

## 探討利用電腦模擬進行小學建築綠化熱效益之分析 與研究-以台中市進德國小為例

林雨靜<sup>1)</sup> 劉東啟<sup>2)</sup>

關鍵字：建築綠化、電腦軟體、准入係數法

**摘要：**都市活動所帶來的熱量使氣溫增高日趨惡化，因此在有限的空間條件下，在都市中增加綠地面積，建築綠化就是一個重要的方法。本研究之建築物綠化材料選用土層厚度 5 公分的鵝鑾鼻燈籠草，利用建築熱環境模擬軟體 ECOTECT 進行溫度、舒適時數、空調負荷量以及建築傳導之四項熱模擬分析，比較綠化前後建築物的溫度和能耗之差異。模擬結果顯示任何型態之建築綠化在夏季確實能夠有效減少建築外殼得熱，冬季能保存熱量的效益，其中以屋頂綠化為改善建築熱環境的最佳綠化手法。壁面綠化在夏季模擬溫度反而升高 0.1°C，建議後續可以建立更完整的綠化材料物理參數，強化模擬的真實性與準確性。

### 前 言

都市活動所帶來的熱量使氣溫增高日趨惡化，僅靠簡單的綠化並不能有效的改善。應以立體化或全面性的方式來進行綠化，以達到減低環境的熱負荷狀況(李洋毅，2006)。因此，在有限的空間條件下，在都市中增加綠地面積，建築綠化就是一個重要的方法。目前，國內研究建築節能的文獻中，大多都以探討建築外殼耗能和外遮陽節能為主題。針對建築屋頂、壁面綠化的論文，多在固定的建築物上進行實際的測量分析，較少以電腦軟體模擬的方式進行建築綠化對建築物熱效益的相關議題研究。建築模擬的優勢在於可以在不同建築物上進行模擬，也可以即時的調節隨時的變化，並求得一個將來在建築綠化上比較好的模式。本研究根據「國民中小學設備基準」，大部分的國民中小學建築型態都有一致性。

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授，通訊作者。

本研究以建築物綠化為主題，利用 ECOTEECT 針對小學建築進行模擬並檢視熱效益，以探討其減溫及節能之效果。未來在推動建築綠化之前，先進行模擬，找出最有效益的綠化方式。

作為應用在公共建設或舊有小學建築上之參考依據，以落實都市綠化政策之目標。因此，本研究目標有三：1.探討建築熱模擬軟體在建築綠化熱效益之可行性及功能性。2.評估屋頂綠化型態及壁面綠化型態之節能效益的評估。3.提出國民中小學校舍建築綠化之建議。

## 文 獻 回 顧

### 一、建築綠化之熱效應相關文獻

國內相關研究證實適當增加都市綠化或降低地表不透水率、人工構造物比例將有助於減緩都市熱島效應(孫振義, 2007)，並指出植栽綠化具有緩和都市高溫化與都市熱島效應之功效，對於降低能源消耗方面及提升能源最佳化利用有實質的幫助，是為追求永續生態居住環境的最佳措施(徐正杰, 2003)。成大教授林憲德對台北、台中、台南、高雄四大都會城市進行調查發現，若都市綠地面積提高 10%，就可使周圍平均氣溫降低 0.13-0.28°C。由此資料可知，綠化面積對於都市熱島效應具有改善降低溫度的效果。因此，減輕都市熱環境惡化，而降低熱島效應的最有效方法就是增加綠地面積。

透過屋頂綠化可改善屋頂層之熱環境，其植栽層與土壤層可減少熱流進入室內與能源損耗，進而達到緩和都市熱島現象(張簡宏裕, 2002)。壁面綠化可降低夏季壁面吸收之日射量，抑制壁面溫度上升，並有效地減少建築壁面熱負荷，進而調節室內環境舒適與達到節約能源之功效(宋苾璇, 2001)。因此，在有限的空間條件下，在都市中增加綠地面積，建築綠化就是一個重要的方法。

