

# 綠色化學程序尖端技術

文・圖／余政靖（石化中心主任）、吳乃立（化工系主任）、張文星（研究助理）

**傳**統基礎工業，包括煉油、石化、鋼鐵和水泥等產業，產值佔製造業總產值的 1/3 以上。這些工業是國內製造業的原物料供應者，也是國家基本建設的物料供應者之一，是一國工業之工業命脈。然而面對國際能源價格不斷的攀升、勞工成本的提高，以及全球環境保護意識的抬頭，國內石化產業（暨其他傳統產業）唯有進行有效的程序改質，達到提升能源使用效率、降低工業廢棄物的產生、確保產品品質以及開發新的清淨製程技術，才能維持經濟競爭力並兼顧維護國內人民生活與環境的品質。除了西方國家以程序整合（Process Integration）為主的發展方向外，另一個發展方向就是朝向較具前瞻性的程序強化（Process Intensification）。

所謂程序強化其含意包含三項，即「創新性（Innovative）」、「革命性（Revolutionary）」和「顯著性（Substantial）」。程序強化的技術可以維持在相同的產能下，顯著地降低一個化工廠的體積或面積，降低對社會與環境的衝擊。由於台灣地狹人稠，土地昂貴不易取得，加上環保意識的抬頭，化工業者要提振現有的規模基礎談何容易。試想當一個現存的化工廠，使用的土地面積縮減為原來的 1/10 以下時，其對社會與環保的貢獻將具有相當顯著的正面效應。因此在眾多的解決方案中，程序強化技術將是國內化學工業轉型的最佳選擇。為了達成此一目標，經濟部技術處委託

台灣大學「石油化學工業研究中心」成立綠色化學程序尖端技術之學界科專計畫（2003-2007），以綠色環保為架構之前提下進程序強化技術。

## 研究主題

為解決程序強化技術所面臨的主要問題，本計畫已將三項與程序強化相關的技術區分為 A、B、C 三項子計畫，分別由相關領域學有專精的學者專家主導計畫的執行（圖 1）。

### ●分項計畫 A：超重力與超臨界流體技術開發

超重力技術可以使程序設備之體積縮小，使工廠用地節省，甚至可將之置於室內，圖2為典型的超重力填充床反應器結構。本分項計畫擬於前三年中針對超重力質傳單元之基礎設計進行研究，並將超重力技術應用於奈米微粉之設備及膜分離之操作，未來將尋求與業界合作之機會；超臨界流體技術因為使用超臨界二氧化碳取代有機溶劑作為化工程序之溶劑，因此可達到程序減廢的效果，本分項計畫擬由熱力學數據之量測及模式之建立為起點，進而由批式發展為連續製程，並配合程序模擬以進行經濟評估，完成技術移轉之準備。

