

## 摘 要

為瞭解曾文水庫入出庫泥砂運移行為，並客觀推估颱風事件後之入出庫泥砂總量，本局自 100 年度起至今，已陸續於曾文水庫庫區建置 9 座自動泥砂濃度觀測站，可於颱風豪雨期間即時量測及蒐集不同斷面、不同深度之泥砂濃度資料，並由測得資料進一步分析研判異重流是否發生，及預測異重流運移至壩前時間，提供水庫排砂操作之重要參考。今年度計畫的主要工作項目有(1)泥砂濃度觀測系統維護及保養、(2)颱風事件觀測及分析及(3)報告撰寫及審查。

爰此，為確保既有 9 座測站及其自動監測系統得以繼續正常運作，各測站之定期維護、保養及率定等工作不容間斷，始得於各期間發揮其自動量測、資料蒐集及即時傳輸等功能，藉由進一步之觀測分析，期掌握庫區泥砂運移資訊，提升整體水力排砂之成效。

### 一、泥砂濃度觀測系統維護及保養

為確保 111 年度颱風豪雨期間能順利進行即時監測，得到正確之資料，本年度除了進行定期維護外，亦於各次颱風豪雨事件來臨前進行臨時維護，完成各項重要設備之整備。為確保各觀測站之工作穩定性，本年度辦理 1 組庫區上游站濃度計主機訊號處理器更新(如圖摘 4)，感測探頭則為辦理庫區上游站 2 組、防淤隧道入口站 1 組及備品 1 組更新維護(如圖摘 5、6)，濁度計為辦理 1 號導水隧道出口站 1 組及取水塔站 1 組更新維護(如圖摘 7)。

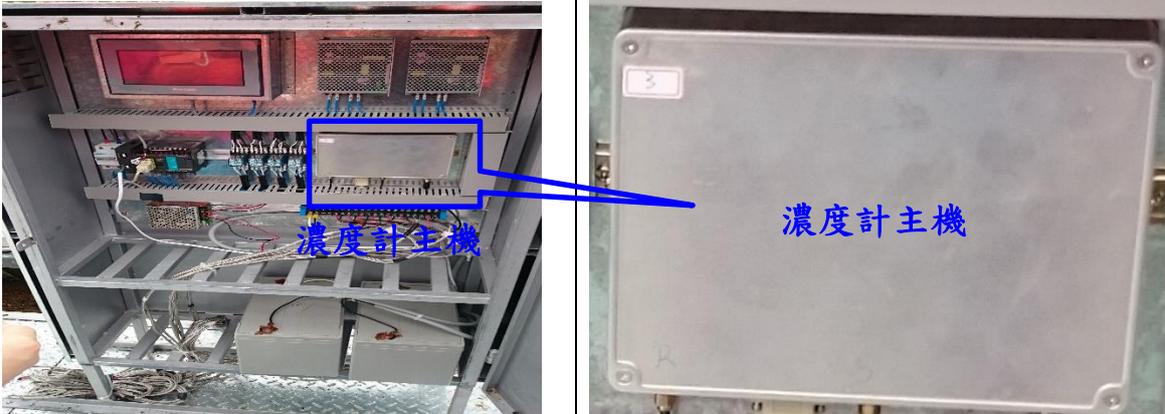
表摘-1 本期維護與率定

111 年度各測站維護率定保養成果摘要	
定期維護	(1)2 月 10 日、(2)4 月 19 日、(3)5 月 6 日、(4)6 月 1 日、(5)7 月 6 日、(6)8 月 2 日、(7)9 月 20 日、(8)10 月 20 日、(9)11 月 1 日、(10)12 月 6 日
颱風前臨時維護	(1)8 月 22 日馬鞍颱風、(2)9 月 1 日軒嵐諾颱風、(3)9 月 9 日梅花颱風
率定日期	(1)2 月 10 日、(2)4 月 19 日、(3)7 月 6 日、(4)10 月 20 日

