

沒有旋轉發電機的波浪發電方式

卓胡誼 黃文川* 呂世智 吳春吉
* 通訊作者

崑山科技大學電機系

一、前言

石油、天然氣、煤...等消耗性能源日益枯竭，因此，開發再生能源顯得非常重要。尤其，在短期內，原油價格由每桶 32 美元急速飆升到每桶 70 美元，漲幅超過一倍，各項物價也隨之上漲，似乎有演變成第三次能源危機的態勢，再生能源的研發也因而更為迫切。此外，京都議定書通過造成全球二氧化碳排放量管制的壓力，也使低污染的再生能源研發工作愈來愈受重視。有鑒於此，英國計畫投入 500 萬英鎊(約相當於三億一千萬新台幣)於歐克尼島成立歐洲海洋能源中心，專門研究波浪能與潮汐能，期望能將四面環海的英國所擁有的海洋能充分開發利用，在這樣的背景下，作者所申請的英國發明專利「波浪發電裝置」仍然獲得核准。這顯示，所研發的「波浪發電裝置」技術超越歐洲海洋能源中心的現有技術，否則，所申請的英國發明專利就不可能會核准，此外，尚有美國、中華民國等多國發明專利申請中(美國發明專利已經接獲核准通知，正在辦理領証手續中)。台灣有 97%的能源都仰賴進口，所幸台灣四面環海，擁有開發海洋能的優勢，應該努力開發波浪能，降低對進口消耗性高污染能源的依賴。波浪發電與其他再生能源比較，具有較穩定，24 小時不中斷，任何沿海地帶皆可設置，較適合擔任基載電源等優點。而且，除了台灣本島之外，各個離島也都可以發展波浪發電，有助於解決離島電力短缺，與電價昂貴的問題。而且除了台灣之外，在京都議定書的龐大壓力下，台灣若能前往世界各地的海島型小國發展波浪發電，除了可供應當地用電之外，還可以將波浪發電產生的電能就地用於電解海水，製造氫氣與氧氣，外銷其他國家，供應燃料電池所需，增加就業機會與收入，不但能提升台灣的國際地位，若能藉此與這些國家建立良好關係，相信對增加台灣的邦交國數量，會有正面的幫助。

二、先前技術介紹

茲將國內外對於波浪發電的相關研究簡介如下：

第一類、水力式波浪發電裝置：將波浪能先轉換成水的重力位能，再推動水渦輪機發電。共同的缺點為構造複雜、成本高、效率低、主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

1. 整流器波浪發電系統[7]：請參考圖一，以多通道長型沉箱與單向控制閘門控制進水口和出水口，當波浪來時(由波谷至波峰)外部水位提高，使單向閘 A 打開使水進入蓄水池內部，此時單向閘 B 關閉，當波浪退去(由波峰至波谷)，外部水位下降使單向閘 A 關閉，單向閘 B 打開，水由蓄水池經過水渦輪機流入鎖定池，再由單向

閘 B 流出去。具有水位差小，水渦輪機效率差，閘門可開閉次數有限易損壞，發電機組全在海水中易腐蝕，維修不易等缺點。

2. 抽蓄式波浪發電系統[7]：請參考圖二，為了增加落差以提高水渦輪機的效率，則必須於高處設置上池，波浪越過矮堤使水存於下池，再以電力抽到上池，以便增加落差使水渦輪效率提高，再由上池經水渦輪發電機釋放回大海來發電。其缺點為抽水耗費過多電力，發電機組浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

3. 縮減水道波浪發電系統[7]：請參考圖三，為了不必消耗電力來抽水，又能增加落差，以漸縮水道使波浪湧入時自動提高水位，越過在峭壁上所建築的蓄水池而儲存海水，以便增加落差使水渦輪效率提高。缺點為適合設廠地點受限，發電機組浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

4. 水壩環礁波浪發電系統[5]：請參考圖四，上述系統都只能接受某一方向來的波浪能，而水壩環礁系統則能接受任何方向來的波浪能，建築類似環礁的圓頂結構，使波浪由頂端開口進入，經中央管道下降，推動水渦輪機發電。缺點為發電機組浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

5. 幫浦式波浪發電系統[5]：請參考圖五，上述皆為固定式的系統，幫浦式波浪發電系統則為一浮動式的系統，包含一垂直管道，管道底部直通海中，管道中央有一單向閘，另外在海面有一浮筒；整個裝置固定於海底，並可隨波浪搖動。當浮筒與管道隨著波谷而下降時，管道內閘門即打開使海水向上流動；當浮筒與管道隨著波峰上升時，閘門即關閉，不讓水自管道內向下流出。如此連續幾個波浪起伏循環後，可使管路中的海水上升而進入蓄水池，使蓄水池中的水位或壓力足夠推動渦輪發電機去發電。缺點為浮動於海上，增加電力傳輸的困難度，發電機組浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

