

## 第二章 都市住居建築物配置型態對熱島效應影響模擬及因應之節能策略相關文獻探討

本章主要針對熱島效應的狀況、因應對策與建築節能相關文獻相互間因子之關連性進行探討，找出都市中的熱平衡方程式，作為熱環境模擬上依據，並結合土地使用與建築節能相關法規進行檢討。

### 第一節 熱島效應相關文獻回顧

#### 壹、都市熱島的概述

##### 一、都市熱島效應的起源

熱島效應已是都市中相當普遍的現象，首先發現熱島現象的學者是 Luke Howard，他在 1818 年「倫敦氣候」一書中提到，都市化造成都市溫度高於郊區，這個現象被提出後，隨即成為研究與討論的焦點，1958 年，Gordon Manley 在英國皇家氣象學會所出版之學報中，第一次提出「都市熱島」這個名詞，「都市熱島」是由人們改變都市地表而引起微候變化的綜合現象，因都市環境中大量的人工發熱以及龐大的人造物蓄熱體、綠地稀少等因素，造成都市中缺少蒸發，無法利用蒸發冷卻來消耗熱，造成都市有如一座發熱的島嶼般，產生上生的氣流，其與郊區流入的冷流形成左右對稱氣流循環現象（林憲德，1994）。此循環現象造成都市的溫度高於周邊郊區，若將溫度的變化由等高線與剖面圖表示，圖形會形成一個由內往外擴散的迴圈，使得中間地區如同一做島嶼，此即為「都市熱島」。都市熱島強弱的評估指標稱之為「都市熱島強度  $\Delta T_{u-r}$ 」，其定義為市中心溫度與市郊溫度之差，而溫差與熱島強度成正比。

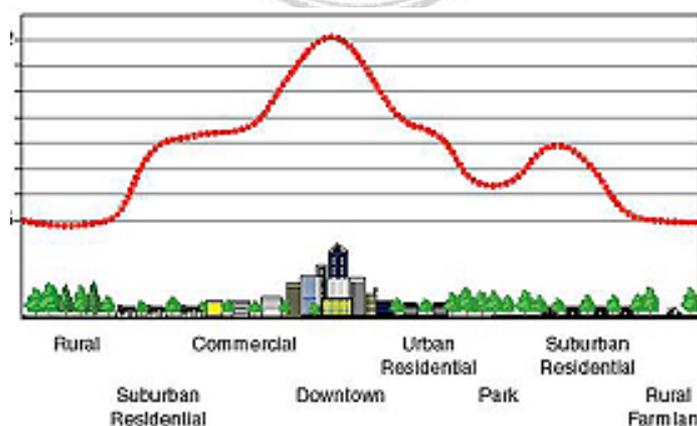


圖 2-1-1 都市熱島剖面示意圖 (Lawrence Berkeley National Laboratory 網站)。

##### 二、熱島效應下都市環境的改變

都市熱島效應改變了都市地區的微氣候，都市氣候產生高溫化、乾燥化、日射量減少、雲量增多、霧日增多、降雨量微增、平均風速降低及空氣污染等影響 (Landsberg, 1981)，影響著使用者的生活品質，其中最顯著的以下三點：

##### (一) 都市空氣污染

都市溫暖化的結果造成市中心比郊區的溫度高，白天地面溫度高，污染物隨著熱氣流往上擴散，到了晚上都市外圍郊區地面溫度冷卻較快，市中心區的溫度仍無法降低，因此白天隨熱氣流上升的污染物，將再在隨氣流而下降，造成都市空氣品質劣化的現象，使能見度降低。此一現象尤其是在水平方向的風速很低、及都市上空出現逆溫層的情況，最易發生（歐陽嶠暉，2001）。

## （二）都市高溫化

導致氣候高溫化的現象大至可以歸類為二大部份，分述如下：

### 1. 都市熱容量增加與都市綠地減少

都市化後建築物從水平發展轉型為垂直發展，暴露於外的建築表面，增加了環境的受熱面積，而混凝土、磚、石材等建材的運用亦大幅增加都市中的蓄熱量。都市的建築物較鄉村地區密集、擁擠，太陽的輻射進入都市之中，較容易被建築體所吸收，同時因為建築物高聳、吸熱表面積大增，使得日射量進入都市內，經建築物之多重反射後，被吸收的比率增多，造成都市環境儲熱能力上升（林憲德，1994）。這些都是造成都市溫暖化的因素之一。

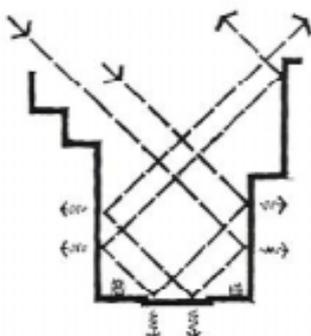


圖 2-1-2 建築物太陽輻射反射示意圖（洪得娟、顏家芝、李麗雪，1998）

綠地可以調節大氣溫溼度的原因是綠地可以自然涵養水份，在降雨時吸收水分，在溫暖乾燥的日子蒸發，如此可以增加空氣的溼度，同時降低地表的熱量。綠色植物對溫溼度的調節也有很大的幫助，這是因為茂密的枝葉可以吸收和反射 80%~90% 的短波太陽輻射熱，葉片的蒸散作用又可以消耗部分的熱量。因此，同一地區日間在森林內之平均氣溫比森林外約低攝氏 3~5 度（陳瑞鈴、鄭政利、劉安平，1999）。陽光能直接穿透到大的廣場和寬廣的街道，植群可以有效控制太陽的輻射，特別是樹木。森林的樹冠層可以吸收大量熱能，密集樹冠的楓樹能吸收仲夏晴天近於 80% 的短波輻射。森林也能減低最大氣溫近約 6 °C，其氣溫比開放地區低。因此都市裡較大的樹冠層的樹木可以調節地表氣溫（洪得娟、顏家芝、李麗雪，1998）。所以當原本的綠地因為都市化而消失時，逐漸使都市產生高溫化的現象。

### 2. 大氣的溫室氣體增加

大氣中最主要的溫室氣體為二氧化碳、甲烷、二氧化氮、等三種，其中以二氧化碳對全球氣候溫暖化影響最大。在建築產業中主要是起因於能源使用，建築產業的耗能則包括空調、照明、電機等「日常使用能源」，以及使用於建築物上的鋼筋、水泥、紅磚、磁磚、玻璃等建材的「生產能源」(施瑩瑄，2003)。

### (三) 都市能源過度消耗

在能源使用方面，都市溫暖化造成都市溫度升高，台灣地處亞熱帶，夏季炎熱，加上都市暖化的結果，家家戶戶為求室內的溫度舒適，多使用冷氣以降低室內溫度，而冷氣為一個高耗能源的設備，能源的使用最後以廢熱及二氧化碳的形式排出室外，造成都市熱能量的更增加，溫暖化現象更加嚴重，也影響冷氣機的運轉效率造成能源的浪費(歐陽嶠暉，2001)。

### 三、國內外熱島效應相關之研究

都市熱島普遍的存在於每個都市之中，其不同之處只是熱島強弱的差別，1820年Howard，以倫敦和鄉村的溫度指數對照表為依據，提出在都市晚上比鄉村熱3.7度。1970年Fukui，發現東京的溫度自1920年開始逐漸上升，其升高的趨勢甚至已經超過了整個東京區域的平均趨勢。在二次大戰，東京從破壞中重建後，都市溫度升高了將近1度，同年Dettwiller亦發現，巴黎在1951~1961年間，巴黎的市中心溫度高出周邊地區1.5度。

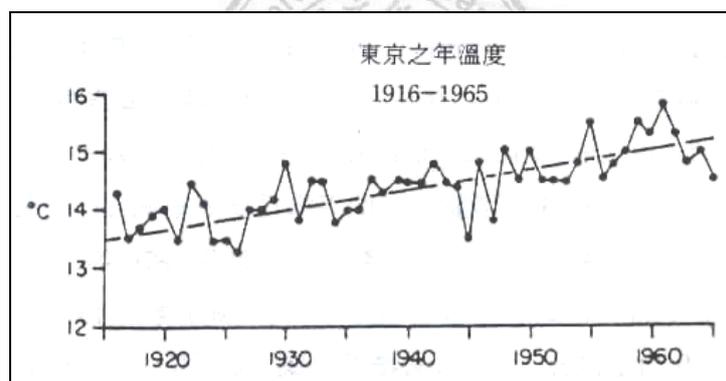


圖 2-1-3 日本、東京之年溫長期趨勢(Fukui，1970)

1992年，姜善鑫彙整出七大國際都市，城鄉間的年平均溫差，在0.6°C~1.1°C不等，其中最顯著的是紐約市達1.1°C。

表 2-1-1 國際都市與周圍鄉村的年平均溫差

都市	芝加哥	華盛頓	洛杉磯	巴黎	莫斯科	費城	柏林	紐約
溫差 (°C)	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1

