

建築節能評比策略、挑戰與評估工具開發

林鴻文^{1*} 蘇梓靖¹ 劉學銓² 李浩銓¹ 張文奎¹ 杜威達³ 張鈺炯⁴

摘要

從1979年全球能源危機發生以來，全球各國相繼重視起能源使用與管理。其中，在建築相關領域上，各國逐漸發展出各式各樣的建築節能規範、綠建築評比體系及建築能源評比方法，以提供在能源評比上有所依據。臺灣也不例外，依據技術之更新，逐步建立相關規範、綠建築標章以及智慧綠建築標章等，其目的都是為了提升臺灣建築物之節能效益，另一方面標章之形成也提供建物在耗能評比能有一明確之依據。能源競賽則是建立在建築評比制度上，運用比較相同營運目的、營運空間之建物能源消耗量，以強化建物使用者之節能觀念，進一步達到全國性的建築物節能。本研究主要探討各國及臺灣在建築能源評比之發展方向，分析國內未來在實施建築能源評比之策略評估，依據不同營運空間、營運目的等概念進行評比工具開發，做為我國未來實施建築節能競賽與之參考。

關鍵詞：能源評比、能源競賽、能源地圖

1. 前言

近一世紀以來，全球工商業蓬勃發展，造就了前所未有的高科技世代，但卻也因此造成全球化氣候變遷與溫室效應等嚴重之環境變化。為延續居住環境的永續發展，降低高科技對環境產生的衝擊是全球人類所必須共同面對的議題。從永續能源的角度來看地球，在確保經濟發展，並且滿足民眾生活舒適的經營政策之下，提升再生能源應用率、能源有效的利用與耗能系統效能的提升，是全世界主政者在制定經濟發展政策時的最高指導原則。國內的電力消費結構中，工業部門長期占49-54%之比例，而住宅與服務業部門(即商業部門)約37-40%。且該比例於近年來皆未呈現減量趨勢。民國102年住宅與服務業部門用電總量占

36.95%，其中服務業部門略高於住宅部門用電，服務業部門電力消費量為46,984百萬度，住宅部門電力消費量為43,577百萬度。(經濟部能源局，2014)。因此，我國推動國家節能減碳計畫，住商部門必須進行有計畫的減量措施與落實推動。

國際間因應氣候變遷，已有多項國際協議，由1997年底簽訂的京都議定書，到2009年簽署的哥本哈根協定(Copenhagen Accord)，都展現了全球政府與人民對抗地球暖化的企圖心。我國建築節能產業技術的發展，除了節能之外，住商建築環境與民眾生活關係密切，因為人的一生約有80-90%的生活時間是在住商建築環境中。如何結合智慧化與節能技術，提供民眾安全健康與便利舒適的系統化生活環境，是在推動住商建築節能時，必須同時考量的重

¹工業技術研究院 綠能與環境研究所 研究員

²工業技術研究院 綠能與環境研究所 副工程師

³工業技術研究院 綠能與環境研究所 資深工程師

⁴工業技術研究院 綠能與環境研究所 資深工程師

*通訊作者, 電話: 03-5914880, E-mail: lhw@itri.org.tw

收到日期: 2014年10月13日

修正日期: 2014年11月21日

接受日期: 2014年11月28日

要課題之一。

建築節能為目前國際普遍之趨勢，尤其淨零耗能建築政策，更於近年不斷出現在世界各主要國家之政策內容中。依照各國緯度、建築類型與經濟發展程度之不同，其策略有極大之差異。例如高緯度國家極為重視隔熱法規，而經濟蓬勃發展之開發中國家，則因衍生大量新建建築，與已開發國家的既有建築佔市場多數而有所不同。前者一般重視嚴格的建築法規，和高效率機種的市場管理，而後者更增加了既有建築節能改造市場的評估技術。然而，建築改造成本分析是相當複雜，必須建構良好的性能評析工具及簡易具代表性的性能指標，方能形塑成設計規範與法規標準而使設計者、營造者、量測者及使用者有共同的評核基準，國家也才能訂定政策方向。因此，各國皆發展自有的建築性能評析工具及性能指標，而成為國家訂定建築節能政策或推動方案的基礎。

2. 建築耗能評比制度

建築耗能評比的目的可從兩個方向切入。一是政府管理建築部門或企業者管理連鎖企業多家分行之方向。在這個方向之下，建築能源評比的目的，主要是找出較耗能與能源表現較差的建築個案或分行，而政府或企業管理者可依經營策略，鼓勵或強制一定比例耗能表現較差，與較有改善潛力的建築個案或分行，投入節能診斷與改善，以獲得節能成效。另一個方向則從建築個案或企業分行本身使用者切入，做建築能源評比的目的則為「了解自身個案或分行的耗能表現，與坊間或同企業同儕建築相較之下是好是壞」，而進一步確認自身建築個案或分行是否有必要導入節能診斷與改善。總觀而言，建築耗能評比是建築節能診斷與改善的基石。有良好的建築耗能評比機制，才能明確指出建築物是否值得做節能診斷與改善，是否能收到立竿見影的節能改善效果。

建築耗能評比評價建築物之能源使用效率

方法甚多。國際學者為有效分析建築物能源實際使用量與建築能效之關係，提出多項方法，其中Pérez-Lombard等人提出三種層級的建築能源評比方法(Pérez-Lombard *et al.*, 2009)，如下所列：

