

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※ 吸附-薄膜微過濾系統應用在三級廢水處理之研究 ※

※ The application of adsorption-membrane on tertiary wastewater treatment ※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-004

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人：張錦松

共同主持人：張家源

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：嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

中 華 民 國 89 年 10 月 25 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

吸附-薄膜微過濾系統應用在三級廢水處理之研究

The application of adsorption-membrane on tertiary wastewater treatment

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-004

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：張錦松

嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

共同主持人：張家源

嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

計畫參與人員：陳煜斌

嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

一、中文摘要

本研究係以粉狀活性碳配合混凝沉澱程序與混凝-微過濾單元處理腐植酸水溶液，利用總有機碳與濁度為參數，評估其處理之效率與可行性，並探討系統因子之影響。實驗結果顯示，在混凝單元中，若無粉狀活性碳之添加，濁度之去除效果大致上隨著溶液pH值之增加而降低。在混凝程序中添加粉狀活性碳將造成濁度值的升高。在較低混凝劑量時，添加粉狀活性碳者之總有機碳去除率均較無添加者為差。但在適當混凝劑量下，在混凝單元中添加粉狀活性碳，將有助於提升pH 7與pH 8條件下總有機碳之去除率，尤以pH 7時之效果最為顯著。無論添加粉狀活性碳與否，各組混凝劑量下，pH 5、pH 6與pH 7之腐植酸溶液經混凝-微過濾程序處理後，濁度之去除均有極佳之效果。但在pH 8時，添加粉狀活性碳者對濁度之去除顯然較無添加者為佳，除此之外，當混凝劑量為60mg/L時，添加粉狀活性碳對總有機碳之去除率大約為無粉狀活性碳實驗組的兩倍。

關鍵詞：微過濾、粉狀活性碳、混凝、腐植酸

Abstract

The effect of powdered activated carbon (PAC) on the treatment of humic acid solution by coagulation-precipitation and coagulation-microfiltration processes was investigated in this study. The variables examined were coagulant dosage and pH (pH = 5.0, 6.0, 7.0 and 8.0). The water quality parameters monitored were turbidity and total organic carbon (TOC). With no addition of PAC, the turbidity removal efficiency decreased as the pH increased during the coagulation-precipitation process. The addition of PAC reduced the removal efficiency of turbidity. A disadvantageous effect on total organic

carbon removal was observed at lower alum dosage when PAC was added in the coagulation-precipitation process. However, at pH 7 and pH 8, there were some alum dosages produced a better turbidity removal in the addition of PAC. For coagulation-microfiltration process, the removals of turbidity at pH 5, 6 and 7 with the addition of PAC were better than that without PAC. However, the addition of PAC in the solution enhanced the turbidity removal at pH 8. In addition, the removal efficiency of total organic carbon with the addition of PAC was almost double of that with no PAC addition when the alum dosage was 60 mg/L at pH 8 during the coagulation-microfiltration process.

Keywords: Microfiltration, Powdered activated carbon, Coagulation, Humic acid

二、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(Reverse Osmosis, RO) 超過濾(Ultra Filtration, UF)、微過濾(Micro Filtration, MF)等可用來去鹽、去除溶解性有機物、軟化及固液分離(如MF應用在廢水處理的生物程序中替代二級沈澱池)，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⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。在任何廢水處理程序之組合中，混凝程序是最常見之處理單元，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，膠體顆粒往往無法得到有效之沉降效果⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾，為增加混凝作用之效率，許多助凝劑被使用於混凝單元，如粉狀活性碳。本研究係以粉狀活性碳配合混凝-沉澱程序與混凝-微過濾單元，利用腐植酸溶液模擬廢水中溶解性有機物，

利用總有機碳與濁度為參數，評估其處理之效率與可行性，並探討系統因子之影響。

三、設備與方法

本研究中混凝試驗採用瓶杯試驗機進行之。微過濾實驗裝置主要部份為 Millipore 公司製造之掃流式薄膜過濾設備，過濾渠道容積大小為 $5.65 \times 0.8 \times 0.1\text{cm}^3$ 。過濾薄膜為 Millipore 公司製造之 Durapore 薄膜。

腐植酸貯備溶液：腐植酸粉末使用前，須先經適當的純化製備，取適量腐植酸粉末，加入 1 升純水中，以 5N $\text{NaOH}_{(aq)}$ 調整溶液至 pH 9 以上，攪拌溶解後，經 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 濾紙過濾之，在 4°C 下貯存備用。每次實驗前取適量之貯備液稀釋測其 TOC 值，以調整至實驗所需濃度。混凝劑為市售硫酸鋁 ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)。反應溶液 pH 值以硫酸及氫氧化鈉溶液調整之。

