



曾文水庫第五次定期安全評估
總報告

THE FIFTH PERIODIC SAFETY ASSESSMENT PROJECT OF
TSENGWEN RESERVOIR
FINAL REPORT



主辦機關：經濟部水利署南區水資源局
執行單位：中興工程顧問股份有限公司
中華民國 109 年 9 月

結論與建議

結 論

項目	結 論
地質	<p>(1)曾文水庫壩址所在之地形及岩性均良好，本地區地層位態為N30°E/39°E，即地層略向左岸上游傾斜，地層位態對水庫水密性尚無不利，惟岩層易受到風化及易遭雨水之侵蝕沖刷而崩解，造成岩塊崩落，為地質上之弱點。本壩址基礎岩盤局部除有小斷層及泥縫通過外，並無其他重大不良地質條件，且斷層經混凝土回填鑲補，而破碎帶或開口節理發達處進行固結灌漿處理後，適合作為土石壩之壩址。</p> <p>(2)落水池抽水檢查結果，池底部西側以泥質、細粒料之層狀沉積物為主，池底東側靠近溢洪道部分則以細至粗砂夾岩塊等粗粒料為主。抽水後檢查與第四次安評期間比較，淤積量略有增加趨勢。落水池通達道路上邊坡局部裸露，惟屬淺層之沖蝕型態崩坍，無立即影響；通達道路下邊坡裸露岩盤表面則多覆蓋泥質砂岩風化材料；另落水池西南隅局部可見小規模岩屑崩滑。整體而言，本次現地檢查結果未發現對落水池有立即影響之邊坡災害。</p> <p>(3)本（第五）次現地檢查結果，水庫蓄水範圍內邊坡與前期比較變化不大，僅局部有小規模新生崩塌地。有 40 處崩塌地或不穩定邊坡有持續觀察必要，其中順向坡有 22 處，面積共 4,141,986m²，現況大致穩定，僅局部有輕微崩塌或岩盤裸露；其餘 18 處為現生崩塌地或前（第四）次安評列入觀察之邊坡，面積共約 533,024m²，以岩屑崩滑為主，少部分為落石區或土石流溝，未來有崩落增加水庫淤積可能。</p>
設計 地震	<p>(1) 本（第五）次地震評析，震源劃分採經濟部中央地質調查所活斷層分布圖(2012)，震源參數參考經濟部中央地質調查所特刊第十七、十九、二十一、二十三及二十六號與 Cheng et al. (2015)研究結果，包含區域震源、斷層震源、隱沒帶震源等。衰減公式採用台灣學者研發成果，包含 NCREE(2011)、TNGA(2012)及林柏伸等人(2011、2008)等公式。</p> <p>(2) 針對衰減公式因遍歷性假設(Ergodic Assumption)造成標準偏差過大之問題，採用 Abrahamson and Hollenback (2012)提出之方法修正及 NCREE(2011)及林柏伸等人(2011)公式，提出符合</p>

