

第三章 熱島效應與建築節能調查分析模擬方法之建立

本章接續第二章研究方法之介紹，第一部份將說明研究範圍與地區，第二部份說明調查與資料處理之方法，接著第三部份說明整個模擬的流程與架構。

第一節 住居街區熱島效應下熱環境觀測與模擬架構

都市中各種形式的社區建築圍塑出各種不同的小區域熱環境，熱島強度越強的地方區域熱的變化也就越強烈，其熱環境特徵也就更明顯，故本研究接續2007年王義和「都市住居街區土地使用型態對熱島效應之影響」之研究，以台北市住宅區中衛星影像判別熱島現象較明顯的地區作為觀測模擬之案例。熱島效應越嚴重，都市小區域熱環境越惡劣，相對的建築物的空調耗能也就越劇烈，而在第二章的文獻回顧中，亦可以了解熱島效應的形成與不當的都市設計有關，因此熱島效應、都市設計、建築節能三者是息息相關的，而本研究以住區中建築規劃設計影響熱環境與建築節觀點能切入，期望能藉由不同住區的都市設計節能觀點來改善建築耗能並制定節能因應策略。本研究架構分成三大部，分別是熱島效應、都市規劃設計、建築節能三者之相關因子彙整，經由彙整得到的資料進行現況的調查與解析，最後依據因子規劃各種不同的建築環境情境，並以ECOTECT軟體進行建築耗能模擬。詳見圖3-3-1

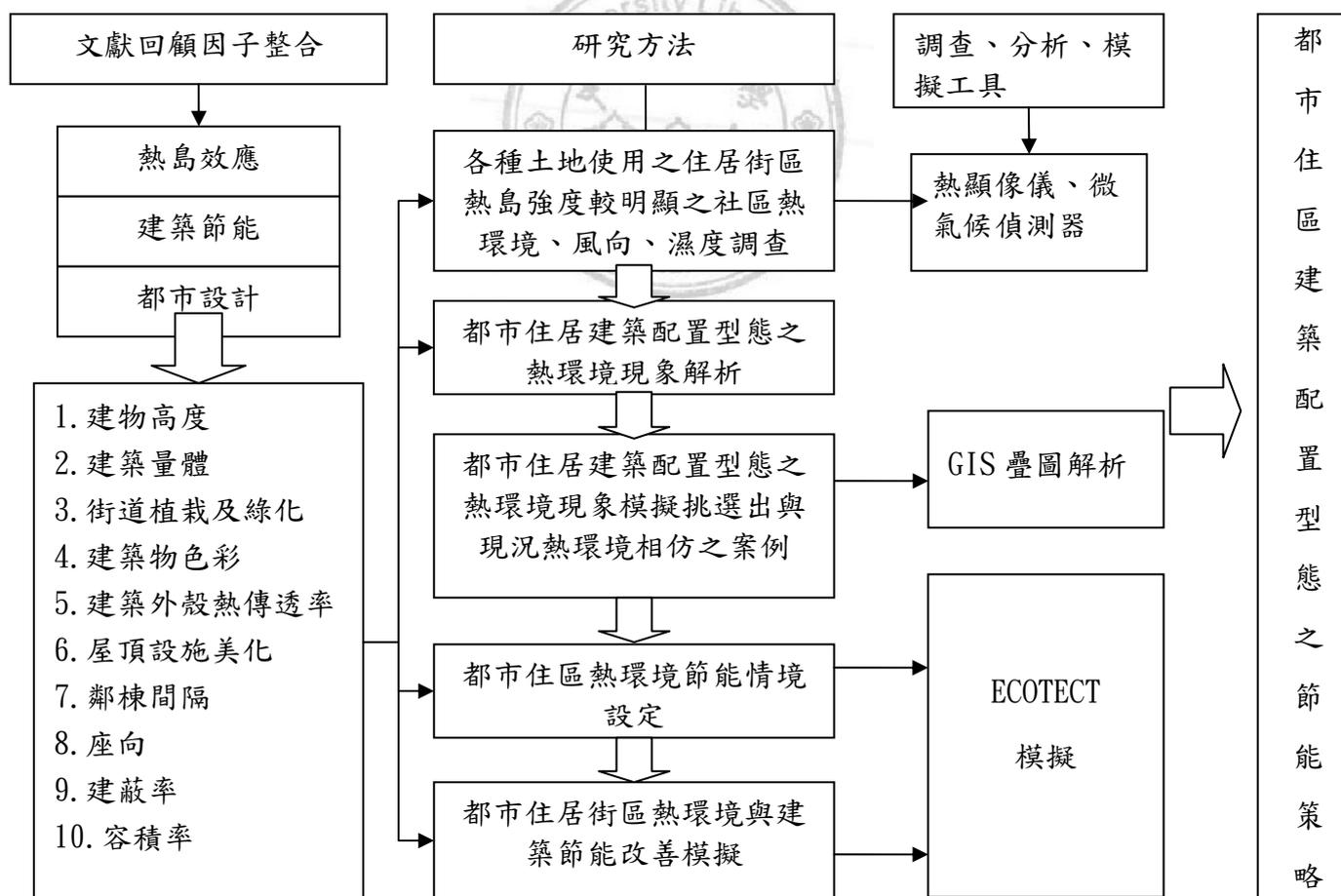


圖 3-1-1 熱島效應與建築節能調查分析模擬流程圖

第二節 調查與分析方法

壹、基地選擇方法

本研究基地的選定是以中央大學太空及遙測研究中心接收之Landsat-TM之熱紅外光衛星影像進行判讀，以選定熱發散量較高之地區，Landsat-TM(Thematic Mapper)為太陽同步衛星，在赤道上空705km高度，以每16天掃描同一地區的週期在太空中運行，而Landsat-TM(Thematic Mapper)有7個波段，其中波段1~5和7為可見光及近紅外光波段，其IFOV(Instantaneous Field of View)為 43μ rad相當於空間解析度30公尺，而波段6為熱紅外光，其IFOV為 170μ rad相當於空間解析度120公尺，本研究所使用之衛星影像圖即採用第6波段的熱紅外線影像圖來進行地表溫度轉換。詳見表

