

建築門窗用玻璃貼膜與方位之節能 效益相關性研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 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)

PG10912-0141

建築門窗用玻璃貼膜與方位之節能 效益相關性研究

研 究 人 員：蔡介峰 副研究員

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 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

A Study on the Correlation between the
Energy-Saving Benefits of the Glass Film
Used for Doors and Windows and the
Building Orientation

BY

Chieh-Feng ,Tsai

December, 2020

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VIII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究內容.....	4
第三節 研究流程與步驟.....	5
第二章 資料蒐集與文獻分析.....	6
第一節 建築玻璃種類及貼膜應用.....	6
第二節 國內外相關規範發展概況.....	16
第三節 建築玻璃及貼膜應用相關研究.....	39
第三章 實驗計畫與結果.....	46
第一節 玻璃及貼膜之光學與熱力實驗設備及程序... ..	47
第二節 玻璃及貼膜試驗之光學與熱力性能分析.....	71
第三節 全尺度實驗計畫.....	94
第四章 結論與建議.....	120
第一節 結論.....	120
第二節 建議.....	123
附錄一 期初審查會議紀錄及處理情形.....	125
附錄二 期中審查會議紀錄及處理情形.....	131

附錄三 期末審查會議紀錄及處理情形 135

參考書目 138

表 次

表1-2.1	研究內容與進度說明	4
表2-1.1	高性能節能綠建材評定基準表:節能玻璃.....	6
表2-1.2	複層玻璃依隔熱性及日光輻射熱遮斷性分類	10
表2-1.3	日射熱反射玻璃依日光輻射熱遮斷性分類	13
表2-2.1	我國近年來有關門窗或玻璃公佈之國家標準	17
表2-2.2	奈米金屬氧化物透明隔熱膜判定基準	22
表2-2.3	建築技術規則氣候分區	26
表2-2.4	建築技術規則透光天窗日射透過率基準	26
表2-2.5	建築技術規則窗平均熱傳透率基準	27
表2-2.6	外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能基準值..	27
表2-2.7	建築技術規則外殼耗能基準	28
表2-2.8	建築技術規則建築物外殼等價開窗率基準值.....	29
表2-2.9	建築技術規則窗面平均日射取得量基準值	29
表2-2.10	建築技術規則窗面平均日射取得量基準值計算公式	30
表2-2.11	高性能節能綠建材評定基準表:建築用隔熱材料.....	31
表2-2.12	高性能節能綠建材評定基準表:玻璃貼膜材料.....	32
表2-2.13	高性能節能綠建材評定基準表:屋頂及外牆系統或構造.	32
表2-2.14	高性能節能綠建材評定基準表:節能塗料.....	33
表2-2.15	既有建築節能改善擴大計畫相關說明	34
表2-2.16	國外有關玻璃及貼膜光學及熱力量測標準	35
表2-2.17	各國窗戶之隔熱性能規範	37
表2-2.18	各國節能窗（玻璃）評定制度	38
表3-1	本所熱環境實驗室通過TAF認證項目	46
表3-1.1	紫外線各波長能量分佈對照表	68
表3-1.2	可視光各波長能量分佈對照表	69

表3-1.3	日光各波長能量分佈對照表	70
表3-2.1	某相同構造材質複層玻璃填充不同氣體之試驗比較.....	72
表3-2.2	複層玻璃各種組合方式統計	74
表3-2.3	樣本複層玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計	78
表3-2.4	樣本膠合玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計	83
表3-2.5	樣本平板玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計	90
表3-2.6	玻璃貼膜測試結果及平均值	92
表3-2.7	樣本玻璃貼膜通過各項基準統計	93
表3-3.1	測試驗證平台簡易比較	95
表3-3.2	本次實驗選用隔熱膜之性能數據	102
表3-3.3	本次實驗規劃內容	104
表3-3.4	本次實驗期間外氣統計資料	104
表3-3.5	實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之空調用電	108
表3-3.6	測試室黏貼PR隔熱膜各時段耗電百分比	109
表3-3.7	測試室黏貼SN隔熱膜各時段耗電百分比	110
表3-3.8	實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位玻璃表面平均溫度	114
表3-3.9	實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之玻璃表面熱通量	114
表3-3.10	黏貼隔熱膜於不同建築方位之平均照度值	115
表3-3.11	PMV 不同數值所代表的意義	116

圖 次

圖1-3.1	研究流程與步驟	5
圖2-1.1	玻璃貼隔熱紙照片	8
圖2-1.2	調光玻璃照片(通電前)	8
圖2-1.3	調光玻璃照片(通電後)	8
圖2-1.4	膠合玻璃剖面示意圖及照片	9
圖2-1.5	複層玻璃(膜懸掛中間)剖面圖	11
圖2-1.6	複層玻璃(膜黏貼玻璃表面)剖面圖及照片	12
圖2-1.7	LOW-E玻璃(基板為膠合玻璃)剖面圖	13
圖2-1.8	日射熱反射玻璃(基板為浮式玻璃)剖面圖	14
圖2-1.9	玻璃可見光透射(反射)率示意圖	15
圖2-1.10	玻璃日光輻射熱取得率係數示意	15
圖2-2.1	奈米標章logo	21
圖2-2.2	亮度量測示意圖	25
圖2-3.1	6個實驗屋(玻璃均安裝於朝西面).....	39
圖2-3.2	6個實驗屋(玻璃均安裝於朝西面).....	40
圖2-3.3	實驗監測之醫院建築	41
圖2-3.4	微結構膜及導光應用	42
圖2-3.5	該研究電腦模擬模型	43
圖2-3.6	該研究驗證用實驗屋	44
圖2-3.7	該研究實驗採用QUV設備及研提國家標準(草案).....	45
圖3-1.1	本所紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀	49
圖3-1.2	本所傅利葉轉換紅外線光譜儀	51
圖3-1.3	本所Hot Disk熱傳性質分析儀及量測探針.....	53
圖3-1.4	本程序玻璃量測各層定義圖	57
圖3-2.1	複層玻璃中間空隙統計	73
圖3-2.2	複層玻璃中間空隙厚度與U值之關係圖	73

圖3-2.3	複層玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖	76
圖3-2.4	複層玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖	76
圖3-2.5	複層玻璃遮蔽係數 S/S_c 之案件分布圖	77
圖3-2.6	複層玻璃熱傳透率 U/U_c 之案件分布圖	79
圖3-2.7	膠合玻璃設計厚度統計	81
圖3-2.8	膠合玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖	82
圖3-2.9	膠合玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖	82
圖3-2.10	膠合玻璃遮蔽係數 S/S_c 之案件分布圖	83
圖3-2.11	膠合玻璃輻射率(室內側)與熱傳透率關係圖	84
圖3-2.12	膠合玻璃輻射率(室內側)與熱傳透率關係圖	84
圖3-2.13	膠合玻璃厚度與熱傳透率關係圖	85
圖3-2.14	平板玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖	88
圖3-2.15	平板玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖	88
圖3-2.16	平板玻璃遮蔽係數 S/S_c 之案件分布圖	89
圖3-2.17	LOW-E玻璃日光輻射熱遮斷性分類統計	89
圖3-3.1	測試室及比對室示意圖	96
圖3-3.2	可撓式熱流 U 值感測片	97
圖3-3.3	熱流感測片數值記錄器	98
圖3-3.4	室內型多功能溫濕度計	98
圖3-3.5	室內熱舒適性量測系統	100
圖3-3.6	感測與診斷設備架構	100
圖3-3.7	測試A室之帷幕玻璃隔熱膜施工	102
圖3-3.8	實驗屋之帷幕玻璃面向不同方位	103
圖3-3.9	測試室玻璃貼PR隔熱膜即時空調用電累計(面向東).....	106
圖3-3.10	測試室玻璃貼PR隔熱膜即時空調用電累計(面向南).....	106
圖3-3.11	測試室玻璃貼SN隔熱膜即時空調用電累計(面向西).....	107
圖3-3.12	測試室玻璃貼SN隔熱膜即時空調用電累計(面向北)	107
圖3-3.13	測試室玻璃貼PR隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向東)..	112
圖3-3.14	測試室玻璃貼PR隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向南)..	112

圖3-3.15	測試室玻璃貼SN隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向西).	113
圖3-3.16	測試室玻璃貼SN隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向北).	113
圖3-3.17	測試室玻璃貼PR隔熱膜距離玻璃之即時照度值	115
圖3-3.18	測試室玻璃貼PR隔熱膜之熱舒適度(開空調).....	117
圖3-3.19	測試室玻璃貼PR隔熱膜之熱舒適度(關空調).....	118
圖3-3.20	測試室玻璃貼SN隔熱膜之熱舒適度(開空調).....	118
圖3-3.21	測試室玻璃貼SN隔熱膜之熱舒適度(關空調).....	119

摘要

關鍵詞：節能、隔熱膜、全尺度實驗

一、研究緣起

目前國內既有建築物佔全國建築物總量97%以上，因早期興建之建築物，並無建築節能法規之要求，故普遍存在耗能等問題，相關研究指出建築外殼開口部之節能對策以外遮陽施作方式最有效果，可有效阻擋日輻射取得率，惟在既有建築物部分，因外遮陽係於建築完工後之事後施工，需考量其施工便利性及成本等因素，常讓使用單位於規劃外遮陽改善時難以抉擇，尤以玻璃帷幕大樓之外遮陽增設，工程上更加困難。因此，於既有建築外殼開口部，應用玻璃貼附隔熱膜之節能改善對策，實務上亦納為改善手法之一。

近年來建築隔熱膜科技逐漸成熟，應用之隔熱原理多元，且產品種類眾多，部分宣稱具有高隔熱、高透光、低反射及有效阻隔紫外線功效，但究竟其隔熱、透光及反射性能如何？國內尚未有完整之調查研究可供參考，此外，玻璃貼膜應用亦會受到諸多因子影響，如氣候、方位、經緯度、建物中其他材料之表現等等，因此，早期研究常常採用大尺度或實尺度實驗加以驗證，施作於既有或實驗用建築物上，實際量測其節能表現，惟受限建築物方位固定及實驗場域條件，往往難以同時得到整合數據資料供進一步研析。

二、研究方法及過程

本研究採用之方法及過程概述如下：

(一) 資料收集法：

蒐集建築玻璃及貼膜應用規範、技術文獻以及性能對室內光、熱環境和節能效果影響的研究與進展，並透過國外量測標準之解析，作為研制(修)相關 CNS 標準草案方向之建議。

(二) 實測試驗法：

透過前期玻璃貼膜材料試驗調查成果，完成性能數據整合與分析，並採用「亞熱帶節能建築測試驗證平台」進行不同建築方位的室內光、熱環境和空調能耗測量的全尺度實測實驗，以解析隔熱膜的熱力與光學性質對其影響，及估算個案投入成本及省電效益。

(三) 歸納分析法：

綜合資料蒐集、實測試驗及前期研究成果進行比較分析，俾整理提出相關建議，以供後續應用參考。

三、重要發現

- (一) 在資料蒐集分析部分，我國在玻璃及貼膜之可視光透射率、可視光反射率、日光輻射熱取得率係數、輻射率、日光輻射熱遮斷值等量測主要引用 CNS 12381 標準，該項國家標準係於 100 年調合 JIS R3106「板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法」發布，惟在隔熱性之熱傳透率(熱阻值)量測部分尚未調合 JIS R3107「板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法」或將 ISO 10292 轉化為 CNS 標準，建議可納入國家標準發展參考。
- (二) 在複層玻璃分析部分，本研究收集之 71 件試驗產品，試驗發現中間空隙層填充不同氣體對整體複層玻璃之光學性能及日光輻射熱遮斷效果幾乎沒有影響，但因惰性氣體之熱阻值較乾燥空氣來的低，在隔熱性能之熱傳透率 U 值會有顯著差異，依空隙層設計厚度，約有 1~2 成之降低效果。
- (三) 在膠合玻璃分析部分，本研究收集之 53 件試驗產品，試驗發現玻璃之室內側輻射率值越大則熱傳透率越大，其迴歸分析資料顯示其判定係數為 $R^2=0.94$ ，顯著值小於 0.05，顯示膠合玻璃之室內側輻射率與熱傳透率線性關係存在該線性迴歸方程式應可提供作為預測推估之用，另室外側之輻射率及膠合玻璃總厚度與熱傳透率無明顯相關，其迴歸分析資料顯示判

定係數分別為 $R^2=0.2336$ 、 $R^2=0.1584$ 。

- (四) 在 LOW-E 分析部分，本次 17 件樣本 LOW-E 玻璃產品，其試驗結果計有 11 件(約 65%)日光輻射熱遮斷性能達 1 型基準、6 件(約 35%)日光輻射熱遮斷性能達 2 型基準。另在玻璃貼膜分析部分，本次 261 件玻璃貼膜通過可視光透射率 ≥ 0.60 計有 86 件(約 33%)、可視光反射率 ≤ 0.20 計有 206 件(約 79%)及遮蔽係數(Sc 值) ≤ 0.57 計有 165 件(約 63%)，能同時達到三項基準計有 21 件(約 8%)。
- (五) 在全尺寸實驗屋空調耗電量分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝某通過節能綠建材基準之 PR 隔熱膜，比對室則不安裝，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(16.52%)>東方(8.57%)>南方(7.19%)>北方(3.44%)，若以每度電費 4 元概估，安裝 PR 隔熱膜之回收年限約 19.6 年。另安裝未達上開基準 SN 隔熱膜，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(3.75%)>東方(2.67%)>北方(1.64%)>南方(1.11%)，若以每度電費 4 元概估，安裝 SN 隔熱膜之回收年限約 40.5 年。
- (六) 在全尺寸實驗屋熱環境分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，比對室則不安裝，測試室在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫度較比對室高 1.73℃、0.5℃、2.43℃及 0.48℃，整體溫差平均值為 1.29℃，另安裝 SN 隔熱膜分別高 1.91℃、1.05℃、2.22℃及 1.74℃，整體溫差平均值為 1.73℃，故在應用上需留意，靠近帷幕玻璃表面的人員對於室內熱舒適之不滿意度可能會提高。
- (七) 在全尺寸實驗屋光環境分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在距離玻璃帷幕約 1.8m 處，整體照度平均值 3,521 lux、比對室平均值 5,178 lux，另安裝 SN 隔熱膜整體照度平均值 4068 lux、比對室平均值 4958 lux，均遠大於工作場所目標照度 500 lx 之需求，故隔熱膜除吸收部分太陽輻

射熱，同時亦阻絕太陽光中之可視光進入室內，以減緩眩光發生。

- (八) 在全尺寸實驗屋熱舒適度評估分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在開啟空調模式，測試室之平均 PMV 為 0.81，比對室之平均 PMV 為 0.97，測試室之平均 PPD 為 20.80，比對室之平均 PPD 為 25.50，另安裝 SN 隔熱膜，測試室之平均 PMV 為 1.41，比對室之平均 PMV 為 1.75，測試室之平均 PPD 為 46.09，比對室之平均 PPD 為 59.72，明顯可看出帷幕玻璃貼附隔熱膜能使室內空間更為舒適。
- (九) 在全尺寸實驗屋熱舒適度評估分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在關閉空調模式，測試室之平均 PMV 為 2.11，比對室之平均 PMV 為 2.30，測試室之平均 PPD 為 80.13，比對室之平均 PPD 為 82.63，另安裝 SN 隔熱膜，測試室之平均 PMV 為 3.16，比對室之平均 PMV 為 3.80，測試室之平均 PPD 為 90.17，比對室之平均 PPD 為 93.98，明顯可看出關閉空調 PMV 數值變大，人體感覺較炎熱，且預測不滿意百分比 PPD 大幅提高。

四、主要建議事項

- (一) 賡續利用智慧型節能建築測試驗證平台，進行各項建築節能、環境控制與智慧化系統整合基礎研究工作：立即可行建議
主辦機關：成功大學能源科技與策略研究中心
協辦機關：內政部建築研究所

本研究本(109)年採用前成功大學能源科技與策略研究中心瞻綠能基礎建設所建置的第一座亞熱帶智慧型節能建築測試驗證平台(Spinlab)作為全尺度實驗的載體，完成玻璃貼膜材料之空調耗能、熱舒適性及光環境等因子探討，該平台主要功能可在實際環境條件下進行測試，藉由相關測試結果能夠分析建築節能技術的開發、能源效率的改善、環境與視覺舒適度的成效，建議後續可再規劃節能建材、室內環境、

智慧化調控及系統整合等相關合作研究議題，以達到建築安全、居住環境品質及永續發展之目標。

(二) 進行”門窗”國家標準制(修)訂推動之工作：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

本研究彙整發現我國現行 CNS 標準關於”門窗”材質部分，目前只有 CNS 3092「鋁合金製窗」、CNS 7477「鋁合金製門」、CNS 12430「鋼製窗」、CNS「鋼製門」及 CNS 6400「聚氯乙烯塑膠窗」等 5 個標準，僅能針對鋁製、鋼製、聚氯乙烯製等 3 種材質的門窗進行性能規範，惟其餘材質之門窗目前尚無國家標準可供遵循，如何整合?或研議相關適用標準，建議可納入國家標準發展方向參考。另分析上開 5 個”門窗”標準，在隔熱性部分係以熱阻值為指標，惟臺灣地處亞熱帶氣候，日光輻射熱遮斷對節能效果亦相當重要，目前國際相關規範已將門窗產品的之熱傳透率 U 值(熱阻值之倒數)與日光輻射熱取得率係數 η 值納入測試範疇，建議可參酌調適將 η 值納入，以利節能需求。

Abstract

Keywords: Energy saving, Heat insulation film,
Full scale experiment

At present, the floor area of existing building is around 97% of total floor area. Because the buildings built in the early days did not have the requirements of building energy conservation regulations, energy consumption generally existed. Relevant studies point out that shading device is the most effective method for the opening of the building envelopes, but this method is not feasible to apply to the existing building, considering the regulation stipulates building total floor area ratio, and the expensive scaffold.

In recent years, the technology of heat insulation film has gradually matured, and the applied insulation principles are diverse, and there are many types of products. Therefore, this study explores the thermal and optical properties of building glass and film; and further analyzes the influences of a building's glass and film on indoor lighting, thermal environment and energy consumption of air conditioning, etc.

The experimental results indicate that the power saving effect of installing PR heat insulation film which meet the performance requirements of the Green Building Materials Label in different building orientations is Western (16.52%)>East (8.57%)>South (7.19%)>North (3.44%), and the recovery period is about 19.6 years. In addition, the power saving effect of installing SN heat insulation film which does not meet the performance requirements of the Green Building Materials Label in different building orientations is West (3.75%)>East (2.67%)>North (1.64%)>South (1.11%), and the

recovery period is about 40.5 years.

In terms of the thermal comfort , the average predicted mean vote (PMV) of the test room is 0.81 when the PR heat insulation film is installed in the air-conditioning mode, the average PMV of the comparison room is 0.97, the average predicted percentage of dissatisfied (PPD) of the test room is 20.80, and the average PPD of the comparison room is 25.50. When the SN heat insulation film is installed in the air-conditioning mode, the average PMV of the test room is 1.41, the average PMV of the comparison room is 1.75, the average PPD of the test room is 46.09, and the average PPD of the comparison room is 59.72. It is obvious that the heat insulation film can make the indoor space more thermal comfortable.

Based on this study, the immediate and long-term suggestions are proposed as follows:

- 1.For immediate suggestion: This research uses Spinlab as a full scale laboratory to complete the discussion on the air-conditioning energy consumption, thermal comfort, and light environment of the glass and heat insulation film. It is recommended to continue to carry out various basic research work on building energy saving, environmental control and intelligent system integration to achieve building sustainable development.
- 2.For long-term suggestion: This research found that CNS standards for “doors and windows” use thermal resistance as an indicator for thermal insulation. However, Taiwan is located in a subtropical climate and solar heat gain coefficient (SHGC) is also very important factor for energy-saving effects. It is suggested that CNS standards can be revised in accordance with relevant international regulations to facilitate energy conservation needs.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

臺灣地區天然資源蘊藏貧乏，依據經濟部能源局 107 年度能源統計年報統計，有 98.06% 能源仰賴進口，國內總能源消費量 87,298.0 千公秉油當量。其中，服務業部門占 6.8%，住宅部門占 7.51%，與建築耗能息息相關的住宅部門與服務業部門能源消耗量總計達 14.31%。在電力使用部分，107 年國內總毛發電量為 275,577.9 百萬度，服務業部門總電力消費量占 17.69%，住宅部門占 17.60%，住宅部門與服務業部門電力消費量高達 35.29%，整個住商部門之電力消費量占比將近全國電力消費量的四成，另根據臺灣電力公司的統計顯示，夏季尖峰氣溫度每上升 1°C，空調耗電量約上升 6%，因此推動建築節能減碳，有效節約能源為政府施政之重點方向。

目前國內既有建築物佔全國建築物總量 97% 以上，因早期興建之建築物，並無建築節能法規之要求，故普遍存在耗能等問題，相關研究指出建築外殼開口部之節能對策以外遮陽施作方式最有效，可有效阻擋日輻射取得率，惟在既有建築物部分，因外遮陽係於建築完工後之事後施工，需考量其施工便利性及成本等因素，常讓使用單位於規劃外遮陽改善時難以抉擇，尤以玻璃帷幕大樓之外遮陽增設，工程上更加困難。因此，於既有建築外殼開口部，應用玻璃貼附隔熱膜之節能改善對策，實務上亦納為改善手法之一。

近年來建築隔熱膜科技逐漸成熟，應用之隔熱原理亦多元，相對外遮陽施作成本較為低廉，且大多由室內施工較為便利迅速，對既有建築物之隔熱改善可達立竿見影之效果，本所為鼓勵國內玻璃貼膜製造廠商從事節能建材之開發與應用，提升我國玻璃建

材之省能效益，達到節約能源之目的，已參酌新加坡及推動高性能節能玻璃綠建材經驗於綠建材解說與評估手冊(2020年版)新增「建築門窗用玻璃貼膜材料」評定項目，並制定遮蔽係數、可視光透射率以及可視光反射率等三項評定基準，以符合建築空調節能、建築照明節能與光害影響防制等需求，公告自109年7月1日施行受理業界申請，受理範圍包括建築物外殼門窗與出入口設置之單層或複層透明玻璃(但不包括有機玻璃)，以帶動相關產業發展。

然目前坊間玻璃貼膜材料的種類眾多，並部分宣稱具有高隔熱、高透光、低反射及有效阻隔紫外線功效，但究竟其隔熱、透光及反射性能如何？國內尚未有完整之調查研究可供參考，此外，玻璃貼膜應用亦會受到諸多因子影響，如氣候、方位、經緯度、建物中其他材料之表現等等，因此，早期研究常常採用大尺度或實尺度實驗加以驗證，施作於既有或實驗用建築物上，實際量測其節能表現，惟受限建築物方位固定及實驗場域條件，往往難以同時得到整合數據資料供進一步研析。

成功大學能源科技與策略研究中心去(108)年4月與本所簽訂合作協議，並於同年11月在沙崙智慧綠能科學城完成「亞熱帶氣候之智慧型節能建築測試驗證平台」建築量體之建置，刻正進行相關感測與診斷設備採購工作，未來可進行各面向之建築節能、環境控制與智慧化系統整合測試工作，在雙方互惠互利原則下，開放本所本(109)年可申請試用該項設備進行實驗，因此，本研究擬在前期玻璃貼膜材料性能試驗成果基礎下，結合能策中心研究能量，探討市售一般建築門窗用玻璃貼膜之可視光透射率、可視光反射率、日光透射率、日光反射率、紫外光穿透率、日光輻射熱取得係數、遮蔽係數及熱傳透率等參數，並與綠建材解說與評估手冊(2020年版)新增高性能節能綠建材「建築門窗用玻璃貼膜」評定基準進行比對分析。

另針對調查結果，預計採用前瞻綠能基礎建設在沙崙綠能科學城所建置的第一座亞熱帶節能建築測試驗證平台作為研究的載

體，探討有(無)達到上開高性能節能綠建材基準之玻璃貼膜材料之空調耗能、熱舒適性及光環境等因子，俾供政府在推行制訂節能減碳及優質室內環境相關政策之依據，及玻璃貼膜材料之節能設計參考。

本研究採用之方法主要包括以下項目：

(一) 資料收集法：

蒐集建築玻璃及貼膜應用規範、技術文獻以及性能對室內光、熱環境和節能效果影響的研究與進展，並透過國外量測標準之解析，作為研制(修)相關 CNS 標準草案方向之建議。

(二) 實測試驗法

透過前期玻璃貼膜材料試驗調查成果，完成性能數據整合與分析，並採用「亞熱帶節能建築測試驗證平台」進行不同建築方位的室內光、熱環境和空調能耗測量的全尺度實測實驗，以解析隔熱膜的熱力與光學性質對其影響，及估算個案投入成本及省電效益。

(三) 歸納分析法：

綜合資料蒐集、實測試驗及前期研究成果進行比較分析，俾整理提出相關建議，以供後續應用參考。

第二節 研究內容

表 1-2.1 研究內容與進度說明

工作項目	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	備註
相關文獻資料蒐集與整理	■	■									
國內外量測規範與基準彙析		■	■								
市售建築玻璃貼膜應用調查			■	■							
玻璃貼膜性能試驗結果彙析		■	■	■	■	■	■				
期中簡報						■					
全尺度實驗室調整與歸零試驗							■	■			
不同建築方位之空調耗電量實測與分析								■	■		
不同建築方位之室內熱環境與舒適度實測								■	■	■	
期末簡報									■		
綜合分析比較，提出隔熱膜相關應用建議									■	■	
期末報告修正並完成成果報告										■	
預定進度 (累積數)	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	

說明：研究進度以粗線表示其起訖日期。

第三節 研究流程與步驟

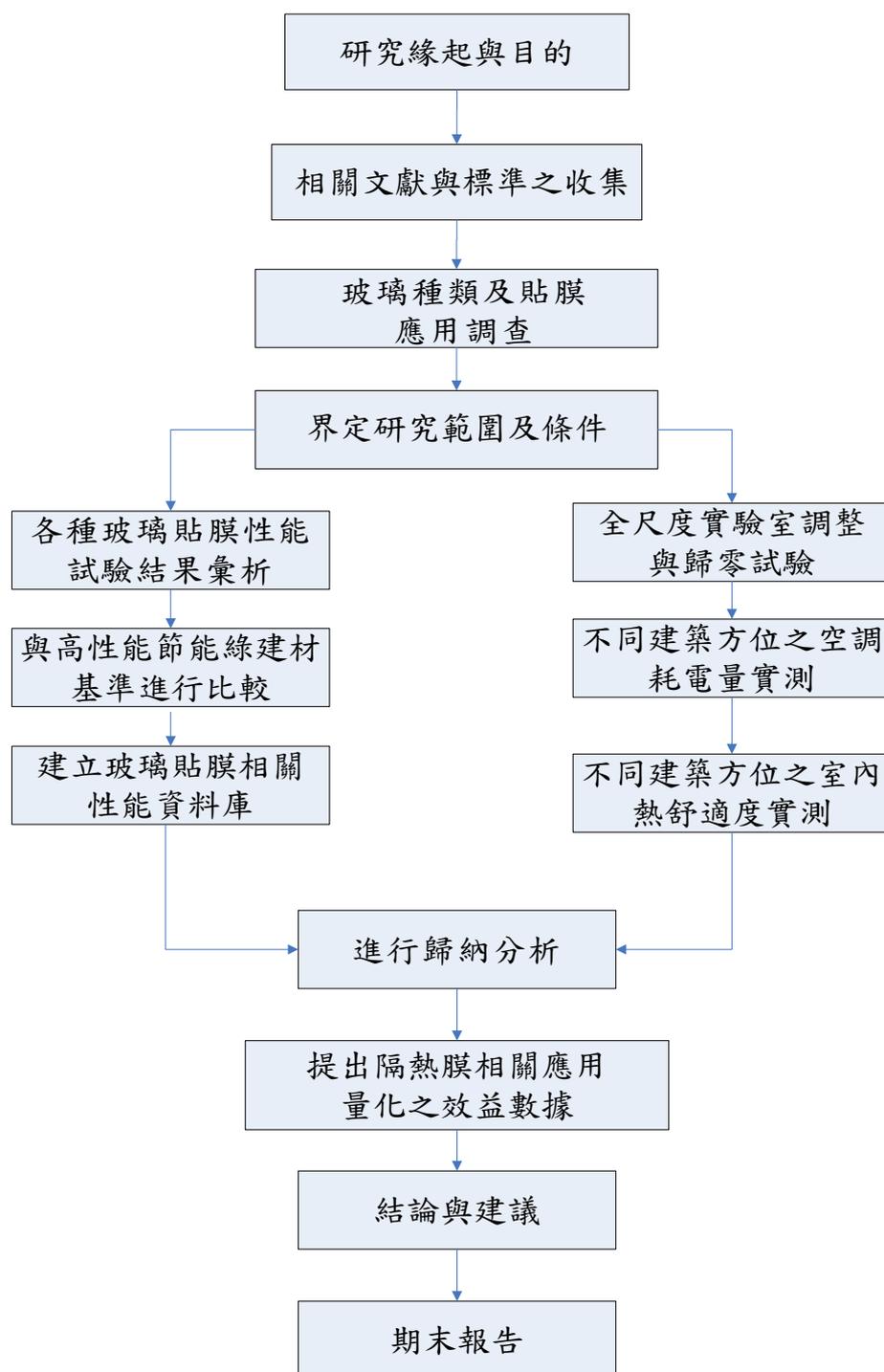


圖 1-3.1 研究流程與步驟

第二章 資料蒐集與文獻分析

第一節 建築玻璃種類及貼膜應用

建築使用之玻璃依我國國家標準分類分為連續製程之平板玻璃（如浮式玻璃、磨光平板玻璃、壓花玻璃、金屬網(或線)入板玻璃及吸熱玻璃等）、加工玻璃（如膠合玻璃、日射熱反射玻璃、建築用低輻射鍍膜玻璃、強化玻璃及熱處理增強玻璃等）及複層玻璃等。

而依對光熱調節方式可概分為靜態與動態兩種控制，所謂靜態控制，就是在常見玻璃基材表面黏貼、塗覆或鍍上一層具有波長選擇性光學薄膜，對光和熱進行靜態控制(包括吸收、穿透與反射)，另一種可作動態性控制，俗稱調光玻璃，目前尚無對應之 CNS 標準，主要係利用透過通電、溫度變化或相變化等方式控制光的穿透率，可因應季節變化或需求調控，達到省能與舒適性目的。

另「高性能節能玻璃綠建材」依玻璃構造受理項目分為單層玻璃、膠合玻璃、複層玻璃、低輻射 (Low-Emissivity) 玻璃等，分述如下：

表 2-1.1 高性能節能綠建材評定基準表:節能玻璃

受理項目	評估基準	試驗法	備註
1. 單層玻璃	遮蔽係數(Sc 值) ≤ 0.35	CNS12381 ISO 9050	
2. LOW-E 玻璃	可視光反射率 ≤ 0.25		
3. 膠合玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50		
4. 複層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50		
<p>【文件審查】申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合高性能節能建材設計及要求。</p> <p>【試驗方法】1. CNS 12381：平板玻璃透射率、反射率、放射率及日光輻射熱取得率係數試驗法。</p> <p>2. ISO 9050: Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors.</p> <p>3. 上述評定項目如採其他規範進行評定，請出具相關試驗報告書提由綠建材標章分類評定小組審查。</p>			

(資料來源:綠建材解說與評估手冊 2020 年版)

一、單層玻璃：

浮式玻璃。磨光平板玻璃、壓花玻璃、金屬網(或線)入板玻璃、吸熱玻璃、強化玻璃及熱處理增強玻璃等建築物玻璃可申請本項高性能節能綠建材，在節能設計及應用常見在上開玻璃黏貼上一層隔熱膜、或塗覆節能塗料或鍍膜，來對光和熱進行控制(包括吸收、穿透與反射)；上開隔熱膜通常以聚氯乙稀或聚乙烯作為基材，在基材上利用濺鍍(Sputtering)、化學蒸鍍(CVD)、物理蒸鍍(PVD)或磁控濺射等方式，鍍上不同高反射金屬或金屬氧化物塗層，反射紅外、遠紅外輻射，進行太陽輻射不同波長能量篩選，以有效阻擋熱量的傳遞，因此，故目前在節能方面之發展方向，主要重點在於波長選擇性光學薄膜(塗料)的研發，俾使太陽輻射穿過貼附薄膜(塗料)的玻璃時，盡量讓大部分的輻射能量會被反射或吸收，並僅允許可見光部分通過，以達到建築空調節能及照明節能的結果。

但在應用上需留意，相關研究指出隔熱膜(塗料或鍍膜)雖有上開阻擋太陽輻射之效果，但同時表面溫度會因吸收太陽輻射熱能而升高，因此，靠近玻璃外周區的人員對於室內熱舒適之不滿意度可能會提高，且金屬膜易造成室內反光，有時亦會讓人覺得刺眼不舒服，玻璃貼膜如圖2-1.1所示。

此外，目前在隔熱膜技術研發及應用日新月異，包括相關研究已開發導光膜，可將大部分紅外線吸收於隔熱膜中，同時將通過之可見光透過導光膜上微結構之設計產生偏折向上，以降低直射進入室內，並提供作為間接照明，另亦有廠商研發出調光玻璃，其構造由玻璃黏貼調光薄膜組成，主要透過調光薄膜通電與斷電等控制方式，產生透明或不透明變化，來控制光的穿透率，當光線很強時，調光玻璃設定呈現不透明狀態；隨著光線的逐漸減弱，調光玻璃透過溫度感測，可自動控制呈現

半透明狀態；當光線很弱時，則可依計畫調整呈現透明狀態，可應用於建築外牆帷幕、電子窗簾、轎車天窗上、玻璃展示窗、室內隔間、透明投影幕應用...等(如圖2-1.2~2-1.3所示)，另綠建材解說與評估手冊(2020年版)已新增高性能節能綠建材「建築門窗用玻璃貼膜」項目，後續玻璃貼膜應用產品建議申請本項。

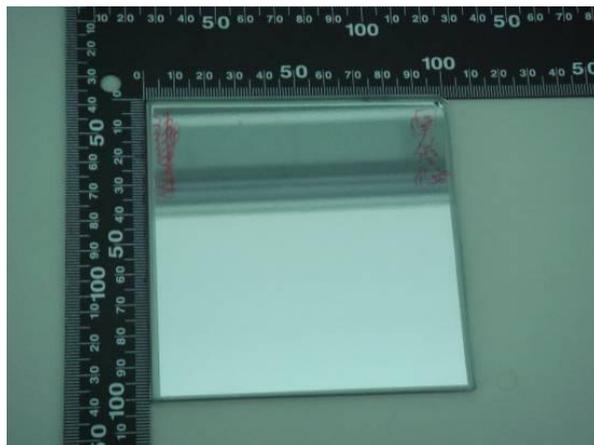


圖 2-1.1 玻璃貼隔熱紙照片

(資料來源:本研究整理)



圖 2-1.2 調光玻璃照片

(通電前)

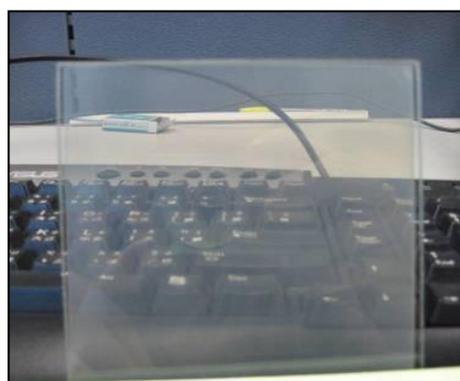


圖 2-1.3 調光玻璃照片

(通電後)

(資料來源:本研究整理)

二、膠合玻璃：

在CNS 1183 R2042：膠合玻璃標準中定義膠合玻璃係指2

片以上玻璃，中間以中間膜接著而成，既使受外力而破裂時，大部分玻璃破片不致飛散，可供建築、鐵道車輛、公路車輛及船舶等窗門使用。

因為有中間膜之故，所以較不易受衝擊力被貫穿，CNS 1183 依耐衝擊性及耐貫穿性分為I、II-1、II-2、III等4類膠合玻璃，目前市售膠合玻璃之顏色與中間膜種類相當繁多，其光學與熱學性質亦與中間膜性質及玻璃顏色息息相關，在各國膠合玻璃光學與熱學量測技術部分，都將膠合玻璃視為單層玻璃進行量測計算。

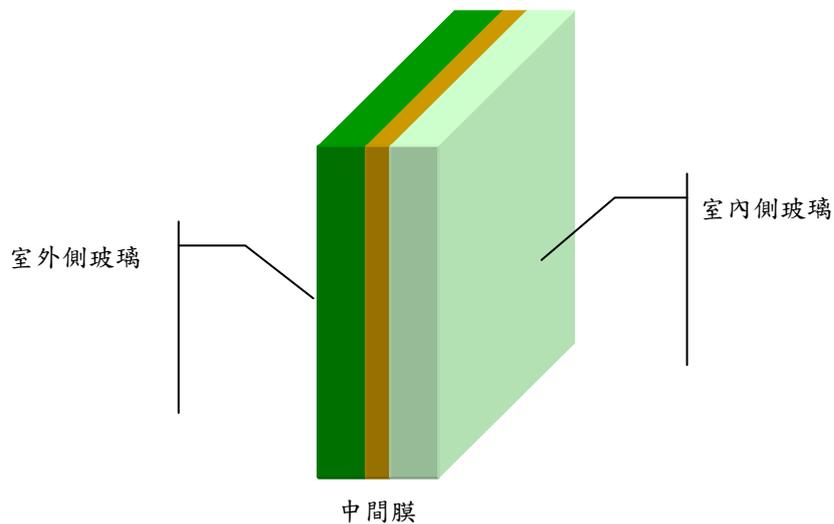


圖 2-1.4 膠合玻璃剖面示意圖及照片

(資料來源:本研究整理)

