

臺灣建築能源模擬解析用逐時標準 氣象資料 TMY3 之建置與研究

計畫主持人：何 明 錦 所長

協同主持人：黃 國 倉 博士

研 究 員：王 仁 俊 博士

研究助理：余 文 元、林 政 賢

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

The Development and Research on Hourly Typical Meteorological Years (TMY3) for Building Energy Simulation Analysis of Taiwan

BY

MING-CHIN HO

KOU-TSANG HUANG

JEN CHUN WANG

December, 2013

目次

表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
ABSTRACT.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 本研究計畫之重要性.....	4
第三節 國內外文獻回顧.....	6
第二章 TMY3 標準氣象年製作理論概述.....	7
第一節 原始氣象資料之取得.....	7
第二節 TMY3 標準氣象年格式.....	8
第三節 TMY3 標準氣象年的製作流程.....	11
第四節 全天空水平日射量之直散分離.....	16
第五節 各中選月份之連結.....	17
第三章 原始歷年氣象資料整理與補建.....	19
第一節 歷年各氣象要素缺漏統計.....	19
第二節 缺漏雲量補建方法.....	21
第三節 缺漏日射量補建理論與方法.....	22
第四章 標準氣象年中選月份分析.....	25
第一節 各候選月份之評比.....	25
第二節 中選月份之代表性檢定.....	29
第三節 TMY3 標準氣象年之統計與應用.....	35
第五章 TMY3 氣象年與歷屆氣象年之比較.....	47
第一節 歷屆氣象年差異分析.....	47
第二節 電腦動態熱負荷解析 EnergyPlus 簡介.....	52
第三節 歷屆氣象年對空調型單體建築耗能之影響.....	54

第四節	歷屆氣象年對自然通風型住宅建築熱不舒適之影響	58
第五節	歷屆氣象年對自然通風型辦公建築熱不舒適之影響	62
第六節	住宅建築調適策略之模擬	65
第六章	結論與建議	69
第一節	結論	69
第二節	建議	70
附錄一	TMY3 格式欄位說明	71
附錄二	評選會議紀錄及處理情形	75
附錄三	期中會議紀錄及處理情形	77
附錄四	座談會議紀錄	79
附錄五	期末會議紀錄及處理情形	80
參考書目		82

表次

表 1-1 與熱負荷計算相對應之氣象要素	3
表 2-1 本研究所採用中央氣象局一級氣象站位置一覽表.....	7
表 2-2 原始氣象數據記錄格式與說明	8
表 2-3 TMY3 所記錄的氣象要素內容	9
表 2-4 TMY3 資料格式之表頭所記錄之各欄位意義	10
表 2-5 NSRDB-NREL 所建議之候選月篩選權重.....	14
表 3-1 各地原始日射量缺漏比例	20
表 3-2 各地日射量估計偏回歸係數	23
表 4-1 各候選月份之 FS、WS 與 RMSD 一覽表	26
表 4-2 TMY3 中選月年份列表	29
表 4-3 空調設計參考用設計溫度	37
表 4-4 各地 TMY3 月均溫統計(°C)	37
表 4-5 各地 TMY3 逐月全天空日射量統計(KW/m ²).....	38
表 4-6 台北 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	39
表 4-7 台北 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	39
表 4-8 台北 TMY3 各月冷暖房度日與度時	39
表 4-9 新竹 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	40
表 4-10 新竹 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	40
表 4-11 新竹 TMY3 各月冷暖房度日與度時	40
表 4-12 台中 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	41
表 4-13 台中 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	41
表 4-14 台中 TMY3 各月冷暖房度日與度時	41
表 4-15 嘉義 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	42
表 4-16 嘉義 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	42
表 4-17 嘉義 TMY3 各月冷暖房度日與度時	42
表 4-18 台南 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	43

表 4-19	台南 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	43
表 4-20	台南 TMY3 各月冷暖房度日與度時	43
表 4-21	高雄 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	44
表 4-22	高雄 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	44
表 4-23	高雄 TMY3 各月冷暖房度日與度時	44
表 4-24	花蓮 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	45
表 4-25	花蓮 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	45
表 4-26	花蓮 TMY3 各月冷暖房度日與度時	45
表 4-27	台東 TMY3 各月逐時平均全天空日射量	46
表 4-28	台東 TMY3 各月逐時平均乾球溫度	46
表 4-29	台東 TMY3 各月冷暖房度日與度時	46
表 5-1	歷屆氣象年選取區間及中選月年份一覽	47
表 5-2	臺灣四地歷屆氣象年各氣象要素平均值比較	47
表 5-3	模擬辦公建築面積基本資料	54
表 5-4	辦公建築外殼構造熱性能	56
表 5-5	辦公建築模擬輸入條件	57
表 5-6	歷屆氣象年對空調型辦公建築之逐月空調耗能	57
表 5-7	自然通風住宅各方位熱不舒適小時數分析	62
表 5-8	自然通風住宅各方位熱不舒適嚴重度分析	62
表 5-9	自然通風辦公空間各方位熱不舒適小時數分析	64
表 5-10	自然通風辦公空間各方位熱不舒適嚴重度分析	64
表 5-11	自然通風住宅調適策略各月熱不舒適嚴重度	67

圖次

圖 1-1 綠色廠房日常節能指標評估流程	5
圖 1-2 綠色廠房以能源成本分析建築節能之概念圖.....	5
圖 2-1 TMY3 製作程序與研究流程	12
圖 2-2 各月與長期之日射量 CDF 分佈示意	14
圖 2-3 前後二中選月氣象數據連結平滑化之過程(以溫度為例).....	18
圖 2-4 風向與風速之連結	18
圖 3-1 各地原始日射量缺漏情形	21
圖 4-1 台北全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	30
圖 4-2 新竹全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	30
圖 4-3 台中全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	30
圖 4-4 嘉義全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	31
圖 4-5 台南全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	31
圖 4-6 高雄全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	31
圖 4-7 花蓮全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	32
圖 4-8 台東全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	32
圖 4-9 台北乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	33
圖 4-10 新竹乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	33
圖 4-11 台中乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	33
圖 4-12 嘉義乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	34
圖 4-13 台南乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	34
圖 4-14 高雄乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	34
圖 4-15 花蓮乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	35
圖 4-16 台東乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖	35
圖 4-17 以 EnergyPlus 之 EPW 格式呈現之高雄 TMY3 格式(部分)...	36
圖 4-18 以 Excel CSV 格式呈現之 TMY3 樣貌(部分).....	36
圖 5-1 歷屆氣象年乾球溫度之逐月比較（臺灣四地）	48

圖 5-2 歷屆氣象年全天空日射量之逐月比較（臺灣四地）	48
圖 5-3 歷屆氣象年乾球溫度與長期平均之比較（臺灣四地）	49
圖 5-4 歷屆氣象年全天空日射量與長期平均之比較（臺灣四地）	49
圖 5-5 歷屆氣象年乾球溫度之逐月比較（台北）	50
圖 5-6 歷屆氣象年全天空日射量之逐月比較（台北）	50
圖 5-7 歷屆氣象年乾球溫度與長期平均之比較（台北）	51
圖 5-8 歷屆氣象年全天空日射量與長期平均之比較（台北）	51
圖 5-9 EnergyPlus 裡擁有許多模組單元可模擬運算各種系統	53
圖 5-10 辦公建築南向正立面(左)	55
圖 5-11 辦公建築北向背立面(右)	55
圖 5-12 模擬辦公建築示意	55
圖 5-13 標準層平面圖	56
圖 5-14 辦公建築使用時程分佈	56
圖 5-15 歷屆氣象年對空調型辦公建築之逐月耗能分佈	57
圖 5-16 ASHRAE 熱適性模型熱舒適範圍	59
圖 5-17 五米外周區之模擬單元空間示意	60
圖 5-18 模擬住宅臥室之使用時程	60
圖 5-19 台北自然通風住宅全年熱不舒適頻度	60
圖 5-20 台北自然通風住宅全年熱不舒適嚴重程度	61
圖 5-21 自然通風型住宅全年不舒適頻度比例	61
圖 5-22 自然通風型住宅全年不舒適嚴重程度	62
圖 5-23 台北自然通風型辦公室使用時期熱不舒適頻度	63
圖 5-24 台北自然通風型辦公室使用時期不舒適嚴重度	63
圖 5-25 自然通風型辦公室使用時期不舒適頻度	64
圖 5-26 自然通風型辦公室使用時期不舒適嚴重度(單位：度時)	64
圖 5-27 各項住宅調適策略之全年空調節能效益	66
圖 5-28 各項住宅調適策略對室內熱不舒適嚴重度降低之逐月分佈	67

摘要

關鍵詞：標準氣象年、建築能源模擬、TMY3

一、研究緣起

建築物的熱得除了建築物本身的外殼設計外，又與外界氣候息息相關，因此在進行建築物能源解析前尚須掌握外界氣候的諸氣象要素，才能真正反應建築物的熱負荷情況，並藉以計算其能源使用量。本研究以 1990-2012 年共 23 年為篩選基期，更新臺灣建築能源解析用平均氣象年，以使氣象年具當地長期氣候之代表性。所產製符合國際標準之 TMY3 標準氣象年，包括台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮、台東等地。

二、研究方法及過程

本研究採用美國再生能源實驗室(NREL)所制訂的篩選程序(Sandia Method)，作為中選月份的篩選流程。同時以中央氣象局之原始歷史逐時氣象資料作為標準氣象年之篩選基期，以製作 TMY3。研究過程首先針對原始逐時氣象數據進行格式整理、缺漏統計、異常資料剔除與缺漏值補建，再以權重後之各氣象要素依各月之逐日累積分佈函數與長期氣候進行比對，以挑選出氣象分佈結構相似者為候選月。再以均方根誤差統計量檢定各候選月對長期氣候之偏差，以偏差最小者為中選月份。

三、重要發現

以 1990-2012 年為基期之逐時氣象記錄資料製作符合國際 Sandia Method 規範之臺灣八地(台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮、台東)TMY3 建築能源解析用逐時標準氣象年，可與國際接軌。與歷屆 AWY 與 TMY2 之標準氣象年比對後，新產製之 TMY3 更具長期氣候之代表性。與歷年既有之標準氣象年比較其對空調型建築耗能變化情形：以台北既有辦公大樓為例，空調型辦公建築全年空調耗能密度在 AWY, TMY2, TMY3 等標準氣象年模擬下分別為 120.9, 121.9 與 122.3 (KWh/m²)，增加約 1.9% 之耗能量。

與歷年既有之標準氣象年比較其對自然通風型住宅建築之室內熱不舒適之變化：研究發現室內熱不舒適發生之頻率有逐漸增加之趨勢，AWY、TMY2 與 TMY3 全年分別有 18.3%、23.5%與 26.0%之機會處於室內熱不舒適之狀態。而在熱不舒適嚴重度方面，新產製之 TMY3 對 AWY 時期之增加率達 53%。顯示今日之氣候更趨炎熱，更易導致室內過熱情形。針對住宅建築以模擬改善策略之效益方式評估於全球氣候變遷下之調適策略，作為未來建築能源變遷相關研究與對策之參考。

四、主要建議事項

根據研究發現，提出具體立即可行建議如下：

建議一：

建議公告本計畫所產製之臺灣 TMY3 標準氣象年：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心

有鑑於電腦動態熱負荷模擬技術日漸普及，業界已有 Ecotect、eQuest 等視窗化介面之電腦模擬程式流通，然目前缺乏國家公告之標準外界氣象資料以茲利用，導致各家業者使用來路不明之氣象資料作為模擬，使得模擬結果不具當地氣候代表性，可信度低。透過本計畫所產至之 TMY3 標準氣象年，可統一各家模擬軟體之外界氣象條件，提升模擬可信度。

建議二：

研擬反應未來氣候特徵之未來氣象年：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

本計畫以歷史氣象資料完成建築能源解析用平均氣象年之研製，有鑑於未來氣候變遷下之建築能源變化之探討與模擬，以及早因應未來氣候下之建築節能策略與調適，仍須仰賴足以反應未來氣候特徵之建築氣象，因此建議針對未來氣候變遷之相關研究。

ABSTRACT

Keywords: typical meteorological year, building energy simulation, TMY3

1. Introduction

The factors that influence the heat gain of a building including building envelope efficiency design, occupancy behavior, and, most of all, the local climate. Therefore, before understanding the energy consumption of a building by simulation, local meteorological data should be firstly well prepared so as to actually reflect the energy use. The objective of this research is to establish typical meteorological years (TMY3) for the use in building dynamic simulation. Hourly observed weather data from 1990 to 2012 of eight locations, Taipei, Hsingchu, Taichung, Chiayi, Tainan, Kaohsiung, Hualian, and Taitong, were prepared to construct TMY3 by means of internationally recognized standard method.

2. Methodology

The research adopted Sandia Method developed from National Renewable Energy Laboratory of United States (NREL) as standard method for constructing TMY3. The processes firstly start with rearrangement, filling missing data, and omitting unreasonable records from the raw weather data recorded from Central Weather Bureau. As TMY3 is an hypothetical weather year that its constitutional individual months would not necessarily comes from the same year. Therefore, in order to seek for the most representative months that have the least deviation from the long-term weather, concepts of candidate months were adopted. The month that have the top five least deviation are considered as candidate months. Statistical method of root mean square error (RMSE) was used to test each candidate month's deviation against their long-term weather. The one that has the least RMSE was considered as chosen months.

3. Results

The research adopted internationally recognized method in developing TMY3. As a result, the establish TMY3s are capable of comparing to other world's TMY3 data. By comparing the

newly constructed TMY3 with Taiwan's historical AWY and TMY2, the TMY3s are more representative against their corresponding local weather. For an office building located in Taipei as an example, the annual cooling energy consumption were 120.9, 121.9, and 122.3 (KWh/m²), when simulated with the meteorological years AWY, TMY2, and TMY3, accordingly. It is observed that there is 1.9% increase in cooling energy use.

Furthermore, in the study of indoor thermal comfort change of a natural ventilated house, it is found that the frequency of discomfort hours is gradually increased. There are 18.3%, 23.5%, and 26.0% opportunity to fall behind the thermal comfort range, respectively. While considering the discomfort severity, there are 53% increase as simulated with TMY3 in comparison with the case simulated with AWY. It indicates that although the indoor overheating hours does not have a significant increase through these year period, the degree of thermal discomfort is severely increased. The research also studied the efficiency of some proposed adaptive strategies that could be adopted for residential buildings.

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. The developed TMY3s are recommended to be announced publically for utilization.
2. It is suggested that future weather data are mandatory fundamentals for studying the climatic impact on building energy use and the efficiency of various adaptation strategies. Further research on the typical meteorological data that reflects the climate change within a century future are highly recommended.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

建築物熱得除與建築外殼設計相關外，另與溫度、日射量、濕度等氣候條件息息相關，進行建築物能源解析前必須掌握氣象要素，始能反應建築物真實熱負荷情況，據以計算其能源使用量。我國綠建築評估系統已建構完成綠建築家族體系，包括基本型、廠房類、社區類、舊建築改善類及住宿類等五種版本，其中廠房類與舊建築改善類之空調耗能評估則仿 ASHRAE Standard 90.1 ([ASHRAE 2010](#)) 導入能源成本評估法，該方法係以動態解析軟體針對設計建築與標準建築進行分析，比較設計或改善前後的節能效率，據以計算指標得分。由於建築耗能影響因子眾多，應用能源成本評估法時，若干模擬邊界條件在設計與標準模型上需採用相同基準，始能相互比較，二者採用相同且為當地長期代表性氣候氣象資料同步模擬，才能使結果具可信度。

我國現行使用外界氣候條件係基於 1998-2002 年間長期氣候資料所建立之平均氣象年 TMY2 ([林憲德 and 黃國倉 2005](#))。惟因時日已久，且僅有台北、台中與高雄等地資料，已不敷反應近年之氣候變遷影響。本研究將以 1990-2012 年共 23 年為篩選基期，除採用 TMY3 方法更新製作符合臺灣建築能源解析用具長期氣候代表性之平均氣象年外，另增加產製臺灣各地，包括：台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮及台東等地之平均氣象年，俾利擴大應用範圍。

本研究之主題為：「臺灣建築能源模擬解析用逐時標準氣象資料 TMY3 之建置與研究」，內容包括：

1. 透過建築能源模擬，分析各氣象要素(日射量、溫度、風速、濕度)對建築能源模擬之敏感度，藉以建立平均氣象年於中選月份篩選程序時各氣象要素之篩選權重，並以數值方法或經驗公式補遺各地原始氣象資料缺漏部分，俾利進行中選月份篩選。
2. 完成建立臺灣地區平均氣象年標準製作程序與 TMY3 資料，並與歷史氣象年進行比較，探討近期氣候變遷下，對於建築能源變動之差異與影響。

3. 挑選空調與自然通風型建築各一案，以電腦模擬方式與歷年氣候資料比對，評估氣候變遷下之建築能源使用變化，提出我國住宅部門於全球氣候變遷下之調適策略與因應對策。

本計畫之預期目標如下：

1. 完成建立臺灣北、中、南、東部氣候區等 8 處 TMY3 最新標準逐時氣象年，更新既有建築能源模擬解析之外界氣象標準。
2. 與我國歷年既有之氣象年比較其對建築耗能變化情形，分析在氣候變遷下對建築能源使用之衝擊，及提供能源成本評估法進行綠建築評估統一氣象輸入標準應用。
3. 提出我國建築部門於全球氣候變遷下調適策略與因應對策，作為未來建築能源變遷相關研究與對策之基礎資料。

建築物的空調耗能乃以移除室內的熱負荷為目的，而建築物的熱得除了與建築物外殼設計良窳相關之外，又與當地外界氣候變化息息相關，其中又以溫度、日射量、濕度等影響為最，所以在研究建築物能源解析之前尚須掌握大氣的諸多氣象要素，才能真正計算並反應建築物內的熱負荷變動情況。無論建築能源解析或空調熱負荷計算，

為解析建築於一年中之能源消耗變化，所需計算之期距一般為一年份。然而，關於外界氣象之邊界條件應取自何年之氣象數據以作為熱負荷計算用，始能真實反應該地區長期的氣候變動並排除極端之氣候是一大課題，而「標準氣象年」(Typical meteorological year, TMY)的主要功能即在於以一年份之逐時氣象資料假想年以代表長期氣候之變化。

標準氣象年是由逐時的真實氣象資料以統計方式經過篩選而組成一年份之假想氣象年(8760 小時)，實際上此一標準年並不存在，其意義在於能以一年份的假想氣象資料來代表當地長期間的氣象變化，進而能夠以此一標準氣象年進行建築物耗能的研究，使其模擬之結果具當地建築耗能之呈現而免除極端氣候之影響。在製作標準氣象年的方法上，必須同時兼顧長期氣候變動與熱負荷分析結果兩者之代表性，以確保未來應用於電腦模擬解析建築能源時，其結果之可靠度。由於其資料之主要運用用途在於建

築物之全年熱負荷計算上，因此其中的氣象要素，亦與熱負荷計算所需考慮之項目有關，其關係如表 1-1 所示。

表 1-1 與熱負荷計算相對應之氣象要素

空調負荷來源	熱負荷項目		相關之氣象要素
建築外殼	壁體傳透熱	顯熱	乾球溫度、直達日射量、擴散日射量
	玻璃傳透熱	顯熱	乾球溫度、直達日射量、擴散日射量
	玻璃日射熱	顯熱	日射量、雲量
	日射吸熱修正	顯熱	日射量、雲量
	間隙風負荷	顯熱、潛熱	風速、風向、乾球溫度、相對濕度
室內發散熱	照明燈具發熱	顯熱	
	照明吸熱修正	顯熱	
	人體發散熱	顯熱、潛熱	
	設備發散熱	顯熱、潛熱	
新鮮外氣負荷	新鮮外氣負荷	顯熱、潛熱	乾球溫度、相對濕度
	其他裝置負荷	顯熱、潛熱	
其他	間歇空調蓄熱負荷	顯熱	

（資料來源：本研究整理）

由上表可知，為了建築能源模擬所需之熱負荷計算有影響的氣候因子包括：1.外氣乾球溫度 2.外氣濕度 3.法線面直達日射量 4.水平面擴散日射量 5.雲量 6.風速 7.風向等七大要素。

製作此種標準氣象年在先進國家中各有理論方法，比較具代表性的如美國的 Weather Year for Energy Calculation (WYEC)([Crow 1980](#)), Test Reference Year (TRY)([Festa and Ratto 1993](#)), Typical Meteorological Year (TMY)([National Climatic Center 1981](#)), Typical Meteorological Year 2 (TMY2)([Marion and Urban 1995](#)), Typical Meteorological Year 3 (TMY3)([Wilcox and Marion 2008](#))；美英共同提出之 EnergyPlus/ESP-r Weather (EPW)([Crawley, Hand et al. 1999](#))；日本空調和衛生工學會的標準氣象資料平均年 (AYW)([Japanese Air-conditioning Standard Commision 1987](#))等，而本研究則擬採用美國

於 2008 年公告最新 TMY3 之方法作為製作標準氣象年之理論依據，以與國際接軌。一般而言，「標準氣象年」資料應該具備以下特點([林憲德 and 張思源 1987](#))：

1. 需具備長期氣候之代表性，排除極端氣候現象，並可以代表長期氣候的平均年變動狀態。
2. 需具建築物全年熱負荷之代表性，以茲能夠模擬出一般建築物的耗能量。
3. 需具備一年 8760 小時逐時之氣象數據，以提供大型熱負荷電腦解析程式使用(如 DOE-2.2)，以計算建築物之全年熱負荷以及空調設備量。

關於能源解析用的「氣象年」一般可分為兩類。一種是由真實一年的氣象資料構成，是由長期氣象資料中找出具氣候或能源計算代表性的全年資料，而成為一個氣象年；另一種則是由各月份的氣象要素中依權重選取出具代表性的「平均月」，再將十二個「平均月」連結成一個氣象年。本研究所製作的氣象年是屬於第二種，此由不同年份之各月份所組成的氣象年謂之「平均氣象年」，又因製作出之格式符合 TMY3 格式之標準，故稱「TMY3 標準氣象年」。

第二節 本研究計畫之重要性

2010 年行政院推出「智慧綠建築推動方案」，決定擴大綠建築成為永續國土綠色產業之政策，同年內政部建築研究所為擴大綠建築評估範圍，研擬不同類型建築之評估法建立「綠建築家族」評估系統。其中針對我國廠房類建築提出「綠色廠房評估指標」，有鑑於工廠建築各空間空調熱負荷因生產製程所需較無一定廣泛通用之表準，因此其日常節能指標之空調節能評估導入「能源成本評估法」以電腦模擬標準模型與設計模型互為比較其節能效能之方式進行評估，如圖 1-1 所示。「能源成本評估法」必須依其設計之「設計模型 Proposed Model」以及標準化之「基準模型 Baseline Model」，各分析其能源成本，只要「設計模型」之能源成本低於「基準模型」之能源成本即可合格，如圖 1-2。此一方法倚賴電腦熱負荷動態模擬之方式進行，為相互比對設計與標準模型之節能效能，模擬所使用之外界氣象條件有必要統一模擬使用之輸入標準。在「2012 年版綠建築評估手冊-廠房類型」中明載：以能源成本評估法進行評估時，其氣象資料以

臺灣平均氣象年資料為基準，依該基地之平均氣象年資料，計算全年 8760 小時，模擬建築物的耗能表現。可見標準氣象年有其建構與更新之必要性。

此外，為因應眾多建築能源解析軟體之需，氣象年之格式亦有必要需為通用之格式，以便於未來導入各建築能源解析軟體，增加此標準氣象資料應用之彈性。有鑑於此，本研究以國際公認並行之有年之 Modified Sandia Method ([Hall, Prairie et al. 1978](#), [Wilcox and Marion 2008](#))製作符合 CSV 通用格式之臺灣標準氣象年。

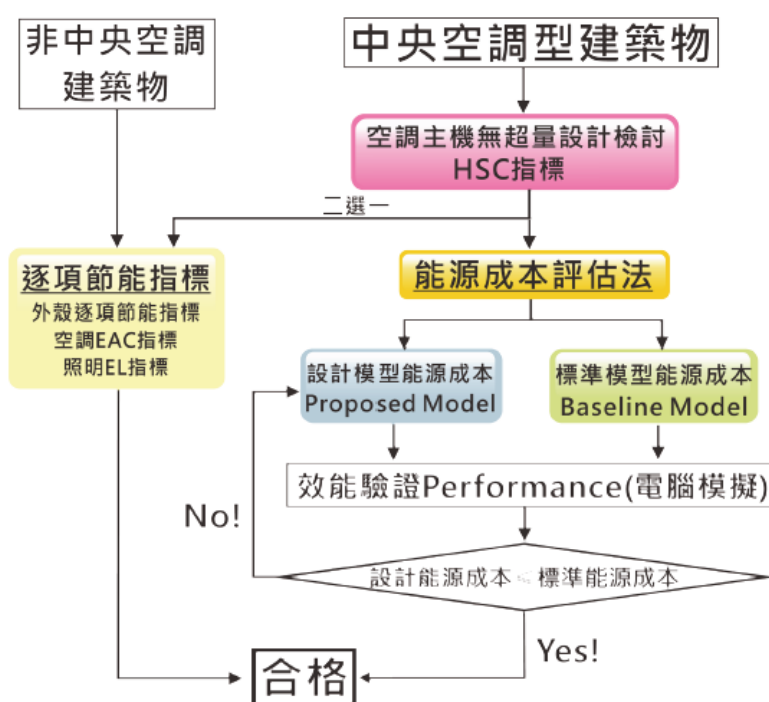


圖 1-1 綠色廠房日常節能指標評估流程

(資料來源：綠建築評估手冊-廠房類)

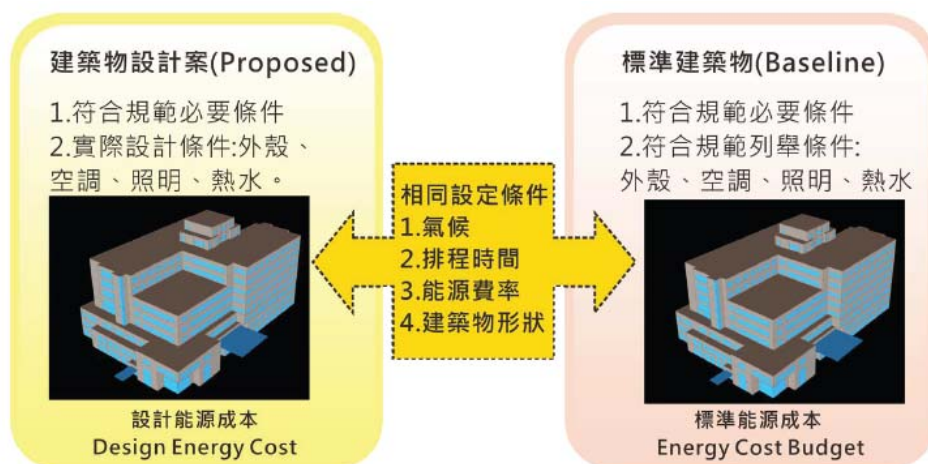


圖 1-2 綠色廠房以能源成本分析建築節能之概念圖

(資料來源：綠建築評估手冊-廠房類)

第三節 國內外文獻回顧

臺灣過去用於建築熱負荷解析之氣象年以往曾有過研究如：林氏平均氣象年 (AYWD75-84)([林憲德 and 張思源 1987](#))以及尋 TMY2 格式所製作之臺灣標準氣象年 ([林憲德 and 黃國倉 2005](#))(TMY2₉₃₋₀₂)。AYWD 之格式係供日本 HASP8001 程式使用，篩選自 1975-1984 年之逐時氣象資料，時日已久恐無法代表近期的氣候。而 TMY2₉₃₋₀₂ 之氣象基期為 1993-2002 年，內含台北、台中、高雄三地之 TMY，迄今亦為十年前之氣候，無法反應近期氣候變遷之影響。此外，黃瑞隆博士亦以 1980-2000 等年份之原始氣象數據製作台北、台中、高雄等地之 AWY, TMY, TMY2, WYEC 與 TRY 等比較各式方法之差異，結果顯示除 TRY 有較大之誤差達 7%外，其餘各式氣象年均適合作為空調耗能模擬與評估用，且均具二十年以上之代表性([黃瑞隆 2002](#))。而 ASHRAE 亦曾公布臺灣之 TMY2 氣象年，其係以 1982-1999 年為基期所產製之 TMY₈₂₋₉₉，但僅台北一地之資料。以上這些 TMY 所呈現之格式係以二進位碼(binary)方式呈現，僅能以特定之電腦動態解析程式(如 DOE-2.2, eQuest, TRNSYS 或 HASP8001 等)讀取，無法以文字資料 American Standard Code for Information Interchange (ASCII)或 Comma Separated Values (CSV)之格式呈現以便於進一步分析利用，更無法達跨平台與跨軟體使用之目的，應用上有其侷限性。

關於建築能源解析用氣象資料之格式，國際上亦針對氣象資料共通性之問題，於 2008 年提出 TMY3 格式，建議以 CSV 格式作為國際通用之標準格式，未來各家建築能源解析軟體之開發皆戮力於採用此一格式，目前採用此一格式之軟體計有 EnergyPlus, DesignBuilder 等，其他程式包括 Ecotect, TAS, DOE-2.2, eQuest, TRNSYS 等亦可透過內建之格式轉換軟體直接將 CSV 轉換為其所使用之格式。因此，以此一通用格式製作之標準氣象年無須考慮與各家軟體接軌之問題，本研究擬產製之 TMY 即以此 TMY3 標準進行編碼為 CSV 格式，以與國際趨勢接軌。

第二章 TMY3 標準氣象年製作理論概述

平均氣象年的構成是由不同年份的各月組合而成一年份的逐時氣象資料。由原始氣象數據所最終篩選出作為組成平均氣象年的該月份謂之「中選月」。為取得長期的氣候平均狀態，並排除異常氣候，如何決定到底是「哪一年的哪一月」作為中選月份，是由一套嚴謹的科學統計篩選程序來決定。本研究採用美國再生能源實驗室(NREL)所制訂的篩選程序(Sandia Method)，作為中選月份的篩選流程。

第一節 原始氣象資料之取得

本研究擬產製之標準氣象年涵蓋臺灣北中南東八地，分別為台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮、台東等地，由於 TMY3 標準氣象年之組成挑選自上述各地之歷年原始氣象資料，因此本研究以上述各地之中央氣象局局屬一級測站所觀測之原始逐時氣象數據(C 表)作為挑選組成 TMY3 氣象年的來源，各測站之地理資料如下表 2-1 所示，為使製作之 TMY3 符合當地氣候之長期代表性，原始逐時氣象數據之蒐集追溯至 1990 年代，並截至 2012 年為止一共 23 個年份之資料。取自中央氣象局之原始 C 表一共記載 49 種資訊，包括測站資訊、時間以及 44 種氣象要素，詳如表 2-2 所示。

表 2-1 本研究所採用中央氣象局一級氣象站位置一覽表

站號	站名	海拔高度	經度	緯度	城市	地址
466920	臺北	5.3M	121°30' 24" E	25°02' 23" N	臺北市	中正區公園路 64 號
466990	花蓮	16.0M	121°36' 18" E	23°58' 37" N	花蓮縣	花蓮市花崗街 24 號
467410	臺南*	40.8M	120°12' 17" E	22°59' 36" N	臺南市	中西區公園路 21 號
467420	永康*	8.1M	120°13' 43" E	23°02' 22" N	臺南縣	永康市中正南路 654 巷 40 弄 1 號
467440	高雄	2.3M	120°18' 29" E	22°34' 04" N	高雄市	前鎮區漁港南二路 4 號
467480	嘉義	26.9M	120°25' 28" E	23°29' 52" N	嘉義市	嘉義市北新里海口寮路 56 號
467490	臺中	84.04M	120°40' 33" E	24°08' 51" N	臺中市	中區精武路 295 號
467571	新竹	26.9M	121°00' 22" E	24°49' 48" N	新竹縣	竹北市光明五街 60 號
467660	臺東	9.0M	121°08' 48" E	22°45' 15" N	臺東縣	臺東市大同路 106 號

*台南測站由於 1999 年 5 月至 2001 年 12 月氣象站整修，此期間以永康測站代替
(資料來源：本研究整理)