### 二、運用 ECOTEECT 模擬之相關文獻

以准入係數法為基礎，利用 ECOTEECT 軟體進行陽光室熱環境數值模擬計算。將實測與模擬結果比對，發現利用准入係數法確能有效模擬陽光室內溫度變化(黃建勳, 2006)。探討希臘西北方 Florina 小鎮 19 世紀的傳統建築在夏季的熱舒適度，電腦軟體的初步分析顯示傳統的設計和建築方法都是被當地氣候所影響(Oikonomou, 2005)。從建築節能的角度，運用 ECOTEECT 軟體，對天津大學新園村高層住宅進行分析研究，提出住宅設計中具體的節能措施和節能效果(劉叢紅等人, 2007)。根據以上 ECOTEECT 相關文獻得知，ECOTEECT 提供了一系列的建築熱環境分析功能，其中涵蓋了室內溫度、舒適溫度和熱負荷等諸多內容。藉助於這些分析，可以了解和掌握建築的主要熱性能特點，並且在此基礎上對設計方案進行各種比較而找出最佳的發展方向。2006 年洪德雄在鄰棟建築遮蔽與節能效率之研究中，針對操作性、準確性、動態性、可視性、支援性、表格化、圖像化、

日影分析、熱分析此九項與其他模擬軟體 DOE-2、EnergyPlus、Sun-Break、RIUSKA、Trace600、IES-APACHE 比較，ECOTECT 的表現均優於其他。因此，選用 ECOTECT 軟體當作本研究之模擬工具。

### 三、准入係數法理論介紹

准入係數法假設任何建築物的內部溫度總是趨向當地的平均室外溫度。即使會受到熱容量的影響產生延遲或抑制的效果，及建築體本身的阻隔作用，室外溫度或是日射量的波動仍會使室內氣溫造成類似情況的波動。因此當總熱損失與總熱得相等時，室內溫度會達到穩定狀態。

在准入係數法中，溫度與負荷分為兩個步驟計算。首先，大量作用在建築物上的潛在熱得與熱損失以每天每小時的時間尺度做計算，由此便可決定每日的平均負荷係數。總而言之，准入係數法是一個簡化的方法，它假設傳導熱從建築體進入，滲透與通風從開口部進入，直達的太陽熱得從透明的建材進入，間接太陽熱得從不透明的建材進入，而內部熱得來自設備、燈光、人及內部區域熱流的效果。

與其他計算方式一樣，准入係數法也必須在準確性與簡化計算及彈性上取得平衡。准入係數法目前已在世界上被廣泛的使用，並且被視為相當有效的設計工具。此外，准入係數法提供了近乎即時回饋的幫助且結果的準確程度也會隨著建築模型的發展而不斷增加。最重要的是，在絕對精確與相對精確之間有一個重要的分野。目前並沒有一個熱量計算工具是絕對準確的，也就是說當你對一個建築物進行模擬後，他會告訴你某時刻的實際溫度或是每年空調所需花費，但與實際的測量數值仍會有誤差。而相對準確則是當你增加一個窗戶時，結果會告訴你白天太陽相對增加的量，或是晚上建築體熱量損失的增加量。計算上的相對精確與任何變動對於模型整體表現的百分比效果相關，而准入係數法在此可以提供相當值得信賴的模擬結果(黃建勳，2006)。

## 材料與方法

本研究進行模擬的軟體是由 Andrew Marsh 所開發的 ECOTECT V5.5 程式來進行。ECOTECT 中的熱環境分析模組是基於准入係數法來建立的程式，此外，ECOTECT 也是目前市場上最全面且創新的建築分析軟體。其特色是提供使用者一個友善的 3D 建模介面，並且結合了不同性能分析及模擬的功能。ECOTECT 中包含了熱環境、光環境、聲環境、日照、經濟性及環境影響、可視度六類分析功能，另外還附帶一個可視化氣象數據分析工具(Weather Tool)。其中的熱環境分析模組是基於准入係數法而建立的程式，ECOTECT 提供了直觀且可視化的計算結果，在設計的最初階段就可以朝著最有效的方向努力並做出適當的決定。

