

新型濾料應用於淨水固液分離程序之研究
Applications of New Type Filter Media on Solid-Liquid
Separation in Drink Water Treatment
 計畫編號: NSC-87-2211-E-032-002

執行期間: 86/8/1-87/12/30

主持人: 康世芳 淡江大學水資源及環境工程研究所副教授

一、中文摘要(關鍵詞: 過濾、濾料、中空圓筒型、濁度)

本研究採用孔隙率 50.3 % 且有效粒徑為 3.0 mm 之聚丙烯製中空圓筒型濾料為新型濾料, 石英砂及無煙煤為傳統濾料, 探討原水濁度、濾料填充厚度及過濾速度等因素, 對新型濾料去除濁度之影響。以市售高嶺土模擬人工原水中的濁度, 實驗採直接過濾方式。人工原水之實驗結果顯示, 新型濾料單位損失水頭之濁度抑留量為傳統濾料之 40 倍, 意味著新型濾料過濾功能較傳統濾料佳。當原水濁度 20-50 NTU 時, 新型濾料於濾速 75 m/d 以下, 且濾層厚度 150 cm 以上時, 濾程 24 小時過濾出流水濁度皆低於 5.0 NTU 以下。高濁度於 500 NTU 時, 濾速 50 m/d 且濾程 16 小時, 過濾出流水濁度可達 10 NTU 以下。以淨水場膠凝水(沉澱池入流水)濁度 20-30 NTU, 濾層厚度 150-180 cm 且濾速降至 50-100 m/d, 濾程 48 小時之結果顯示, 濁度皆可維持於 5.0 NTU 以下, 故新型濾料過濾可取代普通化學沉澱池。相對地, 以淨水場沉澱水(快濾池入流水)濁度 10-20 NTU 之結果, 顯示新型濾料厚度 150-180 cm, 濾速 100-200 m/d 時, 過濾出流水濁度皆大於 2.0 NTU, 故新型濾料過濾無法取代傳統快濾池。

ABSTRACT (Key words: Filtration, filter media, raschig rings, turbidity)

A polypropan plastic rashig rings was termed as a new filter medium in this study. The filter medium has an effective size of 3.0 mm and a porosity of 50.3 %. The sand and anthracite coal were used as conventional filter media. Using these filter media, this study was conducted to evaluate the effects of filter bed depth, filtration velocity and raw water turbidity on the filtration performance for the removal of turbidity. A commercial kaolinite was used to simulate the turbidity in synthetic raw waters. All experiments were carried out by direct filtration. The results of synthetic raw waters showed that the deposited turbidity per unit headloss of the new filter medium was 40 times as that of conventional filter media. This implied that the new filter medium performed better than conventional filter media. For synthetic raw waters with turbidity of 20-50 NTU, the results showed that the filtrate turbidity could be less than 5.0 NTU at a filter bed depth of 150 cm and

filtration velocity less than 75 m/day. Moreover, for raw water with high turbidity of 500 NTU, filtrate turbidity can be less than 10 NTU when filtration velocity and filter run was at 50 m/day and 16 hours, respectively.

The flocculated water from a drinking water treatment plant was employed as the filtration influent. The influent turbidity ranged from 20 to 30 NTU. The results showed that the filtrate turbidity was less than 5.0 NTU when filtration velocity, filter bed depth and filter run was 50-100 m/day, 150-180 cm and 48 hours, respectively. It implied that the new filter medium filtration could be used as a pre-filter to replace with coagulation sedimentation tank. In contrast, for settled waters with turbidity of 10-20 NTU, the filtrate turbidity was larger than 2.0 NTU at the filter bed depth of 150-180 cm and filtration velocity of 100-200 m/day. Therefore, it is concluded that the new filter medium filtration can not replace the conventional rapid filtration.

