目錄

摘要 1
一、工作內容與期程 2
§1-1 計畫背景與目的 2
§1-2 工作項目與辦理情形 5
§1-3 作業期程 6
§1-4 作業規範 7
二、精密水準測量 8
§2-1 測量規劃準備 8
§2-1-1 作業流程 8
§2-1-2 點位清查 9
§2-1-3 路線踏勘 9
§2-1-4 路線規劃 11
§2-2 外業測量 12
§2-2-1 外業測量流程 12
§2-2-2 水準儀視準軸校準 13
§2-2-3 外業測量作業 15
§2-2-4 外業測量成果 17
§2-3 外業施測時遭遇到之情境及因應措施 18
三、測量資料計算與分析 20
§3-1 測量資料處理流程 20
§3-2 觀測資料處理與標準格式檔製作 21
§3-3 系統誤差改正 24
§3-3-1 系統誤差的處理方式 24
§3-3-2 系統誤差改正公式與改正成果 27
§3-4 水準測量成果分析 32
§3-4-1 測段往返閉合差分析 32
§3-4-2 環線閉合差分析 33
§3-5 水準網平差計算 35
§3-6 高程變動分析 37
§3-6-1 測段高程較差分析 37
§3-6-2 點位高程變動分析 41
§3-6-3 GNSS 連續站觀測聯合分析 46
四、結論與建議 50
§4-1 結論 50
§4-2 後續執行建議 53
參考文獻 54

附錄　56
附錄 1　水準網平差報表 56
2024 年 3 月水準網平差報表 56
2024 年 8 月水準網平差報表 59
附錄 2　測量樁位坐標表（TWD97 坐標） 62
附錄 3　測段高程差比較表 64
附錄 4　點位高程較差表 66
附錄 5　測線系統誤差改正成果 68
2024 年 3 月 Y1 測線 68
2024 年 3 月 Y2 測線 69
2024 年 3 月 Y3 測線 70
2024 年 3 月 Y4 測線 72
2024 年 3 月 Y5 測線 73
2024 年 3 月 Y6 測線 74
2024 年 8 月 Y1 測線 75
2024 年 8 月 Y2 測線 76
2024 年 8 月 Y3 測線 77
2024 年 8 月 Y4 測線 79
2024 年 8 月 Y5 測線 80
2024 年 8 月 Y6 測線 81
附錄 6　測線精密水準測量表 82
2024 年 3 月 Y1 測線 82
2024 年 3 月 Y2 測線 83
2024 年 3 月 Y3 測線 84
2024 年 3 月 Y4 測線 86
2024 年 3 月 Y5 測線 87
2024 年 3 月 Y6 測線 88
2024 年 8 月 Y1 測線 89
2024 年 8 月 Y2 測線 90
2024 年 8 月 Y3 測線 92
2024 年 8 月 Y4 測線 93
2024 年 8 月 Y5 測線 94
2024 年 8 月 Y6 測線 95

圖目錄

圖 1-1 大屯火山群地質概況 2
圖 1-2 火山岩漿上升示意圖 3
圖 1-3 過去精密水準測量研究成果圖 4
圖 1-4 本計畫執行範圍示意圖 5
圖 1-5 作業進度甘梯圖 6
圖 2-1 精密水準測量工作流程圖 8
圖 2-2 水準點外業清查相片 9
圖 2-3 水線標定作業 9
圖 2-4 本計畫施測水準路線圖 11
圖 2-5 水準外業測量作業流程圖 12
圖 2-6 水準儀視準軸校準水準儀與水準尺之擺設位置圖 13
圖 2-7 水準儀視準軸校準情形 14
圖 2-8 讀取水準尺溫度 15
圖 2-9 上點前移除水準尺尺環 15
圖 2-10 三角架兩腳與水準路線方向平行 16
圖 2-11 儀器與二水準尺呈一直線 16
圖 2-12 水準外業測量作業 17
圖 2-13 山區道路作業時人員安全措施 18
圖 2-14 減少於山區霧氣較大時進行作業 18
圖 2-15 步道陡峭時測站距離調整 19
圖 3-1 一等水準觀測資料處理流程圖 20
圖 3-2 大屯火山周圍重力值分布圖（GS2009 系統） 31
圖 3-3 測段系統誤差改正後標準化測段往返閉合差統計圖 32
圖 3-4 測段高程差比較圖 37
圖 3-5 點位高程較差圖 41
圖 3-6 鄰近之 GNSS 連續站 u 分量之變化速率 47
圖 3-7 鄰近 GNSS 連續站之水準點點位高程變化速率 48

表目錄

表 1-1 工作項目與內容一覽表 5
表 2-1 本計畫施測點位列表 10
表 2-2 精密水準測量里程統計表 11
表 2-3 折射與曲率誤差修正表（單向視線） 14
表 3-1 外業觀測資料成果檢查表 21
表 3-2 電子式水準儀觀測資料儲存之標準格式 23
表 3-3 利用觀測步驟修正的系統誤差 25
表 3-4 環線閉合差分析成果表 34
表 3-5 歷次每公里觀測精度及水準網平差成果相關數據 36
表 3-6 本案水準點鄰近之 GNSS 連續站列表 46
表 4-1 歷年測段往返閉合差分析統計表 50
表 4-2 歷年高程差較差統計表 51
表 4-3 本計畫點位公告重力值及內插重力值之正高改正值較差列表 53

摘要

在火山噴發之前，會持續數日至數月之久的前兆，經常伴隨著地球物理或地球化學的變化，因此可根據這些特徵去監測火山，藉以了解其底部岩漿庫或通道中的活動狀況。為了解大臺北地區的火山究竟是否會再度噴發，故經濟部地質調查及礦業管理中心近年來投入臺灣北部地區火山觀測研究工作，利用包括地殼變形監測、微震、溫泉水質、火山氣體及地溫等方式多面向觀測火山活動徵兆，獲得初步的火山活動背景資料，提供未來預防或預警以降低潛在災害的參考。其中地殼變形監測原理為當岩漿往上湧升或熱水系統壓力增加時，地殼會膨脹隆起使地表產生變形，使用全球導航衛星系統之監測資料解算結果，易造成垂直變化資料誤差過大，且過往研究之精密水準測線未能跨越微震主要分布的七星山、大油坑及八煙等地區，因此對於地表變形與地震活動之間的關聯性尚未能充分瞭解。為了對大屯火山四周的地殼變形有更深入的了解，本計畫分三年度（2024年~2026 年），建立大屯火山區的精密水準監測網，藉此獲取微小地表變形觀測資料，輔助辨識大屯山地區火山的活動情形。

關鍵詞：大屯火山、地表遙測、精密水準測量

Abstract

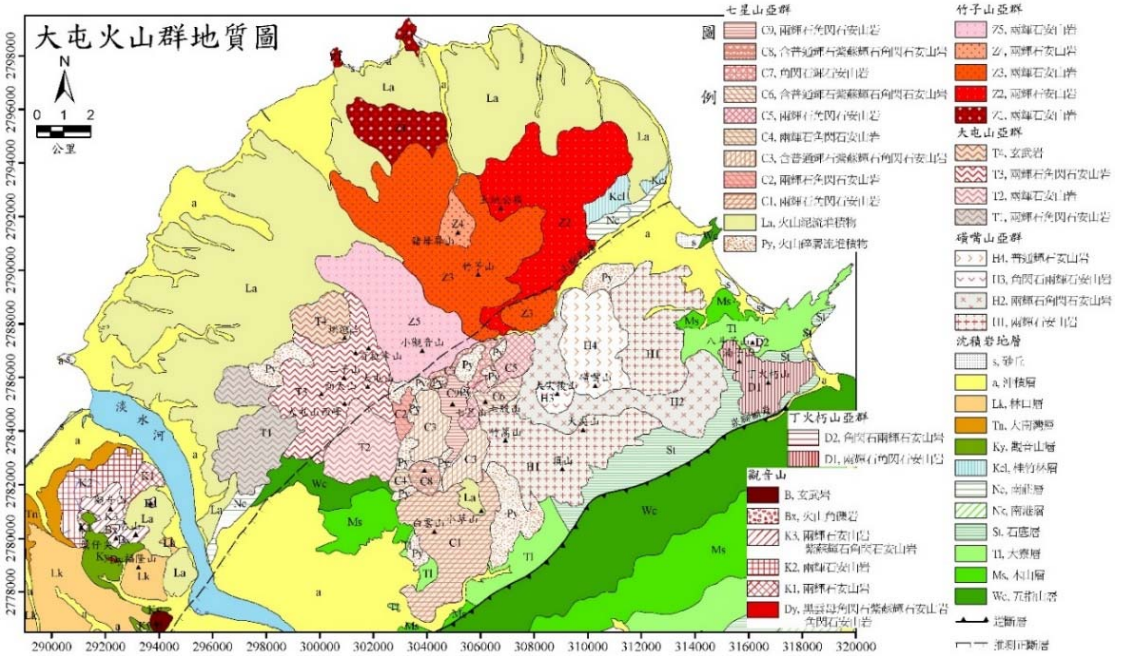
Precursors accompanied with geophysical or geochemical changes are often observed before volcanic eruptions, and can usually last for several days or even months. Therefore, the volcano can be monitored based on these characteristic events to understand the activities or status in the magma reservoir or along the channel beneath. To understand the possibilities of volcanic eruptions in the Greater Taipei area, theGeological Survey and Mining Management Agency (MOEA) has engaged in volcano observation and research in northern Taiwan in recent years, including crustal deformations, microseisms, hot spring water quality, volcanic gas, and ground temperature observations. These are all oriented to observe signs of volcanic activity in order to obtain preliminary background data of volcanic activity, and provide a reference for future prevention or early warning for potential disasters. The principle of crustal deformation monitoring is that when magma rises upwards or the pressure of the hot water system increases, the crust will swell and uplift. GNSS monitoring data usually causes large vertical variation while precision leveling monitoring shows more precision but never go across the Qixingshan, Dayoukeng, and Bayan areas where microseisms were mainly distributed. Therefore, the correlation between surface deformation and seismic activity is not yet fully understood. In order to have a better understanding of the crustal deformation around the Tatun volcano areas, the project will set up a precision leveling monitoring network in the Tatun volcanic area and conduct surveys with fiscal years of 2024 to 2026. Compare the data obtained from precise leveling measurements for 3 times, detailed vertical deformation in the studied areas will be derived and it will be helpful to understand the correlation between crustal deformation and seismicity in these areas.

Keywords: Tatun volcano, remote sensing, precise leveling

一、工作內容與期程

§1-1 計畫背景與目的

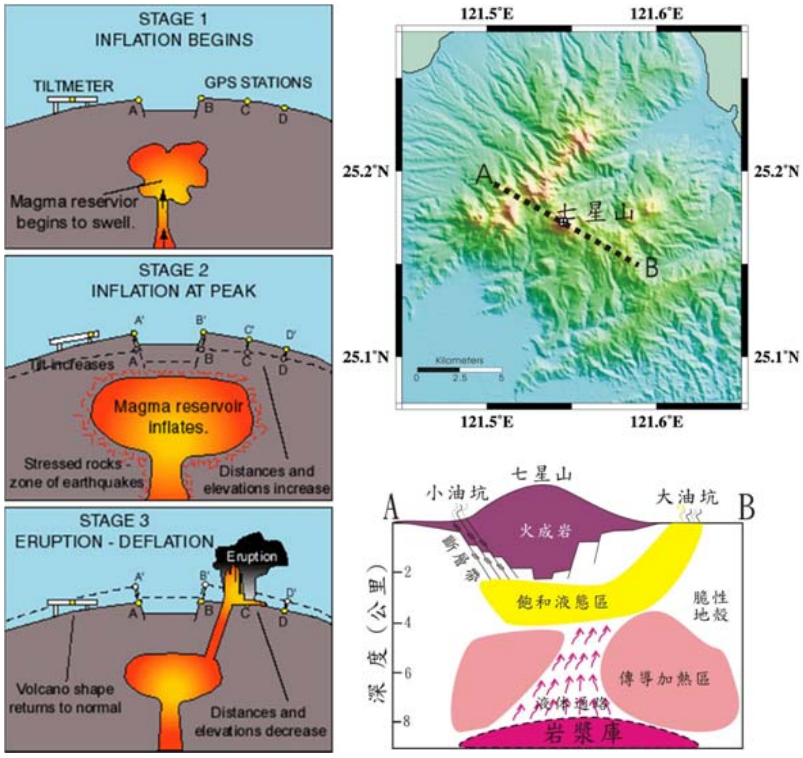
臺灣火山主要分布於北部的大屯火山群及龜山島，鄰近臺北盆地。大屯火山群分布於陽明山國家公園內，是臺灣主要的火山分布區，包含 20 多個火山體，如大屯山、七星山、紗帽山、竹子山和大尖山等（圖 1-1；地調所，2011），皆緊鄰大臺北地區。由於大屯火山群地殼深處存在岩漿庫，且 1 萬年內有噴發紀錄，歸屬於「活火山」，至今仍具有活躍的火山活動現象，若噴發則其火山氣體、碎屑物及岩漿將會造成人類傷亡和財產損失，故經濟部地質調查及礦業管理中心（以下簡稱地礦中心）前身經濟部中央地質調查所（以下簡稱中央地質調查所）近年來投入臺灣北部地區火山觀測研究工作，利用包括微震、溫泉水質、火山氣體及地溫等地球物理及地球化學等方式多面向觀測火山活動徵兆，獲得了初步的火山活動背景資料，提供未來預防或預警以降低潛在災害的參考。



（地調所，2011）

圖 1-1 大屯火山群地質概況

根據鄰近國家的經驗，在火山噴發之前，會持續數日至數月之久的前兆，經常伴隨著地球物理或地球化學的變化，例如岩漿會由地下深處逐步上升至近地表的過程中，可能會引起密集頻繁的微震、火山氣體含硫量急速增加、地表溫度增加等，為容納這些上升的岩漿或熱液，會產生地表隆起變形的現象，待壓力蓄積後噴發（圖 1-2；大屯火山監測站官網）。日本御嶽山（Mt. Ontake）2014 年發生的蒸氣噴發事件，說明即使不是岩漿噴發，蒸氣式噴發（phreatic eruption）的火山在噴發之前亦有明顯的地表變形現象，顯見地表變形觀測於火山監測工作的重要性。根據目前的地質調查結果亦顯示，蒸氣噴發可能為大屯火山地區火山噴發的類型之一，因此，瞭解地表以及火山噴氣孔的地表變形情形有助於判斷火山活動特性。

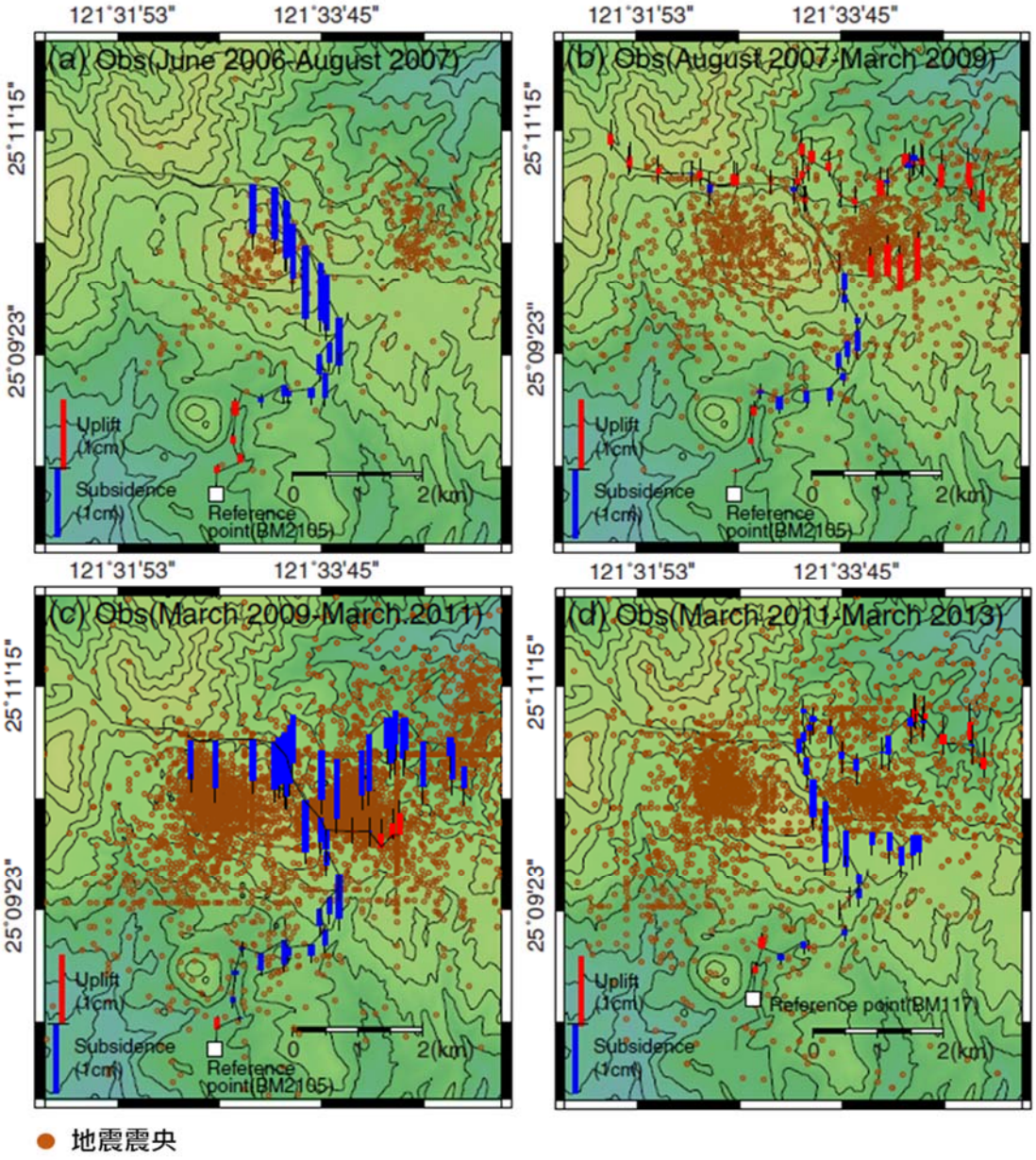


（大屯火山監測站官網）

圖 1-2 火山岩漿上升示意圖

了解臺灣的火山究竟是否會再度活動，中央地質調查所自 2004 年起，執行大屯火山群及龜山島地區的系統性調查，包括地表地質、地震觀測及地球化學分析等工作，同時進行多處地質鑽探，瞭解火山活動的範圍以及規模，建立基本地質資料，並初步推估火山活動以及相關災害的可能影響範圍。2011 年，經濟部與中央研究院、交通部、內政部、科技部共同合作，於陽明山設置大屯火山觀測站（Taiwan Volcano Observalory - Tatun；TVO - Tatun），整合各單位的資源進行大屯火山群火山觀測，包含微震、溫泉水質、火山氣體、地溫以及地表變形觀測等，並配合定期的地表地質調查瞭解大屯火山活動現況，資料經整合分析後，用以進行火山岩漿庫與活動性研究。

2014 年，中央地質調查所於「斷層活動性觀測研究第三階段-斷層整合性觀測與潛勢分析」計畫中，藉由全球衛星導航系統（Global Navigation Satellite System；GNSS）觀測結果指出，大屯火山地區自 2012-2014 年間相對於穩定大陸邊緣有局部抬升的現象，（胡植慶等，2016），科學家亦曾由大屯火山地區的精密水準測量（precise leveling）結果推估大屯火山地區的火山熱液活動及熱水換質作用變化情形（Murase et al. 2007, 2014），顯見長時間持續進行地表變形觀測有助於探討火山活動的變化。然因全球衛星導航系統資料解算結果因其垂直變化之誤差較大，且過往研究之精密水準測線未能跨越大屯火山群中微震主要分布的七星山、大油坑及八煙等地區（圖 1-3；Murase et al., 2014），因此對於地表變形與地震活動之間的關聯性尚未能充分瞭解，本計畫採用水準測量方法之目的在於補足 GNSS 觀測在垂直方向精度之不足。



（Murase et al., 2014）

圖 1-3 過去精密水準測量研究成果圖

爰此，地礦中心擬定「臺灣北部大屯火山地區精密水準測量」（以下簡稱本計畫），於 2020 及 2021 年度辦理第一期大屯火山地區精密水準監測，於 2022 及 2023 年度辦理第二期大屯火山地區精密水準監測，而本年度計畫(「臺灣北部大屯火山群精密水準測量（1/3）」)為計畫執行之第五年（第三期），持續進行大屯火山地區長期地表變形監測，以利後續相關計畫之推展，作為判斷大屯火山地區火山活動徵兆的依據。

§1-2　工作項目與辦理情形

1. **工作期程**：本計畫期程預計自 2024 年 3 月起至 2026 年 12 月止，分三年度辦理。
2. **計畫範圍**：為臺灣北部七星山、大油坑以及八煙地區，其中水準測量路線起點自陽金公路小觀音停車場，經小油坑、七星山、冷水坑、擎天崗、上磺溪停車場、八煙等地（圖 1-4）。



圖 1-4 本計畫執行範圍示意圖

3. **工作項目**：本計畫預計執行工作項目與內容詳見表 1-1。

表 1-1 工作項目與內容一覽表

項次	項目	說明	辦理年度
1	精密水準測量點位清查	清查點位包含貴中心設立之精密水準測點，以及貴中心與其他單位已設置於路線中之衛星連續追蹤站，總計 46 點。	2024 年 2025 年 2026 年
2	精密水準測量	(1) **精密水準測量**：依據規劃完成之精密水準測量測線進行精密水準測量工作：6 條測線、47 個測段，施測水準路線總長為 24.89km。 (2) **施測規範**：本項工作依據內政部訂頒「一等水準測量作業規範」（內政部，2014）辦理。內政部如有修正內容，則依最新修正內容辦理。 (3) **執行期程**：本項工作於 2024 年至 2026 年度各需執行 2 次，2 次測量之間隔時間須達 4 個月以上。	2024 年 2025 年 2026 年

§1-3　作業期程

本案預計由決標次日起算至 113 年 11 月底歷時約 9 個月，依照工作項目及計畫規範，擬定作業預期進度甘梯圖（Gantt Chart）如圖 1-5，於 113 年 3 月完成計畫準備工作（包含擬定工作計畫書）及水準點清查作業，並於同年 3 月及 8 月進行精密水準測量，將以上測量結果進行資料處理分析，預計於 11 月底前完成成果報告撰寫。

項次	工作項目	計畫		臺灣北部大屯火山群精密水準測量(1/3)									
		月份		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		日曆天		29	31	30	31	30	31	31	30	31	30
1	計畫準備工作	預定	15%										
2	點位清查	預定	15%										
3	精密水準測量	預定	40%										
4	資料處理分析	預定	10%										
5	報告製作(含圖表製作)	預定	20%										
	總進度	預定(%)		3%	21%	50%	53%	58%	62%	85%	88%	94%	100%
		實際(%)		3%	21%	50%	53%	58%	62%	85%	88%	94%	100%

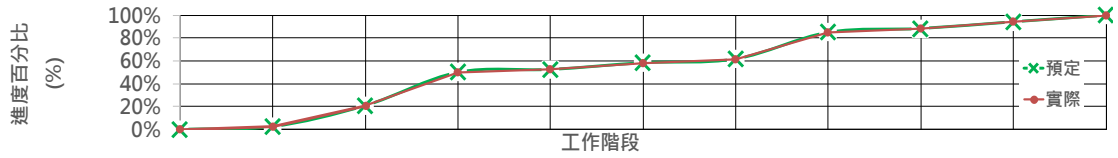


圖 1-5 作業進度甘梯圖

§1-4 作業規範

1. 水準外業測量：本計畫水準外業作業規範，主要依照內政部訂定之「一等水準測量作業規範」（內政部，2014）內容進行，其外業施測精度及容許限制要求如下：
   (1) 前、後視讀數標準差須小於 $0.2mm$。
   (2) （單向）兩次高程差較差須小於 $0.4\ mm$。
   (3) 前後視讀數須大於 $30\ cm$且小於 $270\ cm$。
   (4) 前、後視視距讀數須小於 $30\ m$。
   (5) 前、後視視距差值小於 $0.5\ m$。
   (6) 測段前、後視所累積視距差須小於 $1.5\ m$。
   (7) 測段間溫度差須小於 10℃。
   (8) 水準點間往返測閉合差須小於 $2.5mm\sqrt{K}$（K為以km計之測段長）。
   (9) 水準環線閉合差應小於 $2.5mm\sqrt{F}$（F為以km計之環線閉合圈總長）。

2. 資料處理及分析：有關資料處理及分析，同樣參照內政部訂定之「一等水準測量作業規範」（內政部，2014）辦理，成果資料內容前端必須加註說明，包括工作名稱、檔案名稱、公司名稱、計算日期、計算程式、計算人員、欄位及格式等，其它內容說明如下。
   (1) 儀器設備定期檢查：製作每一測量工作天之儀器設備定期檢查保養表，以「檢查保養表 YYYYMMDD-1」為檔名，「YYYYMMDD」係指檢查保養日期之年月日，「1」係指測量組別，例：20040331-1。
   (2) 系統誤差改正：製作系統誤差改正報表，其內容包括下列各項資料：(a)起點點號、終點點號、測段距離、測段檔名、測量日期（包括年、月、日）、測站數及原始高程差。(b)水準尺刻劃改正值、水準尺溫度改正值、視準軸誤差改正值、地球曲率改正值、折射誤差改正值、正高改正值、改正值總計及改正後高程差。(c)先驗中誤差及權。
   (3) 閉合差分析：製作閉合差分析報表，其內容包括下列各項資料：(a)測段往返閉合差：於各測段觀測量經系統誤差改正前辦理，內容包括起點點號、終點點號、測段後視與前視距離、測量日期（包括年、月、日）、原始往返高程差、往返閉合差及容許標準值。(b)環線閉合差：各測段觀測量經系統誤差改正後，組合各測段成為閉合環線，進行環線閉合差分析，內容包括測站點名、測站總數、系統誤差改正前、後之環線閉合差、測段距離總和及容許標準值。
   (4) 最小約制平差及其高程成果計算：製作平差及高程成果計算報表，其內容包括下列各項資料：(a)先驗中誤差及權。(b)已知水準點之點名、點號及高程值：應說明已知水準點之選用原則。(c)水準點點名、點號、高程值、中誤差。(d)觀測量之內可靠度、外可靠度、改正數、標準化改正數、多餘觀測數及後驗權單位中誤差。

二、精密水準測量

§2-1　測量規劃準備

§2-1-1　作業流程

本年度主要工作項目為精密水準測量，根據相關規範擬定之作業流程如圖 2-1，各階段說明如下，而每項工作執行內容則分述於爾後各章節。

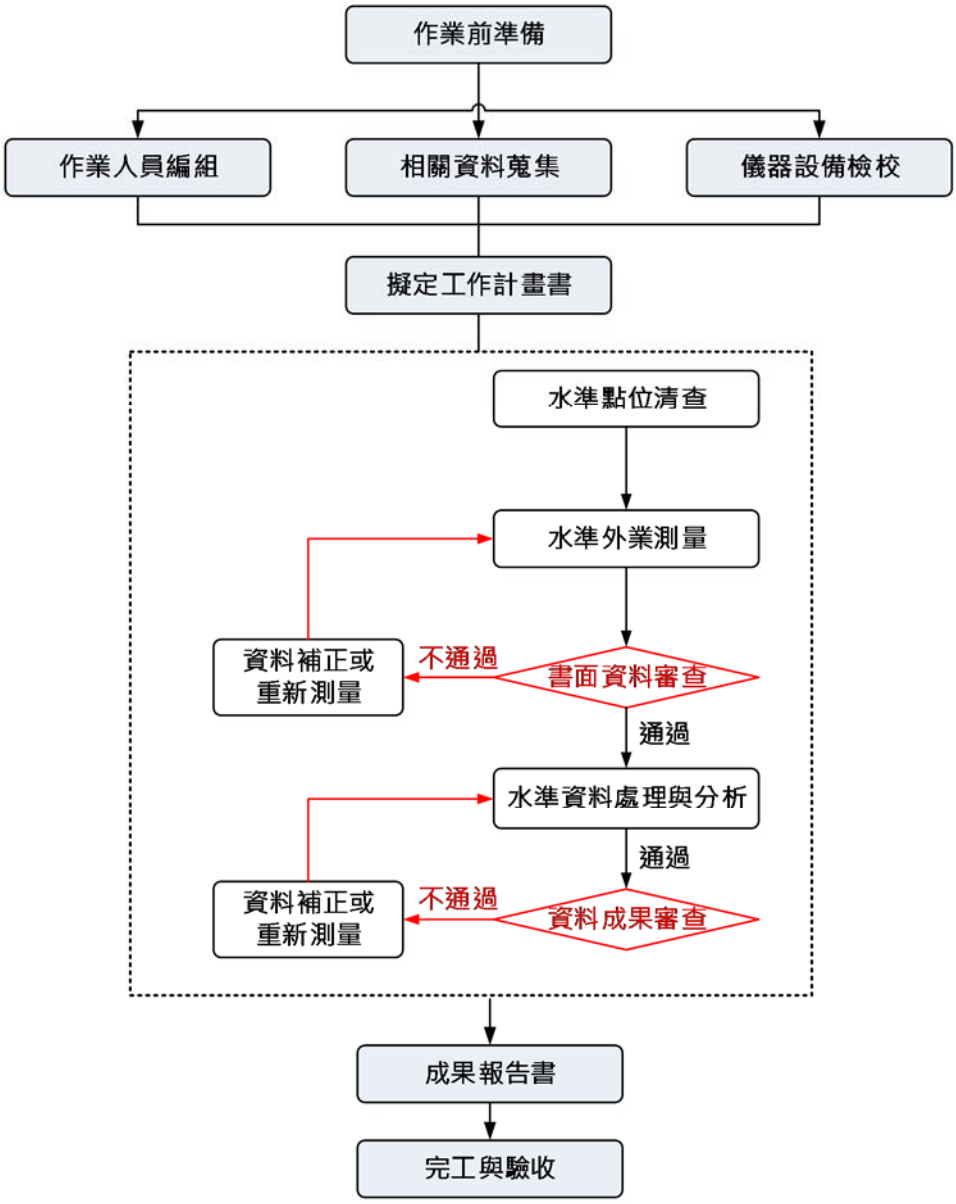


圖 2-1 精密水準測量工作流程圖

§2-1-2　點位清查

本案執行水準測量之前，應針對第一期規劃之水準路線上之水準點位進行清查作業（圖 2-2）（包括一等水準點 6 點、地礦中心水準點 3 點、一等衛星控制點 1 點、陽明山國家公園管理處生態監測點 1 點、現存鋼標點 1 點，2020 年度設立之水準點 33 點，及 2022 年設立之水準點 1 點，總計 46 點）（詳表 2-1），以確認水準測線上各點位現況，是否符合精密水準測量之作業要求。

而水準點位之清理作業應由作業人員攜帶相關圖表、設備至點位實地清查，以了解點位現況，並核對點之記內容、點位現況並拍攝相片，便於日後點位數量之統計：

(1) 清理水準點位上方遮蔽物時，原則以清理出可架設鋼水準尺即可，若遇上方為固定物（如涼亭等），應註記是否改採 2 m 或 1 m 之鋼水準尺。

(2) 由於水準點位多位於野外一般地面，因此常遭到覆蓋，需人工開挖以尋找出點位所在，惟若位於校園或機關內時，應取得土地管理單位之同意。



圖 2-2 水準點外業清查相片

§2-1-3　路線踏勘

於清理點位同時應記錄下列資訊，以提供水準測量時的參考依據，其內容包括：

(3) 水準路線上的交通流量，以決定該測段可於傍晚或深夜方能進行測量。

(4) 附近是否有平坦空曠地點可供視準軸校準的地點。

(5) 每日作業的起點是否可供停車作業。

(6) 進行測段間水線（圖 2-3，標定水準儀、水準儀預定擺設位置）標註動作。



圖 2-3 水線標定作業

表 2-1 本計畫施測點位列表

序號	點名	點號	緯度	經度	公告重力	單位	類型	備註
1	上磺溪	2096	25.1803	121.5820	有	內政部	水準點	
2	下七股	2097	25.1840	121.5738	有	內政部	水準點	
3	櫻花公園	2098	25.1807	121.5697	有	內政部	水準點	
4	後山	2099	25.1832	121.5580	有	內政部	水準點	
5	中湖站	2100	25.1778	121.5569	有	內政部	水準點	
6	小油坑	2101	25.1798	121.5461	有	內政部	水準點	
7	小油坑停車場	GA92	25.1769	121.5472	有	地礦中心	水準點	
8	雍來廢礦坑	GB06	25.1676	121.5677	無	地礦中心	水準點	
9	中湖戰備道路	GB08	25.1722	121.5597	無	地礦中心	水準點	
10	陽明山追蹤站副點 B	YMSB	25.1658	121.5743	有	內政部	衛控點	
11	夢幻湖南	NO03	25.1663	121.5597	無	陽管處	生態監測點	
12	小油坑告示牌	BM01	25.1761	121.5471	無	---	鋼標	
13	教育廣播電台	B271	25.1655	121.5585	無	地礦中心	水準點	
14	小油坑遊憩區碑	GI38	25.1789	121.5492	無	地礦中心	水準點	
15	小油坑遊憩引道	GI39	25.1781	121.5480	無	地礦中心	水準點	
16	七星池西	GI40	25.1745	121.5484	無	地礦中心	水準點	
17	觀景平台一	GI41	25.1729	121.5488	無	地礦中心	水準點	
18	七星山南峰	GI42	25.1699	121.5511	無	地礦中心	水準點	
19	七星山	GI43	25.1708	121.5533	無	地礦中心	水準點	
20	七星山東峰	GI44	25.1695	121.5556	無	地礦中心	水準點	
21	七星山東峰南	GI45	25.1677	121.5563	無	地礦中心	水準點	
22	教育廣播電台西	GI46	25.1659	121.5569	無	地礦中心	水準點	
23	夢幻湖	GI47	25.1678	121.5606	無	地礦中心	水準點	
24	夢幻湖北	GI48	25.1693	121.5609	無	地礦中心	水準點	
25	夢幻湖停車場	GI49	25.1687	121.5623	無	地礦中心	水準點	
26	冷水坑	GI50	25.1676	121.5632	無	地礦中心	水準點	
27	天寶聖道宮	GI51	25.1682	121.5654	無	地礦中心	水準點	
28	雍來廢礦坑東	GI52	25.1671	121.5702	無	地礦中心	水準點	
29	擎天崗西	GI53	25.1649	121.5717	無	地礦中心	水準點	
30	擎天崗東	GI54	25.1678	121.5775	無	地礦中心	水準點	
31	金包里大路	GI55	25.1688	121.5808	無	地礦中心	水準點	
32	魚路古道	GI56	25.1707	121.5826	無	地礦中心	水準點	
33	許顏橋	GI57	25.1723	121.5850	無	地礦中心	水準點	
34	上磺溪停車場	GI58	25.1779	121.5832	無	地礦中心	水準點	
35	七星瀑布西	GI59	25.1800	121.5512	無	地礦中心	水準點	
36	七星山北峰	GI60	25.1817	121.5546	無	地礦中心	水準點	
37	中湖站	GI61	25.1827	121.5565	無	地礦中心	水準點	
38	馬槽北	GI62	25.1808	121.5608	無	地礦中心	水準點	
39	馬槽南	GI63	25.1774	121.5652	無	地礦中心	水準點	
40	七股	GI64	25.1842	121.5720	無	地礦中心	水準點	
41	下七股	GI65	25.1801	121.5775	無	地礦中心	水準點	
42	磺溪北	GI66	25.1839	121.5840	無	地礦中心	水準點	2022 年遭移除
43	---	GI66A	25.1856	121.5838	無	地礦中心	水準點	2022 年底新設
44	頂八煙	GI67	25.1871	121.5856	無	地礦中心	水準點	
45	八煙	GI68	25.1892	121.5888	無	地礦中心	水準點	
46	八煙硫磺區	GI69	25.1922	121.5882	無	地礦中心	水準點	
47	中湖戰備道路	GI70	25.1771	121.5586	無	地礦中心	水準點	

