

建築外殼節能設計管制效益與
二氧化碳減量目標評估研究

內政部建築研究所委託研究報告
中華民國 96 年 12 月

PG9602-0005

建築外殼節能設計管制效益與 二氧化碳減量目標評估研究

分項計畫：

- 子計畫一：強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究
- 子計畫二：辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究
- 子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

研究主持人：林憲德 教授

協同主持人：張又升

研究員：黃國倉

研究助理：孫振義

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 96 年 12 月

目次

目次	.....	I
摘要	.....	IX
第一章 緒論	.....	1
第一節 前言	.....	1
第二節 建築節能是綠建築政策最重要的一環	.....	3
第三節 新「綠建築憲法」公佈	.....	5
第四節 台灣的能源安全度	.....	6
第五節 建築用電與能源危機	.....	7
第六節 研究目的	.....	9
第七節 外殼節能設計管制效益研究三大課題	.....	10
第二章 強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究	.....	13
第一節 資料蒐集、文獻分析	.....	13
第二節 研修條文及內容	.....	34
第三章 辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究	.....	45
第一節 資料蒐集、文獻分析	.....	45
第二節 辦公建築自然開窗通風性能之探討	.....	55

第四節 研究方法與工具	60
第五節 實驗內容	64
第四章 建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益	
評估研究	83
第一節 研究緣起與背景	83
第二節 我國建築節能法規與長期二氧化碳減量效益評估	88
第三節 我國未來建築外殼節能管制益預測	116
第五章 結論與建議.....	127
第一節 結論	127
第二節 建議.....	129
附錄	133
參考書目.	149

表次

表 1. 1 四棟辦公大樓的用電統計	4
表 1. 2 台灣能源供需統計	7
表 2. 1 ASHRAE90.1 氣候分區定義表	15
表 2. 2 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE1 之住宅節能規範 ..	16
表 2. 3 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE2 之住宅建築物規範	17
表 2. 4 ASHRAE90.1 R 值與 U 值換算表	18
表 2. 5 加拿大最小 R 值基準 [第一類建築(住宅)用]	20
表 2. 6 2007 年德國全年耗能量最大值與熱傳透率規定	21
表 2. 7 1996 年中國民用建築節能設計建築外殼熱傳透率上限 值	23
表 2. 8 中國夏熱冬冷地區居住建築外窗最大熱傳透率	23
表 2. 9 中國夏熱冬冷地區居住建築熱傳透率與熱惰性指標基 準	24
表 2. 10 中國夏熱冬暖地區北區建築外窗傳熱係數與綜合遮 陽係數	24
表 2. 11 中國夏熱冬暖地區南區建築外窗的綜合遮陽係數 ..	25
表 2. 12 1999 年日本住宅的節能設計基準最高值規定	27
表 2. 13 各地區日射修正係數 f_k	29
表 2. 14 擴大建築節能設計管制範圍修改條文	35
表 2. 15 建築物類別修改條文	36
表 2. 16 各國關於建築外殼隔熱水準的規定	37
表 2. 17 美國在佛羅里達州關於水平天窗熱性能的限制	38
表 2. 18 強化屋頂隔熱與天窗遮陽修改技術規則條文內容 ..	39
表 2. 19 修正後通風修正係數 f_{vi} 表	41
表 3. 1 ASHRAE90.1 所劃分的氣候區定義表	46
表 3. 2 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE1 非住宅建築物之規範	47
表 3. 3 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE2 非住宅建築物之規範	48
表 3. 4 ASHRAE90.1 R 值與 U 值換算表	49
表 3. 5 加拿大最小 R 值基準 [第 2 類建築(非住宅)用]	50

表 3. 6 1999 年日本非住宅類建築節能設計基準	52
表 3. 7 夏熱冬暖地區建築外殼傳熱係數和遮陽係數限值 ..	52
表 3. 8 現行 ENVLOAD 計算公式各項係數表	54
表 3. 10 台中工作時段平均氣溫	67
表 3. 11 高雄工作時段平均氣溫	68
表 3. 12 台北、台中、高雄空調停機溫度可停機天數表	71
表 3. 14 室內發散熱假定	73
表 3. 15 空調方式之分類	76
表 3. 16 空調部份模擬設定	76
表 3. 17 台北 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析	78
表 3. 18 台中 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析	79
表 3. 19 高雄 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析	79
表 3. 20 可停空調優惠係數 β 表	81
表 4. 1 綠建築節能相關法規沿革	84
表 4. 2 住宅耗能結構解析值	91
表 4. 3 中央空調型建築物用電密度基準建議值	95
表 4. 4 商店建築用電密度 EUI	100
表 4. 5 學校建築用電統計	103
表 4. 6 台中市國中小學空調設備設置情形	103
表 4. 7 台中市幼稚園空調設置情形	104
表 4. 8 近十年建築物分類統計樓地板面積	106
表 4. 9 各學程 EUI 資料表	108
表 4. 10 EUI 計算標準表	108
表 4. 11 建築外殼節能效益計算標準	109
表 4. 12 建築外殼節能 1995-2006 管制面積計算表	110
表 4. 13 1995 年-2006 年累計建築外殼節能成效	114
表 4. 14 1995 年-2006 年累計建築外殼節能設計對二氧化碳減 量效益計算	115
表 4. 16 住宅節能基準強化節能率換算	119
表 4. 17 天窗管制節能量	121

表 4.18 三種方案節能效益整理	123
表 4.19 未來節能政策提案節能效果推估表	124
表 4.20 未來節能政策提案二氧化碳減量成效推估	124
表 5.1 可停空調優惠係數 β 表	128

圖次

圖 1.1 台北都會區午夜熱島氣溫分佈圖	3
圖 1.2 台灣電力系統尖峰負載變化圖	8
圖 2.1 ASHRAE90.1 的氣候分區	14
圖 2.2 等價開窗示意圖	28
圖 2.3 通風修正係數 f_{vi}	28
圖 2.4 AWSG 是各方位日射量到達玻璃面的平均值	1
圖 2.5 水平天窗日射透過率改善後可節能空調耗能	38
圖 2.6 封閉開窗方式造成通風障礙，更造成能源浪費	40
圖 2.6 原階梯式 AWSG 基準是依據開窗率而規定.....	42
圖 2.7 新 AWSG 基準.....	43
圖 3.1 ASHRAE90.1 所劃分的氣候區	46
圖 3.2 可通風間歇空調的平面與不可通風的全空調平面... 56	
圖 3.4 台北市全年氣溫變動圖	59
圖 3.5 研究流程圖.....	61
圖 3.6 台灣地區 ENVLOAD 氣候分區圖	65
圖 3.7 台北 TMY2 1/1-1/7 氣溫資料	69
圖 3.8 台北、台中、高雄空調停機溫度可停機天數折線圖 71	
圖 3.9 人員與機械設備使用情形時程圖	74
圖 3.10 照明使用情形時程圖	74
圖 4.1 研究流程圖.....	88
圖 4.2 台灣各住宅類型耗電統計值	89
圖 4.3 公寓與透天式住宅逐月耗電量變化	91
圖 4.5 國際觀光旅館逐月用電密度分佈	96
圖 4.6 地區醫院逐月用電密度分佈	97
圖 4.7 大型百貨公司逐月用電密度分佈	97
圖 4.8 綠建築專章規制規模曲線圖	111
圖 4.9 依類型區分建築外殼節能管制樓板面積比例	111
圖 4.10 各類建築 1995-2006 累計建築外殼節能設計成果統計	113
圖 4.11 建築節能管制提案.....	116
圖 4.12 住宅節能基準強化方案節能效益推估.....	119
圖 4.13 購物中心為製造空間效果而開設天窗採光造成能源	

浪費	121
圖 4.14 綠建築專章強化後之三種方案預估曲線	125
圖 4.15 綠建築專章強化後之三種方案預估曲線	126
圖 5.1 綠建築專章強化後之三種節能方案預估曲線	128
圖 5.2 綠建築專章強化後之三種二氧化碳減量方案預估曲線	129

摘要

關鍵字：二氧化碳減量、建築節能、建築法規

一、研究緣起

今日的地球環保課題已面臨生死存亡的關鍵，2005年京都議定書對二氧化碳強制減量政策以來，地球氣候溫暖化之趨勢依然有增無減。為了呼應地球環保的責任，內政部建築研究所依據全國能源會議要求，進行住商能源節能法制管制成效評估以及我國建築節能法規與綠建築審查的效益評估，尤其針對建築節能法規與不同使用型態建築物進行管制基準強化與發展改善策略，俾具體提供標準工法與實際作法，俾落實建築節能政策效益。

二、研究方法及過程

參考國外相關之住宅類建築節能相關法令，以斟酌我國之法令是否有疏漏之處，並加以改進。本計畫在第二章，首先進行強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究。目前我國住宅建築之全密閉玻璃窗設計日益氾濫，可開窗面積日益降低，嚴重妨礙住宅自然通風並增加空調耗能，另外原有住宅REQ指標計算對於組合型開窗之通風修正係數缺乏認定標準，因此建議以通風修正係數來改善住宅通風修正係數並維護可開窗面積，同時較大通風修正係數來管制超大密閉窗之設計，可增加開窗通風評估的彈性與公平性。其中尤其新增在不同高樓強風區的開窗通風修正係數，增加可高樓開窗面積的通風評估效益，即高樓可開較小窗，可免除在強風下要求開大窗的疑慮。另外，我國大型空間類建築原有節能設計基準過於寬鬆，本研究建議強化設計基準，以收節能效益。現有大型空間類建築之階梯式AWSG基準易造成立面開窗率(AWR)臨界級距值時之不合理現象，本研究建議為連續基準，以求得公平的規範。

接著本計畫在第三章，本計畫辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究。我國目前的 ENVLOAD 指標計算是以全年空調為前提的基準，對於許多小型辦公建築在冬季與春秋不空調而開窗通風的間歇空調方式並無考慮，亦即對於部分通風減少空調之評估不足，因此必須研擬開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之必要。本研究建議以建築平面係數 γ 與可開窗面積比 ϕ ，來對 ENVLOAD 採取優惠修正計算，此修正方法對於平面係數 γ 與可開窗面積比 ϕ 所需之數據在原有 ENVLOAD 計算中已具備九成之數據，並增加不了 3% 之計算量，但對一些通風性能良好的辦公建築可以給以正確的優惠評估。

最後第四章則是針對我國綠建築專章制定以來，進行整體回顧，並推算其歷年節能成效並換算為二氧化氮減量成效，並且檢討我國綠建築專章不足之處，提出修改之策略，並預測未來節能成效。

三、重要發現

1. 我國對於建築外殼隔熱性能之規範遠遜於其他各國之規範，因此提出將屋頂 U 值提升至 $1.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，外牆 $2.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，此外天窗也是建築耗能之原兇，所以需加以管制；住宅的 REQ 指標必須修正，以改善封閉開窗與室內通風不良之問題，最後是大型空間 AWSG 公式建議改為連續式，可避免捏造數據逃避法規。
2. 台灣北中南三個氣候區在春秋冬季節，若設定在日平均溫度低於 25°C 時，分別有 145、107、66 天可關閉空調主機採取自然通風之潛力，可幫助建築空調節能，在鼓勵避免建築巨型化將導致過份依賴機械設備維持室內環境的理念下，給予辦公建築 ENVLOAD 自然通風優惠係數的修正。
3. 我國實施綠建築專章以來，自 1995-2006 年以來，累計之節能效果為 3023373741 度電，以一度電可減少 0.62kg-CO_2 之產生換算，相當於幫助我國二氧化碳減量 1874491.7 公噸。

四、主要建議事項

立即可行建議—應積極修改建築技術規則以達成擴大節能管制的目標

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

對於本研究案所提出之辦公類建築 ENVLOAD 優惠係數和住宅與大型空間之節能強化提案可加速執行，以符合政府追求永續發展之國家政策。

長期性建議—持續推動建築節能研究

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

有鑑於綠建築專章之推動乃永續發展之本，因此建議營建署可依照建築技術規則之類別統計建築分類之使用執照核發，並持續擴充建築 EUI 指標樣本，且落實綠建築專章之稽查。

ABSTRACT

Keywords: carbon dioxide reduction, building energy conservation, building codes,

Environment conservation of the Earth has come to the critical point of life or death. Although compulsive carbon dioxide reduction by year 2005 of all countries was proposed by Kyoto Protocol, global warming is still escalating rapidly. According to the “Living Planet Report” by Organization of Environmental Conservation 2006 (WWF), the ecological footprint of human beings (the ratio of natural resource consumed by human beings to natural replenishing), was 20% at the year of 2001, and raised to be 25% at 2003. If natural resource is consumed at the present rate, to year 2050, it would take the resource of two Earths to supply the need of human beings, which is an astonishing fact.

Nowadays, this most urgent crisis of the Earth is global warming. Huge amount of greenhouse gas is released into the atmosphere, makes radiation from the sunshine inside the atmosphere harder to go back to the space, causes higher and higher temperature, and endangers the global environment. Starting from “United Nations Framework Convention by Climate Change” by World Summit 1992, to Kyoto Protocol 1998, reduction of greenhouse gas has become the most important subject, especially carbon dioxide. In many countries, reduction of carbon dioxide has become the most important policy in industry, transportation, and forestry...etc. Although environmental conservation should also includes energy, climate, water resource, air pollution...etc, most environmental experts also agree that 70% of current environment problems are caused by

energy related issues, if we can not manage energy crisis properly, ideal sustainable development will be still a dream. The most urgent crisis for the earth is global warming caused by excessive energy consumption, therefore CO₂ reduction is the most effective solution. In this way, it is very clear that energy saving is the foundation for global environment conservation, and CO₂ reduction is the key to mitigate global warming.

Since 1996, the Committee of Sustainable Development was found by Executive Yuen of Taiwan, and Green Building Policy became one of the most important policies of the country, and achieved fruitful results through promoting green building policy. Although this is the first step of global environment conservation of Taiwan, there is still enormous work to be handled with care in the future. To investigate the influence of building energy conservation on CO₂ reduction, four research goals are listed as following:

1. Evaluate achievement and difficulty of enforcing building codes of energy conservation.

2. Overview international trend of energy conservation and insufficiency of existing building codes of energy conservation.

3. Study strategies of promoting building energy conservation step by step, and simulation of energy conservation and CO₂ reduction.

Propose adequate construction document of energy conservation to fulfill policy requirement of energy conservation. Our country aim to building heat isolation should raising to $W/(m^2.k)$ for roof U value ,and Outer wall should raising to $2.0 W/(m^2.k)$, In addition the skylight of roof

consumed energy in the building must be control; The residential REQ formula was also revise, in order to improve interior air change , finally is the large-scale space AWSG formula that proposes changing into a continuous type.

In Taiwan's middle season can shut down air condition for energy conservation when temperature lower than 25 °C, it can benefit the air conditioner energy-conservation of the building, in preventing huge building relying on the mechanical equipment to maintain it works , ENVLOAD for office building shpould be revise by air conditioner shut off and good building design.

Since our goverment promote green building police since 1995-2006, the energy-conserving result about 3023373741 degrees of electricity, help the 1874491.7 metric tons of decrement of carbon dioxide.

Propose feasibly immediately should revise the rule of building technology by reaching and expanding the goal controlled in energy-conservation actively.

For immediate strategy should revise the rule of building technology by reaching and expanding the goal controlled in energy-conservation actively.

For long-term strategy suggestion promote building energy-conservation to research continuously. Because green building is to seek sustainable development, so we appeal our government continue support the research with energy conservation on CO₂ reduction.

第一章 緒論

第一節 前言

近年來，人類對於環境的破壞規模，已擴大至地球的尺度，例如地球氣候高溫化、酸雨、森林枯竭、臭氧層破壞、異常氣候等現象已無遠弗屆，人類的生存已遭到嚴重的威脅。有感於此，1992年6月於巴西里約召開的"地球高峰會議"，史無前例地聚集了170個國家的政府代表以及118位的國家元首，共同商討挽救地球環境危機的對策。會中簽署了"氣候變化公約"、"生物多樣性公約"，同時發表了"森林原則"、"里約宣言"、"二十一世紀議程"等重要宣示。1993年2月聯合國成立「永續發展委員會」(United Nations Commission on Sustainable Development, UNCED)，展開全面性的地球環保運動。這些都顯示地球環境破壞已成為不容忽視的國際要務，同時也顯示「永續發展 Sustainable Development」已是成為人類最重要的課題。人類所有的政經社會科技政策，若不奉「永續發展」為最高指導原則，則將不見容於地球社會。

過去不當的都市建築政策，使得人類的居住環境日漸惡化。例如都市過度的人口集中、人造環境不透水化、建築物通風不良、節能設計不當造成大量的空調能源浪費，使得都市氣候溫暖化。為了應付日益炎熱的都市氣候，家家戶戶更大量的使用空調、加速排熱，造成都市更加炎熱化的惡性循環。如今在七月的台北市中心與市郊的最高氣溫，甚至高達4~5°C(圖1.1)。外氣溫每上升1°C，空調耗電量約上昇6%。如此算來，夏季台北市中心的空調設備耗電量，比郊外高出百分之三十，使都市高溫化效應有如火上加油。

在當今此國際環保的潮流下，都市建築的永續發展對策也如火如

茶地展開來。1996年6月在伊斯坦堡召開的「居所會議(Habitat II Agenda)」，針對當今的都市危機研商對策。我國也在同年七月的APEC永續發展會議中，承諾推動「居所會議」的決議目標。同年，我國行政院也成立「永續發展委員會」，誓言善盡國際環保職責。為了配合此政策，內政部及經建會特別將「綠建築」列為「城鄉永續發展政策」的執行重點，其中「建築節能政策」就是「綠建築」最重要的一環。

由上可知，今日的建築節能政策已不再是單純「節能」的目的，而是為了人類的生存環境，也是一項「地球永續發展」的責任。過去，許多人為了國內電力不足、夏季限電危機，或是為了減少能源的對外依賴度，而倡導建築節能政策。今後的建築節能政策，並非為了石油、電廠、經濟發展而存在，亦非一項趕熱門或泛道德的工作，而是一件為了子孫永續發展的基業，也是一項立足於地球環保的「綠建築宣言」。

由下圖1.1台北都會區午夜熱島氣溫分佈圖可明顯看出高溫盤踞於三重市至台北市之盆地中心，成大建研所西拉雅研究室1998年7月24日02:00時實測圖，紅點為640實測點，最大溫差 4.5°C ，最大相對濕度差26.5%，關渡水鳥保護區、大安森林公園、台大、木柵等多綠地區有明顯低溫，萬華及天母新闢區呈現局部高溫區。

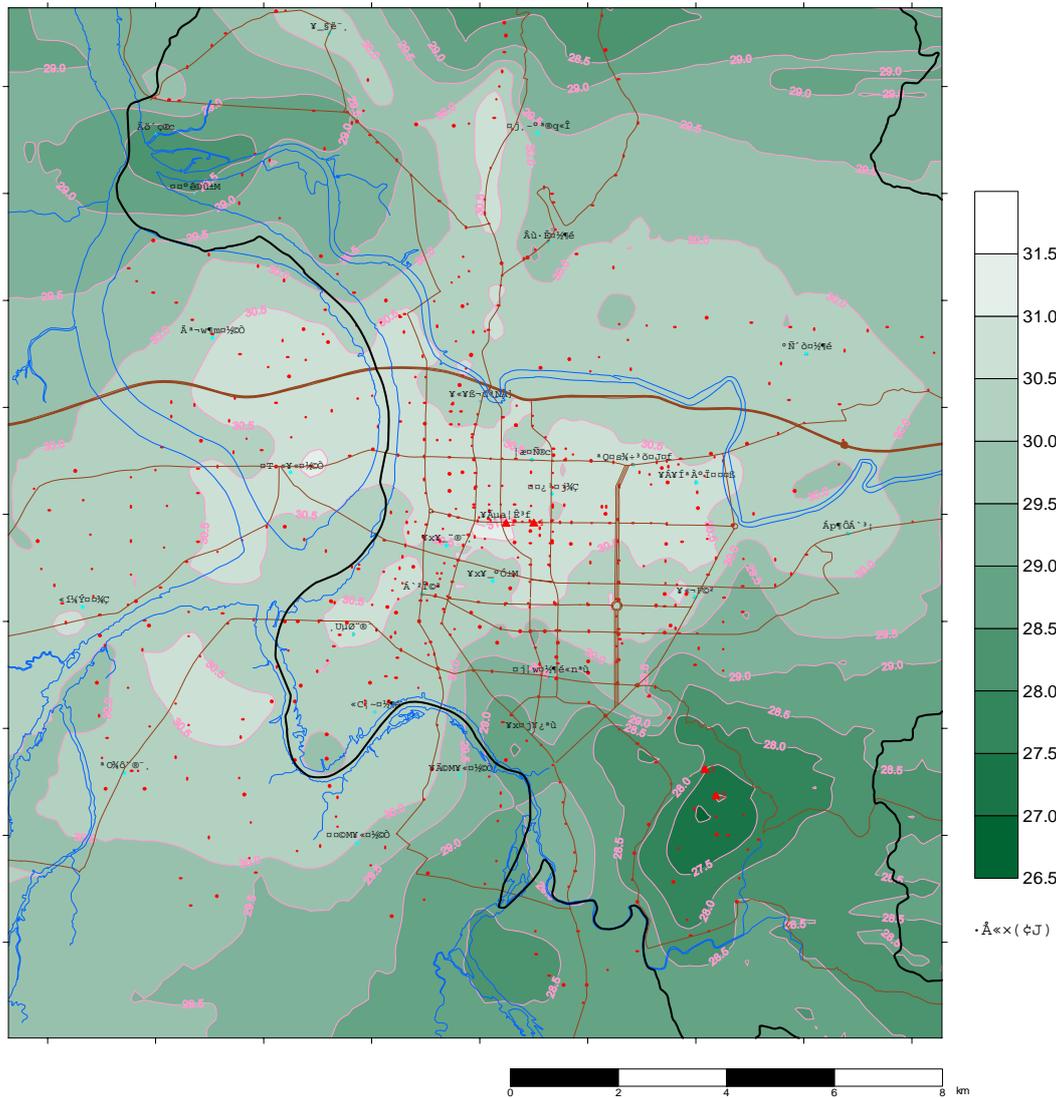


圖 1. 1 台北都會區午夜熱島氣溫分佈圖

第二節 建築節能是綠建築政策最重要的一環

我國的經濟結構正面臨空前的轉形期，亦即高污染、高耗能的產業日漸外移，而以服務業為主的民生耗能日益高漲，因此也使得住商建築節能方面的比重日益提升。另一方面，我國在建築方面的空調使

用正開始起步，例如目前我國大部分國中小學的普通教室均尚無空調設備；國小的辦公空間約有五成尚未裝設冷氣設備；住宅居室空間約有一半左右未裝設空調設備；即使在酷熱難當的夏季中，在有空調設備的住宅居室空間每天只進行四小時多的間歇性空調而已。在未來高品質、高效率的要求下，如此節儉的用電習慣勢必瓦解而促成建築用電的快速成長，也將促使建築節能的重要性日漸提升。

通常越溫暖的國家，建築相關耗能量越低，例如住商部門所耗能比例，在中歐國家約為 50%，在日本約為 25%，但是在亞熱帶的台灣只佔 18%。許多人以為亞熱帶國家的建築耗能比例偏低，就認為其建築節能的成效遠不及寒帶國家，事實上並不盡然。建築節能在台灣不只是建築環保的一環，也是國家節能政策中最有成效的重點，更是我國環保政策上的明日之星。例如從能委會的統計表 1.1 可知，設計不良的全面玻璃帷幕大樓之全年空調耗電量，可能是一般開口之 RC 外牆大樓的四倍；亦即優秀與不良的建築外殼設計可使空調耗能量相差四倍之多。這龐大的耗能差距意味著建築物的節能對策尚有極大的發揮空間。這建築上的巨大節能效益確實是機械、燃燒、車輛等其他產業的節能效率所無法比擬的。由於工業、運輸產品的國際競爭一向非常嚴峻，其產業的耗能效率在過去均已到達極限，現在繼續要求工業產品的節能效果要達成三、四十%的目標已非容易之事。然而由於過去的建築物能源效率十分低落，其節能效率尚有很大的改善空間，只要建築外殼節能設計得宜的話，可輕鬆地達到五、六十%的節約能源效果。如此簡單而有效的建築節能效益，豈不是我國節能政策最應該重視的地方嗎？

表 1.1 四棟辦公大樓的用電統計

建築(地點)	A. 台北市	B. 台中市	C. 台中市	D. 高雄市	平均
方位	東	東北	西北	西南	
樓地板面積 (m ²)	15316	6877	7597	6358	9037
空調總面	10298	5596	6772	4204	6717

積 (m ²)					
外牆形式	玻璃帷幕	R C	玻璃帷幕	玻璃帷幕	
空調方式	AHU & FCU	AHU & FCU	FCU	FCU	
空調耗電 kWh/(m ² .yr)	45.2	28.9	68.2	103.0	61.3

資料來源：經濟部能委會，1988.04

此外，建築節能對策比其他產業的節能對策更形重要的原因是：建築的使用壽命遠比其他工業產品長，因此其節能的累積效果更是影響深遠。建築物的平均壽命高達四十年之久，其節約能源的效果，當然遠勝於短壽命的冷氣機、冰箱、鍋爐。也就是說，就節能影響度而言，建築節能的 effects 是事半功倍，就建築物四十年的使用壽命而言，建築的節能功效影響深遠，並且一本萬利。根據成大建研所的研究顯示：以建築物四十年生命週期所排放的總 CO₂ 排放量來評估，在台灣空調型建築物四十年日常耗能量之 CO₂ 排放量幾乎佔有八成以上之比重，在住宅中則約佔六成五以上之比例。這些事實均說明了建築節能對策在永續營建政策中舉足輕重的份量，我們甚至可說：「建築物之日常節能對策是一切綠建築之母」亦不為過。

第三節 新「綠建築憲法」公佈

在內政部大力推動「綠建築」政策之下，被譽為「綠建築憲法」的「建築外殼節能設計法」在 1995 年第一次被納入「建築技術規則」，經 1998、2002、2005 年三次修正，於 2008 將完成第五次修正，使我國這部「綠建築憲法」進身全球最齊備周全的建築節能法令系統之林。1995 年第一次的法令只針對辦公、百貨、旅館等大型空調建築物實施節能管制，1998 年第二次法令則增列醫院、住宿類及其他建築物的適

用對象，其管制規模也由原來樓地本版面積四千平方公尺縮小至兩千平方公尺；2002年則再度增列學校類建築為管制對象，並把節能基準由過去的單一基準改訂成北、中、南三氣候區不同基準；2005年增列大型空間 AWSG 基準規範，並將住宅以外的建築管制規模縮小至一千平方公尺；目前亦積極進行第五次強化建築節能管制規模與基準，使受到影響的新建建築市場由 1995 年的 2%、1998 年的 57%，2002 年的 70%，2005 年的 80%，預計在 2008 將達到 90%。本法令不但對國家能源影響致巨，甚至會把台灣建築外貌塑造成亞熱帶的本土風格，對市容景觀的美化將產生重大的影響。

本法令可說是全世界第一部真正屬於「亞熱帶氣候」的「建築節能法令」。過去在世界各國的建築節能法令中，歐美諸先進國均偏重於建築隔熱保溫的規定，熱帶國家則偏重於外殼遮陽的規定，很難適用於亞熱帶的台灣。本法令是一部完全以本土氣象資料發展的亞熱帶型節能法令，是同時注重隔熱、遮陽、通風設計的評估法，可說是獨步全球的熱濕氣候節能典範。

第四節 台灣的能源安全度

台灣是一個能源短缺的國家，其所有的能源供應幾乎全部仰賴國外，能源對外依存度到 2000 年時已達 97% 以上，這使國家的能源安全度亮起紅燈，對工業及民生方面之正常發展非常不利。尤其台灣外有戰爭威脅，內有環保抗爭，應如何降低對外能源依存度及積極開發新能源，乃是非常重要的課題，其中尤以節約能源政策是最值得注重的一環。根據經濟部的統計，我國的能源消費大部份用於工業及製造等用途，其次為交通運輸方面。所謂住宅及商業方面的能源就是與建築相關的部分，它在 1980 年住宅與商業部門的能源消耗比例才佔有 12%，在 2000 年即躍升為 18%（表 1.2），而且其所佔份量隨著生活

水準的提昇而有愈來愈大的趨勢。

此外，由於過去許多建築方面的建材生產耗能，例如鋼鐵、水泥的生產能源，均被統計在工業部門耗能上，同時一些建材運輸的能源卻被統計在交通部門耗能上，假如納入這些建築部門的耗能波及效果的話，真正建築相關產業的耗能比例，應該遠比上述單純住商部門的能源消耗比例 18% 更為龐大才對。根據成大建研所的統計指出，與台灣建築產業相關的耗能比例中，建材生產能源佔 9.4%，營建運輸佔 0.53%，營建工地佔 0.4%，住宅使用佔 12%，商業部門佔 6%，總計約有 28.3% 的比例，可見建築產業對國家能源政策影響深遠。

表 1.2 台灣能源供需統計

項目	1980 年		1990 年		2000 年		1980-2000 年 成長率(%)
	百萬公秉 油當量	%	百萬公秉 油當量	%	百萬公秉 油當量	%	
總供應	34.3	100	58.6	100	106.2	100	5.8
自產	4.7	14	3.8	7	3.0	3	-2.1
進口	29.6	86	54.8	93	103.2	97	6.4
工業部門	19.2	65	30.2	58	50.2	55	4.9
運輸部門	3.6	12	8.1	16	14.8	16	7.4
農漁部門	1.0	3	1.5	3	1.5	2	1.9
住宅部門	2.9	10	5.9	11	11.2	12	7.1
商業部門	0.6	2	2.0	4	5.3	6	11.3

資料來源：經濟部能源委員會

第五節 建築用電與能源危機

近年來的台灣，由於電源開發不易與環保抗爭不斷，使得台灣的電力備轉率長期處於相當低的水準，在夏日常常發生限電危機，影響工業經濟與民眾生活至巨。近年更因核能安全的爭議引發核四建廠政爭，使得台灣的電力備轉率偏低。事實上，造成我國供電危機最大的

原因，在於建築空調耗電量過高。如圖 1.2 所示，我國夏季及冬季電力系統尖峰負載值相差約 1.4 倍，其主要的差距當然由於夏季大量的空調耗電所造成。亞熱帶氣候的台灣，許多經濟活動與生產力均仰賴空調設備而存在。根據台電的統計，近年來台灣在夏日尖峰負載時段，空調用電更佔了三之一，是造成我國供電危機的主因。尤其空調用電是民生用電的一部份，其比重更是隨著生活水準的提昇而日漸高漲。近年來台灣的建築空調設備尚處於剛起步的階段，許多空調設備常常因陋就簡，甚至許多中央空調大樓以常低效率的建築外殼與空調設備來設計，甚至以毫無外氣的 FCU 系統來權充空調，因而造成嚴重的能源浪費與不健康之室內環境。今後的台灣社會已日漸脫離不了空調的生活，同時對空調品質的要求也日益提高。眼見空調大樓林立、空調耗能節節上升，唯有藉由建築節能對策才是緩和我國用電危機最重要的關鍵。

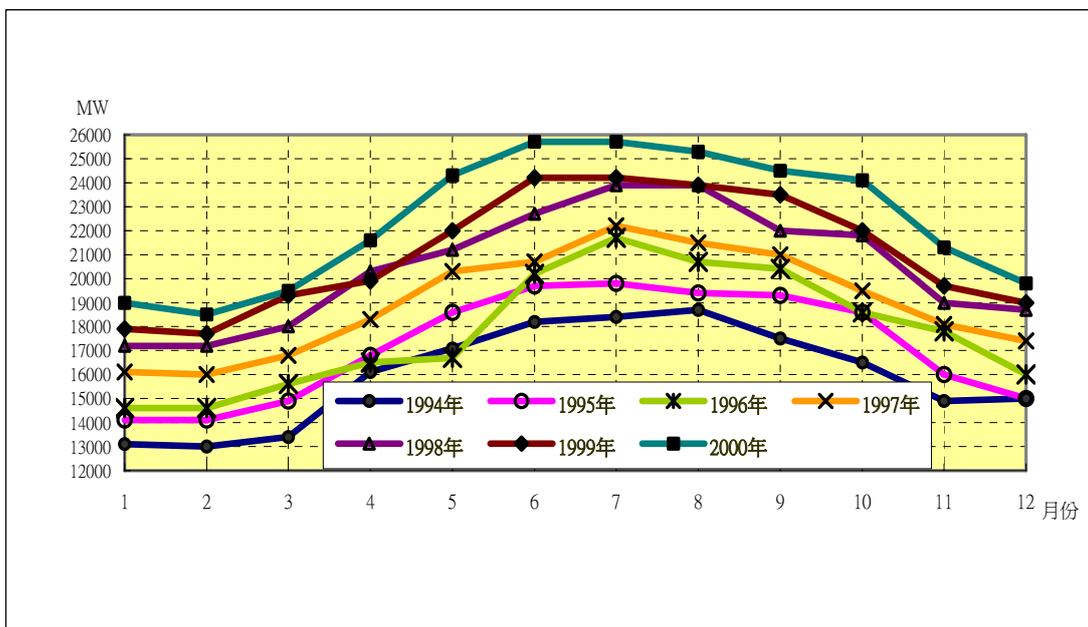


圖 1. 2 台灣電力系統尖峰負載變化圖

第六節 研究目的

今日的地球環保課題已面臨生死存亡的關鍵，2005年京都議定書對二氧化碳強制減量政策以來，地球氣候溫暖化之趨勢依然有增無減。根據2006年世界自然基金會WWF的《生命行星報告》，全球人類的生態足跡(人類消耗資源超出地球更新資源能力之比例)，在2001年僅有20%，但在2003年卻已上升至25%，如果人類按照目前速度消耗資源，到2050年人類將消耗掉相當於兩個地球才能提供的全部自然資源量，令人怵目驚心。

目前地球環保最大的危機，在於地球氣候的高溫化，亦即由於大氣溫室氣體大量增加，使進入地球大氣圈後的太陽輻射因溫室效應而難以重返大氣圈外，因而使地球氣溫日益高昇而危及地球環境。從1992年「地球高峰會議」的「全球氣候變化公約」，到1998年的「京都議定書」，全世界各國無不積極進行溫室氣體減量的努力，其中尤以CO₂減量政策已成為國際環保政策的首要目標，如今國際間舉凡工業、交通乃至森林政策，莫不以CO₂減量政策為任務。儘管地球環保評估的對象，應該包括能源、氣候、水資源、空氣污染等諸多項目，但是大部分的環境專家均認知，當今所有地球的環境危機，有七成以上起因於能源相關問題，假如不能解決當前的能源危機課題，根本不必奢談地球永續發展。當今最緊急的地球環保課題，莫過於能源過渡使用所引起的地球溫暖化問題，而地球溫暖化問題尤其以CO₂減量問題為重。我們甚至可以說「節能為地球環保之母、CO₂減量為緩和氣候溫暖化之鑰」均不為過。

1996年我行政院成立「永續發展委員會」以來，「綠建築政策」已成為國家施政重點。台灣的綠建築政策，如今雖然已經開花結果，但這只是地球環保的一小步，絕不能以此為滿足而掉以輕心。

依據全國能源會議要求住商能源節能法制管制成效評估以及我

國建築節能法規與綠建築審查的效益評估，尤其針對建築節能法規與不同使用型態建築物進行管制基準強化與發展改善策略，俾具體提供標準工法與實際作法，俾落實建築節能政策效益。為了探索未來加強建築節能與 CO₂ 減量之效益，本計畫將以下列為研究目標：

1. 檢討過去建築節能法制化的成效與困境。
2. 檢討最新國際節能趨勢與台灣節能法令的困境。
3. 研擬未來漸進式各種建築節能管制對策方案，並以各種方案情境模擬節能管制效益與 CO₂ 減量效益。
4. 提出配合建築節能管制對策的營建工法圖說，以利節能政策之推行。

第七節 外殼節能設計管制效益研究三大課題

為了落實總計畫，本計畫預計分成下列三個子計畫來達成：

子計畫一：強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究

整體而言，目前我國的建築節能規範尚稱功能齊全，然而在既有傳統工法與設計習慣之障礙下，住宿類與其他類建築的節能法令尚停留於低落與粗糙之水準，尤其住宅的隔熱性能水準嚴重偏低、密閉窗面積氾濫與大型空調建築物的水平天窗的濫用，使得居住熱環境惡化特別嚴重。因此強化住宿類與其他類建築節能基準為未來首要目標。

子計畫二：辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究

目前的辦公建築 ENVLOAD 指標是以全年空調為前提的基準，但是現實上有許多辦公建築在冬季與春季是以不空調而開窗通風的形式度日，因此 ENVLOAD 指標對於部分通風減少空調之評估不足，有鼓勵中央空調與平面巨型化設計之疑慮，因此必須研擬開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之必要。

子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

我國自 1995 年在建築技術規則中制訂建築節能設計標準以來，至今已過十年，同時經過四次修改強化節能水準，目前又進入第五次修正，為了明示我國建築節能之成效，同時呼應全國能源會議對於二氧化碳減量效益評估之要求，應具體以營建政策之節能管制面積，以各種方案情境模擬節能管制效益與 CO₂ 減量效益。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

第二章 強化住宿類與其他類建築節能基準與管制

策略之研究

第一節 資料蒐集、文獻分析

壹、 國外住宅節能法令概要

1. 美國住宅節能法令

美國的住宅節能相關法規與規範大部分由各民間專業團體現行制訂，然後由各地方政府或聯邦政府所採用，其中最具權威的就是美國冷凍空調協會 ASHRAE 的建築節能法令，現已獲得 45 州同意引用為各州建築節能之母法。ASHRAE 節能體系對於住宅的隔熱性能依照各地的「暖房度日」(Degree Days，表示氣候的寒暖程度的數值)大小來制定全部壁面的平均熱傳透率 U 值。ASHRAE90.1 的氣候分區如圖 2.1 所示。由於美國的幅員廣闊，氣候特性南轅北轍，我們必須參考與台灣熱濕氣候相近的氣候分區相關規定才有意義。我們可引用佛羅里達、德州南部等熱濕氣候的 ZONE1 與 ZONE2 之規定，來討論美國住宅外殼的節能規範（如圖 2.1 與表 2.1-表 2.4），以符合氣候特色。其中可發現 ASHRAE 除了針對不同之建築構造規範屋頂、外牆、與土壤接觸樓板、樓板與門窗之 U 值與 R 值。由其規定可知，ZONE1 與 ZONE2 對住宅屋頂 U 值的規定為 $0.368\sim 0.153\text{w/m}^2\text{k}$ ，約為台灣住宅屋頂 U 值規定 $1.2\text{w/m}^2\text{k}$ 的 3.3~7.8 倍，另外對建築外牆的 U 值規定為 $0.505\sim 0.875\text{w/m}^2\text{k}$ ，約為台灣住宅外牆 U 值規定 $3.5\text{w/m}^2\text{k}$ 的 4.0~6.9 倍，可見我國關於外殼隔熱性能的要求水準嚴重偏低，今後有加強之

必要。

此外，ASHRAE90.1 對於水平與垂直玻璃窗的 U 值規定要求低於 $1.22\sim 1.98\text{w/m}^2\text{k}$ ，這相當於要求高隔熱的雙層玻璃窗，這嚴格的要求在台灣由於成本之考量，尚不敢貿然跟進。ASHRAE90.1 對於水平與垂直玻璃窗還規定了平均最大日射取得率 (SHGC) 在 $0.19\sim 0.25$ 以下，藉以控制垂直與水平面(天窗)之日射取得量，這種規定相當於要求採用昂貴的雙層 low-E 玻璃。其中尤其對於水平天窗的 SHGC 要求低於 0.19，是一種十分有效減少水平烈日所引發的空調耗能量的方法，值得我國借鏡。

