

新竹市第四十一屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生活與應用科學(二)

組別：國中組

作品名稱：離島沿岸發電與捕霧集水裝置設計

關鍵詞：可變動扇葉、文氏管、捕霧網

編號：

摘要

本作品設計結合風力發電及捕霧網結構，解決離島缺電缺淡水的困境。有以下幾個特點：一、利用可變動扇葉作為發電機的扇葉結構，當風從相對方向吹拂時，扇葉會隨著風向進行擺動，使發電機能保持相同的旋轉方向，減少因反轉導致的能量耗損，最大化發電效益。由模型測試結果得知，可變動風扇(六片扇葉)在風速 6.0m/s 下具有正向 4.092~4.884mW，反向 2.024mW 的發電功率；二、利用文氏管進行匯流並提升風速，增加可變動扇葉之發電效率。在模型測試中文氏管可有效收束並加強風量約達 1.3 倍；三、將不鏽鋼網結合於裝置內壁收集水氣，並設計集水渠導入集水盆，達成捕霧集水的效果。在模型測試中集水效率為 1.49ml/30min。

預期實體結構為測試模型的十倍，可將整體發電與集水效益提升 100 倍，給予離島自給發電及收集淡水一機兩用的展望。

壹、前言

一、研究動機

近年來環保意識逐漸抬頭，綠能產業蓬勃發展，本島沿岸隨處可見風力發電裝置，但是對於四面環海的離島來說，要將電從本島運送至離島可說是處處不易；對於離島來說，民生所需的淡水十分的缺乏。因此我們希望設計一個可以適用於台灣離島岩岸並兼具發電和淡水收集的裝置，以滿足離島的民生所需。

二、文獻回顧

(一)文氏管對風速的影響

根據參考資料第 4 項可得知，依據文丘里效應，流體速度在寬管處較慢，窄管處較快，為此我們的裝置將利用文丘里效應製作出文氏管，藉此提高放置於窄管處風扇的轉速，提升發電效率。

(二)捕霧集水裝置

根據參考資料第 19 項指出缺乏水資源的地區會用「捕霧網」收集霧氣，並依據其實驗結果可知：(1)在垂直網線上適當位置增加疏水性材質時捕霧效率最佳(2)以疏水性高的 24 目不鏽鋼網回收霧氣的效率最佳。因此我們的裝置也將選用 24 目不鏽鋼網進行水氣的蒐集。

(三)可變動扇葉的優勢

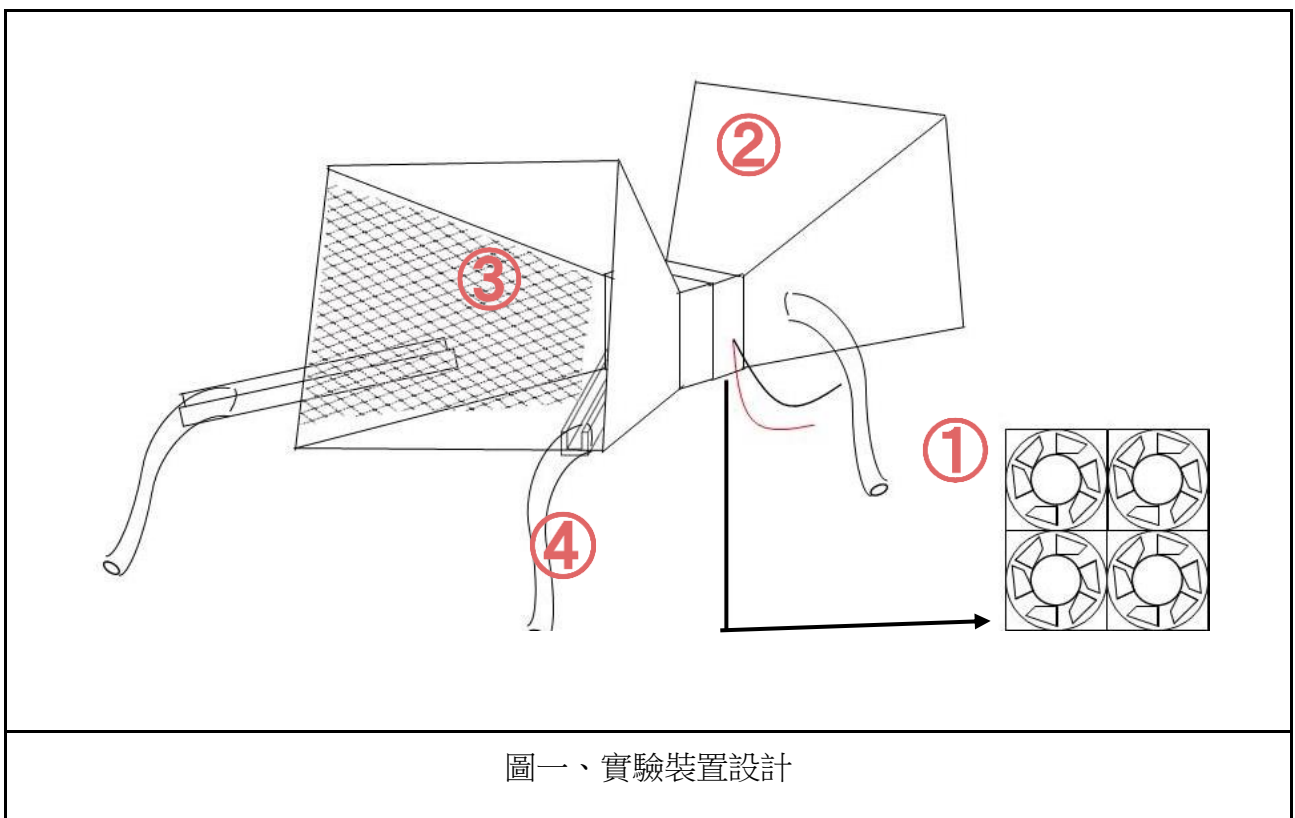
根據參考資料第 1 項可得知，研究團隊使用可擺動的水下渦輪扇葉進行波浪發電設計，同時限制葉片槳距角，可使渦輪保持單向旋轉，並增加發電機輸出功率和波能轉換器的穩定性。因此我們的裝置將延伸可擺動渦輪的想法進行風扇的設計。

三、研究目的

- (一)探討文氏管對風速的影響
- (二)探討捕霧集水裝置的效益
- (三)探討可變動扇葉的發電效益
- (四)裝置對離島生活需求的預期總和分析

四、預期裝置設計

預期的實驗裝置設計如下圖：



說明：

- (1)風力發電扇葉組：由多個可變動扇葉之風扇並聯組成，用意是要提高整體發電量。
- (2)文氏管：目的是提高扇葉放置的窄管處的風速，藉此提高扇葉轉速。
- (3)捕霧網：利用 24 目不鏽鋼捕霧網，使水氣附著在上方。
- (4)集水渠和集水管：收集捕霧網附著之水滴，達到淡水收集的期望。

