

# 可利用於波浪發電之機構設計 A Mechanism Designed for Ocean Wave Energy Capture

曾彥魁<sup>1</sup>、江誌銘<sup>2</sup>

Yen-Kuei Tseng<sup>1</sup> and Ji-ming Giang<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> 國立勤益科技大學機械工程系

<sup>1,2</sup> Department of Mechanical Engineering,  
National Chin-Yi University of Technology

<sup>1</sup>E-mail: ykk5909@ncut.edu.tw

<sup>2</sup>E-mail: jimmywork2020@gmail.com

## 摘要

波浪能是一種取之不盡又用之不竭的乾淨能源，然而，在能源匱乏且地球暖化日益嚴重的時代，它仍未被大量開發利用。本研究主要的波浪能應用原理，是利用海水質量和波浪速度所產生的動量打在一組具有力臂的碗狀葉片上，使其產生角動量轉動中心軸，然後再帶動發電機構產生電力。為了使該等葉片能不受波浪方向影響，並且讓轉軸所承受之正、反向角動量淨值達到最大，本研究除了在碗狀葉片外型曲面上做設計以得到最大之曲面面積，同時也將力臂設計成可折彎的兩段式，如此可減短背向運轉之力臂而達到減小背向角動量之目的。除此外，本研究之設計還包含在碗狀葉片之上開設數個孔洞，並在其上裝置彈性簧片，使波浪打在碗狀葉片內側時能關閉孔洞，但在波浪從背側來時開啟，如此也可減小背向阻力或背向角動量。另外，本研究之碗狀葉片內側於設計時增加了一些隔板，該等隔板可讓波浪打擊在碗狀葉片內側後能具有較大的反彈角度，如此可以增加速度差而增大洞量以及角動量之產生。經由上述多項改良設計，一對分處於轉軸兩方之碗狀葉片，其淨角動量輸出可以大為提升，如此便可讓波浪發電之效益提高，而有機會成為具商業價值的乾淨能源產生方式。

**關鍵詞：**波浪發電、再生能源、溫室氣體。

## Abstract

Ocean wave is a kind of huge and never ended energy, in the time of rapid developing and energy deficit, it should be exploited to content human beings need. In this research, a mechanism for capturing the ocean wave energy is designed, which contains a set of bow shape propellers fixed to a rotatable pole by a fordable arms, when ocean wave hit the bow shape propellers, the line momentum of the concave surface should higher than the convex surface. The angular momentum is the product of line momentum and arm length, if length of arm in convex side is shortened with a fordable device, then the difference of angular momentum with the other side will be increased. In order to enlarge the momentum difference on both concave and convex side, holes with one way stop are setting up, when the wave come from convex side, holes will open to lower the resistance and line momentum. Except that, some strips are fixed onto the concave surface to change the return angle of the wave so as to increase the line or angular momentum.

**Keywords:** Ocean wave power、sustainable energy、greenhouse gas

## 1. 前言

自從工業革命以來，世界人口數持續成長，且隨著人口越來越多，我們賴以生存的地球資源被快速耗用，尤其是能源，因存量越來越少又取得不易，往往因產生爭奪而導致嚴重爭端，無論是石油、礦物或其他型態的能源都是如此。人類快速發展工業和科技的同時，除了侵害生態的原始平衡以外，大量奪取資源的結果，也產生了地球無法永續生存得危機。目前世界上各工業國或

正處於積極開發中的國家，大都面臨了能源匱乏以及能源成本飆升的問題，經濟發展也因而受到阻礙。以目前主要能源石油和煤礦來說，隨著工業的發展和交通的便捷，消耗更為快速。有專家學者研究指出，石油存量僅可再撐 50 年，而煤礦也僅剩 300 年的儲存量，但化石能源的不可恢復性是大家都知道的，後續能源的供給替代必須要早日設法加以解決[1]。替代能源的找尋及開發實都是刻不容緩的工作，如此才得以滿足現今工商業和家庭需求，再者，從另外一個角度看，現階

段被大量使用的化石燃料燃燒時所排放出的大量二氧化碳等溫室氣體，會導致地球暖化和氣候異常，因此之故，替代能源的開發不但刻不容緩，而且需趨向於乾淨而可再生的型式，在獲取所需能源的同時，又將減緩地球暖化所衍生的種種負面效應，讓地球能永續存在，實為一舉兩得。

