

108 年度曾文水庫大壩安全監測分析及檢查 委託技術服務 摘要

曾文水庫設計建造於嘉義縣曾文溪上游，民國62年10月31日完工，自開始蓄水營運至今已達46年，為台灣南部最重要的水資源設施，確保曾文水庫蓄水及營運期間壩體及其附屬設施之安全及穩定，為提供水庫下游民眾生命安全最關鍵課題。因此，經濟部水利署南區水資源局研提「108年度曾文水庫大壩安全監測分析及檢查」委託技術服務計畫，於水庫營運期間持續辦理監測分析及相關現場檢查，評估水庫安全及設施狀況，以維本水庫營運期間之壩體安全性。

一、本年度水庫概況

本年度水庫水位約介於EL.198.51~229.70 m之間，水庫集水區平均累積年雨量為3118.3 mm，最大日降雨量為207.1 mm，發生於5月份梅雨季節，本年度總計發生10次大雨等級降雨量(超過80 mm)、2次豪雨等級降雨量(超過200 mm)，降雨日數約為178天。

本年度壩區有感地震事件發生22起，壩體最大震度為4級，為2月8日芮氏規模4.9之大埔地震所引致，其餘地震事件震度均低。

二、計畫工作成果

本計畫工作範圍包括曾文水庫大壩主體、溢洪道、附屬設施(水工機械及機電設備)、鄰近邊坡及地滑區、防淤隧道及庫區內橋梁。本年度監測分析及檢查結果概述如下。

1. 大壩

本年度壩體滲流各項監測儀器觀測結果，壩體內部水壓計所觀測的總水頭分佈經與滲流分析、蓄水早期的監測資料及鄰近水壓計行為比對，分佈趨勢大致正常。壩體各分區所測得水壓大致符合該分區應有行為，大壩滲流量無異常變化，滲流水質清澈無異常狀況。惟壩體心層內部份水壓計觀測的水壓有起伏狀況，初步研判可能為水壓計管線老舊或滲流狀況改變所引致，建議持續觀測。壩頂及壩面無沉陷情形。現場檢查顯示，壩頂、上下游坡面、右壩座、壩體與溢洪道鑲接處及大壩雜項填方等狀況大致良好，並未發現異常變位、滲水、裂縫沉陷或隆起等異常情形。

2. 溢洪道

本年度溢洪道上游引水路、弧型閘門閘墩、溢洪道鋼橋、堰體及洩槽等結構檢查整體情況良好，修補裂縫填補處無明顯破損及脫落的情形。溢洪道洩槽右側地下水位井觀測的水位均低於第五次安全評估訂立之管理值及洩槽底版表面，無影響堰體及洩槽安定的情形。

3. 附屬設施

本年度發電及永久河道取水口、永久河道放流口土木設施現場檢查狀況良好，汛期前、後辦理曾文水庫各項水工機械設施檢查結果顯示，溢洪道三道弧型閘門、發電進水口閘門、永久河道放水道各控制閘門、防淤隧道控制(弧型)及緊急維護(直立式)閘門等水工機械設施之吊門機、鋼索鼓輪、機械控制元件、油壓系統及油壓缸等機械設備目視狀況良好，無影響設備運轉之異常現象。固定式及移動式緊急柴油發電機空載試運轉測試結果功能正常，無影響設備運轉之異常現象。

4. 鄰近邊坡及地滑區

本年度壩區鄰近邊坡之監測儀器觀測及現場檢查結果，右山脊、梧棲溝地滑區及茅埔地滑區傾斜儀未有異常變位的情形，地下水位均低於第五次安全評估訂立之管理值，研判邊坡安全穩定。右山脊邊坡及其排水廊道、梧棲溝地滑區、取水斜塔鄰近邊坡、落水池周圍護坡及左側邊坡、一、二號導水隧道出口邊坡等狀況均大致良好穩定。蓄水區八德地滑區及泰山地滑區汛期前、後現場檢查並未發現有明顯進一步發展。

