

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 旅館類建築外殼耗能 ENVLOAD 簡算法之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2218-E-041-001-

執行期間：94年12月01日至95年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學觀光事業管理系

計畫主持人：王仁俊

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 95 年 9 月 27 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 旅館類建築外殼耗能 ENVLOAD 簡算法之研究

### Research on the Simplification of ENVLOAD Estimation for Hotel Buildings

計畫編號：NSC 94-2218-E-041-001-

執行期限：2005 年 12 月 01 日至 2006 年 07 月 31 日

主持人：王仁俊 嘉南藥理科技大學 觀光事業管理系

#### 中文摘要

台灣建築節能法規採用 ENVLOAD 作為中央空調類型建築物(辦公、醫院、百貨、旅館)之節能評估指標工具已逾十年，ENVLOAD 雖具備強大的建築外殼空調耗能預測能力，然其複雜且繁瑣的計算經常招惹非議，其中辦公、醫院、百貨三類已於 2005 年起，推行 ENVLOAD 簡算法，但由於旅館類建築物空調時段及使用機能複雜，無法適用簡算法，造成建築業界及建管單位對於節能計算與審查的困擾，本研究即在兼顧精確預估 ENVLOAD 之前提下，簡化旅館類之 ENVLOAD 計算方式，希望可以大幅降低建築師計算及公部門審查的作業量。本研究首先解析影響旅館類建築物 ENVLOAD 之各項變數，並以複迴歸分析選取影響 ENVLOAD 較大之變數群，分別為建築立面開口率、開口方位、遮陽、玻璃日射遮蔽率等，並探討以此 4 變數作為預測旅館 ENVLOAD 之工具，最後得出簡化 ENVLOAD 之計算方式，以該方式計算所得之 ENVLOAD 值，相對於實際 ENVLOAD 預之平均誤差率僅為 8.56%，各空調分區之預測值與實際值之相關係數均達 0.956 以上，應為可信賴之簡化計算方式。再者，本簡化方式對於建築立面設計抵擋日射能力較佳者，在計算 ENVLOAD 值將產生低估(即優待)的效應，反之亦然，日後本簡化方式倘獲建築節能法規採用，對於節能設計較優的建築物將有實質的鼓勵效果。

關鍵字：旅館類建築、ENVLOAD、建築節能法規

#### Abstract

This paper intends to simply the Hotel ENVLOAD calculation to reduce paper works for architects and the governmental verification institutions. The paper uses multi-regression analyze through every possible variations that have great influence on ENVLOAD to sieve out variations which are wall-to-window ratio, direction of the openings, sun-blocking plates and the shading coefficient of glass. The above 4 major variations are employed to predict ENVLOAD in a simplified way. The simplified prediction models are in four formations, the average prediction errors are 8.56%. Furthermore, the simplified model underestimates the ENVLOAD values of the hotel buildings which have better solar radiation blocking design in facades; while on the contrary it is overestimated. If this simplified method is adopted by the Building Envelope Energy Conservation Regulations, it is courageous to those have better energy conservation designs.

**KEYWORD:** Hotel Building, ENVLOAD, Energy Conservation Code of Buildings

## 一、研究方法及流程

為推求簡化 ENVLOAD 之計算方式，需先確定並分析影響 ENVLOAD 之變數，以作為後續研擬簡化方式之依據，因此第二節乃解析各建築設計變數對於 ENVLOAD 值影響程度之高低，透過實驗計畫法規劃模擬之建築樣本，並以複迴歸分析方式，探討各變數對於 ENVLOAD 之相關性，而擷取影響程度較高之變數群，探討簡化 ENVLOAD 之可行性分析。

最後得證簡化 ENVLOAD 計算方式，皆可降低 ENVLOAD 之計算工作量約 80%，亦具相當程度之信賴。文末則探討以本文開發之簡化方式，進行變動單一變數之變異分析，以探討未來在建築節約能源設計規範的適用上，可能遭遇之優劣分析。

## 二、簡化影響 ENVLOAD 變數之模擬解析

### 2.1 以實驗計畫法規劃模擬樣本

影響 ENVLOAD 之變數相當繁複，加上旅館類建築的空調時區分相當複雜，按建築節能設計規範將旅館類建築區分為四種空調時區，分別為 24 小時系統 00~24、12 小時系統 10~22、10 小時系統 08~18、6 小時系統 18~24 等，此四種系統分別對應四組回歸係數，亦即必須計算四次 ENVLOAD，再依據各空調時區之樓地板面積加權平均，以求得旅館建築之外殼耗能。

本文試將屬於建築設計可以掌控的變數，採用實驗計畫法規劃樣本，以有效降低樣本數量，使得龐大的模擬工作得以進行，同時又兼具擷取樣本之代表性。本文共計將 9 個 3 等級變數及 1 個 16 等級變數，採用 27 樣本 313 直交表為基礎，取該直交表第 1、11、12、13 等 4 欄，組合成第 1 欄，以供 16 等級變數使用，成果如表 1 所示，其中平均開口率、樓層數、外周空調區比、平均開口遮陽係數、平均玻璃遮蔽係數等變數，皆為一般市面常見之建築產品等級，與模擬旅館類建築之行政部門（10 小時空調區）ENVLOAD 之條件(林憲德, 1989)相同，至於平均外牆熱傳透率、平均屋頂熱傳透率及平均玻璃熱傳透率等 3 變數，則為限制條件使用，按本文所採用之外牆、屋頂及玻璃之熱傳透率，分別低於 3.5、1.2、6.21 以下，分別代表之構造隔熱性能相當於 15cmRC 牆以上、15cmRC 樓版附隔熱層以上、5mm 單層玻璃以上，此 3 項基本假定亦為目前市面旅館建築構造之基本要求，最後 1 個變數為長寬比，代表本文以矩形之建築物型態模擬，其意義並不代表模擬之結果不能適用非矩形型態之建築物，其應用乃需與第 2 欄之方位別所代表之日射量加乘，以作為本文模擬不同型態建築物其外殼日射量總和之依據。各空調分區之建築變數依據直交表假定的變動級距如表 1 至表 4 所示。