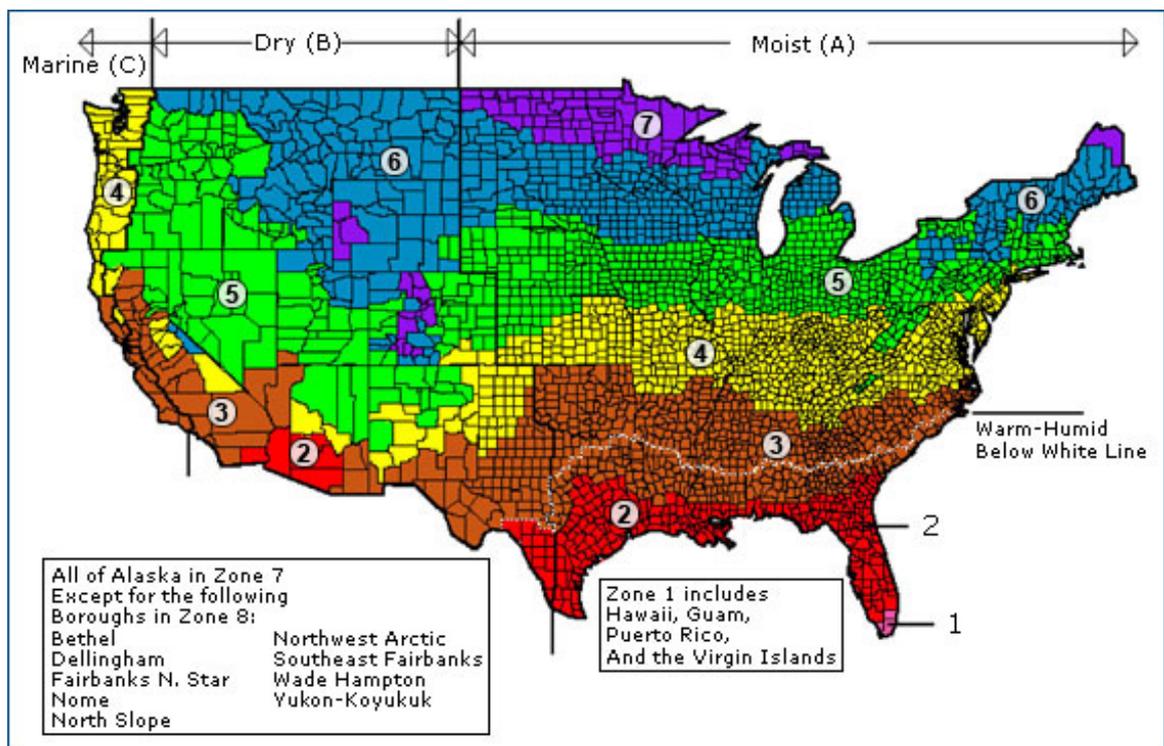


圖 2. 1ASHRAE90.1 的氣候分區

資料來源：取自 2004 年 ASHRAE90.1 Figure. B-1

表 2. 1ASHRAE90.1 氣候分區定義表

TABLE B-4 International Climate Zone Definitions

Zone Number	Name	Thermal Criteria
1	Very Hot – Humid (1A), Dry (1B)	9000 < CDD50°F
2	Hot – Humid (2A), Dry (2B)	6300 < CDD50°F ≤ 9000
3A and 3B	Warm – Humid (3A), Dry (3B)	4500 < CDD50°F ≤ 6300
3C	Warm – Marine	CDD50°F ≤ 4500 AND HDD65°F ≤ 3600
4A and 4B	Mixed – Humid (4A), Dry (4B)	CDD50°F ≤ 4500 AND 3600 < HDD65°F ≤ 5400
4C	Mixed – Marine	3600 < HDD65°F ≤ 5400
5A, 5B and 5C	Cool– Humid (5A), Dry (5B), Marine (5C)	5400 < HDD65°F ≤ 7200
6A and 6B	Cold – Humid (6A), Dry (6B)	7200 < HDD65°F ≤ 9000
7	Very Cold	9000 < HDD65°F ≤ 12600
8	Subarctic	12600 < HDD65°F

資料來源:取自 2004 年 ASHRAE90.1

表 2. 2ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE1 之住宅節能規範

TABLE 5.5-1 Building Envelope Requirements For Climate Zone 1 (A,B)

不透光原件	住宅類	
	平均最大U值	最小熱阻系數R值
屋頂		
一體隔熱	U-0.357	R-15.0 ci
輕鋼構建築	U-0.368	R-19.0
有閣樓與其它類建築	U-0.153	R-38.0
外牆,地面上		
RC或磚造建築	U-0.857	R-5.7 ci ^a
輕鋼構建築	U-0.641	R-13.0
鋼構建築	U-0.703	R-13.0
木構與其它類建築	U-0.505	R-13.0
外牆,地面下		
一體隔熱	C-1.140	NR
樓板		
RC或磚造	U-1.827	NR
鋼桁架	U-1.986	NR
木構與其它類	U-1.6	NR
與土壤接觸之樓板		
未加熱	F-0.730	NR
加熱	F-1.020	R-7.5 for 12 in.
開口部		
可開啟	U-3.972	
不可開啟	U-8.22	
開口率	平均最大U值 (修正過)	平均最大日光 輻射取得率 (原始數據)
垂直面玻璃佔牆面積比例		
0%-10%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
10.1%-20%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
20.1%-30%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
30.1%-40%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.44
40.1%-50%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.19 SHGC _{north} -0.33
天窗控制,玻璃天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.19
2.1%-5%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.16
天窗控制,壓克力天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.27
2.1%-5%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.27
天窗未控制,全部天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.19
2.1%-5%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.19

資料來源:取自 2004 年 ASHRAE90.1 Figure. B-4

表 2.3 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE2 之住宅建築物規範

TABLE 5.5-2 Building Envelope Requirements For Climate Zone 2 (A,B)

不透光原件	住宅類	
	平均最大 U值	最小熱阻系數R值
屋頂		
一體隔熱	U – 0.357	R-15.0 ci
輕鋼構建築	U – 0.368	R-19.0
有閣樓與其他類建築	U – 0.153	R-38.0
外牆,地面上		
RC或磚造建築	U – 0.857	R-5.7 ci ^a
輕鋼構建築	U – 0.641	R-13.0
鋼構建築	U – 0.703	R-13.0
木構與其他類建築	U – 0.505	R-13.0
外牆,地下		
一體隔熱		NR
樓板		
RC或磚造	U – 0.607	R-6.3 ci
鋼桁架	U – 0.295	R-19.0
木構與其他類	U – 0.289	R-19.0
與土壤接觸之樓板		
未加熱	F-0.730	NR
加熱	F-1.020	R-7.5 for 12 in.
開口部		
可開啟	U – 3.972	
不可開啟	U – 8.22	
開口率	平均最大 U值 (修正過)	平均最大日光 輻射取得率 (原始數據)
垂直面玻璃佔牆面積比例		
0%-10%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.39 SHGC _{north} -0.61
10.1%-20%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
20.1%-30%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
30.1%-40%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
40.1%-50%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.17 SHGC _{north} -0.43
天窗控制,玻璃天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.19
2.1%-5%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.19
天窗控制,壓克力天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.27
2.1%-5%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.27
天窗未控制,全部天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.19
2.1%-5%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.19

資料來源:整理自 ASHRAE90.1 Table5.5-2

表 2. 4ASHRAE90.1 R 值與 U 值換算表

Assembly U-Factor for Roofs with Insulation Entirely Above Deck	
Rate-R-Value Insulation Alone	Overall U-Factor for Entire Assembly(w/m ² k)
R-0	7.275
R-1	3.189
R-2	2.043
R-3	1.504
R-4	1.186
R-5	0.982
R-6	0.834
R-7	0.732
R-8	0.647
R-9	0.579
R-10	0.528
R-11	0.482
R-12	0.443
R-13	0.414
R-14	0.386
R-15	0.357
R-16	0.340
R-17	0.318
R-18	3.007
R-19	0.289
R-20	0.272
R-21	0.261
R-22	0.250
R-23	0.238
R-24	0.227
R-25	0.221
R-26	0.210
R-27	0.204
R-28	0.199
R-29	0.193

R-30	0.182
R-35	0.159
R-40	0.142
R-45	0.125
R-50	0.113
R-55	0.102
R-60	0.091

資料來源：整理自 ASHRAE90.1 Table A2.2

2. 加拿大住宅節能法令

加拿大石油對外依存率只有 25%，比起其他工業國家算是得天獨厚的，但是加拿大政府當局還宣佈要完成全自主的能源政策。因此在 1977 年 9 月 1 日實施了「加拿大住宅隔熱計劃」，1978 年又公佈「新建建築物的節約能源法」作為指導性的標準法規。

這個「新建建築物的節約能源法」對於住宅類建築(室內用電密度在 $25\text{W}/\text{m}^2$ 以下者)制定每個建築部位(component)的熱性能如下表所示。加拿大對牆壁、窗、門、屋頂等建築物外面構造的表示法，全部用熱阻係數 R [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$] 來標示。這 R 值剛好是上述美國表示法 U 值的倒數，同樣是表示熱流通過牆面的難易程度。加拿大也依照各地的「暖房度日」大小，對各部位規定了不同的 R 值。也就是在愈冷的地方，對建築物的 R 值加以愈嚴格的限制。其規制內容如表 2.5 所示。

由此表來看，住宅建築因為相對外表面積較大、室內發散熱較小之故，因此建築物的熱損失較大，也因此在法規中對其外表面 R 值的要求也較嚴格。依照這法規的限制，加拿大的建築物窗面積，幾乎必須維持在外表面積的 40% 以下，而且大部份地區的窗面都要有雙層玻璃的構造，甚至較冷的地區要有三層玻璃的構造才能合格。但是南向的窗面因可取得多量的日射熱，在規定上也採取緩和措施。也就是面向正南方 45° 以內的窗面，在法規計算上可以放寬到其他方位窗面的 2 倍大。

表 2.5 加拿大最小 R 值基準 [第一類建築(住宅)用]

最小熱阻係數[m ² .°C/W]				
建築物各部位	最大暖房度日(Degree Days)			
	< 3500	5000	6500	> 8000
臨接外氣或非暖氣空間的壁面 (除了基礎以外的地上部份)	2.5	3.0	3.4	7.5
臨接外氣或非暖氣空間的基礎部的壁面	1.6	1.6	1.6	1.6
臨接外氣或非暖氣空間的屋頂、天花面				
(a)可燃構造時	4.7	5.6	6.4	7.1
(b)不燃構造時	2.5	3.0	3.4	3.7
臨接外氣或非暖氣空間的地板				
(a)可燃構造時	4.7	4.7	4.7	4.7
(b)不燃構造時	2.5	3.0	3.4	3.7
地平面起 60cm 以內的無鋪面外圍部份地板				
(a)樓板下鋪有暖氣用的管道、配管、電熱線	1.3	1.7	2.1	2.5
(b)不包括在(a)的其他部份	0.8	1.3	1.7	2.1

3. 西德住宅節能法令

西德在 1973 年第一次能源危機之前，就對建築的能源消費與建築的形態做過調查研究，他們發現集合住宅及低層獨立住宅兩者，經由外壁或窗面逃逸的熱損失都很大。但獨立住宅因為相對表面積大，往屋頂或地下室的熱損失，比起集合住宅要大得多。這調查結果說明著，對不同的建築物要有不同方式的隔熱處理。根據以上實驗的調查結果，西德在 1977 年以來的「建築物能源節約法令」中，也依照建築物規模大小規定各種隔熱基準，建築物規模愈小，其隔熱規定愈嚴格。這政令用形態係數（建築物外表面積 A 與容積 V 的比(A/V)）來訂定建築物的最大平均熱傳透率 H_T。西德的平均熱傳透率 H_T 與上述美國的容許熱傳透率 U，所代表的意義完全相同。表 2.6 中 A/V 值愈大(也就是規模愈小)的建築物，其 H_T 的規定也愈嚴格(愈小)。

以上是關於整體隔熱基準的規定，但由於能源使用與設備、使用行為有關，很難以單純的隔熱基準來規範，因此在最新 2007 年的「建

築物能源節約法令」中，更提倡整體耗能量的規範，亦即建築物同時必須依標準耗能解析法計算耗能量，其計算值不得超出表 2.6 的基準值。

表 2.6 2007 年德國全年耗能量最大值與熱傳透率規定

A/V 值 (面積與體積比值)	全年耗能量		最大平均 表面熱傳透率
	Q_p kWh/ ($m^2 \cdot a$) Q_p 與使用面積相關		H_r (W/ ($m^2 \cdot K$))
	居住用建築物 (第三欄以外之建築物)	以電力提供熱水 的居住用建築	居住用建築
第 1 欄	第 2 欄	第 3 欄	第 4 欄
≤ 0.2	$66.00 + \Delta Q_{TW}$	83.80	1.05
0.3	$66.00 + \Delta Q_{TW}$	91.33	0.80
0.4	$81.06 + \Delta Q_{TW}$	98.86	0.68
0.5	$88.58 + \Delta Q_{TW}$	106.39	0.60
0.6	$96.11 + \Delta Q_{TW}$	113.91	0.55
0.7	$103.64 + \Delta Q_{TW}$	121.44	0.51
0.8	$111.17 + \Delta Q_{TW}$	128.97	0.49
0.9	$118.70 + \Delta Q_{TW}$	136.50	0.47
1	$126.23 + \Delta Q_{TW}$	144.03	0.45
≥ 1.05	$130.00 + \Delta Q_{TW}$	147.79	0.44

第二欄的耗能量計算公式如下：
 $Q_p = 50.94 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) + 75.29 \times A/V_e + 2600 \text{ kWh}/a \div (100 + \text{表面積})$
 第三欄的耗能量計算公式如下：
 $Q_p = 68.74 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) + 75.29 \times A/V_e$
 第四欄的最大平均表面熱傳透率 H_T 計算如下：
 $H_T = 0.3 \text{ W}/(m^2 \cdot K) + 0.15 \text{ W}/(m^3 \cdot K) \div (A/V_e)$

4. 中國住宅節能法令

中國在 1986 年第一次公布「民用建築節能設計標準」，其中以建築形態係數來規定建築外殼之隔熱水準如表 2.7 所示（1996 年新版）。由於此法令乃針對極冷地區與寒冷地區的採暖節能規定，因此完全以保暖隔熱的熱傳透率來訂立基準。另外鑑於旅館建築的大量興起，在 1993 年頒佈「旅遊旅館建築熱工與空氣調節節能設計標準」，

其中規定在極冷與寒冷地區的旅館主體建築之形態係數不能大於 0.35（不能太細長）、標準層之開口率不能大於 0.45、極冷地區的遮陽係數必須大於 0.8、非極冷地區的遮陽係數必須小於 0.6 或採用外遮陽、以及各氣候區窗戶、外牆、屋頂隔熱基準。

到了 2001 年更發佈「夏熱冬冷地區（華中）居住建築節能設計標準」，其中規定了建築形態係數、窗面氣密性以及如表 2.8、2.9 所示的外殼熱傳透率與熱惰性指標。此法令同時也提出耗熱量與空調年耗電量之節能綜合指標基準值。到了 2001 發佈「夏熱冬暖地區（華南）居住建築節能設計標準」，其中將華南分為北區與南區，規定了建築形態係數、遮陽係數、傳熱係數以及如表 2.10、2.11 所示，顯示中國對於南方熱濕氣候，特別強化外遮陽之規定。

中國的夏熱冬暖地區（華南地區）相當於台灣的氣候，因此我們以此區的節能規範來檢討台灣的規範似乎較為可信。中國的夏熱冬暖地區關於平均窗牆面積比 C_M 的規定必須低於 45%，亦即禁止超大面開窗的設計，同時屋頂的 U 值規定在 $1.0\text{w/m}^2\text{k}$ 以下，外牆之 U 值規定在 $2.0\text{w/m}^2\text{k}$ 以下，兩者均遠較台灣嚴格，這凸顯台灣的外殼隔熱規定太過於寬鬆，值得台灣引為參考。另外，中國的夏熱冬暖地區對於平均窗牆面積比在 0.4~0.45 之大開窗設計，規定其遮陽係數 S_w 在 0.3 以下，亦即可使用外遮陽或 Low-E 玻璃之意，這種規定有過於寬鬆之嫌，因為並未強調外遮陽設計的比重。

表 2.7 1996 年中國民用建築節能設計建築外殼熱傳透率上限值

採暖期戶外 平均氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	窗面	屋頂		外牆	
		形態係數 ≤ 0.3	形態係數 > 0.3	形態係數 ≤ 0.3	形態係數 > 0.3
2.0~1.0	4.70(4.00)	0.80	0.60	1.10(1.40)	0.80(1.10)
0.9~0.0	4.70(4.00)	0.80	0.60	1.00(1.28)	0.70(1.00)
-0.1~-1.0	4.70(4.00)	0.80	0.60	0.92(1.20)	0.67(0.85)
-1.1~-2.0	4.70(4.00)	0.80	0.60	0.90(1.16)	0.65(0.82)
-2.1~3.0	4.70(4.00)	0.70	0.50	0.85(1.10)	0.62(0.78)
-3.1~-4.0	4.00	0.70	0.50	0.68	0.65
-4.1~-5.0	3.00	0.70	0.50	0.75	0.60
-5.1~-6.0	3.00	0.60	0.40	0.68	0.56
-6.1~-7.0	3.00	0.60	0.40	0.65	0.50
-7.1~-8.0	2.50	0.60	0.40	0.65	0.50
-8.1~-9.0	2.50	0.50	0.30	0.56	0.45
-9.1~-11.0	2.50	0.50	0.30	0.52	0.40
-11.1~-14.5	2.00	0.40	0.25	0.52	0.40

單位： $(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}))$
 註：形態係數為建築物外表面積與容積比(F/V)，表中兩欄數據之前欄為單層玻璃塑膠窗，後欄為雙層玻璃金屬窗

表 2.8 中國夏熱冬冷地區居住建築外窗最大熱傳透率

朝向	外環境條件	外窗最大熱傳透率 $K(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}))$				
		窗牆面積 比 ≤ 0.25	窗牆面積 比 > 0.25 且 ≤ 0.30	窗牆面積 比 > 0.30 且 ≤ 0.35	窗牆面積 比 > 0.35 且 ≤ 0.45	窗牆面積 比 > 0.45 且 ≤ 0.50
北	冬季最冷月室外 平均氣溫 $> 5^{\circ}\text{C}$	4.7	4.7	3.2	2.5	--
	冬季最冷月室外 平均氣溫 $\leq 5^{\circ}\text{C}$	4.7	3.2	3.2	2.5	--
東、西	無外遮陽措施	4.7	3.2	--	--	--
	有外遮陽措施(日 射透過率 $\leq 20\%$)	4.7	3.2	3.2	2.5	2.5
南		4.7	4.7	3.2	2.5	2.5

表 2.9 中國夏熱冬冷地區居住建築熱傳透率(W/(m².k))與熱惰性指標基準

屋頂	外牆	分戶牆和樓版	架空樓板	戶門
K≤ 1.0, D≥ 3.0	K≤ 1.5, D≥ 3.0	K≤ 2.0	K≤ 1.5	K≤ 3.0
K≤ 0.8, D≥ 2.5	K≤ 1.0, D≥ 2.5			
D：熱惰性指標指外殼結構緩和溫度波動和熱流波動之性能，為熱阻與蓄熱係數之乘積				

表 2.10 中國夏熱冬暖地區北區建築外窗傳熱係數與綜合遮陽係數

外牆	外窗的綜合遮陽係數 Sw	外窗傳熱係數 K[W/(m ² · K)]				
		平均窗牆面積比 C _M ≤0.25	平均窗牆面積比 0.25<C _M ≤0.3	平均窗牆面積比 0.3<C _M ≤0.35	平均窗牆面積比 0.35<C _M ≤0.4	平均窗牆面積比 0.4<C _M ≤0.45
K≤2.0 D≥3.0	0.9	≤2.0	-	-	-	-
	0.8	≤2.5	-	-	-	-
	0.7	≤3.0	≤2.0	≤2.0	-	-
	0.6	≤3.0	≤2.5	≤2.5	≤2.0	-
	0.5	≤3.5	≤2.5	≤2.5	≤2.0	≤2.0
	0.4	≤3.5	≤3.0	≤3.0	≤2.5	≤2.5
	0.3	≤4.0	≤3.0	≤3.0	≤2.5	≤2.5
	0.2	≤4.0	≤3.5	≤3.0	≤3.0	≤3.0
K≤1.5 D≥3.0	0.9	≤5.0	≤3.5	≤2.5	-	-
	0.8	≤5.5	≤4.0	≤3.0	≤2.0	-
	0.7	≤6.0	≤4.5	≤3.5	≤2.5	≤2.0
	0.6	≤6.5	≤5.0	≤4.0	≤3.0	≤3.0
	0.5	≤6.5	≤5.0	≤4.5	≤3.5	≤3.5
	0.4	≤6.5	≤5.5	≤4.5	≤4.0	≤3.5
	0.3	≤6.5	≤5.5	≤5.0	≤4.0	≤4.0
	0.2	≤6.5	≤6.0	≤5.0	≤4.0	≤4.0
K≤1.0 D≥2.5	0.9	≤6.5	≤6.5	≤4.0	≤2.5	-
	0.8	≤6.5	≤6.5	≤5.0	≤3.5	≤2.5
	0.7	≤6.5	≤6.5	≤5.5	≤4.5	≤3.5

或 K≤0.7	0.6	≤6.5	≤6.5	≤6.0	≤5.0	≤4.0
	0.5	≤6.5	≤6.5	≤6.5	≤5.0	≤4.5
	0.4	≤6.5	≤6.5	≤6.5	≤5.5	≤5.0
	0.3	≤6.5	≤6.5	≤6.5	≤5.5	≤5.0
	0.2	≤6.5	≤6.5	≤6.5	≤6.0	≤5.5

表 2.11 中國夏熱冬暖地區南區建築外窗的綜合遮陽係數

外牆($\rho \leq 0.8$)	外窗的綜合遮陽係數 S_w				
	平均窗牆面積比 CM≤0.25	平均窗牆面積比 0.25<CM≤0.3	平均窗牆面積比 0.3<CM≤0.35	平均窗牆面積比 0.35<CM≤0.4	平均窗牆面積比 0.4<CM≤0.45
K≤2.0 D≥3.0	≤0.6	≤0.5	≤0.4	≤0.4	≤0.3
K≤1.5 D≥3.0	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5	≤0.4
K≤1.0 D≥2.5 或 K≤0.7	≤0.9	≤0.8	≤0.7	≤0.6	≤0.5

註：
 1 本條文所指的外窗包括陽台門的透明部分
 2 南區居住建築的節能設計對外窗的傳熱係數不作規定
 3 ρ 是外牆外表面的太陽輻射吸收係數

5. 新加坡住宅節能法令

1976年6月新加坡舉辦了第一次建築節約能源全國會議，對於節約電力消耗作成數項修訂建築法規的建議。隨即在1979年完成建築節能立法，制定建築物中的建築外殼、照明、空調的節能規範。基本上，新加坡有關建築外殼的節能規範，是仿效美國加州過去的 OTTV(外殼總傳熱值)指標來訂立的，其對於建築外殼的節能限制如下兩式所示：

$$\text{外殼總傳熱值 OTTV} = (\text{外殼溫差傳熱量} + \text{透光部位日射取得}) \div \text{外殼總面積} < \text{基準值 } 45 \text{ W/m}^2 \text{ ---(1)}$$

$$\text{屋頂熱傳透率 } U \leq \text{基準值 } 1.2 \text{ W/(m}^2\text{K)} \text{ -----(2)}$$

由上可知，OTTV 及 U 值最主要在規範建築外殼的「隔熱能力」，但是 OTTV 在第二項中對透光部位的日射取得有所限制，也相當於對外殼「遮陽能力」有所規定。在其 OTTV 計算中，對於外遮陽設計有詳細的優惠計算規定。這種對「遮陽」有所規範的法令，在歐美、日本的住宅節能法令中均附之闕如，可算是熱濕熱帶國家特別對於日射遮陽設計特別關心的特色。這熱帶型的 OTTV 節能法令，如今已遍及東南亞國家。

6. 日本住宅節能法令

能源對外國依存率 99.8% 的日本，雖然早在 1973 年的石油危機之後就有節約能源的動向，但是直到 1976 年 6 月才成立了「能源使用合理化法律」。在這法律中的第 3 章就是有關建築方面的節能法規。在這法律制定的同時，日本的學界應官方的委託，提出了建築節約能源的設計及施工的指針和基準。

1978 年日本依照寒冷的程度，把全國分成五個氣候區，分別制定住宅各部位的最高熱損失係數 Q 值的基準。越冷的地方，對於 R 值的基準也越嚴格。同時為了使一般工匠容易理解起見，同時制定住宅各部位的隔熱材厚度、標準施工法和圖解。

由於日本當時是以削減大量暖房能源為目標，因此這基準的主要規定與暖房能源有關的「隔熱基準」而已，對於外殼的「遮陽基準」並未予以規定。這是重暖房而輕冷房的作法，由於沒有「遮陽基準」的規定，對於炎熱的南九洲沖繩地區的住宅並未能達到防暑的功能。因此在 1992 年的日本「住宅新節能基準與指針」中，將舊有住宅節能法令全面更新，特別加入了有關遮陽的規定，亦即日射取得係數 $\mu(-)$ 最高值規定最高值的規定，顯示日本對於住宅節能同時兼顧隔熱 Q 值

及遮陽 μ 值的雙重規定。到了 1999 年為了呼應京都議定書之目標，除了依最新氣候分區全面強化隔熱 Q 值及遮陽 μ 值之規定外，更加入氣密性、全年冷暖房負荷之新規定如表 2.12 所示。此住宅節能法令可說是全世界目前在建築熱性能上最周全的規定。

表 2.12 1999 年日本住宅的節能設計基準最高值規定

氣候區	I	II	III	IV	V	VI
損失係數 $Q(W/(m^2.k))$	1.6	1.9	2.4	2.7	2.7	3.7
氣密性 (cm^2/m^2)	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0
遮陽 $\mu(-)$ 值	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06
全年冷暖房負荷 $(MJ/(m^2.年))$	390	390	460	460	350	290

貳、我國住宅節能法令概要

關於住宅節能規範，我國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¹率 Req」，以及代表外殼「隔熱性能」的「平均熱傳透率 Uai」，來作為「住宿類建築」節能設計的指標。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，對其建築外殼總面積之比值，見圖 2. 2。所謂「平均熱傳透率 Uai」，是指屋頂不透光部位之平均熱傳透率 Uar 及外牆不透光部位之平均熱傳透率之 Uaw。其計算式及法令上的基準值限制如下：

$$\begin{aligned} \text{等價開窗率 Req} &= (\sum \text{窗面積 } Agi \times \text{日射加權 } fk \times \text{遮陽修正 } Ki \times \\ &\text{通風修正 } fvi) \div \text{外殼總面積 } Aen < \text{基準值 } 0.13 \text{ (北部氣候區)} \\ &< \text{基準值 } 0.15 \text{ (中部氣候區)} \\ &< \text{基準值 } 0.16 \text{ (南部氣候區)} - (3) \end{aligned}$$

¹ 「等價開窗率」的「等價」之意，就是各地各向的日射取得均以台北南向日射量為基準之意（相同 Req=16 % 下之台北市高雄市實際開窗率）

屋頂不透光部位平均熱傳透率 $U_{ar} < \text{基準值 } 1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})-(4)$

外牆不透光部位平均熱傳透率 $U_{aw} < \text{基準值 } 3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})-(5)$

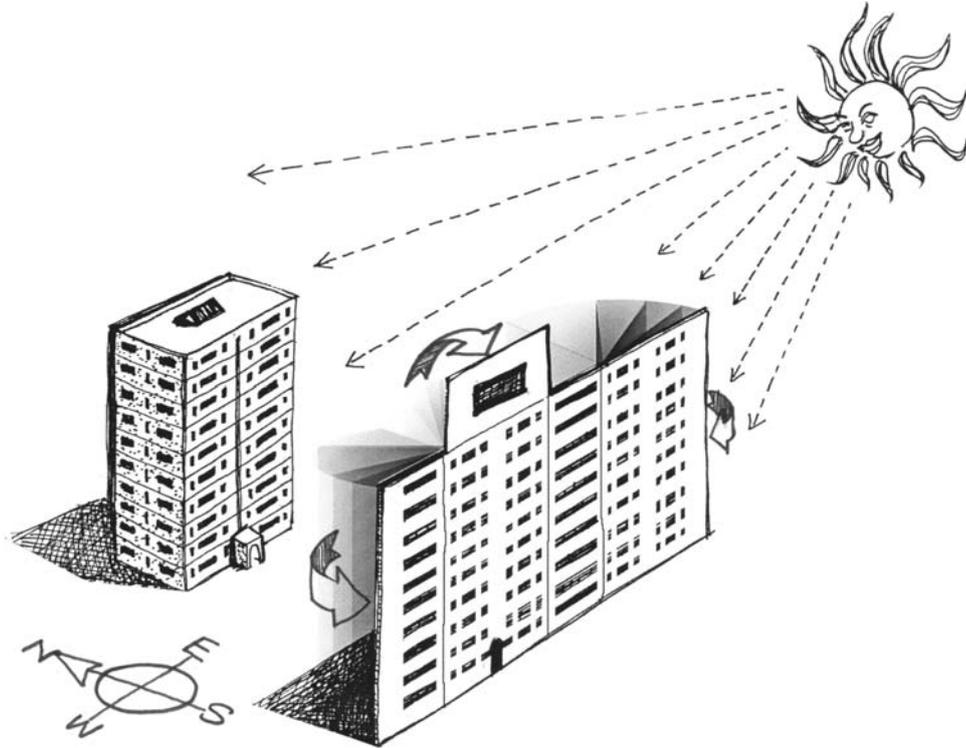


圖 2. 2等價開窗示意圖

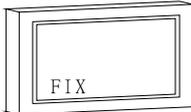
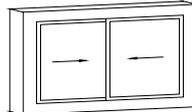
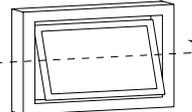
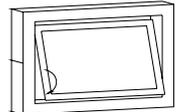
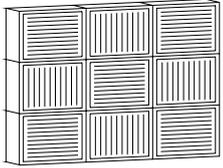
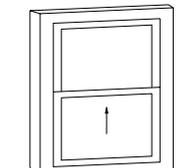
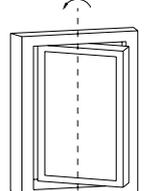
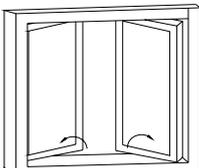
固定窗	橫拉窗	旋轉窗	推窗
			
 <p>(中 隔 窗 簾)</p>			
通風修正係數 2.0	通風修正係數 1.0	通風修正係數 0.8	

圖 2. 3通風修正係數 f_{vi}

表 2.13 各地區日射修正係數 f_k

地區別	北宜金馬	桃竹苗	中彰雲投	雲嘉澎	高屏	台東	花蓮
水平面 (H)	2.189	2.324	2.884	3.018	3.296	3.131	2.722
南 (S)	1.000	1.042	1.380	1.468	1.561	1.427	1.179
南南西 (SSW)	0.996	1.040	1.419	1.567	1.595	1.443	1.115
西南 (SW)	0.983	1.032	1.407	1.591	1.590	1.444	1.071
西南西 (WSW)	0.932	0.982	1.315	1.514	1.497	1.368	0.995
西 (W)	0.835	0.883	1.146	1.334	1.313	1.209	0.879
西北西 (WNW)	0.726	0.770	0.961	1.115	1.105	1.0321	0.776
西北 (NW)	0.602	0.641	0.759	0.862	0.867	0.823	0.659
北北西 (NNW)	0.496	0.528	0.595	0.649	0.665	0.635	0.553
北 (N)	0.446	0.474	0.518	0.551	0.572	0.535	0.497
北北東 (NNE)	0.512	0.545	0.591	0.619	0.662	0.633	0.597
東北 (NE)	0.643	0.686	0.740	0.758	0.855	0.839	0.797
東北東 (ENE)	0.788	0.838	0.910	0.922	1.073	1.060	1.005
東 (E)	0.909	0.962	1.065	1.073	1.263	1.245	1.173
東南東 (ESE)	1.006	1.061	1.216	1.225	1.438	1.407	1.308
東南 (SE)	1.045	1.098	1.311	1.325	1.531	1.480	1.349
南南東 (SSE)	1.036	1.083	1.360	1.396	1.560	1.473	1.295

註：本表為以 18°C 基準溫度之各地冷房日射時 I_{Hk} [Wh/(m²·yr)] 換算而得的比值(以台北南向 I_{Hk} 值為 1.0)

其中

Req ：等價開窗率(%)

U_{ar} ：屋頂平均熱傳透率 (W/(m²·k))

U_{aw} ：外牆平均熱傳透率 (W/(m²·k))

A_{en} ：集合住宅外殼總面積 (m²)

f_k ：k 方位日射修正係數 (—)，參見規範

f_{vi} ：通風修正係數 (—)，參見規範

k_i ：外遮陽日射透過率修正係數 (—)，參見規範

A_{gi} ：i 部位之外殼玻璃窗面積 (m²)，參見規範

在此必須注意的是：Req 所管制的範圍只限於門窗之透光部位，而 Uar 及 Uaw 所管制的範圍只管制外牆及屋頂之不透光部位。也就是，本規範是將透光部分與不透光部分分開來管制的。亦即，以透光部位的 Req 代表其對日射的「遮陽性能」，以不透光部位的 Uar、Uaw 帶代表其對溫差熱流的「隔熱性能」。當然，在理論上不透光部位也有日射取得，在透光外殼也有溫差熱流，但因其影響較小，而予以省略。

Req 計算中的日射修正係數 f_k ，即方位的日射加權，是以台北市的南向全年日射量為基準值 1.0，所換算的各地各方位全年日射量比例(如表 2.13 所示)。因此在中部氣候區 Req 小於 0.15 的意義，事實上就是將各地各向建築外殼的日射取得量，限制在與台北南向 15% 開窗率相同日射取得量之條件下之開窗率。

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。當然，建築外殼真正的「遮陽」及「隔熱」兩因子，本是相互影響而並非獨立之變數，本來不應獨立分別考慮，我們將之分離規範只是一種方便之計而已。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。

除了「遮陽」、「隔熱」兩因子之外，Req 對於「通風」的因子，更有獨到的見解。通風設計尤其對於亞熱帶氣候的「住宿類建築」特別重要。基本上開窗形式具有不同導風與通風效果。所謂開窗導風效果的好壞，在於其開口比例的大小與垂直導風整流效果的好壞，亦即流體力學所謂風量係數 flow coefficient 的大小。一般具有外推功能的外推窗與旋轉窗，其最大開口面積約為橫拉窗的兩倍，同時垂直外推部分的窗面對於通風氣流的誘導有很大助益，因而具有較好的通風性能。一般台灣所採用的開窗方式大部分皆為左右橫拉窗，事實上

是一種通風品質較差的開窗方式。本規範為了鼓勵自然通風的開窗設計，在公式(3)中對於不同開窗形式，賦予不同的通風修正係數 f_{vi} 。其計算法如圖 2.3 所示；對於最常用的可開式橫拉窗以 1.0 為計算基準；對於通風效果較好的旋轉窗，則賦予 0.80 的優惠計算（即開窗可放大 1.25 倍）。這些通風修正係數，是以回路分析法由台灣各地的全年逐時風向風速資料，分析出室內平均風速，並在人體舒適條件下解析因通風而減少的空調時間，並進而模擬出空調節能的比例。本規範特別對於密封不通風的固定窗，訂立 f_{vi} 係數為 2.0 之懲罰性修正計算，亦即只要採用一面固定窗就必須懲罰以減少相同一面透明開窗的機會，以遏止住宅不通風化、空調化之惡習。在世界各國的建築節能法令中，鮮有像我國對於通風修正有特別規定的前例，因此本規範可說是一部「遮陽」、「隔熱」與「通風」性能並重的規定，對熱濕氣候的通風需求有充分的考量，堪稱是亞熱帶國家建築節能法令的主臬。

參、我國大型空間類建築節能設計指標

我國關於大型空間建築類建築節能設計規範是 2005 年新增的法令，這是針對目前 ENVLOAD 指標無法規範的諸多建築類型所提出的緊急改善對策。由於大型空間建築類建築的對象由機場、車站至體育館、禮堂十分複雜，如不限定範圍則難以規範其節能設計。目前大型空間建築建築能設計最大的問題有二。一是與屋頂之隔熱功能不良，造成室內溫度酷熱化而嚴重損壞室內環境。二是建築立面開窗之外遮陽設施不足，造成日曬入侵室內而浪費能源。有鑑於此，我國建築技術規則將大型空間建築屋頂隔熱與外遮陽節能設計必須滿足下兩項指標與基準之要求：

1. 大型空間建築類建築物所有屋頂部位之平均熱傳透率 U_{ar} 之計算值應低於 $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ ，亦即需符合(6)式之規定。

$$U_{ar} < 1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}) \dots \dots \dots (6)$$

(2) 大型空間建築類建築物依其所在之氣候分區，在其屋頂與面臨中間走廊或戶外走廊之開窗部分以外之所有窗面部位之平均日射取得量 *AWSG*，應低於 2002 年公布之建築技術規則 45 條之 6 規定所示之日射取得量基準值 *AWSGs*，亦即需符合(6)式之要求。此基準值 *AWSGs* 在北、中、南氣候區各為 160、200、230 kWh/(m² · yr)。

$$AWSG = \frac{\sum IHki \times Ki \times Ai}{\sum Ai} \leq AWSGs (\text{kWh}/\text{m}^2) \dots (7)$$

其中：

i：除了面臨中間走廊或 2.0m 以上之戶外走廊之開窗部分以外之透光開窗部位 (--)

AWSG：窗面日射取得量 (kWh / (m² · Yr))

AWSGs：窗面日射取得量基準值
 (kWh / (m² · Yr))

IHki：*i* 窗面部位在當地 *k* 方位外殼之“冷房日射時” (Wh / (m² · yr))

ki：*i* 部位玻璃之外遮陽係數 (--)

Ai：*i* 窗面玻璃部位之面積 (m²)

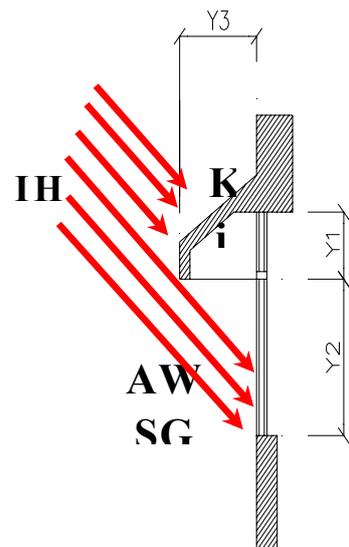


圖 2. 4AWSG 的意義就是各方位日射量到達玻璃面的平均值

上述第一項 U 值指標在於維持屋頂隔熱之最低功能，可確保夏日室內氣溫不至太高；而第二項 *AWSG* 指標在於確保外遮陽之功能，可減少直接日射進入室內並節約能源。這 *AWSG* 指標看似複雜，事實上它如圖 2.4 所示，是指由各方位直射入窗面的平均日射比例而已，它只是以簡單的

表格用外遮陽斷面的尺寸就可讀取的外遮陽係數 K_i 來加權累算而已。況且在此規範中，又特別提供了更方便的簡易指標計算法可供快速查核設計之用。大型空間建築建築之 AWSG 指標之所以不必如 ENVLOAD、Req 指標般，繁複地計算窗、外殼材料之面積與熱性能係數，也不必規範其外牆隔熱 U 值，乃因為大型空間建築之外牆構造、開窗形式、窗台高度、樓高、玻璃材質絕大部分均無兩樣，其唯一可操作變化之節能因素乃在於外遮陽而已，因此採用最單純的外遮陽性能指標 AWSG 即可代表其耗能特性，可說是一個既簡便又有效的節能指標。

壹、 我國其他類建築節能設計指標

所謂「其他類型建築」，原來是指上述建築類型未能涵蓋的建築物，例如廠房、教堂、寺廟等建築物。由於這些建築物的種類繁多而數量較少，其空間及空調的機能均非常特殊，甚至每一件建築物的耗能特色均與眾不同而無法歸類。對於如此多樣而無法歸類的建築群，我們很難找出一種簡化指標可以評估其耗能量。我們也不可能針對各別細分化的建築機能，一一訂立不同的能源評估指標，否則將不堪其煩。我們只能找出一種簡化的指標，以大致不差的方室式來掌握這群建築物的耗能特性。

在我國的建築法令中，對「其他類型建築」遂採「屋頂平均熱傳透率 U_{ar} 」來規範其空調耗能量。其基準限制如下：

$$\text{屋頂平均熱傳透率 } U_{ar} < \text{基準值 } 1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}) \text{ --- (8)}$$

本公式與「住宿類建築」的式(4)或「大型空間建築類建築」的式(6)一樣，只規定最基本的屋頂隔熱水準，但是它的基準值比住宅或大型空間建築之 $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 基準值寬鬆了 25%。這基準值 $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 只相當於 1.5mm 彩色鋼版內加 8mmPU 保溫層及鋁箔處理的屋頂構造。這些構造在國內工廠場房、體育館均

常使用，都是國內最普遍、最常用的一般建築構造，是一種十分寬鬆的規定。Uar 值是一個整體綜合的指標，可截長補短地進行整體設計。假如我們希望在建築設計上開有局部採光天窗(熱傳透率變大)的話，只要在其它屋頂部位加強隔熱處理即可。