§2-1-4　路線規劃

本計畫依循第一期已完成之點位與測線佈設，合計共 46 處水準點位，6 條測線，計有 47 個測段（詳表 2-2）進行 2024 年、2025 年及 2026 年，每年度各 2 次精密水準測量，且 2 次測量之間隔時間須達 4 個月以上。考量本計畫辦理區域氣候終年多雨、雲霧多，並受東北季風影響，且精密水準路線總長約 24.89 km，其中包括 8.42 km登山步道（參考圖 2-4），考量氣候、作業路線困難度、作業人員安全等因素，本計畫精密水準測量原則於 3 月及 8 月進行，以盡量避開雨季及東北季風，**登山步道**施測時間**原則不採夜間觀測**，而是改於**清晨 4 點至上午 10 點**，以避開雲霧，避免因雲霧遮蔽、視線不良導致作業人員安全堪慮之情況。

表 2-2 精密水準測量里程統計表

測線編號	測線起點	測線經過路段及經過地點	測線迄點	測段數	長度 (km)
Y1	陽金公路小觀音停車場	---<陽金公路>---	中湖（中湖戰備道與陽金公路交叉路口）	2	1.37
Y2	中湖（中湖戰備道與陽金公路交叉路口）	---<陽金公路>---	上磺溪（陽金公路上磺溪停車場入口）	10	8.21
Y3	陽金公路小觀音停車場	---<小油坑聯絡道>---小油坑站（YM07）---<七星山登山步道>---七星山站（YM08）---七星山頂---七星山東峰---	教育電台七星山發射站（GS93）	16	5.31
Y4	教育電台七星山發射站（GS93）	---<七星山登山步道>---冷水坑---<擎天崗聯絡道>---擎天崗---<魚路古道>---	上磺溪（陽金公路上磺溪停車場入口）	12	6.13
Y5	上磺溪（陽金公路上磺溪停車場入口）	---<陽金公路>---八煙聚落---<八煙產業道路>---	八煙衛星連續追蹤站（GS95）	4	2.25
Y6	中湖（中湖戰備道與陽金公路交叉路口）	-----<中湖戰備道>---<七星登山步道>-----	教育電台七星山發射站（GS93）	3	1.62
合計				**47**	**24.89**

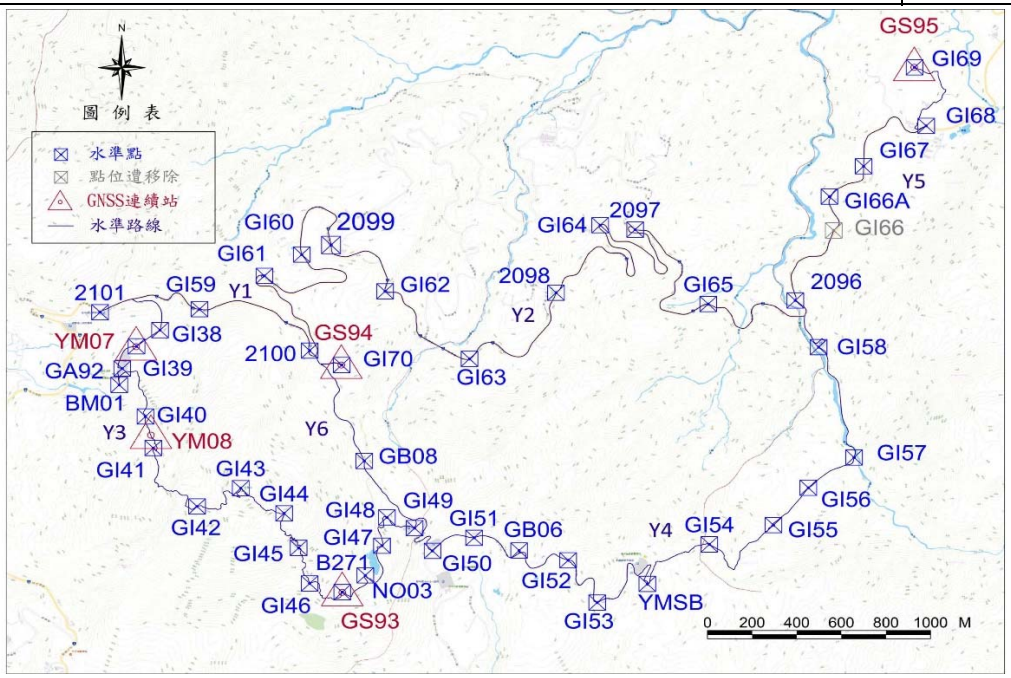


圖 2-4 本計畫施測水準路線圖

§2-2　外業測量

§2-2-1　外業測量流程

水準測線原則依前述測線表內容進行，但對於每日施測的路線則採用對稱的方式進行，以降低具方向性的系統誤差，如海潮、陽光照射等（曾清凉、劉啟清，1988）。而在施行前，需排定行前教育訓練，使所有工作人員熟悉整個作業規範與流程，以期作業過程中均能達到要求的品質與精度。而現今精密水準測量均採用電子式精密水準儀進行施測，與傳統光學式精密水準儀比較，其優點除施測精度本身可達±0.4 mm 以外（內政部，2014），採用電子紀錄方式亦可有效記錄施測結果，減低人工記錄可能產生的錯誤，並有效縮短外業工期。在進行水準外業測量前，除整置各項預定使用的裝備器材外，並需依照規劃測線勘查今日預定作業測段，包括起、終點位，測量路徑等，並於施測路徑上預先標示施測時水準儀與水準尺將要擺設的概略位置。現依實際外業測量之作業過程，規劃水準外業測量作業流程參照

圖 2-5，詳細作業內容分述如后。

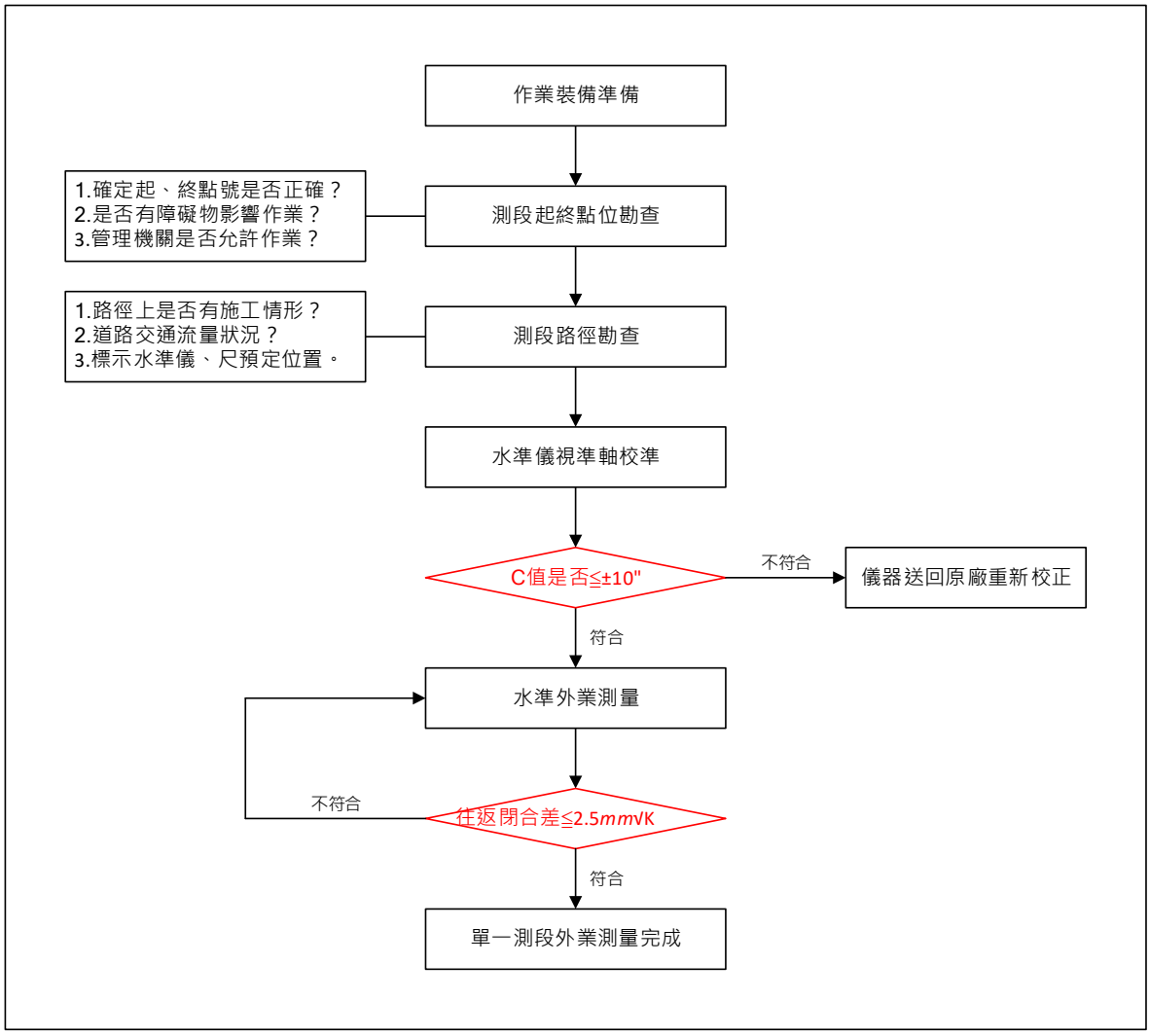


圖 2-5 水準外業測量作業流程圖

§2-2-2　水準儀視準軸校準

在進行水準外業測量前，為確保水準儀本身之誤差值合於規範值內，並記錄當日水準儀的視準軸誤差值，做為系統誤差改正之依據，須於每日進行視準軸校準程序。進行水準儀視準軸校準時，其水準儀與水準尺之擺設位置參照圖 2-6，校準過程說明如下。

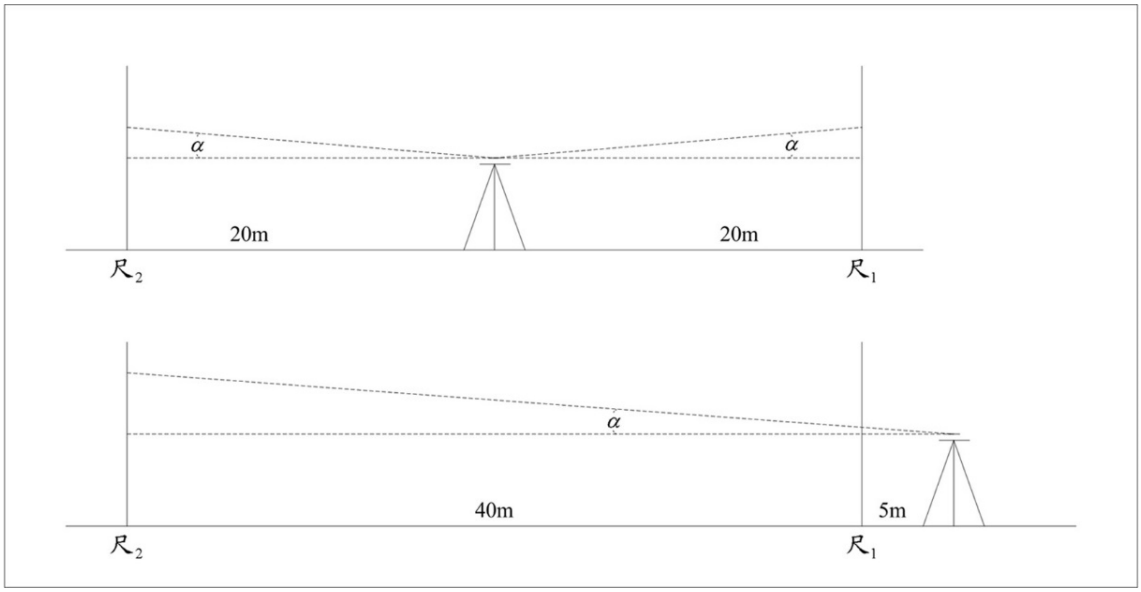


圖 2-6 水準儀視準軸校準水準儀與水準尺之擺設位置圖

依照圖 2-6 架設水準儀及擺放水準尺，並依照下列方法進行水準儀視準軸校正：

1. 校正方法與步驟：
   (1) 於一平坦地精確的量取一段長 40 m之線段，兩端分置水準尺，水準儀須精確的整置於線段中央處（20 m處）。
   (2) 將水準儀及水準尺整平後，以$尺_1$為後視，$尺_2$為前視，依序讀取後視讀數、後視距離，前視讀數、前視距離，前視讀數、後視讀數；前後視距離讀數差不得超過 0.4 m，計算高程差Δh_1。
   (3) 將儀器移動至$尺_1$後方 5 m處，仍以$尺_1$為後視，$尺_2$為前視，讀取後視讀數、後視距離，前視讀數、前視距離，前視讀數、後視讀數。
   (4) 計算高程差Δh_2、前後視距離差Δs_2，經查「一等水準測量作業規範」之折射與曲率誤差修正表（參照表 4-4），因此$e_5 = 0$及$e_{45} = 0.1$。
   (5) 利用公式(2-1)計算視準軸誤差值(C)，檢驗C值是否超過 10."0(即 0.05 mm/m)之容許值。

$$C = [\Delta h_2 - \Delta h_1 + (e_{45} - e_5)]/(\Delta s_2) \qquad (2\text{-}1)$$

   (6) 如果C值超過容許值，則必須將水準儀送交儀器廠商進行視準軸檢校，才能繼續進行外業觀測。

表 2-3 折射與曲率誤差修正表（單向視線）

視距範圍，s(*m*)	折射與曲率誤差值，e(*mm*)
0~28	0.0
28~48	0.1
48~61	0.2
61~73	0.3
73~82	0.4
82~91	0.5
91~99	0.6

2. 校正注意事項：
   (1) 視準軸之校準應選擇坡度不超過 2%之平坦地，並於外業測量作業前施行之。
   (2) 水準儀及水準尺從箱中取出至操作場所後，應先放置 5 分鐘以適應當地環境；若儀器與環境溫差太大，則須停留（溫差x2）之分鐘數，以求環境與儀器溫度達至平衡。
   (3) 確定水準儀及水準尺的圓盒氣泡已事先校正完畢。
   (4) 由於採用電子式水準儀且僅單一測站，因此折射與曲率誤差改正可忽略不計。
   (5) 電子精密水準儀要先消除內部視準軸校正的功能。
   (6) 校正時應記錄日期、儀器編號、水準尺編號、時間及時間段、量測起始之溫度、風速及日照、操作及記錄人員。

依照前述校正方法進行水準儀視準軸校準作業（圖 2-7），本案使用的水準儀經每日檢核，其檢驗 C 值均能符合 10."0（0.05 mm/m）的要求。



圖 2-7 水準儀視準軸校準情形

§2-2-3　外業測量作業

1. 水準測量觀測作業步驟

(10) 豎立水準尺：將甲尺置於起點上，經由另一名引導員以水線實際量取前後視約相等距離後，引導乙尺置於尺墊上，調整水準尺上的氣泡，使其居中。

(11) 將水準儀置於二根水準尺的中間（亦由引導員事先以噴漆於地上註記），調整儀器使氣泡居中後，於觀測前先透過無線電將甲、乙兩尺 0.5 m及 2.5 m位置之溫度分別記錄於儀器內（參照圖 2-8）；再觀測甲尺的讀數，每一次讀數設定讀取條碼式鋼尺至少 3 次，其讀數標準差（σ）不得大於 0.2 mm，記錄讀數。

(12) 將水準儀轉向乙尺，不可轉動踵定螺旋，若氣泡偏離容許範圍，則儀器須重做檢定。若在容許範圍內，對準乙尺讀取讀數。並記錄讀數（相同程序與標準）。

(13) 重新對乙尺讀數記錄之。對準甲尺讀數記錄之。比較甲乙兩尺二次讀數差的差值，是否在誤差範圍之內（不得大於 0.4 mm）。由於本款儀器有多種條件設定功能，假如二次讀數差的差值超出誤差範圍之外，儀器會於操作面板上顯示警告訊息。

(14) 若 4 之差值不符合標準，應重新架設水準儀，重新依次輸入溫度及讀取讀數。直到符合誤差範圍之內為止。

(15) 所有觀測量要記錄在適當位置，後視觀測記錄在後視的位置，前視則記錄在前視的位置，與甲、乙尺或觀測順序無關，以資辨識。

(16) 記錄者下指令引導後視尺及儀器往進行方向移動，前視尺則轉動尺面，並確保尺墊位置不動，此時，前視尺變成後視尺，重覆 2 至 5 之步驟，直至甲尺再置於終點的水準點上。

(17) 於接近終點時，調整前後視距離，使每一測段的測站數為偶數，即保證同一支尺（甲尺）放在起點與終點的點位上，可避免水準尺零點不在尺底部的誤差。

(18) 施測時應於標尺的底部加設尺環，以使尺的支撐點置於標尺底部的中央，減少誤差。但當標尺置於水準點上時，需移除尺環以防錯誤（圖 2-9）。



圖 2-8 讀取水準尺溫度



圖 2-9 上點前移除水準尺尺環

1. 水準觀測注意事項

(1) 同一測段之往返觀測，應由同一觀測者使用同一類型之儀器及設備，沿同一道路進行

(2) 因施測地點氣候及路線因素，外業應儘量於避開多雲霧時段，以避免因雲霧遮蔽、視線不良導致作業人員安全堪慮之情況。

(3) 水準觀測應在標尺分劃線成像清晰穩定時進行，下列情況不得進行觀測：(a)日出及日落前後 30 分鐘內。(b)太陽中天前後各約 2 小時內，惟於陰天或氣溫低於 25℃以下時，不受此限。(c)標尺分劃線之影像跳動而難以照準時。(d)一測段（二相鄰水準點間）中，每一往（或返）測任意兩測站氣溫差達 10℃以上時。(e)風力大於風力區分 5 級（含）以上而使水準尺與水準儀不能穩定時。

(4) 觀測前 10 分鐘，應將水準儀、水準尺及溫度計從保護箱取出，置於露天陰影下，使儀器與外界氣溫趨於一致，若保護箱內之溫度與外界氣溫差異 5℃以上，則需提早 20 分鐘。

(5) 施測時，扶尺員應隨時注意並確保水準尺與尺墊之垂直性及穩定性，如有必要，應增加監視水準尺傾斜之警示功能。

(6) 在連續各測站上安置水準儀之三角架時，應使其中兩腳與水準路線之方向平行（參照圖 2-10），而第三腳輪換置於路線進行方向之左側與右側。

(7) 往測與返測之二水準尺須互換其位置，即往測終點所豎之水準尺為甲尺，則返測起點所豎之水準尺為乙尺。第二測段起點所豎之水準尺應與第一測段終點之水準尺相同。

(8) 除轉彎處，每一測站儀器與二水準尺之三個位置，應盡量成一直線（如圖 2-11）。

(9) 施測時，由水準儀測得之所有讀數不小於 30 cm，不大於 270 cm。

(10) 每一測段之往測與返測，其測站數均應為偶數。由往測轉向返測時，應重新整置儀器。

(11) 當觀測水準點時，須仔細查對該點之位置、編號及名稱是否相符。



圖 2-10 三角架兩腳與水準路線方向平行



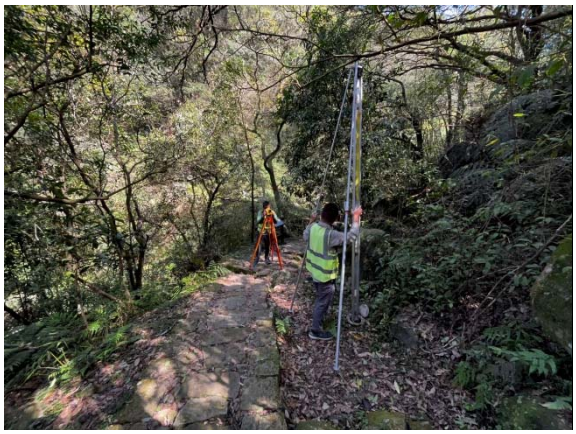
圖 2-11 儀器與二水準尺呈一直線

§2-2-4　外業測量成果

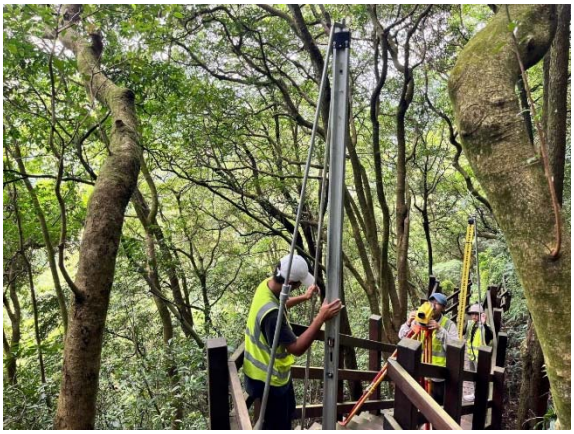
本案從第一期計畫 2020 年執行至第三期計畫 2024 年底，除 2020 年上半年埋設水準椿位外，各年度上下半年施行測量一次，共計完成 9 次精密水準測量工作。然而，由於本案測區位處山區，地勢起伏較大，加上山區天氣多變，每日僅約 4~6 小時可作業時間，對於施測人員工作是一大挑戰。初步統計，於山區一般道路，日均施測距離約 1.5 km ~2.0 km左右，於山區步道日均施測距離僅約 300 m~400 m，作業過程參照圖 2-12。



（山區道路作業）



（密林中作業）



（陡峭步道作業）



（鬆土路面作業）



（施測上點作業）



（聯測 GNSS 連續站點位）

圖 2-12 水準外業測量作業

§2-3　外業施測時遭遇到之情境及因應措施

由於大屯山地形起伏變化大，加上水準測線所經之地呈現不同地貌環境，以及多變的天氣，因此實際進行水準外業測量時，遭遇不少異於一般環境下的困難，茲就本計畫執行時所遭遇的困難及後續的因應措施加以說明。

(1) 水準路線中部分位於陽金公路上，彎道多、路幅狹小且車流量大（圖 2-13），需多加注意作業人員之安全，因此作業人員於施測過程中均全程穿著反光背心，且雖採用電子精密水準儀自動記錄，仍保留引導員 1 人，協助交通引導並注意作業人員安全。



（全程著反光背心並由 1 名人員引導交通）　　（於腳架上設置照明裝置）

圖 2-13 山區道路作業時人員安全措施

(2) 陽明山地區於下午時段多有霧氣產生，易影響水準測量的精確度及效率（參考圖 2-4），而夜晚於山區步道進行測量則有相當高的安全風險，且山區一般氣溫明顯低於平地，因此異於一般精密水準測量採用夜間觀測的方式，改為調整至清晨至中午時段進行觀測，除可有效控管水準測量品質與進度外，亦保障作業人員之安全。



（左圖為山區霧氣故於公路地帶僅能縮短站距施測，並補打燈光，右圖為天候正常故調回正常距離）

圖 2-14 減少於山區霧氣較大時進行作業

(3) 外業水準測量原則會盡量減少 2 測點間擺站次數，以減少觀測誤差的累積，但山區步道有時平緩有時陡峭，水準測量作業時需使水準儀視準軸與前、後視水準尺呈平行狀態，且前、後視應保持大約等距的狀態（降低視準軸誤差的影響），故於步道陡峭區應縮短前、後視距（如圖 2-15），以取得有效之觀測數據。



（左圖為步道較平緩時盡量拉長站距以減少施測站次，右圖顯示步道陡峭時降低站距，以取得有效數據）

圖 2-15 步道陡峭時測站距離調整

三、測量資料計算與分析

§3-1　測量資料處理流程

於水準外業測量完成後，必須對觀測資料加以整理、檢查，以確定資料是否合乎規範要求；由於資料量龐大繁雜，因此必須設計一套處理的流程，依照「一等水準測量作業規範」內容對資料進行檢核，以確保施測成果品質完善，並且製作各項成果圖表，及後續水準網平差計算與相關成果分析；本計畫水準資料處理的流程參照圖 3-1，後續將利用程式自動化處理各階段的工作，詳細內容將於爾後各章節加以說明。

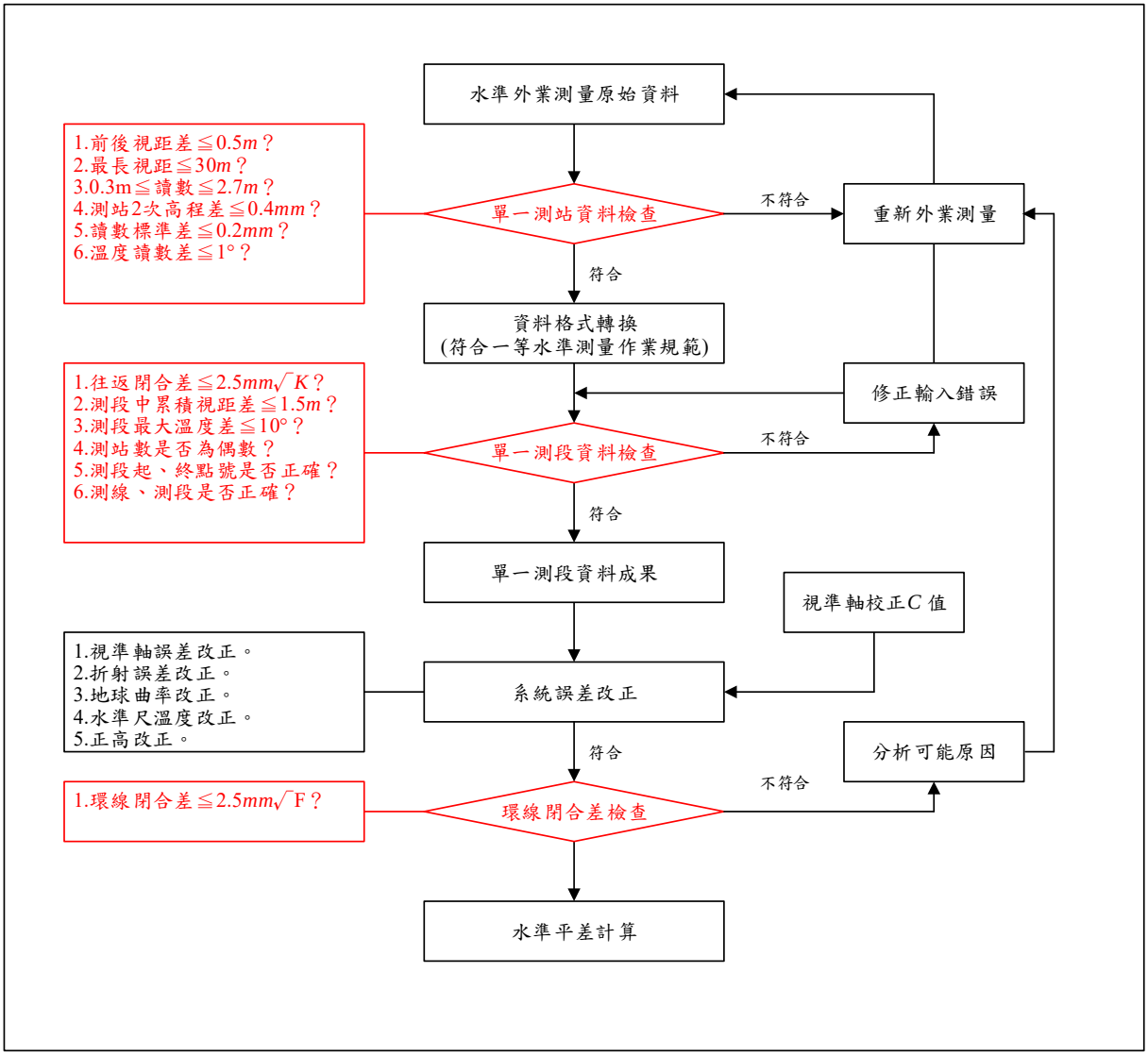


圖 3-1　一等水準觀測資料處理流程圖

§3-2　觀測資料處理與標準格式檔製作

1. 觀測資料檢核

針對原始一等水準觀測資料的檢核，將每日每組的原始觀測資料下載後，便利用程式自動檢核每一測段的成果，主要分為如下二部分：

(1) 檢查單一測站之觀測資料：內容包括前後視距差、最長視距、最低與最高讀數、測站二次讀數高差之差、前後視距累積差等項目；這些檢查項目中，大部分可直接於儀器內設定，在測量過程中隨時提出警告訊息，以避免重測而浪費時間。不過為了確定觀測資料之有效性，會利用程式自動對觀測資料進行檢查工作，若有不符合情形，會於輸出檔內出現警告訊息（以＊表示）。

(2) 檢查單一測段之觀測資料： 內容包括往返閉合差精度、測站數是否為偶數、測段中每測站之視距累積誤差、起終點號是否相符等項目，亦利用上述程式自動對單一測段往返觀測資料進行檢查工作，若有不符合情形，會於輸出檔內出現警告訊息（以＊表示）。

當原始資料檢查完成後，程式將自動輸出相關資料檔（表 3-1），其內容如下，原始外業觀測資料經過上述兩階段的檢查後，若均符合工作規範及精度要求，程式即將資料轉換成標準資料儲存格式，以供後續利用。

(1) 測段單向每測站之前後視距離及原始高程差。

(2) 測段單向每測站兩次前後視高程差之較差及平均值。

(3) 單向測段之錯誤訊號（若無錯誤則為空白），以利後續修正原始檔案。

(4) 測段單向起、終點點號、前後視距離總和、原始高程差值。

表 3-1 外業觀測資料成果檢查表

前 進 方 向	讀數高低限制 b1 f1 f2 b2 後視	讀數差(mm) 前視	讀數標準差限制 0.2mm	高差 0.4mm	測站差	前後視距 m	差累積	溫差 1 度	
GI68--> 1		-0.140	+0.010	. . . . .			+0.03	+0.03	0.2
1--> 2		+0.020	-0.170	. . . . .			-0.15	-0.12	0.2
2--> 3		+0.130	-0.080	. . . . .			+0.02	-0.10	0.2
3--> 4		+0.030	+0.090	. . . . .			-0.01	-0.11	0.2
4--> 5		+0.070	-0.050	. . . . .			+0.07	-0.04	0.4
5--> 6		-0.060	+0.110	. . . . .			+0.02	-0.02	0.2
6--> 7		+0.000	-0.090	. . . . .			+0.11	+0.09	0.2
7--> 8		+0.080	-0.020	. . . . .			-0.17	-0.08	0.2
8--> 9		+0.140	+0.180	. . . . .			+0.02	-0.06	0.2
9--> 10		-0.070	-0.070	. . . . .			+0.12	+0.06	0.2
10--> 11		+0.150	+0.120	. . . . .			-0.19	-0.13	0.2
11--> 12		+0.180	+0.170	. . . . .			-0.02	-0.15	0.2
12--> 13		+0.000	-0.030	. . . . .			-0.06	-0.21	0.2
13--> 14		+0.090	-0.010	. . . . .			-0.06	-0.27	0.2
14--> 15		+0.030	-0.110	. . . . .			+0.02	-0.25	0.2
15--> 16		+0.010	-0.120	. . . . .			+0.03	-0.22	0.2
16--> 17		+0.020	+0.020	. . . . .			-0.02	-0.24	0.2
17--> 18		-0.170	+0.060	. . . . .			-0.03	-0.27	0.2
18--> 19		+0.120	-0.120	. . . . .			-0.01	-0.28	0.2
19--> 20		+0.120	+0.060	. . . . .			-0.11	-0.39	0.2
20--> 21		-0.180	+0.010	. . . . .			+0.01	-0.38	0.2
21--> 22		+0.170	+0.060	. . . . .			-0.06	-0.44	0.2
22--> 23		+0.070	-0.080	. . . . .			-0.15	-0.59	0.2
23--> 24		+0.090	+0.020	. . . . .			+0.03	-0.56	0.2
24--> 25		+0.030	-0.090	. . . . .			+0.16	-0.40	0.2
25--> 26		+0.000	-0.140	. . . . .			+0.06	-0.34	0.1
26--> 27		-0.010	-0.040	. . . . .			-0.10	-0.44	0.1
27--> 28		-0.050	-0.100	. . . . .			-0.06	-0.50	0.1
28--> 29		-0.160	+0.050	. . . . .			-0.08	-0.58	0.2
29--> GI69		+0.010	+0.010	. . . . .			+0.04	-0.54	0.2

方向 22--> 23　　最大視距累積差 -0.59

後視讀數總和 33.16365 m 前視讀數總和 55.14090 m 總和差 -21.97725 m
後視視距總和 291.65 m 前視視距總和 291.11 m 總和差 0.54 m
視距總和 582.76 m
2022.08.29

在資料的檢查過程中，針對觀測數據部分，因為均採用自動記錄的方式儲存，若依照「一等水準測量作業規範」規定施測，基本上不容易產生錯誤，但觀測資料內部分需由人工輸入記錄的資料，常是需要進行修正的部分，經歸納後以下幾項通常是較容易產生的問題：

(1) 水準測段起、終點號輸入錯誤：通常容易發生在其他單位的點位上。例如：起點點號 NO03 記錄成點位標石號碼 NO.3。

(2) 水準測線、測段編號輸入錯誤：易發生於測線編號英文字母與阿拉伯數字相似時，如測線編號 Y1 記錄成 YI。

(3) 施測水準儀序號或水準尺序號錯誤：通常是由於觀測人員輸入速度過快所產生的錯誤，如水準儀序號 73018 記錄成 7318。

(4) 單一測站水準尺溫度記錄錯誤：雖然水準尺的溫度可藉由溫度計自動讀取，但仍需透過扶尺人員讀取後告知觀測人員記錄於水準儀中，因此觀測人員可能記錄錯誤，如溫度記錄應為”B235237”記錄為”B23537”。

前三項錯誤基本上並不影響原始的測量結果，但對於資料的分析與計算，會產生相當大的困擾，第(4)項的錯誤則會直接影響後續水準尺溫度改正的結果，所以皆必須仔細檢核錯誤的存在並加以修正。

2. 標準格式轉換與測線表製作

當完成每日單一測段觀測資料後，需進行資料儲存之標準格式轉換（表 3-2）。水準觀測資料之標準儲存格式，需每一測段儲存一個檔案，每個檔案分為三部分，即檔頭、觀測資料與檔尾，其詳細格式內容說明如下：

