

應用 GPS 快速靜態測量方式辦理 四等控制測量作業規範之研究

內政部土地測量局自行研究報告

中華民國 93 年 11 月

應用 GPS 快速靜態測量方式辦理 四等控制測量作業規範之研究

093-301080000G2001

研究人員：吳萬順、陳鶴欽、梁旭文
林世賢、陳俊廷

內政部土地測量局自行研究報告

中華民國 93 年 11 月

應用 GPS 快速靜態測量方式辦理四等控制測量 作業規範之研究

目 錄

第一章	緒論	1
第一節	研究動機與目的	1
第二節	問題背景與現況	1
第三節	研究方法與過程	3
第四節	研究架構	5
第二章	GPS 測量理論與實踐	6
第一節	GPS 全球定位系統與架構	6
第二節	GPS 衛星測量方法	9
第三節	GPS 快速靜態解算原理	12
第四節	GPS 辦理四等控制測量誤差	15
第三章	台灣地區控制測量作業規範	18
第一節	控制點坐標系統現況	18
第二節	內政部衛星追蹤站	19
第三節	一、二等衛星控制點	21
第四節	三等衛星控制點	23
第五節	四等控制點	26
第四章	研究方法與過程	28
第一節	測試區選取與外業辦理情形	28
第二節	資料處理流程	35
第三節	鹿草重測區成果分析	39
第四節	白沙重測區成果分析	45
第五節	五結重測區成果分析	56
第六節	問題與討論	62
第五章	結論與建議	66
第一節	結論	66
第二節	建議	67
第六章	參考文獻	69
附錄一	鹿草試驗區相關資料	
附錄二	白沙試驗區相關資料	
附錄三	五結試驗區相關資料	
附錄四	外業作業情形	

應用 GPS 快速靜態測量方式辦理四等控制測量 作業規範之研究

圖 目 錄

圖 1-1	研究流程圖	4
圖 2-1	GPS 現代化各階段期程作業內容示意圖	7
圖 2-2	GPS Block IIR 型衛星現代化訊號內容示意圖	8
圖 2-3	GPS Block IIF 型衛星現代化訊號內容示意圖	8
圖 2-4	GPS 現代化之各階段訊號示意圖	8
圖 2-5	GPS 衛星測量方法分類	10
圖 2-6	快速靜態基線測量方法示意圖	11
圖 2-7	搜尋空間網格圖	14
圖 2-8	整數搜尋法空間交會示意圖	15
圖 3-1	衛星追蹤站主要結構圖	20
圖 3-2	臺閩地區各縣市辦理三等控制點補建新建成果圖	24
圖 4-1	鹿草重測區範圍示意圖及時段規劃圖	29
圖 4-2	白沙重測區範圍示意圖及時段規劃圖	32
圖 4-3	五結重測區範圍示意圖及時段規劃圖	34
圖 4-4	GPSurvey 基線資料處理流程	36
圖 4-5	固定單一主站基線處理示意圖	37
圖 4-6	固定二個主站基線處理示意圖	37
圖 4-7	固定三個主站基線處理示意圖	37
圖 4-8	GPSurvey 單一時段網形平差作業流程圖	38
圖 4-9	F025 至 X009 快速靜態成果比較圖	47
圖 4-10	F907 至 F025 快速靜態成果比較圖	47
圖 4-11	X004 至 F907 快速靜態成果比較圖	48
圖 4-12	GC04 實際觀測衛星透空圖	64
圖 4-13	GC06 實際觀測衛星透空圖	66

應用 GPS 快速靜態測量方式辦理四等控制測量 作業規範之研究

表 目 錄

表 2-1	GPS 衛星測量方法觀測時間及精度表	11
表 2-2	網路上可擷取 GPS 星曆資料	16
表 2-3	GPS 的預估觀測精度	17
表 3-1	一、二等衛星控制點之精度規範	22
表 3-2	三等衛星控制測量之作業規定與精度需求表	25
表 3-3	四等控制點衛星定位測量作業精度一覽表	27
表 4-1	鹿草重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表	29
表 4-2	白沙重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表	31
表 4-3	五結重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表	33
表 4-4	主站間不同觀測時間段的三角形密合圈分析	40
表 4-5	固定一個主站所得距離較差最大者比較表	41
表 4-6	固定二個主站所得距離較差最大者比較表	42
表 4-7	固定三個主站所得距離較差最大者比較表	43
表 4-8	使用最小二乘配置方法所得距離較差最大者彙整表	44
表 4-9	主站間不同觀測時間段的三角形閉合圈分析	46
表 4-10	固定一個主站時第一組與第二組移動站的成果較差之最大值及最小值	49
表 4-11	固定一個主站所得距離較差最大者比較表	50
表 4-12	固定一個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表	51
表 4-13	固定二個主站所得距離較差最大者比較表	52
表 4-14	固定二個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表	53
表 4-15	固定三個主站所得距離較差最大者比較表	55
表 4-16	固定三個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表	56
表 4-17	主站間不同觀測時間段的三角形密合圈分析	57
表 4-18	固定一個主站所得距離較差最大者比較表	59

表 4-19	固定二個主站所得距離較差最大者比較表	60
表 4-20	固定三個主站所得距離較差最大者比較表	61
表 4-21	二個主站使用最小二乘配置距離較差最大者比較表	62
表 4-22	鹿草測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表	63
表 4-23	白沙測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表	63
表 4-24	五結測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表	64

摘要

關鍵字：四等控制測量、GPS、快速靜態測量

一、研究緣起與目的：

目前辦理四等控制測量均要求同一時段間各測量需有同步觀測時間四十分鐘至一小時以上，且相鄰點位間需有直接之觀測量，現行作業規則要求四等控制點作業精度為 $30\text{mm}+6\text{ppm}$ （一公里基線精度為 3.6cm ），與目前 GPS 快速靜態辦理控制測量，在使用雙頻全波長儀器及接收六顆衛星訊號狀況下，僅需接收八分鐘觀測資料量即可解算，且精度可達 1cm ，理論上使用上開方式應可提升辦理控制測量之效率，節省人力、時間與成本。

另使用快速靜態作業方式下之不動主站該如何選取，透空度得要求是否更趨嚴苛，另主站應該設置一個或兩個以上、主站應該設置在測區中央位置或測區邊緣，均會造成不同結果，此節亦值得再予詳細評估。前述作業方式、主站個數及位置設置經評估分析後，期望藉由本研究以測試區之實地操作結果，提供後續辦理四等控制點及制定快速靜態作業規範應用之參考。

二、研究方法與過程

使用雙頻全波長 GPS 接收儀，並配合快速靜態解算方式，應可滿足四等控制點作業精度需求，並提升四等控制點作業效率，並快速靜態方式辦理四等控制測量，新設四等點與不同主站間呈現如光線法般放射狀之觀測基線，新設控制點位間彼此相對精度應可符合之四等控制點精度要求。

選取本局九十三年度已辦竣四等控制測量之重測區選擇測試地區（嘉義鹿草、宜蘭五結與澎湖白沙），確認所選擇地區成果業經嚴密作業方式完成，並實際計算所耗人力、時間及儀器成果等因素，另快速靜態方法，將測試區重新辦理四等控制測量作業，將所得成果精度與原核定成果作一比較，將實測成果分析計算，藉以作為制定作業規範之原則參考。

三、研究發現與建議

（一）使用快速靜態測量方式辦理四等控制測量規範原則建議方案（詳見研究報告）。

（二）倘部分點位（含已知點或新設點位）因測區環境遮蔽因素無法清除、或交通不便不易到達、或配合後續圖根需要位置透空不佳，則測量到該點時，應自動延長為觀測測量時間（約 45-60 分鐘），並不影響到其他點位之外業觀測處理，對於該點重複觀測可酌予放寬。

（三）測區範圍如超出上開建議範圍甚多，建議以主站移動方式辦理，例如原本主站為 A、B 兩點，下一次變換為 B、C，以達到不同時段間重複檢核的目的，並且可滿足大範圍的需求。

（四）在完成初步雙主站（含移動站）基線處理後即應辦理最小約制網的已知點分析，以決定所使用的已知點是否存在變形或已經位移，若已被認定位移則在後續最小二乘配置轉換中即不應該被約制。

(五) 完成最小二乘配置後的成果，建議仍應使用足敷辦理四等控制點精度之全測站測距經緯儀辦理地面距離及夾角檢測作業，初期仍應儘量全數可通視方向儘量觀測檢核，倘比對成果均可使用，再逐年減少予以減少。

(六) 台灣地區現已均使用 TWD97 坐標系統作為測量基準，故本研究均選用 TWD97 坐標系統成果作為測試區，對於 TWD67 已知點變異情形相較 TWD97 仍較嚴重，並未加以測試分析，建議尚須測設 TWD67 坐標系統成果時，仍以靜態測量作業方式為佳。

(七) 台灣處於地殼變動劇烈地區，控制點位位移情形快速，部分地區成果已逐漸喪失其原測設時的成果精度及一致性，內政部或土地測量局對於台灣地區控制點坐標管理維護，應積極研擬一套管理維護機制，以因應快速變化的外在環境及各項高精度定位的需求，方能提供更快速及準確的定位服務。

研究報告

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

近年由於 GPS 發展快速，已普遍被應用於控制測量、地殼變位監測、汽車導航…等等各方面，GPS 衛星靜態 (Static) 定位應用在控制測量方面，已漸趨普遍，並已證實可達到公分級之精度 [龔昶榮，1989；劉正倫與梁旭文，1994]，在實際作業方面，除要求適當點位透空度外，具有選取點位不需考慮相互通視及網形強度之特性、外業測量不受天候限制及測量時間縮短等優點，故目前台灣省地籍圖重測控制測量部份已全面採用 GPS 衛星定位測量 [曾德福，1997]。

隨著 GPS 衛星顆數的增多，以及相位未定值求解理論的進步，使得 GPS 衛星定位的方法亦不斷的演進，從靜態測量到快速靜態測量，已將 GPS 定位效率大幅提昇。目前 GPS 靜態測量大都應用在控制測量方面，需要較長的觀測時間 (一小時以上) 且各點位間需同步觀測，未能發揮整體儀器效能及 GPS 衛星顆數的增多所帶來之便利性，而以快速靜態方式解算只需在點位上觀測片刻 8-20 分鐘，視點位透空度及收訊狀況而異，就可解算點位坐標，可大幅提昇了 GPS 辦理控制測量的效率。

本研究擬選擇數個已辦竣地籍圖重測四等控制測量之地區，經由原本已經過嚴密方式規劃觀測時段計算所得之坐標成果，與使用快速靜態方式，以一至二個不動主站及主站設置位置所得成果相互檢核比較，並藉以制定可行之作業、注意事項及規範原則等等，以提供後續辦理四等控制測量作業之參考。

第二節 問題背景與現況

目前辦理四等控制測量均要求同一時段間各測量需有同步觀測時間四十分鐘至一小時以上，且相鄰點位間需有直接之觀測量，惟目前地籍測量實施規則要求四等控制點作業精度為 $30\text{mm}+6\text{ppm}$ ，以一公里基線為例，可達到之精度誤差範圍約為

3.6cm，與目前 GPS 快速靜態辦理控制測量，在使用雙頻全波長儀器及接收六顆衛星訊號狀況下，僅需接收八分鐘觀測資料量即可解算，且精度可達 1cm，理論上使用上開方式及儀器應可提升辦理控制測量之效率，節省人力、時間與成本。

惟使用快速靜態作業模式後，將造成各新設置點位僅與不同主站間具有直接關聯基線，相鄰點位間將不具基線觀測量，此與目前作業大不相同，且相鄰點位間之相對精度是否仍存有四等控制點要求之 30mm+6ppm 或 1/20,000 相對精度等規範，值得吾人再進一部研究與分析。

