

整合型太陽能光電板
結合建築外殼之效益分析

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 94 年 12 月

094301070000G3058

整合型太陽能光電板 結合建築外殼之效益分析

研究主持人：何明錦

共同主持人：陳建富

研 究 員：歐文生

研究助理：林國榮、王致翔

謝大德、邱建華

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 94 年 12 月

目 次

第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 計畫說明.....	1
第三節 計畫位置.....	3
第四節 研究內容.....	3
第二章 太陽能光電系統.....	6
第一節 太陽能光電系備.....	6
第二節 研究方法.....	8
第三節 系統規格說明.....	10
第四節 本計畫預期工作項目與成果.....	14
第三章 遮陽板節能效益分析.....	17
第一節 前言.....	17
第二節 研究方法.....	18
第三節 具體成果.....	21
3.3.1 設備館之原 ENVLOAD 值.....	21
3.3.2 設備館之新 ENVLOAD 值.....	22
第四章 遮陽及隔熱效益分析.....	24
第一節 前言.....	24
第二節 研究方法.....	24
第三節 太陽能電池帷幕牆耗能評估.....	35
第五章 太陽能光電系統資料蒐集與分析.....	41
第一節 前言.....	41
第二節 系統操作 S.O.P.....	42
第三節 設置遮陽設備對於既有建築物的空調節能效益.....	45
第四節 不同角度太陽能板發電效益分析.....	47
第五節 太陽能晶矽分析.....	48
第六節 太陽能板清澈度與溫度效益分析.....	49

第七節 帷幕式光伏系統效益分析.....	50
第八節 累積發電量與太陽能電價計算.....	54
第六章 結論.....	57
第七章 建議.....	59
參考文獻.....	60
期初審查意見回函.....	63
期中審查意見回函.....	67
期末審查意見回函.....	72
附錄一 太陽能板規格.....	77
附錄二 光電系統照片.....	81
附件一 歸仁校區系統全貌.....	81
附件二 歸仁校區光電系統側照.....	82
附件三 歸仁校區光電系統近照.....	82
附件四 小型氣象站.....	83
附件五 蓄電池組.....	83
附件六 測定實驗看板.....	84
附件七 帷幕式MPPT電路圖.....	84
附件八 帷幕式MPPT實體電路.....	85
附件九 帷幕式太陽能板.....	85

表 目 錄

表2-1 預定研究進度.....	15
表3-1 現行ENVLOAD 計算公式各項係數表	19
表3-2 中央空調型建築物ENVLOAD設計最大值	21
表4-1 常用玻璃熱傳透率一覽表.....	25
表4-2 玻璃之遮陽性能.....	26
表4-3 常用外牆熱傳透率 U_i 值.....	30
表4-4 常用玻璃帷幕牆熱傳透率 U_i 值.....	33
表4-5 室內空調熱負荷模擬.....	39
表4-6 建築外牆構造造價分析.....	40
表5-1 設置遮陽設備前後的溫度比較表.....	45
表5-2 設置遮陽設備前後的空調耗電表.....	46
表5-3 不同角度的太陽能板產出率.....	47
表5-4 各系統之太陽能晶矽發電效益表.....	48
表5-5 太陽能板清澈度與溫度變化率比較表.....	49
表5-6 帷幕式光伏系統效益.....	50
表5-7 由實際發電量換算至每月發電量.....	54
表5-8 建研所及經濟部能源局太陽能電價估算結果.....	55

圖目錄

圖 2-1 太陽能發電系統單線圖	7
圖 2-2 獨立型光伏能量轉換系統架構圖	8
圖 2-3 獨立/併聯混合型太陽能光伏系統	9
圖 2-4 與電力系統併聯型太陽能光伏系統架構圖.....	9
圖 2-5 系統 1 流程圖.....	10
圖 2-6 系統 2 流程圖.....	11
圖 2-7 系統 3 流程圖.....	12
圖 2-8 帷幕式系統流程圖.....	13
圖 3-1 設備館架設太陽能光電板及遮陽板設計構想圖.....	22
圖 3-2 設備館架設太陽能光電板及遮陽板完工圖.....	22
圖 3-3 設備館架設太陽能光電板及遮陽板完工圖一隅.....	23
圖 4-1 不同玻璃之日射透過率.....	26
圖 4-2 各種玻璃開窗率與空調耗能變動.....	31
圖 4-3 DOE-2 之架構及計算程序流程圖.....	35
圖 4-4 PowerDOE 可對建築物進行外遮陽的效益進行模擬計算.....	36
圖 4-5 PowerDOE 中的 System 子程式具有完善的空間系統描述.....	37
圖 4-6 PowerDOE 具有可視化之報表分析.....	37
圖 5-1 系統 1 操作程序.....	42
圖 5-2 系統 2 操作程序	43
圖 5-3 系統 3 操作程序	44
圖 5-4 不同角度的太陽能板產出率比較圖.....	47
圖 5-5 太陽能板產出率比較圖.....	50
圖 5-6 7/10~7/13 東南西功率.....	51
圖 5-7 7/25~7/29 東南西功率.....	51
圖 5-8 8/3~8/8 東南西功率.....	52
圖 5-9 8/23~8/30 東南西功率.....	52
圖 5-10 9/12~9/15 東南西功率.....	53

摘要

關鍵辭：太陽電池整合於建築外殼(BIPV)，節約能源，玻璃帷幕大樓

多年來，世界各國皆致力於綠建築方面的研究。在台灣，內政部建築研究所更是不遺餘力地專注於綠建築之研究，自從1995年將建築外殼節能設計 ENVLOAD 納入建築技術規則，在1999年制訂出「綠建築解說與評估手冊」，以做為我國綠建築的評估依據。在台灣，我們期許能夠與世界各國的綠建築研究機構建立起一交流平台。因此，2005年1月21日的時候，台灣也正式成立台灣綠建築發展協會，由產、官、學界三大方面共同齊心推廣綠建築的技術研究與應用方向；同時，經濟部能委會也正積極推動太陽能利用計畫。節約能源與乾淨能源利用之研究遂為綠建築重點工作之一。在遮陽及隔熱效益方面，建築物外殼採用玻璃帷幕構造常見於辦公類建築物，原因在於可以因為晝光利用而節省照明能源(在寒帶地區甚至可因溫室效應而減少室內暖房耗能)。此外在心理層面上，辦公空間視野開闊，有助於提升辦公人員之工作效率。因此，玻璃帷幕牆遂成為近年來歐美溫帶國家辦公建築流行之外殼構造型式。台灣深受西方建築流行趨勢影響，玻璃帷幕大樓便應運而生，在忽視玻璃構造性能情況下，大量使用空調能源以對抗室外熱負荷，不僅降低室內環境舒適度，也加重能源之使用負荷。因此，本研究彙整國內外關於玻璃性能之文獻，闡述節能原理，據以進行本土性氣候條件之收集與材料性能檢測，提出具體可行之對策，讓使用者得以直接應用。

簡言之，整合型太陽能光電板的設置，除了太陽能光電板的發電效益之外，更可降低建築成本，節約室內空調能源使用，讓建築物室內環境更加舒適與省能。另外延續先前的研究，除了使太陽能光電系統更為穩定，並藉此建立S.O.P.，且進而收集資料朝不同材質、角度、方位、溫度、清潔等五大方向作發電效益分析。

Abstract^{°C}

For many years, the countries all over the world are all devoted to the research of the green building . In Taiwan, the Architecture and building research institute of Ministry of Internal, R.O.C no effort to be absorbed in the research of the green building especially, would since build outer cover energy-conservation and design ENVLOAD to include in the technological rule of the building in 1995 , made out in 1999 explain and assess the manual in the green building, assessment basis taking doing as green building of our country. In Taiwan, we expect to set up one exchange platform with the green building research institution of the countries all over the world. In January 21, 2005, Taiwan establish the Taiwan Green Building Council and develop the association formally, from industry, the officer and academy can study and application direction of popularizing green building; Meanwhile, the Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs will be actively promoting the solar energy utilization plan to can entrust too. The research of economizing the energy and clean utilization of energy then works for the green building especially. In benefit of sunshading and insulating against heat, the building outer cover adopts the curtain structure of the glass commonly in the handling official business type building, the reason lies in saving the lighting energy because of daytime is utilized. In addition on the psychological aspect, handle official business in the space vision and widen, contribute to improving the clerical working efficiency. So shell construct the modelling outside glass curtain wall become American-European temperate zone country handle official business building prevail in recent years. Taiwan is influenced by western building fashion trend deeply, the curtain building of the glass arises at the historic moment, in ignore the glass and construct performance cases, use the air conditioner energy in order to oppose the hot load outdoors in a large amount, not only reduce the comfortable degree of indoor environment but also aggravate the load of using of the energy. This research is gathered together whole domestic and international documents of the performance of the glassly, explain the energy-conserving principle, in order to the collecting and measuring with material performance of carrying on the native country climatic conditions, put forward the concrete and feasible countermeasure, let users can direct application. In brief, the establishment of the combining type photoelectric board of solar energy, besides power generating benefit of the photoelectric board of solar energy, can reduce the construction cost even more, economize the energy use of indoor air conditioner, let the indoor environment of the building be more comfortable. Extending previous research in addition, except enable the photoelectric system more steady, and set up S.O.P., benefit analysis towards five general orientations, such as different materials, angle, position, temperature, cleaning.

第一章 緒論

第一節 前言

多年來，世界各國皆致力於綠建築方面的研究。在台灣，內政部建築研究所更是不遺餘力地專於綠建築之研究，自從1995年將建築外殼節能設計 ENVLOAD 納入建築技術規則，在1999年制訂出「綠建築解說與評估手冊」，以做為我國綠建築的評估依據。在台灣，我們期許能夠與世界各國的綠建築研究機構建立起一交流平台。因此，2005年1月21日的時候，台灣也正式成立台灣綠建築發展協會，由產、官、學界三大方面共同齊心推廣綠建築的技術研究與應用方向；同時，經濟部能委會也正積極推動太陽能利用計畫。節約能源與乾淨能源利用之研究遂為綠建築重點工作之一。

第二節 計劃說明

關於節約能源部分，建築物生命週期日常使用階段重要影響因子「外遮陽」、「太陽能光電板」等基礎研究數據尚未完備，亟待產官學界更加努力。尤其，從相關研究數據得知，建築物日常使用階段之能源消費佔整個建築物生命週期的八成，如何在影響最大的部分亟思節能與改善對策，顯得特別意義深遠。

隨著溫室效應影響和環保觀念日漸高漲的環境下，開發再生能源來取代舊有之石化能源已是刻不容緩且勢在必行。由於太陽能具有無污染、無公害之特性，且取之不盡用之不竭，所以是一個非常適合用來取代舊有石化能源的再生能源。根據研究，若是能將太陽在地球的表面照射一小時所得到的能量全部有效地轉換成電力，那麼就足以供應全球一年的電力需求。因此，太陽能的利用愈來愈受到世界各國的重視。

太陽能的利用可分為熱能與光能兩種能量形式，其中又以光電能量轉換項目的應用比重佔最大，此方式是利用特殊的半導體材料，製造出太陽電池，太陽電池經由光線照射後，把光能直接轉換成電能。近年來，由於半導體工業的蓬勃發展，使得製作太陽電池的技術快速進步，製造成本亦逐漸降低，預計在未來的電力結構中必會占有一席重要的地位。

位於亞洲地區的日本自1994年政府開始實施獎助辦法，每戶3千瓦

的「與市電並聯型太陽電池發電系統」，政府補助50%（逐年遞減）。據統計，從1994年裝置戶數539戶，發電量1.8百萬瓦，到1999年的裝置戶數已超過18000戶，總發電量也超過60百萬瓦，到了2003年時，裝置的戶數達到十萬戶，總發電量達100百萬瓦。；除了日本外，歐美亦皆相當注重此方向之開發；美國 Carrisa Plain 1984年亦設立了3000kW之集中型系統。菲律賓正也在推動一個大型的太陽能發電計畫，由西班牙政府與英國的太陽能公司（BP Solar）和菲律賓政府簽署協議，耗資四千八百萬美元，為菲律賓南部地區一百五十個村落提供太陽能電源。由此可見國際間對太陽能發電之重視。

台灣地區用電尖峰時期明顯是冷氣用電，而冷氣開得越大時，一般而言亦是太陽光越強時，同時也是太陽電池最大發電量時期，若能將太陽電池所產生之電能直接引入電力系統，不但可節省蓄電池的費用，多餘的電力還可回售給電力公司，對電力系統而言亦有疏解尖峰負載的功能。

本研究主要探討太陽能光電板成為一般常見之建築物帷幕牆材料的效益分析。一般常見的建築物外殼，玻璃佔了極大的比重，無論是屬於透光或是不透光的外殼部份，若是能夠以整合型太陽能光電板成為建築外殼，取代原有的外殼材料，不僅可以利用太陽能來發電，同時還可以利用整合型太陽能光電板達到令建築物遮陽以及隔熱的效果。而建築物外殼採用玻璃帷幕構造常見於辦公類建築物，原因在於可以因為晝光利用而節省照明能源（在寒帶地區甚至可因溫室效應而減少室內暖房耗能）。此外在心理層面上，辦公空間視野開闊，有助於提升辦公人員之工作效率。因此，玻璃帷幕牆遂成為近年來歐美溫帶國家辦公建築流行之外殼構造型式。台灣深受西方建築流行趨勢影響，玻璃帷幕大樓便應運而生，在忽視玻璃構造性能情況下，大量使用空調能源以對抗室外熱負荷，不僅降低室內環境舒適度，也加重能源之使用負荷。所以本研究將會著重於整合型太陽能光電板結合建築外殼之發電效益、遮陽和隔熱，三大方面來探討評估並彙整國內外關於玻璃性能之文獻，闡述節能原理，據以進行本土性氣候條件之收集與材料性能檢測，提出具體可行之對策，讓使用者得以直接應用。

在太陽電池整合於建築外殼(BIPV)的發電效益方面，以之前所探討

之多種情形下，例如不同材質的太陽能電池，在環境變動下效益的高低、直交流轉換器以不同方式連接，其效益高低...等，完整發電效益比較，可評估出整合型太陽能光電板結合於建築外殼的發電效益。對於[空調型建築]，我國採用建築外殼耗能量ENVLOAD指標，作為外殼節能設計的依據。所謂ENVLOAD即為Envelope Load的簡稱，意指為了維持健康、舒適的室內熱環境，鄰接窗、牆、屋面、開口等外周區空間，在全年中的冷房顯熱熱負荷量。所以本研究目的在[空調型建築]之直接效益方面，以建築外殼耗能量（ENVLOAD）指標作為節能的探討與對照依據。具體成果在帷幕牆遮陽與隔熱性能方面，可以量化整合型太陽能光電板與其他帷幕牆材料之差異，以利未來推廣應用參考。

簡言之，整合型太陽能光電板的設置，除了太陽能光電板的發電效益之外，更可降低建築成本，節約室內空調能源使用，讓建築物室內環境更加舒適與省能。另外延續先前的研究，期望今年能使全系統更為穩定，並藉此建立sop，且可進而收集資料方向作材質、角度、方位、溫度、清潔五方向作效益分析。

第三節 計畫位置

內政部建築研究所（以下簡稱本所）性能實驗群太陽能及外遮陽實驗設備建置位置，在設備館二樓屋頂平台，地址位於國立成功大學歸仁校區（台南縣歸仁鄉六甲村中正南路一段2496號）。

第四節 研究內容

一、遮陽板設備

根據成大建築研究所的研究顯示：以建築物四十年生命週期所排放的總 CO_2 排放量來評估，在台灣空調型建築物四十年日常耗能量之 CO_2 排放量幾乎佔有八成以上之比重。「建築物之日常節能對策是一切綠色建築之母」。過去在世界各國的建築節能法令中，歐美諸先進國均偏重於建築隔熱保溫的規定，很難適用於亞熱帶的台灣。

我國節能法令，建築外殼耗能量ENVLOAD指標，是為建築物外殼節能設計的依據。所謂ENVLOAD，即為Envelope Load的簡稱，意指為了維持健康、舒適的室內熱環境，臨接窗、牆、屋面、開口等外周區空間，在全年中的冷房顯熱熱負荷量。公式中之 $L \times DH$ 與 $Mk \times IHk$ 兩項變數，就是

「內外溫差」與「日射」所引起的熱流量，是構成空調負荷的最基本因子。因此，建築外殼的節能設計，只是一種控制外殼「內外溫差熱得的隔熱性能」和「日射熱得遮陽性能」的技術。

在ENVLOAD公式中，由於日射量變數 I_{Hk} 遠大於溫度差變數 DH ，因此建築外殼的遮蔽變數 M 對ENVLOAD的影響力，顯然遠比隔熱變數 L 來得大，這就是為何外殼遮陽因子遠比隔熱因子重要的原因的。但環境的因素如照度、溫度皆會影響太陽能板的輸出電壓與輸出電流，使得後級轉換器動作異常。而一般太陽能板安裝方式分為帷幕牆式與遮陽式兩種，由於安裝的不同，造成太陽能板受到漫射的程度不同，進而影響到太陽能板輸出電壓範圍，使得後級轉換器動作異常，而漫射所產生之發電效亦常被忽略。因此本研究擬利用大範圍輸入轉換器以克服太陽能板受較低照度下時，直/交流轉換器常會因電壓太低或電力太小，所造成的太陽能光電板閒置現象，藉此來增加整合型太陽能光電板的發電效益，作為東、南、西三方面之年度發電效益評估。此外，同時延續去年度，太陽能光電系統結合建築外殼效益分析研究計畫，持續蒐集與分析整年度系統運作狀況與效益分析。並於系統二改為回逆電力方式、改變系統穩定性以觀察較佳的發電性能與調變角度之影響與特性，作為台南地區最佳的光電板設置角度、並同時作材質、角度、方位、溫度、清潔五方向之分析。

而在「空調型建築」之直接效益方面，以建築外殼耗能量(ENVLOAD)指標作為節能的探討與對照依據。具體成果在帷幕牆遮陽與隔熱性能方面，可以量化太陽電池整合於建築外殼(BIPV)與其他帷幕牆材料之差異，探討由整合型太陽能光電板做為建築物外殼帷幕牆的形式時，在建築物立面(東、南、西向)與一般帷幕牆構造之間的效益分析，以利未來推廣應用參考。同時也會針對「內外溫差熱得的隔熱性能」，亦即帷幕牆晶片本身之隔熱性能作測試以了解熱阻係數。

二、太陽能光伏系統設備

台灣的天然資源匱乏，有95%以上的能源必須仰賴進口，隨著溫室效應影響和環保觀念日漸高漲的環境下，積極尋找新的替代能源，實在是刻不容緩且勢在必行。目前普遍受到國際間矚目的一種能源，就是再生能源。再生能源主要包括：太陽能、風力、水力、燃料電池、地熱及

生物能等，它們不僅具有環保的優點，其中的太陽能更是取之不盡，用之不竭，所以是一個非常適合用來取代舊有石化的再生能源。再加上台灣南部地區地處日照充足，非常適合發展太陽能發電系統。就技術層次而言，台灣的半導體產業蓬勃發展，全世界排名第三，僅次於美國及日本。半導體製造業的人力素質高，製程能力強，因此生產技術絕對不是問題，而且「與市電並聯型光伏能量轉換系統」（grid-connected photovoltaic system）已有很多研發。把太陽能光電板與建築物的設計整合在一起，並與傳統的電力系統相連結，如此我們就可以從這兩種方式取得電力，除了可以減少電力系統尖峰用電的負荷外，剩餘的電力還可儲存或是回售給電力公司。

第二章 太陽能光電系統

第一節 太陽能光電系統設備

系統主要由四部分組成，太陽能發電模組，整合式市電並聯與緊急供電直交流電轉換器、電池組及量測分析及監視系統。

◆ 太陽能發電模組

太陽光發電之基本原理是將具有某範圍以內（0.7~0.9微米）波長的光，照射在半導體內時，產生負電荷之電子與正電荷之電洞，依其本身之特性分別累積於P型層區域與N型層區域。因此產生電位差，若連接上負載時就會有電流產生，而當光連續照射時則會連續發電，為系統的電力來源。

◆ 整合式市電並聯與緊急供電直交流電轉換器

太陽能發電模組及蓄電池所產生的電力為直流電(DC)，但一般電器負載所使用的電源卻是交流電(AC)，因此能源的應用必須依靠電力轉換器來將太陽能板的輸出能量轉換至一般負載可接受的電力型態，才能廣泛的使用。然而，以太陽能發電系統而言，由於太陽能發電模組依日照強度與角度的不同，輸出的電流電壓也不相同，因此屬於不穩定的電源，如果作為獨立的系統電源供應，可靠度與穩定度較差，無法確保供應負載持續穩定的電力，因此必須藉由電力轉換器來將電力做適當的型態轉換。在電力的使用上，將太陽能發電系統與現有的電力系統併聯，若供應負載所需電力不足時，可由市電補充；若供應電力大於負載所需時，則可將多餘的電力回送至市電，這樣同時可將太陽能發電系統的穩定性提高，也發揮太陽光能的最高效益。

◆ 電池組

當電力系統運作穩定時，太陽能發電系統則根據外在環境條件的變化，配合電池組而改變其操作模式。太陽能發電系統運作穩定時，多餘能量以電池細流充電，反饋電力系統。太陽能發電系統發電量不足時，以電池細流充電供應至指定負載及非臨界負載。夜間時，太陽能發電系統不產出電力，電池組則處在備載狀態，在電力系統故障時，可即時切入供電。當電力系統失效或電壓變動超過+10%或-15%時，太陽能發電系統則配合電池組供電至指定負載。

◆ 量測分析及監視系統

量測設置在建築物之太陽能模組效能，以便統計與分析現場實際效益。

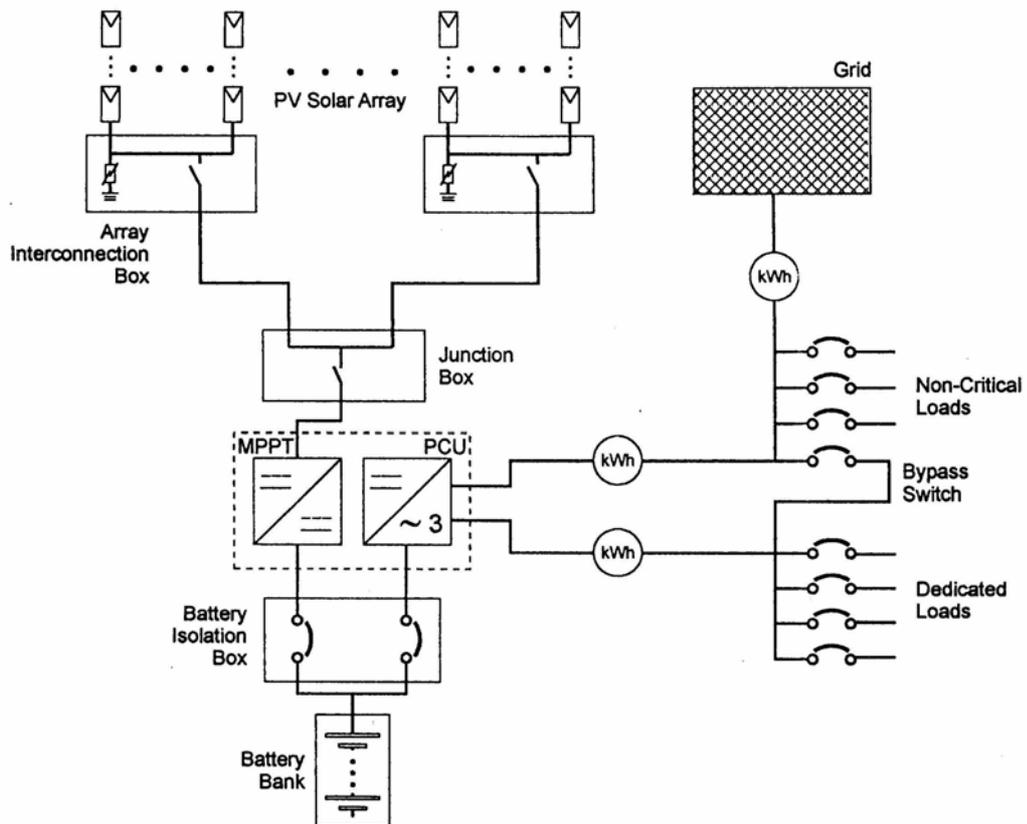


圖2-1 太陽能發電系統單線圖

第二節 研究方法

一、太陽能光電板部分

1、依據系統架設之型態可主要可分為兩大類：

(1)獨立型(Stand-Alone System)