5. 防淤隧道

本年度防淤隧道進、出水口邊坡支撐及護坡設施，包括引水鋼管結構混凝土保護工擋土排樁及錨錠基樁、豎井上下方邊坡噴凝土護坡、出水口南北側邊坡地錨、噴凝土及排樁混凝土襯砌目視狀況均良好，未有立即危及邊坡安全的情形。防淤隧道汛期前、後檢查結果，在歷經本年度多次防淤操作之後，襯砌並未有受高速水流可能引起隧道振動而產生之異狀，仰拱及側壁抗磨層亦未有高速含泥沙水流造成既有抗磨層受損處範圍擴大的現象，整體防淤隧道結構物安全穩定。

6. 庫區內橋梁

本年度曾文二、三、四、五號橋以及防淤隧道鋼便橋、大壩溢洪道橋梁、觀景樓人行橋梁狀況尚屬良好，無明顯有危及大壩安全疑慮及使用功能之異常現象。

大壩、溢洪道、附屬設施、鄰近邊坡及地滑區、防淤隧道及庫區內橋梁整體狀況均大致良好，未發現有危及水庫蓄水安全及設施運轉的情形，大壩整體安全無虞。

關鍵字：曾文水庫大壩、安全監測分析及檢查

Abstract

Zengwen Reservoir was designed and built on the upstream of Zengwen River, Chiayi County, and was completed on October 31, 1973. Being the largest reservoir in Taiwan, Zengwen Reservoir is the most important water resource facility in southern Taiwan and has been operating for 46 years since completion. To protect the residents downstream of the reservoir and maintain sustainability, ensuring the safety and stability of the dam and its affiliated facilities during the operation of the Zengwen Reservoir become the most critical issue. Therefore, South Region Water Resources Office had proposed the technical service project, “Safety Surveillance, Inspection and Analysis of Zengwen Reservoir in 2019,” to continuously carry out the monitoring analysis and related field inspection to assure the safety of the dam.

The scope of the project includes the Zengwen Reservoir dam, the spillway, affiliated facilities(hydraulic machine and electromechanical equipment), adjacent slopes, landslide areas, the desilting tunnel and bridges in the reservoir area.

According to the results of monitoring analysis and field inspection, the seepage of the dam was stable and the water quality was clear, it is judged that the dam has no abnormal seepage behavior. Moreover, there are no subsidence on the crest, upstream and downstream slopes, and no unnatural conditions such as displacement, seepage, crack et al. Results showed that the dam is stable and secure. However, some reading of the piezometers in the core was undulating, further actions such as continuous attention are recommended.

The field inspection results of spillway were generally good, no obvious new cracks or damages at the repaired cracks have been observed. The groundwater level on the right side of the spillway was lower than both the chute surface and the management value, no sign was found that could affect the stability of the chute and spillway.

Structures and hydraulic machines of affiliated facilities such as spillways, power generation intakes, permanent river discharge channels, and desilting tunnel were all in good condition and no clear evidence was observed that could affect reservoir safety and machine operation.

The surveillance results of slopes near the dam and four landslide areas around reservoir region were generally good, no obvious unstable signs such as cracks, displacement and shift have been observed.

Slope support and slope protection facilities on the inlet and outlet of desilting tunnel were in good condition and no obvious sign was identified which could affect slope safety and tunnel performance. After several desilting operations this year, no obvious lining anomalies had been identified in the desilting tunnel. Overall, the desilting tunnel is safe and stable.

According to the field inspection and D.E.R.&U. Evaluation Criteria, all bridges, including four bridges on Zengwen dam access road, steel bridge for desilting tunnel, dam spillway bridge and observation tower pedestrian bridge, had been assessed through its structure and functionality. The results presented that all bridges were generally in good condition and well functioning.

In summary, the overall condition of the dam, spillway, auxiliary facilities, adjacent slopes and sliding areas, desilting tunnel, and bridges in the Zengwen Reservoir area were generally good. There is no immediate danger to reservoir storage safety and facility operation. The dam is overall stable and secured.