表 2-2 原始氣象數據記錄格式與說明

項目名稱	欄位	舉例	單位	項目名稱	欄位	舉例	單位
測站號碼	1-6	466920		高雲狀	96		
年	7-10	1999		中雲狀	97	1	
月	11-12	10		低雲狀	98		
日	13-14	29		雲幕高	99-102	3.00	km
時	14-16	02		總雲量	103-107	10.0	
測站氣壓	17-22	1014.2	百 Pa	地中溫度 0 cm	108-112		°C
海平面氣壓	23-28	1015.0	百 Pa	地中溫度 5 cm	113-117		°C
乾球溫度	29-33	24.0	°C	地中溫度 10 cm	118-122		°C
露點溫度	34-38	20.3	°C	地中溫度 20 cm	123-127		°C
相對溼度	39-41	80		地中溫度 30 cm	128-132		°C
水汽壓	42-45	23.8	百 Pa	地面狀況	133	0	
平均風風速	46-49	0.6	m/s	雷暴	134		
平均風風向	50-54	260.0	000.0 為正北	液態降水 1	135		
極大風風速	55-58	2.8	m/s	液態降水 2	136		
極大風風向	59-63	230.0		固態降水 1	137		
累積雨量	64-68		mm	固態降水 2	138		
降雨時數	69-71		hr	固態降水 3	139		
日照時數	72-74		hr	視障 1	140	9	
能見度	75-78	7.0	km	視障 2	141		
高雲高度	79-82	3.0	km	光象 1	142		
中雲高度	83-85		km	光象 2	143		
低雲高度	86-89		km	全天空日射量	144-147	0.00	mJ/m ²
高雲量	90-91		無單位(天空分成 10 等份)	氣壓趨勢	148	8	無單位
中雲量	92-93	10		平均飽和水汽壓	149-152	29.8	百 Pa
低雲量	94-95						

(資料來源：本研究整理)

第二節 TMY3 標準氣象年格式

TMY3 氣象年是由美國再生能源實驗室(NREL, National Renewable Energy Laboratory)於 2008 年所制訂，其與歷屆 TMY 與 TMY2 最大之變革為其格式採 CSV 通用格式，可應用於各式軟體。一個符合 TMY3 標準的氣象年必須記載足一年份之逐

時氣象數據，全年一共 8760 筆，其涵蓋之氣象要素內容包括溫度、相對濕度、露點溫度、全天空日射量、法線直達日射量、水平擴散日射量、降雨量、雲量、雲幕高度、風向、風速、氣壓、大氣圈外日射量、氣候狀況、地中溫度、能見度、降雪等一共 24 種之逐時氣象數據，如表 2-3 所示。每一筆氣象數據伴隨一組檢定碼作為說明數據來源及其可靠度。連同前八列為記錄地區之經緯度記、與氣象站資訊、最大空調設計用氣象資料、地中溫度與註記之的檔頭，一個完整的 TMY3 氣象資料格式之敘述一共有 8768 列。TMY3 資料之表頭資訊如(資料來源：本研究整理)

表 2-4 所示。完整之 TMY3 各欄位敘述詳見附錄。

此外，由於本研究擬產製之標準氣象年其用途主要為供建築能源模擬解析使用，因此此一代表年必須反應氣候與建築能源之變動特性，為達此一目的，於篩選氣象年之過程中，將針對各氣象要素(如日射量、溫度、相對濕度等)對建築能源影響之程度給予不同之權重以作為由歷年原始氣象數據中挑選出標準氣象年中選月份之依據，以符合建築能源隨氣候變動之特性。新型之 TMY3 標準對於中選月選取過程各氣象要素所採用的權重相較於前一版 TMY2 之標準而言有所改變，TMY3 採用 NSRDB-NREL (National Solar Radiation Data Base - NREL)所建議之權重分配(如表 2-5)，更強調直達日射對建築熱負荷之影響，同時減少風速與風向之權重。

表 2-3 TMY3 所記錄的氣象要素內容

欄位#	欄位內容	欄位#	欄位內容
1	日期	35	露點溫度
2	時間	36	露點溫度資料來源
3	大氣圈外水平面日射量	37	露點溫度資料可靠度
4	大氣圈外法線面日射量	38	相對濕度
5	全天空水平面日射量	39	相對濕度資料來源
6	全天空水平面日射量資料來源	40	相對濕度資料可靠度
7	全天空水平面日射量資料可靠度	41	測站氣壓
8	法線面直達日射量	42	測站氣壓資料來源
9	法線面直達日射量資料來源	43	測站氣壓資料可靠度
10	法線面直達日射量資料可靠度	44	風向

11	水平面擴散日射量	45	風向資料來源
12	水平面擴散日射量資料來源	46	風向資料可靠度
13	水平面擴散日射量資料可靠度	47	風速
14	全天空水平面照度	48	風速資料來源
15	全天空水平面照度資料來源	49	風速資料可靠度
16	全天空水平面照度資料可靠度	50	水平能見度
17	法線面直射照度	51	水平能見度資料來源
18	法線面直射照度資料來源	52	水平能見度資料可靠度
19	法線面直射照度資料可靠度	53	雲幕高度
20	水平面擴散照度	54	雲幕高度資料來源
21	水平面擴散照度資料來源	55	雲幕高度資料可靠度
22	水平面擴散照度資料可靠度	56	可降水量
23	天頂照度	57	可降水量資料來源
24	天頂照度資料來源	58	可降水量資料可靠度
25	天頂照度資料可靠度	59	氣膠光學厚度
26	總雲量	60	氣膠光學厚度資料來源
27	總雲量資料來源	61	氣膠光學厚度資料可靠度
28	總雲量資料可靠度	62	反照率
29	蔽光雲量	63	反照率資料來源
30	蔽光雲量資料來源	64	反照率資料可靠度
31	蔽光雲量資料可靠度	65	液態降水深度
32	乾球溫度	66	液態降水累積時間
33	乾球溫度資料來源	67	液態降水資料來源
34	乾球溫度資料可靠度	68	液態降水資料可靠度

(資料來源：本研究整理)

表 2-4 TMY3 資料格式之表頭所記錄之各欄位意義

列數	欄位	項目	說明
第一列	1	測站編號	
	2	測站名稱	
	3	測站城市	二個位元
	4	時區	東經為正
	5	測站緯度	小數值
	6	測站經度	小數值
	7	測站海拔高度	單位：m
第二列	1-68	每一氣象要素之名稱與單位	

(資料來源：本研究整理)

第三節 TMY3 標準氣象年的製作流程

決定中選月的方法是將各氣象要素按建築熱負荷之影響程度而賦予不同之權重後，各年逐月進行對長期氣象資料之累積分佈函數分析比對以求得最具長期氣候代表性之中選月。整個流程如圖 2-1 所示。

依據 NREL 的建議，製作工程分析用之氣象年應至少採 15 年以上的長期氣象資料作為篩選的範圍較具代表性，本研究以 1990-2012 年一共 23 年間之氣象資料作為選取範圍，由此 23 年間篩選出各月份的中選月後，再連接成一整年的標準氣象年。中選月的篩選採用 TMY3 手冊中所建議之 Modified Sandia Method 為方法，篩選過程如下：

首先計算逐年各月其各氣象要素之 FS 統計量(Finkelstein & Schafer statistics ([Finkelstein and Schafer 1971](#)))。

各氣象要素依其對建築熱負荷之影響經加權後計算 WS (weighted sum)。依逐年各月之 WS 值排序選出前五組最小 WS 之月份為候選月。

針對此五組候選月再進行與長期氣候之方均根誤差(Root Mean Square Deviation, RMSD)比對，擁有最小 RMSD 者即為中選月份。

篩選的過程重點在於計算逐年各月其氣象要素之 FS、WS 值與 RMSD。分述如下：

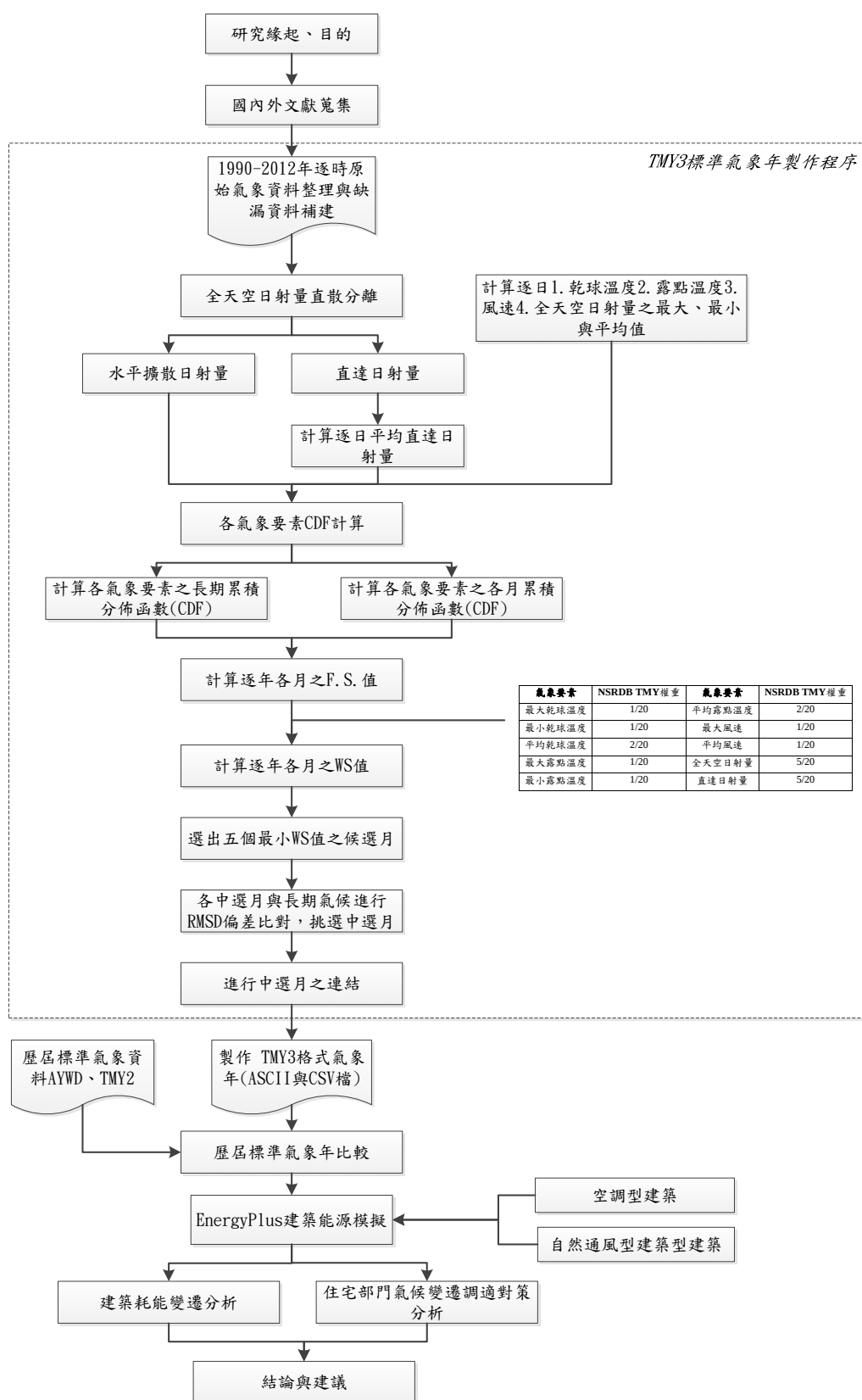


圖 2-1 TMY3 製作程序與研究流程

(資料來源：本研究繪製)

● 步驟一：篩選候選月

將全期原始資料逐日化後，可得日最大乾球溫度、日最小乾球溫度、日平均乾球溫度、日最大露點溫度、日最小露點溫度、日平均露點溫度、日最大風速、日平均風速、日全天空日射總量以及日直達日射總量共 10 種氣象要素，藉此統計出個氣象要素 23 年份之長期累積分布函數 (long-term CDF) 與各月份累積分布函數 (monthly CDF)，再進行 FS 統計量及 WS 指數的計算 (見式 2-1、式 2-2)，選出 WS 指數最小的 5 組月份資料成為候選月。

FS 統計量採用累積分佈函數(Cumulative Distribution Fuction, CDF)作計算其意義在於比較各月逐時單一氣象要素對長期氣候組成之分佈結構偏差程度，意即單一氣象要素分佈結構上之長期氣候代表性檢定，其值愈小表示該月之該氣象要素變動愈趨近於長期氣候之平均變動狀態，其計算公式如(式 2-1)。依本研究之研究範圍 23 年每月份以 10 種氣象要素(如表 2-5)進行篩選程序，故一共可得 $23 \times 12 \times 10 = 2760$ 個相異之 FS 值。

累積分佈函數(CDF)是機率分佈函數(Probability Distribution Function)的累積值，其意義為將所有樣本重新升冪排序後，該單一樣本值以下的所有樣本個數佔總樣本個數的百分比，而單一樣本的 CDF 值可由樣本的平均數與標準差計算出來，給定任一分佈的平均數與標準差，即可依統計方法計算該單一樣本的 CDF，由 CDF 之分佈圖形可得知各氣象要素資料結構分佈的情況，如圖 2-2 所示。各月累積分佈函數(short-term monthly-CDF)呈現的是逐月的氣象數據分佈結構，而長期累積分佈函數(long-term monthly CDF)代表的是長期氣候數據分佈結構，FS 值以此二 CDF 分佈之絕對偏差作為結構相似度的驗證，其值越小表示兩 CDF 越吻合，代表該月份之氣候分佈結構愈與長期氣候相似。

$$FS_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|\delta_{is} - \delta_{il}|) \quad (\text{式 2-1})$$

δ_{is} : 該氣象要素之各月累積分佈函數(short-term monthly-CDF)

δ_{il} : 該氣象要素之各月長期累積分佈函數(long-term monthly CDF)

n : 該月份的總小時數

w : 各氣象要素

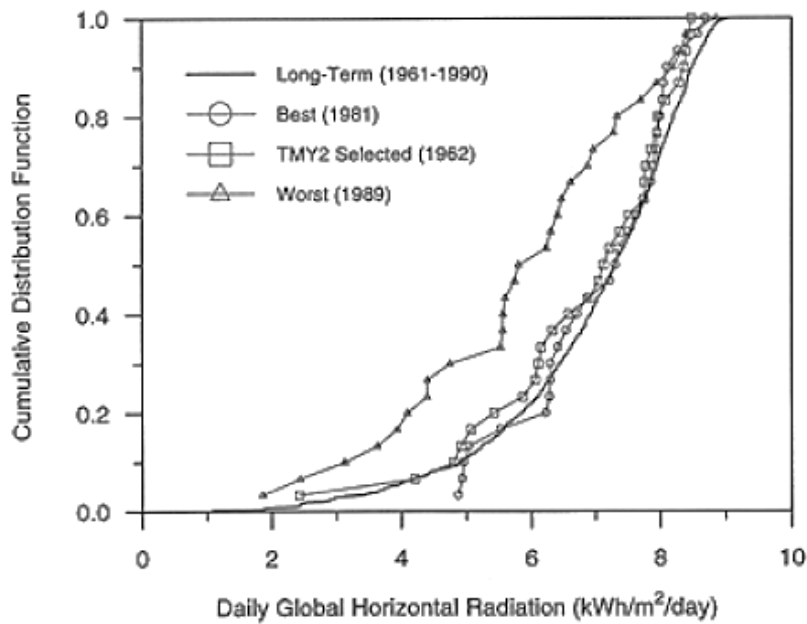


圖 2-2 各月與長期之日射量 CDF 分佈示意

(資料來源：User's Manual for TMY2s)

WS (weighted sum of absolute difference between cumulative distributions)指標則是綜合了各氣象變數之 FS 值再乘以權重係數後之總合，其計算如(式 2-2)。以 WS 值作為決定最終中選月的原因在於各氣象要素間彼此對於建築熱負荷的影響程度不盡相同所致。日射量對於建築熱負荷的影響遠大於風速，兩者之影響程度不一，故在選擇中選月時不能等同視之，需以加權後之綜合指標 WS 值作為判斷。本研究依表 2-5 之權重，將逐年各月之各氣象要素之 FS 值進行加權計算以得單一 WS 指標，依擁有最小 WS 之前五個月份挑出作為候選月份。WS 值越小其意義代表經熱負荷影響程度修正後與長期氣候的分佈結構最為相似之意。

$$WS = \sum w_i \times FS_i \quad (\text{式 2-2})$$

w_i ：各氣象要素的權重係數

表 2-5 NSRDB-NREL 所建議之候選月篩選權重

氣象要素	NSRDB TMY 權重	氣象要素	NSRDB TMY 權重
最大乾球溫度	1/20	平均露點溫度	2/20
最小乾球溫度	1/20	最大風速	1/20
平均乾球溫度	2/20	平均風速	1/20
最大露點溫度	1/20	全天空日射量	5/20
最小露點溫度	1/20	直達日射量	5/20

(資料來源：本研究整理)

● 步驟二：候選月排名

由於 FS 統計量與 WS 指數只能反應出結構上的差異，無法代表月平均尺度下的母體參數誤差，故將候選月的平均數與中位數與長期進行差值比較，差值越小者獲得越高的排名，排名越高者中選的可能性越大。

● 步驟三：連續性 (persistence) 的檢測

然而，擁有最小的 WS 值之候選月尚無法確認為中選月，因 WS 僅代表該月份之氣象變動趨勢最接近長期氣候。所謂具長期氣候代表性之意義除其變動之趨勢相似外，與長期平均之偏差亦需最小才行。為排除極端氣候，運用持續性檢測可排除掉具有連續過冷過熱及連續日射量不足的候選月。而持續的條件定義如下：

- 對於乾球溫度不足 33% (過冷) 或超過 67% (過熱)，日數相鄰者。
- 對於全天空日射量不足 33%，日數相鄰者。
- 對於直達日射量不足 33%，日數相鄰者。

在此檢測中，具有最多次持續、最長持續以及完全沒有持續性的候選月會被排除，剩下來的月份具有最大排名者即成為中選月。中選月一共 12 個，一月到十二月每月各一組。

有鑑於 Sandia Method 的步驟二、三之操作繁雜，Pissimanis 等人則採用了氣象學上常用之方均根誤差運算作為取代，以影響建築耗能最多的全天空日射量之方均根誤差(Root mean square deviation, RMSD)作為最後選擇的依據(Pissimanis, Karras et al. 1988)。而據 Argiriou 等人的研究，此方法擁有相當不錯的準確性(Argiriou, Lykoudis et al. 1999)。因此，本研究進一步針對前一階段所篩選出之五個候選月進行以對熱負荷變動影響為最之日射量數據對長期氣候之日射量 RMSD 進行比對，其公式如式 2-3 所示，具最小之 RMSD 者即為中選月份。

$$RMSD_k = \left[\sum_{t=1}^N \frac{(x_{ktl} - \bar{x}_l)^2}{N} \right]^{0.5} \quad (\text{式 2-3})$$

N : 白天期間之小時數

k : 年份

l : 小時

本計畫依上述流程製作臺灣台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮與台東等八地之 TMY3 標準氣象年，然而臺灣地理尺度南北縱長不過 395 公里，氣候差異不若歐美大陸明顯，為避免各地獨立進行篩選時，所挑出之中選月份年代各地不一導致產製之各地標準氣象年在時間上無同時性而產生如北部均溫較南部高之不合理現象。本研究參採文獻([林憲德 and 黃國倉 2005](#))之方法在長期氣候之定義上，將以八地之長期氣候為之。

此外，針對潤年之處理，雖然 TMY3 標準年內無二月 29 日之值，但為最大化可利用之原始數據，潤年之二月 29 日氣象資料亦作為決定長期氣候之累積分佈函數(long-term CDF)使用。

第四節 全天空水平日射量之直散分離

由中央氣象局一級測站所取得之逐時日射量氣象數據(C 表)為全天空水平日射量，乃是於水平面上所測得之全天日射量，包含了直達日射量與擴散日射量，是一綜合之觀測值。然而在建築能源模擬時，為了計算各方位任意傾斜角度下之日射熱取得，藉以計算空調負荷量，尚須將全天空日射量區分為直達日射量與擴散日射量分開計算，再綜合為一總日射取得量。其關係如下式 2-4 所示：

$$I = I_{dn} \times \cos\theta + \frac{1+\cos\gamma}{2} \times I_{sh} \quad (\text{式 2-4})$$

其中， I ：任意面的入射日射取得量； θ ：直達日射的入射角； γ ：傾斜面的傾斜角； I_{dn} ：法線面直達日射量； I_{sh} ：水平面擴散日射量

由上式可知將全天空水平日射量分解為直達與擴散日射之必要性，為進行下一步之中選月之篩選，在原始資料之處理上如能將原始全天空日射量予以事先分解為直達與擴散之分量，將省去計算累積分佈時繁雜之過程。這種將全天空日射量分解為法線面直達日射量與全天空擴散日射量之過程，稱為日射量的直散分離。在日射量的分離理論，過去曾有文獻([林憲德 and 張思源 1987](#))以 Bouguer 與 Berlage 公式連立後，以兩極逼近法逐漸收斂藉以求取大氣透過率之近似值再回代 Bouguer 公式與 Berlage 公式

(式 2-6)以分解成為直達與擴散日射量。然此一方法在當太陽高度角位於低角度時(日出後與日落后約二小時)，往往無法達到理想收斂之值，而無法求得大氣透過率。因此，本研究改以(Reindl, Beckman et al. 1990)所提出之模型以晴空指數(KT 值, clearness index)作為逐時日射直散分離之理論基礎。然而 Reindl-Beckman 模型之係數僅有美國與歐洲地區，無亞洲區域之參數，我國亦無相關之研究。因此，本研究乃引用香港(Lam and Li 1996)等人以香港實測之日射量氣象數據所建立之模型與參數，作為臺灣之日射直散分離之依據。該模型型如式 2-7 至式 2-9 所示，擴散日射對於全天空日射之分量可由 KT 值求得。而直達日射量即可由物理公式 2-5 之關係求得。

$$I_g = I_{dn} \sin(h) + I_{sh} \quad (\text{式 2-5})$$

$$\begin{cases} \text{Bouguer 公式: } I_{dn} = I_0 \times P^{\text{csc}(h)} \\ \text{Berlage 公式: } I_{sh} = 0.5 \times I_0 \sin(h) \times \frac{1-P^{\text{csc}(h)}}{1-1.4 \ln(P)} \\ I_g = I_0 \sin(h) \times \left(P^{\text{csc}(h)} + \frac{0.5(1-P^{\text{csc}(h)})}{1-1.4 \ln(P)} \right) \end{cases} \quad (\text{式 2-6})$$

$$\frac{I_{sh}}{I_g} = 0.977 \quad , for K_T \leq 0.15 \quad (\text{式 2-7})$$

$$\frac{I_{sh}}{I_g} = 1.237 - 1.361 K_T \quad , for 0.15 < K_T \leq 0.7 \quad (\text{式 2-8})$$

$$\frac{I_{sh}}{I_g} = 0.273 \quad , for K_T > 0.7 \quad (\text{式 2-9})$$

其中， I_g ：全天空水平日射量， K_T ：晴空指數= I_g/I_0 ， I_0 ：大氣圈外全天空日射量， h ：太陽高度角， P ：大氣透過率。

第五節 各中選月份之連結

由於所中選的 12 組中選月可能來自於不同的年份，如將各月資料直接依照月份排序，當相鄰之二個月分別來自相異之年份時，將出現月份間氣象不連續的現象。為解決此問題，須將相鄰的中選月各取首尾 6 小時之數據，以數值方法進行平滑化處理。針對數值資料（如氣溫）以線性逐步內插的方式產生補間值，如圖 2-3 其採用之補間公式如式 2-10 而對於向量資料（如風向）則以向量合成方式處理之，風速即為合成向量的絕對值，風向為合成向量之方向，如圖 2-4 所示。此外由於整個連結的區間完全落在無日射量的夜間，可將對於建築熱負荷之影響減至最小，而此 12 小時之連結區間足

以提供連結後氣象之和緩變化，以解決氣象數據隔月劇烈變動之問題。所需連結的氣象要素計有乾球溫度、相對濕度、露點溫度、大氣壓力、降雨量、風速、風向等七項。

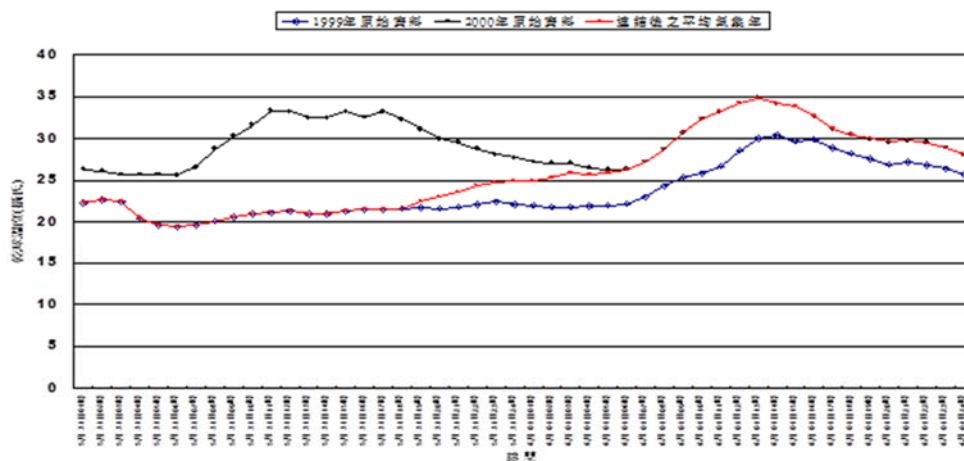


圖 2-3 前後二中選月氣象數據連結平滑化之過程(以溫度為例)

(資料來源：本研究整理)

乾球溫度、相對濕度與雲量等氣象要素的連結公式如(式 2-10)：

$$D_n = (1 - (n/12))D_m + (n/12)D_{(m+1)} \quad (\text{式 2-10})$$

D_n ：連結區間內第 n 小時的連結值

D_m ：前一月之氣象值

$D_{(m+1)}$ ：後一月之氣象值

$(n/12)$ ：為時序上各小時的漸變係數($n=0\sim12$)

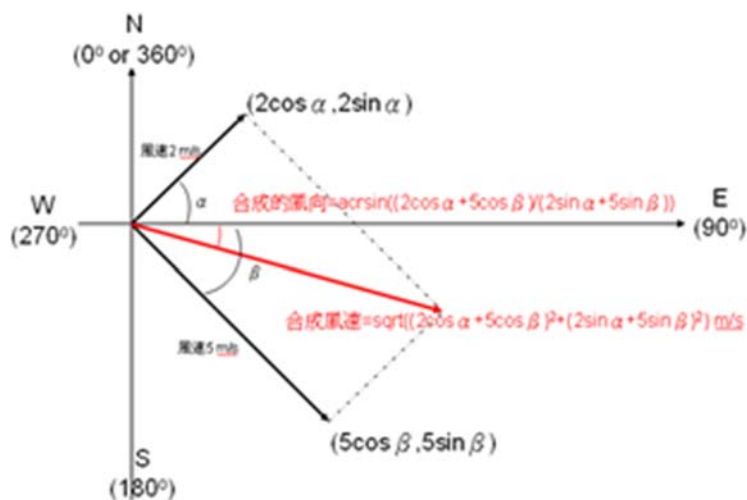


圖 2-4 風向與風速之連結

(資料來源：本研究整理)

第三章 原始歷年氣象資料整理與補建

第一節 歷年各氣象要素缺漏統計

自中央氣象局取得之逐時氣象觀測值在進行 TMY3 中選月份篩選前，必須先檢驗其數據之完整性，其中雲量之觀測由於係由人力觀測，平均約每三小時記錄一筆外，其餘各項與熱負荷解析相關之氣象要素(如：日射量、乾球溫度、相對濕度、露點溫度、風速、風向等)理論上為每小時皆記錄一筆。如原始記錄數據缺漏過多，則會影響該氣象要素長期氣候之累積分佈外，導致氣候代表性之偏差，因此在實務上大規模缺漏之年份或月份將捨棄不用。而針對小規模零星之缺漏，參考美國國家再生能源實驗室(NREL)之建議，則以物理公式或經驗公式推估以補間其缺漏之值。因此，本研究首先針對對熱負荷計算影響較大之氣象要素進行缺漏之統計，包括全天空日射量、乾球溫度、露點溫度、相對濕度、風速等五項氣象要素之缺值比例統計。其檢驗結果全天空日射量之缺漏情形如表 3-1 所示較為嚴重(表中灰色網底者表示該年份之缺漏比例大於 15%)，其餘如乾球溫度、露點溫度與風速等氣象要素，除僅新竹一地於 1990 至 1994 年各年缺漏達 56%-58%外，其餘各地各年份皆具完整之觀測數據記錄。

有鑑於原始數據在全天空日射量之觀測記錄缺漏嚴重，本計畫直接剔除當年缺漏比例大於 15%者之該年份所有逐時資料不用，以避免因大量的推估值導致氣候代表性之偏差情形發生。另，由於本研究在進行中選月挑選時，採用同時與八地之長期氣候進行 CDF 之比較，為避免有些地方因數據缺漏過多導致該年份被剔除，而有些則進入長期之累積分佈，因而形成各地採用之年份數不均等之現象，本研究擬採只要有一地該年份資料被剔除，則所有各地之當年資料亦不予採用之原則，已確保各地進入長期累積分佈時所使用之年份數相等，以避免不均。因此，由表 3-1 可知 1997 年以前之資料本研究將予以剔除不用，僅 1998-2012 共 15 年份之逐時氣象數據進入中選月之篩選，合先敘明。

表 3-1 各地原始日射量缺漏比例

	台中	台北	台東	台南	花蓮	高雄	新竹	嘉義
1990	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%
1991	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%	42%
1992	1%	6%	3%	0%	2%	42%	42%	21%
1993	0%	0%	2%	0%	5%	42%	42%	21%
1994	0%	3%	3%	0%	42%	42%	42%	21%
1995	0%	1%	3%	6%	6%	42%	42%	0%
1996	0%	0%	3%	42%	1%	0%	0%	0%
1997	0%	31%	3%	42%	28%	1%	0%	0%
1998	3%	10%	3%	6%	8%	4%	0%	0%
1999	3%	9%	3%	3%	6%	4%	2%	2%
2000	4%	9%	3%	4%	8%	3%	6%	4%
2001	3%	8%	4%	8%	8%	3%	6%	4%
2002	5%	6%	4%	1%	7%	3%	6%	2%
2003	12%	5%	5%	1%	7%	1%	5%	1%
2004	2%	6%	3%	1%	5%	2%	4%	2%
2005	2%	7%	3%	3%	10%	3%	5%	2%
2006	2%	6%	3%	3%	14%	2%	4%	2%
2007	2%	7%	3%	2%	6%	2%	5%	2%
2008	2%	6%	3%	2%	6%	2%	4%	2%
2009	1%	6%	2%	1%	5%	1%	3%	1%
2010	2%	7%	3%	2%	6%	2%	4%	2%
2011	2%	8%	3%	1%	6%	2%	5%	2%
2012	2%	8%	4%	1%	6%	2%	5%	2%

(資料來源：本研究整理)

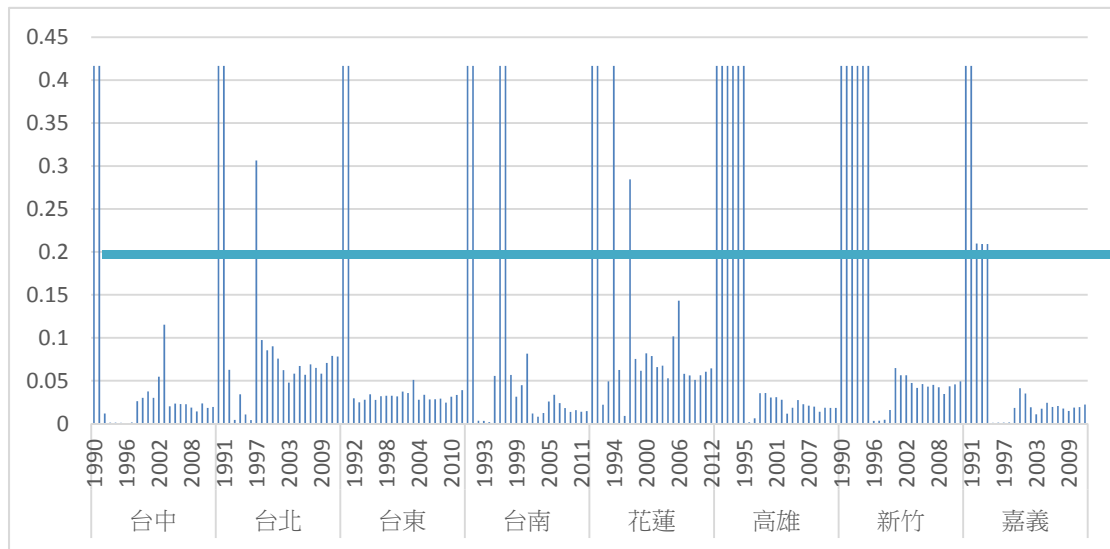


圖 3-1 各地原始日射量缺漏情形

(資料來源：本研究整理)

