



# 107 年防汛整合與曾文水庫防洪排砂運轉決策 支援

## Decision support and consultation for flood control operation and sediment venting of Zengwen Reservoir in 2018



主辦機關：經濟部水利署南區水資源局

執行單位：多采工程顧問有限公司

中華民國 107 年 12 月

## 摘要

水庫汛期間防洪操作需嚴密搭配氣象水情之推估及預警方能有效達到水庫防汛減災及蓄水利用之效果。於107年度曾文水庫防淤隧道完工後，為精確研判水庫異重流到達之條件與時機，使曾文防淤隧道利用達最大化，需進行排砂操作模擬，做為未來排砂操作時之重要參考依據。

本年度工作包含(一)庫區入流基本資料蒐集、更新與來源擴充：蒐集、更新與擴充曾文、牡丹、阿公店等3座水庫氣象、地文、水文及重要設施等基本資料；針對不同颱風路徑蒐集彙整3座水庫庫區上游集水區降雨量、水庫入流、出流量等資料，並就水庫可能受侵襲路徑提出分析建議；(二)氣象及水情資訊及簡報提供；(三)水情情資研判諮詢：於豪雨特報或中央氣象局發佈海上陸上颱風警報，且南水局緊急應變小組二級(含)以上開設，提供南水局水庫防洪操作等諮詢服務工作；(四)防汛整合作業與諮詢服務：整合南水局牡丹及阿公店水庫現有各項水文觀測資料與轄區內氣象局之雨量站資料，製作展示查詢介面，並依南水局需求維護曾文展示查詢系統；南水局平時定期或不定期之各項(氣象、水情或資訊)協助及諮詢作業；(五)曾文水庫排砂操作模擬：依歷史颱風資料分析檢討水利署水利規劃試驗所曾文防淤隧道水工模型試驗之排砂操作策略；依據水規所水工模型試驗建議結果，依預估入流量及現場泥砂濃度觀測資料，進行排砂操作策略模擬及提供操作建議；於豪雨特報或中央氣象局發佈海上陸上颱風警報，且南水局緊急應變小組二級(含)以上開設時，需提供南水局相關資訊及諮詢；(六)曾文防洪運轉決策支援：依據各項工作成果產製曾文水庫防洪運轉決策支援介面，其中需包含曾文水庫基本觀測、曾文水庫颱風路徑分析模組及曾文水庫排砂操作建議模組。

相關成果摘要如下：

## 一、庫區入流基本資料蒐集、更新與來源擴充

颱風時期曾文、牡丹與阿公店水庫之氣象、水文及重要設施等基本資料均蒐集更新完畢。

因颱風之侵襲路徑為影響水庫集水區降雨量之關鍵因子，因此針對曾文、牡丹與阿公店水庫各颱風事件期間颱風中心位置與集水區時降雨強度之分佈進行探討，歸納對曾文水庫而言：

1. 當颱風中心位置在台灣北部並延伸至西北近海一帶，曾文水庫集水區降雨最為劇烈，尖峰降雨強度可達每小時40毫米以上。
2. 無論颱風自東海岸登陸時偏北或偏中部，若其後續路徑行經上述所述降雨熱區，即會導致顯著的降雨尖峰，因此雨型屬單峰，惟係偏向前進型、中間型或後退型，與颱風何時經過上述降雨熱區相關，亦受颱風移動速度、颱風強度與其他氣象條件影響。
3. 若颱風自東海岸的中部或偏南部登陸，且後續路徑並未北偏，則屬於典型之第三類路徑，此情境下颱風登陸時與中心離開台灣時均會造成較顯著降雨，故屬雙峰雨型。
4. 除第二、三類路徑外，其餘路徑如有行經上述之降雨熱區，亦可能對曾文水庫集水區產生顯著降雨。如亞力士、歐菲莉、道格、敏督利、康芮等第六類路徑之颱風，雖其係沿台灣東部先呈現南北走向，但其登陸並穿越台灣後，行經上述討論之第二類路徑降雨熱區，因此仍有顯著降雨。