資料來源：姜善鑫，1992

在台灣1999年，李魁鵬以機車移動觀測法完成台北、台中、台南、高雄等四大都會區都市熱島觀測實驗，觀測結果顯示，夏季午夜之都市熱島強度台北為

4.5°C、台中為 2.7°C、台南為 3.5°C、以及高雄為 3.2°C；而台中、台南和高雄的最大熱島強度出現在晚上，分別為 3.2°C、4.4°C 和 3.4°C，台北則是在中午，其值高達 4.9°C。以上的研究證明了，無論是高緯度或低緯度，無論是坡地、盆地、海岸地形等等，都市熱島都是存在的。

都市熱島現象造成都市最嚴重的傷害就是都市高溫化的現象，國內外的研究已從早年現象的證明、解析，到近年來各種熱島因子的探討，研究該如何控制都市中的熱島因子，來降低都市熱島的強度。

1970 年 Landsberg 提出材質的使用對都市溫度的影響，因為材質冷卻率的不同使物體的表面即使在日落後溫度仍居高不下，如圖中顯示，日落後 2 小時，牆壁與庭院表面的溫度比空氣中仍高出 4~5°C，且庭園的溫度又比周圍的草地高出 1°C。草地表面由於熱容量非常低，故在日落前已開始冷卻。建築物常使用的混凝土材質，其比熱為一般土壤 3~4 倍，若給予相同的熱，混凝土的溫度將高於一般土壤的 3~4 倍 (Landsberg, 1970)。

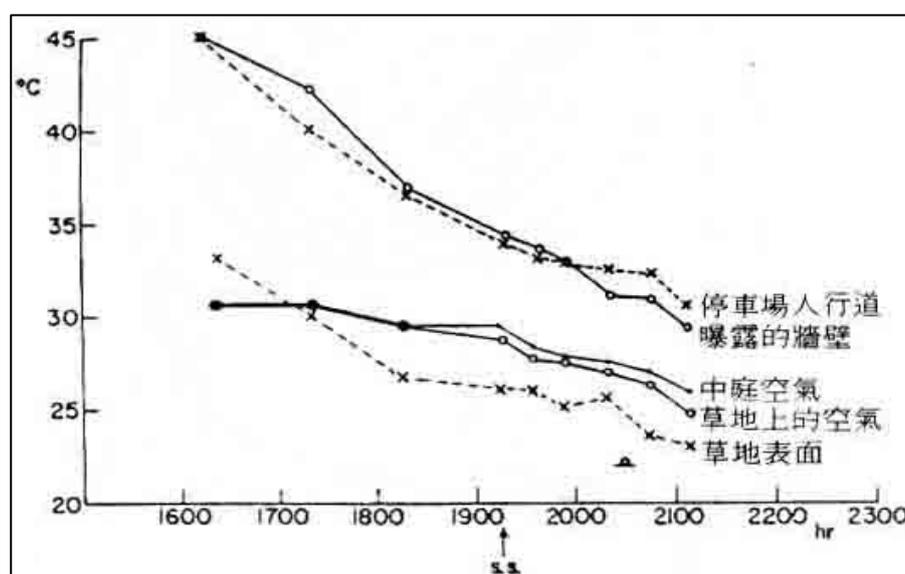


圖 2-1-4 密集建築物內與附近中午、晚間之溫度變化(Landsberg, 1970)

Rosenfeld 等人，在 1995 年的文獻中說到，熱島效應下溫度不斷的上升，冷卻能源的使用不斷增加，加速了都市煙霧的形成。而都市中的樹蔭和淺色表面抵消或反熱島現象並且保存能源。此研究以都市表面材料的反照率 (Albedo) 進行研究，反照率越高，都市冷卻能源就消耗的越少，下表為各種表面材質、顏色之反照率與空氣溫度及冷卻百分比的關係，其中提到白色的油漆反照率約 80%，冷卻率 100%，溫度約 10°C，白色類似水泥的顆粒狀表面反照率 70%，冷卻率 78%，空氣溫度約 18°C，鋁皮屋頂的反照率 50%，冷卻率 44%，溫度約 30°C，黑色油漆反照率趨近於 0，溫度約 50°C，冷卻率 0%，詳見下圖：

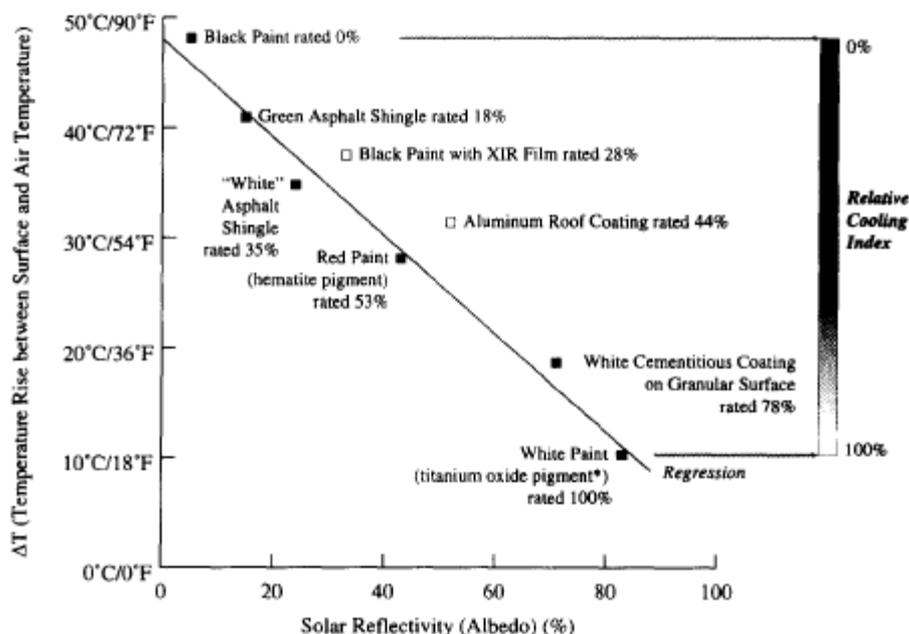


圖 2-1-5 材料反照率與溫度關係圖 (Rosenfeld 等人, 1995)

1997 年 Taha 利用數值模擬的方式模擬都市反射率、蒸散率、人為熱能對溫度影響的相關研究，在住宅區與商業區的模擬中，此三項因子與人為熱能的影響較小，(人為熱能在都市中心區較有影響)，增加反射率和蒸散率可有效的減緩微氣候的溫度，調整反射率最高可降低空氣溫度 4°C，增加植被影響蒸散率可降低空氣溫度 2°C。

李魁鵬(1999)「台灣四大都會區都市熱島之研究」針對各都會區在各時段之氣溫分佈現象與特性以及都市熱島的季節推移、熱島強度的時段變動、都市熱島與地理特性並以人口為因素與世界都市熱島效應進行深入的探討，且結合了地理資訊系統對四大都會區之容積率、人口密度、建蔽率、綠地、水域等都市構成因素與熱島溫度進行定量解析，最後提出改善都市熱島效果之都市計畫手法與對策，但缺少對人為因子中，建築物表面所造成的影響進行探討。

郭柏巖(2000)「都市公園微氣候觀測解析—以台南市公園為例」，在綠化有助於減緩都市高溫化的論點上，以機車移動觀測法觀測公園綠化對都市熱島效應的影響，發現在公園周圍 150 公尺，具有明顯降溫的效果，其降溫的效果與「樓地板密度、人口密度、綠覆率、鋪面密度、天空可視度、街道高寬比」相關。

李洋毅(2006)以台北市之綠帶型態進行研究並將其分為八種類別，討論綠化形態(綠帶、都市公園、商業退縮、未建築空地…等)尺度不同及空間規模相互影響下的效果及其關係，以及綠帶分布改善後的影響。該研究利用綠化形態效果因子與綠化形態相互影響的週邊因子和熱島效應的計算公式結合，架構出不同綠化形態下的計算模型。

蔣蕙嫻(2006)則以台北市士林、北投區為例，該研究所使用的調查方法為移動觀測法，主要討論的對象為現行都市計畫法系的內容與項目，並以其形成的影響因素來修正都市土地使用分區的內容與項目，而本研究則取其研究項目中與熱島效應較有關係的「土地使用項目」、「建蔽率」、「容積率」、「綠蔽率」等幾項

因子進行探討，但考量到人為因子中建築物的部分也會使都市微氣候產生變化，因此本研究加上建築物的量體、配置與外殼材質，希望能更深入的探討其與熱島之間的關連性。

王義和(2007)「都市住居街區土地使用型態對熱島效應之影響」利用地理資訊系統(GIS)的空間分析工具，以紅外線熱像解析儀收集相關基本資料後進行分析解釋，都市中的建物型態、使用分區、綠蔽率等因子影響下，都市表面溫度的熱島強度變化，證明在天氣條件適宜的情況下都市中普遍存在熱島效應。在因子的解釋率方面以綠蔽率、建蔽率、容積率、最大風向、濕度此五大因子最顯著。此研究在熱行為的探討中，是以一個二度空間的角度來進行，缺少了都市環境之立體熱流現象以及減緩都市熱島效應與建築材料之關係。

