

# 建築節能法令之玻璃建材參數 適用性驗證

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 96 年 11 月

# 建築節能法令之玻璃建材參數 適用性驗證

計畫編號：

執行方式：委託研究 協同研究 自行研究

執行單位：內政部建築研究所

研究主持人：葉副所長世文

協同主持人：李助理教授訓谷

研究員 陳博士候選人文洲

研究助理：黃尊澤、林書吟

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 96 年 11 月

## 目次

目次 .....	III
圖次 .....	XII
符號說明 .....	XVI
摘要 .....	XVII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目的.....	1
第二節 研究方法與內容.....	4
第三節 研究流程.....	6
第二章 市售玻璃建材之收集.....	7
第一節 網印玻璃.....	7
第二節 壓花玻璃.....	8
第三節 百葉玻璃.....	9
第四節 玻璃磚.....	10
第三章 特殊玻璃建材光學性質量測實驗.....	11
第一節 實驗說明.....	11
第二節 設備功能說明.....	13
第三節 實驗流程.....	14

第四節 實驗特點.....	15
第五節 實驗計算原理.....	16
第六節 實驗結果與討論.....	17
第四章 常用玻璃熱傳透率U值與.....	35
第一節 OPTICS軟體簡介.....	35
第二節 玻璃熱傳透率U值與玻璃之日射透過率 $\eta_i$ 值..	38
第三節 建築節約能源設計技術規範之修訂.....	60
第五章 玻璃建材對空調耗能影響之電腦模擬.....	70
第一節 單層玻璃.....	73
第二節 雙層玻璃.....	79
第三節 參層玻璃.....	83
第四節 小結.....	87
第六章 結論與建議事項.....	93
第一節 結論.....	93
第二節 後續研究建議.....	94
參考文獻 .....	95

## 表次

表 1-1 玻璃建材對建築節能之影響 .....	2
表 1-1 玻璃建材對建築節能之影響 .....	2
表 2-1 常見百葉玻璃規格 .....	9
表 3-1 設備說明 .....	12
表 3-2 3MM單層清玻璃溫度量測值 .....	18
表 3-3 6MM單層藍色玻璃溫度量測表 .....	20
表 3-4 8MM單層茶色玻璃溫度量測表 .....	22
表 3-5 5MM+DLE-63+5MM膠合玻璃溫度量測表 .....	24
表 3-6 8MM+SLE80+8MM膠合玻璃溫度量測表 .....	26
表 3-7 5MM+12A+5MM複層玻璃溫度量測表 .....	29
表 3-8 5MM+6A+HM75+6A+5MM複層玻璃溫度量測表 .....	31
表 3-9 裝填充氣之複層玻璃室內外側溫差比較 .....	32
表 3-10 裝填水之複層玻璃室內外側溫差比較 .....	34
表 4-1 OPTICS5 DATA檔格式 .....	36
表 4-2 單層非節能玻璃之光學與熱學性質 .....	38
表 4-3 複層玻璃（中間層空氣厚度 6MM）光學與熱學性質	39

表 4-4 複層玻璃 (中間層空氣厚度 12MM) 光學與熱學性質 .....	39
表 4-5 複層玻璃 (中間層 ARGON 厚度 6MM) 光學與熱學性質 .....	40
表 4-6 複層玻璃 (中間層 ARGON, 厚度 12MM) 光學與熱學 性質 .....	41
表 4-7 複層玻璃 (中間層 KYPTON, 厚度 6MM) 光學與熱學 性質 .....	41
表 4-8 複層玻璃 (中間層 KYPTON, 厚度 12MM) 光學與熱學 性質 .....	42
表 4-9 複層玻璃 (中間層 XENON, 厚度 6MM) 光學與熱學性 質 .....	43
表 4-10 複層玻璃 (中間層 XENON, 厚度 12MM) 光學與熱學 性質 .....	43
表 4-11 複層玻璃 (中間層 AIR5%/AR95%厚度 6MM) 光學與 熱學性質 .....	44
表 4-12 複層玻璃 (中間層 AIR5%/AR95%厚度 12MM) 光學與 熱學性質 .....	45

表 4-13 複層玻璃 (中間層AIR12%/AR22%/KYPTON66%, 厚度 6MM) 光學與熱學性質.....	45
表 4-14 複層玻璃 (中間層AIR12%/AR22%/KYPTON66%, 厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	46
表 4-15 複層玻璃 (中間層AIR5%/KYPTON95%, 厚度 6MM) 光學與熱學性質.....	47
表 4-16 複層玻璃 (中間層AIR5%/KYPTON95%, 厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	47
表 4-17 複層玻璃 (中間層AIR10%/AR90%厚度 6MM) 光學與熱學性質 .....	48
表 4-18 複層玻璃 (中間層AIR10%/AR90%, 厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	49
表 4-19 單片半反射玻璃複層光學與熱學性質之比較 ...	49
表 4-20 半反射複層玻璃 (中間層空氣厚度 6MM) 光學與熱學性質 .....	50
表 4-21 半反射複層玻璃 (中間層空氣厚度 12MM) 光學與熱學性質 .....	50

表 4-22 半反射複層玻璃 (中間層 ARGON 厚度 6MM) 光學與 熱學性質 .....	51
表 4-23 半反射複層玻璃 (中間層 ARGON 厚度 12MM) 光學與 熱學性質 .....	52
表 4-24 半反射複層玻璃 (中間層 KYPTON 厚度 6MM) 光學與 熱學性質 .....	52
表 4-25 半反射複層玻璃 (中間層 KYPTON 厚度 12MM) 光學 與熱學性質.....	53
表 4-26 半反射複層玻璃 (中間層 XENON 厚度 6MM) 光學與 熱學性質 .....	53
表 4-27 半反射複層玻璃 (中間層 XENON 厚度 12MM) 光學與 熱學性質 .....	54
表 4-28 半反射複層玻璃(中間層 AIR5%/ARGON95%厚度 6MM) 光學與熱學性質.....	54
表 4-29 半反射複層玻璃 (中間層 AIR5%/ARGON95%厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	55
表 4-30 半反射複層玻璃 (中間層 AIR12%/AR22%/KYPTON66% 厚度 6MM) 光學與熱學性質 .....	55

表 4-31 半反射複層玻璃 (中間層AIR12%/AR22%/KYPTON66% 厚度 12MM) 光學與熱學性質 .....	56
表 4-32 半反射複層玻璃 (中間層AIR5%/KYPTON95%厚度 6MM) 光學與熱學性質.....	57
表 4-33 半反射複層玻璃 (中間層AIR5%/KYPTON95%厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	57
表 4-34 半反射複層玻璃 (中間層AIR10%/AR90%厚度 6MM) 光學與熱學性質.....	58
表 4-35 半反射複層玻璃 (中間層AIR10%/AR90%厚度 12MM) 光學與熱學性質.....	58
表 4-36 各類平板玻璃SC值比較 .....	60
表 4-37 浮式平版玻璃U值 .....	61
表 4-38 LVC半反射玻璃U值 .....	62
表 4-39 離線反射玻璃U值 .....	62
表 4-40 技術規範與模擬及廠商清玻璃之U值比較 .....	62
表 4-41 5MM色玻璃+膜+5MM清玻璃比較 .....	63
表 4-42 6MM色玻璃+膜+6MM清玻璃比較 .....	63
表 4-43 8MM色玻璃+膜+8MM清玻璃比較 .....	64

表 4-44 色玻璃+隔熱膜+清玻璃U值與SC值建議表 .....	65
表 4-45 20MM 複層玻璃之光學與熱學性質 .....	66
表 4-46 24MM 複層玻璃之光學與熱學性質 .....	67
表 4-47 28MM 複層玻璃之光學與熱學性質 .....	68
表 4-48 複層玻璃U與SC建議值.....	68
表 4-49 建築節約能源設計技術規範之清玻璃UI值與建議	69
表 4-50 建築節約能源設計技術規範之清玻璃SC值與建議	69
表 5-1 單層玻璃組成數據 .....	70
表 5-2 雙層玻璃組成數據.....	71
表 5-3 參層玻璃組成成分 .....	72
表 5-4 單層玻璃SC值對空調負荷之影響（不同樓層） .	74
表 5-5 SC值對空調負荷之影響（不同區域） .....	75
表 5-6 U值對空調負荷之影響（不同樓層） .....	76
表 5-7 U值對空調負荷之影響（不同區域） .....	77
表 5-8 雙層玻璃SC值對空調負荷之影響（不同樓層） ...	79
表 5-9 雙層玻璃SC值對空調負荷之影響（不同區域） ...	80
表 5-10 雙層玻璃U值對空調負荷之影響（不同樓層） ...	81
表 5-11 雙層玻璃U值對空調負荷之影響（不同區域） ...	81

表 5-12	參層玻璃SC值對空調負荷之影響（不同樓層） ..	83
表 5-13	參層玻璃SC值對空調負荷之影響（不同區域） ..	84
表 5-14	參層玻璃U值對空調負荷之影響（不同樓層） ...	85
表 5-15	參層玻璃U值對空調負荷之影響（不同區域） ...	86
表 5-16	單層玻璃TWEA與SC值之模擬結果 .....	87
表 5-17	單層玻璃TWEA與U值之模擬結果 .....	88
表 5-18	雙層玻璃TWEA與SC值之模擬結果 .....	89
表 5-19	雙層玻璃TWEA與U值之模擬結果 .....	89
表 5-20	參層玻璃TWEA與SC值之模擬結果 .....	91
表 5-21	參層玻璃TWEA與U值之模擬結果 .....	91

## 圖次

圖 2-1 網印玻璃樣式 .....	7
圖 2-2 壓花玻璃樣式 .....	8
圖 2-3 百葉玻璃樣式 .....	9
圖 2-4 玻璃磚樣式 .....	10
圖 3-1 模擬光源實驗儀器示意圖 .....	11
圖 3-2 3MM 單層清玻璃試件 .....	17
圖 3-3 3MM單層玻璃溫度趨勢圖 .....	18
圖 3-4 6MM 單層藍色玻璃試件 .....	19
圖 3-5 6MM單層玻璃溫度趨勢圖 .....	20
圖 3-6 8MM 單層茶色玻璃試件 .....	21
圖 3-7 8MM單層玻璃溫度趨勢圖 .....	22
圖 3-8 5MM+DLE-63+5MM膠合玻璃膠合玻璃試件 .....	24
圖 3-9 5MM+DLE-63+5MM膠合玻璃溫度趨勢圖 .....	25
圖 3-10 8MM+SLE80+8MM膠合玻璃試件 .....	26
圖 3-11 8MM+SLE80+8MM膠合玻璃溫度趨勢圖 .....	27
圖 3-12 5MM+12A+5MM複層玻璃試件 .....	28
圖 3-13 5MM+12A+5MM複層玻璃溫度趨勢圖 .....	29

圖 3-14	5MM+HM75+6A+5MM複層玻璃試件 .....	30
圖 3-15	5MM+6A+HM75+6A+5MM複層玻璃溫度趨勢圖 .....	31
圖 3-16	裝填充氣之複層玻璃室內外側溫度趨勢 .....	32
圖 3-17	裝填水之複層玻璃室內外側溫度趨勢 .....	33
圖 4-1	OPTICS軟體輸入主畫面 .....	36
圖 5-1	單層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果（10F、台北地區） .....	74
圖 5-2	單層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果（20F、台北地區） .....	74
圖 5-3	單層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果（10F、高雄地區） .....	75
圖 5-4	單層玻璃U值對空調負荷之模擬結果（10F、台北地區） .....	77
圖 5-5	單層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果（20F、台北地區） .....	77
圖 5-6	單層玻璃U值對空調負荷之模擬結果（10F、高雄地區） .....	78

圖 5-7 雙層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)	79
圖 5-8 雙層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)	79
圖 5-9 雙層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)	80
圖 5-10 雙層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)	81
圖 5-11 雙層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)	81
圖 5-12 雙層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)	82
圖 5-13 參層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)	83
圖 5-14 參層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)	83
圖 5-15 參層玻璃SC值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)	84

圖 5-16 參層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)	85
圖 5-17 參層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)	85
圖 5-18 參層玻璃U值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)	86
5-19 單層玻璃TWEA與SC值之關係	88
圖 5-20 單層玻璃TWEA與U值之關係	89
圖 5-21 雙層玻璃TWEA與U值之關係	90
圖 5-22 雙層玻璃TWEA與U值之關係	90
圖 5-23 參層玻璃TWEA與SC值之關係	92
圖 5-24 參層玻璃TWEA與U值之關係	92

## 符號說明

$\tau(\lambda)$ ：分光透射率。

$\rho(\lambda)$ ：分光反射率。

$S_\lambda \Delta \lambda$ ：標準值。

$\alpha_e$  為日光吸收率。

$q_i$ ：玻璃所吸收日光輻射熱傳送至室內之比率。

$h_i$ ：室外熱對流係數。

$h_e$ ：室內熱對流係數。

$g$ ：日光輻射熱取得率 SHGC。

$R$ ：代表複層玻璃之  $R = \sum \frac{1}{h_s} + \sum \frac{d_m}{k_m}$  熱阻值

$h_i$ ：室外熱對流係數。

$h_e$ ：室內熱對流係數。

$h_s$ ：空氣層熱對流係數。

$d_m$ ：第  $m$  層玻璃（或薄膜）厚度。

$k_m$ ：第  $m$  層玻璃（或薄膜）熱傳導係數。

## 摘要

關鍵詞：建築節能、玻璃建材、光學性質

### 一、研究緣起

經由九十二年度「建築外殼性能檢測分析研究」、「建材性能檢測分析實驗研究」、九十三年度「建築外殼隔熱性能檢測標準化之研究」、九十四年度「單一建材隔熱性能資料庫之建立」、「熱環境實驗室性能評估與 CNLA 認證之建立」以及九十五年度「建築節能法令之建材熱傳與光學性能標準之研究」等計畫之研究成果，內政部建築研究所業已完成建築外殼隔熱性能檢測、隔熱膜熱傳導係數與玻璃光學性能之量測裝置與標準程序，使得性能實驗中心熱環境實驗室取得 CNLA 量測實驗室之認證。不僅對於「建築節約能源設計技術規範與實例」中之各式建材隔熱性能表格內之數據提出修訂與建議，對於我國在推行「綠建築標章」之日常節能指標具有相當的貢獻度。並且配合中華建築中心綠建材專案小組完成「高性能節能玻璃綠建材解說與評估」之訂定。

綜合上述研究計畫成果，熱環境實驗室在玻璃建材之光學性質與熱學性質方面已具備單層平板玻璃、膠合玻璃與複層玻璃之量測能力；同時亦具有利用 WINDOW 5.2 程式將單層平板玻璃與空氣層組合成各式複層玻璃，並求出其光學與熱學性能之研發能力。

在 95 年度之研究計畫成果中，研究團隊發現目前市售膠合與複層玻璃之顏色與中間膠膜種類相當繁多；而影響此類玻璃光學性質之主要參數為膠膜，無論是直接塗覆在玻璃表面的 Low-E 玻璃或是夾在兩層玻璃之間的膠膜均是關鍵。而第二重要之參數為玻璃顏色，玻璃顏色不但會影響建築物照明耗能亦是影響空調耗能之指標。而複層玻璃之空氣層種類與厚度僅對 U 值之影響較為顯著，對遮蔽係數之影響不大。

因此，本年度研究主題延續 92~95 年度之研究方向，為建築節約法規提供本土化建材之數據，並且將目前業界常用但「建築節約能源設計技術規範與實例」缺乏之建材數據納入，強化建築物外殼

耗能量 (ENVLOAD) 計算之完整性。計畫研究目標包含(1)完成玻璃建材對辦公建築全年空調耗電之影響評估，(2) 完成修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值等兩部分之數據。

## 二、研究方法及過程

本年度研究計畫之研究內容可區分為(1)玻璃建材對辦公建築全年空調耗電之影響評估，(2) 修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值等兩部分之數據。其研究方法與內容分述如下：

### (1) 玻璃建材對辦公建築全年空調耗電之影響評估

本年度計畫之首要工作乃深入經由系統化之空調耗能計算模擬，於我國本土氣象條件下進行不同種類玻璃與 6mm 單層玻璃之建築與空調耗能比對分析，藉以建立各項玻璃建材性能參數對建築外殼耗能影響程度之定量數據。並進一步推算高性能玻璃綠建材於實際應用中較其他種類玻璃建材之省能效益，以充分確保其廣大之應用潛力。本研究計畫將依照 SHGC 值與 U 值作為玻璃建材之實驗參數。分別針對玻璃建材之隔熱與保溫效果，進行深入之探討，以獲得玻璃鍵材隔熱效果 (SHGC 值) 與保溫效果 (U 值) 對建築空調耗能之影響效益。

(2) 修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值等兩部分之數據：

本研究計畫仍沿用熱環境實驗室之各項隔熱性能量測儀器與玻璃光學性質量測系統，依據上年度所建立之膠合與複層玻璃熱學與光學性質量測標準作業程序進行市售常用玻璃建材之熱學與光學性質量測，並且採用 92~95 年度研究計畫所量得各式玻璃之光學與熱學性能與「建築節約能源設計技術規範」中之相關資料進行比對，以印證「建築節約能源設計技術規範」中之有關玻璃建材隔熱性能數據之適用性。再者，本研究計畫將透過廠商訪談方式，實地瞭解

目前常被利用於建築外牆之玻璃建材，並且透過玻璃建材之物理特性分析與目前熱環境實驗室玻璃光學量測技術之比較，確實將「建築節約能源設計技術規範與實例」中未列出之玻璃建材光學性質進行相關數據量測。但是對於特殊玻璃（亦即非平板玻璃，例如壓花玻璃、網版玻璃等）本研究計畫將透過文獻蒐集法或電腦模擬法等訂定出適合該類玻璃建材光學性質量測之標準作業程序。最後將其納入「建築節約能源設計技術規範與實例」中，以達到「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率表與玻璃之日射透過率表修訂之目標。

### 三、研究成果

本研究之研究結果如下：

- (1) 完成玻璃建材應用之現況調查與四種市售玻璃建材之收集。
- (2) 建立特殊玻璃建材光學性質量測設備與技術。
- (3) 常用玻璃熱傳透率表與玻璃之日射透過率表之修訂。
- (4) 完成 Optics 模擬軟體之教育訓練
- (5) 完成台灣本土氣候下各式玻璃建材對空調耗能之數據，以提供相關設計人員於採用玻璃在建築物省能之參考依據。
- (6) 研究成果投稿論文撰寫。

### 四、主要建議事項

本研究計畫除完成上述研究成果外，於計畫執行過程中對於玻璃建材應用於建築節能上之效益認為有長遠之發展潛力，以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

立即可行的建議：

1. 由本研究計畫之成果可知，玻璃建材在建築節能上之最重要設計參數為薄膜之性能，故對於薄膜在實際使用於建築

#### 建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

物中的其光學性質的劣化程度掌握與量測實屬必要。因此建議性能實驗中心可藉由日光環境對玻璃光學性質影響量測儀器之建立，藉由此標準量測程序研究分析薄膜光學性質的劣化程度對於建築物隔熱性能之影響。

長期性建議：

1. 目前結合太陽能發電與建築物外牆兩項功能的一體型太陽能電池模板 (Building-integrated photovoltaic, BIPV) 產品已被整合、設計並裝置在建築物上，然而 BIPV 應用在大樓帷幕牆或外牆時，與目前市面上熱門的太陽能電池模組最大的不同是在使用的耐久程度上，BIPV 的使用期限一般都需要達到 15~20 年，而且須符合使用當地的建築法規對建材性質的規定。因此，對於 BIPV 實際變為合適的建築外牆建材之相關評估工作亟待建立。

## 第一章 緒論

### 第一節 研究動機與目的

在現代建築設計中，因透光性與設計美學之考量使得玻璃圍幕外牆獲得廣泛的應用；但隨著節約能源與綠建築概念日益獲得重視，使得玻璃圍幕外牆因其在建築節能中的高耗能與光污染等問題而受到較大的質疑。然而近年來國際間對於玻璃圍幕外牆應用的深入探討與研究，使得圍幕外牆的節能措施已成為建築節能之重要一個環節。但是大多數的建築師僅定性了解玻璃建材的光學與熱學性質對建築耗能之影響，因此如何定量分析和改善圍幕外牆的節能方法和效益即為目前重要之研究課題。

建築節能的範圍甚廣，從大尺度的基地規畫至小尺度的建材計畫均是節能設計可發揮的地方。建築節能計畫該從大至小進行系統化、層級化的設計才能發揮最大的效用。越大尺度的節能計畫之影響越大，越細節的節能手法之影響越小。由宏觀角度觀之，建築節能必須放眼至「基地計畫」的角度方能發揮的最大效果。根據成大建研所的研究，在亞熱帶氣候之下，在基地計畫上正確的節能配置，幾乎可節省三四成左右的空調耗能量(以辦公大樓為例)，對整體的能源使用量降低甚多。