最終意義乃以 27 樣本代表 16x38 共 314,928 個樣本，本文即以此 27 樣本，作為單一氣候區之操作樣本，又依我國目前的建築節約能源設計規範，全台灣共計區分為 7 大氣候分區，因此本文共計以 27x7 共 189 個樣本，探討各變數對於 ENVLOAD 之影響性，以 10 小時空調區為例，此 189 樣本經分別計算 ENVLOAD 之後，其計算值依照 7 大氣候區之分佈如圖 1 所示，由曲線分佈顯見各個樣本所呈現之 ENVLOAD 值高低，皆依各個氣候區之炎熱程度排序，高低依次為高屏、嘉南澎、台東、中彰投雲、花蓮、桃竹苗、北宜金馬，該數據呈現亦代表越炎熱地區，其 ENVLOAD 值越高，亦即空調熱負荷越高，其高低依序由南往北遞減。

表 1 根據實驗計畫法製成之 16×38 變數之 27 個旅館建築 10 小時空調區模擬建築

樣本編號	方位	平均開口率 (%)	樓層數 (F)	外周區空調面積比 (%)	平均遮陽係數 $K_i$ (-)	平均玻璃遮蔽係數 $\eta_i$ (-)	平均外牆熱傳透率 $U_{aw}$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	平均屋頂熱傳透率 $U_{ar}$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	平均玻璃熱傳透率 $U_i$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	長寬比 (-)
No.1	E,W	60%	10	95%	0.9	0.85	3.5	1.2	6.21	1:1
No.2	WNW,ESE	60%	10	95%	0.6	0.6	2.75	1	5.88	1:3
No.3	NW,SE	60%	10	95%	0.3	0.35	2	0.8	3.25	1:5
No.4	NW,SE	40%	15	80%	0.9	0.85	3.5	1	5.88	1:3
No.5	E,W	40%	15	80%	0.6	0.6	2.75	0.8	3.25	1:5
No.6	WNW,ESE	40%	15	80%	0.3	0.35	2	1.2	6.21	1:1
No.7	WNW,ESE	20%	20	65%	0.9	0.85	3.5	0.8	3.25	1:5
No.8	NW,SE	20%	20	65%	0.6	0.6	2.75	1.2	6.21	1:1
No.9	E,W	20%	20	65%	0.3	0.35	2	1	5.88	1:3
No.10	NNW,SSE	60%	15	65%	0.9	0.6	2	1.2	5.88	1:5
No.11	N,S	60%	15	65%	0.6	0.35	3.5	1	3.25	1:1
No.12	NNE,SSW	60%	15	65%	0.3	0.85	2.75	0.8	6.21	1:3
No.13	NNE,SSW	40%	20	95%	0.9	0.6	2	1	3.25	1:1
No.14	NNW,SSE	40%	20	95%	0.6	0.35	3.5	0.8	6.21	1:3
No.15	N,S	40%	20	95%	0.3	0.85	2.75	1.2	5.88	1:5
No.16	N,S	20%	10	80%	0.9	0.6	2	0.8	6.21	1:3
No.17	NNE,SSW	20%	10	80%	0.6	0.35	3.5	1.2	5.88	1:5
No.18	NNW,SSE	20%	10	80%	0.3	0.85	2.75	1	3.25	1:1
No.19	NE,SW	60%	20	80%	0.9	0.35	2.75	1.2	3.25	1:3
No.20	ENE,WSW	60%	20	80%	0.6	0.85	2	1	6.21	1:5
No.21	NW,SE	60%	20	80%	0.3	0.6	3.5	0.8	5.88	1:1
No.22	NW,SE	40%	10	65%	0.9	0.35	2.75	1	6.21	1:5
No.23	NE,SW	40%	10	65%	0.6	0.85	2	0.8	5.88	1:1
No.24	ENE,WSW	40%	10	65%	0.3	0.6	3.5	1.2	3.25	1:3
No.25	ENE,WSW	20%	15	95%	0.9	0.35	2.75	0.8	5.88	1:1
No.26	NW,SE	20%	15	95%	0.6	0.85	2	1.2	3.25	1:3
No.27	NE,SW	20%	15	95%	0.3	0.6	3.5	1	6.21	1:5

