

綠建築對建築節能之影響和策略研析：以六都商業建築為例

馬毓駿（中華經濟研究院第三研究所助研究員）

鄭睿合（中華經濟研究院第三研究所高級分析師）

周品帆（中華經濟研究院第三研究所輔佐研究員）(通訊作者，email: ivanchou@cier.edu.tw)

陳冠翰（中華經濟研究院第三研究所副分析師）

林志勳（工業技術研究院產業科技國際策略發展所副所長）

梁啟源（中華經濟研究院諮詢委員）

文章資訊

接受日期：2026.07

關鍵詞：

- 商業建築
- 租稅獎勵
- 隨機邊界分析法

內文摘要

依據我國建築部門淨零路徑規劃，2040年50%既有建築物須更新為建築能效1級或近零碳建築，2050年100%新建建築物及超過85%建築物為近零碳建築，如何推進各類建築之節能減碳為重要課題。其中，公有部門建築主要透過立法規管改善建築能耗，民間商業建築因較乏強制性法規，故需構思如何提高既有商業建築能效或取得更高等級綠建築標章、逐步增進能源效率。

鑑於商業部門產生的溫室氣體排放量主要來自於營業空間的電力使用，且六都為國內商業活動密集度較高、商業建築數量較多地區，同時大多已制定淨零自治條例，實具改善建築節能的迫切性。根據實證結果，六都商業建築平均用電效率水準約為79.89%，隱含仍有20.11%之潛在改善空間。模型估計結果亦顯示，取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比與商業用電需求呈現顯著負相關，亦即在控制電價、氣候條件、疫情期間、房屋稅收及服務業結構等因素後，綠建築樓地板面積占比較高之城市，其商業用電量相對較低。

當前我國中央和地方政府針對新建建築主要利用獎勵容積方式鼓勵建築低碳化，但對量體龐大的既有商業建築，則著重老舊設備汰換之補助，缺乏其他政策工具引導建築節能。考量國際上已有許多透過稅賦優惠機制提升建築能效的案例，國內除了臺中市實施取得綠建築標章之建築可減免部分房屋稅，以及臺北市預計於2026年7月起實施取得建築能效標示之建築可減免部分房屋稅外，尚無其他地方政府提供促進建築能效提升之財稅機制。因此，本文認為在現行政策工具存在缺口下，地方政府可考慮參考國際作法，利用財稅優惠機制，作為獎勵商業建築取得綠建築標章或提高建築能效的措施，藉以達到節能減碳效果、實現地方和國家淨零目標。

ANALYZING THE IMPACTS OF GREEN BUILDINGS ON BUILDING ENERGY SAVINGS AND ASSOCIATED STRATEGIES: EVIDENCE FROM COMMERCIAL BUILDINGS IN TAIWAN'S SIX SPECIAL MUNICIPALITIES

Yu-Chun Ma	(Assistant Research Fellow of Taiwan Institute of Economics Research, Chung-Hua Institution for Economic Research(CIER))
Ruei-He Jheng	(Senior Analyst of Taiwan Institute of Economics Research, Chung-Hua Institution for Economic Research(CIER))
Ping-Fung Chou	(Research Associate of Taiwan Institute of Economics Research, Chung-Hua Institution for Economic Research(CIER)) (Corresponding Author, email: ivanchou@cier.edu.tw)
Guan-Han Chen	(Associate Analyst of Taiwan Institute of Economics Research, Chung-Hua Institution for Economic Research(CIER))
Chih-Hsun Lin	(Chief Energy Strategy Officer of Industrial Science and Technology International Strategy Center, Industrial Technology Research Institute(ITRI))
Chi-Yuan Liang	(Advisor, Chung-Hua Institution for Economic Research(CIER))

Information	Abstract
Accepted date : 2026.07	According to the net-zero roadmap for the building sector, 50% of existing buildings must be upgraded to "Level 1" energy efficiency or "near-zero carbon" status by 2040, while 100% of new buildings and over 85% of all buildings must be near-zero carbon by 2050; thus, advancing energy conservation and carbon reduction across various building types is a critical issue. While the public sector primarily addresses energy consumption through legislative mandates, the private commercial sector lacks such compulsory regulations, necessitating strategies to improve the energy efficiency of existing commercial buildings, secure higher-level green building certifications, and progressively enhance energy performance. Given that greenhouse gas emissions from the commercial sector stem largely from electricity consumption in business premises—and considering that the "Six Special Municipalities" (Taiwan's major metropolitan areas) feature high commercial activity density and large numbers of commercial buildings, with most having already enacted net-zero ordinances—there is an urgent need to improve building energy efficiency in these areas. Empirical data indicates that the average electricity efficiency of commercial buildings in these six municipalities is approximately 79.89%, implying a potential 20.11% margin for improvement. Modeling results further reveal a significant negative correlation between the proportion of commercial floor area holding green building certification and commercial electricity demand; in other words, after controlling for factors such as electricity prices, climatic conditions, the impact of the pandemic, property taxes, and the service sector structure, cities with a higher proportion of green building floor area exhibit relatively lower commercial electricity consumption. Currently, both central and local governments primarily encourage low-carbon practices in new construction through floor area ratio (FAR) incentives. However, for the vast stock of existing commercial buildings, the focus remains on subsidies for replacing aging equipment, with a lack of other policy tools to drive energy efficiency improvements. While Taichung City offers partial property tax reductions for buildings with green building certification, and Taipei City plans to implement similar tax relief starting in July 2026 for buildings with energy efficiency labeling, no other local governments have established fiscal or tax mechanisms to promote enhanced building energy efficiency—despite numerous international examples of such incentives being used to improve building performance. Therefore, this paper suggests that, given the gaps in current policy instruments, local governments could consider adopting international practices by utilizing fiscal and tax incentives to reward commercial buildings for obtaining green building certifications or improving energy efficiency, thereby achieving energy conservation and carbon reduction, as well as realizing local and national net-zero goals.
Keywords : - Commercial Buildings - Tax Incentives - Stochastic Frontier Analysis	

壹、前言

根據聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme)報告顯示，建築部門約占全球溫室氣體排放量37%，高於工業部門和運輸部門 (UNEP, 2023)。另根據美國氣候與能源解決方案中心(Center for Climate and Energy Solutions)之研究報告指出，美國住商建築的溫室氣體排放量約占美國溫室氣體排放總量的29%，惟因能源效率的提升使住商部門的排放量分別減少了17.3%和11.4% (C2ES, 2018)，代表建築部門的高能源耗用雖將產生大量的溫室氣體排放，但在改善能源效率時可對應減少溫室氣體排放。

我國「2050淨零排放路徑及策略」中設有淨零建築階段里程碑 (國家發展委員會，2025)，包含2030年公有新建建築物達成建築能效1級或近零碳建築、2040年50%既有建築物更新為建築能效1級或近零碳建築，以及2050年100%新建建築物及超過85%建築物為近零碳建築，故推動新建建築及既有建築之能效提升為當前政策重點項目之一，特別是國內既有建築佔建築市場約97% (林憲德，2010)，表示如何改善現存建築之能源需求與排放，將深切影響建築部門是否能實現淨零目標。

國家氣候變遷對策委員會於2025年1月23日舉行第三次委員會議 (周佑政，2025)，由內政部、經濟部、環境部共同主導之住商部門減碳行動計畫中，納入淨零建築減碳旗艦計畫，針對新建建築部分，主要包括修訂建築節能相關法令規範、修訂設備器具容許耗用能源及節能標章基準等；既有建築部分，則包括協助公有既有建築提升能效、推動老屋老宅整建維護及都更危老重建淨零評估、補助家電及老舊設備汰舊換新等。在擴大建築能效改善的政策主軸下，除了公有建築及社會住宅帶頭示範外，亦須構思如何帶動民間參與 (環境部氣候變遷署，2025)。

2025年10月30日，國家氣候變遷對策委員會第五次會議，總統於會後提及「近零碳建築」對於住商部門的重要性，強調需從最根本的「既有建築」著手，並善用市場的力量，引導民間響應 (歐芯萌，2025)。而我國於第30屆聯合國氣候變遷大會 (COP30) 前公布「國家自定貢獻」(NDC 3.0)，明確訂定2035年溫室氣體排放比2005年減少38%±2%的新目標，為確保減碳目標落實，總統府已明確裁示，未來中央補助款的發放將與地方政府的減碳績效緊密連動，且環境部已要求各縣市政府必須負擔明確的減碳額度，並定期公開公布執行進度 (雲舞智網，2025)。因此，研析各縣市建築節能潛力實屬重要。由於2024年六都之商業部門用電量達347億度，占全國比重為74.30%，為商業活動密集區域，且2024年六都核發商業建築使用執照總樓地板面積約為378.67萬平方公尺，占全國比重73.48%，代表著商業建築量體龐大，加上六都均推動地方淨零自治條例，致力於淨零轉型，相對於其他地方縣市而言更為積極和重視溫室氣體減量工作，故本文聚焦探討六都商業建築的節能潛力。

除前言外，本文於第二節中透過回顧文獻，探討綠建築認證與建築能效提升之關聯性和蒐整既有國內文獻研析建築能源效率範疇，提出本文貢獻所在。在第三節中則說明建置模型之理論與資料來源。第四節中則進行實證分析，闡述影響六都商業建築節能潛力之因素和政策意涵。於第五節中則盤點國內外有關政策工具，探尋現行國內政策缺口，並於結論與建議中研提適宜策略。

