

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 土木科

第三名

091204

中古屋改建成綠建築之研究

學校名稱：國立員林高級農工職業學校

作者：	指導老師：
職二 李慶賢	曾銘文
職二 楊佩錚	林秀侶
職二 吳佳容	

關鍵詞：綠建築、通風塔、雙層牆

摘要

本研究在探討如何將中古屋改建成綠建築，以製作縮小 1/25 和 1/30 比例的平屋頂之中古屋建築模型，包含：傳統雙拼之中古屋、增建雙層牆、增建通風塔、含雙層牆以及通風塔等。另改變屋頂形式為斜屋頂，經由比較屋頂形式測試其功效。實驗中通風塔採用形式亦是關鍵，故亦單獨測試各種形式之功效及環境變異之差異。

實驗方式為利用電子溫度計觀測各層樓在不同時間之溫度。以及觀測不同形式通風塔之溫度，進而找出最佳之改善建築物室內環境舒適度的方式。

根據實驗數據顯示，改建為具雙層牆、通風塔和雙層斜屋頂之中古屋較傳統雙拼中古屋之室內溫度下降約 4 度。通風塔形狀為矩形、厚度越厚、高度越高、斷面積為 2x2 時最有效果。

壹、研究動機

在全球暖化且物資缺乏的危機下，如何減少資源浪費以及延長物品之使用年限是當務之急。就土木建築領域中，臺灣位處炎熱多雨的亞熱帶，而建築是提供人們居住使用，若能充分運用綠建築手法在建築物上，也能達成永續經營居住環境的效果。在臺灣的高密度建築中，中古屋是備受矚目的一環，如何將中古屋變綠？應可為主要重點。因此本研究動機有以下三點：

- 一、綠建築推廣至今，多運用在新建的建築物或公眾建築中，極少有人願意將中古屋改建成符合九大指標的綠建築，然而綠建築不該只在新建的建築物上提倡，應更能往中古屋方向研究。
- 二、中古屋在市場佔有比例非常高，且中古屋購置後都需整修，尤其建築物在經年的使用後普遍都有水管老舊、排水通道堵塞、牆壁龜裂及滲水等問題，因此在修繕過程中若能加入綠建築概念，中古屋亦能煥然一新，成為少碳排放量的房屋。
- 三、街屋形式建築基地常為臨道路面寬窄卻縱向過深的形式，建築設計者常會考慮到空間配置將同一樓層區隔為三個空間，但卻會導致中間隔間成為採光通風極度不佳的暗室，導致居住者完全仰賴人工照明、電扇或空調，長期居住在此病態建築中將會無形的危害人體健康。

貳、研究目的

本研究主要是使用「綠」觀念將建築物二氧化碳排放量減少，進而降低能源消耗，其中改造項目包含：一、具有空氣層功效之雙層牆，二、具有煙囪效應之通風塔，三、雙層斜屋頂，探討改善通風不良及酷暑寒冬導致的室內環境舒適度問題。本研究目的為：

- (一) 探討如何利用通風塔之煙囪效應原理，達到室內通風效益。
- (二) 雙層牆對於室內溫度之影響，如何達到冬暖夏涼之效果。
- (三) 平屋頂改建成斜屋頂對室內環境溫度的影響。
- (四) 通風塔內部管道形式對溫度影響。
- (五) 通風塔之形式差異對建築物通風效果影響。
- (六) 測試不同環境對房屋室內溫度的差異性。

參、研究設備與器材

表 1 設備與器材

			
矽酸鈣板	電子溫度計	玻璃	水管
			
塑膠板	L 型鋁條	矽利康	線鋸、美工刀
			
透明膠帶	保麗龍膠	西卡紙	樣品屋
			
珍珠板	木板	電鑽	補土

肆、研究過程

一、本研究之流程如圖 1 所示：

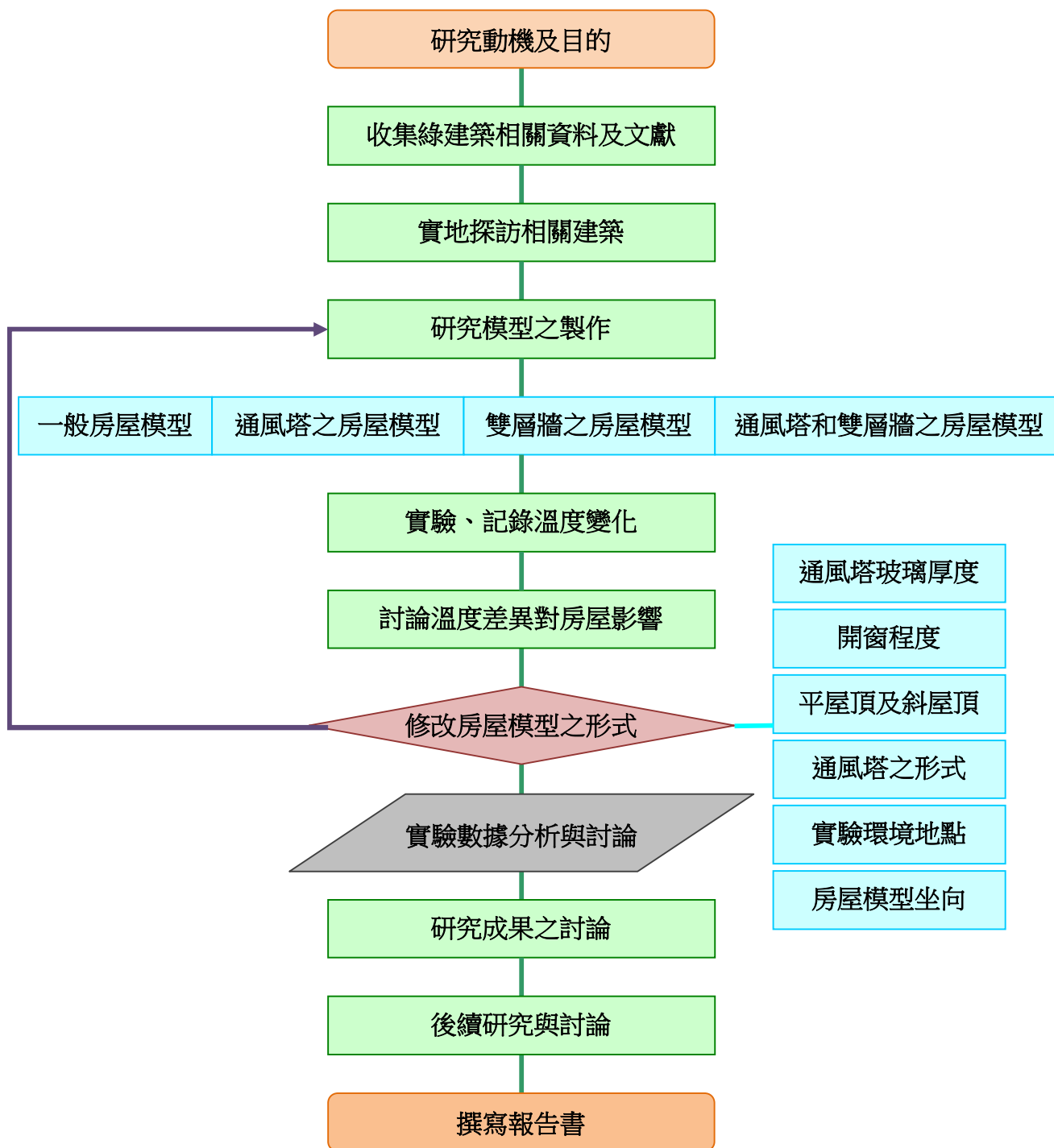
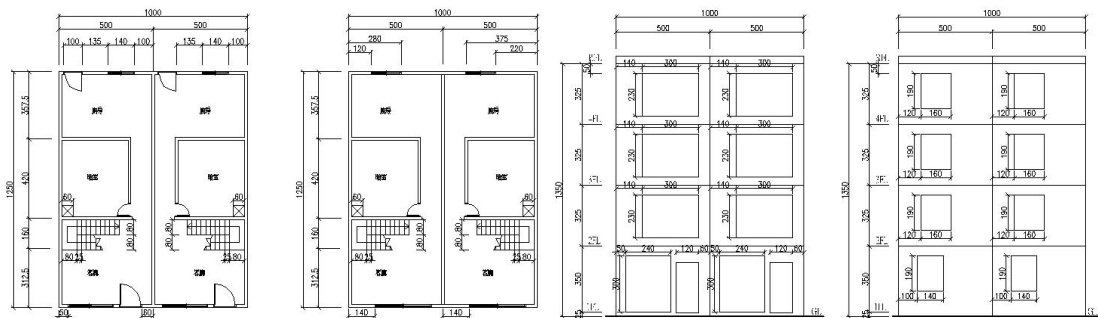


圖 1 研究流程圖

二、研究模型之製作

(一) 房屋模型製作過程

1. 依照實際房屋尺寸縮小比例，利用 AutoCAD 繪製建築圖(如圖 2 所示)



a. 壹層平面圖

b. 貳至肆層平面圖

c. 正向立面圖

d. 背向立面圖

圖 2 模型之建築圖

2. 依照建築圖在矽酸鈣板進行繪畫及切割(如圖 3 所示)。
3. 組立建築物模型及各樓層隔間(如圖 4 所示)。



圖 3 建築模型各單位之繪畫切割



圖 4 組立建築物各層外牆及各樓隔間

4. 窗戶玻璃之安裝(如圖 5 所示)。
5. 通風塔之組立(如圖 6 所示)。

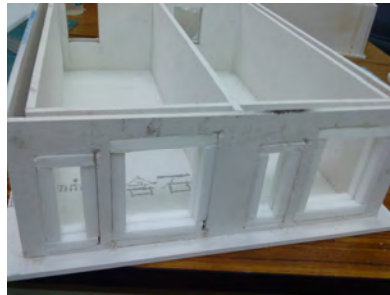


圖 5 窗戶玻璃之安裝



圖 6 通風塔之組立

6. 再使用補土填補模型隔間黏接觸的空隙(如圖 7 所示)。
7. 安裝水管在樓層中(如圖 8 所示)。



圖 7 空隙補土



圖 8 為室內的通風路徑，室內通風管之安裝

8. 固定溫度計於樓層的隔間中(如圖 9 所示)。

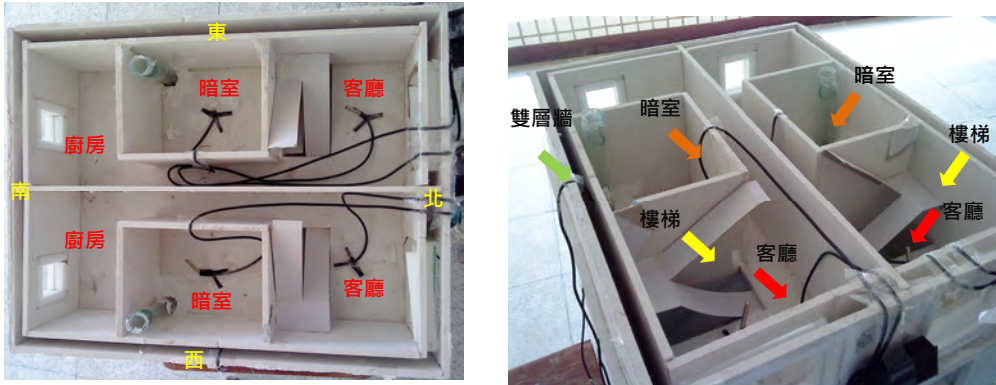


圖 9 溫度計放置位置

9. 斜屋頂之製作與組立(如圖 10 所示)。



圖 10 斜屋頂之製作與組立

10. 將全部樓層組裝成一棟完整房子的模型(如圖 11 所示)



圖 11 整棟模型之組立

11. 將模型放置室外空曠且有光照處測試溫度(如圖 12 所示)。



圖 12 房屋模型實地測試

(二) 通風塔製作過程

1. 組立通風塔(如圖 13 所示)。



圖 13 通風塔之組立

2. 放置溫度計於通風塔之位置(如圖 14 所示)。

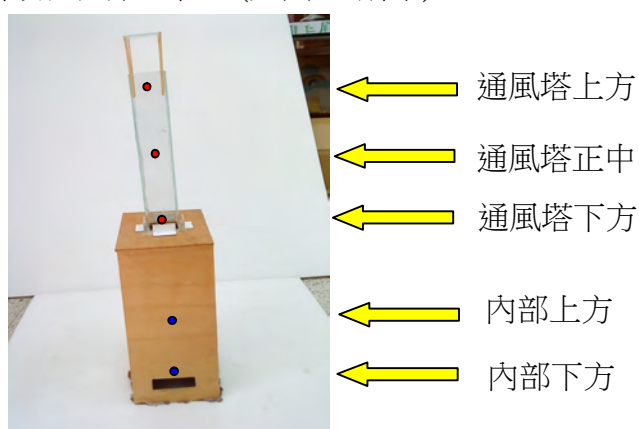


圖 14 通風塔之溫度計位置示意圖

表 2 通風塔模型各種形式對照表

編號	形式
A	圓形 (高：24cm 直徑：5 cm 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
B	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
C	矩形 (高：24cm 斷面：6x6 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
D	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：3mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
E	矩形 (高：36cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
F	矩形 (高：24cm 斷面：2x2 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
G	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：5mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
H	矩形 (高：12cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)
第一型	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部單邊開口)
第二型	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部四邊開口)
第三型	矩形 (高：24cm 斷面：4x4 厚度：2mm 開口位置：頂部下方 4cm 處開口)