項目	結 論																																
	<p>場址之單站標準差(single-station sigma)，再進行地震危害度分析，分析採用 EZ-FRISK 程式。</p> <p>(3) 曾文水庫壩址之 OBE 與 DBE 採用機率法分析結果，PGA 值分別為 0.55g 與 0.59g；壩址之 MCE 採用定值法結果，PGA 值為 0.64g。依技術規範規定，曾文水庫屬大型災害潛勢嚴重水庫，水庫之 MDE 採用 MCE 地動值，MDE 採用 0.64g。因曾文水庫壩址接近控制斷層，考慮近斷層效應影響，垂直向 PGA 值取水平向 PGA 值之 2/3。本（第五）次評估設計地震 PGA 值與仿靜態分析之地震係數如下表所列。</p> <table border="1" data-bbox="344 739 1396 1131"> <thead> <tr> <th rowspan="2">設計地震 基準</th> <th colspan="2">設計 PGA 值</th> <th colspan="2">地震係數</th> </tr> <tr> <th>水平向</th> <th>垂直向*</th> <th>水平向(Kh)</th> <th>垂直向 (Kv)*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>OBE</td> <td>0.55g</td> <td>0.37g</td> <td>0.173</td> <td>0.116</td> </tr> <tr> <td>DBE</td> <td>0.59g</td> <td>0.39g</td> <td>0.184</td> <td>0.123</td> </tr> <tr> <td>MCE</td> <td>0.64g</td> <td>0.43g</td> <td>0.197</td> <td>0.132</td> </tr> <tr> <td>MDE</td> <td>0.64g</td> <td>0.43g</td> <td>0.197</td> <td>0.132</td> </tr> </tbody> </table> <p>*垂直向設計 PGA 以及地震係數取 2/3 水平向值。</p> <p>(4) 由於曾文壩址非直接位在控制斷層(觸口+崙後斷層)上，壩址因斷層錯動誘發之位移量，本（第五）次安評重新檢討評估需採次要位移模式推估，次要位移模式採用 Youngs et al. (2003)之次要位移量計算公式，其計算結果壩址因控制斷層錯動時，誘發之位移量為 0.59 公尺。</p>				設計地震 基準	設計 PGA 值		地震係數		水平向	垂直向*	水平向(Kh)	垂直向 (Kv)*	OBE	0.55g	0.37g	0.173	0.116	DBE	0.59g	0.39g	0.184	0.123	MCE	0.64g	0.43g	0.197	0.132	MDE	0.64g	0.43g	0.197	0.132
設計地震 基準	設計 PGA 值		地震係數																														
	水平向	垂直向*	水平向(Kh)	垂直向 (Kv)*																													
OBE	0.55g	0.37g	0.173	0.116																													
DBE	0.59g	0.39g	0.184	0.123																													
MCE	0.64g	0.43g	0.197	0.132																													
MDE	0.64g	0.43g	0.197	0.132																													
設計 洪水	<p>(1) 本（第五）次安全評估之設計洪水，依「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水引水篇」規定採用最大可能洪水校核，校核結果以颱風模式法推估之 $Q_{PMF}=12,958$ 秒立方公尺為校核洪水，已大於原設計洪水 12,430 秒立方公尺，此結果與前（第四）次安評之結果相同，故建議本階段校核洪水仍採用颱風模式法推估之洪峰流量 12,958 秒立方公尺，作為後續各相關分析之依據。</p> <p>(2) 比較本階段安全評估與前（第四）安全評估之分析結果，以實測流量法推估而言，因新增補近幾年颱風資料(民國 101 年蘇拉颱風、102 年蘇力颱風、103 年麥德姆颱風、104 年蘇迪勒颱風及 105 年梅姬颱風)並無太大洪水記錄發生，故與前(第</p>																																

項目	結 論
	<p>四) 次安評之比較結果並無明顯差別。惟由於歷次安評皆以實測流量法推估各重現期洪水，而本(第五)次新增以各重現期雨量推估各重現期洪水，其結果大於實測流量法，故以各重現期雨量推估之各重現期洪水，作為後續評估之依據。</p>
結構物水理	<p>(1) 依結構物水理複核結果可知，由於現況溢洪道結構物情況、堰前淤積對流量係數影響程度，與原設計相較，無明顯變化，故原採用之流量率定曲線資料仍可適用，且經洩槽內穴蝕指數校核，洩槽應無發生穴蝕潛勢。</p> <p>(2) 溢洪道落水池原設計參考動床淘刷試驗結果，當流量為 9,470cms、最大淘刷高程為 EL.73.9m、最大淘刷深度為 14.8m 為設計。經綜合歷年溢洪道落水池沖刷坑實測資料檢核結果，以 98 年 8 月莫拉克颱風排放量 8,277 cms 為最大，事後實測最深處高程約 EL.75.94m、最大淘刷深度為 12.76m；本(第五)次安評落水池抽水後測量最低高程為 EL.77.25m，大致位於中央，較前次回淤約 1.3m，仍約與原設計考量程度相同，經檢查對護坡基礎尚無影響。綜此顯示原設計對消能及沖刷深度設計之考量尚屬合宜。</p> <p>(3) 永久河道放水道改建及新設防淤隧道，皆已於該工程案內研提流量率定曲線，並經水工模型試驗驗證，尚屬合宜，可供後續排洪能力校核參考。</p>
蓄水庫淤積評析	<p>(1) 經分析歷次淤積測量及清淤量資料，顯示於 98 年前、後(不含 98 年)之年平均淤積量分別約 475 萬、410 萬 m^3，而 98 年時，受莫拉克颱風影響，淤積量約 9,108 萬 m^3，為 98 年前平均值之 19.2 倍。</p> <p>(2) 以 90~98 年期間之水庫平均因砂率 96.07% 計算，本水庫年平均輸砂量約 494 萬 m^3，實測值低於原設計推估值 561 萬 m^3，顯示原設計估算尚屬保守合宜。</p> <p>(3) 本(第五)次應用布侖因砂率曲線法，並考量新設防淤工程(防淤隧道工程+永久河道放水道改建)之排砂效果，重新推估本水庫目前之有效壽齡(有效容量剩餘為規劃值 1/10 時之年限)，以 107 年起算，納入新設防淤工程時尚有有效壽齡 142 年(至 249 年)，若不納入則尚有有效壽齡 110 年(至 202 年)，爰新設防淤工程可增加水庫壽齡 48 年，顯見本水庫在</p>

