

# 快濾池反洗程序及技術實作探討

\*葉清華，\*\*陳文祥，\*\*\*林信忠，\*\*\*\*盧烽銘

\*工程員兼股長，\*\*工程師，\*\*\*工程員，\*\*\*\*工程師兼廠長

\*, \*\*\*, \*\*\*\*台灣省自來水公司第六區管理處，\*\*總管理處供水處

## 摘要

快濾池是淨水處理單元最後一道關卡，其效能的好壞直接影響供水品質，當快濾池操作一段時間後，依其壓損、水位、濁度等控制因子之設定，必須進行反洗，以確保設備之妥善，目前快濾池的反洗方式有水洗、氣洗及表面洗，這三者互相配合使用。若反洗效果不佳將會引致如一濾後水水質不佳、濾程縮短、泥球形成等問題，進而增加水生致病有機物穿透濾層之機會。因此反洗效率，是操作快濾池必須考量之重要指標。本研究將檢討不同反洗程序的時間及操作條件，利用反洗水濁度及清水濁度之關係，建立最佳化操作參數。以本公司實作淨水場進行快濾池反洗程序探討，並進行效率評估。

**關鍵字**：快濾池、快濾池反洗、快濾池評估

## 前言

隨著國民生活水準及環保意識之提升，民眾對於自來水品質之要求與日俱增，而自來水水質之良窳，不僅攸關公共衛生，更與民眾生活品質息息相關。為確保用戶能享用高品質之自來水，除維護水源潔淨外，有效提

升淨水處理效能、降低成本亦是不可忽視之重要課題。

過濾池為淨水廠操作單元最後一道之物理性防線，如何操作過濾池？以便找出最佳化之操作模式，以作為持續提供良好之過濾處理，有效提升淨水處理效能、降低成本，是淨水場管理、操作重要工作。

有關如何提升過濾池處理效能，除淨水場管理、操作者平時用心觀察外，且必須透過各項過濾池評估試驗功能，例如：反洗水量（反洗率）檢測、反洗水濁度歷線、濾料膨脹試驗、反洗之目視觀察、濾石高程繪製與濾砂深度之量測、濾料取樣與試驗、膠羽貯留分析、濾料開挖等等科學方法。

本研究重點為反沖洗程序之探討，而何謂反沖洗（backwash）？為何需要反沖洗？說明如下：

### 1、何謂反沖洗（backwash）？

係清水自濾池出水管經集水設備逆流而上以攪動砂層，使砂粒互相摩擦而達洗砂效果，反沖洗時，若水壓不足，則不能充分洗淨，容易產生泥球。

### 2、為何需要反沖洗？

過濾持續進行時，砂層表面淤積了水中微細雜質及各種生物或其分泌物，再由生物或細菌之繁殖而生成膠質泥狀物之濾膜。過濾愈久濾膜愈厚阻留水中雜質作用愈大過濾水質愈佳，但當濾膜太厚，膠狀物滲漏至砂層內部，過濾效率反漸差，也就是過濾水的水質（如濁度）變差，或負水頭

(negative hand) 出現，濾床產生氣泡的時候，過濾池操作即應停止，接著進行反沖洗操作以期恢復濾床的過濾能力。反沖洗的效果是(1)將濾床內之濾料造成浮游狀，(2)於濾料之間形成通路以令膠羽或其他阻塞於濾床內之雜物得以隨反沖洗水流出。

單靠快濾池妥適設計不能產生優質之濾水，問題在於濾池反沖洗操作不當與反沖洗水量太大，致使支撐濾石崩坍，濾料分離。濾後水之濁度亦受不當之濾程控制所影響。雖然反沖洗程序之評估並非濾池試驗，然是為最佳化極重要之步驟。在濾池未有任何大問題之情況下，不良之反沖洗程序是導致濾後水質不佳之原因。利用廢水濁度計量測快濾池反洗時隨時間之濁度變化，並繪製成趨勢圖以觀察各別快濾池之反洗特性加以探討，並長期間記錄、分析，進行濾池反洗程序調整，以達成最佳操作效率。