如圖2-2所示，此種系統只供應部分獨立的負載，不與電力系統相連，因此需要加裝蓄電池儲能，以供夜晚或是日照不足時使用，通常架設於電力系統無法到達之地區，例如高山上之氣象站，海上小島之燈塔、雷達站等。

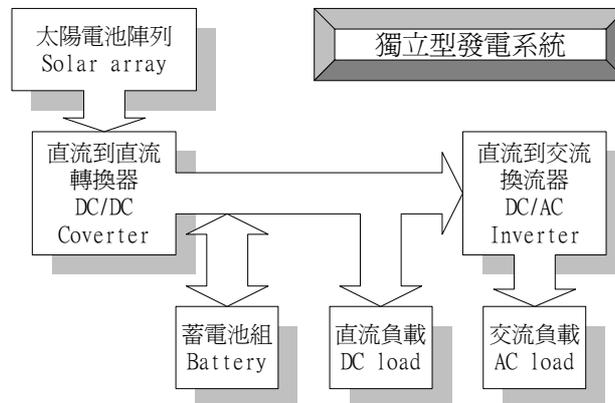


圖2-2 獨立型光伏能量轉換系統架構圖

(2)與電力系統互連型(Utility-Grid Connected System)

如圖2-3與圖2-4所示，依容量大小又可分為：

(a)集中型(Centralized Type)

約在20kW以上，通常為工廠用輔助電源系統或中大型發電站，此種系統需要較大之空間來架設太陽能板，同時需設置電力監控設備。

(b)分散型(Dispersed Type)

約從1kW到幾十kW，提供一般住宅用電或大樓照明系統使用又稱為住宅型(Residential Type)，由於此型之發電系統雖與電力系統併聯，但其裝置容量較小且裝置地點分佈相當廣難以掌握，故稱之為分散型發電系統。

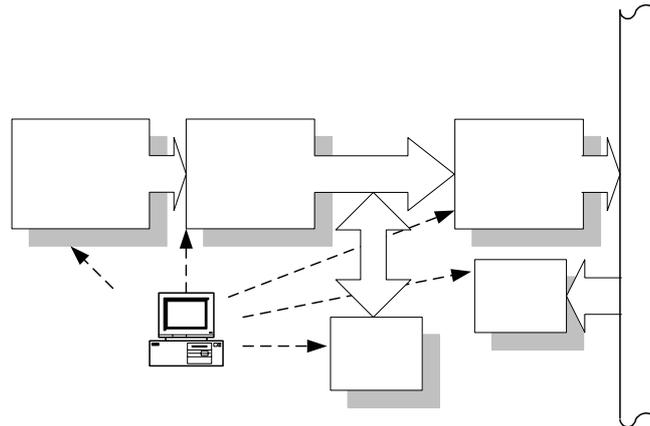


圖2-3 獨立/併聯混合型太陽能光伏系統

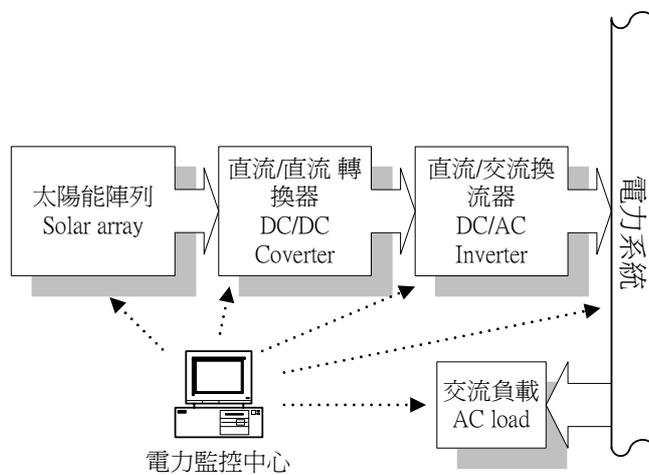


圖2-4 與電力系統併聯型太陽能光伏系統架構圖

2. 為了實際測試並紀錄太陽電能發電系統所發出的電力，本計畫中我們欲將太陽電池與市電並聯的情形，透過瓦時計做實際度數紀錄，並以台電電價做為參考針對其經濟效益加以評估。
3. 本次計劃中，所架設之太陽能發電模組採向南配置，除南面日曬之防止外，並可探討所能產生之發電效益。
4. 分析系統之運轉狀態及運轉資料並加以評估。

第三節 系統規格說明

一、基本性能

在設備館二樓屋頂平台架設太陽能光電板系統容量為 30kW，其中包含架設角度仰角 25° ，架設方位南向，其中靠東側位置，約佔全面積 1/4 部分，需為可以手動調整上下各 10° 仰角之光電板。另外，在國立成功大學自強校區架設帷幕式光電板系統容量 165W，其中架設方位有東向、南向、西向並利用電腦擷取電壓、電流、照度等資料，以分析帷幕式光電板在不同方位下的發電效益。

二、系統配置說明

(一) 系統 1 為 8.58kW 系統，流程圖如圖 2-5 所示。

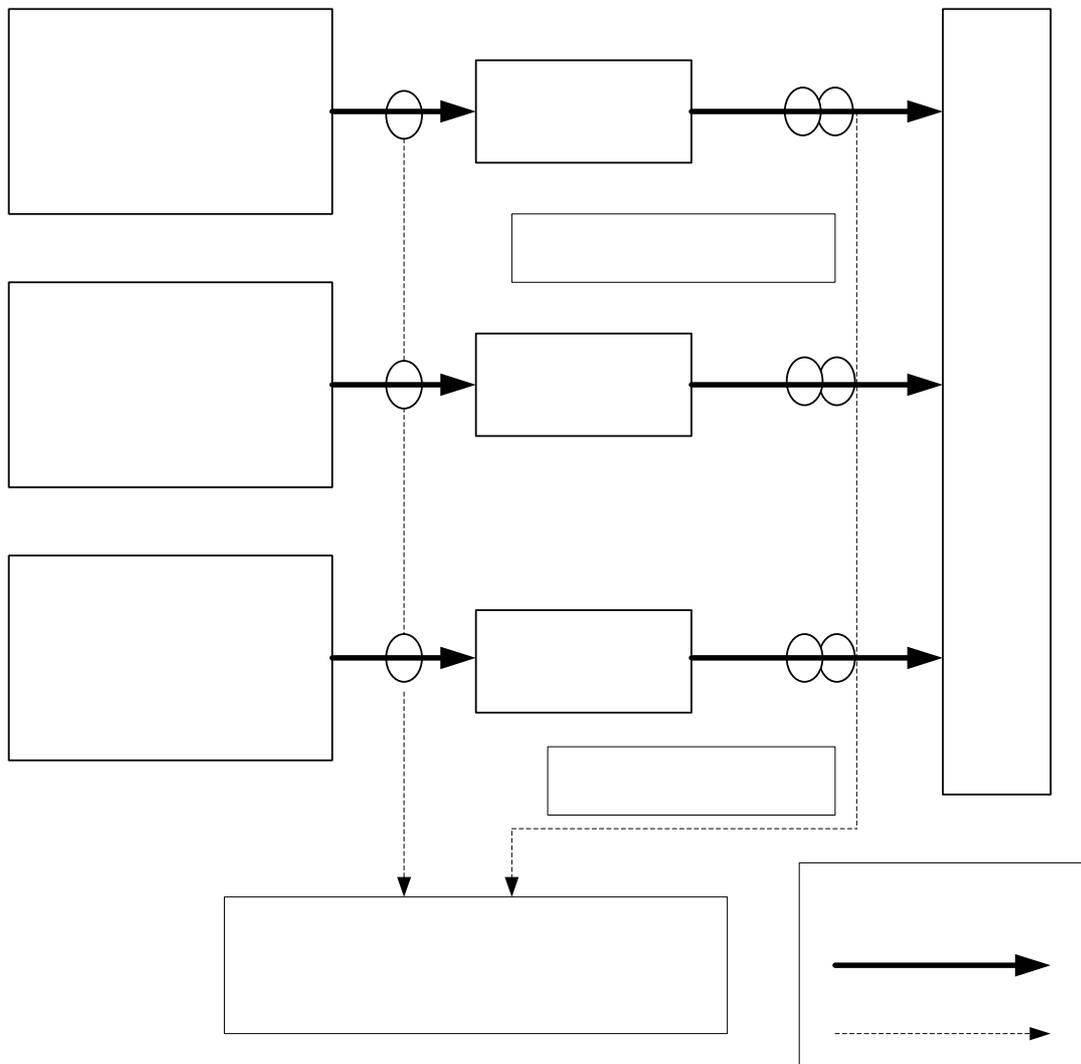


圖 2-5 系統 1 流程圖

(二)系統 2 為 8.82kW 系統，流程圖如圖 2-6 所示。

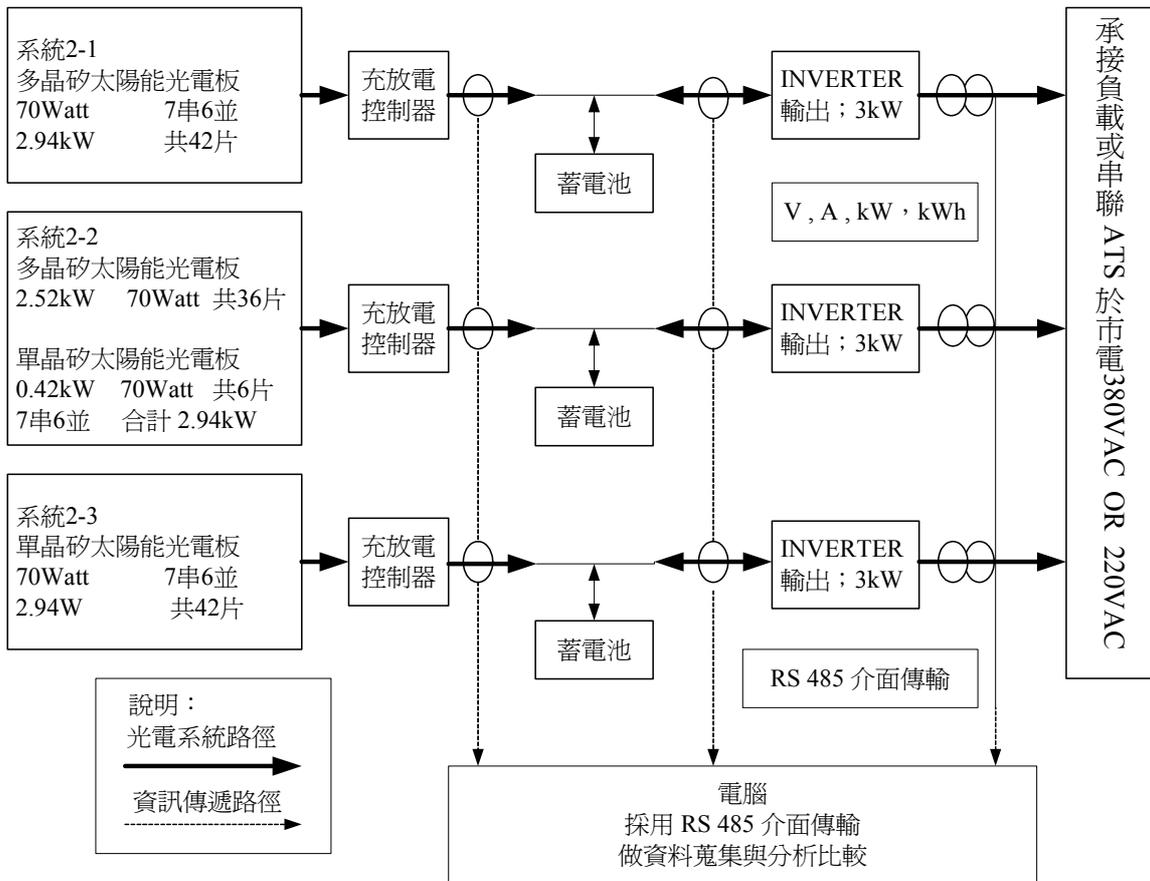
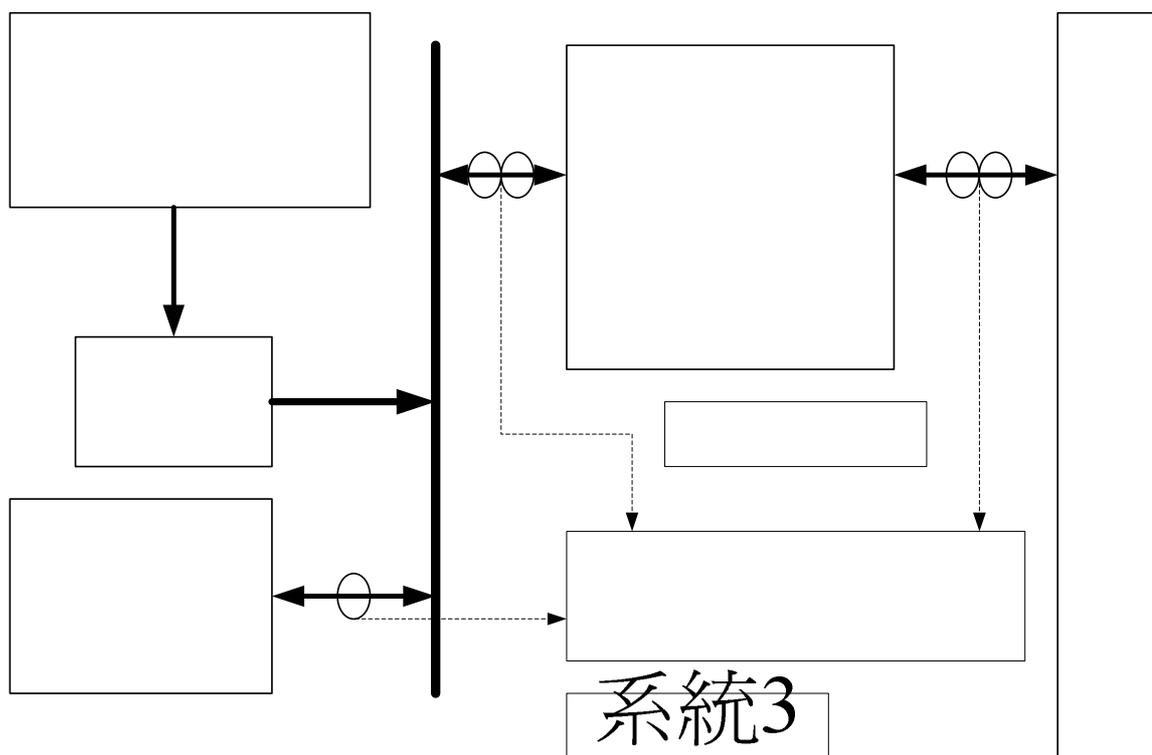


圖 2-6 系統 2 流程圖

(三) 系統 3 為 12.6 kW 系統，系統流程圖如圖 2-7 所示。



系統3

單晶矽太陽能陣列

75Watt

28串6並

共168片

圖 2-7 系統 3 流程圖

12.6kW

額定系統規格：476V

(四) 帷幕式系統為 165W 系統，系統流程圖如圖 2-8 所示。

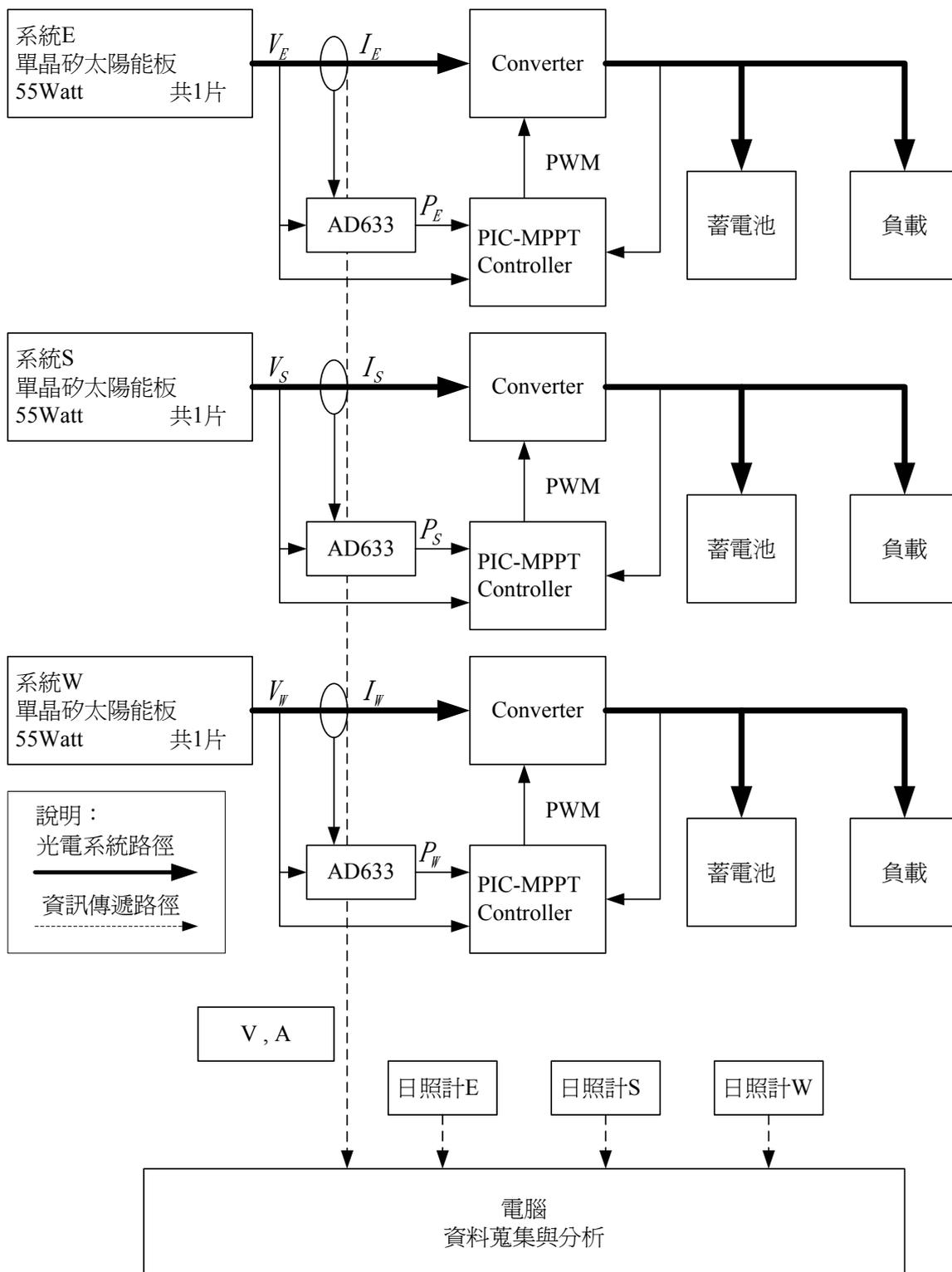


圖 2-8 帷幕式系統流程圖

第四節 本計畫預期工作項目及成果：

本計畫預期有以下工作項目及成果：

1. 測試S.O.P.部分

研擬測試S.O.P.

2. 整合型太陽能光電板部分

a. 遮陽板部分

1. 持續收集分析設備館設置遮陽板前、後之室內氣溫變化
2. 持續收集分析設備館設置遮陽板前、後室內之溼度變化
3. 持續收集分析設備館設置遮陽板前、後室內之空調用電瓦數變化
4. 持續收集分析帷幕牆形式之光電板在東、西、南向方位之實際效能
5. 探討晶片帷幕牆本身之隔熱性能，並與其他帷幕牆作比較

b. 太陽能光電板部分

1. 持續分析比較不同材質太陽電池，在環境變動下效益的高低
2. 持續分析比較太陽能光伏系統，蓄電池備載與否的效益高低
3. 持續分析比較直交流轉換器以不同方式連接，其效益的高低
4. 分析比較太陽能光伏系統，以不同角度架設，其效益的高低
5. 持續分析比較相同環境下，太陽光以直射與輻射的方式，其效益的高低

c. 帷幕式光電板部分

分析比較不同方位下，其效益的高低

表 2-1 預定研究進度表

月次	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月	備註
改善系統穩定性		■	■	■									
研擬測試 sop			■	■	■	■							
持續收集分析設備館設置遮陽板前、後之室內氣溫變化	■	■											
持續收集分析設備館設置遮陽板前、後室內之溼度變化	■	■											
持續收集分析設備館設置遮陽板前、後室內之空调用電瓦數變化	■	■											
持續收集分析帷幕牆形式之光電板在東、西、南向方位之實際效能		■	■										
探討晶片帷幕牆本身之隔熱性能，並與其他帷幕牆作比較			■	■									
持續分析比較不同材質太陽電池，在環境變動下效益的高低				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
持續分析比較太陽能光伏系統，蓄電池備載與否的效益高低				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
持續分析比較直流轉換器以不同方式連接，其效益的高低				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
分析比較太陽能光伏系統，以不同角度架設，其效益的高低				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
持續分析比較相同													

環境下，太陽光以直射與輻射的方式，其效益的高低													
分析比較不同方位下，其效益的高低													
期中期末報告													
預定進度 (累積數)	6 %	12%	18%	24%	36%	48%	60%	72%	84%	96%	100 %		

第三章 遮陽板節能效益分析

第一節 前言

台灣的建築節能法規，依辦公類、百貨商場類、旅館類、醫院類、住宿類、學校、其他類等七種規範，分別訂立不同指標與基準。配合法規公佈，也同時頒佈七本最新「建築節能設計技術規範」，以利建築管理行政及實務應用上的計算依據。本協辦案由內政部建築研究所委託，基地位於台南縣歸仁鄉國家性能研究室之設備館，從空調模式及節能指標分類，本案可歸納屬於「空調型建築」、「其他類建築」等二類型來論其指標特性。

所謂「空調型建築」，是指如辦公廳、旅館、百貨公司、醫院等較大規模且常使用中央空調之建築物。在這些建築形態中，均具有固定的上下班的空調使用模式，以及相似的室內人員、照明的發熱量，例如全國各地的辦公建築的室內及空調使用條件均大同小異。對於空調條件雷同的建築物，通常較可以找出精確的公式來預測其空調耗能情形。因此我國的建築節能法令，就分別針對各建築物分類，建立各自的回歸公式（見下述ENVLOAD公式）來預測其空調耗能量，以作為其外殼節能設計的指標。我國關於「空調型建築」的規範，一共有辦公廳、旅館、百貨公司、醫院等四種版本。

所謂「其他類建築」，是指如體育館、集會堂、航空站、文化中心、禮堂、廠房、教堂、寺廟等，上述三類未能涵蓋的建築物。其建築種類複雜多樣，其機能空間、室內發熱量、空調形式、空調時段均無固定模式可尋，其空調耗能量很難掌握。由於這些建築物大多具有巨大的屋頂面積，同時其垂直外殼立面對整體耗能量影響較小，因此在我國的建築法令中，遂採「屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 」來規範其空調耗能量。這雖非周延的耗能指標，但對於這些複雜巨形的建築空調耗能，確有決定性的節能管制作用。

以上為設備館適用我國建築外殼節能設計指標的背景說明，其中「空調型建築」的ENVLOAD指標屬目前最先進與最精密的「綜合耗能規範法」；而其他的隔熱U值與遮陽性能 ksi 值(AWSG之簡算指標)則屬最簡單的「部位性能規範法」。這些均依據其耗能重要性、操作簡易與建築

專業人員之要求而作的分類分級性能規範系統，同時也是基於台灣特殊熱濕氣候所發展「隔熱遮陽並重型指標」，可說是目前國際建築節能法令最先端之建築節能體系。

第二節 研究方法

依據我國建築節能法令ENVLOAD，檢討設備館之外殼耗能情形。我國建築技術規則，第四十五條中，已規定辦公、百貨、旅館、醫院建築等，中央空調型建築類型之計算ENVLOAD，必須小於基準值ENVLOADs。

3.2.1 建築外殼耗能量ENVLOAD公式

對於「空調型建築」，我國採用建築外殼耗能量ENVLOAD指標，作為外殼節能設計的依據。所謂ENVLOAD，即為Envelope Load的簡稱，意指為了維持健康、舒適的室內熱環境，臨接窗、牆、屋面、開口等外周區空間，在全年中的冷房顯熱熱負荷量。我國的規範對於ENVLOAD，以簡單的一次方程式來計算精確的空調耗能量，其簡算式的形式如下：

$$\text{ENVLOAD} = a_0 + a_1 \times G + a_2 \times L \times \text{DH} + a_3 \times (\sum \text{Mk} \times \text{IHk})$$