以台中市東區進德國小為模擬範例，進德國小是台中市推動節能永續示範學校之一。

進德國小校長張英吉描述，校舍 921 時震毀，當時校長陳添成把綠建築概念融入重建的閩南式建築，建物以南北座向為主軸，優點是通風及採光良好。92 年 7 月成為綠色學校夥伴，並獲市府指定為環境教育中心學校。地理位置位於東經 120°4，北緯 24°1。

在模擬操作過程可以分為以下步驟：一、模型之建立。二、模擬軟體氣候參數之轉檔及設定。三、建築物外殼材質庫之建置與參數之設定。四、選擇計算項目。五、結果輸出。六、匯入 Excel 分析。此六大操作模擬流程分述如下：

步驟一、模型之建立：模型的建立是軟體模擬相當重要的步驟，越精確的建模雖然可以使之後的分析結果更為準確，但建模若是過於複雜，運算時間相對會拉長。因此，為了要在準確與運算時間上取得平衡，在熱環境模擬時，建議將建築模型簡化。

步驟二、模擬軟體氣候參數之轉檔及設定：進入 ECOTECT 熱環境模擬後，軟體設定的第一個步驟即是輸入模擬的氣候參數。本研究採用的氣象參數是台中市標準氣象年 TMY2 資料，標準氣象年是由中央氣象局以最近十年內之長期逐時氣象資料，所製作出一年 8760 小時的逐時數據。目的是為了建築模擬解析用的氣象資料能夠反應長期氣候變動的特性，故使用此資料來進行建築物熱環境之模擬。

步驟三、建築物外殼材質庫之建置與參數之設定：在進行分析之前，應先設定好建築材質參數。由於建築外殼材料資料不易取得，因此本研究直接選用 ECOTECT 軟體中的內建材質庫進行模擬分析。模擬建築屋頂綠化之操作方式為：在原始的屋頂材質新增一層 5 公分厚的墾丁燈籠草建築材料層，並設定鵝鑾鼻燈籠草四項物理參數之後，即可獲得新的 U 值和准入係數參數。模擬建築壁面綠化在原始的牆體材質新增一層 5 公分厚的墾丁燈籠草建築材料層，亦即獲得新的 U 值和准入係數參數。

步驟四、選擇計算項目：建立好模型並選定模擬項目後，便可以開始進行計算。本研究進行計算項目有四項，分別為逐時溫度、溫度分布、空調負荷量、建築得散熱。根據模型的複雜程度與分析項目的計算難易程度，計算時間會有所不同。

步驟五、結果輸出：結果可輸出成兩部分，除了可輸出圖檔之外，亦可將模擬結果以 txt 檔的方式輸出。

步驟六、匯入 Excel 分析：由於有 txt 檔的資料輸出格式，便可以將其匯入至 Excel，與其他資料進行更進一步的統計分析，以獲得更深入的分析結果。

## 結果與討論

### 一、逐時溫度分析

分析年度最炎熱一天和最寒冷一天在不同建築綠化型態下之溫度變化。透過模擬得到的圖像和數據，探討建築綠化前後的溫度變化情形，藉此得知何種建築綠化型態之夏季降溫和冬季保溫效益最佳。

(一) 最炎熱一天之逐時溫度分析

無綠化型態在最炎熱一天的溫度峰值出現在上午 11 點，高溫達到 34°C (圖 1、表 1)。屋頂綠化型態，當天溫度峰值出現在上午 10 點到中午 12 點，溫度達到 31.6°C；全面壁面綠化型態，當天溫度峰值出現在上午 11 點，溫度達到 34°C。屋頂綠化溫度明顯降低，並且在中午至下午時段降溫幅度最大，降低氣溫 2.4°C。然而，全面壁面綠化在下午 2 點至凌晨 5 點皆比無綠化的氣溫高出 0.1°C。則無顯著下降，甚至有升溫的現象發生。

