



淨零智慧電網

強化電網穩定零碳電力供應，提升系統整合調度能力

推動緣由

電力造成我國 42.8% 排放約 117 百萬公噸 [1]，半導體、人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 等高科技產業持續發展及淨零轉型終端部門電氣化，至 2050 電力需求成長將成長一倍以上，急需強化電網極大化零碳電力供應。淨零排放設定電力部門去碳化目標，中長期太陽光電、離岸風電、其他前瞻能源與儲能設備裝置規模都將顯著成長，而交通、產業低碳化也將促進新型態負載的大幅增長。多元再生能源、新興電源、儲能與需量反應等發用電資源高度分散化，須採用更多資通訊、控制、數據等數位技術強化系統整合調度。

隨著設置分散式再生能源、儲能與能源管理系統設置成本下降，用戶轉型成生產型消費者意願提升，需透過健全電力市場吸引更多用戶側資源輔助電網運作。應對淨零排放設定電力部門去碳化目標，「淨零智慧電網」規劃發展可兼顧電力品質及供電穩定性新興技術，支持電網極大化零碳電力供應，利用示範計畫驗證相關科技、標準、規範，建構智慧能源產業生態系及多元電力市場。

國內外發展現況

為實現 2050 年淨零排放，美國、歐洲和日本多致力於讓電網更數位化、智慧化，支持未來電網朝向以分散式資源提供無碳能源願景發展。歐洲提出 2030 歐洲能源轉型電力系統整合系統願景：以電網、數位化能源

系統、多單一系統整合為核心推進電網利用和永續性、陸上和離岸電網開發整合、交流混合電網安全穩定運作、數位化控制和互通性、跨部門整合、多元市場機制。美國電網線現代化規劃以設備和系統整合、營運、

規劃、市場、政策和法規、強韌與安全系統、彈性發電和負載等為主軸推動電網線現代化，以期 2035 年實現電力產業無碳污染，並在 2050 年之前實現淨零排放經濟，同時維持能源系統的可靠性、可負擔性、安全性和強韌。日本下一代電力網絡發展，規劃在安全為大前提下同時追求實現能源的穩定供應、經濟性和環境保護 (3E + S：指 energy security, economic efficiency, environmental protection，加上 safety)，完善電力來源去碳化（例如以再生能源作為主要電源）環境及推動工業、交通、家庭部門等非電氣化領域

電氣化。

2020 年行政院核定「智慧電網總體規劃方案」，投入高功率電力轉換系統、電動車充電系統、電網調度 / 調頻、變電所視覺化、測距電驛保護協調、微電網等技術發展，建立國內智慧電網系統研發能量。2022 年台電公司推動「強化電網韌性建設計畫」投入 5,645 億元，強化智慧電表、饋線自動化、區域儲能系統與輸電線路設置。2021 年國內已建立電力交易平台，2023 年輔助服務市場參與總量達 900 MW，交易規模已達約 20 億元。

推動策略架構

淨零轉型需要對電力系統進行根本性轉型，包括在所有電網領域（從發電到輸電、配電到最終使用）落實高品質數位化與新型態電力設施。為適應再生能源大規模設置、增強能源供應安全及電力系統強韌性，必須擴大對更智慧、更具操作靈活性的電網軟硬體系統及設施的研發、示範與設置。考量國家地緣政治風險、未來電力成長需求、電源規劃占比、區域發用電特性，及臺灣全球資通訊、半導體、AI、電力電子產業能量，「淨零智慧電網」之推動策略布局（請詳見圖 1），規劃建立電力事業與學術鏈結協作機制，鏈結國際學界與電業資源，設定發展新興電網技術以期可在兼顧電力品質及供電穩定性前提下，極大化零碳電力供應，規劃發展固態電力電子變壓設備與系統、多元虛擬電廠與電力市場應用、配電等級淨零微電網、國家電網互動高效建築 (Grid-interactive efficient building, GEB)、光儲整合系統、直流 / 交流混合之深度節能供電系統等前瞻科技，輔以整合資源規劃能力 (Integrated Resource

Planning, IRP) 及先導示範驗證相關科技、標準、規範，推進建構智慧能源產業生態系及市場發展。期望以多元電力商品市場及公用事業投資，驅動產業生態系形成。