第二節 缺漏雲量補建方法

自中央氣象局所取得之原始雲量資料，為約每二至三小時間隔一筆之人力觀測值，其值為 0 至 10 之整數，意義為天空被雲所遮蔽之程度，觀測值為 0 代表天空無雲之狀態，而 10 則表示天空皆被雲所遮蔽之意。然而處理標準氣象年需要逐時之資料，因此關於雲量有其補間之必要性。過去曾有文獻([林憲德 and 黃國倉 2005](#))以地面水平全天空日射量與大氣圈外水平全天日射量透過 Budyko 之回歸公式([顏俊士 1974](#))反推以估計雲量(C)之作法，公式形如式 3-1 所示，然而亦有文獻指出，在雲量多時日射量之估計偏差亦會偏大而導致估計不準之現象([Masaki, Kuwagata et al. 2010](#))，因此本計畫捨棄以物理公式或經驗模型來進行缺漏雲量資料之補間，在基於雲量變化隨時間等量變動之前提下，直接改採簡單直線內插之方式進行雲量之補間工作。

$$I_g = I_o * (1 - 0.37C - 0.38C^2) \quad (\text{式 3-1})$$

第三節 缺漏日射量補建理論與方法

如第三章第一節所述，取自中央氣象局之逐時全天空日射量資料常有缺漏之情況，是幾個氣象要素中缺漏最嚴重者。然而，日射量資料對於建築熱負荷計算言而相當重要，在 NSRDB 之建議裡，進行挑選 TMY3 中選月時對於日射量更給予很大之權重，可知其重要性。而日射量之推估具有極大之不確定性，天候之因素、雲量之多寡、雲層之種類等皆是影響日射量偏差之重要影響因子。因此，本研究針對日射量缺漏嚴重之年份，在進行長期氣候之累積分佈計算時直接剔除不予以採用，以避免大量之日射量推估值，無法真實反應當地氣候之情形。然而倘又將有缺漏者即予以剔除，則又會出現可用年份不足之情形，因此對於少部分日射量缺漏之年份，本研究擬採缺漏補間之方式，重建該小時之全天空日射量。

以往在日射量之推估模型上，多以推估月平均或日平均之全天空日射量為主，較少以推估逐時者。這些模型常見的有 1924 年的 Angstrom 推算式，其以日照率與大氣圈外全天空日射量作為推估月平均日射量之因子；又有日本之吉田氏以日照率、每月 15 日之太陽高度角正弦值與大氣圈外全天空日射量來推估。由於皆為推估月平均或日平均日射量之模型，不適用於本研究推估逐時日射量。

針對逐時地表全天空日射量之推估，近年已有日本學者提出以日照率與太陽高度角以二次式方式針對日本地區 67 個氣象站進行大規模回歸，證實此一模型較為準確(Masaki, Kuwagata et al. 2010)。因此，本研究採用此一 Masaki 模型，同時以全台八地之 1998-2012 年之逐時有效全天空日射量之觀測值重新進行複回歸分析，建立本土偏回歸係數(如表 3-2)以供本研究使用。此一推估模型如式 3-2 至式 3-3 所示。

$$I_o = \left(\frac{1}{r}\right)^2 \cdot I_c \cdot \sin h \quad (\text{式 3-2})$$

$$I_g = y_e \cdot I_o \quad (\text{式 3-3})$$

其中： I_o ：大氣圈外水平面全天空日射量(W/m^2)； I_g ：地面水平面全天空日射量(W/m^2)； (n/N) ：日照率(%)； h ：太陽高度角(rad)

此模型，最主要在於推估式中之 y_e ，其偏迴歸係數以全台八地之 1998-2012 年之逐時有效全天空日射量之觀測值重新進行複迴歸分析而得，如表 3-2 所示。

$$y_e = a_1 \left(\frac{n}{N}\right)^2 + a_2 \left(\frac{n}{N}\right) \sin h + a_3 (\sin h)^2 + a_4 \left(\frac{n}{N}\right) + a_5 \sin h$$

其中： y_e ：地面水平面全天空日射量與大氣圈外水平面全天空日射量之比值；
 n/N ：日照率

表 3-2 各地日射量估計偏迴歸係數

地點	偏迴歸係數					Adj. R ²	SEE*
	a1	a2	a3	a4	a5		
台北	0.159	0.307	-0.631	0.000	0.770	0.943	0.103
新竹	-0.192	0.015	-0.288	0.555	0.471	0.952	0.097
台中	-0.224	-0.117	-0.385	0.660	0.596	0.937	0.123
嘉義	-0.192	-0.079	-0.372	0.632	0.617	0.940	0.131
台南	0.200	0.170	-0.647	0.000	0.870	0.937	0.125
高雄	-0.067	-0.070	-0.269	0.450	0.501	0.948	0.110
花蓮	-0.216	0.073	-0.343	0.551	0.519	0.916	0.132
台東	-0.283	0.006	-0.426	0.753	0.656	0.967	0.101
全部	0.163	0.275	-0.650	0.000	0.832	0.931	0.129

*standard error of the estimate

（資料來源：本研究整理）

第四章 標準氣象年中選月份分析

第一節 各候選月份之評比

在篩選中選月份前，本研究已先依日射量缺漏百分比剔除氣象數據缺漏甚多之年份，以盡量避免過多補間值而影響實際氣候之狀態。因此實際上作為中選月篩選過程的候選月年份為 1998 年至 2012 年共 15 個年份之資料。中選月篩選之理論已於第二章詳細說明，此處不再贅述。簡言之，其步驟如下：

1. 首先計算最大乾球溫度、最小乾球溫度、平均乾球溫度、最大露點溫度、最小露點溫度、平均露點溫度、最大風速、平均風速、全天空日射量與直達日射量之日平均累積分佈函數(short-term CDF)與各該氣象要素長期日平均值之累積分佈函數(long-term CDF)差，此即 FS 統計量。
2. 依各氣象要素對空調熱負荷之影響乘以一影響權重後相加所有之 FS 值，而得到綜合之 WS(weighted sum)指標。
3. 各月依最小之 WS 值排序，取出 WS 值最小之前五個年份為候選月。
4. 各候選月以對熱負荷變動影響最大之全天空日射量進行與長期之全天空日射量進行 RMSD 計算，擁有最小 RMSD 者即為中選月份。

篩選結果之各統計量如表 4-1 所示。

表 4-1 各候選月份之 FS、WS 與 RMSD 一覽表

月份	年份	FS值										WS值	排序	RMSD 值
		最大乾 球溫度	最小乾 球溫度	平均乾 球溫度	最大露 點溫度	最小露 點溫度	平均露 點溫度	最大 風速	平均 風速	全天空 日射量	直達 日射量			
一月	2005	0.056	0.042	0.060	0.061	0.040	0.049	0.017	0.028	0.035	0.034	0.040	1	9.2
	2008	0.038	0.084	0.063	0.058	0.078	0.078	0.013	0.044	0.032	0.029	0.045	2	13.1
	2007	0.031	0.059	0.049	0.039	0.062	0.063	0.018	0.038	0.048	0.051	0.048	3	17.3
	2012	0.067	0.052	0.054	0.068	0.073	0.069	0.017	0.024	0.045	0.043	0.049	4	2.8
	2004	0.038	0.055	0.042	0.054	0.067	0.063	0.010	0.012	0.053	0.056	0.050	5	14.9
	2006	0.052	0.101	0.091	0.103	0.137	0.132	0.027	0.014	0.025	0.029	0.057	6	6.5
	1998	0.061	0.030	0.056	0.111	0.063	0.104	0.013	0.050	0.060	0.059	0.062	7	20.7
	2003	0.061	0.103	0.082	0.069	0.137	0.129	0.031	0.025	0.044	0.038	0.063	8	15.1
	2002	0.034	0.046	0.035	0.063	0.063	0.079	0.020	0.055	0.073	0.080	0.064	9	19.8
	2010	0.040	0.029	0.035	0.034	0.046	0.045	0.025	0.062	0.103	0.112	0.074	10	34.0
	1999	0.042	0.091	0.069	0.090	0.111	0.113	0.016	0.011	0.086	0.095	0.081	11	19.4
	2001	0.065	0.041	0.070	0.085	0.054	0.084	0.041	0.101	0.090	0.103	0.083	12	26.9
	2000	0.051	0.045	0.060	0.038	0.052	0.052	0.022	0.034	0.116	0.124	0.083	13	33.1
	2011	0.185	0.165	0.207	0.168	0.167	0.194	0.056	0.131	0.031	0.035	0.100	14	5.3
	2009	0.037	0.099	0.084	0.119	0.135	0.135	0.044	0.040	0.174	0.181	0.134	15	56.1
二月	2012	0.067	0.062	0.082	0.025	0.037	0.040	0.011	0.033	0.032	0.025	0.038	1	12.5
	2005	0.046	0.035	0.048	0.031	0.028	0.033	0.018	0.016	0.050	0.041	0.040	2	18.5
	2006	0.035	0.051	0.039	0.036	0.056	0.044	0.051	0.078	0.036	0.040	0.043	3	12.1
	2010	0.059	0.076	0.081	0.075	0.083	0.084	0.037	0.057	0.044	0.038	0.056	4	9.3
	2003	0.062	0.051	0.059	0.050	0.035	0.058	0.015	0.024	0.080	0.077	0.063	5	12.4
	2002	0.061	0.082	0.072	0.079	0.046	0.069	0.016	0.022	0.076	0.085	0.070	6	13.5
	1999	0.021	0.063	0.022	0.052	0.109	0.087	0.022	0.027	0.099	0.094	0.074	7	5.5
	2001	0.043	0.050	0.050	0.049	0.022	0.049	0.019	0.016	0.106	0.118	0.076	8	26.2
	2004	0.036	0.045	0.031	0.068	0.060	0.070	0.028	0.038	0.125	0.119	0.085	9	44.2
	1998	0.035	0.024	0.030	0.080	0.089	0.091	0.019	0.061	0.150	0.142	0.100	10	53.5
	2011	0.039	0.075	0.066	0.106	0.080	0.107	0.032	0.037	0.132	0.140	0.104	11	50.4
	2007	0.124	0.093	0.134	0.041	0.027	0.041	0.017	0.046	0.146	0.150	0.109	12	55.7
	2008	0.212	0.210	0.235	0.195	0.200	0.230	0.044	0.127	0.061	0.061	0.127	13	21.6
	2000	0.123	0.086	0.120	0.051	0.025	0.041	0.025	0.065	0.214	0.215	0.142	14	76.4
	2009	0.184	0.246	0.246	0.207	0.212	0.246	0.035	0.061	0.155	0.162	0.176	15	61.8
三月	2006	0.022	0.026	0.021	0.032	0.016	0.026	0.009	0.018	0.051	0.053	0.037	1	14.4
	2004	0.067	0.038	0.066	0.042	0.033	0.038	0.017	0.072	0.029	0.030	0.039	2	11.1
	2009	0.011	0.014	0.013	0.031	0.028	0.030	0.013	0.016	0.063	0.064	0.042	3	26.9
	2007	0.034	0.090	0.076	0.063	0.081	0.075	0.029	0.047	0.024	0.030	0.046	4	6.3
	2003	0.030	0.044	0.039	0.026	0.021	0.022	0.009	0.010	0.065	0.068	0.046	5	18.3
	2001	0.034	0.018	0.029	0.028	0.056	0.045	0.014	0.029	0.080	0.091	0.059	6	31.6
	1998	0.032	0.044	0.037	0.109	0.131	0.129	0.031	0.051	0.048	0.058	0.063	7	17.5
	2012	0.041	0.027	0.029	0.026	0.018	0.017	0.017	0.021	0.109	0.120	0.069	8	43.3
	2005	0.111	0.165	0.156	0.131	0.166	0.162	0.029	0.020	0.032	0.038	0.081	9	15.3
	1999	0.080	0.108	0.105	0.150	0.149	0.163	0.015	0.010	0.060	0.067	0.084	10	21.4
	2000	0.042	0.078	0.065	0.090	0.101	0.093	0.012	0.013	0.110	0.122	0.090	11	40.7
	2008	0.066	0.030	0.054	0.068	0.080	0.084	0.017	0.016	0.123	0.130	0.091	12	52.9
	2010	0.078	0.064	0.094	0.053	0.048	0.057	0.016	0.031	0.133	0.134	0.096	13	54.0
	2002	0.125	0.146	0.151	0.101	0.116	0.126	0.017	0.062	0.091	0.096	0.103	14	27.8
	2011	0.165	0.173	0.194	0.219	0.193	0.223	0.023	0.079	0.039	0.035	0.103	15	16.8
四月	2008	0.016	0.060	0.040	0.018	0.041	0.032	0.042	0.023	0.047	0.049	0.041	1	20.3
	1999	0.041	0.022	0.030	0.017	0.028	0.021	0.025	0.027	0.059	0.061	0.043	2	9.5
	2012	0.051	0.084	0.073	0.071	0.074	0.081	0.040	0.090	0.021	0.025	0.047	3	6.4
	2007	0.067	0.066	0.074	0.090	0.084	0.107	0.012	0.010	0.028	0.026	0.048	4	8.0
	2005	0.029	0.023	0.026	0.021	0.018	0.022	0.021	0.021	0.088	0.095	0.057	5	37.4
	2006	0.028	0.074	0.066	0.107	0.108	0.119	0.011	0.017	0.059	0.060	0.066	6	26.6
	2009	0.092	0.100	0.114	0.125	0.121	0.142	0.012	0.038	0.034	0.041	0.069	7	15.2
	2010	0.094	0.129	0.128	0.111	0.152	0.156	0.036	0.047	0.027	0.030	0.071	8	5.3
	1998	0.118	0.102	0.137	0.152	0.115	0.154	0.014	0.052	0.029	0.032	0.072	9	5.8
	2003	0.058	0.096	0.088	0.131	0.147	0.162	0.017	0.021	0.047	0.047	0.072	10	22.2
	2004	0.017	0.062	0.027	0.037	0.078	0.072	0.013	0.010	0.102	0.110	0.074	11	43.9
	2002	0.119	0.101	0.132	0.120	0.137	0.144	0.044	0.051	0.088	0.093	0.101	12	13.1
	2000	0.054	0.042	0.057	0.033	0.019	0.024	0.022	0.027	0.169	0.180	0.105	13	72.4
	2001	0.054	0.047	0.066	0.030	0.044	0.039	0.011	0.018	0.187	0.195	0.116	14	78.9
	2011	0.083	0.114	0.120	0.210	0.199	0.234	0.040	0.024	0.130	0.136	0.136	15	57.0

*各中選月之年份以網底粗體表示
(資料來源：本研究整理)

第四章 標準氣象年中選月份分析

月份	年份	FS值										WS值	排序	RMSD 值	
		最大乾 球溫度	最小乾 球溫度	平均乾 球溫度	最大露 點溫度	最小露 點溫度	平均露 點溫度	最大 風速	平均 風速	全天空 日射量	直達 日射量				
五月	2003	0.018	0.027	0.029	0.035	0.027	0.039	0.028	0.061	0.045	0.044	0.039	1	22.9	最小RMSD
	2010	0.014	0.023	0.012	0.056	0.030	0.052	0.023	0.012	0.054	0.055	0.041	2	21.0	
	2011	0.083	0.052	0.096	0.087	0.093	0.109	0.033	0.023	0.023	0.014	0.048	3	12.6	
	2012	0.019	0.046	0.033	0.041	0.027	0.034	0.032	0.031	0.063	0.072	0.050	4	28.8	
	2006	0.016	0.032	0.028	0.092	0.064	0.095	0.019	0.018	0.053	0.051	0.050	5	26.5	
	2008	0.028	0.058	0.048	0.081	0.078	0.091	0.023	0.030	0.067	0.078	0.065	6	29.5	
	2007	0.037	0.037	0.041	0.034	0.050	0.053	0.029	0.029	0.105	0.107	0.073	7	44.7	
	1998	0.073	0.077	0.081	0.170	0.159	0.179	0.022	0.074	0.050	0.053	0.081	8	20.7	
	2005	0.060	0.111	0.099	0.147	0.147	0.162	0.025	0.015	0.052	0.066	0.081	9	24.8	
	2002	0.065	0.073	0.079	0.056	0.042	0.059	0.016	0.013	0.127	0.144	0.095	10	51.4	
	2000	0.048	0.062	0.070	0.057	0.072	0.087	0.017	0.014	0.130	0.143	0.097	11	50.6	
	2004	0.125	0.047	0.127	0.109	0.048	0.099	0.044	0.029	0.154	0.157	0.120	12	71.5	
	2009	0.052	0.082	0.070	0.164	0.152	0.173	0.016	0.024	0.157	0.155	0.127	13	70.5	
	1999	0.142	0.167	0.174	0.114	0.119	0.140	0.022	0.019	0.131	0.136	0.127	14	59.6	
	2001	0.038	0.056	0.031	0.097	0.126	0.129	0.016	0.011	0.222	0.236	0.148	15	98.0	
六月	2006	0.042	0.039	0.028	0.019	0.042	0.035	0.032	0.062	0.043	0.044	0.040	1	15.2	最小RMSD
	2005	0.066	0.043	0.074	0.018	0.045	0.031	0.031	0.022	0.045	0.033	0.041	2	23.4	
	2007	0.029	0.058	0.044	0.069	0.073	0.065	0.026	0.088	0.020	0.035	0.042	3	11.5	
	1999	0.062	0.036	0.056	0.069	0.045	0.062	0.021	0.023	0.035	0.037	0.043	4	5.3	
	2012	0.062	0.037	0.051	0.051	0.095	0.082	0.026	0.047	0.029	0.031	0.044	5	8.0	
	2010	0.084	0.047	0.083	0.071	0.043	0.060	0.045	0.025	0.032	0.029	0.045	6	13.2	
	2008	0.034	0.047	0.039	0.059	0.052	0.074	0.026	0.030	0.057	0.066	0.054	7	20.6	
	2003	0.044	0.087	0.102	0.057	0.057	0.069	0.049	0.083	0.040	0.037	0.055	8	15.2	
	2000	0.050	0.028	0.064	0.051	0.020	0.060	0.025	0.027	0.084	0.105	0.070	9	34.1	
	2009	0.046	0.019	0.048	0.045	0.057	0.058	0.009	0.011	0.104	0.110	0.074	10	48.2	
	2001	0.050	0.054	0.037	0.043	0.026	0.023	0.012	0.058	0.113	0.125	0.078	11	42.2	
	1998	0.027	0.014	0.044	0.076	0.057	0.094	0.027	0.017	0.109	0.118	0.081	12	45.8	
	2002	0.059	0.084	0.089	0.030	0.055	0.046	0.036	0.024	0.107	0.120	0.085	13	35.6	
	2004	0.023	0.045	0.015	0.095	0.101	0.126	0.043	0.088	0.131	0.140	0.102	14	61.8	最小RMSD
	2011	0.074	0.111	0.120	0.056	0.052	0.059	0.016	0.014	0.133	0.140	0.102	15	58.5	
七月	2006	0.041	0.023	0.031	0.075	0.084	0.108	0.038	0.062	0.035	0.035	0.047	1	5.6	
	2009	0.028	0.073	0.051	0.025	0.037	0.023	0.018	0.027	0.058	0.065	0.049	2	25.3	
	2010	0.049	0.064	0.077	0.027	0.028	0.043	0.028	0.031	0.060	0.063	0.054	3	27.3	
	2008	0.064	0.067	0.083	0.046	0.052	0.051	0.026	0.014	0.057	0.060	0.056	4	21.7	
	1998	0.055	0.049	0.086	0.053	0.018	0.032	0.025	0.033	0.067	0.075	0.059	5	30.6	
	2005	0.016	0.022	0.019	0.030	0.016	0.032	0.049	0.048	0.105	0.104	0.066	6	37.0	
	2011	0.064	0.048	0.076	0.060	0.033	0.075	0.070	0.031	0.070	0.078	0.067	7	35.0	
	2012	0.019	0.057	0.037	0.065	0.022	0.062	0.055	0.041	0.090	0.099	0.070	8	42.2	
	2004	0.049	0.141	0.135	0.057	0.084	0.131	0.013	0.019	0.055	0.057	0.073	9	15.3	
	2002	0.020	0.039	0.057	0.018	0.011	0.011	0.031	0.022	0.180	0.183	0.105	10	72.9	
	1999	0.089	0.089	0.147	0.012	0.037	0.025	0.067	0.072	0.162	0.165	0.117	11	64.9	
	2003	0.154	0.116	0.203	0.076	0.058	0.132	0.018	0.049	0.127	0.127	0.121	12	61.1	
	2000	0.063	0.106	0.114	0.020	0.023	0.035	0.011	0.026	0.192	0.214	0.129	13	81.5	
八月	2001	0.049	0.064	0.094	0.032	0.017	0.029	0.043	0.032	0.215	0.234	0.137	14	86.1	最小RMSD
	2007	0.162	0.158	0.243	0.048	0.031	0.029	0.033	0.030	0.170	0.186	0.139	15	72.1	
	2005	0.068	0.025	0.074	0.023	0.056	0.063	0.051	0.045	0.031	0.027	0.042	1	14.5	
	2012	0.091	0.055	0.127	0.020	0.025	0.015	0.029	0.022	0.053	0.040	0.049	2	20.0	
	2003	0.071	0.034	0.068	0.084	0.089	0.112	0.016	0.017	0.032	0.038	0.051	3	19.5	
	2004	0.037	0.007	0.030	0.026	0.072	0.076	0.024	0.037	0.085	0.092	0.065	4	36.4	
	2006	0.028	0.014	0.025	0.050	0.058	0.073	0.046	0.039	0.086	0.090	0.066	5	35.4	
	2009	0.014	0.129	0.083	0.051	0.106	0.119	0.027	0.030	0.058	0.061	0.068	6	13.7	
	2007	0.091	0.113	0.146	0.026	0.016	0.043	0.032	0.037	0.080	0.066	0.071	7	39.1	
	1998	0.123	0.072	0.148	0.148	0.073	0.167	0.033	0.071	0.039	0.031	0.075	8	17.0	
	2010	0.093	0.066	0.111	0.022	0.027	0.014	0.038	0.064	0.107	0.120	0.085	9	45.6	
	1999	0.094	0.193	0.193	0.090	0.080	0.140	0.027	0.030	0.053	0.058	0.087	10	21.7	
	2011	0.042	0.093	0.104	0.065	0.052	0.094	0.020	0.036	0.106	0.114	0.090	11	37.4	
	2002	0.024	0.020	0.042	0.036	0.027	0.038	0.027	0.033	0.154	0.175	0.098	12	58.4	最小RMSD
	2008	0.050	0.024	0.058	0.093	0.050	0.094	0.027	0.017	0.148	0.153	0.104	13	60.1	
	2001	0.116	0.086	0.136	0.057	0.026	0.059	0.027	0.060	0.136	0.164	0.113	14	37.3	最小RMSD
	2000	0.105	0.160	0.164	0.034	0.022	0.035	0.015	0.027	0.180	0.193	0.131	15	75.2	

*各中選月之年份以網底粗體表示

(資料來源：本研究整理)

臺灣建築能源模擬解析用逐時標準氣象資料 TMY3 之建置與研究

月份	年份	FS值										WS值	排序	RMSD 值
		最大乾 球溫度	最小乾 球溫度	平均乾 球溫度	最大露 點溫度	最小露 點溫度	平均露 點溫度	最大 風速	平均 風速	全天空 日射量	直達 日射量			
九月	2006	0.053	0.043	0.094	0.059	0.049	0.057	0.037	0.038	0.024	0.028	0.042	1	17.0
	2007	0.032	0.053	0.059	0.061	0.069	0.059	0.018	0.028	0.045	0.054	0.050	2	18.2
	2004	0.052	0.065	0.083	0.038	0.065	0.071	0.026	0.018	0.042	0.051	0.052	3	15.7
	1998	0.021	0.063	0.066	0.038	0.046	0.051	0.017	0.013	0.083	0.095	0.066	4	29.1
	2010	0.029	0.060	0.064	0.066	0.067	0.069	0.031	0.038	0.070	0.086	0.067	5	24.4
	2003	0.057	0.083	0.105	0.088	0.085	0.122	0.026	0.016	0.050	0.056	0.067	6	13.9
	2008	0.033	0.058	0.046	0.147	0.108	0.152	0.052	0.041	0.052	0.057	0.069	7	5.7
	1999	0.030	0.049	0.045	0.035	0.044	0.052	0.042	0.072	0.104	0.112	0.077	8	28.7
	2011	0.033	0.025	0.050	0.070	0.072	0.099	0.067	0.045	0.106	0.103	0.083	9	38.4
	2005	0.088	0.079	0.118	0.049	0.024	0.042	0.022	0.033	0.110	0.113	0.087	10	37.5
	2012	0.017	0.025	0.027	0.105	0.123	0.142	0.038	0.009	0.136	0.142	0.102	11	51.6
	2000	0.061	0.116	0.109	0.122	0.129	0.156	0.028	0.033	0.135	0.151	0.122	12	36.0
	2002	0.029	0.077	0.072	0.056	0.078	0.098	0.021	0.031	0.173	0.190	0.122	13	59.7
	2009	0.184	0.224	0.287	0.114	0.096	0.129	0.024	0.016	0.117	0.122	0.134	14	46.3
	2001	0.156	0.090	0.203	0.035	0.022	0.029	0.087	0.086	0.245	0.259	0.173	15	97.3
十月	2007	0.046	0.018	0.043	0.017	0.015	0.019	0.041	0.067	0.025	0.032	0.031	1	4.6
	2005	0.031	0.035	0.050	0.019	0.023	0.017	0.025	0.058	0.030	0.032	0.032	2	3.8
	2011	0.052	0.034	0.053	0.037	0.037	0.033	0.043	0.012	0.028	0.023	0.032	3	6.2
	2009	0.033	0.026	0.044	0.031	0.028	0.038	0.034	0.055	0.045	0.051	0.042	4	15.3
	2010	0.056	0.087	0.080	0.079	0.075	0.100	0.017	0.029	0.029	0.028	0.050	5	7.7
	2002	0.047	0.031	0.034	0.072	0.072	0.069	0.028	0.035	0.107	0.112	0.079	6	34.2
	2006	0.105	0.055	0.102	0.073	0.050	0.075	0.031	0.042	0.116	0.112	0.092	7	45.1
	1998	0.026	0.045	0.028	0.152	0.137	0.170	0.029	0.032	0.123	0.134	0.105	8	47.5
	2003	0.031	0.102	0.078	0.126	0.122	0.126	0.019	0.024	0.139	0.149	0.114	9	46.5
	1999	0.019	0.023	0.021	0.078	0.085	0.085	0.040	0.052	0.184	0.196	0.121	10	57.5
	2001	0.040	0.069	0.080	0.063	0.060	0.075	0.019	0.027	0.180	0.195	0.123	11	54.8
	2012	0.069	0.124	0.109	0.207	0.180	0.214	0.029	0.026	0.127	0.136	0.130	12	43.4
	2000	0.079	0.101	0.117	0.162	0.155	0.170	0.032	0.043	0.157	0.171	0.139	13	48.7
	2008	0.136	0.184	0.193	0.215	0.209	0.224	0.093	0.091	0.120	0.127	0.150	14	44.8
	2004	0.116	0.249	0.242	0.281	0.312	0.324	0.091	0.098	0.153	0.161	0.192	15	47.7
十一月	2012	0.035	0.040	0.026	0.057	0.077	0.071	0.089	0.115	0.044	0.039	0.051	1	6.8
	2009	0.033	0.033	0.028	0.039	0.028	0.037	0.016	0.027	0.075	0.085	0.055	2	23.6
	2003	0.039	0.084	0.081	0.102	0.103	0.120	0.025	0.036	0.034	0.035	0.057	3	11.3
	2005	0.088	0.079	0.100	0.038	0.036	0.048	0.033	0.043	0.067	0.069	0.065	4	15.6
	2007	0.097	0.054	0.096	0.084	0.064	0.081	0.079	0.122	0.047	0.048	0.067	5	8.8
	2002	0.028	0.092	0.080	0.117	0.158	0.151	0.028	0.025	0.042	0.050	0.068	6	11.5
	2006	0.093	0.110	0.125	0.090	0.076	0.098	0.053	0.096	0.052	0.054	0.075	7	16.9
	2008	0.057	0.076	0.079	0.071	0.084	0.083	0.032	0.056	0.085	0.092	0.079	8	26.1
	1998	0.078	0.104	0.110	0.108	0.102	0.116	0.019	0.012	0.070	0.082	0.082	9	14.8
	2011	0.035	0.136	0.107	0.171	0.174	0.193	0.066	0.089	0.041	0.038	0.083	10	14.4
	2010	0.101	0.079	0.132	0.101	0.079	0.102	0.024	0.020	0.075	0.085	0.083	11	23.5
	1999	0.024	0.047	0.045	0.047	0.044	0.046	0.020	0.018	0.142	0.153	0.093	12	37.8
	2004	0.056	0.045	0.030	0.040	0.057	0.053	0.017	0.038	0.148	0.152	0.096	13	44.6
	2000	0.027	0.051	0.045	0.120	0.114	0.125	0.026	0.036	0.169	0.176	0.122	14	48.1
	2001	0.063	0.166	0.161	0.176	0.201	0.215	0.052	0.041	0.131	0.147	0.142	15	36.5
十二月	2012	0.033	0.032	0.023	0.053	0.047	0.051	0.020	0.045	0.021	0.023	0.030	1	3.8
	2006	0.026	0.041	0.039	0.033	0.030	0.033	0.015	0.023	0.031	0.032	0.031	2	9.7
	2002	0.060	0.048	0.066	0.081	0.064	0.079	0.018	0.048	0.055	0.055	0.058	3	20.3
	2009	0.046	0.075	0.082	0.106	0.089	0.109	0.047	0.047	0.047	0.051	0.064	4	13.3
	2011	0.137	0.047	0.108	0.047	0.037	0.045	0.024	0.073	0.067	0.067	0.067	5	18.5
	2007	0.084	0.090	0.095	0.070	0.100	0.092	0.029	0.023	0.104	0.106	0.091	6	33.3
	2005	0.130	0.120	0.153	0.108	0.120	0.125	0.014	0.029	0.076	0.076	0.092	7	24.1
	2004	0.093	0.050	0.084	0.079	0.062	0.074	0.039	0.016	0.132	0.139	0.101	8	40.1
	1998	0.073	0.160	0.127	0.137	0.156	0.159	0.025	0.042	0.087	0.096	0.104	9	21.1
	2010	0.014	0.074	0.049	0.101	0.120	0.124	0.049	0.076	0.146	0.157	0.115	10	44.1
	2008	0.053	0.089	0.054	0.092	0.144	0.136	0.018	0.014	0.155	0.158	0.118	11	47.8
	1999	0.092	0.035	0.062	0.038	0.046	0.036	0.029	0.058	0.191	0.202	0.123	12	56.3
	2003	0.016	0.120	0.092	0.134	0.154	0.164	0.034	0.022	0.147	0.153	0.125	13	44.6
	2000	0.089	0.147	0.135	0.167	0.177	0.188	0.023	0.020	0.135	0.146	0.134	14	35.5
	2001	0.025	0.076	0.083	0.095	0.090	0.106	0.026	0.032	0.199	0.208	0.138	15	53.1

*各中選月之年份以網底粗體表示
(資料來源：本研究整理)

第二節 中選月份之代表性檢定

表 4-2 列出最終 TMY3 資料各中選月的組成年份，以及各個氣象要素的 FS 統計量、加權後的 WS 值與全天空日射量之 RMSD 值。這三個數值越小中選月資料反應長期氣候的能力越佳。均方根誤差(RMSD)係以 TMY3 中選月當年之全天空日射量對長期之全天空日射量進行比對，其誤差值大部分小與 10 W/m^2 ，顯示中選月之全天空日射量對長期氣候之偏差不大，具長期氣候之代表性。此外，本研究另以乾球溫度與全天空日射量進行與長期氣候之累積分佈頻度之檢驗。其結果如圖 4-1 至圖 4-15 所示，各地之 TMY3 之累積分佈曲線與長期氣候之分佈趨勢一致且接近，表示其氣象之組成結構與長期氣候即為類似，具結構分佈上之代表性。