表 2 根據實驗計畫法製成之 16×38 變數之 27 個旅館建築 24 小時空調區模擬建築

樣本編號	方位	平均開口率 (%)	樓層數 (F)	外周區空調面積比 (%)	平均遮陽係數 $K_i$ (-)	平均玻璃遮蔽係數 $\eta_i$ (-)	平均外牆熱傳透率 $U_{aw}$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	平均屋頂熱傳透率 $U_{ar}$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	平均玻璃熱傳透率 $U_i$ ( $W/(m^2 \cdot K)$ )	長寬比 (-)
No.1	E,W	0.6	3	0.95	0.9	0.85	3.5	1.2	6.21	1:1
No.2	WNW,ESE	0.6	3	0.95	0.6	0.6	2.75	1	5.88	1:3
No.3	NW,SE	0.6	3	0.95	0.3	0.35	2	0.8	3.25	1:5
No.4	NW,SE	0.4	8	0.8	0.9	0.85	3.5	1	5.88	1:3
No.5	E,W	0.4	8	0.8	0.6	0.6	2.75	0.8	3.25	1:5
No.6	WNW,ESE	0.4	8	0.8	0.3	0.35	2	1.2	6.21	1:1
No.7	WNW,ESE	0.2	12	0.65	0.9	0.85	3.5	0.8	3.25	1:5
No.8	NW,SE	0.2	12	0.65	0.6	0.6	2.75	1.2	6.21	1:1
No.9	E,W	0.2	12	0.65	0.3	0.35	2	1	5.88	1:3
No.10	NNW,SSE	0.6	8	0.65	0.9	0.6	2	1.2	5.88	1:5
No.11	N,S	0.6	8	0.65	0.6	0.35	3.5	1	3.25	1:1
No.12	NNE,SSW	0.6	8	0.65	0.3	0.85	2.75	0.8	6.21	1:3
No.13	NNE,SSW	0.4	12	0.95	0.9	0.6	2	1	3.25	1:1
No.14	NNW,SSE	0.4	12	0.95	0.6	0.35	3.5	0.8	6.21	1:3
No.15	N,S	0.4	12	0.95	0.3	0.85	2.75	1.2	5.88	1:5
No.16	N,S	0.2	3	0.8	0.9	0.6	2	0.8	6.21	1:3
No.17	NNE,SSW	0.2	3	0.8	0.6	0.35	3.5	1.2	5.88	1:5
No.18	NNW,SSE	0.2	3	0.8	0.3	0.85	2.75	1	3.25	1:1
No.19	NE,SW	0.6	12	0.8	0.9	0.35	2.75	1.2	3.25	1:3
No.20	ENE,WSW	0.6	12	0.8	0.6	0.85	2	1	6.21	1:5
No.21	NW,SE	0.6	12	0.8	0.3	0.6	3.5	0.8	5.88	1:1
No.22	NW,SE	0.4	3	0.65	0.9	0.35	2.75	1	6.21	1:5
No.23	NE,SW	0.4	3	0.65	0.6	0.85	2	0.8	5.88	1:1
No.24	ENE,WSW	0.4	3	0.65	0.3	0.6	3.5	1.2	3.25	1:3
No.25	ENE,WSW	0.2	8	0.95	0.9	0.35	2.75	0.8	5.88	1:1
No.26	NW,SE	0.2	8	0.95	0.6	0.85	2	1.2	3.25	1:3
No.27	NE,SW	0.2	8	0.95	0.3	0.6	3.5	1	6.21	1:5

表 3 根據實驗計畫法製成之 16×38 變數之 27 個旅館建築 12 小時空調區模擬建築

樣本編號	方位	平均開口率 (%)	樓層數 (F)	外周區空調面積比 (%)	平均遮陽係數Ki(--)	平均玻璃遮蔽係數 $\eta_i$ (--)	平均外牆熱傳透率Uaw(W/(m <sup>2</sup> ·K))	平均屋頂熱傳透率Uar(W/(m <sup>2</sup> ·K))	平均玻璃熱傳透率Ui(W/(m <sup>2</sup> ·K))	長寬比(--)
No.1	E,W	0.6	3	0.95	0.9	0.85	3.5	1.2	6.21	1:1
No.2	WNW,ESE	0.6	3	0.95	0.6	0.6	2.75	1	5.88	1:3
No.3	NW,SE	0.6	3	0.95	0.3	0.35	2	0.8	3.25	1:5
No.4	NW,SE	0.4	8	0.8	0.9	0.85	3.5	1	5.88	1:3
No.5	E,W	0.4	8	0.8	0.6	0.6	2.75	0.8	3.25	1:5
No.6	WNW,ESE	0.4	8	0.8	0.3	0.35	2	1.2	6.21	1:1
No.7	WNW,ESE	0.2	12	0.65	0.9	0.85	3.5	0.8	3.25	1:5
No.8	NW,SE	0.2	12	0.65	0.6	0.6	2.75	1.2	6.21	1:1
No.9	E,W	0.2	12	0.65	0.3	0.35	2	1	5.88	1:3
No.10	NNW,SSE	0.6	8	0.65	0.9	0.6	2	1.2	5.88	1:5
No.11	N,S	0.6	8	0.65	0.6	0.35	3.5	1	3.25	1:1
No.12	NNE,SSW	0.6	8	0.65	0.3	0.85	2.75	0.8	6.21	1:3
No.13	NNE,SSW	0.4	12	0.95	0.9	0.6	2	1	3.25	1:1
No.14	NNW,SSE	0.4	12	0.95	0.6	0.35	3.5	0.8	6.21	1:3
No.15	N,S	0.4	12	0.95	0.3	0.85	2.75	1.2	5.88	1:5
No.16	N,S	0.2	3	0.8	0.9	0.6	2	0.8	6.21	1:3
No.17	NNE,SSW	0.2	3	0.8	0.6	0.35	3.5	1.2	5.88	1:5
No.18	NNW,SSE	0.2	3	0.8	0.3	0.85	2.75	1	3.25	1:1
No.19	NE,SW	0.6	12	0.8	0.9	0.35	2.75	1.2	3.25	1:3
No.20	ENE,WSW	0.6	12	0.8	0.6	0.85	2	1	6.21	1:5
No.21	NW,SE	0.6	12	0.8	0.3	0.6	3.5	0.8	5.88	1:1
No.22	NW,SE	0.4	3	0.65	0.9	0.35	2.75	1	6.21	1:5
No.23	NE,SW	0.4	3	0.65	0.6	0.85	2	0.8	5.88	1:1
No.24	ENE,WSW	0.4	3	0.65	0.3	0.6	3.5	1.2	3.25	1:3
No.25	ENE,WSW	0.2	8	0.95	0.9	0.35	2.75	0.8	5.88	1:1
No.26	NW,SE	0.2	8	0.95	0.6	0.85	2	1.2	3.25	1:3
No.27	NE,SW	0.2	8	0.95	0.3	0.6	3.5	1	6.21	1:5

