

淨水場去除濁度功能自我評鑑之初步研究

李丁來¹甘其銓²黃志彬³劉廷政⁴李乾華⁵林慶春⁶

摘要

自我評鑑方法被引進新竹第一淨水場，以研究淨水場去除濁度之功能，評鑑結果並供為淨水場操作、維護或改善工程設計之參考，使現有淨水設備可充分發揮其最大處理功能，本文也藉由實例演練之方式，建立可供淨水場或改善工程師參考之模式，提供該等人員進行淨水場操作功能自我評鑑之參考範例，作為辦理水質改善工程之參考，而儘量避免增建無必要之設備，節省所需改善工程費，減輕自來水事業之財務負擔。

一、研究之背景及目的

我國飲用水水質標準將於 2000 年 12 月 1 日實施第二階段，對國內之自來水事業機構造成重大衝擊，其中尤以臺灣省自來水公司(以下簡稱水公司)為然。依照水公司 1998 年完成之「臺灣省飲用水水源水質改善計劃」⁽¹⁾，所需改善工程費統計高達 83 億元，其中大部份屬現有傳統處理設備之改善，尤其為符合 2 NTU 之濁度標準所作之改善占大部分。根據水公司各單位所提送之水質改善工程計劃書或設計報告，普遍缺乏對現有淨水設備各單元去除濁度之功能加以調查及分析，也缺乏詳細之功能檢討，致常在不清楚影響現有設備去除濁度功能不彰原因之情形下，即擬予以增建或擴建淨水設備，不僅未能使現有設備之功能充分發揮，也容易造成不必要之投資浪費，再者，由於不必要之擴建，也影響了寶貴土地資源之最適利用，增加日後需增購土地之困擾。

本研究之主要目的在協助淨水場於穩定供應品質良好之自來水為前提下，建立淨水場去除濁度功能之評估方法，使相關人員在辦理淨水場改善工程前，先行對淨水場進行去除濁度效能評估，以確認處理濁度效能不彰之原因，並藉由自我評鑑結果，依據輕重緩急，條列出改善之優先順序，採取必要之改善措施，提供淨水場日後操作、維護或改善工程設計之參考，使現有淨水設備可充分發揮其最大處理功能，達到操作最佳化之要求。本研究也將建立可供淨水場工程師參考之模式，以作為淨水場操作功能自我評鑑之參考案例，並為日後辦理改善工程之依據，其目標為避免增建無必要之設備，達到節省改善工程費用之目的。

-
1. 臺灣省自來水公司工務處工程師
 2. 交通大學環境工程研究所博士班研究生
 3. 交通大學環境工程研究所教授
 4. 臺灣省自來水公司工務處經理
 5. 臺灣省自來水公司新竹淨水廠廠長
 6. 臺灣省自來水公司新竹淨水廠股長

二、國內、外研究概況

在 1989 年美國環境保護署公告了「表面水處理規則」(Surface Water Treatment Rule)，對於所有使用表面水或地下水受表面水影響之公共給水系統，提出更嚴格之處理要求，針對日漸嚴格之飲用水法規，美國有部份自來水場在環境保護署之資助下於 1991 年開始，採用原先用於提昇污水處理廠處理效能之綜合性改善計劃(Composite Correction Program, CCP)，來對淨水廠之操作功能作一基本性之調查與評估，此 CCP 計畫包括整合性功能評估(Comprehensive Performance Evaluation, CPE)及綜合性技術協助(Comprehensive Technical Assistance, CTA)，其目的在對淨水廠進行整體性、系統性操作效能評估，以確認淨水廠處理效能不彰之根本原因，提供淨水廠設計、操作、維護、管理或改善工程設計之參考，使現有淨水設備可充分發揮其最大處理功能，達到操作最佳化之要求。其後，美國環境保護署更根據眾多自來水場應用 CCP 所累積之經驗出版 CCP 之使用手冊⁽²⁾，提供給自來水相關業者參考，該使用手冊之目的雖非在提供節省成本之方法，或如何辦理淨水設備擴建，但是藉著其提供之方法，自來水廠可得到節省成本之方法，或增加淨水設備之處理能力而不需擴建。

美國自來水協會研究基金會也於 1995 年舉辦了「淨水處理廠效能最佳化」之研討會，邀集了全美 20 位自來水方面之專家齊聚一堂共同討論表面水淨水廠最佳化之相關議題，其重點在如何發展淨水廠之自我評鑑程序，並於 1997 年出版了「表面水處理廠最佳化之自我評鑑指南」⁽³⁾(Self-Assessment Guide for Surface Water Treatment Plant Optimization)供相關單位參考，協助淨水廠在維持穩定出水而水質良好之前提下，如何評估現有之操作狀態，並藉由自我評鑑結果，了解處理效能不彰之因子，並依據其輕重緩急，條列出改善之優先順序，採取必要之改善措施。