建築的外形配置當然對節能設計有最大的影響，但是台灣的建築基地通常狹小而建築配置已定，不容自由變更，因此在定形的外殼上進行節能設計就變為很重要。建築外殼之節約能源設計，由開窗、方位、遮陽至隔熱、建材等眾多設計因子均環環相扣地左右建築物的耗能量。為了有效地掌握節能的重點，首先必須了解這眾多外殼設計因子之相對節能效果，才能知其輕重緩急而對症下藥。針對台灣的辦公建築外殼設計要素對耗能量之影響進行分析，其結果約可分析如下表：

表 1-1 玻璃建材對建築節能之影響

地點	窗面積率	方位	玻璃遮蔽因素 (外遮陽)	玻璃隔熱因素 (玻璃 U <sub>i</sub> 值)	外牆隔熱 因素
台北	49.0%	13.8%	22.3%	1.2%	1.2%
台南	63.3%	11.5%	20.1%	0	0
平均	56.2%	12.6%	21.2%	0.6%	0.6%

(資料來源)

目前台灣空調型建築之節能指標為建築物外殼耗能指標 ENVLOAD，ENVLOAD 計算公式與建築外殼之隔熱性能有密切之關係。

由下式之 ENVLOAD 公式可知，L 與 Mk 均與建築物玻璃建材之熱學與光學性能有關。

$$ENVLOAD = a_0 + a_1 \times G + a_2 \times L \times DH + a_3 \times \sum Mk \times IHk$$

其中：L 代表建築外殼的熱損失係數

Mk 代表日射取得係數。

玻璃建材在建築物節能部分可區分為遮陽效能與保溫效能兩方面。所謂遮陽效能係指玻璃建材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。保溫效能是指熱能經熱傳導、對流穿透玻璃建材，其評估指標為熱穿透係數 - U 值。

目前在「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值等兩部分數據多引用日本等國之量測數據，相對於台灣當地本土玻璃建材之技術提昇，上述節能法規所列數據之適用性確有其更新之必要性。

因此本研究計畫預期採用 92~95 年度研究計畫所量得各式玻璃之光學與熱學性能與「建築節約能源設計技術規範」中之相關資料進行比對，以印證「建築節約能源設計技術規範」中之有關玻璃建材隔熱性能數據之適用性，最後建立我國本土化之單一建築材料隔熱性能電腦資料庫。此即本研究計畫之研究目的之一。再者，目前「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率  $U$  值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值所列數據雖涵蓋典型玻璃建材之相關數據；但是隨著玻璃製造技術之精進，目前常被利用於建築外牆之玻璃建材確有將其納入「建築節約能源設計技術規範與實例」中之必要性。

再者，95 年度之研究成在於膠合與複層平板玻璃之光學性質量測，除建立性能實驗群有關膠合與複層玻璃光學性質測量標準作業程序外，亦完成 36 種膠合玻璃以及 6 種複層平板玻璃之光學性質量測，並將測量數據與 LBNL 實驗室之量測結果比較，比對結果亦證明性能實驗中心已具備準確的膠合與複層玻璃光學量測技術能力。然而，目前性能實驗中心所著重多在建材量測技術之建立上，但建材實際應用在建築物之空調耗能與全年耗能之關係應對使用者有最直接影響。

因此本研究計畫之另一目的乃在探討玻璃建材對於空調負荷與全年耗能之影響。期使本研究成果對國內建築外殼省能之推展與促進本土化優良建材產業之發展應有相當程度的貢獻，對於提昇國內經濟發展和達成綠色建築之目標也有正面的幫助。

## 第二節 研究方法與內容

本年度研究計畫之研究內容可區分為(1)玻璃建材對辦公建築全年空調耗電之影響評估，(2) 修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率 $\eta_i$ 值等兩部分之數據。其研究方法與內容分述如下：

### (2) 玻璃建材對辦公建築全年空調耗電之影響評估

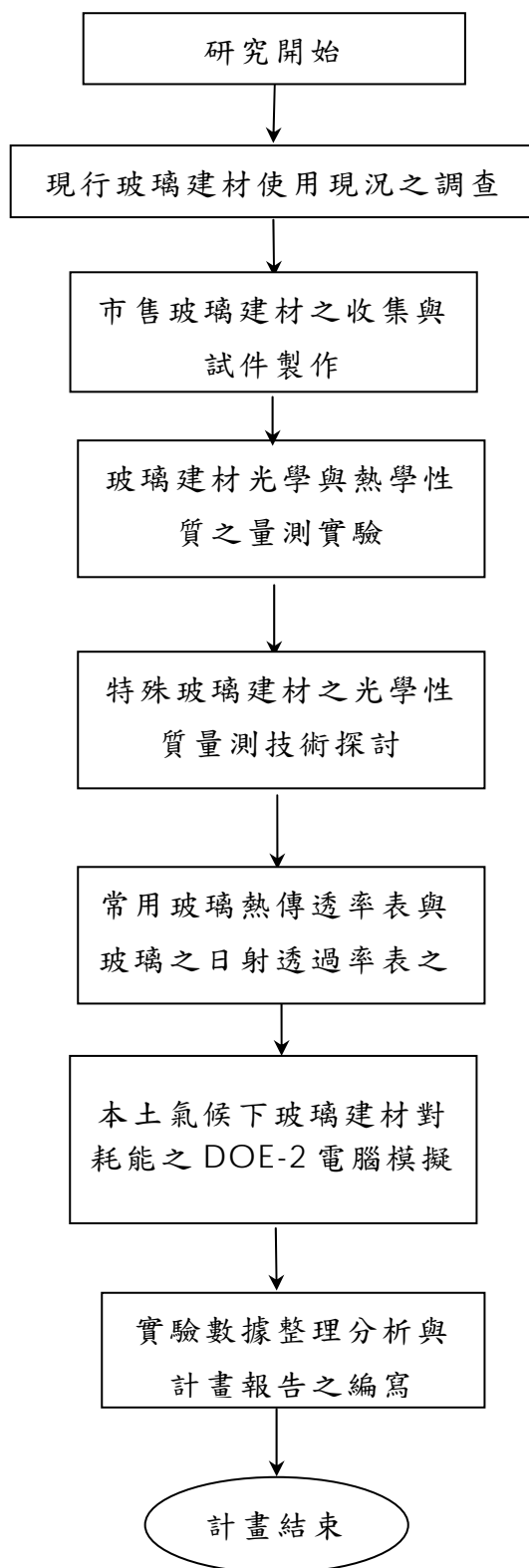
本年度計畫之首要工作乃深入經由系統化之空調耗能計算模擬，於我國本土氣象條件下進行不同種類玻璃與 6mm 單層玻璃之建築與空調耗能比對分析，藉以建立各項玻璃建材性能參數對建築外殼耗能影響程度之定量數據。並進一步推算高性能玻璃綠建材於實際應用中較其他種類玻璃建材之省能效益，以充分確保其廣大之應用潛力。本研究計畫將依照 SHGC 值與 U 值作為玻璃建材之實驗參數。分別針對玻璃建材之隔熱與保溫效果，進行深入之探討，以獲得玻璃鍵材隔熱效果（SHGC 值）與保溫效果（U 值）對建築空調耗能之影響效益。

(2) 修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日光射透過率 $\eta_i$ 值等兩部分之數據：

本研究計畫仍沿用熱環境實驗室之各項隔熱性能量測儀器與玻璃光學性質量測系統，依據上年度所建立之膠合與複層玻璃熱學與光學性質量測標準作業程序進行市售常用玻璃建材之熱學與光學性質量測，並且採用 92~95 年度研究計畫所量得各式玻璃之光學與熱學性能與「建築節約能源設計技術規範」中之相關資料進行比對，以印證「建築節約能源設計技術規範」中之有關玻璃建材隔熱性能數據之適用性。再者，本研究計畫將透過廠商訪談方式，實地瞭解目前常被利用於建築外牆之玻璃建材，並且透過玻璃建材之物理特性分析與目前熱環境實驗室玻璃光學量測技術之比較，確實將「建築節約能源設計技術規範與實例」中未列出之玻璃建材光學性質進行相關數據量測。但是對於特殊玻璃（亦即非平板玻璃，例如壓花玻璃、網版玻璃等）本研究計畫將透過文獻蒐集法或電腦模擬法等訂定出適合該類玻璃建材光學性質量測之標準作業程序。最後將其納入「建築節約能源設計技術規範與實例」中，以達到「建

築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率表與玻璃之日射透過率表修訂之目標。

### 第三節 研究流程



(資料來源：本研究整理)

## 第二章 市售玻璃建材之收集

### 第一節 網印玻璃

網印玻璃是將漆料經過特殊設計的網板，將圖案印刷至玻璃上（如圖），經由強化爐將漆料熱融入玻璃表面，而製成穩定不褪色、具各式圖案變化之網印玻璃。網印玻璃具有防眩、緩和西曬或陽光直射之強光、安全性、耐久性、耐磨性、耐濕性特性。

主要用途如下：

- (1) 建築外牆玻璃
- (2) 店鋪、住宅、學校等窗戶玻璃
- (3) 室內隔間圖案玻璃
- (4) 汽車玻璃
- (5) 電氣玻璃
- (6) 傢俱及工藝玻璃
- (7) 室內防滑地板

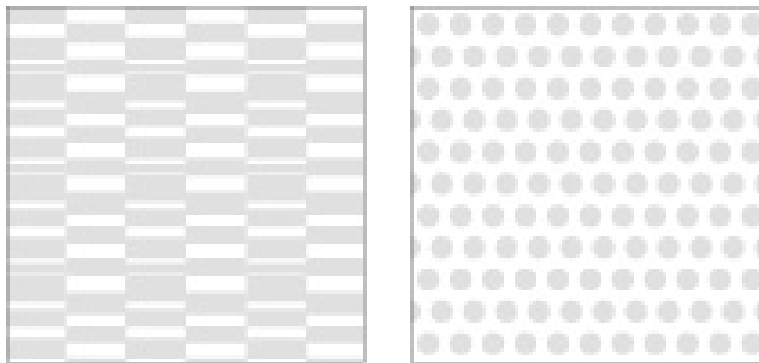


圖 2-1 網印玻璃樣式

## 第二節 壓花玻璃

壓花玻璃係用圓形滾筒上雕刻花紋，然後滾壓在玻璃表面上，具有透光不透視之功能，亦可創造各種不同的模糊光移及陰影。其特性為利用圖案的表面，軟化光線，以調和整個空間，且在合適的角度上亦可阻隔視線。

主要用途如下：

- (1) 傢俱。
- (2) 需要透光而不透視的地方，如浴室、屏風、室內隔間
- (3) 燈飾、彩繪。

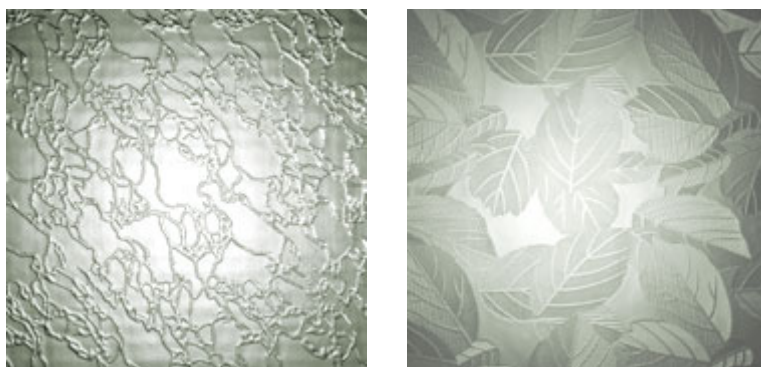


圖 2-2 壓花玻璃樣式

### 第三節 百葉玻璃

百葉玻璃，是指在兩層玻璃之間加裝鋁百葉，頗具外遮陽的效果，也不會有一般裝置在室內的百葉，有清理上的麻煩。其特色有斷熱、斷冷、遮陽、防塵、隔音等。氣流窗（Air Flow Window），是使用有一定間隔的外玻璃和內玻璃做成窗戶，中間內置可調式百葉窗。通過使室內多餘的空氣在窗戶中進行迴圈，提高絕熱性能，從而降低窗玻璃面產生的吸熱和熱損耗。陽光照射到百葉窗上時雖然會形成對流熱和輻射熱，不過，前者大多通過迴圈空氣被釋放到室外，而後者則大多會被內玻璃吸收掉。

一般常見之規格如下表所示：

表 2-1 常見百葉玻璃規格

室外側	中空層	室內側	總厚度
5mm（清、強化）	18mm	5mm（清、強化）	28mm
6mm（清、強化）	18mm	5mm（清、強化）	29mm
8mm（清、強化）	18mm	5mm（清、強化）	31mm
10mm（清、強化）	18mm	5mm（清、強化）	33mm

（資料來源）

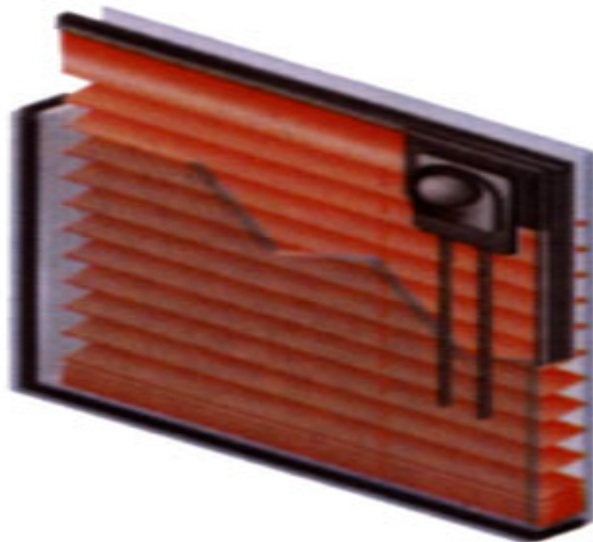


圖 2-3 百葉玻璃樣式

## 第四節 玻璃磚

玻璃磚是一種相當新穎的建築裝飾品，優點是能透光但不透明，玻璃磚因為採光效果佳，加上可有效阻隔噪音和高溫，經常被應用在室內隔間、牆面點綴，甚至使用在整片牆面、或用玻璃磚造屋的案例，可為建材使用增添活潑氣氛。

玻璃磚是以 2 塊各約 1 公分的玻璃，中間約 6 公分的中空空氣層而製作合成的。在採光上，清玻璃透光率 75%、有色玻璃透光率約 50%。加上玻璃具有一定厚度之空氣層、磚身也經過特別處理，可隔絕室外溫度約 50%，在隔音上，也有降低約 40~45 分貝的效果。

顏色上除了最普遍的無色玻璃磚外，亦常見粉綠、粉藍、粉紅色或增加霧面處理，而斜紋、小方格、水波紋、氣泡等造型也很常見。台灣目前的玻璃磚市場，以進口為主，僅有一家製造生產廠家。



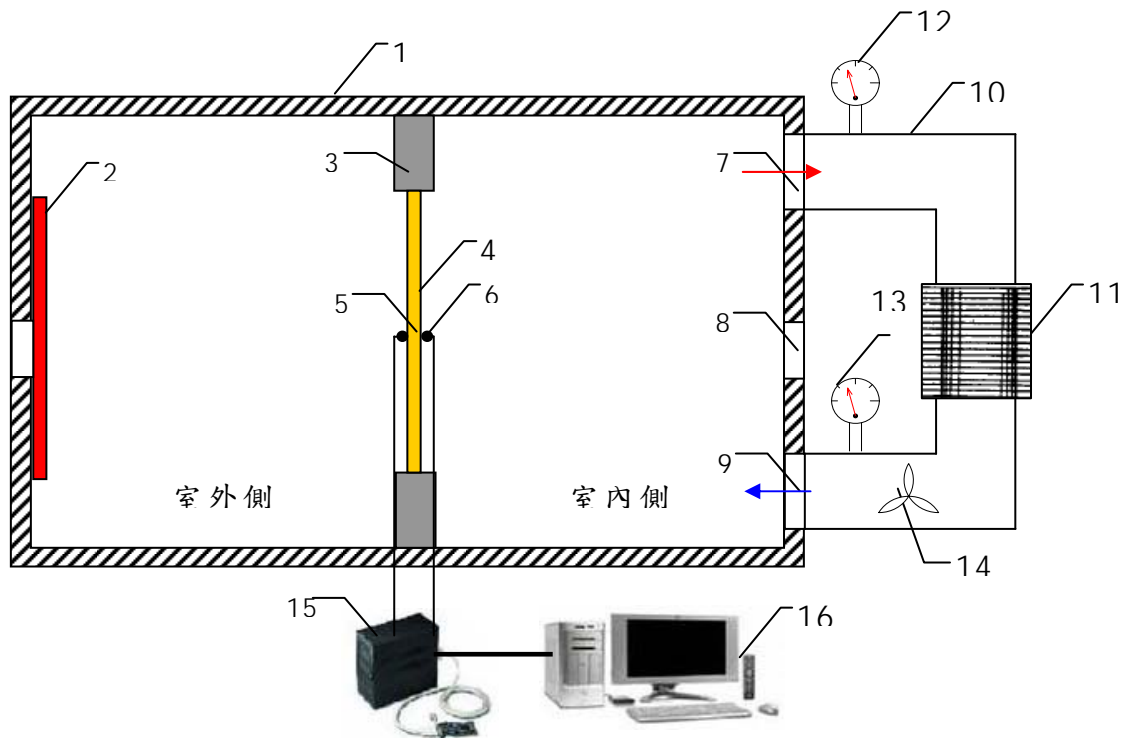
**圖 2-4 玻璃磚樣式**

(資料來源：本研究整理)

### 第三章 特殊玻璃建材光學性質測量實驗

#### 第一節 實驗說明

因光學儀器之限制，故只能測量表面平整之平版玻璃，對於表面有印花、或有弧度等特殊玻璃無法進行測量。本研究計畫以一模擬光源照射玻璃試件，藉此模擬當太陽光照射在玻璃上之情形，此實驗最大特點為不受玻璃試件之形狀或表面狀況影響，且成本低廉。在光源方面本研究以氙氣短弧燈來模擬太陽光的照射，再以熱電偶測量室內外複層玻璃之表面溫度，最後經由紀錄器與電腦紀錄內外溫度的變化情形。圖 3-1 為模擬光源實驗示意圖與實際設備圖。表 3-1 為設備說明。



**圖 3-1 模擬光源實驗儀器示意圖**

(資料來源：本研究整理)

表 3-1 設備說明

項目	敘述	項目	敘述
1	設備外殼	9	送風口
2	日光模擬燈具	10	風管
3	試件固定座	11	冷卻系統
4	試件	12	回風溫度 & 風速測點
5	熱電偶	13	送風溫度 & 風速測點
6	熱電偶	14	進氣風扇
7	回風口	15	溫度自動記錄器
8	紅外線熱像儀拍攝窗口	16	溫度紀錄軟體與電腦

(資料來源 本研究室整理)

## 第二節 設備功能說明

1. 設備外殼：以絕熱材質製作的外殼，可減少外在因素對實驗結果造成的誤差。
2. 日光模擬燈具：以氙氣短弧燈為光源，模擬太陽光的照射。
3. 試件固定座：將試件固定在座上防止其傾斜、晃動。
4. 試件：欲測量之物件。長 60 公分、寬 60 公分。
5. 熱電偶：測量試件室外側表面溫度。
6. 熱電偶：測量試件室內側表面溫度。
7. 回風口：室內側熱空氣排出口。
8. 紅外線熱像儀拍攝窗口：方便紅外線熱像儀拍攝試件表面溫度分佈之開口。
9. 送風口：冷空氣進入室內之開口。
10. 風管：連結送、回風與冷卻系統之管路。
11. 冷卻系統：將排出熱空氣冷卻之系統。以回風溫度作為控制送風量之依據。
12. 回風溫度 & 風速測點：回風之溫度與風速測量點，分別以熱電偶與風速計測量。回風溫度被視為室內側溫度。
13. 送風溫度 & 風速測點：進氣之溫度與風速測量點，分別以熱電偶與風速計測量。
14. 進氣風扇：將冷卻完之空氣送進箱內之裝置。送風量由冷卻系統內之控制器調整。
15. 溫度自動記錄器：自動記錄測點之溫度與風速。
16. 溫度紀錄軟體與電腦：設定紀錄器每隔多久時間紀錄一次溫度與風速，並儲存成數據。

