

# 自Turnkey切入核心技術 台灣太陽光電全球突圍

傳說西元前214年，阿基米德以大量的金屬鏡面聚光，  
將太陽光反射集中在來攻的羅馬戰船上，令其燃燒焚毀。  
不論這是個故事或史實，卻足以說明人類利用太陽能的歷史已久。  
數千年後，人類更冀望能以太陽能發電，  
取代石化能源的使用，減少對環境的衝擊，  
並將成爲未來潔淨與再生能源的一大主力。

文 魏茂國 攝影 鄧福生







大有國小學校大門上的太陽光電設備，讓孩子們體會到這項能源的力量，為落實能源教育紮根。

**走**進嘉義縣中埔鄉的大有國小，在校門口就可看到一項太陽光電的設備：經由太陽能板的供電，就可驅動馬達抽水，使上下層水流循環，隨著陽光的強弱，水流量與速度也會不同。

在這間僅有60位學生的校園裡，二樓走廊上除了還有個相同的裝置外，並設置了太陽能網站教學系統，讓學生可以自行操作，查詢各國太陽光電設備的裝置與介紹，並得知校內太陽光電的發電量。另外在課堂上，還有簡易的小型太陽能燈與太陽能車等教具，供學生了解太陽能與電能的關係。

為推動永續校園的理念，在教育部與經濟部能源局的經費補貼，以及工研院、南華大學、虎尾科大等單位的協助下，大有國小於2007年底建置了太陽光電的相關設施；不只每個月可省下一筆電費，並透過自然、語文、生活等課程，將太陽光電的原理及知識傳遞給下一代，落實能源教育的紮根。

### 太陽光電全球皆關注

在節能減碳與能源的議題發酵下，如何減少資源的耗費，並尋找更乾淨、可再生的替代能源，已經成為目前許多國家的重要政策及發展方向；具有指標意義的太陽光電自是不可或缺的一部分，同時市場需求與產業規模也不斷地激增。

以全球太陽光電的裝設量，自2005至2007的三年中，平均就增加了40%；2007年並已超過2.6GWp，2008年接近6GWp。如以台灣太陽光電的產值來看，也從2005年的新台幣60多億元，到2006年的212億元，2007年超過500億元，2008年更突破1,000億元；其中占有最大部分的是太陽能電池，已是全球第四大生產國，僅次於德國、日本與中國大陸。

對於能源需求、環境保護、資源耗竭這類議題較有危機感的國家，太陽光電是個重要的解決之道；像日本無論在生產或裝設太陽光電，都投入得相當早。工研院太陽光電科技中心主任藍崇文更指出，論及太陽光電的急速成長，就不能不提德國再生能源法（EEG）的實施；其主要在於將過去以社會補貼太陽光電的設置，改為購電補貼的方式，於固定期間內以高於一般電價由電力公司保證收購。

因此，太陽光電已不只是單純的自用設備，而是可以像投資生產商品般來獲利；「家裡就變成小型的發電站，社區也變成小型電廠，」藍崇文說。這項政策的轉變與誘因，不但提高民眾裝設太陽光電的意願，並引起西班牙、丹麥等國家的群起效尤，使得全球太陽光電開始盛行。

全球太陽光電的迅速發展，亦顯示了人類對替代能源的需求。甫上任的美國總統歐巴馬，即在其提出的阿波羅計畫（Apollo Project）中，規劃未來10年將投入5,000億美元發展替代能源，並提高能源使用效率；而太陽光電就是



其中一項重點領域，也預期會帶動全球太陽光電產業推進。除了5,000億美元的投資外，阿波羅計畫亦希望2025年替代能源比重可達25%，同時提高能源使用效率，此計畫也可創造500萬個「綠領 (green-collar)」工作機會。

經濟部能源局局長葉惠青表示，由於太陽光電產業與半導體產業的發展非常接近，台灣在既有的製程與人力基礎上，相對也較容易發展太陽光電，廠商的意願也較高。目前在太陽光電的供應鏈中，除最上游的矽原料 (Silicon) 外，在矽晶圓 (Wafer)、太陽能電池 (Cell)、模組 (Module) 以及系統組裝 (System) 等，台灣擁有近80家廠商，供應鏈相當完整；像是在矽薄膜太陽能電池方面，過去一兩年內就有十多家廠商投入，成長非常快速。

