



摘 要

鯉魚潭水庫位於大安溪支流景山溪上，集水區範圍涵蓋苗栗縣大湖鄉、卓蘭鎮等地區，81 年完工時總蓄水量達 126 百萬立方公尺，水庫集水區總面積 5,345 公頃，區域內在土地利用方面已呈現高度開發的狀況。由於本水庫屬於離槽水庫，水庫土砂淤積來源，除了本身集水區範圍內因降雨土石自然沖刷流入水庫，另包含越域引水之發電尾水所產生之微量懸浮顆粒，為充分掌握各控制斷面水庫淤積情形，有必要定期辦理水庫淤積測量，藉由淤積測量成果作為水庫集水區整治及水庫營運參考之評估依據。

本(108)年度水庫淤積測量，採用多音束水深測量方式進行蓄水面以下 120% 的施測覆蓋率。依本次測量成果顯示，**鯉魚潭水庫在滿水位(標高 300m)之總蓄水容積為 11,792.74 萬立方公尺(蓄水面積為 433.85 公頃)，有效蓄水容積為 11,451.49 萬立方公尺，呆容量為 341.24 萬立方公尺(呆水位標高 243.2m，蓄水面積為 43.97 公頃)，與前一次 106 年測量成果在滿水位(標高 300m)之總蓄水容積為 11,790.08 萬立方公尺(蓄水面積為 436.39 公頃)，有效蓄水容積為 11,448.69 萬立方公尺，呆容量為 341.38 萬立方公尺(呆水位標高 243.2m，蓄水面積為 44.02 公頃)比較，總蓄水量增加 2.66 萬立方公尺、有效蓄水量增加 2.8 萬立方公尺、呆容量減少 0.14 萬立方公尺。**

本次與前一次 106 年皆採用多音束測深及船載光達設備進行水庫淤積測量工作，比較二期測量成果來看水庫容積有些微增加，但僅增加約 0.02%，又前一次水庫容積計算使用 5m*5m 網格之 TIN Model 的方式，與本次以 1m*1m 網格柱狀體積計算模式不同，研判可能為計算方式所導致的差異。

關鍵字：地形圖、容積計算、斷面圖、鯉魚潭水庫



Abstract

Liyuantan Reservoir is located in Jingshan Stream of Daxi River. The catchment area covers Dahu Township and Zhuolan Township in Miaoli County. The total water storage capacity reached 126 million m³ in 81 years. The total catchment area of the reservoir is 5,345 Ha, the area has been highly developed land use in the situation. Because the reservoir belongs to the trough reservoir, the source of soil and sediment accumulation of the reservoir, in addition to its own catchment area due to rainfall of natural erosion into the reservoir, the other contains the trans-regional power generation tailings produced by the micro-suspended particles, in order to fully grasp the control section Reservoir sedimentation situation, it is necessary to regularly carry out reservoir sedimentation measurement, sedimentation measurement results as a reservoir watershed regulation and reservoir operation reference evaluation basis.

This (108) annual reservoir deposition measurement uses a multi-beam water depth measurement method for 120% coverage below the reservoir surface. According to the survey results, the total water storage capacity of Liyutan Reservoir at the full water level (elevation 300m) is 117,927,452 cubic meters (water area of 433.85 hectares) and the effective water storage capacity is 114,514,977 cubic meters. Of 341.24 million cubic meters (dwell water level 243.2m, water area of 43.97 hectares), compared with the total water storage capacity of 117,900,800 million cubic meters at the full water level (elevation 300m) in 106 years of the previous period An area of 436.39 hectares), effective water storage capacity of 114,486,900 cubic meters, the capacity of 341.38 million cubic meters (water level 243.2m, storage area of 44.02 hectares), the total water storage to reduce 555,800 cubic meters The effective water storage capacity reduced by 488,400 cubic meters, the capacity to reduce 67,500 cubic meters.

In this and the previous 106 years, multi-beam sounding machines were used for reservoir siltation measurement. Compared with the second phase, the reservoir volume has been increase. However, it only increased by about 0.02%. The previous calculation method of the reservoir volume used the TIN Model of 5m * 5m grid, which is different from the current calculation model of 1m * 1m grid column volume. The difference may be caused by the calculation method.



Keyword : Liyuantan reservoir, section diagram, volume calculation,
Topographic map



結論與建議

一、結論

- 1.本(108)年度之鯉魚潭水庫淤積測量結果，在滿水位（標高 300m）時總容量為 11,792.74 萬立方公尺（蓄水面積為 433.85 公頃），有效容量為 11,451.49 萬立方公尺，呆容量為 341.24 萬立方公尺（呆水位標高 243.2m，蓄水面積為 43.97 公頃）。
- 2.比較 108 年度及 106 年度其鯉魚潭水庫總容量增加 2.66 萬立方公尺、有效容量增加 2.8 萬立方公尺、呆容量減少 0.14 萬立方公尺。
- 3.由橫斷面來看，將今年與前年(106 年)資料相比，橫斷面 R27 以上上游河道以侵蝕沖刷為主，量級最高有達 4、5m；橫斷面 R36 以上上游處則有少數零星侵蝕沖刷，量級約在 0.5m 左右；在橫斷面 R21 至 R25 處均以淤積現象為主，其中以 S1 縱斷面里程 6K+200~7K+300 處淤積最為嚴重，淤積量級最高達 1m；另於 R39 至 R40 處亦呈現淤積現象。A1 下游區及 A2 中游區整體均呈現輕微淤積現象，量級約 0.05m~0.3m，零星地區有輕微侵蝕沖刷現象。若與 81 年水庫完工時基礎高程相比，整體都是呈現淤積情形。
- 4.藉由投池及後池堰的斷面及原始設計圖說比對，可得知目前並沒有明顯掏刷及結構疑慮。
- 5.從侵淤色階圖來看，水庫的部份區域有淤積現象，再與前次（106 年度）侵淤成果比較，本(108)年度之淤積量持平，整體以淤積現象為主，而上游支流處除一小段河道屬侵蝕沖刷的現象，其他上游支流處仍以淤積現象呈現。
- 6.本期較前一期淤積量些微減少(約 0.02%)，可能原因為 19 期使用 5m*5m 網格 TIN Model 進行庫容計算，而第 20 期改為使用 1m*1m 網格帶入辛普森法計算，由於計算方式的不同，造成淤積量的差異，經相同方式計算前二期容積並與本期比較總蓄水量減少約 5.75 萬立方公尺，詳見五、水庫容積計算。



二、建議

- 1.建議每年度應持續辦理水庫淤積測量工作，至少要更新蓄水面以下之水深地形，以能掌握最新水庫容積，並瞭解地形侵淤變化情況，施測仍採多音束測深為宜，可提高作業效率並精確呈現水下地形。
- 2.建議每二~三年或有重大颱風侵襲過後可以航空測量或 UAV 測量方式辦理一次較精確的蓄水面以上邊坡地形測量，除了能更新水庫周邊地形圖資，結合最新的水域測量成果，可完整呈現水庫地形地貌並精確計算水庫容積量。
- 3.若該期測量容積計算方式與前期不相同，建議以該期之計算方式計算前二期的容積並進行比對，避免不同計算方式所造成結果誤差。



目 錄

摘 要	I
Abstract	II
結論與建議	IV
目 錄	VI
附件目錄	VIII
附圖目錄	VIII
圖目錄	IX
表目錄	XII
壹、前言	14
貳、計畫目的與調查範圍	15
一、計畫背景	15
二、調查範圍	15
三、工作項目及內容	17
四、繳交成果	19
五、作業規範	20
(一)通則	20
(二)水庫淤積測量	20
(三)水庫淤積量及有效容量計算	23
參、測量儀器及設備	24
一、儀器設備	24
二、資料處理與計算軟體	26
肆、現場設備校正實施過程	27
一、水深測量系統	27
二、儀器架設偏移修正	28
三、多音束系統疊合測試	29
(一)儀器校驗項目	29
(二)作業方式	29



(三)作業成果	30
伍、測量執行經過概述.....	32
一、作業流程	32
二、控制測量	33
(一)控制系統	33
(二)平面控制測量	34
(三)高程控制測量	40
三、水庫淤積測量	42
(一)多音束測深系統作業方法	42
(二)單音束測深系統作業方法	55
四、環庫邊坡地形測量.....	58
(一)行動光達(LiDAR)系統.....	58
五、水庫容積計算	65
六、成果圖繪製	67
陸、成果比較分析	71
一、容積計算成果	71
二、控制斷面測量成果.....	83
三、水庫庫底地形侵淤變化分析	98
四、水庫水位、降雨及淤積量比對分析	103



附件目錄

- 附件一、GNSS 衛星定位測量計算報表
- 附件二、直接水準測量計算報表
- 附件三、控制點樁位指示圖
- 附件四、水深測量工作紀錄表
- 附件五、水中聲速剖面記錄表
- 附件六、108 年鯉魚潭水庫地形測量查驗成果報告
- 附件七、儀器檢校報告
- 附件八、標高-面積-容量統計表(10cm 間距)
- 附件九、審查意見回復表
- 附件光碟、測量成果光碟

附圖目錄

- 附圖一、1/2,500 水深地形成果圖(另附)
- 附圖二、1/10,000 實測航跡圖
- 附圖三、1/10,000 水庫地形色階圖
- 附圖四、1/10,000 彩色庫底地形變異圖
- 附圖五、斷面位置圖
- 附圖六、橫斷面成果比較圖
- 附圖七、縱斷面成果比較圖



圖目錄

圖 2-1	作業範圍圖.....	16
圖 4-1	水深測量儀器架設示意圖.....	28
圖 4-2	校驗項目示意圖.....	29
圖 4-3	Roll、Pitch 與 Latency 校驗場示意圖.....	30
圖 4-4	多音束測深儀儀器率定位置.....	30
圖 4-5	系統率定校正成果圖.....	31
圖 5-1	水庫淤積測量作業流程圖.....	32
圖 5-2	控制點位分布圖.....	33
圖 5-3	GPS 衛星定位儀器照.....	34
圖 5-4	GNSS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程.....	35
圖 5-5	GNSS 觀測網形圖.....	36
圖 5-6	平面檢測工作照.....	36
圖 5-7	直接水準測量工作照.....	41
圖 5-8	水準路線圖.....	41
圖 5-9	多音束水深測量作業流程.....	42
圖 5-10	水深測量測線規劃圖.....	43
圖 5-11	聲速不同所造成聲波傳遞折射現象示意圖.....	44
圖 5-12	SVP 位置.....	45
圖 5-13	SVP 聲速剖面圖.....	45
圖 5-14	多音束水深資料處理流程圖.....	46
圖 5-15	HIPS 多音束資料處理流程圖.....	47
圖 5-16	Caris HIPS 8.0 資料處理畫面.....	47
圖 5-17	多音束資料匯入畫面.....	47
圖 5-18	多音束測深聲速修正.....	48
圖 5-19	作業船隻重心位置圖.....	48
圖 5-20	多音束測深定位資料篩選.....	49
圖 5-21	多音束測深篩選船隻姿態資料.....	49



圖 5-22	多音束測深雜點過濾	50
圖 5-23	多音束水深成果色階圖	51
圖 5-24	多音束水深測點密度	53
圖 5-25	多音束水深測量工作照	54
圖 5-26	儀器架設照.....	55
圖 5-27	水中聲速率定.....	55
圖 5-28	水深作業示意圖	56
圖 5-29	單音束水深測量工作照	57
圖 5-30	RIEGL VUX-1-LR 行動式船載雷射掃描(範例).....	58
圖 5-31	行動船載光達掃描作業流程	59
圖 5-32	行動光達雷射穿透植被示意圖	60
圖 5-33	行動光達掃描邊坡成果	60
圖 5-34	定位定向系統軌跡解算	61
圖 5-35	點雲成果平差與檢核	62
圖 5-36	數值製圖點雲成果	63
圖 5-37	行動光達作業工作照	64
圖 5-38	容積計算流程.....	65
圖 5-39	鯉魚潭水庫水深地形圖成果縮繪	68
圖 5-40	鯉魚潭水庫 3D 水深成果圖	69
圖 5-41	鯉魚潭水庫 3D 水深地形疊合各項成果	70
圖 6-1	鯉魚潭水庫淹沒區標高—面積—容量關係曲線圖	75
圖 6-2	鯉魚潭水庫淹沒區歷年標高—面積—容量關係曲線圖	79
圖 6-3	鯉魚潭水庫投池區歷年標高—面積—容量關係曲線圖	80
圖 6-4	鯉魚潭水庫後池堰歷年標高—面積—容量關係曲線圖	81
圖 6-5	鯉魚潭水庫年平均淤積量曲線圖	82
圖 6-6	鯉魚潭水庫淤積測量控制橫斷面及縱斷面位置圖	85
圖 6-7	鯉魚潭水庫縱斷面比較圖縮繪	86
圖 6-8	鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(1).....	87
圖 6-9	鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(2).....	88



圖 6-10	鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(3).....	89
圖 6-11	鯉魚潭投池斷面位置圖.....	90
圖 6-12	鯉魚潭投池斷面圖(1/2).....	91
圖 6-13	鯉魚潭投池斷面圖(2/2).....	92
圖 6-14	投池測量成果及設計圖說比對	93
圖 6-15	鯉魚潭後池堰斷面位置圖	94
圖 6-16	鯉魚潭後池堰斷面圖(1/3).....	95
圖 6-17	鯉魚潭後池堰斷面圖(2/3).....	96
圖 6-18	鯉魚潭後池堰斷面圖(3/3).....	97
圖 6-19	侵淤色階圖繪製	98
圖 6-20	鯉魚潭水庫侵淤量比較區域劃分圖	99
圖 6-21	地形侵淤變化色階圖(上游兩處侵蝕處).....	100
圖 6-22	地形侵淤變化色階圖(斷面 R20 至 R30 及斷面 R39 至 R40)..	101
圖 6-23	地形侵淤變化色階圖(A1 下游區及 A2 中游區).....	102
圖 6-24	106/11 至 108/10 鯉魚潭水庫水位及降雨量表	103



表目錄

表 2-1	各項工作項目及數量統計表	17
表 2-2	工作項目與數量表	18
表 3-1	儀器設備規格表.....	24
表 3-2	軟體設備列表.....	26
表 4-1	水深測量系統主要單元一覽表	27
表 4-2	本次水深測量儀器架設偏移量	29
表 4-3	系統率定校正成果表	30
表 5-1	已知點一覽表.....	33
表 5-2	GNSS 觀測時段表	36
表 5-3	已知控制點檢測坐標比較表	37
表 5-4	自由網平差誤差橢圓報表	37
表 5-5	已知控制點檢測坐標反算距離較差表	38
表 5-6	已知控制點檢測坐標反算角度較差表	39
表 5-7	Leica DNA03 儀器規格.....	40
表 5-8	高程檢測較差統計表	41
表 5-9	IHO S-44 特等規範標準.....	52
表 5-10	多音束檢核成果	53
表 5-11	行動光達儀器規格.....	59
表 5-12	不同計算法總容量計算結果(EL.300m).....	66
表 5-13	本期總蓄水量變化-不同計算方式比較.....	66
表 6-1	鯉魚潭水庫蓄水區標高一面積一容量統計表 (108 年 10 月) .	72
表 6-2	鯉魚潭水庫投池區標高一面積一容量統計表 (108 年 10 月) .	74
表 6-3	鯉魚潭水庫後池堰標高一面積一容量統計表 (108 年 10 月) .	74
表 6-4	鯉魚潭水庫蓄水區前後期標高一面積一容量比較表	76
表 6-5	鯉魚潭水庫投池區前後期標高一面積一容量比較表	78
表 6-6	鯉魚潭水庫後池堰前後期標高一面積一容量比較表	78
表 6-7	鯉魚潭水庫泥沙淤積量歷年統計比較表	82



表 6-8	鯉魚潭斷面樁坐標表	84
表 6-9	鯉魚潭水庫各分區侵淤量統計表	99



壹、前言

台灣四面環海、地狹人稠，加上地勢山高峻嶺、河川狹隘短促，在先天環境限制及後天人為需求下，水資源的有效開發與利用顯得十分有限而重要，如何開源與節流是政府政策的重要議題。

鯉魚潭水庫壩址位於苗栗縣三義鄉大安溪支流景山溪上游，集水區範圍涵蓋苗栗縣大湖鄉、卓蘭鎮等地區，水源除景山溪，並由大安溪主流士林攔河堰越域引水，總蓄水量約一億兩千萬立方公尺，水庫集水區總面積 5,345 公頃，區域內由於屬苗栗縣果園精緻農業區，在土地利用方面已呈現高度開發的狀況。

本水庫屬於離槽水庫，水庫土砂淤積來源，主要為本身集水區範圍土壤因降雨自然沖刷流入水庫，另包含越域引水之發電後尾水所產生之微量懸浮載顆粒。為充分掌握各控制斷面水庫淤積情形，定期辦理水庫淤積測量，藉由成果評估進而作為水庫集水區整治及水庫營運參考。

由於興建水庫、水壩成本日益高昂，加上對環境生態衝擊大及民意高漲土地取得不易，使得新的水資源開發倍極困難，故有效利用目前現有的水資源，延長水庫壽命乃為重要方針。台灣每年夏季皆受颱風侵襲，加上山坡地開發、土石流肆虐，所挾帶的大量土石泥沙已嚴重影響水庫蓄水功能、減短水庫壽命。

本案為 108 年度鯉魚潭水庫淤積測量工作，由自強工程顧問有限公司所承辦，為有效精確計算水庫現有容積量，並監測水庫的淤積情況以估算水庫可使用年限，作為浚漂計畫與減淤計畫之依據，實施水庫蓄水區全域高精度的水深測量為必經之途。拜先進科技儀器所賜，本案採用多音束水深測量系統配搭 GNSS 衛星定位測量方式，除了在平面及高程上皆可獲得公分級的精度，且以 120% 以上的施測覆蓋率，完整呈現水下地形情況。



貳、計畫目的與調查範圍

一、計畫背景

鯉魚潭水庫屬於離槽水庫，蓄水庫土砂淤積來源，除本身集水區範圍土壤因降雨自然沖刷流入水庫外，尚包含越域引水所挾帶之微量懸浮載顆粒，其對於水庫淤積水庫壽命造成影響，茲為充分掌握各控制斷面水庫淤積情形，有必要定期辦理水庫淤積測量。另考量溢洪道投池的池底（及後池堰消能池）是否有淘刷情形以及後池的蓄水量，辦理投池後池堰水深至蓄滿 EL.213m 之容積計算，進一步了解池底狀況。鑑於水庫淤積測量設備：如測深儀、衛星定位儀之使用及相關測量成果分析等係屬一專門技術，茲為測量技術及人力因素考量，故爰以委託技術服務方式辦理「108 年度鯉魚潭水庫淤積測量委託服務」（以下簡稱本計畫），希望藉由本計畫辦理水庫淤積測量、容積計算等作業，提供未來水庫管理及集水區整治參考。

二、調查範圍

作業範圍如圖 2-1 所示，說明如下：

本案水庫蓄水區淤積測量範圍，跨越苗栗縣大湖及卓蘭兩鄉鎮，由於實際測量時適逢水庫高水位，使得以運用多音束測深儀直接測量之區域較以往為廣。

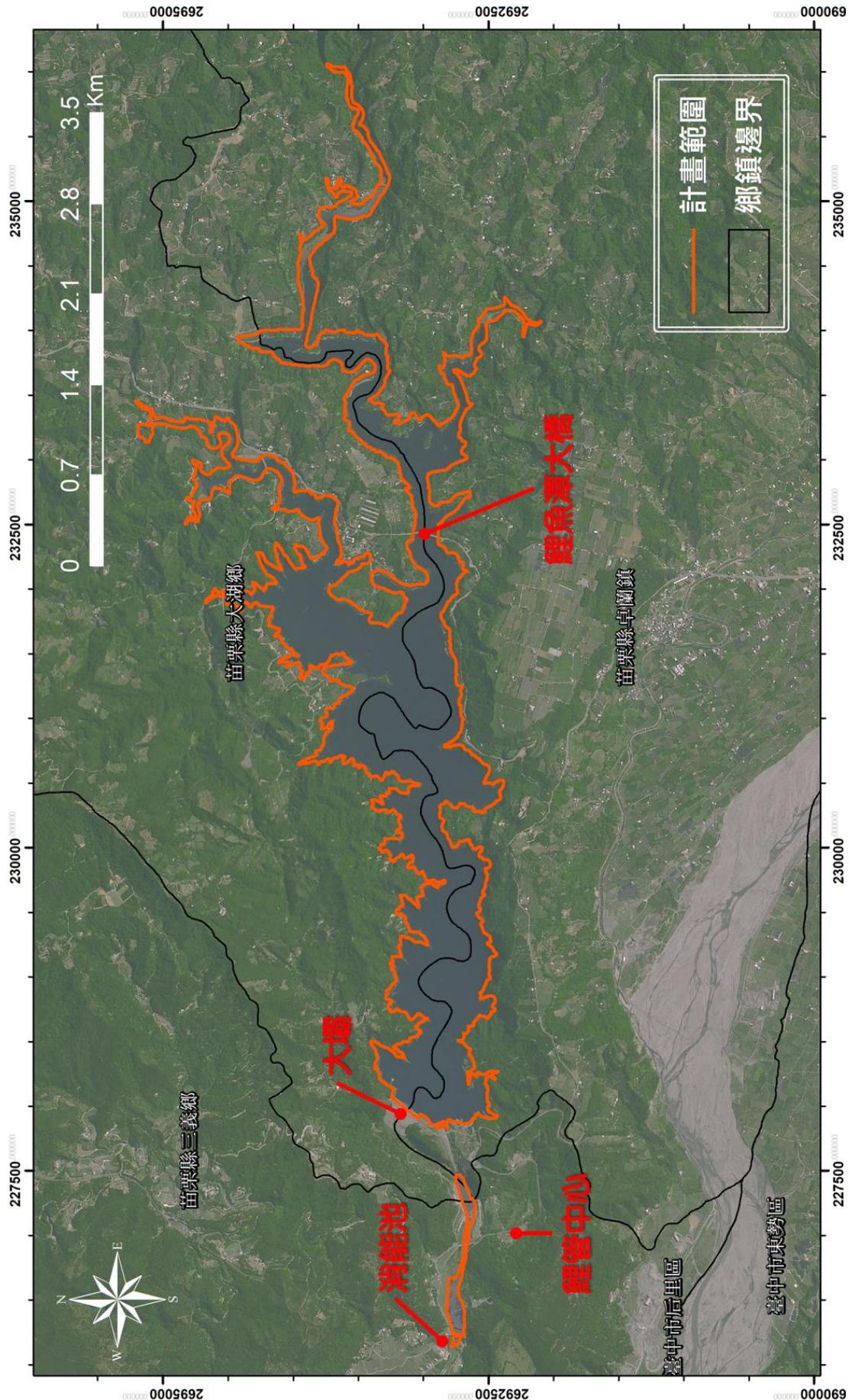


圖 2-1 作業範圍圖



三、工作項目及內容

各工作項目詳細作業內容與規劃則分述於後面章節，內容整理歸納主要可分為四大部分，分別為：

1. 水庫標高 EL=306m 以下範圍，其中蓄水位以下部分使用多音束測深系統(支流淺水區域得用單音束系統測深)，配合 GNSS 等實施水庫容積測量；蓄水位以上至 EL=306m 間出露部分，使用行動光達(LiDAR)系統測量邊坡地形。
2. 水庫溢洪道下游投池及後池堰區，投池使用多音束測深系統(淺水區域得用單音束系統測深)，量測投池及後池水下地形，並換算底部每公尺至水位 EL.213m 的容積量；另後池堰下游消能池使用單音束系統測深，量測消能池水下地形。
3. 等高線地形圖套繪製及水庫容積計算。
4. 撰寫淤積測量成果報告。

表 2-1 各項工作項目及數量統計表

項次	工作項目	數量	測量範圍及內容說明
1	控制測量	1 次	(1)控制點清查 (2)已知控制點檢測 (3)平面及高程控制測量
2	蓄水線以下水深測量	1 次	(1)庫區及其支流，標高 306 公尺以下 (2)下游投池及後池堰區，標高 213 公尺以下
3	蓄水線以上船載光達測量	1 次	範圍為蓄水位以上至 EL=306m 間出露部分
4	成果報告書編纂印製	1 式	(1)108 年度鯉魚潭水庫淤積測量成果報告「20 份 (2)1/10000 彩色庫底地形變異圖 (3)1/10000 實測航跡圖 (3)年平均淤積量曲線圖 (4)水位—面積—容量曲線圖 (5)河床縱斷面成果比較圖(控制斷面) (6)各高程之有效蓄水量表(0.1 公尺間距)
5	水庫之數值地形圖	1 式	(1)比例尺 1/2500 (2)包含淹沒區(高程 306 公尺以下) (3)等高線間距原則上首曲線間距為 1 公尺 (4)計曲線間距為 5 公尺
6	投池及後池數值地形圖	1 式	(1)比例尺 1/2500 (2)包含高程 213 公尺以下 (3)等高線間距原則上首曲線間距為 1 公尺 (4)計曲線間距為 5 公尺
7	水庫地形色階圖	1 式	繪製適當比例尺之地形色階圖
8	水庫三維立體資料	1 式	利用 Skyline 建置三維模型



各項工作細項如表 2-1 所示：

表 2-2 工作項目與數量表

項次	工作項目	單位	數量	說明
1	控制點坐標及高程檢測	次	1	已知平面及高程控制點檢測
2	淹沒線以下 水庫淤積測量	次	1	於民國 108 年 10 月進行水深測量，滿水位面積約 434 公頃，包括外業測量及內業資料計算處理。主要採多音束水深測量方式。
3	淹沒線以上 環庫陸域地形測量	次	1	由蓄水淹沒線以上測至標高 306 公尺以上，以行動光達系統為主測量水庫邊坡地形。
4	投池及後池堰 地形測量	次	1	水庫溢洪道下游投池區測量，使用多音束測深系統測量，後池堰採單音束測深系統測量，量測投池及後池堰水下地形，並換算底部每公尺至水位 EL.213m 的容積量。
5	水庫容積計算及 地形侵淤分析	式	1	計算水庫有效蓄水容積至滿水位 EL.300 公尺，另以外插方式推算至 EL.306 公尺止，並與前一年度地形成果作比較，瞭解水庫淤積源及淤積地點之潛式分析。
6	成果報告印製	式	1	印製 108 年度水庫淤積測量成果報告 20 份及製作電腦檔 20 份。



四、繳交成果

本計畫應繳交成果說明如下：

1. 測量成果報告：

依據政府出版品相關規定，印製 108 年度鯉魚潭水庫淤積測量成果報告 20 份及製作電腦檔 20 份。內容如下：

(1) 目錄章節：

摘要、結論與建議、計畫目的與調查範圍、測量儀器及設備、現場設備校正實施過程、測量執行經過概述、成果比較分析、附錄。

(2) 圖表資料：

1/10000 彩色庫底地形變異圖、1/10000 實測航跡圖、年平均淤積量曲線圖、水位—面積—容量曲線圖、河床縱斷面成果比較圖、橫斷面成果比較圖（控制斷面）、各高程之有效蓄水量表（0.1 公尺間距）。

(3) 電腦檔製作光碟內容，包括：

測量成果報告一全、測深記錄（實測原始資料時間、水深、定位坐標、水位記錄及修正後之水深等資料）以及現場疊合測試成果、計算成果記錄。

2. 繳交成果之展示

(1) 水庫之數值地形圖：比例尺 1/2500，包含淹沒區（高程 306 公尺以下）。等高線間距原則上首曲線間距為 1 公尺；計曲線間距為 5 公尺。

(2) 水庫地形色階圖：需繪製適當比例尺之地形色階圖。

(3) 水庫三維立體資料，需製作成可供免費瀏覽軟體所需之格式，並提供可以瀏覽 3D 影像之軟體。



五、作業規範

(一)通則

1. 高程採內政部一等水準點系統或本局提供並檢核合格之水準控制點，以公尺為單位，計至公厘止。
2. 平面控制採 TWD97 TM 二度分帶坐標，以公尺為單位，計至公厘止。
3. 平面及高程已知控制點均須檢測無誤後方得引用，如未通過檢定之點位，必須通知機關以免日後誤用。
4. 於簽約完成之日起 20 天內編擬工作執行計畫書及預定進度表送交主辦機關，經認可後展開工作。

(二)水庫淤積測量

1. 衛星控制點之選用或引測

在測區內已知點位上設置 GNSS 陸上控制站，以此為基站利用 RTK 模式來修正水深測量 GNSS 移動站的定位坐標；區內若無控制點，則需選定一處透空度良好且便於埋設的地點（需埋設於不易毀損之地物上），利用雙頻 P 電碼之 GNSS 衛星接收儀於待測點以及測區附近與此幾何分布良好的任二點內政部公告之一或二等衛星控制點同時連續觀測至少 30(含)分鐘，且其自由網平差之點位精度誤差橢圓長軸半徑最大不得超過 2 公分。

2. 水深測量

(1) 多音束系統：

A. 多音束現場疊合測試：

於系統裝機完成後，需進行多音束現場疊合測試以求取後期資料處理時所需的參數；包括了：左右傾斜偏移（Roll Offset）、前後傾斜偏移（Pitch Offset）、指向偏移（Yaw Offset）以供查驗及複查之用。

B. 聲納頻率：

必須全程使用 100KHz 以上，總束寬 60° 以上的多音束迴聲測深儀（Multi-Beam Echosounder）測量；每一音束之寬度必須小於 2°。



(2)測深要求：

- A.除測深機外，系統需輔以 GNSS、船隻運動感應器、電羅經等周邊設備配合；其精確度需達 0.2° 。
- B.音鼓、定位天線與船體運動感應器必需能精確記錄其設置得坐標位置，並提供相關資料處理及查驗複查之用。
- C.所有原始實測資料皆以電腦直接記錄於硬碟上，以供後續資料處理與驗收時複查用。

3.儀器

(1)定位儀：

水深測量使用 GNSS 衛星接收儀，採即時動態 (RTK) 或差分 (DGNSS) 模式予以定位，其定位誤差範圍應在 ± 2 公尺以內，測量資料 (包含時間、水深及坐標) 同步記錄於電腦中，俾供後續驗證之用；此外，並利用 GNSS 對系統提供船隻導航之相關訊息，於施測必須能在螢幕上清楚顯示該測量船與預定測線之偏差及船位，以便隨時辦理校正。

(2)水準儀：

水準測量採用精密自動記錄水準儀，自動紀錄讀數至小數點後第 5 位 (0.01mm)，符合一、二等水準測量精度規範，每公里往返觀測標準中誤差搭配鈷鋼尺為 0.3mm，觀測距離 1.8m~110m。

(3)多音束測深儀：

多音束系統需採用至少 30 束之多音束測深儀器，每個音束不大於 2° ，並利用精度至少達 0.2 度的運動感應器與電羅經，配合 GNSS 提供之定位值，藉由處理電腦 (或相關軟體) 所組成的測深系統，以對水庫進行高解析的地形量測工作。水深測量精度在 50 公尺水深內其誤差應不超過 ± 0.2 公尺；且所有記錄值須為公制。

(4)單音束測深儀：

單音束系統採用儀攜帶式測深儀。測深精度為 $\pm 0.01\text{m} + 0.1\%$ depth (測深值)，測深解析度為 0.01m，音鼓測深範圍 0~200m，可同時輸出數值及類比圖面資料成果。測深儀具備內部時鐘，可固



定時間繪製水深標記線，以作為類比及數位水深測值資料比對使用，並且搭配湧浪補償器進行波浪高差修正。若訊號品質不佳或異常的水深值，即可利用測深圖紙檢核水深資料，藉以修正水深值。

(5) 水位觀測：

除現地實測的水深資料外，必須定時（每小時一次）觀測與記錄水庫水位變化，並於修正水位變化後將所有水深測量成果回歸成地形高程。

(6) 水中聲速量測：

水深測量前，應於當日在測區內選擇一處具代表性的地點（早、晚各一次）測定水中聲速剖面變化值，俾取得儀器設定及資料處理之適當參數值，該資料並於驗收時提供資料檢核及複查之用。



4.測量作業及條件

- (1)多音束測深其測線間距可隨測區內不同之水深變化而改變，惟測線與測線間至少要達 20% 以上之測區重疊，且資料密度不得低於每 2 公尺一實測點。
- (2)測量船之船速限於 5 節以內，且測線以垂直岸向為原則。
- (3)測量船、船駕及油料由乙方自行準備，測量船用畢乙方應會同機關查驗完好無損後始得歸還。如有損壞乙方應負責修復完妥，倘未依約修復時機關得逕為辦理送修，其修理費用由乙方應得之服務費扣抵。

(三)水庫淤積量及有效容量計算

- 1.各目標年之水庫淤積測量成果須與前一年度作比較，俾辦理水庫淤積源及淤積地點之潛勢分析。
- 2.年度淤積測量須計算水庫達滿水位 EL.300 公尺時之有效容量，另以外插方式推算至 EL.306 公尺止。
- 3.溢洪道投池連後池堰的池底地形測量，並推算至 EL.213m 的容積計算。



參、測量儀器及設備

本計畫執行測量工作所需之各項儀器設備主要分為硬體設備及軟體設備。在硬體設備部分，包含平面控制測量所使用之 GNSS 衛星定位儀、水庫淤積測量採用之多音束水深測量系統（含周邊配備）、單音束水深測量系統及行動光達測量儀器設備等；而軟體設備部分則分為自行開發測量軟體、GNSS 計算軟體、(3D) 繪圖軟體、海測軟體，各項儀器規格及型號如表 3-1、表 3-2 所述。

一、儀器設備

表 3-1 儀器設備規格表

用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
地面控制測量	全站式經緯儀 Leica TCR1205 $\pm 3\text{mm} + 1\text{ppm}$		1
	精密自動記錄水準儀 Leica DNA03		1
陸域地形測量	行動光達掃描儀 RIEGL VUX-1-LR 測距精度：15 mm 掃描速度：最高每秒 75 萬點 最長測距：1,350m 作業時速：最高 110 km/hr		1
	慣性導航單元(定位定向系統) 飄移度(Drift)：0.005 度/小時 RTK/PPK 定位精度：2 公分 資料頻率：400Hz 時間延遲：< 3 ms		1
	地面光達 RIEGL VZ-1000 測量範圍：最近至 2.5m；最遠至 1,400m 測距精度：5mm 測量速度：122,000 點/秒 掃描範圍：垂直 100 度；水平 360 度 同軸像機：Nikon D700 (1,200 萬畫素)		1

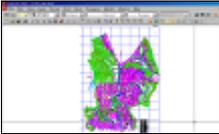


用途	儀器型式/儀器精度及規格	儀器照片	數量
水深 地形 測量	衛星定位儀 Javad TRIUMPH-1 動態平面精度 1.0cm + 1.0ppm×L 動態垂直精度 1.5cm + 1.0ppm×L 靜態平面精度 0.3cm + 0.5ppm×L 靜態垂直精度 0.5cm + 0.5ppm×L		2
	Trimble SPSx51 平面精度±(0.25 m + 1 ppm) RMS 垂直精度±(0.50 m + 1 ppm) RMS		1
	電子羅盤及湧浪姿態補償儀 Octans 100 動態精度：±0.1° 靜態精度：±0.05° 解析度：0.01° S/N：3471-858		1
	多音束測深儀 Reson Seabat7125 頻率：200kHz 最大測水深度：450m 最大側掃角度：140° 解析度：6mm S/N：18340314112		2
	溫鹽深儀 Sea & Sun Technology CTD 測量範圍(Range)：1400~1600m/s 聲速解析度：0.01m/s 壓力解析度：0.002 % (Full Scale)		1
	聲速剖面儀 Son Tek CastAway®-CTD 測量範圍(Range)：1400~1730 m/s 聲速解析度：0.01m/s 深度解析度：0.01m		1
	自動驗潮儀 SeaBird 39 壓力式自動驗潮儀 感測器解析度：4mm 精度：0.1%		2
	輕快號 船身全長6公尺 吃水深為0.46公尺		1



二、資料處理與計算軟體

表 3-2 軟體設備列表

軟體名稱	數量	軟體說明	圖示
LeadSurvey	1 套	自強公司所開發出之測量計算管理系統，完全符合國內之測量要求，並相容於各種儀器的記錄格式圖面編輯容易、報表清晰美觀	
HYPACK Survey 專業水深測量作業軟體	1 套	導航、單音束及多音束水深測量資料接收處理、側掃聲納影像接收處理、精度計算、成果展示	
Caris HIPS&SIPS Professional	1 套	水深測量及側掃聲納資料處理軟體	
FLEDERMAUS	1 套	3D 視覺化資料處理及展示軟體	
Surfer 8.0	1 套	土方計算、3D 軟體	
水準計算程式	1 套	水準測量計算軟體	
Trimble Business Center	1 套	GPS 計算軟體	
AutoCad 2007 Map3D	5 套	繪圖軟體	



肆、現場設備校正實施過程

在進行水深測量工作前，將儀器安裝架設完畢之後，在現場進行設備校正及實地檢測工作，以確保儀器在安裝或設定的過程中是無誤的，不會導致測量成果有誤謬之情況發生。相關校正過程詳後續小節內容所述。

一、水深測量系統

為執行水深測量工作，需將各項相關儀器設備安裝架設於船隻載具上，並配合陸地上 GNSS 固定站及水位高程之量測，以達成水深地形測量之目的。水深測量系統元件主要可分為測深單元、定位單元、周邊感測單元、資料收集單元及載具等，各單元名稱及主要負責功能如表 4-1 所列，系統架構示意如圖 4-1 所示。

