

水質電腦監測系統之功能與應用—台北自來水事業處之經驗

江清蓮^{***} 史午康^{*} 陳曼莉^{**} 羅吉雄^{***}

一、緣起與目的

本處於十年前推行生飲計畫（現作「安全用水計畫」）時，為提昇出水品質，確保飲水安全，而設置國內第一套「水質電腦監測系統」，對淨水流程及配水管網水質作連續監測，使自來水之水質監測邁向一新的里程碑。

本處近年來利用該系統對淨水處理進行研究，益覺水質電腦監測系統對淨水處理問題的辨認、淨水效果的比較，及淨水處理保證制度的建立等，皆甚具功能。先進國家已紛紛邁向淨水場專家系統⁽¹⁾⁽²⁾與電腦化（無人化）管理的趨勢下，國內的淨水操作管理技術亟待大幅提昇，淨水場水質監測作業的完善，為一系列改進作業的基礎，「水質電腦監測系統」應是最具潛力的工具。

鑑於近年環保意識的提昇，水質監測網、空氣監測網等環境品質監測作業正待全面展開；國內的飲用水水質標準於年前作大幅修正以來，自來水的品質保證，及淨水效果的提昇等當今急務皆需仰賴強有力的工具；本處使用水質電腦監測系統近十年的經驗中，有成功、有失敗、有創新、也有待突破...，無論如何，這些經驗應尚值國內相關單位參考，期盼藉此拋磚引玉，俾更上一層樓！

二、本處水質電腦監測系統之演進

本處水質電腦監視系統於72年7月正式啓用⁽³⁾，並於75年進行第二期擴建⁽⁴⁾，主要設備包括PDP 11/23 型MINI電腦一套，當地終端機八套，遠地終端機47套，45對數據專線，及七種類別之水質偵測器共85台。監測範圍包括取水口原水、各淨水場、及市區26個餘氣偵測點。

75年度起雖委託廠商以年度合約方式執行系統之維修，仍遭遇下列困擾。

- (1) 每年編列的維修經費偏低，約僅為系統原設置費用的4%，致廠商之維修意願不高，且所雇用之維修人員因待遇不高，流動性大。
- (2) PDP11/23 MINI 電腦因原廠停產，維修零件取得不易，監測功能逐漸難以維繼。
- (3) 設備之汰換因經費不足及實務操作經驗不夠成熟，而無法全面進行。

面對如此困境，所幸本處負責該系統業務之人員，經深入參與各項維修工作已累積相當經驗與心得，乃能秉精簡之原則提出一系列改進方案⁽⁵⁾。先是濁度偵測方法的改良，繼之以「輪流偵測方式」使淨水場之水質監測獲得突破。近來維修廠商也應功能需求而配合開發新軟體，以個人電腦(PC/AT386)暫代原MINI電腦的大部份功能。目前整個監測系統示意圖如圖一。

* 台北自來水事業處 正工程師
** 台北自來水事業處 水質股長
*** 台北自來水事業處 工程師

2.1 濁度偵測器之改進

有鑑於濁度是反映原水水質變化及評估水處理效果的重要項目，日後也將是自動加藥系統最重要的參數，因此濁度偵測功能的提昇實屬當務之急。本處對濁度偵測改進之情形如表一及圖二所示。

表一 連續式濁度偵測改進過程

使用delta-8000型濁度計曾遭遇的困難 ⁽⁶⁾ ：		(1)濁度偵測上限僅達125NTU，無法偵測高濁度原水之變化趨勢。	(2)偵測器內的水樣槽係以溢流方式維持水位易發生堵塞。	(3)機型老舊零件不易取得廠商之維修技術亦不足。
改進過程	第一階段 (73年~76年)	於青潭取水口增設稀釋水槽，但受制於每逢暴雨季節時，稀釋用山泉水之水質與水量不穩定而被迫放棄。	高濁度期間增加清洗頻率。	承包維修之廠商雖盡力配合，修護後偵測性能仍不理想。
	第二階段 (76年~77年)	查訪連續式濁度偵測器成功使用於國內之機種，卻未能如願		
	第三階段 (77年1月~77年6月)	<p>HACH-18900桌上型濁度計⁽⁷⁾經本處多年使用，其性能穩定，且廠商具備對該機種之維修能力，乃針對同廠牌流通型水樣管(Flow-THROUGH CELL)(如圖二(A))設法加以改進。</p> <p>(1)水樣在原廠牌流通型水樣管內水流幾呈靜止狀態，雜質易被吸附於CELL內壁，干擾測值，曾嘗試於CELL底部以磁棒攪拌，因攪拌裝置不易裝設而放棄。</p> <p>(2)原機型係以GC級之空氣吹拂CELL外壁以防止結霧。因考量若採此方式將徒增維護之困擾而作罷。</p> <p>(3)水樣流入CELL前，若預先加熱將水溫提昇5~10℃，也可防止結霧現象，由於偵測所需水量約2公升/分鐘，須極大功率之加熱器才能於短暫的接觸時間內，提昇至所需的水溫，經實驗後亦不得不放棄。</p>		
現況	77年6月以後	<p>(1)自行設計流通水樣管及改進後濁度計示意圖如圖二(B)(C)，使用情形良好。每週僅需清洗CELL二次。</p> <p>(2)請廠商將HACH-18900型濁度計原輸出信號(0-1V)改為4-20mA後與RT連線</p> <p>(3)為增進信號輸出之穩定性，今後擬採用直接輸出4-20mA之機種並擬於流通型水樣管增設超音波洗淨裝置。</p> <p>(4)至於自動切換偵測範圍之機種，因須與遠地終端機(RT)或當地終端機(LT)配合，在RT與LT之汰換未完成前暫不作此想。</p>		

本處自行設計之流通型水樣管，係以 PYREX玻璃材質製成。該雙層壁水樣管之夾層係真空絕緣，可避免管外結霧氣。由於本地即可製造，因此不僅價廉（約 500元/支）且造型簡單，無虞故障，經與桌上型濁度計合用，即變成連續偵測型濁度計。由於該種桌上型濁度計相當普遍，且價格不高，備用品易取得，維修十分方便。該水樣管分為原水用和清水用兩種規格，詳如下述⁽⁸⁾：

	原 水 偵 測 用	清 水 偵 測 用
內 徑	6 mm	14 mm
水流方向	由上往下，可避免污泥沈積。	由下往上溢流，可減少氣泡干擾。
偵測值誤差	$\ll (\text{設定範圍} \times 0.01 + \text{實測值} \times 0.05)$	同左
清洗頻率	每週二次	每週二次
水樣流速	約2~4公升/分鐘(水位控制)	同左
偵測上限	約4000NTU(須將感應度(span)調低)	一般設定在0~20NTU或0~2NTU。

經本處改裝使用三年來，效果相當理想，目前已陸續完成十台之改裝。與歐美某些相仿之廠牌每台四、五十萬元相較，該改裝連續式濁度偵測計（每台10萬元），實有向國內自來水業推介之價值；此外，以該流通型水樣管應用於不同水樣之輪測時，水樣間訊號間隔30秒，即不致發生水樣間互相干擾之情形。目前本處利用此型流通型水樣管，以輪測方式，僅需一台濁度計，即可成功的掌握16個過濾池的出水濁度。

