

高濁度水處理之探討 (I) — 水質監控系統

黃惠玉¹ 江清蓮²

摘 要

本處於1983年起設置水質電腦監測系統，對各場由原水到清水整個水處理流程、甚至供水區代表點，作24小時連續偵測，並利用水質掃描圖及統計資料，對各場出水水質作徵信⁽¹⁾。其間軟硬體皆經不斷自行研發改進，近年來為使水處理達到最佳化及零失誤之目標，該系統功能已由監測提昇至監控。本處藉該系統的預警及診斷功能而推動的淨水績效評鑑制度，促使淨水處理得以不斷檢討改善⁽²⁾⁽³⁾。

在監測設備之配置上，凡屬事後評估淨水效果者大都採輪測方式以節省設備，目前該系統之偵測器共 6 種 117 台，而偵測點項達 287 點項；與加藥監控有關之監測設備皆採多重配置，因此於颱風暴雨高濁度之惡劣天候下水質水量驟變時，亦能發揮監控功能。

本研究主要內容包括：

1. 水質電腦監測系統功能及系統架構。
2. 探討流程監控及應用。
3. 高濁度水處理案例之監控功能檢討。
4. 建立自維自修制度，確保系統功能。
5. 水質電腦監測未來之功能改進及展望。

1 台北自來水事業處生產科工程員

2 台北自來水事業處生產科副工程司

一、前言

鑑於自來水水質之良窳乃國家社會文明之指標，追求「顧客滿意」更是本處服務之基本理念，近年來在環境意識及消費者意識高漲下，提昇用戶對自來水水質之信心，更成為重要之課題。

本處為提昇水質，利用水質電腦監測系統所掌握完整訊息，針對淨水處理技術及水質管理制度曾做過一系列專題研究，包括水質電腦監測系統之改善、加藥混凝及快濾操作各單元之最佳化、淨水績效評鑑及新近的加藥自動監控技術等，對淨水績效之提昇及淨水處理技術之科學化確有助益，惟颱風暴雨高濁度之淨水處理所面對的不僅是狂風暴雨惡劣天候下水質水量驟然變化，對淨水加藥技術之考驗，往往還因同時面對電力系統、水質取樣系統、通訊系統或水質監控系統的故障，乃至於供水系統等不可預期的狀況，因而不僅是對自來水業設備操作維護和淨水處理能力的考驗，更是對緊急因應能力的嚴酷考驗。若有任何瑕疵，皆可能造成出混水的慘痛後果，則不僅遭罰款處分，對專業形象造成致命打擊；平日為提昇用戶的信心所作的努力亦將功虧一匱。因此確保颱風高濁度水處理「零失誤」，實為今後當全力以赴之目標。

二、水質電腦監控系統之演進

系統演進可分為以下三階段：

第一階段（72~76年）：委託新竹電子工業研究所建立第一座本土化水質電腦監視系統，大幅取代淨水場傳統人力檢驗作業，及時掌握水質狀況提昇水處理應變能力。

第二階段（77~82年）：改善取樣系統、自行研發輪測系統而得以最精簡設備對淨水流程水質全面監測、以PC取代MINI電腦系統並隨需求逐年改善軟硬體功能。

第三階段（83~86年）：將加藥量、水量、水位、水壓、水頭損失及水文等淨水處理相關訊號納入，並進一步研發完成漂水自動加注系統及混凝自動加藥監控系統。

該系統主要設備、演進流程、特點及應用如表 1，說明如下：

1. 訊號傳輸設備：包括數據專線、數據機、訊號隔離器、遠地終端機 (PC)。
2. 取樣系統：包括虹吸管線或抽水馬達、電磁閥、水位感應器、輪測切換控制盤。
3. 偵測器：包括濁度計、餘氯計、pH 計、導電度計、粒子計數器、流導電流儀等水質監測器及加藥流量計、原水流量計、水位計、水頭損失計等。

表 1 台北自來水事業處水質電腦監控系統演進過程彙整表 (72~86 年)

時期 (年)	主要設備及數量													演進過程	特 點	應 用		
	電腦主機	當地終端機	遠地終端機	餘氯計	濁度計	pH 計	導電度計	總酸度計	水溫計	氯化物	流導電流儀	粒子計數器	流量計				水壓計	水頭損失計
72	1	8	40	40	14	19	1	1	1	1								
73	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
74	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
75	"	"	47	41	16	23	"	"	"	"								
76	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
77	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
78	1	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
79	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
80	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"								
81	"	5	23	21	19	17	"	"	"	"								
82	"	6	23	21	22	17	"	"	"	"								
83	"	"	"	21	24	17	3	3	1		2	1	3					
84	1	10	23	26	27	20	3	"	"	"	"	"	"				1	
85	1	10	33	29	32	22	7	3	1		1	1	12	3	14	3	2	
86	1	2	22	29	34	22	16	3	1		2	1	12	3	14	3	3	

