

# 112年度曾文水庫庫區泥砂濃度觀測站維護 及資料蒐集分析

Maintenance of Automatic Monitoring System for Sediment  
Concentration and Measurement Data Analysis of  
Zengwen Reservoir, 2023



主辦機關：經濟部水利署南區水資源分署

執行單位：國立臺灣大學

中華民國 112 年 12 月

# 112年度曾文水庫庫區泥砂濃度觀測站維護 及資料蒐集分析

Maintenance of Automatic Monitoring System for Sediment  
Concentration and Measurement Data Analysis of  
Zengwen Reservoir, 2023

主辦機關：經濟部水利署南區水資源分署

執行單位：國立臺灣大學

中華民國 112 年 12 月

## 摘 要

### 一、泥砂濃度觀測系統維護及保養

系統儀器設備除平時維護外，汛期來臨前需加強保養及測試，為確保 112 年度颱風豪雨期間能順利進行即時監測，得到正確之資料，本年度已於汛期來臨前針對各項觀測設備進行檢測(詳表摘-1)，完成各項重要設備之整備。另外為確保各觀測站之工作穩定性，本年度辦理濃度計主機訊號處理器更新維護計 2 組(防淤隧道出口站、1 號導水隧道出口站)，濃度計感測探頭更新維護計 2 組(防淤隧道出口站、1 號導水隧道出口站)。

相關儀器維護保養的要領在於(1)設備外觀的完整及清潔 (2)感測器感側面的清潔 (3)功能運轉正常。

**表摘-1 維護成果摘要**

112 年度各測站維護保養成果摘要	
定期維護	(1)3 月 9 日、(2)4 月 27 日、(3)5 月 9 日、(4)6 月 8 日、 (5)7 月 11 日、(6)8 月 7 日、(7)9 月 21 日、(8)10 月 3 日、 (9)11 月 1 日、(10)12 月 7 日
颱風前 臨時維護	(1)5 月 29 日瑪娃颱風、(2)7 月 24 日杜蘇芮颱風、 (3)8 月 29 日蘇拉颱風
率定日期	(1)3 月 9 日、(2)4 月 27 日、(3)7 月 11 日、(4)10 月 3 日
備註	1.為順利進行本年度颱風觀測作業，已於汛期來臨前確實完成各項重要儀器設備之檢測及維護。 2.儀器維護:包含量測單元、傳輸系統、電力系統、浮台及錨錠設備、抽水設備、輔助設備等之維護。 3.儀器率定:泥砂濃度觀測相關儀器。

## 二、觀測系統平台颱風豪雨事件資料查詢功能更新維護

現有網頁系統展示介面主要用來及時展示庫區內 9 個測站的泥砂濃度、濁度等即時觀測數據之展示，為使網頁系統在使用上更加符合實際使用需求，尤其是對於特定颱風豪雨事件之各出水工濃度、排砂量、出流量等相關資訊能更加便利的查詢，並可以設定特定查詢條件進行事件查詢，工作團隊更新維護現有的網頁展示介面，經由了解主辦單位使用上之需求後，新增改善在資料搜尋上的功能，使查詢及展示的方式能更加完美，俾求完整呈現及運用。(詳圖摘-1)

**更新維護前**

排砂事件運轉觀測紀錄主要頁面

1-1. 搜尋功能

1-2. 搜尋條件分門別類

2-1. 搜尋事件列表

搜尋事件逐時紀錄&編輯視窗

**更新維護後**

排砂事件運轉觀測紀錄資料查詢功能更新維護

1-1. 事件搜尋區塊

1-2. 設定搜尋條件進行查詢

1-3. 含十種設定條件可供複數條件搜尋

PDF報表輸出 XLS報表輸出

2-1. 搜尋結果列表

2-2. 事件逐時紀錄

各年度事件清單 事件年度

日期時間

尖峰入流量

排砂量

累積雨量

圖摘-1 查詢功能更新維護主要頁面簡介



### 三、112 年颱風觀測之資料整理與分析

今年度截至目前為止進行了 6 次的颱風豪雨事件進駐觀測作業，本章節彙整颱風豪雨事件資料分析與彙整如下(詳表摘-2 及表摘-3):