表 3-2-1 Landsat 衛星波長與波段資料表

感測器	波段	波長 (μm)	IFOV
TM	1	0.45-0.52 藍色	30m
	2	0.52-0.60 綠色	30m
	3	0.63-0.69 紅色	30m
	4	0.76-0.90 近紅外	30m
	5	1.55-1.75 短波紅外	30m
	6	10.4-12.5 熱紅外	120m
	7	2.08-2.35 短波紅外	30m

資料來源：中央大學太遙中心

在衛星影像中，我們所得數值是以灰度(DN值)表示，DN(Digital number)的值在0至255之間，而數值與亮度成正比。當亮度越大時，熱輻射強度越大，溫度亦相對提高，反之亦然。本研究所使用之衛星影像為Landsat-TM在1995年1月9日所拍攝之影像，我們利用PCI Geomatica Free View (PCI地理資訊通用視窗)進行灰度值查詢，然後先將DN值轉化為相對應的熱輻射值，再根據熱輻射強度推算選擇出熱島效應較強之地區。

貳、調查儀器簡介

本研究主要以紅外線熱影像儀為主要調查儀器，另因為彌補空拍角度產生之死角，將輔以手持式測度計以獲取資料，以下分別介紹儀器的使用與獲得的數據類型。

一、紅外線熱影像儀：

其運用光電技術偵測物體熱輻射之特定紅外線波段訊號，可將該訊號轉成供人類視覺辨識之影像圖形，並可進一步計算出溫度值。這種技術讓人類可以超越

視覺障礙，「看的到」物體表面之溫度分布情形(鄭政利、高國峰，2001)。而本研究以 IR Snapshot 公司生產的 Infrared Solutions 手持紅外線熱像相機進行，儀器鏡頭能接收紅外線影像，但本身並不具有數位相機功能獲得真實影像。因此拍攝後於儀器背面顯示熱像圖，以獲得都市材質表面溫度(圖 3-2-1、3-2-2)。並利用隨機搭配的 SnapView 2.1 程式可將其特有的 ISI 格式檔轉換成圖像及數值資料以供分析。



圖 3-2-1 紅外線熱像儀正面



圖 3-2-2 紅外線熱像儀背面

二、手持式測度計：

本研究將使用 Testo 400 型手持式數據測量器(圖 3-2-3)，此儀器可以搭配不同的感應器，針對風速、溫度、溼度、表面溫度等...做一量測。本研究主要是利用 Testo 400 型來量測實驗案例的點位上的風速與溫、溼度，設定量測高度為個人徒手手持高度為離地面 1.5 公尺。研究參考以往相關研究熱島實驗過程中，針對儀器會受到熱輻射所影響而產生誤差的問題，故儀器探測棒將放入中空管後，外皮以鋁箔加以包覆。避免儀器受到日照輻射熱的影響而產生量測數據的誤差。



圖 3-2-3 Testo 400 型儀器外觀

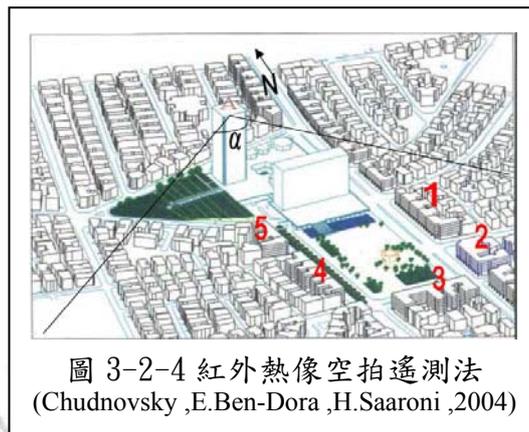
本研究主要以空拍遙測法透過測量物體放射出的紅外輻射來測得其影像，並透過儀器中的軟體將溫度影像轉換為量化溫度中所必須的修正參數，使溫度圖表近似於目標物的溫度或溫度分佈狀態，且可以在同一個影像中量度差異極大的溫度範圍並顯現目標物大區域的溫度分佈。本研究使用數位相機(CCD)與熱像儀(TVR)取得影像，亦有數值資料以進一步分析之用。

參、調查方法-高樓空拍遙測法

熱輻射是一種光子現象，出現在電磁光譜中，輻射熱移轉發生在光譜的紅外線部分從 $0.75 \mu\text{m}$ 到 $1000 \mu\text{m}$ 之間，但大部分量測值約在 $20 \mu\text{m}$ 左右，而熱像儀表面輻射熱之計算公式採用 Stephan-Boltzmann 法則表示： $W = \rho \varepsilon T^4$ ； w 為每單位面積發射出來的輻射通量； ε 為發射率(黑體輻射)； $\rho = 5.673 \times 10^{-12} \text{w cm}^{-2} \text{K}^{-4}$ ； T 為目標物的絕對溫度。

對於將表面溫度轉換成空氣溫度，利用物理熱傳導公式 $Q = h(\theta - \gamma)AT$ ， Q ：傳遞的熱量(以日照輻射量)； H ：熱傳導係數,以春季市區風速 5m 以下為 23(W/m²K)； θ ：壁面(表面)溫度； γ ：流體(空氣)溫度； A ：單位壁體面積； T ：單位時間(可忽略)。如此便可以轉化不同高度所獲得的溫度值。IR SnapShot 把目標物表面的任何單點(游標所指的點)輻射量加以修正，因而可測得該處的真正溫度，要作到這一點，首先假設目標物和儀器間的空氣對紅外線吸收量可以被忽略，而目標物的後面亦沒有紅外線能量經由目標物傳送出來，此外它亦提供「背景溫度」來修正儀器背景的反射，以及目標物發射率的校正。

