

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：物理科

作品名稱：風來，電就來了！

關 鍵 詞：風力發電、扇葉、電功率（最多 3 個）

編號：

作品名稱：風來，電就來了！

摘要

我們的實驗是透過智高零件組裝整個風車結構，利用齒輪組帶動發電馬達，藉由 Vernier 公司的電能感測器，收集發電馬達的電流、電壓、電阻和電功率。

實驗在研究風力發電中扇葉因素所產生的影響，設計 5 項變因：扇葉長度、形狀、重量、角度和材質。長度較小或形狀面積較小或扇葉角度較小，發電效能較好；扇葉材質不同，發電效能也有明顯差異；扇葉重量的不同，無法從實驗數據做出明顯比較，但重量越重，對整體結構有一定程度的破壞。

壹、研究動機

炎炎夏日，電風扇當然是必備的物品之一呀！記得我們在剛入學時，我們看到一些學長姐們正在做有關於風力發電的實驗準備要去比賽，這使得我們好奇了好一陣子；在國小 6 年級下學期時，我們曾經在自然與生活科技課時，上過了一些再生能源的課程，但是國小重的是基礎，並沒有真的非常深入去了解再生能源，於是我們組成了一個隊伍來近一步的探索，我們想到了一些問題：扇葉上的重量、長度、形狀、角度、材質會影響到他的發電嗎？……

本研究與課程相關：翰林版國中三年級下學期第二單元電與磁、翰林版國中三年級上學期第三單元：功與能。

貳、研究目的



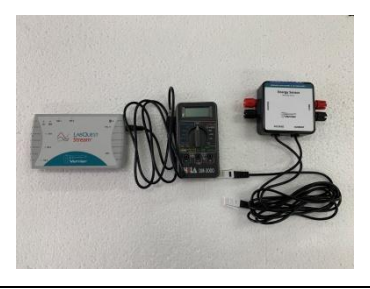

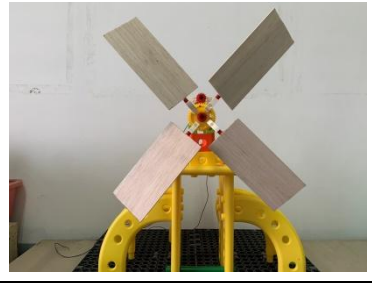
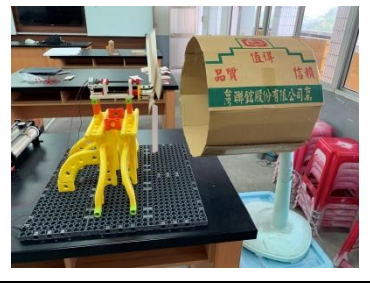
我們希望能從探討風力發電的實驗，來進一步的了解影響風力發電的因素，於是我們設計了以下實驗：

- 一、探討風力發電的相關資料。
- 二、扇葉長度會影響到他的發電嗎？
- 三、扇葉形狀會影響到他的發電嗎？
- 四、扇葉上的重量會影響到他的發電嗎？
- 五、扇葉角度會影響到他的發電嗎？
- 六、扇葉材質會影響到他的發電嗎？

參、研究設備及材料

智高玩具積木組、2019kidwind 專用馬達、巴沙耳木、電風扇、可變電阻、[vernier LabQuest Stream](#)、[energy sensor](#)、三用電表(測量電壓電流)。

表 1、實驗器材

| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 發電馬達 | 可變電阻 | 測量電壓電流儀器 |
|  |  |  |
| 電風扇 | 底座+扇葉 | 實驗架構 |

肆、研究過程及方法

一、文獻探討---風力發電的資料整理

(一) 德國--世界風力發電發展之首

2002 年新增的風電裝機容量突破以往的記錄，達到 324.7 萬千瓦使全國發電總容量達到 1200 萬千瓦，是全國發電量的 4.7%，2004 年風電占德國發電總量的 5.3%，2010 年風電比例升高至 8%，相當快速。

(二) 丹麥和西班牙---緊隨在德國之後

2002 年的時候，新增裝機容量達 150 萬千瓦，可以達到爭奪權澳洲之冠的地位；丹麥成功的用風電來滿足國內 18% 的電力需求，是世界上風電貢獻率最高的國家。

(三) 印度---發展中國家的先鋒

1990 年後期印度風電市場一度低靡，但最近開始復甦。2002 年風電裝機容量達到 170.2 萬千瓦，印度已經成為全球第五大風電生產國。

(四) 台灣---離岸風電

台灣首座離岸風場「海洋風電」(Formosa 1) 已於 2019 年 11 月 12 日啟動，為風電邁入商業規模的重要里程碑，也代表政府開出「2025 年綠電比例達 20%」支票正逐步兌現 2019 年國際工程顧問公司最新的調查指出，世界優良風場的前 50 名中，台灣所擁有的風場就佔了 39 個，數量為世界之冠。目前已在彰化、雲林、苗栗接力展開。

以上(一)~(四)為參考資料第 1、2 點。

(五) 比較再生能源的優劣之處：

面對地球暖化危機，國人認為再生能源已經成為【眾所矚目的焦點】；目前的世界，非再生能源越來越少，因此在開源節流的概念下，除了減少不必要的能源使用外，更重要的就是再生能源。以下表格內容為參考資料第 3 點。

表 2、我們將各再生能源分成 5 類

| 能源 優劣 | 太陽能 | 風力 | 水力 | 海洋能 | 生質能 |
|----------|---|--|----------|-------|-------------------------------|
| 優勢 | 照射範圍十分寬廣，不會污染環境。 | 不需要使用燃料，不會產生 CO ₂ 、不會加速溫室效應，建造成本較低。 | 對環境衝擊及小。 | 無污染問題 | 材料來源廣泛亦不匱乏、可減少對於環境的負擔。 |
| 缺點 | 能量密度低、天候因素以及地球自轉的關係，太陽的能量來源不穩定、成本及技術具體應用不夠理想。 | 風扇轉動時會產生極大的噪音及炫影，會造成民身心健康產生干擾、供應較不穩定。 | 無 | 無 | 使用生質能時的原料，可能會有儲存上的問題、轉換的成本較高。 |

(六) 陸域風機和離岸風機比較：

最新的離岸風場及未來規劃的場址都比示範機組更遠離岸邊，或尺寸更為巨大，預估風力將會更為穩定，容量因數可望更高。



圖 1：陸域風機和離岸風機比較(參考資料 4)

研究一、扇葉長度會影響到風力發電嗎？

我們將扇葉長度分成 3 種：14 公分、16 公分、18 公分。

(一) 實驗設計

1. 操縱變因：扇葉長度
2. 控制變因：電風扇的強度、扇葉寬度、扇葉材質、扇葉角度。
3. 應變變因：電壓、電流、電阻、電功率。

(二) 實驗方法：

1. 組裝出一個平穩的底座；
2. 裁切出不同長度各 4 片等大的扇葉；
3. 放到底座齒輪的上方；
4. 負載電阻 50Ω ；
5. 用紙箱做出風罩，使風量集中；
6. 扇葉開始轉動之後，再進行測量，每秒記錄 10 次，測 30 秒；
7. 重複步驟 1~6*5 次；
8. 整理數據平均值並畫圖。

(三) 實驗結果：

表 3、扇葉長度的長和寬以及面積

| 長 | 寬 | 長 | 寬 | 長 | 寬 |
|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|
| 14 | 8 | 16 | 8 | 18 | 8 |
| 14 公分面積:112cm ² | | 16 公分面積:128cm ² | | 18 公分面積:144cm ² | |

