

## 建築節能分析與視覺化模擬之研究

張昇\*、吳翌禎\*\*、許家瑛\*\*\*、潘煌錕\*\*\*\*

### 摘要

建築產業是一個能源效率十分低落的產業，有時相同規模的建築物耗能密度可相差數倍至數十倍，這也說明建築物的節能對策仍有極大的發展及研究空間，針對建築節能其主要對策可分為外殼、空調、照明及設備等四大主軸，而建築外殼可說是最主要之影響因素，建築設計者只要能掌握建築環境及建築外殼本身之節能因子，便可達到良好的節能設計效益，同時減少空調及照明設備的使用，進而降低耗能及二氧化碳之排放。本研究主要針對建築環境與外殼設計進行研究，根據國內外文獻及現況分析來定義建築節能主要之影響因子，並透過視覺化的節能分析與模擬環境，產生分析數據及視覺化模型，供建築設計者於規劃設計階段之評估使用，以利確實達成建築節能減碳之目標。

關鍵詞：建築外殼、節能、視覺化模擬、綠建築

\* 國立高雄應用科技大學 土木工程科技研究所 碩專班研究生

\*\* 國立高雄應用科技大學 土木工程科技研究所 助理教授

\*\*\* 國立高雄應用科技大學 土木工程科技研究所 研究助理

\*\*\*\* 國立高雄應用科技大學 土木工程科技研究所 教授

## Abstract

Strategies for building energy-saving can be divided into four parts - building envelope, HVAC, lighting and equipment. Among those, building envelope has played the most important role. If energy-saving strategy is considered when designing a building, low energy consumption and carbon dioxide emissions of the building are expected. For example, less use of HVAC and lighting equipment can be achieved by simply considering the interaction between building envelope and surrounding environment, such as ventilation, sunshade, and ambient lighting. This Research will focus on energy saving in building envelope. First, we will define the impact factors of energy saving according to literature reviews and current analysis. And then we will implement these impact factors into an energy simulation system for assisting planner to plan energy-saving building. The system will also provide the visual environment for presenting analysis data and visualization models. These functions can assist planners to find and utilize relevant and necessary data in a more direct and efficient manner and thus, achieve a good energy-saving design.

Keywords: Building Envelope, Energy Saving, Visual Simulation, Green Building

## 1. 前言

綠建築的思潮最早起源於七十年代的兩次世界能源危機，當時因為石油恐慌，興起了建築界的能源設計運動，同時也引發了『低碳建築』、『誘導式太陽能住宅』、『生態建築』等等的熱潮，這些議題至今仍是環境設計的主流。其實綠建築之推動係為紓解生態環境惡化、溫室效應及地球暖化之現象，在世界各國已蔚為風潮，我國也不例外，行政院於九十年核定「綠建築推動方案」，正逐步推動此項具有時代性意義之工作，希望以消耗最少資源，製造最少廢棄物，來達到環境共生、共榮及地球永續發展的目標。儘管綠建築內容包羅萬象，但其中最重要主題莫過於建築節能對策，過去的建築產業，是一個能源效率十分低落的產業，有時相同規模的建築物耗能密度可相差數倍至數十倍，這龐大的能源差距，也說明建築物的節能對策仍有極大的發展及研究空間。尤其全球的建築相關產業，已消耗地球 50% 以上的能源，任何建築設計假使不落實節能對策，根本遑論綠色建築[1]。對於建築生命週期來說，週期非常長，而且不同時間點導入綠建築概念，其節能成效及花費成本皆不同，圖 1 主要說明綠建築的導入時機，在規劃階段，若能直接以綠建築的概念進行規劃，所產生的節能減碳效益最大，變更設計與成本花費最少，但是若等建築已經興建完成進入維護階段，才重新考量節能減碳功能，此時就需要花費許多變更設計的人力及成本，才能達到部分功效，且節能減碳效果有限。

建築物使用年限至少長達四、五十年之久，只要建築節能設計得宜，便可以達到五、六十% 節約能源效果，四、五十年計算下來，所節省的能源相當可觀。建築節能的主要對策可分為建築外殼、空調、照明、設備等四大主軸，而建築外殼是最主要之影響因素，建築設計者只要能掌握建築環境及建築外殼本身之節能因子，便可達到良好的節能設計效益，同時減少日後空調及照明設備的使用，進而降低耗能及二氧化碳之排放。

國內有許多研究針對建築節能部分影響因子進行探討及分析，如林敬唐研究中針對方位、實牆材料、開窗率、開口材料、外遮陽設計，利用林憲德教授之林氏簡算法及建築節能設計標準軟體 BEEP-II 進行分析，並對各外殼耗能量運用統計學之平均數、標準差、變異係數加以討論[2]。楊開翔研究主旨在於探討影響高耗能辦公建築的主要因子，並試圖找出其用電預測公式，最終目的是要建立一套可公告的辦公大樓耗能密度 EUI 標準值，或是簡易用電預測模式。日後可做為建築設計時，提供設計人員及規劃者一簡單

操作的預測方式，或是作為辦公大樓評估耗電密度的簡單方法[3]。而韓佑勳研究利用文獻回顧的方式，了解建築物受熱的傳遞情形，並針對遮蔭網及屋頂綠化對平屋頂來探討屋頂熱環境的變化情形[4]。另外，各國亦發展許多綠建築評估標準，如美國 LEED、加拿大 GBC 2000、德國綠色門牌、日本 AIJ-LCA、台灣 EEWH 等等[5, 6, 7]，這些評估標準對於建築節能皆有相關的說明及定義。本研究主要根據國內外綠建築規範及相關研究進行深入了解，並針對建築節能部分予以綜合分析與歸納，來定義綠建築工程中相關建築節能影響分子。本研究會將上述因子納入系統，透過電腦程式來執行及完成複雜的能源計算，以分析評估建築物整體能源的使用狀況，並根據視覺化模擬分析結果反應事實，可在問題發生前採取各種的解決方案及策略，這對於整體建築能源效率的提升所產生的效益是不可忽視的。

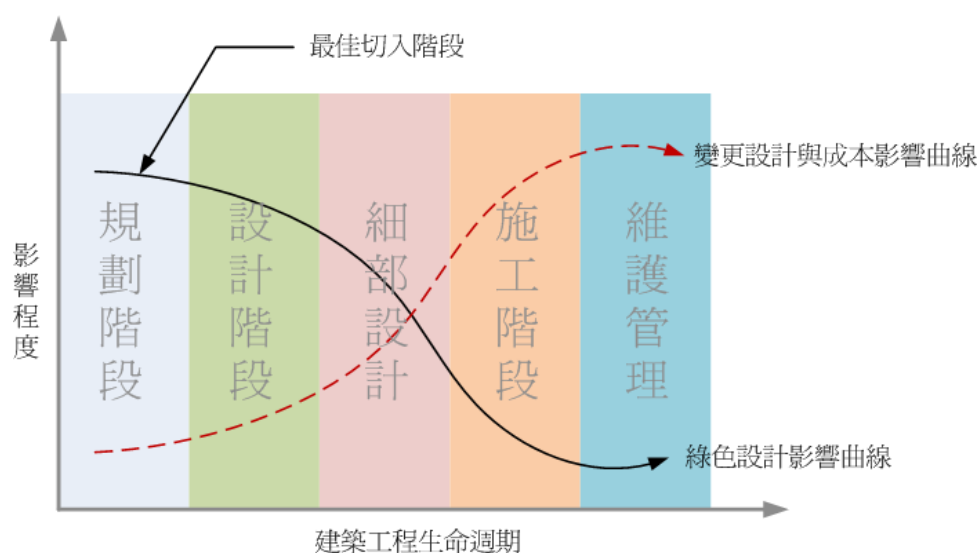


圖1、綠建築導入時機

## 2. 建築節能影響因子

### 2.1 建築環境因素

「建築」是一項眾多智慧及材料結合而成的結構物，在講求節能的議題上，如何運用最節能的資源與方法，打造建築居住環境，是建築節能的精神所在，在溫室效應的伴隨下氣溫逐年升高，冷氣空調的使用率增加，相對用電度數需求大增，造成尖峰用電負荷沉重，如何使用最少的電力營造乾爽舒適居家品質，則是建築節能的主要目標，本章節將根據台灣的氣候、建築物的方位及日照時間等環境因子所造成建築物耗能的原因加以分析並探討。

#### 2.1.1 地區氣候

「氣候」一般來說包含了溫度、濕度、雨量、日照及氣流風向等各種因素所形成的現象，而台灣地處北半球四周環海且有北迴歸線通過，屬亞熱帶海島型氣候，氣候炎熱潮濕，夏季型態長達半年，一年四季各種季節風向變化明顯，因此氣候的瞬息萬變隨著時間的不同有所變化外，也因為區域性地理環境不同產生不同的氣候，根據台灣建築氣候分佈圖[8]，將台灣本島及澎湖群島劃分6種氣候區，分別是次熱高濕區，炎熱高濕區，炎熱次濕區，高熱高濕區，高熱次濕區及高山區，再對照中央氣象局統計資料，以南部四個地區為例，近30年月平均溫度如圖2所示，可以發現南部溫度上升曲線從4月份開始越接近夏天時溫度越高，到了7~8月份為溫度最高峰，10月份後氣溫再逐漸下降進入秋冬季。

