



化工分離技術的應用與進展－專輯序言

國立中興大學化學工程學系教授 / 孫幸宜

化工分離程序主要將進料混合物分開為組成相異的兩種或多種產物，是石化、塑膠、能源、食品、生技醫藥、資源環境等產業中非常重要的關鍵環節，諸如：石油煉製、海水淡化、氫氣純化、天然物萃取濃縮、生物製品或藥物精製等，都與化工分離技術緊密相關。尤其對產品的純度、濃度、回收率等具高標準需求時，分離技術的優劣至關重要，通常主宰了生產成本與產品競爭力，進而影響整個工業生產的經濟效益。並且，隨著經濟之高度發展，環境保護及資源永續意識提高，污染防治、減碳、淨零排放等訴求越受矚目，廢水與廢氣的妥適處理成為關注課題，例如：廢水中污染物與危害物質之去除、燃煤發電廠煙道氣之脫硫與溫室氣體分離等，也均離不開化工分離技術的運用。產業從前端產程把關至末端排放防治環環相扣，分離程序又是關鍵步驟，必須確實執行且嚴謹完成指標，方能在製備高品質產物的同時達成節約能源、有效利用資源、與控制環境污染，以獲得經濟優裕且安全舒適的生活環境。

化工分離技術乃利用混合物各成分的物性或化性差異，將其轉化分成兩項或更多的產品，操作效果包括：分級、分離、濃縮、純化等。因進料混合物的相態與性質多種多樣，故有不同類型之分離技術，且常需串聯或耦合多種分離技術於一生產程序，才能達成所訴求之分離標的。若按照相態分類，則有固-固、液-固、氣-固、液-液、氣-液、氣-氣等多類混合物分離方法。而若基於物質傳輸現象之發生與否，則可分為機械分離和質傳分離兩大類。第一類機械分離：目的是分開由兩相所組成之混合物的各相，通常有一相為固相，故使用機械方式即可達成，且分開的兩相間並無物質傳送現象發生，例如：過濾、沉降、離心、旋風分離等，此類操作之耗費較低。第二類質傳分離：多應用於均相混合物的分離，過程中會發生質量傳遞現象，依據其分離之驅動原理，又可分成平衡分離與速率分離兩種程序。平衡分離是藉助分離媒介使均相混合物變成兩平衡相，且混合物的各成分於兩相中具有不同的分配行為，因而實現分離效果，例如：蒸發、蒸



餾、吸收、吸附、離子交換、萃取、提取、乾燥、結晶等單元操作程序，應用廣泛。速率分離則是在驅動力作用下，有時需搭配選擇性膜層的功能，利用混合物各成分之擴散速率差異達到分離效果，驅動力包括：壓力差、濃度差、溫度差、電位差等；此類程序的產物通常和進料為同一相態，僅於組成上有所差別，多種薄膜分離、電場分離等技術即屬於速率分離程序，在分離效率、能耗、環保等方面展現優越性。

化工分離設備一般佔工業生產程序中大半的投資成本，因此分離操作效率直接影響該生產程序的成敗，足見化工分離技術之重要性。伴隨著產業的蓬勃發達，化工分離技術也同時快速進展，或是針對所遭遇問題或新原料設計改善方案，或是開發新穎分離技術，或是強化、耦合多種分離程序等，均以提高分離效率、加大處理能力、節能減排、循環經濟為追求目標，亦是產業界與學術界當務之急。為了增進讀者對化工分離技術之認識，本刊特別邀請國內在此領域的五位專家學者分別就其專長撰文，說明各類分離技術的豐富應用、目前進展、與未來可期之發展趨向。

本專輯首篇邀請臺灣大學化工系童國倫教授的研究團隊，以深入淺出方式介紹「膜分離技術在化工程序強化上之新應用」。文中先強調程序強化之重要性，包括：降低工廠規模、減小製程能耗、增加生產效率、

以及廢棄物的產出控制與回收利用。因薄膜分離技術具有諸多優勢：可在常溫常壓下操作、設備體積小且佔地小、易於放大或縮小規模、固定成本及操作成本低、能耗低、分離選擇性佳、產生的廢棄物少、操作環境相對安全等，故可直接取代傳統耗能的分離技術、或與傳統分離技術耦合形成複合式程序，以達到最佳分離效果，實為程序強化之最佳幫手。本文以四項化工傳統分離程序為例，說明薄膜技術的更優應用與進展：