表 4-2 TMY3 中選月年份列表

月 份	年 份	FS 值										WS 值	RMSD 值
		最大 乾球 溫度	最小 乾球 溫度	平均 乾球 溫度	最大 露點 溫度	最小 露點 溫度	平均 露點 溫度	最大 風速	平均 風速	全 天 空 日 射 量	直達 日射 量		
1	2012	0.067	0.052	0.054	0.068	0.073	0.069	0.017	0.024	0.045	0.043	0.049	2.8
2	2010	0.059	0.076	0.081	0.075	0.083	0.084	0.037	0.057	0.044	0.038	0.056	9.3
3	2007	0.034	0.090	0.076	0.063	0.081	0.075	0.029	0.047	0.024	0.030	0.046	6.3
4	2012	0.051	0.084	0.073	0.071	0.074	0.081	0.040	0.090	0.021	0.025	0.047	6.4
5	2011	0.083	0.052	0.096	0.087	0.093	0.109	0.033	0.023	0.023	0.014	0.048	12.6
6	1999	0.062	0.036	0.056	0.069	0.045	0.062	0.021	0.023	0.035	0.037	0.043	5.3
7	2006	0.041	0.023	0.031	0.075	0.084	0.108	0.038	0.062	0.035	0.035	0.047	5.6
8	2005	0.068	0.025	0.074	0.023	0.056	0.063	0.051	0.045	0.031	0.027	0.042	14.5
9	2006	0.053	0.043	0.094	0.059	0.049	0.057	0.037	0.038	0.024	0.028	0.042	17.0
10	2005	0.031	0.035	0.050	0.019	0.023	0.017	0.025	0.058	0.030	0.032	0.032	3.8
11	2012	0.035	0.040	0.026	0.057	0.077	0.071	0.089	0.115	0.044	0.039	0.051	6.8
12	2012	0.033	0.032	0.023	0.053	0.047	0.051	0.020	0.045	0.021	0.023	0.030	3.8

(資料來源：本研究整理)

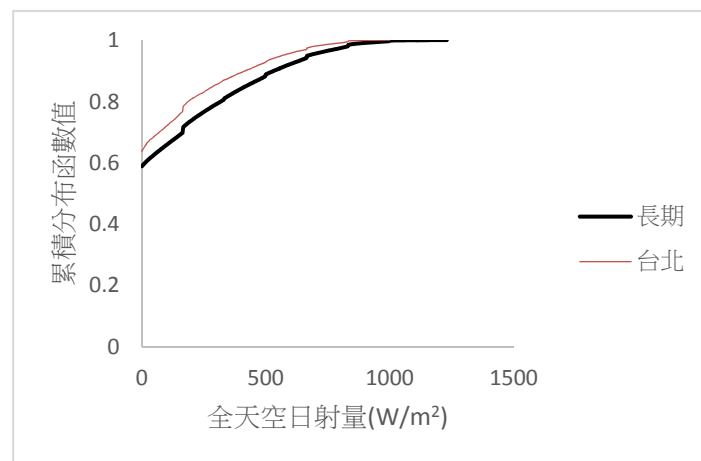


圖 4-1 台北全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

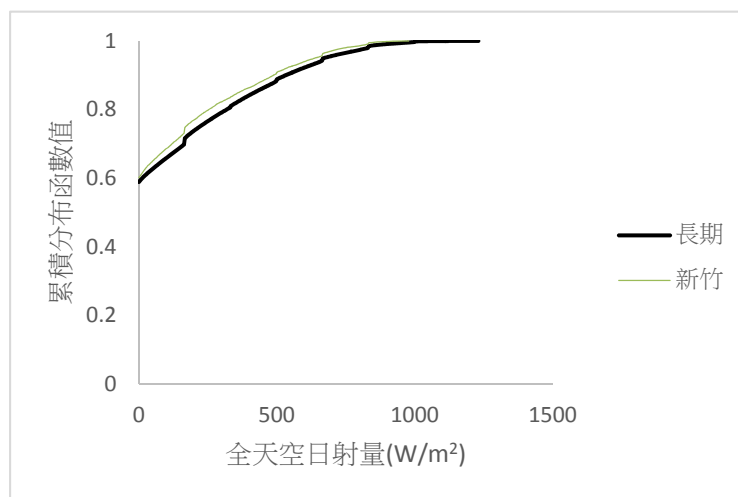


圖 4-2 新竹全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

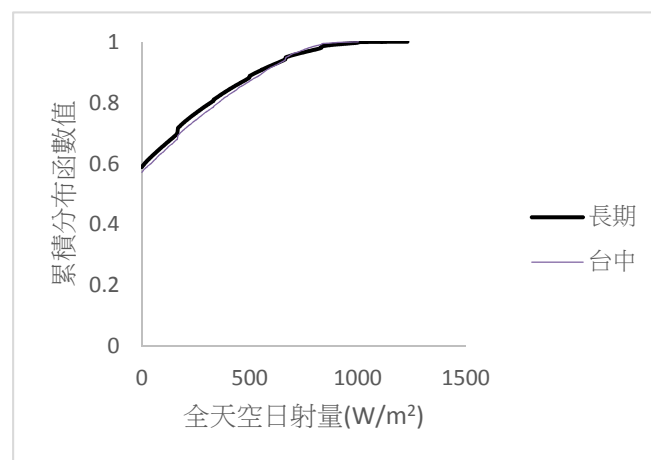


圖 4-3 台中全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

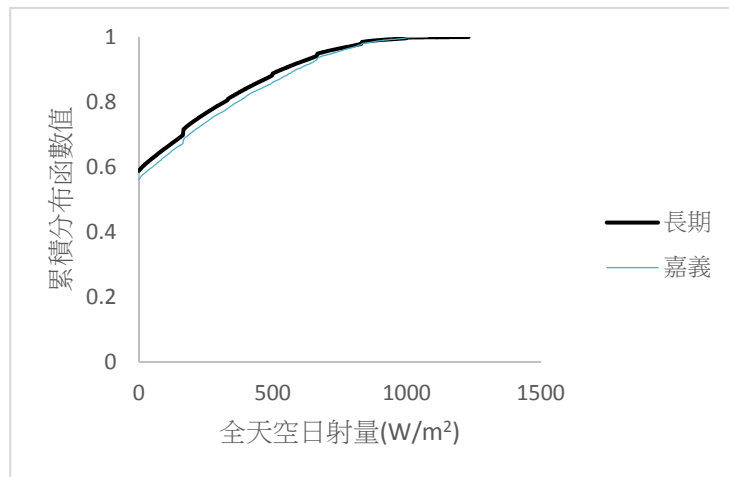


圖 4-4 嘉義全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

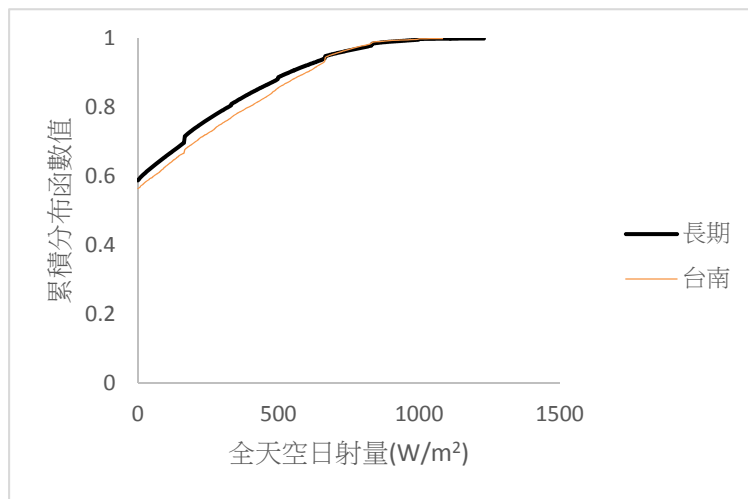


圖 4-5 台南全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

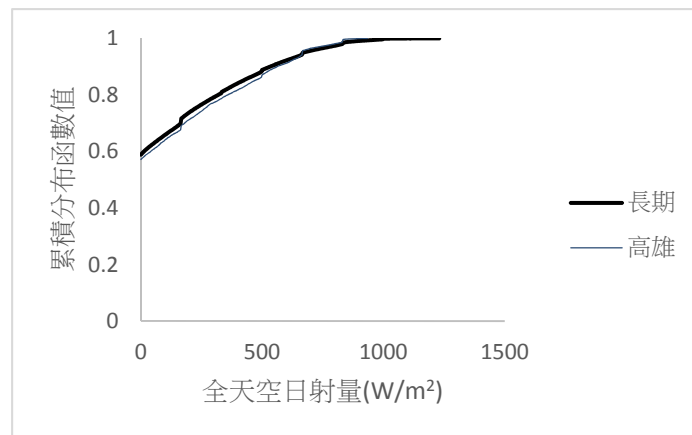


圖 4-6 高雄全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

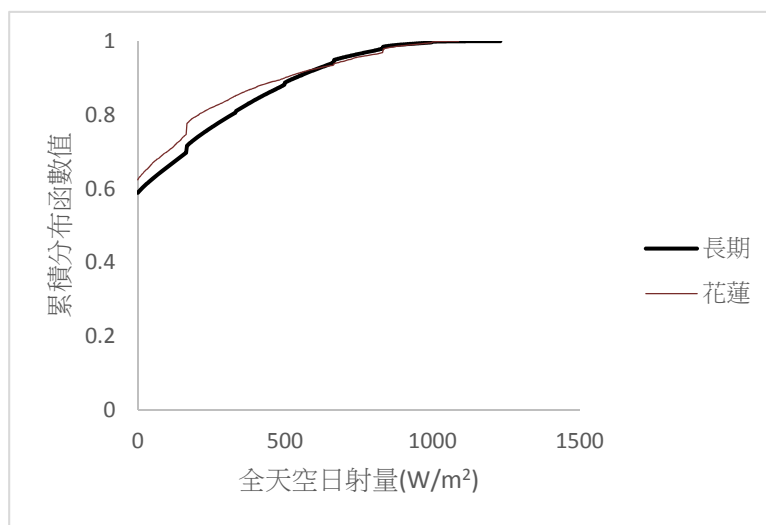


圖 4-7 花蓮全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

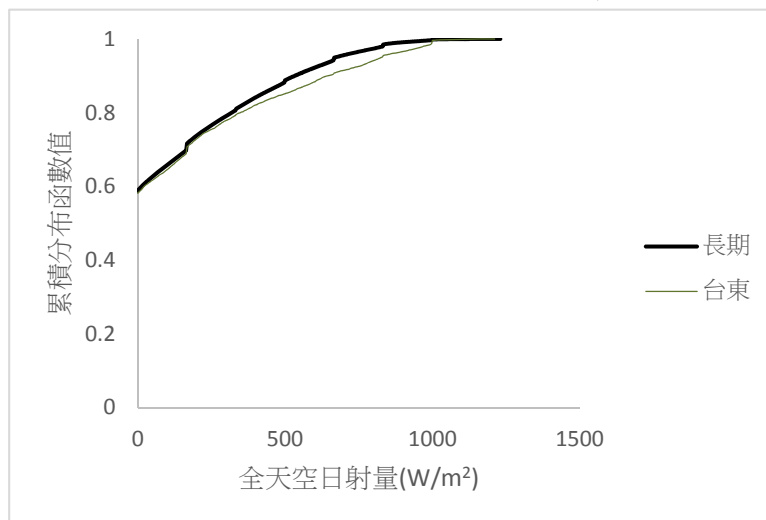


圖 4-8 台東全天空日射量 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

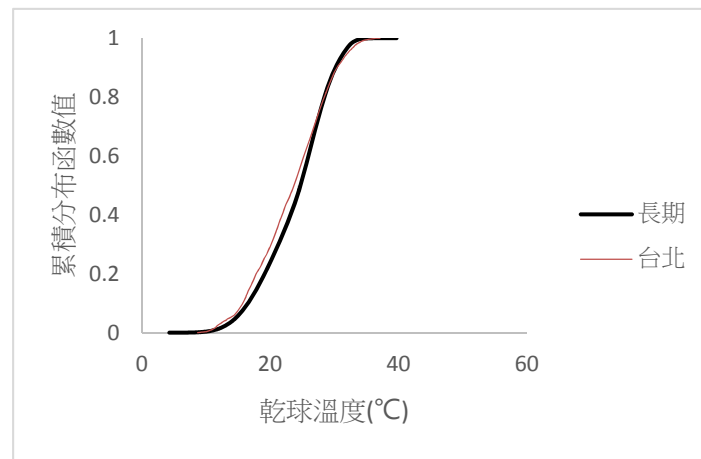


圖 4-9 台北乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

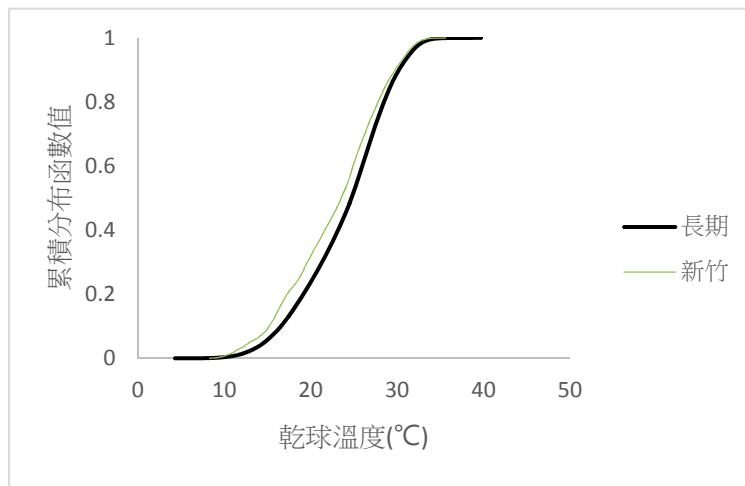


圖 4-10 新竹乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

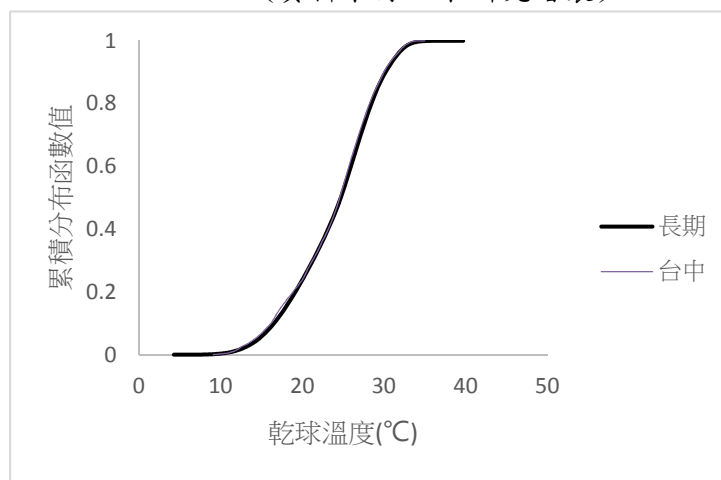


圖 4-11 台中乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

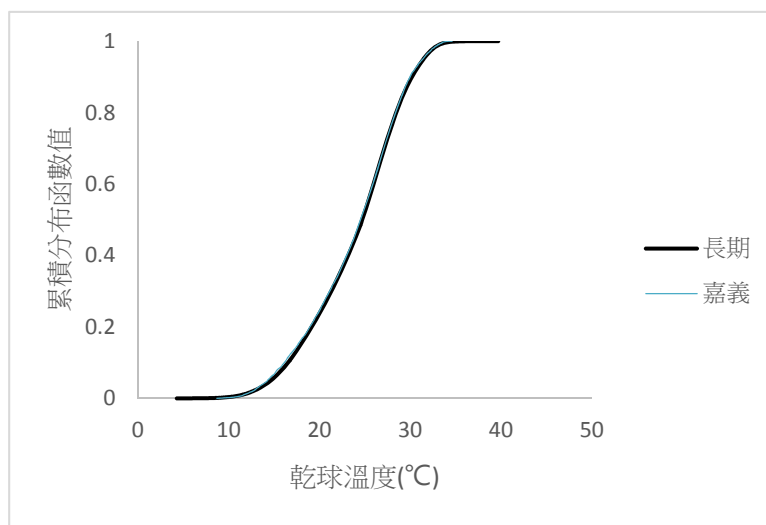


圖 4-12 嘉義乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

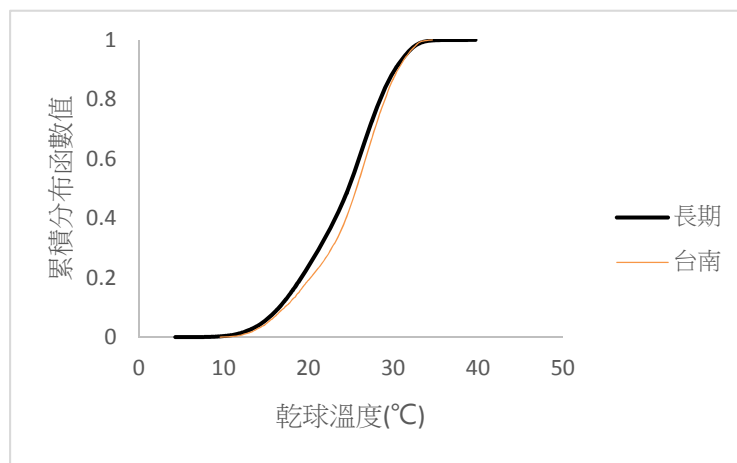


圖 4-13 台南乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

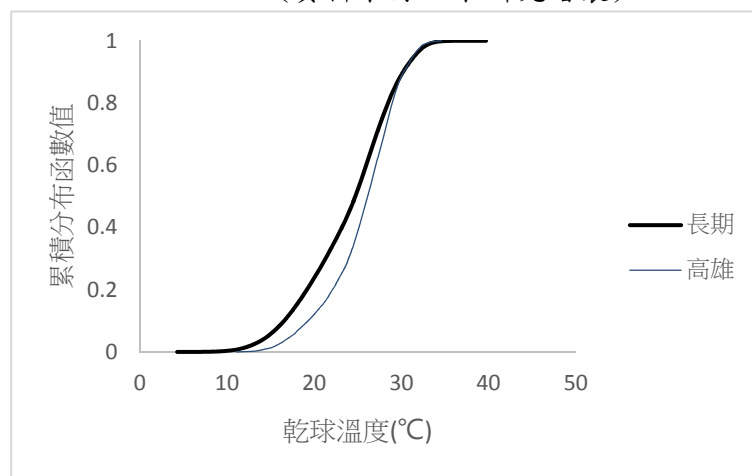


圖 4-14 高雄乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

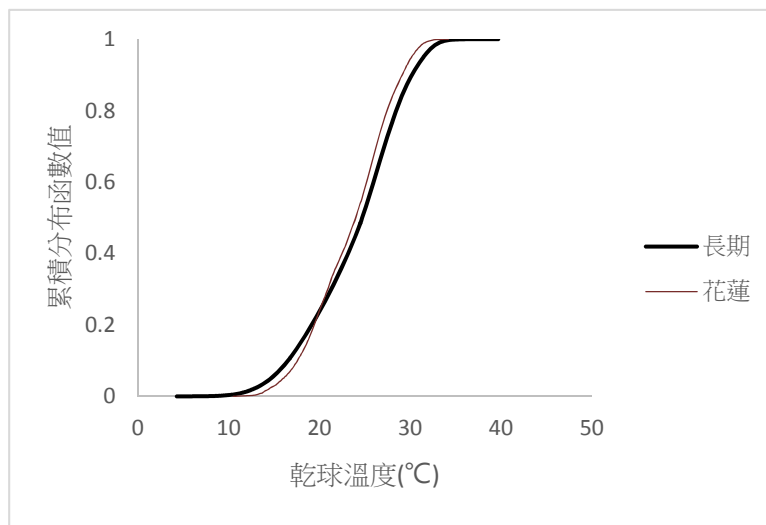


圖 4-15 花蓮乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

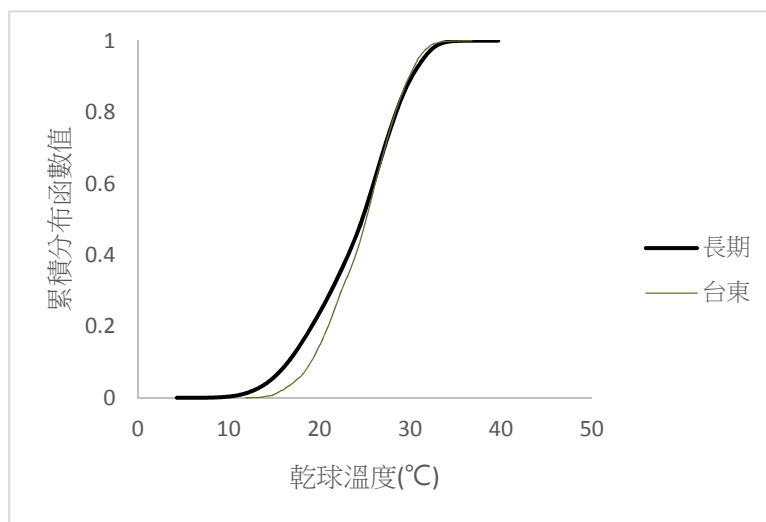


圖 4-16 台東乾球溫度 TMY3 與長期氣候之累積分佈圖
(資料來源：本研究繪製)

第三節 TMY3 標準氣象年之統計與應用

本研究以 1998-2012 年之逐時原始氣象數據研製臺灣台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮與台東等八地符合國際 TMY3 標準之標準氣象年，其格式之呈現有二：(1)以文字檔(ASCII)之格式呈現，此類之格式不需再經編碼可直接應用於 EnergyPlus 等大型電腦動態解析軟體使用，如圖 4-17 所示。(2)以 Microsoft Excel 之 CSV (Comma

Separated Values)格式呈現，此類格式由於可直接以 Excel 軟體開啟取用，各欄位亦已

詳加註明各氣象要素名稱及其單位，因此可方便應用於其他領域，如圖 4-18 所示。

```
LOCATION, KAOHSIUNG, TW, TMY2-67440, 22.57, 120.30, 8.0, 2.0
DESIGN CONDITIONS, 0
TYPICAL/EXTREME PERIODS, 4, Wet Season - Week Near Average For Period, Typical, 10/18/10/24, Dry Season - Week Near Average For Period, Typical, 1/22/1/28, Tropical Hot - Week Nearest M
Period, Extreme, 1/1, 1/1/7
GROUND TEMPERATURES, 3, 5, ..., 20.85, 21.70, 23.33, 24.88, 27.82, 29.36, 29.79, 29.00, 27.19, 24.94, 22.72, 21.25, 2, ..., 22.01, 22.22, 23.15, 24.19, 26.45, 27.89, 28.60, 28.44, 27.41, 25.86, 24.10, 22.73, 4, ...,
HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS, No, 0, 0, 0
COMMENTS 1, TMY2-67440 -- WMO#
COMMENTS 2, -- Ground temps produced with a standard soil diffusivity of 2.3225760E-03 [m**2/day]
DATA PERIODS, 1, 1, Data, Sunday, 1/1, 12/31
2012, 1, 1, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 16.6, 13.5, 82, 102000, 0, 1412, 329, 0, 0, 0, 0, 0, 10, 1.5, 9, 0, 777, 7, 77777, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 2, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 16.5, 13.5, 82, 102000, 0, 1412, 329, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 350, 2.6, 10, 0, 3, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 3, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 16.5, 13.7, 84, 102000, 0, 1412, 329, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 350, 2.2, 9, 0, 3, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 4, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 16.7, 13.8, 83, 102000, 0, 1412, 330, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 350, 2.5, 9, 0, 3, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 5, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 16.6, 13.7, 83, 102000, 0, 1412, 329, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 20, 2.1, 8, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 6, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 16.6, 13.4, 81, 102000, 0, 1412, 329, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 10, 2.1, 8, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 2, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 16.8, 13.5, 81, 102100, 104, 1412, 330, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 10, 1.6, 7, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 8, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 17.2, 13.6, 79, 102100, 392, 1412, 332, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 10, 1.1, 7, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 9, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 18.7, 14.3, 76, 102200, 639, 1412, 340, 186, 65, 156, 0, 0, 0, 0, 360, 1.5, 8, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 10, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 20.0, 14.7, 72, 102200, 828, 1412, 346, 322, 160, 228, 0, 0, 0, 0, 360, 0.9, 6, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 11, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 21.8, 15.6, 68, 102100, 946, 1412, 356, 481, 325, 262, 0, 0, 0, 0, 340, 1.6, 4, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 12, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 23.1, 16.0, 64, 101900, 985, 1412, 363, 539, 391, 265, 0, 0, 0, 0, 320, 2.0, 3, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 13, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 23.2, 16.3, 65, 101800, 942, 1412, 364, 650, 681, 194, 0, 0, 0, 0, 290, 2.6, 1, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 14, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 23.5, 16.3, 64, 101700, 821, 1412, 365, 500, 507, 204, 0, 0, 0, 0, 310, 2.9, 0, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 15, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 22.5, 16.0, 67, 101700, 630, 1412, 360, 364, 446, 164, 0, 0, 0, 0, 310, 3.3, 2, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 16, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 21.5, 15.7, 70, 101700, 381, 1412, 355, 219, 443, 99, 0, 0, 0, 0, 320, 3.1, 5, 0, 5, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 17, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 20.9, 14.7, 68, 101800, 92, 1412, 351, 39, 0, 39, 0, 0, 0, 0, 340, 2.6, 7, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 18, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 20.0, 13.7, 67, 101900, 0, 1412, 345, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 360, 2.0, 7, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 19, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0*9*9?0?0*0*0, 19.8, 13.6, 67, 102000, 0, 1412, 344, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 360, 1.7, 6, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
2012, 1, 1, 20, 60, A7A7A7A7*0?1K1K1111111A7A7?0?0A7A7?0?0*0*0, 20.0, 13.7, 67, 101900, 0, 1412, 345, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 360, 2.0, 7, 0, 4, 0, 1200, 9, 9999999999, 0, 0, 0000, 0, 88, 0, 000, 0, 0, 0, 0
```

圖 4-17 以 EnergyPlus 之 EPW 格式呈現之高雄 TMY3 格式(部分)

(資料來源：本研究繪製)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
467440	KAOHSIU TW		8	22.568	120.308	2											
Date (MM/	Time (HH:	ETR (W/m	ETRN (W/m	GHI (W/m	GHI source	GHI uncer	DNI (W/m	DNI source	DNI uncer	DHI (W/m	DHI source	DHI uncer	GH illum	GH illum	GH illum	GH illum	GH illum
01/01/2012	01:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	02:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	03:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	04:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	05:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	06:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	07:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	08:00	252	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	09:00	522	1412	186	1	0	102	2	0	140	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	10:00	742	1412	322	1	0	194	2	0	208	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	11:00	896	1412	481	1	0	352	2	0	244	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	12:00	976	1412	539	1	0	396	2	0	261	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	13:00	974	1412	650	1	0	652	2	0	214	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	14:00	891	1412	500	1	0	451	2	0	237	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	15:00	734	1412	364	1	0	356	2	0	205	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	16:00	512	1412	219	1	0	281	2	0	143	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	17:00	240	1412	39	1	0	0	2	0	39	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	18:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	19:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	20:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	21:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	22:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	23:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/01/2012	24:00:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	01:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	02:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	03:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	04:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	05:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	06:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
01/02/2012	07:00	0	1412	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2

圖 4-18 以 Excel CSV 格式呈現之 TMY3 樣貌(部分)

(資料來源：本研究繪製)

空調最大熱負荷計算之目的在於決定設備容量，所謂熱負荷計算，係指在某一指定之戶外條件下，為維持空調空間在某一室內條件所必要之熱量計算。進行空調容量設計時，需滿足於最熱天時尚能維持室內之環境需求(如溫度)，因此其所採用之氣象條件通常為當地較為嚴苛之值。下表 4-3 為統計自本研究所研製之 TMY3 氣象年，區分

為 0.4%、1.0%、2.0% 危險率時所對應之設計溫度與露點溫度。所謂「危險率 0.4%」意即全年有約 0.4% 之時間，溫度或露點溫度超過表列之值，危險率取愈低者外界氣象設計條件越趨嚴苛。

此處值需注意者為空調設計用氣象資料應直接篩選統計自長期氣候，下表所示之值乃統計自本研究所研製之 TMY3 標準氣象年，是較為平均狀態下之當地氣象，因此在此依危險率所篩選出之設計值，將會比以長期氣候資料所統計篩出者為低，表 4-3 之呈現僅作參考用。(資料來源：本研究整理)

表 4-4 與表 4-5 分別為本計畫新產製之 TMY3 標準氣象年各地逐月均溫與全天空日射量之統計。

表 4-3 空調設計參考用設計溫度

危險率	乾球溫度(°C)			露點溫度(°C)		
	0.4%	1%	2%	0.4%	1%	2%
台北	36.3	35.5	34.8	27.2	26.8	26.5
新竹	34.0	33.5	33.0	26.6	26.3	26.1
台中	33.8	33.5	33.2	27.0	26.6	26.3
嘉義	34.0	33.7	33.5	27.4	27.2	27.0
台南	34.1	33.6	33.3	28.6	28.3	28.0
高雄	34.1	33.6	33.2	27.7	27.4	27.3
花蓮	32.9	32.5	32.0	26.9	26.7	26.4
台東	34.7	33.6	33.1	26.9	26.8	26.5

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 各地 TMY3 月均溫統計(°C)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	年平均
台北	15.9	17.6	19.7	23.1	24.7	27.8	30.3	29.3	27.3	25.0	21.2	17.8	23.3
新竹	15.3	16.6	19.1	23.3	24.3	27.5	29.2	28.4	26.4	24.8	21.0	17.3	22.8
台中	16.6	18.4	20.7	24.6	26.0	28.1	28.8	27.9	27.2	25.7	22.3	18.4	23.7
嘉義	16.6	19.1	21.2	24.8	25.6	28.3	28.8	28.3	27.0	25.1	22.2	18.4	23.8
台南	17.2	20.1	22.4	26.1	26.7	28.5	29.2	29.0	28.2	26.7	23.6	19.5	24.8
高雄	19.3	21.5	23.5	26.6	27.2	28.7	29.0	28.8	28.1	27.3	24.9	21.1	25.5
花蓮	17.8	20.1	20.8	22.8	24.7	27.6	28.3	28.0	26.8	25.4	21.4	18.8	23.5
台東	19.4	21.8	22.7	24.3	25.7	28.2	29.1	28.6	27.5	26.3	23.0	20.3	24.7

(資料來源：本研究整理)

表 4-5 各地 TMY3 逐月全天空日射量統計(KW/m²)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	合計
台北	1.3	2.3	2.2	2.5	3.0	3.1	4.3	3.7	3.2	2.6	2.0	1.4	31.7
新竹	1.5	2.2	2.5	2.9	3.3	4.2	5.2	4.2	3.4	3.5	2.2	1.8	36.8
台中	3.3	3.2	3.5	3.8	4.2	3.6	4.7	3.9	3.8	4.4	3.0	2.9	44.4
嘉義	2.7	3.6	3.9	4.0	4.8	4.1	4.9	4.3	4.7	4.2	3.0	2.7	46.9
台南	3.4	3.3	3.7	4.6	5.2	4.4	4.2	4.1	4.2	3.7	3.9	3.4	48.0
高雄	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	3.8	4.5	3.8	4.1	3.6	3.1	2.7	44.9
花蓮	1.4	2.3	2.6	2.8	3.3	5.6	5.7	4.6	4.3	1.2	1.5	1.5	36.7
台東	2.6	3.5	3.6	4.0	3.9	6.0	5.7	5.1	5.2	4.6	2.5	1.9	48.6
平均	2.4	3.0	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	4.2	4.1	3.5	2.6	2.3	42.2

(資料來源：本研究整理)

以下針對本研究產出之各地 TMY3 進行統計分析，如下列表 4-6 至表 4-29 所示。

呈現之統計要素包括各月逐時之平均全天空日射量、平均乾球溫度。另，為反應空調耗能需求之潛力，另依 TMY3 內容統計各地之逐月冷暖房度日與冷暖房度時等資訊以供參考。