三、複層玻璃：

在CNS 2541 R2052:複層玻璃標準中定義複層玻璃係指將2片或多片平板玻璃、加工玻璃或表面具有光學薄膜之玻璃以一定間隔平行排列，中間空隙層含常壓乾燥氣體或真空，周邊予以密封。CNS 1183依隔熱性及日光輻射熱遮斷性分為U1、U2、U3-1、U3-2、E4及E5等5型複層玻璃(如表2-1.2所示)，依密封之加速耐久性分為I、II、III等3類複層玻璃，判定重點在於經過上開類型之加速耐久性試驗後，試驗前後之輻射率差不得超過0.02。

表2-1.2 複層玻璃依隔熱性及日光輻射熱遮斷性分類

型別	代號	總熱阻 $K \cdot m^2/W$	日光輻射熱遮斷值($1-\eta$)
複層玻璃	1型	U1	最小值0.25
	2型	U2	最小值0.31
	3型	U3-1	最小值0.37
		U3-2	最小值0.43
日光輻射熱遮斷型複層玻璃	4型	E4	最小值0.35
	5型	E5	最小值0.50
註： 1.總熱阻指熱垂直注入之值。 2. η 為日光輻射熱取得率係數。			

(資料來源:本研究整理)

其中，日光輻射熱遮斷型複層玻璃在節能設計重點，就是在玻璃表面鍍上了特殊的金屬化合物薄膜或黏貼PET隔熱膜，用金屬或其他材料焊接封閉其四邊，在中間空隙注入純淨之乾燥空氣或惰性氣體製造而成，主要功能可以讓可見光通過，同

時反射紅外、遠紅外輻射，阻擋熱量的傳遞，進而降低太陽輻射熱，減輕空調負荷，達到降低能源的目標。

一般來說，第5型之日光輻射熱遮斷型複層玻璃日光輻射熱取得率係數可達普通清玻璃的二分之一以下，同時為了保護塗層，通常中間空隙層含填充常壓乾燥空氣或惰性氣體，避免塗層或隔熱膜在擦拭時被刮除。現在亦有部分產品將隔熱膜懸掛在複層玻璃中間，而形成三層玻璃光學構造(如圖2-1.5~2-1.6所示)。

本研究調查亦發現部分節能玻璃產品以銀等重金屬為塗膜的低輻射塗料，玻璃輻射率可從0.83降低到0.04~0.12，大大地降低了玻璃表面輻射率，並提高了玻璃的光譜選擇性，然而以銀為塗膜的低輻射塗料在耐久性方面較差，為了保證玻璃在一定範圍的可見光有較高的穿透率，同時防止銀塗層免於腐蝕，廠商通常在塗層中引入具有高折射性能的材料(如 SnO_2 ， ZnO ， Si_3N_4 ， TiO_2 等)作為防反射和保護層，目前主要用於大樓建築外牆玻璃，亦有一般透天住宅窗戶採用。

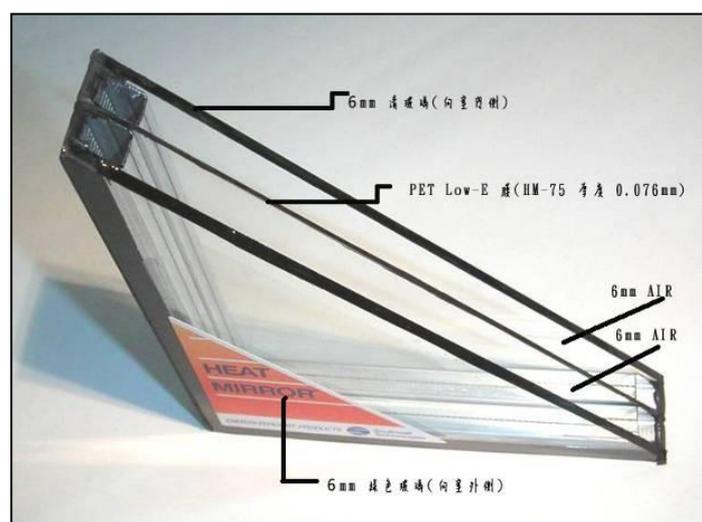


圖 2-1.5 複層玻璃(膜懸掛中間)剖面圖

(資料來源:光體玻璃有限公司)

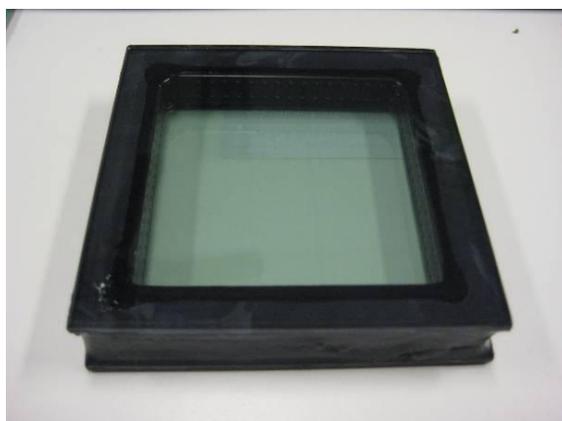
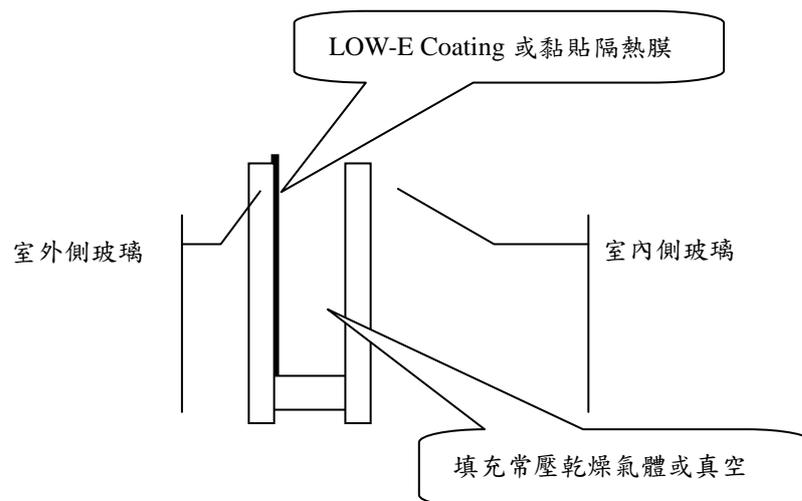


圖 2-1.6 複層玻璃(膜黏貼玻璃表面)剖面圖及照片
(資料來源:本研究整理)

四、LOW-E 玻璃：

建築用低輻射鍍膜玻璃、日射熱反射玻璃可申請本項高性能節能綠建材，在CNS 15833 R2211：標準中定義低輻射鍍膜玻璃係指輻射率小於0.2之鍍膜玻璃，或稱LOW-E玻璃，作為鍍膜玻璃之基板可採用浮式玻璃、強化玻璃、熱處理增強玻璃或膠合玻璃(如圖2-1.7所示)，鍍膜係在上開玻璃基板沉積一層或多層無機固態薄膜，以改善可視光(日光)常溫熱輻射波長域的透射率(反射率、輻射率)等特性，CNS 15833規定低輻射鍍膜玻璃的

品質要求事項及試驗法，包括其曝露要求、模擬太陽輻射曝曬之試驗法、曝露試片最終評定等。

另在CNS 13032 R2197:標準中定義日射熱反射玻璃係指以遮斷日光輻射熱為主要目的，在玻璃表面施作具有熱反射性薄膜之玻璃，但不含把反射性之合成樹脂接著於玻璃上者，作為日射熱反射玻璃所用之基板可採用浮式玻璃、磨光平板玻璃、浮式強化玻璃、吸熱浮式玻璃、吸熱磨光平板玻璃、熱處理增強玻璃等。CNS 13032依日光輻射熱遮斷性分為1型、2型、3型等3種日射熱反射玻璃(如表2-1.3所示)，依耐久性分為AI、B等2類日射熱反射玻璃，判定重點在於經過上開類型之加速耐久性試驗後，試驗前後之可視光透射率差值之絕對值不得超過4%。

表2-1.3 日射熱反射玻璃依日光輻射熱遮斷性分類

型別	日光輻射熱取得率係數 η	日光輻射熱遮斷值(1- η)
1型	最大值0.70	最小值0.30
2型	最大值0.55	最小值0.45
3型	最大值0.40	最小值0.60

(資料來源:本研究整理)

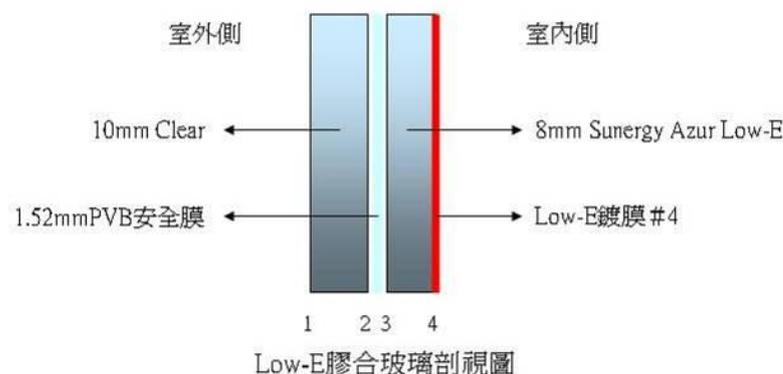


圖 2-1.7 LOW-E 玻璃(基板為膠合玻璃)剖面圖

(資料來源:本研究整理)

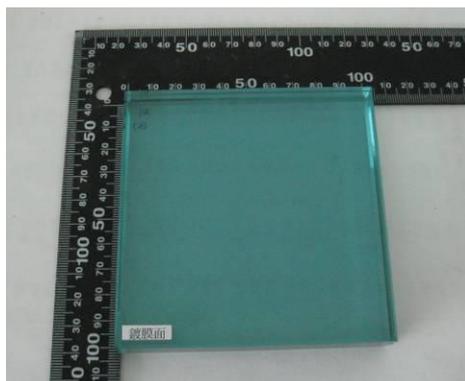


圖 2-1.8 日射熱反射玻璃(基板為浮式玻璃)剖面圖
(資料來源:本研究整理)

五、高性能節能綠建材評定基準：

(一)可視光透射率：

可視光透射率為太陽光之可見光部分照射至玻璃建材後直接穿透進入室內之比例，可視光透射率愈高代表太陽光轉為有效室內照明之效益愈大。節能玻璃之評定基準為可見光穿透率 ≥ 0.50 ，建築門窗用玻璃貼膜材料之評定基準為可見光穿透率 > 0.60 。

(二)可視光反射率：

可視光反射率為太陽光之可見光部分照射至玻璃建材後反射之比例。可視光反射率越高代表玻璃建材造成環境光害之程度愈大。節能玻璃之評定基準為可見光反射率 ≤ 0.25 ，建築門窗用玻璃貼膜材料之評定基準為可見光反射率 < 0.20 。

(三)遮蔽係數：

遮蔽係數Sc值(shading coefficient)代表玻璃建材對建築外殼耗能之影響程度，遮蔽係數被定義為玻璃試件之日光輻射熱取得率係數(η)與3mm透明玻璃日光輻射熱取得率係數 η_s 之比值，遮蔽係數越低代表玻璃建材阻擋外界熱能進入建築物之能量越多。節能玻璃之遮蔽係數評定基準為Sc值 ≤ 0.35 ，建築門

窗用玻璃貼膜材料評定基準為Sc值 <0.57 。計算如下式所示：

$$Sc = \eta / \eta_s$$

Sc: 遮蔽係數

η : 日光輻射熱取得率係數

η_s : 3mm透明玻璃之日光輻射熱取得率係數

註: 2015年版綠建材解說與評估手冊 η_s 以0.87為基準

2020年版綠建材解說與評估手冊調整以0.88為基準

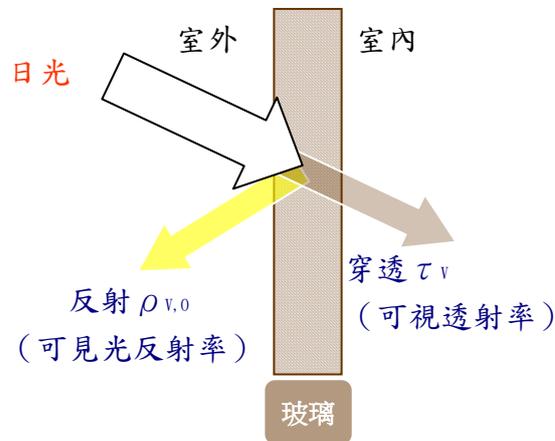


圖 2-1.9 玻璃可見光透射（反射）率示意圖

（資料來源: 本研究整理）

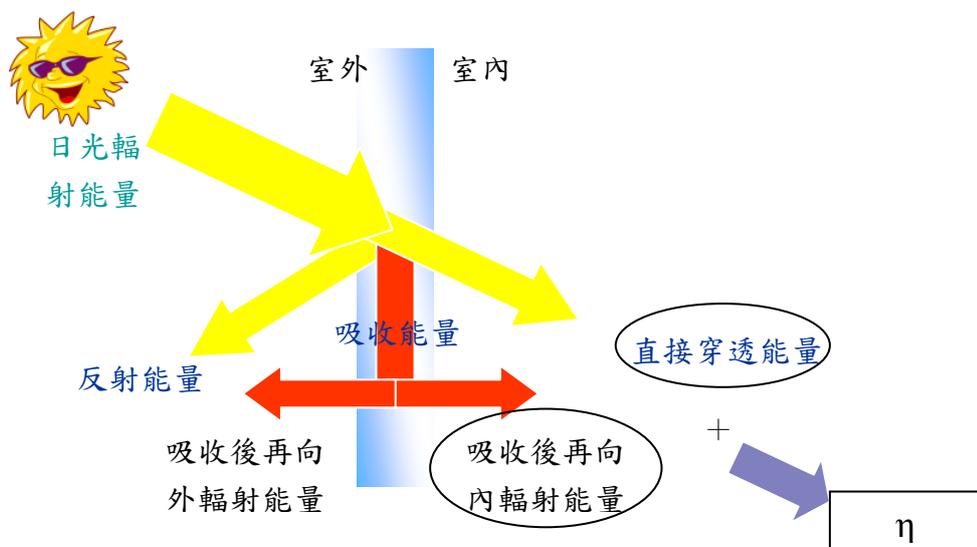


圖 2-1.10 玻璃日光輻射熱取得率係數示意圖

（資料來源: 本研究整理）

第二節 國內外相關規範發展概況

一、我國有關門窗、玻璃國家標準發展概況

隨著工業化及社會發展，對門窗產業技術提升之需求，我國早在民國60年起就陸續針對門窗發布 CNS 3092「鋁合金製窗」、CNS 7477「鋁合金製門」、CNS 12430「鋼製窗」、CNS「鋼製門」及 CNS 6400「聚氯乙烯塑膠窗」等 5 個標準，這些標準主要涉及範圍係提供門窗產業技術發展所需構造、型式、材料、附屬配件、加工製造及性能分類等技術，以 CNS 3092「鋁合金製窗」為例，依性能分為普通窗、隔音窗及隔熱窗等 3 類，其中在隔熱性以熱阻值為指標分為 $0.25 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 以上、 $0.29 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 以上、 $0.33 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 以上、 $0.40 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 以上等 4 級，搭配檢驗標準分別為 CNS 15813-1「門窗熱性能—熱傳透性熱箱測定法—第 1 部：完整門窗」、CNS 15813-2「門窗熱性能—熱傳透性熱箱測定法—第 2 部：屋頂窗及其他突出窗」。

另在玻璃國家標準發展部分，於 48 年公佈 CNS 1183「膠合玻璃」，於 50~60 年間陸續公佈 CNS 2217「強化玻璃」、CNS 2441「壓花玻璃」、CNS 2442「浮式玻璃及磨光平板玻璃」、CNS 2541「複層玻璃」、CNS3288「金屬網(或線)入板玻璃」、CNS 4341「吸熱玻璃」等 6 項有關玻璃標準，於 80 年間~迄今公佈 CNS 13032「日射熱反射玻璃」、CNS 13447「熱處理增強玻璃」、CNS 15833「建築用低輻射鍍膜玻璃」，這些標準主要涉及範圍係提供玻璃產業技術發展所需材料、品質、型式、形狀、尺度、試驗及性能分類等技術，其中在可視光透射率、可視光反射率、日光輻射熱取得率係數、輻射率、日光輻射熱遮斷值等主要參考檢驗標準為 CNS 12381「平板玻璃透射率、反射率、放射率及日光輻射熱取得係數試驗法」，而隔熱性之總熱阻值，則建

議參照 ISO 10292 「Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing」進行量測，本研究以”門窗”或”玻璃”為關鍵字查詢近年來我國建築相關國家標準共 26 份整理如表 2-2.1 所示。

表 2-2.1 我國近年來有關門窗或玻璃公佈之國家標準

標準總號	類號	名稱	最新日期
CNS3288	R2063	金屬網(或線)入板玻璃 Wired glass	107/05/30
CNS13447	R2200	熱處理增強玻璃 Heat-strengthened glass	106/01/26
CNS2217	R2044	強化玻璃 Tempered glass	105/12/19
CNS2541	R2052	複層玻璃 Multiple glass	105/12/19
CNS4341	R2094	吸熱玻璃 Heat absorbing glass	105/12/19
CNS13032	R2197	日射熱反射玻璃 Solar reflective glass	105/12/19
CNS2441	R2050	壓花玻璃 Patterned glass	104/12/16
CNS2442	R2051	浮式玻璃及磨光平板玻璃 Float glass and polished plate glass	104/12/16
CNS15857-1	A3447-1	門、窗及百葉窗之熱性能－熱傳透性之計算－第 1 部：一般 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 1: General	104/12/16
CNS15857-2	A3447-2	門、窗及百葉窗之熱性能－熱傳透性之計算－第 2 部：框之數值法 Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance – Part 2: Numerical method for frames	104/12/16
CNS15833	R2211	建築用低輻射鍍膜玻璃	104/09/23

建築門窗用玻璃貼膜與方位之節能效益相關性研究

標準總號	類號	名稱	最新日期
		Low-emissivity coated glass in building	
CNS15813-1	A3443-1	門窗熱性能－熱傳透性熱箱測定法－ 第 1 部：完整門窗 Thermal performance of windows and doors – Determination of thermal transmittance by the hot-box method – Part 1: Complete windows and doors	104/09/09
CNS15813-2	A3443-2	門窗熱性能－熱傳透性熱箱測定法－ 第 2 部：屋頂窗及其他突出窗 Thermal performance of windows and doors – Determination of thermal transmittance by hot-box method – Part 2: Roof windows and other projecting windows	104/09/09
CNS12381	R3161	平板玻璃透射率、反射率、放射率及日 光輻射熱取得係數試驗法 Testing method on transmittance, reflectance and emissivity of flat glass and evaluation of solar heat gain coefficient	100/08/10
CNS1183	R2042	膠合玻璃 Laminated glass	100/03/25
CNS15093	R2208	建築用玻璃磚 Glass blocks and pavers for construction	96/06/26
CNS11524	A3233	門窗性能試驗法通則 Method of test for windows and doors-general rule	95/07/10
CNS6400	A2081	聚氯乙烯塑膠窗 P.V.C. windows	95/07/10
CNS7477	A2105	鋁合金製窗 Aluminium windows	94/07/12
CNS3092	A2044	鋁合金製門 Aluminium doors	94/07/12
CNS11527	A3236	門窗氣密性試驗法 Method of test for air permeability of	93/01/09

標準總號	類號	名稱	最新日期
		windows and doorsets	
CNS11528	A3237	門窗水密性試驗法 Method of test for watertightness of windows and doorsets under dynamic pressure	93/01/09
CNS11525	A3234	門窗防露性能試驗法 Method of test for dew condensation of windows and doors	92/06/10
CNS11526	A3235	門窗抗風壓性試驗法 Method of test for wind resistance of windows and doors	92/06/10
CNS12430	A2230	鋼製窗 Steel Windows	86/05/27
CNS12430	A2230	鋼製窗 Steel Windows	77/10/15

(資料來源：本研究整理)

由表 2-2.1 可知國家標準關於”門窗”材質的標準目前僅有 CNS 3092「鋁合金製窗」、CNS 7477「鋁合金製門」、CNS 12430「鋼製窗」、CNS「鋼製門」及 CNS 6400「聚氯乙稀塑膠窗」等 5 個標準，僅能針對鋁製、鋼製、聚氯乙稀製等 3 種材質的門窗進行性能規範，惟框料發展日新月異，其餘材質之門窗目前尚無國家標準可供遵循，如何整合?或研議相關適用標準，建議可納入國家標準發展參考。另經分析上開”門窗”標準，在隔熱性部分係以熱阻值為指標，惟臺灣地處亞熱帶氣候，日光輻射熱遮斷對節能效果亦相當重要，目前美國 NFRC 100 與 NFRC 200 規範已將門窗產品的之熱傳透率 U 值(熱阻值之倒數)與日光輻射熱取得率係數 η 值納入測試範疇，建議可參酌調適轉化為 CNS 標準或納入綠建材標章新增項目參考。

另由表 2-2.1 可知國家標準關於”玻璃”的標準已發布 CNS 1183「膠合玻璃」等 9 種不同玻璃種類標準，可供不同材質、

型式尺度之玻璃性能試驗應用，而其中在可視光透射率、可視光反射率、日光輻射熱取得率係數、輻射率、日光輻射熱遮斷值等量測主要引用 CNS 12381 標準，該項國家標準係於 100 年調合 JIS R3106「板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法」發布，惟在隔熱性之總熱阻值量測部分尚未調合 JIS R3107「板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法」或 ISO 10292 轉化為 CNS 標準。

二、台灣奈米技術產業發展協會(TANIDA)奈米標章

奈米標章為經濟部工業局在 2003 年所創立，為全球首創之奈米產品驗證制度，目的在於保護消費者權益，鼓勵優良廠商永續經營，提升我國奈米技術產業化國際競爭力。奈米標章的建立與推動，為「奈米國家型科技計畫」的一環，肩負將技術移轉至產業化發展的重任。在國家型計畫 12 年的執行之中，已獲致良好的成果，在 2013 年時，國內五大傳統產業奈米產品產值已經超過新台幣 100 億元，已階段性完成推動產業化的任務，政府對於各類標章的執行原則，將規劃為強制性標章由政府辦理，而非強制性標章則逐漸轉由民間具公信力之單位辦理。奈米標章已逐漸茁壯成熟，由輔助政策執行的角色，轉向確立產業標準、整合產業鏈與共同開新產品，以致創新經濟格局的功能。為接軌國際，並且營造可永續發展的奈米產品驗證制度，工業局在奈米技術產業應用推廣計畫啟動精進轉型工作，將奈米標章驗證制度移轉至台灣奈米技術產業發展協會(TANIDA)接續辦理。

奈米標章為產品、功能、安全、品質等一系列的產品驗證制度，通過奈米標章驗證的產品，均能有下列三大項的保證：

1. 奈米性：

奈米產品係表示產品所使用的原材料或產品本身確係奈米等級（至少有一維其尺度小於 100 奈米），且確有增加或改善原有之功能者。

2. 奈米功能：

以國際標準檢測，確認奈米產品能發揮其訴求的成效，如抗菌、抗污、防蝕、脫臭、耐磨、空氣淨化等，必須明顯優於無使用奈米原料者。

3. 其他特性：

測試奈米產品在使用時應注意與必須符合的條件，例如抗菌產品對於人體的安全性、皮膚的刺激性，或是產品的耐久程度，例如必須通過耐候、耐刮、耐刷洗等測試，確保產品在正常使用下具備所強調的功能性。

目前產品種類分別衛浴設備、塗料、紡織品、建材及其他等 5 類，受理申請項目包括 TN-001「奈米光觸媒脫臭塗料」等 52 項產品，其中 TN-034「奈米金屬氧化物透明隔熱膜」驗證與本研究探討建築門窗用玻璃貼膜相關，適用於含奈米級金屬氧化物原材料利用刮塗或塗抹等方式製成之透明薄膜，藉由材料或結構之奈米特徵（平均尺寸小於 100 nm），以維持透明性並達到日光紅外線阻隔功能之薄膜，評定基準如表 2-2.2 所示。



圖 2-2.1 奈米標章 logo

（資料來源：台灣奈米技術產業發展協會網站）

表2-2.2 奈米金屬氧化物透明隔熱膜判定基準

項目	特性	要求水準	備註
奈米尺寸	隔熱膜中所使用之奈米級原料之粒徑及成分。	奈米金屬氧化物成分須確認，其平均粒徑任一維在100 nm以下。	1. 廠商須提供測試報告或證明。 2. 依照一般認定，QUV試驗200小時約估算為1年，QUV試驗500小時約估算為2.5年。
奈米功能	隔熱膜隔絕日光紅外線的能力與特性。	可視光透射率50%以上、日光紅外線阻隔率75%以上及可視光反射率25%以下。	
其他要求	耐久性 加速耐候試驗測試隔熱膜能維持原功能性之年限。(QUV 試驗)	QUV 試驗500小時，加速試驗後，其透光率與紅外線阻隔率變動需小於原產品功能之10%。	

註：

1. 日光紅外線：日光紅外線光束係為參考 ISO 9050 規範中之日光光束（波長範圍在 300 nm~2500 nm），扣除近紫外線（波長範圍在 300 nm~380 nm）與可視光線（波長範圍在380 nm~780 nm）後，得到之780 nm~2500 nm 波長範圍稱之為日光紅外線。
2. 日光紅外線阻隔率：指100%減日光紅外線（波長為 780 nm~2500 nm）穿透率所得值，日光紅外線穿透率為照射至隔熱膜之入射日光輻射光束中，透過隔熱膜之近紅外線光束，與入射近紅外線光束的比值。

（資料來源：整理自【台灣奈米技術產業發展協會網站】）

三、環保署光污染管理指引

目前我國光污染陳情案件類型，主要分為廣告類（包括 LED 類及非 LED 類）、非廣告類及反射類等 3 大類，上述光源各自有其主管機關。光污染陳情案件以都市型態較易發生，為有效管理因光源過亮造成民眾不舒適情形，環保署特於於民國 109 年 3 月 19 日環署空字第 1090020607 號函發布「光污染管理指引」，提供各光源主管機關納入主管法規，以期由光污染源頭加強管制，並提供地方政府納入地方自治條例進行管理，以有效防制光污染對環境之影響。

國際間目前僅有「國際照明委員會」（Commission Internationale de l'Eclairage, CIE）訂定「來自室外照明設備侵擾光的影響限制指引」（CIE 150-2017），並分別以「亮度」及「垂直照度」訂定管理指標。國際上多數國家皆參考「國際照明委員會」指引訂定各國的光污染法規、指引或規範。本「光污染管理指引」亦參採國際照明委員會及環保署歷年研究成果作為訂定依據，主要內容摘錄如下：

（一）最大亮度光曝露建議值

- 1.對於人工光源造成之眩光不舒適，於商業區晚上6時至11時，最大亮度光曝露建議值為1,000cd/m²。
- 2.對於人工光源造成之眩光不舒適，除上述區域及時段外，最大亮度光曝露建議值為650cd/m²。

（二）最大垂直照度光曝露建議值

針對人工光源的受體室內環境所造成之光侵擾不舒適，其最大垂直照度光曝露建議值為 25 勒克斯 (lx)。

（三）反射光

反射光之來源，一般來自玻璃、金屬、太陽能板、其他等 4 大類反射物。反射光污染之改善與防護，應著重於源頭

管理及現有案件改善以降低反射光之影響。改善與防護之方式如下：

1. 事前源頭管理

在設立前主管機關得要求業者儘量使用霧面材質的材料，並提出反射光影響評估報告，以降低其負面影響，進而避免反射光污染之產生。反射光影響評估報告之內容，至少應包括反射光之分布範圍，反射百分比，並且避免反射光進入駕駛者視線之範圍，及進入民眾居住生活範圍。建議大型建物及大型定著物之表面使用霧面材質，可降低反射光之影響。

2. 現有案件之管理

建議於源頭端改為霧面材質或加貼多孔宣傳廣告貼紙或塗布吸光塗料或加裝黑色紗網，或於傳播路徑加裝遮蔽物(例如布幕、圍籬)，或於陳情端加裝遮蔽物(例如窗簾)來降低反射光之影響。

(四) 亮度量測方法：

使用亮度計進行量測，透過亮度計之觀景窗來瞄準面型人工光源中之目標點，此量測方式可以得到視場角內面型人工光源的平均亮度，取量測 2 分鐘內之最大值。亮度計需符合 DIN 5032-7:2017-02 B 級之規定(校正不確定度 $\leq 4\%$)，量測程序如下：

1. 量測人員及現場量測區域應有維護安全之基本設備(如安全帽、反光背心(衣)、必要時進行道路封閉或設置警戒線等)。
2. 量測時間內量測地點須無雨。
3. 使用前應確認亮度計仍在校正有效期間內(亮度計建議校正週期為1年)。

4. 亮度計與待測光源之最近距離需1公尺以上，最遠距離則以亮度計之量測區域不得超出待測光源發光區域來規範，此外，亮度計與待測光源間不能有遮蔽物。
5. 亮度計之聚光透鏡其高度需距離地面1公尺~1.5公尺，可以仰角或是俯角直接對準待測光源。
6. 亮度計架設於專用三腳架上，並確認亮度計穩固不會有傾斜（倒）之虞。透過亮度計之觀景窗來瞄準與對焦待測目標點後，固定亮度計與光源夾角至最適合位置。同時可架設測距儀與方位角儀，以利監測記錄相關量測幾何。
7. 由量測人員選擇待測光源之目標點，若無法選定目標點位置，則以待測光源中心點為主（單點式亮度計之量測區域不得超出待測物發光區域）並取其2分鐘內之最大亮度值，並可視實際需要增加待測點數。

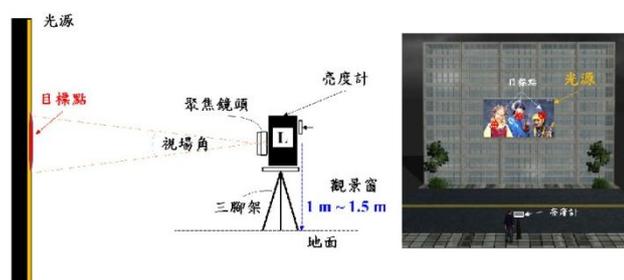


圖 2-2.2 亮度量測示意圖

（資料來源：整理自【光污染管理指引】）

四、建築技術規則相關規定

一棟建築物的壽命可達 50 年以上，尤其在夏日建築物的空調用電比例約占總尖峰用電的三分之一左右，若能減少建築物日常能源的消耗，得到的節能效益是很顯著的。有鑒於此，為了促進能源有效利用，在不妨礙居住環境之安全、健康和舒適條件下，

建築技術規則在施工篇明確規定我國各類建築物的節約能源設計之基準，相關規定如下：

第三百零八條

建築物建築外殼節約能源之設計，應依據下表氣候分區辦理：

表 2-2.3 建築技術規則氣候分區

氣候分區	行政區域
北部氣候區	臺北市、新北市、宜蘭縣、基隆市、桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、福建省連江縣、金門縣
中部氣候區	臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、花蓮縣
南部氣候區	嘉義縣、嘉義市、臺南市、澎湖縣、高雄市、屏東縣、臺東縣

(資料來源:整理自【建築技術規則】)

第三百零八條之一 (新版預計自110年1月1日施行)

建築物受建築節約能源管制者，其受管制部分之屋頂平均熱傳透率應低於零點八瓦/(平方公尺·度)，且當設有水平仰角小於八十度之透光天窗之水平投影面積 HW_a 大於一點零平方公尺時，其透光天窗日射透過率 HW_s 應低於下表之基準值 HW_{sc} ：

表 2-2.4 建築技術規則透光天窗日射透過率基準

水平投影面積 HW_a 條件	透光天窗日射透過率基準值 HW_{sc}
$HW_a < 30m^2$	$HW_{sc} = 0.35$
$HW_a \geq 30m^2$ 且 $HW_a < 230m^2$	$HW_{sc} = 0.35 - 0.001 \times (HW_a - 30.0)$
$HW_a \geq 230m^2$	$HW_{sc} = 0.15$
計算單位 HW_a ： m^2 ； HW_{sc} ：無單位	

有下列情形之一者，免受前項規定限制：

- (一)屋頂下方為樓梯間、倉庫、儲藏室或機械室。
- (二)除月臺、觀眾席、運動設施及表演臺外之建築物外牆透空二分之一以上之空間。

(資料來源:整理自【建築技術規則】)

建築物外牆、窗戶與屋頂所設之玻璃對戶外之可見光反射率不得大於零點二。

第三百零八條之二 (新版預計自110年1月1日施行)

受建築節約能源管制建築物，位於海拔高度八百公尺以上者，其外牆平均熱傳透率、立面開窗部位（含玻璃與窗框）之窗平均熱傳透率應低於下表所示之基準值：

表 2-2.5 建築技術規則窗平均熱傳透率基準

海拔	外牆平均熱傳透率基準值 ($W/(m^2 \cdot K)$)	立面開窗率 WR			
		WR > 0.4	$0.4 \geq WR > 0.3$	$0.3 \geq WR > 0.2$	$0.2 \geq WR$
		窗平均熱傳透率基準值 ($W/(m^2 \cdot K)$)			
海拔 800~1800m	2.5	3.5	4.0	5.0	5.5
海拔高於 (含)1800m	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5

受建築節約能源管制建築物，其外牆平均熱傳透率、外窗部位（含玻璃與窗框）之窗平均熱傳透率及窗平均遮陽係數應低於下表所示之基準值；住宿類建築物每一居室之可開啟窗面積應大於開窗面積之百分之十五。但符合前項、本編第三百零九條至第三百十二條規定者，不在此限：（資料來源：整理自【建築技術規則】）

表 2-2.6 外牆及立面開窗部位（含玻璃與窗框）之節能基準值

類別	外牆平均熱傳透率基準值 ($W/(m^2 \cdot K)$)	立面開窗率 > 0.5		$0.5 \geq$ 立面開窗率 > 0.4		$0.4 \geq$ 立面開窗率 > 0.3		$0.3 \geq$ 立面開窗率 > 0.2		$0.2 \geq$ 立面開窗率 > 0.1		$0.1 \geq$ 立面開窗率	
		U	SC	U	SC	U	SC	U	SC	U	SC	U	SC
		住宿類建築	2.75	2.7	0.10	3.0	0.15	3.5	0.25	4.7	0.35	5.2	0.45
其他各類建築	2.0	2.7	0.20	3.0	0.30	3.5	0.40	4.7	0.50	5.2	0.55	6.5	0.60

註：U 為窗平均熱傳透率基準值、SC 為窗平均遮陽係數基準值

（資料來源：整理自【建築技術規則】）

第三百零九條 (新版預計自110年1月1日施行)

A類第二組、B類、D類第二組、D類第五組、E類、F類第一組、F類第三組、F類第四組及G類空調型建築物，及C類之非倉儲製程部分等空調型建築物，為維持室內熱環境之舒適性，應依其耗能特性分區計算各分區之外殼耗能量，且各分區外殼耗能量對各分區樓地板面積之加權值，應低於下表外殼耗能基準對各分區樓地板面積之加權平均值。但符合本編第三百零八條之二規定者，不在此限：

表 2-2.7 建築技術規則外殼耗能基準

耗能特性分區	氣候分區	外殼耗能基準值 千瓦·小時/(平方公尺·年)
辦公、文教、宗教、照護分區	北部氣候區	一百五十
	中部氣候區	一百七十
	南部氣候區	一百八十
商場餐飲娛樂分區	北部氣候區	二百四十五
	中部氣候區	二百六十五
	南部氣候區	二百七十五
醫院診療分區	北部氣候區	一百八十五
	中部氣候區	二百零五
	南部氣候區	二百十五
醫院病房分區	北部氣候區	一百七十五
	中部氣候區	一百九十五
	南部氣候區	二百
旅館、招待所客房區	北部氣候區	一百十
	中部氣候區	一百三十
	南部氣候區	一百三十五
交通運輸旅客大廳分區	北部氣候區	二百九十
	中部氣候區	三百十五
	南部氣候區	三百二十五

(資料來源:整理自【建築技術規則】)

第三百十條

住宿類建築物外殼不透光之外牆部分之平均熱傳透率應低於三點五瓦/(平方公尺·度)，且其建築物外殼等價開窗率之計算值應低於下表之基準值。但符合本編第二百零八條之二規定者，不在此限：

