



精準反應製程革新， 引領高效綠色製造新時代！

技術主編：金志龍 C. L. Chin

現職：工研院(ITRI) 材料與化工研究所 連續式合成應用研究室 經理

學歷：國立清華大學(NTHU) 化學系 博士

專長：連續式微反應器合成、分子設計、天然物合成、液晶材料

隨著科技的迅速發展，以及全球追求節能減碳、永續發展的趨勢下，化工與醫藥、特用材料產業正面臨轉型升級的挑戰。由於台灣腹地有限，加上國內環保意識的提升，傳統大型反應器的建設變得愈加困難，且傳統的高污染、高危險反應製程更不適合在台灣生產。在此背景下，「精準反應製程」的革新將成為提升生產效率、低碳製程與環保效益的關鍵解方。

藉由「微型化」與「連續式」之製程強化(Process Intensification)設計，結合線上監控與自動化控制，達到精確控制反應條件並優化製程，能有效降低能耗和廢棄物排放，同時提升產品品質和生產穩定性。這不僅為高效綠色製造開啓了全新時代，也符合當前對環保和永續發展之需求。

本專題將介紹精準反應製程技術與其應用趨勢。首篇聚焦於硝基化合物合成與低碳反應製程，硝基化合物與其苯胺衍生物被廣泛應用於日常產品，如：染料(偶氮染料)、高分子材料(聚氨酯、聚醯亞胺)、纖維(Nomex、Kevlar)、醫藥品等。但因這些產品生產製程中會使用到硝化反應，常伴隨劇烈放熱、產生大量廢酸與廢水，使得製程難以控制，造成反應製程碳排放高。藉由導入微反應器進行連續式硝化精準製程，能提高生產效率，達成低碳、高效率的綠色製造目標。第二篇將探討低碳環氧新世代反應製程，傳統環氧樹脂合成使用過量的環氧氯丙烷為原料，進行批次反應生產，然而，透過精準反應製程開發，可望提高反應的純度，減少純化程序負擔，並改善傳統批次反應器頻繁升降溫所造成的能耗，從而有效降低製程中的碳排放。接著將介紹非均相反應在微流道反應系統中的應用，微流道反應系統具有精確流體控制、高效熱質傳遞和小型化等獨特優勢；而非均相反應由於反應物相態的不同，常能展現出更高的反應選擇性和效率。將微流道反應系統與非均相反應結合，可進一步提升反應效率，並實現更精細的反應控制，整體提高了產品質量和生產效率，降低了生產成本。第四篇探討微量生物反應器在生物合成芳香族化合物中的應用開發。微量生物反應器技術具高通量篩選能力、高精確條件控制及動態監測等優勢，可顯著提升實驗效率並有效降低成本。此外，該技術亦能支持多樣化的微生物和反應物應用，為生物合成製程提供更靈活與高效的解決方案。最後一篇將探討連續式液-液相萃取與分離研究，台大蔣雅郁教授團隊開發一種創新的整合型連續萃取暨相分離反應器，透過可調式螺旋線圈結構，有效控制液-液界面壓力，突破傳統批次式製程的瓶頸，實現高效率的連續式萃取與純化程序。

透過本期專題探討的相關技術，期望能帶動國內業者積極投入精準反應製程技術的布局，推動化工產業朝向更高效、低碳和環保的方向發展，共同邁向高效綠色製造的新里程碑。🔗