### 第三節 實驗流程

1. 確定試件於現實使用時之室內外側，使試外側朝光源方向裝設。
2. 將試件安裝至箱體固定座上，並確定是否穩固。
3. 將熱電偶安裝於試件內外側表面上並確定是否緊貼於表面。
4. 開啟電腦與溫度&風速記錄器，並且等待各測點溫度穩定。
5. 設定紀錄程式欲每隔 N 秒紀錄乙次溫度&風速。
6. 將氬氣短弧燈安裝至箱壁中間，以確保能均勻照射於試件上。
7. 啟動溫度自動記錄軟體，每隔 N 秒紀錄溫度&風速乙次。
8. 開啟氬氣短弧燈照射試件。
9. 等待欲測量時間到達。
10. 欲照射時間到達之後關閉氬燈，並立刻利用箱體之開口以紅外線熱像儀拍攝試件表面溫度分佈情形。
11. 關閉溫度自動紀錄軟體。
12. 整理儀器所記錄各時間點溫度&風速之數據，並製作測試報告。
13. 試件測試報告完成。

## 第四節 實驗特點

### 1. 傳統如何算出 SHGC 值

傳統的方式是先以分光譜儀量測平板玻璃各波長分光率，再帶入公式計算出 SHGC 值。

下例為計算(式)式 $\Delta\lambda$

$$\tau_e = \frac{\sum_{300nm}^{2500nm} \rho(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \rho_e = \frac{\sum_{300nm}^{2500nm} \rho(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \quad \alpha_e = 1 - \tau_e - \rho_e$$

$$qi = \alpha_e \cdot \sum_{300nm}^{2500nm} h_i S_\lambda \Delta\lambda \quad g = \tau_e + qi \sum_{300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda$$

另外由兩片以上之單層玻璃所組成的複層玻璃在熱學性質量測部分，也是以計算公式計算複層玻璃之 U 值。有關複層玻璃之 U 值公式如下所示：

$$\frac{1}{U} = R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$$

### 2. 對於特殊玻璃無法計算

複層玻璃是由兩片以上之單層玻璃所組成，故要計算複層玻璃之 SHGC 首先就是要個別量測其單層玻璃之光學與熱學性質，但因儀器量測上限制，故只能量測平板玻璃，其他如弧面或特殊形狀玻璃無法以分光光譜儀量測。

### 3. 本試驗之優點

- (1) 以氬氣短弧燈作為光源，因其為最接近太陽光之光源，與實際日光照射試件情形也最為接近。
- (2) 量測時不受限於玻璃形狀或種類。
- (3) 不需額外量測光學與熱學性質。
- (4) 儀器的成本低廉。
- (5) 適用於新型玻璃之開發。

## 第五節 實驗計算原理

本方法可以計算出 1 太陽光經由玻璃進入室內總熱能、2 太陽光經由玻璃熱傳導進入室內之熱量。

### 1. 太陽光經由玻璃進入室內總熱能

當實驗達到穩態後，由送風量  $\dot{m}$ 、送風溫度  $T_s$  以及回風溫度  $T_e$  之量測值，代入公式： $Q_t = \dot{m}c_p(T_e - T_s)$  即可求得太陽光進入室內之總熱能。式中  $Q_t$  為進入室內總熱量(W)， $c_p$  為空氣之比熱。

### 2. 太陽光經由玻璃熱傳導進入室內之熱量

若待測試件之熱穿透係數  $U$  值已知，則透過玻璃試件之室內、外側溫度量測值 ( $T_{in}$ 、 $T_{out}$ ) 可求出太陽光藉由熱傳進入室內之熱量。 $Q_c = UA(T_{out} - T_{in})$ ，其中： $Q_c$  為太陽光藉由熱傳進入室內之熱量(W)、 $A$  為玻璃試件面積( $m^2$ )。

## 第六節 實驗結果與討論

本研究計畫針對單層玻璃、膠合玻璃以及複層玻璃等三種類型玻璃進行量測。各組玻璃試件在室外日光模擬光源照射兩小時後，分別取玻璃試件受光照射面（室外側）上中下三點，與試件背面（室內側）對應三點之溫度量測比較，以便分析單層、膠合與複層玻璃試件其構成之厚度與玻璃夾層之填充物對於玻璃熱傳率之關係，並從中比較出單層、膠合與複層玻璃隔熱性能的優劣。

### （一）單層玻璃

在單層玻璃光學性質量測方面，試件尺寸均為長 60cm，寬 60cm 的玻璃試件；厚度則分別為 3mm 清玻璃、6mm 藍色玻璃與 8mm 茶色玻璃。

試件一： 3mm 單層清玻璃



圖 3-2 3mm 單層清玻璃試件

表 3-2 3mm 單層清玻璃溫度量測值

位 置	初始溫度℃	終止溫度℃	終止溫度差℃
前上	22.5	50.3	0.5
後上	22.4	50.8	
前中	22.4	64.9	1.4
後中	22	63.5	
前下	22	51.3	1
後下	22	50.3	
平均溫度差℃	0.97	Q <sub>e</sub> 值	2.04

(資料來源 本研究室整理)

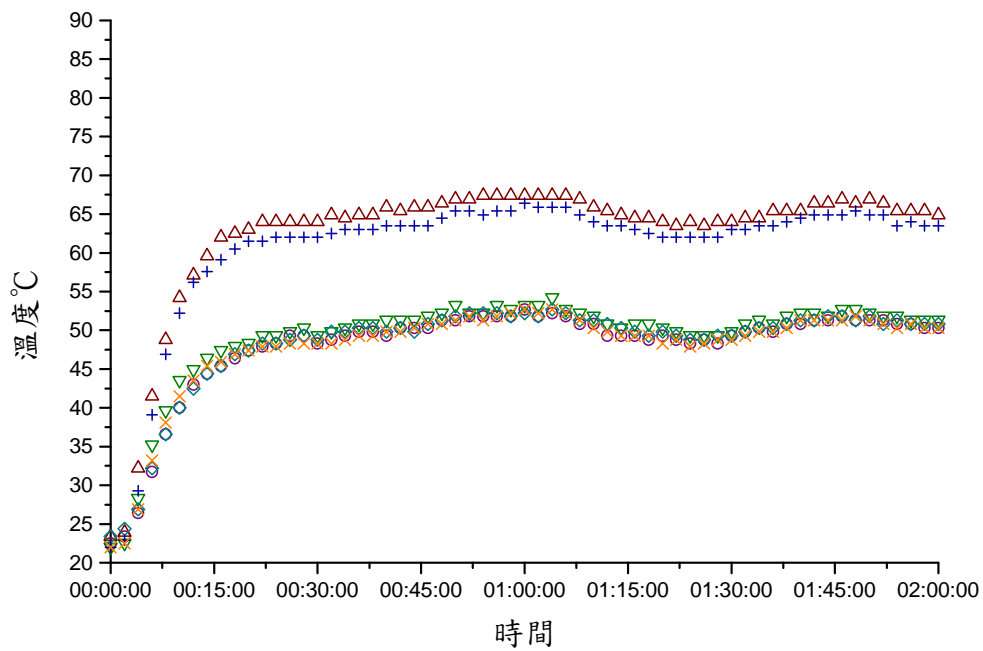


圖 3-3 3mm 單層玻璃溫度趨勢圖

(資料來源： 本研究整理)

表 3-2 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-3 所示。實驗結果顯示在接受模擬日光照射經 25 分鐘後，溫度上升趨緩，並呈現小範圍不穩定的溫度起伏，之後玻璃表面溫度會漸趨於穩定。各量測點的起始溫度在 22.0℃~22.5℃ 之範圍；經二小時的模擬日光照射後，上下量測點所對應之終止溫度皆在 50.3℃~51.3℃ 之間，而中間量測點對應的溫度分別為 64.9℃、63.54℃。此實驗結果可顯示 3mm 單層清玻璃其室內外對應點之溫度差距不大。上中下三點對應的溫度差分別為 0.5℃、1.4℃、1℃，平均溫度差為 0.97℃。若由  $Q_c = U \cdot A \cdot \Delta T$  可得知，玻璃之熱傳量  $Q_c$  值為 2.036W，故厚度為 3mm 清玻璃之隔熱效果差。

#### 試件二 6mm 單層藍色玻璃

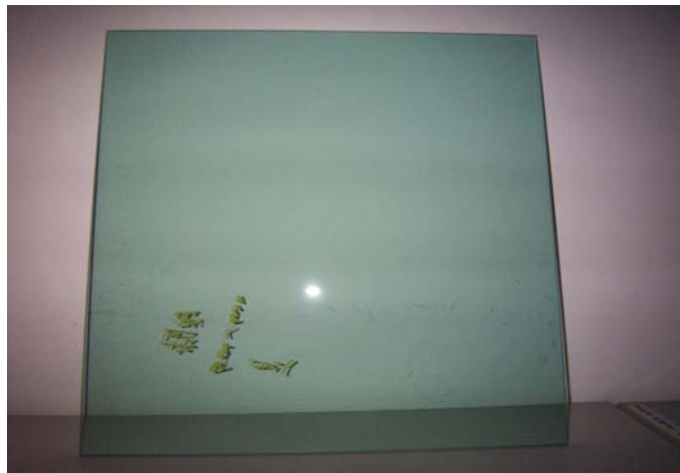


圖 3-4 6mm 單層藍色玻璃試件

表 3-3 6mm 單層藍色玻璃溫度量測表

位 置	初始溫度 °C	終止溫度 °C	終止溫度差°C
前上	24.9	52.7	0.9
後上	24.4	51.8	
前中	24.9	74.2	2.4
後中	24.9	71.8	
前下	24.4	50.3	1.5
後下	24.9	51.8	
平均溫度差°C	1.6	Q <sub>c</sub> 值	3.30

(資料來源： 本研究整理)

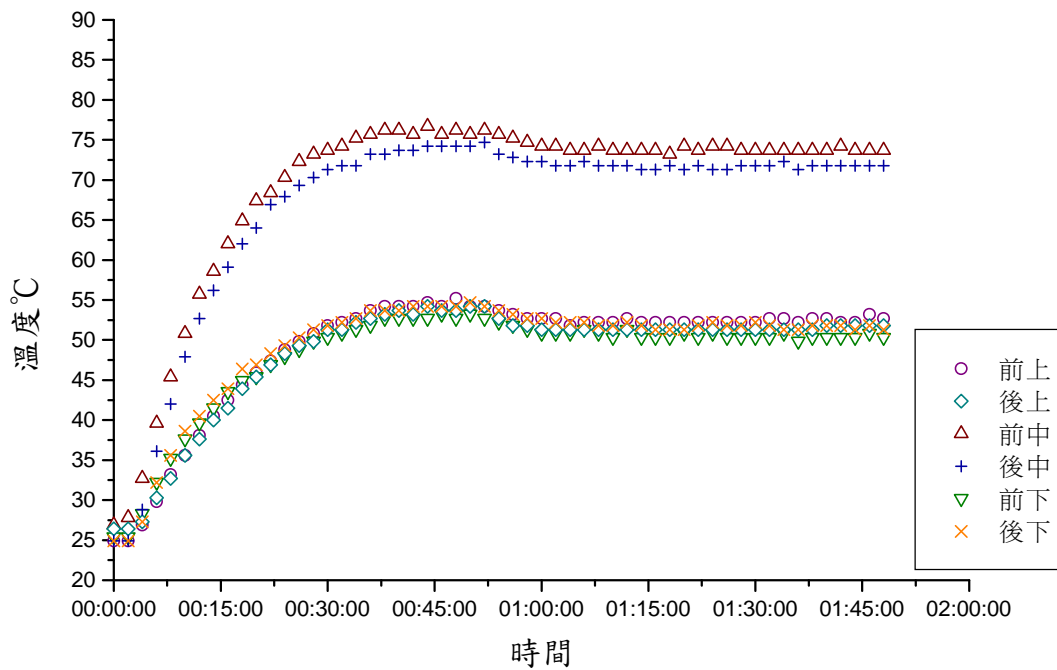


圖 3-5 6mm 單層玻璃溫度趨勢圖

(資料來源： 本研究整理)

表 3-3 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-5 所示。實驗結果顯示在接受模擬日光照射經 25 分鐘後溫度上升趨緩，經過一小時後即趨向穩定。各量測點的起始溫度在 24.4℃~24.9℃之範圍；經二小時的模擬日光照射後，上下量測點所對應之終止溫度皆在 50.3℃~52.7℃之間，而中間量測點對應的溫度分別為 74.2℃、71.8℃。各量測點之室內外溫度差分別為 0.9℃、2.4℃、1.5℃，平均溫度差為 1.6℃， $Q_c$  值為 3.30W。此結果顯示試件二之厚度增加，使得隔熱性能較 3mm 清玻璃為佳。

### 試件三 8mm 單層茶色玻璃



圖 3-6 8mm 單層茶色玻璃試件

表 3-4 8mm 單層茶色玻璃溫度量測表

位 置	初始溫度℃	終止溫度℃	終止溫度差℃
前上	25.4	53.2	1.4
後上	25.9	51.8	
前中	24.4	75.7	2
後中	24.5	73.7	
前下	24	52.7	0.5
後下	24.3	53.2	
平均溫度差℃	1.3	Q <sub>c</sub> (W)	2.65

(資料來源： 本研究整理)

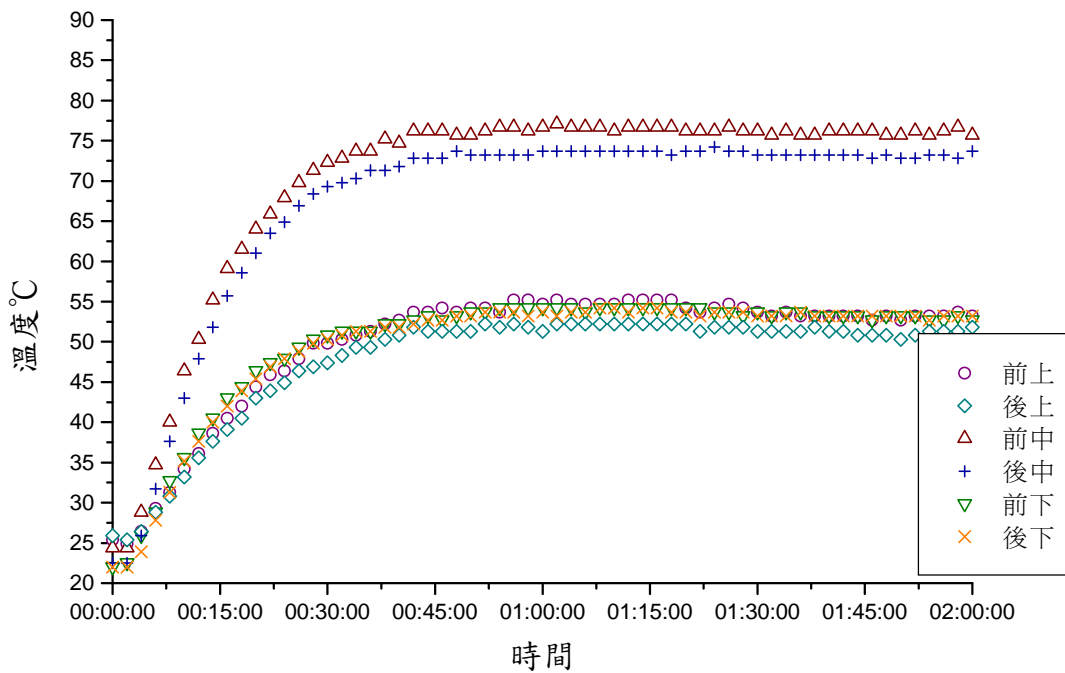


圖 3-7 8mm 單層玻璃溫度趨勢圖

(資料來源： 本研究整理)

表 3-4 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-7 所示。實驗結果顯示在接受模擬日光照射經 30 分鐘後，即趨向穩定。各量測點的起始溫度在 24.0°C~25.9°C 之範圍；經二小時的模擬日光照射後，上下量測點所對應之終止溫度皆在 50.3°C~52.7°C 之間，而中間量測點對應的溫度分別為 75.7°C、73.7°C。上中下三點對應的溫度差分別為 1.4°C、2°C、0.5°C，平均溫度差為 1.3°C。其室內外溫度差距因玻璃顏色關係較前二者大，但因為玻璃厚度增加而使得 U 值降低，故玻璃之熱傳量卻比試件二低， $Q_c$  值為 2.65W。

## (二) 膠合玻璃光學性質量測

在膠合玻璃光學性質量測方面，本研究計畫使用兩種不同厚度之膠合玻璃試件。其厚度分別為 5mm+5mm 與 8mm+8mm 兩種膠合玻璃。此兩種玻璃除了厚度不同外，室外側的玻璃顏色亦不同，厚度 5mm 試件為清玻璃，而厚度 8mm 為藍色玻璃；另外，兩種膠合玻璃中間之膠膜也不相同。其實驗結果將針對玻璃表面溫度、室內外溫度差以及玻璃熱傳量三部分進行探討。

試件四 5mm+DLE-63+5mm 膠合玻璃

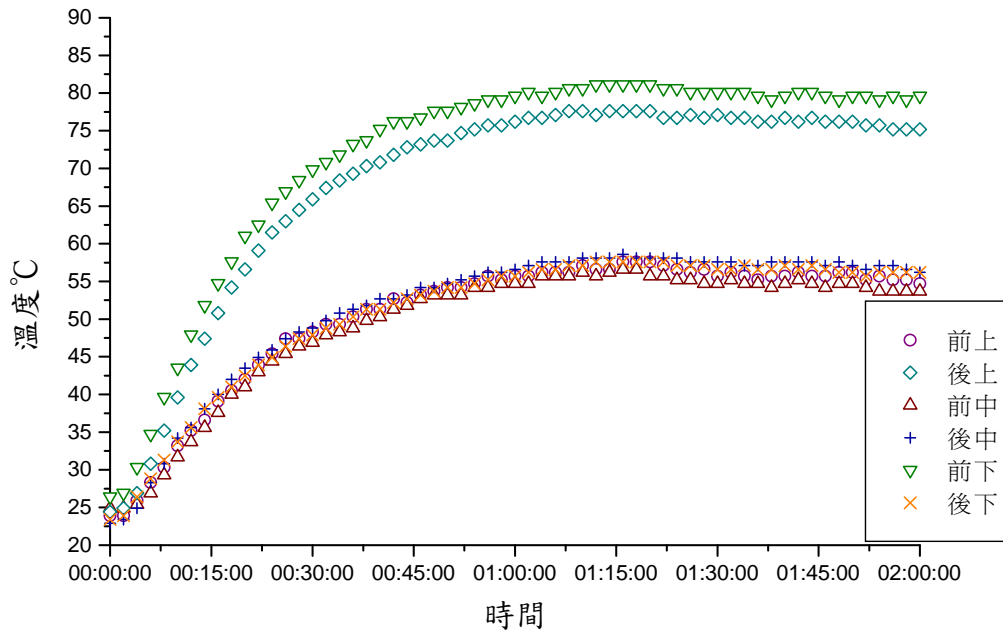


圖 3-8 5mm+DLE-63+5mm 膠合玻璃膠合玻璃試件

表 3-5 5mm+DLE-63+5mm 膠合玻璃溫度量測表

位 置	初始溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度差 $^{\circ}\text{C}$
前上	23.9	54.7	2
後上	24.0	52.7	
前中	24.4	79.6	5.4
後中	24.4	75.2	
前下	24.2	52.7	2.7
後下	24.6	50.8	
平均溫度差 $^{\circ}\text{C}$	3.37	$Q_c(W)$	6.9

(資料來源： 本研究整理)



**圖 3-9 5mm+DLE-63+5mm 膠合玻璃溫度趨勢圖**

(資料來源：本研究整理)

表 3-5 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-9 所示。實驗結果顯示玻璃表面各量測點在接受模擬日光照射經 45 分鐘後，即趨向穩定。各量測點的起始溫度在 23.9°C~24.6°C 之範圍；經二小時的模擬日光照射後，室內外上下量測點的終止溫度皆在 50.8°C~54.7°C 之間，而中間室內外終止溫度分別為 79.6°C、75.2°C。其室內外溫度差分別為 2°C、5.4°C、2.7°C。平均溫度差為 3.37°C， $Q_c$  值為 6.9W。

