

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

往復式薄膜過濾系統應用於淨水場反沖洗廢水處理之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2211 - E - 041 - 003

執行期間： 88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人： 張棟江

共同主持人： 陳世雄、林秀雄

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：嘉南藥理科技大學

中 華 民 國 89 年 10 月 19 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

往復式薄膜過濾系統應用於淨水場反沖洗廢水處理之研究

The Design for Reciprocal System of Ceramic Membrane and Application to Wastewater Treatment

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-003

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：張棟江 嘉南藥理學院環境工程衛生系

一、中文摘要

本研究之過濾系統係以管狀型陶瓷薄膜為濾材，以活塞為動力，並結合進流水掃流及濾液逆洗等去阻塞設備之優點，能有效地節省能源且提高薄膜處理之成效。由實驗結果顯示，當過濾周期時間為 90 秒，過濾時間及逆洗時間分別為 85 秒與 5 秒，濃縮液以每三周期排放 1 次可獲得最大之濾液流量。於實驗中採用各種不同孔徑之陶瓷薄膜圓管，並分別以直接過濾和以混凝為前處理二種之處理方式來進行染整廢水處理。在濾液流量方面：以直接過濾處理方式當薄膜孔徑為 $0.14\ \mu\text{m}$ 時所獲得之濾液流量為最大，而當薄膜孔徑為 $0.20\ \mu\text{m}$ 時所獲得之濾液流量為最小；另以膠凝為前處理處理方式當薄膜孔徑亦以去除分子量 MWCO 15 萬時所獲得之濾液流量為最大，而仍以薄膜孔徑為 $0.20\ \mu\text{m}$ 時所獲得之濾液流量為最小，此端視懸浮液中粒徑分佈情形而定。在過濾水質方面：混凝過濾對於濁度去除效果佳，但在 TOC 和 COD 的去除效果則仍不佳。

關鍵詞：薄膜過濾，逆洗，染整廢水

Abstract

A reciprocal filtration system will be designed in this study. In this system, A tubular ceramic membrane will be used and driven by piston force. It was found that the

optimum times for the whole filtration cycle was 90s, including the forward and reverse filtration were 85s and 5s respectively, and the discharge frequency of retentate was 1 time per 3 cycle. The experiments were carried out by two different treatment processes, one was filtrated by membrane directly and the other one was coagulated as the pretreatment process. It was also found that the maximum and minimum filtrate volumes existed at the membrane pore size were $0.14\ \mu\text{m}$ and $0.20\ \mu\text{m}$ respectively, in the former treatment process. In the latter treatment process, the maximum and minimum filtrate volumes existed at the membrane pore size were MWCO 1.5×10^5 and $0.20\ \mu\text{m}$ respectively. Finally, it could treat turbidity efficiently, but it failed to treat TOC and COD.

Keywords: Microfiltration; Backwash; Dye industry wastewater

二、緣由與目的

一般而言，造成薄膜過濾濾速衰減現象可歸納為兩個原因：一為薄膜表面濾餅之形成使得過濾阻抗增加，通常此為可逆現象⁽¹⁻³⁾。另一原因為薄膜內部孔道之阻塞現象使得過濾阻抗增加，此為不可逆現象，此可藉著慎選適當的薄膜孔徑或應用一些前處理方法或使用多種型式之去阻塞設備來加以控制及克服，然根據過去文獻

所做之研究，顯示以濾液逆洗方式最為經濟且效果最佳^(4, 5)。

著者在前期之研究以改善傳統垂直流過濾方式，研發以活塞為動力並以圓管型無機薄膜處理設備，並結合進流水掃流及濾液逆洗等去阻塞設備之優點，能有效地節省能源且提高薄膜處理之成效。然由有機薄膜雖具有過濾阻抗小之優點，但卻易受酸鹼侵蝕及不能再生使用、拆裝麻煩等缺點，而無法廣泛的應用於各種工業廢水之處理。是以本研究改以高機械強度及穩定性、高耐溫性、耐化學藥性、有較大的 pH 操作範圍、易清洗再生與較佳之生物穩定性等優點之無機薄膜取代前研究所使用之有機薄膜，並探討最佳之過濾-逆洗之時間周期與最佳之濃縮液排放頻率。並分別以直接過濾和以凝膠為前處理二種之處理方式，於實驗中藉由處理前後水質之濁度、懸浮固體物、COD 與 TOC 質之監測及濾液流量之量取，來探討各種處理之成效。