貳、文獻回顧

一、我國綠建築標章之概念內涵、制度演進

綠建築是一套以建築全生命週期（從建材開採、設計、施工、營運到拆除）降低環境負荷為核心理念，強調在基地開發、建材選用、建築外殼、設備系統、室內環境品質、水資源管理及營運維護等環節，降低能源與資源消耗，並提升使用者健康與舒適性，國際間也陸續推出相對應的綠建築評級制度，例如美國的能源與環境設計先鋒獎(Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)評級體系、英國之「建築研究院環境評估方法」(Building Research Institute Environmental Assessment Method, BREEAM)，以及新加坡綠建築標誌(Green Mark)。

國內綠建築標章制度係依據臺灣亞熱帶高溫高濕氣候條件而發展之評估系統，其核心內涵可概括為「生態(Ecology)」、「節能(Energy Saving)」、「減廢(Waste Reduction)」及「健康(Health)」四大面向，英文縮寫為EEWH。綠建築標章制度自建立以來，評估指標、分級制度與適用建築類型均曾隨政策目標、建築技術與淨零轉型需求而調整。早期綠建築評估系統主要包含綠化量、基地保水、水資源、日常節能、二氧化碳減量、廢棄物減量及污水垃圾改善等七項指標，2003年增列生物多樣性及室內環境二項指標後，形成現行一般所稱之九大評估指標，此一制度設計顯示，綠建築為整合生態環境、能源使用、資源循環與室內健康之多目標永續建築評估架構。其中，日常節能與水資源為取得綠建築標章或候選綠建築證書之必要指標，且需再從其餘指標取得一定項目，始能通過評定，取得綠建築標章或候選綠建築證書之建築物於使用階段將可有效達到包含節電及降低二氧化碳排放等在內的成效（徐虎嘯，2020）。2007年則進一步建立綠建築分級評估制度，將標章等級區分為合格級、銅級、銀級、黃金級及鑽石級。此後，為因應不同建築用途與政策需求，綠建築評估制度亦逐步發展出基本型、住宿類、廠房類、舊建築改善類、社區類、境外版、既有建築類及建築能效評估系統等不同版本之評估手冊，但是在各類型中，「日常節能」指標仍為最重要的評價項目（財團法人台灣建築中心，2026a）。

綠建築標章之「日常節能」指標評估重點主要包括建築外殼節能、空調系統效率及照明系統效率，節能要求比現行建築法規至少嚴格20%，要求空調設備減量比傳統設計降低30%以上，是九大評估指標中配分最高的項目（32分），假使本指標不合格則無法取得綠建築標

章認證（王榮進，2023）。由於商業建築之耗能通常以空調與照明為大宗，日常節能指標要求建築外殼熱負荷、空調效率及照明效率均須達一定基準，且對採用再生能源者提供獎勵係數，因此可透過降低冷房負荷、提升空調主機與輸配系統效率、改善照明功率密度及導入能源管理系統等途徑，降低單位樓地板面積之電力需求量（財團法人台灣建築中心，2026b）。至於辦公、零售、旅館、餐飲等不同類型商業建築，因營業時間、內部負載、空調與照明需求不同，即使同樣取得綠建築標章，其節能效果仍可能有所差異；而合格級、銅級、銀級、黃金級及鑽石級等不同標章等級，亦可能因外殼節能、空調照明效率及能源管理程度不同，而對能源效率產生不同影響（衛生福利部秘書處，2019）。

此外，我國綠建築標章與建築能效標示制度屬於中央主導之全國性認證制度，其制度設計、評估手冊、審查認證程序及標章管理主要由中央政府統一規範，並非由各地方政府分別訂定，以維持全國標章制度之公信力、可比較性與技術一致性。地方政府雖無權自行改變綠建築標章或建築能效標示之認證標準，仍可在不改變中央認證制度的前提下，運用地方自治權限與政策工具，將中央認證結果轉化為地方層級的推動誘因。易言之，係中央負責「標準化、專業化與認證公信力」，地方政府則負責「誘因設計、在地推廣與執行落地」。地方政策工具可將中央核發或認證之綠建築標章、候選綠建築證書、建築能效標示或建築能效等級作為判斷依據，進一步連結地方房屋稅、都市更新、危老重建、建築管理、補助計畫、示範場域及能源診斷等措施（內政部，2025）。

二、綠建築認證與建築能效提升之關聯性探討

具備綠建築認證之建築是否確實存在節能減碳效果為許多學者關心的議題。過往研究常以獲得認證建築作為樣本，並以建築設計階段的模擬或預估節能量推估減碳效益，且有相關研究指出，若以設計預測值替代實際消耗，容易高估節能效果，並忽略建築營運管理與使用行為可能造成的反彈效果。例如Scofield & Cornell (2019)曾對MacNaughton et al. (2018)之研究提出質疑，認為(1)每棟LEED建築年復一年都能實現其設計團隊預測的節能效果；(2)LEED建築的燃料使用結構與同地區其他建築的平均燃料結構相同等二項假設並不符合實際情況，應將設計預測數據替換為真實消耗數據，以提供更準確的評估。近幾年國際文獻對於建築節能的研究，則多從材料與建築設計的面向切入，其中材料面的研究多關注隔熱材料或建材對建築節能的影響，而建築設計面則強調建築面向、通風與採光或遮陽設計，以及整合高效率設備與再生能源系統等作法，降低建築能源需求（Li et al., 2025）。此類研究多以單棟建築或個別案例的分析方式，透過能耗模擬或實驗方法，驗證特定技術或設計方案的節能潛力。

亦有部分研究對綠建築在實際生活中是否具備穩定的節能效果提出質疑。Newsham et al. (2009)針對100棟取得LEED認證的建築進行能耗分析，研究結果指出，LEED建築比相同類型的非認證建築之單位面積能耗平均降低約18%至39%，但其中仍有28%至35%的LEED建築其

實際能源使用量高於非認證建築，顯示取得綠建築認證並不必然等同於與較佳節能表現。作者指出，此一現象可能歸因於模擬情境假設與實際使用情境不符，以及綠建築導入較為複雜的機電與控制系統，使用者與管理者不易妥善操作等因素。Su et al. (2022)與Fan et al. (2024)也有同樣發現，使用者於建築使用階段和建築設計階段的耗能情況存在差異，即使設計階段取得綠建築評級並不等於具節能效益。此外，Clay et al. (2023)認為，綠建築認證制度本身屬於多目標評分架構，能源效率僅為其中一個評分面向，故未必能同步反映能源使用效率的顯著改善，惟LEED能源分數較高者，認證後能源效率改善較明顯，表示能源項目得分的高、低更能說明建築是否具備高能源效率。

整體而言，多數研究仍支持綠建築設計或標章有助於提升能源效率 (Qaisra et al., 2025)。例如Amir (2021)探討綠色屋頂在降低開羅不同城市密度區域的室外氣溫與建築冷卻能源需求方面的潛在效益。研究發現：(1)廣泛型綠色屋頂適合用於建築高度達30公尺的區域，可降低冷卻能源需求與室外氣溫，但對戶外熱舒適度提升有限；(2)在高密度建築區域，廣泛型與密集型綠色屋頂皆可降低氣溫與能源需求；(3)密集型綠色屋頂在降低氣溫、提升熱舒適度及減少冷卻能源需求方面表現最佳，但其建造與維護成本較高，因此廣泛型綠色屋頂更具經濟優勢。Gu et al. (2026)分析新加坡2006年至2021年1,500棟建築追蹤資料，發現取得Green Mark認證使建築用電於15年內約下降12%，但較高等級認證不一定比低一級更節能。Rebelatto et al. (2024)指出認證制度有助於形成能源效率實務，但仍需強化營運後評估，避免只停留在設計或文件審查。

三、國內探討建築能源效率之範疇

在國內方面，既有研究領域可歸納為三類：其一為以建築能耗結構與未來情境推估為核心的模擬研究。例如王榮進等 (2022) 以EnergyPlus全年動態模擬搭配逐時氣象資料，估算商業部門不同設備用能的長期變化，並進一步納入電力排放係數，推估2005年至2050年商業部門碳排量與減碳效益。此研究的貢獻在於提供設備別用能結構與情境式減碳量化，可作為政策設計時的工程基線與需求面依據，惟其分析重點偏向「用能總量與結構推估」，較少直接回答「既有建築之相對效率差距與改善潛力」問題。

其二為以效率前緣方法衡量能源效率與節能潛力之研究，多數文獻主要採用隨機邊界分析(SFA)與總要素能源效率(Total Factor Energy Efficiency, TFEE)等方法，透過投入產出關係估計效率值，並據以衡量節能潛力差距。如蔡慧文 (2018) 運用Hu & Wang (2006)之TFEE指標，並以縱橫面資料SFA估計2004年至2006年20縣市能源效率，投入變數包含就業人口、各類用電 (生產用電、家庭及非家庭電燈用電) 與燃料用量 (汽油、柴油)，產出則以所得表示，並據以推估六都節電改善空間。研究顯示「人口規模、用能規模」與效率表現間的關聯，但也反映出，以縣市為單位的宏觀效率分析，較容易受人口密度與產業結構影響，使效