反洗廢水濁度及清水濁度變化趨勢的判定與檢討，對淨水場將是非常重要的工作，必須定期檢討分析，以確保出水水質。利用上述濁度變化作為指標，以控制改變相關操作方式、條件的方式，進行快濾池最佳化標準操作程序的探討。

本研究最主要目的在探討「快濾池反洗程序及技術實作」以作為日後各淨水廠進行快濾池反洗標準作業程序(Standard Operation Procedure，簡稱 SOP)之參考，預計未來將對自來水事業機構帶來以下效益：

1. 經由調整反沖洗程序，以達最適的反洗程序控制，如此濾層將維持最適條件，操作人員可以為操作依據。

2. 建立快濾池最佳化標準操作程序，不論水質變化，操作人員可以藉由 SOP 來調整反沖洗程序。
3. 反沖洗水濁度及清水濁度變化趨勢的判定與檢討，對淨水場將是非常重要的工作，必須定期檢討分析，以確保出水水質。

### **試驗淨水場概述**

潭頂淨水場為本研究試驗場，其淨水流程如圖 1，本場設計出水量為 18 萬 CMD，目前平均出水量為 12 萬 CMD，最大水力流量可達 21 萬 6 千 CMD，自訂目標將清水濁度控制為 0.5 NTU。在淨水處理過程中之沉澱、過濾及清水等各單元中設有濁度、酸鹼值、自由餘氯等水質自動分析儀器偵測，其監測資料納入「水質線上自動監測系統」以利操作人員二十四小時掌握水質狀況，隨時採取因應措施，淨水處理流程約 4.13 小時。

潭頂淨水場屬傳統式淨水處理程序，其快濾池原採雙層濾料，上層為 25 公分無煙煤，下層則為 50 公分石英砂，濾石層則為 40 公分石榴石，但因操作因素修正為，單層濾料 75 公分石英砂，濾石層維持不變，表 1 為快濾池相關參數。

### **研究方法**

#### **(1) 研究架構**

1. 參考「濾池評估手冊」〈Filter Assessment Manual〉對欲進行試驗之快濾池做一檢查、試驗。
2. 針對本次研究主題「快濾池反沖洗程序探討及技術實作」，對所選

定之濾池進行各種操作參數之改變，以實作方式尋找出最佳反沖洗操作參數，並完整整理出其找尋過程之合理程序。

## (2) 反洗水濁度趨勢分析

1. 目的：利用廢水濁度計量測快濾池反洗時隨時間之濁度變化，並繪製成趨勢圖以觀察各別快濾池之反洗特性加以探討，並長期間記錄、分析，進行濾池反洗程序調整，以達成最佳操作效率。
2. 說明：延長反沖洗時間，可將濾料間之濁度髒物去除，但時間太長將浪費水量並使濾料太乾淨。濾料不可太乾淨因某些顆粒或部分濁度需留下，於恢復濾水時，濾料以可適用 (ripened) 增加去除效率。AWWA 建議於反洗廢水渠達到 10~15NTU 之濁度時即可停止反洗。反洗濁度歷線，可作為反沖洗時間效能之指標。
3. 試驗程序：
  - A. 於反沖洗廢水集水渠匯流出口處裝設濁度計 (0~2000NTU)。
  - B. 於操作機房電腦程式設定反沖洗濁度計資料自動蒐集並繪製趨勢圖。
  - C. 規劃不同反洗程序的時間及操作條件，每次只改變一項參數，並依據標準作業程序開始反沖洗。
  - D. 蒐集歷次反沖洗趨勢圖並加以檢討分析，以求得最佳操作參數。

## 結果與討論

### (1) 控制變數

潭頂淨水場快濾池反洗系統是採用水洗加上表洗方式進行，現有反沖洗操作程序為：

#### 1. 反沖洗起始：

關閉濾水閘門(濾池內水位降至砂面上約 5 公分或砂面切齊)