項目	結 論
	<p>加入防淤隧道及永久河道放水道改建後之排砂操作，將可有效排除庫區淤砂，並延長水庫有效壽齡。</p> <p>(4) 另採用美國墾務局之經驗面積縮量法重新推估，現況壩前淤積高程約在 EL.170.8m，在 20 年後(民國 127 年)將淤積至 EL.179.3m，在 50 年後(民國 157 年)將淤積至 EL.198.1m。由於進水口前攔污柵已延伸至 EL.234.5m，故已可避免因進水口前淤積過高而影響取水功能。另永久河道放水道(PRO)目前亦已改可供排砂操作，建議未來於洪水期間維持其排砂運轉，以有效維持進水口前沖刷錐，減低淤砂阻塞進水口之風險。</p>
水庫 排洪 演算	<p>(1) 本（第五）次安評以起始水位 EL.230m 重新模擬排洪演算，結果顯示在水庫最高入流量為 12,958cms 情境下，最高出流量為 12,309cms，最高洪水位為 EL.234.59m。</p> <p>(2) 由於重新校核之設計洪水於洪水體積較原設計高，故本（第五）次校核最高洪水位明顯高於原設計洪水位。而因新增加防淤隧道及永久河道放水道改建後之排洪能力，故校核最高洪水位值較前（第四）次安評 EL.235.67m 低。</p>
壩體 出水高 分析	<p>(1) 本（第五）次校核依安評技術規範計算壩體出水高度，最低需求壩頂標高為 236.88m。因壩頂防浪牆與不透水心層緊密嵌緊，故壩頂防浪牆可視為出水高之一部分。壩頂防浪牆標高為 237.30m，大於本次校核後最低需求壩頂標高，故壩體出水高度足夠，符合規定要求。</p>
大壩	<p>(1) 民國 105 年 2 月 6 日發生之高雄美濃地震(或 0206 美濃地震)，壩址觀測室地震儀測得震度為 5 級，壩頂測得震度為 6 級。0206 美濃地震發生後，依據曾文水庫安全維護手冊之規定，當日即辦理現場特別檢查。檢查結果顯示，水庫大壩及其附屬設施等狀況均良好，並未發現因地震事件所導致之異常狀況，亦未發現可能影響水庫運轉及安全的異常情形。</p> <p>(2) 本階段大壩檢查結果整體狀況仍屬正常，惟其中左壩座頂坡面受梅姬颱風影響造成局部坡面坍方並堵塞壩座排水溝，目前已完成修復。</p> <p>(3) 壩體安定分析之大壩常時穩定分析結果顯示，其抗滑動安全係數均能滿足需求之安全係數 1.5。壩體仿靜態安定分析成果顯示，下游壩面滑動面通過壩體各高度區間之安全係數至少均</p>