三、結果與討論

1. 最佳過濾與逆洗之時間間距

當薄膜過濾之時間間距設定較長時，活塞往復次數較少，如此可減少因活塞往復時所造成之壓力洩降之現象，但相對同時，薄膜卻因隨著過濾時間之增長而過濾阻抗增加，使得濾液流量減少，故過濾之時間間距有其最佳值之存在。而在逆洗時間間距方面；當薄膜逆洗之時間間距設定愈長時，則薄膜逆洗愈完全阻抗愈低，可獲得愈大之濾液流量，但相對也使因逆洗所損失之濾液量增加，且使過濾時間減短，故逆洗之時間間距亦有其最佳值之存在。由圖 1 之結果顯示，當過濾與逆洗之時間周期設定為 90sec，而其中過濾與逆洗之時間間距分別設定為 85sec 及 5sec 時可獲得最大之濾液流量。

2. 最佳濃縮液排放周期

隨過濾之進行，薄膜內管之進流水濃度漸增，造成濾液流量漸減最後趨近於零，此即為垂直流過濾方式最大之缺點。故為提高過濾成效，應在適當時機將濃縮

液排放或迴流回儲槽。本實驗配合活塞壓縮時以掃流方式將濃縮液排放，而排放周期愈頻繁愈可減低薄膜表面濃縮液之濃度增加濾液流量，但也造成過濾時間減短濾液流量減少之現象，是以濃縮液排放周期有其最佳值之存在。由圖 2 所示，當濃縮液排放周期為每三個過濾循環排放一次時，可獲得最大之濾液流量。

3. 染整廢水處理

於實驗中所用薄膜孔徑之大小分別為：去除分子量 (Molecular cut off, MWCO) 15 萬 (M9)、30 萬 (M1) 及 0.14、0.20、0.45 μm 等五種，分別以直接過濾和以凝膠為前處理二種之處理方式來進行。由圖 3 與圖 4 之結果顯示，在濾液流量方面：以直接過濾處理方式當薄膜孔徑為 0.14 μm 時所獲得之濾液流量為最大，而當薄膜孔徑為 0.20 μm 時所獲得之濾液流量為最小；另以凝膠為前處理處理方式當薄膜孔徑為 MWCO 15 萬 時所獲得之濾液流量為最大，而仍以薄膜孔徑為 0.20 μm 時所獲得之濾液流量為最小。分析其原因為：根據 Darcy's Equation 過濾之濾液流量與過濾總阻抗成正比關係，而過濾總阻抗包括有薄膜本身之阻抗，薄膜表面濾餅之阻抗與薄膜內部孔道阻抗，在過濾剛開始時過濾總阻抗主要為薄膜本身之阻抗，所以薄膜孔徑愈大其本身阻抗愈小可獲得較大之濾液流量，但過濾經過一段時間後過濾總阻抗主要為薄膜內部孔道阻塞所引起之阻抗，薄膜內部孔道阻抗和廢水中微粒之粒徑分佈與薄膜孔徑間有相互之關係。Le and Howell⁽⁶⁾ 指出，當微粒粒徑與薄膜孔徑相接近時則將造成薄膜過濾孔道完全阻塞之現象，此時產生完全閉塞過濾阻抗，其造成之濾速衰減與過濾時間成指數反比之關係，比微粒粒徑小於薄膜孔徑，吸附在薄膜孔道內壁之標準閉塞過濾阻抗及微粒粒徑大於薄膜孔徑，沉積在薄膜表面形成濾餅之濾餅過濾阻抗均大得多。Chang 等人⁽⁷⁾ 以多種單一粒徑之聚苯乙烯懸浮液配合多種不同孔徑之薄膜交互進行過濾實驗中亦發現，當微粒粒徑與薄膜孔徑相等時有最大之過濾阻抗。由上述所得結果可

推知東豐染整廢水中之微粒粒徑分佈以接近 0.20 μm 為最多，而微粒粒徑分佈以接近 0.14 μm 為最少，然而將此廢水經適當混凝後，則懸浮液之微粒膠羽粒徑因而增大，則其粒徑分佈仍以接近 0.20 μm 為最多，而微粒粒徑分佈仍以接近 MWC0 15 萬為最少如表 1 及表 2 所示。另外由表 3 及表 4 結果顯示，在過濾水質方面：混凝過濾對於濁度去除效果佳，但在 TOC 和 COD 的去除效果則不佳。