表 2-2.8 建築技術規則建築物外殼等價開窗率基準值

住宿類：	氣候分區	建築物外殼等價開窗率基準值
H類第一組	北部氣候區	百分之十三
	中部氣候區	百分之十五
H類第二組	南部氣候區	百分之十八

(資料來源:整理自【建築技術規則】)

第三百十一條 (新版預計自110年1月1日施行)

學校類建築物之行政辦公、教室等居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表之基準值。但符合本編第二百零八條之二規定者，不在此限：

表 2-2.9 建築技術規則窗面平均日射取得量基準值

學校類建築物：	氣候分區	窗面平均日射取得量基準值 單位：千瓦·小時/(平方公尺·年)
D類第三組	北部氣候區	一百六十
D類第四組		
F類第二組	中部氣候區	二百
	南部氣候區	二百三十

(資料來源:整理自【建築技術規則】)

第三百十二條 (新版預計自110年1月1日施行)

大型空間類建築物居室空間之窗面平均日射取得量應分別低於下表公式所計算之基準值。但平均立面開窗率在百分之十以下，或符合本編第二百零八條之二規定者，不在此限：

表 2-2.10 建築技術規則窗面平均日射取得量基準值計算公式

	氣候分區	窗面平均日射取得量基準值計算公式
大型空間類 建築物： A類第一組 D類第一組	北部氣候區	基準值 = $146.2X^2 - 414.9X + 276.2$
	中部氣候區	基準值 = $273.3X^2 - 616.9X + 375.4$
	南部氣候區	基準值 = $348.4X^2 - 748.4X + 436.0$
	X：平均立面開窗率（無單位） 基準值單位：千瓦·小時/（平方公尺·年）	

（資料來源：整理自【建築技術規則】）

第三百十四條（新版預計自110年1月1日施行）

同一幢或連棟建築物中，有供本節適用範圍二類以上用途，且其各用途之規模分別達本編第二百九十八條第三款規定者，其耗能量之計算基準值，除本編第二百零九條之空調型建築物應依各耗能特性分區樓地板面積加權計算其基準值外，應分別依其規定基準值計算。

第三百十五條

有關建築物節約能源之外殼節約能源設計，應依設計技術規範辦理。

前項建築物節約能源設計技術規範，由中央主管建築機關定之。

五、高性能節能綠建材相關規定

綠建材(Green Building Material)係指「在原料採取、產品製造、使用過程和再生利用循環中，對地球造成之環境負荷最小、對人體健康無害之建材」，本所建立之綠建材標章制度即依此意涵，基於「人本健康、地球永續」精神，依據建材生命週期，訂定四大範疇進行評定，包括：生態、健康、高性能及再生綠建材四大分類，自93年7月正式受理申請，屬自願申請性質，另「建築技術規則」自95年起於建築設計施工編中增訂綠建材相關規定，明定供公眾使用建築物之室內綠建材使用率應達5%以上，且該規定於101年7月1日修正實施，將綠建材使用率提升至

45%以上，且戶外使用率應達 10%以上。本部並於 108 年 12 月 31 日發布修正規定，將自 110 年 1 月 1 日起，將綠建材使用率提升至 60%以上，且戶外使用率應達 20%以上。

綠建材標章截至 108 年 12 月底止，歷年已累計核發 2,376 件標章，產品包括塗料、天花板、地板、隔間牆材料、吸音材、磁磚、透水磚、接著劑、節能玻璃、隔音門窗等共 16,596 種系列產品，為帶動產業發展，並為消費者把關，新(2020 年)版綠建材解說與評估手冊大幅增修訂綠建材標章評定基準，擴大綠建材申請範圍，以切合產業界與消費者之實務需求，並發布自 109 年 7 月 1 日施行，主要增修訂內容概述如下：

(一)再生綠建材：評定基準由 22 項擴充至 27 項。

(二)高性能綠建材：防音綠建材評定基準由 3 項擴充至 5 項；節能綠建材評定基準由「高性能節能玻璃綠建材」1 項增加「建築門窗用玻璃貼膜材料」、「建築用隔熱材料」、「外牆系統或構造」、「屋頂系統或構造」及「節能塗料」等 5 項，合計擴充至 6 項，上開新增項目之評定基準如表 2-2.11～表 2-2.14 所示。

表 2-2.11 高性能節能綠建材評定基準表:建築用隔熱材料

受理項目	評估基準	試驗法	備註
建築用隔熱材料	熱傳導係數 ≤ 0.044 W/m·K	CNS 7332	品質基準參照 CNS 9960
<p>【文件審查】申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合高性能節能建材設計及要求。</p> <p>【試驗方法】1. CNS 7332：隔熱－穩態下之熱阻及相關性質測定－熱流計儀器。 2. 上述評定項目如採其他規範進行評定，請出具相關試驗報告書提由綠建材標章分類評定小組審查。</p>			

(資料來源:綠建材解說與評估手冊 2020 年版)

表 2-2.12 高性能節能綠建材評定基準表:建築門窗用玻璃貼膜材料

受理項目	評估基準	試驗法	備註
建築門窗用玻璃貼膜材料	遮蔽係數(Sc 值) ≤ 0.57	CNS12381 ISO 9050	需符合國家標準耐候性要求，若國內尚無可符合之耐候性國家標準時，得另提出適合之國際標準進行評定
	可視光反射率 ≤ 0.20		
	可視光透射率 ≥ 0.60		
<p>【受理範圍】 適用於建築物外殼門窗與出入口設置之單層或複層透明玻璃(但不包括有機玻璃)。</p> <p>【文件審查】 申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合高性能節能建材設計及要求。</p> <p>【試驗方法】 1. CNS 12381：平板玻璃透射率、反射率、放射率及日光輻射熱取得率係數試驗法。 2. ISO 9050: Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors. 3. 上述評定項目如採其他規範進行評定，請出具相關試驗報告書提由綠建材標章分類評定小組審查。</p>			

(資料來源:綠建材解說與評估手冊 2020 年版)

表 2-2.13 高性能節能綠建材評定基準表:屋頂及外牆系統或構造

受理項目	評估基準	試驗法	備註
外牆系統或構造	U 值 $< 1.8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	ISO 8990	
屋頂系統或構造	U 值 $< 0.72 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	ISO 8990	
<p>【文件審查】 申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合高性能節能建材設計及要求。</p> <p>【試驗方法】 1. ISO 8990：Thermal insulation-Determination of steady-state thermal transmission properties-Calibrated and guarded hot box 。。 2. 上述評定項目如採其他規範進行評定，請出具相關試驗報告書提由綠建材標章分類評定小組審查。</p>			

(資料來源:綠建材解說與評估手冊 2020 年版)

表 2-2.14 高性能節能綠建材評定基準表:節能塗料

受理項目	評估基準	試驗法	備註
節能塗料	太陽輻射反射率 >0.70 SRI >80	CNS 12381 ISO 9050 ASTM E 1980	需符合耐候性要求
<p>【文件審查】申請廠商須檢附相關施工流程、圖說、文件說明，確保日後施做時，工法亦能符合高性能節能建材設計及要求。</p> <p>【試驗方法】1.CNS 12381：平板玻璃透射率、反射率、放射率及日光輻射熱取得率係數試驗法。 2.ISO 9050: Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors. 3.ASTM E 1980: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces. 4.上述評定項目如採其他規範進行評定，請出具相關試驗報告書提由綠建材標章分類評定小組審查。</p>			

(資料來源:綠建材解說與評估手冊 2020 年版)

六、既有建築節能改善擴大計畫

內政部為依行政院一百零八年四月十七日核定修正永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案，於一百零九年度賡續辦理既有建築節能改善擴大計畫，申請案具下列條件得優先列入決選：

- 1.對於空調、照明、熱水設備等耗能系統之節能及二氧化碳排放減量具有明顯效益者；或對於建築物之屋頂隔熱(含屋頂綠化)、外遮陽、戶外遮棚、建築門窗用玻璃貼膜及雨水貯集利用等設施，減緩都市熱島效應具有助益者。
- 2.改善單位改善需求高，具有高度配合意願與工程發包及執行能力者。
- 3.位處宣導效益高、往來人員眾多之重要辦公場所或大型展覽空間，或檢附欲改善項目之歷史用電資料者。

- 4.申請機關自籌款比率高者。
- 5.改善單位申請改善之廳舍，於一百零九年度內有執行其他節能改善措施，且能提出辦理預算（含自有財源及其他單位補助經費）之佐證者。

其中，建築門窗用玻璃貼膜已列入上開計畫欲改善之項目，該項泛指貼附於建築用玻璃外側或內側以作為阻絕或反射太陽日射輻射以達節能與室內熱舒適之產品。建築門窗用玻璃貼膜具有方便施工、成本上較增設外遮陽經濟與維護較容易等優點。適合當建築物欲設置外遮陽但搭設施工鷹架不易或建築面積計算上之法規限制等因素，可選擇設置貼附建築門窗用玻璃貼膜。

表 2-2.15 既有建築節能改善擴大計畫相關說明

建築門窗用玻璃貼膜	
建築門窗用玻璃貼膜	改善後
	
建築門窗用玻璃貼膜選擇多樣，具有不同的光學性能，可依預算與需求挑選合適之產品。	建築物玻璃帷幕外牆不易架設外遮陽板，可設置建築門窗用玻璃貼膜以阻隔熱輻射。

（資料來源: 109 年度既有建築節能改善擴大計畫申請補助作業須知）

七、國外有關玻璃及貼膜量測及節能窗戶管制發展資料

(一)有關玻璃及貼膜光學及熱力量測標準

目前蒐集到有關玻璃及貼膜之標準可概分二大類(1)玻璃光

學(含日光輻射熱取得係數)測試規範(2)熱傳透率測試規範，整理如表 2-2.16 所示。

表 2-2.16 國外有關玻璃及貼膜光學及熱力量測標準

標準性質	標準編號	名稱	最新日期	光學量測範圍
玻璃及貼膜光學測試規範	ISO 9050	Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors	2003.08	透射及反射： 300~2500nm 紅外線輻射率： 5.5~50 μ m
	EN 410	Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing	2011.05	透射及反射： 300~2500nm 紅外線輻射率： 5.5~50 μ m
	JIS R 3106	板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法 Testing method for transmittance, reflectance and emissivity of flat glass and calculation of total solar energy transmittance of glazing	2019.01	透射及反射： 300~2500nm 紅外線輻射率： 5.5~50 μ m 或 5.5~25 μ m
	JIS A 5759	建築窓ガラス用フィルム Adhesive films for glazings	2016.01	透射及反射： 300~2500nm 紅外線輻射率： 5.5~50 μ m 或 5.5~25 μ m
總熱傳係數測試規範	ISO 10291	Glass in building — Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing — Guarded hot plate method	1994.09	—
	ISO 10292	Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing	1994.06	紅外線輻射率： 5.5~50 μ m
	ISO 10293	Glass in building — Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing —	1997.02	—

標準性質	標準編號	名稱	最新日期	光學量測範圍
		Heat flow meter method		
	ISO 12567-1	Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by the hot-box method — Part 1: Complete windows and doors	2010.07	—
	ISO 12567-2	Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by hot box method — Part 2: Roof windows and other projecting windows	2005.10	—
	EN 673	Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Calculation method	2011.05	透射及反射: 300~2500nm 紅外線輻射率: 5.5~50 μ m
	EN 674	Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Guarded hot plate method	2011.07	—
	EN 675	Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Heat flow meter method	2011.06	—
	JIS R 3107	建築用板ガラスの熱貫流率の算定方法 Calculation of thermal transmittance of glazing	2019.01	透射及反射: 300~2500nm 紅外線輻射率: 5.5~50 μ m 或 5.5~25 μ m

(資料來源：本研究整理)

(二)國外節能窗之標章與法規發展

窗戶在建築物節能的影響上可區分為遮陽效能與隔熱效能兩方面。所謂遮陽效能係指玻璃阻擋太陽輻射進入室內之部分，其評估指標為日射取得係數 η 值。隔熱效能是指熱能經熱傳導、對流方式穿透窗戶進入室內之部分，其評估指標為總熱傳係數U

值。另外，玻璃的可見光穿透率亦是影響建築物能源消耗的主要參數。對於常年都有冷房負載的台灣而言， η 值是影響建築耗能最重要的參數；較低的 η 值代表越能抵擋太陽熱能進入室內，有效降低空調能源消耗。窗戶建材對於建築物節能影響之評估，世界各國（如美國、德國、日本與大陸）亦清楚明訂節能門窗的法規和規範。以美國為例，美國自第一次能源危機後即正視建築物能耗問題，在1988年訂定國際能源管理法(IECC)，揭示建築物有效利用能源之設計、建造標準以及規範建築物的建材與設備能耗與效率。有關節能門窗的相關規範在IECC 第303.1.3 條款中要求，門窗產品必須依照NFRC 100 與NFRC 200規範測試門窗產品的U值與 η 值。並且在第402.1.1 條款中將美國區分為8個不同氣候分區，依照建築物外殼、門窗、天窗、天花板等構件，規定門窗產品的標示性能必須相關的節能性能要求。各國窗戶之隔熱性能規範如表2-2.17所示。

表2-2.17各國窗戶之隔熱性能規範

國家(地區)	窗戶U 值規範 (W/m ² K)	備註
美國 (邁阿密)	3.8	
加拿大	2.86	
德國	1.5	
英國	3.3	
瑞典 (南部)	2.0	
日本 (東京)	6.5	
中國 (北京)	2.8	
中國 (上海)	4.7	
中國 (廣州)	6.5	

(資料來源：李訓谷等，2011)

除了上述世界各國窗戶之法規外，目前美國、英國、澳洲、歐盟等各國以及我國均設有相關節能、綠建築或綠建材標章(詳見表2-2.17)，以鼓勵消費者多使用此類節能窗戶或玻璃以節省能源。美國、加拿大以及我國的標章制度是屬於認證標章(Endorsement label)，英國、歐盟與澳洲的節能標章是屬於分級標章(Comparative label)，另外如美國NFRC 的節能門窗認證制度則為性能標章(Informative label)，僅提供受測門窗建材相關之性能數據。再者，目前美國能源之星、英國以及日本各國政府均有提供獎勵措施，獎勵消費者多使用隔熱建材以節省能源。

表2-2.18 各國節能窗（玻璃）評定制度

國家	標章名稱	評定等級	備註
美國	Energy Star	核定標章	—
歐盟	European Window Energy Rating System (EWERS)	A-G 七等級	—
英國	BFRC Rating System	A-G 七等級	—
加拿大	Canadian Energy Star	核定標章	—
澳洲	Window Energy Rating Scheme (WERS)	0~10 顆星 (級距：半顆星)	區分 Heating Star Cooling Star
紐西蘭	Window Efficiency Rating System (WERS)	0~5 顆星 (級距：半顆星)	區分 Heating Star Cooling Star
我國	高性能節能玻璃綠建材	核定標章	—

(資料來源：李訓谷等，2011)

第三節 建築玻璃及貼膜應用相關研究

一、玻璃或貼膜實驗屋實測研究：

1.玻璃性能對室內光、熱環境和節能效果影響之實測研究（黃瑞隆等，內政部建築研究所委託研究成果報告，2016年12月）

該研究利用 6 個全尺寸實驗屋同步探討應用「8mm 單層玻璃」、「8mm 單層色板玻璃」、「8 mm 光致變色玻璃」、「8mm 單層+8 mm 空氣層+8 mm 透明玻璃」、「8mm 反射+8 mm 空氣層+8 mm 透明玻璃」、「8 mm 低輻射+8 mm 空氣層+8 mm」透明等 6 種不同玻璃對空調耗能及室內環境影響，上開樣本玻璃均安裝於朝西側，主要研究發現，若以單層玻璃做為比較基準，單層色板、光致變色、雙層玻璃、雙層反射和雙層低輻射玻璃在實驗分析期間的節能效果分別是 7%、4%、33%、62%和 57%，由此可知，雙層反射玻璃與雙層低輻射玻璃節能效果最佳。

另實驗結果顯示除安裝單層玻璃外，其於 5 間實驗屋在臨窗區域幾乎都沒有過熱的問題。比較值得一提的是，且上開實驗屋的 PMV 最低值分別是-0.69、-0.87、-0.75、-0.87 和-0.74，剛剛好在可接受下限 PMV=-0.75，這也再次證明除了單層透明玻璃外，其他實驗屋的冷氣溫度可以再調高，節省能耗。



圖 2-3.1 6 個實驗屋(玻璃均安裝於朝西面)
(資料來源：黃瑞隆等，2016)

2.既有建築物節能改善之評估研究（李訓谷等，行政院原子能委員會委託研究成果報告，2016年12月）

該研究利用 6 個全尺寸實驗屋探討應用「5mm 清玻璃」、「5mm LOW-E 玻璃」、「5mm 清玻璃+OM 隔熱膜」、「5mm 清玻璃+TYPE A 隔熱膜」及兩種屋頂材料等 6 種不同條件對空調耗能及室內環境影響，上開樣本玻璃均安裝於朝西側，並透過電腦能耗模擬加以比對驗證，主要研究發現，在電腦能耗模擬軟體的結果顯示，不管是針對屋頂隔熱能耗比或是玻璃隔熱能耗比，採用 TYPE A+5mm 清玻實驗屋之省電效果確實較其他玻璃組合更為優異。而在全尺寸實際量測結果亦是相同的。

實測結果顯示，當採用隔熱膜或是 LOW-E 玻璃之耗費電量與清玻璃之實驗屋相比，省電效果平均可達 18.5%。而其中又以清玻璃+TYPE-A 組合最為優異。而於一般鐵皮隔熱屋頂及加裝鋁隔熱毯屋頂實驗屋之節能測試結果顯示，加裝鋁隔熱毯屋頂實驗屋較一般鐵皮隔熱屋頂實驗屋，省電效果高達 30%。另在熱舒適度方面，探討空調溫度調高 1~2°C 時，於 PMV 之影響程度。由於 5、6 號實驗屋開窗率不大，導致 PMV 指標雖有下降的趨勢，但幅度並不大，結果顯示調高空調溫度 1°C，明顯節省空調用電量，且不會犧牲太多的室內熱舒適度。



圖 2-3.2 6 個實驗屋(玻璃均安裝於朝西面)

(資料來源：李訓谷等，2016)

二、玻璃或貼膜導光應用及現場實測研究：

1. Daylighting performance of solar control films for hospital buildings in a Mediterranean climate (CM Calama-González 等 *Energies*,12(3) , February , 2019)

The aim of this paper is to evaluate the influence on natural illuminance conditions of a solar control film installed on the windows of a public hospital building in a Mediterranean climate. To this end, a hospital room, with and without solar film, was monitored for a whole year. A descriptive statistical analysis was conducted on the use of artificial lighting, illuminance levels and rolling shutter aperture levels, as well as an analysis of natural illuminance and electric consumption of the artificial lighting system. The addition of a solar control film to the external surface of the window, in combination with the user-controlled rolling shutter aperture levels, has reduced the electric consumption of the artificial lighting system by 12.2%. Likewise, the solar control film has increased the percentage of annual hours with natural illuminance levels by 100–300 lux.

玻璃安裝隔熱膜可以減少太陽輻射，降低冷房負荷，減少空調用電，但同時可能對室內照明環境或人工照明用電產生影響，在醫院建築中，最重要的是要滿足基本採光照明需求，因為這對人體健康有關，該研究主要在地中海氣候之公立醫院建築物窗戶上安裝導光薄膜，並進行近 1 年實驗監測，研究發現導光薄膜可增加室內照度約 100-300 lux，節省人工照明用電約 12.2%。



圖 2-3.3 實驗監測之醫院建築
(資料來源：CM Calama-González 等，2019)

2. Application of Micro-structured Sunlighting Systems in Different Climatic Zones

(Helmut F.O. Mueller 等 Journal of Daylighting , online 4, September , 2019)

Two-sided micro-structures on windowpanes have been developed for redirecting sunlight into the depth of rooms in order to improve daylighting. In a joint research project comprehensive sunlighting-systems for windows are developed, integrating micro-structures in triple-glass units. The fixed units redirect sunlight to the ceiling and the depth of the room, avoiding glare. The system works for all solar altitudes and therefore can be applied in locations of all latitudes and climate zones. The study compares the energy efficiency of the sunlighting system in different locations. The performance of the sunlighting system has been simulated by tools like DiaLux and tested by measurements. Based on these validated data, a simplified design tool for early design stages is developed. It uses sun-path diagrams to define the annual hours of direct sunlight on windows in the main orientations (N, E, S, and W). This theoretical figure is corrected by the realistic percentage of sunshine hours taking into account the annual time of covered sky of typical climatic regions. Resulting actual hours of insolation (and light redirection) for the main window orientations are defined for a variation of latitudes and climates. Examples of typical office rooms located in latitudes between 0° and 60° and climates with varying cloudiness are used to demonstrate the sunlighting potential.

該研究以壓印技術開發了窗玻璃的雙面微結構膜，可將日光導向室內深處，經現場測量可以照亮距窗戶 10 m 的教室、購物中心和停車間，並利用 DIALux 模擬探討不同緯度之影響，研究結果顯示在緯度 0° ~ 60° 的範圍內，平均水平照度可達 EN 12464-1 建議 300 ~500 lx 基準，透過成本分析每平方公尺之玻璃安裝此結構膜 2 年內約可回收 50 ~100 歐元之照明用電。

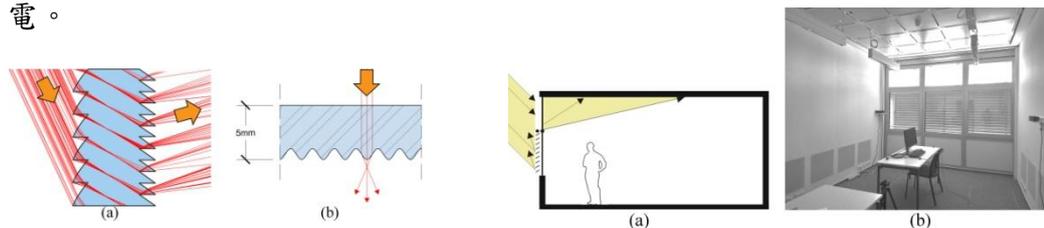


圖 2-3.4 微結構膜及導光應用
(資料來源：Helmut F.O. Mueller 等，2019)

三、玻璃或貼膜電腦模擬動態熱負荷解析研究：

1.既有建築外殼開口部應用玻璃隔熱膜節能改善對策評估研究（陳瑞鈴、黃國倉等，內政部建築研究所協同研究成果報告，2017年12月）

該研究利用電腦動態熱負荷解析方法，評估玻璃隔熱膜之節能效益及室內熱舒適分析，採用全因子實驗法進行隔熱膜之熱性能因子對全年建築空調負荷量影響之敏感度分析，玻璃樣本區分為「6mm 清玻璃」、「6mm 清玻璃+6mm 乾燥空氣+6mm 清玻璃」、「6mm 清玻璃內貼 HM880 膜+6mm 6mm 乾燥空氣+6mm 清玻璃」等並搭配不同外遮陽，主要研究發現：

- (1)玻璃隔熱膜之改善應用對象以全年中央空調型之建築類型較具節能效益，對以複合式通風為主之住宿類、學校類建築則以外遮陽改善較具節能與室內熱舒適改善之效益。
- (2)遮陽板可阻絕直達日射，對於室內熱舒適之控制大致上較具隔熱膜來得優良，然而此一現象與窗面向方位有關，以南向開窗而言，夏季月時等效外遮陽對室內熱舒適控制之表現反而較玻璃隔熱膜差，另在高日射量的晴朗日，貼附隔熱膜之玻璃表面溫度由於隔熱膜本身吸收輻射熱之原因，比未貼膜之玻璃來得高。

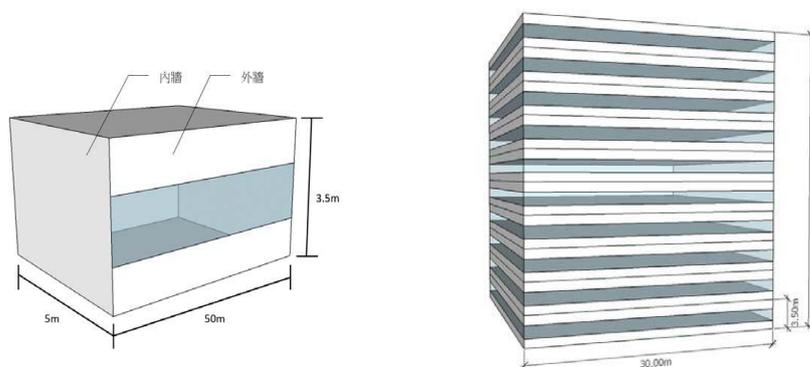


圖 2-3.5 該研究電腦模擬模型
(資料來源：陳瑞鈴、黃國倉等，2017)

2. A Transparent Radiative Cooling Film for Building Energy Saving (ZhitongYi 等 Energy and Built Environment online 26 , July , 2020)

A transparent radiative cooling (T-RC) film with low transmittance in solar spectra and selectively high emissivity in the atmospheric window (8-13 μm) is applied on roof glazing for building energy saving. To evaluate the performance of the T-RC film, two identical model boxes ($1.0\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 1.2\text{ m}$, $L \times W \times H$) were constructed and the inside air temperatures were measured in August in Ningbo, China. Results show that the maximum temperature difference between the two model boxes with and without the T-RC film was 21.6°C during the day. A whole building model was built in EnergyPlus for the model box. With a good agreement achieved between the calculation results and the measured temperature data, the experimentally validated EnergyPlus model was then extended to an 815.1 m^2 glazing-topped exhibition building to analyze its annual air conditioning (AC) energy consumption. The results show that by incorporating both the T-RC film's cooling benefit in summer and heating penalty in winter, the annual AC energy consumption can be reduced by 40.9-63.4%, varying with different climate conditions.

該研究建置兩個相同的實驗屋 ($1.0\text{ m} \times 0.6\text{ m} \times 1.2\text{ m}$, $L \times W \times H$)，其中 1 個頂部安裝玻璃，另一個安裝相同玻璃+T-RC 隔熱膜，並於 8 月測量室內溫度。結果顯示，最大溫差在白天為 21.6°C ，參照實驗屋監測之數據利用 EnergyPlus 驗證相關參數，再獲致一致性後，再運用於 815.1 m^2 玻璃幕之展覽館，透過模擬顯示安裝 T-RC 隔熱膜能降低空調能耗約 40.9~63.4%。

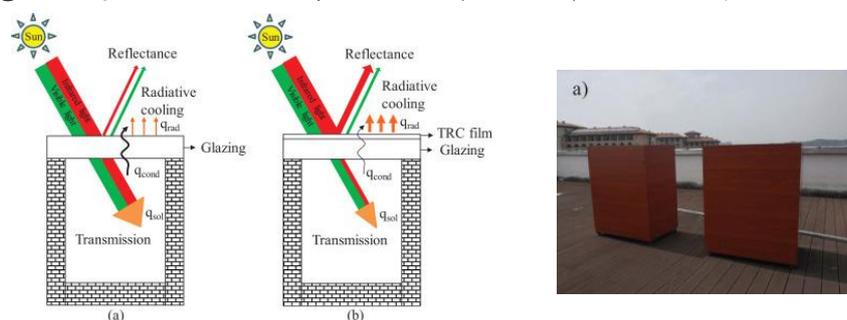


圖 2-3.6 該研究驗證用實驗屋
(資料來源：ZhitongYi 等，2020)

四、隔熱膜性能衰減試驗研究：

1. 建築玻璃用隔熱膜性能衰減試驗方法研訂之研究（羅時麒、黃國倉等，內政部建築研究所協同研究成果報告，2018年12月）

該研究蒐集國內外有關材料或塗料類建材之標準性能劣化方式標準、規範或文獻，以探討並歸納國際上通用之性能劣化方式，以為本研究研訂草擬 CNS「隔熱膜性能衰減試驗方法」草案之基礎，並進行二種主要隔熱膜類型之加速劣化試驗，據以訂定合理之加速劣化光照暴露時間，以及協助進行本部玻璃隔熱膜實測驗證，主要研究發現：

- (1) 完成國內外有關材料劣化試驗方法以及試驗儀器之相關規範回顧蒐集彙整分析。綜觀國內外文獻，目前未見針對玻璃隔熱膜之光學性能劣化之專門規範或標準，大多是針對耐候性之測試之標準。其中比較接近本研究目的者為歐盟與德國之 DIN BS EN15752-1 以及日本 JIS A5759，本研究據此訂定及研提我國之 CNS 草案。
- (2) 完成挑選反射式與吸熱式等二大分類之隔熱膜共 1800 小時之加速劣化試驗。結果發現，不論是反射式或吸熱式之隔熱膜在劣化 1800 小時後，對於日光輻射取得係數(SHGC)性能之衰減是比較顯著的，分別有 11.0%與 9.7%之衰減情形。

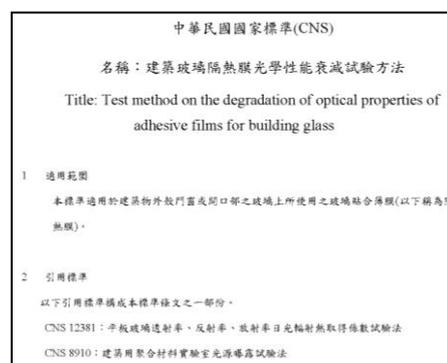


圖 2-3.7 該研究實驗採用 QUV 設備及研提國家標準(草案)
(資料來源：羅時麒、黃國倉等，2018)

第三章 實驗計畫與結果

建材隔熱與玻璃光學性能之良窳，與室內環境品質及其舒適度息息相關，亦為影響建築空調耗能高低之重要原因，故本所於性能實驗中心規劃建置熱環境實驗室，進行本土建材熱傳與玻璃光學性能之相關實驗及研究，其中有多項試驗於通過財團法人全國認證基金會(TAF)認證，其認證基準與認證範圍如表 3-1 所示。

表 3-1 本所熱環境實驗室通過 TAF 認證項目

試驗項目	認證基準	認證範圍
1.可視光透射率	CNS12381、 ISO 9050、 JIS R3106、 JIS R3107	300 ~ 2500 nm、 370 ~7800 cm ⁻¹
2.可視光反射率		
3.日光透射率		
4.日光反射率		
5.紫外光穿透率		
6.日光輻射熱取得係數		
7.遮蔽係數		
8.熱傳透率		

(資料來源：本研究整理)

本研究係透過性能實驗中心歷年辦理委託試驗，蒐集並探討市售一般建築門窗用玻璃貼膜之光(熱)學性能，主要應用量測設備為「紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀」、「傅利葉轉換紅外線光譜儀」及「Hot Disk熱傳性質分析儀」等，試驗過程參照中心之標準作業程序測得玻璃各波長範圍的透射率、反射率、半球輻射率與熱傳熱傳導係數等數值後，依據CNS12381、ISO 9050、JIS R3106、JIS R3107等方法予以計算可視光透射率、可視光反射率、日光透射率、日光反射率、紫外光透射率、日光輻射熱取得係數、遮蔽係數及熱傳透率等參數，並加以分析，以下將分別予以介紹。

第一節 玻璃及貼膜之光學與熱力實驗設備及程序

一、實驗設備：

(一)紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀

分光光譜儀早期係作為化學分析應用，原理係利用鎢鹵燈或重氫燈等作為光源，通過單光器或濾光鏡調整色調後，經聚焦後通過單色光分光稜鏡或光柵，再經過狹縫選擇波長，使成單一且特定波長之光線，而後射入樣品管中之試樣，最後射入光電管中將光能轉換為電器訊號，藉由試樣及空白濃度間所吸收之光能量差，與標準液之能量吸收值相比較，便可律定試樣中之待測物濃度，目前已開發相關的配件可進行玻璃、液晶電路板、各種光學電子設備材料的透射/反射率的非破壞性檢測，以及應用於芳香環結構化合物及含有共軛雙鍵的化合物、食品添加物、色素及其它成份分析及定量、醫藥用品純度鑑定、染色顏料的配製、DNA、RNA、蛋白質的定量等相關檢測，本研究採用之儀器為 PerkinElmer 公司產品，其性能如下：

- 1.可量測範圍：175~3300 nm。
- 2.解析度 (Resolution)： ≤ 0.05 nm 在 UV/VIS (紫外/可見光)範圍、 ≤ 0.2 nm 在 NIR(近紅外光)範圍。
- 3.波長準確度(Wavelength Accuracy)： ± 0.08 nm 在 UV/VIS 範圍、 ± 0.3 nm NIR 範圍。
- 4.波長再現性(Wavelength Reproducibility)： ≤ 0.02 nm 在 UV/VIS 範圍、 ≤ 0.08 nm 在 NIR 範圍。
- 5.光度準確度 (Photometric Accuracy)： ± 0.008 A。
- 6.光度再現性(Photometric Reproducibility)： ≤ 0.00016 A。
- 7.光度雜訊值(Photometric Noise RMS)：UV/VIS ≤ 0.005 A 或。
- 8.儀器外部尺寸：150 cm(長) \times 100 cm(寬) \times 50 cm(高)或更小。

9.儀器重量：100 公斤或更輕。

10.光學系統：

- a.雙光束(Double beam)、雙單光器(Double monochromator)，且均使用光柵(Grating)光學系統，可由外接電腦之操作軟體進行控制。
- b.單光器(Monochromator)：UV/VIS 範圍 1440 lines/mm 或更多在波長 240 nm 位置(blazed at 240 nm)及 NIR 範圍 360 lines/mm 或更多在波長 1100 nm 位置(blaze at 1100 nm)。
- c.光源(Source)：鎢鹵燈(pre-aligned tungsten-halogen)及重氫燈(deuterium)。
- d.偵測器(Detector)：光電倍增管(photomultiplier)在 UV/VIS 範圍、硫化鉛(PbS)偵測器在 NIR 範圍。
- e.狹縫(Bandpass)：在 UV/VIS 範圍可設定從 0.05~5.00 nm 每次 0.01 nm 增量(increments)、在 NIR 範圍.可設定從 0.2~20.00 nm 每次 0.04 nm 增量(increments)。

11.分析軟體：

- a.具控制本項儀器及處理數據之功能。
- b.可進行全波長掃描、一段時間內定波長掃描、多波長測量(1~6 點或更多)、圖譜(加、減、乘、除)運算。
- c.可擴充二維軟體(2D software)，觀察改變不同物理量(如：溫度、濃度、磁性...等)，對樣品光譜的變化，並以 2D 等高線強弱分佈圖呈現。
- d.可控制孔罩(aperture mask)自動調整光點大小。
- e.可選擇 1% 或 10% 衰減片。

12.附屬設備：150 mm 積分球

- a.直徑: 150 mm。
- b.穿透/反射角度: 0°~8°。

c.樣品孔尺寸: 直徑 20 mm。



圖 3-1.1 本所紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀
(資料來源：本研究拍攝)

(二)傅立葉轉換紅外線光譜儀

傅立葉轉換紅外線光譜分析方法於 1950 年代開發出來至今已發展超過半個世紀，分析速度快，對樣品不具破壞性，且可以分析固態液態與氣態樣品，使其漸漸成為材料分析不可或缺的定性工具，在特定情況下甚至可以達到快篩定量的能力，原理係利用分子間的振動模式吸收特定紅外線能量，來鑑別出分子所有的官能基，利用此特性即可鑑別有機物質的種類，傅立葉轉換紅外線光譜儀的核心為麥克森干涉儀(Michealson interferometer)，其光學設計為紅外線光源經過分光鏡(Beam splitter)分光後的兩道紅外線光束分別射向固定鏡與移動鏡，經過反射後再結合成單一紅外線光線，由於移動鏡所形成的光程差，使得最終合併的紅外線光線因為破壞性與建設性干涉而形成不同能量的紅外線光束，當這個光束與樣品接觸(穿透、反射)之後，在偵測器上形成不同的干涉圖，再經過傅立葉轉換(Fourier Transfer)之後，即是我們一般所觀察到的紅外線光譜，除作為有機化學分析外，目前已開發穿透、反射與半衰減全反射(ATR)

等配件可進行玻璃、IC 晶片或電子、電器、半導體工業的小零件中微小瑕疵的分析、藥物鑑定等，本研究所採用之儀器為 PerkinElmer 公司產品，其性能如下：

1. 可量測範圍：4000~100 cm^{-1} 。
2. 解析度 (Resolution)： $\leq 0.4 \text{ cm}^{-1}$ 。
3. 準確度 (Accuracy)： $\leq 0.2 \text{ cm}^{-1}$ (量測位置 1600 cm^{-1})。
4. 重複性 (Repeatability)： $\leq 0.05 \text{ cm}^{-1}$ (量測位置 1600 cm^{-1})。
5. S/N 比 (Signal to Noise)：應大於 30000:1 (量測條件 peak-peak、1min、4 cm^{-1} 測量)。
6. 光學系統：
 - a. 密封乾燥的光學系統，可保護儀器不受溼氣及化學溶劑蒸氣侵蝕，可由軟體自動控制切換分光鏡，偵測器。
 - b. 自動補償干涉儀 (Interferometer)：可自我補償傾斜產生之掃描誤差。
 - c. 偵測器 (Detector)：DTGS (deuterated triglycine sulphate) 可後續擴充為 MCT (mercury cadmium telluride) 系統。
 - d. 光源 (Source)：長效型 Mid-/Far-IR 光源，可自行更換。
 - e. 鏡面 (Mirror)：高反射率鍍金 (Au) 鏡面。
 - f. 分光鏡 (Beamsplitter)：需具備 2 組或以上分光鏡，材質 KBr (potassium bromide) 或 PP (polypropylene)。
 - g. 光圈：可採軟體控制改變光圈大小，以便得到最佳光圈大小輸出紅外光能量。
 - h. 內建自動波長精準系統：儀器內建標準品 (例如聚苯乙烯、ng11 玻璃、或甲烷等) 可由軟體隨時確認儀器波長、穿透率的準確性，不需手動處理。
7. 儀器尺寸： $\leq 65 \text{ cm}(\text{W}) \times 65 \text{ cm}(\text{H}) \times 35 \text{ cm}(\text{D})$ 。
8. 儀器重量： ≤ 40 公斤。

