



摘要

曾文水庫興建於曾文溪上游，主要目標為調節並充分利用曾文溪之水資源，改善與擴充嘉南地區耕地之灌溉，完成後兼具水力發電、給水及防洪等效應。水庫自蓄水以來，歷經多次颱風豪雨侵襲，水庫集水區洪水造成大量泥沙推移至蓄水區域內，其淤積之分佈情形及其可能對水庫營運產生不利之影響，為有效執行曾文水庫之清淤排淤、集水區治理等計畫，故辦理本案以空載光達配合多音束水深測量獲取高精度及高密度測點資料，藉由成果資料瞭解沖淤區域、大小及原因，作為後續執行清淤排淤、集水區治理等計畫之依據。

本計畫作業項目包含 ①控制測量、②水庫淤積測量、③大壩區地面雷射掃描、④庫區數值地形圖及數值高程模型、⑤水庫容積計算 等 5 項。水庫範圍為 EL.235m 並再往外推 100 公尺水平範圍，並涵蓋水庫旁台三線道路，且包括大壩及溢洪道至落水池為止。水庫淤積測量分別於汛期前(112 年 5 月)及汛期末(112 年 10 月)進行。

由 112 年 10 月(汛期末)淤積測量成果資料顯示水庫剩餘總容量(EL.230)為 50,613.268 萬立方公尺，剩餘呆容量為 138.635 萬立方公尺；剩餘有效容量(EL.230)為 50,474.633 萬立方公尺，為水庫計畫有效容量之 73.51%。至 112 年 10 月為止泥沙淤積量佔總容量百分比為 37.03%(以 62 年為基準)，累積年平均淤積量為 589.124 萬立方公尺。

較前期(112 年 5 月)施測之成果(112 年 5 月至 112 年 10 月)，總容量減少 204.159 萬立方公尺，有效容量減少 208.330 萬立方公尺。

較去年同期(111 年 10 月)施測之成果(111 年 10 月至 112 年 10 月)，總容量減少 211.185 萬立方公尺，有效容量減少 210.625 萬立方公尺。

關鍵字：水庫淤積測量、空載光達測量、多音束水深測量

Abstract

TsengWen Reservoir build in upstream of TsengWen River. The main objective is regulation and making full use of water resources of TsengWen River. TsengWen Reservoir not only works to improve and expand of irrigated farmland in Chianan region, but also possesses with hydroelectric power, water supply system and flood control, etc. The large amount of sediment was transposed to storage from the reservoir by flood since it has been stored and through several typhoons and heavy rain. This situation will result unfavorable effect on the operation of the reservoir. In order to execute silt dredging and watershed management effectively, so this plan uses Airborne-LIDAR and Multibeam echosounder to conduct data collection, which are with high accuracy and high density. According to the result of analysis of erosion and siltation, this plan becomes the foundation of dredging engineering and watershed management etc.

There are several main tasks in this work project, including: (1) Control surveying, (2) Reservoir sedimentation surveying, (3) Laser scanning in the dam area, (4) Digital topographic map and Digital Elevation Model (DEM) of the reservoir, and (5) Reservoir volume calculation. The survey area of tasks is from the equilibrium level 235m extended 100m in horizontal direction, including both sides of Provincial Highway No.3, the dam, spillway and reservoir pool. In conclusion, it takes about two operating times, respectively before the flood period(2023.05) and after the flood period(2023.10).

The results of deposition measurement in 2023.10 (after the flood period) indicate that the total storage capacity of the TsengWen reservoir (EL.230m) is $50,613.268 \times 10^4 \text{ m}^3$, dead storage is $138.635 \times 10^4 \text{ m}^3$ and effective capacity is $50,474.633 \times 10^4 \text{ m}^3$ that is about 73.51% of planning effective capacity of TsengWen Reservoir. Based on 1973's data, the siltation of TsengWen for total storage capacity is accounted for 37.03% till 2023.10 , which means the accumulation of siltation in average is $589.124 \times 10^4 \text{ m}^3$ per year.



From 2023.05 to 2023.10, the result of total storage capacity decrease $204.159 \times 10^4 \text{ m}^3$, the result of effective storage capacity decrease $208.330 \times 10^4 \text{ m}^3$.

From 2022.10 to 2023.10, the result of total storage capacity decrease $211.185 \times 10^4 \text{ m}^3$, the result of effective storage capacity decrease $210.625 \times 10^4 \text{ m}^3$.

