

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032913

離岸風電的研究

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者： 國二 謝昱緯	指導老師： 賴月琴 楊鍾鳴
---------------	---------------------

關鍵詞：電磁感應、風罩與風槳、風力發電

摘要

大型離岸風機造價不菲，風速強的冬季發電效能比夏天理想；風力弱時常看到風機沒有在轉動！設計小而美、小而能產電的風槳及導風罩設計是我們研究的方向。

我們研究出三培林軸承、自動追風導向的導風罩設計，長軸連接馬達、馬達基座、穩定風槳的積木座設計，均可使風槳受風呈單一方向旋轉而發電。

也測試出馬達銜接風槳懸空套接的減重、低摩擦力轉動的設計，可助雙S風槳在1-3公里/時的低風速下轉動發電，每次4000筆示波器記錄亦可明顯比較各3D列印風槳在不同風罩種類及高度下的產電最大電壓、平均電壓及轉動周期或頻率，123 design 3D列印的輕質雙S風槳在高或低扭力馬達的產電效能可為離岸風電提供可設計參考的方向。



大安海墘國小附近的海域，當日風場風速為1-10Km/hr

壹、研究動機

簡易的保特瓶燃料電池，使用不織布包裹石墨棒為電極端，以氫氧化鈉為電解液形成簡易的電池。卻產生了漏液、氫氧化鈉腐蝕性較強、石墨棒不易取得、所製成的電池不方便倒置等問題。

以化學方法發電方式似乎都不是最潔能的，火力發電帶來環污及空氣品質惡劣、PM 2.5對人體產生的危害更甚！

我們發覺物理性質的發電比化學性的還來的環保，利用自然界中取之不盡、用之不竭的能源來發電，像是太陽能、風力、水力，可以減少藥品或廢棄物的處理，應該是更節能的設計方向。

目前臺灣正積極發展離岸風電，不僅建構成本相當的高，風力在夏季用電巔峰時刻，風力不足而冬天風力較強卻用電不如夏天的急迫性與需求。所以，有沒有低風速可導風的離岸風機設計，一直是我們絞盡腦汁在思考的問題。

貳、研究目的

一、電磁感應原理與橋式整流的原理的探究

二、風槳的設計與產電效能的測試

三、風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

四、追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

參、研究設備器材及藥品

(一) 電磁感應原理與橋式整流的原理的探究

1. 電磁感應原理的探究：實驗一及實驗二

自製的馬達計數器(減速馬達、連接馬達長臂的光碟轉輪、T 字軸加細彈簧條及計數器)、銅漆包線軸、單芯線、一個 18650 鋰電池及電池座、電腦廢卡、多多罐、黑色貼布膠帶、50 cm 風管、砂紙、LED 燈、A4 護貝膠膜、磁珠

2. 橋式整流原理的探究：實驗三

麵包板、杜邦線或單芯線、二極體、LED 燈、環保充電電池及 2 入的電池盒。

(二) 風槳的設計與產電效能的測試：

1. 發電之~風杯的轉動生電：實驗四

無刷馬達、小塑膠杯、硬吸管、大中空磁鐵環、四個小中空磁鐵環、電風扇、吹風機

2. 第二代風片的轉動生電：實驗五

粗吸管、便當盒蓋、免洗筷、膠帶、剪刀、釘書機及釘書針、電風扇、吹風機

3. 第三代風槳的轉動生電：實驗六

3D 列印機及 AUTODESK'123D'DESIGN 程式、不同的風槳模板(長、寬、高均設定在 10cm 空間內列印)、以雙螺旋狀的風槳測試、自製連接無刷馬達及 LED 燈的積木座組、電風扇

4. 風機放電的電壓及電流的測量：實驗七

立式風扇、捲尺及 1m 長鋼尺、計時器、雙 S 風槳、拋物線型、半圓形、麵包板、電阻器、LED 燈、兩個三用數字型電表、單芯線、鱈魚夾線、膠帶、中扭力的碳刷馬達、細碳纖維棒、3D 列印小中空圓柱、培林及短十字軸(含圓孔可連接馬達軸心)、小線軸、大灰底板、長方條及小紅扣等智高積木零件、立式風扇

(三) 風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

雙 S 風槳、環保電池、2 入電池座、立式風扇、長鋼尺、三用數位型電錶、麵包板;、杜邦線、鱈魚夾線、智高積木組

(四) 追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

示波器、PP 板、圓規、鋼尺、剪刀、小刀 6L 保特瓶、自製第一代導風罩三種、自製第二代導風罩二種、自製第三代導風罩三種、泡棉膠、熱熔膠、打火機、L 型角鋼、自製角鋼架、低扭力 TC 碳刷馬達、中扭力碳刷馬達、高扭力無刷馬達、塑膠培林、3D 列印的各種模板風槳、123 design 程式軟體畫出的薄形 S 風槳、碳纖維棒、3D 列印小中空圓柱、粗細各種規格的硬吸管、智高積木零件及支架等。

肆、研究過程與方法

【研究一】電磁感應原理與橋式整流的原理的探究

(一) 電磁感應原理

我看過同學參加機關王競賽時，其中一個綠能關卡：「機關觸動磁珠滾動，掉入中空圓柱(用投影片捲的透明管)，穿過 1200 匝的線圈而使 LED 燈瞬間閃亮。」

這項機關運用的是電磁感應原理：當磁場發生變化時，產生感應電動勢(電壓)，推動電荷而形成感應電流。

我查資料想了解磁珠如何增加磁力大小的操縱變因有：

1. 磁珠磁力大小。
2. 磁珠通過線圈速度快慢。
3. 線圈纏繞緊密程度(每單位長度的線圈匝數)。

右圖是學校自製的馬達計數器，連接一個 18650 鋰電池及電池座即可製作 1200 匝的線圈(以電腦廢卡包住多多罐，馬達光碟轉輪以黑色貼布膠帶纏繞至與多多罐口徑緊密後，再開始纏繞細銅漆包線圈)。



實驗一、電磁感應原理的實作探究。

步驟 1. 我用硬紙捲成筒狀固定，將銅漆包線對著紙筒分別繞出幾十圈的線圈後固定在風管上(第一代)。

2. 線圈外的漆包線用砂紙刮除，線圈兩端各連接 LED 燈。

3. 用磁珠從風管上高處落下，連續操作五次居然都不亮！

實驗二、多匝線圈的製作與效能測試。

步驟 1. 馬達計數器接 18650 鋰電池及電池座。

2. 以 A4 護貝膠膜熱壓後，捲成比多多罐直徑略大的筒狀備用。

3. 馬達計數器馬達軸上的滾輪套上多多罐。

4. 再將電腦廢卡捲在多多罐上，以膠帶貼住。

5. 將銅漆包線軸放在地上，啟動馬達計數器，將細銅線捲在筒狀的電腦廢卡(要留線頭)。

6. 分別捲 500 圈、800 圈、1000 圈、1200 圈備用。

7. 線圈外的漆包線用砂紙刮除，線圈兩端各連接 LED 燈。將磁珠由相同的高度落下，觀察通過圓筒時，筒外的 LED 燈是否瞬間閃亮？

(二) 橋式整流的原理(手寫筆記如右圖及下圖)。



實驗三、二極體的測試。

1. 準備麵包板、杜邦線、二極體、LED 燈、環保充電電池及電池盒。
2. 將 LED 與二極體又在麵包板上形成與電池串接的通路。
3. 一個二極體反向連接如左圖一，再將二極體正向連接如右圖二時，觀察比較兩者是否只有二極體方向不同的一項操縱變因。



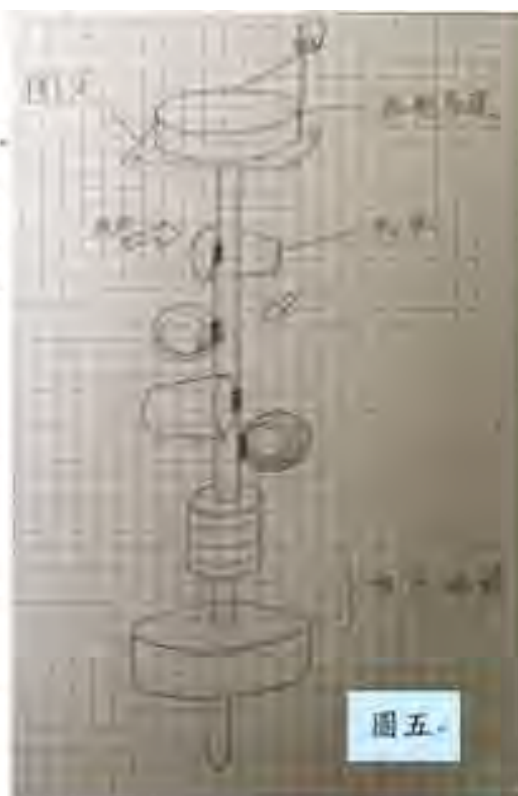
【研究二】風槳的設計及產電效能的測試研究。

(一) 風槳的設計。

1. 利用風力吹向互呈 90 度角的上下風杯，使無刷馬達轉動而發電，為減少轉動機座重量及摩擦所需的扭力，除了接觸面為尖端的點外，軸心加四個中空磁鐵，與固定於杯上的大中空磁鐵相斥，使相斥的磁力減輕轉軸的重力(懸浮的想法)。

實驗四、發電之風杯的轉動生電。

1. 將無刷馬達、小塑膠杯、硬吸管、大和小的中空磁鐵環、組裝如右圖五所示。
2. 將有大的中空磁鐵環和硬吸管置放在適合的紙杯上，使風杯保持不傾斜、不偏移的平衡方式。
3. 以口對著風杯用力的吹，或用電風扇，吹風機對著風杯送風，觀察風杯是否轉動。



實驗五、第二代風片的轉動生電。

1. 將便當盒蓋剪成兩半，用膠帶斜貼在粗吸管上。
2. 粗吸管上端用釘書機釘住，將1支免洗筷由下方插入粗吸管中如右圖六所示。
3. 實體如下圖七，轉動影片截圖如下圖八~十二。



圖七



圖六



圖八



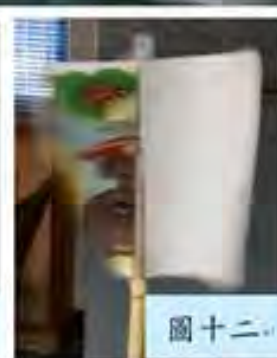
圖九



圖十



圖十一



圖十二

實驗六、第三代風葉的轉動生電。

1. 我們請老師用 3D 列印機列印出幾種的風葉，其中是一種雙螺旋狀的風葉取代風杯及風片，如下圖 13~15。
2. 我們再以積木座連接無刷馬達及 LED 燈試試看，結果 OK 了！轉動影片截圖如下圖 16~圖 20。



圖 13

風葉正面圖



圖 14

風葉側面圖



圖 15

風葉俯視圖



圖 16



圖 17



圖 18



圖 19



圖 20

(二)風槳的產電效能的測試研究

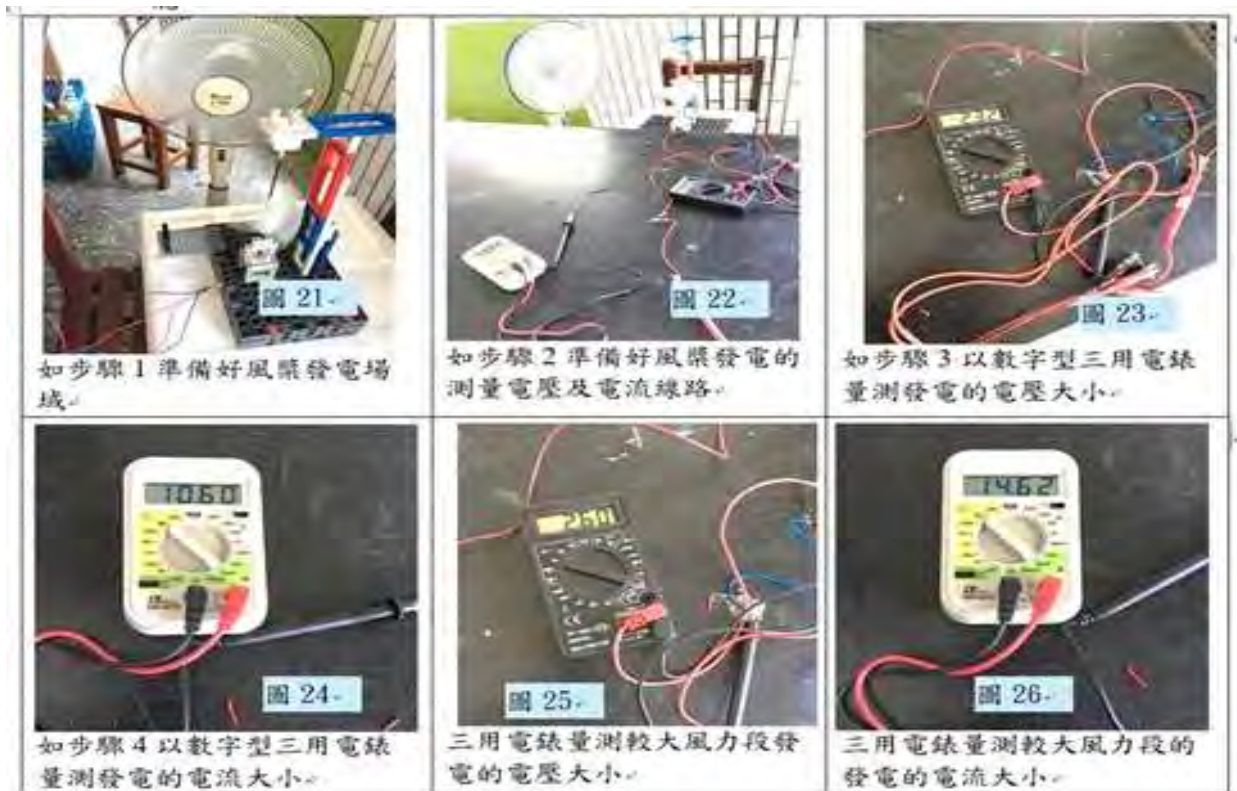
實驗七、風機放電的電壓及電流的測量

控制變因(條件相同變因)：測量地點專科大樓走廊道圍牆內(風力來源只有立式風扇)、風扇高度 105 cm、風扇與風槳的距離 32 cm、風槳的高度 83 cm、同一天氣溫相同

操縱變因：立式風扇段數

應變變因：雙 S 風槳每 5 秒的電流電壓變化

- 步驟 1.先組裝調整風機與風扇的最佳高度，記錄後，所有的測試操作均需依照此最佳高度進行測量，如圖 21。
- 2.在麵包板上插上一個電阻器及串聯一個 LED 燈、串接一個三用數字型電錶測量負載電流，再「正接正、負接負」的並聯線路中接一個三用數字型電錶測電壓，如圖 22。
- 3.先開一段風力，並聯的三用數字型電錶轉至電壓量測位置，如圖 23，觀測每 3 秒至 60 秒的電壓大小。
- 4.串聯的三用數字型電錶轉至電流量測位置，如圖 24，觀測每 3 秒至 60 秒的電流大小。
- 5.加大風速較強的風力段，同步驟 3 及 4 觀察並聯的三用數字型電錶電壓大小，如圖 25；觀察負載串聯的三用數字型電錶電流大小，如圖 26。
- 6.將雙 S 改為拋物線型或半圓形風槳，如步驟 1~5 量測風槳在不同風力段的發電效能。



【研究三】風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

實驗八、雙S風槳風機對環保電池充電的穩定效能測試

步驟：

1. 確定環保電池的電力已無法使吸管六足獸作動後，同實驗七的風機裝置及步驟，不同的地方是風機的馬達均接雙線端子，一條路徑為並聯接三用電錶的電壓測試鈕端。另條路徑為串聯接電阻器、二極體、三用電錶的電流測試鈕端及兩入環保電池及電池盒，如圖 27。
2. 充電後，聯接兩入環保電池及電池盒的放電迴路，如圖 28；並測試其效能，是否可使吸管六足獸重新作動，如圖 29。



【研究四】追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究。

實驗九、不同風槳加簡易第一代導風罩的發電平均電壓測試。

步驟：-

1. 底座為中扭力碳刷馬達置於積木座，軸心加有孔的十字軸，小線軸，加破纖長軸連接雙S風槳，接以A3護貝膠膜圍成的圓柱型，上下底為上中空、下封閉的便當盒製成如下圖之雙S風槳加簡易第一代導風罩設計一「高導流筒」，其發電轉動影片截圖如下：-



2. 馬達接單芯線及三用電錶，錄製的影片截圖發現，發電之電壓雖然相當穩定，平均為1.08V，為無風罩的1/3電壓左右，這樣讓氣流呈現側進上出之型態，若用於熱對流或許可行，但有違常溫之自然氣流，故應再思考其他型式的設計。
3. 將6L塑膠水瓶，切下瓶口約5公分後，分別截下剩餘的1/2及1/3成粗細不同的導流圈，上下穿孔，加破纖長軸連接雙S風槳，支架底座為中扭力碳刷馬達置於積木座等，製成如下圖之雙S風槳加簡易第一代導風罩設計二「粗細不同的導流圈」，其發電轉動影片截圖如下：-



4. 馬達接單芯線及三用電錶，錄製的影片截圖發現，發電之電壓略小於無導流圈的電壓，電壓跳動幅度比設計一的大，發電的電流卻為設計一的2倍多，平均為30mA以上。這樣讓氣流呈現前進後出的水平氣流之型態，較為符合一般常溫之自然氣流風向，唯風罩會產生水平式的旋轉，粗導流圈的旋轉速度較細的明顯，且旋轉後，不會自動停下來，視為無導流風之設計。
5. 以3D列印機列印出3S型、3個半圓型、3垂直拋物線型的風槳來對照同葉數不同風槳形狀的示波器量測電壓比較，裝置如右圖之結構，選相同3S型，加不同簡易第一代導風罩設計三如下圖示。





各風槳加第一代導風罩。	3S風槳。	3個半圓。	3S風槳加導風66。	3S風槳加導風99。	雙半圓加蓋。
圖示。					

實驗十、加大垂直軸風葉面積的發電平均電壓測試。

步驟：

1. 選網站總面積最小的垂直軸拋物面型風葉模板，下載後，以3D列印機設定在長寬高均為10 cm的空間下列印。
2. 再於廢電腦卡上，畫出 $6*10\text{cm}^2$ 長方條面積3個，左右每0.5 cm畫一道線，各畫3條線，先剪下3個 $6*10\text{cm}^2$ 長方條面積，以雙面膠黏貼在垂直軸拋物面型風葉模板上，定為螺旋4號，同實驗九之裝置結構，以示波器測量風葉受風轉動發電的電壓大小。
3. 以剪刀分別在3片葉葉的電腦卡片上，左右各剪下 $0.5*10\text{cm}^2$ 長條，成為每葉面積為 $5*10\text{cm}^2$ 的螺旋3號，再組裝如同實驗九之裝置結構，以示波器測量風葉受風轉動發電的電壓大小。
4. 同步驟3，在3片葉葉的電腦卡片上，再左右各剪下 $0.5*10\text{cm}^2$ 長條，成為每葉面積為 $4*10\text{cm}^2$ 的螺旋2號；最後把拋物面型風葉上的電腦紙張全拆掉，即為原模板的最小葉面積，為螺旋1號，以上都以示波器測量風葉受風轉動發電的電壓大小，圖示如下。



加大垂直軸面積的風葉	螺旋1號($3*10\text{cm}^2$)	螺旋2號($4*10\text{cm}^2$)	螺旋3號($5*10\text{cm}^2$)	螺旋4號($6*10\text{cm}^2$)
圖示				

實驗十一、第二代導風罩的追風設計一(出入口風速大小比較)。

步驟：

1. 在PP板上畫出24cm圓形板兩片，並以量角器定位分出八等份，每等份在同距離下，各畫出三種角度 15° 、 30° 、 45° 的3公分段斜線，以小刀沿著鋼尺，切割出斜線槽備用。
2. 在PP板上畫出 $6*24\text{cm}^2$ 面積共8片長條板，以小刀沿著鋼尺，切割後備用。
3. 以尖嘴鉗將每一片長板條的同一長邊夾扁，以方便插入上下圓形板的各相同 15° 角度的插槽中，以簡單的積木零件固定馬達基座、碳纖維棒、雙S風葉，如下圖示，前半圓的插板間，共四個送風口，後半圓的插板間，有四個測風速的出風口，依序記錄比較各出風口的風速大小於記錄本上。
4. 同步驟3，改為插板插入 30° 插槽中，依序記錄比較各出風口的風速大小於記錄本上。
5. 同步驟3，改為插板插入 45° 插槽中，依序記錄比較各出風口的風速大小於記錄本上。



實驗十二、第二代導風罩的追風導向設計二

步驟：

1. 同實驗十一，做出上下 24cm 圓形板，以 15° 角插入八片導流板，且上下圓形板已預先開圓孔，且圓孔邊上膠黏貼小紅齒輪後備用。
2. 將一碳纖棒由上圓形板中間孔洞插入，移走一片導流板後，方便在上下圓形板中，將碳纖棒插入雙 S 風槳，再穿過下圓形板的中間孔洞，連接小線軸、有圓孔接馬達的短十字軸，再接上馬達基座的積木支架結構如下左圖一，此風罩已定位是無法轉動的。
3. 要整個風罩有追風功能，就需能在垂直軸線上旋轉，所以，在下方圓形板的底部黏貼有大圓孔的積木塊，再把塑膠培林一個黏在圓形板積木塊下方，另一個塑膠培林貼黏在下方的積木座上，兩個串接的塑膠培林之間不可黏接以方便上下方能自由轉動如下左二圖。
4. 為比較各風槳的定位產電效能，上圓盤上端也黏接塑膠培林，並以智高支架支撐及固定低扭力的碳刷馬達，馬達下方的轉軸則以小大吸管套接碳纖棒成旋轉軸心懸空在粗吸管間，以簡單方式減低摩擦阻力，也使馬達不偏心的在垂直軸上容易轉動。如下右一及右二圖示。



5. 以風扇對著導流風罩吹風時，8 片長條板發揮迎風功能，形成風罩轉動而難把風導吹入風罩內而風槳不動或略轉動之畫面如下左圖一。
6. 為風吹動風槳的順逆轉動力矩能平衡，左右長方形板長度拉至 20 cm 長就有追風定位功能；而導風功能則在前一後三的導流板下，入風口大、出風口小，測試其發電效能有提昇之結果。如下右圖及中間圖