Keywords : Zengwen Reservoir dam, Safety monitoring analysis and inspection.

結論與建議

根據本年度執行曾文水庫大壩之監測資料分析及現地安全檢查結果，大壩、溢洪道、防淤隧道及其餘附屬設施整體狀況均大致良好，未發現有危及水庫蓄水安全及設施運轉的情形。根據本年度工作成果，彙整結論與建議如后。

一、結論

1. 監測資料分析評估

- (1) 大壩、溢洪道及其餘附屬設施整體狀況均大致良好，未發現有立即危及壩體功能與水庫安全的情形。
- (2) 根據本年度大壩監測儀器觀測壩體滲流行為之結果，壩體內部觀測的總水頭分佈趨勢大致正常，壩體各分區所測得水壓大致符合該區功能應有之行為；大壩量水堰滲流量無異常變化，滲流水質清澈無異常狀況。惟壩體心層內部份水壓計觀測的水壓有起伏狀況，初步研判可能為水壓計管線老舊或滲流狀況改變所引致，建議持續觀測以掌握更多壩體內部資訊以確認水庫蓄水安全。
- (3) 根據本年度壩頂位移沉陷觀測點測量結果，壩頂各測點變位量及變位速率約在1 mm及1 mm/月以內，位於測量容許之誤差範圍內，本年度壩頂無沉陷情形。
- (4) 本年度溢洪道洩槽右側地下水位井觀測的水位均低於第五次安全評估訂立之管理值及洩槽底版表面，顯示並無影響堰體及洩槽安定的情形。
- (5) 本年度右山脊、梧棲溝地滑區及茅埔地滑區傾斜儀及地下水位觀測紀錄，顯示右山脊、梧棲溝地滑區及茅埔地滑區未有異常變位的情形，地下水位均低於第五次安全評估訂立之管理值。
- (6) 根據防淤隧道進水口象鼻引水鋼管光纖光柵傾斜儀監測資料，在對稱的傾斜計角度及變化趨勢上，變化趨勢並不一致，傾斜角度亦不同，研判本結構整體上並未有朝同一方向傾斜之趨勢，尚符合功能需求及整體狀況安全無虞。
- (7) 根據防淤隧道中間柱北側鋼筋應力計及混凝土應變計觀測資料，觀測量值均小於防淤隧道安全維護手冊建議之管理值，中間柱尚符合功能需求及整體狀況安全無虞。

2.現場安全檢查評估

- (1) 壩體大壩上游與下游拋石坡面整體狀況保持良好，並無發現有壩體坍塌、滲漏或下陷等異常現象；大壩坡面及壩趾未發現異常滲水現象，顯示可符合大壩下游側由水平排水層排水以降低滲流水面之設計功能。
- (2) 壩頂道路整體狀況保持良好，壩頂人行道混凝土結構設施及壩頂橋梁之防浪牆，本年度狀況均良好。
- (3) 溢洪道上游引水路、弧型閘門閘墩、溢洪道鋼橋、堰體及洩槽等土木結構檢查整體情況良好，修補裂縫填補處無明顯破損及脫落的情形。
- (4) 本年度水工機械汛期前、後檢查成果，溢洪道三道弧型閘門、發電進水口閘門、永久河道放水道各控制閘門、防淤隧道控制(弧型)及緊急維護(直立式)閘門等水工機械設施之吊門機、鋼索鼓輪、機械控制元件、油壓系統及油壓缸等機械設備目視狀況良好，無影響設備運轉之異常現象。固定式及移動式緊急柴油發電機空載試運轉測試結果功能正常，無影響設備運轉之異常現象。
- (5) 本年度壩區鄰近邊坡現場檢查結果，包括右山脊邊坡及其排水廊道、梧棲溝地滑區及其格框式擋土牆、取水斜塔鄰近邊坡、落水池周圍護坡及左側邊坡、下游河道至一、二號導水隧道出口邊坡等狀況均大致良好穩定。蓄水區八德地滑區及泰山地滑區汛期前、後現場檢查並未發現有明顯進一步發展，而茅埔地滑區邊坡覆土層觀測到的微量傾移情形，對水庫安全運轉影響有限，仍應持續觀測其發展。
- (6) 本年度防淤隧道進出水口邊坡，包括進水口地表閘室上方邊坡、閘室基礎及下方邊坡、引水鋼管結構混凝土保護工擋土排樁及錨錠基樁目視狀況良好，豎井上下方邊坡噴凝土護坡完整無裂縫；出水口南北側邊坡地錨、噴凝土及排樁混凝土襯砌目視狀況良好，未有立即危及邊坡安全的情形。本年度防淤隧道汛期前、後檢查結果，在歷經本年度多次防淤操作之後，進水口漸變段、隧道一般段、消能池及出水口段各區段單元襯砌並未有受高速水流可能引起隧道振動而產生之異狀，仰拱及側壁抗磨層亦未有高速含泥沙水流造成既有抗磨層受損處範圍擴大的現象，整體防淤隧道結構物安全穩定。

