

# 目 錄

## 第一章 前言

§1-1 計畫背景	1
§1-2 工作內容	3
§1-3 經費分析	3
§1-4 工作時程	4
§1-5 作業流程	4
§1-6 繳交成果	6

## 第二章 規劃準備

§2-1 觀測點位資料蒐集	7
§2-2 工作人員編組	7
§2-3 器材設備準備	9
§2-4 品質管制與檢核	12
§2-4-1 儀器設備檢校	12
§2-4-2 品質計畫擬定	15
§2-4-3 行前教育訓練	16

## 第三章 水準點埋設

§3-1 水準點埋設方式	17
§3-2 水準點埋設流程	18
§3-3 水準點埋設作業	19
§3-3-1 作業前準備	19
§3-3-2 埋設點位挖掘	20
§3-3-3 植入不銹鋼棒與第一次混凝土施工	21
§3-3-4 第二次混凝土灌漿及點位埋設完成	23

# 目 錄

§3-4 水準點埋設成果	27
§3-4-1 水準點埋設時程	27
§3-4-2 水準點埋設成果統計	28
第四章 水準外業測量	
§4-1 作業精度與規範要求	29
§4-1-1 觀測儀器精度要求	29
§4-1-2 施測精度及容許限制要求	30
§4-1-3 人員需求	30
§4-1-4 裝備需求與保養檢查	31
§4-2 水準外業測量流程	33
§4-3 水準儀視準軸校準	34
§4-4 水準測量作業方法	37
§4-4-1 水準測量觀測作業程序	37
§4-4-2 觀測中應遵守之事項	39
§4-5 外業測量成果統計	40
第五章 水準網平差計算	
§5-1 觀測資料整理與計算	51
§5-1-1 觀測資料檢核	51
§5-1-2 單一測段資料格式檢查	52
§5-1-3 測段單向成果檢查	53
§5-1-4 測段往返觀測成果檢查	55
§5-2 水準網平差計算流程	56

## 目 錄

§5-3	各項系統誤差改正	57
§5-3-1	視準軸誤差改正	58
§5-3-2	折射誤差改正	59
§5-3-3	地球曲率改正	61
§5-3-4	正高改正	62
§5-3-5	水準尺溫度改正	64
§5-3-6	鐵墊滑動改正	66
§5-4	水準環線閉合差分析	67
§5-4-1	環線閉合差分析	67
§5-4-2	衛星定位測量輔助水準環線閉合差分析	68
§5-5	離島高程基準	70
§5-5-1	以水準測量方式引測之高程基準	70
§5-5-2	以衛星定位測量方式引測之高程基準	75
§5-6	水準整體平差計算	78
§5-7	可靠度分析	80
§5-7-1	可靠度分析模式	80
§5-7-2	多餘觀測分量評估標準	81
§5-7-3	非中心化參數的選定	82
§5-7-4	可靠度分析結果	83
§5-8	水準網平差成果統計	84
第六章 結論與建議		
§6-1	結論	85
§6-2	討論與建議	86

## 目 錄

參考文獻	87
附件一 單一測段各項系統誤差改正值	89
附件二 各離島水準環線示意圖	107
附件三 各離島環線閉合差分析成果表	127
附件四 潮位站參考點位置相片	137
附件五 潮位站參考點觀測資料	140
附件六 審查會議結論辦理情形	141

## 圖目錄

圖 1-1	水準測量工作計畫經費分配圖	3
圖 1-2	水準測量作業流程圖	5
圖 2-1	作業人員組織架構圖	8
圖 2-2	使用之精密水準儀與鈟鋼水準尺	10
圖 2-3	Comark N9008 型溫度計	11
圖 2-4	尺墊	11
圖 2-5	鈟鋼水準尺校差值變異圖	14
圖 2-6	工程品質管制流程圖	15
圖 2-7	行前教育訓練相片	16
圖 3-1	岩盤或橋樑埋設方式示意圖	17
圖 3-2	一般地面水準點位埋設方式	17
圖 3-3	水準點埋設作業流程圖	18
圖 3-4	第二次混凝土灌漿	22
圖 3-5	點位埋設完成	22
圖 3-6	芹壁點位原理設成果	28
圖 3-7	芹壁點位經修飾後成果	28
圖 4-1	水準測量作業流程圖	33
圖 4-2	水準儀視準軸校準水準儀與水準尺之擺設位置圖	34
圖 4-3	澎湖本島水準實際測線圖	41
圖 4-4	七美水準實際測線圖	42
圖 4-5	望安水準實際測線圖	43
圖 4-6	大金門水準實際測線圖	44
圖 4-7	小金門水準實際測線圖	45
圖 4-8	南竿水準實際測線圖	46
圖 4-9	北竿水準實際測線圖	47
圖 4-10	綠島水準實際測線圖	48
圖 4-11	蘭嶼水準實際測線圖	49

## 圖目錄

圖 4-12	小琉球水準實際測線圖	50
圖 5-1	水準網平差作業流程圖	56
圖 5-2	視準軸誤差改正成果統計圖	59
圖 5-3	折射誤差改正成果統計圖	60
圖 5-4	地球曲率改正成果統計圖	62
圖 5-5	正高改正成果統計圖	64
圖 5-6	水準尺溫度改正成果統計圖	65
圖 5-7	未加入鐵墊滑動改正前測段往返閉合差統計圖	66
圖 5-8	加入鐵墊滑動改正前測段往返閉合差統計圖	66
圖 5-9	閉合差分析成果統計圖	68
圖 5-10	正高、橢球高與大地起伏幾何關係示意圖	69
圖 5-11	澎湖潮位站高程引測示意圖	72
圖 5-12	水頭潮位站高程引測示意圖	72
圖 5-13	馬祖潮位站高程引測示意圖	73
圖 5-14	綠島潮位站高程引測示意圖	73
圖 5-15	蘭嶼潮位站高程引測示意圖	74
圖 5-16	小琉球潮位站高程引測示意圖	74
圖 5-17	水準網整體平差計算流程圖	78
圖 5-18	網形平差後點位標準偏差統計圖	84

## 表 目 錄

表 1-1	水準測量預定與實際工作進度表	4
表 2-1	儀器編組一覽表	9
表 2-2	水準儀及水準尺檢校時程表	12
表 2-3	電子水準儀檢校量測成果表	13
表 2-4	行前訓練課程表	16
表 3-1	水準點埋石紀錄表	23
表 3-2	各區點位埋設時程表	26
表 3-3	各區點位埋設成果統計表	27
表 4-1	一等水準測量儀器裝備每日檢查保養一覽表	32
表 4-2	電子式水準儀視準軸校準紀錄表	36
表 4-3	一等水準點測量紀錄表	38
表 4-4	各區外業測量時程表	40
表 4-5	舊有水準點點名、點號一覽表	40
表 4-6	澎湖本島點位觀測成果統計表	41
表 4-7	七美點位觀測成果統計表	42
表 4-8	望安點位觀測成果統計表	43
表 4-9	大金門點位觀測成果統計表	44
表 4-10	小金門點位觀測成果統計表	45
表 4-11	南竿點位觀測成果統計表	46
表 4-12	北竿點位觀測成果統計表	47
表 4-13	綠島點位觀測成果統計表	48
表 4-14	蘭嶼點位觀測成果統計表	49
表 4-15	小琉球點位觀測成果統計表	50
表 5-1	外業觀測資料成果檢查一覽表	51
表 5-2	電子式水準儀觀測資料儲存之標準格式	53
表 5-3	測段單向各項系統誤差改正值	54
表 5-4	同一測段測三回以上可接受測段平均值	55

## 表 目 錄

表 5-5	測段往返觀測資料檢核成果	55
表 5-6	視準軸誤差改正成果統計表	58
表 5-7	折射誤差改正成果統計表	60
表 5-8	地球曲率改正成果統計表	61
表 5-9	正高改正成果統計表	63
表 5-10	水準尺溫度改正成果統計表	65
表 5-11	閉合差分析成果統計表	67
表 5-12	各離島高程基準一覽表	70
表 5-13	引測之潮位站一覽表	71
表 5-14	潮位站平均海水面推算時間一覽表	71
表 5-15	潮位站平均海水面推算參數一覽表	71
表 5-16	四個離島之高程基準起算參數表	75
表 5-17	衛星定位測量加 EGM96 計算潮位站水準點正高	76
表 5-18	兩種方式計算之正高比較表	76
表 5-19	各離島最小約制平差成果一覽表	79
表 5-20	局部多餘觀測分量評估標準	81
表 5-21	平均多餘觀測分量評估標準	81
表 5-22	信心水平值 $\alpha$ 與界限值 $K$ 關係表	82
表 5-23	信心水平值 $\alpha$ 與檢驗功效 $\beta$ 關係表 ( $\delta = 4$ )	82
表 5-24	$\alpha_0$ 與 $\beta_0$ 對應非中心化參數 $\delta_0$ 對應表	82
表 5-25	平均多餘觀測分量 $f_0$	83
表 5-26	內、外可靠度分析成果	83

# 第一章 前言

## §1-1 計畫背景

國家各項建設皆需仰賴高精度之國家基本控制測量系統為基礎，而一國之基本測量包括大地控制網、高程控制網、重力控制網等三大測量工作，範圍涵蓋陸域及海域。隨著科技的進步及各項建設的積極推動，各界對於基本控制點的精度要求日益提高，惟台灣位於歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊碰撞劇烈地帶，每年地殼變動量甚大，因此為確保基本控制點（衛星控制點、高程控制點、重力點等）隨時維持在高精度狀態，提供各界使用，必須定期實施檢測、長期維護更新，保持控制點系統完整，以配合國家永續經營所需，如若不定期檢測、長期維護更新，則控制點系統將因地殼變動量累積而產生扭曲變形，進而影響下級點位及衍生圖籍產生謬誤，導致各項經濟建設規劃施行發生錯誤、地籍產權錯亂，且各單位勢必零星補設控制點，造成資源浪費，致使坐標系統紊亂，精度不一。

為有效規劃國土利用，兼顧環保與經濟發展，達到國土永續經營、建立臺灣為「綠色矽島」、「人文科技島」之目標，亟需辦理各項建設之基礎—建構陸域、海域一致的現代化完整基本控制測量系統，完成包括海域基本圖之測繪、重力控制網之建立、離島高程控制系統之建立以及大地控制網、高程控制網之維護更新等重要工作，提供各級政府施政應用，改善民間投資環境，提升國家競爭力，維護新的國家坐標系統，整合平面及高程控制點系統，作為「綠色台灣、活力台灣、速度台灣、優質台灣、魅力台灣」，國家建設五大方向施政基礎，邁向永續發展之路。

為達到上述之目標，內政部於八十七年完成台閩地區衛星控制點系統，並於九二一大地震後，費時一個月完成衛星控制點系統重測工作；高程控制網部分，先後分別進行「一等一級水準網測量工作」及「一等二級水準網測量工作」，已於九十二年建置完成，並於水準點上加測衛星定位測量及重力測量，建立本島完整嚴密之三合一的基本控制網；至於海域部分之基本測量，其中包含離島地區之高程控制系統，急待辦理以供國家建設之需。

離島地區因交通不便，建設落後，以致影響離島地區之產業發展與居民生活品質。因此政府為加強推動離島之開發建設，特頒布離島建設條例：將交通建設、民生設施列為重大建設，但離島四面臨海，其中海平面的消長，對港口建設、水利設施、船隻安全影響甚鉅。因此，離島地區亟需建立高精度之高程控制系統，以提昇居民生活品質，縮短與台灣本島之落差。因此，為離島地區建立高精度基本控制系統實為首要工作，內政部於九十二年度辦理「離島潮位站資料蒐集及分析工作」，先期建立台灣（含離島）地區的平均海水面資料，以作為離島地區高程控制系統的參考依據，並建置台灣地區（含離島）各地潮位站水準點，以作為離島潮位站設置後之連測用途；並用以連結離島地區與台灣本島之基本控制點系統，作為離島基本控制系統之基礎。

內政部土地測量局承續前述基礎，於本年度辦理「九十三年度離島一等水準點埋設及其水準、衛星定位、重力測量工作」，以便完成離島地區高精度基本控制點系統的建置，加速各項建設工程的推展及提昇其品質，期使離島建設能早日達成預定的目標。而本項工作有幸由本公司「中興測量有限公司」承攬辦理，並定於九十四年初完成相關測量工作。

本報告內容主要說明本計畫中有關水準測量工作的部份，內容主要分為六個部份，第一章為前言，說明整個計畫執行的背景及內容；第二章為規劃準備，主要敘述整個計畫之執行項目與作業流程；第三章為水準點埋設，主要說明為一等水準點的埋設過程與相關數量統計；第四章為水準外業測量，主要說明水準外業執行情形與成果；第五章水準網平差計算，主要說明水準資料處理，平差計算內容與相關成果分析；第六章為結論與建議，為彙整本次計畫之相關成果所做的建議與討論。

## §1-2 工作內容

本次執行「九十三年度離島一等水準點埋設及其水準、衛星定位、重力測量工作」計畫中水準測量部份的內容主要如下：

1. 辦理地區：主要包含澎湖(本島、七美、望安)、金門(大金門、小金門)、馬祖(南竿、北竿)、綠島、蘭嶼及小琉球等合計共 10 個離島。
2. 辦理數量：
  - (1) 已知點位：計各離島潮位站水準點 12 點。
  - (2) 新設點位：計離島新設一等水準點 143 點，距水準路線 200 公尺內之舊一等水準點(以不超過 10 點為限)。
3. 工作項目：
  - (1) 點位埋設。
  - (2) 外業測量。
  - (3) 資料處理及分析。
  - (4) 水準測量工作報告。
  - (5) 進度報告。

## §1-3 經費分析

本次計畫水準測量工作部份經費總計新台幣 6,796,991 元，按照工作項目內容實際分配，各項工作經費所佔比例如圖 1-1。

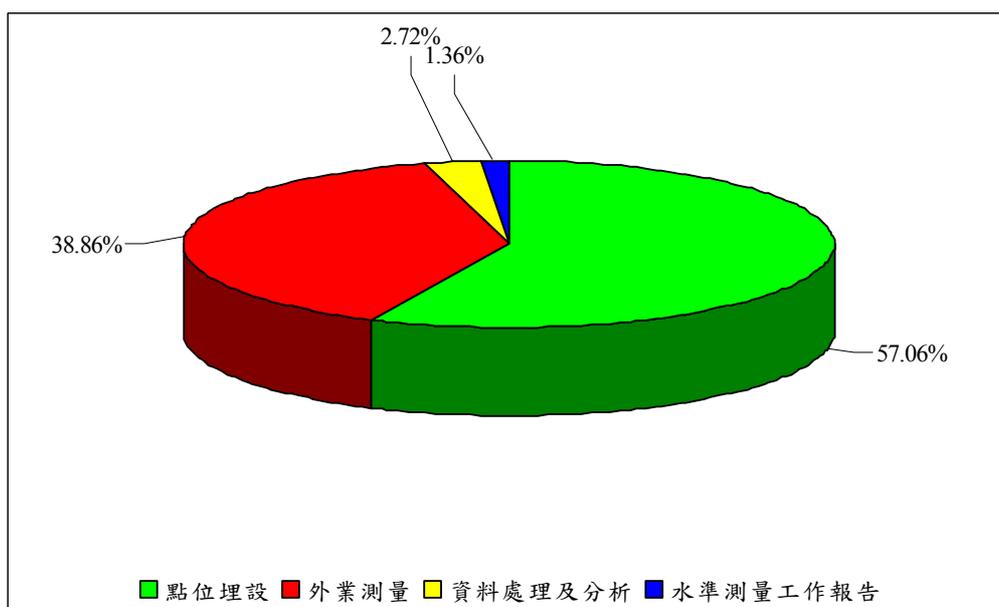


圖 1-1 水準測量工作計畫經費分配圖

### §1-4 工作時程

本次執行「九十三年度離島一等水準點埋設及其水準、衛星定位、重力測量工作」計畫中水準測量部份，其預定與實際的工作進度如表 1-1 所示：

表 1-1 水準測量預定與實際工作進度表

工作項目	93.4	93.5	93.6	93.7	93.8	93.9	93.10	93.11	93.12	94.1	94.2
點位清查											
外業測量											
資料處理及分析											
水準測量工作報告											

預定工作進度     
 實際工作進度

### §1-5 作業流程

由於本次計畫作業範圍涵蓋各離島，為因應不同點位的環境及作業方式，安排一審慎的作業流程可使工作能順利推展，並使品質及進度管制人員能適時在流程中各個查核點管控工作的推展，且確保整個計畫的品質，圖 1-2 顯示本次計畫整個工作的作業流程。

於圖 1-2 中標示為紅色字體的部分，為此次作業流程中主要的查核點，計畫主要人員及品管人員於此掌控整體作業的成效及品質，以使下一階段的工作能持續順利的進行。

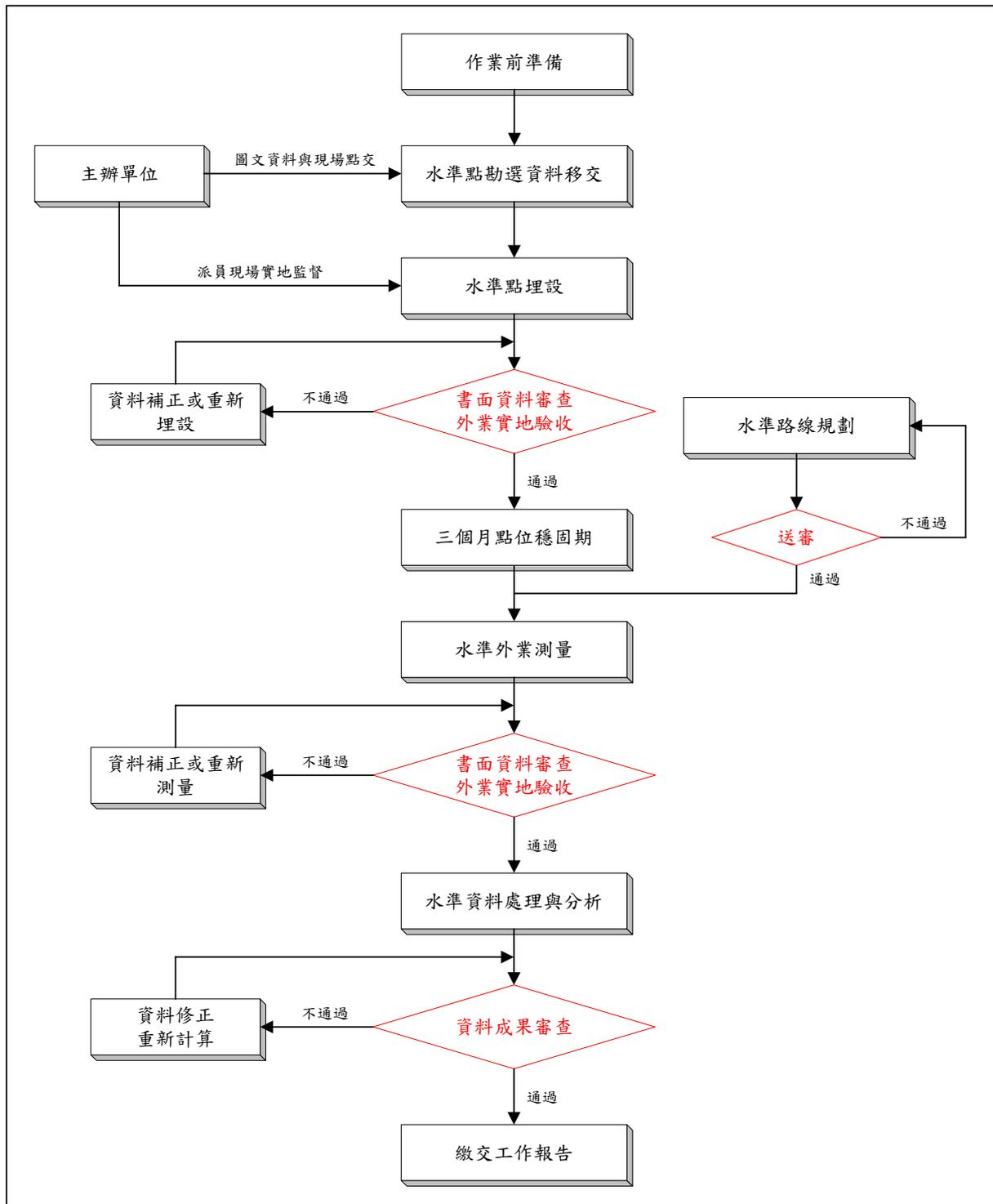


圖 1-2 水準測量作業流程圖

## §1-6 繳交成果

本次計畫中，水準測量預定繳交相關測量成果如下：

1. 水準點調查表及電子檔各一份。
2. 水準路線暨點位分布圖一份。
3. 水準點埋石紀錄表及電子檔各一份。
4. 水準測量測線（段）編號表及電子檔各一份。
5. 水準測量紀錄表（手稿）、「觀測紀錄表」書面資料各一份，電子檔二份、觀測資料檔（ASC II 格式及標準格式）各二份。
6. 水準測量實際測線（段）表、儀器定期檢校紀錄表書面資料及電子檔各一份。
7. 水準測量系統誤差改正報表之書面資料一份及電子檔二份。
8. 水準測量閉合差分析報表之書面資料一份及電子檔二份。
9. 水準平差前各項改正成果之書面資料一份及電子檔二份。
10. 水準測量最小約制平差成果及報告一份，電子檔二份。
11. 水準測量工作報告初稿二十份。
12. 水準測量正式報告一百份及電子檔二份。

## 第二章 規劃準備

### §2-1 觀測點位資料蒐集

為能順利執行本次計畫，良好的規劃準備及訂定完善的施測計畫是必需的，而由於整個測區涵蓋 10 個離島，作業區域分散，作業點位種類繁複，因此在進行作業規劃前需取得相關點位資料如下：

1. 內政部布設之潮位站水準點資料。
2. 內政部已布設之離島一等水準點資料及舊一等水準點資料。
3. 內政部土地測量局離島新勘選一等水準點資料。
4. 離島潮位站資料。
5. 內政部土地測量局已清查之離島水準點資料。
6. 內政部離島一、二等衛星控制點資料。

將上述點位資料分別展繪於適當比例尺之地形圖上，取得點之記等相關資料，並輔以其他資料（如道路交通狀況等），將點位依照區域及難易程度加以分門別類，以作業後續清查的依據。

### §2-2 工作人員編組

本次計畫的作業區域涵蓋範圍甚大，又為能順利配合轄區測量隊相關作業之推行，故特設立工程聯絡組，以協調彼此相關事宜且便於聯繫。

而本次計畫各職務所負責的工作如下說明，詳細之人員安排編組如圖 2-1 所示：

1. 計畫主持人：計畫推行與成效掌控。
2. 協同主持人：協助計畫推行與成效掌控。
3. 內業資料組長：資料計算分析及工程進度安排。
4. 觀測作業組長：外業工作規劃及推行。
5. 品質管制組：工程品質監督與檢核。
6. 工程聯絡組：工程作業協調與安排。
7. 資料計算組：外業觀測資料檢核與計算。
8. 資料整理組：外業觀測資料整理。
9. 觀測作業組：執行各項外業測量工作。

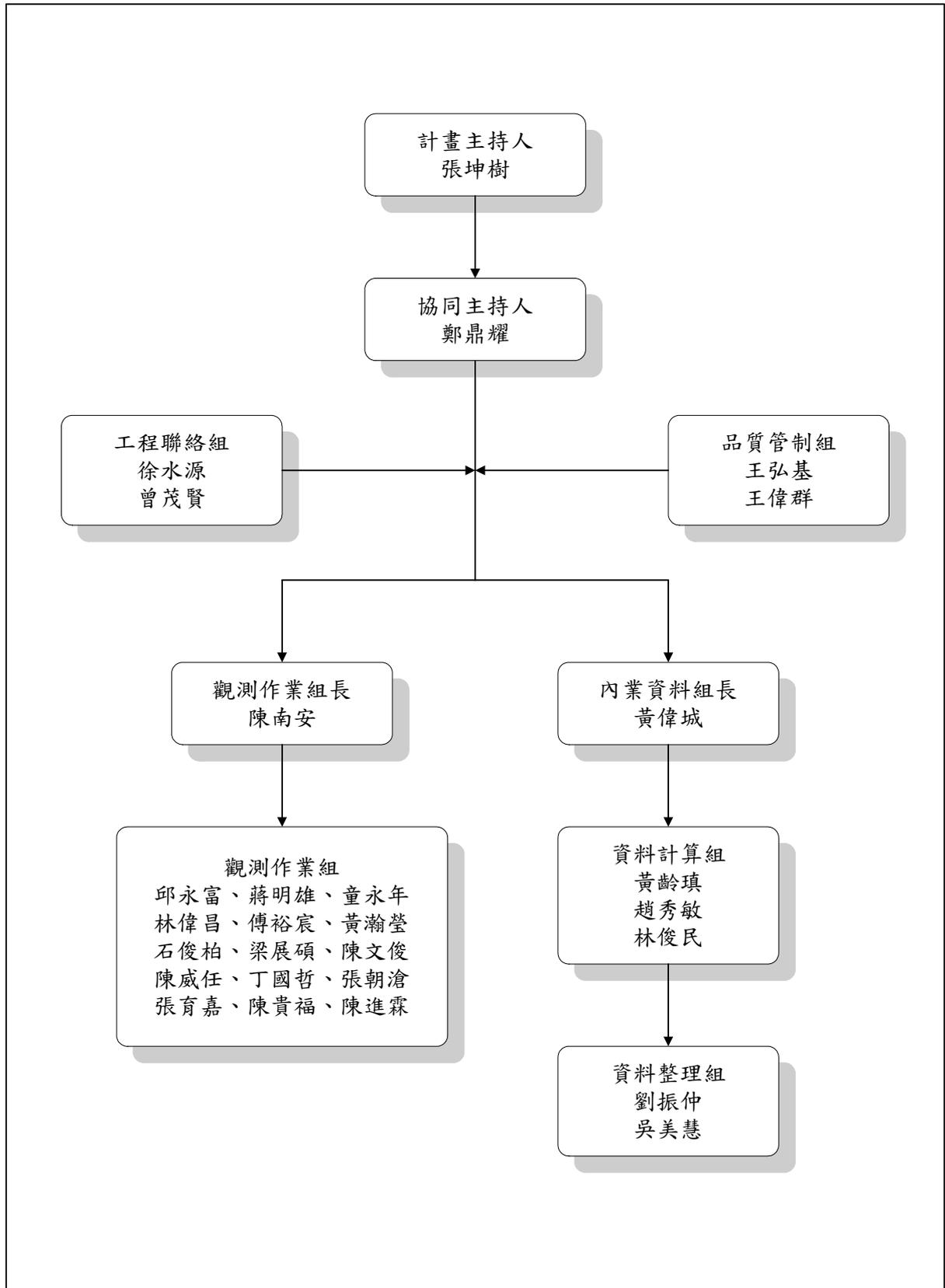


圖 2-1 作業人員組織架構圖

### §2-3 器材設備準備

為確實執行本次計畫，本公司共準備 6 部相同廠牌（Zeiss Dini<sup>®</sup>11/12）之電子式精密水準儀，每部水準儀並搭配固定之 3m 鈹鋼水準尺（Nedo LD13），而實際執行作業時，各離島分別使用 1~3 部電子式精密水準儀施測。而本計畫所使用之電子式精密水準儀編組情形如表 2-1。

表 2-1 儀器編組一覽表

組別	水準儀型式	水準儀序號	水準尺型式	水準尺序號
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11	103228	Nedo LD13	13793
			Nedo LD13	13796
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11	103229	Nedo LD13	12761
			Nedo LD13	12870
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11	103293	Nedo LD13	13083
			Nedo LD13	13084
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12	701686	Nedo LD13	10990
			Nedo LD13	10991
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12	701699	Nedo LD13	11163
			Nedo LD13	11273
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12	701724	Nedo LD13	10985
			Nedo LD13	10986

除電子式精密水準儀及鈹鋼水準尺外，更依據實際外業需求，各組人員分別整治裝備如下：

1. 準備個人相關裝備如指北針、頭燈、砍刀、鋸子、雨衣（鞋）等。
2. 安排分組人員所需儀器設備，如數位相機，溫度計、通訊器材及配合夜間觀測之相關照明設備等
3. 各組觀測儀器所使用之相關配件（尺撐、尺墊、腳架等）。

而依照前述準備的內容，茲將本計畫水準測量主要使用之裝備介紹如下：

1. 電子式精密水準儀：對於使用之精密水準儀而言，早期主要以光學式的精密水準儀為主，近年來由於相關技術的提昇，業界以破除此一慣例，改以電子式精密水準儀進行高精度之水準測量，為了滿足每公里往返閉合差小於 2.5mm 的觀測精度，以及資料能自動記錄、設定相關作業參數的優點，因此採用德國Zeiss 公司出產之DiNi<sup>®</sup>11、Zeiss DiNi<sup>®</sup>12 電子式精密水準儀做為觀測儀器，如圖 2-2，此項設備於過去幾年執行內政部「一等一級水準網測量工作」及「一等二級水準網測量工作」等計畫，均能圓滿完成計畫，其成果品質亦獲得一致的肯定。因此本公司在執行本次計畫的水準測量工作中，再度使用本項設備，以期順利達成計畫之目標。



圖 2-2 使用之精密水準儀與鈦鋼水準尺

2. 鈦鋼水準尺及水準尺架：好的精密水準儀，必須搭配適合的鈦鋼水準尺，才能確保觀測資料品質，為使觀測資料達到自動化記錄，以條碼式之鈦鋼水準尺來配合觀測。因此本公司採用配合Zeiss DiNi<sup>®</sup>11 水準儀的Nedo LD13 鈦鋼水準尺（圖 2-2）；此種水準尺以影像判讀方式識別條碼位置，除了中間水準尺是利用鈦鋼的材質外，周圍尺框採鋁合金材料製作，故重量較採木質尺框之刻劃式鈦鋼水準尺為輕，避免增加測量人員的負擔。另為能確保水準尺於觀測時真正的垂直地面，採用之尺架亦是鋁合金材料製作，專為配合鈦鋼水準尺所製作的輔助工具，其重量合適，調整器高度適中挑選合適的水準尺架，對於控制達 3m 高的水準尺而言，不會影響人員作業速度及成果的品質精度。
3. 溫度計：有關水準測量各項系統誤差改正中，地球曲率改正可儘量保持

前後視距相等來減少影響量，正高改正也可藉由於水準點上實施重力測量來求得，而折射誤差修正對於電子式水準儀雖尚無明顯的模式來計算，但仍可限制前後視距（不超過 30 公尺）來降低誤差來源，至於水準尺溫度改正，須仰賴於觀測時各測站及水準尺間量測溫度計算而得，故對於溫度計的類型亦須考量。而依合約規範中，除限定溫度計的量測精度（0.2 度以內）及最小讀數（0.1 度）外，對於擺設位置亦有明確規定；考量溫度計須能同時量測水準尺 0.5 公尺及 2.5 公尺位置的溫度，因此具有可同時接收與顯示兩條感應器之溫度計為第一考慮要件。因此以執行內政部「一等一級水準網測量工作」及「一等二級水準網測量工作」中經過實際測試並使用無誤的 Comark N9008 型溫度計（圖 2-3）做為量測溫度的工具。



圖 2-3 Comark N9008 型溫度計



圖 2-4 尺墊

4. 不可伸縮三腳架與尺墊：進行精密水準測量除了所使用之水準儀、水準尺與一般普通水準測量所使用的儀器設備不同外，對於腳架的選擇亦不同；為避免觀測過程中發生腳架微動的情形，必須使用不可伸縮之木質三腳架來架設儀器。另為便於觀測或搬站期間，儘量降低置於水準尺下尺墊下陷或滑動的情形，對於尺墊（圖 2-4）的型式及重量（不得少於 2.5 公斤），亦須符合一定標準。
5. 安全防護設備：本次水準測量有部份作業於夜間施測，如何確保作業人員之安全，除了硬體設備的準備外，人員的行前教育及加強作業安全觀念亦相當重要，因此必須兼顧工作品質及進度，並確保自身工作的安全。

#### §2-4 品質管制與檢核

### §2-4-1 儀器設備檢校

為了使本次計畫能達到高精度、高效能之預期目標，對於使用之儀器設備自必有一套完整的檢校措施，本公司對所使用之儀器設備等一向十分重視，對於本次計畫所使用之設備，自購置後每年依規劃時程送至國家實驗室進行檢校作業，另為配合本計畫，依照合約規定將本次使用之設備分別於外業施測前後進行送校（表 2-2），而相關檢校結果也均符合儀器本身應有之精度，因此若使用於本計畫中，其測量成果應是相當精確而可靠。

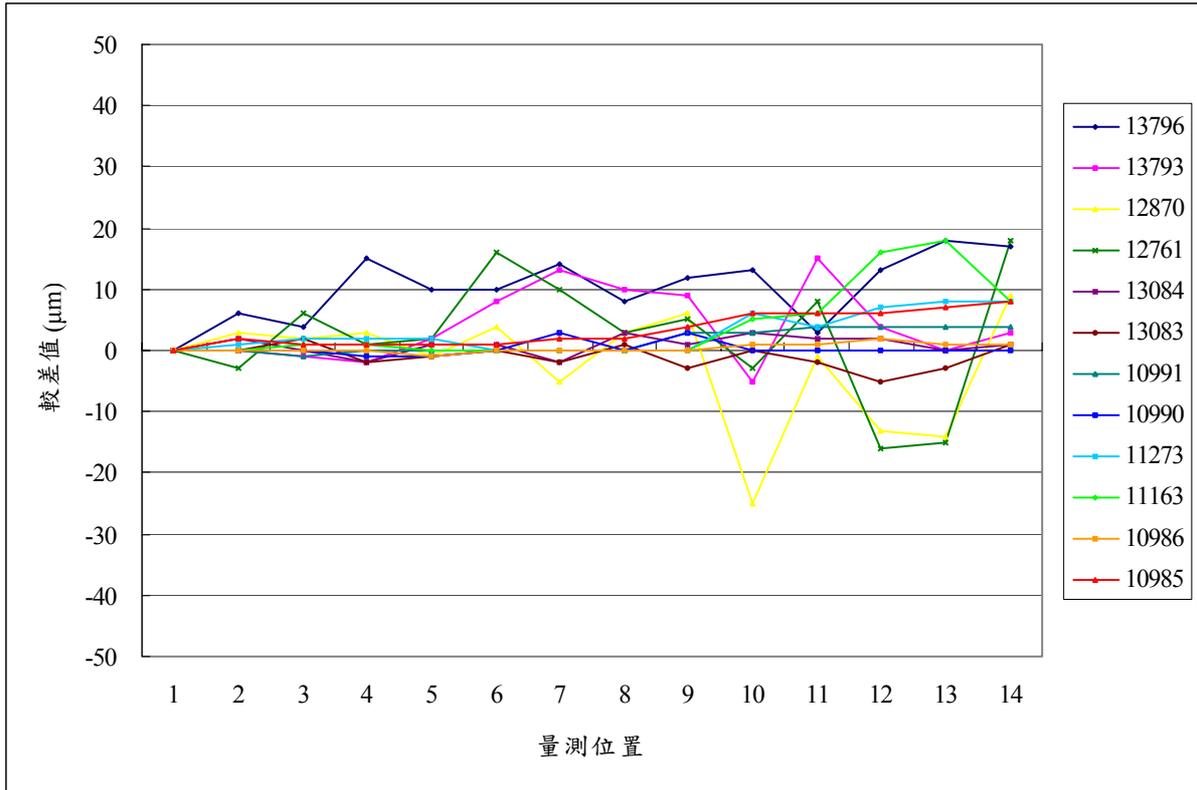
表 2-2 水準儀及水準尺檢校時程表

組別	水準儀型式、序號	水準尺型式、序號	第一次檢校日期	第二次檢校日期
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 (103228)	Nedo LD13 (13793)	93.9.13	93.11.29
		Nedo LD13 (13796)		
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 (103229)	Nedo LD13 (12761)	93.9.13	93.12.2
		Nedo LD13 (12870)		
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 (103293)	Nedo LD13 (13083)	93.9.13	93.12.2
		Nedo LD13 (13084)		
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 (701686)	Nedo LD13 (10990)	93.8.12	93.11.30
		Nedo LD13 (10991)		
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 (701699)	Nedo LD13 (11163)	93.8.12	93.11.29
		Nedo LD13 (11273)		
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 (701724)	Nedo LD13 (10985)	93.8.12	93.11.30
		Nedo LD13 (10986)		