表 4 根據實驗計畫法製成之 16×38 變數之 27 個旅館建築 6 小時空調區模擬建築

樣本編號	方位	平均開口率 (%)	樓層數 (F)	外周區空調面積比 (%)	平均遮陽係數Ki(--)	平均玻璃遮蔽係數 $\eta_i$ (--)	平均外牆熱傳透率Uaw(W/(m <sup>2</sup> ·K))	平均屋頂熱傳透率Uar(W/(m <sup>2</sup> ·K))	平均玻璃熱傳透率Ui(W/(m <sup>2</sup> ·K))	長寬比(--)
No.1	E,W	0.5	3	0.95	0.9	0.85	3.5	1.2	6.21	1:1
No.2	WNW,ESE	0.5	3	0.95	0.6	0.6	2.75	1	5.88	1:3
No.3	NW,SE	0.5	3	0.95	0.3	0.35	2	0.8	3.25	1:5
No.4	NW,SE	0.3	8	0.8	0.9	0.85	3.5	1	5.88	1:3
No.5	E,W	0.3	8	0.8	0.6	0.6	2.75	0.8	3.25	1:5
No.6	WNW,ESE	0.3	8	0.8	0.3	0.35	2	1.2	6.21	1:1
No.7	WNW,ESE	0.1	12	0.65	0.9	0.85	3.5	0.8	3.25	1:5
No.8	NW,SE	0.1	12	0.65	0.6	0.6	2.75	1.2	6.21	1:1
No.9	E,W	0.1	12	0.65	0.3	0.35	2	1	5.88	1:3
No.10	NNW,SSE	0.5	8	0.65	0.9	0.6	2	1.2	5.88	1:5
No.11	N,S	0.5	8	0.65	0.6	0.35	3.5	1	3.25	1:1
No.12	NNE,SSW	0.5	8	0.65	0.3	0.85	2.75	0.8	6.21	1:3
No.13	NNE,SSW	0.3	12	0.95	0.9	0.6	2	1	3.25	1:1
No.14	NNW,SSE	0.3	12	0.95	0.6	0.35	3.5	0.8	6.21	1:3
No.15	N,S	0.3	12	0.95	0.3	0.85	2.75	1.2	5.88	1:5
No.16	N,S	0.1	3	0.8	0.9	0.6	2	0.8	6.21	1:3
No.17	NNE,SSW	0.1	3	0.8	0.6	0.35	3.5	1.2	5.88	1:5
No.18	NNW,SSE	0.1	3	0.8	0.3	0.85	2.75	1	3.25	1:1
No.19	NE,SW	0.5	12	0.8	0.9	0.35	2.75	1.2	3.25	1:3
No.20	ENE,WSW	0.5	12	0.8	0.6	0.85	2	1	6.21	1:5
No.21	NW,SE	0.5	12	0.8	0.3	0.6	3.5	0.8	5.88	1:1
No.22	NW,SE	0.3	3	0.65	0.9	0.35	2.75	1	6.21	1:5
No.23	NE,SW	0.3	3	0.65	0.6	0.85	2	0.8	5.88	1:1
No.24	ENE,WSW	0.3	3	0.65	0.3	0.6	3.5	1.2	3.25	1:3
No.25	ENE,WSW	0.1	8	0.95	0.9	0.35	2.75	0.8	5.88	1:1
No.26	NW,SE	0.1	8	0.95	0.6	0.85	2	1.2	3.25	1:3
No.27	NE,SW	0.1	8	0.95	0.3	0.6	3.5	1	6.21	1:5