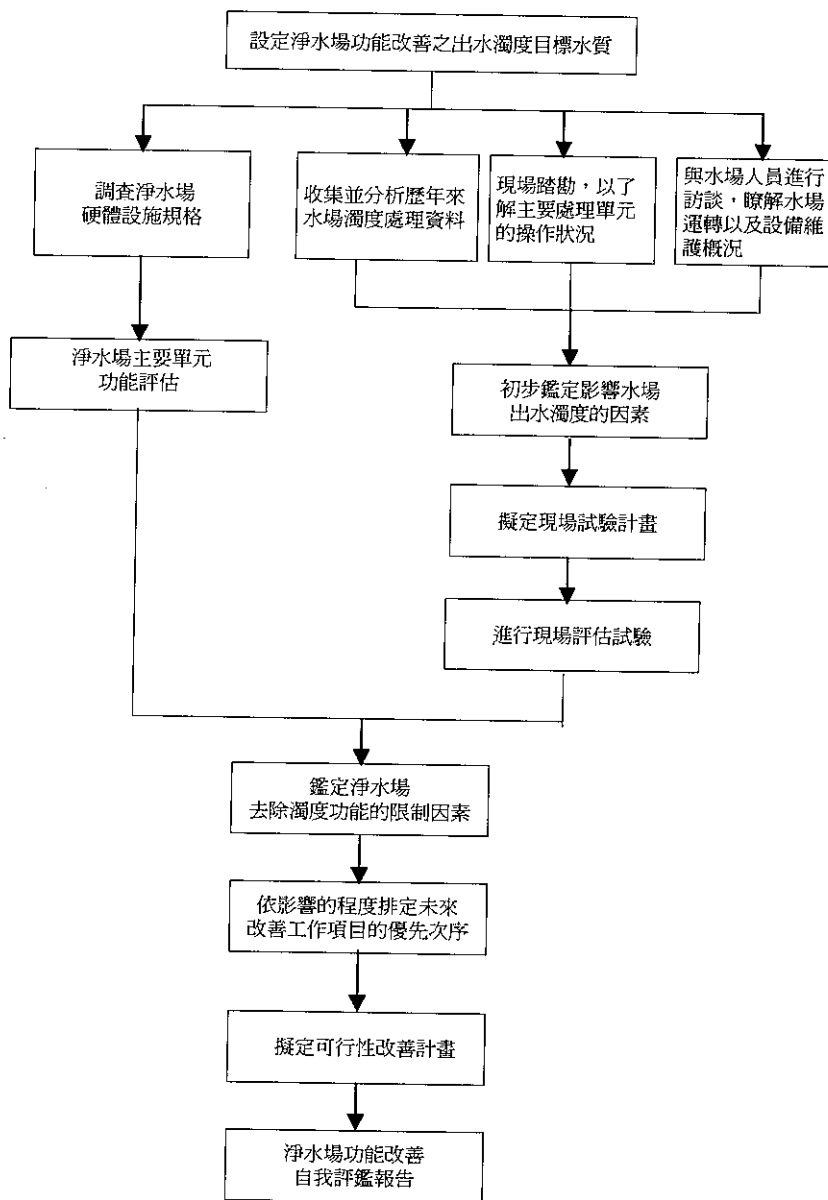
而美國自來水業者、環保署、自來水協會暨研究基金會、專家學者等相關單位或一般民眾，於 1994 年組成了一項自願性組織名為「安全飲水聯盟」(Partnership for safe water)⁽⁴⁾，主動在法規之要求外，以自動自發方式，匯集群力收集及分析操作資料，建立自我評鑑制度，以提升供水品質，確保民眾之用水安全性，截至 1999 年 4 月全美共有 225 家自來水單位參與，供水人口合計達九千萬人，新進有澳洲、加拿大、英國等國之自來水單位加入此項聯盟。

國內工商業的快速成長，國民生活品質提高，對於自來水水質之要求也相對地提高。1997 年 5 月行政院環保署公告了飲用水管理條例的修正案，新法對飲用水水源水質、淨水設備管理及飲用水水質作更清楚與嚴格的要求。面對此趨勢，水公司勢必得對所屬的淨水設施進行處理效能之探討及改善，使得淨水場舊有的設備可發揮最大的處理能力並達到最佳的處理狀況，避免投注大量的經費添購或修正原有的設備。

國內除交通大學環境工程研究所黃志彬教授曾於 1997 年仿效美國環保署所採用的 CPE 評估方法，用來鑑定淨水廠處理效能不彰的原因，並以豐原及板新淨水廠兩廠為對象⁽⁵⁾，進行資料收集、操作功能評估、主要單元程序評估等工作外，中華民國自來水協會也分別於 1996 年委託趙震陵博士⁽⁶⁾、1999 年委託臺灣大學環境工程研究所蔣本基教授進行淨水場績效評鑑之相關研究，而水公司為國內最大之自來水事業單位，對此方面之研究，尚屬陌生，因此淨水場自我評鑑之技術，亟待引進水公司，以提升水公司人員之淨水技術及設計、操作能力。

三、研究方法及步驟

本研究係於新竹第一淨水場，進行實場去除濁度功能之自我評鑑，工作包含主要淨水單元去除濁度功能的評估、淨水廠設計限制因素的程度鑑定(包括快混、膠凝、沈澱、過濾)、操作與處理效能改善的可行性建議。雖然管理方面也是影響自我評鑑作業之重要層面，但為使評鑑作業單純化，本研究並未探討此方面之影響。本研究中自我評鑑的實施步驟如圖一所示：