2.1 耗能基準評價

基準(Benchmark)一字最初出現於地形學領域，用以表示一樁地形或地質分析中，精確地定義一個參考點。進而在1970年代，許多企業發展出基準評價工具(Benchmarking Tool)做為比較產品製程中的關鍵生產參數，以確認改進的製程是否提升產品表現。

1990年代，建築耗能基準評價(Building Energy Benchmarking)開始用以說明相似建築間耗能密度(Energy Use Intensity, EUI)比較，特別指建築實際耗能表現與參考建築的耗能表現之比較。參考建築的耗能表現，可能是某棟相似且具指標性的建築物之耗能表現，亦可能是一群相似建築樣本的平均耗能表現，端看做此比較的目的而定。

2.2 耗能評估

在Pérez-Lombard *et al.*的論述裡，耗能評估系統(Energy Rating System)為一種相當混淆的概念。此概念包含「建築耗能分類(評估體系)、應用(評估行動)以及最後結果(評價值)」；而Pérez-Lombard *et al.*又引用了其認為較精確的定義(Stein & Meier, 2000)：「耗能評估係指評估建築物在標準狀況下的預估耗能與改善潛力的方法。透過耗能評估系統輸出產物包含：建築耗能預測值、比較參考建築換算成的評估得分、以及改善建議」。簡言之，建築耗能評估系統中應包含建築耗能數值計算方法、建築耗能比較、評分方法以及改善建議等四個項目。

建築耗能實為一複雜系統運作與使用之結果。研究者與建築業者莫不希望建築能源評估能盡可能兼顧實施之方便性，並且在新建築完

工前能準確預測，在舊建築改善前能夠準確快速評估改善潛力，並能因地因時置宜，提供業者確切需要的訊息。因此，歐洲標準化委員會(European Committee for Standardization, CEN)規範中，就將建築耗能評估，分作兩個截然不同的主要概念：「模擬預測」與「現場量測」，不僅侷限在建築標準狀態下的耗能預測。根據建築物導入建築耗能評估之時間點(建築設計階段或完工營運階段)，以及評估時所採用的耗能參考比較值。建築耗能評估方法又有更分化的定義，如表1及表2所示。表1直接將耗能評估區分為模擬預測與現場量測兩種評估方式，並比較實施此兩種方式的必要資訊與輸出資訊之差異。表2則進一步針對建築耗能評估系統加以細分定義，其中，「標準型」與「量身訂做型」即為表1中「模擬預測」的分化；而「實測營運型」則近似於表1的「現場量測」。

2.3 耗能標示 - Energy Labeling

在1990年代早期，歐盟相關體系提出耗能

標示的概念，並確立其兩大目的：(1).透過耗能標示，將耗電設備的耗能表現告知並提供給消費者；(2).促進耗電設備節能改善與效率提升。這個概念從家用電器開始落實，約在10年以後(2000年)成功推向建築領域，歐盟地區開始興起建築耗能標示的概念。

歐盟體系中的建築耗能標示制度包含為一棟建築物分配一個耗能等級，並將該等級標示在建築物或其正式文件上。故該制度中，必須有一套尺標性的耗能標示指標供對照及標示。一般而言，此尺標性的耗能標示指標多以足量且可比的(enough and comparable)建築樣本，分析並建立其耗能密度EUI之累積次數分布曲線，任意建築樣本之耗能密度所位於之百分區段(percentile)即標明了該樣本之耗能密度之於整個母體的排行順位，再以研究者或政策主導者的判斷與操作，選定特定的百分區間距(percentile interval)定義為耗能等級(即圖1中的LIAB~LIFG諸項)，即成為一套可作分級評比標示的耗能標示系統。

表1 兩種建築能源評估方式之比較

概念	模擬預測	現場量測
輸入資料	詳細建材、設備與營運資訊	量測值或電費單
輸出資料	詳細而可拆解	整體而不可拆解
氣候與使用模式	標準	實際狀況
建築能源使用情形	估計值	實際值
適用	新建建築與既有建築	既有建築
成本與技術	高成本高技術	低成本低技術(註)

註：若採用分錶量測或智慧型能源管理監測系統則成本、技術皆較高
資料來源：本研究製作

表2 建築耗能評估之概念定義

評估類型	評估子分類	建築耗能取數值依據	建築使用模式	適用階段
標準型	設計階段	標準計算(模擬)方法	標準	設計階段
	完工營運	標準計算(模擬)方法	標準	完工營運
量身訂做型	-	計算(模擬)方法	非標準(依建築實際營運情形)	完工營運
實測營運型	-	量測	依建築實際營運情形	完工營運

資料來源：本研究製作

圖1中，以CEC的建議分級標示方式為例，LIAB~LIFG諸項係指建築耗能表現，圖中橫軸實際意義代表「建築物的EUI除以統計樣本建築EUI中位數」，LIAB~LIFG之意義分別表示：當建築EUI落在LIAB上，指該建築耗能表現良好，EUI僅是法規低限規範的50%；落在LIBC上，指建築EUI恰符合法規低限規範；落在LICD上，指建築EUI恰為建築EUI中位數與法規低限規範之平均值；落在LIDE上，指建築EUI恰為EUI中位數；落在LIEF上，指建築EUI為中位數EUI之1.25倍；落在LIFG上，指建築EUI為EUI中位數之1.5倍。

