

生活環境科學系列之三

建築風土與節能設計

亞熱帶氣候的建築外殼節能計畫

Climatic Context and Energy Conservation Design of Architecture

Planning of Energy Conservation for Building Envelope in Subtropical Climate

林憲德 著



生活環境科學系列之三

建築風土與節能設計

亞熱帶氣候的建築外殼節能計畫

Climatic Context and Energy Conservation Design of Architecture

Planning of Energy Conservation for Building Envelope in Subtropical Climate

林豐德 著

詹氏書局

生活環境科學系列之三
建築風土與節能設計
亞熱帶氣候的建築外殼節能計畫

著者：林憲德

發行人及總經銷：詹氏書局

書局登記證：局版台業字第3205號

書局地址：台北市和平東路一段177號905室

郵政劃撥：0591120-1

電話：(02)3412856 3918058 3967077 3938879

傳真：(02)3964653 3938869

印刷：台南市先進印刷所

中華民國86年12月初版

定價：500元（平裝）

ISBN 957-705-138-3

自序

我國最新的建築節能法規即將在 1998 年元旦公佈生效。這是繼 1995 年第一次公佈實施後，全面擴大適用範圍的新法令。預計未來受到本法管制的建築市場將由 2% 增加至 57%，尤其對於佔營建市場一半以上的集合住宅幾乎全面納入節能管理，其影響層面十分巨大。本法令實施二十年後，預計每年可節約全國總發電量 7%，對地球環保貢獻甚大。

本人參與此法的催生，深知本立法過程十分漫長而辛苦。本人從事建築節能研究，至今將屆二十年從未間斷，為此法催生的甘苦談點滴在心頭。記得剛回國之初，我國政府對本土研究一向毫無信心。兩伊戰爭的第二次世界能源危機時，我國政府有意從事建築節能立法，當時幾乎想全面引進新加坡的 OTTV 法令作為台灣的建築節能法。事實上 OTTV 只是代表瞬間熱流值，很不適於代表全年耗能量。記得當時內政部還請來美國顧問，一再推銷源自於美國的 OTTV 節能體系，本人曾表不妥，但無人理會。該美國顧問為一空調業者，當時空調界對於建築能源，多只停留在靜態瞬間最大負荷的想法，少有全年動態耗能的觀念，但是我國官員唯外國顧問是問，懶得理會一個剛回國的年青研究者。還好當年因故沒有將 OTTV 體系付之實施，使得日後有改善的餘地。

記得 1985 年剛回到成大時，深覺本土的氣象研究是一切建築能源研究的基礎，因此我花了好幾年從事建築方面的本土氣象資料研究，沒有人注意，沒有官方正式的經援。這是一門十分冷門而枯燥無味的領域，引不起政府應急政策的興趣，甚至當時連學界都不太重視本土化的研究。有一次，我將一篇自以為得意的「平均氣象年研究」相關論文，投稿於機械工程學會的空調機械部門，竟然被退稿，好沒面子。如今，我國的建築節能法令，均立於這些氣象研究的基礎上而開花結果，甚至機械空調界皆一再引用上述氣象資料，昨日的蔽掃竟成今日之寶，真是不可同日而語。

2016/10

在此氣象研究之中，我們驚訝地發現，中央空調建築物的空調耗能量，在台灣的南北差距甚遠，在高雄的空調耗能量有時比台北高出三分之一，台灣南北的空調耗能差距有時遠比台北與東京的差異還大。後來我查一下氣象統計，發現台南的日照時間就比台北高出 950 小時，約為台北日照時間的 159%，其差距遠比廣東與北京還大，也難怪台灣南北的空調耗能量相差如此巨大。過去我們怎麼沒發現台灣有如此豐富的氣候變化？我們一直把台灣視為彈丸之地，認為一部建築法令均可通用全國。由此我們發現以單一基準來規範全台灣之建築能源，實在不符合多樣化的台灣氣候風土。於是我們便積極將真實的氣象統計資料納入建築節能法中，使得我國的建築節能設計能呈現出明顯的南北差距與山地海拔氣象特性。從建築能源研究中，我們發現台灣真的很大。

在上述本土化氣象研究的同時，成大建研所陸續致力於建築能源解析研究，至今先後生產了數十篇相關的碩士論文。這些冷門的研究，一直到 1990 年才發生效用，因為當年因伊拉克入侵科威特而再度引發能源危機。我們適時向政府建議，以成大長年研究的 ENVLOAD 及 PACS 的指標系統，作為我國建築節能法令的依據（內政部建築研究所籌備處委託研究「建築節約能源設計的指標與基準」1991.04）。然而，要捨棄眾多先進國的節能指標，改用土生土長的指標體系並非易事，因為國人對自己的東西有更高標準的要求。幸而本體系的公信力歷經了眾多建築環控及照明、空調專家的監督考驗，並經多年「優良節能作品評審活動」（內政部建研所主辦）的實用印證，才取得多方的信賴與共識。

