

曾文溪流域水庫整體防洪運轉展示決策系統建置

周乃昉¹ 鄭子璉^{2*}

¹ 國立成功大學 水利及海洋工程學系 副教授

² 國立成功大學 水利及海洋工程研究所 博士候選人

*E-Mail: qvb3377@ms5.hinet.net

摘要

經濟部水利署南區水資源局認為在曾文水庫防洪運轉作業，應即時掌握正確集水區降雨量暨洪水進入水庫過程，增加運轉應變時間，並參酌流域整體水文資訊，以盡量增進水庫減洪功效、錯開下游洪峰同時到達。本研究改進既有的曾文水庫洪水預報及防洪運轉資訊系統，配合中央氣象局及現地即時觀測資訊，加強整合防洪運轉有關資訊，提高預報或決策分析之準確度。

具體改進分析項目包括將南化水庫、烏山頭水庫即時調洪狀態及曾文水庫配合之防洪運轉納入系統分析，在防洪運轉系統組成上分別建置查詢展示子系統及決策支援子系統，查詢展示系統以網頁為基礎架構，便利於任何位置均可快速查詢分析成果，決策支援系統依預設選項定時自動運算，或由現地操作人員手動變更，降低操作人員負擔。

關鍵詞：南化水庫、烏山頭水庫、曾文水庫、防洪運轉

一、前言

曾文、南化及烏山頭水庫之集水面積佔曾文溪流域面積近 60%，其中尤以具人工操作洩洪之曾文水庫為最，單一水庫之集水面積便佔了 41%。曾文水庫自民國六十一年完成，迄民國九十三年業已運轉 30 年之久，期間執行過近 40 次防洪運轉作業及高水位調節，其中包括民國七十年之九三水災、八十五年之賀伯颱風、九十年納莉颱風及九十三年敏督利等四次大量進水情況，均能順利完成防洪操作或攔蓄，充份發揮水庫防洪功能，成效斐然。

經濟部水利署南區水資源局（以下簡稱南水局）從歷年防洪運轉作業經驗中，認為在曾文水庫的防洪運轉作業上，應即時掌握正確的集水區降雨量暨洪水進入水庫之過程，以增加運轉應變時間。此外在作業時效上，針對最小要求之 30 分鐘運轉時段，大量防洪運轉資訊需在極短時間內完成分析並有效展示，以利決定適切的防洪運轉策略。因此除應加強水情資訊之蒐集與研判外，並需改善運轉決策之分析與展示技術。

針對此諸要求，本研究改進既有的曾文水庫洪水預報及防洪運轉資訊系統，配合現地即時觀測資訊，加強整合防洪運轉有關資訊，進行分析模式之即時修正，以提高預報或決策分析之準確度。

二、系統建置

先前操作經驗發現，過去決策支援系統在資料來源上，係透過物件嵌入技術讀取特定位置之 Excel 資料檔作為輸入資料，後受作業系統及相關軟體版本升級影響而造成存取 Excel 資料檔不相容，導致既有分析無法順利進行，故本研究在資料存取上之更新方向以採用資料庫為主。近十年來資料庫雖然發展快速，但相關軟體更新均前向相容，南水局亦在多數系統中採用資料庫方式建置，因此在系統核心資料建置部份，均可全面改採用資料庫進行存取。

此外考慮在承辦人員業務交接或現地操作人員值班交接時，可能因錯誤操作而造成資料損毀，若在防洪運轉期間發生資料損毀，可能必須重新建檔而延誤計算時機，故將所有連續觀測資訊集中管理建置，在颱風降雨事件中自動由集中資料匯出必要資訊後建立小型事件資

料庫，並將連續觀測資料與防洪運轉分析分開存放，避免原始資料損毀與資料重建。

系統架構設計將資料庫規劃配合即時電傳資料自動擷取，此項工作係為定時自動執行分析，為避免資料擷取功能執行時，可能受防洪運轉分析計算過度佔用 CPU 時間，導致資料擷取未能正常執行，故規劃將資料庫、資料擷取及網頁展示查詢相關功能獨立建置「曾文水庫暨曾文河流域資料蒐集分析查詢系統」（以下簡稱資料蒐集分析查詢系統）單獨運用，防洪運轉分析則於另一電腦建置「曾文水庫暨曾文河流域防洪運轉決策支援系統」（以下簡稱防洪運轉決策支援系統），系統架構圖如圖 1。

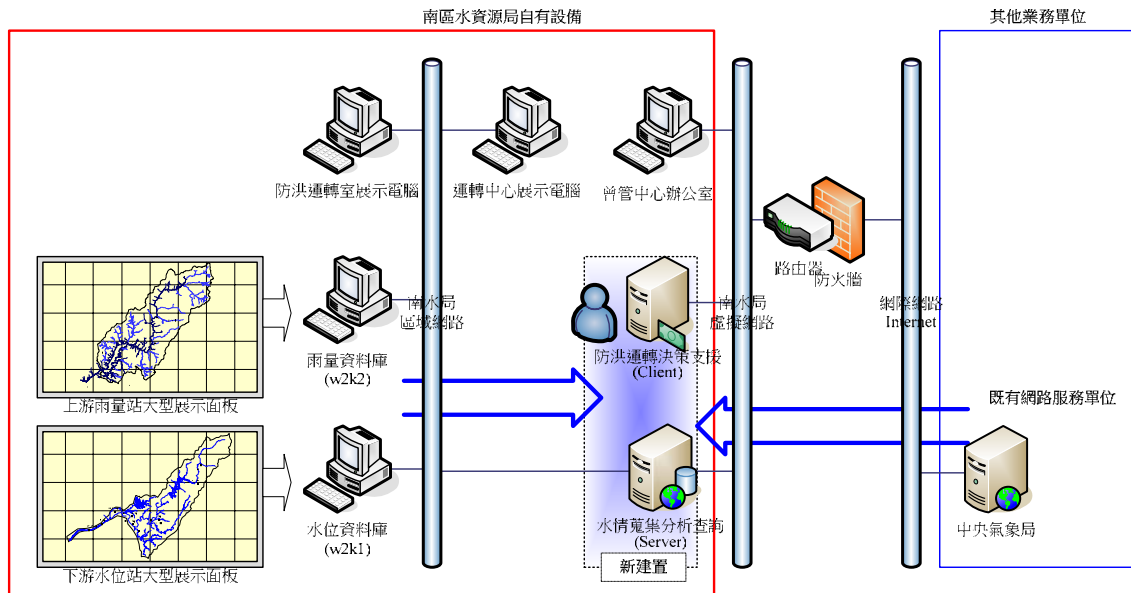


圖 1 本文新建置之系統架構圖

在防洪運轉期間，過去除需注意系統分析計算，同時亦須迅速將水情資訊回報上級機關、發布予協同機關與媒體或民眾，且須回覆下游地區民意代表或民眾請求或詢問，可能使操作人員無法兼顧系統操作與上述其他業務處理，系統配合納入自動擷取資料功能後，同時將定時自動分析計算納入建置事項，在操作人員不變更任何設定情況下，每小時依系統目前預設參數及選項自動逐項執行，降低必要輸入資訊僅為曾文水庫開門操作臨時指令與中央氣象局（以下簡稱氣象局）傳真提供之總降雨量預估。

另將分析成果寫入資料蒐集分析查詢系統資料庫內，相關決策主管可透過網頁查詢展示迅速了解即時水情狀態及推估未來可能水情，減少決策所需時間。

考慮配合平時人員訓練模擬，一併將颱風必要資訊納入防洪運轉資料建置，於防洪運轉過程間配合操作自動擷取颱風資訊。在後續人員訓練模擬上方可有足夠資訊重現颱風狀態，過去曾文水庫於颱風期間，氣象局提供之相關防洪資料並未建檔，特別是總降雨量預報因未於警報單上登錄，無法掌控中央氣象局區域預報總雨量與曾文水庫集水區明確關係，一併保留記錄位置建檔納入資料庫管理，以利未來參考彈性運用。

資料蒐集分析查詢系統採網頁模式設計，提供觀測資料、計算資料查詢與繪圖，平均雨量設定，決策放水量與聯絡人之查詢、輸入與編修，並提供相關使用者管理與系統訊息管理。

基於以上之系統架構，在作業系統方面，資料蒐集分析查詢系統(Server)應安裝 Windows 2000/2003 Server，防洪運轉決策支援系統(Client)應安裝 Windows 2000/XP Pro.以上版本，其他軟體需求採表 1 所列軟體。