試件五 8mm+SLE80+8mm 膠合玻璃

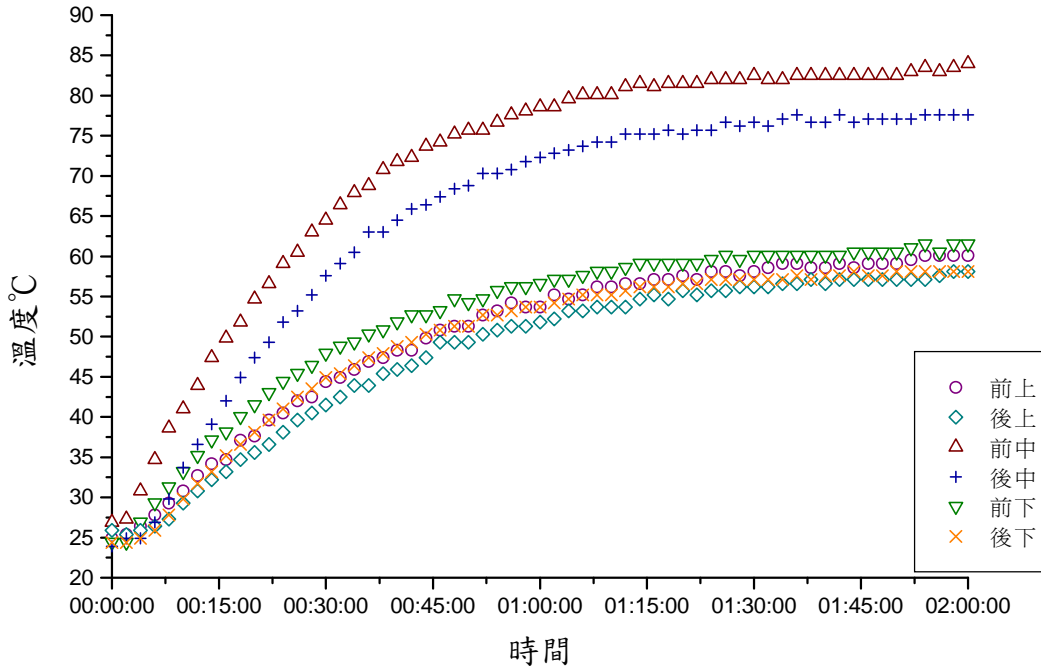


圖 3-10 8mm+SLE80+8mm 膠合玻璃試件

表 3-6 8mm+SLE80+8mm 膠合玻璃溫度量測表

位 置	初始溫度℃	終止溫度℃	終止溫度差℃
前上	25.5	60.1	2
後上	25.9	58.1	
前中	25.9	84	6.4
後中	25.9	77.6	
前下	25.4	61.5	3.4
後下	25.6	58.1	
平均溫度差℃	3.93	Qc(W)	7.95

(資料來源：本研究整理)



**圖 3-11 8mm+SLE80+8mm 膠合玻璃溫度趨勢圖**

(資料來源：本研究整理)

表 3-6 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-11 所示。實驗結果顯示玻璃表面各量測點在接受模擬日光照射經一小時後，溫度上升趨緩，終至穩定狀態。各量測點的起始溫度在 25.4°C~25.9°C 之範圍；經二小時的模擬日光照射後，室內外上下量測點的終止溫度皆在 58.1°C~61.5°C 之間，而中間室內外的終止溫度分別為 84°C、77.6°C。上中下三點對應的室內外溫度差分別為 2°C、6.4°C、3.4°C。平均終止溫度差為 3.93°C， $Q_c$  值為 7.95W。

### (三) 複層玻璃光學性質量測

在複層玻璃光學性質量測，本研究計畫使用兩種不同厚度及構造之複層玻璃試件。試件六為一般 5mm 清玻璃+12mm 空氣層+5mm 清玻璃所組合而成之複層玻璃，總厚度為 22mm；試件七 5mm+6A+HM75+6A+5mm 複層玻璃：同樣由兩片厚度為 5mm 之單層清玻璃，而夾層中間部分使用一層隔熱膜，在玻璃與隔熱膜之間填充乾燥惰性氣體，兩邊厚度各 6mm，總厚度亦為 22mm。其實驗結果將針對玻璃表面溫度、室內外溫度差以及玻璃熱傳量三部分進行探討。

#### 試件六 5mm+12A+5mm 複層玻璃



圖 3-12 5mm+12A+5mm 複層玻璃試件

表 3-7 5mm+12A+5mm 複層玻璃溫度量測表

位置	初始溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度差 $^{\circ}\text{C}$
前上	26.9	57.1	9.2
後上	26.9	47.9	
前中	27.3	74.2	21.0
後中	26.8	53.2	
前下	26.4	59.6	14.7
後下	26.6	44.9	
平均溫度差 $^{\circ}\text{C}$	14.97	$Q_c(W)$	14.6

(資料來源：本研究整理)

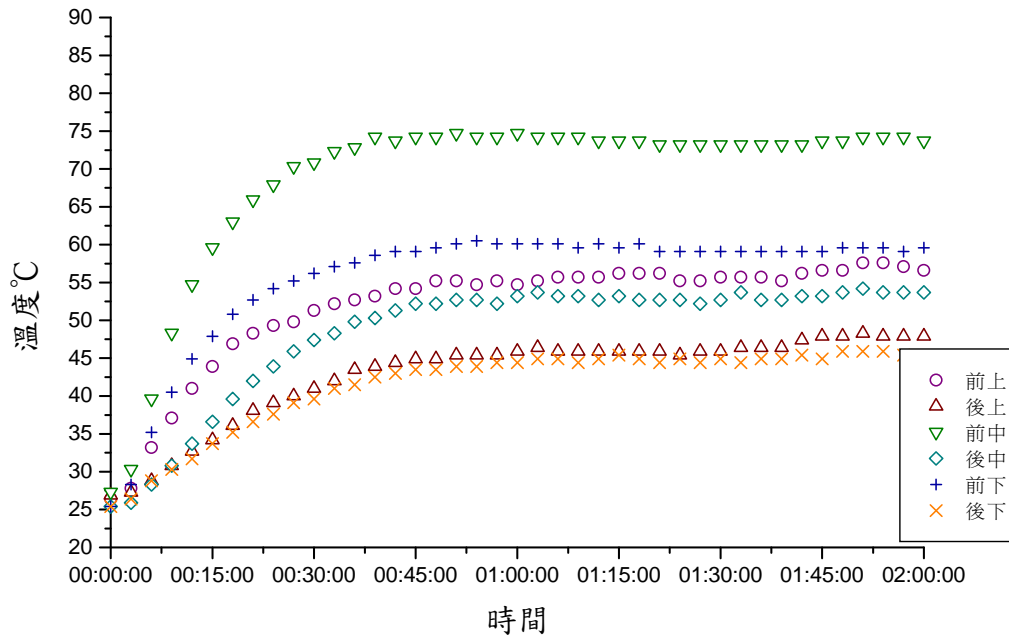


圖 3-13 5mm+12A+5mm 複層玻璃溫度趨勢圖

(資料來源：本研究整理)

表 3-7 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-13 所示。實驗結果顯示玻璃表面各量測點在接受模擬日光照射經四十分鐘後，溫度趨於穩定。各量測點的起始溫度在  $26.4^{\circ}\text{C}$  ~  $27.3^{\circ}\text{C}$  之範圍；經二小時的模擬日光照射後，試件所有室外量測點的溫度，明顯高於試件室內所對應量測點之溫度，其中間對應之兩量測點的溫度差高達  $21^{\circ}\text{C}$ ，而上下對應量測點的溫度差亦有  $9.2^{\circ}\text{C}$ 、 $14.7^{\circ}\text{C}$ 。平均溫度差為  $14.97^{\circ}\text{C}$ ， $Q_c$  值為  $14.6\text{W}$ 。其實驗結果顯示複層玻璃中間空氣層雖能使  $U$  值降低 ( $U=2.71$ )，但所複層玻璃的室內外溫度差比單層及膠合玻璃的室內外溫度差，而造成經由玻璃進入室內之熱傳量增大。

#### 試件七 5mm+6A+HM75+6A+5mm 複層玻璃



圖 3-14 5mm+HM75+6A+5mm 複層玻璃試件

表 3-8 5mm+6A+HM75+6A+5mm 複層玻璃溫度量測表

位置	初始溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度 $^{\circ}\text{C}$	終止溫度差 $^{\circ}\text{C}$
前上	24.4	60.5	17.1
後上	24.9	42.5	
前中	25.4	82.5	35.1
後中	24.9	47.4	
前下	24.4	57.1	20.5
後下	24.6	36.6	
平均溫度差 $^{\circ}\text{C}$	24.23	$Q_c(\text{W})$	14.56

(資料來源：本研究整理)

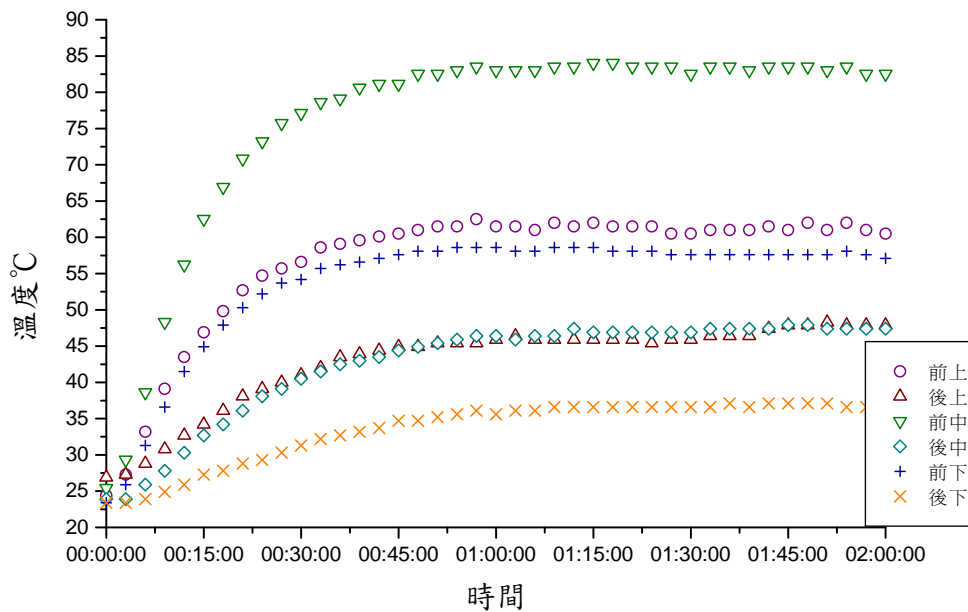


圖 3-15 5mm+6A+HM75+6A+5mm 複層玻璃溫度趨勢圖

(資料來源：本研究整理)

表 3-8 為各量測點之初始與終止溫度數據以及平均室內外溫度差，各量測點的溫度分布情形如圖 3-15 所示。實驗結果顯示玻璃表面各量測點在接受模擬日光照射經五十分鐘後，溫度上升趨於穩定。各量測點的起始溫度在 24.4℃~25.4℃之範圍；經二小時的模擬日光照射後，試件所有室外量測點的溫度，明顯高於試件室內所對應量測點之溫度，其中間對應之兩量測點的溫度差高達 35.1℃，而上下對應量測點的室內外溫度差亦有 17.1℃、20.5℃。平均溫度差為 24.23℃， $Q_c$  值為 14.56W。由實驗結果得知，複層玻璃中間增加一層隔熱膜確實可吸收部分的太陽熱能而使得玻璃室內外表面溫度差較一般複層玻璃（試件六）為高，但其 U 值卻會降低至 1.67W/m<sup>2</sup>-K，而使得經由玻璃進入室內之熱傳量與試件六差不多。

#### 試件八：6mm 清玻璃+12mm 空氣+6mm 清玻璃之複層玻璃

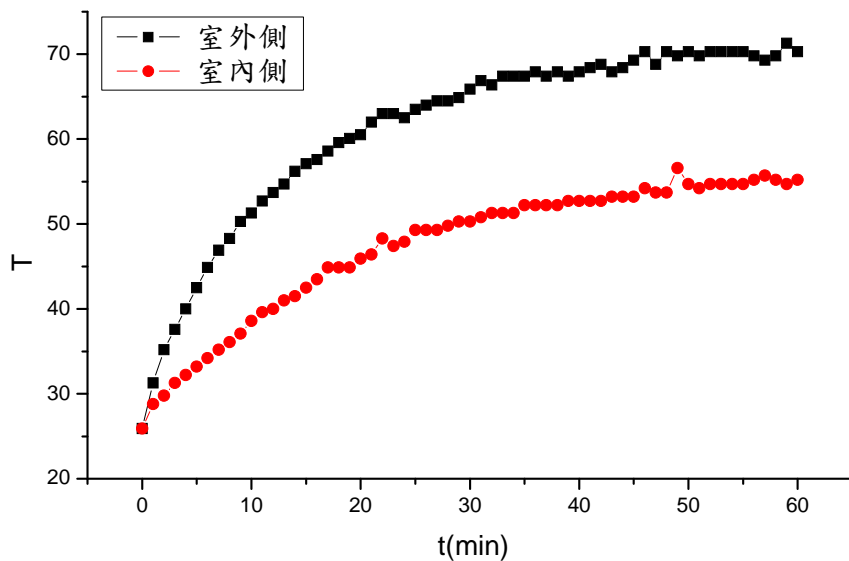


圖 3-16 裝填充氣之複層玻璃室內外側溫度趨勢

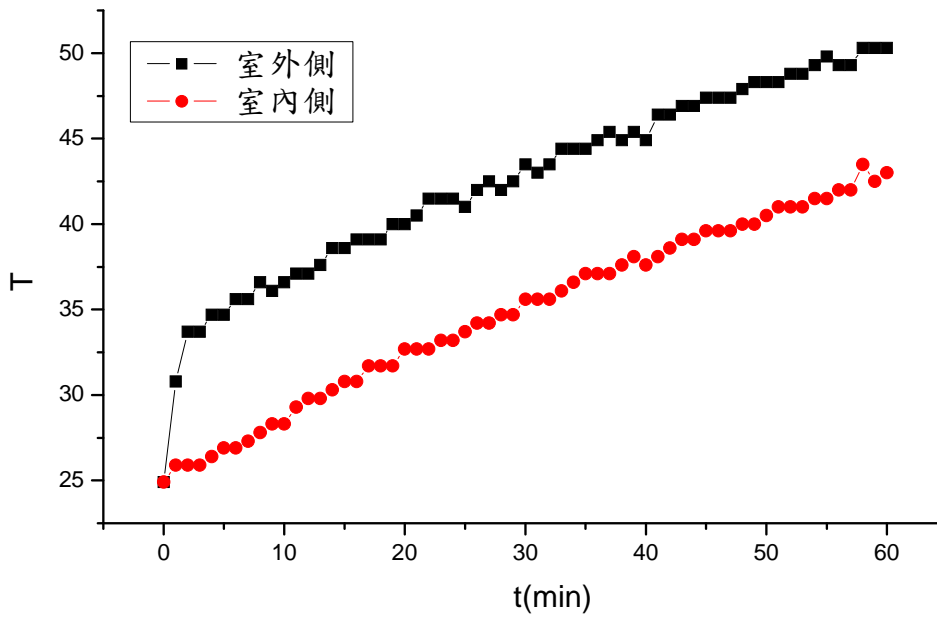
表 3-9 裝填充氣之複層玻璃室內外側溫差比較

	室外側	室內側
起始溫度	25.9°C	25.9°C
穩定溫度	70.3°C	55.2°C
內外溫差	15.1	

(資料來源：本研究整理)

如圖 3-16 所示內玻璃外側起始溫度約在 26°C，再經過 30 分鐘的照射之後溫度上升的幅度趨於緩和，在 60 分鐘之後室內外溫度都趨於穩定。而由表 3-9 可知室內外之溫度最後相差 15.1°C 之多，由此可中空複層玻璃具有相當之隔熱效果。

**試件九：6mm 清玻璃+12mm 水+6mm 清玻璃之複層玻璃**



**圖 3-17 裝填水之複層玻璃室內外側溫度趨勢**

(資料來源：本研究整理)

表 3-10 裝填水之複層玻璃室內外側溫差比較

	室外側	室內側
起始溫度	24.9°C	24.9°C
結束溫度	50.3°C	43.1°C
內外溫差	7.2°C	

(資料來源：本研究整理)

如圖 3-17 所示當中空玻璃內容物改為水時溫度趨勢圖是持續上升，吾人推斷因水吸熱效果遠大於空氣，故趨勢才呈現持續上升。而由表 3-10 可知同樣照射 60 分鐘之後，內容物為水時其室內外溫度較內容物為空氣時低，外側溫度約差 21°C，內側約差 12°C，可見相同時間下內容物改成水時隔熱效果較好。Q<sub>c</sub> 值為 12.93W。

## 第四章 常用玻璃熱傳透率 U 值與

### 玻璃之日射透過率 $\eta_i$ 值修訂

為修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值等兩部分數據，本研究計畫採用 92~95 年度研究計畫所量得各式玻璃之光學／熱學性能與「建築節約能源設計技術規範」中之相關資料進行比對。本研究計畫將以 Lawrence Berkeley National Laboratory 發展之 OPTICS5 軟體將實驗量測之各式單層玻璃光學數據利用 ISO 9050 公式計算整體之光學性質，接著再利用 WINDOW 5.2 軟體組合各種單層與複層玻璃之光學及熱學性質。

#### 第一節 OPTICS 軟體簡介

OPTICS5 是由 Lawrence Berkeley National Laboratory 發展之玻璃程式，可利用單片玻璃量測所得各波長之穿透率、外反射率、內反射率數據建立 data 檔，讀取其建立 data 檔後可繪出各波長相對之穿透率、反射率光譜並計算求得總日光透射率、玻璃室外側日光反射率、玻璃室內側日光反射率及半球輻射率。data 檔可設定玻璃厚度、產品名稱、出處、型態、顏色等，在 OPTICS5 內可讀取所有資料。此外，由 OPTICS5 求得之總日光透射率、玻璃室外側日光反射率、玻璃室內側日光反射率及半球輻射率數據可代入 WINDOW5 內，建立玻璃資料庫並可進行單層及複層玻璃之計算，OPTICS5 主畫面與 data 檔格式如下所示。

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

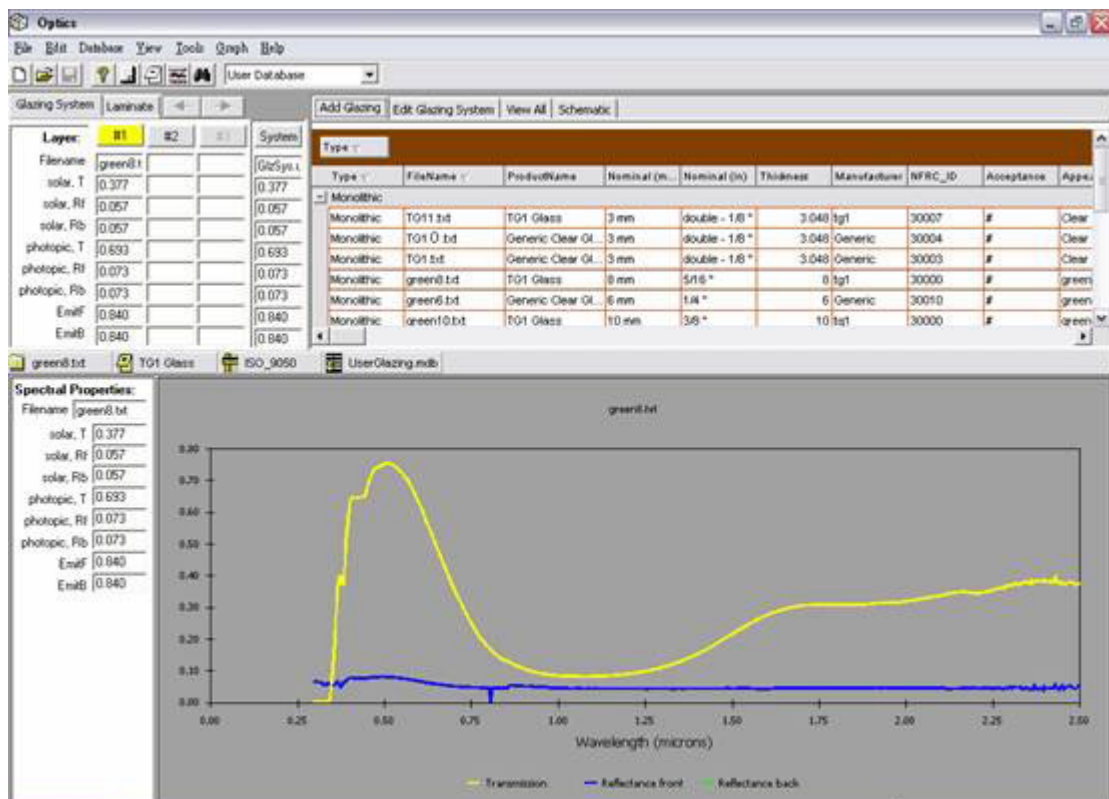


圖4-1 OPTICS軟體輸入主畫面

表4-1 OPTICS5 data檔格式

```
{ Units, Wavelength Units } SI Microns
{ Thickness } 6
{ Conductivity } 1.000
{ IR Transmittance } TIR=0.000
{ Emissivity, front back } Emis= 0.840 0.840
{ }
{ Product Name: TG1 Glass }
{ Manufacturer: TAIWAN GLASS }
{ Type: Monolithic }
{ Material: Glass }
{ Appearance: Clear }
{ Acceptance: # }
{ NFRC ID: 8801 }
0.3000 0.0008 0.0755 0.0755
```

