

國內2004-2013年間經典氣象年之日射量調查分析

張克勤^{1*} 嚴偉倫² 劉家維²

摘要

再生能源之開發及使用，目前在全世界已蔚為風潮，其中太陽能之推廣應用近年在國內亦次第展開。本文為了更新及補齊國內日射量資料庫，利用中央氣象局分布全國之30個一級氣象觀測站於2004至2013十年間所測得之全日空輻射量數據，分別計算各站之經典氣象年及統計其每月之日平均日射量，提供各界人士於進行太陽熱能系統在國內各地區常態氣候狀況下之成效評估時使用。

關鍵詞：太陽能、經典氣象年、全日空輻射量

1. 前言

臺灣早期在描述太陽能量多寡時，常用日照時數(sunshine duration)當作評估基準，例如中央氣象局在臺灣近百年之氣候變化報告(中央氣象局，1994)中，選用日照時數代替地面太陽輻射量，來說明臺灣之地面太陽輻射量變化。而日照時數是指該地區全日空輻射量(global solar radiation，以下簡稱為日射量)大於 120 w/m^2 的時間，例如若1小時內有30分鐘全日空輻射量大於 120 w/m^2 ，則該小時內的日照時數為0.5 hr，故日照時數僅代表日射量大於此門檻之時間長短，不能當作該地區の日射量多寡，在評估太陽能量上並不準確。近年來臺灣太陽能界人士已更改成使用日射量來檢測太陽能系統之成效，相關太陽能量之名詞定義可參閱黃明輝(2014)之近作。

1.1 不同來源之國內日射量比較

國內外皆有臺灣日射量的資料，故在選擇日射量資料時會有疑慮，哪些資料來源才是最

準確的，如黃明輝(2014)在文章中所提到的，國外的日射量資料有兩個來源，如圖1與圖2所示。而國內近年來整理發表の日射量資料有歐文生等(2008)在建築學報中使用1993年至2002年當時全臺(扣除恆春、東吉島和彭佳嶼三測站以及2001年才設立之七股測站之外)26處中央氣象局一級氣象觀測站之全日空輻射量資料，但其中由於金門與馬祖測站(2004年設立)這兩個測站設立時間較晚，故僅使用該兩站設立後至2005年之日射量資料於其所整理之資料庫中；方煒(2000)則是使用1988年至1993年中央氣象局7處一級氣象觀測站之全日空輻射量資料；此外蕭鋒等(2011)以日本MTSAT (Multi-functional Transport Satellite，多功能傳輸衛星)地球同步衛星可見光影像資料結合臺灣全島的數位地形資料(Digital Terrain Model)推算出來的國內地表日射量數據。將以上之五個資料來源列表比較如表1，其中國外及蕭鋒等(2011)の日射量資料皆以衛星資料代入模型中計算出來的，因此其可靠性比實際在地表面上量測的數據低。此外，根據林博雄(2003)所提出的報告中可知，