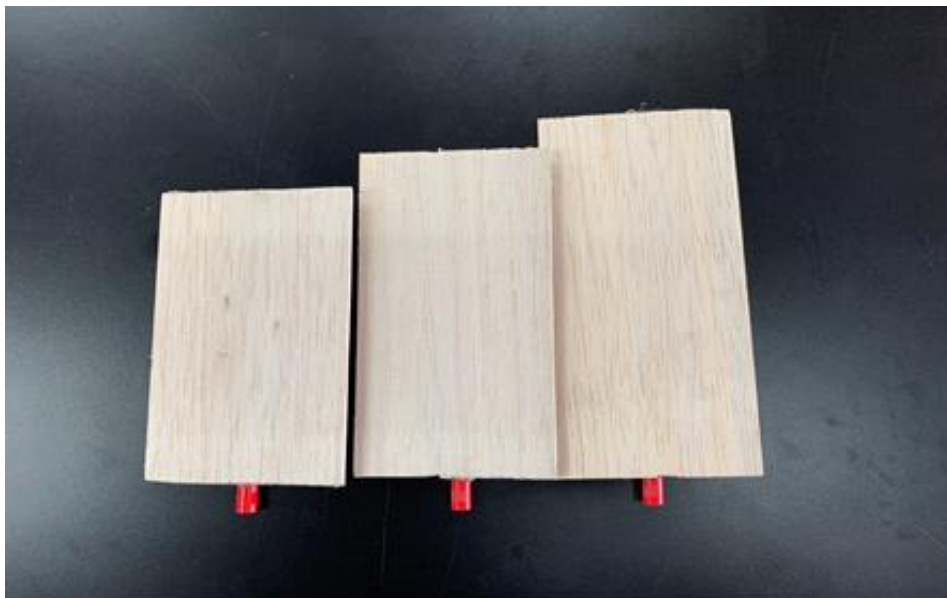


圖 2：14、16、18 公分扇葉

表 4：數據平均值(小數點第三位)

| | 電流 mA | 電壓 V | 電阻 Ω | 電功率 mW |
|-------|-------|-------|-------------|--------|
| 14 公分 | 4.098 | 2.103 | 513 | 8.618 |
| 16 公分 | 4.722 | 1.486 | 315 | 7.018 |
| 18 公分 | 3.800 | 1.041 | 274 | 3.953 |