9.訊號傳輸控制系統：

- a.光譜訊號可由 TCP/IP 網路及 USB 傳輸。
- b.儀器可自動辨認配件種類及測試條件。
- c.儀器內建 LCD 面板可即時顯示各儀器元件條件。
- d.儀器可利用 LCD 面板按鍵及軟體操控儀器。

10.分析軟體：

- a.可進行圖譜加、減、乘、除、ATR、KK、KM 轉換、自動基線調正、平滑、消除雜訊、比對、頻峰標示、波峰分辨功能、圖譜微分、圖譜放大、文字說明等功能。
- b.可即時自動扣除環境 CO₂、H₂O 之干擾，不需再另做光譜相減(subtraction)處理。
- c.定量計算：可選擇依光譜的波峰(peak high)、波面積(peak area)、波比率(peak ratio) 等方式進行計算。
- d.可利用軟體控制選擇不同光源、偵測器、或分光鏡切換。
- e.化學品圖庫乙套。

11.附屬設備:10度角正反射配件

- a.適用本次採購傅立葉轉換紅外線光譜儀。
- b.調校用反射片乙片。
- c.調整樣品照射面大小遮蔽孔(Mask)一組(3/8”、1/4”、3/16”共3片)。



圖 3-1.2 本所傅立葉轉換紅外線光譜儀
(資料來源：本研究拍攝)

(三) Hot Disk 熱傳性質分析儀

Hot Disk 熱傳性質分析儀係採用 ISO 22007-2 Transient plane heat source method (TPS) 瞬變平面熱源測試法，可進行固體、粉末、液狀、膏狀、膠狀、薄膜或異向性材料 (anisotropic sample) 等樣品之熱傳導係數與比熱值等熱傳性質量測，本研究所採用之儀器為 Hot Disk AB 公司產品，其性能如下：

1. 可量測範圍：熱傳導係數為 $0.01 \sim 500 \text{ W/m-K}$ 、熱擴散 (Thermal Diffusivity) 為 $10^{-8} \sim 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ 。
2. 準確度 (Accuracy)
 - a. 量測條件在室溫時，量測之熱傳導係數準確度值 $\leq 5\%$ 、熱擴散係數準確度 $\leq 10\%$ 。
 - b. 量測條件高於室溫下或量測平板固體 (slab) 時，量測之熱傳導係數準確度值 $\leq 7\%$ 、熱擴散係數準確度 $\leq 11\%$ 。
3. 精密度 (Precision)：熱傳導係數 $\leq 2\%$ 、熱擴散係數 $\leq 2\%$ 。
4. 樣品形式：固相、粉末、薄膜 (厚度範圍： $0.01 \text{ mm} \sim 1.0 \text{ mm}$ 或更薄)、平板固體 (slab)、熱傳導係數異方向性材料皆可。
5. 量測探針及信號傳輸設備：
 - a. 可進行基本量測 (含金屬、合金、陶瓷、礦物、高分子、粉末等熱傳性質量測) 之探針。
 - b. 可進行高溫量測之探針，溫度大於 200°C 。
 - c. 可進行平板固體 (slab) 量測之探針。
 - d. 可進行薄膜 (thin film) 量測之探針。
 - e. 可進行異向性材料 (anisotropic sample) 量測之探針。
6. 標準片：適用 ISO 22007-2 — 瞬變平面熱源技術 (Transient plane heat source method) 方法之標準片、薄膜量測承載台。
7. 分析軟體：
 - a. 基本材料 (含金屬、合金、陶瓷、礦物、高分子、粉末等) 熱

傳性質量測軟體。。

- b. 平板(slab)材料熱傳性質量測軟體。
- c. 薄膜(thin film)材料熱傳性質量測軟體。
- d. 異向性材料(Anisotropic sample)熱傳性質量測軟體。
- e. 材料比熱量測軟體。

8. 附屬配件包括：

- a. 電源功率量表。
- b. 量測試件支撐架*4 (SUS # 304 以上等級之耐熱耐寒不銹鋼材質)。
- c. 高溫保護電纜

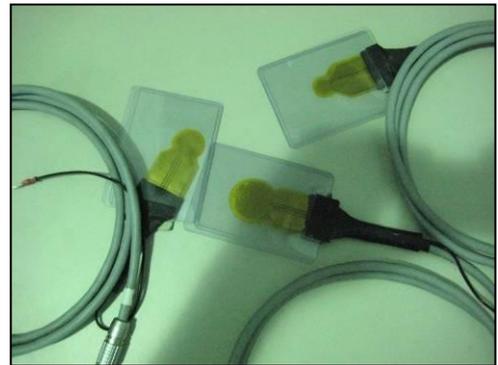


圖 3-1.3 本所 Hot Disk 熱傳性質分析儀及量測探針
(資料來源：本研究拍攝)

二、實驗條件與程序：

(一)方法概述

本程序主要提供 CNS 12381、JIS R 3106、JIS R 3107、ISO 9050 以及 ISO 22007-2 等標準測定平板玻璃材料之光學性能以及熱學性能試驗。

1. 目的：

本程序以「紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀」、「傅利葉轉換紅外線光譜儀」及「Hot Disk 熱傳性質分析儀」量測平板玻璃之紫外光、可視光、日光透射率與反射率、玻璃表面輻射率及熱傳導係數，再藉由定義公式計算求得日光輻射熱取得係數、遮蔽係數及熱傳透率。

2.適用範圍：

本程序說明建築用透明平板玻璃及其加工之單片玻璃〔以下稱之為單層玻璃〕，以及用此種單層玻璃製成之複層玻璃，對紫外光、可視光以及日光之透射率與反射率，日光輻射熱取得係數、遮蔽係數以及熱傳透率之試驗方法。

3.待測(校)件規格說明：

(1)試體尺度為長寬各為約 10cm 之玻璃。

(2)試件兩面為平滑且平行之平面。

(二)試驗儀器/環境需求/人員資格：

1.試驗儀器：紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀、傅利葉轉換紅外線光譜儀及 Hot Disk 熱傳性質分析儀

2.環境需求：室內溫度低於 30°C 以下，相對濕度低於 80%

3.人員資格：

(1)具備相關之教育、訓練、技術與經驗，以及通過實驗中心之考核鑑定。

(2)熟悉本測試程序及相關參考資料與引用規範

(三)準備事項

1.名詞解釋：

本程序所使用之用語意義，如下所示。

(1)紫外光透射率(反射率)：照射至窗玻璃之紫外光，所產生之透射光光束(反射光光束)與入射光光束之比。

(2)可視光透射率(反射率)：照射至窗玻璃之入射白晝光，所產生

之透射光光束(反射光光束)與入射光光束之比。

(3)日光透射率(反射率)：照射至窗玻璃之太陽輻射，所產生之透射光光束(反射光光束)與入射光光束之比。

註：太陽輻射是指直接照射之日光，亦即太陽光經過大氣層，直接到達地面之紫外線、可視光及近紅外線波長區域(300~2500nm)之輻射線。

(4)輻射率：照射至窗玻璃之熱輻射量與在相同溫度下之黑體放射出熱輻射量之比。

(5)日光輻射熱取得係數：當太陽輻射垂直照射平板玻璃，直接穿透玻璃加上被玻璃吸收而傳導至室內的能量與入射太陽輻射能量之比。

(6)玻璃遮蔽係數：日光輻射熱取得係數除以 0.87(2020 年版綠建材解說與評估手冊調整以 0.88 為基準)。

2.待測試件前處理：

(1)實驗室對待測試件執行試驗所需之各項設備及先前準備工作安排妥善前，必須對待測試件進行前處理。

(2)將待測試件以拭布擦拭其表面，避免指紋或雜質殘留至待測試件表面。

(3)以游標尺量測待測試件之外觀尺寸。

(4)以標籤紙標明玻璃之室內面與室外面。

(5)若待測試件為複層玻璃，則必先以刀片將複層玻璃之各層分開，再依據步驟(2)~(4)進行處理。

(6)待測試件必須是由送測單位從與實際使用條件相同之平板玻璃切割而成。

3 待測試件保存：

(1)將完成前處理之試件或量測完畢之試件利用拭紙清潔表面。

(2)以標籤註明試件名稱、編號以及日期。

(3)將試件放置於試件儲存箱中。

(4)試件儲存箱為一恆溫恆濕控制箱，可以利用控制介面控制保存的溫度與濕度。

(四)試驗步驟：

1.試件需量測之參數

參照 CNS 12381、JIS R 3106、JIS R 3107、ISO 9050 等量測方法，依據試件中間空隙層數目區分為單層構造玻璃、複層構造玻璃及三層構造組成複層玻璃，各需量測之參數如下所式：

(1)單層構造玻璃：

- a.玻璃的日光分光透射率
- b.玻璃室朝外側日光分光反射率
- c.玻璃朝室外側之表面輻射率
- d.玻璃朝室內側之表面輻射率

(2)複層構造玻璃：

- a.第一（二）層玻璃日光分光透射率
- b.第一（二）層玻璃朝室外側日光分光反射率
- c.第一層玻璃朝室內側日光分光反射率
- d.第一（二）層玻璃朝室內側之表面輻射率
- e.第一（二）層玻璃朝室外側之表面輻射率
- f.第一（二）層玻璃熱傳導係數

(3)三層構造組成複層玻璃：

- a.第一（二、三）層玻璃(膜)日光分光透射率
- b.第一（二、三）層玻璃(膜)朝室外側日光分光反射率
- c.第一（二）層玻璃(膜)朝室內側日光分光反射率
- d.第一（二、三）層玻璃(膜)朝室內側之表面輻射率
- e.第一（二、三）層玻璃(膜)朝室外側之表面輻射率
- f.第一（二、三）層玻璃(膜)熱傳導係數

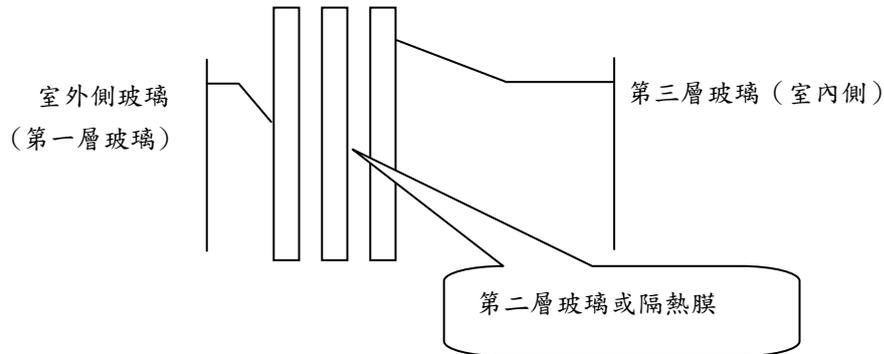


圖 3-1.4 本程序玻璃量測各層定義圖

(資料來源：本研究繪製)

2. 紫外線透射率之量測

2.1 概要：

單板玻璃之紫外線透射率，是用第 2.2 節之分光光度計，依第 2.3 節之方法測定紫外線區域之分光透射率以及分光反射率。

2.2 分光光度計：

測定試驗所使用之紫外/可視光/近紅外光分光光譜儀(以下簡稱分光光度計)，原則上必須具備以下之條件。

- (1)波長範圍：能夠測定 300-380nm 之波長範圍。
- (2)測定波長間隔以及有效波長寬度：測定波長間隔為 5nm。從分光光度計狹縫所放出之輻射線束之有效波長寬度為 5nm 以下。
- (3)測光刻度：測光方式是從基準物之透射光光束，或反射光光束加以比較側定。測光之準確度在測光範圍之最大刻度之 1% 以內。
- (4)波長刻度：分光光度計波長刻度之偏差，距分光光度計之透過波長帶所呈現最大強度波長之 1nm 以內。

2.3 測定方法

(1)試片:從單板玻璃或從複層玻璃相同材料之各單板玻璃切取試片。

(2)分光透射率之測定:從第 2.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束,按試片面法線方向照射。在透射光的方向,按照(五)資料分析之表 3-1.1 所規定之每間隔 5 nm 波長測定分光透射率 $\tau_{uv}(\lambda)$ 。以光程中未插入試片時之空氣層為基準物體,其分光透射率為 1。

備考:試片雙面之夾角超過 10^{-4} 徑度時,試片之透射光照射到積分球接受之。

(3)分光反射率測定:將從第 4.1.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束,按入射角小於入射線與試樣面法線所成 15° 角之方向照射。正反射光照射至積分球接受。按(五)資料分析之表 3-1.1 所規定每間隔 5 nm 波長測定分光反射率 $\rho(\lambda)$ 。試樣表面反射光與裏面一次反射光間之光軸差,必須在 2nm 以下。使用絕對反射率測定法規定刻度之鏡面反射體為基準物體。也可以使用絕對反射率測定方法,與規定刻度之標準鏡面反射體比較。

3.可視光透射率(反射率)之量測

3.1 概要:

單板玻璃之可視光透射率以及可見光反射率,是用第 3.2 節之分光光度計,依第 3.3 節之方法測定可視光區域之分光透射率以及分光反射率。複層玻璃之可視光透射率以及可視光反射率,根據第 3.3 節測定方法所得之測定值,將玻璃板之間多重反射列入考慮,以求得複層玻璃之分光透射率以及分光反射率,然後據此計算可視光透射率(反射率)。

3.2 分光光度計:

測定試驗所使用之分光光度計，原則上必須具備以下之條件。

- (1)波長範圍：能夠測定 380-780nm 之波長範圍。
- (2)測定波長間隔以及有效波長寬度：測定波長間隔為 10nm。從分光光度計狹縫所放出之輻射線束之有效波長寬度為 10nm 以下。
- (3)測光刻度：測光方式是從基準物之透射光光束，或反射光光束加以比較側定。測光之準確度在測光範圍之最大刻度之 1% 以內。
- (4)波長刻度：分光光度計波長刻度之偏差，距分光光度計之透過波長帶所呈現最大強度波長之 1nm 以內。

3.3 測定方法

- (1)試片：從單板玻璃或從複層玻璃相同材料之各單板玻璃切取試片。
- (2)分光透射率之測定：從第 3.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束，按試片面法線方向照射。在透射光的方向，按照(五)資料分析之表 3-1.2 所規定之每間隔 10nm 波長測定分光透射率 $\tau(\lambda)$ 。以光程中未插入試片時之空氣層為基準物體，其分光透射率為 1。
備考：試片雙面之夾角超過 10^{-4} 徑度時，試片之透射光照射到積分球接受之。

- (3)分光反射率測定：將從第 3.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束，按入射角小於入射線與試樣面法線所成 15° 角之方向照射。正反射光照射至積分球接受。按(五)資料分析之表 3-1.2 所規定每間隔 10nm 波長測定分光反射率 $\rho(\lambda)$ 。試樣表面反射光與裏面一次反射光間之光軸差，必須在 2nm 以下。使用絕對反射率測定法規定刻度之鏡面反射體為基準物體。也可以使用絕對反射率測定方法，與規定刻度之標準反射體比

較。

4 日光透射率(反射率及吸收率)之量測

4.1 概要：

單板玻璃之日光透射率、日光反射率及日光吸收率，是使用第 4.3.2 節之分光光度計，按照第 4.3 節之方法測定日光波長區域之分光透射率以及分光反射率，然後根據此測定值，按照日光之標準光譜分布，求得日光透射率及日光反射率。此外，從 1 減去兩者之和所得之差即為日光吸收率。複層玻璃之日光透射率、日光反射率及日光吸收率，是以此種材料之單板玻璃，根據從第 4.3 節之方法所測得之測定值，將玻璃板間之多重反射加以考慮，以求得複層玻璃之分光透射率以及分光反射率，然後據此計算日光透射率(反射率、吸收率)。

4.2 分光光度計：

測定時所使用之分光光度計，在波長 780nm 以下，具備與第 3.2 節者相同的條件，在波長 780nm 以上，原則上須符合下列條件。

- (1)波長範圍：可以測定 300~2500nm 之波長範圍。
- (2)測定波長間隔以及有效波長寬度：測定波長間隔為 50nm，從分光光度計狹縫所射出之輻射線束之有效波長寬度為 50nm 以下。
- (3)測光方式：測光方式是從基準物之透射光光束，或反射光光束加以比較測定，測光之準確度在測光範圍之最大刻度之 2% 以內，再現性準確度在 1% 以內。
- (4)波長刻度：分光光度計波長刻度之偏差，距光光度計之透射波長帶所呈現最大強度之波長之 5nm 以內。

4.3 測定方法：

- (1)試片：從單板玻璃或從複層玻璃相同材料之各單板玻璃切取試片。

(2)分光透射率之測定:從第 4.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束，按試片面法線方向照射。在透射光的方向，按照(五)資料分析之表 3-1.3 所規定之每間隔波長測定分光透射率 $\tau(\lambda)$ 。以光程中未插入試片時之空氣層為基準物體，其分光透射率為 1。

備考：試片雙面之夾角超過 10^{-4} 徑度時，試片之透射光照射到積分球接受之。

(3)分光反射率測定：將從第 4.2 節之分光光度計狹縫所射出接近平行之光束，按入射角小於入射線與試樣面法線所成 15° 角之方向照射。正反射光照射至積分球接受。按(五)資料分析之表 3-1.3 所規定每間隔波長測定分光反射率 $\rho(\lambda)$ 。試樣表面反射光與裏面一次反射光間之光軸差，必須在 2nm 以下。

5.玻璃表面之輻射率

5.1 概要：

使用第 5.2 節之分光光度計，按照第 5.3 節之方法，測定玻璃表面之分光反射率，然後根據此測定值，求得輻射率。

5.2 傅利葉轉換紅外線光譜儀:

測定所使用之傅利葉轉換紅外線光譜儀，原則上必須符合下列之條件。

(1)波長範圍:：能夠測定之波長範圍至少為 $5\sim 25\mu\text{m}$ (波數： $2000\text{cm}^{-1}\sim 400\text{cm}^{-1}$)

(2)測定波長解析度：波數為 4cm^{-1} 或以下。

(3)測光刻度:測光方式是以從基準物之反射輻射線束與其比較測定之，測光準確度為測定範圍之最大刻度之 2% 以內，再現性精密度為 1% 以內。

(4)波長準確度：波數為 1cm^{-1} 或以下。

5.3 分光反射率之測定：

紅外線波長區域之熱輻射線束，按照與試樣面法線所成角度小於 15° 之入射角照射，使用第 5.2 節之分光光度計，在波長區域 5~25μm 範圍內，按照標準方法內表所示每間隔 0.5μm 波長，測定正反射線束，求得試樣之分光反射率。

(五)資料分析：

1.紫外線透射率之計算

單層構造玻璃之紫外線透射率之計算：

按公式(1)計算紫外線透射率 τ_{uv}

$$\tau_{UV} = \frac{\sum_{300}^{380} \tau(\lambda) \cdot S_{\lambda} \Delta \lambda}{\sum_{300}^{380} S_{\lambda} \Delta \lambda} \dots\dots\dots(1)$$

式內， $S_{\lambda} \Delta \lambda$ ：太陽光 UV 相對光譜分布

$S_{\lambda} \Delta \lambda$ 值可從表 3-1.1 得知。

2.可視光透射率(反射率)之計算：

2.1 單層構造玻璃之可見光透射率與可見光反射率之計算：

按公式(2)及公式(3)計算可視光透射率 τ_v 及反射率 ρ_v

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \cdot V_{\lambda} \cdot \tau(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\rho_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \cdot V_{\lambda} \cdot \rho(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}} \dots\dots\dots (3)$$

式內， D_{λ} 為 D_{65} 相對光譜分布

$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$ 值可從可從表 3-1.2 得知。

2.2 複層構造玻璃之可見光透射率與可見光反射率之計算：

複層玻璃之可見光透射率 τ_v 及可見光反射率 ρ_v ，是以該試樣之各單層玻璃，所測定之分光透射率及分光反射率，按照公式(4)

~公式(7)計算求得。

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda \cdot \tau_{1,2}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda} \dots\dots\dots (4)$$

$$\tau_{1,2}(\lambda) = \frac{\tau_{1,1}(\lambda) \cdot \tau_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda \cdot \rho_{1,2}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda} \dots\dots\dots (6)$$

$$\rho_{1,2}(\lambda) = \rho_{1,1}(\lambda) + \frac{\tau_{1,1}^2(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (7)$$

式內，

$\tau_{1,1}(\lambda)$ =室外側玻璃之分光透射率

$\tau_{2,2}(\lambda)$ =室內側玻璃之分光透射率

$\rho_{1,1}(\lambda)$ =室外側玻璃，入射光從室外側至室內側之分光反射率

$\rho'_{1,1}(\lambda)$ =室內側玻璃，入射光從室內側至室外側之分光反射率

$\rho_{2,2}(\lambda)$ =室內側玻璃，入射光從室外側至室內側之分光反射率

2.3 三片構造所形成之複層玻璃：

三片單板玻璃(膜)所形成之複層玻璃之 τ_v 及 ρ_v ，以該複層玻璃之分光透射率 $\tau_{1,3}(\lambda)$ 及分光反射率 $\rho_{1,3}(\lambda)$ ，比照公式(4)及公式(6)計算求得。 $\tau_{1,3}(\lambda)$ 及 $\rho_{1,3}(\lambda)$ 是以視同此複層玻璃由具有 $\tau_1(\lambda)$ ， $\rho_1(\lambda)$ 及 $\rho'_1(\lambda)$ 之室外側單板玻璃。與具有 $\tau_{23}(\lambda)$ 及 $\rho_{23}(\lambda)$ 之室外側複層玻璃所構成之複層玻璃，應用公式(8)及公式(9)計算求得。

$$\tau_{1,3}(\lambda) = \frac{\tau_{1,2}(\lambda) \cdot \tau_{3,3}(\lambda)}{1 - \rho_{2,1}'(\lambda) \cdot \rho_{3,3}(\lambda)} \dots\dots\dots (8)$$

$$\rho_{1,3}(\lambda) = \rho_{1,2}(\lambda) + \frac{\tau_{1,2}^2(\lambda) \cdot \rho_{3,3}(\lambda)}{1 - \rho_{3,3}'(\lambda) \cdot \rho_{2,1}(\lambda)} \dots\dots\dots (9)$$

3 日光透射率(反射率、吸收率)之計算：

3.1 單層構造玻璃日光透射率(反射率、吸收率)之計算：

按照公式(10)、公式(11)及公式(12)計算日光透射率 τ_e ，日光反射率 ρ_e 及日光吸收率 α_e 。

$$\tau_e = \frac{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \tau(\lambda)}{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots\dots (10)$$

$$\rho_e = \frac{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \rho(\lambda)}{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots\dots (11)$$

$$\alpha_e = 1 - \tau_e - \rho_e \dots\dots\dots (12)$$

式內， E_{λ} ：直射日光相對值之標準光譜分布

$E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ 值可從可從表 3-1.3 得知

3.2 複層構造玻璃日光透射率(反射率、吸收率)之計算：

兩片單板玻璃所構成之複層玻璃：兩片單板玻璃所構成之複層玻璃之 τ_e 、 ρ_e ，按照公式公式(13)~公式(20)計算求得。

$$\tau_e = \sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \tau_{1,2}(\lambda) \dots\dots\dots (13)$$

$$\tau_{1,2}(\lambda) = \frac{\tau_{1,1}(\lambda) \cdot \tau_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (14)$$

$$\rho_e = \sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \rho_{1,2}(\lambda) \dots\dots\dots (15)$$

$$\rho_{1,2}(\lambda) = \rho_{1,1}(\lambda) + \frac{\tau_{1,1}^2(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (16)$$

$$\alpha_{e1} = \frac{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \alpha_1(\lambda)}{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots\dots (17)$$

$${}_2\alpha_1(\lambda) = \alpha_1(\lambda) + \frac{\alpha_1'(\lambda) \cdot \tau_{1,1}(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (18)$$

$$\alpha_{e2} = \frac{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \alpha_2(\lambda)}{\sum_{300}^{2500} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots\dots (19)$$

$${}_2\alpha_2(\lambda) = \frac{\alpha_2(\lambda) \cdot \tau_{1,1}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,2}(\lambda)} \dots\dots\dots (20)$$

式內，

${}_2\alpha_1(\lambda)$: 室外側之單板玻璃之分光吸收率

${}_2\alpha_2(\lambda)$: 室內側之單板玻璃之分光吸收率

$$\alpha_1(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1(\lambda)$$

$$\alpha_1'(\lambda) = 1 - \tau_1(\lambda) - \rho_1'(\lambda)$$

$$\alpha_2(\lambda) = 1 - \tau_2(\lambda) - \rho_2(\lambda)$$

3.3 三層構造所形成之複層玻璃：

三片以上單板玻璃所構成複層玻璃之 τ_e 、 ρ_e 、 α_{e2} 及 α_{e3} 根據該複層玻璃之分光透射率 $\tau_{1,3}(\lambda)$ ，分光反射率 $\rho_{1,3}(\lambda)$ 及該複層玻璃構成狀態各單板玻璃之分光吸收率 ${}_3\alpha_1(\lambda)$ 、 ${}_3\alpha_2(\lambda)$ 及 ${}_3\alpha_3(\lambda)$ ，按照公式(21)~公式(23)計算求得。

$${}_3\alpha_1(\lambda) = \alpha_1(\lambda) + \frac{\alpha_1'(\lambda) \cdot \tau_{1,1}(\lambda) \cdot \rho_{2,3}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,3}(\lambda)} \dots\dots\dots (21)$$

$${}_3\alpha_2(\lambda) = \frac{\tau_{1,1}(\lambda) \cdot \alpha_2(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \cdot \rho_{2,3}(\lambda)} + \frac{\alpha_2'(\lambda) \cdot \tau_{1,2}(\lambda) \cdot \rho_{3,3}(\lambda)}{1 - \rho_{2,1}'(\lambda) \cdot \rho_{3,3}(\lambda)} \dots\dots\dots (22)$$

$${}_3\alpha_3(\lambda) = \frac{\alpha_3(\lambda) \cdot \tau_{1,2}(\lambda)}{1 - \rho_{2,1}'(\lambda) \cdot \rho_{3,3}(\lambda)} \dots\dots\dots (23)$$

4. 玻璃表面之輻射率之計算：

根據傅利葉轉換紅外線光譜儀所求得之分光反射率 $\rho(\lambda)$ ，按照公式(24)計算熱輻射線之反射率 $\rho(\lambda)$ 。

$$\rho_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} \rho_n(\lambda_i) \dots\dots\dots (24)$$

垂直輻射率 $\epsilon_n = 1 - \rho_n$

5.日光輻射熱取得係數之計算：

5.1 室內、外表面熱導係數之計算：

單層玻璃及複層玻璃之室內側表面熱導係數 h_i ，以及室外側表面熱導係數 h_e ，是依據求得之室內側及室外側玻璃表面之半球輻射率 ϵ_i 及 ϵ_e 。按照公式(25)、(26)計算得之。

室內側 $h_i = h_{ri}\epsilon_i + h_{ci} \dots\dots\dots(25)$

室外側 $h_e = h_{re}\epsilon_e + h_{ce} \dots\dots\dots(26)$

式內， h_i 反 h_e 根據下表所列數值。

	夏		冬	
	hr	hc	hr	hc
室外側	6.5	12.2	5.1	16.2
室內側	6.3	3.9	5.6	3.3

5.2 單層構造玻璃之日光輻射熱取得係數之計算：

單層玻璃之日光輻射熱取得率 η ，是根據第 5.1 節所求得之 h_o 及 h_i ，按照公式(27)計算得之。

$$\eta = \tau_e + N_i \cdot \alpha_e \quad , \quad N_i = \frac{h_i}{h_i + h_e} \dots\dots\dots(27)$$

式內，

N_i = 被玻璃所吸收並傳導至室內之日光輻射熱比率

τ_e, α_e 由公式(10)及公式(12)所求得之數值

h_e, h_i 由公式(25)、(26)所求得之數值

5.3 複層構造玻璃之日光輻射熱取得係數計算：

由兩片單板玻璃所構成之複層玻璃日光輻射熱取得率，是根據公式(25)、(26)所求得之 h_i 及 h_e ，以及利用 Hot Disk 熱傳性質分析儀測得各層熱傳導係數，換算出各項熱阻，按照公式(28)計算之。

$$\eta = \tau_e + N_1 \cdot \alpha_{e1} + N_2 \cdot \alpha_{e2} \dots\dots\dots (28)$$

$$N_1 = \frac{R_e}{R_e + R_{1,2} + R_i} \quad N_2 = \frac{R_e + R_{1,2}}{R_e + R_{1,2} + R_i}$$

式內，

N_1 : 室外側之單板玻璃所吸收日光輻射熱傳送至室內之比率

N_2 : 室內側之單板玻璃所吸收之日光輻射熱傳送至室內之比率

$R_{1,2}$: 中間空氣層之熱阻

R_e : 室外單板玻璃之表面熱阻

R_i : 室內單板玻璃之表面熱阻

5.5.5 三層構造所形成之複層玻璃之日光輻射熱取得係數計算：

由三片單板玻璃(膜)所構成之複層玻璃可按照下列公式計算求得。

$$\eta = \tau_e + \sum_{j=1}^n N_j \cdot \alpha_{ej} \dots\dots\dots (29)$$

$$N_1 = \frac{R_e}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i}, \quad N_2 = \frac{R_e + R_{1,2}}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i}, \quad N_3 = \frac{R_e + R_{1,2} + R_{2,3}}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i}$$

式內，

$R_{k-1,k}$: 第 k-1 片與第 k 片間氣體層之熱阻

R_e : 室外單板玻璃之表面熱阻

R_i : 室內單板玻璃之表面熱阻

表3-1.1 紫外線各波長能量分佈對照表

對應波長(nm)	$S_{\lambda} \Delta \lambda$
300	0
305	0.168176
310	0.230555
315	0.187429
320	0.102699
325	0.050895
330	0.034134
335	0.030432
340	0.027729
345	0.024094
350	0.02193
355	0.019298
360	0.017028
365	0.016157
370	0.015108
375	0.013298
380	0.011471
385	0.00944
390	0.008009
395	0.008165
400	0.003953

(資料來源：本研究參考標準整理)

表 3-1.2 可視光各波長能量分佈對照表

對應波長(nm)	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$	對應波長(nm)	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$
380	0	590	67.14
390	0.01	600	56.8
400	0.03	610	45.07
410	0.11	620	33.41
420	0.37	630	22.07
430	1.01	640	14.65
440	2.41	650	8.56
450	4.45	660	4.89
460	7.07	670	2.63
470	10.45	680	1.33
480	16.12	690	0.57
490	22.63	700	0.29
500	35.32	710	0.16
510	54.22	720	0.06
520	74.4	730	0.04
530	92.83	740	0.02
540	99.61	750	0.01
550	103.52	760	0
560	99.5	770	0
570	91.71	780	0
580	83.34		

(資料來源：本研究參考標準整理)

表 3-1.3 日光各波長能量分佈對照表

對應波長 (nm)	$E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$	對應波長 (nm)	$E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$	對應波長 (nm)	$E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$
300	0	530	14.73	1050	38.58
305	0.02	540	14.69	1100	24.85
310	0.11	550	14.96	1150	14.79
315	0.28	560	14.86	1200	25.47
320	0.48	570	14.76	1250	27.68
325	0.68	580	14.33	1300	21.6
330	1.03	590	13.9	1350	2.04
335	1.06	600	14.34	1400	0.74
340	1.22	610	14.78	1450	4.66
345	1.27	620	14.6	1500	11.98
350	1.44	630	14.42	1550	16.91
355	1.54	640	14.41	1600	14.92
360	1.63	650	14.41	1650	14.54
365	1.92	660	14.31	1700	12.69
370	2.2	670	14.2	1750	9.27
375	2.33	680	12.93	1800	1.94
380	3.69	690	11.66	1850	0.43
390	5.18	700	12.63	1900	0.09
400	7.55	710	13.61	1950	1
410	8.91	720	11.2	2000	2.71
420	9.38	730	12.07	2050	5.08
430	8.71	740	13.18	2100	5.61
440	10.84	750	13.02	2150	5.15
450	12.99	760	9.96	2200	4.5
460	13.44	770	11.49	2250	4.44
470	13.55	780	12.34	2300	4.24
480	14.2	800	47.42	2350	3.97
490	13.64	850	54.81	2400	2.77
500	13.94	900	44.79	2450	1.34
510	14.48	950	19.86	2500	1.02
520	13.73	1000	42.32		

(資料來源：本研究參考標準整理)

第二節 玻璃及貼膜試驗之光學與熱力性能分析

本所性能實驗中心自 96 年起開始受理廠商有關玻璃各項光學與熱力性能試驗，迄今已累積不少檢測成果，經統計截至 109 年 6 月底共有 300 件申請玻璃遮蔽係數試驗，若依「高性能節能玻璃綠建材」及「建築門窗用玻璃貼膜」之受理項目分類，其中複層玻璃 71 件、膠合玻璃 53 件、LOW-E 玻璃 17 件、單層玻璃 13 件及建築門窗用玻璃貼膜計有 146 件，以下將分別就其試驗案例之光學與熱力性能分析進行說明。

一、複層玻璃

依整體構造材質組合方式來看，本次 71 件樣本複層玻璃產品，均由 2 片平板玻璃、膠合玻璃、表面具有塗覆塗料或 LOW-E 鍍膜之玻璃以一定間隔平行排列，周邊予以密封組合而成，其中中間空隙層採用填充氬氣設計有 16 件、乾燥空氣計有 55 件，經探討填充不同氣體試驗結果之差異性，發現對整體複層玻璃之光學性能及日光輻射熱遮斷效果幾乎沒有影響，但因氬氣之熱阻值較乾燥空氣來的低，在隔熱性能之熱傳透率 U 值會有顯著差異，依本研究蒐集案例，相同構造材質複層玻璃填充氬氣依空隙層設計厚度，在熱傳透率部份約有 1~2 成之降低效果，某案例之試驗結果如表 3-2.1 所示。

另本次 71 件樣本複層玻璃之空隙層設計厚度約在 6~16 cm 之間(如圖 3-2.1 所示)，以 12 cm 最多計有 50 片(占約 71%)，依前期研究以 WINDOW 程式模擬氣體層厚度對 U 值之結果顯示，採用 6mm 單層玻璃+中間空隙+6mm 單層玻璃組成之複層玻璃，探討中間空氣層厚度由 1mm 至 15mm 之 U 值變化，由如圖 3-2.2 所示可知當增加中間層空氣厚度時，其 U 值會隨之下降，然而增加至一定厚度時下降幅度趨於平緩，當中間空氣厚度 1mm 時

U 值為 4.433 W/m²K，當其增加至 6mm 時 U 值為 3.028 W/m²K，U 值降低了 32%。而空氣層厚度持續增加至 12mm 時 U=2.637 W/m²K，6mm 與 12mm 相比下降幅度僅為 13%，若空氣層厚度增至 15mm 時，其下降幅度僅有 0.008%，故建議複層之中間空氣層設計成 12mm 為最佳參數，與上開 71 件樣本複層玻璃中最常使用設計厚度相同。

另每件複層玻璃均由 2 片玻璃組成，合計共使用 142 片玻璃，若以使用玻璃類型比率計算，採用單層平板玻璃計有 61 片(占約 43%)最多，其次為 LOW-E 玻璃計有 57 片(占約 40%)、膠合玻璃計有 24 片(占約 17%)，組合之複層玻璃以「LOW-E 玻璃+中間空隙+單層玻璃」最多計有 40 件(占約 53%)，其次為「LOW-E 玻璃+中間空隙+膠合玻璃」計有 17 件(占約 24%)，組合方式如表 3-2.2 所示。

表 3-2.1 某相同構造材質複層玻璃填充不同氣體之試驗結果比較

試驗項目	8 mm光 Low-E +12 mm乾燥空氣 +8 mm光	8 mm光 Low-E +12 mm氬氣 +8 mm光	備註
可視光透射率	61.06%	61.06%	
可視光外反射率	12.24%	12.24%	
日光透射率	40.77%	40.77%	
日光反射率	11.64%	11.64%	
紫外線透射率	31.09%	31.09%	
日光輻射熱取得係數	0.504	0.504	
遮蔽係數 SC	0.579	0.579	
熱傳透率 U	<u>1.980 W/(m²K)</u>	<u>1.691 W/(m²K)</u>	

(資料來源：本研究整理)