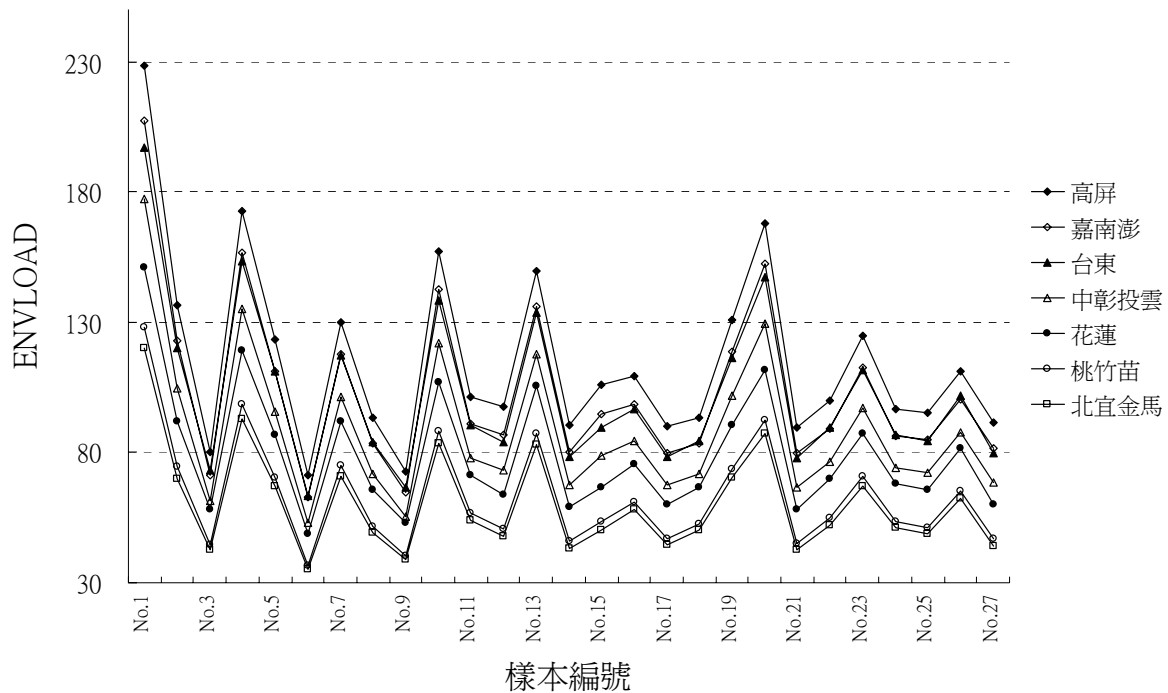


圖 1 以 10 小時空調分區為例，27 樣本在 7 大氣候區之 ENVLOAD 計算值分佈

## 2.2 各變數對於 ENVLOAD 計算值之複迴歸分析

為推求簡化 ENVLOAD 計算之方式，本研究透過複迴歸分析，篩選與 ENVLOAD 相關性較高之變數，用以作為簡化 ENVLOAD 之可行性分析，亦即在 10 個變數之中，選用與 ENVLOAD 計算值相關性較高的變數，最為簡化分析變數之依據。操作方式乃分別以 27 樣本的條件下，所計算得之 ENVLOAD 作為因變數 Y，而以 10 個變數做為應變數 X，其中第 2 欄為方位別，本文以各方位所代表之日射量取代，每一樣本皆有 2 向方位，因此該數值皆有 2 筆，再以此 2 筆數值根據最後一欄之長寬比例加權計算，最終得到單一筆數值，代表該樣本之全年外殼日射量總和，以代表方位變數之數值變化。依表 1~表 4 中之第 2 欄至第 10 欄，由左而右分別為  $X_1 \sim X_9$  等 9 個應變數，在信賴度 95% 下，對於 ENVLOAD 之複迴歸分析結果如表 5 所示，整體公式對於 ENVLOAD 計算結果之相關係數達 0.977，P-value 達  $4.33 \times 10^{-9}$ ，9 個應變數對於因變數的解釋能力，以方位別、平均開口率、平均遮陽係數、平均玻璃遮蔽係數較佳，P-value 最高僅為 0.003，因此本文決定以此 4 個變數作為發展簡化 ENVLOAD 計算之依據。

其餘變數例如外周區空調面積比，此變數其實對於 ENVLOAD 亦有相當之影響性 (P-value 為 0.075)，但是本文並未採用，主因於本文考量日後若以此簡算法，全面取代 ENVLOAD 時，操作此變數的困難性較高、計算工作量也較多，因此本文並未採用，其餘的熱傳透率等 3 項變數，對於 ENVLOAD 之相關性都不高，主要原因乃台灣為亞熱帶氣候，按 ENVLOAD 乃計算外周區全年空調冷房負荷，隔熱性能優異之構造，在夏季白天時刻，雖能有效降低空調的尖峰負荷，但相對在冬季或中間季節時，會阻斷室內發散熱傳遞至室外的可能，因此反而造成中間季節的空調負荷增加，可見在台灣的氣候條件下，建築構造並非影響 ENVLOAD 之主因，此部分之模擬結果與文獻 5(王仁俊、林憲德，2003)及文獻 6(林憲德，2003)所呈現之結論相同，因此本文將此系列的變數全數刪除。

## 2.3 以方位別、平均開口率、平均遮陽係數、平均玻璃遮蔽係數等 4 變數推求 ENVLOAD

本文考慮有 2 種方式，作為以此 4 個應變數推求因變數 ENVLOAD，首為四元一次方程式，複迴歸分析結果如表 3 所示，整體公式之解釋能力，較前節所述之 9 變數預測式僅有微量差距，相關係數仍高達 0.961，P-value 亦達  $1.01 \times 10^{-8}$ ，此應為確實可用之簡化計算方式，但由於台灣有七大氣候分區，因此如以此方式進行，則必須有七組公式以分別代表各氣候分區，每組公式必須包含迴歸常數(截距)及 4 個變數的迴歸係數。

再者，為降低變數及係數之數量，加上方位別、平均開口率、平均遮陽係數、平均玻璃遮蔽係數等變數之意義，其實都是反映建築外殼設計對於日射量的抵抗能力，在變數的解釋意義上皆屬相同，因此本文另以 4 個變數加乘，組合成 1 個新的變數之方式，探討以此組合變數推算 ENVLOAD 之可行性，其結果顯示相關係數亦高達 0.954，P-value 達  $7.85 \times 10^{-8}$ ，此方式雖較前者預測能力略弱，但是僅需 1 個迴歸常數及 1 個迴歸係數，在考量日後公式型態簡潔及推廣，本文選擇後者之方式，其基本公式之組成如公式(2)，其中  $A_i/A_{en}$  乃代表開口率、 $k_i$  表開口遮陽能力、 $\eta_i$  表玻璃日射透過率、 $I_{hki}$  表方位別， $a$  及  $b$  表迴歸係數及常數，而此公式之意涵即為，以「平均之窗面日射取得量(Equivalent Window Solar of Envelope, 以下簡稱 EWSE)」，透過迴歸公式推求 ENVLOAD 計算值。

公式(1)的型態雖為四元一次方程式，表面上似乎反而比原先 ENVLOAD 公式之三元一次方程式繁複，其實不然，公式(1)所需採用之全部變數僅為該式中所列之 4 項而已，而傳統 ENVLOAD 公式的背後尚需配合其他公式(詳見文獻 4)，總計變數達 13 個(組)，遠比公式(1)複雜得多。