¹成功大學航空太空工程學系 教授

²成功大學航空太空工程學系 研究生

*通訊作者, 電話: 06-2757575分機63679, E-mail: kcchang@mail.ncku.edu.tw

收到日期: 2015年08月26日

修正日期: 2015年10月08日

接受日期: 2015年12月25日

Global Horizontal Irradiation

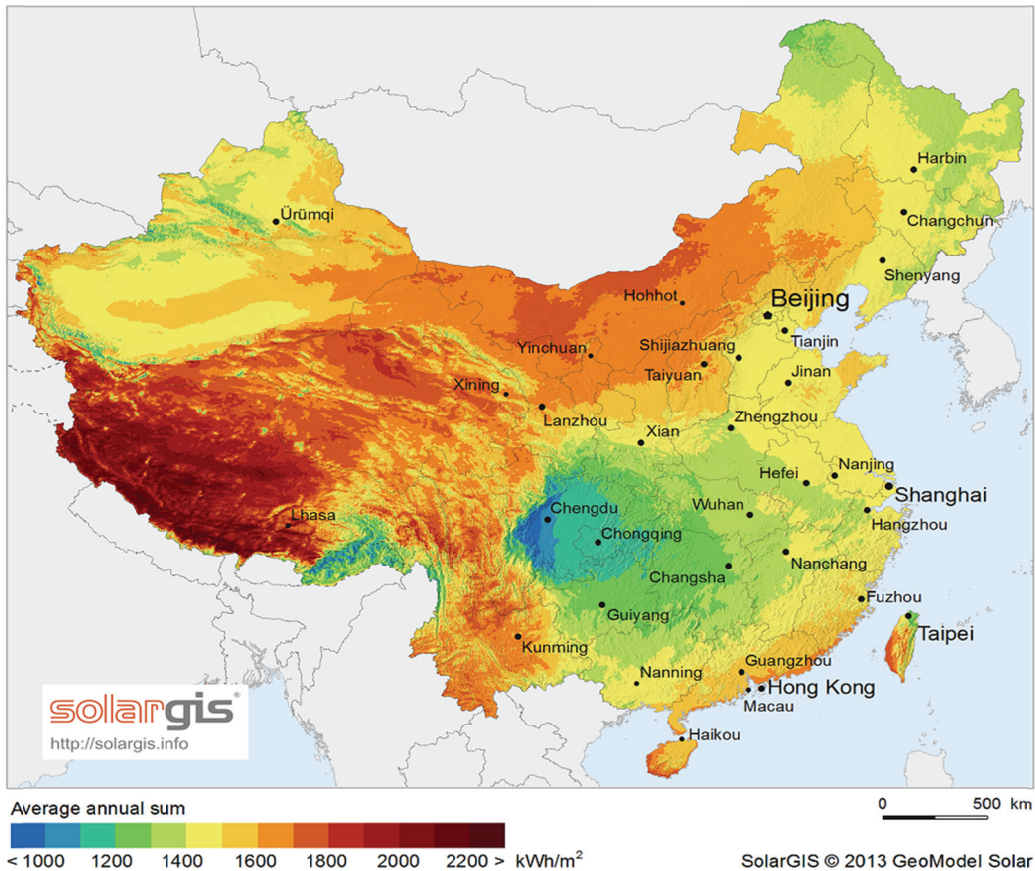


圖1 太陽全日空輻射量分布(中國、臺灣地區)圖

(取自solarGIS, web:http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-China-en.png)

Yearly sum of Global Horizontal Irradiation (GHI)

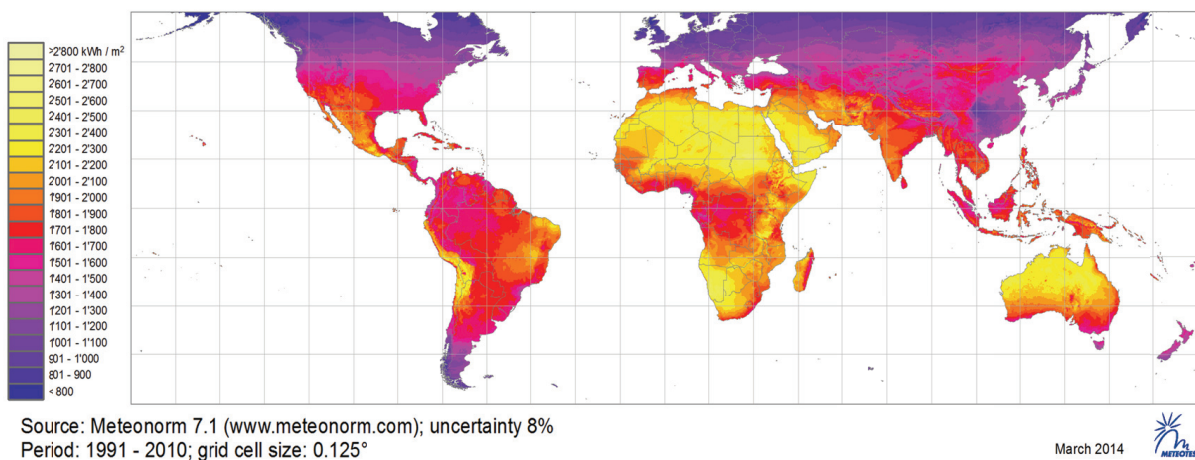


圖2 全球太陽全日空輻射量分布圖

(取自Meternorm, web:http://meteonorm.com/images/uploads/demo_uploads/ghi_world_mn71.png)

中央氣象局所提供之全日空輻射量測量數據在2003年4月以前皆因儀器操作之參數設定方式而

有誤差，須依靠修正係數進行補正，但補正後還是會有其不準度。由表1之比較結果，不同來

表1 不同來源之臺灣年累積日射量比較

資料來源	臺灣年日射量 (MJ/m ²)
SolarGIS GHI	4,320-6,480
Meternorm GHI	4,680-5,760
歐文生等(2008)	3,101-5,775
蕭鋒等(2011)	3,797-6,587
方煒(2000)	3,648-5,678
本文	3,002-5,748

源之國內日射量數據間亦有相當程度之差異性存在。

1.2 中央氣象局轄下觀測站日射儀之量測校驗

林博雄於2002-2003年接受中央氣象局委託，針對1990年代開始使用之全日空日射計(Pyranometer，美國Eppley Lab. 公司售予)進行操作參數設定值之校驗，發現使用未經仔細校驗之參數設定值所引起之氣象局所量得日射量之每日累積量數據低估了15.2%到32.6%不等(林博雄，2003)，也因此中央氣象局自2002年7月起至2003年4月間對轄下所有一級氣象觀測站之日射量測儀做了一全盤的操作參數設定值修正。因此自2003年5月後中央氣象局提供之日射量資料應該較為精準。

1.3 研究動機與目的

前述中可知目前較具可信度之臺灣近年來的地面觀測日射量資料雖已有文獻提出，但其中僅有歐文生等(2008)所整理之數據是較全面性(涵蓋國內30個中央氣象局一級氣象觀測站中之26處測站)及長期(1993年至2002年，但其中兩個新設站：金門、馬祖除外)之日射量資料，但因所使用之數據絕大多數皆屬2003年4月前中央氣象局所提供，該等數據雖經歐文生等遵循林博雄(2003)報告的修正程序，換算出各氣象觀測站日射量之修正值進行修正，但如林博雄所述，修正後之日射量數據仍存在相當誤差。此外目前國內之一級氣象觀測站已於2004年後