實驗十三、第三代導風罩的追風導向設計一二三

步驟：

1. 第三代風罩材料為回收的 6 公升保特瓶，保特瓶口切上下對稱 3 公分深的割痕，將 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ 長方形 PP 板長邊以尖嘴鉗夾扁後插入割痕居中後，以熱熔膠固定，為使插板能固定而不偏移，在瓶口板子的兩側各以電腦卡直邊對折兩次、橫邊對折一次呈 L 形後，以泡棉膠固定。
2. 保特瓶底斜切呈大斜口後，亦在瓶底斜口切上下對稱 3 公分深的割痕，同步驟 2 固定 $20 \times 10 \text{ cm}^2$ 長方形 PP 板長邊，保特瓶呈前後檔板呈 180° 連線的角度前後平放，瓶子居中左右凹槽各黏貼一片 $25 \times 20 \text{ cm}^2$ 長方形 PP 板(其中各長邊切割出與瓶身弧度相同，可嵌入凹槽的大小)，左右兩側的長方形 PP 板分別以熱熔膠固定後，再於每片 PP 板的兩側各以電腦卡直邊對折兩次、橫邊對折一次呈 L 形後，以泡棉膠固定，使此兩片大長方形 PP 板約呈 180° 連線的角度。
3. 步驟 1-2 組裝好的保特瓶加檔板，於瓶底大斜口向上平放後，以焊槍熱熔出瓶身上下對稱圓孔(圓孔洞大小須大於塑膠培林孔洞以減少碰撞的摩擦阻力)，瓶身上下方孔洞均黏上塑

膠培林各一個，完成圖如左下圖二的積木支撐架內的「第三代導風罩的追風導向魚形設計一」。

- 先在回收的 6 公升保特瓶瓶底中心點，以量角器量測 45° 後，畫出八等份的線條，再延伸至瓶底口上端，亦分八等份，留上下瓶底及瓶口部份再切，每等份，各畫出 2 公分 C 形寬、24 公分長直線後，以小刀切割，再內折出約 15° 的形狀，以打火機略烤一下定形，每割痕的另一側留 3 公分寬的支撐膜，其餘均畫線以小刀切割後呈簍空備用。
- 瓶口蓋及瓶底中心點，以焊槍熱熔出瓶身上下對稱圓孔(圓孔洞大小須大於塑膠培林孔洞以減少碰撞的摩擦阻力)，瓶子上下方孔洞均黏上塑膠培林各一個。



實驗十四、實際近海水域的導風罩啟動風槳轉動的風速測定。

步驟：

- 為安全考量，我們在近海水域的沙地上搭上 L 型角鋼支撐架，模擬離岸風電的支撐鋼架，放上大灰底板，以鐵絲固定後，組裝可讓導流風罩旋轉空間的積木支撐架結構如下圖示流程及實測說明：
- 無導流風罩的薄形白色雙 S 風槳(粉紅色厚雙 S 風槳測試許久，等不到更大的風速使風槳轉動而作罷!)。 細蘆葦桿。



6. 將 $6*24\text{cm}^2$ 長方形 PP 板長邊，以泡棉膠黏貼在 C 形口 15° 斜角上，呈前 1、後 3 片的導流板，在左、右兩側則各將一片 $24*25\text{cm}^2$ 長方形 PP 板短邊，以泡棉膠黏貼在 C 形口 15° 斜角上，使左右側長導流 PP 板約呈 180° 連線的角度，完成圖如右下圖二橘色導流板的「第三代導風罩的追風導向設計二瓶口向下型」；完成圖如右下圖一的藍橘色導流風罩，為「第三代導風罩的追風導向設計三瓶口向上型」。

說明：蘆葦桿迎風擺動的角度不大時，無導風罩風槳根本就動不了如左上圖 1，當蘆葦桿迎風擺動的角度更大時，如上圖左 2、右 2、右 1，風速計呈現風速已約達 $8\sim 10\text{ km/hr}$ 時，無導風罩風槳才開始啟動，但轉速很快就變慢而停了下來。

3. 第三代導風罩的追風導向魚形設計一。



說明：第三代導風罩設計一魚型追風導流風罩，前一後一導流板、前口大後口小，具備左右

及前後導流設計，果然一下就轉動定位了，啟動風速為第三代導風罩中最大的，需達

6.5 km/hr 才啟動，後來即使風速小一些，仍會轉動，但低太多，就不動了，集風能力居後。

4. 第三代導風罩的追風導向設計二瓶口向下型

4. 第三代導風罩的追風導向設計二瓶口向下型。



說明：第三代導風罩設計二瓶口向下封口、導流板前一後三、左右長方形導流板之追風導流風罩，也具備追風導流轉動定位功能，啟動風速為第三代導風罩中最小的，只需 2.6 km/hr 即可，一旦啟動後，即使風速小至 1 點多，亦能保留一些集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力最高也最久，集風能力居冠。

5. 第三代導風罩的追風導向設計三瓶口向上型。



說明：第三代導風罩設計三瓶口向上封口、導流板前一後三、左右長方形導流板之追風導流風罩，也具備追風導流轉動定位功能，在第三代導風罩中啟動風速居中，約需 5 km/hr 即可，一旦啟動後，即使風速小至 3 點多，亦能保留一些集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力居中，集風能力第二名。

實驗十五、比較第二代及第三代導風罩在相同風槳的定位產電電壓實測

步驟：

1. 將粉紅厚的 2S 風槳裝置在第二代導風罩(全部用 PP 板製作)內，量測風槳底部到下方積木支架的距離為 3~12 cm，依序以示波器量測 4000 筆數據的平均電壓大小。
2. 將粉紅厚的 2S 風槳裝置在第三代導風罩設計二(保特瓶口向下，全橘色導流板)的定位量測 4000 筆數據的平均電壓。
3. 將粉紅厚的 2S 風槳裝置在第三代導風罩設計三(保特瓶口向上，藍橘色導流板)的定位量測 4000 筆數據的平均電壓。

實驗十六、比較風槳有無導風罩下，在風槳不同的定位高度下的發電電壓實測

想法：為比較出風場強弱對發電的影響，我們換掉前面中扭力碳刷馬達，使用低扭力的碳刷馬達，這樣較容易比較出不同風場強弱、風槳及風罩之發電效能。

步驟：

1. 如實驗十二，組裝適合第二代導風罩的積木支撐架高度及略斜向下吹的風場，如右圖所示。
2. 以低扭力碳刷馬達連碳纖維棒，穿過積木支撐架中心凹槽及風罩上方培林，穿過風槳中心，再穿過風罩下方培林，並穿過定位的粗吸管及底部積木支架培林，固定積木凹槽的馬達，使轉動軸心呈不偏心低摩擦的旋轉。



3.以 3D 列印的固定環調整風槳的定位高度後，打開示波器，按操作流程步驟，記錄 4000 筆的數據後，轉貼在 Excell 檔案中，於記錄本清楚記錄檔名，以便彙整無誤。

例如：第二代風罩 1-粉紅厚 2S 風槳 1-尺寸瓶底至風槳底部位置實測後

有風罩編碼為 113、116~1112；無風罩編碼為 1013、1016~10112。其它風罩及風槳編碼則以此類推。把第二代風罩上下圓盤縮小為 20cm、導風板高度不變，再如步驟 3 定位量測電壓大小。

4.更換不同導流風罩時，須同時修改調整積木支撐架及略斜向下吹的風場高度，每次與無風罩的對照，均需同一量測環境下，做完有風罩時，就立刻做無風罩的，盡量只剩有無風罩的操縱變因，控制變因則完全相同為原則。

伍、研究結果與討論

一、在電磁感應原理與橋式整流的原理的探究上

1.老師認為，線圈數太少，感應電流可能太微弱，所以，我們以自製的捲線器捲出幾百圈至 1200 圈的第二代多匝線圈因應。

2.真的要集中密集捲到 800 圈以上，LED 燈才有瞬間閃亮的磁生電現象。

3.二極體的確具有整流的效果，反接二極體則無電通過，LED 燈不亮，反之，LED 燈則亮，由此可知，二極體只能允許單向的電子流通過，因此，它具有整流的功用。

4.因線圈產生感應

電流的方向會變

化，所以要儲電就

需利用惠斯登電

橋及二極體整流

，在老師的指導下，

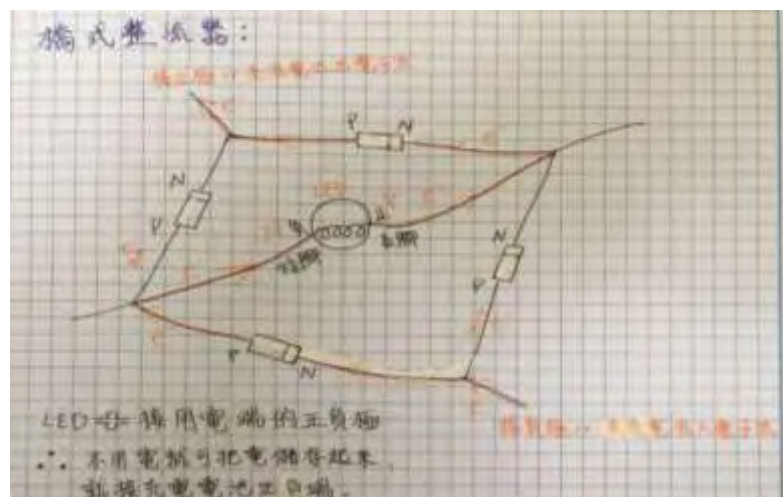
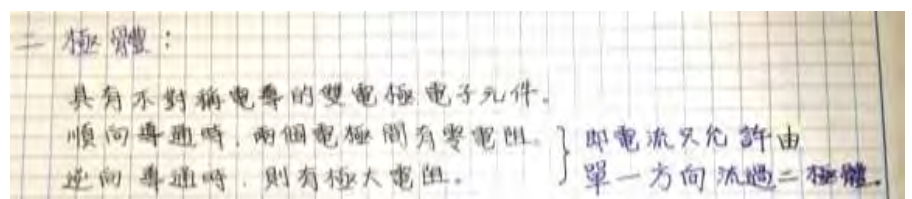
我查了「整流器」、「惠斯登電橋」、「二極體」，最後

了解了「橋式整流器」，可將

任一方向之電子流整流

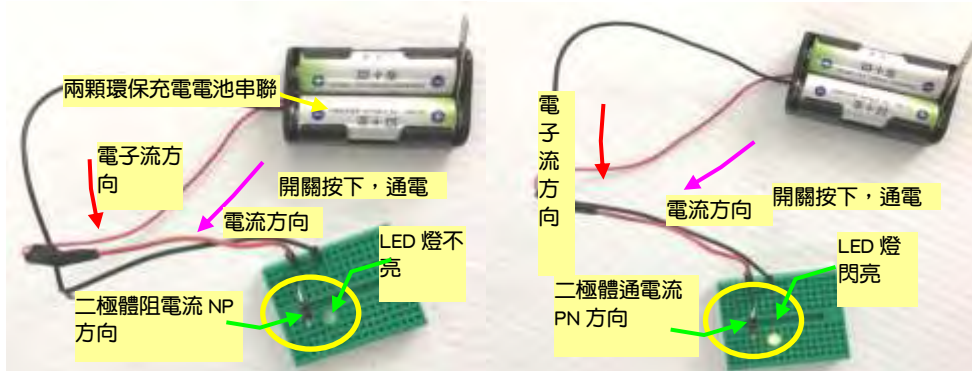
而達儲電之目的。

5.由麵包板上 LED 燈不亮可證實二極體 NP 方向發揮阻止電池流出電流供電。



二、在風槳的設計及產電效能的測試研究上

1.如下圖示，由麵包板上 LED 燈亮可證實二極體 PN 方向發揮讓電池流出電流供電之效果。



2.發電之~風杯的轉動生電

- (1).我用力的吹塑膠杯，轉速不快；用電風扇吹塑膠杯也不容易讓轉速夠快；用吹風機集中吹塑膠杯效果才快一些。
- (2).我思考是否是受風面積的關係？所以，我增加了風杯數由 2 個變 4 個，用電風扇吹風杯的效果仍不佳，與老師討論後，了解風杯的扭力及摩擦力不小，無刷馬達難以產生足夠的電壓及電流讓 LED 發光。

3.第二代風片的轉動生電

把二或四個風杯改成風片(一個便當盒蓋對剪成兩個平面)，再把兩個平面長邊彎成兩個相反的弧度，各斜貼於中吸管上，再套接於粗吸管上，用力的吹風片，轉速比風杯快；用吹風機吹風片的轉速效果也比風杯理想，真是太好了。

4.第三代風槳的轉動生電

- (1)雙層葉面：將螺旋葉片層數由一層增加至兩層，能有效增加受風面積，而有更大的扭力來驅動發電機，比起一般葉片效率更好，轉換能源更高。

5.創新可變螺距葉片

可承受雙向流體並維持軸可以固定轉向，透過變換葉片攻角反覆變換，可維持軸持續旋轉而不改變轉向。

二-2、在風槳的產電效能的測試研究上

1.雙 S 風槳風機放電的電壓及電流的測量

立式風扇一段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	18.5	19.5	19.7	19.6	18.7	17.5	19.5	18.7	19.1	18.8
電壓(V)	3.4	3.31	3.45	3.39	3.48	3.15	3.72	3.41	3.43	3.27
電功率(mw)	62.90	64.55	67.97	66.44	65.08	55.13	72.54	63.77	65.51	61.48
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	17.8	18.3	18.4	15.7	17.6	18.5	19.1	18.2	18.9	18.8
電壓(V)	3.55	3.49	3.76	3.68	3.35	3.73	3.76	3.55	3.38	3.63

電功率(mw)	63.19	63.87	69.18	57.78	58.96	69.01	71.82	64.61	63.88	68.24
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

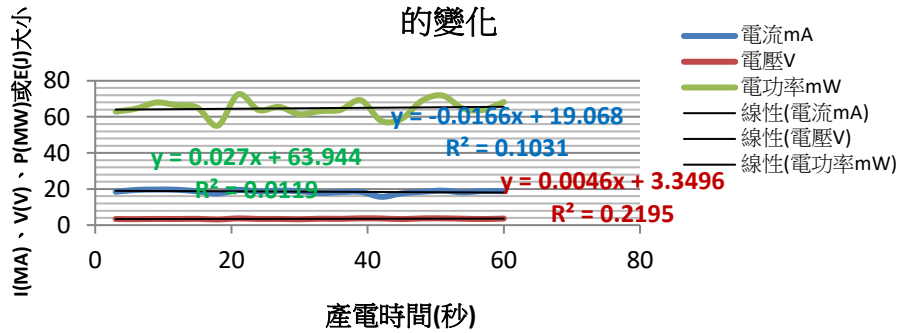
立式風扇二段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	20	18.9	19.4	20.8	17.4	18.8	18.5	18.7	20.5	19.2
電壓(V)	2.87	2.72	2.98	2.72	3.05	2.63	1.5	1.97	2.41	1.95
電功率(mw)	57.40	51.41	57.81	56.58	53.07	49.44	27.75	36.84	49.41	37.44
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	18.1	20	18.7	19.7	20.2	19.7	19.5	19	18.5	19.8
電壓(V)	2.41	3.07	3.12	3.18	3.25	3.46	3.2	2.67	3.22	2.35
電功率(mw)	43.62	61.40	58.34	62.65	65.65	68.16	62.40	50.73	59.57	46.53

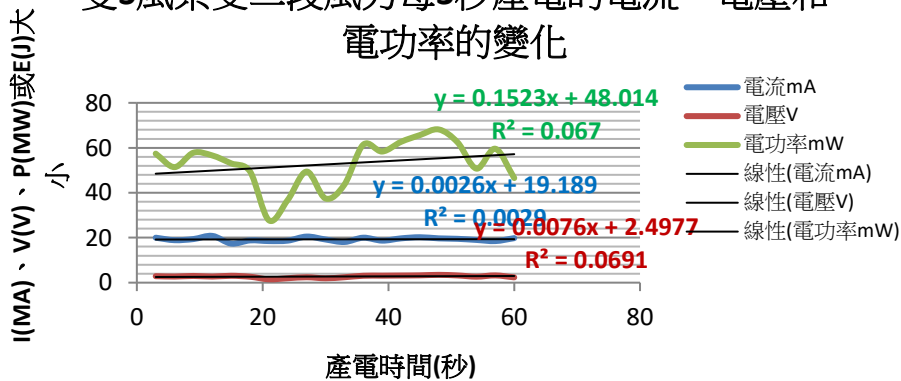
立式風扇三段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	16.5	8.5	10.7	8.6	5.7	15	13.7	12.5	15.3	9.5
電壓(V)	1.53	1.88	1.26	0.76	2	0.85	1.83	1.36	1.8	1.63
電功率(mw)	25.25	15.98	13.48	6.54	11.40	12.75	25.07	17.00	27.54	15.49
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	12.2	9.9	14.4	15.4	13.7	13.3	13.5	10.5	7.5	12.7
電壓(V)	1.85	1.92	1.53	1.62	1.97	1.12	1.78	0.71	1.55	1.65
電功率(mw)	22.57	19.01	22.03	24.95	26.99	14.90	24.03	7.46	11.63	20.96

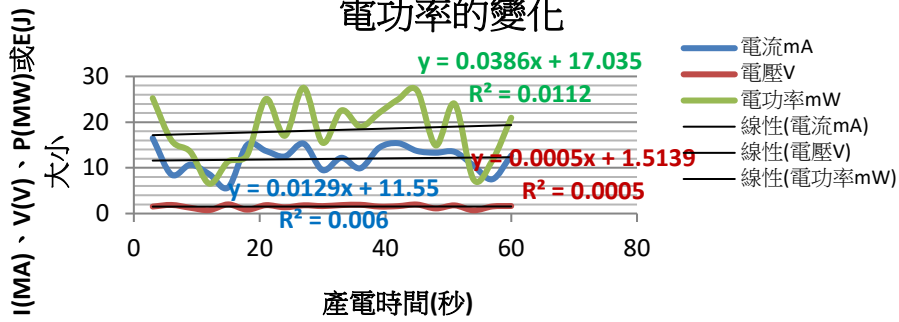
雙S風槳受一段風力每3秒產電的電流、電壓和電功率的變化



雙S風槳受二段風力每3秒產電的電流、電壓和電功率的變化



雙S風槳受三段風力每3秒產電的電流、電壓和電功率的變化



2. 拋物線型風槳

立式風扇一段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.73	0	0.73	0.93	0.32	0.37	1.42	1.44	1.17	1.29
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.51	1.34	1.05	1.22	1.29	1.61	1.36	1.12	1.09	1.24
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

立式風扇二段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	0.98	1.61	1.75	1.98	1.41	1.31	1.8	1.64	1.74	0.94
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.99	1.97	1.84	1.44	1.95	1.48	1.69	1.84	1.78	1.74
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

立式風扇三段

時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.58	1.35	1.56	1.56	1.69	1.31	1.25	1.44	1.6	1.08
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.16	1.9	1.5	1.69	1.9	1.93	1.42	1.76	1.43	1.75
電功率(mw)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.半圓形風槳產電效能測試

立式風扇一段

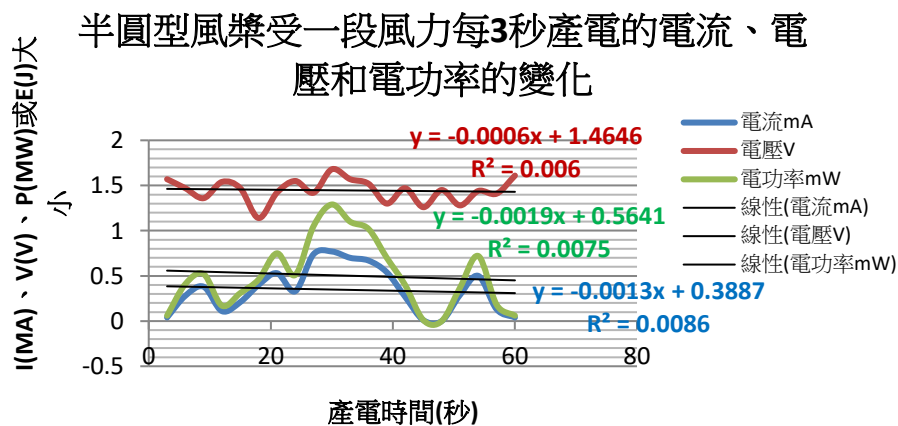
時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0.04	0.28	0.38	0.11	0.21	0.4	0.53	0.33	0.74	0.77
電壓(V)	1.57	1.47	1.36	1.54	1.47	1.14	1.42	1.55	1.42	1.68
電功率(mw)	0.06	0.41	0.52	0.17	0.31	0.46	0.75	0.51	1.05	1.29
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0.7	0.67	0.54	0.27	0.01	0	0.29	0.5	0.13	0.04
電壓(V)	1.57	1.52	1.3	1.47	1.26	1.45	1.28	1.44	1.41	1.61
電功率(mw)	1.10	1.02	0.70	0.40	0.01	0.00	0.37	0.72	0.18	0.06

立式風扇二段

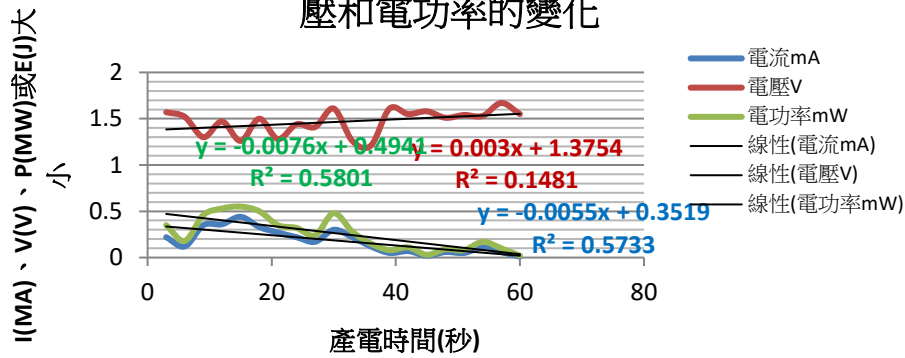
時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0.22	0.12	0.35	0.36	0.44	0.33	0.27	0.22	0.17	0.3
電壓(V)	1.57	1.52	1.3	1.47	1.26	1.5	1.28	1.44	1.41	1.61
電功率(mw)	0.35	0.18	0.46	0.53	0.55	0.50	0.35	0.32	0.24	0.48
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0.22	0.12	0.05	0.07	0.02	0.06	0.05	0.11	0.06	0.01
電壓(V)	1.26	1.21	1.61	1.55	1.58	1.51	1.54	1.53	1.67	1.55
電功率(mw)	0.28	0.15	0.08	0.11	0.03	0.09	0.08	0.17	0.10	0.02

立式風扇三段

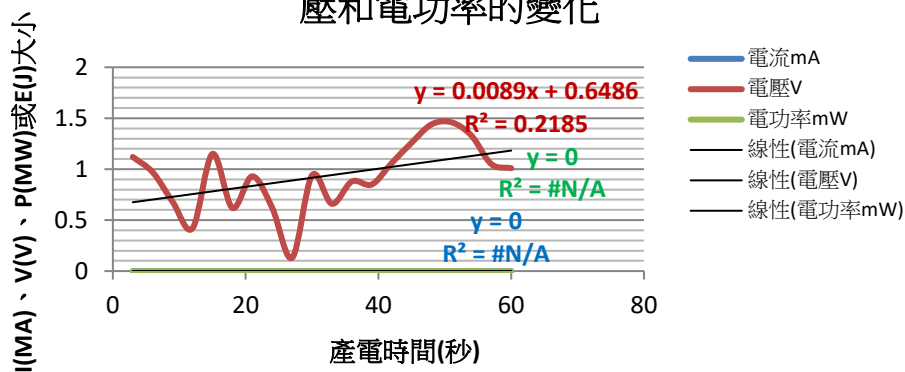
時間(秒)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	1.12	0.97	0.68	0.42	1.15	0.62	0.93	0.62	0.13	0.94
電功率(mw)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
時間(秒)	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
電流(mA)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電壓(V)	0.66	0.88	0.85	1.06	1.26	1.44	1.46	1.33	1.05	1.01
電功率(mw)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