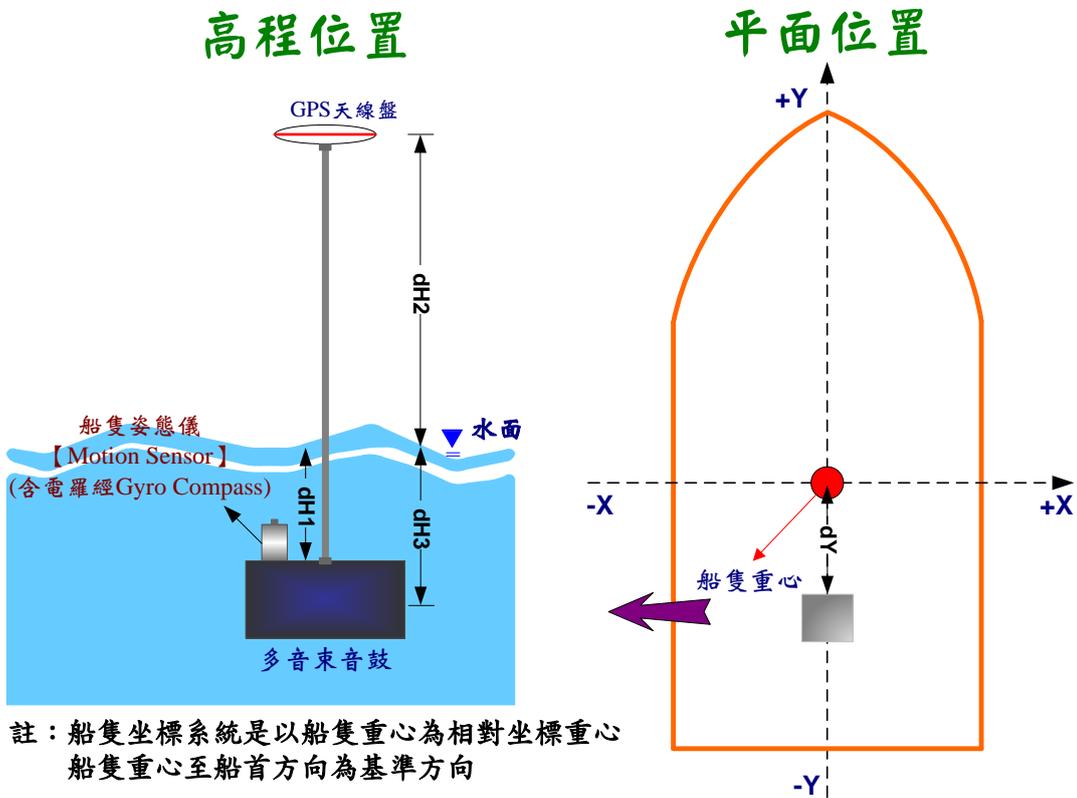
表 4-1 水深測量系統主要單元一覽表

測深系統主要單元	主要單元名稱	主要負責功能
測深單元	多音束測深機 (處理器主機及音鼓)	測量深度(水深地形)
定位單元	GNSS 衛星定位儀	船隻導航及定位(陸上已知點架設主站、船隻音鼓桿上架設移動站)
周邊感測單元	船隻姿態儀 (含電羅經)	記錄船隻運動姿態角度，包含前後傾斜(pitch)、左右搖擺(roll)及船艏指向(yaw 或 heading)角度，並記錄船隻上下起伏(heave)之高程變化量。
	水中聲速剖面儀	量取水中聲速(聲波在水中表層至底層之傳播速度)
資料收集單元	電腦及專業水深測量軟體	各項觀測資料之接收、記錄及計算處理
載具	測量船隻	搭載測量人員及各項儀器設備，於水域行進執行測量工作



二、儀器架設偏移修正

以船隻重心為相對坐標中心，船隻重心至船首方向為基準方向，安置測深系統各項裝置時記錄並繪製各相對位置（如圖 4-1 所示）。



註：船隻坐標系統是以船隻重心為相對坐標重心
船隻重心至船首方向為基準方向

圖 4-1 水深測量儀器架設示意圖

架設修正項目包括：

- (1)音鼓吃水深：音鼓至水面距離。
- (2)音鼓平面位置：音鼓架設於船隻上的相對位置。
- (3)GNSS 天線平面位置：GNSS 天線架設於船隻上的相對位置。
- (4)GNSS 天線高程：定位儀至水面距離。
- (5)船隻姿態感測器位置：姿態感測器架設於船上的相對位置。
- (6)多音束測深儀音鼓的安置角度。
- (7)GNSS 天線與測深音鼓儘量安置在同一平面位置上，音鼓放置於船隻重心；多音束音鼓、船隻姿態蒐集器及電羅經感測器平行船中心線，以減少偏差效應。



表 4-2 本次水深測量儀器架設偏移量

儀器架設偏移量 (相對於音鼓發射 中心坐標系)	儀器名稱	X 軸偏移量 (m)	Y 軸偏移量 (m)	Z 軸偏移量 (m)
	音鼓	0.00	0.00	0.00
	GNSS 天線盤	0.00	0.03	-3.36
	運動姿態感測器 (含電羅經)	0.00	-0.051	-0.238

註 1. 船隻相對坐標系中的坐標值，在 X 軸是以右舷方向為正、在 Y 軸是以船艏方向為正、在 Z 軸是以水下方向為正，反之為負。

註 2. 運動姿態感測器與音鼓架設於同一鋼體結構上，故其平面之 X、Y 偏移量為”零”。

三、多音束系統疊合測試

多音束水深測量系統結合多音束音鼓、表面聲速儀、電子羅盤及船隻姿態儀等，全部整合固定在金屬架上，並將儀器之相對位置（固定參數）內建於測深系統內，以減低資料輸入錯誤造成的人為誤差因素。因為儀器架設於船體時多音束音鼓會有方向及角度誤差，因此必須進行校驗參數測量以計算架設偏差。

(一) 儀器校驗項目

主要有 Latency(資料傳輸延遲時間)、Roll(船隻左右搖擺參數)、Yaw(船首方向)及 Pitch(船隻前後起伏參數)等四項，如圖 5-7 所示。

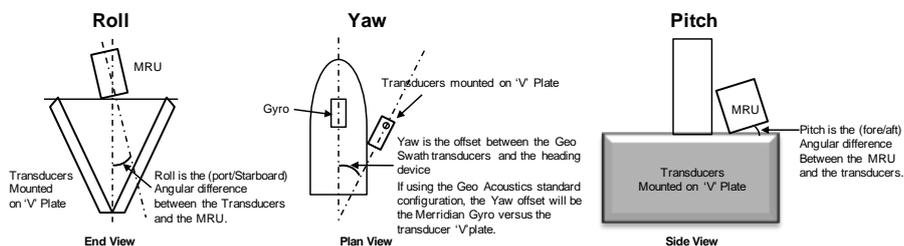


圖 4-2 校驗項目示意圖

(二) 作業方式

疊合測試最佳地點為地形有明顯變化處（坡度最好不超過 20 度），規劃 2 條相互平行測線，測線長度不得小於 200m，藉由平坦地形平行測線重疊資料計算出 Roll，其中地形變化較明顯之測線，施以



往返二航次，藉以計算 Pitch 及 Yaw，如圖 4-3。

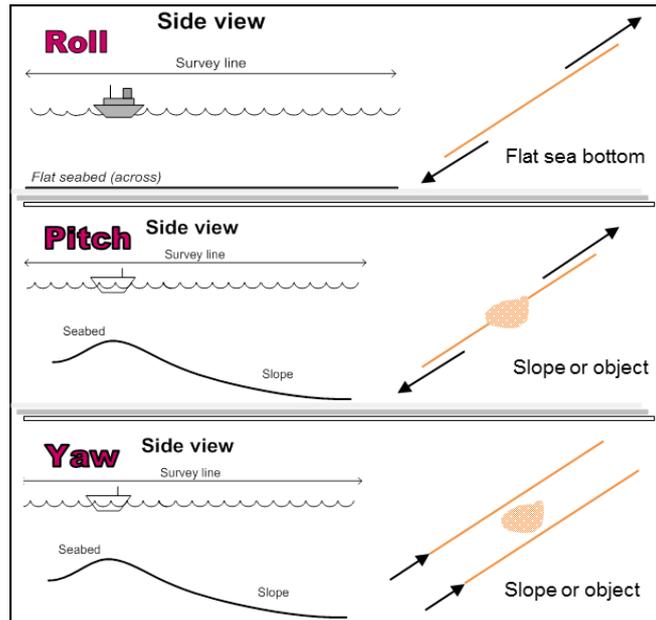


圖 4-3 Roll、Pitch 與 Latency 校驗場示意圖

(三)作業成果

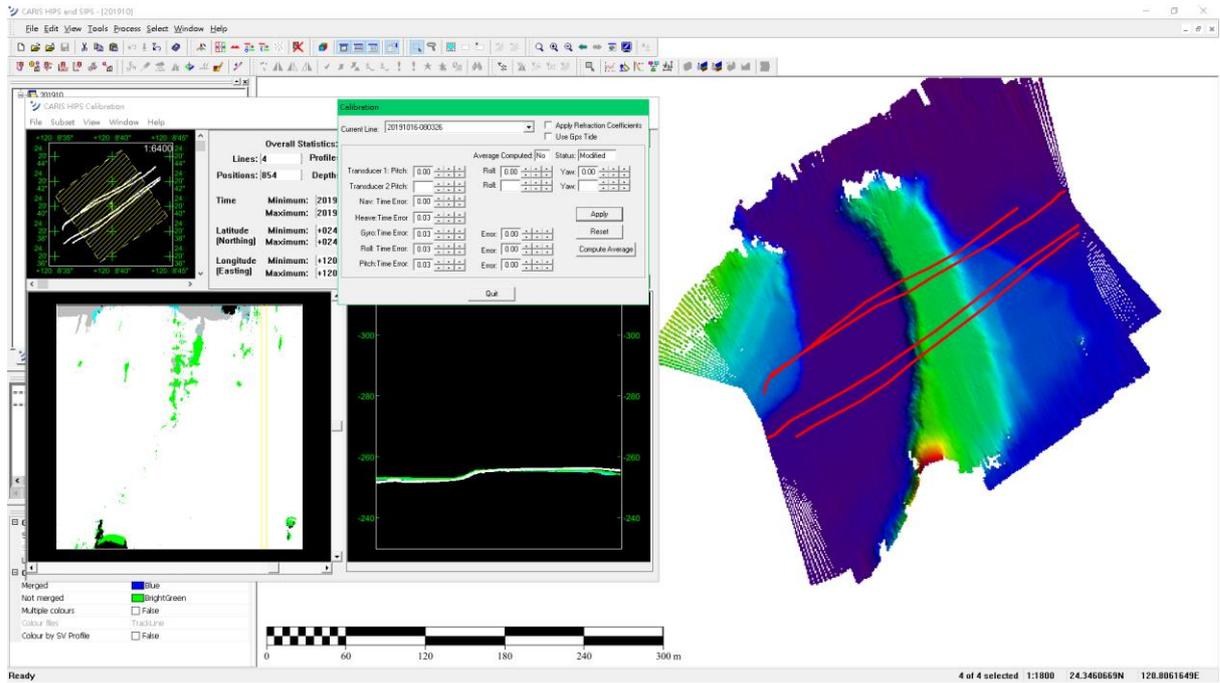
多音束測深系統率定作業於 108 年 10 月 15 日進行，如圖 4-4，作業成果截圖如圖 4-5，率定成果整理如表 4-3，率定後不同測次及測向之成果可互相疊合。



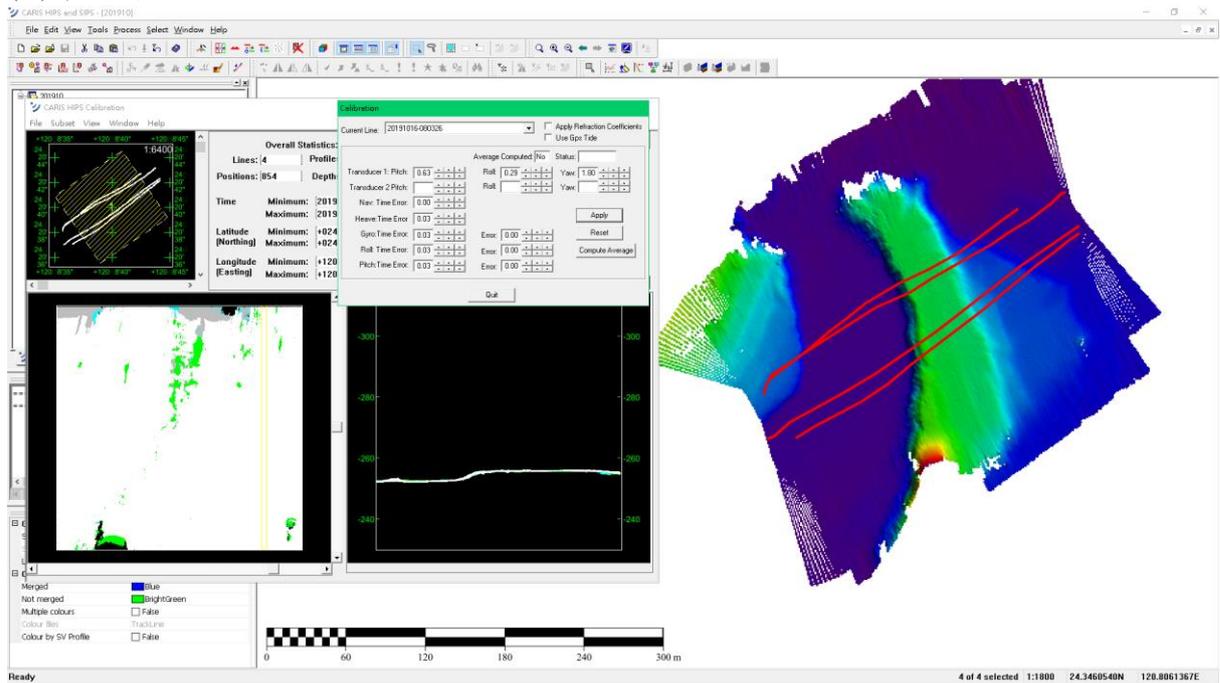
圖 4-4 多音束測深儀儀器率定位置

表 4-3 系統率定校正成果表

時間	項目	Pitch(°)	Roll(°)	Yaw(°)	Latency(sec)
108/10/15	Transducer1	0.630	0.290	1.800	0.000



(A) 率定前



(B) 率定後

圖 4-5 系統率定校正成果圖



伍、測量執行經過概述

一、作業流程

本計畫主要工作內容包含平面及高程控制測量、水庫淤積(水深地形)測量、環庫陸域地形測量、投池及後池堰地形測量、地形圖及斷面圖繪製、水庫容積計算及地形侵淤變化比較、資料處理與測量成果製作等工作。

本計畫環庫陸域地形測量本公司採用行動光達掃瞄測繪。本次整體作業流程如圖 5-1 所示，茲將本次工作項目中之已知控制點檢測、水庫淤積測量等工作項目之作業方法說明如後。

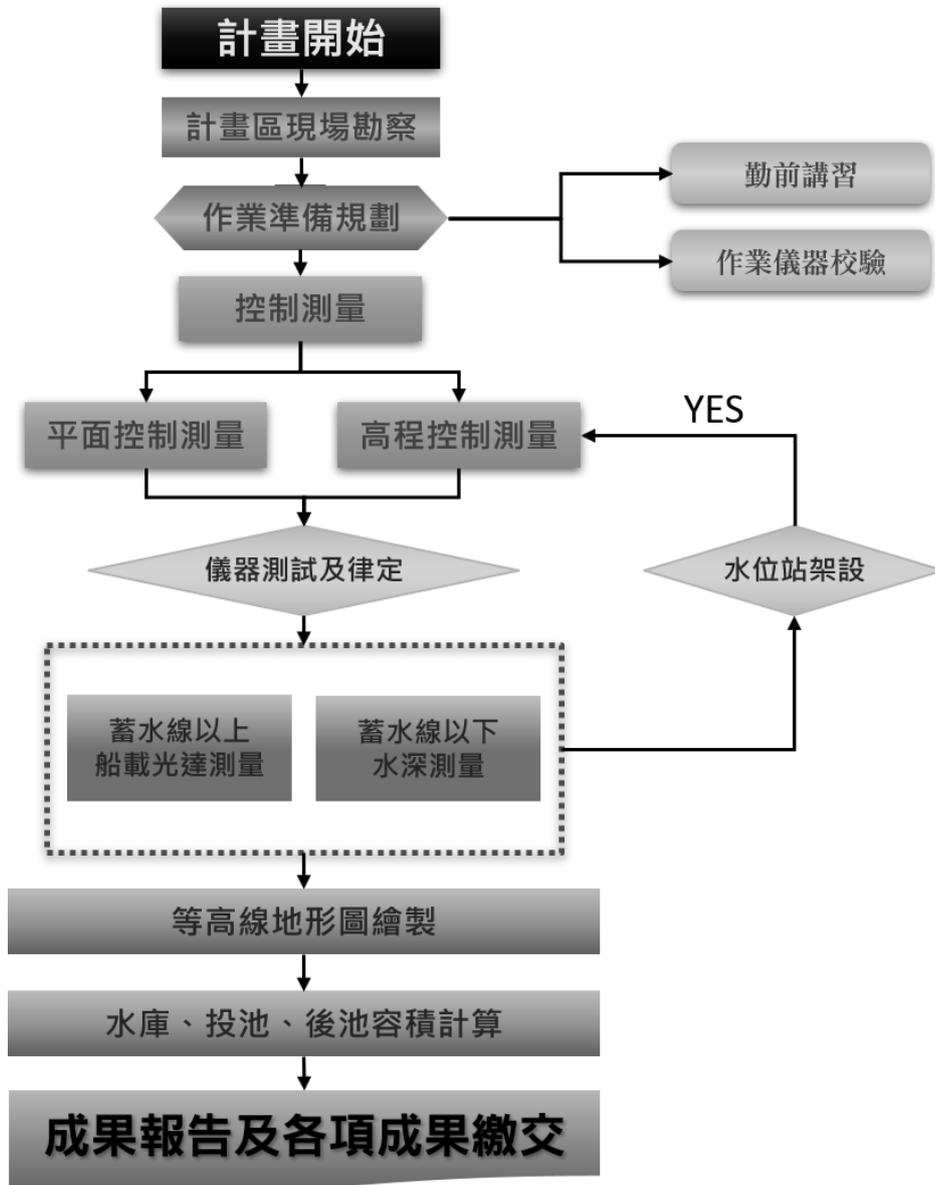


圖 5-1 水庫淤積測量作業流程圖



二、控制測量

(一)控制系統

1. 平面基準：採用內政部公告之 TWD97 TM 二度分帶坐標系統，以公尺為單位，計至公厘止。
2. 高程基準：採用內政部 TWVD2001 一等水準高程系統或 貴局提供並檢核合格之水準控制點，以公尺為單位，計至公厘止。
3. 茲收集鯉魚潭水庫附近之已知水庫基準點、三等控制點、一等水準點等相關點位，做為平面及高程控制之規劃依據，測區周邊已知控制點整理如表 5-1，分布如圖 5-2。

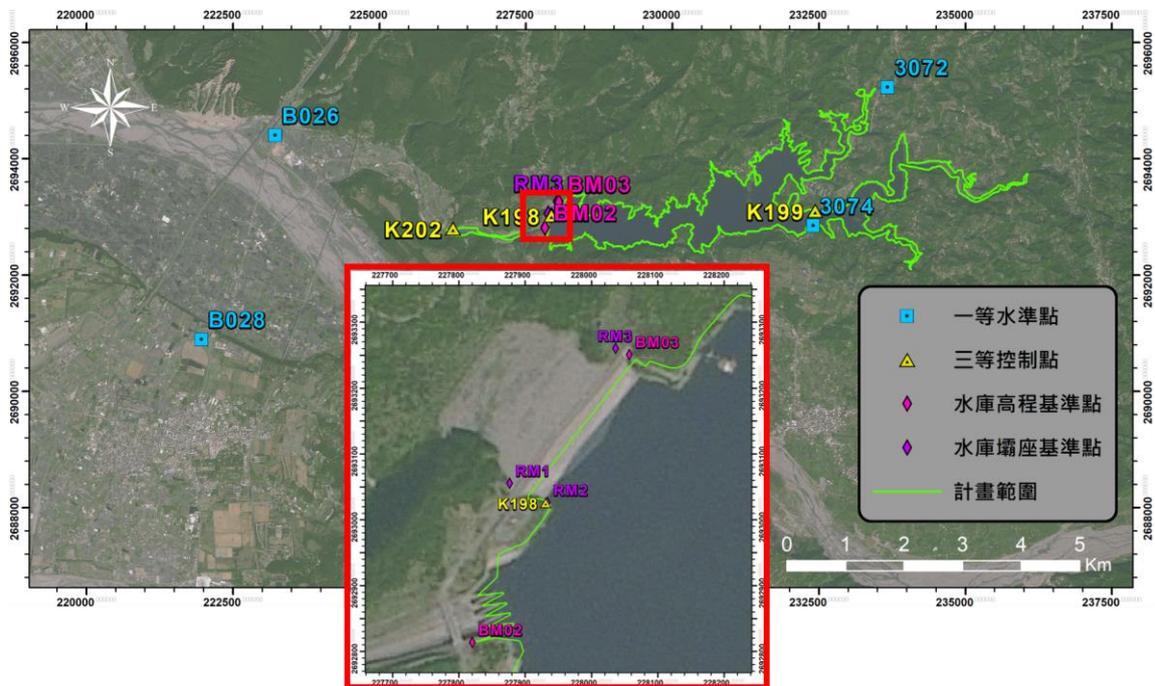


圖 5-2 控制點位分布圖

表 5-1 已知點一覽表

點名	縱坐標 N(Y)	橫坐標 E(X)	高程(m)	點位類別
K198	227930.869	2693025.195	---	三等衛星控制點
K199	232432.565	2693105.973	---	三等衛星控制點
K202	226253.129	2692801.136	---	三等衛星控制點
3072	233670.622	2695228.983	352.385	一等一級水準點
3074	232401.391	2692846.896	322.961	一等一級水準點
B026	223217.570	2694400.806	182.352	一等一級水準點
B028	221963.407	2690891.885	235.687	一等一級水準點
RM1	227876.531	2693055.055	308.206	水庫壩座基準點
RM2	227933.438	2693025.638	309.615	水庫壩座基準點
RM3	228036.301	2693259.957	321.694	水庫壩座基準點
BM02	227820.339	2692812.985	303.591	水庫高程基準點
BM03	228057.276	2693250.622	306.723	水庫高程基準點



(二)平面控制測量

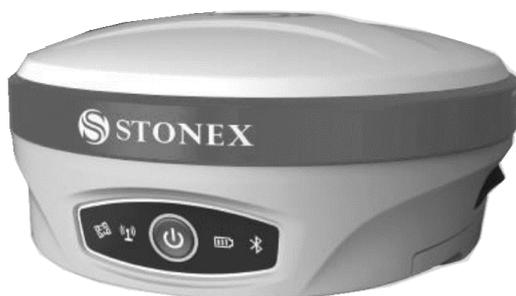
本計畫平面控制測量主要採用 GPS 衛星定位儀以靜態觀測方式進行，藉由 GPS 套裝軟體解算各基線分量，再進行 3D 坐標網形平差，解算出各點坐標。引用內政部公告之三等控制點及一等水準點至少檢測 2 點以上，經檢測無誤再引測坐標至測區壩座點，如遇有遮蔽或其它因素無法以 GPS 接收衛星訊號時，則改採導線測量方式執行。

1.作業內容

對於已知平面控制點進行之檢測，以 GPS 衛星定位測量方式執行，採用全波長大地測量雙頻衛星接收儀進行觀測。

2.測量設備

使用公分級之雙頻 GPS 衛星定位儀，可進行靜態、快速靜態及動態測量，儀器精度達 $\pm 5\text{mm} + 1\text{ppm} \times L$ （L 為單一基線之長度），其儀器照如圖 5-3 所示。



STINEX S9II 系列



Trimble 5800 型

圖 5-3 GPS 衛星定位儀器照

3.測量要求

- (1)利用雙頻 P 電碼之 GNSS 衛星接收儀於待測點以及測區附近與此幾何分佈良好的任二點內政部公告之三等（含）以上衛星控制點同時連續觀測至少 30（含）分鐘
- (2)所有觀測量必須經過週波脫落之偵測、改正之處理，經網形平差計算後，其自由網平差之點位精度誤差橢圓長軸半徑最大不得超過 2 公分。
- (1)外業觀測檢核：重覆觀測時間是否超過 45 分鐘、衛星顆數是否大於 4 顆、PDOP 值是否小於 10、仰角設定是否大於 15 度。



- (2)原始觀測資料檢核：GNSS 訊號是否連續觀測、儀器高及點名輸入是否正確。
- (3)基線解算成果檢核：每時段解算後基線以最小約制網平差計算，並剔除解算錯誤（誤差較大）基線，避免影響整網之精度。

4.資料處理

- (1)GNSS 觀測資料進行格式轉檔，利用 GNSS 套裝軟體解算，逐一配對同時觀測之測點組成基線並解算基線長度及各分量。
- (2)基線解算後得各測段所有基線，利用網形平差 GNSS 套裝軟體，將每測段觀測之 GNSS 網經最小約制平差後剔除解算不合基線。
- (3)由每時段最小約制平差後確定無解算錯誤之基線，再逐一加入整網平差，得一最終之 GNSS 最小約制平差成果。
- (4)GNSS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程如圖 5-4 所示。

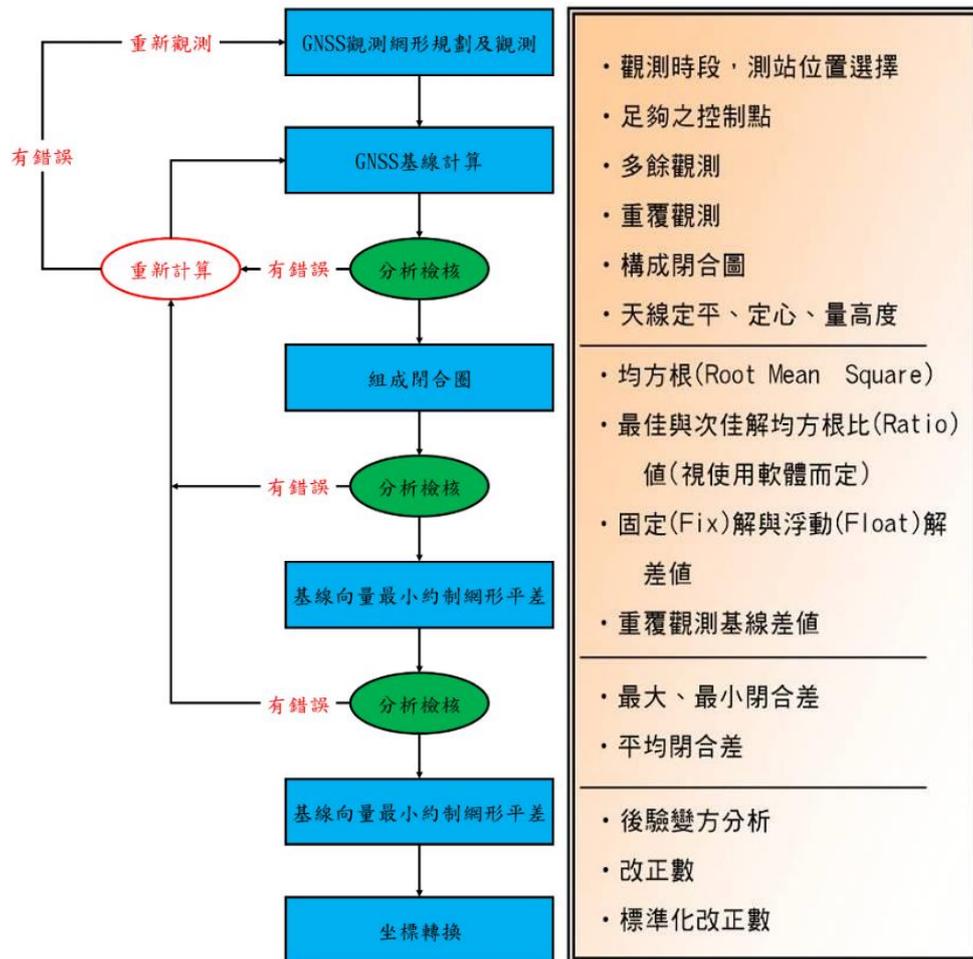


圖 5-4 GNSS 衛星測量基線計算、平差、偵錯作業流程



5. 控制點平面檢測成果

平面控制採用 GNSS 定位儀採靜態觀測，GNSS 觀測時段表如表 5-2，並繪製 GNSS 觀測網形圖，成果如圖 5-5。

表 5-2 GNSS 觀測時段表

觀測日期：2019 年 9 月 18 日											
儀器編號		1200	ST01	ST25	ST29	ST30	ST33	ST34	ST38	ST05	ST31
時段一	點號	K198	RM1	B026	B028	3074	K199	3072	RM2	RM3	BM03
	儀器高	0.948	0.046	1.745	1.631	1.46	1.768	1.567	0.046	0.281	1.141
	開機時間	08:48	08:42	08:40	08:29	08:40	08:35	08:44	08:51	08:36	08:26
	關機時間	---	---	---	---	---	---	---	---	09:35	09:35
時段二	點號	K198	RM1	B026	B028	3074	K199	3072	RM2	BM02	K202
	儀器高	---	---	---	---	---	---	---	---	1.447	1.518
	開機時間	---	---	---	---	---	---	---	---	09:56	09:57
	關機時間	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40	10:40

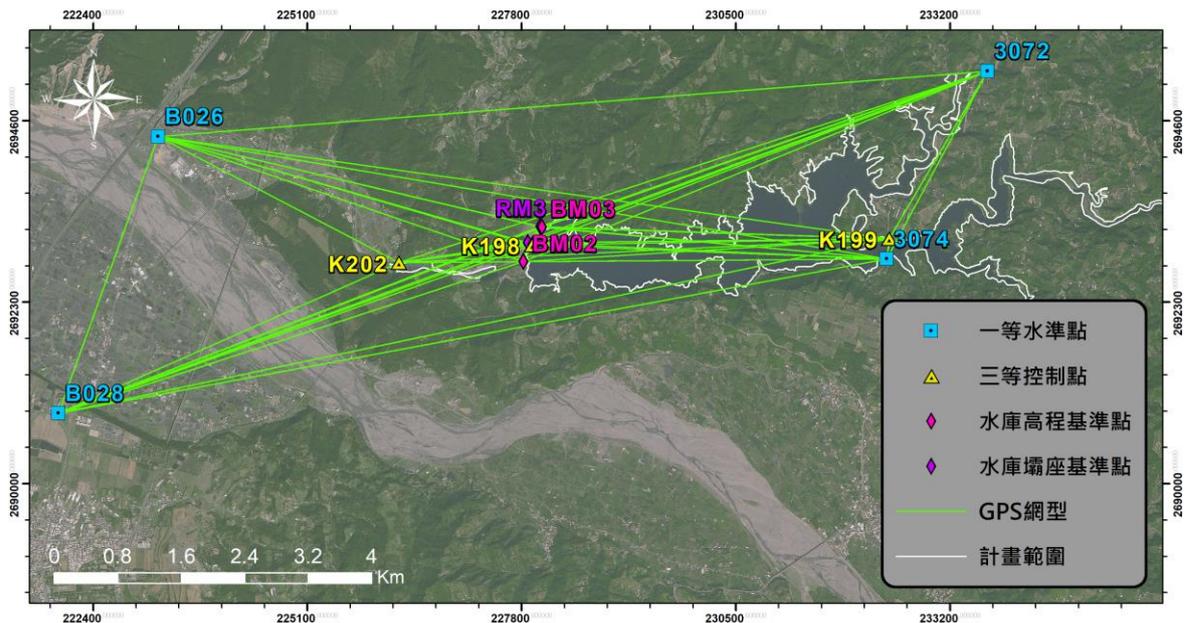


圖 5-5 GNSS 觀測網形圖



圖 5-6 平面檢測工作照



以衛星定位儀檢測已知控制點：三等控制點 K198、K199、K202；一等水準點 3072、3074、B026、B028，共計 7 點，GNSS 觀測資料經週波脫落改正、基線解算後，經最小約制平差剔除不合格之基線後，計算出最小約制平差之坐標值。再與內政部公告 TWD97 原坐標成果比較表如表 5-3，坐標距離最大差值為 0.079m；最小差值為 0.010m，固定點為 K198，故其差值為 0。

表 5-3 已知控制點檢測坐標比較表

點號	最小約制網坐標(m)		已知點坐標(m)		坐標差值(m)		距離(m)
	縱坐標(N)	橫坐標(E)	縱坐標(N)	橫坐標(E)	縱坐標(N)	橫坐標(E)	差值
3072	233670.551	2695229.018	233670.622	2695228.983	-0.071	0.035	0.079
3074	232401.365	2692846.906	232401.391	2692846.896	-0.026	0.01	0.028
B026	223217.605	2694400.798	223217.570	2694400.806	0.035	-0.008	0.036
B028	221963.441	2690891.863	221963.407	2690891.885	0.034	-0.022	0.040
K198	227930.869	2693025.195	227930.869	2693025.195	0	0	0.000
K199	232432.536	2693105.969	232432.565	2693105.973	-0.029	-0.004	0.029
K202	226253.134	2692801.127	226253.129	2692801.136	0.005	-0.009	0.010

GNSS 觀測資料經週波脫落之偵測、改正處理後將已知點基線改正數成果整理，其自由網平差之誤差橢圓報表如表 5-4，其長軸半徑最大為 0.4 公分，符合要求之自由網平差點位精度誤差橢圓長軸半徑 (Semi-major axis) 最大不得超過 2 公分。

表 5-4 自由網平差誤差橢圓報表

點號	Semi-minor axis	Semi-major axis	觀測角 Azimuth
	(Meter)	(Meter)	
3072	0.004	0.003	71°
3074	0.004	0.004	56°
B026	0.004	0.003	74°
B028	0.004	0.003	74°
BM02	0.005	0.004	58°
BM03	0.005	0.004	76°
K199	0.005	0.004	75°
K202	0.005	0.004	58°
RM1	0.004	0.003	75°
RM2	0.004	0.003	70°
RM3	0.004	0.004	76°



觀測資料就欲採用點以距離及夾角進行檢測，實測值與已知點坐標反算值相較差值，角度較差不得超過 20 秒，邊長（經必要改正後）之較差比數不大於 1/20,000。

檢核各基線長與原坐標成果反算距離，其差值精度如表 5-5，已知點檢核總計 10 條基線，檢核成果其距離差值精度皆小於 1/20000，符合檢測精度要求，可作為後續坐標套合平差計算使用。

表 5-5 已知控制點檢測坐標反算距離較差表

起點	終點	反算距離	檢測距離	距離較差	距離較差 檢測精度	精度規範 1/20000 容許誤差	備註
		[1] (m)	[2] (m)	[(1)-[2)] (m)		(m)	
3072	3074	2699.29	2699.29	0.001	1/ 2035539	0.135	符合
3072	B026	10487.1	10487.2	-0.1	1/ 104844	0.524	符合
3072	B028	12485.2	12485.3	-0.078	1/ 160833	0.624	符合
3072	K198	6148.39	6148.45	-0.053	1/ 116671	0.307	符合
3072	K199	2457.82	2457.81	0.012	1/ 196638	0.123	符合
3072	K202	7805.86	7805.91	-0.051	1/ 153251	0.39	符合
3074	B026	9315.37	9315.43	-0.062	1/ 151290	0.466	符合
3074	B028	10619.8	10619.9	-0.053	1/ 201557	0.531	符合
3074	K198	4474.07	4474.1	-0.026	1/ 170494	0.224	符合
3074	K199	260.931	260.946	-0.014	1/ 18060	0.013	符合
3074	K202	6149.34	6149.36	-0.024	1/ 259483	0.307	符合
B026	B028	3726.71	3726.7	0.012	1/ 298256	0.186	符合
B026	K198	4911.54	4911.58	-0.036	1/ 137263	0.246	符合
B026	K199	9306.54	9306.6	-0.062	1/ 151198	0.465	符合
B026	K202	3431.41	3431.44	-0.029	1/ 116914	0.172	符合
B028	K198	6337.72	6337.75	-0.025	1/ 255306	0.317	符合
B028	K199	10701	10701.1	-0.057	1/ 187066	0.535	符合
B028	K202	4695.44	4695.46	-0.02	1/ 232193	0.235	符合
K198	K199	4502.42	4502.45	-0.029	1/ 155952	0.225	符合
K198	K202	1695.16	1695.15	0.014	1/ 124603	0.085	符合
K199	K202	6187.85	6187.88	-0.026	1/ 240512	0.309	符合



經方位角檢核各基線之方位角與原坐標成果反算之方位角差值比較如表 5-6 所示，檢核成果其方位角差值精度皆小於 5 秒，符合檢測精度要求，可作為後續坐標套合平差計算使用。