氣候對於建築節能來說要達到人體舒適的適應條件取決於「溫度」、「相對濕度」及「風速」，在溫度 $29^{\circ}$ 相對濕度40%、溫度 $28^{\circ}$ 相對濕度50%、溫度 $26.5^{\circ}$ 相對濕度70%這三種條件下人體的感覺是一樣的，一般人體舒適溫度的範圍，在國內有內政部建築研究所提出，室內溫度及濕度人體舒適基準範圍，為溫度 $17^{\circ}\sim 28^{\circ}$ 濕度40%~70%，在國外則有FAYE. C. McQUISTONY等人在其書中也指出人體舒適溫度[9]，夏天約 $23\sim 26^{\circ}\text{C}$ 相對濕度30~60%，冬天約 $20\sim 23.5^{\circ}\text{C}$ 相對濕度30~60%，依上述數值來說，對屬於亞熱帶地區的台灣而言，夏季氣候根本是無法達到此舒適溫度，所以便須依賴空調的方法來調降溫度以達到人體適合的環境。但一味使用空調調降溫度又是一項電力負荷，因

此經濟部能源局在「家庭節能手冊中」建議家庭冷氣設定溫度在 26°C~28°C 之間且台灣電力公司也建議室溫不超過 28°C 時避免使用冷氣，以避免電力浪費。

根據台灣電力公司 2009 年統計建築相關用電達全國用電量 30%，而因氣候高溫產生的空調用電又占其中 41%，若依照上述建議值設定空調開啟時間，從圖 2 中可以分析出在台灣兩項使用空調最佳時機，A 區即溫度 17° 以下為暖器開啟時機，B 區即溫度 28°C 以上為冷氣開啟時機，斜線部分則是不需使用任何空調設備的區間，以此作為節能的手法應可為可觀的用電負荷節省不少。若能再針對建築的相關方位、遮陽、隔熱的方式改良，相信對於建築節能會有更大的幫助。

建築物終年曝露在自然環境中，為降低氣候對於建築物所產生的熱輻射效應，最節能的辦法便是先瞭解自然，以自然的物理特性調節建築物間接產生之熱能，創造舒適的居住環境，目前全球最大問題就是「溫室效應」所產生的全球暖化現象，如何降低天然資源的浪費已是刻不容緩，而如何有效利用自然氣候的特性來降低建築的能源損耗及依賴，以減緩氣候變遷對居住環境及人類的傷害，則需要仔細分析評估後再進行設計工作為宜。

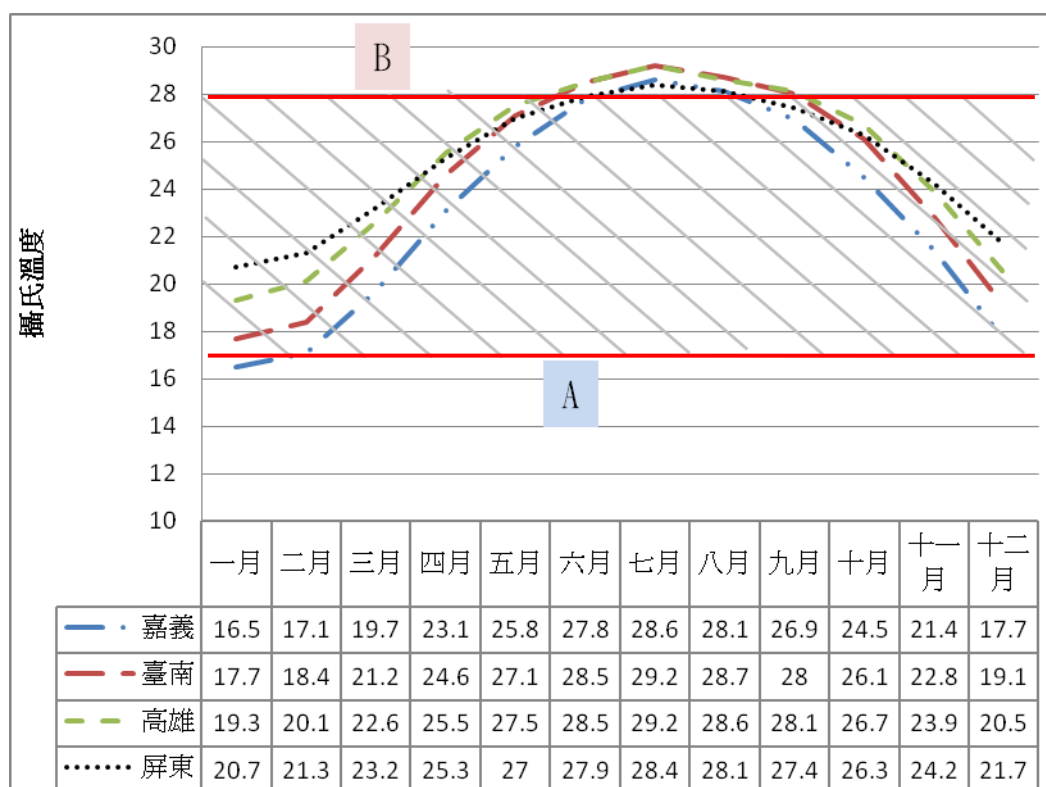


圖 2、南部地區近 30 年(1979~2008)月平均溫度比較曲線圖

## 2.1.2 日照時數

所謂日照時數是指在任何無障礙的位置，於天晴時從日出至日落所照射於地面之時間數。而日照時數又因季節的變化、緯度的高低、晴雨天的差異等因素產生不同的日照時數結果，根據太陽與地球的相關位置可經由公式計算<sup>1</sup>得知日照時數[10]，如公式(1)所示。

$$\sin T/2 = (\sqrt{\sin(90^\circ + R - J + D)} \times \sqrt{\sin 1/2(90^\circ + R - J + D)}) / (\cos J \times \cos D) \dots\dots (1)$$

目前於氣象局氣候資料庫中已可查到各年各地實際日照時數，所以日照時數可透過均值取得，減少計算時間。如圖3高雄區為例，一年中平均最早日出時間為5月的5:19，最晚日沒為7月的18:45，夏季4月到9月每日日照時數約14小時，而冬季1~3月及10~12月每日日照時數約12小時，因此不論夏季或冬季在不考慮其他天候因素的情況下，一天中日照時間大部份均超過12小時，一般照明若以日間照明時間6點~18點如A區，夜間照明時間是18點~隔日6點如B區為分界，由圖3中的曲線我們不難發現在一般家庭中，日間需要照明的時間幾乎沒有，而在一般家庭夜間的照明的時數大約是18點~24點(斜線範圍)居多，其夏季照明開啟時間可較晚，換言之日照時數越長，室內照明設施便可延遲開啟以節省能源，因此若能在外殼開口部增設導光等節能措施相信對於照明的使用也能減少。

---

<sup>1</sup>日照時數公式之相關參數定義，T：日照時數；R：大氣曲折之角(濛氣差)=34'；J：緯度；D：日赤緯(°，冬至為-23.5°，夏至為+23.5°，春秋分為0°)。

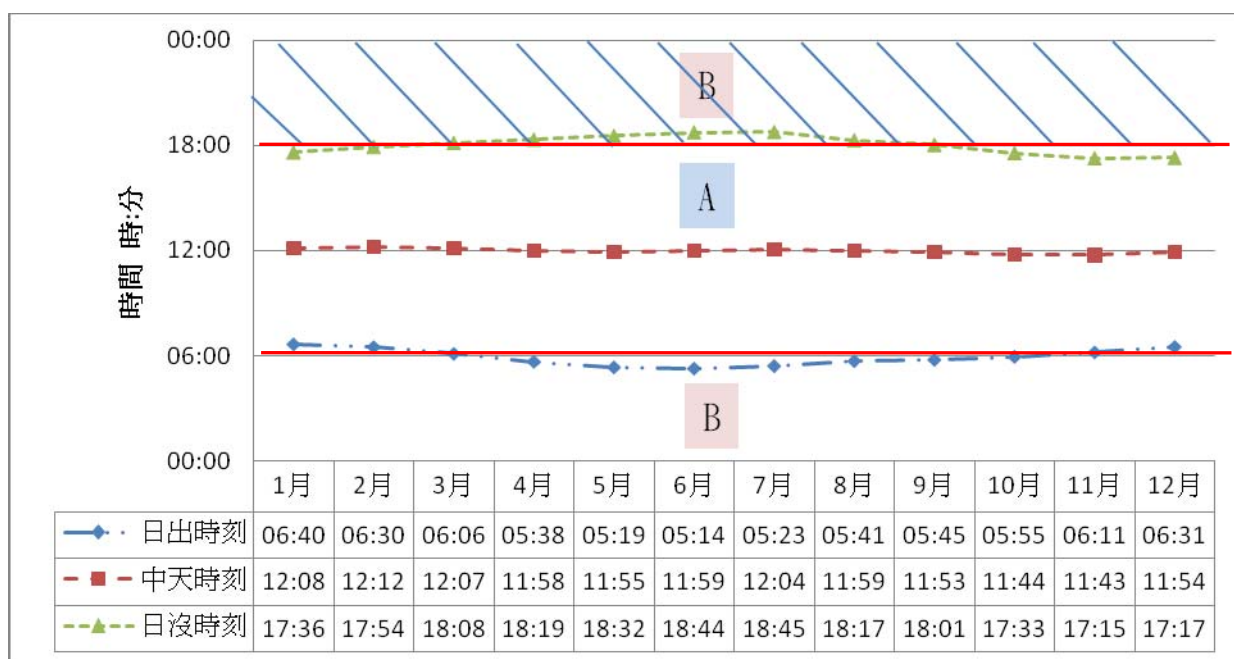


圖3、2009年高雄區日出日沒時刻表

根據世界衛生組織所規定的「健康住宅」標準要求，要達到「健康住宅」的規範，每天的日照時間應有 3 個小時以上，在國內現行建築技術規則，也有類似規定，依『建築技術規則』建築設計施工篇第 23 條第一項（住宅區高度限制）和第 24 條（未實施容積管制地區高度之限制），建築物在冬至日所造成的日照陰影，應使鄰近基地有 1 小時以上有效日照。由於各地區緯度不同所產生不同的日照時數，在於建築規劃設計之初既應考量受日照面開口尺寸比例，以避免受熱面開口過大造成建築物耗能的因素增加，而應利用其日照長短的因子，設計出採光設施最佳化，減少建築照明使用頻率達到節能的目的是。

