

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 改變掃流膜過濾之流力行為以延緩結垢之研究(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2214-E-032-001-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：淡江大學化學工程與材料工程學系

計畫主持人：吳容銘

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 5 月 30 日



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫期中進度

改變掃流膜過濾之流力行為以減緩結垢之研究(1/3)

計畫編號：NSC 94-2214-E-032-001

執行期限：94年8月1日至95年7月31日

主持人：吳容銘 助理教授

計畫參與人員：林勉宏、楊文傑

執行機構及單位名稱：淡江大學化學工程與材料工程學系

## I. 中文摘要

影響膜過濾效能之主要因素為膜表面結垢現象，掃流過濾雖改進以往傳統(dead end)過濾技術濾通量(permeate flux)隨時間快速遞減之缺點，但提高掃流速度，意味著需要大量的原漿及消耗能源，不符合成本效益。若能在不提高掃流速度的前提下，增進膜表面剪應力及膜面使用效率，應可提高掃流膜過濾之效能。本研究主題為改變掃流膜過濾之操作方式，期能減低或延遲結垢現象。主要以實驗進行掃流膜過濾，取得本計畫系統之實驗數據，以作為後續比較之基礎。並以 CFD 計算各種不同傾斜角度薄膜之流場，找出掃流速度、膜表面剪應力分佈、傾斜角度與濾量(permeate volume)最大化之關連。並分別進行 2 實驗。一為傾斜掃流膜過濾，另一為膜進口前端截面積循環式改變之噴流設計，藉縮小截面積以提高噴流速度及剪應力，輔以 CFD 計算掃流速度、截面積變化頻率與濾量最大化之關連。並將此 2 實驗結果與傳統掃流實驗數據比較。

## Abstract

The major influence on the performance of membrane filtration is the fouling on the membrane surface. A flaw of the dead-end filtration is the decaying of permeate flux. Cross-flow filtration has finite decreasing rate of the permeate flux. Though increasing the cross-flow velocity of the suspension could decrease the fouling resistance, it means that the economic cost will increase. Under a prerequisite of not enhancing too high of cross-flow

velocity, it should increase the performance of the membrane filtration by increase membrane surface shear rate.

**關鍵詞**：掃流過濾、CFD、結垢、剪力、多孔體

## II. 計劃緣由與目的

本研究計畫主要以流力行為改變方式，提升掃流膜過濾的濾速。以流力提升濾速的方式如 Wakeman and Williams (2002)所示。近年來薄膜分離技術於此方面之發展說明如下：

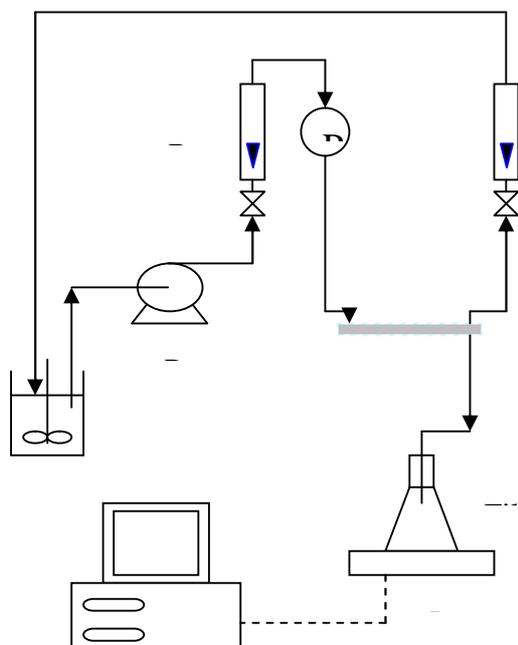
Hoek *et al.* (2002)以模式推導膜幾何結構、剪應力大小與 RO 及 NF 結垢速率之關連，當膜孔道高度固定時，提高剪應力可減低膜結垢。在定流量之下，提高剪應力仍可減低膜結垢。而在定剪應力下，膜孔道高度對結垢影響不大。Qin *et al.* (2004)利用 UF 前處理方式搭配 RO，可將市政廢水濁度處理至 0.13NTU 以下。Turano *et al.* (2002)利用離心力前處理方式搭配 UF，可將廢水中之 COD 有效降低 90%。Zhang and Song (2000)以實驗與理論比較 UF 和 MF 之操作壓力與濾速之關係，並導出所謂特徵壓力(characteristic pressure)，為最適操作之壓力。Kim *et al.* (2002)利用 UF 前處理方式搭配 RO，可將工業與市政混和廢水濁度處理至 1.15NTU 以下。Schick (2003)先以定速操作傳統(dead-end)膜過濾，再轉為定壓操作，可提升濾速至 35% 以上。Field *et al.* (1995)以定濾速方式進行微過濾，並探討其與膜結垢之關連，在特徵透膜壓力之下，幾乎沒有不可逆結垢現象(irreversible fouling)發生。Parameshwaran *et al.* (2001)於定濾速操作下比較