由上述的文獻中可得知，都市熱島的影響因子可以分成自然環境變化、都市人為熱源、都市表面材料特性、都市植栽與水體四大項，而其中因子4~7都與建築物的量體及外殼有關，詳述如下：

#### (一) 自然環境變化

在自然環境方面，除了大環境下溫室效應、聖嬰現象的影響外，影響都市熱島因素主要是地區的微氣候變化，如：風速、風向、降雨、濕度、雲量、空氣混濁度等等。

#### (二) 都市人為熱源

都市人為熱源與都市的發展有一定的關係，當都市的規模日趨擴大且密集時，熱島強度也隨著增強，而在都市中的人造物建築其建蔽率、容積率、樓地板密度、街道寬度與建築物高度比都是人造熱源之一。

#### (三) 都市表面材料特性

都市表面材質對太陽輻射的反應與傳導，影響著都市熱島效應的強度，表面的顏色與反射率影響都市表層對太陽輻射的吸收，反射率越高吸收的輻射量就越少，通常顏色越深冷卻率越低，黑色的冷卻率區近0%，而白色的冷卻率近於100%。

#### (四) 都市植栽與水體

綠色植物可以光合作用的形式吸收熱量，調節溫度，高大的綠色植物更可以提供遮蔽，阻擋並反射太陽輻射；水體的蒸散作用可以調節微氣候，降低空氣溫度。

表 2-1-2 熱島效應影響因子表

	熱島效應影響因子
自然環境變化	1. 微氣候（日射量、溫度、風速、風向、降雨、濕度、雲量、空氣混濁度等）
都市人為熱源	2. 都市規模與人口量 3. 樓地板密度

	4. 建蔽率、容積率、街道寬度與建築物高度
都市表面材料特性	5. 反射率、反照率、熱傳導率、熱傳透率、冷卻率
都市植栽與水體	6. 綠覆率
	7. 蒸散率

資料來源：本研究整理

## 貳、小結

「台灣四大都會區都市熱島之研究」雖提出容積率、人口密度、建蔽率、綠地、水域與熱島變化的關係，但在建築物因子上除了建蔽率外，其他並未深入探討。「都市住居街區土地使用型態對熱島效應之影響」提出了建築物之配置型態與容積率對都市熱島的影響，但缺少了減緩都市熱島效應與建築材料之關係。而在 Landsberg、Taha 等人的研究，以數值模擬的方式模擬都市反射率、蒸散率、人為熱能對溫度影響，但是並未深入探討建築物室內外溫差的影響。因此，在熱島效應改善的研究中，多集中於區域都市環境熱島的改善，由建築物的改變來減緩熱島效應方面並無深入的研究。



## 第二節 建築節能相關研究

### 壹、建築物外殼改善與鄰棟遮蔽

都市熱島效應的研究除了都市本身大環境的改善外，構築都市的基本元素建築物的改變亦相當重要，在都市高溫化建築耗能不斷升高的狀況下，許多有關於建築節能的研​​究開始產生，而這些研究都與熱島效應的改善有極大的關係。這些文獻大致上可以分為建築物的外殼改善與建築物鄰棟遮蔽二大部分：

#### 一、建築外殼的改善

Wong 等人(2003)藉由 DOE-2 能源模擬程式去測定屋頂花園對年度能源消耗量、冷卻負荷及屋頂熱傳導效應之影響。下圖是屋頂綠化前後能源消耗的比較，綠化後的屋頂無論是草皮、灌木、樹，其在能源的消耗上都比原先來的節省。

其研究結果顯示，在五層樓的商業大樓設置屋頂綠化，可減少 0.6~14.5% 的年度能源消耗量，及 17~79% 的尖峰與非尖峰空調負荷。土壤厚度與含水率會影響建築物耗能；不同的土壤厚度(100~900 mm)最多可節省 1~3% 的年度能源消耗量，及 2~64% 非尖峰空調負荷，與 2~71% 尖峰空調負荷。而屋頂綠化最適合的植栽種類為灌木，以裸露屋頂為例，設置 30 cm 的土壤與灌木，可減少 15% 年度能源消耗量，及 79% 尖峰與非尖峰空調負荷。屋頂綠化最適合的土壤種類為黏土，以一般平屋頂為例，設置 90 mm 乾黏土層，可減少 3% 年度能源消耗量，及 64% 非尖峰空調負荷，與 71% 尖峰空調負荷。此外，以裸露屋頂為例，屋頂綠化可減少 17~81% 的尖峰 RTTV(空調負荷)，具有灌木的屋頂綠化，其尖峰的 RTTV(空調負荷)，可顯著減少 81%。一般平屋頂為例，屋頂綠化可減少 47% 的尖峰 RTTV(空調負荷)。此研究雖然模擬出屋頂綠化後所節省的空調耗能，但是屋頂綠化所影響的範圍，並未深入探討。

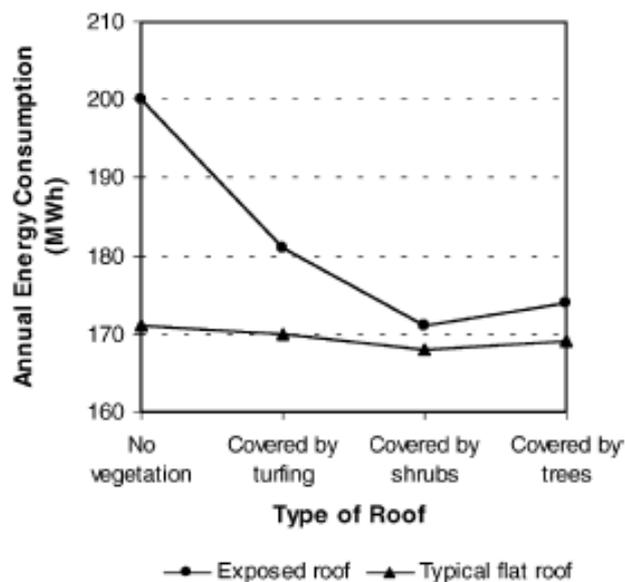


圖 2-2-1 屋頂綠化與能源消耗比較圖 (Wong 等人, 2003)

2005年，田喆、黃勇波、朱能、黎貞發，「城市熱島作用下辦公建築冷負荷的影響因素分析」，通過收集佈置在天津市市區的五個溫度監測點和位於市郊的西青氣象站的資料比對，發現天津市的平均熱島強度在3~5°C左右。該研究利用模擬軟體EnergyPlus分析了建築熱敏感性以及夏季室內設計溫度不同時城市熱島(UHI)對辦公建築冷負荷之影響，在研究中以熱傳導係數k值的控制為研究重點，將研究的模型中k值較高的建築定義為敏感建築，研究發現，敏感建築加大了熱島對建築冷負荷的影響，熱島強度每增加1°C，敏感建築冷負荷增加2.01%，不敏感建築增加1.6%；而室內設計溫度 $T_n$ 以24°C變化到28°C時，城市熱島對建築冷負荷的影響更加顯著。此篇研究對於建築物的結構得熱與建築外殼的熱傳透率部分研究不多，若能加入這些因子，應能更清楚瞭解到熱島效應與建築耗能之關係。

國內外有關於建築外殼改善的研究大致上朝二個方向進行，第一個是建築外殼材料的改變，適當的外殼材料可以減少太陽能的穿透與吸收，進而減少空調耗能，第二個是開窗與遮陽因子，適當的開窗率與遮陽可以避免多餘的熱輻射穿透。有關於建築外殼材料改變影響節能的關係與開窗遮陽改變影響節能的文獻整理如下：

表 2-2-1 建築外殼節能改變相關文獻整理表

作者/時間	因子	模擬軟體	內容
N. H. Wong D. K. W. Cheong H. Yan J. Soh C. L. Ong A. Sia 2003	屋頂綠化	DOE-2	計算屋頂綠化前後能源消耗的比較，綠化後的屋頂無論是草皮、灌木、樹，其在能源的消耗上都比原先來的節省，在五層樓的商業大樓設置屋頂綠化，可減少0.6~14.5%的年度能源消耗量，及17~79%的尖峰與非尖峰空調負荷。裸露屋頂為例，屋頂綠化可減少17~81%的尖峰RTTV(空調負荷)，具有灌木的屋頂綠化，其尖峰的RTTV(空調負荷)，可顯著減少81%。一般平屋頂為例，屋頂綠化可減少47%的尖峰RTTV(空調負荷)。
田喆 黃勇波 朱能 黎貞發 2005	外殼熱傳導係數k	EnergyPlus	研究模擬熱傳導係數k值，將研究的模型中k值較高的建築定義為敏感建築熱島強度每增加1°C，敏感建築冷負荷增加2.01%，不敏感建築增加1.6%；而室內設計溫度 $T_n$ 以24°C變化到28°C時，城市熱島對建築冷負荷的影響更加顯著。
游璧菁 1992	開窗率	實測數值 模擬	建築物再無遮蔽狀況下較佳的開窗率為15%~20%。當臨界有遮蔽狀況下較佳的開窗率為35%~50%。建議現有的法規以開窗面積與樓地板面積比值，改為開窗面積與