**Keyword: Reservoir sedimentation surveying, Airborne-LIDAR surveying,
Multibeam echosounder survey**



第十一章 結論與建議

11.1 結論

一、控制測量：

1. 水庫庫區高程系統採用高程採用曾文水庫高程系統(以點號 Q313 之高程值 236.585 公尺為基準);平面控制採用 TWD97 (2010)二度分帶坐標。
2. 平面控制採用 GNSS 定位儀採靜態觀測，基線距離較差之各基線距離代入 $\pm 0.03\text{m} + 6\text{ppm} \times L$ 計算各基線容許較差值，再與各基線較差進行檢核，總計檢核 44 條基線。結果顯示引用之控制點點位中誤差皆符合規範要求。
3. 高程控制採直接水準測量方式檢測內政部水準點，總計進行 14 段水準測段。各測段往返閉合差均合於規範要求(容許較差小於 $\pm 7\text{mm}\sqrt{K}$);水準點高程差檢測合格之點位(容許較差小於 $\pm 7\text{mm}\sqrt{K}$)，可做為後續高程控制引測使用，檢測不合格之水準點則捨棄不用。
4. 由檢測合格之內政部水準點(TWVD2001 高程系統)，與曾文水庫高程基準點 Q313 進行聯測(曾文水庫高程系統)，以求得 TWVD2001 高程系統與曾文水庫高程系統間之系統差值，計算出之數值為 1.411 公尺。因此兩高程系統間之關係，如下式所列：

$$\text{【曾文水庫系統值} = \text{TWVD2001 高程系統值} - 1.411 \text{ 公尺】}$$

二、淹沒線以下水深測量：

1. 汛期前淹沒線以下水深測量作業，依 IHO SP-44 特等精度進行檢核，其合格率为 97.04%，檢核成果符合精度要求。
2. 汛期末淹沒線以下水深測量作業，依 IHO SP-44 特等精度進行檢核，其合格率为 98.19%，檢核成果符合精度要求。

三、側掃聲納掃描：

1. 大壩前庭區側掃聲納掃描作業，於汛期前及汛期末進行。汛期前偵測出 10 處偵測物，汛期末偵測出 12 處偵測物，主要為庫底沉木、石塊、錨定物、廢棄物。



- 2.取水斜塔由上部至中部形貌完整且未被異物覆蓋或淤積，然取水斜塔末端洩降錐之地形相較周圍地形明顯下凹，因此形成影像陰影區無散射回波訊號，故無法判定取水口末端是否遭異物覆蓋。檢視多音束測量點雲資料，亦無法確認取水口末端是否有沉木等異物覆蓋。
- 3.防淤隧道結構完整階梯上僅有少量淤泥堆積無其他異物，前方及周邊區域無明顯浮木或障礙物。

四、多音束點雲資料：

- 1.洩降錐底部高程，於 105 年汛期末取水斜塔下方洩降錐於距離 140 公尺處標高約 164.3 公尺；106 年汛期末取水斜塔底端因庫底淤積而使標高淤高至 171.1 公尺；107 年汛期末因庫底抽泥使標高淤高至 170.8 公尺；108 年汛期末為 171.3 公尺；109 年汛期末標高降至 167.3 公尺；110 年汛期末標高淤至 168.3 公尺；111 年汛期末標高維持 165.0 公尺；112 年汛期末標高則為 165.5 公尺。
- 2.洩降錐前方庫底高程，於 105 年汛期末約為 170.4 公尺；106 年汛期末因庫底淤積淤高至 171.1 公尺；107 年汛期末為 171.4 公尺；108 年汛期末為 171.6 公尺；109 年汛期末為 172.4 公尺；110 年汛期末為 172.8 公尺；111 年汛期末為 171.0 公尺；112 年汛期末為 171.5 公尺。
- 3.以本期（112 年 10 月）點雲資料量測結果得出，洩降錐為長約 18 公尺，寬約 20 公尺，深約 6 公尺之錐形體，採頂部標高 171 公尺為範圍，其面積約略為 370 平方公尺。

五、大壩區地面 3D 雷射掃描：

以歷年掃描成果比對壩體平面及高程無明顯變化，另擷取壩體水庫內側面之點雲資料，比對結果顯示表面亦無明顯破洞或變形等問題。

六、水庫容積計算：

- 1.截至 112 年 5 月為止，水庫年平均淤積量達 589.870 萬立方公尺（約為計畫年淤積量之 105.3%），剩餘總容量（EL.230）為 50,817.427 萬立方公尺，水庫剩餘呆容量為 134.464 萬立方公尺；水庫剩餘有效容量（EL.230）為 50,682.963 萬立方公尺。
- 2.截至 112 年 10 月為止，水庫年平均淤積量達 589.124 萬立方公尺（約