率差距不易回到「建築自身能源管理」的解釋層次。相較之下，張皓隆（2009）將效率分析單位下探到「機關建築」層次，以SFA衡量72個政府機關建築2008年能源使用效率，其將能源使用量視為成本項變數，投入項變數包括外氣溫度、建築物樓地板面積以及員工人數，產出項變數則為服務區域人口數。該研究顯示，即便人口（業務量）與耗能存在正相關，但透過有效的能源管理仍可能維持較佳的建築效率。

其三則以部門統計資料推估商業建築用電占比與類別分布之研究。如王安強等（2021）將建築種類對應經濟部能源署定義之產業別，並對應台電歷年行業別之用電資料代號，換算出屬服務業類別之各建築別逐年用電占比，該研究顯示，「商辦、百貨商場（零售）」等典型商業建築具較高占比，適合作為優先推動節能之對象。

四、本文貢獻

綜合以上研究可知，現有文獻多從個案或小樣本的方式探討綠建築之節能效果，雖有助於理解特定技術或設計策略的影響，惟仍存在研究侷限性，缺乏從總體層面和建構計量模型檢驗綠建築在地區或城市中占比越高時，對整體能源使用帶來的影響，此部分需進一步透過量化實證分析加以衡量。再者，國內研究雖有以模擬工具推估長期能耗結構與減碳量情形、以SFA衡量縣市或機關建築的能源效率，和以統計對應推估商業建築用電占比等成果，但仍存在幾項可補足之處。首先，國內建築效率相關研究目前多以政府機關建築為主，較少針對商業建築之研究；其次，既有研究雖納入氣溫、面積、人員等變數，但對於商業建築的營運管理特性或服務業結構差異之控制仍有著墨空間（例如服務業員工數、服務業家數占比等），而且並未討論綠建築變數對建築效率的影響；第三，目前國內文獻雖已有商業建築優先推動類別之建議，但若要進展到對於既有商業建築能效提升的具體政策建議，仍需衡量明確的相對效率差距與改善潛力，作為提出政策建議的量化證據。

因此，本文以六都「既有商業建築」為研究對象，控制商業建築營運情境、取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比等各項變數，探討綠建築普及程度與城市商業用電需求及能源效率之關聯，並衡量六都商業建築相對於效率前緣之改善空間。

參、模型建置及資料來源

一、研究方法概述

回顧近年探討能源效率實證研究發現，以隨機邊界分析法(stochastic frontier analysis, SFA)是相當成熟和普遍的方法，且已由早期偏重靜態效率比較，轉向更強調制度與結構衝擊下的效率差異性，並以需求邊界或消費邊界的觀點評估能源使用距離最適邊界的偏離幅度。例如，Otsuka (2023a)、Otsuka (2023b)以電力需求邊界分別衡量日本住宅與工業部門的用電效率，並進一步連結能源政策變動與用電行為調整；Do & Phu (2024)亦採用SFA研析越南住宅的

電力效率及改善空間，凸顯SFA可用於辨識「效率差距」及其決定因素，作為政策可精準切入的依據，並強調需更清楚處理外生環境與結構變化，以避免將不可控制的環境變異誤判為管理無效率。另一方面，近年文獻也顯示，SFA常被運用為政策導向的診斷工具，例如Ma & Zhang (2024)將資通訊管理能力納入改良式SFA能源消費架構；Huang & Lin (2025)以SFA模型分析數位經濟對能源反彈效果的影響。綜合而言，SFA為探討能源效率議題的重要分析方法，透過估算當前能源效率值掌握潛在改善空間，探尋和節能政策間的關連，故本文亦以SFA衡量我國六都商業建築電力使用量偏離最適邊界程度，據以評估效率和節能潛力，作為研提後續政策建議之基礎。

SFA可透過生產面 (Jin & Kim, 2019) 或需求面 (Filippini & Hunt, 2011) 進行衡量。於建構生產函數以計算效率值時，所納入之解釋變數主要為資本投入、勞動投入、能源投入等生產要素；而建立能源需求函數時，主要考量所得、能源價格、面積、人口數或員工數，且視產業或部門別之不同，亦可考慮氣候相關變數（如冷房度日）、產業結構，以期在控制適宜變數下，估計能源使用效率。依Filippini & Hunt (2011)定義之電力需求函數及電力效率(EF_{it})如下：

$$\ln(E_{it}) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(X_{jit}) + v_{it} + u_{it}$$

$$EF_{it} = \frac{E_{it}^F}{E_{it}} = \exp(-\hat{u}_{it})$$

其中， E_{it} 為電力需求量，而 $\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln(X_{jit})$ 為最適電力需求邊界， X_{jit} 意指第*i*個決策單位第*t*期各項控制變數以決定最適之電力需求。 v_{it} 代表第*i*個決策單位第*t*期隨機誤差項，假設符合對稱性常態分配，即 $v_{it} \sim \text{iid } N(0, \sigma_v^2)$ ；而 u_{it} 則代表技術無效率誤差項，為非負隨機項且與 v_{it} 相互獨立，藉由無效率項反映決策單位相對於最適前緣的偏離程度。 EF_{it} 能源效率值位於0和1之間，當 $EF_{it} < 1$ 時存在能源無效率，而 $EF_{it} = 1$ 則代表能源使用效率已屬最適化。SFA的優勢在於，以組合性誤差項將不可控制的隨機擾動（如氣候波動或外生衝擊）與可改善的管理無效率加以區分，並在預設邊界函數形式與誤差分配下，以最大概似法估計效率值，因而能在有統計雜訊的能源消費資料中提供具政策意涵的效率衡量（Kumbhakar et al., 2022）。

本文採用SFA之目的為建立一條在既定都市商業活動、氣候條件、能源價格與建築存量特徵下，理論上可達成之最低電力需求邊界，並據以衡量各都市實際用電量相對於效率前緣之偏離程度。此一方法適用於估計能源需求效率，因為建築用電量除受能源管理、設備效率與建築設計影響外，亦會受到氣候波動、景氣變動、服務業活動強度及其他隨機因素干擾。SFA透過組合誤差項區分隨機擾動與技術無效率項，因而可用於衡量在控制外生條件後，實

際電力消費相對於效率前緣所存在之改善空間。在此架構下，文中所稱之「節能潛力」係指若都市商業部門在既定服務業規模、氣候條件、電價及建築存量等條件下，能接近理論上之最低可行電力需求邊界，則其實際用電量與效率前緣用電量之差距，可被解釋為相對效率改善空間。換言之，本文係透過效率衡量間接評估商業建築節能潛力，而非直接衡量某一政策介入前後之節電量。

為強化綠建築變數與SFA模型之連結，本文將取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比納入電力需求邊界函數，原因在於根據國內現行法規，綠建築標章的日常節能為必備指標，若取得綠建築標章的建築，其節能要求比現行建築法規嚴格許多、理論上具節能成效。亦即，在其他條件相同下，若都市中取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比較高，則其建築外殼、空調與照明可能相對較佳，使同樣規模之商業活動可在較低電力需求下運作。此外，具綠建築標章之建築亦可能透過能源管理系統、設備維運控制，降低實際用電量偏離效率前緣之程度。

二、模型變數係數之理論預期

本文採用電力需求邊界模型衡量六都商業建築之用電效率，因此模型設定須同時反映商業用電需求的形成因素，以及造成實際用電偏離效率前緣之結構性因素。在電力需求函數中，文中納入取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比、實質平均電價、冷房度日、COVID-19流行期間及房屋稅收等變數，用以控制建築節能條件、能源價格、氣候需求、特殊外生事件衝擊及都市商業活動強度。無效率項函數中，則納入服務業家數占比及服務業資本額，以找出都市服務業結構與企業資源條件對能源管理無效率之可能影響。

首先，「取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比」為本文核心解釋變數。綠建築標章雖屬涵蓋生態、節能、減廢及健康等多構面之綜合認證制度，但日常節能為綠建築標章的必要指標，且依內政部建築研究所指出，針對綠建築的節能要求相較其餘建築為嚴格。因此，若都市中取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比較高，表示通過綠建築評估之建築空間較多，因而能源耗用量較低。所以在其他條件相同下，具綠建築標章之商業建築樓地板面積占比將與商業用電需求量呈現顯著負相關。

其次，實質平均電價則直接反映商業部門之用電成本。依需求法則，當電價上升時，企業與建築使用者可能透過調整設備使用、強化能源管理、汰換高耗能設備等方式降低用電量，因此預期實質平均電價與商業用電需求將呈負相關。冷房度日則用以控制氣候條件對空調用電需求之影響，當年度氣溫高於冷房基準溫度之程度越大，建築冷房需求越高，空調設備運轉時間與耗電量亦可能增加，因此預期冷房度日與商業用電量將呈正相關。COVID-19流行期間虛擬變數，則用以控制疫情期間服務業營運型態變化對商業用電之影響，例如人們改為居家工作，故COVID-19事件會對商業用電量帶來負向影響。

接著，一般而言，房屋稅收較高之都市，通常反映其建築量體、房產價值、都市發展密度或不動產使用強度較高，亦可能代表商業活動較為集中、商辦及營業空間規模較大。由於模型中的被解釋變數為商業電力消費量，若某都市商業建築存量與經濟活動強度較高，其整體商業用電量通常亦較高。因此，預期房屋稅收與商業用電量呈正相關。惟侷於資料限制，公開的房屋稅收統計資料未區分是來自何種部門或類型，僅能以該變數作為六都商業活動與建築量體規模之代理變數。