			開窗部外牆面積的比值
陳致和 1995	水平遮 陽板	實測數值 模擬	開窗率低於20%時，對角隅處採光不利。水平遮陽板使用在南向時採光效果最佳，當方位越往北邊時效果越差。在溫熱期（5~9月）時段，水平遮陽板在南向的深度比選擇以0.4~0.6較佳。綜合比較各種形式遮陽板的採光效能後，建議開窗率30%、深度比0.2之開口設計為最佳組合形式。
林冠州 1998	水平遮 陽板	實測數值 模擬	相對太陽高度角60度時建議如下：設置單片水平遮陽板時開窗率建議大於30%，同時深度比不宜大於0.6。當太陽高度角大於60度時，設置中間遮陽板暨導光板效果最佳。適當的深度比：單片水平遮陽板為0.2；中間遮陽板暨導光板為0.2；導光板為0.4。建議開窗率維持在30%，當低於15%則採光效果不良。
廖蓮輝 1996	格柵遮 陽板	實測數值 模擬	在南、西南及東南向為格柵遮陽板最適合的方位，在此方位範圍內，建議以較大的開窗率搭配分格數較多的格子板。在東、西向為格柵遮陽板較差的方位，在此方位範圍內，建議加大垂直板部分的深度比，以阻擋低角度的太陽日射。建議以高開窗率搭配分格數較多的格柵遮陽板模式。
劉澄泰 1997	垂直遮 陽板	實測數值 模擬	欲設置垂直遮陽板建議開口率大於25%。垂直遮陽板之適合方位，為南南西、西南、北北西、北北東、東北及南南東等方位。設置於北北西、北北東及北向方位時，建議開口率為30%~45%、深度比為0.6~1.0。設置於南南西、南南東、西南及東南向方位時，建議開口率為30%~45%、深度比為0.4~1.0。

陳乾隆 1999		實測數值 模擬	在直射環境下，垂直遮陽板的採光效能與太陽方位角息息相關。當方位角在30~30度之間，無法有效遮蔽直射光，並與開窗率及深度比因子的變化無關聯；方位角在60~60度之間，為最佳範圍；當方位角接近±90度時，採光效果變差。各因子的影響程度：高度角>方位角>開窗率>深度比。提出各方位設置垂直遮陽板之開窗率及深度比建議值。並建議開窗率採35%以下。
林啟發 2004	建築方位 開口率 遮陽 玻璃透過 與 傳透率 建築構造 隔熱層	DOE-2.2	研究模擬結果顯示，在相同建築條件下，以寒帶地區之辦公建築空調耗能〈哈爾濱：147.5[kWh/(m <sup>2</sup> ·年)]〉最大，熱帶地區次之〈吉隆坡：90.6[kWh/(m <sup>2</sup> ·年)]〉，而亞熱帶地區最低〈台北：66.5[kWh/(m <sup>2</sup> ·年)]〉，可見亞熱帶地區附近有著得天獨厚的氣候條件，成為最小空調耗能區。
賴科仁 2004	外遮陽 屋頂隔熱	DOE-2.2	建築物開窗改善後通常可減少約15%—74%的太陽輻射。而屋頂隔熱之屋頂熱得，經屋頂隔熱改善後，通常可減少約57%—71%，並由實測結果得知，其隔溫效果高達約32%以上。

資料來源：本研究整理

## 二、建築物鄰棟之遮蔽

建築物陰影與週邊環境的研究，大致上都是以電腦模擬的方式進行，但是台灣目前擁有的氣象測站進行日射量測者較少，一般僅觀測與太陽輻射量有密切關係的日照時數。太陽輻射能量氣象資料的來源方式大約有四種：

- (一) 使用現成的平均太陽日射量
- (二) 以某段時間實測的太陽日射量資料推估的日射量數學迴歸模型
- (三) 當地過去全年逐時實測全天空太陽日射量氣象資料。
- (四) 平均氣象年資料 TMY2

有關建築物鄰棟遮蔽的研究分為二種，一種是以建築群為單位，模擬量體之間彼此遮蔽的效果，例如 Dr. A. Yezioro and Dr. Isaac G. Capeluto (2001)，以商業大樓建築群的遮陰互影響與日照、氣流、陰影等因素進行模擬，另一種是

以單棟建築為單位，模擬單棟建築物遮陰對週邊環境的影響，如曾淑美(2004)，以台北 101 大樓為例，探討大樓對週圍場域形成影響等等，相關的研究簡要說明如下表：

表 2-2-2 鄰棟遮蔽相關文獻分析表

作者/時間	論文	內容
陳邦安 (1987)	台灣地區建築物日影之電腦模擬與分析	台灣地區緯度範圍內，藉助電腦模擬建築物之日影分佈狀況，以緯度、季節、建築物型態、高度、方位等作為影響因子，分析建築群體之日照狀況及影響因素，以期提供建築配置規劃設計者一有效參考應用之調整原則。
Dr. A. Yezioro and Dr. Isaac G. Capeluto (2001)	SUN AND WINDS IN A NEW BUSINESS DISTRICT IN TEL AVIV	在商業大樓中的建築群體，其熱環境會因彼此之間相互影響，日照、氣流、陰影等因素都有一定程度之關係。藉由動態模擬的電腦操作下，將此一課題作為檢討。
詹仕鑑 (2004)	氣溫變化及鄰棟遮蔽物對建築物空調耗能的影響	鄰棟遮蔽角度的設定是以該方位牆面中心點水平線的位置，仰視鄰棟遮蔽物之頂點位置與水平線所夾的角度，而鄰棟建築物的寬度則是以中心線，往左右兩邊所夾75°之寬度為依據。在不同開窗率、水平遮蔽角與不同方位變數下，共計有120個模擬單元進行模擬，限於篇幅在此僅以開窗率30%(GR30%)為例說明結果。
曾淑美 (2004)	建築日影變化對周圍場域的影響-以台北101大樓春分時節為例	信義區因政府經濟的發展策略，於此處建造世界最高的超高層建築—台北101大樓，其超高尺度，所造成的建築日影，改變周場域原有的日照環境。以往對於建築日照的研究，大都以建築日影的方向及範圍為討論的焦點，本研究以此理論為基礎，進一步分析日照陰影因距離遠近所造成的差異影響，藉由實驗操作，測量日日照度因距離而改變的數值，求得日影遞增的模式，利用分析所得之日影遞增模式，用於電腦模擬中，界定各日影差異區域的範圍，並就其變化進行討論。

洪德雄 (2006)	鄰棟建築遮蔽與節能效率之研究	以建築群的思維、及 ENVLOAD 公式為基礎，由電腦模擬操作求得，建築群日射量分佈與建築群對熱環境的影響、進而從太陽軌跡圖分析以求得建築外殼在全年中的遮蔽百分比及輻射量，模擬台北地區辦公建築群，在外遮陽係數(Ki)與遮蔽影響因子方位、高度、間距與節能效率之關係。
---------------	----------------	--

資料來源:本研究整理

由上述的文獻中可彙整出，可以分成建築外殼改善與建築物鄰棟遮蔽二大項中，影響建築節能的因子，詳見表 2-6：

### (一) 建築外殼改善

建築物外殼的改善有二種，一種是建築物外殼屋頂、牆體、窗戶等材料與窗的開口位置與大小的改善，根據窗的位置和大小，材質的顏色與特性，在反射率、熱傳透率、蓄熱量、隔熱層表現皆有不同，這些特性影響著對太陽輻射的吸收與傳導；另一種是，建築物本身遮陽版（水平、垂直遮陽）所提供的遮蔽，利用遮蔽控制太陽輻射進入室內的量，這二者對太陽輻射的控制都直接影響室內溫度的舒適性與耗能。

### (二) 建築物鄰棟遮蔽

建築物鄰棟遮蔽指的是建築物相互間在距離、高度、方位下，所能提供的效應對建築節能產生影響

表 2-2-3 建築節能影響因子表

	熱島效應影響因子
建築外殼改善	1. 屋頂、牆體、窗戶等外殼材料：顏色、反射率、熱傳透率、蓄熱量、隔熱層 2. 窗開口位置與大小：開口率 3. 建築外殼遮陽：遮陽版（水平、垂直遮陽）
建築物鄰棟遮蔽	4. 建築配置：距離、高度、方位