圖一 淨水場自我評鑑之實施步驟

四、現場評估試驗設備與內容

4.1 膠羽特性分析設備

(1) 光纖膠羽偵測儀 (PDA)

光纖膠羽偵測儀 (Photometric dispersion analyzer; PDA2000, Rank Brothers Ltd.)，主要是用來監測流動性的懸浮固體溶液顆粒的聚集狀態，其儀器的相關詳細內容可參閱文獻⁽¹³⁾。

(2) 濁度計

使用HACH型號RATIO/XR。有三個channel可適用於0.2 NTU~2000 NTU 濁度範圍的監測。同時並可配備連續流式取樣管，可連續偵測放流水之濁度變化。

(3) 瓶杯試驗機 (Jar tester)

使用美國Phipps&Bird (PB-700 Jar tester) 所製造，最大轉速為 400 rpm，最小轉速為10 rpm，可以同時操作六個方形攪拌槽搭配寬葉攪拌器 (Square Gator Jar and Paddle Impeller)：攪拌用的混凝槽為邊長11.5公分、高21公分的方形槽，攪拌器為長7.6公分、寬2.8公分之片狀槳葉，其攪拌器轉數與剪力值呈線性函數關係。

(4) 膠羽自由沈降試驗

使用壓克力材質製，高75公分、直徑7公分之圓型槽，將槽中注滿水，再把現場瓶杯試驗後產生的膠羽從上方投入，使其進行自由沈降，以Panasonic，型號NV-LC1的攝影機 (具有ZOOM 放大20倍可調式的攝影鏡頭)，拍攝膠羽沈降的過程，再用TOSHIBA，型號M-650之錄放影機，進行三十分之一秒格放，量測膠羽之粒徑與沈降速度，代入Stoke's的修正公式，可計算出膠羽之密度。

(5) 微粒粒徑分析儀 (Particle Sizer)

採用的微粒粒徑分析儀為 Chemtrac 公司 (PS 2400) 所生產，微粒粒徑分析儀是利用遮光原理，利用微粒通過光照射區時，感應器由入射光的變化偵測微粒的大小，因此毋須調整水質條件，可偵測微粒粒徑範圍為 2~400 μm 。

4.2 淨水場現場評估試驗

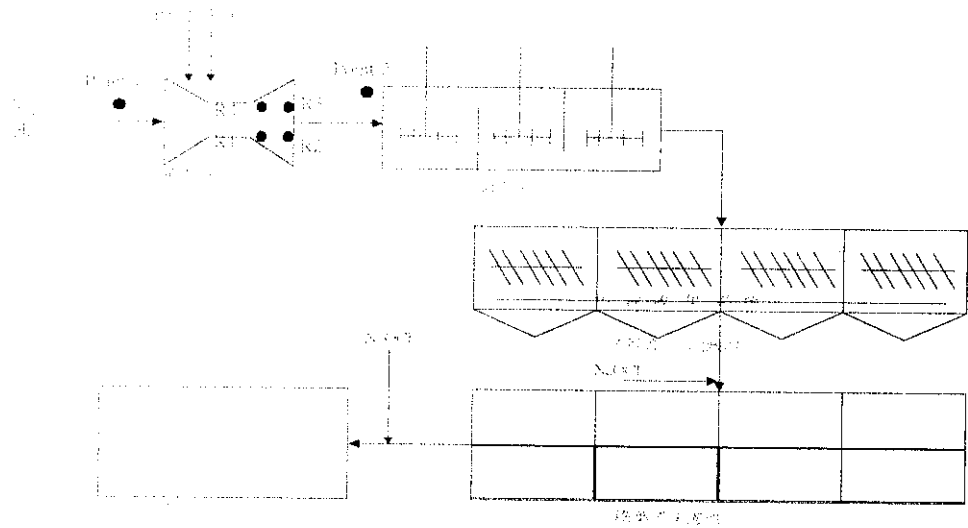
本研究所進行的現場評估試驗以新竹第一淨水場為研究對象，現場處理流程以及實驗所擬定的採樣點如圖二所示，針對三種不同的目的，研擬並進行現場評估試驗。

首先進行現場加藥量評估，以了解實場加藥量是否符合現場瓶杯試驗結果。其試驗實行的步驟為先於 P_1 取原水，加入與實場相同 (例如 20 mg/L) 及不同 (例如 10 mg/L、15 mg/L、25 mg/L、30 mg/L) 的混凝劑加藥量，提供與實場相同的快混 Gt 值 (220 rpm，54 sec，G 值為 430 sec^{-1} ，GT 值 2.32×10^4)，進行快混，另於 P_2 採取經現場水躍快混過之水樣， P_1 、 P_2 水樣同時進行瓶杯試驗，提供與現場相同的三段慢混 Gt 值 (50 rpm、8 min，35 rpm、8 min 及 18 rpm、8 min；G 值各為 50 sec^{-1} 、27 sec^{-1} 及 10 sec^{-1})，進行沈澱，量測不同停留時間下的殘餘濁度。在上述的實驗中，除了以傳統的濁度量測法來比較現場加藥量與實驗室瓶杯試驗所決定的最佳加藥量，本研究中也採用自由沈降