半圓型風槳受二段風力每3秒產電的電流、電壓和電功率的變化



半圓型風槳受三段風力每3秒產電的電流、電壓和電功率的變化



三、風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

1. 雙 S 風槳風機對環保電池充電的穩定效能測試

立式風扇一段

時間(秒)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
電流(mA)	14	15	14	17	17	16	15	16	16	15
電壓(V)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
電功率(mw)	35	37.5	35	42.5	42.5	40	37.5	40	40	37.5
時間(秒)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
電流(mA)	14	15	15	14	14	13	16	14	14	15
電壓(V)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
電功率(w)	35	37.5	37.5	35	35	32.5	40	35	35	37.5

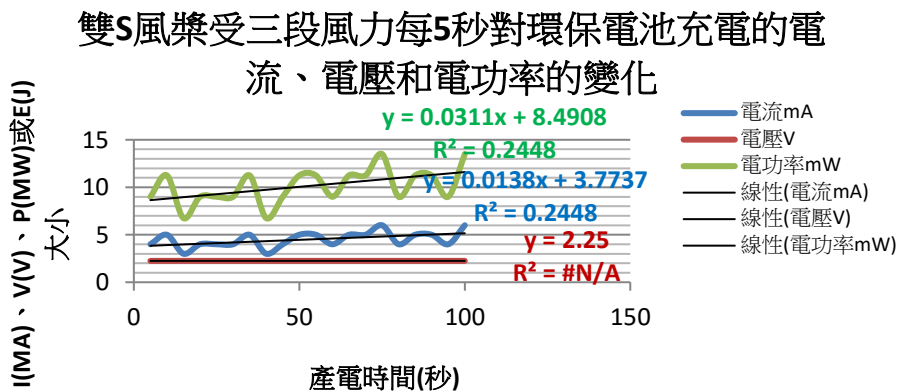
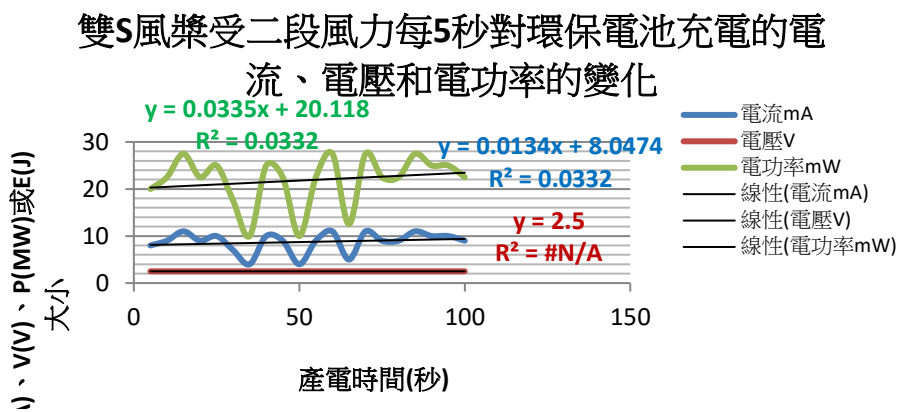
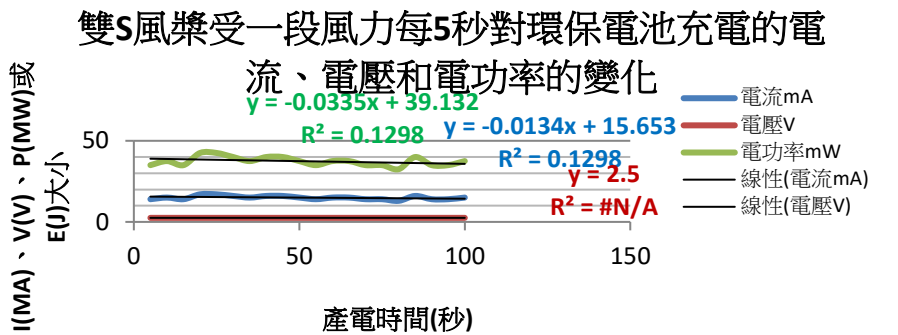
立式風扇二段

時間(秒)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
電流(mA)	8	9	11	9	10	7	4	10	9	4
電壓(V)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
電功率(mw)	20	22.5	27.5	22.5	25	17.5	10	25	22.5	10
時間(秒)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

電流(mA)	9	11	5	11	9	9	11	10	10	9
電壓(V)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
電功率(w)	22.5	27.5	12.5	27.5	22.5	22.5	27.5	25	25	22.5

立式風扇三段

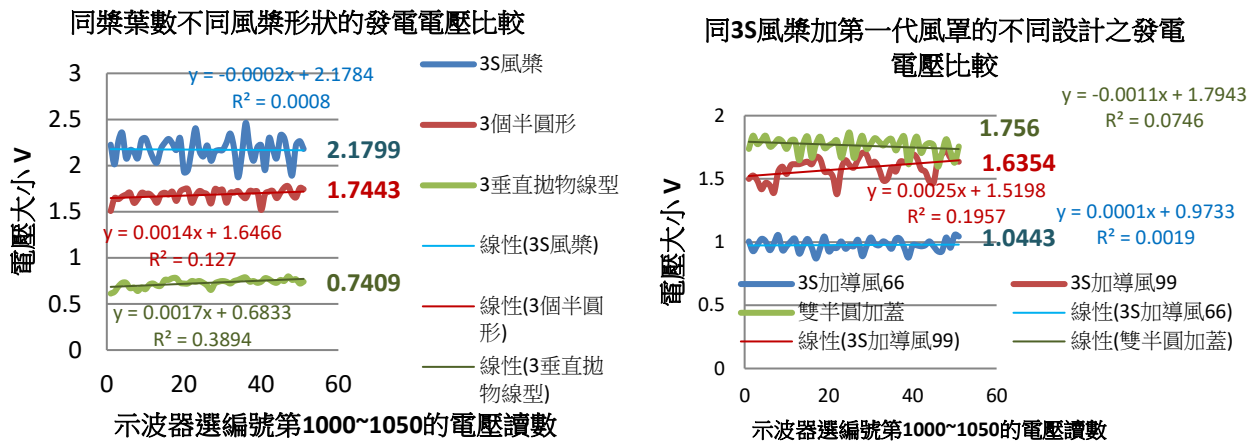
時間(秒)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
電流(mA)	4	5	3	4	4	4	5	3	4	5
電壓(V)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
電功率(mw)	9	11.25	6.75	9	9	9	11.25	6.75	9	11.25
時間(秒)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
電流(mA)	5	4	5	5	6	4	5	5	4	6
電壓(V)	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
電功率(w)	11.25	9	11.25	11.25	13.5	9	11.25	11.25	9	13.5



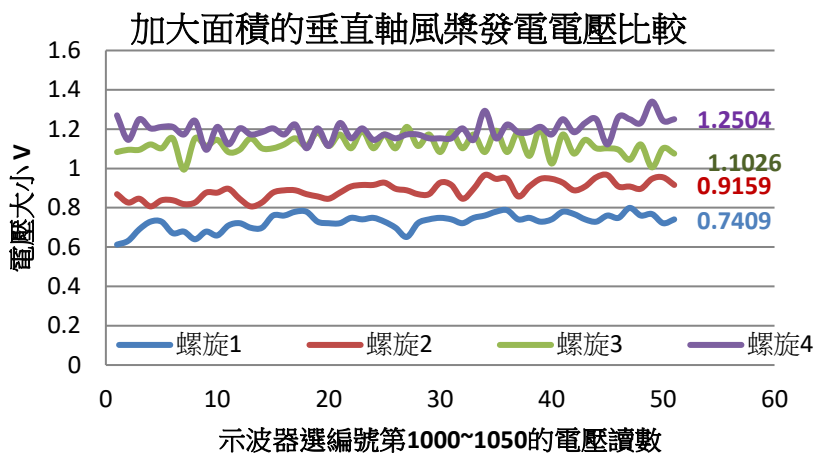
- (1). 雙 S 型風槳受風可呈單一方向旋轉，連接馬達，將動能轉為發電的電能而儲電。
- (2). 馬達接線插槽任一向電流流經二極體整流後可固定於+端流出，一端流入成通路。
- (3). 雙 S 型風槳在實驗室內的電風扇風場轉動下，可模擬海風風向改變且略向下的氣流，吹動風槳的發電結果可順利對 2 顆 1.5V 串聯的充電電池充電，而充電後的電池放電效能可讓 6 足獸順利作動。

四、追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

1. 不同風槳加簡易第一代導風罩的發電電壓測試



2. 加大垂直軸風槳面積的發電電壓測試



3. 比較第二代及第三代導風罩在相同風槳的定位產電電壓實測

粉紅厚的 2S 風槳裝置在第二代導風罩的定位量測 4000 筆數據的平均電壓

積木架至風槳底部位置 cm	3	6	9	12
平均電壓 mV	390	292	213	128

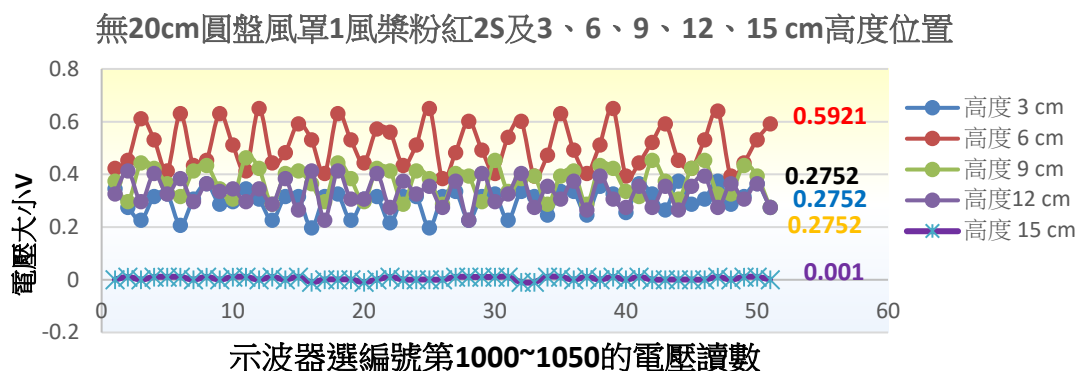
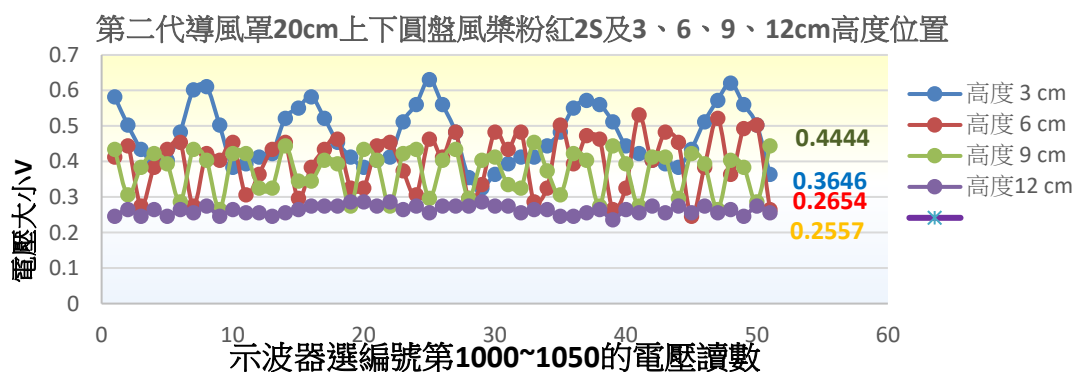
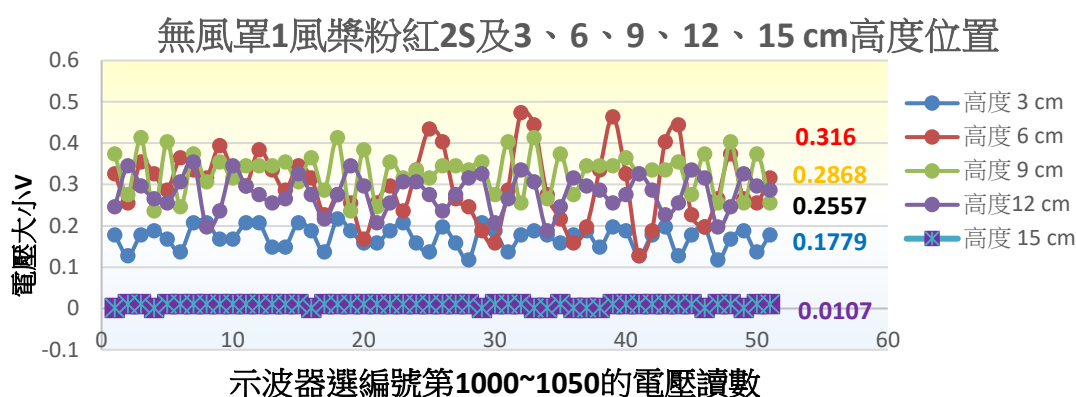
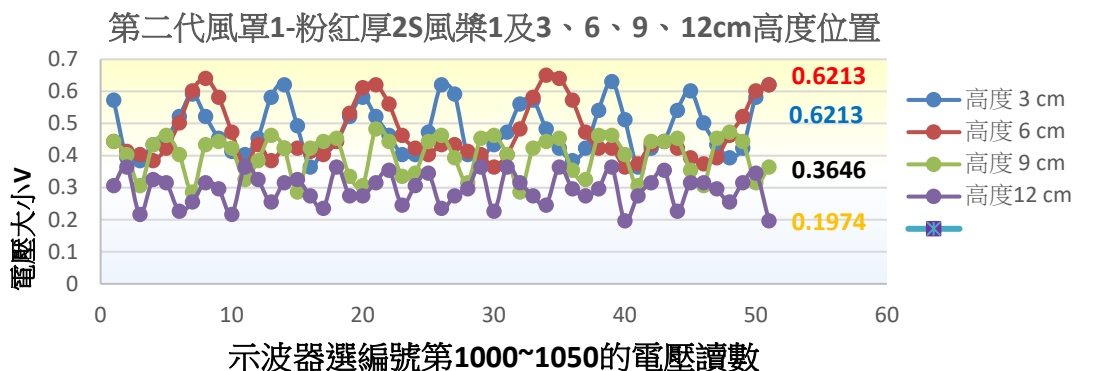
粉紅厚的 2S 風槳裝置在第三代導風罩設計二的定位量測 4000 筆數據的平均電壓

底至風槳底部位置 cm	6	9	12	15	18
平均電壓 mV	216	369	481	442	277

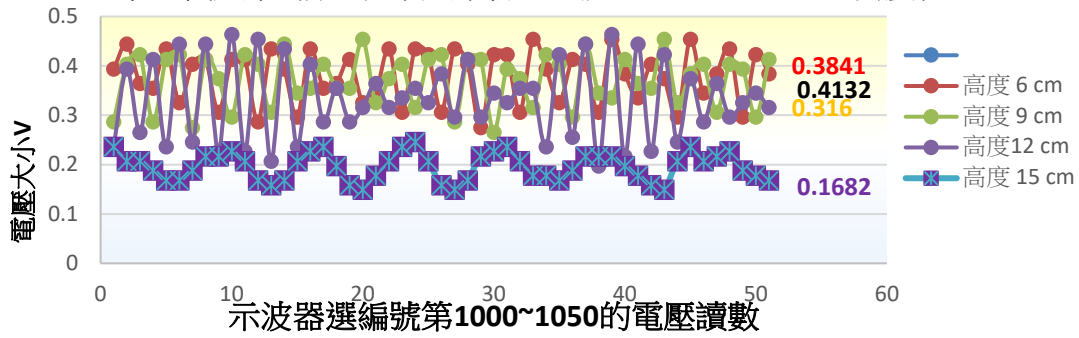
粉紅厚的 2S 風槳裝置在第三代導風罩設計三的定位量測 4000 筆數據的平均電壓

底至風槳底部位置 cm	3	6	9	12	15
平均電壓 mV	183	214	315	--	--

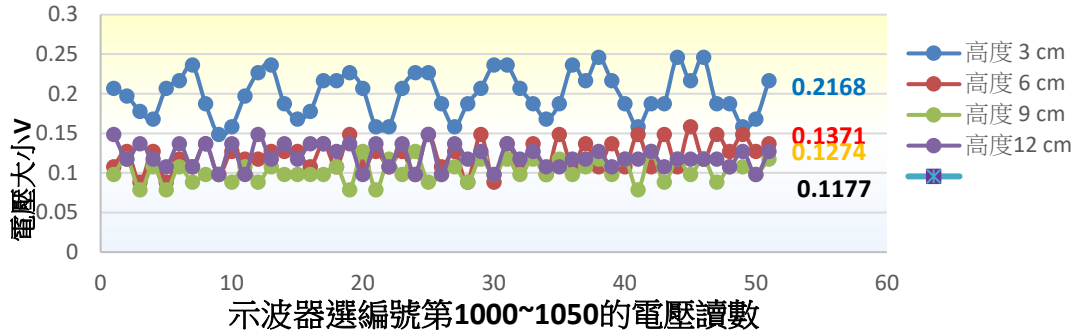
4.以低扭力碳刷馬達產電比較風槳有無導風罩下，在風槳不同的定位高度下的發電電壓實測



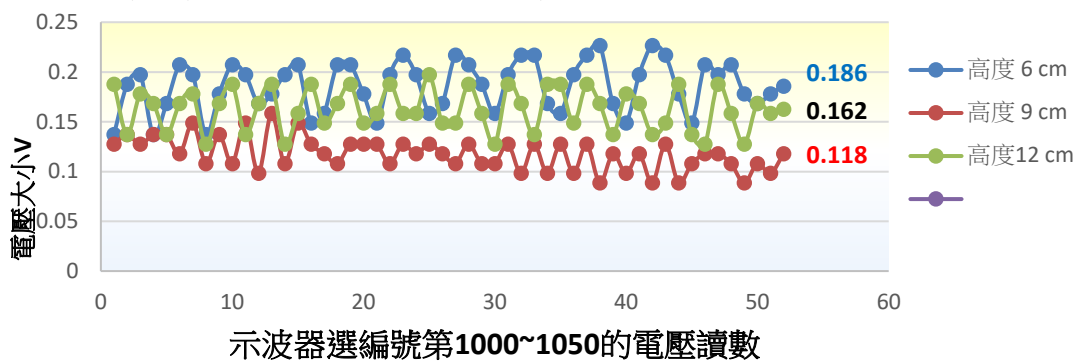
第三代風罩2橘口在下風藥粉紅2S及6、9、12、15 cm高度位置



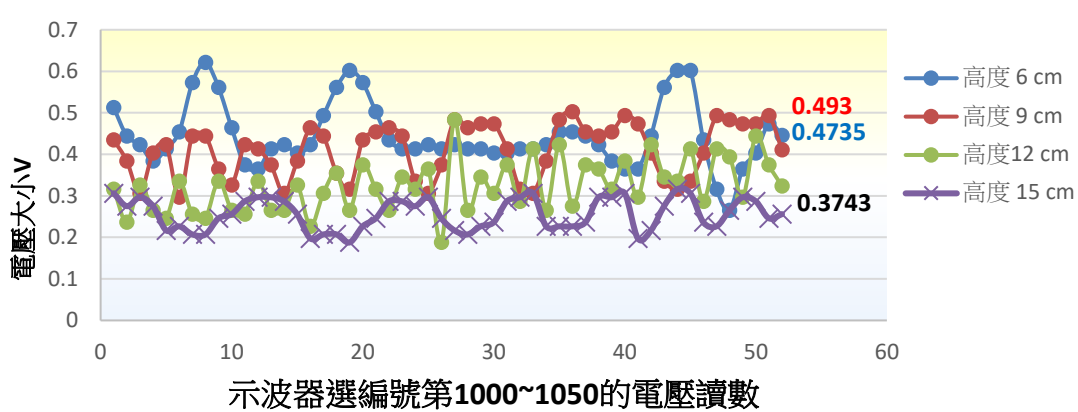
無第三代風罩2風藥粉紅2S及3、6、9、12cm高度位置



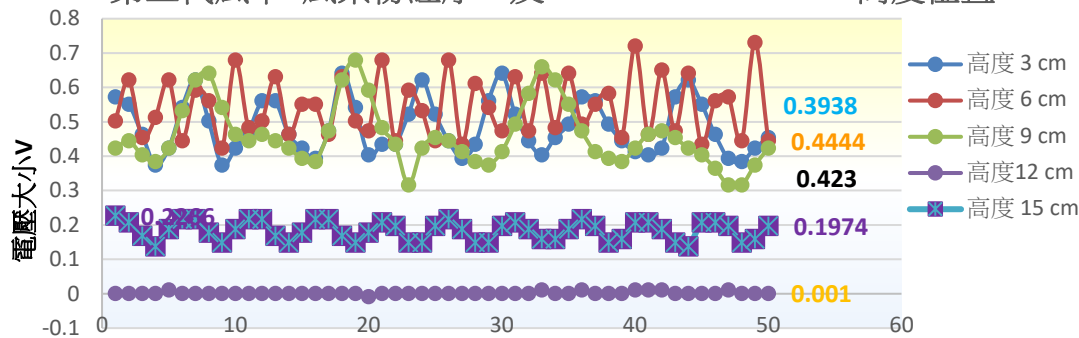
第三代風罩倒設計二瓶口上藥粉紅2S及3、6、9、12cm高度位置



無第三代風罩倒設計二瓶口上風藥粉紅2S及3、6、9、12、15 cm高度位置

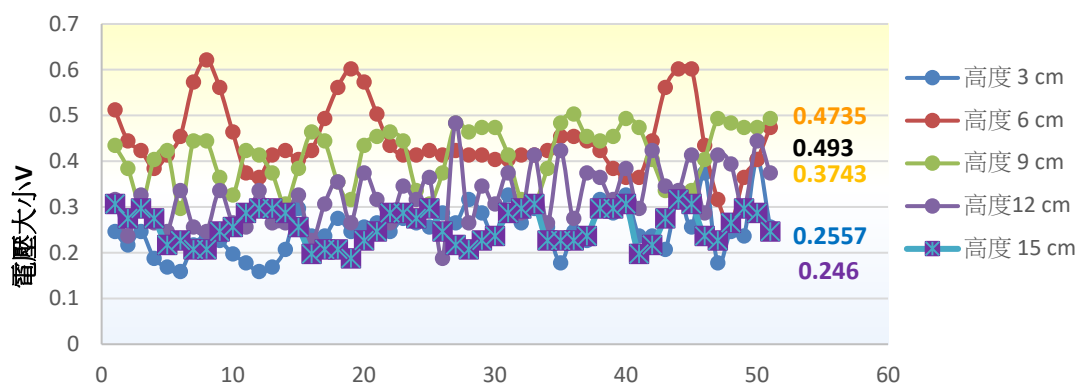


第三代風罩3風槳粉紅厚2S及3、6、9、12、15 cm高度位置



示波器選編號第1000~1050的電壓讀數

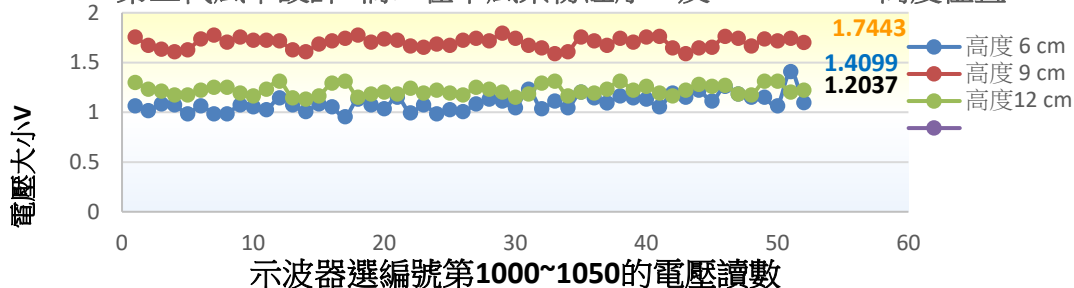
無第三代風罩3風槳粉紅厚2S及3、6、9、12、15 cm高度位置



示波器選編號第1000~1050的電壓讀數

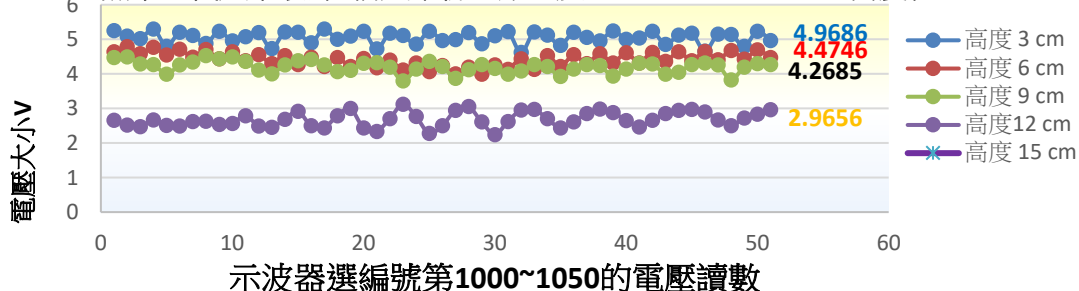
5. 以中扭力碳刷馬達產電比較風槳有無導風罩下，在風槳不同的定位高度下的發電電壓實測