項目	結 論
	<p>在 1.2 以上；上游壩面滑動面通過壩體各高度區間之安全係數至少均在 1.15 以上，上、下游壩面之仿靜態分析成果均符合最小安全係數(1.1)之要求。</p> <p>(4) 壩體動態分析成果顯示，曾文大壩在承受設計地震侵襲下不致發生庫水溢頂及液化失敗等立即危險。曾文大壩在設計地震侵襲下，上、下游側均有向下坡面滑移的趨勢，以上游坡面的水平位移量較為顯著，其值約在 0.2~1m，下游坡面的水平位移量則約為 0.5~0.8 m，此變位量對壩體僅屬於輕微至中度受損程度。壩頂受震後有最大沉陷量 1.3m，扣除壩頂受震沉陷後，尚有 234.7 公尺，仍大於壩體受震之出水高度 EL.233.06m 需求，不致產生庫水溢頂之危險。</p>
附屬 結構物 (土木 結構物)	<p>(1) 溢洪道洩槽內整體狀況良好，根據現場檢查結果未發現修補材料有因放水而導致沖刷脫落等現象。</p> <p>(2) 發電及永久河道放水道進水口：根據現場檢查及校核分析結果，顯示暫無立即影響結構安全之情況。發電進水口控制室及取水口水面以上部分狀況良好，水下於 106 年 5 月 3 日經以潛水員檢查導框結構，並未發現異常。</p> <p>(3) 落水池整體混凝土護坡結構大致良好並無異常，其中右岸岩層與護坡交界處，受淘刷影響有部份區域出現孔洞，量體不大，建議以混凝土鑲補避免情況惡化。</p>
永久 河道放 水道-閘 室及出 水工程	<p>(1) 閘室及出水工之開挖支撐岩體分類符合地質調查結果，採用之支撐配置與同類型及地質狀況之大型洞室開挖支撐配置相較均屬合宜。</p> <p>(2) 閘室及出水工之鋼筋混凝土襯砌之分析載重及分析方法均屬合宜。</p> <p>(3) 閘室及出水工工程之施工及試驗資料複核均符合設計圖說或施工規範之要求，且留存完整之紀錄。</p> <p>(4) 現地檢查時發現閘室及出水工亦有施工縫滲水、裂縫滲水、施工縫白華及裂縫白華等共通問題，施工廠商修復並經現地複查後無滲水現象，視為修補合格；惟出水工仍未修補，建議枯水季時搭架修補。另雨季期間頂拱及側牆明顯滲水，於 108 年 5 月完成導排水改善，後續仍應注意是否有鋼筋銹蝕情形。</p> <p>(5) 永久河道放水道何本閘改為射流閘門完成，於 104 年 8 月</p>

項目	結 論
	<p>18~21 日密集排洪試運轉後，舊有消能墩座及新設底部耐磨混凝土層與鋼襯版受到強烈衝擊損壞，目前雖已修復，惟日後實際操作運轉時，應定期檢視，有損壞應即修復，以確保設施正常運作。</p>
<p>永久河道放水道-隧道結構安全</p>	<p>(1)永久河道放水道隧道除入口彎曲段鋼襯有 6 處局部變形隆起外，狀況大致良好，已於 108 年 5 月完成隆起變形部分之改善。本段鋼襯原設計僅作為混凝土模板之用而不承受內外水壓，鋼襯段雖有局部變形，但不致影響鋼襯結構安全且無立即性的結構危害。</p> <p>(2)依據隧道結構安全評析結果，經校核最高滿水位 EL.230m 時，採隧道放空時之控制情況檢核鋼筋混凝土襯砌應力，與原設計外壓庫水位於 EL.225m 載重條件下，重新進行分析比較，經分析結果襯砌軸力最大約增加 15.8tf，剪力最大約增加 1.5tf，彎矩最大約增加 0.6tf-m，均在原設計材料強度之容許範圍內，結構仍屬安全。</p> <p>(3)永久河道放水道出口段鋼襯經以重新推估之內壓(洪水位 EL.234.59m)以及外壓(最高滿水位 EL.230m 情況下放空永久河道放水道)，重新計算校核鋼襯應力，中間管殼處最大應力超過容許應力約 7.7%，惟最大洪水位係屬短期載重，其容許應力可提高至 1.33 倍，超過應力值仍遠小於短期容許應力及降伏應力，鋼襯仍屬安全，惟後續應定期檢查鋼襯有無嚴重銹蝕情形，並可辦理鋼襯測厚，以確保安全。</p>
<p>壩座及邊坡</p>	<p>(1) 現地檢查發現左壩座坡面有數處新生成之沖蝕溝，土石及岩楔崩落淤積於側溝、造成部分 RC 構造物如取水管基座及側溝溝底毀損，亦造成壩座下游坡趾沉砂池有土石淤積現象。105 年受梅姬颱風影響左壩座坡面局部坍方，目前已完成坡面整治及左壩座排水溝修復。</p> <p>(2) 經檢查壩座 G-T-1 灌漿廊道及溢洪道右岸坡面 8 條地下排水廊道(D-T-1~D-T-8)，除部分排水孔碳酸鈣沉積、部分照明損壞及部分廊道口排水溝堵塞外，廊道並無重大異常狀況，整體而言廊道狀況尚屬良好。</p> <p>(3) 98 年曾文越域引水—蓄水位提高至標高 230 公尺先期作業計畫，曾利用 FLAC 程式進行右山脊邊坡動態安定分析，分析結</p>