貳、研究方法、結果及討論

一、探討文氏管對風速的影響

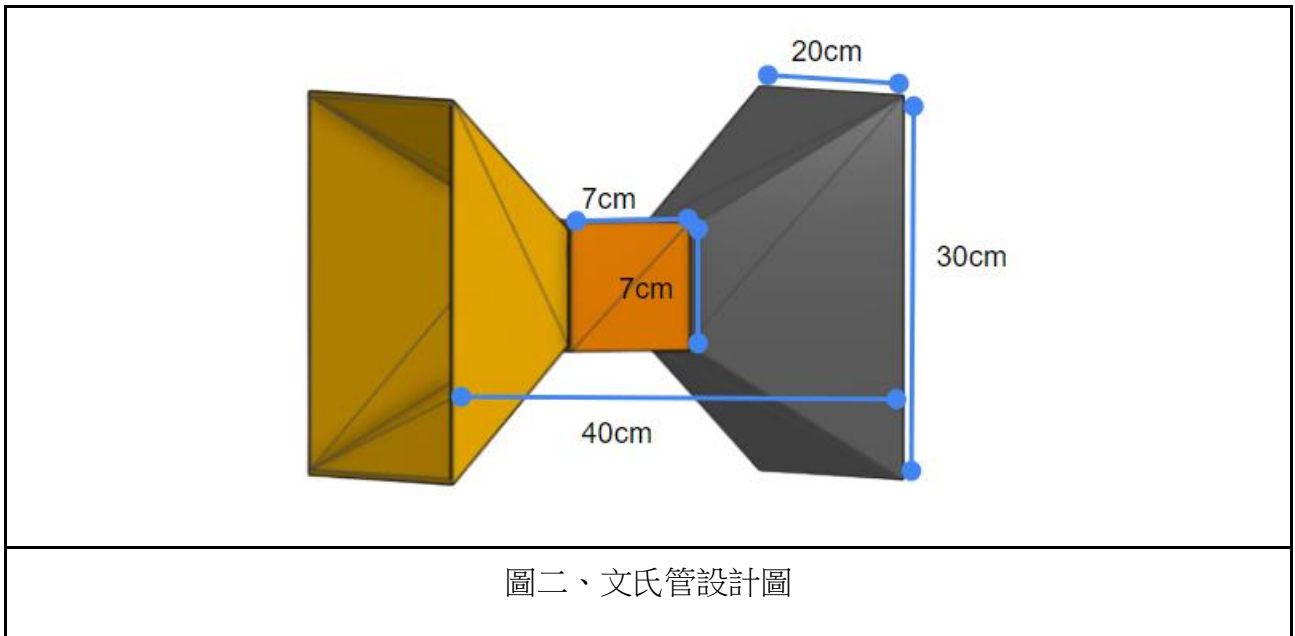
實驗一～文氏管對風速的影響

(一)實驗設備原理說明

由文丘里效應可知，當風由較寬處往窄管處流動時，氣流流向會集中，同時風速也會提升，本實驗旨在探討預期裝置中的文氏管所提升的風速效益。

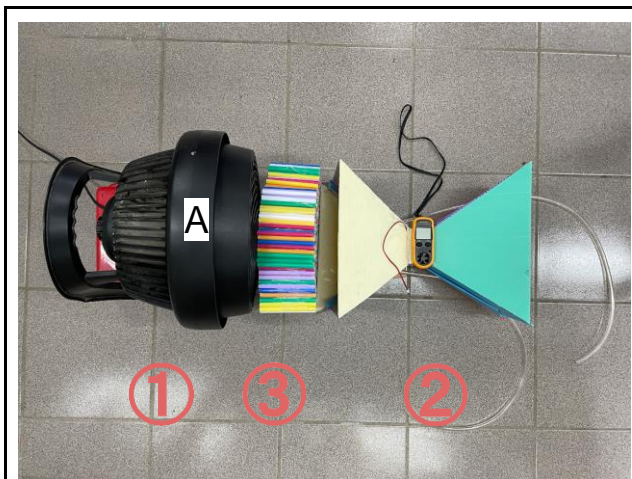
(二)實驗設備製作

1.根據下圖尺寸並使用熱熔膠組合成下圖裝置(如圖二)

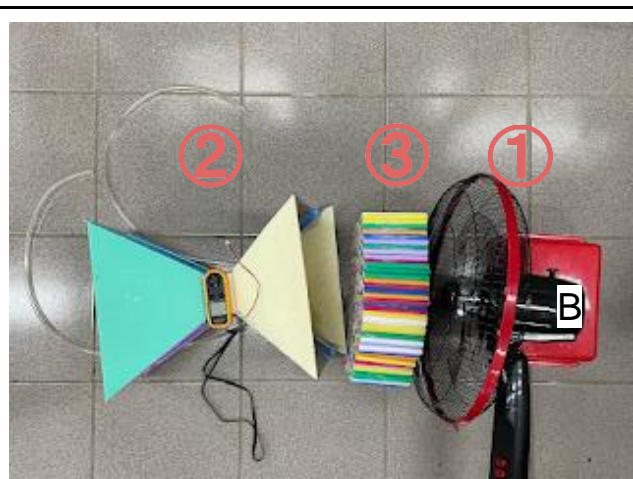


(三)實驗流程

- 1.使用風扇模擬自然風，利用風速計測得其原風速如(四)-1 所示
- 2.將文氏管置於風扇前，並於窄管處測量風速，其風速如(四)-2 所示
- 3.結合整流管，將整流管置於文氏管及風扇之間，其測得風速如(四)-4 所示
- 4.實際實驗狀況(如圖三、四)：



圖三、使用 A 扇的實際實驗狀況



圖四、使用 B 扇的實際實驗狀況

(四)實驗結果

	A 扇	B 扇
1.使用文氏管前風速 (m/s)	4.9	4.2
2.使用文氏管後風速 (m/s)	6.0	4.6
3.使用文氏管及整流管後風速 (m/s)	6.1	4.8

(五)實驗討論

1.使用整流管後風速影響較不明顯，再者，文氏管同樣具有整流之效果，故後續實驗及裝置會僅使用文氏管進行。

2.由上述的實驗數據可以得知，使用文氏管後，可以使 A 風扇風速從 4.9(m/s)變成 6.0(m/s)；B 風扇風速由 4.2(m/s)變成 4.6(m/s)，可知文氏管可約略提升風速 1.1~1.3 倍。