第三代風罩設計2橘口在下風槳粉紅厚2S及6、9、12cm高度位置



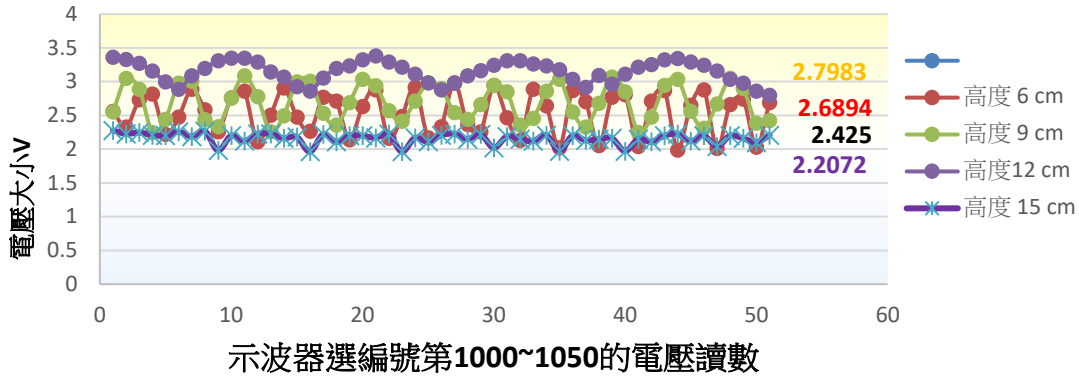
示波器選編號第1000~1050的電壓讀數

無第三代風罩設計2橘風槳粉紅厚2S及3、6、9、12、15 cm高度位置

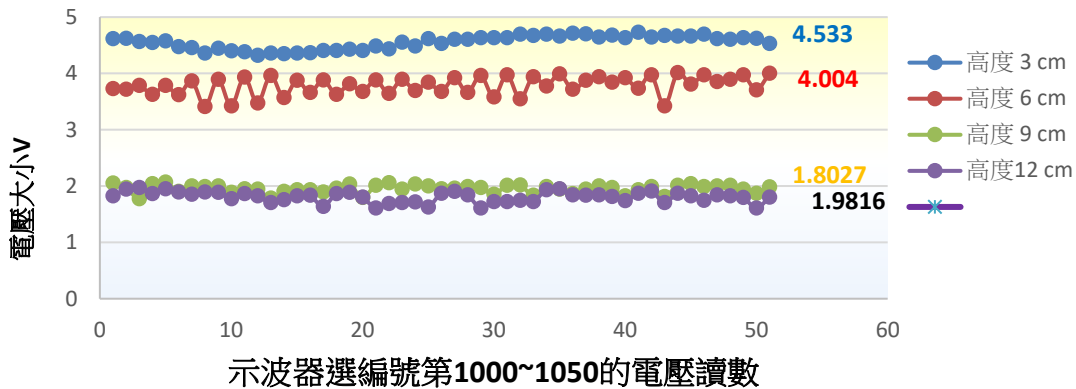


示波器選編號第1000~1050的電壓讀數

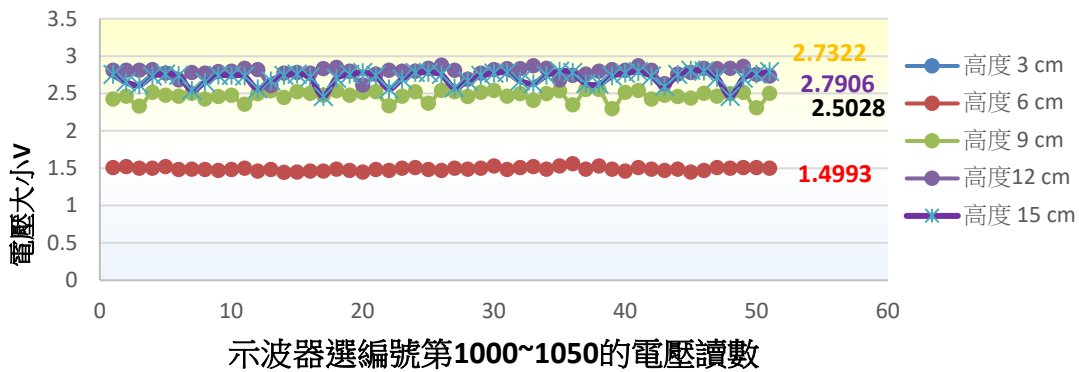
第三代風罩2橘口在下風槳粉紅薄2S及6、9、12、15 cm高度位置



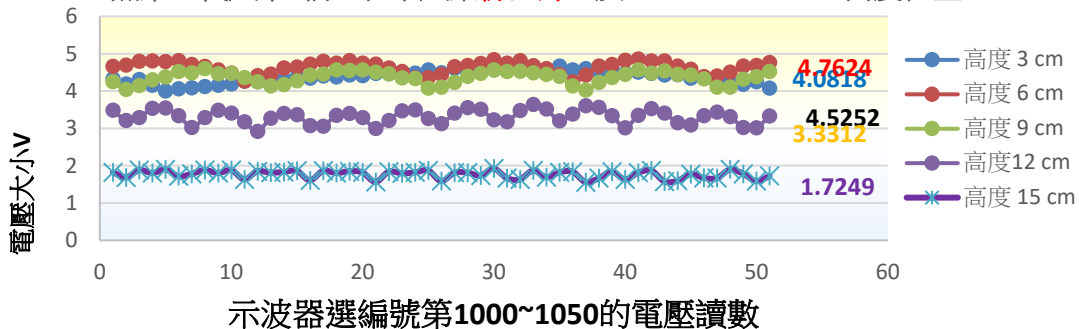
無第三代風罩2橘口在下風槳粉紅薄2S及3、6、9、12 cm高度位置

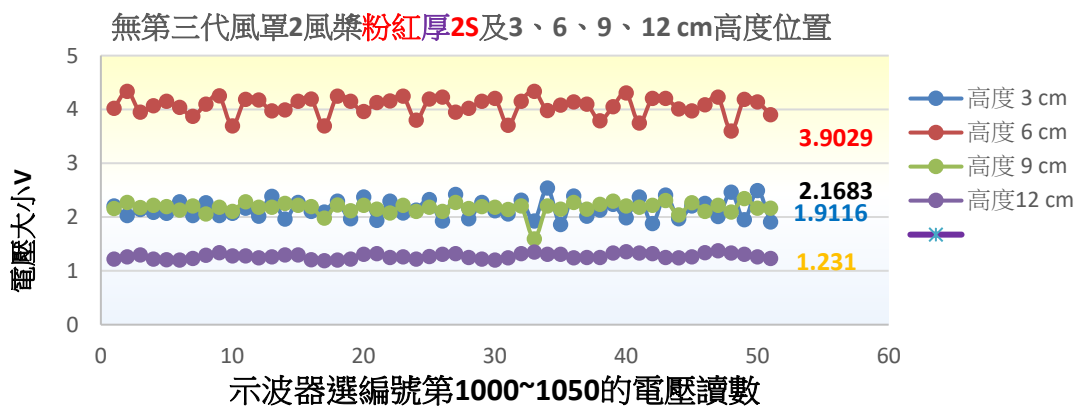
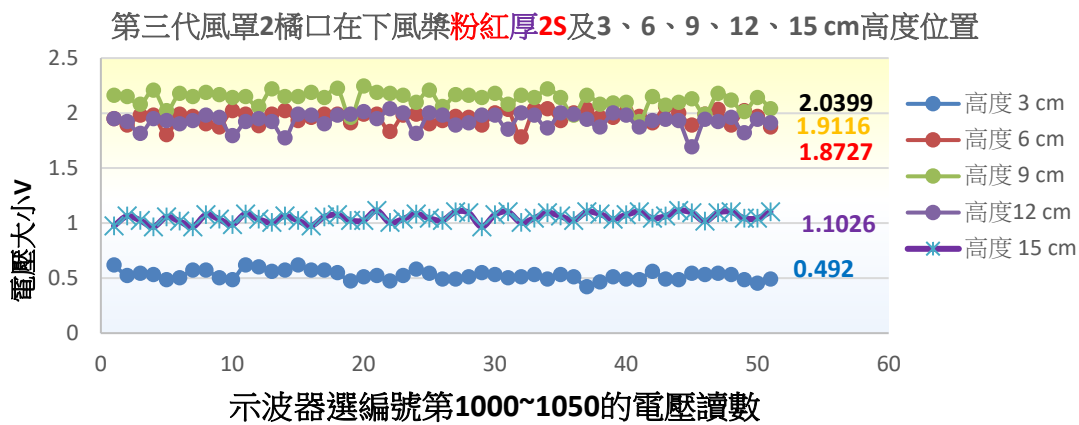
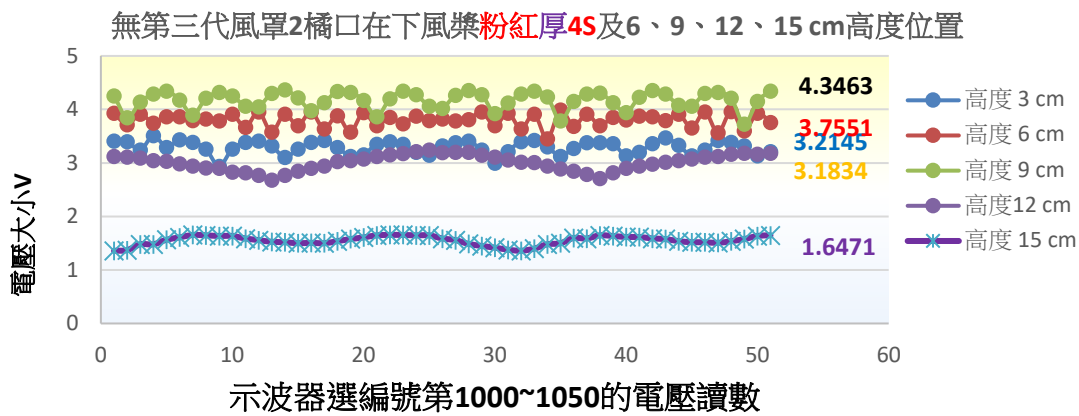
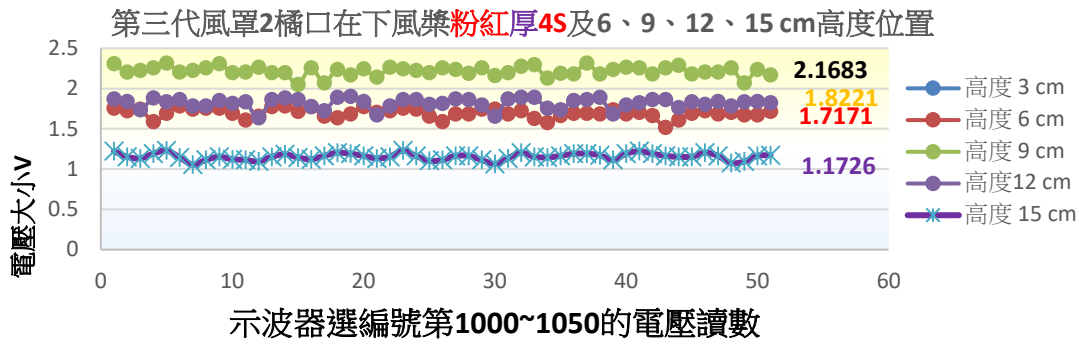


第三代風罩2橘口在下風槳粉紅薄4S及6、9、12、15 cm高度位置



無第三代風罩2橘口在下風槳粉紅薄4S及6、9、12、15 cm高度位置





陸、結論

1. 風向不同，風槳若轉動方向不同，則馬達產電的電流方向改變，若需量測電流、電壓或儲電時，則需將交流電整流為直流電，因此透過二極體雖可整流，雙S薄形風槳以中扭力馬達發電時，同樣的立風扇風力，可發出3點多的電壓，但一接上二極體，產電電壓大約會下降0.5V左右，但仍可以對著2入串聯的充電電池穩定地充電，且原來充電電池的剩餘電力無法驅動吸管六足獸，但風槳對其充電後，就能順利驅動吸管六足獸作動，而且充電時間愈久，能驅動吸管六足獸作動的時間也愈長。
2. 在風槳的設計與產電效能的測試上，多次的交叉比對研究受阻之處，發現以網站下載的風槳模板無法真正找到風機轉不動的真正原因，其中當然是風力不強、風速不足，真的是只有這樣嗎？所以，我們用123 design仔細的列印出最薄且較輕的雙S風槳二次，質量的確有些差異，但比一般網站上的雙S厚風槳重量減輕只有原來的1/2，果然產電效能之電壓部份提高了不少。除了風槳質量大小會影響產電效能外，我們發現，槳葉面積大小也會影響，這由三向垂直軸拋物線由原來的面積大小，以電腦卡巧妙地增加面積所得如P21的「加大垂直軸風槳面積的發電電壓測試」及後續多項交叉比對實驗也可證實，每克風槳質量所佔的面積愈大(cm^2/g)，發電效能也愈大。

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09
風槳	三向垂直 軸拋物線	白3半 圓	白3S	粉4S	薄粉 4S	粉2S	薄白半 透明2S	薄粉半 透明2S	薄粉4S
質量 g	10	16	22	29	13	16	8	7	13
面積 cm^2	約 $30*3$ =90	$63*3$ =189	$49*3$ =147	$49*4$ =196	$63*4$ =252	$49*2$ =98	$63*2$ =126	$63*2$ =126	$63*4$ =252
cm^2/g	9.00	11.81	6.68	6.76	19.38	6.13	15.75	18.00	19.38

3. 我們也發現風槳的形狀影響發電效能甚鉅，S型風槳比半圓形或拋物線型的助轉動的逆向力矩大於阻轉動的順向力矩大，發電效能也愈明顯。
4. 我們也發現槳葉大或愈重，發電效能也應該較好，結果卻不如預期，愈重的槳葉，若有足夠的風力去讓高扭力的馬達轉動，當然發電效能會很好；但是風力不足時，反而，槳葉無法轉動而發電量為0！同槳葉形狀，面積愈大發電效能應該也要愈好，結果同樣也是不如預期，如編號5及編號8風槳，兩者面積比為兩倍，發電效能卻不是兩倍。
5. 整體而言，如果馬達可啟動風速是5，無風罩的入風速是5，風槳轉動之後，會因無風罩集風，風力下降而很快的停下來，因導風罩會切掉一些風力，入風速是5，可能進風罩後就變成4而使風槳無法轉動；若風速入風罩有達到5，起動後風速可能可增加到6，也就是有集風的功能。
6. 為了證明低風速下的導風罩有發揮到產電的功能，「我們用風速達到3就可以啟動的低扭力馬達來進行測試及對照」，『比較的成效相當成功：第三代風罩的追風導向瓶口向下設計2優於追風導向瓶口向上設計3；第二代導風罩(上下圓盤、導流板全為PP板)的設計優於無風罩；在近海水域的沙地實作結果，無導風罩風槳須風速較大，達8~10 km/hr才開始啟動，且風力很快散掉，轉速也很快就變慢而停了下來；即使是第三代導風罩設計一魚型追風導流風罩，雖然集風能力居後，但不僅一下子就轉動定位、啟動風速也比無風罩的低一

些達 6.5 km/hr 才啟動，最明顯的是：後來風速小一些，仍會轉動，但低太多，才不動，比無風罩的要好！

7. 第三代導風罩設計二瓶口向下封口、導流板前一後三、左右長方形導流板之追風導流風罩，除了具備追風導流轉動定位功能外，啟動風速為第三代導風罩中最小的，只需 2.6 km/hr 即可，最令人高興的是，一旦啟動後，即使風速小至 1 點多，亦能保留一些集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力最高也最久，集風能力居冠；第三代導風罩設計三瓶口向上封口的啟動風速居中，保留集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力也是不錯的。
8. 風槳的定位高度與發電效能也有明顯的影響，由我們多次的交叉比對實作發現，模擬在大自然風場下，晴天氣流向下及空氣也有重量而受重力場也向下，實驗室風扇氣流略向下吹，無風罩的風槳高度愈高，產電效能愈差；高度愈低，產電效能也較低(因氣場無法集中而向四週流散)；有導風罩的具集風功能，產電效能較為平均。
9. 大型離岸風機造價不斐，風速強的冬季發電效能比夏天理想；風力弱時常看到風機沒有在轉動！所以，我們建議，依地點、季節，調查不同風機發電的最佳高度；或者設計風機可隨季節、風場伸縮風機的高度；又或者，發電的馬達可隨風速變小時，自動更換低扭力馬達、風速較大時，更換高扭力馬達；當然，依季節風速強弱，設計小而美、小而能產電的風槳及導風罩設計是我們辛苦研究出的成果。
10. 我們已研究出三培林軸承、自動追風導向的導風罩設計，長軸連接馬達、馬達基座、穩定風槳的積木座設計，均可使風槳受風呈單一方向旋轉而發電，雖然我們用馬達銜接風槳懸空套接的減重、低摩擦力轉動的設計，可助雙 S 風槳在 1~3 公里/時的低風速下轉動發電，若能用更精密的銜接培林、不偏心的軸承及磁浮，當可為離岸風電畫下不停機的理想願景。



後記：

1. 本研究困難處及耗時甚多，隊友因無法挑戰教授與指導老師提出困難度更高的研究作業，不堪設計受阻的許多挫折及以課業繁重、課後補習等原因，經家長同意下退出了國展。
2. 感謝教授的建議及指導老師們不離不棄的指導，家長的支持及支援，雖然，讓我也吃足了苦頭，但辛勤耕耘的成果，比市展多出了許多創新的研究，總算有了一些不錯的成果，真是令人感恩啊~謝謝大家的幫忙！

柒、參考資料

1. 半導體：二極體(五)橋式整流實驗- YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=201yVq6y1tQ>
2. 國中自然課本第四冊力與浮力
3. 國中第五冊能量轉換
4. 國中第六冊簡單機械
5. 水上住宅群。(http://www.jlgrealestate.com/english/2014/02/18/floating-houses/)
6. MOST 科技部海洋學門資料庫(ODB)<http://www.odt.ntu.edu.tw/>
7. http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=17480
8. http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/web_5201/http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/web_5201/5201-1.pdf

【評語】 032913

1. 作品的目的在發展可以在低風速導風的離岸風機，配合程式軟體和 3D 列印設計不同的風槳以及導風罩，並測試其產電的效能。
2. 題目與作品內容之間出現落差，實驗內容雖豐富，設計了 16 個實驗，做了頗多的實驗，探討的變因也多，精神可嘉。但未聚焦離岸風力發電，「離岸風電」是大電力，實驗的模型與標的物差距過大，材料的設計與效率的評估，均非簡易的實驗所能比擬，如能將主題重點換為微小電力，或許更為適切。

摘要

大型離岸風機造價不斐，風速強的冬季發電效能比夏天理想；風力弱時常看到風機沒有在轉動！所以，設計小而美、小而能產電的風槳及導風罩設計是我們研究的方向。

我們研究出三倍林軸承、自動追風導向的導風罩設計，長軸連接馬達、馬達基座、穩定風槳的積木座設計，均可使風槳受風呈單一方向旋轉而發電。

也測試出馬達銜接風槳懸空套接的減重、低摩擦力轉動的設計，可助雙S風槳在1~3公里/時的低風速下轉動發電，每次4000筆示波器記錄亦可明顯比較各3D列印風槳在不同風罩種類及高度下的產電最大電壓、平均電壓及轉動周期或頻率，123 design 3D列印的輕質雙S風槳在高或低扭力馬達的產電效能可為離岸風電提供可設計參考的方向。



大安海墘國小附近的海域，當日風場風速為1~10Km/hr

研究動機

簡易的保特瓶燃料電池，使用不織布包裹石墨棒為電極端，以氫氧化鈉為電解液形成簡易的電池。卻產生了漏液、氫氧化鈉腐蝕性較強、石墨棒不易取得、所製成的電池不方便倒置等問題。

以化學方法發電方式似乎都不是最潔能的，火力發電帶來環污及空氣品質惡劣、PM 2.5對人體產生的危害更甚！

我們發覺物理性質的發電比化學性的還來的環保，利用自然界中取之不盡、用之不竭的能源來發電，像是太陽能、風力、水力，可以減少藥品或廢棄物的處理，應該是更節能的設計方向。

