

Paper 258

碳中和背景下基於生命週期的可再生能源設施全流程環境影響分析

在碳達峰與碳中和目標的雙重驅動下，可再生能源的快速發展已成為實現低碳轉型的核心路徑。風能、太陽能 and 生物質能等可再生能源設施因其運行階段幾乎不產生碳排放，被廣泛視為傳統化石能源的重要替代方案。然而，若僅從運行階段評價其環境績效，往往忽視了設施在原材料開採、生產製造、運輸安裝、運行維護及報廢回收等環節的能源消耗與污染排放。事實上，這些環節在整個生命週期中可能造成顯著的環境負荷，如溫室氣體排放、資源消耗、土地佔用以及固廢處理問題。因此，亟需開展基於生命週期的全流程環境影響分析，為可再生能源設施的低碳優化與綠色發展提供科學依據。

生命週期評價（Life Cycle Assessment, LCA）作為一種系統性方法，能夠量化分析產品或系統在“從搖籃到墳墓”全過程中的環境影響。通過整合能源流、物質流與排放資料，LCA 能夠全面揭示可再生能源設施在不同階段的碳足跡及其他環境指標，如酸化潛能、富營養化潛能和生態毒性等。在碳中和的戰略背景下，基於 LCA 的全流程研究不僅有助於識別可再生能源設施的主要環境負荷環節，還能夠為優化設計、提升資源利用效率和推動迴圈經濟提供有力支撐。

與此同時，結合多來源資料與數位化工具（如大資料平臺、模擬建模和人工智慧演算法），可以進一步提升生命週期環境分析的精度與動態預測能力。這對於建立科學的碳核算體系、制定綠色政策和開展跨區域環境影響比較研究具有重要意義。

本研究旨在構建基於生命週期的可再生能源設施環境影響分析框架，系統評估典型風電、光伏和生物質設施在全流程中的能源消耗與碳排放特徵，並對其環

境負荷進行綜合比較與敏感性分析。研究成果可為可再生能源設施的綠色設計、
低碳優化及政策制定提供理論依據和技術參考，助力碳中和目標的實現。