(1) 第一部分為檔頭，檔頭共佔 2 列，共儲存 16 個欄位資料，每個欄位可儲存 10 個位元（$byte$）資料，全為文字記錄。第 1 列所儲存的資料依序為(a)測站數：以數字表示。(b)視準軸修正值：單位為 mm。(c)水準儀型號。(d)水準尺甲尺序號。(e)水準尺乙尺序號。(f)測段檔名：測段檔名之編碼方式以 9 碼為原則，第 1 及第 2 碼為測線編號，依據「活動斷層帶測線編號表」編之，第 3 至第 6 碼為西元曆年，以數字表示，第 7 及第 8 碼為該測線之第幾測段，以數字表示，第 9 碼為測段之往測或返測，以英文字母表示，A、C、E...表示往測，B、D、F...表示返測。(g)起點點號。(h)終點點號。第 2 列所儲存之資料依序為(a)年.月.日（YYYY.MM.DD）：以西元曆表示，年月日以”.”區隔。(b)雲量與風力（S.W），雲量與風力以”.”區隔。(c)觀測者姓名。(d)記錄者姓名。(e)可反轉式補償器二視線之夾角。第 2 列剩餘 30 個位元保留未來使用。

(2) 第二部分為觀測資料，電子精密水準儀觀測資料儲存格式分述如下：每一測站計有 7 個讀數，每個讀數佔 11 個位元，7 個讀數合計 77 個位元，儲存成一列，其內容依序如下：(a)觀測時間與觀測溫度讀數（hhmm.t25t05）：觀測時間記錄時

（hr）、分（min），觀測溫度分別紀錄溫度計離地面 2.5 m（t25）及 0.5 m（t05）之溫度，單位為 0.1℃，觀測時間與觀測溫度以”.”區隔，如”1415.176182”，表示觀測時間為 14 時 15 分，2.5 m高之溫度為 17.6℃，0.5m高之溫度為 18.2℃。(b)後視視距第一次與第二次讀數之平均值及後視第一次與第二次讀數標準差（$\overline{L_bL_bL_bL_b}.\sigma_b^1\sigma_b^1\sigma_b^2\sigma_b^2$）：視距讀數平均值單位為 cm，讀數標準差單位為 0.01 mm，讀數平均值與讀數標準差以”.”區隔，如”2955.1516”，表示後視視距平均值為 29.55 m，後視第一次讀數之標準差為 0.15 mm，第二次讀數之標準差為 0.16 mm。(c)前視視距第一次與第二次讀數之平均值及前視第一次與第二次讀數標準差：$\overline{L_fL_fL_fL_f}.\sigma_f^1\sigma_f^1\sigma_f^2\sigma_f^2$與(b)同。(d)後視第一次讀數（$L_b^1L_b^1L_b^1.L_b^1L_b^1L_b^1$）：單位為 cm，如”174.145”，表示後視第一次讀數為 174.145 cm。(e)前視第一次讀數：與(d)同。(f)前視第二次讀數：與(d)同。(g)後視第二次讀數：與(d)同。有關本列資料之儲存，請對照表 4-10 電子精密水準儀觀測資料儲存之標準格式第三列資料。

(3) 第三部分為檔尾，檔尾佔一列，以-9999.00000 表示此檔案結束。

表 3-2 電子式水準儀觀測資料儲存之標準格式

```
20        0.003376  DiNi03    73012A    73018B    Y1202201A 2101      GI59
2022.08.292.1       江俏錄    江俏錄    0
1703.275277   909.0101   906.0001     51.584    197.271    197.273     51.584
1704.275277  1070.0001  1074.0200     75.904    210.517    210.521     75.904
1705.275277  1492.0101  1490.0002     71.953    207.139    207.139     71.961
1707.275276  1001.0101  1013.0001     74.856    233.231    233.232     74.856
1708.275276  1057.0100  1065.0001     51.715    221.147    221.145     51.716
1709.275276  1065.0201  1066.0201     83.244    195.992    195.990     83.243
1710.275276  1095.0201  1085.0102     79.007    208.243    208.240     79.004
1711.275276  1251.0100  1277.0001     67.777    230.702    230.704     67.774
1712.274276  1733.0401  1728.0101     51.084    257.699    257.701     51.087
1713.274275  1864.0102  1872.0101     31.069    268.366    268.359     31.071
1715.275276  2237.0201  2258.0802     30.869    243.074    243.065     30.857
1717.275276  1540.0201  1557.0504     54.067    249.347    249.335     54.064
1718.275276  1656.0203  1644.0101     32.259    212.669    212.667     32.252
1720.274276  1141.0101  1156.0100     76.530    205.853    205.852     76.531
1721.274276  1164.0001  1156.0101    101.574    168.016    168.015    101.572
1723.275277  2234.0101  2249.0501     49.487    241.063    241.063     49.485
1724.274276  2173.0307  2201.0102     32.820    236.489    236.486     32.826
1726.274275  2906.0401  2858.0101     79.403    201.249    201.246     79.400
1728.274276  2886.0503  2883.0003     78.101    208.465    208.453     78.110
1730.274276   924.0100   925.0300    119.291    173.448    173.447    119.288
-9999.00000
```

若前述資料檢核無誤後，除輸出觀測資料的標準格式檔外，並製作測線表（詳見附錄 6），其內容包括：測線編號、測段編號、往返測高程差、測段前後視距離總合、往返閉合差、平均高程差、觀測日期、標準格式檔名等相關資訊。

§3-3　系統誤差改正

§3-3-1　系統誤差的處理方式

水準測量的每一測段，都必須由人員攜帶儀器設備實地進行測量，因此在觀測作業中，因為人為的因素、觀測儀器的誤差及外在環境因素的干擾，導致觀測量隱含誤差量的存在。若依誤差之性質可以分為偶然誤差、系統誤差與粗差。其中，觀測量的粗差可藉由嚴密的測量步驟與完整的檢核方式發現，並由觀測量中加以剔除，因此剩餘的系統誤差的大小，將直接影響水準測量成果之良窳。依定義，對水準路線相繼的各測段有恆定性影響的誤差，或者是使正（或負）的符號佔有優勢之誤差，稱為水準測量之系統誤差（胡明城、魯福，1993）。

水準測量的系統誤差依其特性可大致分類如下（曾清涼，劉啟清，1988；胡明城、魯福，1993；陳國華，2004）：

(1) 與視距以及觀測時間有關的系統誤差，如視準軸誤差、地球曲率誤差、折射誤差、水準儀與水準尺的抬升或沉陷誤差等。
(2) 與測站兩尺間高程差有關的系統誤差，如水準尺溫度改正誤差、水準尺直立誤差、折射誤差、水準尺刻劃誤差等。
(3) 與水準測量行進方向有關的系統誤差，如地潮改正、地球磁場效應等。
(4) 其餘他項的系統誤差，如水準尺的零點誤差、光線入射方向產生的誤差、水準尺面觀測影像跳動之誤差、環境溫度對儀器產生的誤差等。

對於上述的種種系統誤差，我們採用特定的觀測步驟加以修正、忽略微小系統誤差之影響及系統誤差改正模式進行修正等 3 種不同的方式來加以處理，目的均是使系統誤差對觀測量的影響降至最小，以求得較為精確的成果，以下分別進行說明。

1. 特定的觀測步驟加以修正：

依照「一等水準測量作業規範」進行外業測量，其有許多的觀測步驟要求，目的均是為了以特定的觀測步驟，來消除觀測過程中可能產生的系統誤差，今將其整理如表 3-3；其中當測站前後視的視距長度約略相等且兩水準尺之間的高差變化不大時，該測站前後視的折射誤差量可視為近似相等，但若當兩水準尺之間具坡度變化時，此時即使前後視的視距保持相等，亦無法使前後視的折射誤差等量（Bomford, 1980）。同樣的問題亦產生在視準軸誤差修正上（因為前、後視不可能真正相等），因此對於視準軸誤差及折射誤差來說，後續仍應利用系統誤差改正模式進行修正。

表 3-3 利用觀測步驟修正的系統誤差

項次	測量步驟要求	修正的系統誤差
1	每一測站前後視距差不得大於 0.5 *m*	視準軸誤差、折射誤差
2	水準尺讀數不得大於 270 *cm*	水準尺直立誤差
3	測站數需為偶數使測段的起、終點使用同一水準尺	水準尺的零點誤差
4	採日間觀測，往返測需集中於早上 10 點前施測	光線入射方向產生的誤差
5	採日間觀測，限制水準尺讀數不得小於 30 *cm*	水準尺面觀測影像跳動之誤差
6	提早 10 分鐘將水準儀自保護箱取出置於陰影下	環境溫度對儀器產生的誤差
7	測站數為偶數並於奇、偶測站變更觀測順序	水準儀與水準尺的抬升或沉陷誤差
8	於奇、偶測站變換腳架方向（每次旋轉 180 度）	水準儀架設傾斜的誤差

2. 忽略微小系統誤差之影響：

不論是利用系統誤差改正模式，或是利用特定的觀測步驟進行系統誤差的修正，其實並無法完全消除系統誤差的存在，僅是將其誤差的影響量消弭至最小，而水準測量中有許許多多的系統誤差的存在，當我們確定其量值對成果之影響微乎其微，甚至遠低於觀測之精度，若大費周章地處理這類系統誤差，則不僅耗費大量成本，實際上更可能無法最終的成果精度，因此實際作業上將忽略這類誤差的影響。

例如地球磁場效應的影響，磁場效應對於使用自動水準儀的精密水準測量作業具有影響性，此效應最主要與採用的儀器有關。但由於現今儀器製造商，在儀器出廠時，均已針對儀器的抗磁效果進行檢驗測試，以使磁場的影響效應減至最小，故現階段各界使用的水準儀器，在製造商上述的抗磁處理之下，其受到的磁場效應影響已很微小，在觀測資料的處理上，可將其忽略（曾清凉、劉啟清，1988；胡明城、魯福，1993）。

此外像地潮改正，其產生的原因是當海水的潮汐升降隨著日月引力改變時，其將使得地球的重力方向發生偏轉而造成系統性的累積誤差，進而影響水準測量的成果，然而此誤差之影響很小，不論由月球或太陽所造成的平均影響，其對於東西方向測線的誤差量均為零，大多僅在南北方向的測線上累積，地潮改正由北向南基本上為正，由南向北則全為負值，在施測範圍較小的區域，可忽略不計而不需進行此項改正（胡明城、魯福，1993；陳國華，2004）。臺灣地區由於幅員較小，相對於其他大陸型的國家（如美國等），地潮改正對水準測量的成果甚微，因此將忽略地潮改正的影響而不予改正。

而類似測量員讀數習慣之影響來說，往往因人為的習慣產生系統性的誤差。但可因採規定同一水準測段之往返測，須同一人觀測的方式來減低影響。而且，此項誤差的影響對光學式水準儀較為明顯，對於本計畫使用的電子式自動記錄之水準條碼尺來說，幾乎無此影響存在（陳國華，2004）。

3. 利用系統誤差改正模式進行修正

除了前述的兩種方式外，最重要的且影響最大的處理方式，便是利用系統誤差改正模式來進行修正，按照「一等水準測量作業規範」規定，這些修正包括視準軸誤差改正、折射誤差改正、地球曲率改正、水準尺溫度改正、水準尺刻劃改正及正高改正。各種誤差之說明如下：

(1) 視準軸誤差改正（collimation error correction）：利用每日外業測量前實測之視準軸校準值及測段前後視距差總和進行改正，由於「一等水準測量作業規範」訂定之標準須小於 1.5 m，因此就公式計算而言，此項改正值之影響量幾乎等於零。

(2) 折射誤差改正（refraction error correction）：依據「一等水準測量作業規範」所訂之修正公式，採用 Kukkamaki 的折射誤差修正公式（Kukkamaki, 1980），並配合適合臺灣地區的折射係數$-6.7 \times 10^{-8}/m^2 \cdot ℃$（內政部，2014）來進行修正。

(3) 地球曲率改正（curvature correction）：此項改正主要的影響因素為測段前後視距總和之差值，按「一等水準測量作業規範」訂定之標準須小於 1.5 m，因此就公式計算而言，此項改正值之影響量幾乎等於零。

(4) 水準尺溫度改正（rod temperation correction）：進行精密水準測量時皆使用膨脹係數較小之鋼鋼水準尺，以避免環境溫度的變化造成尺長的膨脹收縮。

(5) 水準尺刻劃改正（rod scale correction）：由於本計畫所使用之鋼鋼水準尺為條碼式，惟目前國內並無可靠方法可精確求得每對尺的平均變形比例，而若送至國外原廠進行檢測又緩不濟急，因此「一等水準測量作業規範」已暫時取消對鋼鋼條碼尺進行本項修正，故本計畫中暫不進行此項改正（內政部，2001）。

(6) 正高改正（orthometric correction）：由於計算正高改正值需每個點位之重力資料，本計畫部分點位已在內政部公告之臺灣地區重力網成果內（GS2009 系統；Gravity System 2009），則其重力值一依內政部公告成果為基準，而非公告重力值的點位，則以公告的所有重力點內插臺灣地區的重力網格資料，利用線性迴歸方式內插計算點位重力值，以求得每測段間之正高改正值。

最終本計畫中進行的系統誤差改正共包括 5 項：視準軸誤差改正、折射誤差改正、地球曲率改正、水準尺溫度改正及正高改正，後續將詳細說明其改正的方式。

§3-3-2 系統誤差改正公式與改正成果

1. 視準軸誤差改正（collimation error correction）

水準測量時，若水準儀的視準軸與其水準管軸非呈「理想」的相互平行狀態，則在每次架站的觀測中，必會引入因視準軸之偏離所產生的微小誤差量，此稱之為視準軸誤差（陳國華，2004）。若在理想的狀態下，當水準外業測量時，若能保持測站前、後視視距長度相等，則視準軸誤差應可消除之，但實際作業時，僅能保持前、後視視距在一定的差距範圍內，並無法真正維持前、後視視距相等，因此必需計算視準軸偏離水平線的角度，以進行該水準儀觀測量的視準軸誤差改正。

若以C表示每單位公尺視距所產生的偏差量，單位為mm/m，則每個測站因視準軸偏離所引入的視準軸誤差$\Delta\ell$可表示為（Rappleye, 1984）：

$$\Delta\ell = \ell_B - \ell_F = C \cdot S_B - C \cdot S_F = C \cdot (S_B - S_F) = C \cdot \Delta S \qquad (3\text{-}1)$$

其中ℓ_F、ℓ_B分別為測站前後視的視準軸誤差量，單位為mm。

S_F、S_B分別為測站前後視的視距長度，單位為m。

ΔS為前後視的視距差，單位為m。

所以視準軸誤差值C，即代表視準軸偏離水平方向所造成每單位視距長度偏離的誤差，依照前面的敘述，當前、後視距相等時，在計算高差時，這誤差會互相抵消；但當這誤差無法完成消除時，則一測段所造成的總視準軸誤差（C_{col}）和前、後視距差總和（$\sum\Delta S$）成正比（內政部，2014）。因此，每一測段水準測量的視準軸誤差改正C_{col}，可以用下列公式表示：

$$C_{col} = -C \times \sum\Delta S \qquad (3\text{-}2)$$

其中C_{col}為測段視準軸誤差改正量，單位：mm。

C為視準軸誤差改正值，單位：mm/m。

ΔS為前後視距差，單位：m。

前述公式（3-2）中，視準軸誤差改正值C，將會因水準儀之不同而改變，在實際作業過程中，於每日水準儀視準軸校正作業中依（2-1）式計算而得，由於「一等水準測量作業規範」明訂視準軸誤差改正值C應小於 0.05 mm/m，而前後視距差總和（$\Sigma\Delta S$）須小於 1.5 m，因此每一測段的視準軸誤差改正（C_{col}）應小於 0.075 mm。為了要降低視準軸誤差的影響，若要確保每部水準儀視準軸誤差改正值C的穩定，除了對每部儀器定期檢核外，並在儀器的搬運過程中，小心謹慎地保持儀器的穩定度以維持其精密程度。

2. 折射誤差改正（refraction error correction）

折射誤差在水準測量中，是較為複雜且嚴重的一種誤差。當光線由一介質進入另一介質，由於不同介質的折射率不同，光線的行進方向就會因此發生偏折，在水準測量施測時，若光線行進路線的空氣折射率不同，則光線並非以一直線行進，而是成曲線狀，當接近地表之溫度較高時，光線會產生向上偏折之曲線，空氣的折射率基本上為壓力、溫度和濕度的函數。

因此在水準測量中，折射誤差主要受到三項因素之影響，分別是測站的視距長度、兩水準尺之間的高差以及觀測視線上的溫度梯度等。溫度梯度的變化與外界環境密切相關，白天觀測時，受到日照的影響，溫度梯度大多為負值，在晚間，由於地面的散熱速度較空氣來得快速，其使得溫度梯度大多呈現正值（陳國華，2004）。

在改變空氣折射率的各項因素中，以溫度的影響最為重要（Bomford, 1980），因此折射公式幾乎皆由此因素推導而得，根據所用參數的不同，又可分為三大類（Angus-Leppan, 1984）：

(1) 直接量測溫度梯度進行改正。
(2) 利用量測之溫度計算溫度梯度進行改正。
(3) 利用氣象因素預估溫度梯度進行改正。

在實際運用上，大多採用第(1)種直接量測地表溫度梯度之改正法，進行觀測資料的折射誤差改正，然運用此方法須建立下列 3 項假設（Kukkamaki, 1938；Angus-Leppan, 1984）：

(1) 空氣的折射率僅是溫度的函數，忽略其他因素影響。
(2) 假設各等溫面與地表面平行。
(3) 假設接近地面的溫度隨高度相關，即高度的函數。

配合前述的假設基礎，再參考 Kukkamaki 的折射誤差修正公式，則可得每一測站的折射誤差改正值（R）如公式（3-3）（Kukkamaki, 1980；內政部，2014）：

$$R = -6.7 \times 10^{-8} \times L^2 \times \Delta T \times \Delta H \qquad (3\text{-}3)$$

其中-6.7×10^{-8}為適合臺灣地區之折射常數，單位：$/m^2 \cdot ℃$。

L為前後視之平均視距，單位：m。

ΔT為 $2.5m$與 $0.5m$高度之溫度差，單位：℃。

ΔH為測站（setup）高差，單位：m。

因此依公式（3-3）計算後，我們可以計算各測段折射誤差改正值，由於前後視之平均視距L及 2.5 m與 0.5 m高度之溫度差ΔT理應在有限度的範圍之內，因此影響折射誤差改正值主要在為測站高差ΔH，理論上兩水準點間的高程差愈大，代表每一次擺站的測站高差ΔH愈大，但若測段間的路徑呈現起伏的狀態時，就無法依此方法論定。

3. 地球曲率改正（curvature correction）

地表任一點的水準面（或稱重力等位面）並不為平面，其使得水準測量時之視準軸並不會平行於水準面，如果測站的前後視距長度不相等，則會使得觀測得到的水準高差含有因地球曲率影響的微量誤差，此稱為地球曲率誤差。一般來說，地球之曲率在南北方向的變化會較東西方向為大，故其誤差之影響量，南北方向的測線亦會較東西方向者略大（陳國華，2004）。

所以在水準測量每次觀測時，都會引進一個微小的系統誤差，其大小和視距的平方成正比。由於臺灣地區不大，地球曲率改正（ℓ_{cur}）的公式可簡化為（內政部，2014）：

$$\ell_{cur} = -(\sum S_B^2 - \sum S_F^2)/2r \qquad (3\text{-}4)$$

其中S_B為後視視距，S_F為前視視距，單位：m。

r為地球之平均半徑，單位：m。

依公式（3-4）計算可求得所有測段的地球曲率改正成果，我們由公式（3-4）中得知影響地球曲率改正值之最大因素為前後視距總和平方之差值$(\sum S_B^2 - \sum S_F^2)$，依「一等水準測量作業規範」規定，每一測站前後視距差應小於 0.5 m，因此，各測段的地球曲率改正影響亦十分微小。

4. 水準尺溫度改正（rod temperation correction）

水準尺是在木頭、金屬上刻蝕精細的標準刻劃，然而在使用時，其環境溫度與刻蝕時不同，因此每單位刻劃之長度會因而膨脹收縮，若不修正，則會造成系統性的誤差。一般而言，大地水準測量所用的水準尺都以膨脹係數較小的鋼鋼來製作。鋼鋼是在鋼中加入鎳的合金，其膨脹係數大約在 10^{-6}（$ppm/$℃）左右，而一般水準尺刻劃是在標準溫度（20℃）之環境下製作；因此各測站水準尺溫度改正為（Rappleye, 1984；內政部，2014）：

$$C_{temp} = K \times (t - t_s) \times \Delta H \qquad (3\text{-}5)$$

其中K為一對水準尺的平均膨脹係數，單位：$ppm/$℃。

t為測站水準尺平均溫度，單位：℃。

t_s為水準尺長度檢定溫度，單位：℃。

ΔH為測站高差，單位：m。

上述公式（3-5）中，水準尺的平均膨脹係數K，是內政部利用一等一級、一等二級水準網測量工作的資料，配合多重線性迴歸分析模式所求得的（曾清凉等，2003；陳國華，2004），其值為$1.26\times10^{-6}(ppm/℃)$。我們利用這個數值，配合外業測量實際量測的數據資料，可計算所有測段的水準尺溫度改正值，由公式（3-5）中我們得知，當在坡度極平緩的地方觀測時，水準尺伸縮所造成的影響甚微，但若水準尺間之高程差異愈大，此時水準尺伸縮所引入的誤差值也愈大，但和折射誤差改正相同，當測段坡度有起伏時，則尚無法查知。

5. 正高改正（orthometric correction）

水準測量得到的高差稱為水準高差或幾何高差，除了測量的偶然誤差外，受到地球重力等位面不為平面且不相互平行之影響，測站的水準高差並不會等於兩水準尺之間的正高差（Heiskanen et al., 1967），因此所測得的水準高差將會因路徑之不同，而得到不同的結果，為了使成果不受路徑影響，必須對觀測量進行正高改正。

對於相鄰二水準點（A、B）間高程差之正高改正值（OC_{AB}）可以利用下列公式計算（內政部，2014）：

$$OC_{AB}=\int_A^B\frac{g-g_0}{g_0}dH+\frac{\overline{g_A}-g_0}{g_0}H_A-\frac{\overline{g_B}-g_0}{g_0}H_B \qquad (3\text{-}6)$$

其中$\overline{g_A}$為 A 點沿著垂線到大地水準面路徑的平均重力，單位：$gal(cm/sec^2)$。

$\overline{g_B}$為 B 點沿著垂線到大地水準面路徑的平均重力，單位：$gal(cm/sec^2)$。

g_0為臺灣地區之平均重力值。

H_A與H_B分別為 A 與 B 點之高程值，單位：cm。

一般而言，上述公式中$\overline{g_A}$與$\overline{g_B}$可以分別依（3-7）式及（3-8）式計算之：

$$\overline{g_A}=g_A-\frac{1}{2}\left(\frac{\partial\gamma}{\partial H}+4\pi G\rho\right)H_A \qquad (3\text{-}7)$$

$$\overline{g_B}=g_B-\frac{1}{2}\left(\frac{\partial\gamma}{\partial H}+4\pi G\rho\right)H_B \qquad (3\text{-}8)$$

其中$\frac{\partial\gamma}{\partial H}$為正常空間梯度，其值為-0.3086$mgal/m$。

G為重力常數，其值為$66.7\times10^{-9}cm^3/g\cdot sec^2$。

ρ為岩層密度，其值為$2.67g/cm^3$。

g_A與g_B分別為 A 與 B 點之重力值，單位為$mgal$。

由於（3-6）式中，g為二水準點間每個測站的實測重力值，於測量作業中會產生沉重的負擔，考量水準點間的間距一般約為 2 km，其間重力變化尚稱平滑，因此計算時以二水準點之平均重力值g_{AB}替代g，並以$H_B=H_A+\Delta H$代入，則簡化為：

$$OC_{AB} = \frac{1}{g_0}[H_A(\overline{g_A} - \overline{g_B}) + \Delta H(g_{AB} - \overline{g_B})] \quad (3\text{-}9)$$

其中$\overline{g_A} = g_A + 0.0424H_A$。

$\overline{g_B} = g_B + 0.0424H_B$。

$g_{AB} = \frac{1}{2}(g_A + g_B)$。

由上述公式（3-9）可知，計算正高改正值需每個點位之重力資料，本計畫中總計施測 46 點，部分點位已在內政部於 2014 年公告之臺灣地區重力網成果內(GS2009 系統)，其它無公告重力值的點位，則以臺灣地區公告的所有重力點內插臺灣地區的重力網格資料，利用線性迴歸方式內插計算點位重力值（參照圖 3-2），以於後續求得每測段間之正高改正值。

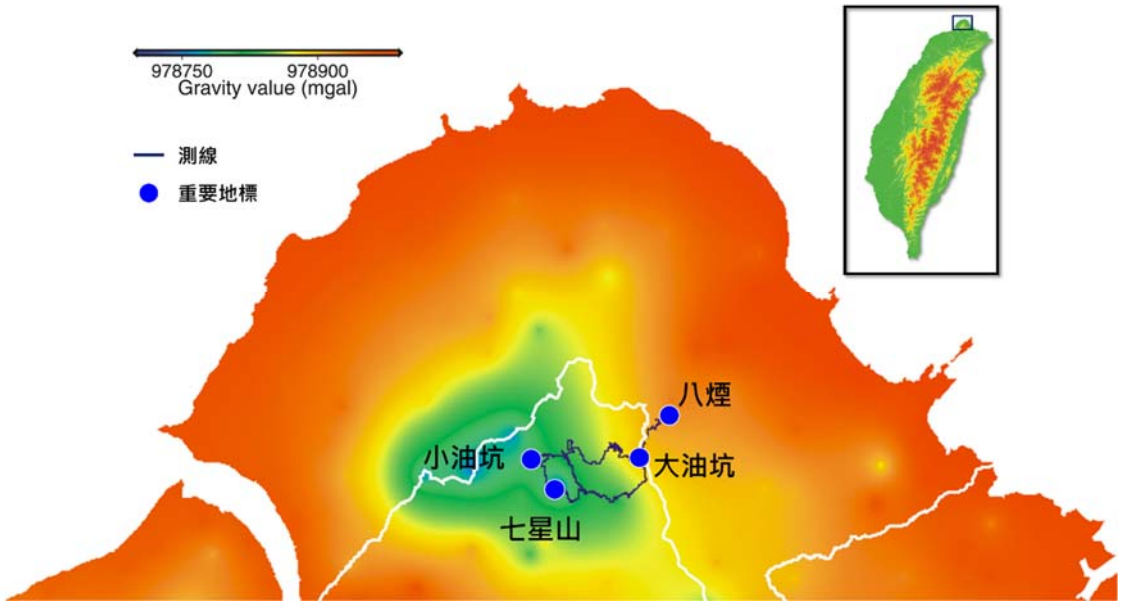


圖 3-2 大屯火山周圍重力值分布圖（GS2009 系統）

經由上述改正後，水準檢核程式將自動輸出系統誤差改正表（詳見附錄 5），其內容包括：

(1) 測線、測段檔名。

(2) 測段單向觀測日期、測站數。

(3) 測段單向起、終點點號、測段距離、

(4) 測段單向各項系統誤差改正值。

(5) 測段單向原始高程差及改正後高程差。

§3-4　水準測量成果分析

§3-4-1　測段往返閉合差分析

精密水準測量中，若沒有人為觀測錯誤或系統誤差存在，理論上各測段往返閉合差應等於零，但由於外在環境的影響（如地表震動等）或施測程序的非完美性（如水準尺架設無法垂直地表），所以在水準測量的過程中產生了偶然誤差（random error）。偶然誤差的產生是隨機性，因此在一組水準觀測數據中，偶然誤差的產生應使所有測段的往返閉合差之均值期望值應等於零且趨於常態分布。

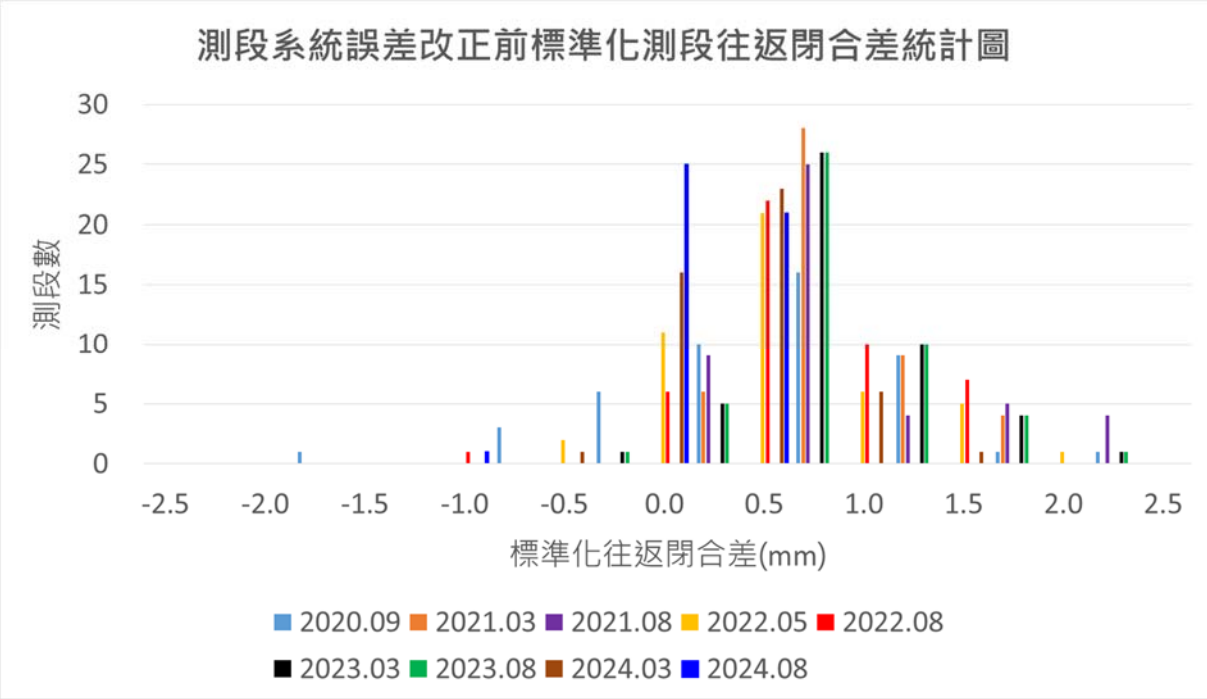
因為每一個測段的距離不可能等長，若直接引用各測段的往返閉合差資料，則數據會受到測段長度不一的影響，因此我們必需將每個測段進行標準化的動作，以產生各測段每公里之往返閉合差值e（陳國華，2004；張坤樹、黃偉城，2008），其計算公式如下：

$$e = v/\sqrt{K} \qquad (3\text{-}10)$$

其中v為測段的往返閉合差，單位：mm。

K為測段長度，單位：km。

本計畫施測資料依照（3-10）式進行計算後，將全部測段進行分析，顯示其成果如圖 3-3。



年月	2020.09	2021.03	2021.08	2022.05	2022.08	2023.03	2023.08	2024.03	2024.08
Mean(*mm*)	+0.491	+0.848	+0.872	+0.794	+0.900	+0.747	+0.901	+0.597	+0469
S.T.D(*mm*)	±0.720	±0.399	±0.560	±0.538	±0.508	±0.318	±0.495	±0.361	±0.258

圖 3-3 測段系統誤差改正後標準化測段往返閉合差統計圖

§3-4-2　環線閉合差分析

每一測段觀測資料經過上述流程檢核後，再經系統誤差改正，理論上已經將每一測段資料的人為錯誤與系統誤差修正完畢，僅剩偶然誤差存在，則由其組成的環線閉合圈之閉合差理當為零，但每一條測段來說，由於施測先後的順序不同，則組成的環線閉合圈將因觀測時間不同而隱含系統誤差的存在（例如點位的沉陷等），則環線閉合差自然不可能為零，因此必須界定環線閉合差的容許範圍，以避免過多的系統誤差累積影響到後續的水準網平差計算。

針對水準的環線閉合差檢查，基本上除了可檢核組成環線的測段中，是否尚有人為的錯誤存在，如點號、測段方向或是缺失遺漏的測段等，並且可以查明那些測段可能累積過多的隱含性系統誤差。對於環線閉合差（ε_c）的容許範圍，主要依照「一等水準測量作業規範」，應符合（3-11）式的規定。

$$\varepsilon_c \leq 2.5mm\sqrt{F} \qquad (3\text{-}11)$$

其中F為組成閉合圈水準環線之總長度，單位為 km。

本計畫水準測線共可組成 2 個環線閉合圈（參照圖 2-4），並由此 2 個環線閉合圈合併後可組成第 3 個環線閉合圈，環線閉合圈檢核結果詳列如表 3-4（表中組成環線順序由環線中任一測線起點開始，依順時針方向組成；測線編號前加註「-」者表該測線為逆測線方向）。

表 3-4 環線閉合差分析成果表

環線編號	組成測線	環線總長(km)	日期	系統誤差改正前環線閉合差(mm)	系統誤差改正後環線閉合差(mm)	容許值(mm)
1	Y1～Y6～-Y3	7.909	2020 年 9 月	9.38	-2.6	7.2
			2021 年 3 月	7.94	-3.02	7.18
			2021 年 8 月	6.21	-2.42	7.17
			2022 年 5 月	14.21	3.96	7.06
			2022 年 9 月	15.85	5.76	7.03
			2023 年 3 月	14.64	3.95	7.05
			2023 年 8 月	10.76	0.13	7.02
			2024 年 3 月	5.08	-4.92	7.02
			2024 年 8 月	6.50	-2.76	7.01
2	Y2～-Y4～-Y6	15.368	2020 年 9 月	-5.82	6.72	9.99
			2021 年 3 月	-4.81	7.31	9.85
			2021 年 8 月	-4.87	8.66	9.89
			2022 年 5 月	-4.18	6.50	9.90
			2022 年 9 月	-8.93	3.24	9.80
			2023 年 3 月	-10.45	2.80	9.79
			2023 年 8 月	-3.59	8.66	9.75
			2024 年 3 月	-1.76	8.27	9.76
			2024 年 8 月	-2.63	9.71	9.79
3	Y1～Y2～-Y4～-Y3	20.130	2020 年 9 月	3.56	4.12	11.46
			2021 年 3 月	3.13	4.3	11.33
			2021 年 8 月	1.34	6.24	11.35
			2022 年 5 月	10.03	10.45	11.30
			2022 年 9 月	-8.93	3.24	9.80
			2023 年 3 月	4.20	6.75	11.20
			2023 年 8 月	7.18	8.79	11.18
			2024 年 3 月	3.32	3.36	11.19
			2024 年 8 月	3.87	6.95	11.20

§3-5 水準網平差計算

觀測資料經過錯誤之剔除以及系統誤差改正後，並且確定高程基準後，即可進行水準網平差計算。水準網平差計算的目的，主要是將觀測量所剩餘的偶然誤差，藉由平差的手段及相關的統計模式，分散至各個觀測量，最後求得一組未知數的最佳近似解。一般而言，常用的平差方法是採最小二乘法平差模式，利用所有觀測量改正數的平方和為最小的理論，計算出最佳的平差成果。