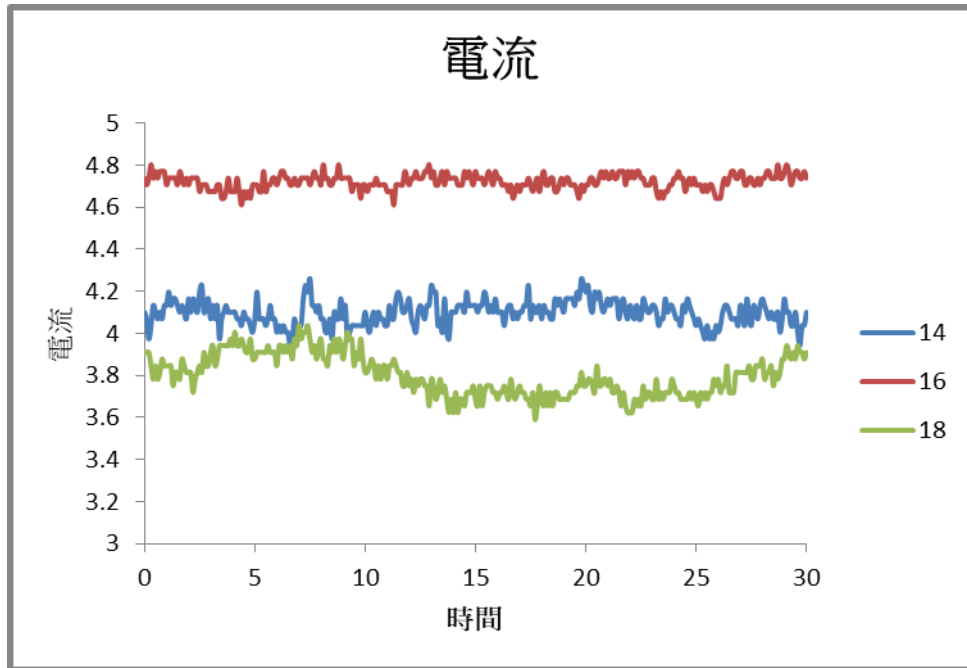


圖 3：長度實驗電流折線圖

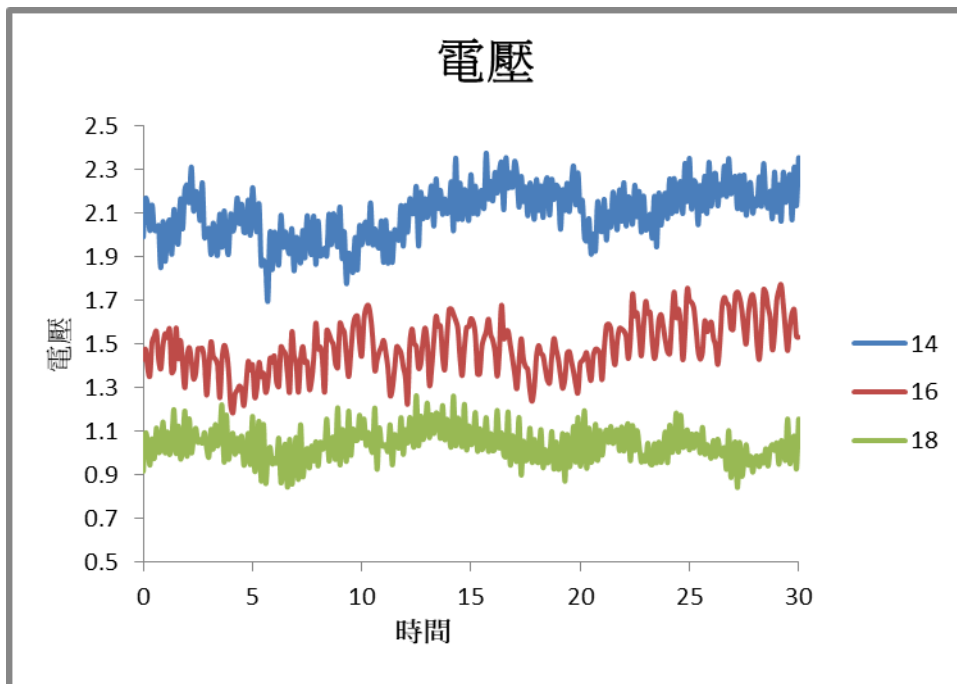


圖 4：長度實驗電壓折線圖

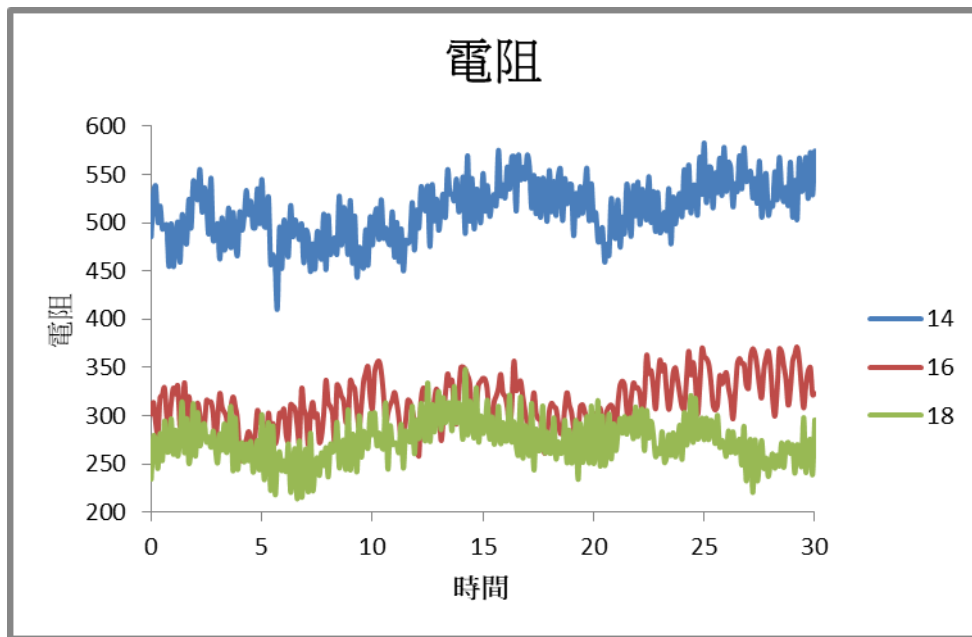


圖 5：長度實驗電阻折線圖

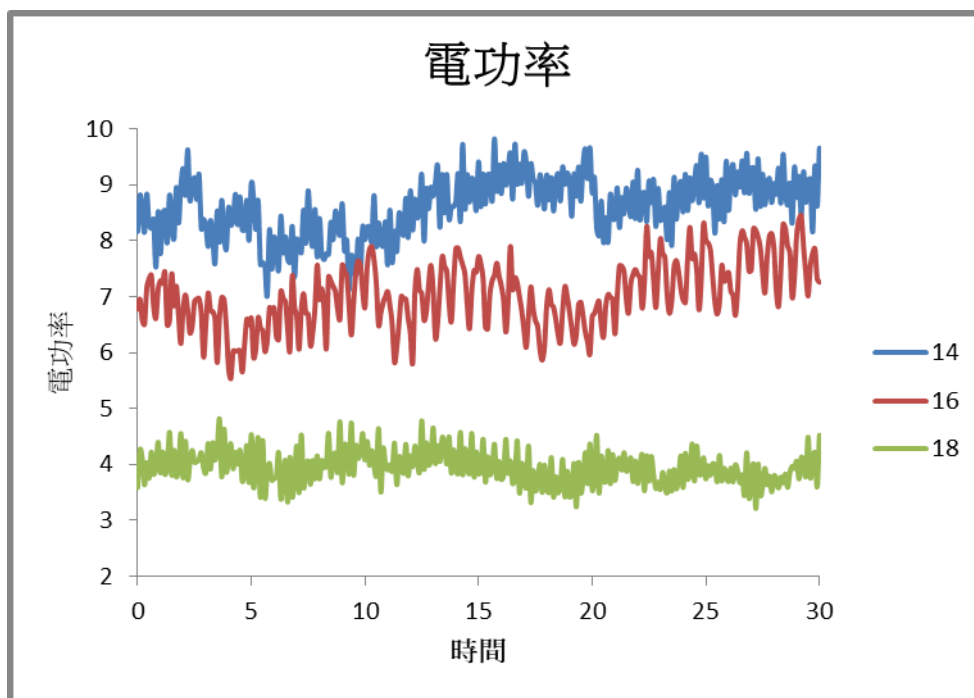


圖 6：長度實驗電功率折線圖

結論：

1. 電流的大小：16cm > 14cm > 18cm。
2. 電壓的大小：14cm > 16cm > 18cm。
3. 電阻的大小：14cm > 16cm > 18cm。
4. 電功率的大小：14cm > 16cm > 18cm。

研究二、扇葉形狀會影響到風力發電嗎？

我們將扇葉形狀分成 3 種：三角形、梯形、長方形。

(一) 實驗設計

1. 操縱變因：扇葉形狀
2. 控制變因：電風扇的強度、扇葉材質、扇葉角度。
3. 應變變因：電壓、電流、電阻、電功率。

(二) 實驗方法：

1. 組裝出一個平穩的底座；
2. 裁切出不同形狀各 4 片等大的扇葉；
3. 放到底座齒輪的上方；
4. 負載電阻 50Ω ；
5. 用紙箱做出風罩，使風量集中；