(1)其中：

ENVLOAD：建築外殼耗能量 [Wh / (m²-fl-area · yr)]

L：外殼熱損失係數 [W / (m²-fl-area · K)]

Mk：k方位外殼面的日射取得係數 [—]

G：全年室內發散熱量 [Wh / (m²-fl-area · yr)]

DH：當地之"冷房度時"或"暖房度時" [K · H / yr]，冷、暖房度時以基準溫度23、20°C為計算標準

IHk：當地k方位外殼面之"冷房日射時"或"暖房日射時" [Wh / (m² · yr)]，冷、暖房日射時以基準溫度23、20°C為計算標準

a₀：常數 [Wh / (m²-fl-area · yr)]，見表3-1

a₁、a₂、a₃：偏回歸係數，見表3-1

表3-1 現行ENVLOAD 計算公式各項係數表

建築類型	空調時間	冷暖房	常數	偏回歸係數			重相關係數
			a0	a1	a2	a3	
旅館之客房部分 醫院之病棟部分 醫院之急症區部分	24小時系統 0:00~	冷房	-20947	0.250	-0.054	1.127	0.86
	24:00	暖房	2291	0.068	0.954	-0.636	0.95
百貨商場、餐廳類建築物及 其他複合建築物之商店、餐廳部分	12小時系統 10:00~	冷房	-10070	1.713	0.413	1.457	0.91
	22:00	暖房	22756	-1.351	1.105	-0.457	0.86
辦公廳類建築、 醫院之門診、 複合建築內類似辦公之部分	10小時系統 8:00~	冷房	-20370	2.512	-0.326	1.079	0.88
	18:00	暖房	14208	-1.493	1.484	-0.423	0.92
夜總會、歌廳、酒吧等娛樂場所及其他 複合建築物之娛樂部分	6小時系統 18:00~	冷房	-21093	1.523	0.309	0.911	0.89
	24:00	暖房	13173	-0.657	1.935	-0.573	0.94

表3-1中之ENVLOAD公式原本包含了冷房及暖房的耗能量預測公式，但鑑於台灣一般中央空調型建築物甚少設有暖房設備，即使有微量的暖房耗能，比起巨大的冷房耗能量，亦顯得微不足道，因此在法令中對於所有ENVLOAD的計算，均只計算冷房耗能而把暖房耗能量忽略不計。亦即，我國的建築節能規範只採用了表3-1中的冷房部份的公式而已。

公式(1)中雖然有兩個氣象變數 D_h 、 I_{Hk} ，以及三個建築設計變數 G 、 L 、 M ，但是其中的 D_h 、 I_{Hk} 與 G 均為常數，由規範可輕易查得。公式(1)中之 $L \times D_h$ 與 $M \times I_{Hk}$ 兩項變數，就是「內外溫差」與「日射」所引起的熱流量，是構成空調負荷的最基本因子。在ENVLOAD公式中，由於日射量變數 I_{Hk} 遠大於溫度差變數 D_h ，因此建築外殼的遮蔽變數 M 對ENVLOAD的影響力，顯然遠比隔熱變數 L 來得大，這就是為何外殼遮陽因子遠比隔熱因子重要的原因的。所謂建築節能設計，也只不過是調整方位、開口、玻璃、隔熱、遮陽等外殼變數，使其符合節能的要求（使ENVLOAD的計算值下降）而已。

此外，我國的節能法規規定，「建築外殼」的計算範圍，是從建築外皮起算到距外皮5.0M以內的外周區（perimeter zone）範圍，5.0M以上的內部區不在ENVLOAD計算範圍內，惟接鄰外氣的頂樓及撐高之底樓，全部視為外周區而列入計算範圍。在學理上，外周區域是被認為是受外界氣候影響空調耗能量的範圍，其他內部區的耗能量只受內部發散熱影響，與外殼設計無關。

亦即，我國的ENVLOAD指標只管制接觸外氣之外周5.0M範圍內的空調耗能情形，至於地下室或大型建築之內部空間的耗能情形，則不予管制。因此，對大規模空調型建築而言，過份狹長形且彎曲變化的建築物，受到外氣候熱流侵襲的面積較大(外周區大)，因而其ENVLOAD就變大，在節能設計上非常不利。反之，格局造形方正的大規模空調型建築，因相對外表面積較小，受熱較小，較有利於空調節能。

由於ENVLOAD是涵蓋整個外周區樓地板的空調耗能量，ENVLOAD是以單位樓地板面積來計量，單位以 $kWh / (m^2\text{-fl-area} \cdot yr)$ 來表之。至於ENVLOAD的其他變數，如 L 、 M 計算中的所有變數，都是以外殼表面積 m^2 來計量的。

第三節 具體成果

台灣節能法令，已規定辦公、百貨、旅館、醫院建築等，中央空調型建築類型之計算ENVLOAD，必須小於表3-2所示之基準值ENVLOADs。

表3-2 中央空調型建築物ENVLOAD設計最大值

建築類別	氣候分區	基準值ENVLOADs
辦公廳類	北區	80 kWh/(m ² 年)
	中區	90 kWh/(m ² 年)
	南區	115 kWh/(m ² 年)
百貨商場類	北區	240 kWh/(m ² 年)
	中區	270 kWh/(m ² 年)
	南區	315 kWh/(m ² 年)
旅館類	北區	100 kWh/(m ² 年)
	中區	120 kWh/(m ² 年)
	南區	135 kWh/(m ² 年)
醫院類	北區	140 kWh/(m ² 年)
	中區	155 kWh/(m ² 年)
	南區	190 kWh/(m ² 年)

3.3.1 設備館之原ENVLOAD值

性能實驗室有五大實驗館，其中設備館、環境館及門廳為一連棟建築物，在節能法令檢討上，理應視為一棟而一併檢討。但由於太陽能光電板及遮陽板計畫，實施於設備館範圍內，針對設備館檢討其改善之效益評估，作前後之對照分析，較為符合研究案之本意與精神。所以對於建築物外殼耗能指標(Envload)之評估，經過調閱原設計圖相關圖面，計算設備館原ENVLOAD值約為120~130 kWh/(m²年)，從新版（2003年版）建築節能法規而言，已超過法規最大值115 kWh/(m²年)。

3.3.2 設備館之新ENVLOAD值

依據九十一年太陽能及外遮陽實驗設備建置規劃研究案，對於設備館所做之實驗，屋頂架設太陽能光電板及南向遮陽板。

依據外遮陽實驗設備之遮陽板深度以4m計算，模擬其ENVLOAD值，已下降為75~90kWh/m²年，亦即空調負荷約下降25%。

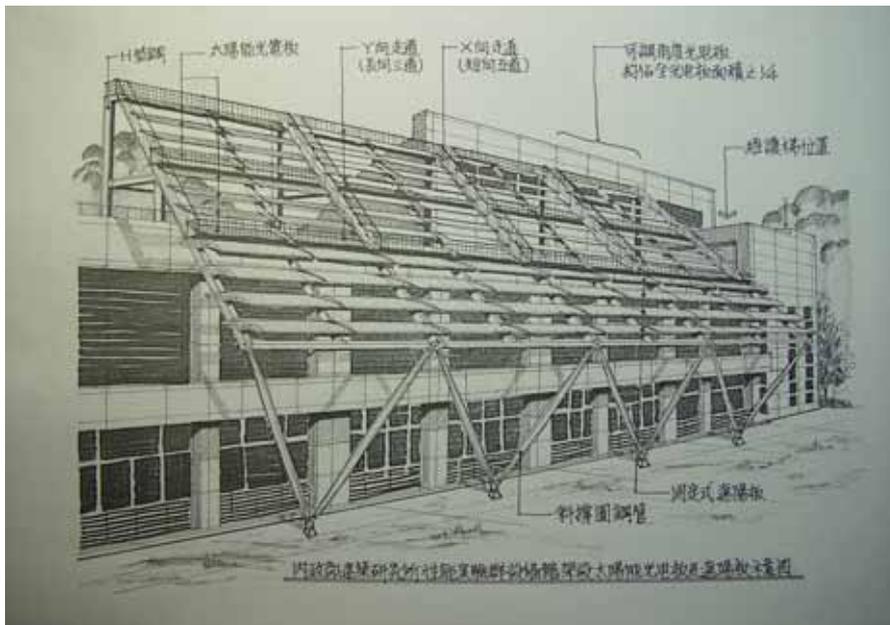


圖3-1 設備館架設太陽能光電板及遮陽板設計構想圖



圖3-2 設備館架設太陽能光電板及遮陽板完工圖



圖3-3 設備館架設太陽能光電板及遮陽板完工圖一隅

第四章 遮陽及隔熱效益分析

第一節 前言

建築物外殼採用玻璃帷幕構造常見於辦公類建築物，原因在於可以因為晝光利用而節省照明能源(在寒帶地區甚至可因溫室效應而減少室內暖房耗能)。此外在心理層面上，辦公空間視野開闊，有助於提升辦公人員之工作效率。因此，玻璃帷幕牆遂成為近年來歐美溫帶國家辦公建築流行之外殼構造型式。台灣深受西方建築流行趨勢影響，玻璃帷幕大樓便應運而生，在忽視玻璃構造性能情況下，大量使用空調能源以對抗室外熱負荷，不僅降低室內環境舒適度，也加重能源之使用負荷。因此，本研究彙整國內外關於玻璃性能之文獻，闡述節能原理，據以進行本土性氣候條件之收集與材料性能檢測，提出具體可行之對策，讓使用者得以直接應用。

第二節 研究方法

玻璃帷幕牆之特性

壹、透光部分：

一、技術原理與說明：

玻璃的節能特性主要根源於兩個特性，一是玻璃的隔熱能力，即熱傳透率 U 值；另一則是玻璃的遮陽能力，亦即日射透過率 η_i 值。然而，台灣地區室內外溫度差並非很大，而日射熱卻是很驚人。因此，阻絕溫差的熱傳透率 U 值比不上阻絕輻射傳透的 η_i 值重要；亦即，在台灣的玻璃節能對策首重玻璃的遮蔽性能。

二. 技術對策：

對於玻璃的選用有以下之原則：

1. 隔熱性能（熱傳透率 U_i ）：

(1) 玻璃的隔熱性能與玻璃的厚度有關，但與反射及吸熱性能無關。

即相同厚度之普通、吸熱及反射玻璃之 U_i 均十分接近。(如表 4-1 所示)

(2) 雙層玻璃由於有空氣層，其隔熱性能較佳。(如表 4-1 所示)

表 4-1 常用玻璃熱傳透率一覽表

玻 璃 (數字代表厚度mm)		熱傳透率U _i [W/ m ² K]	玻 璃 (數字代表厚度mm)		熱傳透率U _i [W/ m ² K]	
單 層 玻 璃	3	6.31	嵌 網 目 空 雙 層 氣 玻 璃 層	6 3+A6+6.8	3.26	
	5	6.21		網mm 5+A6+6.8	3.23	
	6	6.16		目空 6+A6+6.8	3.22	
	6.8	6.12		雙 8+A6+6.8	3.19	
	8	6.07		層氣 10+A6+6.8	3.16	
	10	5.97		玻 12+A6+6.8	3.14	
	12	5.88		嵌 網 目 空 雙 層 氣 玻 璃 層	12 3+A12+6.8	3.06
	15	5.75			網mm 5+A12+6.8	3.03
19	5.59	目空 6+A12+6.8	3.02			
雙 6 層mm 玻空 璃氣 層	3+A6+ 3	3.31	雙 8+A12+6.8		3.00	
	5+A6+ 5	3.25	層氣 10+A12+6.8		2.98	
	6+A6+ 6	3.23	玻 12+A12+6.8		2.95	
	8+A6+ 8	3.17	備 註： 1. A6代表空氣層厚度6mm， 熱阻 Ra=0.14[m ² K/W] 2. A12代表空氣層厚12mm， 熱阻 Ra=0.16[m ² K/W] 3.無論普通、吸熱、反射玻璃 之U _i 值均適用本表。U _i 值與 玻璃厚度有關，但與日射遮 蔽性能關係不大。			
	10+A6+10	3.12				
12+A6+12	3.07					
雙 12 層mm 玻空 璃氣 層	3+A12+ 3	3.10				
	5+A12+ 5	3.05				
	6+A12+ 6	3.03				
	8+A12+ 8	2.98				
	10+A12+10	2.94				
12+A12+12	2.90					

2. 遮陽性能 (日射透過率 η_i 值) :

- (1) 玻璃的遮蔽性能與其表面的金屬塗膜有密切關係，其中遮陽性能以反射玻璃最佳，吸熱玻璃次之，透明玻璃最差。(如表 4-2 所示)
- (2) 雙層玻璃對於遮陽性能並無幫助。
- (3) 目前市面上有一種 Low-E 玻璃，為一種選擇性日射透過玻璃。為中間塗佈低輻射化學反射膜之雙層玻璃，其日射取得係數 η_i 可在 0.3 以下對空調節能甚有助益。

在台灣，遮陽處理較隔熱處理在節能上更有效，因此優先考慮玻璃的遮陽性能，亦即採反射玻璃優於吸熱玻璃，更優於透明玻璃。其中又以選擇性日射透過膜之 Low-E 玻璃為最佳(圖 4-1)。

表 4-2 玻璃之遮陽性能

玻璃種類		日射透過率 η_i
普通清玻璃	6mm 單層清玻璃	0.84
	12mm 單層清玻璃	0.78
	6mm 清玻璃 + 空氣層 + 6mm 清玻璃	0.73
棕色吸熱玻璃	6mm 棕色單層吸熱玻璃	0.73
	12mm 棕色單層吸熱玻璃	0.6
	6mm 棕色吸熱玻璃 + 空氣層 + 6mm 清玻璃	0.6
反射玻璃	6mm 單層吸熱反射玻璃	0.53
	12mm 單層吸熱反射玻璃	0.44
	6mm 吸熱反射玻璃 + 空氣層 + 6mm 清玻璃	0.43
Low-E 玻璃	6mm 清 Low-E 玻璃 + 空氣層 + 6mm 清玻璃	0.33

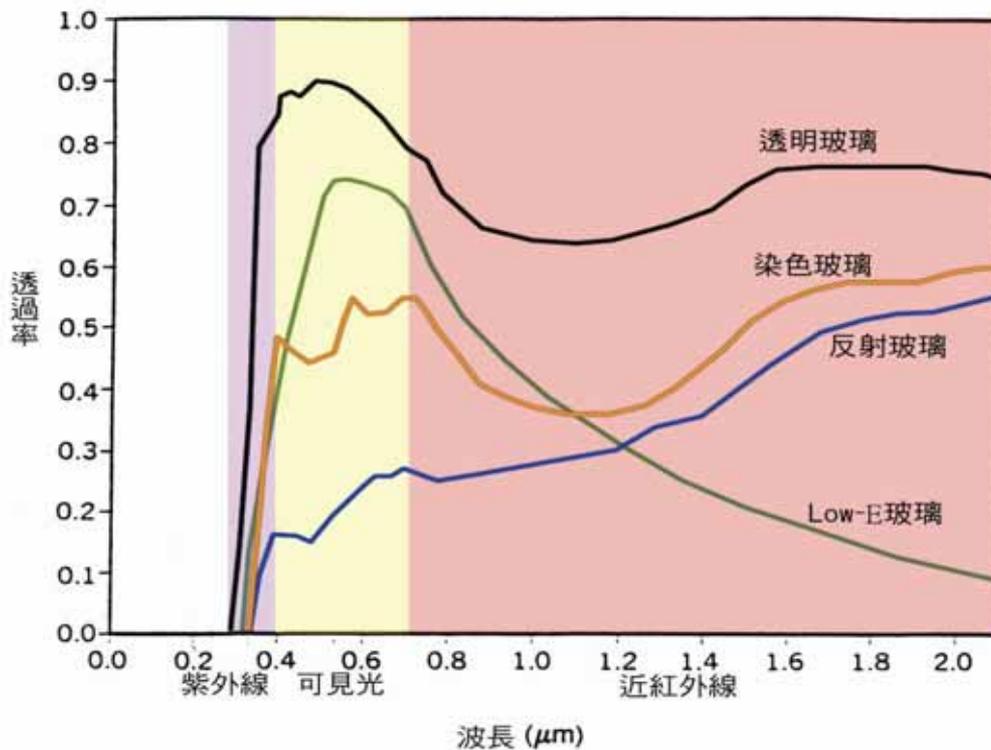


圖 4-1 不同玻璃之日射透過率

三. 設計資料

簡介目前一般常用之玻璃形式：

(1) 一般玻璃以及一般之雙層玻璃：

一般透明玻璃對日射透過並無控制能力，而雙層玻璃中間加一乾燥氣體或惰性氣體之空氣層，其雖具有隔熱作用，但對日射透過卻無控制能力，與單層玻璃 η_i 值差不多，目前有加百葉於中空層中者，但因單價高國內較少使用。

(2) 吸熱玻璃：

由於玻璃本身的色澤會吸收大部分的太陽輻射熱，再轉輻射入室內，使熱量流於物體與玻璃之間，若採用吸熱玻璃最好採用外遮陽的方式輔助，避免採用內部遮陽的方法。

(3) 熱反射玻璃：

此類玻璃利用紅外線反射的方式達成玻璃之熱控能力，是目前最常用之玻璃種類，但易於外部造成反光之公害，或夜晚時玻璃變得跟鏡面一樣看不到外部景色之缺點。

(4) Low-E 玻璃 (Low-emissivity glass)：

為一種選擇性日射透過玻璃。為中間塗佈低輻射化學反射膜之雙層玻璃其日射取得係數 η_i 可在 0.3 以下對空調節能甚有助益。

四. 注意事項：

雖然使用反射玻璃或 Low-E 玻璃的節能效果十分有效，但是要注意開窗面積太大（如全面落地玻璃）設計卻是更大致命傷，因此必先減少透窗面至 40% 下，再談玻璃節能對策，否則得不償失。

貳、不透光部分

一. 技術原理與說明：

不透明部分的外殼之節能特性主要與壁體的熱傳透率（U 值，表示隔熱能力）有關。但是它也承受來自日射的吸熱影響，因此增加隔熱性能與降低日射吸熱因子是其節能之道。外牆構造應以能減少外界熱量侵入為必要條件，在使用隔熱處理時，必須配合建築物之使用型態而決定，過份隔熱對於室內發熱量大之建築物反而會增加其空調負擔，應配合合理的遮陽設施及良好的通風計畫以減輕外牆之受熱量。

就外表面材料而言，以使用明度較高之表面材料增加反射率為宜，通常以淺色材料為佳，白色牆體具有 90% 之反射率而一般紅磚混凝土建材則在 10% ~50% 之間，相差頗大。

就外牆構造之熱傳透率（U 值）而言：

1. 以 12cm 厚的 RC 外牆為例其 U 值高達 $3.78(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ ，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在 $0.71(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 以下，可知 RC 外牆既笨重且隔熱能力又不佳，唯有加裝隔熱材才有良好之節能外殼。
2. 輕量化的玻璃或金屬外殼，只要加強中間空氣層及隔熱處理，就是十分優良的外殼。

二. 技術對策：

因此建築物在外壁上的節能對策如下：

1. 採用高隔熱性之外殼材料，例如採用纖維材、合板、多孔質矽酸鈣板、玻璃棉材作為隔熱材。U 值最好在 $2.5(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 以下為宜。
2. 提高壁體之遮蔽性，減少直接日射。
3. 使用日射吸收率低及淺色的外表材料。
4. 增加構造體的厚度或絕緣性，可增加熱容量及延長時滯。
5. 室內發散熱大之建築物（如百貨商場），避免過度隔熱以免夜間排熱不易。
6. 採用雙層外殼的構造方式不僅外層可以遮蔽裡層，而且中間空氣層還具有對流散熱的效果。
7. 若採隔熱層裝置，應儘量設在室外側其隔熱效果較佳。

三、設計資料：

現行建築技術規則對於住宿類建築分別有屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 應小於 $1.2(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 及外牆平均熱傳透率 U_{aw} 應小於 $3.5(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 之規範。另外，相當於 15cm RC 外牆外貼磁磚的外牆構造，這是國內最普遍、最常用的一般外牆構造水準。關於其他類建築之屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 值亦有應小於 $1.5(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 之規定。此外，2005 年新增之大型空間類建築則規範屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 值應小於 $1.2(\text{W}/\text{m}^2\text{K})$ 。

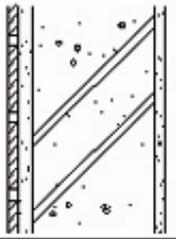
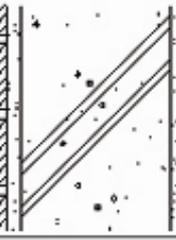
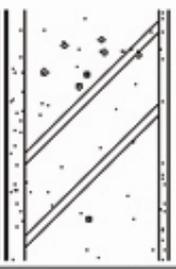
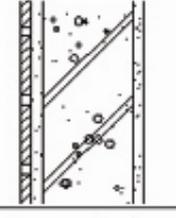
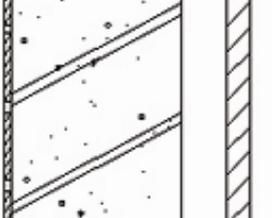
參、開口率與遮陽

一、技術說明與原理：

但是由於台灣位處於亞熱帶氣候地區，據林憲德教授(1981)研究結果顯示：大部分熱濕氣候之辦公建築耗能因子中，以「開窗率」及「窗面遮陽因子」對空調耗能最具影響力，兩者佔了近 62~85%，而「方位」因子對空調熱負荷的影響約為 10~15%(表 4-3)。因此，若是一味的抄襲寒帶國家之帷幕牆設計而未加修改的運用於台灣，其玻璃材質優良之溫室效果作用，將造成嚴重的空調能源消耗情況。

為兼顧節約能源、CO₂減量與廢棄物減量等多重目標，設計者在運用帷幕牆時，應詳加考慮「開口率」、「遮陽設計」及「構造材質」之選用，以避免能源消耗上的嚴重錯誤。

表 4-3 常用外牆熱傳透率 U_i 值

構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 $1/kx$ [m' K/W]	熱傳透率 $U_i = 1/R$ [W/ m ² K]
鋼筋混凝土牆	W001		外氣膜 --- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 鋼筋 0.1200 混凝土 0.0100 水泥砂漿 --- 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.78
	W002		外氣膜 --- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 鋼筋 0.1500 混凝土 0.0100 水泥砂漿 --- 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.49
磚牆	W003		外氣膜 --- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 紅磚 0.2300 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 0.800 1/ 1.500 1/ 9.000	2.14
琺瑯板牆	W004		外氣膜 --- 琺瑯披覆 0.0060 鋼板 0.0030 水泥砂漿 0.0150 鋼筋混凝土 0.1200 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/45.000 1/ 1.500 1/ 1.400 1/ 1.500 1/ 9.000	3.82
預鑄版牆	W005		外氣膜 --- 磁磚 0.0100 水泥砂漿 0.0150 輕質混凝土 0.1000 水泥砂漿 0.0100 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 1/ 0.800 1/ 1.500 1/ 9.000	1.30
	W006		外氣膜 --- 磁磚 0.0080 鋼筋混凝土 0.1800 預鑄版 --- 空氣層 0.0250 鑽泥板 --- 內氣膜 ---	1/23.000 1/ 1.300 1/ 1.500 0.086 1/ 0.180 1/ 9.000	1.98

二、技術對策：

1. 適當的開口率

在台灣的熱濕氣候下，影響空調耗能量最大的外殼設計因素就是「開口率」，開口面積越大的建築物越浪費空調能源。據研究顯示(圖 4-2)，以高雄一棟大型辦公建築為例，解析熱濕氣候之辦公建築空調耗能，無論採用任何種類之玻璃，只要辦公建築開口玻璃面積增加 1.0%，其空調耗電量約增加 1.0%，再度證明大開窗確實是空調節能之致命傷。

一般在柱樑結構外殼一米高台度以上留有全面開窗的開窗率約為 40%，就具有十分優良的視覺開放感，通常 20% ~40% 的辦公建築開窗率在節能與眺望需求上較能兩全其美。