另使用快速靜態作業方式下之不動主站該如何選取，以避免因周遭環境因素造成因主站資料品質不佳而影響後續各移動站資料之計算及成果品質，另主站應該設置一個或兩個以上、主站應該設置在測區中央位置或測區邊緣，均會造成不同結果，此節亦值得再予詳細評估。前述作業方式、主站個數及位置設置經評估分析後，期望藉由本研究以測試區之實地操作結果，提供後續辦理四等控制點及制定快速靜態作業規範應用之參考。

第三節 研究方法與過程

(一) 基本理論與假設

- 1、使用雙頻全波長 GPS 接收儀，並配合快速靜態解算方式，應可滿足四等控制點作業精度需求，並提升四等控制點作業效率。
- 2、以快速靜態方式辦理四等控制測量，新設四等點與不同主站間呈現如光線法般放射狀之觀測基線，新設控制點位間彼此相對精度應可符合之四等控制點精度要求。
- 3、快速靜態作業理論：快速靜態測量是希望能用其他方法，從觀測量中先行解出週波未定值，然後再求解基線坐標分量。一但週波未定值可先求得，那麼就可如半動態測量原理一般，理論上只要同時至少觀測四顆衛星，在一個時刻的觀測量，就可求解三個基線分量達到公分級的精度。實際上，因為仍有多種誤差存在，快速靜態

測量，都常持續觀測若干時刻，為的是增加多餘觀測，以確保求解成果的品質，由上述說明，可知快速靜態測量的主要理論，是專注於週波未定值的如何快速求解。

(二)運用資料之範圍

可提供後續各項經濟建設、重大工程辦理四等控制測量之作業規範參考，並加速內政部土地測量局辦理台灣省地籍圖重測計畫、國有林班地、未登記土地及各項代辦業務規劃控制測量作業之參考，縮短辦理四等控制測量作業時程。

(三)蒐集資料之過程

- 1、由本局九十三年度已辦竣四等控制測量之重測區選擇測試地區。
- 2、確認所選擇地區成果業經嚴密作業方式完成，並實際計算所耗人力、時間及儀器成果等因素。
- 3、以快速靜態方法，將測試區重新辦理四等控制測量作業，將所得成果精度與原核定成果作一比較。
- 4、將實測成果分析計算，藉以作為制定作業規範之原則參考。

(四)分析資料之方法

- 1、以三至六個試驗區為目標進行分析研究。
- 2、以快速靜態方式，於重測區概略居中位置，選擇一點，設置不動主站，計算四等控制點位成果，並將所得成果與原核定成果作一比較，檢查是否合乎精度要求。
- 3、將不動主站由一個增加至二個，並設置於試驗區邊緣，將所得成果與一個主站成果、原核定成果作一比較，檢查是否合乎精度要求。

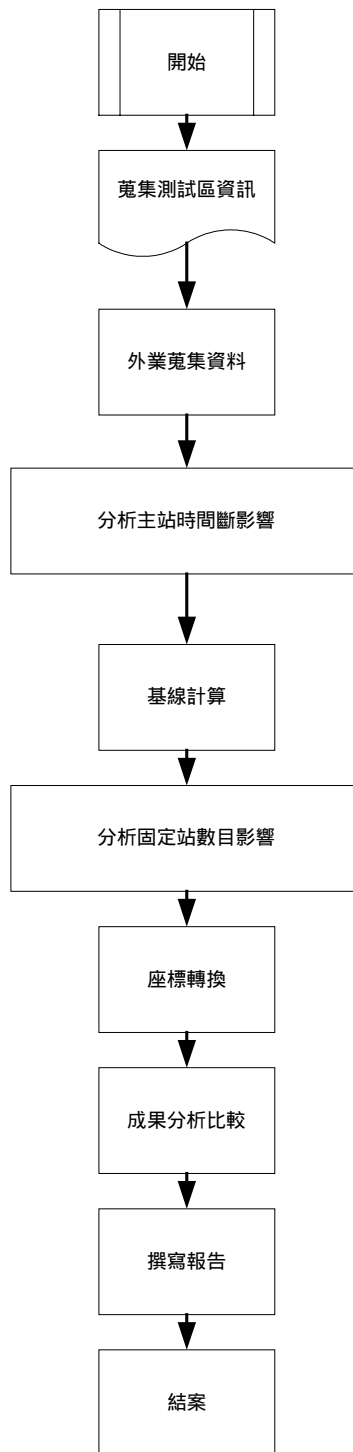


圖1-1：研究流程圖

第四節 研究架構

本文共分五章，主要章節如下：

- 第一章 緒論：研究緣起說明 GPS 測量定位的重大變革及後續影響，並概述研究方法與過程等。
- 第二章 GPS 測量理論與實踐：說明全球定位系統的架構、解算原理、測量方法及誤差來源。
- 第三章 台灣地區控制測量作業規範：說明目前台灣地區所使用的控制點作標系統及各級控制點作業規範精度。
- 第四章 研究方法與過程：說明選擇三個研究測試區的原則、資料處理過程及三個測區成果分析與問題研討。
- 第五章 結論與建議：探討第四章所得結果與現行作業規範之不同，進而提出建議與未來可行或改進措施。

第二章 GPS 測量理論與實踐

第一節 GPS 全球定位系統與架構

美國國防部於 1973 年 5 月開始為了軍事定時、定位與導航的目的而發展全球定位系統(NAVSTAR/GPS, NAVigation Satellite Timing And Ranging/Global Positioning System, 以下簡稱 GPS), 希望以衛星導航為基礎的技術可構成主要的無線電導航系統, 未來並能滿足下一個世紀的應用。全球定位系統所使用之衛星稱為 NAVSTAR, 第一顆 GPS 衛星於 1978 年 2 月 22 日發射。GPS 是美國繼阿波羅登月及太空梭發展計畫之後的第三大太空國防計畫, 此一系統係利用 GPS 人造衛星發射電波信號以提供定時、定位及導航之用, 其準確度極高, 且不受電波干擾及時間、地點和天候的影響, 給測量及其它使用者提供了全天候、即時的位置及時間資訊, 所能達到的精度較以往任何導航及測量方法都高。在 1993 年 12 月 8 日第 24 顆 GPS 衛星進入太空軌道運行後, GPS 已達到初步操作能力(Initial Operational Capability, IOC), 24 顆 GPS 衛星(包含初期測試用的 Block I 與量產型 Block II/IIA) 提供全世界 24 小時全天候的定位與導航資訊[Leick, 1995]。

美國空軍太空司令部(U.S. Air Force Space Command, AFSC) 於 1995 年 4 月 27 日宣佈 GPS 已達到完整操作能力(Full Operational Capability, FOC), 將 IOC 中的 Block I 衛星加以汰換, 24 顆衛星全部為 Block II/IIA 衛星所組成, 成功地滿足軍事實務的操作。另 2000 年 5 月並取消 SA 效應, 使得單點定位精度可大幅提昇, 另為因應俄羅斯的 GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System) 系統及歐盟伽利略 (Galileo) 導航衛星系統的挑戰, 美國國防部已擬訂「GPS 現代化」計畫(如圖 2-1 所示), 從 2004 年起將在 Block IIM 型 GPS 衛星上開始在 L2 上調制軍用電碼 (M-code) 如圖 2-2 所示, 及一般俗稱 L2C (L2 civil) 的民用電碼, 預計到 2005 年將會有五顆新發射衛星上被調制有 L2C 電碼, 另從 2006 年第四季開始, 另將在 Block IIF 型 GPS 衛星上增加發射第三種載頻 (L5) 如圖 2-3 所示, GPS 現代化各階段期程作業內容如圖 2-4 所示。

目前我們僅需利用 GPS 接收儀接收 GPS 衛星所發出的電波訊號即可於地球表面上任何時間、任何地點, 精確地計算出欲測點


的時間、位置及其運動的速度。GPS 衛星佈署在離地球表面上約為 20200 公里上空的圓形軌道上，採用圓形軌道的目的在於可增大地面可見範圍及增強全球均勻覆蓋。GPS 衛星每 11 小時 58 分即能繞地球一周，在地球的任何角落，均能時時收到至少 4 顆以上衛星所傳送的電波，因此，我們可藉各種電波的特性及衛星的位置，利用電腦算出接受訊號一方的正確位置。

GPS Modernization Schedule

Activity	Implementation Date
SA set to zero	May 2000
GPS IIR-M Enhancements (Up to 8 satellites) <ul style="list-style-type: none"> < New L2 Civil (L2C) Signal < M-code on L1 & L2 	2004 – 2006
GPS IIF Enhancements (Up to 12 satellites) <ul style="list-style-type: none"> < New L2 Civil (L2C) Signal < M-code on L1 & L2 < L5 	2005 – 2011
GPS III Enhancements <ul style="list-style-type: none"> < New L2 Civil (L2C) Signal < M-code on L1 & L2 < L5 < Future Capabilities 	2011 – TBD
OCS Enhancements	2000 – 2008

圖 2-1 GPS 現代化各階段期程作業內容示意圖


Block IIR Modernization

<p><u>Pre-Modernization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Heritage Signals <ul style="list-style-type: none"> ■ L1 C/A ■ L1, L2 P(Y) ■ Design Life <ul style="list-style-type: none"> ■ 10 Years 		<p><u>Post Modernization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Modernized Signals <ul style="list-style-type: none"> ■ Higher Power ■ L1 C/A, L2C* ■ L1, L2 P(Y) ■ L1, L2 M-Code ■ Design Life <ul style="list-style-type: none"> ■ 10 Years
---	---	---

* L2 Second Civil signal design supports varying code length and data structure

圖 2-2 GPS Block IIR 型衛星現代化訊號內容示意圖

Block IIF Modernization

<p><u>Pre-Modernization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Heritage Signals <ul style="list-style-type: none"> ■ L1, L2 C/A ■ L1, L2 P(Y) ■ Design Life <ul style="list-style-type: none"> ■ 15 Years 		<p><u>Post Modernization</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Modernized Signals <ul style="list-style-type: none"> ■ Similar Power ■ L1 C/A, L2C* ■ L1, L2 P(Y) ■ L1, L2 M-Code ■ L5 Third Civil** ■ Design Life <ul style="list-style-type: none"> ■ 12 Years ■ 10 Year MMD
---	---	---

* L2 Second Civil signal design supports varying code length and data structure
 ** L5 Third Civil signal design provides better jamming resistance than P(Y)-code