空拍遙測法是由地面熱像儀拍攝法改良而來，主要為量測物體的表面溫度，透過測量物體放射出的紅外輻射來測得其影像，並透過儀器中的軟體將溫度影像轉換為量化溫度中所必須的修正參數，使溫度圖表近似於目標物的溫度或溫度分佈狀態，且可以在同一個影像中量度差異極大的溫度範圍並顯現目標物大區域的溫度分佈，如圖 3-2-4 所示。但在地面上進行移動觀測所得之溫度資料數量較少，難以代表該地區熱環境之整體性。但因熱像儀不具真實影像之擷取功能，故本研究使用數位相機(CCD)與熱像儀(TVR)並行，把相機的三腳架設定在相同的角度，使感測器保持在一個相同的位置進行資料取得，經由熱像儀所獲得之資料分為圖形資料與數值資料兩種，圖形資料以像素(pixel)為基準，每一像素均含有一溫度數值，故每張熱影像均有足夠的數值資料提供進一步分析之用(王義和，2007)。



肆、分析方法-GIS 疊圖法

本研究將高樓空拍遙測所獲得的資料轉換為溫度，將其點資料在地圖上的座標轉換成 GIS 上的座標系統，而得到研究範圍之溫度，然後將其與現況的平面圖疊合，並於平面圖上將研究範圍劃分為九個區域，計算每個區域點溫度的平均，進而獲得該區域熱環境溫度分布的情形，以作為現況解析的依據。如圖 3-2-5。

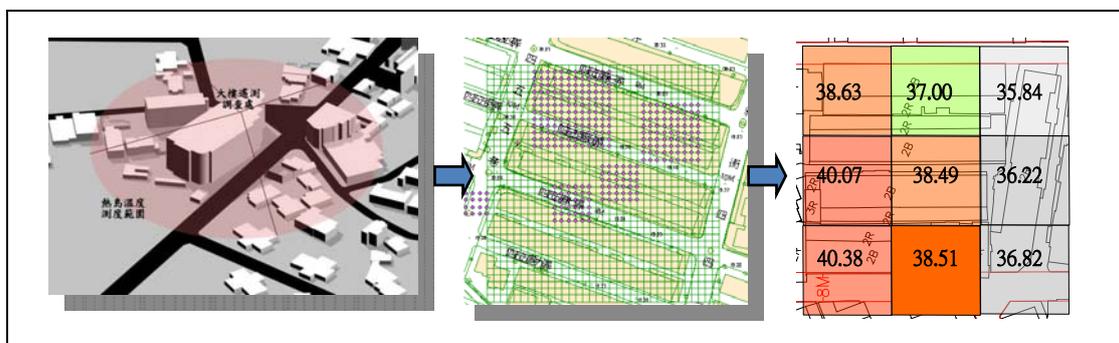


圖 3-2-5 溫度數據套疊過程

第三節 模擬方法與流程

壹、模擬方法

本研究進行模擬的軟體是由 Andrew March 博士所開發的 Ecotect5.20，Ecotect 是一個全面的技術性能分析輔助軟體，可以根據建築的特定情況，輸入經緯度、海拔高度，選擇時區，確定建築材料的技術參數，即可在該軟體中完成對模型的太陽輻射、熱、光學、聲學、建築投資等綜合的技術分析，Ecotect 具有日影分析功能、遮蔽分析功能、建築外殼分析等功能，Ecotect 是在英國所開發的軟體，Ecotect 的核心計算方法「准入係數法」是基於建築工程師特許協會(CIBSE)所核定的內部溫度和熱負荷計算法。

2006 年洪德雄，鄰棟建築遮蔽與節能效率之研究中，針對操作性、動態性、可視性、支援性、表格化、圖像化、日影分析、熱分析此八項來與其它模擬軟體 POWER DOE2、Energy Plus、Sun-Break、RIUSKA、Trace600、IES-APACHE 比較，Ecotect 均優於其它，在誤差值方面，該研究以台北市二棟辦公大樓進行真實空調用電量與模擬空調用電量的比對，發現 Ecotect5.20 在空調用電量模擬之誤差值約 4.12%~5.68%，與真實耗電量所差無幾，而本研究重點在於熱島效應下熱環境因應之策略，故此誤差值尚在容許範圍內。故本研究將利用 Ecotect 進行熱環境的分析模擬。

貳、操作模擬流程

在模擬操作流程上可以分為以下幾個步驟：一、前置作業調查。二、模擬軟體氣候參數之設定。三、建築物外殼材質庫之建制。四、模擬模型建立與參數之設定。五、建築物現況與各種情境之環境熱模擬。六、初步檢視模擬結果匯入 Excel。此六大操作模擬流程分述如下：

一、前置作業調查與模擬模型之建立

模型必須根據模擬的需求來建立，因此前置作業的調查也與此有關，其調查的項目包括基地的位置(GPS 定位)、建築群的範圍(門牌號碼)、量體、高度、方位、建蔽率、容積率、建築物之外殼顏色與材質、開窗、鄰棟建築的相對位置與高度等等。

二、模擬軟體氣候參數之設定。

在進到 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，本模擬中使用的氣候參數是台北市標準氣象年 TMY2 資料，它是由中央氣象局最近十年內之長期逐時氣象資料中，所製作出來的一年 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的模擬，下圖 3-3-1 代表的是氣象年資料輸入 Ecotect weather tool 所呈現的圖形，紅色的部份表示溫度的分佈，黃色的線段代表輻射量，綠色的色塊代表人體的舒適溫度，在台灣以夏、秋二季的氣溫較