試驗來觀察在兩種不同加藥量下生成膠羽的差異。

而針對不同混凝加藥方式對於水中微粒聚集的影響，本研究之中將採用一套新的評估技術進行試驗，其內容為不同混凝加藥方式下（多點加藥、單點加藥），以光纖膠羽偵測儀量測快混後水樣中微粒聚集的程度，水樣取自快混池中水躍後段區域四點（ $R_1 \sim R_4$ ）。

透過現場的初步探勘，發現在膠凝程序中似乎有膠羽破壞的情形，因此本研究中也觀察現場膠凝過程所形成的膠羽粒徑分佈變化的情形。實驗步驟為分別於慢混 1、2、3 池中以及慢混池出口進行採樣，以微粒粒徑分析儀（Particle Sizer）觀察微粒的粒徑分佈。



圖二 現場採樣與新竹第一淨水場處理流程

五、結果與討論

5.1 新竹第一淨水場主要淨水處理單元設備規格

資料經收集整理後詳如表一。

表一 新竹第一淨水場主要處理單元規格

處理單元	概述	設備規模(每池)
預氣池 (1 池)	容積	L: 4 m, W: 3 m, D: 4.5 m
	停留時間	54sec
快混池 (1 池)	容積	L: 4 m, W: 3 m, D: 4.5 m
	停留時間	54 sec
慢混池 (2 組×3 池/組)	容積	L: 7.5 m, W: 7.5 m, D: 4.5 m
	停留時間	24.6 min
傾斜板沈澱池 (4 池)	容積	L: 39.4 m, W: 12 m, D: 3.5 m
	停留時間	1.78 hr
快濾池 (8 池)	濾率	230 m ³ /m ² -day
	濾料	單層濾砂厚 70 cm, 有效粒徑 0.4~0.45mm
清水池	容積	15,471 m ³

5.2 淨水場主要單元功能評估

對現場實際操作的淨水水量與硬體設計的處理量做一比較，可觀察實際的操作量是否超過或不足原有的設計量。依照得到淨水廠設備的規模大小、設計出水量、實際尖峰操作量等資料，可計算各個主要單元的最大及最小合理處理量，其計算流程如表二所示。根據計算所得的數值，與淨水廠最大處理水量 89,000 CMD 作一比較，可編繪成一勢能評估圖，如圖三所示。

表二 新竹第一淨水場功能評估計算

新竹第一淨水場目前最大處理水量 89,000 CMD，各主要處理單元功能計算如下：

(1) 水躍快混槽：

1 座快混槽，4.0 M × 3 M × 4.5 M，水力攪拌，停留時間 54 sec, 水躍水頭損失 1 M, $G = 430 \text{sec}^{-1}$ ，GT 為 2.32×10^4 參考設計準則⁽⁷⁾，取水力停留時間 30-60sec, GT 值 = $2 \sim 3 \times 10^4$

設計準則最大合理處理量： $430 \times 54 / 2 \times 10^4 / 60 \times 60 \times 24 = \underline{100,310}$ (CMD)

設計準則最小合理處理量： $430 \times 54 / 3 \times 10^4 / 60 \times 60 \times 24 = \underline{66,870}$ (CMD)

(2) 慢混池：

每池 7.5 M(L) × 7.5 M(W) × 4.5 M(D)，2 組各 3 池，共 6 池，停留時間 24.6 min。槳板轉

速由大而小為 3 rpm、2 rpm、1 rpm，槳葉尺寸為 4.2 M × 0.15 M × 8 片，槳葉翼板面積佔池斷面積 14.8%，槳葉週邊最大速度各為 0.98 m/s、0.65 m/s、0.33 m/s。三段膠凝 G 值各為 50 sec⁻¹、27 sec⁻¹、10 sec⁻¹，平均 G 值 29 sec⁻¹，GT 值為 4.28 × 10⁴

體積： $(7.5\text{M} \times 7.5\text{M} \times 4.5\text{M}) \times 6 = 1518.75 \text{ m}^3$

參考設計準則，取水力停留時間 20-60 min，GT 值 = $10^4 \sim 10^5$

設計準則最大合理處理量： $1518.75 / 20 / 60 \times 24 = 109,350 \text{ (CMD)}$

設計準則最小合理處理量： $1518.75 / 60 / 60 \times 24 = 36,450 \text{ (CMD)}$

(3) 傾斜板沉澱池：

每池 39.4 M(L) × 12 M(W) × 3.5 M(有效水深)，停留時間 1.78 hours，有 4 池。傾斜板鋪設面積每池 25.3 M(L) × 12 M(W)，佔沉澱池表面積之 64%，表面負荷率 73 CMD/M²，沉澱池斷面水平流速 0.37 m/min。集水渠溢流堰總長度為 11.4M × 2 × 6 × 4 = 547.2 M，堰溢流率為 162.6 m³/m/d。鋪設傾斜板面積： $25.3 \text{ M} \times 12 \text{ M} \times 4 = 1214.4 \text{ m}^2$ ，參考設計準則，停留時間 1 hours 以上，傾斜板鋪設面積佔沉澱池表面積之 75% 以內，傾斜板表面負荷率 100-200 m³/m²/d，集水渠溢流率 250m/d 以下。