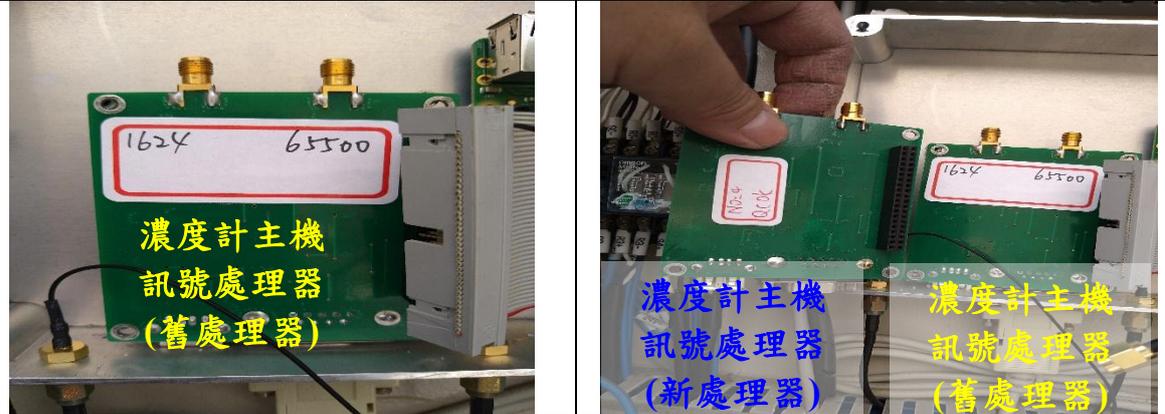
(一)濃度計主機訊號處理器更新(計庫區上游站\*1 組)

1. 庫區上游站

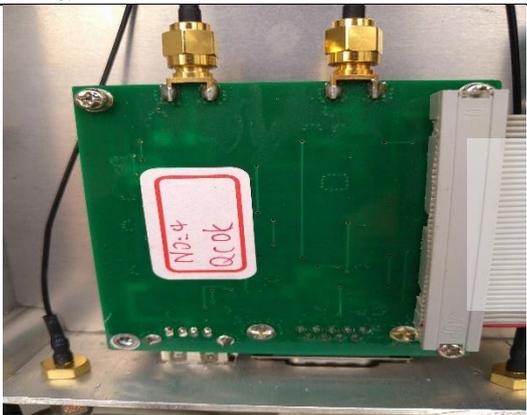
施作前



施作中(開封主機殼進行訊號處理器更新)



施作後(更新並測試完成)



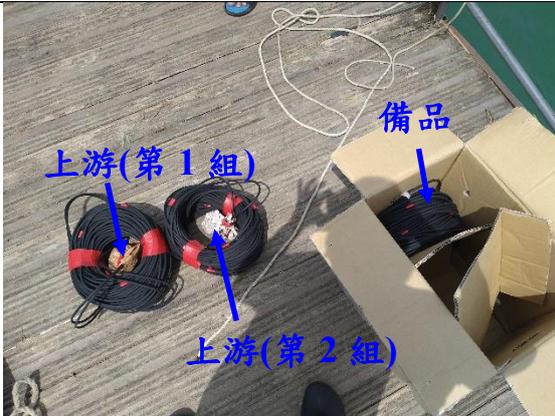
測站代碼	觀測站名稱	日期時間	水位 (m)	泥砂濃度 (ppm)
TSNTU061	庫區上游站(1)	2022/05/30 15:00:00	-	116.92
TSNTU062	庫區上游站(2)	2022/05/30 15:00:00	-	111.92
TSNTU063	庫區上游站(3)	2022/05/30 15:00:00	-	106.93
TSNTU064	庫區上游站(4)	2022/05/30 15:00:00	-	71.94

圖摘-1 濃度計主機訊號處理器更新

(二)濃度計感測探頭更新維護(計庫區上游站 2 組、防淤隧道入口站 1 組及備品 1 組)