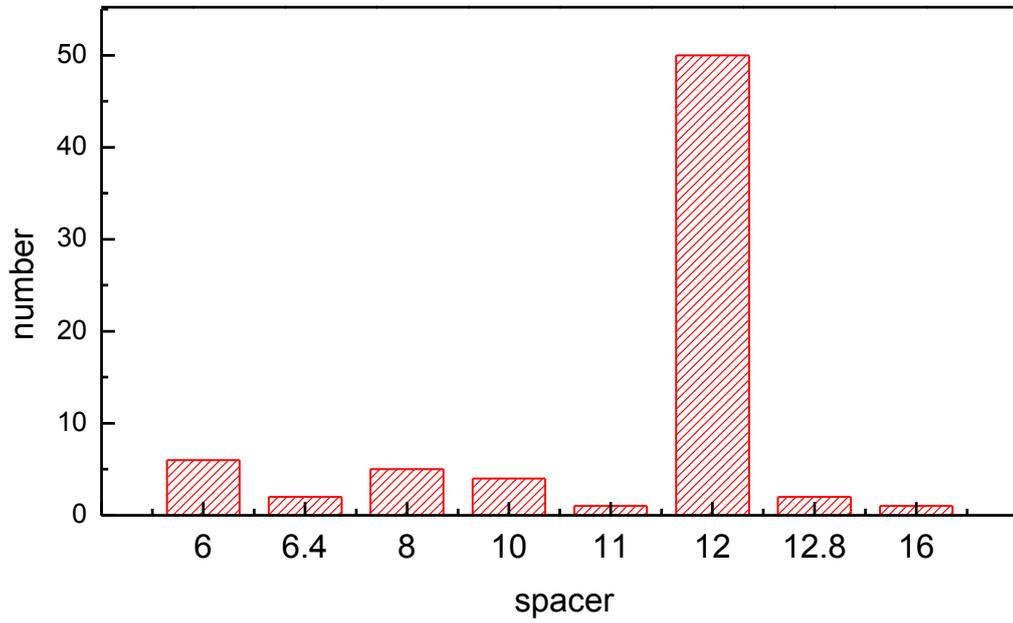


圖 3-2.1 複層玻璃中間空隙統計
(資料來源：本研究繪製)

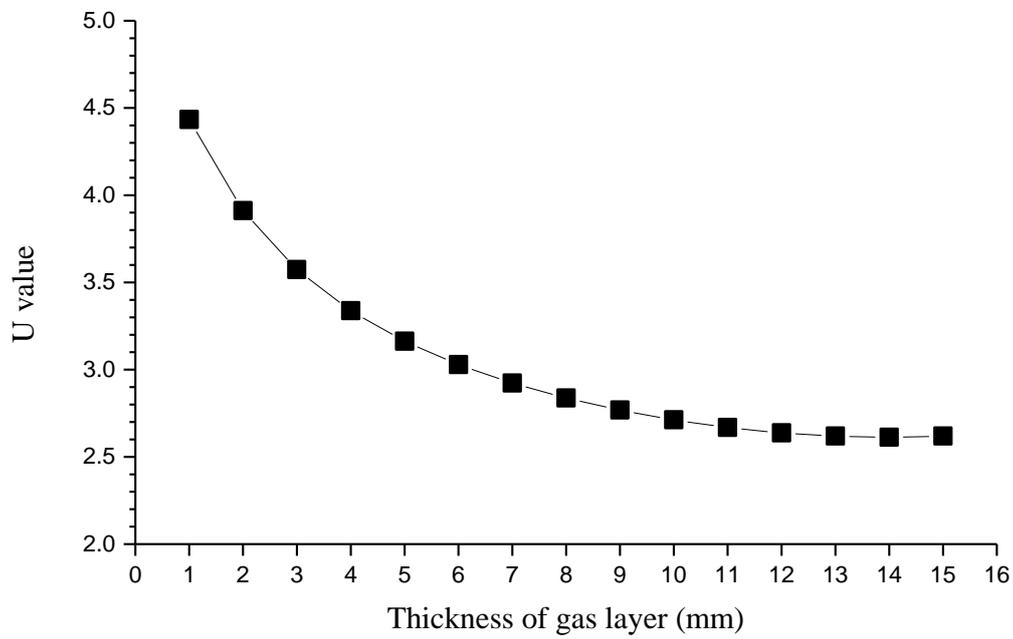


圖 3-2.2 複層玻璃中間空隙厚度與 U 值之關係圖
(資料來源：參考書目[中文(20)])

表3-2.2 複層玻璃各種組合方式統計

組別	複層玻璃組合方式	件數	百分比 (%)
A	LOW-E玻璃+中間空隙+單層玻璃	40	53
B	LOW-E玻璃+中間空隙+膠合玻璃	17	24
C	膠合玻璃+中間空隙+單層玻璃	7	10
D	單層玻璃+中間空隙+單層玻璃	7	6
合計	-	71	100

(資料來源：本研究整理)

依整體試驗結果看來，本次 71 件樣本複層玻璃產品，其試驗樣本測試結果，可視光透射率數值約在 13.70%~79.14%之間，平均值為 49.56%、可視光反射率值約在 4.65%~33.41%之間，平均值為 13.48%、日光透射率值約在 3.25%~62.49%之間，平均值為 25.71%、日光反射率值約在 5.91%~39.57%之間，平均值為 16.90%、紫外光穿透率值約在 0.01%~44.38%之間，平均值為 9.19%、日光輻射熱取得係數值約在 0.106~0.722 之間，平均值為 0.348、遮蔽係數值約在 0.121~0.830 之間，平均值為 0.400 及熱傳透率值約在 1.139~3.241 W/m²K 之間平均值為 1.918 W/m²K。

此外，進一步將這 71 件樣本依表 3-2.2 複層玻璃之組合方式分為 A~D 等 4 組分別將上開量測數據與高性能節能玻璃綠建材之基準(可視光透射率 $T_c \geq 0.50$ 、可視光反射率 $R_c \leq 0.25$ 及遮

蔽係數 $S_c \leq 0.35$) 進行比較，71 件樣本的可視光透射率量測值 T 與 T_c 基準值之比值點繪於圖 3-2.3，可以發現該比值 $T/T_c \geq 1$ 的案例計有 40 件(約 56%)，以「膠合玻璃+中間空隙+單層玻璃」及「單層玻璃+中間空隙+單層玻璃」之平均通過率最高均為 71%，「LOW-E 玻璃+中間空隙+膠合玻璃」通過率最低為 41%。

另在 $R/R_c \leq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.4 所示，由圖中可以發現，計有 70 件(約 99%)的可視光反射率量測值可達性能基準，囿於建築技術規則施工篇第二百零八條之一已修訂發布，規定為建築物外牆、窗戶與屋頂所設之玻璃對戶外之可見光反射率不得大於 0.2，並預計自 110 年 1 月 1 日施行，本次 71 件樣本計有 61 件(約 86%)的複層量測值可達上開規定，建議綠建材解說與評估手冊可配合法令實施調整本項性能基準值為可見光反射率 $R_c \leq 0.20$ 。另在 $S/S_c \geq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.5 所示，由圖中可以發現，計有 36 件(約 51%)的遮蔽係數量測值可達性能基準，以「膠合玻璃+中間空隙+單層玻璃」之平均通過率最高為 59%，「單層玻璃+中間空隙+單層玻璃」通過率最低為 14%。

高性能節能玻璃綠建材之基準需同時達到上開三項基準，方能申辦綠建材標章，以符合建築空調節能、建築照明節能與光污染等要求，而日光輻射能量照射玻璃後一部分進入室內此稱日光透射率，一部分反射留在室外稱日光反射率，最後一部份則被玻璃吸收稱吸收率，3 個參數總合為 100% 日光輻射能量，故要求玻璃之日光透射率低，日光反射率及吸收率加總之數值必然偏高，且因照明需求設計高透光之玻璃，伴隨進入室內之日光輻射能量偏高可能性較大，對空調耗能一定有所影響，反之設計低遮蔽係數之玻璃，進入室內之可見光透射率偏低比率較大，3 個參數之性能表現在玻璃節能設計上會互相牽制，故本次 71 件樣本複

層玻璃產品能同時達到三項基準僅計有 9 件(約 13%)，以「LOW-E 玻璃+中間空隙+單層玻璃」之平均通過率最高為 15%，「單層玻璃+中間空隙+單層玻璃」通過率最低為 0%，樣本複層玻璃通過各項基準統計如表 3-2.3 所示。

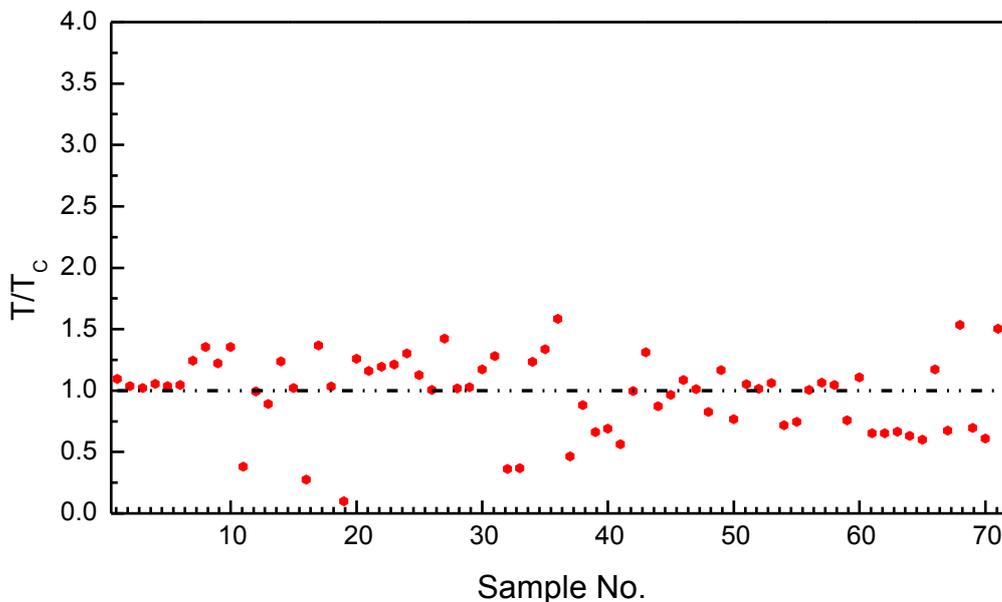


圖 3-2.3 複層玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖

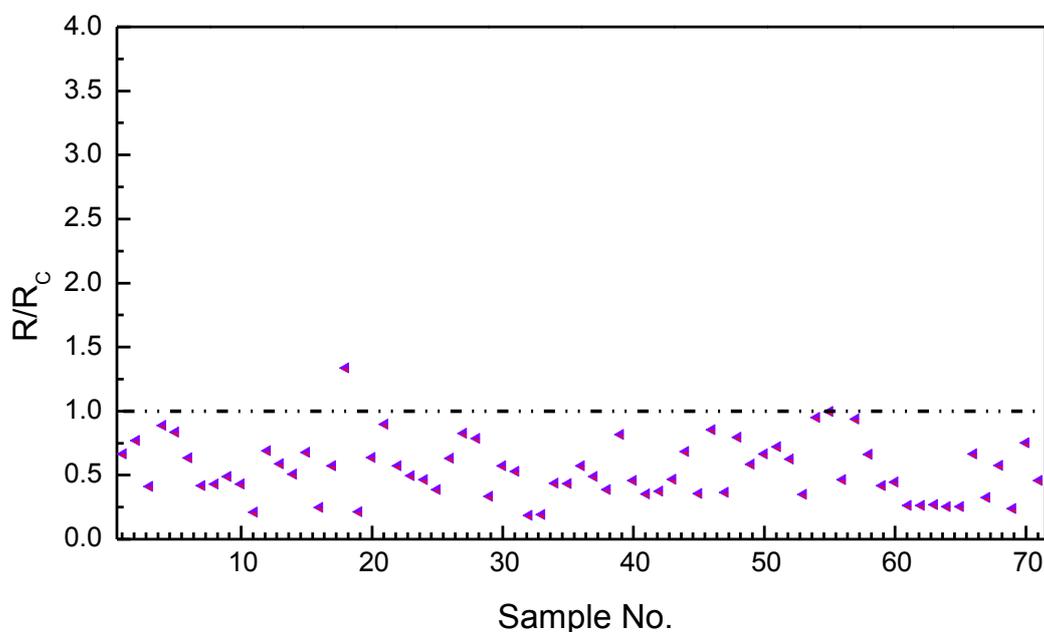
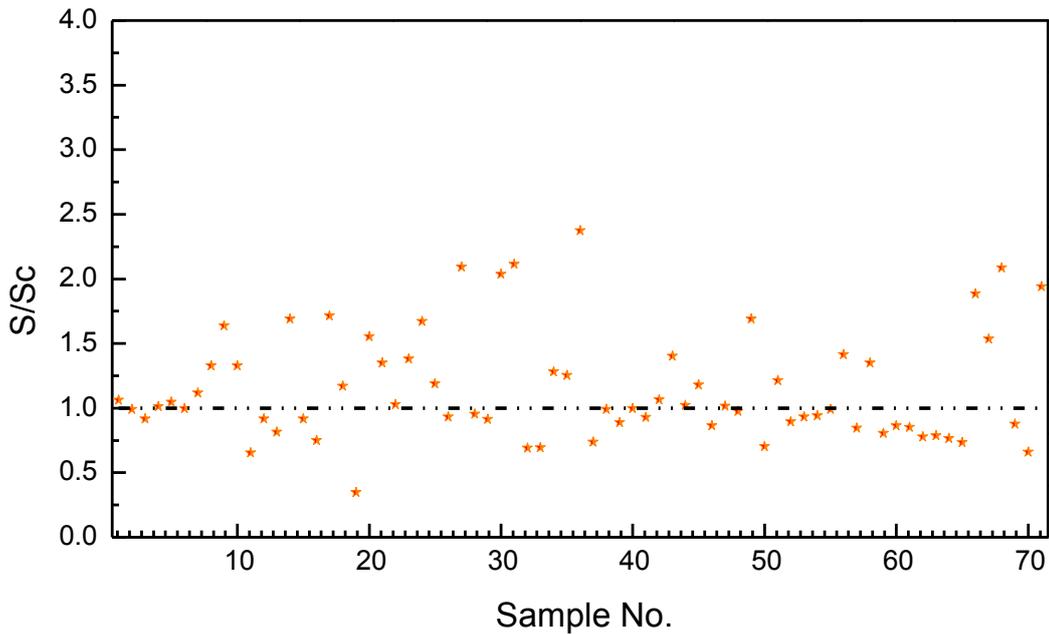


圖 3-2.4 複層玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖
(資料來源：本研究整理)

圖 3-2.5 複層玻璃遮蔽係數 S/S_c 之案件分布圖

(資料來源：本研究整理)

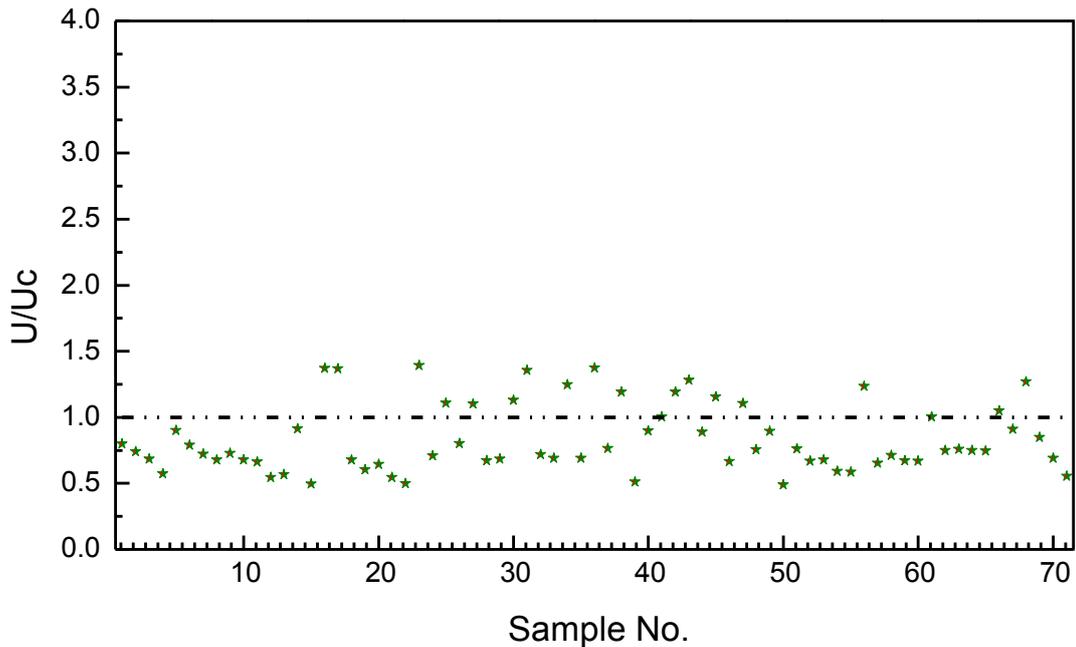
另在 CNS 2541 R2052：複層玻璃標準中依隔熱性及日光輻射熱遮斷性分為 U1、U2、U3-1、U3-2、E4 及 E5 等 6 種複層玻璃，分別要求總熱阻 R ($1/U$ 為熱傳透率倒數) 最小值 $0.25 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 、 $0.31 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 、 $0.37 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 、 $0.43 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 、 $0.25 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 、 $0.25 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ ，本研究採用最嚴苛總熱阻 $R_c \geq 0.43 \text{ K} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ 為基準，即 $U_c \leq 2.326 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，在 $U/U_c \leq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.6 所示，由圖中可以發現，計有 52 件(約 73%)的熱傳透率量測值可達性能基準，各種組合方式通過通過件數及比率如下：

1. LOW-E 玻璃+中間空隙+單層玻璃：計有 37 件(約 93%)
2. LOW-E 玻璃+中間空隙+膠合玻璃：計有 10 件(約 59%)
3. 膠合玻璃+中間空隙+單層玻璃：計有 3 件(約 43%)
4. 單層玻璃+中間空隙+單層玻璃：計有 2 件(約 29%)

表 3-2.3 樣本複層玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計

組別	組合方式	綠建材評估項目及基準	通過件數及比率
A	LOW-E玻璃+中間空隙+單層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	23/40(58%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	39/40(98%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	22/40(55%)
		同時符合上開3項基準值	6/40(15%)
B	LOW-E玻璃+中間空隙+膠合玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	7/17(41%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	17/17(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	10/17(59%)
		同時符合上開3項基準值	2/17(12%)
C	膠合玻璃+中間空隙+單層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	5/7(71%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	7/7(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	3/7(43%)
		同時符合上開3項基準值	1/7(14%)
D	單層玻璃+中間空隙+單層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	5/7(71%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	7/7(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	1/7(14%)
		同時符合上開3項基準值	0/7(0%)

(資料來源：本研究整理)

圖 3-2.6 複層玻璃熱傳透率 U/U_c 之案件分布圖

(資料來源：本研究整理)

二、膠合玻璃

依整體構造材質組合方式來看，本次 53 件樣本膠合玻璃產品，均由 2 片玻璃，中間以中間膜接著而成，組成設計厚度多樣化約在 6~30 cm 之間(如圖 3-2.7 所示)，以 10cm 最多計有 16 件(占約 30%)，其次為 12cm 計有 15 件(占約 28%)，另每件膠合玻璃需使用 2 片玻璃組成，合計共使用 106 片玻璃，若以使用玻璃類型比率計算，採用單層平板玻璃計有 79 片(占約 75%)最多，其次為 LOW-E 玻璃計有 27 片(占約 25%)，組合之膠合玻璃以「LOW-E 玻璃+中間膜+單層玻璃」最多計有 27 件(占約 51%)，其次為「單層玻璃+中間膜+單層玻璃」計有 26 件(占約 49%)，以下將依上開 2 種組合方式進行探討。

依整體試驗結果看來，本次 53 件樣本膠合玻璃產品，其試驗樣本測試結果，可視光透射率數值約在 14.68%~88.68% 之間，平均值為 54.10%、可視光反射率值約在 4.79%~27.54% 之間，平均值為 9.38%、日光透射率值約在 5.84%~75.20% 之間，平均值為 33.17%、日光反射率值約在 4.53%~30.77% 之間，平均值

為 9.48%、紫外光穿透率值約在 0.01%~58.18%之間，平均值為 2.03%、日光輻射熱取得係數值約在 0.209~0.789 之間，平均值為 0.511、遮蔽係數值約在 0.240~0.907 之間，平均值為 0.587 及熱傳透率值約在 3.540~5.773 W/m²K 之間平均值為 4.975 W/m²K。

此外，進一步將這 53 件樣本依上開 2 種膠合玻璃組合方式分為 A、B 等 2 組分別將上開量測數據與高性能節能玻璃綠建材之基準(可視光透射率 $T_c \geq 0.50$ 、可視光反射率 $R_c \leq 0.25$ 及遮蔽係數 $S_c \leq 0.35$)進行比較，53 件樣本的可視光透射率量測值 T 與 T_c 基準值之比值點繪於圖 3-2.8，可以發現該比值 $T/T_c \geq 1$ 的案例計有 32 件(約 60%)，其中「LOW-E 玻璃+中間膜+單層玻璃」之平均通過率較低為 37%，「單層玻璃+中間膜+單層玻璃」通過率為 85%。

另在 $R/R_c \leq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.9 所示，由圖中可以發現，計有 52 件(約 98%)的可視光反射率量測值可達性能基準，若可視光反射率 R 參照新版建築技術規則施工篇第三百零八條之一規定不得大於 0.2，則計有 46 件(約 87%)的可視光反射率量測值可符合該項規定。另在 $S/S_c \geq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.10 所示，由圖中可以發現，計有 1 件(約 2%)的遮蔽係數量測值可達性能基準，本次沒有樣本膠合玻璃產品能同時達到三項基準，統計如表 3-2.4 所示。

在膠合玻璃之輻射率(室內側)與熱傳透率關係，由圖 3-3.11 中可以看出玻璃之室內側輻射率值越大則熱傳透率越大，本研究進一步採用簡單線性迴歸進行資料分析，以瞭解室內側輻射率與熱傳透率間的關連性，依其迴歸分析資料顯示其判定係數為 $R^2=0.94$ ，顯著值小於 0.05，顯示膠合玻璃之室內側輻射率與熱傳透率線性關係存在該線性迴歸方程式應可提供作為預測推估之用，亦符合公式(30)物理之相關性。另由圖 3-3.12 中可以發現膠合玻璃之輻射率(室外側)與熱傳透率無明顯相關，其迴歸分析

資料顯示判定係數為 $R^2=0.2336$ 。

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i} \dots\dots\dots (30)$$

式內，

h_e : 室外側表面熱導係數， $h_e=10+4.1V$ ，其中 V 為風速， $h_e=23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

h_t : 玻璃熱阻值

h_i : 室內側表面熱導係數， $h_i=(4.4 \cdot \varepsilon_i)/0.837+3.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，其中 ε_i 為室內側輻射率

理論上相同材質的玻璃當厚度增加時，必然會增加該玻璃對熱量傳遞的阻擋能力，而降低熱傳透率 U 值，但目前市售膠合玻璃之顏色與中間膜種類相當繁多，其光學與熱學性質亦與中間膜性質、玻璃顏色或表面處理息息相關，透過圖 3-3.13 中可以發現 2 片玻璃以中間膜接著而成膠合玻璃之總厚度與熱傳透率無明顯相關，其迴歸分析資料顯示判定係數為 $R^2=0.1584$ 。目前膠合玻璃在光學與熱力量測技術部分，都將膠合玻璃視為單層玻璃進行量測與計算，故經表面處理之單層玻璃(含隔熱膜、塗料或鍍膜等)，其熱傳透率性能與輻射率(玻璃厚度)等參數應有類似之關係。

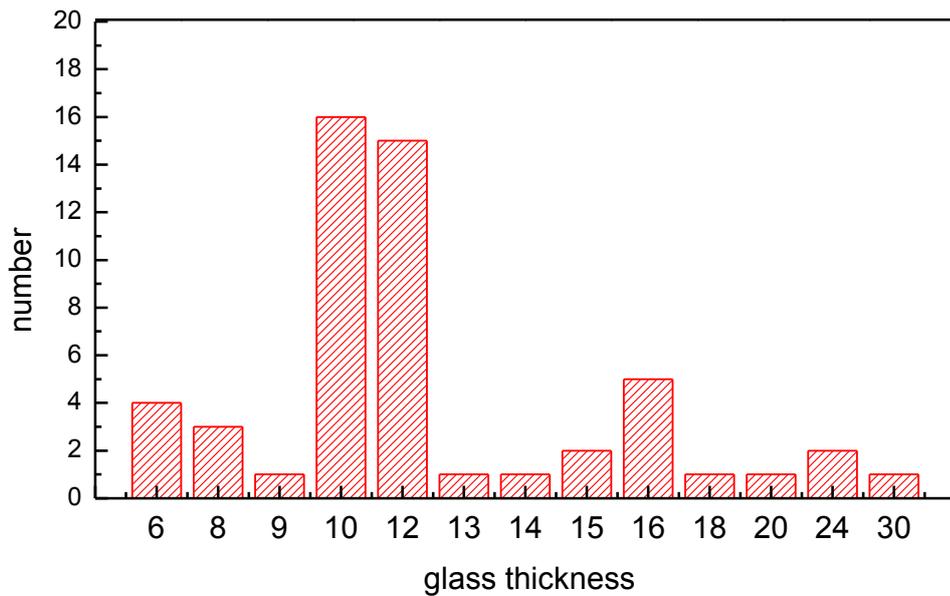


圖3-2.7 膠合玻璃設計厚度統計
(資料來源：本研究整理)

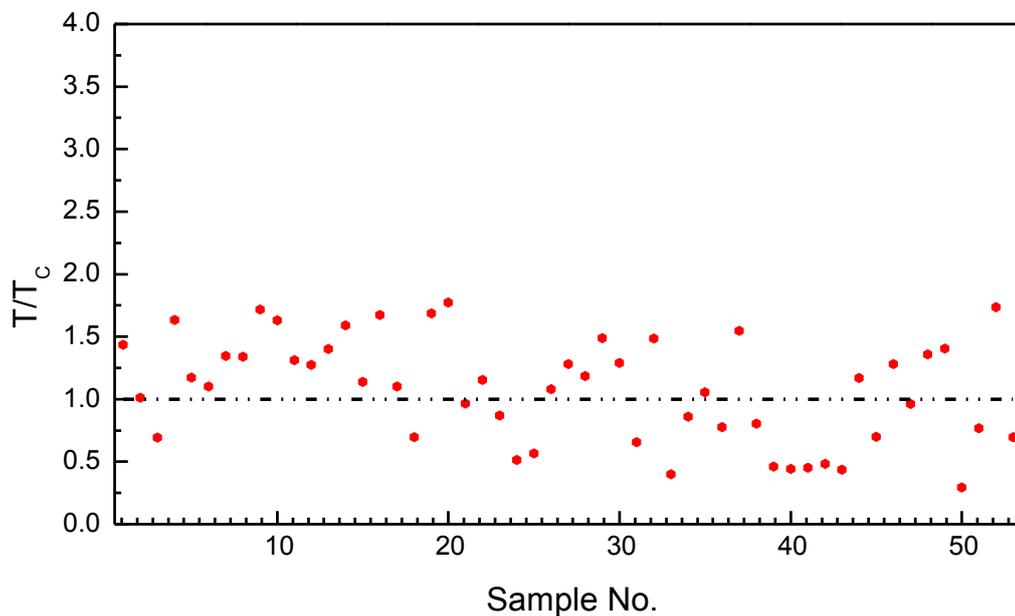


圖3-2.8 膠合玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖

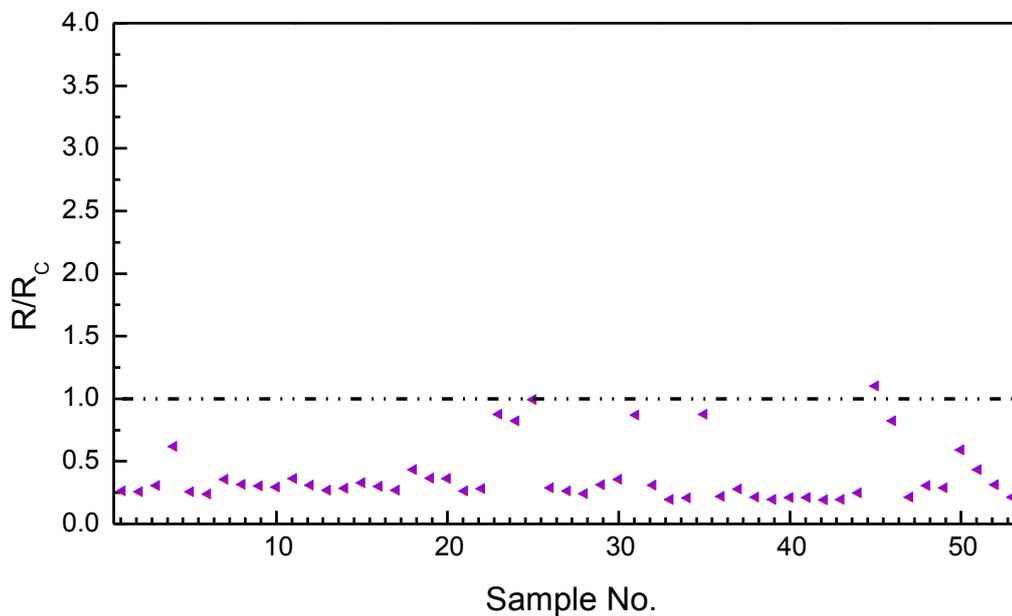


圖 3-2.9 膠合玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖
(資料來源：本研究整理)

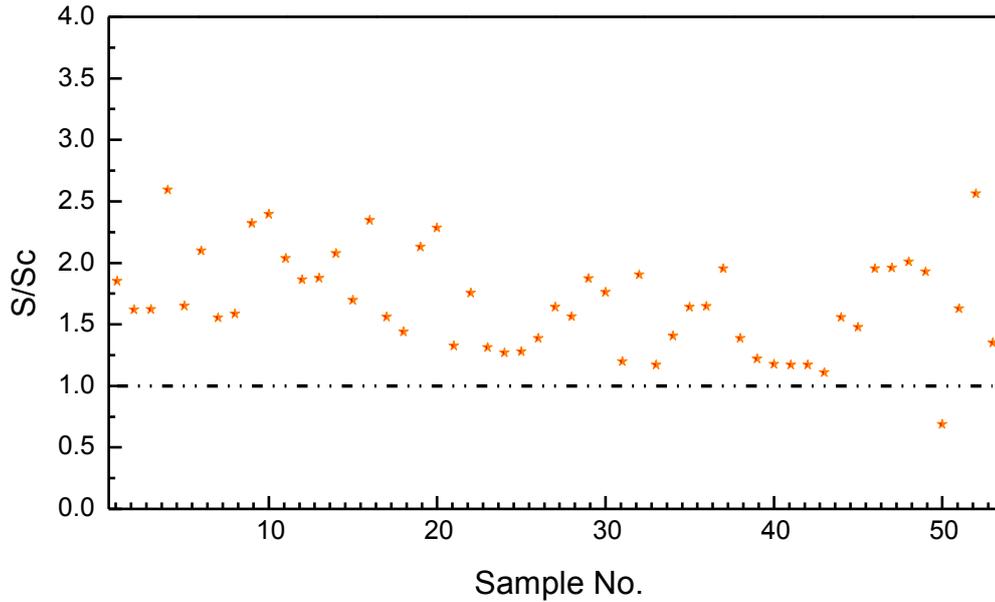


圖3-2.10 膠合玻璃遮蔽係數S/Sc之案件分布圖
(資料來源：本研究整理)

表3-2.4 樣本膠合玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計

組別	組合方式	綠建材評估項目及基準	通過件數及比率
A	LOW-E玻璃+中間膜+單層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	10/27(37%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	27/27(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	1/27(4%)
		同時符合上開3項基準值	0/27(0%)
B	單層玻璃+中間膜+單層玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	22/26(85%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	25/25(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	0/26(0%)
		同時符合上開3項基準值	0/28(0%)

(資料來源：本研究整理)

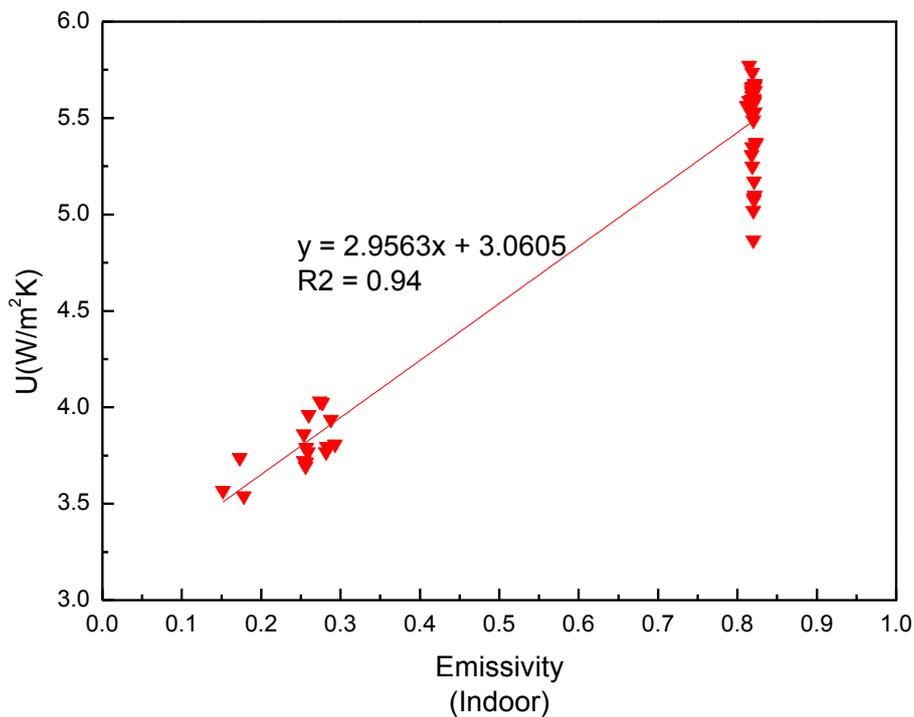


圖3-2.11 膠合玻璃輻射率(室內側)與熱傳透率關係圖

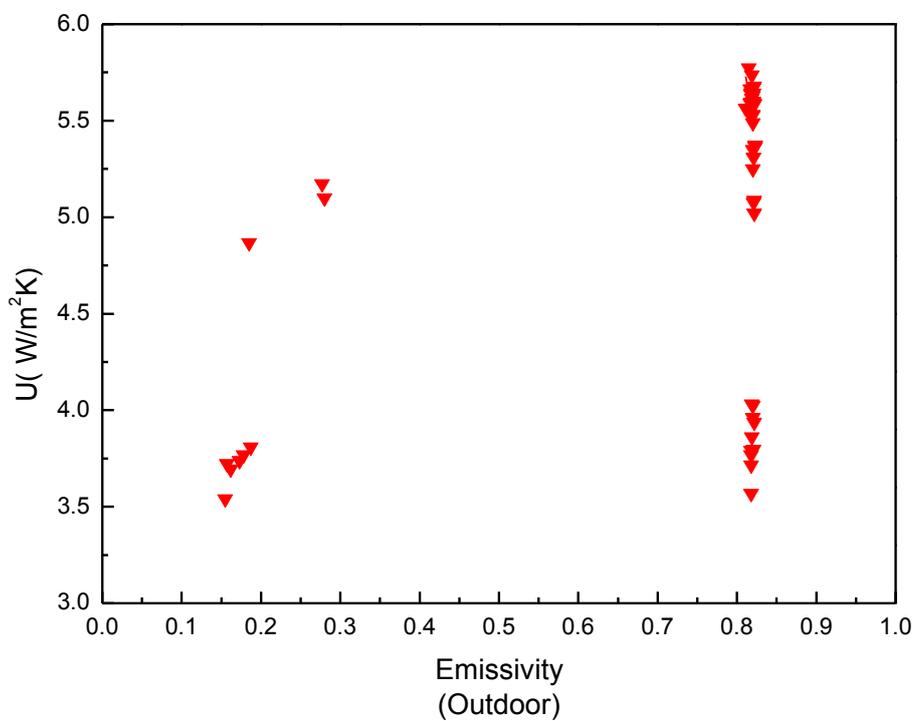


圖3-2.12 膠合玻璃輻射率(室內側)與熱傳透率關係圖
(資料來源：本研究整理)