在無效率項函數方面，服務業家數占比用以衡量都市產業結構中，服務業活動之集中程度。若一都市服務業家數占全部產業家數比例較高，代表其經濟活動較偏向辦公、零售、餐飲、旅宿、生活服務及其他商業活動。此類服務業場所往往具有營業時間長、空調照明需求穩定、設備使用密度高、空間型態分散，以及租賃使用與能源管理責任分離等特性，可能提高能源管理複雜度並造成用電無效率。因此，將服務業家數占比置於無效率項函數中，用以檢驗服務業家數占比高低是否會增加商業建築用電偏離效率前緣之程度。由於無效率項係數為正時，代表無效率程度提高，故服務業家數占比之預期符號為正。

服務業資本額則用以反映都市服務業部門之資本規模與企業資源條件。納入無效率項函數，目的並非將資本額視為商業用電需求之直接代理變數，而是用以檢驗企業資源條件是否有助於降低商業用電無效率。理論上，資本規模較大的服務業者可能具有較佳融資能力、較完整之設備投資能力及較專業之設施管理能力，因而較有能力導入高效率空調、照明設備、能源管理系統、智慧監控或節能改善工程。相較之下，資本較小或規模較分散之業者，可能受限於初期投資成本、租賃關係或能源管理能力不足，較不易進行系統性節能改善。換言之，資本額較高不必然代表用電量較高，而是可能反映服務業者較有能力導入高效率空調、照明、能源管理系統、智慧監控或專業物業管理，進而降低用電無效率。因此，若服務業資本額越高應有助於降低無效率項，則其預期符號為負。有關模型變數之納入理由、理論說明與預期符號彙整如表1所示。

表 1 模型變數之理論與預期係數符號

變數	所屬方程式	納入理由	預期符號	理論說明
取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比	電力需求函數	衡量城市層級綠建築普及程度	負	日常節能為取得綠建築標章的必要指標，且就法規面而言亦較一般建築要求更高的節能量，因而取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比越高，理論上用電量越低。
實質平均電價	電力需求函數	控制能源價格效果	負	電價上升提高用電成本，可能促使用戶節電或改善設備效率。
冷房度日	電力需求函數	控制氣候與空調需求	正	氣溫高於冷房基準越多，空調負荷越高，商業用電量增加。
COVID-19 流行期間	電力需求函數	控制疫情造成之營運衝擊	負	疫情期間遠距工作、營業限制及人流減少，可能降低商業場域用電量。
房屋稅收	電力需求函數	代理都市建築資產量體與商業活動強度	正	房屋稅收較高通常反映建築量體、使用強度或商業活動密度較高，整體用電需求較大。
服務業家數占比	無效率項函數	衡量都市服務業化程度與商業場所分散程度	正	服務業家數占比較高可能增加營業型態異質性與能源管理複雜度，導致無效率提高。
服務業資本額	無效率項函數	衡量企業資源條件與節能投資能力	負	資本額較高者較可能有較多資源投入高效率設備、能源管理與專業維護，降低無效率。

註：無效率項函數中，係數為正代表無效率程度提高，係數為負代表無效率程度下降，故其符號解釋與一般電力需求函數不同。

三、資料蒐集及變數說明

在評估商業建築能源效率變數蒐集方面，由於商業用電行為大致皆發生在商業建築中，而服務業部門產生的溫室氣體排放量主要來自於營業空間的電力使用，因此，本文將「服務業用電量」視為商業建築用電量，作為模型之被解釋變數。解釋變數則包括六都取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比、實質平均電價、冷房度日、是否為COVID-19流行期間、房屋稅收；無效率項函數則納入服務業家數占比及服務業資本額。資料期間為2012年至2024年，各項變數說明及資料取得來源如表2所示。

表 2 各項變數說明

變數名稱	單位	性質	資料來源
服務業電力消費量	百萬度	產出項	台灣電力公司
實質平均電價	元/度	投入項	台灣電力公司
取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比	%	投入項	內政部國土管理署、財團法人台灣建築中心
冷房度日	度日	投入項	交通部中央氣象署
是否為 COVID-19 流行期間	是/否	投入項	衛生福利部
房屋稅收	千萬元	投入項	財政部統計資料庫
服務業家數占比	%	投入項	經濟部統計處
服務業資本額	萬元	投入項	經濟部統計處

資料來源：本文彙整。

註1：取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比，係以截至各年度年底仍具有有效綠建築標章之商業建築累計樓地板面積為分子，以自2000年起至各年度年底累計核發使用執照之商業建築總樓地板面積為分母計算。延續認可或重新認可案件若屬同一建築物，僅計入一次，不重複累加；標章效期屆滿且未查得延續認可或重新認可者，自效期屆滿後不再計入。

註2：冷房度日係以交通部中央氣象署逐日平均氣溫資料計算，基準溫度設定為26°C，計算方式為 $CDD_{it} = \sum \max(T_{id} - 26, 0)$ 。各都市採代表性平地都市測站計算。

註3：服務業家數占比係指各都市服務業登記家數占該都市全部產業登記家數之比例，並非該都市服務業家數占全國服務業總家數之比例。服務業資本額則係作為城市層級服務業資源條件與節能投資能力之近似變數。

在各項變數蒐集方式部分，首先，六都電力消費量取自台灣電力公司（2025a）。其次，平均電價則透過主計總處統計之歷年消費者物價指數(Consumer Price Index, CPI)進行平減後，得到實質平均電價（中華民國統計資訊網，2026）。

再者，有關「綠建築標章之商業建築樓地板面積占比」，本文彙整內政部國土管理署統計2012年至2024年各年度商業建築及非商業建築使用執照核發件數及總樓地板面積（內政部國土管理署，2024），並以財團法人台灣建築中心統計自2000年至2025年9月之所有合格綠建築資料為基礎（財團法人台灣建築中心，2025a），篩選建築用途屬商業建築或可對應服務業用電之建築案件，搭配六都商業建築使用執照樓地板面積資料進行換算。商業建築及非商業建築分類係根據《建築技術規則總則編》第3-3條對於建築物用途分類之類別、組別定義（法務部，2020），並對應台電針對服務業部門所涵蓋的業別（台灣電力公司，2025b）。

就「取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比」之計算方式而言，變數定義為 $GBR_{it} = \frac{GFA^{GB}_{it}}{GFA^{COM}_{it}} \times 100\%$ ，其中 GBR_{it} 表示第*i*個都市第*t*年取得綠建築標章之商業建築樓地板面積占比； GFA^{GB}_{it} 表示第*i*個都市截至第*t*年底仍具有有效綠建築標章之商業建築累計樓地板面積；

GFA^{COM}_{it} 表示第*i*個都市自2000年起至第*t*年底累計核發使用執照之商業建築總樓地板面積。值得注意的是，本文採用累計樓地板面積作為分母，而非單一年度核准使用執照面積，主要為避免以「存量」性質的綠建築標章面積對應「流量」性質的當年度使用執照面積所造成之衡量不一致問題。

在分子項處理上，本文依財團法人台灣建築中心公告之綠建築標章核可案件資料，並依所在縣市、建築物名稱、地址及樓地板面積進行整理。由於綠建築標章具有有效期限，且建築物可能申請延續認可或重新認可，因此同一建築物若因延續認可或重新認可而重複出現在核可案件資料中，則以「同一建築物僅計入一次」為原則，不重複累加其樓地板面積。若案件屬延續認可，則視為原標章效力之延續，僅更新其有效狀態，不新增一筆樓地板面積；若案件屬重新認可，且其建築物名稱、地址及樓地板面積可判斷為同一建築物者，亦不重複計入，僅依最新認證狀態判斷是否納入該年度有效綠建築面積。

在標章效期方面，原則上以各年度年底是否仍處於標章有效期間作為納入分子之依據。若某建築物標章效期屆滿且未查得延續認可或重新認可資料，則自效期屆滿後之年度起不再計入有效綠建築樓地板面積；若其後重新取得認證，則自重新認證年度起重新納入有效綠建築樓地板面積。此一處理方式可降低因標章屆期、延續認可或重新認可所造成之重複計算問題。在分母項處理上，商業建築總樓地板面積是指自2000年起至各年度年底之累計商業建築使用執照樓地板面積。

「冷房度日」係用以衡量氣溫高於基準溫度時可能產生之空調需求。本文以交通部中央氣象署之逐日平均氣溫資料為基礎，並依六都各自代表性平地都市測站計算年度冷房度日，計算式為 $CDD_{it} = \sum \max(T_{id} - 26, 0)$ ，其中 T_{id} 為第*i*個都市代表測站第*d*日之日平均氣溫，26°C為本文設定之冷房基準溫度。若某日平均氣溫低於或等於26°C，則該日冷房度日計為0；若高於26°C，則以超過26°C之差額累計。測站選取以六都主要都市活動區之平地測站為原則。其中，臺北市採用臺北測站(466920)資料、新北市採用板橋測站(466880)資料（2023年起，因板橋測站遷移，改採用新北測站(466881)資料）、桃園市採用新屋測站(467050)資料、臺中市採用臺中測站(467490)資料、臺南市採用臺南測站(467410)資料、高雄市採用高雄測站(467440)資料（2022年起，因高雄測站遷站，改採用(新)高雄測站(467441)資料）。