圖 2-3 GPS Block IIF 型衛星現代化訊號內容示意圖

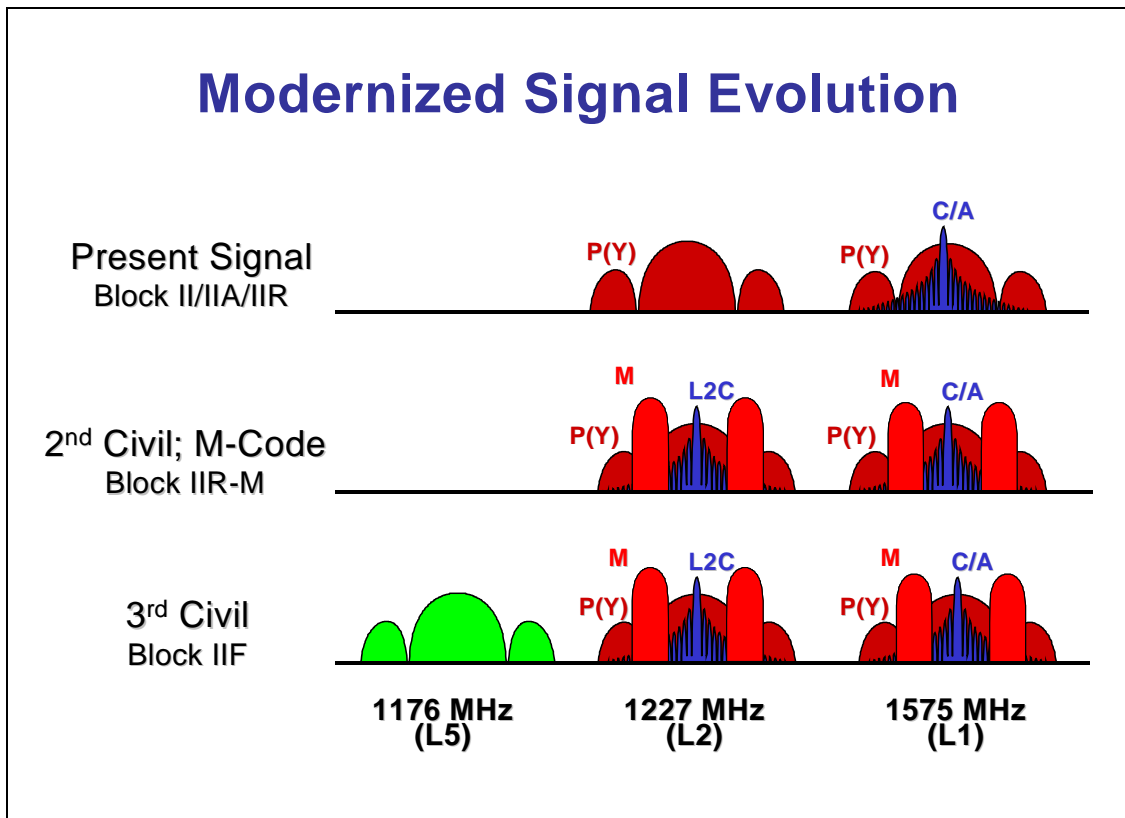


圖 2-4 GPS 現代化之各階段訊號示意圖

第二節 GPS 衛星測量方法

由於 GPS 全球定位系統具有全球地面連續覆蓋、即時定位速度快、抗干擾性能好，保密性強、同時多數使用者的需求、即時空間定位、高精度測定速度和位置等特色及功能，所以被引進在測量作業上使用，GPS 定位技術的高度自動化和所達到的定位精度及其潛力使廣大測量工作者產生了極大的興趣，相對於傳統的測量技術，GPS 定位測量技術具有觀測站之間無須通視、定位精度高、觀測時間短、提供三維坐標、操作簡便、全天候作業及經濟效益高等特點[曾清涼，1999]。

大體上，GPS 衛星測量方法可分為靜態測量及動態測量兩大類。根據載波相位的基本觀測理論、儀器性能、觀測時間長短、衍生的應用解法及其定位精度，可將 GPS 衛星測量方法簡單歸納並分類如下圖 2-5[曾清涼，1997；朱森等，1997]。

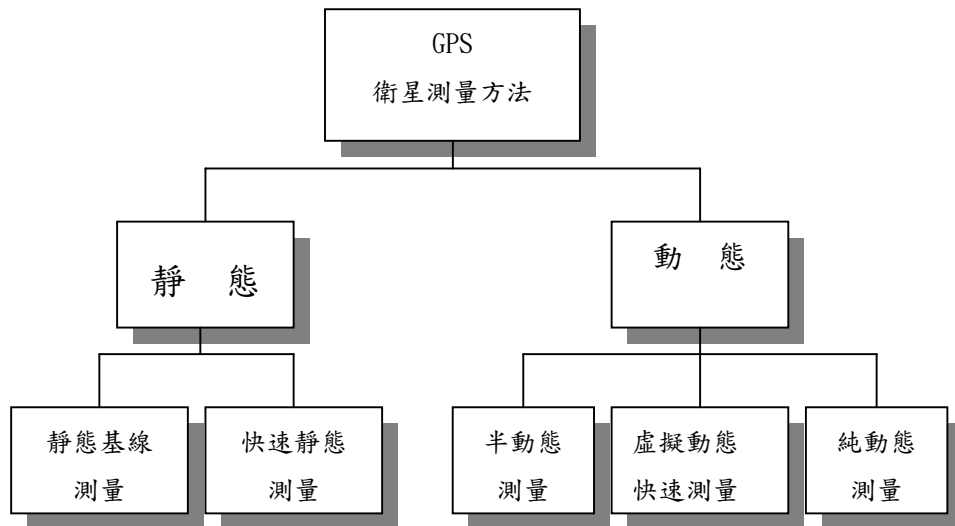


圖 2-5 GPS 衛星測量方法分類[曾清涼, 1999]

目前 GPS 靜態測量大都應用在控制測量方面，需要較長的觀測時間及內業資料計算的時間，而即時動態測量只需在點位上停留數秒至數分鐘，就可即時解算點位坐標，可有效地提昇 GPS 測量的效率。

其中快速靜態測量方法同靜態測量，但點位觀測時間縮短到 8~20 分鐘以內（依據接收衛星數目不同而異），如此已足夠進行基線的求解，不同處在於求解方式的差異。此法，接收儀在移動站轉站時，不必保持對所觀測衛星的連續追蹤，且測點迅速、精度高，適合於短邊長（如 5 公里以內）控制測量、加密測量、導線測量、細部點位測量及界址測量，測量作業方式如下圖 2-6 所示（以鹿草測試區為例），實際作業說明如下，吾人僅需使用兩組儀器，一組架設於主站上（GC08），另一組則視為移動站，逐一觀測其餘點位（含已知點及新設點位），如 Q162、Q178、GC01、GC02……等等點位，即可獲取新設點位坐標成果（但單站成果得精度及可靠度均須再加以研商）。由於快速靜態測量作業方式具有作業時間短、快速移動的功能，固定主站在觀測過程中並不關機，而持續接收訊號，所有移動站皆獨立作業，所有點位的觀測量都將與固定主站形成基線解。

GPS 衛星測量方法是按『接收儀在點位上停留測量的時間長短』來區分的，其作業方法、觀測時間、測量精度、儀器性能均不相同，現摘要敘述如下表 2-1。在各測量方法的選擇上，有關的測量用接收儀，均已針對各種測量類型，設計操作選項，以及輸

入必要的數據。單頻儀器至少可以施測靜態、虛擬動態與半動態三種測法，唯有雙頻儀器可以進行快速靜態測法，若能有 P1、P2 電碼則更佳。雙頻儀器若配合無線電或 GSM 手機等通訊設備，可發展成為即時動態測量 (RTK)。

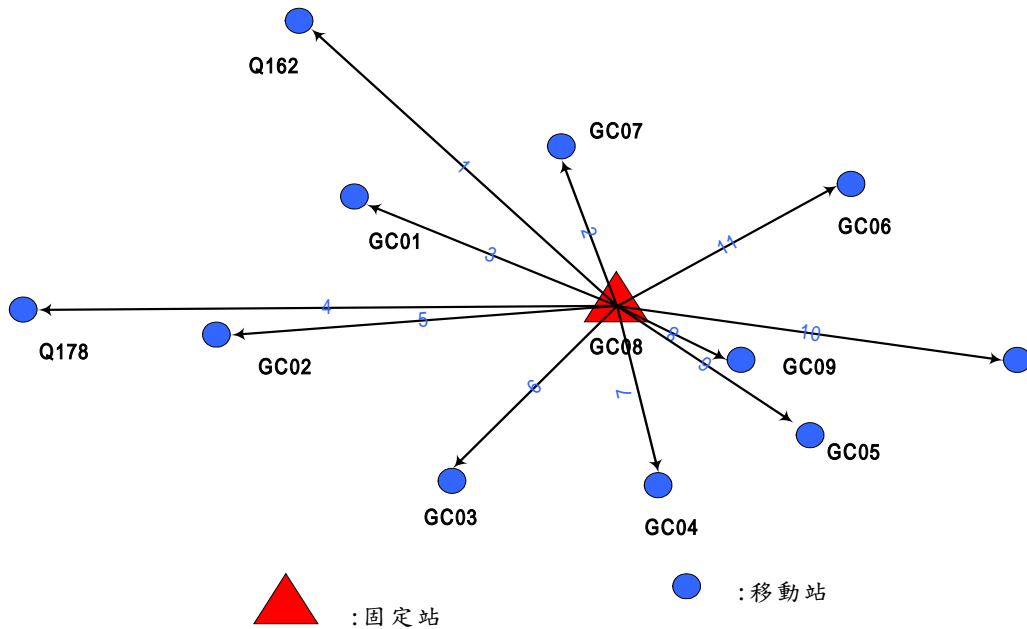


圖 2-6 快速靜態基線測量方法示意圖

表 2-1 GPS 衛星測量方法觀測時間及精度表[楊名，1997]

測量方法	觀測時間	精 度	儀器所需性能
靜態	至少需要 30 分鐘，常採用 2~4 小時觀測	1/200000~1/10000000 (5~0.1PPM)	單、雙頻均可
快速靜態	需 5~20 分鐘，視基線長短與衛星幾何分佈狀況而定	1/100000~1/1000000 (10~1PPM)	需雙頻 L1 與 L2 整波長
虛擬動態	需重覆擺站兩次，間隔一小時，每次 3~5 分鐘	1/50000~1/500000 (20~2PPM)	單、雙頻均可
半動態	可短於 0.3 分鐘	1/100000~1/500000 (10~2PPM)	單、雙頻均可
即時動態	10 秒鐘以內(一般)	1/50000~1/500000 (20~2PPM)	需雙頻資料與通訊設備

第三節 GPS 快速靜態解算原理

短基線的 GPS 相對定位測量，精度的好壞主要在於是否能求得週波未定值，因為二次差的方程式中有基線向量及週波未定值兩群未知數待求解，則在聯合多個時刻及多測站的觀測方程式中，將會與另一群未知參數、點位坐標發生統計上之高相關的現象，使求解增加困難。為降低這兩群未知數之間的高相關性，遂得有賴於更多顆衛星的多餘觀測以改善法方程式係數矩陣之劣態性質，但因同時可觀測到的衛星顆數有限，因此只好持續觀測以等待衛星幾何結構有明顯的改變為止。GPS 衛星繞地球週期約為 12 小時，因此若持續觀測 1 小時，則相當於衛星已經在上空移動了 30° 。若以觀測 4 顆衛星持續 1 小時為例，則就衛星分佈之幾何結構而言，實質上相當於觀測了 8 顆衛星，而又因為是持續觀測，若無週波脫落發生，那麼持續 1 小時的觀測並沒有增加任何未知數，這就可見其多餘觀測補強法方程式係數矩陣之效力了，這時在聯合求解基線向量及週波未定值參數自然就很容易，這也就是為什麼靜態基線測量要持續觀測半小時以上的道理，及虛擬動態快速測量之兩次重覆擺站相隔要 1 小時的道理所在。唯獨半動態快速測量不必要，仍因其 N 值在初始基線時已經先求解出來了，往後則係固定該 N 值，僅計算基線向量之三個分量而已，這除了未知數個數減少之外，高相關的問題亦不復存在，故可在極短的數秒之間獲得求解。

由上述分析可知只要 N 值能夠分離而獨立求解，那麼基線向量的求解就不必要有持續很長的觀測時間不可，而可利用短暫時間的觀測量來求得。因此靜態快速測量的主要理論，遂可專注於週波未定值的如何快速求解了。因為能獨立分開來快速求解出週波未定值，就能立即求解出基線的三個坐標分量來，文獻中常見求解週波未定值的方法約可分為三類：即寬巷法(Widelane)、未定值函數法(Ambiguity Function Method, AFM)及整數搜尋法(Integer Search) [楊晉添，1993]。

