

## 再生循環程序 猶如四季輪轉之美

專題報導

春夏秋冬四季的更替不息，寒來暑往，花開花謝，日出日落，使大地充滿生機，色彩豐富又具多樣性。生命的現象亦是如此，依序循環，生寄死歸，自然凋零，餘蘊後生，淬煉來生，所以，它不像充滿壓迫感和不確定感的科技，只是直線的發展，其實，萬事萬物可以呈現更和諧的一面。

舉例來說，物質現象界中的水資源，以不同的形態呈現流動性，雖然有不同性質的使用階段，然而透過自然界地層的層層過濾，就變成「資源循環」系統中可再重複利用的資源。

化工製程中的迴流（reflux）和資源回收（recycle）策略，都具有循環的理念，那是代表一種態度和自然界本有存在的和諧定理。

以化工製程而言，迴流循環的應用將提供原料端更佳的善用率，並且提高產率，而蒸餾塔中最適的回流比，更是提供較低總成本的程序設計。同理，「資源循環」利用系統，亦是達到減廢及資源回收再利用的目標，進而建構資源永續發展之循環型社會。回顧1998年，我將本系葉和明教授在成功大學教學期間發表的一篇有關雙流式平板型熱量交換器的數值解論文，加裝迴流型循環裝置，並推導解析解的數學模型以提高熱傳效率的設計後，陸續將其推展至不同迴流形式、不同邊界條件、不同幾何形狀和多行程操作，配合實驗的驗證和發表期刊論文。

接著將熱量交換器的應用導入質量交換器和太陽能集熱器的設計，於是，才有後來的薄膜氣體吸收、薄膜透析、薄膜萃取，及至於目前的太陽能輔助薄膜蒸餾於海水淡化系統的相關研究。

這一晃15年的研究歷程，並已發表超過150篇SCI期刊論文，期間也積極參與國內外的研討會，吸收新知和技術，對於純水的產出，提供製程上的改善設計，也對臺灣的缺水問題提供一個可行的方向。

事實上，缺水的問題已成為全球性的環境問題，臺灣亦然，加上水質污染，缺水的問題日益嚴重。因此，海水淡化系統的建構有其重要性，又薄膜海水淡化系統具有低成本、高介面面積、裝置簡潔、可模組化等多方面之優勢，是解決缺水的可行之道。

近來廣受重視的薄膜蒸餾屬於熱驅動的分離程序，其主因是可有效利用低溫熱源與可操作於常壓，以及有機高分子薄膜的開發，加上再生能源之太陽能所提供的低溫熱能，使得太陽熱能輔助薄膜蒸餾技術成為極具吸引力的1個綠色分離技術。

臺灣可利用的太陽能非常驚人，應用太陽能輔助薄膜蒸餾於海水淡化系統，提供了非

常有潛力的發展利基。

再者，就目前的太陽能輔助薄膜蒸餾於海水淡化程序系統，包括了能源（太陽能）的使用、蒸餾設備（化學工程）的設計、分離技術（單元操作）的技術、薄膜材料的開發（材料科學）、數學模型的建立（輸送現象），以及最佳化效率的模組設計（成本分析），需要研究團隊方可以有具體成效。

以本系張正良教授從畢業系友募款，於2008年成立「能源與光電材料研究中心」為研究基地，凝聚研究能量，於是提出國科會永續會的整合型計畫案（98~103年度），自基礎的吸收膜與薄膜材料，集熱、儲熱與薄膜蒸餾之關鍵設備，以至整體程序之設計與操作，全範疇地進行探討，並開發各項技術與創新設備設計，包括直接接觸式、氣隔式薄膜和真空式薄膜蒸餾，已達成具體豐碩的成果。

目前已完成一套實驗室級完整系統，並針對能源不確定製程，發展出系統化提高水網路操作彈性的系統求解分析方法與操作條件設計及改進策略，達成純水產能提升的最適化設計。

由理論到實際應用的社區實驗工廠，是研究最後必須跨出的重要步伐，為激發本研究團隊的能量，以現有的研究成果，再度提出鄉鎮型實驗工場的整合型計畫案，我希望這是下一步的目標。

另外，薄膜蒸餾海水淡化的程序，只需經過分離操作的設計即可，目前世界性的議題是「減廢」和「再利用」，所以「再生水」的議題應運而生。

除了海水外，薄膜蒸餾系統可用於「再生水」之使用迴圈操作程序，提供不同使用端的需求，滿足不同標準使用要求。而「再生水」的成本最低，又有助於改善生態環境，實現水生態的循環迴圈，也是未來本團隊研究方向的主軸之一。