表 1 系統開發所採用之元件或軟體

取得	項目	安裝電腦	說明
購置	Office XP/2003	Client	採用之文件、資料及圖檔，均採本套軟體相容格式建置
	Lindo 6.1	Client	配合曾文水庫防洪運轉優選模式執行
	Surfer 8	Server	繪製等雨量線圖使用
免費下載	IE6 SP1	全部	運用於瀏覽系統、並升級相關系統元件，使系統函式庫支援穿越防火牆能力，並使系統瀏覽器支援 PNG 圖檔格式
	OWC 10/11	全部	運用於系統繪圖展示，若需即時變更繪圖選項，則需安裝 Office，若無需變更繪圖選項，可免費下載
	MDAC 2.8	全部	為系統資料庫增強物件之一，存取資料庫元件
	MSDE 2000	Server	若暫不購置 SQL Server 2000，可採免費版本 MSDE 2000 取代，唯其單一資料庫大小不得超過 2 GB，每個服務最多不得超過 16 個資料庫，且不含管理介面，在本研究中，MSDE 2000 已充分足夠使用
	ntpClock 1.21	Server	於防洪運轉期間多數功能均定時自動執行，故應達成時間上之精準，建議採用網路校時程式為時間與頻率國家標準實驗室提供之國家時間同步服務，其時間與經濟部標準檢驗局標準鐘及 117 報時台同步，時間誤差在 1 毫秒內，Client 端應啟動與 Server 間之時間校準

三、資料庫規劃

在資料蒐集分析查詢系統上針對曾文水庫防洪運轉所需之資訊分類規劃建立資料庫之結構圖如圖 2 所示，採用 Microsoft SQL Server 2000（以下簡稱 SQL Server）建置，各資料庫為增進自我說明特性，均於各資料庫內建置說明各資料表及欄位特性之表格，以供未來操作人員交接、資料分享能快速運用，此外基於不同資料備份所需，直接以不同資料類別建置不同資料庫，不採用單一資料庫內分別建置多個不同資料表，因此各水文資料之表格欄位均採用相同結構，以便利後續統一存取方式。

建立之資料庫可概分為輸入資訊、即時擷取、即時計算及參考與管理資訊：

1. 輸入資訊資料包括下列數項：

- (1) 決策放水：系統提供輸入介面供操作人員即時輸入曾文水庫閘門操作指令，憑此資訊進行曾文水庫放水量計算。
- (2) 颱風資訊：系統提供輸入介面供操作人員即時輸入由中央氣象局發布颱風警報單之颱風中心位置、最大風速、中心氣壓、七級暴風半徑等，及中央氣象局不定時通知南水局之預報總降雨量與單日降雨量。

2. 即時擷取資料包括下列數項：

- (1) 即時資訊：曾文水庫所有電傳測站，每 5 分鐘自動擷取匯入即時資料庫供查詢展示。
- (2) 小時雨量：氣象局雨量站 70 站匯入氣象局雨量資料庫內，南水局 9 站電傳雨量站及曾文溪流域 2 站電傳雨量站，經即時資訊統計至每小時後，匯入雨量資料庫保存。
- (3) 水位資訊：曾文溪流域 3 站水庫水位站、曾文水庫集水區內山美、新美水位站及曾文溪主河道上 8 座電傳水位站，經即時資訊分析整點水位後，匯入水位資料庫保存。

3. 即時計算資料包括下列數項：

- (1) 即時資訊：依據決策放水資訊計算曾文水庫即時放水量，並依據即時擷取資訊分別累加即時雨量、計算各子集水區平均雨量、內插即時水位、推估即時水庫進水量及南化水庫與烏山頭水庫即時溢洪量，匯入即時資料庫供查詢展示。

(2) 平均雨量：經即時資訊計算各子集水區至每小時後，匯入平均雨量資料庫保存。

(3) 計算流量：經即時資訊分析依整點水位推估，匯入流量資料庫保存。

4. 參考與管理資訊包括下列數項：

(1) HAV：計算水庫進水量須依據水位及蓄水體積關係曲線推估，由系統事先建置後匯入曲線資料庫。

(2) 河道斷面：河道斷面係供河道演算使用，並可供查詢展示即時狀態，由系統事先建置後匯入曲線資料庫。

(3) 品管規則：即時資訊可能受測站狀態影響，造成觀測資料不可靠，由系統事先建置品管規則庫，匯入品管資料庫，供即時查詢時展示該測站品質狀態。

(4) 電話聯絡名冊：在防洪運轉時，供操作人員查詢相關單位聯絡電話，以便洩洪警報發布及聯絡之用，由系統事先建置後匯入管理資料庫，並提供查詢編修資料介面。

依據前述資訊及資料庫架構所蒐集資料以洪水事件為主，可供即時狀態查詢及歷史事件查詢。至於其他氣溫、風速、氣壓等氣象資料，則建議由後續有關計畫或維護計畫時再行建檔。

資料庫架構應考量該資料庫特性及寫入鎖定能力設計資料表格及欄位，避免資料存取間發生死結(dead lock)導致資料庫無法服務，且資料庫格式至少應經一次以上之正規化處理，目前經濟部水利署公告有關水文資料之標準表格格式較不符合關聯式資料庫表格及欄位特性，系統改依分析計算所需，設計資料表格及欄位，若將來需要與水利署標準格式轉換，建議另行建立資料轉換模組，系統仍維持目前設計結構。

在防洪運轉決策支援系統上，考慮便於攜帶、傳遞、且單一事件的資料庫，採用 Access 格式建置事件資料庫，除由伺服器上更新資料外，所有計算所需資料及演算成果均由事件資料庫負責存放，此規劃亦考量可容納多人同時以不同參數分別計算比較，或單一現地操作人員需比較不同決策分析成果所需建置不同之事件資料庫。

資料庫欄位與資料蒐集分析查詢系統資料庫欄位相當，但因事件資料庫並非連續多年之資料，僅為短暫數天之資料，無須以多個小型資料庫管理，故直接以表格名稱取代資料蒐集分析查詢系統之資料庫名稱，使其成為單一資料庫存放。並建立樣本事件資料庫，由事件樣本資料庫內建置說明頁或其他非即時擷取及分析之資料，當新建專案時，由樣本事件資料庫複製並匯入該事件相關觀測資料。

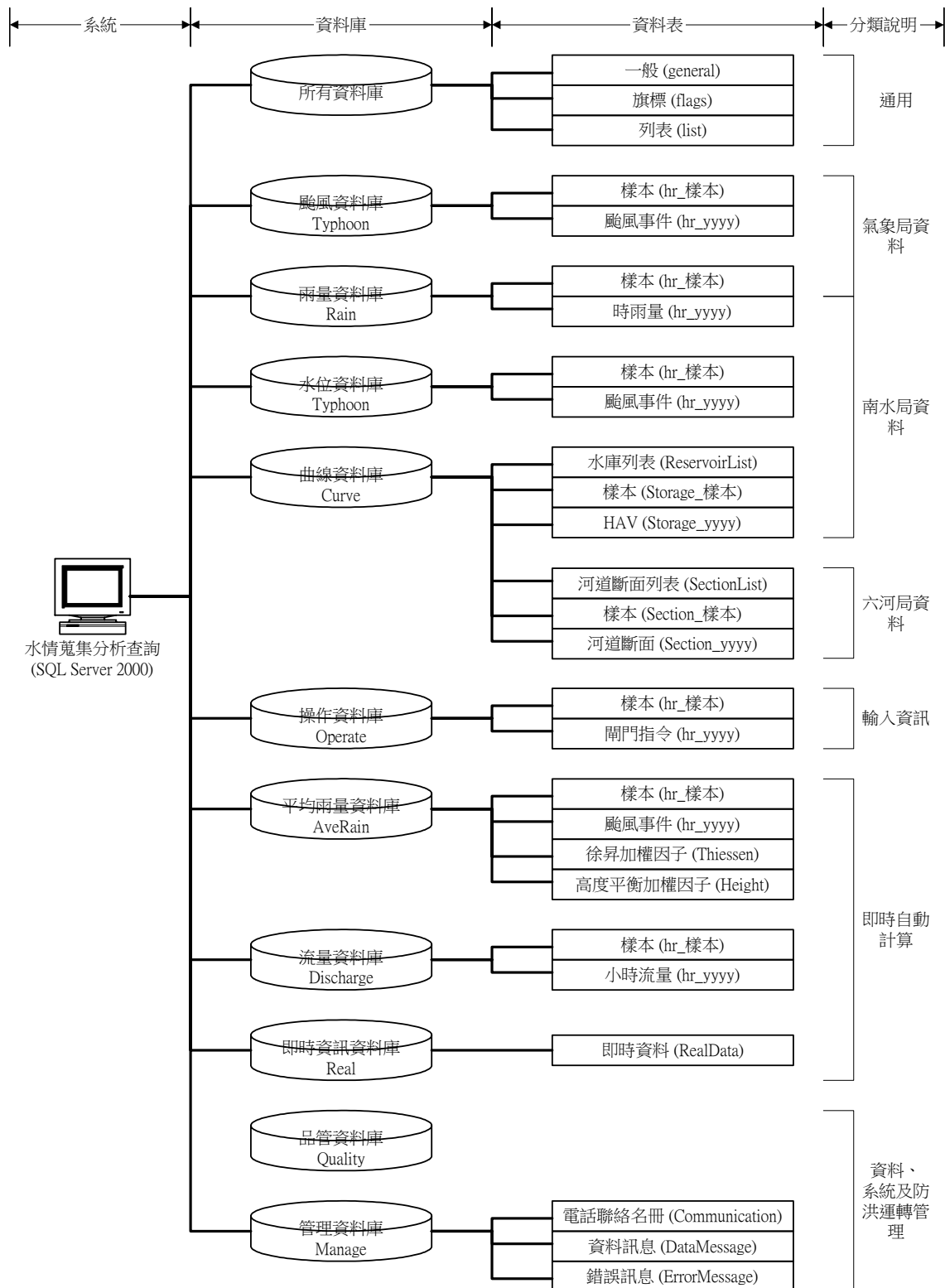


圖 2 資料庫及資料表規劃設計架構

四、即時電傳資料自動擷取

南水局已建立電傳雨量即時紀錄系統，惟該資料系統過去並未與防洪運轉決策資訊系統相結合，致使資料需重複輸入而浪費防洪運轉之重要時機，且該系統並未考慮下游平均雨量估算，故一併改善為自動擷取分析。