3. 建築耗能評比策略

國際上最常使用的建築能效指標就是建築耗能密度EUI，其值是以建築總用電量除以建築總樓地板面積而成的建築耗能密度。然而，以全棟建築物為分類的EUI指標值，卻因同類建築物間的耗能特性與差異性皆非常大，以此EUI指標作為耗能評估的單一指標常被質疑。例如高層辦公建築與低層辦公建築、高級觀光旅館與小商務旅館、大型教學醫院與小診所在耗能特性上，都有巨大差異。但是過去卻常被歸為同類建築而以相同的EUI指標來評估，顯

然有嚴重的不公平與不合理的現象；而國內過去仍常以EUI作為判定建築耗能表現的參考指標。單以建築類型分類統計EUI平均值，當作判斷建築耗能與否之依據，其中隱藏著諸多不公平之因素，例如，工時不同、空間機能不同、建築所在氣候區不同的幾棟辦公建築，卻面對同一個辦公建築EUI平均值當作比較指標。這樣的EUI評比卻可能將一棟節能措施已經做得很好、但工時偏長、所在氣候偏熱、複合較多商業機能空間的辦公大樓，誤判成耗能表現不佳，需要進一步節能改善的案例。對於建築能源評比與能源競賽必然是一重大障礙，必須設法進一步精化、公平化EUI評比邏輯。

影響建築耗能的重要因子區分為兩類：先天營運因子與設計因子。先天營運因子係指氣候、來客數、工時以及建築營運必要設備量等因子，先天營運因子係屬建築先天營運條件，難以甚至無法改善，但是卻顯著影響建築耗能；設計因子包含設備效率與容量、建築外殼性能與是否採用節能技術等因素。設計因子可透過建築節能診斷與改善措施提升節能效益。客觀之建築EUI評比則應正規化先天營運因子，將建築個案與其面對的EUI基準之先天因子調整一致，再比較設計因子的差異，才能有公平的評比與競賽結果。

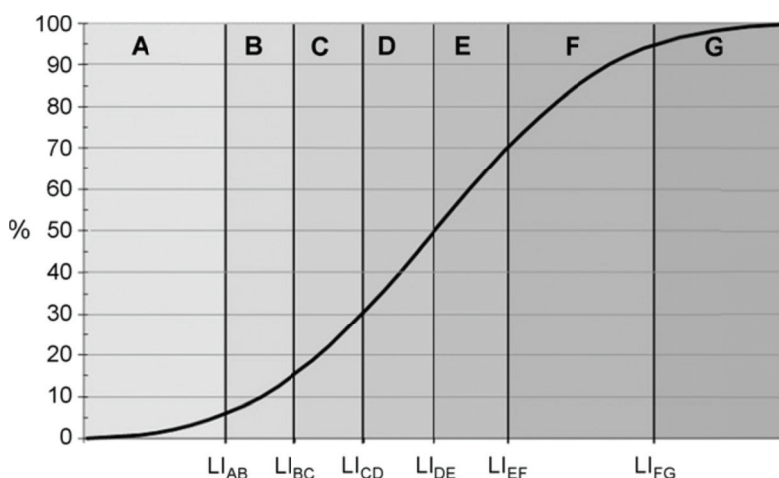


圖1 建築耗能密度EUI累積次數分布曲線與分級示意圖
(橫軸：建築耗能表現；縱軸：樣本累積分佈百分比)
資料來源：Pérez-Lombard *et al.*, 2009

在建築動態EUI指標之研究中(蘇梓靖，2014)，先天因子區分為「空間組成因子」與「營運條件因子」兩類。「空間組成因子」係指建築內部的空間組成，例如，同為辦公建築，有些辦公建築內部除了辦公室以外，複合了商場空間；有些則僅有辦公室，此即「空間組成因子」之差異。「營運條件因子」，則指同為辦公空間，因營運狀況不同，產生人員數、電腦數與工作時數之差異。建築動態EUI指標研究中亦明確指出，「建築空間組成一致化」與「營運條件一致化」是掌握建築EUI評比公平客觀的兩個要項。

在國內外各項建築EUI評比研究中，以國內建築動態EUI指標研究，特別對於「空間組成因子」有深入的探討；而美國Energy Star Portfolio Manager (Leslie Cook, 2014)則對於同類建築的「營運條件因子」有細緻的分析與調整修正。以下分別簡述評比方式：

建築動態EUI指標(亦稱綜合EUI指標)之研究(蘇梓靖，2014)面對建築空間組成造成的EUI變異，依據37種不同使用空間定義其標準營運

方式與建築外殼性能基準，以模擬方式建立37種建築基本空間及其EUI基準值。任一建築個案對應之EUI基準值，皆可利用建築個案基本空間組成比例，將37種基本空間EUI基準值以面積加權平均方式，計算成一專為該建築個案量身訂做的EUI基準，如方程式(1)所示：

$$EUI_s = \Sigma(EUI_i \times A_i) \div \Sigma A_i \quad (1)$$

其中：

EUI_s：建築個案所對應之EUI基準值(kWh/(m².yr))

EUI_i：i類基本空間之EUI標準值(kWh/(m².yr))，查表3

A_i：某建築個案中，i類基本空間所占樓地板面積(m²)