若將相同儀器裝備不同時間所進行之檢校報告進行分析比較，可發現歷次之檢校成果皆符合相關檢校精度要求外，彼此間之變動情形亦不顯著，以鈦鋼水準尺檢校成果而言，變動量約在 $\pm 30\text{mm}$ 以內，遠小於作業規範 $\pm 50\text{mm}$ 的精度範圍內，顯示作業期間儀器裝備狀況相當穩定。有關電子式水準儀檢校項目歷次之量測值如表 2-3，而鈦鋼水準尺檢校量測成果如圖 2-5。

表 2-3 電子水準儀檢校量測成果表

組別	水準儀型式、序號	第一次量測值(")	第二次量測值(")	較差值(")
<b>光學視準軸誤差值</b>				
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103228 )	0.2	-1.3	-1.5
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103229 )	-1.5	-1.5	0.0
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103293 )	-1.0	-1.0	0.0
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701686 )	0.1	-0.2	-0.3
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701699 )	0.3	1.0	0.7
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701724 )	-1.1	-0.1	1.0
<b>調焦誤差值</b>				
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103228 )	0.0	0.0	0.0
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103229 )	0.0	0.1	0.1
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103293 )	0.0	0.1	0.1
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701686 )	0.0	0.0	0.0
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701699 )	0.0	0.1	0.1
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701724 )	0.0	0.0	0.0
<b>測站觀測中誤差值</b>				
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103228 )	0.04	0.04	0.00
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103229 )	0.07	0.07	0.00
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103293 )	0.02	0.03	0.01
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701686 )	0.05	0.05	0.00
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701699 )	0.04	0.04	0.00
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701724 )	0.07	0.07	0.00
<b>直立軸誤差值</b>				
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103228 )	-0.31	-0.27	0.04
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103229 )	0.20	0.23	0.03
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103293 )	-0.31	-0.27	0.04
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701686 )	-0.24	-0.21	0.03
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701699 )	-0.32	-0.25	0.07
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701724 )	0.16	0.22	0.06
<b>水平設定精度值</b>				
1	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103228 )	0.24	0.24	0.00
2	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103229 )	0.20	0.26	0.06
3	Zeiss Dini <sup>®</sup> 11 ( 103293 )	0.19	0.15	-0.04
4	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701686 )	0.14	0.11	-0.03
5	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701699 )	0.17	0.13	-0.04
6	Zeiss Dini <sup>®</sup> 12 ( 701724 )	0.16	0.14	-0.02



註：量測位置 1 為水準尺頂部下方約 160mm 條碼上緣處，每間隔 200mm 之條碼上緣處依序為 2、3...。

圖 2-5 鋼鋼水準尺校差值變異圖

## §2-4-2 品質計畫擬定

除前述對使用的設備進行嚴密的檢校外，計畫執行期間對工程品質的監控更是重要，而本計畫中主要設立品質管制組來進行品質管控，而品質管制組或公司內部稽核人員更得隨時抽查內、外業作業情形，並填具相關檢查表格，以確保各階段工作品質的可靠度，並藉此作為後續修正作業流程或教育工作人員的基礎。

而為確實管控本次計畫的觀測品質，本公司訂立了一套工程品質管制程序如圖 2-6 所示。

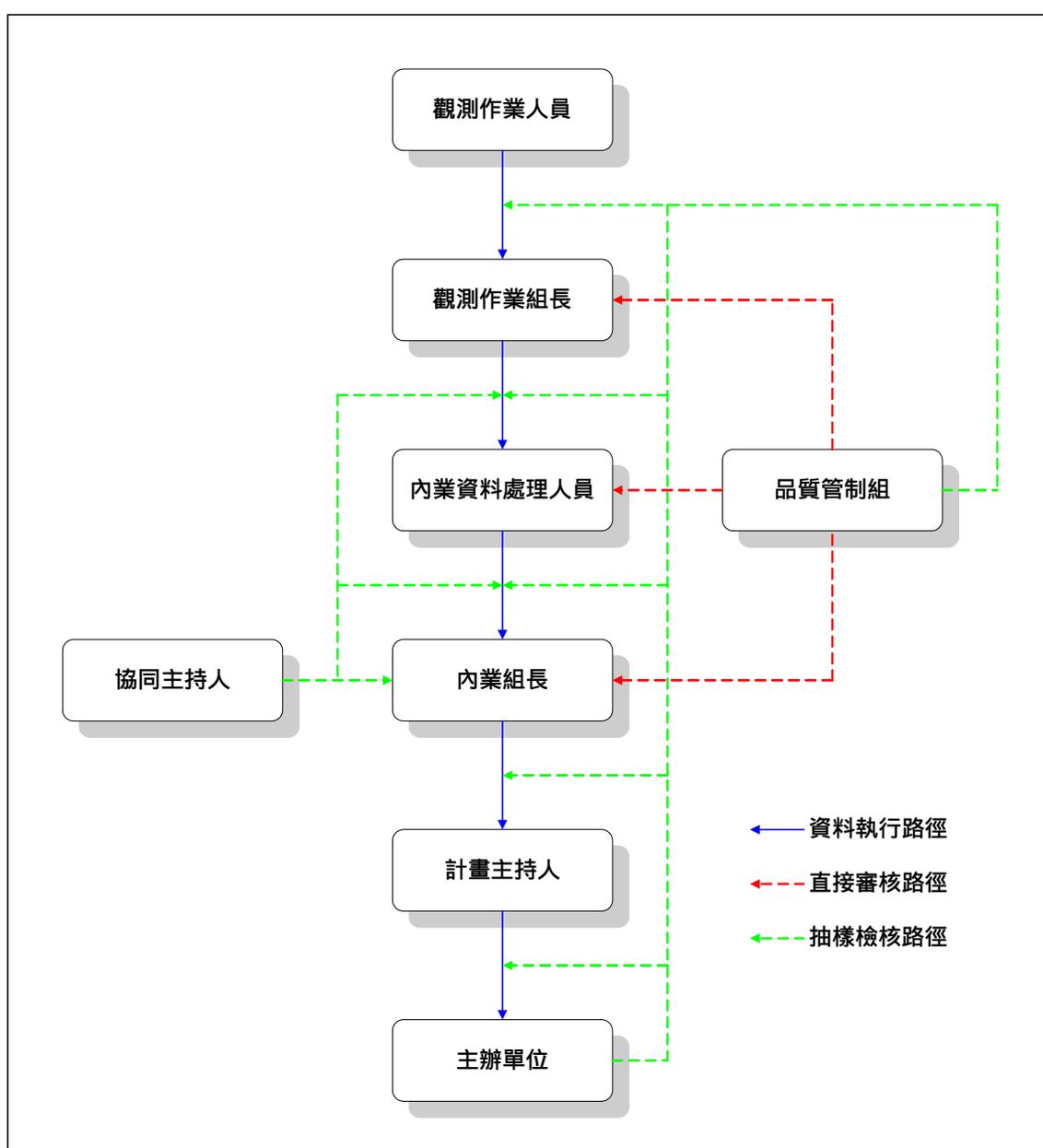


圖 2-6 工程品質管制流程圖

### §2-4-3 行前教育訓練

除前述對儀器設備的檢校與建立嚴密的品質管制流程外，對於執行本次計畫能否順利圓滿成功的另一個主要因素，便是在於所有的工作人員是否充分了解計畫的執行內容，及明瞭各項步驟的作業規範，因此本公司於衛星定位測量前安排相關的行前教育訓練，並邀請 貴局派員蒞臨指導，表 2-4 為本次計畫行前教育訓練之課程表，圖 2-7 為行前教育訓練之情形。

表 2-4 行前訓練課程表

時間	項目	科目	授課人員
08:00~08:50		衛星定位測量原理概述	鄭鼎耀
休息 10 分鐘			
09:00~09:50		水準測量原理概述	張坤樹
休息 20 分鐘			
10:10~11:00		衛星定位測量標準操作程序	鄭鼎耀
休息 10 分鐘			
11:10~12:00		水準測量標準操作程序	張坤樹
中午用餐時間 (12:00~13:10)			
13:10~15:20		衛星定位測量儀器操作實習	徐水源
休息 20 分鐘			
15:40~17:30		水準測量儀器操作實習	陳南安



圖 2-7 行前教育訓練相片

### 第三章 水準點埋設

#### §3-1 水準點埋設方式

本次進行離島一等水準點的埋設，採用的方式主要依據內政部訂定的一等水準測量作業規範，根據點位勘選的現況，埋設的方式主要分為岩盤或橋樑埋設方式及一般地面水準點位埋設方式等二種，以本次作業而言，點位由 貴局自行勘選，在考量點位保存性的情況下，大部份點位均採用一般地面水準點位埋設方式。圖 3-1 及圖 3-2 分別為兩種埋設方式的規格示意圖。

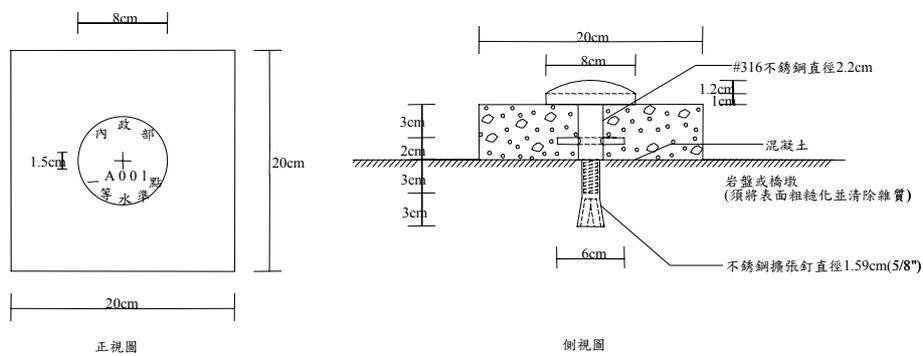


圖 3-1 岩盤或橋樑埋設方式示意圖

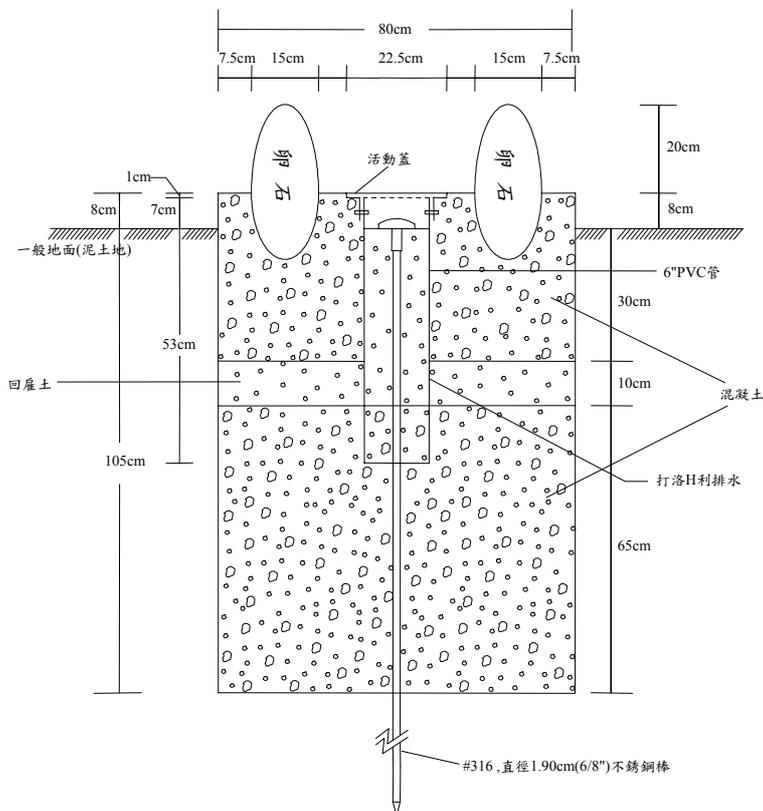


圖 3-2 一般地面水準點位埋設方式

### §3-2 水準點埋設流程

依照內政部一等水準測量作業規範內容，及本公司進行內政部「一級水準網測量工作」及「一等二級水準網測量工作」時水準點埋設的工作經驗，擬定本次計畫水準點埋設作業流程如圖 3-3，而詳細的執行內容如后分述。

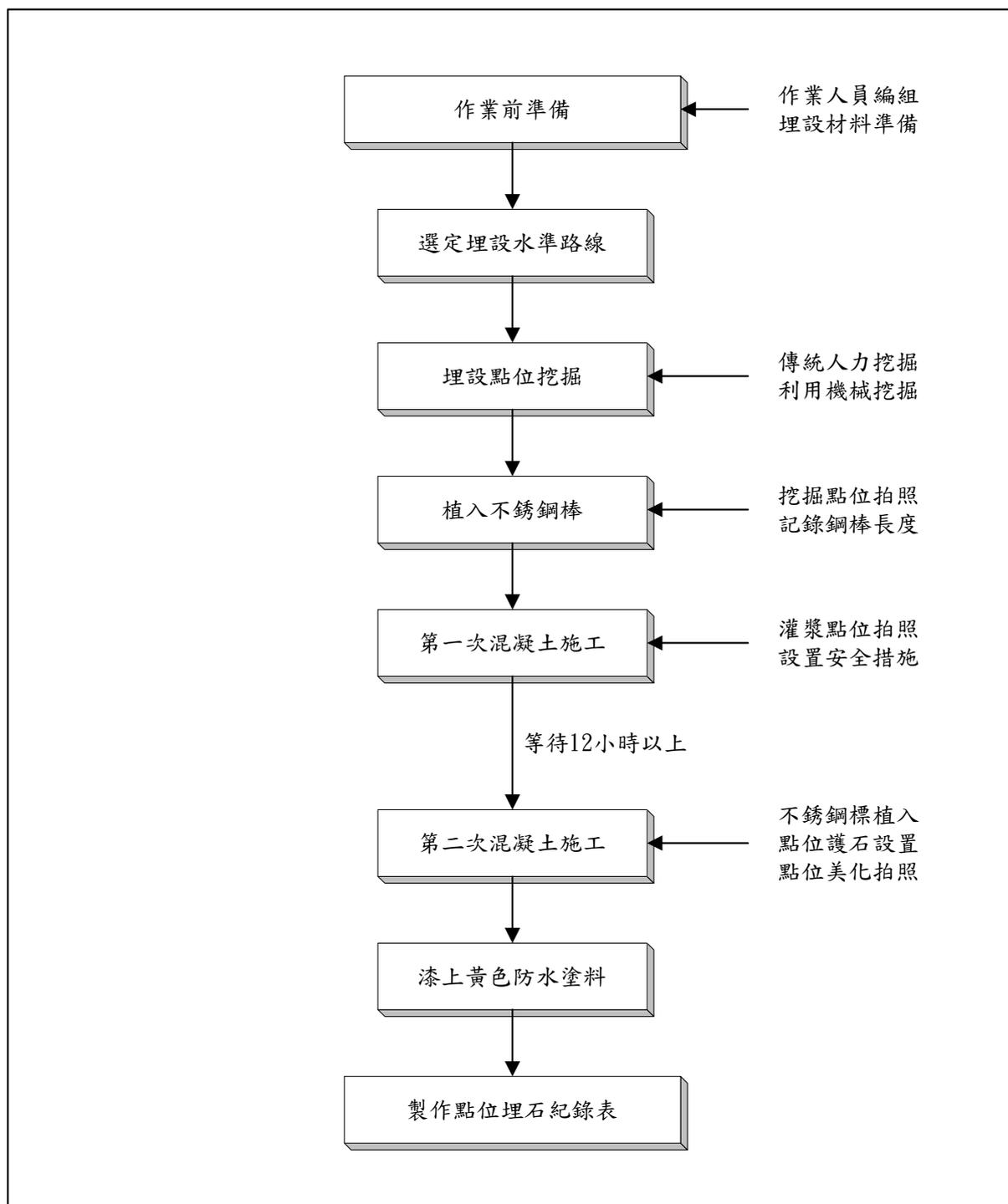


圖 3-3 水準點埋設作業流程圖

### §3-3 水準點埋設作業

#### §3-3-1 作業前準備

除作業人員編組依前述章節進行編組外，完整施工材料亦是使作業順利進行的重要因素之一，依照合約規範內容要求，埋設時需使用之材料主要包含不銹鋼標、不銹鋼棒（共分為 1 公尺、50 公分、25 公分及 10 公分等不同尺寸）及不銹鋼材質活動蓋。其中不銹鋼材質須經過工業技術研究院工業材料研究所符合#316 成份之檢驗報告。由於材料規格較為特殊，數量亦相當多，需與選定製造廠商，針對規格內容詳細討論，以避免發生所製造之成品與規格不符情形。

另外對一般地面水準點位埋設方式而言，在正常情況下應設置鵝卵石（部份位於校園內或風景區的點位，考量人員安全或配合當地整體景觀設施時，不予設置護石），其目的在於保護標石不受外力破壞，因此通常在水準點標石東、西、南、北四個方向各設置一個適當大小的鵝卵石。然而對於一等水準點的埋設方式來說，由於點位鋼標是埋設於地面下（除少數位於橋墩或岩磐），並以不銹鋼材質活動蓋保護之，故做為標石保護之功能降低，主要助於點位找尋的作用。由於須於每一點位加設四個鵝卵石，且位置均屬離島偏遠地區，因此在作業之前如何針對水準路線規劃補給地點（一般以砂石場為主），以及鵝卵石運送、儲藏方式，都必須詳加考量。

此外，由於埋設的作業區域分散在十個離島地區，當地的交通情況及與台灣本島間物資運輸，都是影響整個埋設作業時程的重要因素，作業人員需先行了解並安排好各項交通工具的行程，以避免因部份環節無法搭配而造成工程進度的延誤。

### §3-3-2 埋設點位挖掘

依照點位勘選結果統計，約有七成左右的新設點位位於水準路線的兩側（即道路兩旁）或是交通較為便利的地點，其餘則在校園或車輛不易到達的位置，因此對於點位的挖掘規劃了機械與人力兩種方式來進行。不同的作業方式說明如下：

1. 利用機械方式進行點位挖掘：對於交通便利且較為連續、密集的點位，係採用機械方式來進行點位挖掘；主要優點為速度快、效率高，根據統計完成一處點位挖掘工作的時間約為二十分鐘。雖然利用機械挖掘有上述優點，亦有不易查覺地下管線及孔徑過大成本浪費等缺點。改善的方法是由一名導引人員於點位旁隨時注意是否有地下管線存在，以及指揮挖掘人員控制孔洞的大小。
2. 利用人工方式進行點位挖掘：對於機械器具無法進入（例如學校、有障礙設施之公園等）或判斷有地下管線經過的點位，則由人工方式來進行點位挖掘；主要優點為作業安全且能控制挖掘孔洞的大小。其缺點為作業速度緩慢，以兩位挖掘工人完成一點的工作時間約為3~4小時，影響作業進度及工作成本，故通常先觀察點位環境是否可利用機械方式挖掘，再考量以人工方式挖掘。

### §3-3-3 植入不銹鋼棒與第一次混凝土施工

完成點位挖掘後，即開始進行不銹鋼棒植入工作，由於無法預知會植入多深，因此先植入一公尺之不銹鋼棒開始。另為節省時間及減輕人員體力負擔，作業時先以電動打擊機進行第一根鋼棒植入工作，等到鋼棒快沒入地底時，再以第二根鋼棒連接，此時兩不銹鋼棒連接處須以植筋膠固定；以此步驟，重覆進行，直到電動打擊機無法將鋼棒再植入為止。

接著丈量最後一根不銹鋼棒距地表面的距離，改用人力方式套上保護銅套以鐵鎚用力敲打，直至連續敲擊十次後不銹鋼棒均無法深入地層為止。再次丈量不銹鋼棒距地表面的距離，以較短尺寸之不銹鋼棒連接，使接上不銹鋼標後，能符合至不銹鋼材質活動蓋約8公分高之規定。

於進行第一階段灌漿前，在孔洞底層往上 65 公分之位置，貼上紅色貼布以為標記，做為第一次混凝土灌漿高度的依據；灌漿完成後，最後將銅質活動蓋連同 PVC 管置入混凝土中，依規定預留不銹鋼材質活動蓋高度，將缺口朝北後以支架固定之。

依據本次作業過程，施工人員分為三組進行，第一組人員負責點位挖掘，第二組人員負責不銹鋼棒之植入，而第三組人員負責混凝土灌漿工作。作業程序考量各組的工作進度作機動調整，例如已完成一定數量之點位挖掘及植入不銹鋼棒後，再依水準路線機動進行灌漿工作。而對於部份點位較少之離島（如小琉球、望安等），亦可能一次挖掘並不銹鋼棒後，再進行灌漿的工作。

點位第一次混凝土灌漿完成後，須間隔 12 小時以上，才能進行第二次混凝土灌漿，依內政部之規劃，除考慮排水之外，主要因素若採用以往僅以一次混凝土灌漿完成之施工方式，當遭受外力撞擊，導致混凝土移動時，會使不銹鋼棒底部隨之移動而造成點位偏斜。若採用二次施工法，由於兩次混凝土灌漿中間隔有 10 公分之回填土，而變成兩塊獨立的混凝土，若點位遭受外力撞擊時，僅會影響上層之混凝土，降低對不銹鋼標的影響。

因此在等待第二次混凝土灌漿的期間，由於點位所挖掘的孔洞相當大（80×80×105 公分），為避免造成人員跌落或車輛誤入，考量作業安全的情況下，以 120×120 公分之大型木板覆蓋在挖掘的孔洞上做為安全措施，以避免造成意外。

### §3-3-4 第二次混凝土灌漿及點位埋設完成

在完成第一次混凝土灌漿並等候 12 小時以上，接著進行第二次混凝土灌漿；惟在灌漿前，為利於點位排水，須先回填土（約為 10 公分高）並夯實後，再灌漿至灌滿整個模具（可固定點位之尺寸大小及保持美觀）；將鵝卵石置於點位四周固定後，再利用抹刀將混凝土表面整平並清理不銹鋼材質活動蓋表面，即完成第二次混凝土灌漿，如圖 3-4。

俟混凝土凝固後，連同四個鵝卵石一併漆上黃色防水塗料，即完成新設一等水準點之埋設工作（如圖 3-5）。每一水準點各階段埋設過程皆須填寫「水準點埋石紀錄表」（表 3-1），記錄其執行情形，內容包括點名、點號、相片、施工時間、人員、植入不銹鋼棒之數量及長度、工作情況等。



圖 3-4 第二次混凝土灌漿



圖 3-5 點位埋設完成

而施工中若點位位於橋墩或岩磐而無法挖掘時，則直接於表面上鑽孔後，將不銹鋼標以不銹鋼擴張釘固定於上述表面後，再以混凝土製成 20×20 公分之水泥塊，等混凝土表面乾了以後，同樣漆上黃色防水塗料並記錄「埋石紀錄表」。

表 3-1 水準點埋石紀錄表 (1/3)

第一頁

水準點點名：南滬崎頂涼亭	水準點點號：CM01
準備程序：	
器材： <input checked="" type="checkbox"/> 指北針 <input checked="" type="checkbox"/> 量（捲）尺 <input checked="" type="checkbox"/> 相機 <input checked="" type="checkbox"/> 鐵槌 <input checked="" type="checkbox"/> 保護銅套 <input checked="" type="checkbox"/> 開挖工具 <input type="checkbox"/> 卵石 <input checked="" type="checkbox"/> 沙 <input checked="" type="checkbox"/> 石 <input checked="" type="checkbox"/> 水泥 <input checked="" type="checkbox"/> 不銹鋼標 <input checked="" type="checkbox"/> 不銹鋼棒 <input checked="" type="checkbox"/> AB 膠 <input checked="" type="checkbox"/> 銅質活動蓋 <input checked="" type="checkbox"/> PVC 管 <input checked="" type="checkbox"/> 螺絲 <input checked="" type="checkbox"/> 鋸手 <input checked="" type="checkbox"/> 防水塑膠布 <input checked="" type="checkbox"/> 模板 <input checked="" type="checkbox"/> 抹刀 <input checked="" type="checkbox"/> 油漆 <input checked="" type="checkbox"/> 刷子 <input type="checkbox"/> 擴張釘 <input checked="" type="checkbox"/> 安全警示標誌 圖文資料： <input checked="" type="checkbox"/> 水準點調查表 <input checked="" type="checkbox"/> 1/50000 地形圖 <input checked="" type="checkbox"/> 土地使用權同意書或其他證明文件	
土地標示： <u>澎湖</u> 縣市 <u>七美</u> 鄉鎮市區 <u>七美二</u> 段 <u>    </u> 小段 <u>522</u> 地號	
土地所有人或土地管理機關： <u>澎湖縣政府</u>	
地質狀況： <input checked="" type="checkbox"/> 一般地面（泥土地） <input type="checkbox"/> 硬地面 <input type="checkbox"/> 岩層 <input type="checkbox"/> 橋樑 <input type="checkbox"/> 其它 <u>    </u>	
第一次施工日期： <u>93</u> 年 <u>05</u> 月 <u>19</u> 日 <u>13</u> 時 <u>40</u> 分 施工人員 <u>鄭庚辰</u>	
1. 開挖長度、寬度及深度各 <u>101</u> <u>86</u> <u>106</u> 公分 2. <input checked="" type="checkbox"/> 拍攝開挖情況相片一張	
3. 不銹鋼棒數量：1 公尺、50 公分、25 公分及 10 公分長各 <u>2</u> <u>1</u> <u>2</u> <u>0</u> 隻 總長度： <u>3</u> 公尺	
第二次施工日期： <u>93</u> 年 <u>05</u> 月 <u>20</u> 日 <u>07</u> 時 <u>15</u> 分 施工人員 <u>鄭庚辰</u>	
1. 不銹鋼標編號 <u>CM01</u> 2. <input checked="" type="checkbox"/> 拍攝點位正面相片一張（含不銹鋼標）	
第三次施工日期： <u>93</u> 年 <u>05</u> 月 <u>21</u> 日 <u>15</u> 時 <u>10</u> 分 施工人員 <u>魏鴻禎</u>	
1. 露出地面高 <u>0</u> 公分 2. <input checked="" type="checkbox"/> 可見點位週遭環境相片二張	
※本埋設點位位置與原勘選點位不一致時，應重新製作水準點調查表。	
工作情況：採一般地面點位埋設方式，該點位不加護石並與地面等高。	

表 3-1 水準點埋石紀錄表 (2/3)

第二頁

點名：南滬崎頂涼亭 點號：CM01 縣市：澎湖縣

檔名：CM01-3.JPG



檔名：CM01-4.JPG

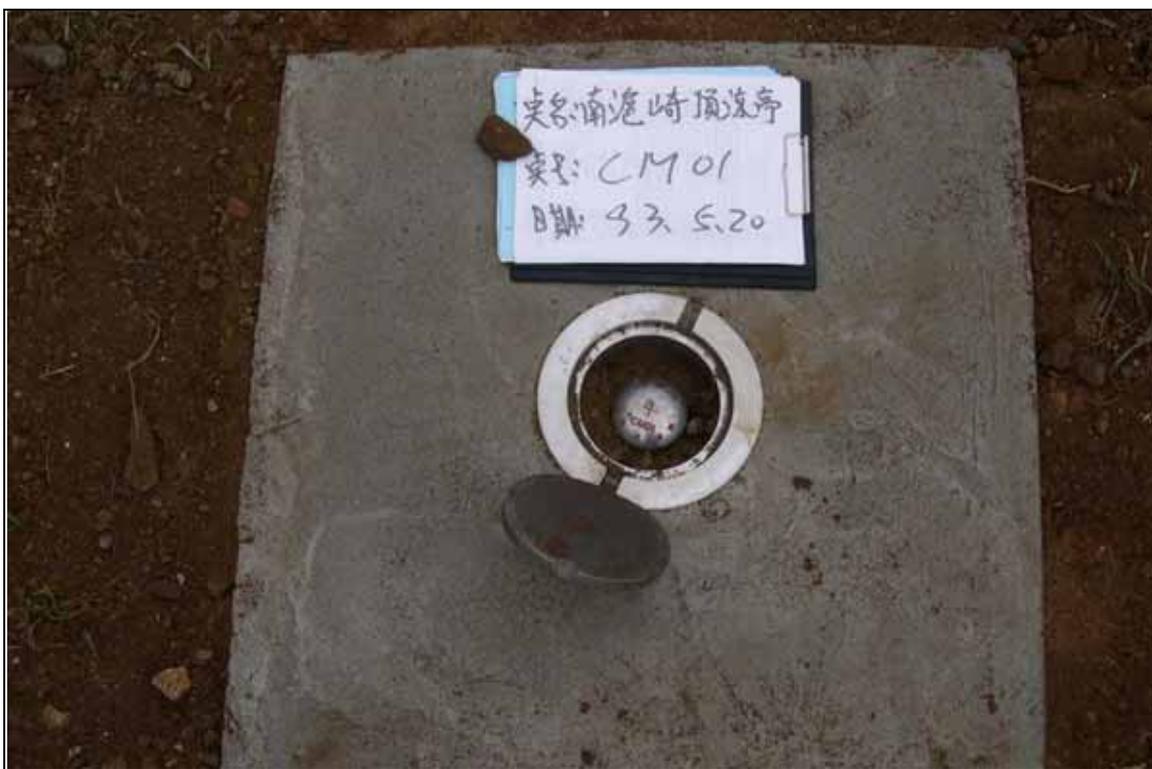


表 3-1 水準點埋石紀錄表 (3/3)

第三頁

點名：南滬崎頂涼亭 點號：CM01 縣市：澎湖縣

檔名：CM01-5.JPG



檔名：CM01-6.JPG



### §3-4 水準點埋設成果

#### §3-4-1 水準點埋設時程

依照合約規定，水準點埋設時程原訂有 150 個工作天，至 93 年 9 月 16 日方須完工，但實際執行作業時，由於水準測量需待水準點埋設後 3 個月的沉陷期方能進行施測，而水準測量作業時間為表訂埋設完成後 30 天即到期（93 年 10 月 16 日），為配合後續水準測量作業的進行，因此實際埋設作業較表訂時間提早完成 3 個月以上。詳細各離島埋設作業時程如表 3-2。

而為配合上述作業提早完成，實際進行點位埋設作業時，共計出動三組埋樁作業人員，分別於不同離島間同時進行作業，以期降低整體的作業時間，且交通運輸工具安排，不計相關作業成本，均以能達到最快效率為考量，務以達到本次作業目標為優先。

表 3-2 各區點位埋設時程表

序號	作業區域	埋設日期
1	澎湖本島	93.5.12~93.5.22
2	七美	93.5.19~93.5.21
3	望安	93.5.20~93.5.23
4	大金門	93.5.12~93.5.25
5	小金門	93.5.19~93.5.24
6	南竿	93.5.27~93.5.31
7	北竿	93.6.2~93.6.5
8	綠島	93.6.8~93.6.11
9	蘭嶼	93.5.27~93.5.31
10	小琉球	93.6.8~93.6.11

### §3-4-2 水準點埋設成果統計

而最後總計 10 個離島的埋設數量，合約原預計埋設水準點 143 點，但其中大金門有 2 個點，北竿有 1 個點，在 貴局考量點位共用原則之下，以當地現有之水準點替代，因此最後實際埋設的數量僅 140 點。而各區點位預定與實際埋設數量統計如表 3-3。

由表 3-3 中發現，本次點位埋設主要仍以一般點位埋設方式進行，除大金門之 KM25（點名：水頭潮位站）及綠島之 LD03（點名：馬蹄橋）等 2 點採用橋樑或岩盤埋設方式來進行。

此外，於北竿之水準點 BG07（點名：芹壁），依據水準點施工規範進行埋設，惟當地政府提出該地區為觀光遊覽勝地，為避免破壞景觀，經 貴局同意後，將原理設點位進行施工修飾，如圖 3-6、圖 3-7。

表 3-3 各區點位埋設成果統計表

序號	作業區域	預計埋設點數	實際埋設點數			
			一般（有護石）	一般（無護石）	橋樑或岩盤	總計
1	澎湖本島	36	9	27	0	36
2	七美	6	0	6	0	6
3	望安	4	1	3	0	4
4	大金門	34	22	9	1	32
5	小金門	9	7	2	0	9
6	南竿	12	11	1	0	12
7	北竿	8	7	0	0	7
8	綠島	9	6	2	1	9
9	蘭嶼	17	12	5	0	17
10	小琉球	8	6	2	0	8
總計		143	81	57	2	140



圖 3-6 芹壁點位原理設成果



圖 3-7 芹壁點位經修飾後成果

## 第四章 水準外業測量

### §4-1 作業精度與規範要求

在完成水準點埋設後，經過 3 個月的等待期，便可實際執行水準的外業測量，而在施行前，依照§2-4-3 所排定的行前教育訓練，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，本次計畫採行作業方式，主要依照內政部訂定之「一等水準測量作業規範」內容進行，今分述如后。

#### §4-1-1 觀測儀器精度要求

依照「一等水準測量作業規範」要求，觀測之儀器設備的經度規範主要包含精密水準儀、鈷鋼水準尺及溫度計，其需求規格如下：

1. 採用之精密水準儀，應符合下列規格：
  - (1) 每公里往返測標準偏差在 0.4mm 以下。
  - (2) 圓盒氣泡之靈敏度在  $10'/2\text{mm}$  以內。
  - (3) 補償器水平設定精度在  $0.30''$  以內。
  - (4) 最小讀數至少為 0.1mm 以下。
  - (5) 最小估讀（顯示）讀數至少為 0.01mm 以下。
  
2. 採用之鈷鋼水準尺，應符合下列規格：
  - (1) 刻劃校準精度在 0.05mm 以內。
  - (2) 固定於水準尺上之圓盒氣泡靈敏度在  $10'/2\text{mm}$  以內。
  - (3) 同組施測之前後視水準尺，必須採用原廠檢驗配對之鈷鋼水準尺。
  
3. 採用之溫度計，應符合下列規格：
  - (1) 在 0 度至 40 度之量測範圍內，其量測精度在 0.2 度以內。
  - (2) 最小讀數至少為 0.1 度以下。
  - (3) 須置於可通風之遮陽罩中，且可使溫度計固定於溫度計架之 0.5 公尺及 2.5 公尺之高度。

#### §4-1-2 施測精度及容許限制要求

1. 每測段往返最大閉合差（系統誤差改正前）： $3.0\text{mm}\sqrt{K}$ （ $K$  為單一測段長度之公里數）。
2. 閉合水準環線最大閉合差（系統誤差改正後）： $2.5\text{mm}\sqrt{F}$ （ $F$  為閉合水準環線長度之公里數）。
3. 最長視距：30 公尺。
4. 最大前後視距差
  - (1) 每一測站：1.0 公尺。
  - (2) 同一測段中任一測站上前後視距差累積：2.5 公尺。
5. 最大視準軸誤差： $10.''0$ （即 0.05 mm/m）
6. 鈦鋼水準尺垂直度： $10.''0$
7. 往返高程差之原始數據
  - (1) 每測站二次高程差之最大較差：0.5mm。
  - (2) 小於 200m 測段往返最大閉合差：1.30 mm。
  - (3) 大於 200 m 測段往返最大閉合差（ $K$  為公里數）： $3.0\text{mm}\sqrt{K}$ 。
8.  $K$  公里水準路線最大閉合差： $3.0\text{mm}\sqrt{K}$ 。