COVID-19流行期間為虛擬變數，由於中央流行疫情指揮中心自2020年1月成立後至2023年4月解散，考量2020年境外輸入病例在1月就出現，國內在疫情開始之初即實施較強封控措施，對服務業營運影響較大，因此也將2020年納入COVID-19流行期間；2023年則因在上半年流行疫情指揮中心即解編，且2022年底後陸續開放各項封控措施，2023年疫情對服務業營運之影響已較小，因此2023年之後則不列入COVID-19流行期間。

服務業家數占比係指第*i*個都市第*t*年服務業登記家數占該都市全部產業登記家數之比例，採用此變數之目的，在於控制各都市產業結構中服務業集中程度對商業用電效率之影響。最後，本文將服務業資本額作為城市層級服務業規模與企業資源條件之近似變數，並置於無效率項函數中，用以找出企業資源條件對影響能源使用無效率之可能影響。

肆、實證分析結果：評估六都商業建築節能潛力

本文彙整六都2012年至2024年資料，以隨機邊界模型估計六都個別的商业建築電力消費效率水準，以下為SFA模型公式、技術效率水準公式以及變數說明。

$$\begin{aligned} \ln(EC_{it}) &= \beta_0 + \beta_1 \ln(GCB_ratio_{it}) + \beta_2 \ln(PE_{it}) + \beta_3 \ln(CDD_{it}) + \beta_4 COVID_t \\ &\quad + \beta_5 \ln(HT_{it}) + v_{it} + u_{it} \\ u_{it} &= \delta_0 + \delta_1 \ln(NS_ratio_{it}) + \delta_2 \ln(CS_{it}) + w_{it} \\ EF_{it} &= \frac{E_{it}^F}{E_{it}} = \exp(-\hat{u}_{it}) \end{aligned}$$

其中， EC_{it} 表示*i*都市第*t*期的服務業部門整體電力消費量； GCB_ratio_{it} 表示*i*都市自2000年至第*t*期商業建築取得綠建築標章之樓地板面積占商業建築取得使用執照之比例； PE_{it} 表示*i*都市第*t*期的實質平均電價； HT_{it} 表示*i*都市第*t*期的房屋稅收，前述變數均取自然對數方式呈現。 CDD_{it} 表示*i*都市第*t*期的冷房度日； $COVID_t$ 表示第*t*期是否為COVID-19流行期間虛擬變數； v_{it} 表示隨機誤差項，假設符合對稱性常態分配，即 $v_{it} \sim iid N(0, s_v^2)$ ； u_{it} 表示無效率項，代表實際產出低於技術上可達的最大產出，為半常態分配； β 表示待估計之係數。

無效率項方程式部分， NS_ratio_{it} 表示*i*都市第*t*期的服務業家數占比； CS_{it} 表示*i*都市第*t*期的服務業資本額； w_{it} 表示隨機誤差項； δ 表示待估計之係數。另外， EF_{it} 表示*i*都市第*t*期的技術效率水準； E_{it} 表示*i*都市第*t*期實際觀察到之電力消費量； E_{it}^F 則代表在既定投入條件下、假設不存在技術與管理無效率時，位於效率前緣上的最小可行電力需求量； $\exp(-\hat{u}_{it})$ 為依據隨機邊界分析法所估計之技術效率值，其數值介於0與1之間，用以衡量實際用電量相對於效率前緣用電量之接近程度。在SFA架構中，電力需求函數中的係數主要反映各解釋變數與商業用電需求量之關係；若係數為正（負），表示在其他情況不變下，該變數增加時商業用電量提高（降低）。相對地，無效率項函數中的係數則反映該變數對用電無效率程度之影響；若係數為正，表示該變數增加會使實際用電量偏離效率前緣之程度提高，電力效率下降；若係數為負，則表示該變數增加有助於降低無效率程度，電力效率提升。

表3為彙整商業建築效率SFA模型各項解釋變數的敘述統計。

表 3 商業建築效率SFA模型解釋變數敘述統計

變數	說明	單位	性質	平均數	極小值	中位數	極大值
EC_{it}	電力消費量	百 萬 度	被解釋 變數	4,873.7	1,214.3	4,960.5	9,918.2
GCB_ratio_{it}	取得綠建築標章之商業 建築樓地板面積占比	%	解釋變 數	14.01	3.76	12.21	33.16
PE_{it}	實質平均電價	元/度		2.83	2.65	2.75	3.21
CDD_{it}	冷房度日	度日		416	224	422	628
$COVID_t$	是否為COVID-19流行期 間	是/否		0.23	0	0	1
HT_{it}	房屋稅收	千 萬 元		972.8	477.2	940.2	1,642.7
NS_ratio_{it}	服務業家數占比	%		85.51	78.02	85.15	95.38
CS_{it}	服務業資本額	萬元		299.7	39.3	165.8	1,415.2

資料來源：本文彙整。

商業建築效率SFA模型實證結果彙整如表4所示。就實證結果而言，各項變數的p值皆符合在95%的信心水準下拒絕虛無假設、係數符號符合理論預期，且 $\gamma(= \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2))$ 表示無效率項之變異數相較於隨機誤差項變異數之貢獻程度，或表示無效率項對電力消費影響的重要程度，其數值將介於0與1之間，若 $\gamma = 0$ 即代表無效率項無關緊要，此時採隨機邊界分析法的估計結果將等於普通最小平方法的估計結果；若 $\gamma = 1$ 則代表所有電力消費估計誤差均來自電力使用的無效率性。根據最大概似估計法檢定估計結果為顯著拒絕虛無假設($H_0: \gamma = 0$)，應以隨機邊界分析法估計。

在各變數估計結果方面，首先，商業建築取得綠建築標章之樓地板面積占比增加1%，模型估計之商業建築電力需求量相對減少0.145%，此結果表示，在其他情況不變下，商業建築樓地板面積中具備綠建築標章之比例與電力耗用量間呈現顯著負相關。其次，當實質電價上漲1%，會使商業建築電力需求量減少0.686%，符合需求法則；COVID-19流行期間商業建築電力需求量減少0.09%，可能隱含在疫情期間多數企業改為讓員工遠端工作，降低辦公室用電量；冷房度日增加1%，會使商業建築用電量增加0.198%，代表溫度越高會增加空調用電需求，進而帶動商業建築電力消費量。最後，房屋稅收增加1%，商業建築電力需求量將增加0.811%，此一結果可解釋為，房屋稅收較高之都市通常具有較大的建築存量、較高的不動產

使用強度或較密集的商业活動，因而伴隨較高之整體商業用電需求。惟房屋稅收本身並非商業活動之直接衡量指標，其亦受到建築構造、屋齡折舊、地段率、房屋標準單價與地方稅基評定方式等因素影響，因此將其視為都市商業建築存量與商業活動強度之代理變數，而非將房屋稅收解釋為造成用電增加之直接因素。

從無效率項函數可知，服務業家數占比估計係數為正，表示在其他條件不變下，都市內服務業家數占比越高，實際商業用電量偏離效率前緣之程度越大，能源使用無效率程度越高，此一結果可能與服務業場所高度分散、營業型態差異大、租賃關係普遍、空調照明使用時間長。服務業資本額估計係數為負，表示服務業資本額較高之都市，其商業用電無效率程度相對較低，可能原因在於資本規模較大的服務業者相對較有能力進行節能投資，例如汰換高效率空調與照明設備、導入能源管理系統、進行建築能源診斷，或聘用專業物業管理及設備維護團隊，因而使實際用電量較接近效率前緣。

需注意的是，SFA是透過估計效率前緣，在控制各項可能因素下，衡量各都市商業部門實際用電量相對於最低可行電力需求量之偏離程度，並進一步推估節能改善空間，本質仍屬效率衡量方法。其次，由於公開統計資料限制和數據期間不足，難以納入所有與商業部門用電量有關的因素，例如建築屋齡、導入建築能源管理系統普及度、地方投入商業節能政策或計畫資源等，假使地方政府同時施行獎勵綠建築、節能補助、能源診斷等措施，則綠建築樓地板面積占比較高之都市，或將因其他節能政策之故而呈現較低商業用電需求。再者，基於資料特性，可能難以完全排除選擇偏誤問題，例如近期建築須符合新節能法規、建築技術標準，同時在ESG意識提升下較可能申請綠建築標章。雖存在前述有關限制，惟就實證分析結果而言，仍顯示提升綠建築樓地板面積可有助於減少用電量，藉由任何政策工具（例如法規、補助、租稅優惠）引導商業建築取得綠建築標章具政策意涵。

表 4 商業建築效率SFA模型實證結果

電力需求函數			
變數	估計係數	t值	P-value
$Ln(GCB_ratio)$ - 商業建築取得綠建築標章之樓地板面積占比	-0.145 ***	-5.04	0.000
$Ln(PE)$ - 實質平均電價	-0.686***	-5.66	0.000
$Ln(CDD)$ - 冷房度日	0.198***	3.34	0.001
COVID - COVID-19流行期間	-0.090***	-4.37	0.000
$Ln(HT_{it})$ - 房屋稅收	0.811***	8.29	0.000
Constant	8.288***	4.12	0.000