6. 浮板牽引式波浪發電系統[8]：請參考圖六，浮板在水面隨波浪上下起伏，帶動固定於海底基座的唧筒。唧筒上升時吸入海水，推動沉水式水渦輪發電機發電，唧筒下降時則將海水由閘門排出。缺點為電力傳輸困難，必須由海底將電力輸送上岸，發電機組浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

7. 龍骨斷掉的船式波浪發電系統[7]：請參考圖七，至少兩段所組成的船，看起來像是龍骨斷掉一樣，在兩段間設唧筒，波浪通過時造成兩段相對運動，使唧筒動作，將水或油等工作流體的壓力提高以便推動發電機。由於前後兩段的相對運動與波浪的波長有絕對的關係，故對於不是在設計波長範圍內的其他波長的波浪而言，效率不佳是最大的缺點。

8. 鴨型波浪發電系統[7]：請參考圖八，鴨型裝置隨波浪擺盪，造成與軸之間的相對運動，使唧筒動作，將水或油等工作流體的壓力提高以便推動發電機。缺點為體積龐大，效率差，電力傳輸困難。

9. 鐘擺型波浪發電系統[8]：請參考圖九，搖擺件受波浪沖擊而像鐘擺一樣地擺盪，使唧筒動作，將水或油等工作流體的壓力提高以便推動發電機。缺點為成本高，效率差。

10. 台電蘭嶼岸上式波浪發電系統[3]：請參考圖十，台電公司曾經在蘭嶼進行先導型波浪發電的規劃，波浪在沉箱中共振以提高振幅，使沉箱中之浮筒隨波浪上下，牽引唧筒汲取海水，存於上池，推動水渦輪機發電。缺點為構造複雜，成本高。

第二類、氣壓式波浪發電裝置：將波浪能先轉換成氣壓，再推動氣渦輪機發電。共同的缺點為構造複雜、成本高、效率低、主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

11. 共振水柱波浪發電系統[7]：請參考圖十一，以設有分隔艙腔的長形共振沉箱固定於海床上，符合設計波長範圍的波浪將在共振腔使波浪振幅提高，壓迫空氣，推動氣渦輪機發電。為提供較高的發電效率，以四個進出口閘門控制氣流方向，使軸流式渦輪機能以固定方向旋轉發電。其主要缺點為閘門操作次數耐久性問題，共振腔浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

12. 單向氣渦輪機波浪發電系統[7]：請參考圖十二，為了改善上述閘門開閉次數限制的缺點，研發出單向氣渦輪，經由葉片的特殊設計，不論氣流方向往上或往下，氣渦輪機都維持相同的旋轉方向。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

13. 巨鯨波浪發電系統[8]：請參考圖十三，除了固定式之外，也有做成浮動式的氣壓式波浪能系統，以形似巨鯨的船，浮動於海上，使波浪沖入氣室，壓迫空氣，推動氣渦輪機發電。缺點為電力傳輸困難，主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

14. 反向導管浮體波浪發電系統[8]：請參考圖十四，浮體船浮動於海上，當波浪沖擊使浮體船後退，水由後方開口進入，擠壓導管內部的氣體反向流出，推動氣渦輪機發電。缺點為電力傳輸困難，主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

15. 氣動裝置波浪發電系統[5]：請參考圖十五，浮動於海上的裝置，當波浪起伏壓迫空氣，推動氣渦輪機發電。這類裝置多半是作成小型的浮筒結構，也可將數個串聯，安裝於一船型結構中，以產生較大規模電力。日本曾經進行這項稱為「波浪發電船」的計劃。缺點為電力傳輸困難，主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

16. 圓形蛤波浪發電系統[7]：請參考圖十六，上述系統大多只能接受單一方向的波能，圓形蛤系統，由許多氣囊置於一圓周上，任一方向的波浪皆可使某些氣囊被壓縮，使其內部的氣體流出再推動氣渦輪機發電。缺點為電力傳輸困難，主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

17. 以海浪驅動的再生能源波浪發電系統[7]：請參考圖十七，結合漸縮水道與共振腔，使波浪振幅提高，壓迫空氣，推動氣渦輪機發電。缺點為電力傳輸困難，主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

18. 工研院唧筒式波浪發電系統[2]：請參考圖十八，

以搖擺件接受波浪沖擊，帶動唧筒，壓迫空氣，推動氣渦輪機發電。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

19. 防波堤式波浪發電系統：請參考圖十九，中山大學[6]與劉百清先生[1]合作，將共振腔與防波堤結合，每一單體於水下開口 60° ，且漸縮開口，將波浪的水壓轉化為氣壓，再推動氣渦輪機發電。且可採多組並聯形成一排防波堤。由實驗得知，若入射波能為100%，則轉為空氣能者只有30.3%，而最後發電只有5.7%。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