資料來源:本研究整理

## 貳、小結

熱島的相關研究，提出了各種綠化、反射率、建蔽率、容積率、土地使用分區、反射率、蒸散率等因子對熱島的影響，在建築節能則提出了建築物遮蔽，建築物綠化、開窗率等因子對節能的影響，但是目前研究未能將所有因子整合，其實熱島因子與建築節能因子上有許多是可以相互運用整合的，例如容積率、建築物外殼反射率、鄰棟遮蔽、屋頂綠化這四個因子整合的控制等等。

### 第三節 都市地區之熱環境

#### 壹、都市地區之熱平衡

太陽輻射即是太陽以電磁波形式向地球放射能量，其輻射主要集中在波長較短的可見光（0.4~0.75  $\mu\text{m}$ ），太陽輻射經過大氣層達到地面的日射量，一部份被地表吸收，另一部份被地表反射，又再將熱量輻射射像大氣（此構成地面長波輻射）；大氣收到地面輻射又向地面逆輻射。這樣循環太陽的熱量就被保存起來，而形成了大氣的熱輻射源，亦轉化為環境溫度（劉明揚，2001）。而地球表面上太陽、大氣及地表輻射之間的交互作用，其能量平衡的數學運算式為：（鄭師中，1980）

$$\pm Q_N = Q_I(1-A) + Q_{L\downarrow} - Q_{L\uparrow} \quad (2-3-1)$$

$$= \pm Q_S \pm Q_{L\downarrow} \pm Q_E \pm Q_P \quad (\text{在夜間 } Q_I(1-A) \text{ 項消失，因為 } Q_I=0)$$

$Q_N$ ：淨能量平衡

$Q_I$ ：自表面獲得得短波輻射（直射及漫射）

$A$ ：地表的反照率（反射）

$Q_{L\downarrow}$ ：向下的大氣長波輻射

$Q_{L\uparrow}$ ：自地表反射的長波輻射

$Q_S$ ：進出地表或其他表面的熱通量

$Q_H$ ：大氣和地面間交換的可感熱

$Q_E$ ：自地表（或植物表皮）蒸發或凝結（結霧或霜）所喪失的熱

$Q_P$ ：來自人為因素，包括人及動物新陳代謝所放出或製造的熱

#### 一、表面的短波輻射 $Q_I$

太陽輻射的能量主要集中在可見光和近紅外，約占總量的 80%，其中可見光波段約占輻射總量的 46%，最大輻射強度位於波長 0.4~0.75  $\mu\text{m}$  左右，所以太陽輻射一般稱為短波輻射， $Q_I$  主要是指白天到達地面的太陽輻射，可以用全天輻射計來測量。但是由於地球大氣對太陽輻射的減弱作用，使得到達地面的太陽輻射大大減少。到達地面的太陽輻射的波長主要集中在短波區 0.35~1.4  $\mu\text{m}$ （陳仲全，1999）。這部分輻射由於太陽光線在地面上的投射形式不同分為：太陽平行光線直接投射到地面上的直接輻射  $S$  和以散射的形式到達地面的散射輻射  $D$ 。同一時刻兩者之和即為到達地面的太陽輻射總量，稱之為總輻射  $Q$ 。顯而易見，存在下述關係式：

$$Q = S + D \quad (2-3-2)$$

使用的單位一般為  $\text{W}/\text{m}^2$ 。在氣象觀測中記錄的一般都是某一時段的積累值，其單位為  $\text{J}/\text{m}^2$ 。 $Q_S$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) 為地面所吸收的短波輻射量， $Q_S = Q_I(1-A)$  的量同常受限於反照率  $A$  值，反照率是反輻射量與入射輻射量的比值，它是各個

波長反射率(reflectivity)的積分，一般而言反射率會隨波長而改變。平均而言，地球反照率約為 0.3%。下表 2-10 是各種表面反照率的值。

表2-3-1土地利用與反照率關係表

土地利用	平均反照率 (%)
農場	14.7
小路、樹	15.4
森林	15.4
原野、小路	16.6
原野、農場	16.5
大部分的森林、小部分的原野	16.2
原野	16.2
新興市郊建築期間	16.6
舊市區	12.2
商業區	12.1
商業區、工業區、舊房子	13.8

資料來源：鄭師中，1988

## (二)長波輻射量 QL

QL 主要包括兩部分：地面輻射 QL↑和大氣逆輻射 QL↓。

### 1. 地面輻射 QL↑

QL↑是由於地面溫度引起的地面向大氣的長波輻射。地面的平均溫度約為 300K，其輻射的能量絕大部分是在波長 3~80 μm 的範圍內，輻射能力最大波長在 10 μm 處，完全處於紅外光譜區，因此它只具有熱效應。地面輻射晝夜不斷進行著，而且白天的輻射能力遠大於夜間。但是白天因吸收的太陽輻射總量大大超過了地面輻射所損失的能量，因此地面溫度還是升高的。當夜間已沒有太陽輻射補償的時候，地面輻射散失熱量的效果就顯現出來導致地面溫度降低。

地面輻射通過大氣層時，大部分能量被大氣中的水汽、水滴、CO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 等具有強吸收能力的物質所吸收，而以水汽的吸收作用最大。水汽主要分佈在近地層空氣中，而且由下向上逐漸減少。因此，地面輻射的大部分在低層空氣就已被吸收了，只有少量透過大氣向宇宙空間傳遞。所以，地面輻射是低層大氣能量平衡的主要因素。

研究證明，地面輻射雖不是黑體輻射，但可認為是灰體輻射，故有下式：

$$Q_{L\uparrow} = \varepsilon \rho T^4 \text{ W/m}^2 \quad (2-3-3)$$

ε — 發射率 (emissivity)

σ — 史蒂芬-玻耳茲曼常數 (σ = 5.67 × 10<sup>-8</sup> W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>))

### $T$ —地表絕對溫度(K)

$\varepsilon$  值隨地面性質稍有不同，大致為 0.84~0.99，城市中不同性質下墊面的  $\varepsilon$  值如表 2-11(周淑貞，1994)。但是實際研究證明， $\varepsilon$  並不是決定地面輻射的主要因素， $T_g$  才是最具影響的因素。

表2-3-2 相對發射率

下墊面性質	地面相對發射率
瀝青道路	0.93~0.956
建築物磚牆	0.90~0.92
建築物外保溫，外塗漆，白色	0.85~0.95
建築物屋頂(柏油和礫石)	0.92
黃粘土(裸地)	0.85
草地	0.84
落葉林地	0.97~0.98
水面	0.92~0.97
土路	0.83
城市區域範圍	0.85~0.93

資料來源：周淑貞，1994

### 2. 大氣逆輻射 $Q_{l\downarrow}$

$Q_{l\downarrow}$  是指大氣輻射中射向地面的那一部分輻射。它是除太陽輻射外另一個地面能量來源。大氣輻射的產生也是由於大氣本身溫度所具有的能量反映。根據其溫度大小，其輻射能量絕大部分是在波長為 4~120  $\mu\text{m}$  的範圍內，輻射能力最大波長在 15  $\mu\text{m}$  處，因此它也是熱輻射。關於大氣逆輻射的計算，在晴空情況，它是由水汽和 CO<sub>2</sub> 的發射帶產生，要得到精確值只有靠對整個溫度和水汽等溫線作詳細計算。但是已經出現了一些經驗公式，用所測的地面溫度  $T_g$  和水汽壓  $e$  來計算(Brunt, 2001)。Brunt(2001)提出的公式如下：

$$Q_{l\downarrow}/\sigma T_g^4 = a + b\sqrt{e} \quad (2-3-4)$$

根據  $Q_{l\downarrow}/\sigma T_g^4 = a + b\sqrt{e}$  與  $e$  之間的相關性得到常數  $a$ 、 $b$  的取值。在此對  $a$ 、 $b$  的取值分別為： $a=0.51$  和  $b=0.066$ (陳沛霖，1997)，故而

$$Q_{l\downarrow} = \varepsilon \sigma T_g^4 (0.51 + 0.066\sqrt{e}) \text{ W/m}^2 \quad (2-3-5)$$

$e$ —大氣層水汽壓(mbar)

### 貳、熱輻射

### 一. 太陽熱輻射的傳播

太陽輻射傳播到地表的方式，可以分為直達輻射（direct solar radiation）、漫射輻射（diffuse radiation）、反射輻射（reflected radiation）。其中直達輻射是太陽直射而來；漫射輻射是經過大氣吸收、散射或經地面反射等已被改變方向的輻射，其中包含了由太陽輻射經大氣吸收、散射後，間接到達的天空輻射及由地面物體吸收後，再發散的地表輻射；反射輻射是到達地表的輻射，被地表覆蓋物影響而產生的反射現象