3. 將通風塔模型放置於空曠草地進行實驗(如圖 15 所示)。



圖 15 通風塔模型實地測試

(三) 各階段之房屋模型對照表

表 3 各階段房屋模型對照表

階段一		階段二				階段三					
對照組 A	實驗組 D	對照組 A	實驗組 B	實驗組 C	實驗組 D	對照組 A	對照組 B	實驗組 C	實驗組 D	實驗組 E	實驗組 F
一般傳統房屋	通風塔、雙層牆	一般傳統房屋	雙層牆	通風塔	通風塔、雙層牆	一般傳統房屋	一般傳統房屋	通風塔	雙層牆	通風塔、雙層牆	通風塔、雙層牆

(四) 各階段實驗項次及狀態列表

表 4 各階段實驗項次及狀態列表

階段	實驗 次序	暗室開口 狀況	開窗程度 (註 1)	屋 頂 形 式	通風 塔 斷 面 積	通風塔 開口方 向	通風塔 內部	玻 璃 厚 度 (mm)	觀 測 地 點	房 屋 比 例	房 屋 坐 向	雙層 牆形 式	
階段一 2/16-2/19 2/21~2/24	一	無開口	封閉	平	4×4	北方、開口 向下四公分	5mm 玻璃連 接客廳 和廚房	5	四周 皆為混 凝土	1:25	坐北 朝南	沒有 改變	
階段二 3/4 3/7~3/11 3/14~3/18 3/21~3/22	一		封閉	斜			改為水 管連 接客廳 和廚房	4					
	二		封閉	斜				3					
	三		全開	斜									
	四	與廚房 牆面下 方處開口	半開	平									
階段三 6/11~6/16	6/11 一	與客廳 牆面下 方處開口	B、F 一樓半 開	平	2×2	四周皆 有開口 開口在 頂端	改為透 明水管 沒有連 接客廳	2	空曠 草皮上	1:30	坐南 朝北		東側 牆面 上方 開孔 東西 側牆 面上下 方開孔
	6/11 二			平							坐東 朝西		
	6/12 三			平							坐南 朝北		
	6/12 四			平									
	6/12 五		平										
	6/13 六		A~F 一樓半 開 B、F 四樓半 開	平	F棟 2×2 加裝 4×4 通風 塔						4×4 開口在		
	6/13 七		平	4×4 通風 塔									
	6/13 八	與客廳	平										

	6/14 九	牆面上 下方處 開口				頂端						
	6/14 十											
	6/15 十一			斜								
	6/15 十二			平								
	6/16 十三			平	2×2							
	6/16 十四			平		四周皆 有開口						
	6/16 十五	與客廳 牆面下 方處開 口	B、F一樓半 開	平	F棟 2×2 加裝 4×4 通風 塔	開口在 頂端			四周皆為 混凝土			東西牆 面上下 封孔

註 1：窗戶半開意指雙拉窗全開，窗戶全開意指無窗戶

註 2：階段三增設樓梯

伍、研究結果

一、中古屋房屋形式(參照表 3)各階段之實驗結果

(一) 階段一

1. 實驗一：第一階段溫度計測試位置為雙層牆內及東側暗室以及西側暗室，實驗季節為冬天，二樓西側暗室在 10:50 時其溫度差距最大達約 3.5 度，在 12:50 到 13:50 期間則產生逆煙囪效應。(如圖 16 所示)

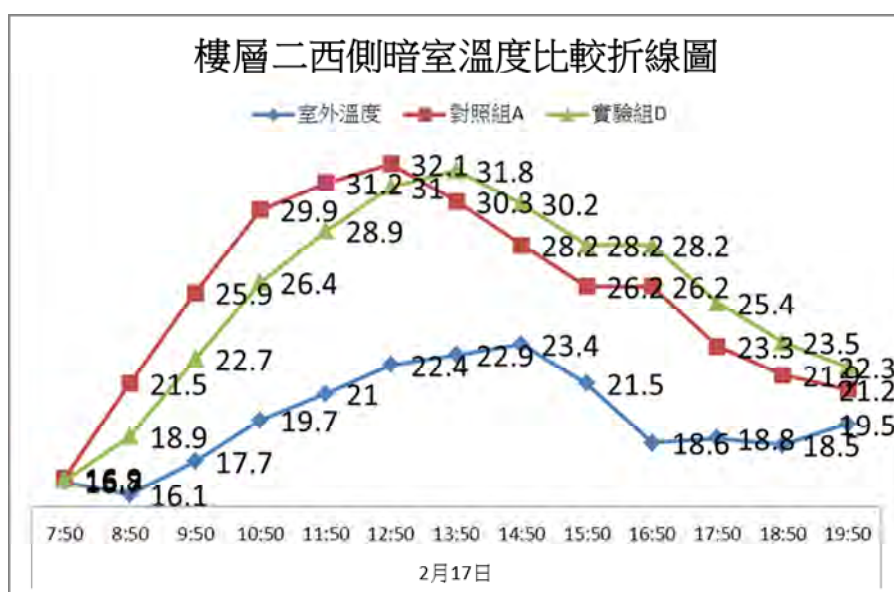


圖 16 2月17日各暗室溫度比較折線圖



(二) 階段二

1. 實驗一：暗室部分，樓層四西側暗室在 10:50~14:50 之溫度差距為 4 度左右，尤以 14:50 時，對照組 A 及實驗組 D 之溫度相差達 4.7 度。另外，同側之溫度趨勢走向較為一致，頂樓之組別溫度差距較大，因此各組別在樓層二東側暗室無明顯差距(如圖 17 所示)。各樓層之客廳溫度部分，在 12:50 之後實驗結果較為相近，9:50~12:50 之溫度差距約為 2 度(如圖 18 所示)。

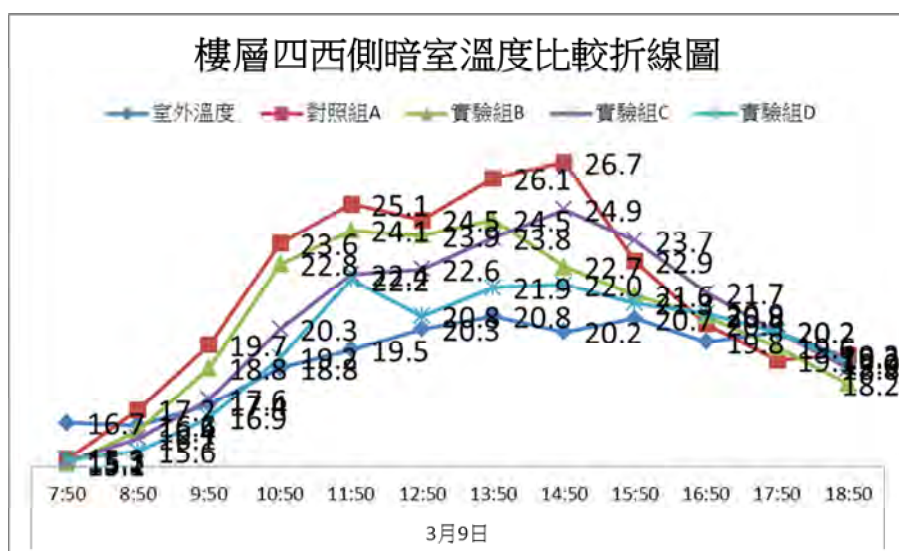


圖 17 3月9日各暗室溫度比較折線圖

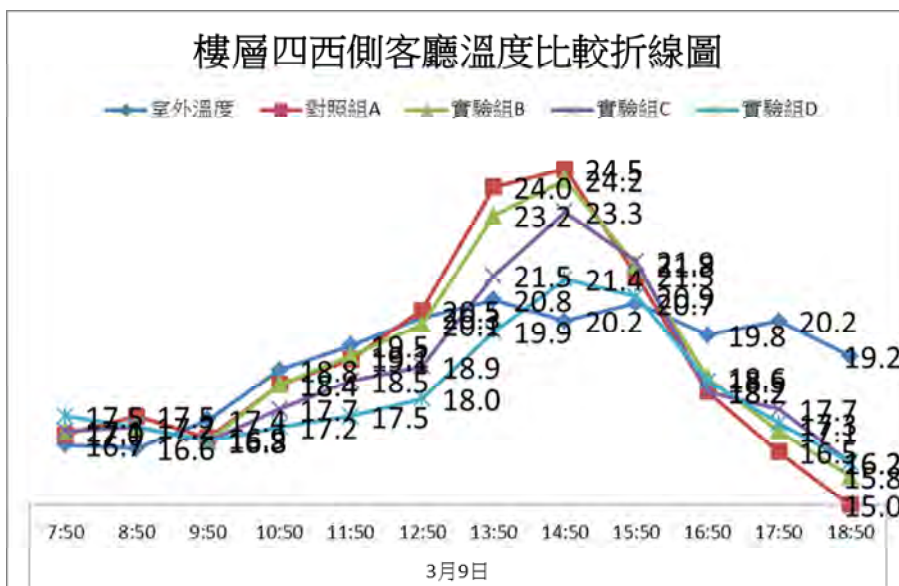
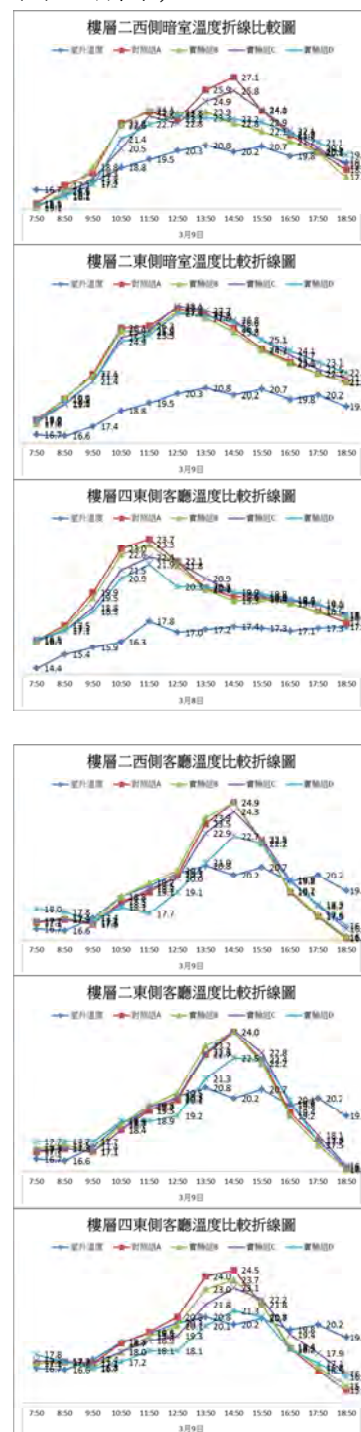


圖 18 3月8日各客廳溫度比較折線圖



2. 實驗二：同樓層溫度差異性之趨勢較一致，頂樓之實驗成效較明顯，如樓層四東側暗室，在 11:50 溫度對照組 A 及實驗組 D 溫度差距最大相差約 3.2 度。實驗組在白天之溫度變化皆較對照組緩和，尤以實驗組 D 最為明顯(如圖 19 所示)。樓層四西側客廳，10:30 到 15:00 之間與對照組 A 之溫度差異約為 2~3 度(如圖 20 所示)。