三、淨水處理流程監控

本系統對各場由原水到清水整個水處理流程，包括各場供水區代表點作連續偵測⁽⁴⁾(詳如圖 1)，並具備加藥自動監控功能，大幅提升暴雨高濁度水處理之因應能力。

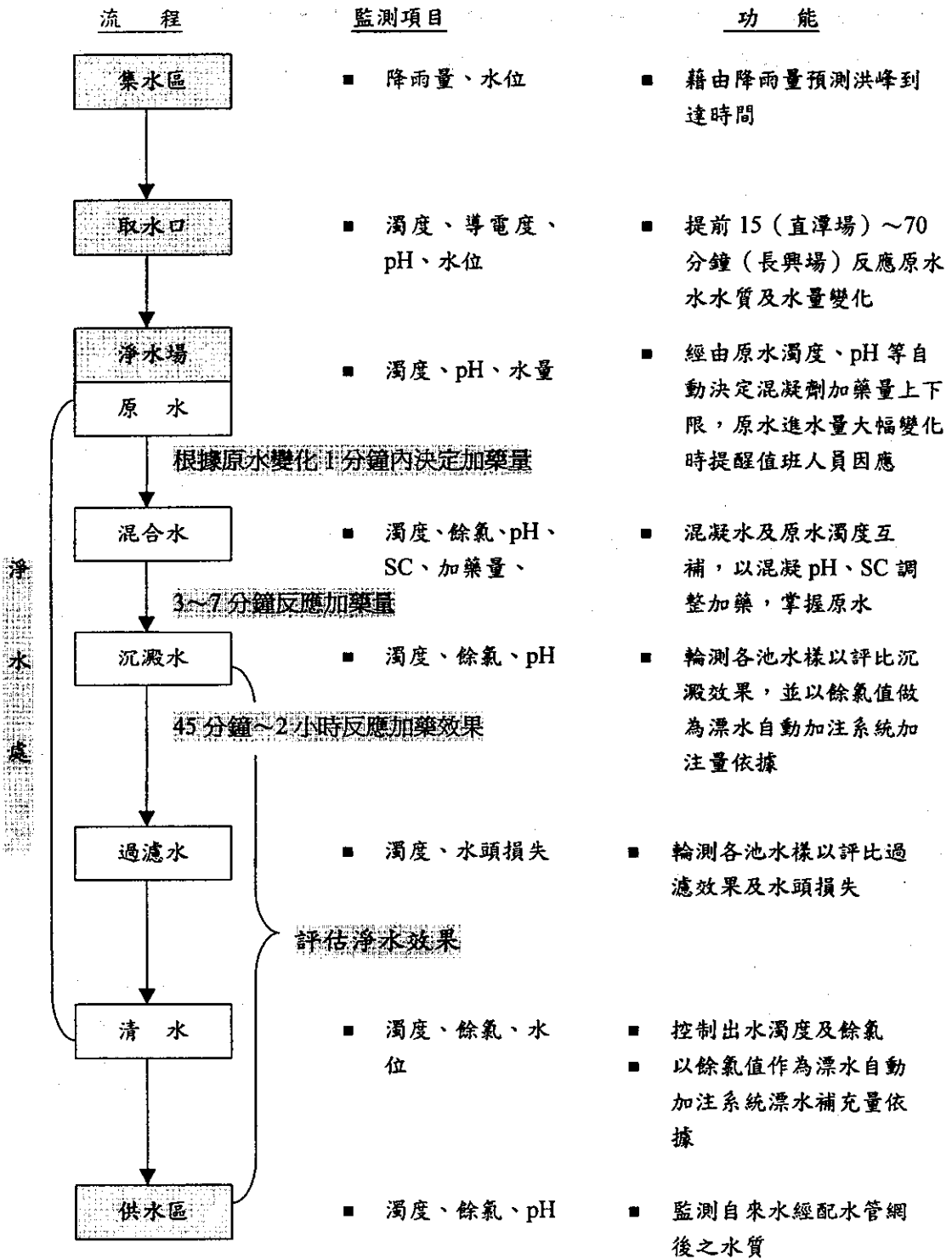


圖 1 台北自來水事業處水質電腦監測系統監控流程及應用

四、 應用案例與討論

4.1 新店溪原水濁度變化趨勢之分析

占本處供水量 97% 以上之新店溪水源，其集水區業經劃定為「台北水源特定區」，並由「台北水源特定區管理委員會」專責管理，水源水質尚屬良好。如圖 2，原水濁度平時皆相當低，但每遇颱風豪雨則會出現顯著之濁度波峰。且絕大多數之濁度波峰多發生於七月至十一月之颱風季節；而在每年三至五月之梅雨季節，則因雨勢較為緩和，偶會發生日平均濁度高於 100 NTU 之情形⁽⁵⁾。

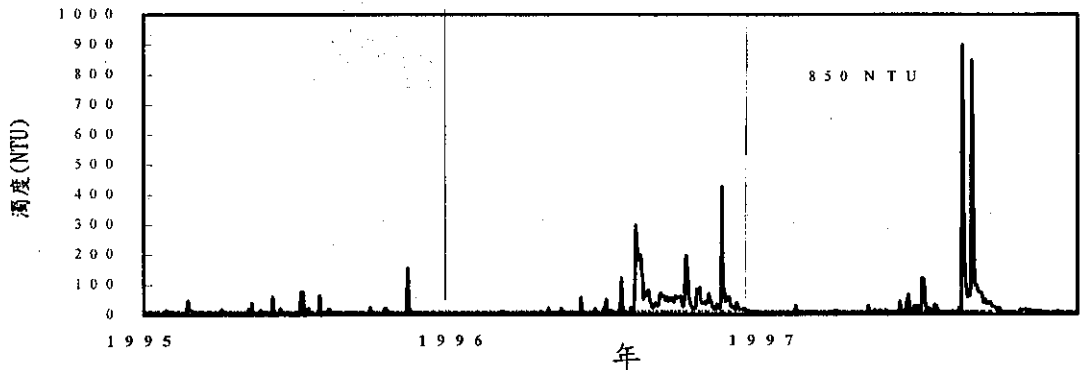


圖 2 新店溪原水濁度日平均值變化趨勢 (1995~1997)