即時可獲得資訊包含曾文溪流域週遭氣象局電傳雨量站及南水局曾文水庫管理中心（以

下簡稱曾管中心) 電傳雨量站與南化水庫、烏山頭水庫及曾文溪河道水位站。目前水利署水情中心之電傳資料暫不考慮。

在自動擷取時，應考量同時間之多工須錯開。自動擷取係定時在每一設定時間階段擷取資料、更新資料庫、更新即時資訊等多項自動化工作，有可能發生因擷取動作尚未完成而各項更新已發生，導致多數資訊發生錯誤或時間延遲，或因同時多工執行導致系統尖峰負載而不穩定，故應依各動作先後順序逐步執行，除可確保資訊正確外，並可有效降低系統最大硬體需求。此外，系統應與國家標準時同步校準，可避免因電腦時間錯誤而發生資料擷取錯誤。

4.1 氣象局即時小時觀測雨量

氣象局提供 FTP 伺服器供研究單位及政府單位下載全省 394 站雨量站觀測資料 (依民國 93 年 7 月最新列表，含氣象局、臺北翡翠水庫管理局及水利署南水局、石門水庫管理中心及第十河川局) 之即時小時觀測雨量，而氣象局資料伺服器連線要求可 DNS 反查，故連線電腦應可供 DNS 反查為必要條件，若電腦位於防火牆或虛擬網路內，則防火牆或分配虛擬 IP 之主機應可供 DNS 反查為必要條件，南水局目前一般電腦均屬於虛擬 IP，故相關網路設備應正確設定，且 FTP 軟體需支援虛擬 IP，方可連上氣象局資料伺服器，模式中直接使用 Windows API 存取 FTP，故需將 Windows 內之 Internet Explorer (IE) 升級至 5.5 版以上，方可存取 FTP。

資料擷取後即匯入資料庫，提供各項查詢使用，原始檔另存硬碟中，依年份及月份自動存放於不同目錄中方便管理。曾文溪流域週遭範圍內，設定匯入資料庫內氣象局 70 站及南水局 8 站雨量站，每筆雨量匯入測站編號、時間及雨量。

經長達半年以上試運轉測試，依據可能發生之錯誤，建議處理情形增修功能如表 2。

表 2 擷取氣象局雨量資料納入功能與項目

項目	說明
網路中斷 無服務	自動檢查網路至情況獲得改善，並將警告訊息寫入資料庫供參考
檔案擷取	每整點過 3 分開始執行
檔案不正確	擷取前檢查檔案大小，若超過 20 kb 以上，才視為氣象局寫入完成
有下筆資料	氣象局檔案缺漏時，將警告訊息寫入資料庫供參考，並進行下筆資料處理

註：發生失敗時，每 30 秒自動重新執行該功能

4.2 南水局雨量站及水位站

南水局現有系統將各電傳雨量站及水位站即時資料寫入 SQL Server 之資料庫，並分別儲存於兩台電腦上，總計共 25 站電傳資訊，詳細站況列表表示如表 3，曾文水庫大壩下游雨量、水位存放於電腦 w2k1，上游雨量、水位資訊存放於電腦 w2k2。列表中包含雨量資訊 11 站，其中 1 站停用，水庫水位站 4 站，其中 1 站重複，河道水位站 11 站，其中 1 站未用。各電傳資訊部分為每 10 分鐘定時存入一筆，部分為每筆無線訊號定量存入，依防洪運轉所需，經統計為小時資料後，轉入本系統資料庫。其中表 3 各電傳站型態採位元旗標，各站旗標示如表 4 所示。

經試運轉測試，依據可能發生之錯誤，建議處理情形增修功能如表 5。上述電傳測站資料庫均位於獨立不相連之區域網路內，需用雙網卡電腦分別存取氣象局及南水局資料，或將南水局區域網路與現有虛擬網路合併為虛擬網路，以減少系統複雜度。

表 3 南水局既有資料庫資料概況

站名	電腦	型態	單位	類型	資料寫入資料庫概況說明
曾文	w2k1	2	cm	水庫水位站	每 10 分鐘一筆
玉井	w2k1	10	cm	河道水位站、警報站	每 10 分鐘一筆，目前未用
中正橋	w2k1	10	cm	河道水位站、警報站	每 10 分鐘一筆
走馬瀨橋	w2k1	10	cm	河道水位站、警報站	每 10 分鐘一筆
玉峰橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
北勢洲橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
曾文溪橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
麻善橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
西港橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
國姓橋	w2k1	2	cm	河道水位站	每 10 分鐘一筆
南化	w2k1	1	0.1mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入，目前停用
烏山頭水庫	w2k1	2	cm	水庫水位站	每 10 分鐘一筆
南化水庫	w2k1	3	0.1mm	雨量站	每 10 分鐘一筆
			cm	水庫水位站	
曾文新村	w2k2	1	mm	氣象站	依電傳訊號情形不定時寫入
水山	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
樂野	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
里佳	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
表湖	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
馬頭山	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
龍美	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
三角南山	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
大棟山	w2k2	1	mm	雨量站	依電傳訊號情形不定時寫入
山美	w2k2	2	cm	河道水位站	依電傳訊號情形不定時寫入
新美	w2k2	2	cm	河道水位站	依電傳訊號情形不定時寫入
曾文水庫	w2k2	2	cm	水庫水位站	依電傳訊號情形不定時寫入

表 4 電傳站型態旗標代表資料內容意義

值	資料內容	處理方式
1	雨量	經統計轉為小時資訊
2	水位	經線性轉為整點小時資訊
8	警報	非水情資訊，不納入系統資料庫
16	中繼	非水情資訊，不納入系統資料庫

表 5 擷取南水局資料納入功能與項目

項目	說明
資料擷取	每整 5 分鐘過 1 分後開始擷取、統計
上游電傳雨量站	若無降雨時，每日早晚 9~10 點均傳回雨量 0 供系統檢查，故將超過 12 小時無訊號標記為「應注意」，24 小時無訊號標記為「應檢查」
相同時間	部分測站會同時有兩筆資訊，取平均值匯入資料庫

註：發生失敗時，每 30 秒自動重新執行該功能

4.3 氣象局颱風、豪、大雨預報資料擷取

氣象局資料採用 FTP 伺服器，颱風、豪、大雨預報資料採用固定檔名，但持續保持最新資料，每次抓取時，僅能取得最新資料。然氣象局檔案產生時間常發生與真實時間不符，為因應中央氣象局之檔案時間無法做為資料時間判斷的依據，故於資料庫內建立檔案對照表擷取資料，當氣象局檔案之大小或時間不同時，視為新資料進行擷取，並考慮擷取時可能發生該資料正在寫入中，導致所擷取得資料並非完整資料情形者，將自動重新擷取。

擷取得到之檔案，依系統規劃之「存放路徑」設定存放入對應該年份及事件子目錄，若無該子目錄，則自動建立該子目錄，依類別存放於不同子目錄，並依照事件、資料時間重新為資料檔命名並組合保留之原始檔名，以利判別原始檔名，各項資訊及文字資料則自動匯入資料庫內，若無發佈颱風警報之颱風，則僅將可得之颱風資訊納入，若發佈颱風警報之颱風，則颱風警報單上所有文字及未刊載之額外資訊，均匯入資料庫供往後相關分析參考，如圖 3 所示。經長達半年以上試運轉測試，依據可能發生之錯誤，建議處理情形增修功能如表 6。

表 6 擷取氣象局颱風資料納入功能與項目

項目	說明
網路中斷 無服務	自動檢查網路至情況獲得改善，並將警告訊息寫入資料庫供參考
檔案擷取	每整 30 分過 10 分開始執行
檔案不正確	擷取前後比較檔案大小，若相同才視為氣象局寫入完成
多重來源	氣象局並未在單一檔案來源提供單一時刻所有資料，必須由多個資料來源彙整，此外，部分檔案須等新聞發布後才上網，並非即時發布檔案，因此凡是同時段相關資料檔均經判讀後匯入進入資料庫