### 成本為最大考量

雖然近幾年太陽光電產業的規模急速上升，但在產業發展的背後，台灣所面臨的挑戰也不少，成本的議題就是一例，特別是原料的部分。藍崇文指出，太陽光電的成本昂貴，一直是產業界最大的問題；以台灣的發電成本，一般家庭用電每一度約為2.5至4元不等，但太陽光電卻要12元之多，也是造成推廣不易的原因。

葉惠青也提到，近年來國內許多生產多晶矽太陽能電池的廠商，轉為

除了用太陽光電驅動水流之外，大有國小規劃這項設施時，用的也是附近酒廠廢棄的酒甕，既省錢又環保。

大有國小校園走廊上，設有太陽能網站教學系統，讓學生可自行查詢各國太陽光電設備的裝置與介紹，以及得知校內太陽光電的發電量。



投入矽薄膜太陽能電池的市場，就與矽原料供不應求、價格上漲有關。從矽原料價格的變化來看，2001年時一公斤約僅10美元出頭，後來最高曾飆漲至500多美元，就可看出廠商沉重的經營壓力，也連帶影響了產品的市場價格。

為克服料源缺乏的問題，葉惠青指出，國內除了以合約方式，試圖取得穩定的來源，或是由半導體廠商生產的下腳料取得外，經濟部工業局與技術處等單位，皆希望能解決太陽光電廠商的困境，包括協助引進國際原料廠商來台設廠，或是透過工研院等研發單位，研發具自主性的製造技術，以期以掌控原料的來源。

### 市場需求提供發展機會

今年以來矽原料的供給與價格回穩，亦有助產業的發展。藍崇文表示，當太陽光電的發電成本，相當或低於向電力公司購電的價格時，對於電力公司的仰賴就會降低，並提高購買太陽光電設備自行發電的意願；如果有更多人願意裝設太陽光電，就代表有更多的潔淨能源，進而帶動更多需求。

「規模是太陽光電價格下降的重要指標，」藍崇文分析，以往太陽光電的價格，約每十年下跌一半以上，靠的就是產量規模的提升；即便從2005至2006年起，全球太陽光電的裝置量上升，但實際上所產生的電量比例還很小。以德國為例，目前也只有1%的電力(5GWp)是來自太陽光電。

若以歐洲太陽光電產業協會(EPIA)評估，至2020年時，歐盟將有12%的電力是來自太陽光電的構想，顯示未來全球的成長空間還是很大，可為倍數的高成長。而各國在推廣太陽光電的策略與做法也很積極，例如日本從2009年1月起已恢復對太陽光電設置的補貼，並致力於2010年、2020年及2030年，

將每kWp的發電成本分別降至23、14及7日圓；韓國也提出計畫至2012年，關於太陽光電系統之補助範圍，將擴大達到10萬戶住宅屋頂及7萬個建築物，累計裝置量達1.3GWp。

台灣的太陽光電設置目標，則是規劃於2012年達60MWp，2015年提高為320MWp，於2025年時更達1GWp。另一方面，全球尚有四分之一，也就是四至五億的人口無電可用，多是屬於落後貧窮的地區和國家，而太陽光電也正是解決用電的主要方式，同時可促進生產與改變。

## 開發核心自主技術

在市場前景可期的狀況下，開發核心、具有競爭力的技術，創造台灣在太陽光電產業的優勢，便是刻不容緩的議題。特別是在技術方面，過去為爭取快速導入並維持獲利的目的，國內廠商多是採用直接購入國外既有技術與設備的策略，也就是使用所謂的「Turnkey」；因此大多無法掌握技術關鍵，也形成產業突破的瓶頸。

工研院研發太陽光電的歷史並不短，早在1988年就成立光華開發科技公司，生產薄膜式太陽電池；後來相關的研究則多集中在矽晶與染料敏化太陽能電池（Dye Sensitized Solar Cell；DSC），其中矽晶研究的部分，也於2005年另行成立了旺能光電公司，是國內重要的太陽能電池生產廠商。為了整合太陽光電的研發力量，工研院於2006年1月成立太陽光電科技中心，也正是全球及國內太陽光電產業蓬勃發展的一年。