### ●分項計畫 B：反應性分離技術開發

此技術可大幅簡化化工生產程序，提高生產效率，並降低能源的需求，對改善現有化工產業有

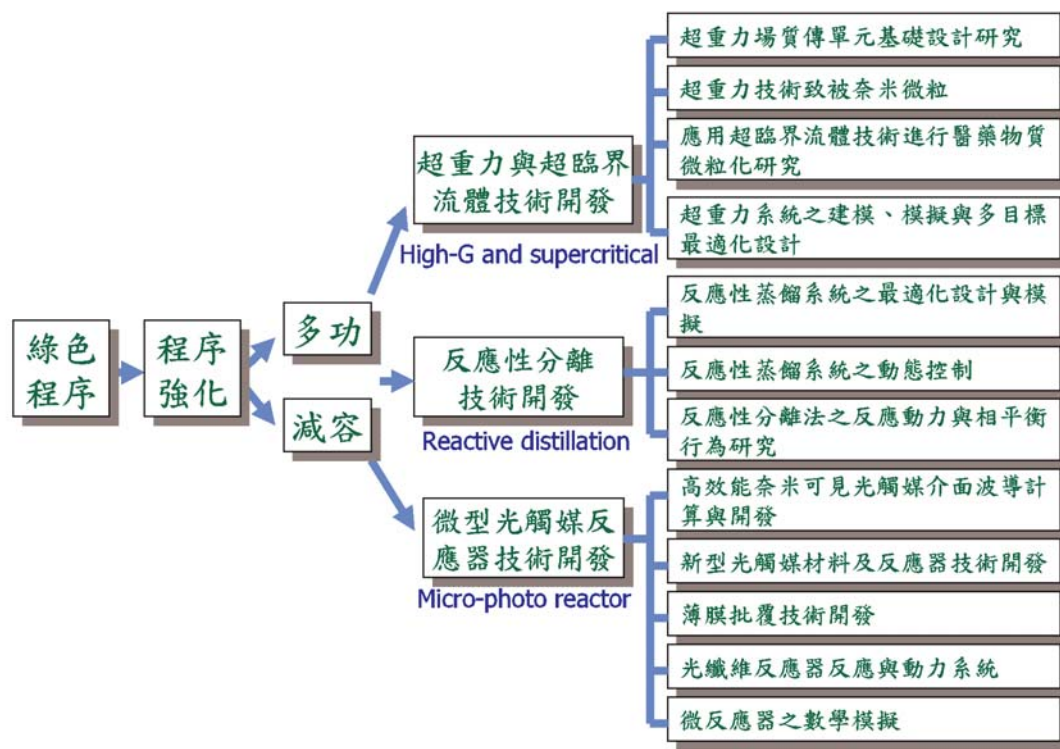


圖 1：計畫架構。

極大的潛力，此技術在國際上亦受到相當的重視，係將反應與分離的操作合併在一個單元設備中進行的新式化學品產製方法，如傳統生產流程需要1個反應器加上9個蒸餾塔才能達到我們所需的產品規格，而使用反應性分離技術，我們可以使用一個反應性蒸餾塔即可達成目標產物（圖3）。然而，現階段國內對此種製程技術的經驗與能力均多所欠缺，為了建立國內自有新製程技術的研發能力與提升國內化工產業的國際競爭力，本計畫將以反應性分離技術的研發為重心，從基礎研究出發，並延伸至反應性蒸餾（Reactive Distillation）程序的分析、模擬以及控制系統的設計等核心技術，協助將此製程新技術順利落實於產業。

#### ●分項計畫C：微型光反應器技術開發

此技術主要是利用電子電路所發展出之微型化

技術，由於微型化的結果，在反應器的安全設計與製造上簡化許多。因在反應器中的反應物與生成物的量並不多，一旦反應器發生原物料的逸出或生成物外洩的情形，亦不會對環境造成立即重大的危害。雖然微反應器生成物的量不多，不過卻可以透過程序整合設計來改進，本分項計畫之目標在於開發光纖微反應器技術。短期將以強化型微反應器的設計製造及可行性展示為主要目標，具體目標則是發展包括新型高效可見光觸媒、薄膜型光觸媒，進而組裝光纖微反應器（圖4），並進行光反應與動力式之探討，研發光纖輸送分配系統，以充分利用太陽能為最終目標。

#### 現階段研究成果及未來方向

本計畫執行迄今已兩年餘，除積極爭取與工業界合作研究，並與國外各相關研究單位建立合作

關係，交換研究資料，了解國際發展趨勢。此期間共計產出6 專利申請、65 篇期刊論文、2 先期技術授權，並舉辦4 場研討說明會。研究成果如下：

●在超重力與超臨界流體技術開發方面有以下成果：

1.超重力方面的研究對超重力裝置之基礎設計已獲得多項結論，如操作變數對微觀混合之影響，填充床內外半徑對質傳之影響以及超重力場與高剪切力對相圖之影響。同時以超重力裝置成功地製備  $\text{BaCO}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$  以及藥物之奈、微米粉體。

2.超臨界流體技術方面已建立連續式及批次式之反溶劑設備，可控制藥物之結晶特性及獲得次微米粒徑。經進行抗菌實驗後，已證實以上兩種技術所獲得之次微米藥物較市售微米級藥物在抗菌上有較佳之效果。

3.國外已有將微粒化藥物應用於呼吸道吸收及包覆技術開發之實例。但在國內微粒化藥物開發應是首次研發，已建立實驗室規模並將與藥學及藥廠積極合作，尋求特定目標作為研發對象，擬藉由研發聯盟的建立，促進產業應用目標之達成，預計新劑型藥物將有目前 10 倍的市場價值。

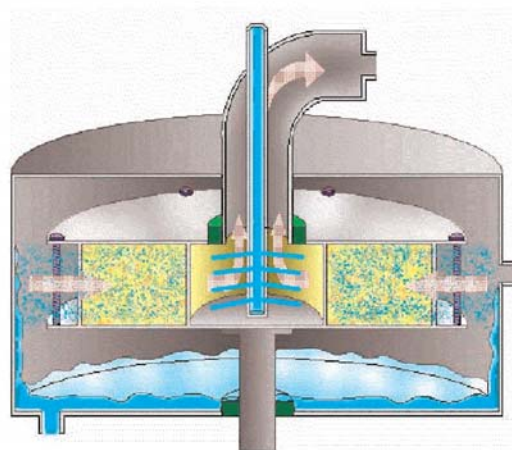


圖 2：典型超重力填充床反應器。

●在反應性分離技術開發方面有以下成果：

1.透過最適化設計與模擬後，由於乙酸乙酯及異丙酯此兩系統熱力學之特性，發現不純進料系統與第一年度之純進料系統之結果比較，差異甚微，但考慮純進料系統與不純進料系統之進料成本，雖不純進料系統之投資成本略高於純進料系統，但具有高度的投資邊際效應。