註：發生失敗時，每 30 秒自動重新執行該功能

(a) 氣象局檔案對照表

(b) 颱風資料表

圖 3 颱風資料庫抓取檔案列表及匯入颱風資料

五、資料自動品管

觀測資料的正確與否，對於依據該等資料所得之各項分析結果具有決定性之影響。在實際應用時，由於某些自然變異因素，使得觀測資料具有先天上的不確定性；此外，人為影響、儀器故障、訊號傳輸等問題，均可能造成觀測資料之誤失。資料自動擷取時，需自動品管以降低資料使用前人工判讀之行政作業。

本系統進行自動品管工作並提供 QA/QC 機制，減低接收即時資料的可能錯誤，並提供人工資料編修介面。

資料自動品管可分為硬品管及軟品管，硬品管以資料或測量設備值域為主，如降雨量必在 0 以上，小時最大降雨量不應超過理論最大降雨強度等；軟品管為資料是否能通過檢定測

試為主，如空間連續性的檢定、時間連續性的檢定。不同的可能情形標記在資料庫內，供承辦人員參查。但正式資料品管（視同公文）仍應由資料生產單位進行，由於在即時防洪運轉期間，通常無法直接獲得資料品質狀態，故在系統內建置自動品管，並依據通過品管之資料進行自動演算。品管分類上，採表 7 各項目作為品管標記。在資料展示時則以不同底色、文字顏色作為品管圖例，如圖 4 所示，使操作人員可快速了解資料品管成果。

表 7 品管分類與標記值

值域	項目	說明
Null	無資料	資料與品管同時為 Null
	未品管	表資料擷取後尚未經過品管
< 0	故障	測站發生故障，測站傳回故障代碼或處於待修復狀態
	應檢查	超過容許時間內連續未通過軟品管
	未通過	未通過硬品管
		未通過時間連續性檢查
未通過空間連續性檢查		
0 ~ 1	可靠度	該筆資料經模式檢定後推估之可靠度
> 1	應注意	在容許時間內未通過軟品管
	正式資料	經由公文系統或公開發售、購買所得資料
	人工匯入	歷史資料由人工匯入，或人工新增、編修等
	插值求得	在指定時段瞬間無資料，由前後最接近之時間插補
	預報值	模式預測成果
	模式計算	模式分析計算成果，並由特定編碼指定資料意義



圖 4 自動品管成果查詢展示

5.1 雨量資料品管

1. 空間連續性檢定

由蔡孝忠先生針對曾文溪流域週遭雨量站進行歷史資料分析(1997~2001)，挑選氣象局56站、南水局8站雨量站，建立自動化檢核模式，提供操作人員即時參考。

模式假設空間降雨觀測屬對數常態分佈，將非零降雨強度觀測值取對數後進行分析。分析方法如下：

- (1) 建立待測雨量站檢核之參考測站
- (2) 建立檢核係數資料庫
- (3) 評量檢核係數的適當性

2. 時間連續性檢定

某些測站在降雨事件觀測值會持續為零，但其附近之測站未必會發生相同現象。因此，「若連續三小時之降雨觀測值皆不通過檢驗式，且觀測值皆為零，則判定該測站故障」，此後不再檢查該站，也不再利用該站檢核相鄰測站，直到操作人員將故障旗標移除。

5.2 水位資料品管

水位資料僅採硬品管，依測量儀器測量範圍及單位時間內最大變化量設定，在水庫方面，採最大可能洪水洪峰時期流量在單位時間造成的水位增加量及最大洩放水量在單位時間造成的水位減少量設定為品管區間，河道水位站則僅依量測範圍設定，未來可透過逕流模式加上容許誤差及質量守衡進行軟品管。

六、資料蒐集分析查詢系統

6.1 帳號權限管理與系統登入與登出

系統帳號管理結合通訊錄管理及權限設定，系統存取權限採群組方式設定，群組權限由高至低分別為系統開發人員、系統管理人員、防洪運轉人員、曾文水庫管理中心人員、南水局人員、水利署人員、參觀者，分別依權限群組設定操作權限，各項資料操作權限由高至低包含資料刪除、編輯、新增及查詢權限，另針對現地人員給予防洪運轉模式執行權限等。通訊錄可直接網頁查詢後，自動匯入 Outlook 或 Outlook Express，做為一般連絡使用，如圖 5 所示。

系統經帳號密碼授權登入，若帳號或密碼任一項空白時，自動改以參觀者登入系統。在登入狀態下，點選系統右上角登出功能可登出系統，或直接關閉瀏覽器，若閒置時間超過 20 分鐘，將自動登出系統，各項功能執行時，均依照使用者權限展示。



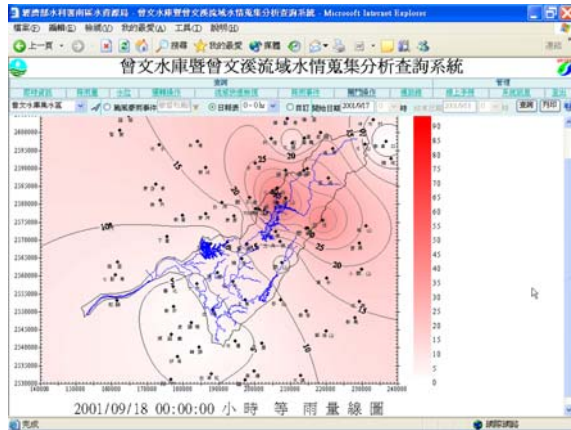
(a)系統登入



(b)聯絡人詳細資料

圖 5 系統登入與聯絡人查詢畫面

或該區平均雨量組體圖。



(a)顯示等雨量線



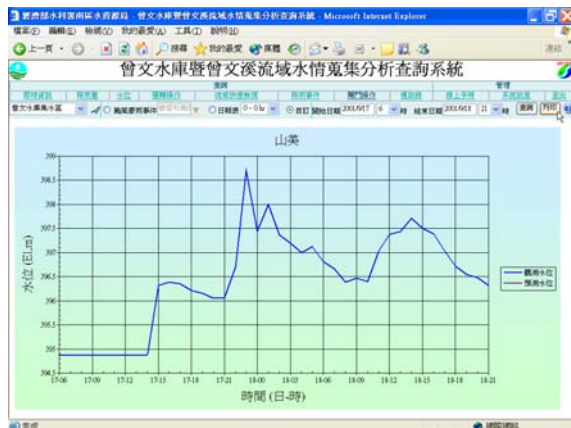
(b)雨量組體圖展示

圖 8 資料查詢畫面

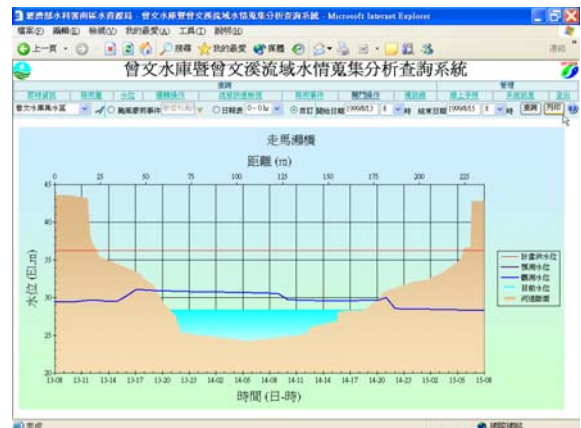
6.5 水位查詢

預設以報表方式展示水位資料，如圖 6(b)所示。水位歷線查詢時，需點選平均上之超連結，動態並繪製該站斷面、計畫洪水位供參考，如圖 9 所示，各水位站中，山美水位站無斷面測量資料，故無背景圖，玉峰橋在支流上，採曾文溪與菜寮溪匯流口断面取代。

圖 9(b)中參照經濟部水利署十河局局內資訊網，以河道断面、目前水位及計畫洪水位作為背景圖，讓現地人員快速了解現況，並由水位歷線的疊圖，了解水位變化過程及與現地断面間的互動。