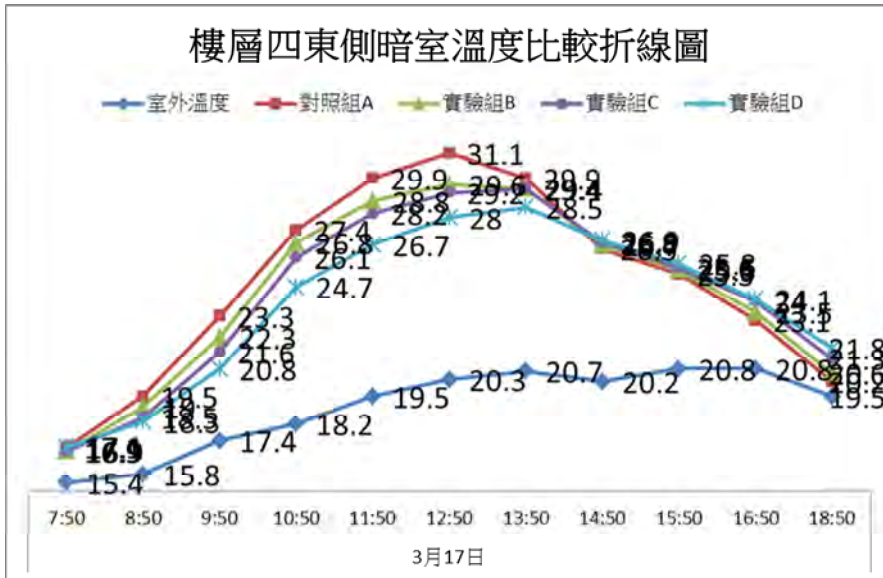


圖 19 3月17日各暗室溫度比較折線圖

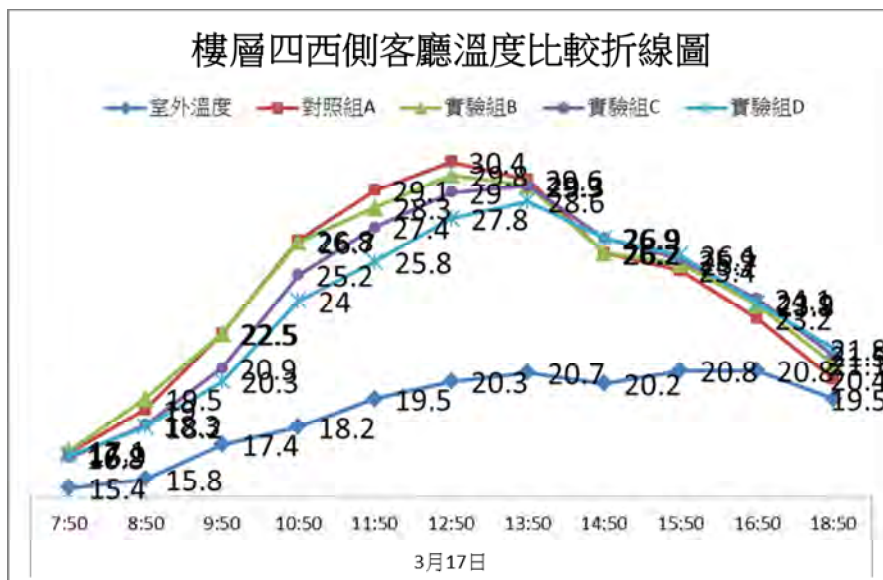
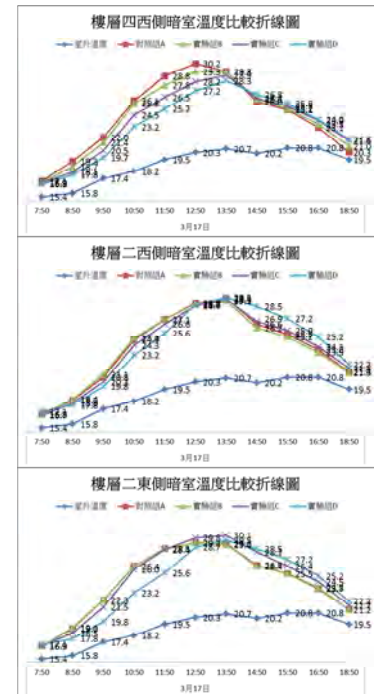
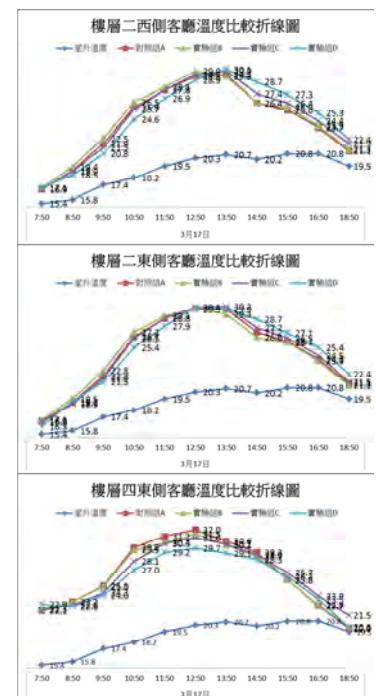


圖 20 3月17日各客廳溫度比較折線圖



3. 實驗三：同樓層之溫度變化趨勢較為一致，頂樓之溫度差距較為明顯，如樓層四西側暗室於 8:50~14:50 之溫度相差 3 度左右(如圖 21、22 所示)。

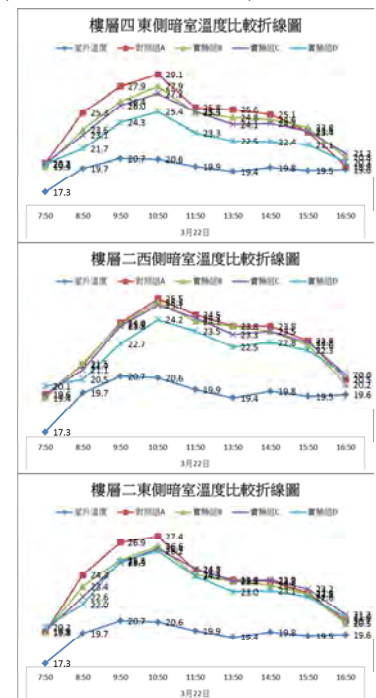
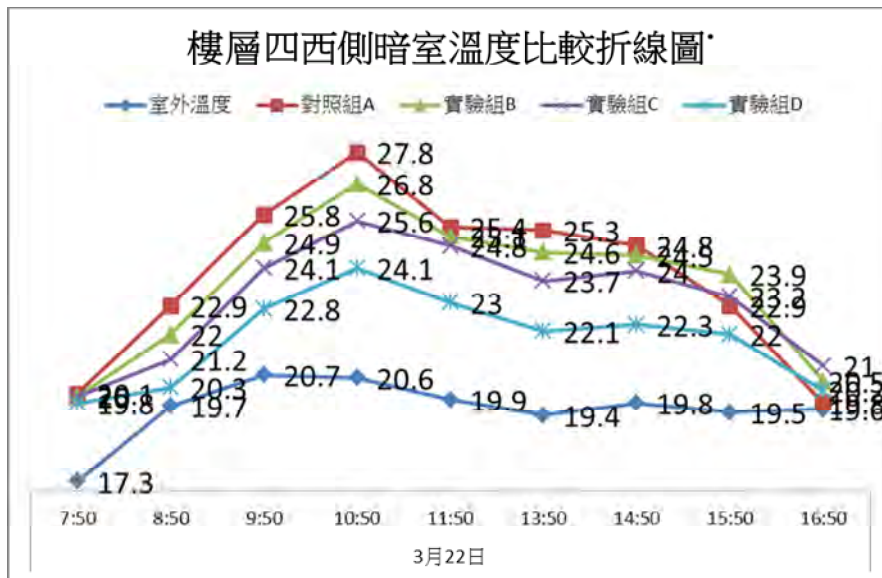


圖 21 3月22日各暗室溫度比較折線圖

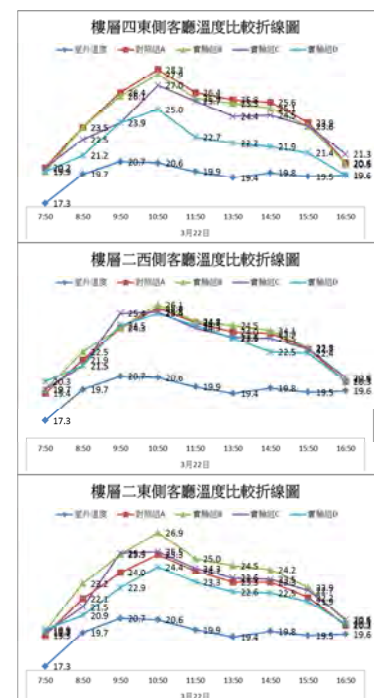
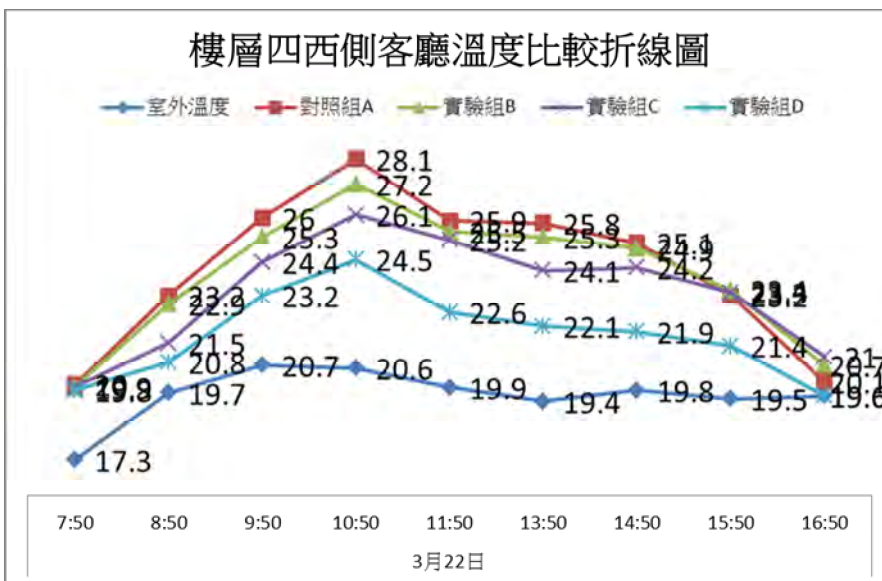


圖 22 3月22日各客廳溫度比較折線圖

4. 實驗四：樓層四東側暗室，如圖 23 所示，各組別及各個暗室之溫度差距不大。樓層四東側客廳如圖 24 所示，在 8:50 對照組 A 及實驗組 D 溫度相差 2.1 度，不同位置之客廳溫度趨勢亦接近。

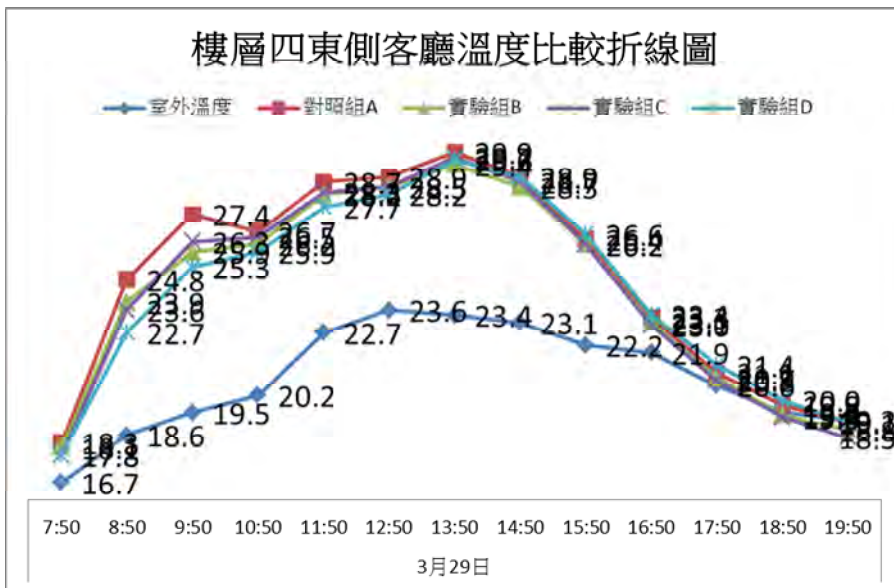


圖 23 3月29日各客廳溫度比較折線圖

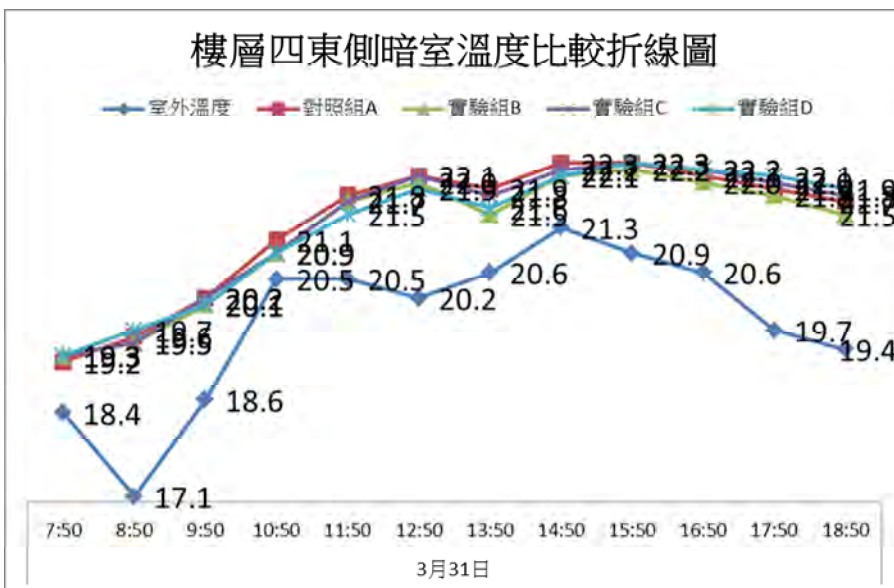
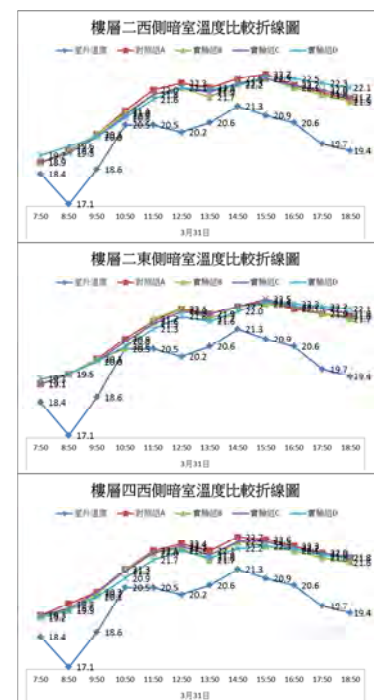
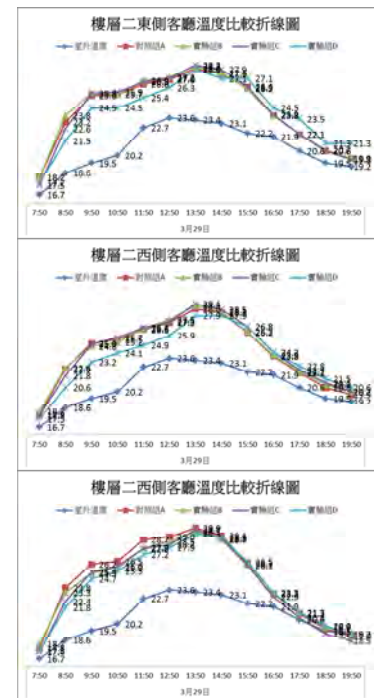