項目	結 論
	<p>果顯示在最大可能地震 MCE (0.67g)下，坡面最大水平位移約 1.2~1.3m，發生在距離擋土牆背側之土岩交界面附近。檢核本（第五）次安評設計地震 PGA 為 0.64g、低於 98 年校核地震，因此 MCE 狀態下右山脊坡面位移應低於 1.2m，坡面雖可能有較大位移產生，係屬於覆蓋土層之淺層滑移，應不致發生滑動面深入岩盤之大規模邊坡滑動破壞，進而影響曾文水庫之安全。</p> <p>(4) 水庫周邊邊坡現地勘查除複核前（第四）次檢查結果所列之崩塌地外，並配合地調所 103 年公告之地質敏感區圖資及參照前次安評檢查位置與照片進行比對。綜合本（第五）次蓄水區邊坡檢查結果，淹沒區周邊崩塌情形與前（第四）次安全評估調查結果比較，僅有少量新增崩塌地，規模均不大。部分前（第四）次標示崩塌地目前均植生茂密，呈現穩定狀態。</p>
<p>監測 系統與 觀測</p>	<p>(1) 由 98 年以前之大壩水壓計監測記錄，顯示壩基基礎濾層排水功能正常、上游殼層排水之情況良好、大壩心層區孔隙水壓消散已漸完成、下游直立式排水濾層功能正常。原壩體水壓計 98 年莫拉克颱風損壞後，109 年將全面檢測管線及感測器，再挑選關鍵位置功能正常之水壓計，評估裝設自記式計讀設備。</p> <p>(2) 壩頂沉陷自水庫蓄水以來隨時間緩慢增加，其沉陷量分佈約與各斷面之填築厚度成正比，至 96 年底壩頂之沉陷量約 4.3~53 公分，沉陷率佔各點壩體填築厚度之 0.2~0.5%，處於安全限度內。98 年 6 月配合大壩心層加高施工，重新設置沉陷點量測，量測結果沉陷量皆在 2.5cm 內，並已趨於穩定，顯示挖除重填之壩體施工品質應屬良好，其沉陷量仍小於原預定之 1%(約 4cm)。而下游壩面監測點累積沉陷最大者（V1657 測點）為 2.71cm，其沉陷速率亦趨穩定。</p> <p>(3) 由壩體平均滲流量與降雨量關係，可發現壩體滲流量明顯受降雨量之影響。近落水池之滲流量堰（SP），與 96 年於壩趾附近新設 1 處量水堰（SPN），枯水期 SPN 量水堰其量測值接近 0，而落水池附近之量水堰 SP 常態性約為 100L/min。研判 SPN 滲流收集集水管高程距岩盤至少 5m，當滲流量少時壩體滲流水直接由該濾料流出，沿著混凝土管（原溪谷）再經由混凝土管之接縫流入管內，因此無法由新設之量水堰觀測到全部滲流水。103 年初雜項填方區鑽設兩孔水位井 FWN1 及</p>

