



行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

送

薄膜混合系統應用在廢水三級處理及逆洗之最佳化研究 Membrane Hybrid System in Tertiary Wastewater Treatment Process : Optimization, Application and Backflushing

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

執行編號：NSC 87-2211-E-041-006

主持人：張錦松 嘉南藥理學院環境工程衛生系副教授

一、中文摘要

本研究以混凝-薄膜過濾處理程序，作為三級（高級）廢水處理：探討懸浮微粒及腐植酸的去除效率，以求得可再利用的高品質處理水。研究結果顯示薄膜過濾伴隨逆洗時的流量比沒有逆洗時要來得多，此外對於較大的薄膜孔徑其逆洗時間的長短正比於過濾液量。在腐植酸的去除方面，研究結果顯示本系統對濁度之去除效果順序為 pH₅>pH₆>pH₇>pH₈，其中 pH₈ 時過濾清水之濁度值明顯高於原溶液。pH 值>5 時，總有機碳之去除則明顯與混凝劑量有關。pH₅ 時過濾清水量隨著混凝劑量之增加而遞增，pH₈ 時過濾清水量隨著混凝劑量之增加而遞減，pH₆ 與 pH₇ 之過濾清水量無明顯之規律變化，且二者之過濾清水量均變化不大。

關鍵詞：薄膜過濾，膠體，逆洗，腐植酸

Abstract

In this study, the cross flow microfiltration (CFMF) and coagulation-microfiltration (membrane hybrid system) processes were used in the tertiary wastewater treatment. When water with coagulated colloid particles was treated by CFMF with backflushing, the flux was higher than that of without backflushing. The flux increased as the time of backflushing increased when bigger pore size of membrane was used. When water with humic acid was treated by membrane hybrid system, the removal of humic acid was dependent on the dosage of coagulant as pH above 5. The flux was increased as dosage of coagulant increased at pH 5. But it was decreased at pH 8 and not much difference between pH 6 and 7.

Keywords: membrane microfiltration, colloid particle, backflushing, humic acid

二、計畫緣由與目的

近一、二十年來，由於污染嚴重，法規日

趨嚴格，激發了對薄膜在水及廢水上的研究與應用。如逆滲透 (RO)、超過濾 (UF)、微過濾 (MF) 等可用來去鹽、去除溶解性有機物 [1]、軟化、及固液分離，並可作為廢水再利用的處理方法及生產高品質的工業用水、飲用水等，而應用上的主要限制在於膜的穩定性及高的過濾量衰減率 [2]。

MF 為上述薄膜過濾法中能量消耗最小、過濾量最大者。平行流微過濾法 (Cross Flow Micro Filtration, CFMF) 的設計，可因流速的沖刷，限制薄膜上沈積層厚度，降低其阻力，以保持高過濾量，減少能量消耗。影響 CFMF 的因素有壓力、沖刷流速、pH、離子強度、薄膜孔徑及水中顆粒的粒徑大小及其分佈等。其中顆粒的粒徑大小及分佈扮演相當重要的角色。天然水及廢水中的顆粒各有其大小及分佈，當顆粒由水中傳輸至薄膜表面上時，其尺寸決定顆粒是否進入膜之孔隙造成內部阻塞或在膜的表面上塞住孔口而降低過濾量 [3]。

Michaels (1980) [4] 及 Belfort 等人 (1980) [5] 指出，平均過濾液流率有逆洗者可高出未逆洗者甚多。本研究將以實驗探討顆粒粒徑大小對 CFMF 過濾伴隨逆洗時，過濾液流率及顆粒去除率之影響，以期了解薄膜過濾時其阻塞、積垢之現象進而減少該現象之產生以增加過濾液流率，降低操作成本，提高薄膜過濾法應用在水及廢水處理的普遍性。

另外腐植質為自然界中最常見之背景有機物質 [6]，它會影響其它污染物之存在型態、傳佈 [7]，更對後續水及污水處理系統造成困擾 [8]。然而，在任何處理程序之組合中，混凝程序是最常見之處理單元，混凝程序的效率將會影響後序程序的功能，而因為腐植質會分散穩定膠體顆粒，故腐植質之去除一直為混凝程序的重點 [9]。惟混凝程序因受溶液 pH 值、混凝劑量或其它水中膠體等因素之影響，腐植質