1. 寬巷法：

利用 L1、L2 載波相位觀測量的組合形成寬巷觀測量，再加上 P1、P2 電碼觀測量以輔助求解寬巷之週波未定值，然後再反求 L1 週波未定值 [Wübbena, 1985; Blewitt, 1989; Wellenhof, 1992]。而 Goad 在其文獻中 [Goad, 1992] 更進一步導出只要有 P1 或 P2 來

配合 L1、L2 之寬巷觀測量即可求解寬巷之週波未定值，然後再求 L1 之週波未定值。

2. 未定值函數法

對包含待求點位坐標真值之一定立方體範圍內坐標真值可能存在的各網格點逐一作搜尋，俾找到可能解之所在。這種方法因為係對立方體作搜尋，故亦稱“體積搜尋法”(Volume Search Method)[Counselman and Gourevitch, 1981; Remondi, 1984; Mader, 1992]，由 Counselman and Gourevitch 於 1981 年提出，後來 Remondi 於 1984 年將其應用於 GPS 觀測量之求解。

未定值函數法簡稱 AFM，其函數定義為：

$$A(X, Y, Z) = \sum_{K=1}^K \sum_{j=1}^j \sum_{l=1}^2 \cos[2\pi [\phi_{\text{obs}}^{kjl}(X_0, Y_0, Z_0) - \phi_{\text{calc}}^{kjl}(X, Y, Z)]]$$

其中

$A(X, Y, Z)$ ：未定值函數

ϕ_{obs}^{kjl} ：為待求點相位觀測之二次差相位值

ϕ_{calc}^{kjl} ：為待求點相位觀測之二次差相位計算值

(X_0, Y_0, Z_0) ：為正確之坐標值

(X, Y, Z) ：為計算之坐標值

j ：衛星數

k ：所觀測之時刻(epoch)

l ：L1 及 L2 之頻率

以此法求解基線時一般係將整個搜尋立方體細分至一個個 2 公分×2 公分×2 公分或其它邊長的小立方體，每個小立方體的角落都視為可能的正確待求點位坐標，參考下圖，圖中 A 為主站，B

為待求點位近似坐標，包含此近似坐標 B 的立方體為此法之搜尋空間，其中網格點為可能的正確待求點位坐標。

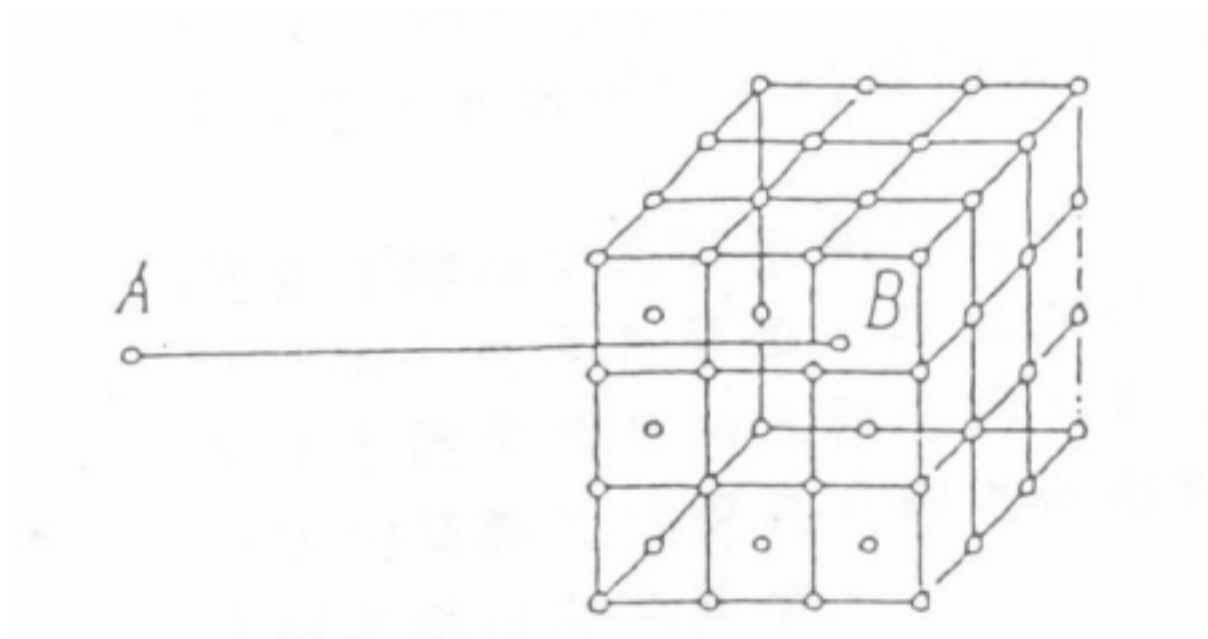


圖 2-7 搜尋空間網格圖

3. 整數搜尋法

對基線向量解之點位真值的相當範圍內(例如 3m 或 2m)，可能之週波未定值的所有組合以最小二乘法的方式逐一作搜尋。根據文獻[Hatch, 1986]內敘述載波相位週波在空間交會的精神，如圖 7-13 所示，僅需搜尋週波未定值所在之空間交會點位，則搜集的間隔遂為相位觀測之載波波長為單位(例如 L1 為 19 公分)，其搜尋範圍廣，故基線解之點位近似值只要在 1~2m 即可，若採用雙頻儀器組合之寬巷觀測量 L5，則因寬巷之波長為 86 公分，故搜尋點數可減少甚多。以 86 公分的方格點為搜尋對象，顯然較未定值函數法之 2 公分方格來得快而且效率高。

整數搜尋法之特點如下：

優點：快速求解週波未定值(快速靜態)。可以應用於“純動態”測量(精密導航)。充份使用週波未定值是“整數”的特性。

缺點：長基線時對系統誤差極敏感(未考慮電離層延遲的影響多路徑的效應)。越多衛星，其“交會”的結果越佳，但是由於衛星數目不多且觀測量之間屬於高相關，利用 GPS/GLONASS 整合系統應可提供較好之結果。

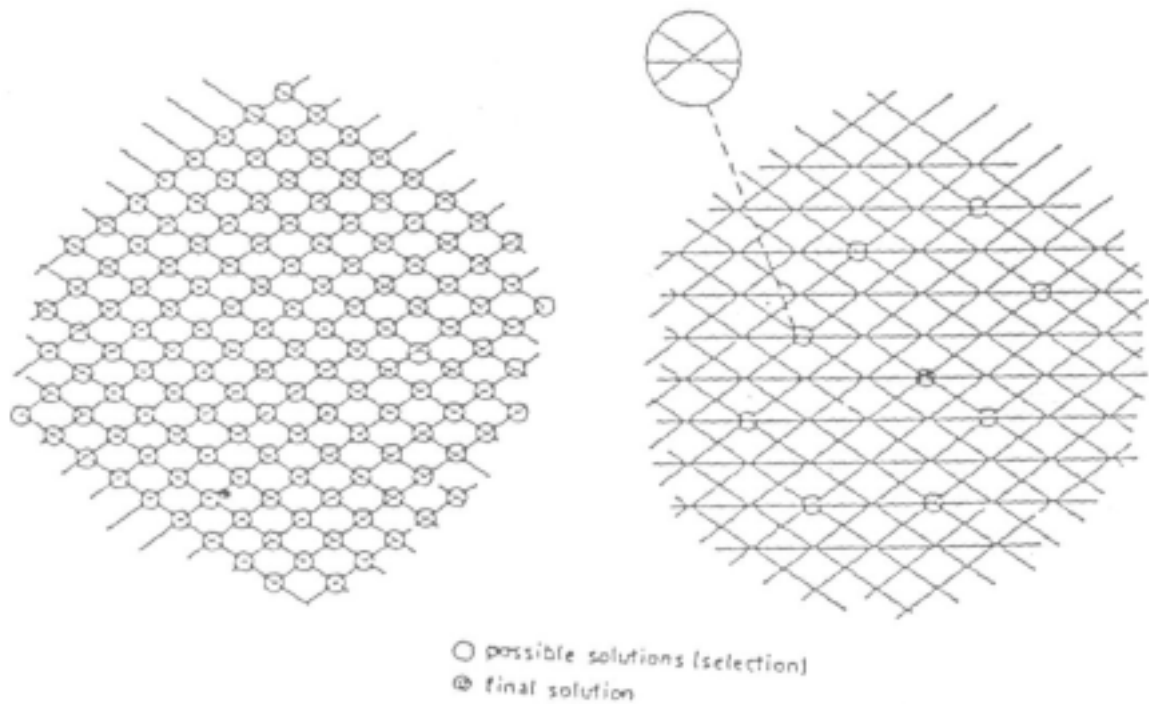


圖 2-8 整數搜尋法空間交會示意圖

第四節 GPS 辦理四等控制測量誤差

GPS 定位由於觀測高度自動化，觀測過程中人為介入因素較少，但仍應對各種可能誤差來源及其影響充份了解，於觀測過程或後續處理中消除或降低其對最後成果之影響：

(一) 和衛星有關的誤差

1. 衛星軌道誤差：廣播星曆、精密星曆或其它軌道資訊所給出的衛星位置和實際位置之間的差異。星曆誤差對基線的影響約為 $0.5\text{ppm} \sim 0.002\text{ppm}$ 。如下表 2-2。
2. 衛星時錶的誤差：衛星上使用的原子鐘和理想的 GPS 時之間仍有 1ms 以內的誤差，其所引起的衛星到接收器距離的誤差約為 300km 。經過鐘錶差的模式改正後，各衛星鐘錶間的不同步誤差可以維持 20ns 以內，由此所引起的衛星到接收器距離的誤差約 6m 。在相對定位測量中透過差分方法加以消除。

表 2-2 網路上可擷取 GPS 星曆資料

軌道型式	中誤差	時效性	資料間隔	更新頻率
廣播星曆	2.00 m	即時	daily	****
IGU 星曆(半預估)	0.10 m	即時	15min	每天四次
IGU 星曆(半觀測)	< 0.05 m	3 小時以後	15min	每天四次
IGR 快速星曆	< 0.05 m	17 小時以後	15min	每天
IGS 精密星曆	< 0.05 m	13 天以後	15min	每週

資料來源：<http://igsceb.jpl.nasa.gov/>

(二) 與訊號傳播有關的誤差

1. 電離層折射：衛星訊號通過電離層時傳播速度延遲。大約可以引起衛星到接收器距離的誤差在 30m 到 150m 間。在相位差分定位中，可藉由雙頻觀測量的線性組合加以消除；僅有單頻接收機的用戶，則以電離層模式減低其影響。
2. 對流層折射：衛星訊號通過對流層時傳播速度延遲，大約可以引起衛星到接收器距離的誤差 2.3m 到 30m，是目前對 GPS 定位精度影響最重要的因素。可以利用差分觀測減低其影響、或使用對流層模式、或引入描述對流層影響的附加參數，在數據處理一併求解。
3. 多重路徑效應：GPS 天線除了直接收到衛星的訊號外，還可收到經圍物體反射的衛星訊號，使得相位產生偏移。它非常的複雜而難以控制，可能會使得衛星到接收器距離的誤差數公分到 10m，嚴重者會導致訊號失鎖。減低其影響的方法有：選擇適宜且屏障良好的接收器，安置天線的週遭環境應避免較強的反射面。