(a)山美

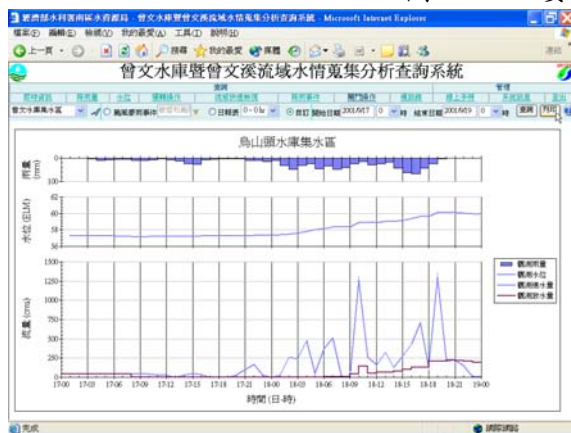
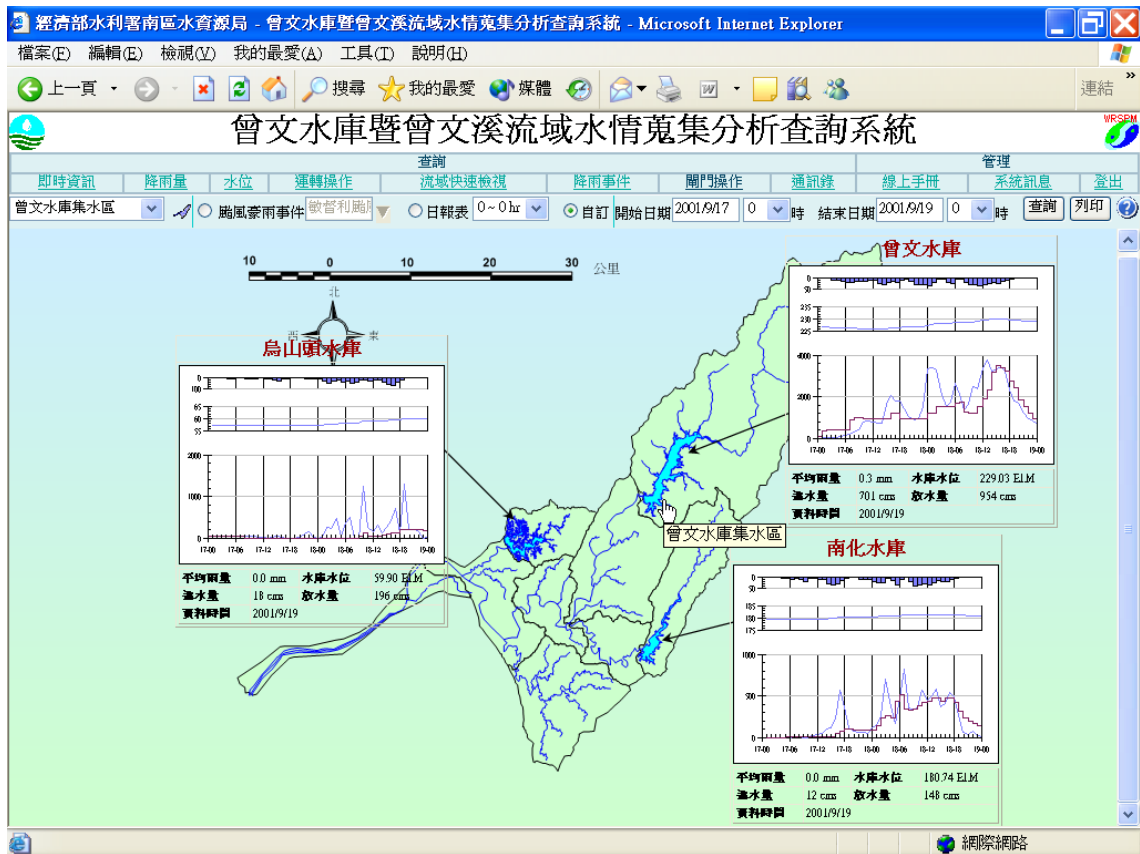


(b)走馬瀨橋

圖 9 水位站水位歷線圖

6.6 水庫運轉過程查詢

本系統建立地圖型態查詢網頁，可同時顯示流域內三座主要水庫即時水情或歷史水情，如圖 10 所示。點選歷線圖可放大瀏覽，直接點選各子集水區可放查詢子集水區運轉報表，如圖 11 所示。在水庫運轉過程查詢時，同時展示集水區之平均雨量、水位、進水量及放水量，非水庫集水區，則自動忽略水位及放水量。



(a)烏山頭水庫運轉歷線 (b)曾文水庫運轉報表

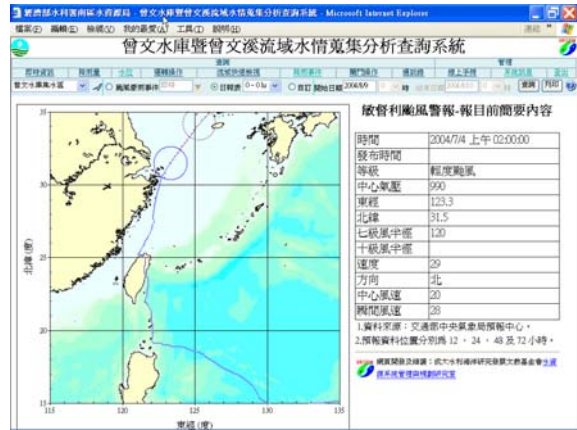
圖 11 水庫運轉過程查詢圖

6.7 颱風降雨事件

系統會自動將所有即時颱風資訊納入，預設僅顯示已發布海上陸上颱風警報之颱風事件，可由系統展示查詢該颱風路徑圖或各報颱風警報單之詳細內容，除包含警報單上所有資訊外，另包含其他檔案內發布之預報時間為 12、48 及 72 小時位置資訊，如圖 12 所示。系統在氣象局發布警報前至警報結束後所有颱風觀測及預報資訊均自動匯入資料庫，如圖 12(c) 中，敏督利颱風在第 39 報發佈解除海上颱風警報，氣象局仍持續繼續觀測、預報，由於完整保留詳細資料，未來可供相關模式進行驗證及檢定，且線上保存即時資料有利於線上即時運轉參考與後續相關單位針對防洪運轉操作可能發生行政責任釐清或調查。



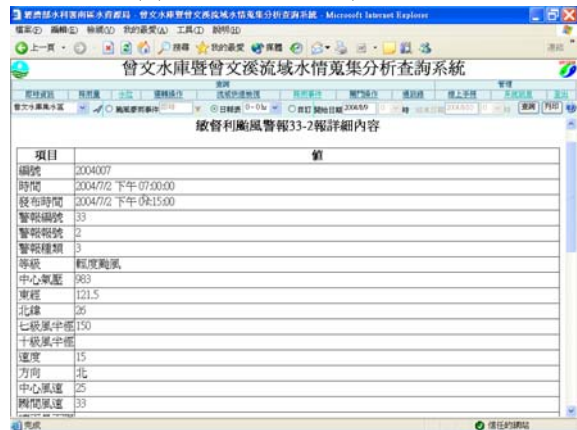
(a) 颱風降雨事件列表



(b) 颱風路徑與簡要資訊



(c) 警報列表



(d) 警報詳細資料

圖 12 颱風降雨事件查詢展示

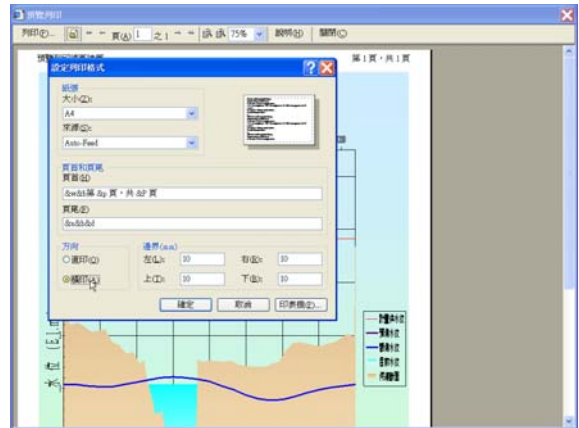
6.8 列印操作

系統另建立自動預覽列印功能，當執行右上方列印按鈕功能時，自動呼叫預覽列印供使用者先行預覽。由於自動預覽列印係執行 IE 內建功能，故需瀏覽端允許伺服器執行該功能方能正確顯示，可將本系統網站設定為信任的網站後，即可順利執行，並避免複雜的執行權限設定。若為報表列印，在預覽列印時自動替換檔尾以利承辦人員用印、簽核。若圖形適合採用橫向列印，可透過印表機設定將列印方向改為橫向列印，如圖 13 所示。若需變更圖形顏色、樣式、字型或填色時，可點選欲變更圖元按滑鼠右鍵，叫出設定視窗對話盒及選項修改，如圖 14 所示。

系統在查詢圖形時，均在伺服器端完成繪圖後以 PNG 圖檔格式輸出供瀏覽端瀏覽，由於系統輸出圖檔會依使用者螢幕解析度或瀏覽器可視大小調整，直接列印將因螢幕解析度較低而使得列印所得圖形較為粗糙，若改由瀏覽端繪圖輸出，可提高列印圖形的解析度，並更為美觀，亦可降低由伺服器輸出高解析度圖檔傳遞到瀏覽端所需時間。若需支援瀏覽端預覽列印繪圖，須在瀏覽端安裝 OWC 10/11 免費元件，若使用者端已安裝 Office 軟體則不需另行安裝，系統自動偵測元件版本輸出圖形。