### 2.1.3 建築物的方位

由於過去建築政策使人類居住環境日漸惡化，例如都市人口過於集中，人造環境過於混凝土化，建築物自然通風排風設計不良，節能設計概念薄弱，造成一般人到了夏天悶熱時就要開啟空調冷氣系統以降低室內氣溫，大量浪費冷氣空調資源，間接造成都市氣溫上升，於是逐戶加大使用空調噸數。如此惡性循環的狀況下只有讓居住環境更形惡劣，雖然影響人體冷熱舒適感覺的因子很多，倘若能從建築物的方位規劃著手改善，充分運用自然環境之優點，進而達到節能目的。



在中國傳統建築中，建築物的方位常為一般民眾建屋或購屋要件之一，其中又以朝南方位是人們較常使用的方位，在建案市場上朝南的建物銷售狀況較佳，主要原因是因台灣的地理環境座北朝南的住宅較具有冬暖夏涼的效果，使得夏天開冷氣及冬天開暖氣的頻率降低，因此不論是在銷售上或是設計上接受度均大過其他座向，另一原因其實就是東、西向因日照比例較高，會使室內溫度也變高接受度因而變差，所以方位的座落也決定建築的日照能量吸收之比例多寡，更是影響建築是否節能的因素。

如圖 4 所示，主要根據太陽運行與地球自轉的關係，來模擬夏季與冬季日出日落角度及分析建築物所受日照的不同影響程度，也可以知道建築物在夏季與冬季各方位受熱面積的變化，紅色區域表示吸熱量高，藍色則表示吸熱量低，並經由模擬可以看出建築物在接受日照後受熱面積除季節的變化外，建築物座落的方向也影響日照時數的多寡。

建築物在規劃時除須符合現行法律的各項規定外，對於建築的方位尤應注意，在台灣因為受到太陽、風、雨等季節自然因素影響，建築的平面方位設計錯誤或是立面開口方向失當，對於建築物而言不僅無法節能，反而加大建築耗能的不定因素。

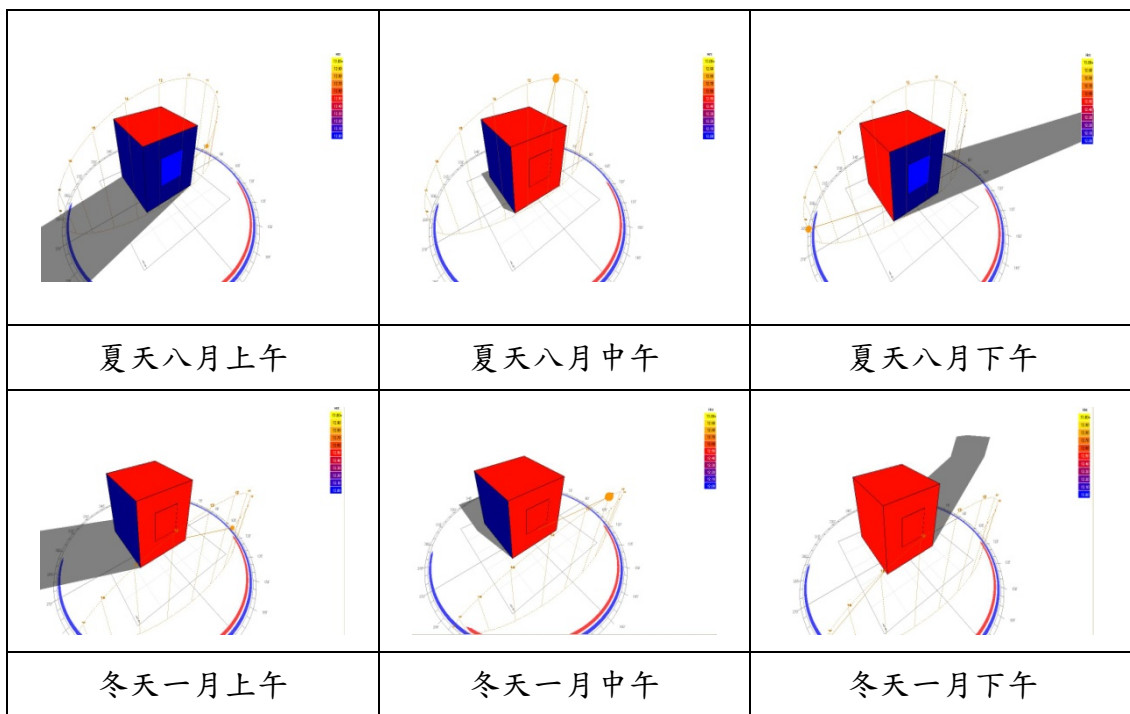


圖 4、冬夏季建築方位日照模擬圖

#### 2.1.4 小結

大自然所賦予人類天然的資源是無價寶藏，妥善運用即能創造可觀的能源，在全球暖化的同時也應當思考如何以最節能的方式來為建築提出永續方案。本章節針對影響建築環境因素部分項目提出分析，是想從大自然的物理特性中找出最佳的節能手法，以便在建築之初能發現缺失並予以改進，想要創造理想的節能建築除氣候、日照時數、方位等因素外，還包含建築材料、外牆開口大小、屋頂形式、遮陽隔熱等因素將於下一章節提出分析。

### 2.2 建築外殼因素

「建築外殼」就像穿衣服一樣有許多選擇，而最大的不同是建築外殼一旦施作完成便已定型，無法像換衣服一樣可以脫來換去那麼簡單，所以應該採用何種材質做為建築物的外殼講求的不只是要好看耐用，更要考慮會不會影響日後的居住品質以及適不適合居住的問題，甚至於是否具有節能效果也是目前考慮的重點之一。若光是只有亮麗的外殼但卻無法有效隔熱遮陽，對居住的人而言非但不舒適並增加耗能的產生，因此建築外殼的選用以及開口的大小，乃至於建築屋頂型式就必須仔細分析節能因素，以避免造成日後耗能。

#### 2.2.1 開口率

開口率係指某方向為面臨外氣之建築物外殼開口部面積與建築物外殼總面積的比例，然而一般建築物外殼節能設計的指標有『建築外殼耗能指標』(ENVLOAD)及『等價開窗率』等指標(Req)兩種，是管制建築物能源消耗的重要依據。在炎熱潮濕的台灣，太大的開窗面積是造成空調耗能的主因，而大面積開窗主要目的是以採光且具有較佳的景觀視覺為考量，開窗越大日照機會越高，日照進入室內後溫度自然上昇，而講求舒適勢必啟動空調系統降溫，所以建築採光與開口節能之間的考量衝突，必須尋求平衡點以求得節能效果，因此適當的開口設計是建築節能的首要計畫。

而所謂等價開窗率(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。由於集合住宅的規模不及大樓且室內發熱

亦較小，外殼節能設計的指標並不適宜採取大空調型建築外殼耗能指標(ENVLOAD) [11]，所以集合住宅多採用等價開窗率  $Req$  作為評估指標，因本研究是模擬透天住宅型式便採用較為簡易的等價開窗率指標( $Req$ )作為分析的主要依據。根據『建築技術規則』第十七章第三百一十條住宿類建築物外殼不透光之外牆其建築物外殼等價開窗率之計算值應低於以下之基準值  $Reqs$  (%)：北部氣候區  $Reqs=13\%$ ，中部氣候區  $Reqs=15\%$ ，南部氣候區  $Reqs=18\%$ 。再以現行『建築技術規則』節能法規來檢討住宅開口率的話， $Req=16\%$ 的集合住宅的平均立面開窗，在無遮陽條件下，在台北可達 35%，在高雄可達 27%；假如加上一米深的陽台，在台北可達 50%，在高雄可達 40%，超過此開口即不合格，另外為了節能要求，一般住宅開口率為 25%以下，辦公建築 40%以下為宜，並且在台度以下不開窗[12]。大部份的開窗其材質以鋁框加玻璃居多，而玻璃更是室內主要的採光材料，其材料特性是透光性較佳，相對透光性佳也間接造成室內溫度提高，因此對於透光及受熱兩部份便須加以掌握以求達到節能目的，一般玻璃的遮陽能力日射透率  $\eta_i$  值是玻璃阻絕日射透過程度的重要數值且與玻璃的型式有關，如  $\eta_i$  值=0.9 表示會讓 90%日射量進入室內僅阻擋下 10%得太陽光線，以 8 mm的三種玻璃為例，其  $\eta_i$  值，如表 1 所示，玻璃阻絕  $\eta_i$  值越低日射量便越低但相對日射量低光線也低，因此在採用玻璃形式時也應考量採光因素避免顧此失彼，而喪失節能的意義。

表 1、日射透率  $\eta_i$  值[13]

