

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、太陽能和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、模擬建模和人工智能演算法），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。