表 4-6 台北 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	4	1	7	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	1	10	22	68	78	109	68	36	20	3	1
7:01- 8:00	2	35	66	106	168	218	262	217	163	105	73	28
8:01- 9:00	67	141	177	225	263	296	433	395	295	215	172	93
9:01-10:00	137	260	251	346	346	389	506	499	381	292	264	165
10:01-11:00	202	364	328	366	415	454	546	562	490	384	333	210
11:01-12:00	254	426	340	385	399	463	574	548	458	450	324	258
12:01-13:00	255	415	307	339	394	406	556	498	430	409	300	248
13:01-14:00	213	307	278	320	316	324	493	401	375	316	258	199
14:01-15:00	144	190	203	240	262	226	371	270	275	234	148	141
15:01-16:00	65	109	136	134	185	179	251	168	183	128	69	72
16:01-17:00	10	43	64	54	105	92	158	98	87	38	9	14
17:01-18:00	0	1	2	2	33	22	68	24	6	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-7 台北 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	15.4	16.3	18.7	21.7	23.3	26	28.5	27.8	26	24.2	20.4	17
1:01- 2:00	15.2	16.2	18.5	21.5	23.1	25.7	28.4	27.7	25.8	24	20.3	17
2:01- 3:00	15.2	16	18.3	21.3	23	25.6	28.1	27.5	25.6	23.9	20.3	17
3:01- 4:00	15.2	15.8	18.2	21.2	22.9	25.5	27.9	27.4	25.5	23.8	20.2	16.9
4:01- 5:00	15.1	15.7	18.1	21	22.8	25.4	27.8	27.2	25.2	23.6	20.1	16.8
5:01- 6:00	15.1	15.7	18.1	21	23	25.4	27.8	27.2	25.3	23.5	20.1	16.7
6:01- 7:00	15.2	15.7	18.2	21.4	23.5	26.3	28.6	27.7	25.7	23.8	20.4	16.7
7:01- 8:00	15.3	16.3	18.7	22.4	24.6	27.8	29.8	28.9	26.8	24.5	21	17.2
8:01- 9:00	15.8	17.3	19.7	23.6	25.7	29.1	31.1	30.4	27.9	25.4	21.7	17.8
9:01-10:00	16.2	18.3	20.4	24.7	26.6	30.2	32	31.4	28.7	25.9	22.4	18.5
10:01-11:00	16.7	19.3	21.2	25.3	27.2	30.9	32.7	32.3	29.4	26.5	22.8	19.1
11:01-12:00	17	20	21.5	25.6	27.2	31.2	33.3	32.7	29.8	26.7	22.8	19.5
12:01-13:00	17	20.2	21.5	25.8	27.2	31.1	33.4	32.2	29.4	26.8	22.8	19.5
13:01-14:00	17	20	21.5	25.6	27	30.6	32.8	31.8	29.4	26.5	22.7	19.2
14:01-15:00	16.9	19.5	21.3	25	26.6	29.9	32.5	30.9	29.1	26.2	22.2	19.1
15:01-16:00	16.5	19.1	21	24.5	25.9	28.8	31.7	30.2	28.8	25.9	21.7	18.7
16:01-17:00	16.2	18.7	20.6	23.9	25.4	28.3	31.3	29.5	28.1	25.5	21.4	18.2
17:01-18:00	16	18.2	20.2	23.4	24.9	27.8	30.8	29.1	27.7	25.3	21.1	18
18:01-19:00	15.9	17.9	19.8	23	24.5	27.6	30.4	28.9	27.3	25.1	21	17.8
19:01-20:00	15.8	17.5	19.6	22.8	24.3	27.2	30	28.8	27	24.9	20.9	17.7
20:01-21:00	15.8	17.4	19.4	22.7	24.1	27	29.8	28.6	26.8	24.9	20.8	17.6
21:01-22:00	15.7	17.1	19.3	22.5	23.9	26.9	29.5	28.4	26.5	24.8	20.7	17.5
22:01-23:00	15.6	16.9	19.1	22.3	23.6	26.7	29.2	28.2	26.3	24.6	20.6	17.3
23:01-24:00	15.6	16.7	18.8	22.1	23.4	26.4	28.9	28	26.1	24.3	20.5	17.1

(單位：℃)(資料來源：本研究整理)

表 4-8 台北 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	70	52	29	0	0	0	0	0	0	0	3	40	194
CDD _{10℃}	183	212	300	393	457	534	628	597	517	466	336	242	4865
CDD _{18℃}	5	40	81	153	209	294	380	349	277	218	99	34	2139
CDH _{20℃}	56	622	1150	2398	3538	5619	7627	6898	5219	3740	1290	374	38531
CDH _{23℃}	10	224	399	1029	1689	3461	5395	4666	3059	1790	317	74	22113
CDH _{27℃}	0	28	39	230	433	1116	2440	1813	891	401	27	0	7418

(單位：℃.hr)(資料來源：本研究整理)

表 4-9 新竹 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	0	2	31	65	103	93	54	39	23	2	0
7:01- 8:00	10	33	59	122	157	223	231	197	164	151	66	32
8:01- 9:00	80	137	168	223	236	338	400	361	281	286	170	138
9:01-10:00	167	233	291	308	305	433	553	436	383	406	263	208
10:01-11:00	233	343	367	378	387	526	673	519	418	479	335	291
11:01-12:00	275	397	401	446	458	554	703	591	441	474	368	314
12:01-13:00	285	357	390	417	494	524	701	595	468	517	354	293
13:01-14:00	233	286	328	378	417	508	641	539	463	498	284	251
14:01-15:00	167	184	252	305	344	440	516	419	368	339	203	170
15:01-16:00	86	131	168	181	238	331	358	300	229	220	107	91
16:01-17:00	12	54	70	87	134	175	220	165	120	64	11	15
17:01-18:00	0	0	3	9	33	66	70	46	7	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-10 新竹 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	14.6	15.6	18.1	21.8	22.7	25.4	27.3	26.9	25.1	23.7	19.8	16.3
1:01- 2:00	14.5	15.4	17.8	21.6	22.5	25.2	27	26.7	24.9	23.5	19.8	16.1
2:01- 3:00	14.4	15.3	17.7	21.6	22.4	25	26.9	26.6	24.8	23.4	19.7	16.1
3:01- 4:00	14.3	15.1	17.6	21.4	22.3	24.8	26.7	26.5	24.7	23.3	19.7	16.1
4:01- 5:00	14.2	15	17.5	21.3	22.2	24.9	26.5	26.4	24.6	23.2	19.5	16.1
5:01- 6:00	14.2	14.9	17.4	21.3	22.5	25	26.7	26.4	24.4	23	19.5	16
6:01- 7:00	14.2	15	17.8	21.9	23.3	26.4	27.8	27	25	23.4	19.6	16
7:01- 8:00	14.6	15.6	18.5	23	24.2	28.1	29.2	28.3	26.2	24.5	20.6	16.6
8:01- 9:00	15.1	16.7	19.5	24	25	29.2	30.4	29.4	27.2	25.4	21.6	17.5
9:01-10:00	16	17.5	20.4	24.6	25.6	29.8	31.2	30.2	27.9	26.2	22.5	18.3
10:01-11:00	16.6	18.2	21.1	25.3	26.2	30.3	31.6	30.6	28.3	26.7	23.1	19.1
11:01-12:00	16.8	18.7	21.4	25.8	26.6	30.3	31.8	30.9	28.5	26.9	23.4	19.4
12:01-13:00	16.9	18.9	21	25.8	26.7	30.1	31.9	30.9	28.5	27.2	23.5	19.4
13:01-14:00	16.7	18.6	20.8	25.6	26.6	29.9	31.9	30.8	28.6	27.1	23	19
14:01-15:00	16.5	18.2	20.5	25.2	26.3	29.7	31.4	30.2	28.3	26.6	22.5	18.7
15:01-16:00	16	18	20.3	24.6	25.9	29.4	30.9	29.9	27.8	26.1	22	18.5
16:01-17:00	15.6	17.6	20	24.2	25.5	29.1	30.3	29.4	27.4	25.4	21.4	18.1
17:01-18:00	15.3	17.2	19.6	23.6	25	28.1	29.6	28.6	26.9	24.7	21	17.6
18:01-19:00	15.2	17	19.1	23.3	24.5	27.6	29.1	28.1	26.4	24.4	20.8	17.2
19:01-20:00	15.1	16.7	18.9	23	24.1	27.3	28.9	27.9	26.2	24.2	20.5	17
20:01-21:00	15	16.3	18.6	22.8	23.6	26.9	28.6	27.7	25.9	24	20.3	16.8
21:01-22:00	15	16	18.6	22.5	23.3	26.5	28.3	27.5	25.6	23.9	20.2	16.6
22:01-23:00	14.9	15.9	18.4	22.2	23.1	26.2	27.9	27.3	25.4	23.8	20.1	16.5
23:01-24:00	14.8	15.8	18.3	22.1	22.8	25.8	27.7	27.1	25.2	23.6	19.9	16.2

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-11 新竹 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	85	69	31	0	0	0	0	0	0	0	3	43	231
CDD _{10℃}	163	186	283	398	443	526	594	570	492	458	330	226	4669
CDD _{18℃}	0	31	65	158	195	286	346	322	252	210	93	22	1980
CDH _{20℃}	16	486	890	2534	3219	5431	6814	6242	4606	3547	1207	267	35259
CDH _{23℃}	0	163	269	1122	1407	3273	4582	4010	2448	1611	341	41	19267
CDH _{27℃}	0	9	9	213	288	949	1783	1296	551	296	26	0	5420

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

表 4-12 台中 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	0	3	34	65	84	93	59	39	11	1	0
7:01- 8:00	39	39	95	177	194	203	235	217	187	181	92	51
8:01- 9:00	192	202	233	302	330	308	358	370	332	355	250	188
9:01-10:00	349	340	383	455	441	384	521	467	459	535	383	318
10:01-11:00	447	462	480	512	540	438	574	561	533	644	454	420
11:01-12:00	525	526	552	533	555	448	577	521	558	688	485	483
12:01-13:00	537	514	516	539	557	400	561	457	493	652	463	494
13:01-14:00	486	440	462	476	545	393	534	409	408	554	389	434
14:01-15:00	370	335	375	361	465	408	510	359	397	422	286	328
15:01-16:00	241	221	271	257	319	284	415	301	282	269	147	174
16:01-17:00	87	97	132	151	191	163	258	161	143	100	31	36
17:01-18:00	0	3	15	18	39	56	97	50	12	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-13 台中 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	15.1	16.8	19.2	22.9	24.1	26.2	27.2	26.3	25.4	23.8	20.8	16.8
1:01- 2:00	14.9	16.6	18.9	22.7	24	26	27.1	26	25.3	23.7	20.5	16.6
2:01- 3:00	14.8	16.4	18.8	22.6	23.8	25.7	26.9	25.9	25.1	23.5	20.3	16.5
3:01- 4:00	14.8	16.3	18.6	22.6	23.8	25.6	26.6	25.8	24.8	23.3	20.3	16.4
4:01- 5:00	14.6	16.1	18.5	22.5	23.6	25.5	26.4	25.6	24.6	23.2	20.1	16.2
5:01- 6:00	14.5	16	18.4	22.3	23.8	25.7	26.6	25.7	24.5	23.1	19.9	16.2
6:01- 7:00	14.5	16.1	18.8	23	24.5	26.8	27.4	26.4	25.5	23.6	20.4	16.2
7:01- 8:00	15.2	16.9	19.6	23.9	25.5	28.2	28.5	27.7	26.9	24.9	21.5	17.1
8:01- 9:00	16.3	18.2	20.8	25.1	26.7	29.3	29.3	29	28.3	26.4	22.9	18.6
9:01-10:00	17.8	19.6	21.9	26.4	27.8	30.1	30.2	29.8	29.2	27.6	24	19.8
10:01-11:00	18.8	20.8	23	26.8	28.4	30.8	30.9	30.5	29.9	28.7	24.8	20.8
11:01-12:00	19.5	21.5	23.7	27.4	28.9	31.2	31.3	30.9	30.3	29.1	25.2	21.6
12:01-13:00	19.7	21.5	23.7	27.4	29.1	31.3	31.5	30.8	30.1	29.5	25.6	22
13:01-14:00	19.8	21.3	23.5	27.4	29.2	31.2	31.6	30.5	29.8	29.3	25.6	21.7
14:01-15:00	19.5	21.3	23.4	27	29	31.2	31.5	30.2	29.7	28.7	25.1	21.3
15:01-16:00	18.8	20.6	22.9	26.5	28.2	30.3	30.9	29.8	29.1	28	24.2	20.5
16:01-17:00	17.6	20	22	25.9	27.4	29.5	30.4	29.1	28.2	26.9	23.2	19.5
17:01-18:00	16.8	19.2	21.2	25.3	26.6	28.5	29.5	28.3	27.5	26	22.6	18.9
18:01-19:00	16.4	18.6	20.7	24.6	25.9	27.8	28.8	27.6	27	25.5	22.1	18.3
19:01-20:00	16.2	18.2	20.5	24.4	25.4	27.4	28.3	27.1	26.7	25	21.6	17.9
20:01-21:00	15.9	18	20.2	24	25.1	27.1	28	26.9	26.4	24.6	21.4	17.5
21:01-22:00	15.7	17.8	19.8	23.7	24.8	26.9	27.8	26.7	26.1	24.3	21.2	17.2
22:01-23:00	15.5	17.5	19.6	23.5	24.6	26.7	27.7	26.6	25.8	24.1	21.1	16.9
23:01-24:00	15.3	17.2	19.4	23.2	24.3	26.4	27.5	26.4	25.6	23.8	20.8	16.8

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-14 台中 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	49	42	15	0	0	0	0	0	0	0	2	25	133
CDD _{10℃}	204	236	332	439	497	544	584	555	514	486	369	260	5020
CDD _{18℃}	5	54	100	199	249	304	336	307	274	238	131	37	2234
CDH _{20℃}	168	934	1514	3337	4486	5855	6571	5872	5146	4233	1947	559	40622
CDH _{23℃}	15	384	541	1493	2338	3695	4339	3640	2987	2205	758	115	22510
CDH _{27℃}	0	63	45	279	577	1214	1600	1097	786	508	113	1	6283

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

表 4-15 嘉義 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	2	13	0	0	0	0	1	0
6:01- 7:00	0	1	5	35	71	101	91	56	41	22	3	0
7:01- 8:00	20	61	105	159	197	235	246	213	219	168	98	60
8:01- 9:00	129	193	245	314	380	364	394	341	416	331	244	203
9:01-10:00	257	366	414	480	502	444	509	512	570	494	355	310
10:01-11:00	371	521	539	561	604	512	642	604	656	599	438	410
11:01-12:00	430	587	637	585	690	505	648	654	667	629	468	482
12:01-13:00	449	568	617	502	633	485	653	608	656	636	467	463
13:01-14:00	423	509	518	469	604	456	598	513	528	536	397	370
14:01-15:00	316	394	398	441	492	400	451	370	459	432	292	257
15:01-16:00	192	254	266	296	384	322	336	244	313	261	161	144
16:01-17:00	67	122	135	163	213	202	225	126	159	98	33	26
17:01-18:00	0	9	16	28	68	97	103	47	26	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-16 嘉義 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	15	17.3	19.4	22.8	23.4	26.5	27.4	26.7	25.2	23	20.1	16.6
1:01- 2:00	14.8	17.1	19.2	22.6	23.1	26.2	27.2	26.7	24.9	22.9	19.9	16.3
2:01- 3:00	14.7	16.9	19.1	22.2	23	25.9	27.1	26.3	24.7	22.8	19.7	16.1
3:01- 4:00	14.6	16.5	18.9	22.2	22.9	25.8	26.8	26.2	24.6	22.5	19.6	15.9
4:01- 5:00	14.5	16.4	18.7	22	22.7	25.5	26.5	26.1	24.4	22.4	19.5	15.7
5:01- 6:00	14.5	16.2	18.5	21.9	22.9	25.7	26.7	26	24.3	22.3	19.4	15.6
6:01- 7:00	14.5	16.2	18.9	22.9	23.8	27.1	27.7	26.8	25.1	23	19.8	15.7
7:01- 8:00	14.8	17	19.9	24.4	25.1	28.6	28.8	28.2	26.6	24.4	21.4	16.8
8:01- 9:00	15.8	18.4	21.2	25.7	26.5	29.5	29.5	29.2	28.1	25.9	23.1	18.4
9:01-10:00	17.1	20.1	22.4	26.8	27.3	30	30.2	30.2	29.1	27.2	24.4	19.9
10:01-11:00	18.3	21.3	23.6	27.8	28.3	30.9	30.9	30.8	29.7	28.1	25.2	21.1
11:01-12:00	19.4	22.2	24.6	28.2	29.1	31.5	31.3	31.4	30.1	28.8	25.8	22.1
12:01-13:00	20.1	22.7	24.9	27.9	29.3	31.4	31.7	31.5	30.2	29.2	26.1	22.5
13:01-14:00	20.5	22.6	24.8	28	29	31.3	31.4	31.2	30.1	29	26.2	22.6
14:01-15:00	20.3	22.4	24.5	27.8	28.7	31	30.9	30.4	29.7	28.6	26	22.1
15:01-16:00	19.5	21.9	23.8	27.3	28.1	30.6	30.4	29.5	29.1	27.7	25.1	21.2
16:01-17:00	18.4	21.1	23	26.8	27.3	29.8	29.8	28.7	28.3	26.4	23.6	19.9
17:01-18:00	17.1	20.2	22.2	25.8	26.4	29	29.2	28.3	27.4	25.2	22.6	19
18:01-19:00	16.5	19.5	21.3	24.8	25.4	28	28.5	27.8	26.9	24.6	22	18.2
19:01-20:00	16.1	18.9	20.8	24.1	24.8	27.5	28.3	27.6	26.4	24.1	21.4	17.5
20:01-21:00	15.8	18.4	20.4	23.9	24.5	27.4	28.1	27.4	26.1	23.8	21	17.3
21:01-22:00	15.5	18.2	20.2	23.7	24.2	27.2	28.1	27.3	25.9	23.5	20.7	17
22:01-23:00	15.3	18	19.9	23.3	23.8	27.1	27.9	27	25.6	23.2	20.4	16.7
23:01-24:00	15.1	17.7	19.6	23.2	23.6	26.8	27.7	26.9	25.4	23	20.2	16.4

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-17 嘉義 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	49	35	11	0	0	0	0	0	0	0	2	24	121
CDD _{10℃}	204	253	348	445	482	550	584	566	510	467	367	259	5035
CDD _{18℃}	5	64	112	205	234	310	336	318	270	219	128	36	2237
CDH _{20℃}	197	1126	1759	3505	4139	6011	6576	6137	5035	3789	1903	627	40804
CDH _{23℃}	28	508	692	1705	2082	3851	4344	3905	2878	1918	784	181	22876
CDH _{27℃}	0	119	98	408	521	1261	1556	1266	759	422	140	11	6561

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

表 4-18 台南 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	0	0	60	87	93	41	48	43	13	9	0
7:01- 8:00	34	71	59	214	235	248	155	177	202	139	142	72
8:01- 9:00	166	202	222	344	357	340	314	307	346	316	317	233
9:01-10:00	339	331	374	484	512	364	412	437	464	448	482	379
10:01-11:00	481	426	521	585	627	465	549	521	555	524	585	504
11:01-12:00	520	499	589	612	690	551	565	599	571	582	628	531
12:01-13:00	517	511	611	635	708	616	555	597	571	531	603	539
13:01-14:00	507	484	526	592	657	545	548	509	550	483	484	501
14:01-15:00	415	366	403	486	588	478	450	398	442	385	385	363
15:01-16:00	265	266	253	357	435	362	331	276	312	237	217	206
16:01-17:00	97	135	98	200	257	213	166	146	159	77	61	50
17:01-18:00	26	9	3	43	90	80	61	48	18	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-19 台南 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	15.5	18.4	20.7	24.6	25.1	26.8	28.1	27.7	26.4	24.8	21.9	18.1
1:01- 2:00	15.3	18.3	20.5	24.5	24.9	26.5	28.1	27.5	26.2	24.7	21.7	17.9
2:01- 3:00	15.2	18.2	20.3	24.3	24.8	26.4	27.9	27.4	26.1	24.5	21.5	17.7
3:01- 4:00	15.1	18.1	20.2	24.1	24.7	26.2	27.7	27.3	26	24.4	21.4	17.6
4:01- 5:00	15.1	18.1	20.1	23.9	24.5	26.1	27.7	27.1	25.9	24.3	21.3	17.4
5:01- 6:00	15.1	17.9	20	24	24.6	26.3	27.7	27.2	25.8	24.2	21.2	17.2
6:01- 7:00	15	17.9	20.2	24.6	25.2	27.3	28.1	28	26.6	24.6	21.5	17.2
7:01- 8:00	15.4	18.7	21.1	25.8	26.2	28.6	29	28.9	27.9	25.8	22.6	17.9
8:01- 9:00	16.3	19.9	22.4	26.8	27.1	29.3	30.1	30	29.4	27.4	24	19.2
9:01-10:00	17.7	21.4	23.7	27.9	28.3	29.8	30.4	31	30.1	28.7	25.3	20.5
10:01-11:00	19.1	22.2	24.8	28.3	29.1	30.7	30.8	31.4	31	29.5	26.1	21.6
11:01-12:00	20.2	23	25.5	28.5	29.2	31.1	31.1	31.7	31.3	30.1	26.6	22.5
12:01-13:00	20.8	23.4	25.6	28.5	29.4	31.4	31	31.7	31.5	30	26.9	23
13:01-14:00	21.1	23.3	25.4	28.4	29.1	31.1	30.8	31.1	31.3	30.2	26.5	22.9
14:01-15:00	20.9	22.9	25.1	28.1	29	30.8	30.7	30.5	30.6	29.9	26.1	22.5
15:01-16:00	20.1	22.5	24.6	27.6	28.6	30.3	30.3	30.2	30	29.3	25.5	21.6
16:01-17:00	19	21.8	23.9	27.2	28.1	29.8	30	29.5	29.1	28.1	24.6	20.8
17:01-18:00	17.9	20.8	23	26.5	27.3	28.9	29.5	28.8	28.2	27.1	23.9	20
18:01-19:00	17.2	20.1	22.4	26	26.7	28.4	29	28.3	27.7	26.5	23.5	19.5
19:01-20:00	16.8	19.8	22	25.8	26.4	28.1	28.9	28.3	27.5	26	23.2	19.1
20:01-21:00	16.5	19.5	21.7	25.7	26.1	27.8	28.7	28.1	27.3	25.7	22.9	18.8
21:01-22:00	16.3	19.2	21.4	25.5	25.9	27.6	28.7	28	27	25.4	22.6	18.5
22:01-23:00	16	19	21.1	25.2	25.6	27.4	28.5	27.9	26.7	25.1	22.4	18.3
23:01-24:00	15.7	18.7	20.9	25	25.3	27.2	28.3	27.8	26.6	24.9	22.1	18.1

(單位：℃)(資料來源：本研究整理)

表 4-20 台南 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	34	24	6	0	0	0	0	0	0	0	0	16	80
CDD _{10℃}	224	284	383	484	518	555	596	588	545	518	406	295	5396
CDD _{18℃}	10	84	142	244	270	315	348	340	305	270	167	62	2557
CDH _{20℃}	259	1372	2310	4408	5000	6120	6856	6677	5887	5000	2671	823	47383
CDH _{23℃}	34	539	951	2319	2814	3960	4624	4445	3727	2885	1056	204	27558
CDH _{27℃}	0	60	81	469	647	1328	1779	1676	1236	832	110	13	8231

(單位：℃.hr)(資料來源：本研究整理)

表 4-21 高雄 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	2	2	35	71	62	44	26	24	3	4	0
7:01- 8:00	37	73	93	169	200	179	167	148	158	126	117	62
8:01- 9:00	189	203	240	293	352	295	318	266	295	285	245	189
9:01-10:00	323	334	406	414	472	403	467	397	425	413	361	309
10:01-11:00	447	457	518	542	567	475	585	506	559	549	440	386
11:01-12:00	514	517	569	592	607	521	649	583	650	588	502	434
12:01-13:00	486	550	598	600	588	511	625	588	644	561	490	451
13:01-14:00	454	521	525	585	575	489	592	499	545	490	391	397
14:01-15:00	363	410	416	446	486	382	486	392	426	351	290	290
15:01-16:00	232	269	280	314	350	288	346	251	266	206	172	161
16:01-17:00	92	135	133	178	212	167	173	135	139	61	42	36
17:01-18:00	1	7	12	36	69	57	49	32	14	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-22 高雄 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	17.6	19.8	22	25.4	25.9	27.6	27.8	27.6	26.7	25.8	23.7	19.9
1:01- 2:00	17.3	19.7	21.7	25.2	25.7	27.4	27.6	27.4	26.6	25.6	23.4	19.5
2:01- 3:00	17.1	19.4	21.5	25	25.6	27.3	27.4	27.3	26.4	25.4	23.2	19.3
3:01- 4:00	16.9	19.1	21.3	24.8	25.5	27.2	27.3	27.3	26.2	25.3	23	19.2
4:01- 5:00	16.7	18.9	21.1	24.6	25.5	27	27	27.2	26	25.1	22.9	19
5:01- 6:00	16.6	19	21.1	24.5	25.5	27.1	27.2	27.1	26	25	22.7	18.9
6:01- 7:00	16.6	19	21.3	25.1	26.4	27.9	28.1	27.5	26.6	25.4	22.8	18.9
7:01- 8:00	17.2	20	22.2	26.3	27.3	28.9	29.1	28.5	27.7	26.6	23.8	19.6
8:01- 9:00	18.7	21.9	24.1	27.3	28.1	29.8	29.8	29.5	29.1	28.3	25.5	21.1
9:01-10:00	20.4	23.2	25.4	27.9	28.6	30.2	30.4	30.3	29.8	29.1	26.3	22.4
10:01-11:00	21.7	24	25.8	28.4	29	30.4	31.1	30.6	30.5	29.8	26.9	23.1
11:01-12:00	22.5	24.6	26.2	28.8	29.3	30.6	31.2	31	31	30.1	27	23.6
12:01-13:00	22.8	24.9	26.4	28.9	29.1	30.5	31.2	30.9	31	30	27.2	24
13:01-14:00	23	24.8	26	28.8	28.9	30.4	31.3	30.6	30.7	30	27	24
14:01-15:00	22.6	24.4	25.7	28.4	28.8	30.2	30.8	30.3	30	29.5	26.7	23.6
15:01-16:00	22.1	23.8	25.4	28	28.4	29.8	30.4	29.9	29.4	28.8	26.2	22.9
16:01-17:00	21.2	22.9	24.8	27.5	28.1	29	29.9	29.6	28.9	28.1	25.7	22.2
17:01-18:00	20.3	22	24.1	26.7	27.3	28.6	28.9	28.9	28.2	27.7	25.4	21.9
18:01-19:00	19.8	21.6	23.6	26.4	26.8	28.4	28.6	28.5	27.9	27.5	25.3	21.5
19:01-20:00	19.2	21.3	23.3	26.3	26.7	28.4	28.4	28.3	27.8	27.2	25.1	21.1
20:01-21:00	18.7	20.9	23	26.1	26.6	28.2	28.2	28.3	27.6	26.9	24.8	20.8
21:01-22:00	18.3	20.6	22.8	25.9	26.4	28.1	28	28	27.2	26.6	24.5	20.5
22:01-23:00	18.1	20.4	22.6	25.8	26.2	28	27.9	27.9	27	26.2	24.2	20.1
23:01-24:00	17.9	20.1	22.4	25.7	26.1	27.9	27.8	27.7	26.9	25.9	24	19.8

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-23 高雄 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	25
CDD _{10℃}	289	323	418	497	532	561	588	581	544	537	447	345	5662
CDD _{18℃}	47	110	170	257	284	321	340	333	304	289	207	105	2767
CDH _{20℃}	662	1734	2785	4739	5322	6267	6680	6514	5860	5446	3518	1433	50960
CDH _{23℃}	129	667	1124	2600	3110	4108	4448	4282	3700	3239	1509	366	29282
CDH _{27℃}	4	62	126	548	673	1408	1657	1479	1131	827	130	15	8060

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

表 4-24 花蓮 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	2	2	35	71	62	44	26	24	3	4	0
7:01- 8:00	37	73	93	169	200	179	167	148	158	126	117	62
8:01- 9:00	189	203	240	293	352	295	318	266	295	285	245	189
9:01-10:00	323	334	406	414	472	403	467	397	425	413	361	309
10:01-11:00	447	457	518	542	567	475	585	506	559	549	440	386
11:01-12:00	514	517	569	592	607	521	649	583	650	588	502	434
12:01-13:00	486	550	598	600	588	511	625	588	644	561	490	451
13:01-14:00	454	521	525	585	575	489	592	499	545	490	391	397
14:01-15:00	363	410	416	446	486	382	486	392	426	351	290	290
15:01-16:00	232	269	280	314	350	288	346	251	266	206	172	161
16:01-17:00	92	135	133	178	212	167	173	135	139	61	42	36
17:01-18:00	1	7	12	36	69	57	49	32	14	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-25 花蓮 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	17.2	18.9	19.7	21.6	23.5	26	26.8	26.6	25.2	24.2	20.4	18.1
1:01- 2:00	16.9	18.8	19.5	21.5	23.2	25.8	26.7	26.3	24.9	23.9	20.3	18
2:01- 3:00	16.7	18.6	19.3	21.3	23.2	25.6	26.5	26.2	24.8	23.6	20.1	17.8
3:01- 4:00	16.7	18.5	19.2	21.1	23.1	25.4	26.2	25.9	24.6	23.3	20.1	17.6
4:01- 5:00	16.6	18.4	18.9	20.9	23	25.3	26.1	25.7	24.5	23.3	20.1	17.5
5:01- 6:00	16.6	18.2	18.8	20.9	23.1	25.4	26.1	25.8	24.5	23.2	20	17.5
6:01- 7:00	16.5	18.3	18.9	21.4	23.6	26.7	27.2	26.5	25.1	23.6	20.1	17.6
7:01- 8:00	17	18.9	19.9	22.4	24.6	28.2	28.4	27.7	26.6	24.9	20.9	18
8:01- 9:00	17.7	19.9	21.3	23.5	25.3	29	29.3	29	28.1	26.3	22	18.7
9:01-10:00	18.6	21.2	22.2	24.3	25.8	29.3	29.7	29.7	29	27.2	22.6	19.6
10:01-11:00	19.1	21.9	22.8	24.8	26.2	29.7	30	30.3	29.5	27.6	23	20.2
11:01-12:00	19.2	22.2	23	24.9	26.5	29.7	30.2	30.4	29.6	27.7	23.1	20.6
12:01-13:00	19.3	22.2	23.1	24.7	26.6	29.9	30.3	30.3	29.6	27.6	23.1	20.5
13:01-14:00	19.3	22.1	22.7	24.8	26.5	29.9	30.1	30.1	29.1	27.4	22.8	20.5
14:01-15:00	19.1	21.8	22.4	24.3	26.1	29.4	30	29.7	28.8	27	22.5	20.2
15:01-16:00	18.8	21.6	22	24	25.9	28.8	29.6	29.4	28	26.5	22.2	19.8
16:01-17:00	18.5	21.3	21.8	23.6	25.3	28.3	29.2	28.9	27.4	26.1	21.9	19.4
17:01-18:00	18.2	20.8	21.4	23.3	25	27.7	28.6	28.4	26.9	25.8	21.6	19.1
18:01-19:00	18.1	20.4	21.1	23	24.7	27.3	28.4	28.2	26.7	25.6	21.4	19
19:01-20:00	17.9	20.3	20.8	22.8	24.6	27	28.2	27.9	26.4	25.4	21.2	18.8
20:01-21:00	17.7	20.1	20.5	22.5	24.3	27	28	27.6	26.2	25.2	21.1	18.6
21:01-22:00	17.6	19.8	20.3	22.3	24.1	26.8	27.9	27.4	25.9	25.1	20.9	18.5
22:01-23:00	17.4	19.5	20	22.1	23.9	26.6	27.6	27.2	25.6	24.7	20.7	18.2
23:01-24:00	17.3	19.3	19.9	21.9	23.7	26.4	27.3	26.8	25.4	24.4	20.6	18

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-26 花蓮 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	27	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0	16	66
CDD _{10℃}	243	284	335	385	454	526	566	558	503	477	341	274	4946
CDD _{18℃}	21	76	94	145	206	286	318	310	263	229	101	42	2091
CDH _{20℃}	181	1019	1266	2188	3468	5434	6155	5950	4870	4019	1156	422	36128
CDH _{23℃}	6	268	349	833	1412	3275	3923	3718	2710	1900	199	66	18659
CDH _{27℃}	0	7	12	72	131	828	1184	1019	601	289	4	0	4147

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

表 4-27 台東 TMY3 各月逐時平均全天空日射量

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
5:01- 6:00	0	0	0	0	1	6	1	0	0	0	0	0
6:01- 7:00	0	0	8	50	70	147	121	69	67	35	2	0
7:01- 8:00	36	77	108	157	199	327	286	245	263	200	73	32
8:01- 9:00	163	252	239	287	360	500	442	437	475	392	191	129
9:01-10:00	295	394	407	462	490	634	617	544	625	551	323	245
10:01-11:00	411	507	530	573	576	765	764	673	738	676	420	318
11:01-12:00	462	565	602	603	622	814	757	726	773	731	455	340
12:01-13:00	478	567	552	562	561	796	709	714	780	709	453	321
13:01-14:00	389	519	487	508	441	727	696	614	612	594	310	269
14:01-15:00	253	372	360	411	294	566	567	495	459	411	163	180
15:01-16:00	133	206	213	227	202	400	396	333	285	238	61	68
16:01-17:00	26	76	73	113	102	234	247	200	104	55	1	0
17:01-18:00	0	4	3	18	13	72	77	39	5	0	0	0
18:01-19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(單位：W/m²) (資料來源：本研究整理)