#### §4-1-3 人員需求

水準測量編組一般配置 5 人，即觀測員 1 人，記錄員 1 人，扶尺員 2 人，引導（司機）1 人，可依實際需要增減之。但不得少於 4 人，各人員之分工如下：

1. 觀測員：
  - (1) 觀測員為水準測量之主導者，負責觀測。
  - (2) 掌控儀器及人員之移動，並注意儀器及人員之安全。
  - (3) 負責觀測資料之下載、備份、計算及檢核工作，並填寫測量日誌。
2. 記錄員：
  - (1) 精確記錄及檢核觀測員所讀之讀數，並正確的輸入記錄器中。
  - (2) 記錄溫度計讀數。
  - (3) 負責撐測傘，以避免儀器受日照或雨淋。
3. 扶尺員：
  - (1) 負責搬動水準尺，並調整前後視距離。
  - (2) 調整氣泡居中，確保水準尺與尺墊之垂直性及穩定性。

(3)保護水準尺安全，避免水準尺傾倒或滑動。

4. 引導員：

(1)負責引導下一站儀器及水準尺之擺設位置，並調整前後視距離。

(2)在交通繁忙地區，負責設置交通標誌，排除障礙物，並指揮交通。

#### §4-1-4 裝備需求與保養檢查

使用之精密水準儀、鈹鋼水準尺及溫度計於搬運時應置於保護箱內運送，且精密水準儀應由專人環抱或固定於座椅上。而儀器裝備應依規定項目及期程於施測前做定期檢查保養，並製作儀器裝備檢查保養表(表 4-1)。而相關之裝備需求如下：

1. 精密水準儀一部(含保護箱)。
2. 原廠配對之鈹鋼水準尺二支(含保護箱)及尺架。
3. 原廠配對之尺墊(每個尺墊重量不得輕於 2.5 公斤)二個。
4. 不可伸縮之木質三腳架(其高度必須適合觀測者使用)。
5. 溫度計(含溫度感應器及顯示器)二套及溫度計架。
6. 量視距之工具。
7. 地錨式測量標樁及工具(埋設臨時轉點使用)。
8. 測傘。
9. 野外用自動記錄、計算及儲存之電子記錄器(可與個人電腦相連接做資料傳輸)。
10. 工程車一部。

表 4-1 一等水準測量儀器裝備每日檢查保養一覽表

日期：931010 組別：E		檢查保養人員：蔡博丞	
儀 器 裝 備	檢查保養情形		備 註
	正常	異常	
一、三腳架	OK		
二、水準儀(序號)			701699
(一)基座	OK		
(二)踵定螺旋	OK		
(三)圓盒氣泡校準	OK		
(四)視準軸校準	OK		0.014492
三水準尺(序號)			11273A , 11163B
(一)狀況檢查(底板、支架、尺箱)	OK		
(二)圓盒氣泡校準	OK		
(三)清潔	OK		
四、尺墊旋轉點狀況檢定	OK		
五、溫度計(含感應器及顯示器)	OK		48910/20A , 48910/19B
(一)電池狀況	OK		
(二)溫度顯示比對	OK		
六、電腦記錄設備	OK		
(一)充電	OK		
(二)記憶體容量檢查	OK		
(三)清潔	OK		
每日特別記載事項：			

## §4-2 水準外業測量流程

依照前述水準測量之作業精度與規範要求，對於使用電子式水準儀而言，有些規範要求是可省略的，例如人員需求項目中之記錄員，因採自動記錄及夜間觀測方式，因此可省略一人員配置。依實際外業測量之作業過程，本公司規劃水準測量工作作業流程如圖 4-1。詳細作業內容分述如后。

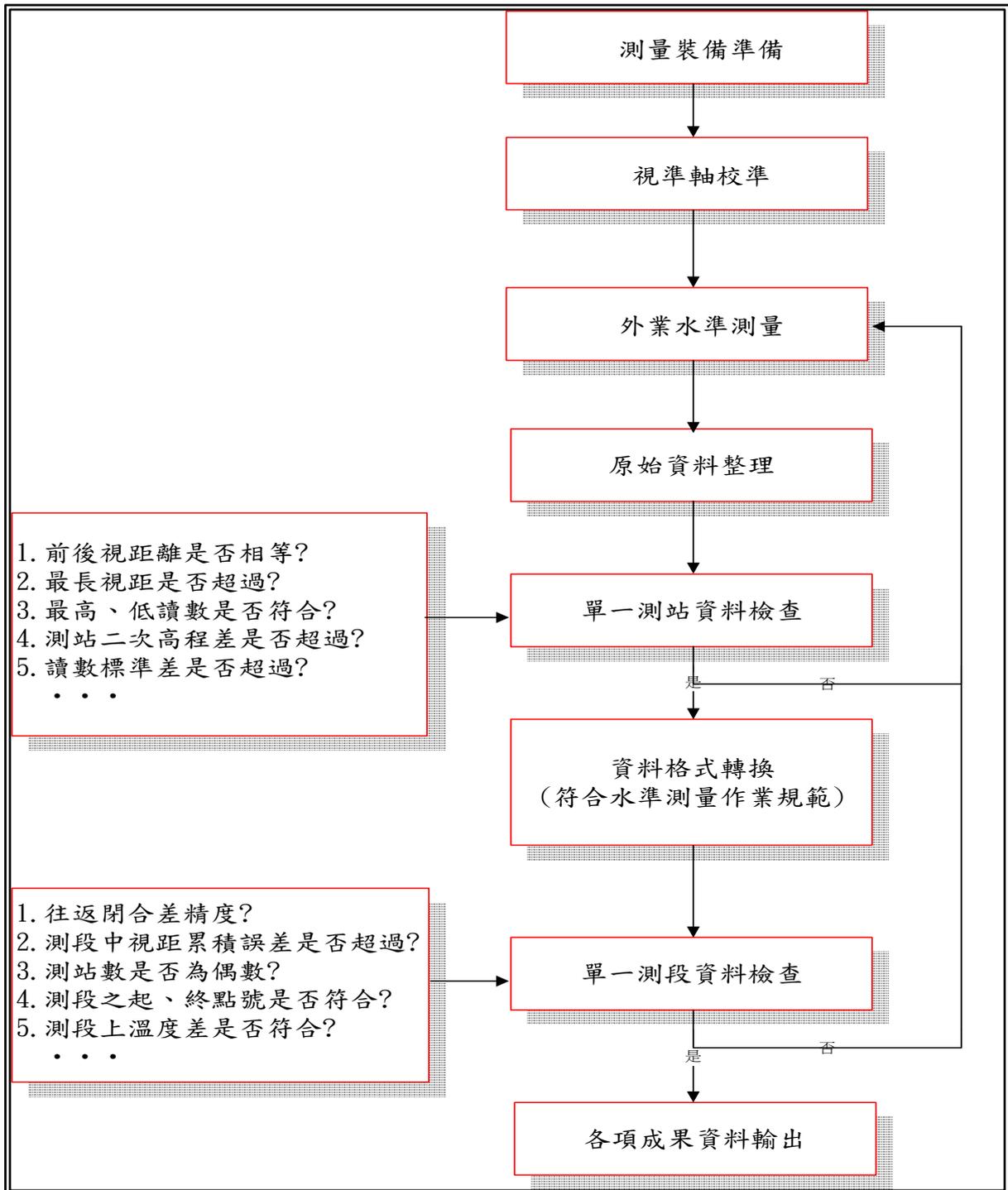


圖 4-1 水準測量作業流程圖

### §4-3 水準儀視準軸校準

在實際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，以及記錄當日所測資料之視準軸誤差係數，做為系統誤差改正之依據，須於每日進行視準軸校準程序。有關電子式水準儀視準軸校準過程說明如下，其水準儀與水準尺之擺設位置如圖 4-2。

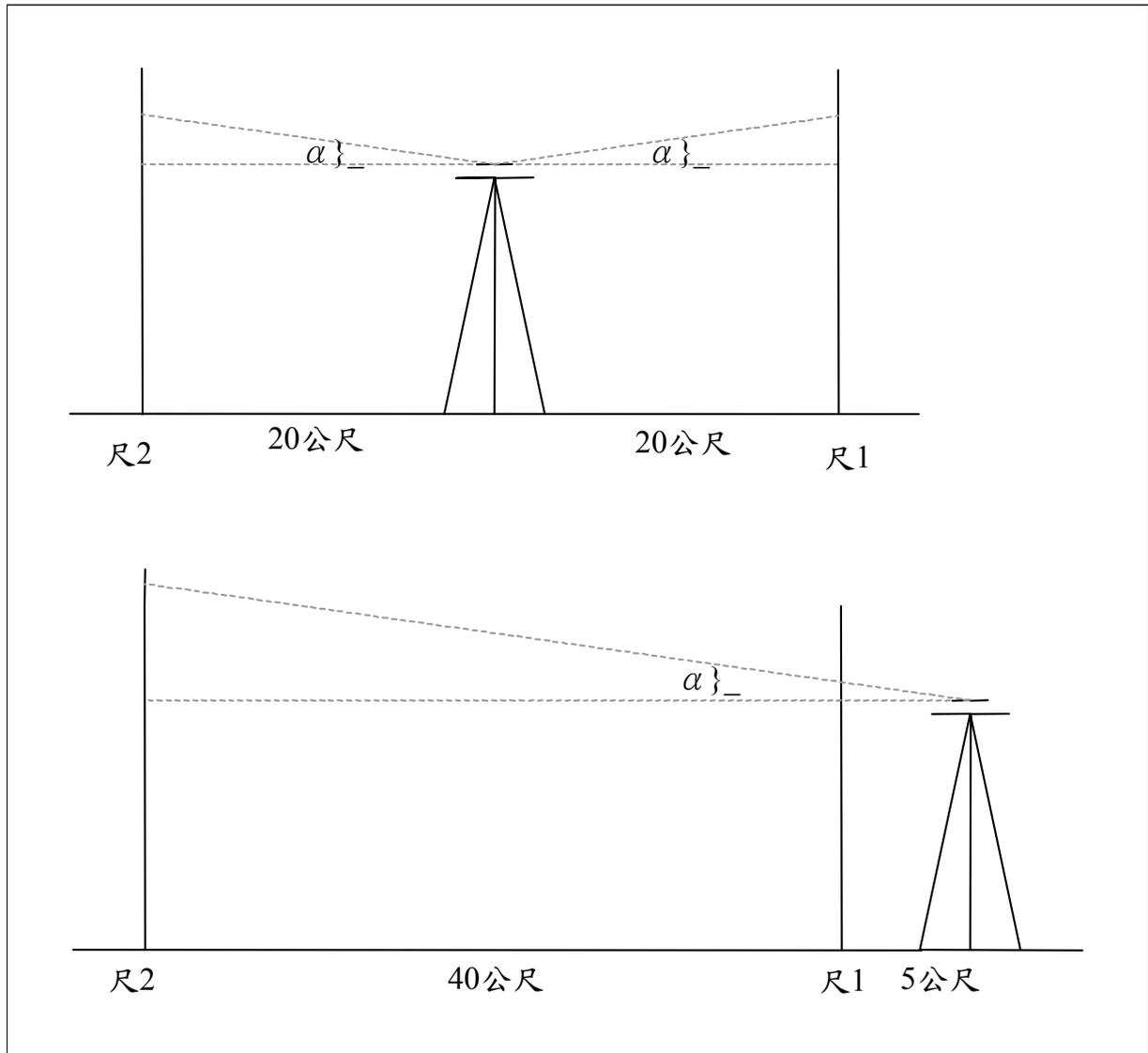


圖 4-2 水準儀視準軸校準水準儀與水準尺之擺設位置圖

依照圖 4-2 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 公尺之線段，兩端分置水準尺，水準儀須精確的整置於線段中央處（20 公尺處），有關水準儀與水準尺之擺設位置詳如圖 4-2。
- (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 公尺，計算高程差  $\Delta h_1$ 。
- (3) 將儀器移動至尺 1 後方 5 公尺處，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  $\Delta h_2$ 、前後視距離差  $\Delta s_2$ ，經查規範之折射與曲率誤差改正表，因此  $e_5=0$  及  $e_{45}=0.1$ 。
- (5) 計算視準軸誤差值（C）： $C=[\Delta h_1-\Delta h_2+(e_5-e_{45})]/(-\Delta s_2)$ ，檢驗 C 值是否超過 10."0（即 0.05 mm/m）之容許值。
- (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，視準軸校準紀錄如表 4-2。

### 2. 校正注意事項

- (1) 視準軸之校準應選擇坡度不超過百分之二之平坦地，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，應先放置五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 $\times 2$ ）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。

表 4-2 電子式水準儀視準軸校準紀錄表

組別：	B		檔案名稱：	931008B	
校準日期：	931008		校準時間：	0537-0540	
水準儀序號：	701686		校準人員：	蔣明雄	
水準尺一序號：	10991A		扶尺人員	黃茂庭	
水準尺二序號：	10990B		扶尺人員	江昌暹	
量測起始溫度：	277		風速：	1	
時間段：	4		日照：	1	
校準前應注意事項：			是	否	
一、校準場地坡度是否小於百分之二？			是		
二、水準儀及水準尺之圓盒氣泡是否已校正完畢？			是		
三、電子精密水準儀是否已消除內部視準軸校正功能？			是		
一、水準儀整置於線段中央處(20 公尺處)					
註：前後視距離差若大於 0.4 公尺需重新整置儀器					
後視(尺一)讀數 B1	1.48559	後視距離	19.981	後視讀數平均	1.48556
前視(尺二)讀數 F1	1.47164	前視距離	19.986	前視讀數平均	1.471645
前視(尺二)讀數 F2	1.47165	前視距離	19.987	後視距離平均	19.9805
後視(尺一)讀數 B2	1.48553	後視距離	19.98	前視距離平均	19.9865
高程差( $\Delta h1$ )	0.013915	距離差( $\Delta s1$ )	-0.006		
二、水準尺置於尺一後方 5 公尺處					
前視(尺一)讀數 F3	1.43243	前視距離	5.001	前視讀數平均	1.43243
後視(尺二)讀數 B3	1.41834	後視距離	44.951	後視讀數平均	1.418345
後視(尺二)讀數 B4	1.41835	後視距離	44.942	前視距離平均	5.0005
前視(尺一)讀數 F4	1.43243	前視距離	5	後視距離平均	44.9465
高程差( $\Delta h2$ )	0.014085	距離差( $\Delta s2$ )	-39.946		
三、計算視準軸誤差值		-0.006759	若超過容許值 0.05mm/m (即 10."0)		
C=[ $\Delta h1 - \Delta h2 - 0.1$ ]/(- $\Delta s2$ )			設定自動校正功能，並重覆上述步驟		
1、水準儀整置於線段中央處(20 公尺處)					
註：前後視距離差若大於 0.4 公尺需重新整置儀器					

## §4-4 水準測量作業方法

### §4-4-1 水準測量觀測作業程序

1. 記錄一等水準點測量紀錄表，如表 4-3；包括測量日期及時間、水準測量編組成員姓名、測線編號、測段編號、測站數、儀器及設備之型號及序號、視準軸修正值、天氣狀況、雲量與風力、起點及終點之點名及點號、起點及終點之標石種類及號碼等資料。
2. 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。
3. 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 公尺及 2.5 公尺位置之溫度分別記錄於儀器內；再觀測甲尺的讀數，每一次讀數設定讀取條碼式鈾鋼尺至少三次，其讀數標準差（ $\sigma$ ）不得大於 0.2mm，記錄讀數。
4. 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）。
5. 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 0.4mm）。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。
6. 若第五項之差值不符合標準，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。
7. 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。
8. 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，重覆三至六之步驟，直至甲尺再置於終點的水準點上。
9. 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，如此可避免水準尺零點不在尺底部的誤差。
10. 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，務必要移除尺環，避免造成錯誤。

表 4-3 一等水準點測量紀錄表

民國 93 年 10 月 8 日		測線編號		SB		測段數		01B							
測線方向		北-南南東方		觀測員		蔣明雄		記錄員		蔣明雄					
扶尺員		黃茂庭 江昌暹				引導員		詹家偉							
起點號		NG12		標石號碼		NG12		標石種類		鋼標 點名 南竿機場					
終點號		NG13		標石號碼		NG13		標石種類		鋼標 點名 牛角					
測站數		44		測段前視距總長		650.45M		測段後視距總長		650.59M					
測段最大前後視距差累積				-0.72 M		無轉點		至起點間之距離		公尺					
往測	觀測開始：8 日 20 時 42 分			天氣情況	涼		風力	1		雲量	1		雨量	0	
	觀測結束：8 日 22 時 8 分				涼			1			1			0	
水準儀型號		DiNi 12		序號		701686		視準軸修正值		-0.006759					
水準尺型號		LD13		甲尺序號		10991		乙尺序號		10990					
電子計錄器之型號		DiNi12		序號		701686		腳架編號		B					
溫度計	置於 0.5 公尺及 2.5 公尺處之型號			COMARK		序號		46156/18		溫度修正		0		0	
				N9008		序號		44852/25		溫度修正		0		0	
	溫度值記錄器之型號			DiNi12		序號		701686							
工作情況：															
施測過程中所遭遇之問題：															

風力區分：

0-煙垂直上升，1-煙隨風向上升，2-微風拂面，樹葉規則擺動，旗面微飄。

3-塵埃揚起，小樹枝晃，4-帶葉小樹搖動，5-大樹枝搖動，電線嘶響。

雲量區分：雲分佈佔天空面積百分比，0：<25%，1：25~75%，2：>75%。

#### §4-4-2 觀測中應遵守之事項

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. 施測外業應儘量於夜間進行。若於日間施測則同一測段之往測與返測應分別在上午及下午進行，另應配備較長遮陽罩，以減少雜散光之影響。
3. 水準觀測應在標尺分劃線成像清晰而穩定時進行，下列情況不得進行觀測：
  - (1) 日出及日落前後三十分鐘內。
  - (2) 太陽中天前後各約二小時內，惟於陰天或氣溫低於二十五度以下時，不受此限。
  - (3) 標尺分劃線之影像跳動而難以照準時。
  - (4) 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十度以上時。
  - (5) 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. 觀測前十分鐘，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五度以上，則需提早二十分鐘。
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，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. 除路線轉彎處外，每一測站儀器與二水準尺之三個位置，應盡量成一直線。
9. 施測時，由水準儀測得之所有讀數不得小於 30 公分，不得大於 270 公分。
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，兩支水準尺須互換位置，並應重新整置儀器。
11. 當觀測水準點時，須仔細查對該點之位置、編號及名稱是否與相符。
12. 施測時，應儘量避免隨意設置臨時轉點，但得依實際需要，於二水準點之間設置一個臨時轉點。

#### §4-5 外業測量成果統計

依照前述方法與步驟進行水準外業測量，本次計畫水準外業測量實際作業時間自 93 年 8 月 24 日至 93 年 10 月 14 日，合計共 52 個工作天，全部共計觀測 166 個水準點，193 個測段。整個計畫觀測作業時程如表 4-4，各離島作業點數統計（表 4-6~表 4-15）及實際測線圖（圖 4-3~圖 4-12）如后。

表 4-4 各區外業測量時程表

序號	作業區域	測量日期
1	澎湖本島	93.08.24~93.09.15
2	七美	93.09.06~93.09.12
3	望安	93.09.05~93.09.07
4	大金門	93.09.19~93.10.10
5	小金門	93.09.29~93.10.04
6	南竿	93.10.08~93.10.14
7	北竿	93.10.09~93.10.12
8	綠島	93.10.09~93.10.13
9	蘭嶼	93.09.30~93.10.08
10	小琉球	93.09.12~93.09.15

而各離島觀測之舊有一等水準點總計 18 點，儲內政部於 92 年設置 6 個一等水準點外，另有 12 個點使用其他單位的舊有水準點，其點名、點號如表 4-5 所列。

表 4-5 舊有水準點點名、點號一覽表

地區	點號	點名	原點號	地區	點號	點名	原點號
澎湖	PF22	風櫃國小	陸檢 8565	大金門	KM16	瓊林	83087
	PF23	安宅	澎湖 017		KM30	金門航空站	83097
	PF24	志清國中	陸檢 8560		KM36	金門高中	BM005
	PF26	林投公園	陸檢 8554		KM37	溪邊	83083
	SY10	外垵國小	陸檢 8574		KM38	賢庵國小垵湖分校	BM004
	SY11	繼光	陸檢 8570		KM39	金門酒廠	83096

表 4-6 澎湖本島點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	36
	舊有一等水準點	7
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	1
	小計	44
測段數		51

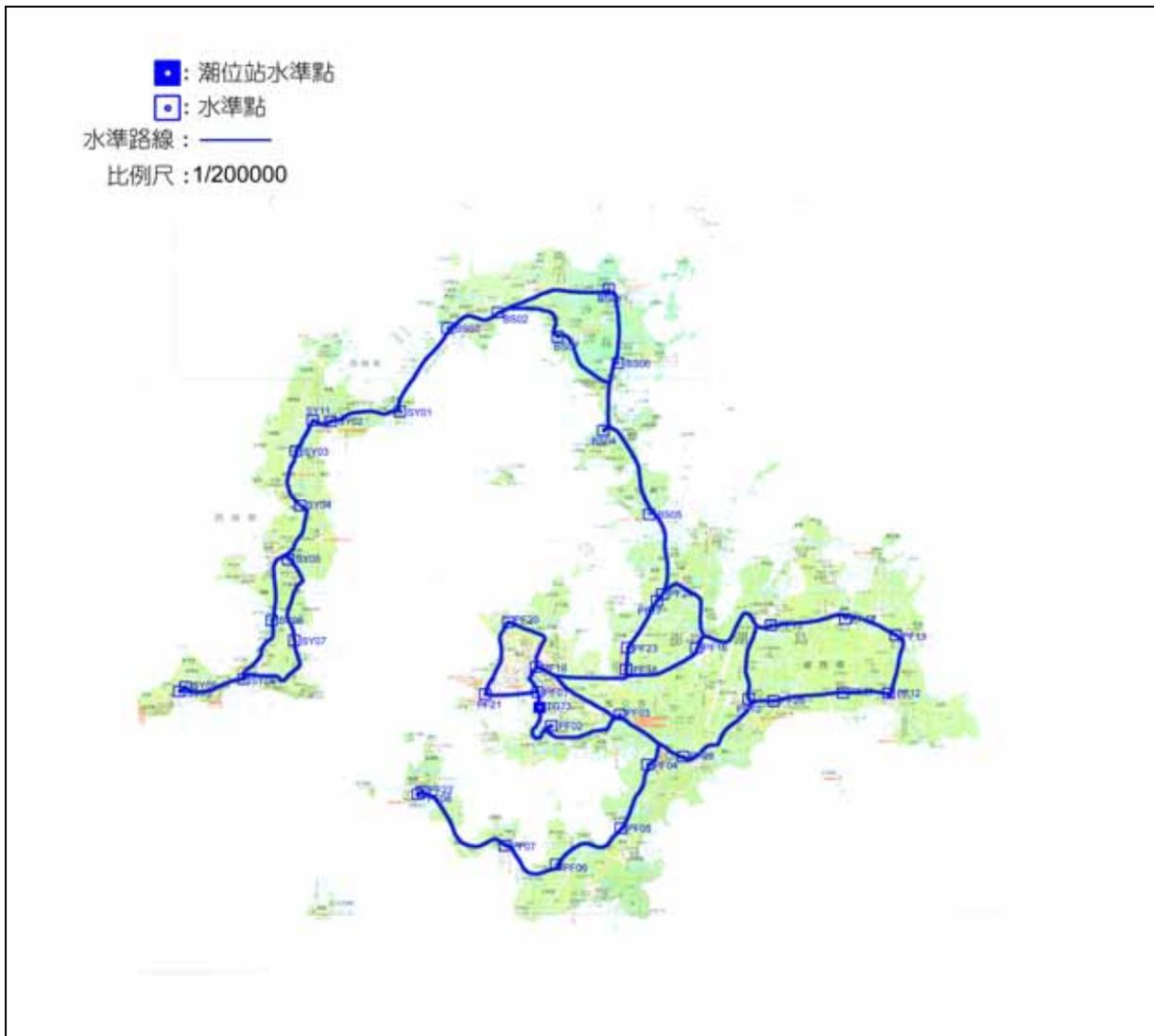


圖 4-3 澎湖本島水準實際測線圖

表 4-7 七美點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	6
	舊有一等水準點	0
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	0
	小 計	6
測段數		7



圖 4-4 七美水準實際測線圖

表 4-8 望安點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	4
	舊有一等水準點	0
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	0
	小 計	4
測段數		5



圖 4-5 望安水準實際測線圖

表 4-9 大金門點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	32
	舊有一等水準點	7
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	1
	小 計	<b>40</b>
	測段數	<b>48</b>

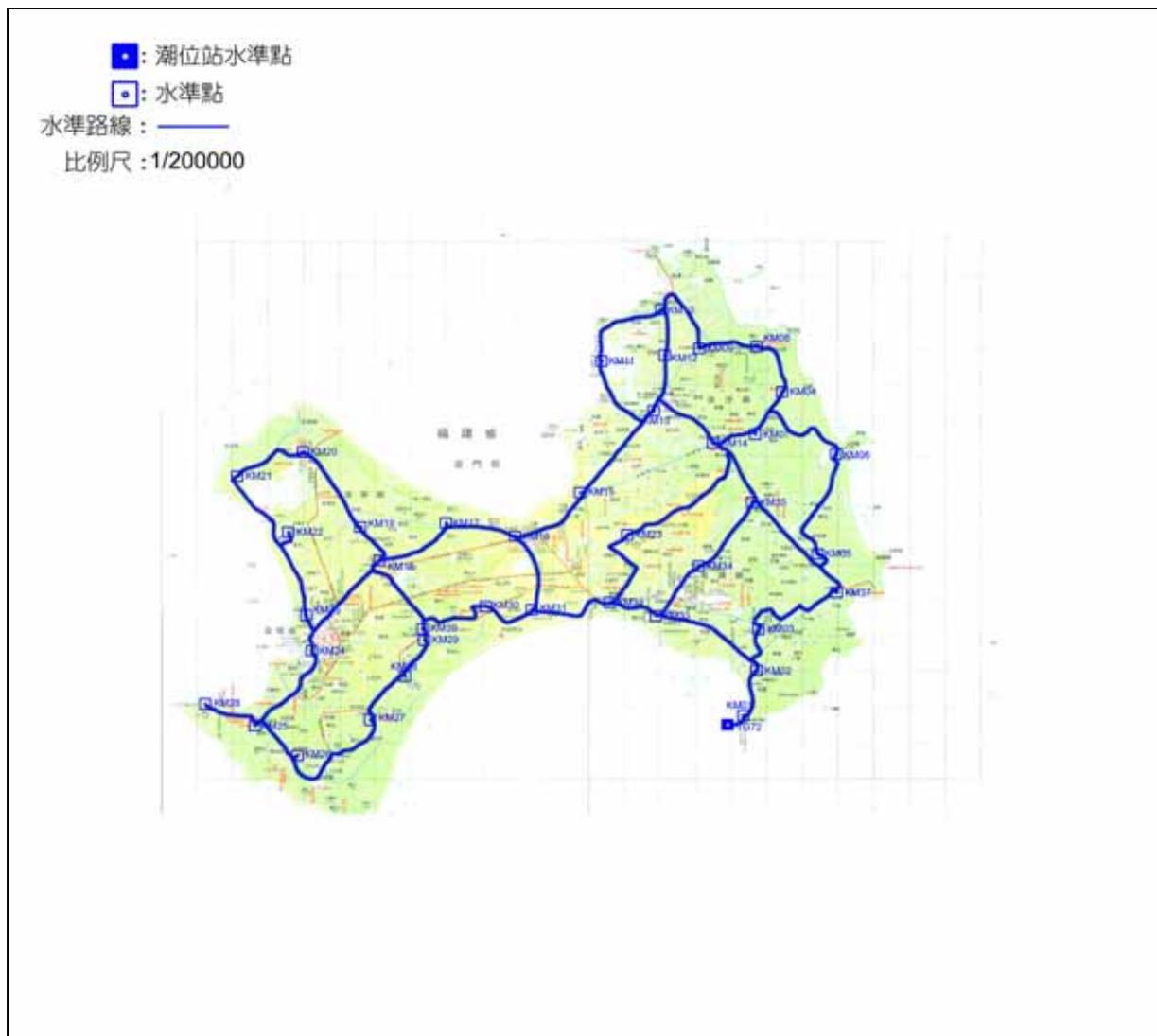


圖 4-6 大金門水準實際測線圖

表 4-10 小金門點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	9
	舊有一等水準點	0
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	0
	小 計	9
	測段數	12



圖 4-7 小金門水準實際測線圖

表 4-11 南竿點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	12
	舊有一等水準點	1
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	1
	小 計	<b>14</b>
測段數		<b>17</b>



圖 4-8 南竿水準實際測線圖

表 4-12 北竿點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	7
	舊有一等水準點	0
	內政部一、二等衛星控制點	1
	潮位站水準點	0
	小 計	<b>8</b>
測段數		<b>8</b>



圖 4-9 北竿水準實際測線圖

表 4-13 綠島點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	9
	舊有一等水準點	1
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	1
	小 計	<b>11</b>
	測段數	<b>12</b>



圖 4-10 綠島水準實際測線圖

表 4-14 蘭嶼點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	17
	舊有一等水準點	1
	內政部一、二等衛星控制點	1
	潮位站水準點	1
	小 計	<b>20</b>
測段數		<b>21</b>



圖 4-11 蘭嶼水準實際測線圖

表 4-15 小琉球點位觀測成果統計表

控制點項目	控制點種類	觀測數量
觀測點位	新設一等水準點	8
	舊有一等水準點	1
	內政部一、二等衛星控制點	0
	潮位站水準點	1
	小 計	<b>10</b>
	測段數	<b>12</b>



圖 4-12 小琉球水準實際測線圖

## 第五章 水準網平差計算

### §5-1 觀測資料整理與計算

#### §5-1-1 觀測資料檢核

於單一測段外業測量完成後，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；在此階段中檢查之內容分為二部分：

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)，詳細內容如表 5-1。
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)。

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，即將資料轉換成標準資料儲存格式，以連結資料庫供後續利用。

表 5-1 外業觀測資料成果檢查一覽表

視距		溫差		讀數高低限制		讀數差(mm)		讀數標準差限制		高差	測站前後			
前進	方向	b1	f1	f2	b2	後視	前視	0.2mm	0.4mm	差	m	差累積	1 度	
TG72	-->	1				+0.010	+0.000	.	.	.	.	+0.19	+0.19	0.1
	1-->	2				-0.110	-0.190	.	.	.	.	+0.01	+0.20	0.1
	2-->	3				+0.070	-0.010	.	.	.	.	+0.00	+0.20	0.1
	3-->	4				+0.010	+0.110	.	.	.	.	+0.39	+0.59	0.2
	4-->	5				+0.010	+0.060	.	.	.	.	+0.27	+0.86	0.1
	5-->	6				+0.000	-0.020	.	.	.	.	+0.28	+1.14	0.2
	6-->	7				-0.090	+0.050	.	.	.	.	-0.27	+0.87	0.2
	7-->	8				+0.000	-0.040	.	.	.	.	-0.42	+0.45	0.2
	8-->	9				-0.040	-0.030	.	.	.	.	-0.14	+0.31	0.1
	9-->	KM01				-0.040	-0.110	.	.	.	.	-0.22	+0.09	0.2
		方向	5-->		6	最大視距累積差				+1.14				

後視讀數總和 15.84113 m 前視讀數總和 13.40502 m 總和差 2.43611 m

後視視距總和 250.86 m 前視視距總和 250.95 m 總和差 -0.09 m

視距總和 501.81 m

2004.09.28

## §5-1-2 單一測段資料格式檢查

當外業人員完成每日單一測段觀測資料後，首先進行資料儲存之標準格式轉換，如表 5-2。隨後再進行一系列檢核工作，格式說明如后。觀測資料之儲存格式：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。

1. 第一部分為檔頭，檔頭共佔二列，共儲存十六個欄位資料，每個欄位可儲存十個位元 (byte) 資料，全為文字記錄。第一列所儲存的資料依序為 (1) 測站數：以數字表示。(2) 視準軸修正值：單位為公釐。(3) 水準儀型號 (4) 水準尺甲尺序號 (5) 水準尺乙尺序號 (6) 測段檔名：測段檔名之編碼方式以九碼為原則，第一及第二碼為測線編號，依據「臺灣本島一等水準網測線編號表」編之，第三至第六碼為西元曆年，以數字表示，第七及第八碼為該測線之第幾測段，以數字表示，第九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。(7) 起點點號：以四碼表示。(8) 終點點號：以四碼表示。第二列所儲存之資料依序為 (1) 年.月.日 (YYYY.MM.DD)：以西元曆表示，年月日以”.”區隔。(2) 雲量與風力 (S.W)，雲量與風力以”.”區隔。(3) 觀測者姓名 (4) 記錄者姓名 (5) 可反轉式補償器二視線之夾角。第二列剩餘三十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：每一測站計有七個讀數，每個讀數佔十一個位元，七個讀數合計七十七個位元，儲存成一列，其內容依序如下 (1) 觀測時間與觀測溫度讀數 (hhmm.t25t05)：觀測時間記錄時 (h)、分 (m)，觀測溫度分別紀錄溫度計離地面 2.5 公尺 (t25) 及 0.5 公尺 (t05) 之溫度，單位為 0.1 度，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 公尺高之溫度為 17.6 度，0.5 公尺高之溫度為 18.2 度。(2) 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 ( $\overline{L_b L_b L_b L_b} . \sigma_b^1 \sigma_b^1 \sigma_b^2 \sigma_b^2$ )：視距讀數平均值單位為公分，讀數標準差單位為 0.01 公釐，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 公尺，後視第一次讀數之標準差為 0.15 公釐，第二次讀數之標準差為 0.16 公釐。(3) 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

( $\overline{L_f L_f L_f L_f} \cdot \sigma_f^1 \sigma_f^1 \sigma_f^2 \sigma_f^2$ ): 與(2)同。(4)後視第一次讀數( $L_b^1 L_b^1 L_b^1 \cdot L_b^1 L_b^1 L_b^1$ ): 單位為 0.001 公分，如” 174.145” ，表示後視第一次讀數為 174.145 公分。(5) 前視第一次讀數：與(4)同。(6) 前視第二次讀數：與(4)同。(7) 後視第二次讀數：與(4)同。有關本列資料之儲存，請對照表 5-2 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 5-2 電子式水準儀觀測資料儲存之標準格式

6	0.001758	DiNi11	13796	13793	SA200401A	TG71	NG01
2004.10.081.1		孫健期	孫健期	0			
1955.245246	2936.0000	2930.0001	208.505	155.302	155.304	208.505	
1957.244245	2926.0001	2928.0100	148.917	197.817	197.819	148.918	
2000.244245	2930.0100	2935.0101	176.395	174.691	174.688	176.395	
2002.243245	2918.0004	2931.0302	162.683	161.371	161.387	162.686	
2005.243244	493.0000	477.0000	180.442	170.352	170.352	180.444	
2006.243244	400.0001	425.0000	181.401	164.781	164.782	181.401	
-9999.00000							

### §5-1-3 測段單向成果檢查

此一階段使用程式檢查測線內所有測段單向觀測資料，項目包括：

1. 前後視最長視距不得大於 30 m。
2. 每一測站前後視距差不得大於 0.5 m。
3. 同一測段中任一測站上前後視距差累積不得大於 1.5 m。
4. 每測站二次高程差之最大較差不得大於 0.5 mm。
5. 水準儀測得之所有水準尺讀數不得小於 30 公分，不得大於 270 公分。
6. 判斷溫度記錄是否有大錯誤：最大讀數與最小讀數較差小於 2°C。