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。

混凝沉澱實驗依一般瓶杯試驗方法進行之，先以 100rpm 快混 2 分鐘，再以 30rpm 慢混 25 分鐘，靜置沉澱 30 分鐘後，取其上澄液水樣分析之。本研究不以濁度為操作參數，混凝過程中以稀硫酸溶液與氫氧化鈉溶液調整溶液 pH 值並維持 ± 0.05 之偏差值。混凝-微過濾實驗方法為將腐植酸溶液經快混與慢混後逕以微過濾實驗設備過濾之，本實驗採用薄膜之孔徑為 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 。添加活性碳試驗中粉狀活性碳劑量為 100mg/L ，為避免粉狀活性碳在反應中浮於液面上，經測試瓶杯試驗須以 200rpm 快混之，其餘步驟與前述相同。

上述混凝-微過濾實驗中，部份操作參數固定如下：掃流流速 1m/s ，過濾區操作錶壓為 1.7Kg/cm^2 。濁度以濁度計分析之。總有機碳以總有機碳分析儀偵測之。

四、結果與討論

1. 混凝沉澱程序

圖 1a、1b 與 1c 為混凝劑量依序為 40 、 50 與 60mg/L 時，粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除濁度之影響。圖中顯示在混凝單元中，若無粉狀活性碳之添加，濁度之去除效果大致上隨著溶液 pH 值之增加而降低，在 pH 值 5 時，濁度起始值 3.9 NTU 之腐植酸溶液經不同之混凝劑量混凝沉澱後，其濁度值降低為 $0.4\sim 0.55\text{ NTU}$ 不等，在 pH 7 與 pH 8 時，經混凝沉澱後之溶液濁度值皆高於起始值。實

驗結果亦顯示，除 pH 7 (混凝劑量為 50 與 60mg/L 時) 外，在混凝程序中添加粉狀活性碳將造成濁度值的升高，其中以 pH 8 (混凝劑量 60mg/L 時) 為最高，添加粉狀活性碳較無添加者之濁度值高出 16 NTU 。

圖 2a、2b 與 2c 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除總有機碳之影響。圖中顯示在混凝劑量為 40mg/L 時，添加粉狀活性碳者之總有機碳去除率均較無添加者為差。在混凝劑量為 50mg/L 時，除 pH 7 外，總有機碳之去除率以無添加粉狀活性碳者較高，在混凝劑量為 60mg/L 時，在 pH 7 與 pH 8 時，添加粉狀活性碳者之總有機碳去除率均較無添加者為佳。

值得注意的是，pH 值為 7 之結果顯示，在混凝沉澱程序中添加粉狀活性碳，將大幅地提昇總有機碳之去除效果，濁度去除之結果 (圖 1b、1c) 亦顯示其經混凝沉澱後之溶液濁度值相較於無粉狀活性碳實驗組為低，其結果顯示粉狀活性碳的添加將有助於增加混凝膠羽的沉降。

2. 混凝-微過濾程序

圖 3a、3b 與 3c 為混凝劑量依序為 40 、 50 與 60mg/L 時，粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除濁度之影響。圖中顯示無論添加粉狀活性碳與否，各組混凝劑量下，pH 5、pH 6 與 pH 7 之腐植酸溶液經混凝-微過濾程序處理後，濁度之去除均有極佳之效果。但在 pH 8 時，添加粉狀活性碳者對濁度之去除顯然較無添加者為佳。

圖 4a、4b 與 4c 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除總有機碳之影響。圖中顯示在 pH 5 與 pH 6 時，各組混凝劑量下，添加粉狀活性碳者之總有機碳去除率略較無添加者為差。在 pH 7，混凝劑量為 40 與 50mg/L 時，添加粉狀活性碳者之總有機碳去除率較無添加者為佳，且在添加粉狀活性碳實驗組中，混凝-微過濾程序對總有機碳之去除效果隨著混凝劑量之增加而降低。不同於 pH 7 之實驗結果，在 pH 8 時，添加粉狀活性碳實驗組中，混凝-微過濾程序對總有機碳之去除效果隨著混凝劑量之增加而增加，當混凝劑量為 60mg/L 時，添加粉狀活性碳對總有機碳之去除率大約為無粉狀活性碳實驗組的兩倍。