長期而言，使用Turnkey因為缺乏差異化，競爭力也會降低；然而，過去不論在工研院或學術單位，對於太陽光電的研究都比較少，不像澳洲、德國、美國、日本等研究單位，都有長時間的研發能量及深度，不只是目前台灣需迎頭趕上的，也是太電中心成立以來的重要任務。

「國內產業的優勢，在於製造與價格，因此未來也會有能力提供全球低價的太陽光電產品與能源，」藍崇文表示，台灣在太陽光電的技術研發，一定要能兼具高效率與低成本，同時還要整合學校及業界的力量，將新技術透過設備導入業界。當具有可提升太陽光電效率的技術，並與國內設備商結合自主開發，就能降低設備及導入成本。

換句話說，研發的目標就是要用更便宜的技術，將太陽能轉變成電力。其中的研發方向包括了製造與獲得材料的方法；或是用較便宜的材料，但透過較好的技術達到相同的發電效率；或是利用更佳的電池設計，以及較便宜的製程與設備等。為兼顧現今產業發展與未來演變的需求，在多晶矽、矽薄膜以及下世代三種太陽能電池（有機、染料敏化）的研究上，太電中心約是以3:5:2的比例進行。



經濟部能源局局長葉惠青強調，協助太陽光電廠商技術突圍很重要，不僅可增加競爭力，市場的機會也會比較多。



工研院太電中心主任藍崇文指出，太陽光電是非常安靜、便利、乾淨的能源，裝設容易、對環境衝擊也小，發展太陽光電是理所當然的。

葉惠青也強調協助廠商技術突圍的重要性，以多晶矽太陽能電池來說，目前國際間的產品轉換效率約為15%至16%，台灣所生產的產品雖然只略低了約1%；但想要增加1%的效率，營業成本卻相差了7%左右。因此若能在提高效率的同時使成本降低，增加競爭力，市場的機會也會比較多。

### 技術與推廣並行

生產技術的提升與進步，牽動著太陽光電的推廣成效；應用端要求的不僅是成本，而且要能夠藉由設備穩定發電，提供好的電力；而且當產業愈為成熟時，下游的利潤就愈高。可以預期的是，會有更多廠商在電池與模組之外，加強發展系統與整合規劃；與建材相結合，具有發電與隔熱等功能；或是投資設置太陽能電廠，都會是創新應用的範例。

因此，除了以技術開發結合設備來協助產業發展外，葉惠青指出，政府單位還需要在環境面建構、關鍵供應鏈投資、新市場開發轉進、內需市場建立、下世代太陽能電池布局等方面著手努力；像是法令與標準的訂定（如再生能源條例）、檢測與認證實驗室的建置、增加對市場的掌握度，前瞻技術的研發等。

而工研院太電中心的角色，即是協助政府整合發展，使業者生產發電效率更好、成本更低的太陽光電設備，並積極進行產業推廣。藍崇文表示，目前太電中心約有二成的人力負責產業推廣的工作，例如從案例分享，讓廠商獲取更多經驗；或是透過監測與研究國內系統和模組的發電情形，讓廠商了解問題與品質改善的方法；或是尋找在不同氣候環境條件下，最佳發電效率的模組搭配及設置等。

另外，太電中心也與量測中心合作建置太陽光電認證實驗室，未來國內模組產品的認證，就可以直接在工研院進行，以迎合國內太陽光電產能有97%為出口的型態，提高國際競爭力。

也由於工研院多年來對太陽光電的投入，加上與學校、業者的密切合作，已經獲得廠商的認同，並有了顯著的成果。比如在矽晶太陽能電池方面，已讓國內自製能力超過八成，另外還與設備廠商合作生產電漿輔助化學氣相沈積（PECVD）機台、網印機（Screen Printer）等設備；工研院也協助學校方面架設系統或監測設備，以及為廠商教育訓練等合作。

### 產業前景值得期待

但藍崇文也說，像太陽光電這樣的新興產業，要能夠真正整合國內所有產官學研的力量並不容易，卻也是勢在必行的任務。像以日本新能源產業技術

綜合開發機構 (NEDO) 推動計畫時，經常是由上到下，結合學術界、研究單位、產業界等一起規劃進行。

台灣雖缺乏傳統能源，但因地理位置優越，太陽能充足，使台灣擁有再生能源的豐富資源。「太陽光電是個非常安靜、便利、乾淨的能源，裝設容易、對環境衝擊也小，因此發展太陽光電是理所當然的。」藍崇文相當看好未來的太陽光電產業，尤其當成本愈低、發電效率愈高，需求也會變得愈來愈大。

