

太陽能預測技術發展之數值氣象模式技術建立

林欽國¹ 龍宜島¹ 馬志傑¹

陳萬金² 王金印³ 林永慶⁴

¹核能研究所核儀組

²大華技術學院民生科技學院

³萬能大學資管系

⁴國防大學環工系

摘要

執行太陽光電技術發展與應用計畫，發展核研所之太陽能預測能力，建立三種不同的預測太陽能方式分別為，短期預測(30分鐘以內)：利用TSI天空成像儀之雲圖作預測，中期預測(30分鐘至6小時)：利用衛星可見光雲圖作預測，長期預測(6至48小時)：利用數值氣象模式作預測。本篇文章將介紹數值氣象模式(Weather Research and Forecasting, WRF)之建立與使用流程。內容包括建立模式安裝、模式設定、資料連結與相關環境設定。此外本篇利用WRF搭配美國國家環境預報中心的全球模式資料(NCEP GFS)，設計氣象預測模式，擷取預測模式輸出向下短波輻射(SWDOWN)，以提供核能研究所太陽能光電技術發展與應用計畫之太陽能長期預測(6至48小時)之用。未來本團隊將持續進行WRF模式預測太陽能資料相關研究，蒐集實際觀測資料進行模式驗證，以改進為適合台灣區域預測太陽能的數值模式。

關鍵字：太陽能預測、中尺度數值氣象模式、短波輻射

一、前言

隨著工業技術不斷發展，太陽能許多綠色能源產業，未來勢必扮演台灣地區電力來源的要角。配合「太陽光電技術發展與應用」計畫之太陽能預測技術開發，建立台灣地區適用性強與準確性高之短、中、長期太陽能預測模式。因此於核研所建置中尺度數值氣象預測模式WRF，利用模式預測氣象資料，並擷取模式輸出的向下短波輻射(SWDOWN)資料，此為全天空輻射(Global Horizontal Irradiance, GHI)，可藉由統計經驗模式自GHI 求取直射日照(Direct Normal Irradiance, DNI)之值，發展核研所之太陽能預測系統。提供未來建立太陽能發電評估分析技術，有助於太陽能發電量預測。

高 (1999) 等學者分析台灣地區太陽能發電系統資料，建構一套發電量之預測模型，由於系統實際輸出的發電量，牽涉到地表日照量與系統轉換效率兩個因素建構預測模型[1]。葉(2012)等學者整理近十年台灣地區的數值天氣預測模式發展[2]。2014年WRF V3.5.1版本更新後陸續增加新的輻射選項如swddir、swddni，提供太陽能預測GHI與DNI使用[3]。Wilcox. et al.整理1991-2010的太陽能發展，分析20年的太陽預測資料。

本研究為核研所中利用WRF氣象模式發展太陽能預測相關研究的基礎。

二、模式設定

本篇使用WRF 3.7版，預測時間設定為2015.05.08.12Z 至 2015.05.10.12Z，運跑48小時；氣象初始場為NCEP-FNL資料；模式設定為三層巢狀網格，第一層包含東亞與西太平洋地區，解析度為27×27(km)，總網格數為136×121；第二層包含華南與台灣，解析度為9×9(km)，總網格數為181×181；第三層僅包含台澎金馬地區，解析度為3×3(km)；總網格數為223×223。垂直解析度為18層。並利用模式輸出參數SWDOWN為DNI，而輸出參數SWDDNI即為DNI。

三、結果與討論

模式結果如圖1，路竹地區2015年6月1日至6月3日之太陽能預測之swdown圖，黑線為觀測值，紅線為預測值。縱軸為輻射能量，橫軸為台灣時間每日12時，資料為每10分鐘一筆。單位為kWh/m²。可見路竹地區於2015年6月1日至6月3日之太陽能預測值與實際觀測值相近。觀測資料來源為核研所路竹示範場之氣象觀測資料所擷取的GHI值。由於觀測資料為

10分鐘一筆並非連續，且觀測資料容易受雲量快速變化的影響，因此GHI觀測值的曲線不一定會平滑。圖1於6月1日約台灣時間中午12時，觀測值與預測值相差約200 kWh/m²，造成主要原因推測為模式最高解析度為3公里，受解析度和網格資料的限制，模擬最大值易為平滑的曲線。然而觀測資料則無此限制，因此產生約200kWh/m²的誤差。若提高模式解析度至1公里，甚至1公里以下，則有可能改善模式預測最大值。但提高解析度會伴隨計算時間增加的問題，因此需要更長期的測試本模式是否需要提高解析度。圖2為台灣時間12時太陽能預測值之swdown的水平分布圖，可見太陽能預測值分佈，高值多位於西半部平原。未來利用模式預測值比對路竹站實際觀測資料，進一步比對模式預測度，改善模式設定，以精進模式預測能力。

四、未來展望

核研所建置中尺度數值氣象預測模式WRF，利用模式預測氣象資料，並擷取模式輸出的向下短波輻射GHI資料，發展核研所之太陽能預測系統，提供未來核研所建立太陽能發電評估分析技術相關研究的基礎。本篇利用模式進行2015年6月1日至6月3日之太陽能預測值與實際觀測值相近，未來持續進行太陽能預測，配合統計方法以增進核研所在不同天氣型態中預測太陽能GHI的能力。

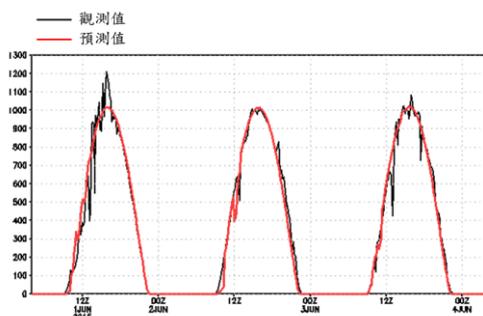


圖 1：路竹地區2015年6月1日至6月3日之太陽能預測之swdown圖，黑線為觀測值，紅線為預測值。縱軸為輻射能量，橫軸為台灣時間每日12時，資料為每10分鐘一筆。單位為kWh/m²。

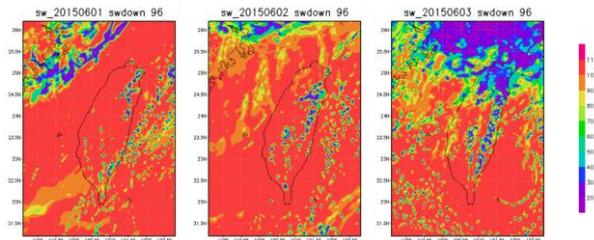


圖 2：2015年6月1日至3日，台灣時間12時太陽能預測值之swdown的水平分布圖。單位為kWh/m²。

五、參考文獻

- [1] Hadja-Maimouna D. et al., 2013: Review of solar irradiance forecasting methods and a proposition for small-scale insular grids. *Renewable and Sustainable Energy*, 27, 65 – 76.
- [2] Stephen Wilcox., 2010: National Solar Radiation Database 1991 – 2010 Update User’s Manual. NREL, 479pp.
- [3] 2014: User’s Guide for the NMM Core of the Weather Research and Forecast (WRF) Modeling System Version 3. WRF Users' Workshop, 213pp.