目前臺灣正積極發展離岸風電，不僅建構成本相當的高，風力在夏季用電巔峰時刻，風力不足而冬天風力較強卻用電不如夏天的急迫性與需求。所以，有沒有互補不足之潔能設計，一直是我們絞盡腦汁在思考的問題。

研究目的

- 一、電磁感應原理與橋式整流的原理的探究
- 二、風槳的設計與產電效能的測試
- 三、風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究
- 四、追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

研究過程與方法

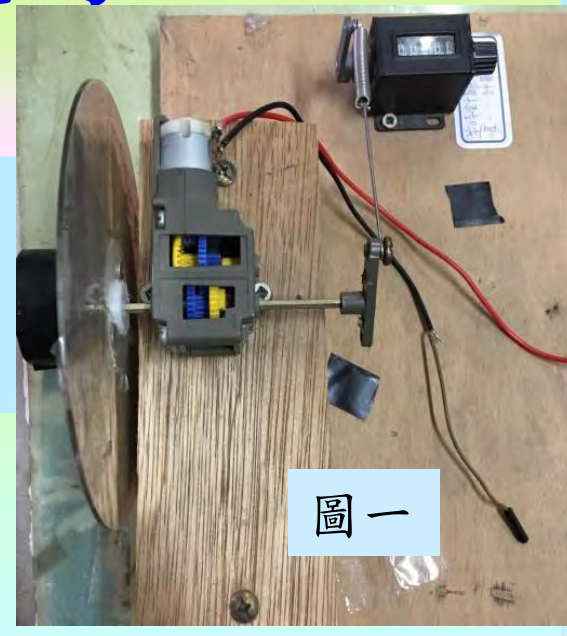
【研究一】電磁感應原理與橋式整流的原理的探究

(一) 電磁感應原理

實驗一、電磁感應原理的寫作探究

步驟

1. 我用硬紙捲成筒狀固定，將銅漆包線對著紙筒分別繞出幾十圈的線圈後固定在風管上(第一代)。
2. 線圈外的漆包線用砂紙刮除，線圈兩端各連接LED燈。
3. 用磁珠從風管上高處落下，連續操作五次居然都不亮！



圖一

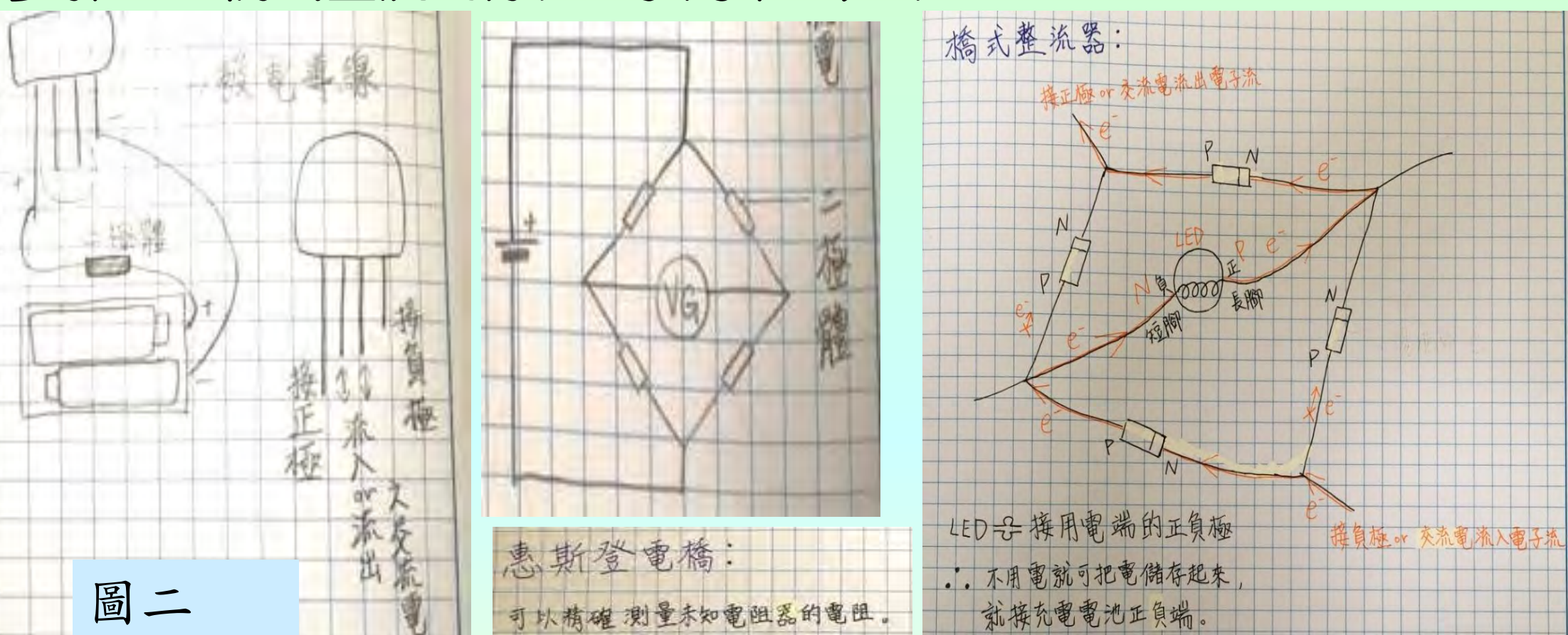
實驗二、多匝線圈的製作與效能測試

步驟

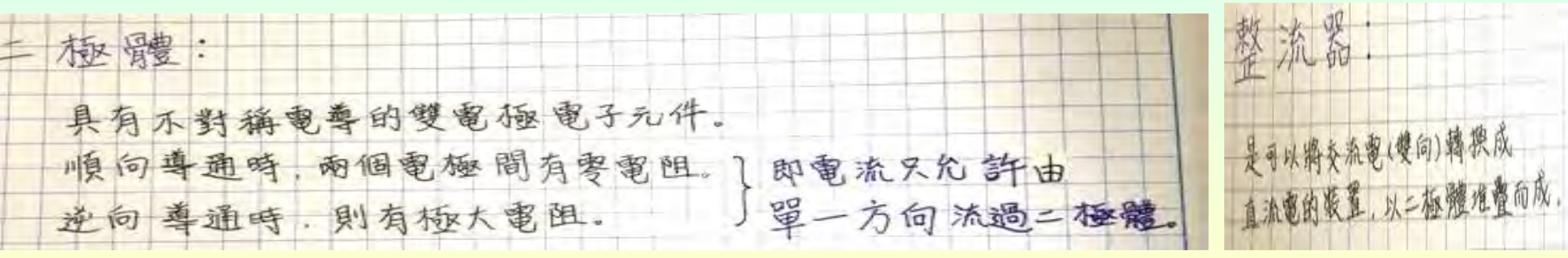
1. 馬達計數器接18650鋰電池及電池座。
2. 以A4護貝膠膜熱膜後，捲成比多多罐直徑略大的筒狀備用。
3. 馬達計數器馬達軸上的滾輪套上多多罐。
4. 再將電腦廢卡捲在多多罐上，以膠帶貼住。
5. 將銅漆包線軸放在地上，啟動馬達計數器，將細銅線捲在筒狀的電腦廢卡(要留線頭)。
6. 分別捲500圈、800圈、1000圈、1200圈備用。
7. 線圈外的漆包線用砂紙刮除，線圈兩端各連接LED燈。將磁珠由相同的高度落下，觀察通過圓筒時，筒外的LED燈是否瞬間閃亮？

(二) 橋式整流的原理

步驟(二) 橋式整流的原理 (手寫筆記如下圖)



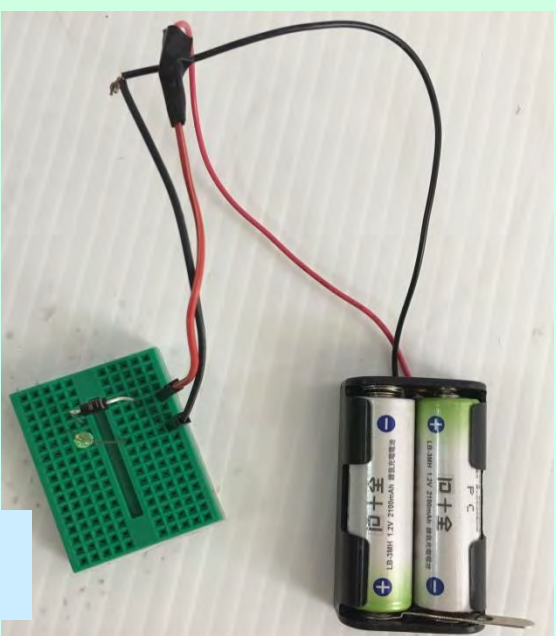
圖二



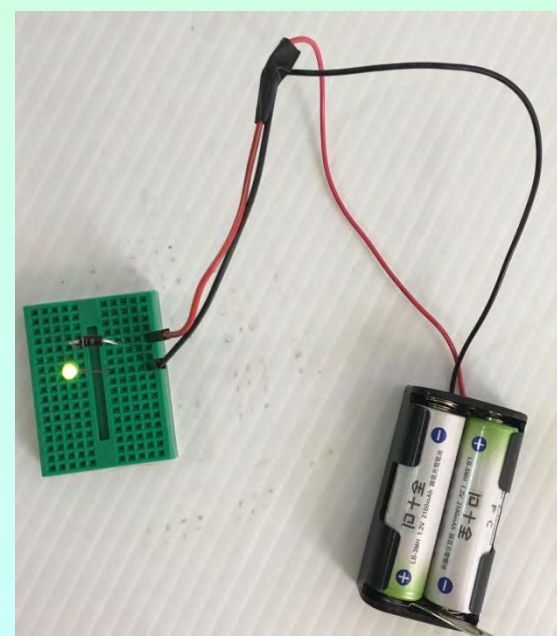
實驗三、二極體的測試

步驟

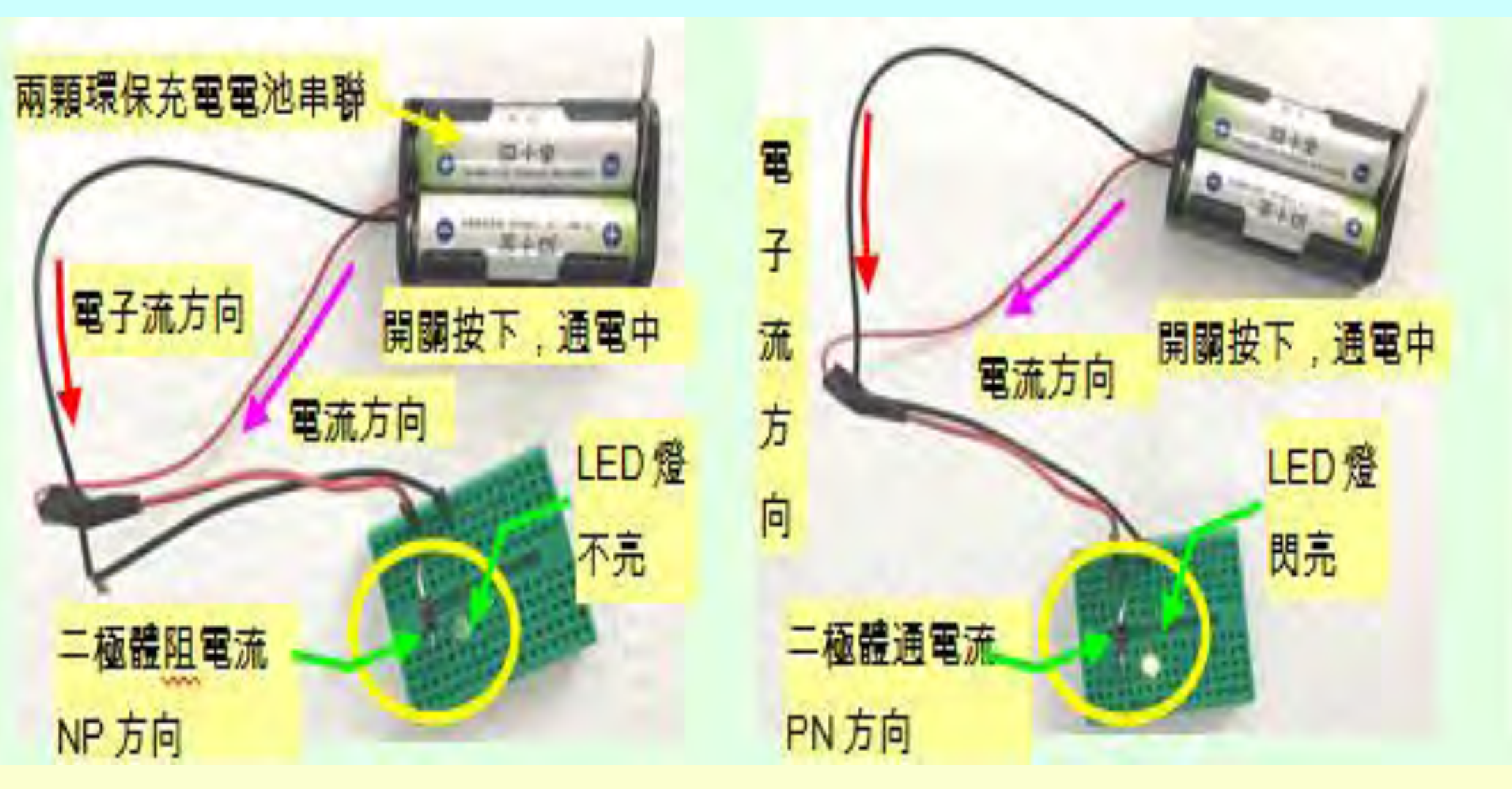
1. 準備麵包板、杜邦線、二極體、LED燈、環保充電電池及電池盒。
2. 將LED與二極體又在麵包板上形成與電池串接的通路。
3. 一個二極體反向連接如左圖一，再將二極體正向連接如下圖二時，觀察比較兩者是否只有二極體方向不同的一項操縱變因。



圖三



圖四



研究設備器材

(一) 電磁感應原理與橋式整流的原理的探究

1. 電磁感應原理的探究：實驗一及實驗二 1200匝的線圈、LED燈、磁珠、自製的馬達計數器、18650鋰電池及電池座、以電腦廢卡、多多罐、自製馬達光碟轉輪、黑色貼布膠帶、細銅漆包線圈。
2. 橋式整流原理的探究：實驗三 麵包板、杜邦線或單芯線、二極體、LED燈、環保充電電池及2入的電池盒。

(二)、風槳的設計與產電效能的測試

1. 發電之風杯的轉動生電：實驗四 無刷馬達、小塑膠杯、硬吸管、大中空磁鐵環、四個小中空磁鐵環、電風扇、吹風機
2. 第二代風片的轉動生電：實驗五 粗吸管、便當盒蓋、免洗筷、膠帶、剪刀、釘書機及釘書針、電風扇、吹風機
3. 第三代風槳的轉動生電：實驗六 3D列印機及AUTODESK' 123D' DESIGN程式、不同的風槳模板(長、寬、高均設定在10cm空間內列印)、以雙螺旋狀的風槳測試、自製連接無刷馬達及LED燈的積木座組、電風扇
4. 風機發電的電壓及電流的測量：實驗七 立式風扇、捲尺及1m長鋼尺、計時器、雙S風槳、拋物線型、半圓形、麵包板、電阻器、LED燈、兩個三用數字型電表、單芯線、鱷魚夾線、膠帶、中扭力的碳刷馬達、細碳纖維棒、3D列印小中空圓柱、培林及短十字軸(含圓孔可連接馬達軸心)、小線軸、大灰底板、長方條及小紅扣等智高積木零件、立式風扇

(三) 風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

1. 雙S風槳、環保電池、2入電池座、立式風扇、長鋼尺、三用數位型電錶、麵包板、杜邦線、鱷魚夾線、智高積木組

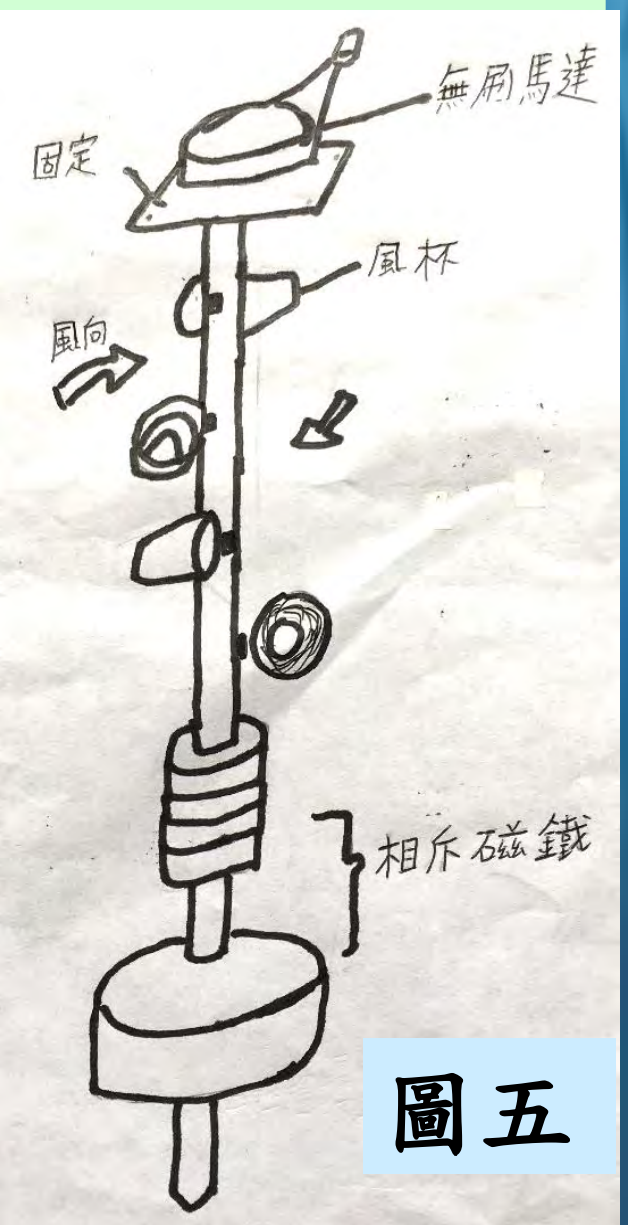
(四) 追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

1. 示波器、PP板、圓規、鋼尺、剪刀、小刀6L保特瓶、自製第一代導風罩三種、自製第二代導風罩二種、自製第三代導風罩三種、泡棉膠、熱熔膠、打火機、L型角鋼、自製角鋼架、低扭力TC碳刷馬達、中扭力碳刷馬達、高扭力無刷馬達、塑膠培林、3D列印的各種模板風槳、123 design程式軟體畫出的薄形S風槳、碳纖維棒、3D列印小中空圓柱、粗細各種規格的硬吸管、智高積木零件及支架等。

【研究二】風槳的設計與產電效能的測試(一)

風槳的設計

利用風力吹向互呈90度角的上下風杯，使無刷馬達轉動而發電，為減少轉動機座重量及摩擦所需的扭力，除了接觸面為尖端的點外，軸心加四個中空磁鐵，與固定於杯上的大中空磁鐵相斥，使相斥的磁力減輕轉軸的重力(懸浮的想法)。



圖五

實驗四、發電之風杯的轉動生電

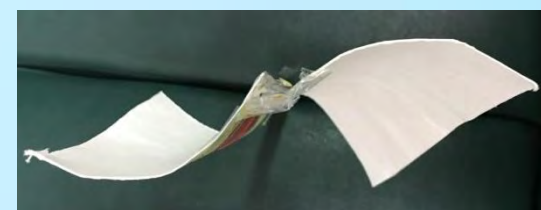
步驟：

1. 將無刷馬達、小塑膠杯、硬吸管、大和小的中空磁鐵環、組裝如右圖所示。
2. 將有大的中空磁鐵環和硬吸管置放在適合的紙杯上，使風杯保持不傾斜、不偏移的平衡方式。
3. 以口對著風杯用力的吹，或用電風扇、吹風機對著風杯送風，觀察風杯是否轉動。

實驗五、第二代風片的轉動生電

步驟：

1. 將便當盒蓋剪成兩半，用膠帶斜貼在粗吸管上。
2. 粗吸管上端用釘書機釘住，將1支免洗筷由下方插入粗吸管中如右圖六所示。
3. 實體如下圖七，轉動影片截圖如下圖八~十二。



圖七

圖六



圖八

圖九

圖十

圖十一

圖十二

實驗六、第三代風槳的轉動生電

步驟：

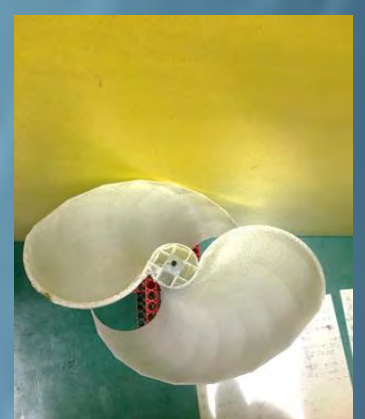
1. 將無刷馬達、小塑膠杯、硬吸管、大小中空磁鐵環、組裝如下圖所示。
2. 將有大的中空磁鐵環和硬吸管置放在適合的紙杯上，使風杯保持不傾斜、不偏移的平衡方式。
3. 以口對著風杯用力吹，或用電風扇、吹風機對著風杯送風，觀察風杯是否轉動。