#### 2. 表洗：(2 分鐘)

打開表洗幫浦，進行表洗砂。

#### 3. 第一段反沖洗：(1 分鐘)

打開第一段總反沖洗閘至 20 度。

#### 4. 第二段反沖洗：(6 分鐘)

打開第二段總反沖洗閘至 80 度。

#### 5. 完成反沖洗：

關閉反沖洗幫浦；關閉反沖洗閘門；關閉排水閘門。

為了解進行反洗程序時，觀察反洗廢水濁度的變化，我們選定了幾個參數：

1. 表洗設備是否操作。

2. 表洗時間長短。

3. 反洗閘門開度大小。

4. 反洗時間長度。

來了解對於反洗效益之影響。

## (2) 試驗結果

### 1. 表洗有無及時間效益

目前在本公司運轉中之淨水場使用表洗設備進行反洗的快濾池已越來越少了，國內淨水操作一般總認為表洗設備維護不易且效益不彰，為了解表洗在反洗程序中的效果，在試驗的規劃中，特別將反洗設備是否操作的試驗中，並且對於表洗設備操作之時間也列入檢討，表 2 為於反洗程序中控制表洗設備之操作。

我們利用廢水濁度計與時間的變化趨勢圖來觀察反洗過程，當波峰顯示越陡峭時，表示反洗濁度高其效果越好，而波幅越窄，同樣也表示利用較少量的反洗水就能達到控制之濁度範圍即可停止反洗，因此，反洗濁度歷線，可作為反沖洗時間效能之指標。

圖 2 為不加入表洗時的反洗廢水濁度變化趨勢，圖 3 為加入表洗時的反洗廢水濁度變化趨勢，比較這兩個圖形，以反洗水濁度降至 20NTU 以下平均歷時如表 3，我們可以發現無表洗設備時所需時間為 7.2 分鐘，在加入表洗設備時則時間可以縮短為 6 分鐘，約可增加效率 16.6%。【 $((7.2-6.0)/7.2)*100\%$ 】，若以表洗時間進行比較，表洗時間以 4 分鐘以上降至 50NTU 以下平均歷時 5 分鐘（圖 4），表洗 2 分鐘平均歷時 6 分鐘（圖 5），表洗 4 分鐘比表洗 2 分鐘約可增加效率 16.6%。【 $((6.0-5.0)/6.0)*100\%$ 】。

## 2. 反洗閥門開度及時間效益.

在反洗的程序中，閥門開度表示反洗水流速的大小，一般的程序是調整在較小的開度，用以緩慢膨脹濾層，將濾膜（因過濾造成之主要膠羽截流區域）破壞後，再提高閥門開度使濾層膨脹進行濾砂搓洗，將污染物（膠羽）自濾砂表面剝除，若一開始閥門開度過大，則容易造成濾砂噴流，使得濾砂流失，本試驗內容即是改變第一階段不同閥門開度及開啟時間（第二階段開度維持 80%）（如表 4），以了解開度對於反洗效率之影響。

經實驗發現，第一段反沖洗開度以 40%較佳，由反洗歷時曲線得知，其上升曲線斜率與開度大小成正比（圖 6、圖 7），斜率大表示在單位時間內將濾砂中膠羽顆粒帶出之效率佳，如此不但有助於濾砂被充份清淨之信心，更能縮短反洗之歷程。

而適度延長第一段反沖洗時間有助於反沖洗效率之提昇，第一段反沖洗時間由 60 秒增長為 90 秒，約可增加效率 14.0%。【 $\left(\frac{5.0-4.3}{5.0}\right) * 100\%$ 】，若以新建操作參數表洗四分鐘，第一段反沖洗開度 40%，操作時間 90 秒（圖 8），相較於無表洗（表洗機故障時），第一段反沖洗開度 20%，操作時間 60 秒（圖九），其反洗效率將有 40%之提昇。【 $\left(\frac{7.2-4.3}{7.2}\right) * 100\%$ 】（表 5）