表 4-28 台東 TMY3 各月逐時平均乾球溫度

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0:01- 1:00	18.3	20.4	21.2	23.1	24.6	26.7	27.6	27.5	26.3	24.6	21.7	19.4
1:01- 2:00	18.2	20.1	21.1	22.8	24.4	26.5	27.5	27.2	26	24.4	21.6	19.3
2:01- 3:00	18	20	20.8	22.6	24.3	26.3	27.3	26.9	25.7	24.2	21.5	19.2
3:01- 4:00	18	19.8	20.6	22.4	24.2	26	27.1	26.8	25.5	24.1	21.4	19.1
4:01- 5:00	18	19.7	20.5	22.3	24.1	25.8	26.9	26.6	25.4	23.9	21.3	19
5:01- 6:00	17.9	19.6	20.5	22.3	24.2	26.1	27	26.6	25.4	24.1	21.3	18.8
6:01- 7:00	17.8	19.6	20.8	22.8	24.9	27.4	28.1	27.3	26.2	24.4	21.5	18.8
7:01- 8:00	18.4	20.5	21.8	23.9	25.9	28.7	29.4	28.5	27.9	25.9	22.3	19.3
8:01- 9:00	19.5	22.3	23.1	24.7	26.7	29.2	30.2	29.8	29.1	27.5	23.6	20.3
9:01-10:00	20.6	23.4	24.4	25.6	27.2	29.7	30.7	30.3	29.5	28.6	24.6	21.3
10:01-11:00	21.3	23.9	25	26.1	27.4	30.1	30.9	30.5	29.9	29.2	25.2	21.9
11:01-12:00	21.8	24.3	25.3	26.3	27.8	30.3	31.1	30.6	30	29.2	25.5	22.3
12:01-13:00	21.8	24.3	25.2	26.4	27.6	30.3	31.1	30.6	29.8	29.4	25.4	22.4
13:01-14:00	21.5	24.3	25	26.4	27.4	30.3	31	30.4	29.6	29.1	24.9	22.2
14:01-15:00	21.1	24	24.7	26.3	27.1	29.9	30.9	30.3	29.1	28.6	24.5	21.9
15:01-16:00	20.8	23.6	24.3	25.7	26.6	29.7	30.7	29.9	28.7	28	24	21.4
16:01-17:00	20.2	23.1	23.7	25.4	26.4	29.3	30.2	29.6	28.1	27.2	23.6	20.8
17:01-18:00	19.8	22.5	23.2	24.9	26.1	28.6	29.4	28.8	27.4	26.7	23.2	20.5
18:01-19:00	19.4	22.1	22.8	24.5	25.6	28.1	29	28.4	27.2	26.3	22.8	20.2
19:01-20:00	19.1	21.9	22.6	24.3	25.4	27.9	28.7	28.2	26.9	25.9	22.6	20
20:01-21:00	18.9	21.6	22.3	24.1	25.2	27.6	28.5	28.2	26.7	25.6	22.4	19.8
21:01-22:00	18.7	21.3	22	23.8	25	27.5	28.3	28.3	26.5	25.4	22.2	19.6
22:01-23:00	18.5	21	21.6	23.6	24.8	27.2	28	28.1	26.3	25.1	22.1	19.5
23:01-24:00	18.4	20.7	21.4	23.4	24.6	27.1	27.8	27.8	26.2	24.7	21.8	19.3

(單位：℃) (資料來源：本研究整理)

表 4-29 台東 TMY3 各月冷暖房度日與度時

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
HDD _{18℃}	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	27
CDD _{10℃}	292	331	393	429	487	546	591	578	524	507	389	318	5385
CDD _{18℃}	54	114	147	189	239	306	343	330	284	259	149	77	2491
CDH _{20℃}	548	1782	2267	3164	4257	5896	6741	6424	5384	4718	2151	914	44246
CDH _{23℃}	53	664	818	1486	2089	3736	4509	4192	3224	2559	623	198	24151
CDH _{27℃}	0	57	118	266	273	1092	1714	1362	816	567	23	2	6290

(單位：℃.hr) (資料來源：本研究整理)

第五章 TMY3 氣象年與歷屆氣象年之比較

第一節 歷屆氣象年差異分析

歷屆氣象年的選取區間以及中選月年份整理在表 5-1，AWYD 篩選自 1975 年到 1984 年台北、台中、台南及高雄四地之氣象資料。TMY2 資料庫的時間區間為 1993 年到 2002 年，地域範圍同本研究為台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮及台東共八地。由於 AWYD 僅記錄四地資料，故進行全體性比較時，僅以臺灣四地資料為準。另本研究的比較基準線設在 1998 年到 2012 年 15 年平均上。

透過歷屆氣象年資料與 15 期臺灣各氣象要素之平均分析，如表 5-2，無論乾球溫度、全天空日射量，TMY3 與長期資料都十分接近，誤差分別為 2.53%、1.85%。

表 5-1 歷屆氣象年選取區間及中選月年份一覽

	資料區間	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
TMY2	1993-2002	1998	1998	1999	1998	1999	2000	2000	2000	2000	2002	1998	1998
TMY3	1998-2012	2012	2010	2007	2012	2011	1999	2006	2005	2006	2005	2012	2012

（資料來源：本研究整理）

表 5-2 臺灣四地歷屆氣象年各氣象要素平均值比較

氣象要素	長期平均	AWYD	TMY2	TMY3
乾球溫度(°C)	23.75	23.51	24.41	24.35
露點溫度(°C)	19.45	19.54	19.88	19.86
全天空日射量 (Wh/m ² ·day)	3401.3	3608.3	2853.4	3523.3
直達日射量 (Wh/m ² ·day)	--	3210.9	2258.8	2345.2
擴散日射量 (Wh/m ² ·day)	--	1371.3	1254.7	1930.5
風速(m/s)	2.33	2.39	2.26	2.30
相對溼度(%)	75.4	79.5	76.7	76.8

（資料來源：本研究整理）

將臺灣四地資料進行逐月比較，以影響建築空調耗能最甚之乾球溫度及全天空日射量進行深入分析。乾球溫度方面，AWYD 於冬天略有低估，TMY2 則整體皆有略高估，TMY3 雖略有差異但差異不顯著。全天空日射量方面，AWYD 部份有高估情形，TMY2 則整體低估，本研究建製之 TMY3 是三者最符合長期日射量資料者。歷屆均氣象年之逐月乾球溫度比較如圖 5-1 所示，而逐月之全天空日射量比較則如圖 5-2 所示。

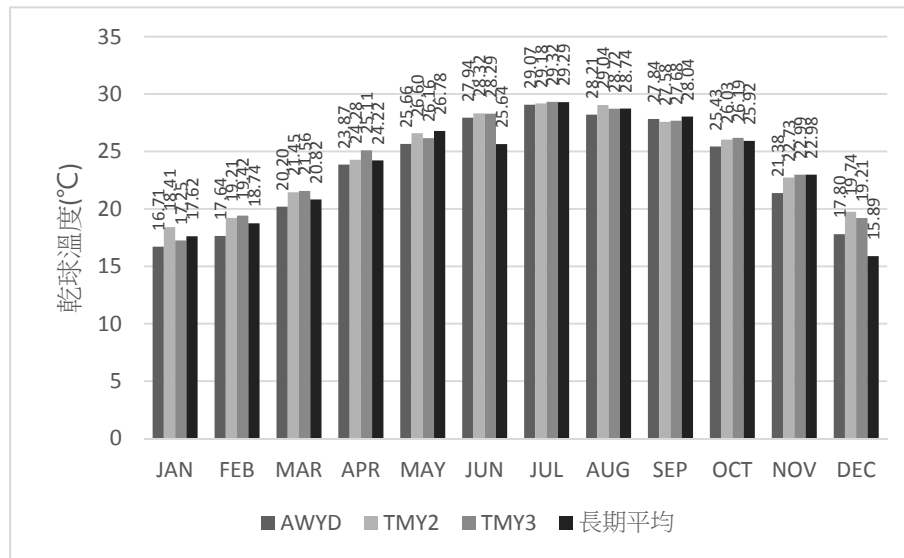


圖 5-1 歷屆氣象年乾球溫度之逐月比較（臺灣四地）

（資料來源：本研究繪製）

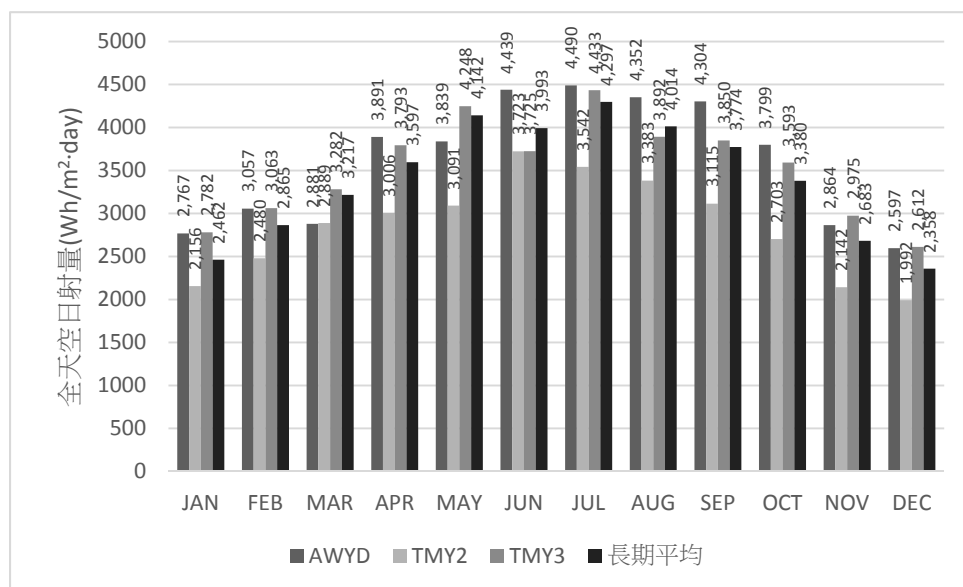


圖 5-2 歷屆氣象年全天空日射量之逐月比較（臺灣四地）

（資料來源：本研究繪製）

歷屆氣象年逐月資料(乾球溫度、全天空日射量)對應長期平均之點散分布圖如圖 5-3 與圖 5-4 所示,圖內的表格是將氣象年資料值減去該時點之長期平均資料值後,統計得到的差異分析表。從圖中趨勢線可發現乾球溫度上 AWYD 基本吻合。但與 TMY2 的低溫高估現象比起,TMY3 更接近長期平均線。全天空日射量方面,AWYD 全體高估,TMY2 全體低估,TMY3 雖最接近長期平均線,但在低日射狀態下有輕微高估的現象發生。

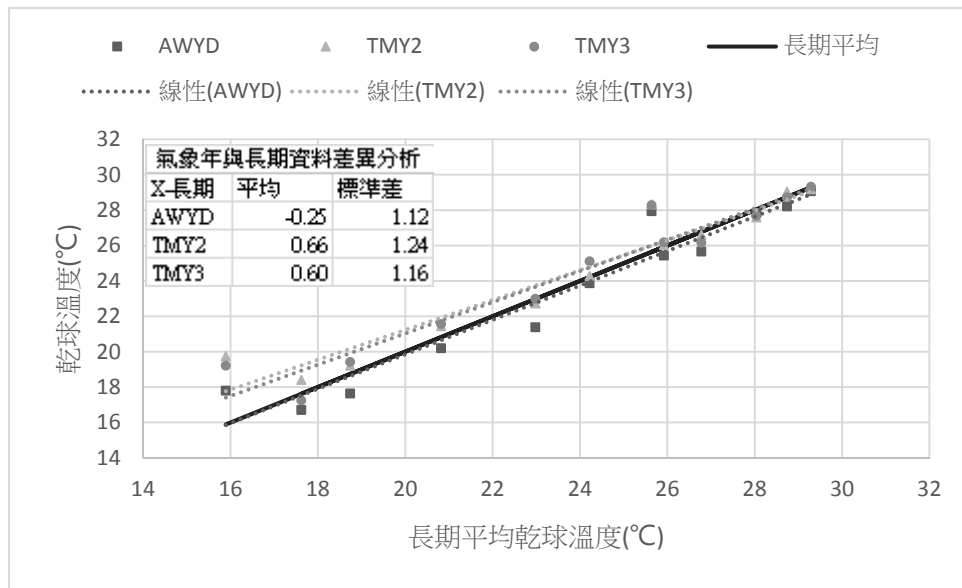


圖 5-3 歷屆氣象年乾球溫度與長期平均之比較(臺灣四地)
(資料來源:本研究繪製)

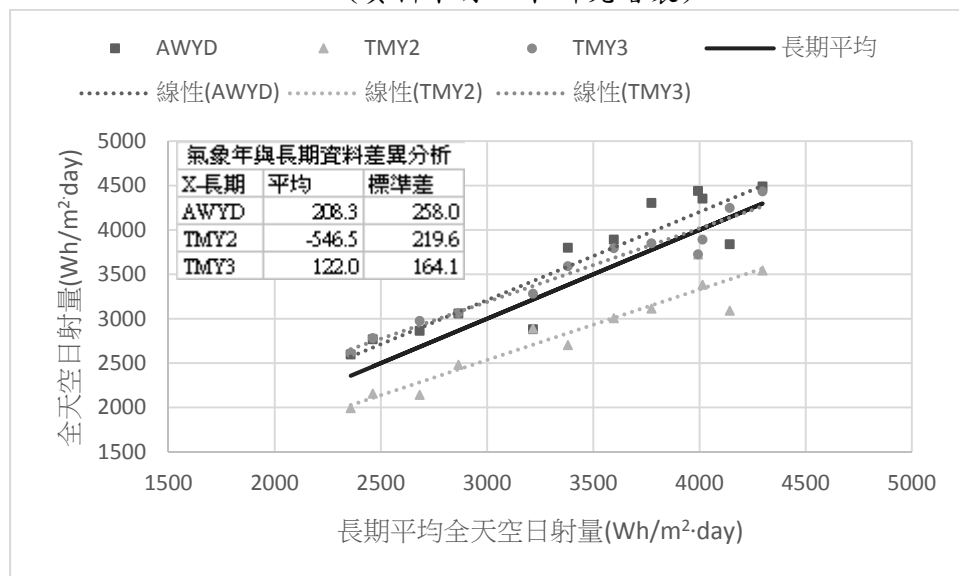


圖 5-4 歷屆氣象年全天空日射量與長期平均之比較(臺灣四地)
(資料來源:本研究繪製)

綜合上述 TMY3 在臺灣四地的廣地域資料中擁有良好之氣候代表性，但並非在各單獨地區皆是如此。以下以台北測站為例，從圖 5-5 與圖 5-6 中可看出乾球溫度仍是十分準確，但在全天空日射量在冬天有低估現象，尤以 2 月為甚，誤差為 $429.0 \text{ Wh/m}^2 \cdot \text{day}$ 。

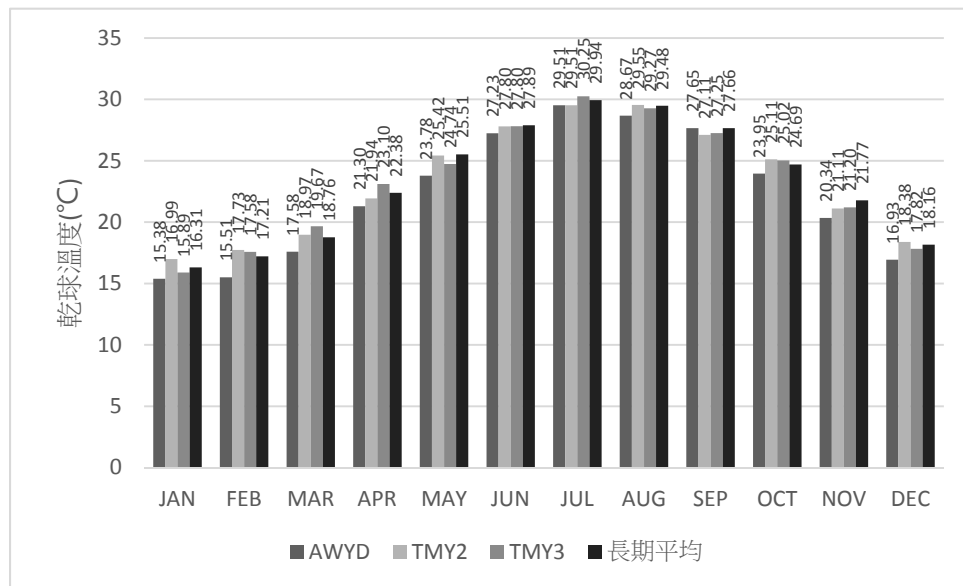


圖 5-5 歷屆氣象年乾球溫度之逐月比較（台北）

（資料來源：本研究繪製）

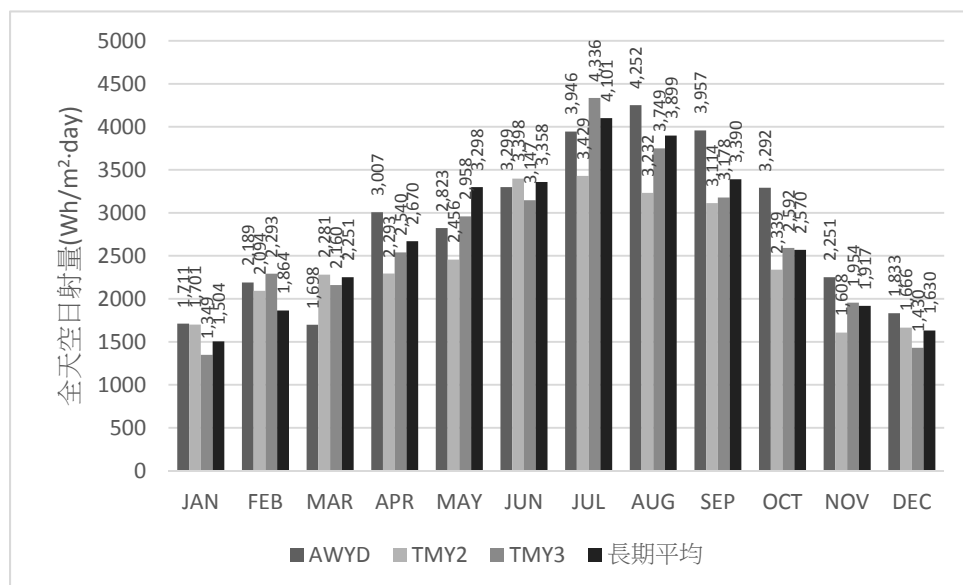


圖 5-6 歷屆氣象年全天空日射量之逐月比較（台北）

（資料來源：本研究繪製）

從圖 5-7 中可以看見 TMY2 與 TMY3 有效的反應出乾球溫度的趨勢。圖 5-8 清楚顯示歷屆氣象年在全天空日射量的誤差，如 TMY3 在低日射量情形下明顯的低估。另外，從圖 5-8 的差異分析表中可以看見三個氣象年中反而是最早期的 AWYD 最接近 15 年長期平均全天空日射量，其平均誤差 $150.4 \text{ Wh/m}^2\cdot\text{day}$ 是三者中絕對值最小的。

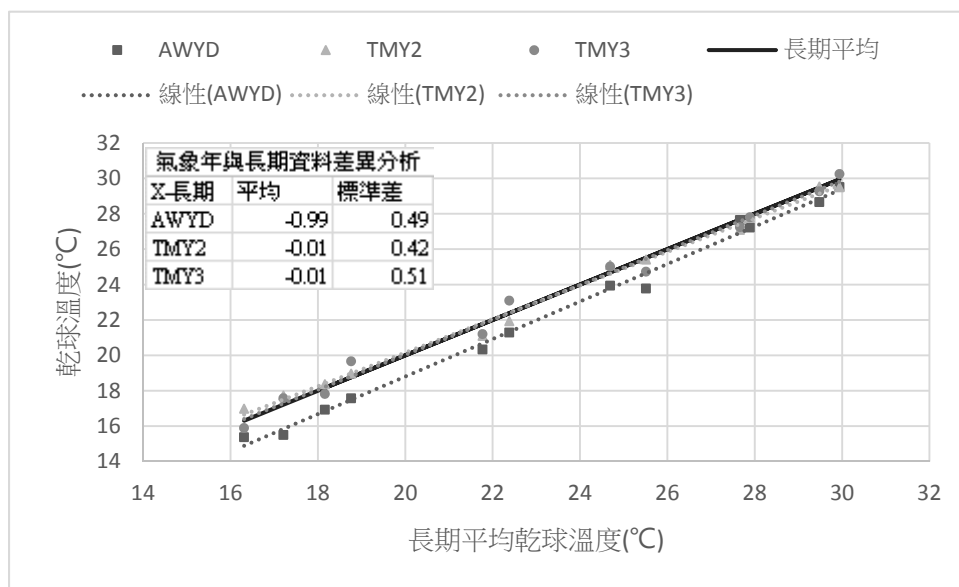


圖 5-7 歷屆氣象年乾球溫度與長期平均之比較（台北）

（資料來源：本研究繪製）

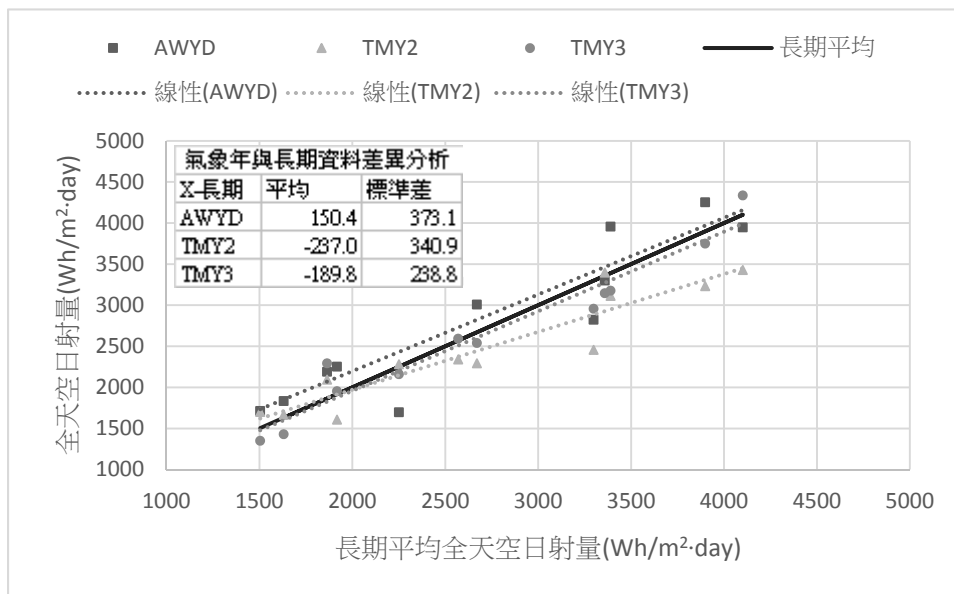


圖 5-8 歷屆氣象年全天空日射量與長期平均之比較（台北）

（資料來源：本研究繪製）

第二節 電腦動態熱負荷解析 EnergyPlus 簡介

由於歷屆標準氣象年製作之年代各異，為探討歷屆標準氣象年對建築空調耗能之影響，本計畫以電腦動態熱負荷解析之方式以全年模擬之方法進行解析。電腦模擬之軟體採用美國能源部之 EnergyPlus。

EnergyPlus 是在美國能源部(Department of Energy, DOE)的支持下，由勞倫斯·伯克利國家實驗室(Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL)、伊利諾斯大學(University of Illinois)、美國陸軍建築工程實驗室(U. S. Army Construction Engineering Research Laboratory)、奧克拉荷馬州立大學(Oklahoma State University)及其他單位共同開發的，是一個全新的軟體，它不僅整合了建築能耗分析軟體 DOE-2.2 和 BLAST 的優點，並且具備許多新的功能，被認為是用來替代 DOE-2.2 的新一代的建築能耗分析軟體([Crawley, Lawrie et al. 2001](#))。

建築耗能分析軟體可以用來模擬建築及空調系統全年逐時的負荷及耗能，有助於建築師和工程師從整個建築設計過程來考慮如何節能。大多數的建築耗能分析軟體是由四個主要模組構成：負荷模組(loads)、空調系統模組(systems)、空調設備模組(plants)和經濟模組(economics)。這四個模組相互關連形成一個建築系統模型。其中負荷模組模擬建築外殼及其與室外環境和室內負荷之間的相互影響。在負荷模組中有多種計算牆體傳熱和負荷的方法，如反應係數法(response factor)和熱傳導傳遞函數法(conduction transfer functions, CTF)用來計算牆體傳熱；傳遞函數法(transfer function method, TFM)、熱平衡法(heat balance method)和熱網路法(thermal net work method)等用來將來自窗、牆之熱得及內部負荷轉變為冷房或暖房負荷。系統模組模擬空調系統的空氣輸送設備、風機、盤管以及相關的控制裝置。設備模組模擬冷凍主機、鍋爐、冷卻塔、能源儲存設備、發電設備、泵等冷熱源設備。經濟模組計算為滿足建築負荷所需要的能源費用。目前世界上比較流行的建築全能耗分析軟體主要有：Energy-10, HAP, TRACE, DOE-2.2, BLAST, EnergyPlus, TRNSYS, ESP2r, DeST 等。這些軟體具有各自的特點，例如，Energy-10 只能用來模擬 1000 m² 以下的小型建築，DOE-2.2 能夠準確地模擬較複雜的外殼結構負荷，TRNSYS 則在模擬空調系統時能夠提供最大的靈活性，等等。

EnergyPlus 具有以下主要特點(DOE 2009)：

1. 採用同步計算的負荷/系統/設備的模擬方法。
2. 在計算負荷時，使用者可以定義小於 1 小時的時間；在系統模擬中，時間間距將自動調整，以加快收斂。
3. 採用 CTF(Conduction Transfer Factor)模擬牆體、屋頂、地板等的瞬間熱傳。
4. 採用三維有限差分土壤模型和簡化的解析方法對土壤傳熱進行模擬。
5. 採用聯立的傳熱和傳質模型，以對牆體的傳熱和傳濕進行模擬。
6. 採用基於人體活動量、室內溫濕度等參數的熱舒適模型模擬熱舒適度。
7. 採用各向差異化的天空模型以改進傾斜表面的天空散射強度。
8. 先進的窗戶傳熱計算，可以模擬包括可調控的遮陽裝置、可調光的電鍍相變化玻璃等。
9. 日光照明的模擬，包括室內照度的計算、眩光的模擬和控制、人工照明的減少對負荷的影響等。
10. 基於回路概念的空調系統模擬，使用者可以模擬典型的系統，而無需修改來源程式。
11. 可與一些常用的模擬軟體連結，如 WINDOW-5, COMIS, TRNSYS, SPARK 等，以便使用者對建築系統作更詳細的模擬。

EnergyPlus 裡擁有許多模組單元可模擬運算各種系統，其中包括天空模組、遮陰計算模組、晝光利用計算模組、窗玻璃計算模組、構造傳導係數計算模組、氣流網絡計算模組、太陽光電計算模組，以及空調設備系統方面計有空氣側循環模組、室內側模組、熱源側模組與冷凝側模組等，其系統組成如圖 5-9 所示。

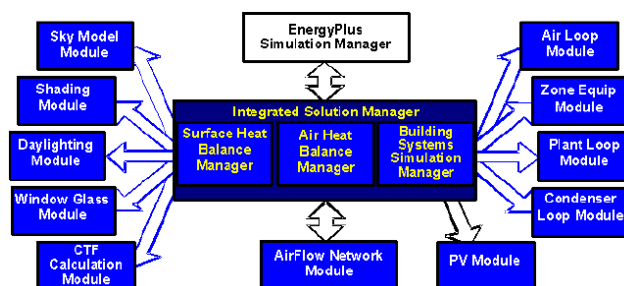


圖 5-9 EnergyPlus 裡擁有許多模組單元可模擬運算各種系統
(資料來源：EnergyPlus Manual)

第三節 歷屆氣象年對空調型單體建築耗能之影響

本研究首先以一棟位於台北市松山區的中央空調型辦公大樓做為探討歷屆氣象年(AWY, TMY2, TMY3)對建築耗能之影響。選擇此建築的原因為，辦公大樓的使用時程固定；且此棟建築物的格局方正，主立面朝南。此辦公大樓總樓層數為十二樓，除了第一層為兩家商店之外，其餘十一層樓皆做為辦公室使用；建築平面長約為 30 公尺；寬約為 15 公尺。空調區主要分布於南向，北向主要為樓梯間廁所等非空調區域，建築平面如圖 5-13 所示，模擬 3D 示意如圖 5-12 所示。建築外殼構造熱性能如表 5-4 所示，外牆構造之整體熱傳透率為 2.77 (KWh/m²)，而屋頂之構造熱傳透率則為 1.97 (KWh/m²)，樓版下方無天花板。

本棟辦公建築單層樓地板面積為 381.03 平方公尺，總樓地板面積 4572.27 平方公尺，空調區為 3690.55 平方公尺，非空調區為 881.72 平方公尺。開窗總面積約為 826 平方公尺，平均立面窗牆比為 22.79%；空調區的開窗總面積約為 668 平方公尺，空調區之平均立面窗牆比為 25.35%。其詳細資料如

表 5-3。本研究以一般上班日之室內使用時程如圖 5-14 所示，以及如表 5-5 之輸入內容，同時搭配新產製之台北 TMY3 標準氣象年進行全年 8760 小時逐時之模擬。

今分別以台北之歷屆氣象年(AWY, TMY2, TMY3)模擬本空調型辦公建築之總用電密度，分別為 120.9, 121.9 與 122.4 (KWh/m²)。如圖 5-15 所示，以 TMY3 模擬結果與 30 年前所產製之 AWY 相較，近期氣候造成春季(3 至 5 月份)之空調耗能略微增加，但在秋季(9 至 11 月份)時卻略降，全年共增加約 1.24%之耗能。

表 5-3 模擬辦公建築面積基本資料

面積 (m ²)	空調區 外牆面積	空調區 開窗面積	屋頂面積	單層樓地板面積		總樓地板面積	
	2634.86	668.05	381.03	空調區	非空調區	空調區	非空調區
				307.55	73.48	3690.55	881.71
				381.03		4572.27	

(資料來源：本研究整理)



圖 5-10 辦公建築南向正立面(左)



圖 5-11 辦公建築北向背立面(右)

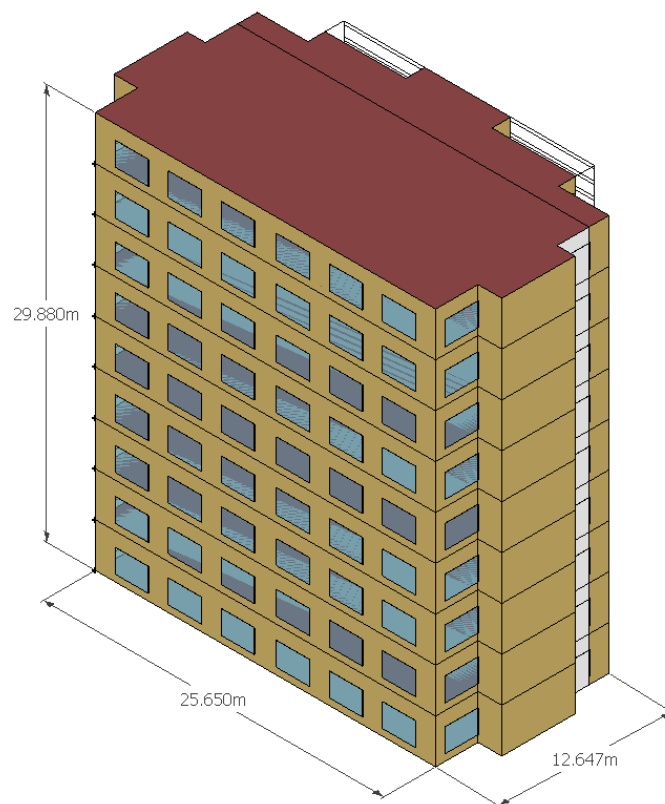


圖 5-12 模擬辦公建築示意

(資料來源：本研究繪製)

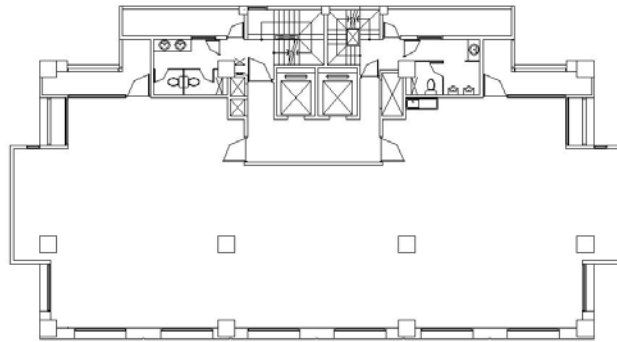


圖 5-13 標準層平面圖

(資料來源：本研究繪製)