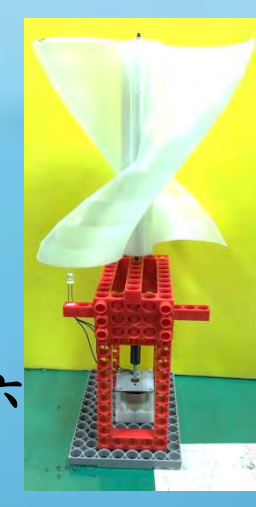
圖十三



圖十四



圖十五



圖十六



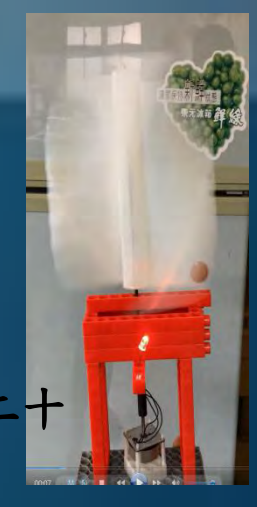
圖十七



圖十八



圖十九



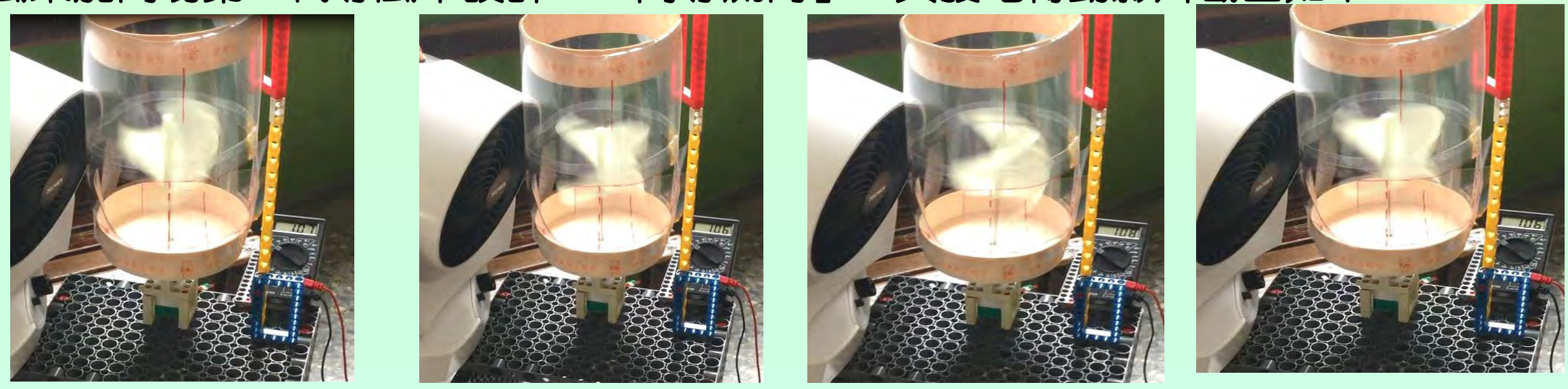
圖二十

【研究四】追風導向的導風罩設計及風槳的定位產電效能研究

實驗九、不同風槳加簡易第一代導風罩的發電平均電壓測試

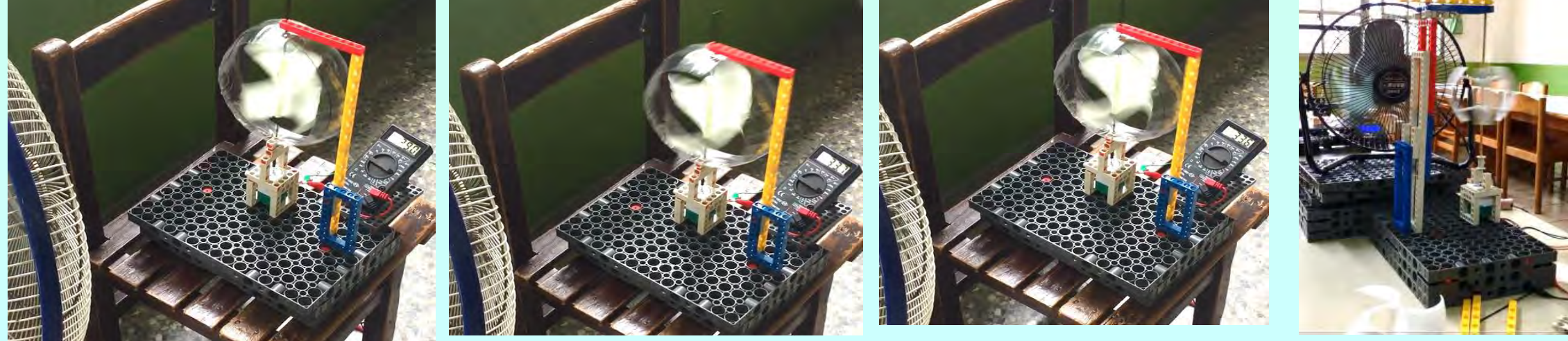
步驟：

1. 底座為中扭力破刷馬達置於積木座，軸心加有孔的十字軸、小線軸，加破纖長軸連接雙S風槳，接以A3護貝膠膜圍成的圓柱型，上下底為中空、下封閉的便當盒製成如下圖之雙S風槳加簡易第一代導風罩設計一「高導流筒」，其發電轉動影片截圖如下：



2. 馬達接單芯線及三用電錶，錄製的影片截圖發現，發電之電壓雖然相當穩定，平均為1.08V，為無風罩的1/3電壓左右，這樣讓氣流呈現側進上出之型態，若用於熱對流或許可行，但有違常溫之自然氣流，故應再思考其他型式之設計。

3. 將6L塑膠水瓶，切下瓶口約5公分後，分別截下剩餘的1/2及1/3成粗細不同的導流圈，上下穿孔，加破纖長軸連接雙S風槳，支架底座為中扭力破刷馬達置於積木座等，製成如下圖之雙S風槳加簡易第一代導風罩設計二「粗細不同的導流圈」，其發電轉動影片截圖如下：

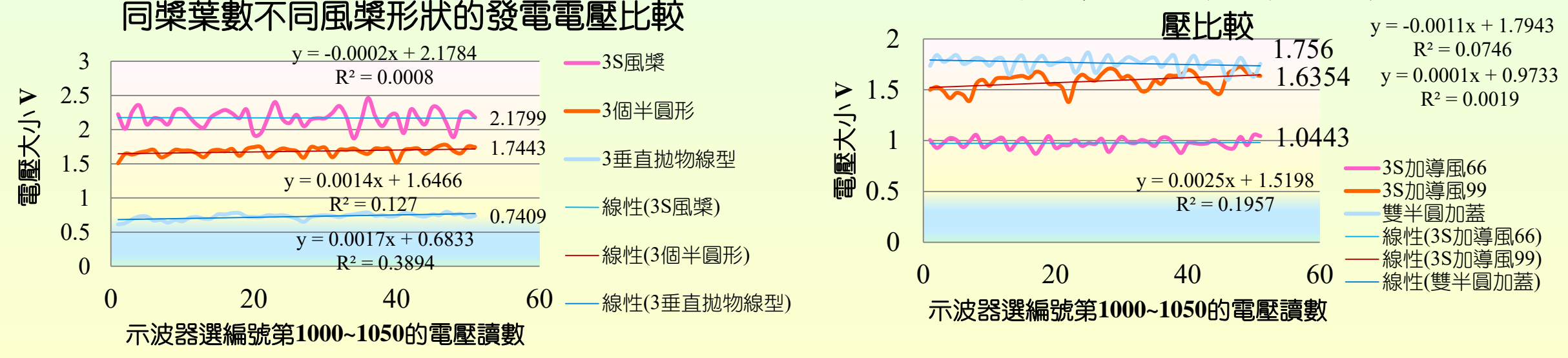


4. 馬達接單芯線及三用電錶，錄製的影片截圖發現，發電之電壓略小於無導流圈的電壓，電壓跳動幅度比設計一的大，發電的電流卻為設計一的2倍多，平均為30 mA以上。這樣讓氣流呈現前進後出的水平氣流之型態，較為符合一般常溫之自然氣流風向，唯風罩會產生水平式的旋轉，粗導流圈的旋轉速度較細的明顯，且旋轉後，不會自動停下來，視為無導流風之設計。

5. 以3D列印機列出3S型、3個半圓型、3垂直拋物線型的風槳來對照同槳葉數不同風槳形狀的示波器量測電壓比較，裝置如右圖之結構，選相同3S型，加不同簡易第一代導風罩設計三如下圖示

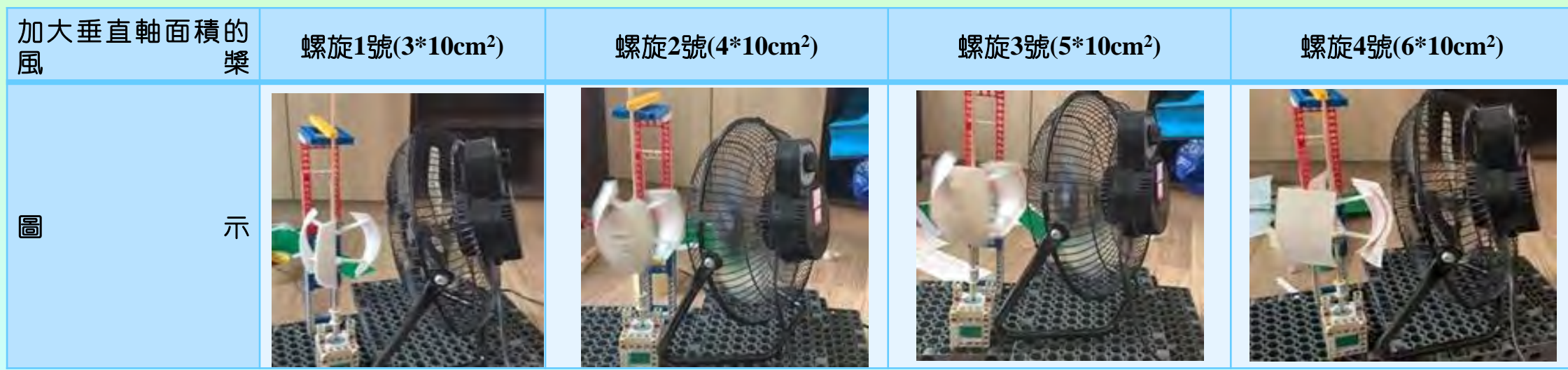
各風槳加第一代導風罩	3S風槳	3個半圓	3S風槳加導風66	3S風槳加導風99	雙半圓加蓋
圖示					

不同風槳加簡易第一代導風罩的發電電壓測試

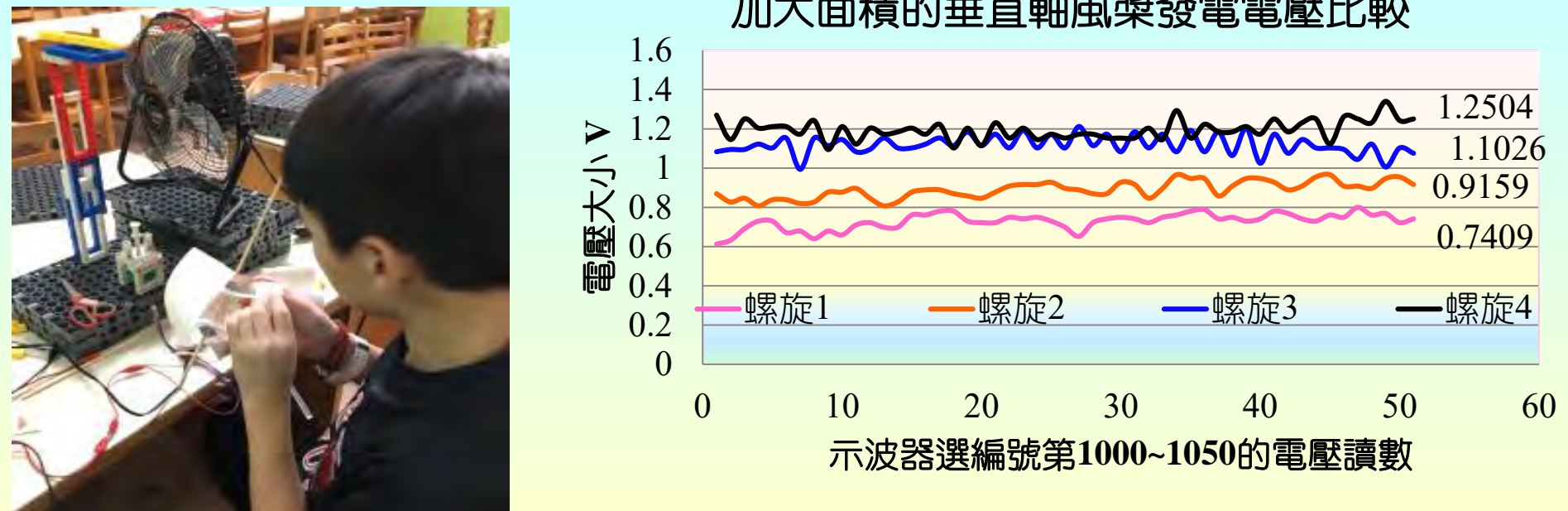


實驗十、加大垂直軸風槳面積的發電平均電壓測試

步驟：略，圖示解說之。



加大垂直軸風槳面積的發電電壓測試



實驗十一、第二代導風罩的追風設計一(出入口風速大小比較)

步驟：略，圖示解說之。



3.比較第二代及第三代導風罩在相同風槳的定位產電電壓實測

粉紅厚的2S風槳裝置在第二代導風罩的定位量測4000筆數據的平均電壓

積木架至風槳底部位置cm	3	6	9	12
平均電壓mV	390	292	213	128

粉紅厚的2S風槳裝置在第三代導風罩設計二的定位量測4000筆數據的平均電壓

底至風槳底部位置cm	6	9	12	15	18
平均電壓mV	216	369	481	442	277

粉紅厚的2S風槳裝置在第三代導風罩設計三的定位量測4000筆數據的平均電壓

底至風槳底部位置cm	3	6	9	12	15
平均電壓mV	183	214	315	--	--

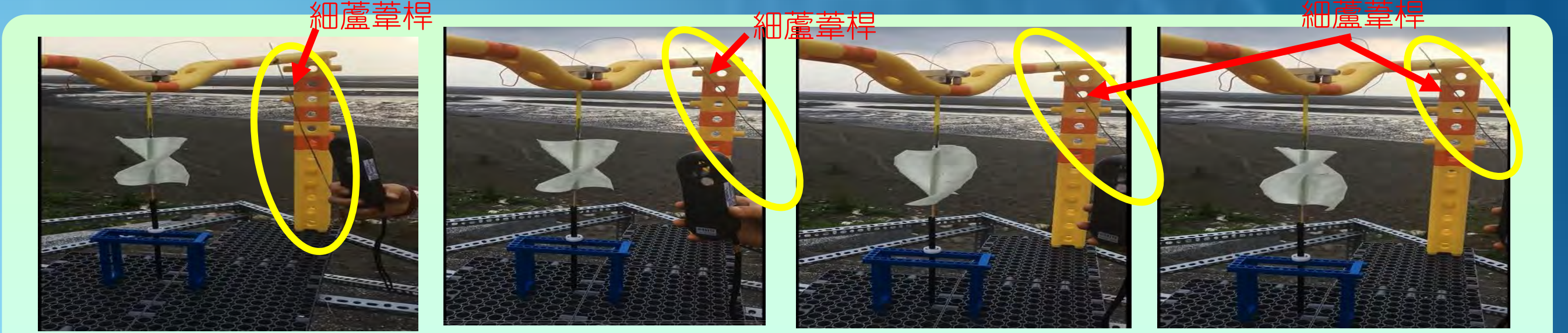
實驗十二、第二代導風罩的追風導向設計二



實驗十三、第三代導風罩的追風導向設計一



實驗十四、實際近海水域的導風罩啟動風槳轉動的風速測定



第三代導風罩的追風導向【魚形】設計一



第三代導風罩的追風導向【瓶口向下型】設計二

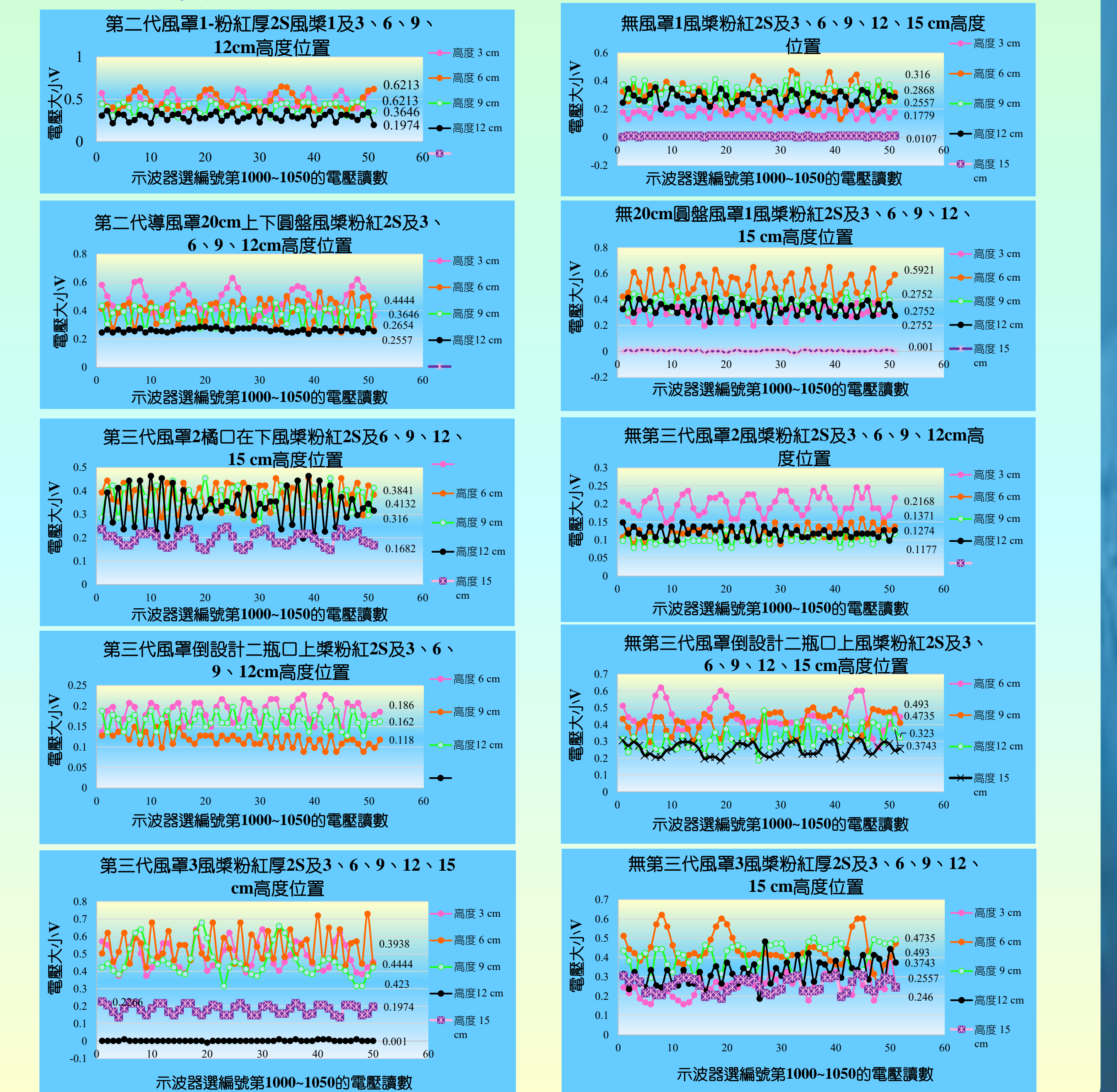


第三代導風罩的追風導向【瓶口向上型】設計三



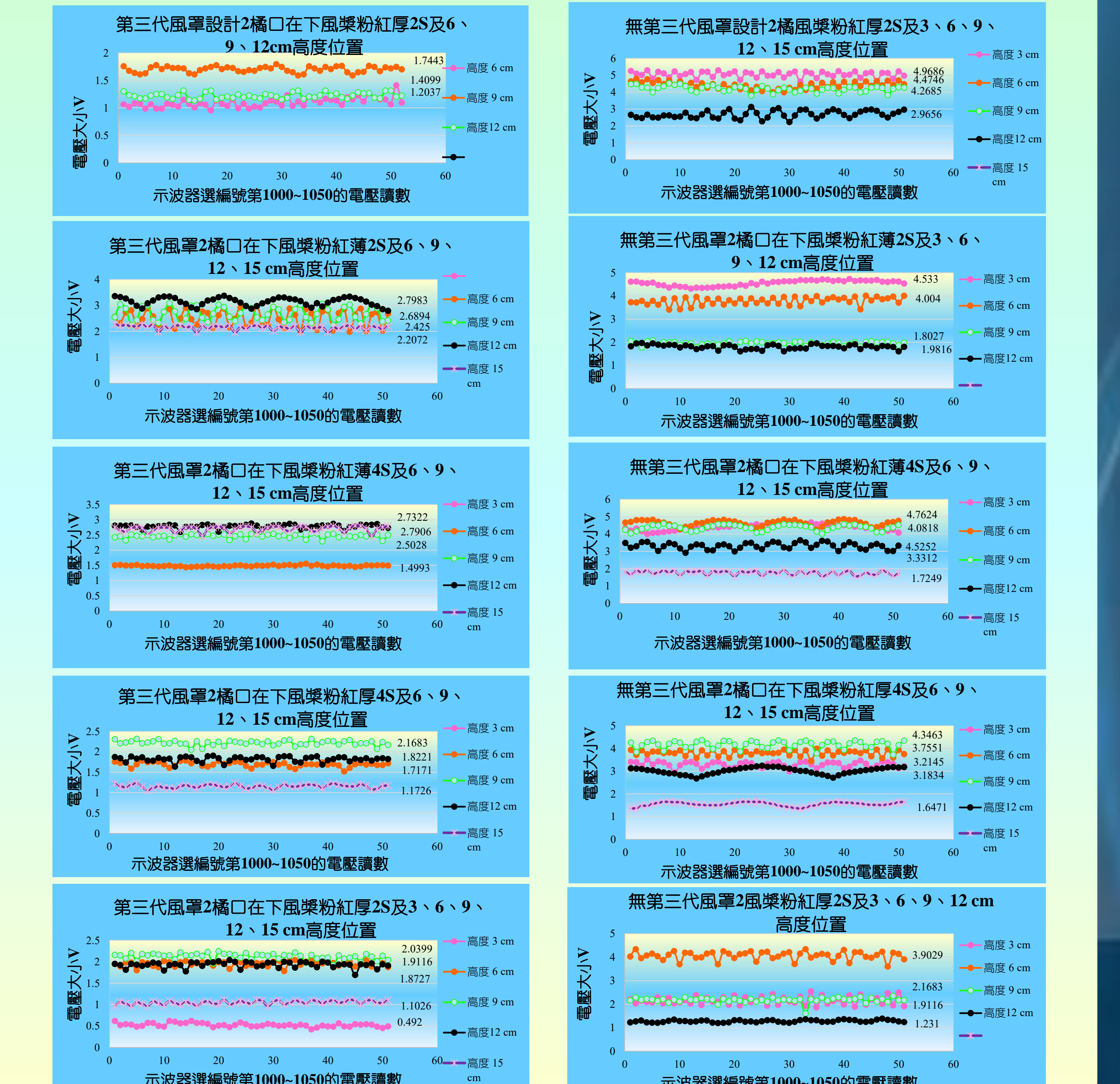
實驗十五、比較第二代及第三代導風罩在相同風槳的定位產電電壓實測

4.以【低扭力】破刷馬達產電比較風槳有無導風罩下，在風槳不同的定位高度下的發電電壓實測。



實驗十六、比較有無導風罩下，風槳不同的定位高度下的發電電壓實測

5.以【中扭力】破刷馬達產電比較風槳有無導風罩下，在風槳不同的定位高度下的發電電壓實測



【研究二】風槳的設計與產電效能的測試(一)