檢查完成後可得相關輸出資料檔，其內容包括：

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. 測段單向各項系統誤差改正值（正高改正除外），如表 5-3。
4. 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。
5. 測段單向起、終點點號、前後視距離總合、原始高程差及各項系統誤差改正值（正高改正除外）。

表 5-3 測段單向各項系統誤差改正值

中興測量有限公司									
SA200401A		2004/10/ 8							
BM1	BM2	OBSERVER	RECORDER	INSTRUMENT	ROD1	ROD2	SUN-WIND		
TG71	NG01	孫健期	孫健期	DiNi11	13796	13793	1.1		
NO.	TIME.	T2. T1.	BDIST. SS	FDIST. SS	BACK-R	FORE-R	FORE-L	BACK-L	
1	1955.245246		2936.0000	2930.0001	208.505	155.302	155.304	208.505	
2	1957.244245		2926.0001	2928.0100	148.917	197.817	197.819	148.918	
3	2000.244245		2930.0100	2935.0101	176.395	174.691	174.688	176.395	
4	2002.243245		2918.0004	2931.0302	162.683	161.371	161.387	162.686	
5	2005.243244		493.0000	477.0000	180.442	170.352	170.352	180.444	
6	2006.243244		400.0001	425.0000	181.401	164.781	164.782	181.401	
NO.	TBS	TFS	BS	FS	DR	DL	DR-DL (DR+DL)/2	SUM DH	
1	29.36	29.30	29.36	29.30	53.203	53.201	0.002	53.202	53.202
2	58.62	58.58	29.26	29.28	-48.900	-48.901	0.001	-48.900	4.302
3	87.92	87.93	29.30	29.35	1.704	1.707	-0.003	1.706	6.007
4	117.10	117.24	29.18	29.31	1.312	1.299	0.013	1.305	7.313
5	122.03	122.01	4.93	4.77	10.090	10.092	-0.002	10.091	17.404
6	126.03	126.26	4.00	4.25	16.620	16.619	0.001	16.620	34.023
COLIMATION ERROR = 0.001758									
ANGULAR DIFFERENCE IN TWO LINES OF SIGHT Q = 0.000000									
FROM_BM	TO_BM	DISTANCE	OBSERVED	CORRECTED	CORRECTED(No ref.)				
		(Km)	ELEV DIFF(m)	ELEV DIFF(m)	ELEV DIFF(m)				
TG71	NG01	0.252	0.34023	0.34023	0.34023				
+++++ CORRECTION (mm) +++++									
	ROD SCALE	TEMPERATURE	COLLIMATION	CURVATURE	REFRACTION	TOTAL (mm)			
	0.000	0.002	0.000	0.001	0.001	0.004			
%%%%%%%%%									

### §5-1-4 測段往返觀測成果檢查

此一階段使用程式檢查測線內所有測段往返觀測資料，項目包括：

1. 測段往返測之點號是否相同。
2. 測段往返測之閉合差  $< 2.5\text{mm}\sqrt{K}$  (K：單一測段長度之公里數)。
3. 當同一測段測三回以上時，其可接受測段中，必須包括有往測與返測的結果，且每一可接受測段與所有可接受測段的平均值之差異小於表 5-4 所列規範值：

依程式檢核後可得相關輸出成果如表 5-5。

表 5-4 同一測段測三回以上可接受測段平均值

1	三測回	$1.75^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$
2	四測回	$1.94^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$
3	五測回	$2.07^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$
4	六測回	$2.16^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$
5	七測回	$2.23^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$
6	八測回	$2.29^{\text{mm}}\times\sqrt{K}$

表 5-5 測段往返觀測資料檢核成果

START	END	DIST.	DH1	DH2	NO.	SESSION	DH_RAW
TG71	NG01	0.252	0.34009	0.34008	2	SA200401A	0.34008
NG13	NG12	1.301	32.14323	32.14321	2	SB200401A	32.14311
NG11	NG12	1.741	42.32168	42.32156	2	SC200401A	42.32137
NG11	NG10	2.662	36.55342	36.55326	2	SD200401A	36.55317
NG10	NG09	2.405	-46.51408	-46.51404	2	SE200401A	-46.51389
NG09	NG07	2.058	45.54265	45.54255	2	SE200402A	45.54237
NG07	NG08	1.436	174.94920	174.94914	2	SE200403A	174.94867
NG08	NG06	2.397	-206.06811	-206.06789	2	SE200404A	-206.06753
NG06	NG05	1.785	-6.07470	-6.07476	2	SF200401A	-6.07473
NG05	NG04	1.330	3.13643	3.13645	2	SF200402A	3.13643
NG04	NG06	1.203	2.93770	2.93777	2	SF200403A	2.93777
NG06	NG03	0.927	-1.06725	-1.06725	2	SG200401A	-1.06724
NG03	NG02	1.744	-13.52421	-13.52421	2	SG200402A	-13.52417
NG02	NG01	1.433	-13.98672	-13.98668	2	SH200401A	-13.98663
NG10	NG02	0.529	-46.68210	-46.68208	2	SI200401C	-46.68185
TG71	NG13	1.839	34.63418	34.63414	2	SJ200401A	34.63388
NG04	NG03	1.937	1.87023	1.87029	2	SK200401A	1.87028

## §5-2 水準網平差計算流程

經由前述各項成果檢查後，接著進行各離島之水準網平差計算工作，依照本次作業特性，擬定整個水準網平差流程如圖 5-1，而各項作業內容則分別詳述如后。

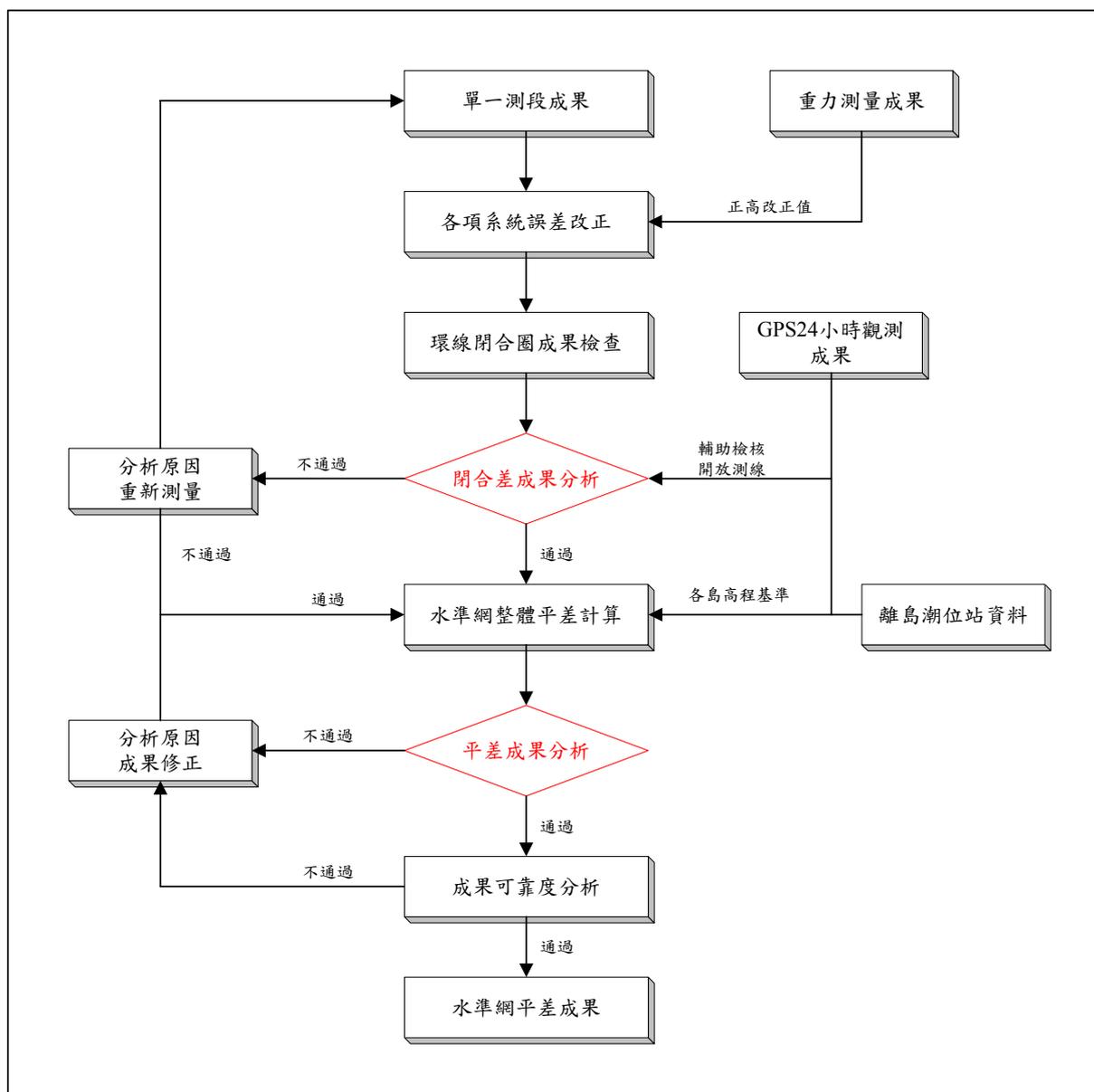


圖 5-1 水準網平差作業流程圖

### §5-3 各項系統誤差改正

在一測量作業中，一個測網必包含許多測線，而這些測線是由不同的儀器裝備，在不同的環境下施測而得；因此，在整個測網做平差之前，每條測線的資料必須標準化或一致化，使所測得的高程差能修正到標準的環境下，以便估計隨機誤差可能的大小。因此，所有已知的系統誤差，不論是因環境或儀器所引起的，都必須做適當的修正。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、正高改正、水準尺溫度改正及水準尺刻劃改正。各種誤差之改正方法如下：

1. 視準軸誤差改正：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，由於規範訂定之標準須小於 1.5 公尺，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：於作業規範所訂之修正公式，主要是適用於光學式精密水準儀之觀測量，對電子式精密水準儀之觀測量而言，目前尚無完善之修正公式；惟為避免其所造成之影響，因此將觀測之視距限制在三十公尺內。本公司於計算時採用之折射係數值為  $-6.7 \times 10^{-8} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。（依內政部一等水準網測量成果修正之折射係數）
3. 地球曲率改正：此項改正主要的影響因素為測段前後視距總和之差值，由於規範訂定之標準須小於 1.5 公尺，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：進行精密水準測量時皆使用膨脹係數較小之鈦鋼水準尺，以避免環境溫度的變化造成尺長的膨脹收縮，又本案外業測量時間大多於夜間時段進行，因此測站水準尺之平均溫度與標準溫度( $20^\circ\text{C}$ )差異不大，故對此項改正而言，唯一的影響因素為測站高差，這對於高海拔地區之影響較大。
5. 水準尺刻劃改正：由於本案所使用之鈦鋼水準尺為條碼式，雖然每半年送工業技術研究院量測技術發展中心檢定一次，但該中心無法精確求得每對尺的平均變形比例，不做本項改正（於內政部辦理一等一級水準網及一等二級水準網測量時，決議取消對鈦鋼條碼尺進行本項修正）。

### §5-3-1 視準軸誤差改正

視準軸誤差值  $C$  即是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。當前後視距相等時，在計算高差時，這誤差會互相抵消；因此，一測段所造成的總視準軸誤差和前後視距差總和 ( $\Sigma \Delta S$ ) 成正比。

$$\text{視準軸誤差改正} = -C \times \Sigma \Delta S$$

其中： $C$  為視準軸誤差值，單位： $\text{mm} / \text{m}$ 。

$\Delta S$  為前後視距差， $\Delta S = S_B - S_F$ ； $S_B$  為後視視距， $S_F$  為前視視距，單位： $\text{m}$ 。

由上述公式得知影響測段視準軸誤差改正值之因素分別為視準軸誤差 ( $C$ ) 與前後視距差總和 ( $\Sigma \Delta S$ )，以本案規範值視準軸誤差須小於  $0.05\text{mm}/\text{m}$ ，而前後視距差總和 ( $\Sigma \Delta S$ ) 須小於  $1.5\text{m}$ ，因此，整個視準軸誤差改正值約在  $0.05\text{mm}$  以內，對測段高程差之影響甚微。

經計算後，本次各離島測段視準軸誤差改正統計如表 5-6 及圖 5-2。

表 5-6 視準軸誤差改正成果統計表

地區	最大值 (mm)	最小值 (mm)	改正數最大測段
澎湖	0.028	0.000	PF16-PF18
七美	0.008	0.000	CM03-CM04
望安	0.024	0.000	WA04-WA01
大金門	0.017	0.000	KM08-KM09
小金門	0.001	0.000	KM56-KM57
南竿	0.019	0.000	NG06-NG05
北竿	0.010	0.000	BG03-BG02
綠島	0.017	0.000	LD03-LD02
蘭嶼	0.045	0.000	LY16-LY15
小琉球	0.010	0.000	LC07-LC04

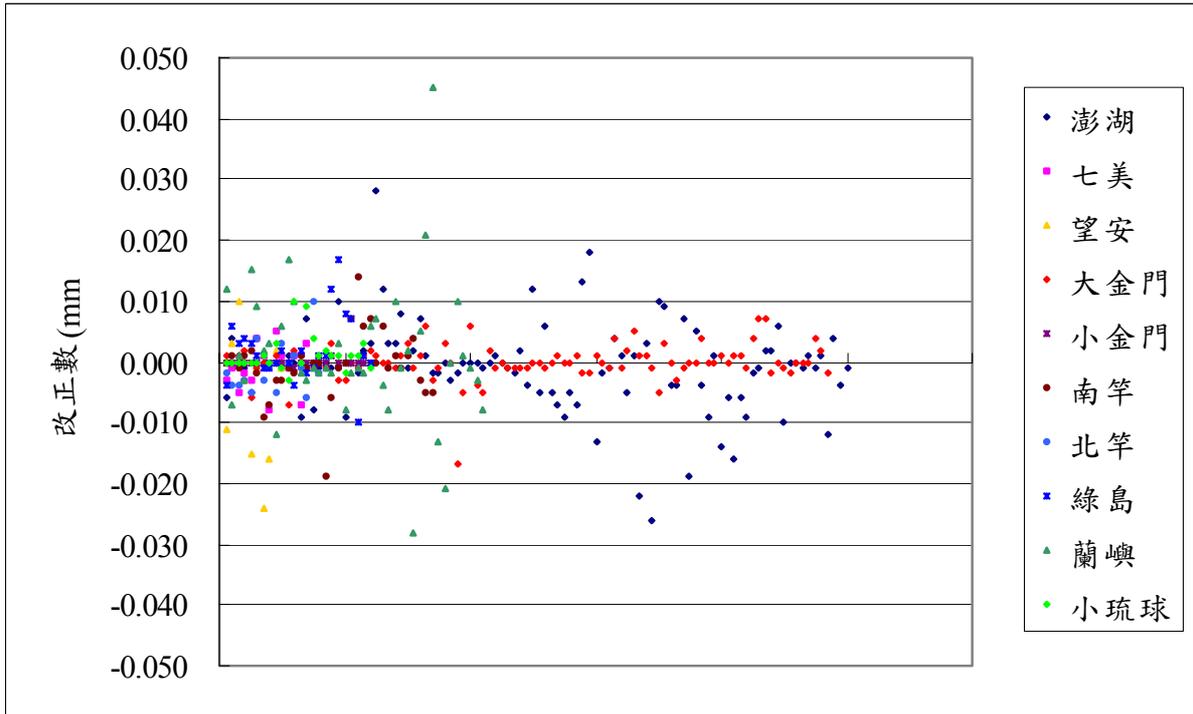


圖 5-2 視準軸誤差改正成果統計圖

### §5-3-2 折射誤差改正

在水準測量施測中，光線經過不同密度的空氣，會使視準軸產生折射的現象，而造成水準觀測的誤差。

依照 Kukkamaki 的折射誤差修正公式，再配合適用於台灣地區之折射常數，其折射修正公式如下：(依內政部一等水準網測量成果修正之折射係數)。

$$R = -6.7 \times 10^{-8} \times L^2 \times \Delta T \times \Delta H$$

其中： $-6.7 \times 10^{-8}$ 為適合台灣地區之折射常數，單位： $/m^2 \cdot ^\circ C$ 。

L 為前後視之平均視距，單位：m。

$\Delta T$  為 2.5 公尺與 0.5 公尺高度之溫度差，單位： $^\circ C$ 。

$\Delta H$  為測站 (setup) 高差，單位：m。

由於國內尚無對使用電子式精密水準儀進行大範圍精密水準測量時，有關折射誤差修正之分析，在尚未有完善之折射誤差修正公式前，於作業規範將使用電子精密水準儀觀測時之視距限制在 30 公尺以內，以減少折射誤差所造成之影響。

經計算後，本次各離島測段折射誤差改正統計如表 5-7 及圖 5-3。

表 5-7 折射誤差改正成果統計表

地區	最大值 (mm)	最小值 (mm)	改正數最大測段
澎湖	0.461	0.000	SY05-SY07
七美	0.190	0.000	CM05-CM04
望安	0.208	0.000	WA02-WA01
大金門	0.464	0.000	KM14-KM23
小金門	0.167	0.000	KM59-KM53
南竿	0.220	0.000	NG08-NG06
北竿	0.213	0.000	BG04-BG05
綠島	0.386	0.000	LD05-LD06
蘭嶼	0.275	0.000	LY18-LY10
小琉球	0.389	0.000	LC04-TG74

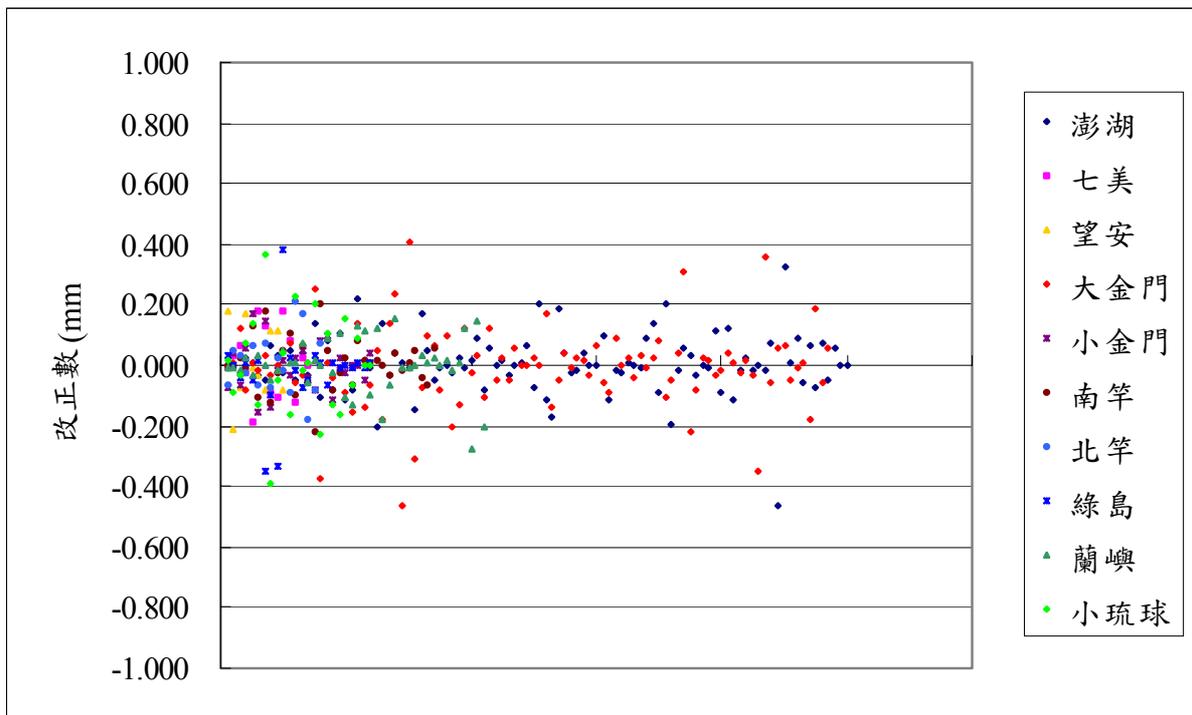


圖 5-3 折射誤差改正成果統計圖

### §5-3-3 地球曲率改正

大地水平面是一個曲面，因此，在每次觀測時，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。由於台灣地區不大，地球曲率修正的公式可簡化為：

$$\text{地球曲率改正} = -(\sum S_B^2 - \sum S_F^2) / 2r$$

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； $1/2r = 7.9 \times 10^{-5} \text{m}$ ，此係數採用內政部「離島潮位站資料蒐集及分析工作」使用之地球平均半徑。

由上述公式得知影響地球曲率改正值之最大因素前後視距總和平方之差值（ $\sum S_B^2 - \sum S_F^2$ ），以本次規範值前後視距差（ $\Delta S$ ）須小於 0.5m，因此，整個地球曲率誤差改正值幾乎等於零，對測段高程差之幾乎無影響。

經計算後，本次各離島測段地球曲率改正統計如表 5-8 及圖 5-4。

表 5-8 地球曲率改正成果統計表

地區	最大值 (mm)	最小值 (mm)	改正數最大測段
澎湖	0.006	0.000	PF16-PF18
七美	0.003	0.000	CM05-CM06
望安	0.004	0.000	WA04-WA01
大金門	0.005	0.000	KM02-KM33
小金門	0.003	0.000	KM53-KM59
南竿	0.003	0.000	NG06-NG05
北竿	0.005	0.000	BG04-BG03
綠島	0.004	0.000	LD03-LD02
蘭嶼	0.006	0.000	LY02-LY03
小琉球	0.003	0.000	LC07-LC04

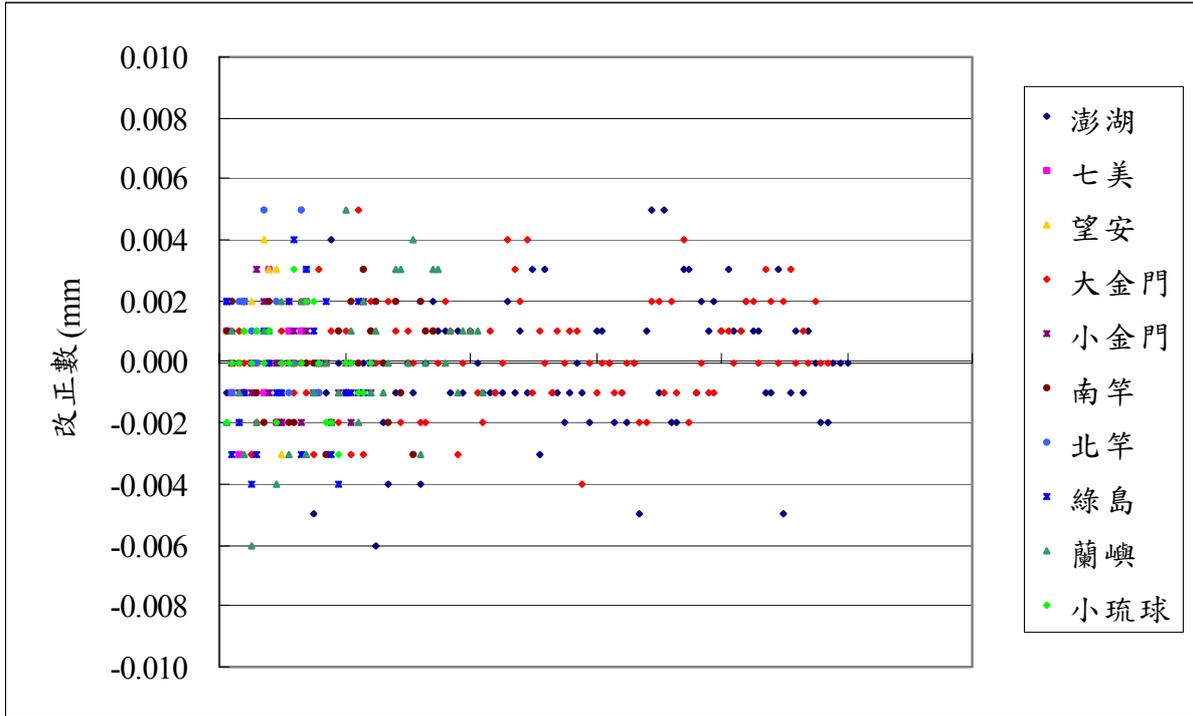


圖 5-4 地球曲率改正成果統計圖

### §5-3-4 正高改正

由地球重力場所定義之等位面通常不是平面，且不一定互相平行，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。假如將所測得的每二水準點間高差轉化成重力位場的差值，即

$$\text{重力位差} = g \times \Delta H;$$

其中  $\Delta H$  為二水準點間高差， $g$  為二水準點間之平均重力值。如此所得到的重力位差將代表二點間重力位的差異，與其測量路徑無關。

對於相鄰二水準點間高程差之正高改正公式為：

$$\text{正高改正} = \int_A^B \frac{g - g_0}{g_0} dH + \frac{\overline{g_A - g_0}}{g_0} H_A - \frac{\overline{g_B - g_0}}{g_0} H_B$$

其中  $\overline{g_A}$  為 A 點沿著垂線到 Geoid 路徑上的平均重力，單位：gal (cm / sec<sup>2</sup>)。

$\overline{g_B}$  為 B 點沿著垂線到 Geoid 路徑上的平均重力，單位：gal (cm / sec<sup>2</sup>)。

$g_0$  為台灣地區之平均重力值，其值為 978808 mgal (cm / sec<sup>2</sup>)。

$H_A$ 與 $H_B$ 分別為A與B點之高程值，單位：cm。

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

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

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  $66.7 \times 10^{-9} \text{ cm}^3 / \text{g} \cdot \text{sec}^2$ 。

$\rho$ 為岩層密度，其值為  $2.67 \text{ g} / \text{cm}^3$ 。

上述提及之正高改正公式，適合於點位有實測重力值之計算公式，本  
案中無論是新設一等水準點或是舊有水準點皆實施重力測量，故皆可以上  
述公式進行計算

經計算後，本次各離島測段正高改正統計如表 5-8 及圖 5-4。由表 5-8  
及圖 5-4 中發現，正高改正在南竿、綠島及蘭嶼等三處明顯較大，那是因為  
該地的地勢起伏較大，顯示正高改正與地形有相當的關連。

表 5-9 正高改正成果統計表

地區	最大值 (mm)	最小值 (mm)	改正數最大測段
澎湖	0.090	0.000	SY01-SY02
七美	0.090	0.000	CM05-CM04
望安	0.040	0.000	WA01-WA02
大金門	0.490	0.000	KM23-KM14
小金門	0.110	0.000	KM59-KM53
南竿	4.160	0.000	NG08-NG06
北竿	0.980	0.000	BG04-BG03
綠島	2.440	0.000	LD10-LD05
蘭嶼	1.760	0.000	LY18-E907
小琉球	0.140	0.000	LC04-LC07

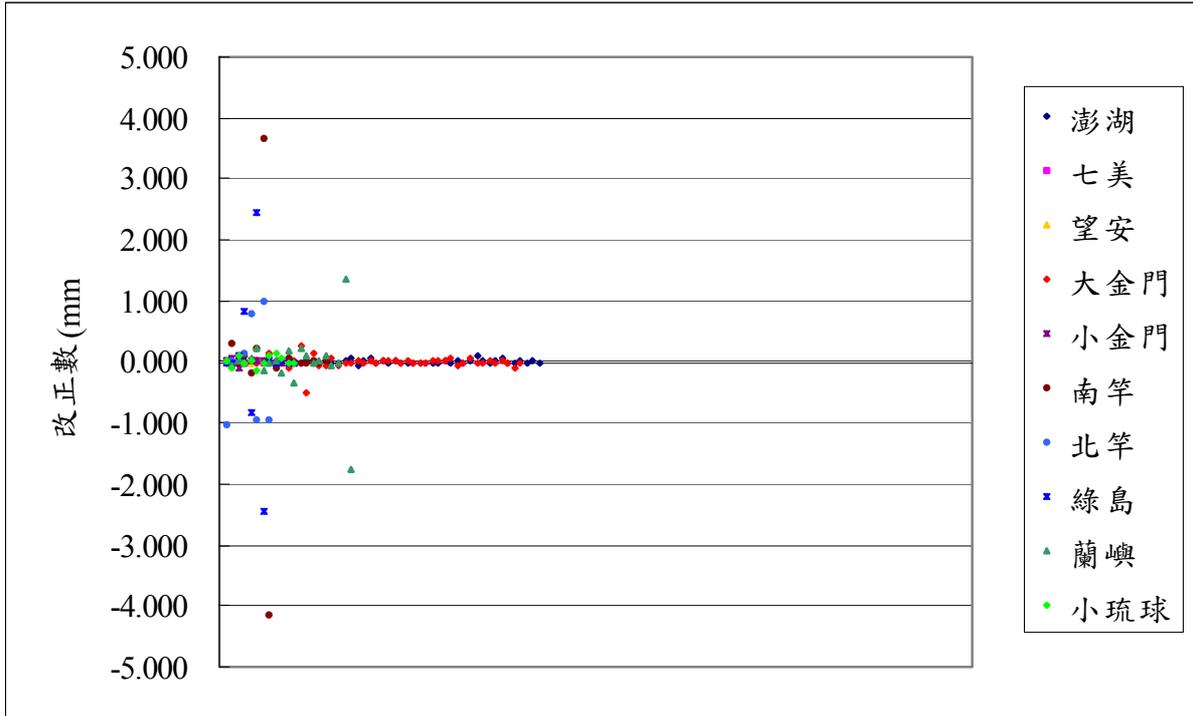


圖 5-5 正高改正成果統計圖

### §5-3-5 水準尺溫度改正

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鈦鋼來製作。鈦鋼是在鋼中加入鎳的合金，其膨脹係數大約在  $10^{-6}$  (ppm / °C) 左右，本次所使用的鈦鋼尺平均膨脹係數以  $1.26 \times 10^{-6}$  (ppm / °C) 計算，而一般水準尺刻劃是在標準溫度 (20°C) 之環境下製作；因此，其水準尺溫度改正為：

$$\text{水準尺溫度改正} = K \times (t - t_s) \times \Delta H$$

其中 K 為一對水準尺的平均膨脹係數，單位：ppm / °C。

t 為測站水準尺平均溫度，單位：°C。

$t_s$  為水準尺長度檢定溫度，單位：°C。

$\Delta H$  為測站 (setup) 高差，單位：m。

於前述提及，本案外業測量時間大多於夜間時段進行，因此於氣溫上較白天穩定，且測站水準尺之平均溫度與標準溫度（20°C）差異較小，唯一的影響因素為測區位置，這對於緯度低之蘭嶼及綠島較其他地區為大。經計算後，本次各離島測段地球曲率改正統計如表 5-10 及圖 5-6。

表 5-10 水準尺溫度改正成果統計表

地區	最大值 (mm)	最小值 (mm)	改正數最大測段
澎湖	0.215	0.001	SY05-SY07
七美	0.297	0.000	CM05-CM04
望安	0.177	0.000	WA01-WA02
大金門	0.506	0.000	KM23-KM14
小金門	0.261	0.000	KM58-KM59
南竿	0.750	0.000	NG07-NG08
北竿	0.447	0.000	BG03-BG02
綠島	0.850	0.000	LD09-LD10
蘭嶼	1.769	0.000	E907-LY18
小琉球	0.435	0.000	LC04-LC07

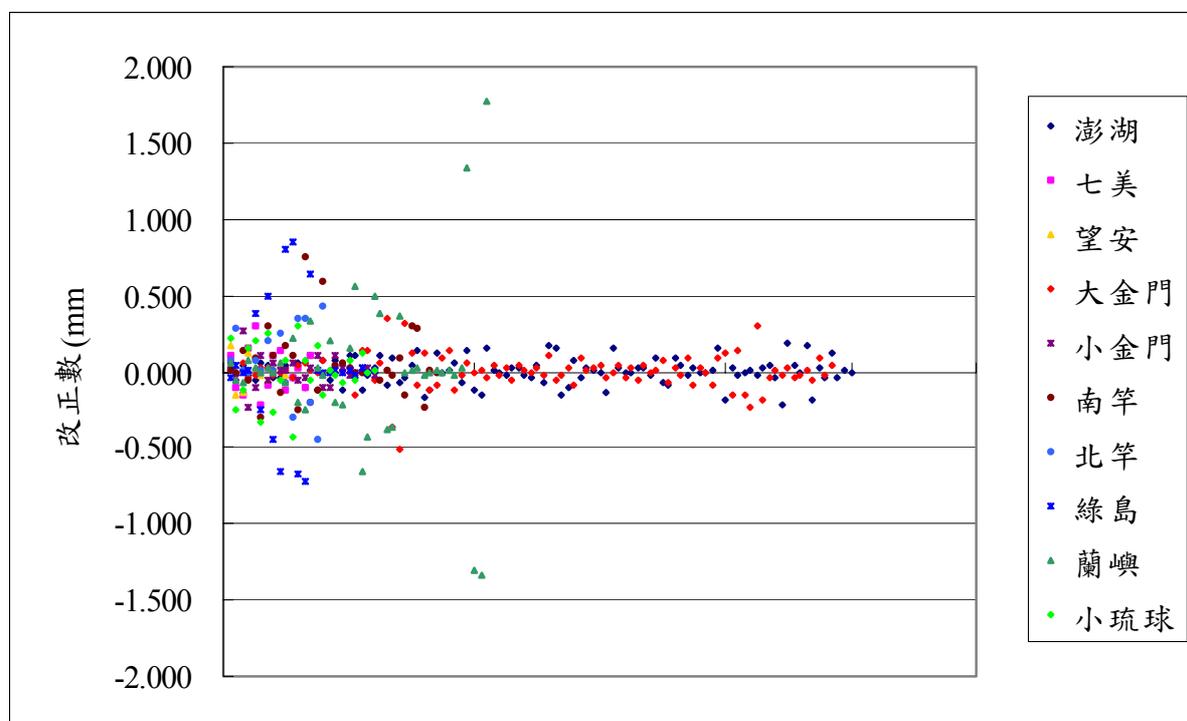


圖 5-6 水準尺溫度改正成果統計圖

### §5-3-6 鐵墊滑動改正

經由前述依照合約規範所進行之各項改正後，理論上我們得到的每一個單一測段往返閉合差成果應相當良好，但實際上我們發現其測段往返閉合差值均偏大（圖 5-7），此時是否仍存在有系統誤差為改正呢？以致於產生如此的結果，因此我們參照內政部一等二級水準網督導查核工作報告中，加入鐵墊滑動改正，嘗試來改善此一情況。

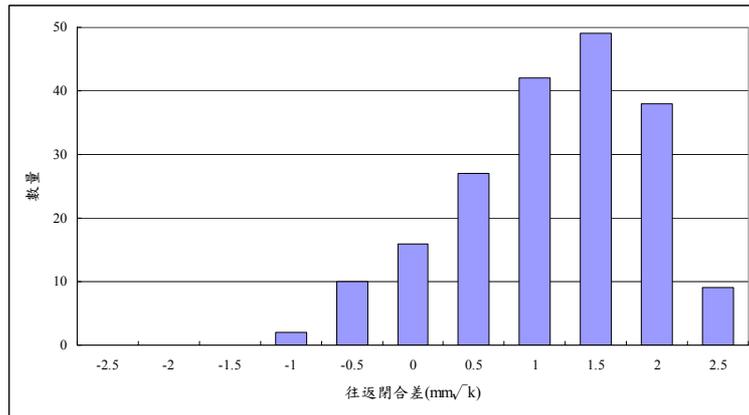


圖 5-7 未加入鐵墊滑動改正前測段往返閉合差統計圖

由於其鐵墊滑動改正參數以多重線性迴歸方式取得，以本案所得觀測量數目均較少的情況，很難取得一合理之改正參數，因此我們直接引用報告中依一等二級成果推算出之改正參數 ( $s = 0.020\text{mm}/\text{測站}$ )，來進行改正，可得成果如圖 5-8，則前述現象獲得改善，但由於離島各區地形特性不同，對地勢起伏劇烈之蘭嶼及北竿則以此參數改正之成效有限。也因此，在未能真確求取本計畫中之鐵墊滑動的改正參數下，本項改正僅作為參考使用，並不於最後成果時加入計算。