使用的平差模式即以 Gauss-Markoff Model（GMM）求解各水準點的高程，利用每一個測段作為平差輸入的觀測量，則其觀測方程式如（3-12）式：

$$V_{ij} + \Delta H_{ij} = H_j - H_i P_{ij} \qquad (3\text{-}12)$$

其中若i為測段的起點，j為測段的終點。

式中ΔH_{ij}表示該測段之高程差，單位為m。

H_i表i點的高程，H_j表j點的高程，單位為m。

V_{ij}表測段高程差的改正數，單位為m。

P_{ij}表該測段的權值，以測段距離（單位為km）的倒數賦予。

因此我們可以將每一測段的高程差均依(3-13)式列一觀測方程式，若有n個測段的高程差，可組成n個觀測方程式，則觀測方程式可以矩陣方式表示如下：

$$V = AX - L \qquad (3\text{-}13)$$

其中V為觀測量（測段高程差）改正數的向量矩陣。

X為未知數（水準點高程）的向量矩陣。

A為X的係數矩陣。

L為觀測量的向量矩陣。

若假設各測段觀測量之間彼此獨立不相關，則權矩陣 P 中，各觀測量權值將依照其測段距離倒數賦予。

在上述的平差模式中，各水準點的高程為待求的未知數，這些未知數雖然均是函數獨立，但觀測方程式中若沒有任何已知點的高程值，則其非滿秩矩陣，法方程式會有無數個解。為了改變法方程式矩陣的奇異性，在水準網中需賦予一個已知起算點的高程，依其高程為基準，平差後得到的其他水準點高程值，則會是相對於此已知點的成果。因此我們必須對水準網賦予一個起算點的高程，則平差後其他水準點的高程值均為相對於該點之高程，若果基準點的起算高程改變，則其它一等水準點之高程亦會隨著變化（內政部，2003）。

依照上面平差的模式，我們必須對水準網賦予一個起算點的高程，採用的點位以內政部一等水準點 2101（點名：小油坑）為高程約制點，則平差後其他水準點的高程值均為相對於 2101 之高程，其精度亦由 2101 其傳播而來，若果 2101 的起算高程改變，或其高程有一變動誤差量，則其它水準點之高程與精度亦會隨著變化。

在平差的過程中，對於相同群組的水準測段因地理位置不同所產生的差異通常將不予考慮，對每一測段於平差時賦予每公里相同的觀測精度；因為每一測段均進行往返測，一般多利用各測段的往返閉合差來估計每公里的觀測精度（Lin and Stein, 1989；胡明城、魯福，1993；Hodgkinson et al., 1996；Demoulin and Collignon, 2000；Kostoglodov et al., 2001）。

$$m_0 = (\frac{1}{4n}\sum_{i=1}^{n}\frac{v_i^2}{L_i})^{1/2} \qquad (3\text{-}14)$$

其中n為測段數

v_i為第i個測段的往返閉合差，單位：mm。

L_i為第i個測段的長度。

依照公式（3-14），可計算出本計畫每公里的觀測精度m_0如表 3-5，惟由於本案之水準網僅 46 ~ 47 個測段，在樣本數不足情況及可能尚有其它未定之系統誤差改正未進行，其觀測精度可能會過於樂觀的估計，因此於第 1 年度計畫執行完竣後，依與案專案學者之意見，對水準網平差給定之先驗精度，改以第 1 次水準網平差之後驗精度 1.285 $mm\sqrt{K}$代入計算（鄭鼎耀、黃偉城，2020）；則歷次測量其水準網平差成果相關數據如表 3-5。

表 3-5 歷次每公里觀測精度及水準網平差成果相關數據

年	月	總測段數	水準點數	多餘觀測數	先驗權單位中誤差	平差後單位權中誤差	卡方（χ^2，chi-square）測試值（下限值：0.64；上限值：4.10）	平差後觀測量改正數最大值	平差後點位標準偏差最大值	每公里觀測精度 m_0 ($mm\sqrt{K}$)
2020	9	47	46	2	0.433	2.968	2.97	+0.55	±3.40	0.433
2021	3	47	46	2	1.285	1.106	1.11	+0.62	±3.76	0.517
2021	8	47	46	2	1.285	1.241	1.24	+0.65	±4.22	0.468
2022	5	46	45	2	1.285	1.282	1.28	+0.57	±4.33	0.517
2022	8	46	45	2	1.285	1.283	1.28	+0.44	±4.31	0.473
2023	3	47	46	2	1.285	0.925	0.92	+0.31	±3.09	0.403
2023	8	47	46	2	1.285	1.520	1.52	+0.82	±5.08	0.513
2024	3	47	46	2	1.285	1.415	1.42	+0.81	±4.73	0.527
2024	8	47	46	2	1.285	1.406	1.41	+0.72	±4.71	0.401

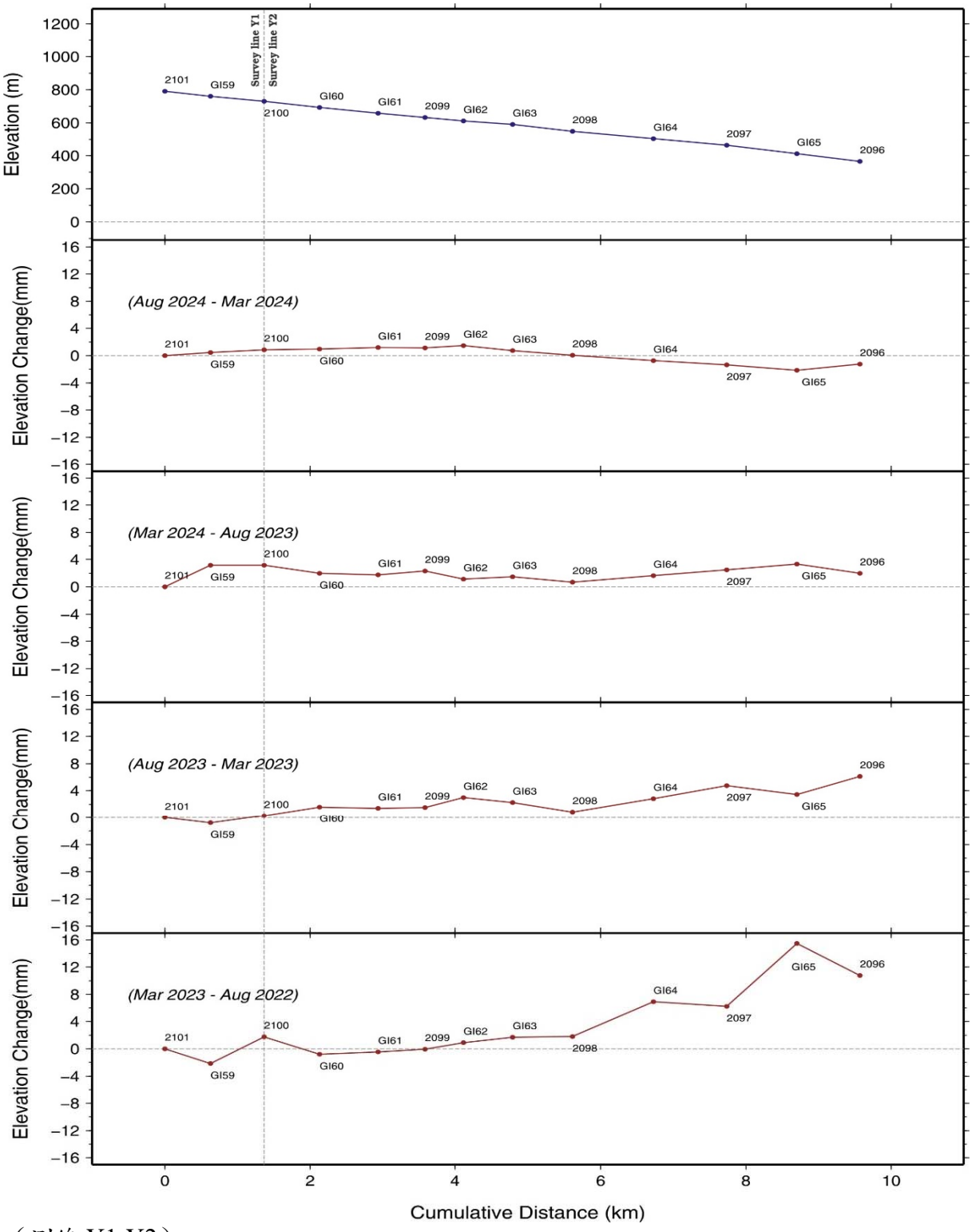
權矩陣P:以測段距離（單位為 km）的倒數為權值

高程約制點數: 1（2101）

§3-6　高程變動分析

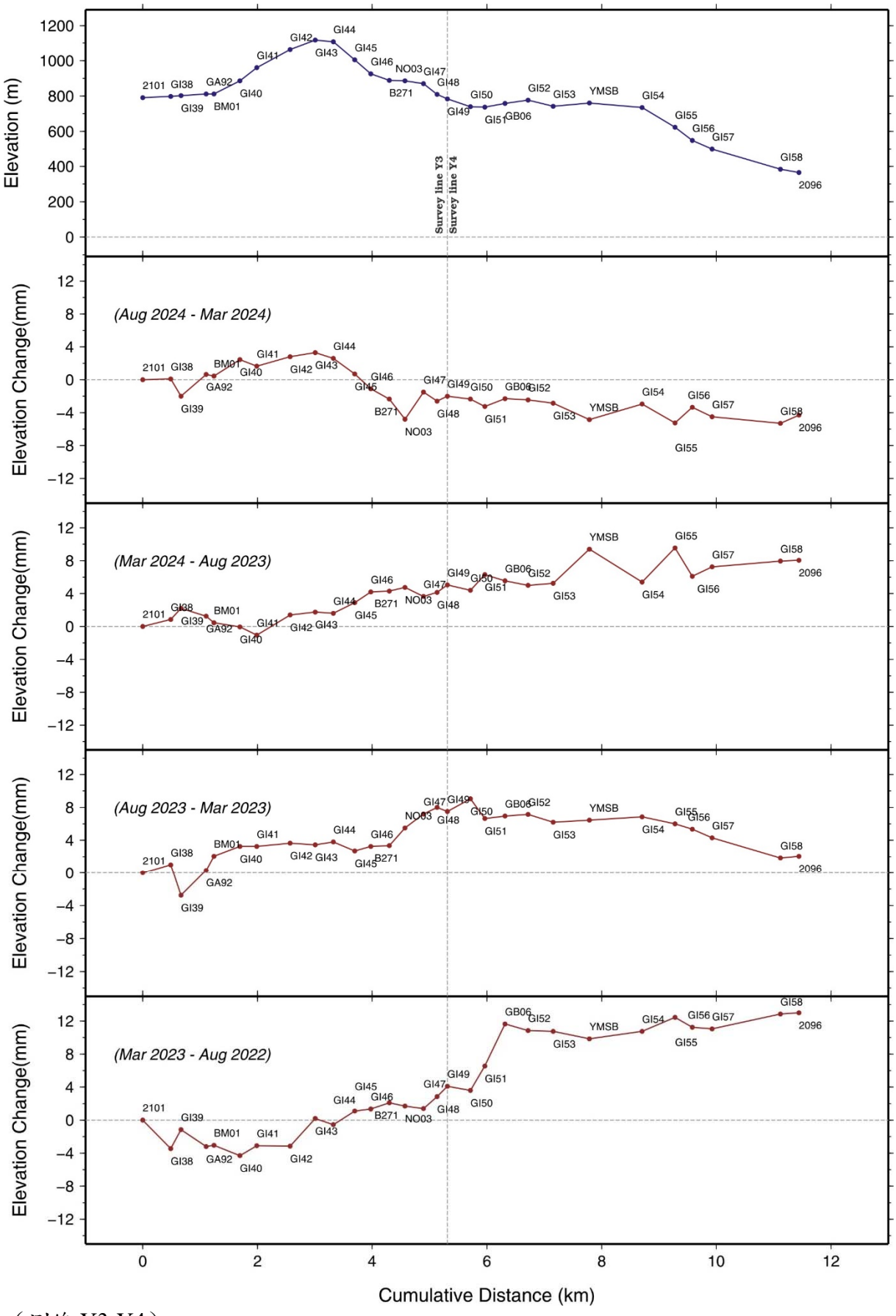
§3-6-1　測段高程較差分析

將最新 5 次觀測成果各測段間的高程差進行比較，可得到比較成果如圖 3-4 及附錄 3，惟其變化是否為火山區活動的影響，亦或是季節性的變化，仍有待後續持續觀測方能有較佳的推斷。