二、計畫緣由與目的

過濾為淨水程序中控制濁度之最後固液分離單元, 過濾採用之濾料以石英砂、無煙煤及石榴石為主。傳統濾料粒徑小且孔隙率低於 40 %, 隨過濾時間增加, 濁度被抑留於濾層內, 損失水頭快速增加, 致使濾程縮短, 故過濾進流水濁度不能太高。為改善傳統濾料因孔隙率低及損失水頭快速發展之缺點, 高孔隙率、低損失水頭及單位損失水頭濁度高去除量之新型濾料, 應用於淨水固液分離之研究漸受重視(Tambo, 1984; Hunter, 1987; Ngo and Vigneswaran, 1995)。新型濾料材質乃以高分子材料聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)為主, 做成粒狀、中空圓筒狀(Raschig rings)、纖維長條狀之濾料。本研究目的為:

- (1) 比較傳統濾料與新型濾料之過濾性能。
- (2) 探討濾料厚度、原水濁度、濾速及濁度濃度等因素對新型濾料過濾性能之影響。
- (3) 檢討新型濾料應用於淨水固液分離之可行性。

三、實驗材料與方法

1. 研究材料

本研究使用之新型濾料為塑膠聚丙(PP)製中空圓筒型, 其尺寸如圖 1 所示內徑、外徑與長度、孔隙率分別為 3 mm、5 mm、5 mm

與 50.3 %。中空圓筒型濾料比重大於 1.0 為購自市售透明 PP 塑膠管自行裁剪而成。石英砂及無煙煤為傳統濾料，其有效粒徑分別為 0.6 mm 及 1.1 mm。以市售高嶺土 (Nacalai Tesque) 配製原水濁度 10-50 NTU 及高濁度 500 NTU 之人工原水，模擬過濾進流水中的濁度。並以台灣省自來水公司板新淨水場第一期工程之膠凝水及第三期工程之沉澱水為過濾實驗進流水，分別探討新型濾料過濾取代普通化學沉澱池及傳統快濾池之可行性。實驗期間膠凝水與沉澱水濁度變化範圍分別為 13.9~46.6 NTU 與 11.8~12.1 NTU。

2. 研究方法

實驗室規模直接過濾設備之快混槽水力停留時間為 10 分鐘，攪拌轉速為 100 rpm；過濾筒為透明壓克力製，內徑 10 公分且高度為 3 m。高濁度之人工原水以定量泵浦抽送至快混槽稀釋至實驗條件所定之濁度，同時將凝劑多元氯化鋁 (PAC) 抽送至快混槽進行快混，經快混之人工原水以定量泵浦抽送至過濾筒內進行過濾。過濾濾速控制採自然平衡法，每隔 0.5 小時採樣，以濁度計 (HACH 2100N) 分析過濾出流水濁度，損失水頭則每 2 小時記錄 1 次，過濾時間為 24 小時，然後以自來水進行反沖洗。過濾單元亦設置於板新淨水場之本研究過濾實驗室，板新淨水場三期工程沉澱水或一期工程膠凝水，由泵浦直接抽送至過濾實驗室，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至過濾筒。過濾原水及出流水以泵浦直接抽送至濁度連續監測器 (HACH 1720C) 測定，並線上記錄於電腦上 (康, 1998)。

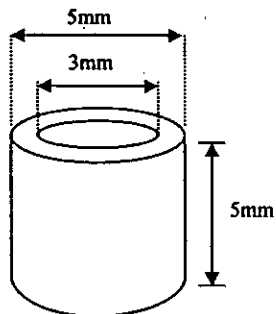


圖 1 中空圓筒型濾料尺寸

表 1 新型濾料與傳統濾料過濾能力比較

項目	石英砂 90cm	石英砂 60cm + 無煙煤 30cm	中空圓筒 90cm	中空圓筒 120cm
平均出流水濁度 (NTU)	0.60	0.67	10.71	5.15
過濾時間 (hr)	7	7	24	24
初期損失水頭 (cm)	42.1	38.4	4.2	5.2
淨損失水頭 (cm)	56.7	18.9	1.5	1.6
總濁度保留量 (NTU)	11308	11292	30835	35198
單位損失水頭濁度保留量 (NTU/cm)	199	597	20557	21999

