

摘要

根據歐盟經驗，推動示範計畫、補助裝設能源管理系統及訂定智慧就緒指標將可加速建築節能智慧化的推動進程。發展建築智慧節能除了使用智慧能源設備外，能源管理系統才是關鍵。建築節能智慧化發展較難定出可依循的共通性架構，根據不同類型建築推動智慧節能的示範驗證，提供實際的作法與效益，供欲加入節能智慧化的建築擁有者參考。建築節能智慧化效益可借助智慧就緒程度評估指標進行評量，此工具不但可用於評估建築物節能的智慧化程度，亦可用於節能效益評估。建築節能智慧化已不再是傳統的效率設備更換層級，而是建築系統設備整合的層級，結合 ICT 與 AI 技術進行自動控制或優化操作，達成建築整體能源使用最小化或低碳化的成效。然而，建築節能智慧化發展上尚存在許多障礙，有待政府訂定相關政策協助排除。

一、全球建築能源消費持續攀升，2018 年碳排放又回升至歷史最高點，對於減緩全球氣候變遷相當不利。

極端氣候導致建築用能源需求增加，2010 年全球建築最終能源消費約 2,820 百萬噸油當量，至 2018 年，已成長至 3,060 百萬噸油當量(約成長 8.5%)，約占當年全球最終能源消費的 1/5。再加上建築用能的低碳化進程緩慢，導致 2018 年全球建築碳排放已超過 30 億噸，即回到 2013 年的歷史最高排放水平。由於大部分建築使用的電器設備老舊且效率不佳，以及缺乏有效的政策支持與投資，導致全球建築能源效率改善步伐緩慢(IEA, 2019)。根據能源局的住宅部門電力消費統計，我國住宅用電從 2010 年的 434 億度成長至 2018 年的 468 億度，成長幅度約 8%，與國際建築能源消費成長趨勢相當(能源局，2020)。建築能源消費成長不斷攀升，導致全球碳排放居高不下，加速建築能源使用效率改善，將是減緩全球氣候變遷的關鍵行動。

二、建築節能智慧化可優化整體建築能源使用，是未來建築能源效率改善的趨勢，歐盟為國際上推動建築節能智慧化最積極的區域，近幾年的智慧節能推動成效已逐漸浮現。

(一) 建築節能智慧化定義與範疇

建築節能大致可分為設備、系統及建築三個層級，設備層級為更換高效率燈泡、節能家電等設備；系統層級為更換建物通風、空調等系統，建築層級則是藉由系統整合與操作最佳化過程，促使整體建築能源使用達到優化的效果。實務上，則是透過建築裝設連網資訊技術(ICT)，可即時回饋建築用能狀態，讓使用者改變能源使用習慣，使建築物內的能源使用設備(例如：照明、空調、電器等)操作更有效率，達到建築能源管理自動化或優化的成效，使建築物達到節能的成效。因此，智慧化將是未來建築節能的發展趨勢。

(二) 建築節能智慧化是歐盟達成能源與環境目標的重要措施，以及推動既有建築轉型的重點方向。

歐盟為目前國際推動建築節能智慧化最積極的區域，從 2003 年開始，歐盟開始推動智慧能源(Intelligent Energy)計畫，透過該計畫推動能源效率改善與再生能源發展，能源效率著重在改善工業、產品及建築的能源效率，協助達成歐盟 2020 年溫室氣體減量 20%、能源效率提升 20%及再生能源占能源消費 20%的目標(European Commission, 2003)。能源效率也是後來歐盟「地平線 2020 規劃(Horizon 2020)」的補助重點，重點補助為**技術研發與示範計畫**。建築節能智慧化是該計畫 2020 年的補助重點，用於更新建築能源效率與智慧化程度，希望透過法規標準制訂、研發與示範應用及政策輔助的手段，加速建築節能智慧化的進程(Horizon, 2020)。

(三) 歐盟訂定建築能源效率指引已將智慧化概念納入，推動至今，建築節能智慧化已見成效

歐盟於 2010 年訂定**建築能源效率指引(Energy Performance of Buildings Directive, EPBD)**架構，期望於 2050 年前達成高能效與低碳建築目標。EPBD 於 2018 與 2019 年再修訂規則，主要為強化現有建築更新與現代化，並規定歐盟成員國需於 2020 年 3 月 10 日前須將 EPBD 法規架構轉化為自身國家的法律(European Commission, 2020)。EPBD 推動至今，已逐漸產生成效，EPBD 幫助歐盟區居民減少能源消費與能源支出；加速歐盟地區舊屋更新；更智慧地使用建築。EPBD 具體成效包括：建置明確的低碳或零碳建築路徑規劃；ICT 與智慧連網設備使建築使用更有效率；建築物具有電動車的輔助設備(例如：電動車充電樁)；促使建築能源使用最佳化；以及建築能源系統可與電網進行需量反應(News of European Commission, 2020)。

(四) 智慧化可使建築能源使用更具彈性，推動智慧化可加速能源管理系統佈建，儲能系統是強化建築能源使用彈性的重要選項，智慧就緒指標則可反應建築能源使用智慧化程度。

智慧建築物可根據當地獨特的氣候條件、用戶需求及電網特性來管理或優化建築能源供需，建築物用電型態與周圍電網特性是關鍵影響因素，歐盟認為儲能系統是提高建築物能源彈性的有效解決方案，它可使建築物不再只是使用電力，更可透過需量反應成為電力供應者。但這類具能源供應需求彈性的建築物目前尚未被大量使用，這是因為電網與建築物間目前仍缺乏連結溝通的渠道，以及建築物缺乏**智慧能源管理系統**與電力市場進行需量反應。智慧建築將會驅動智慧能源管理系統佈建，因為它可讓建築物使用更多的再生能源，藉由儲能系統與需量反應提升建築物電力使用彈性。歐盟新修訂的 EPBD 已規劃透過建築物的**智慧就緒(Smart Readiness)**技術來實現促進建築能源使用彈性的目標，智慧就緒指標可用於評估建築的能源使用智慧化程度，反應建築物、居住者及電網間可相互溝通程度，並運用 ICT 技術優化建築能源使用效率(BUILD UP, 2020)。