設計準則最大合理處理量： $1214.4 \times 200 = 242,880 \text{ (CMD)}$

設計準則最小合理處理量： $1214.4 \times 100 = 121,440 \text{ (CMD)}$

(4) 快濾池：

綠葉式快濾池，池長 8 M，寬 6 M，共八池，濾率 231.8 m³/m²-day，濾料為單層砂砂，厚度 70cm，有效粒徑為 0.4~0.45mm。濾料厚度與有效粒徑比值為 1,647。

面積： $8 \text{ M} \times 6 \text{ M} \times 8 = 384 \text{ m}^2$

參考設計準則，取單層濾料濾率 120-180 m³/m²/d，每池過濾面積為 100m² 以下，濾料厚度與有效粒徑比值為 1000 以上。

設計準則最大合理處理量： $384 \text{ m}^2 \times 180 = 69,120 \text{ (CMD)}$

設計準則最小合理處理量： $384 \text{ m}^2 \times 120 = 46,080 \text{ (CMD)}$

(5) 清水池：

3 座，尺寸分別為 27 M(L) × 26 M(W) × 4 M(D)，49 M(L) × 34 M(W) × 3 M(D)，73 M(L) × 35 M(W) × 3 M(D)。總容積：15,471 m³。參考美國環保署對消毒之要求⁽¹²⁾，取未設導流設施時之有效消毒接觸時間因子 0.1。

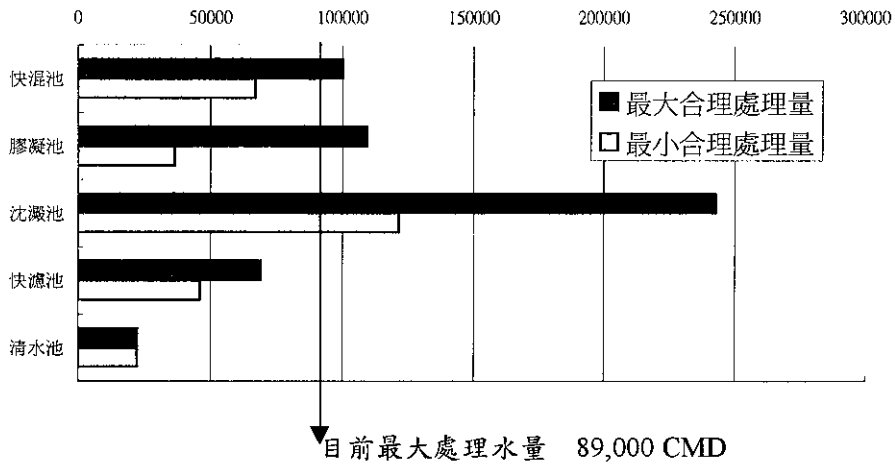
清水池有效計算值： $15471 \times 0.1 = 1547.1 \text{ m}^3$

要求的水力停留時間值（溫度=15°C，餘氯值 1.0 mg/l，CT 100 mg/l-min）

$100 \text{ mg/l-min} / 1.0 \text{ mg/l} = 100 \text{ min}$ 。

設計準則最大合理處理量： $1547.1 / 100 / 60 \times 24 = 22,280 \text{ CMD}$

設計準則最小合理處理量： $1547.1 / 100 / 60 \times 24 = 22,280 \text{ CMD}$



圖三 新竹第一淨水場主要處理單元勢能評估

由於未能取得淨水設備之詳細設計圖，也不能量測水位高程、水深及水流速度，只得藉由詢問現場操作人員得知設備概括尺寸，根據書面資料所計算之結果，只能供作評估前之參考，較正確之評估資料，有待更精確之量測，並配合於現場實施操作效能監測及水質分析，方得有具體可靠之成果。透過書面資料分析以及主要處理單元勢能評估後，其分析結果如次：

(1) 水躍快混槽

由現場觀察，水躍槽之高差概算約一公尺，故計算後 GT 值可符合設計規範要求，依據設計規範，本水躍槽之處理能力尚可增加至 100,000 CMD，惟加藥方式採單點滴入，不符快速均勻加藥之要求，而冬天溫度低時，是否會影響快混效果？如何改善？有待調查評估。

(2) 慢混池

本場慢混池經計算各項設計參數，並與設計規範比較，大致均可符合要求，依據設計規範，本慢混池之處理能力尚可增加至 110,000 CMD，惟本場當初建設時係為慢濾池，雖經改建成現有規模，但整體水力考量並不恰當，經慢混後不能接續進入沉澱池，而需分別藉由各長 58 公尺及 22 公尺之渠道導流，導致發生部份膠羽沉積於渠道內，如久未清理可能影響水流斷面，導致短流現象，破壞部份膠羽而減少沉澱效能，宜注意偵測膠羽狀況。