表3所列即為37種空間在標準營運狀態下的EUI標準值，透過表3諸值與方程式(1)，計算出臺灣特有混用式商業建築物在標準使用方式下的EUI標準值，為一套創新、簡便、準確又不失公平的EUI指標系統。

Energy Star Portfolio Manager為美國環保

表3 37種建築基本空間及其EUI基準值

空間所屬分區	空間名稱		EUI _i (kWh/m ² .yr)
24小時空調型住宿類空間	A1	24小時輕設備醫療空間(一般病房+護理站)	225
	A2	全年空調住宿空間(飯店客房及辦理入住業務之大廳、櫃檯)	138
24小時間歇空調型住宿類空間	B1	間歇空調透天住宅、集合住宅(含住宅室內公共空間)	50
	B2	間歇空調不常住型住宿設施(學校、機關、企業宿舍及其附屬接待大廳、室內公共空間)	56
24小時間歇空調常住型住宿類空間	C1	間歇空調常住型住宿設施(養老院、孤兒院、療養院及其附屬接待大廳、室內公共空間)	76
24小時營業設備間歇使用類空間	D1	24小時連鎖超商與速食餐廳	1,393
	D2	24小時重設備醫療空間(加護病房、急診區)	486
	D3	醫院手術房(含其附屬空間)	518
24小時營業設備穩定使用類空間	E1	24小時冷凍冷藏空間(飯店、餐廳、量販店之大型專用冷凍冷藏空間)	700
	E2	電腦、電信機房(內含高密度電腦、電信設備之全空調機房)	933
24小時無空調類空間	F1	24小時機械換氣空間(室內停車空間、變電室、地下室倉庫、機房等雜空間)	28
	F2	無空調之大型專用倉庫(不含其他空間附屬之小儲藏室、倉庫)	37

表3 37種建築基本空間及其EUI基準值(續)

18小時交通運輸類空間	G1	車站、轉運站、航站之大廳(業務大廳區以外空間(如販賣部、商品店等)以12小時營業空間處理)	355
15小時視聽娛樂類空間	H1	電影院、影城(包括走廊、前廳)	354
12小時營業類空間	I1	一般商店、超市、百貨專櫃(未設餐飲空間、美食街、冷凍冷藏設備等者)	316
	I2	高照明商場(百貨一樓美妝商場)	484
	I3	一般餐廳、飯店宴會場(中西餐廳，特色餐廳，美食街等，含附屬廚房、備餐區、冷凍冷藏區)	345
	I4	有大量冷凍冷藏設備之生鮮商場、量販店	591
	I5	中央廚房、中央洗衣房	253
	I6	12小時輕設備醫療空間(醫院之門診部、診所、大廳等)	229
	I7	12小時重設備醫療空間(醫院之檢驗部、藥劑部、放射科、血液透析中心、復健部等)	530
	I9	體育館室內賽場區、運動場館空間(健身房、舞蹈室、室內球場、保齡球道、運動練習室、運動俱樂部、室內游泳池，含附屬空間)	119
	I10	娛樂空間(電子遊樂場、KTV、網咖、撞球、酒吧、舞廳、卡拉OK等，含附屬空間)	211
	I11	有大量加熱設備之專用休閒設施(營業專用SPA &三溫暖、溫泉澡堂，不含附屬於其他空間之小休閒設施)	607
12小時間歇使用類空間	J1	展覽空間(美術館、文物陳列室、商業展覽場等，及其附屬接待大廳、室內公共空間)	153
	J2	專用演講廳、禮堂、會議中心、會議廳、演講活動兼用之宗教集會廳	155
	J3	演藝廳、表演廳、演藝活動兼用之體育館	166
	J4	體育館專用室內座位區	187
10小時行政辦公類空間	K1	辦公行政類空間、學校辦公行政空間(辦公、會議、行政、視聽、研究、實驗相關空間及其附屬大廳與室內公共空間)	121
	K2	圖書館(含閱讀區、書庫區與及其附屬大廳與室內公共空間)	113
	K3	機關餐廳(學校、企業、工廠之大眾餐廳，含附屬廚房、備餐區、冷凍冷藏區)	238
	K4	工廠實驗、研究室(研發空間及其附屬大廳與室內公共空間)	162
10小時學校教室類空間	L1	學校教室(普通教室、專科教室、視聽教室)	97
工廠廠房製程空間(24小時設備穩定使用類)	M1	無空調一般工廠作業區	253
	M2	空調型一般工廠作業區	541
	M3	空調型精密製造區	591
	M4	空調型潔淨生產區	563
工廠廠房製程空間(10小時行政辦公類)	M1	無空調一般工廠作業區	86
	M2	空調型一般工廠作業區	170
	M3	空調型精密製造區	186
	M4	空調型潔淨生產區	176