間歇性進料(intermittent feed)、掃流(crossflow)及傳統(dead-end)微過濾合併反洗操作三者之過濾效率，掃流過濾並沒有較好的效率，而間歇性進料產率低，因此以傳統(dead-end)微過濾合併反洗操作效率最好。Gupta *et al.* (1995)以螺旋檔板應用於掃流微過濾，可提高濾速 50%。Millward *et al.* (1995)於膜面附近設立增進擾流之障礙物以提升濾速。Schluep and Widmer (1996)以改變進料方向針對過濾初始暫態效應進行研究，在其酵母菌懸浮液系統中，並未能有效提升濾速。

### III. 實驗設備暨模擬方法



圖一 掃流過濾實驗設備



圖二 掃流過濾實驗設備

圖一及圖二為掃流過濾實驗設備，所使用的掃流面積為長 5.5cm，寬 2cm 的薄膜(Durapore,

0.1 $\mu$ m)，配製好的原漿 (PMMA, 1210 kg/m<sup>3</sup>, 0.8  $\mu$ m, 0.2wt%)由幫浦輸送，由流量及壓力計控制流量暨透膜壓差，掃流過之溶液迴流至原漿，濾液則收集並由電子天平記錄。

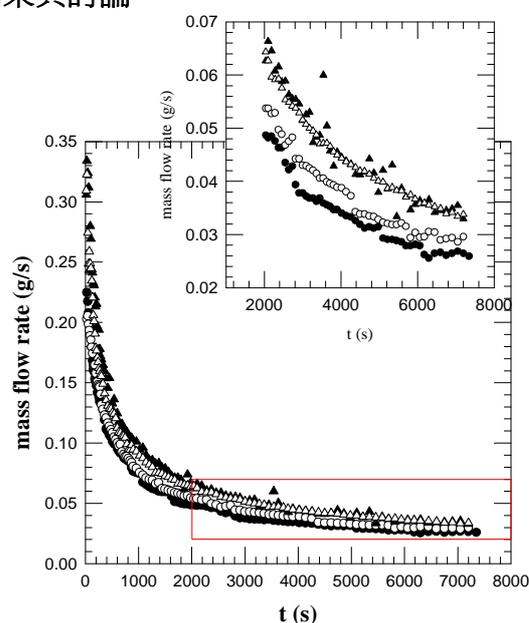
所使用的模擬軟體為 FLUENT 6.0。流體假設為水，統御方程式為 N-S eq. :

$$\rho(\vec{u}_f \bullet \nabla)\vec{u}_f + \nabla p = \mu \nabla^2 \vec{u}_f \quad (1)$$

薄膜部份假設為一多孔體，統御方程式為 Darcy 定律：

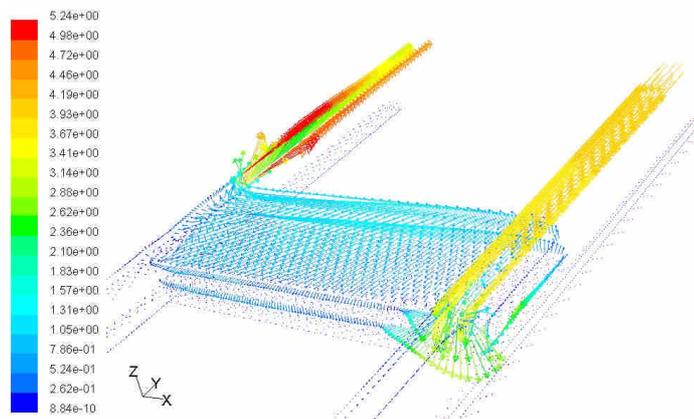
$$\nabla P = -\frac{\mu}{k} \vec{v} \quad (2)$$