增至30站，因此本研究取用2004年至2013年30處中央氣象局一級氣象觀測站之氣象資料進行研究。因已排除林博雄所言2003年4月前氣象局日射儀之誤差，且觀測站站數增為30站，故本研究採用之日射量資料可靠性及地域分布較佳。國內30個一級氣象觀測站之基本資料如表2所示，且觀測站分布圖如圖3所示。

2. 經典氣象年

2.1 經典氣象年之選取方法

經典氣象年必須在一段年限中分別選取12個月份的經典氣象月(Typical Meteorological Month, TMM)，再總和成為一年的經典氣象年(Typical Meteorological Year, TMY)，詳細的經典氣象年選取方式介紹可參閱郭家瑋(2012)之報告，在此略述於下。由於氣象局提供之原始氣象數據中存在著記錄不全之問題，製作經典氣象年資料之前的先決條件必須將缺少數據進行內差補齊，並將各個每小時氣象資料平均，計算出每日的氣象資料，其公式如下：

每日平均氣象資料 = $\frac{\sum_{i=1}^{24} x_i}{24}$ (1)

並將各項氣象資料分別定義為累積分布函數(cumulative distribution function, CDF)之形式，且累積分布函數分為短時間段(short-term CDF)與長時間段(long-term CDF)，必須分別求取其值。其累積分布函數之公式如下：

$$CDF(x_i) = \begin{cases} 0, & x < x_1 \\ \frac{(i - 0.5)}{n}, & x_i \leq x < x_{i+1} \\ 1, & x \geq x_n \end{cases} \quad (2)$$

其中：
n：將重複數據刪除後的有效數據個數。
在計算完各項該月每年的short-term CDF與各項該月之long-term CDF值後，再來必須計算出各項該月每年之Finkelstein-Schafer statistics (FS值)，才能在最後比較出哪年最接近平均氣

表2 氣象觀測站基本資料

測站名稱	北緯(°)	東經(°)	海拔高度(m)	設立年份
馬祖	26°10'10"	119°55'23"	97.842	2004
彭佳嶼	25°37'46"	122°04'17"	101.7	1910
鞍部	25°11'11"	121°31'12"	825.8	1937
淡水	25°09'56"	121°26'24"	19	1942
竹子湖	25°09'54"	121°32'11"	607.1	1937
基隆	25°08'05"	121°43'56"	26.7	1946
臺北	25°02'23"	121°30'24"	5.3	1896
板橋	24°59'58"	121°26'02"	9.7	1972
新竹	24°49'48"	121°00'22"	26.9	1991
宜蘭	24°45'56"	121°44'53"	7.2	1935
蘇澳	24°36'06"	121°51'52"	24.9	1981
金門	24°24'27"	118°17'21"	47.88	2004
梧棲	24°15'31"	120°30'54"	31.73	1976
臺中	24°08'51"	120°40'33"	84.04	1896
花蓮	23°58'37"	121°36'18"	16	1910
日月潭	23°52'53"	120°54'29"	1017.5	1940
澎湖	23°34'02"	119°33'19"	10.7	1896
阿里山	23°30'37"	120°48'18"	2413.4	1933
嘉義	23°29'52"	120°25'28"	26.9	1968
玉山	23°29'21"	120°57'06"	3844.8	1943
東吉島	23°15'32"	119°39'35"	43	1962
七股	23°08'52"	120°04'09"	2.9	2001
成功	23°05'57"	121°21'55"	33.5	1940
永康	23°02'22"	120°13'43"	8.1	1947
臺南	22°59'36"	120°12'17"	40.8	1897
臺東	22°45'15"	121°08'48"	9	1901
高雄	22°34'04"	120°18'29"	2.3	1931
大武	22°21'27"	120°53'44"	8.1	1939
蘭嶼	22°02'19"	121°33'02"	324	1941
恆春	22°00'20"	120°44'17"	22.1	1896

(取自氣象資料年報，2010，web: <http://www.cwb.gov.tw/V7/about/yearpaper.htm>)

象，可做為代表該時期之氣象數據，而公式如下所示：

$$FS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |CDF_{LT}(x_i) - CDF_{ST}(x_i)| \quad (3)$$

其中：

N ：long-term CDF扣除重複數據後的資料筆數。

$CDF_{LT}(x_i)$ ：long-term CDF值。

$CDF_{ST}(x_i)$ ：short-term CDF值，其每個年份之數值皆不相同。

且在比較時，必須對應至相同區間內之數值，故有時會有一數據short-term CDF與兩個long-term CDF進行相減計算。

為了因應不同的用途(目標)，可選擇不同的加權比重(weighting factor, WF)進行計算，且加權比重之值依靠氣象資料對此目標的重要性



圖3 氣象觀測站分布圖

(取自氣象資料年報，2010，web: <http://www.cwb.gov.tw/V7/about/yearpaper.htm>)

來決定，故每一種選用的氣象資料皆有一個加權比重值，並且每個FS值必須乘上所對應的加權比重，再將加權後之FS加總可得該月份當年之weighted statistics (WS值)，而求取WS值之公