與陽離子混凝劑所形成之膠體顆粒，往往無法得到有效之沉降效果[10]。故此部份之研究以混凝-微過濾程序，針對實驗室中製備之腐植酸溶液，探討不同因子對程序去除溶液中腐植酸之影響。

三、研究方法

本研究分為兩大部分，其一為利用混凝-微過濾程序去除水中之腐植酸，在同一孔徑濾膜下，探討混凝劑量與溶液 pH 值對過濾水質與過濾水量之影響。其二為使用相同設備以間歇式逆洗方式探討不同孔徑之濾膜對不同粒徑之膠體顆粒的去除效率及對過濾量大小的影響。

3.1 實驗設備

實驗設備含薄膜過濾設備及逆洗裝置。主要設備為 Millipore 公司製造的平行流過濾器。過濾渠道大小採用 $5.65\text{cm} \times 0.7\text{cm} \times 0.1\text{cm}$ (高)。實驗所用的薄膜孔徑分別為 $0.2\mu\text{m}$ 、 $0.45\mu\text{m}$ 。薄膜過濾逆洗設備利用壓縮的氮氣作為反沖洗物質來去除沉積在濾膜上的濾餅及阻塞在孔膜內的顆粒。

3.2 實驗方法

3.2.1 腐植酸之去除

腐植酸溶液由腐植酸貯備溶液稀釋而成，實驗前調整溶液至適當之 pH 值，本研究以總有機碳濃度 30mg/L 之腐植酸溶液為試驗濃度。

3.2.2 膠體顆粒之去除

本研究利用實驗探討水中懸浮顆粒粒徑對薄膜過濾伴有逆洗時之過濾的阻力及過濾液量的影響。為了控制進流水的特性，採用人工泡製原水。以蒸餾水混和已知濃度及粒徑的乳液(Latex)，濃度為 20mg/L 。乳液顆粒的粒徑分佈較窄，視為單一粒徑。使用的乳液顆粒粒徑大小，分別為 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.6\mu\text{m}$ 及 $3.0\mu\text{m}$ 。

四、結果與討論

4.1 腐植酸的去除

4.1.1 混凝劑量對腐植酸去除之影響

圖 1.a 為溶液 pH 值 5，混凝劑量依序為 $30\sim60\text{mg/L}$ 時之濁度實驗結果，圖 1.a 顯示在 pH 值 5 時，不同混凝劑量在混凝-微過濾試驗中對腐植酸溶液之總有機碳去除率在不同之混凝劑量試驗下皆為 100%。圖 1.b 顯示在溶液 pH 值 6 總有機碳之去除效果，結果顯示在總有機碳起始濃度同為 30 mg/L 條件下，混凝劑量在 $40\sim60\text{mg/L}$ 時之總有機碳殘留濃度為 0，但

30mg/L 混凝劑量時之總有機碳殘留濃度為 1.5 mg/L ，顯示低混凝劑量對顆粒之沉澱效果較差。圖 1.c 顯示在溶液 pH 值 7 時，總有機碳之去除效果，結果顯示總有機碳之去除效果隨著混凝劑量之增加而遞增，混凝劑量在 60mg/L 以上時對總有機碳之去除率均為 100%。圖 1.d 顯示在溶液 pH 值 8 時，總有機碳之去除效果，結果顯示程序對總有機碳之去除效果隨著混凝劑量之增加而遞減，由圖 1.d 亦可看出，在施行之混凝劑量範圍內，經混凝-微過濾後，三組試驗殘留之總有機碳由 $47\sim56\%$ 不等，顯示總有機碳殘留量均甚高。

4.1.2 過濾清水量

腐植酸溶液在溶液 pH 值分別為 5、6、7、8 條件下經混凝-微過濾後，其最終過濾清水量如圖 2.a 所示，由圖中可知，pH5 時過濾清水量隨著混凝劑量之增加而遞增，pH8 時(圖 2.b)過濾清水量隨著混凝劑量之增加而遞減，pH6 與 pH7 之過濾清水量雖無明顯之規律變化，且二者之過濾清水量均變化不大。

