

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

海洋科學組 成果報告表單

題目名稱：黑潮發電機組設計與改良

一、摘要：

本研究的主題是為了提升發電效益，進而設計出一個改良扇葉形狀的發電機。臺灣外海常年有黑潮流經，加上它的流量及流速皆具有利用價值，未來可作為一個循環再生發電的來源。我們設計了一個多扇葉型葉輪的文氏發電機，因小葉片式的渦輪發電機，降低啟動功率，減少海底震動噪音，讓此發電機容易被啟動。在未來方面的延伸應用，使此發電機組從工業端漸漸走入到家庭生活端，達成「綠能家園」的願景。

二、探究題目與動機

三月時興達電廠發生突發意外，造成了全國大停電，顯示出能源供需仍呈現不平衡的狀態，而國際上能源的供給也是如此。去年的公投：重啟核四，在社會輿論中也鬧得沸沸揚揚，而關於 2025 是否能達到非核家園，仍然是個未知數。綜上所述，再生能源有望成為一個既能解決缺電問題，也能達到非核家園的解決方法。

水力發電屬於再生能源的其中之一，且臺灣外海的黑潮一年四季從不間歇，也因此成為我國能源政策重要發展方向。目前再生能源以太陽能發電最為主流，但想要提高發電量，必須發展新能源，而黑潮發電正是選項之一。在查閱新聞後，我們發現從 2016 年至 2020 年，黑潮發電機的功率從原本的 50 (KW) 提升至 400 (KW)，顯示了改良發電機的發電功率是如今的趨勢。啟動發電機的運轉需要達到某一特定的流速方能啟動，即啟



動功率。一般而言，葉片越小或越輕巧，其所需啟動發電機的流速就可以越低。在一次逛市場時，我們發現了多風扇型小風車，如右圖。我們猜想如果把葉片設計的小一點，且並排在一個大的框架下，既能降低單個發電機的啟動功率，也能提高整體的發電功率。因此，我們想探討黑潮發電機の種類之特點，並設計出一個可能比現有發電機的功率大的潮流發電機。