表摘-2 本年度颱風豪雨事件觀測紀錄重點彙整

颱風事件名稱		(1) 杜蘇芮 颱風	(2) 卡努 颱風	(3) 蘇拉 颱風	(4) 海葵 颱風	(5) 0910 豪雨	(6) 小犬 颱風
觀測時間		7/26 10:00   7/28 12:00	8/4 08:00   8/5 20:00	8/30 14:00   8/31 12:00	9/2 12:00   9/4 12:00	9/10 22:00   10/4 07:00	10/4 08:00   10/6 09:00
總歷時		50 小時	36 小時	22 小時	48 小時	561 小時	49 小時
水情資料	最大時雨量(mm)	4.4	34	0.5	2.3	29.8	0.2
	累積降雨量(mm)	35.5	304.1	1.1	21.9	245.7	1.4
	臨前水位(m)	200.71	204.88	224.09	224.61	229.12	229.85
	最大水位(m)	201.33	212.02	224.27	224.62	230.1	229.85
	最大入流量(cms)	72	1208	94	50	669	20
	入庫水量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	624	9696	530	498	11190	356
出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	發電放水口	無放流	無放流	無放流	882	無放流	無放流
	排砂道/PRO	無放流	無放流	無放流	無放流	3893	無放流
	防淤隧道	無放流	無放流	無放流	無放流	5370	353
	溢洪道	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流
	小計	無放流	無放流	無放流	882	9263	353
各站最大濃度(ppm)	庫區上游站 (斷面 14)	158	158	157	158	503	157
	庫區中游 1 站 (斷面 7)	150	150	149	150	177	149
	庫區中游 2 站 (斷面 7)	157	365	175	161	746	157
	觀景樓站	59	58	163	164	171	63
	防淤隧道入口站	101	101	100	101	100	119
	取水塔站	110	318	187	196	191	147
	溢洪道站	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流
	1 號導水隧道 出口站	無放流	無放流	無放流	3807	3102	無放流
防淤隧道出口站	無放流	無放流	無放流	無放流	127	124	
排砂量(m <sup>3</sup> )	發電放水口	無放流	無放流	無放流	1804	無放流	無放流
	排砂道/PRO	無放流	無放流	無放流	無放流	5444	無放流
	防淤隧道	無放流	無放流	無放流	無放流	7580	494
	溢洪道	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流	無放流
	小計	無放流	無放流	無放流	1804	13024	494
異重流強度判斷		無	無	無	無	無	無

表摘 3 曾文水庫異重流觀測相關水文資訊

年份	事件名稱	事件期間『大埔站』水文觀測 (資料來源:成大防災中心團隊)				事件期間『庫區』水文觀測								
		最高濃度	平均濃度	推估尖峰入流量	推估平均入流量	水庫起始水位	累計降雨量	降雨強度	尖峰入流量	平均入流量	取水塔站(壩前)			異重流強度分類
											底層最高濃度	破萬濃度出現與尖峰入流量出現間隔時間	高濃度泥砂流速	
(ppm)	(ppm)	(cms)	(cms)	(m)	(mm)	(mm/hr)	(cms)	(cms)	(ppm)	(hr)	(m/s)			
112	杜蘇芮颱風	1,665	864	—	—	200.71	35.5	0.7	72	29	110	—	—	—
112	卡努颱風	19,033	10,650	1,078	639	204.88	298.0	8.4	1,208	612	318	—	—	—
112	蘇拉颱風	—	—	—	—	224.09	1.1	0.1	94	39	187	—	—	—
112	海葵颱風	694	619	—	—	224.61	21.9	0.5	38	28	196	—	—	—
112	0910 豪雨	3,500	—	585	—	229.12	245.7	0.4	669	106	191	—	—	—
112	小天颱風	—	—	—	—	229.85	1.4	0.03	20	19	147	—	—	—
備註	<p>◎事件期間『大埔站』水文觀測</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.最高濃度→大埔站觀測團隊(成大)進駐觀測期間所提供最高濃度值。</li> <li>2.平均濃度→大埔站觀測團隊(成大)進駐觀測期間測得所有逐時逐筆濃度值之平均值。</li> <li>3.推估尖峰入流量→大埔站依現場量測推估所得最高入流量。</li> <li>4.推估平均入流量→大埔站依現場量測推估所得逐時逐筆入流量數值之平均值。</li> </ol> <p>◎事件期間『庫區』水文觀測</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5.破萬濃度出現與尖峰入流量出現間隔時間→壩前取水塔站觀測到高泥砂濃度值之時間點與尖峰入流量產生時間之間隔。</li> <li>6.高濃度泥砂流速→得到高泥砂濃度到達壩前時間後，推估庫區上游到壩前距離估算而得流速值。</li> <li>7.異重流強度分類→依據曾文水庫異重流生成及強度判斷準備對事件進行分級判別。</li> </ol>													