表 5-6 已知控制點檢測坐標反算角度較差表

起點	終點	反算角度	檢測角度	角度較差	精度規範	備註
		[1] (度-分-秒)	[2] (度-分-秒)	([1]-[2]) (秒)	±10 秒 (秒)	
CIME	CM01(s)	294-32-8	294-31-6	-2	10	符合
3072	3074	208-02-55.07	208-02-59.00	-3.93	10	符合
3072	B026	265-28-11.06	265-28-12.07	-1.01	10	符合
3072	B028	249-40-18.30	249-40-19.78	-1.49	10	符合
3072	K198	248-59-42.29	248-59-44.24	-1.95	10	符合
3072	K199	210-14-51.98	210-14-56.68	-4.69	10	符合
3072	K202	251-52-31.94	251-52-33.67	-1.73	10	符合
3074	B026	279-36-12.56	279-36-12.73	-0.17	10	符合
3074	B028	259-23-28.72	259-23-29.54	-0.83	10	符合
3074	K198	272-17-01.74	272-17-02.16	-0.41	10	符合
3074	K199	6-51-39.47	6-51-40.51	-1.03	10	符合
3074	K202	269-34-24.21	269-34-24.85	-0.65	10	符合
B026	B028	199-40-04.48	199-40-04.69	-0.21	10	符合
B026	K198	106-16-13.07	106-16-12.98	0.09	10	符合
B026	K199	97-59-54.62	97-59-54.51	0.11	10	符合
B026	K202	117-47-18.42	117-47-17.53	0.89	10	符合
B028	K198	70-19-41.63	70-19-42.68	-1.05	10	符合
B028	K199	78-03-30.58	78-03-31.18	-0.59	10	符合
B028	K202	66-00-25.30	66-00-26.34	-1.04	10	符合
K198	K199	88-58-19.36	88-58-19.20	0.16	10	符合
K198	K202	262-23-34.59	262-23-35.76	-1.17	10	符合
K199	K202	267-10-32.80	267-10-33.02	-0.22	10	符合



(三) 高程控制測量

1. 作業內容

檢測水庫壩座及高程基準點，以精密水準儀往返觀測，做為本計畫引用高程之依據。

2. 測量設備

使用精密自動記錄水準儀 Leica DNA03，儀器規格如表 5-7。

表 5-7 Leica DNA03 儀器規格

儀器名稱 儀器規格	Leica DNA03 精密自動記錄水準儀	儀器照片
儀器讀數	以公尺為單位，直讀至小數點後第 5 位(0.01mm)，自動紀錄	
儀器精度	符合一、二等水準測量精度規範 每公里往返觀測標準中誤差： 搭配鈦鋼尺：±0.3mm 搭配條碼尺：±1.0mm	
視距觀測距離	1.8m ~ 110m	
視距觀測精度	1cm/20m(500ppm)	

3. 測量要求

- (1) 引用水準點高程檢測：根據 貴局提供或內政部水準點資料，於測區附近，以精密水準儀往返觀測，檢測二點以上，其精度達 $7\text{mm}\sqrt{K}$ (K 為水準測量路線長度公里數) 以內者，作為本計畫引用水準點之依據。
- (2) 由引用之水準點以水準儀施測直接水準至測區適當地點，做為本計畫高程控制之依據。沿途約每二公里，於固定安全之處設置臨時水準點，每一測段至少應往返觀測各一測回，每測段之精度應優於 $7\text{mm}\sqrt{K}$ (K 為水準測量路線長度公里數)。
- (3) 直接水準測量前後視距離應約略相等，且不得 >100 公尺。



4.控制點高程檢測成果：

高程檢測成果整理如表 5-8 所示，總計進行 1 段水準路線，檢測路線總長 0.81km，該段水準精度為 $4.2\text{mm}\sqrt{K}$ ，小於 $7\text{mm}\sqrt{K}$ ，符合精度規範，故後續檢測皆以此高程系統進行。其餘檢核成果皆小於容許精度，檢核點位可做為後續引測使用。水準測量工作照如圖 5-7，水準路線如圖 5-8。

表 5-8 高程檢測較差統計表

起點		終點		資料高差	檢測高差	較差	測段距離	容許較差	備註
點號	高程值 (M)	點號	高程值 (M)	(M)	(M)	(mm)	(KM)	(KM)	
BM02	303.59100	RM03	321.69400	18.10300	18.09921	3.79	0.81	6.32	合格

註：容許較差由 $7\text{mm}\sqrt{K}$ (K 為水準測量路線長度公里數) 計算而得



圖 5-7 直接水準測量工作照

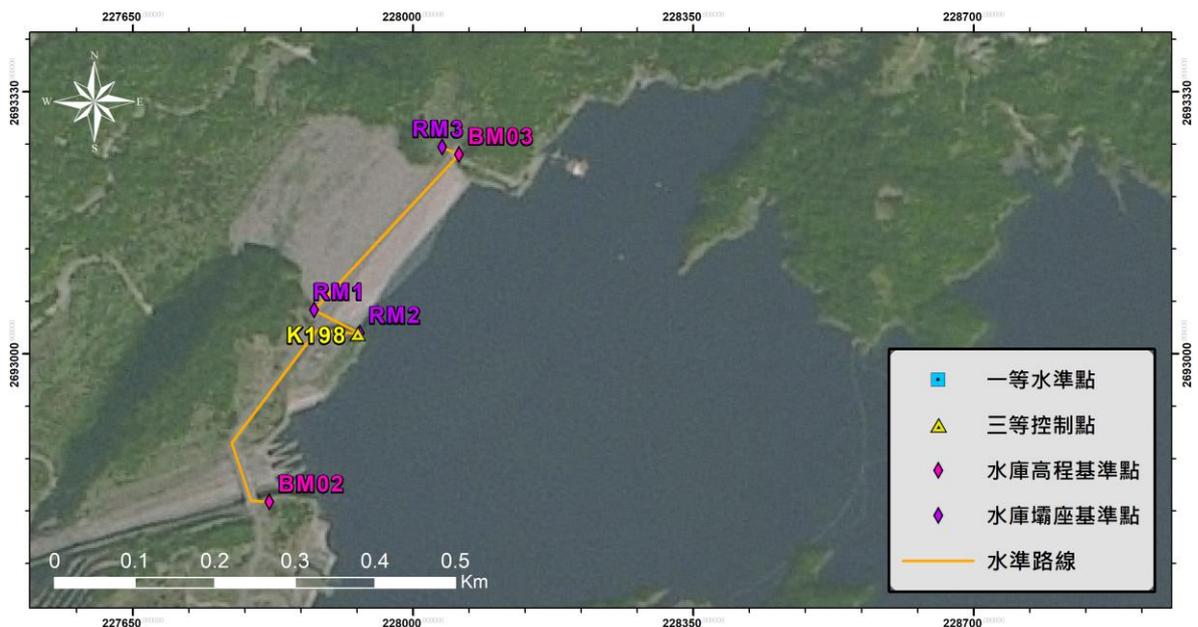


圖 5-8 水準路線圖



三、水庫淤積測量

本次水域測量部分，蓄水線以下作業主要採用 RESON SEABAT 7125 多音束測深系統進行。由於多音束系統較為繁重，使用之船隻吃水深也較深，進出後池堰、消能池及支流淺水域部分時可能較為困難，因此這些區域將使用單音束測深系統搭配橡皮艇進行測量。

(一)多音束測深系統作業方法

由於多音束水深測量作業其系統較為繁複，需經由各項修正參數來獲取高精度高密度水下地形成果，為此，建立多音束水深資料標準作業流程來嚴格控管測量資料品質，其流程如圖 5-9 所示。

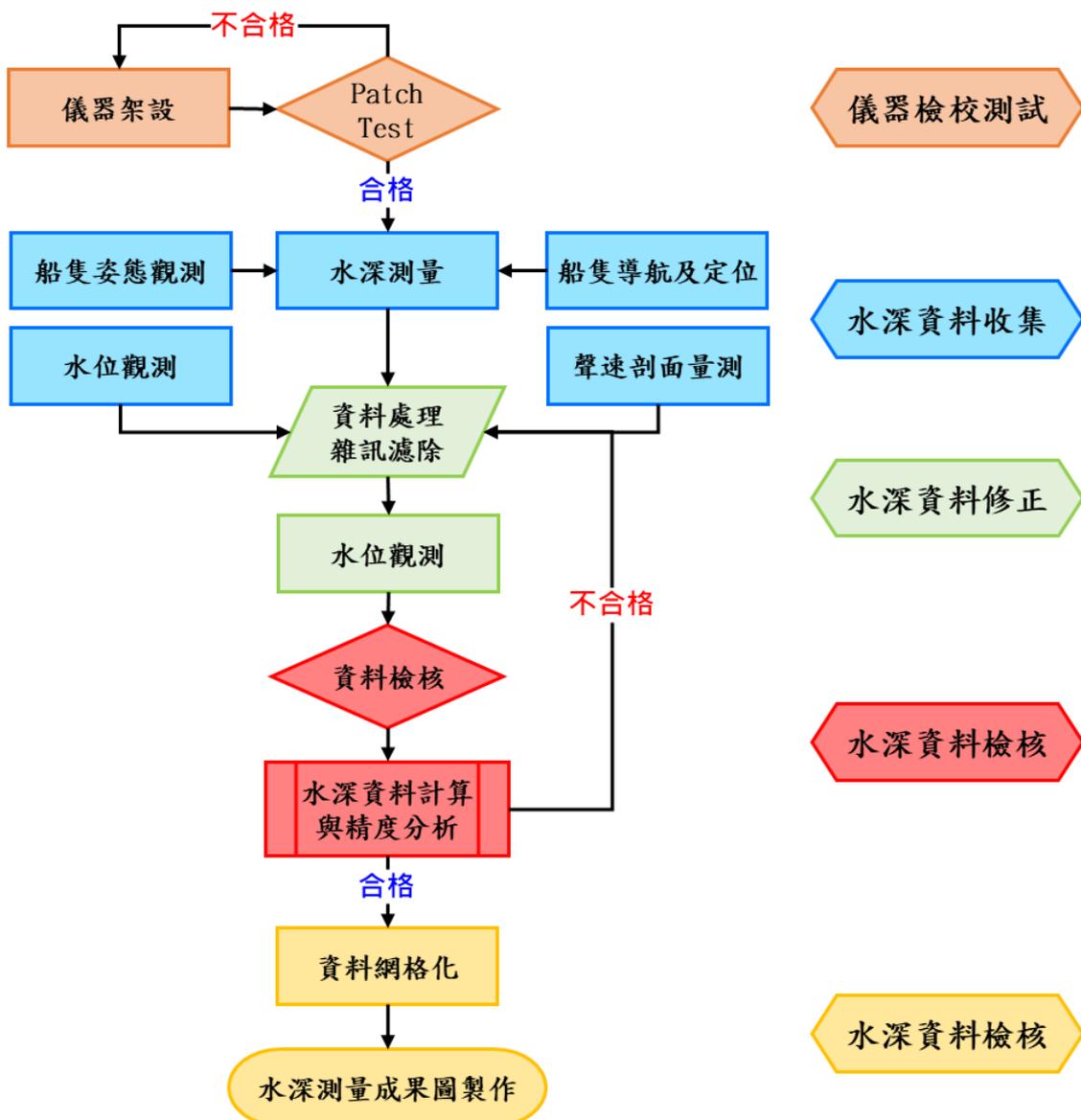


圖 5-9 多音束水深測量作業流程



1. 測線規劃

多音束測量之測線規劃間距依 IHO (國際海測組織) SP-44 規範標準之特等規範，測線間距採三倍測區平均水深或 25 公尺取較大者，測線分佈以可涵蓋測區全面，覆蓋率需達 120%，測線重疊範圍需達 20% 以上，規劃如圖 5-10 所示。

範圍為水庫庫區及其支流與下游投池等測量船隻可到達之區域。多音束水深測線間距為 50m，單音束水深測線為 10m (依現場狀況進行調整，如上游區水深較淺需進行加密施測)，並規劃檢核測線總計 11 條，檢核測線以垂直測線為主，採用單音束測深系統進行施測。另，於投池區進行加密施測，多音束測線間距為 25m，增加測線重疊率，並規劃 3 條垂直測線，增加檢核測點密度。最後再沿著庫區邊緣進行環庫測量，確保水庫邊緣資料之完整性。

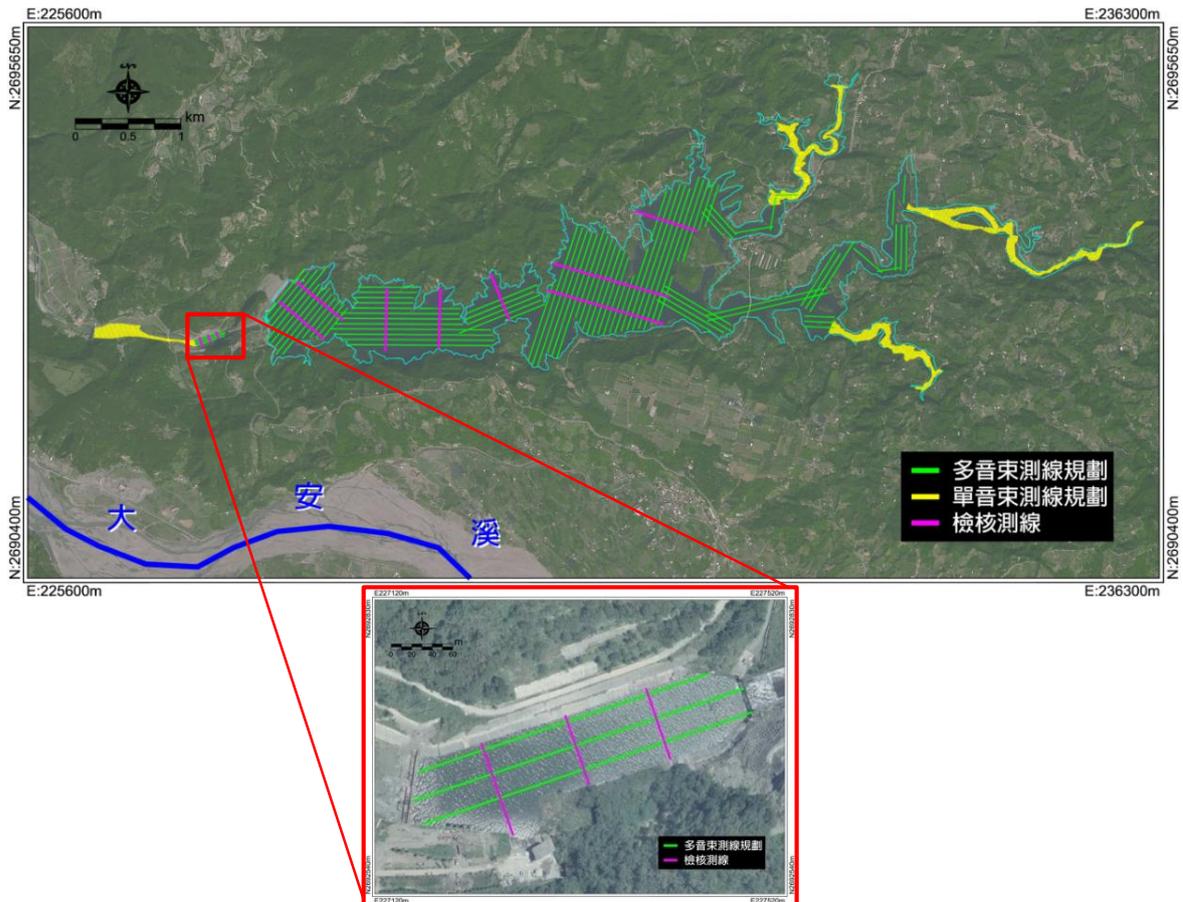


圖 5-10 水深測量測線規劃圖



2. 聲速量測

水中聲速隨水中溫度、壓力及鹽度不同而改變，水溫每增加 1°C，聲速約增加 4.5m/sec，水深（壓力）每增加 100 公尺，聲速約增加 1.7m/sec，鹽度每增加 1‰聲速約增加 1.3m/sec，聲速剖面分布可從 Medwin 公式了解其變化情形：

$$C = 1449.2 + 4.6T - 5.5 \times 10^{-2}T^2 + 2.9 \times 10^{-4}T^3 + (1.34 - 0.01T)(S - 35) + 0.016D$$

適用條件： $0 \leq T \leq 35$ ， $0 \leq S \leq 45$ ， $0 \leq D \leq 1,000$

〔其中 C 為聲速；T 為溫度；S 為鹽度；D 為水深〕

隨著各層水深聲速不同造成整個水深測量斷面產生聲速折射現象（如圖 5-11），進而影響水深量測成果，因此每次測量於測區範圍內量測聲速剖面，做為水深測量校正因子。測量時於當日測區內選擇一處具代表性的地點（一般為測區中心或水深較深處）早、晚各一次測定水中聲速剖面變化值，另，於施測過程中如遇支流入流或水質混濁處將增加施測頻度。

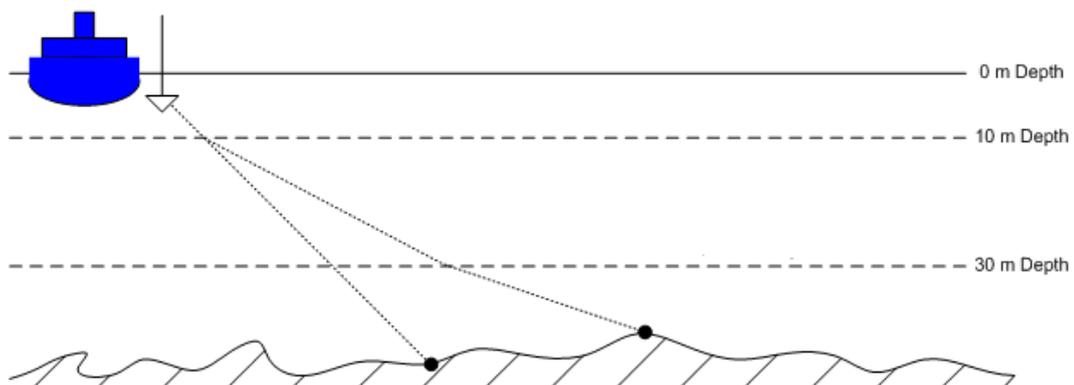


圖 5-11 聲速不同所造成聲波傳遞折射現象示意圖

本次多音束水深測量總計進行 5 次聲速剖面量測作業，測量位置如圖 5-12，聲速剖面圖如圖 5-13 所示，聲速變化範圍為 1479.36 ~ 1503.03m/sec，聲速變化幅度 26.67m/sec。

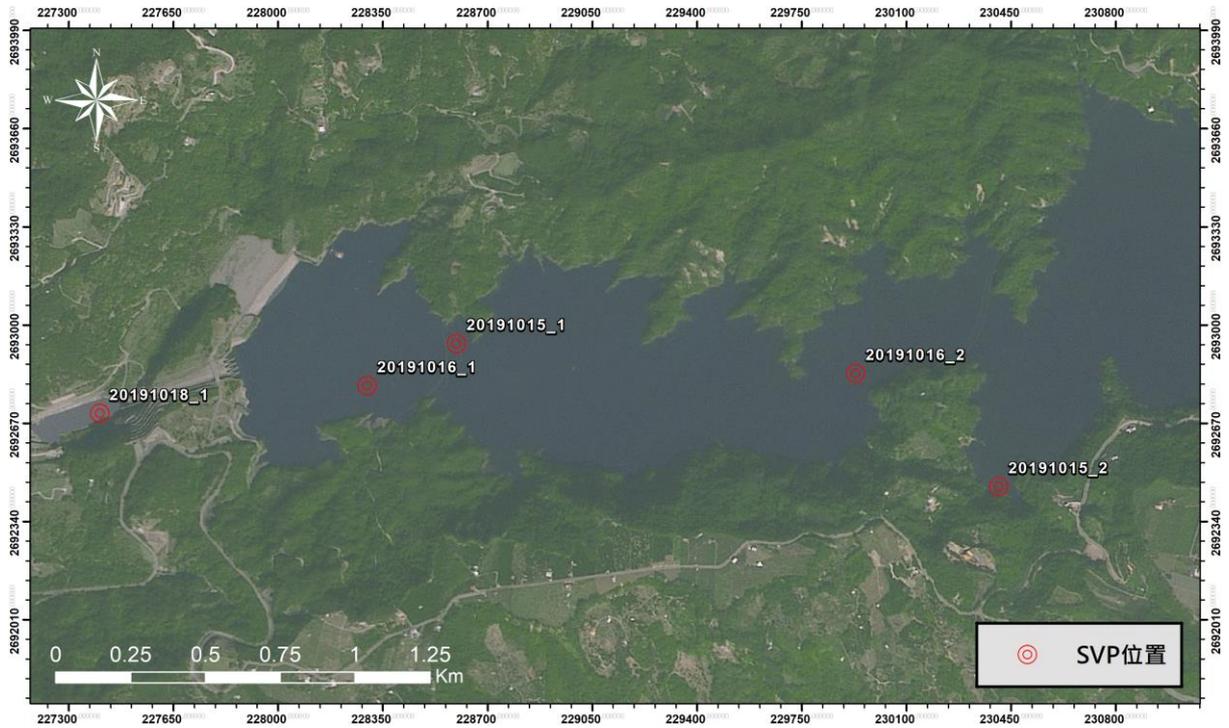


圖 5-12 SVP 位置

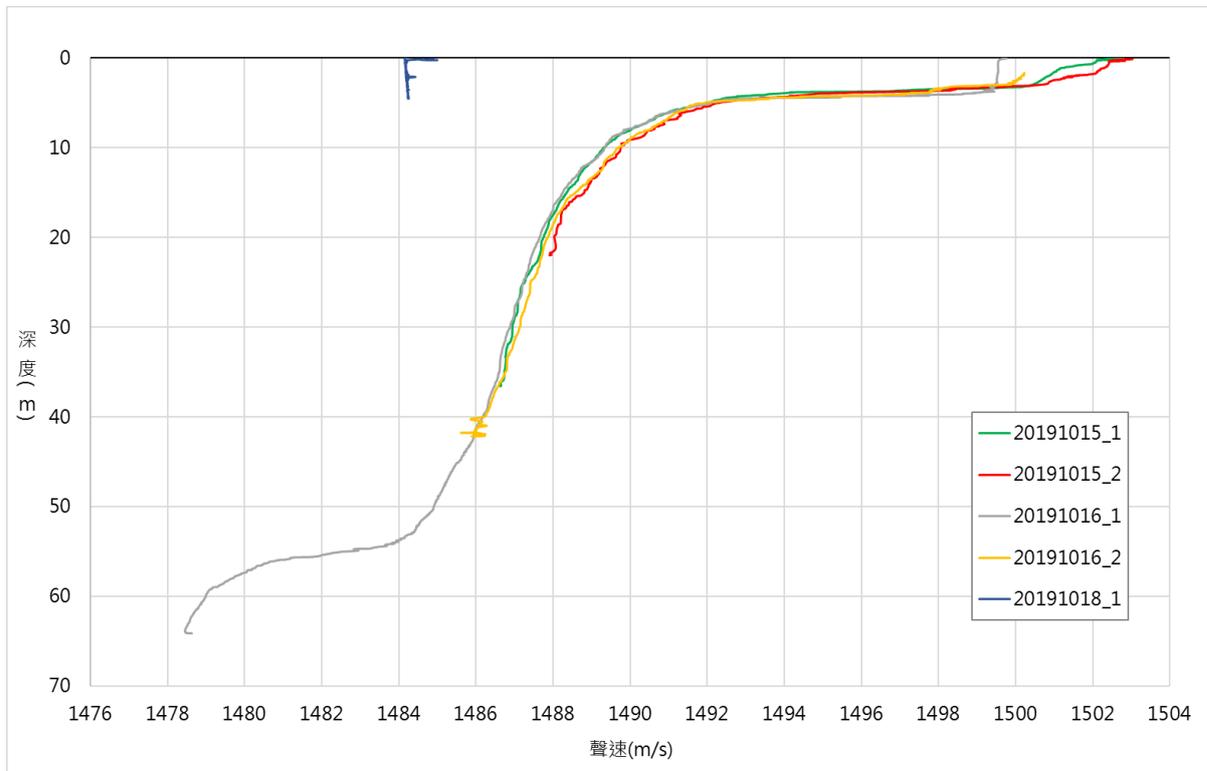


圖 5-13 SVP 聲速剖面圖



3. 資料處理

由於水深資料需要花費大量人力來刪除誤差過大之雜訊，平均外業蒐集一天的資料量，需要內業 3~4 個工作天來處理，內業及外業作業繁複且項目較多，為避免作業疏失，故針對原始多音束水深測量資料之處理流程規劃如圖 5-14 所示。

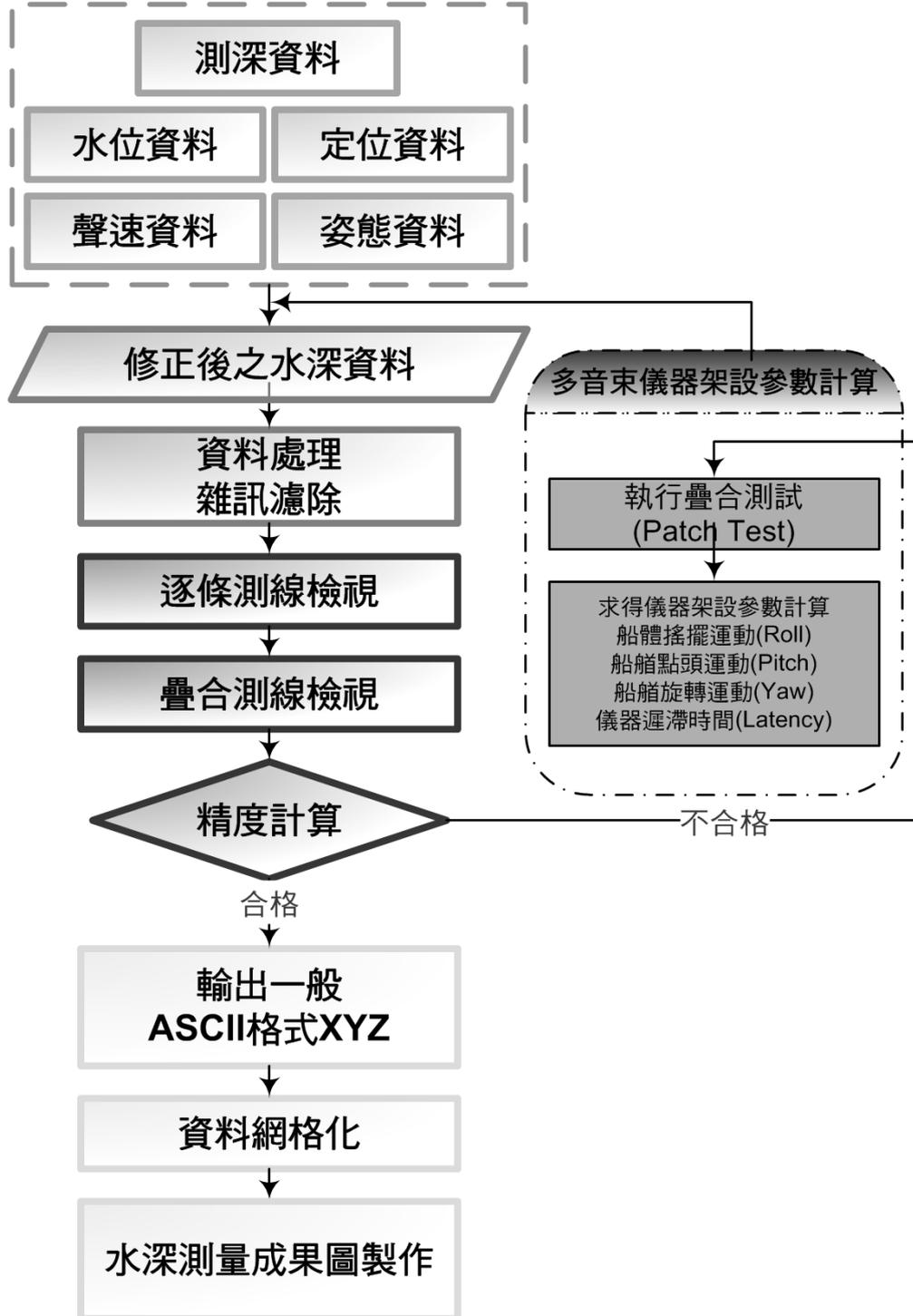


圖 5-14 多音束水深資料處理流程圖



(3) 聲速修正：水深量測會受聲速傳遞及水位變化影響，故於此次步驟分別匯入測量時聲速剖面及水位資料，如圖 5-18 所示，並檢視並確認量測到的水位及聲速變化是否合理，作為入水深計算修正之參數，以進行整合修正計算。

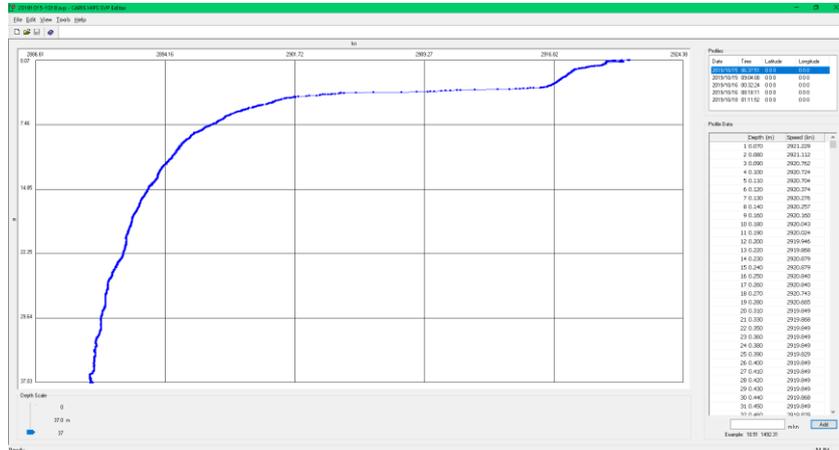


圖 5-18 多音束測深聲速修正

(4) 多音束測深系統架設參數設定：作業船隻安置多音束測深系統的各项裝置時，以船隻重心為相對坐標中心，船隻重心至船首方向為基準方向，記錄並繪製各裝置的相對位置（如圖 5-19 所示）。

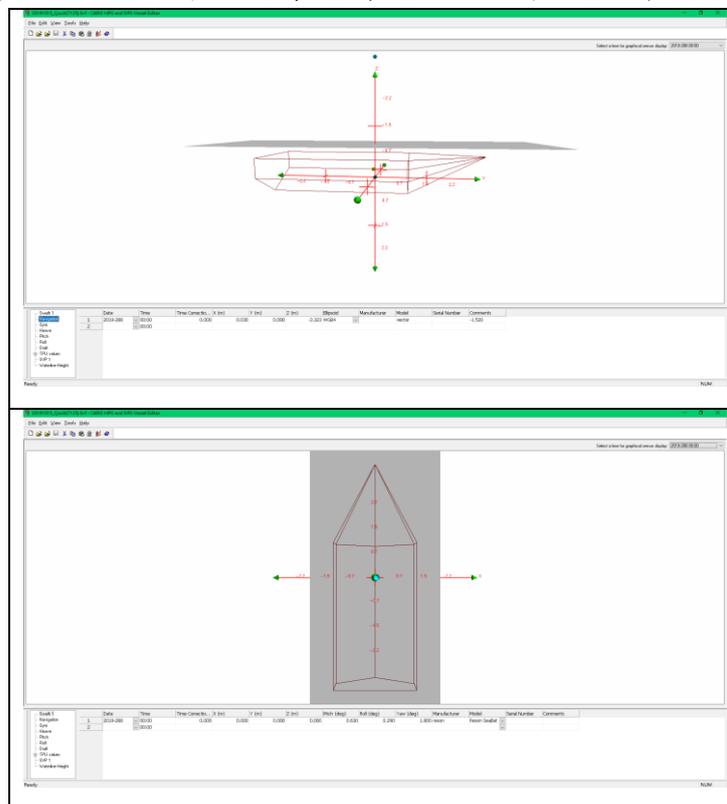


圖 5-19 作業船隻重心位置圖



(5)定位資料篩選：定位資料受到干擾，會產生資料不連續之跳點，此時須將不連續之定位資料刪除，以免因定位精度不佳造成資料偏移產生資料套疊誤差，故測線資料載入後從圖面逐一判斷是否有異常定位值及異常航速，剔除資料異常值，如圖 5-20 所示。

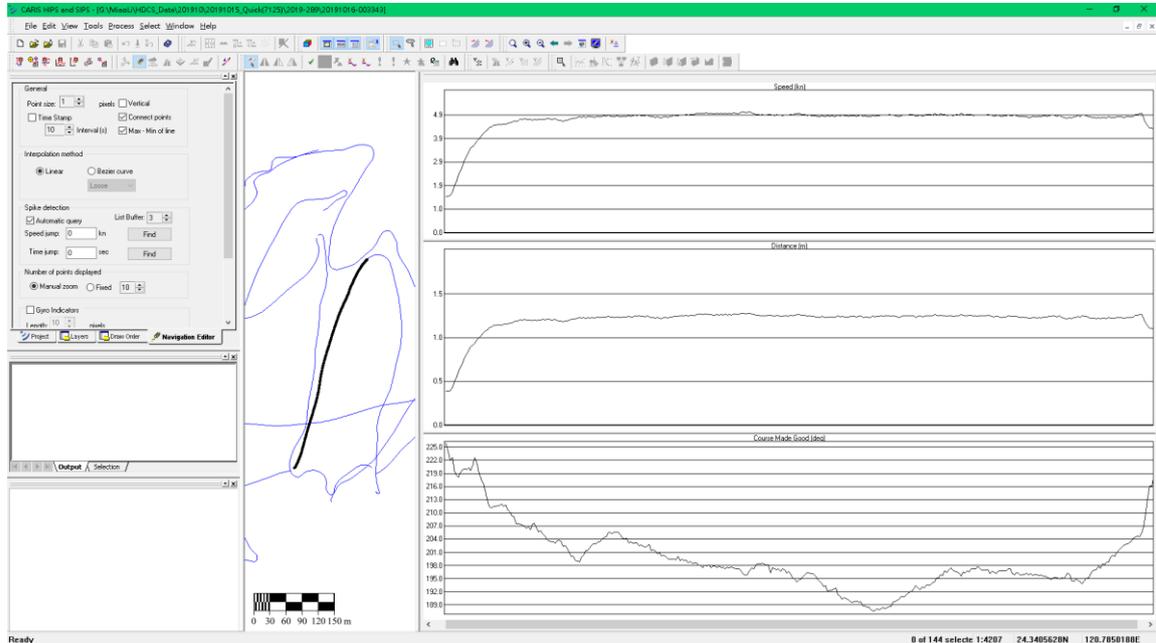


圖 5-20 多音束測深定位資料篩選

(6)船隻姿態篩選：將船隻姿態匯入後藉由畫面判斷船隻各方向振幅是否合理，如圖 5-21 所示，逐一檢查並刪除錯誤的姿態數值。

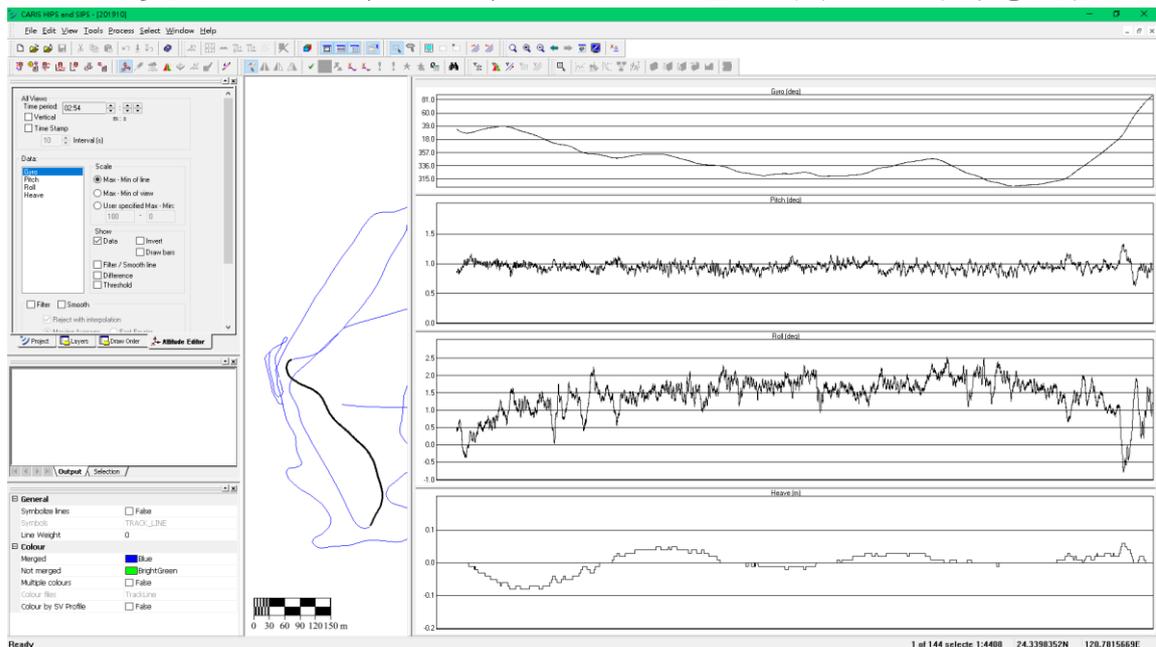


圖 5-21 多音束測深篩選船隻姿態資料



(7)測深資料篩選：測深資料濾除方式有許多種，作業時先採 3D 畫面檢查是否有差異較大的奇異點，或地形不連續處，如遇地形干擾，不易將雜點濾除時，則改採斷面法進行，將 3D 畫面切割成數個斷面，再由斷面逐段判斷是否有異常測深值，再予以濾除，如圖 5-22 所示。