2.2 原水取樣及偵測設備

本處裝設在青潭堰原水取水口之水質連續偵測系統，可使淨水場提早70分鐘得知原水水質之變化，在高濁度原水之處理上相當重要，但水泵經常發生故障，且測值偏差大，經歷年來配合現場實際需要逐步改善，目前整個系統配置流程如圖三⁽⁸⁾。前後功能比較如表二⁽⁸⁾。

表二 青潭取水口水質連續監測系統改進前後功能比較

改 進 前	改 進 後
<p>原水由水泵抽取後，經球閥調整流量直接流入偵測器，且管線起伏配置導致：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 氣泡干擾濁度偵測。 2. 高濁度之泥砂易沈積於球閥前和管線及偵測器之死角造成阻塞。 3. 未具顯示取樣系統故障之功能，在系統發生故障時，易因接受錯誤偵測值而影響淨水場之水處理因應。 4. 無自動保護水泵功能。 	<p>原水先在預沈槽中滯留10~20分鐘，水位約達3/5H（槽深）時，直接經由向下傾斜配置的管線經偵測器至排放口。當入流量大於出流量，水位昇高達3/4H時，由浮球控制之槽底排泥口即自動開啓排出污泥，如此不僅可調節水位且可隨時清洗水樣槽。其特性如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 可避免氣泡干擾濁度偵測。（並使用前述自行改裝之濁度計二台串聯，分別設定偵測低(0~200NTU)，高(0~4000NTU) 濁度範圍，以減少低濁度時的誤差及提昇高濁度時的適用性）。 2. 高濁度時不易發生阻塞。 3. 取樣系統故障時會自動顯示，監控中心在能隨時掌握正確訊息之下，可避免因訊息錯誤而誤導水處理之因應。 4. 取樣系統異常時，由備用水泵替代。

2.3 共用偵測器輪測之偵測方式

將不同水樣輪流切換共用偵測器的水質監測方式，係本處為增進水質監測功能，並突破設備不足之困境而設計改裝的。以此種共用偵測器方式偵測之優點如下：

1. 經濟：節省儀器之設置費用和維修調整人力。
2. 減少相對誤差：儀器之間常有誤差存在，在作不同處理單元間水質之比較時，若以不同台儀器檢測，如儀器間之誤差超過水質間的差異，則不同處理單元間水質之連續比較幾乎無法做到。反之，若以同一台儀器，將不同水樣輪作偵測，則水樣間相對的差異可毫無困擾的檢測出來。譬如，在探討混凝、沈澱、過濾各過程中餘氯之變化情形；或探討不同沈澱池的沈澱效果等情況下即相當實用。

共用偵測器之取樣裝置如圖四⁽⁸⁾。水樣由液面位差變化不大的水體或穩壓水槽，靠重力流經不銹鋼濾網(約100mesh，為避免水中雜質造成電磁閥阻塞故障)，再經由以定時器控制之電磁閥，當電磁閥關閉時，該水樣即溢流入偵測器，在偵測器水樣出口處之液位達穩定高度時，偵測值才進入電腦(以避免水流中斷時造成水質之誤讀)。電磁閥開啓時，水樣往下流而不進入偵測器，如此，圖四中之不同水樣a、b、c、d即輪流進入偵測器。

雖然共用偵測器輪測方式的優點不少，但本處近三年來之使用經驗仍覺得有進一步探討之必要，包括：

- (1) 混凝池水樣之輪測，若改以小型PUMP(約55 W)替代目前使用中的電磁閥，或可改善高濁度原水期間電磁閥容易發生堵塞的現象。
- (2) 遇兩種以上水樣同時進入偵測器，或水樣中斷時，偵測信號應自動暫停，故障之排除也應容易進行。
- (3) 由於pH電極反應較緩慢，水樣間輪測時難免互相干擾，因此混凝池仍須個別設有pH計，俾及時因應加藥異常。

2.4 淨水場水質自動偵測系統之改進案例介紹—雙溪淨水場

雙溪淨水場於74年完成建廠時，水質偵測器之設置及功能如表三，經本處自行改進後之配置及功能如圖五及表三，如扣除應用於自動加藥系統之三台pH計及三台濁度計，僅以三台偵測器利用輪測方式，即可成功地掌握不同處理單元的pH，餘氯及濁度等12項偵測資料。類似配置，已於本處其他淨水場推廣，並持續改進中，如表四，除雙溪場為自動加藥控制之需採多重配置，而增設偵測器外，各場之偵測器台數，平均較改進前減半，而偵測點則平均增加一倍。

表三 雙溪淨水場水質自動偵測系統改進前後之配置及功能對照表

偵測器類別	改進前	改進後	偵測器台數		偵測點	
			之前	之後	之前	之後
pH	原水、清水共用一台pH計，以人工切換方式對原水及清水測pH值，未與水質電腦監視系統連線。	1. 混凝池、水塔水、清水及原水四個水樣，以10~15分鐘之週期，輪流進入同台pH計偵測(切換式pH計)。 2. 混凝池另外設三台連續式pH計用於自動加藥調整系統。	1	1	2	4
餘氯	餘氯偵測器一台僅測清水餘氯，且須加入磷酸鹽緩衝液，配製費時不方便。	混凝池、水塔、清水池及沈澱池四個水樣，以10~15分鐘之週期輪流進入同台餘氯計偵測(切換式餘氯計)。	1	1	1	4
濁度	原水、清水以人工切換共用同一台濁度計，由於原水、清水濁度範圍(RANGE)不同，會影響濁度偵測值之準確性。	1. 沈澱池、水塔、清水池及過濾池四個取樣點，以10~15分鐘之週期輪流進入同台濁度計偵測(切換式濁度計)。 2. 原水池設三台連續式濁度計，用於自動加藥調整系統。	1	1	2	4
合計			3	3	5	16

表四 各淨水場監測系統改進前後偵測器及偵測點對照表

場別	偵測器台數		偵測點數	
	(前)	(後)	(前)	(後)
長興	12	6	12	32
公館	10	4	10	13
直潭	8	3	8	12
雙溪	3	9*	5	18
合計	33	22	35	75

註：* 雙溪場為自動加藥控制而對原水濁度及混凝水pH之偵測採多重配置(各3台/點)

三、水質監測系統之應用

3.1 應用於水質控制及水處理診斷

3.1.1 原水濁度變化之預警

80年 9月下旬，台灣東北部山區受耐特颱風環流影響，大桶山及福山氣象偵測站於18日至20日之降雨量約 200mm，並集中於9/18 10:00~20:00 期間如圖六。該山區為南勢溪支流東札孔溪上游之集水區，因附近地層不穩，自民國25年來，即屢次發生山崩，近來每逢降雨皆影響本處新店溪水源的濁度，本次在兩波段降雨高峯之後約 7小時，影響青潭堰取水口的原水濁度，且在約70分鐘後，原水濁度波峯隨即到達長興及公館淨水場如圖七。

雖然青潭取水口及長興場原水濁度之測值因儀器及取樣設施不同而呈現差異，然而兩者變化趨勢一致，顯示設置於取水口的原水偵測系統，已發揮了對原水濁度變化預警之功能。

3.1.2 混凝池pH值對淨水效果之影響

圖八顯示長興淨水場混凝池pH值偏低約 0.4，清水濁度由1 度徒升至 5度，經調整加藥後，隨即回復正常。

3.1.3 需氯量及餘氯消耗量之掌握

由圖九可知，長興場之水處理，由混凝到沈澱約 1小時之間，餘氯量之消耗約 0.12ppm。中午日照強烈時段餘氯消耗量較高，約達0.2~0.3ppm。

由圖十可知公館場清水餘氯在配水管網中（至雙園偵測站）消耗約0.1ppm。由供水區餘氯量之變化與淨水場清水餘氯量之變化始終一致，除得知水質之穩定性甚佳外，亦可間接得知該二台偵測器性能皆相當理想。