6. 扇葉開始轉動之後，再進行測量，每秒記錄 10 次，測 30 秒；
7. 重複步驟 1~6*5 次；
8. 整理數據平均值並畫圖。

(三) 實驗結果：

表 5：扇葉形狀的大小

| 底 | 高 | 上底 | 下底 | 高 | 長 | 寬 |
|------------------------|----|------------------------|----|----|-------------------------|----|
| 10 | 18 | 8 | 18 | 10 | 18 | 10 |
| 三角形面積： 90cm^2 | | 梯形面積： 130cm^2 | | | 長方形面積： 180cm^2 | |

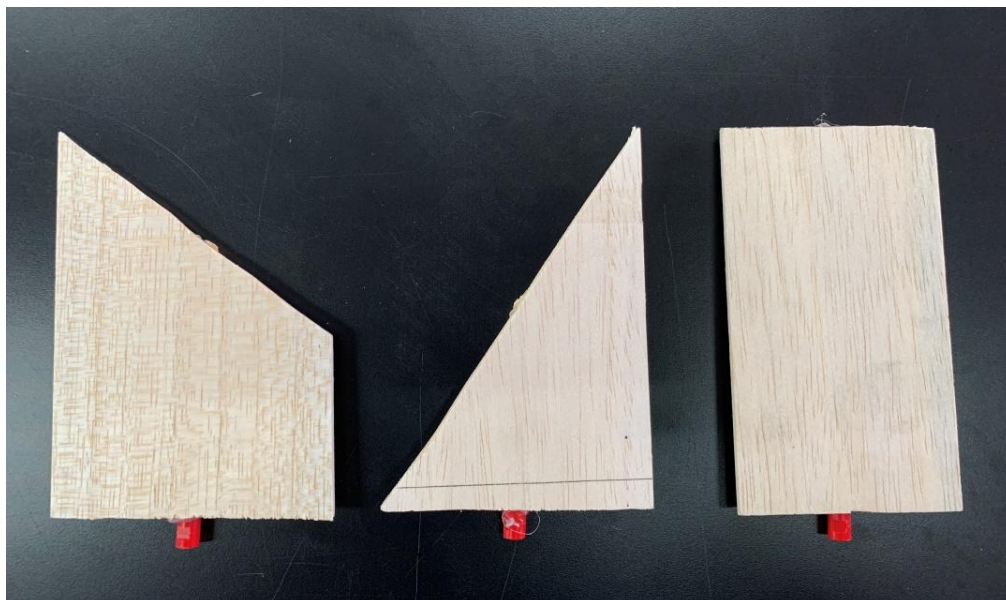


圖 7：梯形、三角形、長方形扇葉

表 6：數據平均值(小數點第三位)

| | 電流 mA | 電壓 V | 電阻 Ω | 電功率 mW |
|-----|-------|-------|-------------|--------|
| 三角形 | 4.614 | 4.115 | 892 | 18.986 |
| 梯形 | 4.022 | 1.676 | 417 | 6.734 |
| 長方形 | 3.800 | 1.041 | 274 | 3.953 |