項目	結 論
	<p>FWN2，用以輔助大壩滲流水之觀測，而從壩趾附近之觀測井 FWN1 水位變化與水庫水位之關係，雖受降雨明顯上升現象，如以最低量測值(不受降雨因素影響資料)仍與庫水位具有相當關係性，可作為最高滿水位提高至 EL.230m 後，不受降雨因素影響情況之參考值，FWN1 推估水位為 EL.112.2m。</p> <p>(4) 由右山脊裝設之監測儀器量測結果，廊道之排水量主要受降雨影響，長期無異常之變化，不受水庫水位影響。岩盤位移計及監測點之量測結果，位移計變化<3mm，各觀測值測點標高變化及偏移量不大，位移測點變化量皆在 3~5cm 內，且偏移量並無一定變位趨向，經現地檢查亦未發現有裂縫或下陷跡象，右山脊坡面尚屬穩定。</p> <p>(5) 茅埔及梧棲溝地滑區兩處傾斜儀觀測管，均未測得明顯滑動面，惟監測顯示有些微淺層潛移跡象，研判可能係覆蓋層長期緩慢蠕動的發展，應持續觀察。</p>
<p>水工 機械 及其 機電 設備</p>	<p>(1) 經以重新推估之水平地震係數(DBE 水平地震係數為 0.184、MCE 水平地震係數為 0.197)以及水庫最高洪水位(EL.234.59m)或水庫最高滿水位(EL.230m)校核分析結果，各閘門構件強度均符合安全。</p> <p>(2) 水工機械設計相關資料與現有水庫運轉維護準則及現況複核比較，其設計佈置與運轉條件尚符合目前水庫運轉或將來提升水庫蓄水位之安全性及功能需求。</p> <p>(3) 各閘門設備與緊急柴油發電機之操作運轉與排洪操作係依據水門操作規定及閘門運轉作業標準之相關規定執行，經複核其運轉操作規定尚符合原始設計運轉條件及實際運轉需求。</p> <p>(4) 各項水工機械設備之操作運轉與排洪操作係依據水門操作規定及閘門運轉作業標準之相關規定執行；維護保養作業規定依據台電編制之「運轉操作標準」、「點檢作業標準」辦理，並有記載維護紀錄。</p>
<p>潰壩演 算及災 損評估</p>	<p>(1) 晴天潰壩情境之潰壩出流量峰值為 85,467cms，雨天潰壩情境之潰壩出流量峰值為 110,446cms。</p> <p>(2) 依據雨天潰壩情境演算結果，潰壩洪水影響人口估計約 28 萬戶、79 萬人，經濟損失中工商業損失約 5,120 億元，農業損失約 860,323 萬元，漁業損失約 11,432 萬元，另有南鯤鯓代天府、</p>

項目	結 論
	<p>熱蘭遮城城垣暨城等約 44 項文化資產位於潰壩洪水可能影響範圍。</p> <p>(3) 雨天潰壩洪水對生態保育區可能影響，參考「曾文溪河川環境管理計畫」，曾文溪流域關注物種，可能影響之物種包括哺乳類動物，臺灣特有魚類物種及兩棲陸域物種等，河口處鄰近台江國家公園，其淹水深度不大且流速已不高（河道外流速均在 1m/s 以下），造成之生態環境損失有限。</p>

建議

(一)立即改善—建造物損壞並致影響其功能

項目	建議改善事項	辦理情形
監測系統與觀測	(1) 滲水水質檢視清澈，惟目前採定期人工目視檢查方式辦理，並建議設置水質或細料監測器，特別是其固體含量。	(1) 目前水庫滲流水質監測採定期人工目視檢查方式辦理，並於特殊事件後加密觀測，若出現混濁情形則立即辦理壩體整體檢查。已於 108 年於 SPN 量水堰內增設自動濁度計並傳回管理中心控制室以強化滲流水質的掌握。另於 109 年 2 及 3 月於 SP 及 SPN 量水堰採樣辦理總溶解固體分析，大壩滲出水之總溶解固體量介於 402~520mg/L，其中 99.6~100% 均為溶解性固體，由此判斷水中富含鈣、鎂等離子，此現象受到環境地質影響，於地下水中或地下伏流水中常見。
水工機械及其機電設備	(1) 射流閘門現場控制箱主電源幹線規格採用 PVC 3/C 5.5SQ 導線，經複核導線耐流量、馬達額定電流以及馬達實際運轉電流後，建議非必要時 1 號及 2 號油壓泵馬達不要同時且長時間啟動運轉，避免導線過熱，導致電氣設備故障。	(1) 1 號及 2 號射流閘門開啟或關閉操作時，原則以 1 號先操作運轉，待運轉正常後，再操作 2 號射流閘門，故運轉電流尚在安全範圍內。

(二)限期改善—建造物局部損壞，應防止其損壞擴大者

項目	建議改善事項	辦理情形
壩座及邊坡	(1) 大壩灌漿廊道及溢洪道右岸開挖坡面下 8 條地下排水廊道 (D-T-1~D-T-8)，部	(1) 照明設備及周邊環境清潔(含廊道口排水溝)已於 107 年完成改善，後續將定期巡檢並適時修