3.1.4 快濾池功能評估及濾程控制

由圖十一可知公館場之快濾池在反沖洗完畢，開始過濾不久，即發生濁度貫穿，雖然濾程控制在24小時（較長興場40小時短甚），於高濁度原水期間清水濁度難以控制到 0.7度以下。

本處新近完成之「快濾池操作最佳化」⁽⁹⁾ 研究，即利用濾水濁度掃瞄數據，與快濾池操作數據統計分析，而得知研究期間，長興場與公館場之快濾池功能差異達2.5倍。

若對各快濾池濁度皆作監測，則任何功能異常之快濾池皆無所遁形，而可作為濾池翻修或補濾料之參考；在高濁度時期，更可作為機動縮短濾程之參考，對出水品質之控制甚有助益。

3.1.5 淨水場間淨水效果之比較

圖十二為公館場及長興場在相同時段下的水處理情形。由沈澱水及清水濁度，可知公館場之混凝沈澱及過濾效果，不及長興場理想。

3.1.6 不同單元間淨水效果之比較

公館淨水場有三個加藥單元，每一單元的混凝能量及沈澱池負荷因硬體結構和運轉狀況之不同，而呈現不同的淨水效果。如圖十三所示，不同單元的沈澱池（北沈、南沈、舊沈）濁度隨原水水質呈現一致的變化趨勢，其中舊沈單元的淨水效果最好，乃因其處理水量僅原設計能量之3/5。

3.1.7 對長期水質變化趨勢之掌握

由圖十四可知無論原水或清水之水質長期趨勢均可一目了然，對數據之公信力及淨水效果之掌握皆甚有裨益。

3.2 應用於自動加藥系統

一套完善的水質監測系統，除可提供自動加藥所需控制參數，如原水濁度及混凝池pH等基本資料外，經由全面監視不同單元的濁度、餘氯、pH等更可充份掌握水處理效果。因此以水質監測系統為基礎，建立自動加藥系統不僅較為經濟且安全性亦高。

本處雙溪場受日照影響，每日中午原水之pH皆會略為上昇（圖十五）遠超過混凝之最適pH範圍，而須藉額外增加硫酸鋁之加注量來控制混凝所需的pH條件（大約介於6.7~6.9）。

除原水pH每日變化影響水處理外，每逢大雨原水濁度即驟升亦造成該淨水場水處理之困擾。在水質人員僅 1名之情況下，為確保該淨水場水處理之因應，乃於近日完成該場之自動加藥系統。

該自動加藥系統流程如圖十六所示。為增加原水濁度測值之可信度，而以三台原水濁度計作偵測比對。藥品之自動控制係視手動調整加注量之多寡，設定四段警報值，以任兩台的警報接點，經電磁閥控制自動虹吸加藥。另考慮原水鹼度，pH的變化及加藥量的誤差，而以三台pH計偵測混凝水，依可靠之pH訊號與設定值比較之結果，自動調整硫酸鋁或氫氧化鈉之加注量來控制pH。控制原理詳如圖十七。

圖十五所示雙溪場原水pH變化時段，其混凝水pH經自動加藥系統控制而呈平穩，顯示此種以水質監測系統回饋之自動加藥已獲初步成功。

3.3 應用於水質管理制度—水處理保證制度之建立

除各淨水場可分別利用水質電腦監視系統之終端機，隨時掌握各處理單元之水質，並利用測值下上限預警，以保障水處理外，本處生產科於79年開始執行「淨水場水處理日報表制度」，對各場之水處理每日作整體評估，包括加藥量與淨水效果，並輔以「水處理異常追蹤表」。其用意係為掌握所有異常情況，自異常案例中學習，以增長水處理知能，累積水處理經驗，整個作業流程如圖十八。

四 水質監測系統可信度之掌握

本處淨水場水質監測系統除最基本的功能“為證明出水水質”更形重要外，在作為“水處理控制之工具”方面其功能之需求更是與日俱增，因此監測系統之可信度益形重要。

水質自動監測系統之可信度，涉及(1)偵測系統（包括取樣設備及偵測器），(2)資料傳輸系統（包括數據專線及遠地終端機(RT)），及(3)資料收集系統（包括當地終端機(LT)及電腦主機）。本處目前係以三種方式來掌握偵測系統的功能：(1)模擬測試，(2)儀器設置以精簡為原則，利用輪測方式，由不同水樣所示測值之差異來研判偵測值之合理性，及(3)建立偵測系統的維校制度。

4.1 模擬測試

模擬測試之設備如圖十九所示。水樣經由沈水式泵在A、B二個約50公升的水槽間循環流動，並以適當之流量（~2公升/分）進入欲測試之偵測器，測值經由遠地終端機（RT）傳送至當地終端機（LT），而顯示於螢幕並由報表機列印出來。

偵測器在選用階段可以此模擬測試裝置預作評估，新購入或完成整修之偵測器在安裝於現場之前，若先通過模擬測試，則不僅可於安裝後立即蒐集到正確可靠的水質資料，且可省卻現場測試所需耗用的大量人力與時間。

表五、六及七分別為利用該模擬測試裝置對pH、濁度及餘氯偵測器所作模擬測試之相關數據。偵測器在模擬測試前經校正後，在測試過程中皆不再作維校。圖二十、二十一及二十

二為經由LT列印之掃描圖。

表五 連續式pH自動偵測與各項手測檢驗值對照表

水樣別 項目	pH=6.863 緩衝液		pH=7.416 緩衝液		場 內 清 水		備 註
	09:00(06/01)	09:00(06/02)	00:00(06/03)	24:00(06/03)			
時 間	09:00(06/01)	09:00(06/02)	00:00(06/03)	24:00(06/03)			1. pH為6.863及7.416之緩衝液係按standard method 方法以磷酸鹽調配。 2. 總鹼度為21 ppm之場內清水水樣經循環使二氧化碳游離致使pH上升 ⁽¹⁰⁾ 。 3. 相同測試水樣之偵測信號輸入進入同一台RT的兩個不同channel 產生不同顯示值。(誤差原因, 尚待求證後設法改善)
水 溫	-	-	23	25.5			
鹼 度	-	-	21	21			
B T B	6.9	7.5	7.1	7.4			
桌上型pH計	6.85	7.42	7.15	7.80			
channel 1	6.78	7.40	7.02	7.65			
channel 2	6.93	7.55	7.17	7.80			

表六 連續式濁度自動偵測與手測檢驗值對照表

水樣別 項目	最初人工配製水樣		經稀釋後水樣		長 興 原 水	備 註	
	20:00	07:30	09:30	13:30	15:00		
時 間	20:00	07:30	09:30	13:30	15:00	1. 人工配製水樣係以泥土加入青潭原水配製。 2. 濁度偵測 range設為0~2000NTU。 3. A、B、C係指相同水樣輪流進入同一台RT之不同channel。 4. 因循環水槽未設攪拌裝置, 水樣之濁度因大顆粒沉降或小顆粒吸附於槽壁, 濁度乃逐漸降低, 與手測值之變化趨勢一致。 5. 濁度計cell在經過一天測試渾濁水樣後, 改測低濁度水樣時(偵測範圍仍維持原設定0~2000NTU) 顯現2~3NTU的誤差。	
實 測 值	452	440	170	130	8.5		
電 腦 值	A	449	428	169	124		5.8
	B	449	429	169	123		5.9
	C	500	429	169	123		6