葉惠青認為，過去台灣發展能源時，產業面的思考較不足，未能同時提升國內產業，不過只要節能減碳的議題不減，太陽光電的遠景都會存在，也會在未來的再生能源貢獻中占有重要地位。而從全球太陽光電的需求面來看，更提供了台灣產業最佳的發展機會，並冀望能建構完整的產業鏈，跟上國際技術水準，以開拓市場。 ■

## 太陽光電的故事校園

到了嘉義縣中埔鄉大有國小，只要運氣不是太糟，肯定會有強烈刺眼的豔陽迎接著。在這樣一塊陽光充足的校園裡，利用太陽光電進行能源教育，當然是最適當不過的了。經由教育部永續校園局部改造計畫，以及經濟部能源局太陽能光電板經費補助，加上工研院的協助，大有國小的太陽能故事就此展開。

說這是個「故事」，是因為大有國小曾遭受九二一地震侵襲，目前的新建校園就是以「故事校園」概念來建構的。以在校門口的太陽光電系統來說，不僅是一個用太陽能發電驅動水流的設備，在整體布置上還結合了「故事校園」的意象進行擺設，並附有解說牌，讓太陽光電也能成為故事中的一個角色。

本身也是嘉義子弟的大有國小校長劉志龍認為，過度的人為開發造成許多環境破壞，也讓人反省並思考減低對環境的衝擊，同時開發永續能源的解決方式。這樣的觀念要教育給下一代，最好的方法就是藉由實際的觀察與感受來加深印象；因此不像其他學校或單位，僅是裝設太陽能板，搭配數據的顯示而已。劉志龍希望讓小朋友實際體會到太陽能與電力之間的關係展現，了解人與環境共生的實際價值，「比用再多書本、講再多話都還來得有效，」劉志龍笑著說。

甚至平時在環保教育上，大有國小也經常花心思來讓小朋友們體會；像是利用廢棄輪胎剪開後染色，或是用五彩繽紛的磁磚，讓學生可以做成馬賽克拼圖畫作。經由這些創意之舉，大有國小的能源及環保故事，還會繼續地寫下去。(魏茂國) ■



九二一地震後重建的大有國小新校園，在校門口設置太陽能發電驅動水流的設備，讓太陽光電也成為整體「故事校園」裡的一個角色。



# 金融海嘯下， 中國太陽光電產業 發展正夯

文工研院產業經濟與趨勢研究中心 (IEK) 王孟傑

這波金融海嘯為中國太陽光電廠商帶來的改變契機，是他們不只思考大量出貨，還開始加速本身產品的創新及差異化。

**觀**察中國各大電池模組廠2008的第三季報告，由於金融海嘯的影響，可發現其全年出貨量與第二季比較起來都是向下修正；而反觀上游的矽晶錠及矽晶圓的廠商，如浙江昱輝(Renesola)及江西賽維LDK，由於與下游電池廠簽有長期供料契約，可以穩定維持其需求端的供應，因此並沒有減產，反而有增產的現象，且還更積極地往上游多晶矽材料投資發展。

而歐美各國市場的減速現象造成的影響也有很大的差異，主要是看公司的輸出區域、結算貨幣及金融相抵等手段。歐元的匯率波動在20%上下，對於以歐洲地區為輸出中心的中國廠商而言，造成了相當大的匯差損失，尤其是對一些規模小且資金少的公司，打擊尤其大。因此，中國境內大部分的模組專業廠商，都直接地減少產出，甚至到了停產的階段。

但實際上，這現象對於急速擴大的中國廠商也是另一個改變的新機會。經過這波金融海嘯的洗禮，許多廠商將不只思考要大量出貨，而會考量到本身產品特色及品質的管控，並極力促成產業的健全化，以避免泡沫化的後果；因此已經有廠商開始加速本身產品的創新及差異化，如尚德的Pluto系列產品及中電光伏(China Sunergy)所推出的Selective Emitter技術皆是出於此發展策略。