對牡丹與阿公店水庫而言，可歸納：

1. 最顯著之降雨熱區為颱風中心位置接近水庫集水區之範圍時。較於曾文水庫主要受第二、三類路徑颱風影響會導致顯著降雨，牡丹及阿公店水庫因集水區位置偏南，且高程較低，故除颱風偏北的第一類路徑外，餘路徑均有可能導致水庫集水區顯著降雨，尤

以第三、四類路徑為甚。且牡丹及阿公店水庫集水區之尖峰降雨強度達每小時60毫米以上之案例相較於曾文水庫案例更多。

2. 除上述熱區外，其次影響水庫集水區降雨之區位為颱風西行中心位置離開台灣後外圍環流所帶來的後續降雨。

## 二、氣象及水情資訊簡報提供

本年度計有 0613 豪雨、0619 豪雨、0702 豪雨、0822 豪雨及 0826 豪雨及瑪莉亞颱風、山竹颱風等 7 場颱風豪雨事件，7 場事件最高達一級開設，本計畫於事件期間提供局內共 38 次降雨情勢研判簡報，協助局內應變處置。

整體來說，相較於瑪莉亞颱風事件時準確的預報，各場豪雨事件預報狀況較不穩定，有鑑於此本計畫於豪雨預報資訊提供時會更專注於分析預報降雨產品掌握度與天氣趨勢的變化，當轄區預報降雨有偏估狀況時會加強資訊的提供，並提醒局內防汛人員水情的不穩定狀況及注意不同來源的預報水情，盡量以保守的方式推估，以利防洪運轉。

## 三、水情情資研判諮詢

於 0613 豪雨、0619 豪雨、0702 豪雨、0822 豪雨及 0826 豪雨及瑪莉亞颱風、山竹颱風等 7 場颱風豪雨事件期間提供運轉諮詢，至 7 月瑪莉亞颱風前各場事件(0613 豪雨、0619 豪雨、0702 豪雨)之降雨量均不足以提升水庫水位至可運轉水位，期間溢洪道與防淤隧道均未放水。

0822 豪雨於洪水初期，因預期水庫進水流量尚不足以提升水位至標高 230 公尺，因此建議洩放水量有限，直至 8/23 日晚間集水區降雨開始顯著時，方建議逐步提升水庫放水量，預測洪峰為 3,266 cms，實際為 3,363 cms，整體而言所建議策略與現地操作成果相仿。0826 豪雨事件水庫起始水位約在標高 228.48 公尺，曾文水庫洪峰流量為每秒 499 立方公尺，放水量至每秒 550 立方公尺，至 8/29 日洪水流量逐漸消退

時方降低放水並關閉溢洪道閘門，期間均依據即時預測之未來水庫進水流量過程，提供運轉建議，整體而言所建議策略與現地操作成果相仿。山竹颱風未帶來顯著降雨，並未進行防洪運轉。

#### 四、防汛整合作業與諮詢服務

南區水資源局水文資訊展示平台首頁及水位、雨量觀測展示頁面、資料庫、後端程式等，總共維護更新 19 項網頁子功能、90 筆資料庫表單資訊、6 項後端程式。於 5/21~5/29 進行網頁伺服器升級與移轉作業。

於南區水資源局水文資訊展示平台既有雨量觀測及水位觀測網頁擴充展示轄區阿公店水庫集水區、牡丹水庫集水區內氣象局、水利署、共 4 座水位站、17 座雨量站相關基礎資訊，並依據「106 年度南水局防汛整合作業」成果報告建議，於資料庫新增曾文水庫上游流域外鄰近 5 站雨量站觀測資訊，並於展示平台擴充展示。

本年度配合南水局需求提供約 38 報氣象、水情或資訊協助諮詢服務。

#### 五、曾文水庫排砂操作模擬

1. 水規所(2018)之操作規則，經分析可略為修正成入庫總水量1.6億  $m^3$  以上或總入庫水量與起始水位庫容比0.65以上；異重流到達大壩之時間可略為修正成入庫流量  $300 m^3/s$ 起算，平均入流量大於  $1,400 m^3/s$ 且入庫水量與起始水位庫容比需大於0.5，此外事件過程中若該小時入流量達每秒2,700立方公尺以上，則亦可能產生異重流到達大壩。然水規所建立之操作策略因有其立論與背景，現階段不應輕易更改或調整之，建議持續追蹤現地觀測成果。
2. 曾文水庫異重流潛入點大部份位於斷面18至斷面21之間，除了93年敏督利颱風及97年莫拉克颱風兩極端水情及水文情境事件。

