

太陽熱能估算方法研析

摘要

1970年代石油危機讓世界各國開始正視國家能源安全的問題，而再生能源可循環使用的特性使其受到各國的關注，我國近年亦致力於能源轉型、積極發展再生能源，其中太陽能熱水系統相關補助辦法更是行之有年。本研究為量化太陽熱能所能供給之能量，蒐集太陽熱能估算方法相關文獻，分別採用「太陽熱能熱值」與「有效運轉面積」兩類進行說明，其中，「太陽熱能熱值」採用「原油熱值估算法」與「全天空日射量計算法」兩大估算方法，以作為未來估算之參考依據。

關鍵字：太陽熱能、太陽熱能熱值、有效運轉面積、原油熱值估算法、全天空日射量計算法

一、前言

一直以來，全球經濟發展與能源消耗量息息相關，隨著國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)不斷增加，國際能源總署(International Energy Agency, IEA)2019年公告全球能源總消費由60年4,242公噸油當量上升至106年9,717公噸油當量，然而1970年代石油危機讓世界各國開始正視國家能源安全的問題(Frondel & Schmidt, 2008)，尋找新的能源替代化石燃料為眾多國家的首要課題(Zhu et al., 2020)，而再生能源取之不盡用之不竭的特性使其成為各國關注之焦點。

我國順應國際潮流規劃能源轉型，積極發展再生能源，太陽能熱水系統相關補助辦法也行之有年，對於發展再生能源之補助與罰則制定更明確的規範，期望能兼顧能源安全與國家發展。本研究蒐集太陽熱能估算方法相關文獻，以作為未來估算之參考依據。

二、太陽熱能估算方法

參考經濟部能源局105年度研究計畫「完善能源供需統計機制與運輸部門能源消費調查分析」中的專題研究「我國太陽熱能資料蒐集機制與統計作業」之成果，使用「太陽熱能熱值及每年有效運轉面積乘積之和」計算，其中計算公式為太陽熱能

=
太陽熱能熱值 × 有效運轉面積 = 太陽熱能熱值 ×
 $\sum(\text{每年安裝面積} \times \text{運轉率})$ ，以下將分為「太陽熱能熱值」及
「有效運轉面積」進行說明。

(一)太陽熱能熱值

太陽熱能熱值估算來源有二，現行數值來源為「原油熱值估算法」，另有「全天空日射量計算法」，下列將分項說明。

1.原油熱值估算法

國際能源總署(International Energy Agency, IEA)2008年發布的研究報告顯示，每平方公尺的集熱面積每年可節省68公升的石油，原油熱值為9,000（千卡/公升），可用所節省之石油量及其熱值乘積估算每平方公尺的集熱面積每月太陽熱能，結果如下所示：

$$\frac{68 \left(\frac{\text{公升}}{\text{平方公尺}} \right) \times 9,000 \left(\frac{\text{千卡}}{\text{公升}} \right)}{12(\text{月})} = 51,000 \left(\frac{\text{千卡}}{\text{平方公尺} \cdot \text{月}} \right)$$

目前的太陽熱能熱值引用 IEA 所估算之可節省的石油量間接估算其值，擬採用全天空日射量計算法之計算結果與現在使用之值比較，觀察兩者之差異以評估是否有更新數值之需要。

2.全天空日射量計算法

全天空日射量計算法為地表所測得之「全天空日射量與太陽能熱水系統之集熱器效率乘積」，直接計算當太陽輻射能照射至太陽能熱水系統集熱板上，經過集熱器轉換後剩餘的單位面積太陽輻射能，即為太陽熱能熱值。

集熱器效率和集熱器內外溫差相關，受空氣溫度影響並非固定值，因此使用再生能源熱利用獎勵補助辦法中訂定的太陽能熱水器性能標準0.5做為統一標準計算；全天空日射量之資料來源為中央氣象局，選擇我國能源統計常用的五個北、中、南、東和離島的測站作為代表，分別是台北、台中、高雄、花蓮和澎湖，最後將五個測站加權後可得全國代表值。

因目前可取得之各地區太陽熱能安裝集熱面積占比資料時間為105年9月，考量資料需定期更新之需求，本研究設定「太陽熱能安裝集熱面積占比」、「住宅數占比」、「太

陽光電裝置容量占比」與「太陽光電發電量占比」四種加權方式，以太陽熱能安裝集熱面積占比計算結果為基準，觀察其他加權方式的計算結果以選擇最適加權方法；使用住宅數做加權是因為近年太陽熱能大多做為洗澡水加熱使用（經濟部能源局，2015），因此假設非空屋之住宅數越多的地區越有機會設置太陽熱能系統；而太陽光電之發電影響因素（如：氣溫、濕度、全天空輻射量．．．等）與太陽熱能系統相似，推測其設置分布亦與太陽熱能相似。

經典氣象年(Typical Meteorological Year, TMY)由十二個的經典氣象月(Typical Meteorological Month, TMM)組成，可代表某地區長時間的氣候（Chan et al., 2006; Polo et al., 2020; 歐文生等，2008；嚴偉倫，2015），將之應用於全天空日射量可為太陽熱能估算提供較精準的環境條件，選取時間應至少十五年方具參考價值；我國中央氣象局於91年7月至92年4月對其氣象觀測站之日射量測儀進行校正，因此自92年5月後量測之數據應較準確（林博雄，2003；張克勤等，2016）。以下為經典氣象年計算公式說明：

