起來卡卡的，原因為軸承培林與線圈接觸造成轉動不順，所以我們不能將圓盤壓太下去，否則線圈可能會跟著轉，造成風力吹不動的現象。

7. 我們發現，葉片增加超過 3 片後，其實發電效能增加有限。考量成本與發電效能後，這也是我們常見的風力發電機以 3 個葉片進行發電的原因。

## 二、貢獻與建議

我們的風力發電機，是參考之前的 58 屆全國科展的擴充式多功能發電機所做的改良，它改良了擴充式多功能發電機的笨重，輕巧了許多且可隨時拆解葉片，有固定的葉片數據，不會只有三個葉片和四個葉片的數據可供參考，而是有 1~12 葉片的數據可供參考，以及這次我們改良了葉片與風向的角度，只需要微弱的風，便可轉動我們的風力發電機，我們的風力發電機可以放在一般人的家裡，不需要太強的風，大約只要 1~2 級風，便可以轉動發電機使它發電。

不過考量 3D 列印的時間（這真的是太花時間了），我們也建議以 3 個角度 30 度的串接葉片，8 個磁鐵進行風力發電機的設計（如表 7），產生的電壓有 7.11V，經過整流處理後，足夠應用於 USB 的 5V 電源。

台灣預計在 2025 年完成非核家園的計畫，相信綠能發電即將會成為主流，所以我們嘗試使用風力發電，實驗結果比我們預計的好！希望之後我們的發電機還能擴充線圈，達到更好發電效果，為環保盡一份心力，地球只有一個，守護地球，人人有責！

## 三、優點

1. 只須微弱的風即可發電。
2. 發電機本體輕便、好攜帶。
3. 我們使用廢棄吊扇中的線圈，廢物再利用。
4. 線圈朝下，不會被葉片干擾發電效果。
5. 成本低、可自行調整顏色。
6. 可以利用手機連線充電。
7. 可以當作中小學能源教育的的教材或教具，容易拆解與組裝，非常適合給國中小學生作為實驗的器具。

四、缺點：列印太花時間啦。

## 肆●引註資料

### 一、圖書資料

註一、南一，《自然與生活科技 6》，〈全球變遷〉，台北：南一出版社，2017。

註二、陳宗誠等(2015)，通風球發電機之效能最佳化分析，中華民國第 55 屆中小學科學展覽說明書。

註三、蔡奕皇等(2016)，轉動的太陽能板，太陽能發電之效能最佳化分析，花蓮縣第 56 屆中小學科學展覽說明書。

註四、鄔瑞璿等(2017)，通風球與太陽能發電模擬並聯轉之最佳化分析，花蓮縣第 57 屆中小學科學展覽說明書。

註五、黃佑淇等(2018)，擴充是多功能發電機之效能最佳化分析，花蓮縣第 58 屆中小學科學展覽說明書。

### 二、網路資料

註六、從從 唐從聖 示範自製小型風力發電 small wind turbine DIY  
<https://www.youtube.com/watch?v=0dLIozeAq9U>

註七、風力發電 比太陽能更便宜－民視新聞  
<https://www.youtube.com/watch?v=H2CxYWuURhY>

註八、風力發電機的原理- 從從 唐從聖配音 Wind Turbine Principle  
<https://www.youtube.com/watch?v=gau5HiIDG4>

註九、熱線 非核家園 能源轉型;風力發電 海陸齊發;彰化風場 地理優勢;生態平衡 綠能挑戰  
<https://www.youtube.com/watch?v=3y8eWCfM5Eo>