表 5 以 10 小時空調區為例， $X_1 \sim X_9$  等 9 個變數對於 ENVLOAD 之複迴歸分析

迴歸統計	
R 的倍數	0.97724
R 平方	0.95500
標準誤	10691
觀察值個數	27

表 6 以方位別、平均開口率、平均遮陽係數、平均玻璃遮蔽係數等 4 變數對 ENVLOAD 之複迴歸分析

迴歸統計	
R 的倍數	0.96105
R 平方	0.92362
標準誤	12005
觀察值個數	27

	係數	標準誤	P-值
截距	-148148.25	34701.67	0.001
方位別	0.087	0.032	0.003
平均開口率	64945.90	12599.26	0.000
樓層數	-278.30	503.97	0.588
外周區空調面積比	31866.47	16799.02	0.075
平均遮陽係數	71333.87	8399.51	0.000
平均玻璃遮蔽係數	70672.78	10079.41	0.000
平均外牆熱傳透率	2055.10	3359.80	0.549
平均屋頂熱傳透率	31832.87	12599.26	0.217
平均玻璃熱傳透率	437.96	1553.44	0.781

	係數	標準誤	P-值
截距	-87105.8	28832	0.006
方位別	0.087	0.036	0.025
平均開口率	64945.9	14148	0.000
平均遮陽係數	71333.87	9432	0.000
平均玻璃遮蔽係數	70672.78	11318	0.000

### ANOVA

	自由度	SS	顯著值
迴歸	4	1.77E+10	1.01E-08
殘差	22	3.17E+09	
總和	26	2.09E+10	

### ANOVA檢定

	自由度	SS	顯著值
迴歸	9	1.9E+10	4.33E-09
殘差	17	1.94E+09	
總和	26	2.09E+10	

$$\text{ENVLOAD} = a \times \frac{\sum A_i \times k_i \times \eta_i \times I_{hki}}{A_{en}} + b \dots \dots (1)$$

其中：

ENVLOAD：建築物外殼耗能量[Wh/(m<sup>2</sup>-fl-area · yr)]。

a：偏回歸係數[--]。

b：常數[Wh/(m<sup>2</sup>-fl-area · yr)]。

A<sub>i</sub>：i 窗面部位面積[m<sup>2</sup>]。

k<sub>i</sub>：i 部位開窗之外遮陽係數[--]，無外遮陽時為 1.0。

η<sub>i</sub>：i 部位玻璃日射透過率[--]。

I<sub>hki</sub>：k 方位外殼之冷房日射時[Wh/(m<sup>2</sup> · yr)]。

A<sub>en</sub>：建築物外殼總面積[m<sup>2</sup>]。

#### 2.4. 適用七大氣候分區及四空調分區之 27 組迴歸公式

本方式乃是以 2.3 節之基本公式所推導之迴歸式，七大氣候分區分乘四空調時區共 28 組迴歸公式，結果如表 7 所示，相關係數最低者亦有 0.930，顯見該七組公式應可獲信賴，而相關係數高低分佈趨勢，乃從高屏往北逐漸降至北宜金馬，此一現象乃因本文僅採用 4 變數來解釋較多變數的 ENVLOAD，所以該 4 變數對於 ENVLOAD 之影響能力，會在迴歸式中呈現放大的現象，亦即公式(1)中的 I<sub>hki</sub> 所致，按該變數即為氣象條件中的日射量，而高屏的日射量遠較北宜金馬為高，即變數的表徵較明顯，所以亦呈現了本七組公式在越炎熱的地區，具備略高的預測精準度。

此外，圖 2 及表 8 乃以高屏氣候區之 10 小時空調分區為例，27 樣本之迴歸統計分析圖表，即以應變數(EWSE)對因變數(ENVLOAD)之預測分析，可發現圖 2 實際的 ENVLOAD 值分佈點與迴歸趨勢線相當接近，表 8 所有樣本之預測值對實際值的絕對值誤差率平均為 7.34%，整體呈現堪稱準確，但亦發現少部分樣本呈現 ENVLOAD 值被高估或低估較多之情形，例如樣本 18 及樣本 27 分別被低估 10.50% 及 13.09%，對照表 1 發現，此 2 樣本之平均開口率都僅有 20%，平均遮陽係數僅 0.3，皆屬外殼日射抵抗能力優異者；相對的情形在樣本 12 被高估達 19.42%，此樣本的平均開口率為 60%，玻璃日射透過率亦高達 0.85，屬外殼日射抵抗能力不良者，此現象解釋以本簡化方式推求 ENVLOAD 者，如建築物之外殼設計平均開口率越高、遮陽越差、玻璃日射透過率越高、開口方位選擇日射量較高者，則代表變數表徵明顯，利用本簡算法所推求之 ENVLOAD 會有偏高的現象，反之亦然。

表 8 僅以高屏氣候區為例說明，對其他六處氣候區總共 28 組迴歸公式之預測解析結果亦呈現近似分佈，全部七氣候區分乘四空調分區共 28 組迴歸公式、756 個模擬建築樣本之平均絕對值誤差率為 8.58%，對照表 7 堪稱信賴之相關係數，證明本預測方式確實可行。



表 7 28 組適用七大氣候分區分乘四種空調時區之 ENVLOAD 預測式

$$ENVLOAD = a \times \frac{\sum A_i \times k_i \times \eta_i \times I_{hki}}{A_{en}} + b$$