本法規自 1980 年初的草案至今立法成功，前後十餘年。本人從中體會到我國建築立法的甘苦辛酸，也體會到我國公務人員難為之苦。將學界的共識推上法規亦非一件容易之事，政府必須千辛萬苦排除來自各方的質疑與阻力，還必須廣開說明會、培訓班以擴大宣導節能立法之重要，終於在 1995 年才得以將建築節能規定第一次正式推上建築法規。如今欣聞本法

再度全面更新公佈實施，感動之情讓我忘卻了過去所流的血汗。在此我特別要感謝內政部建研所張世典所長，長期以來支援推廣建築節能研究以及推動本法的盡心盡力。同時要感謝營建署黃南淵署長能排除各界疑慮，鼎力支持建築節能立法。我也要感謝內政部營建署及建築研究所的各位長官及先生女士的鼎力幫忙，才能促使本法的立法成功。尤其要感謝營建署王榮進科長、王鵬智先生長期來任勞任怨的幫忙，由於他們熟知建築節能領域，故能敢於推銷建築節能立法，化解各方阻力，完成了「不可能的任務」。當然也要感謝多年來不斷勉勵指導的眾多建築環控及照明、空調專家，以及長年來共同研究配合的本系師生以及諸位研究助理，有了大家，終能十年有成。

本書是本人十餘年來有關建築能源研究的結晶，也是本人協助政府建築節能立法過程中的著作精髓。其內容主要濃縮自十數年來建築節能相關的政府委託研究、所指導的成大碩博士論文、培訓班教材、雜誌專文、演講文，其目的主要描述我國建築節能法規的立法精神，以及適合台灣氣候的建築節能計畫理論。本書出版在我國建築節能法令公佈之際，希望能提供學界及業界在建築節能設計上充實的理論依據。此外，內政部營建署也另外製作發佈了「建築節能法規的解說與實例專輯」一書，如能一併參考，當更能登堂入室。本人也同時另外出版了「建築空調系統節能設計-----空調系統耗能係數 PACS」一書，它是與 ENVLOAD 互成一體的節能指標研究，有參考的價值。

本書所談的「建築節能」，本是一門枯燥無味又深奧艱難的領域，我一直想以有趣又平易近人的方式來描述它，甚至想要把它寫成輕鬆的建築通識讀物，或是一本培養心性的「建築文化哲學著作」。我個人一向熱愛建築風土研究，對氣候及建築文化之書籍略有涉獵。十餘年來我在雜誌或演講上，不斷闡述氣候與建築風土之人文觀點，作為本書的基礎。我個人也熱愛建築設計，向來主張將艱深的科技研究與建築設計實務結合為一。因此本書特別以設計者的眼光出

發，闡述台灣亞熱帶與寒溫帶氣候在建築風土上的差異，並說明台灣應有的建築節能設計手法，更進從氣候與節能計畫的觀點描述「建築的風土美學」理論。這也就是本書名為「建築風土與節能設計」的原因。希望本書不只提供建築節能設計實務的參考，也希望能讓讀者重新認識自己的建築風土特性，建立一套立足於本土氣候風土的建築哲學觀。

我深愛這塊鄉土，但是過去我們的社會風氣，很少給這塊土地應有的尊重與榮耀。從小所讀的書盡是一些歐美及日本事物，例如北緯 39 度的日照圖，大陸東北的炕，美軍的氣象資料，讓我們迷失了自我，我們甚至不知道「新竹風、宜蘭雨」。本人參與建築節能立法中，深刻體會到國家制度本土化的尊嚴，由盲從歐美法令至自主立法，由阻力重重至建築節能理念的普及化，欣見台灣各界日漸重拾建築研究本土化的信心。謹以本書獻給這塊鄉土，讓我們給予這土地更多的尊重與榮耀，也給這唯一的地球更大的關愛。

成功大學建築系教授
林憲德 謹序
1997年10月

作者簡介

姓名：林憲德

現職：成功大學建築系教授

有關本研究的經歷

- 1977 成功大學建築系畢業
- 1981 獲日本東京大學建築學碩士學位
- 1984 獲日本東京大學建築學工學博士學位
- 1987 獲日本空氣調和衛生工程學會
第25屆學術論文獎
- 1990 獲國家科學委員會優等研究獎
- 1996 獲內政部長獎
- 1988~1997
九次獲國家科學委員會甲等研究獎助

