



天下電池，唯快不破！

技術主編：廖世傑 S. C. Liao

現職：工研院(ITRI) 材料與化工研究所 儲能材料及技術研究組 正研究員/組長

學歷：Rutgers University 材料工程 博士

專長：鋰電池及材料、奈米材料、儲氫合金及系統

動力鋰電池及其材料的整體技術發展路徑，將持續朝向「高能量密度、快速充電、長循環壽命與高安全性」等多重目標邁進。其中，「里程焦慮」與「充電焦慮」是長期以來影響消費者購買電動車意願的兩大關鍵因素。快速充電技術的持續突破，能顯著縮短電動車與行動裝置的充電時間，進一步提升用戶體驗與市場接受度，為電動車的大規模普及奠定基礎。

在物流車隊、共享運輸系統、無人機(UAV)、自動導引車(AGV)以及電池交換式電動機車等多樣化應用場景中，快充技術具有降低充電等待時間、提升設備可用率與車隊運作效率等優勢，同時有助於降低整體營運成本。換言之，快充不僅可提升終端用戶的便利性，也為商業營運單位帶來更高的經濟效益，加速電動化交通工具的市場滲透與規模化發展。

目前，全球電池產業正處於快速充電技術「材料創新」與「基礎設施建設」雙軌推進的關鍵階段，從負極與電解液的材料開發，到高功率充電樁、熱管理與系統整合的升級，皆為產業轉型的重點。未來，快充技術不僅將影響電動車的市場演進與消費者行為，也將重新塑造能源分配與電網調度的整體架構。

鋰離子電池在充電過程中，鋰離子自正極脫嵌，經由電解液或固態電解質遷移至負極並嵌入其晶格結構中。於快速充電條件下，負極需在短時間內接納大量鋰離子，對材料的鋰擴散速率、界面反應動力學與電子傳導能力均提出嚴苛要求。若負極嵌鋰速率不足，過量的鋰離子將可能在表面析出形成金屬態鋰，進而生成鋰枝狀結晶(Dendrites)。此類枝晶一旦穿透隔離膜並接觸正極，將造成內部短路，導致熱失控，甚至引發燃燒與爆炸等重大安全事故。

因此，在開發快充電池時，負極之電極結構設計及材料必須同時具備高傳輸效率與良好安全容忍性。傳統石墨負極雖具備高可逆容量與穩定性，但在高倍率充電下，易受鋰枝晶生成與極化限制，快充能力受限。透過顆粒微細化、表面被覆導電層以及摻混非晶質碳材料，可改善其高倍率充電性能，使電池可在30分鐘內完成高比例的充電。

然而，為實現在10分鐘內完成高比例充電的「超快充」需求，傳統石墨已難以滿足要求，需導入具備更高鋰嵌入電位與快速動力學特性的替代材料。具代表性的快充負極材料包括：全非晶質碳、鋰鈦氧化物(LTO)、鈦鋰氧化物(TNO)、鋰鈎氧化物(LVO)等新興負極材料。

本期專題將聚焦介紹快充鋰電池之材料技術突破、電池設計挑戰與市場發展趨勢，探討其對未來電動車與儲能應用的關鍵影響。◀