10小時空調分區				24小時空調分區			
氣候區	a	b	R	氣候區	a	b	R
高屏	0.758	67,251	0.963	高屏	0.787	77,483	0.936
嘉南澎	0.755	59,330	0.963	嘉南澎	0.783	69,157	0.937
台東	0.745	60,666	0.958	台東	0.781	74,847	0.935
中彰投雲	0.747	50,427	0.960	中彰投雲	0.774	61,439	0.933
花蓮	0.729	47,547	0.949	花蓮	0.774	62,776	0.930
桃竹苗	0.730	35,446	0.951	桃竹苗	0.775	49,038	0.934
北宜金馬	0.723	34,070	0.947	北宜金馬	0.772	47,570	0.934

12小時空調分區				6小時空調分區			
氣候區	a	b	R	氣候區	a	b	R
高屏	1.063	168,136	0.940	高屏	0.832	44,356	0.942
嘉南澎	1.068	160,770	0.940	嘉南澎	0.829	40,662	0.941
台東	1.043	151,154	0.943	台東	0.823	36,123	0.941
中彰投雲	1.057	141,537	0.941	中彰投雲	0.827	31,218	0.940
花蓮	1.034	130,065	0.942	花蓮	0.899	24,846	0.937
桃竹苗	1.059	116,877	0.941	桃竹苗	0.833	22,365	0.939
北宜金馬	1.058	115,317	0.941	北宜金馬	0.836	20,644	0.939

表 8 高屏氣候區之 10 小時空調分區 27 樣本以 EWSE 值推測 ENVLOAD 值之比較

	等價窗面日 射量(EWSE)	ENVLOAD	以EWSE預測 ENVLOAD之值	誤差率
No.1	189,156	228,589	210,631	-7.86%
No.2	92,740	136,716	137,548	0.61%
No.3	25,695	80,047	86,728	8.35%
No.4	130,134	172,748	165,892	-3.97%
No.5	66,660	123,180	117,779	-4.38%
No.6	18,188	71,311	81,038	13.64%
No.7	69,635	129,879	120,035	-7.58%
No.8	31,936	93,376	91,458	-2.05%
No.9	10,605	72,699	75,289	3.56%
No.10	140,066	157,248	173,421	10.29%
No.11	53,674	101,434	107,936	6.41%
No.12	64,610	97,326	116,226	19.42%
No.13	95,141	149,619	139,368	-6.85%
No.14	34,767	90,425	93,604	3.52%
No.15	58,381	105,791	111,503	5.40%
No.16	53,031	109,481	107,448	-1.86%
No.17	17,010	90,026	80,144	-10.98%
No.18	21,329	93,206	83,418	-10.50%
No.19	85,908	130,864	132,370	1.15%
No.20	145,135	167,954	177,264	5.54%
No.21	47,903	89,584	103,562	15.60%
No.22	51,391	99,803	106,205	6.41%
No.23	86,062	124,802	132,486	6.16%
No.24	31,879	96,729	91,416	-5.49%
No.25	27,235	95,060	87,895	-7.54%
No.26	43,378	111,103	100,131	-9.88%
No.27	16,220	91,526	79,546	-13.09%
誤差率絕對值平均				7.34%

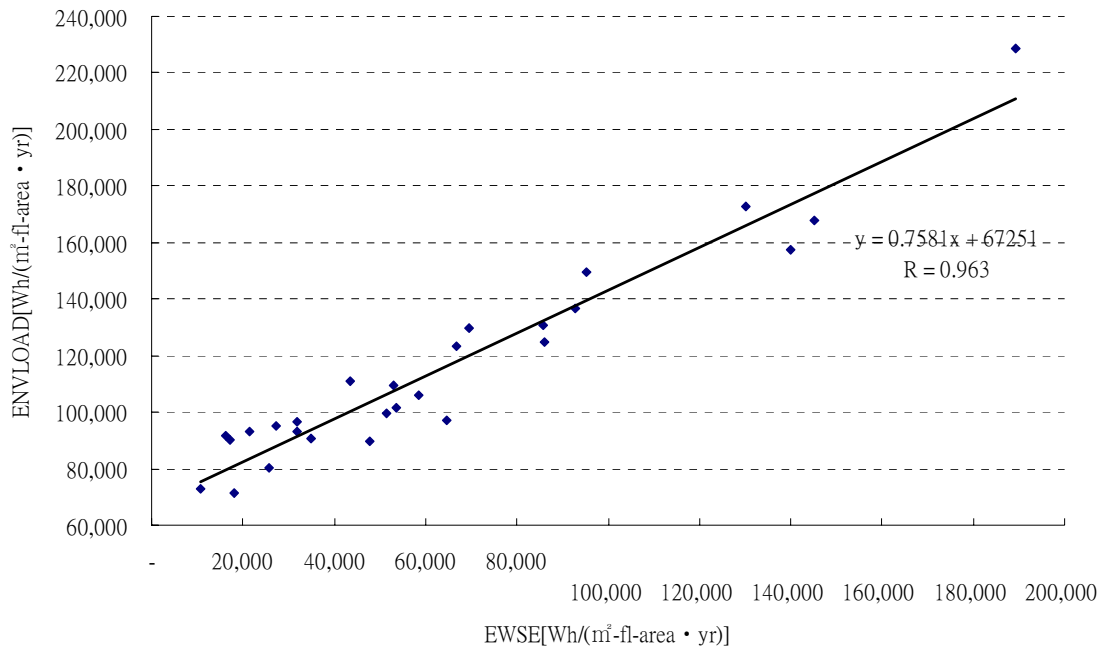


圖 2 以高屏氣候區之 10 小時空調分區為例，27 樣本以 EWSE 值對 ENVLOAD 值之迴歸分析圖

### 三、結論

ENVLOAD 在台灣行之有年，亦明定為我國之建築節能設計規範適用中央空調類建築之操作工具，其精確預測建築外周區之全年空調負荷之能力備受肯定，但是較為繁複之計算過程卻也招來建築業界部分非議，辦公類、醫院類、百貨類之 ENVLOAD 簡算法皆已於 2005 年正式上路，而本文針對空調時區最複雜的旅館類亦完成了簡算法模擬之評估，並證明在確保 ENVLOAD 精確度的前提下，簡化 ENVLOAD 計算工作絕對可行，且對於建築業界、建築管理、建築節能成效掌握具有極大助益。