#### 四、報告撰寫與審查

項次	報告內容	進度
(1)	期初報告(決標日次日起 20 天內)	完成
(2)	汛期前監測系統設備維護報告書(112.5.15 前)	完成
(3)	期中報告(112.8.15 前)	完成
(4)	期末報告(112.11.15 前)	完成
(5)	成果報告(期末報告認可後 25 天內)	完成

#### 五、工作項目與本報告章節對照

項次	工作內容	執行狀況	對照章節
<b>(一)泥砂濃度觀測系統設備維護保養</b>			
1.	<p>既有浮台型觀測站設備功能維護 浮台型觀測站計 4 站：含庫區上游站、庫區中游 1 站、庫區中游 2 站及防淤隧道入口站等。</p> <p>(1)量測單元維護：確認濁度計、流速計、超音波泥砂濃度計、感測器、支架及傳輸線之完整性及維護保養；檢測濁度計及流速計量測值、超音波泥砂濃度計之聲音訊號衰減值及量測功能是否正常。</p> <p>(2)傳輸系統維護：確保自動傳輸系統均能正確且穩定傳輸訊號，將即時泥砂濃度資料傳輸至資料庫。</p> <p>(3)電力系統維護：太陽能板、充電機及蓄電池等相關電力設備維護保養，確保觀測站供電穩定。</p> <p>(4)錨錠設備維護：進行浮台錨錠設備維護，以確保浮台能保持在預設位置，使觀測站穩定運作。</p> <p>(5)率定工作：定期對各項量測儀器進行率定工作，確保各項量測數值之準確及可靠性。</p> <p>(6)目前既有浮台測站位置及量測深度，經檢討若有必要時需配合調整。</p>	完成	第三章 第四章
2.	<p>既有陸上型觀測站設備功能維護 既有陸上型觀測站計 5 站：觀景樓站、取水斜塔站、溢洪道站、一號導水隧道出口站及防淤隧道出口站等。</p> <p>(1)量測單元維護：確認濁度計、超音波泥砂濃度儀(抽取式)、感測器、量測桶及傳輸線之完整性及維護保養；檢測濁度計量測值、超音波泥砂濃度計之聲音訊號衰減值及量測功能是否正常。</p> <p>(2)傳輸系統維護：確保自動傳輸系統皆能正確且穩定的傳輸訊號，將即時泥砂濃度資料傳輸至資料庫。</p> <p>(3)電力系統維護：太陽能板、充電機及蓄電池等相關電力設備維護保養，確保觀測站供電穩定。</p> <p>(4)抽水設備維護：觀測站之抽水馬達及管路等設備維護保養，以防止相關因素造成堵塞等所導致之抽水異常，確保抽水設備能正常運作，使量測儀器穩定觀測。</p>	完成	第三章 第四章