4.2 原水濁度驟增之預警功能

暴雨高濁度洪峰到達時間的掌握，及原水水質變化的及時掌握因應，乃高濁度水處理成功之關鍵。本處水質電腦監測系統與淡水河洪水預報中心連線後，已可由上游之福山、大桶山降雨量提前 3~4 小時預知洪峰（通常亦為濁度波峰）到達時間。將淨水場原水偵測站之預警功能（原係提前 15~70 分鐘預警）大幅提昇，此外，由降雨量 vs. 流量 vs. 原水濁度之關係亦可由上游降雨量預測濁度之上升幅度及到達時間，使水文資訊兼具水質預警功能。在 6~9 月間，南勢溪上游山區，常有短暫性的雷雨發生，瞬間雨量經常達 30 mm/hr 以上。圖 3 即為瞬間性豪雨時，濁度、雨量及南勢溪流

量之典型變化曲線。

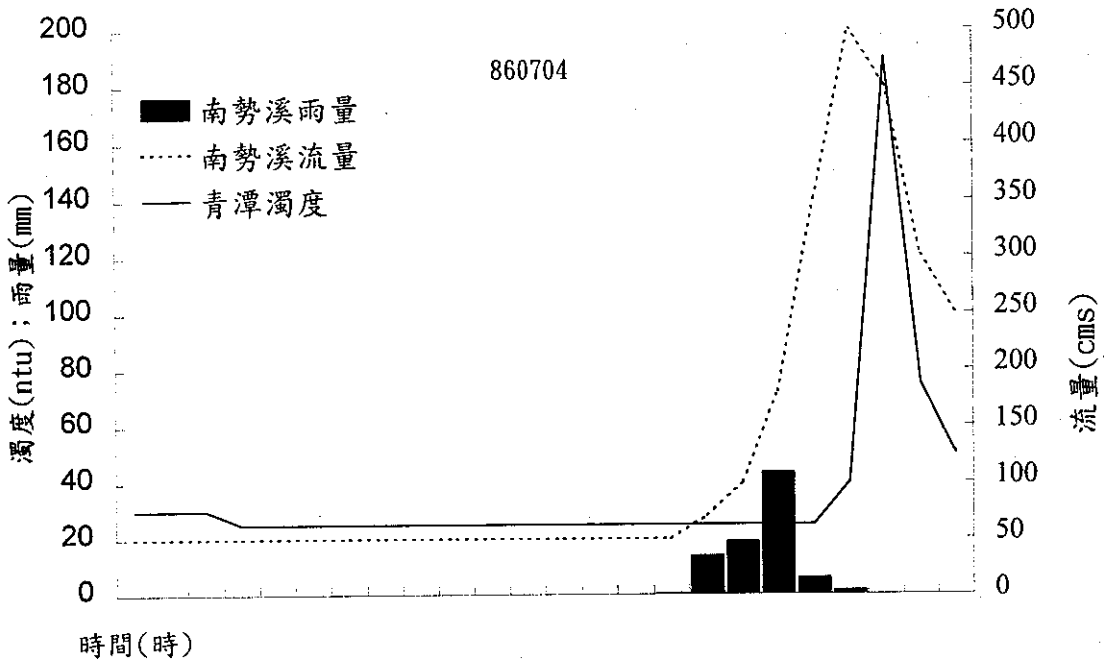


圖 3 瞬間暴雨期濁度、雨量及流量變化曲線 (典型夏季暴雨)

(註：取自本處 87 年員工自行研究陳文賓所作原圖)

4.3 翡翠水庫發電尾水對原水水質之影響

翡翠水庫攔蓄北勢溪水量，平日以發電尾水補充本處新店溪水源取南勢溪天然流量之不足，放流水水質較南勢溪鹼度為低。翡翠水庫集水區涵蓋北宜高速公路施工段，近年來颱風暴雨期間，常出現高濁度、低鹼度原水大量流入水庫。以 86 年 8 月 29 日安珀颱風為例：颱風後，翡翠水庫發電尾水於中層放流時 (如圖 4)，因其濁度較高而導致新店溪水源每日隨其尾水排放，而呈週期性濁度上昇及導電度下降現象。

