

高聚光太陽光發電模組散熱系統的研究

屏東科技大學 車輛工程系 教授 蔡建雄

分機：7459 chtsai@mail.npust.edu.tw

台灣使用能源有98%仰賴進口，為了有效減少對化石能源的依賴，政府積極發展：風能、太陽能、生物質能源等的可再生能源專案。近幾年，高聚光太陽光發電模組（HCPV）技術已迅速發展，高聚光太陽光發電(HCPV)模組，採用光學透鏡設計，太陽光經過Fresnel lens折射，將數百倍的光能量聚集於較小面積之III-V族太陽能電池上，這類III-V族化合物太陽能電池的最主要優點可達到超過30%以上的轉換效率。我們跟核研所合作，在工學院五樓上，裝置了一套300W的系統，用來研究其戶外發電性能與散熱性能，如圖一所示。HCPV主要由太陽能電池、聚光模組和跟蹤系統所組成。雖然它可以因為太陽光的聚光而得到高效率發電，但是，HCPV模組的溫度也會因為散熱困難，溫度上升而引起效率低的大問題。因此，高聚光太陽光發電模組在設計時，冷卻系統的設計是主要關心的問題之一。

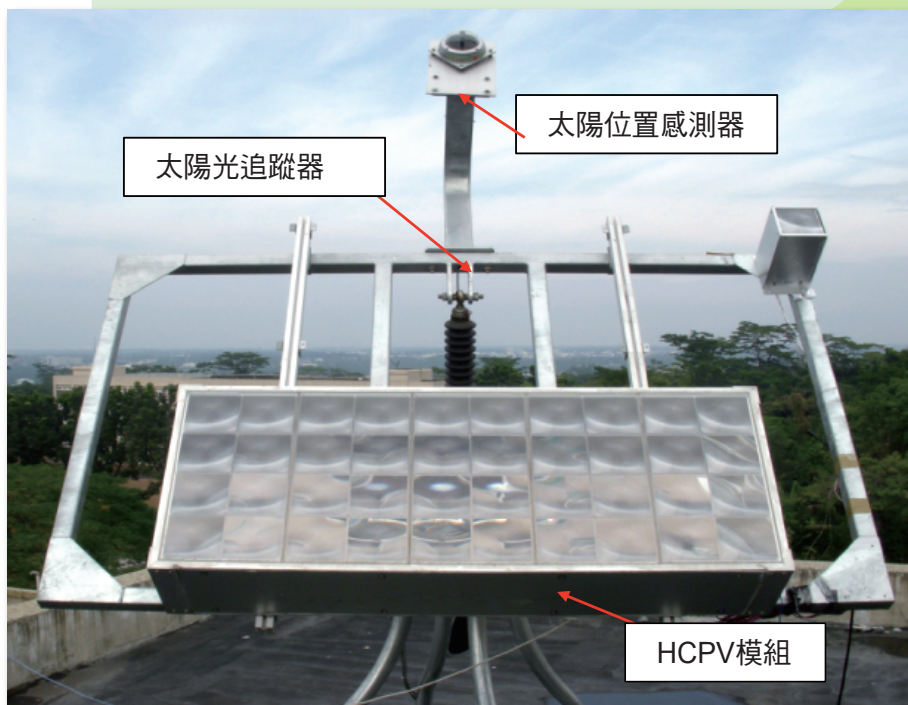


圖1. 工學院五樓之高聚光太陽能發電系統

一般在研究高聚光太陽光發電模組溫度都是建立一個經驗公式來描述模組溫度與環境條件包括環境溫度、光照、濕度、風速和風向之間的關係(TamizhMani 等人)。但是，測量記錄方法要長時間監測且無法觀察到流體在HCPV內的流動。近來，有使用CFD軟體來研究散熱問題。周等人使用有限元模型(FEM)的方法來研究HCPV的散熱問題，結果顯示散熱片板的厚度對HCPV太陽能電池的散熱量扮演著重要的作用。Gray利用有限體積法(FVM)來研究2維HCPV模組內的溫度與流場分佈。然而，這些結果似乎簡化高聚光太陽光發電模組內複雜的三維物理現象。

