

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

快濾池最適化操作條件之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2626-E-041-002-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程衛生系

計畫主持人：張棟江

共同主持人：張錦松，林秀雄

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 9 月 24 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

快濾池最適化操作條件之研究

Study on optimum operating conditions of a filter

計畫編號：NSC 91-2626-E-041-002

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 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

本計畫係以內徑 5cm、長 50cm 壓克力模型濾池來進行實驗。在實驗進行中分別改變各種不同之操作條件包括；進流水水質、濾料之種類(石英砂、無煙煤)、濾層厚度與濾速等，分別觀察其對過濾水頭損失與出流水水質之影響，並進而求得最適化之濾床深度。本部份由實驗結果得知：氯化鐵混凝液、石英砂濾層與濾層厚度愈厚產生之過濾水頭損失較大，但出流水水質則較佳；另外，濾速愈大則過濾水頭損失也愈大，且造成出流水水質懸浮物及溶質終期漏出時間亦愈早。最後本研究亦歸納整理出，在各種操作條件變化下最適化濾床深度之範圍，以提供實際快濾池操作之參考。

關鍵詞：模型濾池、最適化操作條件

Abstract

A direct filtration system using deep bed filter was also investigated in this study. The pilot filter has 30cm of length and 5 cm of diameter. Experiments were conducted under various operating conditions including influence, characteristics of media (sand and anthracite), packed depth and filtration velocity, in order to observe the

relationships between the filtration head loss and the filtrate quality, and the optimum packed depths of the filter were also obtained. From the experiments results, it was found that the higher filtration head losses and the better quality of filtrate were happened when an influence flocculated by ferrous chloride, sand used as packed material and packed depth was thicker. In addition, the filtration velocity increased with an increase in filtration head losses, but with a decrease in filtration run. Finally, the optimum packed depths of a filter under the various operating conditions were also found in this study.

Keywords : pilot filter, optimum operating conditions

二、緣由與目的

(1) 台灣人口稠密是世界第十八缺水國家，且目前自來水用水量與日激增，每年都發生缺水問題，然而水資源開發卻困難重重，所以如何節約各種用水量是當務之急。在自來水淨水場中快濾池之反沖洗用水量約為每日淨水量的 3-6%，是淨水場主要的操作用水量，故如何有效控制反沖洗用水量亦是節約用水可行之道。目前台灣淨水場快濾池係以預設之過濾水頭損失值

來控制及決定反沖洗之操作時機，而此過濾水頭損失值一般係以操作經驗來決定。然隨著處理的水質、濾料種類與粒徑大小及分佈、濾床深度、濾速、混凝劑種類及去除物質特性等之不同，造成濾層貫穿濾液水質惡化之情況亦不同。故為減少反沖洗次數與節省反沖洗用水量，並能確保過濾水質，淨水場快濾池之最佳化設計與最適化操作條件之求取實有其必要性。本研究主要目的為由過濾水頭損失與過濾液水質之關係來決定最佳洗砂時機，以節省反沖洗用水量增進快濾池效率，並進而求取快濾池之最適化操作條件。

三、結果與討論

1. 最適化濾床深度之求取

當濾池之設計若能符合過濾水頭損失到達設定值 h_{max} 所需時間 t_1 ，與過濾液水質達到終期漏出之容許濃度 C_{max} 所需時間 t_2 ，相一致時(即 $t_1=t_2$)，此為最佳逆洗時機。然而最佳逆洗時機隨著濾料種類與粒徑、濾速及濾床厚度等操作條件之變化而變。為求單純化，本研究係將進流水水質、濾料種類與粒徑及濾速當為自變參數，而以濾床厚度當應變參數，當自變參數變化情況下，來求取欲得最佳逆洗時機之濾床厚度，以作為快濾池最適化設計之參考。依據本研究設備之裝置及濾床厚度，定 h_{max} 為 50cm，另依據國內現行飲用水水質標準，定 C_{max} 為 2NTU。

