

過濾水自動輪測系統之開發與應用

張次郎* 許登發** 陳明州** 張聖德***

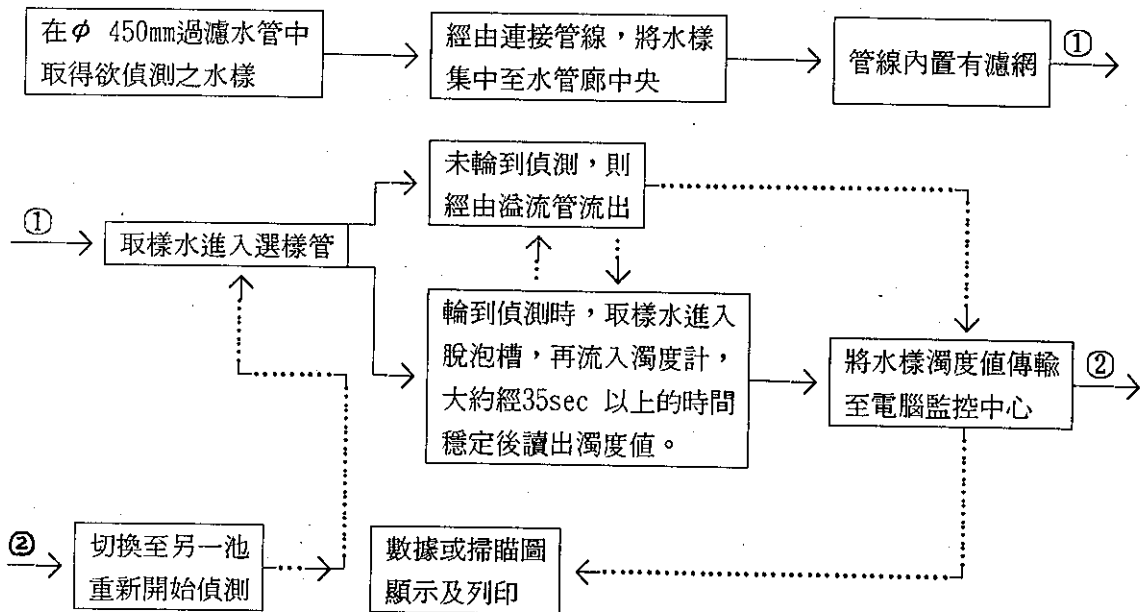
一、前言

本場之快濾監控設備係以最高允許水頭損失 2.5m，或最長允許濾程作為濾程控制，然而在暴雨高濁度期間，濾池的水頭損失並不適於作為濾程控制的參考。為確實掌握各濾池濾水濁度的變化情形，俾作更嚴謹、適時之濾程控制，以提升出水品質，又鑑於濾池間之差異性，唯靠對各濾池水質作同步監測，比較其間過濾效果及水頭損失變化之異同，方足以確認做為濾層整修之參考依據，遂決定籌建過濾水輪流偵測系統。

本研究始自民國79年6月，進行期間自行設計安裝各濾池濁度輪測系統，除與原有水質電腦監測系統連線，使水質人員掌握各池水質情況外，並將濁度顯示器及警報器等按裝於快濾池操作管理現場，供操作者瞭解並因應各池之水質變化狀況。以濁度上限警報值配合水頭損失作為濾程的參考，今後濾程的合理延長及水質提升應可預期。

二、基本構想的形成

本偵測系統所監測之水樣，包括本場16個快濾池之過濾水、水平單元過濾水及新建清水蓄水池之清水，係採連續性且週期可調的自動輪流偵測方式，作該18池水樣之濁度測定，整個流程的基本構想可用下圖來表示：



* 台北自來水事業處生產科長興淨水場 場長

** 台北自來水事業處生產科長興淨水場 幫工程司

*** 台北自來水事業處生產科長興淨水場 工程員

上圖中所列的流程，其實是經過多次檢討後才定案的，而其中最重要的是要能確保各過濾池之過濾水皆可取得，並有足夠的流量供濁度計偵測之用，遂進行如下的流量測試。

池 號	過濾損失水頭	流量 ml/min	濾池出水管水樣取水口至管廊中央距離(m)
NO.1	1.8 m	800	41.5
NO.15	2.3 m	650	38.6
NO.10	0.3 m	4800	5.6

(註：因本實驗係置於水管廊中央，所以距離NO.1及NO.15號池最遠，當我們取過濾損失水頭最大時，可得最小流量。而距離NO.10號池最近，所以當我們取過濾損失水頭最小時，即可得最大流量。)

由測試結果，我們發現最小流量尚能滿足濁度計偵測之用。另一方面為了使濁度偵測取樣之水流穩定，以期所測得的濁度值不受水流的干擾，整個偵測系統之配置與快濾池間水位的關係，在圖1.中有明確的說明：

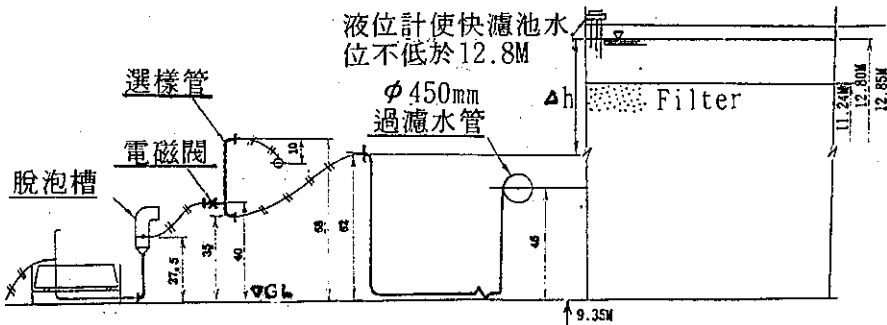


圖1. 連續偵測系統與過濾池水位關係示意圖

註：①濾池中間大排水槽標高12.85 m。

②快濾池水位標高12.8 m。

③反沖洗排水槽標高12.26 m。

④沉澱池出水槽水位標高12.8344 m

偵測器之有效水頭 $\Delta h = 12.80 - (0.62 + 9.35) - hf = 2.83 - hf$

hf:快濾池濾層損失水頭(max $hf = 2.50$ m)