電力需求函數			
變數	估計係數	t值	P-value
無效率項函數			
$Ln(NS_ratio_{it})$ - 服務業家數占比	0.743**	2.27	0.023
$Ln(CS_{it})$ - 服務業資本額	-0.220***	-4.34	0.000
Constant	3.324***	4.67	0.000
最大概似估計($H_0: \gamma = 0$)			0.0000***

註：***代表在1%顯著水準下呈現統計顯著；**代表在5%顯著水準下呈現統計顯著。

資料來源：本文估算。

最後，六都商業建築平均效率值則如表5所示。六都個別平均效率值由高至低分別為臺北市的97.79%、臺中市的84.94%、新北市的83.85%、高雄市的77.85%、桃園市的69.69%、以及臺南市的65.19%。其中，由於臺北市為六都中商業密集最高的區域，且許多重要商業服務業企業總部均設在臺北市，服務業資本額顯著高於其他五都，相對上較具資源可投入提升能源效率工作，故呈現較高的平均效率值。更為重要的是，臺北市具備綠建築標章的樓地板空間之商業建築比率亦相對其他五都為高，亦有助於減少能源耗用，取得較為理想的能源使用效率水準。然而，六都的平均效率水準為79.89%，表示六都的商業建築仍存在提升效率之空間，須由現行政策缺口探尋可行方向。

表 5 六都商業建築平均效率值

都市別	本文估算平均效率值	排序
新北市	83.85%	3
臺北市	97.79%	1
桃園市	69.69%	5
臺中市	84.94%	2
臺南市	65.19%	6
高雄市	77.85%	4
六都平均	79.89%	-

資料來源：本文彙整。

伍、國內外現有促進建築節能之獎勵性政策工具

放眼國際間，為鼓勵既有建築落實節能或提升能源效率，已訂有房屋相關租稅減免辦法。首先，美國「節能建築稅收抵免(Energy Efficient Home Improvement Credit)」針對既有建築若透過節能裝修減少一定比例的供暖和製冷能耗，並符合能源部製訂的最低能效標準，可獲得相對應金額的房產稅抵免 (U.S. Internal Revenue Service, 2023)。其次，法國為鼓勵建築進行節能改造，依「節能裝修物業稅減免(Rates Relief for Energy Conservation Works, RRECW)」辦法對部分城市的新房或既有建築節能裝修給予50%至100%不等的物業稅節能抵免優惠 (French Property, 2021)。荷蘭針對國內建築訂定「能源標籤(Energy Label)」認證系統，將不同能效的建築進行評級，不同級別建築可享有不同比例的交易稅賦減免，而既有建築可透過節能裝修以取得更高級別的能源標籤，並可依「建築永續節能投資補貼計畫」獲得節能裝修補貼 (Business.gov.nl., 2025)。日本施行「推廣節能性能優良房屋的相關專案措施」(省エネ性能に優れた住宅の普及促進に係る特例措置)，針對既有住宅進行節能裝修時，使用特定建材可給予房地產稅減稅之優惠 (国土交通省，2023a)；德國則規定，屋齡超過10年的住宅若進行節能裝修，可依「能源效率提升稅額抵減制度(Energetische Sanierungsmaßnahmen)」措施獲得房屋稅三年攤提抵免優惠 (Bundesministerium der Finanzen, 2024)。

就各國房屋相關稅賦減免之政策成效方面，截至2024年底美國的節能建築房產稅抵免政策已有402件申請案，總計抵免金額達約80.4萬美元，並推估到2032年可降低尖峰用電約3,400MW (ACEEE, 2025)。至於法國的節能工程物業稅減免針對耗能老建築的節能裝修優惠，有效提升建築節能投資效果，根據 Chlond et al. (2023)分析之政策效果，估計約可帶來36.6%至39.2%的私人投資，並可減少約14%至20%的建築能源支出。荷蘭的能源標籤系統依建築節能等級訂定差別交易稅率，促進建築節能裝修，根據 SEO (2019)分析該政策之效果，每年可減少約30萬噸的二氧化碳排放，而每減少一噸二氧化碳排放的稅損則約為50歐元。至於日本提供多元減稅方案(貸款型、投資型、固定資產稅)的推廣節能性能優良房屋的相關專案措施，自2020年開始推行至2022年底止，總計減免金額達約211.6億日圓，並已於2023年12月公布措施適用期間延長至2027年3月31日止 (国土交通省，2023b)。德國的能源優化抵免則預計在2030年以前將減少340萬噸二氧化碳當量 (BMWK, 2023)。就國外施行建築節能租稅優惠制度之經驗而言成效相當良好。

當前我國促進既有商業建築節能之政策工具，在中央政府方面，主要包括商業服務業節能設備補助、系統節能專案補助，以及節能績效保證專案示範(EPC)等各種補助計畫，節能服務業專案貸款、信保機制與綠色金融行動方案等相關融資與信用保證機制，和建築能效標示制度(BERS)以及行之有年的綠建築標章等建築標示與認證。若既有建築本身屋齡已高且較為

老舊，則可透過都市更新及危老重建容積獎勵，鼓勵改建成高能效建築，以及較大量體的商業建築透過自願減量專案，可申請節能專案減量額度等。至於地方政府方面，不同縣市政府曾推出針對店家、商辦等既有商業建築的節能與綠化補助，例如臺北市的既有建築物綠能智慧建築改善補助、新北市的店面節能暨改造計畫獎勵辦法、桃園市的服務業設備汰換與智慧用電補助、臺中市的集合式住宅住商大樓及企業節能輔導暨設備汰換計畫、臺南市的中大型服務業設備節能改善補助計畫以及高雄市的服務業設備汰換與智慧用電補助計畫等。透過租稅誘因提升既有建築之節能減碳成效，目前則僅臺中市¹及臺北市²提出有關作法，相關措施彙整如表6。六都針對提升既有建築（含商業建築）能效之獎勵性政策工具側重於補助及輔導，內容多聚焦於空調與照明等高耗能設備汰換、智慧用電與能源管理系統導入，以及能源診斷與改善建議。然而，補助計畫雖可帶來節能效果，但受限經費資源，一旦經費用盡即未能引導物業持有者投入節能減碳，且補助計畫大多採競爭型之評選方式、不具普遍性，僅有少部分申請者可取得補助資源，難以創造大規模節能減碳成效，因而需要運用財稅優惠機制進一步提高物業持有者之節能減碳動機。

表 6 六都政府鼓勵商業既有建築能效提升之相關獎勵性措施

	既有商業建築補助政策	租稅誘因
臺北市	以「既有建築物綠能智慧建築改善補助」等服務業汰換節能設備補助為主，補助項目含空調、照明、停車場智慧照明、中央空調、冷凍冷藏等，並有明確申請與查核規範。	取得 1 級以上建築能效標示可享房屋稅評定標準單價折減 5%（2026 年 7 月起實施）
新北市	曾推動「店面節能暨改造計畫獎勵辦法」等服務業節能設備汰換補助；另有「淨零碳示範場域」補助（PV + 儲能 + EMS）。	無
桃園市	曾推動「桃園市服務業設備汰換與智慧用電補助」，並在溫室氣體管制執行文件中列入汰換空調、照明、能源管理系統等成果。	無

¹ 臺中市簡化評定房屋標準價格及房屋現值作業要點第十四條明定：「自一百零三年七月一日起取得綠建築標章建築物，經主管機關、起造人、公寓大廈管理委員會通報或納稅義務人提出申請者，依綠建築標章證書有效期限之月份，除地下層依第九點規定，按該房屋所適用之標準單價八成核計外，地上層各層均按所適用之標準單價折減百分之五。」。

² 臺北市政府預計於2026年7月起推出取得第1級、第1+級或第0級建築能效標示，且經主管機關通報稽徵機關，或由納稅義務人向稽徵機關申請之房屋，可享房屋稅評定標準單價折減5%之措施。

	既有商業建築補助政策	租稅誘因
臺中市	近年有「住商節電 / 節能改善」地方計畫與公告（含服務業汰換、系統改善等）	取得綠建築標章建築可享房屋稅評定標準單價折減 5%
臺南市	對中大型服務業有「設備節能改善補助」並要求配合現場能源診斷；亦有「住商節能改造」補助計畫（含 EMS、設備汰換等）。	無
高雄市	曾推動「服務業設備汰換與智慧用電補助計畫」（空調、照明、能源管理系統等）；近年節能補助則較偏住宅或由中央方案接續。	無

註：補助政策方面，中央「商業服務業節能設備補助」等方案提供地方推動既有商業場域節能的政策基礎，地方則多以宣導、在地配套與地方補助方式擴大辦理。

資料來源：本文整理。

相對於國外已有許多運用租稅獎勵制度推動既有建築能效提升的案例，國內既有建築能效提升之相關租稅制度目前僅臺中市及臺北市有針對取得綠建築標章或一定等級以上建築能效標示之建築物提供房屋稅標準單價折減辦法，該政策在國內目前並未被廣泛運用，應考慮依循「中央定標準、地方給誘因」之政策銜接模式，中央政府應持續完善綠建築標章、建築能效標示、建築能效評估手冊及相關資料庫，確保認證結果具備一致性與可查核性；地方政府則可依都市發展條件、建築存量特性、財政負擔能力及地方淨零目標，選擇將中央認證結果連結至房屋稅標準單價折減，在既有的政策工具中納入此項機制，可進一步完善引導建築節能減碳之措施，提升六都建築能源效率。特別需強調的是，地方政府推動相關政策時，並非重新定義何謂綠建築或建築能效，而是引用中央已建立之綠建築標章與建築能效標示制度作為政策門檻。此一作法可避免各地方政府自行訂定標準造成認證不一致，並使地方政府得以依自身財政能力及建築存量特性設計不同誘因強度，提高政策彈性。

