



AI驅動螺桿革新： 開啓低碳材料製程新時代

技術主編：陳孟歆 M. H. Chen

現職：工研院(ITRI) 材料與化工研究所 高分子組副組長

學歷：國立清華大學(NTHU) 化學工程學系 博士

專長：高分子設計、微結構控制與聚縮合改質，聚焦高性能與低碳材料研發

在淨零碳排與智慧製造加速推動下，塑橡膠與複材產業正從「經驗導向」走向「智慧決策」。螺桿混煉與反應押出雖為傳統加工核心，但在AI、感測與低碳技術導入後，製程已能透過數據驅動的模型進行自我學習、預測與優化，使螺桿從單純設備升級為連結「材料設計」與「智慧製程」的重要樞紐。本期以「淨零AI浪潮下螺桿混煉與反應押出技術創新應用」為主題，呈現工研院材化所於AI建模、聚烯改質、低碳解聚與回收再製的最新成果。

首篇〈橡塑膠反應押出之深度學習建模優化〉由工研院與國立清華大學姚遠教授合作，導入「遞迴式深度嵌入網路(RDEN)」，可解析螺桿元件排列、操作條件與化學反應的動態關聯，並以優化演算法預測產品品質。此模型讓反應押出具備可學習、可預測、可優化的能力，是AI驅動智慧製程的重要突破。

第二篇〈聚烯改質技術與低碳應用〉探討如何在低碳排放與高性能間取得平衡。研究以反應押出與接枝改質技術為核心，建立同時兼具極性提升、耐熱強化、機械補強與低碳化的開發策略。成果涵蓋三大領域：阻燃長纖複材應用於電動車電池外殼、低介電複材用於高頻通訊天線罩，以及聚烯基絕緣膠材用於軟性電路板，展現聚烯改質在電動車與通訊產業的升級契機。

第三篇〈低碳螺桿解聚技術與PC循環解鏈應用〉以高碳足跡塑料PC為例，展示螺桿混煉結合化學解聚的新製程。此技術能在低溫、低壓下快速進行部分解聚，能耗較傳統批次法降低約30%，並可處理含雜質的PC/ABS廢料。所獲得的寡聚物與雙酚A可再用於低碳塗料與聚氨酯黏著劑，展現化學回收與高值化的高度潛力。

最後，〈回收紡織品之複材再製技術〉聚焦於棉、聚酯等難分離混紡纖維。透過物理回收搭配捏煉/混煉與相容化技術，使纖維能均勻分散於熱塑樹脂中，生產高纖量再生複材母粒，可加工為板材、家具與建材。此技術已與國內業者合作導入量產，展現廢紡在地循環的可行性。

整體而言，螺桿技術正從傳統加工設備蛻變為融合AI、化學反應、物理混煉與永續設計的智慧中樞。從深度學習建模、聚烯改質到PC解聚與廢紡複材再製，這些成果共同描繪出台灣在熱塑反應共混與低碳智慧製程的全新藍圖。隨著AI模型與低碳押出技術持續深化，塑橡膠與複材產業將以更高效率、更低排放與更高附加價值邁向智慧化、循環化的下一階段。螺桿，不再只是旋轉的軸心，而是推動材料創新與綠色轉型的核心力量。🌱