註：工廠廠房製程空間EUI指標EUI_{ij}之計算上，扣除製程設備耗能(80%電器設備密度)
資料來源：蘇梓靖，2014

署開發之建築能源評比工具(Cook, 2014)，研究學者利用美國建築耗能普查，蒐集各建築樣本之基本營運資料與耗能資料，進行篩選與統計分析，找出關鍵影響15類建築EUI的營運條件因子，再利用迴歸分析，建立15類建築先天營運因子正規化修正迴歸式，使建築EUI評比機制更為公平準確。Energy Star Portfolio Manager的修正方式針對每一棟建築個案要面對的EUI比較基準加以修正，使每一棟建築個案不再是面對同類建築大樣本的統計EUI中位數做比較，而是面對與該建築個案營運特徵條件相同的同類建築群之EUI中間值比較。Energy Star Portfolio Manager之正規化修正模式如方程式(2)所示：

$$EUI_p = C_0 + C_1 \times Ct_1 + C_2 \times Ct_2 + C_n \times Ct_n \quad (2)$$

其中：

EUI_p ：建築正規化修正後的EUI基準

C_0 ：建築原始EUI基準

C_n ：營運因子n之迴歸係數

Ct_n ：欲評估建築個案之營運特徵因子n與標準值之差

方程式(2)之 EUI_p 即為Energy Star Portfolio Manager中，依據大量建築樣本之統計迴歸分析後，認為任一建築個案應有的耗能基準值。換句話說是與該建築個案之先天營運條件相當的建築群(Peer Group)之EUI中位數。 EUI_p 計算方式為建築所有有效統計樣本之平均EUI(C_0)，連加各項先天營運因子參數乘以其對應的迴歸係數($C_n \times Ct_n$)。例如，每週工時為影響辦公建築EUI的其中一個營運特徵因子。將欲評估建築個案之每週工時，減去辦公建築樣本標準週工時做為 Ct_n ，再乘上其對應之迴歸係數 C_n ，經此修正後的 EUI_p 之工時條件即與該建築個案一致，可以公平比較。

Energy Star Portfolio Manager對於不同建築類型，利用統計方法找出不同的營運條件因子，以正規化修正建築EUI。就辦公建築而言(USEPA, 2007)，在Energy Star Portfolio Manager

中，必須帶入的修正因子包含：總樓地板面積、單位面積電腦數、每週工時、員工密度、暖房度日×暖房面積比與冷房度日×冷房面積比等6項；而對於旅館建築(USEPA, 2009)，則另採以下6項做修正：單位面積房間數、員工密度、是否提供商業備餐、商業冷凍單位(unit)密度(units/1000ft²)、暖房度日×暖房面積比與冷房度日×冷房面積比。透過這些修正，每棟建築皆能與「與其營運條件相同的EUI基準」做公平比較。

動態(綜合) EUI指標與美國Energy Star Portfolio Manager對於EUI評比的改進模式固然不同，但皆對於EUI評比之準確性與公平性有其貢獻，值得綜合參酌，以建構一套觀點更全面、評比更客觀的EUI評比系統。

4. 我國實施建築節能競賽評估

圖2顯示我國從1997年至2012年間，住宅與服務業部門能源總使用量。1997年至2005年間，住宅部門能源使用量高於服務業部門。1997年住宅部門能源使用量大於服務部門約100萬公秉油當量。但由於產業轉型，2007年後服務業部門能源使用量已高過於住宅部門，顯示服務業部門的能源使用量在2007年以前快速的成長，並於2007年達到頂峰，年使用量約為1,250萬公秉油當量。在2008年受金融風暴等因素影響能源使用量下滑，近兩年則呈現持平略為下降的趨勢。但總體而言，住宅與服務業部門的耗能量仍是從1997年的1,700萬公秉油當量提升至2012年的2,500萬公秉油當量。

圖3顯示我國住商部門近十年能源使用占比(經濟部能源局，2014)。從數據顯示，我國住商部門所使用的能源以電力為主，電力使用高達九成以上之占比，其次為天然氣以及液化天然氣。因此，節電為住商部門刻不容緩之節能方向。