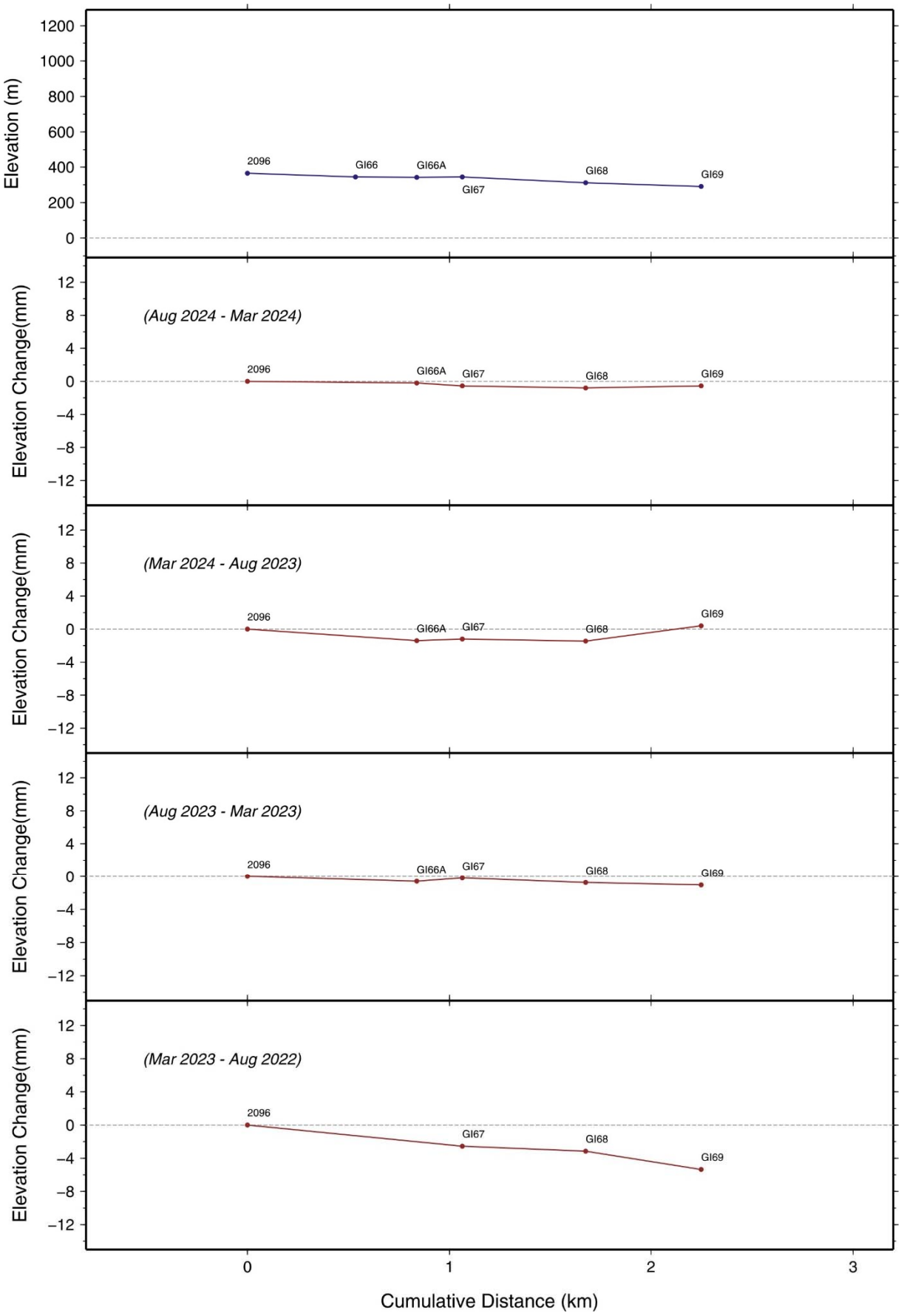
（測線 Y1-Y2）

圖 3-4 測段高程差比較圖



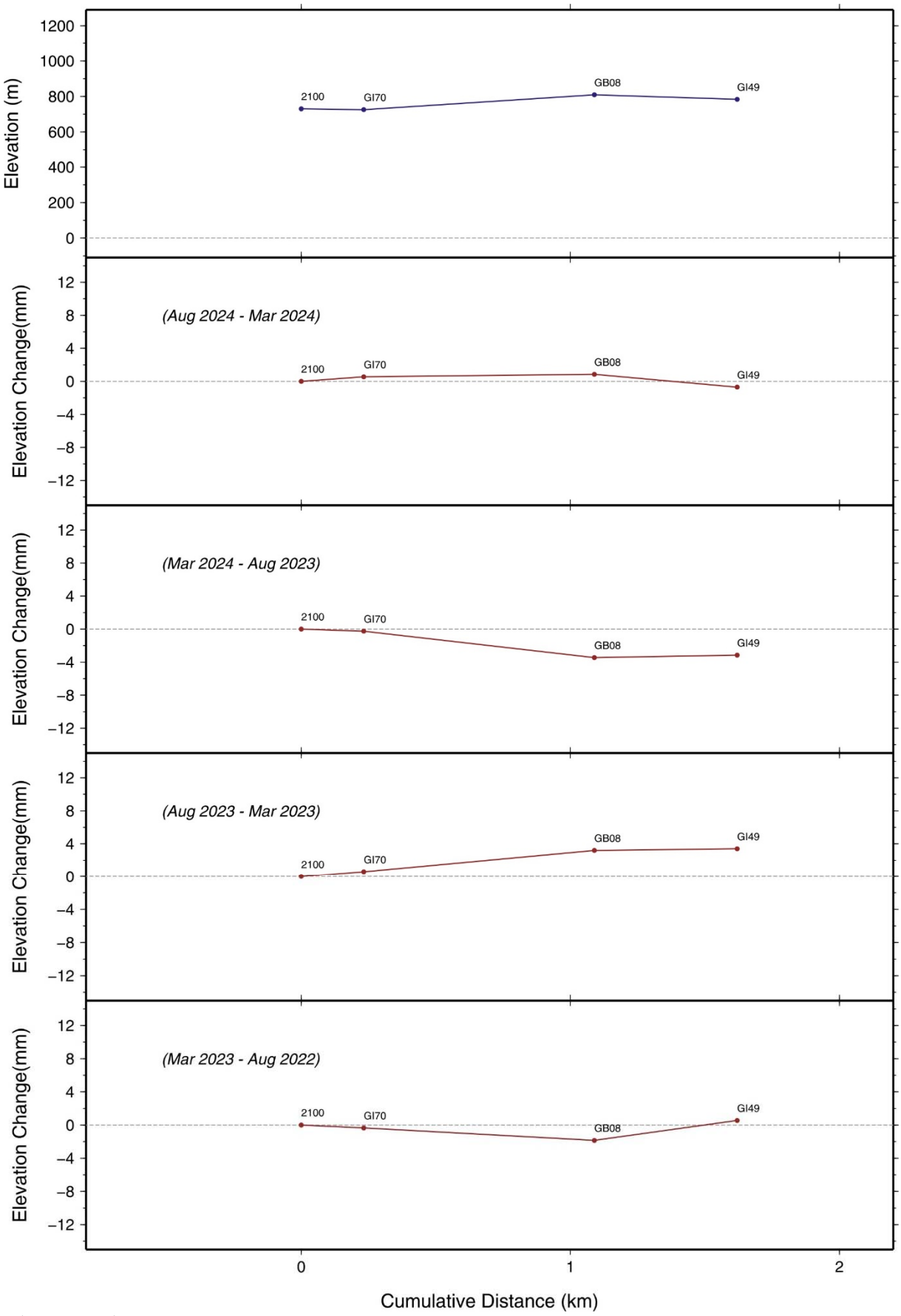
（測線 Y3-Y4）

圖 3-4 測段高程差比較圖（續）



（測線 Y5）

圖 3-4 測段高程差比較圖（續）

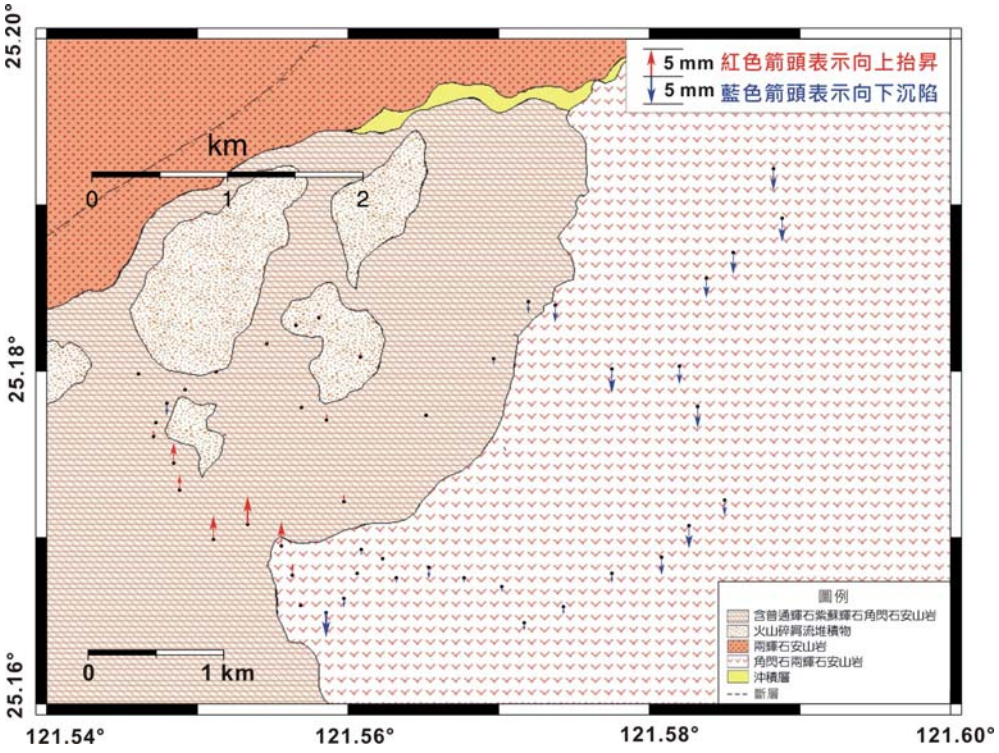


（測線 Y6）

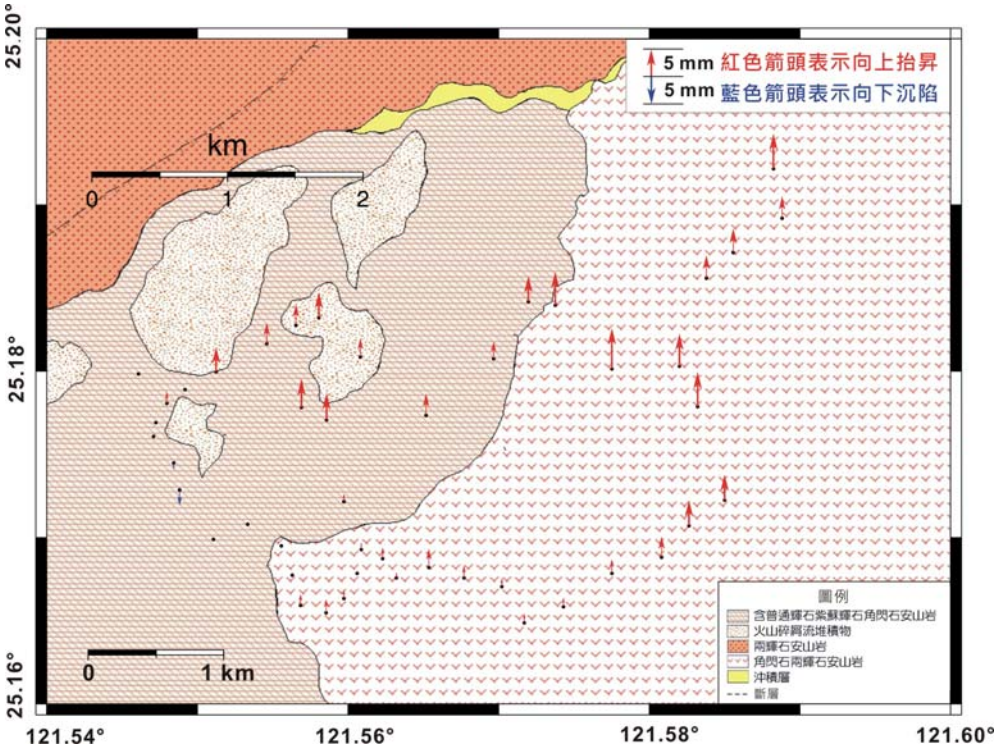
圖 3-4 測段高程差比較圖（續）

§3-6-2　點位高程變動分析

透過現有 9 次測量之觀測數據進行點位高程變動分析（參照圖 3-5、圖 3-9 及附錄 4；圖中地質底圖摘自宋聖榮等，2011），後續說明如下。

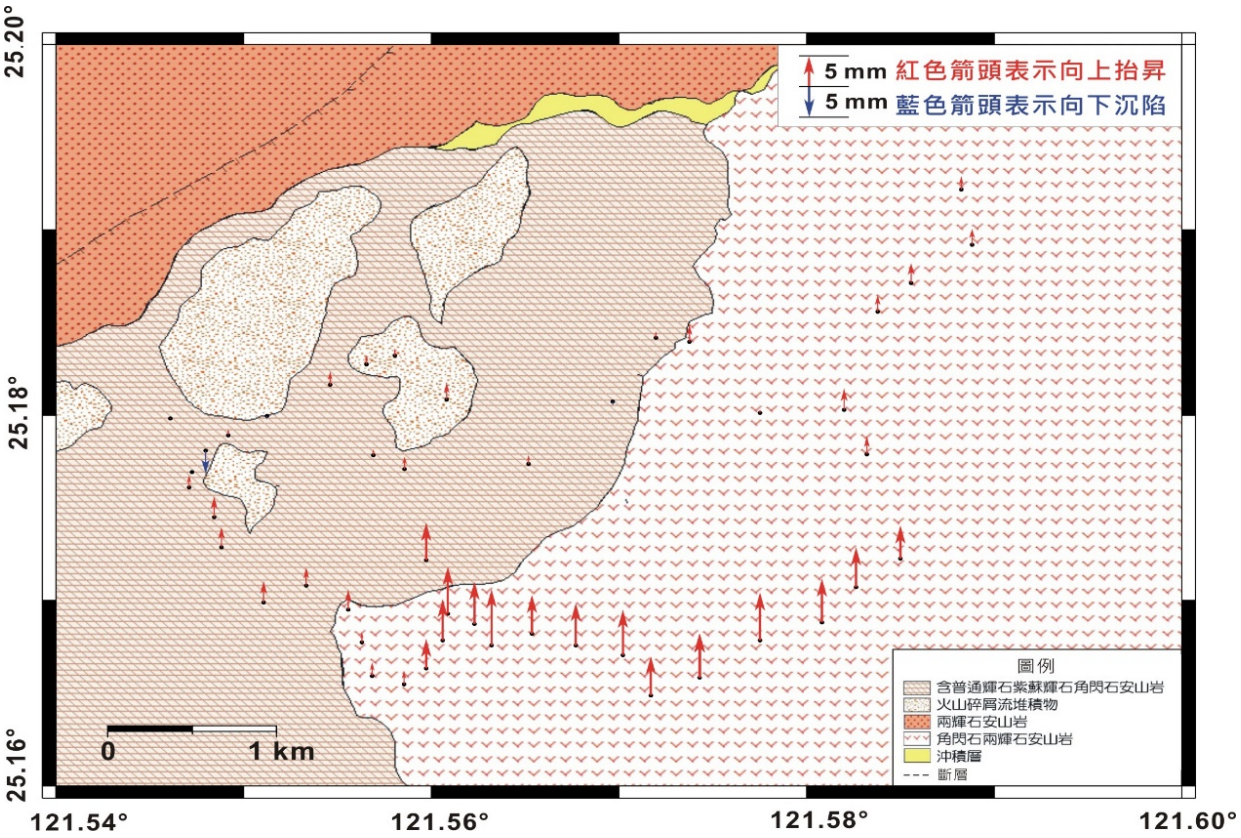


（2024 年 8 月及 2024 年 3 月）

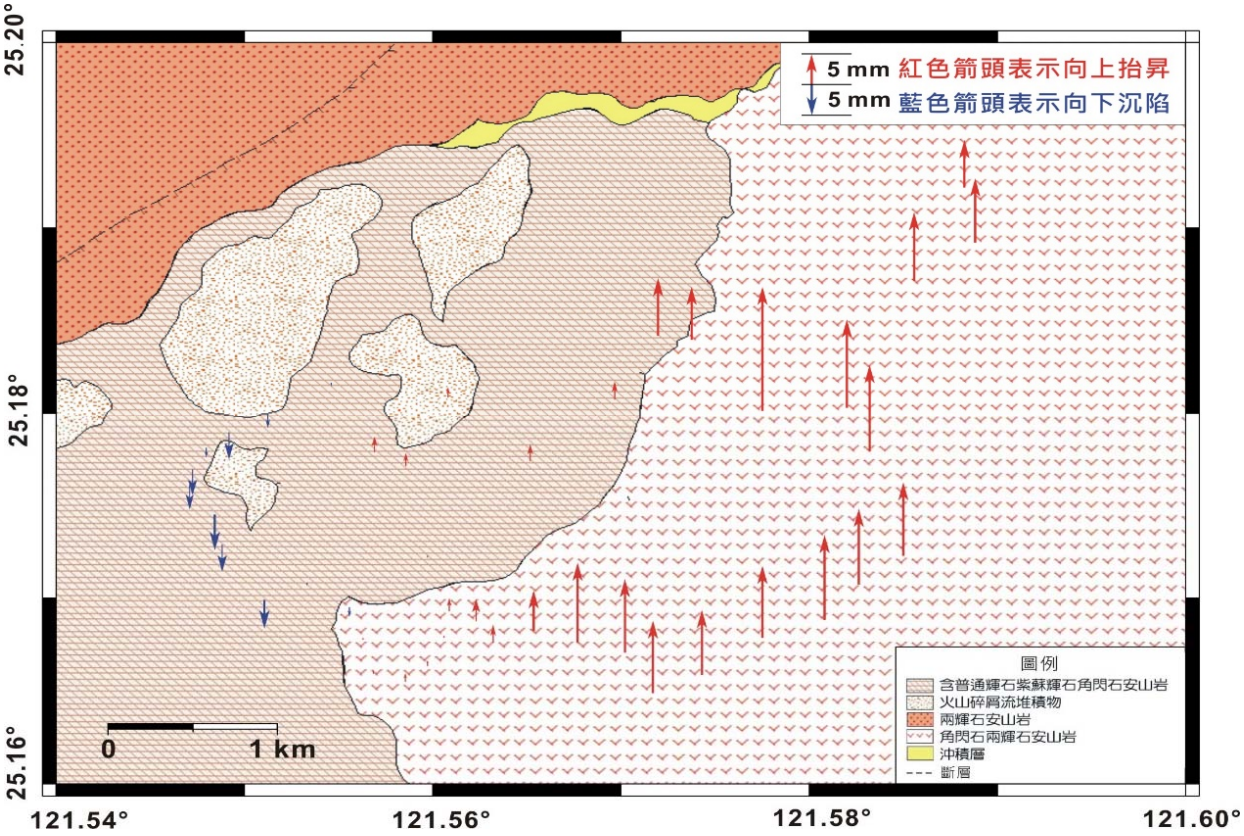


（2024 年 3 月及 2023 年 8 月）

圖 3-5 點位高程較差圖

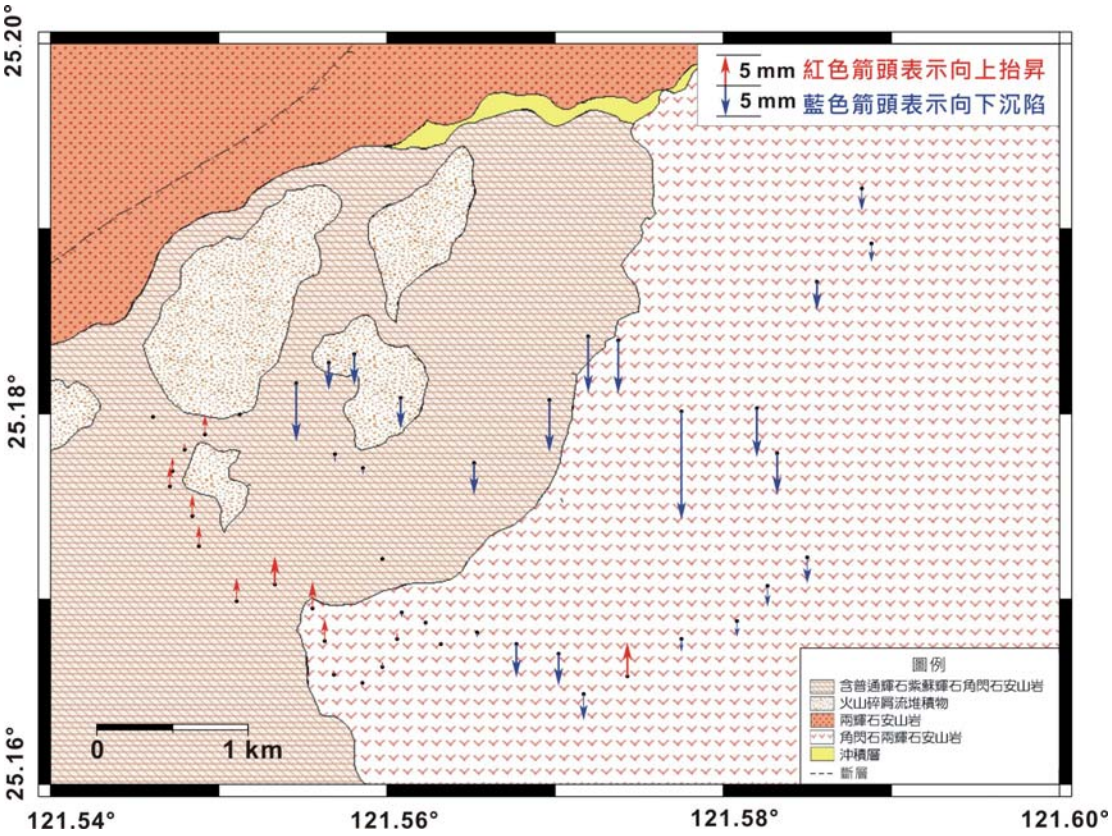


（2023 年 8 月及 2023 年 3 月）

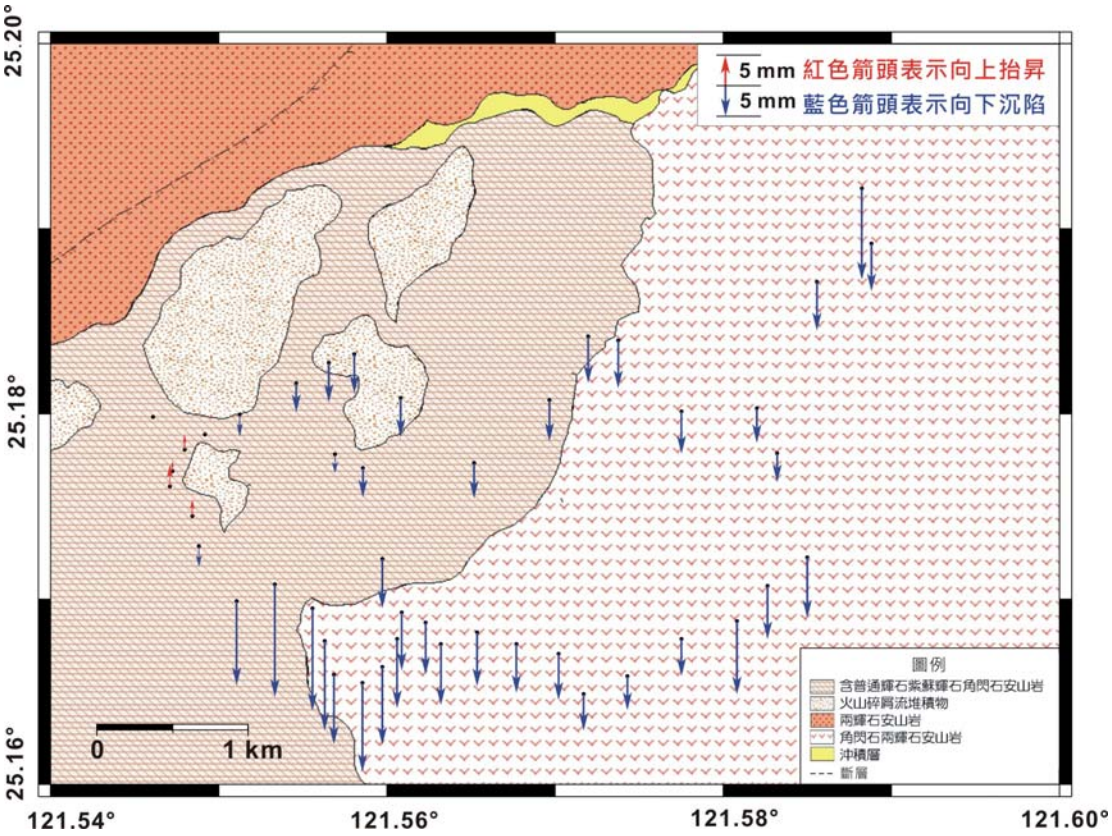


（2023 年 3 月及 2022 年 8 月）

圖 3-5 點位高程較差圖（續）

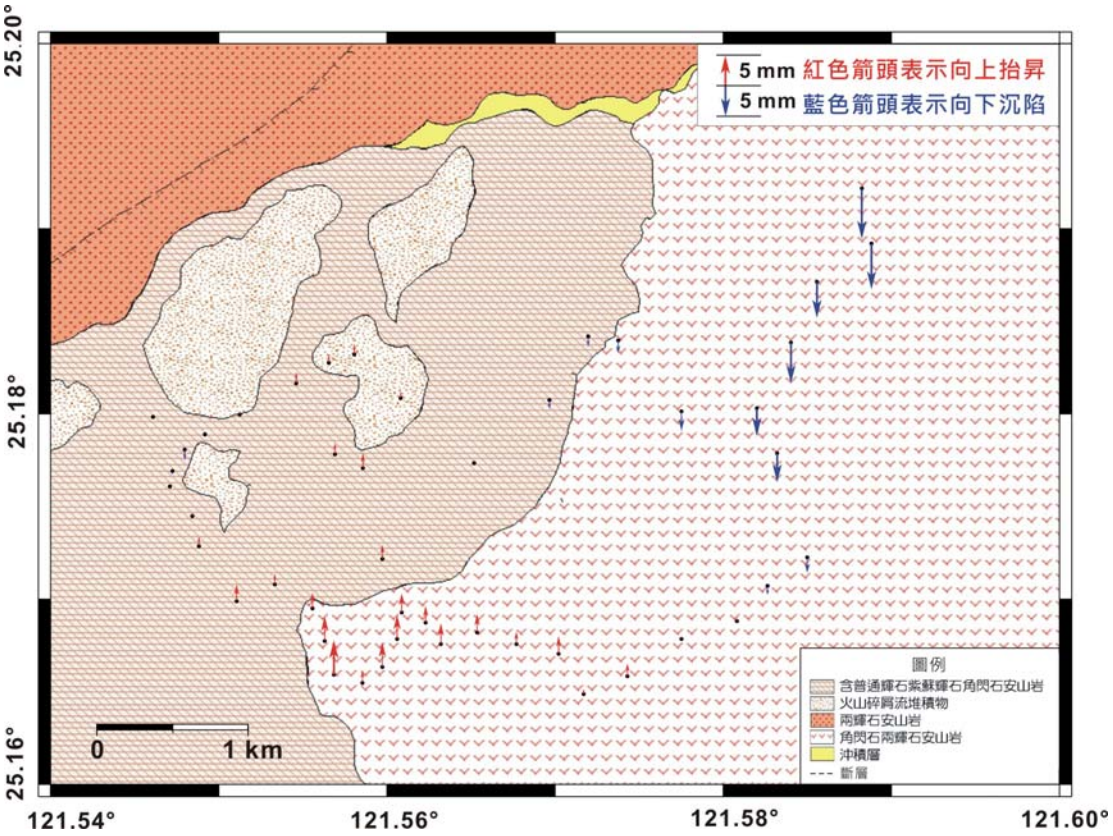


（2022 年 8 月及 2022 年 5 月）

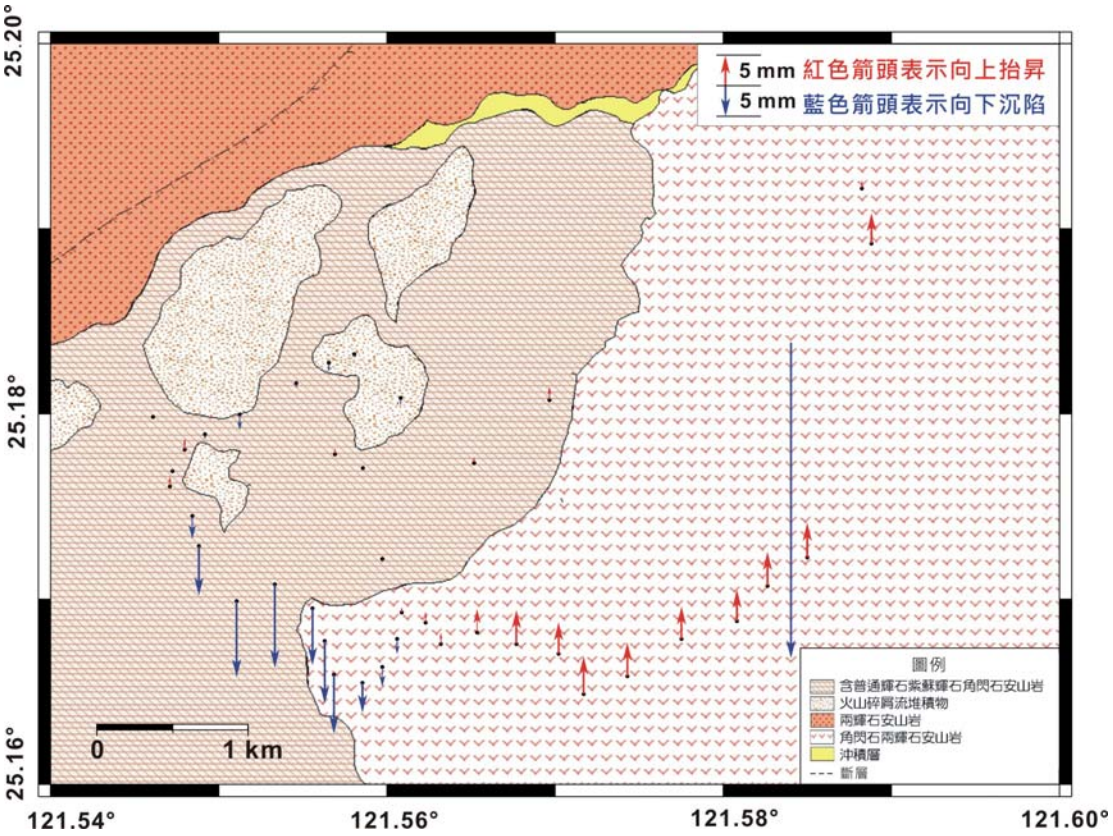


（2022 年 5 月及 2021 年 8 月）

圖 3-5 點位高程較差圖（續）



（2021 年 8 月及 2021 年 3 月）



（2021 年 3 月及 2020 年 9 月）

圖 3-5 點位高程較差圖（續）

1. 測點高程差變化分析

(1) 在 2021 年 3 月與 2020 年 9 月之間的部分測點高程差顯示正值，但在 2021 年 8 月與 2021 年 3 月之間比較相同位置的高程差時則呈現負值。

(2) 此外，也觀察到 2021 年 3 月與 2020 年 9 月的某些測點高程差為負值，然而在 2021 年 8 月與 2021 年 3 月之間比較相同位置時，該高程差卻顯示正值。

(3) 進一步分析顯示，2022 年 5 月與 2021 年 8 月之間，大部分測點高程差為負值，僅有少數點位（例如 Y3 測線上的 GI38、GI39、GA92、BM01 及 G140）呈現正值。同樣地，在 2022 年 8 月與 2022 年 5 月之間，多數測點高程差為負值，但 Y3 測線上的測點多數呈現正值。

(4) 2023 年 3 月與 2022 年 8 月之間的高程變化顯示，大部分測點的高程差為正值，僅 Y3 測線的測點多數為負值；隨後在 2023 年 8 月與 2023 年 3 月之間，大部分測點的高程差依然顯示正值，但少數測點（2098、GA92、GI39 及 GI59）顯示負值。

(5) 在 2024 年 3 月與 2023 年 8 月之間，絕大部分測點的高程差顯示正值；然而，2024 年 8 月與 2024 年 3 月的對比中，則以負值為主，僅 Y3 測線上的測點多數呈現正值。

(6) 其變化反映出高程差在不同時間的波動性，顯示出各測線之變化趨勢。

2. 測區高程變動情形分析

(1) 在 2021 年 3 月與 2020 年 9 月之間的高程變動顯示，測區西半部測點多呈現下降，而東半部測點則多為抬升；相對地，2021 年 8 月與 2021 年 3 月的高程變動中，西半部測點多數抬升，而東半部測點多數下降。

(2) 2022 年 5 月與 2021 年 8 月之間，測區整體高程多數呈現下降，僅小油坑周圍的測點顯示抬升。隨後在 2022 年 8 月與 2022 年 5 月之間，整體高程變動仍以下降為主，但東部小油坑和七星山步道周圍的測點多數顯示抬升。

(3) 2023 年 3 月與 2022 年 8 月期間，測區整體高程變動多數顯示抬升，但東部小油坑和七星山步道周圍的測點則多數為下降；2023 年 8 月與 2023 年 3 月之間，整體高程變動仍顯示抬升，僅有櫻花公園、小油坑停車場、小油坑遊憩引道及七星瀑布西這四個位置的測點呈現下降。

(4) 在 2024 年 3 月與 2023 年 8 月之間，整體高程變動以上升為主；然而，2024 年 8 月與 2024 年 3 月之間的高程變動多數顯示下降，僅 Y3 測線上的部分測點顯示抬升。

(5) 這些變動反映了不同時間點高程變動的區域性差異，並突顯了某些區域在高程變動中的趨勢。

§3-6-3 GNSS 連續站觀測聯合分析

本計畫第一期之新設精密水準點與測線布設，須經過地礦中心與其他單位已設置於路線上之 GNSS 連續站（包含 GS93、GS94、GS95 及 YM07），根據「火山災害潛勢評估與觀測技術強化－臺灣北部火山地區地震、地球化學與地表變形監測(2/2)成果報告」（地礦中心，2023），顯示在 2018 年至 2023 年期間鄰近的 GNSS 連續站觀測成果，其大地起伏垂直方向變化速率（參見圖 6-4；地礦中心，2023），其中，理想橢球面與大地水準面不重合，兩面之間有一段分離量，稱為大地起伏（Geoidal Undulation）。大地起伏值與橢球高度和正高之間的關係可通過以下公式計算：

$$H = h - N \qquad (6\text{-}2)$$

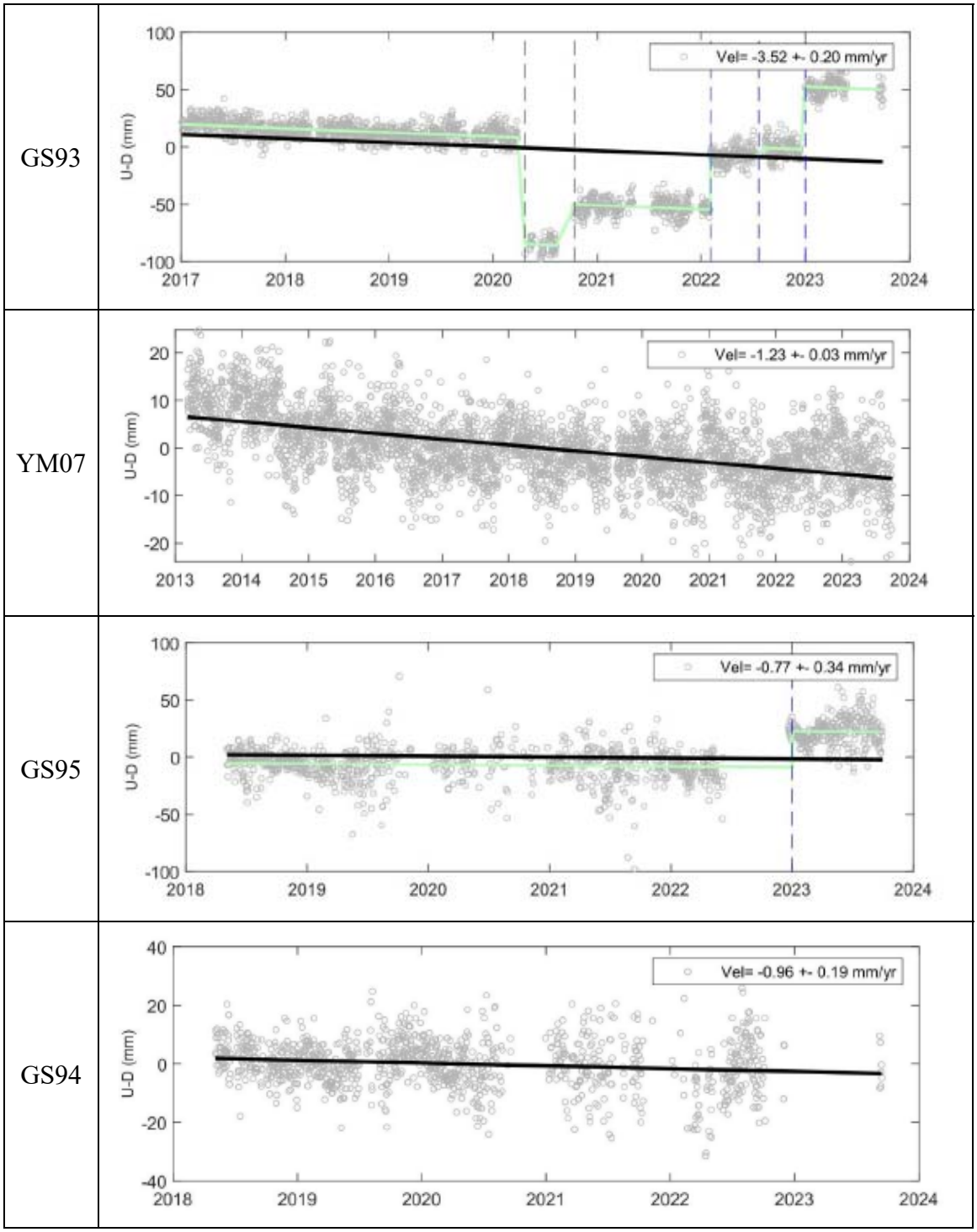
其中 H 為正高（Orthometric height）。
h 為橢球高度（Ellipsoidal height）。
N 為大地起伏（Geoidal Undulation）。

雖然由 GNSS 測得的橢球高度（自橢球面起算至該測量點位的垂直距離）和水準測量所得的正高度（自大地水準面起算至該測量點位的垂直距離）存在差異，但通過比較其每年變化量的速率，可以判斷它們的變化趨勢是否相符。

本計畫從 2020 年 9 月開始進行水準測量，因此由地礦中心提供 2020 年 9 月至 2023 年 10 月間 GNSS 連續站的觀測成果，將鄰近本案水準點附近的 GNSS 連續站（參考表 3-6）的大地起伏垂直方向變化速率與本案水準高程變化量的速率進行比較（參考圖 3-6 及圖 3-7），並提出成果統計和分析，以評估新型態（GNSS+水準測量）地表變形觀測方式的可行性，並為未來火山觀測工作提供具體參考。

表 3-6 本案水準點鄰近之 GNSS 連續站列表

序號	點名	點號	觀測年月	高程 變化速率	附近 GNSS 連續站	觀測年月	u 分量 變化速率
1	夢幻湖南	NO03	2020.9~2023.8	Vel=-3.07±0.61 mm/yr	GS93	2017~2023.10	Vel=-3.52±0.20 mm/yr
2	小油坑 遊憩區碑	GI38	2020.9~2023.8	Vel=-0.31±0.10 mm/yr	YM07	2013~2023.10	Vel=-1.23±0.03 mm/yr
3	八煙硫磺區	GI69	2020.9~2023.8	Vel=-6.49±1.02 mm/yr	GS95	2018~2023.10	Vel=-0.77±0.34 mm/yr
4	中湖戰備 道路	GI70	2020.9~2023.8	Vel=-0.44±0.29 mm/yr	GS94	2018~2023.10	Vel=-0.96±0.19 mm/yr



（地礦中心，2023）

圖 3-6 鄰近之 GNSS 連續站 u 分量之變化速率



圖 3-7 鄰近 GNSS 連續站之水準點點位高程變化速率

為了評估以 GNSS 連續站結合水準測量進行地表變形觀測的可行性，可以按以下兩點進行分析與比較：

1. 數據處理與大地起伏速率計算：

將 GNSS 觀測資料顯示為垂直方向的位移速率（mm/yr），從而分析地表垂直變形的趨勢，將計算水準測量點的高程變化速率，同樣轉換為年變化率，以便後續比對。

2. 數據比較與分析：

比較水準測量得到的高程變化速率與 GNSS 測站在垂直方向上的大地起伏速率，檢查二者是否具有一致的變化趨勢或顯著差異。由於本案測量得到的高程變化速率與 GNSS 測站在垂直方向上的大地起伏速率數據變化趨勢相近，則說明 GNSS 與水準測量在垂直位移監測方面的相關性好，可互相支持此種新型觀測方式。

GNSS 連續觀測顯示大屯火山部分區域有緩慢的地表抬升和沉降，這些變形可能與地下岩漿或氣體活動有關，但垂直位移不明顯，抬升幅度較小，屬於微小變形範疇。水準測量輔助的地表高程變化數據顯示，部分地區的地表存在年均毫米級的高度變化，但整體而言，地表抬升和沉降幅度並不大。

四、結論與建議

§4-1 結論

1. **水準測量施測時間**：本年度作業已於 2024 年 3 月 7 日至 3 月 15 日及 2024 年 8 月 21 日至 8 月 28 日完成 2 次現場施測。
2. **水準測量施測數量**：本計畫依據 2020 年度選定之已知點 12 點（包括 6 點一等水準點 1 點、地礦中心水準點 3 點、一等衛星控制點 1 點、陽明山國家公園管理處生態監測點及 1 點現存鋼標點）及 2020 年新設水準點 34 點，總計施測 46 點，分 6 條測線、47 個測段，施測水準路線總長為 24.89*km*；而在 2022 年度作業中，Y5 測線因 GI66 點位遭土地管理單位進行道路修繕移除，因此於 2022 年 12 月埋設新點 GI66A，於 2023 年度開始進行施測。
3. **系統誤差改正**：本計畫觀測資料均經視準軸誤差、折射誤差、地球曲率、水準尺溫度等改正，並配合內政部公告之臺灣地區重力成果值及以線性迴歸方式內插計算點位之重力值進行正高改正。
4. **測段往返閉合差分析**：47 個水準測段往返閉合差分析（2022 年度因 GI66 點位遭土地管理單位進行道路修繕移除，因此僅 46 個測段），詳表 4-1，其 9 次水準測量標準往返閉合差之負值介於-1.702~-0.020 之間；正值則介於 0.011~2.484 之間，代表山區可能有隱含未消去的系統誤差（如鐵墊滑動），使測段標準往返閉合差值偏正。

表 4-1 歷年測段往返閉合差分析統計表

年月	2020.09	2021.03	2021.08	2022.05	2022.08	2023.03	2023.08	2024.03	2024.08
Mean(*mm*)	+0.491	+0.848	+0.872	+0.794	+0.900	+0.747	+0.901	+0.597	+0469
S.T.D(*mm*)	±0.720	±0.399	±0.560	±0.538	±0.508	±0.318	±0.495	±0.361	±0.258
正值數量	37	47	47	44	45	47	46	46	47
負值數量	10	0	0	2	1	0	1	1	0

5. **環線閉合差分析**：各測段經系統誤差改正後，水準環線閉合差均能符合 $2.5mm\sqrt{F}$之精度規範。
6. **水準網平差**：水準網平差利用 Gauss-Markoff Model（GMM）求解各水準點的高程，利用每一個測段作為平差輸入的觀測量，並約制 2101（點名：小油坑）作為起算高程，以測段距離（單位為 km）的倒數為權值進行平差，平差結果可通過 95%的信心區間內的卡方測試，顯示平差成果良好。
7. **高程變動分析**：透過 2020 年 9 月、2021 年 3 月、2021 年 8 月、2022 年 5 月、2022 年 8 月、2023 年 3 月、2023 年 8 月、2024 年 3 月及 2024 年 8 月之觀測數據進行高程變動分析，以了解大屯火山周遭地表變動情形：

(1) 2021 年 3 月及 2020 年 9 月之部份點位高程差為正值，但於 2021 年 8 月及 2021 年 3 月比較相同位置點位之高程差則呈現負值；又可發現 2021 年 3 月及 2020 年 9 月之部份點位高程差為負值，但於 2021 年 8 月及 2021 年 3 月比較相同位置點位之高程差則呈現正值；2022 年 5 月及 2021 年 8 月多數點位高程差均呈現負值，僅少數點位（Y3 測線之 GI38、GI39、GA92、BM01 及 G140）高程差呈現正值；2022 年 8 月及 2022 年 5 月多數點位高程差呈現負值，僅 Y3 測線上之點位多呈現正值；2023 年 3 月及 2022 年 8 月多數點位高程差呈現正值，僅 Y3 測線上之點位多呈現負值；2023 年 8 月及 2023 年 3 月多數點位高程差呈現正值，僅少數點位（2098、GA92、GI39 及 GI59）呈現負值；在 2024 年 3 月及 2023 年 8 月之間，絕大部分測點的高程差顯示正值； 2024 年 8 月及 2024 年 3 月間，則以負值為主，僅 Y3 測線上的測點多數呈現正值。

(2) 2021 年 3 月及 2020 年 9 月之高程變動情形西半部之點位變動多為負，東半部之點位變動則多為正；而 2021 年 8 月及 2021 年 3 月之高程變動情形西半部之點位變動多為正，東半部之點位變動則多為負；2022 年 5 月及 2021 年 8 月整體高程變動情形為負，僅小油坑周圍之變動為正；2022 年 8 月及 2022 年 5 月整體高程變動情形多為負，而東部小油坑及七星山步道周圍之變動多為正；2023 年 3 月及 2022 年 8 月整體高程變動情形多為正，而東部小油坑及七星山步道周圍之變動多為負；2023 年 8 月及 2023 年 3 月整體高程變動情形多為正，僅 4 個位置（櫻花公園、小油坑停車場、小油坑遊憩引道、七星瀑布西）變動為負；在 2024 年 3 月與 2023 年 8 月之間，整體高程變動以上升為主；2024 年 8 月與 2024 年 3 月之間的高程變動多數顯示下降，僅 Y3 測線上的部分測點顯示抬升，歷年高程差較差統計表，詳表 4-2。

表 4-2 歷年高程差較差統計表

高程差較差(mm)	2021.03-2020.09	2021.08-2021.03	2022.05-2021.08	2022.08-2022.05	2023.03-2020.08	2023.08-2023.03	2024.03-2023.08	2024.08-2024.03
平均	-0.71	0.21	-5.80	-1.74	3.41	2.73	2.18	-0.58
標準偏差	7.39	2.56	4.04	3.67	5.27	2.24	1.81	2.00

總結來說，大屯火山顯現出微小的地表變形和持續的熱液活動，顯示其地底系統可能存在岩漿或熱液活動，雖然目前並未顯示出大規模噴發的明確跡象，但這些觀測數據對於火山活動預警和風險評估具重要參考價值，而大屯火山的水準測量監測結果主要顯示出該地區的地表存在微小變動，以下是過去幾年水準測量的觀測結果及趨勢總結：

1. 年均地表變形速率：

根據水準測量結果，大屯火山區域的年均地表變形速率通常在毫米級，一般在 0.2 至 7 mm/yr 之間。部分區域可能出現稍明顯的抬升或沉降，變動幅度大於其他區域，顯示可能為地下活動的局部影響。

2. 空間變形分布：

測量結果顯示，大屯火山部分區域存在地表抬升和沉降現象，而大屯火山的「火山通道」位於陽明山國家公園的大油坑和擎天崗之間，因此可能與火山噴氣口或熱液活動區域有關，而部分測點在不同年份顯示出不同的抬升或沉降趨勢，表明地表變形在時間上存在波動性。

3. 趨勢和變化模式：

整體而言，大屯火山的水準測量結果顯示地表變形趨勢較為平穩，並未發現顯著的地表隆起或沉降，這表明火山地區的活動處於低度變動狀態。這些變形與火山活動的深部動態有關，可能受到地下流體移動、熱液活動及局部岩漿作用影響，但尚未顯示出大規模變形的徵兆。

4. 觀測穩定性和未來趨勢：

水準測量結果的穩定性強，為大屯火山未來的地表變形提供了重要基準數據。將水準測量與其他觀測方法（如 GNSS 測量）整合分析，可以更多方地評估大屯火山的活動趨勢，而大屯火山的水準測量顯示其地表變形緩慢、波動性小，且主要變形集中於局部區域，這些監測數據對於火山活動的長期趨勢評估有重要價值，有助於及時掌握潛在火山活動的風險指標。

§4-2 後續執行建議

根據執行本計畫的過程與結果，提出以下建議供主辦單位參考，以期後續辦理相關計畫時能得到更佳的成效。

5. 施測季節的考量：

本計畫第 1 年度由於埋樁行政時效的延遲，造成 9 月份方進行外業測量，由於大屯火山地區 9 月份起受東北季風影響，山區多強風及大雨，視線不佳，不僅作業效率大降，且增加工作人員的安全風險，至第 2 年度分別在 3 月及 8 月施測，本年度分別在 3 月及 8 月施測即可穫得遇估之效率，較為符合於地表變動地區應縮短水準外業時程的原則，故後續計畫仍建議維持於 3 月至 8 月的外業工期。

6. 施測監測點位重力值：

由於本計畫作業區域均位於山區，故正高改正為一項不可或缺的系統誤差改正，但由於多數點位均未有實測重力值，不得以採用重力網格內插水準點重力值，以計算測段間之正高改正，內政部公告臺灣地區重力基準及重力系統之成果，為使用經國際重力比對（如 International Comparison of Absolute Gravimeters,ICAG）驗證之絕對重力儀，進行長期觀測分析，將其測量成果作為訂定重力系統之依據。且基本控制測量之重力值計算，應依據重力基準之測量成果化算，且視精度需要進行環境改正，但由於山區地形起伏大，且無法獲取更精確的地形改正資料，採用內插方式取得的重力值可能無法相對精確，造成正高改正可能失真（參照表 4-3），故建議後續辦理時應針對水準點進行重力測量。

表 4-3 本計畫點位公告重力值及內插重力值之正高改正值較差列表

起點點號	終點點號	利用公告重力值計算之正高改正值(*mm*)	利用內插重力值計算之正高改正值(*mm*)	較差(*mm*)
2101	2100	-6.076	5.448	11.525
2100	2099	-10.225	-21.318	-11.093
2099	2098	-8.390	-14.187	-5.798
2098	2097	-6.164	-3.680	2.484
2101	GA92	2.578	8.320	5.742
YMSB	2096	-32.527	-11.419	21.109

參考文獻

內政部，2001，一等一級水準網測量工作總報告書。

內政部，2003，一等二級水準網測量工作總報告書。

內政部，2014，一等水準測量作業規範（103 年修正本）。

宋聖榮、楊燦堯、江協堂、蔡裕偉，2011，大台北地區特殊地質災害調查與監測第二期－火山地質與火山活動調查與監測（4/4）報告；經濟部中央地質調查所。

胡明城、魯福，1993，現代大地測量學，上冊；測繪出版社。

胡植慶、劉啟清、楊燦堯、景國恩、鄭錦桐，2016，斷層活動性觀測研究第三階段-斷層整合性觀測與潛勢分析總報告；經濟部中央地質調查所。

張坤樹、黃偉城，2008，95 年度一等水準點水準及衛星定位測量檢測工作-水準測量工作報告；內政部國土測繪中心。

陳國華，2004，整合 TWVD2001 水準及 GPS 資料改進臺灣區域性大地水準面模式以應用於 GPS 高程測量，國立成功大學測量及空間資訊學系博士論文。

曾清凉、劉啟清，1988，水準測量的折射誤差分析(I)(II)，國科會專題研究報告，NSC77-0410-E006-17。

曾清凉、楊名、劉啟清，2003，一等二級水準網測量督導查核工作總報告書；內政部。

鄭鼎耀、黃偉城，2020，臺灣北部大屯火山地區精密水準測量(1/2)期末報告；經濟部中央地質調查所。

中華民國地球物理學會，2023，火山災害潛勢評估與觀測技術強化－臺灣北部火山地區地震、地球化學與地表變形監測(2/2)成果報告；經濟部地質調查及礦業管理中心。

Angus-Leppan, P. V., 1984, Geodetic Refraction: Refraction in Geodetic Leveling, Springer-Verlag, Berlin, pp. 163-180.

Bomford, G., 1980, Geodesy, 4th ed., Oxford University Press Inc., NewYork, 678 pages.

Demoulin A., and A. Collignon, 2000, Nature of the recent vertical ground movements inferred from high-precision leveling data in an intraplate setting: NE Ardenne, Belgium, J. Geophys. Res., 105, 693-705.

Heiskanen, W. A. and H. Moritz, 1967, Physical Geodesy, W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA, U.S.A., 364 pages.

Hodgkinson, K. M., R. S. Stein, and G. Marshall, 1996, Geometry of the 1954 Fairview Peak-Dixie Valley earthquake sequence from a joint inversion of leveling and triangulation data, J. Geophys. Res., 101, 25437-25457.

Kostoglodov V., R. W. Valenzuela, A. Gorbatov, J. Mimiaga, S. I. Franco, J. A. Alvarado, and R. Pelaez, 2001, Deformation in the Guerrero seismic gap, Mexico, from leveling observations, J. Geod., 75, 19-32.

Kukkamaki, T. J., 1938, Uber Die Nivellitische Refraktion, Finn. Geod. Inst., Helsinki, Finland, No. 25, 48 pages.

Kukkamaki, T. J., 1980, Error Affecting Leveling, NAD Symposium, Ottawa, CIS, p.1-10.

Lin, J., and R. S. Stein, 1989, Coseismic folding, earthquake recurrence, and the 1987 source mechanism at Whittier Narrows, Los Angeles Basin, California, J. Geophys. Res., 94, 9614-9632.

Murase, M., Ishikawa, K., Lin, C., Lin, J., Pu, H., Kimata, F., Miyajima, R., Nakamichi, H. and Suzuki, A., 2007, Estimated pressure source and vertical deformation in Tatun volcano group, Taiwan, detected by precise leveling in June 2006-August 2007. In AGU Fall Meeting 2007, abstract V11C-0740.

Murase, M., Lin, C. H., Kimata, F., Mori, H., & Pu, H. C.,2014, Volcano-hydrothermal activity detected by precise levelling surveys at the Tatun volcano group in Northern Taiwan during 2006–2013. Journal of volcanology and geothermal research, 286, 30-40.

Rappleye, H. S., 1984, Manual of Leveling Computation and Adjustment, Supersedes Coast and Geodetic Survey Special Publication No. 240, NOS/NOAA, Rockville, Maryland.

