

新型濾料過濾去除濁度性能及粒徑分布之研究

計畫編號: NSC 87-2211-E-032-002

執行期限: 87年8月1日至88年7月31日

主持人: 康世芳 淡江大學水資源及環境工程系

一、中文摘要

本研究於板新淨水場設置過濾模型廠，檢討新型濾料種類、濾床厚度與濾速對新型濾料過濾去除濁度及粒徑分佈之影響。研究結果顯示中空圓筒型濾料去除濁度之效果優於其他兩種浮體濾料，中空圓筒型濾床作為預濾時，濾料厚度180 cm且濾速(溢流率)於50-75 m/日之條件，過濾出流水濁度平均值低於3 NTU，顯示中空圓筒型濾床之溢流率約為化學沈澱池之二倍，但高速膠凝沈澱池之溢流率約相同。相對地，由於中空圓筒型濾床於濾速大於100 m/日時，過濾能力較傳統雙層濾料(石英砂與無煙煤)不佳，故中空圓筒型濾料過濾可取代化學沈澱池但不適用為快濾池。此外，過濾水之粒徑分佈顯示粒徑2-5 μm 以下之顆粒數佔總顆粒數約80%以上，當濁度大於0.5 NTU時，總顆粒數與濁度具良好相關性($R^2=0.98$)。

關鍵詞: 過濾、中空圓筒型濾料、粒徑分佈

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of media type, filter bed depth and filtration rate on the filtration performance of particle size distribution (PSD) and the removal of turbidity. All experiments were conducted at Pan-Shin drinking water treatment plant. The result shows that the filtration performance of raschig ring filter is better than that of two floating media filters. Using the raschig ring filter as the pre-filter, the average filtrate turbidity of raschig ring filter can reach less than 3.0 NTU at filter bed depth of 180 cm and filtration rates

(overflow rates) of 50-75 m/d. The overflow

rate of raschig ring filter is about two times of chemical sedimentation but the same as sludge blanket sedimentation. In contrast, the filtration performance of raschig ring filter is poorer than that of conventional dual-media (anthracite and sand) filter, when filtration rate is controlled at more 100 m/d. Therefore, the raschig ring filter can replace with conventional chemical sedimentation but rapid filter. Moreover, the PSD of filtrate indicates that more than 80% of particle size is less than 2-5 μm . The total particle count and turbidity are well correlated with a R^2 value of 0.98, when filtrate turbidity is higher than 0.50 NTU.

Keywords: Filtration, raschig ring media filter, particle size distribution (PSD)

二、緣由與目的

混凝、單元為淨水處理程序中普遍採用的固液分離單元，過濾單元採用之濾料以石英砂及無煙煤為主。近年來高孔隙率及單位損失水頭濁度高去除量之新型濾料，於淨水固液分離之應用漸受重視，研究可分為(1)前處理(Visvanathan, 1996)及取代沉澱池形成過濾沉澱槽(Tambo and Matsui, 1984; Ngo and Vigneswaran, 1995; 康, 1998)。新型濾料材質乃以高分子聚丙烯、聚乙烯為主，材質密度小於1.0時可成為浮體濾料。筆者以實驗室規模之研究結果，顯示中空圓筒型(raschig rings)濾床於濾層厚度150cm以上、濾速50-75 m/日，濁度去除率可達85%以上，且單位損失水頭濁度去除量為傳統濾料之40倍，可作為預濾取代化學沈澱池(康, 1998)，然而有待以模型廠於淨水場評估新型濾料過濾性能。故本研究目的為(1)探討濾料種類、濾床厚度與濾速對新型濾料過濾去除濁度

之影響，(2)評估新型濾料過濾取代化學沈澱池或過濾池去除濁度之可行性，及(3)調查濁度、顆粒數目與粒徑分布之相關性。

三、材料與方法

1. 濾料

本研究使用三種新型濾料，有兩種濾料為塑膠聚丙烯製中空圓筒型，其尺寸內徑、外徑、長度與孔隙率分別為 3 mm、5 mm、5 mm 與 50.3 %，比重小於 1.0 者為中空圓筒型浮體濾料，第三種濾料為發泡棉製不規則形狀浮體濾料。