(三) 與觀測有關的誤差

1. 觀測誤差：根據經驗，觀測的分辨誤差約為訊號波長的 1%。觀測誤差屬於偶然性質的誤差，適當的增加觀測量會提高觀測精度，詳如下表 2-3。
2. 接收器的鐘錶誤差：GPS 接收器石英鐘若其與衛星鐘之間的同步誤差為 $1\mu\text{s}$ ，則可引起接收器到衛星間的距誤差約 300m。一般處理接收器的鐘錶誤差的方式是視其

為待定參數於平差時一併求解，也可以差分觀測的方法消除其影響。

3. 天線的相位中心：在 GPS 測量中，觀測值是以天線的相位中心的位置為準，實際上天線的相位中心會隨著輸入訊號強弱、方向不同而改變，因天線性能好壞可達數 mm 到數 cm。若使用同一類型 GPS 天線，且各觀測站的天線利用所附的方位標定向，於短基線可以差分法降低其影響。
4. 天線定心、定平誤差、儀器高量測誤差。

表 2-3 GPS 的預估觀測精度

訊號	波長	預估觀測誤差
P 碼	29.3 m	0.3 m
C/A 碼	293 m	2.9 m
L_1 載波	19.05 cm	2.0 mm
L_2 載波	24.45 cm	2.5 mm

(四) 與上級已知點有關誤差

1. 已知點測設誤差：辦理控制測量成果精度除與觀測量作業方法與使用儀器有關外，另一無法避免的因素就是已知點誤差，任何上級已知點在測設計算完竣後，後續相關點位強制套合至該系統上即需承受該已知坐標系統存在的點位精度。
2. 上級控制點點位變異：台灣地區位於歐亞大陸板塊聚合處，相對於澎湖白沙追蹤站 (S01R，中央研究院設置) 而言，每年有不等量的位移情形，倘上級已知點成果公告時間與重測區測設時間已有若干時間差，則須考量已知點變異情形。

第三章 台灣地區控制測量作業規範

第一節 控制點坐標系統現況

控制測量為一切測量作業之基礎與依據。台灣地區目前存在三種控制測量成果，分述如下：

1. 地籍坐標系統：係指由台中市中山公園內之 89 號主三角點起算，用平面直角座標方法推展之地籍、水利及農林機構測量成果。該項成果內政部於民國五十九年與陸地測量系統統一改算，並公布「臺灣省三角點成果表」供後續應用。目前圖解地籍圖數值化辦理區域多屬本坐標系統。前述陸地（軍方）測量系統，係以南投埔里虎子山之一等天文點為原點，按大地測量方法一、二、三、四等施測，並計算點之大地位置（經緯度及方位角）。
2. TWD67 坐標系統：內政部有鑑於舊地籍控制點損壞及遺失率嚴重，為增進土地效用，並重新地籍整理，遂於民國六十五年辦理臺灣地區三角點檢測暨平差計算並連測澎湖地區，於民國六十九年完成並編製公布「臺灣地區三角點成果表」。該系統採用之測量基準如下：
 - (1) 參考橢圓體採用 1967 年國際地球原子，其數值為：
長半徑： $a = 6378160$ 公尺
短半徑： $b = 6356774.7192$ 公尺
扁率： $f = 1/298.25$
 - (2) 大地基準點以南投縣埔里鎮之虎子山一等三角點起算：
經度 $\lambda = 120^{\circ}58'25.975''$ E
緯度 $\varphi = 23^{\circ}58'32.340''$ N
對頭拒山之方位角 $\alpha = 323^{\circ}57'23.135''$
 - (3) 地圖投影：採用橫梅氏投影經差二度分帶
3. TWD97 坐標系統：內政部鑑於六十九年檢測之控制點遺失、毀損情形嚴重，各單位因業務需要，零星補建，缺乏整體規劃，且精度不一。故為建立完整、統一、高精度之基本控制點系統，自民國八十二年度起應用高精度全球定位系統（Global Position System, GPS）迄八十六年止共建立八個衛星追蹤站及 105 個一等衛星點及 622

個二等衛星點，以供各界應用。該系統定名為一九九七台灣地區大地基準，簡稱 TWD97，採用之測量基準如下：

- (1) 採用國際地球參考框架 (International Terrestrial Reference Frame，簡稱 ITRF)。ITRF 為利用全球測站網之觀測資料成果推算所得之地心坐標系統，其方位採國際時間局 (Bureau International de l'Heure 簡稱 BIH) 定義在 1984.0 時刻之方位。
- (2) 參考橢球體採用 1980 年國際大地測量學與地球物理學協會 (International Union of Geodesy and geophysics 簡稱 IUGG) 公布之參考橢球體 (GRS80)，其橢球參數如下：
長半徑： $a = 6378137$ 公尺
扁率： $f = 1/298.257222101$
- (3) 地圖投影：採用橫梅氏投影經差二度分帶

地籍坐標系統及 TWD67 坐標系統因早期測量技術及點位遺失率等因素影響，於進行後續加密控制測量時，常發現較大之網形張力，影響成果精度。且民國八十八年九二一大地震後，中部地區三角點多已位移，無法再提供應用【內政部土地測量局，2003，九二一集集大地震測量實錄】，內政部遂以九十年五月二日台(九十)內地字第九〇六〇八五六號令明定地籍測量實施規則之測量基準採用 TWD97 系統。

本局自八十四年度起辦理台灣省三等控制點補建新建作業，至九十二年將全部完成，提供平地二公里、山區三至八公里間距之高精度基本控制點，總數約四千二百點，成果均已採 TWD97(原採 TWD67 部分亦已改算)系統。

第二節 內政部衛星追蹤站

按地籍測量實施規則第十一條：「衛星測量定位測量應由中央主管機關設置衛星追蹤站，做為國家坐標系統及一等衛星控制測量之依據。」所明訂，故內政部於台灣地區設置八個衛星追蹤站。衛星追蹤站為一全天候二十四小時連續觀測衛星訊號之無人接收站，由於其接收之衛星資料豐富，追蹤站本身坐標經年累月每日

重複計算，精度極高可做為衛星控制點測量之基準。衛星追蹤站主要結構可分為儀器房、天線柱及氣象箱等三部分。如下圖 3-1：

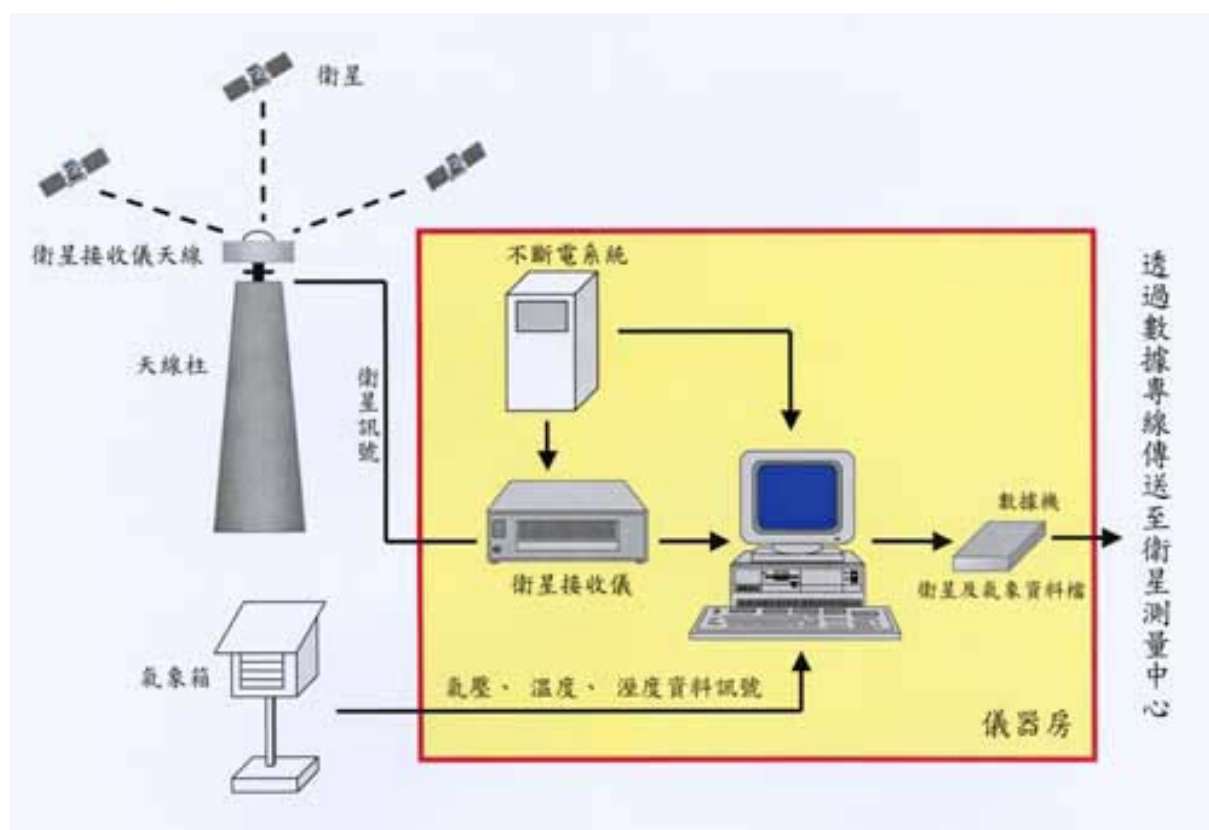


圖 3-1：衛星追蹤站主要結構圖

內政部所設置衛星追蹤站之功能如下：

一、做為一、二等衛星控制點施測時之最高等控制：

衛星追蹤站為一全天候二十四小時連續觀測之無人接收站，故其本身資料來源非常充足，可非常準確計算出站址位置。在一、二等衛星控制點施測時，追蹤站亦同時觀測，因此可利用追蹤站之準確位置與接收之衛星資料聯合計算，作為控制並加強衛星控制點成果精度，達到國家基準精度之要求。

二、可求得台灣地區相對於地球質量中心絕對位置：

台灣地區使用之坐標系均非絕對坐標〔例如：TM 二度分帶、三度分帶及六度分帶坐標均為相對於虎子山之坐標，而地籍坐標則相對於台中公園之坐標〕，內政部設立之追蹤站與國際追蹤站聯測，透過聯測資料，可精確求得追蹤站絕對坐標。

三、計算衛星在天空中飛行之精密軌道坐標：

目前由衛星傳送至地面之廣播星曆〔計算衛星軌道坐標用〕是屬於預估性星曆，其計算出之衛星位置精確度差，無法滿足高精度測量上之需求。藉由八個衛星追蹤站本身已知之精確位置，可反算衛星軌道坐標，製作精密星曆，以取代較差之廣播星曆，提供各界使用。

四、可全天候 24 小時連續不斷提供八個衛星追蹤站資料供各界使用：

因衛星追蹤站進行全天候觀測，對實施衛星定位測量之使用單位，就像是多了八個有精確坐標之接收儀配合同時進行測量，如此不但可幫助各使用單位提升精度，且儀器數目、工作成本皆可降低。

第三節 一、二等衛星控制點

按地籍測量實施規則第十二條：「一、二等基本控制測量，由中央主管機關辦理。」所明訂，故內政部自民國八十二年度為建立完整、統一、高精度之衛星控制點系統經參酌傳統三角點及中央研究院現有衛星點，並配合網形分布及點位實用性，計建立一等衛星控制點 105 點及二等衛星控制點 621 點。