高，因此本研究在設定模擬時間會鎖定在夏、秋二季（6-8月），而其詳細之氣象年氣候參數如下：

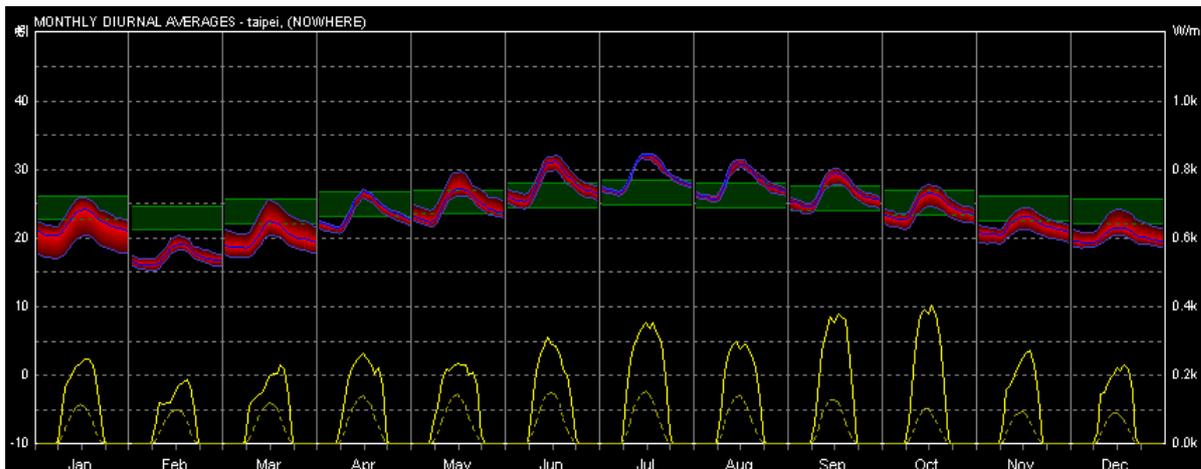


圖 3-3-1 氣象年氣候參數圖

參考資料：台北 TMY2 氣象年

(一) 溫度

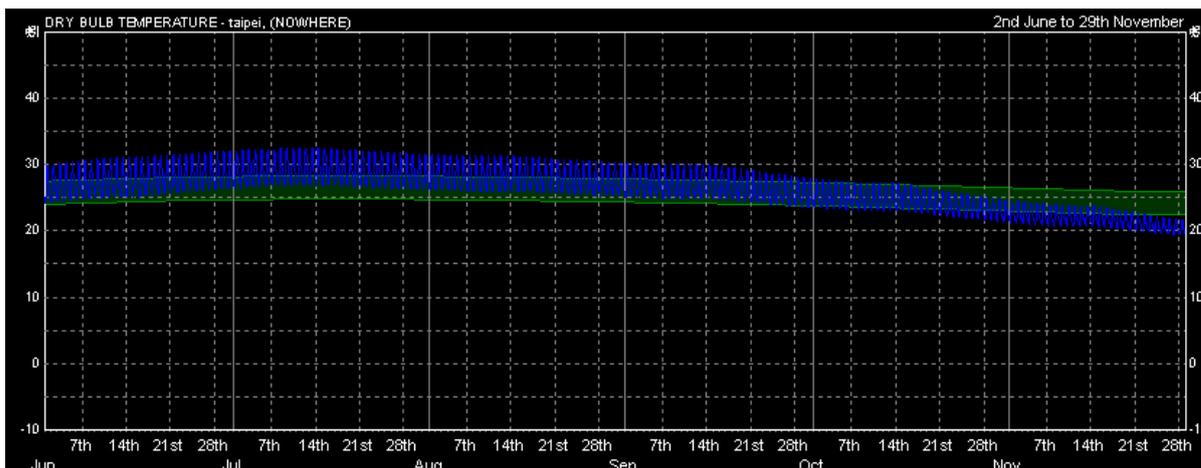


圖 3-3-2 全年溫度變化圖

參考資料：台北 TMY2 氣象年

(二) 相對溼度

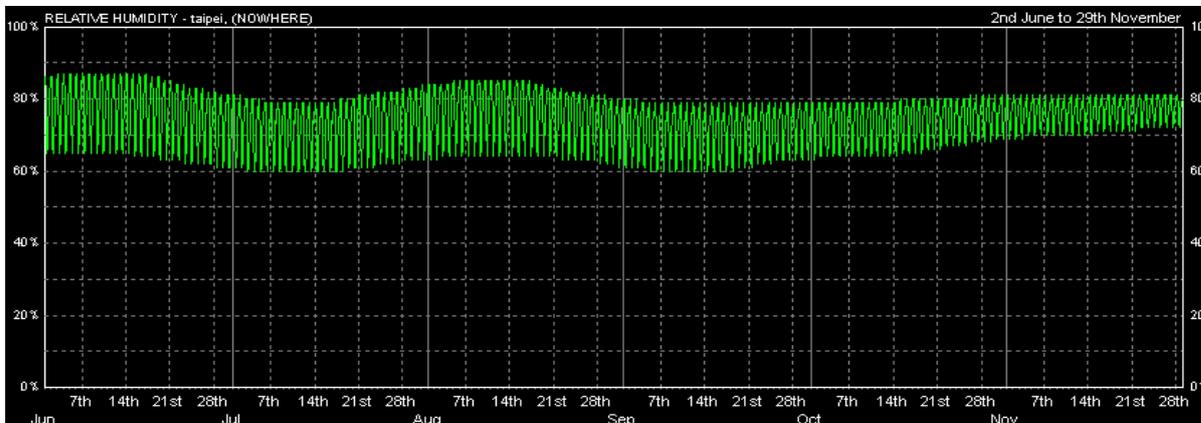


圖 3-3-3 全年相對溼度變化圖

參考資料：台北 TMY2 氣象年

(三) 風向、風速

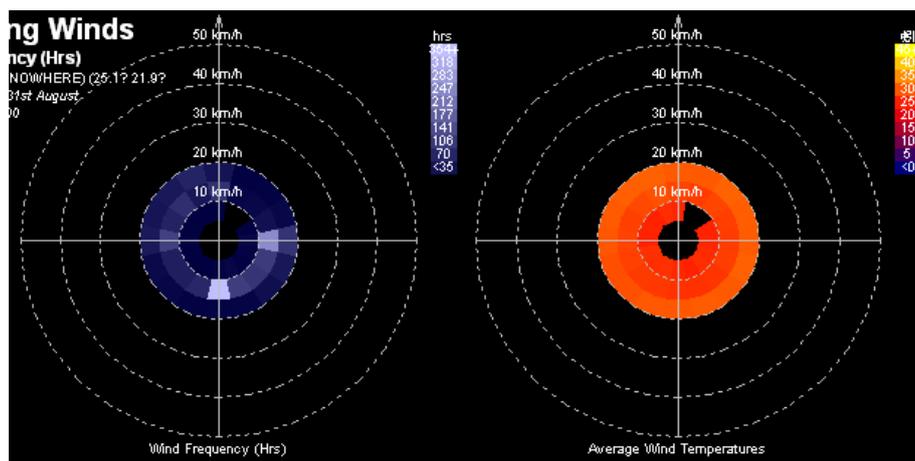


圖 3-3-4 全年風向、風速圖 參考資料：台北 TMY2 氣象年

(四) 輻射量

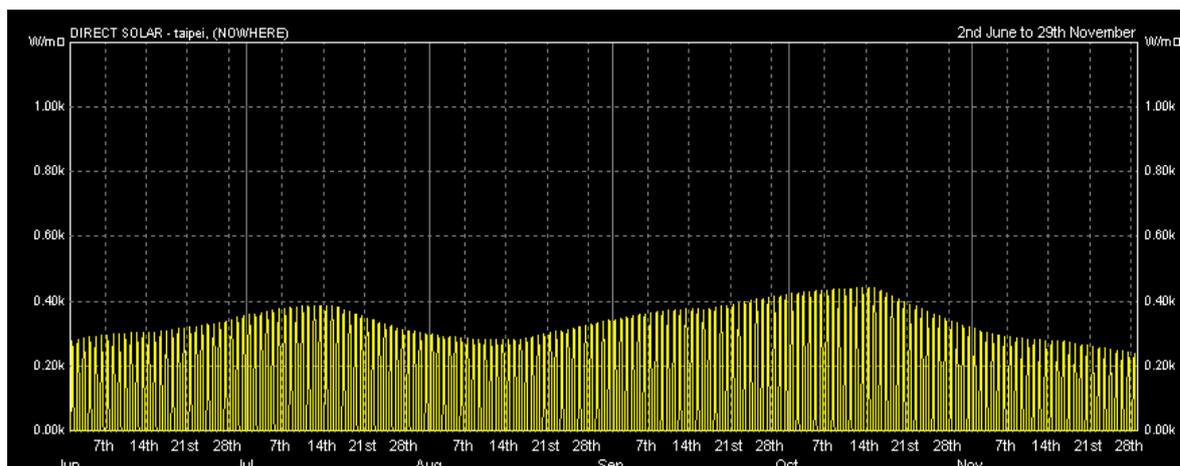


圖 3-3-5 全年輻射量變化圖 參考資料：台北 TMY2 氣象年

(五) 雨量

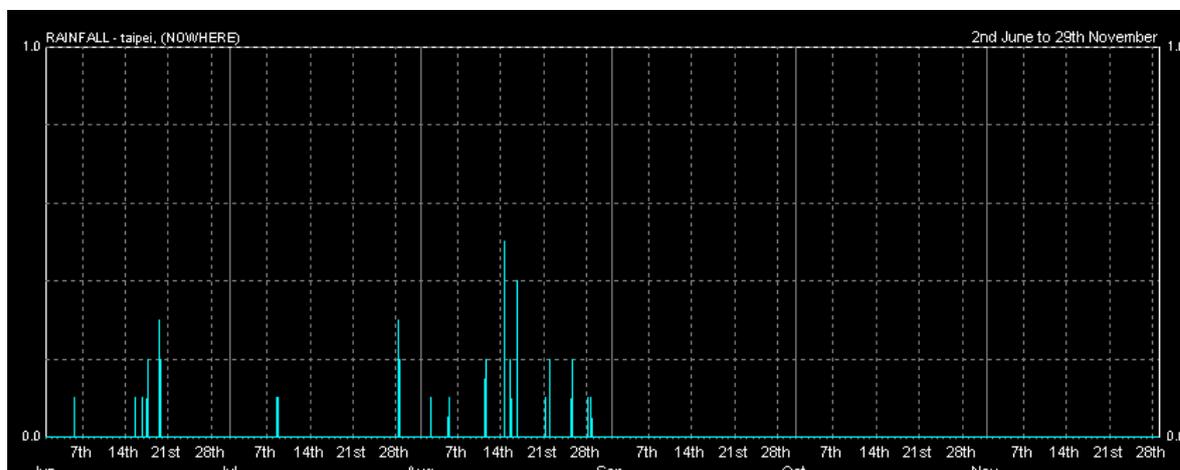


圖 3-3-6 全年雨量變化圖 參考資料：台北 TMY2 氣象年

(六) 雲層

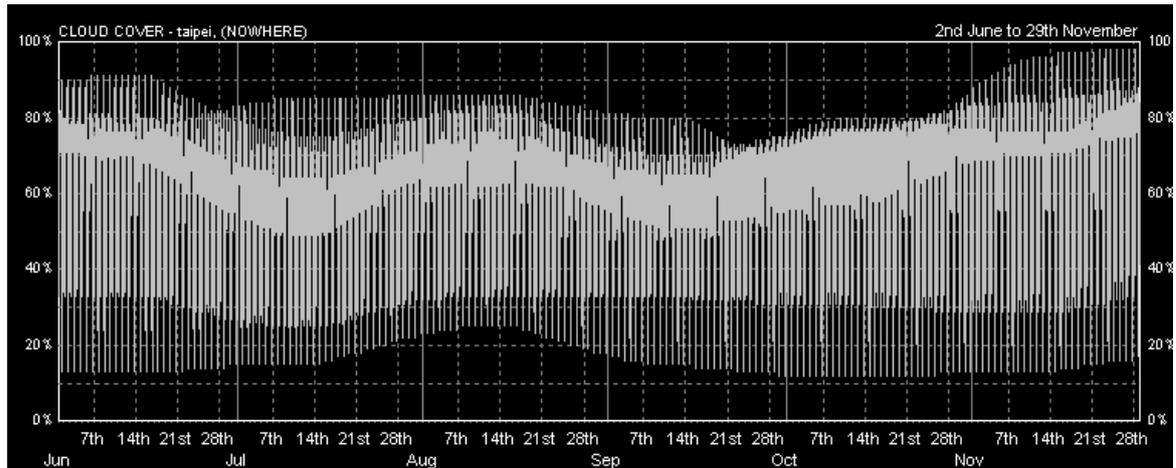


圖 3-3-7 全年雲層變化圖