*註：原水濁度 50 NTU，PAC 加藥量 50 mg/L，濾速 100 m/d

四、結果與討論

1. 新型濾料與傳統濾料過濾性能之比較

新型濾料與傳統濾料過濾能力之比較如表 1 所示，傳統濾料平均出流水濁度皆低於 1 NTU，但如圖 2 所示損失水頭快速發展，造成單層濾料及雙層濾料之單位損失水頭濁度保留量分別僅為 199 及 597 NTU/cm。中空圓筒型濾料濾層厚度 90 cm 與 120 cm 之單位損失水頭濁度保留量分別為 20557 與 21999 NTU/cm，約為石英砂與無煙煤雙層濾料之 40 倍。Visvanathan 氏指出單位損失水頭濁度物質保留量愈大表示其濾床的利用較佳 (Visvanathan et al, 1996)，因此新型濾料之濾床利用較傳統濾料為佳。中空圓筒型濾料厚度 120 cm 時，於濾程 24 小時濁度去除率並未隨過濾時間增加而減少，皆保持於 85-90 % 以上，且損失水頭低。

2. 過濾操作因子對新型濾料去除濁度的影響

(1) 濾層厚度與濾速的影響

當原水濁度 50 NTU、PAC 加藥量為 50 mg/L 及濾層厚度 90、120 及 150 cm 時，於濾速 100 m/d 及 200 m/d 之結果顯示，增加中空圓筒型濾料填充厚度能提高濁度去除率，且濾層厚度在 120 cm 以上於濾速 100 m/d 時，濁度去除率可達 90 % 以上。濾層厚度分別為 120、150 cm 且濾程為 24 小時，濾速對新型濾料去除濁度的影響如圖 3 所示。當濾速提高至 200 m/d 時，濾層厚度 120 cm 及 150 cm 的平均出流水濁度分別增加 13.57 NTU 及 10.92 NTU，其原因乃濾速愈大濾層中停留之膠羽受剪力增加而自濾層中剝落，以致出流水濁度貫穿且上升。但中空圓筒型濾料濾速於 50-100 m/d 及濾料厚度 150 cm 以上，其平均出流水濁度為較 3.14-3.66 NTU。

(2) 新型濾料過濾處理低濁度原水

原水濁度 10、20 NTU、PAC 加藥量 20 mg/L 於濾速 50-100 m/d 及濾層厚度 150 cm，於濾程 24 小時之平均濁度去除率如表 2 所示。同時如圖 3 所示，原水濁度 50 NTU 於濾速 75 m/d 時，平均出流水濁度為 3.2 NTU (去除率 94.6%)。綜合表 2 及圖 3 結果，中

空圓筒型濾料厚度 150 cm 時，於濾速 50-75 m/d，對原水濁度 10-50 NTU，濾程 24 小時，平均出流水濁度可維持於 5.0 NTU 以下，故可取代沉澱池減輕快濾池濁度負荷。

表 2 中空圓筒型濾料處理低濁度原水

濁度 (NTU)	濾速 (m/d)	平均出流水濁度 (NTU)
10	50	1.88 (88.2%)
	75	1.02 (89.8%)
	100	1.53 (84.7%)
20	50	2.19 (89.0%)
	75	2.25 (88.7%)
	100	4.88 (75.6%)

註: PAC 加藥量 20 mg/L, 濾料厚度 150 cm, 濾程 24 小時

(3) 新型濾料過濾處理高濁度原水

中空圓筒型濾料厚度 150 cm、原水濁度 500 NTU 及濾速為 50 及 100 m/d 條件下如圖 4 所示，平均濁度去除率分別為 93.3% 及 55.9%。濾速為 50 m/d 時過濾時間前 16 小時濁度去除率皆在 95% 以上，100 m/d 時僅於過濾時間前 5.5 小時濁度去除率保持 87% 以上外，5.5 小時以後，隨過濾時間增加而濁度去除率持續下降至 24.2%。

3. 新型濾料應用於板新淨水場取代沉澱池之過濾評估實驗

過濾進流水為板新淨水場一期工程膠凝水（一期膠凝水時），實驗期間平均濁度為 13.87 NTU。中空圓筒型濾料分別填充 120、150 及 180 cm、濾速為 100 m/d 操作下結果如圖 5 所示。各濾層厚度條件下於濾程前 10 小時之出流水濁度皆低於 3 NTU，而後隨著過濾時間增加出流水濁度亦隨之上升，在過濾時間超過 24 小時後各濾層厚度之出流水濁度約保持在 4-8 NTU 之間。