1. 庫區上游站 2 組

施作前



施作中(探頭更新維護)



施作後(探頭吊放與率定測試)



測站代碼	觀測站名稱	日期時間	水位 (m)	泥砂濃度 (ppm)
TSNTU061	庫區上游站(1)	2022/05/30 15:00:00	-	116.92
TSNTU062	庫區上游站(2)	2022/05/30 15:00:00	上游(第 1 組)	111.92
TSNTU063	庫區上游站(3)	2022/05/30 15:00:00	上游(第 2 組)	106.93
TSNTU064	庫區上游站(4)	2022/05/30 15:00:00	-	71.94

圖摘-2 濃度計感測探頭更新維護(庫區上游站)

2. 防淤隧道入口站 1 組與備品 1 組

(防淤隧道入口站)施作前



(防淤隧道入口站)施作中(探頭更新維護)



施作後(探頭吊放與率定測試)



備品 1 組(儲放於觀景樓站)



測站代碼	觀測站名稱	日期時間	水位 (m)	泥砂濃度 (ppm)
TSNTU071	防淤隧道入口(1)	2022/05/30 16:00:00	-	178.70
TSNTU072	防淤隧道入口(2)	2022/05/30 16:00:00	-	97.31
TSNTU073	防淤隧道入口(3)	2022/05/30 16:00:00	-	102.31
TSNTU074	防淤隧道入口(4)	2022/05/30 16:00:00	-	102.51

圖摘-3 濃度計感測探頭更新維護(防淤隧道入口站)

(三)濁度計更新維護施作(計 1 號導水隧道出口站 1 組及取水塔站 1 組)

(1) 1 號導水隧道出口站	(2) 取水塔站																																				
施作前																																					
																																					
施作中(濁度計更新維護)																																					
																																					
施作後(運行測試)																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4" data-bbox="260 1272 598 1339">即時量測總表</th> </tr> <tr> <th data-bbox="260 1384 459 1440">測站代碼</th> <th data-bbox="459 1384 810 1440">觀測站名稱</th> <th data-bbox="810 1384 1169 1440">日期時間</th> <th data-bbox="1169 1384 1345 1440">濁度 (NTU)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="260 1440 459 1496">TSNTU010</td> <td data-bbox="459 1440 810 1496">1號導水隧道出口站</td> <td data-bbox="810 1440 1169 1496">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1440 1345 1496">46.79</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1496 459 1552">TSNTU031</td> <td data-bbox="459 1496 810 1552">取水塔站(1) EL.210m</td> <td data-bbox="810 1496 1169 1552">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1496 1345 1552">14.06</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1552 459 1608">TSNTU032</td> <td data-bbox="459 1552 810 1608">取水塔站(2) EL.200m</td> <td data-bbox="810 1552 1169 1608">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1552 1345 1608">7.81</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1608 459 1664">TSNTU033</td> <td data-bbox="459 1608 810 1664">取水塔站(3) EL.190m</td> <td data-bbox="810 1608 1169 1664">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1608 1345 1664">8.44</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1664 459 1720">TSNTU034</td> <td data-bbox="459 1664 810 1720">取水塔站(4) EL.185m</td> <td data-bbox="810 1664 1169 1720">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1664 1345 1720">13.80</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1720 459 1776">TSNTU035</td> <td data-bbox="459 1720 810 1776">取水塔站(5) EL.178m</td> <td data-bbox="810 1720 1169 1776">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1720 1345 1776">16.14</td> </tr> <tr> <td data-bbox="260 1776 459 1832">TSNTU036</td> <td data-bbox="459 1776 810 1832">取水塔站(6) EL.173m</td> <td data-bbox="810 1776 1169 1832">2022/06/01 15:00:00</td> <td data-bbox="1169 1776 1345 1832">19.15</td> </tr> </tbody> </table>		即時量測總表				測站代碼	觀測站名稱	日期時間	濁度 (NTU)	TSNTU010	1號導水隧道出口站	2022/06/01 15:00:00	46.79	TSNTU031	取水塔站(1) EL.210m	2022/06/01 15:00:00	14.06	TSNTU032	取水塔站(2) EL.200m	2022/06/01 15:00:00	7.81	TSNTU033	取水塔站(3) EL.190m	2022/06/01 15:00:00	8.44	TSNTU034	取水塔站(4) EL.185m	2022/06/01 15:00:00	13.80	TSNTU035	取水塔站(5) EL.178m	2022/06/01 15:00:00	16.14	TSNTU036	取水塔站(6) EL.173m	2022/06/01 15:00:00	19.15
即時量測總表																																					
測站代碼	觀測站名稱	日期時間	濁度 (NTU)																																		
TSNTU010	1號導水隧道出口站	2022/06/01 15:00:00	46.79																																		
TSNTU031	取水塔站(1) EL.210m	2022/06/01 15:00:00	14.06																																		
TSNTU032	取水塔站(2) EL.200m	2022/06/01 15:00:00	7.81																																		
TSNTU033	取水塔站(3) EL.190m	2022/06/01 15:00:00	8.44																																		
TSNTU034	取水塔站(4) EL.185m	2022/06/01 15:00:00	13.80																																		
TSNTU035	取水塔站(5) EL.178m	2022/06/01 15:00:00	16.14																																		
TSNTU036	取水塔站(6) EL.173m	2022/06/01 15:00:00	19.15																																		