三、探究目的與假設

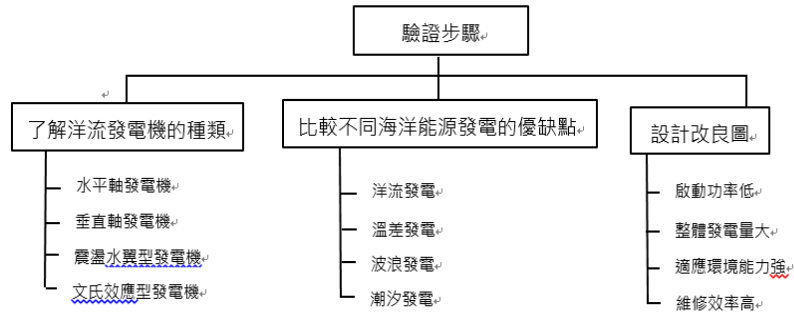
探究目的：

- 一、探討黑潮與其他種類的海洋能源發電機組的建制方式之差異
- 二、黑潮發電機組扇葉形狀與個數之轉動效能的提升
- 三、設計低啟動功率的葉輪改良圖

實驗假設：假定水流發電與風力發電機組的葉片啟動運作原理大致雷同

四、探究方法與驗證步驟

一、驗證步驟流程架構圖



二、黑潮和其他海洋能源的發電機組建制方式之差異探討

(一) 發電機組的介紹

1. 水平軸發電機

水平軸發電機的結構與風力渦輪機類似，它的葉輪須和海流方向垂直方能有效發電（如圖一），且目前開已經開發出 10（KW）的發電機。

2. 垂直軸發電機

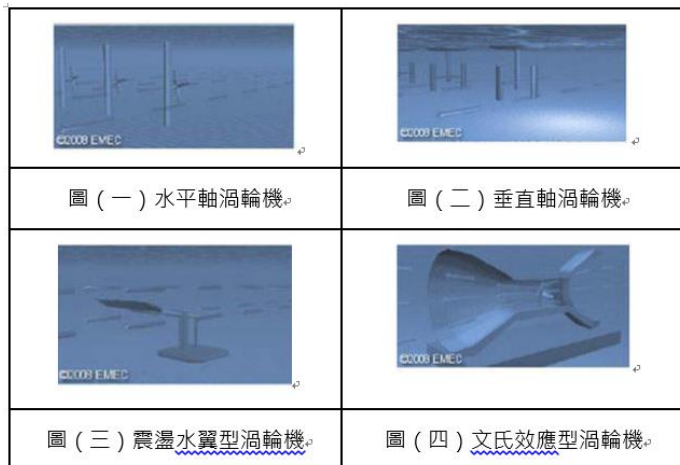
垂直發電機有垂直軸發電機分為拖曳式(drag)及升力式(lift)渦輪機兩種。發電機的結構與水平軸發電機最大不同處在於它的旋轉軸與水流方向呈垂直（如圖二）。其特點為不管水流方向為何，垂直軸發電機皆可利用水流發電。但缺點是轉速較水平軸發電機低。

3. 震盪水翼型發電機

震盪水翼型發電機是利用海流對葉片的升力使葉片上下震盪而發電（如圖三），它適合被放置於水深淺的環境。

4. 文氏效應型發電機

文氏效應型發電機是藉由兩旁的擴散式導罩裝於葉片兩側的一種海洋發電發電機（如圖四），藉由改變截面積的大小，使水流變快。簡言之，此類型的發電機是利用文丘里效應使發電功率上升的發電方式。



圖片來源：EMMC

(二) 臺灣發展海洋能源發電的介紹與優劣勢之比較

海洋占了地球表面 70%，是地球中最具開發的潛能。就發電的方法而言，有：溫差發電、波浪發電、潮汐發電、洋流發電。以臺灣而言，溫差發電與洋流發電是最具有開發優勢的。因黑潮一年四季皆通過臺灣外海，其所帶來的好處有以下三點：

1. 黑潮年平均流速可達 1.5 (m/sec)
2. 流量大，可帶來約 100 (GW) 的能量
3. 年均溫約 25 度，與深層海水相差 20°C

洋流發電指的是將海水的動能轉為電能儲存於電容器中 (如圖五)。因它的轉換效率高，且臺灣外海常年有黑潮流經，適合做為提供臺灣全年且穩定的發電方式。洋流發電的原理與風力發電的原理相近，都是利用水流的壓力與動能轉換為發電機上葉片的轉動動能，並帶動馬達旋轉使其發電。根據表 1 所示，洋流發電的發電潛能與能源穩定性都高於其他三者，只有經濟效益不如其他三者，顯示出其有待發展並商業化以及普及化的必要性。

溫差發電是指將高溫海水氣化後推動渦輪機發電 (如圖六)，並利用冷水將殘餘的蒸氣冷卻並重新收集使用。根據科學月刊 1980 年 12 月 132 期的報導，當海水上下層的溫度相差約 20°C 對於發展溫差發電有很大的優勢，所以在緯度 0 度至 30 度得海洋較具有開發潛力。根據表 1 所示，溫差發電在臺灣的發展中，其經濟效益勝過波浪及洋流發電。而能源穩定性則是位列第二，次於洋流發電。

波浪發電的能量來源 (如圖七)，是利用海水表面的往復運動所產生的衝擊力或浮力差之動能，使發電機進行發電。根據科學月刊報告，波浪發電的開發要求為能量密度大於 10 (KW/m) 的區域，且其所開發的環境亦需考慮離岸的水深問題。波浪發電所需的技術常因波浪不穩定、成本高等問題，使得進展緩慢。根據表 1 所示，波浪發電的能源穩定性低於其他三者，而發電潛力與經濟效益都排名第二，顯示出其所需的發電技術之困難，以及發電量的不穩定。

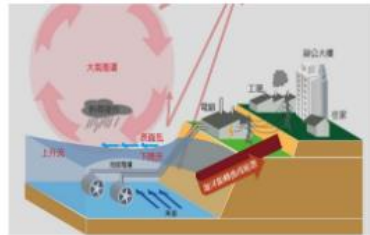
潮汐發電是因月球與地球間的引力造成的潮差來發電 (如圖八)，其運作原理與水力發電相似。開發所需的環境需有潮差六公尺以上之地。以臺灣而言，馬祖及金門是最佳開發之地。然而，金門與馬祖二地的潮差最大指可達五公尺，小於可開發的門檻。由此可知，臺灣可能較不適合開發潮汐發電。根據表 1 所示，潮汐發電不管是發電潛能、經濟效益、能源穩定性皆沒有突出之處，換句話說，潮汐發電在臺灣的發展可能無法如洋流發電或溫差發電順利。