參考資料：台北 TMY2 氣象年

三、建築物外殼材質庫之建制

在 Ecotect 軟體中的內建築材料庫中，並無法涵蓋本研究中所有模擬所需的材料，因此必須有一個外殼材質庫建制的動作，在建制時會依據二十二個不同的案例分別建制個別的材料庫，建置時首先必須創造建材元素，設定元素的顏色、厚度、密度、熱傳導係數等等，再將各元素一層層的組合成建築外殼，譬如：170mm 咖啡色馬賽克混凝土牆，就必須由 10mm 咖啡色馬賽克、150mm 混凝土、10mm 灰漿三種元素組合起來，如下圖 3-3-8。每種建材根據熱傳導係數 (k 值) 的不同，組合後都會有不同的熱傳透率值，在建築技術規則中，對建築物熱傳透率值有一個規範，牆的熱傳透率叫 U_{aw} ($\leq 3.5w/m^2$)、屋頂的熱傳透率稱 U_{ar} ($\leq 1.2w/m^2$)，在模擬時，會以法規規定的值為基準進行操作。



圖 3-3-8 建築外殼創建圖(本研究製作)

四、模擬模型建立與參數之設定

模型建制的精細度與模擬結果的精細度是成正比的，但相對在運算上會因為模型過於複雜而導致模擬運算的時間數倍增加，為了要在精確度與模擬時間上取得平衡，因此在熱環境模擬時必須將模型簡化，將非研究模擬重點的部分予以修飾，例如建築物的線版、裝飾性的雕塑等等均可以省略。模型建制的第一步驟必

須先確定方位以及與太陽的相對位置，第二步驟必須依據建築物的現況製作模型的量體，並根據實際的開窗位置與大小在量體上設置開口，第三步驟必須從之前建制的建材材質庫中選擇要模擬的建築外殼材質並貼附於模型上，圖 3-3-9 為建築物現況與根據調查資料所建制的素模以及貼附上材質的結果。

