

曾文溪流域水庫整體防洪運轉決策支援系統之建置

楊豐榮¹

徐安然²

周乃昉³

鄭子璉⁴

摘要

經濟部水利署南區水資源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。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。

具體改進事項包括將南化水庫、烏山頭水庫之即時調洪狀態及曾文水庫配合之防洪運轉納入系統一併分析，在決策支援系統組成上分別建置查詢展示子系統及決策分析子系統，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，決策分析系統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。

關鍵詞：南化水庫、烏山頭水庫、曾文水庫、防洪運轉決策支援系統

Decision Support System for Flood Mitigation Operation of Tsengwen Reservoir

Fong-Rong Yang¹, An-Lan Hsu², Frederick N. Chou³, Tze-Lien Tseng⁴

Abstract

The operation authority of Tsengwen reservoir is the Southern Water Resources Bureau (SWRB) of Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Taiwan. To achieve a successful flood mitigation operation, SWRB concluded that real-time information of correct rainfall depth of the river basin and the watershed flood hydrograph of a reservoir were key issues for developing the optimal flood releasing policy. This research developed a decision support system (DSS) for devising flood operation policy of the Tsengwen reservoir. This DSS consisted of two subsystems. One was real-time flood information subsystem (RFIS) with information inquiry and presentation of figures and tables. This subsystem integrated all operation related real-time flood information. These included the information of forecasted rainfall of whole river basin, tidal process at river mouth and lateral inflow of downstream river channels. The other one was the optimal flood operation policy subsystem (OOPS). This subsystem carried out optimal releasing policy analysis with newly updated real-time information of RFIS. The OOPS prescribed the minimum releasing policies by considering simplified flood routing of downstream river channels.

一、前言

楊豐榮 徐安然 周乃昉 鄭子璉

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，迄民國九十二年業已運轉 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及九十年納莉颱風等三次大量進水情況，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。

¹經濟部水利署南區水資源局 局長

²經濟部水利署南區水資源局 正工程師

³國立成功大學水利及海洋工程學系 副教授

⁴國立成功大學水利及海洋工程研究所 研究助理

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不相容，故更新方向以資料庫為主，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，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，故將所有觀測資訊集中管理建置，將連續觀測資料與防洪運轉分析分開存放，防洪運轉分析僅從資料庫自動擷取必要資訊置入分析，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，受防洪運轉分析過度佔用 CPU 時間，導致資料擷取未能正常執行，故規劃將資料庫、資料擷取及查詢相關功能獨立建置「曾文水庫暨曾文溪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「曾文水庫暨曾文溪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。

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閘門操作臨時指令與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。

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，均採本套軟體格式建置
	Lindo 6.1	Client	配合優選模式執行
	Surfer 8	Server	繪製等雨量線圖使用
免費下載	IE6 SP1	全部	瀏覽本系統、升級作業系統並支援穿越防火牆，PNG 檔
	OWC 10/11	全部	繪圖展示，若需即時變更繪圖選項，則需安裝 Office
	MDAC 2.8	全部	存取資料庫元件
	MSDE 2000	Server	SQL Server 2000 免費版本，唯資料庫不得超過 2 GB
	ntpClock 1.21	Server	時間與經濟部標準檢驗局標準鐘同步，Client 端應啟動與 Server 間之時間校準

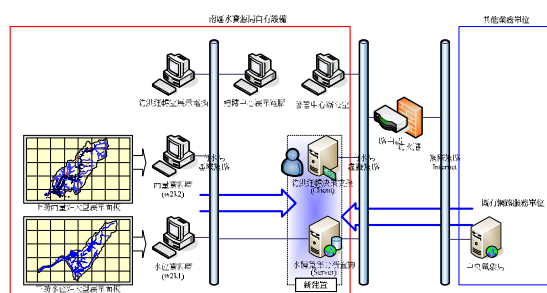


圖 1 本文新建置之系統架構圖

三、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中央氣象局(以下簡稱氣象局)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，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。

3.1 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 92 年 10 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，方可連上氣象局資料伺服器。

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 擷取氣象局資料納入功能與項目

項目	說明
網路中斷或無服務	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

3.2 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，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 w2k2。包含雨量資訊 9 站，水庫水位站 3 站，河道水位站 10 站。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。

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 5 擷取南水局資料納入功能與項目

項目	說明
資料	每整 5 分鐘過 1 分後開始擷取，每整點過

擷取	1 分後開始統計，並與氣象局資料擷取時間錯開
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

四、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）應由資料生產單位進行。品管分類上，採表 6 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 2 所示，使操作人員可快速了解資料品管成果。