本團隊則是使用CFD軟體Fluent來研究高聚光太陽光發電模組的溫度與其散熱途徑。數學模式為雷諾平均Navier-Stokes方程式和

RNG $k-\epsilon$ 紊流模型。在本文中將舉出一些參數的影響和其計算結果：這些參數包含模組的仰角在無風環境下與風速對模組內的最高溫度的影響。

置放方式與仰角角度對HCPV 模組最高溫度的影響

為了提高HCPV 模組轉換效率，HCPV模組具有兩個軸之追蹤系統，由兩個主要移動部分組成：兩個垂直和水平方向（Rumyantsev等人）。跟蹤的目的主要是使太陽能直射HCPV模組。因此，HCPV 模組的仰角是隨太陽在變動的。在這項研究中主要是進行環境溫度 25°C 、和仰角角度假定為 0° 、 30° 、 60° 和 90° 下之無風條件下的情形。

圖2~3為不同仰角下，模組內溫度分佈及流線分布，圖2為HCPV模組直置時，圖3為HCPV模組橫置時。研究結果顯示由於HCPV 模組內溫度變化產生自然對流而引起流體的運動，藉由流體的運動將熱量傳遞出去。此外，由圖2的流線可以看出，雖然HCPV模組在幾何形狀上是对稱的，但是所發展出的流場卻不是對稱的，這在以往的文獻中是沒有發現的。比較兩上述兩種HCPV模組擺放方式，顯示直置式HCPV模組於各仰角之最高溫度均較橫置式HCPV模組低，可知直置式HCPV模組散熱效率較橫置式HCPV模組佳。兩者溫度與模組仰角關係如圖4所示，圖中顯示角度越大，模組內最高溫度越低。

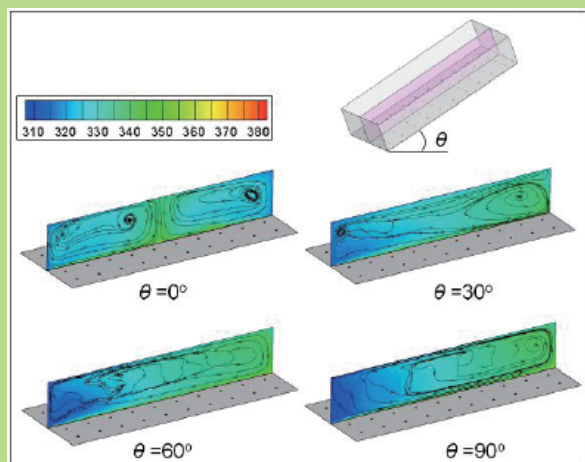


圖 2 不同仰角下，模組內溫度分佈及流線分布(直置式)

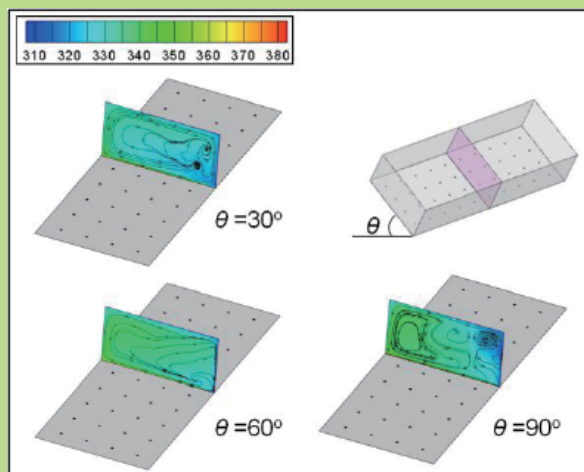


圖 3 不同仰角下，模組內溫度分佈及流線分布(橫置式)