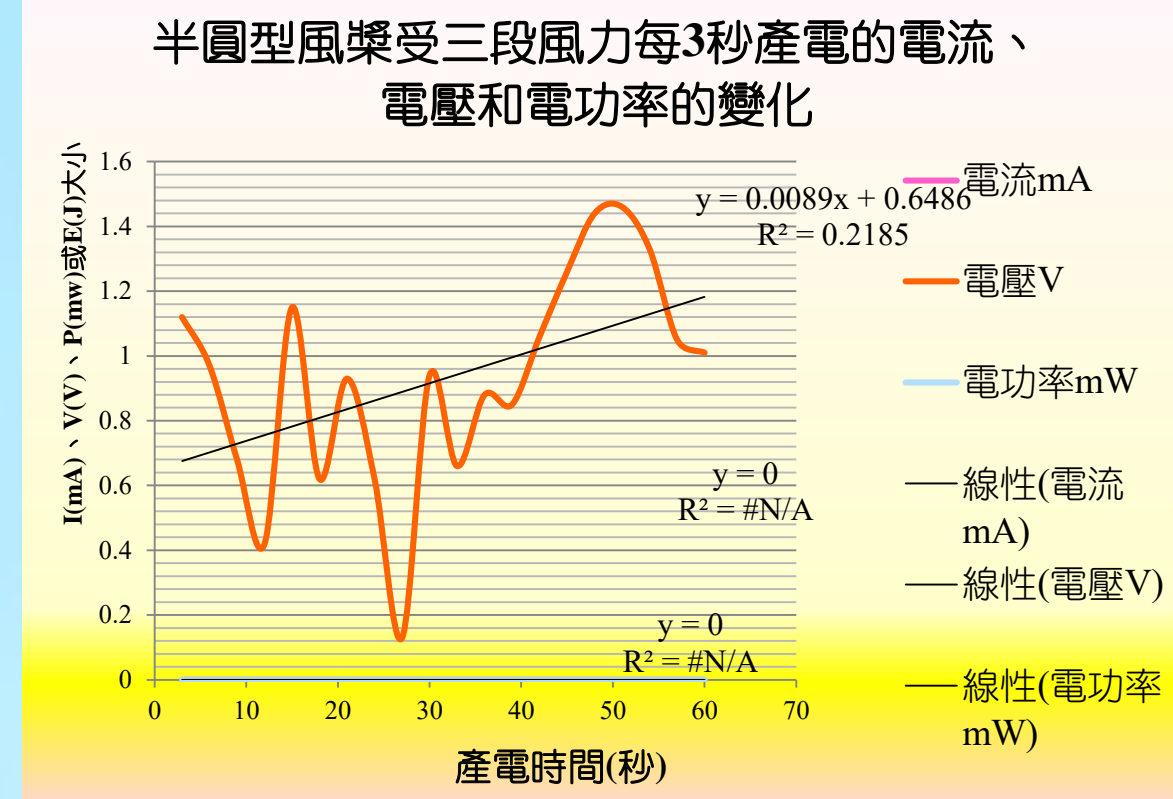
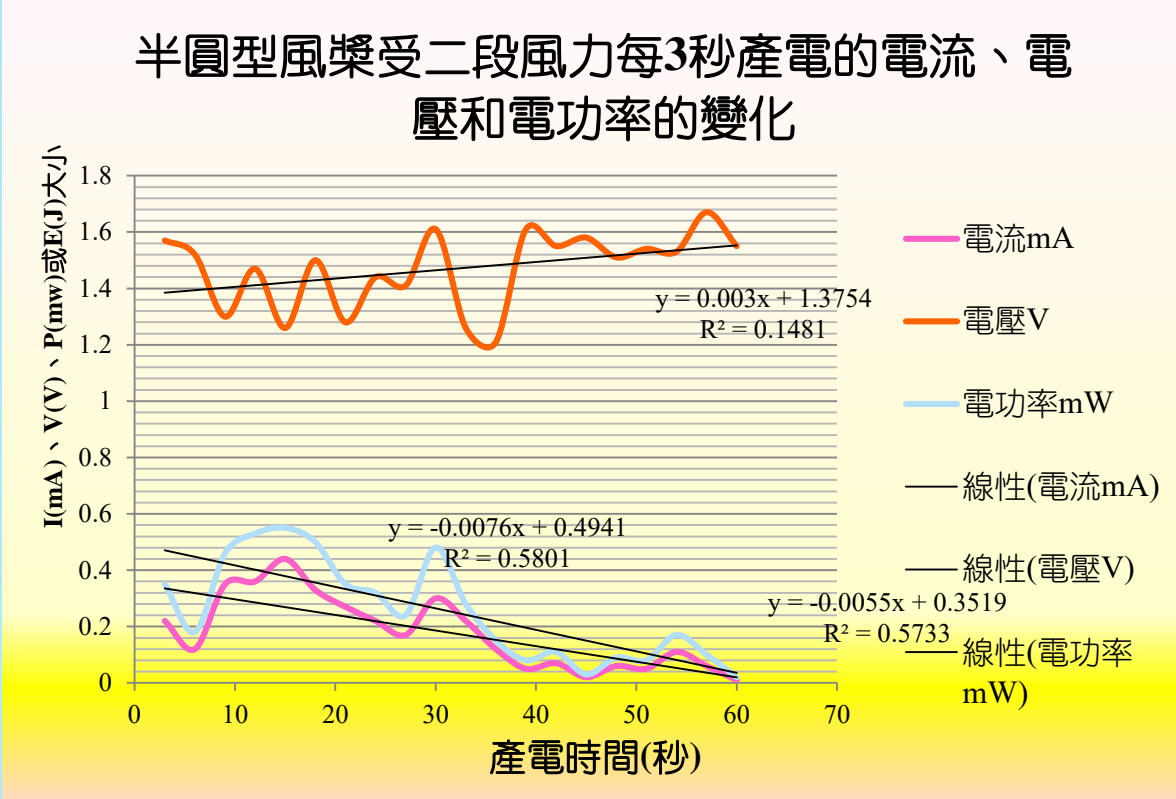
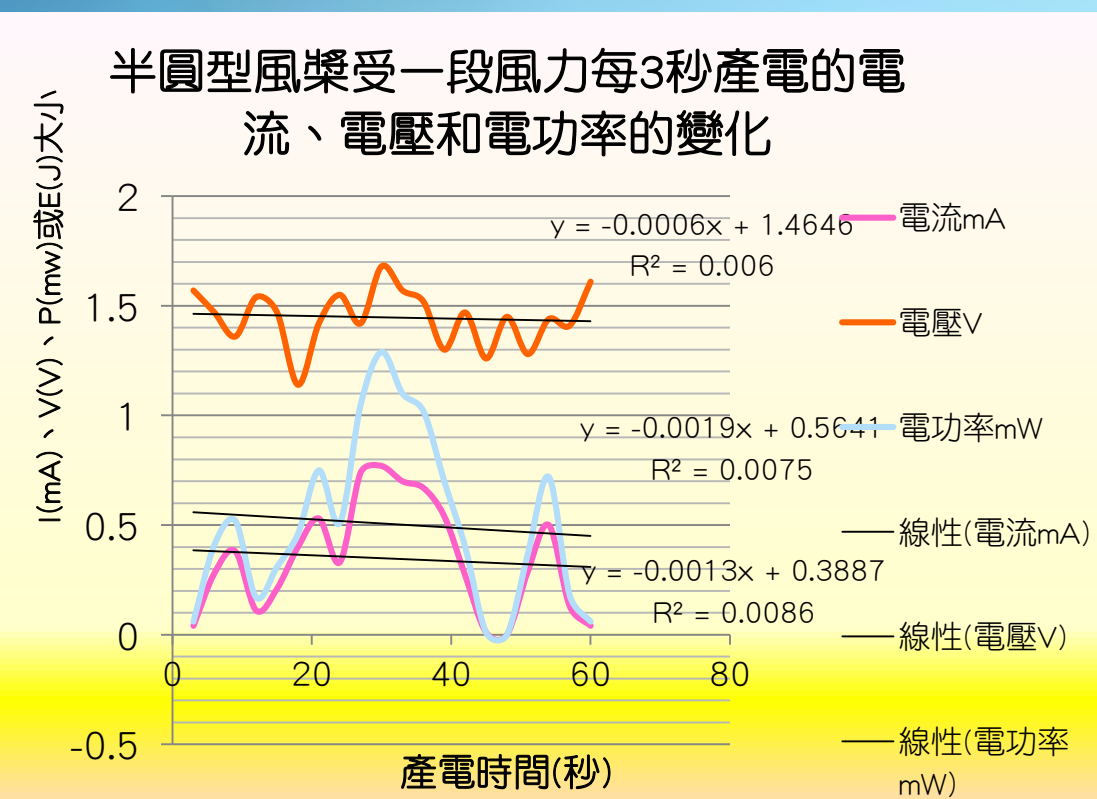
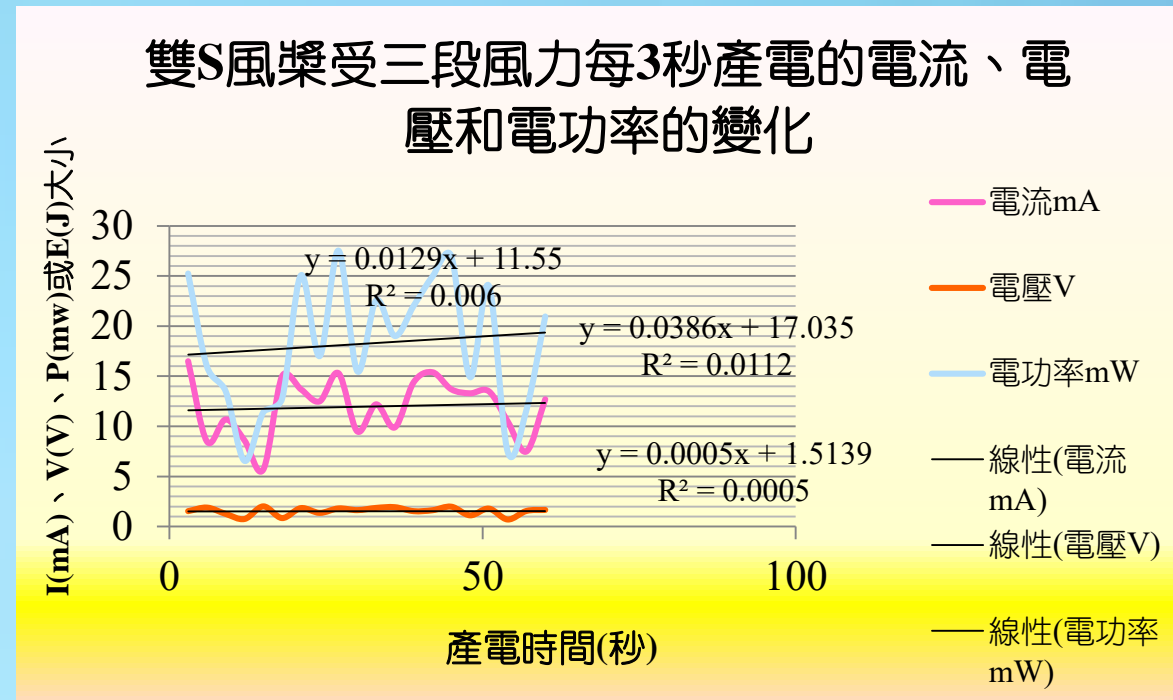
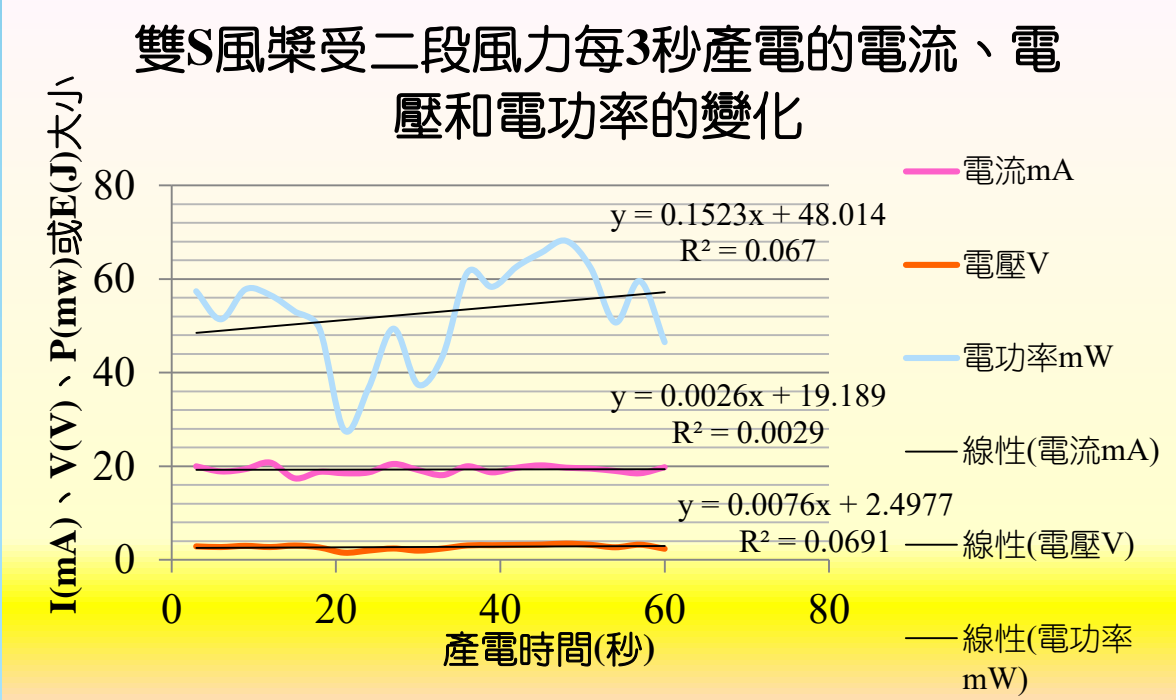
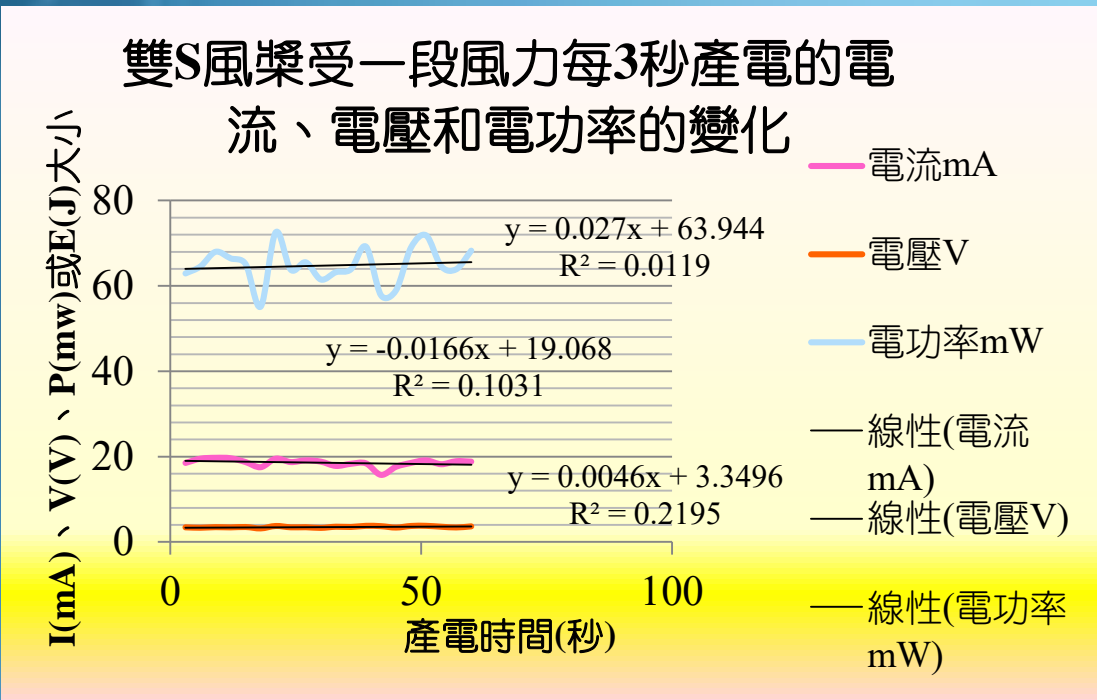
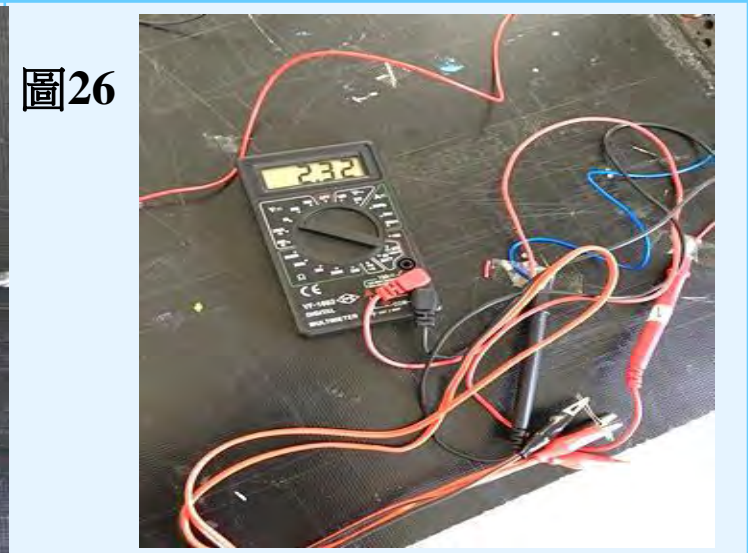
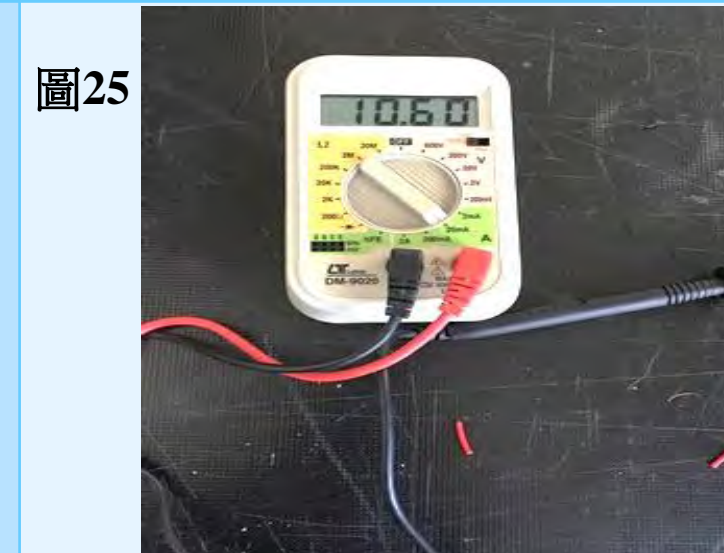
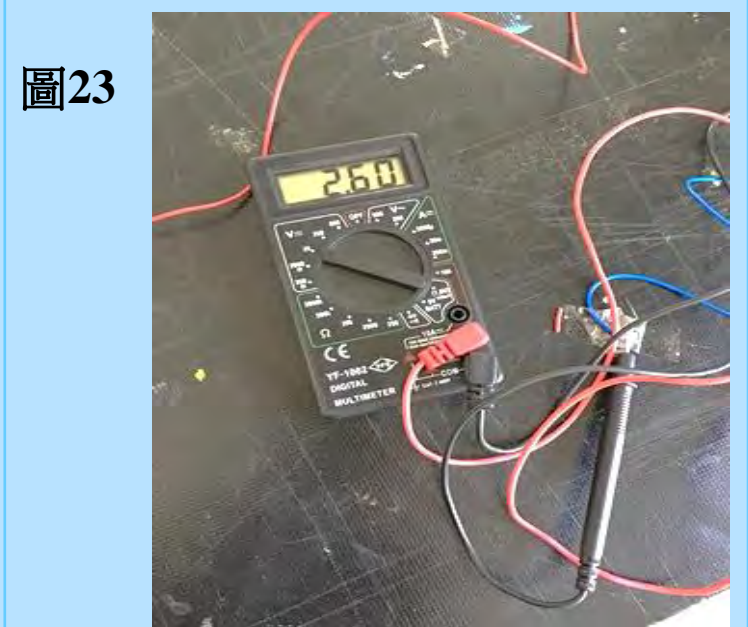
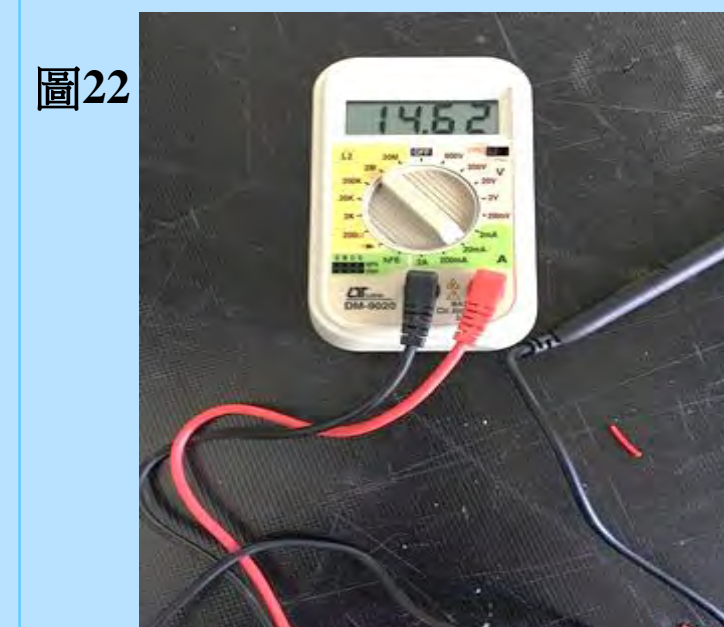
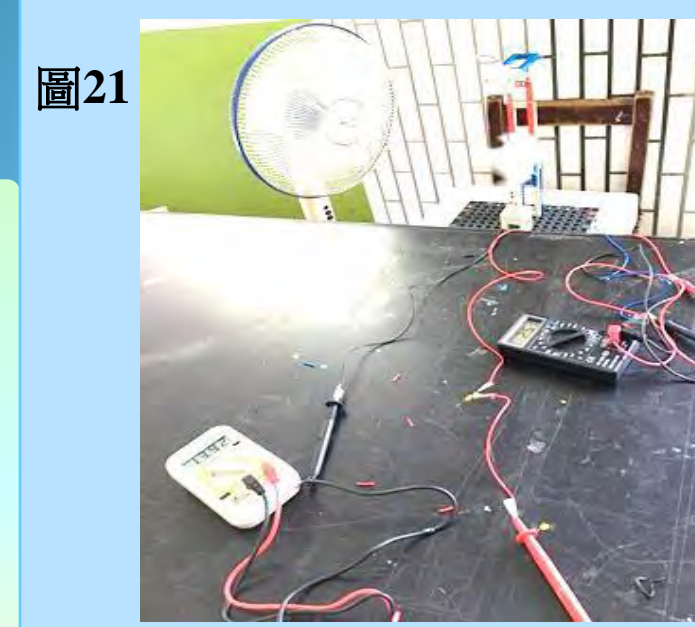
實驗七、風機放電的電壓及電流的測量

步驟：

1. 步驟1.先調整風機與風扇的最佳高度，記錄後，所有的測試操作均需依照此最佳高度進行測量。
2. 先在麵包板上插一個電阻器及串聯一個LED燈當做負載電流串聯的測量。
3. 再「正接正、負接負」的並聯線路中接一個三用數字型電錶測電壓。
4. 先開一段風力，每5秒記錄電壓及負載電流的大小，直到記錄至100秒。
5. 再改開二段或三段風力，同步驟4記錄電壓及負載電流的大小。