表七 連續式餘氯自動偵測與FAS 滴定值對照表

水樣別 項目	長 興 場 內 清 水						備 註
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
時 間	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	1. 以長興場清水為模擬測試水樣除測試其偵測系統之穩定性及其與其他檢測方法之比較外, 並可顯示清水餘氯在循環流動過程中之消耗情形。 2. * FAS係指依美國`Standard Method ⁽¹¹⁾ `之硫酸銨亞鐵滴定餘氯檢驗法。
水 溫 °C	23	24	24.5	25	25	25	
電 腦 值 (ppm)	0.32	0.22	0.13	0.18	0.03	Error	
* FAS 滴 定 值	0.35	0.25	0.15	0.1	0.05	0	

4.2 水質偵測系統故障原因分析

水質自動監測系統自取樣、檢測、訊號傳輸、到訊號接收與存取的一系列流程中, 任何一步驟皆可能發生故障, 而致訊息錯誤或中斷。而系統功能的維護, 就是在無數的故障中學習、探討、設法排除故障的奮鬥過程。沒有一套自動監測系統是百分之百的可靠, 唯賴使用者不斷的從失敗中汲取經驗, 使系統的各種狀況皆在掌握之下, 才能發揮偵測系統的功能。

表八所示為水質監測系統各種故障情況、發生原因及排除方法, 顯示“人機關係”的合

諸為運作順利的必備條件。

表八 水質監控系統主要故障情況發生原因、排除方法及改進建議表

類別	故障情況	發生原因	排除方法	改進建議
取樣系統	取樣泵空轉（動力式）	1.泵入口因泥砂或雜物堵塞。 2.泵安裝位置在取水面上，且入口端管線有縫隙或泵吸入端逆止閥失靈，停轉時空氣進入吸入端之管線	1.清除雜物 2.灌水排氣	1.吸入端須具備良好的網篩及防止逆流裝置。 2.故障排除需容易執行。
	虹吸中斷（重力式）	泥沙沈積於管內造成流速減慢，空氣累積於管中	重新灌水排氣	1.管線之配置須避免彎曲起伏。 2.增設沈水式泵定時啓動以沖洗管線。
	偵測水位感應功能故障	水位感應之三種棒位置過低或高	重新調整	目前水樣感應器係置於水樣流入端，但有時阻塞係發生於偵測器致偵測值為誤，若將水位感應棒置於偵測器水樣排出端，底部預留微量滲流孔，並利用 air pump 攪動如圖二 (C)，則可避免假訊號干擾。
偵測器	濁度計偵測值偏高	1.CELL內壁附著雜物 2.CELL外壁附著灰塵	1.以毛刷清洗內壁 2.以紙巾擦拭外壁	1.以儀器級(GC)的空氣吹拂CELL周圍，可避免灰塵附著或結霧，然而此法安裝有困難（註：本處改良之流通型水樣管、管壁有真空夾層並無結霧問題）。 2.設超音波自動清洗裝置定期清洗CELL內壁（清洗時可自動將信號中斷）
	餘氣偵測值偏低或pH偵測偏差太大	電極表面附著雜物	定期清洗電極	1.設超音波自動清洗裝置。 2.以空氣攪動電極週圍水流。
遠終端地機	1.電流信號在傳輸中衰減，致測值出現 ERROR 2.當機	1.電源不穩 2.機件老舊 3.電路板接觸不良	1.重新開機 2.更換備品（插入式電路板）	修改軟體程式將原<4mA時，顯示值為“Error”，改為3.5~4mA顯示值為“0”。當電流輸出<3.5mA顯示值才出現Error。
LT(新)當地終端機型	1.當機 2.資料存儲掃描及列印之功能不穩定	1.病毒感染 2.硬體功能不穩 3.軟體仍有瑕疵，極待維護。 4.電源不穩 (以上原因尚在求證)	1.重新開機 2.請廠商執行軟體維護	1.增設不斷電系統(U.P.S) 2.需賴廠商繼續測試維護並增設防病毒侵襲裝置。 3.管制當地終端機之使用，嚴禁非業務之磁片介入。
電腦主機	故障中	硬體維修零件無法取得（原廠商六年前已停止該機型之生產）	維修廠商以PC/AT來開發系統軟體暫時取代原LT及電腦主機功能	
通訊系統	1.MODEM故障 2.數據專線斷路	1.電信局線路施工影響。 2.下雨打雷線路受損 3.不明原因	1.更換MODEM 2.每天向電信局作故障報修。	

4.3 水質監測系統之維校

水質監測系統不斷的偵測與提供各偵測點的水質訊息，發揮了人力所無法企及的水質監測功能，但相對的，該系統也需人力適當的回饋，配合作例行維校，才能發揮其正常功能。偵測系統的維校，係指人與機間的一種良好工作習慣，需時不多，維校項目與步驟也不複雜，但須規律的持續的定期執行。因此維校制度的建立，每一位操作及負責人員嚴謹的工作紀律是必須的。

4.3.1 水質電腦監測系統維校現況

本處除成立水質監控小組任務編組，推動水質電腦監測系統相關業務外，另以年度維修合約的方式，委廠商作系統之維護。三個大場各由一名小組成員負責推動偵測系統之維校制度，協助訓練現場操作人員作必要之維校。

維校責任區分、頻率及故障排除期限等如表九所示。

表九 偵測系統維修權責及處理期限區分表

類別	內容	現場人員處理項目	維修廠商處理期限及項目				廠商例行檢修頻率
			12hr	24hr	3天	7天	
取樣系統	(1)淨水場內取樣管線故障	灌水排氣或啟動備用pump	管線查修	pump查修			每14天
	(2)淨水場內輪測水樣選樣系統故障	清洗電磁閥		更換電磁閥	控制線路完成查修		每14天
	(3)淨水場內輪水樣之水位感應器故障	清洗三極棒或調感應器位置		完成查修			每14天
	(4)取水口取樣系統故障		前往勘查	完成修護			每週二次
	(5)市區或無人偵測站取水系統故障			前往勘查	完成修護		每14天
偵測器	(1)清洗濁度計CELL、pH、餘氯偵測器電極及偵測器ZERO、SPAN調整(淨水場內)	△			✓		每週二次
	(2)取水口及淨水場內偵測器維護			✓			每週二次
	(3)市區濁度計維校同(1)項			✓			每週二次
	(4)市區餘氯、pH計維校同(1)項			✓			每14天
	(5)偵測器或電極更換			✓			
	(6)故障而更換之偵測器維修					✓	
RT遠地終端機	(1)電源查看或備品(插入電路板)更換(場內)	△			✓		每週二次
	(2)電源查看或備品(插入式電路板)更換(取水口)				✓		每週二次
	(3)電源查看或備品(插入式電路板)更換(市區)			✓			每14天
	(4)故障更換之備品修復					✓	
LT當機(地包主含機端)	(1)電源查看或備品更換	△					
	(2)資料建檔，偵測範圍(range)警報限值及零點之修正	△					每14天
	(3)當機查修			✓			當14天
通訊系統	(1)MODEM送修				✓		
	(2)故障MODEM之備品更換(場內)	△			✓		
	(3)故障MODEM之備品更換(市區、取水口)			✓			
	(4)數據專線故障查報			✓			每天