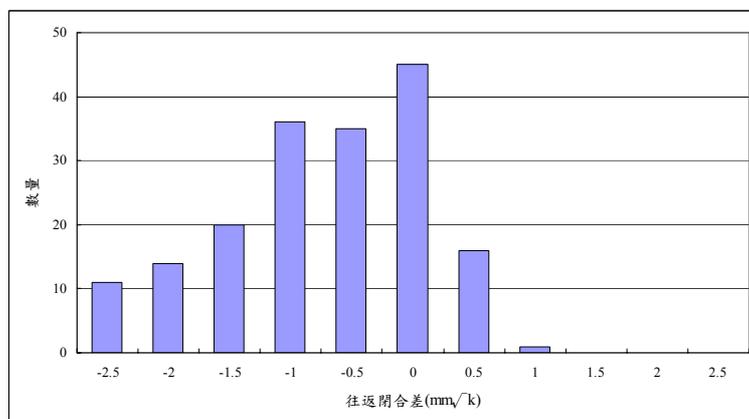


圖 5-8 加入鐵墊滑動改正前測段往返閉合差統計圖

## §5-4 水準環線閉合差分析

### §5-4-1 環線閉合差分析

每一測段觀測資料經過上述流程檢核後，再進行系統誤差改正。原則上已經將每一測段觀測資料之人為誤差、系統誤差檢查、修正完畢，確保觀測資料本身的標準化，僅剩偶然誤差存在，即可進行水準網之平差計算工作，但為避免對後續平差計算成果造成困擾，必須針對個別之環線閉合圈成果進行成果分析工作，以了解環線閉合圈成果是否符合規範之精度要求。如此，又可針對環線內各測段再次進行檢核工作。其主要檢查內容如下：

1. 所有的測線當中是否有重覆的點號或是錯誤的點號存在。
2. 由於是以環線閉合圈為最小單位，因此可檢查是否有漏失之測段。
3. 計算各環線閉合圈之累積距離及累積高程差。

外業觀測資料經過上述的檢核與修正後，對所檢核的閉合水準環線進行成果分析。其成果如表 5-11、圖 5-9。

由上述環線閉合差成果看出，無論是位於離島任何一環線，長距離、短距離或是平原、起伏較大之高程差，經系統誤差改正後閉合圈皆能符合精度要求。顯示觀測成果品質相當理想。

表 5-11 閉合差分析成果統計表

地區	閉合圈總數	閉合差最大值 (mm)	閉合差最大值環線距離 (km)
澎湖	8	3.760	12.601
七美	2	0.040	6.357
望安	2	0.590	6.304
大金門	9	2.420	14.558
小金門	4	2.200	8.230
南竿	4	0.820	5.979
北竿	1	2.280	11.164
綠島	2	4.770	15.087
蘭嶼	2	4.240	28.529
小琉球	3	1.340	5.937

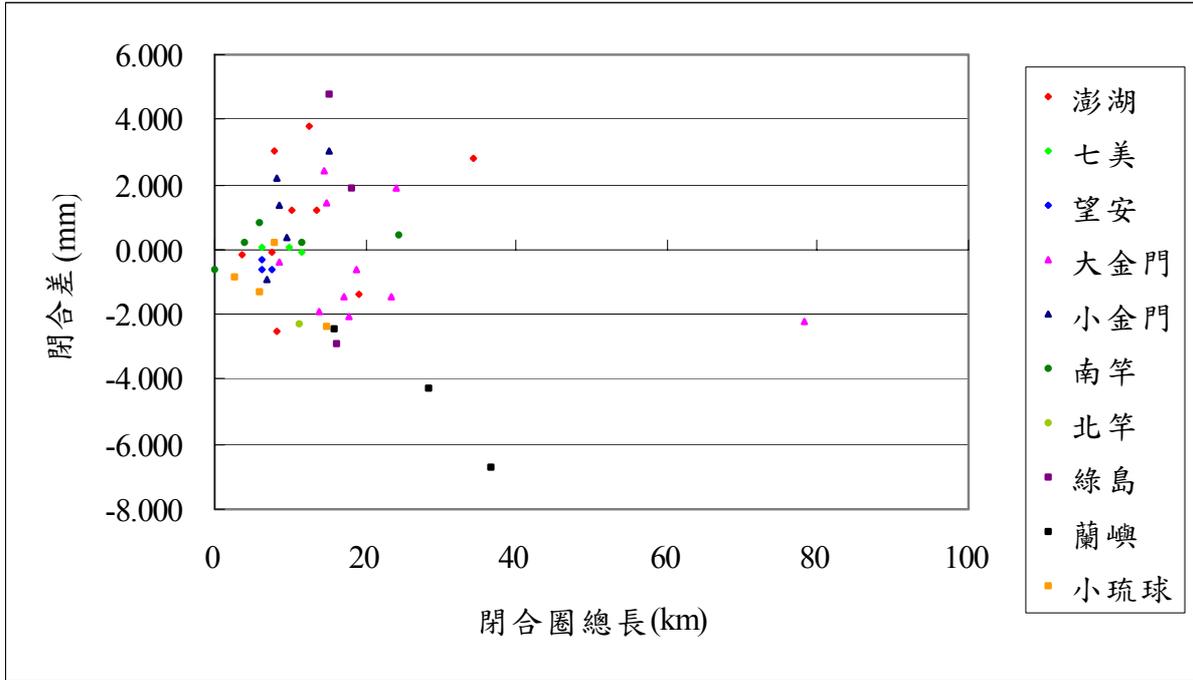


圖 5-9 閉合差分析成果統計圖

#### §5-4-2 衛星定位測量輔助水準環線閉合差分析

在進行環線閉合差分析時，其中澎湖本島有絕大部份水準測線呈現開放的型式（圖 4-3），無法進行環線閉合差分析來檢核資料的成果，但以地形的實際狀況，又不可能實施水準測量（海洋阻隔）以組成閉合圈，因此勢必使用其他的方式進行檢核，以確保水準測量的成果品質無誤。

因此，本計畫中利用衛星定位測量中 24 小時的聯測網來作為輔助的工具，理論上，以衛星定位測量方式所獲得的橢球高差精度，無法與精密水準所獲得的正高差來比較，且彼此間仍存在大地起伏值 ( $N$ )，但仍可作為一輔助檢核的方式，以避免測段中含有人為的大錯誤存在。

我們採取的方式是以衛星定位測量 24 小時聯測網最小約制平差成果來計算，這樣可避免因約制平差成果中隱含已知點的誤差，雖然所得到的橢球高可能不是正確的，但彼此間的橢球高差的精度，應較約制平差後的成果為佳。對於輔助我們來判斷結果，具有較佳的可靠性。

但橢球高與正高間仍存在大地起伏值（圖 5-10），由於我們並不知道施測點位真正的大地起伏為何？因此我們對於每一施測點位引用全球大地起伏模式（EGM96）來估算每一個施測點位的大地起伏值，再依下列公式計算以衛星定位測量觀測計算所得之正高 $H_G$ 。

$$H_G = h - N$$

依照上式所得，可求得每一點之正高 $H_G$ ，再以此相減得到每一個點間的正高差 $\Delta H_G$ ，與水準得到之真正的正高差 $\Delta H$ 來進行比較，即可評估開放水準路線的環線閉合差是否可靠，測段間是否存在人為錯誤了。

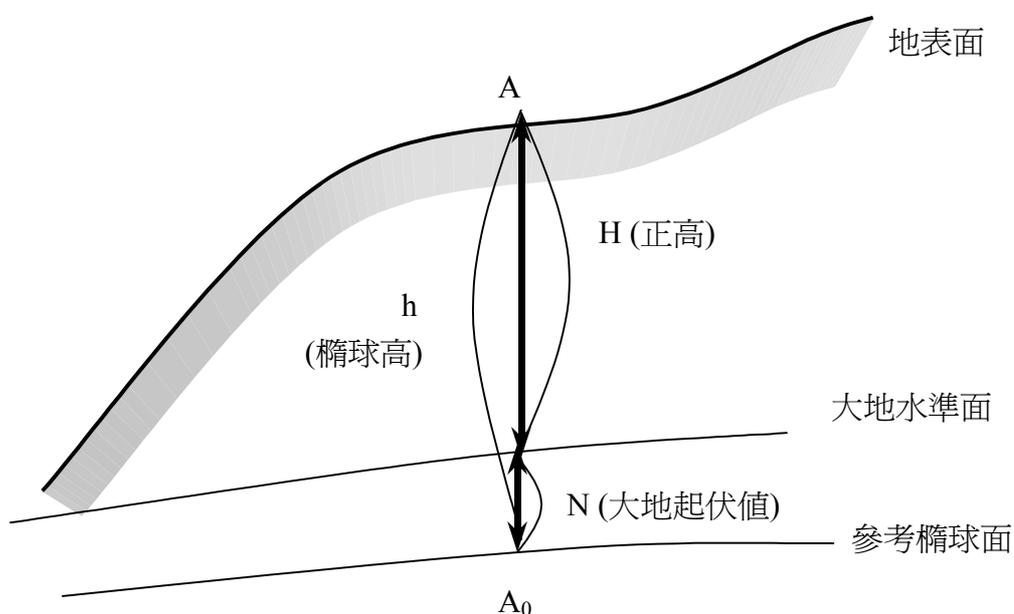


圖 5-10 正高、橢球高與大地起伏幾何關係示意圖

則以此檢核澎湖本島的開放測線（PF07~SY09），以衛星定位測量出來的正高差 $\Delta H_G$ 為-5.49310m，以水準測量獲得之正高差 $\Delta H$ 為-5.39381m，兩者間彼此較差為-0.09929m，這以衛星定位測量加全球大地起伏模式所得的精度而言，約 10 公分左右的成果已是相當精確，也可證明該地區之水準測量成果並無人為錯誤存在。

## §5-5 離島高程基準

對觀測資料進行檢查完成後，於進行水準網平差之前，我們必須對各離島的高程起算做一定義，因為各離島無法類似台灣本島般，可以統一以位於基隆之水準原點（點號：K999，以基隆平均海水面為零公尺起算）來計算，因此我們分別定義各離島之高程基準如表 5-12。而其內容則分述如后。

表 5-12 各離島高程基準一覽表

地區	起算點號	引測方式	高程基準
澎湖	TG73	水準測量	馬公港平均海水面為零公尺起算
七美	CM01	衛星定位測量	馬公港平均海水面為零公尺起算
望安	WA04	衛星定位測量	馬公港平均海水面為零公尺起算
大金門	KM28	水準測量	水頭碼頭平均海水面為零公尺起算
小金門	KM52	衛星定位測量	水頭碼頭平均海水面為零公尺起算
南竿	TG71	水準測量	福澳港平均海水面為零公尺起算
北竿	BG01	衛星定位測量	福澳港平均海水面為零公尺起算
綠島	TG76	水準測量	南寮漁港平均海水面為零公尺起算
蘭嶼	TG75	水準測量	開元港平均海水面為零公尺起算
小琉球	TG74	水準測量	小琉球港平均海水面為零公尺起算

### §5-5-1 以水準測量方式引測之高程基準

依這種方式獲得高程的離島，基本上於該島上必需擁有潮位站，方能計算該地區的平均海水面，以本次作業的 10 個離島中，計有澎湖、大金門、南竿、綠島、蘭嶼及小琉球等六個離島設有潮位站，其所使用之潮位站如表 5-13 所示。

依照這六個離島的潮位站而言，其平均海水面的計算，主要依據內政部 92 年度辦理的「離島潮位站資料蒐集與分析工作」所推算出之平均海水面，但由於原位於大金門料羅灣之金門潮位站因故損毀，因此改採用金門港務處設立之水頭潮位站，其平均海水面以經濟部水利署提供之 93 年 4 月至 93 年 12 月之平均潮位計算而得。各潮位站平均海水面推算的資料時間如表 5-14。

表 5-13 引測之潮位站一覽表

地區	潮位站	管理單位	潮位計型式
澎湖	澎湖潮位站	中央氣象局	超音波式
大金門	水頭潮位站	金門港務處	超音波式
南竿	馬祖潮位站	內政部	壓力式
綠島	綠島潮位站	經濟部水利署	超音波式
蘭嶼	蘭嶼潮位站	中央氣象局	壓力式
小琉球	小琉球潮位站	中央氣象局	超音波式

表 5-14 潮位站平均海水面推算時間一覽表

地區	潮位站	平均海水面推算時間	備註
澎湖	澎湖潮位站	82 年 1 月~91 年 12 月	
大金門	水頭潮位站	93 年 4 月~93 年 12 月	
南竿	馬祖潮位站	87 年 4 月~88 年 8 月	
綠島	綠島潮位站	90 年 1 月~92 年 8 月	
蘭嶼	蘭嶼潮位站	82 年~91 年	83 年無紀錄
小琉球	小琉球潮位站	87 年 1 月~91 年 12 月	

而在實際自潮位站引測高程時，主要觀測於潮位站附近之潮位站水準點與潮位計上之參考位置之高程差，再利用計算式計算出各潮位站水準點之高程，據此引用為各島高程之起算點；以此方式量測，六個離島所計算高程起算點的方式如圖 5-11~圖 5-16 所示，其推算參數值如表 5-15。

表 5-15 潮位站平均海水面推算參數一覽表（單位：m）

地區	潮位站水準點	$H_S$	$\Delta H$	$H_0$	常數C	H
澎湖	TG73	2.55790	0.71938	-----	-----	1.83852
大金門	KM28	7.65700	3.40740	-----	0.10628	4.14332
南竿	TG71	3.89348	0.14374	6.17300	-----	2.42326
綠島	TG76	4.92405	2.16321	-----	0.10741	2.65343
蘭嶼	TG75	2.19930	0.58586	3.94100	-----	2.32756
小琉球	TG74	4.34990	0.80793	-----	0.11224	3.42973

註： $\Delta H$ 為直接水準測量所得，其餘 $H_S$ 、 $H_0$ 及常數C等參數為管理單位提供。

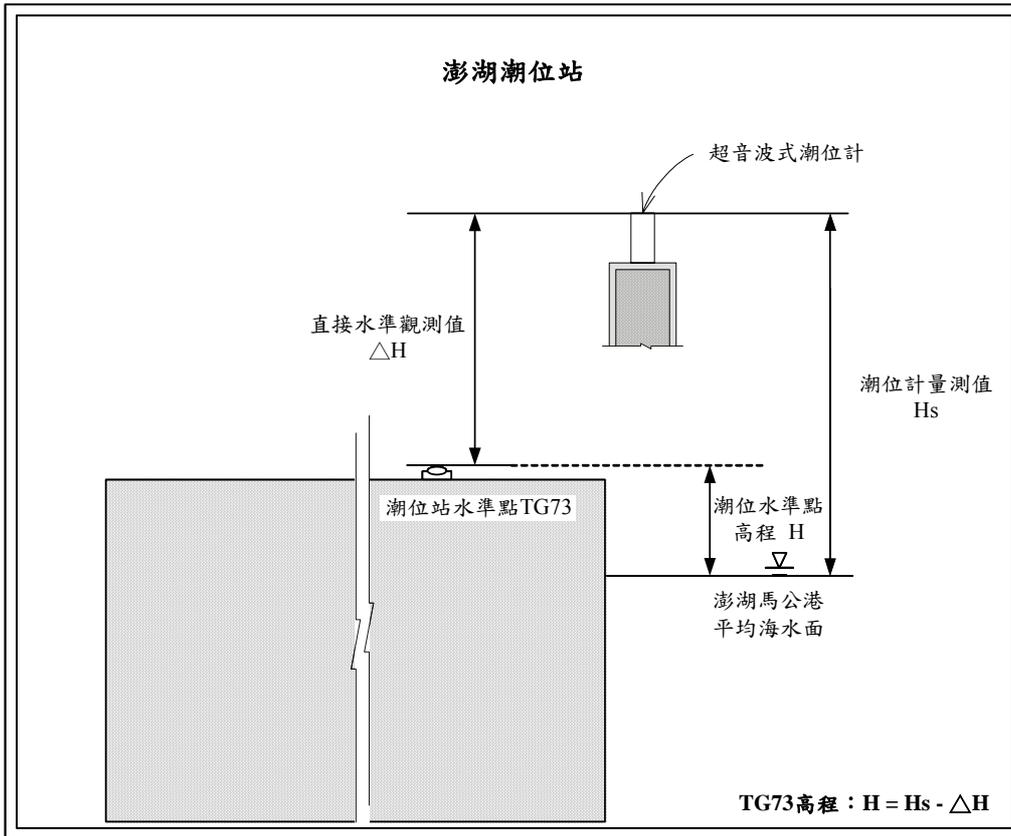


圖 5-11 澎湖潮位站高程引測示意圖

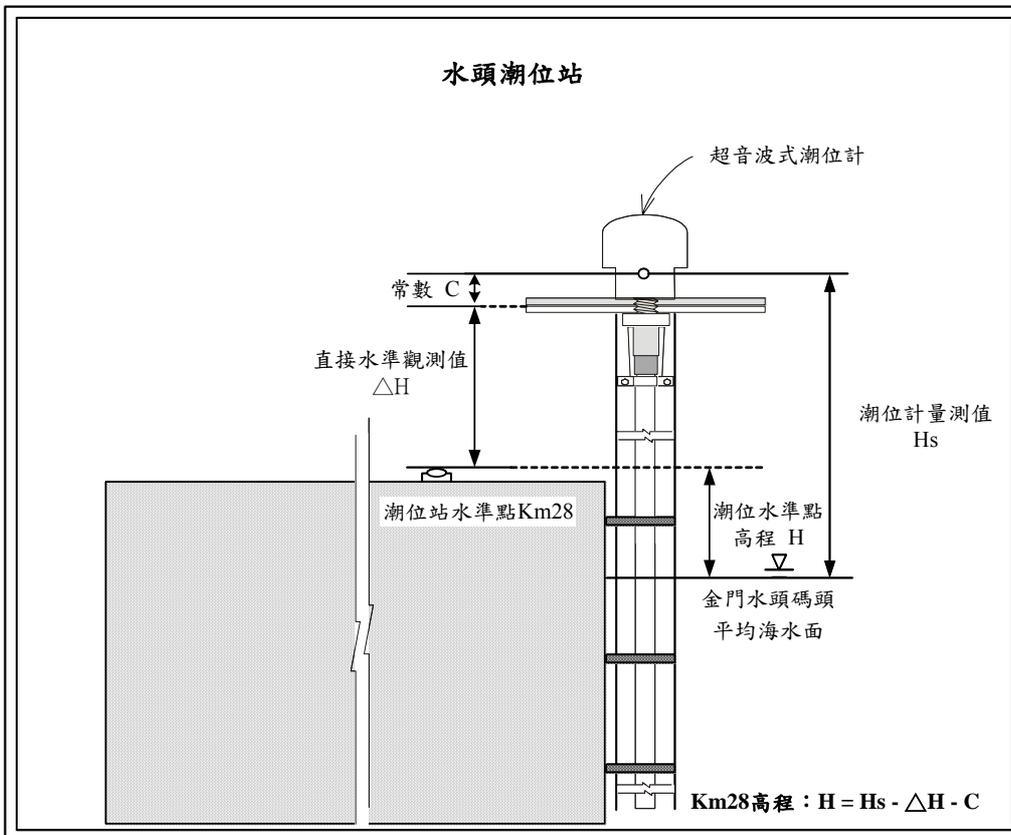


圖 5-12 水頭潮位站高程引測示意圖

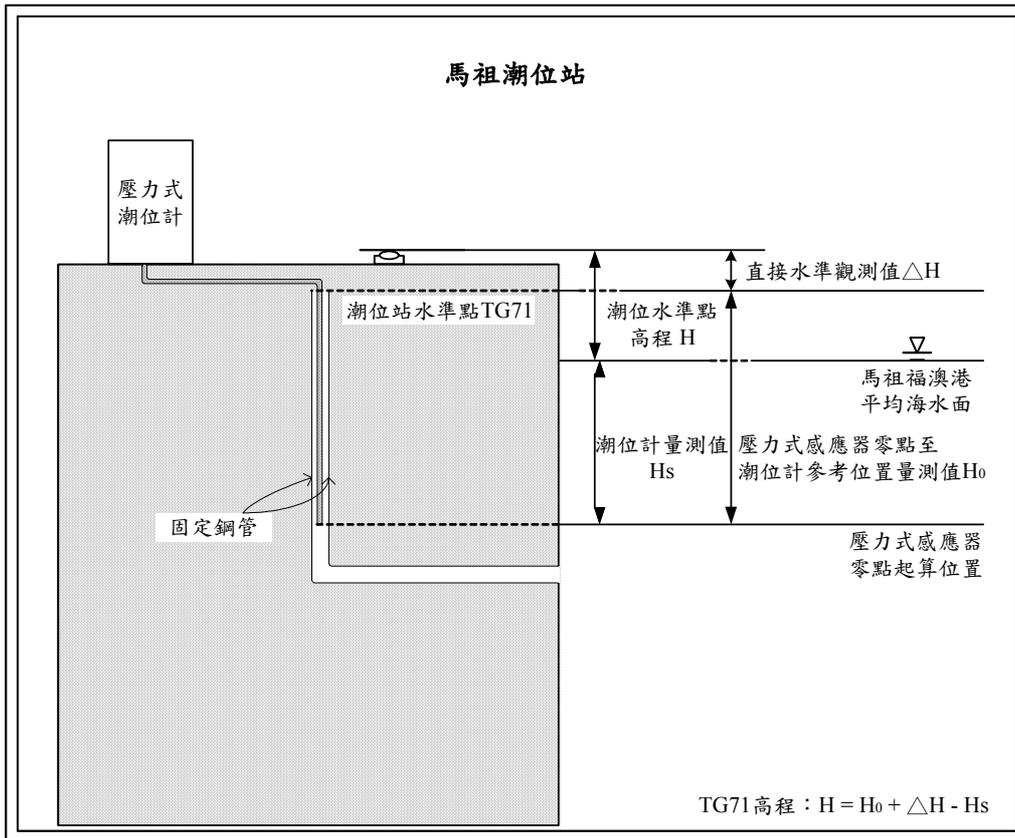


圖 5-13 馬祖潮位站高程引測示意圖

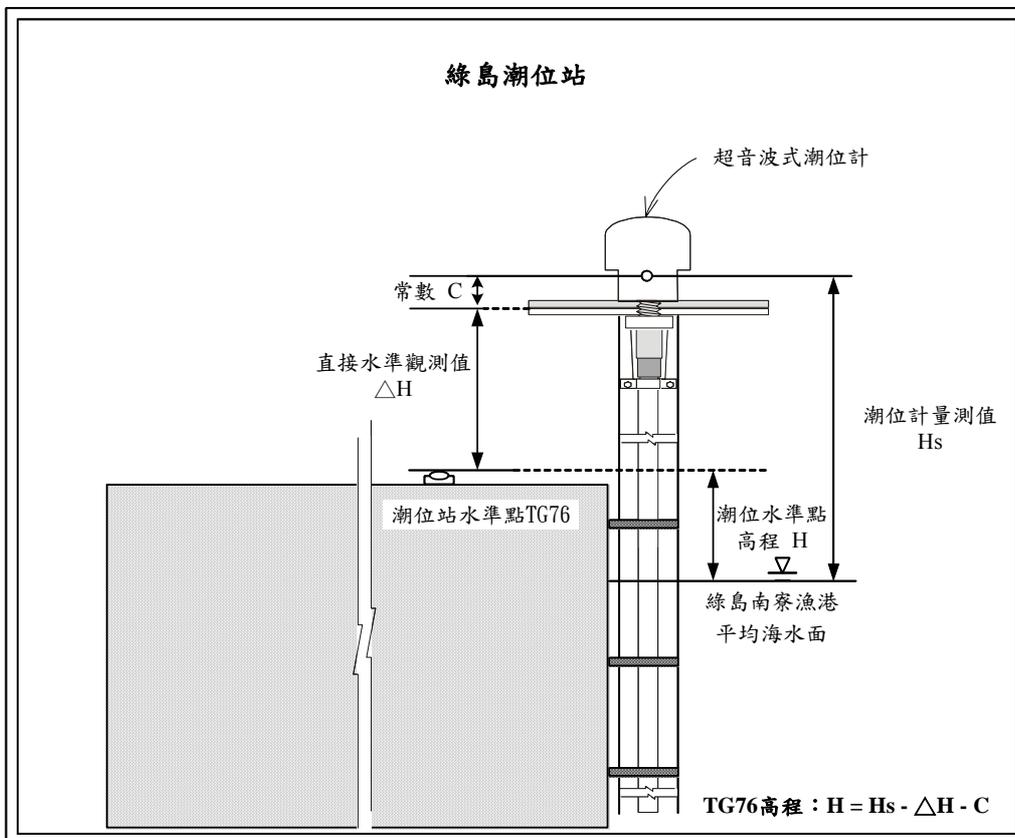


圖 5-14 綠島潮位站高程引測示意圖

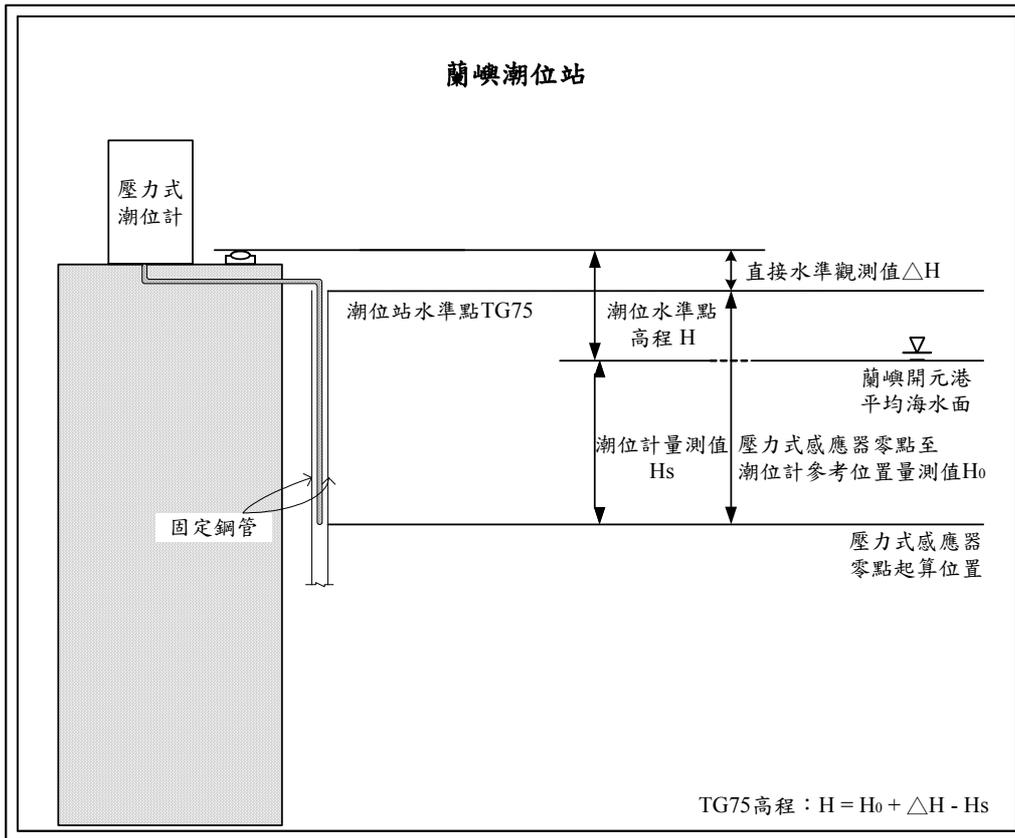


圖 5-15 蘭嶼潮位站高程引測示意圖

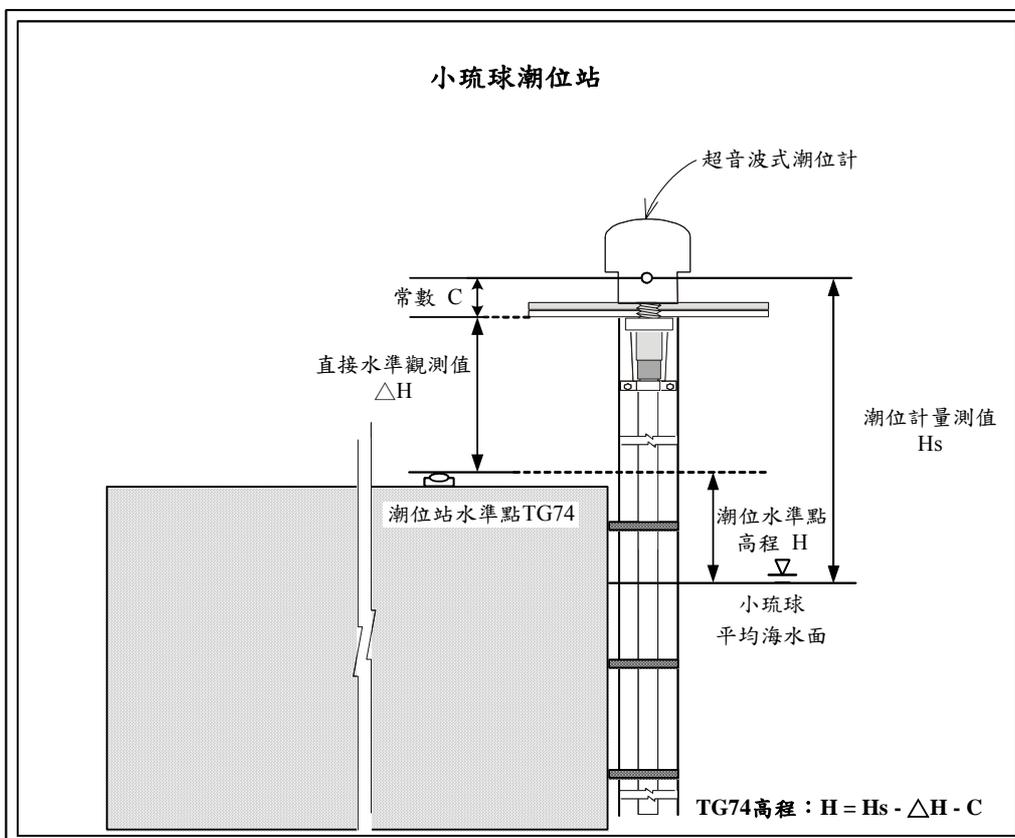


圖 5-16 小琉球潮位站高程引測示意圖

### §5-5-2 以衛星定位測量方式引測之高程基準

前述的方法計算各離島高程時，先決條件在於該離島上必須設有潮位站，但對於七美、望安、小金門及北竿等四個離島而言，島上並無任何潮位站來提供高程基準，因此在本計畫中採用衛星定位測量加全球大地起伏模式 (EGM96)，推算出這四個離島之高程基準點。在實際作法上，以在這四個離島中實施 24 小時衛星定位測量之點位，與其最接近之水準點（正高已知）計算其正高差，進而推求其正高，而選定之水準點以最接近者，是因為較接近這四個離島之水準點，其引用之平均海水面理論上應較為接近這四個離島之平均海水面；且可避免因距離拉長，而增加成果計算的誤差。

依照上述內容進行計算，則正高差  $\Delta H_G$  計算公式如下：

$$\Delta H_G = (h_T - N_T) - (h_0 - N_0)$$

其中： $h_T$  為四個離島之高程基準點之橢球高

$N_T$  為四個離島之高程基準點以 EGM96 模式推算之大地起伏值

$h_0$  為引測水準點之橢球高

$N_0$  為引測水準點以 EGM96 模式推算之大地起伏值

上述各項參數如表 5-16，依此計算後，再將其潮位站水準點之正高  $H_0$  加上正高差  $\Delta H_G$ ，及可得其正高  $H_T$ 。

$$H_T = H_0 + \Delta H_G$$

其中： $H_T$  為四個離島之高程基準點之正高

$H_0$  為引測水準點之正高

表 5-16 四個離島之高程基準起算參數表

地區	高程基準點	引測水準點	$H_0$ (m)	$h_T$ (m)	$N_T$ (m)	$h_0$ (m)	$N_0$ (m)	$H_T$ (m)
七美	CM01	TG73	1.838	32.426	17.644	20.722	17.432	13.330
望安	WA04	TG73	1.838	29.576	17.518	20.722	17.432	10.606
小金門	KM52	KM25	22.688	17.148	11.595	33.993	11.820	6.068
北竿	BG01	NG12	69.201	18.581	13.260	84.186	13.292	3.628

雖然，以衛星定位測量加全球大地起伏模式（EGM96）可以計算出每一個點的大地起伏值，那是否可以直接以衛星定位測量的方式來訂定離島的高程基準，而省去十分繁複的水準測量呢？我們首先參照內政部 92 年度辦理的「離島潮位站資料蒐集與分析工作」所推算六個離島潮位站水準點之高程，與本次所計算之高程來進行分析。

內政部 92 年度辦理的「離島潮位站資料蒐集與分析工作」中，對於六個離島潮位站水準點之高程，其中一種方式便是以衛星定位測量加全球大地起伏模式（EGM96）直接計算其正高（如表 5-17）。

表 5-17 衛星定位測量加 EGM96 計算潮位站水準點正高

地區	潮位站水準點	衛星定位測量橢球高	EGM96推算之大地起伏N	正高 $H_G$
澎湖	TG73	20.758	17.435	3.323
大金門	TG72	15.089	12.523	2.566
南竿	TG71	17.371	13.252	4.119
綠島	TG76	27.522	23.608	3.914
蘭嶼	TG75	28.006	23.291	4.715
小琉球	TG74	24.339	21.368	2.971

（單位：m）

註：參照 92 年度「離島潮位站資料蒐集與分析工作」測量成果

以表 5-17 所得的正高 $H_G$ 與本次計畫以直接水準求得的正高 $H$ 比較結果如表 5-18

表 5-18 兩種方式計算之正高比較表

地區	潮位站水準點	衛星定位測量正高 $H_G$	直接水準之正高 $H$	較差
澎湖	TG73	3.323	1.838	1.485
大金門	TG72	2.566	3.233	-0.667
南竿	TG71	4.119	2.423	1.696
綠島	TG76	3.914	2.653	1.261
蘭嶼	TG75	4.715	2.327	2.388
小琉球	TG74	2.971	3.430	-0.459

（單位：m）

註：較差= $H_G-H$

由表 5-18 中，我們發現兩種方式所得之正高差異非常大（平均約 2 公尺左右），若是如此，我們欲以衛星定位測量加全球大地起伏模式 (EGM96) 來直接計算正高是不合適的，因為 EGM96 模式其適用於整個全球地區，故針對離島這樣的小區域，其計算出的成果精度自會有相當之落差，除非我們能獲取各離島更精細之大地起伏模式，方能依此方式來進行計算。

## §5-6 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，最後求得未知數一組最佳的近似解。一般而言，最常用的平差方法乃是利用最小自乘法平差模式，其主要的理論基礎為“所有平差改正數的平方和為最小”。