4.1 雨量資料品管

1. 空間連續性檢定

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

表 6 品管分類與標記值

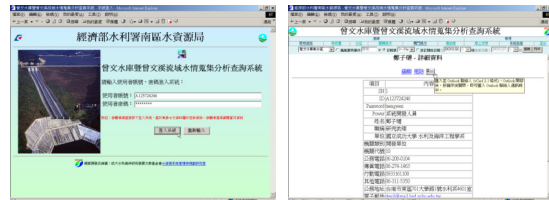
值域	項目	說明
Null	無資料	資料與品管同時為 Null
	未品管	表資料擷取後尚未經過品管
< 0	故障	測站發生故障
	應檢查	連續未通過硬品管
	未通過	未通過硬品管
		未通過時間連續性檢查
未通過空間連續性檢查		
0~1	可靠度	該筆資料模式推估之可靠度
> 1	應注意	在容許時間內未通過硬品管
	正式資料	經由公文系統或公開發售、購買所得資料
	人工匯入	由歷史資料匯入，或人工新增或編修
	插值求得	在指定時段瞬間無資料，由前後最接近之時間插補
	模式計算	模式分析計算成果
	預報值	模式預測成果

五、資料蒐集分析查詢系統

5.1 帳號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，分別依層級設定資料刪除、編輯、新增及查詢權限，防洪運轉模式執行權限等。通訊錄可直接網頁查詢後，匯入 Outlook 或 Outlook Express，做為一般連絡使用，如圖 3 所示。

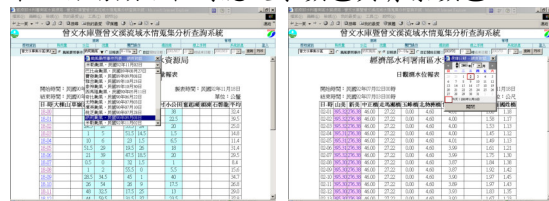
系統經帳號密碼授權登入，若帳號或密碼任一項空白時，自動改以參觀者登入系統。在登入狀態下，點選系統右上角登出功能可登出系統，或直接關閉瀏覽器，若閒置時間超過 20 分鐘，將自動登出系統。



(a) 系統登入 (b) 聯絡人詳細資料
圖 3 系統登入與聯絡人查詢畫面

5.2 資料查詢方式

資料查詢包含三種選擇方式，颱風或降雨事件選擇、日報表兩種時距選擇及自定時間範圍選擇，颱風或降雨事件選擇會自動由資料庫讀出颱風列表，包含氣象局即時已發布海上陸上颱風警報之颱風，日報表查詢可選擇以 0 點到 24 點或是上午 9 點到隔日上午 9 點兩種，如圖 4 所示，資料查詢時，若所選擇時間無資料時，則自動以空白顯示，若有資料，則依該站該時刻品管結果，自動顯示相對應文字顏色與背景顏色。



(a) 颱風豪雨事件 (b) 日報表
圖 4 資料查詢畫面



圖 2 自動品管成果查詢展示

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。

4.2 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。

5.3 資料新增與修改

系統支援線上人工手動新增資料與修改資料。系統在權限定義上，修改資料需較高權限方可修改，若具有新增資料權限，不代表亦有修改資料權限。若在具有資料新增權限，則在無資料的時段將以 - 顯示，可點選後新增資料，若具有資料修改權限，則各筆資料均可以滑鼠點選修

改，如圖 5 所示。若新增或修改資料，則該筆資料品管標記將變更為人工匯入，原先之品管標記將被覆寫。

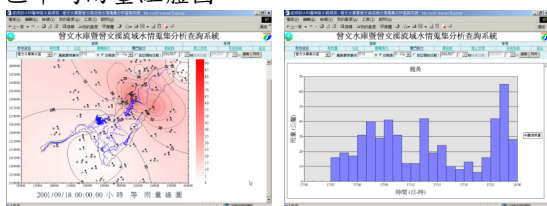


(a)新增 (b)修改
圖 5 資料新增與修改操作畫面

5.4 雨量查詢

預設以報表方式展示雨量資料，如圖 4(a) 所示，由於雨量站數過多，無法一頁完整顯示所有雨量站之資料，依集水區分區將其分為九種選擇，透過地圖或下拉式選單點選集水區，其中除曾文水庫集水區外，均顯示氣象局所屬雨量站，氣象局所屬雨量站在曾文水庫集水區部分的查詢，則加註氣象局於後。

