臺北市抽水站設備更新與遠端監控系統建置之探討

關鍵詞：抽水站、設備更新、自動化、遠端監控

台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／協理／施亮輝 ❶
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／技術經理／周振發 ❷
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／正工程師／陳聖堯 ❸
台灣世曦工程顧問股份有限公司／機械部／正工程師／賴秉鈞 ❹

摘 要 ABSTRACT

臺北市為全國政治及經濟中心，人口也最密集，惟位處於以陽明山、林口臺地及雪山山脈所構建三角形地帶之台北盆地中心，倘未能妥善建置防洪設施，最容易遭受洪水侵害。為因應全球氣候變遷、降雨強度及地面逕流量增大趨勢，除應檢討現有堤防防洪高程及研擬新建抽水站外，對於既設抽水站設備之適時更新，保持或提高防洪能力，亦屬必要；另建置抽水站自動化遠端監控系統，提升防災應變能力及管理效益，更能強化防洪作戰力。

本文探討臺北市抽水站設備更新情形與課題對策，並闡述抽水站設備自動化遠端監控系統架構及功能。

壹、前言

臺北市政府工務局水利工程處(下簡稱水利處)為提高市內防洪抽水站設備之操作可靠性，自民國92年起陸續進行抽水站老舊設備之汰換更新；另為提升抽水站管理效能、強化應變指揮能力、疏減系統負荷、降低發生積淹水危害、減少人為因素導致操作失當，也自民國92年起參考國外之作法，推動抽水站設備遠端監控系統建置工作，以河川流域分區來監控及監視各抽水站設備操作情形，並利用已建置完成之雨水下水道監測系統及水情整合監視系統之各抽水站集水區降雨量、下水道水位及流量導入自動化操控機制。台灣世曦公司有機會參與上述兩項計畫之規劃設計及監造工作，茲將兩項計畫之內容說明如后。

貳、臺北市抽水站設備更新

臺北市防洪抽水站主要分布於新生大排、基隆河、淡水河、景美溪、磺溪、磺港溪、大坑溪、四分溪及社子島等河川沿岸，如圖1。

臺北市自民國52年起已陸續設置防洪抽水站，而抽水站設備隨著使用年數增加，部分抽水設備已呈現老舊及可靠度降低之現象，且因都市化及商業發展、全球氣候變遷，降雨強度及地面逕流量增大，抽水機組容量亦有不足之情形。因此水利處除了陸續檢討建置新抽水站外，也將抽水站設備更新列為臺北市治水施政之重要工作，著手進行設備更新改善工作。