第三類、其他類型的波浪發電裝置：波浪能具有上下振動的位能及左右搖擺運動的動能，故波浪發電即是以波浪發電裝置將波浪之上下振動及左右搖擺運動之位能和動能加以擷取，用來發電。可能是因為較常見的發電機都是以旋轉的方式在運作，使得一般人認為一定要旋轉才能發電，造成上述波浪發電裝置都是竭盡所能地以各種方式將波浪能先轉換成水的重力位能，或先轉換成氣壓，再以水輪機或氣渦輪機改變為旋轉的運動方式，以便帶動旋轉式的發電機來產生電力。如此一來，波浪能經過多次轉換，先轉換成液壓、氣壓或水的位能，再以水輪機或氣渦輪機轉換成旋轉運動，最後再帶動旋轉式發電機轉換成電能。然而，多一次的轉換就多一層的損失，也造成系統複雜、操控與維護困難，以及成本居高不下等缺點。因此，後續研究朝向沒有旋轉式發電機的方向研發波浪發電系統。也就是在不需要水輪機、氣渦輪機與旋轉式發電機等裝置的前提下，直接將波浪能轉換成電能，在免除層層轉換之後，將可以使效率大幅提升。

20. 空腔離子化波浪發電系統[9]：利用波浪能使空腔壓力不平衡，使離子化流體流過磁場來發電。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

21. 磁液波浪發電系統[10]：使海水流過磁液發電機發電。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難。

22. 浮動磁鐵線圈波浪發電系統[11]：請參考圖二十，以海浪帶動漂浮於海上的磁鐵，使磁鐵上下運動，使固定在海中的線圈因磁場變化而感應電壓。缺點為主體浸泡於海水中易腐蝕，維修困難；磁鐵與線圈的相對運動最大範圍與波浪振幅相同；對磁鐵離開線圈範圍的波浪能無法利用；無鐵心，磁阻大，效率低；採用永久磁鐵，磁場弱，效率低，很難外加電源增強磁場。

23. 槓桿磁鐵波浪發電系統[12]：請參考圖二十一，以海浪之上下波動帶動浮體，牽引槓桿另一端的圓弧型磁鐵，使磁鐵運動穿越位於磁鐵上方或下方的線圈，使線圈因磁場變化而感應電壓。缺點為對磁鐵離開線圈範圍的波浪能無法利用；無鐵心，磁阻大，效率低；採用永久磁鐵，磁場弱，效率低，很難外加電源增強磁場，因為該電磁鐵為移動元件，會發生如何與外接電源連接的問題；其中最主要的缺點是無彈簧，將造成效率低，甚至使整個系統無法動作。茲說明如下：

(a) 假設浮體重量大於磁鐵重量：若無彈簧，當波浪(海水)上升時，海水作用於浮體的浮力，必須先克服(浮體重量減磁鐵重量)的重力，然後再克服磁鐵對鐵心的磁吸力，才可以使磁鐵移動，造成磁通量變化，使線圈感應電壓。因為浮體重量大於磁鐵重量，

將造成海水作用於浮體的浮力浪費在克服（浮體重量減磁鐵重量）的重力，使效率低。如果加上彈簧，當浮體隨波浪（海水）下降時，彈簧被拉長，會儲存能量，使彈簧有回復原來正常長度的力，此一欲使彈簧回復原來正常長度的力，將可協助克服（浮體重量減磁鐵重量）的重力，使效率提升。

(b) 假設浮體重量等於磁鐵重量：若無彈簧，當波浪（海水）下降時，因為浮體重量等於磁鐵重量，故浮體只會下降到使槓桿呈水平的位置，並不會再繼續隨波浪（海水）下降到最低點，換句話說，波浪振幅不能完全利用，將造成效率低。如果加上彈簧，當浮體隨波浪（海水）上升時，彈簧被壓縮，會儲存能量，使彈簧有回復原來正常長度的力，此一欲使彈簧回復原來正常長度的力，將可協助使浮體隨波浪（海水）下降到最低點，使效率提升。

(c) 假設浮體重量小於磁鐵重量：若無彈簧，當波浪（海水）下降時，因為浮體重量小於磁鐵重量，故浮體將不會隨波浪（海水）下降，而是停在最高點不下降，使整個系統完全停擺，無法動作。如果加上彈簧，當浮體隨波浪（海水）上升時，彈簧被壓縮，會儲存能量，使彈簧有回復原來正常長度的力，此一欲使彈簧回復原來正常長度的力，將可協助使浮體隨波浪（海水）下降到最低點，使系統可以正常動作。