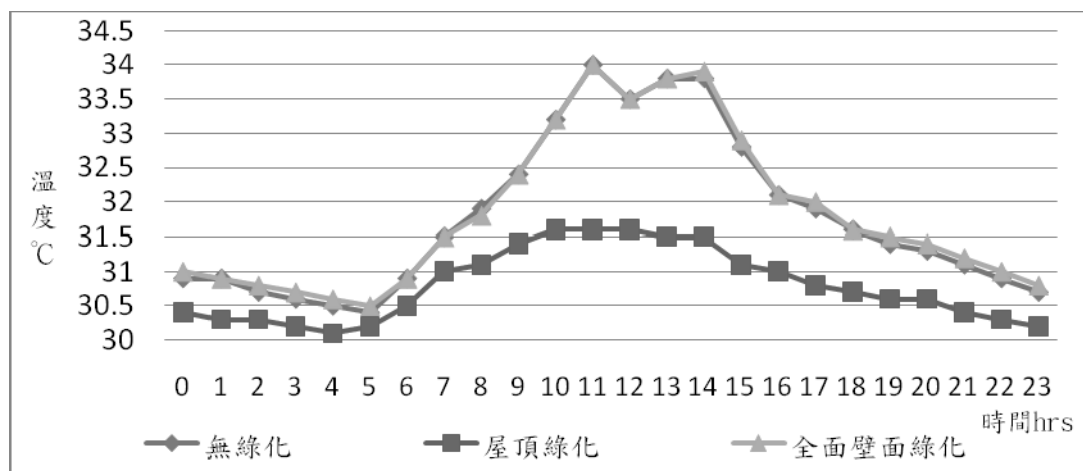


圖 1. 各式建築綠化型態之最炎熱一天逐時溫度曲線圖

Fig. 1. Graph showing hourly temperature for the hottest day of different facade greening models.

表 1. 各式建築綠化型態之最炎熱一天逐時溫度數據

Table 1. Hourly temperature data for the hottest day of different facade greening models.

時間 綠化型態	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
無綠化	30.9	30.9	30.7	30.6	30.5	30.4	30.9	31.5	31.9	32.4	33.2	34.0
屋頂綠化	30.4	30.3	30.3	30.2	30.1	30.2	30.5	31.0	31.1	31.4	31.6	31.6
全面壁面綠化	31.0	30.9	30.8	30.7	30.6	30.5	30.9	31.5	31.8	32.4	33.2	34.0
時間 綠化型態	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
無綠化	33.5	33.8	33.8	32.8	32.1	31.9	31.6	31.4	31.3	31.1	30.9	30.7
屋頂綠化	31.6	31.5	31.5	31.1	31.0	30.8	30.7	30.6	30.6	30.4	30.3	30.2
全面壁面綠化	33.5	33.8	33.9	32.9	32.1	32.0	31.6	31.5	31.4	31.2	31.0	30.8

(二) 最寒冷一天之逐時溫度模擬分析

無綠化型態在最寒冷一天的低溫出現在凌晨 6 點，低溫達到 13.2°C (圖 2、表 2)。屋頂綠化型態，當天最低溫出現在凌晨 4 點到 6 點，溫度達到 13.4°C；全面壁面綠化型態，當天最低溫出現在凌晨 4 點到凌晨 5 點，溫度達到 13.4°C。屋頂綠化型態在最寒冷一天的氣溫升高 0.2°C，全面壁面綠化型態在最寒冷一天的氣溫升高 0.2°C。