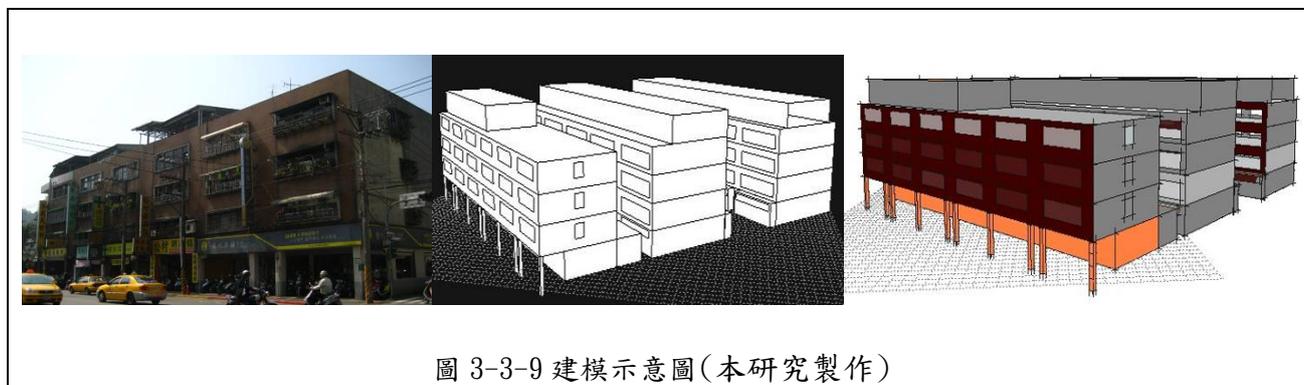


圖 3-3-9 建模示意圖(本研究製作)

五、建築物熱環境模擬

(一) 建築物外殼輻射量與溫度之模擬

建築物外殼輻射量的模擬主要是利用網格法進行，運用平均氣象年的氣候參數，模擬出建築物的表面所受到的直接輻射量，由於建築物的外殼材料根據其特性的不同都具有將輻射反射的特性，本研究將參考第二章所整理出來的建築物材料反照率對照表，計算出建築物外殼實際上吸收的太陽輻射的量 QS 公示如下 (3-3-1)，最後利用該輻射量數值去算建築物外殼的表面溫度，在這裡將利用 QS 代替 $Q_{L\uparrow}$ ，詳見公式 (3-3-2)，其使用的單位是 Wh/m^2 。

$$QS = QI(1 - A) \quad (3-3-1)$$

QS：吸收的輻射量

QI：白天到達地面的太陽輻射

A：反照率

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

ε －發射率 (emissivity)

σ －史蒂芬-玻耳茲曼常數 ($\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W/(m^2K^4)$)

T－地表絕對溫度(K)