(3) 沉澱池

本場沉澱池經計算各項設計參數，並與設計規範比較，大致均可符合要求，依據設計規範，本沉澱池之處理能力尚可增加至 243,000 CMD，惟需注意者，本場沉澱池當初建設時係為一般傳統式，故其集水渠及溢流堰係設置於沉澱池之最末端，然而改裝成傾斜板快速沉澱池後，集水渠及溢流堰依據 AWWA & ASCE⁽⁸⁾ 之建議，宜平均設置於沉澱池之池面上，集水支渠應間距 1.8 公尺，以保持出水穩定，減少短流問題。

(4) 快濾池

本場快濾池經計算各項設計參數，並與設計規範比較，勉強可符合要求，依據設計規範，本快濾池之處理能力僅能至 69,100 CMD。經查本場原設計為無煙煤及砂砂所組成之綠葉式雙層濾料過濾池，後因故改為單層濾料，惟綠葉式過濾池係利用濾池與清水渠間之水位差而反沖洗，反洗能力有限，應不合適用於雜質貫入較深之雙層濾料過濾池，且過濾水與反沖洗水為相同管道，對於過濾初期水無法排除，容易污染清水。

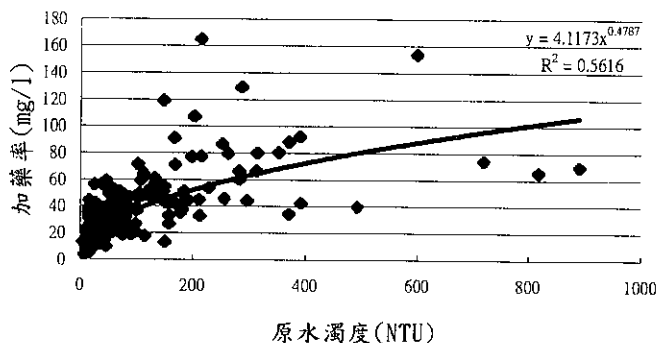
(5) 清水池

本場清水池之設計，如同國內其他早期清水池之設計，僅著眼於容量是否足夠，而未考量其應俱備之消毒能力，故並未設計導流隔板。如僅考慮容量問題，經計算結果為 4.2 小時，已符合設施準則一小時以上之要求，如依據美國環保署之規範，本清水池之容量，其處理能力僅能至 22,300 CMD，即清水池容量嚴重不足，然而本場係採前加氣，故美國環保署之規範是否可以適用？或應如何修改仍有待酌，故以清水池設計規範計算而得之處理容量，尚不宜納入評估。

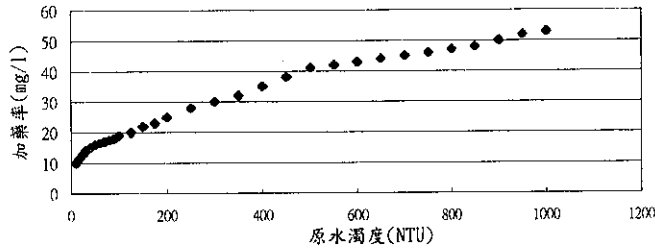
5.3 歷年來水場濁度處理資料分析

(1) 混凝劑加藥量與原水濁度之關係

去除水中濁度一直是淨水處理之主要工作，而混凝效果之良窳，將會影響後續膠凝、沉澱、過濾功能是否充分發揮之重要因素，但混凝效果之成敗關鍵在於加藥量是否適當，一般而言淨水場決定加藥量之方式主要有瓶杯試驗、歷年加藥操作資料或經驗、量測顆粒之電泳值和界達電位或自動加藥操作，本場係依據前二者及清水濁度良否，以人工機動調整加藥量，本場 87 年 9 月至 88 年 8 月之加藥量與原水濁度關係如圖四，可發現加藥量與原水濁度並無良好關係，雖可勉強獲得 $Y=4.1173 X^{0.4787}$ 之關係式（式中 X 為原水濁度，Y 為混凝劑加藥量），但相關係數（ R^2 ）僅 0.5616，僅能供初步選定加藥量之參考，而操作數據跳動甚大，檢討該等數據之正確性，及加強淨水場操作資料之品保/品管，已是首要之務，若將實場加藥量與圖五瓶杯試驗之加藥曲線圖相較，顯示相同原水濁度下，瓶杯試驗之加藥量顯然偏低，而瓶杯試驗之加藥曲線較實場加藥曲線“完美”，是否符合實際操作需要，值得重新檢討。