4.2 膠體顆粒的去除

4.2.1 逆洗對過濾流率的影響

薄膜過濾伴隨逆洗時的流率對時間的關係如圖 3 所示。圖中高起的部分說明了完成逆洗時過濾液的流率會變大，由此可推論沉積在薄膜上的濾餅及積垢可在逆洗步驟時予以掃除，故濾液之流量增加。

4.2.2 逆洗時間對過濾液量的影響

對於薄膜孔徑為 $0.45\mu\text{m}$ 的實驗而言，通常逆洗時間越長，其過濾液量也越大，如圖 4a 及 4b 所示；但薄膜孔徑為 $0.2\mu\text{m}$ 的實驗結果顯示，逆洗時間的長短並不與過濾液量成正比，如圖 5a、5b 所示。

4.2.3 粒徑大小對薄膜過濾的影響

當顆粒粒徑大於薄膜孔徑時，由於顆粒尺寸太大而無法進入膜之孔隙，只能在膜的表面上塞住孔口，故當伴隨著逆洗動作產生時，其過濾液之累積流量比起顆粒粒徑小於薄膜孔徑(通常會造成膜孔的內部阻塞)者有著明顯的差異，如圖 6 所示，本實驗的膜孔徑為 $0.45\mu\text{m}$ ，逆洗時間為 5 秒。

五、參考文獻

- [1]. Fronk, C. A. Lykins Jr. B. W., and Carswell, J. K., "Membranes for Removing Organic from Drinking Water", Proc. Ann. Meeting Amer. Filtration Soc., Alexandria, Va., 1990.
- [2]. Belfort, G., "Synthetic Membrane Processes-Fundamental and Water Applications", Academic Press,

Inc., 1984.

- [3]. Committee Report : *Membrane Processes in Potable Water Treatment*, AWWA Membrane Technology Research committee, Jan., 1992.
- [4]. Michaelis , A.S., "Fifteen Years of Ultrafiltration : Problems and Future Promises of an Adolescent Technology," *Polymer Sci . Tech.*, A. R. Cooper, ed., Plenum Press, New York(1980)
- [5]. Belfort, G. T. T. F. Baltutis, and W. F. Blatt, "Automated Hollow Fiber Ultrafiltration : Pyrogen Removal and Phage Recovery from Water" *Poly. Sci. Tech.*, 13, 439, 1980.
- [6]. Steelink, C. "Humates and Other Natural Organic Substances in the Aquatic Environment", *J. Chemical Education*, Vol. 54, No. 10, p. 599, 1977.
- [7]. Carter, C. W., Suffet, I. H. *Binding of DDT to Dissolved Humic Materials*, *J. ES&T*, Vol. 16, No. 11, p. 735, 1982 .
- [8]. Anderson, C. T., Maier, W. J. *Trace Organic Removal by Anion Exchange Resins*, *J. Am. Wat. Wks Ass*, Vol. 71, p. 278, 1979.
- [9]. Amy, G. L. *Effects of Humic Substances on Particle Formation, Growth, and Removal During Coagulation*, Aquatic Humic Substances, American Chemical Society, Washington, p.443, 1989.
- [10]. Jekel, M. R. *Interactions of Humic Acids and Aluminum Salts in the Flocculation Process*, *Wat. Res.* Vol. 20, No. 12, p. 1535, 1986.