2. 過濾操作

為檢討新型濾料過濾取代沉澱池與快濾池去除濁度之能力，以台灣省自來水公司板新淨水場之膠凝水及沉澱水為過濾進流水，實驗期間濁度變化範圍分別為 10.6-30.6 NTU 與 1.45-11.8 NTU。過濾筒為透明壓克力製，內徑 10 公分且高度為 3 m，計 3 根過濾筒設置於板新淨水場之過濾實驗室，淨水場沉澱水或膠凝水由泵浦直接抽送至貯留槽，以 40 rpm 攪拌以防止濁度沉澱，經貯留槽後以定量泵浦抽送濾床至過濾筒，依實驗條件改變濾料種類、厚度及濾速。過濾原水及出流水依採樣時間間隔 1 小時，輪流以泵浦直接抽送至濁度連續監測器(HACH 1720C)及粒徑分布分析(HACH 1900 WPC)，分別測定濁度及顆粒數目與粒徑分布。此外，粒徑分布監測範圍為 2-5 μm 、5-10 μm 、10-15 μm 、15-20 μm 、20 μm 以上。由於新型濾料過濾之損失水頭相當低(康，1998)，故實驗中未監測損失水頭之時間變化。

四、結果與討論

1. 不同新型濾料去除濁度之比較

膠凝水為過濾進流水，濁度範圍 18.5-30.6 NTU (平均 22.8 NTU)，濾料厚度皆為 180 cm 及濾速 50 m/日時，三種新型濾料過濾出流水濁度之比較如圖 1 所示，當濾程於 26 小時，浮體中空圓筒型及不規則型濾料過濾出流水濁度已有增加趨勢，於濾程 26-48 小時，濁度變化範圍分別為 1.10-6.21 NTU 及 1.80-14.6 NTU；相

對地中空圓筒型濾床出流水濁度則維持於 0.45-0.85 NTU。濾程 48 小時之過濾出流水濁度平均值，中空圓筒型、浮體中空圓筒型與不規則型分別為 0.69、2.35 及 4.48 NTU，去除率平均值分別為 96.9、89.3 與 79.2%。相同地，濾速 75 m/日之結果亦綜合如表 1，顯示中空圓筒型濾料過濾濁度去除率平均值為 87.9%，過濾能力優於其他兩種濾料(72.5-75.0%)，故後續實驗僅討論中空圓筒型濾料之過濾性能。

2. 中空圓筒型濾料取代化學沈澱池之評估

(1) 濾速對濁度與顆粒數目之影響

過濾進流水濁度 19.1-28.6 NTU (平均 23.3 NTU)，濾料厚度 180 cm 於不同濾速 50-100 m/日，過濾出流水濁度變化如圖 2 所示，濾程小於 24 小時，濾速對過濾出流水之影響不顯著，但濾程 24-48 小時，濾速愈大過濾出流水濁度愈大之傾向。如表 1 所示濾速 50、75、100 m/日之過濾出流水濁度平均值分別為 1.00、2.78 及 3.48 NTU。

中空圓筒型濾料厚度 180 cm 與濾速為 50 m/日及 75 m/日，濁度變化與顆粒數目如圖 3 所示，顯示濾速 75 m/日時，於濾程 28 小時即發生濁度增加的現象，相對地，濾速 50 m/日則可得較穩定之過濾出流水濁度，此結果與圖 2 所示相似。濾速 50 與 75 m/日之過濾出流水濁度平均值，分別為 0.42 與 0.87 NTU。過濾出流水顆粒數目同圖 3 所示，濾速 50 與 75 m/日之顆粒數目範圍分別為 474-1576 個/mL (平均值為 848 個/mL) 與 876-10790 個/mL (平均值 2834 個/mL)。