<p>(5)率定工作：定期對各項量測儀器進行率定工作，確保各項量測數值之準確及可靠性。</p> <p>(6)濃度計主機訊號處理器更新維護：為確保 1 號導水隧道出口站及防淤隧道出口站濃度計之穩定性，辦理 2 組主機訊號處理器更新維護。</p> <p>(7)濃度計感測探頭更新維護：為確保 1 號導水隧道出口站及防淤隧道出口站濃度計感測探頭之穩定性，辦理 2 組濃度計感測探頭更新維護。</p>		
<p>3.觀測系統平台主機託管及功能更新維護</p> <p>(1)維持泥砂濃度觀測平台網頁及資料庫伺服器之正常運行(含資料庫、伺服器、主機及網頁系統等維護及資安防護)。</p> <p>(2)觀測系統平台颱風豪雨事件資料查詢功能更新維護(特定颱風豪雨事件之各出水工濃度、排砂量、出流量等相關資訊查詢，並可以特定查詢條件進行事件查詢)。</p>	完成	第三章 第四章
<b>(二)颱風事件觀測及分析</b>		
<p>1.颱風前相關設備檢視與臨時維護及監測人員進駐 中央氣象局發布陸上颱風警報或超大豪雨特報且將曾文水庫集水區列入警戒區域後，監測人員需於 8 小時內進駐庫區，除維持自動測站及網頁資料庫正常運作外，並需配合執行各指定地點之人工採樣、校對及相關資訊即時回報等作業。</p>	完成	第五章
<p>2.觀測資料整理與分析</p> <p>(1)分析各颱風事件之入流量及濃度變化歷線，推估入流量及入庫砂量之關係。</p> <p>(2)分析各放流口出流量及與濃度變化歷線，估算各放流口逐時及累積排砂總量。</p> <p>(3)分析各颱風事件之過庫泥砂百分比，並由全年度觀測結果評估水力排砂整體功效。</p> <p>(4)颱風期間持續整合觀測資料，分析水庫水情、入庫流量、過庫流量、大壩附近渾水層累積成長與消褪過程，並結合取水塔站濃度及其渾水潭沉降變化，提出即時庫區泥砂(異重流)運移資訊及觀測資料，供本局「112 年防汛整合與曾文水庫防洪排砂運轉決策支援」計畫運用。</p>	完成	第五章
<b>(三)報告撰寫與審查</b>		
依限提出各期報告，俾辦理各階段審查作業。	依各階段完成	

關鍵字：泥砂濃度觀測站設備功能維護，颱風事件，異重流





## Abstract

### **Maintenance of Automatic Monitoring System for Sediment Concentration and Measurement Data Analysis of Zengwen Reservoir, 2023**

In order to understand the migration behavior of sediment in and out of the Zengwen Reservoir, nine automatic sediment concentration observation stations have been built in the Zengwen Reservoir area since 2011. These stations can measure and collect real-time measurements and data from different sections during typhoons. Sediment and sand concentration data at different depths are further analyzed to determine whether hyperpycnal flow occurs and to predict when hyperpycnal flow will migrate to the front of the dam, providing an important reference for reservoir sand discharge operations.

The main project tasks for the year have been completed. These include: (1) maintenance and calibration of sediment concentration monitoring systems; (2) observation and analysis of typhoon incidents; (3) Web query function update; (4) reviewing the effectiveness of the existing 9 stations; and (5) presenting all reports as per the contract. As required, equipment maintenance was conducted 8 times, and equipment calibration was performed 4 times this year.

According to standard procedures, the observing unit, transmission unit, power system, and display system at each station should be properly maintained and calibrated each time to ensure the system operates correctly. This year, the initial report, interim reports, and final reports were completed, with the results report expected to be finished in December.

Data collected from typhoon and heavy rainfall observations of Tseng Wen Reservoir over the past 10 years were compiled. The events causing sediment concentration stratification in the dam vestibule were analyzed. Results from past numerical simulations were also compiled to determine the generation and strength of density flow, along with recommendations for releasing sediment.

**Key words : automatic monitoring system for sediment concentration, calibration, density flow**

## 結論與建議

### 一、結論

#### 工作項目執行成果整理

本計畫執行期間為 112 年 2 月 1 日起至 112 年 12 月 31 日止，計畫執行期間維護保養，共 9 處自動化泥砂濃度觀測站，執行工作項目主要包含颱風及平時資料收集與彙整分析、觀測儀器維護、既有測站效能檢討、颱風時期進駐量測及觀測成果彙整與分析及各期報告撰寫等，執行成果量化整理如下：

- (一)\*本計畫執行至今共完成了 10 次定期維護及 4 次率定、3 次颱風前相關設備檢視與臨時維護、6 場颱風豪雨事件觀測與 5 場監測人員進駐。

※第(一)點備註：

依核定之工作項目內容，需於曾文水庫庫區完成 9 處泥砂濃度自動觀測站觀測儀器之維護與率定(定期維護頻率：共計 10 次、4~11 月每月 1 次、12-3 月每二個月 1 次，颱風前相關設備檢視與臨時維護：共計 3 場，儀器率定：共計 4 次、每 3 個月 1 次)，工作範圍包括(1)1 號導水隧道出口站、(2)溢洪道站、(3)壩頂取水塔站、(4)觀景樓站、(5)庫區中游 1 站、(6)庫區上游站、(7)防淤隧道入口站、(8)庫區中游 2 站及(9)防淤隧道出口站。