一、全市抽水站設備更新計畫

本計畫執行期間為民國92年5月～97年12

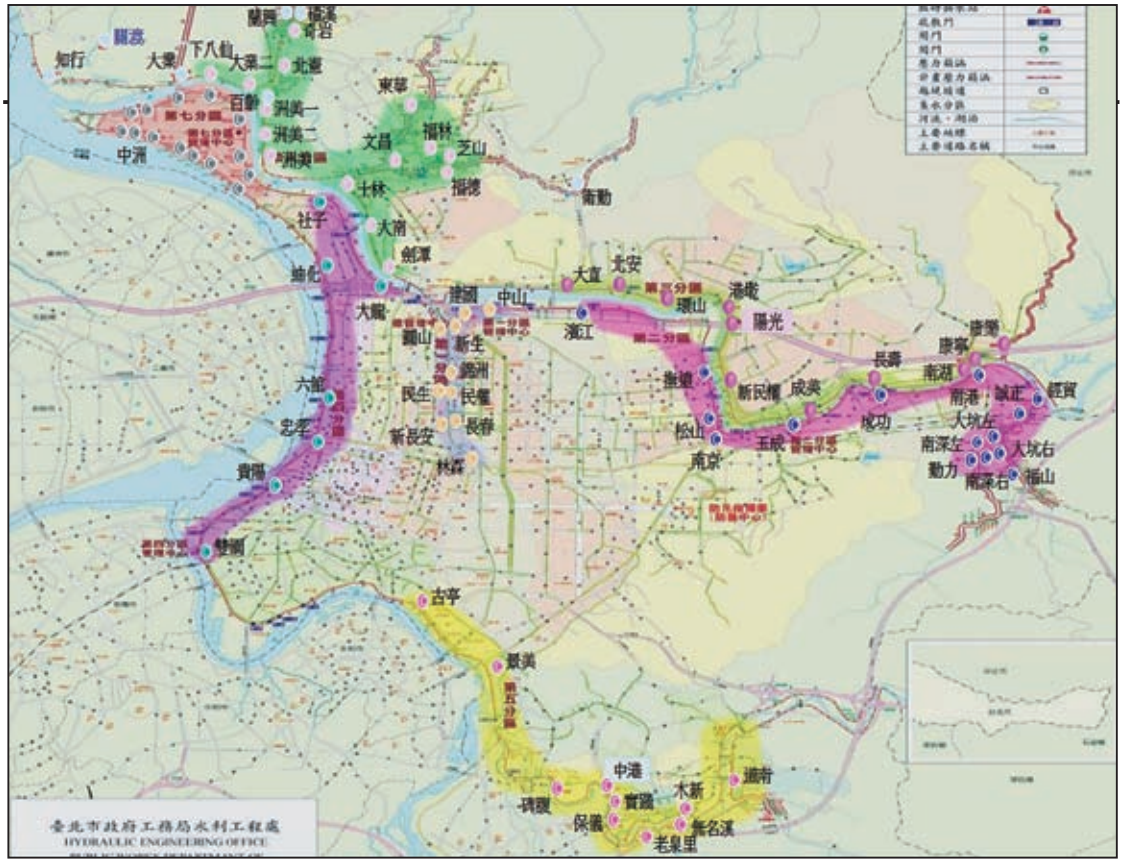

圖1 臺北市抽水站分佈圖

表1 臺北市「全市抽水站設備更新計畫」抽水機組更新一覽表

全市抽水站設備更新計畫抽水機組更新增設一覽表					
標別	抽水站	機組更新數量（部，未含增設）	舊機組已使用年數(約)	更新前/後抽水量 (cms)	備註
第一標	舊民權	1	34	3.9/4	
	貴陽	2	30	8/8	
	忠孝	2	32	7.9/8	
	中港	1	30	5/5	
	實踐	1	24	2.67/3	
	洲美一	5	30~35	13.36/15cms	
	洲美二	1	31	2/6	增設1部
第二標	新生	4	23	53/59.2	
	建國	6	23	82.98/88.8	
第三標	古亭	2	31	4/4	
	道南	3	26	12/13.5	
	文昌	1	23	4/4.5	
	芝山	0	-	0/4	增設1部
	劍潭	2	20	8/9	
	大龍	3	30	12/12	
	士林	2	20	8/9	
	景美	0	-	0/4	增設1部
	下八仙	3	23	8.1/9	
	大業二	1	33	3.95/4.5	
	松山	1	18	4/4.5	
	長春	2	26	1/1	
第四標	社子島	0	-	0/3.93	增設19部
第五標	大直	4	25	16/18	

月，計畫內容係將當時已建置之52座永久抽水站及20座臨時抽水站逐站進行設備(含抽水機組及附屬設備)更新評估後，依據評估結果進行設計及工程發包施工，整個計畫共分五個工程標發包，總工程費計新台幣12億4,865萬元，各標更新或增設抽水機組情形如表1。

二、其他抽水站設備更新計畫

水利處除上述「全市抽水站設備更新」計畫以較集中方式進行抽水站設備更新外，後續亦逐年檢討抽水站設備更新之需求，辦理文昌、福林、社子島、中山、古亭、東華、芝山、錦州及福德等站之設備更新及增設計畫，各抽水站更新或增設抽水機組情形整理如表2，在這些計畫中，部分計畫也將抽水站外觀美化及噪音防制列為改善工作之一，期能降低抽水站運轉噪音對鄰近居民之影響，同時也能讓抽水站外觀與周遭環境融合，如圖2、3。

三、抽水站設備更新課題

(一)抽水站設備更新評估

抽水站設備在使用一定年限後，是否須辦理更新，常困擾管理單位，由於抽水站抽水機組屬大流量、大動力設備，平時在抽水站現場無法提供足夠之蓄水量供設

表2 臺北市「其他抽水站設備更新計畫」抽水機組更新一覽表

抽水站	機組更新數量(部，未含增設)	舊機組已使用年數(約)	更新前/後抽水量(cms)	備註
文昌	2	28	8/11	
福林	5	28	21/32.5	含增設1部
社子島	0	-	0/1	新建2部
中山	7	30	49/63	
古亭	2	24	4/5	
東華	4	25	18/20	
芝山	4	31	16/16	
錦州	3	26	2/7.5	更新為電動沉水式
福德	4	26	8/12	

圖2 抽水站美化

圖3 抽水站噪音防制

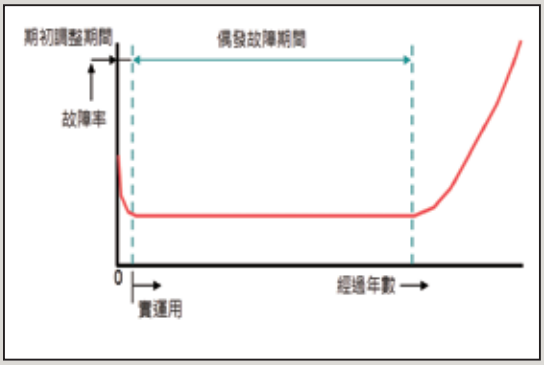

圖4 設備經過年數、故障率概念圖

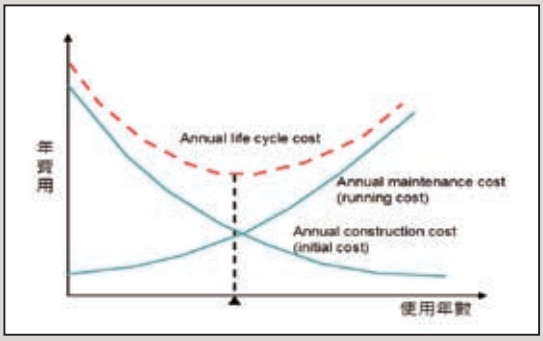

圖5 設備生命周期費用圖

備進行長時間及容量測試，藉以了解設備之性能，故目前尚無明確之抽水站設備更新定量評估方式。

經參考相關資料及辦理抽水站設備更新經驗，抽水站設備更新之評估，可由設備之物理性、經濟性及機能性等方面綜合檢討，分述如下：

(1) 設備使用已達耐用年限，可研議更新

設備使用一定期間後，由於老化，故障率相對提高，可靠度降低，其設備經過年數、故障率概念，如圖4。

基於抽水站設備係於緊急時使用，其可靠度相對要求較高，故對於設備使用時間已超過耐用年限者，可考慮更新。另參考日本「財團法人國土開發技術研究中心」資料，有關抽水站主要設備具一定信賴度之耐用年限，如表3。

(2) 設備使用已達其經濟壽命年限，可考慮更新

當設備之年生命周期費用(Annual life cycle cost)達到最低時，如圖5，亦即設備維護費用大於設備之剩餘價值時，則可考慮設備更新。另參考日本「財團法人國土開發技術研究中心」資料，抽水站設備達該經濟壽命之年數，如表4。

表3 抽水站主要設備耐用年限表(具一定信賴度)

設備名稱	抽水機	柴油引擎	減速機	撈污機	閘門	發電機	操作盤電源盤	冷卻水泵/燃油泵
耐用年限	30	27	30	20	40	18	15~18	18~20

表4 抽水站主要設備經濟壽命年限表

設備名稱	抽水機	柴油引擎	減速機	撈污機	閘門	發電機
經濟壽命年限	40	40	40	20	40	40

(3) 依設備機能狀況，辦理更新

抽水站設備管理及操作單位，對於主要設備均有定期維護保養紀錄及抽水站保養檢修紀錄卡，當設備使用未達耐用年限或經濟壽命年限，但設備常有異常、故障率高時，則可參考設備管理及操作單位之意見及維護(修)保養紀錄，綜合判斷設備是否應辦理更新。