五、結論

1. 在混凝單元中，若無粉狀活性碳之添加，濁度之去除效果大致上隨著溶液 pH 值之增加而降低。在混凝程序中添加粉狀活性碳將造成濁度值的升高。在較低混凝劑量時，添加粉狀活性碳者之

- 總有機碳去除率均較無添加者為差。但在適當混凝劑量下，在混凝單元中添加粉狀活性碳，將有助於提升 pH 7 與 pH 8 條件下總有機碳之去除率，尤以 pH 7 時之效果最為顯著。
2. 無論添加添加粉狀活性碳與否，各組混凝劑量下，pH 5、pH 6 與 pH 7 之腐植酸溶液經混凝-微過濾程序處理後，濁度之去除均有極佳之效果。但在 pH 8 時，添加粉狀活性碳者對濁度之去除顯然較無添加者為佳，除此之外，當混凝劑量為 60mg/L 時，添加粉狀活性碳對總有機碳之去除率大約為無粉狀活性碳實驗組的兩倍。

六、計畫成果與自評

本研究係以粉狀活性碳配合混凝-沉澱程序與混凝-微過濾單元處理腐植酸水溶液，利用總有機碳與濁度為參數，評估其處理之效率與可行性，並探討系統因子之影響。實驗結果顯示，粉狀活性碳的添加對於改善部分反應條件下之去除效率頗具效果。本研究之結果可為後續研究及實際應用之參考。

七、參考文獻

- Cheryan, N., Ultrafiltration and Microfiltration Handbook, Technomic Publishing Company, Inc., 1998.
- Veronique Turcaud, V., Wiesner, M.R., Bottero, J.Y. and Mallevialle, J., Coagulation Pretreatment for Ultrafiltration of a Surface Water, Joul. AWWA, Vol. No., pp. 76-81, 1990.
- Huang, Y.C., Batchelor, B. and Koseoglu, S.S., Surfactant-Enhanced Ultrafiltration of Heavy Metal from Waste Streams with Pilot-Scale System, Hazardous Waste & Hazardous Materials, Vol.11, No.3, 1994.
- Adhan, S.S., et al., Predicting and Verifying Organics Removal by PAC in an Ultrafiltration System, Joul. AWWA, Vol.83, No.12 (Dec) 1991.
- Pirbazari M., Badriyha, B.N. and Ravindran V., MF-PAC for Treating Waters Contaminated With Natural and Synthetic Organics, Vol.84, No.12 (Dec) 1992.
- Seo, G.T., Ohgaki, S. and Suzuki, Y., Sorption Characteristics of Biological Powdered Activated Carbon in BPAC-MF (Biological Powdered Activated Carbon-Microfiltration) System for Refractory Organic Removal, Water Science and Technology, Vol.35, No.7, 1997.
- Jekel, M. R. Interactions of Humic Acids and Aluminum Salts in the Flocculation Process, Wat. Res.
- Vol. 20, No. 12, p. 1535. 1986.
- Edzwald, J. K. Coagulation of Humic substances, AIChE Symp. Series Water, Vol. 75, p. 54. 1979.
- Tambo, N. Evaluation of Extent of Humic-Substance Removal by Coagulation, Aquatic Humic Substances, American Chemical Society, Washington, p. 453. 1989.

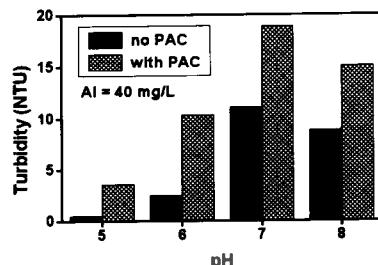


圖 1a. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除濁度之影響
(Al=40mg/L)

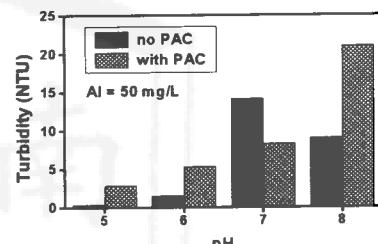


圖 1b. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除濁度之影響
(Al=50mg/L)

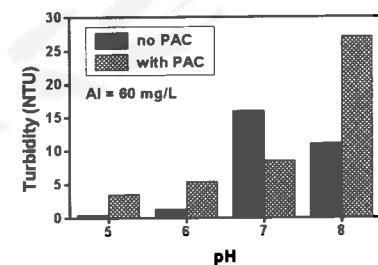


圖 1c. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除濁度之影響
(Al=60mg/L)

