

太陽能應用於台灣港灣之初步研究

邱永芳 交通部運研所港灣技術研究中心主任
李賢華 國立中山大學海洋環境及工程系教授
黃茂信 交通部運研所港灣技術研究中心副研究員
張正憲 國立中山大學海洋環境及工程系研究助理
方鉢淳 國立中山大學海洋環境及工程系研究助理

一、綠色能源

綠色能源 (Green energy) 也稱為清潔能源 (Clean energy)，是指無污染的能量來源，在能源的獲得或生產過程中污染物的排放較一般能源來得少或幾近無污染，由於非可再生能源面臨乾竭的困境，以及近年工業、運輸、商業及家庭等因素大量燃燒石油及天然氣，產生過多的二氧化碳及廢熱，地球暖化的問題日益嚴重，大自然的各種極端性災害接踵而至，使得各國學者提出必須改變舊的能源利用方式，因此開發綠色能源的技術與決心成為近年來的重要議題。

而所謂綠色能源分為狹義與廣義兩種闡述，狹義來說，即指再生能源 (或可再生能源)，如太陽能 (Solar energy)、風能 (Wind energy)、水能 (Hydropower)、海洋能 (Ocean energy)、地熱能 (Geothermal energy) 等，再生能源消耗後可再行循環利用，對環境的負擔

小。而廣義上則指在能源的生產與消費過程中，使用對生態環境造成低污染或無污染的能源，如天然氣、清潔煤則在此列。

本研究中思考如何將綠色能源應用於港埠結構物上，如防波堤及既有建築物上，在不影響到港埠作業的前提下發展綠色能源，可用提供港埠照明用電或部分民生用電。首先考慮者為目前發展較為成熟且在台灣已較廣泛被應用的太陽能及風能系統，利用各大港口之衛星影像，以較粗略的判別方式，配合氣象局及其他調查單位於各港之天候環境資料，概估台灣各港在發展太陽能及風能之可行性。

二、太陽能發展簡介

太陽能始於 19 世紀時的「光起電力」行為，到了 1950 年代，隨著對半導體物性的了解及加工技術的進步，第一個太陽能電池在 1954 年，於美國的貝爾實驗室誕生，此後的發展則如

雨後春筍般的廣泛應用，1957 年蘇聯的第一顆人造衛星，一直到 1969 年美國登陸月球都有應用到太陽能電池的技術，1973 年爆發了石油危機，各國更加積極的發展替代能源，太陽能發展至今效率已成長數倍。

一般常見之太陽能板種類如下表 1。

太陽能屬於可再生能源，應用方便且不具危險，是極具潛力的乾淨能源，其在作用過程中不會產生有害物質，對於環境的汙染較低，且無地區性或資源的限制，僅需日照充足的地方即可使用。

太陽能的轉換主要有三種形式：分為光化學轉化、太陽能光熱轉化、太陽能光電轉換。

光化學轉化：係指在太陽光的照射下，物質發生化學、生物反應，如

植物體中之葉綠素，在光照下進行的光合作用。

太陽能光熱轉化：藉由反射、吸收等方式蒐集太陽輻射能並轉化為熱能，一般常見如太陽能熱水器、太陽能溫室等。

太陽能光電轉化：利用光電轉換元件將太陽能轉成電能，此即為太陽能電池，從 1960 年代開始發展，至今已廣泛應用於各領域，如常見的路燈、計算機、手錶等設備電源。

太陽能電池 (solar cell) 是以半導體製程製成的，其發電原理是將太陽光照射於太陽電池上，使太陽電池吸收太陽光能透過 p- 型半導體及 n- 型半導體使其產生電子 (負極) 及電洞 (正極)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載，而太陽能電池產生的電為直流電。

表 1 太陽能電池種類^[1]

種類	使用之材料與技術		能量擷取率
晶片型太陽能電池	單晶矽		12~20%
	多晶矽		10~18%
	非晶矽		6~9%
薄膜型太陽能電池	薄膜矽技術		7~8.5%
	化合物半導體技術	III-V 族 (聚光型太陽能電池)	26~28%
		II-VI 族 (GIGS、CdTE)	10~20%
	新興材料技術	有機電池	8.5%
		球狀矽技術	11.7%
		染料敏化電池	12%
		串疊型電池	39%

三、太陽能發電系統設置條件

根據中央技術研究院－太陽能光電資訊網^[1]，設置太陽光電系統時應考慮設置地點與面積：1 峰瓩*(kWp) 太陽光電系統所需使用設置面積約為 10 平方公尺。(峰瓩：大約是正中午時的陽光照射量下的太陽電池輸出功率。即約在攝氏 25 度時，以 1,000W/m² 強度的陽光，光譜為 AM1.5 的照射，可輸出 1 瓩電力之太陽電池容量，稱為 1 峰瓩。)

近年設置太陽能板之單位成本參考資料如下：

- (1) 經濟部能源局推動「陽光屋頂百萬座」計畫調查價格(屋頂型)：新台幣 7~10 萬元/kWp
- (2) 根據近年標案調查最近得標資料(如表 2)。

參考綠能趨勢網 (EnergyTrend) 之每周太陽能價格趨勢評論，因 2015 年

八月底加工貿易手冊暫停後，歐美太陽能板大廠銷往中國的多晶矽需課高額關稅，因此損失了中國市場後僅能出口至台灣、韓國等地，造成中國除外的地區多晶矽有過供過於求的現象，目前價格維持在 US\$13.5~14/KG 的低水位。