### IV. 結果與討論

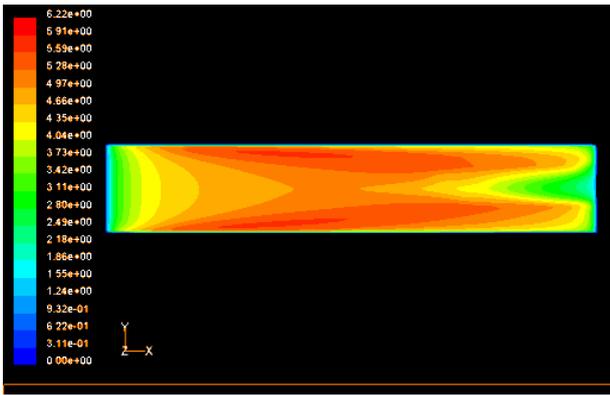


圖三 0.2% PMMA 濾速圖

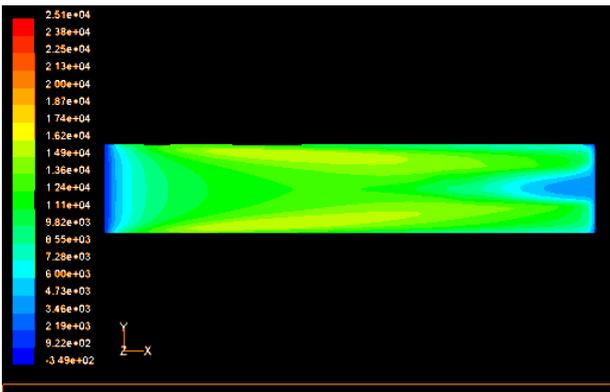
圖三為實驗所得到的濾速圖。由圖中可知，當掃流過濾有一傾斜角度時，實驗後端所收集到的濾液較多。



圖四 掃流整體速度分布圖

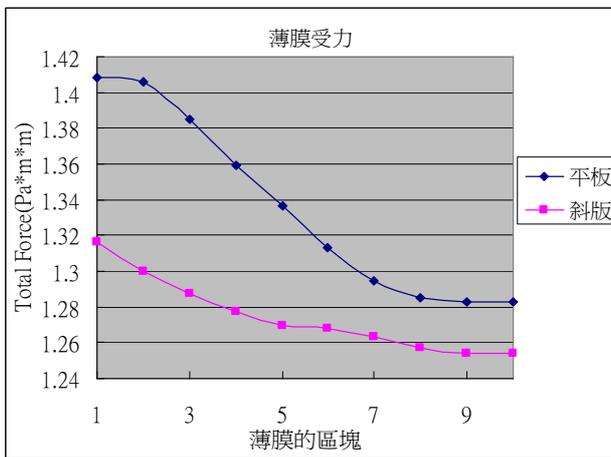


圖五 膜表面速度等高線圖



圖六 膜表面壓力等高線圖

圖四、圖五及圖六為計算所得到的速度分布以及壓力分布圖。根據計算出來的速度場，積分可得如圖七的膜表面受力分析圖。



圖七 膜表面受力分析圖

### V. 計畫成果自評

研究內容與原計畫相符並達成預期目標，投稿一篇論文於國際期刊 journal of colloid and interface science 已被接受，一項專利申請中。

藉由模擬計算可得到薄膜表面的受力分析，

與實驗結果比較，可提供改進掃流膜過濾效能的參考，唯計算部份尚可改善之處有：

1. 流體為多相流。
2. 薄膜孔洞構造需描述的更詳盡。

### VI. 參考文獻

Field, R. W.; Wu, D.; Howell, J. A. and Gupta, B. B. "Critical flux concept for microfiltration fouling" *J. Membr. Sci.*, 100 (1995) 259-272.

Gupta, B. B.; Howell, J. A.; Wu, D. and Field, R. W. "A helical baffle for cross-flow microfiltration" *J. Membr. Sci.*, 99 (1995) 31-42.

Hoek, E. M. V.; Kim, A. S. and Elimelech M. "Influence of crossflow membrane filter geometry and shear rate on colloid fouling in reverse osmosis and nanofiltration separations" *Environmental Engineering Science*, 19 (2002) 357-372.

Kim, S. L.; Chen, P.; and Ting, Y. P. "Study on feed pretreatment for membrane filtration of secondary effluent" *Separation and Purification Technology*, 29 (2002) 171-179.

Millward, H. R.; Bellhouse, B. J.; Sobey, I. J. and Lewis, R. W. H. "Enhancement of plasma filtration using the concept of the vortex wave" *J. Membr. Sci.*, 100 (1995) 121-129.

Parameshwaran, K.; Fane, A. G.; Cho, B. D. and Kim, K. J. "Analysis of microfiltration performance with constant flux processing of secondary effluent" *Wat. Res.*, 35 (2001) 4349-4358.

Qin, J. J.; Oo, M. H.; Lee, H. and Kolkman, R. "Dead-end ultrafiltration for pretreatment of RO in reclamation of municipal wastewater effluent" *J. Membr. Sci.*, 243 (2004) 107-113.

Schick, K. "Enhancing dead end filtration throughput using a non-traditional liquid handling procedure" *Filtration and Separation*, 40 (2003) 30-33.