第二節 研修條文及內容

以上描述了國外有關住宅的節能設計法令，也說明了我國住宅、大型空間、其他類的建築節能規範，其中關於國外的大型空間、其他類的建築節能規範之所以未予描述，是因為國外有些將之納入空調類建築(有如下一章所述)或非住宅類來規範，有些並未規範，這與我國因應建築類別之空調特性而詳細分類規範不同，特此說明。接著，為了提出我國住宅與其他類建築的節能規範改善策略，依據下述研究方法與進度提出說明。

壹、 擴大住宅、學校、大型空間建築節能管制範圍

我國目前對於建築節能設計的管制規模限制，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，才受到建築節能之管制。這種限制規模範圍之節能規定為世界少有，且造成嚴重遺漏節能管制成效。由上述國外建築節能法令之考察，可發現：除了日本對於辦公、旅館、百貨、醫院有規模門檻之限制管制之外，各國對於所有類型建築物均是全面管制。我國對於住宅、大型空間、學校類建築的節能管制，當初是因為受到 ENVLOAD 立法管制僅針對大型建築管制的原則之影響，而以五百平方公尺以上來管制，不但遺漏絕大部分建築物的節能管制，也違反國際節能管制慣例，因此建議對於住宅、大型空間、學校類建築取消規模

門檻之限制，全面納入節能設計管制。然而，為了避免一些無人居住的建築物也必須受到建築節能管制的困擾，在此也建議增列溫室、園藝以及無人居住之倉庫、機房、生產線廠房可免除節能管制之規定，以避免建管之困擾。其在此改變之下，關於建築技術規則的修改條文如表 2.14：

表 2.14 擴大建築節能設計管制範圍修改條文

原條文	擬修改條文
建築物節約能源：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， <u>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。</u> 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。	建築物節約能源：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 <u>在辦公、旅館、醫院、百貨類建築物為</u> 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 <u>超過一千平方公尺者，在其他各類建築物為全面適用，但農業用之溫室、園藝設施以及倉庫、機房、生產線廠房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。</u>

貳、 擴大大型空間類建築之管制對象

近年來，多數工業類建築如廠辦大樓、倉儲場及汽車商場、實驗室等建築，實際用途卻為大型空調型商業建築空間，常以『其他類』建築檢討，規避節能規範，耗費大量能源，因此有必要將這類型建築納入大型空間類建築適用範圍，以杜絕能源耗費歪風。

有關何種建築物應適用何種建築節能規範，歷經 2003 年之綠建築專章制訂共三十餘場法規會議討論，其實建築節約能源設計技術規範均以明文訂之，舉例而言，有關其他類之適用，技術規範已載明其他類建築物係指辦公廳類、百貨商場類、旅館類、醫院類、學校類及

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
子計畫一：強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究

大型空間類、住宿類以外之建築物，包括：

- (1)C-1 類：變電所、飛機庫、汽車修理場、工廠、自來水廠、屠宰廠、發電廠、污水或廢物處理廠等。
- (2)C-2 類：倉庫、洗車廠、汽車商場、電信機房、攝影棚等。
- (3)I 類：化工原料行、加油站、石油或天然氣廠庫、瓦斯行等。
- (4)其他經中央主管建築機關認定之建築物。

以上最容易被用來逃避審查的類別是：以 C-2 類「倉庫」為名目的量販店、購物中心，以及以 C-1 類「工廠」為名目的廠房辦公大樓、展示場，這些都是目前超級耗能而逃避審查的建築，不及時規範將遺漏節能的成效，因此本研究建議將 C-1、C-2 類納入「大型空間類」之節能規範範圍。當然，有人質疑 C 類中之電信機房、發電廠、污水或廢物處理廠是否應該管制，但這些假如是非居室，在「大型空間類」本來就免予評估，不會造成困擾。其他如自來水廠、屠宰廠、汽車商場之類的大空間以「大型空間類」來規範本來就屬合理。

表 2.15 建築物類別修改條文

原適用範圍		修改後適用範圍	
建築物類別	使用項目例舉	建築物類別	使用項目例舉
俗 雜 性 海 濱	辦公廳類 (G1、G2) 政府機關、辦公室、金融機構、證券公司等	辦公廳類 (G1、G2) 政府機關、辦公室、金融機構、證券公司等	辦公廳類 (G1、G2) 政府機關、辦公室、金融機構、證券公司等
	百貨商場類 (B2) 百貨公司、商場、購物中心、量販店、集中式店舖等	百貨商場類 (B2) 百貨公司、商場、購物中心、量販店、集中式店舖等	百貨商場類 (B2) 百貨公司、商場、購物中心、量販店、集中式店舖等
	旅館類 (B4) 旅館、觀光旅館、賓館、招待所等	旅館類 (B4) 旅館、觀光旅館、賓館、招待所等	旅館類 (B4) 旅館、觀光旅館、賓館、招待所等
	醫院類 (F1) 醫院、療養院、護理之家、做月子中心等	醫院類 (F1) 醫院、療養院、護理之家、做月子中心等	醫院類 (F1) 醫院、療養院、護理之家、做月子中心等
學校類 (D3、D4、D5、F2、F3) 各級學校教室、行政辦公室、教養機構、補習班、安親班、幼稚園、托兒所、育幼院等	學校類 (D3、D4、D5、F2、F3) 各級學校教室、行政辦公室、教養機構、補習班、安親班、幼稚園、托兒所、育幼院等	學校類 (D3、D4、D5、F2、F3) 各級學校教室、行政辦公室、教養機構、補習班、安親班、幼稚園、托兒所、育幼院等	學校類 (D3、D4、D5、F2、F3) 各級學校教室、行政辦公室、教養機構、補習班、安親班、幼稚園、托兒所、育幼院等
大型空間類 (A1、A2、B1、B3、D1、D2、E) A1類：集會表演--體育館、音樂廳 A2類：運輸場所--航空站、公車站 B1類：娛樂場所---酒店、舞廳、KTV B3類：餐飲場所---餐廳、小吃街 D1類：健身休閒---保齡球館、保齡館 D2類：文教設施---博物館、圖書館 E類：宗教殯儀---教堂、寺院	大型空間類 (A1、A2、B1、B3、D1、D2、E) A1類：集會表演--體育館、音樂廳 A2類：運輸場所--航空站、公車站 B1類：娛樂場所---酒店、舞廳、KTV B3類：餐飲場所---餐廳、小吃街 D1類：健身休閒---保齡球館、保健	大型空間類 (A1、A2、B1、B3、C1、C2、D1、D2、E) A1類：集會表演--體育館、音樂廳 A2類：運輸場所--航空站、公車站 B1類：娛樂場所---酒店、舞廳、KTV B3類：餐飲場所---餐廳、小吃街 C1類：有複合辦公空間之工廠 C2類：倉儲場、汽車商場、實驗室、有複合辦公空間之工廠 D1類：健身休閒---保齡球館、保健	大型空間類 (A1、A2、B1、B3、D1、D2、E) A1類：集會表演--體育館、音樂廳 A2類：運輸場所--航空站、公車站 B1類：娛樂場所---酒店、舞廳、KTV B3類：餐飲場所---餐廳、小吃街 D1類：健身休閒---保齡球館、保健

			館 D2類：文教設施---博物館、圖書館 E類：宗教殯儀---教堂、寺院
住宿類 (H1、H2)	住宅、集合住宅、寄宿舍、學校宿舍	住宿類 (H1、H2)	住宅、集合住宅、寄宿舍、學校宿舍
其他類	工廠、倉庫等	其他類	<u>前述未例舉用途</u>

參、強化屋頂隔熱與水平天窗的遮陽規定

台灣現有的住宅隔熱規定可能為世界最低水準，例如美國佛羅里達州對屋頂的隔熱性能規定為台灣的 3.3~7.8 倍，對外牆的隔熱性能規定為台灣的 4.0~6.9 倍，中國華南對外牆的隔熱性能為台灣的 2.3 倍，對屋頂的隔熱性能為台灣的 1.2~1.5 倍，非進行調整不足以與世界接軌。我國過去之所以規定如此低之水準，原因在於台灣的住宅市場屋頂以 15cmRC 加防水 PU 而已，很少加隔熱層，若遽然增加大量隔熱規定，恐難適應。然而自從 1990 年實施建築節能法令以來，屋頂隔熱磚、隔熱材、隔熱工法已經漸普遍化，因此建議不只是住宅，連所有類型建築物的屋頂隔熱水準皆必須由 $1.2\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{yr})$ 強化為 $1.0\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{yr})$ ，但對於外牆的隔熱水準則因台灣為整體耗能指標 ENVLOAD、Req 之架構，暫時不予調整。

表 2.16 各國關於建築外殼隔熱水準的規定

節能法令所在氣候	屋頂 U 值	外牆 U 值
美國 Zone1&Zone2	0.368~0.153w/m ² k	0.505~0.875w/m ² k
中國華南	1.0~0.8 w/m ² k	1.0~2.0 w/m ² k
台灣	1.2 w/m ² k	3.5 w/m ² k

另一方面，台灣近年來大部分大水平天窗的設計造成嚴重能源浪費，民眾叫苦連天，即使想要事後改善也因結構安全與漏水問題而束手無策。我內政部建研所所推動的綠廳舍改善工程，也屢次針對水平天窗的耗能問題進行改造，如圖 2.5 所示。其耗能最大的問題在於水

平天窗缺乏良好的遮陽效果，因此改善工程均在水平天窗上外加遮陽百葉。假如我國的建築法令對於水平天窗自始即要求良好遮陽性能，即可大量防止此類問題。

例如美國對於南方熱濕氣候區的水平天窗之遮陽性能即有所限制，在ASHRAE90.1規定水平天窗之日射取得率SHGC必須在0.19~0.36以下，如表2.17所示。目前台灣水平天窗浪費能源與造成酷熱環境的癥結，在於採用低遮陽性能的染色玻璃、膠合玻璃而已，其日射穿透率 η 高於0.6以上，其輻射熱取得量為美國的1.7~3.2倍，因而造成嚴重的公害。本研究建議 1.0m^2 以下與仰角80度以上之透光天窗(幾乎如垂直之外窗)不予管制，但對 1m^2 以上且仰角80度以下透光天窗，隨天窗面積之增加，其最高日射穿透率由0.3強化至0.15，如下表所示。其規定相當於鼓勵採用Low-E玻璃，為容易入手之水準，其最高水準規定為高反射玻璃或再加裝外50%投影面積之外遮陽即可通過。此規定將會免除許多水平天窗造成酷熱環境的現象，只有增加環境品質並節約大量能源，不會造成設計障礙。基於上述關於強化屋頂隔熱與水平天窗遮陽性能的要求，本研究建議修改建築技術規則內容如表2.18所示。



圖 2.5 水平天窗日射透過率改善後可節能空調耗能

表 2.17 美國在佛羅里達州關於水平天窗熱性能的限制

	平均最大U值	最大日射取得率SHGC
天窗面積比0~2%	1.36 (雙層中空玻璃以上)	0.36
天窗面積比2.1~5.0%	1.36 (雙層中空玻璃以上)	0.19

表 2.18 強化屋頂隔熱與天窗遮陽修改技術規則條文內容

原條文號碼	原條文內容	修改後條文內容	說明																												
第三百零八條之一 (新增條文)	無	<p>受建築節約能源管制建築物之屋頂平均熱傳透率應低於一·〇瓦 / (平方公尺·度)，且當設有水平仰角小於八十度的屋頂透光天窗時，其天窗水平投影面積HW_i大於一·〇平方公尺時，其透光天窗日射透過率必須低於下表之基準值：</p> <table border="1"> <tr> <td>水平投影面積 HW_i條件</td> <td>透光天窗日射透過率基準值 HW_{sci}</td> </tr> <tr> <td>HW_i < 30m²</td> <td>HW_{sci} = 0.30</td> </tr> <tr> <td>HW_i ≥ 30m² 且 HW_i < 180m²</td> <td>HW_{sci} = 0.30 - 0.001 × (HW_i - 30.0)</td> </tr> <tr> <td>HW_i ≥ 180m²</td> <td>HW_{sci} = 0.15</td> </tr> </table> <p>計算單位 HW_i : m² ; HW_{sci} : 無單位</p>	水平投影面積 HW _i 條件	透光天窗日射透過率基準值 HW _{sci}	HW _i < 30m ²	HW _{sci} = 0.30	HW _i ≥ 30m ² 且 HW _i < 180m ²	HW _{sci} = 0.30 - 0.001 × (HW _i - 30.0)	HW _i ≥ 180m ²	HW _{sci} = 0.15	將所有屋頂的U值共同規定集中，增加現在最嚴重的水平天窗之最低遮陽規定																				
水平投影面積 HW _i 條件	透光天窗日射透過率基準值 HW _{sci}																														
HW _i < 30m ²	HW _{sci} = 0.30																														
HW _i ≥ 30m ² 且 HW _i < 180m ²	HW _{sci} = 0.30 - 0.001 × (HW _i - 30.0)																														
HW _i ≥ 180m ²	HW _{sci} = 0.15																														
第三百十條	<p>住宿類建築物外殼等價開窗率之計算值應低於左表之基準值：</p> <table border="1"> <tr> <td>住宿類：</td> <td>氣候分區</td> <td>建築物外殼等價開窗率</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">H類第一組</td> <td>北部氣候區</td> <td>百分之十三</td> </tr> <tr> <td>中部氣候區</td> <td>百分之十五</td> </tr> <tr> <td>H類第二組</td> <td>南部氣候區</td> <td>百分之十八</td> </tr> </table> <p>住宿類建築物外殼不透光部分之平均熱傳透率應低於左表之基準值：</p> <table border="1"> <tr> <td>部位</td> <td>平均熱傳透率基準瓦 \ (平方公尺·度)</td> </tr> <tr> <td>屋頂</td> <td>一·二</td> </tr> <tr> <td>外牆</td> <td>三·五</td> </tr> </table>	住宿類：	氣候分區	建築物外殼等價開窗率	H類第一組	北部氣候區	百分之十三	中部氣候區	百分之十五	H類第二組	南部氣候區	百分之十八	部位	平均熱傳透率基準瓦 \ (平方公尺·度)	屋頂	一·二	外牆	三·五	<p>住宿類建築物外殼不透光之外牆部分之平均熱傳透率應低於三·五瓦 \ (平方公尺·度)，且其外殼等價開窗率之計算值應低於左表之基準值：</p> <table border="1"> <tr> <td>住宿類：</td> <td>氣候分區</td> <td>建築物外殼等價開窗率</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">H類第一組</td> <td>北部氣候區</td> <td>百分之十三</td> </tr> <tr> <td>中部氣候區</td> <td>百分之十五</td> </tr> <tr> <td>H類第二組</td> <td>南部氣候區</td> <td>百分之十八</td> </tr> </table>	住宿類：	氣候分區	建築物外殼等價開窗率	H類第一組	北部氣候區	百分之十三	中部氣候區	百分之十五	H類第二組	南部氣候區	百分之十八	屋頂的U值規定移至308-1
住宿類：	氣候分區	建築物外殼等價開窗率																													
H類第一組	北部氣候區	百分之十三																													
	中部氣候區	百分之十五																													
H類第二組	南部氣候區	百分之十八																													
部位	平均熱傳透率基準瓦 \ (平方公尺·度)																														
屋頂	一·二																														
外牆	三·五																														
住宿類：	氣候分區	建築物外殼等價開窗率																													
H類第一組	北部氣候區	百分之十三																													
	中部氣候區	百分之十五																													
H類第二組	南部氣候區	百分之十八																													

肆、改善住宅通風修正係數並維護可開窗面積

如圖 2.6 所示，目前我國住宅建築之全密閉玻璃窗設計日益氾濫，可開窗面積日益降低，嚴重妨礙住宅自然通風並增加空調耗能，

另外原有住宅 REQ 指標計算對於組合型開窗之通風修正係數缺乏認定標準，因此建議以表 4 之通風修正係數來改善住宅通風修正係數並維護可開窗面積。

目前中國對於住宅可開窗面積強制限定於 45% 以上，亦即根本禁止密閉窗之設計，反觀台灣密閉窗設計日益猖獗，對耗能與居住舒適性產生嚴重傷害。另一方面，目前住宅 REQ 指標計算之通風修正係數只有如圖 2.3 的數據，對於多種可開窗與密閉窗組合的開窗並無數據，造成通風評估性能不足的遺憾。有鑑於此，在表 2.19 以更實用、更多樣的開窗組合訂立數據，在此暫不限制密閉窗的設計自由，但以較大係數來管制超大密閉窗之設計，可增加開窗通風評估的彈性與公平性。其中尤其新增在不同高樓強風區的開窗通風修正係數，增加可高樓開窗面積的通風評估效益，即高樓可開較小窗，可免除在強風下要求開大窗的疑慮。



圖 2.6 目前流行的封閉開窗方式，不但造成通風障礙，更造成能源浪費

可開窗面積比 R_o	通風修正係數 (fvi)			開窗示意圖 $R_o = \text{可開窗面積 } A_o / \text{窗總面積 } A_w$
	十樓以下開窗	超過十樓開窗	超過二十樓開窗	
$R_o < 0.2$	3.0	2.0	1.5	
$0.2 < R_o < 0.3$	2.0	1.5	1.3	
$0.3 < R_o < 0.45$	1.5	1.2	1.1	
$0.45 < R_o < 0.5$	1.0			
$0.5 < R_o$	0.8			<p style="text-align: center;">$A_o = A_1 + A_2$</p>

表 2.19 修正後通風修正係數 fvi 表

伍、 強化大型空間類建築節能設計基準

我國大型空間類建築原有節能設計基準過於寬鬆，本研究建議強化設計基準，以收節能效益。另一方面，現有同時大型空間類建築之階梯式 AWSG 基準易造成立面開窗率（AWR）臨界級距值時之不合理現象，本研究建議為連續基準，以求得公平的規範。原階梯式 AWSG 基準，是依過去委員會之建議以分級分段規範之公平原則來處理，雖然達到對高耗能從嚴對低耗能從寬之目的，但造成申請者在臨界值處，為了取得低一水準的基準規範，不惜對面積計算造假或修改細部設計之不正常現象，審查者也無法一一查驗其正確性。為了免除此不必要之爭議，並取得更公平自由健康之節能設計風氣，本研究以各階段基準之中間值來建立連續二次曲線基準公式，對於建築技術規則建議修正條文如下表（表 2.20）。

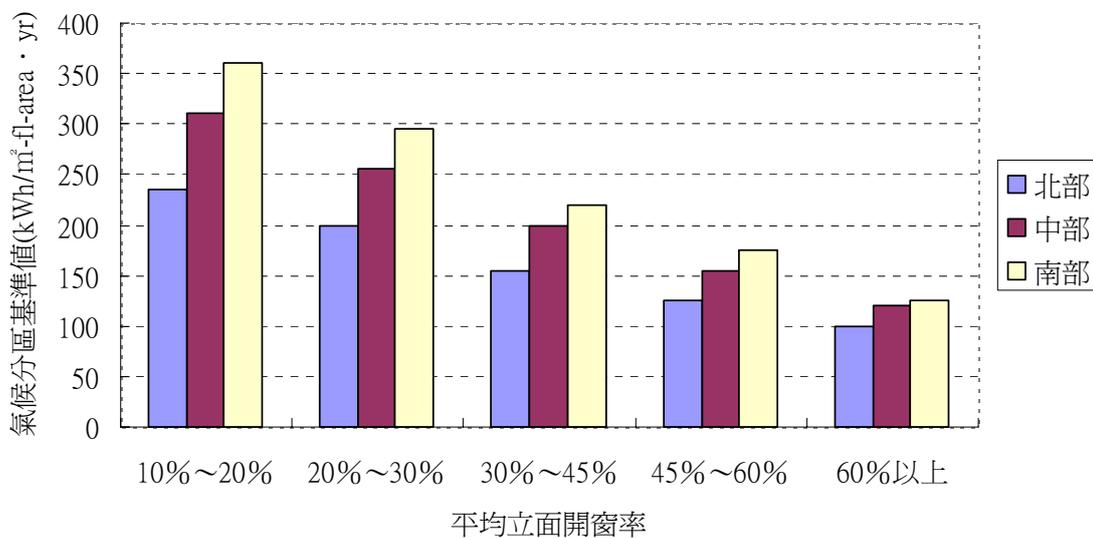


圖 2. 6 原階梯式 AWSG 基準是依據開窗率而規定

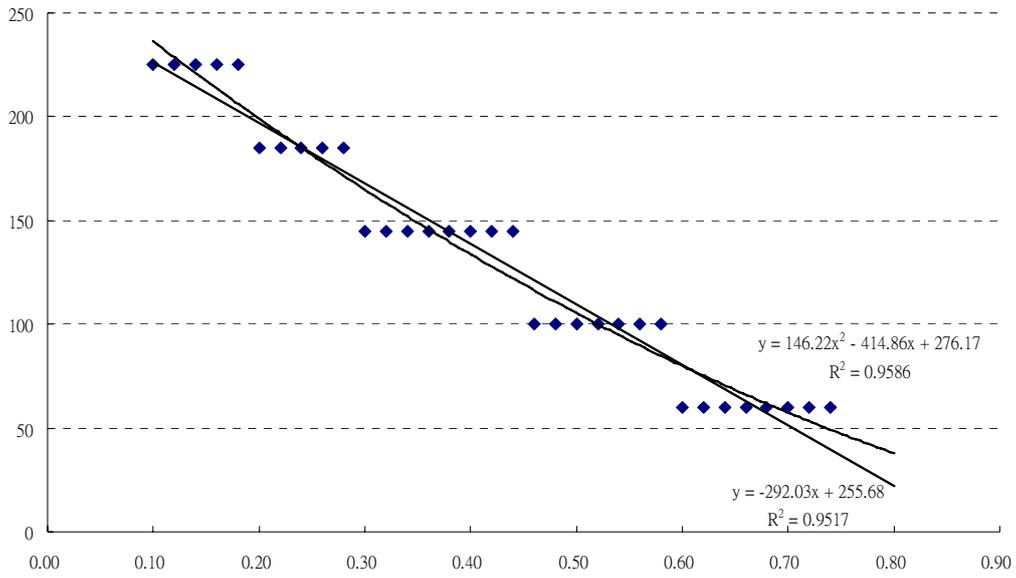


圖 2. 7新 AWSG 基準以一次與二次連續方程式來規範的情形

第三章 辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠 修正之研究

第一節 資料蒐集、文獻分析

壹、 國外辦公建築節能法令概要

1. 美國的 DOE-2 Standard

美國對於辦公建築的建築節能規範以 ASHRAE Standard 為準，ASHRAE Standard 對於四樓以上大型建築物設有耗能量審查制度，其審查程序首先必需滿足基本之外殼性能（R 值、窗面 U 值、遮陽性、氣密性）及空調、熱水、照明、電力性能條件，然後再自由選擇 A、B 兩種方法來檢核耗能設計。A 法稱為逐項檢討法（Prescriptive Path），是採用輔助程式 ENVSTD 以簡易的外殼、空調、照明、熱水、電力之單項基準直來查核，B 法稱為能源價值法（Energy Cost Budget），則採用動態耗能解析程式（如 DOE-2 程式）來直接解析其耗能量與經濟支出。

辦公類在 ASHRAE90.1 之歸類係非住宅類之區分，可參考熱濕氣候 ZONE1 與 ZONE2 之住宅外殼規範與台灣規範對照（如圖 3.1 與表 3.1-表 3.4），其中可以發現 ASHRAE 除了針對不同之建築構造規範屋頂、外牆、與土壤接觸樓板、樓板與門窗之 U 值與 R 值，門窗部位因為是空調區與非空調區之阻隔物，因此也納入規範，此外還加入了平均最大日光輻射取得率（SHGC），藉以控制垂直與水平面（天窗）不同開口率，當開口率增加時，須以其他手法削減進入之室內熱能，以免造成空調龐大負荷。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
 子計畫二：辦公建築開窗通風性能研究對 ENVLOAD 基準優會修正之研究

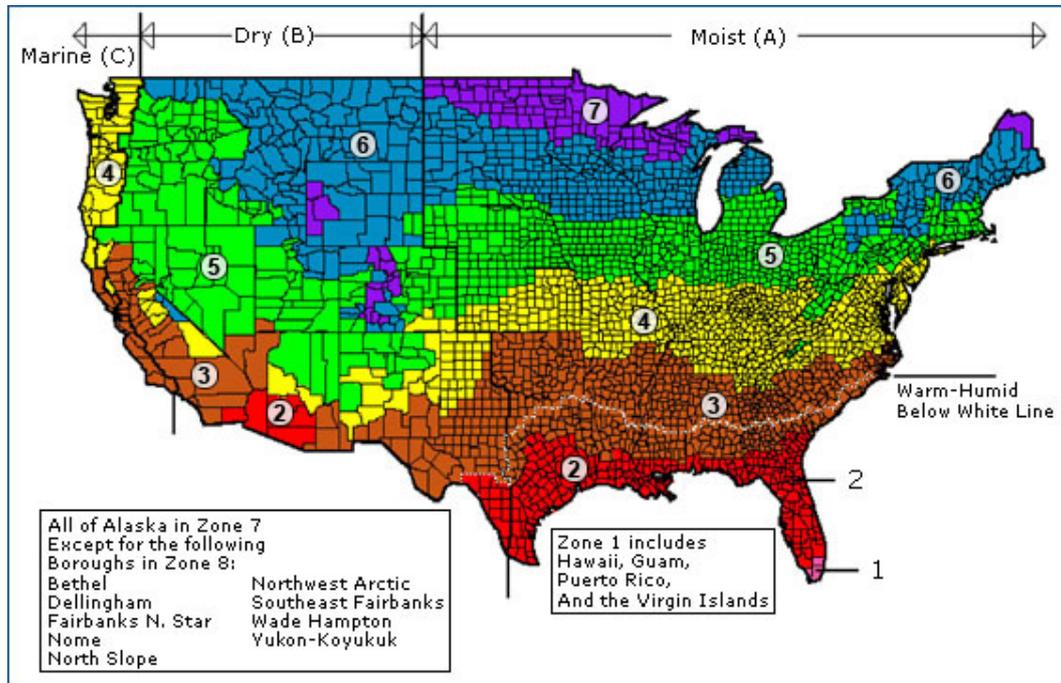


圖 3. 1ASHRAE90.1 所劃分的氣候區

資料來:ASHRAE90.1 Figure.B-1

表 3. 1ASHRAE90.1 所劃分的氣候區定義表

TABLE B-4 International Climate Zone Definitions

Zone Number	Name	Thermal Criteria
1	Very Hot – Humid (1A), Dry (1B)	9000 < CDD50°F
2	Hot – Humid (2A), Dry (2B)	6300 < CDD50°F ≤ 9000
3A and 3B	Warm – Humid (3A), Dry (3B)	4500 < CDD50°F ≤ 6300
3C	Warm – Marine	CDD50°F ≤ 4500 AND HDD65°F ≤ 3600
4A and 4B	Mixed – Humid (4A), Dry (4B)	CDD50°F ≤ 4500 AND 3600 < HDD65°F ≤ 5400
4C	Mixed – Marine	3600 < HDD65°F ≤ 5400
5A, 5B and 5C	Cool– Humid (5A), Dry (5B), Marine (5C)	5400 < HDD65°F ≤ 7200
6A and 6B	Cold – Humid (6A), Dry (6B)	7200 < HDD65°F ≤ 9000
7	Very Cold	9000 < HDD65°F ≤ 12600
8	Subarctic	12600 < HDD65°F

資料來源:ASHRAE90.1 Figure.B-4

表 3. 2ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE1 非住宅建築物之規範

TABLE 5.5-1 Building Envelope Requirements For Climate Zone 1 (A,B)

不透光原件	非住宅類	
	平均最大U值	最小熱阻系數R值
屋頂		
一體隔熱	U-0.357	R-15.0 ci
輕鋼構建築	U-0.368	R-19.0
有閣樓與其它類建築	U-0.193	R-30.0
外牆,地面上		
RC或磚造建築	U-3.291	NR
輕鋼構建築	U-0.641	R-13.0
鋼構建築	U-0.703	R-13.0
木構與其它類建築	U-0.505	R-13.0
外牆,地下下		
一體隔熱	C-1.140	NR
樓板		
RC或磚造	U-1.827	NR
鋼桁架	U-1.986	NR
木構與其它類	U-1.6	NR
與土壤接觸之樓板		
未加熱	F-0.730	NR
加熱	F-1.020	R-7.5 for 12 in.
開口部		
可開啟	U-3.972	
不可開啟	U-8.22	
開口率	平均最大U值 (修正過)	平均最大日光 輻射取得率 (原始數據)
垂直面玻璃佔牆面積比例		
0%-10%	U _{fixed} -1.22 SHGC _{all} -0.25 U _{oper} -1.27 SHGC _{north} -0.61	
10.1%-20%	U _{fixed} -1.22 SHGC _{all} -0.25 U _{oper} -1.27 SHGC _{north} -0.61	
20.1%-30%	U _{fixed} -1.22 SHGC _{all} -0.25 U _{oper} -1.27 SHGC _{north} -0.61	
30.1%-40%	U _{fixed} -1.22 SHGC _{all} -0.25 U _{oper} -1.27 SHGC _{north} -0.44	
40.1%-50%	U _{fixed} -1.22 SHGC _{all} -0.19 U _{oper} -1.27 SHGC _{north} -0.33	
天窗控制,玻璃天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.98 SHGC _{all} -0.36	
2.1%-5%	U _{all} -1.98 SHGC _{all} -0.19	
天窗控制,壓克力天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.90 SHGC _{all} -0.34	
2.1%-5%	U _{all} -1.90 SHGC _{all} -0.27	
天窗未控制,全部天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.36 SHGC _{all} -0.36	
2.1%-5%	U _{all} -1.36 SHGC _{all} -0.19	

資料來源:整理自 ASHRAE90.1 Table5.5-1

表 3.3 ASHRAE90.1 針對氣候區 ZONE2 非住宅建築物之規範

TABLE 5.5-2 Building Envelope Requirements For Climate Zone 2 (A,B)

不透光原件	非住宅類	
	平均最大U值	最小熱阻系數R值
屋頂		
一體隔熱	U – 0.357	R-15.0 ci
輕鋼構建築	U – 0.368	R-19.0
有閣樓與其它類建築	U – 0.193	R-30.0
外牆,地面上		
RC或磚造建築	U – 3.291	NR
輕鋼構建築	U – 0.641	R-13.0
鋼構建築	U – 0.703	R-13.0
木構與其它類建築	U – 0.505	R-13.0
外牆,地下下		
一體隔熱		NR
樓板		
RC或磚造	U – 0.777	R-4.2 ci
鋼桁架	U – 0.295	R-19.0
木構與其它類	U – 0.289	R-19.0
與土壤接觸之樓板		
未加熱	F-0.730	NR
加熱	F-1.020	R-7.5 for 12 in.
開口部		
可開啟	U – 3.972	
不可開啟	U – 8.22	
開口率	平均最大U值 (修正過)	平均最大日光 輻射取得率 (原始數據)
垂直面玻璃佔牆面積比例		
0%-10%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
10.1%-20%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
20.1%-30%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
30.1%-40%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.25 SHGC _{north} -0.61
40.1%-50%	U _{fixed} -1.22 U _{oper} -1.27	SHGC _{all} -0.17 SHGC _{north} -0.44
天窗控制,玻璃天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.36
2.1%-5%	U _{all} -1.98	SHGC _{all} -0.19
天窗控制,壓克力天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.39
2.1%-5%	U _{all} -1.90	SHGC _{all} -0.34
天窗未控制,全部天窗佔屋頂比例		
0%-2%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.36
2.1%-5%	U _{all} -1.36	SHGC _{all} -0.19

資料來源：整理自 ASHRAE90.1 Table5.5-2

表 3. 4ASHRAE90.1 R 值與 U 值換算表

TABLEA2.2 Assembly U-Factor for Roofs with Insulation Entirely Above Deck	
Rate-R-Value Insulation Alone	Overall U-Factor for Entire Assembly (w/m ² k)
R-0	7.275
R-1	3.189
R-2	2.043
R-3	1.504
R-4	1.186
R-5	0.982
R-6	0.834
R-7	0.732
R-8	0.647
R-9	0.579
R-10	0.528
R-11	0.482
R-12	0.443
R-13	0.414
R-14	0.386
R-15	0.357
R-16	0.340
R-17	0.318
R-18	3.007
R-19	0.289
R-20	0.272
R-21	0.261
R-22	0.250
R-23	0.238
R-24	0.227
R-25	0.221
R-26	0.210
R-27	0.204
R-28	0.199
R-29	0.193
R-30	0.182

R-35	0.159
R-40	0.142
R-45	0.125
R-50	0.113
R-55	0.102
R-60	0.091

資料來源：整理自 ASHRAE90.1 Table A2.2

2. 加拿大辦公建築節能法令概要

加拿大「新建建築物的節約能源法」，對於非住宅用建築（室內用電密度在 25W/m² 以上者）之節能設計規範如下表所示，分別制定每個建築部位(component)的熱性能。加拿大對牆壁、窗、門、屋頂等建築物外面構造的表示法，全部用熱阻係數 R [m².°C/W] 來標示。這 R 值剛好是上述美國表示法 U 值的倒數，同樣是表示熱流通過牆面的難易程度。加拿大也依照各地的「暖房度日」大小，對各部位規定了不同的 R 值。也就是在愈冷的地方，對建築物的 R 值加以愈嚴格的限制。

表 3.5 加拿大最小 R 值基準[第 2 類建築(非住宅)用]

最小熱阻係數 R[m ² .°C/W]				
建築物各部位	最大暖房度日(Degree Days)			
	< 3500	5000	6500	> 8000
臨接外氣或非暖氣空間的壁面 (除了基礎以外的地上部份)	1.9	2.5	3.0	3.4
臨接外氣或非暖氣空間的基礎部的壁面	1.6	1.6	1.6	1.6
臨接外氣或非暖氣空間的屋頂、天花面				
(a)可燃構造時	3.6	4.7	5.6	6.4
(b)不燃構造時	1.9	2.5	3.0	3.4
臨接外氣或非暖氣空間的地板				
(a)可燃構造時	3.6	4.7	4.7	4.7
(b)不燃構造時	1.9	2.5	3.0	3.4
地平面起 60cm 以內的無鋪面外圍部份地板				
(a)樓板下鋪有暖氣用的管道、配管、電熱線時	0.8	1.3	1.7	2.1
(b)不包括在(a)的其他部份	0.8	0.8	1.3	1.7

3. 德國的全年耗能量 Q_p 規範

2007 年德國關於非住宅建築採用直接計算全年耗能量 Q_p (kWh/a) 的計算方式，來規定最大耗能量基準，其公式如下所示：

$$\begin{aligned} Q_p = & \text{暖氣及熱風設備全年耗能量 } Q_{p, h} \\ & + \text{冷氣及冷風設備全年耗能量 } Q_{p, c} \\ & + \text{蒸氣供給設備全年耗能量 } Q_{p, m} \\ & + \text{熱水設備全年耗能量 } Q_{p, w} \\ & + \text{照明設備全年耗能量 } Q_{p, l} \\ & + \text{各設備輔助能源年耗能量 } Q_{p, aux} \end{aligned}$$

其中六項設備全年耗能量採用相當複雜的公式來計算，其計算變數除了建築外殼熱性能因子之外，還包括機械設備變數的諸多規範，其全年耗能量 Q_p 雖然十分周全，但恐非建築師與建築主管機關所能掌握與管理。

4. 日本的 PAL 與 CEC

1980 年日本就直接採用辦公建築全年耗能量 PAL (外周區全年熱負荷量係數)，來訂定辦公建築外殼節能設計基準。在這基準中，規定 2000m² 以上的事務所建築物外周圍部份(Perimeter Zone)，每年每 m² 的熱負荷量不能超過某一空調熱負荷的標準。經 1985、1991 到 1999 年，日本也陸續公佈了百貨商場、旅館、醫院、學校、餐廳共六類建築物的 PAL 設計基準如表 3.11 所示。台灣的 ENVLOAD 指標與日本的 PAL 指標十分類似，都是一種直接計算其空調耗能量的指標。除了 PAL 做為建築外殼節能指標之外，日本另外發展空調、照明、通風、熱水、電梯等建築設備系統效率的 CEC 設計基準如表 3.11 所示，可說是目前最完備的節能設計指標系統。關於建築空調設備系統綜合效率目前在台灣有成大建研所發展效率指標 PACS 規範草案，但可惜尚未被台灣政府納入法令執行。

表 3.6 1999 年日本非住宅類建築節能設計基準

節能指標	旅館	醫院	百貨商場	辦公廳	學校	餐廳
外殼年熱負荷係數 PAL	420	340	380	300	320	550
空調設備系統效率 CEC/AC	2.5	2.5	1.7	1.5	1.5	2.2
通風設備系統效率 CEC/V	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	1.5
照明設備系統效率 CEC/L	1.0	1.0	1.0	1.0		
熱水設備系統效率 CEC/HW	1.5	1.7	1.7	-	-	-
電梯設備系統效率 CEC/EV	1.0	-	-	1.0	-	-

單位：PAL 為 MJ/(m².年)，其他為無單位

5. 中國公共建築節能設計標準

中國於 2005 年頒佈「公共建築節能設計標準」，其中對於與台灣氣候相近的夏熱冬暖地區（華南地區）的外殼節能設計規範如表 3.7 所示。此法規顯示對於越大的開窗面積，規定越嚴格的傳熱係數與遮陽係數。

表 3.7 夏熱冬暖地區建築外殼傳熱係數和遮陽係數限值

維護結構部位		傳熱係數 K W/(m ² · K)	
屋面		≤ 0.90	
外牆(包括非透明幕牆)		≤ 0.15	
底面接觸室外空氣的架空或外挑樓板		≤ 1.5	
外窗(包括透明幕牆)		傳熱係數 K W/(m ² · K)	遮陽係數 SC (東、南、西向/北向)
單一朝向 外窗(包 括透明幕 牆)	窗牆面積比 ≤ 0.2	≤ 6.5	-
	0.2 < 窗牆面積比 ≤ 0.3	≤ 4.7	≤ 0.50/0.60
	0.3 < 窗牆面積比 ≤ 0.4	≤ 3.5	≤ 0.45/0.55
	0.4 < 窗牆面積比 ≤ 0.5	≤ 3.0	≤ 0.40/0.50
	0.5 < 窗牆面積比 ≤ 0.7	≤ 3.0	≤ 0.35/0.45
屋頂透明部分		≤ 3.5	≤ 0.35/0.45

註：有外遮陽時，遮陽係數=玻璃的遮陽係數 x 外遮陽的遮陽係數；無外遮陽時，遮陽係數=玻璃的遮陽係數。

貳、 我國辦公建築節能法令概要

我國對於辦公建築，採用建築外殼耗能量 ENVLOAD 指標，作為外殼節能設計的依據。所謂 ENVLOAD，即為 Envelope Load 的簡稱，意指為了維持健康、舒適的室內熱環境，臨接窗、牆、屋面、開口等外周區空間，在全年中的冷房顯熱熱負荷量。我國的規範對於 ENVLOAD，以簡單的一次方程式來計算精確的空調耗能量，其簡算式的形式如下：

$$ENVLOAD = a_0 + a_1 \times \frac{G}{\text{室內熱}} + a_2 \times \frac{L}{\text{隔熱性能}} \times \frac{DH}{\text{溫度差}} + a_3 \times \left(\frac{\sum Mk}{\text{日射取得係數}} \times \frac{IHk}{\text{日射量}} \right) \text{-----(1)}$$

隔熱性能

$$L = \left(\frac{\sum U_i \times A_i + 0.5 \times \sum U_i' \times A_i'}{\text{(空調區外殼) (非空調區外殼)}} \right) \div AFp + La \text{-----(2)}$$

(空調區外殼) (非空調區外殼) 外氣換氣熱損失 (常數)

日射取得係數

$$Mk = \left[\left(\frac{\sum K_i \times \eta_i \times A_i}{\text{(空調區玻璃日射透過率部分)}} + \frac{0.035 \times \sum U_i \times A_i}{\text{(空調區實牆日射透過率部分)}} \right) + 0.5 \times \left(\frac{\sum K_i \times \eta_i \times A_i'}{\text{(非空調區玻璃日射透過率部分)}} + \frac{0.035 \times \sum U_i \times A_i'}{\text{(非空調區實牆日射透過率部分)}} \right) \right] \div AFp \text{--(3)}$$

其中

ENVLOAD：建築外殼耗能量 [Wh / (m²-fl-area · yr)]

L：外殼熱損失係數 [W / (m²-fl-area · K)]