2.因乙酸甲酯對於含水乙酸會產生強烈逆反應以及熱力學特性，所以不適合作為廢酸回收之設計對象，而乙酸戊酯系統其容忍度大，雖以 30wt% 乙酸進料之系統之投資成本大約為純進料之系統之三倍，但考慮其進料成本，前者具有高度投資

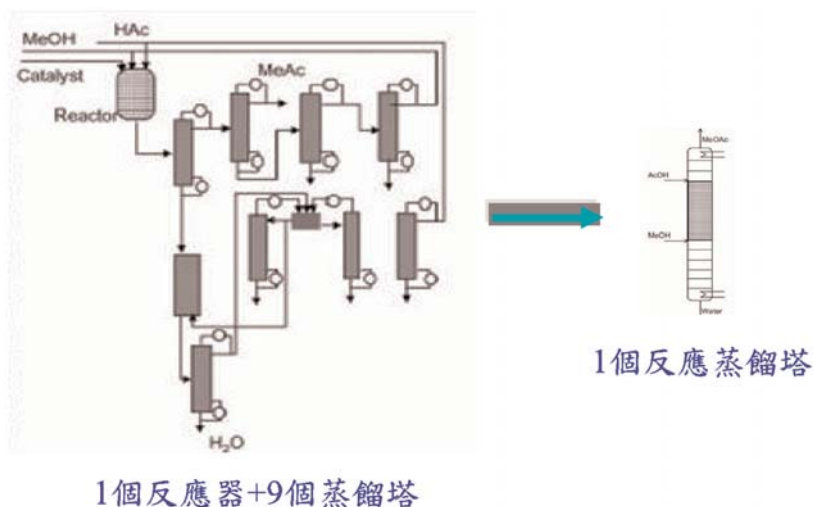


圖 3：反應性蒸餾的優點。



余政靖 小檔案

#### 學歷：

Lehigh University 化工博士 (1982-1986)

Lehigh University 化工碩士 (1980-1982)

東海大學化工學士 (1975-1979)

#### 經歷：

國科會政府科技發展計畫化工領域策略規劃召集人 (2004- 迄今)

台灣大學石油化學工業研究中心主任 (2004- 迄今)

台灣大學化工系教授 (2001- 迄今)

國科會工程處化學學門召集人 (2000/1-2002/12)

台灣科技大學化工系教授 (1990-2001)

台灣科技大學化工系教授兼系主任 (1991-1997)

台灣科技大學化工系副教授 (1986-1990)

#### 獎勵：

- 化學工程學會石延平論文獎 (2001)
- 化學工程學會最佳論文獎 (1998; 2000; 2004)
- 國科會傑出研究獎 (1992-1994; 1994-1996; 2003-2006)
- 化學工程學會學術勵進獎 (1990)

價值。

3.國外已應用反應性分離技術均屬於以硫酸為主的均相觸媒反應系統。本計畫擬採用固體的酸性觸媒或離子交換樹脂取代，可使得製程更為環保，朝向工業減廢、降低二氧化碳排放、資源回收再利用發展，協助業界降低投資成本，減少污

染，以符合京都議定書。將反應性分離綠色製程技術應用於化學品的生產以及廢酸與廢醇的回收，均有相當的潛在市場。

4.國際研發上有 70 多種程序被探討，但甚少有完整歸類或對程序有全面性了解。目前針對乙酸與 5 醇類（甲醇、乙醇、異丙醇、丁醇及戊醇）之酯化反應透過熱力學特性分析可以設計出 type I、II、III 三種不同架構。這是國際上第一次如此完整的探討與歸類這對特化的發展助益良多，目前對反應蒸餾程序開發，本團隊是屬於世界領先群之一，相信必能對國內反應性蒸餾技術的開發有所助益且節省開發成本。

#### ●在微型光反應器技術開發方面有以下成果：

1.利用陽離子摻雜獲得二氧化鈦微結晶粒子，將光吸收波長延伸至  $>400\text{nm}$ ，可見光之下具有顯著提升之光催化活性。

2.完成奈米（晶徑  $<10\text{nm}$ ）氧化鋅粉體之合成；製備  $\text{TiO}_2/\text{SrTiO}_3$  複合光觸媒，獲得緊密結合