式如下所示：

$$WS = \sum_{i=1}^N (FS)_i * (WF)_i \quad (4)$$

其中：

$$\sum_{i=1}^N (WF)_i = 1 \quad (5)$$

N：氣象資料種類之數目。

本研究推估何明錦等(2006)所使用的加權比重為全日空輻射量：0.6、大氣溫度：0.2與相對濕度：0.2，因為何明錦等(2006)所關注的應用是太陽能光電板的評估，須考慮光電板之電阻大小(與板面溫度有關)及放電漏失(與空氣濕度有關)，故將大氣溫度與相對濕度兩項氣象資料考慮進WS值之計算中。一般而言，WS函數之各個自變數(independent variable)間應是互相獨立(independent)，而地表日射量之多寡應已受大氣濕度之影響(亦即地表日射量是大氣濕度之隱函數)，因此二者不是互相獨立之自變數。故在此將相對濕度項目排除於我們的計算之外，改以使用如下之加權比重：全日空輻射量：0.8和大氣溫度：0.2，其中全日空輻射量之權重已將原何明錦等(2006)所引入之相對濕度權重吸收在內。但因本研究主要是關注在太陽熱能應用上，而太陽熱能板之輻射吸收作用和大氣溫度並無太大關係，故本研究中另一種選定氣象經典年之方式為加權比重僅選用全日空輻射量一項，亦即加權比重為全日空輻射量：1.0。

選定加權比重後，算出該月每年的WS，比較該月在不同年之WS值，其WS最小之年份為最接近平均氣象資料，故選取該年份之當月為經典氣象月，依此程序該氣象站每一個月會有一個經典氣象月來代表，將其總合起來會分別有12個經典氣象月構成一個經典氣象年，如此可求得各氣象站之經典氣象年。而有關於本文所述經典氣象年選取之相關計算及決定，在郭家瑋的報告(2012)中有較為詳細之說明。

2.2 數據獲得與補齊方法

中央氣象局提供各一級氣象觀測站之日射量皆為小時累積量，其時間區間定義為上一小時至這一小時之累積量，例如：2015年1月1日

早上9點時日射量為300 kJ/m²，而測量之定義為2015年1月1日早上8點00分01秒至2015年1月1日早上9點00分00秒之日射量累積值。

由於中央氣象局各一級氣象觀測站會有設備故障或設備正在維修之情況發生，在這些期間無法進行該項氣象量測，故偶而會有數據缺少的情形發生，這特別在位於高山或是外島之氣象站等維修困難的地區較為明顯。而這些缺少的數據會影響選取經典氣象年的精準度，必須將此缺少數據進行內差補齊。若直接使用線性內差方式易導致較大的誤差，故本研究使用比線性內差更為精準之三階方程式(cubic spline)進行內差補齊，cubic spline是利用前三個與後三個數據迴歸出一條三階方程式，在由此方程式內差出該缺少之數據，而每段三階方程式假設為：

$$g_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i \quad (6)$$

其中：

a_i 、 b_i 、 c_i 與 d_i ：皆為未知數，利用迴歸分析求出。

而cubic spline迴歸分析必要滿足條件為：

$$1. \text{ 函數連續：} g_i(x_i) = g_{i+1}(x_i) \quad (7)$$

$$2. \text{ 斜率連續：} g'_i(x_i) = g'_{i+1}(x_i) \quad (8)$$

$$3. \text{ 曲率連續：} g''_i(x_i) = g''_{i+1}(x_i) \quad (9)$$

以上的必要滿足條件數量無法計算出全部的未知數，而cubic spline內差補齊方法有提出幾種假設條件，本研究選擇計算上最方便的假設條件：假設最初與最後數值點的曲率為零，亦即：

$$g''_1(x_0) = g''_n(x_n) = 0 \quad (10)$$

若缺少日射量資料單位為小時，則使用前後三小時日射量資料進行cubic spline內差補齊；但若缺少日射量資料單位為天，則積分出前後三天累積日射量資料進行cubic spline內差補齊。

3. 結果與討論

3.1 不同加權比重所得之經典氣象年

在選取經典氣象年時使用不同加權比重會造成選取到之年份會有些許差異，差異是因為式4所造成的，其每項氣象資料之FS值不變，

但因為加權比重的變動，使得WS值在計算時會有些許差異，導致WS值的排名跟著變動，以至於會挑選到不同年份的當月來構成經典氣象年。表3比較使用兩種不同加權比重(案一：全日空輻射量：1.0；案二：全日空輻射量：0.8及大氣溫度：0.2)所得之各氣象站有關日射量相關經典氣象年變動情形，其中“O”符號為