玻璃形式	$\eta_i$	厚度
普通平板玻璃	0.81	8mm
吸熱玻璃	0.52	
全反射玻璃	0.33	

另外玻璃的隔熱能力熱傳透率  $U$  值，熱傳透率與日射透過率不同之處，在於玻璃形式不會影響隔熱能力，僅與玻璃厚度或是有無空氣夾層等有關，如表 2 所示。建築的開口其功能是採光、通風為主要目的，過度開口便會形成耗能因素，至於開口要多大才符合需求則須以各方位建築整體適宜性做考慮，所以對於開口率才會有所限制，以確保開口不致過大或太小。

表 2、隔熱能力熱傳透率 U 值[13]

玻璃形式	U [W/(m <sup>2</sup> · K)]	厚度
單層玻璃	6.07	8mm
雙層玻璃+空氣夾層	2.98	8mm+12mmAir+8mm
雙層玻璃+惰氣夾層	1.86	8mm+12mmGas+8mm

### 2.2.2 外殼構造與材質

建築外殼之熱傳遞是空調耗能之根本，建築外殼一旦定型後其空調的耗能特性就無法改變，在往後數十年的建築生命週期中將持續消耗固定的能源，而使用外殼材料及結構不外乎一般 RC 牆、磚牆、玻璃帷幕牆及預鑄版牆，如圖 5 所示，其熱傳遞率會有所不同。





構 造 項 目	RC 牆	磚牆	預鑄版牆	玻璃帷幕牆
剖面實際 圖				
熱傳透 率 U	3.78	2.14	3.29	2.25

圖 5、國內常見外牆構造之隔熱性能表

一般在計算透天集合住宅建築物外殼耗能量方法，以公式 (2) 等價開窗率指標 (Req) 為主要指標[14]，而等價開窗率指標(Req)其目的則是為促進能源有效利用，在不妨礙居住環境之安全、衛生與舒適條件下，提供建築物節約能源設計之基準及統一計算法與評估標準，Req 精算公式<sup>2</sup>如下：

<sup>2</sup>Req精算公式之相關參數定義，Req：外殼等價開窗率(%)；Aeq：外殼等價開窗面積(m<sup>2</sup>)；Aen：住宿類建築物外殼總面積(m<sup>2</sup>)；i：開窗部位或外牆部位編號；j：透天連棟住宅共同壁編號；fk：k方位日射修正係數；fvi：開窗部位i之通風修正係數；Ki：開窗部位i之外遮陽係數；Agi：外牆透光部位i之開窗

$$Req = Aeq / Aen \dots \dots \dots (2)$$

$$Aen = \Sigma Aewi (\text{立面外殼面積}) + \Sigma Aeri (\text{屋頂外殼面積}) + Ab (\text{修正係數}) \dots \dots \dots (3)$$

$$Aeq = \Sigma Agi \times f_k \times K_i \times f_{vi} (\text{外牆開窗部位}) + \Sigma Ags_i \times f_k \times K_i \times f_{vi} (\text{屋頂開窗部位}) \dots (4)$$

$$Ab = 0.3 \times \Sigma Ab_j \dots \dots \dots (5)$$

上式所採用時機為建築物在無法節能的狀況下使用，而建築無法節能是指違反建築技術規則第三百一十五條所謂建築物節約能源設計技術規範中第八章第二項第二款所定之節能建築標準為前提直接令  $Req < Reqs$  即可不進行上述式 (2) 中的計算。

例如：設計一獨棟一層樓位於台灣南區座北朝南之建築物，長 10M 寬 6M 高 3M，四周統一開窗為 1M×4M，平屋頂無水平開口其 Req 是否符合？

$$Aen \text{ 得 } \Sigma Aewi = 96M^2, \Sigma Aeri = 60 M^2, Ab = 0 \text{ 合計為 } 156M^2$$

$$\begin{aligned} \Sigma Agi \times f_k \times K_i \times f_{vi} &= 6.244 M^2 (\text{南向}) + 5.252 M^2 (\text{西向}) + 2.288 M^2 (\text{北向}) + 5.052 M^2 (\text{東向}) \\ &= 18.836 M^2 (\text{遮陽係數 } K_i = 1 \text{ 四周橫拉窗型式 } f_{vi} = 1) \end{aligned}$$

$$\Sigma Ags_i = 0 (\text{屋頂無開窗})$$

$$Aeq \text{ 得 } \Sigma Agi \times f_k \times K_i \times f_{vi} + \Sigma Ags_i \times f_k \times K_i \times f_{vi} = 18.836 M^2 + 0 \text{ 合計約為 } 18.836 M^2$$

$$Req = Aeq / Aen = 18.836 / 156 = 0.1207$$

本案例根據 Req 公式 (2), (3), (4), (5) 計算，結果為  $Req = 12.07\%$  小於南區標準值  $Reqs = 18\%$ ，故符合建築技術規則第三百一十條之規定。

另一部分不透明的外殼之節能特性主要與壁體的熱傳透率 U 值<sup>3</sup>[10] 公式 (6) 即與隔熱能力有關，但是它也承受來自日射的吸熱影響，因此增加隔熱性能與降低日

---

面積(m<sup>2</sup>)；Awi：外牆部位i之不透光部位面積(m<sup>2</sup>)；Agsi：屋頂部位i之玻璃窗水平投影面積(m<sup>2</sup>)；Ari：屋頂部位i之不透光部位水平投影面積(m<sup>2</sup>)；Aewi：立面外殼面積(m<sup>2</sup>)；Aeri：屋頂外殼面積(m<sup>2</sup>)；Ab：透天連棟住宅分戶牆的修正係數(m<sup>2</sup>)；Abj：透天連棟住宅j面分戶牆面積(m<sup>2</sup>)。

<sup>3</sup>熱傳透率U值計算公式之相關參數定義，U：熱傳透率(W/m<sup>2</sup>·°C·hr)；R：熱阻(m<sup>2</sup>·°C/W)。

射吸熱因子是其節能之道。

$$U=1/R\cdots\cdots\cdots(6)$$

例如：以12cmRC牆為例，經由查表得知各項材質熱阻係數[15]，再經由式（6）算得熱阻R值及熱傳透率U值，如表3所計算：

表3、12cmRC牆熱傳透率U值計算結果

材料結構	厚度 D(m)	熱阻係數 K= 1/(M · K/W)	熱阻 R=D/K	熱傳透率 U 值
RC牆	外氣膜·····	1/23	0.043478	3.78
	磁磚 0.0100	1/1.3	0.007692	
	水泥砂漿 0.0150	1/1.5	0.010000	
	RC 0.1200	1/1.4	0.085714	
	水泥砂漿 0.0100	1/1.5	0.010000	
	內氣膜·····	1/9	0.111111	

外牆構造應以能減少外界熱量侵入為必要條件，在使用隔熱處理時，必須配合建築物使用型態而決定，過份要求隔熱對於室內發熱量大之建築物反而會增加其空調負擔，應該配合合理的遮陽設施及良好的通風計畫以減輕外牆之受熱量。以外表面飾材而言，使用明度較高之表面飾材增加反射率為宜，通常以淺色材料為佳，而白色牆體具有90%之反射率而一般紅磚混凝土建材則在10%~50%之間，相差頗大。例如就外牆構造之熱傳透率（U值）[16]而言，以12cm厚的RC外牆為例其U值高達3.78，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在0.71以下，可知RC外牆既笨重且隔熱能力又不佳，唯有加裝隔熱材才有良好節能的外殼。而輕量化的玻璃或金屬外殼，只要加強中間空氣層及隔熱處理，就是十分優良的外殼。外殼設計需考量的因素很多，如開窗率、建築方位、隔熱遮陽等等，這些因素在設計上及使用除須合於法令外也需了解外殼的各項特性，才能真正設計出符合建築節能效果的建築物以提供使用。

### 2.2.3 遮陽結構與材質

建築的遮陽設計必須在考慮冬天的防寒及夏天的避暑的情況下尋求最佳方案，以保持室內環境的舒適性，並可適時運用遮陽材質將日光導入室內增加照明，以減少燈具產

生之耗能。以結構而言可分為外遮陽及內遮陽，所謂外遮陽，就是在建築物的開口部(門、窗戶)外側，裝置各種型式的構件，用來阻擋過多的太陽熱得進入室內，而內遮陽就是一般常見的窗簾，雖然它是最簡單易行的遮陽手段，但無法像外遮陽能大幅度地減少進入室內的輻射熱得，透過玻璃進入的熱便在室內蓄積、流動，所以內遮陽僅能避免太陽直接照射室內物體，並不能有效地遮陽。而以材料來說遮陽板材料可區分為RC、金屬類、木質類、帆布類、太陽能板等，一般RC是新建工程時便與結構體一起施工完成，其他則可在後期施作，因木質、帆布耐久性較差已較少使用，而金屬類加工及施工方便，使用較廣泛但透光性差，因此會再與其他透光性較佳的材質搭配(如玻璃、PVC板等)設置；若以型式上來區分，主要可分為活動式及固定式兩大類，一般形式又因遮陽效果的不同而分為以下三大類，如圖6所示。

構造 項目	水平遮陽	垂直遮陽	格子遮陽
實際樣式			

圖6、遮陽結構實際樣式圖

- 1) 水平遮陽板：由單層或數層平板重疊而成，採光效果佳，易獲得遮陽計畫上之成效，適合設置於南向窗面。
- 2) 垂直遮陽板：設於窗戶前側或兩側之直式凸出立板，可遮擋角度較低的陽光（早晨及午後），對採光有方向性，適合設置於東西向窗面，但需注意通風性是否有阻礙。
- 3) 格子遮陽板：由水平與垂直遮陽板所組成，遮陽效果佳，造價較高，但無法活動。