(1) 以石英砂為濾料

1. 以經螺旋混凝之高嶺土懸浮液直接過濾

由上述說明可知，最適化濾床深度可藉由在不同濾床深度下，過濾水頭損失到達設定值 h_{max} 所需時間 t_1 之各點連接線與過濾液水質達到終期漏出之容許濃度 C_{max} 所需時間 t_2 之各點連接線的交會點(即 $t_1=t_2$)來求得。由圖 1、圖 2 和圖 3 可得，在以石英砂為濾料，濁度為 55NTU 經螺旋之高嶺土懸浮液為進流水，當濾速分別為 100、150 及 200m/d 之情況下，最適化濾床深度分別為 11.2、11.7 及 12.4cm；濾程則分別為 1.42、1.12 及 0.58 小時。且由圖 4 顯示出：

最適化濾床深度隨著濾速增大而增加，由此可見在本部份實驗操作範圍內，過濾液水質達到終期漏出之容許濃度 C_{max} 所需時間 t_2 為掌控最適化濾床深度之主要因素；相對的濾程卻隨著濾速增大而減小，當濾速愈大時濾床之過濾水頭損失到達設定值 h_{max} 所需時間 t_1 與過濾液水質達到終期漏出之容許濃度 C_{max} 所需時間 t_2 均愈短，故其濾程較短。

2. 以未經混凝之高嶺土懸浮液直接過濾

本項實驗是以濁度 55NTU 未經混凝之高嶺土懸浮液作為進流水直接過濾。由圖 5、圖 6、圖 7 和圖 8 可得，當濾速分別為 100、150 及 200m/d 之情況下，最適化濾床深度分別為 10.77、10.83 及 10.86cm，而此三值間之差距均在實驗誤差範圍內故可視為相同；濾程則分別為 1.38、1.12 及 0.92 小時。由上述結果顯示出：最適化濾床深度約為 10.8cm 且不隨著濾速而改變。

2. 濾速之影響

一般快濾淨水流程中須以混凝為前處理以防止微細顆粒之懸浮固體貫穿濾層，造成過濾水質惡化之情形，而目前台灣淨水場大都採用硫酸鋁作為混凝劑，是以為簡化起見，本項研究以 55NTU 之高嶺土懸浮液，以硫酸鋁為混凝劑，經由螺旋管混凝之出流水作為進流水直接過濾。另外，以單一濾料(石英砂或無煙煤)為濾材之快濾池其濾速操作範圍一般界於 100 200m/d 之間，故本研究之濾速分別設定為 100、150 及 200m/d，來探討在濾速對過濾水頭損失及出流水濁度之影響情形。

由 Kozeny-Carman 方程式可知，在潔淨濾床之過濾水頭損失與濾速成正比，另外由於濾速愈大濾層中所扣留之膠羽懸浮固體物質之量也愈多，故可供過濾水通過之濾層孔隙面積也愈小，所以通過濾層孔隙之流速亦相對增大，故其過濾水頭損失隨著濾速增加而增大，其結果如圖 4-21 與圖 9 和圖 10 所示。唯因無煙煤濾層孔隙尺寸較大，所以其過濾水頭損失發展較石英砂濾層來得緩和。

由圖 11 和圖 12 可獲知，石英砂濾層

在濾速分別為 200、150 及 100m/d 之情況下，其出流水質惡化之時機分別在過濾約經過 0.5、1.5 與 2.0 小時發生，由此結果顯示出，濾速愈大其發生出流水質惡化之時機也愈早，此乃因為當濾速愈大濾層中所扣留之膠羽與懸浮固體物質之量也愈多，造成通過濾層孔隙之流速增大剪力亦相對增大，甚至因過濾水頭損失之增加使得部份濾層負壓形成，因而造成漏出水質急遽惡化。另於無煙煤濾層方面；在濾速分別為 200、150 及 100m/d 之情況下，其出流水質惡化之時機分別在過濾約經過 1.0、1.5 與 1.5 小時發生，比較上述石英砂濾層可知，在高濾速 200m/d 之情況下其水質惡化時機發生較晚，但是在低濾速 100m/d 之情況下其水質惡化時機則發生較晚，究其原因可能係因為無煙煤濾層孔隙尺寸較大，能扣留膠羽與懸浮固體物質之空間大，過濾水通過之濾層孔隙之流速所產生之剪力比石英砂濾層來得小，且其濾層過濾水頭損失發展較慢，濾層負壓形成之時機較晚，故於高濾速之情況下其水質惡化時機發生較晚。然而亦因無煙煤濾層孔隙尺寸較大，在無煙煤濾層孔隙及濾料表面可堆積及吸附之膠羽與懸浮固體物質之量也愈多，而被扣留膠羽與懸浮固體物質彼此間之結合力卻隨著扣留量之增多而減弱，所以容易形成脫離漏出之現象。