基於抽水站設備係為保護市民生命、財產之重要設備，應有確保設備操作之最高信賴性，而抽水站設備的更新並非僅取決於使用年限，使用年限僅為一參考指標，當抽水站設備使用達一定年限(如20~25年後)時，建議考量啟動更新評估機制，就設備使用年限(信賴性)、設備故障檢修紀錄及抽排水需求，綜合評估設備更新必要性。

(二) 設備更新時，在既有站房條件限制下，評估抽水機組容量是否得以增大

設備更新時，如能在既有抽水站之站房空間、結構、水路及抽水井限制下，將抽水機組容量增大，除提高設備之操作信賴性外，也能增加抽水站之總抽水容量，提高整體防洪能力。而在既有站房條件限制下，抽水機組容量是否得以增大，則可從下列方向來檢討：

(1) 抽水站前池、抽水井二維流場分析

以美國工程師團水道實驗室(Department of the Army Waterways Experiment Station Corps. Of Engineers)所發展之二維水理分析模組SMS模式，予以模擬，分析抽水站抽水機組容量增大更新後前池、抽水井之水位及流速是否在允許範圍內，如圖6(福德抽水站案例)及表5。

(2) 站房結構

抽水機組增大容量更新後，其施加於既有結構之負載將增大，必須檢討既有結構是否能承受或須進行補強，本公司以

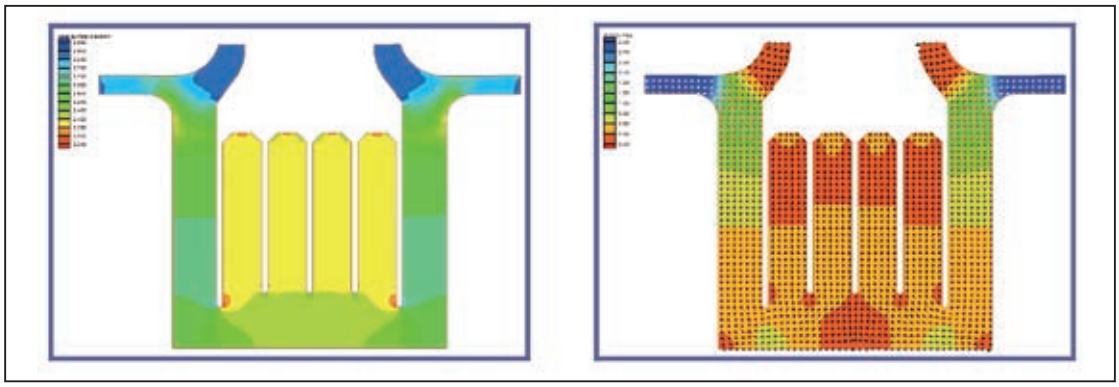

圖6 抽水站水位變化及流場分佈圖(福德抽水站)

表5 福德抽水站機組更新後二維模擬成果表

物理量 \ 位址	抽水井	抽水井入口	前池	前池進水路
水位m(E.L)	2.37～2.39	2.37～2.41	2.45～2.65	2.51～2.69
流速(m/sec)	0.24～0.39	0.29～0.39	0.01～0.67	0.57～1.68

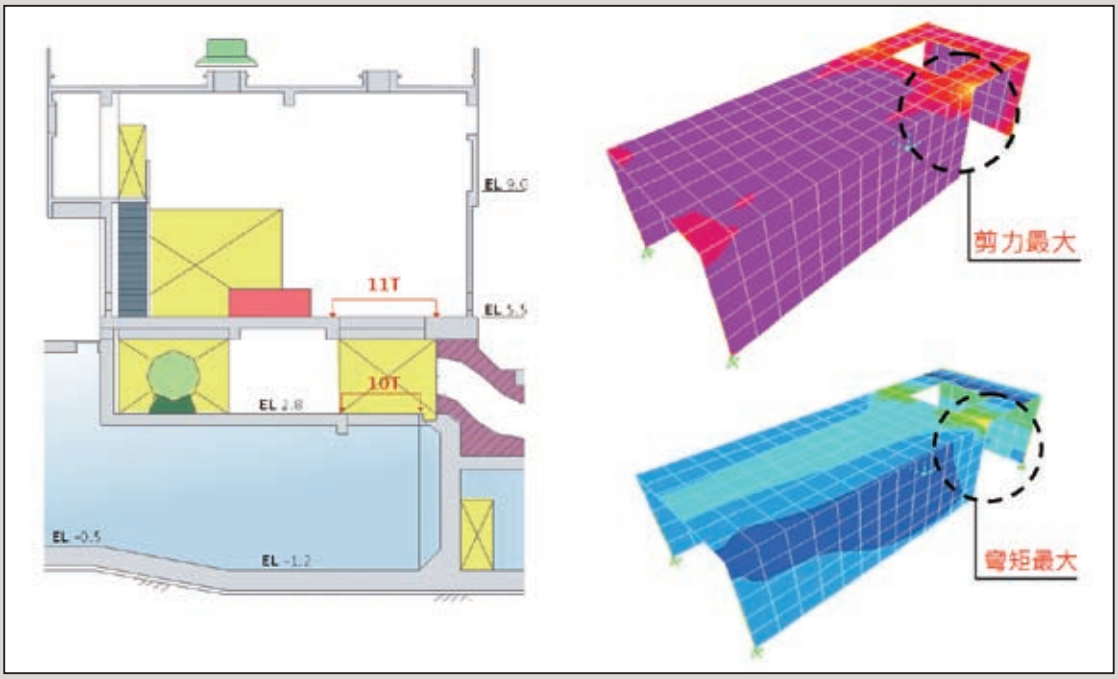

圖7 抽水機更新後負載及構件剪力、彎矩分析圖

SAP2000程式建立各桿件斷面及鋼筋量，輸入新設抽水機負載及地板活載重，檢核原站房結構是否安全，如圖7。

(3) 抽水機浸沒水深

抽水井必須提供足夠之抽水機浸沒水深，以避免抽水機運轉時產生渦流甚至孔蝕之發生，一般抽水井設計，抽水機鐘型口下緣距井底高度(Y)為抽水機管徑(D)之0.7-1.0倍，距停機水位高度(S)為1.6-1.8倍(如圖8)，即可避免抽水機運轉時產生渦流或孔蝕，惟當抽水井無法滿足上述之一般設計值時，可洽詢抽水機專業製造商予以確認。