三、建築節能智慧化將比傳統節能措施更具效益，但至今發展速度緩慢，主要是因為有許多發展障礙尚未排除。

(一) 建築節能智慧化不只能減少能源消費，亦可提供舒適且經濟的能源使用方案，並可強化建築周圍電網的韌性。

智慧建築可以透過智慧能源管理傳遞即時用能資訊、使用異常預警、提供節能建議方案等。建築物運用能源管理模型學習居住者的能源使用習慣，自動調整或優化能源設備的操作模式。建築物可增加現場再生能源、儲能及電動車的裝置與使用，達到抑低電力需求的效果，建築物也可透過能源管理系統可與電網進行需量反應。建築節能智慧化可減少 20~30%的家庭能源消費。能源管理系統蒐集的建築物能源使用資訊，將可用於做更有效率的節能改善規劃，以及精準地評估、量測及驗證節能的成效。電網也會因為智慧住宅發展而受益，例如：提升電力需求預測準確度、削峰填谷、減少新發電機組的投資、強化電力系統供電穩定、減少電網壅塞與線路損失等(IEA, 2017; IEA, 2018; IEA, 2019)。

(二) 為了加速建築節能智慧化，須要倚靠政府機關協助訂立相關政策排除政策推動的障礙。

雖說建築節能智慧化可帶來諸多效益，但發展至今仍停滯不前，主要是因為目前尚有諸多社會、財務與結構面向的障礙存在。社會面是因為民眾對智慧節能技術認知度不足、對舊技術的依賴及操作複雜度較高。財務面主要因為目前智慧節能技術前期投資成本尚高、成本效益分攤不易、技術效益難以量化等。結構面主要為缺乏節能資訊、節能量測與驗證、個人隱私顧慮、設備相容性不

足等問題(IEA, 2017)。

四、結論與建議

(一) 結論

全球建築能源消費逐年成長，導致建築碳排放居高不下，因此提升建築的能源使用效率，將有助於減緩全球氣候變遷，而智慧化為未來建築節能市場的發展趨勢。歐盟為目前國際推動建築節能智慧化最積極的區域，2010年訂定建築能源效率指引即將智慧節能概念納入，發展至今，建築節能智慧化的效益已逐漸浮現。歐盟已將建築節能智慧化視為達成能源與環境目標的重要工具，以及推動建築轉型的重點方向。建築節能智慧化不只能減少能源消費，亦可提供舒適且經濟的建築能源使用型態，同時可強化電網的韌性。發展至今仍停滯不前，主要因為目前尚有諸多社會、財務與結構面向的障礙，這障礙有賴政府制定各種政策協助排除，政府於建築節能智慧化推動過程將扮演重要的角色。

(二) 建議

建置能源管理系統-發展建築智慧節能除了使用智慧能源設備外，裝設能源管理系統是首要關鍵，能源管理系統可協助建築設備整合與自動化或優化的操作，促使達成建築節能智慧化的整體成效。

推動示範計畫-建築節能智慧化發展較難定出可依循的共通性架構，建議可先根據不同類型建築推動智慧節能示範計畫，提供實際的作法與效益，供欲加入節能智慧化的建築擁有者參考。

建立智慧就緒指標-建築節能智慧化程度須要倚靠量化的評估指標，智慧就緒指標可用於評估建築物用能的智慧化程度。而未來政府若推動建築節能智慧化的示範補助時，該指標亦可用於示範計畫推動的效益評估。

五、參考資料

Tracking Buildings 2019. (2019, May). International Energy Agency (IEA).

<https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2019>

住宅與服務業部門能源消費。(2020年6月)。能源局。

https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/web_book/WebReports.aspx?book=M_CH&menu_id=142

Intelligent Energy Europe. (2003). European Commission.

<https://ec.europa.eu/easme/en/section/energy/intelligent-energy-europe>

Energy performance of buildings directive. (2020, March). European Commission.

Horizon 2020-Work Programme 2018-2020. (2020, March). European Commission.

New Energy Performance of Buildings Directive kicks in. (2020, March). News of European Commission. https://ec.europa.eu/info/news/new-energy-performance-buildings-directive-kicks-2020-mar-09_en

Energy Flexibility in buildings. (2020, April). BUILD UP.

<https://www.buildup.eu/en/news/overview-energy-flexibility-buildings>

Intelligent Efficiency for Data Centers and Wide Area Networks. (2019, May). IEA 4E_Electronic Devices & Networks Annex (EDNA).

Encouraging Intelligent Efficiency - Study of policy Opportunities. (2017, April). IEA 4E_Electronic Devices & Networks Annex (EDNA).

Intelligent Efficiency – A Case Study of Barriers and Solutions(Smart Home). (2018, March). IEA 4E_Electronic Devices & Networks Annex (EDNA).

New Notice of Intent for a Funding Opportunity to Improve Energy Efficiency and Demand Flexibility of Buildings. (2020, FEBRUARY). Office of Energy Efficiency & Renewable Energy of U.S. Department of Energy.

<https://www.energy.gov/eere/articles/new-notice-intent-funding-opportunity-improve-energy-efficiency-and-demand-flexibility>