3. 最適化濾床深度之範圍

由於最適化濾床深度隨著進流水水質、濾料尺寸及種類與濾速等操作條件之變化而變。為簡化起見，本項研究以濁度為 55NTU 經螺旋混凝之高嶺土懸浮液為單一進流水、不同有效粒徑之石英砂及無煙煤濾層做為濾料尺寸變化參數、濾速則採 100m/d 到 200m/d 之變化範圍、過濾最大水頭損失 h_{max} 為 50cm 及過濾液水質終期漏出之容許濃度 C_{max} 為 2NTU 等之操作範圍與條件下，所得之最適化濾床深度範圍如圖 13 所示。

四、成果自評

本計劃共完成下列成果：

1. 由本研究之結果可決定最佳洗砂時機，不僅可確保濾水質且亦可節省反沖洗次數及用水量。
2. 應用本研究之方法可對目前淨水場之過濾成效做一檢視，並提供增進處理成效之建議。
3. 可提供傳統快濾水場最佳混凝劑與濾料之選擇及配置，並可求得最適化操作條件。
4. 本研究亦歸納整理出，在各種操作條件變化下最適化濾床深度之範圍，以提供實際快濾池操作之參考。
5. 本計畫執行期間計有碩研究生一名及大學生二名參與，對於培育自來水之專業人才，有所幫助，另外模廠亦可做為教學及研究用。

五、參考文獻

1. Chang, J.S., Mathematical Modelling of Transient Behaviour of Deep-Bed Filtration, (1989).
2. Chang, D.J. and S.J. Hwang, Removal of metal ions from liquid solutions by crossflow microfiltration, Sep. Sci. Technol., 31, 1831-1841 (1996).
3. Chang, D.J. and S.J. Hwang, Unsteady-state permeate flux of crossflow microfiltration, Sep. Sci. Technol., 29, 1593-1608 (1994).
4. Bunker, D.Q., J.K. Edzwald, J. Dahlquist and L. Gillberg, Pretreatment Considerations for Dissolved Air Flotation: Water Type, Coagulation and Flocculation, Wat. Sci. and Technol., 3-4, 63-71 (1995).
5. Probst, R.F., C. Calmon and R.E. Hicks, Separation of Organic Substances in Industry Wastewaters by Membrane Processes, EPA/600/8-83-011.
6. Mcconnachie, G.L., Field Trials of Appropriate Hydraulic Flocculation Process, Wat. Res., 33(6), 1425-1434 (1999).
7. 高肇藩，給水工程(衛生工程—自來水篇)，(1987).
8. 康世芳，雙層濾料提高快濾池處理性

能之模型場實驗(第二年)

9. Adin, A., E. R. Baumann and J. L. Cleasby, The Application of Filtration Theory to Pilot-Plant Design, J. AWWA, 71, 17-27 (1979).
10. Boller, M. A. and M. C. Kavanaugh, Particle Characteristics and Headloss Increase in Granular Media Filtration, Water Research, 29(4), 1139-1149.