將觀測站所測得之全天空日射量定義為累積分布函數(cumulative distribution function, CDF)，表示全天空日射量數值的分布機率，分為 short-term CDF 與 long-term CDF 分別求值，short-term CDF 為該月單年之值，long-term CDF 為該月多年之值，CDF 公式如式1所示，其中 CDF(xi)：累積分布函數，n：刪除重複數據後的資料個數。

$$CDF(x_i) = \begin{cases} 0, & x < x_1 \\ \frac{(i-0.5)}{n}, & x_i \leq x < x_{i+1} \\ 1, & x \geq x_n \end{cases} \quad (1)$$

FS 值(Finkelstein-Schafer statistics)為平均偏差(average deviation)的概念，用以計算多次測量結果與總體平均結果的偏差程度，數值越小則代表該年越接近總體結果，計算各月各年之FS 值，該月數值越小的年份則為經典氣象月，CDF 公式如式2所示，其中 FS 值：Finkelstein-Schafer statistics，n：刪除重複數據後的資料個數， $CDF_{LT}(x_i)$ ：長時間累積分布函數值， $CDF_{ST}(x_i)$ ：短時間累積分布函數值。

$$FS \text{ 值} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |CDF_{LT}(x_i) - CDF_{ST}(x_i)| \quad (2)$$

何明錦等(2006)著重於太陽光電的研究，提出以全天空日射量 0.6、大氣溫度 0.2 與相對溼度 0.2 為加權比重，然大氣溫度和相對溼度為其隱函數，張克勤等(2016)改良上述加權比例提出「全天空日射量 1.0」為加權函數；本研究聚焦太陽熱能，因太陽熱能最大的影響因素為全天空日射量（張克勤等，2016），故使用「全天空日射量 1.0」為加權函數，CDF 公式如式 3 所示，其中 WS：加權值 (weighted statistics)，WF：加權函數。

$$WS = \sum_{i=1}^N (FS \text{ 值})_i \times (WF)_i \quad (3)$$

(二)有效運轉面積

有效運轉面積為安裝面積與運轉率之乘積，再生能源熱利用獎勵補助辦法訂定以太陽熱能系統安裝面積為補助標準，因此可知全台每年新增安裝面積，並以此估算太陽熱能，然而自民國108年起補助辦法落日，我國太陽熱能系統每年安裝面積之數據面臨短缺，勢必得尋求其他管道補足資料缺口，例如以全臺太陽能熱水系統相關業者採用問卷調查等方式。

另外，根據經濟部能源局105年度研究計畫「完善能源供需統計機制與運輸部門能源消費調查分析」中的專題研

究「我國太陽熱能資料蒐集機制與統計作業」之假設，太陽能熱水系統平均使用壽命以15年計，且運轉率受使用壽命影響而遞減，前10年運轉率以每年10%之比例逐年遞減，後十年所增設之太陽能熱水系統運轉率為1（完全運轉），運轉率介於0到1之間，當時對太陽能熱水系統平均使用壽命之假設，應確認是否符合現況。

三、小結

太陽熱能計算方法為「太陽熱能熱值及有效運轉面積乘積之和」，其中太陽熱能熱值為太陽輻射能照射至太陽能熱水系統集熱板上，經過集熱器轉換後剩餘的單位面積太陽輻射能，有效運轉面積為「每年新增面積與該年運轉率之乘積」。現行能源統計月報採用太陽熱能熱值使用 IEA 估算之值，建議提供另有估算方法，採用「全天空日射量」計算法以太陽照射所提供的能量直接估算熱值，採用氣象資料較能反映我國太陽熱能實際狀況。

參考文獻

一、中文文獻

1. 何明錦、歐文生與陳建富 (2006)，臺灣太陽能設計用標準日射量與相關檢測規範之研究，內政部建築研究所報告。
2. 林博雄 (2003)，中央氣象局測站之地表全天空輻射量的校驗與分析，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
3. 張克勤、嚴偉倫與劉家維 (2016)，國內2004-2013年間經典氣象年之日射量調查分析，臺灣能源期刊，第三卷，第一期，頁89-101。
4. 經濟部能源局(2015)，我國太陽熱能資料蒐集機制與統計作業，105年度「完善能源供需統計機制與運輸部門能源消費調查分析」期中報告。
5. 歐文生、何明錦、陳瑞鈴、陳建富與羅時麒 (2008)，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，頁103-118。
6. 嚴偉倫 (2015)，建立台灣在經典氣象年中的太陽能資料庫，成功大學航空太空工程學系學位論文。

二、英文文獻

1. Chan, A. L. S., Chow, T. T., Fong, S. K. F. & Lin, J. Z. (2006), Generation of a typical meteorological year for Hong Kong, Energy Conversion and Management, Vol. 47, Issue 1, P. 87-96.
2. Frondel, M. & Schmidt, C.M. (2008), Measuring energy security: A conceptual note, Ruhr Economic Papers.
3. Polo, J., Alonso-Abella, M., Martín-Chivelet, N., Alonso-Montesinos, J., López, G., Marzo, A., Nofuentes, G. &

Vela-Barrionuevo, N. (2020), Typical Meteorological Year methodologies applied to solar spectral irradiance for PV applications, *Energy*, vol. 190, p. 1-8.

4. Zhu, D., Mortazavi, S. M., Maleki, A., Aslani, A. & Yousefi, H. (2020), Analysis of the robustness of energy supply in Japan: Role of renewable energy, *Energy Reports*, vol. 6, p. 378-391.