表 5-4 辦公建築外殼構造熱性能

		厚度(m)	熱傳導係數(W/m-K)	密度(kg/m ³)	重量比熱(J/kg-K)
外牆構造	石材	0.030	1.35	2400	841
	水泥砂漿	0.030	1.50	2000	801
	鋼筋混凝土	0.150	1.40	2200	881
	水泥砂漿	0.010	1.50	2000	801
	木絲水泥板	0.010	0.18	565	1783
屋頂構造	預鑄混凝土板	0.050	1.50	2400	791
	輕質混凝土	0.050	0.80	1600	1001
	PU 防水塗層	0.010	0.11	1150	921
	水泥砂漿	0.020	1.50	2000	801
	鋼筋混凝土	0.150	1.40	2200	881
	水泥砂漿	0.015	1.50	2000	801
	岩棉吸音板	0.010	0.06	300	946

(資料來源：本研究整理)

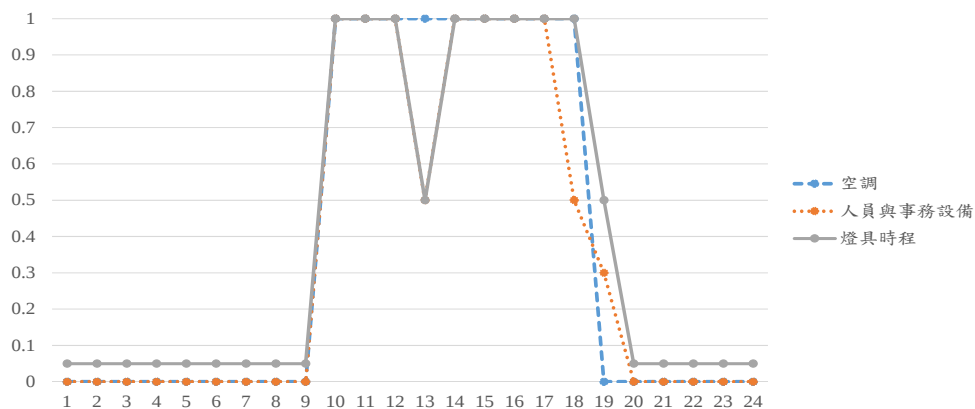


圖 5-14 辦公建築使用時程分佈

(資料來源：本研究繪製)

表 5-5 辦公建築模擬輸入條件

空調區面積(m ²)	3690.55
非空調區面積(m ²)	881.71
外牆隔熱(W/m ² -K)	2.77
屋頂隔熱(W/m ² -K)	1.97
窗戶玻璃隔熱(W/m ² -K)	6.16
	SHGC = 0.81
人員密度(人/m ²)	0.2
照明密度(W/m ²)	15
事務機密度(W/m ²)	10
空調主機	容積式冰水主機 150(USRT) COP = 4.9

(資料來源：本研究整理)

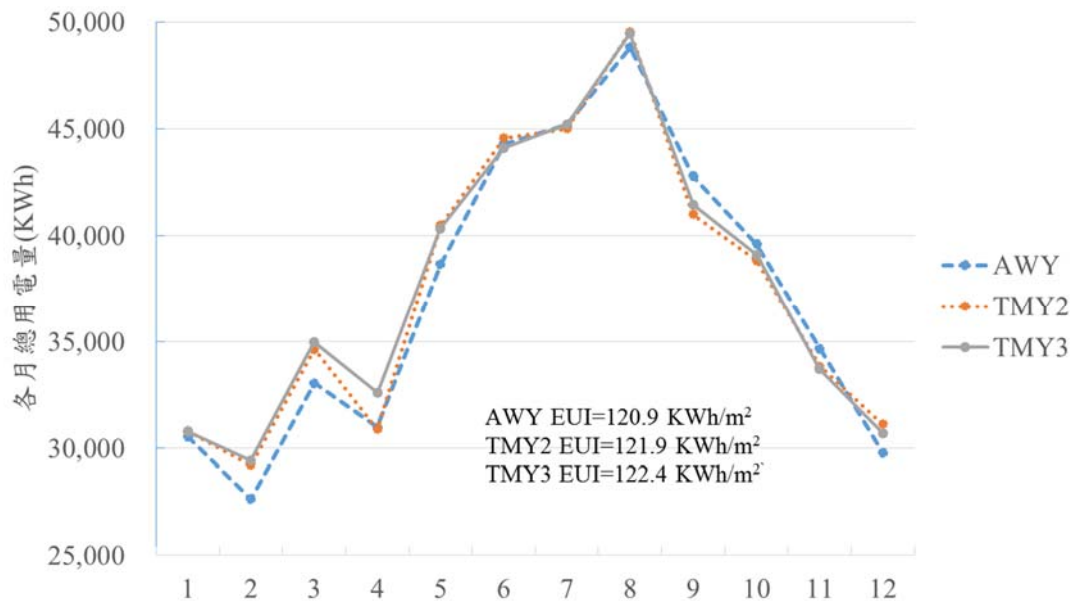


圖 5-15 歷屆氣象年對空調型辦公建築之逐月耗能分佈

(資料來源：本研究繪製)

表 5-6 歷屆氣象年對空調型辦公建築之逐月空調耗能

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
AWY	8.28	7.49	8.95	8.40	10.48	12.00	12.25	13.23	11.59	10.74	9.40	8.07	120.87
TMY2	8.35	7.92	9.39	8.37	10.97	12.08	12.20	13.42	11.11	10.52	9.17	8.44	121.94
TMY3	8.34	7.97	9.48	8.84	10.93	11.95	12.25	13.40	11.23	10.60	9.14	8.32	122.44

(單位：KWh/m²) (資料來源：本研究整理)

第四節 歷屆氣象年對自然通風型住宅建築熱不舒適之影響

為進一步探討歷屆氣象年對各方位自然通風型住宅室內熱不舒適之影響，本節以一平面五米見方，室內淨高 3 公尺之單元空間(如圖 5-17)，開窗率 50%，單面外牆鄰外氣其餘各面皆為室內牆，以臥室之使用時程(如圖 5-18)搭配人員 2 人、照明密度 6.5 W/m²，進行單一空間八方位之模擬。以本計畫新產製之台北之 TMY3 進行各方位之 EnergyPlus 室內熱環境模擬。此外，為評估自然通風型室內之熱不舒適性，方法上採用美國冷凍空調學會 ASHRAE 所建議之熱適應模型(Adaptive thermal comfort model)進行一年 8760 小時中室內超過其熱適應模型熱舒適範圍之小時數，以分析各氣象年對室內發生熱不舒適性之頻率。

傳統之室內熱舒適性評估以 Fanger 所提之 PMV-PPD 為主，但是近期有許多學者提出 PMV-PPD 模型並不適用於自然通風型建築之熱不舒適評估，尤其對於室內使用者對開窗與室內空調溫度有充分控制之情況下，PMV-PPD 模型更趨低估室內之舒適溫度。van Hoof 等人在回顧許多亞洲國家之熱不舒適研究後發現，此一現象更為明顯。在自然通風下之人們對熱舒適之感覺更與戶外長期平均溫度相關，因此，本研究以 de Dear 與 Brager 等人所提出之熱適應模型作為評估自然通風下之熱不舒適性。此一模式後經美國冷凍空調協會(ASHRAE)所採用，其舒適範圍如圖 5-16 所示，作為評估自然通風類型空間之熱不舒適性，其公式如式 5-1 所示。

$$T_{n(ASHRAE)} = 0.31 \cdot T_{om} + 17.8 \quad (\text{式 } 5-1)$$

其中： T_{om} =前 30 天之月平均溫度(°C)； T_{od-i} =計算日之前 i 日之日平均溫度(°C)； $T_{n(ASHRAE)}$ =ASHRAE 之熱適應模型中性操作溫度(°C)。

然而單純分析熱不舒適發生頻度無法完全反應因氣候變遷極端氣候增加所造成之室內過熱嚴重現象。因此，為了評估室內熱不舒適在歷屆氣象年影響下之嚴重程度，常以類似度時之概念藉以評估熱不舒適之嚴重程度，其意義為認為。本研究採用 ISO 7730 所建議之長期熱不舒適評估方法，區分為熱不舒適與冷不舒適，並以 I 來表示全年室內熱不舒適之嚴重程度，以溫暖時期評估之 I 值，其值愈高者代表室內過熱情形愈為嚴

重，其描述方法係以度時之概念計算超過熱適應模型上限(或下限)之操作溫度差與時間之積，如下列公式。

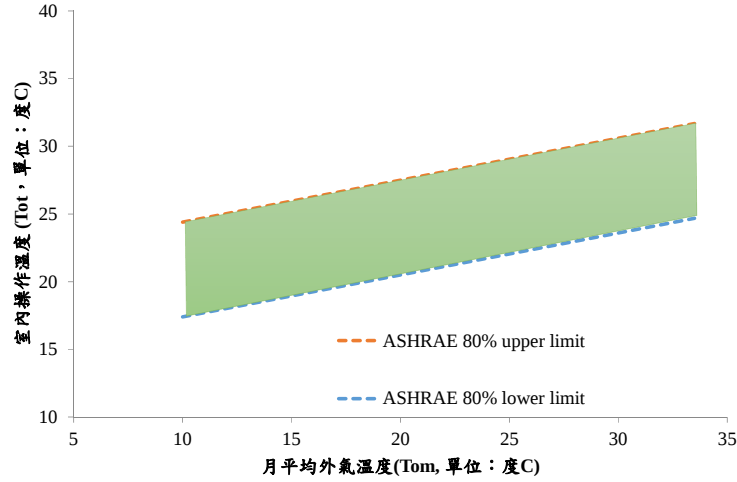


圖 5-16 ASHRAE 熱適性模型熱舒適範圍

(資料來源：本研究繪製)

$$wf_{(dh)} = 1 + \frac{|t_o - t_{o,limit}|}{|t_{o,n} - t_{o,limit}|} \quad \text{for } |t_o| > |t_{o,limit}| \quad (\text{式 5-2})$$

$$I_{(warm\ period)} = \sum wf_{(i)} \cdot t \quad \text{for } t_o > t_{o,limit} \quad (\text{式 5-3})$$

$$I_{(cold\ period)} = \sum wf_{(i)} \cdot t \quad \text{for } t_o < t_{o,limit} \quad (\text{式 5-4})$$

其中： $wf_{(dh)}$ =熱不舒適嚴重度之權重(度時)； $I_{(warm\ period)}$ =溫暖時期之熱不舒適嚴重度； $I_{(cold\ period)}$ =寒冷時期之熱不舒適嚴重度

本計畫以 EnergyPlus 分別模擬臥室空間室內逐時之操作溫度分佈，透過 ASHRAE 熱適應模型作為評估熱不舒適發生之頻率，以及採用 ISO7730 之長期熱不舒適嚴重度之評估法，計算歷屆氣象年對自然通風型住宅熱不舒適環境之差異。室內模擬之開窗為橫拉窗，並假設在外氣溫度 16°C 以上時即開窗藉由自然通風以除去室內之熱。就熱不舒適發生頻率分析，其結果如圖 5-19 所示，室內熱不舒適發生之頻率有逐漸增加之趨勢，AWY、TMY2 與 TMY3 全年分別有 17.6%、21.2%與 23.5%之機會處於室內熱不舒適之狀態。顯示，在不同年期為基期所篩選出之氣候有逐漸炎熱之趨勢，與近年 IPCC 以及臺灣氣候變遷相關報告之預測吻合。此外，若以長期室內熱不舒適嚴重度之角度評估，結果如圖 5-20 所示。全年累積熱不舒適嚴重度亦有逐漸增加之趨勢，在 AWY、TMY2 與 TMY3 等三種標準氣象年模擬下，熱不舒適嚴重度 $I_{(warm\ period)}$ 分別為 2311,

2884,與 3529 度時，新產製之 TMY3 對 AWY 時期之增加率達 52.7%。而在冷不舒適嚴重度 $I_{\text{(cold period)}}$ 之評估上，TMY3 亦較 TMY2 氣象年來得嚴重，顯示近期氣候溫熱期愈趨過熱而寒冷期愈趨過冷之現象。

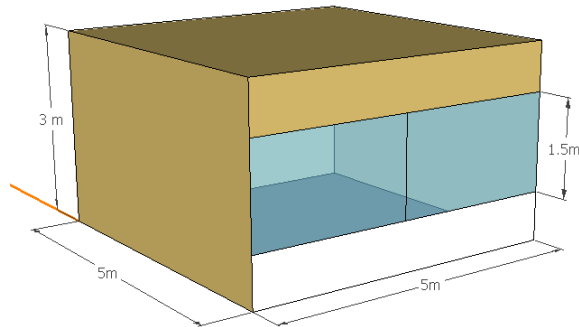


圖 5-17 五米外周區之模擬單元空間示意
(資料來源：本研究繪製)

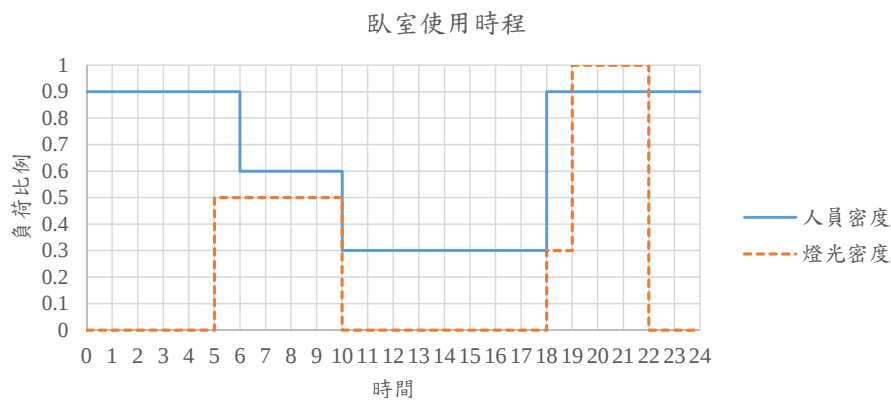


圖 5-18 模擬住宅臥室之使用時程
(資料來源：本研究繪製)

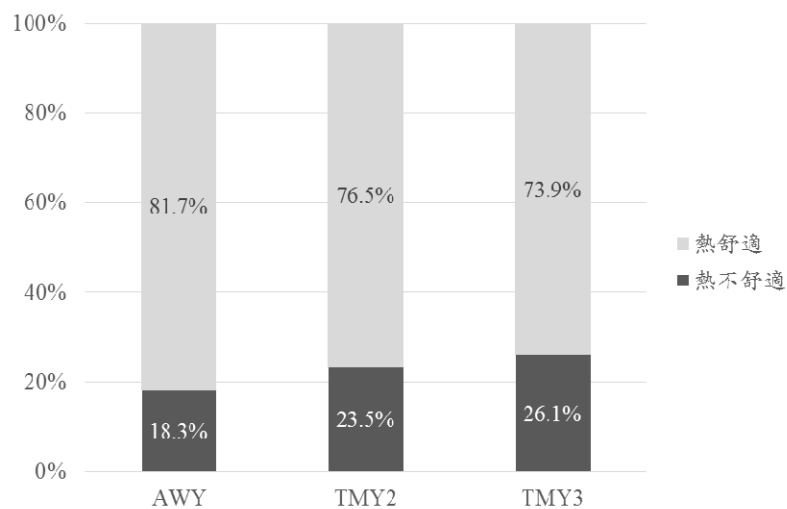


圖 5-19 台北自然通風住宅全年熱不舒適頻度
(資料來源：本研究繪製)

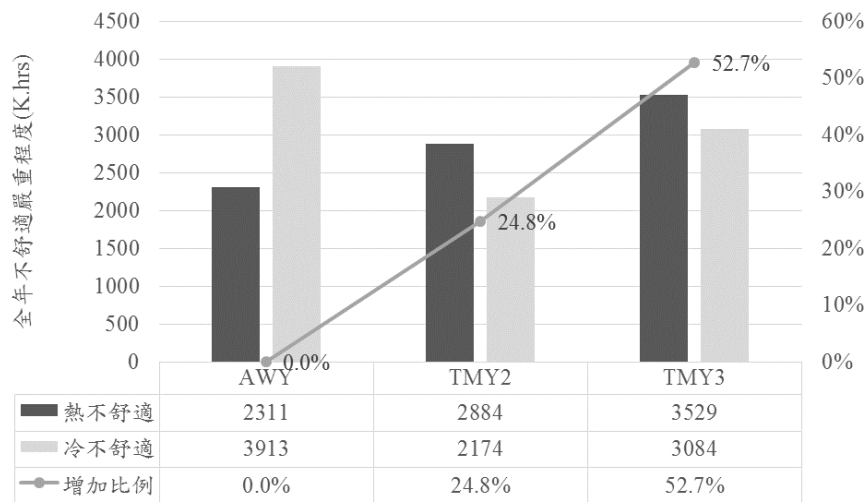


圖 5-20 台北自然通風住宅全年熱不舒適嚴重程度
(資料來源：本研究繪製)

今再以台北與高雄之 TMY3 標準氣象年進行住宅臥室單元在各方位下之室內熱不舒適差異，在臺灣南北氣候之差異下，台北與高雄之全年熱不舒適發生頻率差異由高至低，分別依序為西南向、南向、西向之差異較明顯，如圖 5-21 與表 5-7 所示。在長期熱不舒適嚴重度之分析下，北高亦呈現同樣之趨勢，皆以西南向、南向、西向之差異較多，如圖 5-22 與表 5-8 所示。各方位在高雄皆較台北來得嚴重，顯示臺灣南部在室內熱不舒適性上對氣候之調適與因應更顯重要。

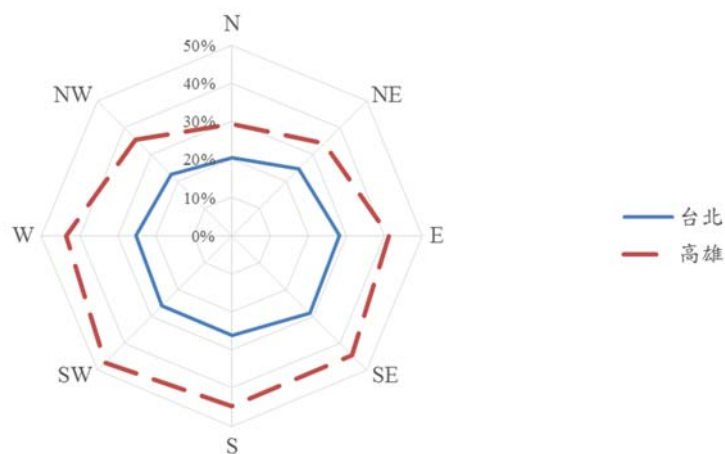


圖 5-21 自然通風型住宅全年不舒適頻度比例
(資料來源：本研究繪製)

表 5-7 自然通風住宅各方位熱不舒適小時數分析

地點	方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
台北	小時數(hrs)	1796	2177	2478	2529	2284	2293	2217	1982
	比例	20.50%	24.85%	28.29%	28.87%	26.07%	26.18%	25.31%	22.63%
高雄	小時數(hrs)	2573	2997	3614	3905	3912	4117	3811	3123
	比例	29.37%	34.21%	41.26%	44.58%	44.66%	47.00%	43.50%	35.65%

註：住宅以全年 8760 小時計算其熱不舒適發生比例

(資料來源：本研究整理)

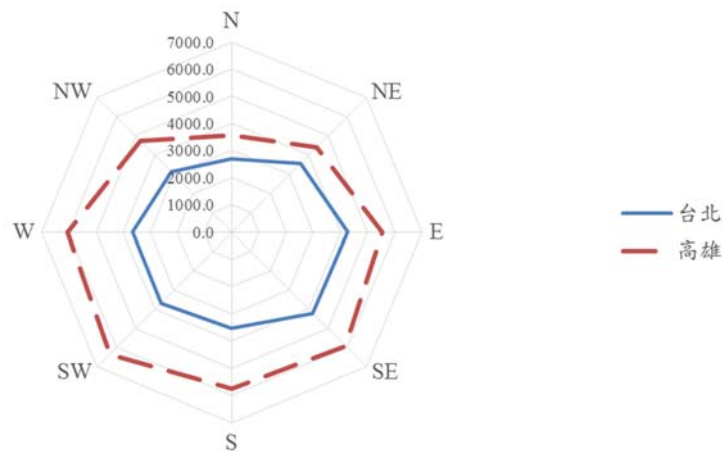


圖 5-22 自然通風型住宅全年不舒適嚴重程度

(資料來源：本研究繪製)

表 5-8 自然通風住宅各方位熱不舒適嚴重度分析

地點	方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
台北	度時數(K.hrs)	2699.0	3578.0	4266.1	4207.3	3528.8	3685.8	3640.0	3148.0
高雄	度時數(K.hrs)	3547.5	4416.3	5545.5	5923.5	5764.4	6360.9	6041.4	4733.8

(資料來源：本研究整理)

第五節 歷屆氣象年對自然通風型辦公建築熱不舒適之影響

本節以自然通風型辦公空間分析其熱不舒適之情況，辦公空間之使用時程為上午八時至下午五時，因此受外界氣候之影響更為顯著。就熱不舒適發生頻率分析，其結果如圖 5-23 所示，室內熱不舒適發生之頻率 AWY、TMY2 與 TMY3 全年超過 50% 之機會處於室內熱不舒適之狀態。此外，若以長期室內熱不舒適嚴重度之角度評估，結果如圖 5-24 所示。全年累積熱不舒適嚴重度有逐漸增加之趨勢，在 AWY、TMY2 與 TMY3

等三種標準氣象年模擬下，熱不舒適嚴重度 $I_{(\text{warm period})}$ 分別為 2494, 2634, 與 2838(度小時)，新產製之 TMY3 對 AWY 時期之增加率達 13.8%。而在冷不舒適嚴重度 $I_{(\text{cold period})}$ 之評估上，TMY3 亦較 TMY2 氣象年來得嚴重。

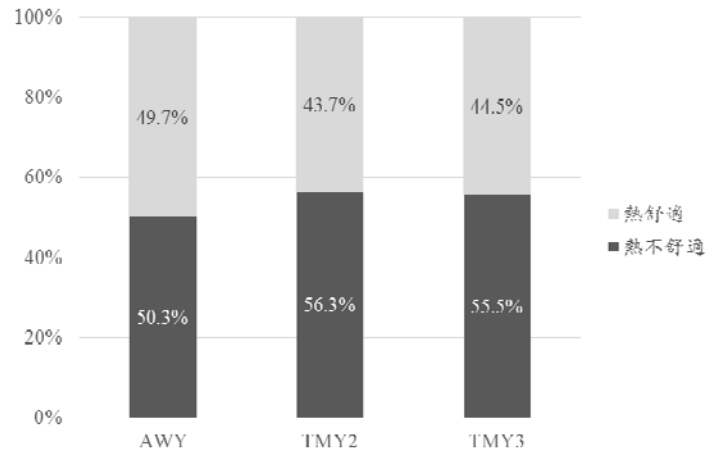


圖 5-23 台北自然通風型辦公室使用時期熱不舒適頻度
(資料來源：本研究繪製)

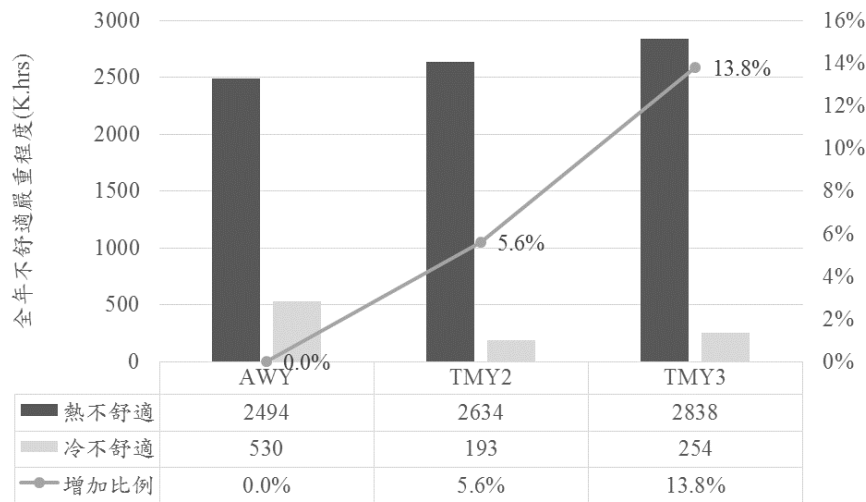


圖 5-24 台北自然通風型辦公室使用時期不舒適嚴重度
(資料來源：本研究繪製)

今再以台北與高雄之 TMY3 標準氣象年進行辦公空間單元在各方位下之室內熱不舒適差異，在臺灣南北氣候之差異下，台北與高雄之全年熱不舒適發生頻率差異各方位差異不大，高雄較台北皆高約 20% 左右，如圖 5-25 與表 5-9 所示。然而，在長期熱不舒適嚴重度之分析下，南北地區在南向、西南向與西向之差異較為明顯，如圖 5-26 與表 5-10 所示。且各方位在高雄皆較台北來得嚴重，顯示臺灣南部在室內熱不舒適性上對氣候之調適與因應更顯重要。

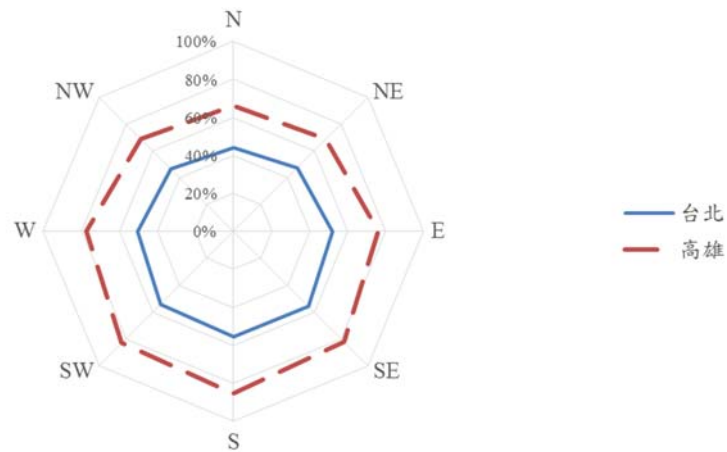


圖 5-25 自然通風型辦公室使用時期不舒適頻度

(資料來源：本研究繪製)

表 5-9 自然通風辦公空間各方位熱不舒適小時數分析

地點	方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
台北	小時數(hrs)	1036	1099	1255	1334	1313	1271	1200	1083
	比例	39.85%	42.27%	48.27%	51.31%	50.50%	48.88%	46.15%	41.65%
高雄	小時數(hrs)	1722	1783	1977	2136	2214	2164	2005	1789
	比例	66.23%	68.58%	76.04%	82.15%	85.15%	83.23%	77.12%	68.81%

註：辦公空間以全年室內使用時間 2600 小時計算其熱不舒適發生比例

(資料來源：本研究整理)

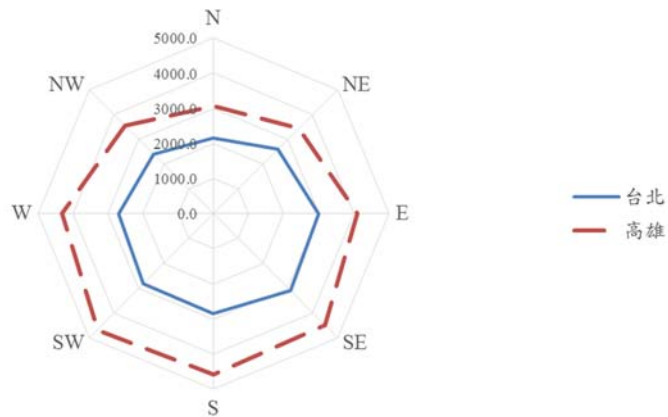


圖 5-26 自然通風型辦公室使用時期不舒適嚴重度(單位：度時)

(資料來源：本研究繪製)

表 5-10 自然通風辦公空間各方位熱不舒適嚴重度分析

地點	方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
台北	度時數(K. hrs)	1989.3	2371.7	2800.7	2842.5	2565.6	2574.5	2492.0	2197.6
高雄	度時數(K. hrs)	3050.7	3437.4	4112.4	4495.4	4576.9	4679.9	4328.0	3556.3

(資料來源：本研究整理)

第六節 住宅建築調適策略之模擬

由上一章之分析瞭解在不同基期挑選出之標準氣象年能反應近期氣候變遷之情形。在長期氣候愈趨炎熱與極端氣候發生機率愈高之情境下，建築部門對於氣候變化之因應更顯重要。本章以住宅建築為例，以既有住宅建築節能改善更新之角度，模擬分析各技術手法在 TMY3 模擬下探討其空調節能與改善室內熱不舒適嚴重度之效益。以下分析之模型沿用第五章第四節住宅單元空間之假設進行全年逐時之模擬，所有模型皆以開窗面朝南向模擬之。原有基線建築模型平面為 5m 乘 5m 見方之空間，開口率為 50%，開窗面為二樘 6mm 清玻璃之橫拉窗，窗高 1.5 m，外牆構造熱傳透率為 3.5 W/m²面南。改善策略包括：(策略 1)開口率由原 50%降為 30%、(策略 2)窗上緣增設 1m 深之外遮陽、(策略 3)窗玻璃替換為 6mm+6mm 中間空氣層之 Low-E 雙層玻璃、(策略 4)原橫拉窗改為以增加有效通風面積等手法、(策略 5)外牆之隔熱性能由原本之 3.5 W/m²K 提升為 2.75 W/m²K。其中策略二之 Low-E 雙層玻璃之改善策略雖對節能有正面助益，係因此種玻璃於玻璃上鍍以金屬薄膜因而可大幅遮斷太陽輻射，然而鍍了金屬膜之玻璃將使得此類玻璃回收成本較高，且其生產過程較易有重金屬環境污染之疑慮。以下假設以二情境模擬，情境一為模擬臥室晚上使用空調之情形，以探討空調節能潛力；情境二則全年採用開窗自然通風無空調之方式，探討臥室內熱不舒適嚴重程度之改善效益。

- 情境一：夜間五月至九月夏季 22 時至隔日 6 時空調，其餘時間採自然通風

模擬時空調室內溫度固定在 26 度。採用策略 1、策略 2、策略 3 與策略 5，對基線建築以 TMY3 模擬後之結果如圖 5-27，分別可節能 6%、12.6%、13.6%與 0.3%，其中如單純改善外牆隔熱性能，則其節能改善效益僅可達 0.3%。

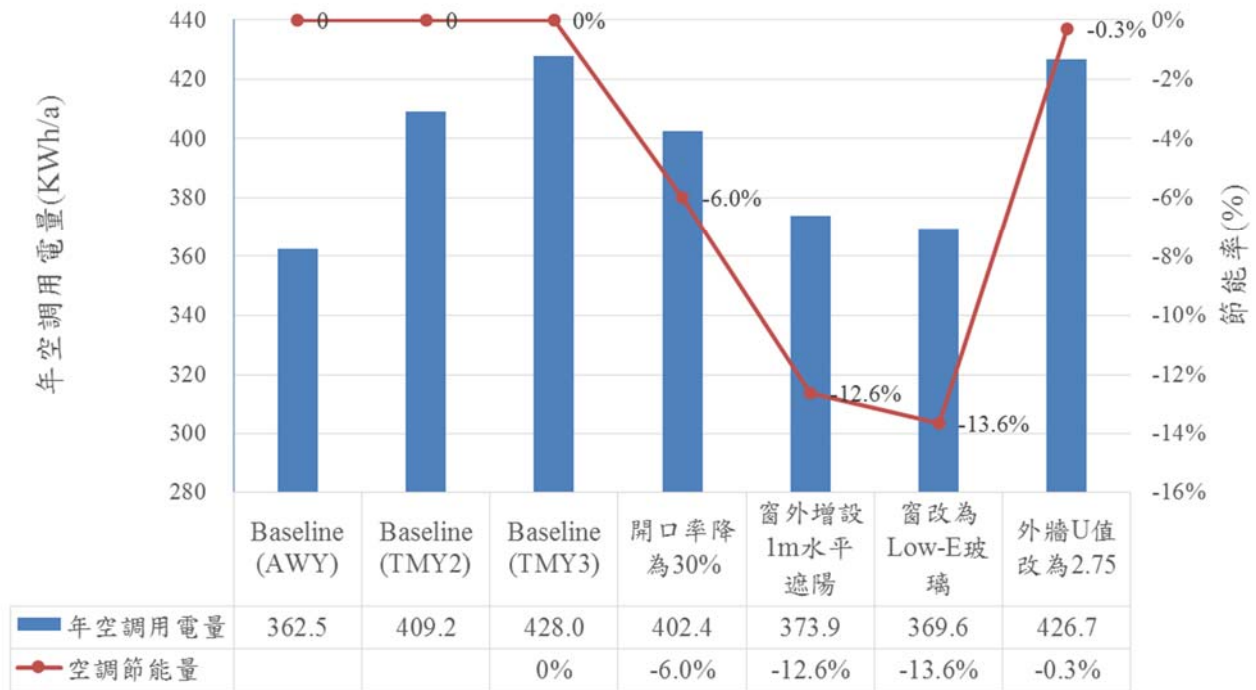


圖 5-27 各項住宅調適策略之全年空調節能效益

(資料來源：本研究繪製)