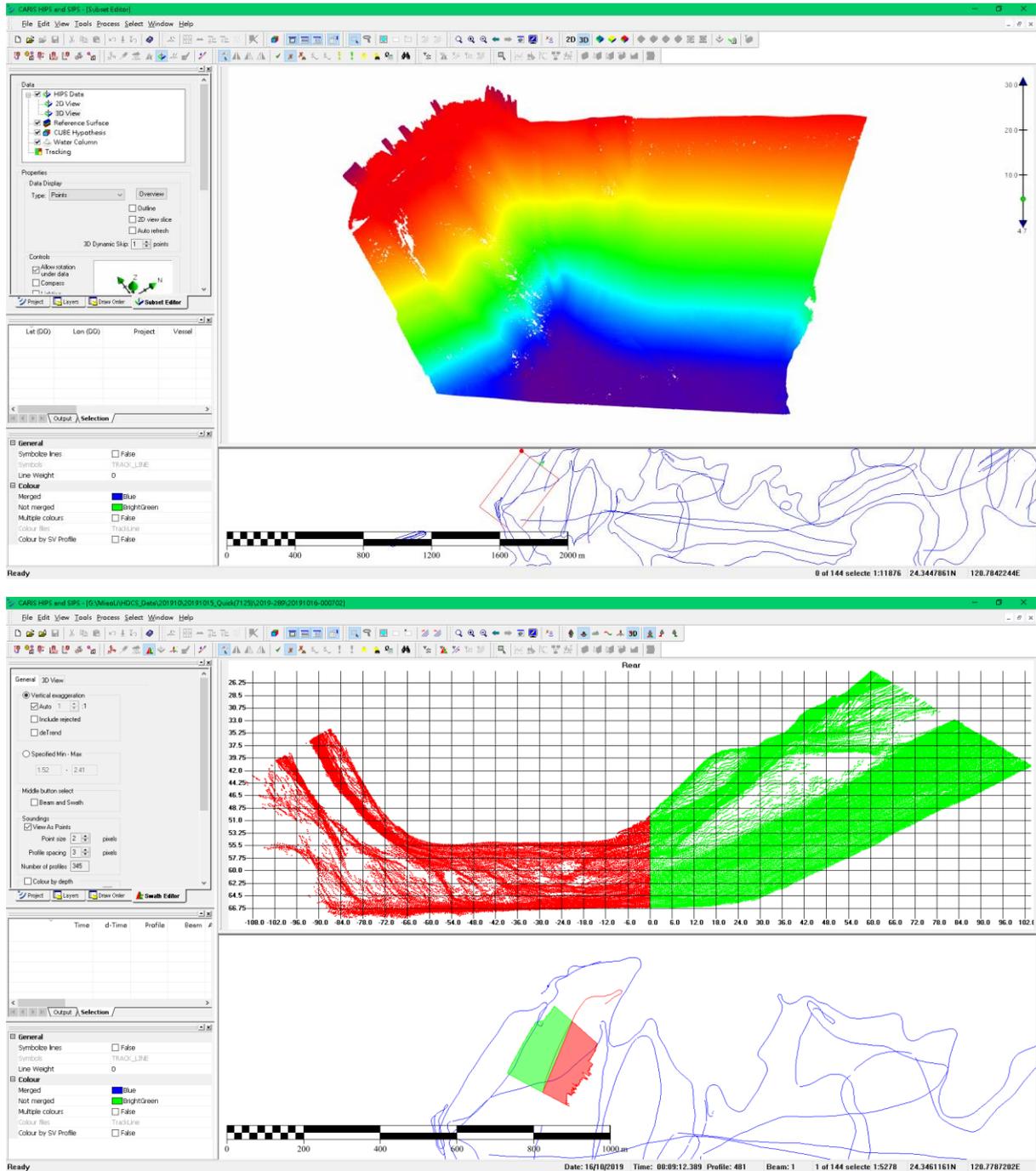


圖 5-22 多音束測深雜點過濾



(8)成果輸出：經上述資料處理後，由 Caris 輸出成果為 xyz 格式，以供後續容積計算等測量成果製作使用，2D 色階成果如圖 5-23 所示。原始測點資料點距約 0.2~0.3 公尺，經上述校正及雜點濾除，輸出處理後之水深測點供後續成果製作使用。

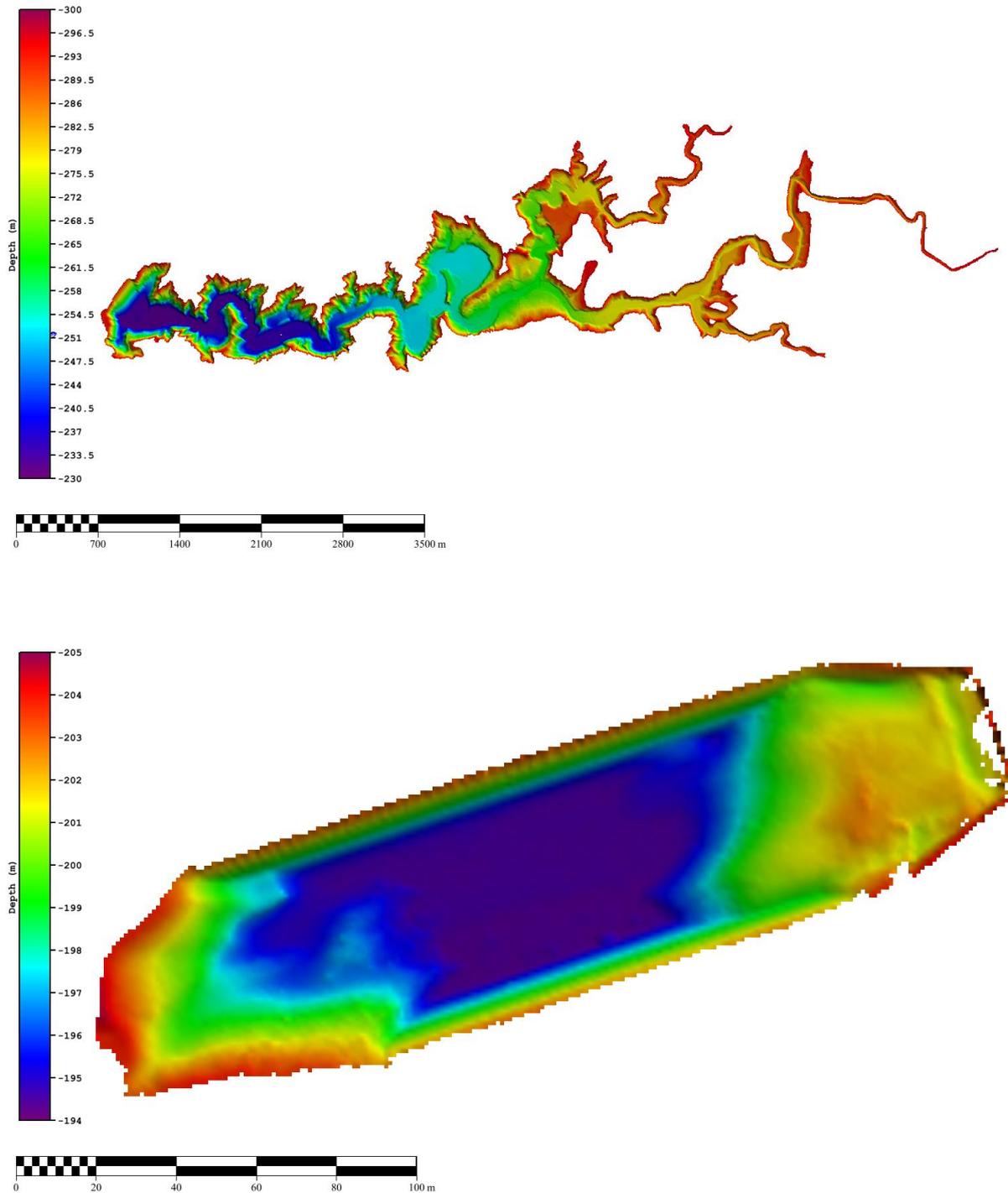


圖 5-23 多音東水深成果色階圖



4. 多音束水深作業成果檢核

檢核作業成果需符合 IHO 於 97 年 2 月公佈第五版『國際海洋測量標準』特等規範，詳細資訊如表 5-9 所示。檢核方式以單一航線測點為中心，搜尋平面距離 1 公尺內其他重疊航線之水深測點，並檢核兩點水深高程，將各檢核點高程及檢核差值展繪於圖面。

檢核成果如表 5-10，總檢核點數為 1,942,918 點，合格點數為 1,923,331 點，合格率為 98.99%，符合精度要求。

表 5-9 IHO S-44 特等規範標準

等級	特等
典型水域	港區、錨泊區和重要航道等需最少船底淨空水域
水平位置精度 (95%信賴區間)	2 公尺
歸算後水深精度 (95%信賴區間) (*1)	A=0.25 公尺 B=0.0075
100%底床搜尋	強制執行(*2)
特徵物偵測	大於 1 公尺的海床特徵物
最大測線間距(*3)	不需定義，需 100%底床搜尋

【說明】

- 『典型水域範例』，舉例說明此等級適用之水域。
- 『水平位置精度』，列出達到此等級所需之定位精度。
- 『水深精度』，說明達此等級之歸算水深所需精度之特定參數。
- 『100%底床搜尋』，說明需要完整海床搜尋之時機。
- 『測量系統對海床特徵物偵測能力』，說明測量系統對底床特徵物搜尋辨識應有之能力。
- 『最大測線間距』，是指單音束聲納之測線間之距離；另是指測帶水深測量系統 (Swath Sounding Systems)之測帶最外圍間之距離。

【備註*1】95%信賴區間誤差限制值 $=\pm\sqrt{A^2+(B\times D)^2}$ 其中：A=固定水深誤差，如：所有固定水深誤差之總和
B×D=從屬水深誤差，如：所有從屬水深誤差之總和。B=從屬水深誤差因子。D=水深。

【備註*2】為了安全航行目的，在特等及 1a 水域採用機械式掃測測深儀以確保最小安全淨空水深，是可行的。

【備註*3】若可保證該水域之測量密度足夠，則測線間距可以加大。

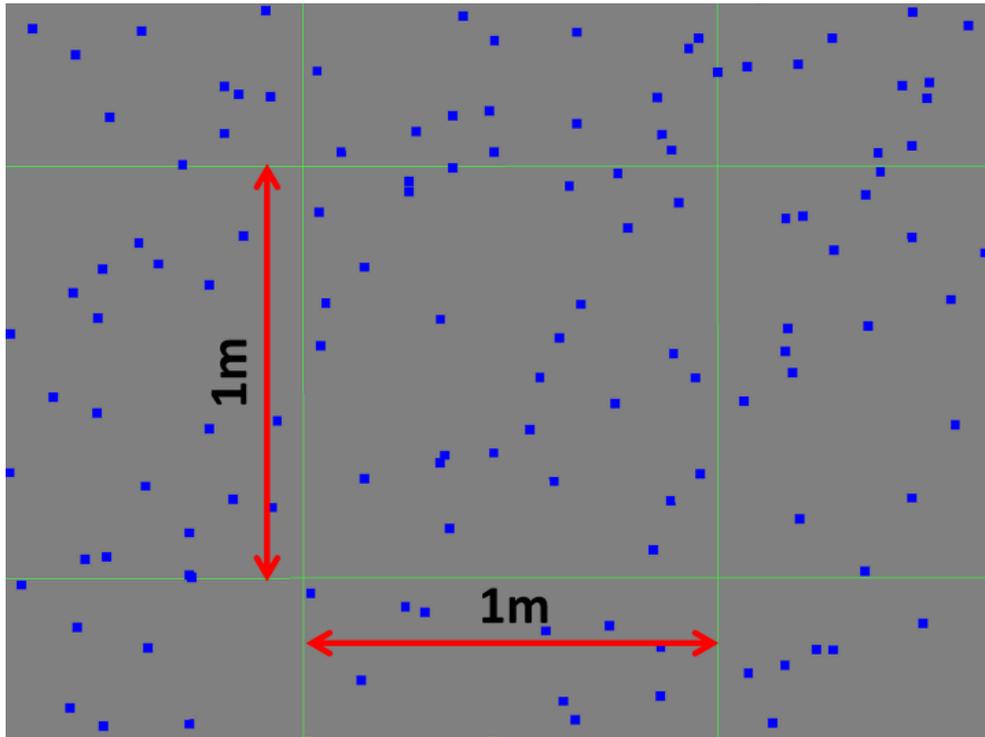


圖 5-24 多音束水深測點密度

表 5-10 多音束檢核成果

項目	檢核成果	檢核差分佈圖
總檢核點數(點)	1,942,918	
合格點數(點)	1,923,331	
合格率(%)	98.99%	
不合格點數(點)	19587	
不合格率(%)	1.01%	
RMSE (m)	0.572	

註：IHO 規範要求合格率需大於 95%



5. 多音束水深測量工作照

作業時間為 108 年 10 月 15 日~10 月 18 日，並拍攝作業相關實地照片如圖 5-25。

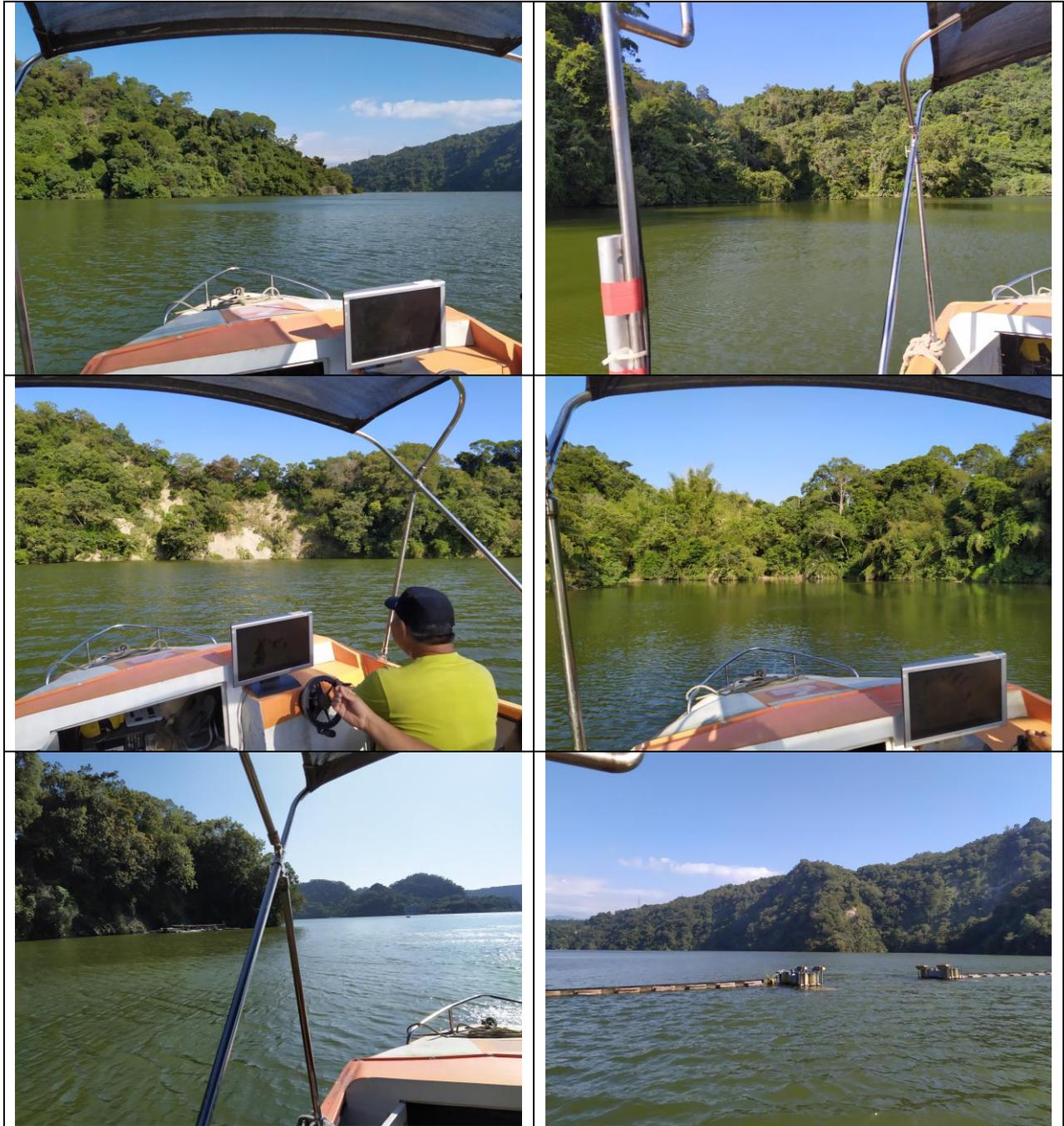


圖 5-25 多音束水深測量工作照



(二)單音束測深系統作業方法

1.儀器架設

船隻使用橡皮艇進行，架設時音鼓桿需與水面垂直，GNSS 天線盤需與音鼓桿架設於同軸，儀器架設照片如圖 5-26 所示。



圖 5-26 儀器架設照

2.水中聲速率定

測深儀利用聲波在水中傳遞的時間來計算水下深度，藉由聲波離開感測器到接收到同一組反射聲波所需時間（聲波來回所需時間），計算出感測器至水底的距離。因此，每次測量前將於適當地點利用聲速檢校鈸進行聲速率定，將檢校鈸放置一定深度之位置後檢查檢校鈸放置深度與測深儀施測深度是否一致。

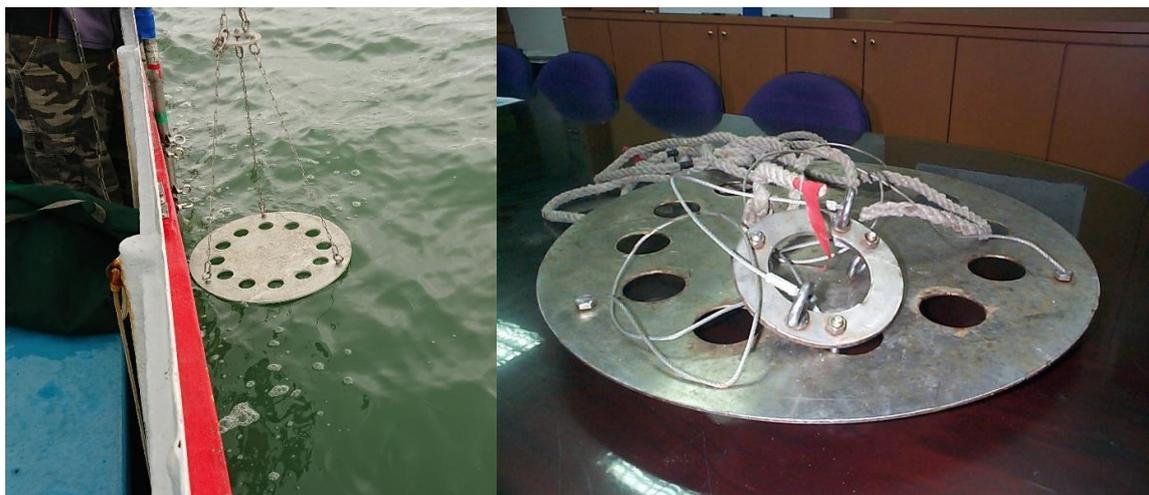


圖 5-27 水中聲速率定



3. 水位參數改正

水位修正乃是利用測深數據與水位之關係，計算出實際水底高程，採鯉管中心水位站為水位記錄基準進行測區水位計算。

4. 水深資料計算方法

雜訊濾除後的水深測點，計算出該位置（GNSS 坐標）及水位值後，再化算至實際庫底高程。水深測值水位修正計算式如下：

水深資料計算式如下（ t 表示時間）：

$$\text{水位}(T_t) = T_{t_1} + [(T_{t_2} - T_{t_1}) \times (t_x - t_1) \div (t_2 - t_1)]$$

$$\text{底床高程}(Z) = \text{水位}(T_{t_x}) - \text{水深值}(D_t)$$

$$= T_{t_1} + [(T_{t_2} - T_{t_1}) \times (t_x - t_1) \div (t_2 - t_1)] - (D_p + D_m - W_h)$$

【註】 D_t ：時間為 t 時之水深測值； D_p ：原始水深測值

W_h ：湧浪補償器測值； Z ：底床高程； D_m ：儀器入水深

T_{t_x} ：時間為 t_x 時之水位（以實際測值內插計算）

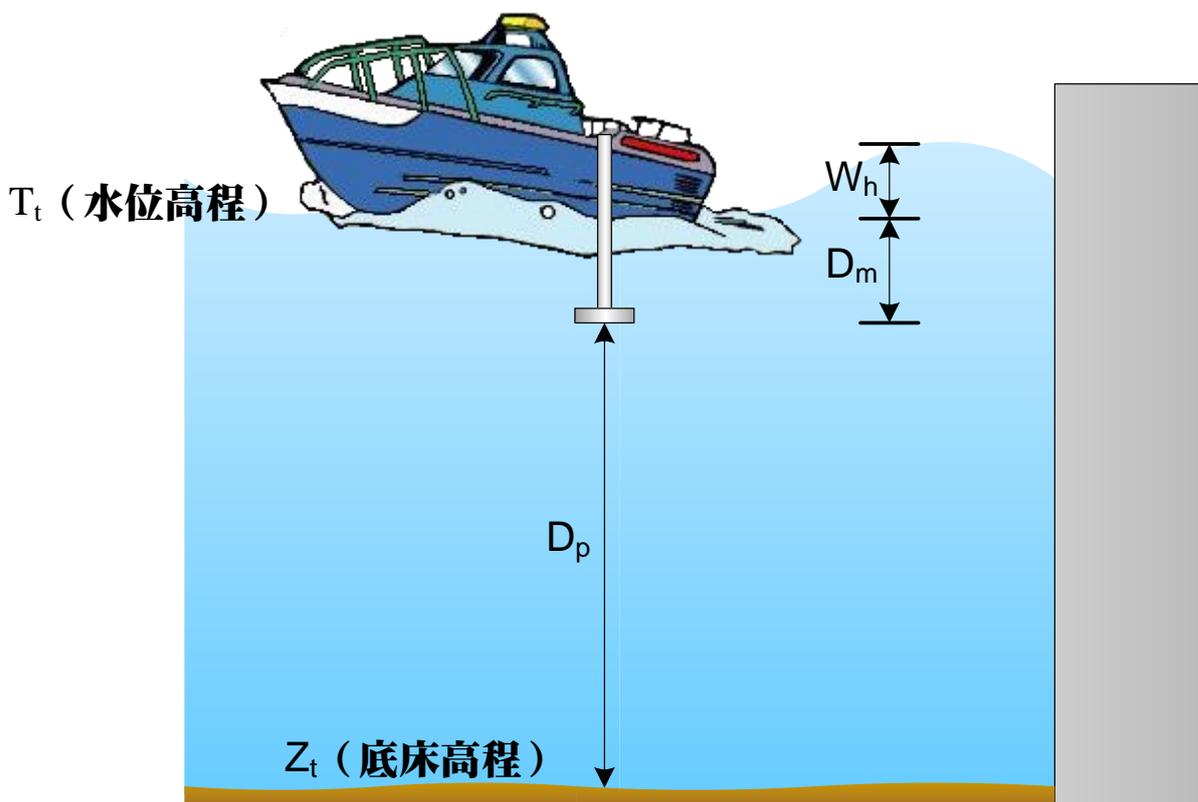


圖 5-28 水深作業示意圖



5. 單音束水深測量工作照

作業時間為 108 年 10 月 16 日~10 月 18 日，單音束水深測量相關實地照片如圖 5-29。



圖 5-29 單音束水深測量工作照



四、環庫邊坡地形測量

本公司以行動雷射掃瞄系統應用於水庫淤積測量，進行環庫邊坡測掃本計畫採用船載行動式光達掃描技術，進行鯉魚潭水庫庫區之蓄水線以上 3D 雷射掃描資料蒐集，完整掃描邊坡地形。

(一)行動光達(LiDAR)系統

1.儀器設備

由奧地利製造之全新 RIEGL VUX-1-LR 行動式光達儀（圖 5-30），進行作業範圍之 3D 雷射掃描資料蒐集，系統整體架構，由 GNSS 天線構成定位定向系統，提供高精度的軌跡記錄，再結合高精度的行動式光達掃描儀以進行完整的點雲資料產製，相關設備規格如所示；掃描作業流程如圖 5-31 所示。

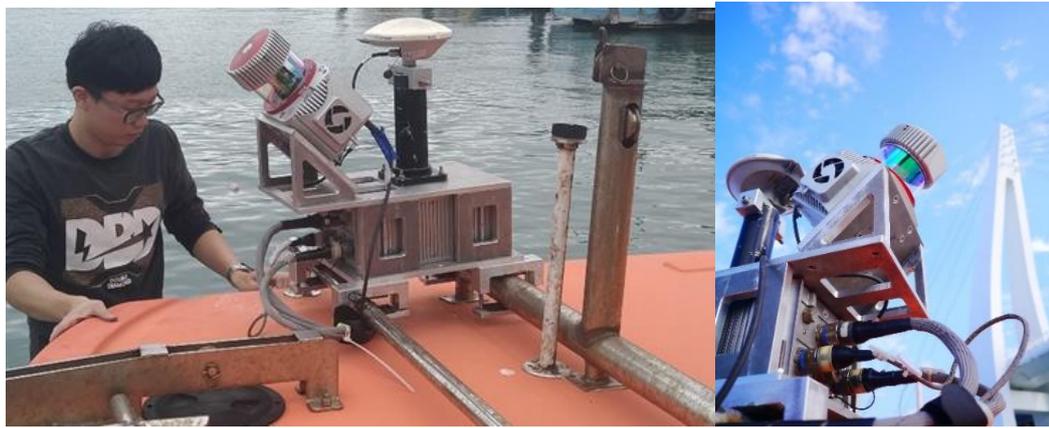


圖 5-30 RIEGL VUX-1-LR 行動式船載雷射掃描(範例)



表 5-11 行動光達儀器規格

慣性導航單元(定位定向系統)		
		飄移度(Drift)：0.005 度/小時 RTK/PPK 定位精度：2 公分 資料頻率：400Hz 時間延遲：< 3 ms
RIEGL VUX-1-LR		
		測距精度：15 mm 掃描速度：最高每秒 75 萬點 最長測距：1,350m 作業時速：最高 110 km/hr

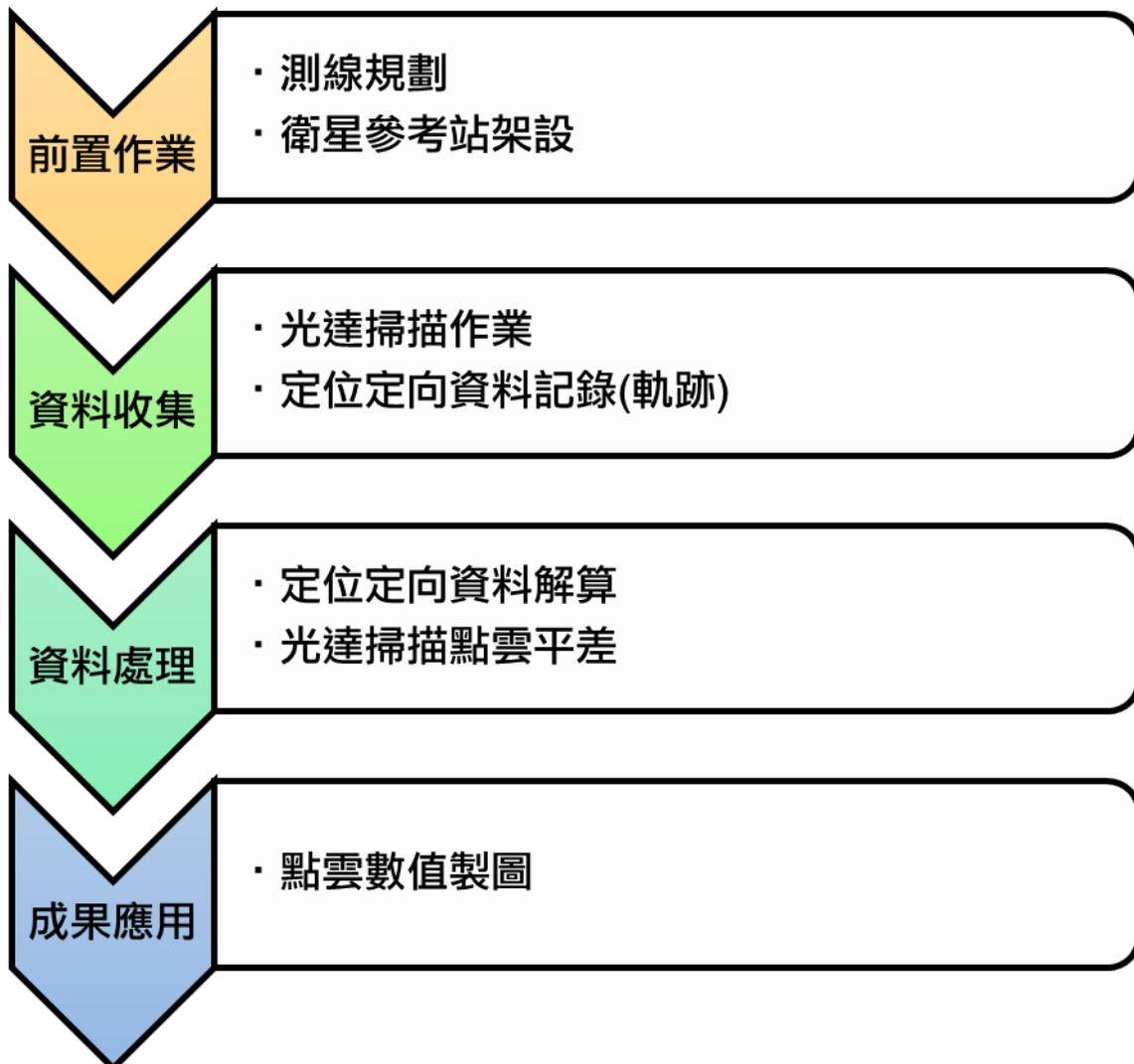


圖 5-31 行動船載光達掃描作業流程



2. 資料穿透性

水庫邊坡雖有樹木遮蔽，然光達發射之雷射光為圓錐狀資料，依照距離不同，單一光束投影在地表之涵蓋範圍約為數公分至數十公分直徑之圓形，部分可穿透樹林獲取地表資料，再藉由後處理進行其他資訊的濾除，即可得到實際地形，如圖 5-32、圖 5-33 所示，將上方植被雜點濾除後即可看到深紅色堅硬地表之地表點。

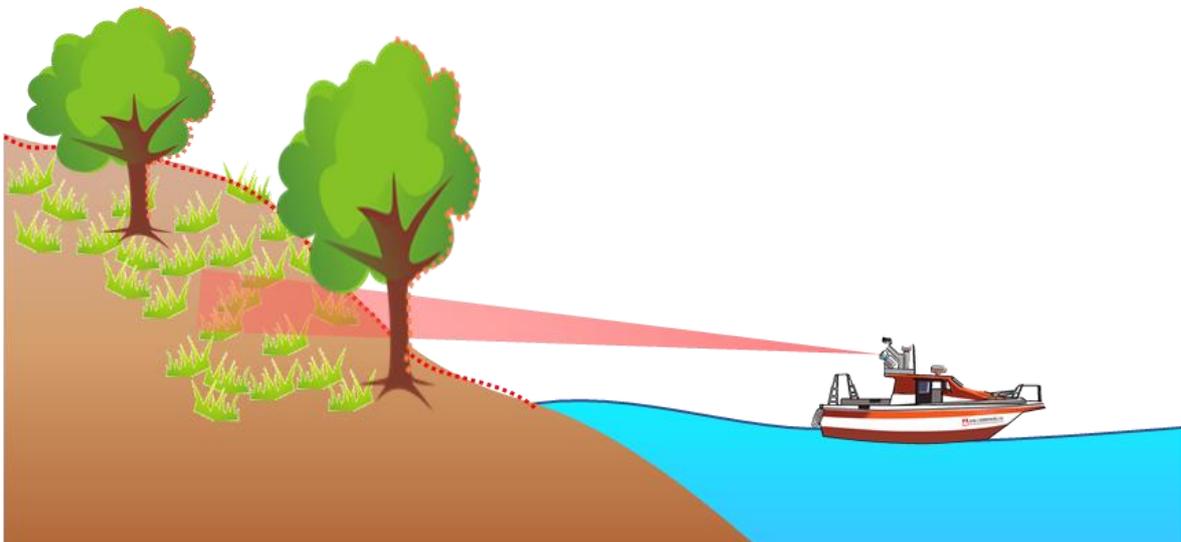


圖 5-32 行動光達雷射穿透植被示意圖

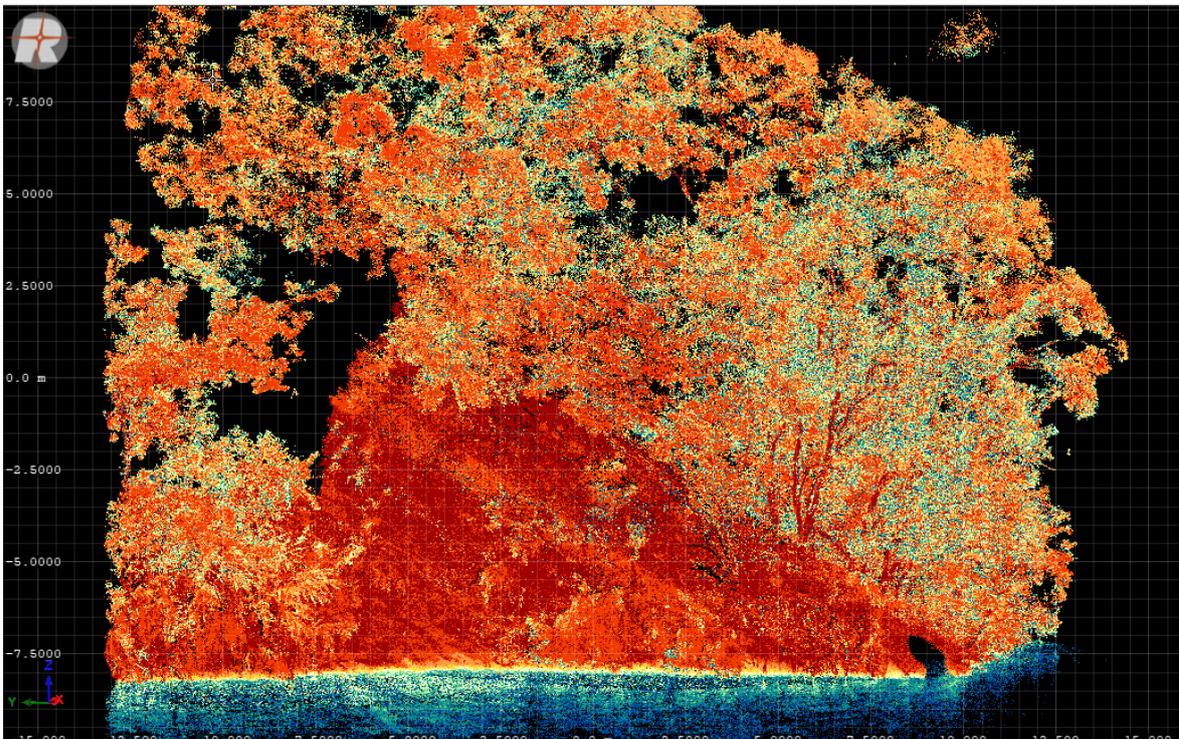


圖 5-33 行動光達掃描邊坡成果



3.數據解算

依照規劃測線完成現場資料收集後，行動光達掃描資料處理包含定位定向系統軌跡解算(圖 5-34)及點雲成果平差與檢核(圖 5-35)兩部分。

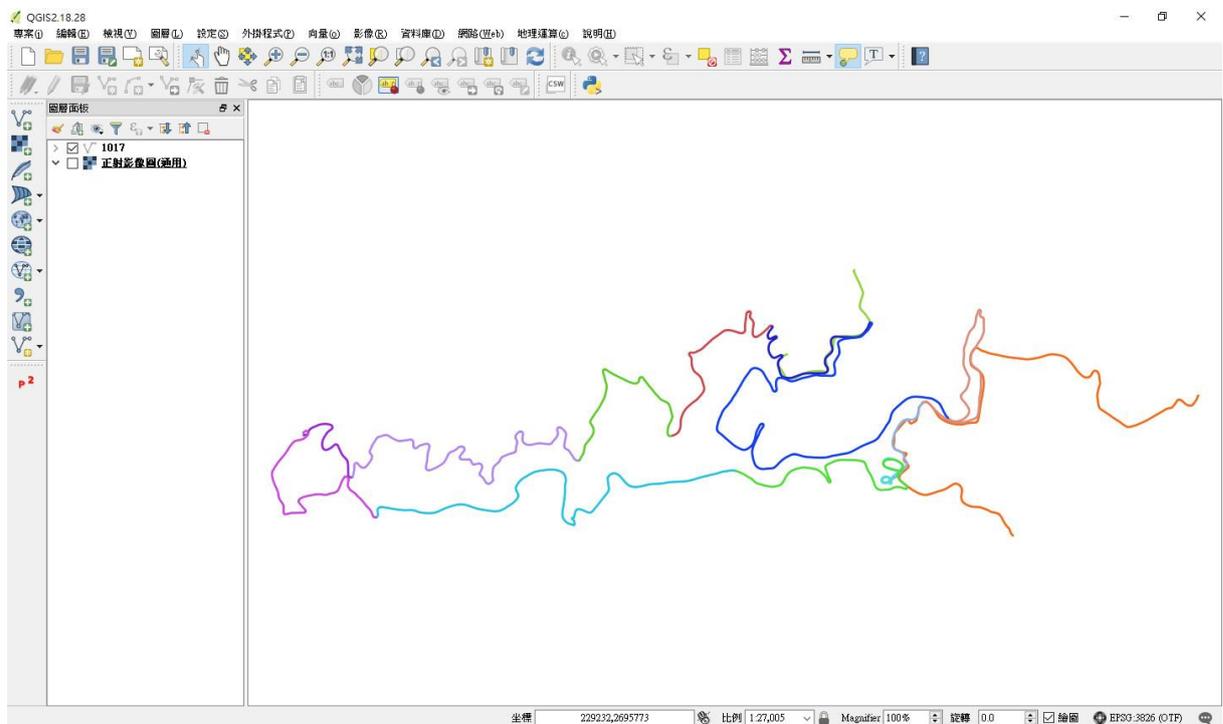
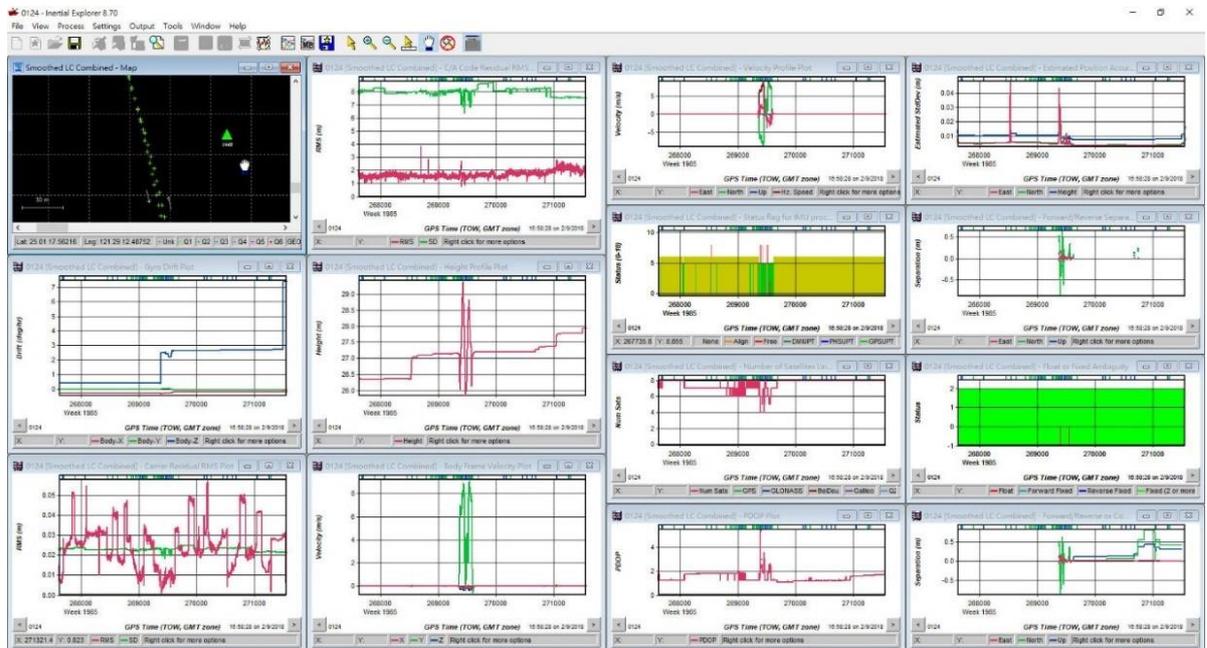