住商領域的節能減碳可分為兩個層面來考量，首先是能源效率提升。能源效率的提升

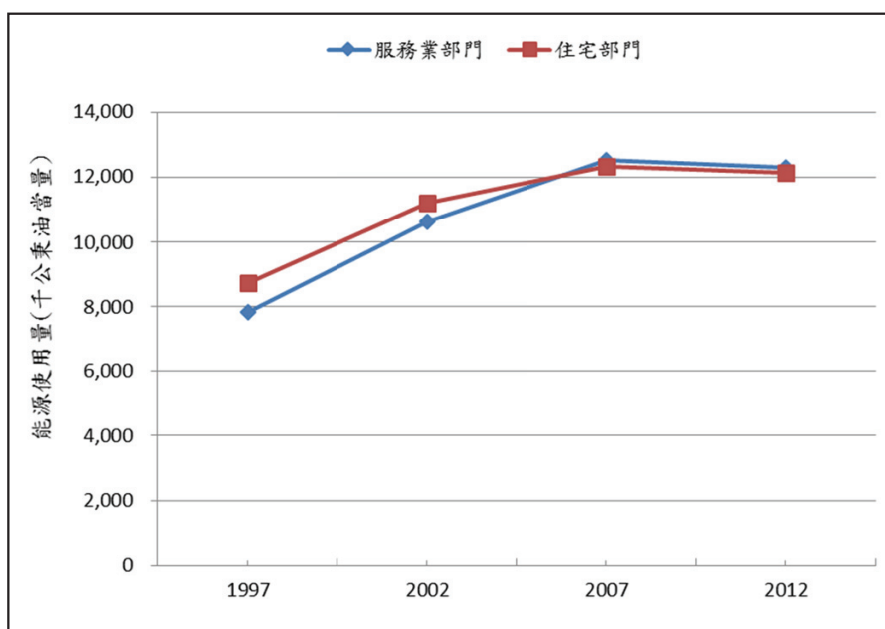


圖2 我國住商部門能源消費量與趨勢

資料來源：本研究製作

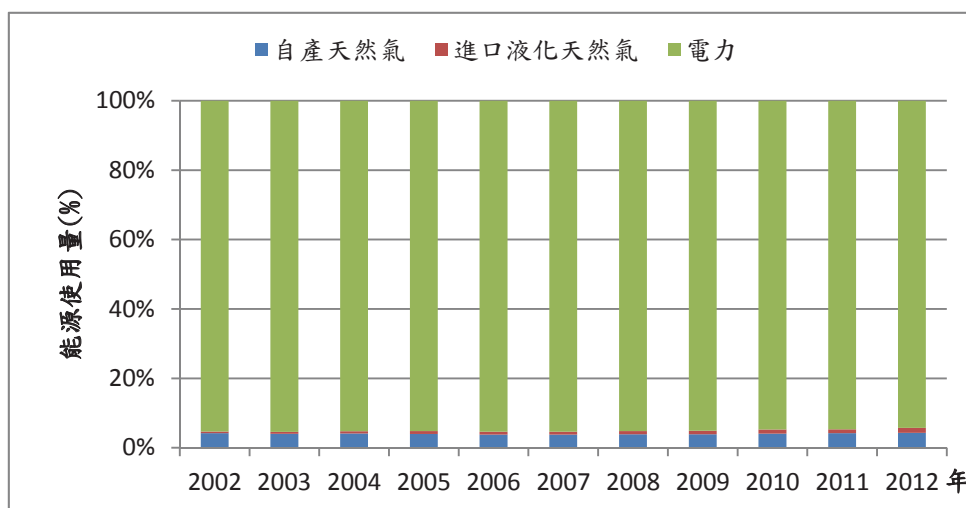


圖3 我國住商部門使用能源類型

資料來源：本研究製作

包含建築整體能源效率提升與建築物內部次系統耗電設備效率提升。主要的耗能設備包括冷凍、空調、通風、除濕、加熱、照明與其他家用產品等。透過設備技術研發來提昇產品性能及產業能量，進行各種設備的能效管制、能效分級與節能標章補助獎勵等輔導推動措施，是政府在住商節能政策推動的重要手段之一。但是在建築整體能源效率的提升部分，國內做法尚未形成共識，因此未見積極的推動措施。

另一個層面在於提升與教育民眾的認知。節能技術產品的研發，仍需民眾汰換購買，才會有節能減碳的效果。以美國為例，舉辦建築節能競賽為提升民眾節能認知最有效方法。2010年參加競賽團隊僅有14棟建築，但是在2011年已有245棟建築物參與競賽，第三年(2012年)已高達到3,300棟建築參與競賽，參與競賽之建物快速成長。

4.1 我國建築節能競賽發展策略

考量國內之建築情況，若在國內舉辦住商建築節能競賽，其發展的策略如下：

- (1) 以建築節能減碳為主，包含建築整體能源效率提升與建築次系統高能效設備等，以有別於國內綠建築發展協會所舉辦之優良綠建築獎。
- (2) 提供適度的獎勵，以獎金、改造補助、貸款利息補貼、稅率優惠或頒獎方式來鼓勵參與競賽，藉此提升企業形象。
- (3) 以實際用能量，如電費單，作為競賽評分依據。
- (4) 以民眾參與為主要考量，因此競賽應以公平、簡單及清晰為原則，設計節能競賽的制度。
- (5) 確認資訊披露與流通，建立得獎建築之宣傳、觀摩以及媒體等資訊流通規則，以讓大眾可以仿效參考。

舉辦建築節能競賽所需具備的技術包含：國內住商建築耗能資料庫、建築能效指標與評分使用工具等。以美國環保署商業建築競

賽為例，便以多年蒐集之CBECS (Commercial Building Energy Consumption Survey)資料庫為主，建築能效指標使用建築耗能密度(EUI)，評分使用工具則為能源之星組合管理工具(Energy Star's Portfolio Manager tool)，採網路線上填寫方式，以達到公平、簡單及清晰的原則。

為建立全國各類建築之標準EUI值，能源局委託能源專案計畫，在2012、2013進行共8,500戶住宅類耗能調查，2014年進行共250棟辦公、醫療、百貨、旅館、學校與大型展覽場等商業建築之營運階段耗能與EUI調查與量測驗證。住宅類耗能資料庫已建立，而商業類建築耗能資料庫則正在建構中。2013年完成調查之住宅戶數共3,500戶，住宅類型分配為：平房式住宅共完成368戶，占10.5%、獨棟式住宅共完成206戶，占5.9%、雙併式住宅共完成90戶，占2.6%、連棟式住宅共完成938戶，占26.8%以及公寓或大廈共完成1,898戶，占54.2%。2012及2013年所調查各式住宅樣本比重分配比較如圖4所示。