Schluep, T and Widmer, F. "Initial transient effects

- during cross flow microfiltration of yeast suspensions” *J. Membr. Sci.*, 115 (1996) 133-145.
- Turano, E.; Curcio, S.; De Paola, M. G.; Calabro, V. and Iorio, G. “An integrated centrifugation-ultrafiltration system in the treatment of olive mill wastewater” *J. Membr. Sci.*, 209 (2002) 519-531.
- Wakeman, R. J. and Williams, C. J. “Additional techniques to improve microfiltration” *Sep. and Puri. Tech.*, 26 (2002) 3-18.
- Zhang, M. and Song, L. “Pressure-dependent permeate flux in ultra- and microfiltration” *Journal of Environmental Engineering*, July (2000) 667-674.

## 可供推廣之研發成果資料表

 專利申請中

 可技術移轉

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

國科會補助計畫	計畫名稱：改變掃流膜過濾之流力行為以減緩結垢之研究(1/3) 計畫主持人：吳容銘 計畫編號：NSC 94-2214-E-032-001 學門領域：分離技術
技術/創作名稱	低風阻車輛
發明人/創作人	吳容銘
技術說明	中文：  (100~500 字)
	英文：
可利用之產業 及 可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

2006年5月11日

報告人姓名	吳容銘	服務機構 及職稱	淡江大學 化學工程與材料工程學系 助理教授
時間	2006/5/3~2006/5/5	本會核定 補助文號	NSC 94-2214-E-032-001
會議 地點	奧地利維也納		
會議 名稱	(中文) 第5屆歐洲化工與環境會議 (英文) 5 <sup>th</sup> European Meeting on Chemical Industry and Environment		
發表 論文 題目	(中文) 膠凝澄清池之三維模擬 (英文) A 3D Simulation Study of Sludge Blanket Clarifier		

報告內容應包括下列各項：

## 一、參加會議經過

本次在國科會補助下，於5月3日（三）由台北搭乘長榮航空公司 BR0061 班機赴奧地利維也納參加由維也納科技大學(Vienna University of Technology)與奧地利化學學會(Austrian Chemical Society)合辦之 5th European Meeting on Chemical Industry and Environment 會議，本會議是歐洲例行的化學工業與環境會議，一共有 31 個議程，以及約 140 篇論文發表。抵奧後前往當地 Hotel Ibis 登記住宿，並參與研討會。

整體議程可見附件一之影本。整個會議中來自亞洲的國家只有台灣 2 位與日本 1 位，會議中並巧遇 prof. R. Wakeman 與 prof. H. Anlauf。2 位分別為英、德 2 國重量級化工界人士。prof. R. Wakeman 為 2006 年 10 月法國舉辦 2<sup>nd</sup> European Conference on Filtration & Separation 會議之 scientific committee 主席，prof. H. Anlauf 為 2007 年 3 月德國舉辦 FILTECH 2007 會議之主席，並且為 2008 世界過濾會議（10<sup>th</sup> WFC）之主席，這 3 個會議都是未來過濾界人士積極參與的會議。本人與 2 位教授結識於去年輸送現象研討會上，顯見國內積極邀請國際重要人士來台訪問交流之成果豐碩。雖然只有短暫寒暄，但

相當於關係之延續，本人投稿於法國舉辦 2<sup>nd</sup> European Conference on Filtration & Separation 會議之文章亦被接受為 poster 報告，對於國內重要過濾研究群積極爭取 2012 世界過濾會議在台舉辦，亦算略盡棉薄之力。

本人於 5 月 5 日口頭發表論文，並與 chairman 完成詢答，結束此次會議行程，並於 5 月 8 日搭乘長榮航空公司 BR0062 班機返台。

## 二、與會心得

目前世界上有過濾學會且過濾技術較為頂尖的國家，美洲地區有美國，歐洲地區有英國與德國，亞洲地區有日本。此次 5th European Meeting on Chemical Industry and Environment 會議，除了與上述 2 位教授巧遇之外，也藉此機會吸收最新的研究成果與技術，拓展新的知識與視野。

台灣在「化工學會」下之『過濾技術研究小組』近年來除了向國科會申請群體計畫，在研究上整合資源，發展新技術之外，並與國際上重要之研究群來往密切，本人亦為小組成員之一。近年來本小組成員透過互訪並參與國際會議，以增進彼此交流及拓展台灣學術能見度，根據參加此次會議之經驗，發現國內研究人員亦需多多參與國際會議，以提升我學術水準，增進國際交流。

## 三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

## 四、建議

## 五、攜回資料名稱及內容

- (1) 會議論文集。
- (2) 與會人員名冊。

## 六、其他