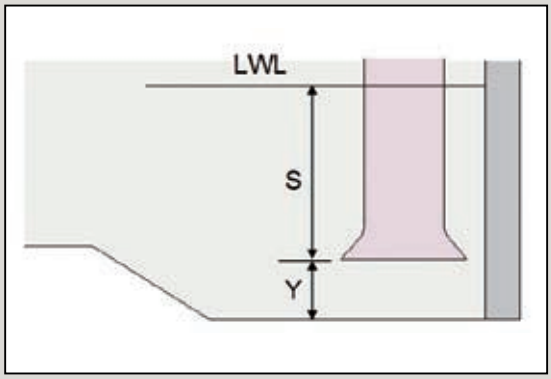

圖8 抽水機浸沒水深

參、抽水站自動化遠端監控系統建置

為進行抽水站設備自動化遠端監控系統建置，水利處於民國91及92年兩度派員至國外考察先進國家總合治水對策與防洪抽水站自動化操作管理的成功案例。於92年時進行「抽水站自動化監控系統建置工程」的評估規劃時，將臺北市抽水站依河系、地域及操作特性以群組化方式分區管理，如圖9、10，並先擇定第一分區新生大排沿線等9座抽水站試辦抽水站設備遠端監控系統建置；於96年11月完成建置後，由於試辦成效良好，又於98年委託本公司辦理後續臺北市所有抽水站自動化監控系統建置之規劃設計工作，目前則依設計成果進行第二、三分區所屬抽水站監控系統建置施工中，預計於104年竣工。

一、抽水站自動化監控系統管理架構

臺北市抽水站自動化監控系統管理架構，由下而上計分為四個層次，分別為各抽水站自動化監控系統、分區管理中心遠端監控系統、總管理中心、及防汛指揮部(防颱中心)遠端監視系統，系統架構如圖11，透過多層之監控及監視，形成綿密之自動化管理系統。

二、抽水站自動化操作控制構想

臺北市抽水站自動化監控系統除了具備內(前池)、外(河川)水位變化自動操控抽水機組及閘門啟閉之功能外，另考量位於淡水河與基隆河下游之感潮抽水站若僅依前述內、外水位變化之自動操控策略，因每日均受潮汐漲退影響，將無法有效自動操控抽水機組及閘門啟閉，若能善用臺北市防颱中心雨水下水道及水情整合監視系統之水情資訊，即時將各抽水站