作者正式出版的著作

- 1986 「非洲傳統建築」(譯書), 大佳出版社
- 1988 「被歷史遺忘的建築」(譯書), 大佳出版社
- 1989 「建築空調耗能評估之研究」, 文山書局
- 1990 「為您的住宅把脈」(共著), 聯經出版事業公司
- 1994 「現代人類的居住環境(生活環境科學系列之一)」, 胡氏圖書出版社
- 1995 「建築節能設計規範的解說與實例(生活環境科學系列之三)」, 廢版立宇出版社
- 1996 「熱濕氣候的綠色建築計畫(生活環境科學系列之二)」, 詹氏書局
- 1997 「建築節能法規的解說與實例專輯」, 內政部營建署出版
- 1997 「建築風土與節能設計—亞熱帶氣候的建築節能計畫(生活環境科學系列之三)」, 詹氏書局
- 1997 「建築空調系統節能設計—空調系統耗能係數PACS(生活環境科學系列之四)」, 詹氏書局

目錄

自序

第一章 綠色建築宣言

1-1 綠色建築宣言(永續發展的建築節能政策).....	1
1-2 建築節能是「綠色建築」最重要的一環.....	3
1-3 建築節能設計的原點.....	4
1-3.1 穿衣、吃飯、與能源都是調節氣候風土的工具	
1-3.2 舒適、健康、效率是建築節能的原點	
1-4 台灣的建築能源現況.....	8
1-4.1 台灣與世界上各國能源消耗的比較	
1-4.2 我國建築產業的耗能比例	
1-4.3 建築空調用電與能源危機	
1-4.4 台灣建築物各部門用電統計	
1-5 我國建築節能法令的預期成效與對環保的貢獻.....	13

第二章 建築節能的壽命週期評估 LCA

2-1 何謂建築節能的壽命週期評估 LCA	17
2-2 建材生產運輸階段的耗能評估.....	18
2-3 建築節能的壽命週期評估 LCA.....	20
2-4 高層化建築物有害地球環保.....	21
2-5 RC 建築物是地球環保的大殺手.....	22
2-6 輕量化、合理化、木構造也是節能的一環.....	24

第三章 熱濕氣候的「金屬玻璃帷幕牆」設計

3-1 熱濕氣候的玻璃大樓是風土的謬誤.....	27
3-2 玻璃大樓是寒帶的產物.....	29
3-3 太陽從西邊出來?	31
3-4 金屬玻璃帷幕設計是時代的趨勢.....	32
3-5 「減少開口率」與「加強隔熱」是熱帶金屬玻璃帷幕牆設計的首善.....	33
3-6 外遮陽是熱帶金屬玻璃帷幕牆設計的新方向.....	34
3-7 與分散空調相容的玻璃帷幕牆設計.....	35
3-8 建築節能是提昇玻璃帷幕牆品質的契機.....	36

第四章 熱濕氣候的「風土建築美學」

4-1 熱濕氣候國家的省思.....	39
4-1.1 向柯比意致敬	
4-1.2 尋回熱濕氣候的建築風格	
4-1.3 熱濕氣候的範圍	
4-2 建築之「氣候文化論」.....	42
4-2.1 民居的保溫哲學---Bergman 法則	
4-2.2 「隔熱文化」與「遮陽文化」的氣候分區	
4-2.3 「隔熱優先」的寒冷、乾熱型建築文化	
4-2.4 「遮陽優先」的熱濕熱帶建築文化	
4-2.5 「隔熱遮陽並重」的次熱濕建築文化	
4-2.6 亞熱帶氣候是「隔熱遮陽並重」氣候區，也是節能對策最高難度的地區	
4-3 熱濕氣候的風土建築美學.....	49
4-3.1 熱濕氣候的通風文化---「久野法則」	
4-3.2 熱濕氣候的風土建築美學	

第五章 各國的建築節能法令與氣候風土

5-1 引言.....	55
5-2 各國的建築節能法令簡介.....	56
5-2.1 美國的建築節能基準	
5-2.2 加拿大的建築節能基準	
5-2.3 前西德的建築節能基準	
5-2.4 法國的建築節能基準	
5-2.5 日本的建築節能基準	
5-2.6 新加坡的建築節能基準	
5-3 國內外建築節能法令之比較分析.....	64