三、設備之建立與改進

經過流量測試及偵測系統的模擬規劃之後，我們即著手進行實驗設備之實體製作。

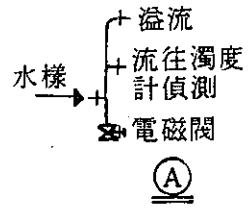
1. 取樣設備設計過程之演進

根據圖1的藍圖，分成三個項目逐一設計：

(a)從各快濾池出水管接合 $\phi 1\frac{1}{2}$ "水樣輸送塑膠管連接至水管廊中央，再將之固定在水管廊牆壁高度62cm，左右各有9池，管線中置有控制閥及濾網，以便濾掉水中偶然夾帶的無煙煤等濾料。實體圖如圖2、圖3等。

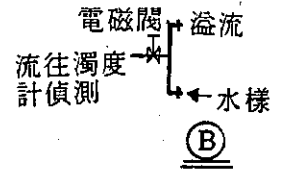
(b)管系及配件的佈置，設計成如圖4.所示，其中選樣管及電磁閥之配置方式有A、B兩種。最初設計為方式A，當輪到偵測時電磁閥關閉，不偵測時，電磁閥打開將水樣排掉，回流至清水池，優點為輸送至濁度計偵測的

水樣不易有雜質，且電磁閥若有稍許漏水，不影響偵測工作之進行。缺點為電磁閥需經常受電（一般電磁閥未受電都是N.C 狀態）易故障，若改為N.O電磁閥，價格比N.C 貴2-3倍，不合經濟效益。遂棄A方式而改為B，只有當欲偵測時，電磁閥才通電變為N.O，缺點為易有雜質卡在閥上造成漏水，干擾其他水樣之偵測，解決辦法則在 $\phi 1/2$ "水樣輸送塑膠管中加裝可拆卸式濾網。



(A)

(c)脫泡槽及水位穩定管，設計成圖6、圖7、圖8等三種形式，皆經實際試驗過，圖6.為最初使用者，其立體實體如圖5，偵測水樣進入脫泡漏斗果積水量，產生溢流以穩定水位，但漏斗縮口出水端易帶入氣泡，失去脫泡作用，且偵測完成時，排掉漏斗內剩餘水量時間甚長（因漏斗水面液位及濁度計上出水口，兩者位差太小），影響整套系統偵測所耗費的時間，故改為圖7.的方式偵測，主要改變是將矮胖型漏斗改為長瘦型水管（脫泡槽），情況尚稱良好，缺點就是維修及拆卸不便，外觀不佳，所以再改進成圖8.，即為目前使用的偵測系統。



(B)

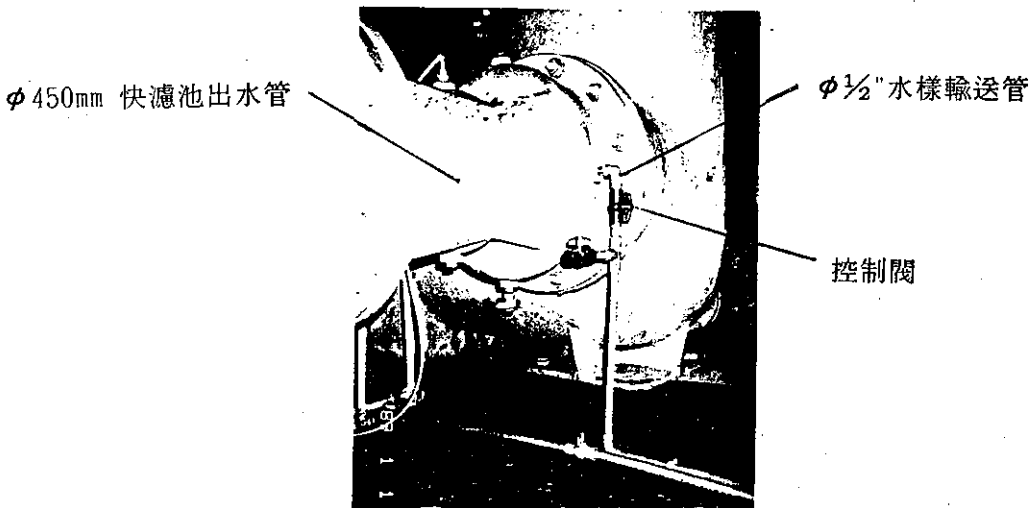


圖 2.

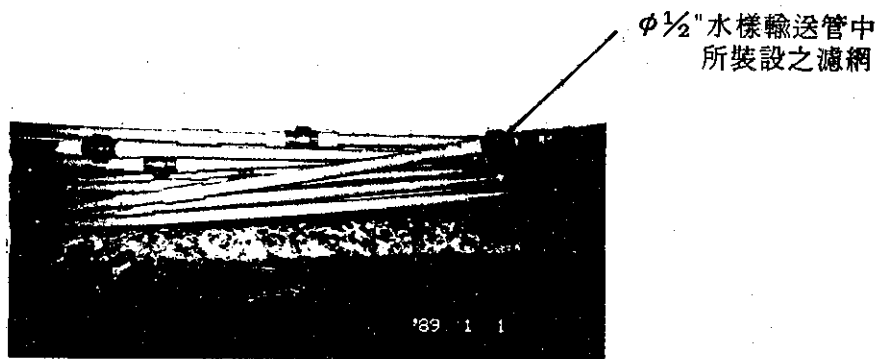


圖 3.