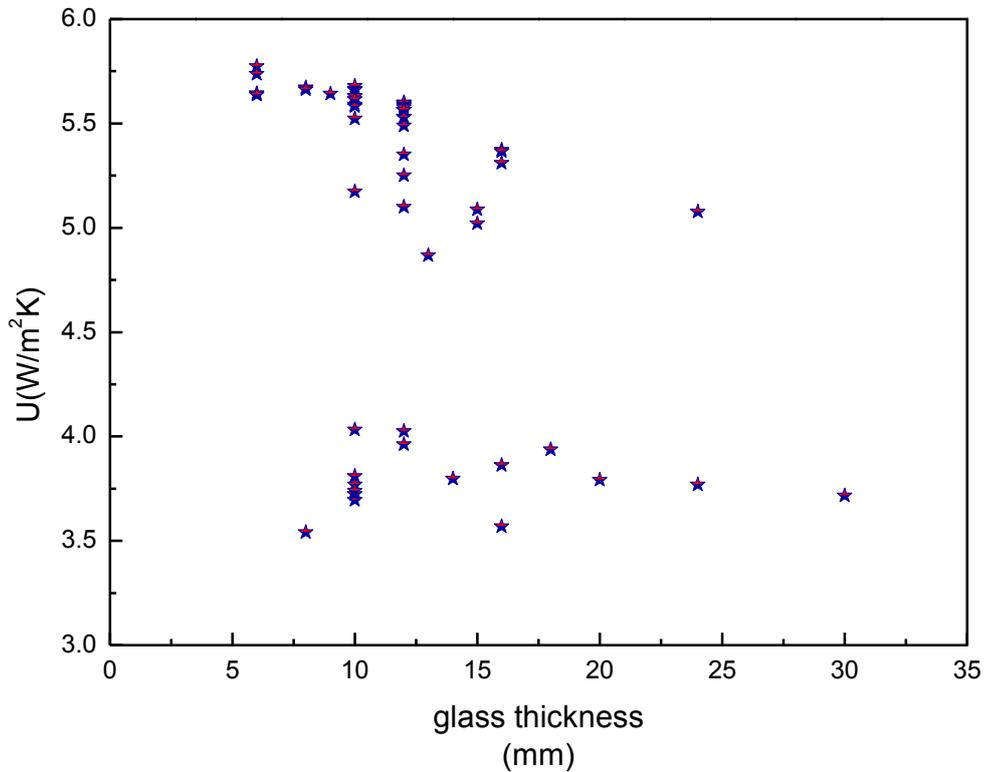


圖3-2.13 膠合玻璃厚度與熱傳透率關係圖
(資料來源：本研究整理)

三、LOW-E玻璃、單層玻璃及玻璃貼膜

本次 176 樣本平板玻璃產品，包括玻璃貼膜 146 件、LOW-E 玻璃 17 件及單層玻璃(含表面塗覆塗料)13 件，以下將依上開 3 種分類方式進行探討：

依整體試驗結果看來，本次 146 件樣本玻璃貼膜產品，其試驗樣本測試結果，可視光透射率數值約在 2.76%~79.17%之間，平均值為 45.20%、可視光反射率值約在 4.56%~61.13%之間，平均值為 15.28%、日光透射率值約在 3.62%~58.01%之間，平均值為 26.90%、日光反射率值約在 4.53%~50.80%之間，平均值為 16.54%、紫外光穿透率值約在 0.01%~11.52%之間，平均值為 0.684%、日光輻射熱取得係數值約在 0.193~0.705 之間，平

均值為 0.4584、遮蔽係數值約在 0.222~0.810 之間，平均值為 0.5270 及熱傳透率值約在 3.441~6.061 W/m²K 之間平均值為 5.6405 W/m²K。

本次 17 件樣本 LOW-E 玻璃產品，其試驗樣本測試結果，可視光透射率數值約在 30.13%~77.62%之間，平均值為 62.86%、可視光反射率值約在 6.35%~31.58%之間，平均值為 9.68%、日光透射率值約在 21.95%~60.38%之間，平均值為 42.75%、日光反射率值約在 5.14%~21.29%之間，平均值為 8.73%、紫外光穿透率值約在 0.01%~51.17%之間，平均值為 26.27%、日光輻射熱取得係數值約在 0.413~0.673 之間，平均值為 0.568、遮蔽係數值約在 0.475~0.774 之間，平均值為 0.653 及熱傳透率值約在 3.971~5.980 W/m²K 之間平均值為 4.8954 W/m²K。

本次 13 件樣本單層玻璃(含表面塗覆塗料)產品，其試驗樣本測試結果，可視光透射率數值約在 45.61%~90.54%之間，平均值為 70.54%、可視光反射率值約在 6.56%~12.00%之間，平均值為 7.99%、日光透射率值約在 20.53%~86.52%之間，平均值為 45.66%、日光反射率值約在 5.00%~29.06%之間，平均值為 9.68%、紫外光穿透率值約在 0.05%~73.62%之間，平均值為 20.73%、日光輻射熱取得係數值約在 0.385~0.885 之間，平均值為 0.598、遮蔽係數值約在 0.442~1.017 之間，平均值為 0.688 及熱傳透率值約在 3.600~6.012 W/m²K 之間平均值為 5.4656 W/m²K。

此外，進一步將這 176 件樣本依上開 3 種分類方式分為 A、B 及 C 等 3 組分別將上開量測數據與高性能節能玻璃綠建材之基準(可視光透射率 $T_c \geq 0.50$ 、可視光反射率 $R_c \leq 0.25$ 及遮蔽係數 $S_c \leq 0.35$)及建築門窗用玻璃貼膜材料之基準(可視光透射率

$T_c \geq 0.60$ 、可視光反射率 $R_c \leq 0.20$ 及遮蔽係數 $S_c \leq 0.57$) 進行比較，176 件樣本的可視光透射率量測值 T 與 T_c 基準值之比值點繪於圖 3-2.14，可以發現該比值 $T/T_c \geq 1$ 的案例計有 77 件(約 53%)，其中「單層玻璃(含表面塗覆塗料)」之平均通過率最高為 92%，「玻璃貼膜」通過率最低為 34%。

另在 $R/R_c \leq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.15 所示，由圖中可以發現，計有 144 件(約 82%)的可視光反射率量測值可達性能基準，若可視光反射率 R 參照新版建築技術規則施工篇第三百零八條之一規定不得大於 0.2，其通過件數不變計有 144 件(約 82%)的可視光反射率量測值可符合該項規定，另在 $S/S_c \geq 1$ 的部分，其分佈如圖 3-3.16 所示，由圖中可以發現，計有 115 件(約 65%)的遮蔽係數量測值可達性能基準，上開通過測試樣本均係屬於玻璃貼膜產品，本次測試之 LOW-E 玻璃及單層玻璃(含表面塗覆塗料)量測值均無法達到性能基準。另本次 176 件樣本玻璃能同時達到三項基準僅計有 6 件均為玻璃貼膜產品，各項產品通過各項基準之統計如表 3-2.5 所示。

另在 CNS 13032 R2197：定義日射熱反射玻璃係指以遮斷日光輻射熱為主要目的，在玻璃表面施作具有熱反射性薄膜之玻璃，但不含把反射性之合成樹脂接著於玻璃上者，依日光輻射熱遮斷性分為 1 型、2 型、3 型等 3 種日射熱反射玻璃，分別要求日光輻射熱取得係數 η 最大值為 0.7、0.55、0.4 等 3 種日射熱反射玻璃，本次 17 件樣本 LOW-E 玻璃產品，其試驗結果計有 11 件(約 65%)日光輻射熱遮斷性能達 1 型基準、6 件(約 35%)日光輻射熱遮斷性能達 2 型基準，本次沒有樣本 LOW-E 玻璃產品達到 3 型之基準要求(如圖 3-2.17 所示)。

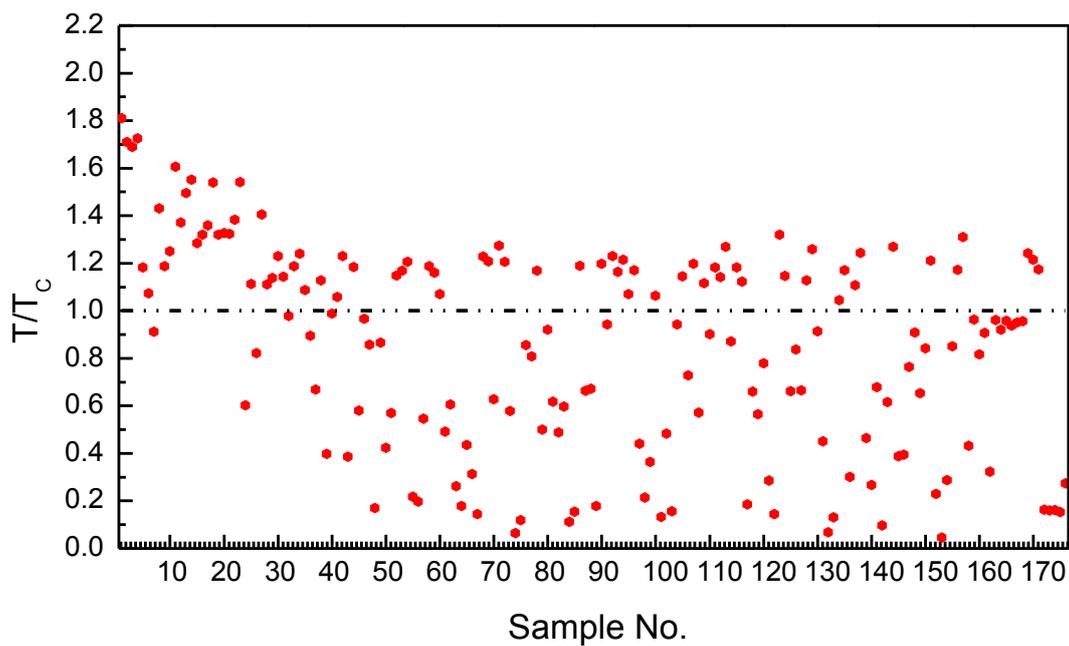


圖 3-2.14 平板玻璃可視光透射率 T/T_c 之案件分布圖

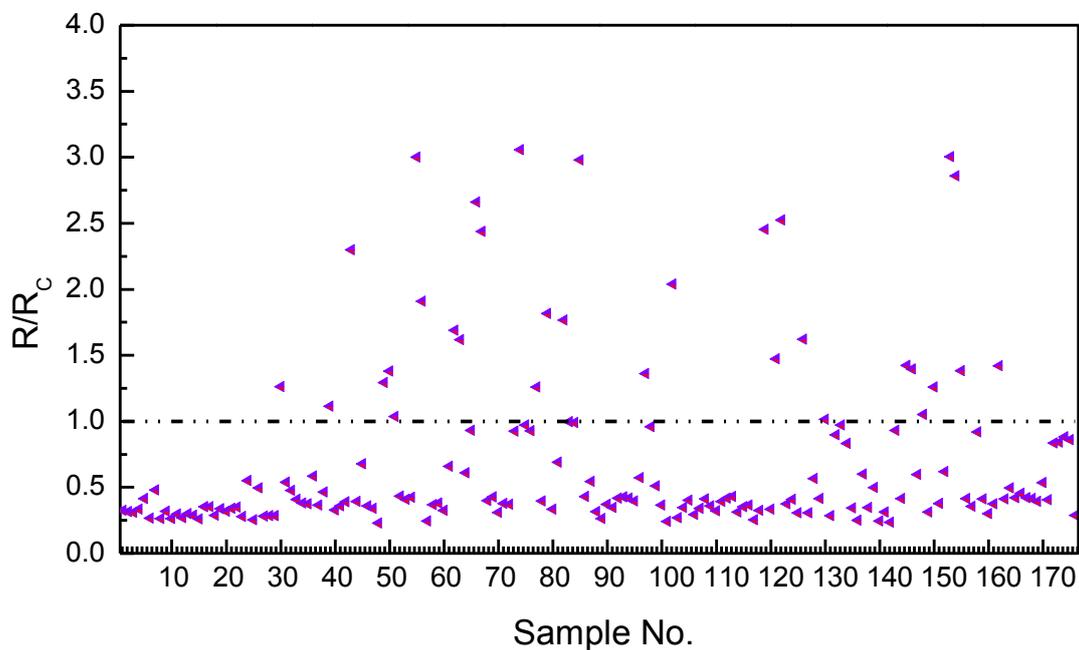


圖 3-2.15 平板玻璃可視光反射率 R/R_c 之案件分布圖

(資料來源：本研究整理)

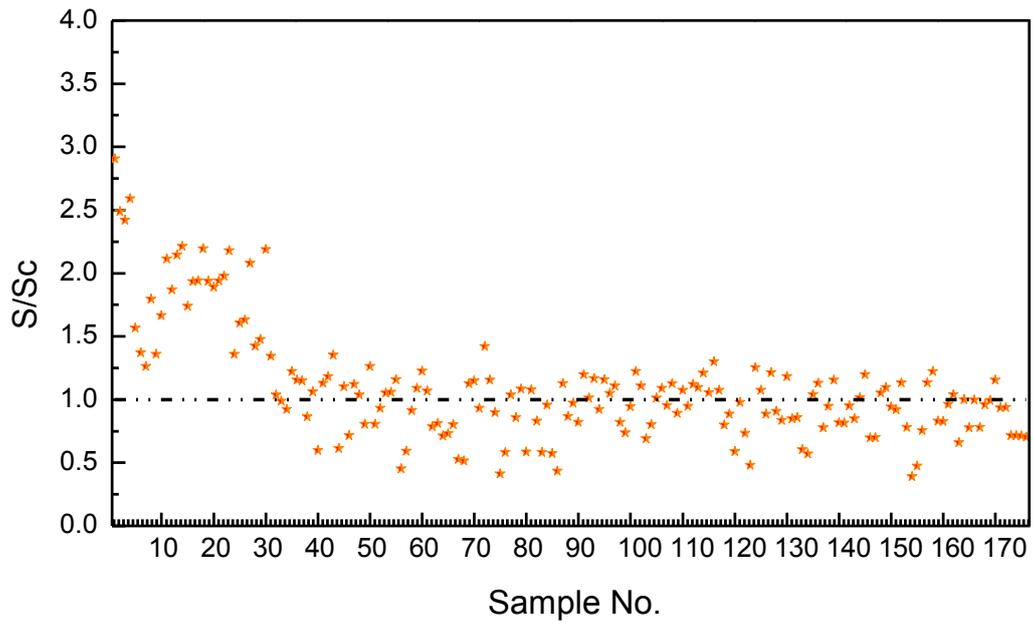


圖 3-2.16 平板玻璃遮蔽係數 S/S_c 之案件分布圖

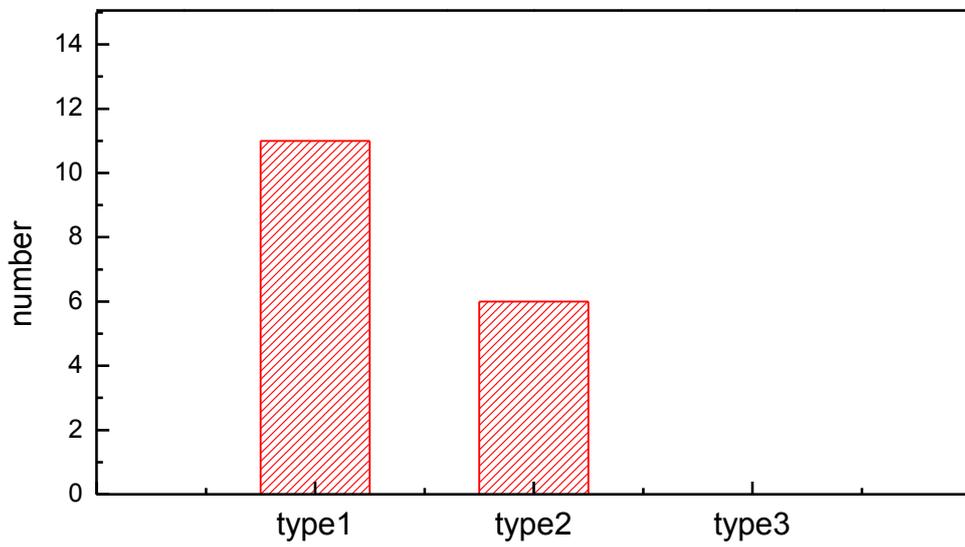


圖 3-2.17 LOW-E 玻璃日光輻射熱遮斷性分類統計

(資料來源：本研究整理)

表 3-2.5 樣本平板玻璃通過高性能節能綠建材各項基準統計

組別	種類	綠建材評估項目及基準	通過件數及比率
A	玻璃貼膜	可視光透射率 ≥ 0.60	50/146(34%)
		可視光反射率 ≤ 0.20	115/146(79%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.57	86/146(59%)
		同時符合上開3項基準值	6/146(4%)
B	LOW-E玻璃	可視光透射率 ≥ 0.50	15/17(88%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	16/17(94%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	0/17(0%)
		同時符合上開3項基準值	0/17(0%)
C	單層玻璃 (含表面塗覆塗料)	可視光透射率 ≥ 0.50	12/13(92%)
		可視光反射率 ≤ 0.25	13/13(100%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.35	0/13(0%)
		同時符合上開3項基準值	0/13(0%)

(資料來源：本研究整理)

另成大能源科技與策略研究中心為執行科技部「產學技術聯盟合作計畫-綠色建材產業聯盟」，以其過去研發成果及核心技術為主軸，成立綠色建材產業聯盟，建置建材隔熱性能量測實驗室，加強學術界與產業界之交流，並提供聯盟會員相關之研究開發諮詢與服務，特邀本所加入，為提升各實驗中心產能，本所於去(108)年4月1日與成大(能源科技與策略研究中心)簽署綠色建材產業聯盟合作協議。主要合作事項包含：

(一)產學及人才培育合作。

(二)研發與應用相關之服務與諮詢。

(三)其他經雙方同意事項。

並透過「建構臺灣最完整之國家實驗研究中心」之合作目標，期望提供國內最完善之技術服務，目前該中心轄下建材隔熱性能量測實驗室主要儀器設備包括：分光光譜儀、傅利葉轉換紅外線光譜儀、熱傳導係數量測儀、耐候試驗機、氣凝膠研製設備等，可參照國際標準行玻璃建材之可見光（紫外線、日光）穿透率、反射率、日光輻射熱取得率、遮蔽係數、建材熱傳導係數等試驗及氣凝膠相關產品的開發。

本所性能實驗中心曾於 107 年邀請該中心及某通過 TAF 認可○○公司進行實驗室間能力比對，項目包括玻璃光學及熱力性能試驗，比對結果以平均值為指定值，Z 值為判定基準，Z 值越接近於 0，表示結果越接近指定值，Z 值越大，表示與指定值的偏離程度越大，Z 值 ≤ 2 符合品質管制基準。參與 3 家實驗室在玻璃光及熱特性各項檢測數值之 Z 值均介於 0.1~1.2，均達到規定。本研究在徵求該中心同意下，將其已試驗搜集之 115 件玻璃貼膜材料相關光學及熱力性能數據，結合本次上開 146 件樣本玻璃貼膜調查成果，總計共 261 件市售一般建築門窗用玻璃貼膜樣本之可視光透射率、可視光反射率、日光透射率、日光反射率、紫外光穿透率、日光輻射熱取得係數、遮蔽係數及熱傳透率等數據，俾提供更完整資訊，以利綠建材解說與評估手冊(2020 年版)新增「建築門窗用玻璃貼膜材料」評定項目業務之推動，並分為 A 組(本研究試驗調查)、B 組(成大能源科技與策略研究中心提供)2 組個別數據呈現，各項測試結果及平均值彙整如表 3-2.6 所示。

另上開 261 件玻璃貼膜通過可視光透射率 ≥ 0.60 計有 86 件(約 33%)、可視光反射率 ≤ 0.20 計有 206 件(約 79%)及遮蔽係數

(Sc 值) ≤ 0.57 計有 165 件(約 63%)，能同時達到三項基準僅計有 21 件(約 8%)，樣本玻璃貼膜通過各項基準統計如表 3-2.3 所示。

表 3-2.6 玻璃貼膜測試結果及平均值

試驗項目	A組測試結果 (平均值)	B組測試結果 (平均值)	總樣本數 平均值
樣本數	146	115	261
可視光透射率	2.76~79.17% (45.20%)	1.88~88.27% (44.68%)	44.97%
可視光外反射率	4.56~61.13% (15.28%)	4.00~54.97% (14.86%)	15.09%
日光透射率	3.62~58.01% (26.90%)	7.06~66.79% (31.54%)	28.94%
日光反射率	4.53~50.8% (16.54%)	3.77~51.04% (19.71%)	17.94%
紫外線透射率	0.01~11.52% (0.68%)	0.01~20.16% (1.09%)	0.86%
日光輻射熱取得係數	0.193~0.705 (0.458)	0.179~0.690 (0.438)	0.449
遮蔽係數 SC	0.222~0.810 (0.527)	0.206~0.793 (0.504)	0.517
熱傳透率 U	3.441~6.061 (5.641) W/m ² K	3.130~6.000 (5.587) W/m ² K	5.617W/m ² K

(資料來源：本研究整理)

表 3-2.7 樣本玻璃貼膜通過各項基準統計

組別	種類	綠建材評估項目及基準	通過件數及比率
A	玻璃貼膜	可視光透射率 ≥ 0.60	50/146(34%)
		可視光反射率 ≤ 0.20	115/146(79%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.57	86/146(59%)
		同時符合上開3項基準值	6/146(4%)
B	玻璃貼膜	可視光透射率 ≥ 0.60	36/115(31%)
		可視光反射率 ≤ 0.20	91/115(79%)
		遮蔽係數(Sc值) ≤ 0.57	79/115(69%)
		同時符合上開3項基準值	15/115(13%)

(資料來源：本研究整理)

第三節 全尺度實驗計畫

本研究規畫採用前成功大學能源科技與策略研究中心瞻綠能基礎建設所建置的第一座亞熱帶節能建築測試驗證平台(Spinlab)作為全尺度實驗的載體，該平台位於臺南市沙崙綠能科學城，室內配置分為兩間實驗屋和一間控制室，已於去(108)年11月完成建築量體建置，另成功大學本(109)年續辦「亞熱帶氣候之智慧型節能建築測試驗證平台—感測與診斷設備」採購，並於6月16日完成發包作業，本研究配合設備建置時程，規劃於9月起進行相關全尺度實驗，以下針對本項設施予以簡介。

一、智慧型節能建築測試驗證平台：

建築測試驗證平台主要功能可在實際環境條件下進行測試，藉由相關測試結果能夠分析建築節能技術的開發、能源效率的改善、環境與視覺舒適度的成效，目前全球只有美國 Flexlab 與新加坡 SkyLab 各有一套相同實驗設備，但在細部設計與設置地點上有所不同，相關設計比較如表 3-3.1 所示。

以美國 Flexlab 為例，主要應用於(1)整體建築系統整合、(2)綜合組件的相互作用(例如 HVAC，照明，窗口，外觀，插頭負載控制系統)、(3)硬體和感知器的控制、(4)實際測試並與設計預測相互比對。測試項目可分為：(1)內部或外部測試、(2)數據收集和控制在(3)照明和插頭負載測試。

由於 Flexlab 實驗屋的相關技術已經發展成熟，新加坡則依照 Flexlab 實驗屋為原型設計的概念，於新加坡當地的專科學院新教學大樓屋頂，建置一個 BCA Skylab 旋轉測試屋，總共耗資 450 萬新幣(約新台幣 9700 萬元)，於一年的時間建造完畢。此 BCA Skylab 旋轉實驗屋的面積約 132 m²，能以 35 mm/s 的速度自轉，約半小時內就可自轉一圈。BCA Skylab 旋轉實驗屋內

設有超過 200 個感測器，可測試在不同時間、氣候和方向條件下的室溫、照度和二氧化碳濃度…等

至於本亞熱帶氣候之智慧型節能建築測試驗證平台係參酌美國 Flexlab 與新加坡 SkyLab 經驗規劃建置，可利用底部旋轉機構調整實驗屋方位，進行各面向之建築節能、環境控制與智慧化系統整合測試，俾作為建築技術開發、模擬軟體與產品驗證全尺寸實測平台。

表 3-3.1 測試驗證平台簡易比較

實驗屋名稱	設置區域氣候	設置地點	可旋轉角度	室內配置	實驗室外觀
Flexlab (美國)	溫帶氣候	平地面	270	兩間實驗屋	
BCA Skylab (新加坡)	熱帶氣候	建築物上方	360	兩間實驗屋和一間控制室	
建築測試驗證平台 (臺灣)	亞熱帶氣候	平地面	360	兩間實驗屋和一間控制室	

(資料來源：本研究整理)

本智慧型節能建築測試驗證平台由 2 間實驗屋(測試室、比對室)和控制室組成，平面配置如圖 3-3.1 所示，相關設計特色與功能包括：可變天花板高度、更換外牆元素(玻璃或天窗)、內部移動牆、可變高架地板高度、空調系統、照明器具等，提供建築

工法、單一材料、綜合組件、建築設備等實驗，另規劃之量測監控系統以數據蒐集系統為管理核心，整合電力、照明、通風換氣、監視系統及能源管理系統等，具備感測與診斷功能，可網路監控連線作業，未來規劃研究課題包括下列 7 大主題：

- (1) 室內環境
- (2) 能源系統
- (3) 效能建材
- (4) 室外環境
- (5) 智慧化調控
- (6) 能環人工智慧
- (7) 系統整合

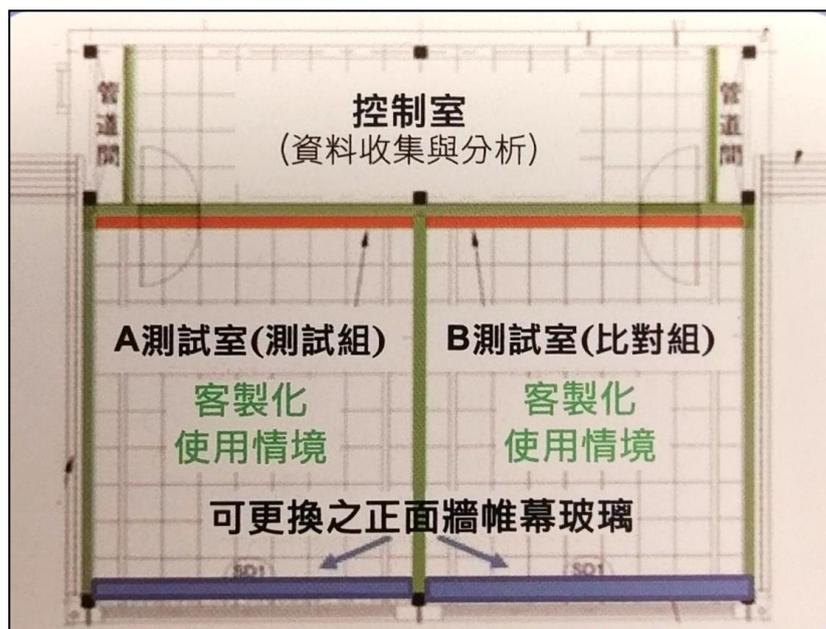


圖 3-3.1 測試室及比對室示意圖

(資料來源：成大能源科技與策略研究中心 DM)

二、量測儀器設備：

(一)可撓式熱流U值感測片

該感測片附有散熱器且為可撓性材質，溫度感測範圍 5cm

x 5cm 的方形面積，可量測待測物傳導、對流與輻射之熱通量，本研究所採用之感測片為 Hukseflux 公司之 FHF02，其性能如下：

1. 量測溫度範圍： $-40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$ 。
2. 量測 U 值範圍： $(-10 \sim +10) \times 10^3 \text{ W/m}^2$ 。
3. 靈敏度(Sensitivity)： $5.5 \times 10^{-6} \text{ V}/(\text{W/m}^2)$ 。
4. 感測片厚度： $0.9 \times 10^{-3} \text{ m}$ 。
5. 感測片熱阻(thermal resistance)： $30 \times 10^{-4} \text{ K}/(\text{W/m}^2)$ 。
6. 感測片阻抗範圍： $50 \sim 100 \Omega$ 。
7. 防護等級：IP67
8. 熱流感測片數值記錄器：
 - a. 配置 16 插槽及 48 通道，使用 ARM Cortex-A8 高效能 CPU，內部 Flash 記憶體與隨機存取記憶體皆為 256MB。
 - b. 數據取樣速率預設為 1 秒/點，最快可達 0.1 秒/點，通用型訊號輸入:J,T,K,E-type 熱電偶，RTD 式溫度感測器。網路通訊協定方式適用 RS485 Modbus RTU, Modbus TCP/IP。內建 USB 二埠及 SD 卡插槽，以利隨機存儲數據檔案之便。
 - c. 螢幕觸控顯示畫面大小為 12.1''TFT、工作電源為 100~240 VAC、工作環境溫度： $0^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
 - d. 儀器外部尺寸： $288 \text{ mm}(\text{長}) \times 288 \text{ mm}(\text{寬}) \times 189 \text{ mm}(\text{高})$

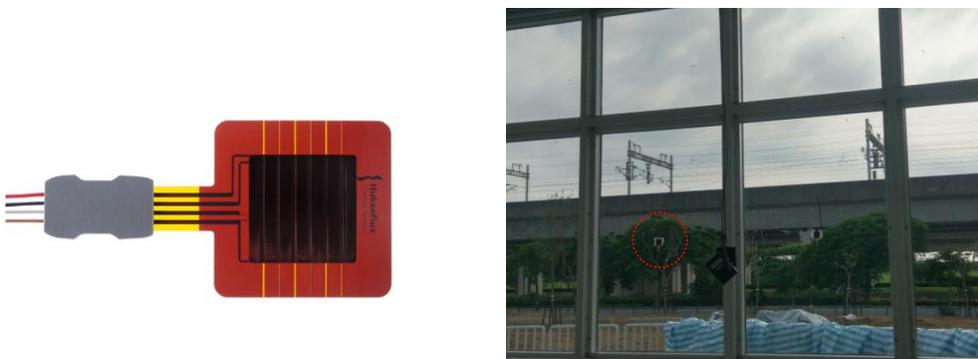


圖 3-3.2 可撓式熱流 U 值感測片
(資料來源:廠商型錄及本研究拍攝)



圖 3-3.3 熱流感測片數值記錄器
(資料來源:廠商型錄)

(二)室內型多功能溫濕度計

該溫濕度計可量測溫度、相對濕度、露點、濕球溫度、比焓等物理量，本研究所採用之設備為宇田控制科技股份有限公司(EYC)之 THS301，其性能如下：

- 1.輸入訊號：Capacitive Humidity Sensor & PT 100Ω A 級。
- 2.輸出訊號：RS-485 及 2 組類比輸出訊號。
- 3.溫度線性精度： $\pm 0.2^{\circ}\text{C} \pm 0.005^{\circ}\text{C} \times t_{\text{actual}}$ (量測點 25°C)。
- 4.濕度準確度： $\pm 2\% \text{ RH}$ (量測點 25°C)。
- 5.工作環境溫度： $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
- 6.工作環境濕度： $0 \sim 95\% \text{ RH}$ 。
- 7.防護等級：IP65(本體)



圖 3-3.4 室內型多功能溫濕度計
(資料來源:廠商型錄)

(三)室內熱舒適性量測系統

該量測系統可依據 ISO7730 量測 PMV/PPD 室內熱舒適性等物理量，本研究所採用之設備為宇田控制科技股份有限公司 (EYC) 之 DeltaOHM HD32.3A WBGT PMV PPD，由標準黑球、風速計及溫濕度計組成，並設計置放於三角支架，以便於攜帶、儀動及現場量測，主機電池 1800mAh 可提供連續至少(含)8 天之使用，並連接搭配 ARTILECT GREEN 公司之 AGD-DB122SA1 照度計，各項主要性能如下：

1.標準黑球

- a.直徑 150 mm 球體。
- b.量測溫度範圍： $-10^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$ 。
- c.解析度 (Resolution)： 0.1°C 。
- d.訊號傳輸：SICRAM 模組。

2.風速計

- a.可操作溫度範圍： $0^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。
- b.量測風速範圍： $0.1 \sim 5 \text{ m/s}$ 。
- c.準確度 (Accuracy)：
 $\pm 0.2 \text{ m/s}$ (在風速計讀值為 $0.1 \sim 1 \text{ m/s}$)、 $\pm 0.3 \text{ m/s}$ (在風速計讀值為 $1 \sim 5 \text{ m/s}$)。
- d.訊號傳輸：SICRAM 模組。

3.溫濕度計

- a.量測溫度範圍： $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 。
- b.量測濕度範圍： $0 \sim 100 \% \text{ RH}$ 、
- c.溫度準確度符合 1/3 DIN 規範。
- d.濕度準確度 $1.5 \% \text{ RH}$ (讀值為 $0 \sim 90 \% \text{ RH}$)。
- e.溫度解析度： 0.1°C 。
- f.濕度解析度： $0.1 \% \text{ RH}$ 。



圖 3-3.5 室內熱舒適性量測系統
(資料來源:廠商型錄及本研究拍攝)

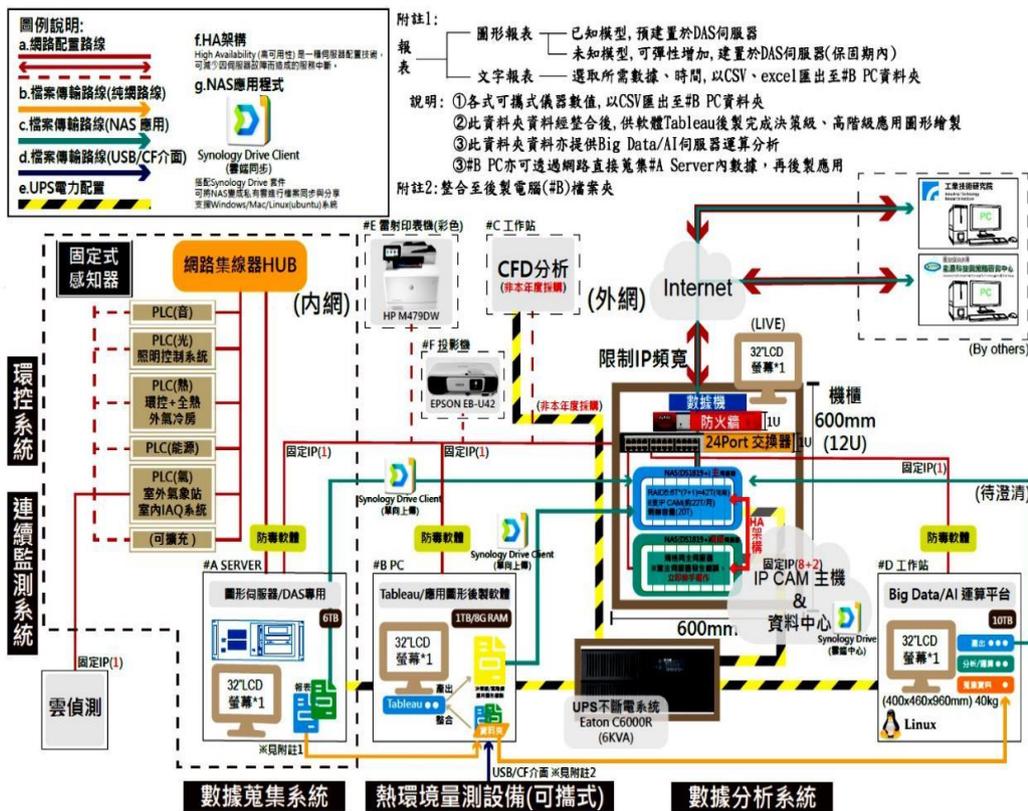


圖 3-3.6 感測與診斷設備架構
(資料來源:成大能源科技與策略研究中心)

三、實驗空間及條件設定：

本研究之實驗屋共 2 間分別為測試室(編號 A)及比對室(編號 B)，室內空間均設定為長 6.5m、寬 4.8m 及高 3.85m，室內裝修分別為礦纖天花板、淺灰色木質地板、3 面為不透光牆面及 1 面可更換正面牆帷幕玻璃，其開口尺寸為寬 4.8m、高 2.8m，本研究規劃在測試室之帷幕玻璃內側安裝不同種類隔熱膜，另比對室則維持原玻璃不安裝貼膜材料，玻璃帷幕為 5mm 厚度之清玻璃，實驗過程不開燈，照明均由晝光提供，並透過室內環境溼度控制，逐分記錄 2 個實驗屋的總用電量、即時消耗功率、玻璃表面熱通量、隔熱膜表面溫度、室內熱環境參數、照度以及戶外氣候條件，藉此評估應用於不同建築方位之節能效益及對人員熱舒適度指標 PMV(Predicted Mean Vote)等影響。

設定實驗進行之條件，空調依實驗需要將溫度設定為 27°C，空調運作時間設定為每天 8:00~18:00。在每一間實驗屋裡均架設 1 套室內熱舒適性量測系統及 1 組照度計，擺放位置均距離玻璃帷幕約 1.8m 處，其中照度計放置於桌面離地約 72 cm，熱舒適性量測系統放置於地面，標準黑球離地約 60 cm，另為了確保實驗的準確性，在安裝隔熱膜前均參照標準作業程序進行實驗屋的歸零實驗，以確保實驗結果的準確性與可靠度。

囿於研究期程有限，本研究參酌前一章節玻璃貼膜材料試驗調查成果，選用試件有(無)達到高性能節能綠建材基準之玻璃貼膜材料各 1 件依實驗計畫安裝於測試室之玻璃帷幕，對照組之比對室則不安裝，並利用「智慧型節能建築測試驗證平台」底部旋轉機構調整實驗室方位，分別進行東、西、南及北等 4 個不同建築方位的室內光、熱環境和空調能耗測量的全尺度實測實驗，以解析隔熱膜的熱力與光學性質對其影響，本次實驗選用試件性能數據、規劃內容及外氣統計資料如表 3-3.2~表 3-3.4 所示。