### （3）影響反洗效率因數分析

#### 1. 表洗設備：

有表洗之反沖洗機制，其反沖洗效果遠大於無表洗者，甚至於在有進

行適度表洗後，更可涵容後續在操作機制上稍稍失誤所帶來之影響，因此濾床之表洗可說是反沖洗程序中之首要。而表洗機常會因濾砂堵塞噴嘴、濾砂跑進轉軸造成磨損、接件處常因表洗初始管中空氣影響造成擠壓脫離等原因而故障，常見有水場表洗機故障後，認為其影響不大而長期間置未修理，在此實驗中證實表洗對於反沖洗效果之重要性，吾人以為應時時保持表洗功能之正常運作，才能有最佳化操作機制之展現。

## 2. 反洗參數設定

本廠經驗中，原第一段反洗參數（閘門開度、反洗時間）之設定並無任何之科學依據（如此已操作十幾年）。本次實驗後證實，原設定之操作參數並無法提供快濾池反沖洗最佳之效能；有些水廠與本廠一樣均已設立三、四十年，由初始建廠至今有某些機件設備可能均已汰新，設備更新後對整體效能之表現往往存在著些許的未知與疑惑，因此運用實場之實驗操作方式以求得當下最佳化之操作參數，不失為一種有效可行的方法。

## 3. 操作人員之認知與參與

本實驗之方式是以實場方式進行，亦即是將實驗融入每天正常之淨水操作中，實際實驗之操作與紀錄均由輪班操作的同仁來作為，計畫主持人完成將進行實驗項目之規畫後，必需與操作同仁進行充分之講解與溝通，其內容包括進行實驗之步驟、原理、控制及觀察重點、實驗之目的等；本廠擔任輪班操作之同仁大多為電機或機械背景者居多，相信很多水場亦是如此，再加上有些人員均已操作一、二十年，突然的改變可能接受度會有

打折，因此藉由充分的先期講解與溝通，是為確保實驗能獲得正確資訊的不二法門，另外亦可藉此使同仁加深對淨水操作之認知，並塑造團隊合作之氣氛。

### **結論及建議**

1. 有表洗之效率比無表洗好，約可增加效率 16.6 %。
2. 表洗時間以 4 分鐘以上較佳，表洗 4 分鐘比表洗 2 分鐘約可增加效率 16.6 %。
3. 第一段反沖洗開度以 40%較佳，由反洗歷時曲線得知，其上升曲線斜率與開度大小成正比，斜率大表示在單位時間內將濾砂中膠羽顆粒帶出之效率佳，如此不但有助於濾砂被充份清淨之信心，更能縮短反洗之歷程。
4. 適度延長第一段反沖洗時間有助於反沖洗效率之提昇，第一段反沖洗時間由 60 秒增長為 90 秒，約可增加效率 14.0 %。
5. 以新建操作參數表洗四分鐘，第一段反沖洗開度 40 %，操作時間 90 秒，相較於無表洗時，第一段反沖洗開度 20%，操作時間 60 秒，其反洗效率提昇 40%。
6. 第一段反沖洗開度之改變，雖可相對比較出其單位時間內將濾砂中膠羽顆粒帶出之效率大小，惟變化甚微，探究其結果，可能是前已有充分之表洗所致；因為第一段之反沖洗主要是提供濾砂層充分擾動之用且又不造成過大之激衝為原則，因此，建議此項實驗時，可以不先表洗，直接

以改變第一段反沖洗開度（20 %、30 %、40 %）方式操作，所獲得之結果可能會有較明顯之差異，如此亦可印證需有表洗才能獲得最佳反沖洗效能之重要性。

7. 本次實驗之控制參數中，一直均以濾程固定（48 小時）為操作控制參數，建議可以改用水頭損失（固定）做為濾程之操作控制參數，如此可以使濾砂層負荷有更公平之基準點。

### 誌謝

承蒙台灣省自來水公司提供本研究計畫所需經費。另總工程師室饒欽良工程師提供資料及技術協助、第六區管理處烏山頭給水廠杜方裕股長、南化給水廠張煥獎股長在試驗上之協助，在此致上謝意。

### 參考文獻

1. *給水工程(衛生工程·自來水篇)*，高肇藩編著。
2. *FILTER ASSESSMENT MANUAL*. South Carolina Department Health and Environmental Control. Third Edition, December 2003
3. *FILTER TROUBLESHOOTING AND DESIGN HANDBOOK*. AWWA. First Edition 2005.
4. *Using Baseline Monitoring Techniques to Assess Filter Run Performance and Predict Filter Breakthrough*. Michael J. Sadar. Application Scientist Hach Company Loveland Colorado. 2000.