圖摘-4 濁度計更新維護施作

(四)浮筒修復維護(庫區上游站)

庫區上游站

施作前(將庫區上游站浮台拖至岸邊)



施作中(進行浮筒修繕維護)



施作後(庫區上游站重新定位及錨定)



即時量測總表

測站代碼	觀測站名稱	日期時間	水位 (m)	泥砂濃度 (ppm)
TSNTU061	庫區上游站(1)	2022/09/01 11:00:00	-	125.44
TSNTU062	庫區上游站(2)	2022/09/01 11:00:00	-	120.44
TSNTU063	庫區上游站(3)	2022/09/01 11:00:00	-	115.45
TSNTU064	庫區上游站(4)	2022/09/01 11:00:00	-	166.85

圖摘-5 浮筒修復維護(庫區上游站)

## 二、近年各颱洪豪雨事件運轉觀測整理

整理 105 年至今 16 場進行排砂操作之颱洪豪雨事件運轉觀測紀錄，統計排出共約 2,030,000m<sup>3</sup> 之排砂量。

表摘-2 曾文水庫近年各排砂事件運轉觀測紀錄

項次	年度	事件名稱	進駐及退場時間	臨前水位 (m)	進駐觀測期間 累積降雨量 (mm)	尖峰入流量 (cms)	進水量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	出流量			排砂量(m <sup>3</sup> )	
								各水工名稱	各水工出流量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積出流量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	各水工排砂量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積排砂量 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
1	105	尼伯特豪雨 (7/7)	7/7 12:00~ 7/8 18:00	223.1	21.4	55	576	發電放水口	1002	8,688	0.2173	1.5687
								排砂道/PRO	936		0.1486	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	6750		1.2028	
2	105	莫蘭蒂豪雨 (9/13)	9/13 12:00~ 9/15 14:00	227	76.2	200	1471	發電放水口	864	2,034	0.2735	0.4044
								排砂道/PRO	1170		0.1309	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	0		0	
3	105	馬勒卡颱風 (9/17)	9/17 10:00~ 9/18 17:00	227.2	138.7	1,006	4,147	發電放水口	576	4,248	0.6883	1.9217
								排砂道/PRO	648		0.7728	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	3024		0.4606	
4	105	梅姬颱風 (9/26)	9/26 12:00~ 9/29 17:00	226.8	463.9	5,280	28,989	發電放水口	2196	34,713	11.2317	44.0413
								排砂道/PRO	4392		22.4635	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	28125		10.3461	
5	105	0930 豪雨 (9/30)	9/30 17:00~ 10/4 17:00	226.86	31.6	200	2730	發電放水口	0	1,728	0	7.2067
								排砂道/PRO	1728		7.2067	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	0		0	