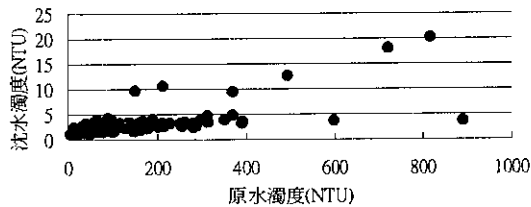
圖四 實場加藥量與原水濁度關係



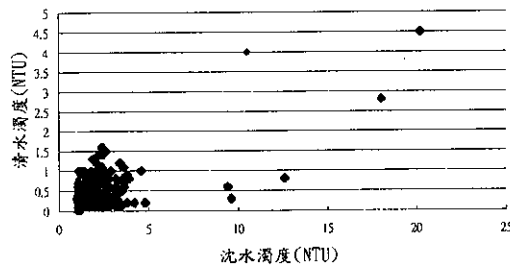
圖五 瓶杯試驗加藥量與原水濁度關係

(2) 原水、沉澱水、過濾水濁度關係

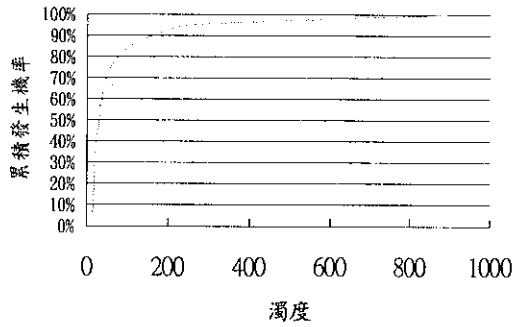
沉澱單元一向是傳統淨水處理設備中去除濁度之最重要程序，由於過濾水之濁度與濾前沉澱水之濁度有密切之相關性，因此為確保能獲得低濁度之過濾水，沉澱池之設計宜儘量保守，以確保操作效果良好，沉澱水之濁度最好能低於 2 NTU⁽¹⁰⁾。本場 87 年 9 月至 88 年 8 月之原水、沉澱水、過濾水之濁度關係如圖六及圖七，同樣地，操作數據也面臨跳動甚大之問題，水質資料之正確性有待檢討，不過可了解本場在原水濁度 400 NTU（圖八，累積發生機率 95%）時之沉澱水濁度大致可維持在 5 NTU 內，此時過濾水約可維持 1 NTU，本場之傾斜板沉澱池發揮了去除 94% 濁度之功能（詳見圖九至十），雖然本場之傾斜板沉澱池就其設計處理能力而言係屬低負荷操作，但相較於同屬未達設計處理能力操作之豐原淨水場（沉澱池去除 40% 至 60% 濁度），及板新淨水場（沉澱池去除 85% 濁度）⁽⁵⁾ 而言，顯示此種傳統處理設備可能較合適於國內水質。



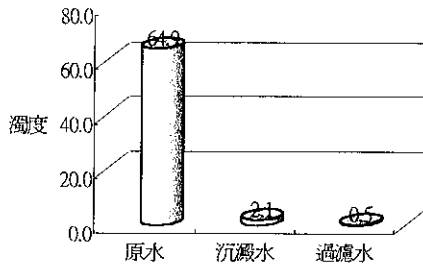
圖六 原水濁度與沉澱水濁度關係



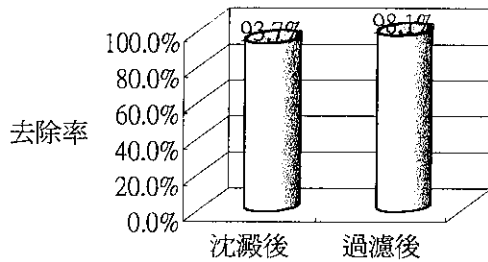
圖七 沉澱水濁度與清水濁度關係



圖八 原水濁度發生機率



圖九 原水、沉澱水、過濾水之平均濁度



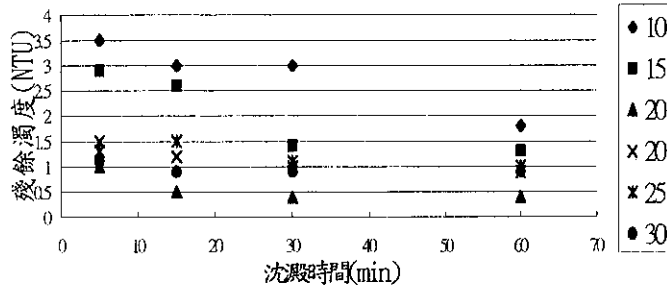
圖十 沉澱池及過濾池之濁度去除率

5.4 淨水場現場評估試驗

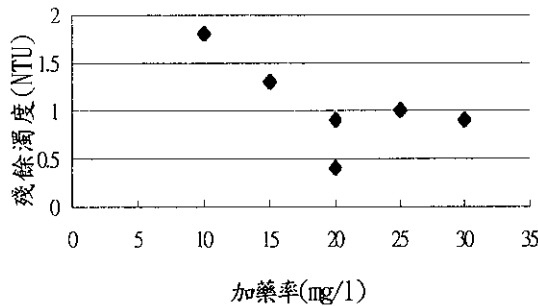
(1) 實場加藥量評估

由於實場係以人工方式，藉由清水濁度變化及操作人員之判斷來控制加藥量，如此操作模式下之加藥量是否適當？值得加以探討，本研究遂於現場進行瓶杯試驗（加藥量分別為 10 mg/L、15 mg/L、20 mg/L、25 mg/L、30 mg/L，實場為 20 mg/L），結果如圖十一及十二，顯示除 10 mg/L、15 mg/L 外，加藥量 20 mg/L、25 mg/L、30 mg/L 下經一小時之沉澱，原水濁度由 31 NTU 迅速下降至 1 NTU 左右，三者之最終濁度差距不大，但加藥量卻差距達 50%，最低濁度發生於實場，探討其原因乃係實場於加藥