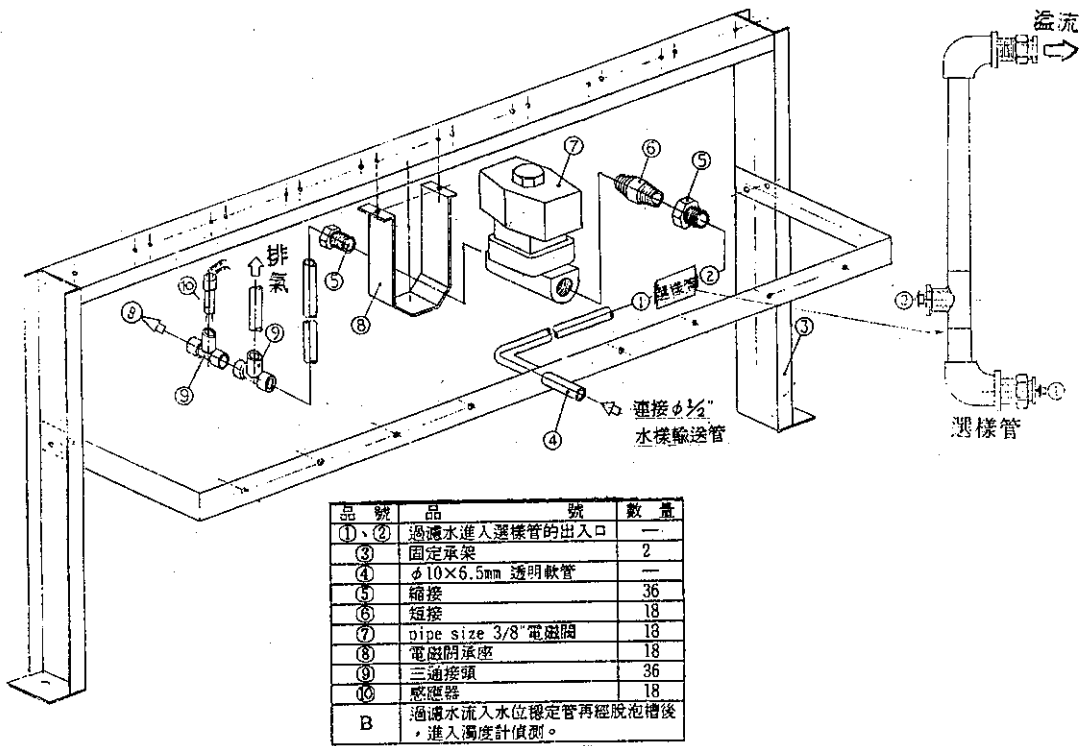


圖 4. 管線及配件佈置圖

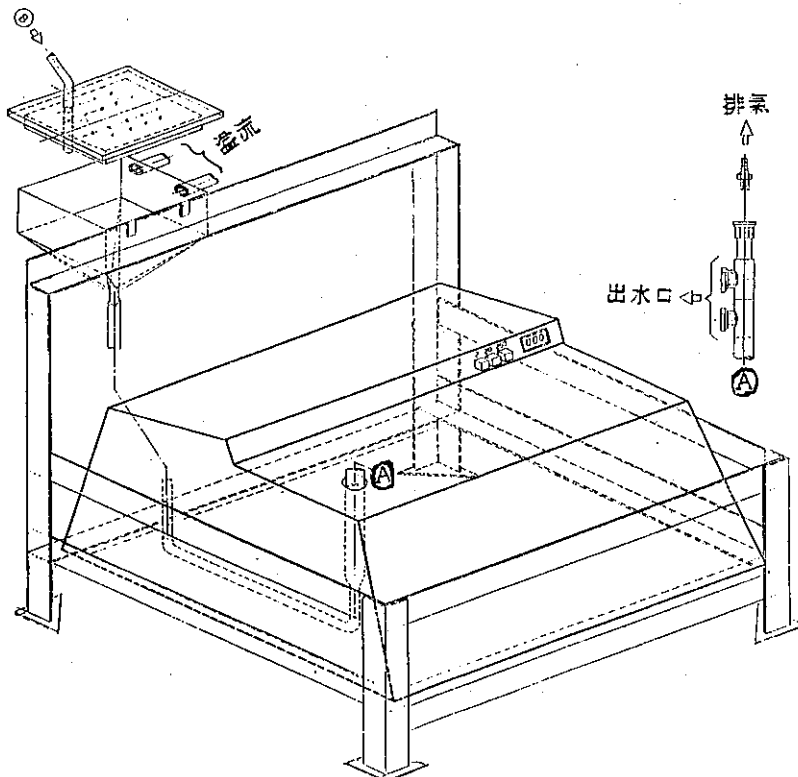


圖 5. 圖 6. 中脫泡漏斗及濁度計立體實圖

水管廊牆壁

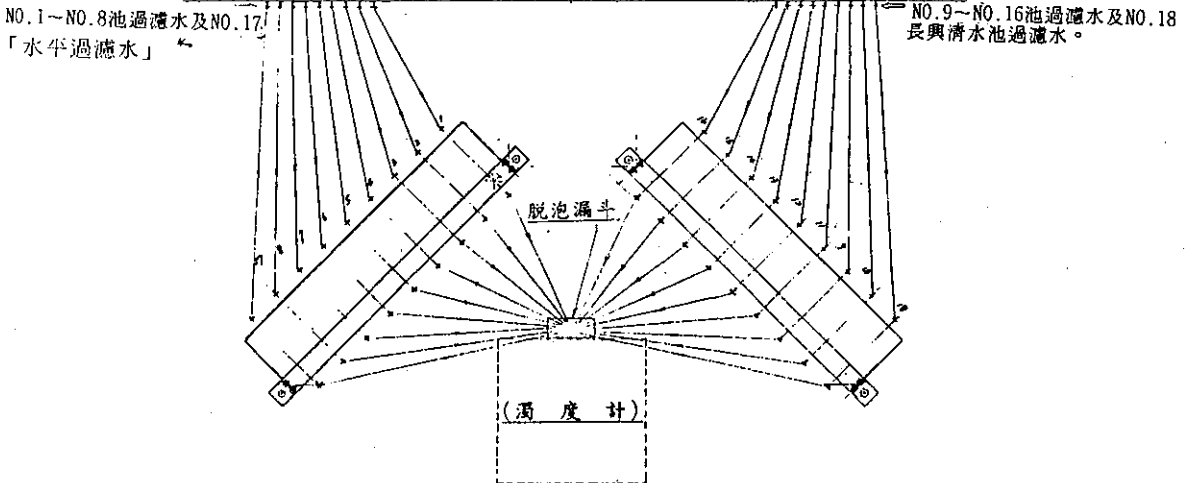


圖 6. 輪測系統及脫泡漏斗裝置圖

水管廊牆壁

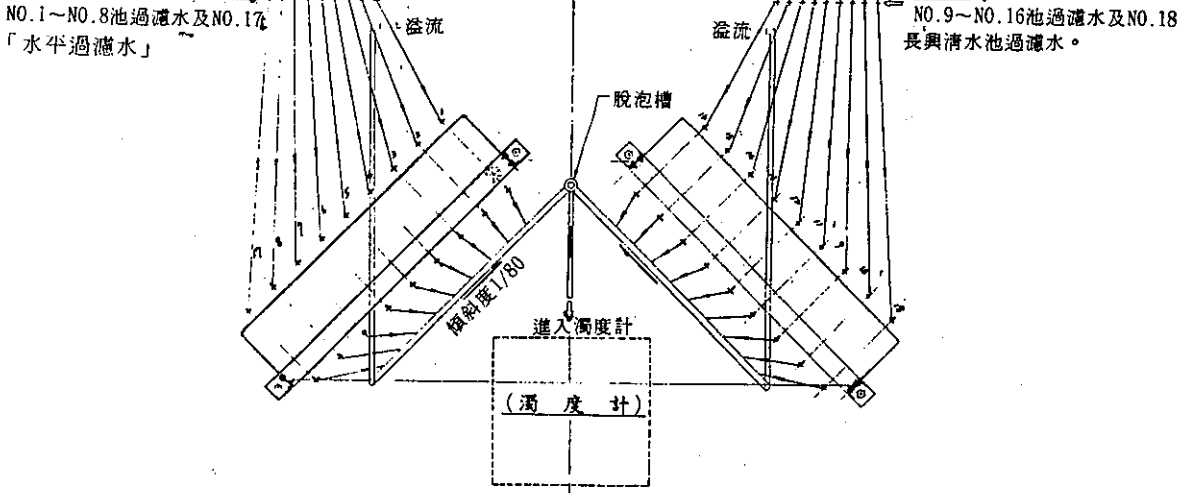


圖 7. 輪測系統及脫泡槽水位穩定管裝置圖

水管廊牆壁

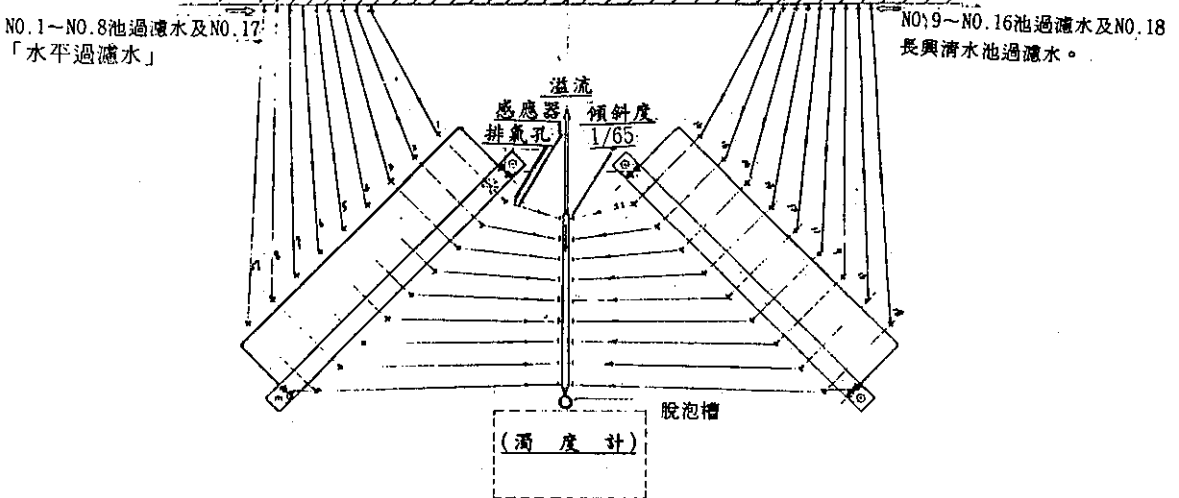


圖 8. 輪測系統及脫泡槽水位穩定管裝置圖

2.完成後之實體：

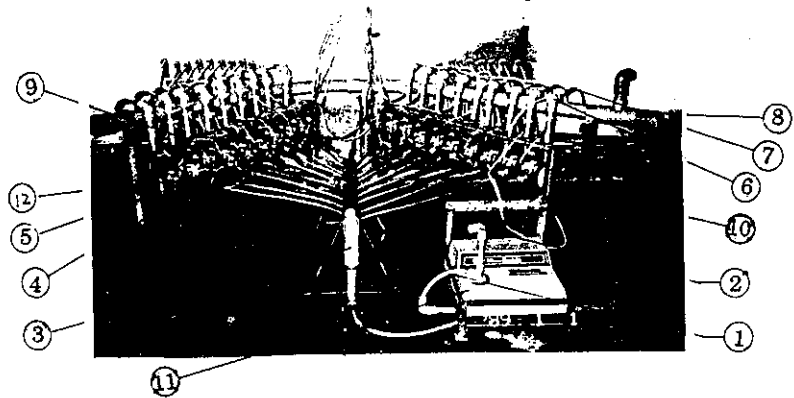


圖 9. 過濾水集中輪流監測設備（地點：水管廊中央）

(1)取樣設備

(a)取樣設備完成後的實體如圖 9.所示，其中包括了脫泡與濁度偵測裝置。而設備各部份的功能以標號說明如下：

- ①濁度計上出水口：排出偵測完之水樣，回流至清水池
- ②濁度計上排氣口
- ③脫泡槽：使氣泡不致流入濁度計造成偵測值產生干擾
- ④偵測感應器：避免偵測過濾水有互相混合的現象發生，測知有混合時即切斷訊號
- ⑤排氣管：當某池水樣偵測完成時，軟管當中不致有殘留水樣
- ⑥選樣管溢流口：未輪到偵測時過濾水由此溢流至溢流水收集管
- ⑦溢流軟管
- ⑧溢流水收集管：將過濾水收集後回流至清水池
- ⑨水位穩定管：促使偵測中的過濾水保持穩定的液位
- ⑩選樣管入水口：連接圖 2.的過濾水樣輸送管
- ⑪濁度計
- ⑫選樣管出水口：出水口前有電磁閥配合Timer 控制，開啓輪測到的水樣。