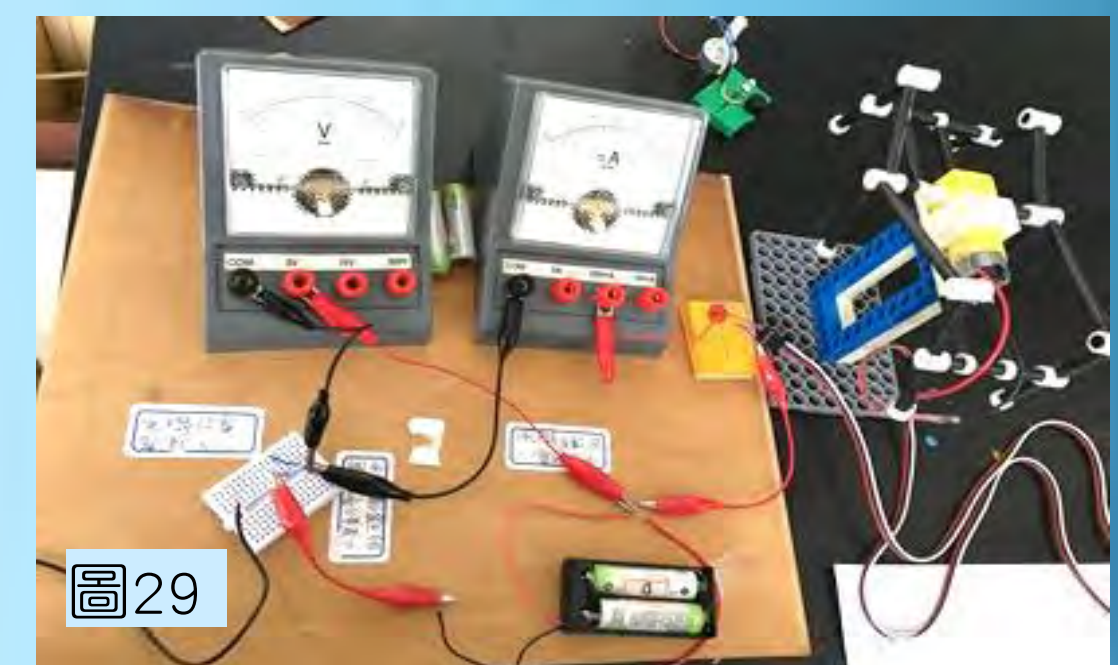
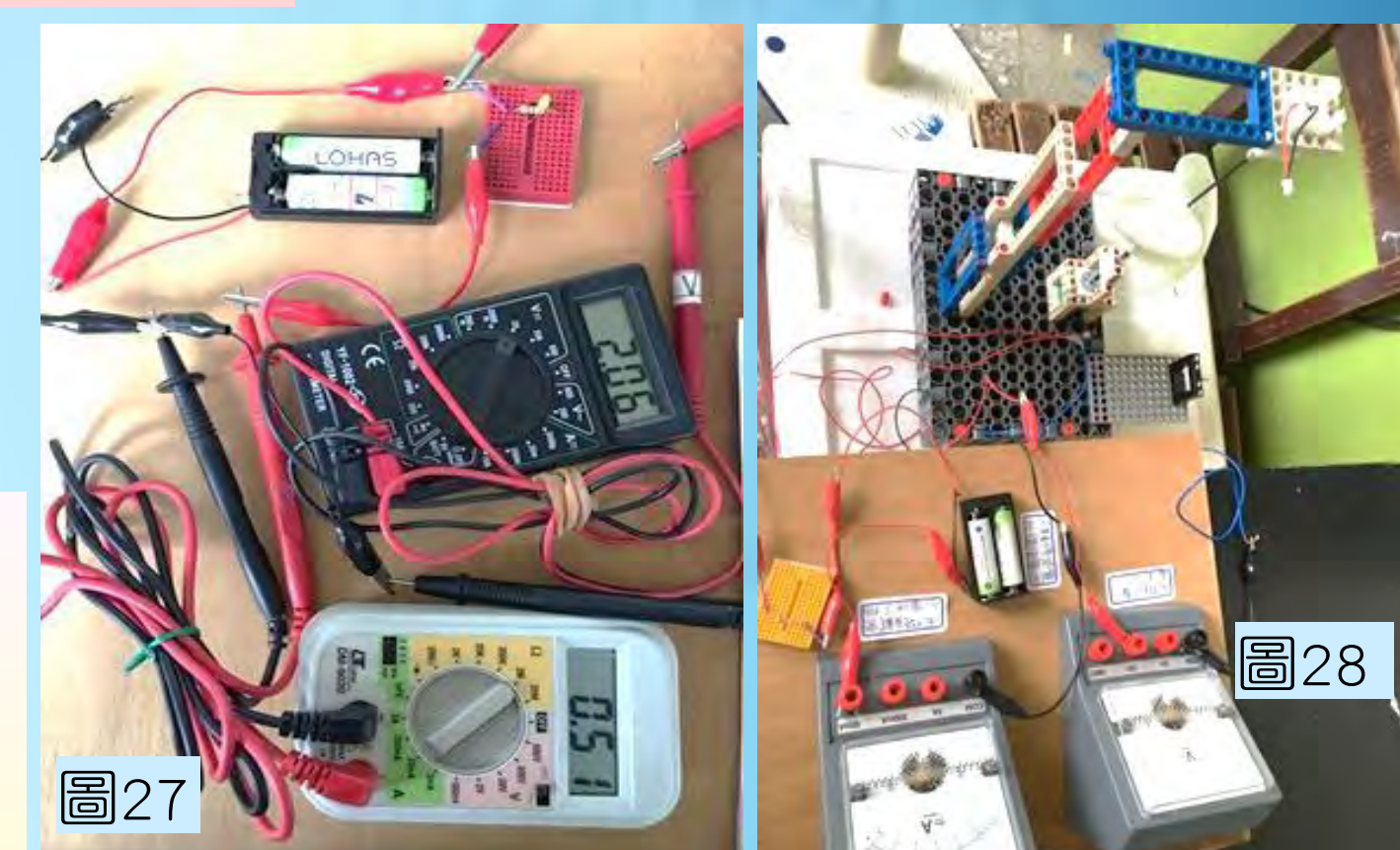
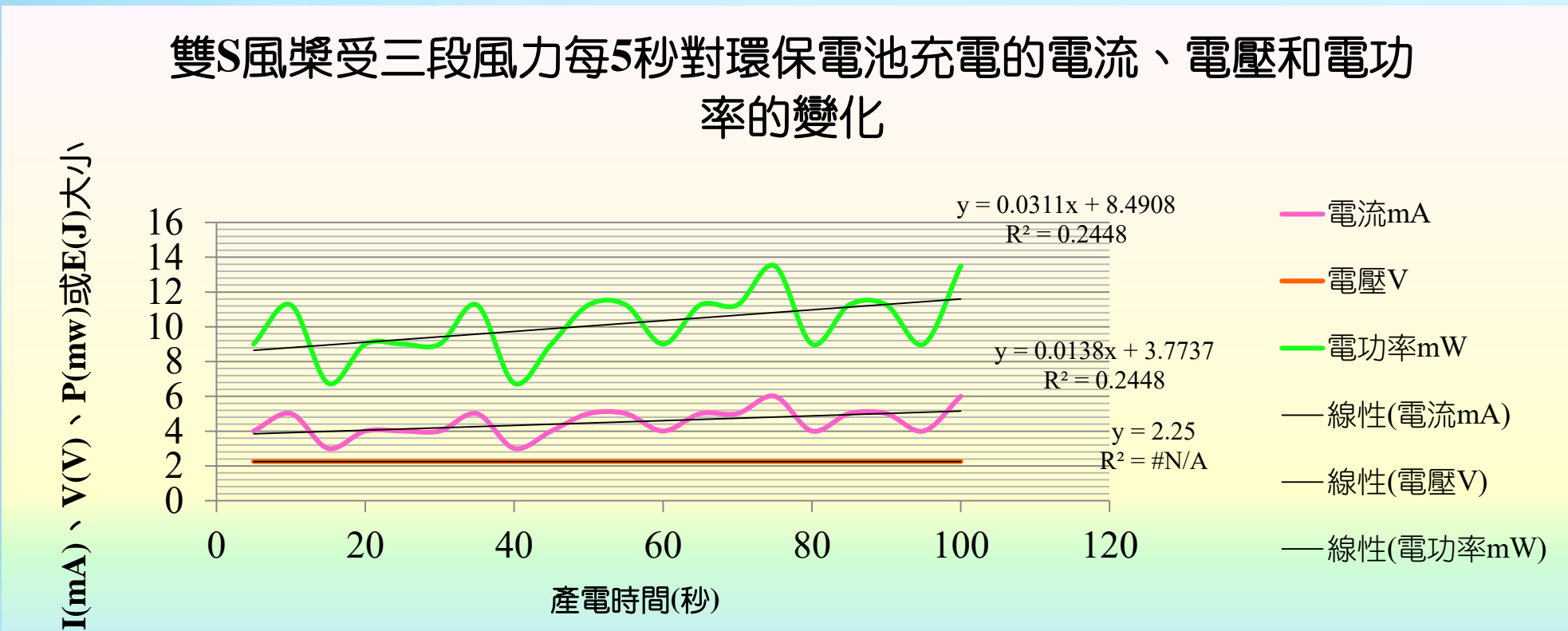
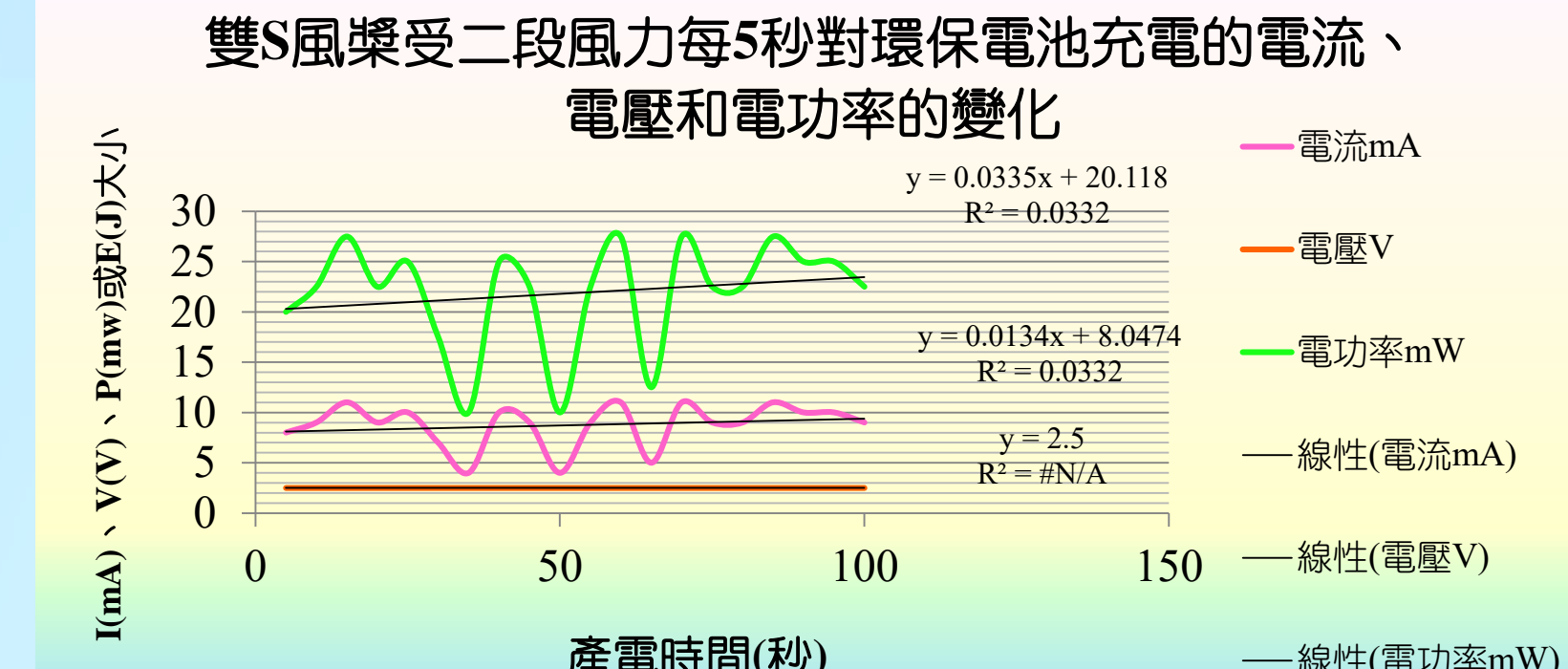
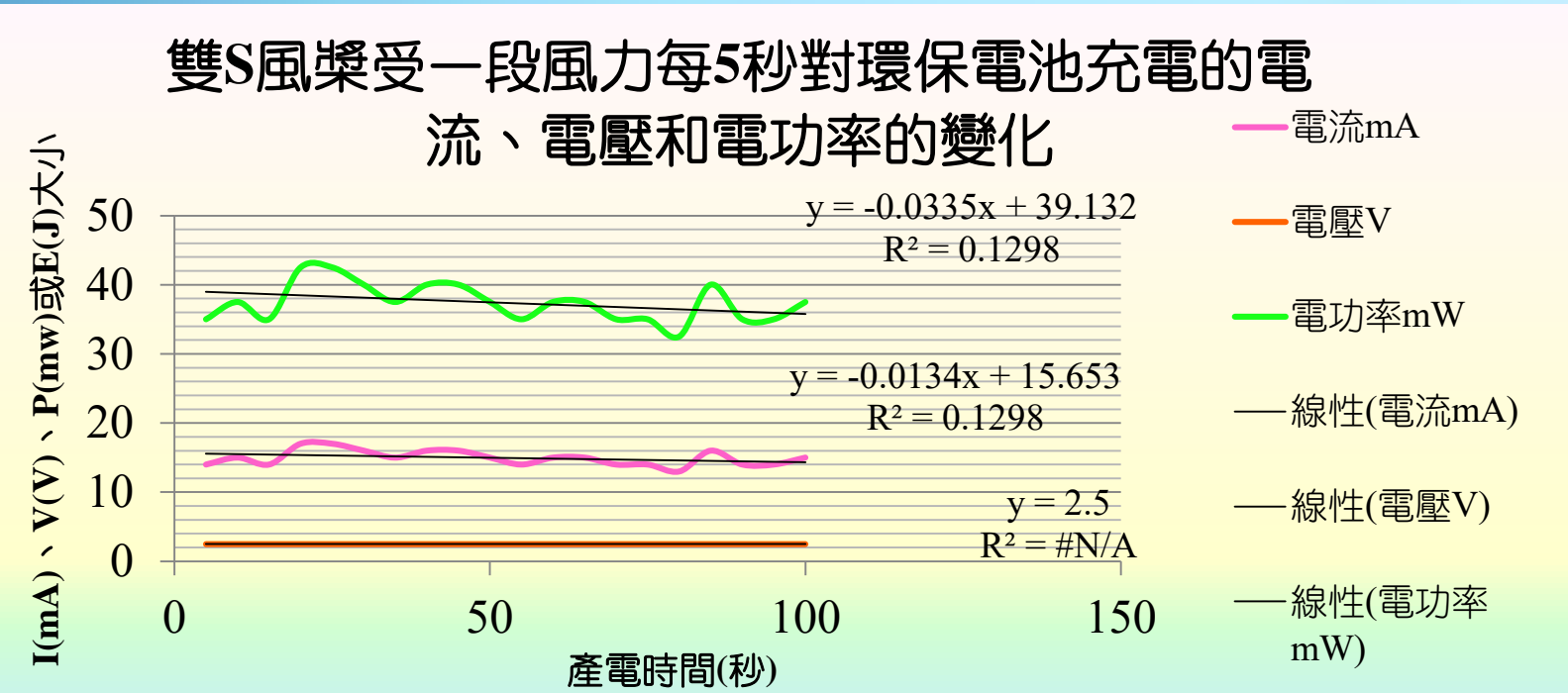
研究二結果與討論

1. 雙層葉面：將螺旋葉片層數由一層增加至兩層，能有效增加受風面積，而有更大扭力來驅動發電機，比起一般葉片效率更好，轉換能源更高。
2. 創新可變螺距葉片可承受雙向流體並維持軸可以固定轉向，透過變換葉片攻角反覆變換，可維持軸持續旋轉而不改變轉向。



研究三】風槳在不同風力下對環保電池的充電的穩定性探究

實驗八、雙S風槳風機對環保電池充電的穩定效能測試



研究三結果與討論

1. 雙S型風槳受風可呈單一方向旋轉，連接馬達，將動能轉為發電的電能而儲電。
2. 馬達接線槽任一向電流流經二極體整流後可固定於一端流出，一端流入成通路。
3. 雙S型風槳在實驗室內的電風扇風場轉動下，可模擬海風向改變且略向下的氣流，吹動風槳的發電結果可順利對2顆1.5V串聯的充電電池充電，而充電後的電池放電效能可讓6足獸順利作動。

結論

1. 風向不同，風槳若轉動方向不同，則馬達產電的電流方向改變，若需量測電流、電壓或儲電時，則需將交流電整流為直流電，因此透過二極體雖可整流，雙S形風槳以中扭力馬達發電時，同樣的立風扇風力，可發出3點多的電壓，但一接上二極體，產電電壓大約會下降0.5V左右，但仍可以對著2串聯的充電電池穩定地充電，且原來充電電池的剩餘電力無法驅動吸管六足獸，但風槳對其充電後，就能順利驅動吸管六足獸作動，而且充電時間愈久，能驅動吸管六足獸作動的時間也愈長。
2. 在風槳的設計與產電效能的測試上，多次的交叉比對研究受阻之處，發現以網站下載的風槳模板無法真正找到風機轉不動的真正原因，其中當然是風力不強、風速不足，真的是只有這樣嗎？我們用123 design仔細的列出最薄且較輕的雙S風槳二次，質量的確有些差異，但比一般網站上的雙S風槳重量減輕只有原來的1/2，果然產電效能之電壓部份提高了不少。除了風槳質量大小會影響產電效能外，我們發現，槳葉面積大小也會影響，這由三向垂直軸拋物線由原來的面積大小，以電腦卡巧妙地增加面積所得如P21的「加大垂直軸風槳面積的發電電壓測試」及後續多項交叉比對實驗也可證實，每克風槳質量所佔的面積愈大(cm²/g)，發電效能也愈大。
3. 我們也發現風槳的形狀影響發電效能甚鉅，S型風槳比半圓形或拋物線型的助轉動的逆向力矩大於阻轉動的順向力矩大，發電效能也愈明顯。
4. 我們也發現槳葉大或愈重，發電效能也應該較好，結果卻不如預期，愈重的槳葉，若有足夠的風力去讓高扭力的馬達轉動，當然發電效能會很好；但是風力不足時，反而，槳葉無法轉動而發電量為0！同槳葉形狀，面積愈大發電效能應該也要愈好，結果同樣也是不如預期，如編號5及編號8風槳，兩者面積比為兩倍，發電效能卻不是兩倍。
5. 整體而言，如果馬達可啟動風速是5，無風罩的入風速是5，風槳轉動之後，會因無風罩集風，風力下降而很快的停下來，因導風罩會切掉一些風力，入風速是5，可能進風罩後就變成4而使風槳無法轉動；若風速入風罩有達到5，起動後風速可能可增加到6，也就是有集風的功能。
6. 為了證明低風速下的導風罩有發揮到產電的功能，「我們用風速達到3就可以啟動的低扭力馬達來進行測試及對照」，「比較的成效相當成功：第三代風罩的追風導向瓶口向下設計2優於追風導向瓶口向上設計3；第二代導風罩(上下圓盤、導流板全為PP板)的設計優於無風罩；在近海水域的沙地實作結果，無導風罩風槳須風速較大達8~10 km/hr才開始啟動，且風力很快散掉，轉速也很快就變慢而停了下來；即使是第三代導風罩設計一魚型追風導流風罩，雖然集風能力居後，但不僅一下子就轉動定位、啟動風速也比無風罩的低一些達6.5 km/hr才啟動，最明顯的是：後來風速小一些，仍會轉動，但低太多，才不動，比無風罩的要好！
7. 第三代導風罩設計二瓶口向下封口、導流板前一後三、左右長方形導流板之追風導流風罩，除了具備追風導流轉動定位功能外，啟動風速為第三代導風罩中最小的，只需2.6 km/hr即可，最令人高興的是，一旦啟動後，即使風速小至1點多，亦能保留一些集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力最高也最久，集風能力居冠；第三代導風罩設計三瓶口向上封口的啟動風速居中，保留集風及轉動慣性功能，持續轉動的能力也是不錯的。
8. 風槳的定位高度與發電效能也有明顯的影響，由我們多次的交叉比對實作發現，模擬在大自然風場下，晴天氣流向下及空氣也有重量而受重力場也向下，實驗室風扇氣流略向下吹，無風罩的風槳高度愈高，產電效能愈差；高度愈低，產電效能也較低(因氣場無法集中而向四週流散)；有導風罩的具集風功能，產電效能較為平均。
9. 大型離岸風機造價不菲，風速強的冬季發電效能比夏天理想；風力弱時常看到風機沒有在轉動！所以，我們建議，依地點、季節，調查不同風機發電的最佳高度；或者設計風機可隨季節、風場伸縮風機的高度；也或者，發電的馬達可隨風速變小時，自動更換低扭力馬達、風速較大時，更換高扭力馬達；當然，依季節風速強弱，設計小而美、小而能產電的風槳及導風罩設計是我們辛苦研究出的成果。
10. 我們已研究出三培林軸承、自動追風導向的導風罩設計，長軸連接馬達、馬達基座、穩定風槳的積木座設計，均可使風槳受風呈單一方向旋轉而發電，雖然我們用馬達銜接風槳懸空套接的減重、低摩擦力轉動的設計，可助雙S風槳在1~3公里/時的低風速下轉動發電，若能用更精密的銜接培林、不偏心的軸承及磁浮，當可為離岸風電畫下不停機的理想願景。

參考資料

1. 半導體：二極體(五)橋式整流實驗- You Tube <https://www.youtube.com/watch?v=2OlyVq6y1tQ>
2. 國中自然課本第四冊力與浮力 3.國中第五冊能量轉換 4.國中第六冊簡單機械
3. 水上住宅群。(http://www.jlgrealestate.com/english/2014/02/18/floating-houses/)
4. MOST科技部海洋學門資料庫(ODB)<http://www.odb.ntu.edu.tw/>
5. http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=17480陳良瑞 教授 國立彰化師範大學「風力發電」簡報
6. http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/web_5201/http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/cd/cd07mb/web_5201/5201-1.pdf王惠民 葉天降 中央氣象局氣象學報第 52 卷第 1 期「臺灣地區颱風風速與最大瞬間風速之統計迴歸分析」
7. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書 國中組 生活與應用科學科「風力罩得住酷旋發電機」
8. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書 國中組 物理科「圈圈來風？~風透鏡對風力發電之探究」

