

節能減碳的利器-太陽能熱水系統

張克勤* 林蔚珉** 李聰盛* 鍾光民*

*國立成功大學能源研究中心

**台南科技大學企業管理系

一、 無窮的能源-太陽能

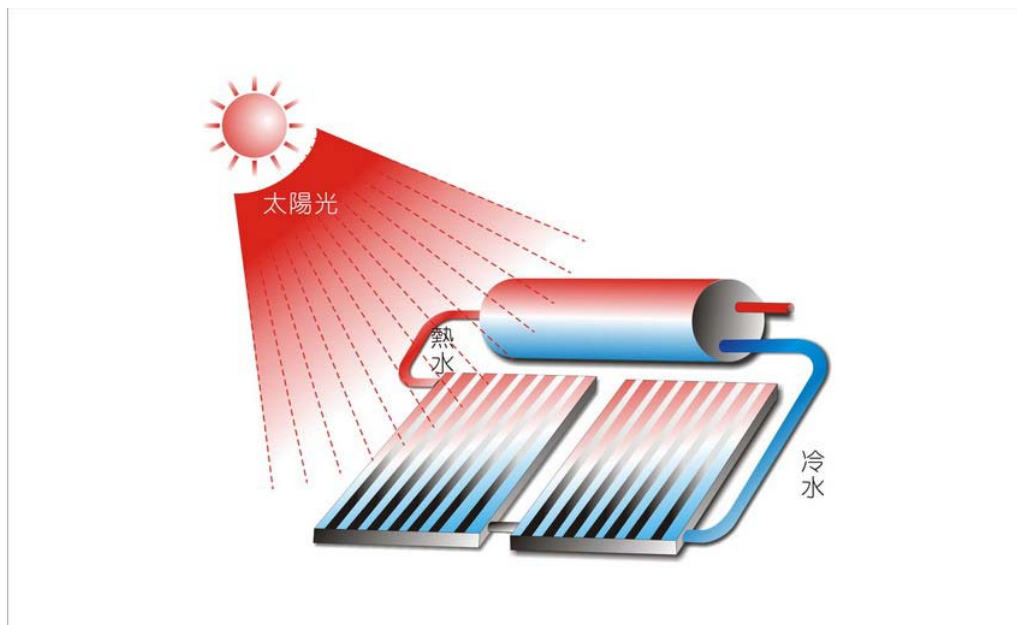
太陽以核融合反應產生能量，而地球得自太陽的輻射能量僅為太陽本身向外輻射能量的二十億分之一(即 1.73×10^{14} kW)，且其中約 30% 的能量反射回天空，47% 轉變成低溫熱能再輻射出去，僅 23% 可為地球上之生物所利用，而這些能量也直接或間接的提供地球上絕大部份的能源。當太陽射線透過地球大氣層後，一部份以平行光的方式直接投射在地表上(直達日射量)，另一部份係經空氣中氣體分子與浮游灰塵反射向四方散射(漫射)，到達地表上之直達日射量與漫射之和即稱為地球接收自太陽的輻射能。再者由於地球除自轉外亦沿橢圓形軌道繞行太陽，兩者間的距離並非一定，且地球自轉軸心與繞太陽公轉軌道面之垂直線成 23.5° 角，故太陽直射區域會隨季節變化且在赤道與南北迴歸線間移動，因此各地所接收的太陽輻射能量皆不相同。此外地球接收自太陽的輻射能約 70% 是照射到海洋上，僅有一小部分可為人類所利用，而影響可利用之太陽輻射能量多寡的因素除了四季、緯度外，還包括日射量、日照時數、地形標高、氣候(雲量、濕度)等。以台灣而言，其地理位置橫跨北迴歸線(北緯 21 至 25 度間)，屬陽光充沛的區域，但是由於氣溫高且潮濕，依據中央氣象局於全國測候站所測得日射量之結果顯示，全國的平均日射量僅 $11,746 \text{ kJ/m}^2\text{day}$ ，甚至低於日本(位於北緯 31 至 43 度間)之 $17,608 \text{ kJ/m}^2\text{day}$ 。至於台灣本島的日射量分佈，在海拔 500 公尺以下的區域，大致上呈現從東北往西南遞增趨勢。

人類對於太陽能的利用可追溯遠古，但是在大規模的應用方面，則是在經歷工業革命及能源危機後，由於其無污染及取之不盡的特性，加速相關技術的發展。有關太陽輻射能的轉換及應用，依據太陽能量密度可分為太陽能熱水系統、太陽能暖房系統、太陽能冷房及冷凍系統、太陽能發電等，其中在低溫應用方面 ($< 100^\circ\text{C}$) 主要為熱水及取暖之用途；在中溫應用方面 ($100^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$) 則為工業用預熱及空調；在高溫應用方面 ($> 300^\circ\text{C}$) 則著重於太陽能發電、冶煉及毒物分解等用途

二、 太陽能熱水系統

太陽能熱水系統的工作原理是將來自太陽的輻射能量吸收下來加熱水(如圖一所示)，其主要元件為太陽能集熱器(如平板式或真空管式)，其它組件尚包括儲水槽、輔助加熱器、管路及其他相關配備(如循環泵)。一般而言平板式太陽能集熱器係由金屬或非金屬材質製成，而真空管式太陽能集熱器則採用高透光性、穩定熱性能之玻璃，並配合真空濺渡製程之選擇性吸收膜，轉換太陽的輻射能為熱