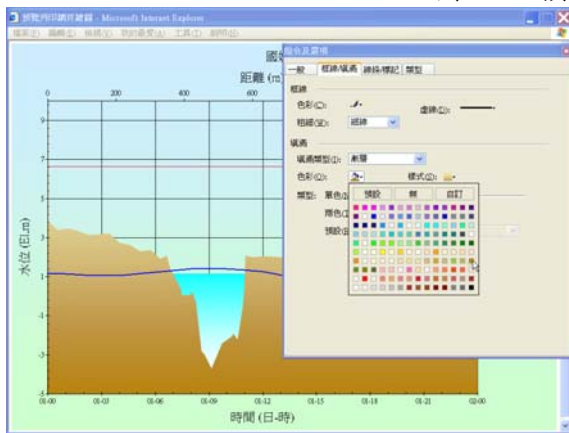


(a)雨量日報表

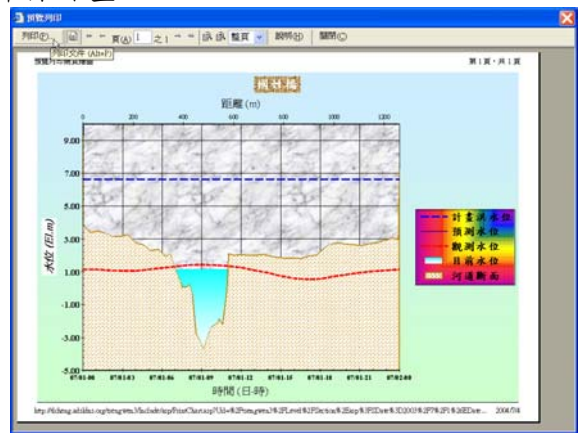


(b)橫向列印設定

圖 13 預覽列印操作畫面



(a)填色漸層方式



(b)繪圖預覽列印

圖 14 變更圖形操作畫面

6.9 其他查詢與線上輔助說明

系統支援線上輔助說明，在各功能操作時，可隨時點選輔助說明圖示，即可連結到該功能之說明，並可查詢相關水庫操作規則、系統錯誤訊息，如圖 15 所示。



(a)說明自動導向



(b)系統錯誤訊息

圖 15 線上手冊查詢畫面

七、防洪運轉決策資訊系統運作

防洪運轉決策資訊系統下各子模式係由水利專業人員各自獨立開發，亦有多個既有模式可供選用，由於考量必須容納既有模式且水利專業人員可能無法配合開發元件，宜採程序(Process)整合方式完成系統整合與建置。Windows 為多工系統，除直接在系統內改寫過之模

式可直接在程序內執行外，外部程序均由主程序呼叫子模式後進入無窮等待，直至子模式程序結束後，主程序才繼續執行下一步驟分析。

在考慮系統彈性及未來擴充能力，各部份計算模組系統均須分類並可依序得自動執行或手動執行，系統所建構之企業邏輯則建入主模式中，由模式執行時才動態呼叫不同子模式執行，示意如表 8 所示。在定時自動執行時，由表中各執行項目依序自動執行，當某流域或某供水系統有較新的方法時，可增加新一組模式代號分析，必要時得變更預設選項為新模式進行分析，因此任一流域之特定資料分類最多可有約 21 億 (2^{31}) 種模式可擴增進入本系統，此外，考量可能購置既有模式或擴增功能模式配合本系統，將各模式增加執行步驟納入管理，若該模式針對本系統獨立發展，可僅有單一步驟，包含資料庫之存取與寫回，若為不支援資料庫或另行購置之軟體，可於模式執行前後增加資料庫與該模式資料檔轉換模組後，將此功能納入擴增於本系統，此外，執行步驟最多可有約 21 億步，若另行購置模式需經多個模組分析時，則可於步驟中持續增加項目已完成目的，若另行購置模式屬於跨流域或跨資料類別之整合性模式，則於第一次執行時，寫入完整步驟，其他資料分類或流域則僅需單一步驟匯入該資料分類所需之資料即可。

基於此架構所增建或購置之模式，無須另行開發操作介面，即可與原系統相互整合。在開發各單項功能時，採如圖 16 所示架構，例如降雨逕流分析分別依需求及各集水區設置模式 1~m，各模式透過資料庫存取介面提供該模式所需計算資料，並寫回分析成果，此架構有利於未來系統建置、擴建、模式替換、資料庫替換及後續維護。

表 8 模式資料表內容與欄位架構示意表

資料分類	流域系統	...	模式代號	執行步驟	... (路徑、參數等)
1	410		0	1	(0 表資料分析預設採用模式)
1	410		1	1	從資料庫讀取資料
1	410		1	2	外部執行檔
1	410		1	3	將計算成果寫回資料庫
(流量預估)	(曾文溪)		(時間序列)		(範例說明)
...

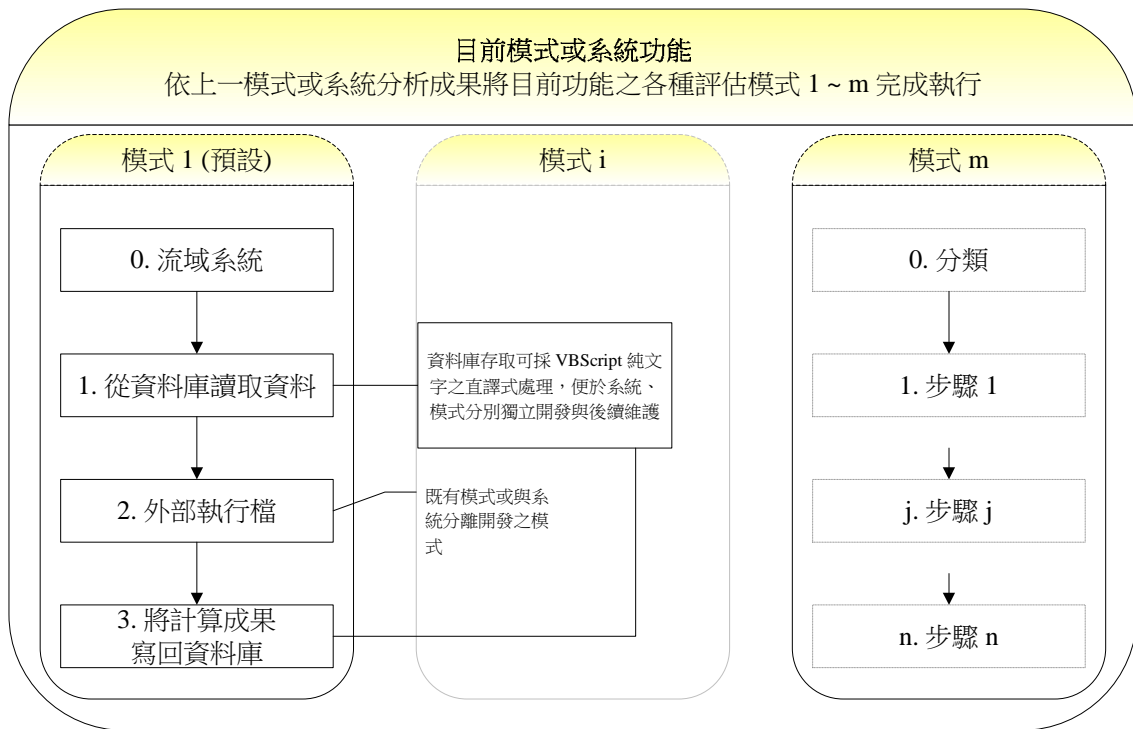


圖 16 單一模式或系統功能執行架構

在防洪運轉決策資訊系統啟動時，先顯示起始畫面，之後顯示專案選擇畫面，即進入快速選單畫面，專案在執行時採定時自動運算所有狀況，必要時現地人員可自行設定或變更條件後自動繼續完成分析，如圖 17 所示。模式將所有子模組封裝為無介面之運算，所有運算過程均顯示狀態列，若該項功能正在執行時，將閃爍該項功能按鈕，使使用者能夠注意到該項功能執行中，計算完畢時，轉為灰色按鈕，代表不需再執行。



圖 17 防洪運轉決策資訊系統

7.1 雨量預報及平均雨量計算

當觀測雨量匯入資料庫後，自動進行資料品質分析，完成後選取通過品質之雨量站組推估各子集水區平均雨量。

當點選或自動執行到雨量預報時，採用蔡孝忠所改進之颱風定量降雨氣候預報模式推估，由於部分雨量站歷史資料不足，雨量預報模式僅推估 32 站雨量站，並執行各子集水區平均雨量計算，整場颱風雨量預報需約需 10 秒。

計算完成後可由雨量報表按鈕查詢降雨量與繪製雨量組體圖，報表製作與雨量組體圖均由水情蒐集分析查詢與展示系統處理，如圖 18 所示，其中缺空欄為未預報之雨量站。

日時	曾文新村	馬頂山	表湖	里佳	水山	樂野	三角南山	鹿美	大槓山	平均
16:22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0
16:23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.1
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:02	0	1	0	0	4	0	0	0	1	0.6
17:03	0	4	0	2	5	4	0	0	4	2.1
17:04	4	11	2	7	14	13	2	16	8	8.7
17:05	-	-	-	-	7.8	12.0	11.7	3.9	-	8.9
17:06	-	-	-	-	8.7	12.0	11.7	5.8	-	10.6
17:07	-	-	-	-	9.5	12.0	11.7	7.7	-	11.8
17:08	-	-	-	-	10.4	12.2	11.7	9.6	-	13.1
17:09	-	-	-	-	10.5	12.2	11.7	9.7	-	13.7
17:10	-	-	-	-	10.5	12.2	11.8	9.7	-	13.8
17:11	-	-	-	-	10.5	12.2	11.7	9.8	-	13.8
17:12	-	-	-	-	10.6	12.2	11.7	9.9	-	13.9