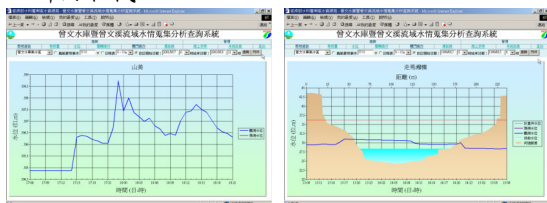
等雨量線查詢時，需點選時間上之超連結，雨量組體圖查詢時，需點選累計上之超連結，如圖 6 所示，雨量組體圖可分別繪製單站雨量或該區平均雨量組體圖。



(a)顯示等雨量線 (b)雨量組體圖展示
圖 6 資料查詢畫面

5.5 水位查詢

預設以報表方式展示水位資料，如圖 4(b) 所示。水位歷線查詢時，需點選平均上之超連結，動態並繪製該站断面、計畫洪水位供參考，如圖 7 所示，各水位站中山美水位站無断面測量資料，玉峰橋在支流上，採曾文溪與菜寮溪匯流口断面取代。



(a)山美 (b)走馬瀨橋
圖 7 水位站水位歷線圖

5.6 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

8 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 9 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。

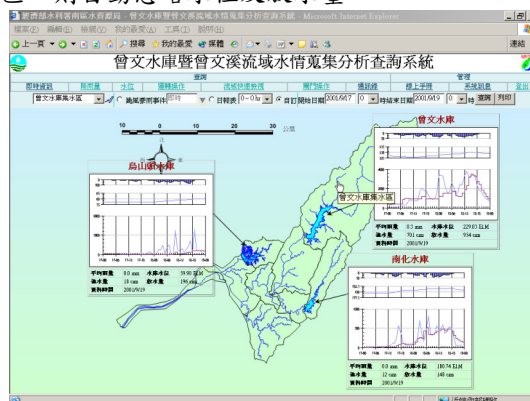
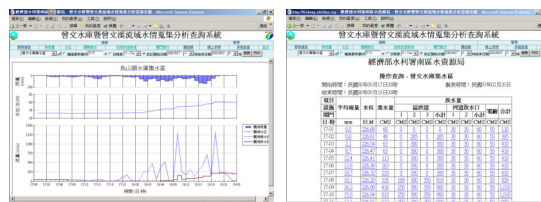


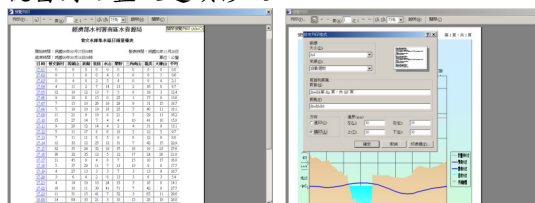
圖 8 主要水庫水情快速查詢



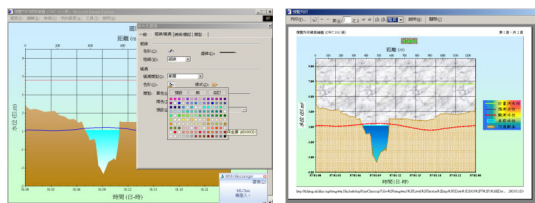
(a)烏山頭水庫運轉歷線 (b)曾文水庫運轉報表
圖 9 水庫運轉過程查詢圖

5.7 列印操作

系統執行列印功能時，自動呼叫預覽列印供使用者先行預覽。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 10 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。



(a)雨量日報表 (b)橫向列印設定
圖 10 預覽列印操作畫面



(a)填色漸層方式 (b)繪圖預覽列印
圖 11 變更圖形操作畫面

5.8 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，並可查詢相關操作規則、系統錯誤訊息，如圖 12 所示。



(a)說明自動導向 (b)系統錯誤訊息
圖 12 線上手冊查詢畫面

六、防洪運轉決策資訊系統運作

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 13 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。



(a)起始快速選單 (b)執行中快速選單
圖 13 防洪運轉決策資訊系統

6.1 雨量預報及平均雨量計算

當觀測雨量匯入資料庫後，自動進行資料品管分析，完成後選取通過品管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 10 秒。