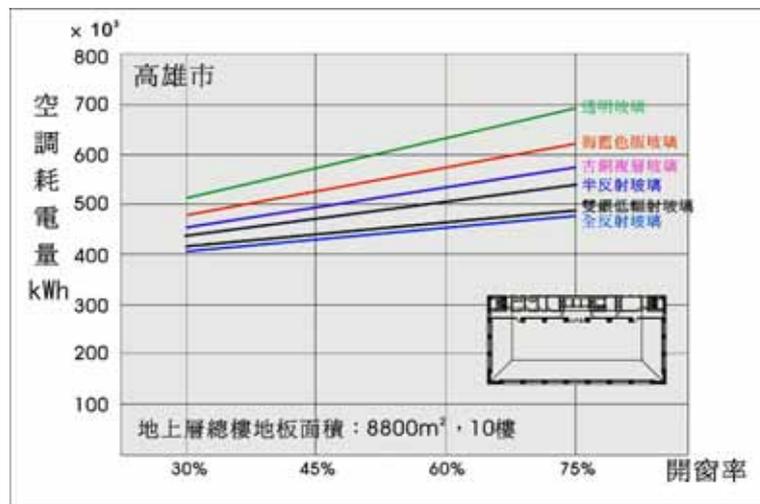


圖 4-2 各種玻璃開窗率與空調耗能變動

2. 外遮陽設計

在熱濕氣候第二重要的建築外殼耗能因子，就是窗面的遮陽性能。外遮陽除了能滿足節能要求之外，更可防眩光以確保採光眺望的舒適性。一般而言，在亞熱帶南向遮蔽角 45 度的水平外遮陽板(一米窗高、一米遮陽深度)，全年就可輕易遮去 68% 的日射熱，可見外遮陽對於降低室內空調負荷的功效甚大。對於台北與台南兩地區所進行之辦公建築外遮陽對空調耗能的效益分析，其結果顯示在北回歸線熱濕氣候附近設計 1:4 的水平、垂直、格子遮陽(以 240cm 落地窗而言，水平遮陽深約為 60cm)，在各方位空間約有 7~16、6~13、13~24% 的節約空調用電效果，各方位平均約可節省 12% 的空調用電(在台北約為 10%，在台南約為 15%)。

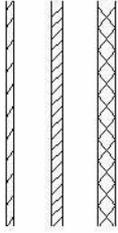
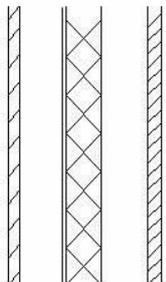
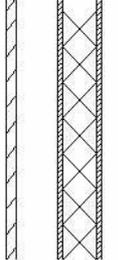
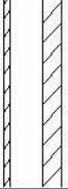
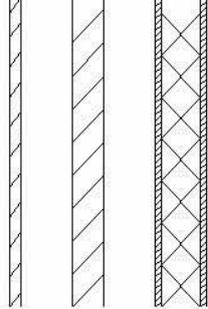
3.採用 Low-E 玻璃

為兼具帷幕牆之良好「遮陽性能」與「採光性能」，適當採用 Low-E 玻璃將可以同時擁有其超低的日射透過率 0.32，以及高達 66% 的可見光透過率，其外觀有晶瑩剔透的透明度，最能符合熱濕氣候之空調節能與採光眺望需求。所謂 Low-E 玻璃就是在玻璃上鍍以銀金屬塗膜，此塗膜可選擇性地通過低熱能之可視光，並遮斷大部分高熱能之近紅外光，因而可大量降低太陽輻射，以降低空調負荷，進而達到降低能源消耗的目標。

4.非開口部之中空層與隔熱層構造材料

除開口率與遮陽設計外，帷幕牆本身之構造、材料及空氣層亦會影響其隔熱性能。表 4-4 為列舉部分為玻璃帷幕牆大樣以茲說明，玻璃帷幕牆若是做好適當的中空層與隔熱層，即可擁有優良的隔熱能力，且其他非開口部若能適當選用隔熱性能佳的材料，亦可以效降低帷幕牆體熱傳透率，便能直接減少建築物之熱負荷。

表 4-4 常用玻璃帷幕牆之熱傳透率 U_i 值

構造	編號	構造大樣	厚度 dx [m]	熱阻係數 $1/kx$ [m · K/W]	熱傳透率 U_i $=1/R$ [W/ m ² ·K]	
玻璃	W007		外氣膜	---	1/23.000	2.25
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	---	0.860	
			石棉板	0.0100	1/ 1.200	
			空氣層	---	0.086	
			合板	0.0180	1/ 0.180	
帷幕	W008		外氣膜	---	1/23.000	0.89
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	---	0.086	
			鋁板	0.0016	1/210.00	
			玻璃棉	0.0300	1/ 0.042	
			空氣層	---	0.086	
石膏板	0.0120	1/ 0.170				
牆	W009		外氣膜	---	1/23.000	0.98
			玻璃	0.0080	1/ 0.780	
			空氣層	---	0.086	
			石棉浪板	0.0040	1/ 1.200	
			岩棉保溫材	0.0320	1/ 0.042	
			石棉浪板	0.0040	1/ 1.200	
內氣膜	---	1/ 9.000				
W010		外氣膜	---	1/23.000	2.40	
		玻璃	0.0080	1/ 0.780		
		空氣層	---	0.086		
		石棉矽酸鈣板	0.0250	1/ 0.150		
		內氣膜	---	1/ 9.000		
W011		外氣膜	---	1/23.000	0.79	
		玻璃	0.0080	1/0.780		
		空氣層	---	0.086		
		石棉矽酸鈣板	0.0250	1/0.150		
		空氣層	---	0.086		
		石棉浪板	0.0040	1/1.200		
		岩棉保溫材	0.0320	1/0.042		
		石棉浪板	0.0040	1/1.200		
內氣膜	---	1/9.000				

四、注意事項：

1.Low-E 玻璃的負面因素

雖反射玻璃或 Low-E 玻璃可大量降低空調耗能量，但此兩者均為電鍍金屬塗膜的高污染產物，這些金屬塗膜使可循環使用的清玻璃變成無法回收再利用的有毒廢棄物，對地球環保造成十分嚴重的傷害。因此，雖然玻璃科技提供了建築造型最大透明開放的可能，過份依賴其使用頻率，對於地球環境將造成更大傷害。

2.雙層外牆(Double Skin)的不適用性

近年來廣為熱門討論的「雙層玻璃」與「雙層外皮」(Double Skin)，其最大長處在於極佳的「保溫性能」，但是在台灣位處的熱濕氣候條件下，室內外溫差遠不及寒帶地區之十分之一(寒帶室內外溫度差常在30°C以上)，這使得昂貴的「雙層玻璃」與「雙層外皮」在溫暖氣候中根本不符合經濟效益。其次，為消除「雙層玻璃」與「雙層外皮」所引起的溫室效應，而設置「中間活動遮陽」與「對流排熱」之複雜而昂貴的機制，遠不如以廉價的單層玻璃帷幕及相同外遮陽裝置，即可達到相同遮陽節能效果。

3.帷幕牆與空調系統設計之考量

台灣的大樓有許多行業是混合使用的多產權大樓，此類建築並不適宜採用全面一致的中央空調，為應付分租分售的的彈性空調，分層分區的空調計畫與預留空調個機的安裝建築立面計畫、保留最大的可開窗設計都是玻璃帷幕大樓設計時所需考量的重點，否則日後完工的建築物立面可能因為突兀的空調機安裝或是阻擋日射的合板、窗簾、反射紙等等裝置而被毀容。

4.高反射玻璃之反光公害

某些玻璃帷幕大樓為了減少日射熱量而採用高反射率的反射玻璃，常造成嚴重的反光公害，不僅侵犯了鄰房的生活隱私權，甚至造成交通安全上的困擾，許多先進國家在高速公路兩旁的建築物嚴禁使用高反射率的反射玻璃，建築設計者必須注意此項公害缺點宜避免之。

第三節 太陽能電池帷幕牆耗能評估

本節將太陽能光電板結合建築物外殼玻璃帷幕牆材料，進行室內空調負荷評估，以瞭解太陽能電池帷幕牆應用在建築之節能效益。模擬空間參照我國外殼耗能指標 Envload 相同空間，進行 DOE-2 電腦模擬。

1. DOE-2.2 電腦動態熱負荷分析程式簡介

DOE-2 程式是國際上常用的大型動態室內熱負荷計算機程式，為世界上公認的建築物耗能評估工具之一，能夠針對建築室內空間進行逐時精確的耗能解析運算，也常被應用在建築節能效益的分析上。此系列程式的最初版本是由美國 Lawrence Berkeley National Laboratory，Hirsch & Associates 於 1980 年開發完成，在美國能源部（Department of Energy）的支持下成為美國計算建築熱負荷的標準軟體。DOE-2.2 是其最新版本，其計算的最小單位為小時，可進行全年 8760 小時的熱負荷運算，能夠精確反應建築室內熱負荷的逐時變動狀態。

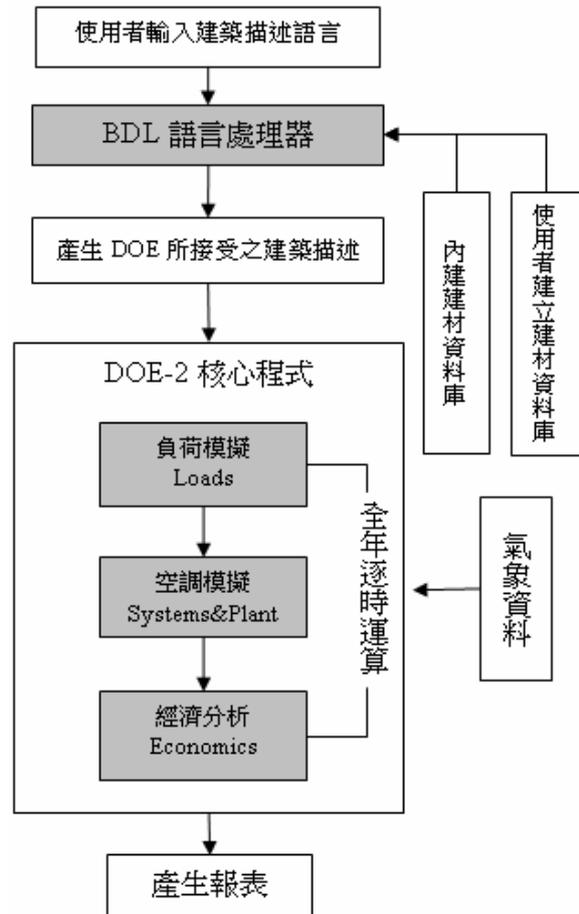


圖 4-3 DOE-2 之架構及計算程序流程圖

傳統的 DOE-2.2 程式必須撰寫複雜的建築描述語言 (BDL)，才得以將模擬樣本被程式所讀取。於 1999 年 10 月以後，由美國私人團體以 DOE-2.2 為核心改版推出 PowerDOE 是使用於 Windows 環境下的圖像式介面 (圖 4-4 至圖 4-6)，於操作方面更為便捷。

DOE-2.2 的組成包括四個子程式與二種外部資料，四個子程式分別為 Loads program、Systems program、Plant program、Economics program。其中 Loads 子程式透過使用者所輸入建築空間描述計算逐時顯熱與潛熱負荷；Systems 子程式處理空調二次側系統；Plant 子程式則計算鍋爐、

冰水主機、冷卻水塔等一次側設備之性能以及其設備容量；而 Economics 子程式則計算能源的使用成本可供未來作經濟效益分析之用途。所必須搭配的二種外部資料則為當地氣象資料(TMY)與各部位建築構造材料的輸入，此為建材資料庫(Material Library)。任何建築熱負荷的模擬計算軟體皆需配合氣象資料的輸入，才得以進行準確的建築能源評估。其架構及計算程序如圖 4-3 所示。

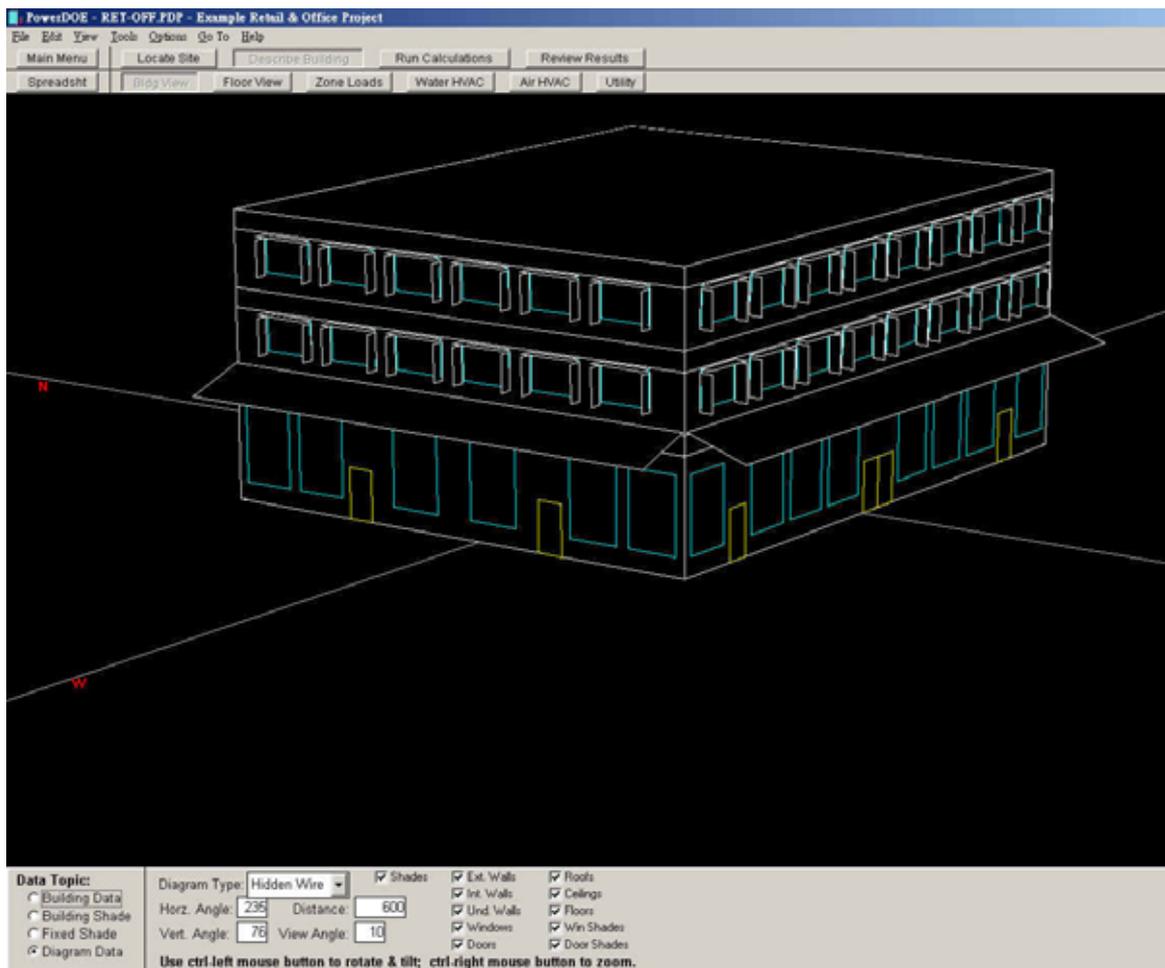


圖 4-4 PowerDOE 可對建築物進行外遮陽的效益進行模擬計算

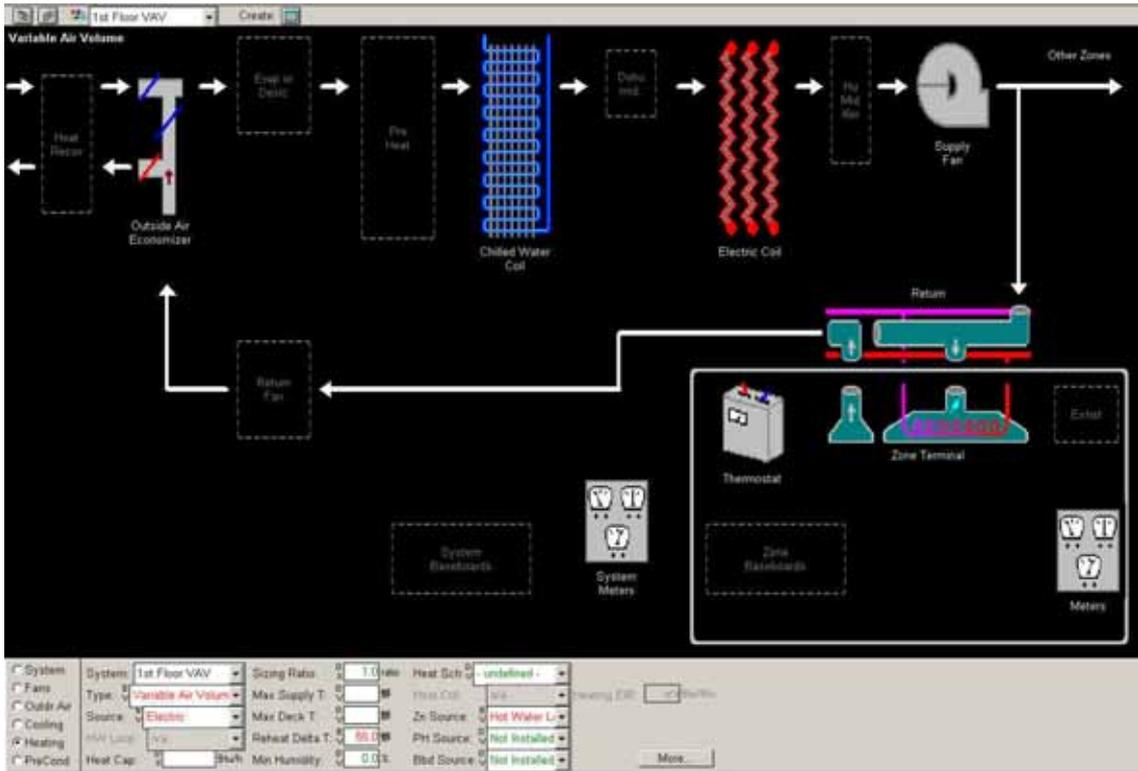


圖 4-5 PowerDOE 中的 System 子程式具有完善的空調系統描述

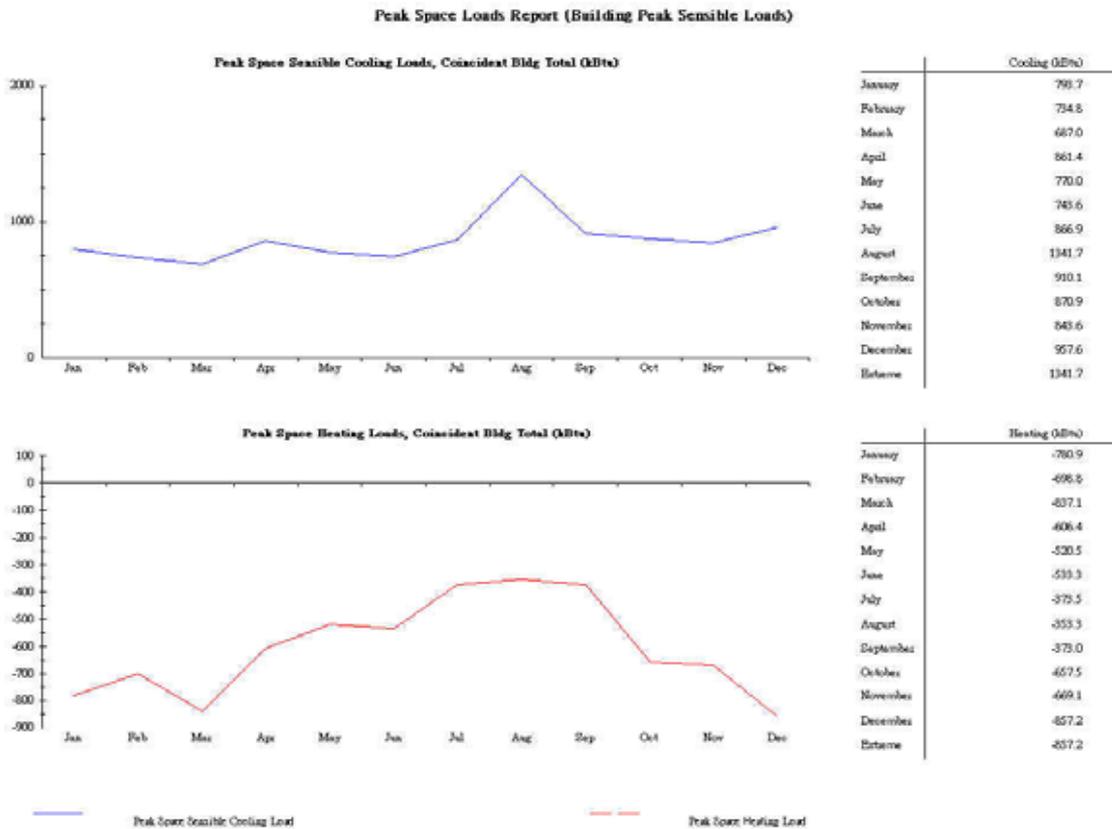


圖 4-6 PowerDOE 具有可視化之報表分析

2.應用 DOE-2.2 電腦動態熱負荷分析室內熱負荷

(1) 設定條件：

(a) 建築類型：辦公類建築物

(b) 方位：正南向

(c) 樣本空間：長 6m×寬 5m×高 4m(採用我國建築外殼耗能指標 Envload 相同之空間模擬)

(d) 開口：假設四種開窗 Type 模擬，分別是全面透光玻璃帷幕、開口率 40%透光玻璃帷幕及不透光部分 60%(W010 構造)、開口率 40%及不透光部分 60%改以太陽電池(PV)、全面太陽能電池等四種。

3.結果：

Type1 為過去常見不考慮節能設計之構造形式，採用全面玻璃帷幕牆，不要求玻璃之遮陽與隔熱性能，其冷房負荷在台北為 15605.9 kcal、台中為 16734.3 kcal、高雄為 19200.0kcal。Type2 為考慮節能設計之構造形式，開口率 40%，其冷房負荷在台北為 9710.4 kcal、台中為 10364.4kcal、高雄為 11958.6 kcal。Type3 構造與 Type2 相近，開口率仍為 40%，但是在 60%不透光部分改以太陽電池帷幕牆取代，其冷房負荷在台北為 9584.9 kcal、台中為 10212.0kcal、高雄為 11786.3 kcal。Type4 構造形式為牆面全以太陽電池帷幕牆取代，其冷房負荷在台北為 5809.6 kcal、台中為 6064.9kcal、高雄為 7101.1 kcal(表 4-5)。

(1) 討論

(a) Type2 與 Type1 比較顯示，經過外殼節能設計之建築物相較於耗能建築物之室內空調負荷，從台北到高雄均有超過三成之節能效率。

(b) Type3 與 Type2 比較顯示：建築物外牆不透光之部分，Type3 將材料改以太陽電池取代，其構造熱阻與 Type2 差異不大，因此室內空調負荷差異不大，PV 帷幕牆節能效率略優 1.4%左右。

表 4-5 室內空調熱負荷模擬

	帷幕牆構造描述	U 值 (W/m ²)	冷房負荷(kcal)		
			台北	台中	高雄
Type 1.	8mm 強化玻璃帷幕	6.07	15605.9	16734.3	19200.0
Type 2.	W010 構造佔 60% 8mm 強化玻璃帷幕佔 40%	2.40 6.07	9710.4	10364.4	11958.6
Type 3.	PV 構造佔 60% 8mm 強化玻璃帷幕佔 40%	1.86 6.07	9584.9	10212.0	11786.3
Type 4.	PV 構造佔 100%	1.86	5809.6	6064.9	7101.1

4. 太陽電池帷幕牆與其他帷幕牆造價比較

本節針對國內常見之建築物外殼構造做造價比較，以瞭解太陽電池帷幕牆商品化之可能性。本研究收集分析之帷幕牆構造計有 RC 帷幕、PC 帷幕、花崗石帷幕、金屬帷幕、玻璃帷幕、Low-e 玻璃帷幕、雙層外牆帷幕及太陽電池帷幕等八種帷幕牆構造。

太陽電池帷幕牆平均造價約為 30,000 元/m²，相較於傳統玻璃帷幕，造價約高出 5.5~6 倍。太陽電池帷幕牆與 Low-e 玻璃帷幕相比，約高出 3.8 倍。但是太陽電池帷幕牆與現行常見雙層外牆玻璃帷幕相比，則約高出 1.5 倍（表 4-6）。

表 4-6 建築物外牆構造造價分析

外牆構造	RC 牆	PC 牆	花崗石帷幕	金屬帷幕	玻璃帷幕	Low-e 帷幕	雙層外牆帷幕	太陽電池帷幕
外飾材料	磁磚	磁磚	磁磚	鋁金屬	玻璃	玻璃	玻璃	太陽電池
外牆造價 (元/m ²)	2,500	4,000	4,500	5,500	5,500	8,000	20,000	30,000
外牆構造 自重(kg/m ²)	300	300	350	120	100	100	180	110
工期(天)	240	180	150	120	120	120	150	150
熱傳透 U (W/m ² ·K)	3.49*	3.30*	2.75*	1.25*	2.40*	1.86	未知	1.86**
日射透過 η 值	-	-	-	-	0.34~0.81*	0.20	未知	0.20**
備註:	<p>1. 本研究造價模擬之樣本空間基本資料：建築物用途為辦公大樓，構造規模為地上 25 層、地下 3 層，總樓地板面積 22,000 平方公尺之建築物。 樣本資料來源：中華民國國際貿易協會網頁 http://www.trade-taiwan.org/hp/84970894/Chinese/other.htm</p> <p>2. *：表外牆構造 U_i 及 η_i 數值來源為營建雜誌社出版「建築節能源設計技術規範」，「2005 年版，辦公廳類建築專用」。</p> <p>3. **：表根據廠商型錄所示數據。</p>							

第五章 太陽能光電系統資料蒐集與分析

第一節 前言

本計畫有以下工作項目及成果：

1. 測試S.O.P.部分

研擬測試S.O.P.準則。

2. 整合型太陽能光電板部分

a. 遮陽板部分

1. 持續分析太陽能光電板及遮陽板實驗設備對於既有建築物的空調節能效益。

2. 持續分析帷幕牆形式之光電板在南向方位之實際效益值。

3. 晶片帷幕牆之隔熱性能與一般帷幕牆之分析結果。

b. 太陽能光電板部分

1. 持續分析不同材質太陽電池對環境變動的發電效益。

2. 持續分析太陽能光伏系統以不同方式連接的發電效益。

3. 太陽光照射方式與照射角度變更的發電效益。

c. 帷幕式光電板部分

不同方位整合型太陽能光電板的發電效益。



第二節 系統操作 S.O.P.