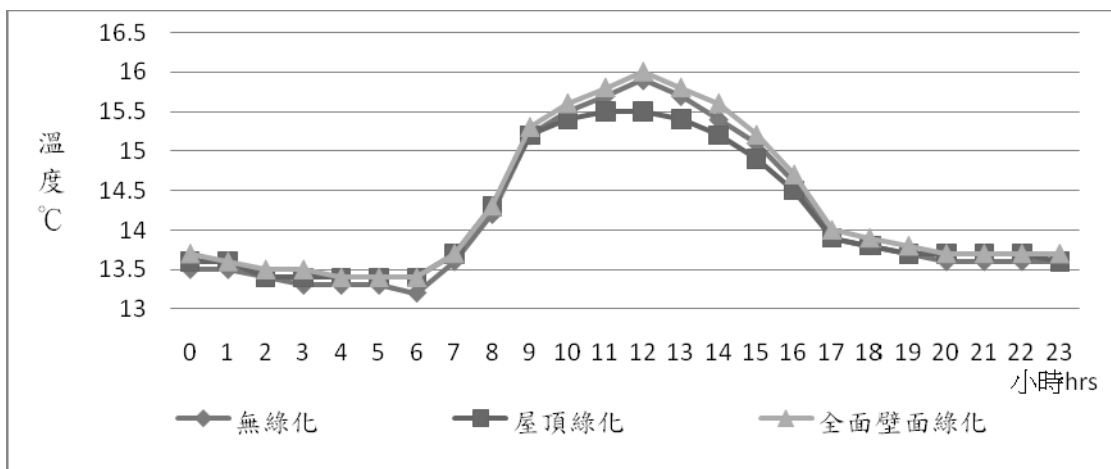


圖 2. 各式建築綠化型態之最寒冷一天逐時溫度曲線圖

Fig. 2. Graph showing hourly temperature for the coldest day of different facade greening models.

表 2. 各式建築綠化型態之最寒冷一天逐時溫度數據

Table 2. Hourly temperature data for the coldest day of different facade greening models.

綠化型態 \ 時間	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
無綠化	13.5	13.5	13.4	13.3	13.3	13.3	13.2	13.6	14.2	15.2	15.5	15.7
屋頂綠化	13.6	13.6	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.7	14.3	15.2	15.4	15.5
全面壁面綠化	13.7	13.6	13.5	13.5	13.4	13.4	13.4	13.7	14.3	15.3	15.6	15.8
綠化型態 \ 時間	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
無綠化	15.9	15.7	15.4	15.1	14.6	13.9	13.8	13.7	13.6	13.6	13.6	13.6
屋頂綠化	15.5	15.4	15.2	14.9	14.5	13.9	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7	13.6
全面壁面綠化	16.0	15.8	15.6	15.2	14.7	14.0	13.9	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7

二、年度溫度分布分析

此分析可以得知建築綠化型態全年溫度分布的特性，不同於每日的逐時溫度分析，僅對建築物表現簡單的溫度變化，而是更進一步統計一整年的溫度分布範圍。本節將模擬各式建築綠化型態之溫度分布，並分別計算其舒適時數、過熱時數以及過冷時數之增減變化。依據根據 ASHRAE 55-1992 指出，夏季舒適溫度範圍為 23-26°C；冬季舒適溫度範圍為 20-23.5°C。因此本研究將 20-26°C 界定為人體感到舒適的溫度。

無綠化型態之舒適溫度時數為 3369 小時，舒適度為 32.27% (表 3、圖 3)。經過屋頂綠化後之舒適溫度時數增加為 3450 小時，舒適度提高到 33.05%。而全面壁面綠化之溫度舒適時數卻減少了 20 小時，舒適度也降低到 32.08%。

表 3. 各式建築綠化型態之年度溫度分布時數數據

Table 3. Yearly-similar-reading-temperature-in-total for different facade greening models.

溫度區間	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
無綠化	140	373	510	1115	1297	957	1059	1913	2131	744	198	0
屋頂綠化	149	399	517	1210	1374	866	1061	2116	2257	491	0	0
全面壁面綠化	123	380	476	1101	1295	953	1094	1726	2263	815	208	6

(單位:小時 hrs)