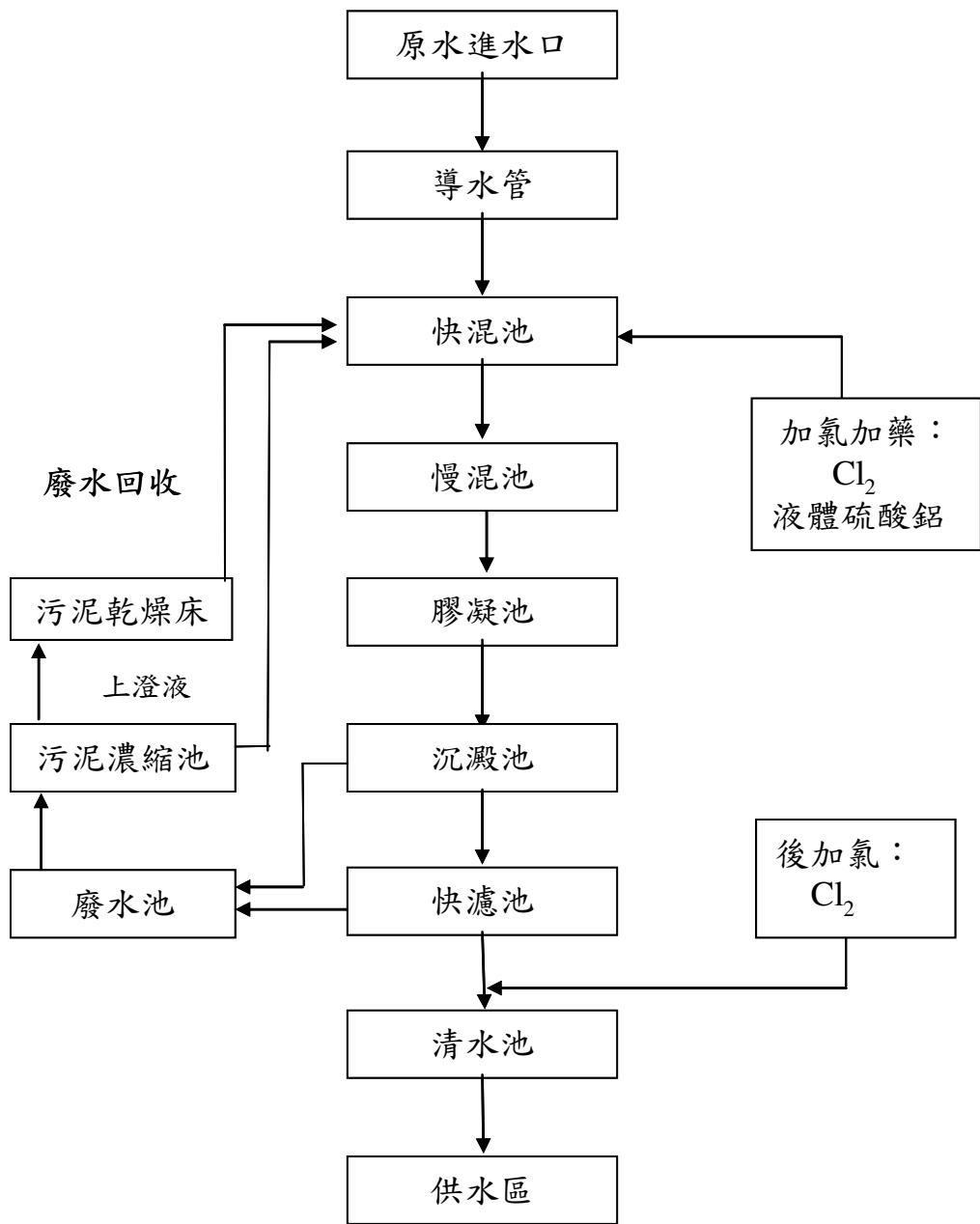


圖 1 潭頂淨水場淨水流程圖

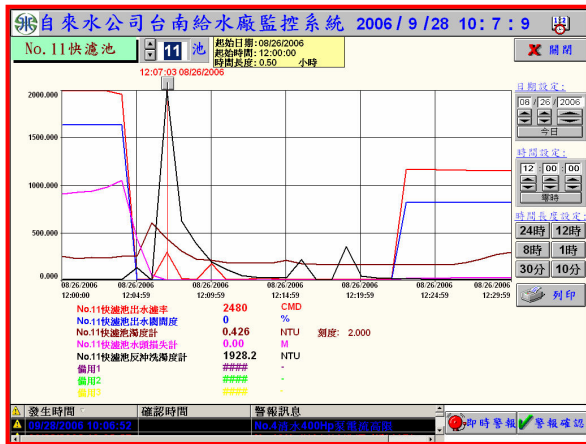


圖 2 無表洗設備時廢水濁度歷線

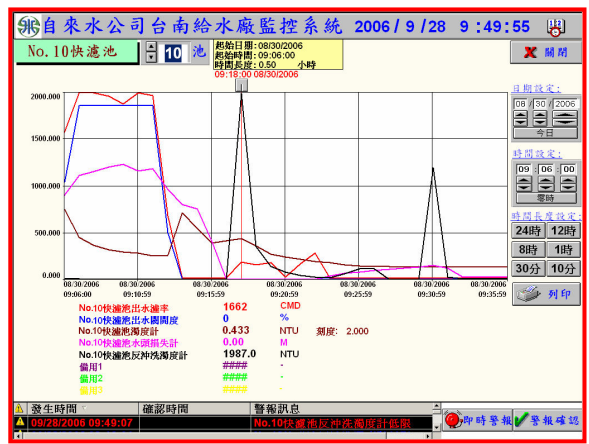


圖 3 有表洗設備時廢水濁度歷線

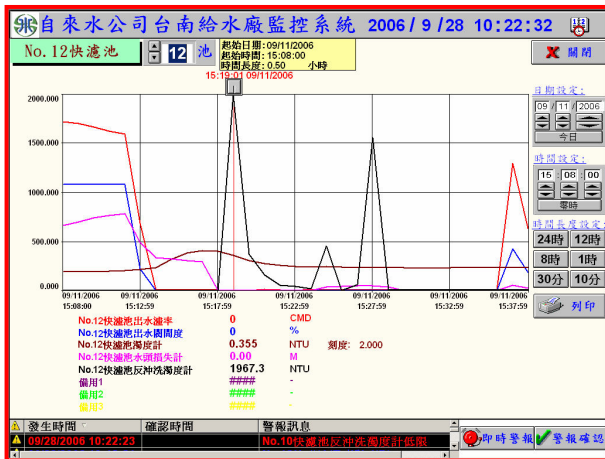


圖 4 表洗 2 分鐘時廢水濁度歷線

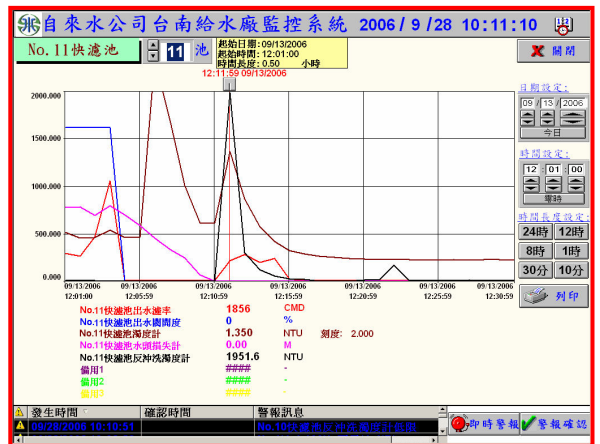


圖 5 表洗 4 分鐘時廢水濁度歷線

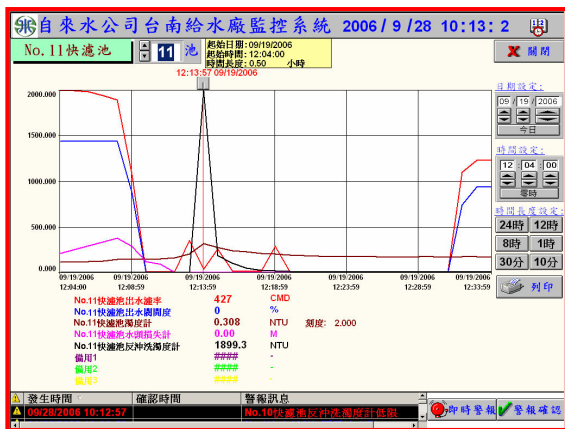


圖 6 表洗+第一段閘門開度 30%廢水濁度歷線

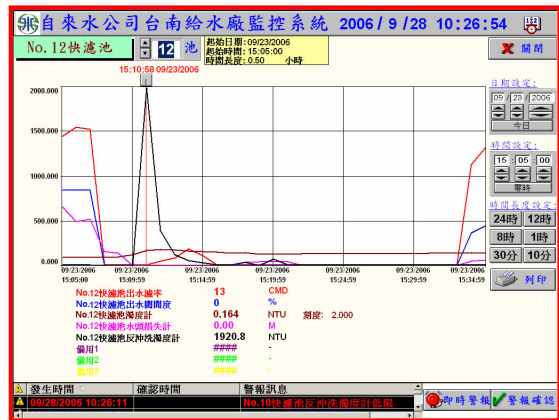


圖 7 表洗+第一段閘門開度 40%廢水濁度歷線

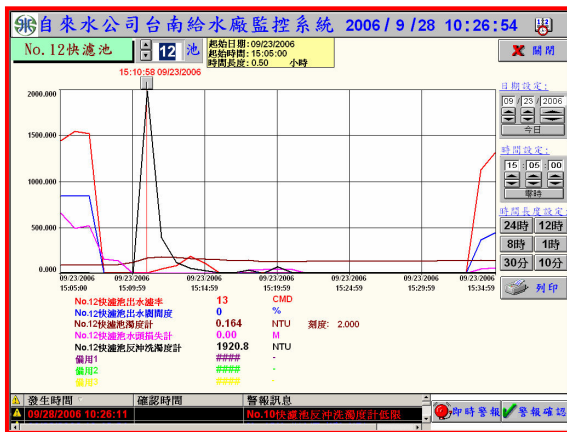


圖 8 表洗+第一段閘門開度 40%時  
間 60 秒廢水濁度歷線

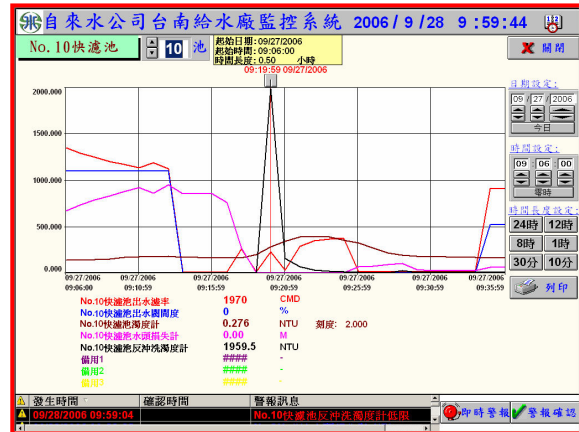


圖 9 表洗+第一段閘門開度 40%時  