各地方的遮陽型式會因為方位的不同而有所區分，一般北面牆會採用垂直遮陽型式，其餘各方位採用水平遮陽居多，設置遮陽板前可經由公式(7)及(8)計算求

得型式數值[10]，由於電腦資訊技術成熟，運用視覺化3D技術於遮陽板設置前，先設計遮陽型式對建築物遮陽效果，以減少因開口造成的耗能損失，並據此提出最節省資源的方式達到節的效果。一般遮陽效果以遮陽板所產生的陰影長度來考量，而陰影面積與開窗面積之比值為遮蔽率，各型式的遮陽效果計算<sup>4</sup>如下：

$$\text{水平遮陽：} S = D \cdot \text{SEC}(A-B) \cdot \text{TAN } H \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{垂直遮陽：} S = D \cdot \text{TAN}(A-B) \quad \dots\dots\dots (8)$$

例如：以遮陽深度30cm，窗方位角30度，太陽方位角60度，太陽高度角45度為例分別計算水平遮陽及垂直遮陽陰影長度分別為：

$$\text{水平遮陽：} S = D \cdot \text{SEC}(A-B) \cdot \text{TAN } H = 30 \times \text{SEC}(60-30) \times \text{TAN } 45 = 34.64\text{cm}$$

$$\text{垂直遮陽：} S = D \cdot \text{TAN}(A-B) = 30 \times \text{TAN}(60-30) = 17.32\text{cm}$$

計算數值得證，此案例採用水平遮陽較垂直遮陽效果更佳，故建議使用水平遮陽。

#### 2.2.4 屋頂形式與材質

在熱濕地區緯度較低，屋頂接受極大的日射熱，因此只要將太陽輻射到屋頂的能量阻斷，太陽輻射問題即可解決，由於熱量移動的方式有傳導、對流、輻射等三種，而當太陽用輻射的方式帶到屋頂時，有些熱能會因為屋頂表面顏色較淺而被反射掉，有些則因風的對流而帶走，剩餘的才會被吸收傳導到室內空間。

一般屋頂的材質變化較少一般常見材質為RC、陶瓦及鋼板，如圖7所示，由於此等材質熱傳遞及蓄熱能力頗大，例如5mm厚度鋼板熱傳導性U高達45 (W/m<sup>2</sup>·K)為所有屋頂材料最大，如何增加屋頂的遮陽能力及隔熱能力才是解決屋頂吸熱的主要方法。

---

<sup>4</sup>遮陽效果計算公式之參數定義，S：陰影長度；D：遮陽深度；A：太陽方位角；B：窗面方位角；H：太陽高度角。






項目 \ 構造	一般 PU 膜 RC 屋頂	陶瓦屋頂	鋼承板屋頂
實際照片			
熱傳透率 U	3.11	3.31	0.79

圖7、國內常用屋頂隔熱構造之隔熱性能表[15]

目前國內建築的屋頂型式大致分為斜屋頂及平屋頂如圖8，而斜屋頂又分單斜面與雙斜面兩種。內政部建築研究所曾對於建築物外遮陽暨隔熱於2003年提出研究報告指出，斜屋頂最適當角度為緯度再加5°，一般設計以不超過±15°為宜，以此原則找出各地區最適當的傾斜角度。




項目 \ 樣式	雙斜屋頂	單斜屋頂	平屋頂
實際樣式			

圖8、屋頂實際樣式圖

台灣建築物普遍缺乏屋頂隔熱，只在屋頂加一層地磚及防水層，而屋頂的平均日照量是牆壁立面的2至3倍多，使得頂樓耗能量可觀。根據內政部建研所研究指出，屋頂進行隔熱與未隔熱者其室內溫度最大可相差10°C以上。

其次屋頂的功能在於確保良好之室內環境，除防晒、遮雨外，對於室內環境之舒適度影響甚大。「屋頂隔熱」指的則是在屋頂運用各種方式把太陽熱有效的阻隔，比如鋪設隔熱磚、屋頂花架、花園，加設天花板並留空氣層等等，在屋頂的遮陽能力部分，台灣常以增建屋面或搭蓋遮雨遮陽之棚架來減少太陽對於既有屋頂表面的直接日射。一般為將太陽的輻射熱盡可能地隔絕於室外，常使用隔熱方式有鋪設隔熱層、屋頂花架、屋頂花園如圖9所示。

- 隔熱層：運用材料的熱阻隔特性來阻擋太陽幅射熱傳遞入室內。
- 空中花架：花架結構常用有木質及金屬結構，架上可利用藤蔓形成天然遮蔽。
- 屋頂花園：土壤及植物具有蒸發及散熱的作用，可帶走屋頂結構的熱，而土壤亦有良好的隔熱性能，為天然的素材。




樣式 項目	隔熱層	空中花架	屋頂花園
實際樣式			

圖9、國內常見屋頂隔熱方式

屋頂層也會因為不同的使用方式採用不同隔熱方式，近來都市土地取得不易，於是在屋頂加強綠化，一則有隔熱效果降低室內溫度，二則可以美化居住環境增加景觀視覺享受，是相當值得推動的節能措施。

### 2.2.5 小結

建築的生命週期少則數十年，多則上百年，而建築的完成是否具有節能功效，也將伴隨至生命週期結束後終止，因此隨著資訊科技的進步，在講求節能及環保的年代，建築物的功能也應跟上時代潮流，構建符合人類需求的居住環境，建築的工法及材料也應創新以取代傳統的建築所產生的耗能行為，材料是會隨著時代的變遷與科技的發展而有所改變，採用不慎不但無助於節能反而增加耗能，事後的改善或許可以達到節能目的，但過程確已消耗不少能源值。若能透過事先建築節能分析，有利於設計者了解對建築的材料選用上盲點，也有助於建築的永續發展。

### 3. 視覺化節能分析與模擬

本研究利用 Autodesk Ecotect 軟體為視覺化平台，Ecotect 提供了一系列的建築能源分析功能，包含日照分析、熱環境分析及光環境分析等等，本研究主要藉助這些分析，考量前述之建築節能因子，目的希望可以獲取整個施工過程能源分析，確定能源成本估計，協助規劃人員規劃節能建築，並在此基礎上對於設計方案進行各種比較和改良，朝向節能最佳化目標發展。

#### 3.1 光環境分析

一般光的來源可區分為自然光源和人工光源為主，所謂自然光源指的是日照，日照對於建築和建築設計都有著深遠的影響，優良的日照設計可以提高建築的舒適度和降低採光引起之耗能並提高有益人類潔淨的光源。而人工光源指的就是燈光，其功能最大用途便是用於照明，因此室內照明若未經過設計、分析，同樣會造成能量損耗，照明不足無法滿足工作所需，照明太過又會形成資源浪費且耗能，如何在偌大的建築空間採用適當的照明，除了要考慮建築外殼的開口率及遮陽結構因素之外，便是要考慮地區氣候、日照時數、建築物方位等環境影響照明之因子，經由分析後在自然環境的容許下減少人工照明使用頻率，才是真正「光」節能作為，也才能降低照明的用電負荷。

本研究主要針對自然採光作出精確地分析和評估，同時指出包括採光係數、照度和亮度在內的一系列的標準控制指標參數。如圖 10 所示，日照分析主要以太陽運行軌跡及陰影範圍之視覺化模擬為主，太陽運行軌跡可以模擬日或者年在某一時間下的太陽位置，其中藍色 8 字型曲線表示了全年中的太陽等時運行軌跡，藍色弧線表示了全年各月單日的太陽運行軌跡，透過此模擬可以了解不同時間點自然光源的強度及建築物與日照之間的關係。而陰影範圍可以用於研究特定時間內建築的陰影區分佈特點及變化。另外採光分析主要以顏色深淺表達室內的天然採光程度。舒適合理的室內光環境設計不僅可以緩解視覺疲勞、提高勞動生產率，而且還能大幅減少用於照明的能耗，根據統計數據，在辦公室和商用建築中，照明能耗比例均達到了 28 % 以上。另外，採光本身也不是孤立的，它涉及室內視覺舒適度、遮陽形式、照明能耗、空調能耗等多種影響因素，在分