(b)至於取樣偵測之流程在圖 9.中可明顯的看出，我們可簡述如下：

本設備係自 ϕ 450mm快濾池出水管處連續取得欲偵測之過濾水，經過 ϕ 1/2" 塑膠管進入選樣管，尚未輪到偵測時所接受之過濾水樣，即由選樣管溢流口排出，進入溢流水收集管，再回流到清水池。當輪到偵測時，選樣管下端出水口處的電磁閥開啓，水樣就流進水位穩定管，再進入脫泡槽流經濁度計偵測管進行偵測並將所測得的值傳送至電腦貯存。

(2)電子設備

(a)電子控制系統完成後的實體如圖 11.所示。同樣的此裝置亦經過多次改進後才完成的，至於系統內的電子電路設計在此不詳述。而整個自動偵測電路的控制流程，如下圖說明：

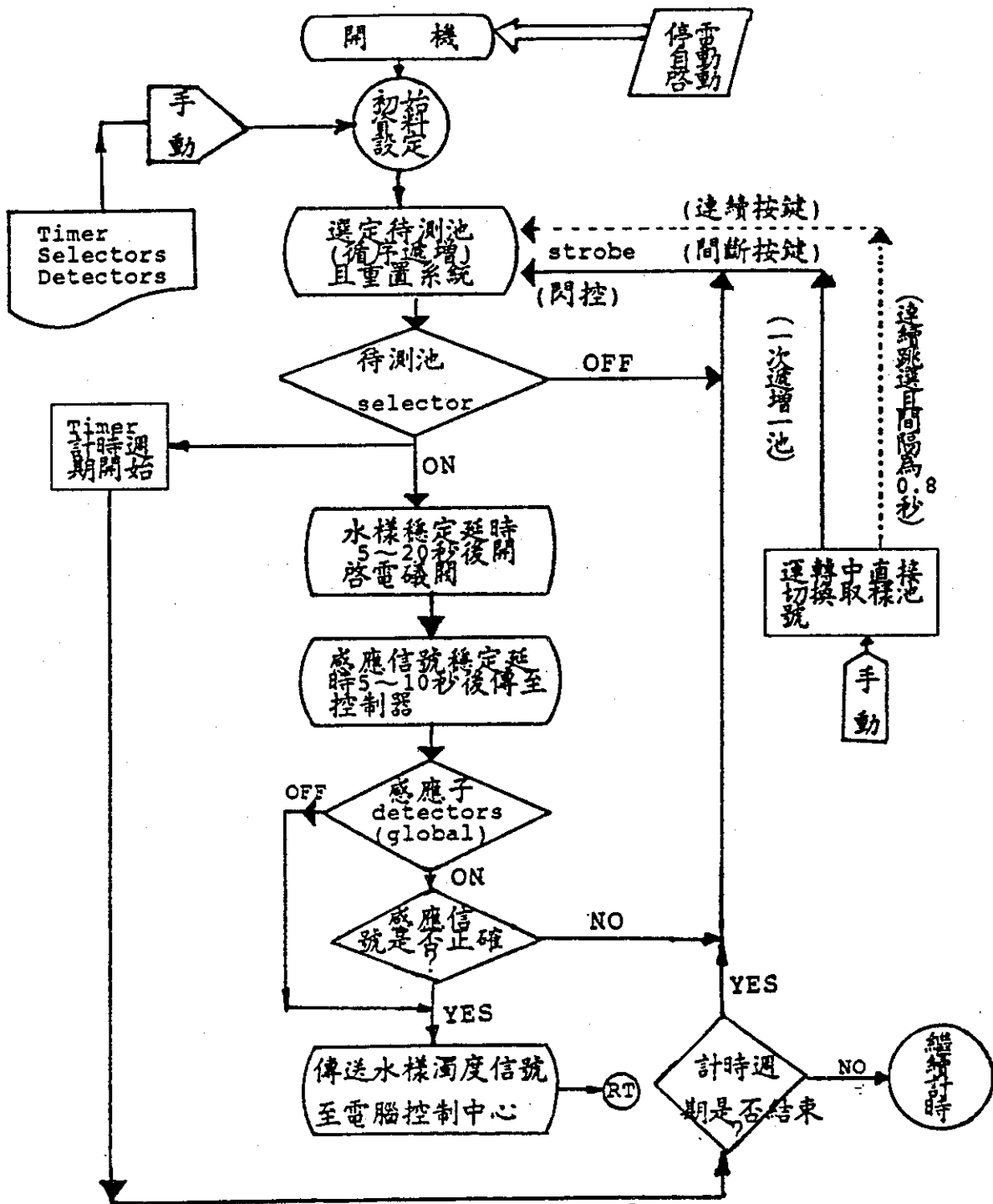


圖 10. 自動監測電路控制流程圖

(b) 過濾水濁度輪測系統電子監控器圖示標號說明：

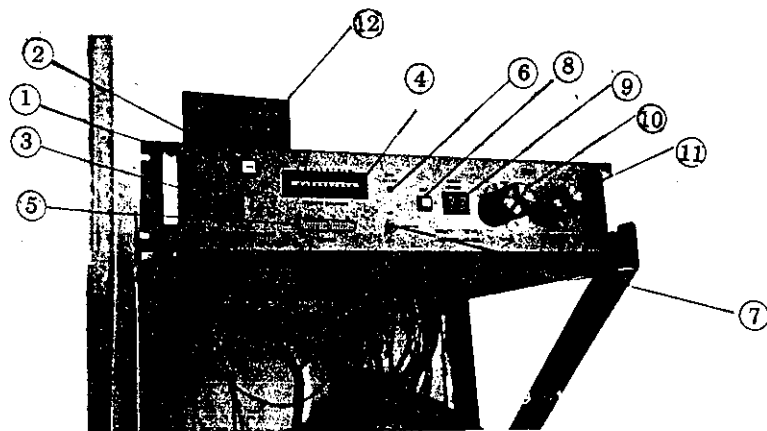


圖11.過濾濁度輪測系統電子監控器

自動監測控制器操作鈕說明：

- ①Power：電源指示燈（紅色）
 - ②Fuse：保險絲（1A，250V）
 - ③Switch：電源開關（2P，250V，AC）
 - ④Solenoid indicator：電磁閥動作指示排燈（紅色）
 - ⑤Selectors：預設池號選擇開關（1~20號）（DIP×2）
 - ⑥DATA ON LINE：資料傳送中指示燈（黃色flash）
 - ⑦Detector：感應子偵測開關（ON enable）
 - ⑧Skip：現場切換取樣池號按鈕（復歸型）
 - ⑨Sample Number：待測取樣池號顯示（紅色，雙8座）
 - ⑩Minute:Timer"分"選擇鈕
 - ⑪Second:Timer"秒"選擇鈕
 - ⑫濁度值顯示器：具上下限可調BCD 開關及 4位值顯示，正常狀態下"GO"指示燈亮
- 背盤接線端：