二、探討捕霧集水裝置的效益

實驗二～捕霧集水裝置的效益

(一)實驗設備原理說明

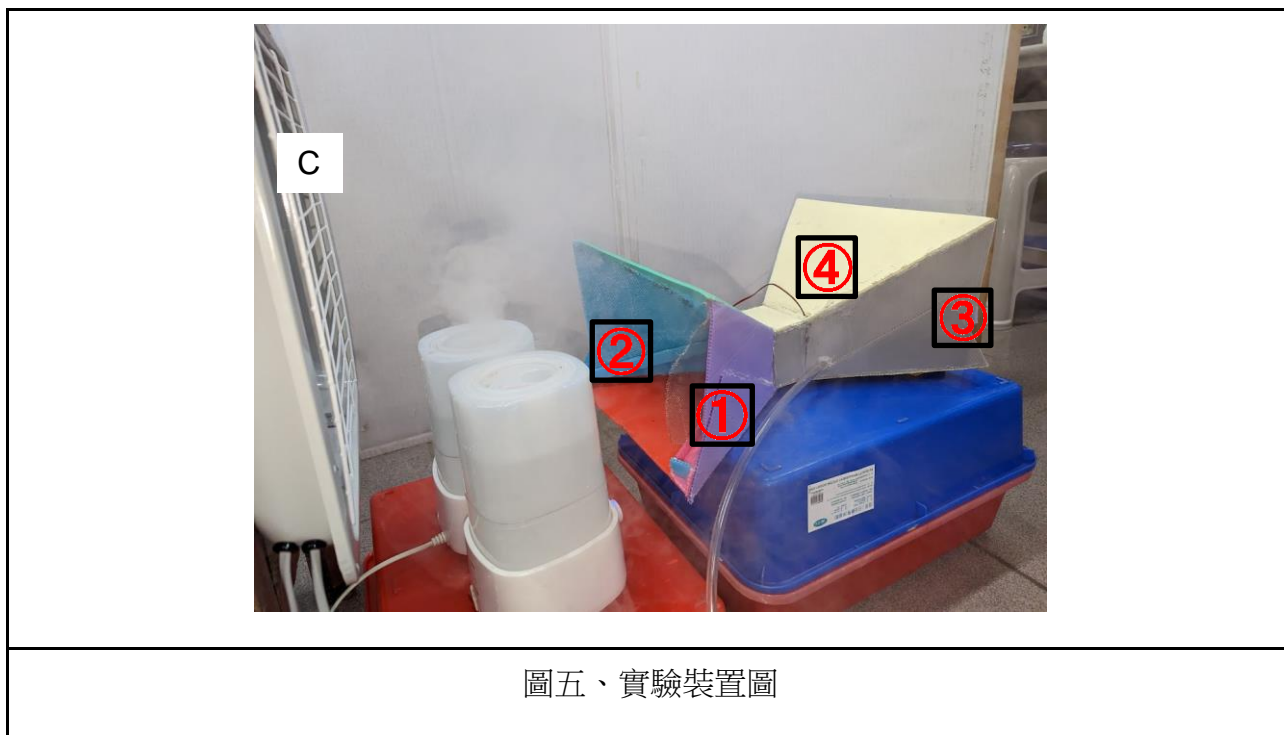
根據參考資料第 6 項指出缺乏水資源的地區會用「捕霧網」收集霧氣，並依據其實驗結果可知：(1)當水氣穿過捕霧網的時候，所含的細小水滴就會附著在網線上，然後順著網子流下；(2)在垂直網線上適當位置增加疏水性材質時捕霧效率最佳；(3)以疏水性高的 24 目不鏽鋼網回收霧氣的效率最佳。因此我們的實驗也選用 24 目不鏽鋼網回收霧氣。

(二)實驗設備製作

- 1.用瓦楞板裁剪出集水渠。
- 2.將塑膠水管黏接在集水渠一端。
- 3.在文氏管上開孔，將水管引出。
- 4.將集水渠用熱熔膠固定在文氏管兩旁的內壁上。
- 5.最後把裁剪好的捕霧網黏貼在文氏管兩旁內壁集水渠上。

(三)實驗流程

1. 將水霧機放置於 C 風扇和文氏管中間。
2. 利用 C 風扇吹拂霧氣，使霧氣附著在捕霧網上。
3. 紀錄在集水渠中所收集到的水量。
4. 實際實驗狀況如圖五：



圖五、實驗裝置圖

(四)實驗結果

C 風扇加霧氣吹拂持續 30 min

編號處	1	2	3	4	總收集水量
集水量(ml)	1.10ml	0.39ml	0.00ml	0.00ml	1.49ml

(五)實驗討論

由上述實驗結果可知，捕霧集水裝置於水氣豐沛的氣流中，可收集到少量的水，而離島沿岸多為水氣豐沛之海風。因此，若將裝置置於離島沿岸，可達到蒐集淡水的用途。

三、探討可變動扇葉的發電效益

實驗三之一~可變動扇葉的模擬實驗

(一)實驗設備原理說明-可變動扇葉

根據參考資料第 1 項，當可變動扇葉在相反風向的風吹拂時，扇葉可以向反向擺動，進而造成中心馬達轉軸可以維持同樣方向的轉向，減少反轉時造成的耗能，使其發揮最大效益，故設計此實驗測試可變動扇葉之成效。

(二)實驗設備製作

1.中軸：

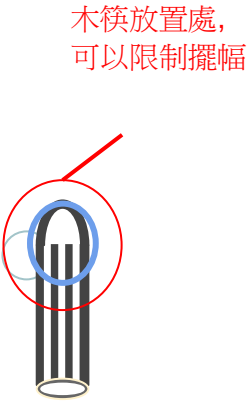
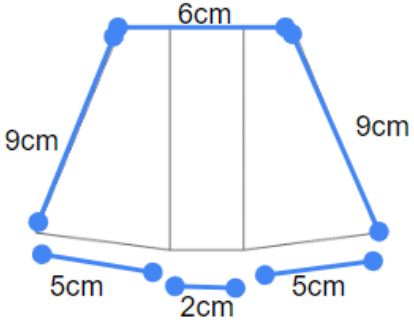
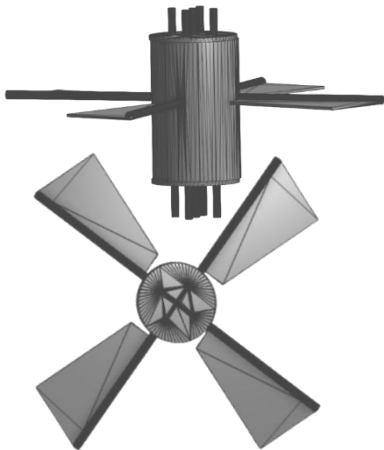
- (1)取一直徑為 6cm 的紙管鑽出四個約 15mm 的洞口，互相間隔 90 度。
- (2)剪下兩個直徑為 6cm 的泡棉圓塊，在與紙管空洞對應處鑽出四個洞，並於中心再穿一個洞作為中軸的旋轉洞。