綜合上面所述，必須加上彈簧，才可避免效率低，並使系統可以正常動作。

槓桿磁鐵波浪發電系統的另一個主要缺點為：磁鐵運動方向與磁力線（ $N \rightarrow S \rightarrow N$ ）方向一致，造成磁路中必須有非常大的空氣隙，以便使磁鐵有足夠的運動空間，因為空氣隙的磁阻為鐵磁材料的數千倍，所以，非常大的空氣隙會使磁路的總磁阻增大數千倍，造成極低的效率。此外，波浪振幅並非固定，其變動範圍非常大，若磁鐵運動方向與磁力線（ $N \rightarrow S \rightarrow N$ ）方向一致，當波浪振幅很小時，可能造成磁鐵移動範圍太小，完全無法進入線圈的範圍，使系統停擺，無法感應電壓。當波浪振幅很大時，將可能造成磁鐵移動範圍過大，發生磁鐵撞擊線圈而損毀的狀況。因此必須加上許多控制機構，造成系統複雜，成本高昂，操控困難等缺點。

三、沒有旋轉發電機的波浪發電方式

如前一節所述，水力式與氣壓式波浪發電裝置竭盡所能地以各種方式將波浪能先轉換成水的重力位能，或先轉換成氣壓，再以水輪機或氣渦輪機改變為旋轉的運動方式，以便帶動旋轉式的發電機來產生電力，因為波浪能經過多次轉換造成效率低、系統複雜、操控與維護困難，以及成本居高不下等缺點。雖然，後續研究朝向沒有旋轉式發電機的方向研發波浪發電系統，但仍存在許多缺點，因此，作者針對浮動磁鐵線圈波浪發電系統與槓桿磁鐵波浪發電系統的缺點加以改良，研發出沒有旋轉發電機的波浪發電方式，在不需要水輪機、氣渦輪機與旋轉式發電機等裝置的前提下，直接以波浪上下起伏或左右搖擺的運動，使線圈中的磁場改變，進而產生電力，可分為垂直動作型與水平動作型。

垂直動作型是直接以波浪上下起伏的運動，使線圈中的磁場改變，進而產生電力的波浪發電方式，請參考圖二十二，其操作步驟如下：

- 1、置於海上的浮體隨波浪向上移動；
- 2、向上移動的浮體經由槓桿，使磁鐵向下移動，並壓縮彈簧；
- 3、向下移動的磁鐵造成線圈因磁場變動而感應電壓，將波浪能直接轉換成電能；
- 4、波浪向下時，被壓縮的彈簧因不再被壓縮而伸張；
- 5、伸張的彈簧使磁鐵向上移動，並經由槓桿使浮體隨波浪向下移動；
- 6、向上移動的磁鐵造成線圈因磁場變動而感應電壓，將波浪能直接轉換成電能；
- 7、回到步驟 1。

水平動作型是直接以波浪左右搖擺的運動，使線圈中的磁場改變，進而產生電力的波浪發電方式，請參考圖二十三，其操作步驟如下：

- 1、波浪向陸地撲來時，搖擺件底部浸於海水中的部分隨波浪向左移動；
- 2、向左移動的搖擺件底部經由轉軸，使附於搖擺件頂部的磁鐵向右移動，並壓縮右側彈簧，此時左側彈簧的伸張亦協助使磁鐵向右移動；
- 3、向右移動的磁鐵造成線圈因磁場變動而感應電壓，將波浪能直接轉換成電能；
- 4、波浪向海洋退去時，被壓縮的右側彈簧因不再被壓縮而伸張；
- 5、伸張的右側彈簧使附於搖擺件頂部的磁鐵向左移動，並經由轉軸，使搖擺件的底部隨波浪退去而向右移動，此時搖擺件並不會停在中間呈現垂直狀態，而是會像鐘擺一樣，因慣性而擺過頭，故左側彈簧會被壓縮；
- 6、向左移動的磁鐵造成線圈因磁場變動而感應電壓，將波浪能直接轉換成電能；
- 7、回到步驟 1。

依據法拉第電磁感應定律，感應電壓的大小與線圈匝數成正比，故增加線圈匝數可使所感應的電壓提高，不過，增加線圈匝數會使線圈阻抗提高，故應同時增加線圈的線徑，以防阻抗之增加。

此外，依據法拉第電磁感應定律，感應電壓的大小也與線圈中的磁通量變化率成正比。因為磁通量與磁場強度、磁路截面積、磁路導磁係數成正比，故增加以上三項，皆可使所感應的電壓提高。此外，提高移動速度也可以使磁通量變化率提高。