註：“△”係發生異常時立即處理。

註：“✓”係指發生異常時，於規定期限內前往處理或協助現場人員處理。

4.3.2 維校實例介紹—公館淨水場

表十係公館淨水場於80年1月及2月間所作偵測系統維校及水處理異常統計表。負責人員每日平均花費不到半個小時，作必要的維校，即可使偵測系統得以持續發揮其正常功能。

表十 公館淨水場偵測系統維校及水處理異常統計表

項 目	狀 況	發生頻率		處 理 情 形	備 註	
		80年 1 月	80年 2 月			
取 樣 系 統	取樣管線	重力式虹吸中斷 (停電 停水致水位降低或管線 阻塞所致)	2 次	3 次	1.重新灌水。 2.減少管線彎曲及起伏	仍有待進一步改進。
	電磁閥	堵塞	3 次	3 次	1.清洗電磁閥 2.加裝濾網	同 上
	水樣偵測之水位感應器	電磁閥阻塞但由於水位 感應器位置不當 (過低) 而未經查覺無水樣， 出現錯誤值 (干擾值)	1 次		重新調整水位感應器之位置	同 上
偵 測 器	青澗原水pH及 濁度計	不穩定	4 次	3 次	1.利用LT之F5功能鍵修正零點。 2.以實際濁度變化修改LT之range 設定值 3.事後參考長興原水濁度修正資 料。	經查數據不穩定之原因係：原水偵測訊號直接 分送往 2 台LT (公館場及長興場) 所致，須在 原水偵測訊號進入該偵測點之RT之前，經加裝 “訊號分歧隔離器”即可避免。
	清水濁度計	偏高(0.1~0.3NTU)	7 次	6 次	1.清洗CELL內壁，擦拭外壁。 2.旋轉CELL角度。 3.調整ZERO或SPAN按鈕 4.於LT下修正零點	加藥正常且混凝效果良好時CELL清洗頻率每週 一次，否則須增加清洗頻率。
	沈澱水及過濾 水共用濁度計	例行調整或偏差大於 0.3NTU而作調整	3 次	2 次	1.清洗CELL內壁，擦拭外壁。 2.旋轉CELL角度。 3.調整ZERO或SPAN按鈕 4.於LT下修正零點	加藥正常且混凝效果良好時CELL清洗頻率每週 一次，否則須增加清洗頻率。
	混合池、沈澱 池及清水池共 用餘氯計	偏差 $>\pm 0.05$ ppm	2 次	1 次	1.清洗電極。 2.檢查電極排水。 3.調整ZERO或SPAN按鈕 4.於LT修正零點	
	混合池共用pH 計	偏差 ± 0.3	1 次	1 次	同 上	
電 腦	當地終端機當 機	中斷約8hr	1 次		1.重新開機	原因不明，請維修廠商查明改善。
水 處 理 異 常	(ALUM)液體硫 酸鋁堵塞	混合池pH偏高	2 次		1.增設加藥槽液位警報器。 2.加藥室增設混合池pH警報。	需加藥及水質人員達成共識，並須訂定加藥調 整操作注意事項。
	加鹼量不足	混合池pH偏低，沈澱水 濁度 >10 NTU	2 次	2 次	經由電腦資料研判後提高加鹼量 。	(1)新加藥系統剛測試中，操作人員尚未完全熟 悉。 (2)其中二月份兩次係因受原水鹼度偏低影響。
	加藥槽底部堵 塞藥液無法流 出	加藥量略為不足	1 次		增設清洗管線	建議藥槽應輪流定期清洗，尤其是硫酸鋁貯槽

4.4 確保水質檢測資料的可信度

連續式水質偵測器除在安裝前須先通過模擬測試，使用中也須經常核對與檢驗值間的差異，俾及時維校偵測器。

即使經由前述定時比對與維校來確保數據之可信度，仍難免有疏漏失察而致某一時段的偵測值須再經輸入 (key-in) 作修正之情況。此外，颱風暴雨期間，若因取樣、電力或通訊系統故障，致自動偵測數據中斷，則須參考該時段之檢驗值經key-in之彌補，方能建立完整的水質資料。

本處水質電腦監測系統各檢測項目之容許誤差暫定為
 $| \text{檢驗值} - \text{電腦值} | \leq (\text{偵測範圍} \times 0.01 + \text{檢驗值} \times 0.1)$ ，若超過此限即須作key-in修正，並及時對該偵測器作維校。數據之key-in修正可經由當地終端機 (LT) 執行。

水質資料的完整性、可信度與時效性之確保，需賴電腦軟硬體功能的配合。限於經費，本處水質電腦監測系統尚未完全具備應用上所需之所有功能。目前各淨水場之水處理日報表及淨水處理日評估表之製作，仍是以資料彙整填報方式執行。未來軟體之功能須包括：各場可經其LT輸入當時之手測值 (Manual data) 及加藥指令、實際加藥量、處理水量等與水處理有關之資料，而自動產生各淨水場之水處理日報表，及包括各淨水場相關資料的日評估表。

將來經費上允許作MINI電腦主機之汰換時，軟體功能除應包括前述之功能外，為加強資料之運用，並需增加資料之統計分析功能。使該系統不但掌握確實資料，且將資料彙整分析轉變為最有用的資訊，以發揮其促成水處理作業精進、健全水質管理制度及提昇自來水水質之積極功能。