整合型太陽能光電系統主要有三個大系統，除了系統3為單一系統外，其他系統仍有三個子系統，以分析不同材質、角度、溫度及清潔等可變因素。因實驗的項目不同，故每個系統的設備配置均不相同，故各個系統的操作程序皆不相同。依系統類別操作程序如下所示：

5.2.1 系統1

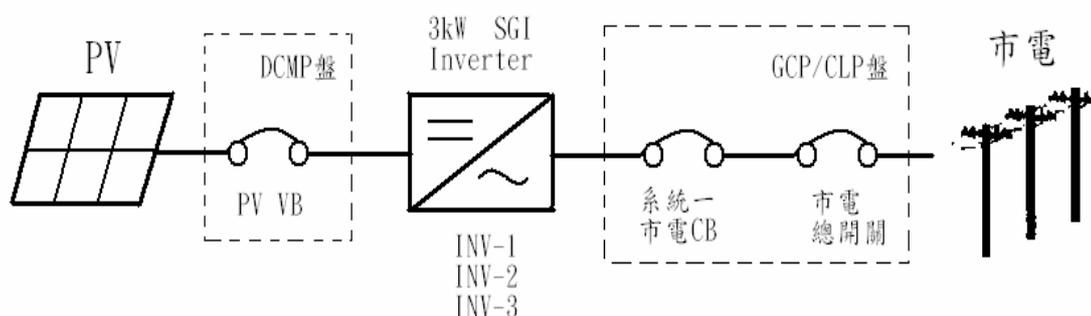


圖 5-1 系統 1 操作程序

系統啟動：(市電總開關保持 ON)

- Step 1：系統一市電 CB ON
- Step 2：將系統一之 PV CB ON
- Step 3：3kW SGI Inverter 啟動程序
- Step 4：檢查是否進入啟動狀態

系統停機：

- Step 1：3kW SGI Inverter 停機程序
- Step 2：系統一市電 CB OFF
- Step 3：將系統一之 PV CB OFF
- Step 4：檢查是否進入停機狀態

5.2.2 系統 2

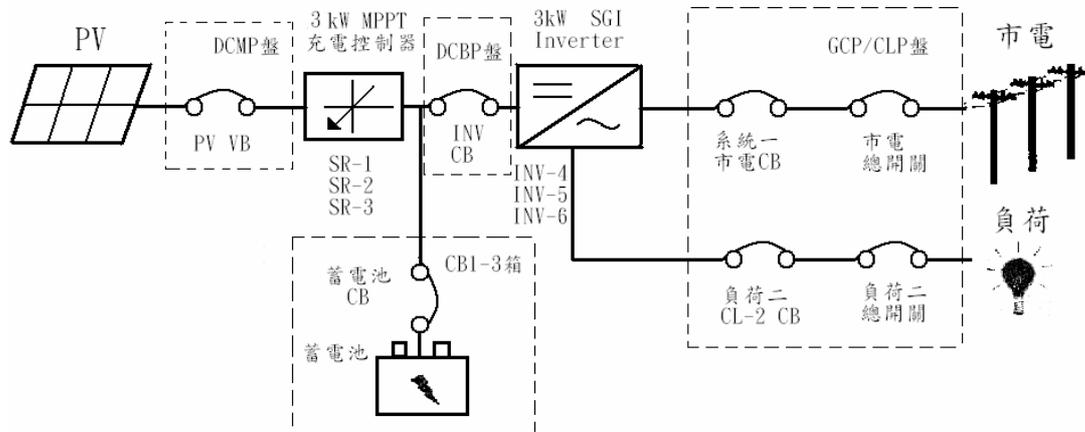


圖 5-2 系統 2 操作程序

系統啟動：(市電及負荷一總開關保持 ON)

Step 1：系統三市電 CB ON

Step 2：負荷一 CL-1 CB ON

Step 3：

Step 4：將系統三之 PV CB ON

Step 5：INV CB ON

Step 6：15kW SGI Inverter 啟動程序

Step 7：15kW SGI Inverter 與市電同步後 (約啟動後 90sec)，
進入 15kW MPPT 啟動程序

Step 8：檢查是否進入啟動狀態

系統停機：(市電及負荷一總開關保持 ON)

Step 1：15kW MPPT 停機程序

Step 2：將系統三之 PV CB OFF

Step 3：15kW SGI Inverter 停機程序

Step 4：系統三市電 CB OFF

Step 5：負荷一 CL-1 CB OFF

Step 6：INV CB OFF

Step 7：蓄電池 CB OFF

Step 8：檢查是否進入停機狀態

5.2.3 系統 3

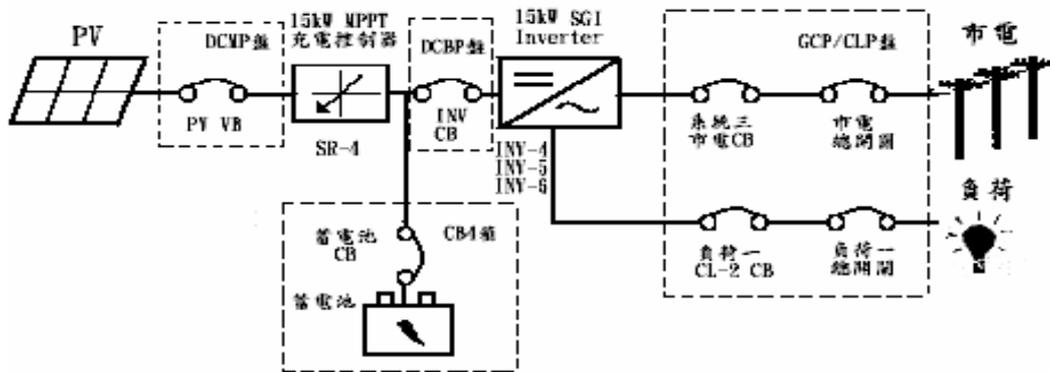


圖 5-3 系統 3 操作程序

系統啟動：(市電及負荷一總開關保持 ON)

- Step 1：系統三市電 CB ON
- Step 2：負荷一 CL-1 CB ON
- Step 3：將系統三之 PV CB ON
- Step 4：蓄電池 CB ON
- Step 5：INV CB ON
- Step 6：15kW SGI Inverter 啟動程序
- Step 7：15kW SGI Inverter 與市電同步後 (約啟動後 90sec)，
進入 15kW MPPT 啟動程序
- Step 8：檢查是否進入啟動狀態

系統停機：(市電及負荷一總開關保持 ON)

- Step 1：15kW MPPT 停機程序
- Step 2：將系統三之 PV CB OFF
- Step 3：15kW SGI Inverter 停機程序
- Step 4：系統三市電 CB OFF
- Step 5：負荷一 CL-1 CB OFF
- Step 6：INV CB OFF
- Step 7：蓄電池 CB OFF
- Step 8：檢查是否進入停機狀態

第三節 設置遮陽設備對於既有建築物的空調節能效益

本實驗蒐集裝設太陽能光電板與遮陽板前、後溫度的差異，探討遮陽效果，達到室內與遮陽處溫度下降，與節省冷氣耗電量。溫溼度感測計放置於建研所設備二樓陽台，不受陽光直射與不受雨水影響處。另外，設置三只數位瓦時計，觀察遮陽設備後 A105 室、A106 室與 A107 室冷氣耗電量變作情形。冷氣耗電量資開擷取範圍為工作天每日九時至十七時為止，計算每日平均耗電是，假設每月有二十二個工作天計算，推算一個月冷氣耗電量。

2003 年(遮陽設備設置前)、2004 年(遮陽設備設置後)與 2005 年(遮陽設備設置後)綜合耗電量為三個辦公室加總，節能效益計算方式為：
節能效益=(節省瓦特數/2003 年綜合耗電量)*100%。

表 5-1 設置遮陽設備前、後的溫度比較表

地點 \ 項目	2003年08月	2004年08月	2005年08月
	平均溫度(設置前)	平均溫度(設置後)	平均溫度(設置後)
氣象局	29.4	29.4	28.31
建研所	30.8	28.1	28.17

地點 \ 項目	2003年09月	2004年09月	2005年09月
	平均溫度(設置前)	平均溫度(設置後)	平均溫度(設置後)
氣象局	29	28.2	28.74
建研所	29.2	27.1	28.65

由表 5-1 可觀察出：

2003 年八月份平均溫度差為-1.4°C

2003 年九月份平均溫度差為-0.2°C

2004 年八月份平均溫度差為 1.3°C

2004 年九月份平均溫度差為 1.1°C

2005 年八月份平均溫度差為 0.14°C

2005 年九月份平均溫度差為 0.09°C

(溫差計算方式：氣象局溫度扣掉建研所溫度)

裝置光電板與遮陽板後，由於建築物吸收能量的情形減少，使得平均溫度略為下降。

表 5-2 設置遮陽設備前、後的空調耗電表

項目 \ 時間	2003年8月		2004年8月		2005年8月	
	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)
A105室	18.18	399.96	16.5	363	8.99	197.78
A106室	18.96	417.12	16.97	373.34	14.29	314.38
A107室	20.57	452.54	18.93	416.46	15.98	351.56
綜合總耗電量(kWh)		1269.20		1152.80		863.72
節省瓦特數(kWh)				116.4		405.48
節能效益(%)				9.17%		31.95%
備註	假設八月份有22個工作天					

項目 \ 時間	2003年9月		2004年9月		2005年9月	
	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)	平均每日耗電量(kWh)	總耗電量(kWh)
A105室	19.77	434.94	13.39	294.58	8.4	184.8
A106室	18.04	396.88	17.93	394.46	15.98	351.56
A107室	15.98	351.56	16.24	357.28	16.67	366.74
綜合總耗電量(kWh)		1280.40		1046.32		903.10
節省瓦特數(kWh)				234.08		377.3
節能效益(%)				18.30%		29.50%
備註	假設九月份有22個工作天					

由表 5-2 可觀察出：

設置遮陽設備後可以有效節省空調耗電量，由 2003 年、2004 年與 2005 年八月、九月的節能效益觀察出可有 9.17%~31.95% 的效果。

第四節 不同角度太陽能板發電效益分析

本實驗蒐集六月~九月 15°、25°與 30°三個角度的太陽能板產出率，藉由改變太陽能板的角度，來探討不同角度的發電效益。待測系統是系統 2-1(多)及系統 2-3(單)實驗的角度是 15°、30°，與系統 1-1(多)、系統 3(單)的角度 25°的太陽能板產出率比較，故均除以個別的額定值並加以比較。

表 5-3 不同角度的太陽能板產出率

項目 角度	平均每日發電量			太陽能板產出率		
	15°	25°	30°	15°	25°	30°
系統2-1(多)	4.74	5.52	4.12	1.61	1.88	1.4
系統2-3(單)	5.86	25.36	5.71	1.86	2.01	1.81
備註	1.太陽能板產出率為每日平均發電量除以系統額定發電量。					

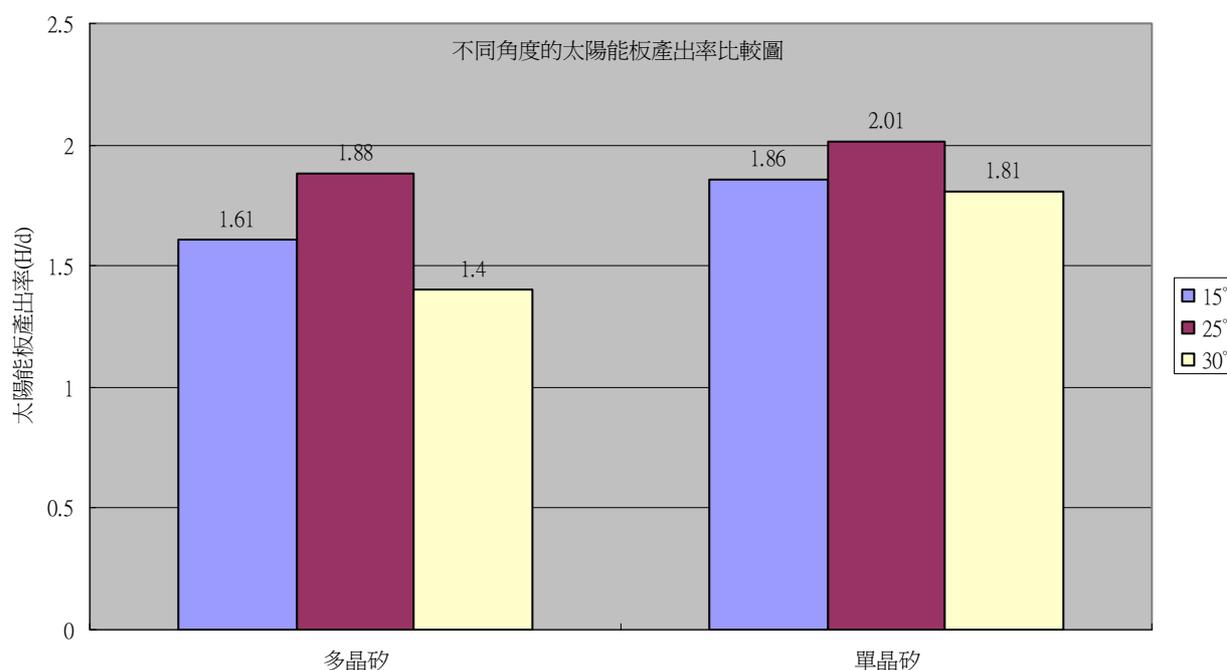


圖 5-4 不同角度的太陽能板產出率比較圖

由表 5-3 及圖 5-4 中可觀察出，25°的太陽能板產出率較 15°、30°的為高，另外發現單晶矽材質的太陽能板受角度的影響較不劇烈，尚需累積更多數據來加以確認。

第五節 太陽能晶矽分析

台灣地區氣候較為潮濕，空氣中灰塵受潮的關係，故灰塵會落在太陽能板上，灰塵經年累月堆積在太陽能板上，除了雨天可稍微達到清潔的功能外，其他時間落塵累積在太陽能板上，將影響太陽能板發電量。

本試驗蒐集 2005 年一月份到九月份系統，將灑水系統裝置於系統 1-2 與 1-3 上，每個禮拜水洗除塵一次以模擬雨水清潔太陽能光電板。分析項目可分為 1.水洗除塵效果(比較一)2.多晶矽與非晶矽太陽能板發電效益分析(比較二)3.多晶矽與單晶矽太陽能板發電效益分析(比較三)。各太陽能晶矽發電效益如表 5-4 所示。

表 5-4 各系統之太陽能晶矽發電效益表

項目 月份	實際發電量(kWh)											
	一月份	二月份	三月份	五月份	六月份	七月份	八月份	九月份	總發電量	平均每日發電量	太陽能板產出率	水洗除塵
系統1-1(多)	150.15	96.35	163.40	163.20	119.60	91.62	95.01	249.50	1128.83	4.65	1.58	
系統1-2(多)	174.74	123.27	184.19	236.40	144.15	115.24	110.20	243.76	1331.95	5.48	1.86	√
系統1-3(非)	157.26	109.10	158.02	240.33	156.44	126.98	102.03	236.00	1286.16	5.29	1.96	√
系統3(單)	801.48	516.85	807.78	781.14	427.00	388.48	173.44	1137.10	5033.27	20.71	1.64	
備註	1.太陽能板產出率為每日平均發電量除以系統額定發電量。 2.有√者，表示具水洗除塵功能。											

經由表 5-4 的觀察，可進行以下的分析：

比較一：不具水洗除塵系統 1-1(多)與具水洗除塵系統 1-2(多)進行比較，系統 1-2(多)高於系統 1-1(多)的太陽能產出率 17.72%。

比較二：系統 1-2(多)與系統 1-3(非)均含水洗除塵系統，由太陽能板產出率觀察，系統 1-3(非)高於系統 1-2(多)5.38%。

比較三：系統 1-1(多)與系統 3(單)均為不具水洗除塵系統，由太陽能板產出率可觀察出系統 3(單)高於系統 1-1(多)3.8%。

綜合上述三項比較可知：

- 1.具水洗除塵系統，有效增加系統發電量。
- 2.單晶矽>非晶矽>多晶矽。

第六節 太陽能光電板清澈度與溫度效益分析

本實驗的目的在於觀察太陽能板在清洗後，太陽能板板面的清澈度與溫度變化是否影響太陽能光電板的發電量。

表 5-5 太陽能板清澈度與溫度變化率比較表

系統	項目		10/8發電量(kW)			
	清洗前(44°C)	清洗中	清洗後		清澈度(%)	實際溫度變化率(%)
			前期(30°C)	後期(44°C)		
系統1-2(多)	1.31	1.59	1.64	1.48	12.98	1.44
系統1-3(非)	1.08	1.13	1.09	1.12	3.70	0.07

系統	項目		10/20發電量(kW)			
	清洗前(38°C)	清洗中	清洗後		清澈度(%)	實際溫度變化率(%)
			前期(34°C)	後期(38°C)		
系統1-2(多)	1.40	1.63	1.71	1.81	29.29	4.53
系統1-3(非)	1.20	1.21	1.29	1.29	7.17	1.74

由表 5-5 中可觀察出清洗太陽能板後，太陽能板板面清澈度影響不同材質太陽能板的發電量有 3.7%~29.29%的下降，故太陽能板板面的清澈度的維持有助於提升太陽光電板的發電量。另外，在清洗太陽能板前後溫度的變化也造成發電量有 0.07%~4.53%下降。

第七節 帷幕式光伏系統效益分析

帷幕式光伏系統設置方向為東、南與西向並以垂直方式架設，資料擷取間隔為一分鐘，紀錄三方向之電壓、電流、功率與日照強度。帷幕式光伏系統擷取四月~九月三方向之太陽能每日累積發電量(Wh)，以及太陽能板產出率(H/d)為每日平均發電量除以系統額定發電量。

表 5-6 帷幕式光伏系統效益

項目	月份	帷幕式光伏系統效益								
		四月份	五月份	七月份	八月份	九月份	十月份	十一月份	十二月份	平均
發電量(Wh)	東向	141.30	120.80	113.38	96.22	89.70	74.14	95.85	100.44	103.98
	南向	112.05	69.00	84.69	80.36	118.25	129.86	237.00	260.70	136.49
	西向	186.60	154.20	143.95	105.25	188.79	150.94	168.00	197.82	161.94
太陽能板產出率(H/d)	東向	2.57	2.19	2.06	1.75	1.63	1.35	1.74	1.83	1.89
	南向	2.04	1.25	1.54	1.46	2.15	2.36	4.31	4.74	2.48
	西向	3.40	2.81	2.62	1.91	3.44	2.74	3.05	3.60	2.95
備註	1.太陽能板產出率為每日平均發電量除以系統額定發電量。 2.帷幕式光伏系統為單級式系統。 3.資料收集為早上8:00~下午18:00。									