如果直接以浮體帶動磁鐵而沒有經過槓桿（浮動磁鐵線圈波浪發電系統），則在相同時間內，磁鐵的移動距離將等於浮體的移動距離，亦即二者的移動速度相同。如果採用如垂直動作型中的槓桿，且使支點到磁鐵的距離大於支點到浮體的距離，則在相同時間內，磁鐵的移動距離將大於浮體的移動距離，換句話說，磁鐵的移動速度可以被提高，亦即可以使磁通量變化率提高，因為感應電壓的大小與線圈中的磁通量變化率成正比，所以感應的電壓也會提高。如果設計使支點到磁鐵的距離等於支點到浮體距離的好幾倍，則可使所感應的電壓提高好幾倍。同理，如果採用水平動作型，使轉軸到搖擺件頂部磁鐵的距離，大於由轉軸到搖擺件底部的距離，也可以使磁鐵的移動速度與磁通量變化率提高，進而使所感應的電壓提高。

如果直接以磁鐵穿越線圈而沒有使用鐵心（浮動磁

鐵線圈波浪發電系統與槓桿磁鐵波浪發電系統)，亦即使用空氣為磁路，則因空氣導磁係數很小，將使所感應的電壓較小。但是如果採用由具有高導磁係數物質構成可與該磁鐵形成完整磁路的鐵心，則因為鐵心的導磁係數約為空氣的數千倍，故磁路的導磁係數可增大數千倍，因為感應電壓的大小與線圈中的磁通量變化率成正比，而磁通量與磁路導磁係數成正比，所以，使用鐵心將使感應電壓大幅提高數千倍。

由於磁鐵必須由外部進入鐵心的範圍，或由內部離開鐵心的範圍，才能使繞於鐵心的線圈因磁場變動而產生感應電壓。如果鐵心與線圈只有一組，且磁鐵的振幅遠大於鐵心的範圍，則當磁鐵離開鐵心的範圍後，將形成無法利用的情況(浮動磁鐵線圈波浪發電系統與槓桿磁鐵波浪發電系統)。如果鐵心與線圈不只一組，而是由兩組以上並排組成，鐵心之間並以間隔物將其隔開，則可使利用率大幅提高。而且當磁鐵與每一組鐵心的截面積約略相等時為最佳。此外，即使有很多組鐵心與線圈，但是，當磁鐵離開所有鐵心與線圈的範圍後，仍將形成無法利用的情況(浮動磁鐵線圈波浪發電系統與槓桿磁鐵波浪發電系統)。可是，如果設置彈簧，則可透過彈簧被壓縮與伸張的動作而將磁鐵在離開線圈範圍的波浪能加以儲存及利用。

由於磁鐵為移動體，較不利於外接電源，因此，如果磁鐵採用永久磁鐵則能提供的磁場強度較為受限，將使所感應的電壓較有限(浮動磁鐵線圈波浪發電系統與槓桿磁鐵波浪發電系統)。但是，如果將永久磁鐵改為由與鐵心相同的材質所替代，而磁場則由繞於鐵心上外接電源的另一組線圈所提供，則可得到較大的磁場強度，使所感應的電壓提高。

若磁鐵運動方向與磁力線(N→S→N)方向一致，則在磁路中必須有非常大的空氣隙，會造成極低的效率。而且當波浪振幅很大時，將可能造成磁鐵移動範圍過大，發生磁鐵撞擊線圈而損毀的狀況(槓桿磁鐵波浪發電系統)。本發明改良為磁鐵運動方向與磁力線(N→S→N)方向垂直，磁路中的空氣隙非常小，可使效率大幅提高，而且加裝彈簧，當波浪振幅很大時，可將能量儲存於彈簧，不會發生磁鐵撞擊線圈而損毀的狀況。

四、結論

作者所研發的沒有旋轉發電機的波浪發電方式與先前技術比較，具有以下優點：第一、傳統波浪發電的結構體完全在水中，本研究的波浪發電系統，則只有浮體在水中，主結構體完全在岸上，於防水，防腐蝕，電力傳輸以及施工等方面較具優勢。第二、不需要水輪機、氣渦輪機與旋轉式發電機等裝置，直接轉換，成本低，效率高。第三、利用槓桿原理，產生放大效果，使磁鐵與線圈的相對運動最大範圍可以大於波浪振幅，使效率提升。第四、增設彈簧裝置，對磁鐵離開線圈範圍的波浪能，也能以彈簧被壓縮的方法加以儲存與利用，使效率再提升。第五、增設鐵心，因鐵心材料的導磁係數約為空氣的數千倍，故本研究研發的波浪發電系統所能感應的電壓將可遠大於傳統波浪發電。第六、除了可使用永久磁鐵之外，還可以採用於另一組線圈外加電源的方式產生磁場。第七、磁鐵運動方向與磁力線(N→S→N)方向垂直，磁路中的空氣隙非常小。第八、許多傳統波