3. 異重流運移速度介於0.24m/s至0.61m/s之間，平均約為0.39 m/s，而速度係數a介於0.054至2.11之間，平均約為0.54。因速度係數之推估係以潛入點發生位置到壩前運行距離及實測到達時間為依據，因此a值範圍較分散。然曾文水庫迄今尚未發現異重流從上游逐漸往壩前運移之現象，建議後續持續收集資料，逐步進行異重流速度係數a值之校正，進而計算異重流運移時間及到達時刻，以提供排砂操作策略模擬及建議。
4. 本年度七場事件中，在水庫水位高於EL. 210公尺時，入庫水量皆未達3億立方公尺(0613豪雨、0619豪雨及0702豪雨)，當水庫水位高於EL. 210公尺時，入庫水量皆未達5億立方公尺(瑪莉亞颱風、0822豪雨及0823豪雨)，總入庫水量與起始水位庫容比亦皆未大於1，入庫尖峰流量皆未達1,500 m<sup>3</sup>/s，且曾文水庫泥砂濃度監測取水塔及一號導水隧道出口皆無高泥砂濃度監測值，因此均不具備防淤隧道異重流及渾水潭排砂條件。然在水位高於EL. 210公尺時，需進水達5億m<sup>3</sup>以上或進水量與起始水位庫容比大於1之情境下，水庫有可能已進入防洪運轉操作的程序中，因此若無異重流發生且防洪運轉屬調節性放水，將以防淤排砂操作併於防洪運轉中，並以啟動防淤操作優於溢道閘門排放為原則。
5. 排砂運轉依據水規所擬定之排砂操作規則，並視現地情況將排砂操作併於防洪運轉，提供逐時防洪操作水位歷線等水情資訊，並建議水庫安全檢查工作應同步配合監測。

## 六、曾文水庫防洪運轉決策支援

撰寫自動化程式定時自動擷取水利署緊急應變系統水庫觀測網路服務資料，曾文水庫泥砂濃度觀測系統泥砂濃度及濁度資訊，匯入南區水資源局水情資訊平台之MYSQL 資料庫。

開發「水庫基本觀測」、「曾文水庫泥砂濃度資訊」、「曾文水庫泥砂濁度資訊」、「曾文水庫颱風線上排砂水情簡報」、以及「曾文水庫颱風相似路徑分析」網頁，並擴充於既有之南區水資源局水資訊展示平台，提供局內防汛時期決策支援參考。

## **七、報告撰寫及成果繳交**

本年度相關報告之提送均符合規定。

## 第四章 結論與建議

### 4.1 結論

#### (一)庫區入流基本資料蒐集、更新與來源擴充

颱風時期曾文、牡丹與阿公店水庫之氣象、水文及重要設施等基本資料均已蒐集更新完畢，並提供曾文水庫、牡丹、阿公店水庫於歷史颱風事件期間颱風中心位置與集水區時降雨強度之分析，其中，對曾文水庫而言：1. 當颱風中心位置在台灣北部並延伸至西北近海一帶，曾文水庫集水區降雨最為劇烈。2. 無論颱風自東海岸登陸時偏北或偏中部，若其後續路徑行經上點所述降雨熱區，即會導致顯著的單峰降雨，其形態則受到氣象條件影響。3. 颱風自東海岸的中部或偏南部登陸，未北偏，則在第三類路徑影響下會呈現雙峰型降雨。4. 除第二、三類路徑外，其餘路徑如有行經上述之降雨熱區，亦可能對曾文水庫集水區產生顯著降雨。

對牡丹、阿公店水庫而言：1. 除颱風偏北的第一類路徑外，餘路徑均有可能導致水庫集水區顯著降雨，尤以第三、四類路徑為甚。2. 其次影響水庫集水區降雨之區位為颱風西行中心位置離開台灣後外圍環流所帶來的後續降雨。