2.扇葉軸：

- (1)剪下四根長 15cm 的吸管，並將尾端圍出一個圓形的空洞(如圖六)。
- (2)將木筷、泡棉塊放進吸管後端的洞中，並將一木筷穿入扇葉軸中以限制擺幅。

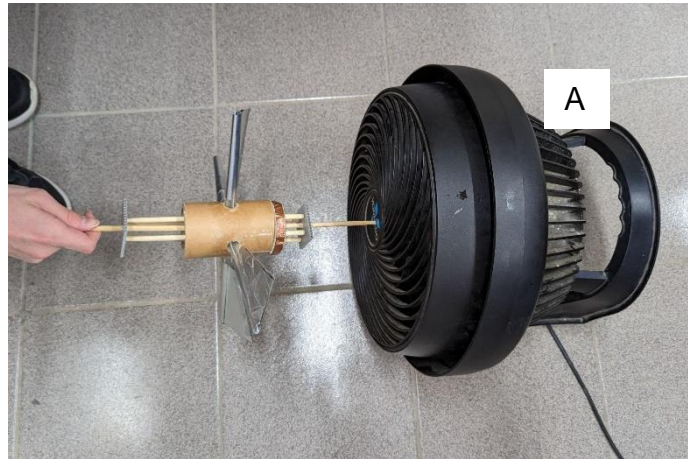
3. 扇葉：以鋁片製作四片扇葉(尺寸如圖七)，並包覆於扇葉軸上。

4.實驗裝置如圖八：

 <p>木筷放置處, 可以限制擺幅</p>		
圖六、扇葉軸設計圖	圖七、扇葉設計圖	圖八、風扇俯視及側視圖

(三)實驗流程

- 1.將實驗裝置置於 A 風扇內圈進行觀察
- 2.紀錄實驗裝置的轉向
- 3.實驗實際狀況如圖九



圖九、實驗實際狀況

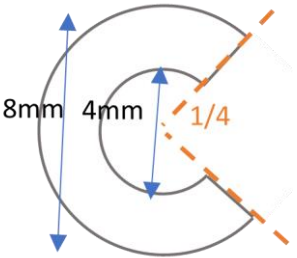
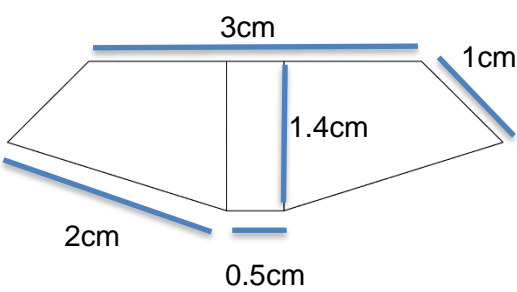
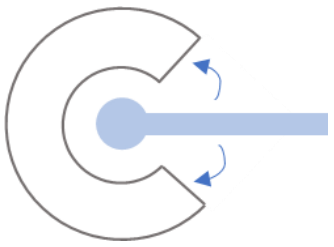
(四)實驗結果及討論

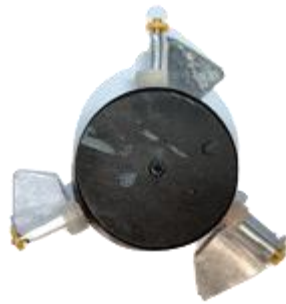

- 1.實驗原預計透過中軸轉動來限制扇葉角，但後發現過程中僅由扇葉擺動，故改變成利用扇葉擺動並加以限制來使反方向的風吹拂時，扇葉可以反向擺動，進而使中心可以維持同樣的轉向。
- 2.此實驗應證了相反方向風的吹拂，中軸保持同樣轉向的想法，故以此模擬實驗為基礎進行實驗三之二。

實驗三之二 ~可變動扇葉和固定式扇葉的比較

(一)實驗設備製作-可變動扇葉

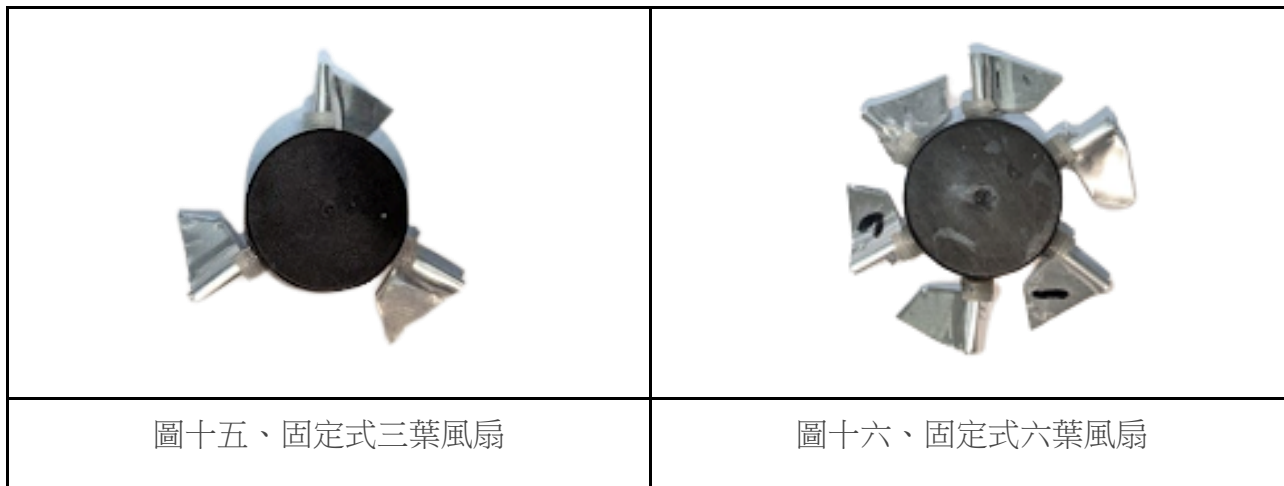
- 1.使用電腦風扇，先將扇葉取下，僅留下中心部分及中軸。
- 2.扇葉軸：在中心部分側邊鑽出所需數量的軸孔，以長 18mm 的鐵絲作為扇葉軸，將扇葉軸以黏土及三秒膠固定於中軸孔中。
- 3.在各個洞口黏上剪好的 C 環(如圖十)，其目的是為了達到限制扇葉上下擺動(如圖十二)。
- 4.以鋁片製作所需數量的扇葉(如圖十一)，將其包覆於扇葉軸上。
- 5.在扇葉軸尾端套塑膠環，防止扇葉因離心力而脫落。
- 6.實際實驗裝置如圖十三及圖十四。