綜上所述，臺灣較適合發展洋流及潮汐發電。近年來洋流發電技術的發展有跳躍式的進展，顯示了黑潮扮演了再生能源中，一個不可抹滅的地位。

表一

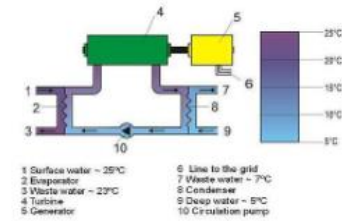
海洋能源 ^a	發電潛能 ^a	經濟效益 ^a	能源穩定度 ^a
洋流 ^a	◎ ^a	△ ^a	◎ ^a
溫差 ^a	△ ^a	○ ^a	○ ^a
波浪 ^a	△ ^a	○ ^a	△ ^a
潮汐 ^a	△ ^a	△ ^a	△ ^a

註：◎高 ○中 △低 資料來源：能源國家型科技計畫網站^a



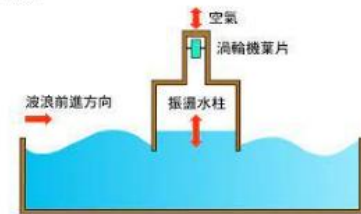
圖（五）海流發電機

<https://tamra2020.blogspot.com/2020/10/blog-post.html>



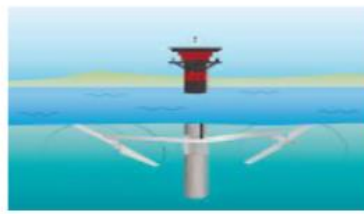
圖（六）溫差發電機

<https://saylib.com/MagArticle.aspx?id=4750>



圖（七）潮汐發電機

<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/marine/135-%E6%9C%88%E4%BA%AE%E4%B9%9F%E8%83%BD%E7%94%A2%E7%94%9F%E9%9B%BB%E5%8A%9B%E7%BC%9F>



圖（八）波浪發電機

<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/marine/369-%E6%B5%B7%E6%B5%AA%E4%B9%9F%E8%83%BD%E7%94%A2%E7%94%9F%E9%9B%BB%E5%8A%9B>

三、黑潮發電機組改良設計

（一）文氏渦輪發電機的優勢

1. 文丘里效應

文丘里效應指的是當水流或空氣通過一個縮口時，會因壓力的差異，而使流速變快。簡言之，流體流過的截面積會影響其流速，且這兩者為反比關係，意即當同樣的水流量通過的截面越小時，其流體的流速越快。

2. 文氏效應型渦輪發電機的介紹

文氏效應型渦輪發電機是一種運用文丘里效應而發電的機組。它的前端裝有擴散式導罩，如圖（九），可將收集到的海流彙整成流速為單一方向水流。另外，利用中間細長的構造，將收集來的海流重新加壓，使流速加快，增強撞擊葉片時的力量，進而提升發電功率。