在本次計畫中，水準網平差計算是以間接觀測平差（Adjustment by variations）做為計算基礎，整個平差計算流程如圖 5-17。

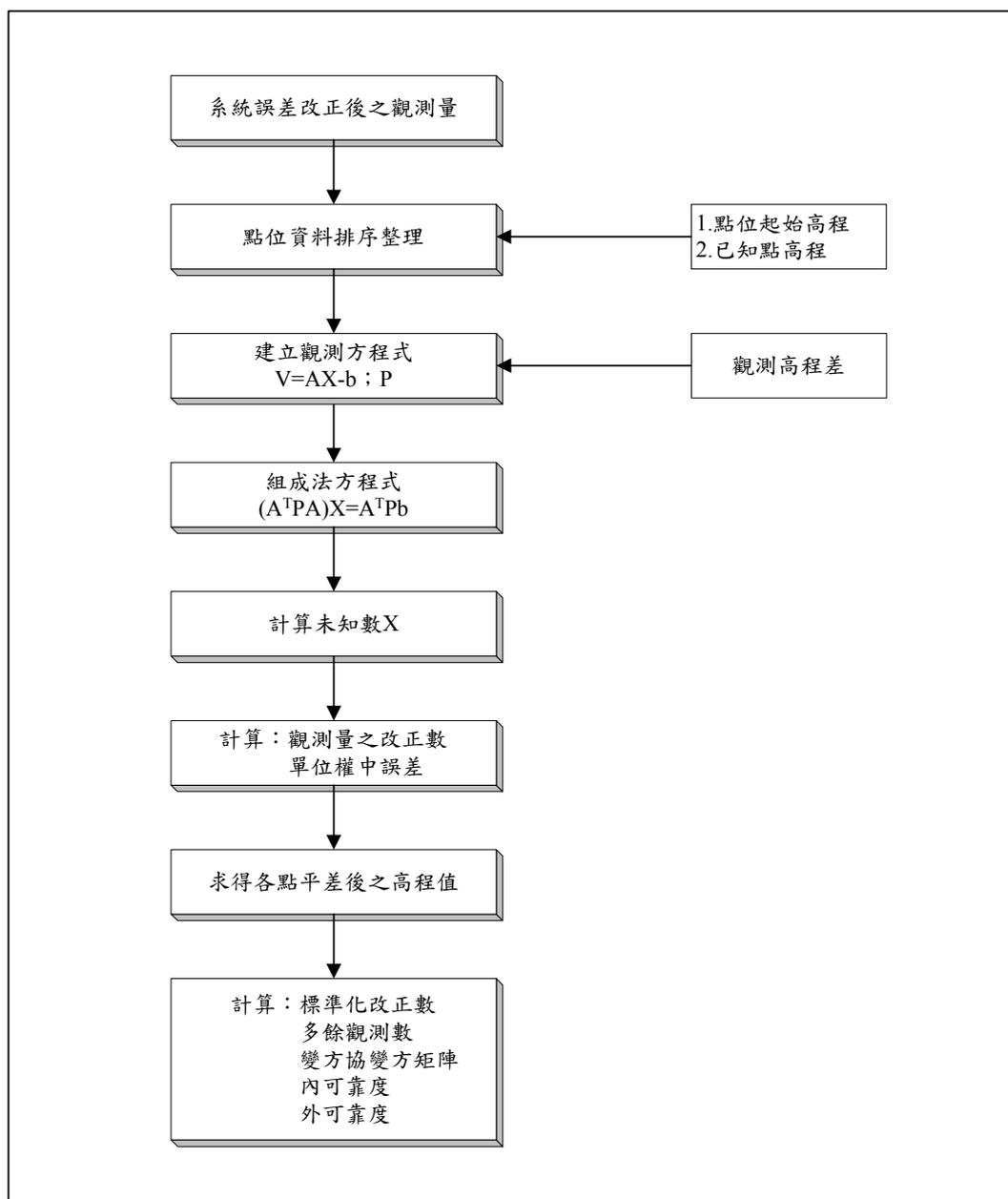


圖 5-17 水準網平差計算流程圖

觀測方程式： $V=AX-b$

其中：V：觀測量改正數

X：未知點位高程值

A：設計矩陣

b：觀測量

P：權矩陣(以測段距離的倒數為“權值”)

依照上述的流程，將各離島所有觀測量帶入進行水準網整體平差計算，首先對各離島水準網觀測量之先驗權單位中誤差( $\sigma_0$ )先給定為 1.000，觀測量中誤差為  $2.5 \text{ mm}\sqrt{k}$ ，計算各離島水準網平差後之後驗權單位中誤差(分布在 0.006-0.354 間)，各離島之後驗權單位中誤差之值遠小於先驗權單位中誤差。為使最後平差結果符合實際之觀測精度，需調整各離島水準網之先驗權單位中誤差再分別平差計算，其調整原則為直接以觀測量中誤差乘以後驗權單位中誤差為調整後觀測量權單位中誤差，重新進行平差，得到調整後之後驗權單位中誤差。得到最終各離島之平差成果數據統計如表 5-19。由表 5-19 可看出調整後驗權單位中誤差趨近於 1。

表 5-19 各離島最小約制平差成果一覽表

地區	先驗權單位中誤差	觀測量中誤差 $\text{mm}\sqrt{k}$	總觀測數	多餘觀測數	後驗權單位中誤差	調整後觀測量權單位中誤差 $\text{mm}\sqrt{k}$	調整後驗權單位中誤差 $\text{mm}\sqrt{k}$
澎湖	1.000	2.5	51	8	0.263	0.655	1.003
七美	1.000	2.5	7	2	0.006	0.015	1.021
望安	1.000	2.5	5	2	0.098	0.245	0.997
大金門	1.000	2.5	48	9	0.189	0.480	0.985
小金門	1.000	2.5	12	4	0.220	0.550	1.001
南竿	1.000	2.5	17	4	0.082	0.205	0.995
北竿	1.000	2.5	8	1	0.273	0.682	1.001
綠島	1.000	2.5	12	2	0.354	0.885	0.999
蘭嶼	1.000	2.5	21	2	0.314	0.785	0.999
小琉球	1.000	2.5	12	3	0.180	0.450	0.997

## §5-7 可靠度分析

### §5-7-1 可靠度分析模式

網形觀測之可靠度分析需建立在數理統計的假設基礎上，其可分為內可靠度與外可靠度，內可靠度所指為平差系統發現和區分觀測量粗差之能力；而外可靠度指網形中不可發現和不可區分之粗差對平差結果的影響。

針對內可靠度而言，可採行下列數學式表示：

$$\nabla_0 y_i = \delta_0 \times \sigma_{y_i} / \sqrt{f_i} = \delta'_{0,i} \times \sigma_{y_i} \quad (1)$$

其中  $\nabla_0 y_i$  表示在  $\beta$  檢驗功效下，觀測量  $y_i$  可能被偵出之系統誤差下限值，而  $\delta_0$  為一選定之統計參數值，其為  $\alpha$  與  $\beta$  之函數，表示機率密度函數圖形之偏移量， $f_i$  為局部多餘觀測分量，為總多餘觀測數  $f$  分配到某觀測量  $y_i$  之多餘觀測分量，則可得  $\delta'_{0,i}$  為第  $i$  個觀測量之內可靠度值。

而外可靠度值，亦可採如下數學式表示：

$$\delta''_{0,i} = \delta_0 \times \sqrt{(1-f_i)/f_i} \quad (2)$$

其中  $\delta''_{0,i}$  為外可靠度值，表示某一未發現之粗差所造成影響之最大值。

由上二個數學式中我們得知，僅選定  $\alpha$  與  $\beta$ ，便可得到相應之  $\delta_0$ ，故內可靠度  $\delta'_{0,i}$  與外可靠度  $\delta''_{0,i}$  僅隨  $f_i$  值之變動影響，也就是說  $f_i$  值愈大，則可靠度愈高。

但在於網形平差模式中，整體擁有相當多的觀測量，此時於解算過程中不可能求解每一觀測量之多餘觀測分量。此時可藉由平均多餘觀測分量  $f_0$  之計算，求得一可靠度參考值作為評訂指標，平均多餘觀測分量以如下數學式表示：

$$f_0 = f/n \quad (3)$$

其中： $f_0$  為平均多餘觀測分量。

$f$  為整體總多餘觀測數。

$n$  為總觀測量個數。

則可以求得整體內可靠度參考值：

$$\delta'_0 = \delta_0 / \sqrt{f_0} \quad (4)$$

整體外可靠度參考值：

$$\delta''_0 = \delta_0 \times \sqrt{((n-f)/f)} \quad (5)$$

### §5-7-2 多餘觀測分量評估標準

就一網系而言，每一個局部多餘觀測分量  $f_i$  值愈大，則觀測量之可靠度愈高，亦即整體網系之可靠度亦高。因此須判定每一個局部多餘觀測分量  $f_i$  值是否在容許範圍內。針對每一觀測量其局部多餘觀測分量  $f_i$  值可以如表 5-20 來判定。

表 5-20 局部多餘觀測分量評估標準

局部多餘觀測分量 $f_i$ 值	評估結果
$0 \leq f_i < 0.01$	無控制
$0.01 \leq f_i < 0.1$	低控制
$0.1 \leq f_i < 0.3$	尚可控制
$0.3 \leq f_i \leq 1$	良好控制

則如表 5-20 所示，一般而言我們要求網系中每一個局部多餘觀測分量值需在 0.3 以上，而為了確保觀測量之可靠性，對於  $f_i$  值小於 0.3 的觀測量採取保留的態度是必要的。然而對於整體網系之可靠度而言，可以用平均多餘觀測分量  $f_0$  來加以初步判定。

表 5-21 平均多餘觀測分量評估標準

平均多餘觀測分量 $f_0$ 值	評估結果
$0 \leq f_0 < 0.01$	無可靠度
$0.01 \leq f_0 < 0.1$	可靠度不佳
$0.1 \leq f_0 < 0.3$	可靠度尚可
$0.3 \leq f_0 \leq 1$	可靠度良好

### §5-7-3 非中心化參數的選定

若將此次觀測成果若以 3 倍中誤差作為偵錯的標準（界限值  $K=3$ ），則由表 5-22 可查出相應的信心水平值  $\alpha=0.27\%$ （約=0.3%），則由表 5-23 得到對應的檢驗功效  $\beta=84\%$ ，因此，由表 5-24 可選定的統計參數值  $\delta_0=4$ 。

表 5-22 信心水平值  $\alpha$  與界限值  $K$  關係表

$K$	$\alpha$
1.96	5%
2.56	1%
3.00	0.27%
3.29	0.1%

表 5-23 信心水平值  $\alpha$  與檢驗功效  $\beta$  關係表（ $\delta=4$ ）

$\alpha$	$K$	$\beta$
0.1%	3.29	76%
0.3%	3.00	84%
1%	2.56	93%
5%	1.96	98%

表 5-24  $\alpha_0$  與  $\beta_0$  對應非中心化參數  $\delta_0$  對應表

$\delta_0$ $\beta_0$	$K$ $\alpha_0$	3.72 0.01%	3.29 0.1%	2.58 1%	1.96 5%
	70		4.41	3.82	3.10
80		4.73	4.13	3.42	2.80
90		5.17	4.57	3.86	3.24
95		5.54	4.94	4.22	3.61
99		6.22	5.62	4.90	4.29
99.9		6.98	6.38	5.67	5.05

#### §5-7-4 可靠度分析結果

首先依照表 5-21 進行平均多餘觀測分量  $f_0$  的計算。若依照的公式 (3) 我們可以求得此次平均多餘觀測分量如表 5-25，若依照表 5-21 的評估標準來判定，其可以得知整體網形觀測量僅在勉強在可控制範圍之內，那是因水準測量不可能如導線網或 GPS 網般有大量的多餘觀測，使整體總多餘觀測數  $f$  較小，故平均多餘觀測分量  $f_0$  自然不可能較高了。而依照公式 (4) 及公式 (5) 我們亦可求得此次觀測量整體內、外可靠度參考值如表 5-26。

表 5-25 平均多餘觀測分量  $f_0$

地區	整體總多餘觀測數 $f$	總觀測量個數 $n$	平均多餘觀測分量 $f_0$
澎湖	8	51	0.16
七美	2	7	0.29
望安	2	5	0.40
大金門	9	48	0.19
小金門	4	12	0.33
南竿	4	17	0.24
北竿	1	8	0.13
綠島	3	12	0.25
蘭嶼	2	21	0.10
小琉球	2	12	0.17

表 5-26 內、外可靠度分析成果

地區	內可靠度	外可靠度
澎湖	10.100	9.274
七美	7.483	6.325
望安	6.325	4.899
大金門	9.238	8.327
小金門	6.928	5.657
南竿	8.246	7.211
北竿	11.314	10.583
綠島	8.000	6.928
蘭嶼	12.961	12.329
小琉球	9.798	8.944

### §5-8 水準網平差成果統計

經過前述之流程與步驟後，最後完成整個水準網平差計算的工作，由於各離島本身並無任何已知點的存在，因此僅從高程基準點進行最小約制平差，而各離島間彼此並無任何觀測量聯接，因此所得的成果亦僅適合於各離島上使用，經過統計，網形平差後點位之標準偏差如圖 5-16。

由圖 5-18 中了解到，本次計畫網形平差計算後點位標準偏差值主要約在 0~18mm 左右，顯示整體測量的成果量好。

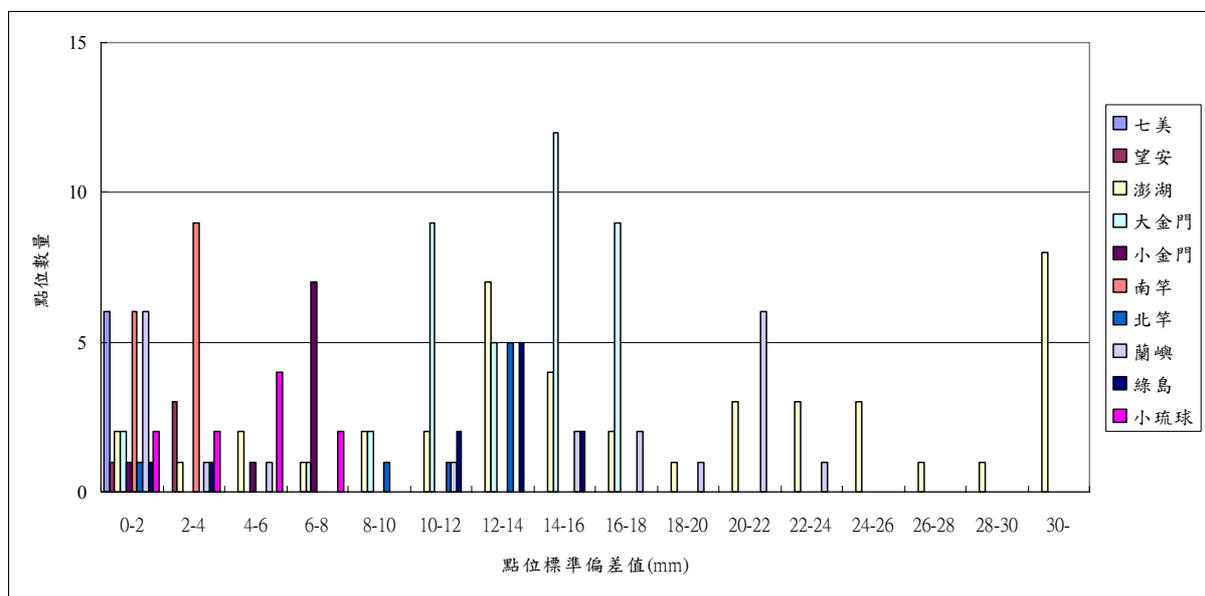


圖 5-18 網形平差後點位標準偏差統計圖

## 第六章 結論與建議

### §6-1 結論

內政部土地測量局此次委託辦理「九十三年度離島一等水準點埋設及其水準、衛星定位、重力測量工作」，中興測量有限公司實際執行期間自九十三年七月十二日至九十四年四月十四日；計畫進行期間，承蒙 貴局諸位長官及委員們不吝指導，社會各界悉心協助，以及公司全體同仁協力合作下，終能圓滿完成工作，達到預期之目標。

總計在執行本次計畫中，共達成下列的幾項成果：

1. 離島地區因交通不便，建設落後，以致影響離島地區之產業發展與居民生活品質。因此政府為加強推動離島之開發建設，特頒布離島建設條例：將交通建設、民生設施列為重大建設，但離島四面臨海，其中海平面的消長，對港口建設、水利設施、船隻安全影響甚鉅。因此，離島地區亟需建立高精度之高程控制系統，以提昇居民生活品質，縮短與台灣本島之落差。本次順利建立離島地區高程、平面及重力三合一之控制系統，使離島之基本控制點系統完備，除可使各界充分應用外，並完善建立離島建設之基礎。
2. 本島與離島間因海峽阻隔，彼此間無法取得一致性的高程系統，且以當地後續應用上，仍以當地之系統為優先考量，惟對於未設有潮位站之離島而言，無法直接取得其當地之高程基準。所幸透過衛星定位測量 24 小時觀測網的施測，使該四個離島之高程系統能有所依據，故期待後續相關單位能認真思考此一作法，對後續其他計畫能增加助益。

## §6-2 討論與建議

而在執行本計畫過程中所遭遇或是發現的問題，在此提供一些討論與建議，以作為後續相關案件執行時的參考。

1. 因礙於 貴局招標時程及等待點位沉陷時間（3 個月），致使水準外業測量時間過短且遇東北季風，增加外業施測困難，因此建議相關單位爾後執行類似計畫時，能慎重加以考慮作業時程的問題。
2. 本次作業區域皆屬離島地區，交通便利度不一，由其水準器材裝備之運送更加的困難，故為影響工作時程順利與否之主因。
3. 以對離島水準網平差計算而言，由於各離島之觀測量數目均小，因此執行相關統計分析時常呈現不規則分布，對於欲以此所獲得之參考值，自不會具相當的可靠程度，因此是否無論計畫大小，均需一成不變進行各項統計分析，應是往後可以詳加考慮。
4. 對於相關成果驗收工作，由於本次計畫除考慮抽樣數目外，另為兼顧平均分散各離島，致使驗收時程較長，並增加許多交通運輸費用，以正常驗收情況下，是否需以此方式進行，增加整體社會成本之開銷，惟有關單位可詳加考慮。

## 參考文獻

- 內政部，中華民國臺灣地區一等水準點檢測成果表，1979。
- 內政部，臺灣地區海岸土地測量水準點成果簿，1988。
- 內政部，臺灣地區海岸土地測量控制點(含高程)執行情形總結報告，1988。
- 內政部，臺灣地區驗潮站及高程基準網之監測及計算工作報告，1999。
- 內政部，台灣地區驗潮站及高程基準網之監測及計算工作成果報告，2000。
- 內政部，一等水準測量作業規範，2001。
- 內政部，一等等級水準網測量工作工作總報告書，2001。
- 內政部，一等等級水準網測量督導查核工作總報告書，2001。
- 內政部，一等等級水準網測量工作工作總報告書，2003。
- 內政部，一等等級水準網測量督導查核工作總報告書，2003。
- 內政部，離島潮位站資料蒐集及分析工作工作總報告書，2003。
- 交通大學，兩岸重力及水準面研討會論文集，2003。
- 國家科學委員會，壓力式海洋儀器檢校標準及程序設計，2003。
- 尹鍾奇，實用大地測量學，1976。
- 陶本藻，自由網平差與變形分析，測繪出版社，1982。
- 王成機，台灣地區水準測量折射誤差之分析，國立成功大學航空測量研究所碩士論文，1988。
- 胡明城、魯福，現代大地測量學，測繪出版社，1993。
- 管澤霖、管錚、翟國君，海面地形與高程基準，1994。
- 陳俊廷，聯合水準、重力、GPS 觀測資料之台灣高程系統精度預估，國立成功大學測量工程研究所碩士論文，1998。
- 李建成、姜衛平，長距離跨海高程基準傳遞方法的研究，2001。
- 李德仁、袁修孝，誤差處理與可靠性理論，武漢大學出版社，2002。
- 鄭榮和，結合 GPS 高程及區域大地水準面於正高決定之研究，國立成功大學測量工程研究所碩士論文，2001。
- 蕭宇伸，嚴密正高改正，國立交通大學土木工程研究所碩士論文，2002。
- 陳國華，整合 TWVD2001 水準及 GPS 資料改進台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，2004。

Heiskanen, W.A. and H. Moritz, 1967, Physical Geodesy, Freeman Co., San Francisco, London.

Mikhail, E.M. and Gracie, G., 1981, Analysis and adjustment of survey measurements, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York.

Zeiss, 1997, DiNi 11 Digital Levels Operating Instruction, ZSP Geodetic System Gmbh, Jena.

# 附件一 單一測段各項系統誤差改正值

## 澎湖本島 (1/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
TG73	PF01	0.57	9/4 2:46 ~ 9/4 3:9	-0.006	0.000	-0.001	0.000	0.001	0.000	-0.006
PF01	TG73	0.57	9/4 2:14 ~ 9/4 2:41	0.004	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.004
PF01	PF21	2.11	9/3 0:19 ~ 9/3 3:3	0.001	-0.022	-0.002	0.010	0.034	0.000	0.021
PF21	PF01	2.11	9/3 3:6 ~ 9/3 5:32	-0.001	0.022	0.002	-0.010	-0.032	0.000	-0.019
PF21	PF20	2.59	9/15 23:3 ~ 9/16 1:14	-0.005	0.010	-0.003	-0.010	-0.050	0.000	-0.058
PF20	PF21	2.59	9/15 20:18 ~ 9/15 22:58	0.004	-0.035	0.001	0.010	0.055	0.000	0.035
PF20	PF19	1.92	9/2 17:41 ~ 9/2 19:40	0.000	-0.052	0.001	0.010	0.040	0.000	-0.001
PF19	PF20	1.92	9/2 19:48 ~ 9/2 21:17	0.000	0.065	0.000	-0.010	-0.033	0.000	0.022
PF19	PF01	1.04	9/2 22:48 ~ 9/3 0:1	0.000	0.036	0.000	0.000	-0.048	0.000	-0.012
PF01	PF19	1.04	9/2 21:26 ~ 9/2 22:44	0.001	-0.024	-0.002	0.000	0.048	0.000	0.023
PF03	PF02	2.79	9/12 23:48 ~ 9/13 2:52	0.001	0.046	0.001	0.020	-0.048	0.000	0.020
PF02	PF03	2.79	9/12 20:9 ~ 9/12 23:42	0.000	-0.046	0.000	-0.020	0.050	0.000	-0.016
PF02	TG73	0.77	9/3 3:41 ~ 9/3 4:39	-0.009	0.037	0.001	-0.020	-0.104	0.000	-0.095
TG73	PF02	0.77	9/3 4:44 ~ 9/3 5:43	0.007	-0.033	0.000	0.020	0.103	0.000	0.097
PF18	PF19	2.83	8/28 20:27 ~ 8/28 23:16	-0.008	0.142	-0.005	0.000	-0.117	0.000	0.012
PF19	PF18	2.83	8/28 23:29 ~ 8/29 3:27	-0.001	-0.105	0.000	0.000	0.079	0.000	-0.027
PF03	PF19	2.96	9/12 2:13 ~ 9/12 5:2	0.000	0.082	-0.001	0.000	-0.064	0.000	0.017
PF19	PF03	2.96	9/11 23:36 ~ 9/12 2:9	-0.001	-0.082	0.004	0.000	0.079	0.000	0.000
PF18	PF23	0.63	8/1 4:47 ~ 8/1 5:28	0.010	0.109	0.000	-0.020	-0.121	0.000	-0.022
PF23	PF18	0.63	8/1 5:40 ~ 8/1 6:28	-0.009	-0.111	-0.001	0.020	0.104	0.000	0.003
PF23	PF24	1.78	8/29 23:36 ~ 8/30 0:38	0.000	-0.084	0.000	0.010	0.107	0.000	0.033
PF24	PF23	1.78	8/29 21:37 ~ 8/29 23:32	-0.002	0.223	-0.001	-0.010	-0.129	0.000	0.081
PF24	PF17	0.08	8/29 21:16 ~ 8/29 21:23	0.002	0.013	0.000	0.000	-0.017	0.000	-0.002
PF17	PF24	0.08	8/29 21:27 ~ 8/29 21:31	0.003	-0.011	0.001	0.000	0.017	0.000	0.010
PF16	PF18	2.63	8/26 20:17 ~ 8/26 22:32	0.028	-0.204	-0.006	0.030	0.100	0.000	-0.052
PF18	PF16	2.63	8/26 22:45 ~ 8/27 1:4	0.012	0.139	-0.002	-0.030	-0.081	0.000	0.038
PF16	PF24	2.87	9/16 1:2 ~ 9/16 3:41	0.003	-0.030	-0.004	-0.030	0.081	0.000	0.020
PF24	PF16	2.87	9/16 3:46 ~ 9/16 7:10	0.003	0.037	-0.001	0.030	-0.069	0.000	0.000
PF15	PF14	2.16	8/27 20:2 ~ 8/27 22:2	0.008	0.007	-0.001	-0.040	-0.039	0.000	-0.065
PF14	PF15	2.16	8/27 18:51 ~ 8/27 20:56	-0.001	-0.012	0.000	0.040	0.047	0.000	0.074

澎湖本島 (2/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
PF14	PF13	2.03	8/25 4:9 ~ 8/25 5:50	0.002	-0.144	-0.001	0.030	0.143	0.000	0.030
PF13	PF14	2.03	8/25 2:3 ~ 8/25 4:2	0.007	0.170	-0.004	-0.030	-0.168	0.000	-0.025
PF13	PF12	1.90	9/2 4:25 ~ 9/2 6:15	0.001	0.045	0.000	-0.020	-0.116	0.000	-0.090
PF12	PF13	1.90	9/2 2:24 ~ 9/2 4:19	-0.002	-0.048	0.002	0.020	0.117	0.000	0.089
PF12	PF11	1.35	8/30 1:15 ~ 8/30 2:20	-0.002	-0.012	0.001	0.000	-0.002	0.000	-0.015
PF11	PF12	1.35	8/30 2:23 ~ 8/30 3:37	0.000	-0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	0.003
PF11	PF26	1.92	8/25 3:44 ~ 8/25 5:14	-0.003	-0.022	-0.001	0.020	0.064	0.000	0.058
PF26	PF11	1.92	8/27 0:56 ~ 8/27 2:20	-0.002	0.027	0.001	-0.020	-0.074	0.000	-0.068
PF26	PF10	0.77	9/2 0:37 ~ 9/2 1:21	0.000	-0.011	-0.001	0.050	0.135	0.000	0.173
PF10	PF26	0.77	9/1 23:36 ~ 9/2 0:34	0.000	0.013	0.001	-0.050	-0.128	0.000	-0.164
PF10	PF15	2.47	8/24 21:42 ~ 8/24 23:34	0.000	0.088	0.000	-0.060	-0.159	0.000	-0.131
PF15	PF10	2.47	8/24 23:38 ~ 8/25 1:49	-0.001	-0.085	-0.001	0.060	0.148	0.000	0.121
PF15	PF16	3.04	8/29 22:18 ~ 8/30 0:33	0.000	0.055	-0.001	0.010	0.004	0.000	0.068
PF16	PF15	3.04	8/29 19:41 ~ 8/29 22:14	0.001	0.001	-0.001	-0.010	-0.008	0.000	-0.017
PF10	PF09	2.78	9/1 18:21 ~ 9/1 20:26	0.000	0.020	-0.001	0.080	-0.022	0.000	0.077
PF09	PF10	2.78	9/1 20:31 ~ 9/1 22:38	-0.001	-0.031	0.002	-0.080	0.024	0.000	-0.086
PF09	PF03	2.30	9/16 1:44 ~ 9/16 4:3	-0.002	0.002	-0.001	-0.030	0.018	0.000	-0.013
PF03	PF09	2.30	9/16 4:7 ~ 9/16 5:59	0.002	0.005	0.001	0.030	-0.019	0.000	0.019
PF03	PF04	2.20	8/30 3:49 ~ 8/30 6:14	-0.004	0.063	-0.001	0.030	-0.040	0.000	0.048
PF04	PF03	2.20	8/30 1:29 ~ 8/30 3:44	0.012	-0.075	0.003	-0.030	0.037	0.000	-0.053
PF04	PF05	1.97	8/28 15:58 ~ 8/28 17:34	-0.005	0.202	-0.003	-0.010	-0.080	0.000	0.104
PF05	PF04	1.97	8/28 17:38 ~ 8/28 19:45	0.006	-0.113	0.003	0.010	0.176	0.000	0.082
PF05	PF06	2.33	8/27 16:29 ~ 8/27 18:34	-0.005	-0.170	-0.001	0.030	0.159	0.000	0.013
PF06	PF05	2.33	8/27 18:58 ~ 8/27 21:26	-0.007	0.184	-0.001	-0.030	-0.149	0.000	-0.003
PF06	PF07	2.14	8/27 21:40 ~ 8/27 23:59	-0.009	0.040	-0.002	-0.010	-0.107	0.000	-0.088
PF07	PF06	2.14	8/28 0:3 ~ 8/28 1:59	-0.005	-0.025	-0.001	0.010	0.068	0.000	0.047
PF07	PF08	3.49	8/27 22:39 ~ 8/28 1:42	-0.007	-0.016	0.000	-0.010	-0.038	0.000	-0.071
PF08	PF07	3.49	8/28 2:30 ~ 8/28 5:16	0.013	0.039	-0.001	0.010	0.029	0.000	0.090
PF08	PF22	0.06	8/28 1:49 ~ 8/28 1:55	0.018	0.000	-0.002	0.000	0.003	0.000	0.019
PF22	PF08	0.06	8/28 1:59 ~ 8/28 2:2	-0.013	0.000	0.001	0.000	-0.003	0.000	-0.015

澎湖本島 (3/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
PF24	BS05	2.44	8/30 22:52 ~ 8/31 0:26	-0.002	0.096	0.001	-0.040	-0.140	0.000	-0.085
BS05	PF24	2.44	8/30 21:5 ~ 8/30 22:48	-0.001	-0.114	0.000	0.040	0.152	0.000	0.077
BS05	BS04	3.12	8/31 4:23 ~ 8/31 6:43	0.004	-0.019	-0.002	-0.010	0.020	0.000	-0.007
BS04	BS05	3.12	8/31 1:29 ~ 8/31 4:19	0.001	-0.023	-0.001	0.010	-0.016	0.000	-0.029
BS04	BS07	3.47	8/1 1:8 ~ 8/1 3:51	-0.005	0.009	-0.002	-0.010	-0.010	0.000	-0.018
BS07	BS04	3.47	8/31 22:24 ~ 8/1 1:4	0.001	-0.004	0.000	0.010	0.022	0.000	0.029
BS07	BS02	2.16	9/3 23:18 ~ 9/4 1:7	-0.022	-0.007	-0.005	0.000	0.019	0.000	-0.015
BS02	BS07	2.16	9/3 20:8 ~ 9/3 22:30	0.003	0.091	0.001	0.000	-0.022	0.000	0.073
BS02	BS01	3.25	9/3 21:57 ~ 9/4 1:16	-0.026	0.138	0.005	0.020	0.091	0.000	0.228
BS01	BS02	3.25	9/4 1:20 ~ 9/4 3:38	0.010	-0.086	-0.001	-0.020	-0.071	0.000	-0.168
BS01	BS06	2.53	9/2 3:2 ~ 9/2 5:6	0.009	0.202	0.005	-0.010	-0.087	0.000	0.119
BS06	BS01	2.53	9/2 1:2 ~ 9/2 2:59	-0.004	-0.194	-0.002	0.010	0.094	0.000	-0.096
BS06	BS04	2.11	9/1 21:14 ~ 9/1 23:8	-0.004	-0.014	-0.002	0.010	0.036	0.000	0.026
BS04	BS06	2.11	9/1 23:13 ~ 9/2 0:48	0.007	0.055	0.003	-0.010	-0.026	0.000	0.029
BS02	BS03	1.95	9/3 19:28 ~ 9/3 20:30	-0.019	0.031	0.003	0.000	0.017	0.000	0.032
BS03	BS02	1.95	9/3 20:34 ~ 9/3 21:34	0.005	-0.031	-0.001	0.000	-0.014	0.000	-0.041
BS03	SY01	2.70	9/3 1:21 ~ 9/3 2:57	-0.004	0.003	0.002	0.030	-0.008	0.000	0.023
SY01	BS03	2.70	9/2 23:15 ~ 9/3 1:6	-0.009	-0.006	0.001	-0.030	0.004	0.000	-0.040
SY01	SY02	2.21	9/2 21:18 ~ 9/2 23:11	0.001	0.113	0.002	0.090	0.157	0.000	0.363
SY02	SY01	2.21	9/2 19:22 ~ 9/2 21:15	-0.014	-0.088	0.001	-0.090	-0.181	0.000	-0.372
SY02	SY11	1.17	9/4 21:32 ~ 9/4 22:21	-0.006	0.119	0.003	0.030	0.023	0.000	0.169
SY11	SY02	1.17	9/4 20:33 ~ 9/4 21:28	-0.016	-0.110	0.001	-0.030	-0.022	0.000	-0.177
SY11	SY03	1.17	9/4 22:23 ~ 9/4 22:56	-0.006	-0.018	0.001	0.000	-0.015	0.000	-0.038
SY03	SY11	1.17	9/4 19:45 ~ 9/4 20:29	-0.009	0.022	0.002	0.000	0.016	0.000	0.031
SY03	SY04	2.12	9/15 20:49 ~ 9/15 22:30	-0.002	-0.016	0.001	0.030	-0.017	0.000	-0.004
SY04	SY03	2.12	9/15 22:34 ~ 9/16 0:2	-0.001	0.000	0.001	-0.030	0.017	0.000	-0.013
SY04	SY05	1.75	9/14 19:38 ~ 9/14 21:43	0.002	-0.018	-0.001	0.050	0.041	0.000	0.074
SY05	SY04	1.75	9/14 21:49 ~ 9/14 23:15	0.002	0.072	-0.001	-0.050	-0.035	0.000	-0.012
SY05	SY07	2.79	9/13 23:43 ~ 9/14 3:59	0.006	-0.461	0.003	-0.040	-0.215	0.000	-0.707
SY07	SY05	2.79	9/14 4:42 ~ 9/14 7:24	-0.010	0.327	-0.005	0.040	0.191	0.000	0.543