浪發電採共振原理，必須特殊波長的波浪才能發揮功效，本研究研發的波浪發電系統則完全不受波浪的波長所限制。本研究研發的波浪發電系統是一種符合京都議定書，不排放二氧化碳等溫室氣體，不需自國外進口，可24小時發電，無核廢料，廢熱，廢氣等污染，永不匱乏的再生能源發電方式。

五、誌謝

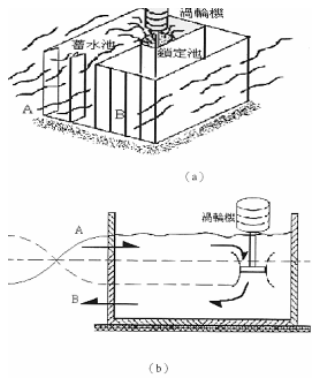
感謝國科會計畫編號 NSC-94-2213-E-168-012 予以經費補助，特表謝忱。

感謝第1屆「2005年台北國際發明暨技術交易展」評審委員於美、英、德、日等18個國家及地區參與展出的703個攤位中，評選本發明榮獲競賽銀牌獎。

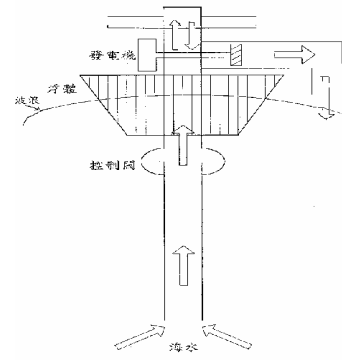
感謝許多發明界先進、參觀企業主與民眾，給予本發明的肯定與鼓勵，尤其感謝香港發明協會，高齡八十八歲的張景豐會長的賞識：「幾十年來參觀過世界各國無數發明展，看過的波浪發電裝置，都是構造複雜，成本高昂；唯獨這件發明，構造非常簡單，成本非常低廉，將來大有可為！能源問題如此重要，若由我當評審，一定評定為金牌獎」。

六、參考文獻

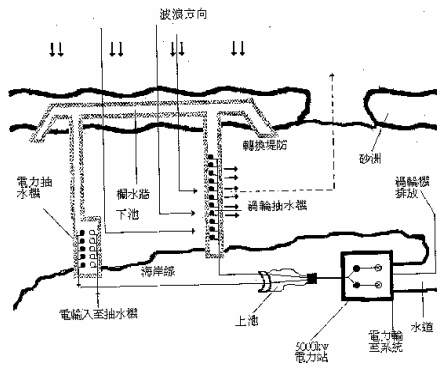
1. 劉百清，”國內海浪發電前景再探”，能源季刊，第二十九卷，第二期，中華民國八十八年四月，第145-154頁。
2. 簡水靖，徐宗崎，林伶如，陽光漢，孫家生，”國內海浪發電前景探討”，能源季刊，第二十八卷，第三期，中華民國八十七年七月，第119-126頁。
3. 黃傳先，”蘭嶼先導型波浪發電系統概念規劃”，電力工程科技研討會，中華民國八十年十一月，第22之1-22之8頁。
4. 謝智宏，”海浪發電”，台電工程月刊，第616期，中華民國八十八年十二月，第55-70頁。
5. 曾若玄，”海洋波浪能源的利用”，科學期刊，第二十四卷，第十期，中華民國八十二年，第752-756頁。
6. 吳瑞祥，”防波堤式波浪發電之研究”，碩士論文，中山大學，中華民國八十五年。
7. David Ross, “Power from the Wave”, Oxford, 1995.
8. L. J. Duckers, “Wave Energy Research and Development Around the World”, Papers Presented at a Seminar Organized by the Energy Committee of Power and Process Industries Divisions of the Institution of Mechanical Engineers and Held at the Institution of Mechanical Engineers on 28 November 1991, pp. 7-12.
9. 美國專利 4178517 號。
10. 美國專利 5136173 號。
11. 美國專利 6515375B1 號。
12. 美國專利 4260901 號。