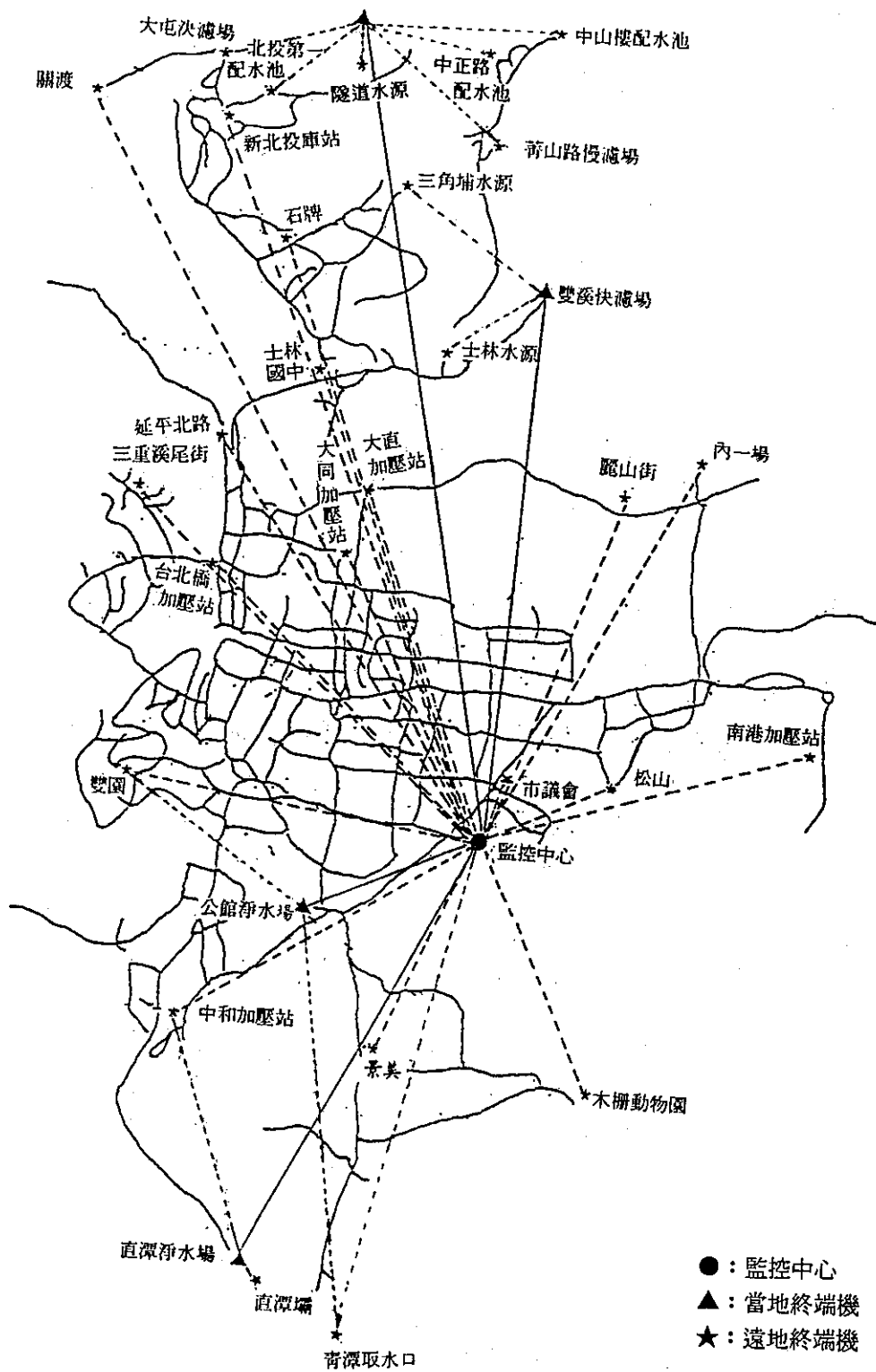
五、結果與討論

1. 水質電腦監測系統之建立，突破傳統淨水場水質監測作業之不足，除大幅提昇水質訊息的廣度與深度外，更大幅提高了水質數據的公信力。對水質訊息透明化，及增進民衆對自來水的信心而言，甚具威力。
2. 水質電腦監測系統所蒐集之大量數據，須先經彙整分析後，才會成為功能顯著的資訊。對淨水場問題的診斷(diagnosis)、改善方向的釐清、及淨水技術的提昇等，方能發揮其強大的功能。因此，在建立良好的監測系統後，即應將節省下來的人力，轉用於提昇運作層次，致力於系統資訊的運用，使系統功能發揮至極致。
3. 對水質監測系統言，儀器的穩定可靠與適用，一直是待突破的問題。鑑於某些價值不菲之儀器，故障後廠商無維修能力而終如虛置，儀器設備應以精簡(Simple)與可靠(reliable)為原則；且使用者須建立良好的“人機關係”。不但配合作例行保養維校，且應設法深入掌握系統的全盤情況，俾系統得以發揮最大功能，且經由經驗的累積及技術的的生根，必要時對系統功能的進一步提昇，能提具體改進方案。
4. 由本處水質電腦監測系統業務負責人員所自行設計改裝的「連續式濁度偵測器」，及研發的「共用偵測器的輪流監測」方式，符合儀器設備精簡可靠之原則，且功能卓著，不僅值同業參採；工作人員對業務鍥而不捨的熱心投入，而終能有所創新發明，不唯突破系統困境，且使系統功能更上一層樓的作法，實為監測系統操作(負責)人員之工作態度，樹立了一個典範。

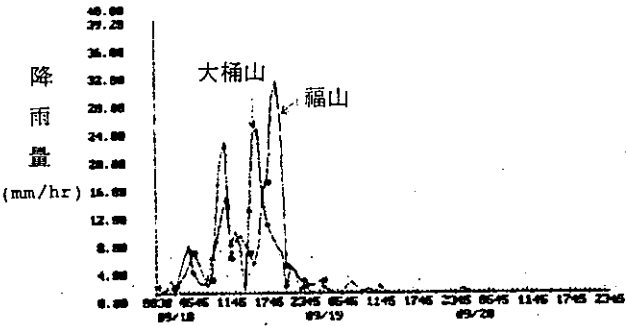
- 5.任何一套監測系統，皆無法百分百的可靠與理想，需藉使用者的維護操作經驗，及其對系統功能不斷的需求，在使用者與廠商的協力呵護下，不斷的成長或重生。
- 6.電腦科技日新月異，任何電腦化系統之使用，皆須自行培養電腦專業人員，俾隨硬體之汰換，及對系統功能日增之需求，而得以順利而完善的作系統轉換或更生。
- 7.本處水質電腦監測系統除原水濁度預警外，雖屬事後之偵測，但利用該系統之監測回饋功能，所開發成功的雙溪淨水場自動加藥系統，證明該系統之可信度及功能已相當理想，並為將來擬推廣至各淨水場之自動化加藥系統奠定了基礎。

參考資料

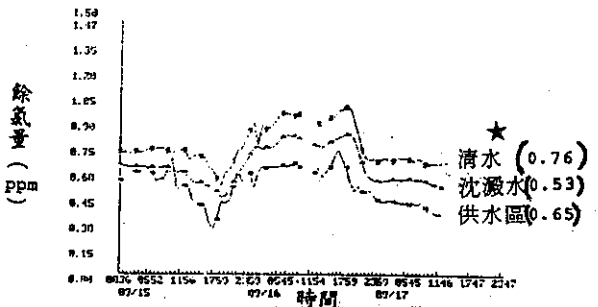
- 1.Stephan J. Nix and Anthony G. Collins, "Expert Systems in Water Treatment Plant Operation", J.AWWA, P.43-51, Feb.(1991).
- 2.Keiji Gotoh, "State of the Art of Microtechnology in Water Services", General Report 2, Technical Papers of the IWSA 16th International Water Supply Congress, GR2-22~24, Nov. (1986).
- 3."台北自來水事業處水質電腦監視系統技術規範書"，71年委託工業技術研究院電子工業研究所規劃。
- 4."台北自來水事業處水質電腦監視系統擴充工程技術規範書及施工說明"，74年委託：訊聯系統股份有限公司提供。
- 5."國內數據通信業務簡介"，交通部數據通信所。
- 6.Delta Scientific Instruction Manual Series 8315 Continuous Automatic Turbidity Analyzer/Transmission.
- 7.Instruction Manual Ratio Turbidimeter Hach Model 18900.
- 8."自來水水質穩定性的探討"，台北自來水事業處，78年6月。
- 9."快濾池操作最佳化的探討"，台北自來水事業處，80年6月。
- 10.謝立生、黃建華譯述，"環境工程化學"，乾泰圖書有限公司。
- 11.APHA., AWWA., WPCF., "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", 16th ed.(1985).