(a)曾文水庫集水區

日時	環湖	北寮	左寮	玉井	木桶	虎頭埤	崎頂	平均
16:22	0	0	0	0	0	0	0	0.0
16:23	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:01	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:02	0	0	0	0	0	0	0	0.0
17:03	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0.1
17:04	2.5	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5
17:05	4.1	2.3	3.3	3.5	3.5	3.3	2.9	4.1
17:06	5.8	4.6	5.0	5.5	5.5	5.1	4.8	6.3
17:07	7.4	7.0	6.8	7.4	7.5	6.9	6.7	8.4
17:08	9.0	9.3	8.6	9.4	9.5	8.7	8.6	10.6
17:09	9.2	9.5	9.0	9.6	9.7	8.8	8.8	10.8
17:10	9.5	9.6	9.2	9.7	9.8	9.0	9.0	11.1
17:11	9.7	9.8	9.4	9.9	10.0	9.2	9.1	11.3
17:12	9.9	10.0	9.6	10.1	10.1	9.4	9.5	11.5

(b)菜寮溪集水區

圖 18 子集水區雨量站及平均雨量列表

7.2 降雨逕流分析

當點選或自動執行到降雨逕流分析時，依序執行各子集水區各模式降雨逕流分析，南化水庫及烏山頭水庫屬自然溢洪水庫，此時一併進行水庫演算，推算溢洪水量。若目前這個時段有發電放水或針對供水標的放水，則假定供水行為持續至防洪運轉結束推估，再進行溢洪水量分析。計算完成後可由流量報表按鈕查詢平均降雨量與逕流量，繪製雨量組體圖，如圖 19 所示。

項目	設施	平均雨量 mm	水位 ELM	進水量 CMS	放水量		
					溢洪道 CMS	放水 CMS	合計 CMS
16:22	0.0	179.61	3	0	7	7	
16:23	0.0	179.61	3	0	7	7	
17:00	0.0	179.63	126	88	0	88	
17:01	0.0	179.57	0	0	0	0	
17:02	0.0	179.57	0	0	0	0	
17:03	0.0	179.57	0	0	0	0	
17:04	1.9	179.55	5	0	0	0	
17:05	7.4	179.60	29	0	2	2	
17:06	9.5	179.75	210	0	2	2	
17:07	11.4	179.94	288	0	2	2	
17:08	13.3	180.40	351	28	2	35	
17:09	13.6	180.91	386	134	7	141	
17:10	13.6	181.44	413	192	6	209	

(a)南化水庫集水區

項目	設施	平均雨量 mm	水位 ELM	進水量 CMS	放水量		
					溢洪道 CMS	放水 CMS	合計 CMS
16:22	0.0	27.25	45	0	45	45	
16:23	0.0	27.25	45	0	45	45	
17:00	0.0	27.25	45	0	45	45	
17:01	0.0	27.25	45	0	45	45	
17:02	0.0	27.25	45	0	45	45	
17:03	0.8	27.25	45	0	45	45	
17:04	3.4	27.25	45	0	45	45	
17:05	6.0	27.27	90	0	45	45	
17:06	8.3	27.31	137	0	45	45	
17:07	10.9	27.37	190	0	45	45	
17:08	12.8	27.45	242	0	45	45	
17:09	13.1	27.55	256	0	45	45	
17:10	13.4	27.64	264	0	45	45	

(b)烏山頭水庫集水區

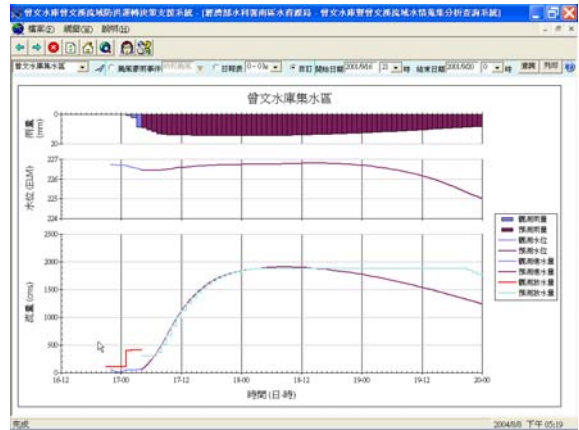
圖 19 子集水區平均雨量與逕流量列表

7.3 曾文水庫運轉操作策略

當點選或自動執行到曾文水庫運轉操作策略時，本功能會自動準備及產生優選模式所需要之檔案，並自動執行優選模式分析。計算完成後可由右方運轉過程按鈕查詢平均降雨量、水庫水位與水庫進水量及最佳放水量，如圖 20 所示，其中由於模式僅分析最佳放水總量，故各水門未來放水量為空白，各子集水區運轉過程歷線，如圖 21 所示。

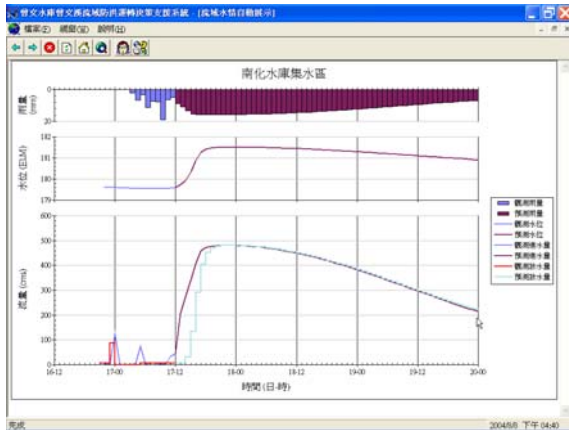


(a) 運轉過程報表

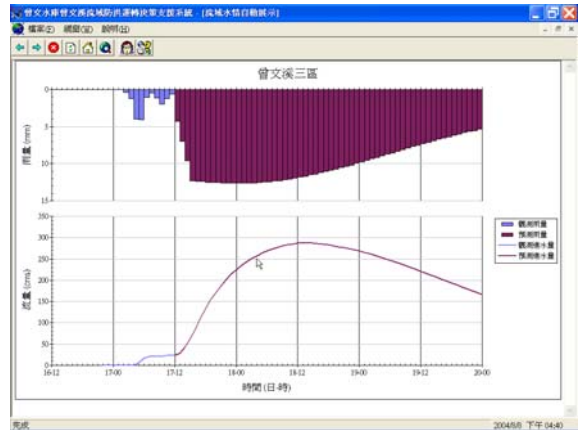


(b) 運轉過程歷線

圖 20 曾文水庫運轉過程推估



(a) 南化水庫集水區



(b) 曾文溪三區

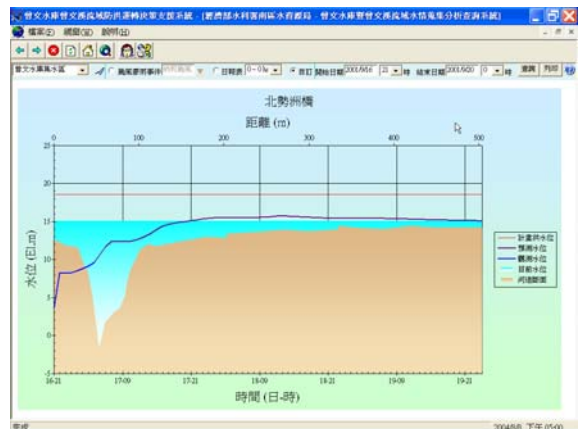
圖 21 不同時刻子集水區運轉過程歷線

7.4 水庫下游河道洪水演算

點選或自動執行到水庫下游河道洪水演算時，本功能會自動執行變量流分析，計算完成後可由水位報表按鈕查詢各水位站水位，各水位站水位歷線可透過報表查詢繪製，如圖 22 所示，未計算之断面水位為空白。



(a) 水位報表



(b) 北勢洲橋

圖 22 不同水位站水位過程

7.5 自動輪撥展示

由於全區曾文溪流域防洪運轉資訊十分繁多，故建立簡易之輪撥展示，讓系統自動定時更換顯示，空間資料採由時間在前向後播放，等雨量線採時間自動輪撥，依序由事件開始時間每 10 秒逐時撥放至事件結束時間；時間資料則輪流播放不同集水區，運轉過程歷線依集水