表3 各氣象觀測站在不同加權比重下選取日射量相關經典氣象年之變動情形

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
馬祖	O	X	O	X	O	O	O	O	X	O	X	O
彭佳嶼	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
鞍部	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O
淡水	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X
竹子湖	O	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O	X
基隆	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O
臺北	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
板橋	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O	O	X
新竹	X	O	X	O	O	O	X	X	O	O	O	O
宜蘭	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O
蘇澳	O	X	O	O	X	O	O	O	X	X	O	X
金門	O	X	X	O	O	O	O	O	X	O	O	O
梧棲	X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	X	O
臺中	O	O	O	X	X	O	O	O	X	O	O	X
花蓮	O	O	O	O	X	O	X	O	X	O	X	O
日月潭	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	X	X
澎湖	O	O	X	O	X	O	O	O	X	O	X	O
阿里山	O	O	X	O	X	O	O	O	X	O	O	O
嘉義	O	X	O	X	O	X	O	O	O	O	O	O
玉山	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
東吉島	O	O	O	O	X	X	O	X	O	O	O	O
七股	O	X	O	O	X	O	O	O	X	O	O	O
成功	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O
永康	O	X	X	O	O	O	X	O	X	X	X	O
臺南	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O	O
臺東	O	X	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O
高雄	O	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
大武	O	O	X	X	O	X	O	O	O	X	X	X
蘭嶼	O	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
恆春	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X
不同次數	3	13	10	5	10	7	4	3	12	5	8	8
不同機率	10%	43%	33%	17%	33%	23%	13%	10%	40%	17%	27%	27%

在兩種加權比重下選擇到同一年份的當月為經典氣象年之該月代表，“X”符號(綠色網底)為在兩種加權比重下選擇到不同年份的當月為經典氣象年之該月代表。由此表可看出，選擇到同一年份當月為經典氣象年該月代表之情況最多，佔360月次(30站各12個月)中之75.6%。而在選擇到不同年份經典月之案例中，僅當月排名第一(最小WS值)及第二(WS值次小)交換者佔

16.9%，該月排名第一及第三交換者佔4.7%；而本研究中發生與排名第一交換之最高名次為第七，且僅有一案(佔0.28%)發生(亦即阿里山氣象站之3月)。由以上之觀察，本研究中所使用之兩種不同加權比重所導致之經典氣象年組成差異不致過大。

表4為以加權比重僅為日射量(本研究是以太陽熱能為主要應用目標)之各氣象站經典氣象

表4 各氣象觀測站經典氣象年之列表

測站名稱	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
馬祖	2004	2009	2010	2010	2007	2011	2009	2006	2009	2007	2010	2006
彭佳嶼	2009	2009	2006	2012	2013	2012	2004	2006	2004	2007	2009	2007
鞍部	2004	2010	2009	2004	2004	2008	2010	2009	2009	2012	2004	2004
淡水	2008	2009	2005	2012	2004	2008	2007	2008	2007	2013	2005	2007
竹子湖	2008	2007	2010	2010	2004	2004	2008	2010	2009	2009	2006	2007
基隆	2013	2009	2008	2012	2008	2008	2010	2008	2008	2013	2011	2004
臺北	2008	2007	2013	2012	2010	2008	2008	2011	2011	2007	2013	2008
板橋	2013	2011	2010	2012	2004	2008	2010	2008	2011	2011	2005	2007
新竹	2006	2006	2007	2012	2013	2008	2008	2010	2010	2009	2006	2007
宜蘭	2008	2010	2008	2005	2008	2009	2009	2005	2004	2008	2009	2004
蘇澳	2008	2013	2008	2012	2013	2005	2011	2008	2010	2004	2004	2005
金門	2005	2009	2010	2009	2008	2009	2007	2008	2004	2007	2005	2007
梧棲	2007	2013	2011	2007	2010	2007	2010	2009	2006	2006	2010	2011
臺中	2004	2004	2004	2012	2004	2004	2009	2004	2009	2006	2004	2004
花蓮	2008	2013	2008	2012	2005	2005	2010	2012	2008	2012	2010	2012
日月潭	2005	2012	2007	2012	2005	2013	2005	2009	2004	2006	2006	2010
澎湖	2004	2013	2011	2004	2011	2010	2009	2009	2009	2007	2005	2004
阿里山	2011	2011	2008	2008	2008	2010	2006	2010	2011	2006	2009	2012
嘉義	2013	2013	2007	2006	2012	2007	2013	2009	2011	2013	2006	2012
玉山	2005	2012	2007	2013	2010	2013	2011	2011	2010	2004	2004	2004
東吉島	2006	2013	2004	2006	2013	2012	2013	2012	2007	2013	2013	2007
七股	2010	2009	2009	2007	2010	2006	2008	2009	2009	2010	2007	2008
成功	2008	2007	2007	2010	2013	2007	2006	2006	2007	2006	2006	2011
永康	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2009	2010	2006	2010	2010	2009
臺南	2008	2007	2006	2008	2005	2006	2010	2006	2009	2009	2009	2009
臺東	2008	2013	2006	2007	2005	2013	2011	2005	2004	2007	2008	2009
高雄	2007	2008	2004	2012	2011	2007	2011	2005	2009	2006	2006	2004
大武	2004	2009	2006	2011	2008	2007	2008	2005	2008	2012	2007	2009
蘭嶼	2012	2009	2005	2007	2010	2006	2008	2008	2006	2010	2009	2009
恆春	2004	2007	2006	2007	2006	2004	2009	2006	2006	2006	2006	2007

年之組成情形。至於以何明錦等(2006)使用不同加權比重(全日空輻射量：0.6，大氣溫度：0.2，相對溼度：0.2)與本研究選用加權凡數(全日空輻射量：0.8，大氣溫度：0.2)所得經典氣象年兩者間之差異討論，請參考嚴偉倫之論文(2015)，在此不加贅述。