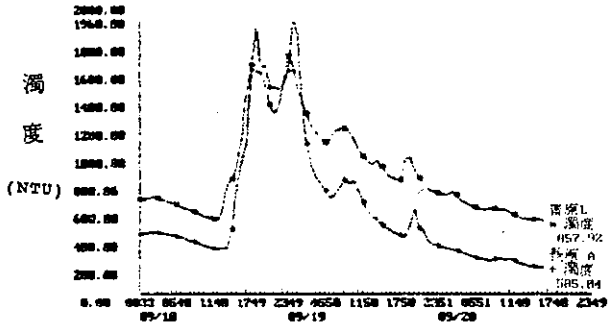
圖一 台北自來水事業處水質電腦監測系統示意圖 (81年度)



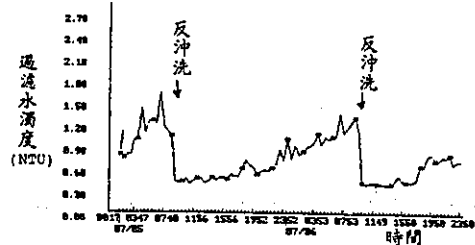
圖六 新店溪水源集水區大桶山、福山降雨量統計圖
(資料日期: 80.9.18.~21)



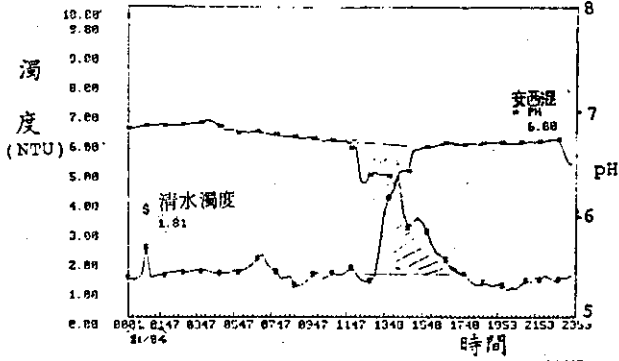
圖十 公館及其他供水區餘量之變化
(註: ★有後加氣)



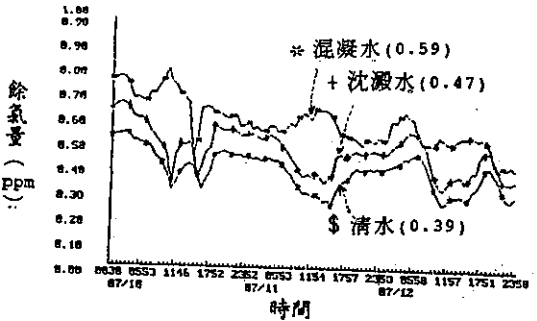
圖七 新店溪水源青潭取水口及長興淨水場原水濁度變化趨勢 (資料日期: 80.9.18.~21)



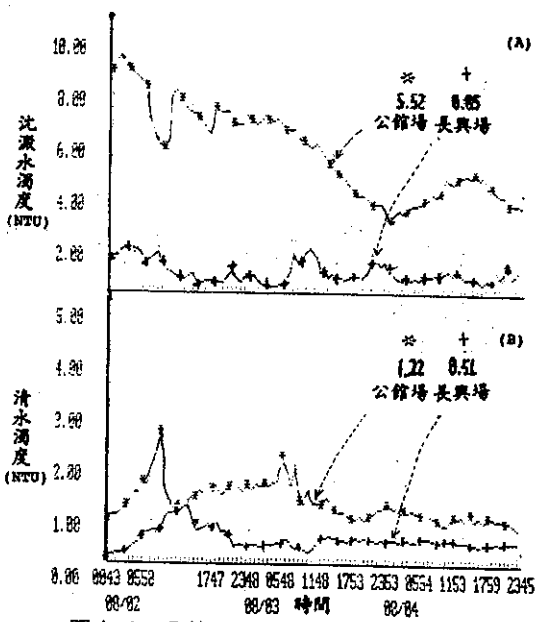
圖十一 公館場快濾池濁度變化趨勢
(資料日期: 79.7.5.~6.)



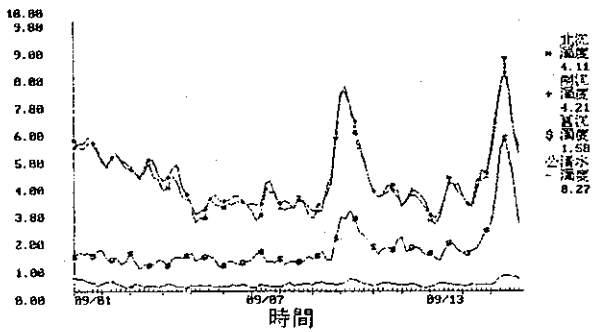
圖八 長興場混凝池pH值偏低對淨水效果之影響
(資料日期: 79.11.4.)



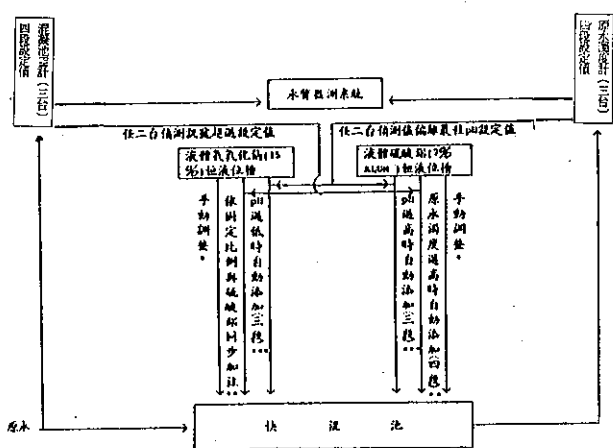
圖九 長興場水處理流程中餘氯量之變化情形



圖十二 公館及長興場沈澱水及清濁度之變化
(資料日期: 80年8月2日~4日)

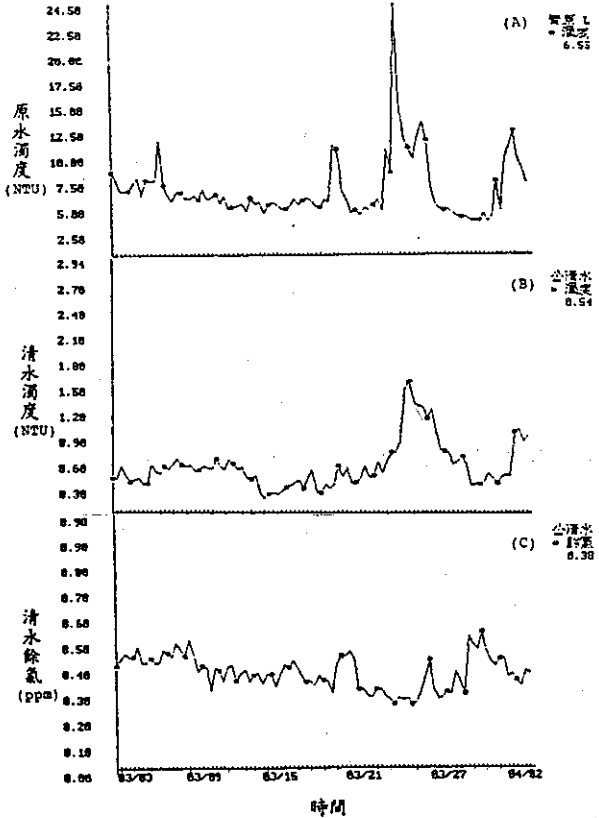


圖十三 公館場、北沈、南沈及清水濁度變化趨勢
(資料日期：80年9月1日~15日)