附錄

附錄 1　水準網平差報表

2024 年 3 月水準網平差報表

```
****************************************
*  ADJUSTMENT OF LEVELING NETWORK      *
*                                      *
*         VERSION 11.0 2009.03         *
****************************************

     **  LEVEL NET ADJUSTMENT COMPUTATION **

  project name   :臺灣北部大屯火山地區精密水準測量(2024.03)
  input data file:202403.INP

     *** Reordering Information ***
  Require Storage Before Recording =       213
  Require Storage After Recording  =       213


     *** leveling line observation data ***
 No.  line Code   Distance(km)   mm*sqrt(KM)  Weight    Observation(m)

   1      10002       0.630       1.285       0.961      -30.77684
   2      20003       0.739       1.285       0.820      -31.30365
   3      30004       0.752       1.285       0.805      -35.79203
   4      40005       0.803       1.285       0.754      -37.11292
   5      50006       0.656       1.285       0.923      -23.94466
   6      60007       0.531       1.285       1.141      -21.31654
   7      70008       0.681       1.285       0.889      -21.28297
   8      80009       0.786       1.285       0.770      -42.46733
   9      90010       1.114       1.285       0.544      -44.36324
  10     100011       0.993       1.285       0.610      -39.67548
  11     110012       0.953       1.285       0.635      -50.59222
  12     120013       0.861       1.285       0.703      -47.25825
  13      10014       0.487       1.285       1.244        6.26611
  14     140015       0.186       1.285       3.256        5.44051
  15     150016       0.196       1.285       3.090        7.73018
  16     160017       0.166       1.285       3.648        0.84657
  17     170018       0.445       1.285       1.361       74.40256
  18     180019       0.266       1.285       2.277       74.23576
  19     190020       0.563       1.285       1.076      103.31492
  20     200021       0.435       1.285       1.392       53.24320
  21     210022       0.312       1.285       1.941       -9.72410
  22     220023       0.354       1.285       1.711     -101.23011
  23     230024       0.271       1.285       2.235      -80.25302
  24     240025       0.316       1.285       1.916      -36.26082
  25     250026       0.230       1.285       2.633       -3.22851
  26     260027       0.317       1.285       1.910      -16.28461
  27     270028       0.241       1.285       2.513      -60.95820
  28     280029       0.187       1.285       3.239      -25.27448
  29     290030       0.490       1.285       1.236      -44.23957
  30     300031       0.250       1.285       2.422       -3.46867
  31     310032       0.314       1.285       1.929       22.42553
  32     320033       0.403       1.285       1.503       17.98899
  33     330034       0.424       1.285       1.428      -34.07222
  34     340035       0.582       1.285       1.041       18.24983
  35     350036       0.448       1.285       1.352      -25.09928
  36     360037       0.566       1.285       1.070     -113.97419
  37     370038       0.302       1.285       2.005      -72.79070
  38     380039       0.329       1.285       1.841      -49.68378
  39     390040       1.145       1.285       0.529     -114.81205
  40     400013       0.321       1.285       1.887      -18.67935
  41     130041       0.756       1.285       0.801      -23.00579
  42     410042       0.298       1.285       2.032        3.01347
  43     420043       0.610       1.285       0.993      -32.91856
```

44	430044	0.572	1.285	1.059	-21.98486
45	30045	0.231	1.285	2.622	-4.68180
46	450046	0.801	1.285	0.756	85.32784
47	460029	0.520	1.285	1.165	-26.30449

Fixed Point No.	Elevation(m)	sigma(mm)
1 2101	791.64775	0.00

Number of obs 47
Number of bench marks 46
Number of fixed points 1
degree of freedom 2
sum weighted squared residules VtPV .....4005D-05(mm**2/km)
standard deviation ..... 1.415 (mm * sqrt(1 km))
Chi-Square Test Value 1.42
Chi-Square Test 95% Critical Values (Low). 0.64
Chi-Square Test 95% Critical Values (Up).. 4.10

**** Apriori height updated value (m) ****

No	Name	Elevation	update	STD
1	2101	791.64775	0.00000	0.00000

*** Adjusted Elevations of Points ***

No	Name	Elevation (m)	Std. (mm)
1	2101	791.64775	0.00
2	GI59	760.87124	1.38
3	2100	729.56798	1.93
4	GI60	693.77558	2.45
5	GI61	656.66227	2.85
6	2099	632.71729	3.11
7	GI62	611.40049	3.29
8	GI63	590.11719	3.47
9	2098	547.64947	3.64
10	GI64	503.28569	3.80
11	2097	463.60972	3.88
12	GI65	413.01704	3.90
13	2096	365.75837	3.88
14	GI38	797.91360	1.23
15	GI39	803.35402	1.43
16	GA92	811.08409	1.60
17	BM01	811.93058	1.72
18	GI40	886.33290	1.99
19	GI41	960.56852	2.11
20	GI42	1063.88315	2.31
21	GI43	1117.12612	2.42
22	GI44	1107.40186	2.47
23	GI45	1006.17156	2.51
24	GI46	925.91840	2.53
25	B271	889.65741	2.53
26	NO03	886.42878	2.52
27	GI47	870.14401	2.49
28	GI48	809.18568	2.46
29	GI49	783.91110	2.42
30	GI50	739.67177	2.69
31	GI51	736.20322	2.81
32	GB06	758.62891	2.94
33	GI52	776.61809	3.10
34	GI53	742.54608	3.24
35	YMSB	760.79619	3.41
36	GI54	735.69713	3.52
37	GI55	621.72322	3.63
38	GI56	548.93267	3.68
39	GI57	499.24905	3.73
40	GI58	384.43756	3.86
41	GI66A	342.75258	4.19

42	GI67	345.76605	4.30
43	GI68	312.84749	4.53
44	GI69	290.86263	4.73
45	GI70	724.88641	2.05
46	GB08	810.21506	2.34

*** Reliability Analysis Information ***
normal obs(..); warning obs r<0.25(1.); bad obs v'>3(.R)
very bad obs(1R), questionable obs v>2.0cm(..?)

interval and external reliability were
under type I error confidience level Alpha=99.73%
and type II error test ability Beta = 84%
for critical value K=3, so called 3 times error
considered as outlier. Thus we have a constant control
scale factor Delta=4 to multiply the undetected error
to reliability and individual redundancy Ri of each
measurment.

No.	from----to		Weight	dist(km)	raw_obs(m)	v(mm)	adj_obs(m)	ri	v'	mark	intR	extR
1	2101	GI59	0.96	0.63	-30.77684	0.33	-30.77651	0.08	0.8	1.	14.02	13.43
2	GI59	2100	0.82	0.74	-31.30365	0.39	-31.30326	0.10	0.8	1.	12.94	12.31
3	2100	GI60	0.81	0.75	-35.79203	-0.37	-35.79240	0.05	1.0	1.	17.84	17.38
4	GI60	GI61	0.75	0.80	-37.11292	-0.39	-37.11331	0.05	1.0	1.	17.26	16.79
5	GI61	2099	0.92	0.66	-23.94466	-0.32	-23.94498	0.04	1.0	1.	19.10	18.67
6	2099	GI62	1.14	0.53	-21.31654	-0.26	-21.31680	0.04	1.0	1.	21.22	20.84
7	GI62	GI63	0.89	0.68	-21.28297	-0.33	-21.28330	0.05	1.0	1.	18.74	18.31
8	GI63	2098	0.77	0.79	-42.46733	-0.38	-42.46771	0.05	1.0	1.	17.45	16.98
9	2098	GI64	0.54	1.11	-44.36324	-0.54	-44.36378	0.07	1.0	1.	14.65	14.10
10	GI64	2097	0.61	0.99	-39.67548	-0.49	-39.67597	0.07	1.0	1.	15.52	15.00
11	2097	GI65	0.64	0.95	-50.59222	-0.47	-50.59269	0.06	1.0	1.	15.84	15.33
12	GI65	2096	0.70	0.86	-47.25825	-0.42	-47.25867	0.06	1.0	1.	16.67	16.18
13	2101	GI38	1.24	0.49	6.26611	-0.26	6.26585	0.06	0.8	1.	15.94	15.43
14	GI38	GI39	3.26	0.19	5.44051	-0.10	5.44041	0.02	0.8	1.	25.80	25.48
15	GI39	GA92	3.09	0.20	7.73018	-0.10	7.73008	0.03	0.8	1.	25.13	24.81
16	GA92	BM01	3.65	0.17	0.84657	-0.09	0.84648	0.02	0.8	1.	27.30	27.01
17	BM01	GI40	1.36	0.45	74.40256	-0.23	74.40233	0.06	0.8	1.	16.68	16.19
18	GI40	GI41	2.28	0.27	74.23576	-0.14	74.23562	0.03	0.8	1.	21.57	21.20
19	GI41	GI42	1.08	0.56	103.31492	-0.30	103.31462	0.07	0.8	1.	14.83	14.28
20	GI42	GI43	1.39	0.43	53.24320	-0.23	53.24297	0.06	0.8	1.	16.87	16.39
21	GI43	GI44	1.94	0.31	-9.72410	-0.16	-9.72426	0.04	0.8	1.	19.92	19.51
22	GI44	GI45	1.71	0.35	-101.23011	-0.19	-101.23030	0.05	0.8	1.	18.70	18.26
23	GI45	GI46	2.23	0.27	-80.25302	-0.14	-80.25316	0.04	0.8	1.	21.37	20.99
24	GI46	B271	1.92	0.32	-36.26082	-0.17	-36.26099	0.04	0.8	1.	19.79	19.38
25	B271	NO03	2.63	0.23	-3.22851	-0.12	-3.22863	0.03	0.8	1.	23.20	22.85
26	NO03	GI47	1.91	0.32	-16.28461	-0.17	-16.28478	0.04	0.8	1.	19.76	19.35
27	GI47	GI48	2.51	0.24	-60.95820	-0.13	-60.95833	0.03	0.8	1.	22.66	22.31
28	GI48	GI49	3.24	0.19	-25.27448	-0.10	-25.27458	0.02	0.8	1.	25.73	25.41
29	GI49	GI50	1.24	0.49	-44.23957	0.24	-44.23933	0.03	1.0	1.	22.10	21.73
30	GI50	GI51	2.42	0.25	-3.46867	0.12	-3.46855	0.02	1.0	1.	30.93	30.67
31	GI51	GB06	1.93	0.31	22.42553	0.15	22.42568	0.02	1.0	1.	27.60	27.31
32	GB06	GI52	1.50	0.40	17.98899	0.20	17.98919	0.03	1.0	1.	24.36	24.03
33	GI52	GI53	1.43	0.42	-34.07222	0.21	-34.07201	0.03	1.0	1.	23.75	23.41
34	GI53	YMSB	1.04	0.58	18.24983	0.28	18.25011	0.04	1.0	1.	20.27	19.88
35	YMSB	GI54	1.35	0.45	-25.09928	0.22	-25.09906	0.03	1.0	1.	23.11	22.76
36	GI54	GI55	1.07	0.57	-113.97419	0.28	-113.97391	0.04	1.0	1.	20.56	20.17
37	GI55	GI56	2.01	0.30	-72.79070	0.15	-72.79055	0.02	1.0	1.	28.14	27.86
38	GI56	GI57	1.84	0.33	-49.68378	0.16	-49.68362	0.02	1.0	1.	26.96	26.67
39	GI57	GI58	0.53	1.15	-114.81205	0.56	-114.81149	0.08	1.0	1.	14.45	13.89
40	GI58	2096	1.89	0.32	-18.67935	0.16	-18.67919	0.02	1.0	1.	27.30	27.00
41	2096	GI66A	0.80	0.76	-23.00579	0.00	-23.00579	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
42	GI66A	GI67	2.03	0.30	3.01347	0.00	3.01347	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
43	GI67	GI68	0.99	0.61	-32.91856	0.00	-32.91856	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
44	GI68	GI69	1.06	0.57	-21.98486	0.00	-21.98486	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
45	2100	GI70	2.62	0.23	-4.68180	0.23	-4.68157	0.04	1.4	1.	20.19	19.79
46	GI70	GB08	0.76	0.80	85.32784	0.81	85.32865	0.14	1.4	1.	10.84	10.08
47	GB08	GI49	1.16	0.52	-26.30449	0.53	-26.30396	0.09	1.4	1.	13.46	12.85

2024 年 8 月水準網平差報表

```
****************************************
*  ADJUSTMENT OF LEVELING NETWORK      *
*                                      *
*         VERSION 11.0 2009.03         *
****************************************

    **  LEVEL NET ADJUSTMENT COMPUTATION **

 project name   :臺灣北部大屯火山地區精密水準測量(2024.08)
 input data file:202408.INP

    *** Reordering Information ***
 Require Storage Before Recording =       213
 Require Storage After Recording  =       213


    *** leveling line observation data ***
```

No.	line Code	Distance(km)	mm*sqrt(KM)	Weight	Observation(m)
1	10002	0.632	1.285	0.958	-30.77638
2	20003	0.738	1.285	0.821	-31.30324
3	30004	0.752	1.285	0.805	-35.79193
4	40005	0.802	1.285	0.755	-37.11269
5	50006	0.656	1.285	0.923	-23.94470
6	60007	0.532	1.285	1.138	-21.31621
7	70008	0.694	1.285	0.873	-21.28373
8	80009	0.782	1.285	0.774	-42.46800
9	90010	1.145	1.285	0.529	-44.36401
10	100011	0.994	1.285	0.609	-39.67613
11	110012	0.941	1.285	0.644	-50.59302
12	120013	0.853	1.285	0.710	-47.25735
13	10014	0.486	1.285	1.246	6.26658
14	140015	0.185	1.285	3.274	5.43804
15	150016	0.210	1.285	2.884	7.73227
16	160017	0.136	1.285	4.453	0.84714
17	170018	0.444	1.285	1.364	74.40437
18	180019	0.267	1.285	2.268	74.23493
19	190020	0.560	1.285	1.081	103.31609
20	200021	0.431	1.285	1.405	53.24367
21	210022	0.321	1.285	1.887	-9.72476
22	220023	0.344	1.285	1.760	-101.23204
23	230024	0.281	1.285	2.155	-80.25483
24	240025	0.315	1.285	1.923	-36.26450
25	250026	0.233	1.285	2.599	-3.22629
26	260027	0.312	1.285	1.941	-16.28353
27	270028	0.233	1.285	2.599	-60.95904
28	280029	0.174	1.285	3.481	-25.27416
29	290030	0.490	1.285	1.236	-44.23991
30	300031	0.250	1.285	2.422	-3.46958
31	310032	0.314	1.285	1.929	22.42649
32	320033	0.403	1.285	1.503	17.98885
33	330034	0.426	1.285	1.422	-34.07262
34	340035	0.582	1.285	1.041	18.24973
35	350036	0.451	1.285	1.343	-25.09968
36	360037	0.568	1.285	1.066	-113.97534
37	370038	0.304	1.285	1.992	-72.79149
38	380039	0.328	1.285	1.846	-49.68281
39	390040	1.183	1.285	0.512	-114.81299
40	400013	0.322	1.285	1.881	-18.67894
41	130041	0.754	1.285	0.803	-23.00601
42	410042	0.299	1.285	2.025	3.01316
43	420043	0.609	1.285	0.994	-32.91883
44	430044	0.572	1.285	1.059	-21.98461
45	30045	0.231	1.285	2.622	-4.68124
46	450046	0.803	1.285	0.754	85.32812

```
 47     460029       0.519       1.285       1.167      -26.30605


 Fixed Point No.    Elevation(m)  sigma(mm)
  1      2101           791.64775      0.00


       Number of obs  .....................      47
       Number of bench marks  .............      46
       Number of fixed points  ............       1
       degree of freedom  .................       2
       sum weighted squared residules VtPV .......3951D-05(mm**2/km)
       standard deviation  ..... 1.406 ( mm * sqrt(1 km) )
       Chi-Square Test Value ..................      1.41
       Chi-Square Test 95% Critical Values (Low).     0.64
       Chi-Square Test 95% Critical Values (Up)..     4.10

     **** Apriori height updated value (m) ****
  No   Name         Elevation      update      STD
================================================
  1 2101         791.64775      0.00000      0.00000

          *** Adjusted Elevations of Points ***
  No     Name      Elevation (m)      Std. (mm)
================================================
    1     2101           791.64775          0.00
    2     GI59           760.87151          1.38
    3     2100           729.56844          1.92
    4     GI60           693.77605          2.43
    5     GI61           656.66287          2.83
    6     2099           632.71777          3.09
    7     GI62           611.40124          3.27
    8     GI63           590.11709          3.45
    9     2098           547.64861          3.62
   10     GI64           503.28390          3.78
   11     2097           463.60717          3.86
   12     GI65           413.01357          3.88
   13     2096           365.75570          3.86
   14     GI38           797.91422          1.22
   15     GI39           803.35222          1.41
   16     GA92           811.08444          1.60
   17     BM01           811.93155          1.70
   18     GI40           886.33582          1.96
   19     GI41           960.57069          2.09
   20     GI42          1063.88665          2.29
   21     GI43          1117.13022          2.40
   22     GI44          1107.40539          2.45
   23     GI45          1006.17327          2.49
   24     GI46           925.91838          2.50
   25     B271           889.65381          2.50
   26     NO03           886.42746          2.49
   27     GI47           870.14386          2.47
   28     GI48           809.18477          2.43
   29     GI49           783.91057          2.40
   30     GI50           739.67096          2.67
   31     GI51           736.20153          2.79
   32     GB06           758.62821          2.92
   33     GI52           776.61731          3.07
   34     GI53           742.54495          3.22
   35     YMSB           760.79503          3.38
   36     GI54           735.69563          3.49
   37     GI55           621.72063          3.61
   38     GI56           548.92933          3.66
   39     GI57           499.24672          3.71
   40     GI58           384.43445          3.84
   41     GI66A          342.74969          4.16
   42     GI67           345.76285          4.28
```

43	GI68	312.84402	4.50
44	GI69	290.85941	4.71
45	GI70	724.88739	2.04
46	GB08	810.21619	2.32

*** Reliability Analysis Information ***
normal obs(..); warning obs r<0.25(1.); bad obs v'>3(.R)
very bad obs(1R), questionable obs v>2.0cm(..?)

interval and external reliability were
under type I error confidience level Alpha=99.73%
and type II error test ability Beta = 84%
for critical value K=3, so called 3 times error
considered as outlier. Thus we have a constant control
scale factor Delta=4 to multiply the undetected error
to reliability and individual redundancy Ri of each
measurment.

No.	from----to		Weight	dist(km)	raw_obs(m)	v(mm)	adj_obs(m)	ri	v'	mark	intR	extR
1	2101	GI59	0.96	0.63	-30.77638	0.14	-30.77624	0.08	0.3	1.	13.96	13.37
2	GI59	2100	0.82	0.74	-31.30324	0.17	-31.30307	0.10	0.3	1.	12.92	12.28
3	2100	GI60	0.81	0.75	-35.79193	-0.46	-35.79239	0.05	1.3	1.	17.88	17.42
4	GI60	GI61	0.76	0.80	-37.11269	-0.49	-37.11318	0.05	1.3	1.	17.31	16.84
5	GI61	2099	0.92	0.66	-23.94470	-0.40	-23.94510	0.04	1.3	1.	19.14	18.72
6	2099	GI62	1.14	0.53	-21.31621	-0.32	-21.31653	0.04	1.3	1.	21.25	20.87
7	GI62	GI63	0.87	0.69	-21.28373	-0.42	-21.28415	0.05	1.3	1.	18.61	18.17
8	GI63	2098	0.77	0.78	-42.46800	-0.48	-42.46848	0.05	1.3	1.	17.53	17.07
9	2098	GI64	0.53	1.15	-44.36401	-0.70	-44.36471	0.08	1.3	1.	14.49	13.92
10	GI64	2097	0.61	0.99	-39.67613	-0.61	-39.67674	0.07	1.3	1.	15.55	15.02
11	2097	GI65	0.64	0.94	-50.59302	-0.57	-50.59359	0.06	1.3	1.	15.98	15.47
12	GI65	2096	0.71	0.85	-47.25735	-0.52	-47.25787	0.06	1.3	1.	16.78	16.30
13	2101	GI38	1.25	0.49	6.26658	-0.11	6.26647	0.06	0.3	1.	15.92	15.41
14	GI38	GI39	3.27	0.18	5.43804	-0.04	5.43800	0.02	0.3	1.	25.80	25.49
15	GI39	GA92	2.88	0.21	7.73227	-0.05	7.73222	0.03	0.3	1.	24.22	23.88
16	GA92	BM01	4.45	0.14	0.84714	-0.03	0.84711	0.02	0.3	1.	30.09	29.83
17	BM01	GI40	1.36	0.44	74.40437	-0.10	74.40427	0.06	0.3	1.	16.66	16.17
18	GI40	GI41	2.27	0.27	74.23493	-0.06	74.23487	0.03	0.3	1.	21.48	21.10
19	GI41	GI42	1.08	0.56	103.31609	-0.13	103.31596	0.07	0.3	1.	14.83	14.28
20	GI42	GI43	1.41	0.43	53.24367	-0.10	53.24357	0.06	0.3	1.	16.90	16.42
21	GI43	GI44	1.89	0.32	-9.72476	-0.07	-9.72483	0.04	0.3	1.	19.59	19.18
22	GI44	GI45	1.76	0.34	-101.23204	-0.08	-101.23212	0.04	0.3	1.	18.92	18.49
23	GI45	GI46	2.16	0.28	-80.25483	-0.06	-80.25489	0.04	0.3	1.	20.94	20.55
24	GI46	B271	1.92	0.32	-36.26450	-0.07	-36.26457	0.04	0.3	1.	19.77	19.36
25	B271	NO03	2.60	0.23	-3.22629	-0.05	-3.22634	0.03	0.3	1.	22.99	22.64
26	NO03	GI47	1.94	0.31	-16.28353	-0.07	-16.28360	0.04	0.3	1.	19.87	19.46
27	GI47	GI48	2.60	0.23	-60.95904	-0.05	-60.95909	0.03	0.3	1.	22.99	22.64
28	GI48	GI49	3.48	0.17	-25.27416	-0.04	-25.27420	0.02	0.3	1.	26.61	26.30
29	GI49	GI50	1.24	0.49	-44.23991	0.30	-44.23961	0.03	1.3	1.	22.14	21.78
30	GI50	GI51	2.42	0.25	-3.46958	0.15	-3.46943	0.02	1.3	1.	31.00	30.74
31	GI51	GB06	1.93	0.31	22.42649	0.19	22.42668	0.02	1.3	1.	27.66	27.37
32	GB06	GI52	1.50	0.40	17.98885	0.25	17.98910	0.03	1.3	1.	24.42	24.09
33	GI52	GI53	1.42	0.43	-34.07262	0.26	-34.07236	0.03	1.3	1.	23.75	23.41
34	GI53	YMSB	1.04	0.58	18.24973	0.35	18.25008	0.04	1.3	1.	20.32	19.92
35	YMSB	GI54	1.34	0.45	-25.09968	0.27	-25.09941	0.03	1.3	1.	23.08	22.73
36	GI54	GI55	1.07	0.57	-113.97534	0.35	-113.97499	0.04	1.3	1.	20.57	20.18
37	GI55	GI56	1.99	0.30	-72.79149	0.19	-72.79130	0.02	1.3	1.	28.11	27.83
38	GI56	GI57	1.85	0.33	-49.68281	0.20	-49.68261	0.02	1.3	1.	27.07	26.77
39	GI57	GI58	0.51	1.18	-114.81299	0.72	-114.81227	0.08	1.3	1.	14.25	13.68
40	GI58	2096	1.88	0.32	-18.67894	0.20	-18.67874	0.02	1.3	1.	27.32	27.02
41	2096	GI66A	0.80	0.75	-23.00601	0.00	-23.00601	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
42	GI66A	GI67	2.03	0.30	3.01316	0.00	3.01316	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
43	GI67	GI68	0.99	0.61	-32.91883	0.00	-32.91883	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
44	GI68	GI69	1.06	0.57	-21.98461	0.00	-21.98461	0.00	999.0	1?	999.00	999.00
45	2100	GI70	2.62	0.23	-4.68124	0.19	-4.68105	0.04	1.1	1.	20.18	19.77
46	GI70	GB08	0.75	0.80	85.32812	0.67	85.32879	0.14	1.1	1.	10.82	10.05
47	GB08	GI49	1.17	0.52	-26.30605	0.43	-26.30562	0.09	1.1	1.	13.46	12.85

附錄 2　測量樁位坐標表（TWD97 坐標）

點號	點名	縱坐標 N(*m*)	橫坐標 E(*m*)	2024 年 3 月 高程 H(*m*)	2024 年 8 月 高程 H(*m*)	備註
2096	上磺溪	2785874.809	308663.045	365.75837	365.75570	
2097	下七股	2786275.795	307829.217	463.60972	463.60717	
2098	櫻花公園	2785918.621	307417.583	547.64947	547.64861	
2099	後山	2786188.698	306246.157	632.71729	632.71777	
2100	中湖站	2785590.649	306134.798	729.56798	729.56844	
2101	小油坑	2785808.057	305043.751	791.64775	791.64775	起算高程
B271	教育廣播電台	2784223.046	306304.343	889.65741	889.65381	
BM01	小油坑告示牌	2785396.332	305143.403	811.93058	811.93155	
GA92	小油坑停車場	2785489.000	305159.000	811.08409	811.08444	
GB06	雍來廢礦坑	2784459.000	307225.000	758.62891	758.62821	
GB08	中湖戰備道路	2784966.000	306419.000	810.21506	810.21619	
GI38	小油坑遊憩區碑	2785706.517	305355.886	797.91360	797.91422	
GI39	小油坑遊憩引道	2785615.070	305233.238	803.35402	803.35222	
GI40	七星池西	2785217.690	305279.818	886.33290	886.33582	
GI41	觀景平台一	2785039.380	305320.461	960.56852	960.57069	
GI42	七星山南峰	2784708.453	305548.403	1063.88315	1063.88665	
GI43	七星山	2784811.778	305775.560	1117.12612	1117.13022	
GI44	七星山東峰	2784669.243	306001.896	1107.40186	1107.40539	
GI45	七星山東峰南	2784473.716	306077.056	1006.17156	1006.17327	
GI46	教育廣播電台西	2784272.309	306134.547	925.91840	925.91838	
GI47	夢幻湖	2784486.385	306510.806	870.14401	870.14386	
GI48	夢幻湖北	2784646.432	306537.023	809.18568	809.18477	
GI49	夢幻湖停車場	2784585.586	306681.341	783.91110	783.91057	
GI50	冷水坑	2784457.158	306774.053	739.67177	739.67096	
GI51	天寶聖道宮	2784530.903	306990.732	736.20322	736.20153	
GI52	雍來廢礦坑東	2784403.625	307480.392	776.61809	776.61731	
GI53	擎天崗西	2784164.010	307631.743	742.54608	742.54495	
GI54	擎天崗東	2784493.539	308215.315	735.69713	735.69563	
GI55	金包里大路	2784602.835	308549.115	621.72322	621.72063	
GI56	魚路古道	2784814.226	308730.902	548.93267	548.92933	
GI57	許願橋	2784985.827	308968.766	499.24905	499.24672	
GI58	上磺溪停車場	2785610.276	308784.552	384.43756	384.43445	
GI59	七星瀑布西	2785825.518	305560.901	760.87124	760.87151	
GI60	七星山北峰	2786013.927	305899.178	693.77558	693.77605	
GI61	台寶休閒農村	2786134.489	306093.517	656.66227	656.66287	
GI62	馬槽北	2785926.402	306527.279	611.40049	611.40124	
GI63	馬槽南	2785544.263	306967.032	590.11719	590.11709	
GI64	七股	2786300.785	307647.395	503.28569	503.28390	

測量樁位坐標表（TWD97 坐標）

點號	點名	縱坐標 N(*m*)	橫坐標 E(*m*)	2024 年 3 月 高程 H(*m*)	2024 年 8 月 高程 H(*m*)	備註
GI65	下七股	2785854.522	308209.620	413.01704	413.01357	
GI66A	磺溪北	2786462.801	308840.600	342.75258	342.74969	
GI67	頂八煙	2786634.517	309018.551	345.76605	345.76285	
GI68	八煙	2786863.118	309344.577	312.84749	312.84402	
GI69	八煙硫磺區	2787194.880	309283.934	290.86263	290.85941	
GI70	中湖戰備道路	2785508.962	306301.468	724.88641	724.88739	
NO03	夢幻湖南	2784318.256	306424.396	886.42878	886.42746	
YMSB	陽明山追蹤站副點 B	2784269.999	307892.802	760.79619	760.79503	

註：本表成果係經濟部地質調查及礦業管理中心 2024 年 3 月 25 日至 2024 年 4 月 2 日及 2024 年 8 月 19 日至 2024 年 8 月 27 日之精密水準測量點位，其高程為以水準點 2101（點名：小油坑）起算之成果。

附錄 3　測段高程差比較表

測線	起點點號	終點點號	高程差(*m*)									高程差較差(*mm*)							
			2020 年 9 月-A	2021 年 3 月-B	2021 年 8 月-C	2022 年 5 月-D	2022 年 9 月-E	2023 年 3 月-F	2023 年 8 月-G	2024 年 3 月-H	2024 年 8 月-I	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H
Y1	2101	GI59	-30.77291	-30.77506	-30.77445	-30.77674	-30.77710	-30.77923	-30.78003	-30.77684	-30.77638	-2.15	0.61	-2.29	-0.36	-2.13	-0.80	3.19	0.46
Y1	GI59	2100	-31.31291	-31.31008	-31.30902	-31.30807	-31.30856	-31.30469	-31.30362	-31.30365	-31.30324	2.83	1.06	0.95	-0.49	3.87	1.07	-0.03	0.41
Y2	2100	GI60	-35.78020	-35.78168	-35.78168	-35.78305	-35.78959	-35.79215	-35.79086	-35.79203	-35.79193	-1.48	0.00	-1.37	-6.54	-2.56	1.29	-1.17	0.10
Y2	GI60	GI61	-37.11447	-37.11495	-37.11522	-37.11663	-37.11288	-37.11254	-37.11268	-37.11292	-37.11269	-0.48	-0.27	-1.41	3.75	0.34	-0.14	-0.24	0.23
Y2	GI61	2099	-23.94631	-23.94560	-23.94523	-23.94512	-23.94577	-23.94533	-23.94521	-23.94466	-23.94470	0.71	0.37	0.11	-0.65	0.44	0.12	0.55	-0.04
Y2	2099	GI62	-21.31667	-21.31715	-21.31757	-21.31764	-21.31776	-21.31684	-21.31540	-21.31654	-21.31621	-0.48	-0.42	-0.07	-0.12	0.92	1.44	-1.14	0.33
Y2	GI62	GI63	-21.28490	-21.28304	-21.28348	-21.28310	-21.28339	-21.28255	-21.28328	-21.28297	-21.28373	1.86	-0.44	0.38	-0.29	0.84	-0.73	0.31	-0.76
Y2	GI63	2098	-42.46137	-42.46042	-42.46184	-42.46258	-42.46525	-42.46515	-42.46655	-42.46733	-42.46800	0.95	-1.42	-0.74	-2.67	0.10	-1.40	-0.78	-0.67
Y2	2098	GI64	-44.37138	-44.36942	-44.36959	-44.37045	-44.37131	-44.36619	-44.36418	-44.36324	-44.36401	1.96	-0.17	-0.86	-0.86	5.12	2.01	0.94	-0.77
Y2	GI64	2097	-39.67633	-39.67746	-39.67760	-39.67777	-39.67752	-39.67822	-39.67634	-39.67548	-39.67613	-1.13	-0.14	-0.17	0.25	-0.70	1.88	0.86	-0.65
Y2	2097	GI65	-50.59487	-50.59369	-50.59447	-50.59371	-50.60106	-50.59181	-50.59307	-50.59222	-50.59302	1.18	-0.78	0.76	-7.35	9.25	-1.26	0.85	-0.80
Y2	GI65	2096	-47.26403	-47.26232	-47.26336	-47.26245	-47.25480	-47.25951	-47.25689	-47.25825	-47.25735	1.71	-1.04	0.91	7.65	-4.71	2.62	-1.36	0.90
Y3	2101	GI38	6.26624	6.26557	6.26559	6.26575	6.26813	6.26468	6.26568	6.26611	6.26658	-0.67	0.02	0.16	2.38	-3.45	1.00	0.43	0.47
Y3	GI38	GI39	5.43975	5.44196	5.44046	5.44176	5.44017	5.44249	5.43875	5.44051	5.43804	2.21	-1.50	1.30	-1.59	2.32	-3.74	1.76	-2.47
Y3	GI39	GA92	7.73081	7.72952	7.73040	7.72959	7.73051	7.72846	7.73151	7.73018	7.73227	-1.29	0.88	-0.81	0.92	-2.05	3.05	-1.33	2.09
Y3	GA92	BM01	0.84058	0.84166	0.84217	0.84356	0.84432	0.84445	0.84617	0.84657	0.84714	1.08	0.51	1.39	0.76	0.13	1.72	0.40	0.57
Y3	BM01	GI40	74.40875	74.40441	74.40493	74.40386	74.40390	74.40265	74.40387	74.40256	74.40437	-4.34	0.52	-1.07	0.04	-1.25	1.22	-1.31	1.81
Y3	GI40	GI41	74.24346	74.24002	74.24073	74.23567	74.23557	74.23675	74.23675	74.23576	74.23493	-3.44	0.71	-5.06	-0.10	1.18	0.00	-0.99	-0.83
Y3	GI41	GI42	103.32315	103.31973	103.32059	103.31186	103.31208	103.31205	103.31246	103.31492	103.31609	-3.42	0.86	-8.73	0.22	-0.03	0.41	2.46	1.17
Y3	GI42	GI43	53.24501	53.24396	53.24312	53.23906	53.23968	53.24305	53.24286	53.24320	53.24367	-1.05	-0.84	-4.06	0.62	3.37	-0.19	0.34	0.47
Y3	GI43	GI44	-9.72843	-9.72495	-9.72431	-9.72322	-9.72349	-9.72426	-9.72392	-9.72410	-9.72476	3.48	0.64	1.09	-0.27	-0.77	0.34	-0.18	-0.66
Y3	GI44	GI45	-101.23308	-101.23379	-101.23264	-101.23126	-101.23194	-101.23028	-101.23141	-101.23011	-101.23204	-0.71	1.15	1.38	-0.68	1.66	-1.13	1.30	-1.93
Y3	GI45	GI46	-80.25689	-80.25642	-80.25519	-80.25283	-80.25516	-80.25490	-80.25432	-80.25302	-80.25483	0.47	1.23	2.36	-2.33	0.26	0.58	1.30	-1.81
Y3	GI46	B271	-36.26007	-36.25622	-36.25918	-36.26194	-36.26222	-36.26150	-36.26139	-36.26082	-36.26450	3.85	-2.96	-2.76	-0.28	0.72	0.11	0.57	-3.68
Y3	B271	NO03	-3.23417	-3.23284	-3.23118	-3.22986	-3.22966	-3.23004	-3.22791	-3.22851	-3.22629	1.33	1.66	1.32	0.20	-0.38	2.13	-0.60	2.22
Y3	NO03	GI47	-16.28698	-16.28639	-16.28658	-16.28569	-16.28549	-16.28578	-16.28409	-16.28461	-16.28353	0.59	-0.19	0.89	0.20	-0.29	1.69	-0.52	1.08
Y3	GI47	GI48	-60.96268	-60.95997	-60.96060	-60.95938	-60.96114	-60.95969	-60.95889	-60.95820	-60.95904	2.71	-0.63	1.22	-1.76	1.45	0.80	0.69	-0.84
Y3	GI48	GI49	-25.27726	-25.27651	-25.27680	-25.27613	-25.27592	-25.27470	-25.27521	-25.27448	-25.27416	0.75	-0.29	0.67	0.21	1.22	-0.51	0.73	0.32