如圖 6 所示實驗期間一期膠凝水平均濁度為 23.59 NTU，濾層厚度 150 cm 及 180 cm、濾速 50 m/d 及 75 m/d 操作條件下，過濾初期 12 小時出流水濁度皆在 5-7 NTU 左右，此乃因濾層尚未成熟；濾程於 12-48 小時，出流水濁度皆維持於 2 NTU 以下，顯示中空圓筒型濾料濾層厚度 180 cm 時，過濾出流水濁度皆可低於 5 NTU。Kawamura 氏(1996)指出沉澱水濁度宜控制於 5 NTU 以下，故中空圓筒型濾料可作為預濾取代化學沉澱池。

4. 取代過濾池之過濾實驗

以板新淨水場三期沈澱水為過濾進流水，中空圓筒型濾料分別填充 120、150 及 180 cm，實驗濾速 100 m/d 的結果如圖 7 所示，各濾層厚度於過濾時間 48 小時中之出流水濁度皆能保持在 0.97-2.80 NTU 之間穩定狀態。若濾速為 200 m/d，則各濾層厚度之出流水濁

度變化乃隨著過濾進流水的影響，出流水濁度則在 2.39-7.02 NTU 之間。

三期沈澱水過濾實驗僅有濾層厚度 150 cm 及 180 cm、濾速 100 m/d 操作時出流水濁度低於 2 NTU。淨水場未來面臨日趨嚴格飲用水濁度標準 2 NTU 以下，淨水場過濾出流水或清水管理目標濁度宜降至 1 NTU 以下，顯然中空圓筒型濾料出流水濁度控制 2 NTU 以下須在低濾速操作，且因而造成淨水場出水量降低；因此三期沈澱水過濾實驗結果，顯示中空圓筒型濾料不適取代過濾池。

五、結論

1. 中空圓筒型濾料損失水頭低且單位損失水頭濁度抑留量約為傳統濾料之 40 倍。
2. 中空圓筒型濾料濾速於 75 m/d 以下且濾層厚度 150 cm 以上時，平均濁度去除率可達 85% 以上。
3. 中空圓筒型濾料應用於板新淨水場一期膠凝水，濾速控制在 50-75 m/d，在濾床成熟期間其出流水濁度皆保持在 2 NTU 以下，故中空圓筒型濾料過濾可取代普通化學沈澱池。
4. 中空圓筒型濾料應用於板新淨水場三期沈澱水，出流水濁度 2 NTU 以下須於控制低濾速 100 m/d 操作條件，故中空圓筒型濾料不適取代過濾池。

六、參考文獻

- America Water Work Association, "Water Treatment Plant Design", 2nd, Ed. (1990)
- Hunter J. S., "Recent Developments in Buoyant Media Liquid Filtration", Filtration & Separation, Vol. 24, No. 6, pp.399-404 (1987)
- Kawamura S., "Optimisation of Basic Water-Treatment Processes—Design and Operation: Sedimentation and Filtration", Jour. Water SRT-Aqua, Vol.45, No.3, pp.130-142 (1996)
- Ngo H. H. and Vigneswaran, "Application of Floating Media Filter in Water and Wastewater Treatment with Contact Flocculation Filtration Arrangement", Wat. Res., Vol.29, No.9, pp.2211-2213 (1995)
- Tambo N. and Matsui Y., "Performance of High Capacity Depth Filter", Jour. Water SRT-Aqua, Vol.33, No.2, pp.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, Vol.122, No.1, pp.25-33 (1996)
- 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", 中華民國自來水協會, 第十五屆自來水研究發表會論文集新竹, 227-240 (1998)

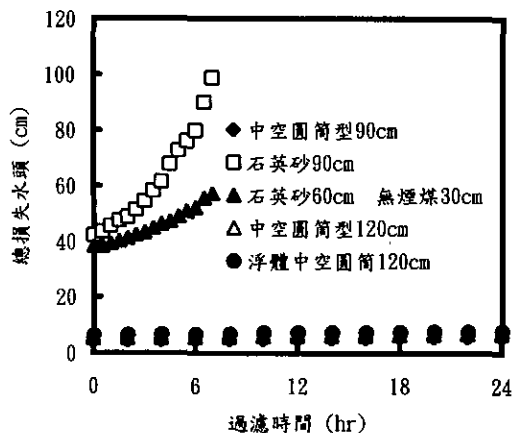


圖2 過濾時間與總損失水頭發展之關係
(Influent=50NTU, PAC=50mg/L, v=100m/d)