(一) 介紹滲透蒸發薄膜技術應用於傳統難達成的溶劑回收；(二) 介紹薄膜程序應用於觸媒回收；(三) 介紹電透析程序應用於酸液及鹼液之同時回收；(四) 介紹薄膜技術對於傳統氣體分離程序之優化。本文採用淺顯通俗且貼近行業現狀的闡述方式，期將薄膜分離技術廣為周知。

第二篇專文為中央大學化材系周正堂教授團隊與台電公司合作的「以變壓吸附法捕獲燃煤電廠煙道氣中二氧化碳」。二氧化碳排放造成全球暖化、熱室危機，減碳降排已是當勢所趨，因此碳捕獲與封存技術越受重視。臺灣目前仍以燃煤之火力發電為主要供電來源，且二氧化碳為最大宗的排放溫室氣體，故精進燃煤發電廠煙道氣的碳捕捉技術乃刻不容緩。本文先介紹各種二氧化碳捕獲與純化方法並比較優缺點，進而採用具操作簡單、操作成本低、對環境衝擊小等優點的變壓吸附程序，以沸石為吸附劑實際應用於臺中燃煤發電廠所排放預處理後之煙道氣的



二氧化碳捕捉，並詳述原理、設備、與操作方式等，切實分離出高純度且高回收率的二氧化碳。此為成功的化工分離技術產學合作案例，且為國內燃煤發電廠污染防治提供可行之解決管道。

本專輯第三篇文章邀請臺灣科技大學化工系李豪業教授，就其程序設計之專長與豐富經驗，詳細介紹「蒸餾節能設計在化工製程上的開發與應用」，屬於蒸餾分離技術的新穎進展。常用於化工產業的反應蒸餾程序集反應與分離於一效，唯蒸餾最為耗能，因此改良程序之各種熱整合方式因應而生，希求降低能源消耗。本文除闡明反應蒸餾程序的精髓外，重點敘述新式複合型熱整合之設計概念，並以碳酸二苯酯反應蒸餾程序為範例，針對複合型熱整合組態的節能效益評估與比較，證實此新穎熱整合組態可有效節能及降低操作成本，也可消除再混合效應，提升整體程序的經濟效益。

第四篇為臺灣大學化工系郭修伯教授與長庚大學綠色科技中心黃安妮副教授之研究團隊所撰寫的「高效氣固旋風分離器的發展與應用」專文。旋風分離器為產業中常見之利用離心原理的氣-固、液-固分離設備，具有高效分離、操作容易、製造與操作成本低、操作條件範圍廣等特性，應用與發展多元。本文為詳實的氣固旋風分離器回顧文章：先介紹構造、操作、與設計原理，彙整流場模型與指標效能預估公式；繼而闡述文獻中

利用計算流體力學軟體改良優化旋風分離器的結構與效能之設計案例；最後則說明該團隊對於旋風分離器的新穎設計與實務應用，並總結旋風分離器於各產業的多樣用途。

第五篇專文由昱倫生物科技公司蔡岳樺副總分享「保健食品常用之分離純化流程」，以其自身在保健產品包裝劑型之多年經驗，所接觸與了解的常用保健食品原料（食品濃縮粉或萃取物），向讀者簡介一些熱門原料的生產製程，包括：膠原蛋白、清酒酒粕、乳清蛋白、豬血紅素鐵粉、薄荷萃取物、乳燕窩萃取物、印加果油、紅藻萃取油（含蝦紅素）、金盞花（含葉黃素）等，均經由多種連續的分離純化步驟而得，其中過篩、過濾、濃縮、乾燥是最常使用於此產業的分離技術。本文並介紹保健產品的包裝劑型（膠囊、錠狀、粉包等）、功效作用、安全考量等資訊，於注重身體保健之今日應能引發讀者閱讀的濃厚興趣。

最後，非常感謝以上各專文的作者們在百忙中抽空撰稿，分享寶貴的知識與經驗。期盼透過此一專輯所提供化工分離技術的應用與進展之相關資訊，可讓讀者清楚了解產業分離程序走向提效、節能、低碳、降排、回收、增益的發展趨勢，且對於未來各產業選擇與應用化工分離技術能有進一步的幫助。我們也期待臺灣在化工分離程序的研發進展與產業運用更加蓬勃發達，兼顧環境永續發展，增加競爭力，甚而居領先地位。