註(1):排砂量為參考各水工設施泥沙濃度觀測數據概估計算而得，僅提供參考，非實際排砂量。

註(2):臨前水位、累積降雨量、入流量、進水量及出流量等相關水情資訊參考颱洪事件期間經濟部水利署防災資訊服務網即時水情資訊而得

表摘-2 曾文水庫近年各排砂事件運轉觀測紀錄

項次	年度	事件名稱	進駐及退場時間	臨前水位(m)	進駐觀測期間 累積降雨量(mm)	尖峰入流量(cms)	進水量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	出流量			排砂量(m <sup>3</sup> )	
								各水工名稱	各水工出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	各水工排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
6	106	0602 豪雨 (6/2)	6/2 18:00~ 6/9 17:00	203.2	491.4	2,706	19,950	發電放水口	2,502	12,078	48.6484	53.5252
								排砂道/PRO	0		0	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	9,576		4.8768	
7	106	0614 豪雨 (6/14)	6/14 17:00~ 6/20 9:00	221.4	341.3	648	6,009	發電放水口	2,466	17,676	1.6169	4.6345
								排砂道/PRO	756		0.7203	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	14,454		2.2973	
8	106	尼莎&海棠颱風 (7/28)	9/30 17:00~ 10/4 17:00	222.9	369.6	1,853	10,994	發電放水口	1,980	18,234	0.1744	2.6922
								排砂道/PRO	972		0.0797	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	15,282		2.4381	
9	107	0823 豪雨 (8/23)	8/23 10:00~ 8/25 18:00	223.05	600.5	3,363	30,149	發電放水口	828	22,896	2.2144	33.5831
								排砂道/PRO	1,062		3.2562	
								防淤隧道	1,440		17.2974	
								溢洪道	19,566		10.8151	
10	107	0826 豪雨 (8/27)	8/27 11:00~ 8/29 19:00	228.48	102	601	7,221	發電放水口	1,026	8,271	0.6374	8.0438
								排砂道/PRO	1,242		0.8180	
								防淤隧道	6,003		6.5884	
								溢洪道	0		0	

註(1):排砂量為參考各水工設施泥沙濃度觀測數據概估計算而得，僅提供參考，非實際排砂量。

註(2):臨前水位、累積降雨量、入流量、進水量及出流量等相關水情資訊參考颱風事件期間經濟部水利署防災資訊服務網即時水情資訊而得

表摘-2 曾文水庫近年各排砂事件運轉觀測紀錄

項次	年度	事件名稱	進駐及退場時間	臨前水位(m)	進駐觀測期間 累積降雨量(mm)	尖峰入流量(cms)	進水量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	出流量			排砂量(m <sup>3</sup> )	
								各水工名稱	各水工出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	各水工排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
11	108	丹娜斯颱風&0719 豪雨(7/17)	7/17 18:00~7/21 20:00	226.17	96.2	539	2,410	發電放水口	1,458	3,996	0.3158	0.5969
								排砂道/PRO	792		0.1973	
								防淤隧道	1,746		0.0838	
								溢洪道	0		0	
12	108	利奇馬颱風&0811 豪雨(8/7)	8/7 11:00~8/22 24:00	226.09	999.7	2,564	55,467	發電放水口	6,307	53,093	1.5359	12.5103
								排砂道/PRO	4,864		1.3652	
								防淤隧道	31,860		7.7873	
								溢洪道	10,062		1.8219	
13	108	白鹿颱風(8/23)	8/23 21:00~8/25 10:00	227.36	30.8	150	1,607	發電放水口	918	1,242	0.1335	0.1973
								排砂道/PRO	0		0	
								防淤隧道	324		0.0638	
								溢洪道	0		0	
14	109	0521 豪雨(5/21)	5/21 10:00~5/28 22:00	192.15	452.3	1,264	9,249	發電放水口	330	682	0.5671	8.5984
								排砂道/PRO	352		8.0313	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	0		0	
15	110	0802 豪雨(8/2)	8/2 17:00~8/9 10:00	226.82	774.7	3,911	55,671	發電放水口	9,432	51,084	4.6963	23.359
								排砂道/PRO	4,644		4.8138	
								防淤隧道	8,478		8.2902	
								溢洪道	28,530		5.5587	