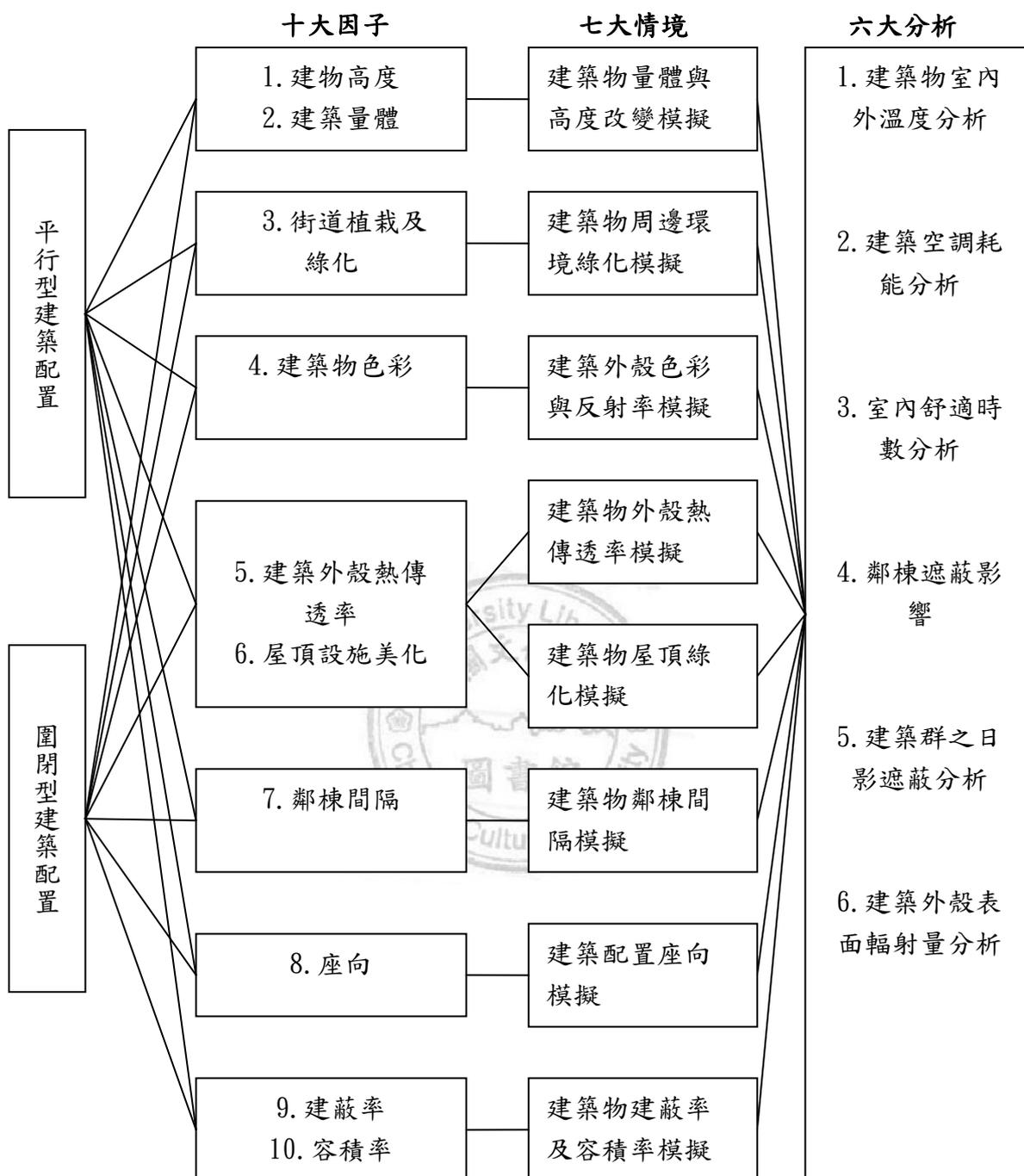
(二) 建築物外殼輻射量與情境模擬

建築物的模擬分成現況情境與虛擬情境模擬二種，而虛擬的情境會因應各種建築配置與位置所產生的熱特性而改變，情境的設定是都市熱環境相關因子以及從與熱環境相關之都市設計準則中篩選出來的，內容包括建蔽率及容積率、鄰棟

間隔、建物高度、建築量體、街道植栽及綠化、屋頂設施美化、建築物色彩(反射率)、建築外殼熱傳透率、座向，共十大因子，七大情境，如下表 3-3-1。



3-3-1 熱環境因子情境模擬分析表



七大情境模擬內容包括：建築物室內外溫度分析、建築空調耗能分析、室內舒適時數分析、鄰棟遮蔽影響、建築群之日影遮蔽分析、建築外殼表面輻射量分析等六大分析。最後，初步檢視模擬結果，匯入 Excel 與現況比對，看這些情境是否成功緩和區域的熱環境特性，達到舒適節能的目標。