3.2 所選取經典氣象年之日射量數據

中央氣象局一級氣象觀測站之氣象資料或因維修困難等原因而缺少一段時間，若資料缺少時間段過長，亦無法使用內差方法去補齊，

故本研究中設定每當一個月缺少氣象資料之天數總和多於十天時，會將該年當月之氣象資料剔除，僅使用所餘年數之當月資料進行經典氣象年該月之選取。本研究中全日空輻射量數據缺乏最嚴重者為玉山氣象觀測站的七月份，其2004、2005與2012年缺少全日空輻射量之天數皆大於十天，故缺少最嚴重者仍有七年可供進行經典氣象年之選取。

其對應到經典氣象年每月代表之年份與全日空輻射量如表4與5所示，本研究將國內氣象觀測站區分為北部、中部、南部、東部、外島

表5 各氣象觀測站經典氣象年中之平均日射量(MJ/m² day)

測站名稱	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
馬祖	5.90	7.65	9.34	8.04	13.54	14.28	18.04	16.74	11.83	10.16	6.63	5.76
彭佳嶼	6.93	8.64	8.27	10.58	15.26	16.93	20.38	18.53	14.80	12.47	8.29	7.09
鞍部	5.83	7.45	9.12	13.51	14.52	13.05	16.63	14.20	13.45	9.42	8.25	5.25
淡水	5.35	8.80	8.84	10.72	13.88	13.21	18.68	17.20	13.11	10.72	7.38	6.12
竹子湖	4.85	6.34	7.61	6.40	9.76	9.52	10.32	10.53	9.75	5.88	6.08	5.32
基隆	5.58	7.91	9.18	11.57	11.92	14.01	20.32	17.80	11.30	7.60	5.74	4.42
臺北	6.12	9.61	9.55	8.01	11.16	12.82	15.69	15.18	13.26	8.84	9.43	8.35
板橋	7.14	8.40	10.05	9.78	14.56	13.13	20.27	18.23	15.56	8.67	10.03	6.48
新竹	6.35	7.49	8.13	10.38	13.34	15.87	18.05	18.04	15.46	11.71	8.95	7.70
宜蘭	4.79	7.92	8.91	11.24	12.94	15.28	19.97	15.73	12.59	9.03	7.06	5.92
蘇澳	4.87	6.94	9.87	9.74	12.51	17.34	19.22	19.01	12.98	10.49	7.41	5.50
金門	7.82	9.92	12.82	13.17	14.55	16.25	20.90	17.81	15.56	13.10	11.26	8.74
梧棲	8.50	11.04	10.42	11.42	14.04	13.29	17.36	14.27	14.66	13.92	9.24	9.14
臺中	9.77	11.60	12.02	13.73	17.07	16.40	17.05	13.89	15.79	15.59	12.18	11.16
花蓮	6.23	9.13	9.91	9.94	13.46	15.67	19.92	15.86	12.36	11.52	8.48	5.30
日月潭	9.76	10.26	10.66	11.53	13.18	15.02	14.51	11.47	11.65	11.18	10.11	10.23
澎湖	5.91	7.84	11.63	10.69	16.71	16.03	18.05	13.83	15.44	12.48	7.65	6.56
阿里山	10.11	12.89	13.01	12.65	11.69	12.05	12.09	12.15	11.01	12.07	12.90	9.38
嘉義	11.34	13.75	14.03	15.22	18.25	16.31	18.71	17.02	16.95	15.67	12.08	9.81
玉山	11.39	12.15	13.22	16.56	14.66	15.71	17.67	15.45	13.37	15.93	13.21	10.94
東吉島	9.37	9.03	10.88	16.43	15.84	16.20	20.31	15.31	16.80	15.09	10.06	8.62
七股	10.69	13.11	13.49	13.93	16.50	14.80	16.89	15.58	16.04	14.26	10.73	10.51
成功	7.58	9.55	9.58	11.09	12.08	16.34	16.79	16.62	14.97	13.17	9.30	7.39
永康	9.79	11.73	12.65	12.77	14.61	14.30	14.69	14.63	15.59	11.53	9.41	8.82
臺南	10.34	13.43	12.03	15.90	18.93	13.95	16.63	15.63	15.51	14.21	11.53	10.19
臺東	9.29	12.03	10.91	13.71	18.08	19.61	21.88	18.32	18.66	13.55	12.22	9.51
高雄	9.99	11.82	12.36	15.14	16.38	17.40	17.46	13.77	15.45	13.47	10.49	10.34
大武	8.38	11.29	10.35	14.33	14.45	17.08	17.27	13.45	13.52	12.76	9.95	8.12
蘭嶼	7.96	9.28	10.23	10.86	10.94	12.96	14.41	14.80	12.59	11.32	7.67	7.18
恆春	10.68	13.63	15.03	15.34	17.56	17.07	17.29	15.42	15.22	14.77	12.46	10.68