第六章 亞熱帶氣候的建築節能法令--- 台灣建築外殼節能設計規範概說

6-1 節能指標與基準概說.....	67
6-2 空調型建築的節能設計指標---ENVLOAD 的指標與基準概說.....	67
6-2.1 建築外殼耗能量 ENVLOAD 公式	
6-2.2 ENVLOAD 的設計基準	
6-3 住宿類建築節能設計指標---遮陽、隔熱、通風並重的指標.....	75
6-3.1 等價開窗率及平均熱傳透率	
6-3.2 遮陽、隔熱、通風並重的亞熱帶節能指標	

6-4 其他類建築節能設計指標——屋頂隔熱指標.....	80
6-4.1 指標與基準概說	
6-4.2 水平天窗設計限制	
6-4.3 特殊屋頂構造設計	
6-5 節能設計指標的五等級定性評估.....	84
6-6 小結.....	86

第七章 亞熱帶氣候的建築節能計畫

7-1 前言.....	89
7-2 由建築耗能分佈探索地方建築風貌.....	90
7-2.1 掌握空調型建築的地方風格	
7-2.2 掌握住宅的地方風格	
7-3 亞熱帶氣候的建築節能計畫.....	93
7-3.1 由大處著眼的建築節能計畫	
7-3.2 如何掌握建築外形與配置	
7-3.3 建築外殼節能設計的重點分析	
7-3.4 如何掌握建築平面、方位與開窗	
7-3.5 如何掌握樓層高度	
7-3.6 如何掌握遮陽設計	
7-3.7 如何掌握屋頂節能設計?	
7-3.8 如何掌握玻璃材質設計	
7-3.9 如何掌握建築外殼隔熱	
7-3.10 如何掌握開口部的氣密性	
7-3.11 如何掌握通風	
7-4 結語	110

第八章 優良建築外殼節能設計實例

8-1 系統化節能設計的典範——台電新營營業處.....	111
8-1.1 背景說明	
8-1.2 外殼節能設計及其效益評估	
8-1.3 空調節能設計及其效益評估	
8-2 誘導式節能設計的優等生——中原大學圖書館.....	115
8-3 邁向「綠色建築」的新里程——嘉義市二二八紀念館	117
8-4 覆土生態設計——東方高爾夫球場俱樂部.....	119
8-5 高科技中庭節能設計的先驅——住友商事福陞興業大樓.....	120
8-6 小結.....	122

第九章 建築節能指標的應用解析

9-1 前言.....	123
9-2 如何預測真正的空調耗電量.....	125
9-3 晝光利用對空調節能的效益分析.....	126
9-4 非空調區對 ENVLOAD 的進階應用解析.....	131
9-5 分層空調對 ENVLOAD 的優惠解析法.....	133
9-6 鄰棟建築的影響.....	134
9-7 指標信賴度的檢討.....	135
9-8 建材的誤差會造成大礙嗎?.....	138
9-9 電腦輔助建築節能設計.....	138
9-10 如何將 ENVLOAD 指標應用到國外的市場.....	139

附錄一 台灣建築外殼節能設計指標 ENVLOAD 的基本理論

-----林氏簡算法.....	141
-----------------	-----

附錄二 ENVLOAD 計算用國外 DH 及 IHk 資料.....

參考文獻.....	190
-----------	-----

謝辭.....	197
---------	-----

第一章 綠色建築宣言

1-1 綠色建築宣言 (永續發展的建築節能政策)

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(參見圖1.1)、酸雨、森林枯絕、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。今後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。

近年來，國際間為了防止地球氣候高溫化，積極展開抑制二氧化碳排放量的對策，甚至建議對能源使用扣徵碳稅以回饋地球環保工作。果真如此，則95%以上的能源仰賴進口的我國經濟，將遭受嚴