## 大金門 (1/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
TG72	KM01	0.50	9/28 19:19 ~ 9/28 19:48	0.001	-0.008	0.001	0.000	0.020	0.000	0.014
KM01	TG72	0.50	9/28 21:43 ~ 9/28 22:3	0.000	0.007	0.000	0.000	-0.015	0.000	-0.008
KM01	KM02	1.84	9/28 19:54 ~ 9/28 20:45	0.001	0.123	0.001	0.020	0.057	0.000	0.202
KM02	KM01	1.84	9/28 20:48 ~ 9/28 21:38	0.002	-0.083	0.000	-0.020	-0.041	0.000	-0.142
KM02	KM03	2.32	9/28 20:4 ~ 9/28 21:25	-0.006	0.005	-0.003	-0.020	-0.022	0.000	-0.046
KM03	KM02	2.32	9/28 18:40 ~ 9/28 20:1	-0.001	-0.016	-0.002	0.020	0.022	0.000	0.023
KM03	KM37	2.96	9/30 1:25 ~ 9/30 2:59	0.000	0.035	0.000	-0.020	0.022	0.000	0.037
KM37	KM03	2.96	9/29 23:41 ~ 9/30 1:22	-0.001	-0.034	0.000	0.020	-0.024	0.000	-0.039
KM37	KM05	1.48	9/26 19:40 ~ 9/26 20:36	0.001	0.000	0.002	0.010	-0.002	0.000	0.011
KM05	KM37	1.48	9/26 18:46 ~ 9/26 19:37	0.000	-0.018	0.001	-0.010	0.001	0.000	-0.026
KM05	KM06	4.39	9/26 18:35 ~ 9/26 21:57	-0.007	0.071	0.002	-0.040	-0.034	0.000	-0.008
KM06	KM05	4.39	9/26 22:20 ~ 9/27 1:26	0.002	-0.057	-0.001	0.040	0.041	0.000	0.025
KM06	KM04	3.40	9/27 22:45 ~ 9/28 1:8	0.001	-0.031	0.002	0.010	0.061	0.000	0.043
KM04	KM06	3.40	9/28 1:13 ~ 9/28 3:32	-0.001	0.006	-0.001	-0.010	0.013	0.000	0.007
KM37	KM35	4.25	9/26 20:40 ~ 9/26 23:50	-0.001	0.249	-0.003	0.140	-0.013	0.000	0.372
KM35	KM37	4.25	9/27 0:55 ~ 9/27 3:37	0.001	-0.375	0.003	-0.140	0.077	0.000	-0.434
KM35	KM34	2.35	9/25 22:20 ~ 9/25 23:31	-0.001	0.005	0.000	0.040	0.009	0.000	0.053
KM34	KM35	2.35	9/25 21:3 ~ 9/25 22:18	0.003	-0.039	0.001	-0.040	-0.009	0.000	-0.084
KM34	KM33	1.95	9/25 23:34 ~ 9/26 0:50	-0.003	-0.007	-0.002	0.040	0.001	0.000	0.029
KM33	KM34	1.95	9/26 0:53 ~ 9/26 2:8	-0.003	-0.091	0.001	-0.040	-0.002	0.000	-0.135
KM33	KM02	3.44	10/5 18:43 ~ 10/5 21:15	0.000	-0.154	-0.003	-0.100	-0.151	0.000	-0.408
KM02	KM33	3.44	10/5 21:37 ~ 10/6 0:1	0.001	-0.137	-0.003	0.100	0.145	0.000	0.106
KM33	KM32	1.41	9/26 18:52 ~ 9/26 19:58	0.002	-0.066	0.002	0.040	-0.061	0.000	-0.083
KM32	KM33	1.41	9/26 20:15 ~ 9/26 21:11	0.001	0.049	0.000	-0.040	0.054	0.000	0.064
KM32	KM23	2.88	10/6 20:29 ~ 10/6 23:31	0.000	-0.177	0.000	0.270	0.355	0.000	0.448
KM23	KM32	2.88	10/6 17:28 ~ 10/6 20:23	0.000	0.138	0.002	-0.270	-0.370	0.000	-0.500
KM23	KM14	7.31	10/8 18:32 ~ 10/8 23:54	-0.001	0.235	0.001	-0.490	-0.506	0.000	-0.761
KM14	KM23	7.31	10/10 18:11 ~ 10/10 22:52	0.001	-0.464	-0.002	0.490	0.323	0.000	0.348
KM14	KM35	2.05	9/26 20:2 ~ 9/26 21:5	0.003	0.406	0.001	0.140	0.128	0.000	0.678
KM35	KM14	2.05	9/26 21:7 ~ 9/26 22:4	-0.001	-0.310	0.000	-0.140	-0.096	0.000	-0.547

大金門 (2/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
KM14	KM07	1.60	9/27 21:25 ~ 9/27 22:26	0.001	-0.077	-0.002	-0.080	0.117	0.000	-0.041
KM07	KM14	1.60	9/27 20:11 ~ 9/27 21:21	0.006	0.097	-0.002	0.080	-0.122	0.000	0.059
KM07	KM04	1.64	9/27 22:30 ~ 9/27 23:42	-0.003	0.062	0.001	-0.070	-0.095	0.000	-0.105
KM04	KM07	1.64	9/27 23:45 ~ 9/28 0:48	-0.001	-0.082	0.000	0.070	0.097	0.000	0.084
KM04	KM08	1.79	9/28 19:24 ~ 9/28 20:27	0.003	0.095	0.002	0.080	0.145	0.000	0.325
KM08	KM04	1.79	9/28 20:30 ~ 9/28 21:27	0.000	-0.201	0.001	-0.080	-0.128	0.000	-0.408
KM08	KM09	1.72	9/29 23:53 ~ 9/30 1:6	-0.017	-0.134	-0.003	-0.070	-0.027	0.000	-0.251
KM09	KM08	1.72	9/29 22:12 ~ 9/29 23:51	-0.005	0.122	0.000	0.070	0.061	0.000	0.248
KM09	KM10	2.22	9/29 20:46 ~ 9/29 21:54	0.006	-0.021	0.001	-0.030	-0.014	0.000	-0.058
KM10	KM09	2.22	9/29 19:30 ~ 9/29 20:43	-0.004	0.035	-0.001	0.030	0.011	0.000	0.071
KM10	KM12	1.36	9/29 18:35 ~ 9/29 19:25	-0.005	-0.108	-0.002	0.000	-0.043	0.000	-0.158
KM12	KM10	1.36	9/29 21:17 ~ 9/29 22:2	0.002	0.119	0.001	0.000	0.041	0.000	0.163
KM12	KM13	1.80	9/29 19:30 ~ 9/30 18:35	-0.001	-0.050	-0.001	0.010	-0.019	0.000	-0.061
KM13	KM12	1.80	9/29 18:29 ~ 9/29 21:13	0.000	0.023	0.000	-0.010	0.018	0.000	0.031
KM10	KM11	3.15	9/29 18:20 ~ 9/29 20:22	-0.001	-0.048	0.004	-0.030	-0.059	0.000	-0.134
KM11	KM10	3.15	9/29 23:47 ~ 9/30 1:54	-0.001	0.055	0.003	0.030	0.040	0.000	0.127
KM11	KM13	2.34	9/29 20:26 ~ 9/29 22:5	-0.001	0.002	0.002	0.030	0.003	0.000	0.036
KM13	KM11	2.34	9/29 22:19 ~ 9/29 23:42	-0.001	-0.001	0.004	-0.030	-0.002	0.000	-0.030
KM13	KM14	2.44	9/26 18:29 ~ 9/27 0:53	0.000	0.027	-0.001	0.000	0.023	0.000	0.049
KM14	KM13	2.44	9/26 22:11 ~ 9/27 18:35	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.028	0.000	-0.027
KM13	KM15	3.13	9/27 20:29 ~ 9/27 22:20	-0.001	0.174	0.000	0.030	0.110	0.000	0.313
KM15	KM13	3.13	9/28 1:4 ~ 9/28 2:35	0.000	-0.135	-0.001	-0.030	-0.064	0.000	-0.230
KM15	KM16	2.35	9/27 22:27 ~ 9/27 23:44	0.001	-0.050	0.001	0.010	-0.032	0.000	-0.070
KM16	KM15	2.35	9/27 23:47 ~ 9/28 1:1	0.000	0.041	0.000	-0.010	0.024	0.000	0.055
KM32	KM31	3.04	9/25 19:13 ~ 9/25 22:14	0.000	-0.011	0.001	0.020	-0.085	0.000	-0.075
KM31	KM32	3.04	9/25 22:18 ~ 9/26 0:42	0.001	0.026	0.001	-0.020	0.089	0.000	0.097
KM16	KM31	2.28	9/23 23:29 ~ 9/24 1:0	-0.002	0.015	-0.004	0.000	0.001	0.000	0.010
KM31	KM16	2.28	9/23 19:7 ~ 9/23 20:44	-0.002	-0.033	0.000	0.000	0.026	0.000	-0.009
KM16	KM17	2.07	9/23 20:50 ~ 9/23 22:1	0.001	0.068	-0.001	0.020	0.035	0.000	0.123
KM17	KM16	2.07	9/23 22:16 ~ 9/23 23:24	0.000	-0.060	0.000	-0.020	-0.034	0.000	-0.114

大金門 (3/4)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
KM17	KM18	2.56	9/22 23:0 ~ 9/23 0:20	-0.001	-0.088	0.000	0.000	-0.008	0.000	-0.097
KM18	KM17	2.56	9/22 20:32 ~ 9/22 21:57	0.004	0.093	-0.001	0.000	0.038	0.000	0.134
KM18	KM19	1.17	9/19 19:1 ~ 9/19 19:53	-0.001	0.002	-0.001	-0.010	-0.045	0.000	-0.055
KM19	KM18	1.17	9/20 0:17 ~ 9/20 0:57	0.002	0.025	0.000	0.010	0.030	0.000	0.067
KM19	KM20	2.97	9/19 20:1 ~ 9/19 21:49	0.005	-0.043	0.000	-0.020	-0.057	0.000	-0.115
KM20	KM19	2.97	9/19 22:40 ~ 9/20 0:14	0.001	0.032	-0.002	0.020	0.039	0.000	0.090
KM20	KM21	2.19	9/20 21:0 ~ 9/20 22:17	0.001	-0.007	-0.002	0.010	-0.012	0.000	-0.010
KM21	KM20	2.19	9/21 2:34 ~ 9/21 3:57	-0.001	0.022	0.002	-0.010	0.007	0.000	0.020
KM21	KM22	2.67	9/20 22:21 ~ 9/20 23:57	-0.005	0.084	0.002	0.020	0.073	0.000	0.174
KM22	KM21	2.67	9/21 0:59 ~ 9/21 2:30	0.003	-0.108	-0.001	-0.020	-0.067	0.000	-0.193
KM22	KM36	2.78	9/21 20:10 ~ 9/21 21:54	0.000	-0.047	0.002	0.040	0.032	0.000	0.027
KM36	KM22	2.78	9/22 2:27 ~ 9/22 4:18	-0.003	0.042	-0.001	-0.040	-0.020	0.000	-0.022
KM18	KM39	2.60	9/24 21:17 ~ 9/24 22:48	-0.001	0.310	0.004	0.050	0.083	0.000	0.446
KM39	KM18	2.60	9/24 19:42 ~ 9/24 21:14	0.000	-0.218	-0.002	-0.050	-0.095	0.000	-0.365
KM18	KM36	3.10	9/22 0:21 ~ 9/22 2:23	0.000	-0.082	-0.001	-0.050	0.024	0.000	-0.109
KM36	KM18	3.10	9/21 21:57 ~ 9/21 23:40	0.004	0.028	0.000	0.050	-0.015	0.000	0.067
KM36	KM24	1.35	9/26 0:27 ~ 9/26 1:46	0.000	0.017	-0.001	-0.020	-0.087	0.000	-0.091
KM24	KM36	1.35	9/26 1:49 ~ 9/26 3:0	0.000	-0.030	-0.001	0.020	0.083	0.000	0.072
KM24	KM25	2.66	9/25 21:34 ~ 9/25 23:31	0.001	-0.015	0.001	0.060	0.119	0.000	0.166
KM25	KM24	2.66	9/25 19:4 ~ 9/25 21:26	0.000	0.043	0.001	-0.060	-0.147	0.000	-0.163
KM28	KM25	2.50	10/9 21:0 ~ 10/9 23:9	0.001	0.011	0.000	0.000	0.138	0.000	0.150
KM25	KM28	2.50	10/9 18:47 ~ 10/9 20:56	0.001	-0.022	0.001	0.000	-0.149	0.000	-0.169
KM26	KM28	4.25	9/24 2:56 ~ 9/24 6:23	-0.001	0.014	0.002	-0.040	-0.239	0.000	-0.264
KM28	KM26	4.25	9/24 20:8 ~ 9/25 2:11	0.004	-0.033	0.002	0.040	0.302	0.000	0.315
KM26	KM27	3.64	9/25 18:31 ~ 9/25 21:58	0.007	-0.350	0.000	0.040	-0.179	0.000	-0.482
KM27	KM26	3.64	9/25 23:27 ~ 9/26 2:17	0.007	0.356	0.003	-0.040	-0.042	0.000	0.284
KM27	KM38	2.17	9/24 21:55 ~ 9/24 23:20	-0.002	-0.055	0.002	0.000	0.015	0.000	-0.040
KM38	KM27	2.17	9/24 20:8 ~ 9/24 21:42	0.000	0.054	0.000	0.000	-0.018	0.000	0.036
KM38	KM29	1.53	9/24 23:29 ~ 9/25 0:27	-0.001	0.065	0.002	0.030	0.023	0.000	0.119
KM29	KM38	1.53	9/24 19:6 ~ 9/24 20:4	-0.002	-0.048	0.003	-0.030	-0.041	0.000	-0.118



小金門 (1/1)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
KM51	KM58	1.56	9/30 0:45 ~ 9/30 1:46	0.000	-0.075	0.002	0.020	0.037	0.000	-0.016
KM58	KM51	1.56	9/30 23:35 ~ 9/30 0:43	0.000	0.043	0.000	-0.020	-0.039	0.000	-0.016
KM58	KM59	1.53	10/1 23:53 ~ 10/2 1:24	0.000	-0.061	-0.001	0.060	0.261	0.000	0.259
KM59	KM58	1.53	10/1 1:27 ~ 10/1 2:50	0.000	0.056	0.002	-0.060	-0.236	0.000	-0.238
KM59	KM53	1.35	10/3 5:30 ~ 10/3 6:37	0.000	0.167	-0.001	-0.110	-0.098	0.000	-0.042
KM53	KM59	1.35	10/3 4:8 ~ 10/3 5:27	0.000	-0.157	0.003	0.110	0.110	0.000	0.066
KM53	KM52	3.17	10/2 21:28 ~ 10/2 23:32	-0.001	0.149	0.002	-0.040	-0.061	0.000	0.049
KM52	KM53	3.17	10/2 18:43 ~ 10/2 21:23	0.000	-0.137	-0.001	0.040	0.059	0.000	-0.039
KM52	KM51	2.12	10/3 20:28 ~ 10/3 22:42	0.000	-0.017	0.000	0.020	0.008	0.000	0.011
KM51	KM52	2.12	10/3 22:58 ~ 10/4 0:52	0.000	0.020	-0.002	-0.020	0.008	0.000	0.006
KM54	KM53	1.93	10/4 20:25 ~ 10/4 22:10	0.000	-0.030	0.000	0.010	0.049	0.000	0.029
KM53	KM54	1.93	10/4 18:35 ~ 10/4 20:22	-0.001	0.026	0.001	-0.010	-0.056	0.000	-0.040
KM58	KM54	2.21	9/29 19:34 ~ 9/29 20:39	0.000	0.045	-0.002	0.010	-0.034	0.000	0.019
KM54	KM58	2.21	9/29 20:41 ~ 9/29 21:44	0.000	-0.044	0.001	-0.010	0.031	0.000	-0.022
KM51	KM57	2.32	10/3 17:3 ~ 10/3 18:34	0.000	-0.079	-0.001	0.040	0.112	0.000	0.072
KM57	KM51	2.33	10/3 18:39 ~ 10/3 19:58	0.000	0.081	0.000	-0.040	-0.111	0.000	-0.070
KM57	KM56	1.83	10/4 22:57 ~ 10/5 1:14	0.000	0.097	0.000	-0.010	-0.105	0.000	-0.018
KM56	KM57	1.83	10/4 1:16 ~ 10/4 3:14	0.001	-0.115	-0.002	0.010	0.108	0.000	0.002
KM56	KM58	2.51	9/30 21:0 ~ 9/30 22:33	0.000	0.026	-0.001	-0.020	0.029	0.000	0.034
KM58	KM56	2.51	9/30 18:53 ~ 9/30 20:57	0.000	-0.025	0.000	0.020	-0.024	0.000	-0.029
KM56	KM55	1.90	10/3 2:39 ~ 10/3 3:53	0.000	0.004	-0.002	0.000	-0.016	0.000	-0.014
KM55	KM56	1.90	10/3 0:59 ~ 10/3 2:36	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.020	0.000	0.018
KM55	KM54	1.97	10/1 20:28 ~ 10/1 21:50	0.000	-0.049	0.002	0.000	0.025	0.000	-0.022
KM54	KM55	1.97	10/1 19:1 ~ 10/1 20:25	0.000	0.042	-0.001	0.000	-0.027	0.000	0.014

南竿 (1/2)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
TG71	NG01	0.25	10/8 19:55 ~ 10/8 20:6	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.004
NG01	TG71	0.25	10/9 0:59 ~ 10/9 1:10	0.001	-0.003	0.002	0.000	-0.001	0.000	-0.001
NG13	NG12	1.30	10/9 6:12 ~ 10/9 7:59	-0.001	0.027	0.000	0.290	0.145	0.000	0.461
NG12	NG13	1.30	10/8 20:42 ~ 10/8 22:8	0.001	-0.009	-0.001	-0.290	-0.061	0.000	-0.360
NG11	NG12	1.74	10/8 18:45 ~ 10/8 20:36	0.002	0.128	0.000	0.000	0.094	0.000	0.224
NG12	NG11	1.74	10/8 16:15 ~ 10/8 18:27	-0.002	-0.106	-0.001	0.000	-0.300	0.000	-0.409
NG11	NG10	2.66	10/8 19:21 ~ 10/8 22:48	-0.009	0.179	-0.002	0.110	0.302	0.000	0.580
NG10	NG11	2.66	10/8 23:31 ~ 10/9 1:58	-0.007	-0.122	0.002	-0.110	0.104	0.000	-0.133
NG10	NG09	2.41	10/11 19:3 ~ 10/11 22:5	-0.003	-0.023	-0.002	-0.180	-0.142	0.000	-0.350
NG09	NG10	2.41	10/11 22:45 ~ 10/12 1:28	-0.003	0.048	0.000	0.180	0.169	0.000	0.394
NG09	NG07	2.06	10/12 22:20 ~ 10/13 0:39	-0.001	0.104	-0.002	0.210	0.100	0.000	0.411
NG07	NG09	2.06	10/12 19:34 ~ 10/12 22:13	-0.002	-0.096	-0.002	-0.210	-0.256	0.000	-0.566
NG07	NG08	1.44	10/13 17:38 ~ 10/13 20:19	0.001	0.062	0.000	3.670	0.750	0.000	4.483
NG08	NG07	1.44	10/13 20:41 ~ 10/13 23:4	-0.001	-0.056	0.000	-3.670	-0.199	0.000	-3.926
NG08	NG06	2.40	10/13 21:12 ~ 10/14 0:0	0.000	-0.220	0.000	-4.160	-0.128	0.000	-4.508
NG06	NG08	2.40	10/13 18:14 ~ 10/13 20:53	0.000	0.204	-0.001	4.160	0.594	0.000	4.957
NG06	NG05	1.79	10/10 20:45 ~ 10/10 22:28	-0.019	0.045	-0.003	-0.110	-0.005	0.000	-0.092
NG05	NG06	1.78	10/10 18:39 ~ 10/10 20:42	-0.006	-0.079	-0.002	0.110	0.037	0.000	0.060
NG05	NG04	1.33	10/13 18:22 ~ 10/13 21:23	-0.001	-0.022	0.001	0.030	0.063	0.000	0.071
NG04	NG05	1.33	10/13 21:26 ~ 10/13 23:14	0.000	0.025	-0.001	-0.030	0.025	0.000	0.019
NG04	NG06	1.20	10/10 23:3 ~ 10/11 0:2	0.007	-0.063	0.002	0.080	-0.001	0.000	0.025
NG06	NG04	1.20	10/11 0:5 ~ 10/11 0:57	0.014	0.080	0.000	-0.080	-0.001	0.000	0.013
NG06	NG03	0.93	10/9 19:5 ~ 10/9 19:48	0.006	0.015	0.003	-0.010	-0.004	0.000	0.010
NG03	NG06	0.93	10/9 18:6 ~ 10/9 18:58	0.007	0.012	0.001	0.010	0.004	0.000	0.034
NG03	NG02	1.74	10/9 20:38 ~ 10/9 22:24	0.000	0.017	0.002	-0.010	-0.053	0.000	-0.044
NG02	NG03	1.75	10/9 22:26 ~ 10/9 23:55	0.006	0.000	0.000	0.010	0.016	0.000	0.032
NG02	NG01	1.43	10/8 22:43 ~ 10/9 0:55	-0.001	-0.031	-0.002	-0.030	-0.027	0.000	-0.091
NG01	NG02	1.43	10/8 20:10 ~ 10/8 22:31	0.001	0.040	0.002	0.030	0.082	0.000	0.155
NG10	NG02	0.53	10/8 17:13 ~ 10/8 18:40	-0.001	-0.014	-0.001	0.030	-0.161	0.000	-0.147
NG02	NG10	0.52	10/9 18:34 ~ 10/9 19:21	0.001	0.012	0.000	-0.030	0.293	0.000	0.276





綠島 (1/1)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
LD09	TG76	1.94	10/10 20:16 ~ 10/10 21:31	-0.004	0.031	0.002	0.000	-0.036	0.000	-0.007
TG76	LD09	1.94	10/10 18:57 ~ 10/10 20:14	0.006	-0.003	-0.003	0.000	0.034	0.000	0.034
LD09	LD08	2.62	10/9 19:25 ~ 10/9 21:19	0.003	-0.041	-0.002	-0.040	-0.007	0.000	-0.087
LD08	LD09	2.62	10/9 21:22 ~ 10/9 23:25	0.004	0.010	-0.001	0.040	0.005	0.000	0.058
LD08	LD07	1.89	10/10 19:1 ~ 10/10 21:17	0.003	-0.051	-0.004	0.120	0.374	0.000	0.442
LD07	LD08	1.89	10/10 21:22 ~ 10/10 23:12	0.001	0.016	-0.003	-0.120	-0.250	0.000	-0.356
LD07	LD06	1.91	10/11 19:3 ~ 10/11 20:14	-0.001	-0.352	0.001	0.830	0.493	0.000	0.971
LD06	LD07	1.91	10/11 20:18 ~ 10/11 21:42	-0.001	-0.098	0.000	-0.830	-0.450	0.000	-1.379
LD06	LD05	2.21	10/12 0:38 ~ 10/12 3:4	0.000	-0.334	-0.001	-0.850	-0.658	0.000	-1.843
LD05	LD06	2.21	10/11 21:53 ~ 10/12 0:34	0.002	0.386	-0.001	0.850	0.805	0.000	2.042
LD09	LD10	2.81	10/13 18:32 ~ 10/13 21:43	0.000	0.022	0.002	2.440	0.850	0.000	3.314
LD10	LD09	2.81	10/13 21:47 ~ 10/14 0:52	-0.004	-0.018	0.004	-2.440	-0.668	0.000	-3.126
LD10	LD05	3.65	10/12 18:26 ~ 10/12 23:54	0.002	-0.070	-0.003	-2.440	-0.724	0.000	-3.235
LD05	LD10	3.66	10/13 0:18 ~ 10/13 5:31	-0.002	-0.048	0.003	2.440	0.643	0.000	3.036
LD05	LD04	2.16	10/13 2:28 ~ 10/13 4:5	-0.001	0.031	0.001	0.070	0.015	0.000	0.116
LD04	LD05	2.16	10/13 4:7 ~ 10/13 5:34	0.001	0.011	0.000	-0.070	-0.016	0.000	-0.074
LD04	LD03	1.77	10/11 23:54 ~ 10/12 1:2	0.001	-0.065	0.002	0.000	-0.001	0.000	-0.063
LD03	LD04	1.77	10/11 22:32 ~ 10/11 23:52	0.012	0.010	-0.003	0.000	0.008	0.000	0.027
LD03	LD02	1.78	10/12 1:16 ~ 10/12 2:11	0.017	-0.010	-0.004	0.030	-0.009	0.000	0.024
LD02	LD03	1.78	10/12 2:13 ~ 10/12 3:5	0.008	0.004	-0.001	-0.030	0.007	0.000	-0.012
LD02	LD01	1.83	10/11 19:6 ~ 10/11 20:16	0.007	-0.006	-0.001	-0.030	-0.024	0.000	-0.054
LD01	LD02	1.83	10/11 20:18 ~ 10/11 21:15	-0.010	0.010	0.002	0.030	0.025	0.000	0.057
LD01	TG76	0.20	10/14 1:22 ~ 10/14 1:30	0.001	-0.011	-0.001	0.000	-0.007	0.000	-0.018
TG76	LD01	0.20	10/14 1:6 ~ 10/14 1:19	0.000	0.005	0.000	0.000	0.007	0.000	0.012

蘭嶼 (1/2)

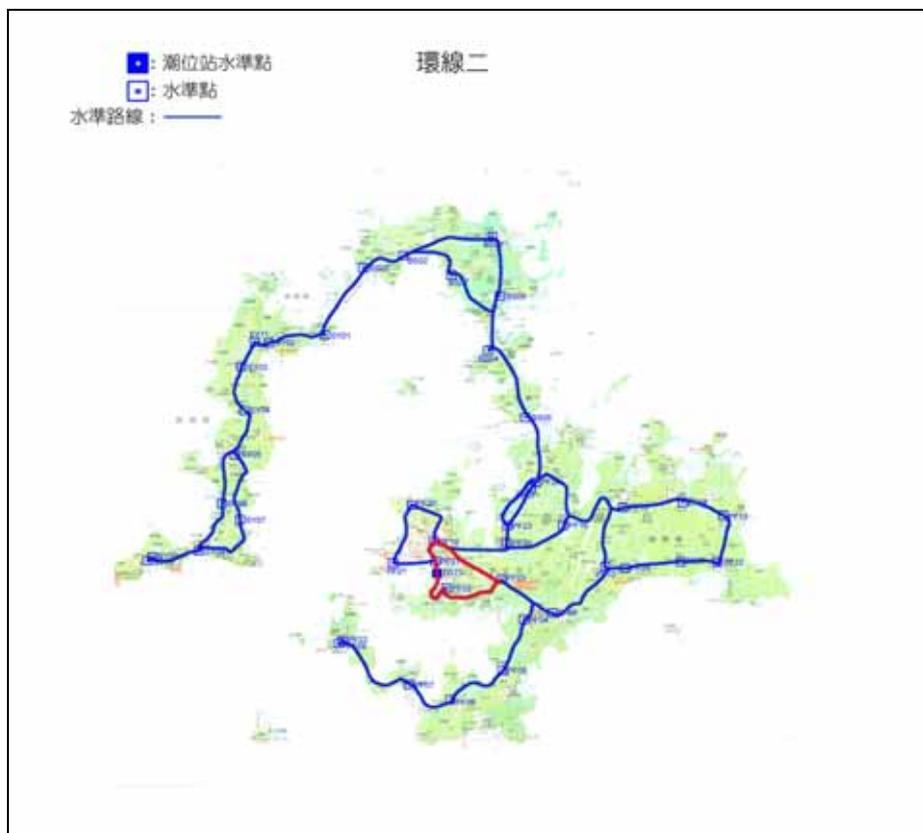
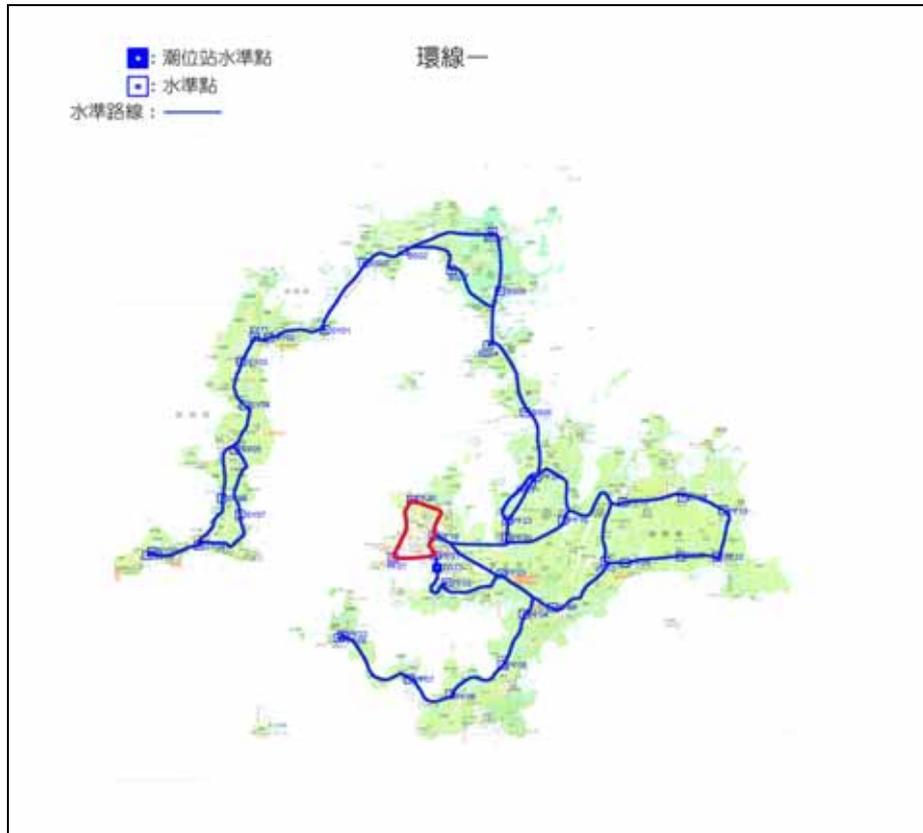
起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
TG75	LY01	0.28	10/9 2:3 ~ 10/9 2:17	0.012	-0.011	-0.002	0.010	0.052	0.000	0.061
LY01	TG75	0.28	10/9 2:19 ~ 10/9 2:34	-0.007	-0.008	0.001	-0.010	-0.053	0.000	-0.077
LY01	LY02	1.94	10/1 21:59 ~ 10/1 23:31	0.001	-0.014	-0.001	-0.070	-0.074	0.000	-0.158
LY02	LY01	1.94	10/1 19:31 ~ 10/1 21:55	-0.003	0.026	-0.003	0.070	0.078	0.000	0.168
LY02	LY03	2.74	9/30 19:26 ~ 9/30 22:54	0.015	-0.030	-0.006	0.010	0.018	0.000	0.007
LY03	LY02	2.74	9/30 22:57 ~ 9/1 1:6	0.009	0.029	-0.002	-0.010	-0.008	0.000	0.018
LY03	E907	2.57	9/30 19:3 ~ 9/30 21:12	0.002	0.003	0.001	-0.010	0.018	0.000	0.014
E907	LY03	2.57	9/30 23:43 ~ 9/30 1:38	0.003	-0.047	0.001	0.010	-0.009	0.000	-0.042
E907	LY04	1.11	9/30 21:16 ~ 9/30 22:16	-0.012	-0.016	-0.004	0.050	0.062	0.000	0.080
LY04	E907	1.11	9/30 22:26 ~ 9/30 23:22	0.006	0.051	0.002	-0.050	-0.065	0.000	-0.056
LY04	LY05	1.57	10/1 19:21 ~ 10/1 20:33	0.017	0.012	-0.003	0.220	0.218	0.000	0.464
LY05	LY04	1.57	10/1 20:41 ~ 10/1 21:56	0.010	0.008	0.000	-0.220	-0.205	0.000	-0.407
LY05	LY06	1.82	10/2 21:38 ~ 10/2 23:32	-0.002	0.071	0.002	-0.130	-0.248	0.000	-0.307
LY06	LY05	1.82	10/2 19:27 ~ 10/2 21:19	-0.003	-0.055	-0.003	0.130	0.337	0.000	0.406
LY06	LY07	0.72	10/3 19:33 ~ 10/3 20:1	-0.001	0.014	-0.001	-0.010	0.024	0.000	0.026
LY07	LY06	0.72	10/3 20:4 ~ 10/3 20:36	-0.002	-0.003	0.000	0.010	-0.021	0.000	-0.016
LY07	LY08	2.31	10/3 21:2 ~ 10/3 23:47	-0.001	0.087	0.000	0.020	0.200	0.000	0.306
LY08	LY07	2.31	10/3 23:56 ~ 10/4 2:13	-0.002	-0.027	-0.002	-0.020	-0.201	0.000	-0.252
LY08	LY09	2.48	10/4 20:10 ~ 10/4 21:22	0.003	0.103	-0.001	-0.170	-0.213	0.000	-0.278
LY09	LY08	2.49	10/4 21:25 ~ 10/4 22:41	-0.008	-0.108	0.005	0.170	0.156	0.000	0.215
LY09	LY10	1.88	10/5 21:34 ~ 10/5 23:9	-0.002	-0.134	0.001	0.170	0.554	0.000	0.589
LY10	LY09	1.88	10/5 19:32 ~ 10/5 21:32	-0.001	0.134	-0.002	-0.170	-0.653	0.000	-0.692
LY10	LY11	2.41	10/3 21:40 ~ 10/3 23:9	-0.002	0.112	0.002	-0.340	-0.430	0.000	-0.658
LY11	LY10	2.41	10/3 19:55 ~ 10/3 21:34	0.006	-0.097	-0.001	0.340	0.499	0.000	0.747
LY11	LY12	0.92	10/6 21:58 ~ 10/6 22:42	0.007	0.121	0.001	0.210	0.386	0.000	0.725
LY12	LY11	0.92	10/6 20:55 ~ 10/6 21:55	-0.004	-0.182	-0.001	-0.210	-0.382	0.000	-0.779
LY12	LY13	2.52	10/6 22:45 ~ 10/7 0:37	-0.008	-0.061	0.000	0.120	-0.372	0.000	-0.321
LY13	LY12	2.52	10/6 18:49 ~ 10/6 20:47	0.010	0.154	0.003	-0.120	0.368	0.000	0.415
LY13	LY14	2.27	10/5 20:4 ~ 10/5 21:13	-0.001	-0.008	0.003	-0.020	-0.005	0.000	-0.031
LY14	LY13	2.27	10/5 21:15 ~ 10/5 22:28	0.002	-0.012	0.000	0.020	0.006	0.000	0.016