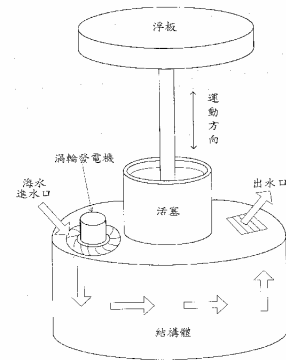
圖一 整流器波浪發電系統圖



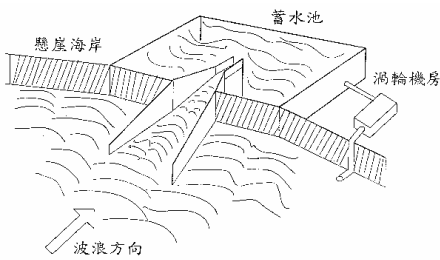
圖五 幫浦式波浪發電系統圖



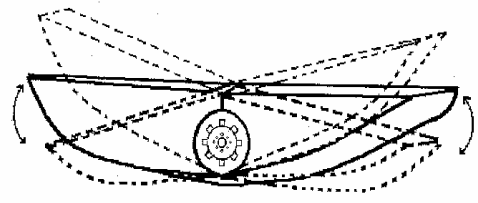
圖二 抽蓄式波浪發電系統圖



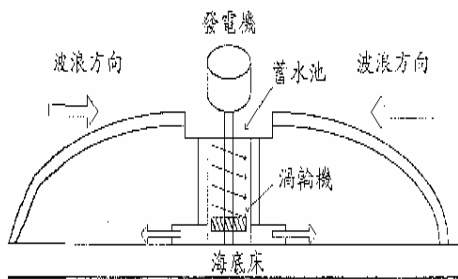
圖六 浮板牽引式波浪發電系統圖



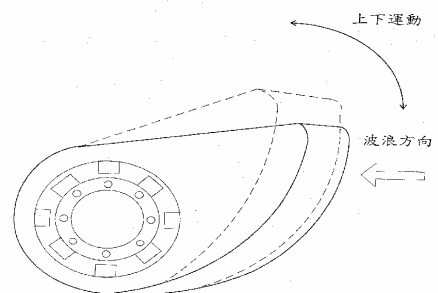
圖三 縮減水道波浪發電系統圖



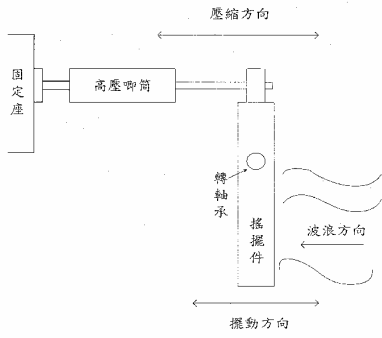
圖七 龍骨斷掉的船式波浪發電系統圖



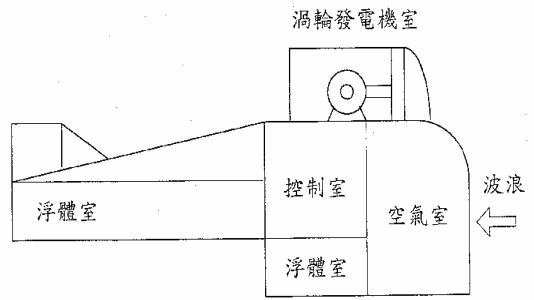
圖四 水壩環礁波浪發電系統圖



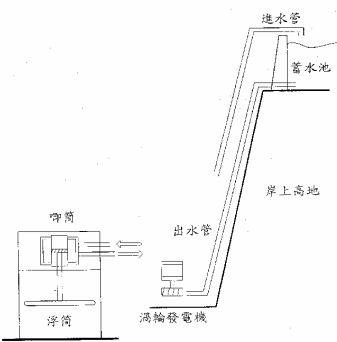
圖八 鴨型波浪發電系統圖



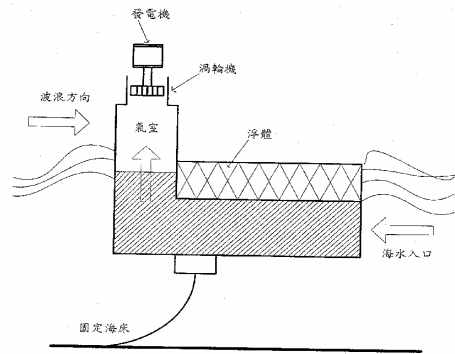
圖九 鐘擺型波浪發電系統圖



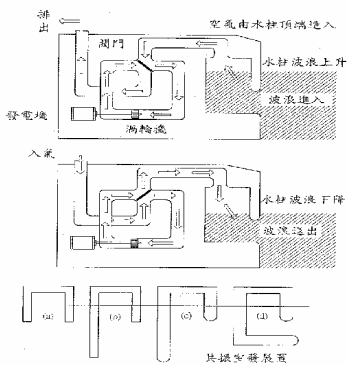
圖十三 巨鯨型波浪發電系統圖



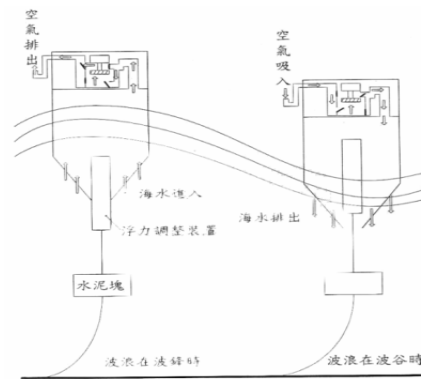