後再實施前加氣，而前加氣具有促進混凝及降低濁度功能，可能可以降低混凝劑之用量⁽⁹⁾，因此依據圖十二，最低濁度雖發生於實場加藥量 20 mg/L 時，但是否可因前加氣而減少混凝劑用量？有待進一步探討。



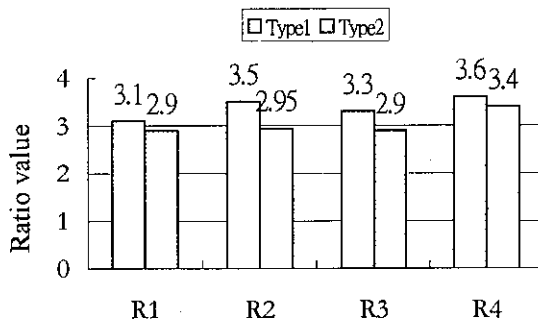
圖十一 不同加藥量下，上層液殘餘濁度隨時間之變化



圖十二 不同加藥量下，上層液的殘餘濁度(沈降 60 分鐘)

(2) 不同混凝加藥方式對微粒聚集的影響

在本研究中利用 PDA 評估現場混凝劑不同加藥方式的影響，加藥形式 1 為多點加藥方式，加藥形式 2 為單點加藥方式，水樣取自快混池中水躍後四個角落區域，再以光纖膠羽偵測儀量測快混後水樣中微粒聚集的程度。結果如圖十三所示，可以發現，在多點加藥情況下，PDA 的 Ratio 輸出值平均皆大於單點加藥時的 PDA Ratio 輸出值，代表本次試驗中在多點加藥的形式下，後續的膠凝程序中形成的膠羽較單點加藥形式所形成的膠羽來的大⁽¹¹⁾，由此可推斷不同的混凝加藥形式會影響形成膠羽的特性。



圖十三 不同加藥方式之 PDA 評估結果 (R1~R4 代表快混池之不同四點，如圖二所示)

六、結論

1. 評估新竹第一淨水場主要淨水處理單元設備，可知快濾池為本場處理容量受限之主要因子，如本場欲增加出水量至 100,000 CMD，應當優先予以增建 30,000~50,000 CMD 之快濾池，水躍快混槽、慢混池、沉澱池，則容量已足夠可免予增設。而清水池之容量也宜一併考慮增設 15,000~300,000 M³。
2. 由歷年來濁度資料顯示，原水濁度在 400 NTU 以下，經過快沉設備後沉澱水及過濾水濁度，大致分別能控制在 5 NTU 及 1 NTU 以內，但操作數據之品保/品管應予加強。
3. 不同混凝加藥方式，影響膠羽的形成，採多點加藥的方式，對後續膠凝程序中形成的膠羽，較單點加藥形式所形成的膠羽來的大。
4. 實施前加氯，有促進混凝及降低濁度功能，惟是否可因前加氯而減少混凝劑用量？有待進一步探討。

七、誌謝

本研究承蒙本公司（台灣省自來水公司）補助經費，特此誌謝。亦感謝本公司第三區新竹第一淨水場相關同仁提供協助。研究期間，並感謝交大環工所程敏益、王雅慧、吳宏基、孫國鼎以及陳俊哲同學於實驗上的協助，使本研究得以順利進行。

八、參考文獻

- (1) 「臺灣省飲用水水源水質改善計劃」，臺灣省自來水公司，1997 年。
- (2) Renner R. C, Hegg, B. A., Bender, J. H. and Bissonette, E. M., *Optimizing Water Treatment Plant Performance Using the Composite Correction Program*, EPA Handbook (EPA/625/6-91/027), 1991.
- (3) Renner, R. C. and Hegg, B. A. *Self-Assessment Guide for Surface Water Treatment Plant Optimization*, AWWARF, 1997.
- (4) *Partnership For Safe Water*, AWWA, 1999.
- (5) 甘其銓，黃志彬，張怡怡，蔣本基，「淨水廠處理效能評鑑之方法及實例」，自來水會刊第十六卷，第四期，1997 年。
- (6) 趙震陵，「自來水淨水廠初步功能評鑑」，中華民國自來水協會研究報告，1996 年。
- (7) 「自來水設備工程解說」，中華民國自來水協會，1995 年。
- (8) Hill, M. C., *Water Treatment Plant Design*, ASCE and AWWA, 1998.
- (9) Kawamura, S., "Optimization of basic water-treatment processes design and operation: coagulation and flocculation", *J Water SRT-AQUA*, 45(1), 35-47, 1996.

- (10) Kawamura, S., "Optimization of basic water-treatment processes design and operation: sedimentation and filtration", *J Water SRT-AQUA*, 45(3), 130-142, 1996.
- (11) Kan, C. C. and Huang, C. P., "Coagulation monitoring in surface water treatment facilities," *Wat. Sci. Tech.*, **38 (3)**, 237-244, 1998.
- (12) Hazen and Sawyer, *Disinfection Alternatives for Safe Drinking Water*, Van Nostrand Reinhold, 1992.
- (13) 甘其銓、張進興、黃志彬，「豐原水廠混凝加藥自動化之研究」，第十五屆自來水研究發表會論文集，pp441-450，新竹，民國八十七年十一月。