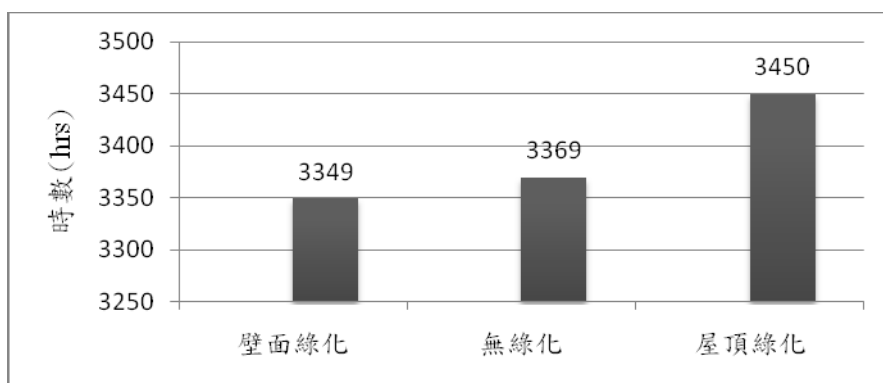


圖 3 各型態建築綠化之年度舒適溫度分布長條圖

Fig. 3. Bar charts showing yearly conducive temperature (20°C-26°C) distribution.

### 三、空調負荷量分析與討論

模擬一年期間，溫度若超過或低於人體感到舒適的溫度(20-26°C)時，將會啟動空調系統，使溫度保持在舒適溫度。通過此一分析可以得到年度建築物的空調負荷量總數，藉此分析何種建築綠化型態可以在夏、冬兩季減少空調使用量。此節將空調負荷量分作夏季空調負荷量與冬季空調負荷量兩部分討論。

年度冷氣空調負荷量無綠化型態為 350440710W，進行建築綠化後所消耗能量分別為：屋頂綠化型態為 274500978W，冷氣空調負荷量減少 75939732W，降低 21.7%的能量消耗。全面壁面綠化型態為 351131240 W，冷氣空調負荷量增加 690530W(表 4)。

年度暖氣空調負荷量無綠化型態為 2646804W，進行建築綠化後所消耗能量分別為：屋頂綠化型態為 1512657W，暖氣空調負荷量減少 1134147W，降低 42.8%的能量消耗；全面壁面綠化型態為 2613949 W，暖氣空調負荷量減少 32855W，降低 1.24% (表 4)。

表 4.各式建築綠化型態之空調負荷量

Table 4. Air condition loading for different façade greening models.

	冷氣空調負荷量(W)	暖氣空調負荷量(W)
無綠化	350440710	2646804
屋頂綠化	274500978	1512657
全面壁面綠化	351131240	2613949

### 四、建築傳熱之分析

建築傳熱與溫度分布有相當大的區別，此建築傳熱有六種途徑分別為：建築外殼負荷、間接太陽熱、直接太陽熱、通風和滲入、內部負荷及區域之間負荷。

無綠化型態下之建築外殼得熱為 18961Wh/m<sup>2</sup>，經過建築綠化後之各型態分別為：屋頂綠化型態之建築外殼得熱為 12959Wh/m<sup>2</sup>，減少了 6002 Wh/m<sup>2</sup>；全面壁面綠化型態之建築外殼得熱為 18816Wh/m<sup>2</sup>，減少了 145 Wh/m<sup>2</sup> (表 5)。

無綠化型態下之間接太陽得熱為 10273Wh/m<sup>2</sup>，經過建築綠化後之各型態分別為：屋頂綠化型態之間接太陽得熱為 89Wh/m<sup>2</sup>，減少了 10184 Wh/m<sup>2</sup>；全面壁面綠化型態之間接太陽得熱為 10233Wh/m<sup>2</sup>，減少了 40 Wh/m<sup>2</sup>。

無綠化型態下之直接太陽得熱為 8261Wh/m<sup>2</sup>，經過建築綠化後之各型態分別為：屋頂綠化型態、全面壁面綠化型態之直接太陽得熱皆為 8085Wh/m<sup>2</sup>，減少了 176 Wh/m<sup>2</sup>。



通風和滲入得熱及內部負荷得熱在各式建築綠化型態下則完全沒有變化，因為建築綠化僅對屋頂和建築牆體材質參數有所改變，對於窗戶和空洞以及內部負荷並無變動。而區域間負荷得熱之建築綠化型態彼此差異亦不大。