四、成果自評

本計劃共完成下列成果：

1. 往復式管狀型陶瓷薄膜過濾系統之研發完成，使薄膜過濾處理設備更簡單、更經濟和更有效率，而本研究所使用之無機性薄膜比有機性薄膜具有耐酸鹼、耐化學藥性、耐高溫及高機械強度等之優點，非常適合應用於工業廢水之處理，將可提供產業界一種低污染高效率之廢水處理模式。
2. 對於薄膜阻塞理論及在各種不同之操作條件變化下對過濾成效之影響情形之探討，將有助於薄膜阻塞機構之瞭解，同時更進而設計出更理想之淨水及廢水處理程序。較佳操作條件之求取，並能使薄膜過濾處理設備控制在較佳之操作條件下進行，將使過濾系統更具效率，且將有助於實際應用上裝置去阻塞設備之選擇。
3. 本計劃處理設備應用於染整廢水之處理觀察其成效，可做為將來將無機薄膜過濾處理設備應用其它工業廢水之可行性研究，同時亦將探討廢水處理後水之回收再利用，如此可減少水資源之浪費及舒緩水資源不足之壓力。
4. 本研究計劃可推廣應用於各種淨水、廢水和污泥處理上及食品飲料或醫藥用途上。本薄膜過濾系統之研發完成，使薄膜過濾處理設備更簡單、更經濟和更有效率，將來亦可將此薄膜系統之薄膜濾組改變為管狀型、螺旋捲型和中空纖維型等上，並應用於實際操作中。

5. 將本過濾系統應用於染整廢水之處理，並分別以直接過濾和以混凝為前處理二種之處理方式，在濾液流量方面：以直接過濾處理方式當薄膜孔徑為 0.14 μm 時所獲得之濾液流量為最大，而當薄膜孔徑為 0.20 μm 時所獲得之濾液流量為最小；另以混凝為前處理處理方式當薄膜孔徑亦以去除分子量 MWC0 15 萬時所獲得之濾液流量為最大，而仍以薄膜孔徑為 0.20 μm 時所獲得之濾液流量為最小，此端視懸浮液中粒徑分佈情形而定，故在選擇薄膜孔徑時應先分析欲處理廢水中之粒徑大小與分佈，方能選取最佳之薄膜孔徑。在過濾水質方面：混凝過濾對於濁度去除效果佳，但在 TOC 和 COD 的去除效果則不佳。

五、參考文獻

1. Cartwright P. S., "Industrial wastewater treatment with membranes - A United States perspective" *Wat. Sci. Tech.*, **25**(10), 373-390(1992).
2. Drioli E., "Membrane operations for the rationalization of industrial products" *Wat. Sci. Tech.*, **25**(10), 107-125(1992).
3. Jiraratananon R., Uttapap D. and Sampranpiboon P., "Crossflow microfiltration of a colloidal suspension with the presence of macromolecules" *J. Membrane Science*, **140**, 57-66(1998).
4. Sirkar K.K., "Membrane separation technologies: current developments" *Chem. Eng. Comm.*, **157**, 145-184(1997).
5. Xu Y., Dodds J. and Leclerc D., "Optimization of discontinuous microfiltration-backwash process" *The chem. Eng. J.*, **57**, 247-251(1995).
6. Le, M.S. and Howell, J.A., "Alternative model for ultrafiltration," *Chem. Eng. Res. Des.*, **62**, 373(1984).
7. Chang, D. J. and Hwang, S. J., "Removal of metal ions from liquid solutions by crossflow microfiltration," *Sep. Sci. Technol.*, **31**(13), 1831-1841(1996).

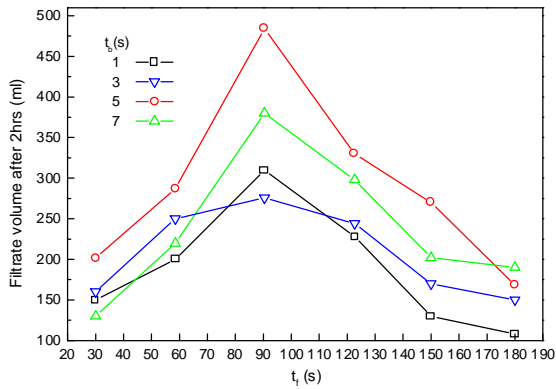


Fig. 1 Optimum time of filtration and backwash interval in each cycle ($\Delta P=50\text{psi}$, $C=50\text{ppm}$, $d_p=0.3\mu\text{m}$, $d_m=0.2\mu\text{m}$)