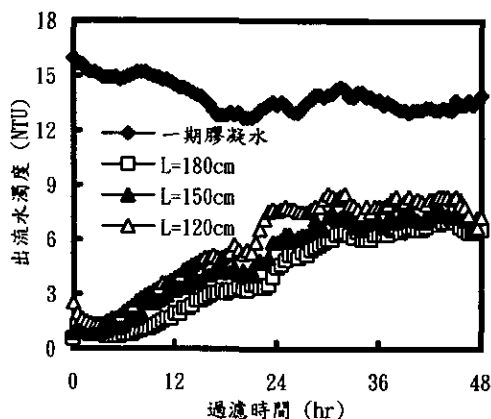


圖5 過濾時間與出流水濁度之關係(v=100m/d)

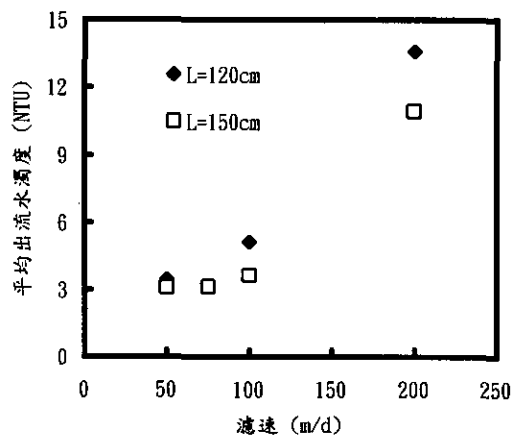


圖3 濾速與平均出流水濁度之關係
(Influent=50NTU, PAC=50mg/L)

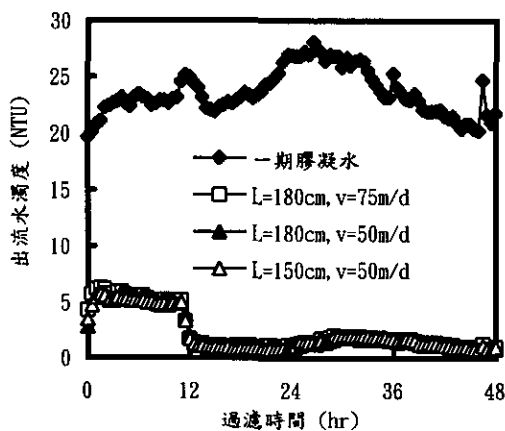


圖6 過濾時間與出流水濁度之關係

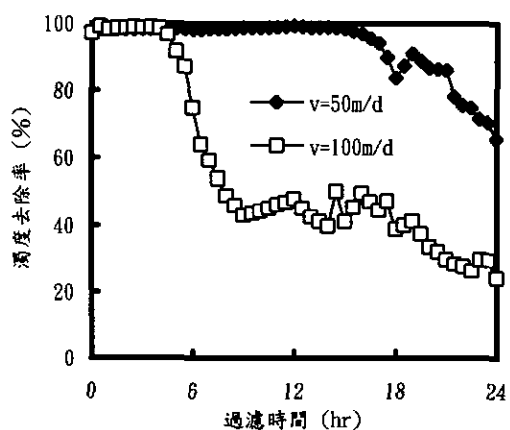


圖4 過濾時間與濁度去除率之關係
(Influent=500NTU, PAC=150mg/L, L=150cm)

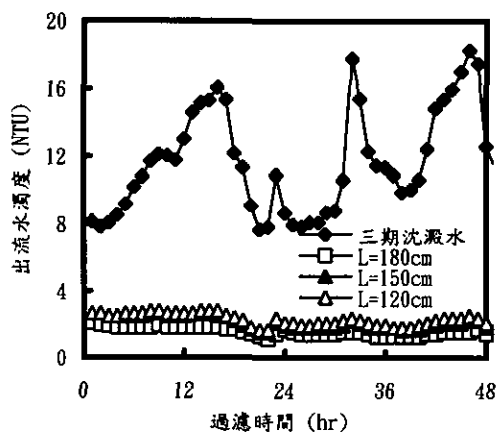


圖7 過濾時間與出流水濁度之關係(v=100m/d)

*本研究已於八十七年十一月十六日中華民國自來水協會
第十五屆自來水研究發表會中發表。