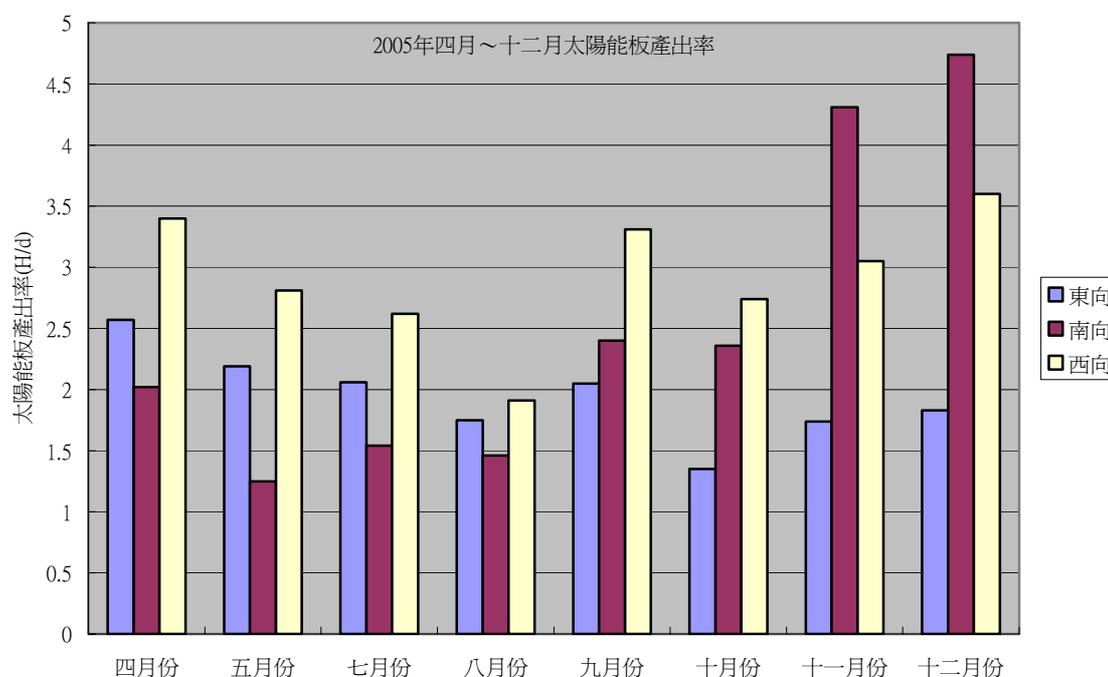


圖 5-5 太陽能板產出率比較圖

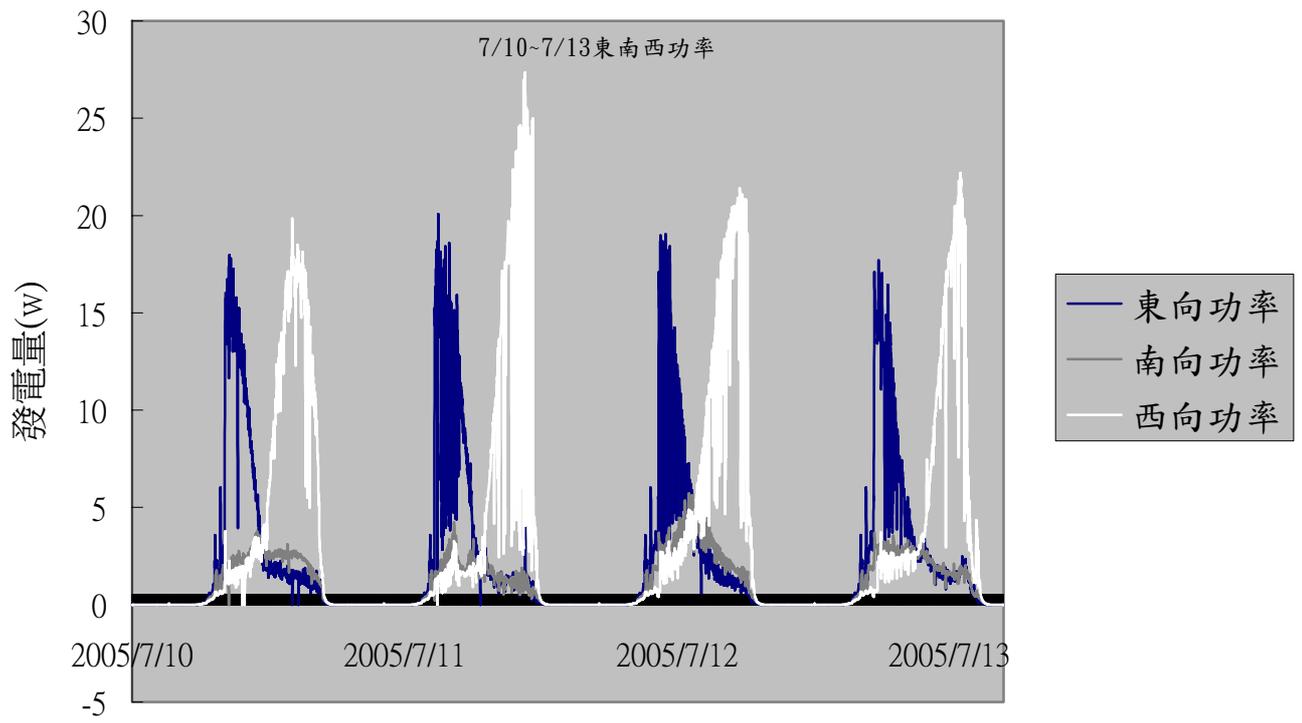


圖 5-6 7/10~7/13 東南西功率

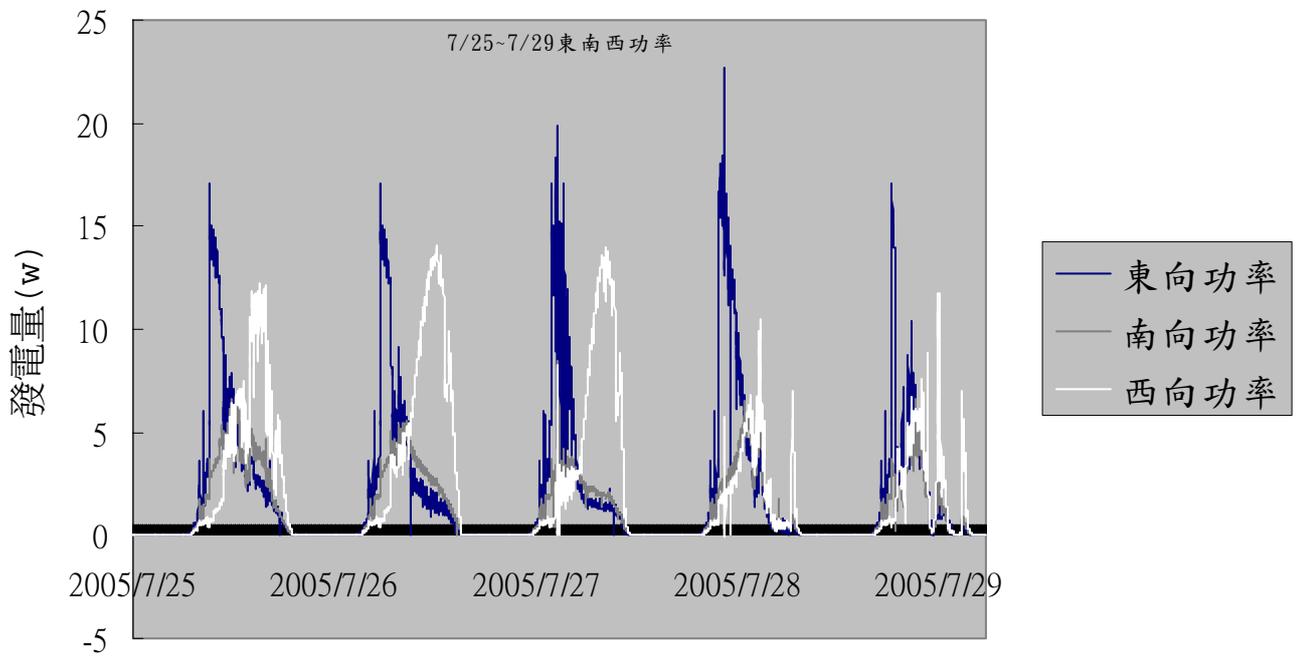


圖 5-7 7/25~7/29 東南西功率

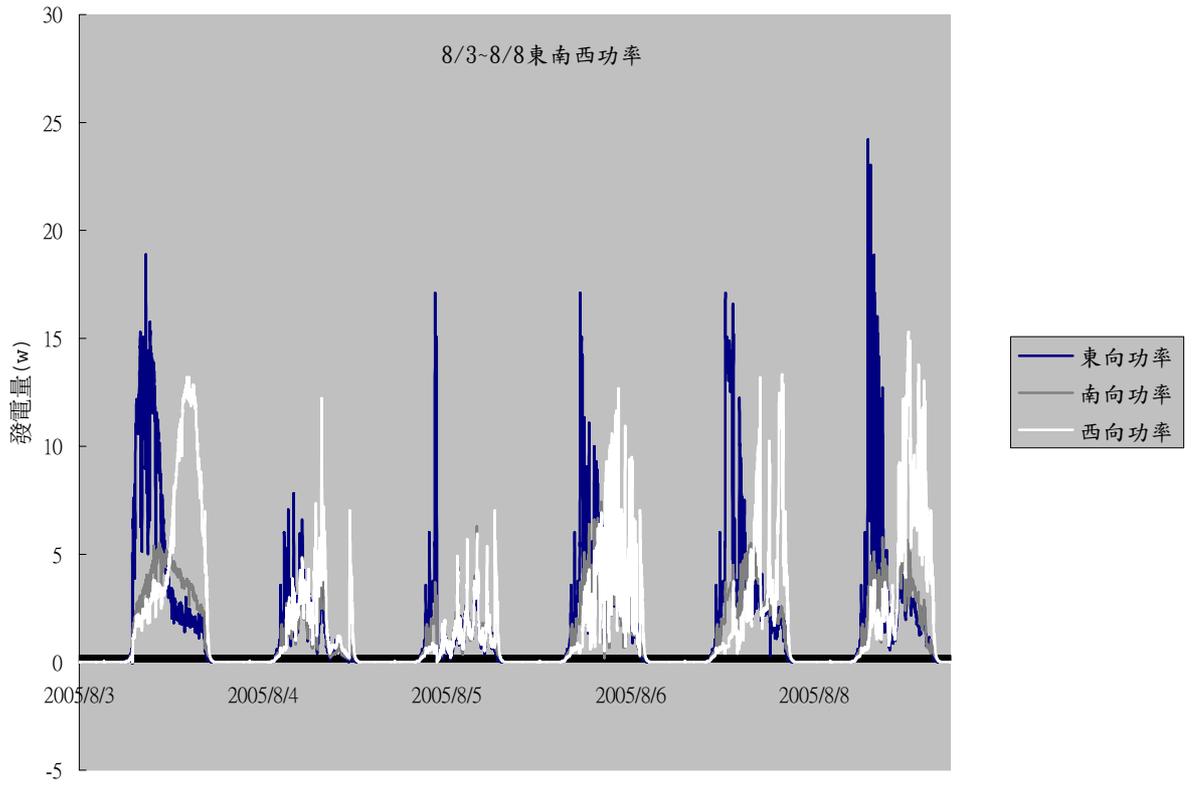


圖 5-8 8/3~8/8 東南西功率

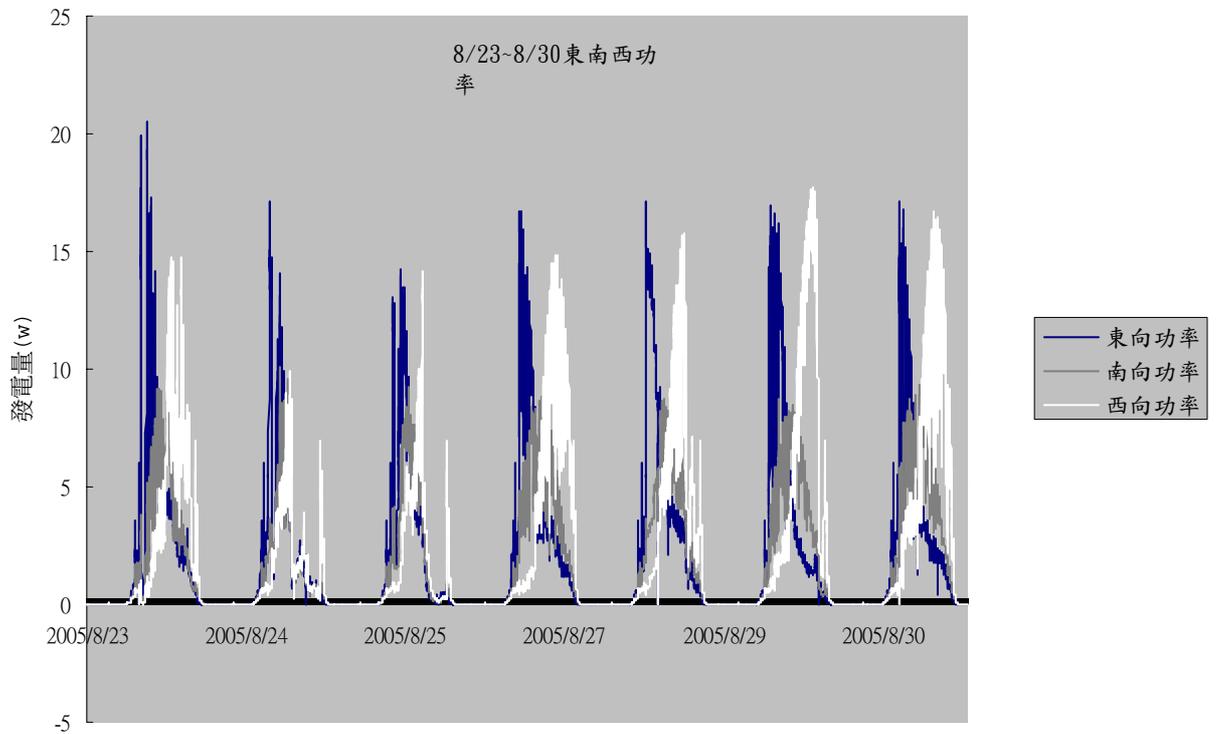


圖 5-9 8/23~8/30 東南西功率

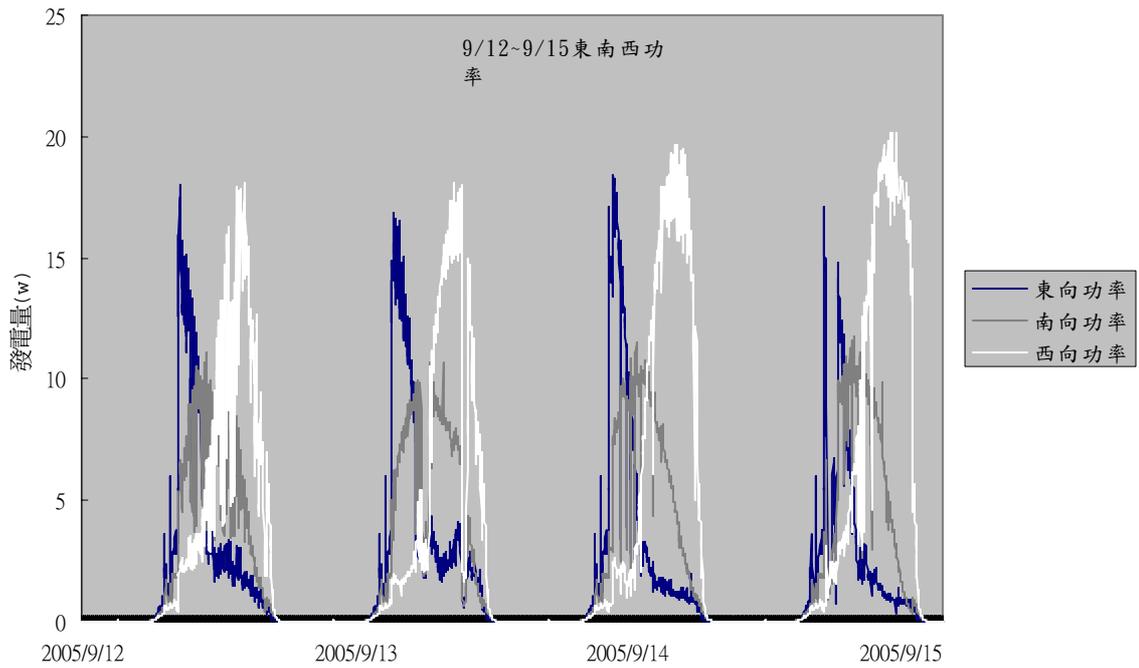


圖 5-10 9/12~9/15 東西南功率

觀察表 5-6 累計四月~十二月的總發電量與太陽能板產出率，西向>南向>東向。另外觀察圖 5-5，從四月至八月的發電量及太陽能板產出率為西向>東向>南向，而九月份、十月份發電量及太陽能板產出率為西向>南向>東向，在十一月、十二月份發電量及太陽能板產出率為南向>西向>東向。故在不同方位下，太陽日射角度影響不同方位的太陽能板的發電效益。

第八節 累積發電量與太陽能電價計算

太陽能發電成本，影響著太陽能產業的推廣。由於各個系統建構的方法在系統運作、材質、清潔等方向，均有些微的差異。因此，本計劃會利用內政部建築研究所實際架假系統估算出各個系統的太陽能發電成本，並同時採用經濟部能源局的估算方試來加以估算。

表 5-7 由實際發電量換算到每月發電量

項目	由實際發電量換算到每月發電量(kWh)									
	一月份	二月份	三月份	五月份	六月份	七月份	八月份	九月份	總發電量	平均每日發電量
系統1-1(多)	179.03	154.52	231.32	174.43	165.37	191.69	161.1	267.3	1524.76	6.27
系統1-2(多)	208.35	191.75	260.6	249.2	199.58	243.85	185.97	261.17	1800.47	7.41
系統1-3(非)	187.51	169.71	223.91	253.26	216.53	268.73	173.02	252.85	1745.52	7.18
系統3(單)	949.07	801.98	1134.8	822.57	658.18	812.32	566.66	1215.2	6960.81	28.65
備註	1. 太陽能板產出率為每日平均發電量除以系統額定發電量。									

以系統 3 為例，分為內政部建築研究所實際架假系統估算方式，與經濟部能源局的估算方試，估算方法如下所示：

內政部建築研究所實際架假系統估算方式：

系統 3 扣除 86 天降雨天數，且估算太陽能板壽命為二十年與含蓄電池系統的蓄電池壽命為每七年更新一次，用年複利 0.03% 來計算太陽能發電成本。

1. 系統 3 平均每日發電量：

$$\text{平均每日發電量} = (\text{總發電量}) / (\text{天數} - \text{降雨天數})$$

$$6960.81 / (243 - 86) = 44.34 \text{ 元}$$

2. 系統 3 建構費以二十年複利計算為：

$$2991172.10 \times (1.03)^{19} = 5245038.38 \text{ 元}$$

3. 系統 3 蓄電池費用：

$$1040000 \times (1.03^{19} + 1.03^{12} + 1.03^5) = 4512082.66 \text{ 元}$$

4. 系統 3 二十年總發電量：

$$44.34 \times 365 \times 20 = 323682 \text{ 度}$$

5. 每度電價

$$\text{每度電價} = (\text{總成本}) / \text{總發電量}$$

$$(5245038.38 + 4512082.66) / 323682 = 30.14 \text{ 元}$$

6.未設置蓄電池每度電價：

$$5245038.38/323682 = 16.2 \text{ 元}$$

經濟部能源局估算方試：

1.1kW 約 30 萬：

系統 3 額定為 12.6kW，故成本為 3780000。

$$3780000 * 1.03^{19} = 6628252.88 \text{ 元}$$

2.系統 3 蓄電池費用：

$$1040000 \times (1.03^{19} + 1.03^{12} + 1.03^5) = 4512082.66 \text{ 元}$$

3.系統 3 二十年總發電量：

$$44.34 \times 365 \times 20 = 323682 \text{ 度}$$

4.每度電價：

$$(11140335.5)/323682 = 34.42 \text{ 元}$$

5.未設置蓄電池每度電價：

$$6628252.88/323682 = 20.48 \text{ 元}$$

表 5-8 建研所及經濟部能源局太陽能電價估算結果

建研所架設系統推估太陽能發電電價(一月份到九月份，扣除當機及下雨天數)								
建研所	額定容量(kWh)	電池數	平均每日發電量(kWh)	建構費	蓄電池	總成本	二十年發電量(kWh)	每度電價
系統1-1(多)	2.94	0.00	9.71	697940.16	0.00	1223842.29	70883.00	17.27
系統1-2(多)	2.94	0.00	11.47	697940.16	0.00	1223842.29	83731.00	14.62
系統1-3(非)	2.70	0.00	11.12	640965.45	0.00	1123936.79	81176.00	13.85
系統3(單)	12.60	80.00	44.34	2991172.09	1040000.00	9757121.03	323682.00	30.14
未設置蓄電池每度電價								16.20

經濟部能源局太陽光電發電示範推廣計劃推估太陽能發電電價(一月份到九月份，扣除當機及下雨天數)								
經濟部	額定容量(kWh)	電池數	平均每日發電量(kWh)	建構費用	蓄電池費用	總成本	二十年發電量(kWh)	每度電價
系統1-1(多)	2.94	0.00	9.71	882000.00	0.00	1546592.34	70883.00	21.82
系統1-2(多)	2.94	0.00	11.47	882000.00	0.00	1546592.34	83731.00	18.47
系統1-3(非)	2.70	0.00	11.12	810000.00	0.00	1420339.90	81176.00	17.50
系統3(單)	12.60	80.00	44.34	3780000.00	1040000.00	11140335.54	323682.00	34.42
未設置蓄電池每度電價								20.48

由表 5-8 可觀察出，內政部建築研究所太陽能每度電的單價較經濟部能源局估算的單價便宜許多，主要的原因是建研所建構的系統為 30kW 的大系統，而經濟部能源估算的系統是針對家用、公司用等小系統，故內政部建築研究所太陽能電價能降低下來。若能持續推廣太陽能應用的領域，將台灣整體的太陽能系統容量持續往上成長，這是內政部建築研究所和國家所致力於實行的目標。

第六章 結論

本研究案在內政部建築研究所架設太陽能光電板發電容量達30kW，是國內現有之超大型光電系統，對於太陽能效益評估之提升，具有指標性意義。並記錄太陽能發電系統之整年運轉狀態及運轉資料來加以評估與分析。太陽能發電系統因不同方位南向所產生的太陽能發電效益，得以評估比較，成為台灣本土太陽能效益評估之數據。

由於不同材質的發電特性、適當的傾斜角度、自然雨水清潔太陽電池以及當時的氣候狀態等因素均會影響太陽能電池的發電效益，為了使太陽電池保持在最佳的發電狀態。究竟如何與建築外殼搭配可以發揮太陽能光伏系統最大效益，使太陽能發電成本降低，成為具有實際應用價值的電力來源，是本計畫的研究目標。

本研究藉由建築研究所設備館架設中之太陽光電板探討實際應用於遮陽設備之效益，另外架設小型直立於南向實驗收集系統，以作為不同材質、角度、溫度及清潔等發電效益分析，除此之外，並於國立成功大學自強校區架設東向、西向、南向等各方位的太陽能小型發電系統，以分析不同方位的發電效益。

經由2005年一月至九月資料的蒐集與分析，太陽電池帷幕牆構造在熱阻性能而言，是個優良外殼材料。在太陽電池帷幕牆耗能評估方面，經由DOE-2電腦模擬南向開口率40%，不透光部分採用太陽電池帷幕牆之構造，得出結果顯示太陽電池帷幕牆其冷房負荷在台北為9584.9 kcal、台中為10212.0kcal、高雄為11786.3 kcal，這個結果與通過我國節能法令Envload要求的建築物構造大致相當。在造價方面，太陽電池帷幕牆構造造價是一般玻璃帷幕牆的5.5~6倍；是雙層外牆玻璃帷幕牆(Double Skin Curtain Wall)的1.5倍。另外在不同材質、角度、方位、溫度及清潔等分析的項目的發電效益，結論如下所示：

材質：單晶矽>非晶矽>多晶矽。

角度：25°>20°>30°。

方位：西向>南向>東向。

溫度：在不同溫度下，溫度的變化會影響發電量有0.07%~4.57%的下降。

清潔：在不同材質下，太陽能電池板面的清澈度對於發電量有3.7%~29%的提升。

簡言之，遮陽板的設置能夠節約室內空調能源使用，其節能效益具有示範性意義；光電板能源效率提升、技術開發與成果，足以改善電力的尖峰用電促使供需平衡，促進能源資開發與再生能源之利用，分析太陽能發電系統記錄之整年運轉狀態及運轉資料，並加以評估，以了解裝設太陽能發電系統所能產生的太陽能發電效益期望利用本計畫實驗所紀錄的數據，找出可以發揮太陽能光伏系統最大效益的應用方式。使乾淨、無污染又不虞匱乏的再生能源—太陽能，可以更進一步成為穩定可靠的能源。

第七章 建議

1. 太陽電池之經濟效益在發電部分之評估，應當透過「平均氣象年」方法的模擬較為客觀。由於我國產官學實測太陽電池發電效益（逐時記錄並分析發電資料），其結果呈現南轅北轍結果，其原因在於各實驗深受架設地點及產品本身效率之異而影響（統計時間的代表性、地域氣候差異條件、廠牌產能差異），殊不知發電受日照直接影響，我國日照量特性若無法客觀評析，遑論呈現真正效益。因此應當回歸氣候條件，採用平均氣象年方法，統計日照質量較為客觀（以嚴謹的分析方法而言，此類研究需配合平均氣象年，以佐證在台灣的氣象條件下，太陽電池發電效益）。
2. 太陽電池若要成為帷幕牆構造之一，應當先通過耐候性實驗來證明。太陽電池帷幕牆構造視同玻璃帷幕牆構造，應先通過風雨實驗、壽齡實驗、...等耐候條件來確保構造品質，以利未來推廣。
3. 太陽電池帷幕牆構造特性整合於 ENVLOAD 公式模擬，以確切表達太陽電池對於降低 ENVLOAD 之功效。太陽電池整合於建築外殼（BIPV）的初步探討而言，光電版本身之熱阻斷能力極佳(U 值低於 $2.0 [W/(m^2 \cdot K)]$)，甚至比一般 15CM 的 RC 牆(U 值 $3.49 [W/(m^2 \cdot K)]$) 低上許多，亦即做為建築外牆，其熱阻斷能力優於一般 RC 牆；再者，其日射透過率(一般低於 0.4)亦低於一般玻璃(0.85)，因此以其取代傳統帷幕玻璃，其節能效益可期；此外，如將光電版整合設計為遮陽版，取其抵擋日射進入室內之功能，則節能效益更大。以上三部分之節能功效，分別對於降低 ENVLOAD 值各有助益，以提升建築構造體之 U 值而言，依經驗大約可降低 ENVLOAD 值 10%~20%，降低日射透過率則約可降低 ENVLOAD 值 25%~35%，提升遮陽性能貢獻最大，約可降低 ENVLOAD 值 35%~50%。以上數據僅為長年操作 ENVLOAD 研究之經驗數據，該些變數的實際貢獻比例則關連複雜，最理想的方式，乃將其整合於 ENVLOAD 公式之變數群，透過修正係數，以確切表達光電版對於降低 ENVLOAD 之功效。