圖 5-34 定位定向系統軌跡解算

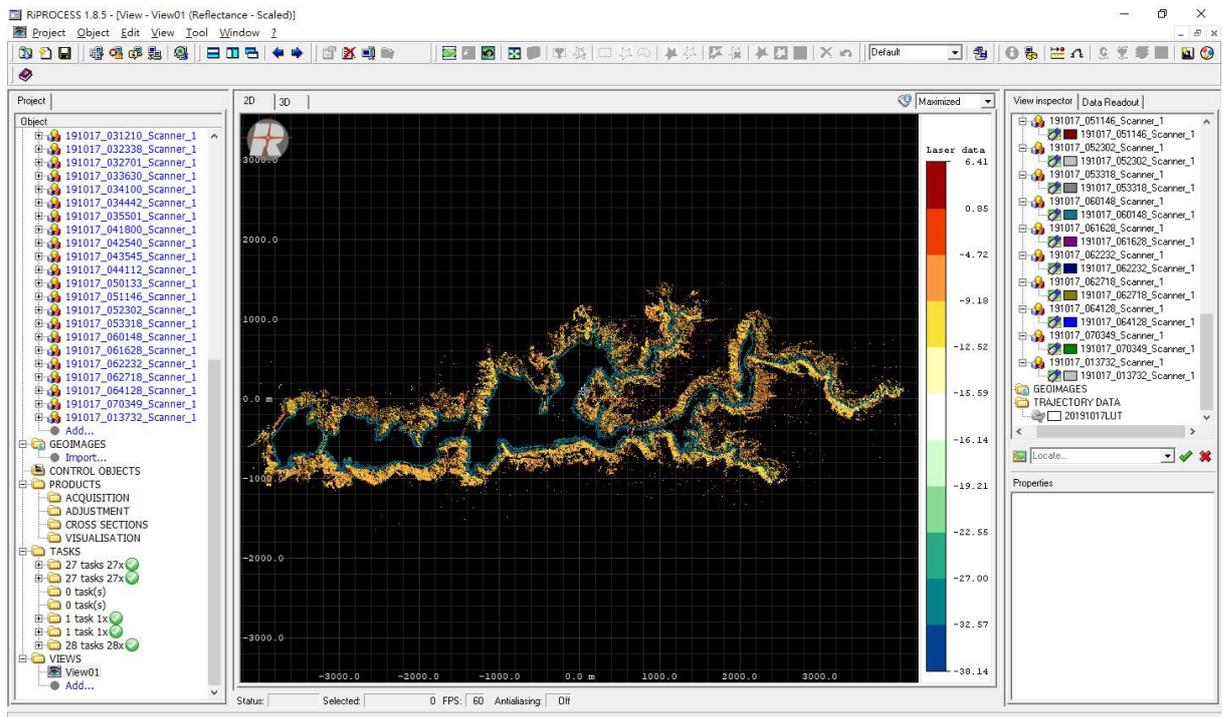
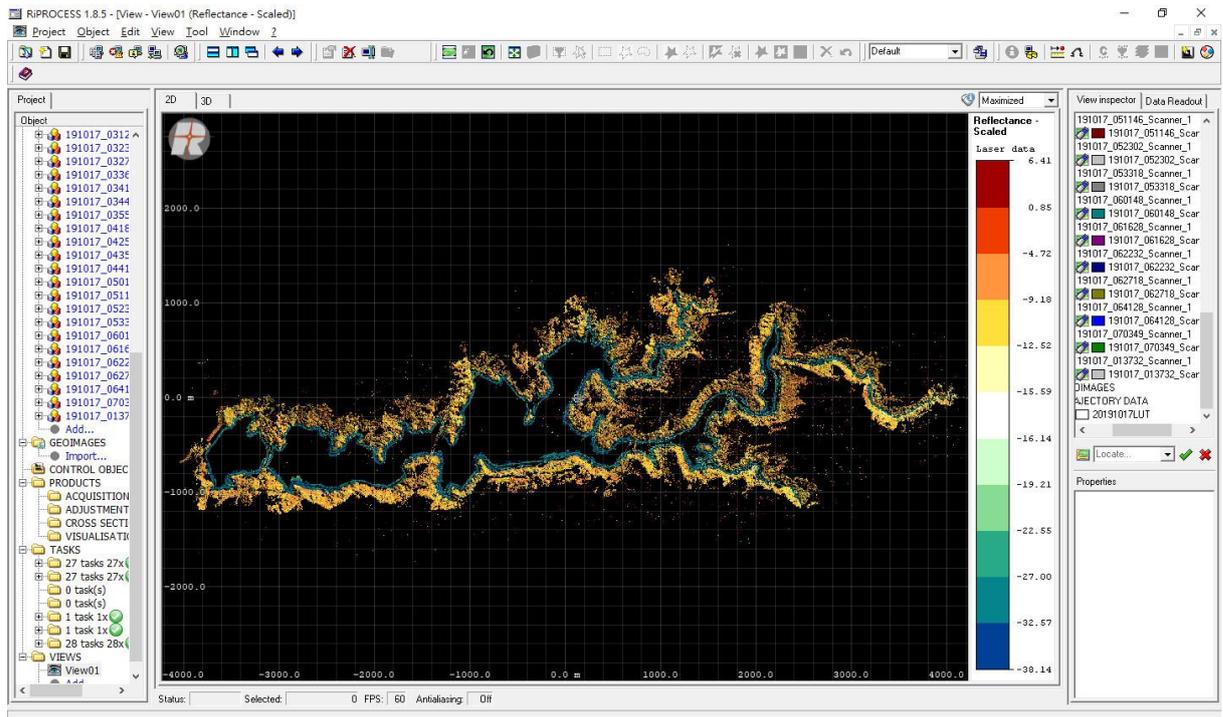


圖 5-35 點雲成果平差與檢核



4. 數值製圖

成果經套圖檢核坐標平面及高程系統符合規範後，即可進行點雲數值製圖應用，如圖 5-36 所示。本次行動雷射掃描工作照片如圖 5-37。

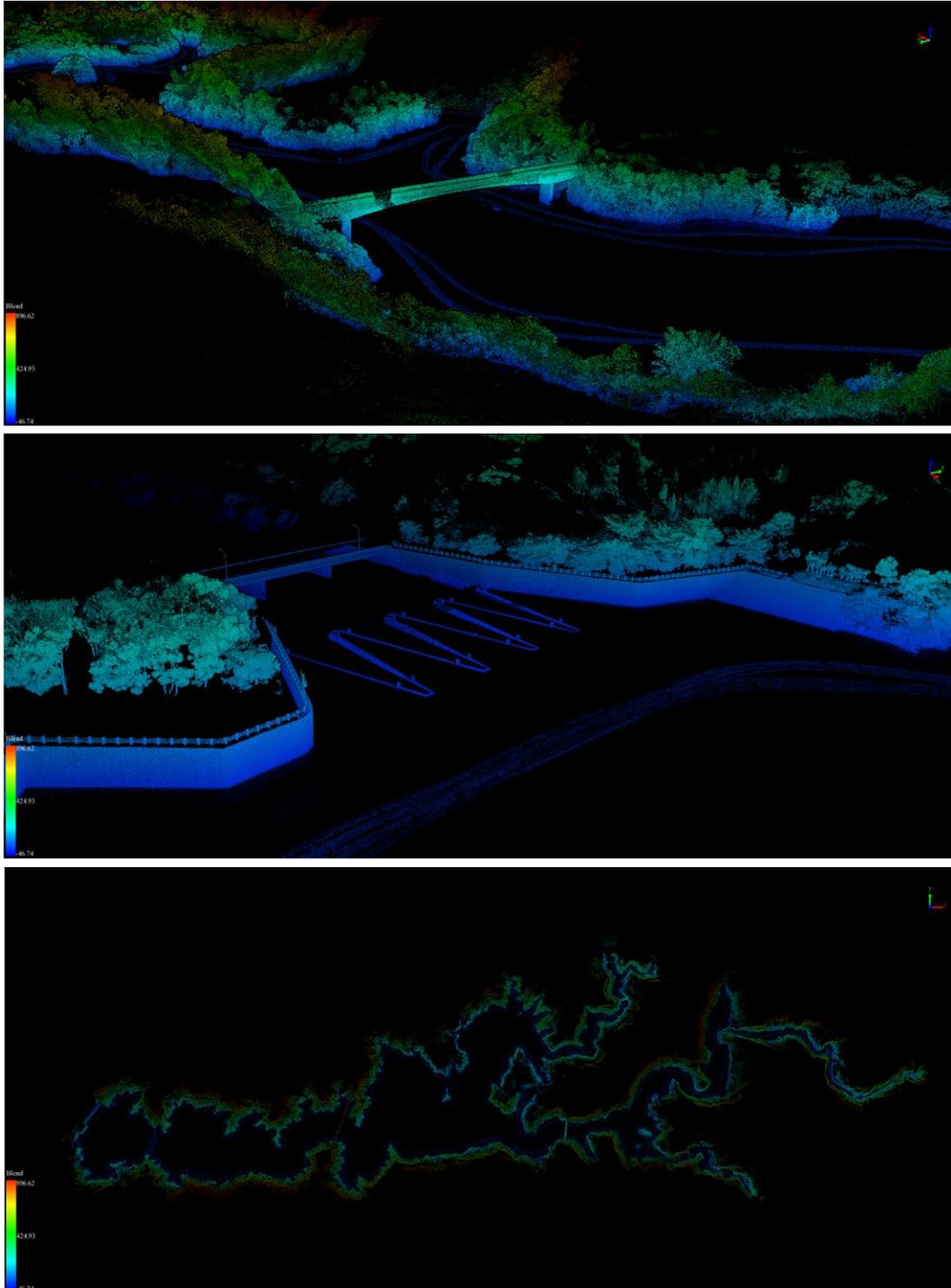


圖 5-36 數值製圖點雲成果



圖 5-37 行動光達作業工作照



五、水庫容積計算

本次計算成果中，水位以上部分為套合 108 年度行動光達測量成果資料並進行容積計算。

本案容積計算方式採用 1m×1m 間距的數值高程模型 (DEM) 搭配本案容積計算採用 Golden Software Surfer 進行計算，係以辛普森法 (Simpson's Rule) 法，製作水庫之容積計算成果。辛普森法 (Simpson's Rule) 法說明簡述如下：

辛普森法 (Simpson's Rule)

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{b-a}{6} \left[f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right] \quad (8-3 \text{ 式})$$

其中

a 是下底面積；

b 是中間截面面積 (在一半高度上的截面面積)；

c 是上底面積

為求得更細緻之容積計算成果，本案採 10cm 間距進行，增加容積計算解析度，使得每 10 公分級距的水位面面積與容積皆是經由數值地表模型實際計算而得，故可呈現出最精確的水位容積與面積計算成果，再逐一加總，計算流程如圖 5-38 所示。



圖 5-38 容積計算流程



另以本期相同方式計算前二期(105 年、106 年)水庫容積，進行比對如表 5-12，發現兩種不同的方法計算出的容積並不相同，以相同方法計算出 106 年 10 月的總容積為 117,984,986.73 立方公尺，與本期總容量 117,927,463.96 進行比較，本期總蓄水量減少約 5.75 萬立方公尺。

以 106 年 10 月來看，兩種計算方式相差約 84175.76 立方公尺，差異量不到 0.008%，尚在可接受範圍內。

表 5-12 不同計算法總容量計算結果(EL.300m)

	期別	
	106/10	105/10
辛普森法 總容量(m ³)	117,984,986.73	118,517,630.95
Tin Model 總容量(m ³)	117,900,810.97	118,456,656.34
差異量	-84175.76	-60974.61

表 5-13 本期總蓄水量變化-不同計算方式比較

	108 年 10 月	106 年 10 月	變化量
總容量(m ³)	117,927,463.96	(辛普森法) 117,984,986.73	-57,522.76
		(Tin Model) 117,900,810.97	+26,652.99

六、成果圖繪製

依據合約規範需求製作測量成果，包含 1/2,500 水庫數值地形圖、1/10,000 水庫地形色階圖、1/10,000 彩色庫底地形變異圖，並提供水庫三維動態瀏覽成果（詳成果光碟），所產生之成果對於資料分析應用及展示更具彈性且多元化，本次測量作業成果說明如下：

（一）水深地形圖

將本次實測水深資料展繪於 AutoCAD 繪圖軟體，以不規則三角網（TIN）方式繪製首曲線間距為 1 公尺、計曲線為 5 公尺，且包含淹沒區（高程 306 公尺以下）的等高線圖，再以人工修繪方式檢查等高線繪製合理性，最後將地形圖依 1/2,500 比例尺製作成電腦圖檔。成果縮繪如圖 5-39，詳細圖資請參閱附圖一、108 年水深地形成果圖。

（二）地形 3D 成果圖

以 Fleadmaus 3D 地形圖製作軟體將本次實測之數值地形資料匯入，製作成地形 3D 成果圖展示於 SKYLINE 平台，成果如圖 5-40 所示，並套疊正射影像及本次各項測量成果展示如圖 5-41 所示。

（三）水庫地形色階圖

利用 Surfer 專業繪圖軟體將水深資料製作成約 5m×5m 的網格資料，再將其網格資料繪製成 2D 色階圖，詳細圖資請參閱附圖三、108 年鯉魚潭水庫 1/10,000 高程色階圖。

（四）侵淤變化圖

以 Surfer 地形圖製作軟體分別將本(108)年度與上(106)年度實測之數值地形資料匯入，以 TIN 方式製作成相同範圍之網格檔（5m×5m 網格），以前期網格資料為基準，進行網格高差計算（本期網格－前期網格），得出侵淤變化網格，以此網格繪製侵淤變化圖，詳細圖資請參閱附圖四、108 鯉魚潭 1/10,000 彩色庫底地形變異圖。

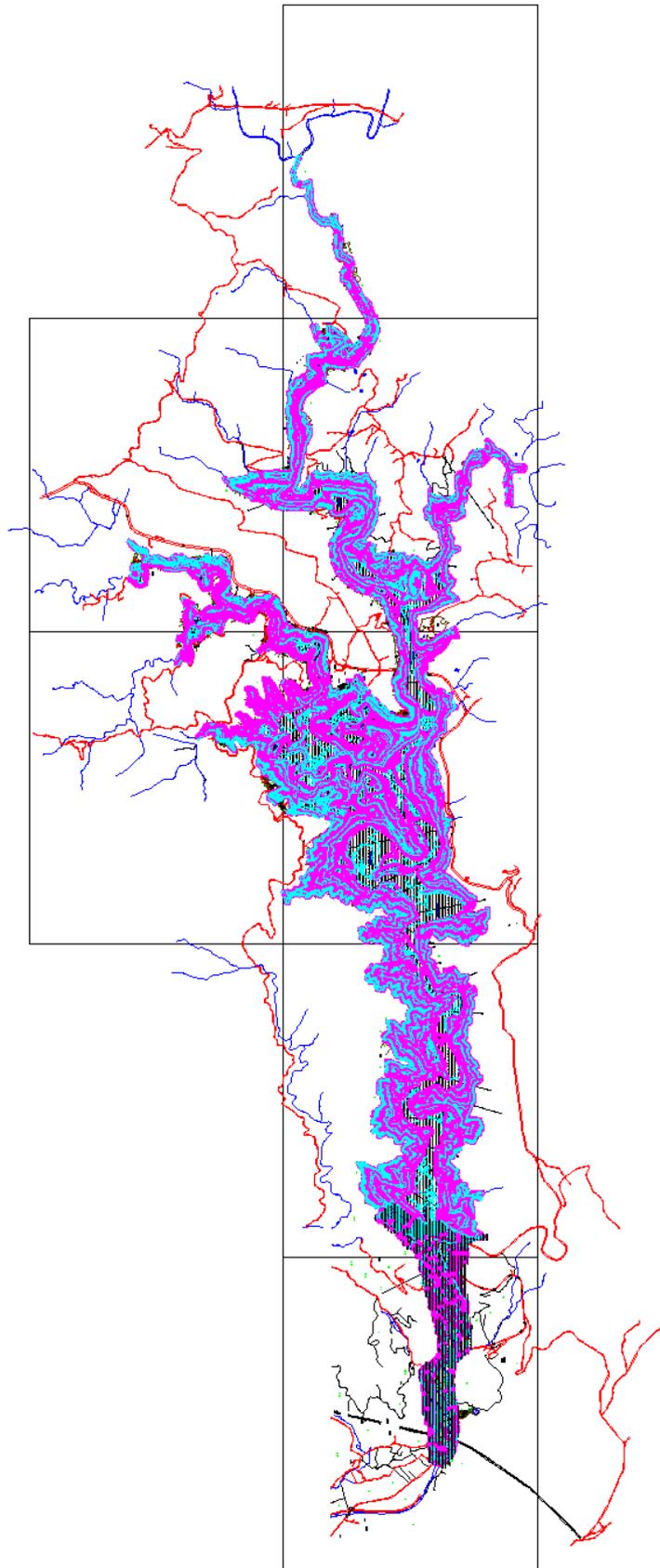


圖 5-39 鯉魚潭水庫水深地形圖成果縮繪

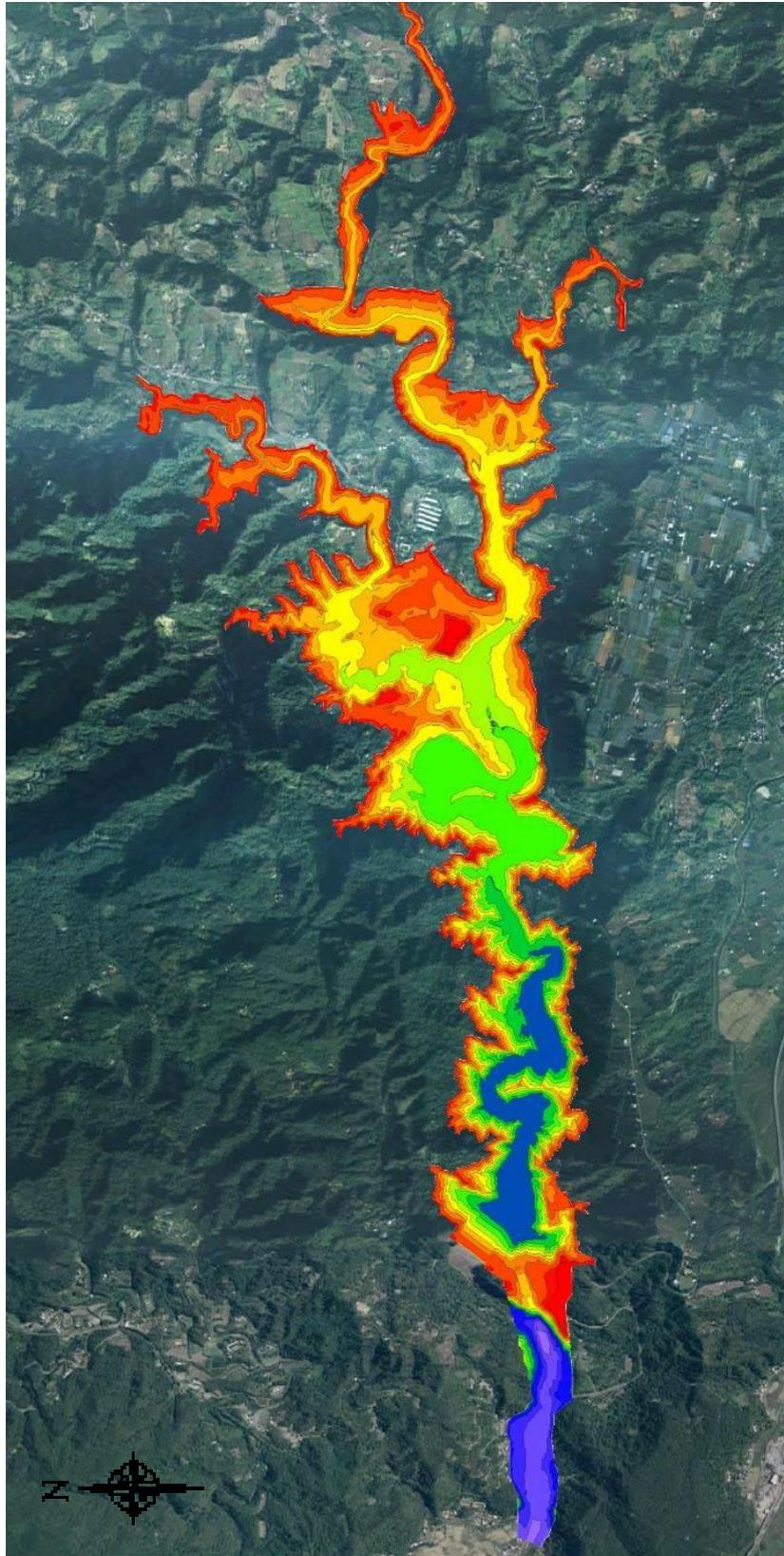
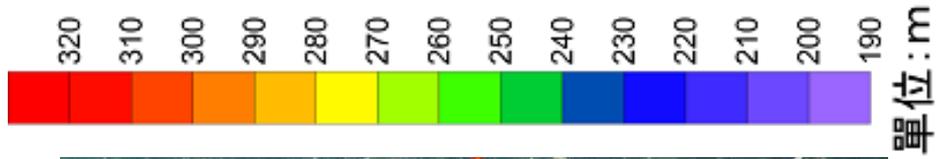


圖 5-40 鯉魚潭水庫 3D 水深成果圖

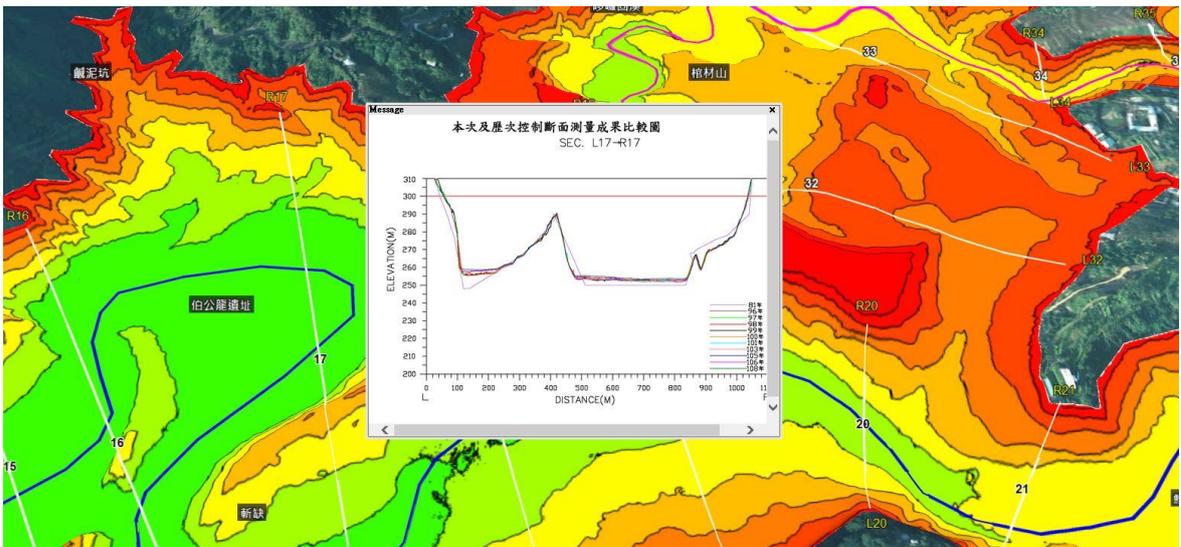
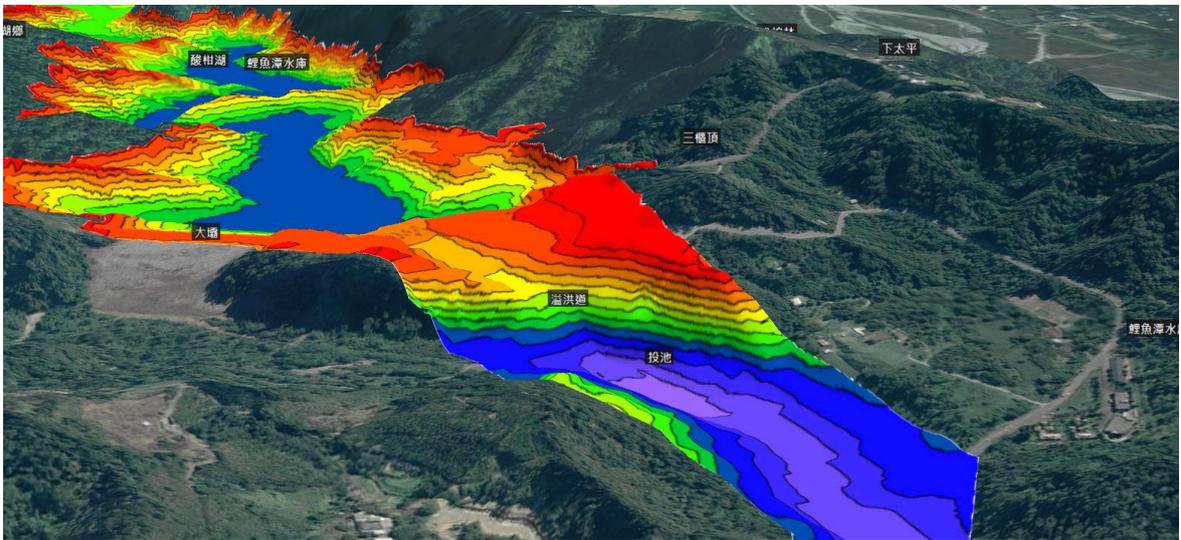
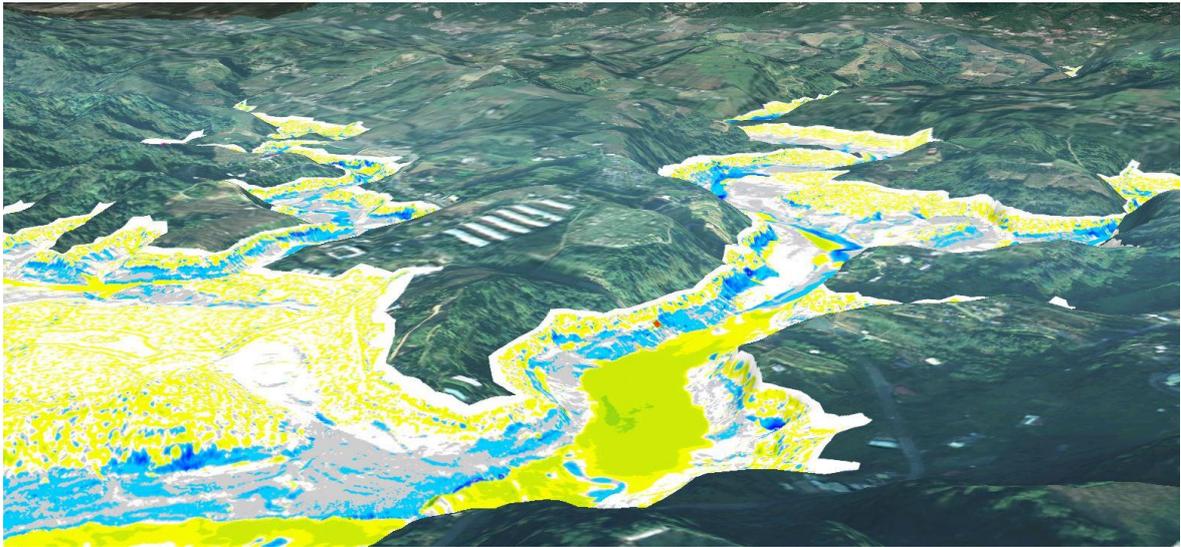


圖 5-41 鯉魚潭水庫 3D 水深地形疊合各項成果



陸、成果比較分析

一、容積計算成果

本次計算成果中，水位以上部分為套合 108 年度行動光達測量成果資料並進行容積計算。

本案容積計算方式採用 1m×1m 間距的數值高程模型 (DEM) 搭配本案容積計算採用 Golden Software Surfer 進行計算，係以辛普森法 (Simpson's Rule) 法，製作鯉魚潭水庫之容積計算成果。

茲將本次水庫淤積測量成果整理為”表 6-1 鯉魚潭水庫蓄水區標高一面積—容量統計表 (108 年 10 月)”，並繪製關係曲線為”圖 6-1 鯉魚潭水庫淹沒區標高一面積—容量關係曲線圖”。

與前期之成果比較之成果整理為”表 6-4 鯉魚潭水庫蓄水區前後期標高一面積—容量比較表”，並繪製關係曲線為”圖 6-2 鯉魚潭水庫淹沒區歷年標高一面積—容量關係曲線圖”，並整理投池及後池堰容積計算表，詳見”表 6-2 鯉魚潭水庫投池區標高一面積—容量統計表 (108 年 10 月)”及”表 6-3 鯉魚潭水庫後池堰標高一面積—容量統計表 (108 年 10 月)”，”圖 6-3 鯉魚潭水庫投池區歷年標高一面積—容量關係曲線圖”及”圖 6-4 鯉魚潭水庫後池堰歷年標高一面積—容量關係曲線圖”。

考量本文篇幅，本文中 HAV 統計表表 6-1 到表 6-3 將簡化為 1m 間距，10cm 間距統計表詳見附件八。

鯉魚潭水庫歷年水庫淤積量與本次測量成果整理為”表 6-7 鯉魚潭水庫泥沙淤積量歷年統計比較表”及”圖 6-5 鯉魚潭水庫年平均淤積量曲線圖”。



表 6-1 鯉魚潭水庫蓄水區標高一面積－容量統計表（108 年 10 月）

鯉魚潭水庫蓄水區標高一面積－容量統計表(108 年 10 月) 測量時水位：299.77m

水位高度(公尺)	面積(平方公尺)	各層體積(立方公尺)	累積體積(立方公尺)	備註
230.00	0.00	0.00	0.00	
231.00	4.06	0.28	0.40	
232.00	28,174.85	2,315.67	4,137.65	
233.00	133,236.34	12,782.11	80,605.62	
234.00	195,915.31	19,353.85	248,449.74	
235.00	257,815.52	25,526.11	476,109.22	
236.00	293,654.81	29,254.70	754,190.62	
237.00	313,842.45	31,285.59	1,058,068.12	
238.00	337,330.39	33,615.27	1,383,057.48	
239.00	359,900.99	35,889.80	1,732,026.20	
240.00	378,256.68	37,728.46	2,101,265.22	
241.00	399,170.96	39,821.05	2,490,188.69	
242.00	416,924.41	41,610.04	2,898,367.91	
243.00	436,573.79	43,556.93	3,324,741.55	
243.20	440,751.46	43,971.09	3,412,475.01	呆容量
244.00	457,728.59	45,665.28	3,771,870.19	
245.00	479,955.62	47,890.69	4,240,859.47	
246.00	503,345.84	50,227.38	4,732,438.24	
247.00	521,239.97	52,036.43	5,244,930.15	
248.00	539,822.15	53,881.02	5,775,127.57	
249.00	558,671.03	55,766.78	6,324,147.28	
250.00	582,071.78	58,081.92	6,894,139.24	
251.00	612,640.22	61,090.70	7,490,377.68	
252.00	692,809.84	68,927.24	8,135,218.85	
253.00	756,885.49	74,870.76	8,851,194.13	
254.00	877,632.01	87,407.04	9,678,910.87	
255.00	946,367.49	94,342.10	10,591,942.31	
256.00	996,379.20	99,364.97	11,563,051.06	
257.00	1,040,367.37	103,876.01	12,584,317.45	
258.00	1,074,422.93	107,249.84	13,641,211.38	
259.00	1,123,302.02	112,105.96	14,739,738.15	
260.00	1,164,218.28	116,156.22	15,881,633.50	
261.00	1,210,032.83	120,731.37	17,068,773.31	
262.00	1,255,303.20	125,310.22	18,301,832.92	
263.00	1,295,360.26	129,352.84	19,577,600.79	
264.00	1,338,435.52	133,487.83	20,892,086.88	
265.00	1,404,727.21	140,161.90	22,266,355.16	
266.00	1,458,295.94	145,555.38	23,698,314.66	
267.00	1,512,501.17	150,987.63	25,184,198.70	
268.00	1,568,422.31	156,485.09	26,723,494.92	
269.00	1,623,143.46	162,058.78	28,320,469.18	
270.00	1,674,252.80	167,162.94	29,969,046.11	



鯉魚潭水庫蓄水區標高一面積一容量統計表(108 年 10 月) 測量時水位：299.77m

水位高度(公尺)	面積(平方公尺)	各層體積(立方公尺)	累積體積(立方公尺)	備註
271.00	1,730,274.03	172,702.77	31,670,183.33	
272.00	1,793,888.92	179,098.14	33,432,243.61	
273.00	1,852,736.88	184,978.45	35,255,691.73	
274.00	1,911,491.20	190,869.38	37,137,997.93	
275.00	1,966,016.48	196,338.26	39,076,983.39	
276.00	2,036,252.17	203,233.57	41,075,005.76	
277.00	2,148,798.51	214,288.10	43,162,993.50	
278.00	2,241,758.78	223,758.82	45,359,879.19	
279.00	2,335,620.39	233,033.44	47,646,537.31	
280.00	2,451,993.24	244,665.60	50,040,245.98	
281.00	2,556,255.27	255,155.93	52,545,138.34	
282.00	2,655,423.94	265,093.86	55,151,142.00	
283.00	2,740,822.28	273,668.94	57,849,942.97	
284.00	2,821,046.71	281,710.66	60,631,430.06	
285.00	2,904,975.25	290,073.00	63,493,433.09	
286.00	2,986,213.36	298,206.76	66,439,390.13	
287.00	3,086,638.51	308,191.70	69,476,618.57	
288.00	3,182,339.54	317,742.06	72,610,319.84	
289.00	3,299,176.20	329,173.78	75,847,256.54	
290.00	3,409,066.84	340,459.50	79,208,616.06	
291.00	3,497,164.13	349,279.52	82,661,409.31	
292.00	3,587,357.30	358,282.79	86,203,421.81	
293.00	3,678,994.14	367,442.61	89,836,126.44	
294.00	3,774,938.58	377,036.16	93,563,398.32	
295.00	3,870,190.25	386,566.63	97,386,382.51	
296.00	3,967,559.31	396,288.38	101,305,473.43	
297.00	4,061,956.02	405,749.02	105,320,256.07	
298.00	4,154,446.57	415,007.73	109,429,132.67	
299.00	4,248,625.93	424,303.43	113,629,663.43	
300.00	4,342,587.17	433,847.99	117,927,452.13	總容量
301.00	4,438,122.61	443,292.15	122,316,041.30	
302.00	4,552,314.16	454,699.19	126,811,817.91	
303.00	4,662,609.59	465,736.65	131,419,734.61	
304.00	4,769,809.09	476,473.25	136,136,605.43	
305.00	4,879,358.83	487,412.33	140,961,852.57	
306.00	4,990,997.91	498,619.17	145,897,494.29	