第四章 常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值修訂

0.3050	0.0008	0.0730	0.0730
0.3100	0.0010	0.0717	0.0717
0.3150	0.0022	0.0729	0.0729
0.3200	0.0126	0.0723	0.0723
0.3250	0.0533	0.0695	0.0695
0.3300	0.1440	0.0692	0.0692
0.3350	0.2757	0.0710	0.0710
0.3400	0.4176	0.0800	0.0800
0.3450	0.5395	0.0854	0.0854
0.3500	0.6433	0.0867	0.0867
0.3550	0.7365	0.0917	0.0917
0.3600	0.7897	0.0974	0.0974
0.3650	0.8149	0.1069	0.1069
0.3700	0.8227	0.0961	0.0961
0.3750	0.8117	0.0850	0.0850
0.3800	0.8107	0.0959	0.0959
0.3850	0.8274	0.0967	0.0967
0.3900	0.8553	0.0988	0.0988
0.3950	0.8733	0.0998	0.0998
0.4000	0.8819	0.0999	0.0999

(資料來源：本研究整理)

## 第二節 玻璃熱傳透率U值與玻璃之日射透過率 $\eta_i$ 值

本研究計畫根據前年度計畫所量測各式厚度、顏色之非節能與半反射平板玻璃光學與熱學數據，代入OPTICS中求出各單層玻璃之總光學與熱學性質，接著套入WINDOW 5.2中，再依照不同空氣層種類、厚度以及玻璃顏色等設計各式複層玻璃之光學與熱學性質。表4-2~4-35即為本研究計畫所整理之相關模擬數據。

**表 4-2 單層非節能玻璃之光學與熱學性質**

	厚度	U 值	可見光 穿透率	可見光 反射率	SHGC	SC
Clear	5m	5.84	88.5	8	0.84	0.97
	6m	5.80	88.5	8.9	0.82	0.95
	8m	5.74	87.6	8.8	0.80	0.92
	10m	5.67	86.1	8.6	0.77	0.88
Brown	6m	5.81	49.3	6.4	0.62	0.72
	8m	5.74	41.4	6.2	0.57	0.66
	10m	5.67	35.7	5.3	0.53	0.61
Green	5m	5.84	74	6	0.62	0.71
	6m	5.81	75	7.8	0.63	0.72
	8m	5.74	69.3	7.3	0.55	0.64
	10m	5.67	63	6.9	0.50	0.59
Blue	5m	5.84	60	7	0.63	0.73
	6m	5.81	55.2	6.7	0.60	0.70
	8m	5.81	46	6	0.54	0.63
	10m	5.67	38.7	5.6	0.50	0.58
pink	6m	5.81	70	7	0.77	0.89

(資料來源： 本研究整理)

表 4-3 複層玻璃（中間層空氣厚度 6mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透率	可見光 反射率	SHGC	SC
Clear	5m	3.12	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	3.11	79	15.9	0.71	0.82
	8m	3.07	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	3.03	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	3.11	24.4	8	0.45	0.53
	8m	3.07	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	3.03	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	3.13	55	6.3	0.44	0.52
	6m	3.11	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	3.07	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	3.03	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	3.13	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	3.11	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	3.1	21.2	7.3	0.37	0.43
	10m	3.03	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	3.11	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 複層玻璃（中間層空氣厚度 12mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.71	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	2.7	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.7	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.64	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.7	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.7	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.64	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.71	55	9.3	0.45	0.52

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

	6m	2.7	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.7	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.64	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.71	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.7	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.67	21.2	7.3	0.37	0.43
	10m	2.64	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.7	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-5 複層玻璃 (中間層 Argon 厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.86	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	2.84	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.81	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.78	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.84	24.4	8	0.45	0.53
	8m	2.81	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.78	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.86	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.84	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.81	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.78	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.86	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.84	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.81	21.2	7.3	0.37	0.43
	10m	2.78	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.84	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-6 複層玻璃（中間層 Argon，厚度 12mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.54	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.84	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.81	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.78	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.84	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.81	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.78	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.55	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.84	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.81	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.78	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.55	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.84	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.51	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.78	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.53	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-7 複層玻璃（中間層 Krypton，厚度 6mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.53	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.52	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.49	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.47	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.52	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.49	17.2	7.3	0.39	0.46

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

	10m	2.47	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.53	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.52	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.49	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.47	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.53	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.52	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.49	21.2	7.3	0.36	0.43
	10m	2.47	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.49	21.2	7.3	0.36	0.43

(資料來源：本研究整理)

表 4-8 複層玻璃 (中間層 Krypton, 厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.49	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.48	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.45	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.42	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.48	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.45	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.42	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.49	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.48	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.45	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.42	39.9	9.7	0.32	0.38
Blue	5m	2.49	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.48	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.45	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.42	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.45	21.2	7.3	0.36	0.42

(資料來源：本研究整理)

表 4-9 複層玻璃 (中間層 Xenon, 厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.4	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.39	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.37	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.35	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.39	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.37	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.35	12.8	6	0.35	0.40
Green	5m	2.4	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.39	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.37	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.35	39.9	9.7	0.32	0.38
Blue	5m	2.4	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.39	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.37	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.35	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.39	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-10 複層玻璃 (中間層 Xenon, 厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.45	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.44	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.42	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.39	74.7	15	0.63	0.73

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

Brown	6m	2.44	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.42	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.39	12.8	6	0.35	0.40
Green	5m	2.45	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.44	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.42	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.39	39.9	9.7	0.32	0.38
Blue	5m	2.45	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.44	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.42	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.39	15	6.4	0.31	0.37
pink	6m	2.39	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-11 複層玻璃 (中間層 Air5%/Ar95%厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.87	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	2.86	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.82	77.3	15.6	0.67	0.78
	10m	2.79	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.86	24.4	8	0.45	0.53
	8m	2.82	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.79	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.87	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.86	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.82	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.79	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.87	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.86	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.82	21.2	7.3	0.37	0.43

	10m	2.79	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.86	21.2	7.3	0.37	0.43

(資料來源：本研究整理)

表 4-12 複層玻璃 (中間層 Air5%/Ar95%厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.55	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.54	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.51	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.49	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.54	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.51	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.49	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.55	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.54	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.51	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.49	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.55	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.54	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.51	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.49	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.54	49.2	10.5	0.36	0.42

(資料來源：本研究整理)

表 4-13 複層玻璃 (中間層 Air12%/Ar22%/Krypton66%，厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.66	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	2.65	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.62	77.3	15.6	0.68	0.78

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

	10m	2.59	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.65	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.62	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.59	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.66	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.65	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.62	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.59	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.66	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.65	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.62	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.59	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.65	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-14 複層玻璃 (中間層 Air12%/Ar22%/Kypton66%，厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.53	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.52	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.49	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.46	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.52	24.4	8	0.45	0.53
	8m	2.49	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.46	12.8	6	0.35	0.40
Green	5m	2.53	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.52	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.49	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.46	39.9	9.7	0.32	0.38
Blue	5m	2.53	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.52	30.6	8.8	0.43	0.5

	8m	2.49	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.46	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.52	49.2	10.50	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-15 複層玻璃 (中間層 Air5%/Kypton95%，厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.56	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.54	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.52	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.49	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.54	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.52	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.49	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.56	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.54	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.52	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.49	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.56	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.54	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.52	21.2	7.3	0.37	0.43
	10m	2.49	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.54	21.2	7.3	0.37	0.43

表 4-16 複層玻璃 (中間層 Air5%/Kypton95%，厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.5	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.49	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.46	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.44	74.7	15	0.63	0.73

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

Brown	6m	2.49	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.46	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.44	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.5	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.49	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.46	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.44	39.9	9.7	0.32	0.38
Blue	5m	2.5	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.49	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.46	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.44	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.49	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-17 複層玻璃 (中間層 Air10%/Ar90%厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.89	78.8	14.3	0.73	0.84
	6m	2.87	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.84	77.3	15.6	0.67	0.78
	10m	2.80	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.87	24.4	8	0.45	0.53
	8m	2.84	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.80	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.89	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.87	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.84	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.80	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.89	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.87	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.84	21.2	7.3	0.37	0.43

	10m	2.80	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.87	49.2	10.5	0.64	0.74

(資料來源：本研究整理)

表 4-18 複層玻璃 (中間層 Air10%/Ar90%，厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	5m	2.56	78.8	14.3	0.73	0.85
	6m	2.55	79	15.9	0.71	0.82
	8m	2.52	77.3	15.6	0.68	0.78
	10m	2.50	74.7	15	0.63	0.73
Brown	6m	2.55	24.4	8	0.46	0.53
	8m	2.52	17.2	7.3	0.39	0.46
	10m	2.50	12.8	6	0.35	0.41
Green	5m	2.56	55	9.3	0.45	0.52
	6m	2.55	56.6	12.2	0.46	0.53
	8m	2.52	48.3	10.8	0.37	0.43
	10m	2.50	39.9	9.7	0.33	0.38
Blue	5m	2.56	36.2	9.5	0.46	0.53
	6m	2.55	30.6	8.8	0.43	0.5
	8m	2.52	21.2	7.3	0.36	0.42
	10m	2.50	15	6.4	0.32	0.37
pink	6m	2.55	49.2	10.5	0.64	0.74

表 4-19 單片半反射玻璃複層光學與熱學性質之比較

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	5.81	32	40	0.49	0.57
	8m	5.74	30	38	0.49	0.56
	10m	5.67	29	36	0.55	0.64
Brown	6m	5.81	19	18	0.44	0.51
	8m	5.74	16	16	0.42	0.49

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

	10m	5.67	13	13	0.4	0.47
Green	6m	5.81	25	31	0.39	0.45
	8m	5.74	23	28	0.37	0.43
	10m	5.67	21	25	0.49	0.57
Blue	6m	5.81	20	20	0.41	0.48
	8m	5.74	17	18	0.39	0.45
	10m	5.67	15	16	0.37	0.43

(資料來源：本研究整理)

表 4-20 半反射複層玻璃(中間層空氣厚度 6mm)光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	3.11	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	3.07	10.5	42	0.31	0.36
	10m	3.03	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	3.12	3.7	18.7	0.27	0.32
	8m	3.07	2.6	16.4	0.26	0.3
	10m	3.03	1.7	13.2	0.24	0.28
Green	6m	3.11	6.9	33.1	0.23	0.27
	8m	3.07	5.7	29.6	0.22	0.26
	10m	3.03	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	3.11	4.2	20.8	0.25	0.3
	8m	3.07	3	18.5	0.23	0.27
	10m	3.03	2.3	16.4	0.22	0.26

(資料來源：本研究整理)

表 4-21 半反射複層玻璃(中間層空氣厚度 12mm)光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.7	12.2	44.9	0.32	0.37

第四章 常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值修訂

	8m	2.67	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.64	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.7	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.67	2.6	16.4	0.25	0.3
	10m	2.64	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.7	6.9	33.1	0.23	0.26
	8m	2.67	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.64	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.7	4.2	20.8	0.25	0.29
	8m	2.67	3	18.5	0.23	0.26
	10m	2.64	2.3	16.4	0.21	0.25

(資料來源：本研究整理)

表 4-22 半反射複層玻璃(中間層 Argon 厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.84	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.81	10.5	42	0.3	0.35
	10m	2.78	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.84	3.7	18.7	0.27	0.32
	8m	2.81	2.6	16.4	0.25	0.3
	10m	2.78	1.7	13.2	0.24	0.28
Green	6m	2.84	6.9	33.1	0.23	0.27
	8m	2.81	5.7	29.6	0.22	0.25
	10m	2.78	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.84	4.2	20.8	0.29	0.25
	8m	2.81	3	18.5	0.23	0.27
	10m	2.78	2.3	16.4	0.21	0.25

(資料來源：本研究整理)

表 4-23 半反射複層玻璃（中間層 Argon 厚度 12mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.53	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.51	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.48	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.53	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.51	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.48	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.53	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.51	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.48	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.53	4.2	20.8	0.24	0.29
	8m	2.51	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.48	2.3	16.4	0.21	0.24

（資料來源：本研究整理）

表 4-24 半反射複層玻璃（中間層 Krypton 厚度 6mm）光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.52	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.49	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.47	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.52	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.49	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.47	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.52	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.49	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.47	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.52	4.2	20.8	0.24	0.29
	8m	2.49	3	18.5	0.22	0.26

	10m	2.47	2.3	16.4	0.21	0.24
--	-----	------	-----	------	------	------

(資料來源：本研究整理)

表 4-25 半反射複層玻璃 (中間層 Krypton 厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.48	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.45	10.5	42	0.36	0.31
	10m	2.42	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.48	3.7	18.7	0.26	0.31
	8m	2.45	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.42	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.48	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.45	5.7	29.6	0.21	0.24
	10m	2.42	4.7	26.2	0.31	0.37
Blue	6m	2.48	4.2	20.8	0.24	0.28
	8m	2.45	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.42	2.3	16.4	0.2	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-26 半反射複層玻璃 (中間層 Xenon 厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.39	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.37	10.5	42	0.3	0.35
	10m	2.35	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.39	3.7	18.7	0.26	0.31
	8m	2.37	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.35	1.7	13.2	0.23	.27

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

Green	6m	2.39	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.37	5.7	29.6	0.21	0.24
	10m	2.35	4.7	26.2	0.31	0.37
Blue	6m	2.39	4.2	20.8	0.24	0.28
	8m	2.37	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.35	2.3	16.4	0.2	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-27 半反射複層玻璃 (中間層 Xenon 厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.44	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.42	10.5	42	0.3	0.35
	10m	2.39	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.44	3.7	18.7	0.26	0.31
	8m	2.42	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.39	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.44	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.42	5.7	29.6	0.2	0.24
	10m	2.39	4.7	26.2	0.31	0.37
Blue	6m	2.44	4.2	20.8	0.24	0.28
	8m	2.42	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.39	2.3	16.4	0.2	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-28 半反射複層玻璃 (中間層 Air5%/Argon95%厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.86	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.82	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.79	9.7	39.5	0.37	0.43

Brown	6m	2.86	3.7	18.7	0.27	0.32
	8m	2.82	2.6	16.4	0.26	0.3
	10m	2.79	1.7	13.2	0.24	0.29
Green	6m	2.86	6.9	33.1	0.23	0.27
	8m	2.82	5.7	29.6	0.22	0.25
	10m	2.79	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.86	4.2	20.8	0.25	0.29
	8m	2.82	3	18.5	0.23	0.27
	10m	2.79	2.3	16.4	0.21	0.25

(資料來源：本研究整理)

表 4-29 半反射複層玻璃(中間層 Air5%/Argon95%厚度 12mm)  
光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.54	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.51	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.49	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.54	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.51	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.49	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.54	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.51	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.49	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.54	4.2	20.8	0.24	0.29
	8m	2.51	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.49	2.3	16.4	0.21	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-30 半反射複層玻璃 (中間層 Air12%/Ar22%/Kypton66%  
厚度 6mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
--	----	-----	-----------	-----------	------	----

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

Clear	6m	2.65	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.62	10.5	42	0.3	0.35
	10m	2.59	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.65	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.62	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.59	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.65	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.62	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.59	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.65	4.2	20.8	0.25	0.29
	8m	2.62	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.59	2.3	16.4	0.21	0.25

(資料來源：本研究整理)

表 4-31 半反射複層玻璃 (中間層 Air12%/Ar22%/Kypton66%  
厚度 12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.52	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.49	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.46	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.52	3.7	18.7	0.26	0.31
	8m	2.49	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.46	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.52	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.49	5.7	29.6	0.21	0.24
	10m	2.46	4.7	26.2	0.31	0.37
Blue	6m	2.52	4.2	20.8	0.24	0.28
	8m	2.49	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.46	2.3	16.4	0.2	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-32 半反射複層玻璃(中間層 Air5%/Kypton95%厚度 6mm)  
光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.54	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.52	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.49	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.54	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.52	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.49	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.54	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.52	5.7	29.6	0.21	0.25
	10m	2.49	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.54	4.2	20.8	0.24	0.29
	8m	2.52	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.49	2.3	16.4	0.21	0.24

(資料來源：本研究整理)

表 4-33 半反射複層玻璃(中間層 Air5%/Kypton95%厚度  
12mm) 光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.49	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.46	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.44	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.49	3.7	18.7	0.26	0.31
	8m	2.46	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.44	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.49	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.46	5.7	29.6	0.21	0.24
	10m	2.44	4.7	26.2	0.31	0.37
Blue	6m	2.49	4.2	20.8	0.24	0.28
	8m	2.46	3	18.5	0.22	0.26

	10m	2.44	2.3	16.4	0.2	0.24
--	-----	------	-----	------	-----	------

(資料來源：本研究整理)

表 4-34 半反射複層玻璃 (中間層 Air10%/Ar90%厚度 6mm)  
光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.87	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.84	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.8	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.87	3.7	18.7	0.27	0.32
	8m	2.84	2.6	16.4	0.26	0.3
	10m	2.8	1.7	13.2	0.24	0.28
Green	6m	2.87	6.9	33.1	0.23	0.27
	8m	2.84	5.7	29.6	0.22	0.25
	10m	2.8	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.87	4.2	20.8	0.25	0.29
	8m	2.84	3	18.5	0.23	0.27
	10m	2.8	2.3	16.4	0.21	0.25

(資料來源：本研究整理)

表 4-35 半反射複層玻璃 (中間層 Air10%/Ar90%厚度 12mm)  
光學與熱學性質

	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
Clear	6m	2.55	12.2	44.9	0.32	0.37
	8m	2.52	10.5	42	0.31	0.36
	10m	2.5	9.7	39.5	0.37	0.43
Brown	6m	2.55	3.7	18.7	0.27	0.31
	8m	2.52	2.6	16.4	0.25	0.29
	10m	2.5	1.7	13.2	0.23	0.27
Green	6m	2.55	6.9	33.1	0.22	0.26
	8m	2.52	5.7	29.6	0.21	0.25

第四章 常用玻璃熱傳透率 U 值與玻璃之日射透過率  $\eta_i$  值修訂

	10m	2.5	4.7	26.2	0.32	0.37
Blue	6m	2.55	4.2	20.8	0.24	0.29
	8m	2.52	3	18.5	0.22	0.26
	10m	2.5	2.3	16.4	0.21	0.24

(資料來源：本研究整理)

### 第三節 建築節約能源設計技術規範之修訂

本節主要修訂建築節約能源設計技術規範內之單層玻璃、膠合玻璃及雙層複層之光學與熱學數據。表4-36為一般平板玻璃之規範值、模擬值、與廠商SC值，經比較過後發現規範值與廠商值幾乎相同，而模擬值略高，故建議不修改規範SC值。表4-37~4-39為本研究新增之平板玻璃U值數據，主要因規範手冊內並無此類玻璃之U值，故新增此數據。表4-40為清玻璃之規範、模擬與廠商U值，經本研究比較之後發現三者之數據幾乎相同，經評估後建議不修改規範值，而廠商另有冬季之U值可供參考。

表4-36 各類平板玻璃SC值比較

清玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.97	0.97	0.96
6	0.94	0.95	0.94
8	0.92	0.92	0.92
10	0.90	0.88	0.90
綠色玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.69	0.71	0.69
6	0.65	0.72	0.65
8	0.59	0.64	0.59
10	0.55	0.59	0.54
藍色玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.70	0.73	0.70
6	0.66	0.70	0.66
8	0.59	0.63	0.59
10	0.53	0.58	0.53

灰色玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.70	0.72	0.71
6	0.65	0.66	0.65
8	0.58	0.61	0.58
10	0.51	-	0.51
LVC 清玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.61	-	-
6	0.56	0.57	0.55
8	0.55	0.56	0.54
10	0.53	0.64	0.53
LVC 綠色玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.43	-	0.43
6	0.41	0.45	0.41
8	0.39	0.43	0.39
10	0.38	0.57	0.37
LVC 藍色玻璃			
玻璃 (mm)	規範	模擬	廠商值
5	0.47	-	0.47
6	0.45	0.48	0.45
8	0.40	0.45	0.40
10	0.38	0.43	0.38

(資料來源：本研究整理)

表4-37 浮式平版玻璃U值

玻璃 (mm)	綠色	藍色	灰色
5	6.21	6.20	6.20

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

6	6.21	6.20	6.21
8	6.20	6.20	6.22
10	6.16	6.18	6.19

(資料來源：本研究整理)

**表4-38 LVC半反射玻璃U值**

玻璃 (mm)	清玻璃 古銅色表面	綠色玻璃 綠色表面	藍色玻璃 藍色表面
5	-	6.35	6.34
6	6.01	6.35	6.34
8	6	6.32	6.31
10	5.98	6.27	6.27