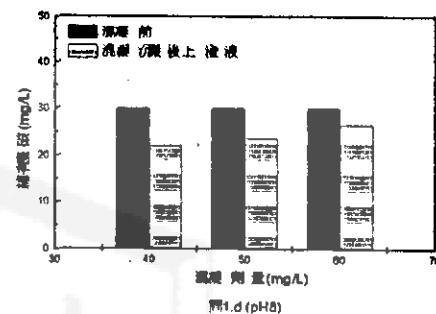
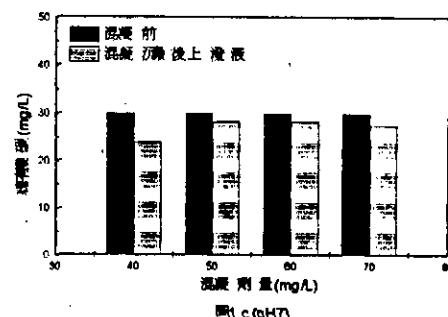
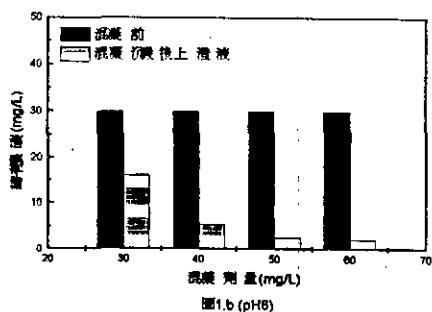
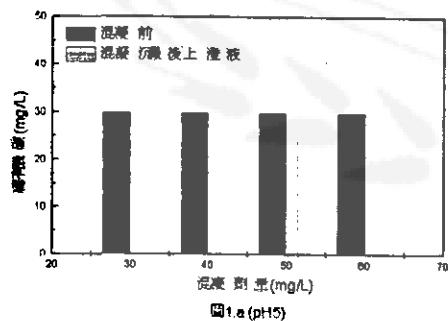


圖 1. 混凝劑量對總有機碳去除之影響

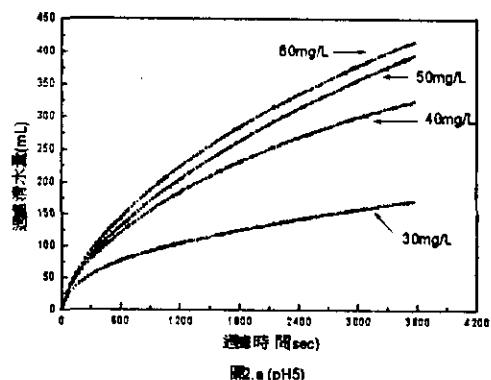
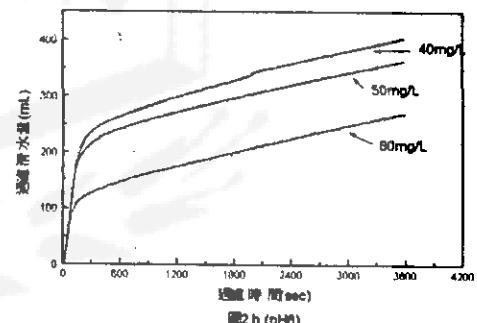