總容量： 117,927,452 平方公尺
 呆容量： 3,412,475 平方公尺
 有效容量： 114,514,977 平方公尺



表 6-2 鯉魚潭水庫投池區標高一面積一容量統計表 (108 年 10 月)

鯉魚潭水庫投池區標高一面積一容量統計表(108 年 10 月)

水位標高(公尺)	面積(平方公尺)	各層體積(立方公尺)	累積體積(立方公尺)	備註
194.00	0.00	0.00	0.00	
195.00	3,114.50	302.72	1,426.91	
196.00	4,257.16	420.63	5,153.72	
197.00	5,179.09	514.14	9,879.86	
198.00	5,940.80	590.32	15,437.94	
199.00	6,726.21	668.27	21,762.09	
200.00	7,729.54	767.36	28,972.46	
201.00	9,077.67	899.54	37,337.30	
202.00	11,385.66	1,125.06	47,462.18	
203.00	13,247.16	1,316.92	59,839.03	
204.00	15,400.51	1,529.55	74,050.77	
205.00	17,387.78	1,731.77	90,510.12	
206.00	18,721.14	1,864.96	108,600.30	
207.00	20,464.89	2,046.54	128,361.61	
208.00	21,440.10	2,146.35	149,379.05	
209.00	22,438.86	2,249.09	171,408.42	
210.00	23,402.65	2,348.02	194,445.83	
211.00	24,274.57	2,441.21	218,448.03	
212.00	24,974.32	2,518.80	243,300.82	
213.00	25,432.22	2,579.56	268,843.88	
			268843.88	立方公尺

表 6-3 鯉魚潭水庫後池堰標高一面積一容量統計表 (108 年 10 月)

鯉魚潭水庫後池堰標高一面積一容量統計表(108 年 10 月)

水位標高(公尺)	面積(平方公尺)	各層體積(立方公尺)	累積體積(立方公尺)	備註
197.00	0.00	0.00	0.00	
198.00	0.00	0.00	0.00	
199.00	0.00	0.00	0.00	
200.00	0.00	0.00	0.00	
201.00	14.67	1.17	2.46	
202.00	1,353.21	124.94	446.41	
203.00	8,543.68	802.39	4,720.82	
204.00	18,747.65	1,829.70	18,627.64	
205.00	31,596.30	3,100.76	43,610.15	
206.00	43,108.52	4,257.99	81,263.77	
207.00	62,237.09	6,122.60	133,818.81	
208.00	88,258.28	8,724.06	209,154.03	
209.00	101,230.57	10,088.18	304,837.75	
210.00	108,953.51	10,875.06	410,231.00	
211.00	115,451.91	11,541.58	522,771.92	
212.00	121,354.76	12,150.23	641,556.34	
213.00	125,919.19	12,669.23	766,051.87	
			766051.87	立方公尺

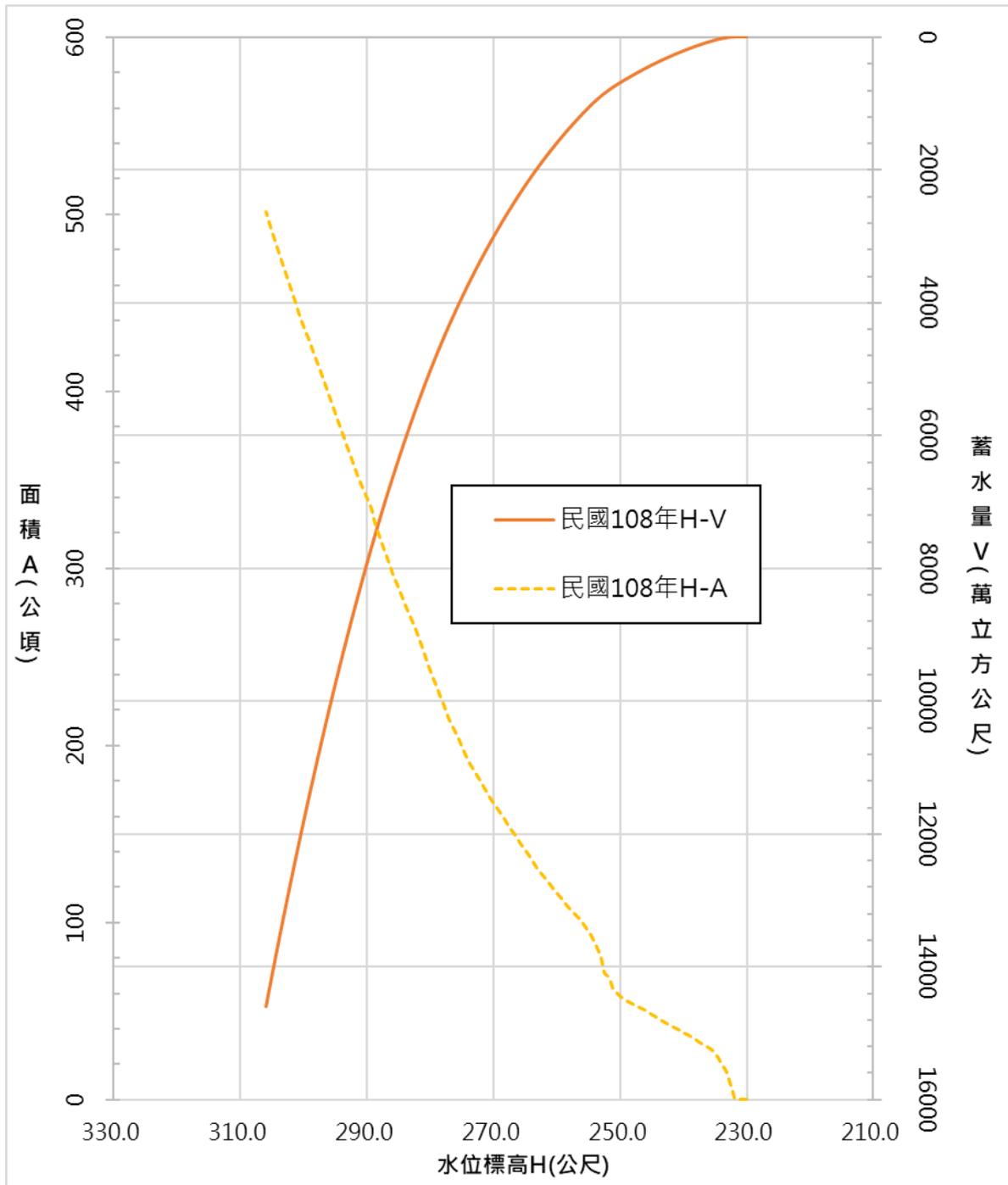


圖 6-1 鯉魚潭水庫淹沒區標高—面積—容量關係曲線圖



表 6-4 鯉魚潭水庫蓄水區前後期標高一面積一容量比較表

水位標高 (m)	面積(10 ⁴ M ²)			容量(10 ⁴ M ³)			累計容量(10 ⁴ M ³)		
	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減
230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
231	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
232	1.50	2.82	1.32	0.09	0.23	0.12	0.11	0.41	0.30
233	14.06	13.32	-0.74	1.36	1.28	-6.54	7.92	8.06	0.14
234	19.99	19.59	-0.40	1.97	1.94	-15.37	25.24	24.84	-0.40
235	26.05	25.78	-0.27	2.58	2.55	-20.71	48.50	47.61	-0.89
236	29.18	29.37	0.19	2.91	2.93	-24.90	76.33	75.42	-0.91
237	31.23	31.38	0.15	3.11	3.13	-27.07	106.53	105.81	-0.72
238	33.63	33.73	0.10	3.35	3.36	-29.02	138.91	138.31	-0.60
239	35.84	35.99	0.15	3.57	3.59	-31.20	173.70	173.20	-0.50
240	37.74	37.83	0.09	3.76	3.77	-33.03	210.50	210.13	-0.37
241	39.82	39.92	0.10	3.97	3.98	-34.84	249.32	249.02	-0.30
242	41.61	41.69	0.08	4.15	4.16	-36.56	290.04	289.84	-0.20
243	43.60	43.66	0.06	4.35	4.36	-38.22	332.62	332.47	-0.15
243.2	44.02	44.08	0.06	4.39	4.40	0.01	341.38	341.25	-0.13
244	45.75	45.77	0.02	4.56	4.57	-40.11	377.30	377.19	-0.11
245	47.96	48.00	0.04	4.79	4.79	-42.09	424.18	424.09	-0.09
246	50.30	50.33	0.03	5.02	5.02	-44.13	473.33	473.24	-0.09
247	52.04	52.12	0.08	5.20	5.20	-45.99	524.52	524.49	-0.03
248	53.88	53.98	0.10	5.38	5.39	-47.53	577.44	577.51	0.07
249	55.81	55.87	0.06	5.57	5.58	-49.24	632.26	632.41	0.15
250	58.29	58.21	-0.08	5.82	5.81	-51.19	689.26	689.41	0.15
251	62.02	61.26	-0.76	6.19	6.11	-53.99	749.36	749.04	-0.32
252	69.69	69.28	-0.41	6.95	6.89	-59.21	815.46	813.52	-1.94
253	79.76	75.69	-4.07	7.90	7.49	-65.46	888.41	885.12	-3.29
254	88.23	87.76	-0.47	8.79	8.74	-75.65	972.80	967.89	-4.91
255	94.89	94.64	-0.25	9.46	9.43	-82.39	1064.62	1059.19	-5.43
256	100.15	99.64	-0.51	9.99	9.94	-87.54	1162.11	1156.31	-5.80
257	104.15	104.04	-0.11	10.39	10.39	-91.82	1264.32	1258.43	-5.89
258	107.82	107.44	-0.38	10.76	10.72	-95.21	1370.25	1364.12	-6.13
259	112.44	112.33	-0.11	11.22	11.21	-98.79	1480.24	1473.97	-6.27
260	116.66	116.42	-0.24	11.64	11.62	-102.89	1594.76	1588.16	-6.60
261	121.07	121.00	-0.07	12.08	12.07	-106.75	1713.58	1706.88	-6.70
262	125.60	125.53	-0.07	12.54	12.53	-110.85	1836.96	1830.18	-6.78
263	129.71	129.54	-0.17	12.95	12.94	-114.74	1964.64	1957.76	-6.88
264	135.65	133.84	-1.81	13.54	13.35	-119.31	2097.31	2089.21	-8.10
265	140.90	140.47	-0.43	14.07	14.02	-124.29	2235.62	2226.64	-8.98
266	145.99	145.83	-0.16	14.57	14.56	-128.77	2378.95	2369.83	-9.12
267	151.29	151.25	-0.04	15.10	15.10	-133.64	2527.69	2518.42	-9.27
268	156.67	156.84	0.17	15.63	15.65	-138.19	2681.54	2672.35	-9.19
269	162.23	162.31	0.08	16.20	16.21	-143.37	2841.12	2832.05	-9.07
270	167.36	167.43	0.07	16.71	16.72	-148.07	3005.91	2996.90	-9.01



水位標高 (m)	面積(10 ⁴ M ²)			容量(10 ⁴ M ³)			累計容量(10 ⁴ M ³)		
	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減
271	173.11	173.03	-0.08	17.28	17.27	-152.86	3176.04	3167.02	-9.02
272	179.34	179.39	0.05	17.90	17.91	-158.28	3352.23	3343.22	-9.01
273	185.26	185.27	0.01	18.50	18.50	-163.80	3534.52	3525.57	-8.95
274	191.29	191.15	-0.14	19.10	19.09	-169.12	3722.73	3713.80	-8.93
275	199.05	196.60	-2.45	19.87	19.63	-175.49	3917.85	3907.70	-10.15
276	207.11	203.63	-3.48	20.67	20.32	-183.00	4121.17	4107.50	-13.67
277	214.35	214.88	0.53	21.40	21.43	-189.32	4331.92	4316.30	-15.62
278	223.99	224.18	0.19	22.35	22.38	-196.77	4551.07	4535.99	-15.08
279	232.98	233.56	0.58	23.25	23.30	-205.03	4779.40	4764.65	-14.75
280	242.15	245.20	3.05	24.17	24.47	-213.05	5016.93	5004.02	-12.91
281	252.30	255.63	3.33	25.18	25.52	-221.54	5263.99	5254.51	-9.48
282	262.49	265.54	3.05	26.20	26.51	-230.97	5521.47	5515.11	-6.36
283	271.32	274.08	2.76	27.09	27.37	-239.68	5788.52	5784.99	-3.53
284	279.56	282.10	2.54	27.91	28.17	-247.28	6063.97	6063.14	-0.83
285	288.72	290.50	1.78	28.83	29.01	-255.19	6348.17	6349.34	1.17
286	297.46	298.62	1.16	29.70	29.82	-263.28	6641.27	6643.94	2.67
287	307.62	308.66	1.04	30.72	30.82	-271.87	6943.96	6947.66	3.70
288	317.52	318.23	0.71	31.70	31.77	-280.75	7256.48	7261.03	4.55
289	329.04	329.92	0.88	32.83	32.92	-290.03	7579.43	7584.73	5.30
290	339.68	340.91	1.23	33.93	34.05	-301.06	7914.54	7920.86	6.32
291	348.01	349.72	1.71	34.76	34.93	-308.84	8258.32	8266.14	7.82
292	357.44	358.74	1.30	35.69	35.83	-316.72	8610.86	8620.34	9.48
293	367.31	367.90	0.59	36.68	36.74	-325.69	8973.29	8983.61	10.32
294	377.39	377.49	0.10	37.69	37.70	-334.68	9345.67	9356.34	10.67
295	387.30	387.02	-0.28	38.68	38.66	-343.64	9727.97	9738.64	10.67
296	397.59	396.76	-0.83	39.71	39.63	-352.88	10120.48	10130.55	10.07
297	407.76	406.20	-1.56	40.72	40.57	-362.09	10523.14	10532.03	8.89
298	417.47	415.44	-2.03	41.70	41.50	-371.20	10935.84	10942.91	7.07
299	427.42	424.86	-2.56	42.69	42.43	-379.84	11358.11	11362.97	4.86
300	436.39	434.26	-2.13	43.60	43.38	-388.59	11790.08	11792.75	2.67
301	446.51	443.81	-2.70	44.59	44.33	-396.87	12231.28	12231.60	0.32
302	457.61	455.23	-2.38	45.71	45.47	-406.67	12683.42	12681.18	-2.24
303	468.25	466.26	-1.99	46.77	46.57	-416.37	13146.36	13141.97	-4.39
304	478.93	476.98	-1.95	47.84	47.65	-425.92	13619.92	13613.66	-6.26
305	489.98	487.94	-2.04	48.94	48.74	-435.70	14104.36	14096.19	-8.17
306	501.72	499.10	-2.62	50.11	49.86	-445.90	14600.12	14589.75	-10.37

註 1.面積增減為"+"表示蓄水面積增加，反之為 "-"代表蓄水面積減少。

註 2.容量增減為"+"表示容量增加(沖刷)，反之為 "-"代表容量減少(淤積)。



表 6-5 鯉魚潭水庫投池區前後期標高一面積一容量比較表

水位標高 (m)	面積(10 ⁴ M ²)			容量(10 ⁴ M ³)			累計容量(10 ⁴ M ³)		
	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減
194	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
195	0.31	0.31	0.00	0.03	0.03	0.00	0.16	0.14	-0.02
196	0.42	0.43	0.01	0.04	0.04	0.00	0.52	0.52	0.00
197	0.52	0.52	0.00	0.05	0.05	0.00	1.00	0.99	-0.01
198	0.59	0.59	0.00	0.06	0.06	0.00	1.55	1.54	-0.01
199	0.68	0.67	-0.01	0.07	0.07	0.00	2.19	2.18	-0.01
200	0.77	0.77	0.00	0.08	0.08	0.00	2.91	2.90	-0.01
201	0.91	0.91	0.00	0.09	0.09	0.00	3.75	3.73	-0.02
202	1.13	1.14	0.01	0.11	0.11	0.00	4.77	4.75	-0.02
203	1.26	1.32	0.06	0.13	0.13	0.00	5.97	5.98	0.01
204	1.37	1.54	0.17	0.14	0.15	0.01	7.28	7.41	0.13
205	1.48	1.74	0.26	0.15	0.17	0.02	8.71	9.05	0.34
206	1.59	1.87	0.28	0.18	0.19	0.01	10.75	10.86	0.11
207	2.06	2.05	-0.01	0.21	0.20	-0.01	12.14	12.84	0.70
208	2.20	2.14	0.08	0.22	0.21	-0.01	14.27	14.94	0.67
209	2.34	2.24	0.04	0.23	0.22	-0.01	16.54	17.14	0.60
210	-	2.34	-	-	0.23	-	-	19.44	-
211	-	2.43	-	-	0.24	-	-	21.84	-
212	-	2.50	-	-	0.25	-	-	24.33	-
213	-	2.54	-	-	0.26	-	-	26.88	-

註 1.面積增減為"+"表示蓄水面積增加，反之為 "-" 代表蓄水面積減少。

註 2.容量增減為"+"表示容量增加(沖刷)，反之為 "-" 代表容量減少(淤積)。

表 6-6 鯉魚潭水庫後池堰前後期標高一面積一容量比較表

水位標高 (m)	面積(10 ⁴ M ²)			容量(10 ⁴ M ³)			累計容量(10 ⁴ M ³)		
	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減	106 年 10 月	108 年 10 月	增減
200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
201	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
202	0.11	0.14	0.03	0.01	0.01	0.00	0.04	0.04	0.00
203	0.72	0.85	0.13	0.07	0.08	0.01	0.38	0.47	0.09
204	1.73	1.87	0.14	0.17	0.18	0.01	1.63	1.86	0.23
205	2.79	3.16	0.37	0.27	0.31	0.04	3.85	4.36	0.51
206	3.80	4.31	0.51	0.38	0.43	0.05	7.14	8.13	0.99
207	5.73	6.22	0.49	0.56	0.61	0.05	11.90	13.38	1.48
208	7.77	8.83	1.06	0.77	0.87	0.10	18.64	20.92	2.28
209	9.10	10.12	1.02	0.91	1.01	0.10	27.19	30.48	3.29
210	-	10.90	-	-	1.09	-	-	41.02	-
211	-	11.55	-	-	1.15	-	-	52.28	-
212	-	12.14	-	-	1.22	-	-	64.16	-
213	-	12.59	-	-	1.27	-	-	76.61	-

註 1.面積增減為"+"表示蓄水面積增加，反之為 "-" 代表蓄水面積減少。

註 2.容量增減為"+"表示容量增加(沖刷)，反之為 "-" 代表容量減少(淤積)。

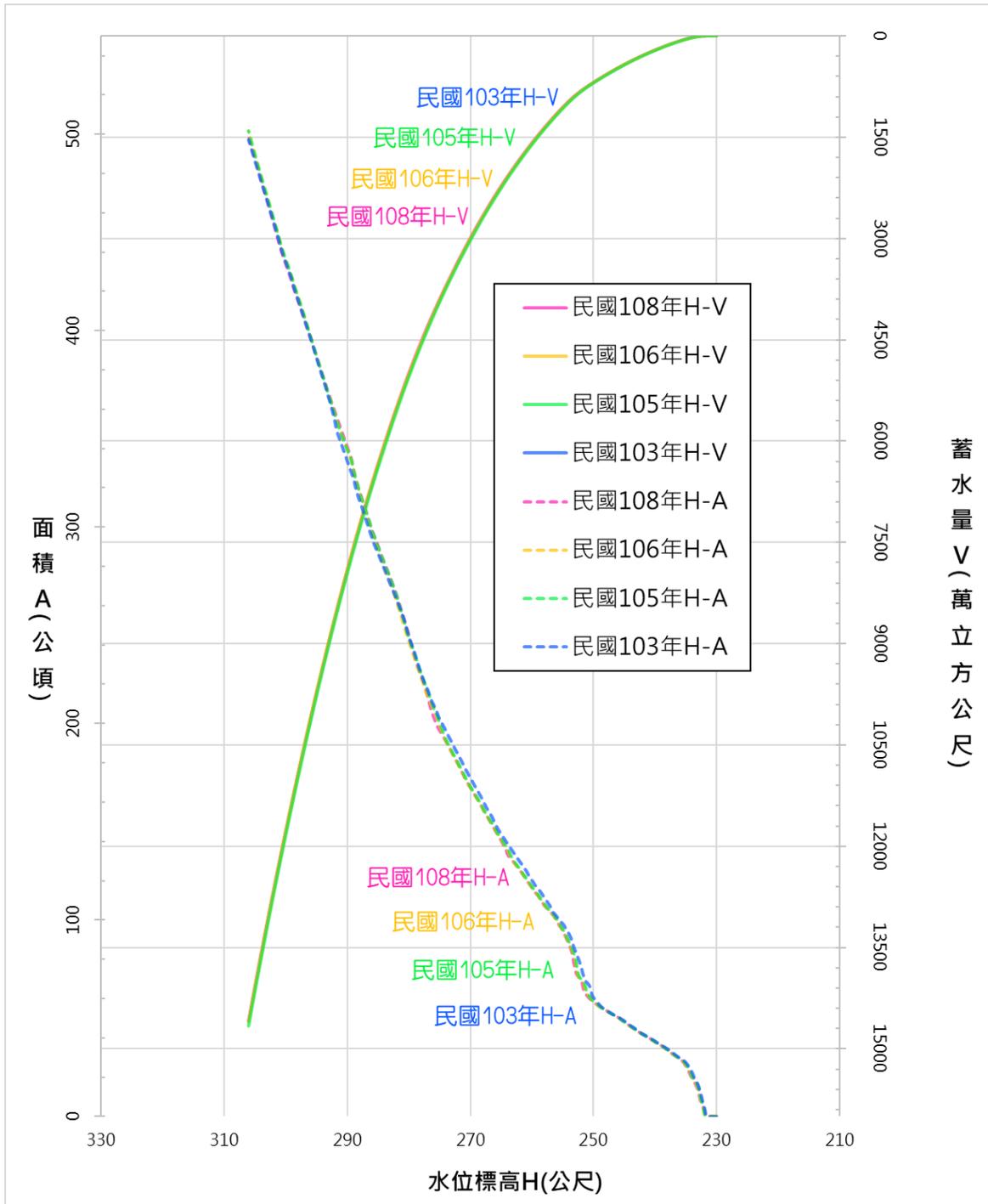


圖 6-2 鯉魚潭水庫淹沒區歷年標高—面積—容量關係曲線圖

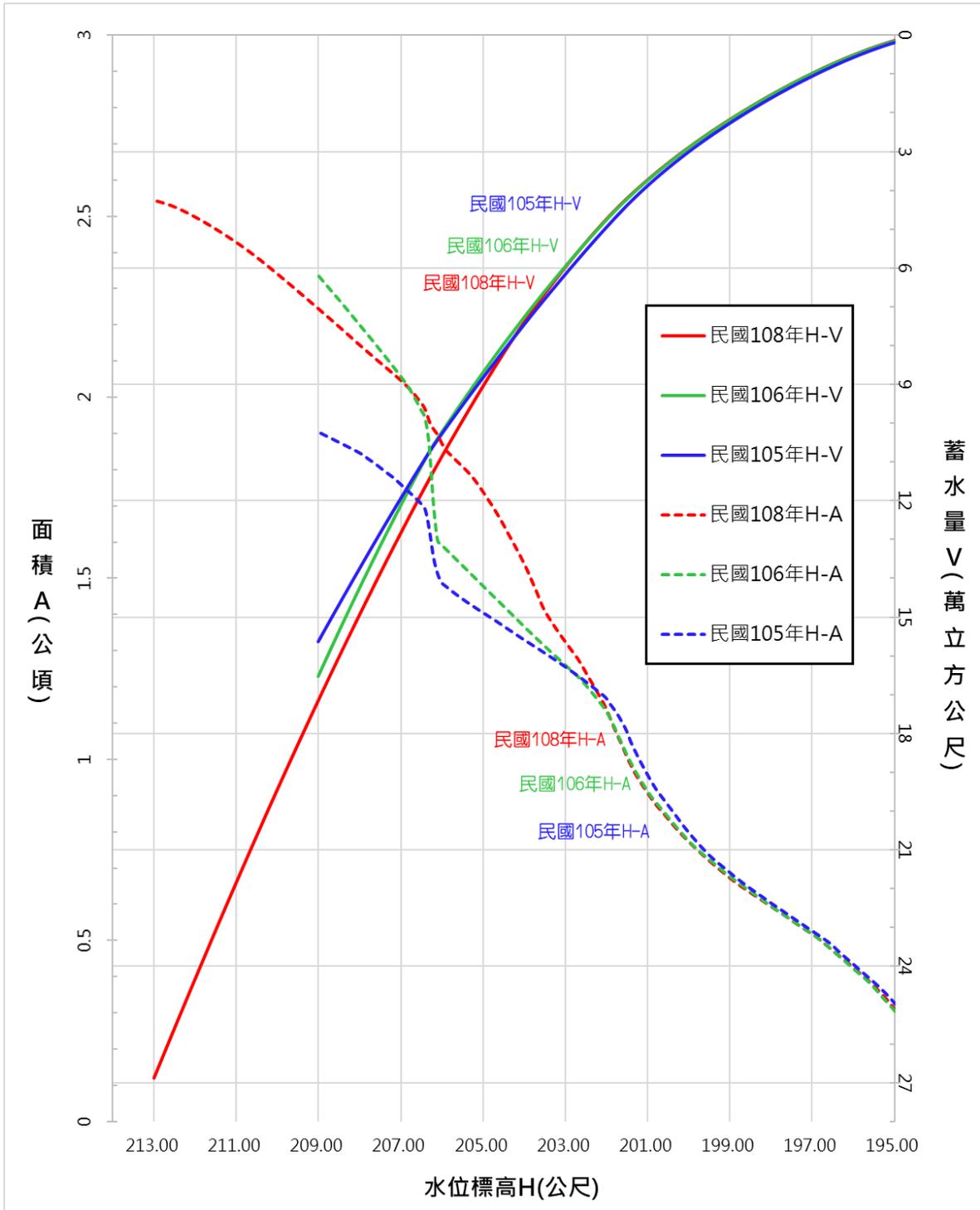


圖 6-3 鯉魚潭水庫投池區歷年標高—面積—容量關係曲線圖

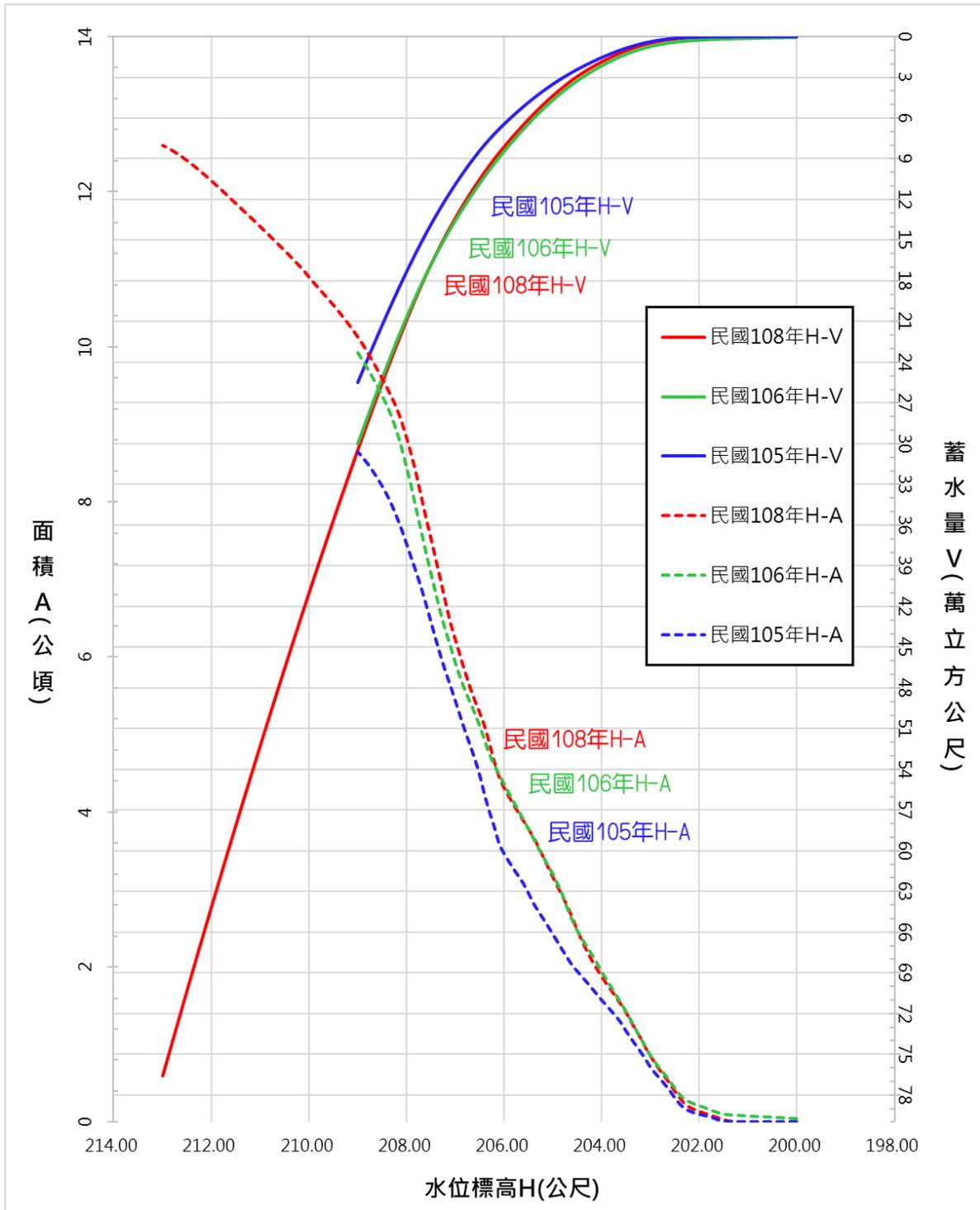


圖 6-4 鯉魚潭水庫後池堰歷年標高—面積—容量關係曲線圖

表 6-7 鯉魚潭水庫泥沙淤積量歷年統計比較表

單位：10⁴m³

期 別	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
起迄年月		81/11~85/04	85/04~86/04	86/04~87/04	87/04~88/08	88/08~90/12	90/12~91/10	91/10~92/10	92/10~93/08	93/08~94/12	94/12~95/10	95/10~96/12	96/12~97/10	97/10~98/12	98/12~99/10	99/10~100/10	100/10~101/11	101/11~103/03	103/03~105/10	105/10~106/10	106/10~108/10	
淤積年數(年)		3.50	1.00	1.00	1.33	2.33	0.83	1.00	0.83	1.33	0.83	1.17	0.83	1.17	0.83	1.00	1.083	1.33	2.58	1.00	2.00	
呆 容 量	剩餘容量	619.78	570.77	556.06	554.86	554.62	370.25	353.88	352.81	348.39	348.60	338.77	367.11	354.98	355.02	343.52	352.83	358.28	356.81	348.13	341.38	341.25
	淤積容量		49.01	14.71	1.20	0.24	184.37	16.37	1.07	4.42	-0.21	9.83	-28.34	12.13	-0.04	11.5	-9.31	-5.45	1.47	8.68	6.75	0.13
有 效 容 量	剩餘容量	11,987.15	12,028.03	11,990.56	11,990.22	11,988.49	12,014.60	12,005.39	11,978.92	11,941.71	11,670.02	11,662.57	11,677.45	11,600.38	11562.14	11564.82	11519.16	11546.97	11546.57	11497.53	11448.69	11451.50
	淤積容量		-40.88	37.47	0.34	1.73	-26.11	9.21	26.47	37.21	271.69	7.46	-14.88	77.07	38.24	-2.68	45.66	-27.81	0.40	49.04	48.84	-2.81
總 容 量	剩餘容量	12,606.93	12,598.80	12,546.62	12,545.08	12,543.11	12,384.85	12,359.26	12,331.73	12,290.10	12,018.84	12,001.34	12,044.56	11,955.36	11917.16	11908.34	11871.99	11905.25	11903.38	11845.66	11790.08	11792.75
	淤積容量		8.13	52.18	1.54	1.97	158.26	25.59	27.53	41.63	271.26	17.50	-43.22	89.20	38.2	8.82	36.35	-33.26	1.87	57.72	55.58	-2.67
	累積淤積量		8.13	60.31	61.85	63.82	222.08	247.67	275.20	316.83	588.09	605.59	562.37	651.57	689.77	698.59	734.94	701.68	703.55	761.27	816.85	814.18
泥沙淤積量(%)		0.06	0.48	0.49	0.51	1.76	1.96	2.18	2.51	4.66	4.80	4.46	5.17	5.47	5.54	5.83	5.57	5.58	6.04	6.48	6.46	
平 均 年 淤 積 量	該期每年		2.32	52.18	1.54	1.48	67.92	30.83	27.53	50.16	203.96	21.09	-36.94	107.47	32.65	10.63	36.35	-30.71	1.41	22.37	55.58	-1.34
	累積平均		2.32	13.40	11.25	9.34	24.22	24.79	25.04	26.80	44.72	43.32	37.12	40.77	40.22	38.85	38.72	34.97	32.89	31.76	32.71	30.19

- 【註一】第 2 期淤積測量由於 85 年 8 月間受賀伯颱風侵襲影響將水庫上游景山溪引水工程所開挖之泥沙沖刷至水庫。
 【註二】第 5 期淤積測量由於 921 大地震(88 年 9 月)造成環庫山坡大量土石坍塌及土石鬆動；再經由 89 年象神颱風，90 年桃芝、納莉及利奇馬等數個颱風帶來水庫及上游近千公釐之豪雨，使得週邊山坡大量土石崩塌或滑落至水庫中。
 【註三】第 6,7 期淤積測量由於士林攔河堰引水工程進行造成異常淤積情形，士林攔河堰引水工程於民國 92 年 6 月完工啟用。
 【註四】第 9 期於 92 年發生七二水災及艾莉颱風，水庫滿庫溢洪，單次測量淤積量達 271.26 萬立方公尺。
 【註五】第 11 期水庫淤積測量改以多音束方法施測，由於測量方法改變故造成淤積容量有所誤差，致使總容量之淤積容量為-43.22 萬立方公尺。
 【註六】第 18 期較第 17 期淤積量增加，尤其以中游段較多，可能原因與 104 年大旱水位(EL 約 273m)偏低，發電尾水造成景山溪上游段刷深而中游段淤積情形。
 【註七】第 20 期較第 19 期淤積量些微減少(約 0.02%)，可能原因為 19 期使用 5m*5m 網格 TIN Model 進行庫容計算，而第 20 期改為 1m*1m 網格 Surfer 辛普森法計算，由於計算方式的不同，造成淤積量的差異，以相同方法計算比對結果為第 20 期較第 19 期淤積量增加約 5.75 萬立方公尺。
 【註八】由第 18、19、20 期以不同方式計算容積進行比對的結果來看，不同計算方式造成的誤差僅不到 1%。

1. 呆 容 量=水位標高 243.2 蓄水容量
2. 有效容量=滿水位(水位標高 300m)蓄水量 - 呆容量
3. 淤 積 量=前期有效容量 - 本期有效容量
4. 泥沙淤積量%=累積淤積量÷ 81 年建庫完工之總容量
5. 該期每年=總容量之淤積容量 ÷ 淤積年數
6. 累積平均=總容量之累積淤積量 ÷ 累加淤積年數

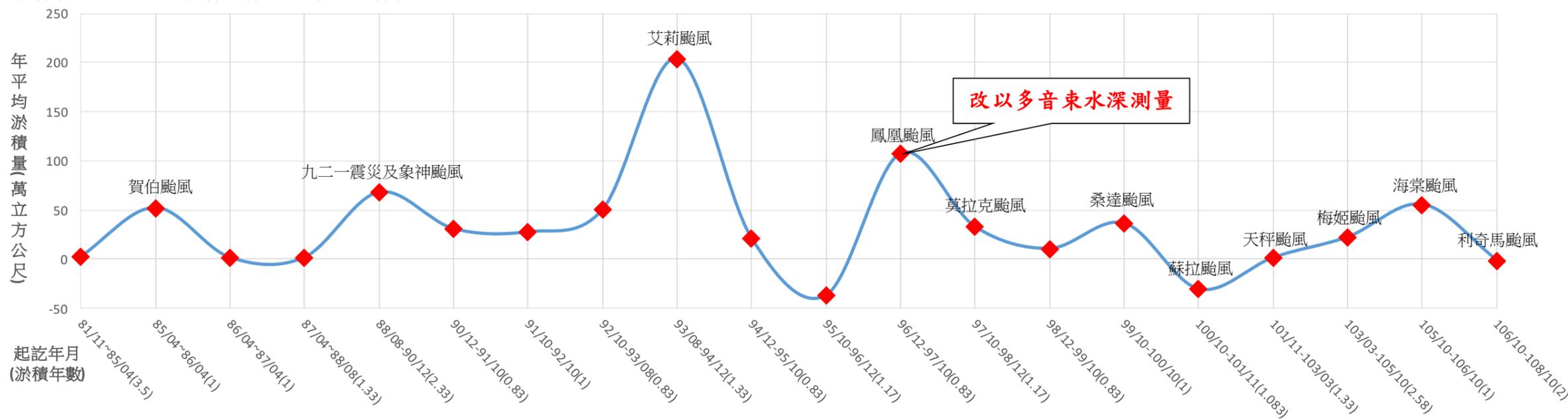


圖 6-5 鯉魚潭水庫年平均淤積量曲線圖



二、控制斷面測量成果

茲將本次水庫淤積測量成果與歷次斷面測量成果繪製成圖。圖 6-7 為水庫淤積測量斷面位置圖，標示水庫的各斷面位置，詳細坐標見表 6-8，第 20 期較第 19 期總淤積量些微減少，淤積集中以中游段較多。