## 打破「兩頭外行」持續進行

中國雖然在2007年成為全球最大的太陽能電池生產地區，但矽材料始終仰賴國外進口，系統市場也不夠明朗，使得「兩頭在外」的處境一直持續著。為了求突破，中國除了由政策來持續帶動系統市場外，上游也有很多廠商投入多晶矽的生產，根據峨嵋半導體的數據指出，截至2008年4月為止，矽材廠已建成、建設中及預定設立的廠商，已有64家，總投資額已超過1,000億人民幣，且未來不排除有新的發展計畫將會發表。

2007年中國境內所生產的矽材約有1,130公噸，然而在2008年之間，宣稱已開始稼動的廠商已有15家，產量估計可達到5,000公噸，而其中規模最大的莫過於江西賽維LDK，其年產能15,000公噸的太陽能級多晶矽的工廠已建設完成並開始試產；其次為四川永祥，預估2009年將會生產4,000噸

表一 中國各大太陽光電廠商之產能產量預估

單位：MW

| 公司      | 2008        |  | 2009                    |  |
|---------|-------------|--|-------------------------|--|
|         | 年底產能        | 預估產量                                   | 計劃產能                    | 預估產量/出貨量                               |
| 尚德電力    | 1,000       | 第二季估550/第三季估490                        | 1,000                   | 出貨800                                  |
| CSI阿特斯  | 電池400/模組620 | 模組<br>第二季估200~220/第三季估170~175          | 年初產能<br>電池400/模組800     | 模組出貨500~550                            |
| 林洋新能源   | 360         | 第二季估175~190/第三季估稍稍下修                   | 480                     | 產量200以上                                |
| 天合光能    | 350         | 第二季估210~220/第三季估200~206                | N/A                     | N/A                                    |
| 晶澳太陽能   | 600         | 第二季估340~350/第三季估310                    | 1,000                   | 產量800                                  |
| 天威英利    | 400         | 270~280                                | 第三季至600                 | 模組出貨550~600                            |
| 中電光伏    | 320         | 第二季估125~145/第三季估107~112                | N/A                     | 產量180~210                              |
| 江西賽維LDK | 1400        | 第二季估750~770<br>第三季估823~833,多晶矽約15~20公噸 | 矽晶圓2,300<br>多晶矽15,000公噸 | 矽晶圓出貨1,800~1,850<br>多晶矽產量5,000~7,000公噸 |
| 浙江昱輝    | 晶錠645/晶圓585 | 340~350                                | 1,000                   | N/A                                    |

資料來源：日經 工研院IEK(2009/01)

的多晶矽，再進一步將產能擴充到1萬公噸。若中國廠商順利生產，五年內多晶矽的生產成本下降到每公斤20美元的水準的話，將擁有與世界大廠競爭的本錢。

「兩頭在外」的另一端即是指對於海外市場的依存度過高，當國外補助縮減時，出貨即受到影響，這也使得中國政府相當重視這個問題；自2008下半年開始，中國政府及企業雙方開始對於國內市場進行加強的手段。

## IEK觀點

面對突如其來的金融海嘯，各產業開始面臨減產和裁員的危機，太陽光電廠也不例外，因此各個廠商都開始尋找可以突破困境的作為，中國政府對於這個重點產業努力尋找各種可能的解決方案，尤其是長久以來存在的「兩頭在外」現象，也不斷透過政令鼓勵及支援的方式來扭轉。

台灣太陽光電產業特性與中國大陸類似，同樣缺乏上游原材料及下游市場，但幸運的是模組廠的規模比中國小很多，在金融海嘯的衝擊影響下沒有大到關廠的地步，但發展處境仍然相當艱困；除此之外，電池廠在2008年第四季的各月營收都有明顯的下滑，也代表了在這波經濟寒流中，傳統的加工出口商業模式若不能提高產品本身的附加價值，則很容易面臨與中國相同的處境。

由於太陽光電產業是以政策補助為主要驅動力，在這個特殊的產業特性下，政府和企業雙方都應提出其願景及對策，才能渡過此波寒冬。譬如上游的矽材料源，除了效法中國努力自製化外，與中國廠商合作或出資開發也是一個可以思考的方向，除了能夠獨立開發生產技術外，也能突破由德日美等國大廠的技術封鎖；再結合中國龐大的電池內需及台灣的電池品質技術，則有機會與歐日電池大廠一較高下。

台灣太陽光電雖因模組廠規模不若中國大，受金融海嘯影響較小，但若不能提高產品本身的附加價值，仍可能面臨與中國相同的處境。