間 60 秒廢水濁度歷線

表 1 潭頂淨水場快濾池各項規格及操作參數：

主題	種類型式	資訊
一般濾床資訊	型式 (單、雙、多層)	多層
	濾池編號	11
	濾池控制 (定或變濾率)	定濾率
	表洗型式 (旋轉、固定、無) / 氣洗	水力旋轉
	外型輪廓 (長方、圓、正方)	長方形
	尺寸 (長、寬、直徑)	6.71m*4.27m*2
	每一濾床過濾面積 (m <sup>2</sup> )	57.3
水力負荷情形	平均操作流量 (m <sup>3</sup> /d)	11250
	瞬間最高操作流量 (m <sup>3</sup> /d)	16875
	平均水力表面負荷率 (m/d)	196.3
	瞬間最高水力表面負荷率 (m/d)	294.5
濾料設計情形	深度, 型式	115cm; 重力式
	濾料 1-砂	50cm; E=0.5mm
	濾料 2 (假如適用) - 無煙煤	25cm; E=1.0mm
	濾料 3 (假如適用) - 石榴石	40cm; E=2~60mm
真實濾料情形	深度	115cm
	濾料 1-砂	75cm
	濾料 2 (假如適用) - 無煙煤	無
	濾料 3 (假如適用) - 石榴石	40cm
	泥球、殘礫、過量藥劑、爆裂、磨損	泥球、磨損
反沖洗情形	系列 (表洗、氣洗、奔流、濾料損耗)	表洗+水洗
	持續期間 (分鐘)	約 8~10 分鐘