- (7) 本年度曾文二、三、四、五號橋以及防淤隧道鋼便橋、大壩溢洪道橋梁、觀景樓人行橋梁狀況尚屬良好，無明顯有危及大壩安全疑慮及使用功能之異常現象。

二、建議事項

本年度基於監測及檢查作業執行過程及成果，提出數點建議，分別針對：(1)設施改善；(2)監測儀器功能及需求檢討二類，分別列述於後並彙整一總表於后。

1. 設施改善建議

- (1) 右山脊西側排水溝側牆斷裂傾倒，因規模較大，建議另案辦理修復，以避免汛期時地表逕流持續沖蝕邊坡。
- (2) 溢洪道NO.3裂縫修補脫落處有小範圍鋼筋外露，建議進行鋼筋鏽蝕處理並以水泥砂漿修補。
- (3) 建議針對壩基及壩體內孔隙水壓計功能性再次檢查，視需要更新或改善水壓計，以利未來獲得完整壩體內水壓變化資訊。

2. 監測儀器功能及需求檢討

- (1) 針對防淤隧道豎井邊坡之位移觀測，建議參考壩面稜鏡固定方式，將邊坡位移觀測點規標直接以壁虎鎖至植生槽上，以確保後續觀測作業之準確性。

茲將本年度建議事項彙整如下表。

建議事項彙整表

類別	位置	建議內容	狀況等級及改善迫切性	備註
設施改善	右山脊下邊坡	右山脊西側排水溝側牆斷裂傾倒，因規模較大，建議另案辦理修復。	待改善 計畫改善	
	溢洪道	溢洪道NO.3裂縫修補脫落處有小範圍鋼筋外露，建議進行鋼筋鏽蝕處理並以水泥砂漿修補。	待改善 計畫改善	
	壩趾觀測房	建議針對壩基及壩體內孔隙水壓計功能性再次檢查，視需要更新或改善水壓計，以利未來獲得完整壩體內水壓變化資訊。	待改善 計畫改善	
	右山脊	右山脊廊道伸張儀因老舊鬆弛損壞、數據不穩定且效能不彰，已有其他儀器可替代其用途，建議停止觀測。	—	
監測儀器功能及需求	右山脊	右山脊廊道內位移沉陷觀測點因觀測精度難以提升且已有精度更高的邊坡傾斜儀可取代，建議可考慮將其停止觀測。	—	
		建議於右山脊傾斜儀觀測井口旁設置邊坡位移固定點，原來既有之坡面位移固定點建議停測，以更有效掌握邊坡活動行為。	—	
	防淤隧道豎井邊坡	建議參考壩面稜鏡固定方式，將邊坡位移觀測點覘標直接以壁虎鎖至植生槽上。	待改善 計畫改善	