陸、結論與建議

鑑於商業部門產生的溫室氣體排放量主要來自於營業空間的電力使用，且六都為國內商業活動密集度較高、商業建築數量較多地區，同時大多已制定淨零自治條例，實具改善建築節能的迫切性。根據實證結果，六都商業建築平均效率水準約為79.89%，隱含尚有20.11%改善空間，若商業建築取得綠建築標章之樓地板面積占比增加1%會使商業建築電力需求量減少0.145%，表示若城市層級綠建築普及程度越高、商業用電耗用量越低，此結果證實了綠建築認證與商業建築能效的提升具有關聯性，補足既有文獻僅從節能技術、材料等面向探討綠建築和能源節約之不足。另當實質電價上漲1%，會使商業建築電力需求量減少0.686%。

盤點現階段我國促進既有（含商業）建築節能之政策工具可大致分為「中央制定制度與提供資源、地方以在地推廣與配套來放大成效」兩個層次。中央政府方面，主要以補助型方案（如商業服務業節能設備補助、系統節能專案補助、節能績效保證示範等）引導業者汰換高耗能設備與導入能源管理，並搭配融資與信用保證機制（節能服務業專案貸款、信保與綠色金融等）降低改造資金門檻；同時透過建築能效標示制度(BERS)與綠建築標章等標示/認證工具，提高能效資訊透明與市場辨識度；對於屋齡較高、改善成本較大的建築，則以都市更新與危老重建的容積獎勵導向改建為高能效建築，或以自願減量專案等機制提供節能減量額度誘因。

地方政府則多以宣導、能源診斷與輔導，以及針對店家與商辦的設備汰換與智慧用電補助（如空調、照明、EMS系統等）作為主要推動手段，六都皆曾提出相關補助或示範場域作法；惟租稅誘因在六都中仍相對稀少，僅臺中市和臺北市提出房屋稅評定標準單價折減等做法，導致現行工具仍偏向限額補助的推動方式，易受年度經費約束且普及性不足，因此，若要擴大既有建築節能減碳規模與持續性，仍有必要以更具普遍性的財稅優惠機制，補強物業持有者的長期投資誘因。

是故，為確保建築提升能源效率，建議政府仍應讓電價合理化反映內部與外部成本，確保建築使用者具備節約能源誘因，此外，應採取中央與地方分工合作之推動模式。中央政府應持續完善綠建築標章及建築能效標示機制，維持制度一致性與專業公信力；地方政府則依循中央規範，將建築節能政策連結至房屋稅折減、節能設備補助、能源診斷輔導、都市更新或淨零示範場域等工具，鼓勵建築提升能源節約成效。

柒、後續研究建議

文中受限於資料可取得性與資料期間不足，仍可能存在選擇偏誤或遺漏變數偏誤之情況。後續研究可考慮建置更細緻之綠建築資料庫，納入建築用途、建築年份、標章等級、地方政府補助紀錄及實際用電資料，將可進一步深入探討和控制各項變因，瞭解綠建築對能源效率提升之可能影響。再者，由於本文研究尺度為六都城市年度資料，公開統計資料尚難完整取得各都市、各年度、各服務業細項之營業樓地板面積、營業時間、設備密度及實際用電資料，若能蒐集和整理各服務業細項之用電量、營業樓地板面積、從業人數、營業時間、設備型態或能源管理措施資料，將可更精確控制不同服務業結構對商業建築能源效率之影響。

參考文獻

1. 中小企業信用保證基金 (2025) , 「節能服務業專案貸款」 ,
<https://www.smeg.org.tw/basic/?mode=detail&node=4066> 。
2. 中華民國統計資訊網 (2026) , 「主計總處統計專區 - 物價指數」 ,
<https://www.stat.gov.tw/cp.aspx?n=2665> 。
3. 內政部 (2025) , 《綠建築標章及建築能效標示申請審核認可及使用作業要點》 ,
<https://glrs.moi.gov.tw/LawContent.aspx?id=FL050809> 。
4. 內政部建築研究所 (2025) , 「本所2024年版「建築能效評估手冊 (BERS) 」 , 自114年7月1日起實施」 , https://www.abri.gov.tw/News_Content.aspx?n=745&s=323435 。
5. 內政部國土管理署 (2024) , 「國土管理統計資訊 - 國土管理統計年報」 ,
<https://www.nlma.gov.tw/ch/titlelist/stats/14553> 。
6. 王安強、黃國倉、黃瑞隆、林國華、楊忻婕 (2021) , 「住商部門溫室氣體減量策略成本效益之研究」資料蒐集分析報告 , 內政部建築研究所創新循環綠建築環境科技計畫 (三) , 協同研究計畫 ,
https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=261551 。
7. 王榮進 (2023) , 「綠建築評估手冊 - 基本型2023年版」 , 內政部建築研究所 ,
https://www.abri.gov.tw/News_Content.aspx?n=20916&s=322425 。
8. 王榮進、黃國倉、黃瑞隆、林國華、黃艾文 (2022) , 「住商部門淨零排放策略及減碳潛力之研究」資料蒐集分析報告 , 內政部建築研究所創新循環綠建築環境科技計畫 (一) , 協同研究計畫 ,
https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=279389 。
9. 台灣電力公司 (2025a) , 「各縣市售電資訊」 , <https://service.taipower.com.tw/country-power-sales/city.aspx> 。
10. 台灣電力公司 (2025b) , 「服務業售電資訊」 ,
<https://www.taipower.com.tw/2289/2406/2437/49978/49988/normalPost> 。
11. 全國法規資料庫 (2025) , 「都市危險及老舊建築物建築容積獎勵辦法」 ,
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0070258> 。
12. 周佑政 (2025) , 「加碼減碳力道 政府新增六大部門20項旗艦計畫」 , 聯合新聞網 ,
<https://udn.com/news/story/11662/8511010> 。
13. 国土交通省 (2023a) , 「令和 6 年度国土交通省税制改正概要」 ,
<https://www.mlit.go.jp/page/content/001712685.pdf> 。

14. 国土交通省 (2023b) , 「住宅・建築物カーボンニュートラル総合推進事業」 ,
https://www.env.go.jp/policy/roadmapcontents/cn0007_10.pdf 。
15. 林憲德 (2010) , 「既有建築物綠建築評估系統之研究」 , 內政部建築研究所委辦計畫 ,
https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=38832 。
16. 法務部 (2020) , 「建築技術規則總則編」 , 全國法規資料庫 ,
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0070114> 。
17. 金融監督管理委員會 (2025) , 「綠色金融行動方案」 ,
<https://www.fsc.gov.tw/ch/home.jsp?id=616&parentpath=0,7> 。
18. 徐虎嘯 (2020) , 「綠建築標章續用提升策略及都市更新應用案例之研究」 , 內政部建築研究所 ,
https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=214340 。
19. 桃園市政府新聞處 (2018) , 「桃園市住商共推節電起跑宣誓 鄭市長：節電多一點，環境負擔少一點」 ,
https://news.tycg.gov.tw/News_Content.aspx?n=5016&s=638384 。
20. 財團法人中衛發展中心 (2025) , 「商業服務業節能設備補助」 ,
<https://www.essc.org.tw/subsidy/index/index.aspx> 。
21. 財團法人台灣建築中心 (2025a) , 「綠建築標章核可案件公告 - 全部通過案件一覽表 (統計至114年9月)」 ,
<https://gb.tabc.org.tw/modules/filelist/index.php/main/flist/15> 。
22. 財團法人台灣建築中心 (2025b) , 「綠建築標章與建築能效標示」 ,
<https://gb.tabc.org.tw/> 。
23. 財團法人台灣建築中心 (2026a) , 「業務說明 - 綠建築標章與建築能效標示」 ,
<https://gb.tabc.org.tw/modules/pages/affair> 。
24. 財團法人台灣建築中心 (2026b) , 「綠建築九大評估指標：日常節能」 ,
<https://gb.tabc.org.tw/modules/pages/energy> 。
25. 高雄市政府經濟發展局 (2019) , 「108年度高雄市服務業設備汰換與智慧用電補助計畫」 ,
<https://orgws.kcg.gov.tw/001/KcgOrgUploadFiles/273/refile/67251/153842/07c5f443-a9e1-42e9-be47-5c5c0ecf9415.pdf> 。
26. 國家發展委員會 (2025) , 「臺灣2050淨零路徑：臺灣總體減碳行動計畫」 ,
https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=FD76ECBAE77D9811 。
27. 張皓隆 (2009) , 「台灣地區地方政府機關建築物能源使用效率分析-隨機邊界法之應用」 , 碩士論文 , 國立臺北科技大學能源與冷凍空調工程研究所 ,
<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gswweb.cgi/ccd=b9Wiju/record?r1=1&h1=0> 。
28. 陳麒任 (2023) , 「本部召開淨零建築與建築能效評估及標示制度之推動誘因研商會