太陽輻射量與建築物之間的關係，主要可以分成「光」和「熱」的影響兩個部分，光是指太陽光對建築物遮蔽產生陰影的情況，而熱所指的則是太陽輻射能量對室內產生的熱負荷（范綱樑，2003）。

一般來說，太陽輻射能量和環境熱交換的模式有下列四種（江哲銘，1997；陳啟中，2000）：

（一）直達輻射：穿透過大氣層直接抵達地表，而被吸收之太陽輻射即為直達輻射（direct solar radiation），而到達地面的直達輻射量，會受到大氣透射率及太陽高度角的不同而有所改變。

（二）天空輻射：太陽輻射經大氣時受到水蒸氣等質點而產生擾亂，被擾亂的部份成為天空中之輻射而抵達地表，此即為天空輻射（sky radiation）。

（三）反輻射：大氣會吸收太陽直達輻射能量和來自地表的輻射能量，同時會因吸收輻射能量多寡，造成大氣本身溫度變化而產生對地表的輻射，此種輻射稱為反輻射。若大氣中水氣較多時，對太陽直達輻射的吸收較大，反輻射亦大。

（四）地表輻射：地表接受直達輻射、天空輻射及反輻射的熱量後，一部份被地表吸收，另一部份則以蒸發、對流、傳導等方式向外輻射，這些輻射便稱為地表輻射（terrestrial radiation）。

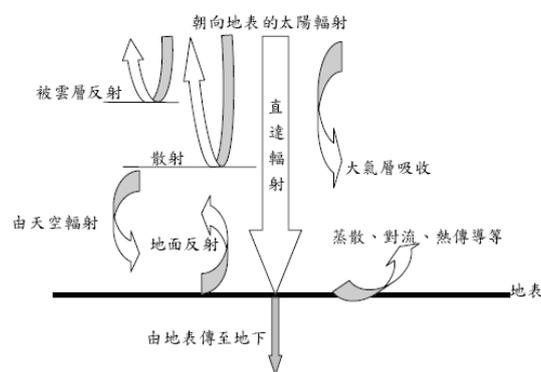


圖 2-3-1 太陽輻射與環境熱交換圖（陳啟中，2000）

## 第四節 人為構造物相關資料

### 壹、建築外殼材料傳導與熱特性

#### 一、熱傳導原理

在都市環境中，人體對溫度高低的感受是相當直接的，溫度的變化隨即影響人體的舒適與否，一般來說，熱傳的方式可以依傳導（conduction）、對流（convection）、輻射（radiation），三種方式，由高溫向低溫處傳遞（賴榮平、林憲德、周家鵬，1991，）事實上物體在進行熱傳導的時候，往往都是以三種方式共同發生的，建築外殼的熱傳導也是如此：就建築物而言，阻隔太陽輻射的第一道防線就是建築物的外牆，建築外牆依反射率的不同，吸收的太陽輻射也有所不同，蓄於牆體再由熱傳導、熱傳遞、熱傳透（熱傳導+熱傳遞+熱傳透）這三個過程傳至室內，因此，建築物的室內溫度受其相當的影響。

#### 二、穩定傳熱與不穩定傳熱

所謂穩定傳熱係指透過物體介質的熱流量與介質二側之溫差成正比。一定的溫差產生一定的熱流量，與時間變動或介質熱容量無關。但實際傳熱行為卻不如此單純，固體界質的熱傳透行為會因為固體的熱容量而吸收放熱，產生熱流的延遲現象（即所謂時滯現象），而使熱流量產生複雜的時間變動因素，稱之為不穩定傳熱，不穩定的傳熱計算，因需考慮熱容量的影響，而外氣溫度又隨時在變動，因此計算時需逐時計算，通常在建築的應用上考慮以穩定傳熱為主，穩定傳熱的計算式如下：（賴榮平、林憲德、周家鵬，1991）

##### （一）穩定傳熱計算

穩定傳熱量與介質二側溫差及介質本身傳熱難易度（即U質）有關，其基本公示如下：

$$\text{熱傳透量} Q = U \times (\text{內外溫度差}) \times A = U \times (T_{\text{高溫}} - T_{\text{低溫}}) \times A \quad (2-4-1)$$

其中U：熱傳透率

A：表面積（ $\text{m}^2$ ）

T：溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）

##### （二）表面有輻射熱時的穩定傳熱計算

上述傳熱過程只以溫差來計算熱流量，然而當介質表面有輻射熱（如日射時），其傳熱量亦需考慮輻射的影響。為了計算方便，有一種稱為等價外氣溫度的數值，將溫差及輻射溫度綜合為一個假想的溫差值以利實際之熱流量計算，其計算式如下：

$$\text{熱傳透量} Q = U \times (T_e - T_r) \times A \quad (2-4-2)$$

$$T_e = T_o + \alpha \times I_t / h_o - \varepsilon \times \Delta R / h_o$$

其中 $T_e$ ：等價外氣溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_o$ ：外氣溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha$ ：日射吸收率

$I_t$ ：全天日射量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$h_o$ ：外氣膜之熱傳遞率 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

$\varepsilon$ ：輻射率 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$\Delta R$ ：長波輻射量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

### (三) 熱傳透率計算 (U)

建築外殼之熱傳透率為室內空氣與室外空氣之間  $1^{\circ}\text{C}$  之溫差每  $\text{m}^2$  每小時透過之熱量，記號為  $U$  ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )，計算如下：

$$\begin{aligned} U &= 1 / (R_0 + R_1 + \dots + R_n + R_t) & (2-4-3) \\ &= 1 / (1/h_o) + (L_1/k_1) + \dots + R_a + \dots + (L_n/k_n) + (1/h_i) \\ &= 1 / R_t \end{aligned}$$

$k_1 \dots k_n$ ：第  $1 \dots n$  層之熱傳導係數 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

$L_1 \dots L_n$ ：第  $1 \dots n$  層之厚度 (m)

$R_t$ ：熱阻 ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )； $R = (1/k)$

$R_1 \dots R_n$ ：第  $1 \dots n$  層之熱阻 ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )

$h_i, h_o$ ：室內、室外表面熱傳遞率 ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ )

$R_i, R_o$ ：室內、室外表面熱阻 ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )  $R_i = 1/h_i$ ； $R_o = 1/h_o$

$R_a$ ：空氣層之熱阻 ( $\text{m}^2\text{C}/\text{W}$ )

## 貳、建築外殼材料熱特性

由於都市的發展，城市所在區域原有的自然環境如農田、草原等發生了根本的變化。人工建築物、構築物高度集中、以水泥、磚石、瀝青、陶瓦和金屬板等堅硬緊密、乾燥又不透水的建築材料代替了原本疏鬆的、被植被覆蓋的土壤或空曠荒地。人工鋪砌的道路，參差不齊的建築物，使都市的表層逐漸立體化，他們的物質構成和幾何形狀與郊區大不相同。環境表層面的改變、人為熱、溫室氣體的排放對都市熱島的形成具有重要作用。都市土地的使用分成不同的組成部分，如商業用地、住宅用地、工業用地、公園綠地、水面等。各種用地的功能不同，其下墊面的性質也不同，都市的佈局又是多種多樣的，使其表面性質改變更加複雜。

經由上述材料熱傳導的回顧中得知，材料的熱特性對溫度的影響頗深，以下彙整出各種人為環境表面材料之熱特性如下表：

表 2-4-1 建築外殼材料熱導係數對照表 (1)

分類	材料		密度 p (kg/m <sup>3</sup> )	熱導係數 k 乾燥 (w/m. k)	熱導係數 k 濕潤 80% (w/m. k)	備註
	名稱	分類				
金屬 、 玻璃	鋼材		7680	45	45	不因吸濕 吸水而改 變 K 值
	鋁及鋁合金		2700	210	210	
	板玻璃		2540	0.79	0.79	
水泥 、 石	輕質泡沫混凝土		600	0.15	0.17	含水狀 態，K 值增 加 100%
	人工輕骨材鋼筋混凝土版		1600	0.65	0.8	
	細骨材混凝土		2200	1.1	1.4	
	預鑄混凝土		2400	1.3	1.5	
	灰漿		2000	1.3	1.5	
	石灰		1950	0.62	0.8	
	石板		2000	0.96	1.0	
	瓷磚		2400	1.3	1.3	
	石棉柏油磚		1800	0.33	0.33	
	紅磚		1650	0.62	0.8	
岩石		2800	3.5	3.5		
土瀝 青、 塑膠 薄板	泥壁(和室房屋的隔間牆)		1300	0.68	0.8	
	纖維質塗漿		500	0.12	0.15	
	塌塌米(稻草)		230	0.11	0.15	
	合成塌米		200	0.065	0.70	
	地毯		400	0.073	0.08	
	內填斷然材料包塑膠皮		600~700	0.078	0.078	
	塑膠地磚		1500	0.19	0.19	
	硬塑膠，油地毯		1000~15	0.19	0.19	
	玻璃纖維強化膠(FRP)		00	0.26	0.26	
	瀝青柏油屋面材料		1600	0.11	0.11	
	瀝青柏屋頂材		1000	0.11	0.11	
	牆壁、天花裝修用壁紙		1150	0.13	0.15	
	防潮紙類		550	0.21	0.21	
		700				
纖維 材	玻璃棉保溫板		10	0.051	0.0056	玻璃棉密 度 P=30kg/m <sup>3</sup> 時之導熱 係數為最
	玻璃棉保溫板		12	0.048	0.0053	
	玻璃棉保溫板		16	0.044	0.0048	
	玻璃棉保溫板		20	0.041	0.0044	
	玻璃棉保溫板		24	0.039	0.0042	