(2) 濾料厚度對濁度與顆粒數目之影響

過濾進流水濁度 24.0-61.0 NTU (平均 36.9 NTU) 及濾速 50 m/日，濾料厚度 150 與 180 cm 出流水濁度變化如圖 4 所示，顯示於濾程 18 小時，濾料厚度 150 cm 時之過濾出流水濁度已有增加趨勢，濾程 40 小時之濁度增至 7.91 NTU，濁度平均值為 3.11 NTU。相對地，濾料厚度 180 cm 時，濾程 40 小時之濁度增至 2.12 NTU，濁度平均值為 0.49 NTU。同圖 4 所示濾料厚度 150 cm 時，顆粒數目於濾程 18 小時顯著開始增加。

(3) 取代化學沈澱池之評估

高速膠凝及化學沈澱池之溢流率分別為 60-90 及 20-40 m/日，且沉澱水濁度宜低於 5-10 NTU (Kawamura, 1996)。板新淨水場化學沈澱池之操作溢流率為 23.0-34.5 m/日，且平時沈澱水濁度內控標準為 5.0 NTU 以上。綜合圖 2-4 結果得知中空圓筒型濾床於濾料厚度 180 cm 且濾速(即溢流率)50-75m/日，過濾出流水濁度平均值為 1.00-2.78 NTU，意謂著中空圓筒型濾床之溢流率約為化學沈澱池之二倍，但與高速膠凝沈澱池之溢流率約相同。

3. 新型濾料取代過濾池之評估

沈澱水作為過濾進流水，濁度範圍為 1.45-11.8 NTU (平均值為 4.26 NTU)，中空圓筒型濾料厚度 150 及 180 cm 且濾速 50-200 m/日時，濾程 48 小時之過濾出流水濁度平均值與濾速之關係如圖 5 所示，濾速於 100-200、75 及 50 m/日之濁度平均值分別為 0.88-0.95、0.48-0.52 及 0.25-0.29 NTU，濾速須控制低於 75 m/日過濾出流水濁度平均值才能控制於 0.50 NTU。同圖 5 傳統雙層濾料厚度 90cm (無煙煤 45 cm 與石英砂 45cm)於濾速於 200 m/日時之濁度平均值為 0.20 NTU，顯示傳統雙層濾料之過濾能力優於中空圓筒型濾料。中空圓筒型濾料過濾須於濾速 75 m/日以下，才能維持過濾出流水濁度低於 0.5 NTU，使出水水量減小，故無法取代過濾池。

4. 濁度、顆粒數目與粒徑分布之相關性

相對於圖 3 結果之濁度與總顆粒數相關性如圖 6 所示，濾速 75 m/日之出流水濁度與總顆粒數目範圍分別為 0.45-2.55 NTU 與 876-10790 個/mL，且濁度與總顆粒數具良好關係性，相關係數 R^2 值為 0.98。濾速 50 m/日之出流水濁度與總顆粒數目範圍分別為 0.31-0.73 NTU(平均值為 0.42 NTU) 與 237-788 個/mL，且濁度與總顆粒數之相關係數 R^2 值為 0.72，較濾速 75 m/日結果差，此乃因對同一低濁度測值，測得總顆粒數變化較大，故其相關性較差。此外本研究測得之過濾出流水、板新淨水場之沉澱水與過濾水中顆粒之粒徑分布，顯示粒徑 2-5 μm 以下之顆粒數佔總顆粒數 80%

以上。Hatukai 指出過濾水中之顆粒數目以粒徑 2-5 μm 以下為主，該粒徑數目之變化可作為判斷過濾水濁度貫穿之依據 (Hatukai et al., 1997)。

五、結論

1. 中空圓筒型過濾膠凝水時，濾料厚度 180 cm 且濾速(溢流率) 50-75 m/日，過濾出流水濁度平均值可低於 3.0 NTU。
2. 中空圓筒型過濾濾速 50-75 m/日，為化學沈澱池溢流率 20-40 m/日之約兩倍，但與高速膠凝沈澱池之溢流率約相同。
3. 中空圓筒型濾料過濾沉澱水時，濾速須低於 75 m/日才能維持過濾出流水濁度平均值小於 0.5 NTU 以下，影響出水量，故不適取代過濾池。
4. 過濾水之粒徑分佈顯示粒徑 2-5 μm 以下之顆粒數佔總顆粒數約 80%以上，
5. 當濁度大於 0.5 NTU 時，總顆粒數與濁度具良好相關性 ($R^2=0.98$)。