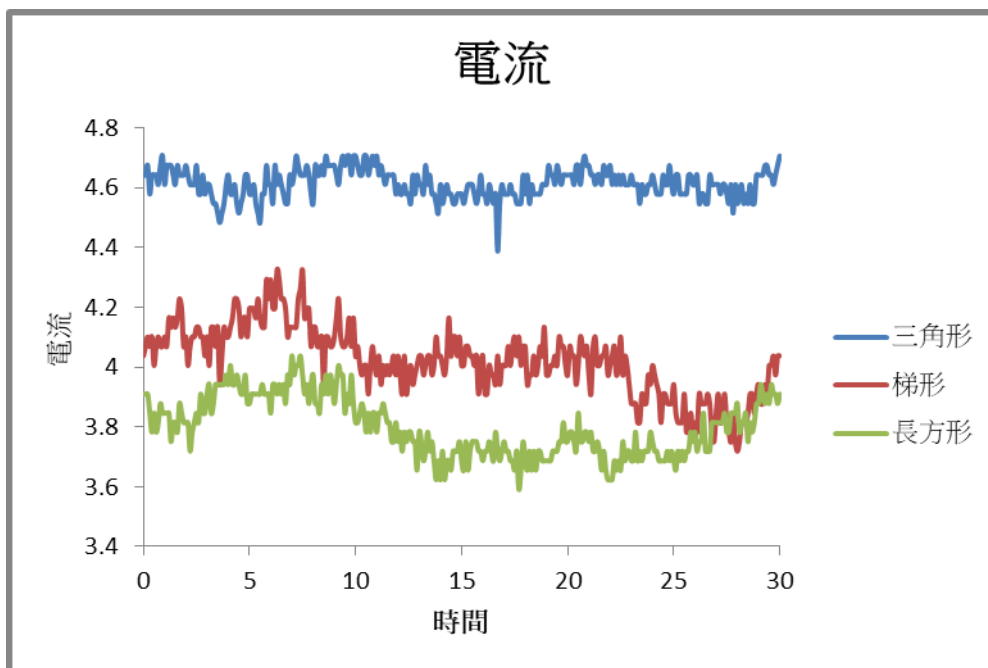


圖 8：形狀實驗電流折線圖

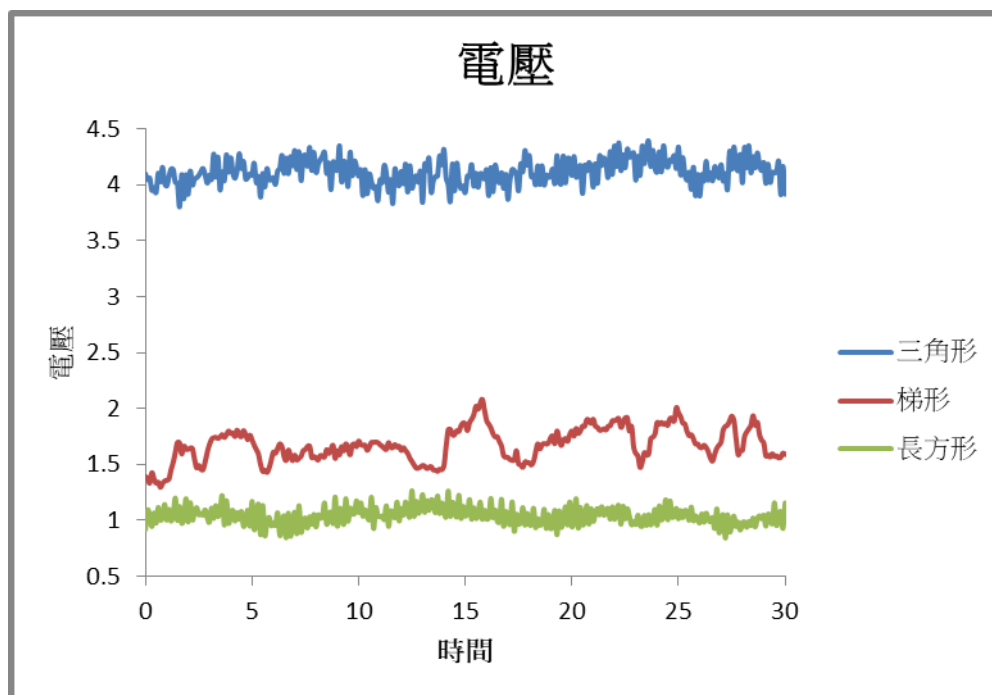


圖 9：形狀實驗電壓折線圖

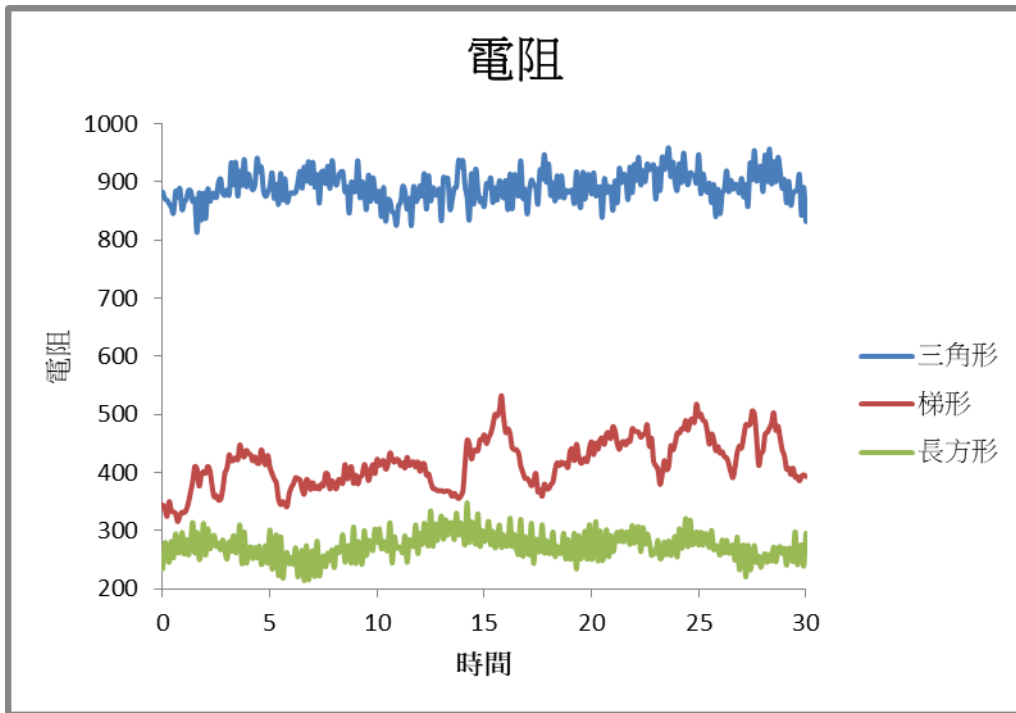


圖 10：形狀實驗電阻折線圖

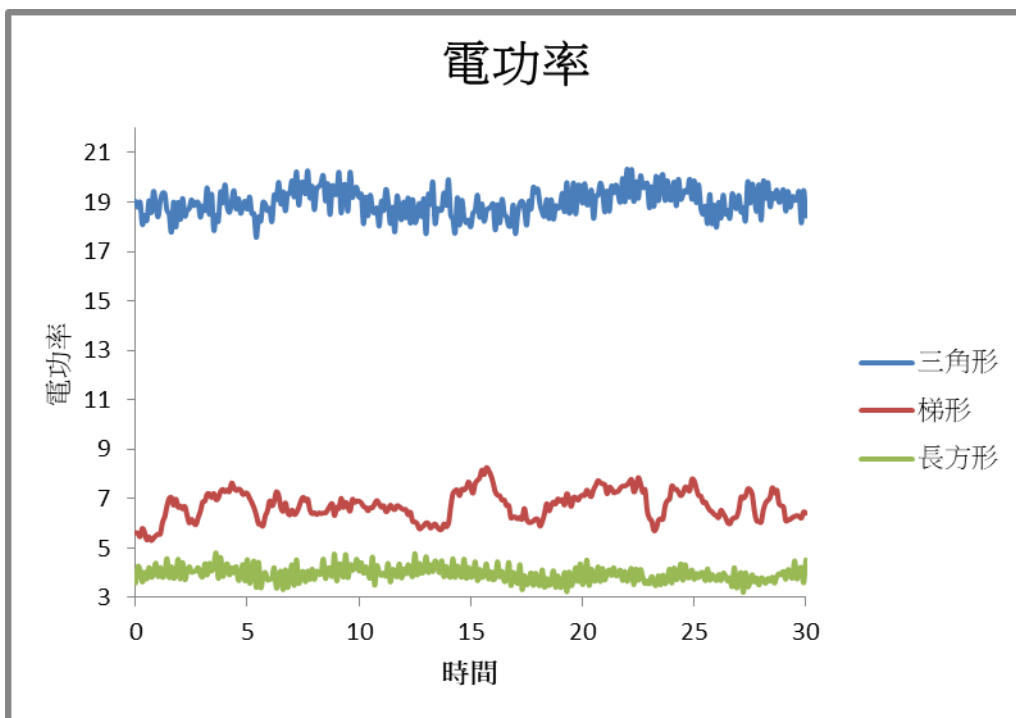


圖 11：形狀實驗電功率折線圖

結論：

1. 電流的大小：三角形〉梯形〉長方形。
2. 電壓的大小：三角形〉梯形〉長方形。
3. 電阻的大小：三角形〉梯形〉長方形。
4. 電功率的大小：三角形〉梯形〉長方形。

研究三、扇葉重量會影響到風力發電嗎?

我們將扇葉分成 2 種：無加裝 1 元硬幣、加裝 2 枚 1 元硬幣

(一) 實驗設計

1. 操縱變因：扇葉重量
2. 控制變因：電風扇的強度、扇葉形狀、扇葉材質、扇葉角度。
3. 應變變因：電壓、電流、電阻、電功率。

(二) 實驗方法：

1. 組裝出一個平穩的底座；
2. 裁切出 4 片等大的扇葉；
3. 放到底座齒輪的上方；
4. 負載電阻 50Ω ；
5. 用紙箱做出風罩，使風量集中；
6. 扇葉開始轉動之後，再進行測量，每秒記錄 10 次，測 30 秒；
7. 重複步驟 1~6*5 次；
8. 整理數據平均值並畫圖。

(三) 實驗結果：

表 7：扇葉重量大小比較

| | |
|-------------|---------------|
| 無加裝硬幣 | 加裝 2 枚 1 元硬幣 |
| 扇葉重量 7.5 公克 | 扇葉總重量 15.5 公克 |

表 8：數據平均值(小數點第三位)

| | 電流 mA | 電壓 V | 電阻 Ω | 電功率 mW |
|--------|-------|-------|-------------|--------|
| 無加裝硬幣 | 5.123 | 0.982 | 192 | 5.027 |
| 加裝 2 枚 | 4.582 | 1.062 | 232 | 4.868 |