		
圖十、c 環設計	圖十一、扇葉設計圖	圖十二、扇葉旋轉示意

	
圖十三、可變動三葉風扇	圖十四、可變動六葉風扇

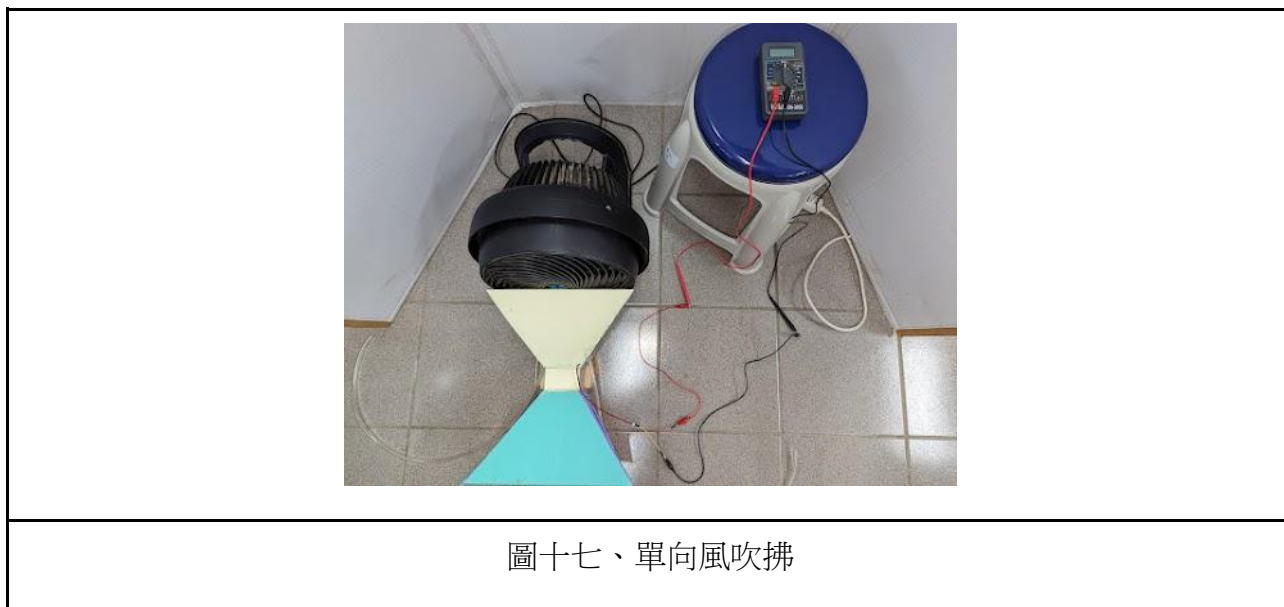
(二)實驗設備製作-固定式風扇

- 1.重複前項實驗三之(一)步驟，製作風扇。
- 2.將扇葉固定於 C 環上，使扇葉保持 45 度的角度。(根據參考資料第十一和第十二項，扇葉角度在 45°時，旋轉速度較快)
- 3.實際實驗裝置如圖十五及圖十六



(三)實驗方法及流程

- 1.將文氏管置於 A 風扇前，於窄管處置入製作好的風扇。
- 2.使用 A 風扇單向吹拂扇葉並記錄其風速
- 3.扇葉連接三用電表，即時監控產生的電壓、電流。
- 4.實際實驗狀況如圖十七



(四)實驗結果

風速：6.0m/s

風先經過扇葉再經過支架	固定式扇葉 (三片扇葉)	可變動扇葉 (三片扇葉)	固定式扇葉 (六片扇葉)	可變動扇葉 (六片扇葉)
測得平均電壓(V)	0.15	0.003	1.3	1.32
測得平均電流(mA)	0.1~0.2	無法測得	2.5	3.1~3.7
發電功率(mW)	0.015~0.03	無法算出	3.25	4.092~4.884

風先經過支架再經過扇葉	固定式扇葉(六片扇葉)	可動式扇葉(六片扇葉)
測得平均電壓(V)	0.75(中軸轉向相反)	0.92
測得平均電流(mA)	-1.35(中軸轉向相反)	2.2
發電功率(mW)	-1.0125	2.024

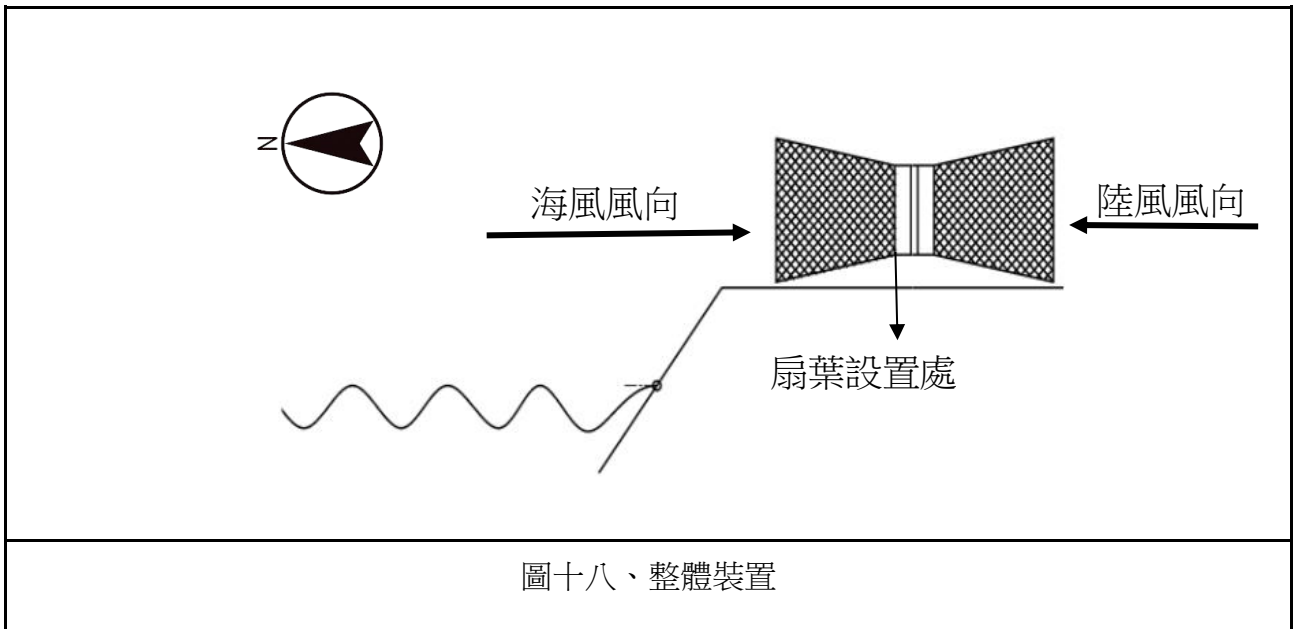
(五)實驗討論

- 1.從兩種數量不同的扇葉的比較中，可以得知扇葉六片扇葉的發電效益明顯大於三片扇葉，推測是因為扇葉受風面積大小不同而導致轉速不同。
- 2.固定式扇葉和可變動扇葉的差異預計於實驗四呈現