能夠產生能源卻又不會對環境造成污染的新一代能源，其首要推薦的條件是要能夠取之不盡用之不竭，亦即是所謂的永續能源。目前最被大力發展的是太陽能、風力能和水力能。近年來，廣大海洋所釋放出的潮汐能和波浪能漸受重視，也有希望成為產出量大又不造成環境污染的綠色能源[2]。然而，上述諸多再生能源開發具有效率普遍不高的共同弱點，尤其是潮汐能和波浪能。然而，為了地球永續生存，吾人必須解決技術上的困難點，讓其變得具有發展價值。在瓶頸尚未克服之前，只能以不嫌少、積少成多、積沙成塔的觀念來開發綠色能源，而且，只要是低污染性、可再生的又不會產生溫室氣體的任何形式燃料，都是廿一世紀新能源開發的標的[3, 4]。

## 2. 研究動機

近年來石油、煤礦與天然氣等化石能源各成本不斷飆漲，儲存量也大幅減少，加上使用化石能源排放大量的溫室氣體引發氣候持續暖化，已造成全球經濟成長遲緩及天然災害頻仍等嚴重問題。人類對替代能源如太陽能、風力能、水力能和生質能等的投入與研究正處蓬勃，然而，佔地球 70% 的海洋在全球各國的海岸線無比綿長，海洋又具有無與倫比的澎湃能量，構成了支持開發海洋能源的絕佳條件。然而，不管是潮汐能還是波浪能，以全世界來說，被成功開發使用的大型案例卻仍很少。台灣屬於海島地形，全島共擁有 1,440 公里的海岸線，沿海地區由於受到強大季風的吹拂，在廣闊的海面上經常存在著洶湧的波濤。據研究顯示，台灣地區波浪能蘊藏量約為 1,000 萬瓩，可開採量約為 10 萬瓩，波浪能源蘊藏量可說是極為豐富，是一項可觀的海洋資源[5, 6]，因之，如何有效利用海浪所攜帶之能量來發電，也成為海洋工程研究人員所追求的最大目標。

波浪能可經濟開採之資源，約為世界發電總量的 11%，在全球化石能源逐漸枯竭之際，波浪能發電已開始吸引世界多國的投入。目前，日本、英國、愛爾蘭、挪威、西班牙、瑞典、丹麥、印度、美國等國家已相繼在海上建立了波浪發電裝置，但仍未達到普及的應用水準。波浪能發電既已受到各國政府部門的重視並投入經費研究，開

花結果應指日可待。據統計，目前進行中的波浪能開發計畫至少已有 40 個之多，且每年有增加之趨勢。台灣四周環海，波浪能甚為充足，也應積極投入相關研究。本文即是針對此項觀點，參與波浪能發電設施機構的設計開發，期能增加此領域的研究動能，讓更多有志者共同投入，使波浪能發電成為未來發展再生能源的可行選項。

現階段常採用之波浪發電的能量轉換方式是以相關的波浪能擷取機構將波浪的動能轉換成電能。波浪能裝置通常可分成兩部份，第一部份是採集系統，主要作用是獲取波浪能，第二部份是轉換系統，把獲取的波浪能轉換成某種特定形式的機械能或電能[7, 8]。

## 3. 波浪能發電機構設計方法

本研究是利用多個半弧形的碗狀葉片組裝在傘形的支架上而成出功機構(圖 1)。該出功機構之中心軸為可轉動，當受到力矩或角動量作用時會依所受方向轉動，而出功機構上之碗狀葉片可依需求選擇尺寸大小與數量以得到最佳之作功，也可隨既有空間大小制定力臂長短。另外，該機構為可外加式，以便處於較大海浪區域時可同時安裝數組出功機構於同一轉軸上以加倍成效，也可以在颱風來襲產生巨浪時加以拆卸以保護各項裝置。至於安裝地點，可於堤防上、海岸線上或海面平台上(圖 2)，如此利用海浪往覆運動來推動葉片轉動輪軸，再以輪軸帶動發電機構動來發電。另外，本研究設計的機構亦可安裝在船體上(圖 2)，當船停靠在岸邊時可利用波浪帶動本機構來發電，如船在航行中，則可以利用航行時船體與海水間之相對速度帶動機構來發電。

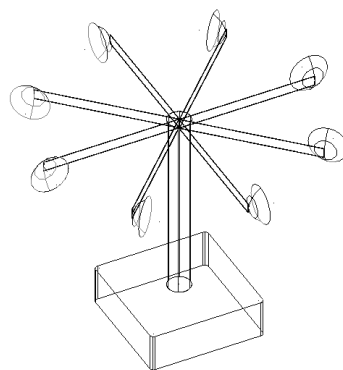


圖 1. 出力機構示意圖

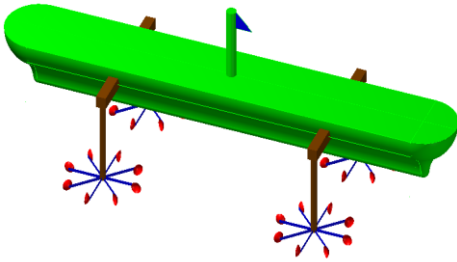


圖 2. 近海平台或船體安裝示意圖

上述之碗狀葉片可固接在一長條狀力臂上，當必要時，該出力結構的力臂也可以用二支桿件連接而成，且該連接處設有單向折彎功能，使碗狀葉片之正向受力的力臂可大於背向受力的力臂，藉以得到更大的淨力矩輸出，如此就可以增加發電系統之效率如圖 3 所示。