無綠化型態下之建築外殼散熱為 15286Wh/m<sup>2</sup>，經過建築綠化後之各型態分別為：屋頂綠化型態之建築外殼散熱為 10434Wh/m<sup>2</sup>，減少散熱 4852 Wh/m<sup>2</sup>；全面壁面綠化型態之建築外殼散熱為 15153Wh/m<sup>2</sup>，減少散熱 133 Wh/m<sup>2</sup> (表 6)。

建築物散失熱量以透過建築外殼像室外散熱為主要途徑，其次是通風和滲入，最後是區域間負荷。而間接太陽熱、直接太陽熱及內部負荷年度散熱為 0，此乃因為這三種傳熱途徑皆是放熱到建築物內，而不會主動從建築物獲取熱量，因此在建築散熱不討論此三種途徑。

表 5.各式建築綠化型態之年度建築得熱數據

Table 5. Data for yearly building heat gain for different façade greening models.

傳熱途徑	建築外殼	間接太陽熱	直接太陽熱	通風和滲入	內部負荷	區域間負荷
無綠化	18961	10273	8261	15308	22707	1159
屋頂綠化	12959	89	8085	15308	22707	1052
全面壁面綠化	18816	10233	8085	15308	22707	1149

表 6.各式建築綠化型態之年度建築散熱數據

Table 6. Data for yearly building heat losses for different façade greening models.

傳熱途徑	建築外殼	間接太陽熱	直接太陽熱	通風和滲入	內部負荷	區域間負荷
無綠化	-15286	0	0	-11431	0	-1273
屋頂綠化	-10434	0	0	-11431	0	-1152
全面壁面綠化	-15153	0	0	-11431	0	-1274

(單位：Wh/m<sup>2</sup>)

## 結論與建議

### 一、結論

- (一) 透過 ECOTECT 進行建築傳熱模擬分析顯示，任何一項建築綠化型態在夏季皆能減少建築外殼得熱和間接太陽得熱，在冬季皆能減少建築外殼散熱。以屋頂綠化型態效益最佳，其次是全面壁面綠化型態。因此得知，建築綠化在夏季可以有效阻隔熱量進入建築物內，冬季能減少建築物內的熱量散失，達到保存熱量的效益。
- (二) 太陽輻射量是建築物外部主要的熱源，造成表面溫度上升的主要原因，尤其台灣夏季炎熱高溫，而透過屋頂綠化能夠有效阻隔大量的太陽輻射量。不僅能降低溫度、提高舒適時數進而降低空調使用量。因此，若要進行建築綠化，屋頂綠化是最能改善建築熱環境並提高環境舒適度的手法。
- (三) ECOTECT 模擬結果顯示，壁面綠化在夏季最熱一天的溫度改善效果不降反升。此原因有二：在夏季，大量的太陽輻射量從屋頂進入壁面綠化後的建築物內，綠化後的牆面反而形成一個良好的保溫材，導致熱蓄積在室內，不易散出，反而造成室內溫度過高。本研究未變更綠化後材質的反射率、熱延遲及熱衰減等物理參數，這可能也是導致壁面綠化之溫度模擬結果異常的原因。
- (四) 模擬各型態之建築綠化，計算出夏季確實能夠有效減少建築外殼得熱，冬季也能降低建築損失熱量然而，對於建築綠化後的溫度分析，模擬出的結果卻沒有前人研究溫差來的大。若僅是將植物視為隔熱材料，僅計算熱傳導係數，或許對於模擬建築綠化之熱效益略顯不足。