- 情境二：全年為自然通風之臥室，室外氣溫大於 16 度時即打開窗戶自然通風

為模擬自然通風對室內熱不舒適性之影響，採用之評估指標以 ISO7730 之熱不舒適嚴重度 I(warm period)來評估，其值越大表示室內過熱情況較為嚴重。本研究模擬之改善策略包括策略 2、策略 3 與策略 4。增設外遮陽，係為了降低日間之日射取得；窗面改成 Low-E 玻璃可同時降低室內日射取得以及增加玻璃隔熱性能；橫拉窗改為外推窗可將有效通風面積倍增，增加秋冬季外氣冷房以及夏季增加室內風速藉以提高人體感知之熱不舒適性。策略 2、策略 3、策略 4 與策略 5 對改善原室內熱不舒適嚴重程度之效果分別為 29.8%、30.7%、17.8%與 1.1%，顯示如建築之外牆隔熱已具一般水準時，再加強外牆隔熱性能對室內熱舒適效果之提升有限。

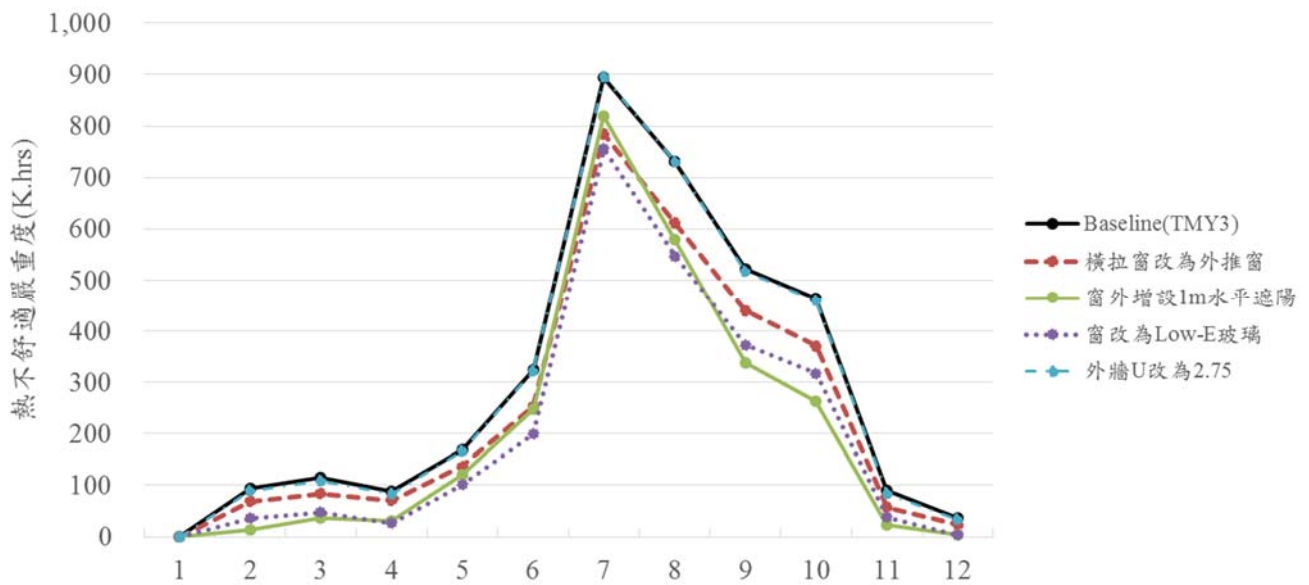


圖 5-28 各項住宅調適策略對室內熱不舒適嚴重度降低之逐月分佈

(資料來源：本研究繪製)

表 5-11 自然通風住宅調適策略各月熱不舒適嚴重度

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	改善百分比
基線建築	0	95	115	88	168	324	895	732	521	464	91	37	3529	-
策略 2：窗外增設 1m 水平遮陽	0	14	36	31	122	247	820	580	338	262	24	3	2477	29.8 %
策略 3：窗改為 Low-E 玻璃	0	36	47	27	101	199	756	548	373	317	38	3	2444	30.7 %
策略 4：橫拉窗改為外推窗	0	69	84	71	137	252	784	612	439	371	57	24	2900	17.8 %
策略 5：提升外牆隔熱性能	0	89	108	84	167	322	894	731	517	460	84	34	3489	1.1%

(單位：K.hrs) (資料來源：本研究整理)

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究獲致具體結論如下：

1. 以 1990-2012 年為基期之逐時氣象記錄資料製作符合國際 Sandia Method 規範之臺灣八地(台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、花蓮、台東)TMY3 建築能源解析用逐時標準氣象年，可與國際接軌。
2. 與歷屆 AWY 與 TMY2 之標準氣象年比對後，新產製之 TMY3 更具長期氣候之代表性。
3. 與歷年既有之標準氣象年比較其對空調型建築耗能變化情形：以台北既有辦公大樓為例，空調型辦公建築全年空調耗能密度在 AWY, TMY2, TMY3 等標準氣象年模擬下分別為 120.9, 121.9 與 122.4 (KWh/m²)，增加約 1.24%之耗能量。
4. 與歷年既有之標準氣象年比較其對自然通風型住宅建築之室內熱不舒適性變化：研究發現室內熱不舒適發生之頻率有逐漸增加之趨勢，AWY、TMY2 與 TMY3 全年分別有 18.3%, 23.5%與 26.1%之機會處於室內熱不舒適之狀態。而在熱不舒適嚴重度方面，新產製之 TMY3 對 AWY 時期之增加率達 52.7%。顯示今日之氣候更趨炎熱，更易導致室內過熱情形。
5. 針對住宅建築以模擬改善策略之效益方式評估於全球氣候變遷下之調適策略，作為未來建築能源變遷相關研究與對策之參考。
6. 本計畫所產至之 TMY3 係專為建築能源動態解析程式使用，目的在於計算建築之熱負荷與建築號能情形，雖然 TMY3 內尚有逐時之風速風向資訊，然而此類風速風向資訊係取自於氣象局測站，此類測站所測得之風向風速資料通常位於離地十米高之處，因此不適用於風力發電之計算，需特別注意。

第二節 建議

建議一：

建議公告本計畫所產製之臺灣 TMY3 標準氣象年：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：財團法人臺灣建築中心

有鑑於電腦動態熱負荷模擬技術日漸普及，業界已有 Ecotect、eQuest 等視窗化介面之電腦模擬程式流通，然目前缺乏國家公告之標準外界氣象資料以茲利用，導致各家業者使用來路不明之氣象資料作為模擬，使得模擬結果不具當地氣候代表性，可信度低。透過本計畫所產至之 TMY3 標準氣象年，可統一各家模擬軟體之外界氣象條件，提升模擬可信度。

建議二：

研擬反應未來氣候特徵之未來氣象年：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

本計畫以歷史氣象資料完成建築能源解析用平均氣象年之研製，有鑑於未來氣候變遷下之建築能源變化之探討與模擬，以及早因應未來氣候下之建築節能策略與調適，仍須仰賴足以反應未來氣候特徵之建築氣象，因此建議針對未來氣候變遷之相關研究

附錄一：TMY3 格式欄位說明

附表 1 TMY3 格式欄位說明

Field	Element	Unit or Range	Resolution	Description
1	Date	MM/DD/YYYY	--	Date of data record
2	Time	HH:MM	--	Time of data record (local standard time)
3	Hourly extraterrestrial radiation on a horizontal surface	Watt-hour per square meter	1 Wh/m ²	Amount of solar radiation received on a horizontal surface at the top of the atmosphere during the 60-minute period ending at the timestamp
4	Hourly extraterrestrial radiation normal to the sun	Watt-hour per square meter	1 Wh/m ²	Amount of solar radiation received on a surface normal to the sun at the top of the atmosphere during the 60-minute period ending at the timestamp
5	Global horizontal irradiance	Watt-hour per square meter	1 Wh/m ²	Total amount of direct and diffuse solar radiation received on a horizontal surface during the 60-minute period ending at the timestamp
6	Global horizontal irradiance source flag	1-2	--	See Table 1-4
7	Global horizontal irradiance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see NSRDB User's Manual (Wilcox, 2007b)
8	Direct normal irradiance	Watt-hour per square meter	1 Wh/m ²	Amount of solar radiation (modeled) received in a collimated beam on a surface normal to the sun during the 60-minute period ending at the timestamp
9	Direct normal irradiance source flag	1-2	--	See table 1-4
10	Direct normal irradiance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see NSRDB User's Manual (Wilcox, 2007b)
11	Diffuse horizontal irradiance	Watt-hour per square meter	1 Wh/m ²	Amount of solar radiation received from the sky (excluding the solar disk) on a horizontal surface during the 60-minute period ending at the timestamp
12	Diffuse horizontal irradiance source flag	1-2	--	See Table 1-4
13	Diffuse horizontal irradiance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see NSRDB User's Manual (Wilcox, 2007b)

(資料來源：User's Manual for TMY3 Data Sets)

附表 1 TMY3 格式欄位說明(續)

14	Global horizontal illuminance	Lux	100 lx	Average total amount of direct and diffuse illuminance received on a horizontal surface during the 60-minute period ending at the timestamp
15	Global horizontal illuminance source flag	1-2	--	See Table 1-4
16	Global horizontal illuminance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see section 2.10)
17	Direct normal illuminance	Lux	100 lx	Average amount of direct normal illuminance received within a 5.7° field of view centered on the sun during 60-minute period ending at the timestamp
18	Direct normal illuminance source flag	1-2	--	See Table 1-4
19	Direct normal illuminance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see section 2.10)
20	Diffuse horizontal illuminance	Lux	100 lx	Average amount of illuminance received from the sky (excluding the solar disk) on a horizontal surface during the 60-minute period ending at the timestamp
21	Diffuse horizontal illuminance source flag	1-2	--	See Table 1-4
22	Diffuse horizontal illuminance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see section 2.10)
23	Zenith luminance	Candela per square meter	10 cd/m ²	Average amount of luminance at the sky's zenith during the 60-minute period ending at the timestamp
24	Zenith luminance source flag	1-2	--	See Table 1-4
25	Zenith luminance uncertainty	Percent	1%	Uncertainty based on random and bias error estimates – see section 2.10)
26	Total sky cover	Tenths of sky	1 tenth	Amount of sky dome covered by clouds or obscuring phenomena at the time indicated
27	Total sky cover flag (source)			See Table 1-5
28	Total sky cover flag (uncertainty)			See Table 1-6
29	Opaque sky cover	Tenths of sky	1 tenth	Amount of sky dome covered by clouds or obscuring phenomena that prevent observing the sky or higher cloud layers at the time indicated

(資料來源：User's Manual for TMY3 Data Sets)

附表 1 TMY3 格式欄位說明(續)

30	Opaque sky cover flag (source)			See Table 1-5
31	Opaque sky cover flag (uncertainty)			See Table 1-6
32	Dry-bulb temperature	Degree C	0.1°	Dry-bulb temperature at the time indicated
33	Dry-bulb temperature flag (source)			See Table 1-5
34	Dry-bulb temperature flag (uncertainty)			See Table 1-6
35	Dew-point temperature	Degree C	0.1°	Dew-point temperature at the time indicated
36	Dew-point temperature flag (source)			See Table 1-5
37	Dew-point temperature flag (uncertainty)			See Table 1-6
38	Relative humidity	Percent	1%	Relative humidity at the time indicated
39	Relative humidity flag (source)			See Table 1-5
40	Relative humidity flag (uncertainty)			See Table 1-6
41	Station pressure	Millibar	1 mbar	Station pressure at the time indicated
42	Station pressure flag (source)			See Table 1-5
43	Station pressure flag (uncertainty)			See Table 1-6
44	Wind direction	Degrees from north (360° = north; 0° = undefined, calm)	10°	Wind direction at the time indicated
45	Wind direction flag (source)			See Table 1-5
46	Wind direction flag (uncertainty)			See Table 1-6
47	Wind speed	Meter/second	0.1 m/s	Wind speed at the time indicated
48	Wind speed flag (source)			See Table 1-5
49	Wind speed flag (uncertainty)			See Table 1-6
50	Horizontal visibility	Meter*	1 m	Distance to discernable remote objects at the time indicated (7777 = unlimited)
51	Horizontal visibility flag (source)			See Table 1-5
52	Horizontal visibility flag (uncertainty)			

(資料來源：User's Manual for TMY3 Data Sets)

附表 1 TMY3 格式欄位說明(續)

53	Ceiling height	Meter*	1 m	Height of the cloud base above local terrain (77777 = unlimited)
54	Ceiling height flag (source)			See Table 1-5
55	Ceiling height flag (uncertainty)			See Table 1-6
56	Precipitable water	Centimeter	0.1 cm	The total precipitable water contained in a column of unit cross section extending from the earth's surface to the top of the atmosphere
57	Precipitable water flag (source)			See Table 1-5
58	Precipitable water flag (uncertainty)			See Table 1-6
59	Aerosol optical depth, broadband	[unitless]	0.001	The broadband aerosol optical depth per unit of air mass due to extinction by the aerosol component of the atmosphere
60	Aerosol optical depth, broadband flag (source)			See Table 1-5
61	Aerosol optical depth, broadband flag (uncertainty)			See Table 1-6
62	Albedo	[unitless]	0.01	The ratio of reflected solar irradiance to global horizontal irradiance
63	Albedo flag (source)			See Table 1-5
64	Albedo flag (uncertainty)			See Table 1-6
65	Liquid precipitation depth	Millimeter*	1 mm	The amount of liquid precipitation observed at the indicated time for the period indicated in the liquid precipitation quantity field
66	Liquid precipitation quantity	Hour*	1 hr	The period of accumulation for the liquid precipitation depth field
67	Liquid precipitation depth flag (source)			See Table 1-5
68	Liquid precipitation depth flag (uncertainty)			See Table 1-6

*Value of -9900 indicates the measurement is missing.

(資料來源：User's Manual for TMY3 Data Sets)

附錄二：評選會議紀錄及處理情形

委員	委員意見	綜合回應
張委員志榮	- 對於研究成果在全球氣候變遷下之調整策略與因應對策應進一步說明。 - 回饋部分宜進一步說明，例如是否辦理講習會等。	- 本計畫將以空調型辦公建築與自然通風型住宅，搭配本計畫新產製以及過去歷屆之標準氣象年透過建築能源模擬，以獲知建築能源因氣候變遷之變化情形。同時藉由模擬建築外殼因子對建築耗能之敏感度分析，解析其節能效益，以得到建築調適策略之建議。 - 本計畫產製之本土 TMY3 資料將請示委託單位之意見，規劃開放公眾下載。講習會部分，因計畫內無編列相關預算，本年度恐無法執行。
陳委員輝煌	- 有關本案之創意及自由回饋項目計畫內尚缺，是否有口頭上之報告？以便納入記錄。 - 近年地球極端氣候變遷劇烈調查應作因應改變。 - 如何與智慧建築相結合請說明。 - 計畫內未提及林務局航測及氣象局相關資料及如何結合利用等。	- 本計畫最終產製之台灣 7 地 TMY3 擬請示內政部建築研究所之意見，朝資料公開予公眾下載取用之方向努力。 - 本計畫透過歷屆產製之標準氣象年與新製作之 TMY3 進行比對，透過建築能源模擬技術，以獲知建築耗能變遷幅度後再提出因應策略。 - 本計畫產製之 TMY3 係主要供建築能源解析用途。文獻上亦尚無與智慧建築結合之應用實例。 - 感謝委員建議。按國際標準平均氣象年之作法，作為篩選用之原始氣象資料有其嚴格規範，本計畫將視評估林務局之資料是否適合於本計畫後，再予以參採。
單委員信瑜	本計畫主持人應可順利完成研究達到目標。	感謝委員肯定。

胡委員裕輝	1. 預期效益包括太陽能利用率之評估，可能涉及商業風險，是否能對 TMY3 評估之誤差及大小之可能範圍加以著墨。 2. 預期效益包括風力利用率之評估，由 TMY3 之氣象要素內容，似乎效果有限。	1. 本計畫將審慎評估 TMY3 應用於太陽能利用之適宜性。 2. 應用於風力利用效益之評估尚受到地形、微氣候等因素影響，TMY3 氣象資料由於取自中央氣象局之一級測站，往往無法反應微氣候因素，因此 TMY3 之資料如欲應用於風力評估，的確有其侷限性，因此應用上之限制將於計畫中附註說明。
陳委員伯勳	1. 研究進度與原計畫需求時程略有不同，請補充說明。 2. 預期完成之工作項目第 10 項提出住宅部門因應氣候變遷之策略與原計畫需求建築部門略有不同，請補充說明。	1. 感謝委員提醒。研究進度將修正為與原計畫期程相同，可如期完成。 2. 擬針對建築部門所佔比例最大之空調型辦公建築與自然通風型住宅，提出氣候變遷之調適策略。

附錄三：期中會議紀錄及處理情形

委員意見	回覆
中華民國全國建築師公會（江建築師星仁）： 本研究產製之標準氣象年涵蓋臺灣北、中、南、東七地，分別為台北、新竹、台中、台南、高雄、花蓮、台東等地，建議是否再將嘉義氣象站資料納入，俾增進應用參考價值。	本研究擬評估計畫執行之進度，研議將嘉義納入之可行性。
財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所： 1. 現階段該計畫所選取之 TMY2、TMY3 之氣象數據選取年份與國際不同，例如國際 TMY2 為 1961～1990 年、TMY3 為 1991～2005 年，而臺灣 TMY3 為 1998～2012 年，差異甚大，應與國際接軌，以利比對。 2. 中央氣象局與 TMY 資料參數有相關，但仍有許多參數缺漏，期中簡報僅有日照量呈現，其他參數建置與可靠度分析並未提供。	1. 感謝委員意見。事實上國際上針對標準氣象年僅對其製作年距進行規範，係著重於氣候代表性之問題，並未針對長期氣候應取自特定年份進行規定。無國際接軌之問題。臺灣氣象觀測資料於 1997 年以前缺漏嚴重，為避免所製作 TMY3 缺乏代表性之問題，因此剔除原始觀測數據缺漏嚴重之年份。 2. 本計畫研製之 TMY3 係供建築能源解析用途，其餘與建築熱負荷計算無關之參數不在本研究檢討之列，然為符合 TMY3 標準格式，其餘參數亦會以中央氣象局原始觀測值記入中選月份中以求完整性。
吳建築師德賢： 1. AWYD、TMY2、TMY3 歷屆標準氣象年之氣候變遷趨勢為何？建議能進一步分析，俾作為建築節能相關研究之基礎資料。 2. 標準氣象年採用逐時氣象資料之緣由、中央氣象局氣象資料測量方式與準確度，建議能盡量蒐集，俾利完整。	1. 遵照辦理。 2. 由於現行各式建築能源電腦解析軟體，至少皆以逐時計算為期距，因此在外界氣候資料之提供上，亦必須至少為逐時之資料，才得以滿足程式計算之需。 3. 中央氣象局之資料信賴度問題，本研究於取得原始資料時，即有進行基礎檢篩作業。至準確度問題，由於本研究礙於人力與有限經費下無法針對各測站儀器進行標準校驗之工作。
張建築師俊哲： 1. 表 1-1 熱負荷考量之項目是否足夠，例如窗簾、衣著量、地板等變因建議可納入。 2. 日射方位、角度是否會影響引用標準氣象年之數據，如何調整修正，建議補充說明。	1. 該表為標準計算空調熱負荷之項目已將主要熱負荷來源考量，另窗簾、地板等建築外殼因子，係於建築能源模擬時考量要項，並非於氣象資料端考量。 2. 日射方位與角度問題，係於建築能源模擬端考量。本研究產製之 TMY3 旨在提供建築能源模擬時標準之外界氣候條件。

張建築師矩塘： 1. 氣象資料是建築節能研究的重要基礎資料，本研究極為重要 2. P13 最後一行，文字繕打錯誤，請重新修正。 3. 囿於目前日常節能內的 $\beta 1$（再生能源優惠係數），已有太陽光電效率之計算模式，但對於日漸增多的風力發電則沒有一套計算方法，是否可藉由本案氣象資料之建立，一併作出風力發電的計算方法。 4. 以日射量偏差量最小值為中選月份，對其他參數的應用，是否有影響？	1. 感謝委員意見。 2. 此為誤繕，遵照辦理。 3. 風力之變化與風場有關，影響風場之因子多元，包括地形、地貌、高度、微氣候等因素，本計畫產製之 TMY3 風速、風向取自測站，其量測高度僅離地 10m，無法應用於風力發電之估算。 4. 其他氣象參數包括乾球溫度、露點溫度、風速等因子亦已考量於計算長期累積分佈中，並以加權之方式進行與長期氣候之比對。至最後再以日射量偏差作為最後中選月之挑選，係考量因日射量影響建築熱負荷為最，如僅比較氣象數據之累積分佈，吾人僅可確知其氣象要素之分佈結構類似，至於同時性下之偏差尚無法斷定，為避免選出之中選月份平均值偏差之問題，乃以日射量偏差最小者為判斷依據。
蕭教授弘清： 1. 符合預定進度，預期完成之工作項目也符合研究指標，執行情況良好。 2. 標準氣象年之基本假設條件已排除“極端氣候”情形，但目前極端氣候已成常態，如何排除？另臺灣引用國外之評估法，是否符合臺灣本土氣候條件，宜先評估檢討。 3. 若不排除極端氣候，雖不符合原預設條件，但可納入研究比較其偏差，也有實質意義。	1. 感謝委員意見。 2. 如極端氣候已成常態，則在依本研究方法下，即視為標準氣象，而不會被排除。由於 TMY3 之應用，係為進行建築於常年氣候下之耗能情況概估、進行節能診斷與空調設備容量估算等用途，如將極端氣候納入，經建築能源模擬解析後之結果恐失常年之代表性，而有高估或低估之情況發生，此乃為何必須將極端氣候排除之因。 3. 本計畫係參採國際之 TMY3 製作方法，該方法已被國際上諸多地區使用亦有期刊文章發表。而本研究之原始氣象資料數據，乃來自於臺灣中央氣象局之氣候資料，應無方法適用之問題。 4. 感謝委員建議，然極端氣候之考量已超出本計畫之研究範圍。且極端氣候之篩選原則、方法與平均氣象年之方法迥異，在礙於計畫有限經費、人力下，建議納入後續研究之列。

附錄四：座談會議紀錄

一、開會事由：「臺灣建築能源模擬解析用逐時標準氣象資料 TMY3 之建置與研究」第一次專家學者座談會。

二、時間：102 年 7 月 19 日下午 1 時

三、地點：國立臺灣大學生物環境系統工程學系大樓二樓會議室

四、主席：黃國倉博士

五、會議紀錄：

(一)、 黃瑞隆教授：研究內容與進度接符合計畫預期。

(二)、 林子平教授：

1. 本計畫為建築能源分析之重要基礎極具價值。
2. 目前進度良好，理論背景清楚。
3. TMY3 的應用及影響可再做深入之分析。

(三)、 胡明哲教授：

1. TMY3 標準氣象年對於相關建築能源模擬相當重要，此研究成果可對如 EnergyPlus 等軟體提供重要氣象參數之輸入。
2. 本計畫之 TMY3 是採用國際標準氣象年共通之格式，因此所發展之臺灣 TMY3 可與國際建築模擬接軌。
3. TMY3 資料極為重要，建置完成後建議公佈推廣。

附錄五：期末會議紀錄及處理情形

委員意見	回覆
財團法人工業技術研究院綠能與環境研究所(杜經理威達)： 1. 研究成果超越預期，且對我國建築模擬之基礎工程是很重要的成果 2. TMY3 建置後與其他標準氣象年之差異係來自資料缺漏補足之方法，抑或是來自驗證模型的差異等，若再深入研究，將可助於增加研究成果之可用性與第 4~6 章之結論公信力。 3. 期中與期末報告針對 ye 值引用之方程式有明顯不同，其邏輯為何？是否對模擬結果造成影響？請補充說明。 4. 報告書符號、單位、中英文等錯字誤繕部分，請檢討修正：(1)P54 與 P57 之單位，部分符號大小寫不同；(2)代數方程式內之符號宜採斜體字，但仍有少部分沒有統一。	1. 感謝委員肯定。 2. 過去之氣象年亦有進行資料缺漏之補建，然而這些補建的資料為數不多所佔比例很小，應非影響偏差之主因，研判差異來自於氣候變化之可能性較大。 3. 原公式係爰用自日本學者所建構之模式，該模式將下雪、雷暴等因素考量在內而有固定之截距項。本研究團隊認為為符合臺灣之應用，應將截距項剔除更能符合臺灣氣候之應用，以臺灣之原始氣象資料帶入推估後，由判定係數來看，修正後之公式其適配性亦更優於原模式，因此本計畫最後採用修正後的版本。 4. 業已更正。
王教授敏順： 1. P61 以台北與高雄之 TMY3 標準氣象年進行住宅臥室單元各方位下之室內熱舒適差異分析中，高雄以 SW 西南方位最嚴重，台北則以 SE 東南方位最嚴重，請補充這兩個城市產生上述差異現象原因說明。 2. P63 辦公室空間單元差異分析請加以說明，另高雄「不舒適小時數」分析，則以 S 南方位為最多小時數，可再說明之。 3. P65、P66 窗外增設 1m 水平遮陽，其 1m 設定是否合乎實務設計之遮陽深度的尺度？而採 Low-E 玻璃是否符合環保最佳策略？ 4. 簡報 ppt 資料可整合納入報告書中，例如 Masaki 的推估圖。 5. 住宅樣本為何未採實際案例進行模擬，例如辦公室案例是否為實際例子？	1. 此現象透過氣象資料之統計解析後，研判係因台北近期之氣候於空調使用頻繁之數個夏季月份下午之累積日射量較上午為低，因此造成耗能量解析之結果反導致西南向之全年空調耗能略低於東南向。 2. 擬將補充於期末成果報告中，做詳細說明。 3. 此等改善方案之選擇是基於以既有建築修繕時最大可能之方案作為模擬其改善成效。至於，所選方案之生產環保問題，以超出本本研究範圍，不在探討之列。然，擬將 Low-E 玻璃之環保問題註記於成果報告中，以為參考。 4. 遵照辦理。 5. 住宅之空間形式多元，且類型繁多舉如透天型住宅、連棟住宅、集合住宅等，較難以歸納一標準平面以供解析，各類型間亦會隨方位配置之差異而有較大之耗能差異，為減少這些因素所產生之耗能解析影響，因此本研究以單一空間進行模擬，較能獲致一般性之結果以供參考。

張建築師矩壩： 1. 本案研究結果是否有修正目前外殼節能各項資料參數之必要性？請補充說明。 2. 住宅舒適度調整之研究中，採用 Low-E 玻璃有 30% 之改善，然而目前的外殼節能，玻璃的因素對評估指標 Req 並未考量，原因為何？請加以說明。	1. 本研究所產製之 TMY3 其目的係作為建築能源動態解析軟體使用，與現行建築外殼節能設計規範目的不同。建議尚無需修改之必要。 2. Low-E 玻璃有 30% 之改善，此數據是針對自然通風型之空間室內熱不舒適嚴重程度之改善幅度，由於住宿空間全年 8760 小時皆有可能室內有人使用，因此對於日射遮蔽性能較優異的玻璃對於日間室內舒適度之改善是有其效益的，住宿類建築外殼以 Req 指標規範，並未探討此類效益，研判係為簡化計算以近似值反應室內之情況。
梁教授漢溪： 1. TMY3 標準氣象年更符合長期氣候趨勢，值得加以應用，各參數與 TMY2 差異性不大，請略作分析並說明緣由，俾供應用。 2. P65 情境一之模擬結果得到相關節能策略之效益比較，建議後續模擬參數之設定可由綠建築手冊中有規範者加以著手，例如 Uar 等。	1. 差異不大係因為僅比較年平均值的結果，如以月平均觀之，兩者間差異則將顯現。 2. 遵照辦理，擬增加外牆隔熱改善之效益分析。
蕭教授弘清： 與預期成果相符合，非本人專長領域，沒有專業上建議，以下僅針對報告撰寫方式提供意見： 1. 報告書之排版、字型（尤其英文、數字）宜全部統一。 2. 第一章之圖表文字建議重打，尤其圖表字體不應大於本文字體，公式請依標準 Word 內之 equation 編輯器。 3. 圖表數據多，但論述說明偏少，宜加強圖表之分析說明，若缺少論述分析，將使報告內容績效大打折扣。 4. 熱舒適或熱不舒適用語是否一樣？建議宜統一。	1. 感謝委員意見。排版格式等將遵照所內格式重新檢視排版。 2. 將補充圖表之論述於成果報告中。 3. 用語方面，成果報告將統一以「熱不舒適」為文，避免混淆。
廖組長慧燕： 1. 報告中「綠色工廠」之用語請修正為「綠廠房」，以免混淆。 2. 本研究產製之 TMY3 標準氣象年是否可直接應用？並請補充說明國內相關建築法令是否有需配合修正之處，俾作為施政參考。	1. 遵照辦理。 2. 本研究產製之 TMY3 格式以 CSV 通用格式呈現，可直接發佈供使用者直接應用。另，國內之相關節能法規已施行多年，更新氣象變數影響層面大，已超出本計畫範圍，可列為後續研究，目前建議暫緩修正。

參考書目

1. Argiriou, A., S. Lykoudis, S. Kontoyiannidis, C. A. Balaras, D. Asimakopoulos, M. Petrakis and P. Kassomenos (1999). "Comparison of methodologies for tmy generation using 20 years data for Athens, Greece." Solar Energy 66(1): 33-45.
2. ASHRAE (2010). ANSI/ASHRAE Standard 90.1-2010, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, USA, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 90.2-2001.
3. Crawley, D. B., J. W. Hand and L. K. Lawrie (1999). Improving the weather information available to simulation programs. Proceedings of Building Simulation'99, Citeseer.
4. Crow, L. W. (1980). Development of hourly data for weather year for energy calculation (WYEC). USA, ASHRAE Research Project No.239 Bulletin.
5. Festa, R. and C. F. Ratto (1993). "Proposal of a numerical procedure to select Reference Years." Solar Energy 50(1): 9-17.
6. Finkelstein, J. M. and R. E. Schafer (1971). "Improved Goodness-of-Fit Tests." Biometrika 58(3): 641-645.
7. Hall, I., R. Prairie, H. Anderson and E. Boes (1978). Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations. SAND78-1601. Albuquerque, NM. U.S.A., Sandia National Laboratories.
8. Japanese Air-conditioning Standard Commision (1987). "The study of standard meterological data." Air Conditioning & Health 48: 7.
9. Lam, J. C. and D. H. W. Li (1996). "Correlation between global solar radiation and its direct and diffuse components." Building and Environment 31(6): 527-535.
10. Marion, W. and K. Urban (1995). User's Manual for TMY2s. Colorado, U.S.A., National Renewable Energy Laboratory.

11. Masaki, Y., T. Kuwagata and Y. Ishigooka (2010). "Precise estimation of hourly global solar radiation for micrometeorological analysis by using data classification and hourly sunshine." *Theoretical and Applied Climatology* 100(3-4): 283-297.
12. National Climatic Center (1981). *Typical meteorological year user's manual*. Asheville, North Carolina, USA, National Climatic Center.
13. Pissimanis, D., G. Karras, V. Notaridou and K. Gavra (1988). "The generation of a "typical meteorological year" for the city of Athens." *Solar Energy* 40(5): 405-411.
14. Reindl, D. T., W. A. Beckman and J. A. Duffie (1990). "Diffuse fraction correlations." *Solar Energy* 45(1): 1-7.
15. Wilcox, S. and W. Marion (2008). *User's Manual for TMY3 Data Sets*. Colorado, U.S.A., National Renewable Energy Laboratory.
16. 林憲德 and 張思源 (1987). 建築空調耗能分析用平均氣象年資料之研究, 行政院國家科學委員會.
17. 林憲德 and 黃國倉 (2005). "臺灣 TMY2 標準氣象年之研究與應用." *建築學報* 53: 79-94.
18. 黃瑞隆 (2002). "各式氣象年在建築與空調系統能源分析上的應用比較." *冷凍與空調*(16): 108-114.
19. 顏俊士 (1974). "臺灣各地日射量估計問題." *大氣科學* 1: 72-80.

臺灣建築能源模擬解析用逐時標準氣象資料 TMY3 之建置與研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：231 新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：何明錦、黃國倉

出版年月：102 年 12 月

版(刷)次：第 1 版

ISBN：978-986-03-9661-4 (平裝)