彙整 81、96、97、98、99、100、101、103、105、106 及 108 年縱斷面淤積變化成果比較，縮繪水庫縱斷面成果比較圖縮繪如圖 6-7，詳細圖資詳附圖六；本(108)年度與歷年度（81 年、96 年、97 年、98 年、99 年、100 年、101 年、103 年、105 年、106 年）橫斷面測量成果比較圖節錄如圖 6-8、圖 6-9、圖 6-10，完整圖資詳附圖五。

根據圖 6-8 縱斷面測量成果比較圖發現，S1 縱斷面部分，相較於 106 年之測量成果在里程 6K+200~7K+300 處，有明顯淤積情況，淤積最高高度在 2m 左右，其他各處有輕微淤積的現象，高度約為 0.1~0.2m 左右，其餘地區較無明顯的變化。

在 S2 縱斷面比較圖部分，相較於 106 年之測量成果淤積情況，在里程 1K+500~2K+400 之間有淤積之情況發生，淤積高度約為 0.1m~0.3m 之間。

另 S3 縱斷面比較圖部分，相較於 106 年之測量成果，在里程 0K+050~0K+300 之間呈現上游泥沙往下游淤積狀況，高度約 0.2m~0.6m 之間。

投池後池堰部分經由圖 6-11~圖 6-18 斷面及設計圖說比對，可得知目前並沒有明顯掏刷及結構疑慮。



表 6-8 鯉魚潭斷面樁坐標表

樁號	E	N	樁號	E	N	樁號	E	N
R41	226272.26	2692800.24	R42	226597.76	2692896.24	R43	226962.41	2692733.93
L41	226229.06	2692663.58	L42	226569.73	2692670.79	L43	226989.14	2692567.87
R44	227248.43	2692756.71	R45	227462.34	2693217.84	R01	228396.09	2693202.65
L44	227305.04	2692581.96	L45	227686.30	2692765.00	L01	227981.80	2692493.26
R02	228577.66	2693031.50	R03	228675.11	2692969.66	R04	228874.79	2693281.59
L02	228247.77	2692539.97	L03	228553.94	2692631.24	L04	228844.56	2692553.88
R05	229159.41	2693174.14	R06	229249.55	2692972.47	R07	229575.89	2693068.04
L05	228899.80	2692287.19	L06	229084.68	2692375.65	L07	229480.65	2692576.91
R08	229728.78	2692855.10	R09	229778.27	2693029.73	R10	229927.12	2693099.40
L08	229697.50	2692432.58	L09	230022.74	2692481.77	L10	230104.13	2692771.87
R11	230085.52	2693166.13	R12	230243.42	2693177.12	R13	230450.50	2693161.88
L11	230227.90	2692812.78	L12	230260.64	2692825.77	L13	230260.64	2692825.77
R14	230482.25	2693039.84	R15	230580.37	2693234.50	R16	230621.20	2693448.58
L14	230603.99	2692419.76	L15	230789.51	2692830.02	L16	231017.68	2692672.29
R17	230974.04	2693699.84	R18	231227.05	2693550.23	R19	231487.63	2693640.45
L17	231183.45	2692672.78	L18	231399.94	2692733.67	L19	231609.59	2692783.71
R20	231851.86	2693161.09	R21	232076.04	2693004.71	R22	232323.34	2693140.80
L20	231791.43	2692863.27	L21	231928.27	2692778.37	L22	232353.94	2692877.83
R23	232552.14	2693109.76	R24	232844.27	2693180.89	R25	232961.51	2693305.30
L23	232518.01	2692820.06	L24	232889.59	2692953.32	L25	233390.55	2693131.43
R26	233161.92	2693608.00	R27	233567.88	2693648.21	R28	233689.45	2693779.54
L26	233458.99	2693351.54	L27	233686.35	2693208.07	L28	234070.77	2693730.20
R29	233713.91	2694272.86	R30	234017.80	2693932.38	R31	234369.15	2693980.25
L29	233872.05	2693887.17	L30	234013.07	2693873.73	L31	234454.05	2693826.13
R32	231487.63	2693640.45	R33	231684.67	2694126.33	R34	232287.41	2693792.22
L32	232168.67	2693259.37	L33	232316.86	2693480.56	L34	232276.07	2693629.15
R35	232500.10	2693823.82	R36	232789.54	2694131.18	R37	232856.38	2694427.31
L35	232586.35	2693665.91	L36	232825.77	2693955.64	L37	233101.00	2694359.20
R38	233183.47	2694570.00	R39	233300.65	2692843.83	R40	234145.37	2692739.68
L38	233404.04	2694561.39	L39	233267.85	2692646.11	L40	233580.37	2692346.29

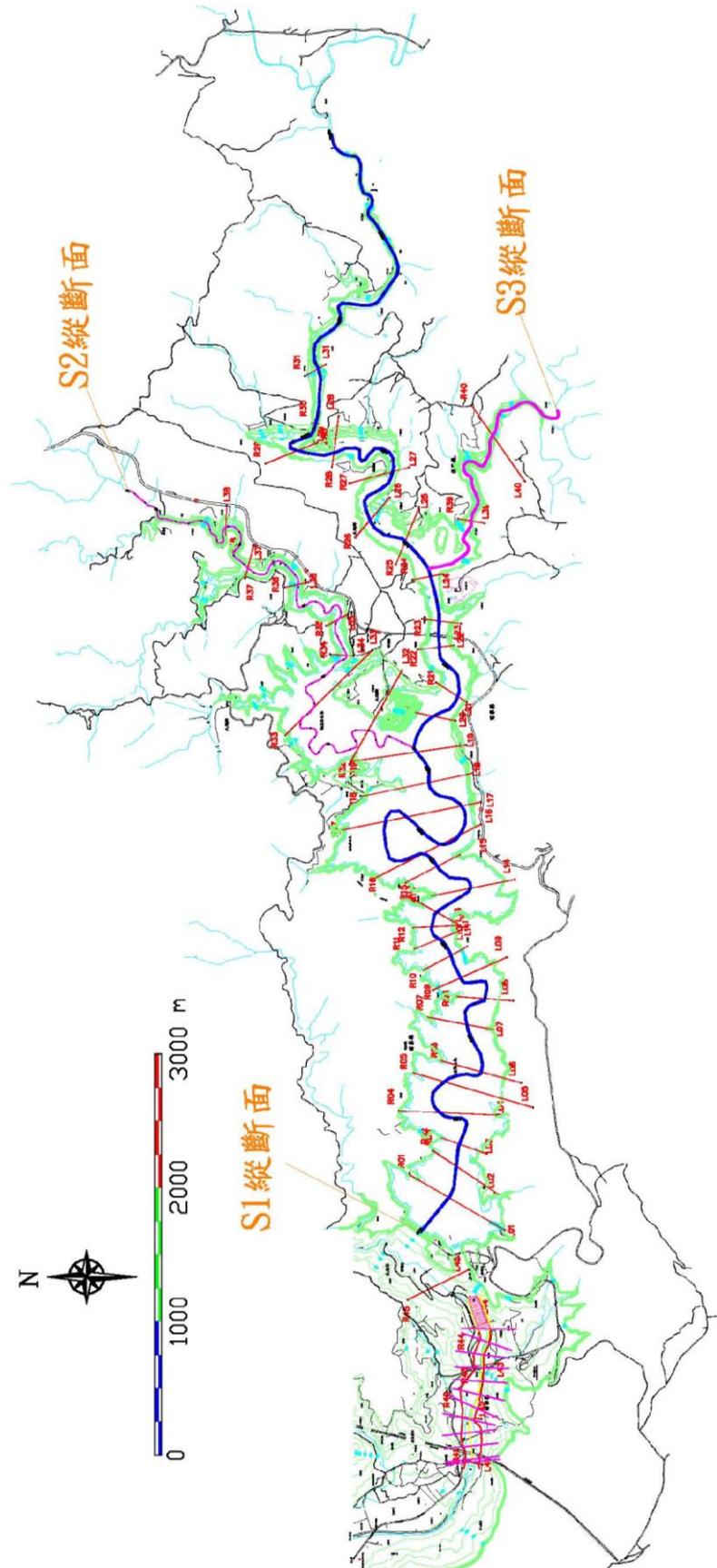


圖 6-6 鯉魚潭水庫淤積測量控制橫斷面及縱斷面位置圖

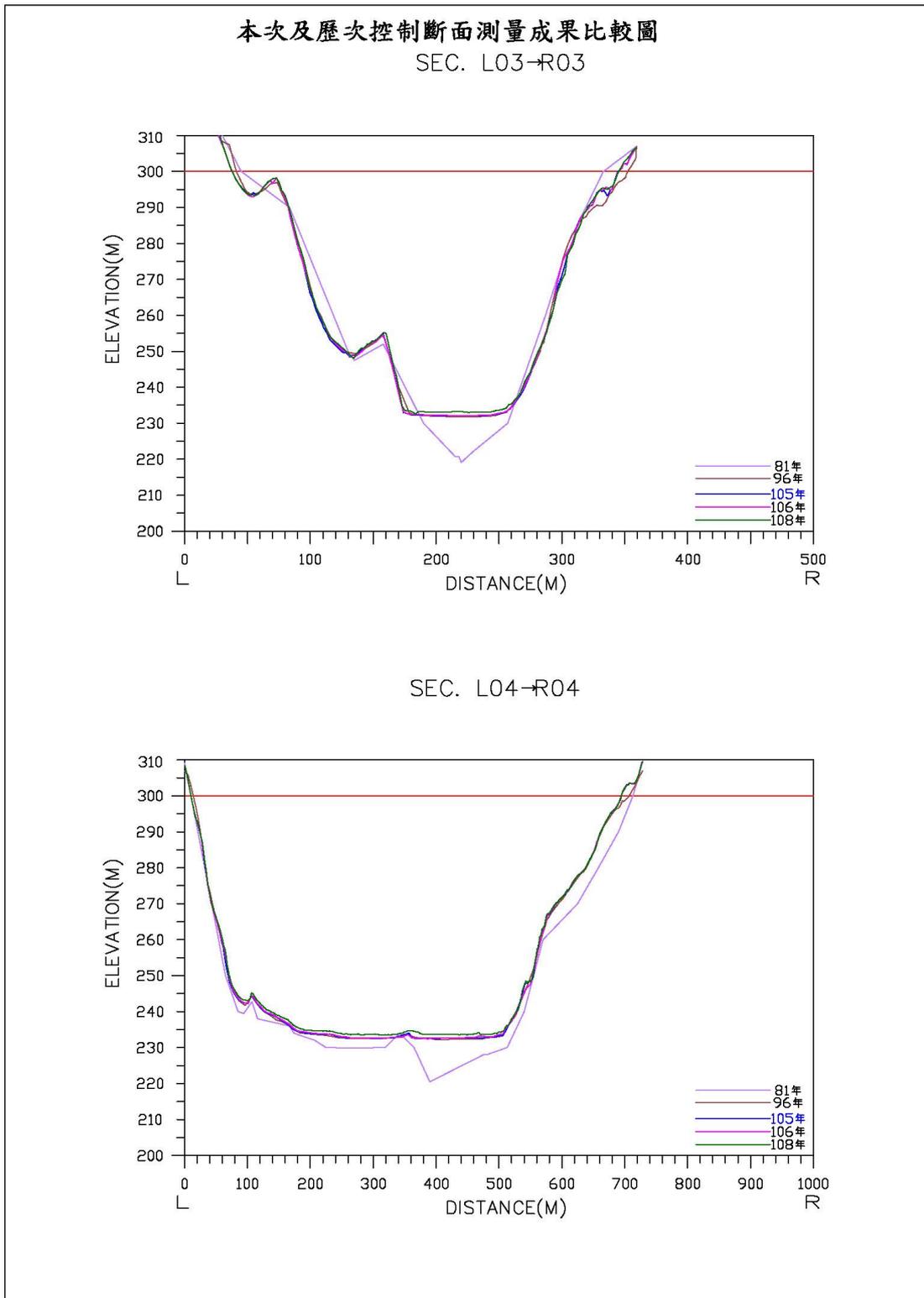


圖 6-8 鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(1)

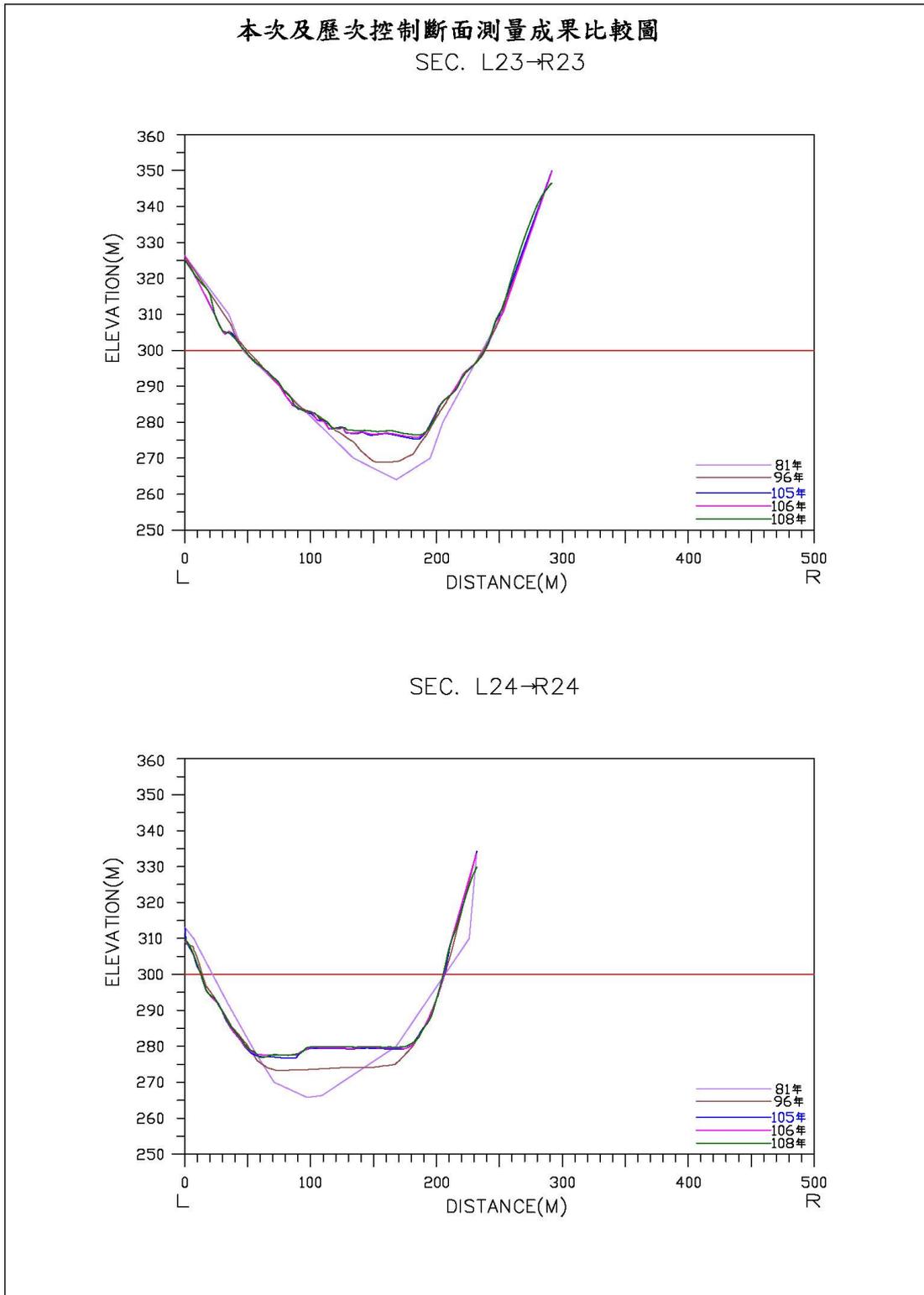


圖 6-9 鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(2)

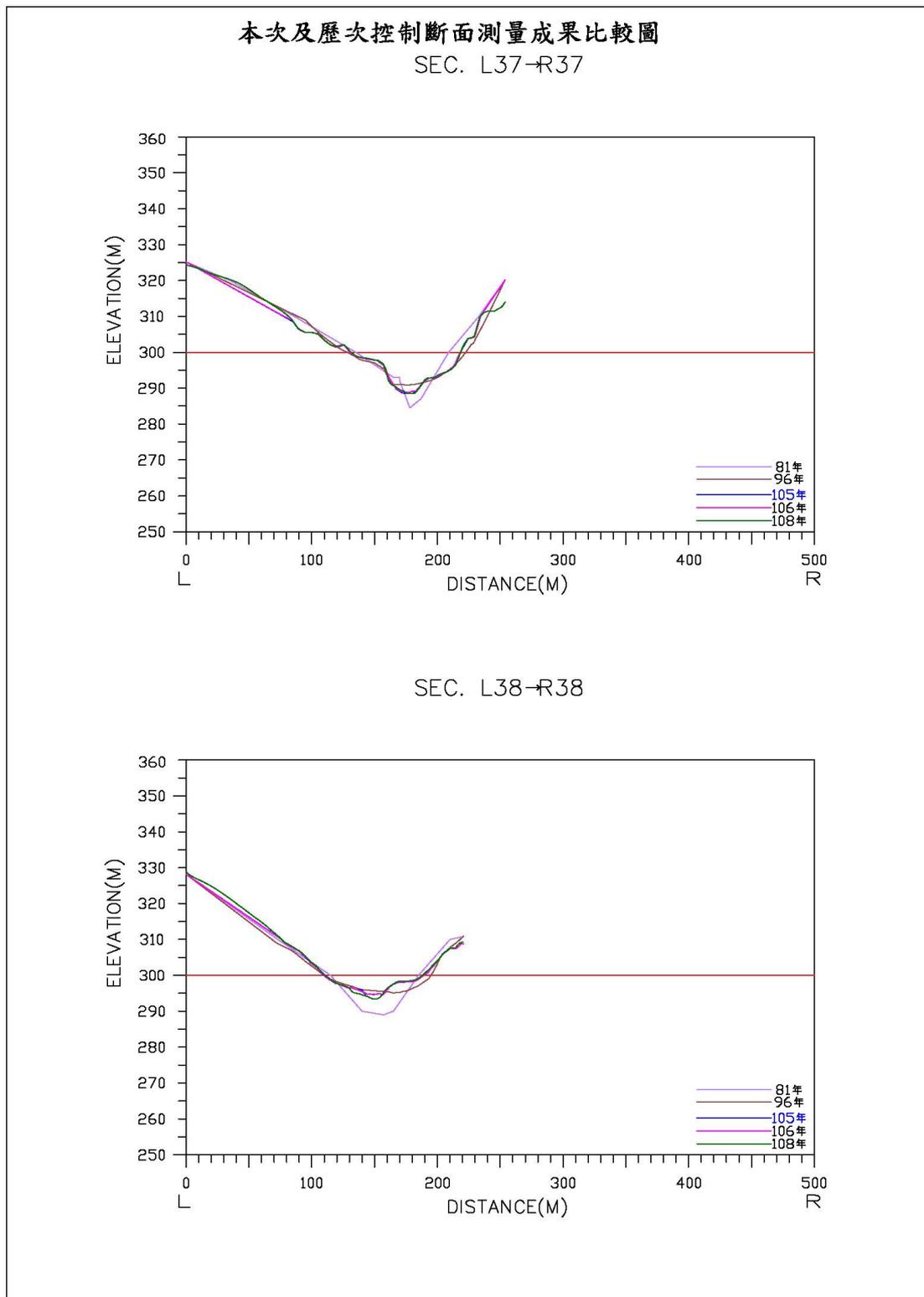


圖 6-10 鯉魚潭水庫河床橫斷面成果圖節錄(3)

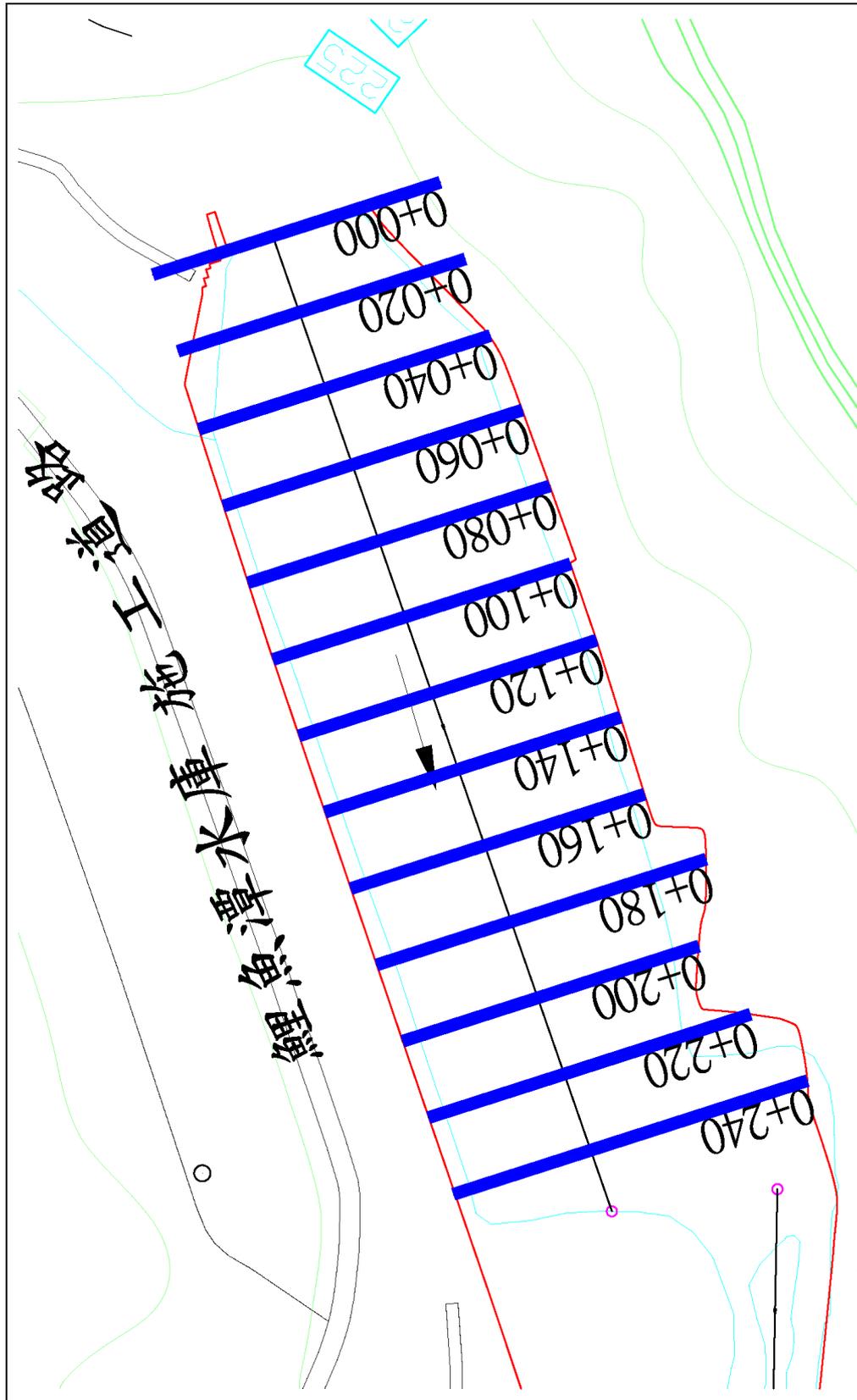


圖 6-11 鯉魚潭投池断面位置圖

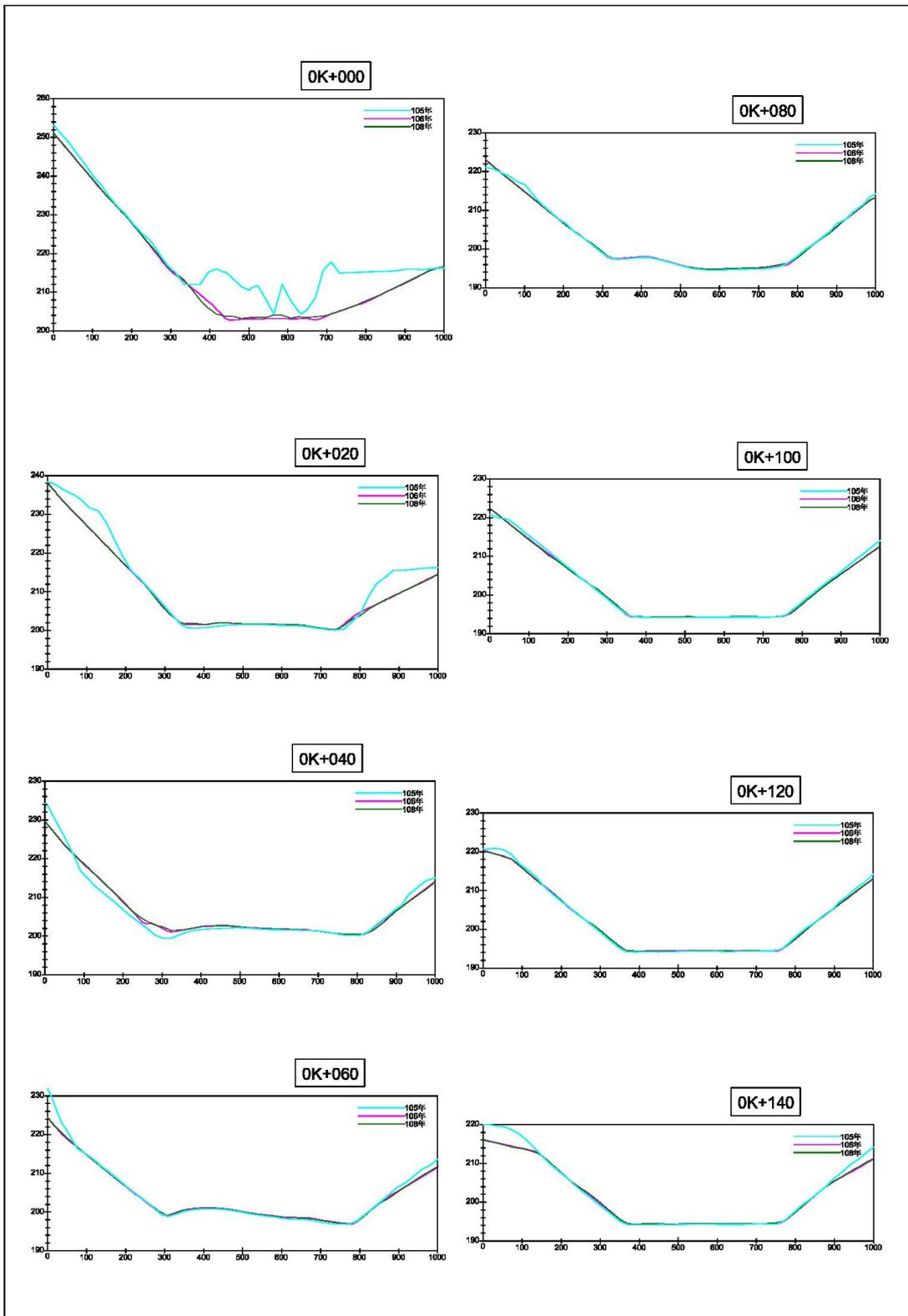


圖 6-12 鯉魚潭投池斷面圖(1/2)

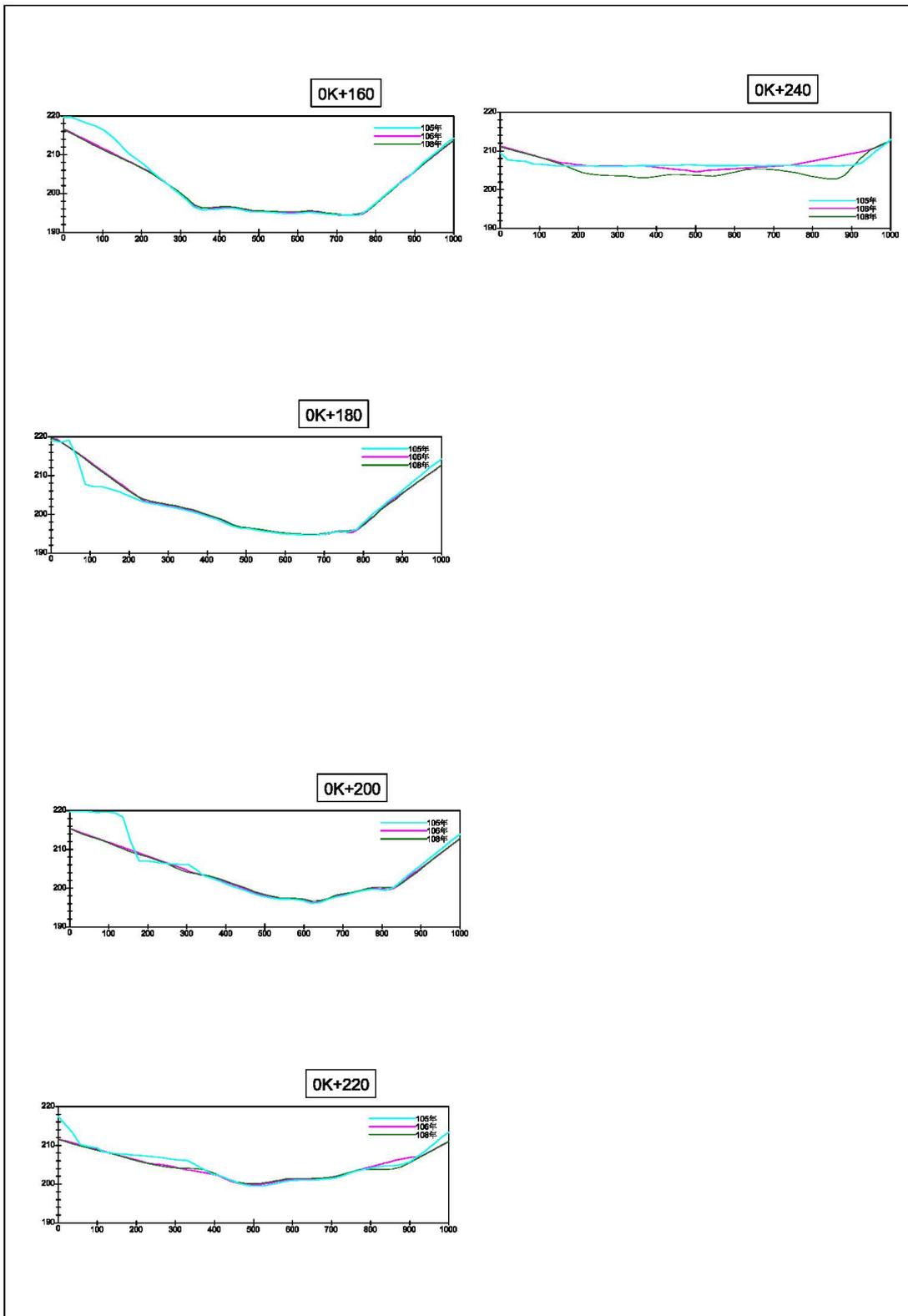


圖 6-13 鯉魚潭投池斷面圖(2/2)



比對本次投池測量成果及設計圖說，本次測量成果可看到池底高程約為 195m，高於設計圖說之池底高程 194m，因此可得知短期內投池並沒有結構上的疑慮，如圖 6-14。

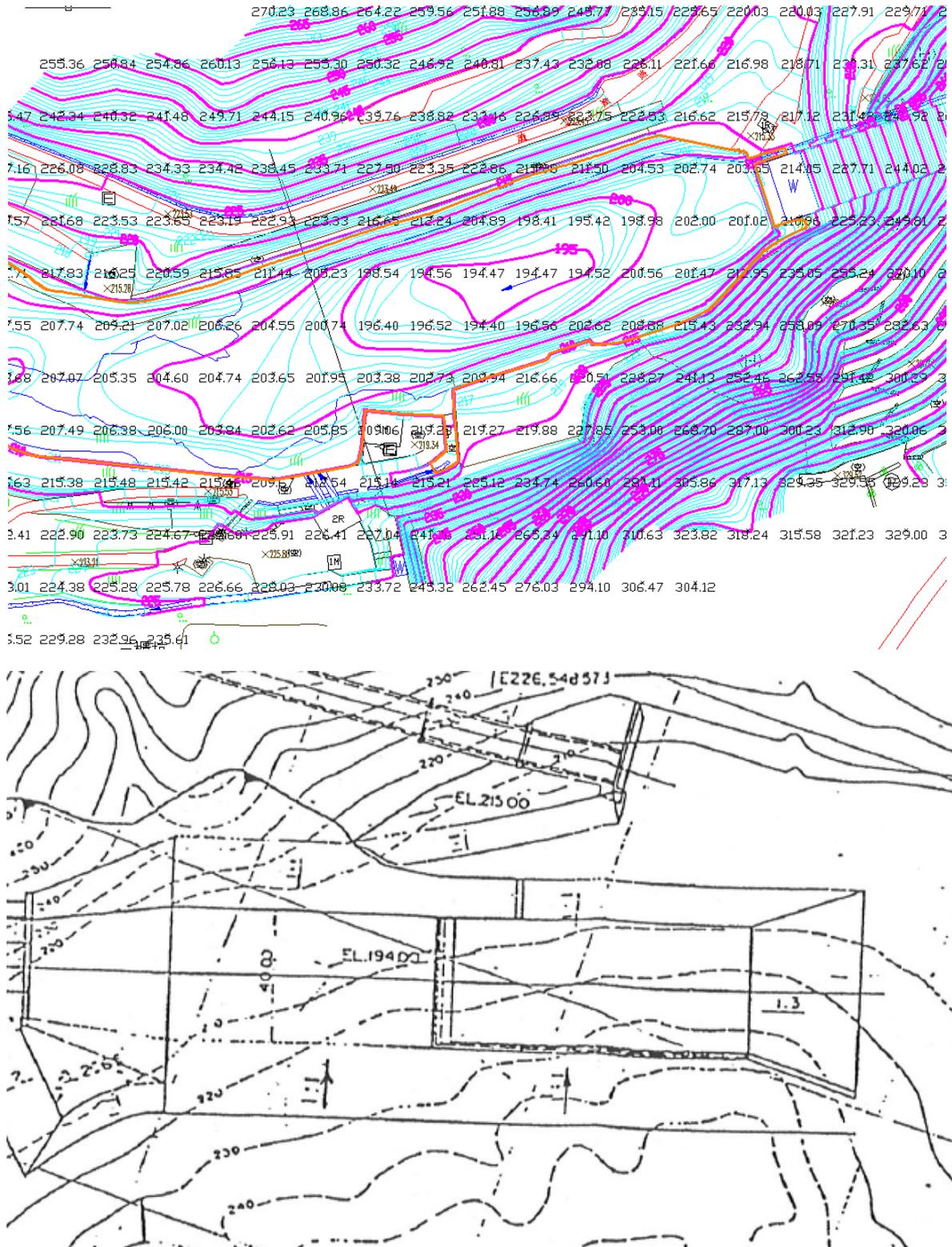


圖 6-14 投池測量成果及設計圖說比對

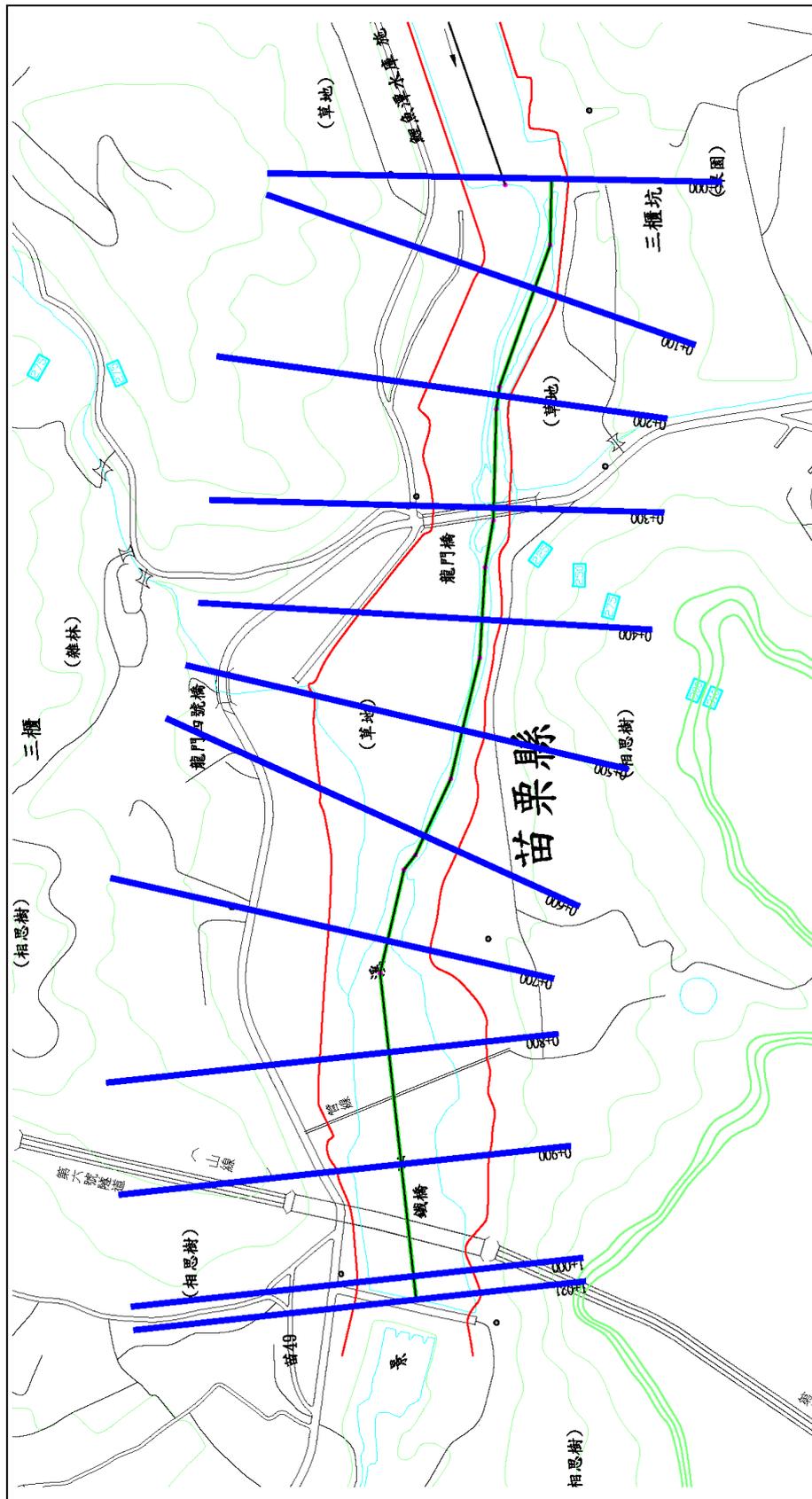


圖 6-15 鯉魚潭後池堰断面位置圖(截至紅色水線)