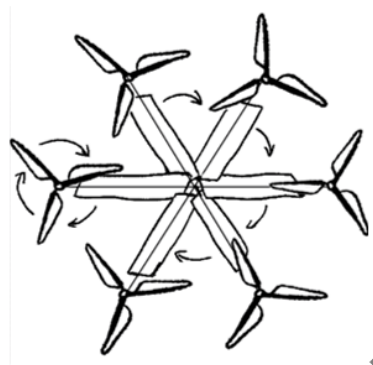
3. 文式效應渦輪發電機的優點

文式效應渦輪機在機舞的兩側加裝了擴散式導罩，使海流可以從兩側的其中一邊流入，且因機組中間的截面積所小，使得水流壓力增強，進而加大了葉片的轉動動能。

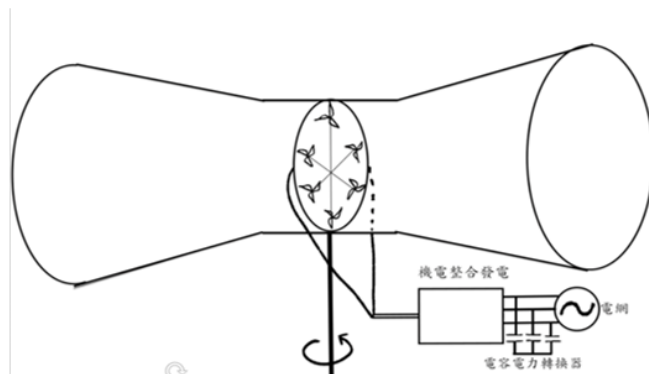
(二) 多葉片型發電機組的設計圖及介紹

由於葉片的大小與重量決定了該機組的啟動發電功率，因此若縮小了葉輪半徑及葉片長度，可減少發電機機組的重量與葉片大小，如此一來，啟動功率將被減低，意即所需流速降低。但葉輪大小和發電功率呈二次方正比的關係，因此如果縮小了葉輪，發電功率將被減低。為了解決此問題，我們將多個小葉片型發電機組裝在一個大的發電機組內，並將多個小葉片型發電機所發電量整合、儲存於電容中，如此一來，整體的發電量不輸給傳統市面所見的文氏效應型發電機。綜上所述，我們設計了由多個葉片組合而來的多葉片型發電機組，其正面圖如圖（八），而側面圖如圖（九）。它的特點有以下四個：

1. 單一葉片的啟動功率小：在查閱多方資料後，我們發現啟動功率和葉片的重量有關。換句話說，如果葉片的重量越重，啟動葉片旋轉所需要的流速也就越大；而啟動功率也和葉輪的半徑有關，而葉輪半徑與發電功率呈平方正比的關係，意即葉輪越大，發電功率越大，但相對地，所需起動功率也就越大。
2. 整體發電效能提升：單一小葉片的發電機的發電量不如市面上所看到的文氏效應型渦輪機，但若集結了多個葉片所發的電量，其整體所發的電不輸傳統的文氏效應型渦輪機。且當水流速度達到一定值時，可啟動連接六個小扇葉葉輪的軸並旋轉，充分利用海流的動能。
3. 及時改變方向，使葉片與海流流向垂直：文氏效應型渦輪機的葉片須和水流流向垂直，其葉片才能夠有效運轉。因此我們將模型底部支撐的桿子附加了旋轉的功能，並且於模型中裝了能偵測流向的機器，當發電功率下降時，此機器將被啟動並執行其功能，再將桿子旋轉至葉片與流向垂直的方向。
4. 維修效率高：因此所有小葉片型發電機整合在一個機組內，維修時不必於不同位置的發電機中穿梭，至需在同一個地點維修機器即可。



圖（八）多葉片型發電機的正面圖。



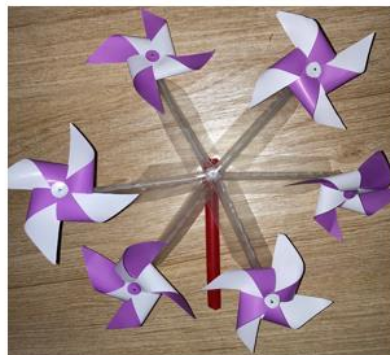
圖（九）多葉片型發電機的側面圖。

(三) 多葉片型發電機組優勢的理論驗證

1. 實際圖形



圖(十) 多扇葉型葉輪文氏發電機
的實際模型圖。



圖(十一) 多扇葉的實際模型
放大圖。

2. 初步實驗與探討

我們利用寶特瓶做出圖八中兩側的擴散式導罩，並利用塑膠片做出截面積小於導罩的機構。在內部放入小紙片，完成模擬多扇葉型葉輪文氏發電機的示意圖。我們發現圖九中，小葉片可被慢的風速帶動而旋轉，而大的葉片則可被快的風速並旋轉，這與我們的設計理念相符。有待探討的部分是啟動葉片時的流體速度和葉片大小的關係。

五、結論與生活應用

本研究的設計改良圖具有三個主要的優點：啟動功率小、整體發電效能提升、及時改變方向，維持發電功率。我們的模型除了有上述三個優點外，我們也希望這個模型理論可以運用在生活周遭。從工業用的發電機，變成家用式小型水力發電，達到用電自給自足。而且水流發電機使用環境的限制不如太陽能板嚴格，只要找個有水流通過的地方，就能加裝上去並且發電。廢水再利用的概念，充分達到現如今「綠能家園」的生活。

參考資料

Ana Brito e Melo and Henry Jeffrey(2019). Annual report.An overview of ocean activities of 2019. The Executive Committee of Ocean Energy Systems.

彭書憶、吳朝榮(2009)。海流能。科學 Online。

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4180>

經濟部能源局。國內海洋能發電利用海流、波浪、溫差、潮流發電發展