策略 1：多元虛擬電廠與電力市場應用，促進區域電力平衡

虛擬電廠可聚合分散式再生能源、新興電源、儲能與需量反應，多元電力市場與電力商品，建立多元電力商品交易機制，可讓更多市場供需參與，擴大可輔助電網運用資源類型與規模。本項策略規劃發展國家電網互動高效建築 (GEB)、光儲整合系統、直流 / 交流混合之深度節能供電系統等等前瞻技術，以期發揮以下效果 (1) 抑低年尖峰負載成長率，紓緩發輸配電設施開發土地空間承載壓力；(2) 提升再生能源併網容量，擴大零碳電力供應，減少產品碳足跡；(3) 擴大民間分散儲能、需量反應等資源參與電力市場，增加電網韌性；(4) 增加需求面零碳備用供電容量，強化電力可靠度；(5) 平衡區域電網供需，減少大規模停電風險與跨區輸配電損失。

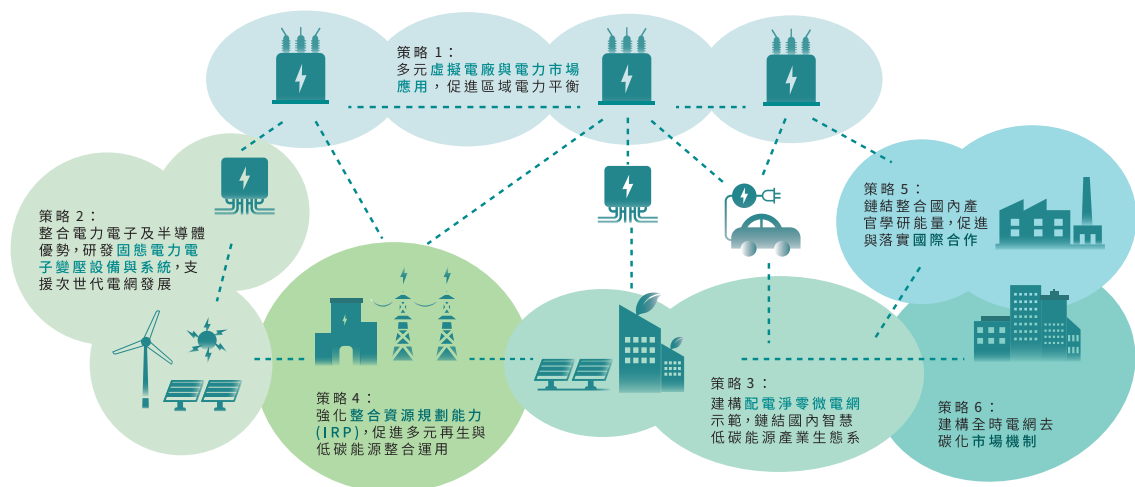


圖 1 淨零智慧電網之推動策略布局

資料來源：臺灣淨零科技方案推動小組 (2024)。

策略 2：整合電力電子及半導體優勢，研發固態電力電子變壓設備與系統，支援次世代電網發展

固態變電站 (Solid State Power Substation, SSPS) 定義是具高壓電力電子轉換器的整合變電站或「電網節點 (grid node)」，可提供系統優勢並支持電網的升級發展。固態變電站變壓器 (SSPS converter) 是一個模組化、可擴展、具靈活且適應性強的電源模組所形成的系統，可在所有變電站應用中使用，固態變電站變壓器將用作電源路由器 (power routers) 或樞紐 (hubs)，提供智慧化控制與調節功能、線上診斷與保護、線上更新，提升系統整合效率、電網彈性與韌性。固態變壓器整合不同類型之電力設備，系統效率將可提升。固態變壓器的推動在短期將進行固態變壓器開發與實用化研究，中長期為固態變壓器可做為分散式電源中電力公司之中高壓系統 / 直流電源 (太陽光電與儲能案場) / 交流電源之介接，提供電氣隔離，並實現智慧化調節 / 診斷 / 故障排除之效果。

策略 3：建構配電淨零微電網示範，鏈結國內智慧低碳能源產業生態系

微電網概念實現以聚合分散式能源 (發電、儲存和負載) 在建構能源安全所需的強韌性。面對氣候變遷，微電網可成為強韌無碳電力輸送系統，對應淨零轉型挑戰的潛力。微電網的去碳化需要三個要素：(1) 盡可能提高再生能源的發電量，(2) 管理儲存和靈活負載，平衡再生能源的變動性和間歇性，(3) 導入新的清潔能源，包括以氫為基礎發電設備和小型化模組化反應爐。配電淨零微電網示範推動，將可協助分散式能源及儲能系統智慧控制、先進配電管理系統及廣域監測系統的相關研究進行。