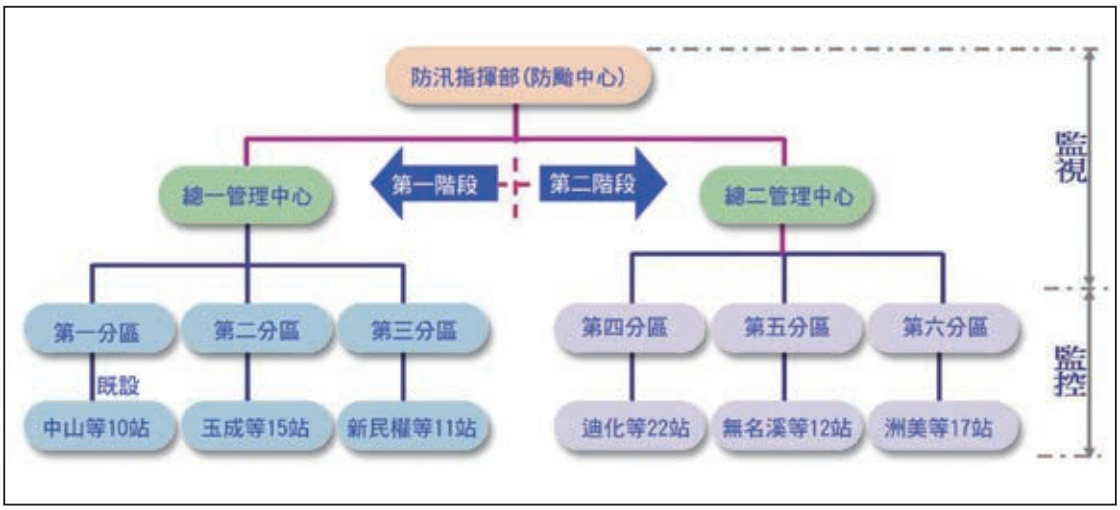

圖9 臺北市抽水站自動化監控管理分區群組圖

圖10 臺北市抽水站管理中心配置圖

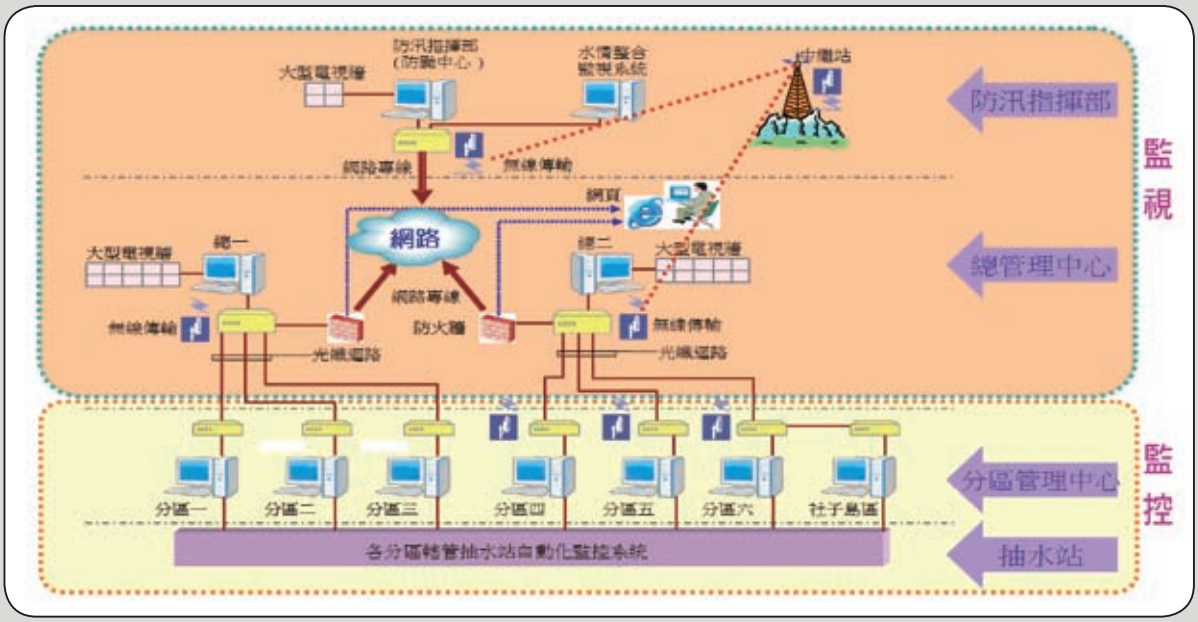

圖11 臺北市抽水站自動化監控系統管理架構圖

集水區內之降雨量、下水道水位、河川水位等即時資料，納入自動化監控系統控制策略，則可在洪水發生初期，及早啟動抽水機組，提早因應，其自動化操控系統構想如圖12，具體作法說明如下：

(一) 將該抽水站集水區內代表雨量站之降雨量或下水道水位等資訊納入自動化操控策略，當該集水區之即時降雨強度超過設定值時，系統自動由一般降雨模式操作表切換至豪雨模式操作表，以設定不同前池水位高程及對應啟動抽水機組數量來因應不同降雨強度及潮汐影響因素之操控需求。

(二) 抽水機組引擎轉數之自動化操作分為二種模式，第一種操作模式為依前池水位啟動，自動加速至1200rpm後，由操作人員手動調速。第二種模式則是納入PID控制策略，進行抽水機組自動加減速控制，當抽水機組引擎啟動自動加速至1200rpm後，依前池水位與其個別抽水運轉水位之差值作PID調控抽水機組轉速至額定轉速。

(三) 藉由降雨量或下水道水位與前池水位之關聯性，用以判斷是否改變各抽水機組之設定運轉水位及早起抽(預估可提早因應時間約為各抽水站集水區之集流時間)，以及所需啟動抽水機組數量。

三、抽水站自動化遠端監控系統組成

抽水站自動化遠端監控系統，除抽水站自動化監控子系統外，亦具備抽水站影像監視系統、網路電話、遠端廣播及視訊會議系統，各系統架構及主要內容說明如下：

(一) 抽水站自動化監控系統

為達成抽水站遠端監控功能，在各抽水站利用複聯式PLC控制器將抽水機組、發電機、閘門、撈污機及相關附屬設施納入監控，除可於各抽水站內自動操控設備外，同時亦可在分區管理中心執行遠端操

控功能，另外在總管理中心及防汛指揮部可遠端監視抽排水設施的設備運轉狀態，其系統架構如圖13。

(二) 抽水站影像監視系統

為了配合抽水站自動化監控系統的建置，在各抽水站抽水機組機房、撈污機、閘門以及重要出入口設置攝影機，除了在各抽水站可依保全警報事件鎖定目標即時監視及現地儲存影像外，在分區管理中心也可以遠端即時監視及操控攝影機組，另外在總管理中心及防汛指揮部也可以遠端調閱各抽水站的即時影像，其系統架構如圖14。