#### (二)氣象及水情資訊簡報提供

於0613豪雨、0619豪雨、0702豪雨、0822豪雨及0826豪雨及瑪莉亞颱風、山竹颱風等7場颱風豪雨事件提供共38次降雨情勢研判簡報，協助局內人員防汛操作參考。

#### (三)水情情資研判諮詢

於0613豪雨、0619豪雨、0702豪雨、0822豪雨及0826豪雨及瑪莉亞颱風、山竹颱風等7場颱風豪雨事件期間提供運轉諮詢，保障本年度事件期間曾文水庫及下游河道安全並達到期末蓄水需求。



#### (四)防汛整合作業與諮詢服務

維護更新南水局水情資訊平台19項網頁子功能、90筆資料庫表單資訊、6項後端程式；新增曾文水庫上游流域外5站雨量站觀測資訊；擴充展示轄區阿公店水庫集水區、牡丹水庫集水區內氣象局、水利署、共4座水位站、18座雨量站相關基礎資訊；配合南水局需求提供約38報氣象、水情及資訊協助諮詢服務，確保防汛期間南水局人員取得充足之氣象水情資訊參考。

#### (五)曾文水庫排砂操作模擬

依據研究成果提供水利規劃試驗所排砂操作規則精進建議，然水規所建立之操作策略因有其立論與背景，現階段不應輕易更改或調整之，建議未來持續追蹤現地觀測成果。

研究顯示曾文水庫異重流潛入點大部份位於斷面18至斷面21之間；異重流運移速度平均約為0.39 m/s，速度係數約為0.5。

#### (六)曾文水庫防洪運轉決策支援

曾文水庫防洪運轉決策支援系統擴充於既有之南區水資源局水資訊展示平台，包含「水庫基本觀測」、「曾文水庫泥砂濃度資訊」、「曾文水庫泥砂濁度資訊」、「曾文水庫颱風線上排砂水情簡報」、以及「曾文水庫颱風相似路徑分析」網頁，可提供局內人員曾文水庫防洪排砂決策參考。

#### (七)報告撰寫及成果繳交

本年度相關報告之提送均符合規定。

## 4.2 建議

1. 建議未來於南區水資源水情資訊平台持續擴充曾文水庫、牡丹水庫、阿公店水庫之即時水情資訊，並持續精進、檢討水位觀

測、降雨觀測、颱風相似路徑、水庫集水區預報雨量比較等相關展示功能及分析能力，以供後續作業參考。。

2. 持續依據現場觀測數據進行排砂隧道操作規則之分析檢討。
3. 持續利用TCATM模式及率定後之係數，進行預報異重流到達壩前時間推估，以及排砂操作策略模擬及建議之參考資料來源。
4. 本計畫根據歷史颱風所評估之可能產異重流到達壩前及異重流到達壩前時間之數值條件均小於水規所(2017)之操作規則，然水規所建立之操作策略因有其立論與背景，現階段不應輕易更改或調整之，因此依保守原則仍建議採用水規所(2017)之操作規則於實際應用上。
5. 為掌握防洪運轉期間水庫放水對下游河道之衝擊影響，本計畫執行期間已與第六河川局建立溝通機制，未來防洪運轉期間評估水庫運轉策略時，將一併傳送所建議之未來水庫放水策略供六河局評估未來六小時之河道水位變化情況，未來亦期望可逐步整合水庫防洪運轉決策支援系統與下游河道之防汛即時應變系統，以提升決策支援成效。
6. 本研究所作評估分析視為現階段之研究成果，然仍需透過現地資料進行修正，並將持續追蹤現地觀測成果。建議未來排砂運轉將依據水規所擬之排砂操作規則，亦將視現地情況之需求將排砂操作併於防洪運轉中。同時配合防洪操作提供逐時水位歷線等水情資訊供參考，並建議水庫安全檢查工作應同步配合監測。
7. 蒐集或進行曾文水庫防淤隧道其適合排出泥砂粒徑之相關研究。
8. 雨量之即時校驗建議可以鄰站互相比對、雨量站與雷達網格雨量比對、以及與水庫進水流量比對等方式進行。
9. 持續建置水庫放水對下游河道洪水影響之分析。