	玻璃棉保溫板		32	0.036	0.0040	低
	玻璃棉保溫板		96	0.035	0.0039	
	玻璃棉保溫板		96	0.041	0.0045	3 號纖維
	岩綿保溫材		40~160	0.038	0.0042	徑較大，斷
	噴岩綿		1200	0.046	0.0051	熱性較差
	岩綿吸音板		200~400	0.058	0.0064	
木質 纖維	軟質纖維板	A 級	200~300	0.046	0.0056	柏油含浸 材、吸煙少 0.005g/m <sup>3</sup>  表面防濕 處裡 濕潤注意 通氣特性
	軟質纖維板	B 級	200~400	0.081	0.0097	
	軟質纖維板		200~400	0.058	0.0060	
	半硬質纖維板		400~800	0.11	0.13	
	硬質纖維板		1070	0.18	0.22	
	塑合板		400~700	0.15	0.17	
	木絲水泥板(鑽泥板)	普通品	430~700	0.15	0.18	
	木絲水泥板(鑽泥板)	耐燃品	670~800	0.22	0.26	
	普通木片水泥板		670~800	0.16	0.19	
	硬質木片水泥板		830~1080	0.18	0.22	

資料來源：陳啟中，2000

表 2-4-2 建築外殼材料熱導係數對照表 (2)

分類	材料		密度 p (kg/m <sup>3</sup> )	熱導係數 k 乾燥 (w/m.k)	熱導係數 k 濕潤 80% (w/m.k)	備註
	名稱	分類				
木質	合板	各種化粧板	500	0.15	0.18	
	木材	各種輕量材	400	0.12	0.14	
	木材	各種中量材	500	0.14	0.17	
	木材	各種重量材	600	0.16	0.19	
	木材	(I)	700	0.18	0.21	
	鋸木屑	各種重量材	200	0.070	0.093	
	絲狀木屑	(II)	130	0.065	0.088	
珍珠岩、石膏	板條石膏板	0.8-k	710~111	0.14		
	石棉水泥矽酸鈣板	1.0 k 與 c	0	0.12		
	石棉水泥矽酸鈣板	0.5 級	600~900	0.12		
	石棉水泥珍珠岩板	0.8 級	900~120	0.093		
	石棉水泥珍珠岩板		0	0.15		
	泡沫水泥板		400~700	0.2		
	半硬質碳酸鎂板		700~100	0.093		
	硬質碳酸鎂板		0	0.18		
石棉水泥板		1100	0.96			

			450			
			850			
			1500			
合成樹脂板	成形聚苯乙烯溫板(保麗龍)	1 號	30	0.037	0.0038	
	成形聚苯乙烯溫板(保麗龍)	2 號	25	0.038	0.0040	
	成形聚苯乙烯溫板(保麗龍)	3 號	20	0.041	0.0045	
	成形聚苯乙烯溫板(保麗龍)	4 號	16	0.044	0.0048	
	押出發泡聚苯乙烯板	普通品	23	0.037	0.0037	
	押出發泡聚苯乙烯板	氬化發泡品	40	0.025	0.0025	
	硬質聚烏保溫板(PU板)	2 號, 5 號	25~50	0.027	0.0028	
	硬質聚烏保溫板(PU板)	3 號, 4 號	30~40	0.024	0.0025	
	噴硬質聚烏板	氬化發泡品	25~50	0.028	0.0029	
	噴硬質聚烏板	氬化發泡品	30~39	0.026	0.0027	
	軟質聚烏板	各種	20~40	0.042	0.0050	
	PE 發泡板(25 倍獨立氣泡)	各種	30	0.038	0.0038	
	PE 板	各種	30~70	0.044	0.0044	
	硬質塑鋼板	各種	30~70	0.036	0.0035	
	其他	水蒸氣		—	0.02	—
水			998	0.6	—	
冰			917	2.2	—	
雪			100	0.06	—	
空氣			1.3	0.022	—	

資料來源：陳啟中，2000

表2-4-3 人為與自然表面之反射率與吸收率

		地面反射率	地面吸收率	備註
都市地 表面 性質	瀝青道路	0.05~0.20	0.95~0.8	
	磚	0.20~0.40	0.8~0.6	
	石	0.20~0.35	0.8~0.65	
	混凝土	0.10~0.35	0.9~0.65	
	柏油和礫石	0.08~0.18	0.92~0.82	
	瓦片	0.10~0.35	0.9~0.65	
	天頂角<40°	0.08	0.92	
	天頂角40°~ 80°	0.09~0.52	0.91~0.48	
	白色、白漆料	0.50~0.90	0.5~0.1	
	紅、棕、綠	0.20~0.35	0.8~0.65	
	黑	0.02~0.15	0.08~0.85	
郊區 地 表面 性質	沙漠	0.20~0.45	0.8~0.55	
	草	0.31	0.69	
	長(1.0m)	0.16	0.84	
	短(0.02m)	0.26	0.74	
	苔原	0.18~0.25	0.82~0.75	
	果園	0.15~0.20	0.85~0.8	
	天頂角小時	0.03~0.10	0.97~0.9	
	天頂角大時	0.10~1.0	0.9~0	
	雪	0.40	0.6	

資料來源:本研究整理

### 參、小結

太陽輻射的種類有地表輻射、反輻射、天空輻射、直達輻射共四種，其中反輻射均需得地表多重反射後才能計算，然而都市地表高樓林立參差不齊，在計算上相當困難，在傳熱方面可分為穩定與不穩定傳熱，穩定傳熱不考慮材料的熱容量，而不穩定傳熱因為考慮了材質的熱容量於時滯現象，因此其準確度較不穩定傳熱高。

由於環境變遷自然地表逐漸由人造物所取代，建築物佔據了地表，讓許多平坦的地表立體化，由於建築表面與自然物的表面對於熱反應的特性不同，逐漸的造成整個環境與地區微氣候產生變化，此節彙整所有自然與人造物表面對於熱反應的參數，發現在建築物中最常用的混凝土等人造材料其熱導係數高與反射率低比一般自然表面更容易傳透與吸收熱輻射。

## 第五節 熱島效應與建築節能相關法規之探討

### 壹、土地使用與建築物影響熱島效應之法規探討

目前國內現行都市計畫及營建相關法令法規體系，從最上層台灣地區綜合開發計畫、區域計畫下之土地可細分為國家公園用地、非都市土地、都市土地，到下層的建築管理等法令體系。

整理都市計畫法系中的 1. 都市計畫法台灣省施行細則 2. 都市計畫法台北市施行細則 3. 台北市土地使用分區管制規則，三項相關規定，彙整出台灣地區土地使用分區管制內容約可分為二十五個管制項目，其管制內容包括：計畫人口、居住密度、公共設施服務水準、區位、面臨道路寬度、鄰近公設配置、地形、地質、發展現況與限制、土地使用類別、建蔽率、建築高度、容積率、建築總面積、綠化率、前後側院深度、寬度、建物鄰棟間隔、牆面線、退縮線、最小基地面積、容積率、空地比、景觀管制、防災、交通、環保等項目(張效通，2004)。若按本研究第一節所提到的熱島與建築節能因子，對這二十五個項目進行篩選，與住宅區建築有關的因子都存在於「台北市土地使用分區管制規則」中，住宅區法條之相關規定，約可分為十一個管制項目，分別居住水準、建蔽率、容積率、建築高度、綠化率、前後側院深度、寬度、建物鄰棟間隔、牆面線、退縮線、景觀型態、色彩管制、環保十一項。整理如下表：

表 2-5-1 住宅區土地使用分區管制與熱島效應之關係表

項次	項目	法條
1	建蔽率	# 第十條
		# 第二十五條
2	容積率	# 第四條
		# 第十條
		# 第二十五條
3	建築高度	# 第二條
		# 第十一條
		# 第十三條
		# 第十九條
4	綠化率	# 第八十二條
		# 第九十七條
5	前後側院深度、寬度	# 第十四條
		# 第十五條
		# 第十六條
		# 第十七條
6	建物鄰棟間隔	# 第十九條
7	牆面線	# 第九十一條
		# 第九十二條
8	退縮線	# 第九十一條