一等衛星控制點平差成果於緯度、經度及高程方面之標準誤差平均值分別為 ± 0.3 公分、 ± 0.6 公分、 ± 2.0 公分；二等衛星控制點平差成果於緯度、經度及高程方面之標準誤差平均值分別為 ± 1.1 公分、 ± 1.1 公分、 ± 2.7 公分，另南沙地區二等衛星控制點平差成果於緯度、經度及高程方面之標準誤差平均值分別為 ± 1.0 公分、 ± 1.2 公分、 ± 2.6 公分。

至於一、二等衛星控制點之精度規範如表 3-1：

表 3-1：一、二等衛星控制點之精度規範

項 目		等 級	一等衛星控制點	二等衛星控制點
星曆	使用之星曆		精密星曆	精密星曆或廣播星曆
圖 形 閉 合 差	閉合圈之基線源自不同觀測時間數		≥ 3	≥ 3
	閉合圈中獨立觀測之基線數		≥ 2	≥ 2
	各閉合圈中之基線數		≤ 6	≤ 6
	閉合圈總邊長 (km)		≤ 500	≤ 300
	可剔除之基線數目佔總獨立基線數比例		$\leq 5\%$	$\leq 15\%$
	各分量之閉合差(ΔX , ΔY , ΔZ) (公分)		≤ 15	≤ 25
	各分量之閉合差(ΔX , ΔY , ΔZ)對閉合圈總邊長之比數 (ppm)		≤ 2.5	≤ 5
	全系各分量之平均閉合差(ΔX , ΔY , ΔZ)對閉合圈總邊長之比數 (ppm)		≤ 1.8	≤ 3.5
基線重複性	重複觀測基線水平分量之差值		$\leq (10\text{mm}+2\text{ppm})$	$\leq (20\text{mm}+4\text{ppm})$
	重複觀測基線垂直分量之差值		$\leq (25\text{mm}+5\text{ppm})$	$\leq (50\text{mm}+10\text{ppm})$
成果精度	邊長標準誤差		$\leq (5\text{mm}+1\text{ppm})$	$\leq (10\text{mm}+2\text{ppm})$
	95% 信心區間		$\leq (10\text{mm}+2\text{ppm})$	$\leq (20\text{mm}+4\text{ppm})$

第三節 三等衛星控制點

按地籍測量實施規則第十二條：「．．．三等、四等基本控制測量，由中央、直轄市測量機關辦理，並以直轄市、縣（市）為實施區域，必要時，得將相鄰區域合併舉辦。」所明訂，故本局自八十四年度起辦理台灣省三等控制點補建新建作業，至 92 年度全省全部完成，提供平地 2 公里、山區 3 至 8 公里間距之高精度基本控制點，合計總補建、新建點數為 4,710 點。其實施效益為：

- 一、整體規劃測設控制點，提昇控制測量成果之一致性。
- 二、補建、新建三等控制點，點位密度方便日後引用。
- 三、建立「控制點資料庫管理系統」統一管理測量成果，提供各界查詢引用達到資源共享之目的，進而奠定國土地理資訊系統之基礎。
- 四、美化控制點並加強宣導保護控制點觀念，達到點位永久保存之目的。

臺閩地區各縣市辦理三等控制點補建新建成果如附圖 3-2。鑑於臺灣地區三等控制點補建、新建作業 92 年度全面辦理完成，新的國家基本控制測量框架已建立完成，為有效管理各級基本控制點，配合內政部一、二等衛星控制點、水準點及重力點檢測，辦理三等控制點檢測作業，以維護完整且高精度的國家坐標系統。本局配合內政部「國家基本測量發展計畫」自 93 年度起至 97 年度止，計分五年辦理「臺閩地區三等控制點管理維護」計畫，預計完成臺灣地區三等控制點及三等控制點補建、新建作業中連測之各級三角點，辦理範圍以縣市為實施單位，並將相鄰縣市合併辦理為原則。

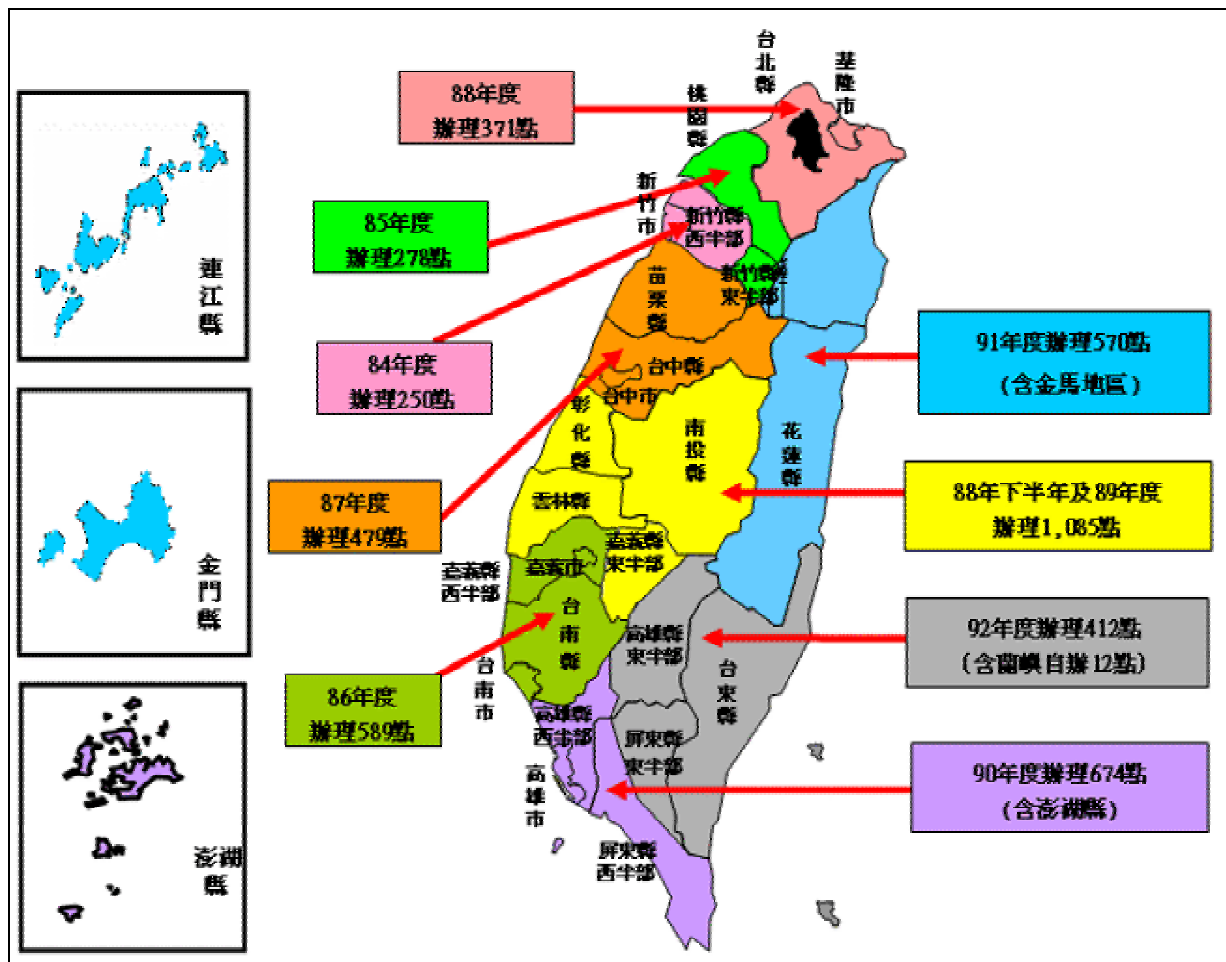


圖 3-2：臺閩地區各縣市辦理三等控制點補建新建成果圖

至於其作業規定及精度需求如表 3-2，且 GPS 網形觀測採蛙跳式，即兩觀測時段間至少有二點(一條基線)重覆；另已知三角點與適當數目之外圍待測點位連接為原則，而對快速靜態測量特別規訂限使用可接收雙頻載波相位之接收儀，對採用快速靜態測量辦理時，網形規劃及計算處理未有詳細作業規範。

表 3-2：三等衛星控制測量之作業規定與精度需求表

項 目/作業規定與精度需求		靜態測量			快速靜態測量	
(一)最少觀測時間	基線距離(公里)	<5	5~10	>10		
	時 間(分)	≥60	≥60	≥90	8~20	
(二)所有接收儀最少的連續且同步觀測時間(分)		45			5	
(三)資料記錄速率(秒)		15			5	
(四)點位遮蔽仰角最大值(度)		40			40	
(五)點位精度因子(PDOP)最大值		10			7	
(六)已知點個數	至少需選擇三個(含)以上檢測無誤，且適當分佈於測區外圍之平面控制點					
	至少需選擇四個(含)以上檢測無誤，且均於分佈於測區之高程控制點					
(七)固定站 WGS84 坐標精度		25M 以內				
(八)衛星分佈狀況		至少分佈於三個象限以上				
(九) GPS 網形 重覆 觀測	測站最少重覆觀測率	1.新點		20%		
		2.已知高程點		25%		
		3.已知平控點		10%		
	不同時段最少共同測站數	2 個				
	不同時段最少基線重覆觀測率	5%				
(十) GPS 基線 計算 精度	閉 合 差 分 析	閉合圈中最少獨立基線數			2(條)	
		每個閉合圈中最多之基線數			15(條)	
		閉合圈長度之最大值			50(公里)	
		基線不符合率			40(%)	
		各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)之最大之閉合差			80/100(公分/ppm)	
		各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)之平均閉合差			50(ppm)	
		同一時段內各基線分量閉合差			3(ppm)	
	基 線 重 覆 性	基線長最大值			20(公里)	
		各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)重覆性之差值			50(ppm)	
		基線長重覆性			20(ppm)	

第四節 四等衛星控制點

臺灣地區社會經濟急速發展，土地高度開發，舉凡政府推行重大工程建設，均需先行辦理控制測量，以作為土地規劃參據，依地籍測量實施規則第二條及第十二條規定，四等控制測量係本局法定職掌業務，為維持國家坐標系統之一致性，本局除辦理每年度地籍圖重測之四等控制測量，也會接受各機關、團體委託辦理相關四等控制測量工作。為確保本局辦理四等控制點測量成果品質並制定統一作業標準，以提供作為後續各項測量引用，本局於93年7月研訂「內政部土地測量局辦理四等控制點衛星測量作業手冊」，以為作業人員有所遵循。

本局之控制測量作業均採靜態測量方式辦理，故該作業手冊僅規範靜態測量之相關作業精度如下表 3-4，爾後若有其他精進之 GPS 測量方法，其作業精度另訂之。

表 3-3：四等控制點衛星定位測量作業精度一覽表

項 目		作業規定與精度需求	
(一) 使用之星曆		精密星曆或廣播星曆	
(二) 觀測時間		≥ 60 (分)	
(三) 連續且同步觀測時間		≥ 45 (分)	
(四) 資料記錄速率		5(秒)	
(五) 點位精度因子(PDOP)最大值		≤ 10	
(六) 已知點個數		至少需選擇 3 個(含)以上檢測無誤，且適當分佈於測區外圍之平面控制點	
		至少需選擇 4 個(含)以上檢測無誤，且均於分佈於測區之高程控制點	
(七) 網形 重覆 觀測	新點重覆觀測率	$\geq 20\%$	
	已知高程點重覆觀測率	$\geq 25\%$	
	已知平控點重覆觀測率	$\geq 10\%$	
	不同時段共同測站數	≥ 2	
	不同時段基線重覆觀測率	$\geq 5\%$	
(八) 基 線 計 算 精 度	閉 合 差 分 析	每個閉合圈最少獨立基線數	≥ 2 (條)
		每個閉合圈最多獨立基線數	≤ 15 (條)
		閉合圈長度最大值	≤ 50 (公里)
		基線剔除率	≤ 40 (%)
		各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)之閉合差	≤ 80 公分
		各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)之平均閉合差對閉合圈總邊長之比數	≤ 7.5 ppm
		全系各分量(ΔX , ΔY , ΔZ)之平均閉合差對閉合圈總邊長之比數	≤ 5.5 ppm
	基線 重覆 性	重覆觀測基線水平分量之差值	$\leq (30\text{mm}+6\text{ppm})$
		重覆觀測基線垂直分量之差值	$\leq (75\text{mm}+15\text{ppm})$
	成果 精度	邊長標準誤差	$\leq (15\text{mm}+3\text{ppm})$
95%信心區間		$\leq (30\text{mm}+6\text{ppm})$	