(三) 網路電話、遠端廣播及視訊會議系統

(1) 網路電話與遠端廣播系統

為了提高光纖網路之附加價值，在各抽水站、分區管理中心、總管理中心及防

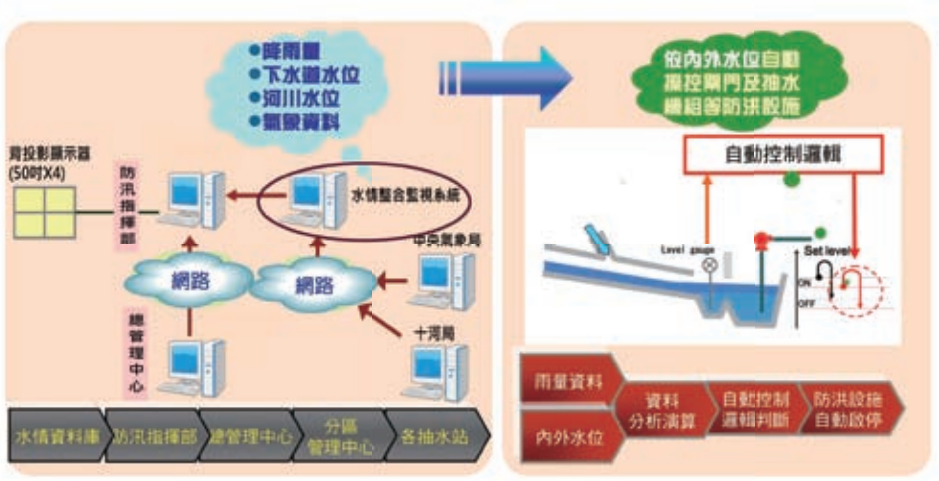

圖12 臺北市抽水站自動化操控構想圖

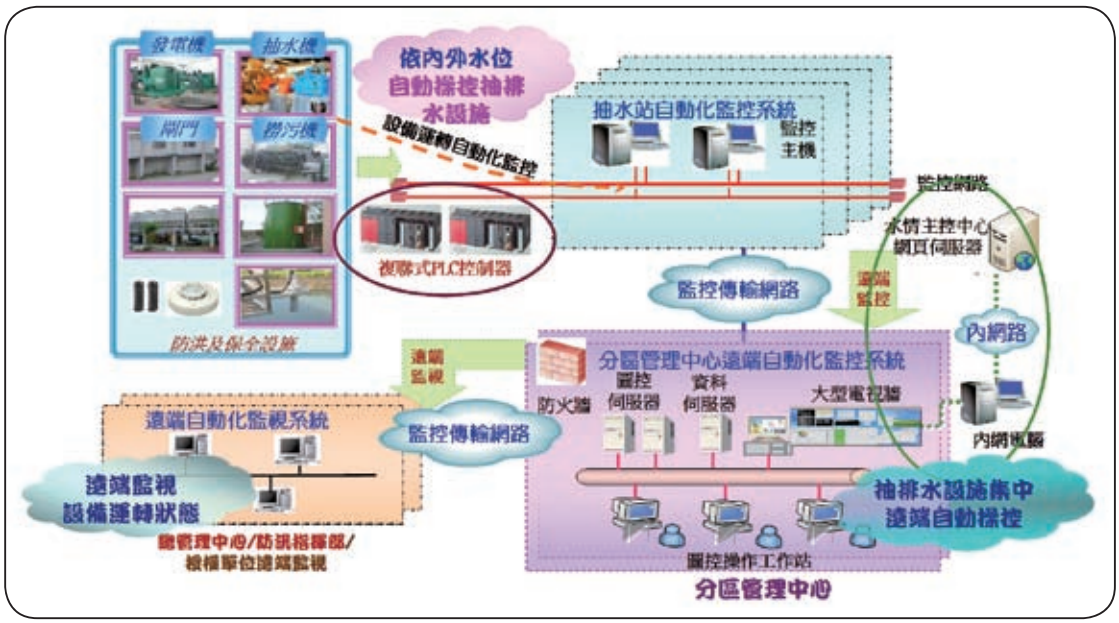

圖13 臺北市抽水站自動化監控系統架構圖

汛指揮部規劃數位網路電話，除供各抽水站及管理中心內部聯繫通話外，亦可透過話務公司對外聯繫通話。另外，在各抽水站現場亦設置功率放大器、喇叭及桌上型麥克風、門口機等廣播設施，並將功率放大器與網路電話系統連結，利用數位網路電話語音功能，達成分區管理中心對各抽水站之遠端廣播及門禁對講功能，其系統架構如圖15。

(2) 視訊會議系統

視訊會議系統已廣泛應用於防救災體系，在各分區管理中心、總管理中心及防汛指揮部亦規劃設置視訊會議系統，颱風警戒期間，可以協助防救災人員之指揮調度、強化應變能力，其系統架構如圖16。