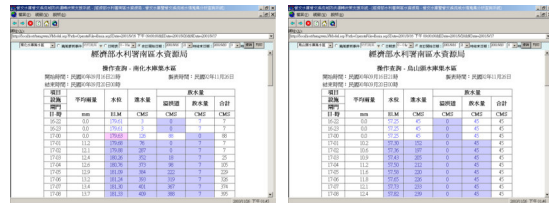
計算完成後可由雨量報表按鈕查詢降雨量與繪製雨量組體圖，報表製作與雨量組體圖均由水情蒐集分析查詢與展示系統處理，如圖 14 所示，其中缺空欄為未預報之雨量站。



(a)曾文水庫集水區 (b)菜寮溪集水區
圖 14 子集水區雨量站及平均雨量列表

6.2 降雨逕流分析

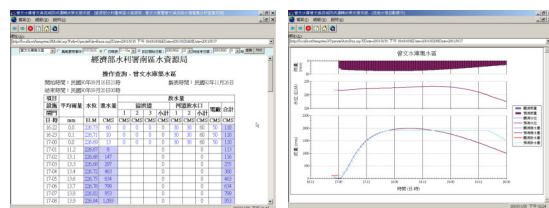
當點選或自動執行到降雨逕流分析時，依序執行各子集水區各模式降雨逕流分析，南化水庫及烏山頭水庫屬自然溢洪水庫，此時一併進行水庫演算，推算溢洪水量。計算完成後可由流量報表按鈕查詢平均降雨量與逕流量，繪製雨量組體圖，如圖 15 所示。



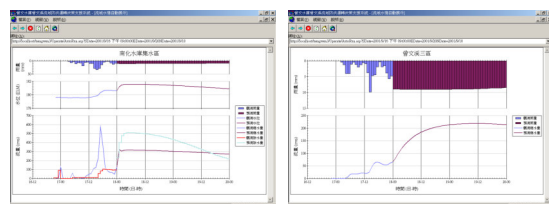
(a)南化水庫集水區 (b)烏山頭水庫集水區
圖 15 子集水區平均雨量與逕流量列表

6.3 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 16 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程，如圖 17 所示。



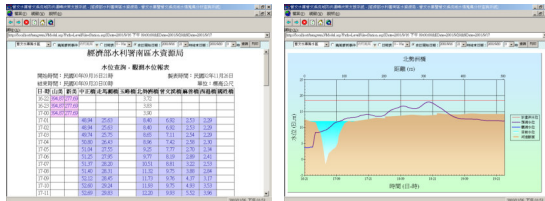
(a)運轉過程報表 (b)運轉過程歷程
圖 16 曾文水庫運轉過程推估



(a)南化水庫集水區 (b)曾文溪三區
圖 17 不同時刻子集水區運轉過程歷程

6.4 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 18 所示，未計算之斷面水位為空白。



(a)水位報表 (b)北勢洲橋

圖 18 不同水位站水位過程

6.5 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。

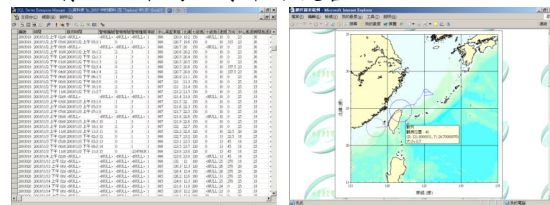
七、結論與建議

7.1 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。
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則依曾文水庫運用要點修改，增加壩址為防洪運轉之洪峰控制點，在無下游資訊時，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。

7.2 建議

1. 未來擬增加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，並增設颱風相關展示畫面，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。目前已新增氣象局颱風資訊即時擷取，包含颱風所有資訊及預報路徑等自動匯入資料庫，如圖 19 所示，其他颱風警報單、熱帶性低氣壓、豪、大雨警報等圖文資料檔則另存硬碟中，依年份及月份自動存放於不同目錄中方便管理。



(a)路徑資料庫 (b)颱風路徑圖

圖 19 氣象局颱風事件功能擴建

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. 曾文水庫最小開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. 曾文水庫在發生百年洪水歷線情況下，欲將放水量限制在 4,940 cms 以下，會升高水庫最高水位，對安全操作有極大壓力，建議對 4,940 cms 之限制宜再加以檢討。

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. 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。
 13. 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。
 14. 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。
 15. 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。
 16. 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。
 17. 鄭子璉，「培基語言網站」，<http://tlcheng.adsltdns.org/TLCheng/Basic/>，民國 93 年 6 月。
 18. 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。
 19. 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。
 20. 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。
 21. 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。
 22. 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雨量伺服器相關資料，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域實地探勘，使研究成果更臻完備，謹致謝忱。