策略 4：強化整合資源規劃能力 (IRP)，促進多元再生與低碳能源整合運用

透過強化全系統規劃能力，以科學方法探討資源的適當性與供需最適配比，促進多元低碳能源整合應用同時評估成本效益，確保經濟可行性與符合減碳需求，以利達成臺灣 2050 年電力最佳配比。

策略 5：鏈結整合國內產官學研能量，促進與落實國際合作

淨零智慧電網推動需電力電子、電力系統、半導體、化學、物理與材料等專業領域跨域人才，持續促成產官學研能量建立合作機制，吸引人才投入相關領域。並加強與美國與日本等標竿國家相關機構交流，促進雙邊共同技術研究探討與示範合作。

策略 6：建構全時電網去碳化市場機制

為防止氣候變遷衝擊，須加速能源系統去碳化。然而當特定時段變動型再生能源處

於供應低點時，電力供應將以傳統資源供應，此作法將與整體淨零政策目標不一致。如何廣納無碳電力來源、納入新型態無碳電力、使整體無碳電力可達成發用電時序匹配及發用電地域一致，為促進電力系統去碳的重大挑戰。「建構全時電網去碳化市場機制」規劃推進綠電電力交易制度與平台、無碳電力憑證制度（非再生能源電能交易）、低碳燃料認證、先進輔助服務制度，完善低碳能源憑證與交易制度，以市場資源促成全時低碳能源。

推動效益

國家希望工程設定「建構智慧共享的綠能共享」策略主軸，規劃發展推動強韌電網、科技儲能、電力去碳化、微電網等方向。「淨零智慧電網」推動策略扣合國家希望工程之「建構智慧共享的綠能共享」策略主軸，相關內容推動可強化電網穩定零碳電力供應，並擴大利用多元資通訊、控制、數據等數位技術以提升系統整合調度能力，持續推進可獨立運轉區域電網技術以增強電網強韌性，藉由健全電力市場吸引更多用戶端資源以輔助電網運作，俾利穩健達成我國 2050 淨零目標。

「淨零智慧電網」推動策略規劃方向已納入智慧科技大南方產業生態系推動方案第一期(2025-2029 年)，規劃以沙崙綠能科學城為示範場域，建構跨域整合之微電網電能管理系統(Energy Management System, EMS)，以協助電力公司擴大用戶側可調度資源，開發結合商場、辦公大樓及工廠等不同類型用戶之電能管理策略，並納入太陽能光電、產製綠氫/氨電解設備、儲能、電動車、燃料電池及一般負載調控等複合電力資源，

以多元化彈性負載組成元素，發展負載端電網形成技術，進而提升用戶端提供調度容量之可靠度，從而創建高綠能承載能力(hosting capacity)之電網環境。已規劃發展方向包含分散式光儲整合系統、電網互動高效建築之分散式能源調度管理、直流/交流混合之深度節能供電系統研究、儲冰系統製冰容量最小優化控制、高綠能占比下負載電網形成控制技術、智慧淨零微電網電能管理系統、區塊鏈虛擬電廠管理與交易平台及全時(24/7)無碳電力媒合交易機制等。

參考文獻

[1] 環境部 (2024)。《中華民國國家溫室氣體排放清單報告》。依據環境部公布溫室氣體排放 2022 年 CO₂ 排放量約 273.683 百萬公噸；經濟部能源局 (2022)。能源統計年報 (平衡表)。https://www.esist.org.tw/publication/annually?tab= 能源平衡表；台灣電力公司 (2023)。公用售電業歷年售電量。臺灣國內公用事業售電量為 236,762,719,753 度；經濟部能源局 (2024)。111 年度電力排碳係數。https://www.moeaea.gov.tw/ecw/populace/content/ContentDesc.aspx?menu_id=23142。電力排碳係數為 0.495 公斤 CO₂e/度，故電力所造成排碳量為 117 百萬公噸。因此，電力造成我國約 117/273=42.8% 的 CO₂ 排放。

聯絡人：陳明俐 | 電子信箱：carey.mlchen@narlabs.org.tw

聯絡電話：(02) 2737-8178 | 臺灣淨零科技方案推動小組