Mk：k 方位外殼面的日射取得係數〔－〕

G：全年室內發散熱量〔Wh／(m²-fl-area·yr)〕

DH：當地之"冷房度時"或"暖房度時"〔K·H／yr〕，

冷、暖房度時以基準溫度 23、20℃ 為計算標準

IHk：當地k方位外殼面之"冷房日射時"或"暖房日射時"〔Wh／(m²·yr)〕，

冷、暖房日射時以基準溫度 23、20℃ 為計算標準

a₀：常數〔Wh／(m²-fl-area·yr)〕，見「表 3.8」

a₁、a₂、a₃：偏回歸係數，見「表 3.8」

表 3.8 現行 ENVLOAD 計算公式各項係數表

建築類型	空調時間	冷暖房	常數	偏回歸係數			重相關係數
			a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	
旅館之客房部分 醫院之病棟部分 醫院之急症區部分	24小時系統 0:00~24:00	冷房	-20947	0.250	-0.054	1.127	0.86
		暖房	2291	0.068	0.954	-0.636	0.95
百貨商場、餐廳類建築物及其他複合建築物之商店、餐廳部分	12小時系統 10:00~22:00	冷房	-10070	1.713	0.413	1.457	0.91
		暖房	22756	-1.351	1.105	-0.457	0.86
辦公廳類建築、醫院之門診、複合建築內類似辦公之部分	10小時系統 8:00~18:00	冷房	-20370	2.512	-0.326	1.079	0.88
		暖房	14208	-1.493	1.484	-0.423	0.92
夜總會、歌廳、酒吧等娛樂場所及其他複合建築物之娛樂部分	6小時系統 18:00~24:00	冷房	-21093	1.523	0.309	0.911	0.89
		暖房	13173	-0.657	1.935	-0.573	0.94

公式(1)中雖然有兩個氣象變數 Dh、IHk，以及三個建築設計變數 G、L、M，但是其中的 DH、IHk 與 G 均為常數，由規範可輕易查得，不必另行計算。也就是說，建築從業者只要依照規範所列公式，就可輕易算出 L（外殼隔熱變數）與 M（日射遮蔽變數），就完成上式

ENVLOAD 的計算。公式(1)中之 $L \times DH$ 與 $Mk \times IHk$ 兩項變數，就是「內外溫差」與「日射」所引起的熱流量，是構成空調負荷的最基本因子。說穿了，建築外殼的節能設計，只是一種控制外殼「內外溫差熱得的隔熱性能」和「日射熱得遮陽性能」的技術而已。在 ENVLOAD 公式中，由於日射量變數 IHk 遠大於溫度差變數 DH ，因此建築外殼的遮蔽變數 M 對 ENVLOAD 的影響力，顯然遠比隔熱變數 L 來得大，這就是為何外殼遮陽因子遠比隔熱因子重要的原因的。所謂建築節能設計，也只不過是調整方位、開口、玻璃、隔熱、遮陽等外殼變數，使其符合節能的要求（使 ENVLOAD 的計算值下降）而已。

此外，我國的節能法規規定，「建築外殼」的計算範圍，是從建築外皮起算到距外皮 5.0M 以內的外周區(perimeter zone)範圍，5.0M 以上的內部區不在 ENVLOAD 計算範圍內，惟接鄰外氣的頂樓及撐高之底樓，全部視為外周區而列入計算範圍。在學理上，外周區域是被認為是受外界氣候影響空調耗能量的範圍，其他內部區的耗能量只受內部發散熱影響，與外殼設計無關。

第二節 辦公建築自然開窗通風性能之探討

壹、通風對辦公建築節能之重要性

通風設計是建築節能的第一步，尤其對於規模較小的住宿類建築以及辦公建築，通風設計是很有潛力的節能手法。通風設計必須依賴充足的風力條件來實現，但由於風力是不穩定的地方氣候因素，因此必須因地方風力統計特徵而設計。熱濕氣候全年適於風力通風的時間比例約為 12~45%，假如能善用此通風條件，其居住環境大部分可依賴通風設計來達成舒適之要求。

對於絕大部分的建築物之通風計畫來說，設計一個通風良好的建築平面是最重要的。基本上縱深過大的建築平面是不利於通風的，我

們從建築平面的形狀即可大略判斷其通風之潛力。一般而言，單邊開窗之空間縱深超過 6 米、雙邊開窗之空間縱深超過 12 米即不利於自然風力通風。通常 12 米通風極限的住宅深度，還可以在中間勉強配置一間機械通風的浴廁後成為 14 米。14 米深度通常就是良好通風建築的極限，超出 14 米深的建築物必須長期依賴空調換氣設備方可維持其機能，非常不適於自然通風之建築設計。

空調設備未發明前，過去的建築師們，會小心翼翼地利用凹凸平面與中庭，把辦公大樓的深度控制在 14 公尺以下，以利自然通風採光。即使在建築空調發展之初，大部分的空調型辦公建築的寬度還是維持在 14 公尺以下，以保有自然通風採光的潛力。例如 1928 年美國最高的全空調大樓，德州 San Antonio 的 21 層 Milam 辦公大樓，就採用當時最流行的 C 形平面來設計，幾乎每間辦公空間均保有良好的開窗視野（圖 3.2）。

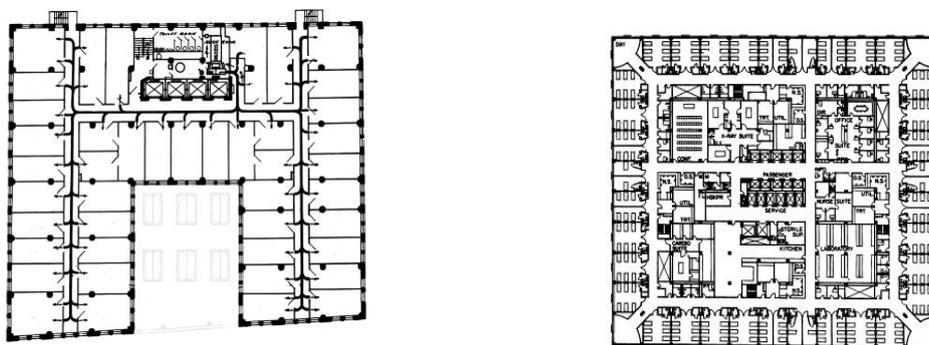


圖 3. 2右圖為可通風間歇空調的平面與不可通風的全空調平面

隨著空調技術的提升與建築空間大型化、集中化的要求，許多業主開始放棄通風採光的優點，並建造與自然隔絕的大方盒子辦公建築，如此走火入魔的人工化建築，已嚴重損害到建築應有的本質。最近一些辦公建築多被設計成集中形的玻璃方盒子，不但造成空調能源浪費，更增加居住環境的風險。2003 年亞洲的 SARS 風暴，特別喜歡襲擊大型密閉空調建築，才讓人體會到自然通風的建築設計，才是舒適

與健康的保障。

事實上，「深度低於 14 米」的原則不只適用於住宅類建築，也適用於大部分辦公建築。聞名全世界的綠色建築 ING 大樓的節能設計，就是徹底以自然通風採光設計的名作。它一改現在流行的格局方正大辦公平面設計，把平面做成綿延一公里長的不規則細長型建築。此棟所有辦公區的進深均維持在 7 米以內，以利自然採光通風，其僅僅 20% 之開窗面積就可提供 500Lux 以上的照明條件。它同時在開窗上設置自動控制的銀色反射百葉，將自然光反射至天花，並導入室內後方，使室內有均勻的晝光照度，以便在晝光充足時自動關燈來節約照明用電。

ING 大樓的通風採光設計，免除了龐大的空調設備，成為世界上頂尖的超節能建築，其耗電密度只有 $111\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{yr})$ ，僅為荷蘭公共建築平均耗電量 $500\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{yr})$ 的 22.2%，亦低於亞熱帶氣候台灣辦公大樓之平均耗電量 $151\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{yr})$ ，可見其節能之功效。通常歐洲的大型辦公建築在冬天必須有暖氣設備外，在夏天也需設置中央空調系統以應付日益升高的室內發熱量，唯有 ING 大樓以全面通風採光方式來取消空調設備。它不但是一座獨步全球的超節能大樓，更是一座徹底人性化、自然化的綠色建築。

事實上在泛亞熱帶與溫暖氣候的辦公建築，更應該以細長平面的自然通風採光設計來降低空調的依賴度，其秘訣還是在於「深度低於 14 米」的平面設計。「深度低於 14 米」的辦公大樓，在亞熱帶氣候到溫暖氣候有三個月至半年時間可以停止空調運轉，全年可節約四成以上空調用電或兩成以上的總用電量。例如圖 3.3 所示之台灣政府辦公建築用電統計中發現，以細長平面與個別空調系統設計之辦公建築的平均總用電量，僅為中央空調辦公建築的八成而已（空調用電量可能僅為六成），這就是在秋冬停止空調所達成的節能效果。然而，目前的辦公建築平面設計日漸巨型化，而陷入全年依賴機械空調的深淵，顯然是對地球環保的一大傷害。

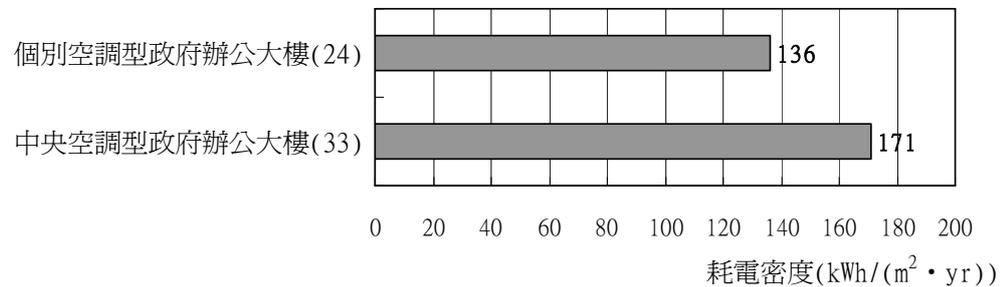


圖 3.3 中央空調型政府辦公建築與半自然通風型政府辦公建築總耗電量相差二成以上

貳、開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究

我國採用建築外殼耗能量 ENVLOAD 指標，作為對於辦公建築外殼節能設計的依據，目前已收到良好成效。然而，目前的 ENVLOAD 指標計算是以全年空調為前提的基準，對於許多小型辦公建築在冬季與春秋不空調而開窗通風的間歇空調方式並無考慮，亦即對於部分通風減少空調之評估不足，因此必須研擬開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之必要。

在泛亞熱帶與溫暖氣候的辦公建築在涼爽季節，採用通風停止空調之條件，在於細長平面的自然通風設計，其秘訣在於深度淺的平面設計。深度淺的辦公大樓，在亞熱帶氣候到溫暖氣候有三個月至半年時間可以停止空調運轉，全年可節約四成以上空調用電或兩成以上的總用電量。例如前圖所示之台灣政府辦公建築用電統計中發現，以細長平面與個別空調系統設計之辦公建築的平均總用電量，僅為中央空調辦公建築的八成而已（空調用電量可能僅為六成），這就是在秋冬停止空調所達成的節能效果。

因此本研究提出以自然開窗減少空調建築耗能之研究，實驗將透過 TMY2 氣候資料與大型空調負荷模擬程式輔助 DOE-2，決定空調主機可停機之氣候條件，並過濾出各地氣候區空調主機之啟停季節，

如圖 3.4 所示，台北市自 1 月 1 號至 12 月 31 號全年逐時氣溫之折線圖，可知氣候乃一不穩定的變動條件，但透過氣溫資料的篩選可在氣溫較低的秋冬兩季選擇空調主機連續停機之時機，然後以 DOE-2 進行動態解析模擬時在空調停機之季節將空調主機與風扇關閉，並以空調主機關機前後的建築外周區顯熱負荷做比較，便可得知關閉空調主機後的耗能量比例；然而 DOE-2 是以電腦計算與精密分析之動態解析軟體，建築 ENVLOAD 外殼顯熱評估法乃簡化後可快速計算外周區顯熱負荷之公式，相較之下兩者皆可計算外殼顯熱負荷，但後者是前者修正後較簡易的計算方式，所以用 DOE-2 模擬空調主機停機的省能比例可以套用到建築 ENVLOAD 公式，做為辦公建築自然通風優惠係數之因子。

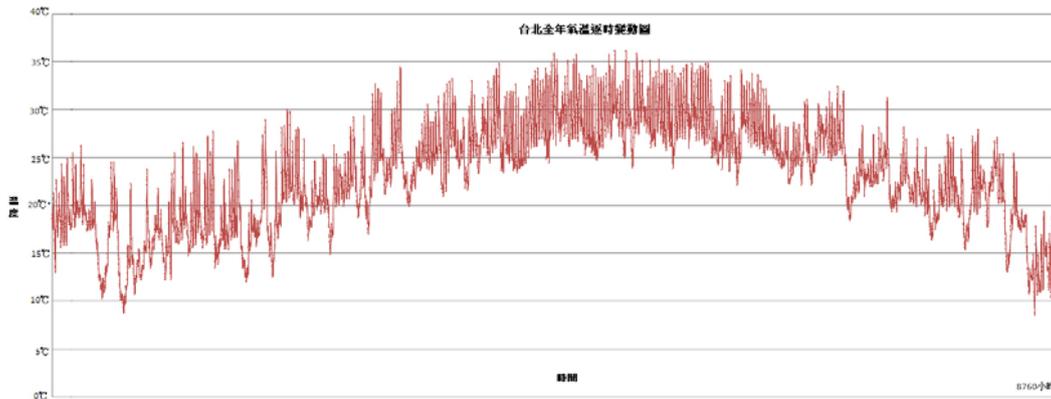


圖 3.4 台北市全年氣溫變動圖

不過辦公建築自然開窗通風之條件仍有一些限制，首先是一般中央空調型建築物之內外周區比例，因為過去使用中央空調之建築設計是以機械手段控制室內環境的角度思考，而沒有考量到自然通風換氣之平面設計，倘若建築量體設計成龐然大物時內部便不符合單面開窗六米進深可自然通風換氣以雙面開窗時 12 米進深可自然通風的限制，且理論上外周區比例較大之建築物在空調主機停機時可採取自然通風換氣的區域較大，省能效果越顯著；再者如何引進足夠之新鮮外氣量，以平衡日照幅射熱、人員、照明與室內之機具熱能，並維持室內環境在舒適之範圍則需要謹慎評估建築開口率與導風設計，若建築物之開

口率與導風設計不良，則辦公建築開窗通風節能之美意便打了折扣，於是本研究建議以下列公式，除了以 DOE-2 模擬空調停機之耗能折減因子之外，加入了外周區比 γ 與可開窗面積比 ϕ ，來對 ENVLOAD 採取優惠修正計算如下：

$$\text{ENVLOAD}' = \text{ENVLOAD} \times \text{可停空調優惠係數 } \beta$$

此外周區比 γ 與可開窗面積比 ϕ 所需之數據在原有 ENVLOAD 計算中已具備九成之數據，並增加不了 3% 之計算量，但對一些通風性能良好的辦公建築可以給予正確的優惠評估。

第四節 研究方法與工具

在進行本研究前，本節須先說明研究之流程步驟以及介紹使用的研究工具，並且說明實驗模擬樣本的設定條件以利日後研究之進行。

壹、 研究流程

本次實驗之流程圖可見圖 3.5 說明

1. 確立實驗動機目的

首先是確立辦公建築在台灣之秋冬兩季氣候較不嚴熱之時，可關閉空調主機系統，以開窗引進外氣自然通風，一樣可以塑造舒適良好之室內環境，並且有助於節約能源，然而現行中央空調型建築物須通過審查的外殼節能設計規範 ENVLOAD 計算公式，只針對全年使用空調之建築物評估，但以台灣之氣候條件來看，採取自然通風之手法不但可以達到節省能源、減少空調開支與響應京都議定書減少二氧化碳排放等多重目標，故提出研擬修正 ENVLOAD 係數之構想

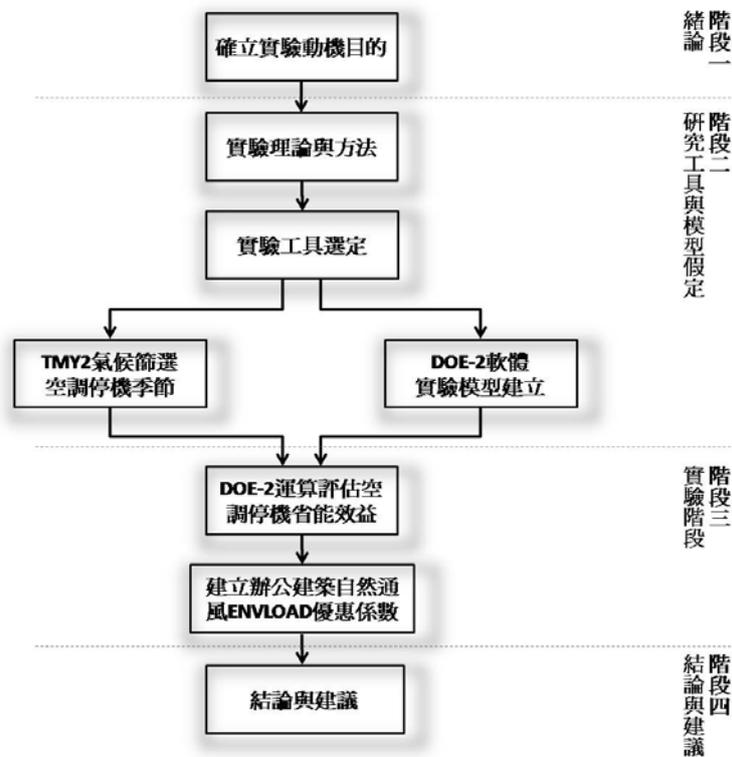


圖 3. 5 研究流程圖

2. 實驗理論與方法

外殼節能設計規範 ENVLOAD 公式其實可歸納為空調動態解析模擬程式推算建築外殼顯熱負荷之簡算式，既然其估算原理可相通，因此回歸實驗的原理，可採相關之空調動態解析模擬軟體，把原本空調可停機季節之逐時外周區顯熱負荷以動態模擬扣除，其所剩下空調主機運轉時消耗的能量便是外周區顯熱負荷，故求得空調主機停機後之外周區耗能除以空調主機停機前之外周區顯熱負荷耗能之比值，其比值可適用在外殼節能設計規範 ENVLOAD 公式，此手法可以說是以倒推之方式，在不變更既有之外殼節能設計規範 ENVLOAD 公式推算出外周區之全年耗能量，再衡量建築之內外周區比與開口率大小以評估 ENVLOAD 的自然通風利用性，以決定 ENVLOAD 優惠寬係數。

3. 實驗工具選定

本次實驗所採用的空調耗能動態解析軟體是 e-Quest，此乃

DOE-2 適用於 windows 介面之軟體，係美國能源部〈U. S. Department of Energy〉認定之權威程式，也是廣受冷凍空調專家廣泛使用建築空調耗能經濟性分析，而執行程式除了需要依據相關文獻設定實驗因子之外，更重要的是取得建築物所在區域之氣候條件資料，而 e-Quest 之氣候條件報表是採取 TMY2 (Typical Meteorological Years) 格式建立之語法，除了美國冷凍空調協會可免費下載世界各城市已完成之 TMY2 氣象資料外，台灣地區之資料可向中央氣象局購買自 1993-2002 年之統整資料，如此便可進行建築空調耗能動態解析。

4. 假設因子決定

分別取得進行動態模擬軟體所需之假設實驗條件，首先是將 TMY2 資料整理出所有工作日之平均氣溫，選擇低於設定空調主機停機溫度之季節，此為模擬條件之一，接下來便是交代動態模擬程式所需要輸入的相關因子，諸如建築因子有：座向、建築量體的長寬高條件、開窗率、外殼遮陽與隔熱性能等；設備系統則是決定空調主機系統一次側與二次側設定、空調時段、人員負荷、照明與機械所產生之熱負荷等多項條件。

5. 實驗模擬

以 e-Quest 模擬軟體運算不同座向因子之模型耗能比，輸入不同空調主機停機溫度之空調停機季節，在北中南三種氣候區條件下的外周區顯熱負荷在空調停機前後之比值，並統整成表格。

6. 辦公建築開窗通風效益對 ENVLOAD 優惠係數的決定

在完成實驗模擬後取得座向、空調停機季節改變與三種氣候區操縱因子改變耗能比例的係數，再加上考量內外周區比例可鄰接外氣採用自然通風區域之比例，還有如何引進充足之新鮮外氣至室內進行熱交換等因素，便可決定辦公建築開窗通風效益對 ENVLOAD 優惠係數。

7. 結論與建議

針對辦公建築開窗通風效益對 ENVLOAD 優惠係數可獲得之成效解說，並且提出對國家政策上發展應用的影響，以及思考實驗是否仍有

可持續改進之處。

貳、 研究工具

1. DOE-2 空調負荷動態解析軟體

DOE-2 系列程式屬於大型動態空調負荷計算機程式，為現今世界上數種常用建築物耗能評估工具之一。此系列程式是由美國 Lawrence Berkeley National Laboratory、Hirsch & Associates、Consultants Computation、Los Alamos national laboratory、Argonne National Laboratory and University of Paris 等單位共同開發，並受到美國能源部〈U.S. Department of Energy〉的支持。DOE-2 系列程式最早的 DOE-2 版本是批次導向的程式，第一次改版為 DOE-2.1E，此版本稍有瑕疵，而經第二次改版後的 DOE-2.2 則有大幅的改善。

而後在美國能源部〈U.S. Department of Energy〉和電力研究院的資助下，由美國勞倫斯伯克利國家實驗室〈LBNL〉、Hirsch & Associates 共同開發出軟體，此軟體內建有 DOE-2.2 之模擬引擎，並將輸入建築描述的方式更新為 Windows 介面，並非以往程式語言輸入方式，此舉不但利於使用者操作，更因其提供 3-D 輔助畫面，易於檢視輸入有無謬誤，可減少模擬初期即出現錯誤之情況產生。

DOE-2 具有四個不同模擬功能的子程式，其分別作用如下：(1) Load 子程式---計算使用者所輸入之建築空調空間、逐時的顯熱與潛熱負荷；(2) System 子程式---主要處理空調系統的二次側系統；(3) Plant 子程式---計算鍋爐、冰水主機、冷卻塔、儲冷槽等設備之性能以及其設備量；(4) Economics 子程式---計算能源的使用成本，以供未來作經濟效益分析之用。使用 DOE-2 此類大型的評估軟體，可以同時計算建築物外殼條件、建築使用模式、空調設備運轉條件、通風換氣量、間隙風、內部發散熱等資料，其最小計算時間以一小時為單位，可做一年 8760 小時之逐時計算，故謂之動態模擬解析軟體。

2. 建築模擬用氣象資料〈TMY2〉平均氣象年

建築模擬用氣象資料 TMY2 (Typical Meteorological Years) 是長期氣候之統計資料，內含全年 8760 小時連續之氣候資料，再經過篩選剔除不適合之氣候資料後，便獲得合理之常態氣候條件，可做為長期氣候之代表資料之依據，其中包含了執行 DOE2 所必須具備之乾球溫度、濕球溫度、露點溫度、絕對溼度、相對溼度、法線面直達日射量、水平面天空日射量、水平面全天日射量、雲量、風向與風速等 10 項氣候資料，如此便能夠搭配 DOE-2 以動態解析中央空調型建築物全年空調耗能量；本研究所採取之 TMY2 資料乃由成功大學建築研究所以中央氣象局 1993 年至 2002 年之實測氣象資料統計而成。

第五節 實驗內容

壹、整理 TMY2 資料

我國中央空調型建築之節能設計工具 ENVLOAD 公式乃由台北市、新竹市、台中市、花蓮市、台南市、台東市與高雄市地區之長期氣候資料所歸納出之外殼熱負荷推算公式，並將台灣初步畫分為北中南三個氣候區(圖 3.6)，係因為氣候區內之氣候條件較類似，故本次 ENVLOAD 自然通風系數修正挑選台北、台中與高雄三個都會區作為各氣候區代表樣本，先取得台北、台中與高雄等三個城市之 TMY2 氣象資料以進行解析。

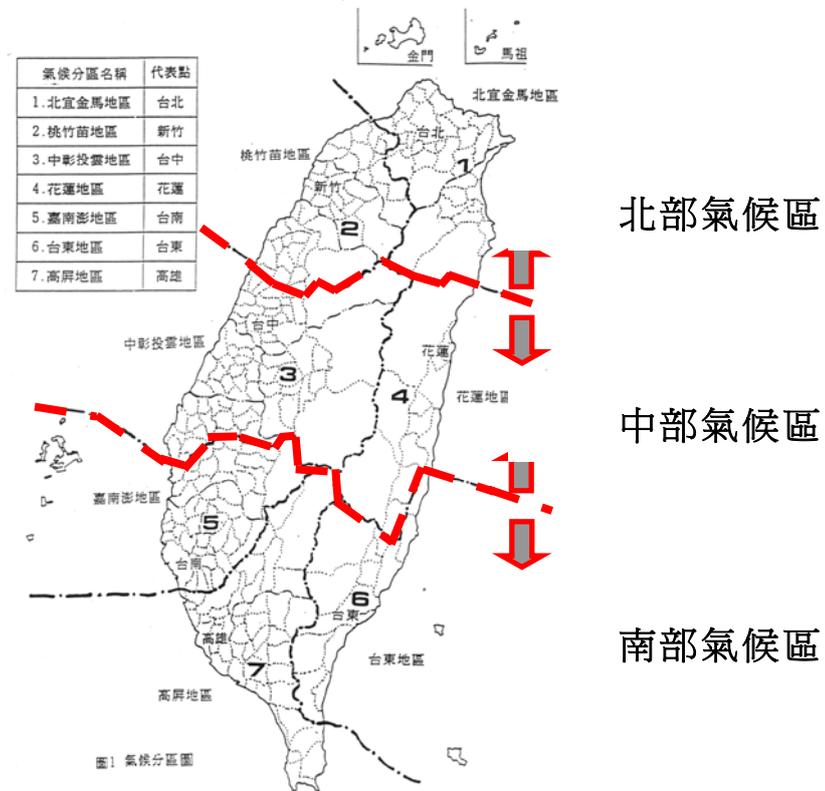


圖 3. 6 台灣地區 ENVLOAD 氣候分區圖

資料來源: 建築節約能源設計技術規範

因為建築節能法令 ENVLOAD 中將辦公類建築歸納為十小時空調耗能建築物，其空調使用時段為周一至周五 8:00~18:00，周日與例假日不使用，而統計出建築外殼顯熱負荷量，於是在決定空調可停機日時須參考 ENVLOAD 所定義之工作時段，選取各都市上午八點至下午六點間之乾球溫度資料並將其取平均值做為該工作日之平均氣溫，統整完成之資料見表 3.9 至表 3.11；做為挑選空調停機季節啟停之基礎。

表 3. 9 台北工作時段平均氣溫

台北 TMY2 資料全年 8:00~18:00 時段平均溫度 單位:°C												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1 日	19.7	14.8	15.5	20.4	24.5	28.0	32.9	32.8	27.7	29.4	21.0	24.9
2 日	19.7	12.8	15.1	23.1	23.6	29.9	34.2	32.3	29.5	28.3	20.5	24.9
3 日	19.8	15.3	18.7	20.2	24.4	29.9	33.1	32.9	30.8	24.2	21.2	25.3
4 日	21.8	21.3	19.1	18.1	28.2	26.6	28.9	29.7	30.2	24.3	22.1	22.9
5 日	21.2	15.3	17.1	21.1	28.3	25.4	30.7	31.3	28.4	26.4	23.4	23.1
6 日	22.6	16.1	20.9	23.4	30.6	29.9	31.5	30.5	26.1	29.3	26.6	20.3
7 日	18.6	18.0	21.2	20.3	31.6	28.9	32.1	30.6	25.9	28.7	25.3	21.1
8 日	22.8	18.9	20.4	21.2	24.6	29.1	30.8	32.2	31.3	26.6	22.1	23.4
9 日	21.8	18.3	24.2	23.3	22.7	29.6	32.8	32.6	31.3	29.0	21.5	25.3
10 日	19.7	14.5	18.1	22.9	21.0	31.5	32.5	31.8	31.2	29.0	22.7	25.8
11 日	24.2	16.0	14.0	19.3	22.3	32.6	32.2	31.8	31.5	28.8	24.8	23.2
12 日	22.2	18.8	12.6	17.0	23.6	31.4	30.6	32.1	31.2	28.4	21.6	22.8
13 日	18.6	20.4	16.8	23.4	25.6	25.0	29.7	30.3	30.3	30.5	21.7	16.6
14 日	18.9	22.2	18.7	23.4	25.4	29.1	29.7	29.6	31.3	28.7	23.8	14.2
15 日	19.8	17.7	18.1	23.2	27.0	28.8	30.3	31.6	30.8	29.9	21.3	18.2
16 日	19.2	19.4	17.1	22.0	28.3	29.8	30.1	31.7	28.8	24.1	17.3	23.5
17 日	15.5	22.7	18.0	23.5	28.1	28.8	29.0	32.1	30.2	20.2	20.6	21.4
18 日	12.3	20.3	25.3	23.3	27.2	29.0	30.4	32.6	28.9	20.5	18.5	18.2
19 日	11.9	16.1	26.1	25.6	26.6	27.5	30.8	33.3	27.3	22.4	22.7	18.9
20 日	13.1	19.3	17.2	26.1	27.3	28.2	31.9	28.8	28.3	23.0	21.1	18.3
21 日	17.0	22.9	16.8	22.8	29.9	28.6	31.9	33.4	26.4	24.9	23.6	14.1
22 日	22.6	22.4	14.1	19.3	23.7	29.9	32.9	31.0	26.9	26.5	25.2	12.6
23 日	21.8	21.9	20.7	25.0	28.7	31.1	31.5	32.7	25.1	22.6	24.8	13.8
24 日	20.2	16.8	19.1	25.2	30.1	31.8	33.2	32.8	26.9	23.7	24.8	15.8
25 日	12.4	21.0	23.8	19.3	30.7	31.6	31.6	32.8	25.7	23.8	22.0	12.9
26 日	10.5	23.5	25.4	21.7	30.8	32.4	31.2	33.1	24.6	25.4	20.0	15.2
27 日	10.1	23.0	27.5	29.1	29.5	31.7	29.7	33.1	26.9	23.6	23.7	17.6
28 日	14.7	24.4	25.7	29.7	26.3	31.7	33.1	30.3	26.5	26.1	16.9	15.3
29 日	19.8	--	23.8	30.8	26.3	30.5	32.1	27.7	27.2	25.6	17.8	15.3
30 日	13.9	--	25.0	29.4	28.0	29.8	27.4	27.7	23.2	25.6	19.0	17.3
31 日	12.3	--	26.6	--	23.5	--	31.3	26.1	--	29.1	--	20.0

表 3.10 台中工作時段平均氣溫

台中 TMY2 資料全年 8:00~18:00 時段平均溫度 單位:°C												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1 日	22.9	19.3	17.0	26.5	26.8	29.7	31.7	30.5	30.9	30.5	26.2	24.4
2 日	23.1	14.1	15.9	27.7	23.1	30.6	31.9	32.5	27.2	28.3	23.4	25.3
3 日	21.7	19.0	20.8	23.2	24.1	30.7	29.6	31.5	30.2	29.4	25.0	26.4
4 日	20.3	19.9	20.3	22.0	26.4	30.8	28.5	26.1	30.3	28.8	26.7	26.9
5 日	22.7	23.4	20.7	21.6	28.0	31.0	32.6	26.8	29.9	29.8	26.9	25.6
6 日	24.1	24.2	21.0	26.5	28.0	29.8	29.7	26.4	28.6	30.3	27.4	26.9
7 日	22.1	21.1	24.1	26.8	27.9	29.3	30.5	27.2	26.5	28.0	26.8	26.6
8 日	21.3	19.8	22.2	26.8	28.1	30.6	29.2	29.3	31.5	26.2	25.6	18.0
9 日	24.0	19.8	28.5	26.2	27.5	31.0	29.3	30.3	31.0	27.1	24.9	15.2
10 日	24.7	19.2	19.9	26.2	25.9	31.3	25.9	30.1	30.3	29.1	24.6	18.2
11 日	24.1	23.1	15.7	27.5	28.4	31.1	28.1	30.3	31.2	29.5	25.2	20.4
12 日	25.0	20.0	15.4	23.1	26.8	31.1	30.5	31.1	29.4	29.7	26.2	17.6
13 日	21.7	18.7	19.8	27.7	29.2	27.9	31.0	31.7	26.6	30.1	25.2	19.7
14 日	20.3	14.5	21.7	27.1	28.6	30.0	31.0	31.4	28.1	29.3	25.4	21.8
15 日	18.9	19.6	23.0	27.0	29.4	30.7	31.4	31.2	30.0	29.1	22.2	23.2
16 日	20.5	21.0	20.3	28.4	29.0	29.5	31.9	31.3	29.1	26.9	21.3	23.5
17 日	18.3	20.5	20.3	28.8	29.5	28.6	26.9	31.4	30.3	25.1	23.3	24.7
18 日	13.5	20.9	22.7	28.8	29.7	29.5	27.1	31.3	31.2	25.7	23.1	24.6
19 日	13.8	22.9	26.9	27.4	25.4	28.0	31.9	32.0	30.9	26.6	24.1	23.5
20 日	17.3	23.6	24.5	27.1	25.5	28.4	31.5	31.7	30.5	26.9	25.2	20.5
21 日	20.3	23.6	21.7	26.5	27.1	29.3	31.0	30.9	30.5	27.8	25.0	20.5
22 日	21.1	23.2	18.5	28.3	28.7	26.9	31.3	30.1	29.4	27.5	26.0	22.9
23 日	21.0	25.5	21.1	28.8	29.3	31.4	31.2	30.4	28.3	27.2	26.4	21.1
24 日	19.3	22.8	24.1	28.2	29.1	31.9	31.6	31.6	28.4	26.4	25.9	21.5
25 日	13.3	17.6	27.0	28.8	30.3	30.8	31.4	31.2	26.1	27.6	25.5	19.2
26 日	11.7	18.9	27.4	27.6	29.8	31.3	32.2	31.0	28.3	27.5	25.4	15.1
27 日	11.0	22.8	28.3	27.3	30.0	30.8	30.2	31.3	28.7	26.6	25.2	13.1
28 日	16.6	24.7	28.2	25.1	29.8	30.8	31.4	31.1	29.1	27.4	20.4	17.7
29 日	18.1	--	26.4	24.3	30.4	30.7	31.3	31.5	29.6	27.2	20.5	20.2
30 日	15.6	--	27.5	23.5	30.6	30.8	31.2	28.3	26.7	27.8	20.8	20.7
31 日	16.7	--	27.9	--	32.3	--	30.9	30.1	--	28.5	--	18.7

表 3.11 高雄工作時段平均氣溫

高雄 TMY2 資料全年 8:00~18:00 時段平均溫度 單位:°C												
月 日	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1 日	20.0	21.8	25.1	26.3	30.0	31.6	33.1	29.1	30.8	29.2	29.5	25.5
2 日	23.3	18.4	25.9	27.1	29.5	32.1	32.5	28.5	29.7	28.1	24.9	25.3
3 日	23.2	22.4	25.3	24.8	29.1	31.8	30.8	30.7	28.4	29.7	26.5	25.6
4 日	22.9	23.7	25.1	26.3	29.3	31.7	31.8	26.1	31.5	29.6	26.5	26.8
5 日	22.5	23.5	25.3	24.9	28.9	31.6	32.8	29.0	30.5	29.1	27.7	26.0
6 日	21.1	24.0	21.2	25.5	28.4	31.1	30.8	27.2	29.3	27.2	28.1	25.3
7 日	24.7	23.9	22.5	27.1	30.0	30.7	28.6	28.4	29.9	24.9	27.4	23.9
8 日	23.8	20.6	23.5	26.6	29.7	31.0	28.6	30.5	28.5	26.2	26.9	22.4
9 日	24.8	21.0	23.8	27.6	30.0	30.6	29.3	30.5	29.9	28.4	26.9	24.8
10 日	21.2	21.1	24.0	29.9	30.4	30.4	28.5	30.3	30.3	29.6	26.2	25.2
11 日	22.7	23.0	24.3	27.6	31.0	30.5	29.4	29.2	30.9	29.3	27.4	24.6
12 日	21.8	22.1	25.0	24.1	30.1	28.3	30.1	30.8	30.1	28.8	27.2	25.4
13 日	21.8	22.1	25.5	26.6	29.7	22.0	30.4	31.5	27.7	29.0	26.4	25.1
14 日	19.1	17.9	27.9	26.9	31.5	23.1	31.1	31.5	29.6	29.5	26.5	20.1
15 日	18.9	20.9	26.6	27.7	31.4	27.1	30.3	31.4	28.6	28.8	25.3	22.0
16 日	18.5	21.6	26.9	28.9	31.1	28.5	30.7	31.3	29.0	26.7	23.6	23.8
17 日	20.7	22.2	25.5	29.3	26.0	26.7	28.1	31.2	29.6	24.2	24.9	25.0
18 日	21.9	23.1	24.6	30.1	28.4	30.7	30.9	31.5	29.9	25.3	24.9	24.3
19 日	22.4	22.9	26.2	29.6	29.0	31.1	31.2	31.5	29.7	27.2	25.7	24.4
20 日	23.7	24.3	27.1	28.9	26.9	30.8	31.2	31.7	28.8	27.7	25.3	24.1
21 日	23.0	24.6	27.5	28.7	30.1	30.9	30.8	30.4	28.5	27.2	27.3	20.2
22 日	24.1	25.8	27.2	28.7	27.8	31.2	30.7	30.4	28.8	28.3	26.6	16.7
23 日	25.3	26.2	25.9	28.8	27.5	31.3	31.1	31.0	28.6	28.0	26.5	18.5
24 日	25.8	26.3	27.1	28.7	28.4	31.2	31.2	31.3	27.7	27.5	26.8	20.3
25 日	26.6	21.8	24.8	29.1	28.8	31.8	31.6	31.4	27.6	27.4	26.9	20.2
26 日	20.0	23.0	25.8	28.2	28.9	32.2	31.8	31.3	28.5	27.8	26.3	18.8
27 日	18.1	23.9	26.6	27.3	28.0	32.1	31.4	31.3	29.9	27.5	26.1	20.5
28 日	17.2	27.5	27.1	27.7	29.6	31.7	30.3	31.1	29.7	27.4	23.3	19.4
29 日	19.3	--	27.2	24.3	28.7	31.8	31.1	31.2	29.8	27.6	19.7	19.4
30 日	21.5	--	27.1	22.3	29.0	32.2	29.8	29.8	29.4	28.0	23.8	20.6
31 日	22.4	--	25.8	--	28.5	--	31.0	31.1	--	28.4	--	22.6

貳、 空調主機停機季節決定

取得各都市之工作時段平均氣溫後，須注意的是雖然氣候是隨季節轉移且維持周期性變化之趨勢，不過其變動因子繁雜，致使天氣並非穩定變化的模式，下圖 3.7 截取是台北市 TMY2 一月一號至一月七號之原始資料做說明，此圖之縱座標是溫度，橫坐標是時間，從一月一號凌晨(編為第 1 個小時)，持續到一月七號之晚上十二時(編為第 168 小時)，由此圖可發現連續統計的氣溫每天會呈現出一個周期性起伏的曲線圖，每天的最高點約莫在中午左右，到夜晚地表面持續散熱，約莫清晨日出前是氣溫最低的時刻，這就是典型的日氣溫變化，不過仔細比對每一天的氣溫起伏狀況又可以看出每天的變化不盡相同，因此空調主機可停機季節之選定必須提出一套合理邏輯，由天氣連續統計資料呈現某種週期趨勢便可稱為氣候，顧名思義判定空調主機啟停季節須經由天氣資料在某一周期內連續呈現的趨勢來決定。

台北 TMY2 一月一號至一月七號氣溫資料

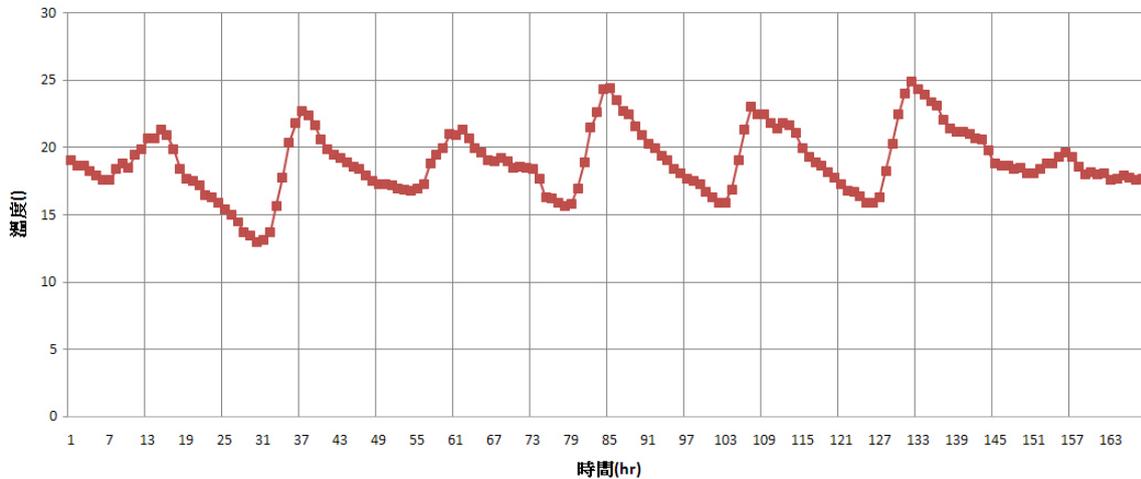


圖 3. 7 台北 TMY2 1/1-1/7 氣溫資料

此外中央空調系統主機之自動控制系統也可採日程與季節控制之手法，在不同的季節改變供風溫度或開啟與停機時間，不過因考量一般空調主機系統(非 VRV 主機系統)的功率，須有暖機的時間，且連續運轉時才能逐漸提升功率，倘若空調主機不斷開關機可能因未完成