析過程中需要綜合來考慮各種因素的影響。

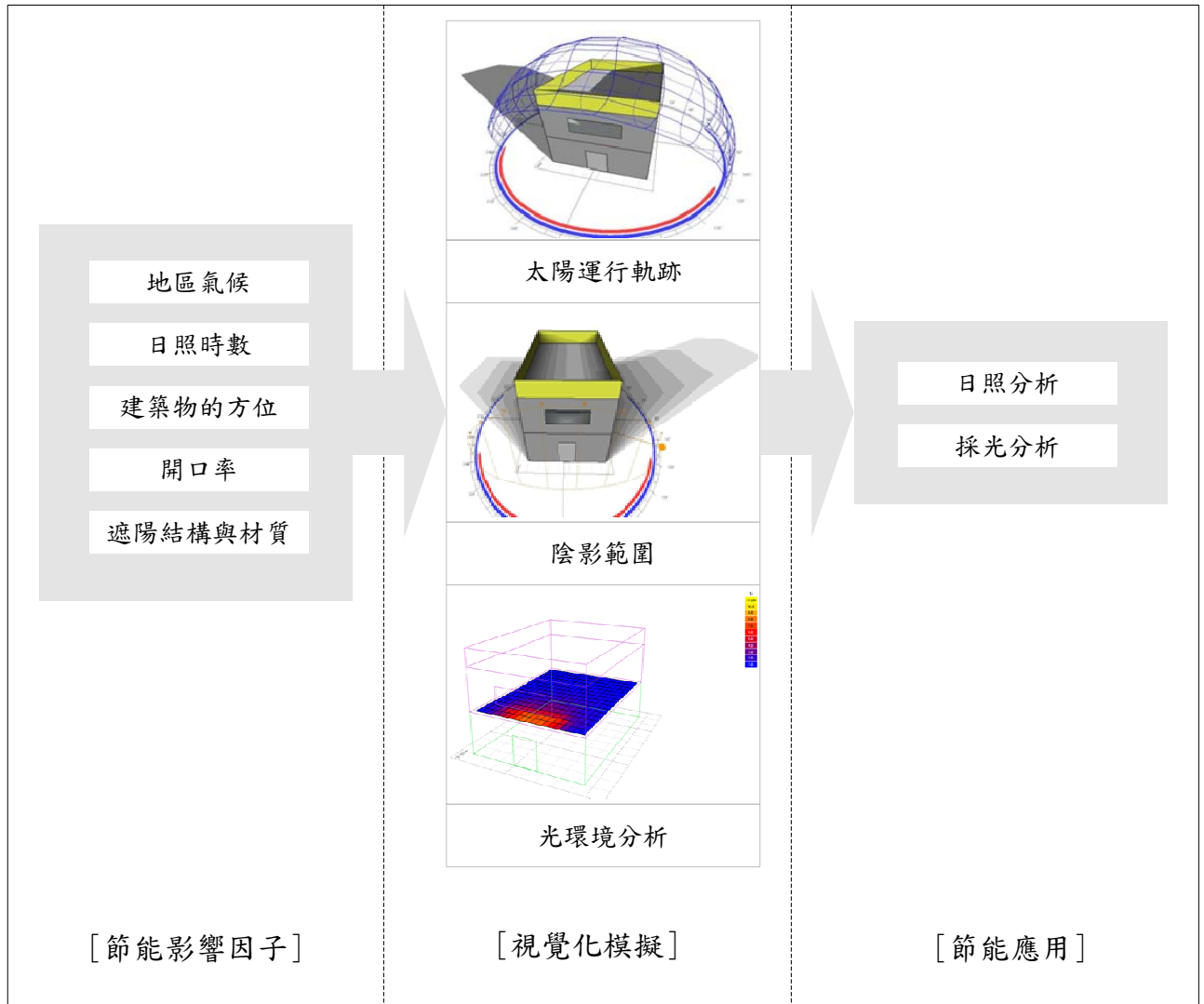


圖 10、光環境分析之影響因子與節能應用

### 3.2 熱環境分析

「熱」是能量的一種表現方式，在固體時，不同的物體聚集，溫度較高的物體會將熱量傳遞至溫度較低的物體，在氣體時，因空氣對流關係，熱空氣會上昇，冷空氣會下降，而「熱」的傳達特性不外乎是經由傳遞、對流、輻射等方式將熱能擴散，然而熱能一旦擴散，溫度勢必上昇，這對於建築節能而言是一大傷害。而熱環境分析就是求解室內外各種擾動作用下的室內熱環境參數，其中外擾主要是指室外的各種氣候影響因素，包括了室外氣溫、溼度、太陽輻射強度等內容，外擾主要作用於建築外殼上，並通過各種不同的傳熱方式影響室內熱環境；內擾主要是指室內的設備、人員等影響因素，可以直接影響室內熱環境。如圖 11 所示，本研究主要考量之影響因素以外擾與建築外殼及其熱性能為主，其分析說明如下：

系統可進行熱得來源分析，可模擬顯示建築物在指定日期範圍內，來自不同熱源，其熱得逐日變化的情形以及他們各自所佔的比例分佈。而結構物總熱得分析主要利用網格方式及顏色變化來顯示在不同時間點上每個月結構物總熱得，此分析可以顯示出結構物一年中逐時逐月的熱得變化趨勢。關於溫度分佈分析可顯示某建築物區域或是整棟建築物之不同溫度的全年時數統計，通過這一曲線可以找到此區域溫度分佈的特徵。另外，逐時溫度曲線分析，可顯示建築物中所有區域的逐時溫度曲線。然後，系統可根據這些基本數據進行更進一步之綜合分析，像是溫度與熱得對照分析，此分析主要說明室外溫度與建築物熱得之間的關係。適應指數分析，當室內、外溫差若超過 $5^{\circ}$ 以上對於人體會造成不適也造成電力浪費，此分析顯示建築物室內室外溫度之差異性。最後用電量預估可透過電度分析將人體最適溫度區間輸入，並根據整年每日平均溫度資料庫，計算冷暖氣所使用電度資料，進而估算能源使用量。

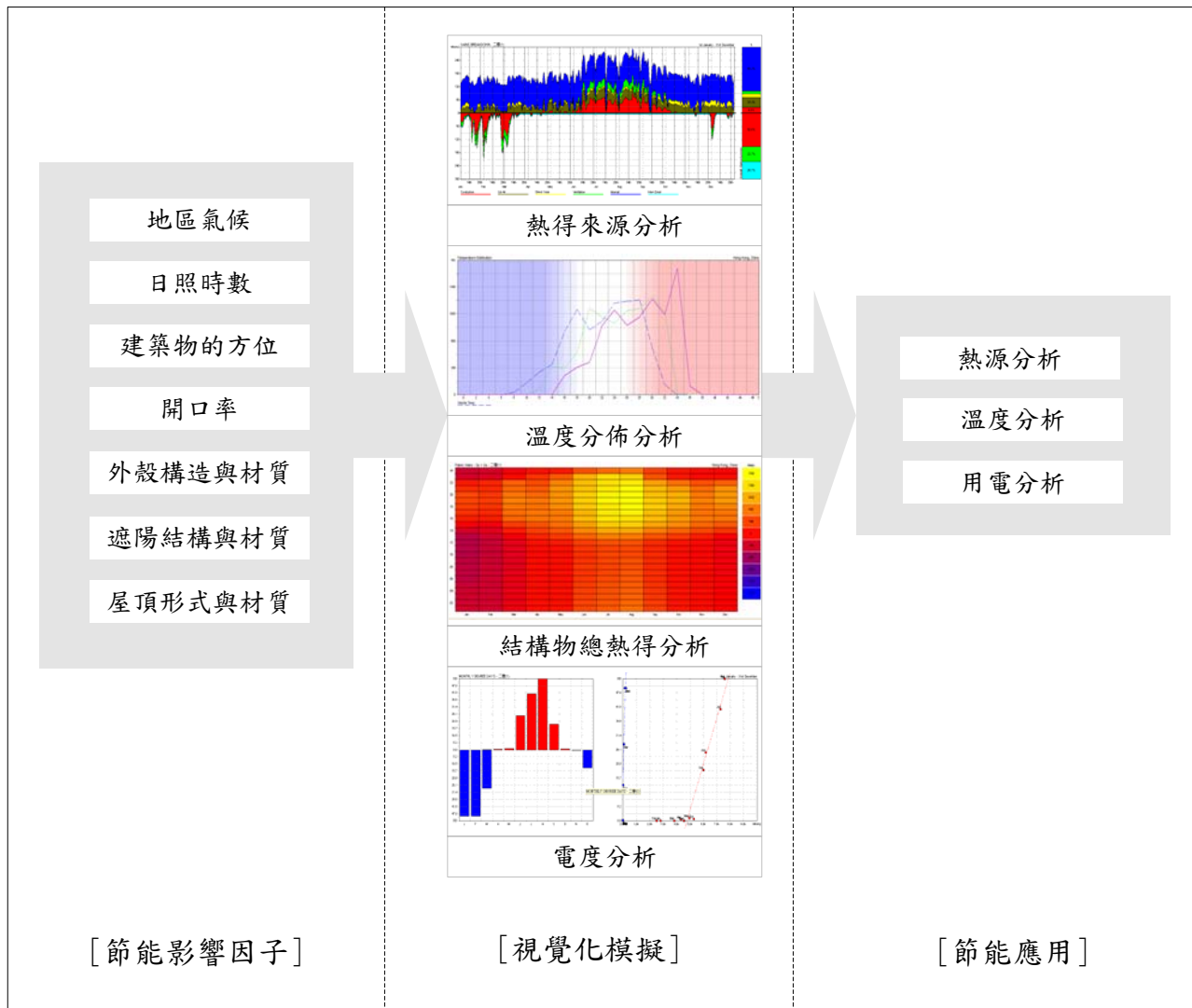
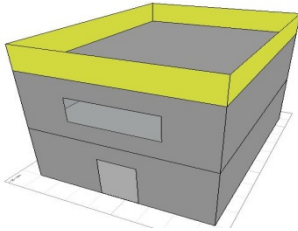


