

智能電網：迎接未來能源新挑戰

氣候變化倒逼全球加速碳中和進程。國家全面推進「雙碳」戰略，香港亦設定於2050年前實現碳中和。社會各界正加快電氣化進程，全面布局太陽能、風能等可再生能源。然而，其發電的間歇性與負荷波動性特徵，帶來電價上漲與供電不穩等挑戰。

電網改革逼在眉睫

電網作為連接電源與供電的輸配電網絡，其運行模式正由傳統的集中式發電、單向功率輸電，向多元化電源接入和分散式協同演進。可再生能源接入的不確定性、電動汽車和數據中心令電力需求激增，加上頻繁的極端天氣，令電網系統承受沉重壓力。

近年來，全球頻發大規模停電事故，曝露電網脆弱性。例如2025年西班牙等國突發大規模停電，波及5000萬人，經濟損失逾20億歐羅。電網運行事故不僅敲響了安全警鐘，也會影響實現碳中和目標。

根據環境及生態局統計，2024年天然氣與煤炭等化石燃料仍佔發電結構75%以上。受電網設施老化及系統調節能力不足等限制，綠色電力接入與消納水平，以及電動車充電網絡的構建亟待提升。

香港作為亞洲國際都會，面對空間受限與高人口密度等挑戰，亟需加快能源體系變革，構建以分布式發電、儲能系統、電動車充電網絡及高靈活性用電負荷為核心的新型電網體系。

未來城市能源大腦

智能電網融合人工智能、物聯網、電力電子及新材料等關鍵技術，以提升自感知、自診斷、自恢復、自優化能力，可有效平抑可再生能源發電的間歇性與波動性，顯著增強電力系統的靈活性與可靠性。智能電網建設不僅依賴電力企業推動，更需用戶深度協同參與。通過整合了分散式儲能及電動車充電設備的共享平台，並配套需求響應機制，用戶將從被動消費者轉為主動參與者，通過負荷

調節與用電優化實現削峰填谷，以提升供電可靠性、降低用能成本，共建開放共享、高效運轉的可持續能源生態系統。

香港電網的可靠性和技術是全球領先，加上政府銳意發展香港成為國際創科中心，香港有望成為全球在智能電網技術的國際合作科研平台、知識轉移中心和專業人才培訓的高地。

推動智能電網技術落地

為推進智能電網技術創新，香港理工大學於2024年成立電網現代化研究中心，匯聚多學科研究力量，形成了兼具深厚學術實力與工程轉化能力的研發體系。

部分代表性成果包括：

- 智能電錶數據分析技術：開發非侵入式負荷監測系統，精準識別電器用電特徵，實現用戶用電數據的智能分析與實時優化。
- 微電網技術：研發分布式新能源接入技術，整合太陽能、風能等低碳能源，構建可獨立運行且與主網協同的智能微電網系統，增強供電可靠性並降低用能成本。
- 電網設備監測技術：融合多源傳感器，對電力電子設備等關鍵部件進行實時參數採集與狀態評估，建立健康檔案與故障預警機制，提升運維效率。
- 儲能管理技術：開發儲能系統的智能管控平台，實現充放電策略優化、安全監測與壽命管理，增強電網調節能力。
- 電動車充電管理技術：構建包含電池安全監測、智能調度和雙向充放電功能的綜合管理系統，支持電動汽車參與電網調峰調頻。

中心持續深化與大灣區電力行業及政府部門的產學研合作，加速技術成果轉化進程。例如與深圳奧特迅電力設備股份有限公司聯合研發新一代智能快速充電站，準備於理大教研酒店唯港薈安裝，助力校園實現碳中和目標。雙方亦合作開發基於大數據的電池故障監測算法，實現對充電過程的風險識別，保障電池安全。中心亦與中華電力、港深創新及科技園等合作，以港深創科園為試點，規劃和建設覆蓋多場景的微型智能電網，打造智能電網示範應用。

智能電網是未來全球能源系統的神經中樞。理大將繼續以科技創新助力香港及大灣區電網邁向自主智能、綠色高效的新階段。

香港理工大學電網現代化研究中心主任、

電機及電子工程學系系主任鍾志勇

香港亟需加快能源體系變革，構建以分布式發電、儲能系統、電動車充電網絡及高靈活性用電負荷為核心的新型電網體系。