圖 24 3月31日各客廳溫度比較折線圖



(三) 階段三

- 實驗一：改建後的房屋溫度都較傳統的溫度高且無規律性(如圖 25 所示)，找尋問題後發現模型傳統房屋 A、B 棟暗室的下方開口未填補，接合處空隙也沒有完全填補，因此我們利用補土將孔隙填滿，填補空隙後在繼續實測。

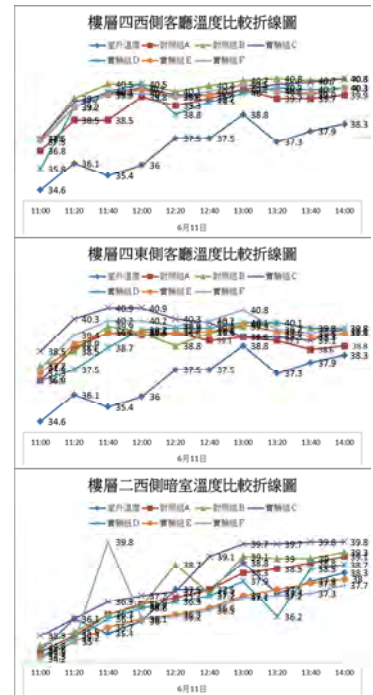
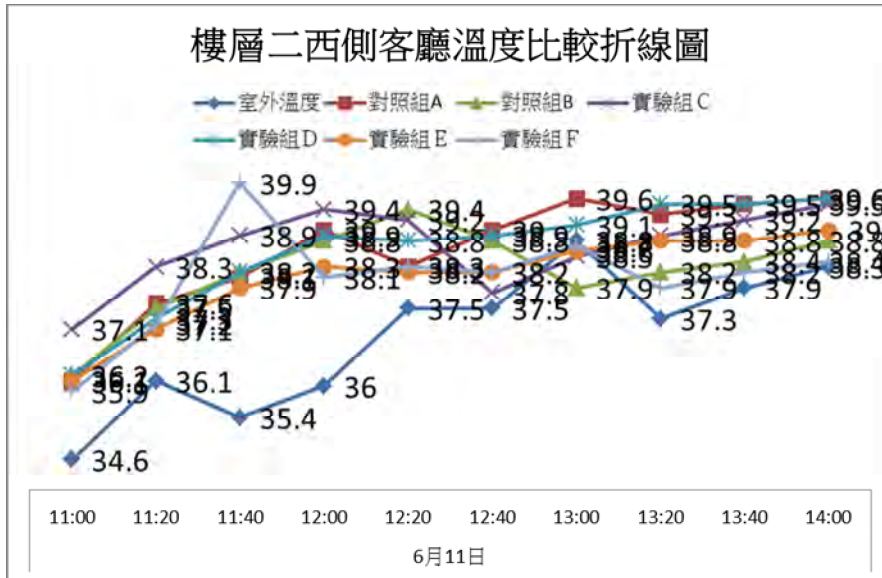


圖 25 6 月 11 日各客廳溫度比較折線圖

- 實驗二：將空隙填補好後溫度的變化就較有規律性，由圖 25 可得知東側的 F 棟溫度比 B 棟溫度高，這也和預期的不同。

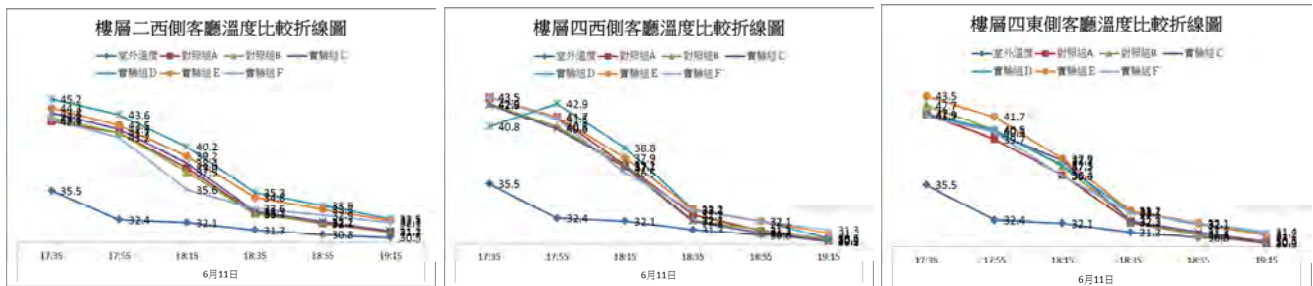


圖 26 6 月 11 日各客廳溫度比較折線圖

3. 實驗三：經由實驗二所得之數據分析討論後，將原本封閉之雙層牆修正為具有出風口之形式，因此於實驗三將雙層牆上方開孔，改變後所呈現之數據有些微成效(如圖 27 所示)。

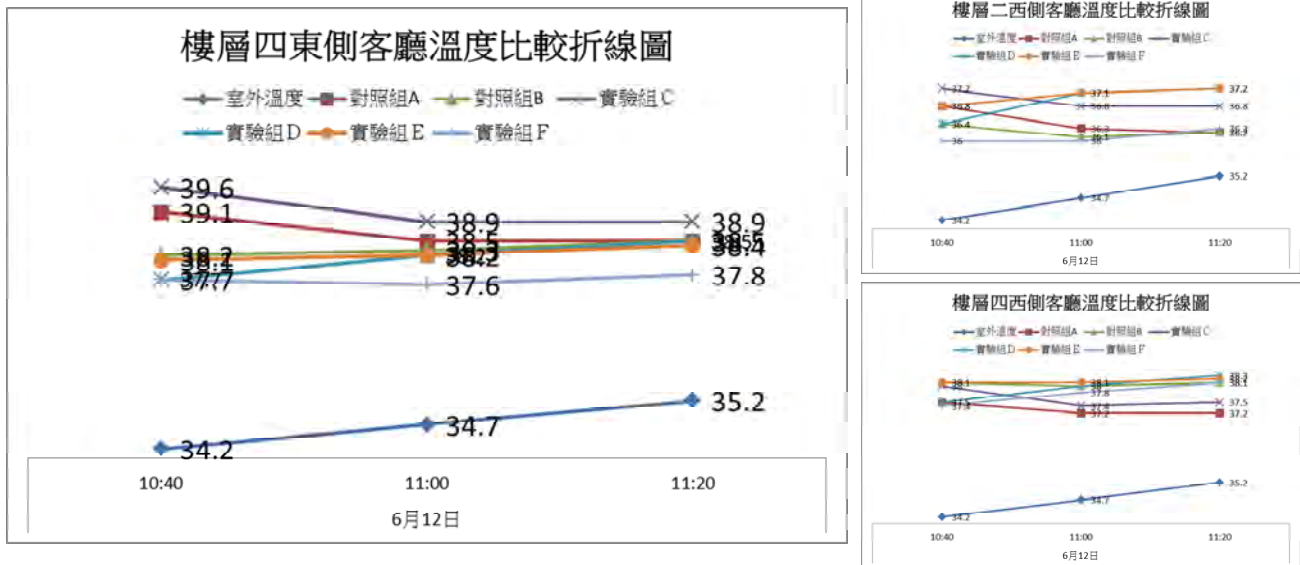


圖 27 6 月 12 日各客廳溫度比較折線圖

4. 實驗四：此實驗為雙層牆上下開孔，但已圖 27 得知 F 棟的溫度較 B 棟高，E 棟的溫度較 A 棟高，因此修正後亦無明顯差距，所以再將 F 棟和 B 棟窗戶打開，繼續實驗。

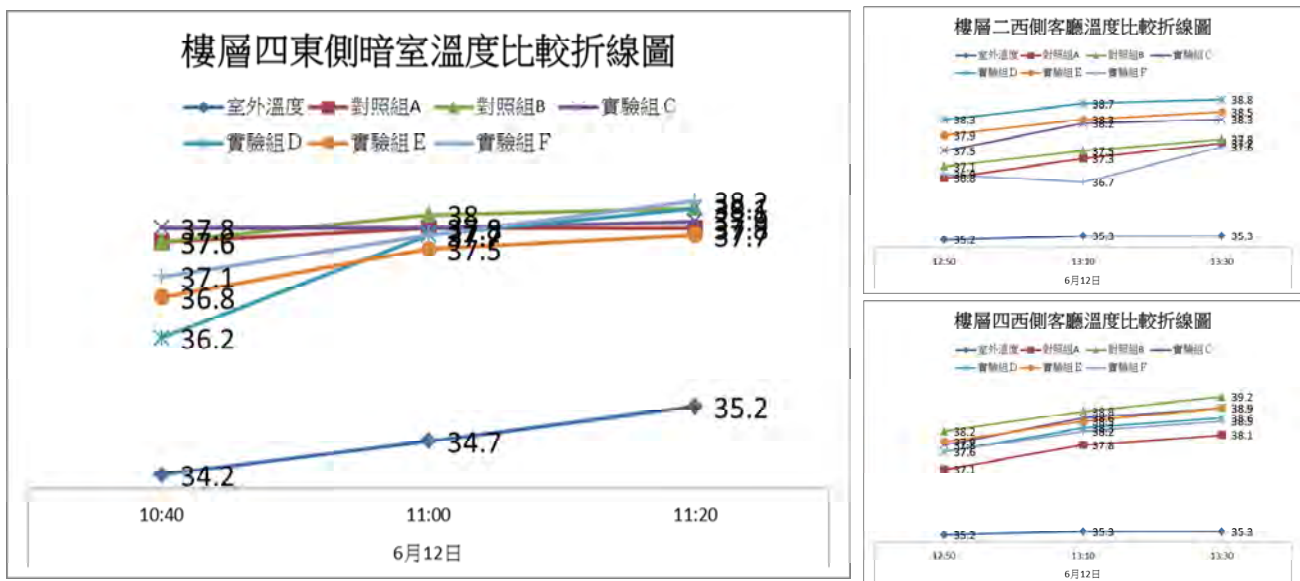


圖 28 6 月 12 日各暗室溫度比較折線圖

5. 實驗五：此實驗為 B 棟和 F 棟窗戶打開，由圖 29 發現此改變也是 E 棟和 F 棟比 A 棟和 B 棟溫度高，因此我們推測是否通風塔斷面積太小，所以我們把通風塔原本斷面積 2x2 改為斷面積 4x4 以測試。