暖機之程序，非但功率不彰造成浪費能源，對機械壽命而言也是一種損害，所以空調主機之開啟與停止必須決定一連續之季節，並方便電腦時程自動控制。

本研究提出空調主機啟動與停止之邏輯為設定一周內若有四天之工作時段平均氣溫低於設定之停機溫度時，空調主機便可關機；反之空調主機之開啟則是一周內若有四天之工作時段氣溫高於設定之停機溫度時，空調主機便開啟；此邏輯是以控制室內環境在一周內工作時段平均溫度高於設定空調主機停機溫度之機率低於一半，即便一周內偶爾有一兩天高於設定空調停機之溫度，人員也可稍微忍受室內環境的變化，否則連續高於設定之空調停機溫度將導致室內環境不良而影響人員工作之效率，且當氣候發生連續之改變趨勢時便是季節轉換之徵兆，以此條件設定並參考在圖 3.9-11 所列出之台北、台中和高雄的工作時段平均氣溫整理出空調主機停機與開機日期於表 3.12，便可確立空調主機停機季節。其中以表 3.12 中高雄 27 度空調主機停機與 21 度空調主機停機做說明，在空調主機設定 27 度停機時，其停機日期秋冬春三個季節，停機溫度設定於 11/13 是由工作時段平均氣溫在 11/13 之前七天內仍有超過四天以上之工作日平均氣溫高於空調主機停溫度（11/6、11/7、11/11/、11/12），但 11/13 之後便只有零星之日子高於空調主機設定之停機溫度，這就顯示了整體季節性變換，秋季氣溫逐漸下滑之情況，而空調主機開機日設定在翌年 3/20 號，這是利用 TMY2 氣候連續統計出的長期氣候之週期特性，所以翌年之氣候變化趨勢可以沿用 TMY2 天氣資料，在 3/20 開始七天內有四天氣溫高出空調主機停機溫度（3/20、3/21、3/22、3/24），表示春季之天氣正逐漸趨熱，而氣溫高於空調停機溫度 27 度已為常態，這就是高雄空調主機停機溫度設定於 27 度之停機季節決定邏輯，其他地區與不同地空調停機溫度判別也可依此邏輯推斷之。

另外將表 3.12 各地空調可停機日數繪製成圖 3.8 之折線圖後可清楚比對台北、台中與高雄三個地區在各種空調停機溫度下空調可停機

日數，符合北部最多，中部次之而南部最少之趨勢，因此本研究提出之空調停機季節選定是符合氣候資料邏輯的。

表 3.12 台北、台中、高雄空調停機溫度可停機天數表

空調主機 停機溫度	台北			台中			高雄		
	空調開 啓日	空調停 機日	可停機 日數	空調開 啓日	空調停 機日	可停機 日數	空調開 啓日	空調停 機日	可停機 日數
27°C 停機	4/27	10/16	193	3/25	11/1	144	3/20	11/15	125
26°C 停機	4/27	10/16	193	3/25	12/7	108	3/14	11/28	106
25°C 停機	3/26	11/1	145	3/25	12/8	107	2/22	12/18	66
24°C 停機	2/26	11/1	117	3/19	1/13	96	1/22	12/21	32
23°C 停機	2/25	12/12	75	2/19	1/13	37	1/2	12/21	12
22°C 停機	2/22	1/13	40	2/19	1/13	37	12/21	12/30	10
21°C 停機	2/22	1/13	40	2/5	1/14	22	12/21	12/30	10

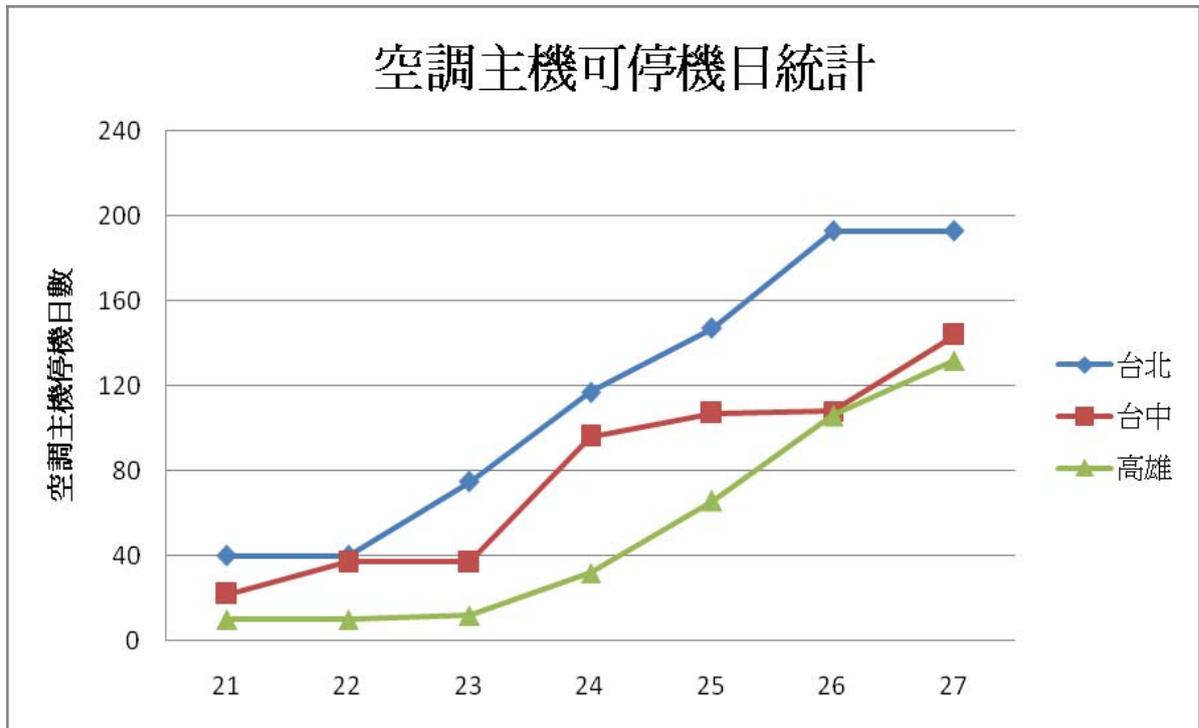
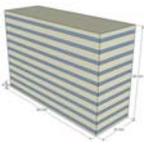
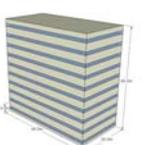
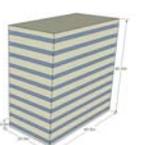


圖 3.8 台北、台中、高雄空調停機溫度可停機天數折線圖

參、 建立 e-QUEST 模型

一般而言細長型的建築物，因為外周區較大而導致 ENVLOAD 係數相對地也會提升，不過反觀當空調主機停機之後採取自然通風換氣時，外周區比係數（外周區面積/總樓板面積）較大之建築物，意味可以採用自然通風而省能的比例也相對提升，其通風耗能比例可以透過空調耗能動態解析軟體比較停機前後耗能比例的變化得知，只不過當外周區面對不同座向的時候日射取得量也不同，就可能產生的停機前後耗能比例產生出入，所以為了謹慎評估建築物軸向改變時外殼熱負荷也可能產生的變化，於是本實驗假設以五種變化之建築模型（表 3.13），分別是南北長比東西長由 3:1 到南北長比東西長 1:3 之建築物，試圖比較軸向不同之建築物停機前後外周區顯熱負荷耗能比例是否有影響，其中無論如何短邊一定有 20 公尺以上是假設外周區兩側各五米時，一定會內周區產生，此乃是嘗試製造空調內周區，讓模型更能夠真實模擬內外周區熱能傳導之情境。

表 3. 13 模擬模型操縱變數比較

軸向比 (南北長/東西長)	3:1	2:1	1:1	1:2	1:3
圖示 					
南北長	60m	40m	20m	20m	20m
東西長	20m	20m	20m	40m	60m
面積	1200 m ²	800 m ²	400 m ²	800 m ²	1200 m ²
外周區比 (外周區/總樓板面積)	0.58	0.625	0.75	0.625	0.58

肆、 建築因子基本設定

建築構造為十層樓之鋼筋混泥土造建築，層高 4 米，總樓高共 40

米，外殼因子參照建築技術規則之基準設屋頂 U 值為 $1.2 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，外牆 U 值為 $3.49 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，內部無天花板，外周區深度為 5m，開口率 30%(開口率的定義為建築物外殼開口面積與建築外殼總面積(含開口)之比例)，並可全面開窗帶狀開窗，開口外不採遮陽措施。另外清玻璃之 U 值為 $6.07 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，玻璃之日設透過率 η_i 值為 0.88 約為遮蔽係數〈Shading Coefficient〉值的 0.88 倍，

伍、 室內發散熱假設

考慮室內發散熱來源，可大致將其分成三大項：人員、照明、機械設備之發散熱。需要假定之項目分別為人員密度、人體顯熱及潛熱發散熱；照明密度與設備密度，依不同建築類型而有不同之發散熱假定。但其中人體發散熱部分在以往國內文獻與「建築節約能源設計技術規範」中並無記載，故參考「空氣調和ハンドブック」中建議之合理值設定之，其詳細假定值如下所述：

表 3.14 室內發散熱假定

	人	照明	設備
人員密度	0.1(人/m ²)	照明密度 15(W/m ²)	設備密度 8(W/m ²)
人員發散熱	顯熱 = 56 [Kcal/(hr·人)] 潛熱 = 46 [Kcal/(hr·人)]	作業面照明 無	

陸、 建築使用行為假設

1. 人員使用時程

因本研究模擬建築類型為辦公使用，故室內人員使用狀況係依勞動基準法中，關於勞工工作時數之相關規定：(1) 勞工工作總時數兩週不得超過 48 小時〈勞動基準法第四章第 30 條〉；(2) 若有加班行為，以一個月不得超過 46 小時原則訂定之〈勞動基準法第四章第 32 條〉。

2. 照明使用時程

辦公室中，有人員使用時便有照明行為產生，故照明時程應與人

員使用狀況相當；負荷率則考慮人為使用習慣而略有調整；假日與下班時段因有必要照明〈逃生避難照明等〉，故假定其負荷率為非 0 狀態，呈現較低之 5% 負荷。

3. 機械設備使用時程

通常辦公室中，只要有人員在室工作，機械設備便難免不被使用，故機械設備使用應與人員使用同時發生較為合理，其時程與負荷程度假定同上述(圖 3.9)之人員使用情形。

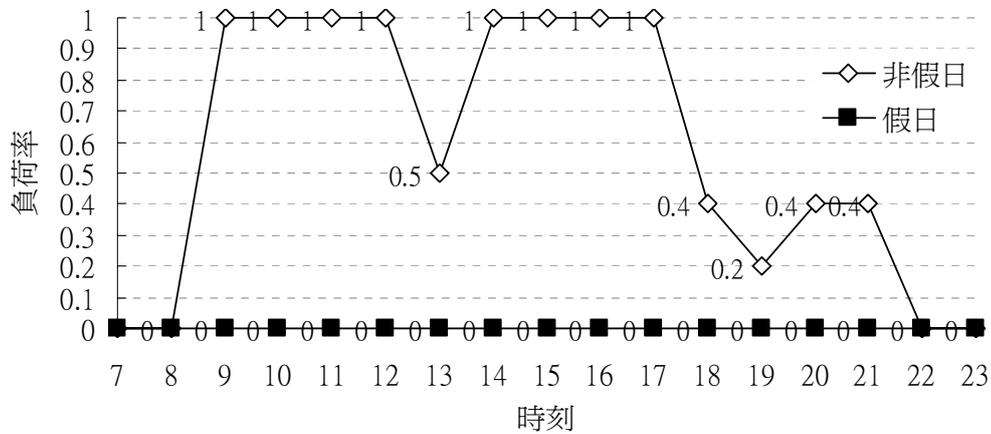


圖 3. 9 人員與機械設備使用情形時程圖

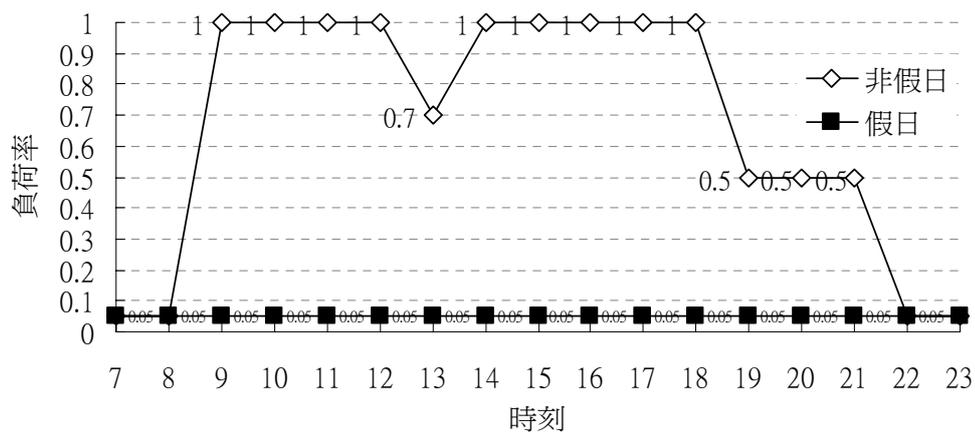


圖 3. 10 照明使用情形時程圖

4. 國定假日假設

因模擬建築屬辦公使用，故休假日係參考中華民國公務人員休假原則。依「公務人員週休二日實施辦法」第三條說明，下列紀念日及民俗節日，除春節放假三日外，其餘均放假一日：

1. 紀念日：

- (1) 中華民國開國紀念日〈一月一日〉。
- (2) 和平紀念日〈二月二十八日〉。
- (3) 國慶日〈十月十日〉。

2. 民俗節日：

- (1) 春節〈農曆一月一日至一月三日〉。
- (2) 民族掃墓節〈定於清明日〉。
- (3) 端午節〈農曆五月五日〉。
- (4) 中秋節〈農曆八月十五日〉。
- (5) 農曆除夕〈農曆十二月之末日〉。

放假之紀念日及民俗節日，逢星期六、星期日，均不予補假。但春節及農曆除夕不在此限。除週休二日外之休假日主要依上述法條假定，但休假日與週休二日衝突之天數年年相異，根據中華民國政府行政機關辦公日曆表，近三年〈93年、94年、95年〉除週休二日外之休假日均在8~9日，彼此相去不遠，考慮各季放假日平均分配原則，本研究選定民國93年政府行政機關辦公日曆表，擇其休假日為模擬之假日設定。

5. 空調系統基本假定

空調方式可大致分為中央空調方式與個別空調方式，其中中央空調方式又可分為全氣式、水氣並用方式以及全水式三種。本研究所討論者為使用中央空調方式之辦公型建築。此外，由於「定風量單風管系統」(表3.15)空調方式在辦公型建築物中被廣泛的使用，也最常見，故本研究選定其為辦公型建築空調系統之基本假定，其細部設定係參

考「換氣與空氣調節設備技術規範」所規定之建議值。以下僅節錄影響系統較重大之設定，如下表 3.16 所示。

表 3.15 空調方式之分類

中央空調系統	全空氣方式	定風量	末端無再加熱
		(1)單風管方式	末端有再加熱
			變風量	末端無再加熱
		(2)雙風管方式	末端有再加熱
			定風量雙風管方式	分區單元方式
		空氣+水方式 (小型機組並用方式)	變風量雙風管方式
	(3)風管並用箱型冷氣機(PAC)方式		
	(4)各樓單元方式		
	(5)FCU+風管方式		
	(6)誘導機方式		
	(7)輻射冷暖房方式		
	個別系統	全水方式	(8)FCU方式
(9)窗型冷氣機方式			
(10)分離式多室內機方式			
(11)箱型冷氣機方式			
(12)閉回路熱泵方式			

表 3.16 空調部份模擬設定

主機形式	冰水主機	密閉式離心機
		COP= 5.5
		容量安全係數=1
室內設定溫度	鍋爐	電熱水鍋爐
	冷房	24°C
	暖房	21.1°C
其他	回風方式	直接回風
	全熱交換器	無
	新鮮外氣	29.43cfm/人
	其他	DOE內定值為主

柒、 實驗模擬

在此重申本實驗最主要之三項操縱因子：

台北、台中和高雄三個氣候區之條件，e-Quest 讀取 TMY2 資料會自動運算。

空調主機停機溫度從 21°C 到 27°C 於台北、台中和高雄氣候區又有不同之空調停機季節，須參照表 3.12 指定不同之空調停機季節到 e-Quest 動態解析軟體內運算。

不同軸向比之建築物(見表 3.17)耗能因子比較。

除以上三項因子外必須逐一改變之外，其他條件均相等，接下來就是以空調負荷動態模擬軟體 e-Quest 進行運算，而外殼節能設計規範 ENVLOAD 公式是推算外殼顯熱負荷，而本實驗進行模擬空調停機耗能時是假設內周區依然正常使用空調系統，但關閉外周區之空調系統以及風扇系統，最後讀取報表時可直接讀取外周區之耗能量，如此就能夠得到空調主機停機後與停機前之顯熱負荷比值。將其整理後得到表 3.17 台北、表 3.18 台中與表 3.19 高雄。

茲挑選表 3.17 台北 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析做說明，其軸向比 3:1 對應到空調主機 21°C 停機得到 96.78%的意義是指當氣溫達到可連續低於 21°C 而空調主機停機採取自然通風時，讀取外周區顯熱負荷報表之數值乃空調主機停機前外周區顯熱負荷的 96.78%，相形之下就是空調外周區顯熱負荷減少了 3.22%，至於空調停機前後耗能比平均值對應到空調主機 21°C 停機是指將軸向比 3:1、2:1、1:1、1:2 與 1:3 之空調停機前後耗能比取平均值。

再者以表 3.17 為例，可以發現空調主機停機溫度逐漸往上升時，其空調停機前後顯熱量耗能比則不斷下降，與空調可停機季節逐漸遞增成反比；此外軸向比 3:1 與 1:3 之建築物規模相同，在空調主機 21°C 停機後空調停機前後顯熱量耗能比分別為 96.78%與 96.34%，說明的建築物在長軸面對東西向時耗能較長軸面對南北向來的多，不過當空調主機 27°C 停機，軸向比 3:1 與 1:3 之空調停機前後顯熱量耗能比也

不過是 67.54% 比上 65.03%，兩者相差也僅有 2.53%，以同樣方式檢視台北與台中空調停機前後顯熱量耗能比差距最大的也都是空調主機在 27°C 停機的時候，其差距分別為 2.94% 和 3.06%，因此可以解釋為當軸向比南北軸向比東西軸向來的長時，其空調耗能較大然而因為彼此之間之差值還算很小，加上未來辦公建築開窗通風性能之優惠係數計算希望將各地 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比化繁為簡，故可將空調停機前後耗能比取平均值做為 21°C-27°C 空調停機前後耗能比之參考值。

表 3.17 台北 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析，單位：%

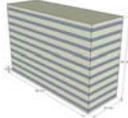
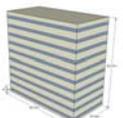
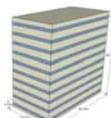
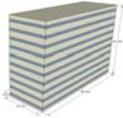
軸向比 (南北長/東西長)		3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	空調停機前後 耗能比 平均值
圖示 							
空調 停機 前後 顯熱 量耗 能比	空調主機 21°C 停機	96.78%	96.73%	96.63%	96.44%	96.34%	96.58%
	空調主機 22°C 停機	96.78%	96.73%	96.63%	96.44%	96.34%	96.58%
	空調主機 23°C 停機	92.03%	91.87%	91.48%	90.93%	90.68%	91.40%
	空調主機 24°C 停機	83.92%	83.64%	83.00%	82.08%	81.65%	82.86%
	空調主機 25°C 停機	80.06%	79.77%	79.11%	78.08%	77.60%	78.92%
	空調主機 26°C 停機	67.54%	67.27%	65.70%	65.53%	65.03%	66.21%
	空調主機 27°C 停機	67.54%	67.27%	65.70%	65.53%	65.03%	66.21%

表 3.18 台中 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析，單位:%

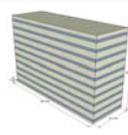
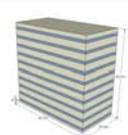
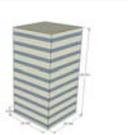
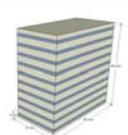
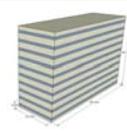
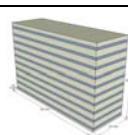
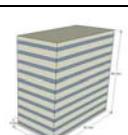
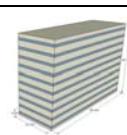
軸向比 (南北長/東西長)		3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	空調停機前後 耗能比 平均值
圖示 							
空調 停機 前後 顯熱 量耗 能比	空調主機 21°C 停機	98.51%	98.46%	98.34%	98.19%	98.12%	98.32%
	空調主機 22°C 停機	95.82%	95.71%	95.47%	95.19%	95.07%	95.45%
	空調主機 23°C 停機	95.82%	95.71%	95.47%	95.19%	95.07%	95.45%
	空調主機 24°C 停機	90.68%	90.56%	90.27%	89.89%	89.70%	90.22%
	空調主機 25°C 停機	83.41%	83.15%	82.58%	81.85%	81.51%	82.50%
	空調主機 26°C 停機	83.02%	82.75%	82.17%	81.42%	81.07%	82.09%
	空調主機 27°C 停機	74.03%	73.61%	72.69%	71.60%	71.09%	72.60%

表 3.19 高雄 21°C-27°C 空調停機前後耗能比與軸向比分析，單位:%

軸向比 (南北長/東西長)		3:1	2:1	1:1	1:2	1:3	空調停機前後 耗能比 平均值
圖示 							
空調 停機 前後 顯熱 量耗 能比	空調主機 21°C 停機	99.02%	98.99%	98.88%	98.82%	98.78%	98.90%
	空調主機 22°C 停機	99.02%	98.99%	98.88%	98.82%	98.78%	98.90%
	空調主機 23°C 停機	99.02%	98.98%	98.88%	98.82%	98.78%	98.90%
	空調主機 24°C 停機	96.00%	95.87%	95.56%	95.28%	95.14%	95.57%
	空調主機 25°C 停機	89.41%	89.12%	88.48%	87.95%	87.69%	88.53%
	空調主機 26°C 停機	82.06%	81.65%	80.71%	79.90%	79.51%	80.76%
	空調主機 27°C 停機	76.08%	75.59%	74.46%	79.71%	73.02%	75.77%

捌、開窗率與外周區比

當空調主機停機採自然通風換氣時，須評估自然通風換氣量是否能將室內廢熱排除，使室內環境維持在一定的條件，而這又牽涉到了開窗率與開口形式不同所能引入的新鮮外氣量的差別，簡單的說明即

開口率較小和窗戶導風型式不良的建築物在採取自然通風換氣時效能較差，本研究模擬 e-Quest 之模型乃假設為開口率 30% 之帶狀開窗，且可全面開窗之模型，已經算是自然通風性能良好之模型，依照建築技術規則綠建築專章的住宅通風修正係數換算，相當於採用開口率 60% 之橫拉窗（通風修正係數代 1.0，且開窗率僅有 30% 之效能），且當開口率越大時 ENVLOAD 係數也會攀升，所以希望欲採用辦公建築開窗通風性能 ENVLOAD 優惠係數時，建議搭配可全面開窗之旋轉窗或推窗，如此不但可避免計算出的 ENVLOAD 係數過大，還能在通風修正係數上取得較大的成效。

接著是要討論外周區比的影響，外周區比的定義為「外周區面積/總樓板面積」之比值，當外周區比之值越大即意味著多數的樓板面積是外在外周區，而當其採用空調主機停機採自然通風換氣時其空調停機後之節能效益越大，反之內周區越大的建築物以自然通風換氣時之通風換氣路徑越不良，甚至進深過深之平面內部根本無法順利採取自然通風換氣，而仍須以機械控制維持室內環境之品質。

玖、 建立 ENVLOAD 通風係數優惠

先查詢表 3.12 台北、台中、高雄三都市空調停機溫度可停機天數表與表 3.17、3.18、3.19 統計之三個都市空調設定 21°C-27°C 停機前後耗能比與軸向比分析，決定以空調停機溫度設定在 25°C 做為衡量基準，其原因在於外氣溫 25°C 時，通常因為室內照明、人體、電器設備等室內發熱量，會使室內溫度上昇 2~3°C，亦即室溫會高達 27~28°C 左右，如此室溫是人體舒適度的上限，超出此上限值即需要空調才得以專心工作，因此以平均外氣溫 25°C 來作為空調停開機溫度，似乎較為順理成章。

在平均外氣溫 25°C 作為空調停機的判斷時，台北、台中和高雄空調可停機日數分別為 145、107、66 天，呈現穩定平均的遞減模式，其平均可停機日為 106 天，即在台灣的辦公建築約有三個多月的可停空

調期間。依此由表 3.17-19，可找出空調停機前後節能比例，在台北為 78.92%，台中為 82.50%，高雄為 88.53%，其平均節能率為 83.32%。

在理論上，北部天氣較涼快，當然空調停機節能率較大，反之南部之節能率較小，但是在此必須考慮對於可停空調之節能優惠計算，到底要分地區優惠，還是全台採相同之優惠係數即可。本研究團隊認為是不分區採單一優惠係數即可，其原因在於因通風而停空調之模式以及人體忍受高溫之誤差很大，其停機期間與節能效率，很難以上述理論一網打盡，更何況優惠計算本來是有鼓勵通風設計之意涵，採取全國一體的優惠辦法是有拋磚引玉的效益，因此本研究建議取上述北中南平均節能率 83.32% 之整數值 80% 為最高的優惠係數，作為統一優惠計算之起點。其他不同可開窗率 φ 與外周區比 γ 的相對優惠係數，則以經驗推估值來訂立統一可停空調優惠係數 β 如表 3.20 所示。

採用此優惠係數 β 時，必須在有 5% 以上的充足可開窗面積與外周區比 0.5 以上之細長型平面之條件下（亦即內周區面積在五成以內），才能給予優惠，此外也必須在所有外周區之空調系統均為個別型空調系統，亦即必須查看是否設置個別式空調的設備位置與配線系統確認可隨時自由停止空調的條件下，才能給以優惠計算。

表 3.20 可停空調優惠係數 β 表

可開窗率 φ / 外周區比 γ	≥ 0.20	$< 0.20 \& \geq 0.10$	$< 0.10 \& \geq 0.05$
≥ 0.8	0.80	0.83	0.85
$< 0.8 \& \geq 0.7$	0.83	0.85	0.90
$< 0.7 \& \geq 0.6$	0.85	0.90	0.93
$< 0.6 \& \geq 0.5$	0.90	0.93	0.95

小結：

以上本研究成功地針對辦公建築開窗通風設計完成 ENVLOAD 合理之優惠修正方法，此方法是目前全世界唯一對辦公建築的通風設計有優惠誘導的法令，它可有效地遏止辦公平面巨型化、不通風化的設計，並鼓勵細長平面、開窗通風的設計，進而達到節約空調能源的效益，這也是我國綠建築政策展現亞熱帶氣候最有特色的重點。

本優惠計算公式 $ENVLOAD' = ENVLOAD \times \text{可停空調優惠係數 } \beta$ 中所需的外周區比 γ 與可開窗面積比 ϕ 所需之數據，在原有 ENVLOAD 計算中已具備九成之數據，在工作量上並增加不了 3% 之計算量，但對一些通風性能良好的辦公建築可以給予正確的優惠評估，在法令推廣上有事半功倍的效益，相信一定能獲得業界的讚賞。

第四章 建築節能法規長期節能與二氧化碳減量 效 益評估研究

第一節 研究緣起與背景

研究緣起

自二十世紀以來人類社會發展之迅速，正不斷的創造前所未有的燦爛文明，然而在這急遽成長的年代裡也加速了許多問題的浮現，正逐漸訴說地球環境因受到人類過度開發而產生地效應，由美國<<原子能科學家公報>>設立的「世界末日鐘」，原本是以核子武器使用之可能將導致人類毀滅之警惕，在2007年又將時鐘的分針調播快兩分鐘(距離世界末日只剩下三分鐘)，原因乃是二氧化碳之排放造成全球暖化之災害劇增與資源爭奪將導致戰爭的觸發，因此在我國政府以追隨世界潮流，正積極推動永續發展的目標下，全國能源會議明示對節能與二氧化碳減量等目標之推動乃課不容緩之任務。

其中我國在建築領域推動節能法令之肇始，源於1995年之綠建築專章，如今台灣的綠建築法不但是以明文立法管制建築節能的法典，係與其他世界先進國鼎足而立之建築節能法，更是第一部針對亞熱帶國家之氣候條件量身打造的工具，有助於國家節能政策之發展以及推動二氧化碳減量的腳步，然而在建築節能草創之初仍有些疏失待改進，而今為了因應全國能源會議推動加速修改建築節能相關法規，本研究以回顧我國自1995年歷經四次綠建築專章令修改的，探討其建築節能效益與二氧化碳排放減量成果，並檢討缺失，以研擬我國未來之節能政策之發展，並且以科學統計之方式，預測未來建築節能方案之效益，以做為我國長期政策發展之研究基礎。

台灣綠建築專章發展概要

在討論我國綠建築專章規效益評估之前，讓我們先簡單回顧台灣綠建築技術規則上路以來建築節能相關條文的發展，如表 4.1 所示。並依其細項概略說明，算是引導本研究探討綠建築專章修訂之里程碑，以釐清節能法令成效推估的脈絡。

表 4.1 綠建築節能相關法規沿革

生效年	管制內容
1995	<ol style="list-style-type: none"> 綠建築技術規則正式實施。 管制對象為樓地板面積超過 4000 m²之辦公大樓。
1998	<ol style="list-style-type: none"> 將旅館、百貨商場、醫院以及住宅列入管制節能對象。 大型空調建築管制樓地板面積由 4000 m²縮減為 2000 m²以擴充管制範圍；住宅管制面積定為 1000 m²。
2003	<ol style="list-style-type: none"> 增列學校類為管制對象；百貨商場之管制對象增加量販店與購物中心。 將住宅 ENVLOAD 過去單一的氣候區分為北中南三區管制。 強化住宿類屋頂 U_i 值由 1.5 W/(m².k)降為 1.2 W/(m².k)。 新增其他類建築物，管制對象為 2000 m²以上之建築物。
2005	<ol style="list-style-type: none"> 強化節能管制規模，住宅、學校、大型空間類定為 500 m²，其他類訂為 1000 m²。 新設大型空間規範 AWSG 及屋頂平均熱傳基準。

1995 年建築節能法規上路

因為草創之初僅是邁開建築節能法之第一步，因此需醞釀建築節能之推動，待發酵後才得以讓建築業界逐漸熟悉綠建築專章之精神，故最初提出之管制對象是總樓地板面積超過 4000 m²辦公類建築，因辦

公類建築相關統計資料較明確，其普遍使用空調導致耗能量遠勝過一般住宅類等低密度耗能建築，因此優先推動辦公類建築列管。

1998 年是第一次修改建築節能法規：

列管之對象歸納出辦公、百貨、醫院和旅館等四大空調使用建築類型，並以外殼節能指標規範達到控制空調耗能的目的，由於的大型空調建築管制方式是以總樓地板面積控管，最初的管制規模高達 4000 m^2 是一開始適應其採取較寬鬆的管制面積，因此在第二階段將列管面積縮減為 2000 m^2 ，以增加各類大型空調的管制數量。

住宅類建築是最普遍的需求建築，也加入了節能法令的管制，以控制開口率、屋頂 ($1.5 W/(m^2.k)$) 與外牆 ($3.49W/(m^2.k)$) 等外殼隔熱性能達到節能的目標，不過其管制對象僅限於總樓地板面積超過 1000 m^2 的住宅。

2003 年再度修改建築節能法規：

列管對象之一是將原本百貨類建築定義增列了量販店與購物中心等兩項，因為其兩者使用模式不但與大型空調用戶相似，而且因市場需求之增加，更有如雨後春筍般的增加，故有列管之必要。

其次是列管的項目增加了學校類以及其他類等兩種類別，特別需介紹其他類之定義，乃先前分類中僅有辦公、百貨、醫院、旅館、住宅與新增訂的學校類之外，其他的建築分類種類琳瑯滿目，並且依其使用狀況之不同，可能有不同之用電量，難以加以細分管制，故以其他類作為其總稱，僅訂立屋頂熱傳透率 U_i ，鎖定管制規模樓地板 2000 m^2 以上之建築。

此外住宅 ENVLOAD 分區增設北中南分區可更精確的以地區氣候因子的差別，讓氣候條件較涼爽的北部氣候區住宅將開口率修正得更小，才能達到原本預定的住宅節能效率，而南部氣候區因氣候條件較炎熱故等價開窗係數需略加放寬，才能符合各地之特色讓各地的住宅節能效果達到對等的成效。此外住宅建築外殼隔熱性能之熱傳透率 U_i

值同步全面提升，屋頂熱傳透值 U_i 值由 $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 降為 $1.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$ 減少屋頂熱傳透熱，以適應台灣熱濕氣候之條件，減少空調耗能之負荷。

2005 年正式設置綠建築專章：

行政院鑑於我國在 2002 年以來推動的「綠建築推動方案」成效十分良好，於 2004 年指示營建署，統合建築技術規則中建築節能法規以及現行綠建築標章成熟之綠建築設計規定，設立「綠建築專章」。此次修改除了將綠化、基地保水、雨中水設計、綠建材使用比例規定納入專章內之外，在建築節能法規中也提升原先住宅、學校、大型空間類建築之管制規模，由 1000 m^2 縮減至 500 m^2 ；其他各類建築物則由原先的管制規模 2000 m^2 縮減為 1000 m^2 ，以擴大管制範圍。

此次也是大型空間類首次加入列管行列之開始，其管制對象涵蓋了博物館、美術館、活動中心等大型設施，雖然其用電密度可能不一，但因可能使用之設備量不亞於高密度的空調型建築，因此額外增設此類別以管制。

研究方法與工具

本研究所採用之建築節能效益評估，是以各類型建築物空調耗能節能 20% 為精神推算，可依據內政部營建署網路下載之歷年全國各類型建築樓地板面積，再加上經濟部能源局發佈之調查資料以及筆者研究室長期各類型建築耗能密度 (EUI)，分別取得辦公類、百貨類、醫院類、旅館類、住宅類、學校類、大型空間類與其他類，獲得各類型建築之用電密度資料。然而建築外殼節能設計所能節省的用電量僅為空調用電的範圍，對於照明與機械用電並無影響，因此我們必須由建築耗能密度 (EUI) 中解析出空調用電比例，才能準確算出建築外殼的節能效益。一般而言建築物的耗電項目主要可歸納為照明、空調與機械設備等三大項，並且依照不同的使用時間、人員多寡和是否採用大量的機械設備有關，空調耗能占全體耗能比例資料可由筆者研究室過去

的研究以及建研所、能源局的研究報告中獲得。至於建築節能量是以節省空調用電的百分之二十推算，目前以各年度統計之各類建築樓地板面積，乘以各類建築單位用電密度，再乘以空調耗能比例，最後是加上綠建築專章規可幫助建築物空調節能百分之二十之精神逐步推估各年度管制之建築使用類型以及樓地板面積，即可以換算出綠建築專章的效益，最後再以能源局 96 發佈之標準，節省一度電的消耗可以減少 0.62kg 之二氧化碳排放，依此換算二氧化碳減量之成效。

$$\begin{aligned} \text{節能效益} &= \text{各類建築樓地板面積 (m}^2\text{)} \times \text{各類建築 EUI (kWh/(m}^2\text{·a))} \\ &\times \text{空調耗能占全體耗能比例 (\%)} \times \text{空調節能比例 (20\%)} \\ \text{二氧化碳減量成效} &= \text{節能效益 (kWh)} \times 0.62 \text{ kg/kWh} \end{aligned}$$

研究內容與流程

初步繪製本研究之流程圖如下圖 4.1，首先是確立研究之動機目的，在評估我國綠建築專章實施以來對建築節能與二氧化碳減量之成效，並且透過文獻回顧，檢視綠建築專章發展之沿革，蒐集相關資料，並檢討缺失以制定我國未來之建築節能政策，另一方面則是蒐集建築節能效益評估之相關資料，統整各類建築耗能密度資料與統計各類建築總樓地板面積，分析現行綠建築專章令之成效，然後推估未來建築節能政策提案對節能效益與二氧化碳減量助益之趨勢，以幫助政府機關制定國家長期節能政策之動向，並進一步研擬相關法案。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

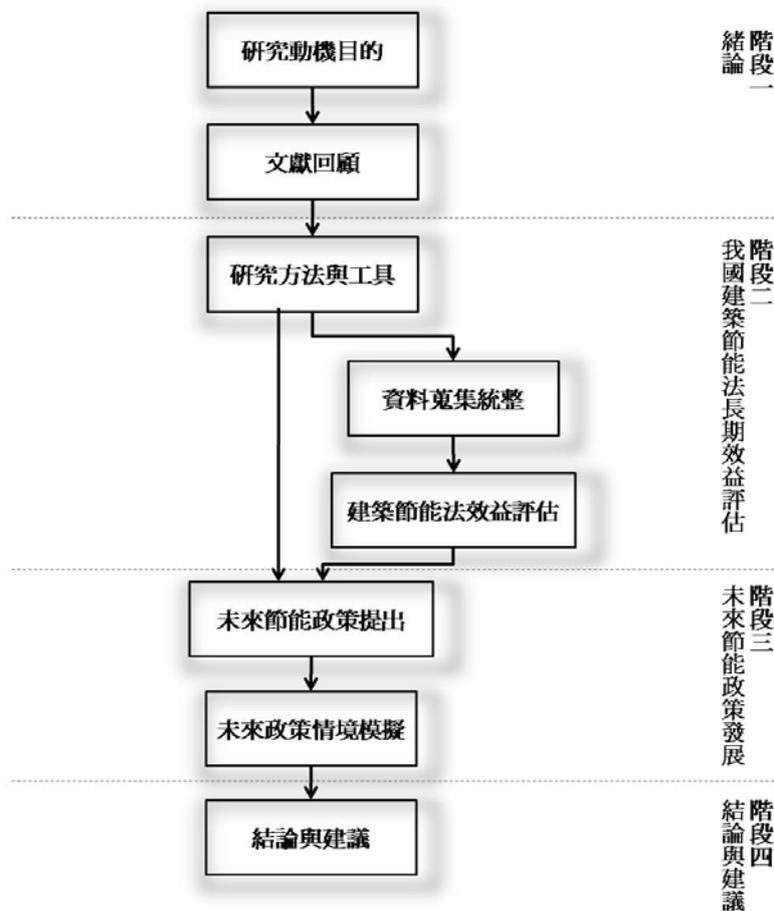


圖 4. 1 研究流程圖

第二節 我國建築節能法規與長期二氧化碳減量效益評估

各類 EUI 用電資料統整

欲進行可靠的建築節能評估，必先知悉正確的建築耗能實況，才能切入環境衝擊的重點而對症下藥。我們必先理解各類建築物的用電基準，才能找出建築耗能的相對差異與耗能特徵，進而才能制訂正確的建築節能對策。所謂用電基準，一般以用電密度 (Energy Usage Intensity) 來表示，簡稱為 EUI。本研究室針對台灣各類建築物的 EUI，

十數年來不斷進行調查研究，茲整理其成果概要如下：

住宅建築用電基準統計

根據本研究室的調查，台灣的住宅用電量狀況似乎與各地氣候差、人口結構沒有明顯關係，而與住宅面積、家電設備、空調習慣、生活起居狀況較有相關（林憲德，2000）。整體而言，台灣住宅用電習慣尚稱十分儉樸。表 4.2 為 2000~2004 年本研究室對台灣 62 戶家庭進行詳細用電量調查之統計結果。由此可知，台灣一般家庭全年用電量密度約為 36.2 度/(m².a)。由於公寓住宅的面積普遍較小（每戶面積約在 90~120m² 左右），因此相除後得到較高的耗能密度為 41.8 度/(m².a)，平均為透天住宅耗電密度的 1.30 倍，且標準差為 17.6 度/(m².a)表示住宅耗電的差異性頗大，即使同樣為公寓式住宅，因住戶的使用習性不同而會產生不同的耗電特性。然而，全年每戶用電量則因住宅面積之差異而有所區別，每戶住宅平均用電量約為 5426.6 度/(戶.a)，其中透天住宅由於平均面積較大，每戶用電量為 6378.1 度/(戶.a)，約為公寓住宅平均用電量 4124.1 度/(戶.a)之 1.5 倍，可見每戶用電水準大約取決於住宅面積大小。