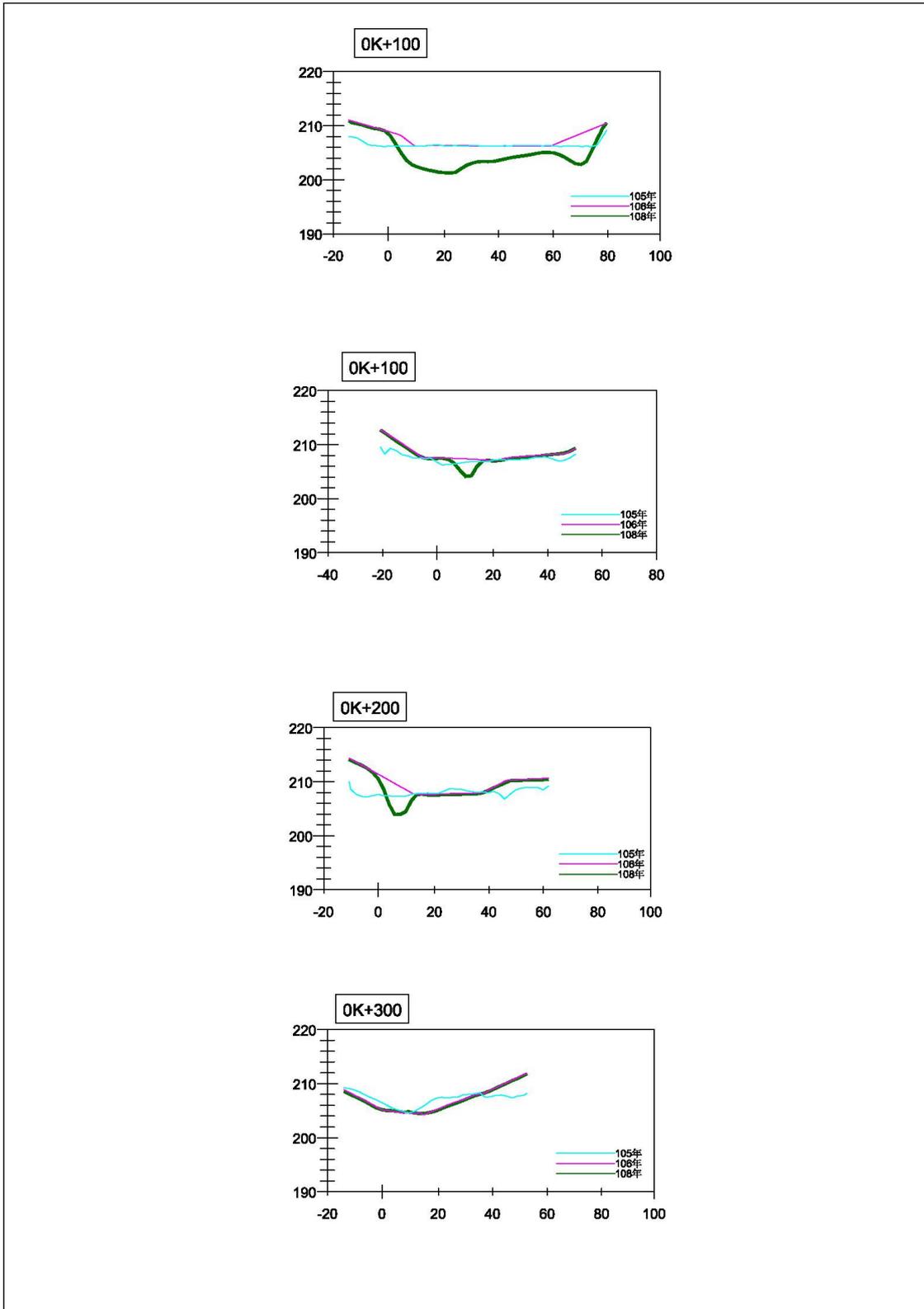


圖 6-16 鯉魚潭後池堰斷面圖(1/3)

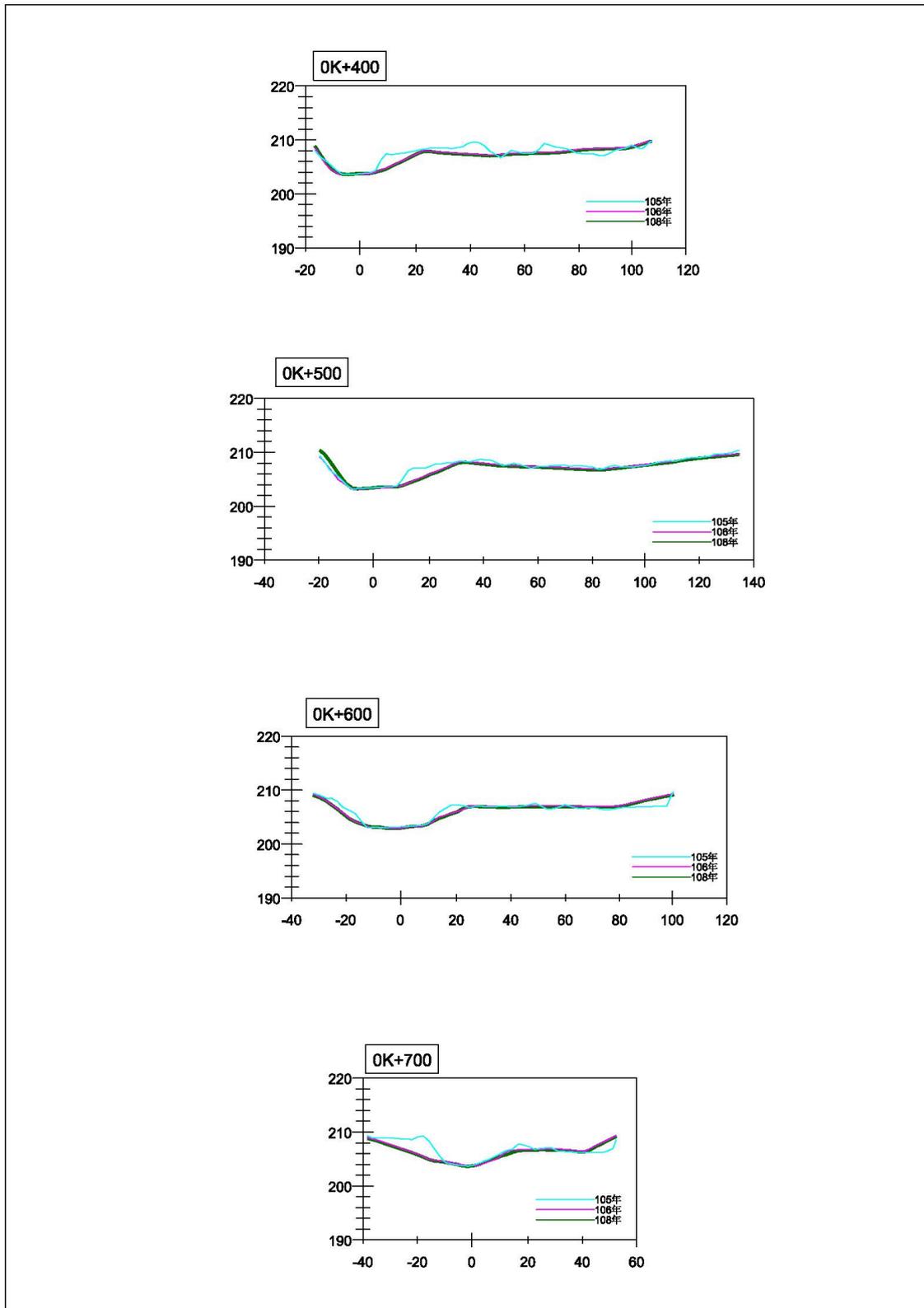


圖 6-17 鯉魚潭後池堰斷面圖(2/3)

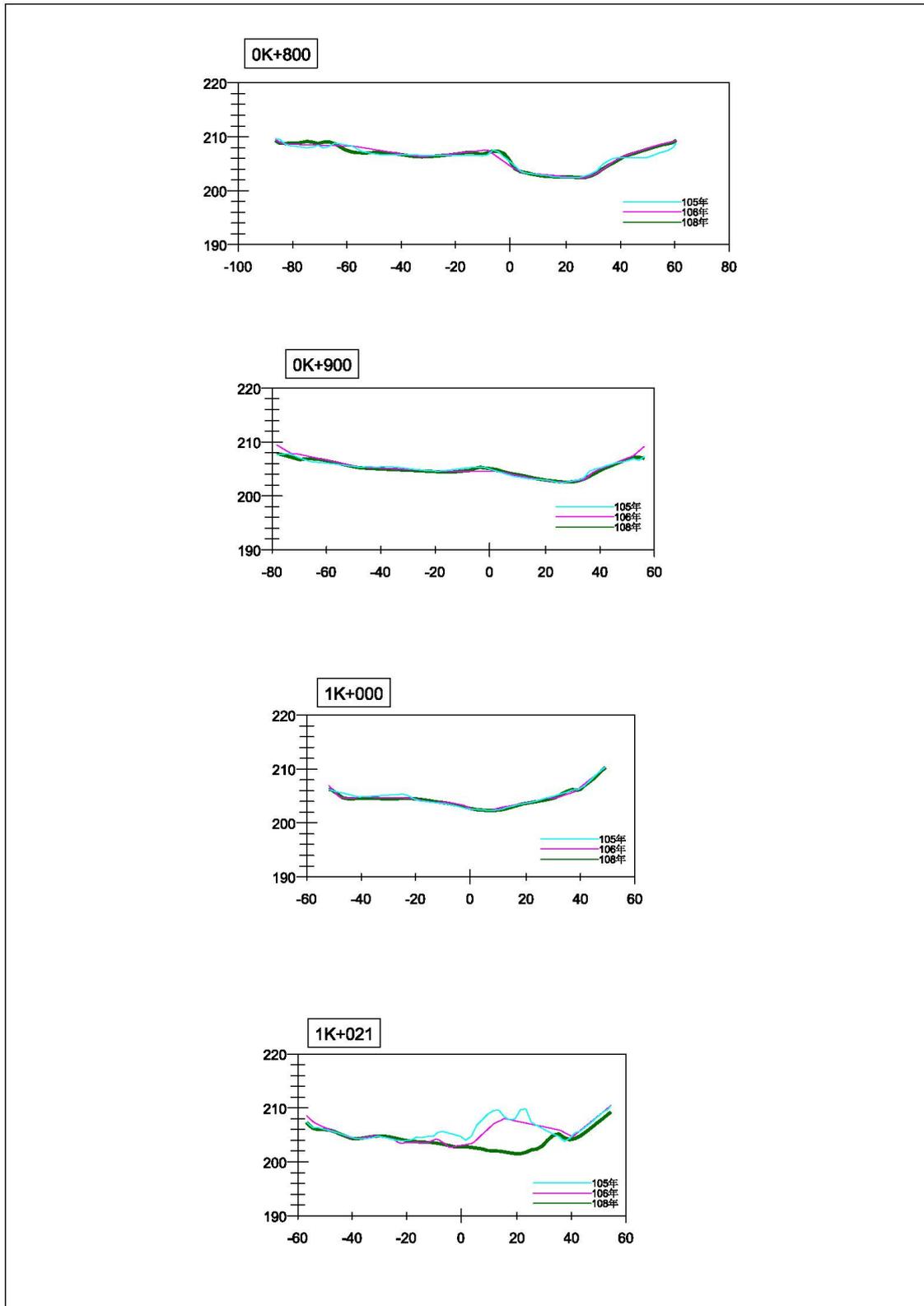


圖 6-18 鯉魚潭後池堰斷面圖(3/3)



三、水庫庫底地形侵淤變化分析

將 108 年水庫淤積測量成果與 106 年之成果資料套疊比較其差異量，繪製成水庫全區 1/10,000 地形變化色階圖，在庫底地形變化色階圖中，左上角色階顏色的變化對應地形侵淤變化之量級，數字由 0 開始，數字為正值（暖色系色階）代表淤積、數字為負值（冷色系色階）代表沖刷，侵淤變化量單位為公尺。根據地形變化色階圖，並輔以水庫歷年縱、橫斷面圖，可以判斷水庫地形淤積或沖刷的變化趨勢、分布區域及淤積沖刷的量級大小，詳細圖資請參閱附圖四、108 年鯉魚潭水庫 1/10,000 彩色庫底地形變異圖。

將庫區分為四個區域細究其侵淤變化量，分別以斷面 R14 往下游方向區隔為 A1 下游區；斷面 R14~R22 及斷面 R32 間區隔為 A2 中游區；斷面 R32 以上為 A3 北側上游區；斷面 R22 以上為 A4 南側上游區，各區位置如圖 6-20，依此四分區計算地形侵淤變化結果如表 6-9 所列。

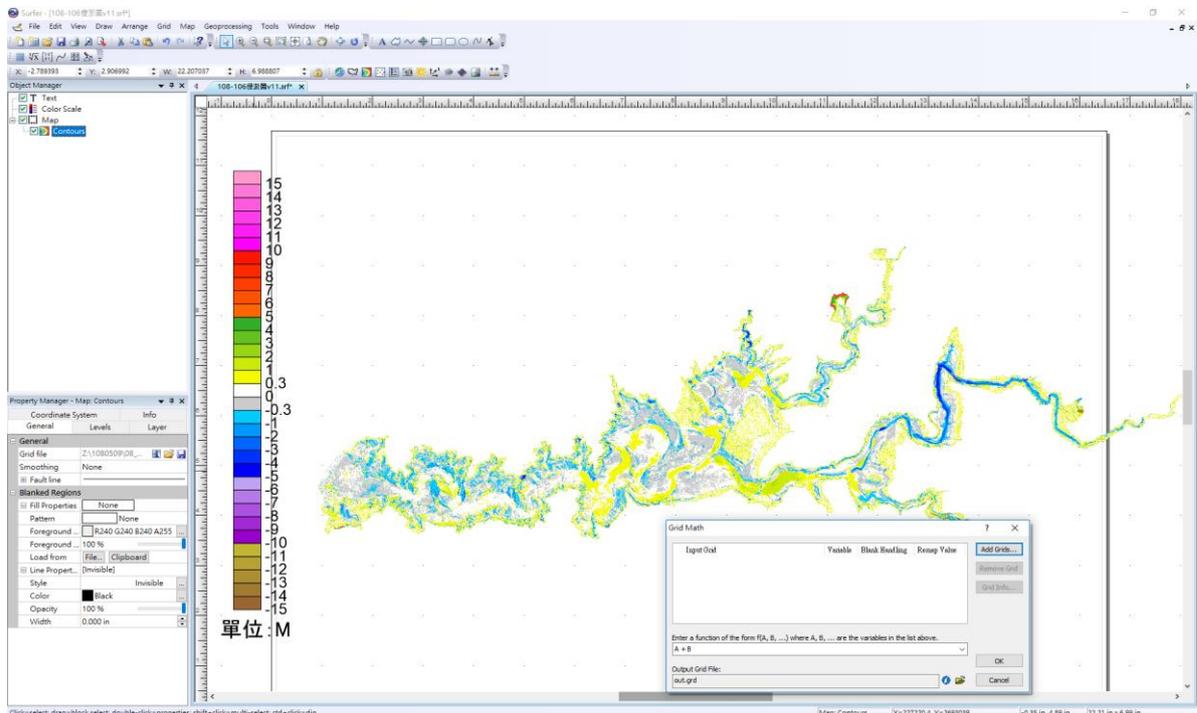


圖 6-19 侵淤色階圖繪製

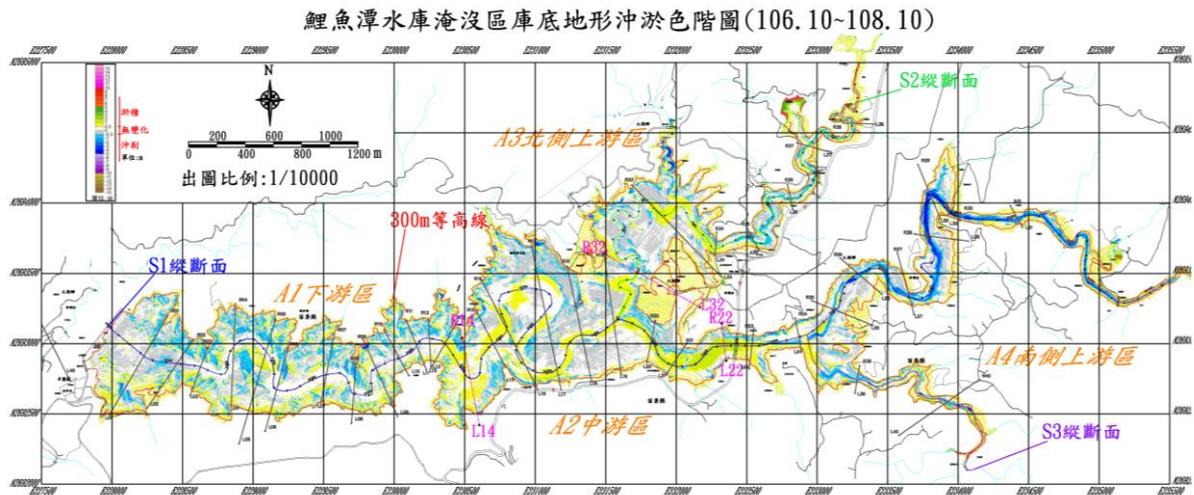


圖 6-20 鯉魚潭水庫侵淤量比較區域劃分圖

由表 6-9 各分區淤積統計表中可看出，淤積體積 A2(中游區)最大，沖刷體積則以 A4 (南側上游區) 為最大；以淨淤積體積（淤積體積－沖刷體積）來看，A2 (中游區) 淤積情形最為嚴重；其次為 A3 (北側上游區)，淤積量約 10 萬 m³，而 A1(下游區)也有 3 萬 m³ 的淤積量，此次成果顯示主要水庫全區均為淤積地區，且以 A2 (中游區) 淤積較為嚴重。另由平均淤積量來看，A2 (中游區) 平均侵淤量 0.13m 為最大。

表 6-9 鯉魚潭水庫各分區侵淤量統計表

區別	淤積體積(m ³)	沖刷體積(m ³)	淨淤積體積(m ³)	淤積面積(m ²)	沖刷面積(m ²)	平均侵淤量(m)
A1(下游區)	306666.012	-272796.547	33869.465	935568.944	704166.556	0.02
A2(中游區)	319072.236	-139885.425	179186.812	883349.764	531227.236	0.13
A3(北側上游區)	227667.274	-125297.369	102369.905	578706.844	332482.156	0.11
A4(南側上游區)	245938.978	-313616.045	-67677.067	620100.237	424356.263	-0.06
總和	247,749.11 立方公尺			5,009,958.00 立方公尺		0.05

註：平均侵淤量=淨淤積體積/(淤積面積+沖刷面積)。

註：平均侵淤量為"正值"表示為淤積(容積減少)，反之為"負值"表示沖刷(容積增加)。



由橫斷面來看橫斷面 R27 以上上游處以侵蝕沖刷為主，量級最高有達 4、5m、橫斷面 R36 以上上游處則有少數零星侵蝕沖刷，量級約在 0.5m 左右，如圖 6-21 所示。

鯉魚潭水庫淹沒區庫底地形沖淤色階圖(106.10~108.10)

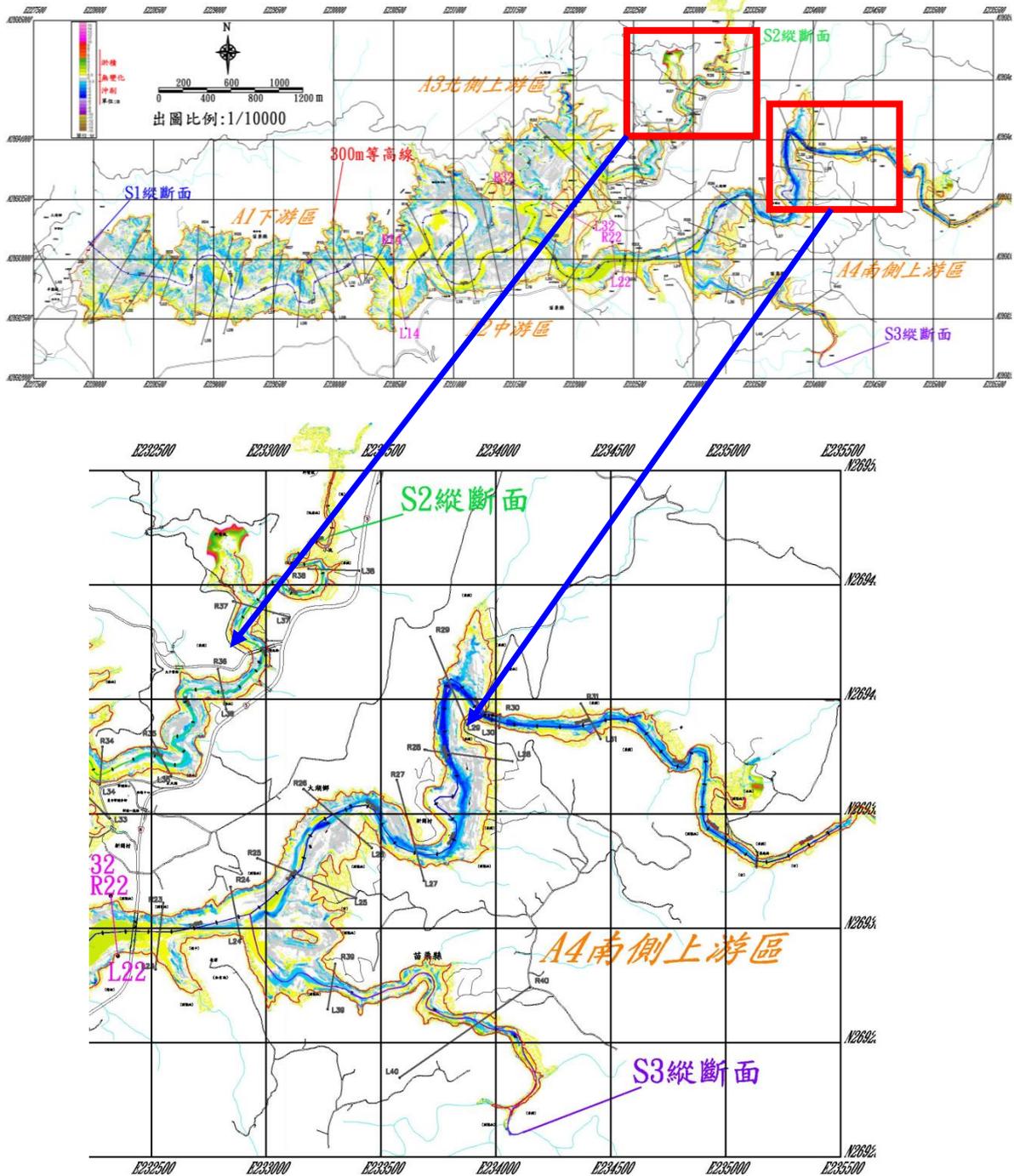


圖 6-21 地形侵淤變化色階圖(上游兩處侵蝕處)



在橫斷面 R21 至 R25 處均以淤積現象為主。以 S1 縱斷面里程 6K+200 至 7K+300 處淤積較嚴重，淤積量級最高達 1m，而 9K+500 至 10K+500 處淤積量級亦有 2m 左右，是淤積最多之處，另外 R39 至 R40 處亦呈現淤積現象，如圖 6-22 所示。

鯉魚潭水庫淹沒區庫底地形沖淤色階圖(106.10~108.10)

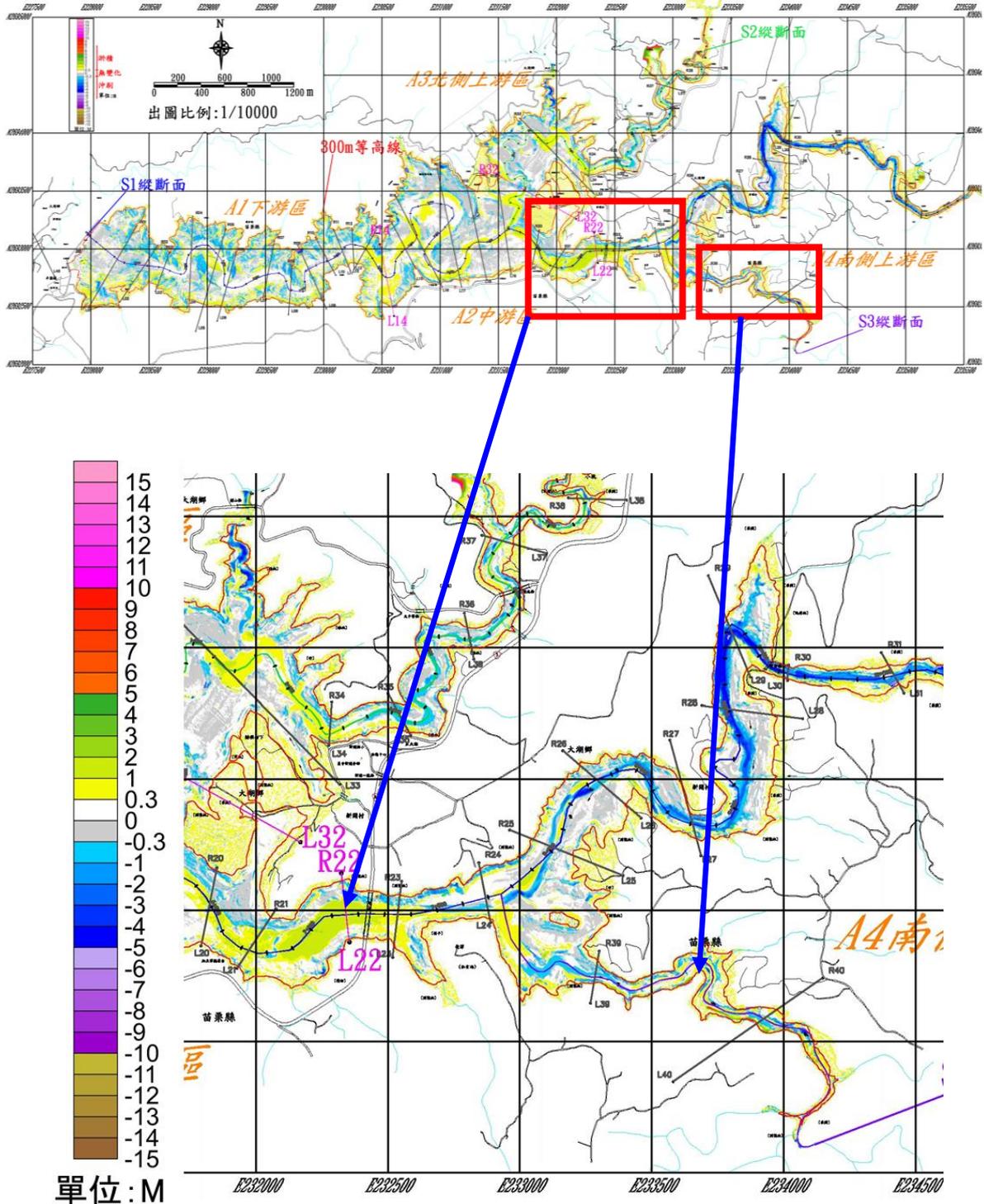


圖 6-22 地形侵淤變化色階圖(斷面 R20 至 R30 及斷面 R39 至 R40)



A1 下游區及 A2 中游區整體均呈現輕微淤積現象，量級約 0.05m~0.3m，零星地區有輕微侵蝕沖刷現象，如圖 6-23 所示。

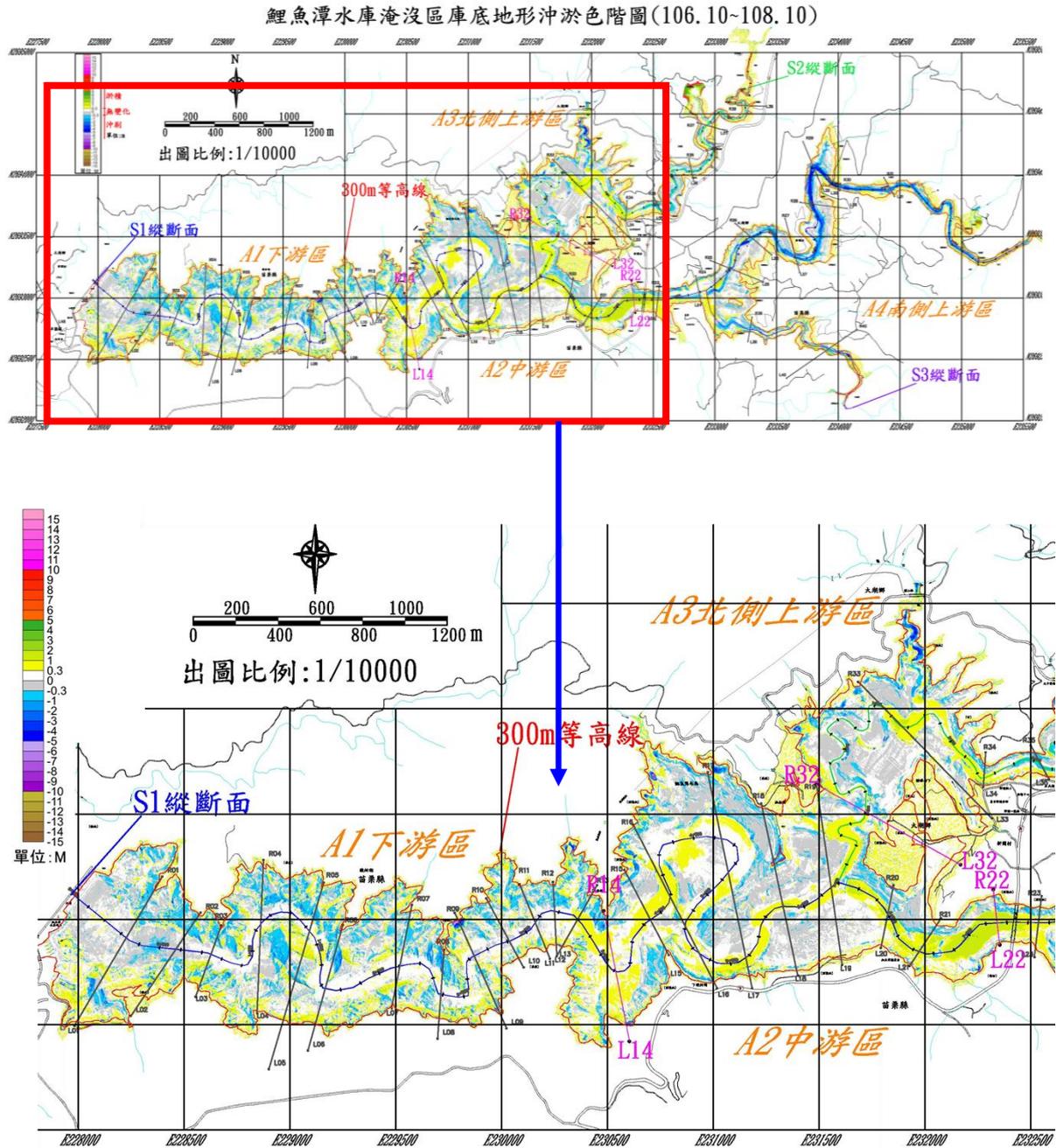


圖 6-23 地形侵淤變化色階圖(A1 下游區及 A2 中游區)



四、水庫水位、降雨及淤積量比對分析

茲收集 106 年 11 月至 108 年 10 月間鯉魚潭水庫降雨量及水庫水位並繪製關係圖表，發現 108 年 5 月開始至 6 月間陸續有較大的雨勢，使水位從 285m 一路攀升至接近滿水位，六月底時更有一場強降雨，比對前表 6-4 也可發現標高 285m 至 300m 受到大量沖刷，並且泥沙沉降淤積在當時水位以下 10~20m 處。

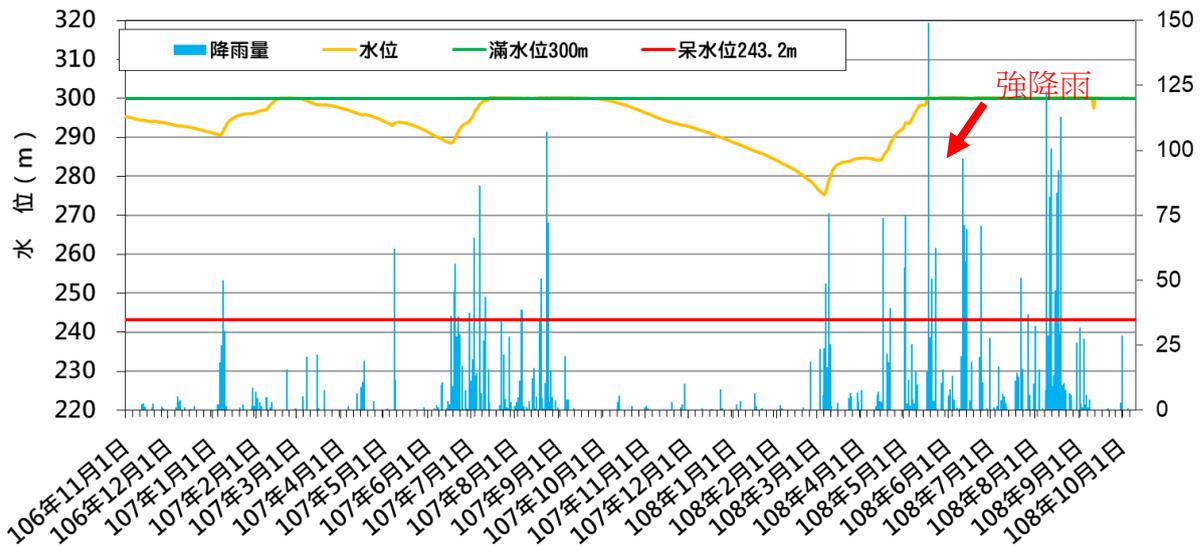


圖 6-24 106/11 至 108/10 鯉魚潭水庫水位及降雨量表

282	262.49	265.54	3.05	26.20	26.51	-230.97	5521.47	5515.11	-6.36
283	271.32	274.08	2.76	27.09	27.37	-239.68	5788.52	5784.99	-3.53
284	279.56	282.10	2.54	27.91	28.17	-247.28	6063.97	6063.14	-0.83
285	288.72	290.50	1.78	28.83	29.01	-255.19	6348.17	6349.34	1.17
286	297.46	298.62	1.16	29.70	29.82	-263.28	6641.27	6643.94	2.67
287	307.62	308.66	1.04	30.72	30.82	-271.87	6943.96	6947.66	3.70
288	317.52	318.23	0.71	31.70	31.77	-280.75	7256.48	7261.03	4.55
289	329.04	329.92	0.88	32.83	32.92	-290.03	7579.43	7584.73	5.30
290	339.68	340.91	1.23	33.93	34.05	-301.06	7914.54	7920.86	6.32
291	348.01	349.72	1.71	34.76	34.93	-308.84	8258.32	8266.14	7.82
292	357.44	358.74	1.30	35.69	35.83	-316.72	8610.86	8620.34	9.48
293	367.31	367.90	0.59	36.68	36.74	-325.69	8973.29	8983.61	10.32
294	377.39	377.49	0.10	37.69	37.70	-334.68	9345.67	9356.34	10.67
295	387.30	387.02	-0.28	38.68	38.66	-343.64	9727.97	9738.64	10.67
296	397.59	396.76	-0.83	39.71	39.63	-352.88	10120.48	10130.55	10.07
297	407.76	406.20	-1.56	40.72	40.57	-362.09	10523.14	10532.03	8.89
298	417.47	415.44	-2.03	41.70	41.50	-371.20	10935.84	10942.91	7.07
299	427.42	424.86	-2.56	42.69	42.43	-379.84	11358.11	11362.97	4.86
300	436.39	434.26	-2.13	43.60	43.38	-388.59	11790.08	11792.75	2.67