第四章 研究方法與過程

第一節 測試區選取及外業辦理情形

目前四等控制測量工作，大量應用於地籍圖重測作業，每年約有 40-50 個重測區（包含土地測量局辦理及各縣政府辦理部分），新測設約 900-1000 個四等控制點，所需測設人力及設備的支出甚為鉅大。本研究因應地籍圖重測漸往郊區辦理、台灣地區地質及斷層活動等特性，選取下列三個測試區，其作業情形，分述如下：

- (一) 嘉義鹿草重測區：本區位於台灣本島西南部，已知點變動而言是屬於較整體較均勻穩定，地質上全新統沖積層組成。本實驗選取土地測量局辦理 93 年度嘉義縣鹿草重測區，該測區位於鹿草鄉四至天然界，東邊以大排水溝及外環道路為界（163 縣道）、西邊以外環道路為界。南邊以外環道路為界。北邊以灌溉水圳為界（詳如圖 4-1 重測區範圍示意圖）。本試驗區為前述典型重測區，漸往郊區且區內分散零星部落，整體仍以農地為主。本重測區原本四等控制測量作業於 92 年 10 月 27、28 日辦理外業觀測計畫，共計使用 8 部 GPS 衛星接收儀，動用 16 個人力，並依據本局地籍圖重測相關作業辦理選點、網形規劃、外業觀測及資料計算等作業，規劃 4 個觀測時段（時段規劃示意圖如圖 4-1），相關成果並已供 93 年度地籍圖重測後續測量作業使用且成果已於 93 年 10 月辦理公告完畢。本次作業係依據該重測區已完成點位使用 6 個三等控制點及新設 9 個四等控制點，吾人依據數量及位置選取 Q161、Q192、Q193（上開三點位於外圍）及 GC08（位於測區中間地帶）為主站，另將使用兩部 GPS 接收儀視為移動站，對於其他點位均加以觀測，共計使用 6 部儀器 12 位作業人員（時段規劃如表 4-1）。故除主站外，其他點位被不同儀器，在不同時間重複觀測過，大幅增加點位成果可靠度。另為分析不同主站位置或主站多寡造成果的影響，將分別採用一個主站（四種組合）、二個主站（六種組合）及三個主站（四

種組合) 等方式，以分析爾後主站擺設的位置及數量對移動站坐標成果之影響。

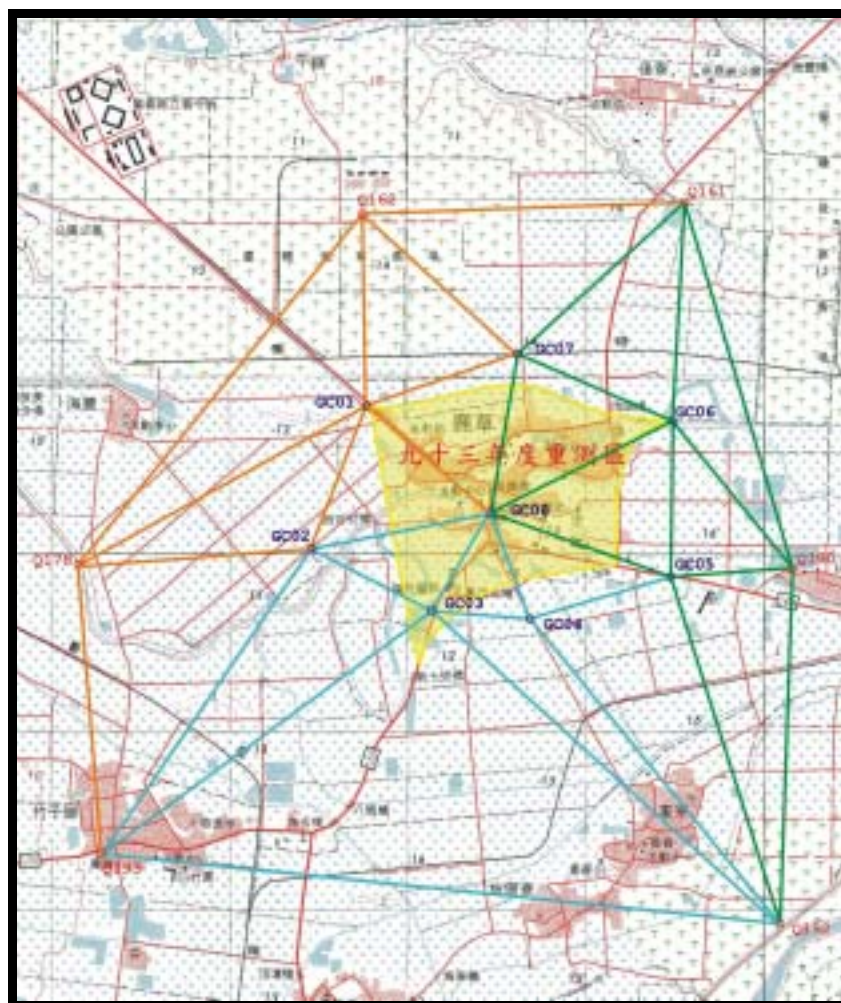


圖 4-1：鹿草重測區範圍示意圖及時段規劃圖

表 4-1 鹿草重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表

組別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組
觀測人員	陳俊廷	林長青	王慶濶	戴建生	詹政峰	陳龍輝
帶點人員	蔡鳳正	黃冬慶	蕭進村	林世賢	許陽碧	孫文欣
儀器編號	leica5	leica6	leica8	leica9	leica10	leica11
測點種類	移動站	移動站	固定站	固定站	固定站	固定站
測點 1	Q162	Q180	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 2	GC07	GC06	Q161	GC08	Q192	Q193

測點 3	GC01	GC05	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 4	Q178	GC09	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 5	GC02	GC04	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 6	GC03	GC03	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 7	GC04	GC02	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 8	GC05	GC01	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 9	Q180	Q178	Q161	GC08	Q192	Q193
測點 10	GC06	GC07	Q161	GC08	Q192	Q193

附註一：固定站觀測時間起：09:00 迄：12:30

附註二：移動站觀測時間 4 顆衛星：20MIN 5 顆衛星：12MIN 6 顆衛星：8MIN

附註三：移動站觀測量足夠後即自行移動至下一測點 作業日期：93-04-27

(二) 澎湖白沙重測區：本區位於台灣離島，為一火山玄武岩構成，在地質上屬中新統玄武岩，已知點間幾乎沒有變位情形存在。本重測區範圍四至天然界，東邊以海為界，西邊以天然段界及海為界，南邊以天然段界及道路（未登錄土地）為界，北邊以海。本測區位於白沙鄉赤崁村 除主要部落外多為荒廢農地，沿海區多係由農委會林務局所管理之保安林地，測區地形略有起伏 惟仍屬平坦地區，舊有農水路多數仍屬未登記土地。本重測區原本四等控制控制測量作業於 92 年 10 月 28、29 日辦理外業觀測計畫，共計使用 8 部 GPS 衛星接收儀，動用 16 個人力，並依據本局地籍圖重測相關作業辦理選點、網形規劃、外業觀測及資料計算等作業，規劃 10 個觀測時段（時段規劃示意圖如圖 4-2），相關成果並已供 93 度地籍圖重測後續測量作業使用且成果已於 93 年 10 月辦理公告完畢。本次作業係依據該重測區已完成點位使用 11 個三等控制點及新設 18 個四等控制點，吾人依據數量及位置選取 F029、X004、X009（上開三點位於外圍）及 F907（位於測區中間地帶）為主站，另將使用四部 GPS 接收儀視為移動站（分為兩群），對於其他點位均加以觀測，共計使用 8 部儀器 16 位作業人員（時段規劃如表 4-2）。故除主站外，其他點位被不同儀器，在不同時間重複觀測過，大幅增加點位成果可靠度。另

為分析不同主站位置或主站多寡造成果的影響，將分別分析採用一個主站（四種組合）、二個主站（六種組合）及三個主站（四種組合）等方式，以分析爾後主站擺設的位置及數量對移動站坐標成果之影響。

表 4-2 白沙重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表

組 別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組	第八組
觀測人員	黃智仁	何明修	邱明全	許陽碧	盧金秋	林春宏	謝進來	陳鴻政
帶點人員	溫明章	林發生	張芳正	林光華	宋榮貴		白朝元	
儀器編號	leica4	leica5	leica6	Leica7	leica8	leica9	leica10	leica11
測點種類	移動站	移動站	移動站	移動站	固定站	固定站	固定站	固定站
測點 1	F338	GA03	X020	GA01	F025	F907	X004	X009
測點 2	GA12	GA04	GA15	GA02	F025	F907	X004	X009
測點 3	X016	F338	GA18	X014	F025	F907	X004	X009
測點 4	GA13	GA12	GA17	GA06	F025	F907	X004	X009
測點 5	GA14	X016	GA16	GA08	F025	F907	X004	X009
測點 6	S334	GA13	X015	GA07	F025	F907	X004	X009
測點 7	GA09	GA14	GA08	GA16	F025	F907	X004	X009
測點 8	GA10	S334	GA07	X015	F025	F907	X004	X009
測點 9	GA05	GA09	GA06	GA17	F025	F907	X004	X009
測點 10	GA03	GA10	X014	GA15	F025	F907	X004	X009
測點 11	GA04	GA05	GA01	GA18	F025	F907	X004	X009
測點 12			GA02	X020	F025	F907	X004	X009

附註一：固定站觀測時間起：08:10 迄：12:30

附註二：移動站觀測時間 4 顆衛星：20MIN 5 顆衛星：12MIN 6 顆衛星：8MIN

附註三：移動站觀測量足夠後即自行移動至下一測點 作業日期：93-06-15



圖 4-2：白沙重測區範圍示意圖及時段規劃圖

- (三) 宜蘭五結重測區：本區位於台灣蘭陽平原，地質上為全新統沖積層組成，此區因受地殼變動影響，已知點變位情形嚴重。本重測區四至以天然界、縣辦重測區為界。東邊以太平洋及 93 年度縣辦重測區為界，西邊以五十二甲段（河流）段界為界，南邊以龍德段、成興段（93 年度縣辦重測區）為界，北邊以新水段、新（金鼎）段段界為界。本測區含利澤老街、養鴨中心、農地及部分五十二甲賞鳥區，測區地形平坦。本重測區原本四等控制測量作業於 92 年 10 月 14-17 日辦理外業觀測計畫，共計使用 8 部 GPS 衛星接收儀，動用 16 個人力，並依據本局地籍圖重測相關作業辦理選點、網形規劃、外業觀測及資料計算等作業，規劃 9 個觀測時段（時段規劃示意圖如圖 4-3），相關成果並已供 93 年度地籍圖重測後續測量作業使用且成果已於 93 年 10 月辦理公告完畢。本次作業係依據該重測區已完成點位使用 11 個三等控制點及新設 18 個四等控制