圖 11、熱環境分析之影響因子與節能應用

#### 4. 案例探討

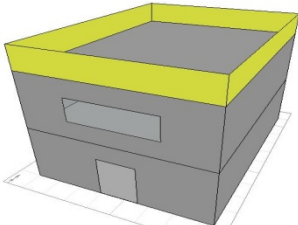
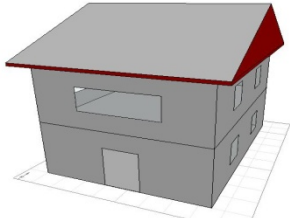
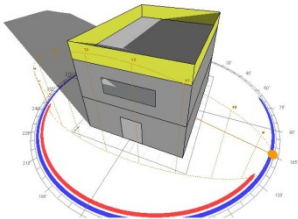
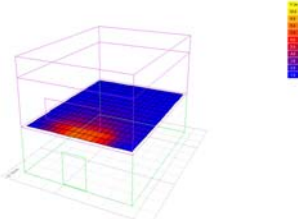
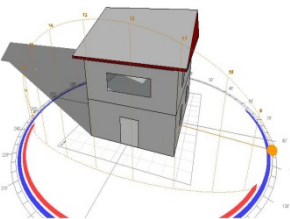
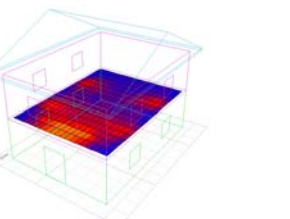
本研究以兩棟台灣常見之住宅建築為案例並以 3D 方式呈現模型狀態進行能源分析與模擬，其中案例一為平屋頂的連棟透天，建築外殼設定為二層樓只開一扇大窗，兩側邊未開窗；案例二為雙斜屋頂的獨棟別墅，建築外殼設定為二層樓中間開一大窗，兩側邊每層各開兩小窗，兩案例模擬分析結果如下表 4、5、6 所示。

表 4、等價開窗率指標(Req)分析結果

項目	視覺化模擬	
	案例一：連棟平屋頂	案例二：獨棟雙斜屋頂
視覺化 3D 模型		
等價開窗率指標 (Req)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建築外殼設計：                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 單一樓層：長 10M×寬 7.5M×高 3M，女兒牆高度 1.2M</li> <li>2. 屋頂形式：平屋頂</li> <li>3. 建築方位：座北朝南</li> <li>4. 遮陽：無</li> <li>5. 窗戶形式：橫拉</li> <li>6. 大門形式：外推</li> <li>7. 大門尺寸：1M×2.1M×1 樁</li> <li>8. 開窗尺寸：5M×1M×1 樁</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建築外殼設計：                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 單一樓層：長 10M×寬 7.5M×高 3M</li> <li>2. 屋頂形式：雙斜屋頂及坡度 27 度</li> <li>3. 建築方位：座北朝南</li> <li>4. 遮陽：無</li> <li>5. 窗戶形式：橫拉</li> <li>6. 大門形式：外推</li> <li>7. 大門尺寸：1M×2.1M×1 樁</li> <li>8. 開窗尺寸：5M×1M×1 樁；2M×1M×8 樁</li> </ol> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 案例一：平屋頂</li> <li><math>\Sigma A_{ewi}=108 \text{ M}^2</math></li> <li><math>\Sigma A_{eri}=75 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_b=43.2 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_{en}=226.2 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_{eq}=10.427 \text{ M}^2</math></li> <li><math>Req=A_{eq}/A_{en} =0.0461</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 案例二：雙斜屋頂</li> <li><math>\Sigma A_{ewi}=235.47 \text{ M}^2</math></li> <li><math>\Sigma A_{eri}=84.17 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_b=0 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_{en}=319.64 \text{ M}^2</math></li> <li><math>A_{eq}=31.691 \text{ M}^2</math></li> <li><math>Req=A_{eq}/A_{en} =0.0991</math></li> </ul>

由表 4 分析結果得知本研究之兩案例的等價開窗率指標皆低於台灣南區標準等價開窗率指標(Reqs) 18%，符合建築技術規則第三百一十條之規定。

表 5、光環境分析分析結果

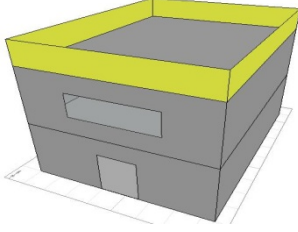
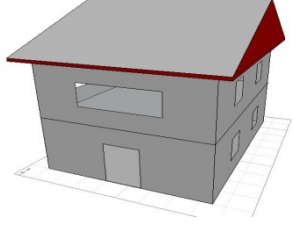
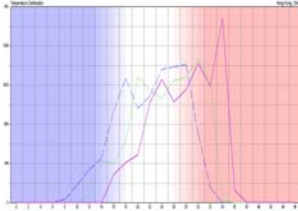

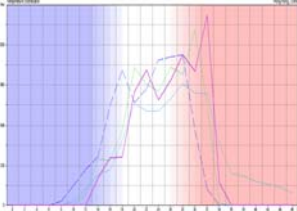

項目	視覺化模擬	
	案例一：連棟平屋頂	案例二：獨棟雙斜屋頂
視覺化 3D 模型		
光環境分析	<p>● 影響因子設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築方位：座北朝南</li> <li>2. 遮陽：無</li> <li>3. 單層玻璃厚：8 cm</li> <li>4. 玻璃熱傳透率 <math>U=6.07</math></li> <li>5. 季節：冬季 1 月</li> </ol> <p></p> <p>太陽運行軌跡</p> <p></p> <p>採光分析</p>	<p>● 影響因子設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築方位：座北朝南</li> <li>2. 遮陽：無</li> <li>3. 單層玻璃厚：8 cm</li> <li>4. 玻璃熱傳透率 <math>U=6.07</math></li> <li>5. 季節：冬季 1 月</li> </ol> <p></p> <p>太陽運行軌跡</p> <p></p> <p>採光分析</p>

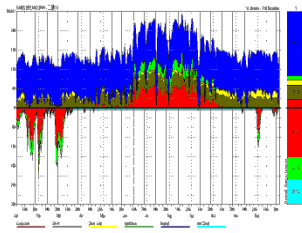
由表 5 視覺化模擬了解太陽的運行會隨時間及季節而有所變化，根據其結果顯示同一時間兩種型式建築物所產生陰影面積斜屋頂略大於平屋頂，因此建築物規劃之初對於座向便應善加考量，以取得較有利於陰影產生之方位，減少熱能吸收，倘若因地形因素也可透過上述各項模擬方式探討出建築物最佳的方位。另外，由採光分析模擬圖中可以發現不論是平屋頂或是斜屋頂在開口部採光的亮度(紅、黃色)與沒開口採光(藍色)的亮度差異很大，更證明開口部不單影響熱能的多寡也影響採光亮度，若再配合熱得來源分



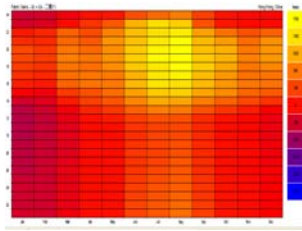
析來規劃開口部大小，相信對於規劃建築節能方式有所助益。

表 6、熱環境分析分析結果

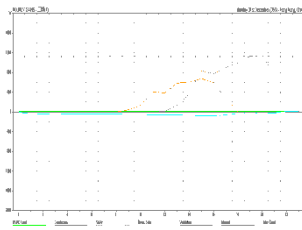
項目	視覺化模擬	
	案例一：連棟平屋頂	案例二：獨棟雙斜屋頂
視覺化 3D 模型		
熱環境分析	<p>● 影響因子設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築方位：座北朝南</li> <li>2. RC 造牆厚：12 cm</li> <li>3. 外牆熱傳透率 <math>U=3.78</math></li> <li>4. 遮陽：無</li> <li>5. 單層玻璃厚：8 cm</li> <li>6. 玻璃熱傳透率 <math>U=6.07</math></li> <li>7. 季節：冬季 1 月</li> <li>8. 天氣：晴天</li> <li>9. 平均溫度：23 度</li> </ol> <p>溫度分佈分析</p>  <p>逐時溫度曲線分析</p> 	<p>● 影響因子設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建築方位：座北朝南</li> <li>2. RC 造牆厚：12 cm</li> <li>3. 外牆熱傳透率 <math>U=3.78</math></li> <li>4. 遮陽：無</li> <li>5. 單層玻璃厚：8 cm</li> <li>6. 玻璃熱傳透率 <math>U=6.07</math></li> <li>7. 季節：冬季 1 月</li> <li>8. 天氣：晴天</li> <li>9. 平均溫度：23 度</li> </ol> <p>溫度分佈分析</p>  <p>逐時溫度曲線分析</p> 