測段高程差比較表

測線	起點點號	終點點號	高程差(*m*)									高程差較差(*mm*)							
			2020 年 9 月-A	2021 年 3 月-B	2021 年 8 月-C	2022 年 5 月-D	2022 年 9 月-E	2023 年 3 月-F	2023 年 8 月-G	2024 年 3 月-H	2024 年 8 月-I	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H
Y4	GI49	GI50	-44.24015	-44.24012	-44.23964	-44.24077	-44.23998	-44.24047	-44.23890	-44.23957	-44.23991	0.03	0.48	-1.13	0.79	-0.49	1.57	-0.67	-0.34
Y4	GI50	GI51	-3.47235	-3.47082	-3.47116	-3.47024	-3.47111	-3.46816	-3.47058	-3.46867	-3.46958	1.53	-0.34	0.92	-0.87	2.95	-2.42	1.91	-0.91
Y4	GI51	GB06	22.42314	22.42457	22.42373	22.42446	22.42084	22.42596	22.42629	22.42553	22.42649	1.43	-0.84	0.73	-3.62	5.12	0.33	-0.76	0.96
Y4	GB06	GI52	17.98920	17.98884	17.98949	17.98984	17.99014	17.98932	17.98952	17.98899	17.98885	-0.36	0.65	0.35	0.30	-0.82	0.20	-0.53	-0.14
Y4	GI52	GI53	-34.07255	-34.07177	-34.07344	-34.07216	-34.07139	-34.07148	-34.07245	-34.07222	-34.07262	0.78	-1.67	1.28	0.77	-0.09	-0.97	0.23	-0.40
Y4	GI53	YMSB	18.24745	18.24687	18.24782	18.24816	18.25031	18.24941	18.24968	18.24983	18.24973	-0.58	0.95	0.34	2.15	-0.90	0.27	0.15	-0.10
Y4	YMSB	GI54	-25.09943	-25.09942	-25.10070	-25.10106	-25.10128	-25.10038	-25.09999	-25.09928	-25.09968	0.01	-1.28	-0.36	-0.22	0.90	0.39	0.71	-0.40
Y4	GI54	GI55	-113.97134	-113.97145	-113.97133	-113.97598	-113.97618	-113.97450	-113.97533	-113.97419	-113.97534	-0.11	0.12	-4.65	-0.20	1.68	-0.83	1.14	-1.15
Y4	GI55	GI56	-72.79000	-72.78969	-72.79155	-72.78900	-72.78960	-72.79077	-72.79144	-72.79070	-72.79149	0.31	-1.86	2.55	-0.60	-1.17	-0.67	0.74	-0.79
Y4	GI56	GI57	-49.68031	-49.68029	-49.68110	-49.68197	-49.68257	-49.68281	-49.68386	-49.68378	-49.68281	0.02	-0.81	-0.87	-0.60	-0.24	-1.05	0.08	0.97
Y4	GI57	GI58	-114.81433	-114.81340	-114.81530	-114.81112	-114.81290	-114.81109	-114.81356	-114.81205	-114.81299	0.93	-1.90	4.18	-1.78	1.81	-2.47	1.51	-0.94
Y4	GI58	2096	-18.67797	-18.67820	-18.67807	-18.67873	-18.67960	-18.67942	-18.67918	-18.67935	-18.67894	-0.23	0.13	-0.66	-0.87	0.18	0.24	-0.17	0.41
Y5	2096	GI66A	--	--	--	--	--	-23.00380	-23.00440	-23.00579	-23.00601	--	--	--	--	--	-0.60	-1.39	-0.22
Y5	GI66A	GI67	--	--	--	--	--	3.01291	3.01330	3.01347	3.01316	--	--	--	--	--	0.39	0.17	-0.31
Y5	GI67	GI68	-32.91760	-32.91738	-32.91861	-32.91852	-32.91721	-32.91780	-32.91832	-32.91856	-32.91883	0.22	-1.23	0.09	1.31	-0.59	-0.52	-0.24	-0.27
Y5	GI68	GI69	-21.97458	-21.97748	-21.97813	-21.98377	-21.98424	-21.98644	-21.98674	-21.98486	-21.98461	-2.90	-0.65	-5.64	-0.47	-2.20	-0.30	1.88	0.25
Y6	2100	GI70	-4.68037	-4.68131	-4.68086	-4.68206	-4.68178	-4.68213	-4.68154	-4.68180	-4.68124	-0.94	0.45	-1.20	0.28	-0.35	0.59	-0.26	0.56
Y6	GI70	GB08	85.33154	85.33101	85.33088	85.32900	85.32990	85.32841	85.33101	85.32784	85.32812	-0.53	-0.13	-1.88	0.90	-1.49	2.60	-3.17	0.28
Y6	GB08	GI49	-26.30979	-26.30783	-26.30747	-26.30739	-26.30739	-26.30498	-26.30477	-26.30449	-26.30605	1.96	0.36	0.08	0.00	2.41	0.21	0.28	-1.56

附錄 4　點位高程較差表

點號	高程(m)									高程較差(mm)							
	2020 年 9 月-A	2021 年 3 月-B	2021 年 8 月-C	2022 年 5 月-D	2022 年 8 月-E	2023 年 3 月-F	2023 年 8 月-G	2024 年 3 月-H	2024 年 8 月-I	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H
2096	365.74847	365.75374	365.75011	365.74562	365.73930	365.75085	365.75363	365.75837	365.75570	5.27	-3.63	-4.49	-6.32	11.55	2.78	4.74	-2.67
2097	463.60810	463.61057	463.60893	463.60266	463.59569	463.60260	463.60488	463.60972	463.60717	2.47	-1.64	-6.27	-6.97	6.91	2.28	4.84	-2.55
2098	547.65665	547.65837	547.65725	547.65191	547.64515	547.64752	547.64691	547.64947	547.64861	1.72	-1.12	-5.34	-6.76	2.37	-0.61	2.56	-0.86
2099	632.72040	632.71987	632.72130	632.71619	632.71214	632.71254	632.71356	632.71729	632.71777	-0.53	1.43	-5.11	-4.05	0.40	1.02	3.73	0.48
2100	729.56226	729.56307	729.56460	729.56213	729.56102	729.56308	729.56388	729.56798	729.56844	0.81	1.53	-2.47	-1.11	2.06	0.80	4.10	0.46
2101	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	791.64775	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B271	889.66600	889.66209	889.66367	889.65198	889.65243	889.65357	889.65539	889.65741	889.65381	-3.91	1.58	-11.69	0.45	1.14	1.82	2.02	-3.60
BM01	811.92483	811.92618	811.92618	811.92904	811.93168	811.92839	811.93002	811.93058	811.93155	1.35	0.00	2.86	2.64	-3.29	1.63	0.56	0.97
GA92	811.08429	811.08455	811.08403	811.08539	811.08725	811.08386	811.08383	811.08409	811.08444	0.26	-0.52	1.36	1.86	-3.39	-0.03	0.26	0.35
GB06	758.61571	758.62020	758.62182	758.61545	758.61104	758.62148	758.62701	758.62891	758.62821	4.49	1.62	-6.37	-4.41	10.44	5.53	1.90	-0.70
GB08	810.21412	810.21355	810.21541	810.20895	810.20863	810.20904	810.21393	810.21506	810.21619	-0.57	1.86	-6.46	-0.32	0.41	4.89	1.13	1.13
GI38	797.91387	797.91318	797.91325	797.91379	797.91626	797.91270	797.91351	797.91360	797.91422	-0.69	0.07	0.54	2.47	-3.56	0.81	0.09	0.62
GI39	803.35358	803.35509	803.35367	803.35566	803.35658	803.35529	803.35229	803.35402	803.35222	1.51	-1.42	1.99	0.92	-1.29	-3.00	1.73	-1.80
GI40	886.33347	886.33046	886.33102	886.33316	886.33593	886.33128	886.33396	886.33290	886.33582	-3.01	0.56	2.14	2.77	-4.65	2.68	-1.06	2.92
GI41	960.57687	960.57041	960.57170	960.56899	960.57172	960.56818	960.57076	960.56852	960.57069	-6.46	1.29	-2.71	2.73	-3.54	2.58	-2.24	2.17
GI42	1063.89988	1063.88998	1063.89218	1063.88118	1063.88424	1063.88054	1063.88331	1063.88315	1063.88665	-9.90	2.20	-11.00	3.06	-3.70	2.77	-0.16	3.50
GI43	1117.14478	1117.13382	1117.13522	1117.12050	1117.12426	1117.12383	1117.12624	1117.12612	1117.13022	-10.96	1.40	-14.72	3.76	-0.43	2.41	-0.12	4.10
GI44	1107.41627	1107.40878	1107.41085	1107.39746	1107.40101	1107.39973	1107.40236	1107.40186	1107.40539	-7.49	2.07	-13.39	3.55	-1.28	2.63	-0.50	3.53
GI45	1006.18310	1006.17489	1006.17815	1006.16641	1006.16934	1006.16965	1006.17101	1006.17156	1006.17327	-8.21	3.26	-11.74	2.93	0.31	1.36	0.55	1.71
GI46	925.92615	925.91839	925.92290	925.91374	925.91440	925.91490	925.91673	925.91840	925.91838	-7.76	4.51	-9.16	0.66	0.50	1.83	1.67	-0.02
GI47	870.14471	870.14270	870.14580	870.13676	870.13772	870.13805	870.14348	870.14401	870.14386	-2.01	3.10	-9.04	0.96	0.33	5.43	0.53	-0.15
GI48	809.18197	809.18267	809.18515	809.17752	809.17676	809.17849	809.18463	809.18568	809.18477	0.70	2.48	-7.63	-0.76	1.73	6.14	1.05	-0.91
GI49	783.90467	783.90611	783.90832	783.90150	783.90098	783.90389	783.90945	783.91110	783.91057	1.44	2.21	-6.82	-0.52	2.91	5.56	1.65	-0.53
GI50	739.66468	739.66620	739.66894	739.66096	739.66114	739.66354	739.67090	739.67177	739.67096	1.52	2.74	-7.98	0.18	2.40	7.36	0.87	-0.81

附錄 4　點位高程較差表

點號	高程(m)									高程較差(mm)							
	2020 年 9 月-A	2021 年 3 月-B	2021 年 8 月-C	2022 年 5 月-D	2022 年 8 月-E	2023 年 3 月-F	2023 年 8 月-G	2024 年 3 月-H	2024 年 8 月-I	B-A	C-B	D-C	E-D	F-E	G-F	H-G	I-H
GI51	736.19243	736.19549	736.19791	736.19083	736.19010	736.19544	736.20050	736.20322	736.20153	3.06	2.42	-7.08	-0.73	5.34	5.06	2.72	-1.69
GI52	776.60507	776.60922	776.61152	776.60547	776.60129	776.61089	776.61681	776.61809	776.61731	4.15	2.30	-6.05	-4.18	9.60	5.92	1.28	-0.78
GI53	742.53269	742.53764	742.53831	742.53351	742.53003	742.53951	742.54466	742.54608	742.54495	4.95	0.67	-4.80	-3.48	9.48	5.15	1.42	-1.13
GI54	735.68133	735.68557	735.68599	735.68110	735.67936	735.68879	735.69508	735.69713	735.69563	4.24	0.42	-4.89	-1.74	9.43	6.29	2.05	-1.50
GI55	621.71022	621.71437	621.71497	621.70540	621.70335	621.71442	621.72016	621.72322	621.72063	4.15	0.60	-9.57	-2.05	11.07	5.74	3.06	-2.59
GI56	548.92034	548.92481	548.92358	548.91655	548.91384	548.92373	548.92894	548.93267	548.92933	4.47	-1.23	-7.03	-2.71	9.89	5.21	3.73	-3.34
GI57	499.24017	499.24467	499.24266	499.23474	499.23137	499.24100	499.24532	499.24905	499.24672	4.50	-2.01	-7.92	-3.37	9.63	4.32	3.73	-2.33
GI58	384.42631	384.43180	384.42801	384.42420	384.41881	384.43019	384.43258	384.43756	384.43445	5.49	-3.79	-3.81	-5.39	11.38	2.39	4.98	-3.11
GI59	760.87499	760.87295	760.87348	760.87064	760.87016	760.86818	760.86762	760.87124	760.87151	-2.04	0.53	-2.84	-0.48	-1.98	-0.56	3.62	0.27
GI60	693.78175	693.78106	693.78251	693.77871	693.77121	693.77075	693.77249	693.77558	693.77605	-0.69	1.45	-3.80	-7.50	-0.46	1.74	3.09	0.47
GI61	656.66696	656.66575	656.66686	656.66170	656.65810	656.65802	656.65923	656.66227	656.66287	-1.21	1.11	-5.16	-3.60	-0.08	1.21	3.04	0.60
GI62	611.40351	611.40249	611.40338	611.39829	611.39423	611.39557	611.39778	611.40049	611.40124	-1.02	0.89	-5.09	-4.06	1.34	2.21	2.71	0.75
GI63	590.11835	590.11915	590.11953	590.11487	590.11064	590.11286	590.11402	590.11719	590.11709	0.80	0.38	-4.66	-4.23	2.22	1.16	3.17	-0.10
GI64	503.28483	503.28846	503.28706	503.28092	503.27352	503.28106	503.28193	503.28569	503.28390	3.63	-1.40	-6.14	-7.40	7.54	0.87	3.76	-1.79
GI65	413.01284	413.01645	413.01394	413.00849	412.99436	413.01057	413.01113	413.01704	413.01357	3.61	-2.51	-5.45	-14.13	16.21	0.56	5.91	-3.47
GI66	346.02759	345.98641	345.98111	--	--	--	--	--	--	-41.18	-5.30	--	--	--	--	--	--
GI66A	--	--	--	--	--	342.74705	342.74923	342.75258	342.74969	--	--	--	--	--	2.18	3.35	-2.89
GI67	345.76209	345.76587	345.76113	345.75476	345.75096	345.75996	345.76253	345.76605	345.76285	3.78	-4.74	-6.37	-3.80	9.00	2.57	3.52	-3.20
GI68	312.84449	312.84849	312.84252	312.83624	312.83375	312.84216	312.84421	312.84749	312.84402	4.00	-5.97	-6.28	-2.49	8.41	2.05	3.28	-3.47
GI69	290.86991	290.87101	290.86439	290.85247	290.84951	290.85572	290.85747	290.86263	290.85941	1.10	-6.62	-11.92	-2.96	6.21	1.75	5.16	-3.22
GI70	724.88204	724.88193	724.88390	724.88004	724.87913	724.88088	724.88247	724.88641	724.88739	-0.11	1.97	-3.86	-0.91	1.75	1.59	3.94	0.98
NO03	886.43177	886.42918	886.43244	886.42226	886.42296	886.42366	886.42752	886.42878	886.42746	-2.59	3.26	-10.18	0.70	0.70	3.86	1.26	-1.32
YMSB	760.78040	760.78479	760.78644	760.78195	760.78051	760.78906	760.79476	760.79619	760.79503	4.39	1.65	-4.49	-1.44	8.55	5.70	1.43	-1.16

附錄 5　測線系統誤差改正成果

2024 年 3 月 Y1 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y1	2101	GI59	0.630	Y1202401A	2024	3	26	20	-30.77350	0.000	-0.081	0.011	0.002	-0.122	-2.840	-3.030	-30.77652
Y1	GI59	2101	0.631	Y1202401B	2024	3	26	20	30.77417	0.000	0.085	-0.012	-0.002	0.074	2.840	2.985	30.77715
Y1	GI59	2100	0.739	Y1202402A	2024	3	26	20	-31.29982	0.000	-0.087	-0.010	-0.002	-0.141	-3.227	-3.468	-31.30328
Y1	2100	GI59	0.738	Y1202402B	2024	3	26	20	31.30059	0.000	0.092	0.010	0.002	0.092	3.227	3.423	31.30401

2024 年 3 月 Y2 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y2	2100	GI60	0.752	Y2202401A	2024	3	25	22	-35.78469	0.000	-0.373	-0.009	0.003	-0.115	-6.506	-7.000	-35.79169
Y2	GI60	2100	0.752	Y2202401B	2024	3	25	22	35.78539	0.000	0.378	0.010	-0.003	0.096	6.506	6.987	35.79237
Y2	GI60	GI61	0.803	Y2202402A	2024	3	25	20	-37.10829	0.000	-0.399	-0.008	0.002	-0.182	-3.498	-4.085	-37.11237
Y2	GI61	GI60	0.803	Y2202402B	2024	3	25	20	37.10936	0.000	0.405	0.009	-0.003	0.207	3.498	4.118	37.11347
Y2	GI61	2099	0.655	Y2202403A	2024	3	25	18	-23.94368	0.000	-0.262	0.004	-0.002	-0.120	-0.445	-0.824	-23.94450
Y2	2099	GI61	0.656	Y2202403B	2024	3	25	18	23.94398	0.000	0.265	-0.004	0.002	0.127	0.445	0.835	23.94481
Y2	2099	GI62	0.531	Y2202404A	2024	3	25	16	-21.32059	0.000	-0.236	0.007	-0.002	-0.064	4.721	4.426	-21.31616
Y2	GI62	2099	0.531	Y2202404B	2024	3	25	16	21.32133	0.000	0.237	-0.006	0.002	0.070	-4.721	-4.418	21.31691
Y2	GI62	GI63	0.681	Y2202405A	2024	4	2	22	-21.28434	0.000	-0.142	0.001	-0.002	-0.025	1.813	1.645	-21.28270
Y2	GI63	GI62	0.681	Y2202405B	2024	4	2	22	21.28489	0.000	0.129	-0.001	0.002	0.040	-1.813	-1.643	21.28325
Y2	GI63	2098	0.786	Y2202406A	2024	4	2	24	-42.45269	0.000	-0.270	0.002	-0.001	-0.135	-14.121	-14.525	-42.46721
Y2	2098	GI63	0.786	Y2202406B	2024	4	2	24	42.45296	0.000	0.265	-0.001	0.001	0.099	14.121	14.484	42.46744
Y2	2098	GI64	1.115	Y2202407A	2024	4	1	34	-44.35441	0.000	0.067	0.000	-0.002	-0.104	-8.495	-8.534	-44.36294
Y2	GI64	2098	1.113	Y2202407B	2024	4	1	34	44.35505	0.000	-0.125	0.000	-0.002	0.120	8.495	8.489	44.36353
Y2	GI64	2097	0.993	Y2202408A	2024	4	1	30	-39.67721	0.000	0.044	0.000	-0.002	-0.086	1.922	1.878	-39.67533
Y2	2097	GI64	0.993	Y2202408B	2024	4	1	30	39.67757	0.000	-0.158	0.000	0.000	0.133	-1.922	-1.947	39.67562
Y2	2097	GI65	0.953	Y2202409A	2024	4	1	36	-50.58302	0.000	0.017	0.000	0.000	-0.069	-8.947	-8.999	-50.59202
Y2	GI65	2097	0.953	Y2202409B	2024	4	1	36	50.58341	0.000	-0.020	0.000	-0.001	0.090	8.947	9.017	50.59242
Y2	GI65	2096	0.860	Y2202410A	2024	4	1	34	-47.26194	0.000	-0.025	0.000	-0.001	-0.064	3.867	3.777	-47.25816
Y2	2096	GI65	0.861	Y2202410B	2024	4	1	34	47.26212	0.000	0.019	0.000	-0.001	0.073	-3.867	-3.776	47.25834

2024 年 3 月 Y3 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y3	2101	GI38	0.487	Y3202401A	2024	3	26	22	6.26393	0.000	0.012	0.009	0.001	0.008	2.412	2.441	6.26637
Y3	GI38	2101	0.487	Y3202401B	2024	3	26	22	-6.26341	0.000	-0.014	-0.011	-0.001	-0.012	-2.412	-2.450	-6.26586
Y3	GI38	GI39	0.186	Y3202402A	2024	3	26	8	5.43753	0.000	0.010	0.006	0.001	0.019	2.990	3.026	5.44055
Y3	GI39	GI38	0.187	Y3202402B	2024	3	26	8	-5.43746	0.000	-0.012	-0.006	-0.001	-0.014	-2.990	-3.023	-5.44048
Y3	GI39	GA92	0.196	Y3202403A	2024	3	26	6	7.73303	0.000	0.014	0.005	0.001	0.027	-2.868	-2.821	7.73021
Y3	GA92	GI39	0.196	Y3202403B	2024	3	26	6	-7.73297	0.000	-0.015	-0.005	-0.001	-0.029	2.868	2.819	-7.73015
Y3	GA92	BM01	0.165	Y3202404A	2024	3	26	6	0.83844	0.000	0.002	-0.007	-0.001	0.004	8.239	8.236	0.84667
Y3	BM01	GA92	0.166	Y3202404B	2024	3	26	6	-0.83821	0.000	-0.001	-0.007	-0.001	-0.007	-8.239	-8.255	-0.84646
Y3	BM01	GI40	0.445	Y3202405A	2024	3	27	46	74.39772	0.000	0.229	-0.003	0.001	0.012	5.056	5.295	74.40301
Y3	GI40	BM01	0.446	Y3202405B	2024	3	30	46	-74.39674	0.000	-0.294	0.000	-0.001	-0.011	-5.056	-5.363	-74.40210
Y3	GI40	GI41	0.266	Y3202406A	2024	3	27	38	74.23275	0.000	0.250	-0.005	0.000	0.015	3.119	3.379	74.23613
Y3	GI41	GI40	0.266	Y3202406B	2024	3	30	38	-74.23198	0.000	-0.293	0.000	0.000	-0.013	-3.119	-3.426	-74.23540
Y3	GI41	GI42	0.563	Y3202407A	2024	3	27	58	103.29640	0.000	0.331	-0.010	-0.001	0.033	18.939	19.292	103.31569
Y3	GI42	GI41	0.563	Y3202407B	2024	3	30	58	-103.29484	0.000	-0.355	0.000	0.001	-0.031	-18.939	-19.324	-103.31416
Y3	GI42	GI43	0.435	Y3202408A	2024	3	28	44	53.23476	0.000	0.133	0.005	0.000	0.014	8.733	8.885	53.24364
Y3	GI43	GI42	0.435	Y3202408B	2024	3	29	44	-53.23384	0.000	-0.175	-0.005	0.000	-0.012	-8.733	-8.925	-53.24276
Y3	GI43	GI44	0.312	Y3202409A	2024	3	28	58	-9.73298	0.000	-0.014	0.005	-0.001	-0.001	9.288	9.279	-9.72371
Y3	GI44	GI43	0.313	Y3202409B	2024	3	29	58	9.73372	0.000	0.056	0.004	0.000	0.001	-9.288	-9.227	9.72449
Y3	GI44	GI45	0.354	Y3202410A	2024	3	28	66	-101.23137	0.000	-0.265	0.002	-0.001	-0.010	2.109	1.835	-101.22953
Y3	GI45	GI44	0.354	Y3202410B	2024	3	29	66	101.23257	0.000	0.231	0.000	0.001	0.010	-2.109	-1.868	101.23070
Y3	GI45	GI46	0.272	Y3202411A	2024	4	1	44	-80.24619	0.000	-0.307	0.000	0.000	-0.010	-5.868	-6.185	-80.25237
Y3	GI46	GI45	0.270	Y3202411B	2024	3	31	44	80.24747	0.000	0.325	0.000	0.000	0.010	5.868	6.203	80.25367
Y3	GI46	B271	0.316	Y3202412A	2024	4	1	26	-36.25286	0.000	-0.152	0.000	-0.001	-0.009	-7.455	-7.617	-36.26048
Y3	B271	GI46	0.317	Y3202412B	2024	3	31	26	36.25355	0.000	0.144	0.000	0.001	0.008	7.455	7.609	36.26115
Y3	B271	NO03	0.230	Y3202413A	2024	4	1	12	-3.22531	0.000	-0.015	0.001	0.000	0.002	-2.961	-2.973	-3.22828
Y3	NO03	B271	0.230	Y3202413B	2024	3	31	12	3.22577	0.000	0.012	0.001	0.000	-0.003	2.961	2.970	3.22874
Y3	NO03	GI47	0.316	Y3202414A	2024	4	1	14	-16.28323	0.000	-0.075	-0.001	0.000	-0.007	-0.968	-1.051	-16.28428
Y3	GI47	NO03	0.317	Y3202414B	2024	3	31	14	16.28390	0.000	0.060	0.000	0.000	0.008	0.968	1.036	16.28494
Y3	GI47	GI48	0.241	Y3202415A	2024	4	1	34	-60.96043	0.000	-0.305	-0.002	0.000	-0.012	2.813	2.494	-60.95794
Y3	GI48	GI47	0.241	Y3202415B	2024	3	31	34	60.96105	0.000	0.215	0.000	0.000	0.011	-2.813	-2.587	60.95846

2024 年 3 月 Y3 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y3	GI48	GI49	0.187	Y3202416A	2024	4	1	16	-25.26646	0.000	-0.132	0.001	0.000	-0.007	-7.724	-7.862	-25.27432
Y3	GI49	GI48	0.187	Y3202416B	2024	3	31	16	25.26682	0.000	0.089	0.001	0.000	0.008	7.724	7.822	25.27464

2024 年 3 月 Y4 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y4	GI49	GI50	0.490	Y4202401A	2024	3	30	26	-44.23603	0.000	-0.250	-0.005	0.001	-0.046	-2.956	-3.256	-44.23928
Y4	GI50	GI49	0.490	Y4202401B	2024	3	30	26	44.23661	0.000	0.264	-0.003	0.000	0.031	2.956	3.248	44.23986
Y4	GI50	GI51	0.251	Y4202402A	2024	3	30	10	-3.45561	0.000	-0.018	0.001	0.000	-0.003	-12.856	-12.875	-3.46849
Y4	GI51	GI50	0.249	Y4202402B	2024	3	30	10	3.45597	0.000	0.020	0.002	0.000	0.009	12.856	12.887	3.46886
Y4	GI51	GB06	0.315	Y4202403A	2024	3	30	14	22.44097	0.000	0.100	0.003	0.000	0.019	-14.957	-14.835	22.42614
Y4	GB06	GI51	0.314	Y4202403B	2024	3	30	14	-22.43974	0.000	-0.115	-0.007	0.000	-0.026	14.957	14.809	-22.42493
Y4	GB06	GI52	0.402	Y4202404A	2024	3	30	16	18.00401	0.000	0.080	0.003	0.000	0.026	-14.882	-14.773	17.98923
Y4	GI52	GB06	0.403	Y4202404B	2024	3	30	16	-18.00353	0.000	-0.083	-0.012	0.002	-0.021	14.882	14.769	-17.98876
Y4	GI52	GI53	0.423	Y4202405A	2024	3	30	18	-34.06824	0.000	-0.146	0.001	0.000	-0.040	-3.499	-3.684	-34.07192
Y4	GI53	GI52	0.425	Y4202405B	2024	3	30	18	34.06883	0.000	0.136	0.007	-0.001	0.052	3.499	3.693	34.07252
Y4	GI53	YMSB	0.581	Y4202406A	2024	3	30	18	18.22853	0.000	0.072	0.005	-0.001	0.036	21.401	21.512	18.25004
Y4	YMSB	GI53	0.583	Y4202406B	2024	3	30	18	-18.22813	0.000	-0.064	-0.001	-0.001	-0.035	-21.401	-21.502	-18.24963
Y4	YMSB	GI54	0.449	Y4202407A	2024	3	26	26	-25.05282	0.000	0.130	0.002	0.000	-0.009	-46.286	-46.163	-25.09898
Y4	GI54	YMSB	0.446	Y4202407B	2024	3	26	26	25.05332	0.000	-0.041	0.012	-0.001	0.013	46.286	46.268	25.09958
Y4	GI54	GI55	0.567	Y4202408A	2024	3	26	64	-113.97177	0.000	0.379	0.004	0.000	-0.025	-2.252	-1.894	-113.97366
Y4	GI55	GI54	0.566	Y4202408B	2024	3	26	64	113.97254	0.000	-0.099	0.004	0.000	0.021	2.252	2.177	113.97471
Y4	GI55	GI56	0.302	Y4202409A	2024	3	27	40	-72.78905	0.000	-0.005	0.003	0.000	-0.014	-1.285	-1.302	-72.79035
Y4	GI56	GI55	0.302	Y4202409B	2024	3	27	40	72.78952	0.000	0.241	0.000	0.000	0.012	1.285	1.539	72.79105
Y4	GI56	GI57	0.329	Y4202410A	2024	3	27	28	-49.68207	0.000	-0.080	0.002	0.000	-0.026	-1.294	-1.398	-49.68346
Y4	GI57	GI56	0.330	Y4202410B	2024	3	27	28	49.68260	0.000	0.170	0.001	0.000	0.023	1.294	1.488	49.68409
Y4	GI57	GI58	1.143	Y4202411A	2024	3	29	80	-114.81279	0.000	-0.158	-0.004	-0.001	-0.054	1.411	1.194	-114.81160
Y4	GI58	GI57	1.146	Y4202411B	2024	3	28	80	114.81378	0.000	0.081	0.003	0.000	0.058	-1.411	-1.270	114.81251
Y4	GI58	2096	0.321	Y4202412A	2024	4	1	12	-18.68250	0.000	-0.022	0.000	-0.001	-0.028	3.339	3.289	-18.67921
Y4	2096	GI58	0.322	Y4202412B	2024	4	1	12	18.68278	0.000	0.016	0.000	-0.001	0.047	-3.339	-3.277	18.67950

2024 年 3 月 Y5 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y5	2096	GI66A	0.756	Y5202401A	2024	3	25	22	-23.00381	0.000	-0.255	0.002	-0.001	-0.065	-1.372	-1.690	-23.00550
Y5	GI66A	2096	0.756	Y5202401B	2024	3	25	22	23.00440	0.000	0.236	-0.001	0.001	0.083	1.372	1.691	23.00609
Y5	GI66A	GI67	0.298	Y5202402A	2024	3	25	6	3.01416	0.000	0.034	0.000	0.000	0.012	-0.619	-0.572	3.01358
Y5	GI67	GI66A	0.299	Y5202402B	2024	3	25	6	-3.01392	0.000	-0.030	-0.003	0.001	-0.016	0.619	0.571	-3.01335
Y5	GI67	GI68	0.611	Y5202403A	2024	3	25	24	-32.91771	0.000	-0.362	0.000	0.000	-0.061	-0.112	-0.535	-32.91824
Y5	GI68	GI67	0.610	Y5202403B	2024	3	25	24	32.91841	0.000	0.316	-0.004	0.001	0.049	0.112	0.475	32.91888
Y5	GI68	GI69	0.571	Y5202404A	2024	3	25	26	-21.98445	0.000	-0.223	-0.001	0.000	-0.037	-0.385	-0.646	-21.98509
Y5	GI69	GI68	0.573	Y5202404B	2024	3	25	26	21.98401	0.000	0.200	0.003	-0.001	0.037	0.385	0.625	21.98463

2024 年 3 月 Y6 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y6	2100	GI70	0.231	Y6202401A	2024	3	26	12	-4.69547	0.000	-0.013	0.001	0.000	-0.005	13.868	13.850	-4.68162
Y6	GI70	2100	0.231	Y6202401B	2024	3	26	12	4.69584	0.000	0.014	0.000	0.000	0.003	-13.868	-13.852	4.68198
Y6	GI70	GB08	0.801	Y6202402A	2024	4	2	52	85.30344	0.000	0.749	0.002	0.000	0.078	24.112	24.940	85.32838
Y6	GB08	GI70	0.801	Y6202402B	2024	4	2	52	-85.30238	0.000	-0.761	0.001	-0.001	-0.059	-24.112	-24.931	-85.32731
Y6	GB08	GI49	0.520	Y6202403A	2024	4	2	20	-26.29772	0.000	-0.222	0.001	-0.001	-0.074	-6.217	-6.513	-26.30423
Y6	GI49	GB08	0.521	Y6202403B	2024	4	2	20	26.29825	0.000	0.225	0.000	0.000	0.062	6.217	6.504	26.30475

2024 年 8 月 Y1 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y1	2101	GI59	0.632	Y1202401A	2024	8	19	20	-30.77316	0.000	-0.154	0.002	-0.001	-0.083	-2.840	-3.076	-30.77623
Y1	GI59	2101	0.632	Y1202401B	2024	8	19	20	30.77351	0.000	0.126	-0.007	-0.002	0.071	2.840	3.027	30.77654
Y1	GI59	2100	0.738	Y1202402A	2024	8	19	20	-31.29949	0.000	-0.146	0.002	0.000	-0.090	-3.227	-3.462	-31.30295
Y1	2100	GI59	0.737	Y1202402B	2024	8	19	20	31.30010	0.000	0.134	-0.002	0.000	0.084	3.227	3.443	31.30354

2024 年 8 月 Y2 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y2	2100	GI60	0.752	Y2202401A	2024	8	26	22	-35.78476	0.000	-0.297	0.000	0.001	-0.093	-6.506	-6.895	-35.79166
Y2	GI60	2100	0.752	Y2202401B	2024	8	26	22	35.78534	0.000	0.265	0.000	0.001	0.094	6.506	6.866	35.79220
Y2	GI60	GI61	0.803	Y2202402A	2024	8	26	20	-37.10857	0.000	-0.303	0.000	0.000	-0.158	-3.498	-3.960	-37.11253
Y2	GI61	GI60	0.802	Y2202402B	2024	8	26	20	37.10896	0.000	0.280	0.000	-0.002	0.116	3.498	3.892	37.11285
Y2	GI61	2099	0.656	Y2202403A	2024	8	26	18	-23.94373	0.000	-0.192	0.000	-0.003	-0.092	-0.445	-0.732	-23.94446
Y2	2099	GI61	0.657	Y2202403B	2024	8	26	18	23.94423	0.000	0.184	0.000	-0.001	0.080	0.445	0.708	23.94494
Y2	2099	GI62	0.532	Y2202404A	2024	8	26	16	-21.32051	0.000	-0.169	0.000	-0.002	-0.060	4.721	4.490	-21.31602
Y2	GI62	2099	0.533	Y2202404B	2024	8	26	16	21.32091	0.000	0.167	0.000	-0.002	0.042	-4.721	-4.514	21.31640
Y2	GI62	GI63	0.694	Y2202405A	2024	8	27	22	-21.28497	0.000	-0.204	-0.004	0.001	-0.027	1.813	1.579	-21.28339
Y2	GI63	GI62	0.694	Y2202405B	2024	8	27	22	21.28564	0.000	0.219	-0.017	0.003	0.032	-1.813	-1.575	21.28407
Y2	GI63	2098	0.781	Y2202406A	2024	8	27	24	-42.45297	0.000	-0.388	-0.005	0.000	-0.101	-14.121	-14.613	-42.46758
Y2	2098	GI63	0.782	Y2202406B	2024	8	27	24	42.45376	0.000	0.459	-0.010	0.002	0.097	14.121	14.667	42.46842
Y2	2098	GI64	1.143	Y2202407A	2024	8	23	30	-44.35444	0.000	-0.467	0.000	-0.002	-0.196	-8.495	-9.161	-44.36360
Y2	GI64	2098	1.147	Y2202407B	2024	8	23	30	44.35531	0.000	0.500	0.000	-0.002	0.133	8.495	9.126	44.36443
Y2	GI64	2097	0.995	Y2202408A	2024	8	23	28	-39.67714	0.000	-0.390	0.000	-0.001	-0.136	1.922	1.395	-39.67575
Y2	2097	GI64	0.993	Y2202408B	2024	8	23	28	39.67787	0.000	0.461	0.000	0.001	0.096	-1.922	-1.365	39.67651
Y2	2097	GI65	0.941	Y2202409A	2024	8	23	30	-50.58315	0.000	-0.458	0.000	-0.002	-0.142	-8.947	-9.550	-50.59269
Y2	GI65	2097	0.941	Y2202409B	2024	8	23	30	50.58388	0.000	0.385	0.000	-0.001	0.127	8.947	9.458	50.59334
Y2	GI65	2096	0.855	Y2202410A	2024	8	23	30	-47.26043	0.000	-0.410	0.000	0.002	-0.096	3.867	3.362	-47.25707
Y2	2096	GI65	0.851	Y2202410B	2024	8	23	30	47.26105	0.000	0.391	0.000	-0.001	0.074	-3.867	-3.404	47.25764