圖 4. 2 台灣各住宅類型耗電統計值（括弧內為標準差）

	公寓	透天住宅	平均值
調查戶數（戶）	26	36	--
平均面積（m ² ）	105.4 (39.9)	211.0 (70.0)	166.7 (78.9)
平均人口（人）	3.7 (1.1)	4.0 (1.3)	3.9 (1.3)
全年每戶用電量（度/（戶.a））	4124.1 (1659.2)	6378.1 (2844.5)	5426.6 (2650.6)
全年單位面積用電量（度/（m ² .a））	41.8 (18.9)	32.1 (15.6)	36.2 (17.6)

表 4.2 為本研究室採用數位式電表進行監測公寓與透天式住宅平均用電結構，一般公寓式住宅之空調、照明與其他、家電年平均用電量，對於總用電量之比例約為 22.6、26.8、50.6%；而透天式住宅之空調、照明與其他、家電年平均用電量，對於總用電量之比例約為 18.3、

34.2、47.6%。此兩類住宅均以家電設備的用電量最高，約佔去家庭用電量的一半。一般家庭的空調使用習慣大多集中於夏季半年期間，夏季尖峰之七、八月份空調用電度數平均約 265 度，佔當月住宅總用電之 35~46%，可見夏季期間空調用電量相當可觀。關於住宅照明用電在夏季月份（每年 6 月 1 日~9 月 30 日為台電所制訂的住宅夏季月電費費率）與非夏季月份（10 月 1 日~隔年 5 月 31 日）照明用電度數變化差異不大，且照明全年用電量約佔住宅總用電的 27~34%，因此住宅用電可說是住宅電價結構的「基本用電」，為最基本的家庭經常性支出。

住宅家電之耗電情形因設備水準與使用習慣而有很大誤差，尤其在家看電視、聽音樂的習慣與廚房洗衣電氣化水準有很大影響，但就平均狀況而言，每戶家電耗電在夏季月平均約為 200~249 度，約佔住宅用電之 36~41%，而在非夏季月之非空調期間家電耗電約 161~255 度/（戶·月），平均約佔住宅用電 58% 左右。儘管家電耗電佔有住宅耗電最大部分，但由於它與個人生活隱私與習慣有莫大關連，其誤差變動非常大，很難由建築節能政策中予以規範。

以上是一般個別空調型住宅的用電結構，假如是採用中央空調型的住宅，其用電量則暴漲得令人瞠舌。在此特別將上述研究所調查到的唯一中央空調用電戶（64 坪、往複式冰水主機 7.24USRT，FCU 系統）之用電量並列於表 4.2 以供比較。由此可發現此中央空調型住宅在 6~9 月電量密度，為上述 62 個別空調型住宅平均值的 2.6 倍，可見中央空調在住宅建築中是十分浪費能源之形式。即使中央空調主機的效率遠大於窗形機，但它卻永遠比不上局部空調、空間分段使用的節能效果，究竟節儉的空調使用行為才是最有效的節能對策。同時為了明顯辨別住宅逐月的耗電變化，另外繪製逐月各項耗電量的變化圖（圖 4.3）。其中公寓式住宅建築在而夏季月期間平均每個月的耗電量是非夏季月期間耗電量的 1.8 倍，而透天式住宅也有 1.6 倍的差異。過大巨大的耗電差異，使得台灣夏季電力系統長期處於備轉率不足的窘境，供電吃緊限電危機頻傳，未來勢必興建更多的發電廠，面臨電價

上漲的壓力也越大。

最後，表 4.2 之末端也附上住宅平均都市瓦斯的用量統計。由於瓦斯與沐浴熱水用量有關係，因此瓦斯用量在冬季較高而夏季較低，每戶每年瓦斯用量約為 348.8 度（平均每戶人口 4.06 人）。瓦斯的使用量通常與烹飪與沐浴熱水用量（亦即人口數）呈現微弱的正相關，但與住宅規模或住宅形式則無明顯相關性。

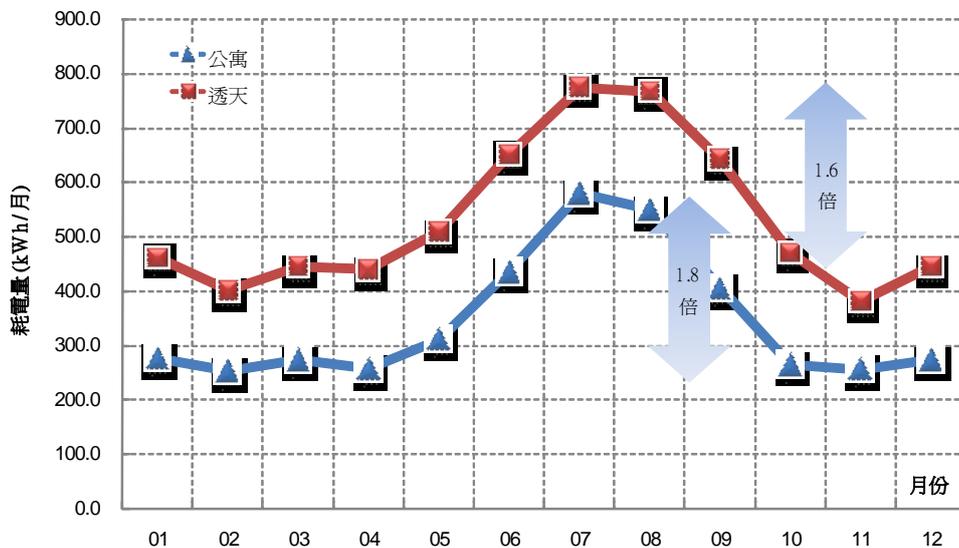


圖 4.3 公寓與透天式住宅逐月耗電量變化

表 4.2 住宅耗能結構解析值（單位：度/（戶·月））

耗能種類		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年用量
公寓 ：個 別 空 調 型 用 戶	每戶空調用電量 （比例）	6.9 2.5%	6.4 2.6%	6.7 2.5%	6.5 2.5%	69.7 22.5%	163.7 37.7%	265.1 45.8%	254.4 46.3%	125.9 31.1%	13.8 5.3%	6.5 2.5%	6.7 2.5%	932.4 22.6%
	每戶照明與其他用 電量（比例）	111.2 40.3%	100.5 39.9%	105.1 38.6%	93.5 36.6%	60.6 19.6%	75.1 17.3%	108.1 18.7%	95.6 17.4%	80.3 19.9%	78.1 29.7%	90.1 35.3%	105.1 38.6%	1103.4 26.8%
	每戶家電用電量 （比例）	157.9 57.2%	145.2 57.6%	160.7 59.0%	155.8 60.9%	179.3 57.9%	195.8 45.0%	205.7 35.5%	199.3 36.3%	198.0 49.0%	171.3 65.1%	158.7 62.2%	160.7 59.0%	2088.3 50.6%
	每戶總用電量	276.0	252.2	272.4	255.8	309.6	434.6	578.8	549.3	404.2	263.3	255.3	272.4	4124.1
	單位面積用電量 （kWh/（m ² .a））	2.80	2.56	2.76	2.59	3.14	4.41	5.87	5.57	4.10	2.67	2.59	2.76	41.8
透 天	每戶空調用電量 （比例）	9.7 2.1%	8.9 2.2%	9.7 2.2%	40.6 9.3%	90.7 17.9%	223.0 34.3%	269.2 34.8%	270.4 35.3%	156.7 24.4%	67.1 14.3%	9.4 2.5%	9.7 2.2%	1165.1 18.3%

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

：個 別 空 調 型 用 戶	每戶照明與其他用電量（比例）	182.0	155.4	172.6	141.1	170.7	179.3	262.6	244.9	230.6	140.5	127.4	172.6	2179.8
	每戶家電用電量（比例）	39.5%	38.8%	38.9%	32.1%	33.6%	27.6%	33.9%	31.9%	35.9%	29.9%	33.5%	38.9%	34.2%
	每戶總用電量	268.6	236.2	261.7	257.2	246.2	247.6	242.2	251.5	254.7	262.2	243.4	261.7	3033.2
	單位面積用電量（kWh/（m ² .a））	58.3%	59.0%	58.9%	58.6%	48.5%	38.1%	31.3%	32.8%	39.7%	55.8%	64.0%	58.9%	47.6%
	每戶總用電量	460.3	400.5	444.1	438.9	507.5	649.9	774.0	766.8	642.1	469.8	380.2	444.1	6378.1
某中央空調用戶單位面積用電量·1（kWh/（m ² .a））	2.32	2.01	2.23	2.21	2.55	3.27	3.89	3.86	3.23	2.36	1.91	2.23	32.1	
瓦斯用量·2（53戶平均）	4.1	4.3	4.7	5.2	5.8	8.9	12.1	11.2	10.3	7.9	4.6	4.3	83.4	
	34.5	36.6	34.8	31.3	27.8	23.8	23.8	24.0	24.2	26.9	28.9	32.2	348.8	
註：本表統計取自「郭柏巖，2005」，其中空調用電量包含冷氣待機用電。 ·1 取自「李榮泰，2001」，中央空調用戶為台中某一 64 坪透天住宅實際用電。 ·2 取自「陳裕益，2001」，單位為 m ³ ，平均每戶人口 4.06 人。														

中央空調型建築用電基準 EUI 統計

為了建立辦公類、醫院類、百貨類及旅館類等中央空調型建築物之用電密度 EUI 基準，筆者研究室於 2006 年以台電公司之用電資料與地政資料的建築面積以進行統計分析。本案將大電戶區分為 4 大類 11 次類，包括辦公類（官廳舍、私人企業辦公大樓）、旅館類（國際觀光旅館、一般旅館及一般觀光旅館）、醫院類（醫學中心、區域醫院、地區醫院）、百貨類（購物中心、量販店、大百貨公司、平價百貨公司），本調查的樣本代表性選樣上，考慮分佈的區域性及樣本的指標性，共計在全台選定 586 樣本，其中有效樣本數為 307 樣本，加上取自能源局的大電力用戶資料，一共有有效樣本數為 574 樣本。

由於台電客戶端用電資料係以一個月或二個月為計費週期，本研究採用國內類似研究中，最嚴謹之逐日內插法，推求逐月及逐年之用電密度。由於建築物有嚴重增違建的情形，同時其中有大量低耗電密度的停車面積，因此台電用電戶的建築面積資料無法作為標準用電密度統計的基礎，因此本研究乃必須上網向地政機關購買此 586 樣本的

地政資料，同時必須配合現場調查，本案動員大量人力，配合 GIS 圖檔，派員親赴現場抽樣勘查樣本增違建的情形，以確立真正的用電建築面積無誤。本研究為國內類似研究中，最大規模、最嚴謹的調查統計結果，此 EUI 數據目前已成為能源局公告能源管制的基準（能源局，2007）。

尤其在台灣的 EUI 調查研究，必須特別注意室內停車場面積的干擾，因為台灣建築物的地下室停車面積比率為全世界之冠，而且各類建築的地下室停車面積千差萬別，嚴重影響 EUI 的合理統計。有鑑於此，本研究先調查各類建築樣本之地下室面積後，再扣除地下室面積之用電密度基準（住宅 $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 、其他中央空調型建築 $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ），然後才進行正式 EUI 之統計。目前本研究室已初步建立各分類建築之 EUI 基準值如表 4.3 所示，此表特將 EUI 分成扣除地下室與包含地下室之數據，以供比較研究。此表顯示在相同建築分類的 EUI 偏差值甚大，其逐月用電變動之實例如圖 4.4~4.7 所示，此偏差值意味著建築用電效率差距大而節能空間潛力無窮，這正是我國節能政策應該發揮之處。

表 4.3 所示的辦公類建築物之統計，在本調查加上能源局的大電力用戶資料，有官廳舍（中央與縣市政府辦公大樓）20 樣本及私人企業辦公大樓 132 樣本，扣除停車場面積後之官廳舍平均 EUI 為 $134.42 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ （標準差 42.99）；私人企業辦公大樓平均 EUI 為 $240.94 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ （標準差 87.01）。私人企業辦公大樓之 EUI 較大的原因，可能在於私人企業人員密度與設備密度較高、加班時間較長之故，但在此處調查的大樓為較典型的高級空調純辦公大樓為主，其他中小企業與住家混用的個別空調型辦公大樓，可能有較小的 EUI 才對。

表 4.3 所示的旅館類建築物，依觀光局之定義分類，區分為國際觀光旅館（31 樣本）、一般旅館、一般觀光旅館等三類，但後二者之建築規模、允許開發條件、房間數量及用電密度均相當接近，故本研究將其歸納為相同類別，合計共 124 樣本，因此旅館整體有效樣本數

合計 155，最後求得扣除停車場後之國際觀光旅館 EUI 為 341.91 kWh/(m²·a) (標準差 60.18)；一般旅館與一般觀光旅館之 EUI 為 190.62 kWh/(m²·a) (標準差 58.63)。其中國際觀光旅館因高耗電之餐廳、娛樂等公共設施較多，故其用電密度平均約較一般旅館高約 60%~70% 左右，乃是必須分級分類之原因。

表 4.3 所示的醫院類建築物，依照衛生署之定義區分方式，區分為教學醫院（能源局大電力用戶 15 樣本）、區域醫院（本調查 14+能源局大電力用戶 45=59 樣本）、地區醫院（37 樣本），最後求得扣除停車場後之醫學中心之年平均 EUI 為 310.39 kWh/(m²·a) (標準差 70.65)；區域醫院之年平均 EUI 為 310.02 kWh/(m²·a) (標準差 45.74)；地區醫院方面之年平均 EUI 為 205.26 kWh/(m²·a) (標準差 66.72)。其中醫學中心之 EUI 幾乎與區域醫院相同，但醫學中心之標準差明顯較高，顯示醫院中心母體內之樣本變異較大。理論上醫學中心因設備量及設備等級均高於區域醫院，因此其 EUI 理應高出不少，推測乃因為醫學中心需負擔教學功能，因此有許多教學、行政或研究空間，該部分之 EUI 當然遠低於門診或急診等大量人員進出之空間，甚至也遠低於 ICU、手術室、病棟等 24 小時空調之空間，因此醫學中心平均下來與區域醫院相仿。筆者目前建議醫學中心與區域醫院也可合立基準，然長期而言，建議教學醫院或可另立較明確之基準，亦即在教學醫院中，用電密度明顯較低的屬教學及研究之空間應予分立設置電表管理，才能達到 EUI 節能管控之目的。

表 4.3 所示的百貨類建築物，統計合併了本研究與能源局大電力用戶的樣本，一共取得購物中心 15 樣本、量販店 80 樣本、百貨公司 54 樣本、小型平價百貨公司 7 樣本。最後求得扣除停車場後之在購物中心平均 EUI 為 320.79 kWh/(m²·a) (標準差 42.68)；量販店 EUI 為 457.40 kWh/(m²·a) (標準差 92.85)；大型百貨公司 EUI 為 586.18 kWh/(m²·a) (標準差 92.86)；小型平價百貨公司 EUI 為 516.73kWh/(m²·a) (標準差 226.49)。雖然此四類百貨建築的 EUI 差異並不大，

但其標準差卻相差甚巨，意味其設備密度、使用模式的標準化差異之大小，例如目前經營模式日趨標準化的大型百貨公司有著最小的標準差，而模式千差萬別的購物中心與小型平價百貨公司則有甚大的標準差，此差異足為能源研究者更進一步探究。

表 4.3 中央空調型建築物用電密度 EUI(kWh/(m².a)) 基準建議值

主分類	次分類	樣本數	扣除停車場 EUI(kWh/(m ² .a))			計入停車場 EUI(kWh/(m ² .a))		
			平均值	標準差	標準差/平均值	平均值	標準差	標準差/平均值
辦公類	官廳舍	20	134.42	42.99	31.98%	107.32	29.86	27.82%
	高層企業辦公大樓	132	240.94	87.01	36.11%	186.23	72.30	38.82%
旅館類	國際觀光旅館	31	314.91	60.18	19.11%	262.00	58.33	22.26%
	一般觀光旅館及一般旅館	124	190.62	58.63	30.76%	169.73	50.39	29.69%
醫院類	教學醫院	15	310.39	70.65	22.76%	258.70	38.80	15.00%
	區域醫院	59	302.75	49.87	16.47%	254.07	45.62	17.96%
	地區醫院	37	205.26	66.72	32.51%	180.75	56.86	31.46%
	私人診所 (取自下節統計)	58	146.8	98.7	67.23%			
百貨類	購物中心	15	525.21	162.77	30.99%	288.95	71.93	24.89%
	量販店	80	457.40	92.85	20.30%	297.78	92.82	31.17%
	大型百貨公司	54	586.18	92.86	15.84%	402.07	92.21	22.93%
	平價百貨公司	7	516.73	226.49	43.83%	516.73	226.49	43.83%

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
 子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

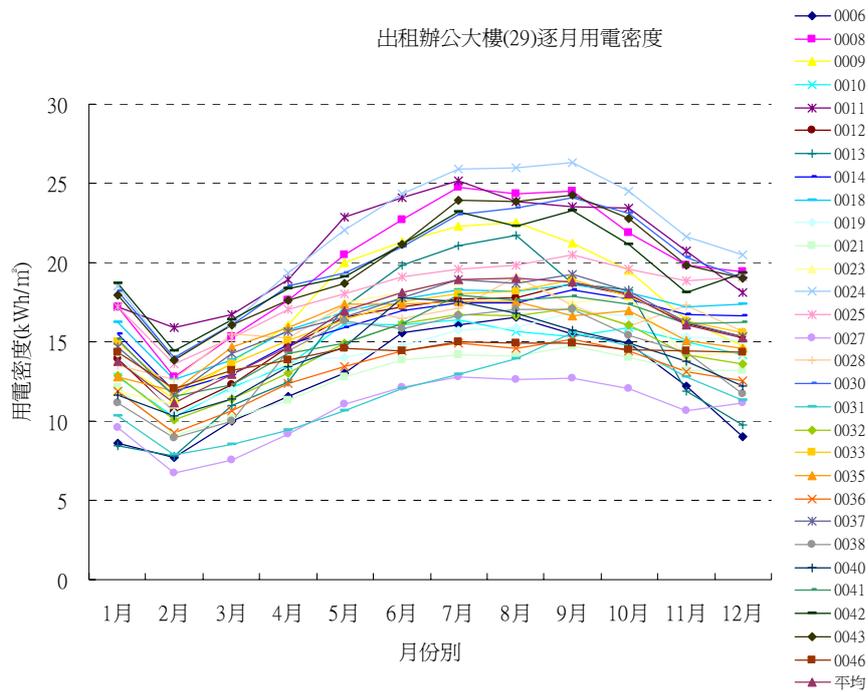


圖 4. 4一般出租型辦公大樓逐月用電密度分佈 (kWh/(m².a))
 (扣除停車場，年平均 EUI:194 kWh/(m².a) ，STD:35，離散度:18%)

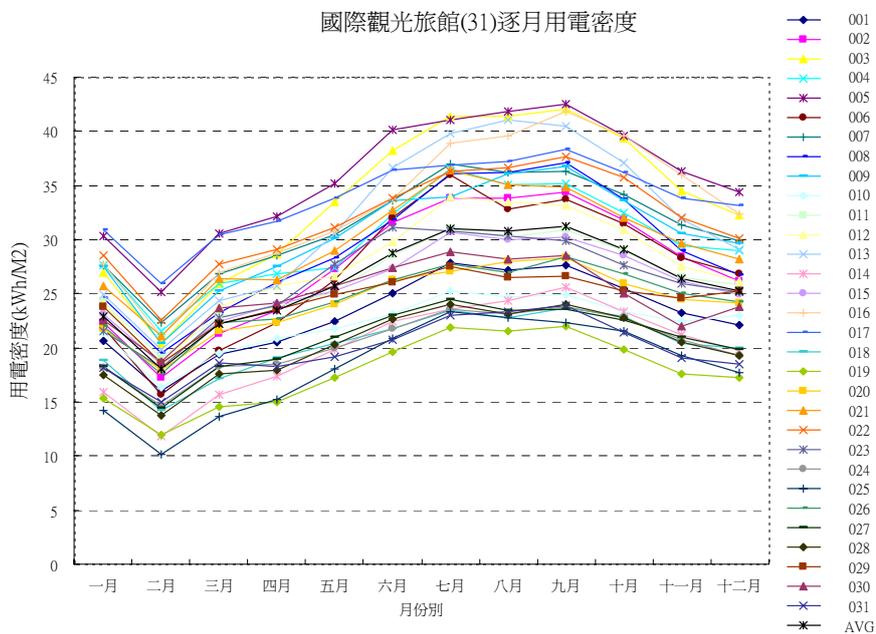


圖 4. 5國際觀光旅館逐月用電密度分佈 (kWh/(m².a))
 (扣除停車場，平均 EUI:315 kWh/(m².a) ，STD:60，離散度:19%)

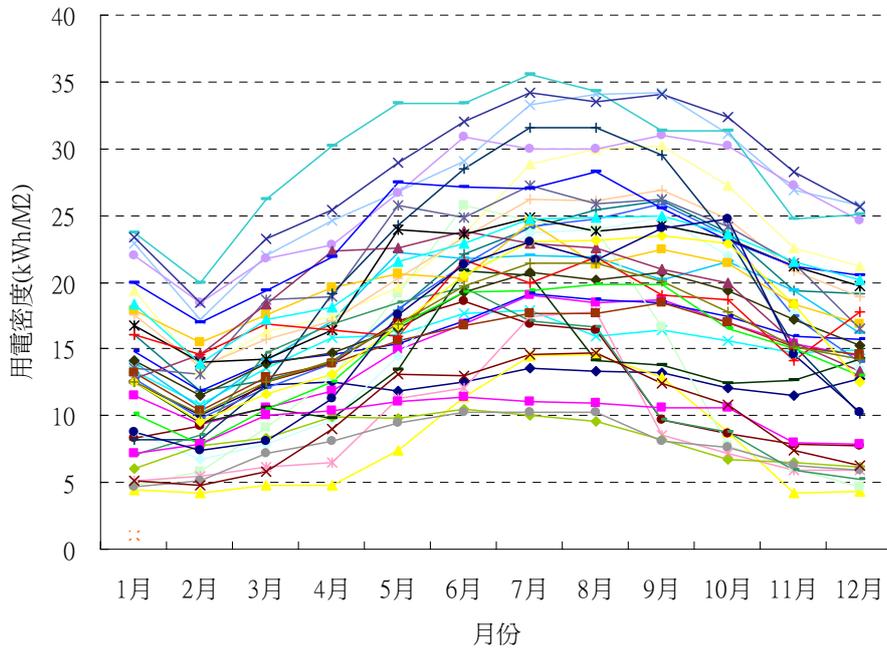


圖 4. 6地區醫院逐月用電密度分佈 (kWh/(m².a))
 (扣除停車場, 平均 EUI:205 kWh/(m².a) , STD:67, 離散度:33%)

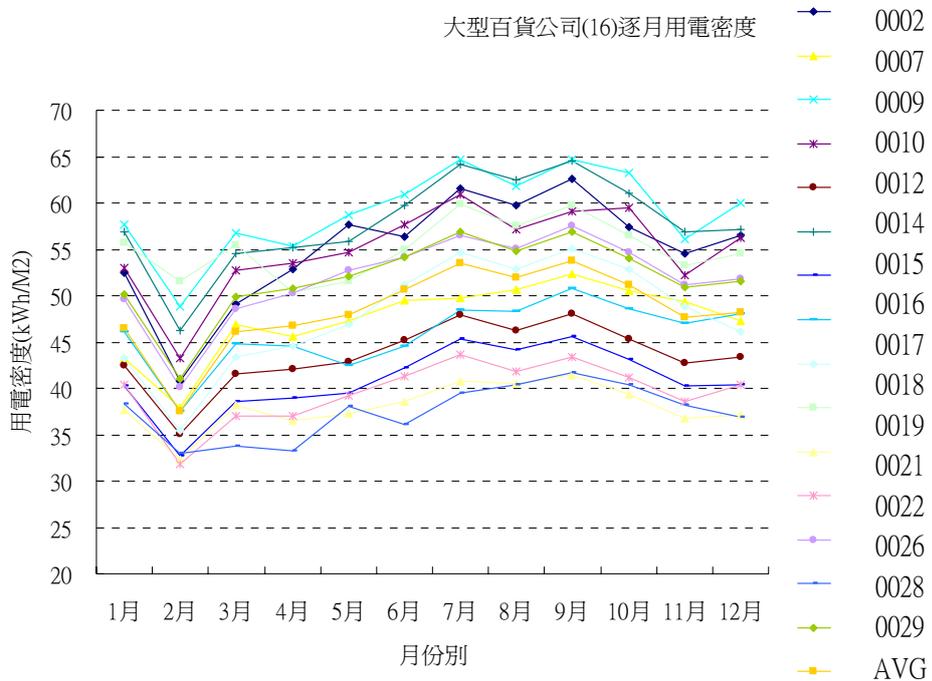


圖 4. 7大型百貨公司逐月用電密度分佈 (kWh/(m².a))
 (扣除停車場, 年平均 EUI:582 kWh/(m².a) , STD:82, 離散度:14%)

商店建築用電統計

商店類建築之營業型態、照明密度、空調冷凍設備千差萬別，其用電模式也五花八門，很難以固定模式來描述其用電情形。例如新型速食商店或連鎖超商之耗電量為傳統零售商店的數十倍，新型連鎖餐飲店的耗電量為無空調廉價餐飲店的五倍多。以下根據本研究室調查台北、台中、台南三都市一千多筆的商業建築用電資料與樓地板面積資料，依營業用途、用電模式、經營方式，將商業用戶區分為 59 項統計其用電密度如表 4.4 所示，並依用電密度區分為以下六大用電等級，來討論商業空間的用電特性。

表 4.4 所示的第一用電等級就是最高的用電等級，其全年用電密度分佈於 $900\sim 1800\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，這些都是一些高照明、高發熱量的連鎖便利商店，例如統一、全家、萊爾富等新型 24 小時空調營業的連鎖超商之平均用電密度為 $1707\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，是最耗電的商店型態；像麥當勞、肯達基、小騎士之類的新型連鎖速食店，由於有大量冷凍設備、全面空調、大型廣告招牌、高照明之故，其平均用電密度為高達 $1061\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 。另外，像麵包店、碳烤火鍋店等業種，其內部有大量的加熱、烘培設備以及全面空調的營業用餐環境；像連鎖化妝品精品店具有高密度的裝修與照明，也屬於最高用電等級的商店。

第二高用電等級的全年用電密度分佈於 $400\sim 900\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ 之間，這些業種可分為下列三大業種：1. 連鎖型高照明商店：此類連鎖型商店如連鎖飲料店、連鎖餐飲店、連鎖零售店、連鎖藥局、連鎖鐘錶眼鏡店、連鎖美容美髮等標榜其企業特色的商店，大多採用全面空調與高密度裝潢與照明來吸引顧客；2. 高照明娛樂性商店：此類業種如電動玩具店、網咖店、撞球館、電影院、百貨公司、唱片行等，內有大量電子娛樂設施，外有高亮度的招牌燈，且室內人員密集、出入頻繁而導致大量空調外洩的情形；3. 商業鬧區密集型商店：此類業種就是位於商圈鬧區、繁華夜市周邊人潮鼎沸的密集型小店面商店，商家為求爭取一席之地之營業店面，或臨時搭建，或一間分割為許多不同營

業店面，使其用電密度高於同類型的零售商店。

第三用電等級的全年用電密度分佈於 $300\sim 400\text{kwh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，這些業種可分為下列三大類：1. 一般精品零售店：例如銀樓、高級書店、精品零售店、資訊通訊店等，雖為精品販售商店，但不若連鎖型商店富麗堂皇，故用電密度不如上述高，2. 綜合商業辦公大樓：例如具有商業百貨、旅館、辦公、餐飲等商業混雜的大樓，由於混和了較低耗電的辦公空間與較高耗電的商業百貨、餐飲空間，因而用電密度居中；3. 國際觀光旅館。

第四用電等級的全年用電密度分佈於 $130\sim 300\text{kwh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ ，這些業種可分為下列三大類：1. 非精品類服務性商店：例如一般西藥局、一般餐飲店、一般飲料店、打字印刷、婚紗店、酒店卡拉 OK、PUB、私人診所、打字影印店等，此類業種屬非連鎖型平價經營型態，甚至採用分離機冷氣以便在部分時間停用空調，故其用電密度較低；2. 一般旅館；3. 辦公建築：例如高層企業辦公大樓、中低層辦公建築、連鎖補習班等，此類業種皆為全空調的辦公業種。

第五用電等級的全年用電密度分佈於 $70\sim 120\text{kwh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ，其業種特性以社區服務商店為主，例如低層公司行號、機車行、才藝補習班、家庭髮廊、一般中藥行、乾洗店、畫廊、養生館、五金、家具、傳統行業等，其服務範圍較小、勤儉營業、客源較為固定、採部分個別空調的社區型商店。

第六用電等級的全年用電密度分佈於 $20\sim 60\text{kwh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ，為無空調、低照度、低人潮的行業，如寺廟教會、低層無空調公司行號、倉庫、停車場等。

這些商店建築的用電密度通常與其照明水準與營業時間長短有密切關係，亦即與商業經營策略有密切關係，很難尋出一套簡單有效之節能對策。

表 4.4 商店建築用電密度 EUI(kWh/(m².a))

等級	業種大類	業種小類	樣本數	平均 EUI	標準差	
1	新潮連鎖商店	連鎖 24hr 便利商店	25	1707.2	894.6	
		超商				
2	高發熱商店	連鎖速食店	6	1061.1	353.8	
		麵包店	6	1374.8	932.5	
		燒烤火鍋店	14	922.8	441.9	
	高照明化妝品精品店		19	903.1	547.9	
		連鎖型高照明商店	16	769.8	337.9	
	3	連鎖型高照明商店	連鎖飲料店	29	718.6	445.8
			連鎖餐飲店	99	698.5	472.6
		高照明娛樂性商店	連鎖零售店	3	608.7	120.5
			連鎖西藥局	25	648.1	395.5
			連鎖鐘錶眼鏡店	20	425.5	254.6
連鎖美容美髮			20	691.7	499.2	
電動玩具店			12	596.8	359.5	
網咖店			8	489.5	208.4	
撞球館			8	476.5	207.9	
電影院			11	466.0	296.7	
4	鬧區密集型商店	影印店、沖洗店	12	421.4	196.9	
		唱片行	159	597.1	372.9	
	一般精品零售店	有空調餐飲店	115	396.9	205.3	
		銀樓	24	394.3	266.7	
		高級書店、漫畫店	35	354.9	270.7	
		高級零售店	213	373.6	253.6	
		連鎖資訊通訊店	21	328.5	181.8	
	國際觀光旅館	美容美髮	54	352.3	210.6	
		綜合商場辦公大樓	6	351.2	86.1	
		非精品類服務性商店		4	358.1	76.9
婚紗店			9	275.7	163.7	
一般資訊通訊店			24	273.1	144.9	
連鎖補習才藝班			56	242.3	100.7	
一般西藥局	8		230.8	111.6		
一般飲料店	45		213.0	153.7		
4	非精品類服務性商店	酒店&卡拉 OK	63	193.7	120.4	
		打字印刷	6	164.4	72.2	
		私人診所	58	146.8	98.7	

		個別空調餐飲店	36	131.1	82.2
		一般旅館	24	190.3	79.0
	辦公建築	中層企業辦公大樓	115	225.6	115.3
		低層辦公建築銀行證卷	24	169.1	76.8
5	社區型商店	低層分租型辦公室	260	133.1	75.8
		社區零售商店	90	111.3	58.5
		低層公司行號	60	96.7	67.9
		機車行	13	88.2	29.3
		才藝補習班	23	87.9	58.5
		家庭髮廊	27	87.3	46.2
		一般中藥局	7	86.0	37.6
		乾洗店	10	85.2	58.5
		畫廊	23	84.3	38.6
		養生館	5	82.4	19.0
6	低人潮無空調建築	傳統行業	113	78.5	46.9
		寺廟教會	19	55.7	61.3
		無空調公司行號	26	42.3	23.6
		倉庫	60	30.4	21.8
		停車場	2	22.5	12.9

學校建築用電統計

整體而言，台灣學校建築的空調普及率在大專院校較高，而國中小學的用電情形尚處於十分克儉的階段。例如大專普通教室的空調普及率約在九成以上，而絕大部分的國中小學普通教室空間目前尚無空調設備。大專院校行政大樓大部分均設有空調設備，而國中的辦公空間尚有一成無空調設備，國小的辦公空間則有五成未裝設冷氣設備。幼稚園是空調設備較為普及的教育設施，但私立幼稚園約有 3% ，而公立幼稚園約有 53% 未裝設冷氣空調設備（見表 4.5~4.7），電腦教室與視聽教室是目前普遍設有空調設備的國中小學空間。目前學校的空調設備絕大部份均以窗形或分離式空調為主，幾乎少有中央空調的。一般國中小學的活動中心雖然均設有簡陋的空調設備，但因節約

用電之故，大多盡量不開空調，常使空調設備故障而廢棄。

由於空調普及率之差異，台灣學校建築的耗電密度由大學、高中、國中小依次降低，幼稚園的耗電密度則僅次於大學。大專院校平均用電密度約為高中之兩倍、國中之三倍、國小之四倍。本研究室統計之九所大專院校平均用電密度為 $82.83 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，但其用電密度視其文理工商特徵而有很大差異，例如以靜態教學為主的兩所師範學院大學之平均用電密度僅為 $50.66 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。大專院校之建築類別繁多，不同性質建築物之用電密度差異甚大，一般而言全面空調且使用時間長的圖書館之耗電密度最高，達 $186.52 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，其次系館教學大樓約為 $91.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，學生活動中心與體育館則為 68.21 、 $32.63 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。公立大學之理工科系館因實驗室儀器設備較多，使其耗電密度約為 $104.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，比文科系系館的 $73.9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 高出約 40.1%。大學宿舍區之用電密度視，則視其有無附屬餐廳或中央空調設備而有甚大差異，單純宿舍者為 $52.1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 、附帶餐廳之宿舍為 $90.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 、附中央空調設備之純宿舍則高達 $90.4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

由於克難教育之風，因此台灣高中以下學校建築用電密度尚屬於偏低的情形，例如高中、國中、國小、幼稚園單位面積用電量依次分別為 45.2 、 $32\sim 37$ 、 $26\sim 29$ 、 $44\sim 59 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，幾乎與住宅建築的用電密度相近而已。其中國小的用電密度最低，而幼稚園的用電密度最高（空調普及率較高之故）。空調型幼稚園用電密度中，中央空調型幼稚園遠大於分離式或窗形空調型幼稚園約 34%。畢業典禮的 6 月與開學的 9 月是國小以上學校類建築用電的兩個高峰期，此乃與其他類建築以七、八月為高峰的現象迥異之處。由於現行公立中小學校預算均無經常費來應付空調支出，因此大部分公立國中小學均盡量避免使用空調設備。然而，最近有些採班群教室的開放小學，因教室深度過大而使教室必須長期依賴空調上課，而嚴重增加空調照明費用，使得學校無法負擔暴增之電費，而巧立名目向家長收取空調電費。另一方

面，隨著生活水準提高，家長要求學校裝設空調之聲四起，未來學校的空調設備可能日漸普及，而學校用電也勢必增加。這是今後節能政策應該注意的方向。

表 4.5 學校建築用電統計 (用電量單位：kWh/m²)

地點建築別(樣本數、說明)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	
大學 ⁰	行政大樓(4)	3.62	3.36	5.76	6.30	7.43	7.01	7.00	8.07	8.36	9.89	7.91	6.63	81.34
	系館教學大樓(54)	5.09	4.58	6.20	6.99	8.99	9.75	8.77	8.58	8.75	8.73	7.96	6.76	91.50
	公立大理工科系館(27)	5.81	5.43	7.27	7.91	10.12	10.93	10.01	10.04	10.21	9.84	8.97	7.62	104.17
	公立大文科系館(3)	3.25	3.09	4.52	5.21	8.67	7.96	7.78	7.56	7.45	6.58	6.40	5.44	73.91
	圖書館(5)	9.22	9.11	14.29	13.82	19.76	20.14	16.66	16.71	17.16	17.90	17.01	14.75	186.52
	學生活動中心(6)	3.31	4.87	5.18	5.55	7.51	7.60	4.98	4.24	5.85	7.16	6.28	5.69	68.21
	體育館(4)	2.35	1.62	2.79	2.99	3.38	3.81	2.17	2.73	2.49	2.79	2.43	2.55	32.63
	宿舍(22、非中央空調)	3.43	3.07	4.12	3.98	5.60	5.40	2.89	3.80	4.69	4.85	4.73	4.50	52.07
	宿舍(8、附餐廳非中央空調)	5.90	5.87	6.92	7.31	9.23	8.67	6.97	6.50	7.24	8.72	8.87	7.97	90.17
	宿舍(3、中央空調)	3.94	2.20	7.01	9.87	14.13	11.51	3.66	0.00	7.30	12.60	10.01	8.15	90.42
	九所公私立大學總平均	4.72	4.12	6.01	6.46	8.66	8.96	7.18	6.90	7.54	8.37	7.42	6.51	82.83
兩所師範學院總平均	3.17	2.12	3.72	3.74	5.54	5.98	4.31	4.14	4.42	5.63	4.15	3.73	50.66	
高中	台北市(16) ¹	3.15	3.15	1.72	3.31	3.52	4.82	4.60	3.37	3.61	5.24	4.51	3.84	45.20
國中	台北市(62) ¹	1.70	2.57	3.28	2.87	3.34	2.64	2.22	2.03	2.86	2.69	3.02	3.29	32.50
	台中市(18) ²	2.74	2.29	2.85	3.02	3.71	3.96	2.90	2.75	3.64	3.37	3.26	2.83	37.30
國小	台北市(77) ¹	2.27	2.05	1.62	2.07	2.36	2.69	2.24	1.56	1.87	2.50	2.45	2.34	26.10
	台中市(48) ²	2.25	1.98	2.28	2.50	2.86	2.80	1.95	2.00	2.75	2.90	2.67	2.39	29.40
私立幼稚園 ³	中央空調(台中市,10)	3.17	2.98	2.98	3.36	4.45	6.20	6.74	7.02	6.84	6.50	5.02	3.94	59.20
	分離式空調(台中市,5)	2.75	2.72	2.60	2.59	3.10	4.04	4.83	5.12	4.96	4.45	3.69	3.01	43.86
	窗形空調(台中市,23)	2.38	2.27	2.37	2.43	2.92	4.31	5.34	5.47	5.08	4.71	4.17	3.08	44.53

• 0:取自「王振如, 2002」, • 1取自「黃世孟, 周鼎金, 2000」; • 2取自「雷志文, 2001」; • 3取自「沈心怡, 2001」

表 4.6 台中市國中小學空調設備設置情形 (雷志文, 2001)

	國中小(樣本數)	窗形冷氣機(台/校)	分離式冷氣機(台/校)	箱型冷氣機(台/校)	中央空調(RT/校)	吊扇(支/班)
辦公空間	國中(18)約一成無冷氣設備	16.0	1.0	0	0	4

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

	國小(48)約五成無冷氣設備	6.35	0.25	0	0	4
教室空間	國中(18)均無冷氣設備	0	0	0	0	4
	國小(48)均無冷氣設備	0	0	0	0	4
電腦室、視聽室	國中(18)均有冷氣設備	1.54	1.4	1.22	0	4
	國小(48)均有冷氣設備	2.89	0.54	0.21	0	4-6
圖書館	國中(18)均有冷氣設備	2.0	2.0	1.2	0	4-24
	國小(48)均有冷氣設備	0.96	0.35	0.27	0	4-30
活動中心	國中(17)均有冷氣設備	0	0	2.17	135RT	
	國小(29)均有冷氣設備	0	0	2.05	67.29RT	

表 4.7 台中市幼稚園空調設置情形 (沈心怡, 2001)

		中央空調	分離式冷氣	窗形冷氣	無冷氣
公立幼稚園 (17)	園數(比例)	1(6%)	0	7(41%)	9(53%)
私立幼稚園 (39)	園數(比例)	10(26%)	5(13%)	23(56%)	1(3%)
	平均耗電量 (標準差)(kWh/m ²)	50.0 (16.0)	41.0(26.0)	40.0 (20.0)	17.0