依本文建議之簡化方式推求 ENVLOAD，與原「節約能源設計規範」之方式直接推求 ENVLOAD 相較，本簡化方式具有「不用計算外周區」、「不用區分空調區與非空調區」、「不用區分外牆體及開口面積」、「不用計算屋頂面積」、「不用計算 G 值」等諸多優點，計算工作量僅約為原來的 20%，而原規範之計算表格有七種(頁)，如採用本文之簡化方式，則計算表格只需二種(頁)即可解決(分別為計算外殼總面積 Aen 表格及其他變數之加乘表格)，但由於本文解析所假定之建築外殼構造條件限制之故，因此無法解釋統計範圍外之情況，亦即建築外牆及屋頂之平均隔熱性能需分別優於 3.5(W/(m² · K)及 1.2(W/(m² · K)，方能適用本簡化計算方式，所幸此構造限制條件，幾乎所有的旅館類建築都能適用。

此外，由於本簡化計算方式僅採用四種變數作為解析 ENVLOAD 工具，因此此四項變數的優或劣，會對預測 ENVLOAD 值產生微量誤差，以平均開口率之工具為例，此變數乃是影響 ENVLOAD 最大者，本文以此變數為例，進行單變數變異分析，即將各變數假定為一般狀態，僅以變動開口率來探討對 ENVLOAD 值之影響比例，結果如表 9 所示，結果呈現在台北(59%)、台中(46%)、高雄(40%)之開窗率時，以本文之簡化方式推算之 ENVLOAD 值，與實際 ENVLOAD 值相等，高於此開窗率，將會造成簡化方式之推估值逐漸高於實際值，反之亦然。

其他變數基於迴歸分析的原理，亦會產生相同效果，只是略低於本變數之影響比例而已。此現象說明，如果未來建築節能法令基於便於操作的前提考量下，採用本簡化方式時，

則建築立面設計對於日射量的抵擋能力越佳，則採用本計算方式越有利，反之，則有不利之影響，在能源短缺的台灣，本應鼓勵建築物設計應考慮節能，本簡化方式具備較低之計算工作量，相信多少能吸引建築師，在降低工作量的考量下，多在建築物立面設計考量節能。

表9 以平均立面開口率對ENVLOAD預測值之變異分析

在不同的開口率條件下，以EWSE值推算ENVLOAD值之誤差比較表											
台北				台中				高雄			
開口率	ENVLOAD 值	以EWSE推算ENVLOAD 之值	誤差率	開口率	ENVLOAD 值	以EWSE推算ENVLOAD 之值	誤差率	開口率	ENVLOAD 值	以EWSE推算ENVLOAD 之值	誤差率
20%	56.06	50.41	-10.08%	20%	83.47	72.65	-12.96%	20%	109.82	93.62	-14.75%
30%	61.77	57.68	-6.62%	30%	92.16	85.85	-6.85%	30%	121.00	113.08	-6.55%
40%	67.60	64.95	-3.92%	40%	100.96	99.05	-1.89%	40%	132.28	132.53	0.19%
50%	73.42	72.22	-1.63%	50%	109.76	112.25	2.27%	50%	143.56	151.98	5.87%
60%	79.32	79.49	0.21%	60%	118.62	125.45	5.76%	60%	154.90	171.44	10.68%
70%	85.17	86.76	1.87%	70%	127.44	138.65	8.80%	70%	166.18	190.89	14.87%
80%	91.16	94.03	3.15%	80%	136.40	151.85	11.33%	80%	177.61	210.34	18.43%

註：案例基本假定為旅館類建築之行政部門(10hr空調區)，地面以上10層，長寬比1：1，樓高3.6M，開窗之平均外遮陽係數 $k_i=0.8$ ，開窗採染色玻璃 $\eta_i=0.6$ ，外牆為15CM RC牆外貼磁磚 $U=3.5[W/(m^2 \cdot K)]$ ，屋頂採15CM RC 外貼隔熱磚 $U=1.2[W/(m^2 \cdot K)]$ ，外周區內有80%為需要使用空調的面積。

## 五、參考文獻

1. James J. Hirsch & Associates, (1994), DOE-2.2 Building Energy Use and Cost Analysis Program Manuals, Lawrence Berkeley National Laboratory。
2. 松尾 陽, (1980), "空調設備の動的熱負荷計算", 日本建築設備士協會。
3. 林憲德, 1989, 建築空調耗能評估之研究, 成大建築環境控制研究室。
4. 林憲德、王仁俊、郭柏巖, 2003, "建築節約能源設計技術規範與實例, 專輯2", 營建雜誌社。
5. 王仁俊、林憲德, 2003, "台灣建築節能法規探討", 中華民國建築學會第十五屆建築研究成果發表會。
6. 林憲德, 2003, "熱濕氣候的綠色建築", 詹氏書局。
7. 王仁俊, 1995, "醫院建築外殼耗能解析", 國立成功大學建築系碩士論文。
8. 黃國倉, 2002, "空調設備量簡易預測法之研究", 國立成功大學建築系碩士論文。
9. 陳耀茂, 1995, "實驗計畫法導論", 育友出版社。