4.2 建築競賽評估工具開發

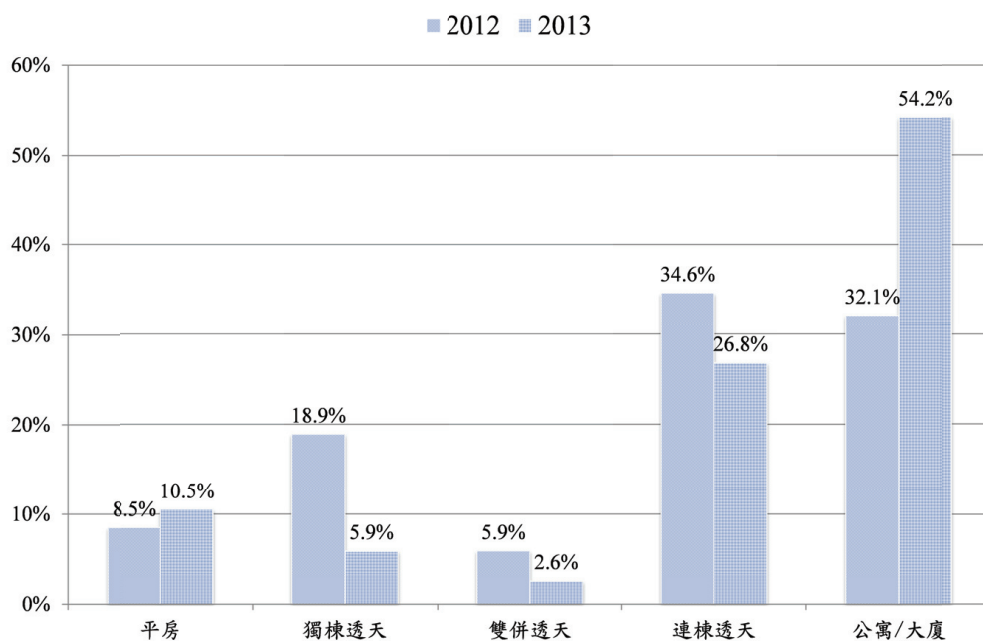


圖4 2013年住宅類型分配
資料來源：本研究製作

為建立完整建築能源評估工具，能源局委託法人單位開發住商建築能源地圖平台。其中，以銀行連鎖體系進行能源競賽之開端，使用其中之落點分析，輸入建築物之基本資料與電費單資訊，並依據空間權重，進行分建物之EUI評比分析，再依據各建物間之EUI差異，產生落點分析與能源證書。平台主要功能包含：

(1) EUI能源尺評比：如圖5所示，建築物之能源密度與全國相同類型之建築物或分行進行評比，例如根據人口數、工時與氣候條件數據等資訊，進行比較之建築能耗評比，並以星級加尺標圖示的方式呈現耗能水準。各建築物EUI值，會根據建築物所累計綜合EUI平均值，

區分為五個等級。依序為五顆星、四顆星、三顆星、兩顆星及一顆星之指標尺評分。透過此評分工具，可即時傳達建築物耗能狀態座落在優質範圍或是需進行改善區間。

(2) 雲端快速建築能源模型建置：為有效快速提供建物節能改善策略，建構建物能源模擬之快速建模工具平台及設備資料庫。使用者可選擇建築次系統，包含空調、照明與用電設備，進行不同設備間能耗分析，減少因既有建築能源分析軟體不易上手，而減少了建築節能改善之契機。快速建模工具平台如圖6所示。

(3) 雲端能耗分析：使用者根據建築結構數據，輸入基本建築參數，包含建物幾何外觀尺

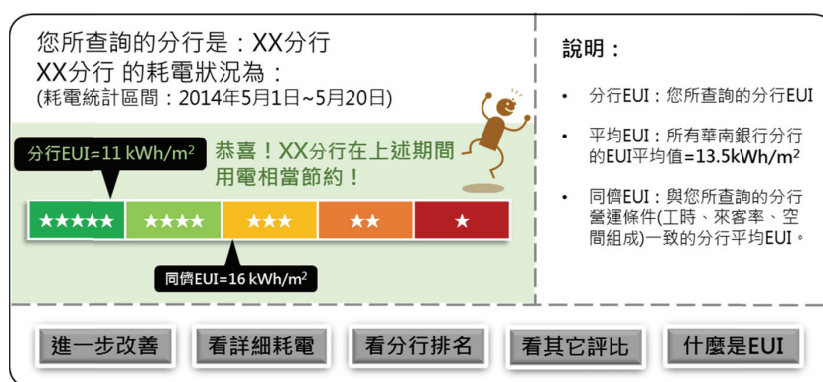


圖5 EUI能源尺評比
資料來源：本研究製作

快速建模

建築外形設定	內部負載設定	排程設定	空調設定	進行分析	結果瀏覽								
<div>建築尺寸</div> <table border="1"> <tr> <td>長度(L)：</td> <td>公尺</td> <td>寬度(W)：</td> <td>公尺</td> <td>高度(H)：</td> <td>公尺</td> <td>樓層數：</td> <td>層</td> </tr> </table>						長度(L)：	公尺	寬度(W)：	公尺	高度(H)：	公尺	樓層數：	層
長度(L)：	公尺	寬度(W)：	公尺	高度(H)：	公尺	樓層數：	層						
<div>窗牆比</div> <table border="1"> <tr> <td>正面牆：</td> <td>背面牆：</td> <td>右側牆：</td> <td>左側牆：</td> </tr> </table>						正面牆：	背面牆：	右側牆：	左側牆：				
正面牆：	背面牆：	右側牆：	左側牆：										
<div>方位</div> <table border="1"> <tr> <td>正北偏角：</td> <td>度</td> </tr> </table>						正北偏角：	度						
正北偏角：	度												
<div>說明</div> <p>高度(H)：為單層樓層高度，非總樓高</p> <p>窗牆比：以正面牆為例，若正面牆上有30%是窗戶，則正面牆之窗牆比為0.3</p> <p>方位：建築正面朝向與正北方位之夾角</p>													