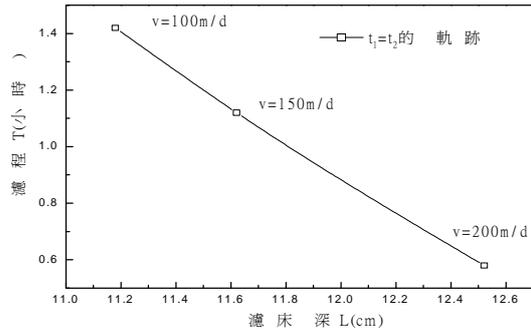


圖 4.各種濾速下最適化濾床深度變化情形

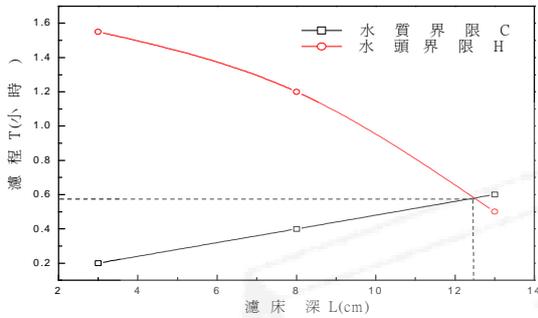


圖 1.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速=200m/d)

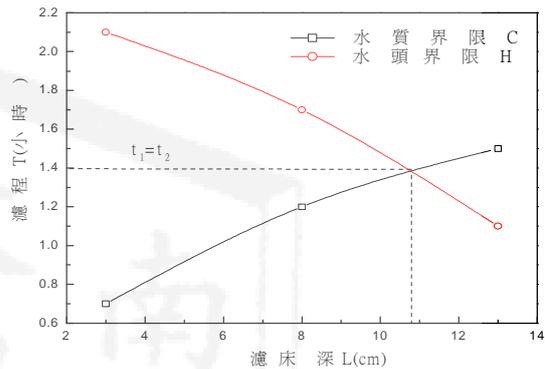


圖 5.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速=100m/d, 粒徑=0.45mm)

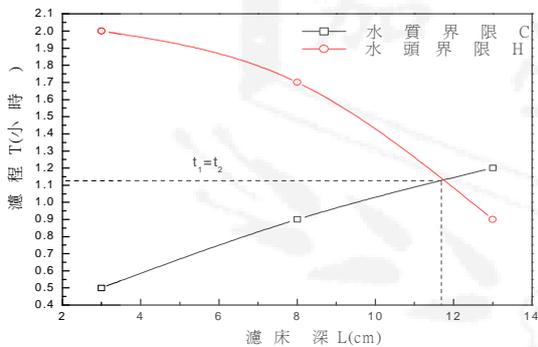


圖 2.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速=150m/d)

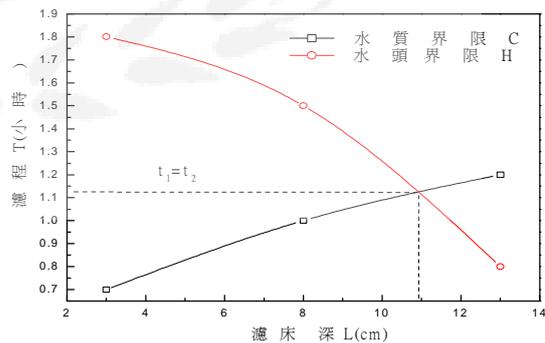


圖 6.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速 =150m/d, 粒徑=0.45mm)

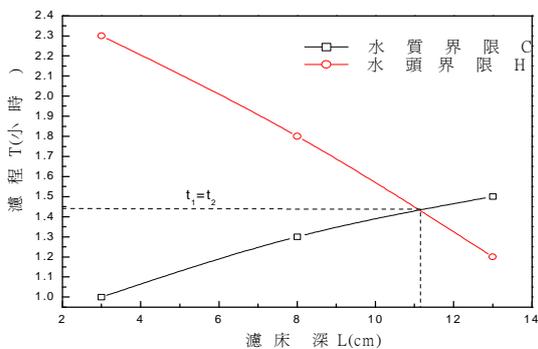


圖 3.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速=100m/d)

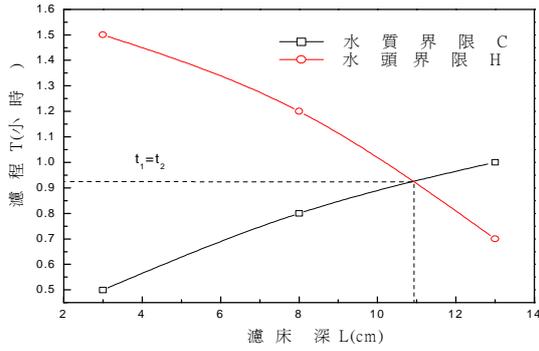


圖 7.最適化濾床深度之情形(石英砂濾料, 濾速=200m/d, 粒徑=0.45mm)