項目	建議改善事項	辦理情形
	分排水管碳酸鈣沉積、部分照明損壞及部分廊道口排水溝堵塞，建議予以改善與修復。	復；依據右山脊水位監測結果，近年無異常升高情形，廊道排水功能正常，而排水管碳酸鈣沉積情形，於定期檢視時如有碳酸鈣淤積則隨時清除，後續並依監測及現況需要辦理洗孔作業。
監測系統與觀測	<p>(1) 壩基及壩體設置之水力式孔隙水壓計，受到 98 年莫拉克風災影響，造成所有壓力表全數故障，目前雖暫時修復進行觀測，目前監測結果部分異常，建議持續觀測並嘗試修復。</p> <p>(2) 為提升壩體變位量測之精度，應更換不良之稜鏡及於適當位置設置經緯儀固定基座，以提升量測之精度。</p> <p>(3) 部分邊坡變位觀測點，局部破損之情形，且周遭雜草叢生，易影響監測結果，建議可重新製作混凝土樁及定期清除雜草。</p>	<p>(1) 目前仍持續針對可量測部分儀器進行監測，109 年將全面檢測管線及感測器，再挑選關鍵位置功能正常之水壓計，評估裝設自記式計讀設備。</p> <p>(2) 已於 108 年完成壩面位移沉陷點稜鏡維修作業，將原有霧化（27 顆）、稜桿歪斜（3 顆）的稜鏡全數更換，並將稜鏡以壁虎鎖至壩體壘石上，減少外力對測量造成之影響以提升量測精度。</p> <p>(3) 已於 108 年整理並重新建置右山脊坡面位移沉陷點測量網形及控制點。</p>
水工機械及其機電設備	<p>(1) 溢洪道弧形閘門門樞軸與門樞臂相接處、門樞臂水平橫梁腹板與翼板相交處及門扉橫梁，因洩水孔堵塞或未設置洩水孔，易有積水情形。建議定期清理積水，並視需要於適當處加鑽洩水孔，以利排水。</p> <p>(2) 射流閘門現場控制箱箱內</p>	<p>(1) 溢洪道閘門門樞軸與樞臂相接易積水處，均於汛期後清除積水。</p> <p>(2) 射流閘門操作箱內電容器均定期</p>

項目	建議改善事項	辦理情形
	設有功因改善電容器設備，其電容器需經常巡查維護，以免引起絕緣或接觸不良。建議定期察看電容器外殼是否有膨脹，尤其端子更需保持清潔。維護保養工作必須在電容器切離電源後5分鐘以上，並經接地線放電後方可實施，以免發生觸電危險。	檢查維護，保養工作依標準作業程序辦理，並參採委員建議，於定期檢查時查看電容器外殼是否有膨脹，及其端子保持清潔，檢查前確實放電以免發生觸電風險。
永久河道放水閘室及出水工程	(1) 閘室襯砌施工縫處（埋設PVC止水帶）之漏水現象，應儘速參照襯砌裂縫之修補方式加以改善，避免漏水問題造成鋼筋銹蝕時及影響日後之操作運轉。	(1) 永久河道閘室滲水目前已於機電設備上方設置防水罩並於108年5月完成閘室側牆截水溝，減少閘室地板積水，目前設備可正常運轉，不受滲水影響。後續將持續追蹤檢查，如有影響安全或操作者再進行改善。

(三)計畫改善—建造物已顯現缺陷或經評估需改善其功能或年久須維修者

項目	建議改善事項	辦理情形
大壩	(1) 壩趾堆積土方仍有局部侵蝕，但無擴大趨勢且未發現明顯滲流水，建議應進行填補孔洞，並加強檢視。	(1) 壩趾堆積土方屬莫拉克颱風下游邊坡崩坍淤積所致，不影響壩體結構安全，將加強辦理現場檢查。
附屬結構物(土木結構物)	(1) 落水池混凝土護坡左、右岸岩層與護坡交界處，受淘刷影響有部份區域出現孔洞，量體不大，建議以混凝土鑲補避免情況惡化。	(1) 依本次落水測量結果，右岸護坡底部點約標高82公尺，左岸護坡底部約標高88公尺，落水池受淘刷最深大致位於中央，對護坡基礎尚無立即影響，不致影響通往電廠道路及壩頂道路坡面之穩定，已逐月追蹤現場狀況，若後續破損加劇，辦理修補作