為計畫年淤積量之 105.2%)，剩餘總容量 (EL.230) 為 50,613.268 萬立方公尺，水庫剩餘呆容量為 138.635 萬立方公尺；水庫剩餘有效容量 (EL.230) 為 50,474.633 萬立方公尺。

3.112 年 5 月至 112 年 10 月間，總容量減少 204.159 萬立方公尺，有效容量減少 208.330 萬立方公尺，呆容量增加 4.171 萬立方公尺。

4.111 年 10 月至 112 年 10 月間，總容量減少 211.185 萬立方公尺，有效容量減少 210.625 萬立方公尺，呆容量減少 0.560 萬立方公尺。

七、庫區地形侵淤變化 (111 年 10 月至 112 年 10 月)：

1.前庭清淤作業區：清淤範圍在 A4~A5 斷面區間，有兩塊明顯清淤區域，約有 3~6 公尺的高度降低變化。

2.A6 至 A18 斷面：主要呈現淤積現象，斷面淤積高度約在 0.5~2 公尺之間。其中於茄苳福玄宮周邊 (A13~A15 斷面附近)，因受清淤作業及土石暫放堆置之影響，清淤區域有 3~5 公尺的高度降低變化，土石暫放堆置區域則有 3~9 公尺的高度增高變化。而在 A10 斷面處開始，沿主深槽旁有零星分布之陸挖清淤之痕跡，一路延伸至 A18 斷面處。

3.A18 至 A21 斷面：A18 斷面至上游攔木設施區間主要呈現沖蝕現象，其沖蝕高度約在 2~5 公尺之間；上游攔木設施至 A21 斷面區間主要呈現淤積現象，其淤積高度約在 2~4 公尺之間。

八、前庭清淤作業區歷年變化：

水庫前庭區 (A1~A5 斷面) 之最低點高程，於 63 年時標高約 110~120 公尺之間；其後經過 30 年之時間，至 92 年時淤積至標高 158 公尺。然而於 98 年時莫拉克颱風來襲，大量泥沙淤積導致水庫容積驟減，前庭區亦淤積至標高 180 公尺。爾後貴分署於 100 年起進行前庭清淤作業，至次年 101 年時前庭區標高降低至約 176 公尺，之後於 A1~A3 斷面間持續進行清淤作業，直至 110 年時，A1 斷面最低點已降低至標高 161 公尺，A3 斷面最低點則降低至標高 167 公尺。111 年起則擴大清淤區域，於 A3~A5 斷面間進行清淤作業，至 112 年時，A4 斷面最低點已降低至標高 166 公尺左右，可見清淤成效十分顯著。



11.2 建議

1. 本年度於淹沒線以上採用空載光達進行，淹沒線以下採多音束作為資料獲取之方法，成效良好，建議往後年度持續採此方式進行施測，即可獲得高密度及高精度之測點，增加水庫容積計算之準確性。
2. 本案旨於調查曾文水庫各年度之淤積量及水庫容積變化情形，因此透過地形侵淤分析、H-A-V 曲線、高解析航拍影像可大方向探查容積變化位置及概況，然上述成果皆為末端測量成果，若需更確切及細節之淤積成因，建議可另案蒐集不同水庫區域(上、中、下游)地形、降雨、進出水、工程施作等資料，搭配本案各期測量成果，進一步分析水庫容積變化之成因。
3. 分析庫區周邊位於台三線上的內政部水準點高程變化，發現水準點高程值有逐年抬昇之趨勢；且部分相鄰水準點間之高程差關係亦有逐年增加或減少之趨勢。建議持續監測內政部水準點高程變化，並與水庫高程基準點 Q313 聯測，以了解內政部水準點與水庫高程基準點之相對關係是否有所變異。
4. 取水斜塔末端，由側掃聲納及多音束點雲資料，皆無法確認取水口末端是否有沉木等異物覆蓋。建議可另案以潛水員或水下無人載具 (ROV) 以光學攝影觀測方式檢查之，或參考同時期水庫安全評估或大壩安全檢查等相關成果以相互比對，以檢核資料正確性，俾作相關工程規劃參考依據。
5. 取水斜塔前洩降錐地形高程，由多音束點雲資料查看，於 111 年至 112 年間沒有明顯的高程變化，建議持續觀察。
6. 水庫沖積扇移動趨勢，其前緣在 98 年度時概略位於 A16 斷面處，標高約 200 公尺；於 101 年度時移動至 A14 斷面處，標高約 200 公尺；於 110 年度時推移至 A8 斷面處，標高約 190 公尺；於 110 年度至 112 年度間仍位於 A8 斷面處，沒有明顯往前庭區推移之情形。建議持續觀察沖積扇移動趨勢及淤積高程之變化，並做為後續清淤區塊選取之參考。