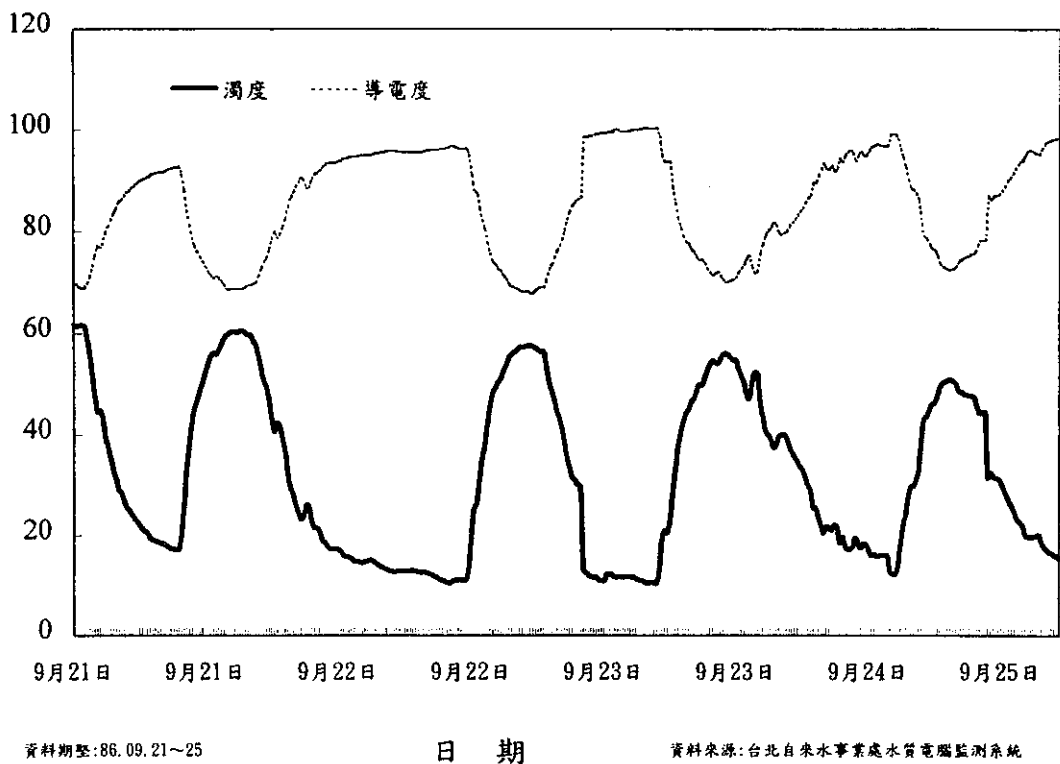


圖 4 颱風暴雨後翡翠水庫發電尾水所致原水水質變化趨勢圖

4.4 暴雨高濁度水處理之監控資料分析

颱風季節之強風豪雨，極易造成電信及電力系統中斷，而影響監控系統之功能。水質監控系統之取樣管線亦極易發生阻塞現象，而需經常以人工清理，清理頻率可高達每十五分鐘乙次。因此，對重要水樣採多重監測、即時之偵錯及熟練之故障排除技術，並輔以不斷電系統皆為維持颱風期間監控系統功能正常所不可或缺者。