能。另外太陽能熱水系統可分為自然循環式及強制循環式二種，自然循環式之儲水槽位於集熱器上方，利用熱虹吸現象，當水在集熱器接收熱能提高溫度後，因儲水槽及集熱器水溫之差異所引起浮力而產生循環動力，此種循環方式結構簡單及不需動力機械操作，但是其效率較不易控制。強制循環式則是利用循環泵使水在儲水槽及集熱器之間循環，此種太陽能熱水系統之流量可預先設定，因此在同樣設計條件下，可以獲得較高之水溫，但是循環泵的額外成本、操作及維護等問題則須一併考量。此外因天候的關係(日照量不足時)，當太陽能熱水系統所收集的熱能並無法完全滿足熱水的供應時，則必須啟動輔助加熱器(如電熱水器或鍋爐)。



圖一、自然循環式太陽能熱水系統示意圖

太陽能熱水系統產生的熱水可用於沐浴(家庭、宿舍、旅館)、餐館廚房的洗碗使用、工業預熱用或溫水游泳池等，以台灣地區而言，絕大部分的系統屬於家庭沐浴的用途，雖然在使用水量、所需水溫及裝置環境有所差異，但是系統的規劃大都依據使用人數來估算所需之設備容量(包括集熱器及儲熱水桶)，基本上以一個人每次盥洗大概需要 50~60 公升左右的熱水量(約略等於 1 平方米集熱板面積所能產生的熱水量)為設計準則。此外在熱效率的考量下，安裝時以集熱器朝南、傾斜角約在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 為主。此外夏秋季時，在熱帶海洋上容易發生劇烈的熱帶氣旋(低氣壓)，當近中心附近 10 分鐘平均風速超過 17.2 米/秒時(蒲氏風力 8 級)，稱之為颱風，中央氣象局依其強度劃分為 3 個等級(輕度颱風:17.2-32.6 米/秒；中度颱風:32.72-50.9 米/秒；強烈颱風: 超過 51.06 米/秒)，依百年侵台颱風之個別數量統計分析資料顯示，中度颱風佔大多數，而強烈颱風比例則近二成。一般而言，颱風對於太陽能熱水系統之影響依颱風風力、風向、路徑及有無遮蔽物等因素而不同，以 94 年海棠颱風為例，太陽能熱水系統在強風的侵襲下，造成如圖二的損壞情況，因此集熱器的結構安全則是另一項需要注意的議題。



圖二、因颱風受損之太陽能熱水系統

三、 節能減碳的推動及成效-政府的角色

為因應全球性對氣候變遷，2005 年的京都議定書旨在減少溫室氣體的排放，許多國家皆致力於再生能源科技的研發及推廣。以太陽能熱水系統而言，許多國家(如日本、德國、希臘、西班牙、瑞士、丹麥、土耳其、塞浦路斯、澳大利亞等)透過立法的程序(如相關建築法規)或補助(如直接補助或節稅)的方式，使得每年安裝的系統數量大幅成長，其中以色列的安裝密度最高，至於在總安裝面積方面，則以中國大陸為世界第一。在台灣方面，經濟部多年來亦積極推動我國再生能源之開發利用，其中發佈施行「太陽能熱水系統推廣獎勵要點」(75 年-81 年、89 年-迄今)、「風力發電示範系統設置補助要點」、「太陽光電發電示範系統設置補助要點」、「綠色能源產業旭升方案」以及「公共工程或公有建築物設置再生能源設備作業準則」等多項再生能源示範推廣獎勵措施，此外立法院於 98 年 6 月 12 日三讀通過「再生能源發展條例」，同年 7 月 6 日總統公布實施。

與傳統的電熱水器或瓦斯熱水器相比，太陽能熱水系統的購置成本高出許多，這也影響很多人購置的意願，因此政府需透過補助作業以達到推廣及節能減碳的目的。經濟部能源局於 89 年 6 月起進行第二期的補助作業，其中主要依太陽能集熱器的種類及面積給予使用者補助(面蓋及真空管式為 1,500 元/平方米、非面蓋平板式為 1,000 元/平方米)，此外在離島區域則加倍補助。但是近年來，由於原物料價格上漲及金融海嘯的影響，政府的補助款占系統購置成本的比例持續下降，也使得太陽能熱水系統年安裝量不再如補助作業初期一樣大幅成長，因此經濟部能源局於 98 年提高補助款 50%(面蓋及真空管式為 2,250 元/平方米、非面蓋平板式為 1,500 元/平方米)，另外金門縣及高雄市亦於 97 年 1 月及 8 月分別針對設籍在當地的居民加倍補助，高雄縣於 99 年 7 月起也採取同樣的補助措施。藉由以上政府長期的獎勵補助措施，目前國內太陽能集熱器累計安裝面積超過 170 萬平方米，另以 15 年的產品生命週期計算(國際上一般以 25 年計)，國內目前有超過 35 萬套使用中的太陽能熱水系統，折合一年可減少 400,000 公噸二氧化碳的排放量，相當每年約可節省 143,000 公秉油當量，對於我國在節能減碳的

努力貢獻良多。

四、 結語

針對氣候變遷，不管是「不願面對的真相」、「愚蠢的年代」或「正負二°C」的紀錄片，其中傳達全球暖化及極端氣候已是全體人類面臨的共同議題。就台灣而言，如何提高再生能源(風能、生質能、地熱、海洋能、太陽光電及太陽熱能等)的應用亦刻不容緩，其中太陽能熱水系統除了可減少因使用瓦斯能源引致之火災及中毒事件外，亦為目前國內在推動節能減碳最大的利器。但是近年來國內的市場成長趨於緩和，而都會型住屋型態亦是限制市場擴張的重要因素，因此如何將太陽能熱水系統配合建物整合或進行多功能的用途(太陽能冷房)的開發，將是未來市場發展的關鍵。

誌謝:

本文承蒙經濟部能源局委辦「99 年度太陽能熱水系統補助作業與成效調查研究」計畫之經費支持，在此予以誌謝。