參考文獻

- 康世芳、許聖哲、林政紀、吳家榮”中空圓筒型濾料過濾去除濁度之研究”，第 15 屆自來水研究發表會論文集，第 227-240 頁新竹市(1998)
- Hatukai S., Yen B. and Reblum M., “Particle Counters and Size Distribution in System Design for Removal of Turbidity by Granular Deep Bed Filtration”, *Wat. Sci. Tech.*, 36(4), 225-230 (1997)
- Kawamura S., “Optimisation of Basic Water-Treatment Processes—Design and Operation: Sedimentation and Filtration”, *Jour. Water SRT-Aqua*, 45(3), 130-142 (1996)
- Ngo H. H. and Vigneswaran S. “Application of Floating Media Filter in Water and Wastewater Treatment with Contact Flocculation Filtration Arrangement”, *Wat. Res.*, 29(9), 2211-2213 (1995)
- Tambo N. and Matsui Y., “Performance of High Capacity Depth Filter”, *Jour. Water SRT-Aqua*, 33(2), 96-101 (1984)
- Visvanathan C., Werellagama D. R. I B. and Aim R. B., “Surface Water Pretreatment Using Floating Media Filter”, *Jour. Environ. Engr.*, ASCE, 122(1), 25-33 (1996)

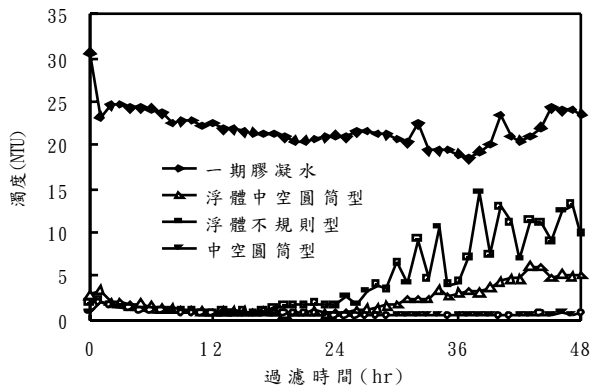


圖1 過濾時間及出流水濁度之關係
(L=180 cm, v= 50 m/d)

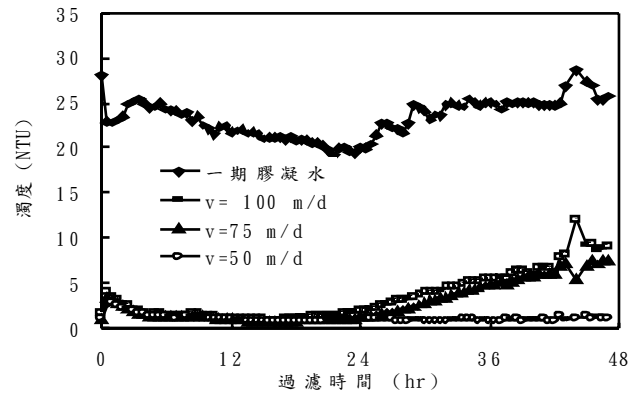


圖2 過濾時間及出流水濁度之關係
(中空圓筒型濾料, L=180 cm)