電池片方面，台灣已有不少轉換效率達 17.8% 以上的電池廠穩站 US\$0.32/watt，並有機會向 US\$0.325/watt 靠攏。而矽晶圓部分，因中、台及第三地電池價格上漲，台灣受中國二線廠的低價銷售挑戰，目前呈現較持平的局面，價格於 US\$ 0.82~0.825/pc 間。

包含裝設工本費及成本等，目前國內之太陽能板裝設成本落於 4~10 萬/kWp，而本研究中以 6 萬/kWp 為成本計算(實際裝設成本以配合廠商與當時價格為主)

表 2 依標案查詢近年太陽能板設置得標資料

檔案名稱	採購屬性	決標日期	採購機關	設置容量(kWP)	金額(元)	元/kWP
T-102149 20.16kW 太陽能發電系統組	財務	102.06.06	清華大學	20.16	1,120,000	55,556
K015014 6kW 太陽發電系統	財務	102.05.20	崑山科技大學	6	715,000,	119,167

(資料來源：聚恆科技股份有限公司)

四、太陽能發電應用於各港口之概略分析

本研究內容以台灣四大港口：基隆港、台中港、高雄港、花蓮港作為研究案例，初步構想為將太陽能板架設於港區內可利用的建築物屋頂上，以達到最佳效率，而本研究現階段因人力、經費等問題尚在構思階段，對於現地勘查的進行有其難度，因此先使用 GIS 軟體估算港區屋頂面積，以高雄港為例：

先於 Google Earth 軟體中將高雄港區的衛星圖片擷下，並於 Photo shop 軟體中拼接成港區圖（如圖 1），再於 GIS 軟體中將高雄港區圖座標化，利

用軟體中之計算工具計算港區內之屋頂總面積（去除部分已裝設其他裝置的建築物屋頂），即可得裝設太陽能板之概估屋頂面積。

太陽能板發電量會因日照量而變動，其他如光電板體積塵、太陽電池效率、電力迴路等因素也會造成發電量下降，故在發電量估算上還需乘上一折減係數，根據文獻 [2] 中所述此折減係數一般取 0.7。

估算裝設面積後，利用中央技術研究院－太陽能光電資訊網中提供的相關資料，以及各港區的日照時間表（如表 3），作為裝設成本及發電量的預估。



圖 1 高雄港區衛星圖

表 3 2008~2014 年各港之日照時間 (單位：小時)

	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	平均
基隆港	1364.2	1473.4	1657.4	1173	1276.2	1345.7	1454.1	1392
台中港	1952.8	2094	1886.1	1842.1	1795.6	1889.4	1962.9	1917.6
高雄港	2282.5	2523.1	2378.4	2136.7	2255.4	2307.2	2494.4	2339.7
花蓮港	1630.9	1773.2	1677.2	1473.2	1433.9	1566.1	1679.8	1604.9

(資料來源：中央氣象局 2008~2014 年氣象監測報告)

表 4 各港口太陽能發電功率與成本估算

港口位置	港區總面積 (公頃)	屋頂覆蓋面積 (公頃)	年平均日照時間 (小時)	發電量 (萬度)	成本 (億元)	成本 (萬元) / 每十萬度
基隆港	572	19	1392	1718	11.4 億元	663.6 萬元
台中港	3793	76	1917.6	9233	45.6 億元	493.9 萬元
高雄港	17678	96	2339.7	11654	57.6 億元	494.3 萬元
花蓮港	308	8.1	1604.9	626	4.8 億元	766.8 萬元

五、四大港區設置太陽能條件

根據目標港口 (基隆港、台中港、高雄港及花蓮港) 之日照時間、港區面積等資料，估算太陽能發電系統應用之發電量及預期成本，以基隆港為例：

可裝設之屋頂面積為 19 萬平方公尺，每 10 平方公尺的太陽能電池功率為 1kWp，故基隆港的設置容量大約為 19,000 kWp，將值輸入經過概算，可得年發電量約為 1553 萬度，乘上折減係數 0.7 後，約為 1087 萬度；而裝設成本粗估約為 19,000 kWp*6 萬元 / kWp = 11.4 億元。

以同樣方式估算台中港、高雄港、花蓮港之發電功率與成本，其結果彙

整如表 4，可發現日照時間充足的區域，其裝設太陽能板的發電成本越低，代表其發展太陽能板的成效越佳，由本研究四個案例中發現台中港與高雄港較適合發展太陽能。

六、結論

本研究中探討太陽能及風能發電系統應用於港區，以結合現有之港灣結構並不影響港區工作的前提下估算其應用的成本及效率，檢討本研究成果分析，太陽能發電系統重度倚賴日照時間，因此在本研究中的案例比較中，高雄港與台中港兩港的雨季短，日照時間較長，比起花蓮港跟基隆港更適合發展太陽能發電系統做綠能發電。

參考文獻

1. 太陽光電資訊網 <http://solarpv.itri.org.tw/memb/main.aspx> 。
2. 歐文生、何明錦、陳瑞、陳建富、繫時麒，台灣太陽能設計用標準日射量之研究，中華民國建築學會「建築學報」第 64 期，2008 年 6 月，103~118 頁。
3. 台灣港務股份有限公司 <http://www.twport.com.tw/> 。