表 3-3.2 本次實驗選用隔熱膜之性能數據

試驗項目	某 PR 隔熱膜 (符合節能綠建材基準)	某 SN 隔熱膜 (未達節能綠建材基準)	備註
可視光透射率	68.46%	74.47%	
可視光外反射率	8.04%	10.18%	
日光透射率	38.16%	69.38%	
日光反射率	18.91%	11.77%	
紫外線透射率	0.09%	0.51%	
日光輻射熱取得係數	0.493	0.697	
遮蔽係數 SC	0.566	0.801	
熱傳透率 U	5.84 W/(m ² K)	5.83 W/(m ² K)	

(資料來源：本研究整理)



圖 3-3.7 測試 A 室之帷幕玻璃隔熱膜施工

(資料來源：本研究拍攝)

	<p>實驗屋之帷幕玻璃面向東</p>
	<p>實驗屋之帷幕玻璃面向西</p>
	<p>實驗屋之帷幕玻璃面向南</p>
	<p>實驗屋之帷幕玻璃面向北</p>

圖 3-3.8 實驗屋之帷幕玻璃面向不同方位

(資料來源：本研究拍攝)

表 3-3.3 本次實驗規劃內容

日期	帷幕玻璃 面向	空調運轉	空調運作 時間	測試室 黏貼隔熱膜	比對室 黏貼隔熱膜
9/19	西方	Off	-	SN	無
9/20	西方	On	8:00~18:00	SN	無
9/21	南方	On	8:00~18:00	SN	無
9/23	北方	On	8:00~18:00	SN	無
9/24	東方	On	8:00~18:00	SN	無
10/3	東方	On	8:00~18:00	PR	無
10/6	南方	On	8:00~18:00	PR	無
10/7	西方	Off	-	PR	無
10/8	西方	On	8:00~18:00	PR	無
10/9	北方	On	8:00~18:00	PR	無

(資料來源：本研究整理)

表 3-3.4 本次實驗期間外氣統計資料

日期	乾球溫度(°C)			相對濕度(%)			日照(kWh/m ²)		
	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均
9/19	38.0	30.8	35.0	79.2	49.3	60.1	1087	0	686
9/20	38.5	27.8	34.2	86.5	46.4	61.6	1046	0	567
9/21	37.4	29.7	33.7	92.9	80.0	86.4	1290	0	708
9/23	37.8	30.8	35.4	66.7	45.0	53.9	1238	0	723
9/24	38.0	29.2	34.3	76.8	43.3	57.4	1240	0	841
10/3	36.2	29.0	33.5	87.0	75.9	82.3	1255	0	697
10/6	36.7	26.8	32.5	80.8	69.4	75.7	1051	0	626
10/7	35.6	26.8	31.2	77.0	64.7	72.0	1027	0	660
10/8	34.3	25.2	29.6	76.7	63.2	70.9	996	0	630
10/9	37.1	28.8	33.3	77.3	67.4	73.5	1228	0	682

(資料來源：本研究整理)

四、全尺度實驗量測：

(一)實驗屋之空調耗電量

本次選用 2 件玻璃貼膜材料產品，其中 1 件 PR 隔熱膜之性能符合節能綠建材基準，另 1 件 SN 隔熱膜則未達節能綠建材基準，均設定室內空調為相同溫度 27°C 條件下，每天空調運作 10 小時(8:00~18:00)，利用建築測試驗證平台底部旋轉機構調整實驗屋方位，在相同室內空間約 120 m³ (長 6.5m、寬 4.8m 及高 3.85m) 之測試室(編號 A)及比對室(編號 B)進行空調用電實測，透過圖 3-3.9~圖 3-3.12 可以發現安裝 PR 隔熱膜測試室之空調用電明顯較比對室來的低，而安裝 SN 隔熱膜則差異較小，本研究進一步以比對室之耗電量為基準，其試驗樣本測試結果如下：

1.測試室安裝 PR 隔熱膜

測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，比對室則不安裝，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(16.52%)>東方(8.57%)>南方(7.19%)>北方(3.44%)，安裝 PR 隔熱膜之各方位整體平均能節省室內空調用電約 8.9%，平均節省耗電量約 0.8 度/日，以本次採購 PR 隔熱膜為例，材料含施工之單價為 1705 元/m²(每才 155 元)，施作開口尺寸面積 13.44 m²(寬 4.8m、高 2.8m)，總施工費用 22,915 元，若以每度電費 4 元概估，安裝 PR 隔熱膜之回收年限約 19.6 年。

2.測試室安裝 SN 隔熱膜

另測試室之帷幕玻璃安裝 SN 隔熱膜，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(3.75%)>東方(2.67%)>北方(1.64%)>南方(1.11%)，安裝 SN 隔熱膜能之各方位整體平均節省室內空調用電約 2.3%，平均節省耗電量約 0.24 度/日，以本次採購 SN 隔熱膜為例，材料含施工之單價為 1100 元/m²(每才 100 元)，施作開口尺寸面積 13.44 m²(寬 4.8m、高

2.8m)，總施工費用 14,784 元，若以每度電費 4 元概估，安裝 SN 隔熱膜之回收年限約 40.5 年，各隔熱膜於不同建築方位之空調用電如表 3-3.5 所示。

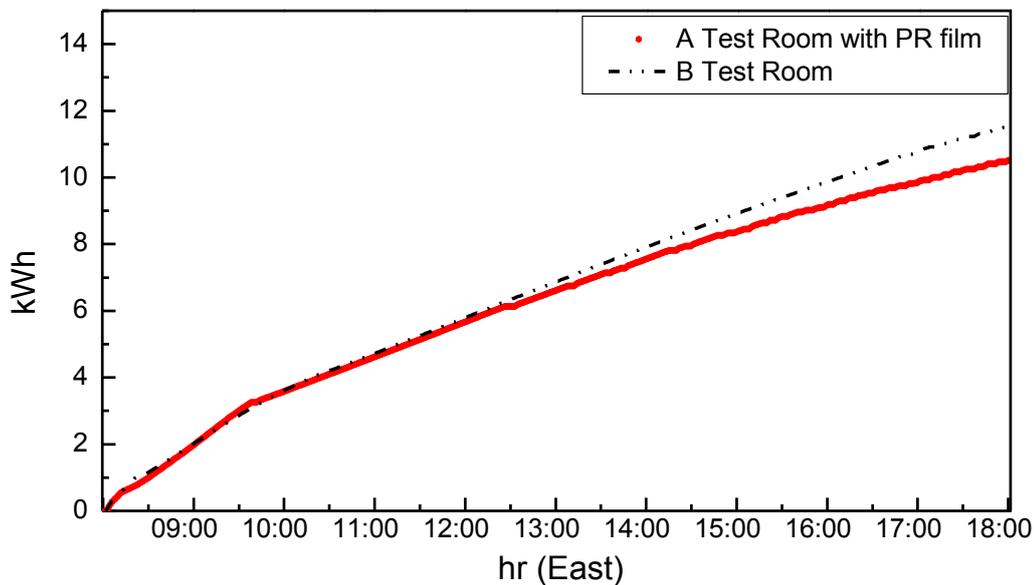


圖 3-3.9 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜即時空調用電累計結果(面向東)
(資料來源：本研究整理)

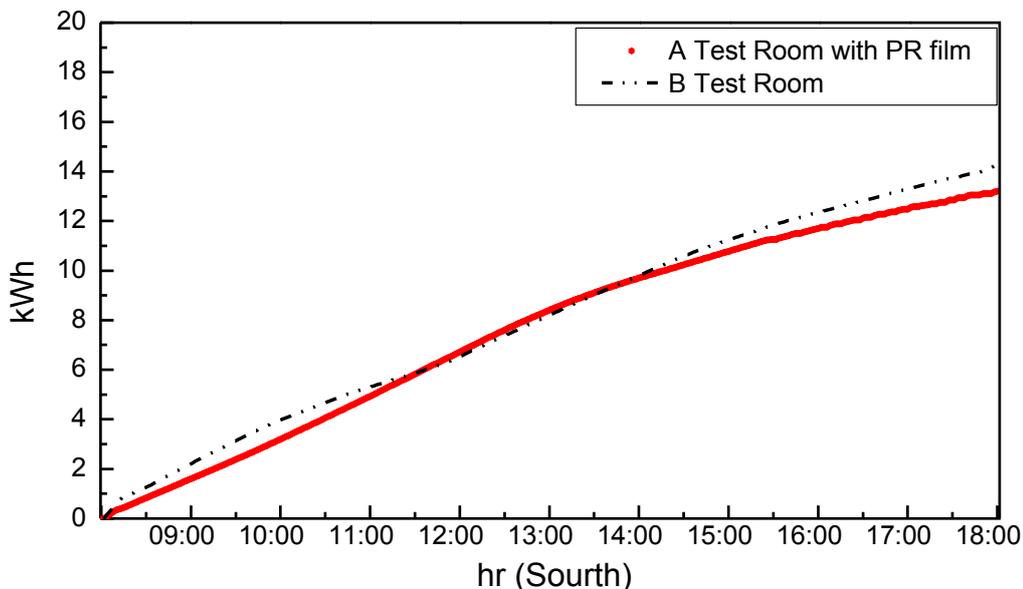


圖 3-3.10 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜即時空調用電累計結果(面向南)
(資料來源：本研究整理)

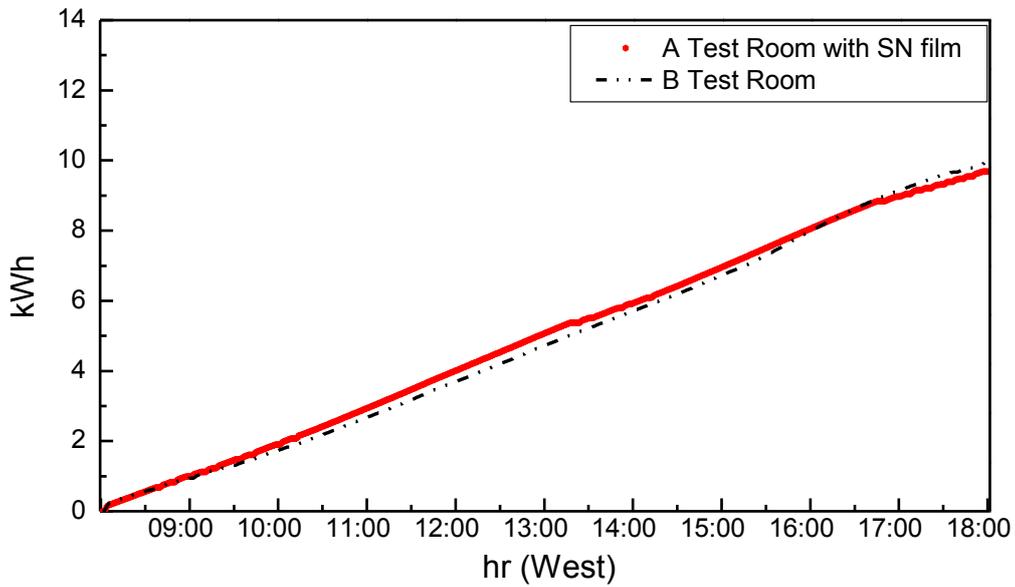


圖 3-3.11 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜即時空調用電累計結果(面向西)

(資料來源：本研究整理)

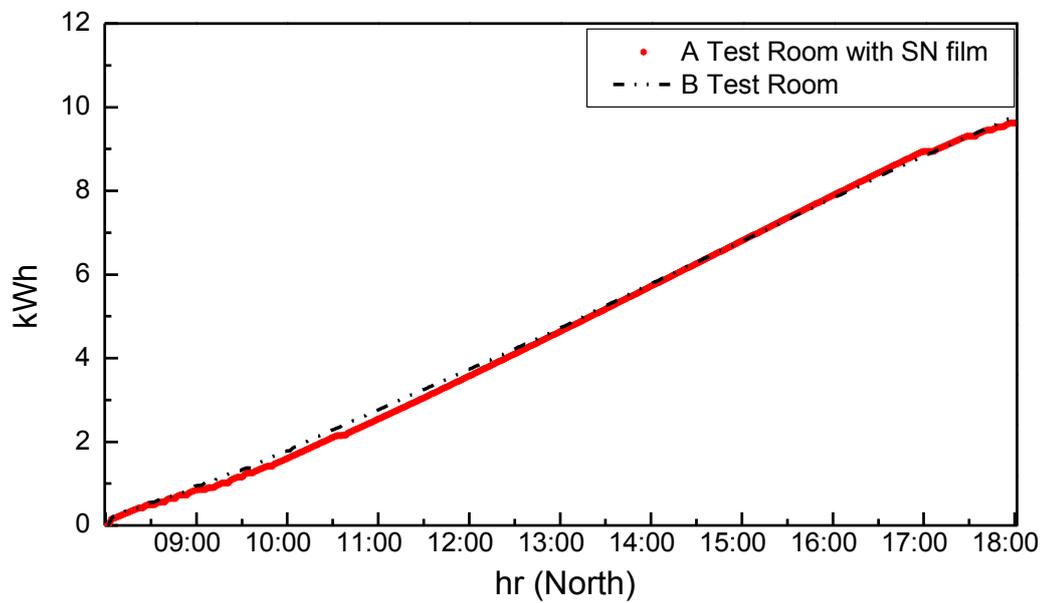


圖 3-3.12 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜即時空調用電累計結果(面向北)

(資料來源：本研究整理)

表 3-3.5 實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之空調用電

隔熱膜廠牌	帷幕玻璃面向	測試 A 室空調用電 (kWh)	比對 B 室空調用電 (kWh)	空調用電差值 B-A (kWh)	隔熱膜省電百分比 (%)
PR	東方	10.502	11.487	0.985	8.57
	西方	4.836	5.792	0.957	16.52
	南方	13.242	14.268	1.026	7.19
	北方	6.523	6.755	0.233	3.44
SN	東方	11.144	11.450	0.306	2.67
	西方	9.538	9.910	0.372	3.75
	南方	12.240	12.377	0.138	1.11
	北方	9.643	9.803	0.161	1.64

(資料來源：本研究整理)

此外，為了解各時段空調耗電情形，本研究將空調運作時間(08:00~18:00)劃分為 4 個時段進行探討，分別 08:00~10:30 時段(一)、10:30~13:00 時段(二)、13:00~15:30 時段(三)及 15:30~18:00 時段(四)，並以各方位空調運作時間之總耗電量為基準，其試驗樣本測試結果說明如下：

本研究使用之實驗屋共 2 間分別為測試室及比對室，並選用 2 件玻璃貼膜材料產品安裝於測試室之帷幕玻璃，每件設定於東、西、南及北等 4 個不同建築方位，並與不安裝隔熱膜之比對室進行空調用電實測，依整體試驗結果看來，上開試驗條件所組成共 16 件樣本案例，上午時段(08:00~13:00)使用約 56% 空調用電，

下午時段(13:00~18:00)使用約 44% 空調用電，其中以時段(一)約 28.99% 最高，其次為時段(二)佔 27.27% 總空調用電，時段(三)佔 24.33% 總空調用電，時段(四)佔 19.42% 總空調用電，經分析本次使用之日照計於實驗期間約 05:50 可讀取太陽輻射照度值，在空調 8:00 啟動前已累積相當輻射熱，故在設定相同空調溫度條件下，時段(一)之用電最高，而時段(二)~時段(四)在室內溫度維持穩定狀態下，空調用電主要受外氣條件影響，故時段(二)室內外之溫差較大耗電較高，反之，時段(四)室內外之溫差較小耗電較低，黏貼隔熱膜各時段耗電百分比如表 3-3.6~3-3.7 所示。

表 3-3.6 測試室黏貼 PR 隔熱膜各時段耗電百分比

實驗屋 名稱	各時段 耗電百分比 (%)	帷幕玻璃 面向 (東)	帷幕玻璃 面向 (西)	帷幕玻璃 面向 (南)	帷幕玻璃 面向 (北)
測試 A 室	時段(一) 08:00~10:30	39.02	21.89	30.78	16.53
	時段(二) 10:30~13:00	23.85	35.72	32.92	28.17
	時段(三) 13:00~15:30	21.07	26.37	21.52	31.25
	時段(四) 15:30~18:00	16.05	16.02	14.78	24.06
	合計	100	100	100	100
比對 B 室	時段(一) 08:00~10:30	36.60	22.21	32.74	18.33
	時段(二) 10:30~13:00	23.15	34.83	24.74	27.40
	時段(三) 13:00~15:30	22.00	24.63	25.40	29.87
	時段(四) 15:30~18:00	18.25	18.33	17.12	24.40
	合計	100	100	100	100

(資料來源：本研究整理)

表 3-3.7 測試室黏貼 SN 隔熱膜各時段耗電百分比

實驗屋名稱	各時段耗電百分比(%)	帷幕玻璃面向(東)	帷幕玻璃面向(西)	帷幕玻璃面向(南)	帷幕玻璃面向(北)
測試 A 室	時段(一) 08:00~10:30	39.02	21.89	30.78	16.53
	時段(二) 10:30~13:00	23.85	35.72	32.92	28.17
	時段(三) 13:00~15:30	21.07	26.37	21.52	31.25
	時段(四) 15:30~18:00	16.05	16.02	14.78	24.06
	合計	100	100	100	100
比對 B 室	時段(一) 08:00~10:30	36.60	22.21	32.74	18.33
	時段(二) 10:30~13:00	23.15	34.83	24.74	27.40
	時段(三) 13:00~15:30	22.00	24.63	25.40	29.87
	時段(四) 15:30~18:00	18.25	18.33	17.12	24.40
	合計	100	100	100	100

(資料來源：本研究整理)

(二)實驗屋之熱環境、光環境與熱舒適度評估

在熱環境部分，透過圖 3-3.13~圖 3-3.16 可以發現，黏貼隔熱膜之測試室玻璃表面即時溫度均較未施作隔熱膜之比對室來的高，其中安裝 PR 隔熱膜在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫差分別為 1.73 °C、0.5 °C、2.43 °C 及 0.48 °C，整體溫差平均值為 1.29 °C，另安裝 SN 隔熱膜在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫差分別為 1.91 °C、1.05 °C、

2.22 °C 及 1.74 °C，整體溫差平均值為 1.73 °C，顯見隔熱膜可以有效吸收部分太陽輻射熱，其表面溫度較比對室之玻璃表面來的高，故在應用上需留意，靠近帷幕玻璃表面的人員對於室內熱舒適之不滿意度可能會提高。另本研究係將測試室及比對室之室內空調設定相同溫度，且每日外氣條件不同，故平均溫差與建築方位之關係不明顯。

此外，透過玻璃表面熱通量量測可以發現，玻璃表面平均溫度越高則熱通量越大，其中安裝 PR 隔熱膜在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫度及熱通量分別為 93.27 W/m²(37.37 °C)、48.75 W/m²(31.94 °C)、150.90 W/m²(42.43 °C) 及 50.61 W/m²(32.21 °C)，另安裝 SN 隔熱膜在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫度及熱通量分別為 107.71 W/m²(38.26 °C)、79.59 W/m²(35.81 °C)、116.64 W/m²(39.43 °C) 及 68.27 W/m²(35.06 °C)，實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之玻璃表面平均溫度及熱通量如表 3-3.8~3-3.9 所示。

在光環境部分，透過圖 3-3.17 可以發現，在距離玻璃帷幕約 1.8m 處，離地約 72 cm 桌面，未施作隔熱膜比對室之即時照度值，明顯較測試室相對位置之照度值來的高，其中安裝 PR 隔熱膜整體照度平均值 3521 lux、比對室平均值 5178 lux，均遠大於工作場所目標照度 500 lx 之需求，可能產生眩光，就東、西、南及北等 4 個不同建築方位比較，安裝 PR 隔熱膜平均照度值可降低 1783 lux、1076 lux、2758 lux 及 1012 lux，另安裝 SN 隔熱膜整體照度平均值 4068 lux、比對室平均值 4958 lux，亦遠大於工作場所目標照度 500 lx 之需求，就東、西、南及北等 4 個不同建築方位比較，安裝 SN 隔熱膜平均照度值可降低 217 lux、759 lux、1659 lux 及 922 lux，顯見隔熱膜在吸收部分太陽輻射熱，

同時亦阻絕太陽光中之可視光進入室內，以減緩眩光發生。

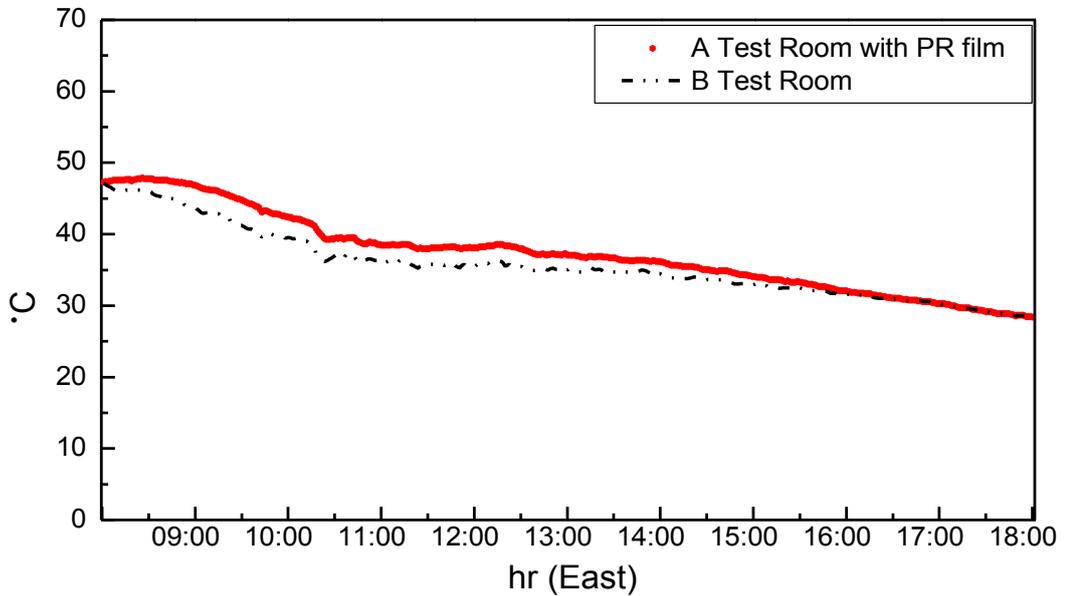


圖 3-3.13 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向東)
(資料來源：本研究整理)

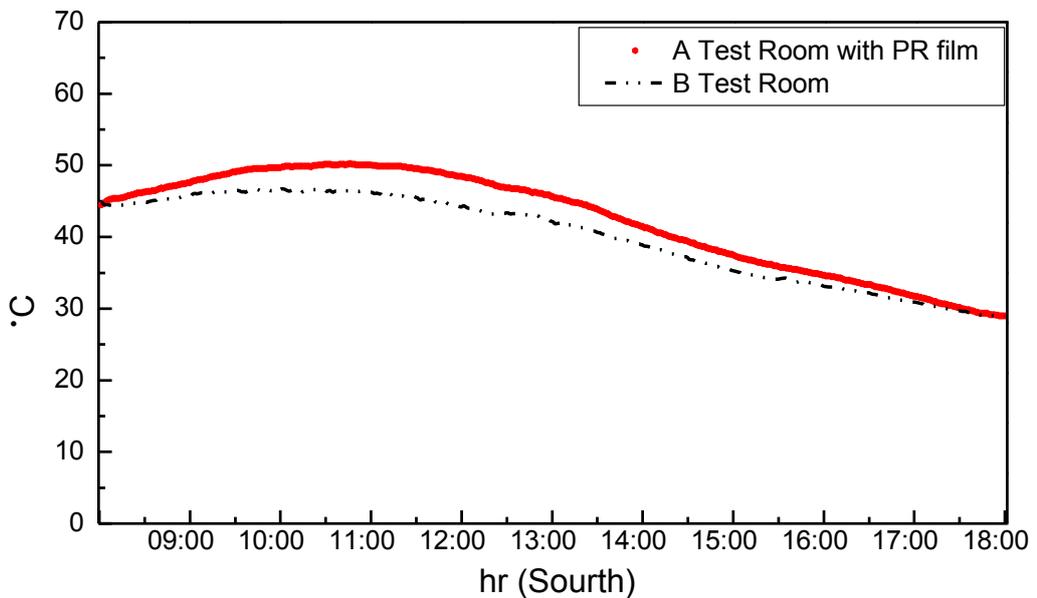


圖 3-3.14 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向南)
(資料來源：本研究整理)

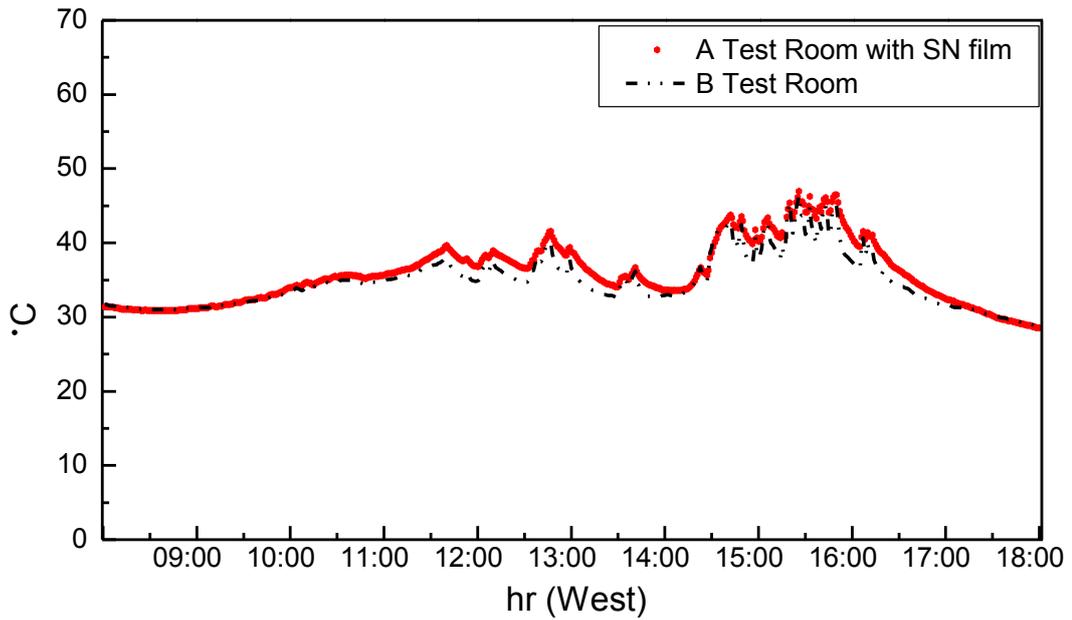


圖 3-3.15 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向西)
(資料來源：本研究整理)

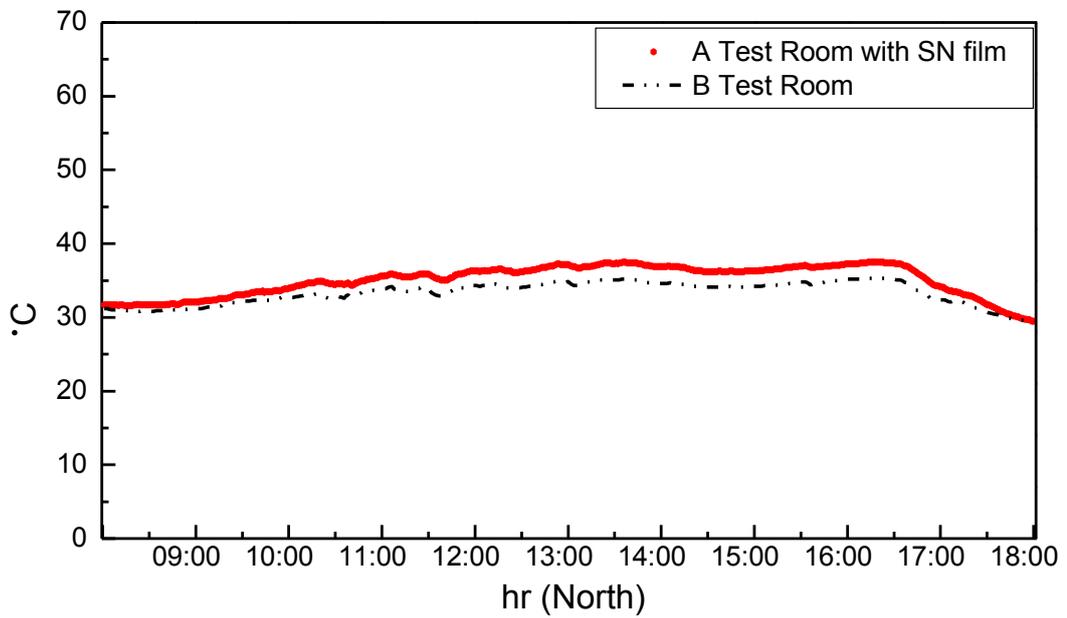


圖 3-3.16 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜之玻璃表面即時溫度(面向北)
(資料來源：本研究整理)

表 3-3.8 實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之玻璃表面平均溫度

隔熱膜廠牌	帷幕玻璃面向	測試 A 室玻璃平均溫度 (°C)	比對 B 室玻璃平均溫度 (°C)	玻璃平均溫度差值 A-B (°C)
PR	東方	37.37	35.64	1.73
	西方	31.94	31.44	0.5
	南方	42.43	39.99	2.43
	北方	32.21	31.73	0.48
SN	東方	38.26	36.34	1.91
	西方	35.81	34.75	1.05
	南方	39.43	37.21	2.22
	北方	35.06	33.32	1.74

(資料來源：本研究整理)

表 3-3.9 實驗屋黏貼隔熱膜於不同建築方位之玻璃表面熱通量

隔熱膜廠牌	帷幕玻璃面向	測試 A 室玻璃平均熱通量 (W/m ²)	比對 B 室玻璃平均熱通量 (W/m ²)	玻璃平均熱通量差值 A-B (W/m ²)
PR	東方	93.27	89.55	3.72
	西方	48.75	44.07	4.67
	南方	150.90	116.69	32.24
	北方	50.61	44.93	5.68
SN	東方	107.71	97.55	10.16
	西方	79.59	74.65	5.04
	南方	116.64	108.81	7.83
	北方	68.27	63.41	4.36

(資料來源：本研究整理)

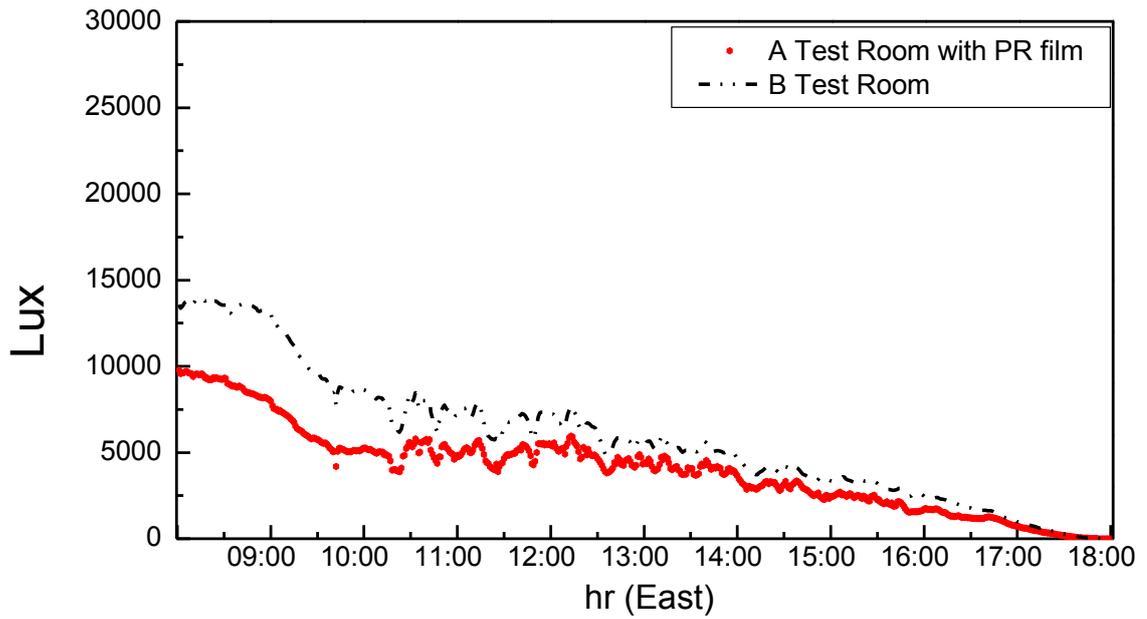


圖 3-3.17 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜距離玻璃約 1.8m 處之即時照度值 (面向東)

表 3-3.10 黏貼隔熱膜於不同建築方位之平均照度值

隔熱膜廠牌	帷幕玻璃面向	測試 A 室平均照度值 (Lux)	比對 B 室平均照度值 (Lux)	平均照度值差異 B-A (Lux)
PR	東方	4053	5836	1783
	西方	3141	4217	1076
	南方	4370	7128	2758
	北方	2522	3533	1012
SN	東方	3847	4064	217
	西方	4383	5142	759
	南方	4394	6053	1659
	北方	3650	4572	922

(資料來源：本研究整理)

在熱舒適度評估部分，影響人體溫熱舒適度的決定因子十分複雜，不但有生理因素更包括心理因素。丹麥學者 P.O. Fanger 將 1300 位左右的人，置於「人工控制熱環境實驗室」中進行實驗，將其心理量依氣溫、濕度、氣流、著衣量及工作強度等物理量進行統計分析，以找尋舒適與不快之範圍，以便進一步確立 PMV 與 PPD 之評估指標，其中 PMV(Predicted Mean Vote) 意旨「預測的平均回答值」，按人的熱感覺分成很炎熱、暖、稍暖、舒適、稍涼、涼、冷七個等級，如表 3-3.11 所示，ISO 7730 建議室內熱舒適 PMV 指標為 -0.5~0.5，另 PPD(Predicted Percentage Dissatisfied) 意旨「預測不滿意百分比」，為人們不滿意度之評估指標。

表 3-3.11 PMV 不同數值所代表的意義

PMV	意義	PMV	意義
+3	炎熱 Hot	-1	稍涼 Slightly cool
+2	暖 Warm	-2	涼 Cool
+1	稍暖 Slightly warm	-3	冷 Cold
0	舒適 Neutral		

(資料來源：本研究整理)

囿於研究期程有限，本研究針對熱舒適度探討部分，將實驗室之建築方位統一設定於西方，空調運作分為開啟及關閉 2 種實驗情境，選用 PR、SN 等 2 件隔熱膜分別安裝測試室，比對室則不安裝，採用 2 套室內熱舒適性量測設備，同步依據 ISO 7730 方法進行測試室及比對室之 PMV 及 PPD 指標量測，透過圖 3-3.18~圖 3-3.21 可以發現，黏貼隔熱膜之測試室即時 PMV 均較未施作隔熱膜之比對室來的低，其中安裝 PR 隔熱膜在開啟空調模式，測試室之平均 PMV 為 0.81，比對室之平均 PMV 為 0.97，PMV 差值為 0.16，測試室之平均 PPD 為 20.80，比對室之平均

PPD 為 25.50，PPD 差值為 4.7，明顯可看出帷幕玻璃貼附隔熱膜能使室內空間更為舒適。

另安裝 PR 隔熱膜在關閉空調模式，測試室之平均 PMV 為 2.11，比對室之平均 PMV 為 2.30，PMV 差值為 0.19，測試室之平均 PPD 為 80.13，比對室之平均 PPD 為 82.63，PPD 差值為 2.5，明顯可看出關閉空調 PMV 數值變大，人體感覺較炎熱，且預測不滿意百分比 PPD 大幅提高。

此外，安裝 SN 隔熱膜在開啟空調模式，測試室之平均 PMV 為 1.41，比對室之平均 PMV 為 1.75，PMV 差值為 0.34，測試室之平均 PPD 為 46.09，比對室之平均 PPD 為 59.72，PPD 差值為 13.62，另安裝 SN 隔熱膜在關閉空調模式，測試室之平均 PMV 為 3.16，比對室之平均 PMV 為 3.80，PMV 差值為 0.64，測試室之平均 PPD 為 90.17，比對室之平均 PPD 為 93.98，PPD 差值為 3.81。