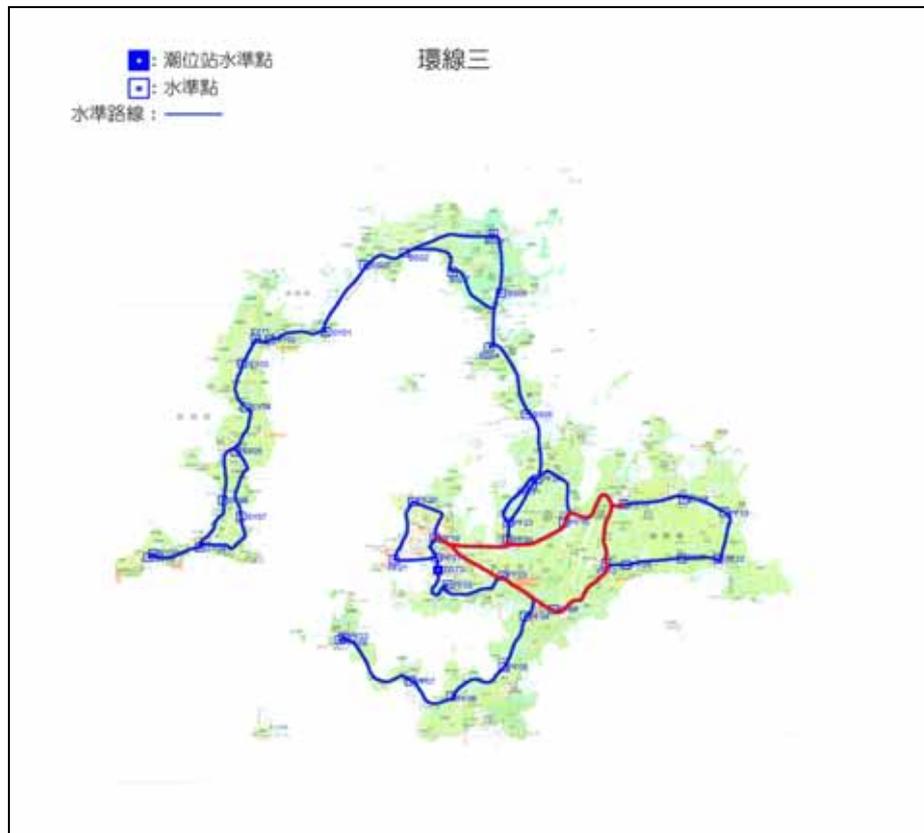


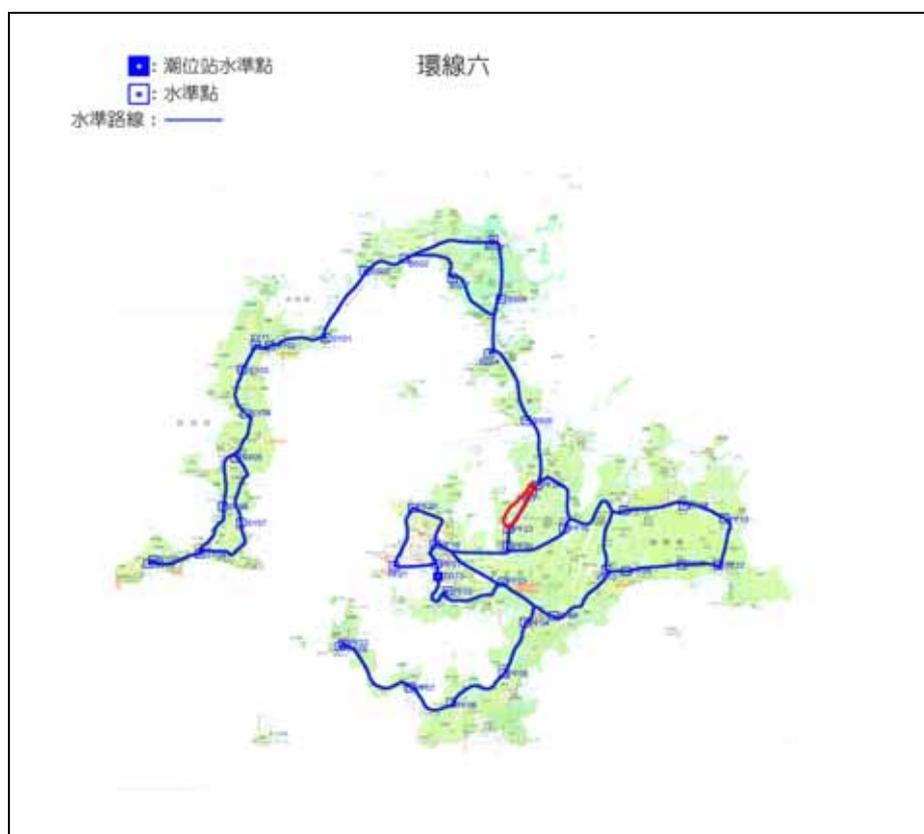
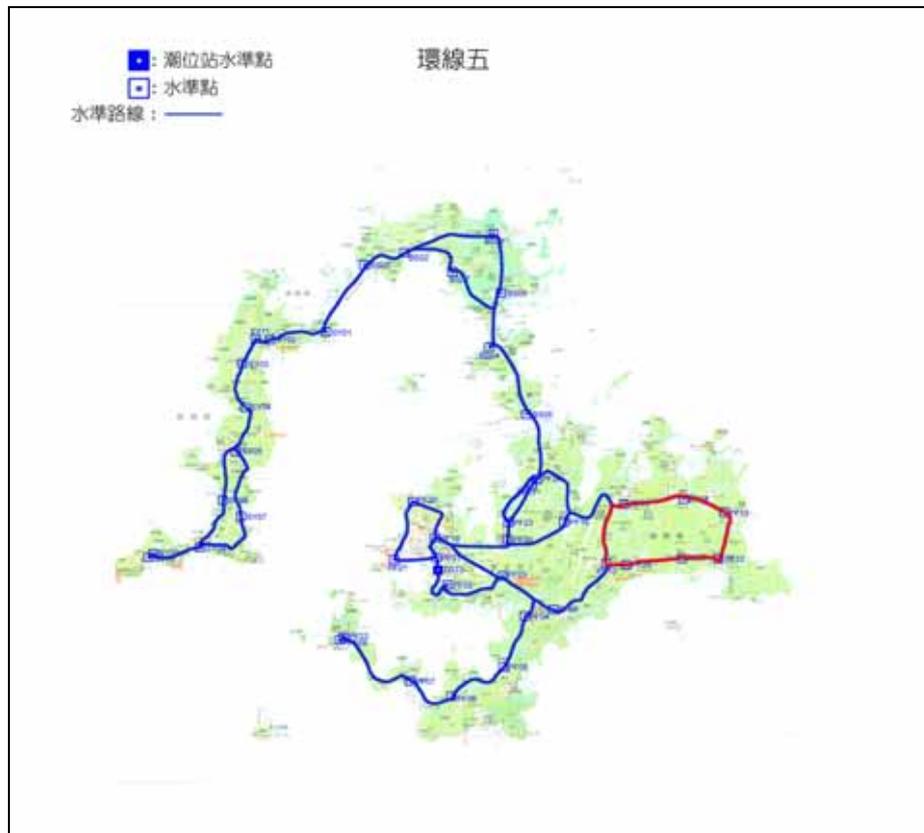
小琉球 (1/1)

起點	終點	距離 (km)	起訖時間	各項系統誤差改正(mm)						
				視準軸	折射誤差	地球曲率	正高改正	尺溫度	尺刻劃	累計
TG74	LC09	1.22	9/13 20:45 ~ 9/13 21:33	0.000	0.018	-0.002	0.030	0.226	0.000	0.272
LC09	TG74	1.21	9/13 19:24 ~ 9/13 20:35	0.000	-0.093	0.000	-0.030	-0.250	0.000	-0.373
LC09	LC08	2.66	9/14 1:35 ~ 9/13 3:44	0.000	-0.033	0.000	-0.110	-0.117	0.000	-0.260
LC08	LC09	2.66	9/13 23:5 ~ 9/14 1:21	0.000	0.074	0.001	0.110	0.151	0.000	0.336
LC08	LC04	1.15	9/14 3:47 ~ 9/13 4:40	0.000	0.140	0.000	0.110	0.199	0.000	0.449
LC04	LC08	1.15	9/13 22:5 ~ 9/13 23:1	0.000	-0.127	0.001	-0.110	-0.325	0.000	-0.561
TG74	LC04	2.29	9/13 1:20 ~ 9/12 2:55	0.001	0.366	0.000	0.000	0.247	0.000	0.614
LC04	TG74	2.29	9/12 23:33 ~ 9/13 1:15	0.000	-0.389	0.001	0.000	-0.268	0.000	-0.656
LC04	LC03	0.91	9/13 2:58 ~ 9/12 3:32	0.003	-0.046	-0.002	0.020	-0.064	0.000	-0.089
LC03	LC04	0.91	9/12 22:46 ~ 9/12 23:30	-0.001	0.039	0.000	-0.020	0.070	0.000	0.088
LC04	LC07	1.22	9/14 18:53 ~ 9/14 19:53	-0.003	-0.160	0.000	-0.140	-0.435	0.000	-0.738
LC07	LC04	1.22	9/15 1:30 ~ 9/14 2:18	0.010	0.227	0.003	0.140	0.307	0.000	0.687
LC07	LC06	2.06	9/14 19:59 ~ 9/14 21:53	0.000	-0.019	0.000	-0.010	0.065	0.000	0.036
LC06	LC07	2.06	9/15 0:2 ~ 9/14 1:27	0.009	0.011	0.002	0.010	-0.056	0.000	-0.024
LC06	LC05	0.99	9/14 21:59 ~ 9/14 23:22	0.004	0.200	0.002	0.100	0.164	0.000	0.470
LC05	LC06	0.99	9/14 23:25 ~ 9/14 23:59	0.001	-0.228	0.000	-0.100	-0.161	0.000	-0.488
LC05	LC03	2.67	9/15 19:5 ~ 9/15 21:15	0.002	0.103	-0.002	0.130	0.009	0.000	0.242
LC03	LC05	2.66	9/15 21:18 ~ 9/15 23:13	0.001	-0.133	-0.002	-0.130	-0.018	0.000	-0.282
LC03	LC02	1.52	9/13 4:1 ~ 9/12 5:4	0.001	-0.165	-0.003	0.070	-0.067	0.000	-0.164
LC02	LC03	1.52	9/12 21:34 ~ 9/12 22:44	-0.002	0.157	0.000	-0.070	0.078	0.000	0.163
LC02	LC01	1.00	9/13 5:7 ~ 9/12 5:49	0.001	-0.061	0.000	-0.040	-0.062	0.000	-0.162
LC01	LC02	1.00	9/12 20:47 ~ 9/12 21:31	0.001	0.087	-0.001	0.040	0.122	0.000	0.249
LC01	TG74	0.22	9/13 5:52 ~ 9/12 6:1	0.003	-0.002	-0.001	0.000	-0.003	0.000	-0.003
TG74	LC01	0.22	9/12 20:28 ~ 9/12 20:44	-0.001	0.002	0.000	0.000	0.006	0.000	0.007

附件二 各離島水準環線示意圖  
澎湖本島









# 七美

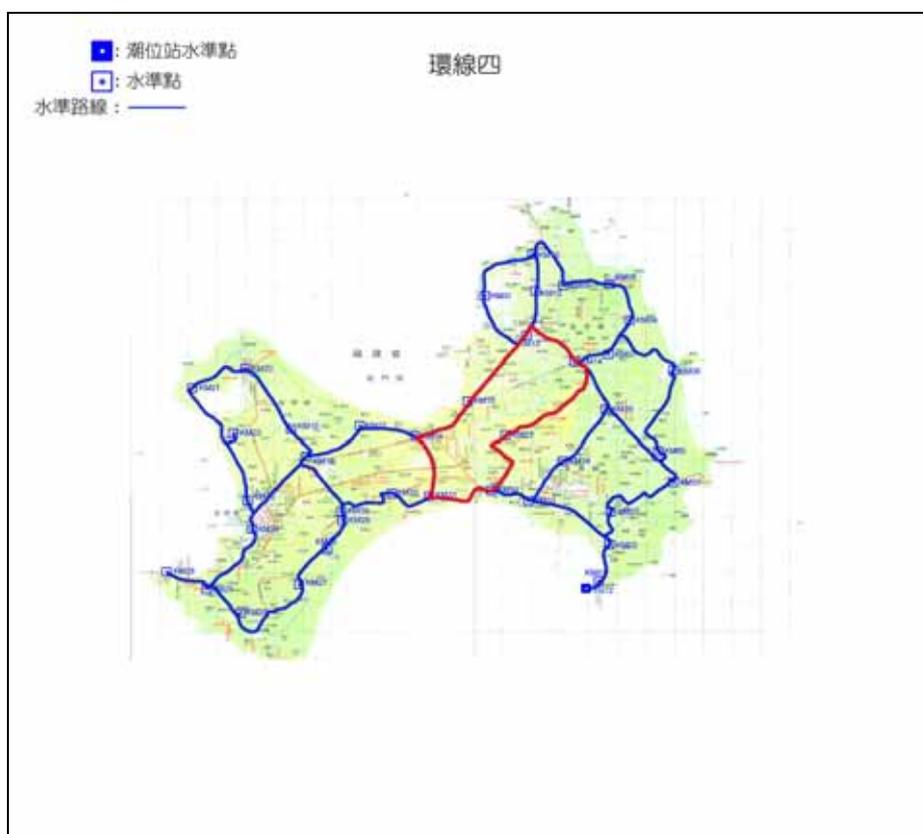


# 望安

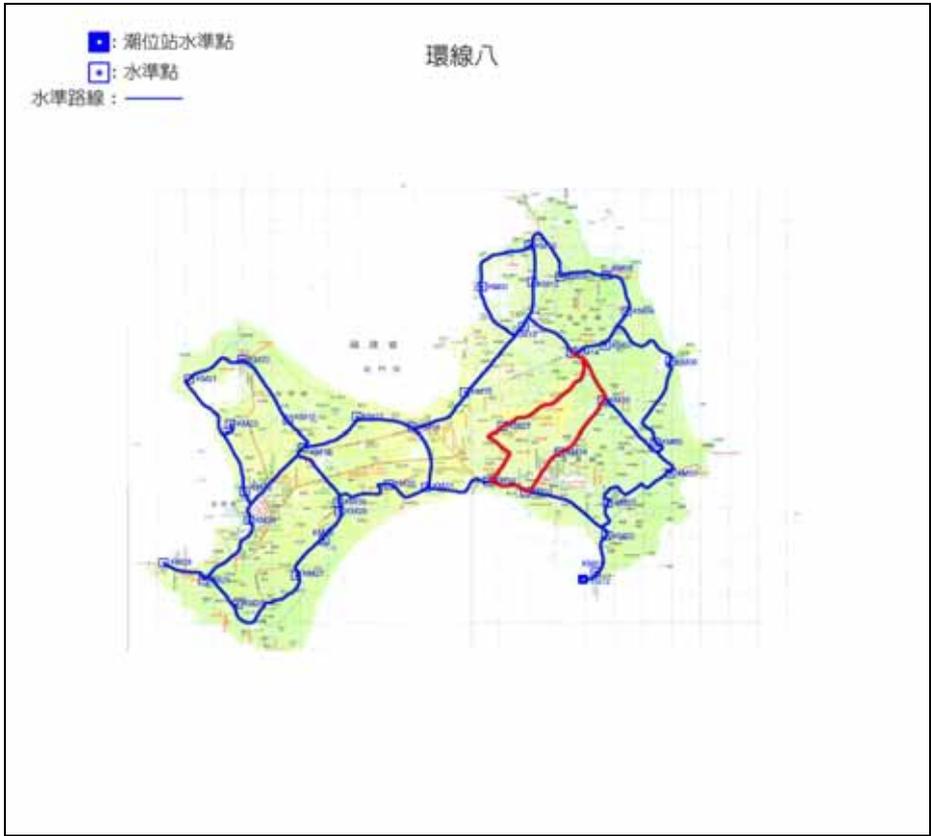


# 大金門











# 小金門





# 南竿







# 綠島





# 小琉球





### 附件三 各離島環線閉合差分析成果表

澎湖本島

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 $2.0\text{mm}\sqrt{K}$	備註
一	PF19-PF20-PF21-PF01-PF19	7.663	0.03	-0.06	5.54	
二	PF19-PF01-TG73-PF02-PF03-PF19	8.118	-2.59	-2.52	5.70	
三	PF19-PF03-PF09-PF10-PF15-PF16-PF18-PF19	19.014	-1.21	-1.33	8.72	
四	PF24-PF23-PF18-PF16-PF24	7.910	2.98	3.12	5.62	
五	PF15-PF10-PF26-PF11-PF12-PF13-PF14-PF15	12.601	3.72	3.74	7.10	
六	PF24-PF17-PF23-PF24	3.719	-0.16	-0.19	3.86	
七	BS02-BS07-BS04-BS06-BS01-BS02	13.508	1.47	1.23	7.35	
八	SY05-SY06-SY08-SY07-SY05	10.228	0.65	1.17	6.40	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 $2.0\text{mm}\sqrt{K}$	備註
一	PF19-PF20-PF21-PF01-PF19	7.663	-0.06	-0.05	5.54	
二	PF19-PF01-TG73-PF02-PF03-PF19	8.118	-2.52	-2.52	5.70	
三	PF19-PF03-PF09-PF10-PF15-PF16-PF18-PF19	19.014	-1.33	-1.40	8.72	
四	PF24-PF23-PF18-PF16-PF24	7.910	3.12	3.07	5.62	
五	PF15-PF10-PF26-PF11-PF12-PF13-PF14-PF15	12.601	3.74	3.76	7.10	
六	PF24-PF17-PF23-PF24	3.719	-0.19	-0.18	3.86	
七	BS02-BS07-BS04-BS06-BS01-BS02	13.508	1.23	1.22	7.35	
八	SY05-SY06-SY08-SY07-SY05	10.228	1.17	1.20	6.40	
九						
十						



望安

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	WA03-WA04-WA01-WA03	6.304	-0.59	-0.59	5.02	
二	WA03-WA02-WA01-WA03	6.123	-0.31	-0.35	4.95	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	WA03-WA04-WA01-WA03	6.304	-0.59	-0.59	5.02	
二	WA03-WA02-WA01-WA03	6.123	-0.35	-0.34	4.95	
三						
四						
五						
六						
七						
八						
九						
十						

大金門

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 $2.0\text{mm}\sqrt{K}$	備註
一	KM21-KM22-KM36-KM18-KM19-KM20-KM21	14.889	1.33	1.35	7.72	
二	KM36-KM24-KM28-KM25-KM26-KM27-K M28-KM29-KM39-KM18-KM36	24.094	2.55	1.85	9.82	
三	KM18-KM39-KM30-KM31-KM16-KM17-KM18	13.706	-1.83	-1.86	7.40	
四	KM13-KM15-KM16-KM31-KM32-KM23-KM14-KM13	23.427	-1.66	-1.26	9.68	
五	KM10-KM11-KM13-KM12-KM10	8.638	-0.51	-0.38	5.88	
六	KM10-KM12-KM13-KM14-KM07-KM04-K M08-KM09-KM10	14.558	2.68	2.58	7.63	
七	KM04-KM07-KM14-KM35-KM37-KM05-KM06-KM04	18.813	-0.95	-0.72	8.67	
八	KM32-KM33-KM34-KM35-KM14-KM23-KM32	17.961	-1.46	-2.03	8.48	
九	KM35-KM34-KM33-KM02-KM03-KM37-KM05-KM35	17.282	-0.39	-0.20	8.31	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 $2.0\text{mm}\sqrt{K}$	備註
一	KM21-KM22-KM36-KM18-KM19-KM20-KM21	14.889	1.35	1.44	7.72	
二	KM36-KM24-KM28-KM25-KM26-KM27-K M28-KM29-KM39-KM18-KM36	24.094	1.85	1.87	9.82	
三	KM18-KM39-KM30-KM31-KM16-KM17-KM18	13.706	-1.86	-1.92	7.40	
四	KM13-KM15-KM16-KM31-KM32-KM23-KM14-KM13	23.427	-1.26	-1.46	9.68	
五	KM10-KM11-KM13-KM12-KM10	8.638	-0.38	-0.39	5.88	
六	KM10-KM12-KM13-KM14-KM07-KM04-K M08-KM09-KM10	14.558	2.58	2.42	7.63	
七	KM04-KM07-KM14-KM35-KM37-KM05-KM06-KM04	18.813	-0.72	-0.59	8.67	
八	KM32-KM33-KM34-KM35-KM14-KM23-KM32	17.961	-2.03	-2.07	8.48	
九	KM35-KM34-KM33-KM02-KM03-KM37-KM05-KM35	17.282	-0.20	-1.48	8.31	

小金門

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	KM54-KM55-KM56-KM58-KM54	8.594	1.29	1.38	5.86	
二	KM53-KM54-KM58-KM59-KM53	7.025	-1.06	-0.84	5.30	
三	KM53-KM59-KM58-KM51-KM52-KM53	9.731	0.33	0.64	6.24	
四	KM51-KM58-KM56-KM57	8.230	2.30	2.19	5.74	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	KM54-KM55-KM56-KM58-KM54	8.594	1.38	1.37	5.86	
二	KM53-KM54-KM58-KM59-KM53	7.025	-0.84	-0.91	5.30	
三	KM53-KM59-KM58-KM51-KM52-KM53	9.731	0.64	0.38	6.24	
四	KM51-KM58-KM56-KM57	8.230	2.19	2.20	5.74	

南竿

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	NG05-NG06-NG04-NG05	5.979	0.78	0.79	4.89	
二	NG06-NG07-NG08-NG09-NG10-NG02-NG03-NG06	11.496	-0.30	-0.06	6.78	
三	NG02-NG10-NG11-NG12-NG13-TG71-NG01-NG02	9.757	-0.23	-0.24	6.25	
四	NG03-NG04-NG06-NG03	4.067	0.25	0.22	4.03	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	NG05-NG06-NG04-NG05	5.979	0.79	0.82	4.89	
二	NG06-NG07-NG08-NG09-NG10-NG02-NG03-NG06	11.496	-0.06	0.21	6.78	
三	NG02-NG10-NG11-NG12-NG13-TG71-NG01-NG02	9.757	-0.24	-0.62	6.25	
四	NG03-NG04-NG06-NG03	4.067	0.22	0.25	4.03	





蘭嶼

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	LY10-LY11-LY12-LY13-LY14-LY15-LY16-LY17-TG75-LY01-LY02-LY03-E907-LY18-LY10	15.757	-2.34	-2.89	7.94	
二	LY10-LY18-E907-LY04-LY05-LY06-LY07-LY08-LY09-LY10	28.529	-4.02	-4.60	10.68	

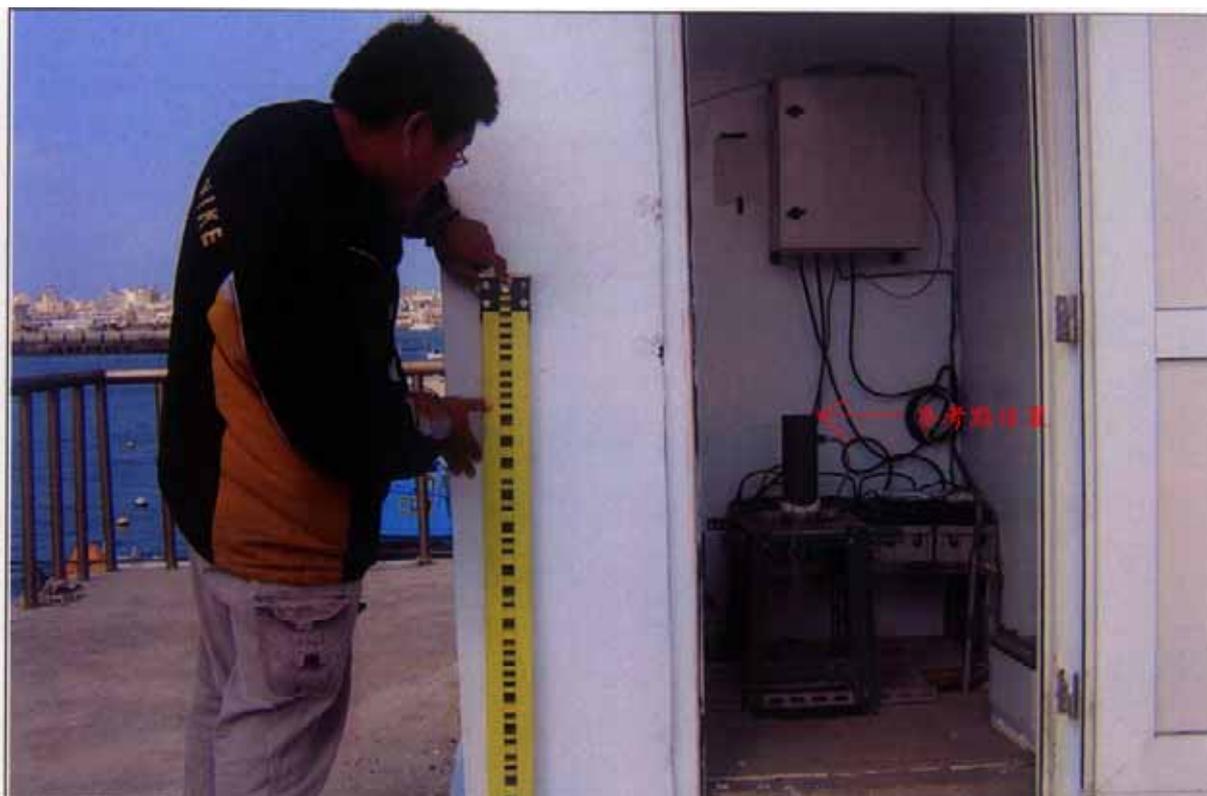
正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	LY10-LY11-LY12-LY13-LY14-LY15-LY16-LY17-TG75-LY01-LY02-LY03-E907-LY18-LY10	15.757	-2.89	-2.45	7.94	
二	LY10-LY18-E907-LY04-LY05-LY06-LY07-LY08-LY09-LY10	28.529	-4.60	-4.24	10.68	

小琉球

正高改正前環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	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)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	LC02-LC03-LC04-TG74-LC01-LC02	5.937	-1.19	-1.29	4.87	
二	LC04-LC08-LC09-TG74-LC04	4.878	-0.92	-0.78	4.42	
三	LC04-LC05-LC06-LC07-LC04	7.846	0.13	0.04	5.60	

正高改正後環線閉合差分析成果表						
環線	環線路徑(測線)	環線總長 (km)	正高改正 前環線閉 合差 (mm)	正高改正 後環線閉 合差 (mm)	規範值 2.0mm√ K	備註
一	LC02-LC03-LC04-TG74-LC01-LC02	5.937	-1.29	-1.34	4.87	
二	LC04-LC08-LC09-TG74-LC04	4.878	-0.78	-0.81	4.42	
三	LC04-LC05-LC06-LC07-LC04	7.846	0.04	0.19	5.60	

附件四 潮位站參考點位置相片



澎湖潮位站



水頭潮位站



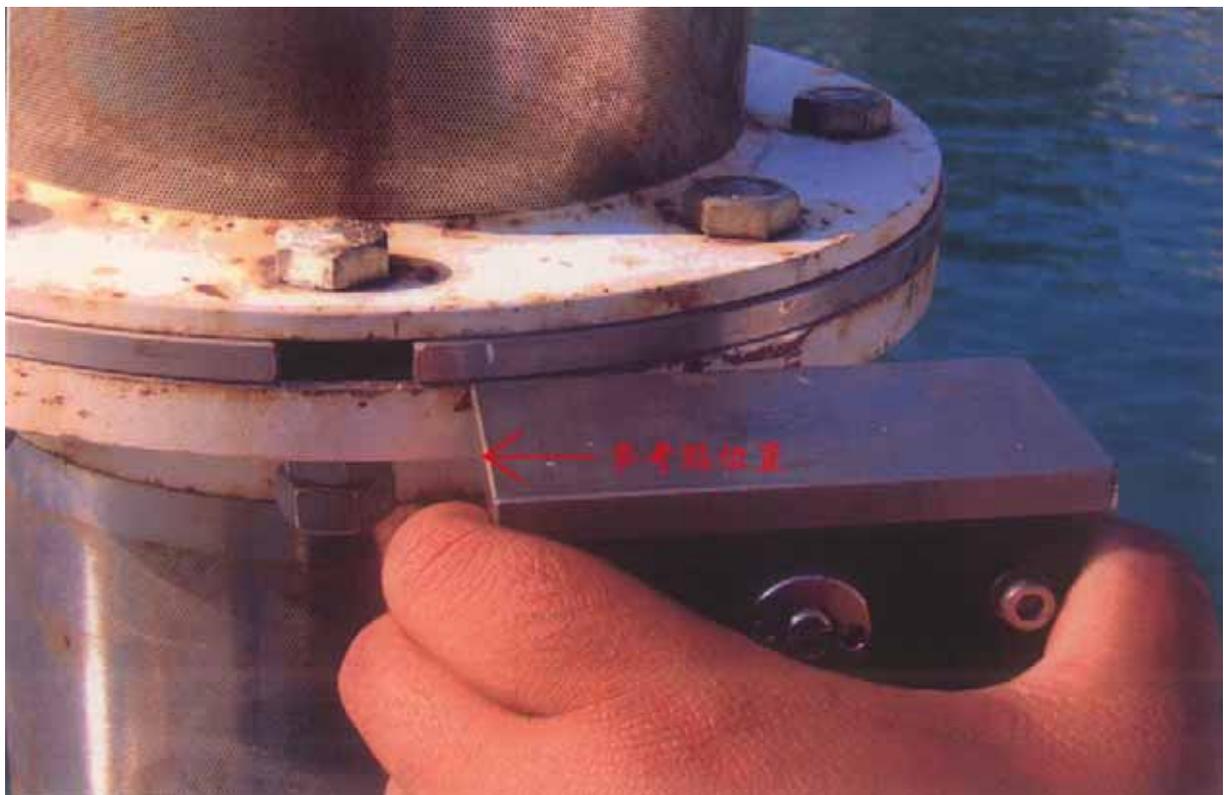
馬祖潮位站



綠島潮位站



蘭嶼潮位站



小琉球潮位站

### 附件五 潮位站參考點觀測資料

地區	起點	終點	距離 (km)	原始高程 差 (m)	改正後高 程差(m)	容許誤差值(mm) $2.5\text{mm}\sqrt{K}$	往返閉合差 (mm) (改正前)	往返閉合差 (mm) (改正後)	較差 (mm)	備註
澎湖	TG73A	TG73	0.017	-0.71936	-0.71937	0.33	0.03	0.02	0.01	
	TG73	TG73A	0.017	0.71939	0.71939					
金門	GA27	KM28	0.014	0.02522	0.02523	0.30	-0.02	-0.02	0.00	
	KM28	GA27	0.014	-0.02524	-0.02525					
	KM28	KM28A	0.024	3.40775	340776	0.39	0.70	0.70	0.00	
	KM28A	KM28	0.024	-3.40705	-340706					
馬祖	A1	D1	0.045	-0.36222	-0.36222	0.53	0.39	0.38	0.01	
	D1	A1	0.045	0.36261	0.36260					
	A1	TG71-1	0.011	-0.53213	-0.53213	0.26	-0.02	-0.01	-0.01	
	TG71-1	A1	0.011	0.53211	0.53212					
	TG71-1	TG71-2	0.021	0.02880	0.02881	0.36	0.36	0.36	0.00	
	TG71-2	TG71-1	0.021	-0.02844	-0.02845					
綠島	TG76	TG76A	0.015	-2.16321	-2.16322	0.31	0.28	0.27	0.01	
	TG76A	TG76	0.015	2.16349	2.16349					
蘭嶼	TG75	TG75A	0.008	-1.33553	-1.33554	0.22	0.04	0.04	0.00	
	TG75A	TG75	0.008	1.33557	1.33558					
	TG75A	TG75B	0.009	1.92145	1.92146	0.23	0.04	0.04	0.00	
	TG75B	TG75A	0.009	-1.92141	-1.92142					
小琉球	TG74	TG74A	0.005	-0.80788	-0.80789	0.18	0.11	0.11	0.00	
	TG74A	TG74	0.005	0.80799	0.80800					

## 附件六 審查會議結論辦理情形

### 各委員：

1. 報告書中圖表應清晰、使用彩色表示、並加註標題，且表格之標題應為中文並註明使用單位。
2. 各區之作業時間、預計與實際作業數量應詳加說明。
3. 各章節除說明作業方式外，並應依本案實際作業結果，詳列各項統計圖表。
4. 各離島之高程基準起算部分：
  - (1) 說明計算基準時潮位站之時間段。
  - (2) 各潮位站基準之計算公式與圖示。
  - (3) 沒有潮位站之地區應由 24 小時 GPS 聯測及 EGM96 模式決定起算點高程值。
  - (4) 大金門之料羅與水頭潮位站資料與結果請分析說明。

### 辦理情形：

1. 已依委員意見調整，圖表以彩色表示則視內容與以更新。
2. 見報告內容第三章及第四章。
3. 已依委員意見辦理，詳本報告各章節。
4.
  - (1) 詳本報告第 71 頁，表 5-14。
  - (2) 詳本報告第 72~74 頁，圖 5-11~圖 5-16。
  - (3) 詳本報告第 75 頁，§5-5-2。
  - (4) 金門（料羅灣）潮位站因已損毀且原潮位站與潮位站水準點間並無相對高程差可供計算，故無法進行比較分析。

### 黃委員金維：

1. 澎湖地區水準測線為開放測線，如何確保成果品質。
2. 未設置潮位站之離島的高程基準，目前採用 GPS 高程差引測，建議再加上 EGM96 模式。

### 辦理情形：

1. 詳本報告第 68 頁，§5-4-2。
2. 詳本報告第 75 頁，§5-5-2。

### 高委員書屏：

1. 簡報中小琉球地區之往返閉合差分析均為偏正，似乎存在系統誤差，對跨站往返閉合差是否會超過作業標準，請進一步分析。

**辦理情形：**

1. 詳本報告第 66 頁，§5-3-6。

**楊委員名：**

1. 往返閉合差分析請比照內政部一等二級水準測量計算方式，修正相關成果。
2. 網形平差觀測量之權如何給定，請參照內政部一等二級水準測量，並說明之。
3. 簡報內容之圖表請納入工作報告中，並加以文字說明。

**辦理情形：**

1. 已依委員意見辦理，詳本報告第 66 頁，§5-3-6。
2. 詳本報告第 78~79 頁，§5-6。
3. 已依委員意見辦理修正於報告中。

**張委員嘉強：**

1. 外業觀測大部份為夜間觀測，對人員作業、儀器作業模式是否合適，請加以說明。
2. 各離島水準點號編定情形，請加以說明。

**辦理情形：**

1. 此主要為符合作業規範對施測時溫度之限制，於一等一級、一等二級水準測量時均據此辦理，故對本計畫作業人員並無影響。
2. 本計畫各點位點號以四碼為原則，前二碼為地區名稱，如澎湖 (PF)、七美 (CM)、望安 (WA)、金門 (KM)、南竿 (NG)、北竿 (BG)、綠島 (LD)、蘭嶼 (LY)、小琉球 (LC)。

**王委員成機：**

1. 工作報告第 6-5、6-6、6-7 節，請補述成果分析內容。

2. 工作報告之附件一檢校報告改為電子檔並不列入書面報告。

**辦理情形：**

1. 已重新修正內容，詳本報告第五章。
2. 已依委員意見辦理，燒錄成果至工作報告光碟內。

**李委員彥弘：**

1. 水準測線為開放測線者，請加入 24 小時 GPS 觀測量進行分析。

**辦理情形：**

1. 詳本報告第 68 頁，§5-4-2。

**劉委員至忠：**

1. 請說明日間與夜間之觀測資料中及其所作系統誤差改正項目。
2. 工作報告表 5-2 的視準軸檢校報告表中「0.1」代表之意義為何。

**辦理情形：**

1. 依合約及一等水準作業規範內容，所作改正項目均相同，詳本報告第 57 頁，§5-3。
2. 依一等水準作業規範內容，折射及曲率誤差修正表中，視距 0~28m 與視距 28~48m 之折射及曲率誤差修正分別為 0.0mm 及 0.1mm，視準軸檢校報告表中「0.1」代表兩者間之差值。詳本報告第 34~35 頁，§4-3。

**高程控制課：**

1. 第三章各地區實際點位埋設情形統計，另馬祖「芹壁」點位更新情形，均請補述。
2. 第四章僅有圖形，請增加文字說明。
3. 行前訓練情形，請補述。
4. 第五章部份相片，請更新為本次作業的相片，且就本案執行情形說明。
5. 第七章儀器校正情形，請移至前面章節，並補充視準軸校正。
6. 第八章結論與建議，請就本案執行情形加以補充。
7. 於作業過程中，遇特殊點位（如芹壁、大森山）應說明並附相片。
8. 請加入潮位站水準點與參考點之水準觀測資料及潮位站與參考點位置之

相片。

9. 可靠度分析中各項參數如何給定，請說明。

**辦理情形：**

1. 詳本報告第 28 頁，§3-4-2。
2. 已依意見修正，補充於各章節。
3. 詳本報告第 16 頁，§2-4-3。
4. 原圖誤植，已修正。
5. 詳本報告第 12 頁，§2-4-1 及第 34 頁，§4-3。
6. 已依意見修正於第六章。
7. 芹壁說明詳本報告第 27~28 頁，§3-4-2，而本計畫水準內容不含大森山。
8. 詳本報告第 72~74 頁，圖 5-11~圖 5-16。
9. 詳本報告第 82 頁，§5-7-3。

**曾委員耀賢：(書面意見)**

1. 報告中對各離島起算高程(水準 P.58)的交代不夠充足，建議
  - (1) 再詳予說明各驗潮站驗潮資料的觀測時間。
  - (2) 計算平均海水面的數學模式。
  - (3) 計算得平均海水面的精度分析。
  - (4) 蒐集之驗潮資料(含檔案)列為附件繳交本局。
2. 澎湖本島水準網形(水準 P.13)有很多段未成網(有如開放導線)，除了往返測符合精度要求外，無多餘檢核能力，如何確保這些成果都正確未含錯誤？
3. 曾建議中興以該島 PF07-SY09 之 24hrGPS 觀測基線橢球高差，與該二點位水準成果高差比較分析，不知結果如何？

**辦理情形：**

1.
  - (1) 詳本報告第 71 頁，表 5-14。
  - (2) (3) (4) 平均海面計算方式非本計畫內容，僅依內政部先前計畫辦理成果進行後續工作。
2. 詳本報告第 68 頁，§5-4-2。
3. 詳本報告第 68 頁，§5-4-2。