及高海拔六大群組來討論，並將對應到經典氣象年之全日空輻射量以圖4、5、6、7、8及9來分別表示，由上述六個群組之日射量逐月變化圖來看，中、南部之四季日射量變化相對於其他四個群組較為平緩，或許是其測站大多位於地形較平緩區(如嘉南平原、臺中盆地與清水平原等)，太陽日射量照射受四週突起地形造成之遮陰及氣象變化等現象較不顯著。另將六個群組中各選取一個氣象觀測站：臺北(北區)、臺中(中區)、臺南(南區)、臺東(東區)、澎湖(外島)與玉山(高海拔區)之年平均每日日射量整理於表6，並與歐文生等(2008)之數據相比較，發現本研究數據與歐文生等(2008)之數據存在3%至9%間之差異，其中有高估也有低估，差異之由來有三，其一為二者使用之數據有11年之時間差異(歐文生等：主要為1993-2002年，本研究：2004-2013年)，其二為經典氣象年之計算採用不同加權比重，其三為中央氣象局自2004年後提供之日射量數據較精確。但若以表1所列數據來看，這兩者間の日射量數據最為接近，

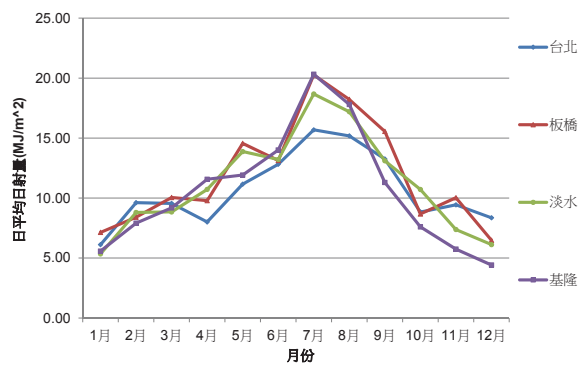


圖4 北部地區每月之日平均日射量分布



圖5 中部地區每月之日平均日射量分布

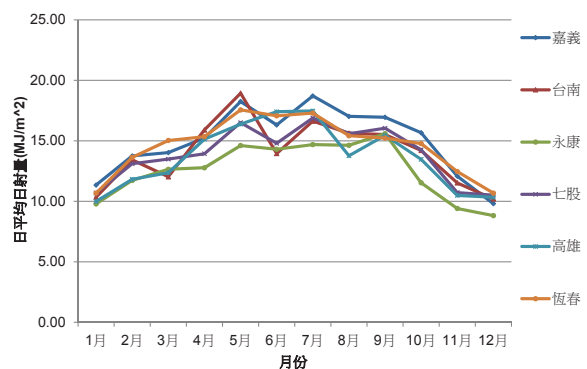


圖6 南部地區每月之日平均日射量分布

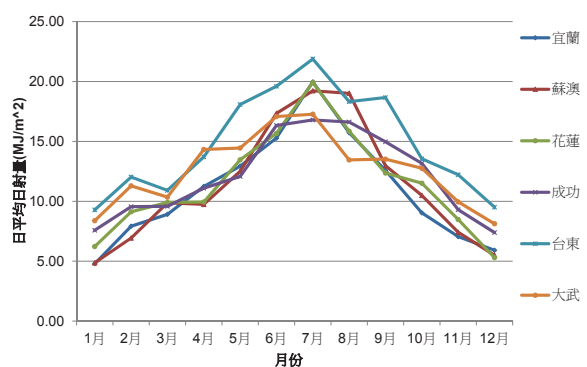


圖7 東部地區每月之日平均日射量分布

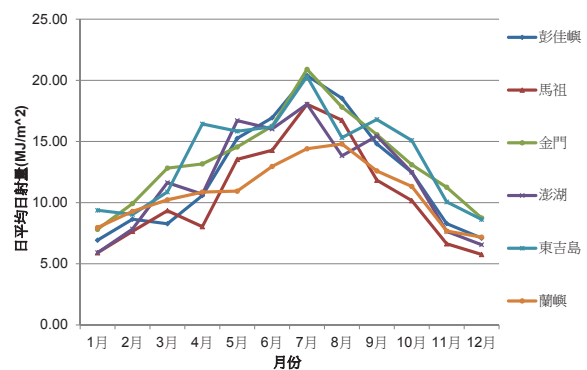


圖8 外島地區每月之日平均日射量分布

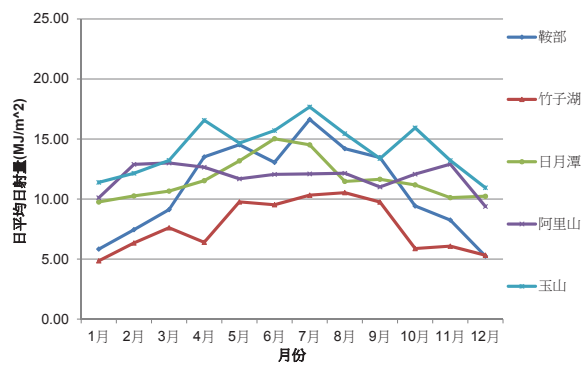


圖9 高海拔地區每月之日平均日射量分布

表6 本文與歐文生等 (2008) 之年平均每日日射量 (kJ/m² day) 資料之比較

	歐文生等 (2008)	本文	相對誤差 * (%)
臺北	11,077	10,675	3.77
臺中	12,707	13,865	-8.35
臺南	13,257	14,027	-5.49
臺東	15,822	14,823	6.74
澎湖	10,886	11,929	-8.74
玉山	14,654	14,198	3.21