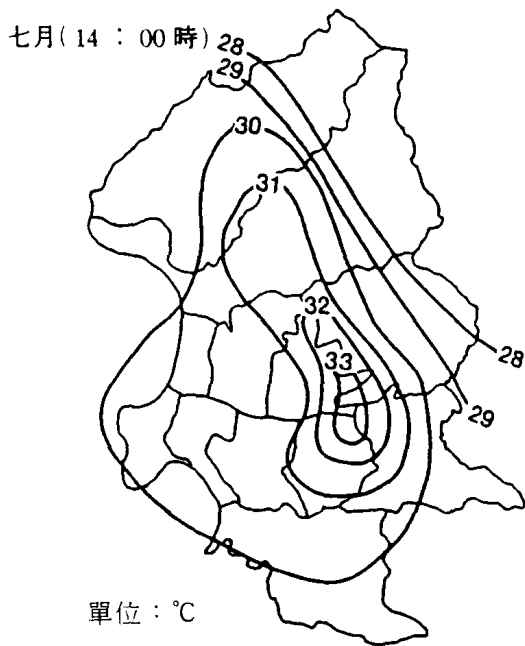


圖1.2 台北市都市熱島效應的溫度變化

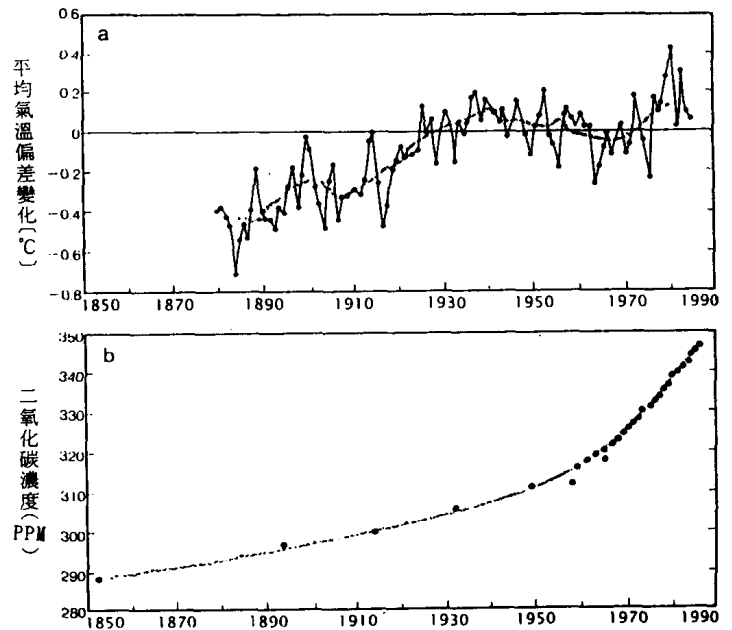


圖1.1 1950至1990年二氧化碳濃度及平均氣溫變動，顯示地球高溫化(文獻E-28)

重打擊。由此觀之，無視於地球環保的經濟發展今後勢必遭到國際社會的淘汰，台灣過去以經濟優先的政策，犧牲了寶貴的生態環境，今後若忽略了環保不但引發社會動盪，甚至也將喪失社會永續發展的機會。

「永續發展」的浪潮在建築都市政策方面，亦有如排山倒海而來。人類過去不當的都市建築政策，使得居住環境急速惡化，地球環保受到莫大的扭曲。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 (參見圖1.2)。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。

1996年6月在伊斯坦堡召開的「居所會議（Habital 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「綠色建築」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「綠色建築」最重要的一環。

在此我們必須切記的是：「今日的建築節能政策已不再是過去單純為了"節能"的目的，而是一項"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「綠色建築宣言」。

1-2 建築節能是「綠色建築」最重要的一環

建築節能政策是「綠色建築」最重要的一環，而建築物正是最能發揮節能成效的工具，是環保上的明日之星。過去許多人以為汽車、機械、燃燒等工業方面所佔的耗能比較大，因而其節能效果也較大，同時認為建築部門的耗能比例不大，因此從建築來實施節約能源的效果有限。事實上這是一種錯誤的看法。事實上，建築的節能效果遠比其他產業更大。

例如從「表1.1」能委會的統計可知，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RC外牆大樓的四倍。亦即優良與不良的建築外殼

「表 1.1」四棟辦公大樓的用電統計(經濟部能委會, 1988.04)

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	
樓地板總面積 m ²	15316	6877	7597	6358	9037
空調總面積 m ²	10298	5596	6772	4204	6717
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 . year)	45.2	28.9	68.2	103.0	61.3

設計可使其空調耗能量相差四倍之多，這是機械、燃燒、車輛等所有產業所無法達成的節能效果。其他工業產品的節能效果要達成三、四十%的目標已非容易之事，而建築外殼設計得宜的話，可輕鬆地達到五、六十%的節約能源效果。換言之，假如將建築物比為一部機器的話，過去的建築物多為能源效率不良的機器，而效率不良的機器最有改善的餘地。這就是為何我們說：「建築節能設計是節能政策最有潛力的一環」的道理。

建築節能比其他產業的節能更形重要的原因是：建築的使用壽命遠比其他工業產品長，因此其節能的結果更是影響深遠。建築物的壽命達五、六十年之久，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，建築外殼的節能效果是事半功倍，就建築物五、六十年的使用壽命而言，建築的節能功效影響深遠，並且一本萬利。我們說建築物是節約能源最有潛力的工具，也是「綠色建築」最重要的一環，其道理就在此。

1-3 建築節能設計的原點