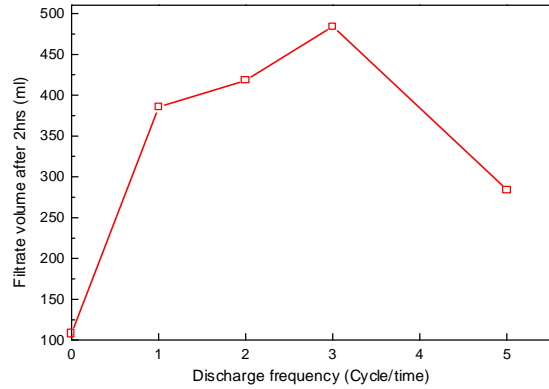


Fig. 2 Optimum discharge frequency ($d_p=50\text{psi}$, $C=50\text{ppm}$, $d_p=0.3\mu\text{m}$, $d_m=0.2\mu\text{m}$, $t_f=85\text{s}$, $t_b=5\text{s}$)

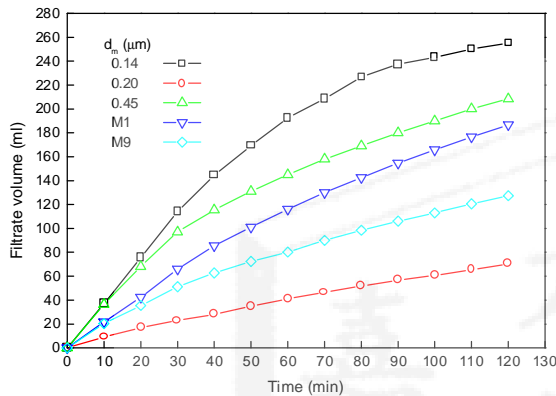


Fig. 3 Effect of membrane pore size for dye industry wastewater ($\Delta P=50\text{psi}$, $t_f=90\text{s}$, $t_b=5\text{s}$)

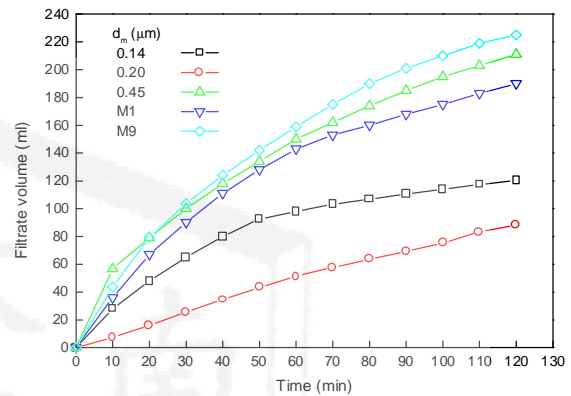


Fig. 4 Flocculation as pretreatment for dye industry wastewater ($\Delta P=50\text{psi}$, $t_f=90\text{s}$, $t_b=5\text{s}$)

表 1 廢水之特性

Parameters	Range of values(Tong-Fong)
Turbidity (NTU)	251.5
TOC (mg/l)	49.7
COD	140.4
pH	6.7
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	24.5

表 2. 過濾 2hours 之累積濾液流量比較

$d_m(\mu\text{m})$	直接過濾(ml)	混凝過濾(ml)
M9	127.3	225.1
M1	186.7	190.5
0.14	255.3	120.3
0.20	70.4	88.3
0.45	208.4	211.2

表 3. 染整廢水直接過濾後之濾液水質

$d_m(\mu\text{m})$	Turbidity (NTU)	TOC (mg/l)	COD	pH
M9	0.32	31.5	136.2	8.03
M1	0.46	32.1	132.3	7.90
0.14	0.66	39.2	139.6	8.24
0.20	1.23	38.6	140.2	8.07
0.45	1.41	46.5	139.8	8.08

表 4. 染整廢水混凝過濾後之濾液水質

$d_m(\mu\text{m})$	Turbidity (NTU)	TOC (mg/l)	COD	pH
M9	0	17.2	131.2	4.92
M1	0	20.4	128.1	4.81
0.14	0.51	25.1	136.4	4.24
0.20	0.55	28.6	133.3	4.12
0.45	0.68	37.5	136.9	4.38