2024 年 8 月 Y3 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y3	2101	GI38	0.486	Y3202401A	2024	8	19	22	6.26432	0.000	0.036	0.006	0.001	0.008	2.412	2.464	6.26678
Y3	GI38	2101	0.486	Y3202401B	2024	8	19	22	-6.26393	0.000	-0.036	-0.006	-0.001	-0.006	-2.412	-2.462	-6.26639
Y3	GI38	GI39	0.185	Y3202402A	2024	8	19	8	5.43511	0.000	0.032	0.004	0.000	0.016	2.990	3.043	5.43815
Y3	GI39	GI38	0.184	Y3202402B	2024	8	19	8	-5.43491	0.000	-0.030	-0.005	0.000	-0.010	-2.990	-3.036	-5.43794
Y3	GI39	GA92	0.210	Y3202403A	2024	8	19	6	7.73518	0.000	0.045	-0.004	-0.001	0.025	-2.868	-2.802	7.73238
Y3	GA92	GI39	0.209	Y3202403B	2024	8	19	6	-7.73496	0.000	-0.044	0.003	0.001	-0.025	2.868	2.804	-7.73216
Y3	GA92	BM01	0.136	Y3202404A	2024	8	19	4	0.83914	0.000	0.005	-0.006	-0.002	0.001	8.239	8.236	0.84737
Y3	BM01	GA92	0.136	Y3202404B	2024	8	19	4	-0.83866	0.000	-0.005	0.001	0.000	-0.005	-8.239	-8.248	-0.84690
Y3	BM01	GI40	0.443	Y3202405A	2024	8	20	48	74.39894	0.000	0.446	-0.003	0.000	0.002	5.056	5.501	74.40444
Y3	GI40	BM01	0.445	Y3202405B	2024	8	25	48	-74.39829	0.000	-0.946	-0.002	-0.001	-0.008	-5.056	-6.013	-74.40430
Y3	GI40	GI41	0.268	Y3202406A	2024	8	20	38	74.23151	0.000	0.577	0.001	0.000	0.008	3.119	3.705	74.23522
Y3	GI41	GI40	0.266	Y3202406B	2024	8	25	38	-74.23075	0.000	-0.773	0.005	0.000	-0.008	-3.119	-3.895	-74.23465
Y3	GI41	GI42	0.561	Y3202407A	2024	8	20	54	103.29649	0.000	0.933	0.000	0.001	0.023	18.939	19.896	103.31639
Y3	GI42	GI41	0.559	Y3202407B	2024	8	25	54	-103.29588	0.000	-0.960	0.000	0.000	-0.023	-18.939	-19.921	-103.31580
Y3	GI42	GI43	0.432	Y3202408A	2024	8	21	44	53.23461	0.000	0.607	0.005	-0.001	0.006	8.733	9.350	53.24396
Y3	GI43	GI42	0.430	Y3202408B	2024	8	24	44	-53.23395	0.000	-0.698	-0.005	0.001	-0.007	-8.733	-9.442	-53.24339
Y3	GI43	GI44	0.322	Y3202409A	2024	8	21	52	-9.73350	0.000	-0.099	0.004	0.000	-0.002	9.288	9.191	-9.72431
Y3	GI44	GI43	0.320	Y3202409B	2024	8	24	52	9.73433	0.000	0.165	-0.005	0.000	0.002	-9.288	-9.126	9.72520
Y3	GI44	GI45	0.344	Y3202410A	2024	8	21	60	-101.23269	0.000	-1.092	0.003	0.000	-0.006	2.109	1.014	-101.23167
Y3	GI45	GI44	0.343	Y3202410B	2024	8	24	60	101.23342	0.000	1.101	-0.001	0.000	0.006	-2.109	-1.003	101.23241
Y3	GI45	GI46	0.279	Y3202411A	2024	8	22	46	-80.24766	0.000	-0.885	-0.003	0.000	-0.006	-5.868	-6.762	-80.25442
Y3	GI46	GI45	0.283	Y3202411B	2024	8	23	46	80.24831	0.000	1.073	-0.007	-0.001	0.006	5.868	6.940	80.25524
Y3	GI46	B271	0.315	Y3202412A	2024	8	22	28	-36.25626	0.000	-0.429	0.005	0.000	-0.005	-7.455	-7.885	-36.26414
Y3	B271	GI46	0.315	Y3202412B	2024	8	23	28	36.25694	0.000	0.456	-0.006	-0.001	0.006	7.455	7.911	36.26485
Y3	B271	NO03	0.234	Y3202413A	2024	8	22	12	-3.22310	0.000	-0.041	0.006	-0.001	-0.002	-2.961	-2.999	-3.22609
Y3	NO03	B271	0.233	Y3202413B	2024	8	23	12	3.22348	0.000	0.036	-0.001	-0.001	0.005	2.961	3.001	3.22648
Y3	NO03	GI47	0.313	Y3202414A	2024	8	22	14	-16.28217	0.000	-0.207	0.002	0.000	-0.001	-0.968	-1.174	-16.28334
Y3	GI47	NO03	0.310	Y3202414B	2024	8	23	14	16.28257	0.000	0.186	0.003	0.001	0.003	0.968	1.161	16.28373
Y3	GI47	GI48	0.233	Y3202415A	2024	8	22	34	-60.96072	0.000	-0.804	0.002	0.000	-0.006	2.813	2.005	-60.95872
Y3	GI48	GI47	0.232	Y3202415B	2024	8	23	34	60.96153	0.000	0.640	0.003	0.000	0.006	-2.813	-2.163	60.95937

2024 年 8 月 Y3 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y3	GI48	GI49	0.174	Y3202416A	2024	8	22	14	-25.26598	0.000	-0.330	-0.002	0.000	-0.011	-7.724	-8.066	-25.27405
Y3	GI49	GI48	0.174	Y3202416B	2024	8	23	14	25.26630	0.000	0.241	-0.004	0.000	0.011	7.724	7.972	25.27427

2024 年 8 月 Y4 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y4	GI49	GI50	0.490	Y4202301A	2023	8	26	26	-44.23510	0.000	-0.384	0.006	-0.001	-0.045	-2.956	-3.380	-44.23848
Y4	GI50	GI49	0.490	Y4202301B	2023	8	26	26	44.23597	0.000	0.365	-0.005	0.001	0.047	2.956	3.363	44.23933
Y4	GI50	GI51	0.249	Y4202302A	2023	8	24	10	-3.45758	0.000	-0.042	0.000	0.000	-0.004	-12.856	-12.901	-3.47048
Y4	GI51	GI50	0.249	Y4202302B	2023	8	24	10	3.45778	0.000	0.042	-0.001	0.001	0.004	12.856	12.902	3.47068
Y4	GI51	GB06	0.314	Y4202303A	2023	8	24	14	22.44111	0.000	0.273	0.000	0.000	0.020	-14.957	-14.664	22.42645
Y4	GB06	GI51	0.314	Y4202303B	2023	8	24	14	-22.44081	0.000	-0.266	-0.002	0.001	-0.020	14.957	14.670	-22.42613
Y4	GB06	GI52	0.389	Y4202304A	2023	8	24	16	18.00429	0.000	0.222	0.000	0.000	0.018	-14.882	-14.642	17.98965
Y4	GI52	GB06	0.389	Y4202304B	2023	8	24	16	-18.00405	0.000	-0.211	-0.001	0.002	-0.017	14.882	14.655	-17.98939
Y4	GI52	GI53	0.426	Y4202305A	2023	8	24	18	-34.06826	0.000	-0.421	0.001	-0.001	-0.035	-3.499	-3.955	-34.07221
Y4	GI53	GI52	0.426	Y4202305B	2023	8	24	18	34.06877	0.000	0.390	0.001	-0.001	0.033	3.499	3.923	34.07269
Y4	GI53	YMSB	0.583	Y4202306A	2023	8	24	18	18.22824	0.000	0.247	-0.001	0.001	0.029	21.401	21.677	18.24992
Y4	YMSB	GI53	0.582	Y4202306B	2023	8	24	18	-18.22779	0.000	-0.202	0.000	0.000	-0.043	-21.401	-21.647	-18.24944
Y4	YMSB	GI54	0.439	Y4202307A	2023	8	25	20	-25.05319	0.000	-0.274	-0.001	0.000	-0.006	-46.286	-46.566	-25.09976
Y4	GI54	YMSB	0.439	Y4202307B	2023	8	26	20	25.05363	0.000	0.318	-0.001	0.000	0.001	46.286	46.604	25.10023
Y4	GI54	GI55	0.564	Y4202308A	2023	8	25	62	-113.97145	0.000	-1.279	0.003	0.000	-0.023	-2.252	-3.550	-113.97499
Y4	GI55	GI54	0.563	Y4202308B	2023	8	26	62	113.97199	0.000	1.387	0.005	0.000	0.032	2.252	3.676	113.97567
Y4	GI55	GI56	0.311	Y4202309A	2023	8	25	40	-72.78920	0.000	-0.899	0.002	0.000	-0.017	-1.285	-2.199	-72.79139
Y4	GI56	GI55	0.310	Y4202309B	2023	8	26	40	72.78935	0.000	0.834	0.004	-0.001	0.014	1.285	2.137	72.79149
Y4	GI56	GI57	0.340	Y4202310A	2023	8	25	28	-49.68191	0.000	-0.639	0.004	0.000	-0.017	-1.294	-1.946	-49.68385
Y4	GI57	GI56	0.341	Y4202310B	2023	8	26	28	49.68203	0.000	0.541	-0.001	0.000	0.015	1.294	1.848	49.68387
Y4	GI57	GI58	1.142	Y4202311A	2023	8	23	80	-114.81294	0.000	-1.256	0.000	-0.001	-0.057	1.411	0.096	-114.81284
Y4	GI58	GI57	1.144	Y4202311B	2023	8	22	80	114.81445	0.000	1.194	0.000	0.001	0.048	-1.411	-0.169	114.81428
Y4	GI58	2096	0.321	Y4202312A	2023	8	21	12	-18.68209	0.000	-0.239	0.000	0.000	-0.023	3.339	3.078	-18.67901
Y4	2096	GI58	0.322	Y4202312B	2023	8	21	12	18.68243	0.000	0.240	0.000	0.000	0.028	-3.339	-3.071	18.67935

2024 年 8 月 Y5 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y5	2096	GI66A	0.754	Y5202401A	2024	8	21	22	-23.00408	0.000	-0.271	0.001	0.000	-0.062	-1.372	-1.703	-23.00578
Y5	GI66A	2096	0.754	Y5202401B	2024	8	21	22	23.00453	0.000	0.267	-0.006	0.001	0.072	1.372	1.706	23.00624
Y5	GI66A	GI67	0.299	Y5202402A	2024	8	21	6	3.01378	0.000	0.036	-0.001	0.000	0.012	-0.619	-0.572	3.01321
Y5	GI67	GI66A	0.299	Y5202402B	2024	8	21	6	-3.01368	0.000	-0.035	0.001	0.000	-0.014	0.619	0.570	-3.01310
Y5	GI67	GI68	0.609	Y5202403A	2024	8	21	24	-32.91796	0.000	-0.398	0.006	-0.001	-0.046	-0.112	-0.551	-32.91851
Y5	GI68	GI67	0.609	Y5202403B	2024	8	21	24	32.91861	0.000	0.378	0.002	0.000	0.051	0.112	0.542	32.91915
Y5	GI68	GI69	0.572	Y5202404A	2024	8	21	26	-21.98371	0.000	-0.266	0.000	0.000	-0.027	-0.385	-0.679	-21.98438
Y5	GI69	GI68	0.573	Y5202404B	2024	8	21	26	21.98418	0.000	0.245	0.004	-0.001	0.027	0.385	0.661	21.98484

2024 年 8 月 Y6 測線

測線名稱	起點點號	終點點號	測段距離(*km*)	測段檔名	測量日期			測站數	原始高程差(*m*)	各項系統誤差修正(*mm*)							改正後高程差(*m*)
					年	月	日			尺刻劃	尺溫度	視準軸	地球曲率	折射誤差	正高改正	總計	
Y6	2100	GI70	0.231	Y6202401A	2024	8	26	12	-4.69493	0.000	-0.061	0.000	0.000	-0.005	13.868	13.802	-4.68113
Y6	GI70	2100	0.232	Y6202401B	2024	8	26	12	4.69520	0.000	0.021	0.000	0.000	0.006	-13.868	-13.841	4.68135
Y6	GI70	GB08	0.804	Y6202402A	2024	8	26	52	85.30329	0.000	1.079	0.000	0.000	0.051	24.112	25.241	85.32853
Y6	GB08	GI70	0.802	Y6202402B	2024	8	26	52	-85.30273	0.000	-0.812	0.000	-0.001	-0.045	-24.112	-24.969	-85.32770
Y6	GB08	GI49	0.519	Y6202403A	2024	8	26	20	-26.29927	0.000	-0.295	0.000	0.000	-0.058	-6.217	-6.570	-26.30583
Y6	GI49	GB08	0.520	Y6202403B	2024	8	26	20	26.29972	0.000	0.280	0.000	0.000	0.062	6.217	6.560	26.30627

附錄 6　測線精密水準測量表

2024 年 3 月 Y1 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2101	小油坑	-30.77350	30.77417	314.79	315.57	0.67	1.99	-30.77384	20240326A	Y1202401A	1.02	17	20	
	GI59	七星瀑布西			315.72	314.90				20240326A	Y1202401B	-0.95	17	20	
02			-31.29982	31.30059	369.78	369.07	0.77	2.15	-31.30021	20240326A	Y1202402A	-1.16	17	20	
	2100	中湖站			368.91	369.58				20240326A	Y1202402B	1.14	18	20	

2024 年 3 月 Y2 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (mm)	容許誤差值 2.5mm√K	系統誤差改正前平均高差(m)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(m)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(m)	返測(m)	後視(m)	前視(m)									
01	2100	中湖站	-35.78469	35.78539	375.46	376.26	0.70	2.17	-35.78504	20240325A	Y2202401A	1.11	18	22	
	GI60	七星山北峰			376.65	375.75				20240325A	Y2202401B	-1.09	19	22	
02			-37.10829	37.10936	400.95	401.69	1.07	2.24	-37.10883	20240325A	Y2202402A	0.98	10	20	
	GI61	中湖站			401.89	401.07				20240325A	Y2202402B	-0.82	20	20	
03			-23.94368	23.94398	327.92	327.53	0.30	2.02	-23.94383	20240325A	Y2202403A	-1.10	11	18	
	2099	後山			327.76	328.08				20240325A	Y2202403B	-0.73	7	18	
04			-21.32059	21.32133	265.97	265.35	0.74	1.82	-21.32096	20240325A	Y2202404A	-1.03	15	16	
	GI62	馬槽北			265.06	265.56				20240325A	Y2202404B	0.60	12	16	
05			-21.28434	21.28489	340.46	340.11	0.55	2.06	-21.28462	20240402A	Y2202405A	-0.99	16	22	
	GI63	馬槽南			340.29	340.52				20240402A	Y2202405B	-0.64	6	22	
06			-42.45269	42.45296	393.36	392.91	0.27	2.22	-42.45283	20240402A	Y2202406A	-0.67	9	24	
	2098	櫻花公園			392.97	393.27				20240402A	Y2202406B	-0.31	15	24	
07			-44.35441	44.35505	557.88	557.26	0.64	2.64	-44.35473	20240401E	Y2202407A	-0.81	31	34	
	GI64	七股			556.93	556.33				20240401E	Y2202407B	-0.60	34	34	
08			-39.67721	39.67757	496.85	496.22	0.36	2.49	-39.67739	20240401E	Y2202408A	-0.90	22	30	
	2097	下七股			496.49	496.41				20240401E	Y2202408B	-0.29	21	30	
09			-50.58302	50.58341	476.41	476.23	0.39	2.44	-50.58322	20240401E	Y2202409A	-0.33	34	36	
	GI65	下七股			476.42	476.14				20240401E	Y2202409B	-0.52	28	36	
10			-47.26194	47.26212	430.43	429.87	0.18	2.32	-47.26203	20240401E	Y2202410A	-0.64	32	34	
	2096	上磺溪			430.56	430.24				20240401E	Y2202410B	-0.32	34	34	

2024 年 3 月 Y3 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2101	小油坑	6.26393	-6.26341	242.96	243.59	0.52	1.74	6.26367	20240326A	Y3202401A	0.63	22	22	
	GI38	小油坑遊憩區碑			244.13	243.36				20240326A	Y3202401B	-1.07	13	22	
02			5.43753	-5.43746	93.02	93.43	0.07	1.10	5.43750	20240326A	Y3202402A	0.63	7	8	
	GI39	小油坑遊憩引道			93.48	93.07				20240326A	Y3202402B	-0.41	8	8	
03			7.73303	-7.73297	97.98	98.32	0.06	1.10	7.73300	20240326A	Y3202403A	0.34	6	6	
	GA92	小油坑停車場			98.16	97.84				20240326A	Y3202403B	-0.58	2	6	
04			0.83844	-0.83821	82.61	82.09	0.23	1.10	0.83833	20240326A	Y3202404A	-0.52	6	6	
	BM01	小油坑告示牌			83.47	82.97				20240326A	Y3202404B	-0.50	6	6	
05			74.39772	-74.39674	222.70	222.51	0.98	1.67	74.39723	20240327A	Y3202405A	0.63	8	46	
	GI40	七星池西			222.84	222.89				20240330A	Y3202405B	0.69	38	46	
06			74.23275	-74.23198	132.93	132.59	0.77	1.29	74.23237	20240327A	Y3202406A	-1.23	31	38	
	GI41	觀景平台一			132.85	133.00				20240330A	Y3202406B	-0.91	7	38	
07			103.29640	-103.29484	281.60	280.91	1.56	1.88	103.29562	20240327A	Y3202407A	-1.04	55	58	
	GI42	七星山南峰			281.41	281.89				20240330A	Y3202407B	0.48	54	58	
08			53.23476	-53.23384	217.93	217.03	0.92	1.65	53.23430	20240328A	Y3202408A	-0.90	44	44	
	GI43	七星山			217.35	217.90				20240329A	Y3202408B	0.77	13	44	
09			-9.73299	9.73372	156.54	155.56	0.73	1.40	-9.73336	20240328A	Y3202409A	1.37	22	58	
	GI44	七星山東峰			156.53	156.12				20240329A	Y3202409B	1.31	32	58	
10			-101.23137	101.23257	177.20	176.90	1.20	1.49	-101.23197	20240328A	Y3202410A	1.29	8	66	
	GI45	七星山東峰南			177.08	177.13				20240329A	Y3202410B	1.33	58	66	
11			-80.24619	80.24747	135.92	135.77	1.28	1.30	-80.24683	20240401A	Y3202411A	1.35	18	44	
	GI46	教育廣播電台西			135.35	135.11				20240331A	Y3202411B	1.18	26	44	
12			-36.25286	36.25355	157.90	157.99	0.69	1.41	-36.25321	20240401A	Y3202412A	1.06	19	26	
	B271	教育廣播電台			158.34	158.19				20240331A	Y3202412B	0.95	7	26	
13			-3.22531	3.22577	114.84	115.33	0.46	1.20	-3.22554	20240401A	Y3202413A	0.59	9	12	
	NO03	夢幻湖南			115.17	114.64				20240331A	Y3202413B	-0.54	9	12	

2024 年 3 月 Y3 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差(*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
14	NO03	夢幻湖南	-16.28323	16.28390	158.26	158.01	0.67	1.41	-16.28357	20240401A	Y3202414A	0.33	4	14	
	GI47	夢幻湖			158.33	158.54				20240331A	Y3202414B	0.53	10	14	
15			-60.96043	60.96105	120.87	120.26	0.62	1.23	-60.96074	20240401A	Y3202415A	-0.71	25	34	
	GI48	夢幻湖北			120.37	120.55				20240331A	Y3202415B	0.68	30	34	
16			-25.26646	25.26682	93.58	93.91	0.36	1.10	-25.26664	20240401A	Y3202416A	0.38	14	16	
	GI49	夢幻湖停車場			93.85	93.51				20240331A	Y3202416B	-0.34	16	16	

2024 年 3 月 Y4 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	GI49	夢幻湖停車場	-44.23603	44.23661	244.94	245.33	0.58	1.75	-44.23632	20240330E	Y4202401A	0.39	26	26	
	GI50	冷水坑			244.77	245.00				20240330E	Y4202401B	1.01	17	26	
02			-3.45561	3.45597	125.42	125.37	0.36	1.25	-3.45579	20240330E	Y4202402A	0.11	6	10	
	GI51	天寶聖道宮			124.74	124.55				20240330E	Y4202402B	-0.22	9	10	
03			22.44097	-22.43974	157.52	157.31	1.23	1.40	22.44036	20240330E	Y4202403A	0.23	4	14	
	GB06	雍來廢礦坑			156.63	157.18				20240330E	Y4202403B	1.09	7	14	
04			18.00401	-18.00353	201.30	201.08	0.48	1.59	18.00377	20240330E	Y4202404A	-0.49	10	16	
	GI52	雍來廢礦坑東			201.17	202.09				20240330E	Y4202404B	0.93	14	16	
05			-34.06824	34.06883	211.47	211.38	0.59	1.63	-34.06854	20240330E	Y4202405A	-0.23	15	18	
	GI53	擎天崗西			212.63	212.11				20240330E	Y4202405B	-1.03	11	18	
06			18.22853	-18.22813	290.65	290.28	0.40	1.91	18.22833	20240330E	Y4202406A	-0.53	15	18	
	YMSB	陽明山追蹤站副點 B			291.61	291.70				20240330E	Y4202406B	0.93	9	18	
07			-25.05282	25.05332	224.69	224.58	0.50	1.67	-25.05307	20240326E	Y4202407A	-0.27	20	26	
	GI54	擎天崗東			223.54	222.77				20240326E	Y4202407B	-0.85	25	26	
08			-113.97177	113.97254	283.45	283.18	0.77	1.88	-113.97216	20240326E	Y4202408A	-0.46	55	64	
	GI55	金包里大路			282.90	282.66				20240326E	Y4202408B	-0.48	31	64	
09			-72.78905	72.78952	151.16	150.71	0.47	1.37	-72.78929	20240327E	Y4202409A	-0.46	38	40	
	GI56	魚路古道			151.00	150.93				20240327E	Y4202409B	-0.36	28	40	
10			-49.68207	49.68260	164.56	164.20	0.53	1.43	-49.68234	20240327E	Y4202410A	-0.37	26	28	
	GI57	許願橋			165.10	164.86				20240327E	Y4202410B	-0.27	24	28	
11			-114.81279	114.81378	571.98	571.41	0.99	2.67	-114.81329	20240329E	Y4202411A	-0.71	62	80	
	GI58	上磺溪停車場			573.29	572.92				20240328E	Y4202411B	-0.81	68	80	
12			-18.68250	18.68278	160.56	160.23	0.28	1.42	-18.68264	20240401E	Y4202412A	-0.33	12	12	
	2096	上磺溪			161.26	160.80				20240401E	Y4202412B	0.61	4	12	

2024 年 3 月 Y5 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2096	上磺溪	-23.00381	23.00440	378.12	377.90	0.59	2.17	-23.00411	20240325E	Y5202401A	-0.22	22	22	
	GI66A	磺溪北			377.99	378.08				20240325E	Y5202401B	0.93	5	22	
02			3.01416	-3.01392	149.17	149.16	0.24	1.37	3.01404	20240325E	Y5202402A	0.09	4	6	
	GI67	頂八煙			149.07	149.43				20240325E	Y5202402B	0.36	6	6	
03			-32.91771	32.91841	305.33	305.31	0.70	1.95	-32.91806	20240325E	Y5202403A	0.23	17	24	
	GI68	八煙			304.65	305.04				20240325E	Y5202403B	0.39	24	24	
04			-21.98445	21.98401	285.63	285.72	-0.44	1.89	-21.98423	20240325E	Y5202404A	0.22	16	26	
	GI69	八煙硫磺區			286.50	286.18				20240325E	Y5202404B	-0.45	23	26	

2024 年 3 月 Y6 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2100	中湖站	-4.69547	4.69584	115.49	115.55	0.37	1.20	-4.69566	20240326A	Y6202401A	0.39	9	12	
	GI70	中湖戰備道路			115.55	115.52				20240326A	Y6202401B	-0.43	7	12	
02			85.30344	-85.30238	400.73	400.16	1.06	2.24	85.30291	20240402A	Y6202402A	1.43	21	52	
	GB08	中湖戰備道路			400.90	400.58				20240402A	Y6202402B	1.44	22	52	
03			-26.29772	26.29825	260.35	260.13	0.53	1.80	-26.29799	20240402A	Y6202403A	0.37	1	20	
	GI49	夢幻湖停車場			260.20	260.32				20240402A	Y6202403B	0.48	19	20	

2024 年 8 月 Y1 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (mm)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(m)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(m)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(m)	返測(m)	後視(m)	前視(m)									
01	2101	小油坑	-30.77316	30.77351	316.05	316.26	0.35	1.99	-30.77334	20240819C	Y1202401A	1.11	12	20	
	GI59	七星瀑布西			316.62	315.73				20240819C	Y1202401B	-0.89	20	20	
02			-31.29949	31.30010	369.05	369.26	0.61	2.15	-31.29980	20240819C	Y1202402A	0.98	12	20	
	2100	中湖站			368.81	368.55				20240819C	Y1202402B	0.76	8	20	

2024 年 8 月 Y2 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2100	中湖站	-35.78476	35.78534	375.48	376.26	0.58	2.17	-35.78505	20240826C	Y2202401A	1.33	9	22	
	GI60	七星山北峰			375.77	375.83				20240826C	Y2202401B	0.91	17	22	
02			-37.10857	37.10896	401.21	401.33	0.39	2.24	-37.10877	20240826C	Y2202402A	0.58	10	20	
	GI61	中湖站			401.42	400.61				20240826C	Y2202402B	-1.04	19	20	
03			-23.94373	23.94423	328.21	327.42	0.50	2.03	-23.94398	20240826C	Y2202403A	-0.98	17	18	
	2099	後山			328.54	328.20				20240826C	Y2202403B	0.44	9	18	
04			-21.32051	21.32091	266.18	265.53	0.40	1.82	-21.32071	20240826C	Y2202404A	-0.84	13	16	
	GI62	馬槽北			266.88	266.02				20240826C	Y2202404B	-0.86	16	16	
05			-21.28497	21.28564	346.64	346.86	0.67	2.08	-21.28531	20240827C	Y2202405A	0.40	14	22	
	GI63	馬槽南			346.40	347.39				20240827C	Y2202405B	0.99	22	22	
06			-42.45297	42.45376	390.46	390.73	0.79	2.21	-42.45337	20240827C	Y2202406A	0.45	21	24	
	2098	櫻花公園			390.90	391.48				20240827C	Y2202406B	0.79	13	24	
07			-44.35444	44.35531	571.71	571.09	0.87	2.67	-44.35488	20240823F	Y2202407A	-1.27	21	30	
	GI64	七股			573.75	573.05				20240823F	Y2202407B	-0.85	28	30	
08			-39.67714	39.67787	497.44	497.17	0.73	2.49	-39.67751	20240823F	Y2202408A	-1.11	18	28	
	2097	下七股			496.33	496.55				20240823F	Y2202408B	0.26	26	28	
09			-50.58315	50.58388	470.94	470.07	0.73	2.43	-50.58352	20240823F	Y2202409A	-1.35	16	30	
	GI65	下七股			470.51	470.31				20240823F	Y2202409B	-0.31	10	30	
10			-47.26043	47.26105	427.08	427.52	0.62	2.31	-47.26074	20240823F	Y2202410A	1.00	26	30	
	2096	上磺溪			425.97	425.47				20240823F	Y2202410B	-0.63	19	30	

2024 年 8 月 Y3 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (mm)	容許誤差值 2.5mm√K	系統誤差改正前平均高差(m)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(m)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(m)	返測(m)	後視(m)	前視(m)									
01	2101	小油坑	6.26432	-6.26393	242.67	243.42	0.39	1.74	6.26413	20240819C	Y3202401A	0.92	14	22	
	GI38	小油坑遊憩區碑			243.60	242.78				20240819C	Y3202401B	-1.18	15	22	
02			5.43511	-5.43491	92.03	92.60	0.20	1.10	5.43501	20240819C	Y3202402A	0.57	8	8	
	GI39	小油坑遊憩引道			92.55	91.94				20240819C	Y3202402B	-0.78	2	8	
03			7.73518	-7.73496	105.06	104.61	0.22	1.14	7.73507	20240819C	Y3202403A	-0.45	6	6	
	GA92	小油坑停車場			104.51	104.95				20240819C	Y3202403B	0.44	6	6	
04			0.83914	-0.83866	68.53	67.71	0.48	1.10	0.83890	20240819C	Y3202404A	-0.82	4	4	
	BM01	小油坑告示牌			67.94	68.02				20240819C	Y3202404B	-0.15	2	4	
05			74.39894	-74.39829	222.04	221.22	0.65	1.67	74.39862	20240820C	Y3202405A	-1.01	47	48	
	GI40	七星池西			222.42	222.13				20240825C	Y3202405B	-0.66	39	48	
06			74.23151	-74.23075	133.68	133.94	0.76	1.29	74.23113	20240820C	Y3202406A	-0.50	14	38	
	GI41	觀景平台一			132.43	133.30				20240825C	Y3202406B	0.98	22	38	
07			103.29649	-103.29588	280.68	280.57	0.61	1.87	103.29619	20240820C	Y3202407A	1.12	13	54	
	GI42	七星山南峰			279.54	279.53				20240825C	Y3202407B	-0.79	40	54	
08			53.23461	-53.23395	216.44	216.00	0.66	1.64	53.23428	20240821C	Y3202408A	-0.71	18	44	
	GI43	七星山			214.87	215.43				20240824C	Y3202408B	-1.29	21	44	
09			-9.73351	9.73433	161.28	160.88	0.82	1.42	-9.73392	20240821C	Y3202409A	-0.86	29	52	
	GI44	七星山東峰			159.88	160.43				20240824C	Y3202409B	0.55	52	52	
10			-101.23269	101.23342	172.23	171.91	0.73	1.47	-101.23306	20240821C	Y3202410A	-1.08	45	60	
	GI45	七星山東峰南			171.44	171.58				20240824C	Y3202410B	-0.72	19	60	
11			-80.24766	80.24831	139.50	139.81	0.65	1.33	-80.24799	20240822C	Y3202411A	0.65	39	46	
	GI46	教育廣播電台西			142.20	141.25				20240823C	Y3202411B	-0.95	46	46	
12			-36.25626	36.25694	157.53	157.08	0.68	1.40	-36.25660	20240822C	Y3202412A	-1.14	22	28	
	B271	教育廣播電台			157.98	157.22				20240823C	Y3202412B	-1.24	23	28	
13			-3.22310	3.22348	117.09	116.46	0.38	1.21	-3.22329	20240822C	Y3202413A	-0.70	11	12	
	NO03	夢幻湖南			116.66	116.58				20240823C	Y3202413B	0.73	5	12	

2024 年 8 月 Y3 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
14	NO03	夢幻湖南	-16.28217	16.28257	156.62	156.38	0.40	1.40	-16.28237	20240822C	Y3202414A	-0.36	10	14	
	GI47	夢幻湖			154.97	155.34				20240823C	Y3202414B	0.37	14	14	
15			-60.96072	60.96153	116.63	116.45	0.81	1.21	-60.96113	20240822C	Y3202415A	0.28	6	34	
	GI48	夢幻湖北			115.86	116.19				20240823C	Y3202415B	0.39	11	34	
16			-25.26598	25.26630	87.16	87.32	0.32	1.10	-25.26614	20240822C	Y3202416A	0.36	4	14	
	GI49	夢幻湖停車場			87.29	86.76				20240823C	Y3202416B	-0.62	5	14	

2024 年 8 月 Y4 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	GI49	夢幻湖停車場	-44.23628	44.23663	244.72	244.36	0.35	1.75	-44.23646	20240822F	Y4202401A	-0.50	23	26	
	GI50	冷水坑			244.88	245.13				20240822F	Y4202401B	1.04	11	26	
02			-3.45697	3.45640	124.76	125.46	-0.57	1.25	-3.45669	20240822F	Y4202402A	0.70	10	10	
	GI51	天寶聖道宮			124.98	124.03				20240822F	Y4202402B	-0.95	10	10	
03			22.44139	-22.44101	156.69	156.97	0.38	1.40	22.44120	20240822F	Y4202403A	0.28	14	14	
	GB06	雍來廢礦坑			156.38	157.06				20240822F	Y4202403B	0.81	13	14	
04			18.00382	-18.00327	200.72	200.67	0.55	1.59	18.00355	20240822F	Y4202404A	0.14	1	16	
	GI52	雍來廢礦坑東			201.73	202.20				20240822F	Y4202404B	0.65	8	16	
05			-34.06854	34.06898	213.58	213.57	0.44	1.63	-34.06876	20240822F	Y4202405A	-0.23	14	18	
	GI53	擎天崗西			212.57	212.07				20240822F	Y4202405B	-1.12	12	18	
06			18.22842	-18.22780	290.51	290.40	0.62	1.91	18.22811	20240822F	Y4202406A	-0.16	7	18	
	YMSB	陽明山追蹤站副點 B			292.20	291.21				20240822F	Y4202406B	-0.99	18	18	
07			-25.05295	25.05335	225.02	225.27	0.40	1.68	-25.05315	20240826F	Y4202407A	0.27	18	26	
	GI54	擎天崗東			226.08	225.76				20240827F	Y4202407B	-0.32	22	26	
08			-113.97176	113.97215	283.96	283.30	0.39	1.88	-113.97196	20240826F	Y4202408A	-0.70	57	64	
	GI55	金包里大路			284.71	284.45				20240827F	Y4202408B	-0.41	47	64	
09			-72.78924	72.78962	151.35	152.08	0.38	1.38	-72.78943	20240826F	Y4202409A	0.73	40	40	
	GI56	魚路古道			152.90	152.04				20240827F	Y4202409B	-0.86	40	40	
10			-49.68068	49.68130	163.95	164.09	0.62	1.43	-49.68099	20240826F	Y4202410A	0.33	24	28	
	GI57	許願橋			164.07	163.77				20240827F	Y4202410B	-0.37	27	28	
11			-114.81271	114.81338	592.14	591.35	0.67	2.72	-114.81305	20240825F	Y4202411A	-0.99	54	92	
	GI58	上磺溪停車場			591.50	591.07				20240824F	Y4202411B	-0.67	47	92	
12			-18.68195	18.68208	160.66	160.75	0.13	1.42	-18.68202	20240825F	Y4202412A	-0.10	6	12	
	2096	上磺溪			161.22	161.18				20240825F	Y4202412B	-0.08	11	12	

2024 年 8 月 Y5 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2096	上磺溪	-23.00408	23.00453	377.22	377.14	0.45	2.17	-23.00431	20240821F	Y5202401A	0.23	7	22	
	GI66A	磺溪北			376.80	377.40				20240821F	Y5202401B	0.60	22	22	
02			3.01378	-3.01368	149.30	149.40	0.10	1.37	3.01373	20240821F	Y5202402A	0.16	5	6	
	GI67	頂八煙			149.42	149.34				20240821F	Y5202402B	-0.08	6	6	
03			-32.91796	32.91861	304.62	304.02	0.65	1.95	-32.91829	20240821F	Y5202403A	-0.68	21	24	
	GI68	八煙			304.75	304.56				20240821F	Y5202403B	-0.41	12	24	
04			-21.98371	21.98418	285.79	285.80	0.47	1.89	-21.98395	20240821F	Y5202404A	0.20	5	26	
	GI69	八煙硫磺區			286.56	286.13				20240821F	Y5202404B	-0.47	25	26	

2024 年 8 月 Y6 測線

測段數	點號	點名	往返高差		前後視距離		往返閉合差 (*mm*)	容許誤差值 $2.5mm\sqrt{K}$	系統誤差改正前平均高差(*m*)	觀測日期	檔案名稱	累積最大視距差(*m*)	累積最大視距差測站	總站數	備註
			往測(*m*)	返測(*m*)	後視(*m*)	前視(*m*)									
01	2100	中湖站	-4.69493	4.69520	115.47	115.52	0.27	1.20	-4.69507	20240826C	Y6202401A	-0.43	4	12	
	GI70	中湖戰備道路			115.86	115.77				20240826C	Y6202401B	-0.51	8	12	
02			85.30329	-85.30273	402.05	401.48	0.56	2.24	85.30301	20240826C	Y6202402A	0.78	21	52	
	GB08	中湖戰備道路			400.90	401.17				20240826C	Y6202402B	1.16	31	52	
03			-26.29927	26.29972	259.35	259.42	0.45	1.80	-26.29950	20240826C	Y6202403A	-0.28	3	20	
	GI49	夢幻湖停車場			260.17	260.02				20240826C	Y6202403B	0.79	10	20	