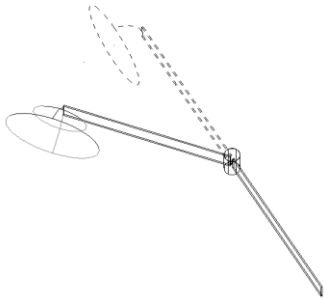


圖 3. 具有折彎功能之力臂機構示意圖

除了改變力臂以增加正向與反向兩端的輸出力矩以外，本研究還在該碗狀元件的內部開設多處孔洞，並在孔洞上附加彈性簧片。當波浪自正向打來時，彈性簧片受壓力而關閉，所承受之阻力和沒有開設孔洞時相同，但如果波浪係自背向打來，彈性簧片會受到壓力而開啟，所承受之阻力比沒有開設孔洞時要小許多，如此便可增加正向與背向兩端之受力差，因而增加了此系統的淨角動量輸出，也就提高了發電效率(圖 4)。

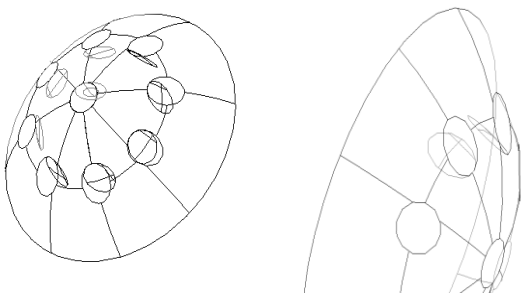


圖 4. 碗狀葉片開孔與彈性簧片之設置示意圖

#### 4. 機構功能分析

##### 4.1 波浪對機構產生之角動量

當單位質量  $m$  的波浪以速度  $v_0$  行進時，具有的線動量  $L_0 = mv_0$ 。如果波浪打在一個離旋轉點距離為  $r$  的平面上，其所產生的角動量  $H_0 = r \times mv_0$ ，此角動量可以轉動中心軸再帶動發電機來發電。

如果單位質量  $m$  的波浪以速度  $v_0$  打在碗狀葉片的內側或稱為正向，又以  $v_1$  的速度反彈回去，設碗狀葉片邊緣切線與中心線垂直面的夾角為  $\theta_1$ ，則產生的線動量為  $L_1 = m(v_0 + v_1 \sin \theta_1)$ ，對距離為  $r$  的中心軸所產生的角動量  $H_1 = r \times m(v_0 + v_1 \sin \theta_1)$ 。

又如果該單位質量  $m$  的波浪以速度  $v_2$  打在碗狀葉片的外側或稱之為背向，又以  $v_2$  的速度沿著碗狀元件邊緣切線流出，設碗狀元件邊緣切線與中心線垂直面的夾角為  $\theta_2$ ，則動量  $L_2 = mv_2 \sin \theta_2$ 。此處之  $\theta_2$  夾角和上述之  $\theta_1$  夾角並不一定相同，其對距離為  $r$  的中心軸所產生的角動量與前述之  $H_1$  方向恰好相反，大小為  $H_2 = r \times m(v_0 - v_2 \sin \theta_2)$ 。

由上述分析得知，單位質量  $m$  的波浪分別打在碗狀葉片的內側和外側，其對同樣距離為  $r$  的中心軸所產生的角動量並不相等，因此，以一對安裝於一水平線上的正向與背向碗狀葉片來說，受到來自同一方向的波浪，會有多餘的角動量產生以帶動中心軸旋轉，其淨角動量輸出為

$$H = H_1 - H_2 = m r \times (v_1 \sin \theta_1 + v_2 \sin \theta_2)$$

由上述結果可知，如果要得到最大淨角動量， $\theta_1$  和  $\theta_2$  要越大越好，但該等角度變大則整體受力面積亦將同時變小，所以必需從碗狀葉片之設計著手，除了以工具進行曲面分析外，並根據所顯示之曲面面積計算角動量之大小，如此就可以選擇最適當之形狀並計算出波浪沖擊所產生的總角動量(圖 6)。