圖 2. 不同 pH 值下之過濾水量

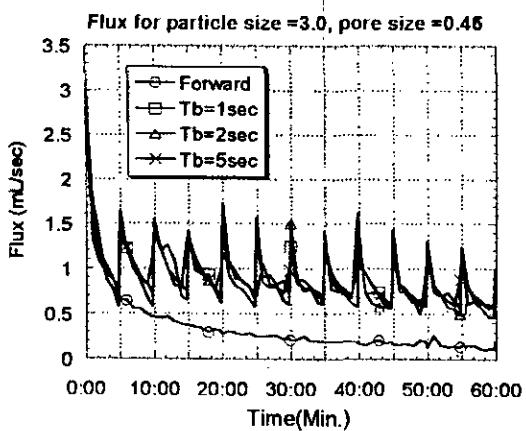


圖 3. 逆洗與無逆洗之流率關係圖

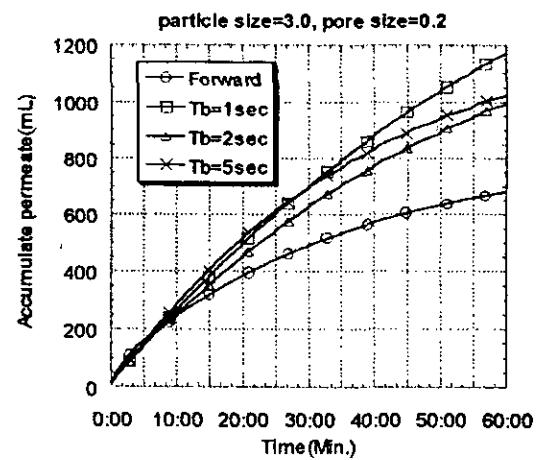


Fig.5a

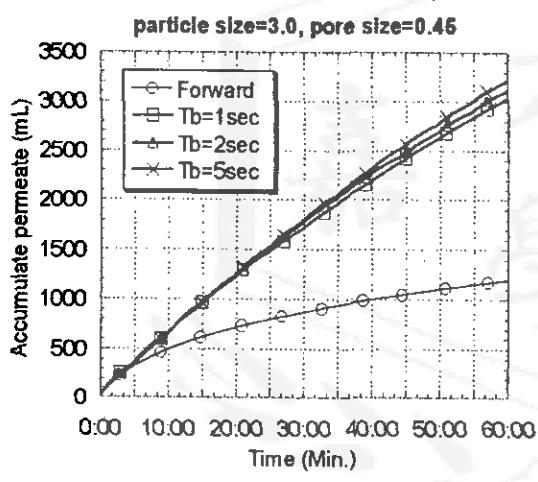


Fig.4a

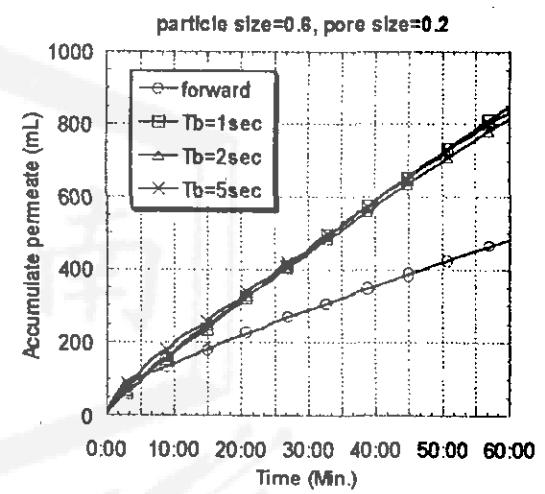


Fig.5b

圖 5. 薄膜孔徑為 $0.2\mu\text{m}$ 之累積流量圖

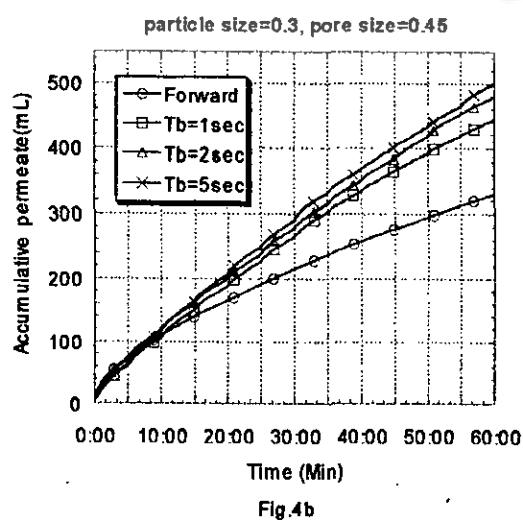


Fig.4b

圖 4. 逆洗與無逆洗之累積流量圖

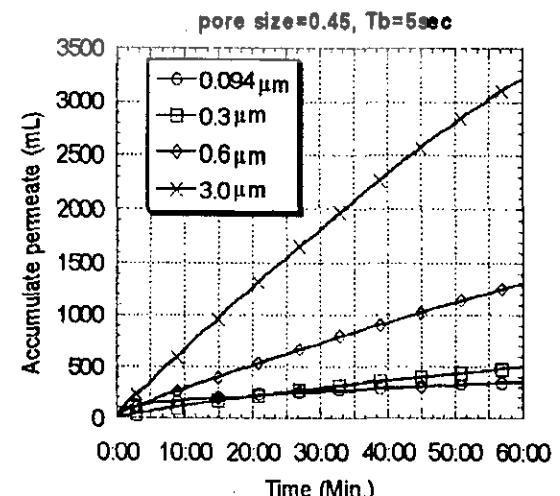


圖 6. Tb=5 秒時不同薄膜孔徑之累積流量圖