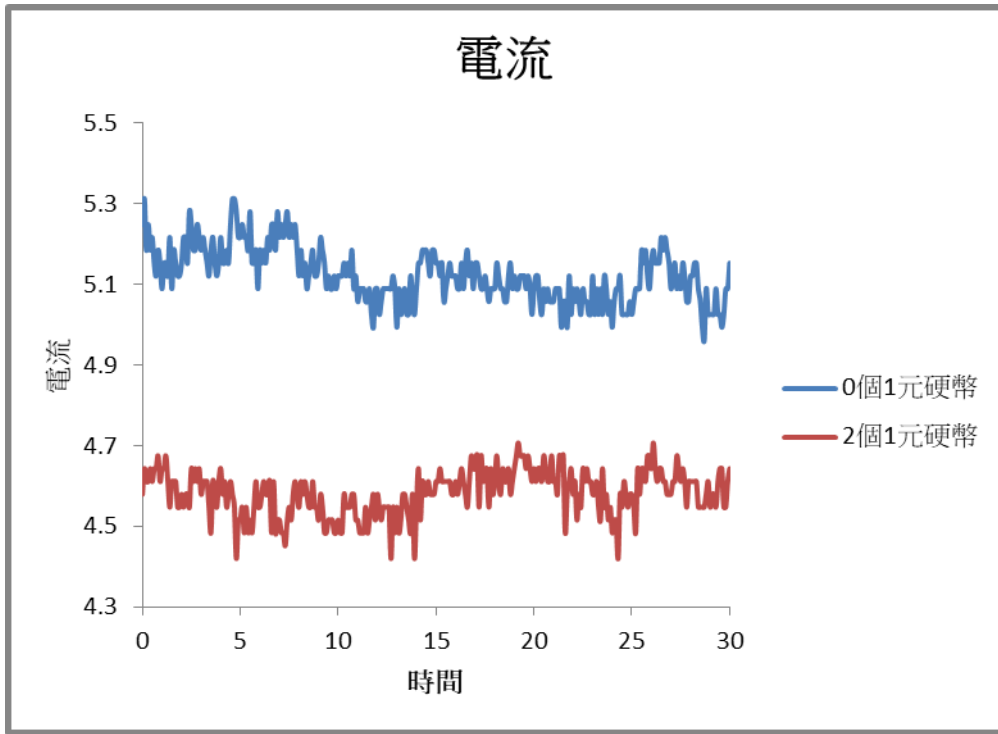


圖 12：重量實驗電流折線圖

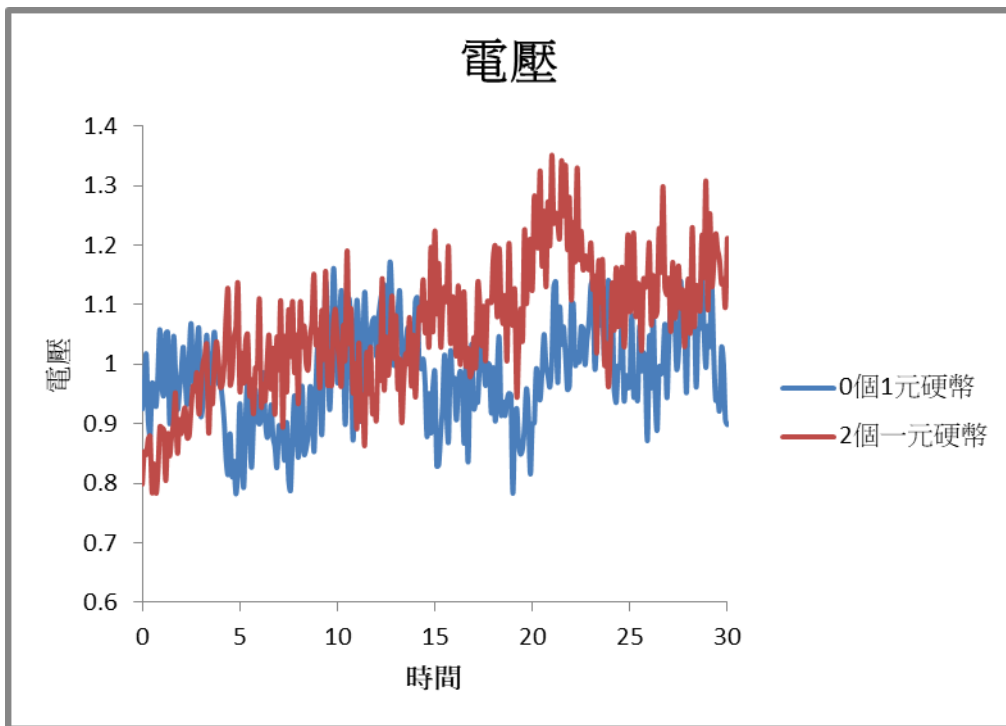


圖 13：重量實驗電壓折線圖

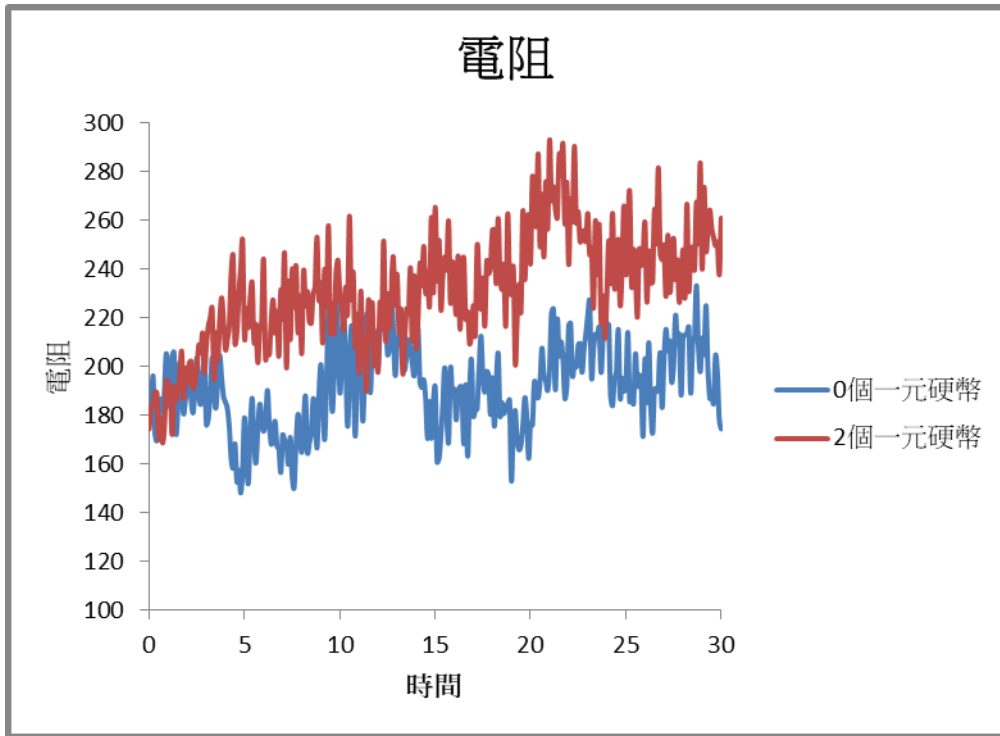


圖 13：重量實驗電阻折線圖

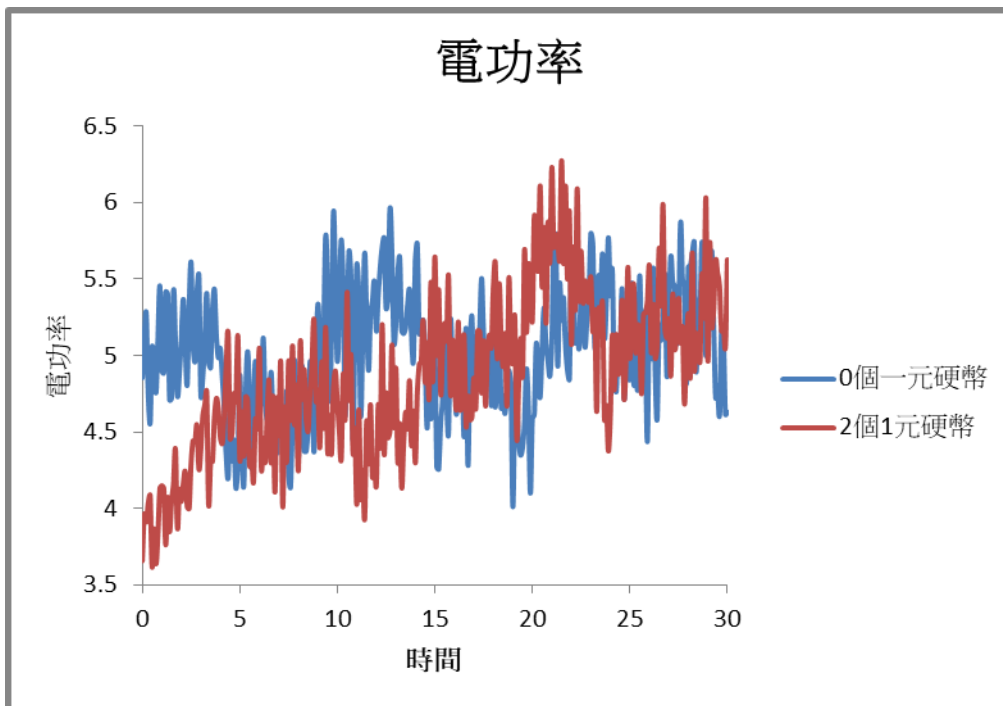


圖 13：重量實驗電功率折線圖

結論：

1. 電流的大小：無加重〉有加重。
2. 電壓的大小：有加重〉無加重。
3. 電阻的大小：有加重〉無加重。
4. 電功率的大小：無加重〉有加重。

研究四、扇葉角度會影響到風力發電嗎？

我們將扇葉和旋轉面夾角分成 3 種角度：15 度、30 度、45 度

(一) 實驗設計

1. 操縱變因：扇葉角度
2. 控制變因：電風扇的強度、扇葉形狀、扇葉材質。
3. 應變變因：電壓、電流、電阻、電功率。

(二) 實驗方法：

1. 組裝出一個平穩的底座；
2. 裁切出 4 片等大的扇葉；
3. 放到底座齒輪的上方；
4. 負載電阻 50Ω ；
5. 用紙箱做出風罩，使風量集中；
6. 扇葉開始轉動之後，再進行測量，每秒記錄 10 次，測 30 秒；
7. 重複步驟 1-6*5 次；
8. 整理數據平均值並畫圖。

(三) 實驗結果：

表 9：數據平均值(小數點第三位)

| | 電流 mA | 電壓 V | 電阻 Ω | 電功率 mW |
|------|-------|-------|-------------|--------|
| 15 度 | 4.195 | 2.696 | 643 | 11.308 |
| 30 度 | 4.098 | 2.103 | 513 | 8.618 |
| 45 度 | 3.990 | 1.466 | 368 | 5.851 |