四、裝置對離島生活需求提升的預期總和分析：

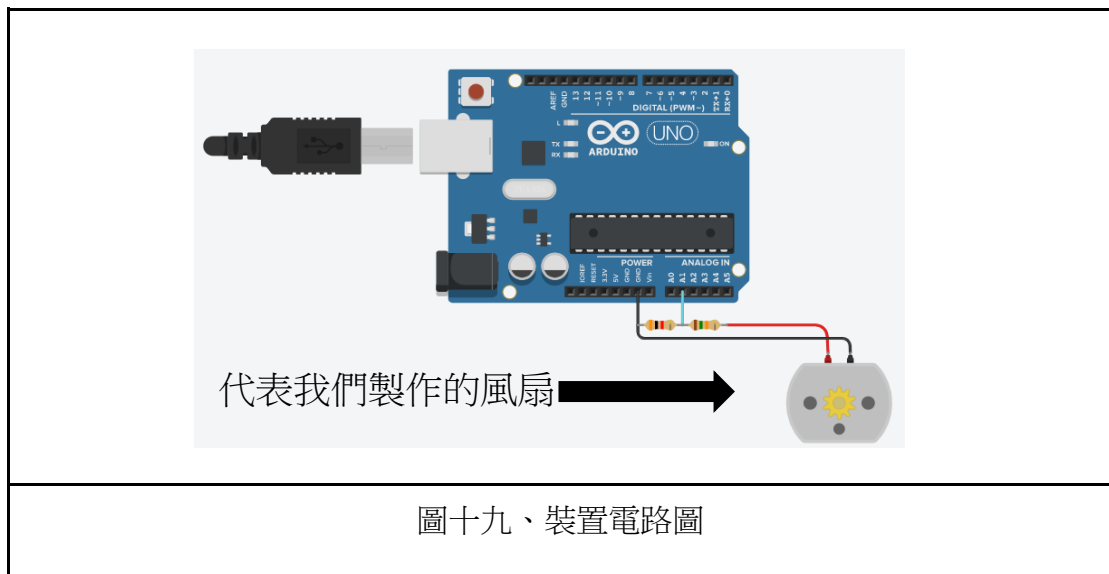
實驗四 ~ 裝置對離島生活需求提升的預期總和分析

(一)裝置預期如下圖，所以我們利用 A、C 兩風扇在對向輪流吹拂，希望能模擬在風向改變的時候，體現出固定式和可變動扇葉的差異之處：預期固定式扇葉會在停頓之後，朝反方向旋轉；而可變動扇葉會保持同樣的轉向，在風扇轉換的瞬間，便可以從產生的電壓看出兩種不同扇葉的差異。



(二)實驗設備製作-arduino

1.裝置電路圖



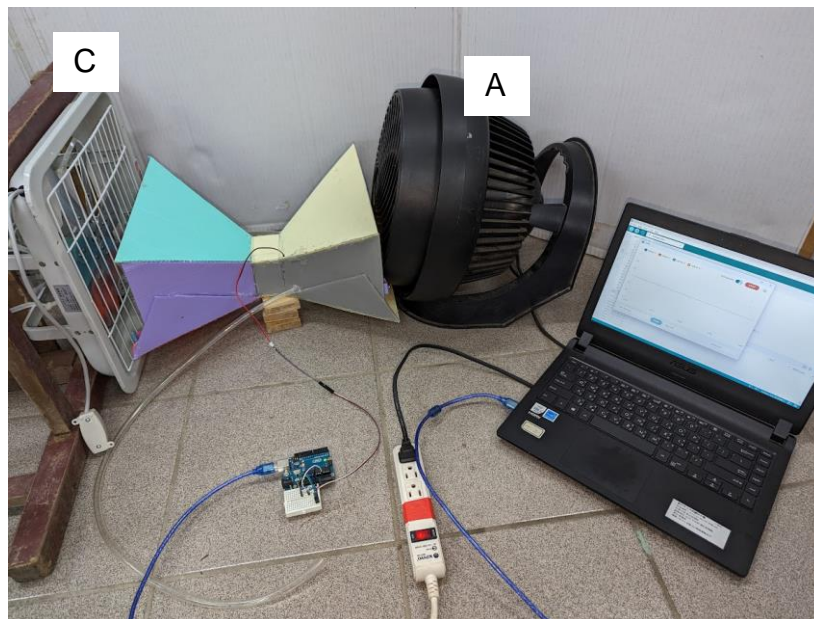
2. 測量電壓程式

```
1 // C++ code
2
3 void setup() {
4   pinMode(A1, INPUT);
5   Serial.begin(9600);
6   Serial.println("CLEARSHEET");
7   Serial.println("LABEL,Voltage,ElectricCurrent,Watt");
8 }
9 void loop() {
10  Serial.print("DATA,");
11  Serial.print(analogRead(A1) * 0.0293255); //電壓(V)
12  Serial.print(",");
13  Serial.print((analogRead(A1) * 0.0293255) * 0.0553333); //電流(mA)/s
14  Serial.print(",");
15  Serial.println((analogRead(A1) * 0.0293255) * ((analogRead(A1) * 0.0293255) * 0.0553333)); //瓦特(mW)/
16  delay(10); // 等待 10 毫秒
17 }
```