參考文獻

1. 張品全,「太陽電池」,科學發展月刊, No.349
2. 杜瑞澤/周德志,「太陽能校園電動腳踏車系統」,大葉大學工業設計系暨研究所
3. Y.C. Kuo, T.J. Liang, and J.F. Chen, "Novel Maximum Power Point Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System", IEEE Transactions on Industrial Electronics 2001
4. T.J. Liang, Y.C. Kuo, and J.F. Chen, "Signal Stage Photovoltaic Energy Conversion System" IEE Proceeding-Electric Power Application 2001.
5. E.H.Lysen, "photovoltaics for Villages", Vol.13, No.10, IEEE Spectrum, 1994.
6. J.F.Chen, C.L.Chu, and C.L.Huang, "The Parallel Operation of two UPS by the Coupled-inductor Method," IEEE IE Conf.Rec, 1992, p733-736.
7. K.Siri, and C.Q.Lee, "Current Distribution Control of Converter Connected in Parallel," IEEE IAS Conf.Rec, 1990, p1274-1280.
8. D.M.Divan, "Inverter Topologies and Control Techniques for Sinusoidal Output Power Supply," IEEE APEC '91, p81-87.
9. M.A.Quintang, et al., "Recent Advanced in Outdoor Performance Evaluation of a PV System," IEEE PSC-1993, p1197-1202.
10. J.F.Chen, C.L.Chu, "Combination Voltage-controlled and Current-Controlled PWM Inverter for UPS Parallel Operation", IEEE Trans on PE, Vol.10 No.5, September, p547-558, 1995.
11. L.Cheng, R.Cheng and K.H.Leung, "Advanced Photovoltaic Inverter with Additional Active Power line Conditioning Capability", IEEE Trans on PE, Vol.1, p279-293, 1997.
12. W. Swiegers, J.H.R. Enslin, "High Efficiency Solar Cell Arrays System Trade-offs," Industrial Electronics Proceedings, ISIE '98, IEEE International Symposium, Vol.1, 1998, pp. 40-44
13. A. Mehmet, A. Mohammed, A. Alattawi, "A New Model For I-V Characteristic of Solar Cell Generators and Its Applications," Solar Energy Materials and Solar, 1995, pp. 123-132.
14. Hua, C. C., J. R. Lin and C. M. Shen, "Design and Implement of photovoltaic Power Storage with Digital Signal Processor," Journal of the Chinese Institute of Electrical Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 47-58, 1998.
15. Synman, D. B. and J. H. R. Enslin, "Analysis and Experimental Evaluation of a New MPPT Converter Topology for PV Installations," Proc. IECON-92, pp. 542-547, 1991.
16. T. Hiyama, S. Kouzuma, and T. Imakubo, "Identification of optimal operation point of PV modules using neural network for real time maximum power tracking control", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 10, No. 2, June 1995, pp. 360-367.
17. N. Mohan, T. M Undeland and W. P. Robbins, Power Electronics: Converters, Application and Design, John Wiley & Sons, Inc., 1995
18. T. Hiyama, S. Kouzuma, and T. Imakubo, "Identification of optimal operation point of PV modules using neural network for real time maximum power tracking control", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 10, No. 2, June 1995, pp. 360-367.
19. Altas, J. H. and A. M. Sharaf, "A Novel Fuzzy Logic Controller for Maximum Power Extraction from a PV Array Driving a Three-Phase Induction Motor," 7th Mediterranean Electrotechnical Conference Proceedings, Vol. 2, pp. 853-856, 1994
20. Abu-Sharkh, S.M., Hussien, Z.F. and Sykulski, J.K. "Current control of three-phase PWM inverters for embedded generators," Power Electronics and Variable Speed

- Drives, 2000. Eighth International Conference on (IEE Conf. Publ. No. 475) , 2000
Page(s): 524 –529
21. Van der Broeck, H. W. , H. C. Skudelny and G. V. Stanke, “Analysis and Realization of a Pulsewidth Modulator Based on Voltage Space Vector ,” IEEE Transactions on Industry Application , Vol. 24, No. 1, pp. 142-150,1998
 22. Tomas Markvart , "Solar Electricity", John Wiley & Sons. Inc, 1994
 23. K. Harada and G. Zhao, “Controlled Power Interface Between Solar Cells and AC Source,” IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 8, No. 4, Oct. 1993, pp. 654-662
 24. S. Suresh Babu and S. Palanichamy, “PC Based Controller for Utility Interconnected Photovoltaic Power Conversion Systems,” Proceedings of International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth, Vol. 1, Jan. 1996, pp. 101-106
 25. T. Takiebayashi and H. Nakata, “New Current Feed Back Control Method for Solar Energy Inverter Using Digital Signal Processor,” Proceedings of PCC ‘97, Vol. 2, Aug. 1997, pp. 687-690
 26. I. H. Altas, A. M. Sharaf, “A Novel On-Line MPP Search Algorithm for PV Arrays” , IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 11, No. 4, June 1996, pp. 748-754
 27. 曾煥堂, "太陽電池之原理與構造", 電子技術, No.29, pp.52-57, 1988
 28. 楊文正, "結晶矽太陽電池之介紹", 電子技術, No.29, pp.74-80, 1988
 29. 吳旭晉, 陳耀銘 “固定式太陽電池板最佳安裝角度之研究”, 第二十一屆 (2000) 電力工程研討會論文集, Vol. 1, pp.967-971
 30. 林瓊輝, "國內太陽電池產業發展契機與系統應用機能", 電力電子技術, 1999年8月, pp. 16-19
 31. 華自強, 沈志明, 林朝昌, 張政雄, “太陽能儲能系統最大功率追蹤技術之比較”, 第十八屆 (1997) 電力工程研討會論文集, Vol. 1, pp.26-31
 32. 糜自強, "數位化光伏能量轉換系統之研究", 國立成功大學碩士論文, 中華民國89年
 33. 李永龍, "多功能單相三線式光伏能量轉換系統之研究", 國立成功大學碩士論文, 中華民國88'
 34. 公共工程施工綱要規範, 行政院公共工程委員會
 35. 公共工程施工品質管理作業要點, 行政院公共工程委員會
 36. 公共工程爭議處理案例彙編 (I)、(II)、(III), 行政院公共工程委員會
 37. 鋼構造施工規範, 內政部營建署
 38. 建築工程施工規範, 內政部營建署
 39. 鋼構造建築物鋼結構設計技術規範, 內政部營建署
 40. 陳志泰, 1996.11, 「水電工程申請實務」, 詹氏書局
 41. 陳志泰, 1997.12, 「水電工程監造實務」, 詹氏書局
 42. 陳志泰, 1996.10, 「水電工程圖面估算實務」, 詹氏書局
 43. 陳志泰, 1998.03, 「水電工程相關法規彙編」, 詹氏書局
 44. 鄭信吉, 1998.04, 「營建法規彙編」, 大中國圖書公司
 45. 廖政治, 1994.03, 「建築排水、衛生設備配管施工標準圖實例」, 詹氏書局
 46. 廖政治, 1995.11, 「施工品質管理制度及實施情形」, 詹氏書局
 47. 廖政治, 1994.12, 「工程品質檢驗報告表」, 詹氏書局
 48. 李健雄, 1997.03, 「品質管制計畫書〈建築工程ISO 9002品質系統〉」, 詹氏書局
 49. 薛小生、黃郁東, 「工業配電」, 大中國圖書公司
 50. 林憲德, 1989.02, 「建築空調耗能評估之研究」, 文山書局

51. 賴榮平、林憲德等，1986.01「建築節約能源設計準則」，成大建研所編印，內政部營建署委託研究報告。
52. 林憲德等，1991.04「建築節約能源設計的指標與基準」，內政部建築研究所委託研究報告。
53. 林憲德等，1992.06「建築節約能源設計規範(辦公建築專用)」，內政部營建署委託研究報告。
54. 林憲德等，1993.06，「建築節約能源設計規範(旅館建築專用)」，內政部建築研究所委託研究報告
55. 林憲德，1994.11，「中央空調系統使用電能標準及費率計收準則之研究」，經濟部能原委員會編印
56. 林憲德，1995.04，「建築節能設計規範的解說與實例」，立宇出版社
57. 林憲德，1996.04，「熱濕氣候的綠色建築計畫」，詹氏出版社
58. 林憲德等，1995.06「集合住宅建築節約能源設計的指標與基準」，內政部建築研究所委託研究報告。
59. 林憲德等，1997，「建築空調節能設計—空調系統耗能係數PACS」，詹氏書局
60. 林憲德等，2000.10，「建築耗能調查分類與住宅類耗能調查之研究」，內政部建築研究所委託研究報告
61. 「建築節能法規解說」2003年版，營建雜誌社

期初審查意見回覆表

2005 年 2 月 26 日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>王副組長榮進：</p> <p>帷幕式光電板未來的發展方向應是朝向與外牆結合，以降低其成本，因此有關帷幕式光電板如當做建築物外牆使用時，其應具備之性能及對建築物外牆造價降低的助益與發電效益的量測等應做一完整性研究，本研究計畫建議先增列一些相關的初步研究內容與配合未來持續性的研究計畫。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理。 2. 本研究案除了量測不同方位之發電效益外，也將收集坊間其他建築外殼帷幕牆之造價，以作為比較。
2	<p>經建會林組長之瑛：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案之定位為「建築外殼新建材」之開發，達成發電遮陽及隔熱效果，符合國際計畫綠營建政策，處理新建材研發之工作重點，原則支持。 2. 本案達成目標部分，建請納入「改善室內環境」項目，(如：光環境、室溫部分)。 3. 為使本計畫實際可行，建議增加整體成本效益分析及可行性分析。 4. 鑑於太陽能光電板之研發，過去一直由經濟部主導，研究已有初步成果，92 年度已發布機關推廣獎勵要點在案。建請研究團隊加強聯繫多利用既有研究成果資源。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持。 2. 「改善室內環境」項目，(如：光環境、室溫部分) 部分，將以我國建築外殼節能法令 (ENVLOAD) 來作模擬計算其效益。 3. 本研究會進行成本效益分析及可行性分析。 4. 本研究為太陽能光電板結合建築，而經濟部的發表成果是以太陽能發電為主，本研究仍會收集經濟部既有之研究成果，以作為本研究的參考。
3	<p>邵教授文政：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫預期工作項目區分 a. 遮陽板 b. 太陽能光電板 c. 帷幕式光電板等三部份，其中 b 項屬於光電材料性能研究，a 與 c 則是遮陽板應用層面，本計畫著重在與建築物配合應用，是 	<ol style="list-style-type: none"> 1. b. 太陽能光電板與 c. 帷幕式光電板二部份，事實上可視為一體，過去太陽能光電板獨立於建築物外殼，造成造價及美學之劣勢，今為了結合建築物外殼帷幕牆 (所謂 MIPV) 其本意

	<p>否應調整其順序為 b-a-c 或是以 a 和 c 兩項為主要研究方向。</p> <ol style="list-style-type: none"> 計畫中實測比對部份是以東西南三個面向來量測，而在台灣北中南的氣候溫度等變化差距大，建議未來可增加北中南區位量測及效益比對。 	<p>就在克服上述兩項缺點。而 a. 遮陽板部分，指的是晶片及玻璃的遮蔽性能而言，所以三者都是在講光電式帷幕牆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 目前限於研究經費與人力，僅能搭配性能實驗群之設備，暫時收集南部地區之氣候條件下之發電效益。
4	<p>楊教授冠雄：</p> <p>本計畫規劃相當詳實，謹提供數個可供提高其應用方式參考：</p> <ol style="list-style-type: none"> 以太陽能光電板結合建築外殼設計，可先依據 ENVLOAD 所採用之標準建築平面進行安裝前及安裝後對於日照遮蔽率之改善，而實際反應於 ENVLOAD 值之改善上，予以數量化，且對於不同角度、不同地點等之分析，如此配合此次 ENVLOAD 簡算式之推廣，將發揮極大之成效。 有關希望將太陽光發電增加負載以利用方式，可期運用於「氣流窗」(air flow window)、晝光利用 (Day lighting) 及中庭頂部通風 (Atrium Ventilation) 之綠建築設計手法加以整合，可獲得良好之成果。 	<ol style="list-style-type: none"> 本研究案將會以 ENVLOAD 進行改善前改善後之效益模擬分析。 謝謝提醒。
5	<p>胡組長耀祖：</p> <ol style="list-style-type: none"> 光電板之抽真空部分問題，是否可加以說明，或許也可以與工研院能資所相關研究人員交流資訊。 光電板作為帷幕牆之結構，是否會對建築物室內之採光影響，可以加以說明。 成本及經濟效益說明，宜從材料製作就開始分析，由於相關 CO2 排放之限制 (京都議定書) 	<ol style="list-style-type: none"> 謝謝提醒。 光電板並不會作為帷幕牆之結構，是作為帷幕牆構造。帷幕牆的開口率將會參照現行法令來設定遮蔽率，因此不會對建築物室內採光造成負面影響，這個部分將會在研究報告中作說明。 謝謝提醒。

	對光電板本身之 LCCP (Life Cycle Climate Performance) 之評估可加強。	
6	<p>謝委員國璋：</p> <p>1. 「(帷幕式)光電板結合建築外殼之效益分析」之名稱請再考慮，否則易造成設計者或使用者誤解，致有與節能衝突而排斥使用，建議改以「外遮陽光電板……」。</p> <p>將來成果發表會時，請提出設計參考圖，現場與設計者、使用者研討，以整合製成參考示意圖，俾依適用性而有使用者意願。</p>	<p>1. 感謝委員建議，已改為「整合型太陽能光電板結合建築外殼之效益分析」。</p> <p>2. 將來成果發表會時，將會提出設計參考圖，現場與設計者、使用者研討，以整合各界意見。</p>
7	<p>陳委員麒文：</p> <p>1. 帷幕式光電板部分因台灣非高緯度國家，是否可參考德國太陽能綠建築，除了不同方位外亦能對適當偏斜角度之最佳發電效率，得出最佳設計方式。</p> <p>2. 經濟部何部長目前訪問德國，德國表示願意提供技術交流合作，是否可考慮今年赴德（如經費許可）考察訪問。德國願意配合「低能源消耗建築」之技術交流，可加速計畫之推動與政策之研擬。</p>	<p>1. 本研究之系統 2 即為分析不同偏斜角的發電效益，數據資料尚在收集中。</p> <p>2. 在經費允許之下，此法可行。</p>
8	<p>陳組長瑞鈴：</p> <p>太陽能光電板設置於建築物外殼除了發電之外還能達到遮陽、隔熱與節能等多功能用途，請將題目修正為「整合型太陽能光電板之經濟效益分析」。</p>	<p>1. 感謝委員建議，已改為「整合型太陽能光電板結合建築外殼之效益分析」。</p>

9	<p>何副所長明錦：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 目前太陽能光電板效益經台電等單位評估，無法達到預期經濟效益，如把太陽能光電板當成建築構件一部分，在考量現行建築法規與室內環境影響條件下，是否具備外殼建材功能，請執行單位做一完整性研究。 2. 本計畫案期望藉由執行單位對太陽能光電板與外殼構件結合實際量測探討中，提升太陽能光電板整體效益，以利國內相關產業研發與推廣。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。
---	--	--

期中審查意見回覆表

2005 年 8 月 24 日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>台灣營建研究院陳技師育聖：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 由於太陽能光電板不同之產出率，在造價上有很大之差異，請說明本研究案使用之光電板成本。另本案之目的在結合建築外殼，對於有結合光電板之建築其成本效益如何？請補充說明。 2. 由於本研究結果可看出不同設置角度之光電板，其輸出功率有很大之差異，然建築外殼多為垂直，是否有其他之結合方式，以提高其功率。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究案之太陽能光電板成本，根據內政部建築研究所決標書所示，平均成本 1kW 約為新台幣 200,000 元之譜，低於一般採購之 1kW 約為 300,000 元價格。但本研究在設置成本評估時，仍以 1kW30 萬元預估，並與其他常見帷幕牆造價做比較。 2. 太陽電池結合垂直式玻璃帷幕牆，其發電效益自然低於最佳角度之效益，但基於結合成為建築構造一部份，對於建築物整體造價可能有利。但在熱阻、日射透過率、遮陽三部分之節能功效，分別對於降低 ENVLOAD 值各有助益，以提升建築構造體之 U 值而言，大約可降低 ENVLOAD 值 10%~20%，降低日射透過率則約可降低 ENVLOAD 值 25%~35%，提升遮陽性能貢獻最大，約可降低 ENVLOAD 值 35%~50%。

2	<p>經濟部能源局吳振中：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案屬示範性質，亦即 BIPV，取代建築物部分建材，符合未來節能趨勢。 2. 考量光電板對溫度之差異性直接影響其發電效率，建議研究單位應作說明。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. BIPV，取代建築物部分建材，確為未來節能趨勢。 2. 本研究有比較水洗降溫系統對於發電效率之影響，已於期末報告中敘明。
3	<p>本部營建署陳雅芳：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本部業於 93.12.30 台內營字第 0930088332 號令訂定「辦公廳類建築物節約能源設計技術規範」、「百貨商場類建築物節約能源設計技術規範」、「旅館類建築物節約能源設計技術規範」、「醫院類建築物節約能源設計技術規範」、「住宿類建築物節約能源設計技術規範」、「學校類及大型空間類建築物節約能源設計技術規範」、「其他類建築物節約能源設計技術規範」，並廢止「建築技術規則建築設計施工編建築物節約能源設計技術規範」，自 94.1.1 實施。本案研究引用之資料似為修正前之規定，建請研究團隊更新資料來源。 2. 本案係針對整合型太陽能光電板結合建築外殼之效益進行探討，建議研究團隊可於後續研究中加入整合型太陽能光電板之設置成本、發電效益及回收年期之相關比對資料，以便了解其設置效益與發電效益間之關係。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究團隊正是該法令之原始研究單位，資料來源為第一手資料。 2. 本研究將於期末統計完成設置成本、發電效益及回收年限三項工作。

4	<p>陳組長文卿：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫名稱請修正（簡報與報告書不同）；期初委員審查意見亦請適當回應。 2. 計畫採用三種不同光電板，除在P.41指出發電效益差異不大外，並無其他效益，建議往經濟效益及其他效益方向研究。 3. 依計畫P.41表9各太陽能晶矽發電效益表中，換算為每個月之發電時數約50-60小時，即每天約2-3小時，似乎太短，建議持續收集資料，增加後續評估之準確性。 4. 對於報告撰寫，建議研究單位將計畫目標及預期效益說明清楚，以確認研究成果符合建研所之任務目標。 5. 報告P.5、P.6重覆太陽能光電系統設備說明，請修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，已修正為「整合型太陽能光電板結合建築外殼之效益分析」。 2. 感謝委員提醒，除來分析不同材質外，已朝角度、方位、溫度及清潔等方向進行。 3. 太陽能電池之發電量乃決定於當天的氣候，以及日照強度，太陽板之產出率係為當日發電量除以額定容量，收集之數據乃當日之全部發電量。 4. 謝謝提醒。 5. 謝謝提醒，已修正。
5	<p>楊教授冠雄：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案評估BIPV系統之節能改善時，建議能以目前綠建築評估手冊ENVLOAD之標準建築平面進行DOE2.1模擬計算，如此可將成果直接反映於法規應用上，更為具體。 2. 當進行BIPV整合型光電板之透過率實驗時，建議能依據不同波長範圍做出分佈圖，如此可做為後續空調及照明設計時之重要參考。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反映於ENVLOAD法規應用上，是本研究案未來衷心期待進行的工作。 2. 整合型光電板之透過率實驗時，依據不同波長範圍做出分佈圖，是本研究案未來期待進行的工作，目前無法做到。
6	<p>華院長志強（書面意見）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫研究著重於發電效益、遮陽和隔熱三方面，研究成果可加速相關產業之發展，值得肯定。 2. 針對計畫P.42，系統3與市電 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持。 2. 五月份系統3電池充放電有問題，此數據不準。 3. 感謝委員建議。

	<p>並聯效益中 5 月份時低於 60 %，建議提供當月份之天候條件或其他有助於了解之資訊。</p> <p>3. 日照強度與太陽能光電輸出功率有關，建議將計畫中遮陽板設置前後有關之室內溫度、濕度及空調用電等資料，與日照強度對照分析，以了解其綜合之效益。</p>	
7	<p>鄭秘書長期霖：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本計畫之經濟效益分析非常具有創意之研究，建議持續追蹤分析，以創造未來建築新創意與工法。 2. 光電板之裝設應以獲取太陽能轉換之電力效率為最高目的，建議配合不同地方與日照，訂出最佳化角度，以利營建與使用者參考。 3. 針對創新設計，如透光度、變光性等新產品之引進，建議均不能與帷幕設計之原意衝突。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持。 2. 不同角度之效益分析已持續收集中。 3. 感謝委員提醒。
8	<p>蕭理事長江碧：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究之主要目的應該是如何提升太陽能利用誘因，即設置太陽能良好地點之建築構造（如西曬牆），以太陽能板取代，減低成本，建議研究單位依此方向進行研擬效益分析及構造分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議。
9	<p>陳組長瑞鈴：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 整合型太陽能光電板若結合建材，則可以降低設置成本以利推廣。 2. 研究單位之研究方向與預期成果並未作適當對應，本案應著重在太陽能光電板結合建材成為一體構造，因此必須考慮屋頂以外之架設角度效益問題，所以必須收集垂直帷幕 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員支持。 2. 垂直帷幕式太陽能電池之發電，持續收集中；系統穩定性之調整，系統 2 已改為全部逆送市電，系統 2 已恢復正常。 3. 有關發電效益部份，結果已呈現於期末報告第五章。

	<p>式之發電效率。另有關成大歸仁校區太陽能系統之穩定性調整，則請研究單位協助解決。</p> <p>3. 有關電力之效益及初步模擬成果，應補充於期中報告書。</p> <p>4. 針對太陽能光電系統資料蒐集與分析之市電併聯效益中 (P.42) 系統 1 與系統 3 之累積發電量差異大，並無說明原因，請補充說明。</p>	<p>4. 系統 1 額定容量為 2.94kW，系統 3 額定容量為 12.6kW，故累積發電量差異大。</p>
--	---	--

期末審查意見回覆表

2005 年 11 月 25 日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>王副組長榮進：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建築物設置遮陽板對於室內空調耗能之變化所稱之綜合總耗電量是否指空調總耗電量宜釐清。 2. 太陽能方位角對於光電板發電效益之影響分析月份為何只有 4 月、5 月、7 月、8 月及 9 月宜補充說明。 3. 太陽電池帷幕造價為 30,000 元乙節，其造價資料來源宜補充說明。 4. 有關建議未來可建立本土性平均氣象年乙節，成功大學已建立過，是否可加以瞭解參考。 	<p>感謝委員指正</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 綜合總耗電量指的是空調總耗電量之意，已修正內文用詞。 2. 實驗設備於 3 月底架設測試完成，因此數據由 4 月起算。又 6 月間系統受颱風影響，經判斷數據殘缺而剔除，10 月份數據來不及整理於期末審查呈現，將會於定稿本補充 10~11 月數據。 3. 太陽電池帷幕造價為 30,000 元，乃參考經濟部能源局補助設置太陽能光電之價格而來，各研究單位推估太陽能光電成本，大多依此概估。 4. 成大林憲德教授所做平均氣象年資料，已事隔 30 年之氣象資料，確有必要更新，因此建議後續研究更新。
2	<p>周教授鼎金：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請說明水洗降溫之處理方式，及未來推廣之可行性與方法。 2. 目前建置太陽能光電系統，請說明維護情形與相關維護成本。 	<p>感謝委員指正意見</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 水洗降溫過程可以提昇效率在國外文獻中常見，然在本土研究中鮮有提及，因此本研究自行增加實驗工作，加裝灑水頭，每次灑水 5 分鐘，水量約為 150 公升，固定在午後一點左右實施噴灑，藉由資料收集器記錄變化，初步結果將併入後續研究，屆時將考慮實用與推廣之可行性。 2. 在本研究實驗階段之太陽能光伏系統維護上，由於實驗所需，系統開關切換頻繁，在量

		<p>測電錶部分，每月約損壞二~三個，至於其他維護成本方面，灑水系統，使用一具 1/2HP 泵浦，故有電力使用及清潔水量。在電力及用水方面的評估須待收集更多降溫除塵之發電效益後，再作整體結論，目前暫無評估。</p>
3	<p>陳教授寒濤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 太陽能光電板的使用壽命及維護成本如何，建議能加以說明。 2. p. 28 雙層玻璃和單層玻璃的 η_i 值會有明顯的差異，並非差不多。 3. p. 41 雙層外牆帷幕的造價可能有誤。 4. p. 41 玻璃帷幕建議改為單層明板玻璃帷幕。 5. p. 41 熱傳透 U 建議改為總熱傳係數或熱貫流率 U。 6. p. 26 雙層玻璃對遮陽性能並無幫助，請說明之。 	<p>感謝委員指正意見</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 根據產商的 Datasheet 太陽能光電板的使用壽命大致上為 20 年左右（國內無法證實），在維護上需因應使用的環境而定。其實除了光電板本身號稱 20 年壽命外，其他設備包括蓄電池、轉換器、變頻器、線路、…等，正常使用壽命約為三至五年不等，本研究期間短於上述時間，因此本研究目前無法得知相關設備之使用壽命。至於實驗階段之維護成本如上一問題意見回應所述。 2. 本文 p. 28 所稱雙層玻璃和單層玻璃的 η_i 值（遮陽性能）相對於隔熱性能，較不明顯之意（引自綠建築設計技術彙編文獻，p. T4-11 內政部建築研究所出版），本研究引用而不論述。 3. 委員誤會雙層玻璃為雙層外牆帷幕（Double Skin）構造，此為兩種不同構造的專有名詞，其造價經建築設計實務界訪查而得。 4. 玻璃帷幕乃建築構造專有名詞，並非單指材料差異（有單層明板、發色、多層等等玻璃帷幕），但本文會將單層明板玻璃加注於文中。 5. U 值乃熱傳透係數（或稱熱傳透率），建築教科書及政府法令（綠建築設計技術彙編、建築物節約能源設計技術規範）均以此名詞解說，本文據此引用。