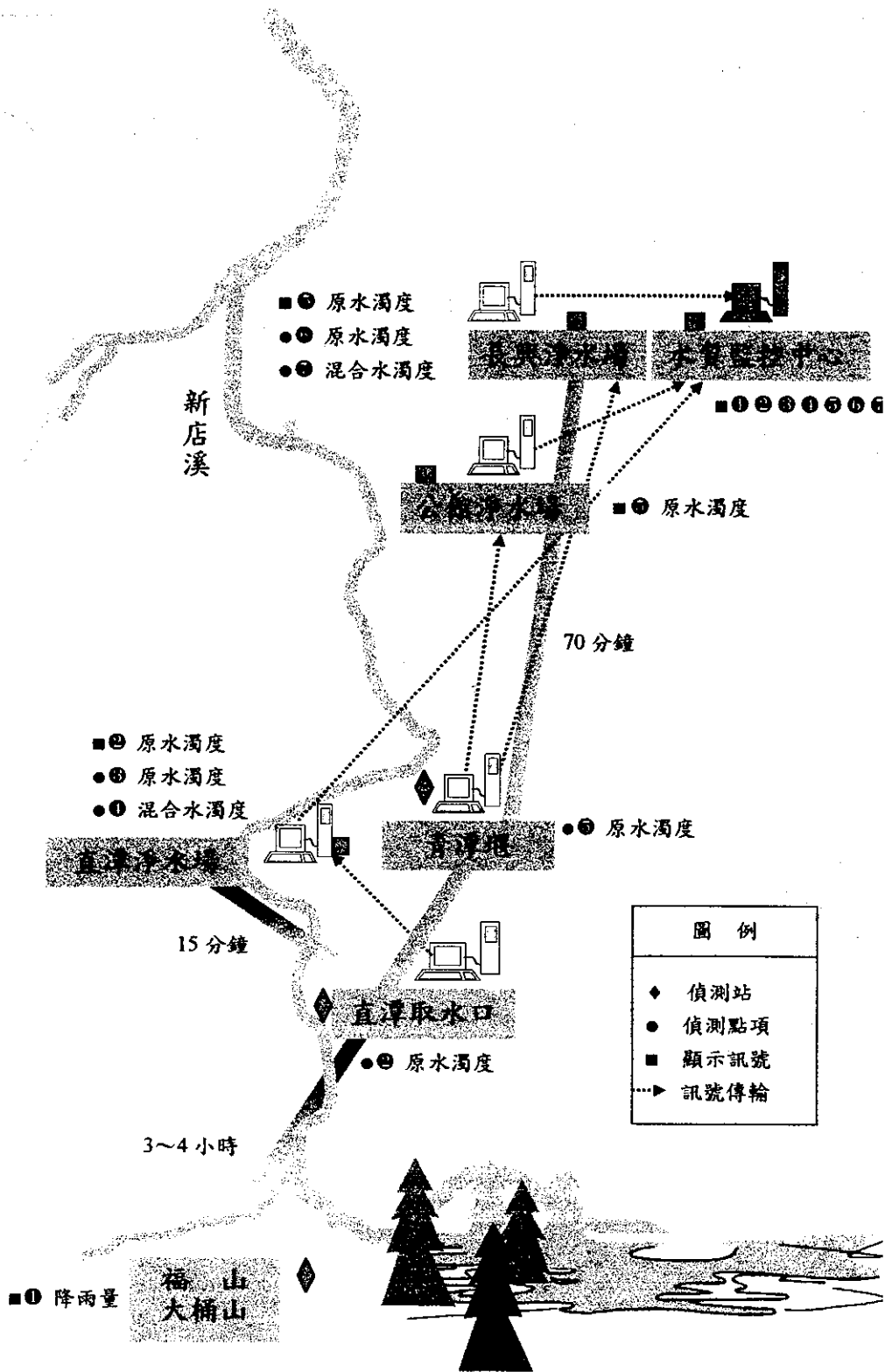


圖 5 新店溪原水水質水量偵測點項間功能互補示意圖

4.4.1 對新店溪原水濁度變化之多重監控功能

有鑑於原水濁度為混凝自動加藥之基本控制參數⁽⁶⁾，由於混凝水取樣系統被雜物堵塞機率較小，為確保原水濁度之監測訊號，亦將淨水場內混凝水濁度訊號併入自動加藥系統，如圖 6 (A)所示。對新店溪原水水質之掌握除(1)雨量外，尚有(2)直潭壩(取水口)原水濁度，(3)直潭場原水濁度，(4)直潭場混凝水濁度，(5)青潭(取水口)原水濁度，(6)長興場原水濁度，及(7)長興場混凝水濁度，其中任一測值故障時，尚有其他 6 個測值可供參考(如圖 5)，在此多重監測功能互補之下，新店溪原水水質之掌握可謂到達零故障之地步，此為高濁度水處理勝算之關鍵。

4.4.2 加藥量監控

本處水質監控系統具多重監測及自動加藥功能⁽⁶⁾，原水濁度為主要監控參數。圖 6 係 87 年 9 月 2~4 日長興場隨原水濁度變化自動調整 PACl 加藥量，隨 PACl 及原水鹼度自動增減 NaOH 加藥量之情形。

藉青潭取水口原水濁度之監測提前預警長興場及早因應，並於加藥室利用分水井原水及混合水濁度之連續偵測訊號進行混凝加藥自動操作。

本處研發之自動加藥系統⁽⁷⁾，係依控制參數經軟體自動計算所得加藥指令，再經淨水場加藥控制設備進行實際加藥量之控制。長興場 PACl 之控制係依加藥指令與實場加藥量間偏差值之回饋，自動增減實場加藥量；由於 PACl 加藥量訊號亦與另一套監控設備(RTU)連線，圖 6 中 PACl 實際加藥量訊號與加藥指令間之差異乃因不同介面板間之零點偏差所致。

NaOH 加藥指令係隨 PACl 加藥指令之變化及混凝指標(pH、SC)之偏差量而自動調整，本案例中長興場 NaOH 之加藥控制方式係以加藥指令單向控制隔膜式定量加藥機(加藥機實際流量未作回愧饋控制)，因而加藥指令與實際加藥量間出現不規則之偏差，不過加鹼量仍會隨混凝指標(pH、SC)之偏差量調整，直到兩者偏差量收斂至容許範圍(± 0.1 ，如圖 7)。