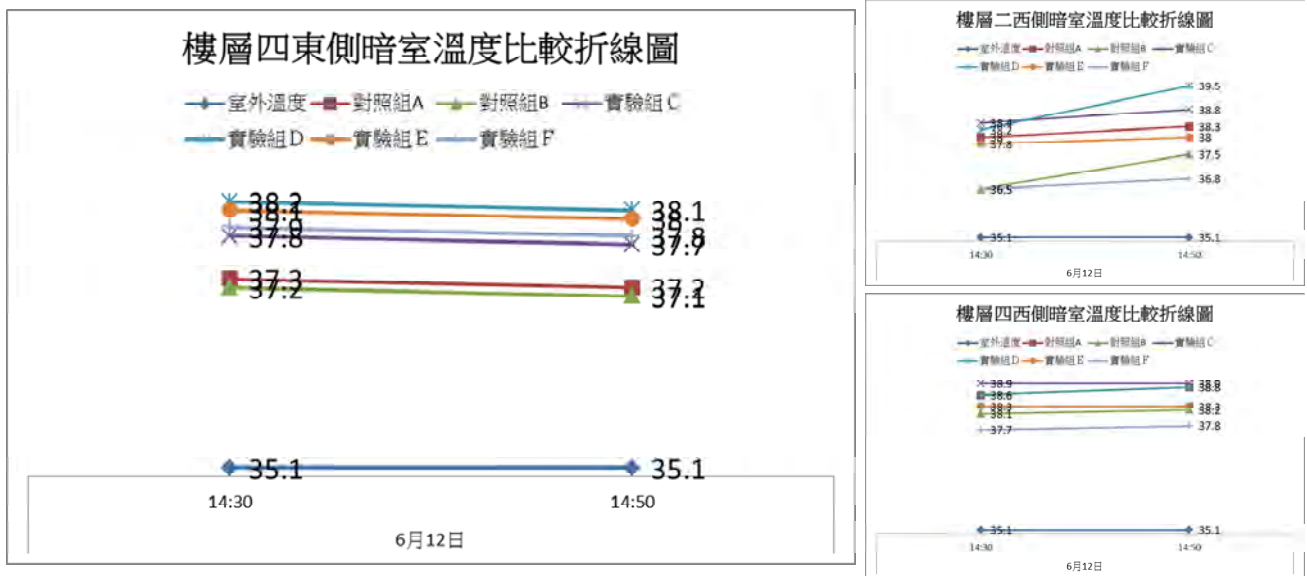


圖 29 6 月 12 日各暗室溫度比較折線圖

6. 實驗六：由圖 30. F 棟的溫度和 B 棟溫度相近，因此其成效不佳，故亦須在行改變變因子以求更佳之成效。

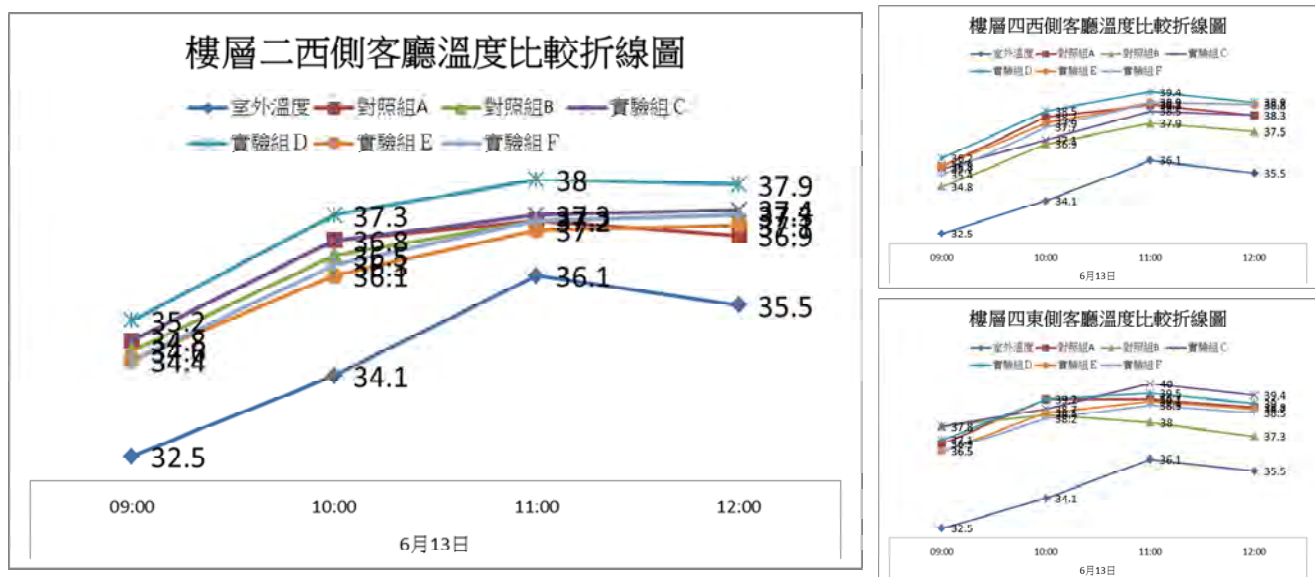


圖 30 6 月 13 日各客廳溫度比較折線圖

7. 實驗七：由圖 31 可得知 F 棟的溫度較 B 棟高 1 度左右，E 棟的溫度較 A 棟高 0.7 度，於我們所預期的效果有所相反，因此我們討論後把斷面積 2x2 的通風塔改為斷面積 4x4 的通風塔以測試是否有改善。

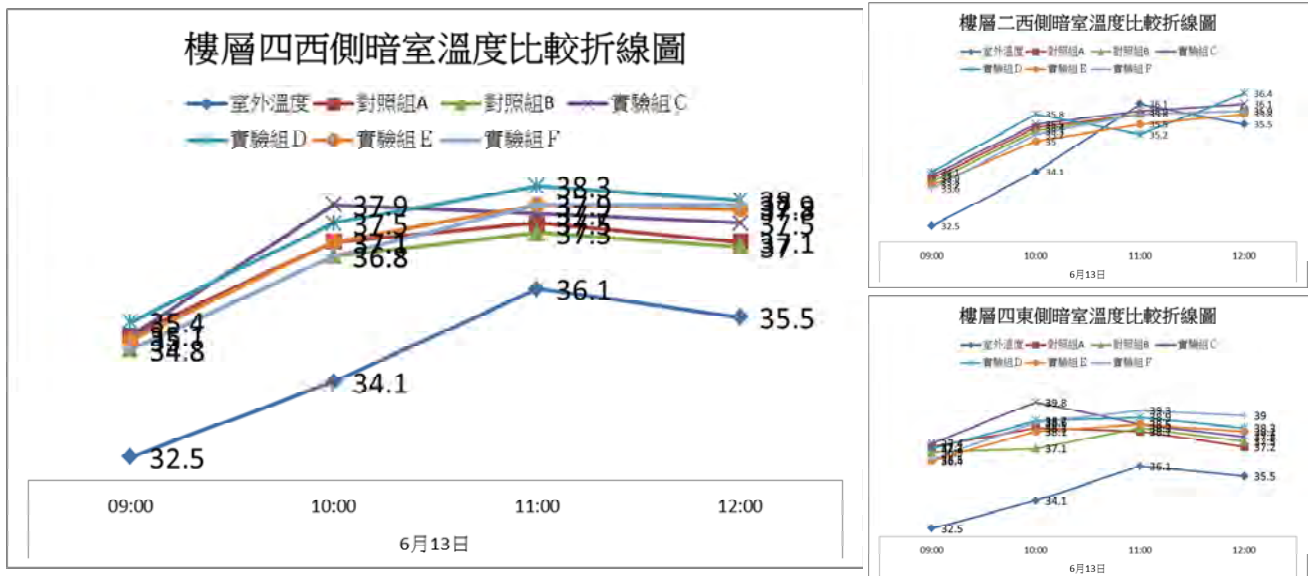


圖 31 6 月 13 日各暗室溫度比較折線圖

8. 實驗八：此實驗把通風塔改為斷面積 4x4，但效果依然是有改造的 E、F 棟高於 A、B 棟，相差 1 度左右，因此我們又做了一個改變就是把 F 棟四樓暗室上方開孔，繼續實驗是否有改善(如圖 32 所示)。

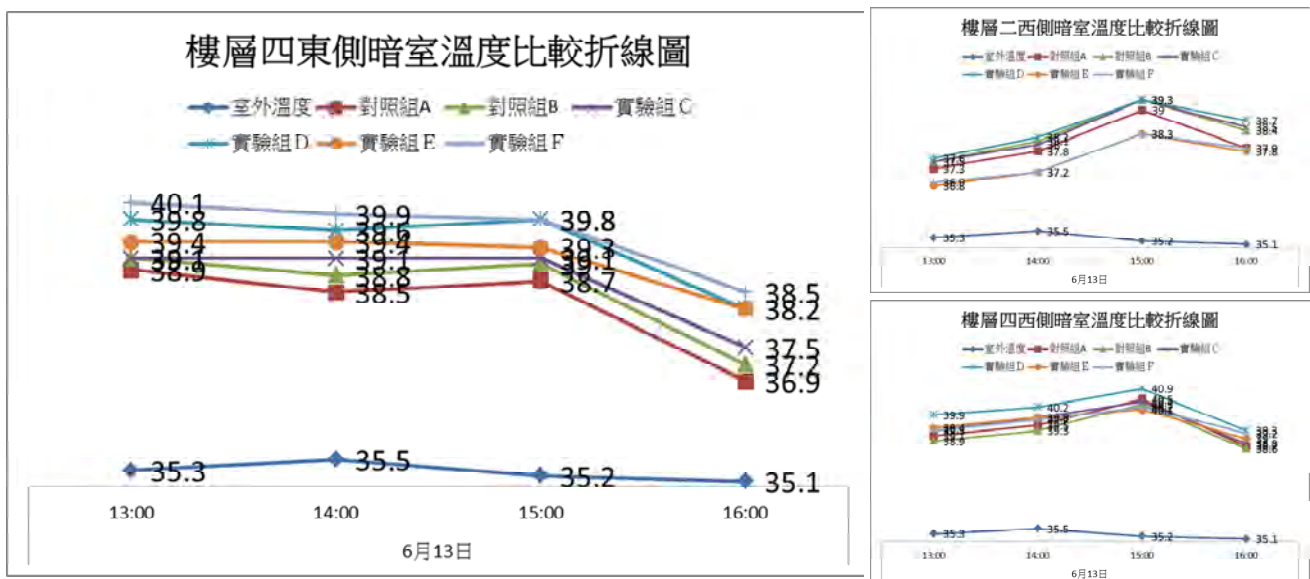


圖 32 6 月 13 日各暗室溫度比較折線圖

9. 實驗九：此實驗改變 F 棟暗室上方開孔，結果與我們所要的是相同，F 棟溫度低於 B 棟 2 度左右，所以我們推論是四樓暗室熱氣無法排出所導致的結果，數據也證明了在暗室開孔有成效(如圖 33 所示)。

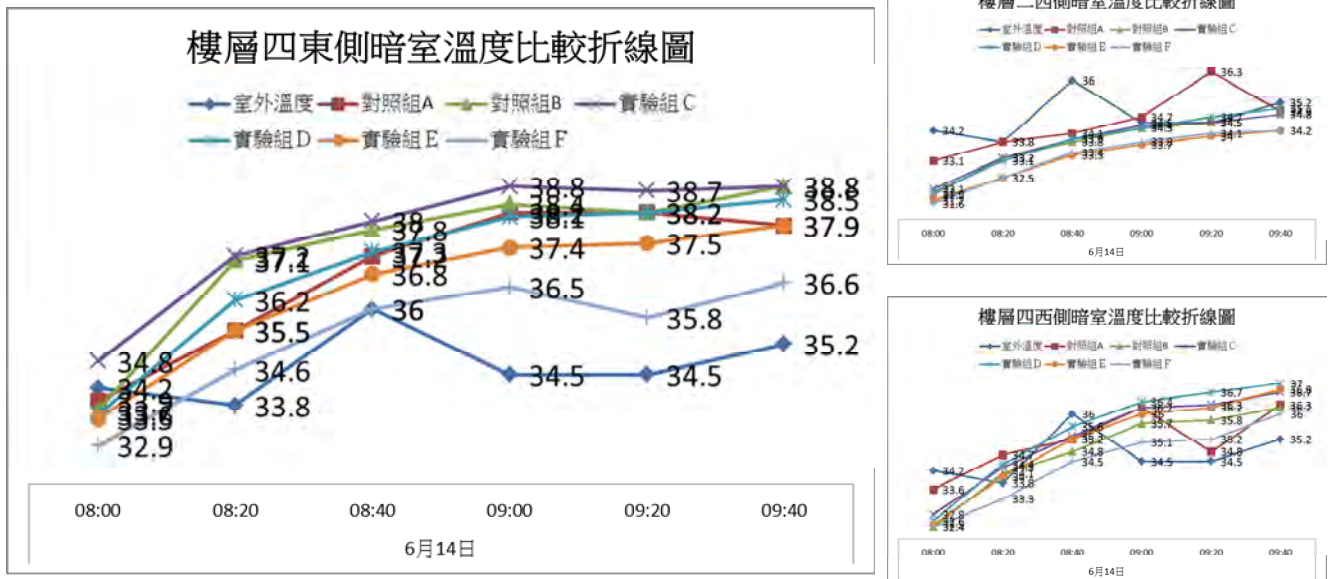


圖 33 6 月 14 日各暗室溫度比較折線圖

10. 實驗十：此實驗改變環境因子，施測地點改為四周環境皆為混凝土，F 棟溫度比 B 棟下降約 2.3 度左右，實驗組 F 與對照組 A 之間之溫度差距已有穩定之現象，如於 11:00 至 16:00 時有 2 至 3 度左右之差距(如圖 34 所示)。

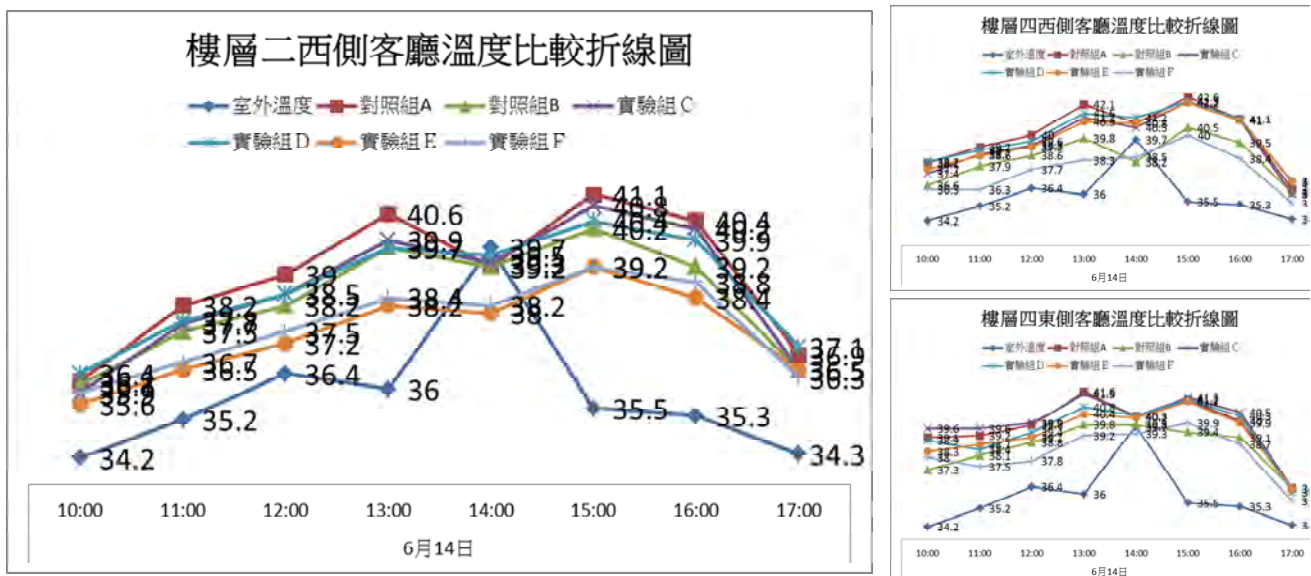


圖 34 6 月 14 日各客廳溫度比較折線圖

11. 實驗十一：此實驗 F 棟和 B 棟的屋頂改為斜屋頂，由圖 35 可得知 F 棟的溫度比 B 棟溫度下降 2.7 左右，E 棟的溫度比 F 棟溫度高 3 度左右，因此可知道斜屋頂比平屋頂還要有成效。