		<p>6. 雙層玻璃強調的是熱阻性能，相形之下對遮陽效果而言助益不大（引自綠建築設計技術彙編，p. T4-11，內政部建築研究所出版），本研究引用而不論述。</p>
4	<p>黃教授瑞隆：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 經濟分析應增加考慮操作成本，不要只考慮初期投資成本，更具說服力。 2. 以 TMY2 評估太陽能板長期發電效益是否恰當，應多加考慮 TMY2 係針對建築耗能需求建立的，在美國針對太陽能分析有另外的氣象年格式，提供參考。 3. 表 5-2 設置前後的耗電比較，並針對遮陽產生的空調節能效果，建議更正為只針對空調耗電，不然容易造成誤導。 4. 本案執行成效良好，達到預期成果。 	<p>感謝委員指正意見</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 操作成本確實重要，但在國內其他文獻顯示，太陽能光電板的操作成本，明顯被人忽視。由於本研究期間尚短（不足一年），尤其是太陽能光電帷幕牆，在帷幕牆部分（如果是一個成熟的工業化產品），與一般帷幕牆維護提列於建築管理費用相同，機電部分則仍有很大探討空間，暫時沒有結論。 2. 以 TMY2 評估太陽能板長期發電效益是經過審慎評估而採行的方法。由於太陽能效益所謂發電量，直接受限於日射量，若不知日射量多寡，侈言發電量，數據恐流於偏頗。長久以來，國內各研究單位忽視氣候差異、設備差異，以單一氣候收集數據，漫談效益，其實容易造成誤導。TMY2 的評估可以得到標準日射量，據以模擬預測，以正視聽。 3. 設置前後的耗電比較，呈現因遮陽而產生的室內熱負荷降低，可以節省空調耗電之意。 4. 感謝鼓勵。
5	<p>劉教授華嶽：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告書中之現場照片(p. 78)中在光電模組之上架有維修走道，是否影響到太陽日射角度，造成連 bypass 系統皆無法處理的情形，簡言之，是否一開始就設計不當，影響事後效益分析。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建研所歸仁實驗區之太陽能系統是國內單一系統最大規模，而且因應多元實驗計畫之故，維修走道乃必要設施。走道欄杆在設計之初，也考慮採用細網欄杆以減少阻光，兼顧實驗及操作人員安全（走道是可移

	<p>2. 不同之光電模組不同角度架設之發電效益，已是公開之事實，建議以半透明之方式作比較，以提供建築在材料應用上有更多之選擇。</p> <p>3. 本報告書中未提及和普通透天住宅較相關之斜屋頂結合模式之評估，祇對帷幕遮陽等稍嫌美中不足。</p> <p>4. 光電模組結合帷幕牆的型式有所謂冷牆(既有外牆外掛)及熱牆(建築元件)2種，p81似乎既非冷牆與熱牆模式?</p> <p>5. 我們所稱之”另類的發廠-建築物外牆”在未來將扮演非常重要之角色，建議建研所未來在建築法規、景觀及都市計畫法中有所著墨。</p>	<p>動的)。況且本年度研究計畫是以現有設施進行設定多種實驗數據收集，與過去設計當與不當無關。bypass系統電路由成大電機系陳建富教授精心考慮設計，並無所謂無法處理情事產生。</p> <p>2. 不同之光電模組不同角度架設之發電效益，所謂公開之事實，誠為台灣研究界的盲點所在。簡言之，單一氣候、單一場址數據，無法代表台灣不同區域均有相同結果，更無法作為後續設置之預測評估。而且不同方位之實驗，國內鮮有案例，本研究率先進行實測。在發電量(效益)方面，光伏能受諸多修正參數影響。至於在期末審查時建議以半透明之方式作比較，本年度研究案無法執行，因此建議後續研究。</p> <p>3. 本年度計畫參考我國節能法令Envload分類，實驗定位在辦公建築之玻璃帷幕牆發電效益。至於以普通透天住宅比較或與斜屋頂模式之比較建議，顯非本年度計畫目標。</p> <p>4. 本年度計畫旨在測試收集不同方位板體之發電效益，尚未形成BIPV。P. 81為實驗設備，本來就沒有所謂冷牆或熱牆之辨。</p> <p>5. 本項意見，非本年度計畫探討論述範圍，建請併入後續研究參考。</p>
6	<p>中華民國建築師公會全國聯合會 王建築師立信：</p> <p>1. 太陽能光電板水洗能提高發電效能，但水洗會耗電之因素未見提及。</p> <p>2. 節能等法令，應標示公佈日期之版本。</p> <p>3. 太陽能光電板折舊成本未見提</p>	<p>感謝委員意見</p> <p>1. 由於本年度在先期試驗架設水洗設備，在耗用水電資源上，有量化不足現象，將於未來計畫中做嚴謹定量。</p> <p>2. 將於期末定稿本中修正補注。</p> <p>3. 感謝委員建議，根據廠商的Datasheet宣稱，太陽能光電</p>

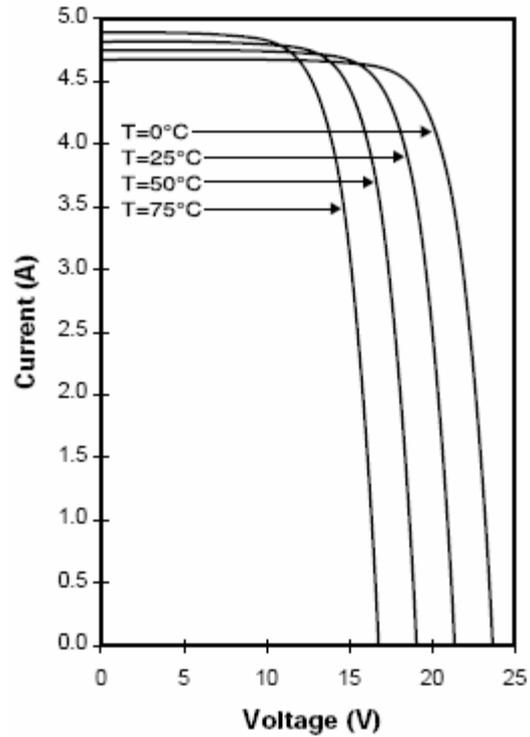
	及。	板的使用年限大約為 20 年，然光電板材外，尚有諸多設備壽齡不一情形，暫時無法討論。
7	<p>陳組長瑞鈴：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本所建置太陽能光電系統主要在於了解其發電效益，並以遮陽板結合建築外達到減少耗能之目的。 2. 本案應找出有關單晶、多晶及非晶三種不同種類太陽能板，其分別之最佳發電效率之溫度。並且分析各晶片之發電效率隨著溫度升高而遞減的程度，以提出在台灣氣候下之最佳選擇或建議。 3. 本案分析每度發電電價在未含蓄電池情形下為 16.2 元，較經濟部能源局估算的 20.48 元便宜，在現況上較不易達成，建議應一述明含蓄電池之發電費用。 4. 有關太陽能光電板之水洗部份，主要用來比較太陽能光電系統清潔與否對發電效率之影響，報告內應敘明，以免造成誤解。另在分析本項目時，應在清洗前後相同溫度下作比較。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本年度研究案目的在此。 2. 遵照辦理，並於期末定稿本提出初步結論。 3. 遵照辦理，將同時並列含蓄電池之發電成本於定稿本。 4. 遵照辦理，將在內文中補述水洗效果對於系統之影響。

附錄一 太陽能板規格



BP 275

BP 275 I-V Curves



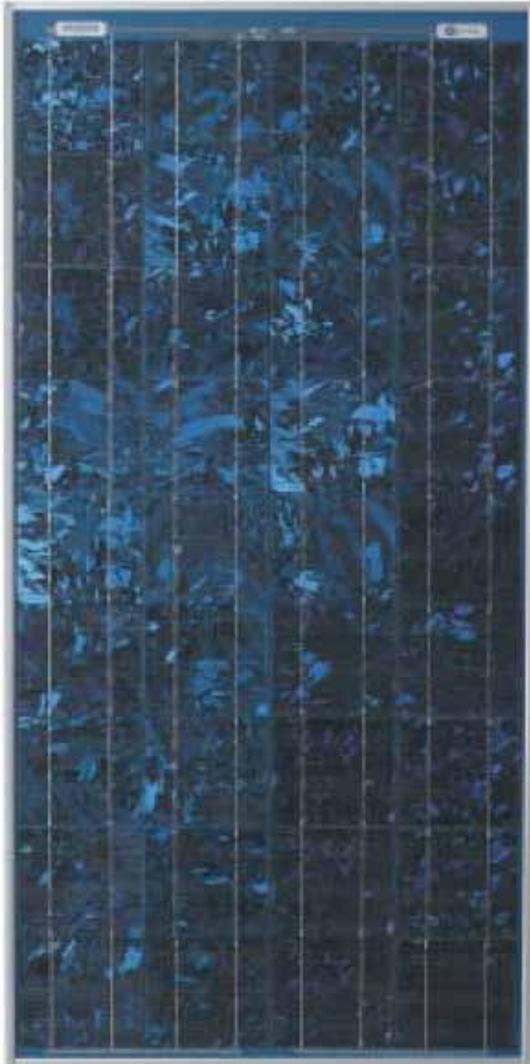
Curve Conditions:

- 25°C
- AM 1.5
- $1\text{k}/\text{w}^2$ illumination

Electrical Characteristics¹

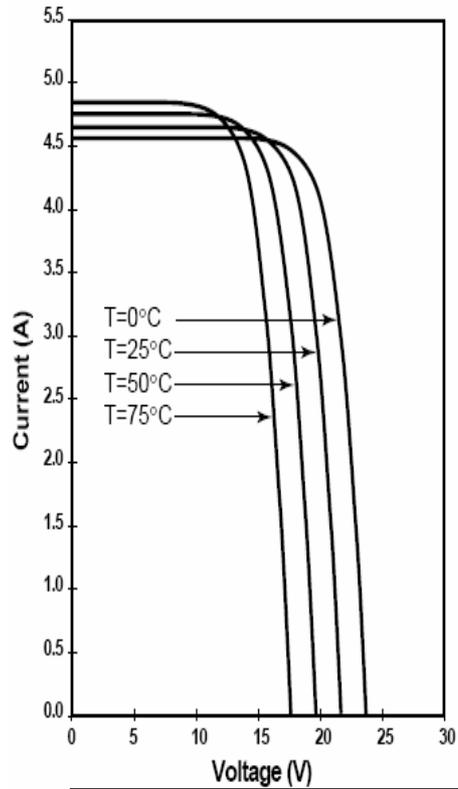
	BP 275	BP 270 ⁴
Maximum power (P_{max}) ²	75W	70W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	17.0V	17.0V
Current at P_{max} (I_{mp})	4.45A	4.16A
Warranted minimum P_{max}	70W	65W
Short-circuit current (I_{sc})	4.75A	4.48A
Open-circuit voltage (V_{oc})	21.4V	21.4V
Temperature coefficient of I_{sc}	$(0.065 \pm 0.015)\%/^{\circ}\text{C}$	
Temperature coefficient of voltage	$-(80 \pm 10)\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	
Temperature coefficient of power	$-(0.5 \pm 0.05)\%/^{\circ}\text{C}$	
NOCT ³	$47 \pm 2^{\circ}\text{C}$	
Maximum system voltage	600V (U.S. NEC rating) 1000V (TÜV Rheinland rating)	
Maximum series fuse rating	20A	

BP Solar BP 270、275 太陽能板規格



BP SX 75TU

SX 75TU I-V Curves



Curve Conditions:

- 25°C
- AM 1.5
- 1k/w² illumination

Electrical Characteristics¹

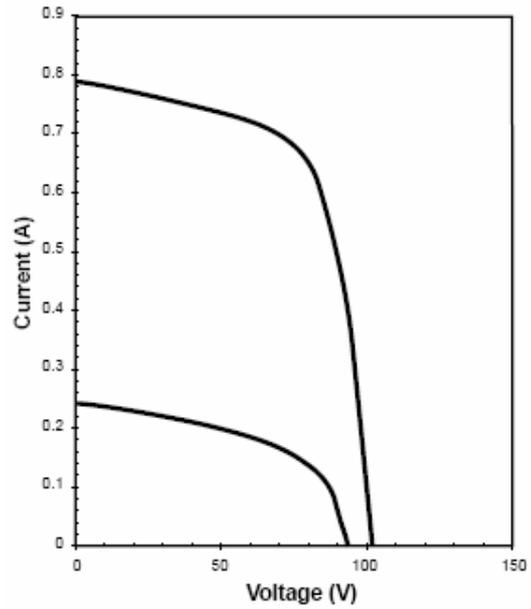
	SX 75TU	SX 70TU ⁴
Maximum power (P_{max}) ³	75W	70W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	17.3V	17.0V
Current at P_{max} (I_{mp})	4.35A	4.11A
Warranted minimum P_{max}	70W	65W
Short-circuit current (I_{sc})	4.75A	4.5A
Open-circuit voltage (V_{oc})	21.8V	21.4V
Temperature coefficient of I_{sc}	(0.065±0.015)%/°C	
Temperature coefficient of voltage	-(80±10)mV/°C	
Temperature coefficient of power	-(0.5±0.05)%/°C	
NOCT ²	47±2°C	
Maximum series fuse rating	20A	
Maximum system voltage	600V (U.S. NEC rating) 1000V (TÜV Rheinland rating)	

BP Solar BP XS 75TU 太陽能板規格



BP 850

BP 850 I-V Curves



Curve Conditions:

- 25°C
- AM 1.5

Electrical Characteristics¹

	BP 850	BP 845 ²
Maximum power ³ (P_{max})	50W	45W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	78V	75V
Current at P_{max} (I_{mp})	0.64A	0.6A
Short-circuit current (I_{sc})	0.78A	0.75A
Open-circuit voltage (V_{oc})	101V	100V
Warranted minimum power	45W	40.5W
Design max V_{oc} ⁴	117V	117V
Nominal voltage	48V	48V
Maximum series fuse rating	20A ⁸	
Maximum system voltage ⁵	600V	
Temperature coefficient of power	-(0.22±0.03)%/°C	

BP Solar BP850 太陽能板規格

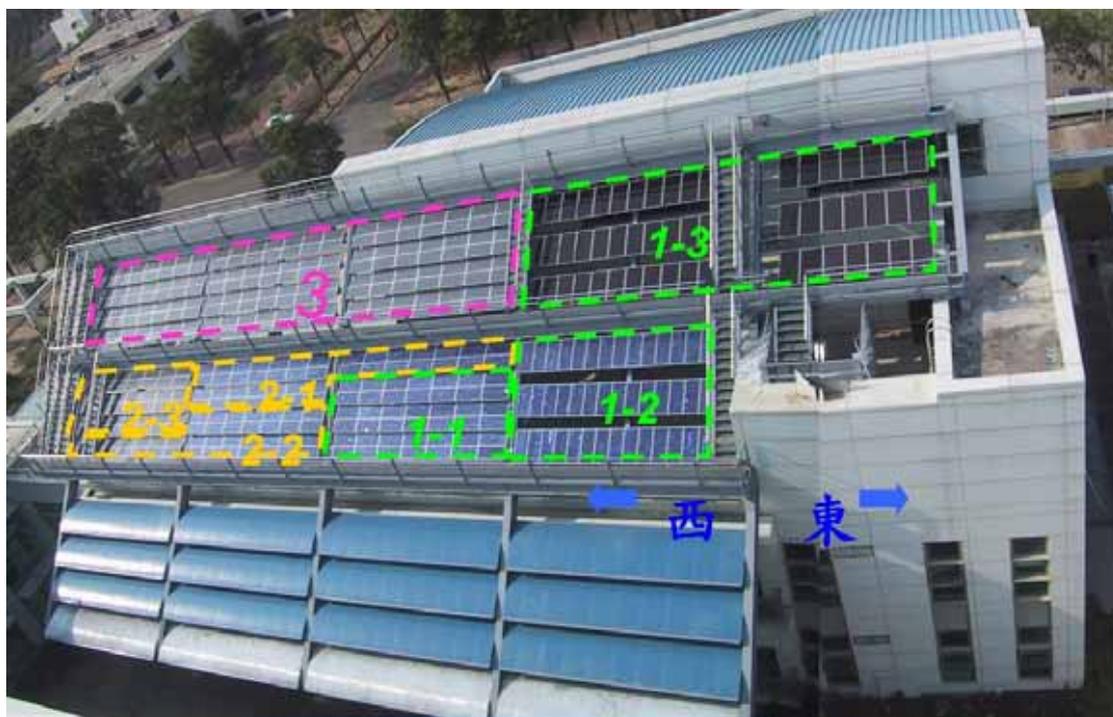


CHARACTERISTICS	
PHYSICAL	
Dimensions	1304 x 340 x 39,5 mm
Weight	5,5 kg
Number of cells in series	36
Number of cells in parallel	1
NOCT (800 W/m ² , 20 °C, AM 1.5, 1m/s)	47 °C
ELECTRICAL (1000 W/m², 25 °C cell , AM 1.5)	
Nominal Voltage (V _n)	12 V
Maximum Power (P _{max})	55 W _p ± 10 %
Short-circuit current (I _{sc})	3,38 A
Open circuit voltage (V _{oc})	21,6V
Maximum power current (I _{max})	3,16 A
Maximum power voltage (V _{max})	17,4 V
CONSTRUCTIVE	
Cells	Single-crystal Si, textured and antireflectivity layered
Contacts	Redundant contacts on each cell for circuit reliability
Laminate	EVA (ethylene vinyl acetate)
Front face	Tempered glass with improved light transmission
Back face	Tough multi-layered backsheets Tedlar
Frame	Anodised aluminium
Connection boxes	2 x IP 65 with built-in bypass diodes
Grounding connection	Yes
Certifications	IEC 61215 and Class II by TÜV certificate
Cable Section	4-10 mm ²
Connection box	Pression screw with possibility of soldering/optional multi-contact

Isofoton I-55 太陽能板規格

附錄二 光電系統照片

附件一 歸仁校區光電系統全貌



系統	系統 1-1	系統 1-2	系統 1-3	系統 2-1	系統 2-2	系統 2-3	系統 3
光電板材質	多晶矽	多晶矽	非晶矽	多晶矽	多晶矽+ 單晶矽	單晶矽	單晶矽
傾斜角	25 度	25 度	25 度	15 度到 30 度	15 度到 30 度	15 度到 30 度	25 度
面積(平方公尺)	23.73	23.73	38.23	23.73	23.73	23.73	94.92
系統容量(kW)	2.94	2.94	2.7	2.94	2.975	3.15	12.6

附件二 歸仁校區光電系統側照



附件三 歸仁校區光電系統近照



附件四 小型氣象站



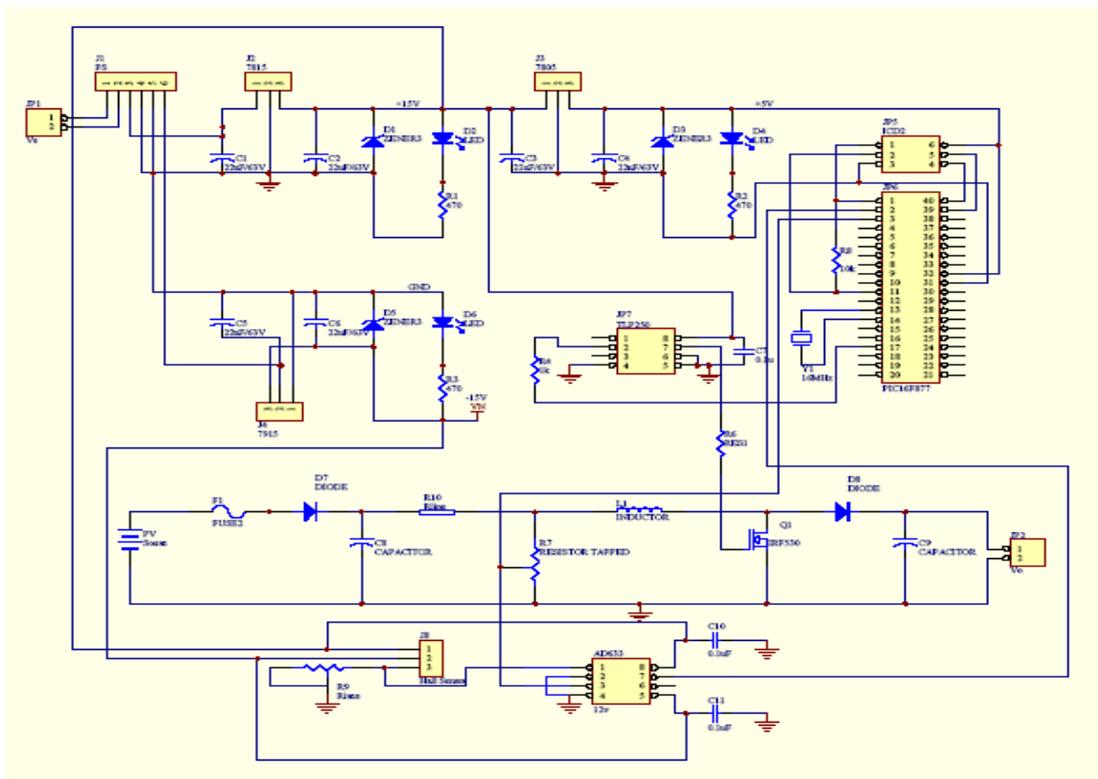
附件五 蓄電池組



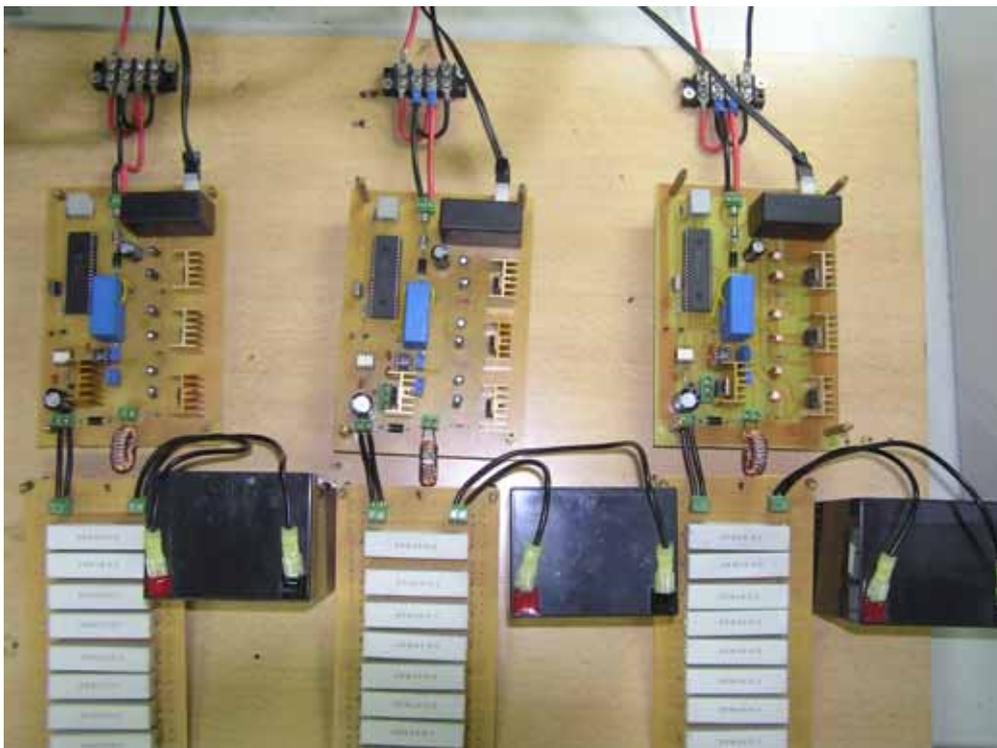
附件六 測定實驗看板



附件七 帷幕式 MPPT 電路圖



附件八 帷幕式 MPPT 實體電路



附件九 帷幕式太陽能板