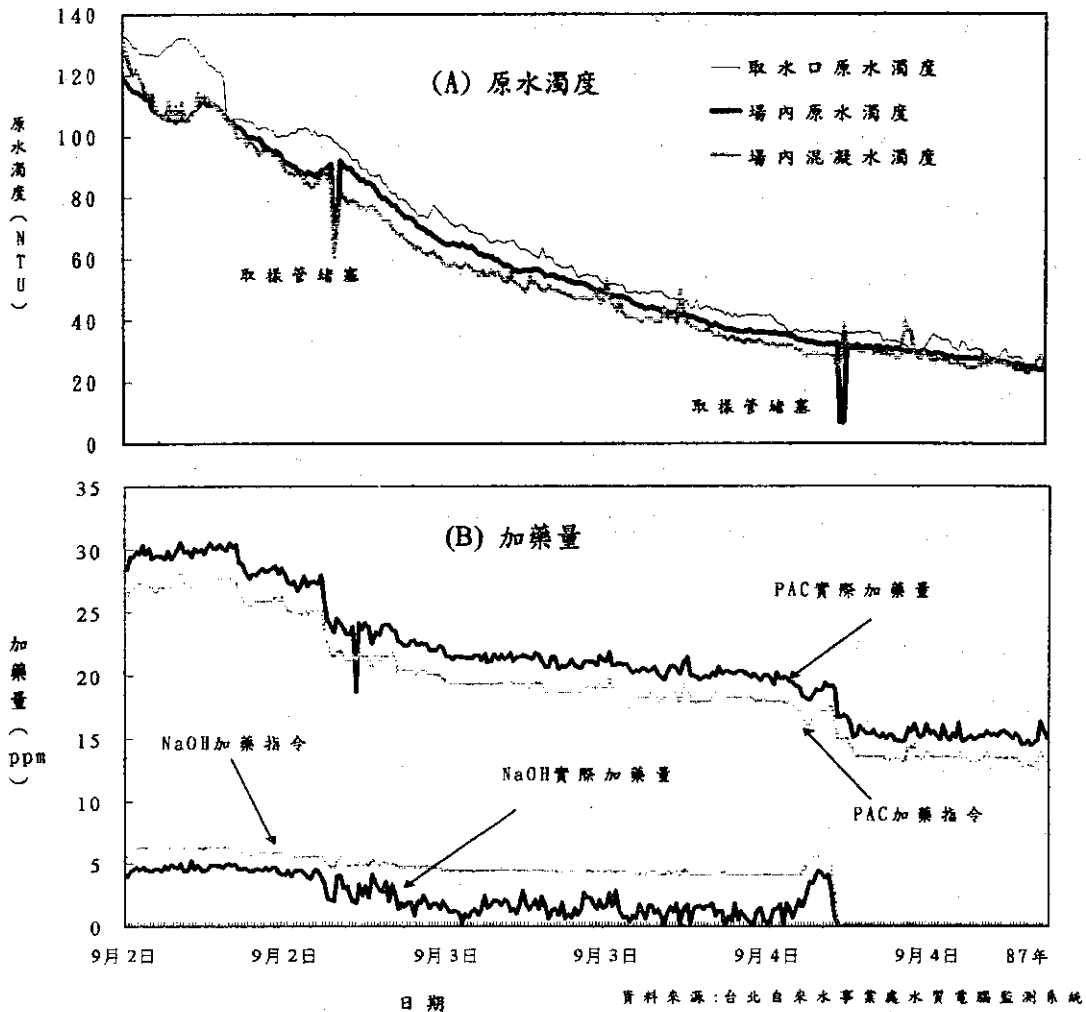


圖 6 長興場原水濁度與加藥控制趨勢圖 (A) 原水濁度 (B) 加藥量

4.4.3 混凝監控指標之應用

圖 7 係長興場以 SC 作為混凝監控指標之案例，顯示 SC 及 pH 受鋁鹽或 NaOH 加藥變化呈現相反的變化趨勢⁽⁸⁾。前段原水為低鹼度高濁度，係藉由 NaOH 調整混凝 SC，理想與實際之混凝 SC 兩者差異控制在容許偏差(±0.1)內；之後 PACl 加藥量隨原水濁度下降至 12 ppm，依控制邏輯乃改以混凝劑 (PACl) 調整實場混凝 SC，當時實場混凝 SC 仍大於理想之混凝 SC，亦即 PACl 須調降，而 PACl 加藥量為當時之加藥安全下限量卡住，無法降低，致 SC 值偏高，顯示當時 PACl 加藥量經驗式之比例值過高，應予調低。

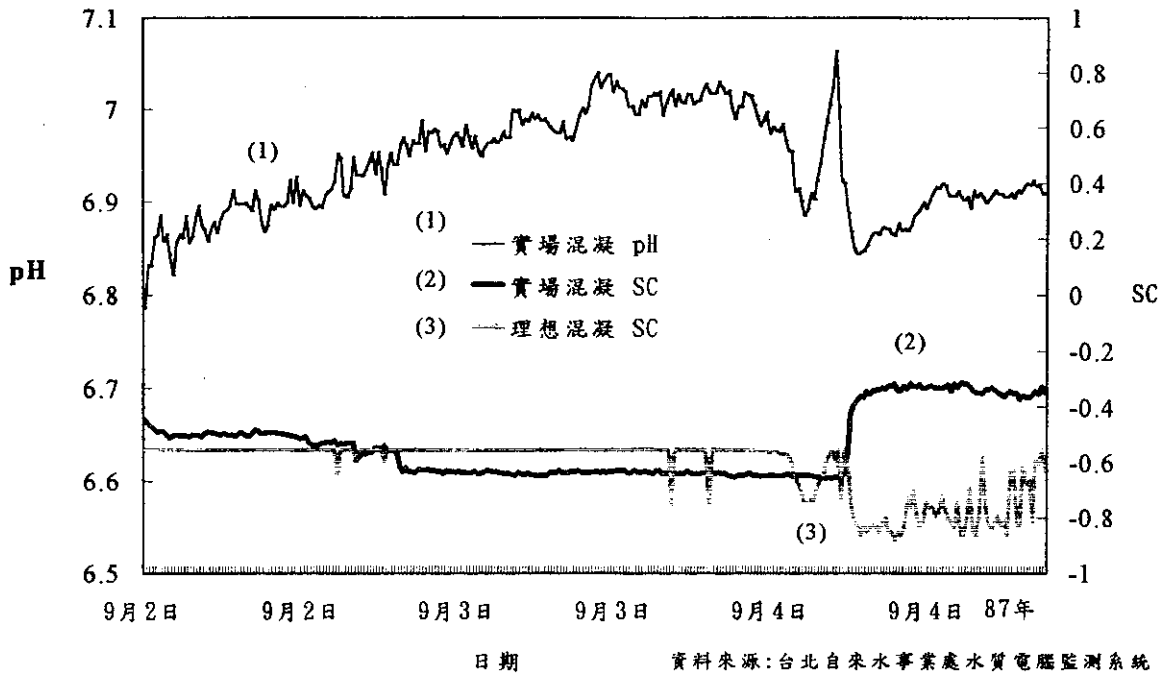


圖 7 長興場混凝 SC、pH 監控圖

4.4.4 餘氯自動監控案例

本處長興、公館二場採集中加藥(混凝及前氯)後，公館場加藥操作得以簡化為場內加注後氯，在人力精簡下為提昇出水餘氯之穩定性，而研發漂水自動加藥系統，利用過濾水之餘氯偵測值，採前饋控制方式自動補充漂水⁽⁶⁾。圖 8 顯示公館場在高濁度過濾水餘氯偏低期間，後氯漂水加注量自動上升，場內清水池入口餘氯及供水區餘氯(雙園)兩者變化之時差約三小時，清水餘氯維持在 0.4~0.6 ppm。