項目	建議改善事項	辦理情形
		業。
隧道結構安全	(1)永久河道出口之射流閘門鋁銅合金及斜坡段與入口段之鋼管普遍則有因放水磨損產生之銹染，建議視情況允許定期進行檢查及除銹補漆。	(1) 永久河道出口之射流閘門鋁銅合金銹染部份，除於每年汛期後定期檢查外，並於特別維護時進行除銹整修；斜坡段與入口段之鋼管銹染部份，將納入定期安全評估進行檢查並適實需進行除銹補漆。
永久河道放水道出水工（水工模型試驗）	(1)針對 104 年及 105 年消能工損壞建議進行水工模型驗證後，進行有水運轉，確認消能工功能可行後，再執行分階段運轉操作。	(1)已完成消能工修補，將定期檢查並持續追蹤後續情形。

(四)提醒注意事項

項目	建議改善事項	辦理情形
大壩	(1)依美國壑務局第 13 號設計標準堆填壩 2011 修正版，校核曾文大壩濾料，D15 較規範明顯偏大規範，經評析下游殼層 2A 料之細顆粒面無管湧之虞。後續仍應注意滲流水質及滲流量變化，並注意壩趾是否有滲水及濕潤等異常現象。	(1) 曾文水庫均逐月辦理現場檢查，並針對壩趾是否有滲水及濕潤等異常現象加強檢視。目前已於 108 年於 SPN 量水堰內增設自動濁度計並傳回管理中心控制室以強化滲流水質的掌握，於特殊事件後加密觀測，若出現混濁情形則立即辦理壩體整體檢查。
壩座及邊坡	(1)彙整本次蓄水區邊坡檢查結果，共有 40 處崩塌地或不穩定邊坡，目前邊坡以沖蝕破壞為主，這類破壞之規	(1) 水庫周邊之地質敏感區與崩塌區，持續辦理集水區衛星影像蒐集及變異點辨釋，影像資料及分析成果可供後續安全評估比對

項目	建議改善事項	辦理情形
	<p>模均不大、不致影響對大壩安全，但仍增加水庫淤積，建議持續定期檢查，視需要進行保護，避免破壞擴大。</p>	<p>使用，後續並將搭配 UAV 及現場勘查等方式辦理定期檢查，持續追蹤現場狀況。</p>
<p>隧道結構安全</p>	<p>(1) 永久河道入口段鋼襯隆起，已於 108 年 5 月初完成改善，建議後續仍應追蹤檢查改善後之效果。</p>	<p>(1) 將配合下次安全評估永久河道放水道內部檢查時辦理檢查追蹤。</p>
<p>永久河道放水道閘室及出水工程</p>	<p>(1) 永久河道放水道，目前亦已改修可供排砂操作，建議未來於洪水期間維持其排砂運轉，以有效維持進水口前沖刷錐，減低淤砂阻塞進水口之風險。</p> <p>(2) 消能工採用消能墩及尾檻共同作用，以撞擊、摩擦方式消能，因此實際操作運轉時，應定期檢視消能工表面鋼襯及混凝土面狀況，有損壞應即修復，以確保設施正常運作。</p>	<p>(1) 防洪操作均納入永久河道放水道排砂運轉操作，有效維持進水口前沖刷錐，並減少水庫淤積量。</p> <p>(2) 損壞消能工已於 106 年 6 月修復完成，目前狀況良好，未來實際操作時，將定期檢視消能工表面鋼襯及混凝土面狀況，有損壞立即修復，以確保設施正常運作。</p>
<p>監測系統與觀測</p>	<p>(1) 大壩心層加高工程於下游濾層上方新設之振弦式及氣壓式水壓計監測結果較平時水庫水位為高，雖不甚合理，惟經檢測儀器尚無故障，建議仍持續進行監測，並配合降雨及高水位期間量測作為研判水壓計水壓力與降雨量及水庫水位關係。</p>	<p>(1) 新設水壓計持續監測中，配合降雨及高水位期間量測作為研判水壓計水壓力與降雨量及水庫水位關係。</p>