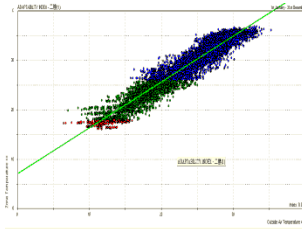
熱得來源分析



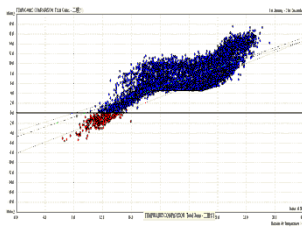
結構物總熱得分析



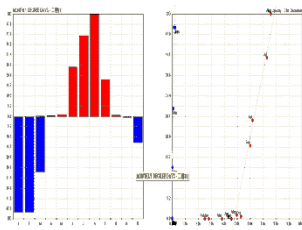
逐時熱得及熱損失分析



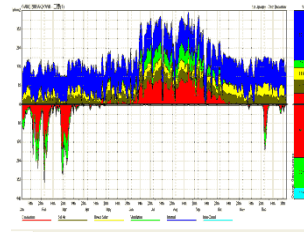
適應指數分析



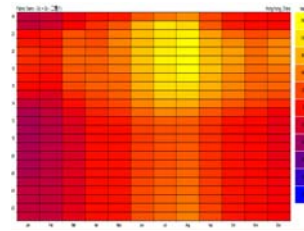
溫度與熱得對照分析



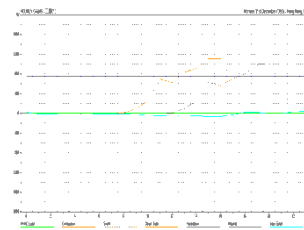
電度分析



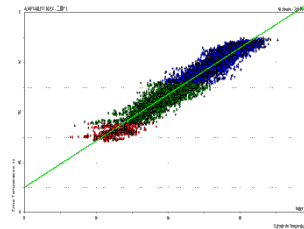
熱得來源分析



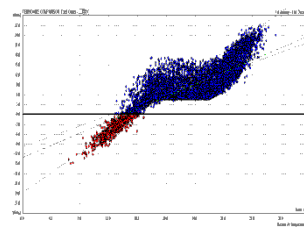
結構物總熱得分析



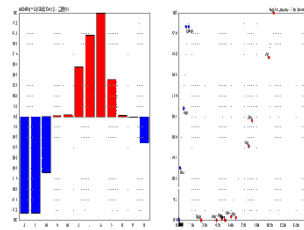
逐時熱得及熱損失分析



適應指數分析



溫度與熱得對照分析



電度分析

由表 6 可得四大分析結果，第一、逐時溫度曲線分析可得知各時段建築物溫度變化，此模擬結果在午間 12 時兩案例產生最大差異，斜屋頂因開口多所以造成室內溫度偏高(藍線)，反觀平屋頂則因開口少室內溫度維持在平均溫度(紅線)之下。第二、在這兩種型式建築物模擬指定日期範圍內來自不同熱源中不難發現，藍色區域為室內無熱得來源區域，平屋頂優於斜屋頂，斜屋頂因開窗較多其太陽熱能(黃色)的分佈斜屋頂則大於平屋頂，因此證明開窗對熱得有很大之影響所以規劃時除依法規比例開窗也需考慮熱得對建築物之影響。第三、適應指數分析根據室內及室外溫度作一統計分析，當室外溫度(橫坐標)及室內溫度(縱坐標)過高或過低時開啟空調的時機分佈，由模擬圖中發現斜屋頂在室內外高溫開啟空調的機率(藍點)比平屋頂來的分散，而開啟暖氣(紅點)的機率卻比平屋頂集中，乃是因斜屋頂開窗多於平屋頂之因素所導致，說明了屋頂型式差異及開窗多寡對於人體舒適性之影響外也對於節能提供很好的參考依據。最後，根據所設定之最適溫度進行電度分析，由模擬圖中所呈現的圖形顯示建築外觀形式對於用電並無明顯差異，而電度分析是藉由了解空調用電情形，以作為節能目的之參考。

對於整個建築來說，在冬季影響最大的是外牆結構傳導得熱，雙斜屋頂在冬季時內部熱損失較平屋頂來的高，約為 1.4 倍，這表示我們應對於外牆結構的保溫隔熱性能要特別重視。另外，雙斜屋頂在一年中建築結構的熱損失有 70% 來自於外牆結構的傳導，而在平屋頂方面只有 52% 相對低很多。對於建築結構得熱的來源主要來自於各種太陽輻射熱，雙斜屋頂一年中來自太陽得熱總計達到了 55%，而平屋頂方面卻只有 28%。在通風散熱方面，由表 6 可以得知，雙斜屋頂通風散熱優於平屋頂約為 1.8 倍左右，且雙斜屋頂與平屋頂的室內外溫差平均約為 2.66 度與 3.04 度，主要原因是因為雙斜屋頂開窗面積高於平屋頂所致。

綜合分析，雙斜屋頂因為開窗面積高於平屋頂，在通風、採光性夠，並可調整室內溫度，所以在節能方面是優於平屋頂。因此對於建築節能的建議，我們可以發現經過 Req 計算適當增加窗戶面積，可使冬季進入到室內的直接太陽輻射大幅增加，明顯提高冬季在室內的溫度，但開口若過大非但沒有增加室內溫度反而因為冷卻效應增加開暖氣機率。而夏季由於太陽高度及角度的因素，日夜溫差不如冬季明顯，沒有造成太大的負面影響。從逐時溫度曲線中可以發現增加窗戶面積後，冬季日夜溫差也變大了，針對這

種情況，我們可以在建築中換成雙層玻璃、蓄熱能力較強的建築外殼或地板材料，這樣利用溫室效應和建築外殼蓄積的熱量可以大幅減少建築物的能耗並且平衡日夜溫差，在夏季我們則可以利用可調式外遮陽或內遮陽，盡量減少白天的太陽輻射熱，同時也可以輔助夜間通風等措施散發白天吸收的熱量。

## 5. 結論與建議

環視目前建築環境與 30 年前比較，已不可同日而語，早期建築的目的不外乎是為了遮風擋雨有個棲身之所，隨著社會的進步當今的建築除了遮風擋雨的基本需求外，人類對於「建築」不單只是「住」的需求而已，也隨著科技的發達與氣候的變化，產生較多樣性變化，舉凡外觀變化、空間多樣、材質選用、科技配備等都是考慮因素，也都是牽動建築是否節能的影響因子。

建築規劃若只能靠著數據的運算及歷史資料的參考，無法確切的反應出規劃的建築是否符合節能措施，倘若能考量建築節能因子並與現有電腦資源相互搭配以 3D 視覺化的方式呈現，找出最佳化的節能方法當可事倍功半。而節能之材料應秉持取之於自然，還原於自然的觀念，充分運用地球所賦予我們的天然資源，並重複使用來降低資源的浪費，減少汙染。以南部地區而言日照時間很長，平屋頂的使用應盡量減少，並鼓勵斜屋頂的採用，充分利用太陽能源自行發電，減少發電廠負載，以達到物盡其用的節能方法。所謂「正本清源」，所有節能的手法縱有不同，但萬本歸宗還是先要了解自然，若是處處與環境違背，時時與自然作對，最終還是要浪費更多能源來匡正先前錯誤，不可不慎之。

本研究主要針對建築環境與外殼設計進行研究，根據國內外文獻及現況分析來定義建築節能主要之影響因子，並透過建築節能分析與模擬，將產生的分析數據以 3D 視覺化的技術彙整呈現，針對各個季節與時間的變化來分析建築環境及建築結構上所能形成的節能因素，在建築規劃設計之時就事先了解耗能問題所在加以修正，以期達到建築節能功效及事先防止決策失當。

目前這些軟體的計算方法一般都是基於動態的環境，為了保證計算結果的準確度，軟體大多都需要輸入室外逐時或氣象年資料資料庫，而且需要提供盡可能詳細的建築外殼的描述、材料熱物理參數、暖冷空調形式、溫度分區等等資訊，這對於一般設計人員來說，輸入方式太過於繁瑣。在初步設計階段，由於很多條件無法確定，設計人員更是無出利用這些軟體工具對方案進行能耗分析和節能優化。本研究未來希望對於目前能源分析程式套件進行二次開發，建置視覺化的人機互動介面，簡化輸入介面，並提供台灣地區相關資訊，建置符合台灣地區環境使用之建築能源模擬分析軟體。

### 致謝

本研究得以順利進行，感謝國科會計畫 NSC-98-2221-E-151-054 提供經費支持。

### 參考文獻

- [1] 林憲德，2006，“綠色建築”，詹氏書局，台北，台灣。
- [2] 林敬唐，2006，“建築物之方位、實牆材料、開窗率、開口材料及遮陽於節能指標之影響”，碩士論文，土木工程研究所，國立中興大學。
- [3] 楊開翔，2008，“高耗能辦公大樓耗能因子解析之研究”，碩士論文，建築研究所，國立成功大學。
- [4] 韓佑勳，2008，“遮蔭網及屋頂綠化對平屋頂熱環境及建築節能之影響”，碩士論文，園藝研究所，國立嘉義大學。
- [5] LEED, 2009, <http://www.usgbc.org/>
- [6] EEW, 2009, <http://www.abri.gov.tw/>
- [7] 張珩、林憲德，2000，“國外綠建築技術之比較研究-各國綠建築評估系統探討”，研究計畫成果報告，內政部建築研究所，台北。
- [8] 林憲德、陳嘉基，1987，“臺灣地區建築氣候分區之研究”，臺灣大學建築與城鄉研究學報，台北，台灣。
- [9] McQuiston, Faye C., Parker, Jerald D., 2004, “Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Air Conditioning: Analysis and Design”, Sixth edition, Wiley, 682 pages, United States.
- [10] 江哲銘，2009，“建築物裡”，三民書局，台北，台灣。
- [11] 谷家恆、楊冠雄，1999，“建築外殼耗能管制實施現況檢討研究”，研究計畫成果報告，內政部建築研究所，台北。
- [12] 蕭江碧、陳瑞鈴、林憲德，1999，“綠建築規劃設計技術彙編之研究”，研究計畫成果報告，內政部建築研究所，台北。
- [13] 李靖男，2002，“建築節約能源設計分析與全尺度實驗印證”，博士論文，機械與電機工程研究所，國立中山大學。
- [14] 陳錦賜、張世典，1999，“建築節約能源綜合指標研究”，研究計畫成果報告，內政部建築研究所，台北。
- [15] 內政部營建署，2009，“住宿類建築物節約能源設計技術規範”，內政部，台灣。
- [16] 經濟部能源局，2008，“集合住宅節能技術手冊”，經濟部，台灣。