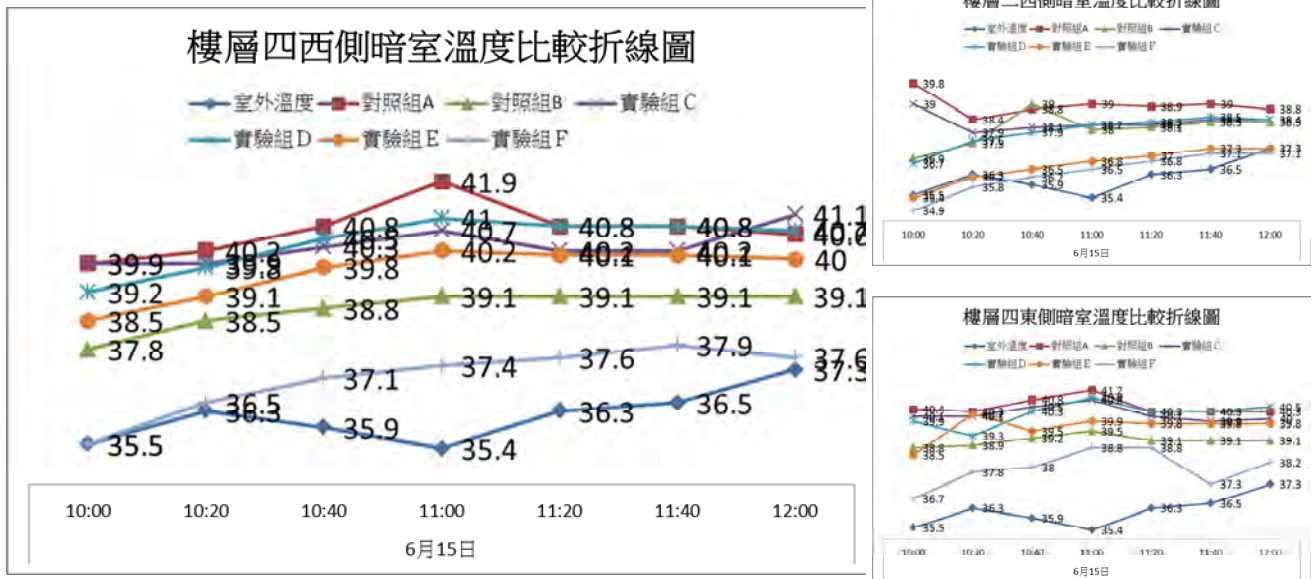


圖 35 6 月 15 日各暗室溫度比較折線圖

12. 實驗十二：此實驗和實驗一的模型狀態是一樣，只有施測地點不同，但成效是相反，F 棟比 B 棟溫度低 1 度左右，由此可得之模型會因施測地點不同，而感生不同的效果，在空曠草地上的成效不佳，在四周皆混擬土得成效較佳 (如圖 36 所示)。