註(1):排砂量為參考各水工設施泥沙濃度觀測數據概估計算而得，僅提供參考，非實際排砂量。

註(2):臨前水位、累積降雨量、入流量、進水量及出流量等相關水情資訊參考颱風事件期間經濟部水利署防災資訊服務網即時水情資訊而得

表摘-2 曾文水庫近年各排砂事件運轉觀測紀錄

項次	年度	事件名稱	進駐及退場時間	臨前水位(m)	進駐觀測期間 累積降雨量(mm)	尖峰入流量(cms)	進水量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	出流量			排砂量(m <sup>3</sup> )	
								各水工名稱	各水工出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積出流量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	各水工排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	累積排砂量(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
16	110	燦樹颱風(9/11)	9/11 08:00~ 9/12 18:00	229.31	26.3	52	365	發電放水口	90	90	0.0119	0.0119
								排砂道/PRO	0		0	
								防淤隧道	0		0	
								溢洪道	0		0	
小計							237, 005		240, 753		203	

註(1):排砂量為參考各水工設施泥沙濃度觀測數據概估計算而得，僅提供參考，非實際排砂量。

註(2):臨前水位、累積降雨量、入流量、進水量及出流量等相關水情資訊參考颱風事件期間經濟部水利署防災資訊服務網即時水情資訊而得

### 三、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(111.5.16 前)	完成
(3)	期中報告(111.8.15 前)	完成
(4)	期末報告(111.11.15 前)	完成
(5)	成果報告(期末報告認可後 25 天內)	完成

### 四、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)泥砂濃度觀測系統維護保養</b>			
1、	<p>既有浮台型觀測站功能維護及率定 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)濃度計主機訊號處理器更新：為確保庫區上游站濃度計之穩定性，辦理 1 組主機訊號處理器更新。</p> <p>(7)濃度計感測探頭更新維護：為確保庫區上游站 2 組、防淤隧道入口站 1 組濃度計感測探頭之穩定性，辦理計 3 組濃度計感測探頭更新維護；並提供 1 組濃度計感測探頭備品。</p> <p>(8)浮筒修復維護：為確保庫區上游站浮台能正常運行，辦理老舊破損浮筒之修復維護。</p> <p>(9)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>既有陸上型觀測站之功能維護及率定 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。</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</p>	完成	第三章 第四章

<p>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> <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)濁度計更新：為確保 1 號導水隧道出口站及取水塔站濁度計之穩定性，辦理 2 組濁度計更新。</p>		
<p>3、觀測系統平台主機託管維護 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>	完成	第三章 第四章
(二)颱風事件觀測及分析		
<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「111 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

關鍵字：泥砂濃度自動觀測系統，超音波濃度計，異重流

## Abstract

### **Maintenance of Automatic Monitoring System for Sediment Concentration and Measurement Data Analysis of Zengwen Reservoir, 2022**

In order to further understand the transportation of sediment from Zengwen reservoir and estimate the total amount of sediment entering and exiting the reservoir. So far in Zengwen reservoir area has built 9 automatic sediment concentration stations. To ensure that these 9 automated stations to continue operation normally, the regular maintenance and calibration work must not be interrupted. In this way, it can demonstrate the functions of automatic measurement, data collection and real-time transmission during the period of Typhoon.