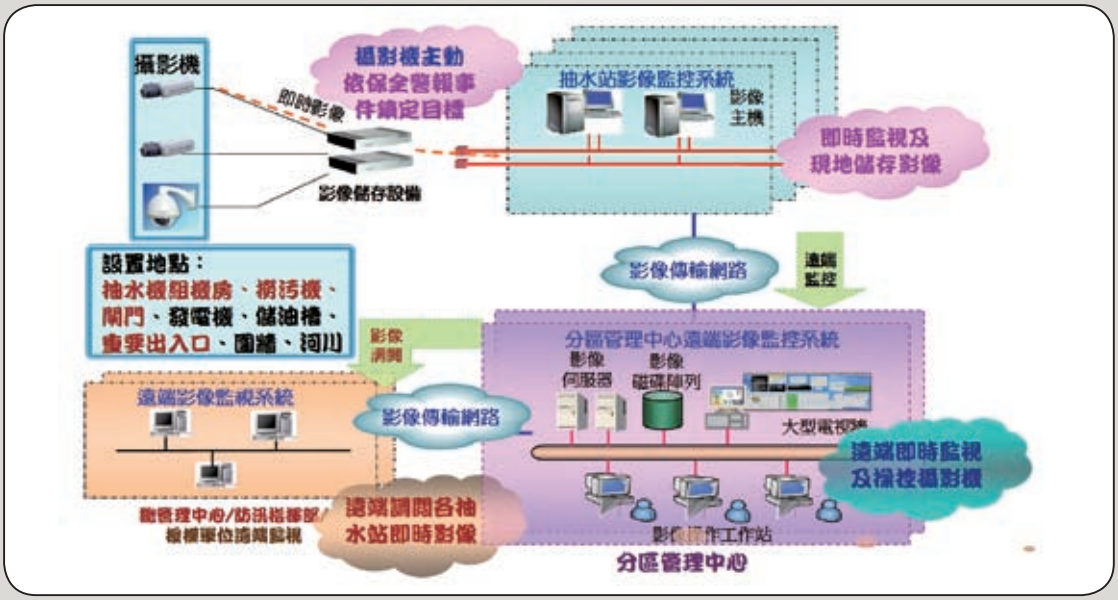

圖14 臺北市抽水站自動化影像監視系統架構圖

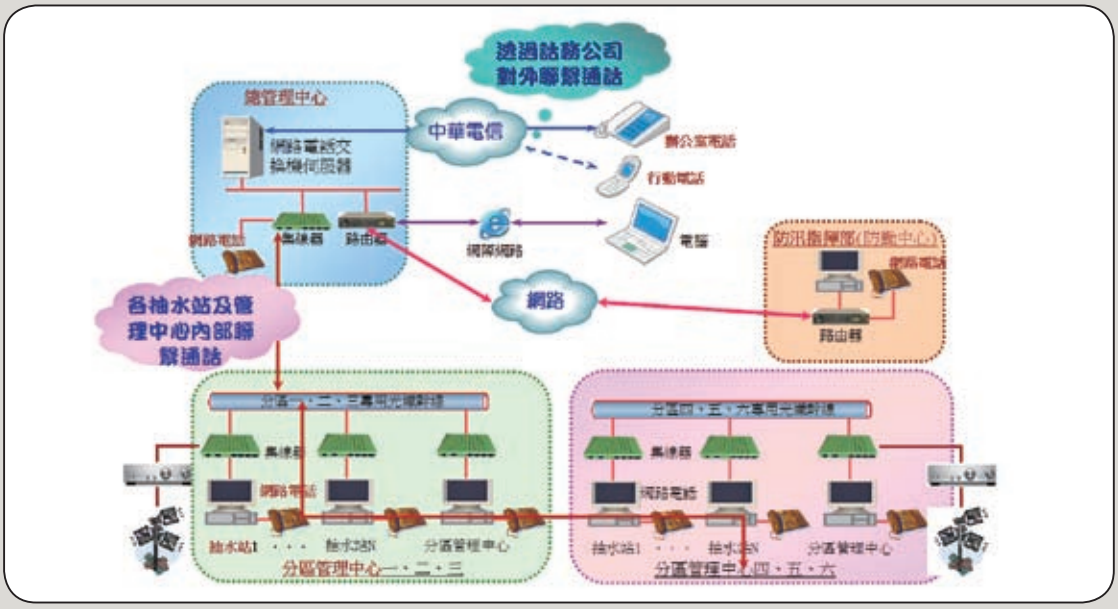

圖15 臺北市抽水站自動化網路電話及遠端廣播系統架構圖

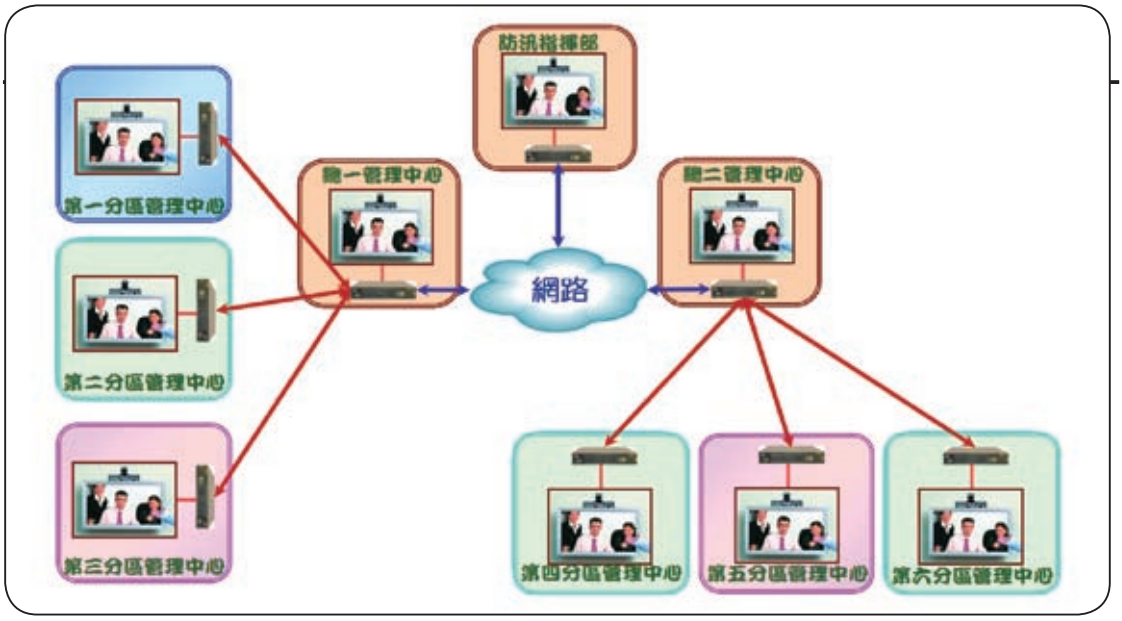

圖16 臺北市抽水站自動化視訊會議系統架構圖

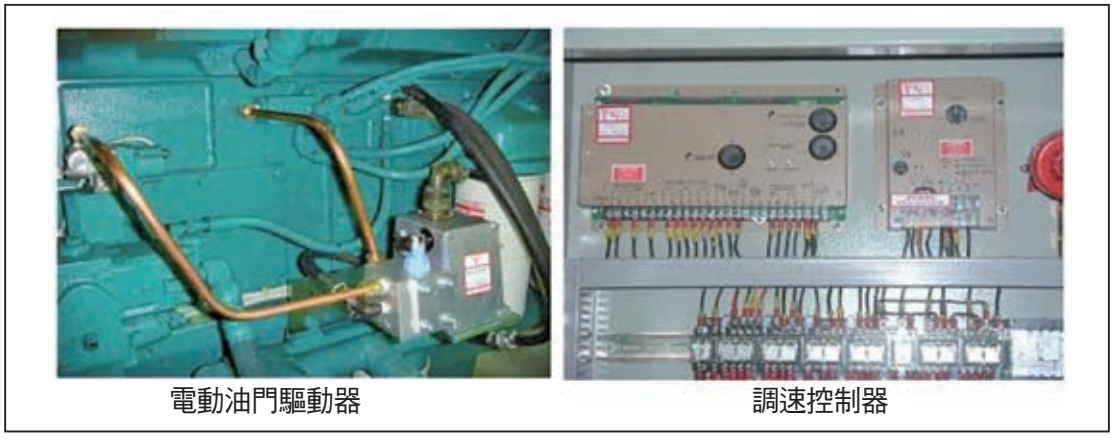

圖17 柴油引擎手動機械式油門改善示意圖

四、配合自動化監控系統之改善方案

為達成抽水站設備自動化遠端監控，既設之部分設施需進行改善，方能達成遠端遙控之目的，分述如下：

(一) 離合器改善

部分既設抽水機組係以手動摩擦式離合器作為引擎及減速機之傳動裝置，無法於遠端操控，須更換為離心式離合器或液壓式離合器。

(二) 柴油引擎手動機械式油門改善

柴油引擎之手動機械式油門，有採直線動作或採連桿弧線動作等二種型式，其調速方式均以機械旋鈕方式帶動機械式油門以達現場加減速功能，惟無法於遠端操控，為配合抽水機組可遙控操作之需要，手動機械式油門需配合更換為電動油門驅動器(調速馬達)替代人力推動油門，且因前池水位變化時，抽水機組引擎之負載亦隨之變化，如水位上升而使引擎負載變小，若為維持相同轉速則需調整油門大小，故須增設調速控制器以達成遠端調速控制之功能，如圖17。