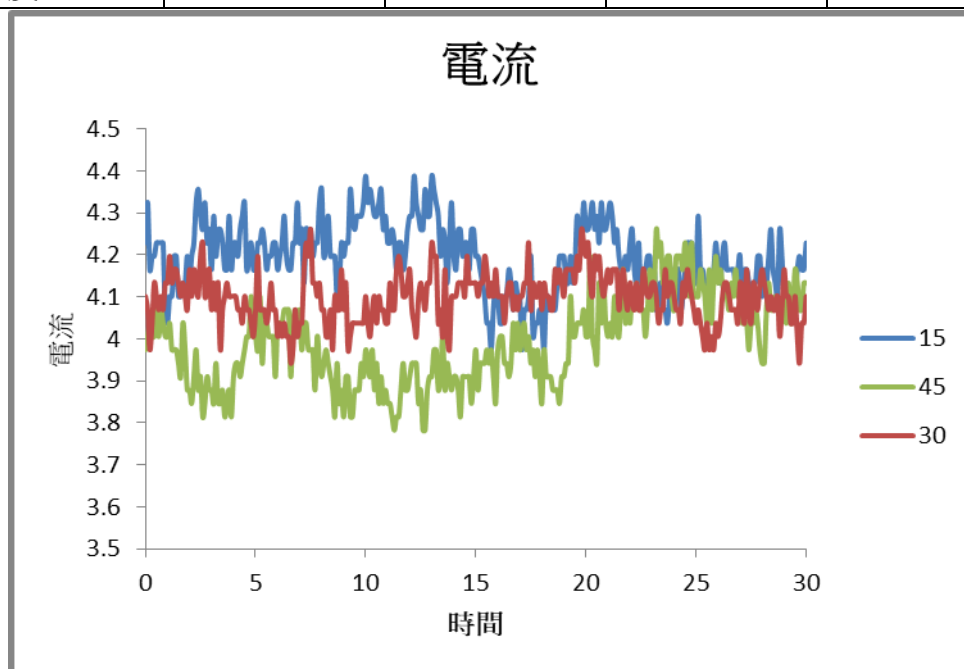


圖 14：角度實驗電流折線圖

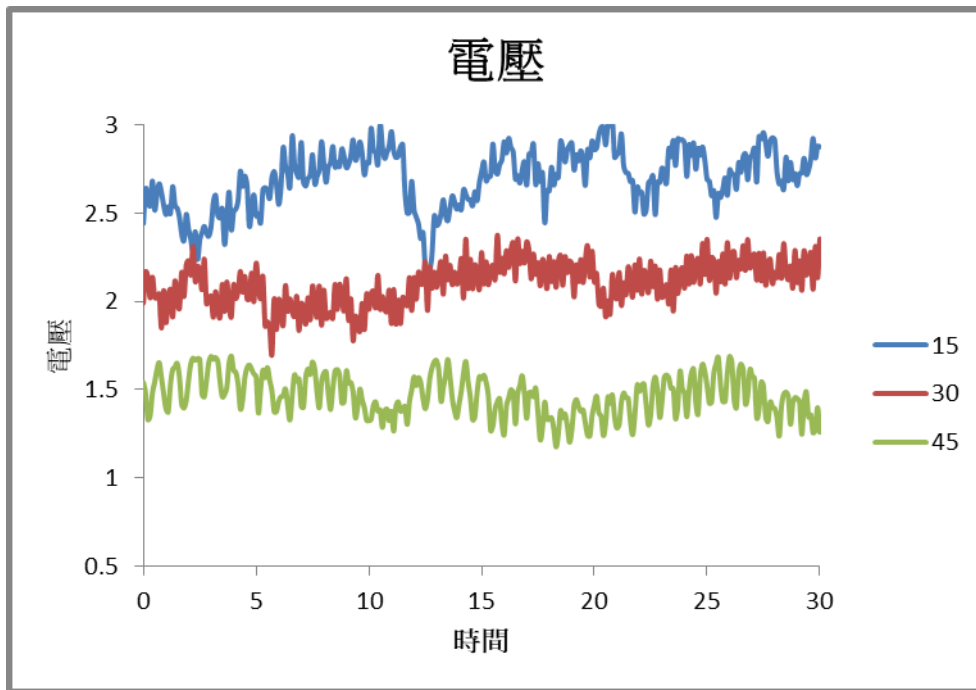


圖 15：角度實驗電壓折線圖

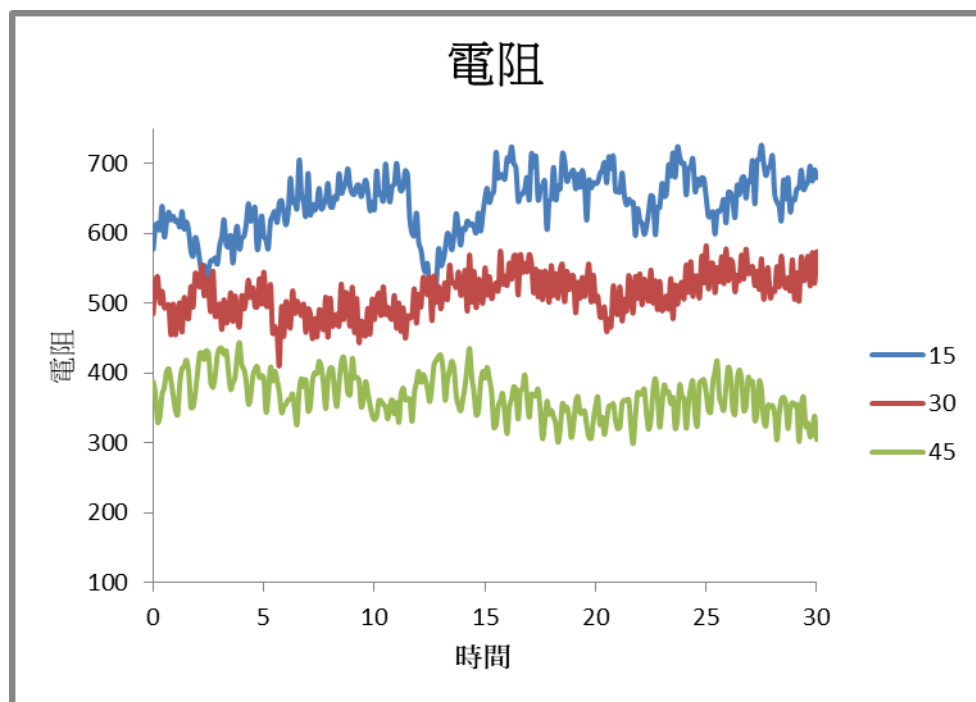


圖 16：角度實驗電阻折線圖

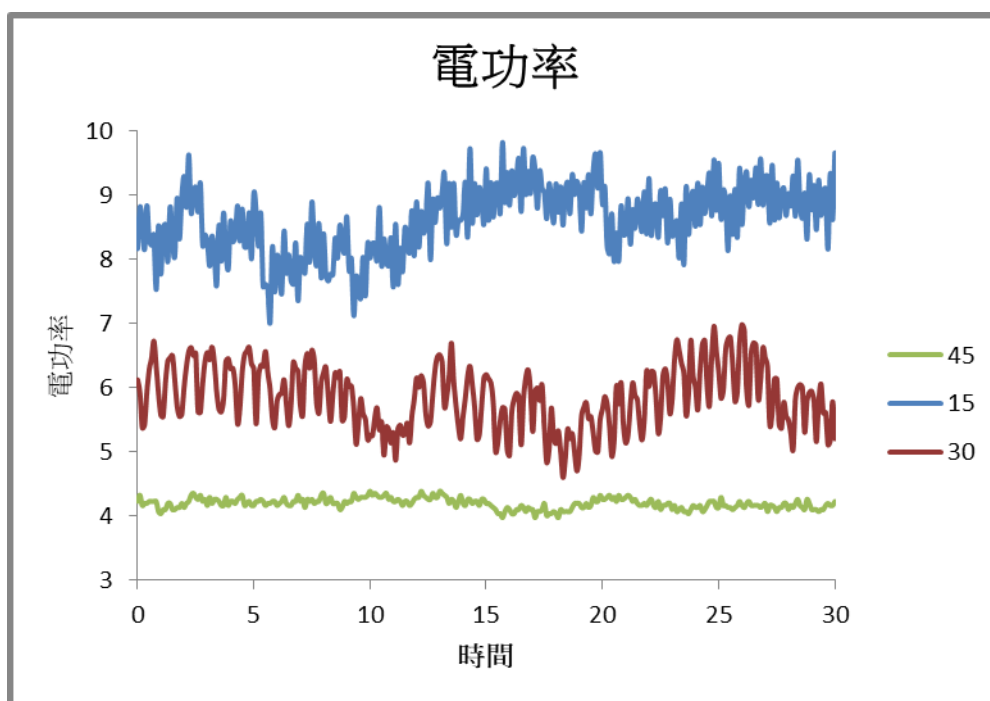


圖 17：角度實驗電功率折線圖

結論：

1. 電流的大小：15 度 > 30 度 > 45 度。
2. 電壓的大小：15 度 > 30 度 > 45 度。
3. 電阻的大小：15 度 > 30 度 > 45 度。
4. 電功率的大小：15 度 > 30 度 > 45 度。

研究五、扇葉材質會影響到風力發電嗎?

我們將扇葉材質分成 2 種：木片、PP 板

(一) 實驗設計

1. 操縱變因：扇葉材質
2. 控制變因：電風扇的強度、扇葉形狀、扇葉角度。
3. 應變變因：電壓、電流、電阻、電功率。

(二) 實驗方法：

1. 組裝出一個平穩的底座；
2. 裁切出不同材質各 4 片等大的扇葉；
3. 放到底座齒輪的上方；
4. 負載電阻 50Ω ；
5. 用紙箱做出風罩，使風量集中；
6. 扇葉開始轉動之後，再進行測量，每秒記錄 10 次，測 30 秒；
7. 重複步驟 1~6*5 次；
8. 整理數據平均值並畫圖。

(三) 實驗結果：

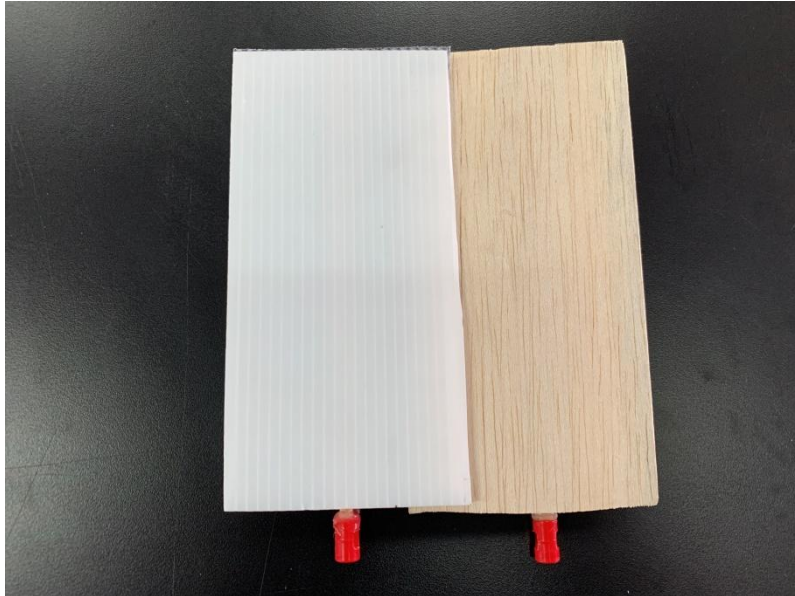


圖 18：扇葉材質 PP 板和木片

表 10：數據平均值(小數點第三位)

| | 電流 mA | 電壓 V | 電阻 Ω | 電功率 mW |
|------|-------|-------|-------------|--------|
| 木片 | 4.722 | 1.486 | 315 | 7.018 |
| PP 板 | 4.139 | 1.370 | 331 | 5.674 |