議」，建築研究簡訊第122期，內政部建築研究所，

<https://www.abri.gov.tw/PeriodicalDetail.aspx?n=861&s=2863&key=111&isShowAll=false>。

29. 雲舞智網 (2025)，「不只是口號！NDC 3.0 衝擊產業，建築能效、屋頂光電成企業資產新門檻」，<https://www.bis5cloud.com/post/taiwan-ndc-3-0-carbon-reduction-2035>。
30. 新北市政府經濟發展局 (2023)，「新北助服務業者店面改造 導入節能設備 補助8家示範場域 每年節省約15萬度用電」，
<https://www.ntpc.gov.tw/ch/home.jsp?id=e8ca970cde5c00e1&dataserno=ed894a76a88bfd65e3cb78b9256ecb57>。
31. 經濟部能源署 (2025)，「節能績效保證專案示範推廣補助作業」，
https://www.moeaea.gov.tw/ECW/populace/content/Content.aspx?menu_id=8785。
32. 臺中市政府經濟發展局 (2025)，「114年度臺中市集合式住宅、住商大樓及企業節能輔導暨設備汰換計畫」，
<https://www.economic.taichung.gov.tw/16103/16107/16114/3089199>。
33. 臺北市建築管理工程處 (2024)，「既有建築物綠能智慧建築改善」，
<https://cmo.gov.taipei/cp.aspx?n=8B9D491C49FA66F0>。
34. 臺南市政府經濟發展局 (2021)，「110年臺南市中大型服務業設備節能改善補助計畫」，
<https://w3fs.tainan.gov.tw/Download.ashx?n=MioXMTDlubToh7rljZfluILkuK3lpKflnovmnI3li5nmpa3oqK3lgpnnr4Dog73mlLnll0Too5zliqnoqljnlst5YWs5ZGK54mIMTAwNy5wZGY%3D&u=LzAwMS9VcGxvYWQvMjIvcmVsZmlsZS85NzQ5Lzc4MDQzNzQvMDI3YmNjYWMTYWMtYWJmOC00OTc1LWExODAtMGQ0ZDI4YTAzMmFjLnBkZg%3D%3D>。
35. 歐芯萌 (2025)，「推近零碳建築 賴總統：提升到國家核心戰略層次」，經濟日報，
<https://money.udn.com/money/story/5621/9107768>。
36. 蔡慧文 (2018)，「台灣各縣市之隨機能源效率」，博士論文，國立交通大學經營管理研究所，<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22106NCTU5457107%22.&searchmode=basic>。
37. 衛生福利部秘書處 (2019)，「衛生福利大樓綠建築標章」，
<https://dep.mohw.gov.tw/DOSA/cp-1333-49632-109.html>。
38. 環境部氣候變遷署 (2025)，「『第三期溫室氣體階段管制目標』公聽會 - 住商部門減碳行動計畫」，頁9，<https://service.cca.gov.tw/File/Get/cca/zh-tw/4ahLoT6y5Jm26UO>。
39. ACEEE (2025), “25C Energy-Efficient Home Improvement Tax Credit Improves Homes and Cuts Energy Costs”, https://www.aceee.org/sites/default/files/pdfs/25c_energy-efficient_home_improvement_tax_credit_improves_homes_and_cuts_energy_costs__2.pdf
40. Amir Aboelata (2021), “Assessment of green roof benefits on buildings' energy-saving by cooling outdoor spaces in different urban densities in arid cities,” Energy 219:119514.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119514>.

41. BMWK (2023), “Enhancing energy efficiency in buildings”, <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/enhancing-energy-efficiency-in-buildings.html>.
42. Bundesministerium der Finanzen (2024), “Steuerermäßigung für energetische Maßnahmen bei zu eigenen Wohnzwecken genutzten Gebäuden”, https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/BMF_Schreiben/Steuerarten/Einkommensteuer/2024-12-23-steuererm-energetische-massnahmen.html.
43. Business.gov.nl. (2025), “Energy labelling in the Netherlands”, <https://business.gov.nl/regulation/energy-labels/>
44. C2ES (2018), “Decarbonizing U.S. Buildings”, <https://www.c2es.org/document/decarbonizing-u-s-buildings/>.
45. Chlond, B., Gavard, C. & Jeuck, L. (2023), “How to Support Residential Energy Conservation Cost-Effectively? An analysis of Public Financial Schemes in France”, *Environmental and Resource Economics*, Volume 85, pages 29–63, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-022-00754-2>.
46. Clay, K., Severnini, E., & Sun, X. (2023), “Does LEED certification save energy? Evidence from retrofitted federal buildings”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 121, 102866.
47. Do, L., & Phu, L. V. (2024), “Residential electricity efficiency and implications for Vietnam's clean energy transition”, *The Electricity Journal*, 37(7-10), 107428.
48. Fan, M., Agarwal, S., Eraral, E., Qin, Y., & Zheng, H. (2024), “From efficiency to excess: Understanding energy usage in green-certified homes”, *Research Square*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3847013/v1>.
49. Filippini, M., Hunt, L. C. (2011), “Energy demand and energy efficiency in the OECD countries: a stochastic demand frontier approach”, *The Energy Journal* 32(2), 59-80. <https://econpapers.repec.org/article/aenjournal/2011v32-02-a03.htm>.
50. French Property (2021), “Rates Relief for Energy Conservation Works”, https://www.french-property.com/news/tax_france/energy_conservation_relief_taxe_fonciere
51. Gu, H., Jin, X., Xiao, F., Hu, M., & Miller, C. (2026), “An ex-post analysis framework for assessing the effectiveness and driving factors of green building certification adoption: A case study of Singapore”, *Energy and Buildings*, 351, Article 116733. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116733>.
52. Hu J.L. and Wang S.C. (2006), “Total-factor energy efficiency of regions in China”, *Energy Policy*, 34, 3206-3217. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421505001758>.
53. Huang, C., & Lin, B. (2025), “The impact of digital economy on energy rebound effect in China: A stochastic energy demand frontier approach”, *Energy Policy*, 196, 114418. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114418>.
54. Jin, T., and Kim, J. (2019), “A comparative study of energy and carbon efficiency for emerging countries using panel stochastic frontier analysis”, *Scientific reports*, 9(1): 1-8. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-43178-7>.
55. Kumbhakar, S. C., Parmeter, C. F., & Zelenyuk, V. (2022), “Stochastic frontier analysis: Foundations and advances I”, *Handbook of Production Economics* (pp. 331–370), Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3455-8_9.
56. Li, X., Xu, J., & Su, Y. (2025), “Research status and emerging trends in green building materials based on bibliometric network analysis”, *Buildings*, 15(6), 884.
57. Ma, Y., & Zhang, Z. (2024), “ICT and energy rebound effect: Empirical analysis based on data

from Chinese cities”, *Journal of Environmental Management*, 370, 122651.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122651>.

58. MacNaughton, P., Cao, X., Buonocore, J., Cedeno-Laurent, J., Spengler, J., Bernstein, A., & Allen, J. (2018), “Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement”, *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(4), 307–318. <https://doi.org/10.1038/s41370-017-0014-9>
59. Newsham, G. R., Mancini, S., & Birt, B. (2009), “Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but...”, *Energy and Buildings*, 41(8), 897–905.
60. Otsuka, A. (2023a), “Stochastic demand frontier analysis of residential electricity demands in Japan”, *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 7(1), 179–195.
<https://doi.org/10.1007/s41685-022-00267-2>.
61. Otsuka, A. (2023b), “Industrial electricity consumption efficiency and energy policy in Japan”, *Utilities Policy*, 81, 101519. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101519>.
62. Qaisra, Q., Mustafvi, J. B., Ahmad, H. M., & Khan, M. (2024), “Quantifying the impact of green building practices on energy efficiency in urban architecture”, *International Journal of Contemporary Issues in Social Sciences*, 3(1), 1178–1185.
63. Rebelatto, B. G., Salvia, A. L., Brandli, L. L., & Leal Filho, W. (2024), “Examining energy efficiency practices in office buildings through the lens of LEED, BREEAM, and DGNB certifications”, *Sustainability*, 16(11), Article 4345. <https://doi.org/10.3390/su16114345>.
64. Scofield, J.H., Cornell, J. (2019), “A critical look at “Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement”, *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 29, 584–593. <https://doi.org/10.1038/s41370-018-0078-1>.
65. SEO (2019), “Evaluatie ISDE-KA: Effecten en kosten van duurzame warmte”,
<https://www.seo.nl/publicaties/evaluatie-isde-ka-effecten-en-kosten-van-duurzame-warmte/>.
66. Su, Y., Miao, Z., Wang, L., & Wang, L. (2022), “Energy consumption and indoor environment evaluation of large irregular commercial green building in Dalian, China”, *Energy and Buildings*, 276, 112506. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112506>.
67. U.S. Internal Revenue Service (2023), “Energy Efficient Home Improvement Credit”,
<https://www.irs.gov/credits-deductions/energy-efficient-home-improvement-credit>.
68. UNEP (2023), “Building Materials and the Climate: Constructing a New Future”,
<https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>.