(資料來源：本研究整理)

**表4-39 離線反射玻璃U值**

清玻璃			
玻璃 (mm)	銀色表面	藍色表面	古銅色表面
6	5.2	4.9	5.63
8	5.16	4.87	5.58
10	4.93	5.69	5.19
色玻璃			
玻璃 (mm)	綠色玻璃 銀色表面	綠色玻璃 Super Silver LTO 表 面	綠色玻璃 銀色表面
6	5.4	6.18	5.4
8	5.37	6.16	5.37
10	5.33	6.12	5.34

(資料來源：本研究整理)

**表4-40 技術規範與模擬及廠商清玻璃之U值比較**

玻璃 (mm)	規範	模擬	冬季	夏季
5	5.84	5.84	6.21	5.8
6	5.81	5.80	6.17	5.8

8	5.74	5.74	6.09	5.76
10	5.67	5.67	6.00	5.73

(資料來源：本研究整理)

由於在2003出版之建築節約能源設計技術規範並無膠合玻璃之相關數據，而膠合玻璃目前已被普遍使用在建築物上，故經本研究計畫收集與分析目前市面上常見之國內廠商膠合玻璃數據，新增膠合玻璃之熱學與光學性質數據，以充實技術規範資料庫內容之完整性。表4-41~4-43為本研究計畫收集之膠合玻璃光學與熱學性質數據，表4-44則為各膠合玻璃之U與SC建議值。

表 4-41 5mm 色玻璃+膜+5mm 清玻璃比較

玻璃種類	厚度 mm	Vis T%	Vis R%	UV T%	U Value	熱傳透 過量	SC
A 公司							
清+DLE63+清	10	63	7	<1	5.69	429	0.61
綠+DLE63+清	10	55	7	<1	5.69	385	0.54
藍+DLE63+清	10	47	6	<1	5.69	372	0.52
茶+DLE63+清	10	43	6	<1	5.69	391	0.55
清+SLE80+清	10	75	9	<1	5.69	498	0.72
綠+ SLE80+清	10	65	7	<1	5.69	429	0.54
藍+ SLE80+清	10	51	6	<1	5.69	429	0.52
茶+ SLE80+清	10	48	6	<1	5.69	448	0.55
B 公司							
清+SG-C51+清	10	44	20	<1	4.92	372.08	0.53
綠+SG-C51+清	10	37	16	<1	4.92	332.01	0.47
藍+SG-C51+清	10	29	12	<1	4.92	334.6	0.47

(資料來源：本研究整理)

表 4-42 6mm 色玻璃+膜+6mm 清玻璃比較

產品 組合	厚 度 mm	Vis		UV	U	熱傳透	SC
		T%	R%	T%	Value	過量	
A 公司							
清+DLE63+清	12	62	7	<1	5.68	416	0.59
綠+DLE63+清	12	54	6	<1	5.68	378	0.53
藍+DLE63+清	12	43	5	<1	5.68	366	0.51
茶+DLE63+清	12	38	5	<1	5.68	372	0.52
清+ SLE80+清	12	74	8	<1	5.68	485	0.70
綠+ SLE80+清	12	64	7	<1	5.68	416	0.53
藍+ SLE80+清	12	48	5	<1	5.68	416	0.51
茶+ SLE80+清	12	46	5	<1	5.68	429	0.52
B 公司							
清+ SG-C51+清	12	42	20	<1	4.84	361.4	0.51
綠+ SG-C51+清	12	35	15	<1	4.84	325.42	0.46
藍+ SG-C51+清	12	26	11	<1	4.84	321.34	0.45

(資料來源：本研究整理)

表 4-43 8mm 色玻璃+膜+8mm 清玻璃比較

產品 組合	厚 度 mm	Vis		UV	U	熱傳透	SC
		T%	R%	T%	Value	過量	
A 公司							
清+DLE63+清	16	60	7	<1	5.62	403	0.57
綠+DLE63+清	16	48	6	<1	5.62	359	0.50
藍+DLE63+清	16	35	5	<1	5.62	346	0.48
茶+DLE63+清	16	29	5	<1	5.62	346	0.48
清+ SLE80+清	16	72	7	<1	5.62	472	0.68
綠+ SLE80+清	16	56	6	<1	5.62	390	0.50
藍+ SLE80+清	16	39	6	<1	5.62	378	0.48
茶+ SLE80+清	16	33	5	<1	5.62	384	0.48

B 公司							
清 + SG-C51 + 清	16	42	19	<1	4.71	358.83	0.51
綠 + SG-C51 + 清	16	32	13	<1	4.71	314.79	0.44
藍 + SG-C51 + 清	16	22	9	<1	4.71	306.52	0.43

(資料來源：本研究整理)

表 4-44 色玻璃+隔熱膜+清玻璃 U 值與 SC 值建議表

膠合組合	U 值	SC
5mm 清+隔熱膜+5mm 清	5.43	0.62
5mm 綠+隔熱膜+5mm 清	4.92~5.69	0.53~0.72
5mm 藍+隔熱膜+5mm 清	5.43	0.52
5mm 茶+隔熱膜+5mm 清	4.92~5.69	0.47~0.54
5mm 藍+隔熱膜+5mm 清	5.43	0.50
5mm 茶+隔熱膜+5mm 清	4.92~5.69	0.47~0.52
5mm 茶+隔熱膜+5mm 清	5.43	0.55
6mm 清+隔熱膜+6mm 清	5.40	0.60
6mm 綠+隔熱膜+6mm 清	4.84~5.68	0.51~0.70
6mm 藍+隔熱膜+6mm 清	5.40	0.51
6mm 茶+隔熱膜+6mm 清	4.84~5.68	0.46~0.53
6mm 藍+隔熱膜+6mm 清	5.40	0.49
6mm 茶+隔熱膜+6mm 清	4.84~5.68	0.45~0.51
6mm 茶+隔熱膜+6mm 清	5.40	0.52
8mm 清+隔熱膜+8mm 清	5.31	0.62
8mm 綠+隔熱膜+8mm 清	4.71~5.62	0.51~0.68
8mm 藍+隔熱膜+8mm 清	5.18	0.48
8mm 茶+隔熱膜+8mm 清	4.71~5.62	0.44~0.50
8mm 藍+隔熱膜+8mm 清	5.18	0.46
8mm 茶+隔熱膜+8mm 清	4.71~5.62	0.43~0.48
8mm 茶+隔熱膜+8mm 清	4.71	0.48

(資料來源：本研究整理)

表4-45~4-47為雙層中空玻璃之光學與熱學數據，表4-48 為各雙層中空玻璃之U與SC建議值，由表4-49~4-50可看出建築節約能源設計技術規範與本研究所提出之建議值相比較，規範SC值較高於建議值，而模擬之SC值則介於兩者之間，經評估後決定以模擬值取代規範數據。在U值方面規範值與模擬值幾乎相等，而建議部分略低，故經評估後決定不修改規範值。

表 4-45 20mm 複層玻璃之光學與熱學性質

產品 組合	Vis		UV	U	熱傳透 過量	SC
	T%	R%	T%	Value		
清						
A 公司						
5 +12 air+5	72	17	39	1.9	-	0.76
B 公司						
5SG-C51 6A+12air+5	44	20	<1	3.15	321	0.47
5SG-C51 12A+12air+5	44	20	<1	2.84	312	0.46
綠色						
A 公司						
5 +12 air+5	65	14	33	1.9	-	0.53
B 公司						
5SG-C51 6A+12air+5	37	16	<1	3.15	265	0.38
5SG-C51 12A+12air+5	37	16	<1	2.84	254	0.37
藍色						
A 公司						
5SG-C51 6A+12air+5	29	12	<1	3.15	267	0.38
5SG-C51 12A+12air+5	29	12	<1	2.84	256	0.37

(資料來源：本研究整理)

表 4-46 24mm 複層玻璃之光學與熱學性質

產品 組合	Vis T%	UV R%	UV T%	U Value	熱傳透 過量	SC
清						
A 公司						
6 +12 air+6	61	12	27	2.1	393	0.6
6 SLE +12 air+6	74	12	17	1.89	431	0.66
6 DLE+12 air+6	62	11	10	1.78	342	0.52
B 公司						
6 SLE +12 air+6	62	12	10	1.78	343	0.52
6 DLE+12 air+6	62	26	14	1.69	328	0.50
6 TLE62+12 air+6	72	15	19	1.76	404	0.62
C 公司						
6 +12 air+6	73	16	36	1.9	-	0.76
D 公司						
6SG-C51 6A+12air+6	42	20	<1	3.13	325	0.45
6SG-C51 12A+12air+6	42	20	<1	2.82	302	0.44
綠色						
A 公司						
6 DLE +12 air+6	52	10	6	1.81	250	0.37
6 TLE72+12 air+6	61	12	9	1.80	279	0.42
6 +12 air+6	65	12	13	3.27	359	0.53
B 公司						
6+12Air+6	63	13	19	1.9	-	0.5
C 公司						
6 SG-C51 6A + 6Air + 6	35	1	<1	3.13	255	0.37
6 SG-C51 12A + 6Air + 6	35	15	<1	2.82	244	0.35
藍色						
A 公司						
6 DLE +12 air+6	39	8	7	1.78	222	0.33
6 TLE72+12 air+6	46	9	11	1.80	272	0.41

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

6 +12 air+6	48	9	15	3.27	366	0.54
B 公司						
6 SG-C51 6A +6Air + 6	26	10	<1	3.13	251	0.36
6 SG-C51 12A +6Air + 6	26	10	<1	2.82	240	0.35

(資料來源：本研究整理)

表 4-47 28mm 複層玻璃之光學與熱學性質

產品 組合	Vis		UV	U	熱傳透 過量	SC
	T%	R%	T%	Value		
清						
8SG-C51 6A+12air+8	42	19	<1	3.07	308	0.45
8SG-C51 12A+12air+8	42	19	<1	2.77	300	0.44
綠色						
8SG-C51 6A+12air+8	32	13	<1	3.07	245	0.35
8SG-C51 12A+12air+8	32	13	<1	2.77	233	0.34
藍色						
8SG-C51 6A+12air+8	22	9	<1	3.07	235	0.34
8SG-C51 12A+12air+8	22	9	<1	2.77	224	0.32

(資料來源：本研究整理)

表 4-48 複層玻璃 U 與 SC 建議值

複層組合	U 值	SC
5 清+12 air +5 清	2.63	0.56
	1.90~3.15	0.46~0.76
5 綠+12 air +5 清	2.63	0.43
	1.90~3.15	0.37~0.53
5 藍+12 air +5 清	3.00	0.37
	2.84~3.15	0.37~0.38
6 清+12 air +6 清	2.09	0.56
	1.29~3.13	0.44~0.76

6 綠+12 air +6 清	2.46	0.42
	1.80~3.27	0.35~0.53
6 藍+12 air +6 清	5.43	0.40
	1.78~3.27	0.33~0.54
8 清+12 air +8 清	2.92	0.45
	2.77~3.07	0.44~0.45
8 綠+12 air +8 清	2.92	0.35
	2.77~3.07	0.34~0.35
8 藍+12 air +8 清	2.92	0.33
	2.77~3.07	0.32~0.34

(資料來源：本研究整理)

表 4-49 建築節約能源設計技術規範之清玻璃  $U_i$  值與建議

厚度 (mm)	$U_i$		
	規範值	模擬值	建議值
5+12air+5	3.05	3.12	2.63
6+12air+6	3.03	3.11	2.09
8+12air+8	2.98	3.07	2.92

(資料來源：本研究整理)

表 4-50 建築節約能源設計技術規範之清玻璃 SC 值與建議

厚度 (mm)	SC		
	規範值	模擬值	建議值
5+12air+5	0.86	0.84	0.56
6+12air+6	0.84	0.82	0.56
8+12air+8	0.81	0.78	0.45

(資料來源：本研究整理)

## 第五章 玻璃建材對空調耗能影響之電腦模擬

為探討玻璃建材對於空調負荷與全年耗能之影響，本計畫採用美國能源部Department of Energy (DOE)所發展之模擬程式eQUEST，針對本計畫主要探討之三大方向，其一：空調系統之耗能，下文中以Cooling Energy表示；其二：經由玻璃建材傳導至室內之能量，下文以Window Conduction表示；最後：太陽輻射直接穿透玻璃建材進入室內之能量，下文以Window Solar表示。本研究所討論之參數包含為氣候條件、玻璃SC值以及U值等三部分。在氣候條件方面分別對台北和高雄兩種不同的氣候條件加以探討。而玻璃之光學與熱學性質方面，本研究計畫使用單層玻璃、複層玻璃與參層玻璃三種成分玻璃加以探討。玻璃組成種類可分成兩種，一為由eQUEST內建之玻璃，另一則為自定義之玻璃。本研究計畫所使用之玻璃參數分別如表5-1～表5-3所列。

在研究對象部分，本年度計畫針對辦公建築物進行探討。本研究計畫採用eQUEST內建之高層辦公建築，其樓地板面積為25000平方英尺，每層樓的開窗率為牆面面積的57.2%，窗戶面積為814平方英尺，且四面均有相同面積之開窗率，樓高設定為10層與20層兩種。

表 5-1 單層玻璃組成數據

編號	U 值	SC 值	組成	程式 內建玻璃
1	1.04	1.05	Optiwhite 3mm	是
2	1.04	0.99	Clear 3mm	是
3	1.04	0.94	Activ Clear 3mm	是
4	1.04	0.84	Bronze 3mm	是
5	1.04	0.80	Grey 3mm	是

6	1.04	0.71	Green Float 3mm	是
7	1.04	0.60	Versalux Green 2000	是
8	1.01	0.52	6mm Super Grey 3mm	是
1	1.04	0.99	Clear 3mm	是
2	0.99	1.00	Optiwhite 6mm	是
3	0.99	0.99	Plexiglas MC 6mm	是
4	0.85	0.99	自定義	否
5	0.75	0.99	自定義	否
6	0.65	0.99	自定義	否
7	0.55	0.99	自定義	否
8	0.45	0.99	自定義	否

(資料來源：本研究整理)

表 5-2 雙層玻璃組成數據

編號	U 值	SC 值	組成	程式 內建玻璃
1	0.48	0.87	Clear/Air/ Clear 3mm	是
2	0.47	0.80	Clear/Air/ Clear 6mm	是
3	0.48	0.72	Bronze/Air/ Clear 3mm	是
4	0.48	0.69	Grey/Air/ Clear 3mm	是
5	0.48	0.68	Green Float/Air/ Clear 3mm	是

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

6	0.48	0.59	Bronze/Air/ Clear 6mm	是
7	0.47	0.55	Versalux Grey/Air/ Clear 6mm	是
8	0.47	0.46	Green Float/Thin Air/ Clear 6mm	是
1	0.48	0.63	Sungate 100 clear/Air/Clear 3mm	是
2	0.45	0.63	Sungate 100 clear/Arg/Clear 3mm	是
3	0.41	0.64	Comfort Ti-PS LowE/ Thin Air/ Clear 3mm	是
4	0.41	0.63	LowE 178 Clear/Thin Air/Clear 6mm	是
5	0.31	0.63	LowE 178 Clear/Air/Clear 6mm	是
6	0.3	0.63	Comfort Ti-PS LowE/Air/ Clear 3mm	是
7	0.26	0.63	Comfort Ti-PS LowE/Arg/ Clear 3mm	是

(資料來源：本研究整理)

表 5-3 參層玻璃組成成分

編號	U 值	SC 值	組成	程式內 建玻璃
1	0.31	0.78	Clear/Air/ Clear/Air/Clear 3mm	是
2	0.29	0.78	Clear/Arg/ Clear/Arg/Clear 3mm	是
3	0.31	0.62	Clear/Thin Air/HM88 Susp/ Clear/Thin Air 6mm	是
4	0.31	0.49	Clear/Thin Air/HM77 Susp/ Clear/Thin Air 6mm	是
5	0.3	0.39	Clear/Thin Air/HM66 Susp/ Clear/Thin Air 6mm	是
6	0.3	0.33	Clear/Thin Air/HM55 Susp/ Clear/Thin Air 6mm	是

7	0.3	0.28	Clear/Thin Air/HM44 Susp/ Clear/Thin Air 6mm	是
1	0.45	0.78	自定義	否
2	0.4	0.78	自定義	否
3	0.38	0.78	Clear/Thin Air/ Clear/Thin Air/Clear 3mm	是
4	0.31	0.78	Clear/Air/ Clear/Air/Clear 3mm	是
5	0.29	0.78	Clear/Arg/ Clear/Arg/Clear 3mm	是
6	0.25	0.78	自定義	否
7	0.2	0.78	自定義	否
8	0.15	0.78	自定義	否

(資料來源：本研究整理)

## 第一節 單層玻璃

### (一) SC 值對建築耗能之影響

U值與SC值為玻璃建材影響建築物空調耗能之主要參數。由下列表5-4得知，在U值固定，SC值遞減之情況下，Window Solar值呈現遞減狀態，而Window Conduction值卻是隨SC值遞減而增加。其模擬結果顯示，玻璃之SC值降低會直接造成降低太陽輻射進入建築物內之熱量，但是也由於大部分阻擋的太陽輻射造成室外玻璃表面溫度的上升，而使得藉由熱傳導形式進入室內之熱量增加。但是對於建築物總空調負載量而言，當SC值降低，建築物總空調負載量是降低的。同理，

對於高度不同之辦公建築物而言，SC值對於總空調負載量、玻璃熱傳導量與玻璃太陽輻射進入量的影響是相似的。

表 5-4 單層玻璃 SC 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

U	SC	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
1.04	1.05	8976	914	3005	10591	1302	4244
1.04	0.99	8837	1044	2737	10396	1466	3867
1.04	0.94	8737	1020	2662	10255	1451	3760
1.04	0.84	8470	1368	2048	9877	1944	2892
1.04	0.80	8397	1430	1914	9774	2031	2703
1.04	0.71	8154	1624	1480	9431	2305	2088
1.03	0.60	7866	1816	1002	9024	2576	1413
1.04	0.52	7677	1996	636	8757	2831	895

CE 表示 Cooling Energy; WC 表示 Window Conduction; WS 表示 Window Solar

(資料來源：本研究整理)

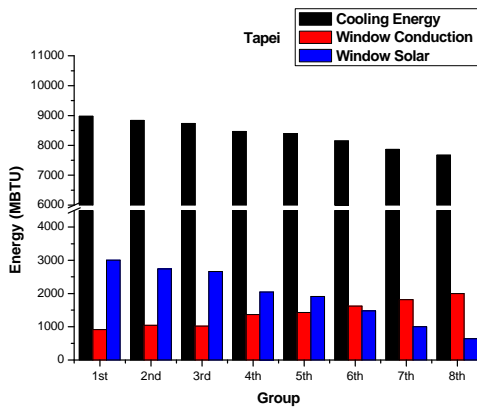


圖 5-1 單層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

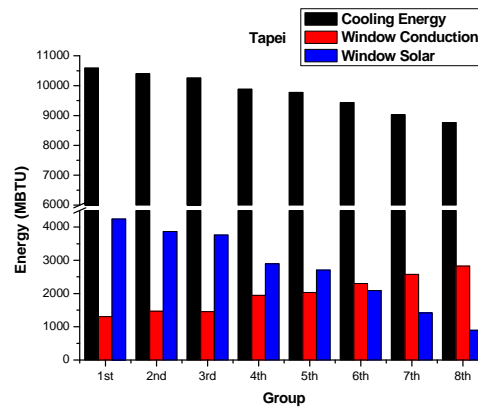


圖 5-2 單層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

另外，由表5-5在台北與高雄之模擬結果得知，隨著地理位置往南移動，在U值固定，SC值遞減之情況下，SC值對於總空調負載量、玻璃熱傳導量與玻璃太陽輻射熱量的影響更加擴大。

表 5-5 SC 值對空調負荷之影響 (不同區域)

U	SC	台北			高雄		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
1.04	1.05	8976	914	3005	10262	1393	3620
1.04	0.99	8837	1044	2737	10094	1546	3300
1.04	0.94	8737	1020	2662	9975	1516	3211
1.04	0.84	8470	1368	2048	9651	1933	2471
1.04	0.80	8397	1430	1914	9563	2006	2310
1.04	0.71	8154	1624	1480	9270	2236	1788
1.03	0.60	7866	1816	1002	8918	2462	1212
1.04	0.52	7677	1996	636	8691	2679	769

(資料來源：本研究整理)