區分區採空間自動輪撥，依序由曾文水庫集水區每 5 秒逐區撥放至烏山頭水庫集水區，若有足夠顯示器或單槍投影機，可分別在不同螢幕持續撥放，以利快速掌握水情。

7.6 線上輔助說明

系統支援線上輔助說明，在各網頁功能操作時，可隨時點選輔助說明圖示，即可連結到該功能之說明，或利用輔助說明鍵[F1]得到 HTMLHelp 協助，如圖 23 所示。



(a)說明自動導向

(b)HTMLHelp 電子書

圖 23 線上手冊查詢畫面

八、結論與建議

8.1 結論

1. 資料蒐集分析查詢系統採網頁為主之查詢展示畫面，利於多人同時查詢操作，相關業務主管可直接透過網頁了解水情現況，利於防洪運轉決策下達。
2. 加入定時自動分析功能，依預設狀態推估演算，降低操作人員防洪運轉期間操作負擔。
3. 系統可自動持續擷取氣象局雨量、南水局雨量、水庫水位、河道水位站，並自動進行資料品管，採通過品管資料組合進行平均雨量自動分析。
4. 水庫放水決策之建議依新公告之曾文水庫運用要點修改，並增加壩址為防洪運轉之洪峰控制點，在對外連線中斷無法取得下游資訊時，建議相應之放水策略以利參採。
5. 系統展示分析成果時，提供操作人員小時等雨量線圖、各測站雨量、平均雨量觀測及推估組體圖、水庫進水量、水位、放水量觀測及推估過程，下游水位站觀測及推估水位歷線。另提供即時水情展示、自動輪流依序撥放各時段等雨量線、各流域降雨、逕流及水庫水位、放水歷線，以利操作人員迅速掌握即時水情變化。

8.2 建議

1. 未來擬增加氣象局氣象站雨量、水利署水情中心之雨量、水位及河口潮位等有關資料納入分析，並配合運用要點及防救災相關規定，將進入防洪運轉各時段或各層級自動建立開設納入系統，提供當局參考，另結合氣象局豪、大雨預報，並增設颱風動畫相關自動展示畫面，將各種情況組合所需防洪運轉均自動且完整納入系統。
2. 建議將集水區風速、氣壓等氣象資訊，颱風、豪雨及大雨的相關水情資訊納入自動擷取及自動警訊。
3. 品管標記建議底色分為未通過品管、通過品管及未品管或不需品管三類色系，亦即可靠度低於設定值至負數視為未通過品管，可靠度高於設定值之正數視為通過品管，操作人員可不同色系及漸層色快速了解資料品管成果，使其一目瞭然。
4. 颱風期間水庫水位受風浪變化影響，建議檢討即時進水量估計方式，改善水庫即時進水量精度。

5. 曾文水庫最小閘門開度及無害流量之運用，可能違反水利法施行細則第一百二十四條之規定，宜釐清該條文所應規範之必要情況，並賦予特殊情形下之放水彈性。
6. 防洪運轉決策支援系統在部分整合方式混合在主程序中，宜整體進行調整，促進未來系統維護與整合能力。
7. 資料蒐集分析查詢系統在部分查詢效能較為緩慢，未來可考慮將系統由 ASP 升級至 ASP.NET，提高執行效能，並因應作業系統升級。
8. 氣象局在發布海上颱風警報前或解除海上颱風警報後每 6 小時發佈一次觀測、預測資料，海上颱風警報期間，每 3 小時發佈一次資料，海上陸上颱風警報期間，每 1 小時發佈一次資料，由於實際資料發佈需經簽核後才上網，上網時距並非固定，故現階段暫採每半小時檢查一次，建議後續可針對不同狀況下，取時間間距之三分之一，即每 2 小時、1 小時及 20 分鐘檢查最新資料，降低平日非必要之網路流量及系統負擔。

參考文獻

1. Chou, Frederick N.-F. and Der-Yung Chen, "Flood Mitigation through Joint Flood Control of Parallel Reservoirs", *Urban Disaster Mitigation: The Role of Engineering and Technology*, F.-Y. Cheng and M.-S. Sheu eds., Elsevier Science, Oxford, England, pp.275-286, 1995.
2. Sinotech Engineering Consultants, Inc. "Estimation of Probable Maximum Flood for Tsengwen Reservoir By Typhoon Model Method", Tsengwen Reservoir Administration Bureau, Sep. 1997.
3. 吳哲雄、徐安然、周乃昉、鄭子璉，「曾文水庫防洪運轉作業資訊化初步研究」，八十八年電子計算機於土木水利工程之應用研討會，臺灣，台中，第 755-764 頁，民國 89 年 2 月。
4. 周乃昉、楊豐榮、鄭子璉、鄭志偉，「曾文水庫即時防洪運轉分析模式之研擬」，第二屆環境系統分析研討會，臺灣，台南，第 329-335 頁，民國 88 年 12 月。
5. 林柏璋、周乃昉、鄭子璉，「程式整合技術應用於水稻田平衡模擬系統」，八十八年電子計算機於土木水利工程之應用研討會，臺灣，台中，第 789-798 頁，民國 89 年 2 月。
6. 財團法人成大水利及海洋研究發展文教基金會，「曾文水庫防洪運轉資訊系統委託維護與更新計畫」，經濟部水利署南區水資源局，民國 92 年 11 月。
7. 財團法人成大研究發展基金會，「納莉颱風期間曾文水庫防洪運轉過程鑑定報告」，經濟部水利處，民國 91 年 3 月。
8. 財團法人農業工程研究中心，「曾文水庫在緊急情況下運轉操作之探討研究 第二部份防洪運轉分析及其規則之檢討修定」，台灣省曾文水庫管理局，民國 82 年 12 月。
9. 許銘熙、李天浩、陳明仁，「淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充」，經濟部水利處第十河川局，民國 89 年 12 月。
10. 黃慶光、張雲羽、鍾鴻霖、林杰熙、夏漢民、鄭昌奇、王瑞雯、楊淑敏，「洪水預報系統整合規劃」，第十二屆水利工程研討會論文集，台灣，台南，第 D-25-D-31 頁，民國 90 年 7 月。
11. 楊豐榮、徐安然、周乃昉、鄭子璉，「曾文水庫防洪運轉及洪水預報資訊系統改善策略」，九十二年「電子計算機於土木水利工程應用」研討會與論壇論文集，台灣，臺北，民國 92 年 7 月。
12. 楊豐榮、徐安然、周乃昉、鄭子璉，「曾文河流域水庫整體防洪運轉決策支援系統之建置」，第十四屆水利工程研討會論文集，台灣，新竹，第 B102-B109 頁，民國 93 年 7 月。
13. 經濟部水利處南區水資源局，「臺灣省曾文水庫運用規則」，民國 88 年 6 月。
14. 經濟部水利署南區水資源局，「曾文水庫水門操作規定」，經濟部水利署頒，民國 92 年 5 月。

15. 經濟部水利署南區水資源局，「曾文水庫運用要點」，經濟部水利署頒，民國 91 年 10 月。
16. 蔡孝忠，「颱風定量降雨氣候預報模式之研究」，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，民國 89 年 6 月。
17. 鄭子璉，「Microsoft® Visual Basic 之 Variant 變數應用」，微軟之友季訊，夏季 6 月號，第 42~49 頁，民國 90 年 6 月。
18. 鄭子璉，「培基語言網站」，<http://tlcheng.adsldns.org/TLCheng/Basic/>，民國 93 年 7 月。
19. 鄭子璉、周乃昉，「徐昇多邊形網法之數值計算」，台灣水利，第四十八卷，第三期，台北，第 43-51 頁，民國 89 年 9 月。
20. 鄭子璉、周乃昉，「高度平衡多邊形法之幾何計算」，中國土木水利工程學刊，第十三卷，第四期，台灣，台北，第 735-746 頁，民國 90 年 12 月。
21. 鄭志偉，「最佳防洪運轉下水庫洪峰水位之不確定性」，碩士論文，國立成功大學水利及海洋工程研究所，民國 89 年 12 月。
22. 黎明工程顧問股份有限公司，「烏山頭水庫第三次安全評估 總報告」，台灣省嘉南農田水利會，民國 90 年 12 月。
23. 簡俊彥、郭玉珍、黃月娟，「曾文水庫操作運轉對下游流域影響之研究」，台灣省水利局，七十三年度研究發展計劃，民國 74 年 2 月。

謝誌

本系統承蒙台灣大學土木工程系李天浩教授、蔡孝忠先生協助雨量預報，微軟技術社群暨最有價值專家部提供相關技術資源，自來水公司南化給水廠胡偉德股長提供南化水庫相關資料，嘉南農田水利會烏山頭管理處陳艷星先生提供烏山頭水庫相關資料，氣象局預報中心楊啟瑞課長提供氣象局伺服器相關資料，經濟部水利署洪銘堅簡正於河道演算模式應用指導，經濟部水利署第六河川局郭建宏工程司提供曾文溪下游河道斷面及橋樑資料，及曾文水庫管理中心洪燈河先生協調資料擷取、林俊輝先生協助曾文溪流流域實地探勘，使研究成果更臻完備，謹致謝忱。