圖二十、電壓測量程式

(三)實驗流程

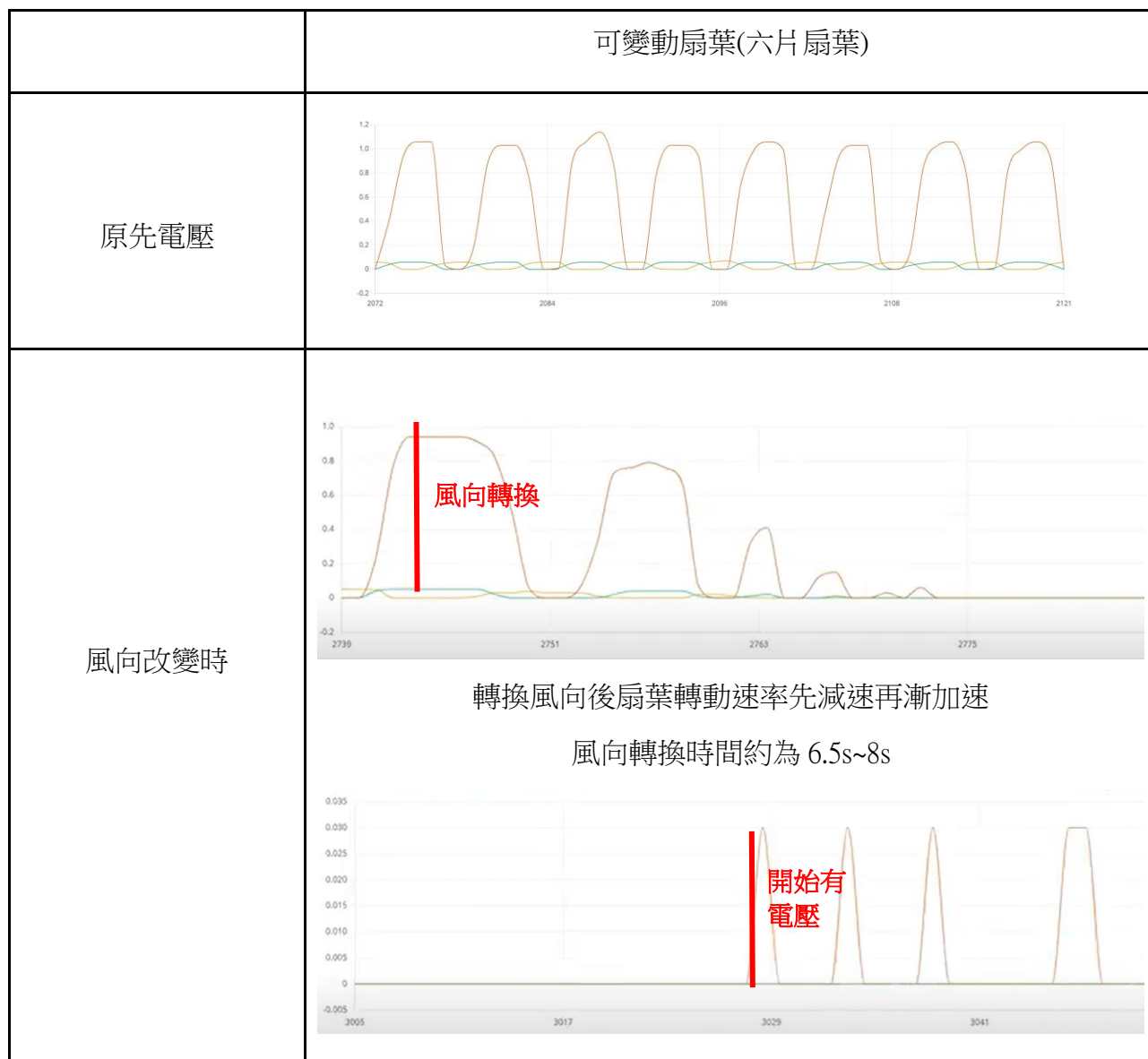
- 1.於文氏管窄管處置入製作好的扇葉並連接 arduino 板。
- 2.使用 A、C 風扇放置於文氏管前後並輪流吹拂扇葉，記錄發電狀況。
- 3.實際實驗狀況如圖二十一。



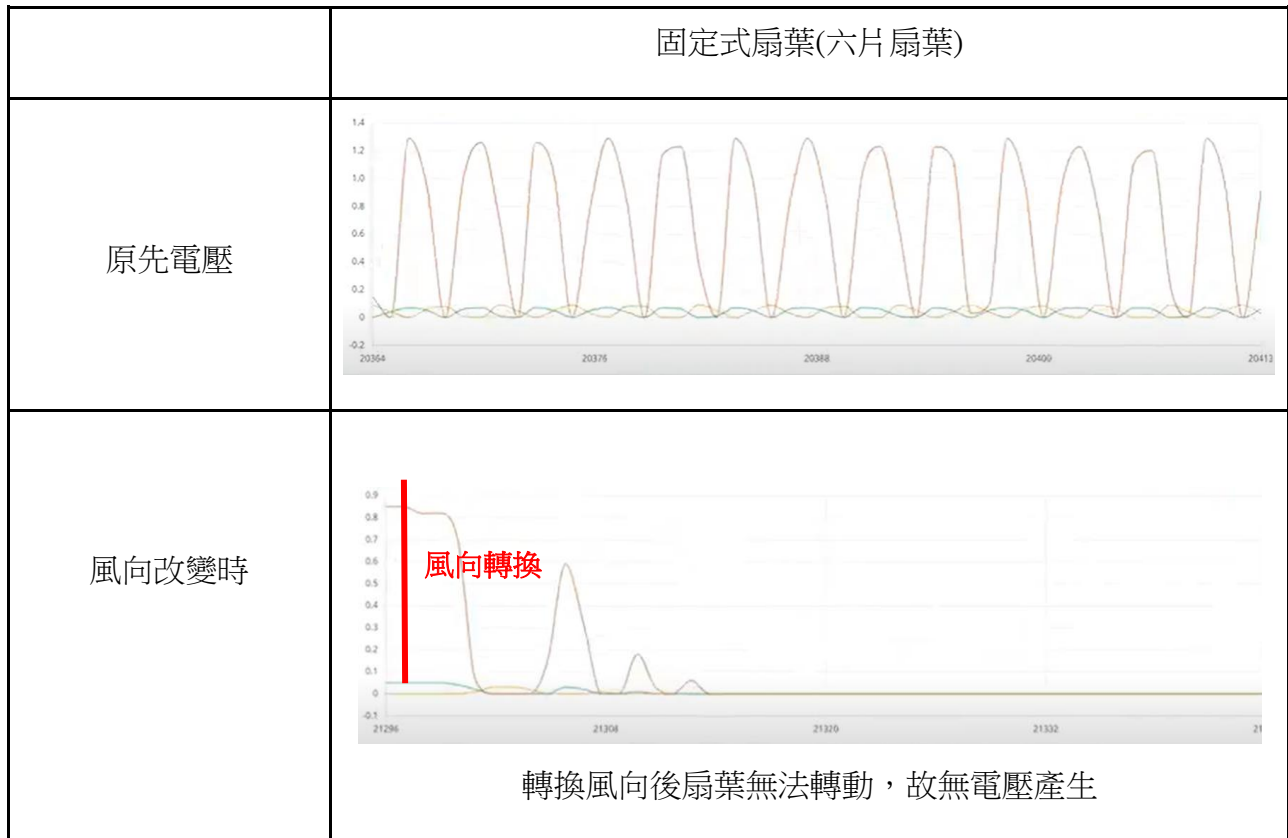
圖二十一、雙向風吹拂

(四)實驗結果

1.可變動扇葉(六片扇葉)



2.固定式扇葉(六片扇葉)