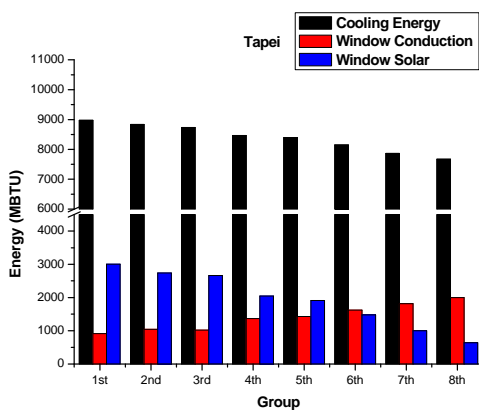


圖 5-1 單層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

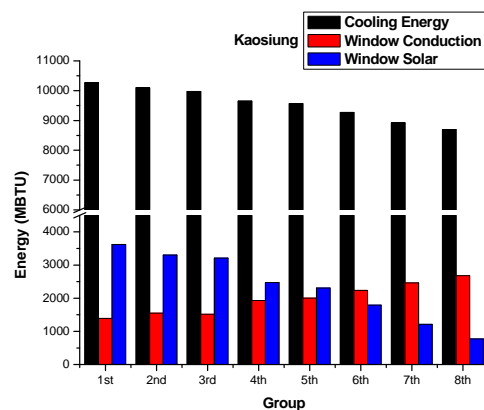


圖 5-3 單層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)

## (二) U 值對建築耗能之影響

由下列表5-6得知，在SC值固定，U值遞減之情況下，玻璃熱傳導量 (Window Conduction) 值會隨著U值呈現遞減現象，而在玻璃太陽輻射進入量上卻會出現小幅度的增加。然而，對於總空調負載而言，因為U值的改變造成建築物總空調負載的變動情形卻很小。同理，本研究計畫對於不同樓層與不同區域之模擬結果均呈現相同的趨勢。

表 5-6 U 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

SC	U	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.99	1.04	8837	1044	2737	10396	1466	3867
1.00	0.99	8759	966	2730	10285	1375	3856
0.99	0.91	8720	937	2703	10230	1334	3819
0.99	0.85	8826	794	2933	10378	1133	4144
0.99	0.75	8810	730	2960	10355	1041	4183
0.99	0.65	8793	662	2988	10329	945	4224
0.99	0.55	8780	590	3024	10310	842	4276
0.99	0.45	8760	513	3057	10280	734	4322

(資料來源：本研究整理)

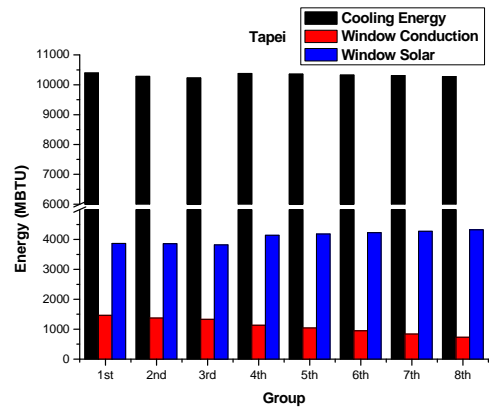
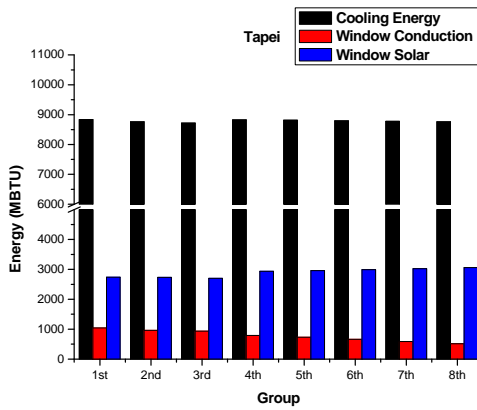


圖 5-4 單層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

圖 5-5 單層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

表 5-7 U 值對空調負荷之影響 (不同區域)

SC	U	台北			高雄		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.99	1.04	8837	1044	2737	10094	1546	3300
1.00	0.99	8759	966	2730	9993	1448	3290
0.99	0.91	8720	937	2703	9930	1403	3256
0.99	0.85	8826	794	2933	10039	1222	3529
0.99	0.75	8810	730	2960	9997	1130	3558
0.99	0.65	8793	662	2988	9951	1032	3559
0.99	0.55	8780	590	3024	9908	925	3629
0.99	0.45	8760	513	3057	9852	812	3363

(資料來源：本研究整理)

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

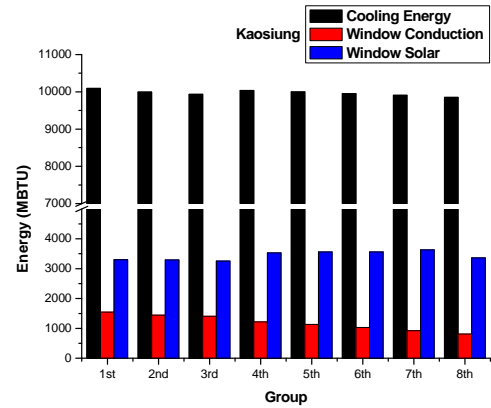
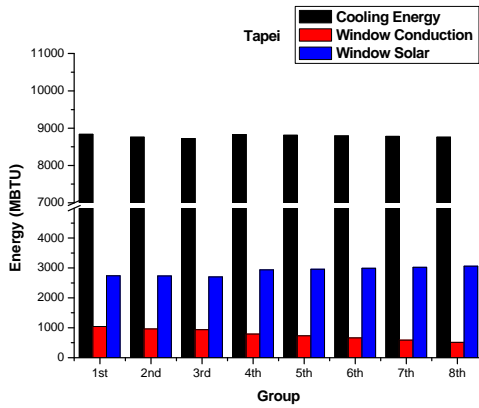


圖 5-4 單層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

圖 5-6 單層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)

(資料來源：本研究整理)

## 第二節 雙層玻璃

### (一) SC 值對建築耗能之影響

在U值固定，SC值遞減之情況下，裝設雙層玻璃之辦公建築的Window Solar值呈現遞減狀態，而Window Conduction值卻是隨SC值遞減而增加。其模擬趨勢與單層玻璃模擬趨勢相同。

表 5-8 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

U	SC	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.48	0.87	8352	869	2309	9704	1238	3264
0.47	0.80	8165	1028	1961	9439	1463	2771
0.48	0.72	7928	1034	1722	9104	1471	2432
0.48	0.69	7847	1066	1609	8989	1516	2272
0.48	0.68	7834	1037	1625	8971	1475	2296
0.48	0.59	7569	1147	1251	8595	1630	1766
0.47	0.55	7468	1232	1064	8452	1751	1501
0.47	0.46	7244	1231	843	8135	1750	1188

(資料來源：本研究整理)

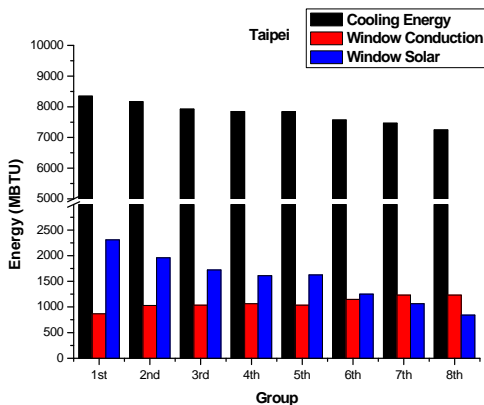


圖 5-7 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

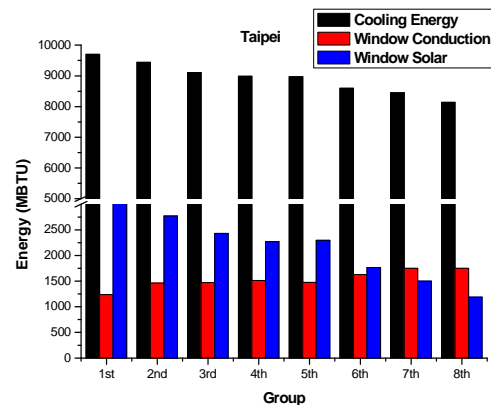


圖 5-8 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)

表 5-9 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之影響 (不同區域)

U	SC	台北			高雄		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.48	0.87	8352	869	2309	9388	1255	2769
0.47	0.80	8165	1028	1961	9159	1442	2352
0.48	0.72	7928	1034	1722	8878	1449	2066
0.48	0.69	7847	1066	1609	8779	1486	1931
0.48	0.68	7834	1037	1625	8764	1451	1952
0.48	0.59	7569	1147	1251	8443	1579	1502
0.47	0.55	7468	1232	1064	8320	1679	1278
0.47	0.46	7244	1231	843	8051	1675	1015

(資料來源：本研究整理)

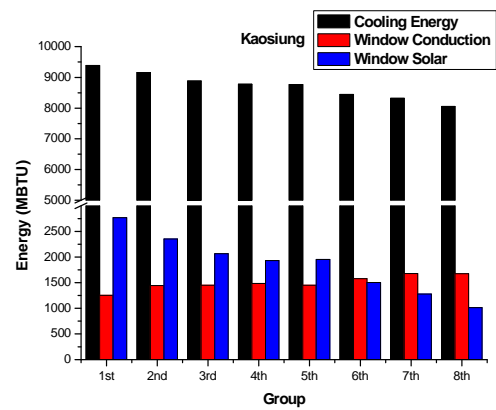
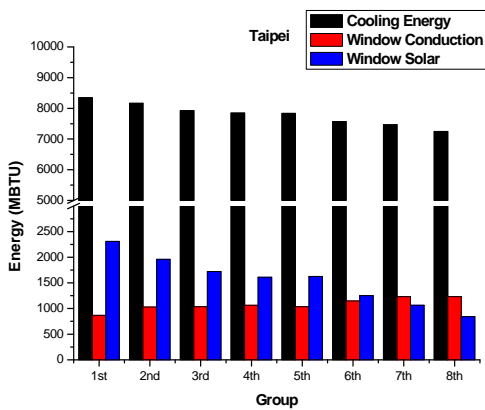


圖 5-7 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

圖 5-9 雙層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)

(資料來源：本研究整理)

## (二) U 值對建築耗能之影響

由下列表 5-10 得知，在 SC 值固定，U 值遞減之情況下，玻璃熱傳導量 (Window Conduction) 值會隨著 U 值呈現遞減現象，而在玻璃太陽輻射進入量上卻會出現小幅度的增加。然而，對於總空調負載而言，因為 U 值的改變造成建築物總空調負載的變動情形卻很小。此結果與

單層玻璃之模擬結果相似，但是建築物總空調負載、玻璃熱傳導量與玻璃太陽輻射進入量卻比單層玻璃減少許多。

表 5-10 雙層玻璃 U 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

SC	U	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.63	0.48	7781	1020	1851	8893	1149	2233
0.63	0.45	7769	998	1585	8877	1419	2238
0.64	0.41	7640	822	1627	8695	1170	2299
0.63	0.41	7642	947	1656	8698	1347	2127
0.63	0.31	7558	810	1526	8577	1153	2156
0.63	0.3	7547	673	1650	8560	959	2331
0.63	0.26	7510	612	1659	8507	873	2348

(資料來源：本研究整理)

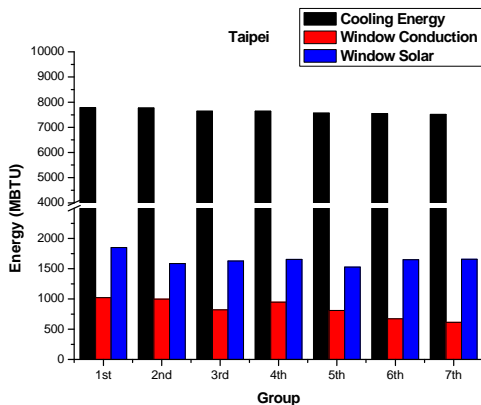


圖 5-10 雙層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

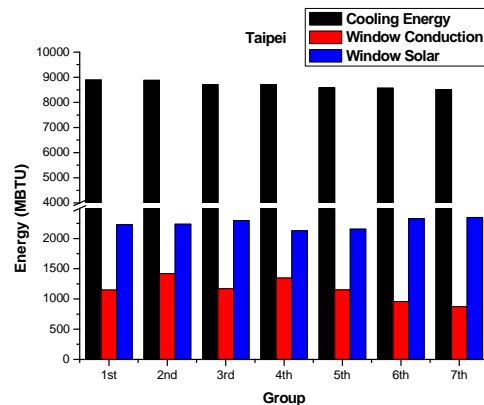


圖 5-11 雙層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

表 5-11 雙層玻璃 U 值對空調負荷之影響 (不同區域)

SC	U	台北			高雄		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.63	0.48	7781	1020	1851	8700	1438	1895
0.63	0.45	7769	998	1585	8679	1407	1899
0.64	0.41	7640	822	1627	8507	1175	1953

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

0.63	0.41	7642	947	1656	8510	1324	1807
0.63	0.31	7558	810	1526	8363	1128	1827
0.63	0.3	7547	673	1650	8346	962	1975
0.63	0.26	7510	612	1659	8281	873	1985
0.63	0.48	7781	1020	1851	8700	1438	1895

(資料來源：本研究整理)

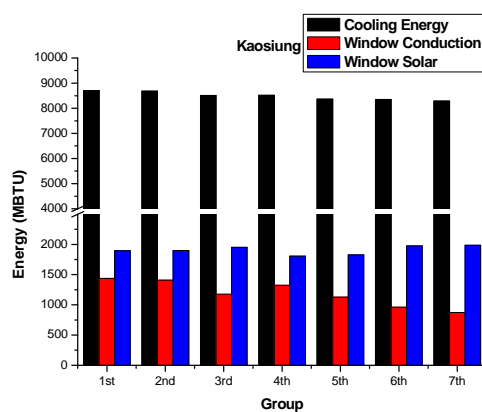
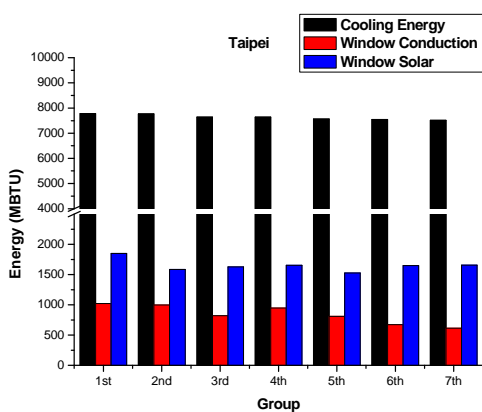


圖 5-10 雙層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果(10F、台北地區)

圖 5-12 雙層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果(10F、高雄地區)

(資料來源：本研究整理)

### 第三節 參層玻璃

#### (一) SC 值對建築耗能之影響

由下列表5-12得知，在U值固定，SC值遞減之情況下，裝設參層玻璃之辦公建築的Window Solar值呈現遞減狀態，而Window Conduction值卻是隨SC值遞減而增加。其模擬趨勢與單層玻璃模擬趨勢相同。

表 5-12 參層玻璃 SC 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

U	SC	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.31	0.78	7991	845	1925	9190	1204	2722
0.29	0.78	8022	869	1929	9235	1239	2726
0.31	0.62	7540	962	1359	8551	1369	1920
0.31	0.49	7504	1508	1168	8494	1505	1649
0.3	0.39	7186	987	922	8044	1404	1300
0.3	0.33	6760	856	685	7447	1218	965
0.3	0.28	6592	814	559	7209	1158	787

(資料來源：本研究整理)

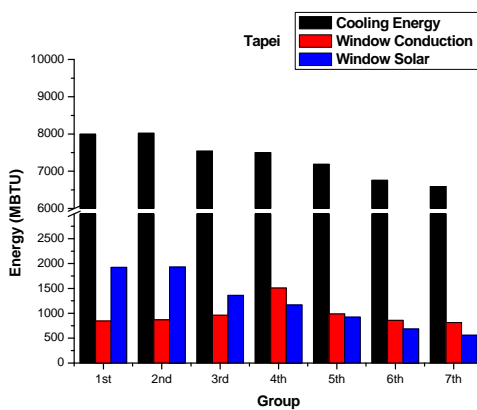


圖 5-13 參層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

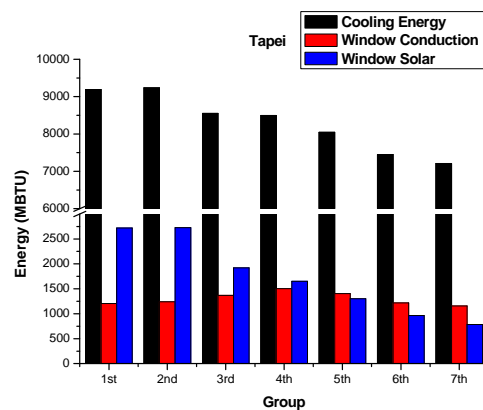


圖 5-14 參層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (20F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

表 5-13 參層玻璃 SC 值對空調負荷之影響 (不同區域)

U	SC	圖 51			圖 52		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.31	0.78	7991	845	1925	8895	1185	2304
0.29	0.78	8022	869	1929	8944	1223	2309
0.31	0.62	7540	962	1359	8351	1318	1629
0.31	0.49	7504	1508	1168	7940	1287	1246
0.3	0.39	7186	987	922	7599	1207	984
0.3	0.33	6760	856	685	7411	1180	824
0.3	0.28	6592	814	559	7209	1128	674
0.31	0.78	7991	845	1925	8895	1185	2304

(資料來源：本研究整理)

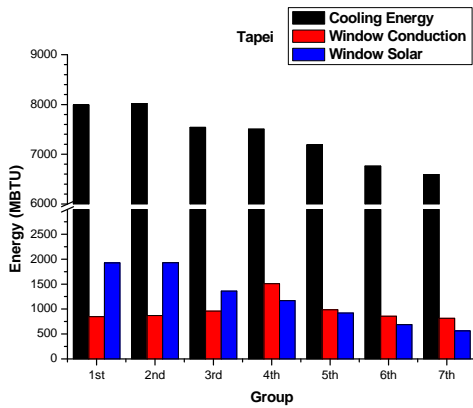


圖 5-13 參層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

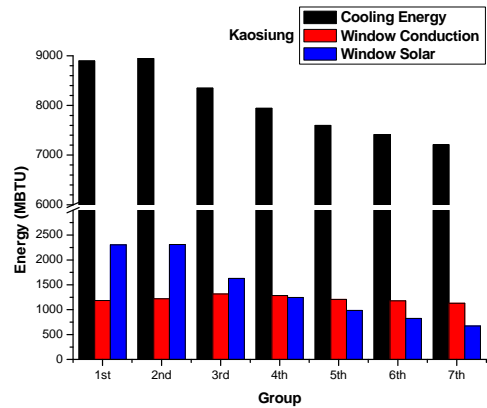


圖 5-15 參層玻璃 SC 值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)

(二) U 值對建築耗能之影響

由下列表5-14~5-15得知，在值SC固定，U值遞減之情況下，裝設參層玻璃之辦公建築的模擬趨勢與上述兩種玻璃之模擬趨勢相符。

表 5-14 參層玻璃 U 值對空調負荷之影響 (不同樓層)

SC	U	10 層樓			20 層樓		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
0.78	0.45	8117	507	2421	9370	724	3423
0.78	0.4	8104	467	2435	9350	668	3442
0.78	0.38	8002	890	1911	10479	1780	3233
0.78	0.31	7991	845	1925	9190	1204	2722
0.78	0.29	8022	869	1929	9235	1239	2726
0.78	0.25	8063	340	2479	9288	487	3505
0.78	0.2	8049	296	2494	9267	424	3526
0.78	0.15	8035	251	2510	9246	360	3549

(資料來源： 本研究整理)

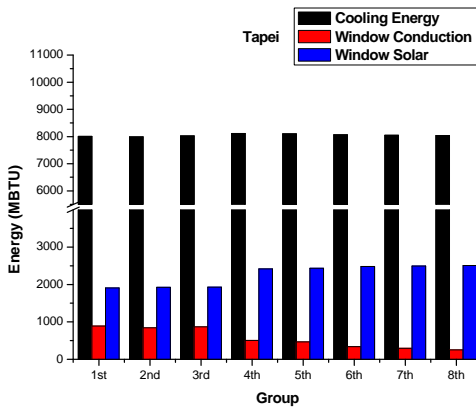


圖 5-16 參層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

(資料來源： 本研究整理)

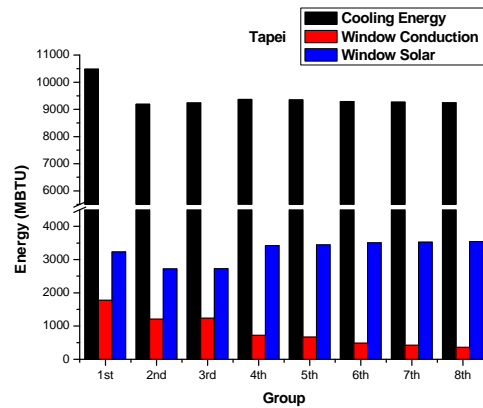


圖 5-17 參層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

表 5-15 參層玻璃 U 值對空調負荷之影響 (不同區域)