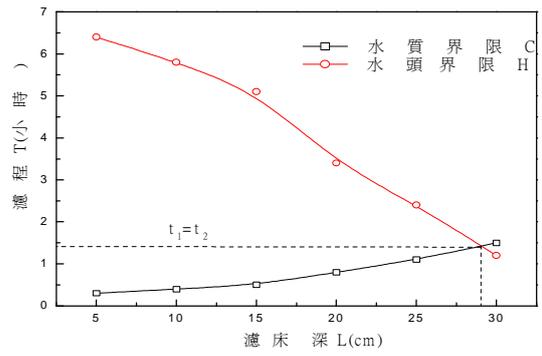


圖 10.最適化濾床深度之情形(无烟煤濾料, 濾速=150m/d, 粒徑=1.0mm)

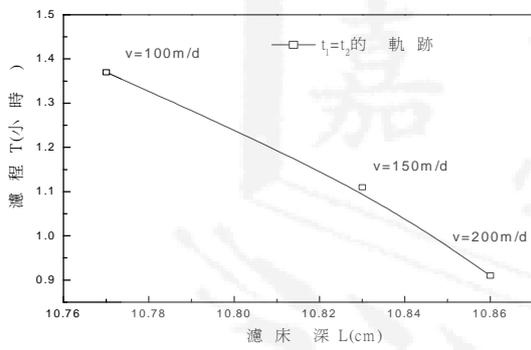


圖 8.各種濾速最適化濾床深度變化情形

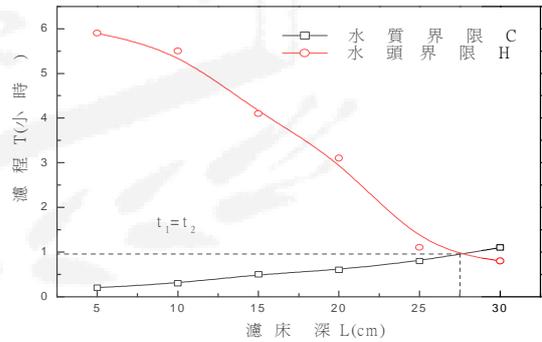


圖 11.最適化濾床深度之情形(无烟煤濾料, 濾速=200m/d, 粒徑=1.0mm)

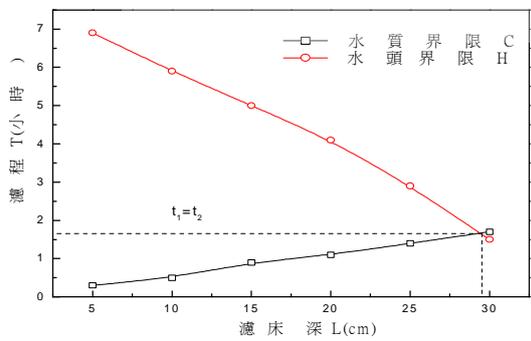


圖 9.最適化濾床深度之情形(无烟煤濾料, 濾速=100m/d, 粒徑=1.0mm)

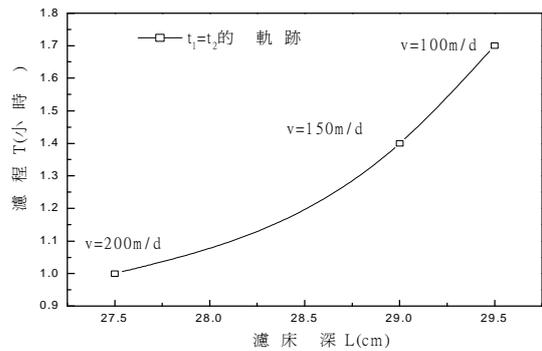


圖 12.各種濾速下最適化濾床深度變化情形

圖 13. 濾速與粒徑關係變化情形(d_1 : 石英砂, d_2 : 無煙煤)