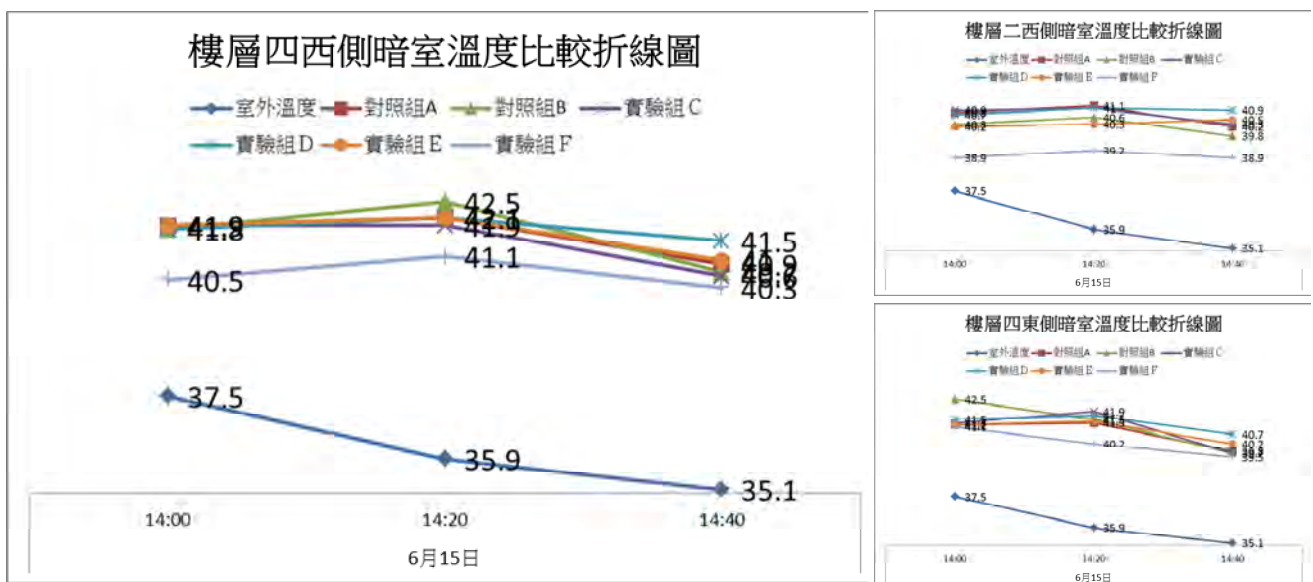


圖 36 6 月 15 日各暗室溫度比較折線圖

13. 實驗十三：此實驗的 A 棟與 B 棟反而較其他實驗組的房屋溫度低，因此在實驗十四的 F 棟原本 2x2 再加裝 4x4 的通風塔(如圖 37 所示)。

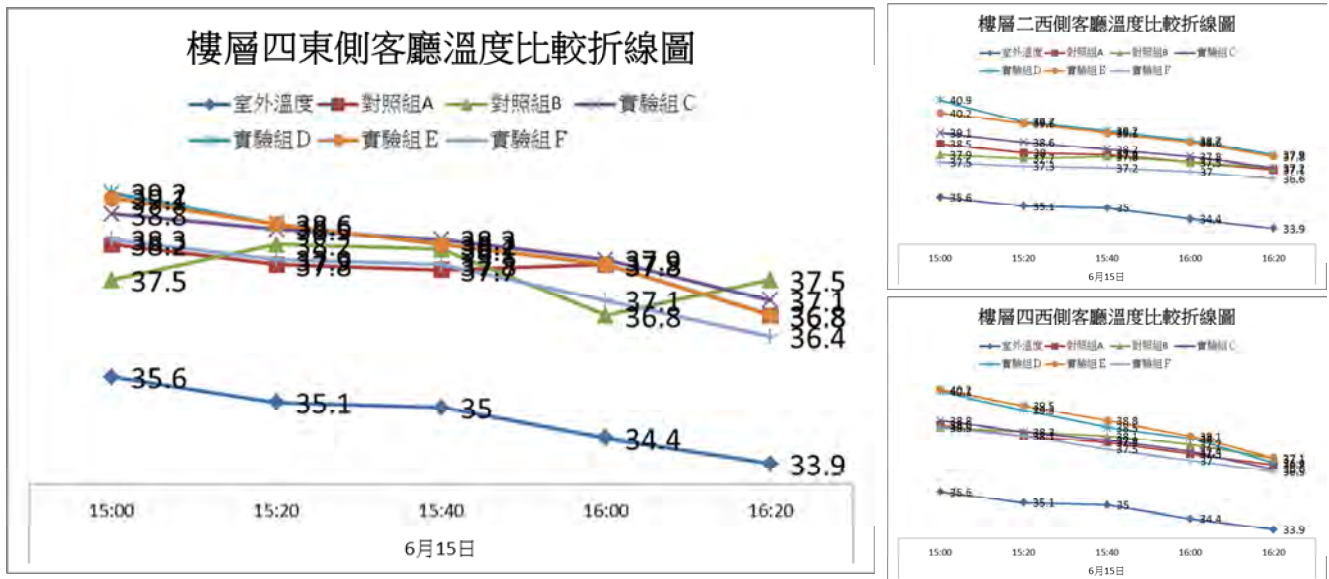


圖 37 6 月 15 日各暗室溫度比較折線圖

14. 實驗十四：此實驗與實驗十二相比，E、F 棟的溫度有明顯得較 A、B 棟來的低，可推論加裝 4x4 通風塔是有成效的(如圖 38 所示)。

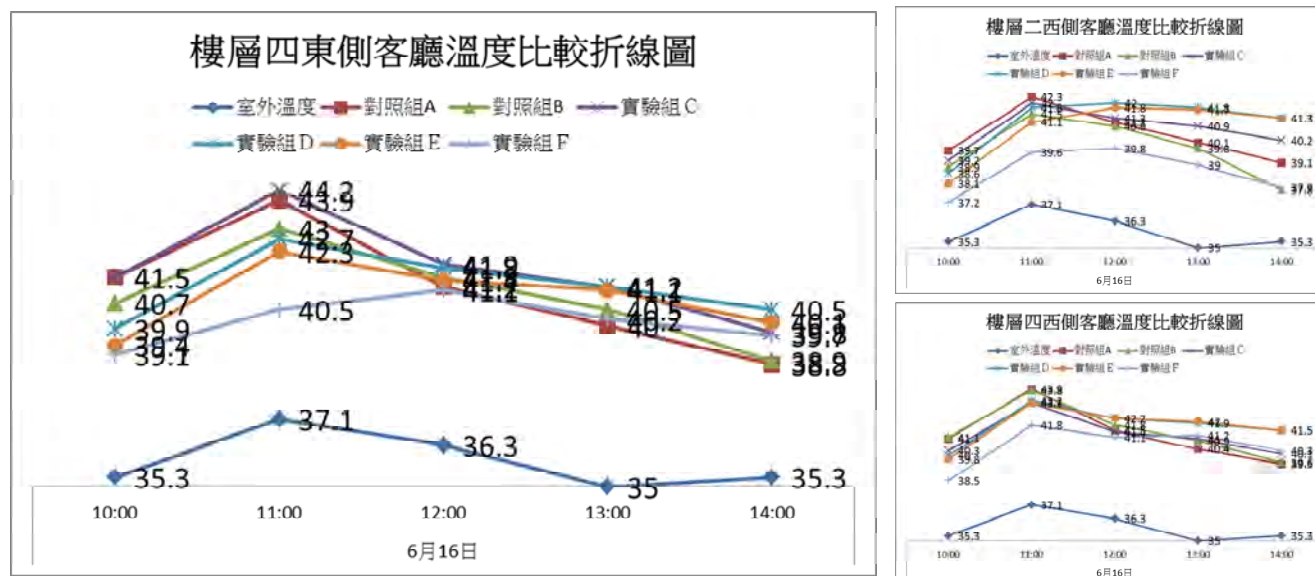


圖 38 6 月 15 日各客廳溫度比較折線圖

二、通風塔形式實驗

(一) 圓形與矩形

由圖 39 可得知矩形通風塔的室內溫度比圓形通風塔低 0.3 度。

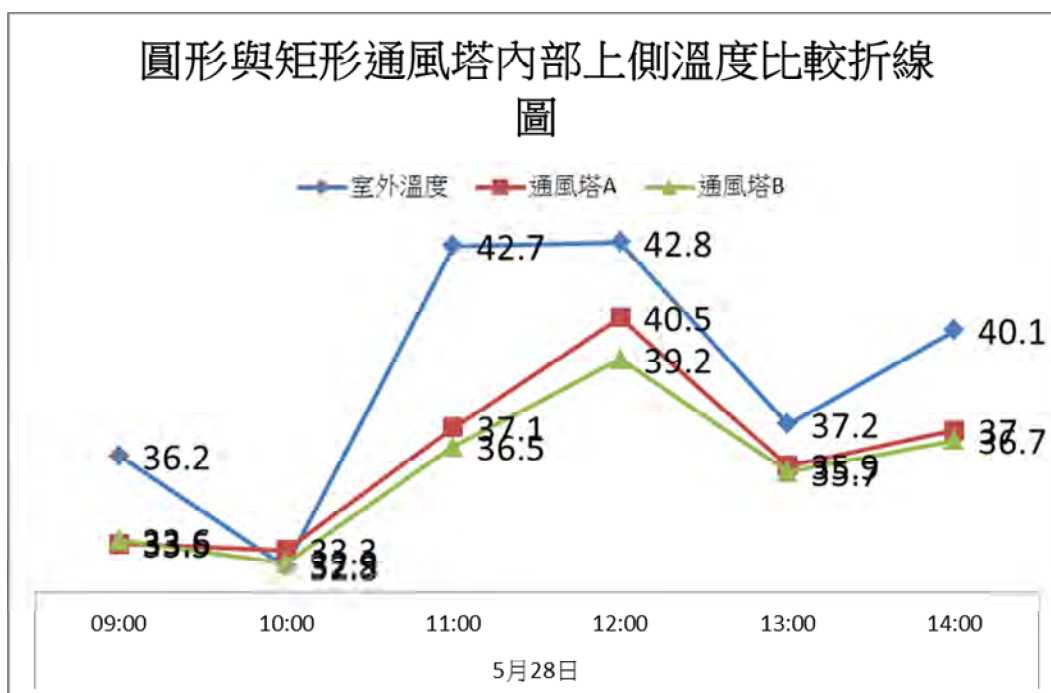


圖 39 5 月 28 日圓形與矩形通風塔內部上側溫度比較折線圖

(二) 厚度不同

由圖 40 可得知 5mm 的通風塔室內溫度比 3mm 通風塔低 0.3 度左右，比 2mm 通風塔低 0.6 度。

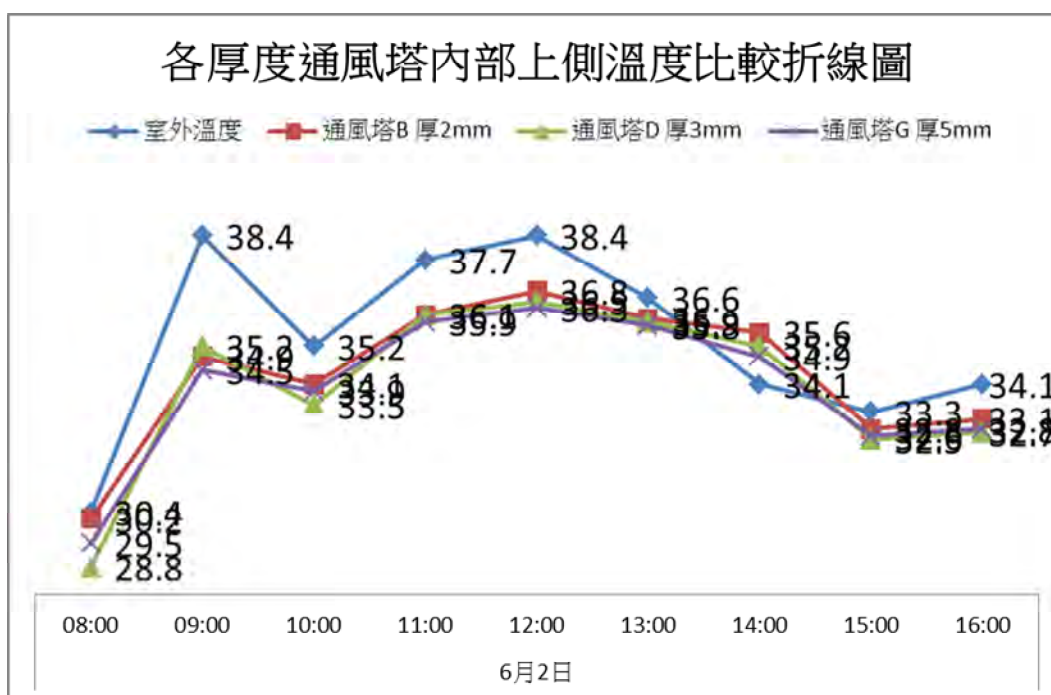


圖 40 6 月 2 日各厚度通風塔內部上側溫度比較折線圖

(三) 斷面積形式(單位 cm)

由圖 41 可得知斷面積 2x2 室內溫度比 6x6 低 0.3 度左右，比 4x4 低 0.7 度。

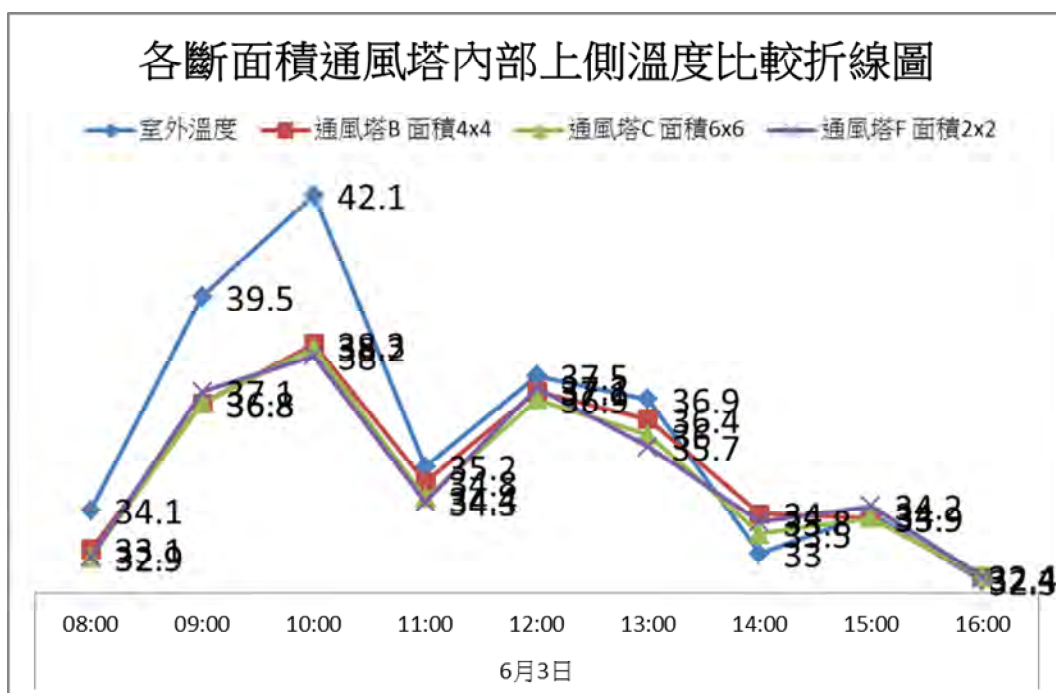


圖 41 6月3日各斷面積通風塔內部上側溫度比較折線圖

(四) 各高度形式

由圖 42 可得知 36cm 室內溫度比 12cm 低 0.8 度左右，比 24cm 低 1 度左右。

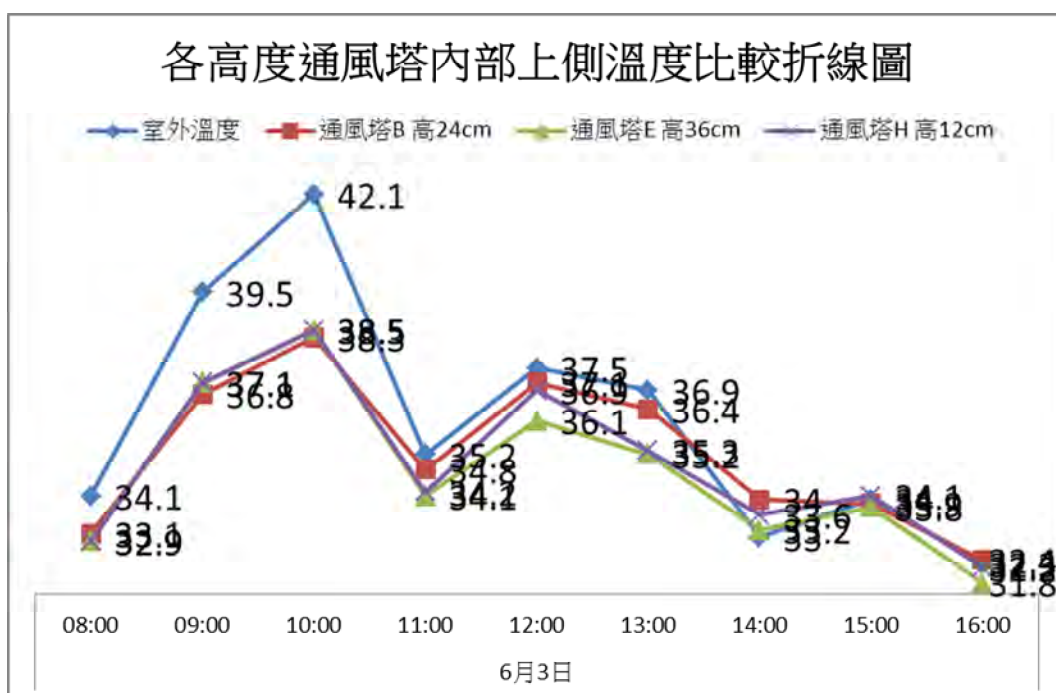


圖 42 6月3日各高度通風塔內部上側溫度比較折線圖

(五) 開口形式

由圖 43 可得知第二型的通風塔〈頂部四方開口〉較第一型〈頂部單邊開口〉、第三型〈頂部下方 4cm 單邊開口〉溫度較低，因此在第三階段的通風塔改為第二形式。

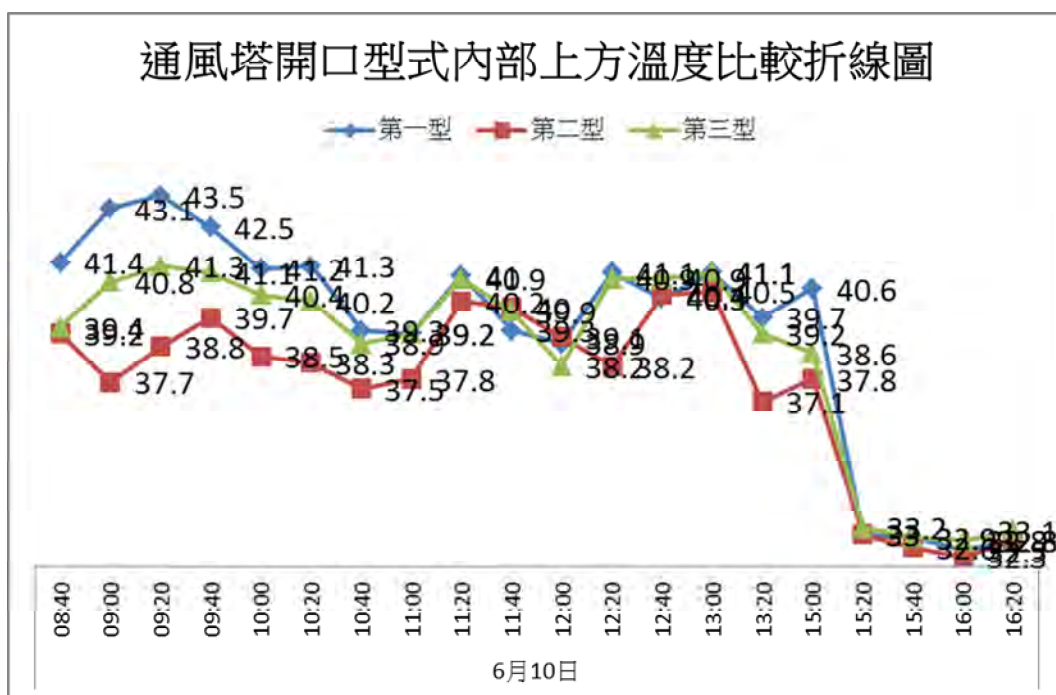


圖 43 6月10日通風塔開口型室內部上方溫度比較折線圖

三、環境變異之實驗

由圖 44 可得知在空曠知草地上的溫度會產生不規律性，而四周環境為混凝土時溫度則較低，且不會起伏不規律，因此混凝土是較有成效。

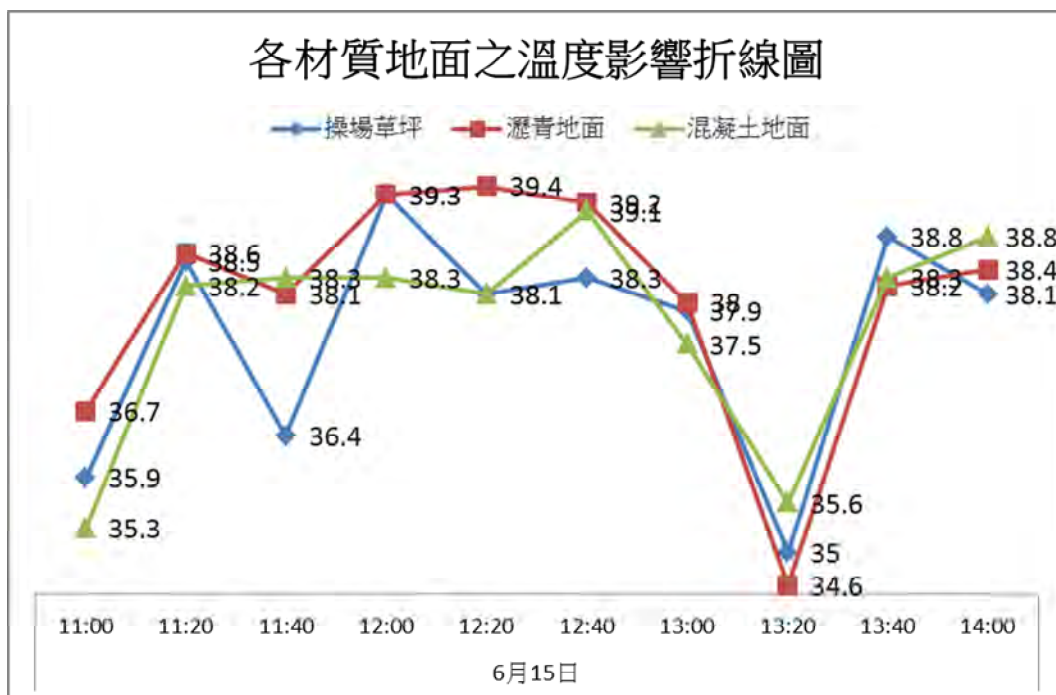


圖 44 各材質地面之溫度影響折線圖

陸、討論

一、房屋模型中搭建通風塔對室內溫度之影響？

本研究之通風塔是以玻璃建置而成，當玻璃受太陽光之照射後，產生熱氣聚集在通風塔內(太陽光之長波長轉換成短波長)，經由煙囪效應，使得熱空氣上升帶動室內氣流，並且引進外部空氣，進而使室內溫度降低。煙囪效應是一種利用熱空氣上升原理進行通風，由本研究實驗數據顯示，當房屋模型中搭建通風塔時，室內溫度會比未加裝的房屋模型下降約 1 度左右，由此可證實通風塔產生的煙囪效應是有成效的。

二、雙層牆是否有成效？

雙層牆的建造是為了讓室外陽光所照射房屋之第一層牆後，熱氣會累積在熱傳導率較低的空氣層，並且利用熱空氣上升原理經由上方開口排出，減少熱氣穿透第二層牆的比例，因此室內溫度較不受二次輻射熱影響。在本研究實驗數據中只有雙層牆的模型是會比一般房屋下降 2 度左右，由此我們可以證實雙層牆對房屋溫度下降是有影響。