SC	U	台北			高雄		
		CE	WC	WS	CE	WC	WS
078	0.45	8117	507	2421	9080	799	2905
0.78	0.4	8104	467	2435	9047	740	2920
0.78	0.38	8002	890	1911	8932	1255	2288
0.78	0.31	7991	845	1925	8895	1185	2304
0.78	0.29	8022	869	1929	8944	1223	2309
0.78	0.25	8063	340	2479	8940	547	2965
0.78	0.2	8049	296	2494	8901	478	2981
0.78	0.15	8035	251	2510	8859	407	2997

(資料來源：本研究整理)

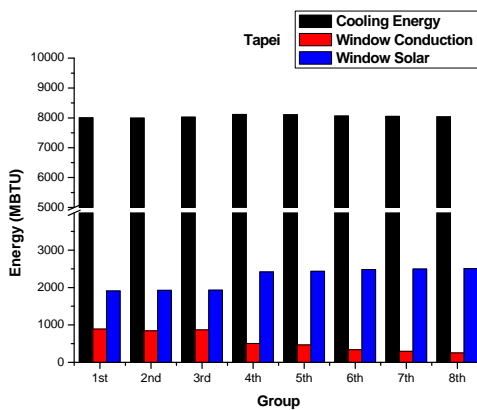


圖 5-16 參層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、台北地區)

(資料來源：本研究整理)

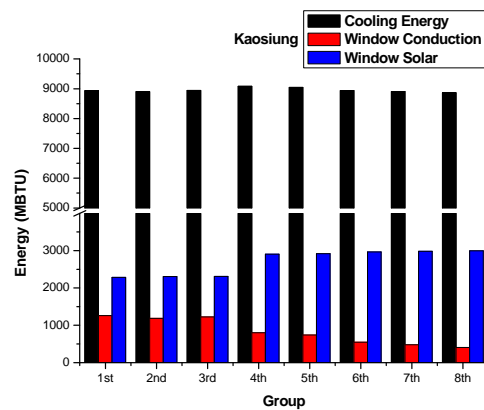


圖 5-18 參層玻璃 U 值對空調負荷之模擬結果 (10F、高雄地區)

## 第四節 小結

由上述之模擬結果吾人得知，玻璃熱傳導量、玻璃太陽輻射量以及建築物總空調負載量均會受玻璃之光學與熱學性質影響，本研究計畫依據DOE的模擬結果以單位玻璃面積之玻璃熱傳量（TWEA, Total Window Energy per window Area）探討外界透過玻璃進入室內之總熱傳量與玻璃之SC值、U值之關係。TWE的定義如下：

$$TWEA = \frac{WC + WS}{window\ area}$$

表5-16~5-17分別為不同樓層與不同區域之單位玻璃面積之玻璃熱傳量與SC值、U值的模擬結果。由模擬數據換算為TWEA可知，在相同地區在不同樓層條件下，模擬所求得之TWEA為相同；而TWEA就會隨不同區域之氣候條件而改變。圖5-16~5-17分別台北與高雄地區之SC值與TWEA的關係，圖5-18~5-19分別台北與高雄地區之U值與TWEA的關係。本研究計畫以線性回歸分析求得，TWEA與SC值以及U值之關係呈線性關係，其R-squared值接近1代表回歸方程式與模擬數據之擬合程度良好。

再者，本研究計畫依據上述之回歸分析結果，進一步利用多重回歸分析求出在台北以及高雄地區單層玻璃的TWEA與SC、U值之關係式。

$$\text{台北： } TWEA = 0.0793 + 0.3099 \times SC + 0.0728 \times U$$

$$\text{高雄： } TWEA = 0.0946 + 0.5192 \times SC + 0.0143 \times U$$

表 5-16 單層玻璃 TWEA 與 SC 值之模擬結果

SC	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
1.05	914	3005	0.47	1302	4244	0.48	1393	3620	0.61
0.99	1044	2737	0.46	1466	3867	0.46	1546	3300	0.59
0.94	1020	2662	0.45	1451	3760	0.45	1516	3211	0.57
0.84	1368	2048	0.41	1944	2892	0.42	1933	2471	0.53
0.80	1430	1914	0.41	2031	2703	0.41	2006	2310	0.52
0.71	1624	1480	0.38	2305	2088	0.38	2236	1788	0.49

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

0.60	1816	1002	0.34	2576	1413	0.34	2462	1212	0.45
0.52	1996	636	0.32	2831	895	0.32	2679	769	0.42

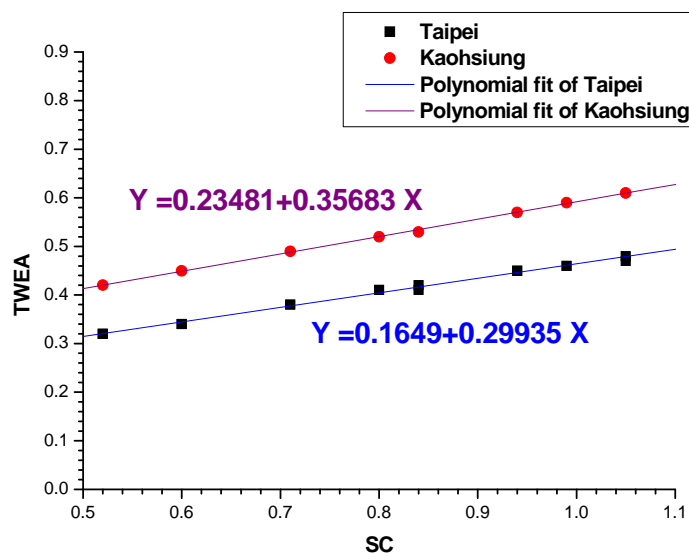
$$WT=WC+WS; TWEA= WT/AREA(AREA10F=8252ft^2, AREA20F=11631ft^2)$$

(資料來源：本研究整理)

表 5-17 單層玻璃 TWEA 與 U 值之模擬結果

U	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
1.04	1044	2737	0.46	1466	3867	0.46	1546	3300	0.59
0.99	966	2730	0.45	1375	3856	0.45	1448	3290	0.57
0.91	937	2703	0.44	1334	3819	0.44	1403	3256	0.56
0.85	794	2933	0.45	1133	4144	0.45	1222	3529	0.58
0.75	730	2960	0.45	1041	4183	0.45	1130	3558	0.57
0.65	662	2988	0.44	945	4224	0.44	1032	3559	0.56
0.55	590	3024	0.44	842	4276	0.44	925	3629	0.55
0.45	513	3057	0.43	734	4322	0.43	812	3363	0.51

(資料來源：本研究整理)



5-19 單層玻璃 TWEA 與 SC 值之關係

(資料來源：本研究整理)

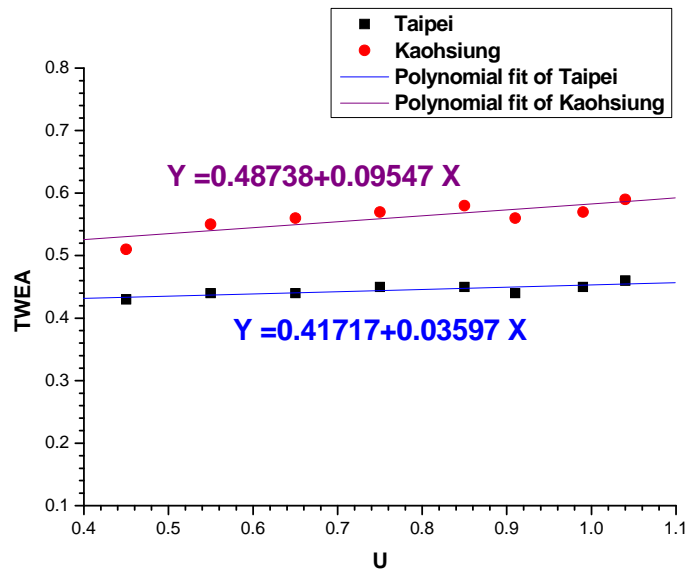


圖 5-20 單層玻璃 TWEA 與 U 值之關係

(資料來源：本研究整理)

表 5-18 雙層玻璃 TWEA 與 SC 值之模擬結果

SC	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
0.87	869	2309	0.39	1238	3264	0.39	1255	2769	0.49
0.80	1028	1961	0.36	1463	2771	0.36	1442	2352	0.46
0.72	1034	1722	0.33	1471	2432	0.34	1449	2066	0.43
0.69	1066	1609	0.32	1516	2272	0.33	1486	1931	0.41
0.68	1037	1625	0.32	1475	2296	0.32	1451	1952	0.41
0.59	1147	1251	0.29	1630	1766	0.29	1579	1502	0.37
0.55	1232	1064	0.28	1751	1501	0.28	1679	1278	0.36
0.46	1231	843	0.25	1750	1188	0.25	1675	1015	0.33

(資料來源：本研究整理)

表 5-19 雙層玻璃 TWEA 與 U 值之模擬結果

U	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
0.48	1020	1851	0.35	1149	2233	0.29	1438	1895	0.40

建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證

0.45	998	1585	0.31	1419	2238	0.31	1407	1899	0.40
0.41	822	1627	0.30	1170	2299	0.30	1175	1953	0.38
0.41	947	1656	0.32	1347	2127	0.30	1324	1807	0.38
0.31	810	1526	0.28	1153	2156	0.28	1128	1827	0.36
0.3	673	1650	0.28	959	2331	0.28	962	1975	0.36
0.26	612	1659	0.28	873	2348	0.28	873	1985	0.35

(資料來源：本研究整理)

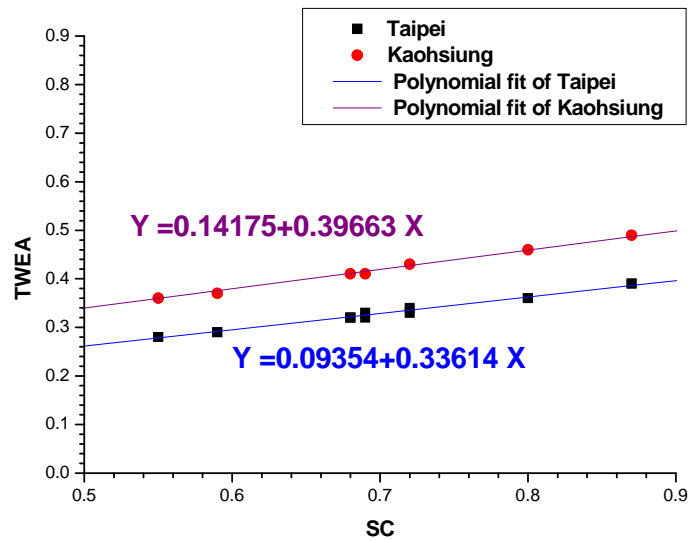


圖 5-21 雙層玻璃 TWEA 與 U 值之關係

(資料來源：本研究整理)

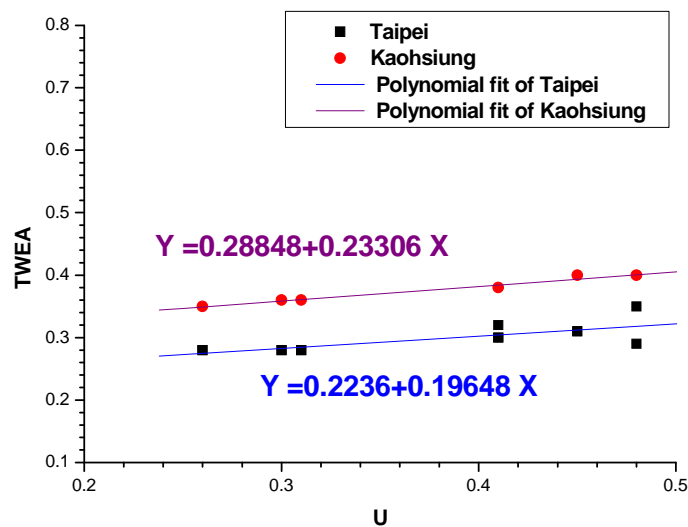


圖 5-22 雙層玻璃 TWEA 與 U 值之關係

(資料來源：本研究整理)

表 5-20 參層玻璃 TWEA 與 SC 值之模擬結果

SC	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
0.78	845	1925	0.34	1204	2722	0.34	1185	2304	0.42
0.78	869	1929	0.34	1239	2726	0.34	1223	2309	0.43
0.62	962	1359	0.28	1369	1920	0.28	1318	1629	0.36
0.49	1508	1168	0.32	1505	1649	0.27	1287	1246	0.31
0.39	987	922	0.23	1404	1300	0.23	1207	984	0.27
0.33	856	685	0.19	1218	965	0.19	1180	824	0.24
0.28	814	559	0.17	1158	787	0.17	1128	674	0.22

(資料來源：本研究整理)

表 5-21 參層玻璃 TWEA 與 U 值之模擬結果

U	Taipei-10F			Taipei-20F			Kaosiung-10F		
	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA	WC	WS	TWEA
0.38	890	1911	0.34	1780	3233	0.43	1255	2288	0.61
0.31	845	1925	0.34	1204	2722	0.34	1185	2304	0.60
0.29	869	1929	0.34	1239	2726	0.34	1223	2309	0.61
0.45	507	2421	0.35	724	3423	0.36	799	2905	0.63
0.4	467	2435	0.35	668	3442	0.35	740	2920	0.63
0.25	340	2479	0.34	487	3505	0.34	547	2965	0.60
0.2	296	2494	0.34	424	3526	0.34	478	2981	0.59
0.15	251	2510	0.33	360	3549	0.34	407	2997	0.59

(資料來源：本研究整理)

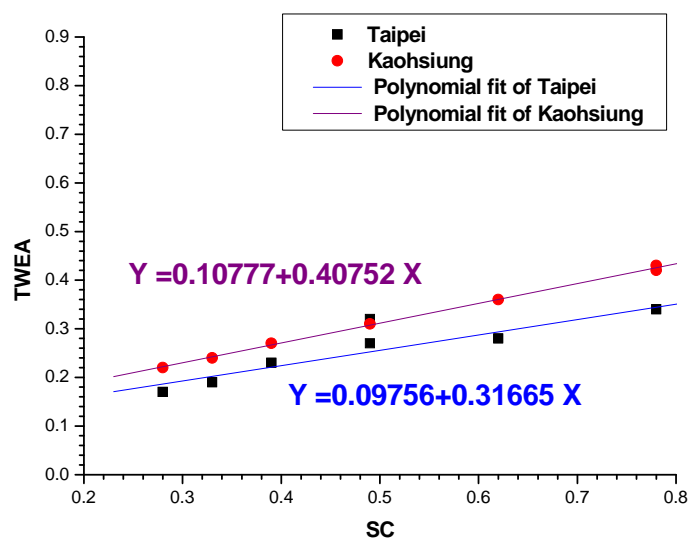


圖 5-23 參層玻璃 TWEA 與 SC 值之關係

(資料來源：本研究整理)

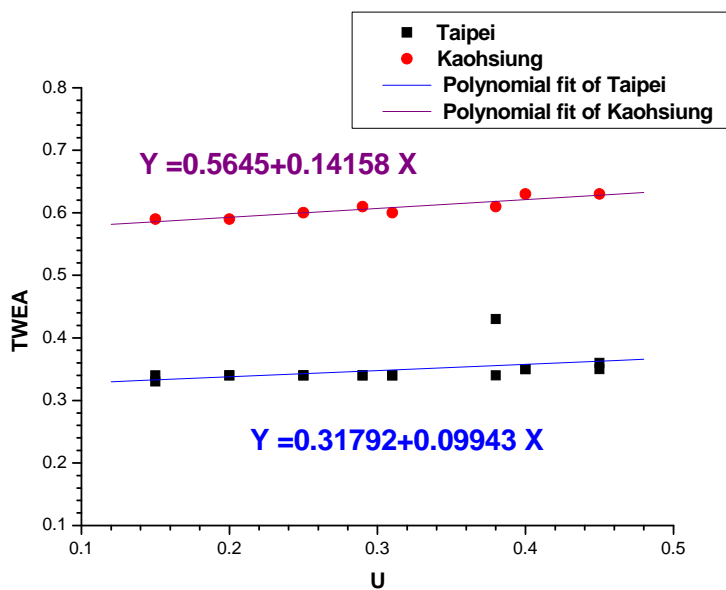


圖 5-24 參層玻璃 TWEA 與 U 值之關係

(資料來源：本研究整理)

## 第六章 結論與建議事項

### 第一節 結論

本研究於計畫執行期間，首先透過玻璃建材應用之現況調查與市售玻璃建材之收集。了解目前性能實驗中心無法利用現行平板玻璃光學與熱學性質量測儀器測得台灣常用玻璃建材之種類。因而參考熱箱法等相關文獻設計可量測特殊玻璃建材熱學性質量測儀器。另外，本研究採用92~95年度研究計畫所量得各式玻璃之光學與熱學性能與「建築節約能源設計技術規範」中之相關資料進行比對，除了完成由非節能玻璃與半反射玻璃組合而成之各式單層與複層玻璃的光學與熱學性質數據修訂外，亦增加膠合玻璃之光學與熱學性質數據，期使能印證「建築節約能源設計技術規範」中之有關玻璃建材隔熱性能數據之適用性。再者，本研究利用DOE模擬程式針對玻璃光學與熱學性質對辦公建築物總空調負載、玻璃熱傳導能量以及太陽輻射穿透玻璃建材進入室內熱量等三部分之影響進行詳細探討，獲得玻璃U值、SC值與空調負載之關係式。對於本研究計畫之研究結果詳列如下：

- (1) 完成玻璃建材應用之現況調查與四種市售玻璃建材之收集。
- (2) 建立特殊玻璃建材光學性質量測設備與技術。
- (3) 常用玻璃熱傳透率表與玻璃之日射透過率表之修訂。
- (4) 完成Optics模擬軟體之教育訓練
- (5) 完成台灣本土氣候下各式玻璃建材對空調耗能之數據，以提供相關設計人員於採用玻璃在建築物省能之參考依據。
- (6) 研究成果投稿論文撰寫。

## 第二節 後續研究建議

本研究計畫除完成上述研究成果外，於計畫執行過程中對於玻璃建材應用於建築節能上之效益認為有長遠之發展潛力，故針對與本研究計畫相關之未來研究方向提供下列建議事項：

1. 由本研究計畫之成果可知，玻璃建材在建築節能上之最重要設計參數為薄膜之性能，故對於薄膜在實際使用於建築物中的其光學性質的劣化程度掌握與量測實屬必要。因此建議性能實驗中心可藉由日光環境對玻璃光學性質影響量測儀器之建立，藉由此標準量測程序研究分析薄膜光學性質的劣化程度對於建築物隔熱性能之影響。
2. 目前結合太陽能發電與建築物外牆兩項功能的一體型太陽能電池模板(Building-integrated photovoltaic, BIPV)產品已被整合、設計並裝置在建築物上，然而 BIPV 應用在大樓帷幕牆或外牆時，與目前市面上熱門的太陽能電池模組最大的不同是在使用的耐久程度上，BIPV 的使用期限一般都需要達到 15~20 年，而且須符合使用當地的建築法規對建材性質的規定。因此，對於 BIPV 實際變為合適的建築外牆建材之相關評估工作亟待建立。

## 參考文獻

1. 蕭江碧、林憲德、陳寒濤，“玻璃日光輻射熱取得率之評估研究”，內政部建築研究所研究計劃成果報告，民國 92 年。
2. 陳瑞鈴、楊冠雄、林憲德、李訓谷，“建築外殼隔熱性能檢測程序標準化之研究”，內政部建築研究所研究計劃成果報告，民國 93 年。
3. 陳瑞鈴、林憲德、李訓谷，“單一建築材料隔熱性能資料庫之建立”，內政部建築研究所研究計劃成果報告，民國 94 年。
4. 林憲德，“建築節約能源設計技術規範與實例”，2003 年。
5. ISO 10599, “Thermal performance of windows, doors and shading devices — detailed calculations.”
6. ISO 9050, “Glass in building—Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors”, International Organization for Standardization, Switzerland, 2003.
7. ISO 12567-1, Thermal performance of windows and doors — Determination of thermal transmittance by hot box method — Part 1: Complete windows and doors.
8. Robin Mitchell, Christian Kohler, and Dariush Arasteh, “Window 5.0 User Guide.” Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, U.S.A.
9. 張磊、孟慶林、張百慶，窗熱阻 R 值和遮陽係數 SC 值的實驗研究，節能網，2005 年 8 月 6 日。
10. JIS R 3106 : Testing method on transmittance, reflectance and emittance of flat glasses and evaluation of solar gain coefficient.