由左至右（面向背盤）

（前）1~20號：為電磁閥電源控制輸出。

（後）1~20號：為cable至電腦中心之信號輸出。

31~33號：為監測現場濁度計信號輸出入端。

41~44號：為AC電源輸入。）

(c)自動監測控制電路功能說明：

- ①控制器本身具突波吸收裝置及散熱通風系統，可提高電源供應之穩定度。
- ②採用輪流監測方式，至多可取樣二十池，且利用selectors 可以預先設定欲監測之池號，增加運轉之彈性。
- ③Timer 週期可以由 0秒至 665秒（約11分）可調，係利用電源頻率為參考基準，所以計時誤差極低。同時在"minute"選擇鈕有"stop"選項可以作某取樣池連續監

測之用。建議最低計時週期應在45秒以上。

- ④控制器內部有 2個時間選擇DIP（姆指開關），可以調整取樣池水樣穩定時間以及感應子(detectors) 信號穩定時間，以配合濁度計及感應子之運轉特性。
- ⑤電磁閥動作指示燈可指示目前已開啓之電磁閥池號。
- ⑥感應子之設計可以避免錯誤水樣監測發生時，傳送資料至電腦中心。此錯誤水樣之現象分爲兩類：一爲電磁閥已開啓但該待測池並無水樣流通（可能爲管路阻塞或電磁閥故障），另一爲同時有兩池以上的水樣流通（可能爲電磁閥遭雜物阻塞或故障）。對於上述現象感應子能立即偵測出且將信號傳回控制器，控制面盤上之detectors 開關設定爲OFF 時可取消此偵測功能。
- ⑦SKIP按鍵有提供現場操作之功能，間斷或連續按住此鈕可以跳選至所欲監測之取樣池號進行觀察。
- ⑧DATA ON LINE指示燈閃爍時表示被取樣池濁度信號正傳送至電腦中心，由RT接收訊號。
- ⑨濁度值顯示器可同步顯示正傳送中之資料以利觀察與對照，且具有現場警報功能。
- ⑩本控制器具停電後自動啓動並重置系統之功能。

四、壽建過程中所遭遇的問題

本設備在實驗過程所遭遇的問題及解決的對策如下表：

問 題 項 目	發 生 原 因 的 探 討	處 理 方 式
輪流選樣設備故障造成同時有兩個以上水樣或無任何水樣進入濁計。	未輪測到的水樣，其電磁閥是關閉，但可能有漏水現象或電磁閥故障無法動作。	1.加裝Detector，當同時感應到兩個以上（含兩個）的水樣流入濁度計時，偵測值不顯示也不會傳至電腦。 2.過濾水取水處加裝濾網便於去除水中雜夾物免於電磁閥閘口處淤塞導致漏水。
連續偵測系統測得的濁度值不穩定。	過濾水流入濁度計時流速太快，無法將氣泡排除導致測得的濁度值不穩定。	裝設脫泡槽，並保持液位在一定高度穩定水位及水量。
濁度計所測得的濁度值有偏差。	1.混凝效果良好時，水樣流經「流通型玻璃管」2~3日後會產生偵測值偏高約0.1NTU。 2.混凝效果不理想時，在短時間（約半日）內，水中的細顆粒會吸附在管壁上，造成偵測值偏高約1NTU或10%的偵測range。	1.以毛刷清洗「流通型玻璃管」內壁，並以面紙擦拭管外壁。 2.以蒸餾水或低濁度（約0.2 NTU 以下）之現場水樣，對濁度計做零點校正。 3.以人工調配之高濁度水樣（濁度約爲偵測range 之50%~80%）做靈敏度校正。 4.重覆2、3兩項步驟，直至濁度值在容許誤差範圍內。

五、經費及人力的運用

本實驗設備硬體部分花費概況如下表：

不銹鋼閥架及其附屬設備	\$ 20,100
電磁閥 $\phi 3/8" \times 20$ 個	\$ 21,400
管接頭及軟管	\$ 8,440
電子電路製作材料費	\$ 10,100
總計	\$ 60,040

爲使此套設備能順利推行，並讓全場同仁皆全程參與，將工作分三方面合力進行：

- (1) 土木機械人員：負責做流量測試，管路連接及機械體結構部份的設計。
- (2) 電機人員：負責電子電路的製作及偵測系統之設計。
- (3) 化學人員：負責濁度計的校正及偵測資料之分析研判。

期能以各自專長貢獻一己心力，提升本場出水水質的品質控制。

六、應用實例

過濾水濁度自動監測系統，自測試以來，直至80年6月中旬，進入梅雨季節，原水濁度才出現大幅變化（如圖12(E)），由於加藥、混凝、沈澱條件控制良好，沈澱水濁度始終維持在7度內（如圖12(F)），而平均濾程維持在35~40hr，最終水頭損失約爲1.5m，在這些處理條件正常下，由16個過濾池及清水濁度連續趨勢（如圖12(A)、(B)、(C)、(D)），可知出水濁度始終維持在0.15度以內。

此監測系統的另一功能，是藉著掃瞄曲線圖，瞭解各快濾池之性能，便於比較各池之差異，作爲日後整修的參考依據，在本年9月16~17日間，原水濁度因受大雨影響濁度上升，如圖13—(A)，沈澱水濁度亦相對提高，平均約10度，如圖13—(B)，各濾池之濾水濁度則有不同程度的上升，如圖14(A)、(B)、(C)、(D)，再配合各池之濾程，水頭損失及反沖洗時間，可對各池的過濾效果有更深一層的瞭解。