The main work items for the project has been completed this year that include: (1) maintenance and calibration of sediment concentration monitoring systems; (2) observation and analysis data of the typhoon incidents; (3) review the effectiveness of existing 9 stations; and (4) according to the contract to present all the reports. This year has been completed as required, 10 times the equipment maintenance and 4 times calibration of equipment.

According to the 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 that the system operates correctly. This year also completed the initial report, two interim reports and final reports, and is expected to complete the results report on December. The main tasks planned for this year are (1) maintenance and calibration of the sediment concentration observation system, (2) typhoon event observation and analysis, and (3) report writing and review.

Collection the data from typhoon and heavy rainfall observation of Tseng Wen Reservoir in the past 10 years. The events that caused the stratification of sediment concentration in the dam vestibule. The results of past numerical simulations were also compiled. The determine for the generation and strength of density flow and recommendations for releasing the sediment were compiled.

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

# 結論與建議

## 一、結論

### 工作執行成果

- (一)今年度庫區未發生大型颱洪事件，收集 105 年至 110 年幾場比較主要的颱洪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，精準的判斷颱洪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，故今年台大團隊經由人工方式盡己所能進行實際量測各斷面橫向深度，並參閱年度淤積量測報告後整理出各斷面深度，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)實際量測庫區橫向斷面底床深度後，發現淤積三角洲往壩址推移之現象，過往三角洲位置約略位於第 12 至第 13 斷面，而由目前量測資料可發現三角洲位置則慢慢推移至第 12 斷面位置，三角洲主要淤積區域目前介於斷面 13 至斷面 7 之間，斷面 14 至斷面 19 之間主深槽逐漸變得較不明顯，上游主深槽區域呈現沖刷淤積形態，進年來三角洲已慢慢推移至接近於庫區中游站斷面 7 的位置。
- (四)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，希望所得結果可供未來數模研究使用。
- (五)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，本計畫所使用的超音波泥砂濃度計在量測的精準度、所需維護頻率及故障發生率上表現與其他儀器相較屬算優良，而濁度計依然需仰賴頻繁的維護保養，不然會影響量測的品質，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。

## 契約工作項目執行進度

本計畫執行期間為 111 年 1 月 5 日起至 111 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，執行進度如下：

- (一)\*本計畫執行至今共完成了 8 次定期維護、3 次颱風前臨時維護及 4 次率定。
- (二)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、功能檢討改善、整體濃度觀測檢討分析。
- (三)完成庫區上游站共 1 組濃度計主機訊號處理器更新。
- (四)完成庫區上游站 2 組、防淤隧道入口站 1 組及備品 1 組共 4 組濃度計感測探頭更新維護。
- (五)完成庫區上游站老舊破損浮筒之修復維護。
- (六)完成 1 號導水隧道出口站及取水塔站計 2 組濁度計更新。
- (七)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等，作為後續改進與更新維護之參考。
- (八)持續收集各項觀測資料對異重流運移模式進行運移分析、垂向流速與泥砂濃度分布之比較，以及排砂效率之模式檢定驗證。
- (九)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，成為後續各水庫執行防淤操作之重要參考典範。

### ※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、建議

- (一)庫區各測站儀器，自建置迄今已有數年，期間各量測諸元組件、探頭及濁度計等消耗性部件均按規劃持續進行更新維護，未來也將排入更新維護時程，確保儀器及系統皆能運作如新。
- (二)由今年進行庫區各浮台觀測站鄰近區域之底床斷面地形量測結果來看，上游泥砂入流有扇形淤積的現象，並於中游區域呈現淤積三角洲往壩址推移之現象，上游入庫泥流主深槽有偏右岸的狀況，現場實際觀測發現，水庫主深槽每年均有變化，建議未來執行監測工作將應繼續配合該年度現場狀況，確保浮台位置於主深槽上及底層監測探頭高程位置合適，距離底床 1m 之底層探頭雖能提供更精確之測量數據，但相對遭淹埋之風險也較高，需隨時注意現場狀況維持設備完整性以便能提供準確量測數據，同時增加上游支流濃度監測站裝置。