各類建築樓地板面積統計

有了各類建築物之用電標準之後，接著必須建立建築節能管制面積的資料。在營建署網頁上可搜尋出建築建造執照統計以及建築使用執照統計之資料，然而為了更精確的推估實際使用面積的節能效果，本研究採取各類建築物使用執照樓地板面積做估算。

當我們取得各類建築使用執照樓地板統計後，須要做一點修正，首先是建築節能法規正式上路是 1995 年，因此自 1995 年起受管制對象在送請建築建造執照時必須符合相關規定，但 1995 年所核發之建築使用執照之建築物依申請建築物建造執照與營建所需的時間往前推算，平均大約需要一年左右的時間，則其申請建築建造執照時間約為 1994 年，然而當時是建築節能法規尚未施行的時候，因此不受建築節能設計管制，所以保守推估建築外殼節能設計之成效，必須取 1996 年核發之建築物使用執照再往前推估一年，才是 1995 年綠建築技術規則上路後申請建築建造執照必須受綠建築專章管制的時機。

為方便日後判讀報表，本研究所列出之資料統一將各類建築管制成效時序自動向前推估一年，初步統整結果可參見表 4.8 節錄近十年建築物分類統計樓地板面積，其所示之 1995 年核准各類建築樓地板面積在原始資料就是 1996 年核准之各類建物建築執照樓地板面積，而原始資料可用之年份自 1996 年至 2005 年在往前推估一年後就成為 1995 年至 2004 年之資料，然而在量化的推估下，可以將原始資料各類樓地板之十年取平均數，獲得十年平均樓地板面積，作為 2005 年以後每年市場興建的推估值，並在 2005 年後用來推估未來之各類建築樓地板數成長規模與節能效益。

在此要特別修正三個類型之建築物使用執照數量核發規模，因為營建署統計之建築物使用執照缺乏百貨公司類、大型空間類與其他類（因為其他類在綠建築專章中係指辦公、百貨、醫院、旅館、住宅、店鋪住宅、學校和大型空間等類別以外之總稱）之統計分類統計，而大型空間類申請名目有博物館、體育館到倉庫等包羅萬象難以細分，所以僅能從使用規模相近似之建築物推估，本研究以典型的大型空間量販店來推估百貨公司之樓地板成長數，依據黃素琴，2006，量販店節能探討，截至 2006 九月全國九大連鎖量販店共 121 個樣本，量販店賣場平均面積 15462 m²，包含停車場之面積約 25875 m²，所以粗估至 2006 年截止所有量販店總數為 130 家，又量販店數量在十年間持續成長，與百貨公司規模相近且競爭市場呈五五波之趨勢推估，由此推估得到百貨公司於十年內平均核發建築物使用執照之樓地板面積約 201006 m²，而大型空間之平均規模以百貨公司三倍之樓地板規模推估，得到大型空間十年平均建築物使用執照樓地板約 603018 m²；最後再以每年全國核准之總樓地板面積扣除辦公、百貨、醫院、旅館、住宅、店鋪住宅、學校和大型空間等八項類別之面積，所剩下的值就是各年度其他類建築樓地板面積。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

表 4.8 近十年建築物分類統計樓地板面積 單位:m²

類別 年份	全國核准總 樓地板面積	辦公	百貨	旅館	醫院	住宅	店鋪 住宅	學校	大型 空間	其他類
1995	45709423	2486339	201006	90146	402454	20630666	10857920	2533977	603018	790387
1996	38462486	2902472	201006	213631	503404	14593020	9637038	2125968	603018	7682929
1997	38683334	2467335	201006	372781	383408	13916149	9216767	2406021	603018	9116849
1998	41239986	4088783	201006	186301	473682	13560514	8936920	2406628	603018	10783134
1999	35023733	3042080	201006	179902	381055	10368060	6208819	2632803	603018	11406990
2000	31167915	2425365	201006	196419	380291	8191971	4375230	2357533	603018	12437082
2001	24386270	1769308	201006	181182	403541	7917718	3196994	2633438	603018	7480065
2002	26497263	2656023	201006	157808	251370	10010797	4363457	2057008	603018	6196776
2003	31165623	1657277	201006	278450	443284	13116941	3312281	2192944	603018	9360422
2004	31027550	1324176	201006	308859	443348	13332714	5661855	1705410	603018	7447164
十年平均樓 地板面積	34336358	2481916	201006	216548	406584	12563855	6576728	2305173	603018	8981531

註. 營建署統計之使用執照樓地板分類並無百貨類、大型空間類與其他類分類項目，故百貨類與大型空間採黃素琴，2006，量販店節能探討統計之量販店面積作為推估值，得到百貨類年平均建築使用執照樓地板面積 201006 m²，大型空間年平均建築使用執照樓地板面積 603018 m²；而其他類建築使用執照面積則是以該年度全國核准總樓地板面積扣除辦公、百貨、醫院、旅館、住宅、店鋪住宅、學校和大型空間後求得其他類使用執照樓地板面積。

資料來源：整理自內政部營建署網站

我國建築節能對節能與二氧化碳減量效益計算

由前節所示的各類建築物 EUI 值，以建築外殼節能設計可幫助建築物空調節能百分之二十之精神，逐步推估各年度管制之建築使用類型以及樓地板面積，即可以換算出建築外殼節能設計的效益，再以能源局 96 發佈之標準，節省一度電的消耗可以減少 0.62kg 之二樣化碳排放，依此換算二氧化碳減量之成效。

各類建築節能效益推算公式：

$$\text{節能效益} = \text{各類建築樓地板面積} (\text{m}^2) \times \text{各類建築 EUI} (\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})) \times \text{空調耗能占全體耗能比例} (\%) \times \text{空調節能比例} (20\%)$$

為了推估各類建築物平均之 EUI 值，顧及樣本用電強度有低中高之分，因此本研究盡可能採中等值之 EUI 做為推估數值，並盡可能採用扣除停車場面積的 EUI 值，因為能源局統計 EUI 是採取台灣電力公司用戶之電表所統計出的 EUI 值，但一般建築使用執照並不包含地下停車場之面積且公用停車場之電表是獨立電表，所以採用未計入停車場面積之 EUI 值代入樓板面積推估節能效益，至於政府機關與學校等公部門之單位儘管 EUI 統計是包含停車場的數值，並且可能設立許多電表，但最終之申請用戶只有一個對象，所以最終用電量除以計入停車場面積與一般使用樓地板面積後，在樣本數充足之情況下可以歸納出一般各等級機關的平均 EUI 值，其數據也足以採信。

於是住宅 EUI 代 36.2 kWh/ (m² · a) 辦公大樓 EUI 代 240.9kWh/ (m² · a)，醫院 EUI 採區域醫院之 EUI 為 310.02Wh/(m² · a)，百貨商場 EUI 用 586.2 kWh/ (m² · a)，旅館類 EUI 取一般旅館 190.6 kWh/ (m² · a)；不過因為缺乏店鋪住宅還有大型空間類之 EUI 值，但可透過文獻回顧，參考陳宜群，2006，都市商業街廓用電調查所得之商業區住宅單位樓地板用電平均 52.18kWh/ (m² · a)；而大型空間類以博物、館美術館類做代表，EUI 值取 182.0 kWh/ (m² · a)。

另外學校的 EUI 統計較為複雜，其中的統計樣本包含了小學、中學到大學等使用類型差距極大的類型，但可假設我國教改制度推動多元升學管道讓大學升學率已達百分之百之情況下，從小學到大學之學生總數平均分佈於各

年齡層，而校舍興建也是為了滿足各學程學生總數而分配，依小學六年，國中、高中各三年，一般大學與科技大學因包含研究所之學生數，所以計算平均在學時間當做四加一年（5 年），且一般大學與技術學院占高等教育各一半之學生，並採用經濟部能源局發佈之 EUI 調查數據，以學程年數乘以各學程 EUI 值取平均，依下列計算式求得學校 EUI 取 46.23kWh/（m²·a）

學校 EUI 推算公式（參考下表 4.9 數據）={國小 EUI（21.5×6 年）+國中 EUI（23.0×3 年）+高中 EUI（32.7×3 年）+[一般大學 EUI（100.5×5 年）+科技大學 EUI（96.6×5 年）]/2（因為假設一般大學與科技大學學生人數各占一半故分別除以 2）}/17 年（總學程年數：6+3+3+5/2+5/2） 單位：kWh/（m²·a）

表 4.9 各學程 EUI 資料表

學程	國小	國中	高中	大學(人數各占一半)	
				一般大學	科技大學
平均 EUI (kWh/(m ² ·a))	21.5	23.0	32.7	100.5	96.9
學年數	6	3	3	4+1	4+1

表 4.10 EUI 計算標準表

建築類型	EUI (kWh/(m ² ·a))	建築類型	EUI (kWh/(m ² ·a))
辦公	240.9	住宅	36.2
百貨	586.2	店鋪住宅	52.2
醫院	310.1	學校	46.2
旅館	190.6	大型空間	182.0

至此先將需使用的數據，如管制年份、各類建築物管制比例、各類建築十年平均樓地板面積、各類建築 EUI 值、各類建築物空調耗電比例與建築節能率（建築空調耗電比例×20%）統整在表 4.12，以方便推算綠建築專章歷年成效以及推估我國未來之二氧化碳減量成效；自 2003 三年起增設其他類（其

他類定義為辦公、百貨、醫院、旅館、住宅、店鋪住宅、學校和大型空間等八項以外之全體），建築物因種類繁雜，規模不一，且缺乏相關之 EUI 統計數據，故僅列出面積統計，而無法推算其節能效果（表 4.11）。

表 4.11 建築外殼節能效益計算標準

類別	十年平均樓地板面積(m ²)	平均 EUI kWh/ (m ² ·a)	推估逐年提升之管制總樓板面積比例					空調 耗電 比例	建築節 能率
			1995	1998	2003	2005	2008		
辦公	2481916	240.9	30%	60%	60%	85%	85%	40.0%	8.0%
百貨	201006	586.2	0%	50%	60%	80%	80%	50.0%	10.0%
醫院	406584	310.1	0%	50%	50%	80%	80%	50.0%	10.0%
旅館	216548	190.6	0%	50%	50%	80%	80%	45.0%	9.0%
住宅	12563855	36.2	0%	10%	50%	75%	100%	24.0%	4.8%
店鋪 住宅	6576728	52.0	0%	10%	50%	75%	100%	33.0%	6.6%
學校	2305173	46.2	0%	0%	50%	85%	100%	16.0%	3.2%
大型 空間	603018	182.0	0%	0%	0%	80%	100%	40.0%	8.0%
其他	8981531	--	0%	0%	50%	80%	85%	--	--

註 1.--表示資料從缺，因為其他類種類繁雜，欠缺統計樣本

資料來源：修改自經濟部能源局，建築物能源管理及效率指標研究計畫 95 年度執行報告 附錄 B. 建築空調設計基準與技術規範（逐年提升之管制樓地板面積比例、空調耗電比和建築節能率）

從表 4.8 所列出之各類建築樓地板面積，與表 4.11 之各類建築逐年提升之管制樓地板面積比例整理成表 4.12(建築外殼節能 1995-2006 管制面積計算表)，其中舉辦公類做說明，見表 4.12，辦公類 1995 年每年受綠建築專章約束之面積是利用該年度辦公室總面積乘以表 4.11 在 1995 年辦公室的管制比例，由此得到該年度受綠建築專章約束管制之面積，此外該年度管制面積則是當年各類建築所受節能法管制樓地板的總和，與全國總樓地板做比較可以得知建築能源法管制之比例占該年全國樓板總數的百分比。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究
子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

表 4.12 建築外殼節能 1995-2006 管制面積計算表

單位:m²

類別 年份	全國總樓 地板面積	辦公	百貨	旅館	醫院	住宅	店鋪 住宅	學校	大型 空間	其他類	該年度 管制面積	年度管 制比例
1995	45709423	745902	0	0	0	0	0	0	0	0	745902	1.63%
1996	38462486	870742	0	0	0	0	0	0	0	0	870742	2.26%
1997	38683334	740201	0	0	0	0	0	0	0	0	740201	1.91%
1998	41239986	2453270	100503	93151	236841	1356051	893692	0	0	0	5133508	12.45%
1999	35023733	1825248	100503	89951	190528	1036806	620882	0	0	0	3863917	11.03%
2000	31167915	1455219	100503	98210	190146	819197	437523	0	0	0	3100797	9.95%
2001	24386270	1061585	100503	90591	201771	791772	319699	0	0	0	2565921	10.52%
2002	26497263	1593614	100503	78904	125685	3003239	1309037	1028504	0	0	7239486	27.32%
2003	31165623	994366	120604	139225	221642	6558471	1656141	1096472	0	3098388	13885308	44.55%
2004	31027550	794506	120604	154430	221674	6666357	2830928	852705	0	4680211	16321413	52.60%
2005	34336358	2109628	160805	173238	325267	9422891	4932546	1959397	482414	5957731	25523918	74.33%
2006	34336358	2109628	160805	173238	325267	9422891	4932546	1959397	482414	7185225	26751412	77.91%

資料來源：整理自內政部營建署網站

由圖 4.8 是由表 4.12 的年度管制面積與年度管制比例繪製而來，由圖所示可知我國綠建築專章在逐步調整管制規模，累計至 2006 年管制之總樓地板數為 106742525 m²（將 1995 年-2006 年以來各年度管制面積加總而來）之多，且目前每年興建之樓地板數受綠建築專章管理之樓地板約占全國興建總樓地板數的 77.91%，另外圖 4.9 所示，依照建築類型區分，可知平均十年管制之樓地板面積以住宅比例最多佔 31% 強，住商建築次之占 16% 強，兩者之總和佔我國建築樓板管制面積之 49%，因此日後若能加強住宅與店鋪住宅之節能設計，可以更廣泛推行節能政策。

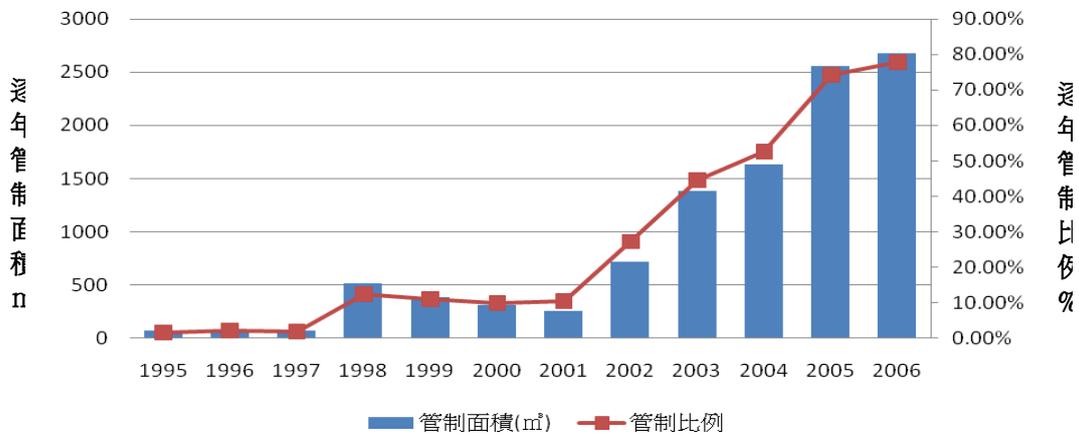


圖 4. 8 綠建築專章規管制規模曲線圖

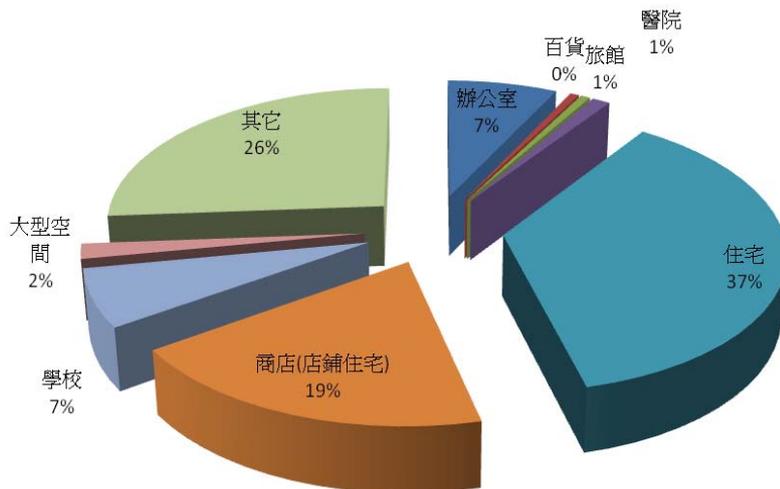


圖 4. 9 依類型區分建築外殼節能管制樓板面積比例

再來就是計算各類建築物之節能成效，參考表 4.11 之各類建築 EUI 與建築節能率(空調所占各類型建築耗能比乘上 20%之空調節能率)還有表 4.12 之各類建築逐年管制面積，統整出下表 4.13 之建築外殼節能成效。其歷年節能成效之計算的原理，是將各類建築之 EUI 乘以表 4.11 之建築節能率還有受外殼節能管制的面積，便可求得各年度之空調耗能表。

更進一步將表 4.12 之各類建築物樓板面積、推估逐年提升之管制總樓板面積比例、EUI 和建築節能率代入運算後，可得到表 4.13. 之 1995 年-2006 年節能成效表。由於建築物的節能效益是終其生命效益均有效的，因此所謂累計累計節能效果，並不僅是單純累加該年度新增之管制樓地板面積之節能效果，而必須囊括尚未拆除的管制樓地板面積之節能效益，其計算如下：

$$EC = \sum_{i=1}^{12} EC_i \times (n - i + 1) \dots\dots\dots (1)$$

EC_i: 該年度管制面積節能效益

i: 1995 年起算年,

n: 2006 年結算年

EC: 累計節能效益

而 2006 年以後之節能效益以過去十年平均樓地板推估，2006 以後建築外殼節能每年可節省 106421713 度之電力，又建築節能法規上路以來累計之節能效果為 3023373741 度電，且依照經濟部能源局最新發佈之統計，節省一度電可減少 0.62kg-CO₂ 之產生計算見表 4.14，1995 年-2006 年建築節能對二氧化碳減量效益計算，所以換算後截至 2006 年，建築外殼節能設計累計相當於幫助我國二氧化碳減量 1874491.7 公噸，又以十年樓地板推估往後每年可減少 65981.5 公噸因發電而產生之二氧化碳，由此可見建築外殼節能設計在節能與二氧化碳都有顯著的成果。見圖 4.10，各類建築物中累積節能成效以辦公大樓 1923853.9 千度最豐碩，除了係因為辦公大建築外殼節能設計推行最早之外，也由於辦公大樓平均用電密度高，所以累積成效額外顯著。

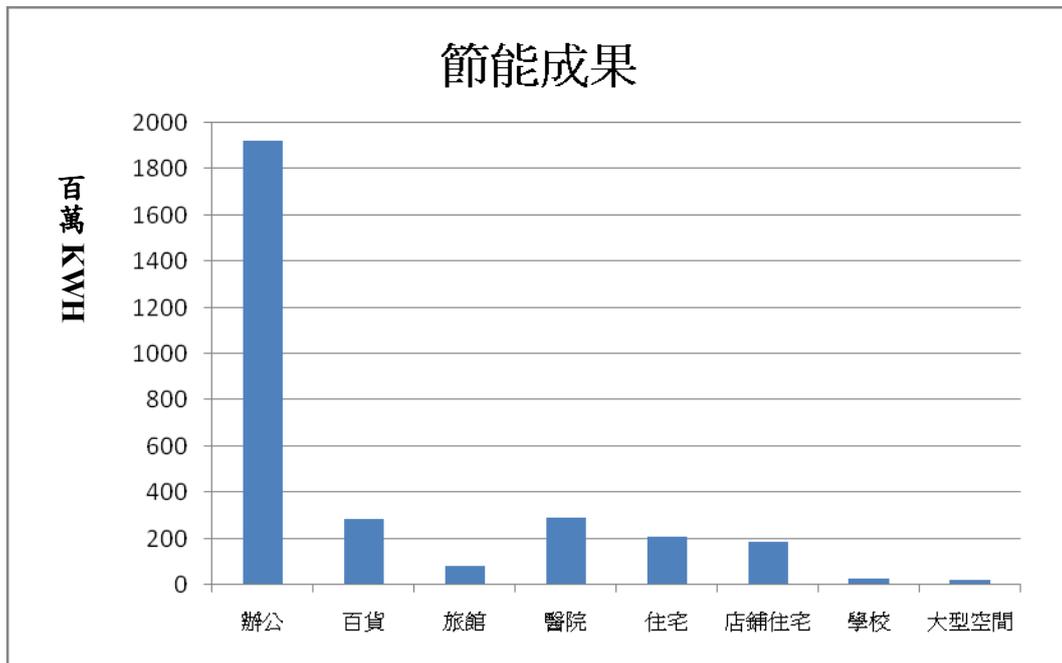


圖 4. 10 各類建築 1995-2006 累計建築外殼節能設計成果統計

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

子計畫三：建築節能法規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究

表 4.13 1995 年-2006 年累計建築外殼節能成效

類別		辦公	百貨	旅館	醫院	住宅	店鋪住宅	學校	大型空間	該年度管制面積節能效益	累計節能效益
年份	1995	14375018	0	0	0	0	0	0	0	14375018	14375018
	1996	31155950	0	0	0	0	0	0	0	31155950	45530967
	1997	45421094	0	0	0	0	0	0	0	45421094	90952061
	1998	92700509	5891486	1597904	7342545	2356275	3077768	0	0	112966486	203918547
	1999	127876689	11782972	3140923	13249278	4157829	5216011	0	0	165423702	369342249
	2000	155921669	17674458	4825609	19144169	5581266	6722787	0	0	209869958	579212207
	2001	176380532	23565943	6379607	25399458	6957049	7823794	0	0	246506382	825718590
	2002	207092657	29457429	7733126	29295944	12175477	12331961	1521528	0	299608122	1125326711
	2003	226256082	36527212	10121392	36167290	23571475	18035510	3143604	0	353822565	1479149277
	2004	241567794	43596995	12770475	43039627	35154937	27784884	4405062	0	408319775	1887469052
	2005	282224553	53023373	15742206	53123553	51528153	44771981	7303716	7023954	514741488	2402210540
2006	322881312	62449750	18713936	63207480	67901369	61759078	10202369	14047907	621163201	3023373741	
累計成效 (kWh)		1923853858	283969618	81025177	289969344	209383829	187523773	26576280	21071861	3023373741	--
十年樓地板面積推估未來年節能效益 (kWh/a)		40656759	9426377	2971730	10083926	16373216	16987097	2898654	7023954	106421713	--

表 4.14 1995 年-2006 年累計建築外殼節能設計對二氧化碳減量效益計算

年份		類別									該年度二氧化碳減量效益	累計歷年節能效益
		辦公	百貨	旅館	醫院	住宅	店鋪住宅	學校	大型空間			
單位：Kg-co2/a)	1995	8912511	0	0	0	0	0	0	0	8912511	8912511	
	1996	19316689	0	0	0	0	0	0	0	19316689	28229200	
	1997	28161078	0	0	0	0	0	0	0	28161078	56390278	
	1998	57474316	3652721	990700	4552378	1460890	1908216	0	0	70039222	126429499	
	1999	79283547	7305442	1947372	8214553	2577854	3233927	0	0	102562695	228992194	
	2000	96671435	10958164	2991878	11869385	3460385	4168128	0	0	130119374	359111568	
	2001	109355930	14610885	3955356	15747664	4313370	4850752	0	0	152833957	511945526	
	2002	128397447	18263606	4794538	18163486	7548796	7645816	943347	0	185757035	697702561	
	2003	140278771	22646872	6275263	22423720	14614315	11182016	1949035	0	219369991	917072552	
	2004	149772032	27030137	7917695	26684569	21796061	17226628	2731139	0	253158261	1170230812	
	2005	174979223	32874491	9760167	32936603	31947455	27758628	4528304	4354851	319139723	1489370535	
2006	200186414	38718845	11602640	39188637	42098849	38290628	6325469	8709703	385121185	1874491720		
累計成效 (kg-co2)		1192789392	176061163	50235610	179780993	129817974	116264740	16477293	13064554	1874491720	--	
以十年樓地板面積推估未來 CO2 減量效益 (單位：Kg-co2/a)		25207191	5844354	1842473	6252034	10151394	10532000	1797165	4354851	65981462	--	

第三節 我國未來建築外殼節能管制益預測

由先前陳述建築外殼節能設計在節能與二氧化碳減量之成果豐碩，然而實際上依然有成長的空間，因此接下來是建構國家未來節能政策之發展方向，以推估未來節能政策強化後之節能與二氧化碳減量效益。

1. 擴大管制樓板面積

綠建築專章除了依照各類建築分類管制，逐步強化建築物之管制規模，以強化建築物外殼熱負荷是一本萬利的手法，直到所有建築物全面強化管制乃終極目標，如此才能貫徹我國政府宣示節能與二氧化碳減量之目標，是追求可持續性發展的第一步。住宿類建築（包刮住宅、宿舍、與店鋪住宅）的面積是我國建築管理的最大宗，因此擴大住宿類建築的節能管制範圍最能增加節能管制之比例。

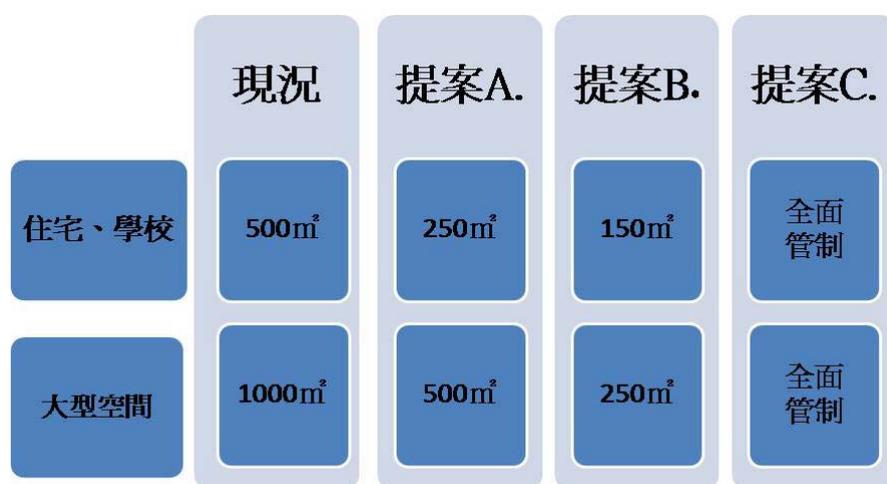


圖 4. 11 建築節能管制提案

延續現今之節能政策，再以階段性管制規模提升，最後達到階段C之全面管制，在此提出縮減住宅、店鋪住宅與學校之管制面積，見圖 4.11 其所列之項目，現況之管制面積為住宅、學校管制面積 500 m²，而本研究提案三種

將 A 案將管制規模縮減至 250 m²，B 案 200 m²，C 案全面管制；而大型空間的管制面積仍然有提升的空間，所以建議修法將管制面積下修到 A 案 500 m²，B 案 250 m²和 C 案全面管制等提案。

關於住宅類之管制規模推估乃因為我國住宅型態雖然集合住宅之興建逐在比例上逐漸成長，但一般透天建築仍然佔有多數市場，且建商為了讓產權分割以利銷售，往往以拆照之方式送審，甚至市場上出現許多鎖定小家庭，一戶地坪僅二十坪，建坪小於 150 m²之住宅，因此現況住宅管制之規模 150 m²看似嚴謹卻仍可能逃脫節能法令之約束，在節能政策的積極推動概念下，須保證讓我國新建之建築物在未來能確保高性能之外殼隔熱性能，以達到建築物全面節能管制之使命。

將前節我國建築節能政策對節能與二氧化碳減量評估計算(表 4.14)歸納的現今之住宅類、店鋪住宅類、學校類與大型空間之建築節能比例、EUI 資料以及十年平均樓地板面積，帶入管制規模提升之方案後再與現有之節能政策做比較，計算得出 A、B、C 三項提案的節能效益。以住宅 A 方案為例，可先以住宅的 EUI 值乘以十年平均樓地板面積再乘上管制比例相減求出管制之面積增加百分之五之數值最後帶入住宅的建築空調節能比例 4.8%，求得住宅之 A 方案每年可節省 1091547.7 kWh/(m²)之電能，再以此方法累計店鋪住宅、學校與大型空間的節能成效，就可以求出表格最右欄方案 A 節能提升效果推估，預計 A 方案可每年再節約之電力 3272524.1 度，而 B 方案則是 8330071.9 度電，最後 C 方案之節能效果最大，估算每年可再節省 11602596.0 度電。

然而，在 A、B、C 三案中，本研究建議一勞永逸採用 C 案不分規模全面實施節能管制之方案。因為我國以規模限制節能管制之規定是因為受到當初 ENVLOAD 立法管制僅針對大型建築管制的原則之影響，而以五百平方公尺以上來管制，不但遺漏絕大部分建築物的節能管制，也違反國際節能管制慣例，因此建議對於住宅、大型空間、學校類建築取消規模門檻之限制，全面納入節能設計管制。

表 4.15 管制規模提升推估節能成效

項目 \ 類型		住宅	店鋪住宅	學校	大型空間	節能提升 效果推估 kWh/ (m ² · a)	
EUI 統計值 (單位: kWh/ (m ² · a))		36.2	52.2	46.2	182.0		
2008 年管制 樓地板面積 (單位:m ²)		12563855	6576728	2305173	603018		
建築節能比例		4.8%	6.6%	3.2%	8%		
現況管制比例		75%	75%	85%	80%		
管制 比例 推估	方案 A	85%	85%	90%	85%		
	方案 B	90%	%	95%	90%		
	方案 C	100%	100%	100%	100%		
節能 效益 推估	方案 A	1091547.7	1132473.1	170509.0	877994.2		3272524.1
	方案 B	3274643.2	3397419.4	341018.1	1316991.3		8330071.9
	方案 C	5457738.6	5662365.6	511527.1	1755988.4	11602596.0	

2. 強化住宅節能基準

依照十年平均樓地板推算各類建築未來每年興建樓地板，可以由圖 4.9 各類建築十年樓地板面積分類統計顯示，未來住宅以及店鋪住宅佔全年樓地板總量的近五成，所以住宅與店鋪建築是市場上需求最普遍的類型，是故強化住宅節能基準乃最適合普遍推廣之節能對象。

以國外之資料 ASHRAE90.1 規範（本研究計畫之子計畫一，住宿類建築與其他類建築節能基準與管制）相對於台灣地理位置的 ZONE1 與 ZONE2 氣候區，相較之下台灣所規範之節能基準較寬鬆而有加強之必要，因此如圖 4.12 所列出的強化住宅屋頂與加強等價開窗率 Req 三個提案，執行方案 A. 與方案 B. 是強化屋頂 U_i 值提議由現行之 1.2W/(m² · k) 強化至 1.0W/(m² · k)，預計可增加住宅空調節能 5%之效益，最後的 C 方案則是除了提升

屋頂之熱傳透性能外，還導入了等價開窗率 Req 之標準升級，以限制開窗率能夠減少熱能的侵入，預計可以節省約兩成的住宅空調用電量，讓建築節能之精神得以落實。故以前表所列之數值，分別將住宅與店鋪住宅之EUI × 樓地板面積 × 2008年管制比例 × 空調佔建築耗電量比 × 節省比例，即可求出三個住宅強化方案之節能成效（表 4.16）。

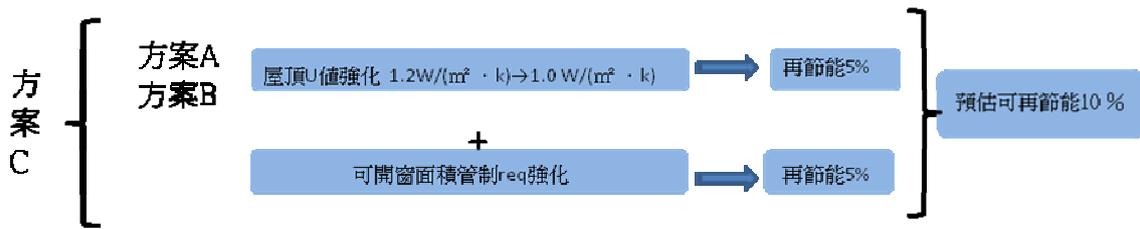


圖 4. 12住宅節能基準強化方案節能效益推估

表 4. 16住宅節能基準強化節能率換算

	EUI kWh/ (m ² · a)	十年管制樓 地板面積(m ²)	管制比例	空調佔建築 耗能比例(%)	可節省電力(度)	
					方案 A、方案 B 節省 5%	方案 C.節省 10%
住宅	36.2	12563855	100%	4.8	1091547.7	2183095.4
店鋪住宅	52.2	6576728	100%	6.6	1132473.1	2264946.2
總節能量(度電/年)					2224020.8	4448041.6

3. 管制天窗

台灣橫跨亞熱帶，氣候條件普遍高溫高溼，節能條件以加強遮陽減少熱得為首要課題之一，然而許多設計者在操作建築設計時卻忽略了建築節能之重要，由其是百貨業與購物中心等大型空調類型建築，喜愛抄襲歐美現代建築之型式，設置天窗採納天光以增添室內之光線氣氛（圖 4.13），然而天窗成為熱流直接進入室內的途徑，造成消耗大量地空調用電，如同把大筆的金錢不斷地丟像無底洞一樣，但冷房效果依然有限，故未來綠建築專章應加強天窗管制。

提議方案：

方案 A. HWsi 水平透光開窗日射透過率 ≤ 0.5 →可幫助屋頂層空調節能 20%

方案 B. HWsi 水平透光開窗日射透過率 ≤ 0.3 →可幫助屋頂層空調節能 40%

方案 C. HWsi 水平透光開窗日射透過率 ≤ 0.15 →可幫助屋頂層空調節能 60%

上述之水平天窗係指當天窗仰角小於 80° 且開口部超過 1 m^2 時，須增加水平天窗遮陽與降低玻璃日射透過率，減少水平日射取得，若採取方案 A. 水平開窗日光透過率 ≤ 0.5 ，則管制天窗只能幫助屋頂層節省 20%用電，在此以推估所有建築類型之屋頂面積中平均每萬分之一的樓地板會採用屋頂天窗面積，且以住宅平均高度為五樓，所以其節能效果僅限於五萬分之一（萬分之一樓地板面積採天窗 ÷ 平均住宅樓高五樓 = $1/10000 \div 5 = 1/50000$ ）之住宅樓地板面積，其節能效果以幫助空調節能 20%估算（換算住宅建築節能率 4.8%）

EX. 住宅採用天窗管制方案 A 的節能推估

2008 年住宅管制板面積 天窗機率 平均樓高 EUI 住宅建築節能率 節能量

$$12563855 \div 1/10000 \div 5 \times 36.2 \times 4.8\% = 436.6 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$$

其餘各類建築天窗節能推算；而採取方案 B. 控制水平天窗日射透過率 ≤ 0.3 時，對屋頂層空調節能可以達到 40%之功效，最後採取方案 C 控制水平天窗日射透過率 ≤ 0.15 ，可幫助屋頂層空調節能達六成推算，茲整理成表 4.17 所示各類建築物推估各類建築物之樓層高，加上各類建築樓地板面積與各類建築 EUI 單位耗能量之計算，求得屋頂層節能效益；而百貨商場類則因較有可能此用天窗採光，因此推估每千分之一之樓地板為天窗採光，但平均樓高以十樓計算，可幫助萬分之一之百貨商場樓地板節能，以此推算 2008 年後管制之樓地板面積可獲得其節能效益 A 方案 $2744.4\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，B 方案 $5488.7\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，C 方案 $8233.1\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。



圖 4. 13購物中心為製造空間效果而開設天窗採光造成能源浪費

表 4. 17天窗管制節能量

類別	辦公	百貨	旅館	醫院	住宅	店鋪 住宅	學校	大型 空間	累計 天窗 節能 成效 (單位: kWh/ (m ² · a))
方案 EUI	240.9	586.2	190.6	310.0	35.2	52.2	46.2	182.0	
2008 年管制樓地板 面積(單位:m ²)	2109628	160805	173238	325267	12563855	6576728	2305173	603018	
建築節能比例	8%	10%	9%	10%	4.8%	6.6%	3.2%	8.0%	
平均樓高	10	10	10	10	5	5	4	3	
方案 A 節能量	406.6	942.6	29.7	100.8	436.6	453.0	85.3	289.7	2744.4
方案 B 節能量	813.1	1885.3	59.4	201.7	873.2	906.0	170.5	579.5	5488.7
方案 C 節能量	1219.7	2827.9	89.2	302.5	1309.9	1359.0	255.8	869.2	8233.1
單位:kWh/m ² ·yr									

4. ENVLOAD 自然通風優惠係數修改

在現行 ENVLOAD 計算評估中央空調型建築節能指標時，盡可能調整形狀係數減少外週區可幫助減少空調負荷，造成建築量體過於具大，內部空間之通風環境乃至於照明環境反而更需依賴設備系統，並可能忽略了台灣氣候在冬季和春秋兩季皆有機會採取自然通風之氣候條件，因此未來綠建築專章研擬開窗通風性能對辦公大樓 ENVLOAD 之優惠計算，採評估空調主機停機季節，給予 ENVLOAD 係數修正，鼓勵中央空調型辦公室的平面調整為可增加自然通風之區域與開窗型式以利導入自然風，減少空調主機開啟以減少耗能，如此辦公類建築物之空調耗能可再減少 20%，計算方式為辦公類 2008 年管制之樓地板面積 $2109628 \text{ m}^2 \times$ 辦公類 EUI $240.9 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \times$ 空調耗能 20% \times 空調佔辦公類建築用電比例 40% 之情況推估每年可節省 8131351.8 度電。

壹拾、 我國未來綠建築專章效益預測

將以上各建築節能精進方案之成效整理在表 4.18，將四種節能政策的 ABC 三種方案節能成效進行累加，可得知方案 A. 可目前提升 13630641 度電之節能效益，方案 B. 之成效預估可比目前之節能法令 18690933 度電力，至於方案 C. 每年可再增加的節能量估算為 24190223 電。接著是以經濟部能源局統計之換算公式，以台灣地區以各種發電方式換算出每發一度電將產生 0.62 公斤之二氧化碳的數據換算，將剛剛所述三種節能量預測轉換為二氧化碳減量的數值，分別可得到方案 A. 可比現今之政策再減少 62677.5 公噸之二氧化碳排放，而方案 B. 可減少 65814.9 公噸之二氧化碳排放，最後的方案 C. 則可以減少 69224.5 公噸之二氧化碳排放。

表 4.18 三種方案節能效益整理

節能手法	方案 A.	方案 B.	方案 C.
擴大管制住宅、學校與大型空間樓板規模 (kWh/ (m ² · a))	3272524.1	8330071.9	11602596.0
強化住宅節能基準(kWh/ (m ² · a))	2224020.8	2224020.8	4448041.7
天窗管制(kWh/ (m ² · a))	2744.4	5488.7	8233.1
辦公類 ENVLOAD 自然通風修改 (kWh/ (m ² · a))	8131351.8		
各方案每年幫助提升節能效益推估 (kWh)	13630641	18690933	24190223
各方案每年幫助提升二氧化碳減量效益推估(kg-CO ₂)	62677526	65814907	69224467

此外另行預計將 2008 年起模擬實施的節能方案方案 ABC 三者的歷年節能成效與二氧化碳減量成果推估統整，製成表 4.19 未來節能政策提案節能效果推估表與表. 4.20 未來節能政策提案二氧化碳減量成效推估表，以供讀者方便比對節能成效推估之程序。

表 4.19 未來節能政策提案節能效果推估表

	A 方案年度 節能效益	B 方案年度 節能效益	C 方案年度 節能效益	A.方案歷年累 積節能效益	B.方案歷年累 積節能效益	C.方案歷年累 積節能效益
1995	14375018	14375018	14375018	14375018	14375018	14375018
1996	31155950	31155950	31155950	45530967	45530967	45530967
1997	45421094	45421094	45421094	90952061	90952061	90952061
1998	112966486	112966486	112966486	203918547	203918547	203918547
1999	165423702	165423702	165423702	369342249	369342249	369342249
2000	209869958	209869958	209869958	579212207	579212207	579212207
2001	246506382	246506382	246506382	825718590	825718590	825718590
2002	299608122	299608122	299608122	1125326711	1125326711	1125326711
2003	353822565	353822565	353822565	1479149277	1479149277	1479149277
2004	408319775	408319775	408319775	1887469052	1887469052	1887469052
2005	514741488	514741488	514741488	2402210540	2402210540	2402210540
2006	621163201	621163201	621163201	3023373741	3023373741	3023373741
2007	727584914	727584914	727584914	3750958655	3750958655	3750958655
2008	948487031	953547323	959046612	4699445686	4704505978	4710005267
2009	1896974061	1907094646	1918093224	6596419747	6611600624	6628098492
2010	2845461092	2860641968	2877139836	9441880839	9472242592	9505238328
2015	7587896245	7628378582	7672372897	37896491757	38078662275	38276636690
2020	12330331398	12396115196	12467605957	90063278440	90523765026	91024200354
2025	17072766551	17163851810	17262839017	165942240888	166807550847	167747929320
單位:kWh/m ² ·yr						