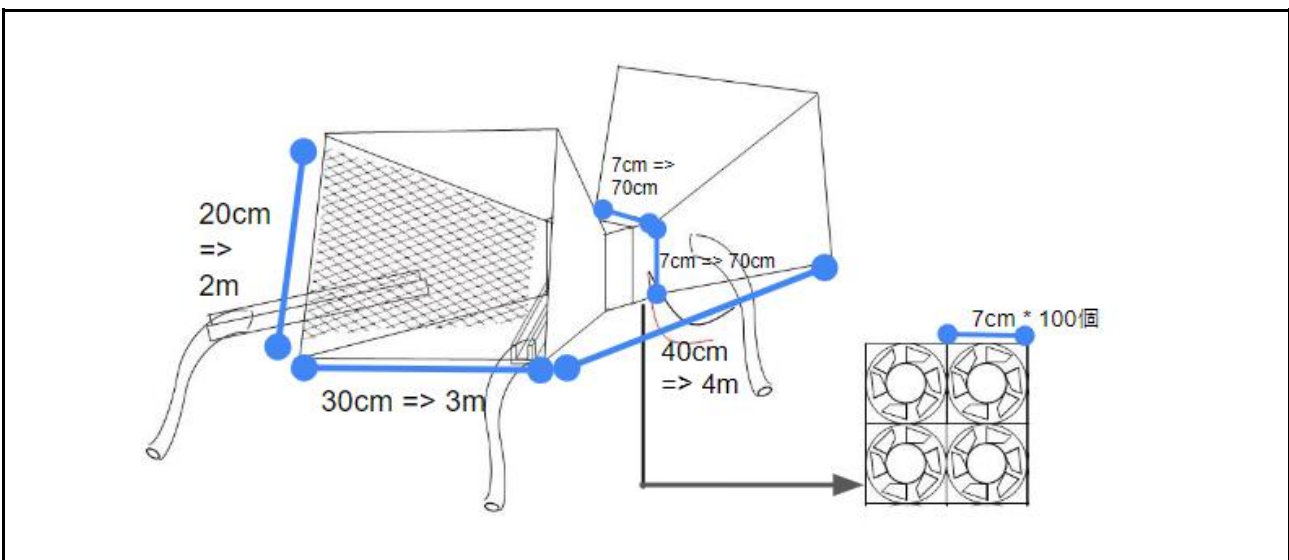
(五)實驗討論

- 1.從實驗結果可知固定式六片扇葉在風向轉換後，需要更大的風量才可轉動，且轉動方向會和原先轉動方向相反。而可變動六片扇葉在風向轉向後，前期因風向變化導致扇葉轉速不夠且產生的電壓太小而無法測得，經 6.5s~8s 後，轉速逐漸恢復原先的速度而開始有足夠的電壓產生。
2. 在風向轉換後，可變動扇葉較固定式扇葉穩定，可以保持同樣轉向，且不會發生停止轉動的問題。
- 3.以參考資料第 8 項為例，澎湖花嶼(圖二十二)紅圈處因缺乏地形屏蔽，其海風及陸風(相對方向風)皆強勁，可使裝置的發電效益最大化。
- 4.未來我們的裝置將放大十倍，因考量到扇葉重量大會導致在低風速時，較難轉動，所以在文氏管窄管處我們設計多個風扇並排，最多可以容納 100 個可變動風扇。不只減輕單個扇葉的重量，也利於進行單體維修更換。預估發電效益為實驗的 100 倍，依照實驗三的數據可推估發電功率約為正向 0.41~0.49W；反向 0.2W。

5.在將裝置放大 10 倍後(如圖二十三)，捕霧網的整體面積也會放大 100 倍(面積變化值是邊長變化值的平方)，預計大約可以增加 100 倍的回收量，也就是每 24 小時大約可以收集到 7.152L 的水。



圖二十二、澎湖縣花嶼鄉地形圖



圖二十三、放大模型

肆、結論

一、本實驗的裝置設計可同時產生基本電力及收集少量淡水，為離島地區的生活需求提供解決方法。

二、在模型測試中，文氏管可有效收束並提升風速約達 1.3 倍，不鏽鋼捕霧網集水效率為 1.49g/30min。

三、裝置中的可變動風扇設計，當風於相對方向吹拂時，可維持相同轉向並發電，減少因反轉導致的能量耗損及正負極反轉。模型測試中，可變動風扇(六片扇葉)在風速 6.0m/s 下具有正向 4.092~4.884mW，反向 2.024mW 的發電功率。

四、預期實體裝置將放大十倍，可將整體發電效益提升 100 倍，正向風吹拂時功率約為 0.41~0.49W；反向風吹拂時功率約為 0.2W；平均功率約為 0.33W。集水效益可提升至每日 7 公升淡水。

伍、參考資料及其他

1. Gosia Kaszubska,(2021).Clean energy tech extracts power from ocean waves,*Australia,RMIT university* August,18,2021,from <https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2021/aug/wave-energy-technology>
2. Han Xiao,Zhenwei Liu,Ran Zhang,Andrew Kelham,Xiangyang Xu,Xu Wang(2021).Study of a novel rotational speed amplified dual turbine wheel wave energy converter,*Applied Energy* 301. November , 1 , 2021 , from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261921008187?via%3Dihub>
3. Leon(2022).Wave Energy Converter,New Advanced Technology Can Extract Twice Energy From Ocean Waves. *Wattpress* December 9 , 2022 , from <https://www.wattpress.com/wave-energy-converter-new-advanced-technology/>
4. Omar Farrok ,Koushik Ahmed,Abdirazak Dahir Tahlil,Mohamud Mohamed Farah,Mahbubur Rahman Kiran & Md. Rabiul Islam(2020).Electrical Power Generation from the Oceanic Wave for Sustainable Advancement in Renewable Energy Technologies 11 March 2020,from <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2178>
5. 文氏管(2014年5月23日)。維基百科，自由的百科全書。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%96%87%E6%B0%8F%E7%AE%A1>
6. 段奕鳴，李承穎，王子宸。探網取霧－影響捕霧網集水特性之探討與應用。民國108年第59屆中小學科學展覽會，取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-030503.pdf>
7. Daisy Chuang(2022年08月02日)。經過12個月測試，有如「海上平台」波浪能系統表現斐然。Tech News 科技新報。2022年08月02日，取自：<https://technews.tw/2022/08/02/wave-swell-energy/>
8. 季風(無日期)。澎湖縣。2022年12月0日，取自：<https://www.penghu.gov.tw/ch/home.jsp?id=10013>
9. 觀測資料查詢 CODiS。2023年1月24日，取自「交通部中央氣象局」：<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/YearDataController.do?command=viewMain&station=C0W130&stname=%25E8%258A%25B1%25E5%25B6%25BC&datepicker=2022&altitude=18m>

10. 望安鄉島嶼(無日期)。澎湖縣。2023 年 1 月 24 日，取自：
https://penghu.info/Township_Category/882/018/1
11. 林正鴻，辜莉婷，楊昕(2009)。風車轉轉轉。民國 98 年第 49 屆中小學科學展覽會，
取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/49/pdf/080820.pdf>
12. 何政瑜，邱明生，楊智安(1997)。「推」到最高點-風扇設計型式與推力轉速關係變化的研究。民國 86 年第 37 屆中小學科學展覽會，取自：
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/37/pdf/37s/066.pdf>