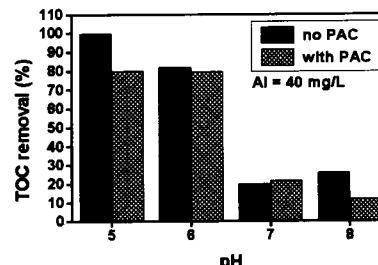


圖 2a. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除總有機碳之影響(Al=40mg/L)

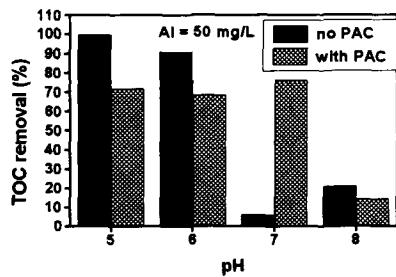


圖 2b. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除總有機碳之影響($\text{Al}=50\text{mg/L}$)

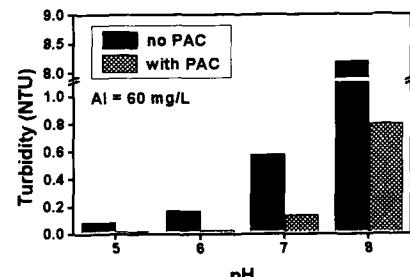


圖 3c. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除濁度之影響($\text{Al}=60\text{mg/L}$)

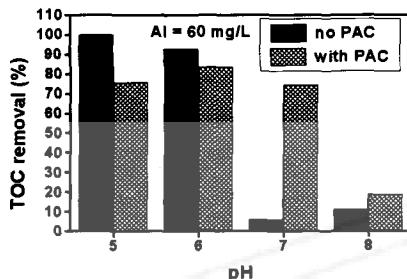


圖 2c. 粉狀活性碳對混凝沉澱程序去除總有機碳之影響($\text{Al}=60\text{mg/L}$)

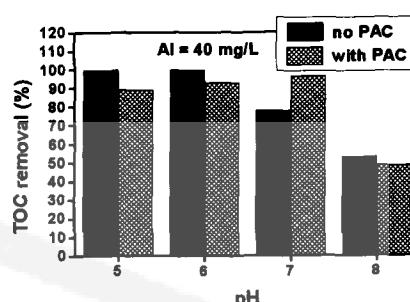


圖 4a. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除總有機碳之影響($\text{Al}=40\text{mg/L}$)

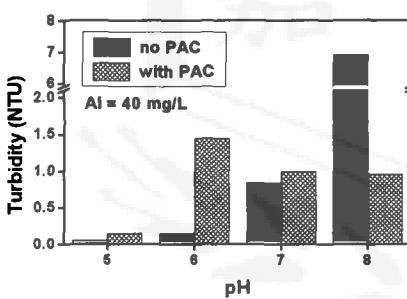


圖 3a. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除濁度之影響($\text{Al}=40\text{mg/L}$)

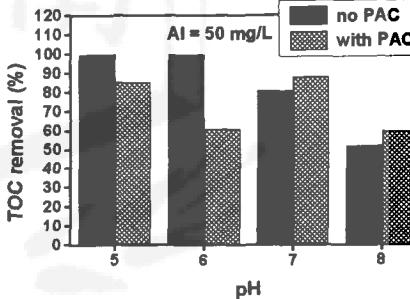


圖 4b. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除總有機碳之影響($\text{Al}=50\text{mg/L}$)

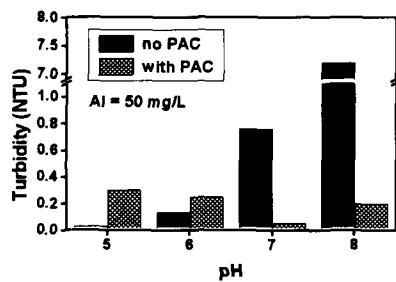


圖 3b. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除濁度之影響($\text{Al}=50\text{mg/L}$)

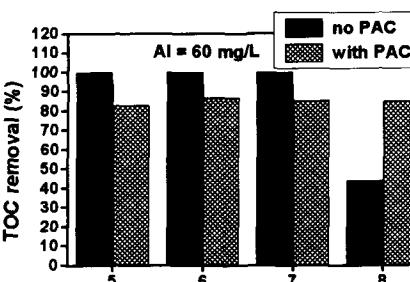


圖 4c. 粉狀活性碳對混凝-微過濾程序去除總有機碳之影響($\text{Al}=60\text{mg/L}$)