圖 4：光纖微反應器。

之二相界面。

3.完成以金屬—有機沉澱法製備出單相銳鈦礦相TiO<sub>2</sub>光觸媒薄膜之披覆技術。

4.利用電磁波行進光束方法（Beam Propagation Method, BPM）分析光觸媒／光纖光波導的傳播，完成模擬計算為元件之設計參考。

5.國外期刊有光纖光反應器的技術發表，但都還在實驗室階段，主要以污染防治為主要應用方向。本計畫已設計組裝光纖光反應器原型展示，並完成CO<sub>2</sub>光催化還原成甲醇，以及反應動力式推導，對於太陽能轉化成再生能源具發展潛力。對於工業界空氣或水污染防治與開發，可達到節約能源、有效去除污染物的效益。

未來將成立三個研發策略聯盟，持續以工業減廢、降低能源依賴等綠色化學程序，作為產業未來發展之重點。利用綠色化學程序所開發的市場，預期將有特用化學品（電子用化學品）、醫藥化學品（原料藥及醫藥品）、健康食品、廢棄物處理、綜合化學品、石油化學品及生物技術產品等市場。根據日本的市場調查，僅是與微化學系統製造業相關的市場總產值即達20兆日圓以上，台灣亦有機會達到上兆元的總產值。 

## 延伸閱讀

### ●超重力與超臨界技術方面：

- 1.Chen, Y. S., C. C. Lin, and H. S. Liu, "Mass Transfer in a Rotating Packed Bed with Viscous Newtonian and Non-Newtonian Fluids," Ind. Eng. Chem. Res. 2005, 44, 1043.
- 2.Lin, C. C., Y. S. Chen, and H. S. Liu, "Adsorption of Dodecane from Water in a Rotating Packed Bed," J. Chin. Inst. Chem. Engrs. 2004, 35, 531.
- 3.Chen, Y. S., H. S. Liu, C. C. Lin, and W. T. Liu, "Micromixing in a Rotating Packed Bed," J. Chem. Eng. Jp. 2004, 37, 1122.

### ●反應性分離技術方面：

- 1.H. P. Huang, J. C. Jeng, and K. Y. Luo, "Auto-tune System Using Single-run Relay Feedback Test and Model-based Controller Design," J. Process Control 2005, 15, 713.
- 2.Y. T. Tang, H. P. Huang, and I. L. Chein, "Plant-Wide Control of a

Complete Ethyl Acetate Reactive Distillation Process," J. Chem. Eng. Japan 2005, 38(2), 130.

- 3.S. G. Huang, C. L. Kuo, S. B. Hung, Y. W. Chen, and C. C. Yu, "Temperature Control of Heterogeneous Reactive Distillation: Butyl Propionate and Butyl Acetate Esterification," AIChE J. 2004, 50, 2203-2216.

### ●微型光反應器技術方面：

- 1.C. F. Lo, and Jeffrey C. S. Wu, "Preparation and Characterization of TiO<sub>2</sub>-Coated Optical-Fiber for Photo Reactor," J. Chin. Inst. Chem. Engr 2005., 36(2), 119-125.
- 2.Jeffrey C. S. Wu, Chih-Hsien Chen, "A Visible-light Response Vanadium-doped Titania Nanocatalyst by Sol-gel Method," Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 2004, 163, 509-515.
- 3.Hsu, J.P. and T.H. Wei, "Residence Time Distribution of a Cylindrical Microreactor", Journal of Physical Chemistry B 2005, 109, 9160-9165.

## 職能治療學系誠徵講師以上教師一名

### ■資格：

1. 具有教育部認可大學職能治療相關領域之博士學位或助理教授以上資格（此資格得於95年8月1日前取得）。
2. 五年內曾發表職能治療相關領域之原著論文或博士論文。
3. 具有中華民國職能治療師執照者優先考慮。

### ■工作內容：

負責本學系小兒或精神職能治療領域相關課程之教學（含大學部及研究所之課程）、研究（含研究生之指導）與服務。

### ■檢具資料：

1. 履歷表、相關學位及證照證明
2. 著作目錄（含抽印本或論文）
3. 教學及研究計畫書
4. 推薦函兩封
5. 其他有助於申請之資料

備註：有關履歷表、著作目錄、教學及研究計畫書等之格式，請參考本校醫學院專任教師聘任之表格撰寫，請至<http://w3.mc.ntu.edu.tw/staff/person/html/form.html> 下載相關表格。

■截止日期：民國94年12月31日以前（以郵戳為憑）。

■寄件地址：台北市100中山南路7號 台灣大學醫學院職能治療學系 謝清麟主任 收（信封上請註明應徵教師）

■連絡電話：(02)2312-3456 轉 7571 傳真：(02)2371-0614

網址：<http://w3.mc.ntu.edu.tw/~ot/>

■預定起聘日：民國95年8月1日

備註：本系系館預定於年底搬遷至徐州路公衛大樓4樓，聯絡電話若有更改，將於學系網頁公佈，不便之處請見諒。