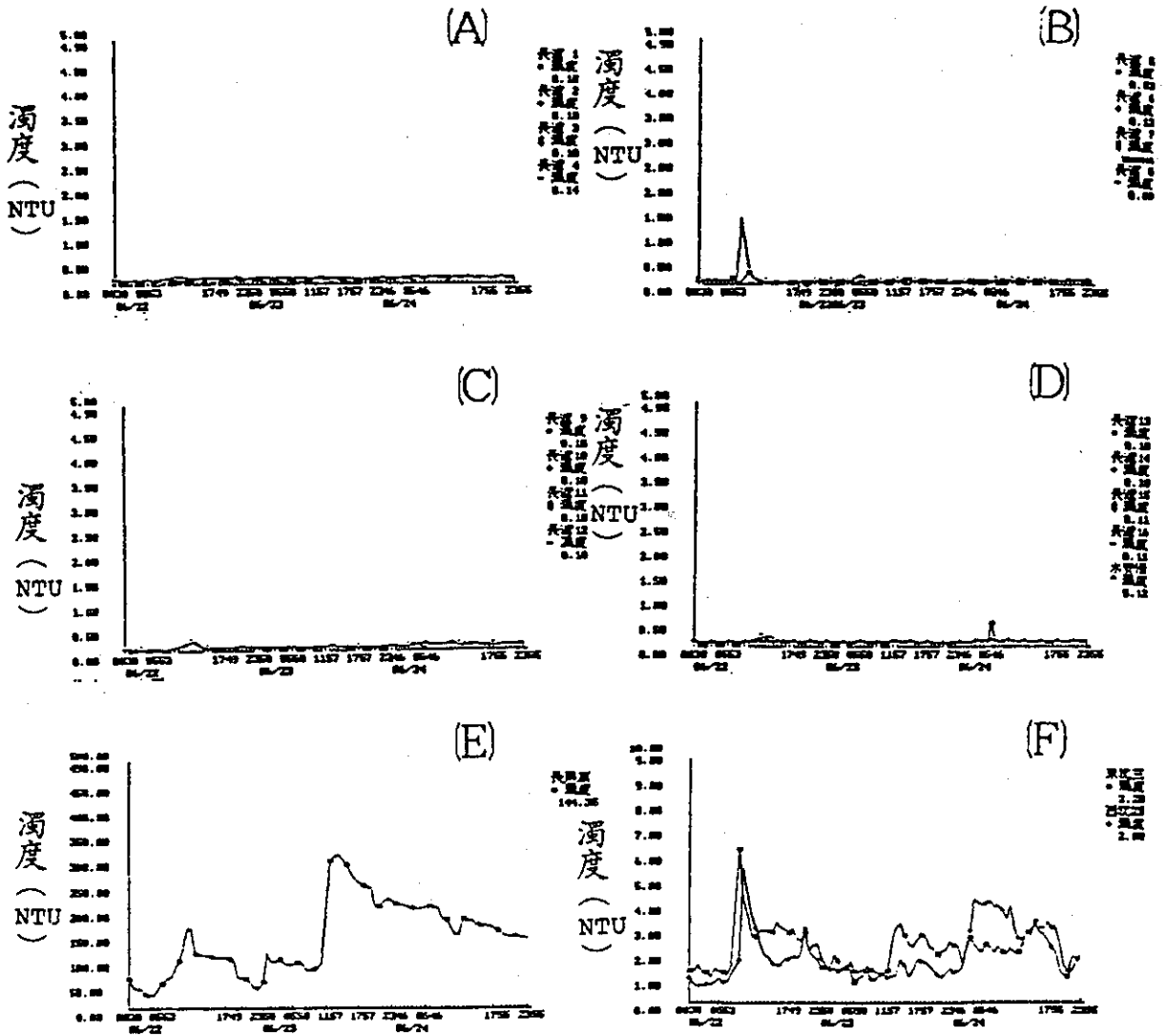


圖12 長興場快濾場過濾水濁度連續偵測掃描圖

(A)(B)(C)(D)爲過濾水(E)原水 (F)沈澱水

(註：資料日期：80年6月22~24日)

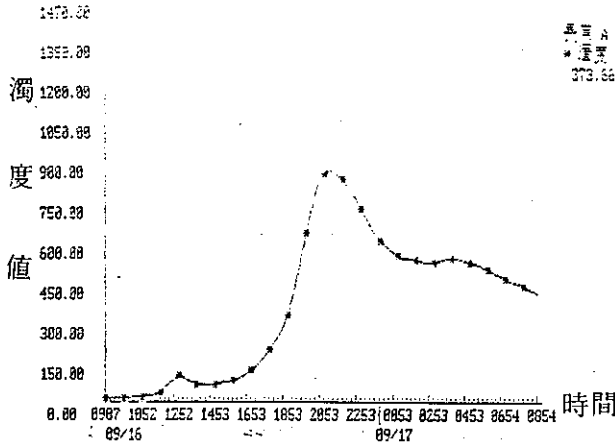


圖13-(A) 長興場原水濁度變化趨勢圖
(時間：80年9月16日~17日)