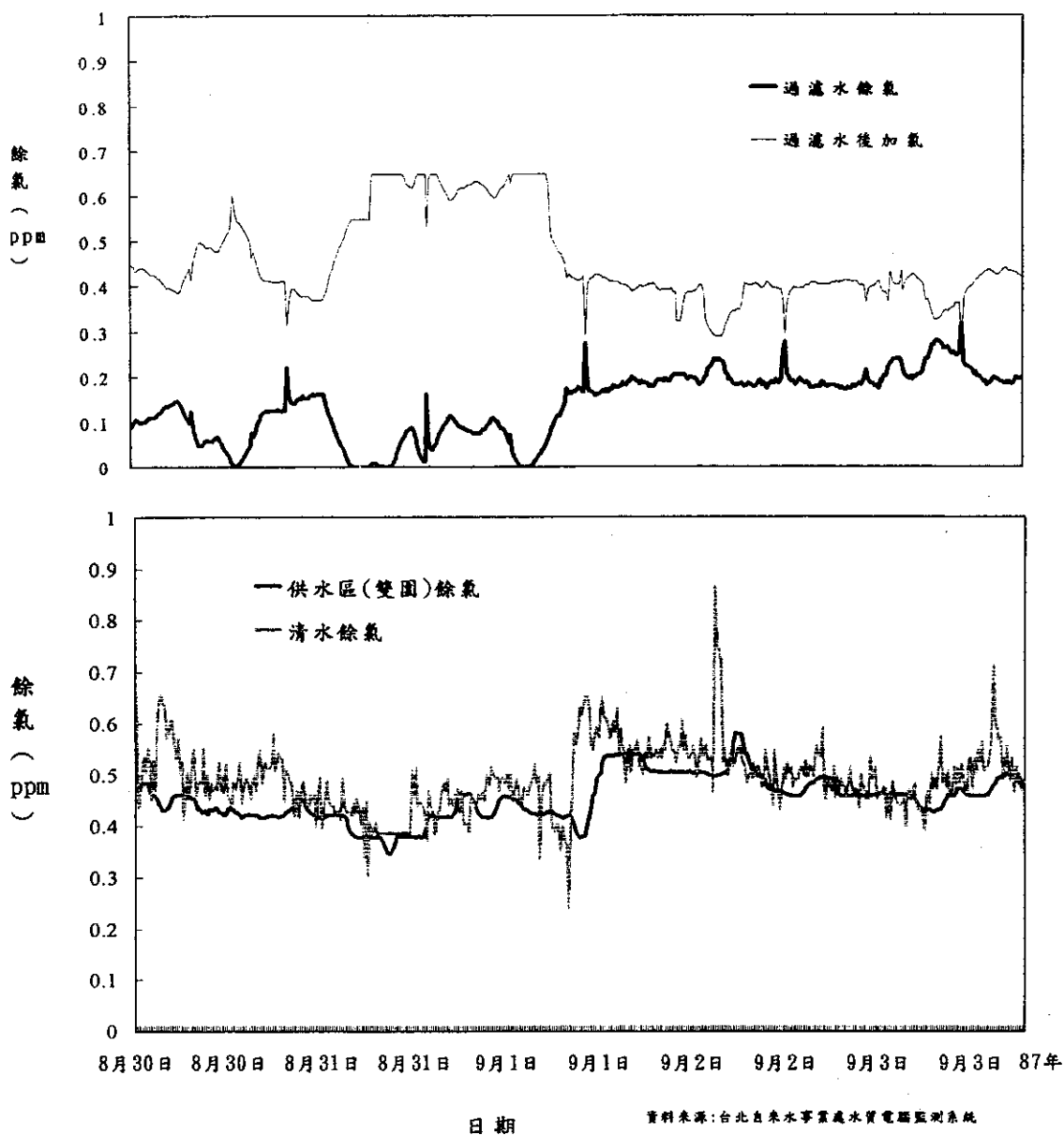


圖 8 公館場餘氯自動監控趨勢圖

4.4.5 淨水效果之掌握

本處為提昇出水品質，落實流程管理，除藉由水質電腦監控系統掌握原水水質變化外，並全面偵測淨水處理流程每一步驟之水質變化。並藉該系統的預警及診斷功能，訂定內控標準並進行異常追蹤，促使淨水處理不斷