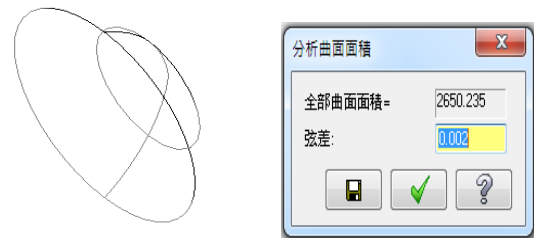


圖 5. 曲面分析例

上述提及  $\theta_1$  和  $\theta_2$  要越大越好，但必須兼顧總受力面積。因此，碗狀葉片設計時如能利用調整邊緣形狀，或在正向面以附加格框的方式，使

得在不改變受力面積的同時能加大回流流體之 $\theta_1$ 角或背向流體之 $\theta_2$ 角，以便得到更大之淨角動量輸出(圖6)。

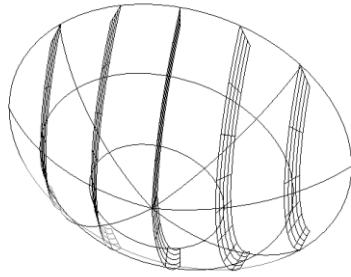


圖 6. 碗狀葉片正向曲面格框設計

#### 4.2 折彎力臂對機構之角動量

在前述分析中，角動量的大小和碗狀葉片與中心軸的距離  $r$  成正比，因此，如圖 3 所示之構造可適度減小背向葉片距離  $r$ 。當折彎角為  $\theta$  時，力臂大小會從原來的  $r$  縮短為  $r_i = r(0.5 + 0.5\cos\theta)^{0.5}$ ，當  $\theta$  為 0 度也就是不折彎時  $r_i = r$ ，當  $\theta$  不為 0 度時， $r_i$  就會小於  $r$ ，如此就可降低背向面之角動量，達到增加淨角動量輸出之目的。另外，當力臂折彎  $\theta$  角時，該碗狀葉片受波浪的衝擊面積  $A_2$  會減小為  $A_2 = A \cos\theta$ ，受力面積減少也有減小背向面阻力之效果。

#### 4.3 具開口簧片碗狀葉片對機構之角動量

減少背向角動量除了上述方式以外，本研究還在碗狀葉片內開設孔洞，並在孔洞上附加彈性簧片方式，讓波浪由正向衝擊時不受影響，從背向衝擊時則能衝開簧片，部分水流會經由所開設之孔洞流出，如此就可達到減低阻力之目的，其減少的比例即相當於孔洞面積佔整體葉片面積的比例。當然，孔洞之開設須以不影響碗狀葉片結構安全為原則。

#### 5. 結論

波浪能是一種取之不盡又用之不竭的乾淨能源，然而，它仍未被大量開發利用，相較於太陽能 and 風能，發展步調顯有落差。本研究主要的波浪能應用原理，是利用海水質量和波浪速度所產生的動量打在一組具有力臂的碗狀葉片上，使其產生角動量轉動中心軸，然後再帶動發電機構產生電力。為了使該等葉片能不受波浪方向影響，並且讓轉軸所承受之正、反向角動量淨值達到最大，本研究除了在碗狀葉片外型曲面上做設計以得到最大之曲面面積，同時也將力臂設計成可折彎的兩段式，如此可減短背向運轉之力臂而達到減小背向角動量之目的。除此外，本研究之設計

還包含在碗狀葉片之上開設數個孔洞，並在其上裝置彈性簧片，使波浪打在碗狀葉片內側時能關閉孔洞，但在波浪從背側來時開啟，如此也可減小背向阻力或背向角動量。另外，本研究之碗狀葉片內側於設計時增加了一些隔板，該等隔板可讓波浪打擊在碗狀葉片內側後能具有較大的反彈角度，如此可以增加速度差而增大洞量以及角動量之產生。經由上述多項改良設計，一對分處於轉軸兩方之碗狀葉片，其淨角動量輸出可以大為提升，如此便可讓波浪發電之效益提高，而有機會成為具商業價值的乾淨能源產生方式。

#### 6. 參考文獻

- [1] 網站在線資料  
<http://cct.me.ntut.edu.tw/ccteducation/greenenergy/>
- [2] 網站在線資料(中央氣象局)  
<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
- [3] 再生能源網  
<http://re.org.tw/index.aspx>
- [4] 綠色能源網  
<http://re.org.tw/green/index.html>
- [5] 經濟部能源局 <http://www.moeaboe.gov.tw/>
- [6] 崑山科技大學：波浪發電之改良，專利證書號 M298646(運用領域-綠色能源)
- [7] 網站在線資料(台灣實驗室網)  
<http://www.taiwanlab.com.tw/protocol/show.asp?id=8804>
- [8] 國立中山大學海洋環境及工程學系所論文，浮式結構物應用於波浪發電研究。
- [9] 標準與測試技術，綠色科技工程與應用研討會論文集，2010 年。