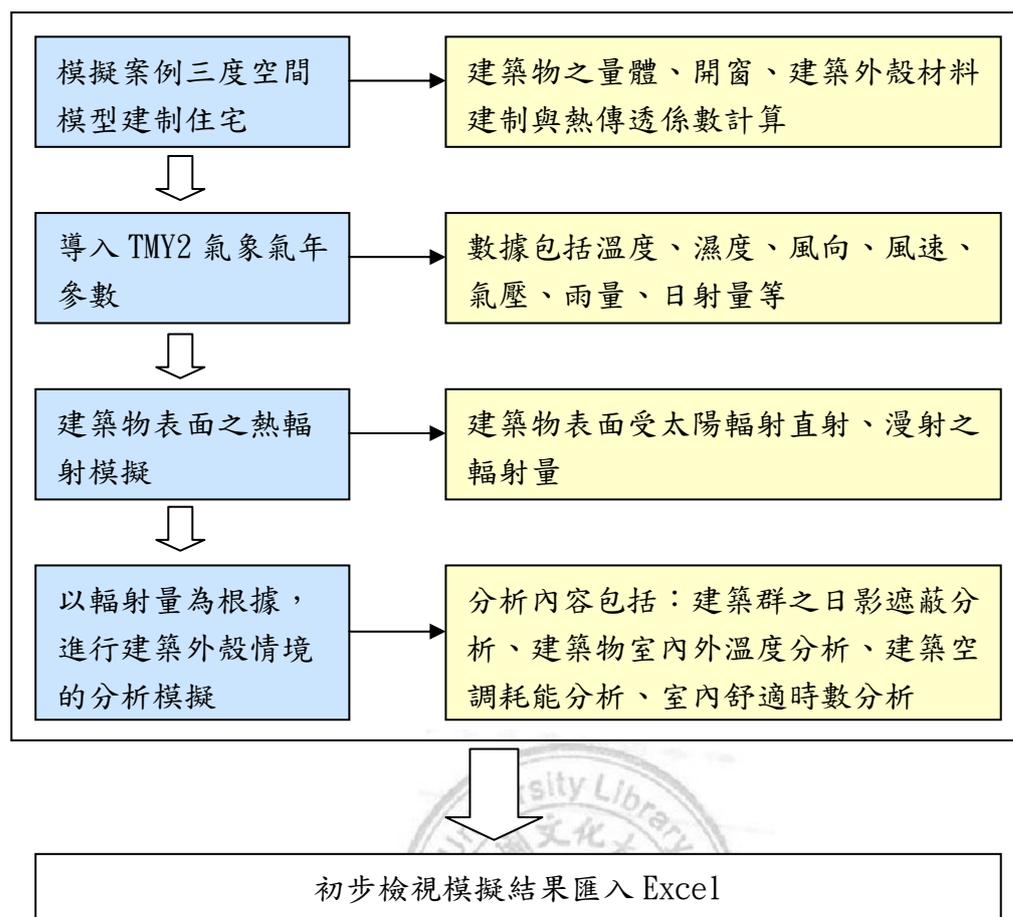


圖 3-3-10 研究模擬流程(本研究製作)

參、模擬情境背景設定

情境模擬是為了改善住居街區的熱環境，而不同的建築配置形態有著不同的熱特性，因此模擬情境也會隨之改變，不同的情境模擬控制著不同的變因與空調耗能之關係，變因包括建築物量體配置的搭配、開窗、座向、建築外殼材質熱傳透率與顏色以及建蔽率、容積率的調整，而在這些變數中我們設定都有一個相同的模擬背景做為控制變因，以利於判斷模擬是否成功，其模擬背景如下表 3-3-2，下圖 3-3-11 是情境設定時 ECOTECH 軟體之操作介面。

表 3-3-2 模擬情境背景設定表

	內容	設定	
溫度控制系統設定	溫度控制系統設定分成，密閉空間、自然通風、混和空調、完全空調、冷房空調、暖房空調六種，在本模擬的設定上只運用自然通風與混和空調二種。自然通風時，如果外在溫度比室內溫度更接近	現況模擬	自然通風

	舒適溫度，使用者會將窗戶開啟，換氣次數將根據每個方向的窗戶區域和風速的不同增加或減少。在混和空調時，是自然通風與冷氣空調並行的，在自然通風無法將環境調整至舒適溫度時，空調即會啟動。	耗能模擬	混和空調
使用時段	使用時段可調整一年之中每個月份、星期、每天每一個小時是否進行使用，本模擬假設一天 24 小時均有使用者在家，因此只要任何時刻的室內環境超出熱舒適溫度空調即會啟動。	使用月分：1~12 月 使用時段：0~24 小時	
熱舒適溫度範圍	熱舒適度的範圍會隨著不同經緯度的區域氣候而改變，模擬中將熱舒適度的上限設定為 26°C，下限設定為 18°C，在此的熱舒適溫度並未將濕度因子考慮進去，僅單純計算室內的黑球溫度。	熱舒適溫度：18~26°C	
使用人數與行為	使用者的人數與行為會影響區域內部的熱負荷，其熱負荷依活動等級分成以下四種：靜止：70 瓦/人，步行：80 瓦/人，訓練：100 瓦/人，激烈運動：150 瓦/人	4 人/戶；靜止	
環境顯熱與潛熱	顯熱代表區域中每平方公尺各種設備使用時所產生的熱能，潛熱代表區域中每平方公尺，溼氣在空氣中蒸發，包括流汗、烹飪、設備運轉等等所產生的熱損失，由於在 ECOTECT 軟體中，顯熱與潛熱只供輸出至其他模擬軟體用，本身在熱環境模擬時並不計入，因此在設定上並不加以考究，以預設值為主。	顯熱：5 瓦/平方公尺 潛熱：7 瓦/平方公尺	
空氣的滲透率	表示區域內每個小時的滲透量，假設門窗密閉時空氣的滲入，1 代表空間內完全換氣，一般建築物是 0.5~1，特殊的建築物例如醫療病房滲透率為 0.1。	滲透率：0.5	
風敏感度	指定一個區域內對外部風速的敏感程度，在此基礎上考慮風速與地形的因素即可衡量出空氣換氣率。	風敏感度：0.25	

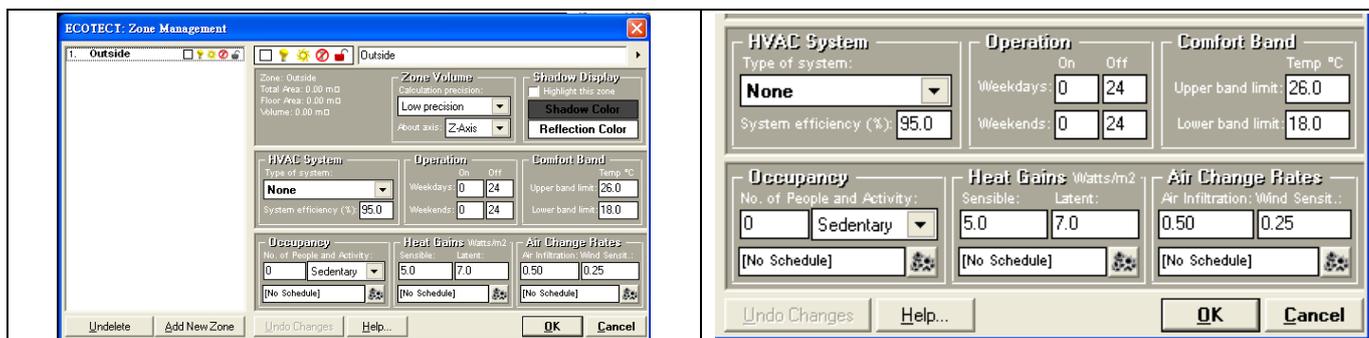


圖 3-3-11 ECOTECT 情境背景設定