圖十 台電蘭嶼岸上式波浪發電系統圖



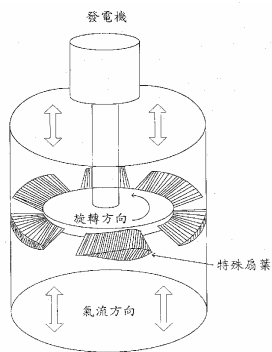
圖十四 反向導管浮體波浪發電系統圖



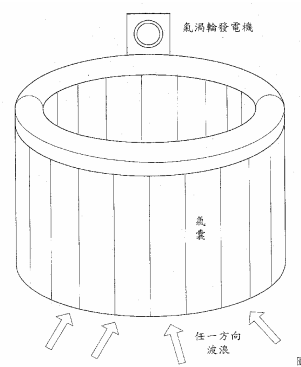
圖十一 共振水柱波浪發電系統圖



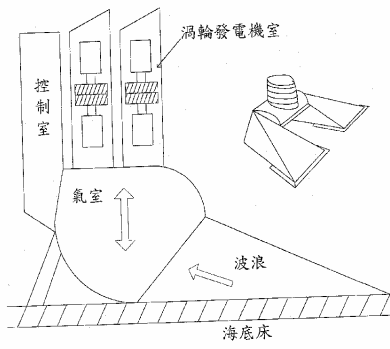
圖十五 氣動裝置波浪發電系統圖



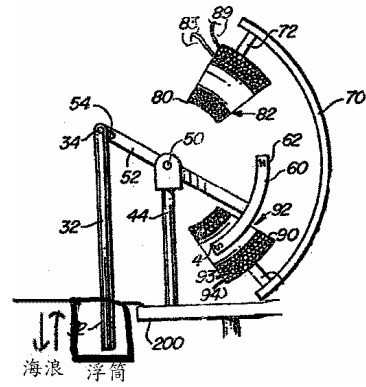
圖十二 單向氣渦輪機波浪發電系統圖



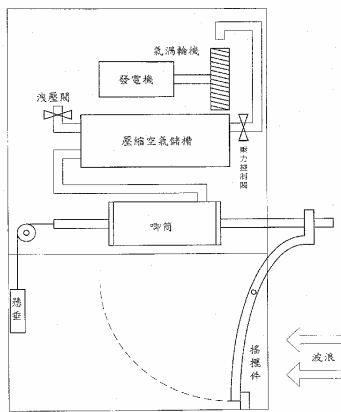
圖十六 圓形蛤波浪發電系統圖



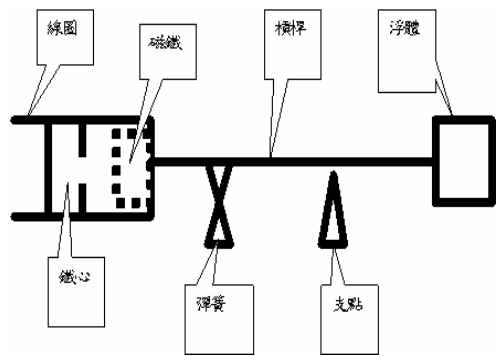
圖十七 以海浪驅動的再生能源波浪發電系統圖



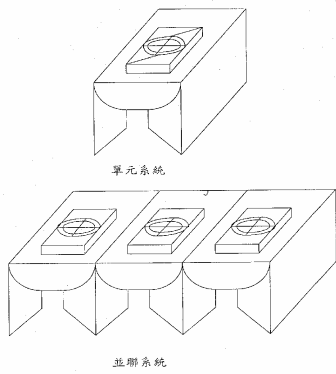
圖二十一 槓桿磁鐵波浪發電系統



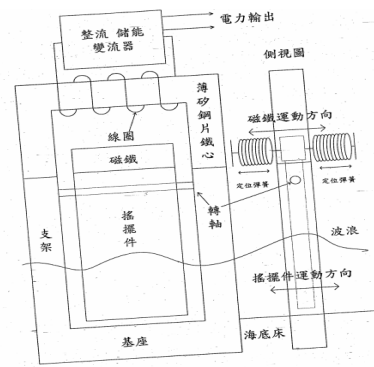
圖十八 工研院唧筒式波浪發電系統圖



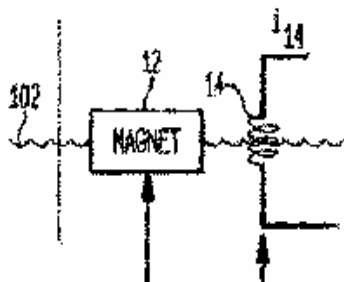
圖二十二 垂直動作型波浪發電方式



圖十九 防波堤式波浪發電系統圖



圖二十三 水平動作型波浪發電方式



圖二十 浮動磁鐵線圈波浪發電系統