圖6 雲端建築快速模型建置與能耗分析
資料來源：本研究製作

寸與建物內部耗能負載，如照明、家電設備、空調設備及其排程，進行全年度能源使用狀況評估。透過雲端EnergyPlus模擬軟體分析，評估建築整體耗能及評比各種節能措施組合的節能成效，同時滿足新建築節能設計評估或舊建築節能改造之需求。

(4) 即時競賽評比分析：為有效建立即時之能源競賽分析，以連鎖企業為例，利用建築能源管理系統(BEMS)量測而得之各項資訊，如室內溫度、室內濕度與室內二氧化碳濃度等環境條件，以及各種設備如照明、事務機、空調設備之規格與運轉條件等，依據欲進行能源使用分析之時間區間，將所需資訊從BEMS資料庫中擷取，並重新排序為可直接套用於建築能源系統分析之資訊格式。最後，計算該分部之EUI，並與各該企業其他分部EUI進行評比，達成連鎖企業各分部之間能源競賽之效益。

5. 結 論

建築能源使用量的評估方法因國內建築逐漸朝向複合式使用，而產生極大的不確定性。本研究藉由綜合EUI分析，依建築空間組成比例組合EUI，並運用重要建築營運因子正規化修正EUI，能依據不同營運空間、營運條件及營運目的等概念進行評比工具開發及策略評估，逐步開發評估工具，使同類型之建築物在營運條件不同之狀況下仍能有客觀公平的評估；使各類複合機能的混用型建築物亦能有其應面對的耗能基準可以依循評比，並藉由建築物間之能源使用評比，達成能源競賽之概念。

在實施建築節能競賽可行性評估方面，各國多屬於鼓勵性質，並未強制執行。我國住商建築能源競賽之概念已逐漸於私人連鎖企業中進行，藉由比較該企業之建物間能源使用量差異，進行獎罰等動作，達成企業建築物有效節能減碳之動作，可供未來全國性實施住商建築

能源競賽之參考。

致 謝

本研究承經濟部能源局提供經費，論文得以完成，謹表致謝。

參考文獻

- 行政院，國家節能減碳總計畫，<http://www.ey.gov.tw/policy4/>。
- 經濟部能源局，2014，能源統計年報，經濟部能源局。
- 經濟部能源局，2014，能源統計手冊，經濟部能源局。
- 蘇梓靖，2014，建築動態耗能密度之研究，國立成功大學博士論文。
- J.R. Stein, A. Meier, 2000, Accuracy of home energy rating systems, *Energy* 25 (4) PP. 339-354.
- L. Pérez-Lombard, J. Ortizm R. González, I. R. Maestre, 2009, A Review of Benchmarking, Rating and Labelling Concepts within the Framework of Building Energy Certification Schemes, *Energy and Buildings* Volume 41, Issue 3, PP. 272-278.
- Leslie Cook, 2014, Overview of the ENERGY STAR Program and the Portfolio Manager Tool”, U.S. EPA, ENERGY STAR.
- US Environmental Protection Agency, 2007, ENERGY STAR Performance Ratings: Technical Methodology for Office, Bank/ Financial Institution, and Courthouse.
- US Environmental Protection Agency, 2009, ENERGY STAR Performance Ratings: Technical Methodology for Hotel.

Building Energy Saving Rating Strategy, Challenge and Tool Developing

Hung-Wen Lin^{1*} Tzu-Ching Su¹ Hsueh-Chuan Liu² Hao-Chuan Lee¹
Wen-Kuei Chang¹ Wei-Da Tu³ Yu-Choung Chang⁴

ABSTRACT

Energy usage and management have been paid more attention by every country in the world since the global energy crisis in 1979. To provide the basis in energy rating for the building energy saving field, many countries build up their own building code, green building rating method and tools. No exception, Taiwan also establishes building code, green building certification system and smart building certification system according to the state-of-the-art building technology. The final goal is to promote the energy saving ability in buildings. On the other hand, building energy performance rating can have a basis by certification system. Building competition is based on this rating system. By analyze energy usage intensity (EUI) among the buildings with same operating purpose and zone to enforce user's energy saving concept, moreover, to achieve the purpose of all buildings energy saving across island. The purpose of this study is to discuss building energy rating development direction in Taiwan and analyze the possibility for practices. On the other hand, this study also developed a building competition tool based on algorithm of the operating purpose and zone and other key impact factors. And this tool can be a reference for the building energy saving competition in the future.

Keywords: energy saving rating, energy saving competition, energy map

¹ Researcher, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute

² Associate Researcher, GEL/ITRI

³ Senior Engineer, GEL/ITRI

⁴ Senior Principal Engineer, GEL/ITRI

* Corresponding Author, Phone: +886-3-5914880, E-mail: lhw@itri.org.tw

Received Date: October 13, 2014

Revised Date: November 21, 2014

Accepted Date: November 28, 2014