### 二、建議

- (一) ECOTECT 為一個全面的技術性能分析輔助設計軟體，替換不同建築材料對建築物之影響能各提供立即的圖形呈現，具有分析速度快、直觀、技術性強等優勢。在模擬建築綠化過程中，僅將植物視為良好隔熱保溫材料。然而，植物不單可以阻擋熱量進出建築外殼結構，植物本身具有蒸散量之特性，對於建築外部環境的微氣候有重要的調節作用。ECOTECT 的另一項優勢為能輸出到其他軟體分析，因此，針對建築綠化之模擬可以再和精確的分析軟體相結合，做進一步的分析討論。
- (二) 建築物在每天日曬的環境下，蓄積了大量的熱量，而這些熱量造成人們消耗冷氣能源的原因。因此，不要讓熱量傳入建築物內是非常重要的，而不是當熱量已經進入建築物內才進行降溫。國民中小學校舍建築綠化建議施行屋頂綠化，不僅對建築熱環境改善及耗能量有不小的影響力，也可提升都市整體的綠化量。另外，針對建築外殼節能設計，除了著重綠化能阻隔熱量進出建築外殼結構之外，經過模擬顯示，熱量也會透過窗戶和空洞大量進出建築內部。因此，最有效的建築節能設計，應搭配多方面之節能設計手法。

(三) 由於溫度模擬結果之差異沒有前人研究來的多。若僅是將植物視為隔熱材料，僅計算熱傳導係數，對於模擬建築綠化之熱效益略顯不足。後續研究可以藉由實驗取得 ECOTECT 所需的物理參數，建立更完整的綠化材料物理參數，強化使用模擬的真實性與準確性。

### 參 考 文 獻

- 余庄。2006。建築智能設計-計算機輔助建築性能模擬與分析。北京：中國建築工業出版社。
- 宋苾璇。2002。壁面綠化隔熱效能之研究。碩士論文。台灣科技大學建築研究所。
- 李彥墨。2008。都市住區建築配置型態對熱島效應影響模擬及因應之節能策略。碩士論文。中國文化大學建築及都市計畫研究所。
- 林憲德、李魁鵬、陳冠廷、林立人、郭曉青、陳子謙。1999。台灣四大都會區都市熱島效應實測解析(一)--國內外都市熱島強度之比較。建築學報。31:51-74。
- 洪得雄。鄰棟建築遮蔽與節能效率之研究。碩士論文。中國文化大學建築及都市計畫研究所。
- 徐正杰。2003。都市環境的綠化與透水效果對於微氣候之影響-以花蓮市區為例。碩士論文。東華大學環境政策研究所。
- 黃建勳。2007。被動式太陽能利用之陽光室空調負荷研究-以台大綠房子二樓陽光室為例。碩士論文。台灣大學生物環境系統工程學研究所。
- 刘丛红、尹洁、李翔。2007。高层住宅设计中的节能措施—以天津大学新园村高层住宅为例。華中建築。25: 64-70。
- 連祥萍。2009。運用省水耐旱植栽進行屋頂薄層綠化之熱效應研究。碩士論文。中興大學園藝研究所。
- Oikonomou, A. 2006. Summer Thermal and Daylighting Conditions in 19th Century Traditional Buildings of Florina in North-Western Greece. In PLEA 2006 Conference. Geneva, Switzerland. p. 61-66.

## A Simulation of Ecotect to Detect Filtering Effects of Facade Greening in Thermal Reduction-A Case Study of Jin-De Elementary School's Buildings in Taichung City

Yu-Jing Lin<sup>1)</sup> Tung-Chi Liu<sup>2)</sup>

Keyword: Greening building, ECOTECT, Admittance method

### Summary

Urban air temperature is getting higher and higher due to activities. Hence, increasing landscaping area among concrete forest is a way out to counteract this issue. However, due to limited space, green wall and green roof is an important alternative to increase the green area in the city. In this research, green roof plants, *Kalanchoe garambiensis* Kudo, were planted in a 5 cm medium. A simulation program, ECOTECT, was used to analysis thermal conduction, hourly temperature, temperature distribution, air-conditioning loads. The data were further used to compare with the data before green roof was set.

Simulation results show that any type of building facade greening is effective in reducing fabric gains both in the summer and fabric loses in the winter. Green roof is the best way to improve the thermal environment. The simulation result showed that temperature of green wall is 0.1 °C higher in the summer. For further research, more complete data of the green roof material and their physical parameters would be needed to obtain a better simulation result in reflecting the positive effects of green roof.

---

1) Graduate Student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.