	洗滌水資訊 (使用馬達、固定水頭水桶、系統壓力)	固定水頭水槽
	反沖洗率 (gpm/ft <sup>2</sup> )	1180CMD/M <sup>2</sup>
	濾床膨脹率 (百分比%)	10
	膠凝劑或高分子凝聚劑加入洗滌水中	無

表 2 於反洗程序中控制表洗設備之操作

濾程 (hr)	表洗	第一段 反沖洗 (秒)	第二段 反沖洗 (秒)	原水 平均濁度 (NTU)	沉澱水 平均濁度 (NTU)	過濾總水 量(M <sup>3</sup> )	池號	反洗 日期
48	無	60 (開度:20)	360 (開度:80)	13.3	2.47	18,750	11	8/26
47	有 2 分鐘	60 (開度:20)	360 (開度:80)	17.5	2.45	18,855	10	8/30
48	有 2 分鐘	60 (開度:20)	360 (開度:80)	42.6	2.40	15,977	12	9/11
48	有 4 分鐘	60 (開度:20)	360 (開度:80)	49.6	2.40	8,916	11	9/13

表 3 表洗設備於反洗程序之效益

比較分項	反洗水濁度降至 20NTU 以下平均歷時
無表洗	7.2 分鐘
有表洗	6.0 分鐘
表洗 2 分鐘	6.0 分鐘
表洗 4 分鐘	5.0 分鐘