		# 第九十二條
9	景觀型態、色彩管制	# 第十條

資料來源：本研究整理

## 貳、都市設計與建築物影響熱島效應之法規探討

都市設計在整個空間規劃管理中，扮演了一個承上啟下的功能，企圖彌補都市計畫專注於二度空間的不足，其針對不同地區與不同環境設施系統研定都市設計準則，引導並控制都市開發的形式，向下則嘗試克服建管法令對於聯繫於個別建築基地之間的公共空間，無法規範的缺失，都市設計之內容視實際需要，可大略分為下列事項：

- 一、公共開放空間系統配置事項。
- 二、人行空間或步道系統動線配置事項。
- 三、交通運輸系統配置事項。
- 四、建築基地細分規模限制事項。
- 五、建築量體配置、高度、造型、色彩及風格之事項。
- 六、環境保護設施配置事項。
- 七、景觀計畫。
- 八、管理維護計畫。

而都市設計準則中與熱島效應相關的因子為建蔽率及容積率、院落規定、鄰棟間隔、建物高度、建築量體、建築型態及組織、顏色、開放空間之留設、街道植栽及綠化、屋頂設施美化等等。

## 參、建築節能相關規定

### 一、建築技術規則-住宿類建築節能規範

建築技術規則第二百九十八條第三款說道，建築節約能源指以建築物外殼設計達成節約能源目的之方法，其適用範圍為同一幢或連棟建築物之新建或增建部分最低地面以上樓層之總樓地板面積合計，在住宿類或學校類及大型空間類建築物超過五百平方公尺者，在其他各類建築物超過一千平方公尺者。但溫室、園藝等用途或構造特殊者，經中央主管建築機關認可之建築物，不在此限。

建築技術規則中將台灣分為北、中、南三大氣候區，每個氣候區對於節能的規範有不同的規定，詳見下表：

表 2-5-2 氣候分區表

氣候分區	行政區域
北部氣候區	台北市、台北縣、宜蘭縣、基隆市、桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、福建省連江縣、金門縣
中部氣候區	台中市、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、花蓮縣
南部氣候區	嘉義縣、嘉義市、台南縣、台南市、澎湖縣、高雄市、高雄縣、屏東縣、台東縣

資料來源：建築技術規則，2003

## (一) 隔熱、通風、遮陽性能並重的指標：

空調型建物的 ENVLOAD 指標，是一種真實的空調耗能量指標，它可直接換算成電費或金錢，在評估上非常方便。然而它並不適用於「住宿類建築」，因為「住宿類建築」的空調及室內使用情形十分混亂，難以預測其真正的耗能量（林憲德，1997）。

有鑑於此，國內便採用兩項較簡易的建築外殼指標，也就是代表外殼「遮陽性能」的「等價開窗率 Req」，以及代表外殼「隔熱性能」的「平均熱傳透率 Ua」，來作為「住宿類建築」節能設計的指標（林憲德，1997）。根據技術規則所規定的住宿類建築物外殼等價開窗率之基準與建築物外殼部透光部分平均熱傳透率基準詳見下表：

表2-5-3住宿類建築物外殼等價開窗率之基準表

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

資料來源：建築技術規則，2003

表2-5-4住宿類建築物外殼部透光部分平均熱傳透率基準表

部位	平均熱傳透率基準
屋頂	一·二 瓦/（平方公尺·度）
外牆	三·五 瓦/（平方公尺·度）

資料來源：建築技術規則，2003

所謂「等價開窗率 Req」，係指建築物各方位外殼透光部份之開窗面積，經標準化之日射與遮陽、通風修正計算後之開窗面積，相對其建築外殼總面積之比值；而「平均熱傳透率 Ua」，是指屋頂不透光部位之平均熱傳透率 Uar 與外牆不透光部位之平均熱傳透率之 Uaw 兩種指標，其計算式及法令上的基準值限制如

下：(林憲德等，1997)。

$$\text{Req} = \frac{\sum \text{Agi} \times \text{fk} \times \text{ki} \times \text{fvi}}{\text{Aen}} < \text{基準值} 0.13 \text{ (北部氣候區)} \quad (2-2-1)$$

$$\text{Uar} < \text{基準值} 1.2 \text{ w/ (m}^2 \cdot \text{k)}$$

$$\text{Uaw} < \text{基準值} 3.5 \text{ w/ (m}^2 \cdot \text{k)}$$

其中：

Req：等價開窗率 (%)

Uar：屋頂平均熱傳透 (w/ (m<sup>2</sup> · k))

Uaw：外牆平均熱傳透率 (w/ (m<sup>2</sup> · k))

Aen：外殼總面積 (m<sup>2</sup>)

fk：k 方位日射修正係數

fvi：通風修正係數

ki：外遮陽日射透過率修正係數

Agi：i 部位之外殼玻璃窗面積 (m<sup>2</sup>)

很明顯地，「住宿類建築」的三項節能設計指標 Req、Uar、Uaw，是針對「遮陽」及「隔熱」的性能規定。等價開窗率 Req 是考慮外殼透光部位的太陽輻射熱取得，相當於「遮陽」的因子；平均熱傳透率 Uar、Uaw，則代表屋頂及立面外殼的溫度差熱取得，相當於「隔熱」的因子。此外，除了「遮陽」、「隔熱」兩因子之外，此規範對於「通風」的因子，為了鼓勵自然通風的開窗設計，在公式(2-9)中對於不同開窗形式，賦予不同的通風修正係數 fvi，因此通風設計尤其對於亞熱帶氣候的「住宿類建築」特別重要。這些簡化的指標並非直接代表能源的數值，而只是一種近似能源的熱性能指標而已。由上述「等價開窗率 Req」與「平均熱傳透率 Uar、Uaw」可知，Req、Uar、Uaw 值的計算已具多種因子考量。

## 第六節 總結

### 壹、整合性的探討熱環境因子與都市住區街區的節能規劃策略

近年來各種與建築熱環境與節能的研究越來越多，在「台灣四大都會區都市熱島之研究」提出容積率、人口密度、建蔽率、綠地、水域與熱島變化的關係；「都市住居街區土地使用型態對熱島效應之影響」提出了建築物之配置型態與容積率對都市熱島的影響，在 Landsberg、Taha 等人的研究，以數值模擬的方式模擬都市外部材質反射率、蒸散率、人為熱能對溫度影響，但是都市整體環境無法只靠單一因子的調整而改善，都市環境的改善須全面性的思考，創造一個舒適節能的都市環境必須整合所有的因子加以調整，本研究以都市住居街區為單位，用模擬法，從大尺度整個建築群的配置、高度、容積率、建蔽率及小尺度的建築外殼材質、顏色、反射率、熱傳透率、遮陽，來進行整體性的模擬，並以該結果探討在都市熱島效應下都市住區建築配置型態的節能因應策略。

### 貳、土地使用、都市設計與建築技術規則熱環境模擬因子之整合

土地使用相關之法規在與都市設計準則、建築技術規則及都市熱島因子相互篩選後共同相關的剩下九項，分別是建蔽率及容積率、院落規定、鄰棟間隔、建物高度、建築量體、建築型態及組織、開放空間之留設、街道植栽及綠化、色彩管制、屋頂設施美化共九項，這些將會是進行熱環境模擬時的參考依據。

台灣為亞熱型氣候，在建築節能規範上將台灣的氣候分為北、中、南三大區域、本研究的範圍為台北市，參考的資料為北部區域之規範，在節約能源規範中對住宅可利用日射量、外殼面積、遮陽修正係數、通風修正係數、透光材與不透光材等不同熱特性的材質進行組合，使節能規定維持在一定的標準下，因此本研究在進行熱環境模擬時，將以住宿類建築節能規範所提供的等價開窗率、屋頂與外牆平均熱傳透率值做建築節能之為參考依據。

### 參、以平均氣象年資料 TMY2 為模擬參數

本研究為都市熱環境的模擬為主，因此如何取得太陽輻射的參數相當重要，日射量數學迴歸模型與全年逐時實測全天空太陽日射量氣象資料由於缺乏其它的微氣候資料數據如風速、風向、氣溫數據，在模擬時難以全盡，因此本研究以台北的平均氣象年資料 TMY2 為主要參數。

### 肆、以熱平衡方程式作為建築外殼表面溫度計算依據

都市熱平衡方程式的探討，主要目的是要瞭解都市地區的表面接受太陽輻射的情形，短波太陽輻射的計算較為單純，由全天空日射計即可獲得，在夜間時主要輻射源太陽輻射消失，因此在夜間時短波太陽輻射的模擬應該為零，在向下的大氣長波輻射與自地表反射的長波輻射則需要運用玻耳茲曼公式才能求得，而都市表面的輻射接收量跟表面材質之發射率與反射率呈現反比。而材料之顏色亦與反射率有關，顏色越淺反射率約高，白色反射率趨近於 1，黑色反射率為 0