*以本文資料為計算誤差之基準

特別是相對於衛星資料所估計數據，其精確度甚為可慮。

另為瞭解經由經典氣象年計算出之日射量與所選用十年間每年的日射量之差異性，本文以臺北氣象觀測站為例，比較2004~2013年間各年之年日射量及經由該站經典氣象年各月(見表4)所計算出之年日射量，並整理成表7。依表7所列各年日射量大小排序，經典氣象年所得年日射量(3,896 MJ/m²)介於2004~2013十年中第6及第7順位之間，與十年平均值(3,837 MJ/m²)相比，相對誤差(以經典氣象年值為本)為1.51%。

表7 臺北氣象觀測站在2004~2013年間之年日射量與該站經典氣象年所推算年日射量之比較

年份	年日射量(MJ/m ²)
2004	4,182
2005	3,793
2006	3,783
2007	3,724
2008	4,012
2009	3,950
2010	3,622
2011	3,520
2012	3,491
2013	4,292
Mean	3,837
TMY	3,896

4. 結 論

本研究採用中央氣象局分布全國的30個一級氣象觀測站於2004年至2013年之氣象資料，對各站欠缺之數據，以三階cubic spline方法內差補足後，分別建立其經典氣象年。本研究中嘗試以加權比重(1)案一：僅為全日空輻射量(：1.0)以及(2)案二：全日空輻射量：0.8、大氣溫度：0.2方法來建立經典氣象年，發現兩種不同加權比重所計算出來經典氣象年差異不致太大。

本研究使用較適合太陽熱能應用之案一所得經典氣象年(表4)統計出各站每月之平均每日日射量資料(表5)。本研究亦於北、中、南、東、外島與高山地區中各選一站與歐文生等 (2008)利用1993-2002年中央氣象局資料所得整之年累積日射量互相比較(表6)，發現兩者間之差異在3%至9%之間。

本研究建立一個國內目前最完整(30個一級氣象觀測站)以及最新(2004-2013年)之日射量資料庫，可提供各界人士於進行評估臺灣之太陽熱能系統成效時之用。由於以本研究中兩種不同加權比重計算出來的各氣象站經典氣象年之間的差異不致太大，本研究所提供之日射量資料亦可供評估太陽光電系統之用。

致 謝

本文蒙經濟部能源局委辦之經費(計畫編號104-D0303)的支持，在此特於致謝。

參考文獻

方煒，2000。臺灣的太陽能輻射現況。<http://ecaa3.ecaa.ntu.tw/weifang/BIO-ctrl/臺灣的太陽能輻射.pdf>。

中央氣象局，1994。臺灣地區近百年來氣候之變化，中央氣象局報告。

中央氣象局，2010。氣候資料年報，<http://>

- www.cwb.gov.tw/V7/about/yearpaper.htm
- 何明錦、歐文生、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。
- 林博雄，2003。中央氣象局測站之地表全天空輻射量的效驗與分析，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
- 郭家瑋，2012。如何選取經典氣象月，成大研究發展基金會太陽熱能南部檢測中心技術報告。
- 黃明輝，2014。臺灣日照量高低的爭議，科技報導，第396期，10-13頁。
- 歐文生、何明錦、陳瑞鈴、陳建富、羅時麒，2008。臺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，103-118頁。
- 蕭鋒、林博雄、賴彥任，2011。由MTSAT衛星影像和數位地形資料估算臺灣地表太陽輻射量，大氣科學學報，第39期，53-67頁。
- 嚴偉倫，2015。建立臺灣在經典氣象年中的太陽能資料庫，國立成功大學航空太空工程碩士論文。
- Meternorm, http://meteonorm.com/images/uploads/demo_uploads/ghi_world_mn71.png
- solarGIS, http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-China-en.png

Solar Global Radiation Information of Taiwan in Terms of the Typical Meteorological Year between 2004 and 2013

Keh-Chin Chang^{1*} Wei-Lun Yen² Chia-Wei Liu²

ABSTRACT

Using renewable energy source is raising worldwide concern. Among the available renewable energy technology, application of solar water heater has been long promoted in Taiwan since 1986. For updating the database of solar irradiation in Taiwan, the global radiation data, which were measured by 30 meteorological stations of Central Weather Station distributed nationwide in Taiwan and were collected in the years between 2004 and 2013, are used to calculate reliable solar irradiation data of each meteorological station in a so-called typical meteorological year (TMY) which represents long term solar irradiation data of Taiwan. This up-to-date database of solar irradiation can provide scientific reference for the performance assessment of solar water heating systems in Taiwan.

Keywords: solar energy, typical meteorological year (TMY), global radiation

¹ Professor, Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

Received Date: August 26, 2015

² Graduate student, Department of Aeronautics and Astronautics, National Cheng Kung University

Revised Date: October 8, 2015

Accepted Date: December 25, 2015

* Corresponding Author, Phone: +886-6-2757575 ext. 63679, E-mail: kcchang@mail.ncku.edu.tw