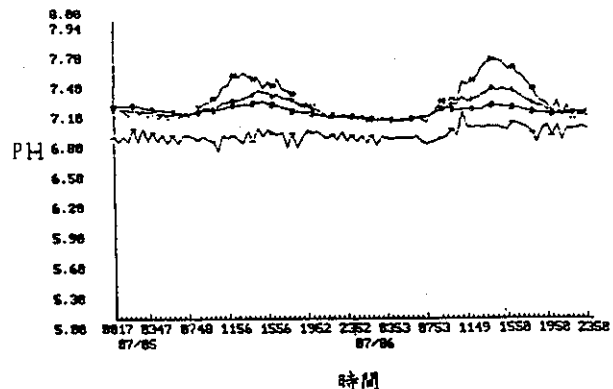


圖十六 雙溪場自動加藥系統流程圖

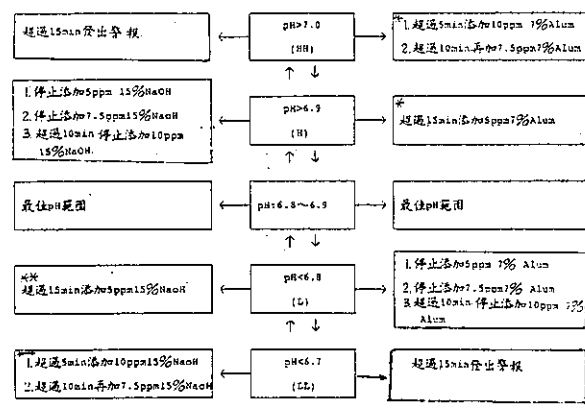
(註：* 採用5組內徑不同且長度不同（液位差有別）之光玻璃感管，以排列組合的方式調整藥品加註量。
 ** 四段微調整總計可調整約50ppm(或成招(7%ALUM)及50ppm NaOH(15%))
 ... 超過此量，則以手動調整適當基本加註量後，再採用自動調整基本加註量。
 ... 總計可調整約10ppm的級距。)



圖十四 公館場原水濁度、清水濁度及清水除氯之月變化趨勢
(資料日期：80年3月3日~4月2日)



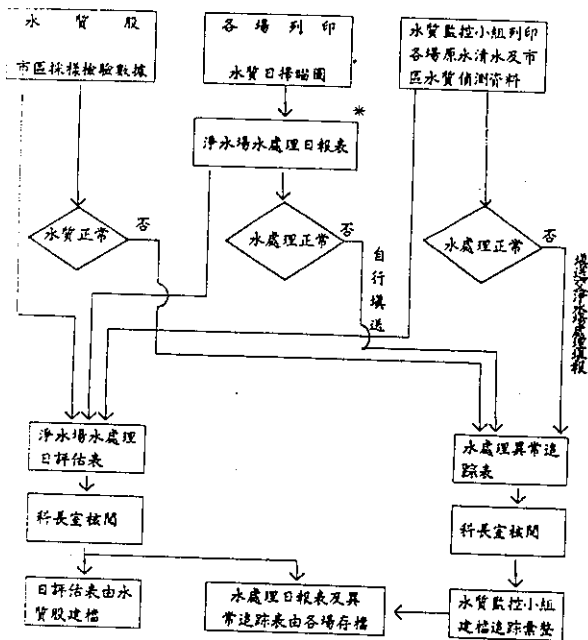
圖十五 雙溪場淨水處理流程中之pH變化情形
(註：1. 資料日期：80年7月5日~6日
 2. 4種水樣係以同台PH監測)



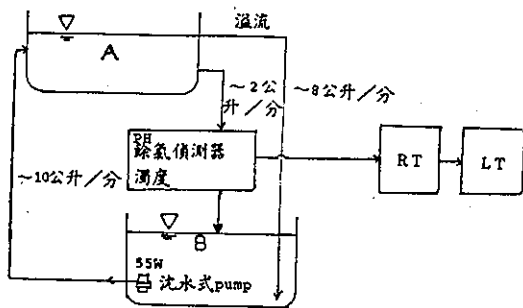
圖十七 雙溪場混凝池pH自動控制流程

註：1. 加藥緩衝時間（視混凝水pH值變化所需之反應時間）由TIMER設定之。
 2. 如遇原水水質異常致pH值大於HH或小於LL，水質電腦監測系統經15分鐘之確定超限後發出警報。加藥人員，即配合調整基本加註量。
 3.* 在15 min內未添加NaOH時，立即添加ALUM
 **在15 min內未添加Alum時，立即添加NaOH
 4. 主要設備：(1) 取樣pump (2台)
 (2) 連續式pH偵測器 (3台)
 (3) 四段式 (HH、H、L、LL) pH設定器 (三組)。
 (4) 恒液位藥槽 (15% NaOH，及7% ALUM 藥槽各一)。
 (5) 真空噴射器、電磁閥 (六組)。
 (6) TIMER十只。

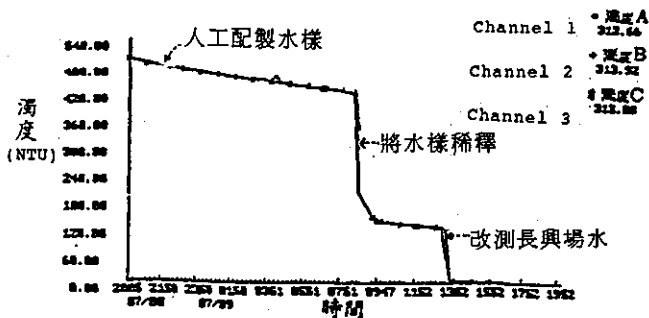
5. pH值設定方式：
 1. 以經驗值先行設定，目前暫行控制參數如下：
 (1) 最佳混凝效果之pH值為6.8~6.9。
 (2) pH容許範圍6.7~7.0。
 2. 水質人員視杯瓶試驗結果修正。



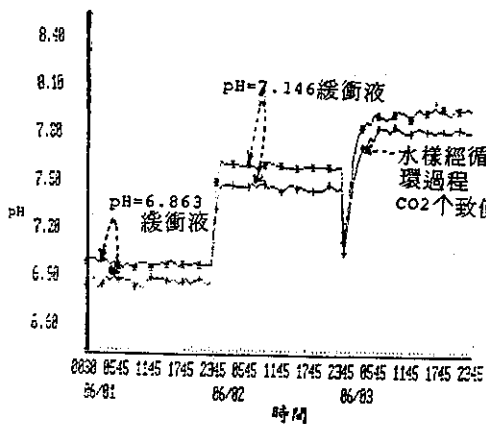
圖十八 淨水場水處理日評估表及水處理異常追蹤表流程



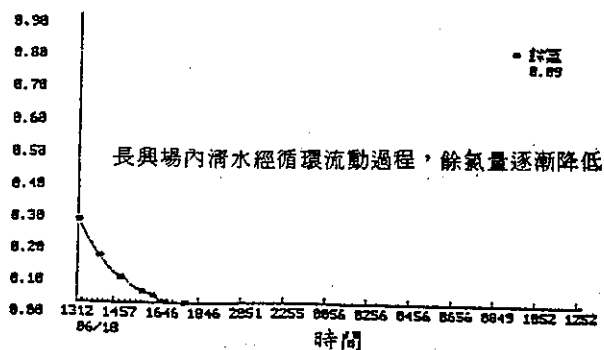
圖十九 循環式水質偵測器功能測試設備



圖二十一 連續式濁度偵測功能測試圖



圖二十 連續式pH偵測功能測試圖



圖二十二 連續式餘偵測功能測試圖