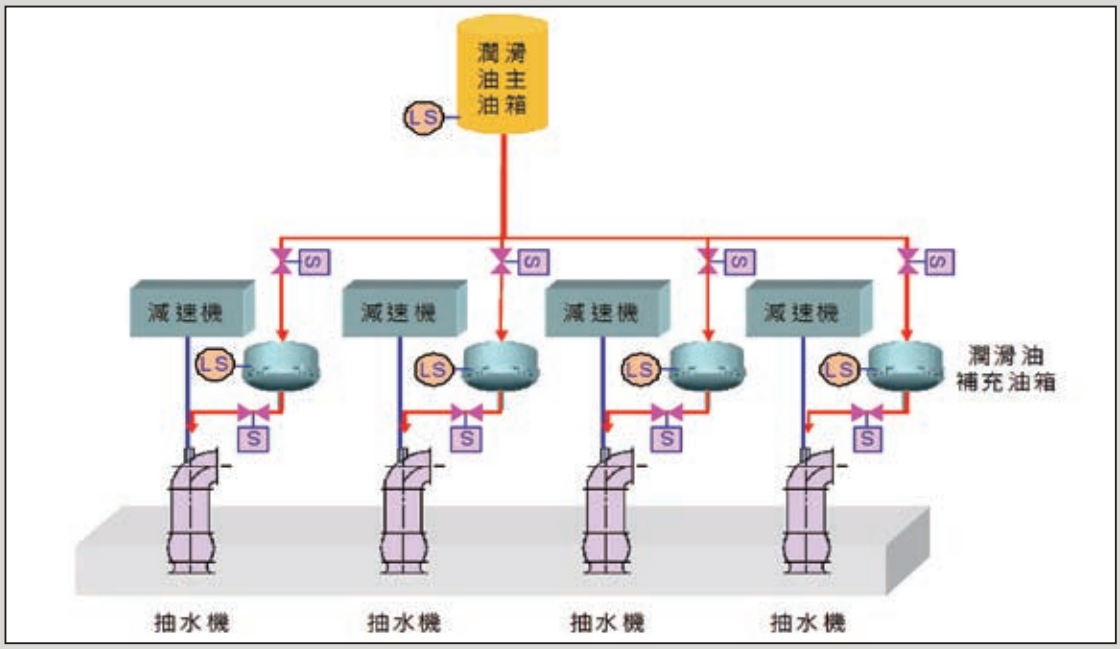

圖18 潤滑油系統自動補油系統示意圖

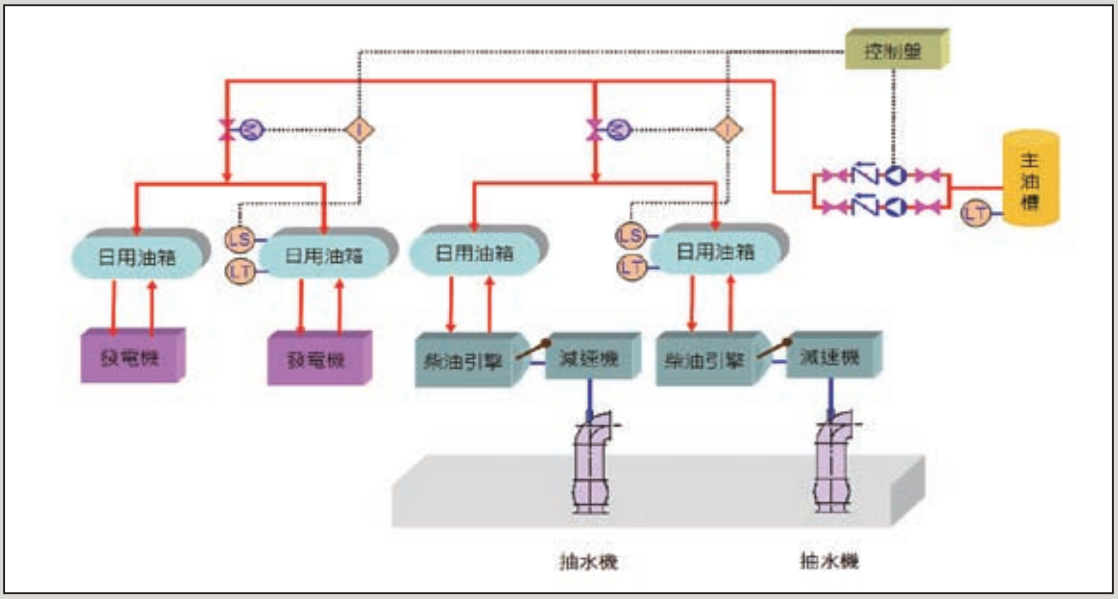

圖19 燃油自動補油系統示意圖

(三) 潤滑油系統自動補油方案

豎軸式抽水機若以重力補油方式潤滑其轉軸軸承時，為避免抽水機組無運轉時，潤滑油亦不斷補充至抽水機轉軸，造成潤滑油補充油箱油位降低的情形，將增設潤滑油主油箱及液位計、潤滑油管路增設進油電磁閥，潤滑油補充油箱增設液位開關，連動啟閉進油電磁閥重力補油，潤滑油補充油箱至轉軸段亦設置出油電磁閥，以配合抽水機組運轉，連動啟閉電磁閥，其系統架構如圖18。

(四) 燃油自動補油方案

燃油補油系統改善原則為於室外油槽以輸油泵浦泵送燃油至日用油箱者，將引擎及發電機之日用油箱高程調至一致，各油箱設置輸油口及連通管，並於其中一只油箱內設置液位開關及液位計，以感測油位高度控制輸油泵浦啟動、停止，另如發電機之日用油箱無法調整至同高，則另於油箱間之連通管設置電磁閥，於日用油箱再設1組液位開關，用以控制電磁閥之開關，其系統架構如圖19。

肆、結語

為維持抽水站設備一定之信賴性，必須適時檢討評估抽水站設備更新之必要性，隨時保持應有之防洪能力。在既有站房空間、結構限制下，適度更新抽水機組可提高抽水量、增加效益，亦能節省新建抽水站之土建費用；另外抽水站設備自動化遠端監控系統之建置，可使設備操作自動化，減少操作人力及避免人為疏忽情形，大大提高防洪應變及指揮能力。

參考文獻

1. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，臺北市「全市抽水站設備更新工程」及「芝山、福德、錦州抽水站機組更新工程」等規劃及設計成果

2. 日本「財團法人國土開發技術研究中心」，「河川泵浦設備更新檢討手冊」

3. 台灣世曦工程顧問股份有限公司，「基隆河抽水站管理中心委託規劃工作－抽水站自動化監控系統規劃設計」成果