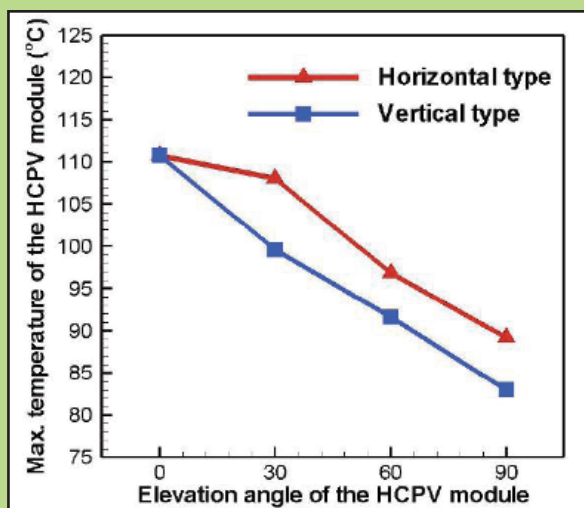


圖 4 不同仰角下，模組內最高溫度與模組置放方式之關係圖

風速對HCPV 模組的最高溫度的影響

上述的結果為無風條件下。但是，實際上HCPV 模組在環境中有可能處於各種風速和方向的。因此，在研究模組散熱問題時需要考慮各種風速與風向下的情況。圖5為大氣溫度25°C，直射日照量850W/m²於不同風速下，HCPV 模組最高溫度的關係圖。圖中顯示，風速越大時，HCPV 模組溫度越低，而且風速在小於0.5m/sec時對模組溫度之降低最顯著，當風速大於3m/sec之後，HCPV 模組溫度改變量就趨緩。

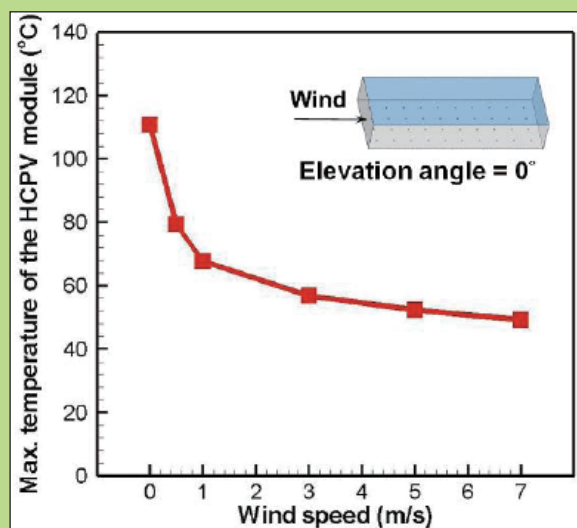


圖 5. HCPV 模組和風速度的最高溫度的變化。

參考文獻

Tamizhmani, G., Ji, L., Tang, Y., Petacci, L., Osterwald, C. (2003): "Photovoltaic module thermal/wind performance: long-term monitoring and model development for energy rating". NCPV and Solar Program Review Meeting.

Chou, T.L., Shih, Z.H., Hong, H.F., Han, C.N., Chiang, K.N. (2007): "Investigation of the thermal performance of high-concentration photovoltaic solar cell package". International Conference on Electronic Materials and Packaging.

Gray, A. (2007): "Modeling a passive cooling system for photovoltaic cells under concentration". ASME-JSME Thermal Engineering Summer Heat Transfer Conference, Vancouver, Canada.

Rumyantsev, V.D., Andreev, V.M., Sadchikov, N.A., Bett, A.W., Dimroth, F., Lange, G. (2002): "Experimental installations with high-concentration PV modules using III-V solar cells". Proceedings of PV in Europe - From PV Technology to Energy Solutions Conference, Rome, Italy, pp. 521-525.

感謝

作者感謝國科會NSC9 9 -2 221 - E-020-0 30

和核能研究所982001INER056對此研究的

經費與設備的支持。