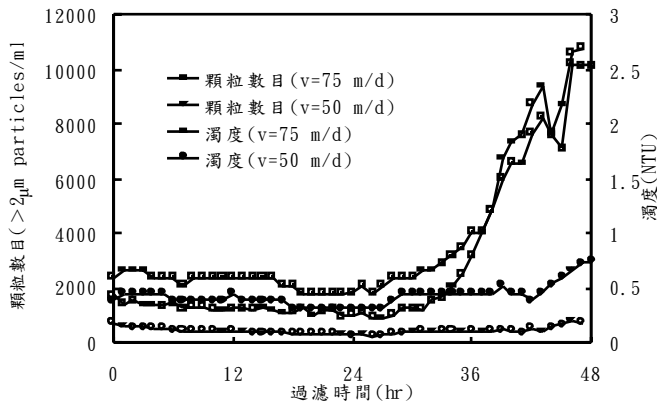


圖3 濁度及顆粒數與過濾時間之關係(L=180 cm)

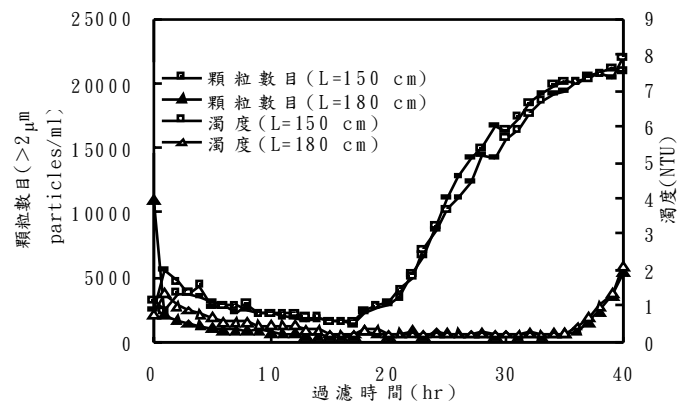


圖4 濁度及顆粒數與過濾時間之關係(v=50 m/d)

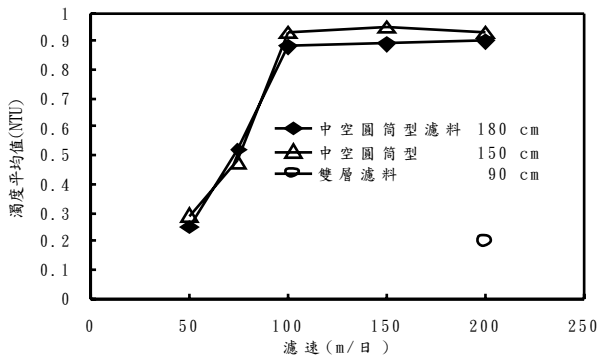


圖5 濾速對過濾出流水濁度平均值之影響

(沉澱水濁度平均值 4.26 NTU)

表1 不同新型濾料去除濁度之比較 (濾程 48 小時)

濾料種類	濾速 (m/日)	出流水濁度平均值 (NTU)
中空圓筒型	50	0.69 (96.9)*
浮體中空圓筒型		2.35 (89.3)
浮體不規則型		6.41 (79.2)
中空圓筒型	75	2.86 (87.9)
浮體中空圓筒型		5.87 (75.0)
浮體不規則型		6.41 (72.5)
中空圓筒型	50	1.00 (95.7)
	75	2.78 (88.6)
	100	3.48 (85.8)

*括號內為去除率平均值

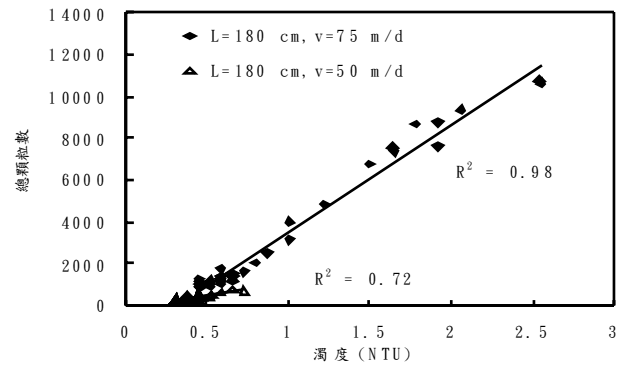


圖6 出流水濁度與總顆粒數之關係

(本研究成果於第24屆廢水處理技術研討會中發表, 88年11月26日, 中壢)