- (二)完成濃度計主機訊號處理器更新維護計 2 組。  
(防淤隧道出口站、1 號導水隧道出口站)
- (三)完成濃度計感測探頭更新維護計 2 組。  
(防淤隧道出口站、1 號導水隧道出口站)
- (四)更新維護現有觀測系統平台颱風豪雨事件資料查詢功能，使其新增能使用以特定颱風豪雨事件之各出水工濃度、排砂量、出流量等相關資訊，以特定查詢條件進行事件查詢。
- (五)完成曾文水庫庫區泥砂濃度觀測系統設備平時維護率定及汛期、颱風來臨前後執行加強保養及測試，另進行觀測、資料彙報、功能檢討改善、整體濃度觀測檢討分析。經由不斷檢討與調校曾文水庫建置的自動化量測系統、量測單元(包含濃度、濁度及流速等)、資料傳輸系統及展示介面，記錄對各項儀器進行穩定性的評估，作為後續改進與更新維護之參考。

- (六)持續收集各項觀測資料對異重流運移模式進行運移分析與泥砂濃度分布之比較，以及排砂效率之模式檢定驗證。
- (七)持續進行歷史颱風豪雨全洪程觀測資料的彙整及綜合研析，提供後續規劃與相關研究改善，提供曾文水庫防淤操作策略精確實用的參考資訊。

#### 工作執行重點

- (一)今年度庫區未發生大型颱風事件，收集近年幾場比較主要的颱風豪雨事件水情資訊進行彙整，整理出排砂事件運轉觀測紀錄表格於本次報告中作為特別事件的介紹，期可作為探討庫區防洪排砂運轉決策之參考。
- (二)為掌握庫區之水砂運移特性，精準的判斷颱風時期中異重流到達庫區前庭的確定時間與證據，掌握主深槽與異重流行進路徑的相對關係實為重要，故參閱年度淤積量測報告後配合現場人工實際量測推斷出各斷面底床狀況，並檢討分析各浮台現有位置，配合各斷面最低點進行調整。
- (三)積極整理過往紀錄與歷史水情資料，以深度資料與水情紀錄進行比較，並與以往數模計算結果比較其差異性加以探討，希望所得結果可供協助未來排砂操作運轉使用。
- (四)執行計畫工作迄今，曾文水庫庫區建置 9 處泥砂濃度自動觀測站建置之量測諸元與傳輸系統均已穩定運行，本計畫所使用的量測單元經過長期使用的經驗，在量測的精準度、所需維護頻率及故障發生率上表現與其他儀器工作性相較尚佳且穩定，而自動傳輸系統訊號傳輸穩定，自陸續完成建置到現在，都能將即時泥砂濃度資料傳輸至伺服器，提供穩定的傳輸。

## 二、建議

- (一)本計畫執行期間執行各測站泥砂觀測，建議未來應研擬檢討更完善之監測網絡及庫區水文預測模式，以便進一步追蹤近年極端氣候下颱風豪雨事件之入流及砂量變化，作為往後庫區各出水工進行排砂操作運轉之參考，期能清楚掌握入砂出砂之現況，有效提升防淤隧道及各出水工排砂效能，援此台灣大學積極蒐集過往水情數據加以分類比較，期能盡早建立曾文水庫庫區水文變化預測模式，加強對異重流的預測，為防淤操作提供更多參考。
- (一)以近年颱風事件期間濃度監測結果來看，上游泥砂入流有發散的現象，與過去異重流概念不同，入庫泥流有較偏右岸流動的狀況，且水庫主深槽每年均有變化，未來執行監測工作應更加注意調整觀測浮台位置，期能更符合主深槽位置。
- (二)浮台型觀測站常因庫區水位變動影響，使儀器垂降於水中量測時受水位影響，造成量測作業的不方便及安全疑慮，故建議浮台型觀測站可增置自動量測單元輔助垂降機構，用以因應庫區水位變動時可即時自動升降量測單元，確保儀器裝置之安全性與泥砂濃度量測之代表性。