表 4.20 未來節能政策提案二氧化碳減量成效推估

	A 方案年度 CO ₂ 減量效 益	B 方案年度 CO ₂ 減量效 益	C 方案年度 CO ₂ 減量效 益	A.方案歷年累積 CO ₂ 減量效益	B.方案歷年累積 CO ₂ 減量效益	C.方案歷年累積 CO ₂ 減量效益
1995	8912511	8912511	8912511	8912511	8912511	8912511
1996	19316689	19316689	19316689	28229200	28229200	28229200
1997	28161078	28161078	28161078	56390278	56390278	56390278
1998	70039222	70039222	70039222	126429499	126429499	126429499
1999	102562695	102562695	102562695	228992194	228992194	228992194
2000	130119374	130119374	130119374	359111568	359111568	359111568
2001	152833957	152833957	152833957	511945526	511945526	511945526
2002	185757035	185757035	185757035	697702561	697702561	697702561
2003	219369991	219369991	219369991	917072552	917072552	917072552
2004	253158261	253158261	253158261	1170230812	1170230812	1170230812
2005	319139723	319139723	319139723	1489370535	1489370535	1489370535
2006	385121185	385121185	385121185	1874491720	1874491720	1874491720
2007	451102647	451102647	451102647	2325594366	2325594366	2325594366

2008	588061959	591199340	594608899	2913656325	2916793706	2920203266
2009	1176123918	1182398680	1189217799	4089780243	4099192387	4109421065
2010	1764185877	1773598020	1783826698	5853966120	5872790407	5893247763
2015	4704495672	4729594721	4756871196	23495824889	23608770610	23731514748
2020	7644805467	7685591421	7729915693	55839232633	56124734316	56435004219
2025	10585115261	10641588122	10702960191	102884189350	103420681525	104003716178

單位: kg-CO₂

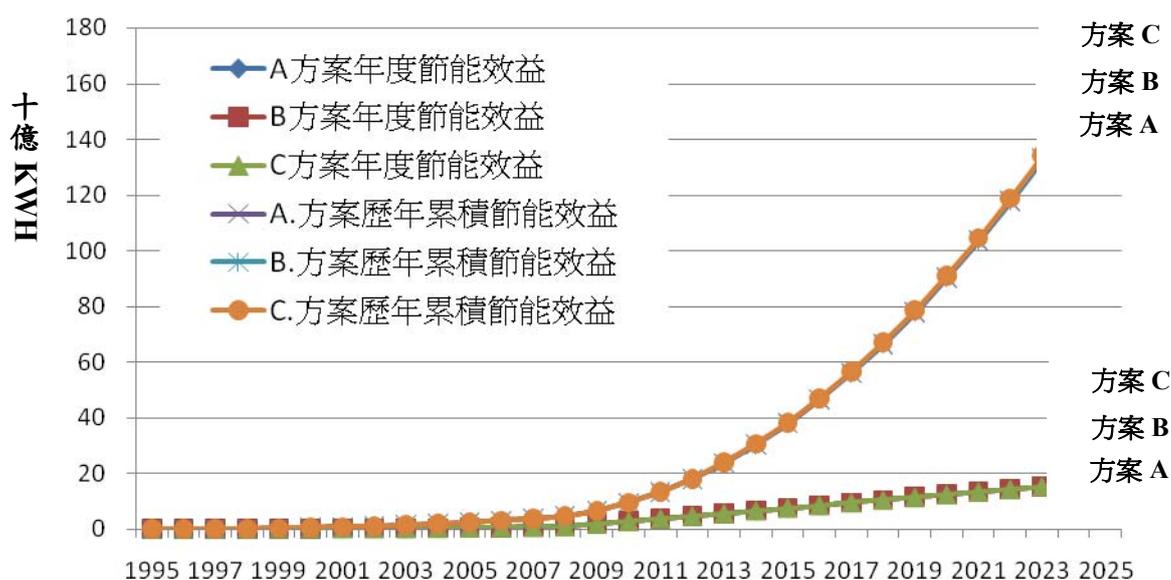


圖 4.14 綠建築專章強化後之三種方案節能效益預估曲線

圖 4.14，是由表 4.19 的未來節能政策提案節能效果推估表繪製而成的趨勢線，下方的 ABC 三個方案是以每年年度節能效益所繪製的趨勢圖，而上方的三條預測曲線是分別模擬實施 ABC 三個未來節能法規上路後的累積節能效益模擬；此外下圖(圖 4.15)則是將三種未來節能政策提案實施後，自 2008 年起的二氧化碳減量成效推估圖(依據表 4.20)。

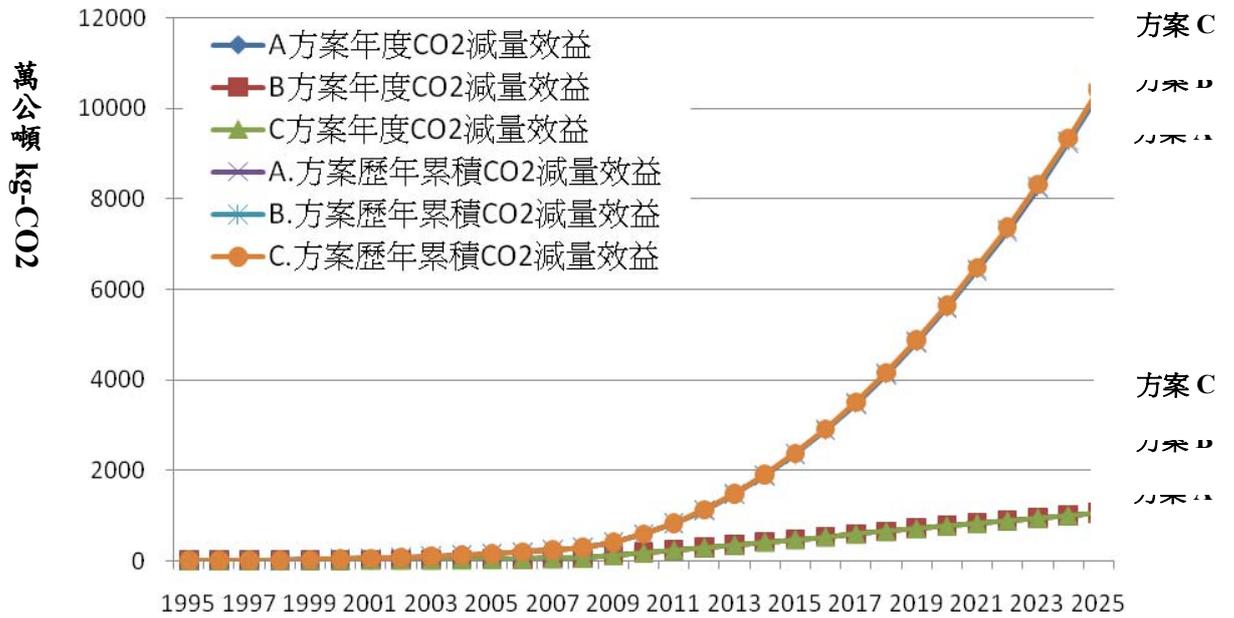


圖 4. 15綠建築專章強化後之三種方案二氧化碳減量預估曲線

第五章 結論與建議

第一節 結論

壹、 辦公建築 ENVLOAD 自然通風開窗優惠係數之研究

本研究已完成本計畫三個重要任務。首先對於子計畫一：強化住宿類與其他類建築節能基準與管制策略之研究，本計畫已經提出擴大住宅、學校、大型空間建築節能管制範圍、擴大大型空間類建築之管制對象、強化屋頂隔熱與水平天窗的遮陽規定、改善住宅通風修正係數並維護可開窗面積、強化大型空間類建築節能設計基準等五大對策，同時也針對修改建築技術規則條文內容提出具體建議。

接著對於子計畫二：辦公建築開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之研究。我國採用建築外殼耗能量 ENVLOAD 指標，作為對於辦公建築外殼節能設計的依據，目前已收到良好成效。然而，目前的 ENVLOAD 指標計算是以全年空調為前提的基準，對於許多小型辦公建築在冬季與春秋季不空調而開窗通風的間歇空調方式並無考慮，亦即對於部分通風減少空調之評估不足，因此必須研擬開窗通風性能對 ENVLOAD 基準優惠修正之必要。本研究已提出以外周區比 γ 與可開窗面積比 ϕ 來計算通風設計對 ENVLOAD 的優惠計算方式如下：

$$\text{ENVLOAD}' = \text{ENVLOAD} \times \text{可停空調優惠係數 } \beta$$

本研究在設定辦公建築實例模型，以美國空調動態程式 DOE，與台灣 TMY2 氣象資料解析出可停空調優惠係數 β 如下：

表 5.1 可停空調優惠係數 β 表

可開窗率 ϕ / 外周區比 γ	≥ 0.20	$< 0.20 \& \geq 0.10$	$< 0.10 \& \geq 0.05$
≥ 0.8	0.80	0.83	0.85
$< 0.8 \& \geq 0.7$	0.83	0.85	0.90
$< 0.7 \& \geq 0.6$	0.85	0.90	0.93
$< 0.6 \& \geq 0.5$	0.90	0.93	0.95

以上成功地針對辦公建築開窗通風設計完成 ENVLOAD 合理之優惠修正方法，此方法是目前全世界唯一對辦公建築的通風設計有優惠誘導的法令，它可有效地遏止辦公平面巨型化、不通風化的設計，並鼓勵細長平面、開窗通風的設計，進而達到節約空調能源的效益，這也是我國綠建築政策展現亞熱帶氣候最有特色的重點。

最後針對子計畫三：綠建築專章長期節能與二氧化碳減量效益評估研究。本研究以具體的營建統計資料與建築物的用電標準值 EUI，在理論節能效益之下，以 A、B、C 三個節能對策，提出具體的節約能源與二氧化碳減量效益。其效益圖如下：

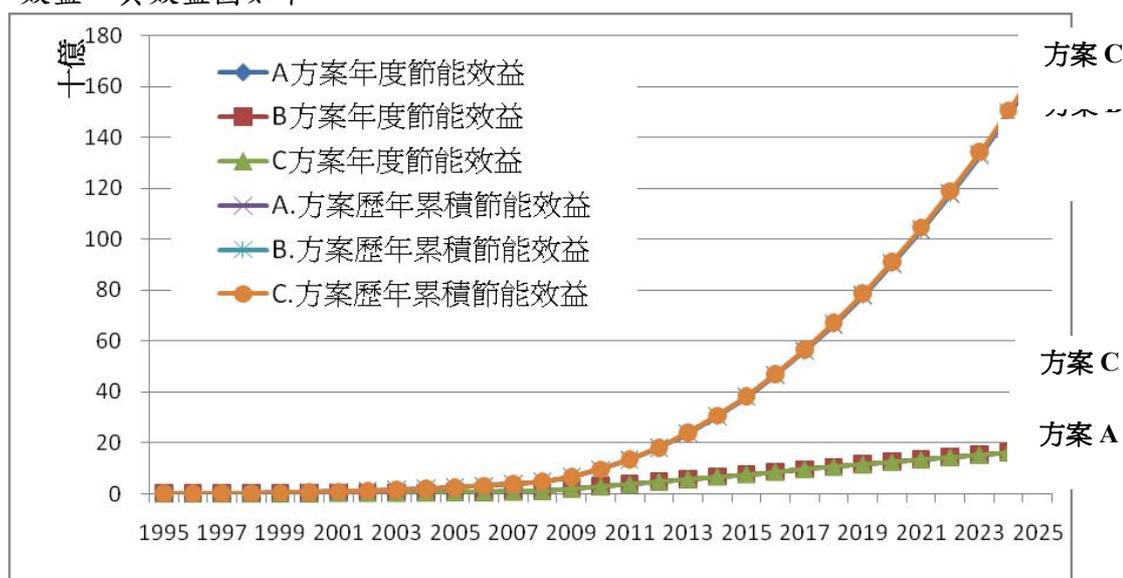


圖 5. 1 綠建築專章強化後之三種節能方案預估曲線

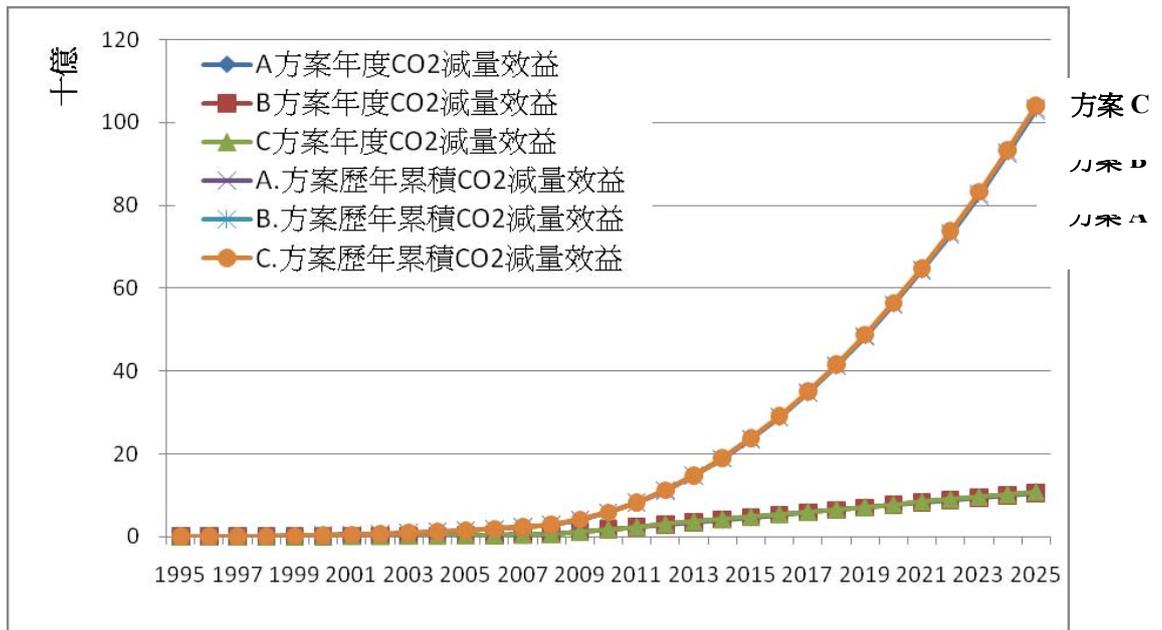


圖 5. 2綠建築專章強化後之三種二氧化碳減量方案預估曲線

第二節 建議

針對本研究之成果，在此提處以下建議：

壹、 立即可行建議

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

(一) 應積極修改建築技術規則以達成擴大節能管制的目標

本研究在子計畫一中，已提出擴大住宅、學校、大型空間建築節能管制範圍、擴大大型空間類建築之管制對象、強化屋頂隔熱與水平天窗的遮陽規定、改善住宅通風修正係數並維護可開窗面積、強化大型空間類建築節能設計基準等五大對策，同時也針對修改建築技術規則條文內容提出具體建議。這些都是在營建政策上達成具體節能與二氧化碳減量的具體方法，內政部建築研究所應將成果轉給法規主管機關營建署，營建署應積極配合修改建築技術規則綠建築專章條文，以早日達成政府永續國家政策中二氧化碳減量之目

標。

(二) 應積極修改 ENVLOAD 設計規範以鼓勵辦公建築通風設計

本研究在計畫二中，已針對本研究已針對辦公建築之節能指標 ENVLOAD，提出以外周區比 γ 與可開窗面積比 ϕ 對自然通風設計對的優惠計算方式，它可有效地遏止辦公平面巨型化、不通風化的設計，並鼓勵細長平面、開窗通風的設計，進而達到節約空調能源的效益。此效益必須修改 ENVLOAD 的設計規範才能具體落實。內政部建築研究所應將成果轉給法規主管機關營建署，營建署應積極配合修改辦公建築之節能設計規範，令我國辦公建築增加自然通風設計之平面與開窗設計，以期早日達成政府永續國家政策中二氧化碳減量之目標。

(三) 內政部應積極宣導建築二氧化碳減量之成果

本研究在計畫三中，已完成綠建築專章規長期節能與二氧化碳減量效益評估研究，提出具體二氧化碳減量之營建政策與效益。此二氧化碳減量之模擬數據並非充滿假設與未知之模擬，也非遙不可及、不切實際之期待，而是建立在具體建築法令條文與建管制度下，可以達成且可靠與確實的環境效益評估，相信這是我國營建政策對地球溫暖化危機之最忠實、最有效益之對策。期望我政府與民眾能珍惜此得來不易的二氧化碳減量工具，早日積極立法配合付之實施，以盡一份地球環保責任，早日彌補環境的傷害。內政部應積極草擬平易近人之說帖，對大眾積極宣導，以擴大我國永續政策之政策。

貳、 長期性建議

主辦機關：內政部營建署

協辦機關：內政部建築研究所

(一) 內政部營建署應調整營建統計方法以配合國家二氧化碳減量政策

本研究在在子計畫三中所完成的二氧化碳減量效益評估研究，因為營建統計上的建築分類與建築節能之分類並不一致，例如缺乏百貨公司、大型空間類等分類，造成本研究 EUI 標準與各類建築樓版面積預估上之偏差；此外自 2006 年起，內政部營建署網站所發佈之建築物使用執照類別統計報表之格

式改為依建築技術規則之類別統計，而缺乏組別之分，因此導致無法細分各類建築之明目，前後研究統計資料難以接續，故希望內政部營建署能夠更進一步發部依照技術規則組別分類之資訊，以利營建統計之後續長期研究。

(二) 積極建立我國各類建築 EUI 統計資料

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：台灣電力公司

我國政府相關機關已經逐漸重視建築 EUI 資料庫之建立，能夠幫助我國在工商建築類建立預測用電量以及制定長期能源控管政策之策略，也十分感謝台灣電力公司能夠鼎力配合有關研究單位之研究行動，研究單位搭配現勘驗，可以更迅速統計大量建築物之 EUI 資料，所以建議政府相關單位持續推動各類建築物 EUI 統計之更新與彌補現行資料之不足，

(三) 應落實綠建築專章之查核與管理

主辦機關：各縣市政府建管單位

協辦機關：內政部營建署

本研究所模擬的建築節能與二氧化碳減量效益皆是建立在建築節能比例以及綠建築專章落實的假設上，但是綠建築專章的落實牽涉建管稽查的確實性，過去曾發現綠建築專章與節能設計未落實的案例，使國家永續政策有所折減。本研究建議應該各縣市建管單位在建照審查與使用執照管理上確實落實綠建築專章的查核，以求真正二氧化碳減量效益的實現，此外營建署有關單位也更應該推動建管人員年度教育課程，以教導現勘人員最新法規課程以及正確的查核程序，才得以幫助建管人員落實查核步驟；此外有關上級指導機關更應該加強抽查考核，以盡監督之責任。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

附錄

期初審查會議記錄及處理情形

內政部建築研究所 96 年度「建築外殼節能設計管制效益與
二氧化碳減量目標評估研究」委託研究計畫案

評選會議審查意見及廠商回應一覽表

項次	評選委員審查意見	廠商回應
1	計畫書中有關建築外殼節能管制效益之評估，目前係規劃以模擬為主，建議增加實際案例之耗能量測，以比對建築個案實際節能之效益，並驗證推估模式之可靠性。	本案增加紅外線表面溫度對隔熱之影響，應能達到實例印證之功能。
2	有關二氧化碳減量目標之評估部分，係本案委託研究重要預期成果之一，惟所提計畫書內容與簡報資料中著墨較少，故建議應修正相關研究內容、方法及預期成果與效益，俾能符合計畫委託單位之需求。	遵照委員建議，俟後將修正強化計畫書中有關二氧化碳減量目標評估部分之研究內容、方法及預期成果與效益等。
3	目前我國推動綠建築與建築節能之成效分析，大致以節約特定水庫或森林公園之單位量化座數作為宣導數據，未來除基本用電、用水與能源節節量之推估分析外，建議增加具體且易懂之量化數據評估，俾為政策績效擴大宣導之基礎。	本案參照委員建議，未來將增加較為具體且易懂之量化評估數據，以利委辦單位作為政策宣導推廣之依據。

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

4	科技計畫需要計畫成果，應承諾未來本案之論文發表之數量。 成果能夠切合多面向之需求。	本計畫承諾可發表 2 篇以上 TSSCI 之論文。
5	有關本案未來擬檢討建築節能法規之修正草案，建議將以建築設計從業者觀點思考建築法規增修訂與未來落實推動之可行策略納入評估，期能切合實際使用者對永續環境的期望，並提高法令執行的具體成效。	本研究將邀請建築師等進行座談，以提高未來研究成果應用之可行性。
6	國內未來將陸續推動既有建築之綠建築改善工作，建議將室內裝修納為綠建築改善評估與審查項目之可行性，增列為本案計畫工作項目之一。	室內裝修相關作業程序與項目，在綠建材標章制度與建築技術規則綠建築專章中已積極改善，本項建議似難與建築外殼節能法令與計畫預期需求相整合，列入未來研究參考課題較為妥適。
7	建議評估增加建築消費市場研究方面專家參與執行本案之可行性，俾使未來研究成果能夠切合多面向之需求。	本計畫將增加建商或建築師座談會，廣徵專業技術人員與業界之意見，以切合各面向之需求。

廠商簽章：

業務單位審查簽章：



呂文弘 96/1/29

副本

內政部建築研究所 函

機關地址：台北縣新店市北新路3段200號13樓

承辦單位：環境控制組

聯絡人：呂文弘

聯絡電話：(02) 89127890 轉 277

傳真電話：(02) 89127832

電子信箱：sammy@abri.gov.tw

受文者：秘書室

發文日期：中華民國96年1月24日

發文字號：建研環字第0960000790號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：如文

主旨：檢送本所96年度委託研究計畫「建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究」案採購評選會議紀錄乙份如附，敬請查照。

說明：請投標受評廠商另依本所通知到所辦理議價程序，並依本會議紀錄結論(二)，於得標後參照評選委員意見將計畫書內容修正完竣，並納為未來契約文件之一。

正本：陳召集人瑞鈴、林委員福居、毛委員華、江委員哲銘、黃委員榮堯、梁委員漢溪、吳委員德賢、本所張專門委員秋藤、陳主任春足、廖簡任研究員慧燕、財團法成大研究發展基金會

副本：本所秘書室、政風室、會計室、環境控制組、呂副研究員文弘(均含附件)

所長 何明錦 出國

副所長 葉世文 代行

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

內政部建築研究所

本所 96 年度「建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究」
委託研究計畫案採購評選會議會議紀錄

一、時 間：96 年 1 月 22 日（星期一）上午 11 時正

二、地 點：本所簡報室（台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓）

三、主 持 人：評選委員會召集人 記錄：呂文弘

四、出席人員：

評選委員

黃榮堯

陳瑞鈴

李以仁

吳世忠

林福岳

張專門委員秋藤

陳主任春足

廖簡任研究員慧燕

投標廠商

呂副研究員文弘

相關人員

投標廠商

成大研究發展基金會

林書德

五、主席報告：

本案評選委員共聘 7 人，本次會議共計有 5 名委員出席，其中外聘專家學者 3 名，本所委員 2 名，超過委員總額二分之一，外聘之專家學者委員人數亦超過出席委員人數之三分之一，符合採購評選會議審議規則規定之出席人數，謹此宣佈會議正式開始。

六、業務單位報告：

(一) 本委託辦理案自 96 年 1 月 3 日公告招標訊息，至 96 年 1 月 16 日下午 5 時截止投標收件，計有一家廠商投標；經 1 月 17 日資格審查，資格合於規定之投標廠商共計一家，為財團法人成大研究發展基金會。

(二) 依「採購評選委員會審議規則」第 14 條，委員是否與評選廠商有僱傭、委任等利益關係，需予以迴避。

決定：徵詢與會評選委員均無需迴避之情形。

(三) 工作小組報告：

(1) 本案評選項目、權重及評定方式，依「採購評選委員會組織準則」第 3 條第 2 項規定，由本所援前例自行訂定。

評分項目及權重說明：(略)。

(2) 本案業於 96 年 1 月 19 日下午 2 時召開工作小組初審會議，經審查投標廠商所送服務建議書內容，均符合招標文件規定。

(四) 本案依據委託廠商評選須知之「評選作業流程」(二)規定，請計畫主持人提出 15 分鐘簡報，結束後進行問題詢答，委員提問後廠商一併答覆評選委員問題，時間為 10 分鐘。

決定：徵詢投標廠商與評選委員均同意。

七、廠商簡報：(略)

八、委員發言要點：

(一) 計畫書中有關建築外殼節能管制效益之評估，目前係規劃以模擬為主，建議增加實際案例之量測，以比對建築個案實際節能之效益，並驗證推估模式之可靠性。

- (二) 有關二氧化碳減量目標之評估部分，係本案委託研究重要預期成果之一，惟所提計畫書內容與簡報資料中著墨較少，故建議應修正相關研究內容、方法及預期成果與效益，俾能符合計畫委託單位之需求。
- (三) 目前我國推動綠建築與建築節能之成效分析，大致以節約特定水庫或森林公園之單位量化座數作為宣導數據，未來除基本用電、用水與能源節約量之推估分析外，建議增加具體且易懂之量化數據評估，俾為政策績效擴大宣導之基礎。
- (四) 因應科技計畫年度績效評鑑之需，投標單位應承諾年度內本案相關之發表論文數量。
- (五) 有關本案未來擬檢討建築節能法規之修正草案，建議將以建築設計從業者觀點思考建築法規增修訂與未來落實推動之可行策略納入評估，期能切合實際使用者對永續環境的期望，並提高法令執行的具體成效。
- (六) 國內未來將陸續推動既有建築之綠建築改善工作，建議評估將室內裝修納為綠建築改善評估與審查項目之可行性。
- (七) 建議評估增加建築消費市場研究方面專家參與執行本案之可行性，俾使未來研究成果能夠切合多面向之需求。

九、廠商答覆：

- (一) 本案增加紅外線表面溫度對隔熱之影響，應能達到實例印證之功能。
- (二) 遵照委員建議，俟後將修正強化計畫書中有關二氧化碳減量目標評估部分之研究內容、方法及預期成果與效益等。
- (三) 本案參照委員建議，未來將增加較為具體且易懂之量化評估數據，以利委辦單位作為政策宣導推廣之依據。
- (四) 本計畫承諾可發表 2 篇以上 TSCI 之論文。
- (五) 本研究將邀請建築師等進行座談，以提高未來研究成果應用之可行性。
- (六) 室內裝修相關作業程序與項目，在綠建材標章制度與建築技術規則綠建築專章中已積極改善，本項建議似難與建築外殼

節能法令與計畫預期需求相整合，列入未來研究參考課題較為妥適。

- (七) 本計畫將增加建商或建築師座談會，廣徵專業技術人員與業界之意見，以切合各面向之需求。

十、會議結論：

- (一) 本案投標受評廠商財團法人成大研究發展基金會，經評選結果平均分數為 87.4 分，符合評選須知之「優勝廠商評定方式」
 - (一) 「評分平均達 70 分以上為合格」之規定。
- (二) 請主辦單位將評選結果簽報機關首長或其授權人員核定。核定後通知投標受評廠商辦理議價程序；並請廠商於得標後，配合採購評選委員意見修正計畫書內容，俾以納入契約文件中。

十一、散會（中午 12 時 10 分）。

期中審查會議記錄及處理情形

時間：96年7月25日(星期三)下午兩點

地點：內政部建築研究所會議室

主持人：葉副所長世文

出席人員：蕭江碧理事長、陳瑞玲組長、王榮吉總幹事、江星仁建築師、陳泰昌秘書長、林憲德教授、周鼎金教授、李訓谷教授、呂文弘副研究員、許虎嘯副研究員

評審意見	處理情況
<p>江建築師星仁</p> <ol style="list-style-type: none">1.本案期中報告中，有關建築類型之分類說明，建議採用正面表列方式呈現為宜；相關文獻與統計資料之引用，亦應修正引用最新資訊（如能源統計與營建統計資訊）較為妥適。2.另報告第二章中部分文字與圖表序號似有誤繕，請審慎檢討修正。	<ol style="list-style-type: none">1. 謝謝委員指導與建議，本計畫遵照辦理。
<p>王總幹事榮吉</p> <ol style="list-style-type: none">1.本案所引證的案例節能分析數據，除秉持公正與準確之原則外，有關節能設計不良實例以及政策法令不合時宜的現況，建議於研究分析內容中詳實呈現，以作為未來法令研議與政策規劃的基礎。	<ol style="list-style-type: none">1. 本研究可另行尋找適當案例做說明。
<p>李教授訓谷</p> <ol style="list-style-type: none">1.本案期中報告中已整體呈現計畫預期成果的架構，研究團隊的努力值得肯定。2.有關自然通風換氣性能修正係數	<ol style="list-style-type: none">1. 感謝委員的肯定與支持。2. 自然通風換氣性能修正係數的實驗已完成，請委員另詳子計畫二之內容。3. 針對天窗管制的內容可由國外

<p>的提案依據，建議於期末報告中補充評估說明。</p> <p>3.另針對大型空間的天窗採光設計與耗能評估，如大型量販店或商場等場所，建議增加實際案例之現況比較分析。</p>	<p>之綠建築專章規比較得知我國對此天窗之控管仍有待加強。</p>
<p>周教授鼎金</p> <p>1.根據以往建築設計案例分析，同時配合建築外殼節能管制之需求，提高外牆與屋頂之熱傳導係率U值基準之建議，應屬可行，且能誘導節能隔熱產業之發展。</p> <p>2.各地建築師公會已陸續針對建築外殼節能設計與簽證查核等進行相關研究，建議本案可將其成果納入探討。</p>	<p>1. 謝謝委員指教，望本研究可成功促使綠建築專章令之完善，使我國之節能政策得以具體推動。</p>
<p>蕭理事長江碧</p> <p>1.內政部建築研究所歷年有關建築節能研究之成果，已陸續轉換為建築節能管制基準，本案預期研究成果將持續加強建築外殼節能管制，非常有意義，應持續進行並作為修改相關法規之依據，同時應加強推動節能設計之效益說明與說帖研議，期能順利推動相關法制作業。</p> <p>2.建議考量研議建築物開窗設計應設置一定面積比例可開啓通風窗扇設計之可行性，誘導提升建築自</p>	<p>1. 非常感謝蕭理事長的支持與建議。本研究將持續進行，以促成法規之補強。</p>

<p>然通風換氣功能，以減緩空調與換氣能源消耗的壓力。</p>	
<p>呂副研究員文弘</p> <p>1.本案期中報告所提出之歷年節能成效、節能政策發展情境及節能與二氧化碳減量效益，應併同檢討換算成二氧化碳減量成效，並建議利用相關營建統計資訊，持續推估2010、2015、2025年的預期減量目標。</p> <p>2.本案期中報告部分格式未符合契約附件之要求，期末成果報告務請參照本部委託研究計畫作業要點相關規定撰擬。</p>	<p>1. 謝謝呂副研究員之指教，本研究期末報告將持續未完成之部分。</p> <p>2. 本研究會祝意期末報告之格式是否符合規定，感謝指正。</p>
<p>陳組長瑞鈴</p> <p>1.對應台灣ENVLOAD基準不及美國與大陸之現況，我國綠建築專章規之增修作業必須積極因應，本案研究成果未來轉換成節能法規之政策說帖研擬，應特別加以強調，同時建議研究成果中提出單一提案即可。</p> <p>2.有關天窗設計對於建築外殼節能的影響評估與對策研議內容，如建議採用反射玻璃或 LOW-E 玻璃等，是否會與節能政策相悖或造成其他環境議題，應請審慎檢討</p>	<p>1. 本研究可試圖說明是否由其他方式可改善天窗日射透過率之手法，以解採取反射玻璃造成其他環境危害之虞。</p>
<p>葉副所長世文</p> <p>1.本案期末成果之呈現，建議以單一提案（全面施行）為原則；相關替</p>	<p>1. 感謝葉副所長的建言，本研究期末可持續改進。</p>

<p>選方案的評估說明，則建議另列於政策推動說帖中即可。</p>	
----------------------------------	--

期末審查會議記錄及處理情形

時間：96年11月20日(星期二)上午九點30

地點：內政部建築研究所會議室

主持人：葉副所長世文

出席人員：蕭江碧理事長、陳瑞玲組長、林之瑛組長、江星仁建築師、陳泰昌秘書長、林憲德教授、周鼎金教授、李訓谷教授、黃瑞隆教授、楊冠雄教授、呂文弘副研究員、許虎嘯副研究員、葉政盛、徐文志

評審意見	處理情況
中華民國建築師公會全國聯合會(葉建築師政盛) 1. 建議未來可繼續朝簡化相關設計評估技術發展，並加強宣導，以利建築師學習應用。	1. 謝謝葉建築師建言，研究之目的若能加以簡化，以利業界推廣與使用將是日後持續努力的目標。
中華民國室內設計裝修同業公會全聯會(陳設計師泰昌) 有關天窗問題，目前業界已開發內外遮陽整合技術，以進行建築外殼隔熱改善，建議相關規範研究可考量納為可行應用技術之一。	1. 僅遵照委員指示，考量業界之新產品，作為相關規範訂定之參考。
林組長之瑛 1. 子計畫一提出有關住宅節能案擴大其管制範圍，取消500平方公尺限制乙節，鑑於營建署刻正配合農村改建政策，研商制訂農舍標準圖，建議考量行文該署，將本計畫所擬修正草案之內涵，納入前揭農舍標準圖說草案中，俾能全面推動住宅之節能設計。 2. 另有關提升屋頂隔熱基準之建	1. 為推廣建築節能之風，本研究亦將配合營建署之農村改建政策，檢討農舍標準圖是否符合節能政策。建議建研所發文營建署敦請制訂農舍標準圖時考量最新節能及綠建築設計，以免有所矛盾 2. 關於最新屋頂隔水基準，將於設計

<p>議，宜提出我國一般建築構造上的議題，以及較佳建築構造之參考形式或改善對策，並補充資源投入與產出的效益比較，以提高修法說帖之說服力；其次，水平天窗造成溫室耗能，不適合環亞熱帶氣候區的問題，宜加強建築師與民眾的宣導教育，導正觀念。</p> <p>3. 子計畫二中鼓勵於外氣溫度舒適季節時，空調系統停機並以開窗自然通風達成節能之構想，原則支持。</p> <p>4. 子計畫三以實施節能成效換算二氧化碳減量結果，提出綠建築績效相關量化數據，符合政策方向，至表感佩。</p>	<p>規範中加入圖例說明，讓建築師方便使用。</p> <p>3. 再次感謝委員對研究案的支持。</p>
<p>李教授訓谷</p> <p>1. 本案研究成果具有顯著貢獻，計畫所提出的政策方案值得相關單位持續推動。</p> <p>2. 建議在三種節能效益與二氧化碳減量成效推估方案中，增加效益百分比之比較，以凸顯各方案間的優劣。</p>	<p>1. 謝謝支持。</p> <p>2. 效益百分比必須有比較標準為一百，但目前只有相對效益，難言效益比，同時在累積效益中，三種效益均差異不大，其優劣只是「勿以善小而不為」之態度而已。</p>
<p>周教授鼎金</p> <p>1. 建築外殼節能成效推估之管制面積表中，2005年及2006年之數據如係推估值，應於圖表內文中</p>	<p>1. 節案成果報告之推算遵照周委員之意見修正辦理。</p>

<p>加註說明。</p> <p>2. 子計畫三中1999年至2006年建築節能效益之估算，建議改採累加方式另予檢討，以確實呈現建築部門之節能績效。</p>	
<p>黃教授瑞隆</p> <p>1. 本案研究內容與成效豐碩，如期完成預期成果，值得肯定。</p> <p>2. 有關辦公建築通風性能之修正提案部分，請考量高樓層開窗形式與建築外殼評估公式係數是否一致，或納為後續研究參考檢討；有關可通風性能係數的修正，建議再參考ASHARE STANDARD 55的熱適應舒適模式，較能符合整體節能設計的合理性。</p>	<p>1. 感謝委員讚賞。</p> <p>2. ASHRAE 熱舒適度考慮溫度、濕度、風速之綜合影響但本研究的空調停機時間只以方便的停機溫度來考量停機時間，最後又以去除北中南氣候差異以保守方式取統一值，因此即便更精確的解析也會因簡化而呈現大至不差之效果。</p>
<p>楊教授冠雄</p> <p>1. 本計畫具體提出多項可行建議事項，架構嚴謹且成效良好，對我國建築節能政策貢獻卓著。</p> <p>2. 有關空調通風修正之建議，是與國際建築節能趨勢相符；但有關停機時間之優惠，應比對設定溫度控制與單純送風控制的節能方式再予檢討為宜。另有關外氣焓值對通風換氣的影響，應比照外氣冷房方式檢討，避免高濕度</p>	<p>1. 謝謝委員肯定。</p> <p>2. 回答意見同上 2 之答覆。</p>

<p>空氣引入室內後，影響空調系統的運轉。</p> <p>3. 將大型空間AWSG管制基準提出線性化修正建議，有其重大改進意義，至表感佩。</p>	
<p>蕭理事長江碧</p> <p>1. 我國住宅屋頂隔熱基準，相較於世界各國標準仍屬偏低的水準，建議比照國際趨勢予以提高。</p> <p>2. 建築節約能源設計已納入建築技術規則綠建築專章中，應強化建照案件之審查，以落實政策執行之成效。</p>	<p>1. 感謝委員的肯定與支持。</p>
<p>呂副研究員文弘</p> <p>因應全國能源會議與行政院永續會的國家節能政策推估需要，有關建築節能的成效的推估與模擬，建議延續推估2010,2015,2020或2025年的預期成效，俾能提供本部做為建築部門節能政策規劃之依據。</p>	<p>1. 最終報告書已遵照呂副研究員意見修改，推估到 2025 年之節能成效，做為未來國家能源政策之發展參考。</p>
<p>陳組長瑞鈴</p> <p>1. 本案計畫研究成果具體，可提供作為營建署修法之參考，執行績效卓著。</p> <p>2. 有關節能成效的推估計算，請參考委員意見增加逐年累加方式呈現整體節能效益，相關說明併請配合調整。</p>	<p>1. 已遵照委員意見辦理。</p>

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

參考書目

- 01 王仁俊、林憲德，”辦公類建築 ENVLOAD 簡算法之研究”，
建築學報，建築學報第 53 期，2005。
- 02 王仁俊、林憲德，”台灣建築節能法規探討”，〈第十五屆建築研究成果發表會〉，中華民國建築學會，逢甲大學，台中，
台灣，2003。
- 03 林憲德、王仁俊，〈建築節能法規的解說與實例專輯，2003
年版〉，營建雜誌社，專輯 3，pp.18，2003a。
- 04 林憲德，〈綠建築解說與評估手冊 2003 年版〉，內政部建築研
究所，台北，P23，2003b。
- 05 林憲德，〈熱溼氣候的綠色建築〉，詹氏書局，台北，pp.216
～pp.235，pp.394，2003c。
- 06 林憲德、王仁俊，〈建築節能法規的解說與實例專輯，2005
年版〉，營建雜誌社，專輯 3，pp.18，2005a。
- 07 林憲德，〈綠建築解說與評估手冊 2005 年版〉，內政部建築研
究所，台北，pp.53～pp.60，2005b。
- 08 吳元康、蔡慶隆，”迎接節能 LED 交通號誌的新世紀”，〈電
子電力技術雙月刊〉，第 46 期，pp.59～pp.68，1998。
- 09 熊啟中，”LED 交通號誌可行性與推行方式之初步研究”，〈
交通大學碩論〉，pp.38，2000。
- 10 黃素琴，〈量販店節能監測探討〉，2006
- 11 Hsien-Te Lin and Jen-Chun Wang (Aug 11-14 2003)“The Design
Index of Building Energy Conservation and CAD Program
BEEP in Taiwan” 8th International IBPSA Building Simulation
Conference, Technische Universiteit Eindhoven, Netherlands.
pp.737～pp.744, 2003.

國家圖書館出版品預行編目資料

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標

評估研究

林憲德主編

內政部建築研究所，民國 96 年

ISBN 978-986-01-2260-2

1. 二氧化碳減量 2. 建築節能 3. 建築法規

建築外殼節能設計管制效益與二氧化碳減量目標評估研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：林憲德

出版年月：九十六年十二月

版(刷)次：初版

工本費：

GPN：

ISBN：978-986-01-2260-2