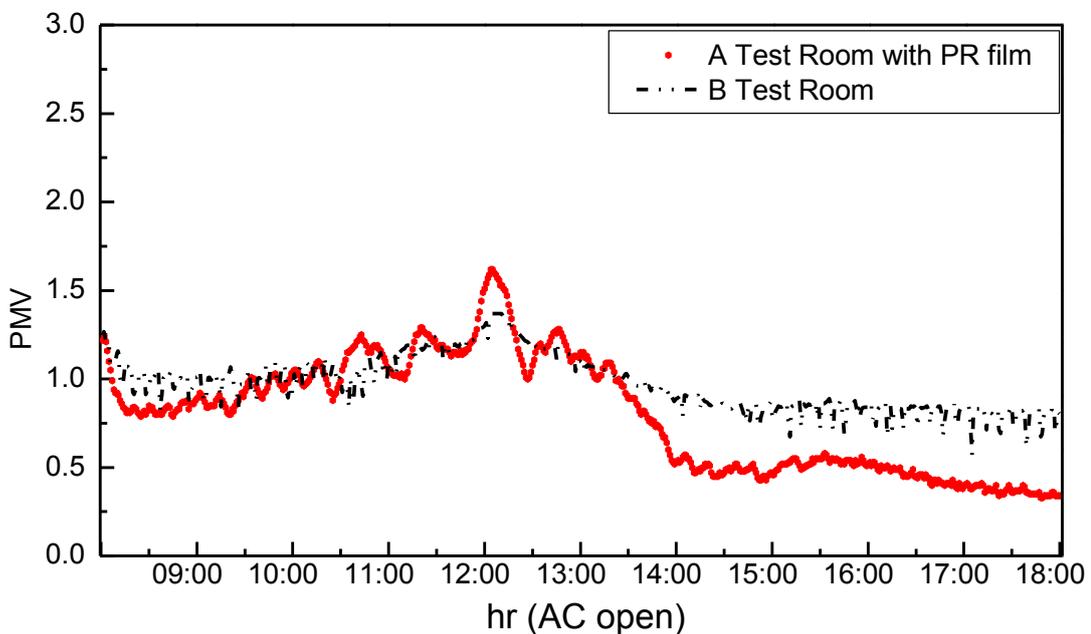


圖 3-3.18 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜之熱舒適度(開空調)
(面向西)

(資料來源：本研究整理)

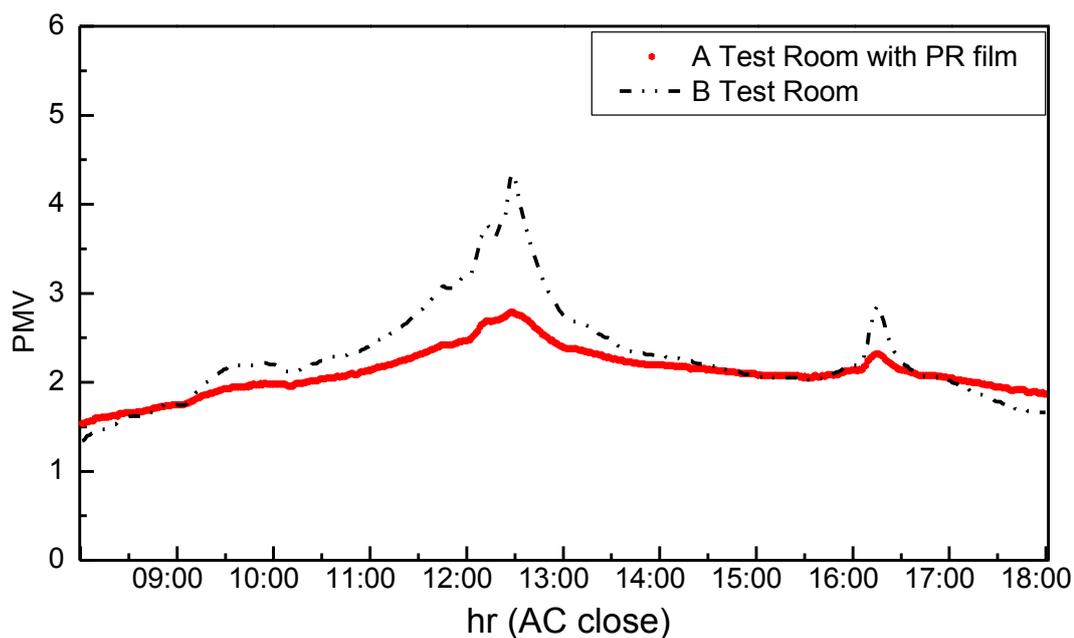


圖 3-3.19 測試室玻璃貼 PR 隔熱膜之熱舒適度(關空調)
(面向西)

(資料來源：本研究整理)

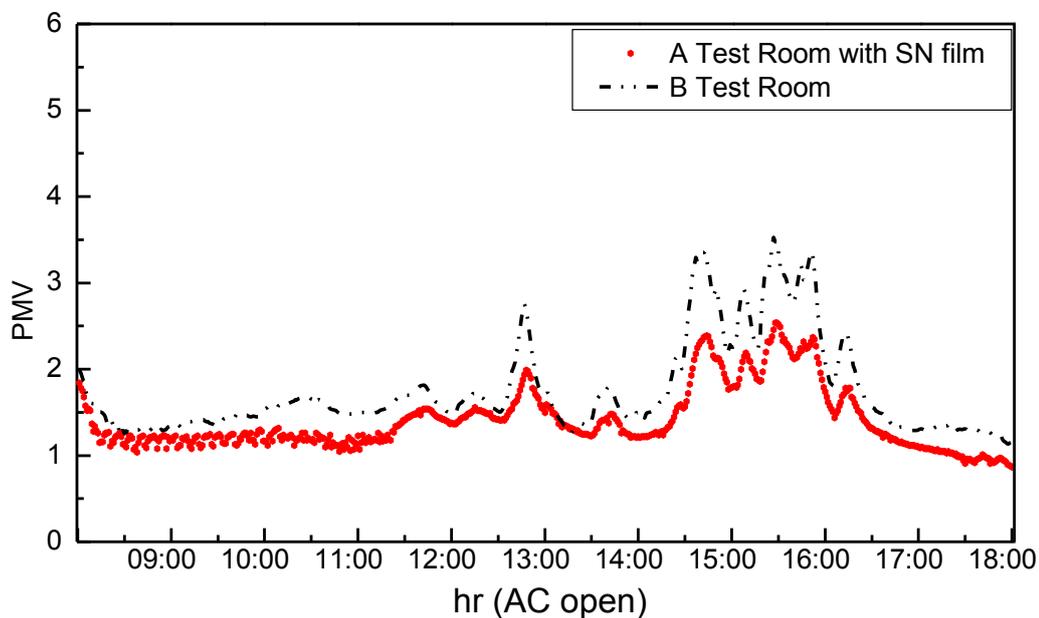


圖 3-3.20 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜之熱舒適度(開空調)
(面向西)

(資料來源：本研究整理)

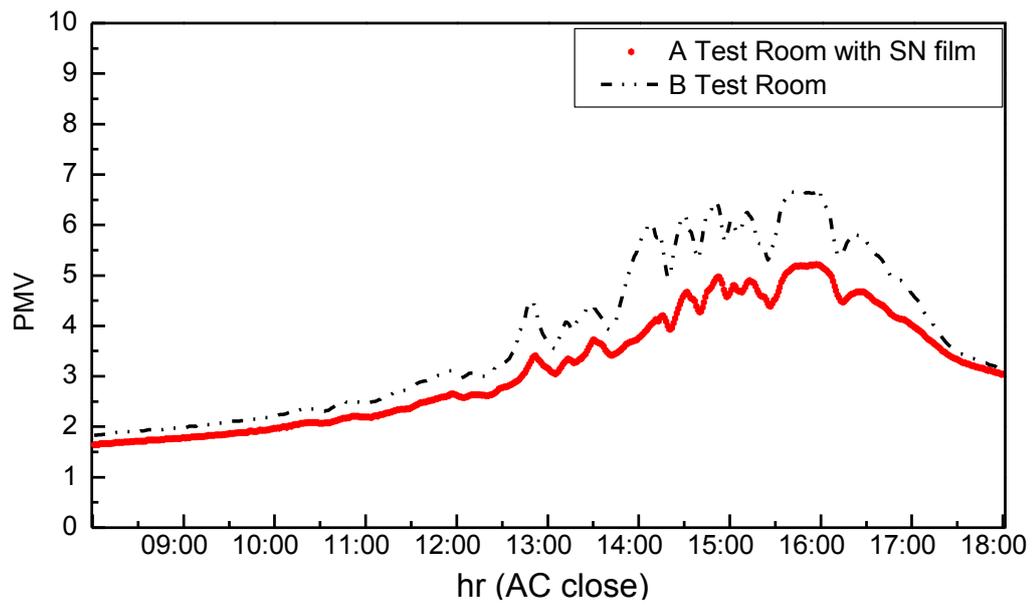


圖 3-3.21 測試室玻璃貼 SN 隔熱膜之熱舒適度(關空調)
(面向西)

(資料來源：本研究整理)

第四章 結論與建議

本研究執行期間，依原訂期程完成蒐集整理國內外有關建築玻璃及貼膜應用規範、技術文獻以及相關實驗研究文獻，並透過與成功大學能源科技與策略研究中心團隊之交流合作，完成複層玻璃 71 件、膠合玻璃 53 件、LOW-E 玻璃 17 件、單層玻璃 13 件及建築門窗用玻璃貼膜 261 件之光學及熱力性能數據彙整，並針對調查結果，採用前瞻綠能基礎建設在沙崙綠能科學城所建置的第一座亞熱帶節能建築測試驗證平台作為研究的載體，探討有(無)達到上開高性能節能綠建材基準之玻璃貼膜材料之空調耗能、熱舒適性及光環境等因子，結論與建議摘錄如後。

第一節 結論

- (一) 在資料蒐集分析部分，本研究發現我國在玻璃及貼膜之可視光透射率、可視光反射率、日光輻射熱取得率係數、輻射率、日光輻射熱遮斷值等量測主要引用 CNS 12381 標準，該項國家標準係於 100 年調合 JIS R3106「板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法」發布，惟在隔熱性之熱傳透率(熱阻值)量測部分尚未調合 JIS R3107「板ガラス類の熱抵抗及び建築における熱貫流率の算定方法」或將 ISO 10292 轉化為 CNS 標準，建議可納入國家標準發展參考。
- (二) 在複層玻璃分析部分，本研究收集之 71 件試驗產品，試驗發現中間空隙層填充不同氣體對整體複層玻璃之光學性能及日光輻射熱遮斷效果幾乎沒有影響，但因惰性氣體之熱阻值較乾燥空氣來的低，在隔熱性能之熱傳透率 U 值會有顯著差異，依空隙層設計厚度，約有 1~2 成之降低效果。

- (三) 在膠合玻璃分析部分，本研究收集之 53 件試驗產品，試驗發現玻璃之室內側輻射率值越大則熱傳透率越大，其迴歸分析資料顯示其判定係數為 $R^2=0.94$ ，顯著值小於 0.05，顯示膠合玻璃之室內側輻射率與熱傳透率線性關係存在該線性迴歸方程式應可提供作為預測推估之用，另室外側之輻射率及膠合玻璃總厚度與熱傳透率無明顯相關，其迴歸分析資料顯示判定係數分別為 $R^2=0.2336$ 、 $R^2=0.1584$ 。
- (四) 在 LOW-E 分析部分，本次 17 件樣本 LOW-E 玻璃產品，其試驗結果計有 11 件(約 65%)日光輻射熱遮斷性能達 1 型基準、6 件(約 35%)日光輻射熱遮斷性能達 2 型基準。另在玻璃貼膜分析部分，本次 261 件玻璃貼膜通過可視光透射率 ≥ 0.60 計有 86 件(約 33%)、可視光反射率 ≤ 0.20 計有 206 件(約 79%)及遮蔽係數(Sc 值) ≤ 0.57 計有 165 件(約 63%)，能同時達到三項基準計有 21 件(約 8%)。
- (五) 在全尺寸實驗屋空調耗電量分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝某通過節能綠建材基準之 PR 隔熱膜，比對室則不安裝，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(16.52%)>東方(8.57%)>南方(7.19%)>北方(3.44%)，若以每度電費 4 元概估，安裝 PR 隔熱膜之回收年限約 19.6 年。另安裝未達上開基準 SN 隔熱膜，經比較實驗屋耗電，應用於不同建築方位的省電效果為西方(3.75%)>東方(2.67%)>北方(1.64%)>南方(1.11%)，若以每度電費 4 元概估，安裝 SN 隔熱膜之回收年限約 40.5 年。
- (六) 在全尺寸實驗屋熱環境分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，比對室則不安裝，測試室在東、西、南及北等 4 個不同建築方位之玻璃表面平均溫度較比對室高 1.73°C 、 0.5°C 、 2.43°C 及 0.48°C ，整體溫差平均值為 1.29°C ，另安裝 SN

隔熱膜分別高 1.91 °C、1.05 °C、2.22 °C 及 1.74 °C，整體溫差平均值為 1.73 °C，故在應用上需留意，靠近帷幕玻璃表面的人員對於室內熱舒適之不滿意度可能會提高。

- (七) 在全尺寸實驗屋光環境分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在距離玻璃帷幕約 1.8m 處，整體照度平均值 3,521 lux、比對室平均值 5,178 lux，另安裝 SN 隔熱膜整體照度平均值 4068 lux、比對室平均值 4958 lux，均遠大於工作場所目標照度 500 lx 之需求，故隔熱膜除吸收部分太陽輻射熱，同時亦阻絕太陽光中之可視光進入室內，以減緩眩光發生。
- (八) 在全尺寸實驗屋熱舒適度評估分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在開啟空調模式，測試室之平均 PMV 為 0.81，比對室之平均 PMV 為 0.97，測試室之平均 PPD 為 20.80，比對室之平均 PPD 為 25.50，另安裝 SN 隔熱膜，測試室之平均 PMV 為 1.41，比對室之平均 PMV 為 1.75，測試室之平均 PPD 為 46.09，比對室之平均 PPD 為 59.72，明顯可看出帷幕玻璃貼附隔熱膜能使室內空間更為舒適。
- (九) 在全尺寸實驗屋熱舒適度評估分析部分，本研究測試室之帷幕玻璃安裝 PR 隔熱膜，在關閉空調模式，測試室之平均 PMV 為 2.11，比對室之平均 PMV 為 2.30，測試室之平均 PPD 為 80.13，比對室之平均 PPD 為 82.63，另安裝 SN 隔熱膜，測試室之平均 PMV 為 3.16，比對室之平均 PMV 為 3.80，測試室之平均 PPD 為 90.17，比對室之平均 PPD 為 93.98，明顯可看出關閉空調 PMV 數值變大，人體感覺較炎熱，且預測不滿意百分比 PPD 大幅提高。

第二節 建議

建議一

賡續利用智慧型節能建築測試驗證平台，進行各項建築節能、環境控制與智慧化系統整合基礎研究工作：立即可行建議

主辦機關：成功大學能源科技與策略研究中心

協辦機關：內政部建築研究所

本研究本(109)年採用前成功大學能源科技與策略研究中心瞻綠能基礎建設所建置的第一座亞熱帶智慧型節能建築測試驗證平台(Spinlab)作為全尺度實驗的載體，完成玻璃貼膜材料之空調耗能、熱舒適性及光環境等因子探討，該平台主要功能可在實際環境條件下進行測試，藉由相關測試結果能夠分析建築節能技術的開發、能源效率的改善、環境與視覺舒適度的成效，建議後續可再規劃節能建材、室內環境、智慧化調控及系統整合等相關合作研究議題，以達到建築安全、居住環境品質及永續發展之目標。

建議二

進行”門窗”國家標準制(修)訂推動之工作：中長期建議

主辦機關：經濟部標準檢驗局

協辦機關：內政部建築研究所

本研究發現我國現行 CNS 標準關於”門窗”材質部分，目前只有 CNS 3092「鋁合金製窗」、CNS 7477「鋁合金製門」、CNS 12430「鋼製窗」、CNS「鋼製門」及 CNS 6400「聚氯乙烯塑膠窗」等 5 個標準，僅能針對鋁製、鋼製、聚氯乙烯製等 3 種材質的門窗進行性能規範，惟其餘材質之門窗目前尚無國家標準可

供遵循，如何整合?或研議相關適用標準，建議可納入國家標準發展方向參考。另分析上開 5 個”門窗”標準，在隔熱性部分係以熱阻值為指標，惟臺灣地處亞熱帶氣候，日光輻射熱遮斷對節能效果亦相當重要，目前國際相關規範已將門窗產品的之熱傳透率 U 值(熱阻值之倒數)與日光輻射熱取得率係數 η 值納入測試範疇，建議可參酌調適將 η 值納入，以利節能需求。

附錄一

期初審查會議紀錄

內政部建築研究所 109 年度第 6 次研究業務協調會議紀錄

一、時間：109 年 3 月 16 日(星期一)下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：王所長榮進

記錄：謝宗興、陳士明、
蔡介峰、游伯堅、
白櫻芳、王家瑩、
盧珽瑞

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、確認前次會議紀錄：

紀錄確認

七、研究案主持人簡報：(略)

八、發言要點：

(一)「我國建築資訊建模(BIM)發展關鍵指標研究」案：

1. 本案研究範圍較大，建議限縮在全生命週期某一個階段，再與本國資料進行研究，較能在今年完成。
2. 研究目標在於將建築資訊建模 (BIM) 各發展成熟期裡，需要考慮的關鍵指標研究後列出，建議再寫清楚一點，較易突顯研究價值。
3. 本案綜整以上意見擬修正研究課題為：「我國建築資訊建模(BIM)於推動規劃設計發展的關鍵指標研究」。

(二)「BIM 結合人工智慧應用於建築工程全生命週期策略研擬」案：

1. 本案研究課題中「人工智慧」無法涵蓋所欲表達之 AI/IoT/GIS/大數據等技術，建議改研究課題。
2. 本案綜整以上意見擬修正研究課題為：「BIM 結合 AI/IoT/GIS/大數據技術應用於建築工程全生命週期策略研擬」。

(三)「建築門窗用玻璃貼膜與方位之節能效益相關性研究」案：

1. 本案預計採用成功大學「亞熱帶節能建築測試驗證平台」進行相關實驗，建議後續能結合雙方研究能量及建立可行合作模式，以提供業界更完整技術服務，同時增進實驗中心收入。
2. 本案擬進行隔熱膜不同建築方位的室內光、熱環境和空調能耗測量的全

尺度實測實驗，惟研究流程似乎疏漏光環境部分，建議予以補充敘明。

3. 另在實測時間規劃部分，應盡可能將季節因素納入考量，建議可徵詢相關學者專家之意見或參採國內外相關研究經驗，使研究成果更具應用參考價值。
4. 本案研究目標應設定清楚，研究方法、研究限制或假設條件，應予以詳述，尤其需注意實驗數據之代表性，使研究成果更為完備周延。

(四)「人工智慧於辦公大樓管理應用之研究」案：

本案預期成果將完成至少 3 種智慧建築(辦公大樓)人工智慧應用服務之資料需求分析，應說明清楚研究所指的應用服務定義。

(五)「從震災應變觀點探討超高層建築開發案之規劃設計與智慧防災策略研究」案：

1. 災後生活持續計畫(LCP, Life Continuity Plan)目前在我國較少討論，尤其超高層建築因結構耐震之安全性，LCP 成為必要之議題，確可作為我國借鏡；惟如何結合智慧科技及營運管理達成此目的，請蒐集相關資訊供我國參考應用。
2. 日本 311 震災後積極推行災後企業持續計畫(BCP)，近期更導入災後生活持續計畫(LCP)，建議本研究聚焦於超高層建築落實 LCP 的具體作法，蒐集日本 LCP 相關法規、防災機制，以了解其落實途徑。
3. 研究範圍宜收斂避免過於發散，建議聚焦於超高樓智慧防災之資訊蒐集、傳遞、管理及應變計畫等技術性資料，以期能有更多貢獻。
4. 簡報第 31 頁，虎之門大樓可提供 3,600 人的避難場所，建議進一步蒐集相關防災計畫，提供我國超高層建築防災收容標準參考。
5. 本案題目建議修正為「從震災應變觀點探討超高層建築之智慧防災策略研究」。

(六)「應用於綠建築設計之台灣原生植物選用與維護管理項目之探討」案：

觀賞植物大部分具毒性，補充植栽選用的完整資訊，避免民眾接觸有毒植物確實有必要，建議依植物毒性特徵、有毒部位與中毒嚴重程度多加補充，並加註相關注意事項供設計單位參考。

(七)「探討運用營建資訊分類編碼系統檢討建築技術規則自然通風採光與防火避難設施的可行性」案：

1. 本案可參考本所 106 年度委託研究計畫「建築設計與法規檢測導入 BIM 工程總分類碼之研究」之研究成果;研究內容建議朝「應用面」發展。
2. 研究題目建議去除「可行性」等文字。
3. 研究內容建議著重在性能評估規定之編碼檢討。
4. 建議修正研究課題名稱為:「運用編碼系統檢討建築技術規則自然通風採光與避難安全性能評估規定之研究」,以利掌握研究重點,辦理後續作業。

九、會議結論：

請參考與會同仁之寶貴意見,並請納入研究內容參採修正,使研究成果更為豐富完整。

十、散會:(下午 5 時 15 分整)

附錄(二) 期中會議紀錄及處理情形

時間：109 年 8 月 11 日（星期二）上午 9 時 30 分整

地點：本所簡報室

主持人：羅組長時麒

出席人員：略

<p>台灣省建築材料商業同業公會聯合會(王總幹事榮吉)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本研究就建築玻璃及貼膜應用之規範、技術文獻蒐集齊全，具有參考價值與目的。 2.未來請就建築玻璃及貼膜應用與省電效益、效果能更深入的分析與評估。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指教。 2.謝謝委員意見，已就建築玻璃及貼膜應用與省電效益進行分析與評估。
<p>財團法人台灣建築中心(連工程師俊傑)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.內容豐富，整理完善，值得肯定。 2.P.31~P.33 之表 2-2.11~表 2-2.14 資料來源建議加註綠建材解說與評估手冊之版本。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指教。 2.謝謝委員指教，已補充加註綠建材解說與評估手冊之版本。
<p>江教授哲銘</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.本研究已完成收集 261 件之一般市售建築門窗玻璃貼膜之可視光透射率、可視光反射率、日光透射率、日光反射率、紫外光穿透率、日光輻射熱等因子，並已取得遮蔽係數、熱傳透率等性能數據，將有利於新增「建築門窗用玻璃貼膜材料」評定項目之建構。 2.下階段本研究將與成功大學能源科技與策略研究中心沙崙旋轉屋合作探討高性能節能綠建材項目「建築門窗用玻璃貼膜材料」 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指教。 2.謝謝委員指教，已採用本項設備完成有(無)達到高性能節能綠建材基準之玻璃貼膜材料的空調

<p>之空調耗能、熱舒適性及光視覺環境因子等，可供訂定新基準之參考。</p>	<p>耗能、熱舒適性及光環境等因子探討。</p>
<p>李教授孟杰</p>	
<p>1.透光率、熱阻值與反射率為本研究之重點，能有效減少都市光害與增進室內採光及阻熱負荷之效益。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p>
<p>2.本研究主要探討不同種類或厚度 LOW-E 玻璃、單層玻璃、膠合玻璃、複層玻璃與玻璃貼膜材料之性能比較，建議未來可思考將壓花玻璃、平板染色玻璃、噴砂玻璃及烤漆玻璃納入研究範疇。</p>	<p>2.謝謝委員指教，囿於研究期程有限，建議壓花玻璃、平板染色玻璃、噴砂玻璃及烤漆玻璃等可納入後續相關研究探討。</p>
<p>3.足尺模型實驗建議後續可探討太陽高角度與方位角之反射與熱傳等相關研究課題。</p>	<p>3.謝謝委員指教，囿於受限儀器設備，太陽高角度與方位角之反射與熱傳等相關研究課題，建議可納入後續相關研究探討。</p>
<p>4.建議未來可探討涵括門窗框的整體熱橋效益。</p>	<p>4.謝謝委員指教，囿於研究期程有限，建議可納入後續相關研究探討。</p>
<p>黃副教授國倉</p>	
<p>1.本研究文獻資料收集完整、內容充實及實驗設計合理，值得肯定。</p>	<p>1.謝謝委員意見。</p>
<p>2.由圖 3-2.11 觀察玻璃輻射率(室內側)與熱傳透率 U 值之關聯性，二者數據之分佈圖似無關係，可否再進一步說明輻射率與 U 值之物理關係為何?</p>	<p>2.謝謝委員指教，已於第 3 章就物理關係進行補充說明。</p>
<p>3.有關玻璃貼膜在綠建材解說與評估手冊訂有基準，然而其整體之室內節能與熱舒適綜合效果與其所貼附背板玻璃之種類有關，建議其基準之訂定宜考量整體貼膜後</p>	<p>3.謝謝委員意見，將提供本所本(109)年「綠建材標章審查作業精進計畫」參考。</p>

<p>之玻璃性能。</p> <p><u>溫經理俊清</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.有關研究進度，已進行相關文獻蒐集、量測標準規範解析、貼膜應用調查及試驗結果分析，進度符合預定工作進度。 2.簡報 P.27 膠合玻璃之熱傳透率 U 值與室內側輻射率具相關性，卻與室外側輻射率無明顯相關，其原因為何？ 3.有關各種複層玻璃、膠合玻璃、LOW-E 玻璃、單層玻璃及玻璃貼膜的可視光透射率、可視光反射率及遮蔽係數作探討並分析，同時具備 3 項基準值有何優點，請補充說明。 <p><u>陳委員瑞鈴</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1.遮蔽係數(shading factor)是與 3mm 透明玻璃日光輻射熱取得率之比值，數值越低代表輻射熱取得率越低，性能越佳。因此，P.14 文字說明誤繕，建議修正為：遮蔽係數越低代表玻璃建材阻擋外界熱能進入建築物之能量越「多」。 2.表 2-2.5 應為本研究自行整理之表格，海拔 2 欄之敘述易誤導 1800m 適用的範圍，應予更正。另各圖表均應註明來源。 3.玻璃貼膜測試結果，本計畫所測值僅 4% 符合綠建材基準與成大能源科技與策略研究中心符合 13% 之比例差距頗大，建議自行審視了解說明。另試驗項目「總熱傳係數 U 值」應為「熱傳透率 U 值」，請修正。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指教。 2.謝謝委員意見，已於第 3 章就物理關係進行補充說明。 3.謝謝委員指教，同時具備可視光透射率、可視光反射率及遮蔽係數等 3 項基準值，可符合建築照明節能、光害防制及建築空調節能之需求。 <ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝委員指教，已於第 2 章進行補充修正。 2.謝謝委員指教，已於第 2 章進行補充修正。 3.謝謝委員指教，玻璃貼膜測試結果已重新檢視無誤，另查本計畫所測樣本均由國內廠商委測提供，至成大蒐集樣本包括國外研發產品，故有所差異。另「總
--	---

<p><u>主席</u></p> <p>1.本研究之文獻回顧請補充本所前期所本部玻璃隔熱膜實測驗證、既有建築物節能改善補助計畫納入玻璃貼膜項目及研提「建築門窗用玻璃貼膜材料」CNS 標準(草案)等成果。</p> <p>2.本(109)年「綠建材標章審查作業精進計畫」刻正研議將節能窗納為高性能節能綠建材評估項目之可行性，相關蒐集資料或精進建議，可提供該計畫參酌。</p>	<p>熱傳係數 U 值」均已修正為「熱傳透率 U 值」。</p> <p>1.謝謝委員指教，已於第 2 章進行補充修正。</p> <p>2.謝謝委員指教，後續將提供該執行團隊參酌。</p>
---	---

附錄(三) 期末會議紀錄及處理情形

時間：109 年 11 月 25 日（星期三）下午 2 時

地點：本所性能實驗中心會議室

主持人：羅組長時麒(呂簡任研究員文弘代理)

出席人員：略

<p>中華民國全國建築師公會(郭建築師正一)</p> <p>1.本研究蒐集建築玻璃及貼膜應用規範相當完整，可供 CNS 國家標準研訂參酌。</p> <p>2.本研究完成 LOW-E 玻璃、單層玻璃及玻璃貼膜之可視光透射率、可視光反射率及遮蔽係數等性能分析，具有參考價值。</p> <p>3.本研究利用亞熱帶節能建築測試驗證平台完成 PR 隔熱膜(達到綠建材評估基準)、SN 隔熱膜(未達綠建材評估基準)的空調耗電量分析，並推估電費回收年限，成果值得肯定。</p> <p>4.本研究實驗驗證貼膜應用於不同建築方位的省電效果，可提供當地(臺南與高雄)建築節能應用參酌。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p> <p>2.謝謝委員指教。</p> <p>3.謝謝委員指教。</p> <p>4.謝謝委員指教。</p>
<p>陳委員瑞鈴</p> <p>1.透過本研究實驗驗證，玻璃(窗)之隔熱節能特性，主要與其遮蔽係數密切相關，熱阻值(熱傳透率)則影響不大，故建議事項請增列修正 CNS 門窗測試，應參酌國際相關規範，將輻射熱取得係數納入，以利節能需求，另原期末報告結論(一)可省略。</p> <p>2.冷屋頂實驗貴所已有相關探討，後續應進行建材之耐候特性分析研究，期末報告書</p>	<p>1.謝謝委員指教，已於第 4 章進行補充修正。</p> <p>2.謝謝委員指教，已於第 4 章進行修正。</p>

<p>建議(一)請再酌處理。</p> <p>3.貼膜有利 PMV 及 PPD 部分，宜概要說明量測結果，並納入結論予以敘明。</p> <p>4.研究課題與國家標準有相關者，建議後續會商或審查可邀請經濟部標準檢驗局參加，以利溝通協商。</p>	<p>3.謝謝委員指教，已於第 3 章補充說明 PMV 及 PPD 量測結果，並於第 4 章進行修正。</p> <p>4.謝謝委員指教，後續研究課題若與國家標準有相關者，將邀請經濟部標準檢驗局與會討論。</p>
<p><u>溫經理俊清</u></p> <p>1.本研究完成各類玻璃(含建築門窗用玻璃貼膜)之光學或熱力性能之數據彙整，具有參考價值。</p> <p>2.本研究就期中審查意見之總熱傳透係數 U 值與室內側輻射率相關性，已於報告書第 3 章補充說明。</p> <p>3.另期末審查階段所進行全尺度實驗計畫，完成各建築方位之空調耗電量、室內熱(光)環境與舒適度之實測數據，具有參考價值。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p> <p>2.謝謝委員指教。</p> <p>3.謝謝委員指教。</p>
<p><u>葉總經理禮旭</u></p> <p>1.本研究相關文獻資料蒐集相當完整、報告內容詳實及實驗設計合理，值得肯定。</p> <p>2.本研究成果相當豐碩，相關研究結果可供 CNS 相關標準修正參考。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p> <p>2.謝謝委員指教。</p>
<p><u>江教授哲銘(書面意見)</u></p> <p>1.本研究完成複層玻璃、膠合玻璃、LOW-E 玻璃及建築門窗用玻璃貼膜等之光學、熱力性能數據彙整，符合預期成果需求。</p> <p>2.本研究期末利用實體亞熱帶節能建築測試驗證平台進行多組貼膜實驗，獲得極有參考價值之節能數據，執行成效良好。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p> <p>2.謝謝委員指教。</p>

<p>3.另在建築門窗貼膜與太陽日照方位調控部分，已獲得實質本土化應用數據，並可以模組化方式掌握節能效益，成果值得肯定。</p>	<p>3.謝謝委員指教。</p>
<p>林教授芳銘(書面意見)</p>	
<p>1.本研究完成複層玻璃、膠合玻璃、LOW-E玻璃及門窗玻璃貼膜等試件之光學及隔熱性能試驗與分析探討，對於常用建材相關性能已有充分掌握，有助於未來建材應用之參考，值得肯定。</p>	<p>1.謝謝委員指教。</p>
<p>2.完成全尺寸實驗屋之熱環境、光環境及熱舒適評估分析，獲得具體成果，成果將有助於建築設計應用參考。</p>	<p>2.謝謝委員指教。</p>
<p>3.建議研究成果能提供 CNS 國家標準相關規定之修訂參考，以擴大應用層面。</p>	<p>3.謝謝委員指教，已納入第 4 章建議事項。</p>
<p>主席</p>	
<p>1.請補充本研究於旋轉實驗屋之光環境量測之照明條件，開燈或關燈狀態，另所測空間照度值似乎偏高，建議宜再檢核確認。</p>	<p>1.謝謝委員指教，已於第 3 章補充說明光環境量測之照明條件，並再次檢核量測結果，確認無誤。</p>
<p>2.報告書結論(四)，在複層玻璃分析部分，提出空隙層厚度 12mm 為最佳參數，與蒐集樣本玻璃中最常使用設計厚度相同，若本項結論已廣為業界知悉，建議可省略。</p>	<p>2.謝謝委員指教，已於第 4 章進行修正。</p>
<p>3.報告書建議二，有關賡續利用智慧型節能建築測試驗證平台，進行各項建築節能、環境控制與智慧化系統整合基礎研究工作，宜再規劃相關合作研究議題，俾利執行。</p>	<p>3.謝謝委員指教，已於第 4 章進行修正。</p>

參考書目

中文資料

1. CNS 3288,“金屬網(或線)入板玻璃”,2018 年。
2. CNS 13447,“熱處理增強玻璃”,2017 年。
3. 羅時麒、黃國倉等,“建築玻璃用隔熱膜性能衰減試驗方法研訂之研究”, 內政部建築研究所協同研究成果報告,2018 年 12 月。
4. 陳瑞鈴、黃國倉等,“既有建築外殼開口部應用玻璃隔熱膜節能改善對策評估研究”, 內政部建築研究所協同研究成果報告,2017 年 12 月。
5. CNS 2217,“強化玻璃”,2016 年。
6. CNS 2541,“複層玻璃”,2016 年
7. CNS 4341,“吸熱玻璃”,2016 年
8. CNS 13032,“日射熱反射玻璃”,2016 年。
9. 黃瑞隆等,“玻璃性能對室內光、熱環境和節能效果影響之實測研究”, 內政部建築研究所委託研究成果報告,2016 年 12 月。
10. 李訓谷等,“既有建築物節能改善之評估研究”, 行政院原子能委員會委託研究成果報告,2016 年 12 月。
11. CNS 2441,“壓花玻璃”,2015 年。
12. CNS 2442,“浮式玻璃及磨光平板玻璃”,2015 年。
13. CNS 15857-1,“門、窗及百葉窗之熱性能—熱傳透性之計算—第 1 部：一般”,2015 年。
14. CNS 15857-2,“門、窗及百葉窗之熱性能—熱傳透性之計算—第 2 部：框之數值法”,2015 年。
15. CNS 15833,“建築用低輻射鍍膜玻璃”,2015 年。
16. CNS 15813-1,“門窗熱性能—熱傳透性熱箱測定法—第 1 部：完整門窗”,2015 年。

17. CNS 15813-2,“門窗熱性能—熱傳透性熱箱測定法—第 2 部：屋頂窗及其他突出窗”,2015 年。
18. CNS 12381,“平板玻璃透射率、反射率、放射率及日光輻射熱取得係數試驗法”,2011 年。
19. CNS 1183,“膠合玻璃”,2011 年。
20. 李訓谷等,“創新節能窗之設計探討”, 第八屆台灣建築論壇,2011 年 12 月。
21. 李訓谷、蔡介峰等,“節能玻璃設計方法之建立”, 建築學報 62 期增刊,2007 年 12 月。
22. CNS 15093,“建築用玻璃磚”,2007 年。
23. CNS 11524,“門窗性能試驗法通則”,2006 年。
24. CNS 6400,“聚氣乙烯塑膠窗”,2006 年。
25. CNS 7477,“鋁合金製窗”,2005 年。
26. CNS 3092,“鋁合金製門”,2005 年。
27. CNS 11527,“門窗氣密性試驗法”,2004 年。
28. CNS 11528,“門窗水密性試驗法”,2004 年。
29. CNS 11525,“門窗防露性能試驗法”,2003 年。
30. CNS 11526,“門窗抗風壓性試驗法”,2003 年。
31. CNS 12430,“鋼製窗”,1997 年。
32. CNS 12430,“鋼製窗”,1988 年。

外文資料

1. ZhitongYi 等,“A Transparent Radiative Cooling Film for Building Energy Saving” Energies,12(3),Energy and Built Environment online 26, July, 2020.
2. CM Calama-González 等,“Daylighting performance of solar control films for hospital buildings in a Mediterranean climate” Energies,12(3), February, 2019.
3. Helmut F.O. Mueller 等,“Application of Micro-structured Sunlighting Systems in Different Climatic Zones”, Journal of Daylighting, online 4, September, 2019.
4. JIS R 3106,“板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法”,2019.
5. JIS R 3107,“建築用板ガラスの熱貫流率の算定方法”,2019.
6. JIS A 5759,“建築窓ガラス用フィルム”,2016.
7. EN 410,“Glass in building. Determination of luminous and solar characteristics of glazing”,2011.
8. EN 673,“Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Calculation method”,2011.
9. EN 674,“Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Guarded hot plate method”,2011.
10. EN 675,“Glass in building. Determination of thermal transmittance (U value). Heat flow meter method”,2011.
11. ISO 12567-1,“Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by the hot-box method — Part 1: Complete windows and doors”,2010.
12. ISO 12567-2,“Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by hot box method — Part 2: Roof windows and other projecting windows”,2005.

13. ISO 9050,“Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors”,2003.
14. ISO 10293,“Glass in building — Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing — Heat flow meter method”,1997.
15. ISO 10291,“Glass in building — Determination of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing — Guarded hot plate method”,1994.
16. ISO 10292,“Glass in building — Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing”,1994.