檢討改善。圖 9 顯示長興場藉由加藥自動監控，即使在原水濁度不穩定期間淨水效果依然理想。

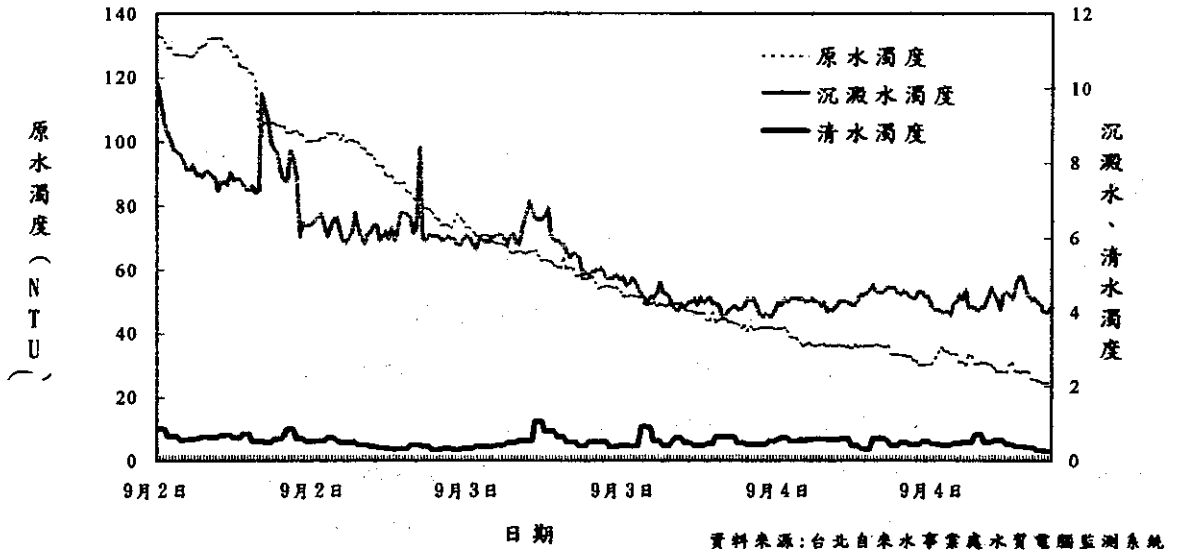


圖 9 長興場原水、沉澱水及清水濁度變化趨勢圖

4.5 水質電腦監控系統之維修制度檢討

本處水質監控設備包括：資料處理電腦 38 台、偵測器 6 種 117 台，含輪測偵測點項達 287 點項；目前以年度維修合約方法委由廠商每月維修近 370 小時，各淨水場相關人員每月約投入 60 小時參與維校（詳如表 2），維校分三級制一、二級乃員工自維自修，三級係指由水質監控中心指派廠商處理現場無法排除之故障或需專業技術處理者。表中不僅明確

表 2 水質電腦監控系統維校分級表

	一 級	二 級	三 級
負責執行人員	值班人員(水質人員抽空會同)	水質人員(值班人員會同)	維修廠商(專人或值班人員會同)
維校頻率	每日	<ul style="list-style-type: none"> ■ 依場內所訂頻率 ■ 假日前 	水質監控中心統一派工
維校內容	<ol style="list-style-type: none"> 1. 刷洗 HACH 18900 濁度計之改良型水樣偵測槽並以低濁度水樣調整零點。 2. 以餘氣 uv-比色計比對水樣測值並作調整。 3. 取樣系統、輪測系統目視檢點及取樣管之濾網清洗 4. 訊號中斷及異常原因研判及處理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取樣實測並與電腦值比對(依 SOP 對所有偵測器作 zero 及 span 之維校)。 2. 監控系統故障排除。 3. 對值班人員作能力確認及訓練。 	現場無法排除之故障或需專業技術處理者。
績效指標	<ul style="list-style-type: none"> ■ 落實檢點作業。 ■ 突發異常須於 2 小時內處理，未能排除故障者請求支援。 ■ 處理時效列入考評。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 偵測值皆在允許誤差範圍內。 ■ 下班前完成當日之故障排除。非上班時段突發異常，須於 8 小時內前往支援處理。 ■ 故障排除時效及數據品質列入考評。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 故障排除皆須於 2 日內完成(天然災害所致重大損壞不在此限)
作業要求	<ul style="list-style-type: none"> ■ 須有書面作業規範 (SOP)。 ■ 任何維校皆須作書面紀錄，包括作業時間。 ■ 任何紀錄須有審核及回饋制度且書面化，以供事後參考。 ■ 歷來維校資料須作彙整，並歸納出量化之經驗數據。 ■ 所有故障排除案例應列入故障排除指引手冊(即書面化，並予編號)。 		

規定維修內容，並且訂定績效指標及作業要求，自實施以來發現大部分之偵測功能異常皆可藉由自維自修及時完成，維修廠商之作業重點則逐漸轉移至系統改進及功能提昇。

五、 結論與建議

綜上可知，水質電腦監控系統為本處水處理不可或缺之工具，今後不僅須繼續提昇該系統之穩定性—降低斷訊頻度並提高偵測值之精確度和準確度，以增進數據之公信力；繼續擴充系統功能、美化系統畫面、建立完整之系統示意圖並改善偵測系統之外觀；更須落實自維自修制度，使各崗位同仁藉由例行檢點及維校以發掘問題、解決問題，藉由全員參與、全員關心、全員與系統一起成長，而使該系統日臻完善且將其功能發揮至極致。

文獻回顧

1. 江清蓮等，「水質電腦監測系統之功能與應用—台北自來水處之經驗」，第八屆自來水研究發表會論文集，pp. 7-1~17, 1992.
2. Shih W. K., The Automatic Water Quality Monitoring System and the Water Quality Management of Taipei Water Department, *2nd International Workshop on Drinking Water Quality Management and Treatment Technology*, pp. 27~48, TAIPEI, 1996.
3. 史午康、陳曼莉等，「淨水績效評鑑制度—台北自來水事業處之經驗」，1998 台北、上海自來水及下水道工程與管理研討會論文集，pp. 182~201, 1998.
4. 史午康等，「快濾操作最佳化的探討」，第八屆自來水研究發表會論文集，pp. 8-1~25, 1991.
5. Shih W. K. and Chiang C. L., The Development and Implementation of

Automatic Chemical Dosing in Taipei water Department, *3rd International Workshop on Drinking Water Quality Management and Treatment Technology*, pp. 139~158 TAIPEI, 1997.

6. Shih W. K. and Chiang C. L., Treatment of High Turbidity Water, *4th International Workshop on Drinking Water Quality Management and Treatment Technology*, pp. 197~209 TAIPEI, 1998.
7. 江清蓮等,「淨水處理加藥自動化之可行性探討」,台北市政府員工平時自行研究報告,86年。
8. 江清蓮、蔣本基,「淨水處理混凝加藥自動監控系統之探討」台大環境工程研究所碩士論文,1997.