表 4 於反洗程序中控制反洗水閥門開度及時間之操作

濾程 (hr)	表洗	第一段 反沖洗 (秒)	第二段 反沖洗 (秒)	原水 平均濁度 (NTU)	沉澱水 平均濁度 (NTU)	過濾總水 量(M <sup>3</sup> )	池號	反洗 日期
48	有 4 分鐘	60 (開度:30)	360 (開度:80)	39.9	1.85	15,596	11	9/19
48	有 4 分鐘	60 (開度:40)	360 (開度:80)	19.4	2.22	13,002	12	9/23
48	有 4 分鐘	60 (開度:40)	360 (開度:80)	19.4	2.22	13,002	12	9/23
48	有 4 分鐘	90 (開度:40)	280 (開度:80)	16.5	2.48	10,826	10	9/27

表 5 水閥門開度及時間於反洗程序之效益

比較分項	反洗水濁度歷時曲線上升之斜率
開度 20%	小
開度 30%	中
開度 40%	大
60 秒	5.0 分鐘
90 秒	4.3 分鐘

陳文祥

台灣省自來水股份有限公司總管理處工程師

台中市北區雙十路 2 段 2-1 號

[tchen@mail.water.gov.tw](mailto:tchen@mail.water.gov.tw)

Tel : 04-22244191 轉 355

Fax : 04-22232932