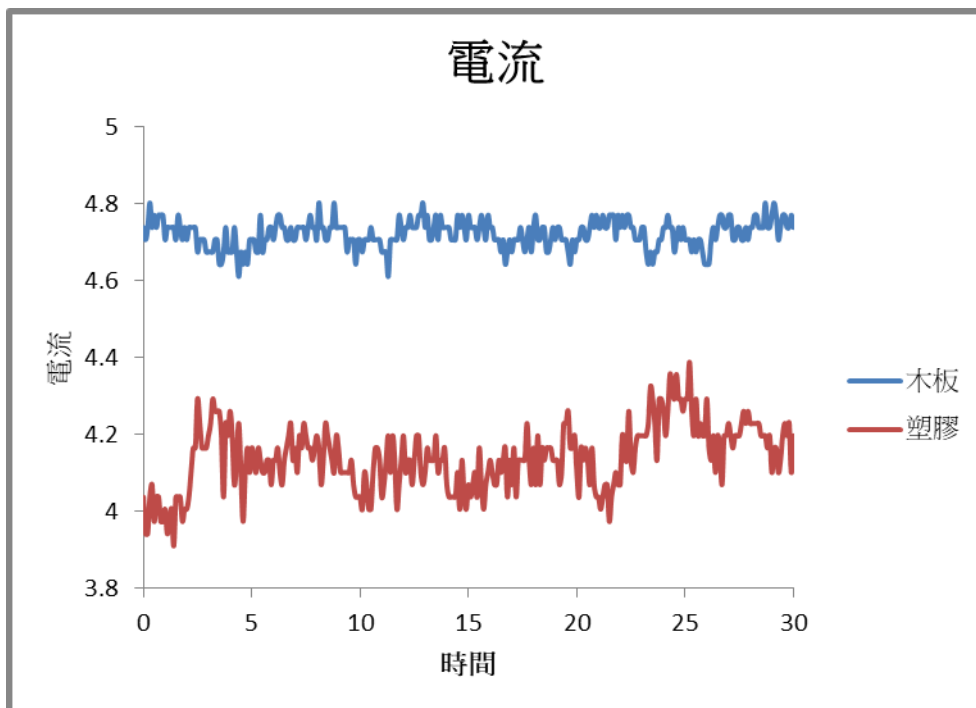


圖 19：材質實驗電流折線圖

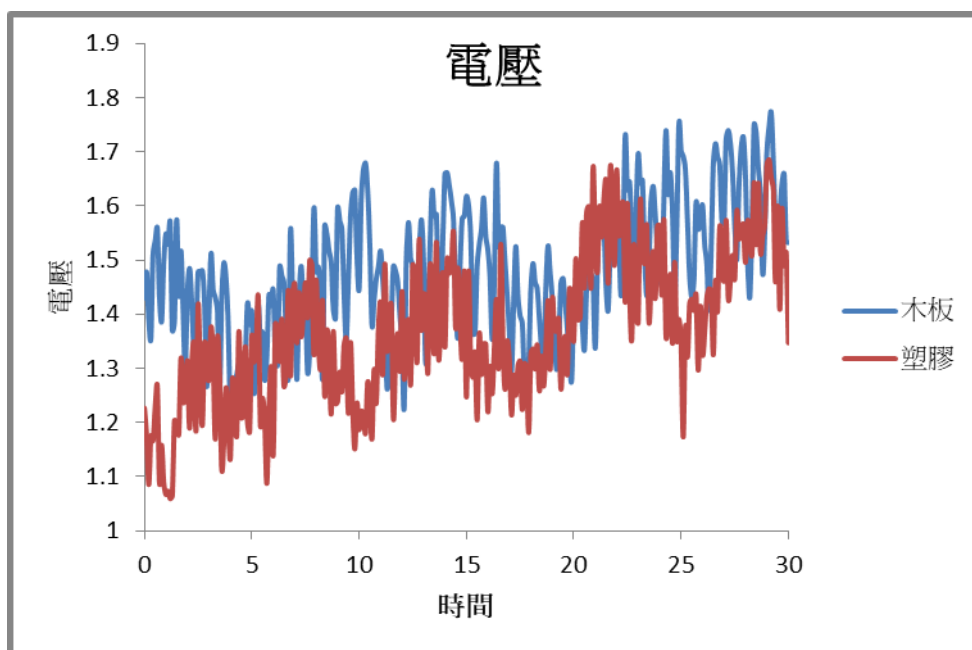


圖 20：材質實驗電壓折線圖

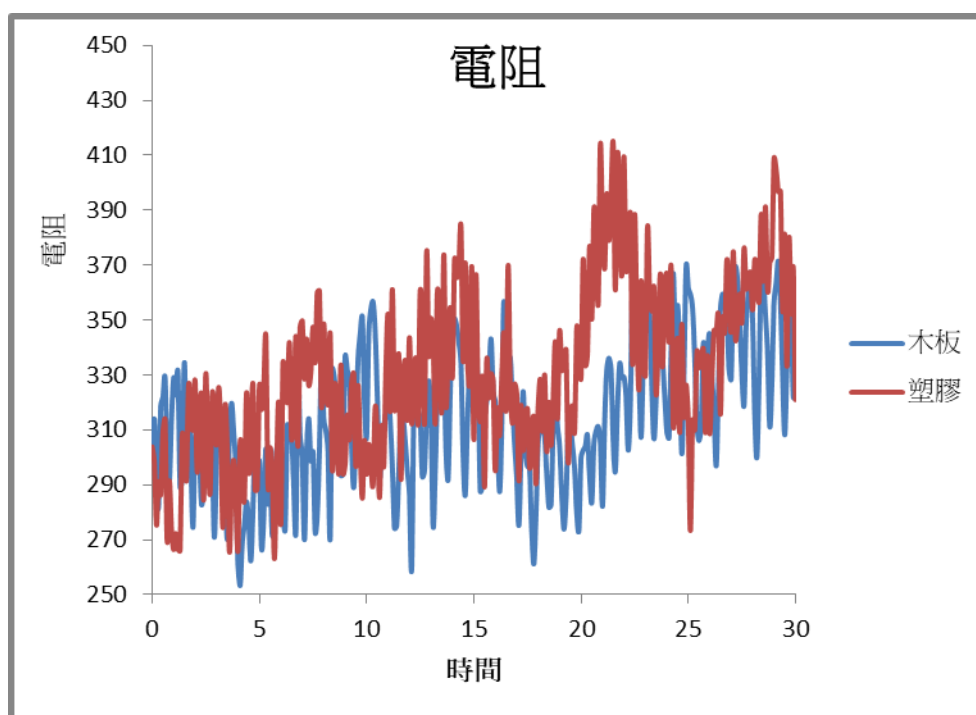


圖 21：材質實驗電阻折線圖

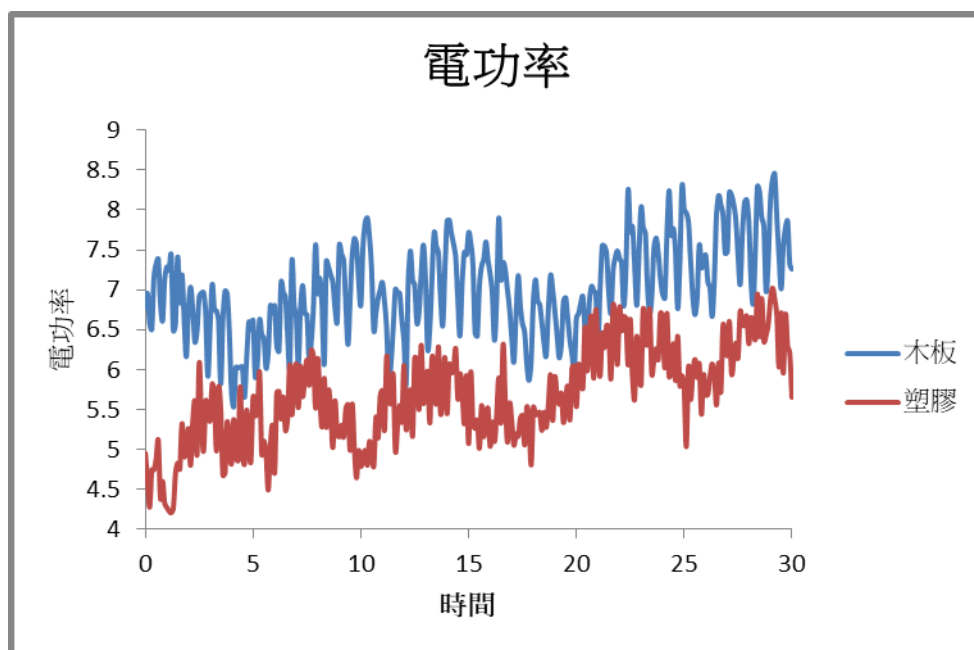


圖 22：材質實驗電功率折線圖

結論：

1. 電流的大小：木板 > PP 板。
2. 電壓的大小：木板 > PP 板。
3. 電阻的大小：PP 板 > 木板。
4. 電功率的大小：木板 > PP 板。

伍、研究結果討論

- 一、扇葉長度較小時，電壓、電阻和電功率較大，受風力作用面積較小，發電效能較好。
- 二、扇葉形狀在三角型、梯形、長方形比較，三角形的電流、電壓、電阻和電功率都是最大，長方形則相對最小，符合第 1 項結果：受風力作用面積較小，發電效能較好。
- 三、扇葉重量較重時，電壓和電阻較大，電流和電功率較小，發電效能無明顯差異，在實驗過程中扇葉重量越重，在受風力作用轉動過程中，容易產生結構不穩，甚至會因為過重而導致結構劇烈搖晃，最終無法測量。
- 四、扇葉角度較小時，電流、電壓、電阻和電功率都較大，發電效能較好。
- 五、扇葉材質不同時，發電效能有明顯差異，在木板相對於 PP 板發電效能較好。

陸、結論與建議

影響風力發電的因素，受風力作用面積較小或扇葉角度較小，發電效能較好；扇葉的材質和重量，在實驗中並沒有在發電效能中，驗證出規則變化的影響；以目前的風力發電扇葉來看，葉片數量大多採用奇數，是避免偶數在對稱平衡上容易發生系統共振，產生噪音和磨損。扇葉的形式也沒有追求最大化發電效能，只能在各項數據中取得平衡，而最主要是能延長使用期限，降低維修成本。

柒、參考資料

1. 風力發電 <https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=897> 張小玫 2004.2. 9
2. 離岸風電 <https://www.thenewslens.com/article/127841> , 2019/11/27
3. 再生能源的介紹 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sfzh.htm> , 邱詠程 2017.6.12
4. 全球前 20 處最優離岸風場，台灣竟佔了 16 座
https://blog.hamibook.com.tw/%E5%95%86%E7%AE%A1%E7%90%86%E8%B2%A1/%E5%BF%AB%E8%AE%80_%E9%81%A0%E8%A6%8B380%E6%9C%9F-%E7%B2%BE%E8%8F%AF%E7%89%88_%E5%85%A8%E7%90%83%E5%89%8D20%E8%99%95%E6%9C%80%E5%84%AA%E9%9B%A2%E5%B2%B8%E9%A2%A8%E5%A0%B4%EF%BC%8C%E5%8F%B0%E7%81%A3/?p=20061 。
2018-02-09