三、煙囪效應加雙層牆是否有成效？

經由我們的實驗數據得知室外溫度高時，有搭建通風塔及雙層牆的房屋會讓室內溫度最多下降約 4 度左右；相反地，當室外溫度低時，有搭建通風塔及雙層牆的房屋會讓室內溫度最多上升約 2 度。所以我們推論出煙囪效應和空氣層如果搭建在中古屋是會使中古屋達到冬暖夏涼的效果。

四、雙層斜屋頂對房屋是否有影響？

在第三階段的實驗十一中得知，雙層斜屋頂比平屋頂效果更佳，其室內溫度甚至可下降約 3 度，而產生此原因是雙層斜屋頂受太陽照射後，熱氣進入第一層屋頂，就會因為熱空氣上升，而經由屋頂上的排氣口排出，熱氣並不會進入室內，房屋能有效降溫，屋頂若能再配合隔熱材將可使功效更顯著。

五、通風塔形式是否有影響？

本研究成果顯示，通風塔形式是會影響室內溫度，以斷面形狀為矩形、厚度為 5mm、高度為 36cm、斷面積為 2X2 的通風塔，以及在通風塔頂部四面皆開口的通風塔形式所下降的溫度較為明顯。因此推論當玻璃受太陽光之照射後，產生熱氣聚集在通風塔內高度越高、段面積越小時，進入玻璃的太陽光會多更集中，並且厚度越厚太陽光不易跑出，因此煙囪效應更佳。

六、開窗程度是否有影響？

一般房屋大多會打開窗戶，但為了試驗開窗程度是否有影響？因此在階段二實驗二為模型房屋窗戶全封閉，由實驗數據可得知雙層牆與通風塔並用者比傳統房屋形式下降約 2~3 度，實驗三為模型房屋一樓窗戶全開，而只打開一樓窗戶是因為房屋一樓是人們較常活動的環境，因此打開一樓，由實驗數據可得知雙層牆與通風塔並用者比傳統房屋形式下降約 3 度左右，由此可證明有通風塔和雙層牆構造之房屋，如果再開窗通風效果會更佳。

七、通風管路是否有影響？

本研究第二階段的通風管道為直徑 3cm 的水管，第三階段的通風管道為直徑 1.5cm，在第三階段的實驗數據顯示 E 棟改建後模型會比 A 棟傳統模型下降 2，但在第二階段 E 棟改建後模型會比 A 棟傳統模型下降 4 度。我們初步認為應該是通風

管徑大小造成差異，因為管徑小可流動的空氣較大管徑少，所以室內通風也比較不佳。

八、施測地點是否有影響？

本研究第三階段實驗一~實驗六在空曠的草地上施測但實驗數據顯示成效與我們之前的實驗結果相反，我們認為應該是因為草地受太陽曝曬後，其熱藉由草地所蘊含之水份蒸散至空氣中，致使吹進模型房屋內的風是熱風，因此增加環境因子的實驗，其結果顯示空曠的草地上之溫度較四周環境為混擬土的溫度高，因此，雙層牆及通風塔也無法展現其成效；相反地，在第三階段實驗七~實驗十三四周為混擬土地點施測可能因為混擬土散熱、熱傳導慢，進入模型房屋內的風不是熱風，因此會比在空曠的草地上施測的溫度低，實驗組別間也會有較明顯差距。

九、通風方式是否有影響？

本研究以浮力通風為綠建築的手法，與市面上渦輪排氣抽風機最大的不同是浮力通風塔冬天可以產生逆煙囪效應，在冬天夜間寒冷時，室內溫度會上升，使屋內可以保暖，而渦輪排氣抽風機只可以降低溫度，冬天是沒有效果。

十、天氣是否對房屋有影響？

在實驗中，當天氣為陰天時，各組實驗數據較為相近；天氣為大太陽時，各組實驗數據效果會有較大的差異，導致此原因可能是通風塔需要足夠的陽光，進入通風塔內，才能產生較大的煙囪效應，而陰天並沒太陽，所產生的煙囪效應效果並不明顯，雙層牆在陰天時也無法顯現其優點。

十一、實驗瓶頸的突破！

- (一) 在階段三實驗一實驗完後，發現有改建的模型溫度較傳統溫度高，找尋問題後發現模型接合處有空隙，因此我們利用補土把空隙填好，再繼續實驗。
- (二) 在階段三實驗二還是發現有改建的模型東側四樓溫度較傳統東側四樓溫度高，經由討論後認為是坐向關係，因此我們把坐向改為坐東朝西，但實驗後發現有改建的模型東側四樓溫度仍較傳統東側四樓溫度高，與我們預期的不同，因此在經討論後認定可能是早上的熱氣都在四樓無法排出，所以我們把雙層牆上下開孔，讓熱氣排出。
- (三) 在階段三實驗四發現溫度有改善，但並不是全部都有改善，經由討論後可能是東側的通風塔尺寸較小，因此我們換了較大尺寸通風塔實驗，發現只有二樓有成效，四樓依舊以傳統房屋較佳。
- (四) 在階段三實驗六後，產生四樓客廳溫度比四樓暗室溫度高，因此我們討論後認為是否因為熱氣經由樓梯到達四樓客廳，而通風塔並沒有連接客廳，所以我們在客廳與暗室隔間牆上方開孔，讓熱氣可以進入暗室有通風塔排出。
- (五) 在階段三實驗七實驗後，發現與我們預期的是相同，但是相差不大，所以我們又認為是否是環境施測在空曠草地上的因素，導致產生有改建的模型四樓溫度較傳統四樓溫度高，因為階段一實驗一~階段二實驗四施測環境為四周皆混擬土地點，實驗數據並不會發生此狀況，所以我們把模型移至四周皆混擬土地點繼續研究。
- (六) 在階段三實驗十一移至四周皆混擬土地點施測後，實驗數據顯示通風效果確比在空曠草地上的佳。

經由以上總修正，最後其成效與一開始的實驗成果符合，經由這認知到實驗必須嚴謹的控制變相，可大膽假設小心求證，才能獲得真正的實驗結果。

柒、結論

人們對於地球資源的觀念從取之不盡用之不竭，轉變為體認到地球資源日益減少，人類對環境生態的破壞，導致地球的反撲，世界上無論各種族、宗教、國家終於開始正視永續、健康、節能與減廢等環保問題。近年來環保意識的抬頭，節能減碳議題更是討論最為熱門的話題。當務之急乃是在於身體力行，將節能省碳完完全全的落實於生活之中，而不只是紙上談兵。

綜合實際模型實驗數據之研究分析，我們可以了解通風塔和雙層牆以及斜屋頂對一棟建築物的室內環境影響有相當的成效。

本研究可得知：

一、當酷熱時，一般的老舊中古屋，室內溫度較悶熱，改建後：

- (一) 在 10：00~13：00 時，增設雙層牆及通風塔的房屋模型比一般中古屋室內溫度約下降 3~4 度左右。
- (二) 在 10：00~13：00 時，增設雙層牆的房屋模型比一般老舊中古屋室內溫度約下降 2 度。
- (三) 在 10：00~13：00 時，增設通風塔的房屋模型比一般老舊中古屋室內溫度約下降 1 度。

二、當寒流時，一般的老舊中古屋，室內溫度較寒冷，改建後：

- (一) 在 14：00~19：00 時，增設雙層牆、通風塔所改建的房屋模型，比一般中古屋室內溫度約上升 2 度。
- (二) 在 14：00~19：00 時，增設雙層牆的房屋模型比一般老舊中古屋室內溫度上升 0.5 度。
- (三) 在 14：00~19：00 時，增設通風塔的房屋模型比一般老舊中古屋室內溫度上升 1.5 度。

三、有改建斜屋頂、雙層牆和通風塔的房屋比傳統斜屋頂房屋最大下降 3 度。

四、各通風塔形式較

- (一) 形狀形式比較：矩形通風塔室內溫度比圓形溫度低。
- (二) 厚度形式比較：5mm 厚的通風塔較 3mm 厚和 2mm 厚的通風塔室內溫度低，玻璃厚度與成效為正比。
- (三) 高度形式比較：36cm 高的通風塔較 24cm 和 12cm 高的通風塔室內溫度低。
- (四) 斷面積形式比較：2X2 的通風塔較 4X4 和 6X6 的通風塔室內溫度低。
- (五) 開口形式比較：開口在頂部四邊的通風塔較開口在頂部單邊和開口在頂部下方一些單邊的通風塔室內溫度低。

五、環境對模型的溫度影響程度是混凝土為最小，其次為空曠的草地上，最大為瀝青。

現代人為了要讓房屋的舒適度變好，就會依賴各種電器，例如：冷氣機、電暖爐等高耗能的電器用品。然而本研究實驗證明如果可以將綠建築手法中的通風塔原理、雙層牆以及雙層斜屋頂，實際運用在通風不佳、室內環境溫度不好的中古屋中，就可讓室內溫度改善。而這方法可減少人造能源的使用，運用天然能源—風的流動，就可以使房屋降溫，因此符合現在綠建築所提倡節能、減碳的指標，也可以讓地球上的能源減少一點損耗，達到綠建築九大指標中日常節能指標和室內環境指標以永續發展。另外改造時，還可以在雙層牆外牆加上隔熱材料，若能在周圍增加更多的植栽改變環境因子，更可見其功效。

另一大家所關注之要項為改造須花費多少成本？依據中古屋改建成綠建築之工料分析論文，民國 100 年土木建築專題研究論文競賽發表論文中之研究題本，坐落於某鎮之雙拼三樓半建築修正為一般傳統建築之四層樓平屋頂形式，基地面積每戶約 16 坪，其樓層數為四樓，建築物總高度為 13.50m，每戶面寬 5m、深 12.50m，地面層建築面積約 19 坪，總樓地板面積為 76 坪，改造此棟雙層牆、通風塔及雙層斜屋頂總施工費用約為 17 萬 2035 元，工期為 13 天。如果可以利用一些錢將中古屋改建成綠建築，把這些耗能的中古屋轉變成符合環保意識的綠建築，這樣地球上就可以減少一些能源的消耗及人類對環境的破壞，進而延長地球的生命。

後續研究：

- (一) 往後可增加通風塔之各種形式，並考量不同環境因子之下，研究室內溫度之差異性。
- (二) 本研究內、外牆都採用矽酸鈣板，而外牆與實際房屋混凝土是不同的材料，因此可採用混凝土製作之中古屋縮小模型，以測試更準確的數據，內牆亦採用矽酸鈣板材料，以符合實際房屋樣態。
- (三) 可增加隔熱材料等為變異因子，以觀測其差異程度。

捌、參考資料及其他

1. 呂守陞、鄭慶武、侯惠仁（民 99）。**工程概論**。弘揚圖書。
2. 曾銘文（民 97）。**工程概論**。復文圖書。
3. **建築技術規則**（民 99）。弘揚圖書。
4. 臺北市政府公務局。**工料分析手冊**。臺北市政府公務局。
5. 范光懿（民 86）。**投標估價與數量計算**。詹氏書局。
6. 王珏（民 83）。**建築工程估價投標**。詹氏書局。
7. 李建雄（民 83）。**建築估價**。詹氏書局。
8. 李慶賢、楊佩錚、吳佳容（民 100）。**中古屋改建為綠建築之工料分析論文**
9. 黃進興、陳柏宏、許銘顯、林慶元（民 96）。**中華民國建築學會「建築學報」**。59。79-92
10. 劉佩君（民 96）。**中庭建築浮力通風評估之研究**。以計算流體力學(CFD)及縮尺空氣模型為例。國立成功大學建築研究所碩士論文
11. 模型房屋由久保田建設公司提供
12. 〈圖一〉~〈圖十五〉照片來源於研究者拍攝
13. 吳佳容、楊佩錚、李慶賢、林偉勝（民 99 年 10 月 19 日）。實際探訪謝孟霖先生訪談內容
14. **內政部營建署全球資訊網**。2011 年 2 月 20 日，取自：
<http://www.cpami.gov.tw/>
15. **綠建築九大指標**。2011 年 2 月 20 日，取自：
<http://www.fubonland.com.tw/b/B1.html>
16. 祝秀薇（民 99 年 4 月 23 日）。**蘋果日報**。2011 年 2 月 20 日，取自：
http://tw.nextmedia.com/applenews/article/art_id/32457572/IssueID/20100423
17. **綠色建築技術通風**。2011 年 2 月 20 日，取自：
<http://www.siraya.com.tw/Templates/greentech/33.htm>
18. **維基百科**。煙囪效應。2011 年 2 月 20 日，取自：
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%85%99%E5%9B%AA%E6%95%88%E6%87%89>
19. **中華民國建築學會**。中華民國建築學會第十九屆第二次建築研究成果發表會論文集。2007 年 11 月 25，取自：<http://www.airoc.org.tw/km-portal/front/bin/home.phtml>
20. **內政部建築研究所網站**。2011 年 2 月 20 日，取自：建研所 Q&A

【評語】 091204

1. 利用綠建築觀念改進多層樓中古屋通風效能，具節能減碳與環保目的，研究設計頗具創意與實務推廣應用可能，並符合部分綠建築指標。
2. 可進一步探討加強內部通風效率以提高降溫效能。
3. 未來可思考如何利用通風塔降低空氣牆溫度以達整體降溫效果。
4. 理論上而言草地因有蒸散可消耗太陽輻射，在相同大氣條件下草地之氣溫應遠低於水泥地面之氣溫。
5. 可思考將渦輪葉片結合於通風塔頂，探討提高排氣效率及加速降溫之可行性。