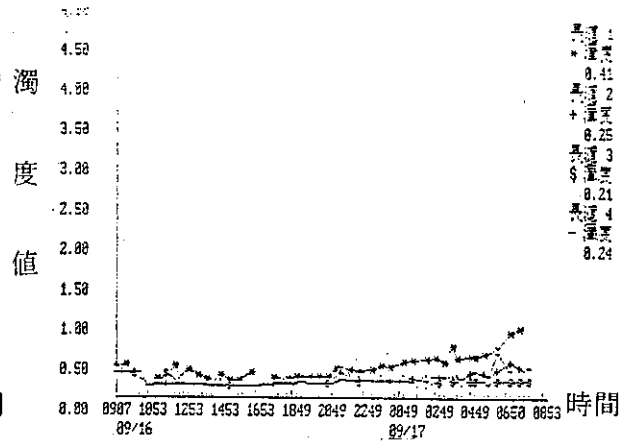


圖14-(A) NO.1~4濾池

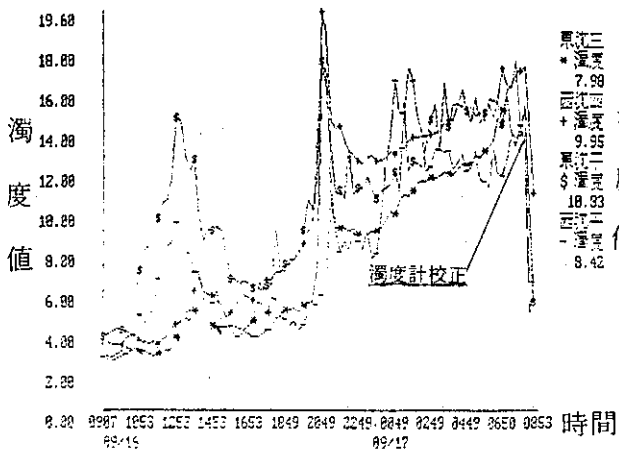


圖13-(A) 長興場原水濁度變化趨勢圖
(時間：80年9月16日~17日)

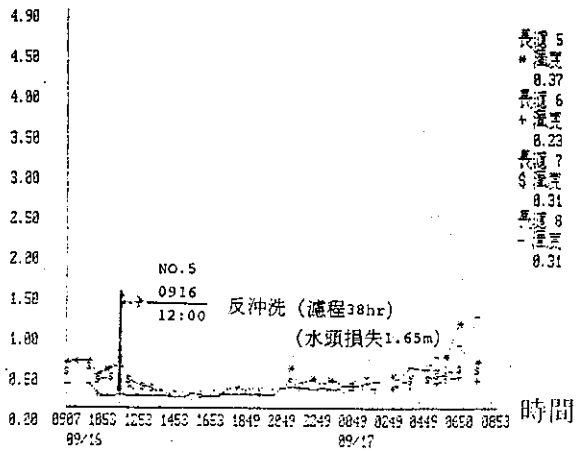


圖14-(B) NO.5~8濾池

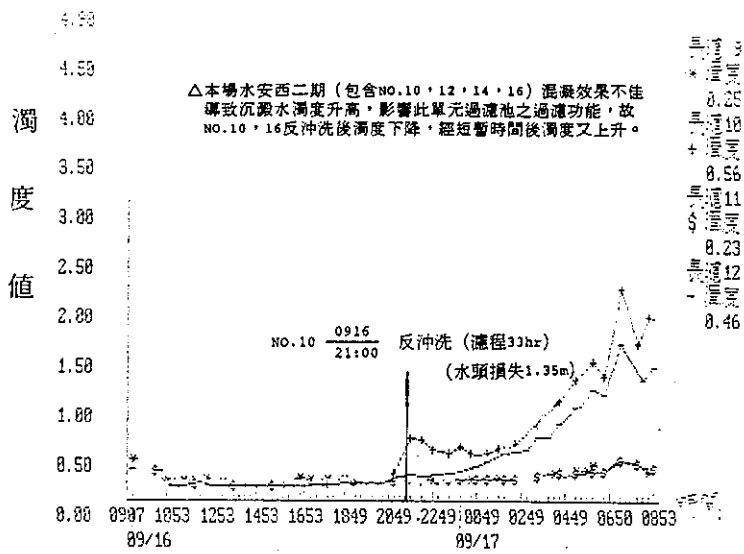


圖14-(C)NO.9~12濾池

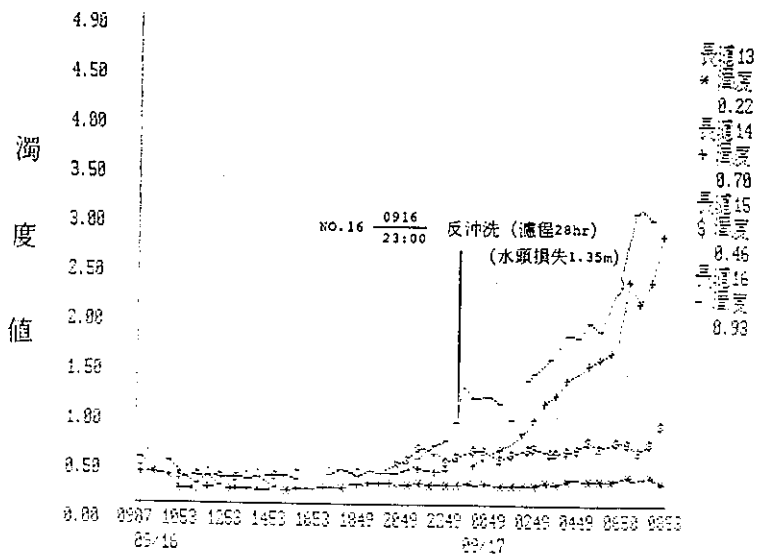


圖14-(D)NO.13~16濾池

圖14. 長興場過濾水濁度變化趨勢圖

七 結論

- (1) 過濾水水質變化情形，若能直接回饋快濾池操作人員，有助於操作人員目標意識之增進，對快濾操作及維護之合理化，有積極的正面效果，因此水質數據的回饋實不容易視。
- (2) 濾池之翻修屬大規模工程，在濾池情況已顯然有缺陷而未克作翻修之前，治標之道可先予補充無煙煤。本場輪測系統可長期追蹤各濾池過濾效果的良窳及各池之差異，作為濾層整修的一項重要且實用的參考。
- (3) 本系統之運作，對各快濾池濾水水質之掌握，確為有效，雖然在研製過程中，遭遇到不少問題，經過相互討論與不斷嚐試後，終能完成此一基本雛型。展望未來，仍需努力的工作目標：
 - ① 設置現場監測電腦，即時在螢幕上由曲線顯示各濾池濾水濁度的連續變化情形，隨時供現場操作人員反沖洗操作參考。
 - ② 將濁度輪測系統推廣至各沈澱池，以期對整個淨水流程的水質控制與硬體設備的效能，更能充份掌握，俾於研究分析和改進，往最佳化處理的目標邁進。