點，吾人依據數量及位置選取 GB01、N407、N718（上開三點位於外圍）及 GC05（位於測區中間地帶）為主站，另將使用四部 GPS 接收儀視為移動站（分為兩群），對於其他點位均加以觀測，共計使用 8 部儀器 16 位作業人員（時段規劃如表 4-3）。故除主站外，其他點位被不同儀器，在不同時間重複觀測過，大幅增加點位成果可靠度。另為分析不同主站位置或主站多寡造成成果的影響，將分別分析採用一個主站（四種組合）、二個主站（六種組合）及三個主站（四種組合）等方式，以分析爾後主站擺設的位置及數量對移動站坐標成果所造成之影響。

表 4-3 五結重測區快速靜態辦理四等控制測量觀測時段表

組別	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	第六組	第七組	第八組
觀測人員	陳俊廷	林長青	許陽碧	邱明全	游劉傳	林雲龍	許健一	許清福
帶點人員	林清濱	莊吳鏞	林志欽	謝治寰				
儀器編號	Trimble13	Trimble14	Trimble19	Trimble20	Trimble15	Trimble16	Trimble17	Trimble18
測點種類	移動站	移動站	移動站	移動站	固定站	固定站	固定站	固定站
測點 1	GB07	N912	GC08	2084	N718	N407	GB01	GC05
測點 2	GB06	G091	GC09	2085	N718	N407	GB01	GC05
測點 3	GB05	GB03	GC06	G075	N718	N407	GB01	GC05
測點 4	GB04	GB06	GC07	GC01	N718	N407	GB01	GC05
測點 5	GC13	GB05	GC02	GC08	N718	N407	GB01	GC05
測點 6	GC12	GB04	G084	GC09	N718	N407	GB01	GC05
測點 7	GC11	GC13	GC04	GC06	N718	N407	GB01	GC05
測點 8	GB02	GC12	GC03	GC07	N718	N407	GB01	GC05
測點 9	N949	GC11	2086	GC02	N718	N407	GB01	GC05
測點 10	X011	GB07	GC01	G084	N718	N407	GB01	GC05
測點 11	GC10	N949	G075	GC04	N718	N407	GB01	GC05
測點 12	GB03	GB02	2085	GC03	N718	N407	GB01	GC05
測點 13	G091	X011	2084	2086	N718	N407	GB01	GC05
測點 14	N912	GC10			N718	N407	GB01	GC05

附註一：固定站觀測時間起：08:20 迄：12:30

附註二：移動站觀測時間 4 顆衛星：20MIN 5 顆衛星：12MIN 6 顆衛星：8MIN

附註三：移動站觀測量足夠後即自行移動至下一測點 作業日期：93-06-29



圖 4-3：五結重測區範圍示意圖及時段規劃圖

第二節 資料處理流程

本次作業採用 TRIMBLE 公司發行之 GPSURVEY2.35 版計算軟體，因為部分測區使用 LEICA 公司 GPS500 型儀器，因此，先進行標準交換格式 (RINEX) 之輸出處理，同時將天線高化算至垂高。

基線計算所用之軟體及相關參數設定分述如下：

1. 採用 Trimble GPSurvey 2.35 版軟體，
2. 採用 IGS (International GPS Service for Geodynamics) 提供之 IGR 精密星曆，在測後約十七個小時上網取得。
3. 基線解算以可消除大部分的電離層遲滯影響觀測量之 L3 固定整數解(Iono free fixed)。
4. 採用 GPSurvey 2.35 版軟體內之 Hopfield 模式來改正對流層遲滯效應。
5. 資料篩選臨界值 (Edit 值) 設定為 3.0，即是針對 GPS 觀測量的品質，當觀測量經過雜訊過濾，大於 3 倍中誤差時，將其視為雜訊予以剔除。
6. 比率檢驗值 (Ratio 值) 設定最小為 3.0。

而整個 GPSurvey 2.35 版軟體解算基線的作業流程如下圖 4-4 所示。

基線處理係先行計算四個固定主站間全部的觀測時間及基線數目 (六條) 後，再分別依所參考固定主站計算相對於主站的基線，移動站間的基線即使有相同觀測時間仍不加以解算 (需兩個移動站以上才會發生此一狀況)，例如以鹿草重測區為例，第一移動站相對於固定主站 Q192，計算 10 條基線，詳如下圖 4-5，可大幅節省所需計算基線的數目，另固定二個、三個主站基線計算示意圖如下圖 4-6、4-7。

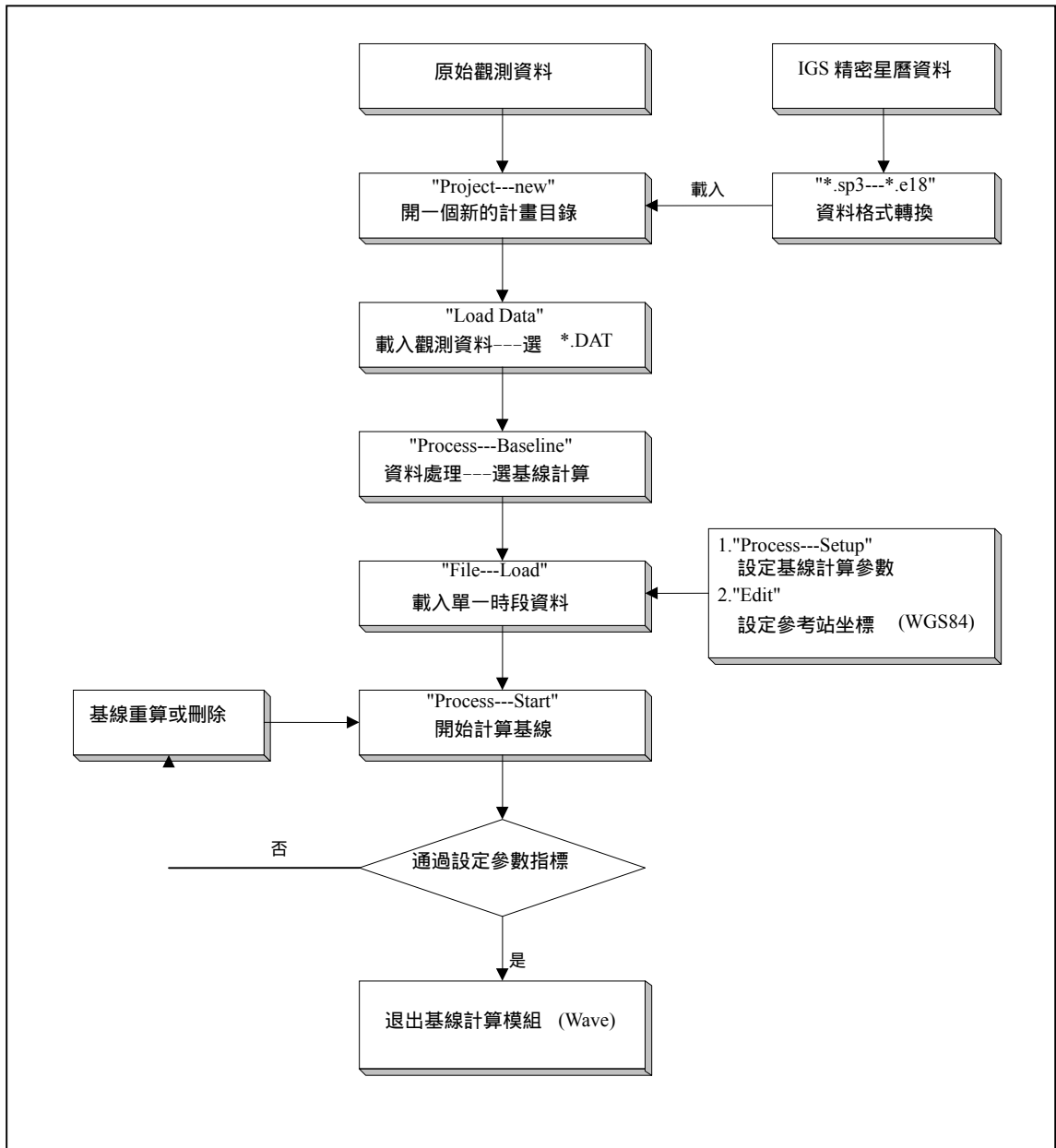


圖 4-4GPSurvey 基線資料處理流程

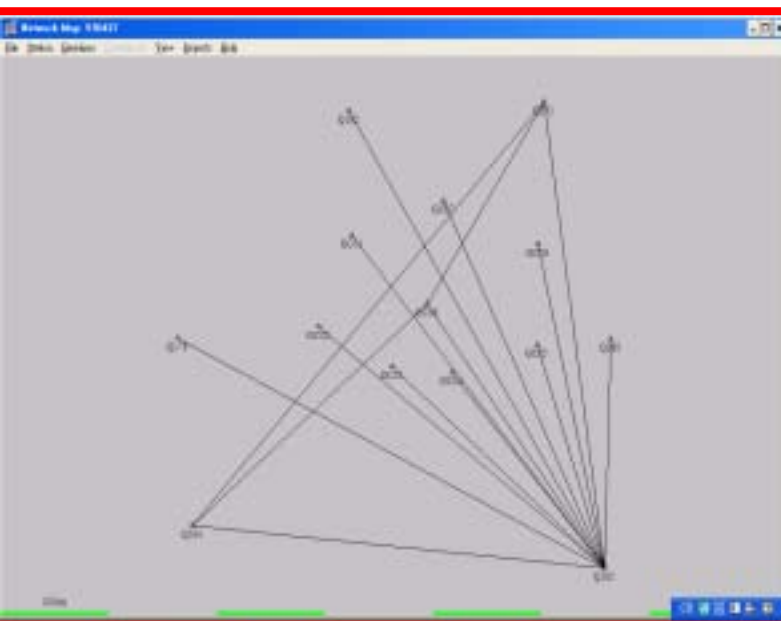
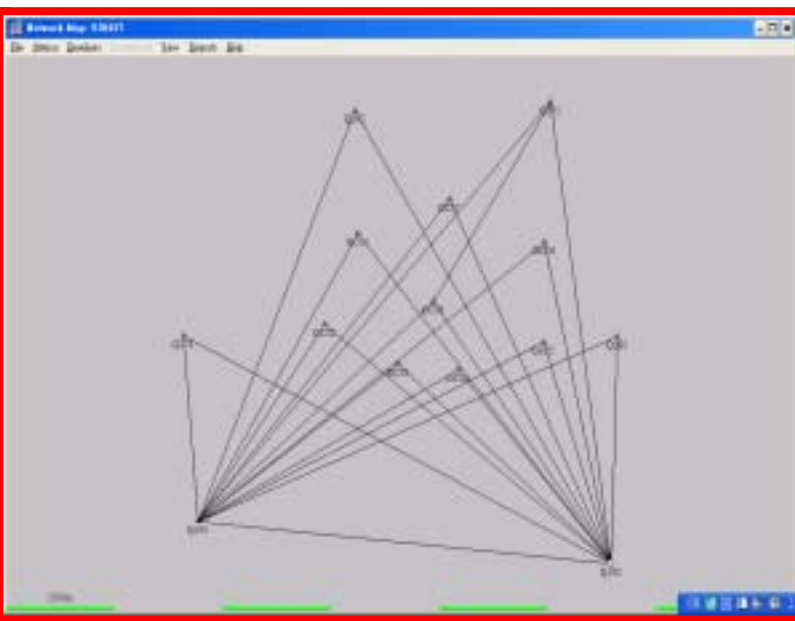


圖 4-5：固定單一主站基線處理示意圖



4-6：固定二個主站基線處理示意圖

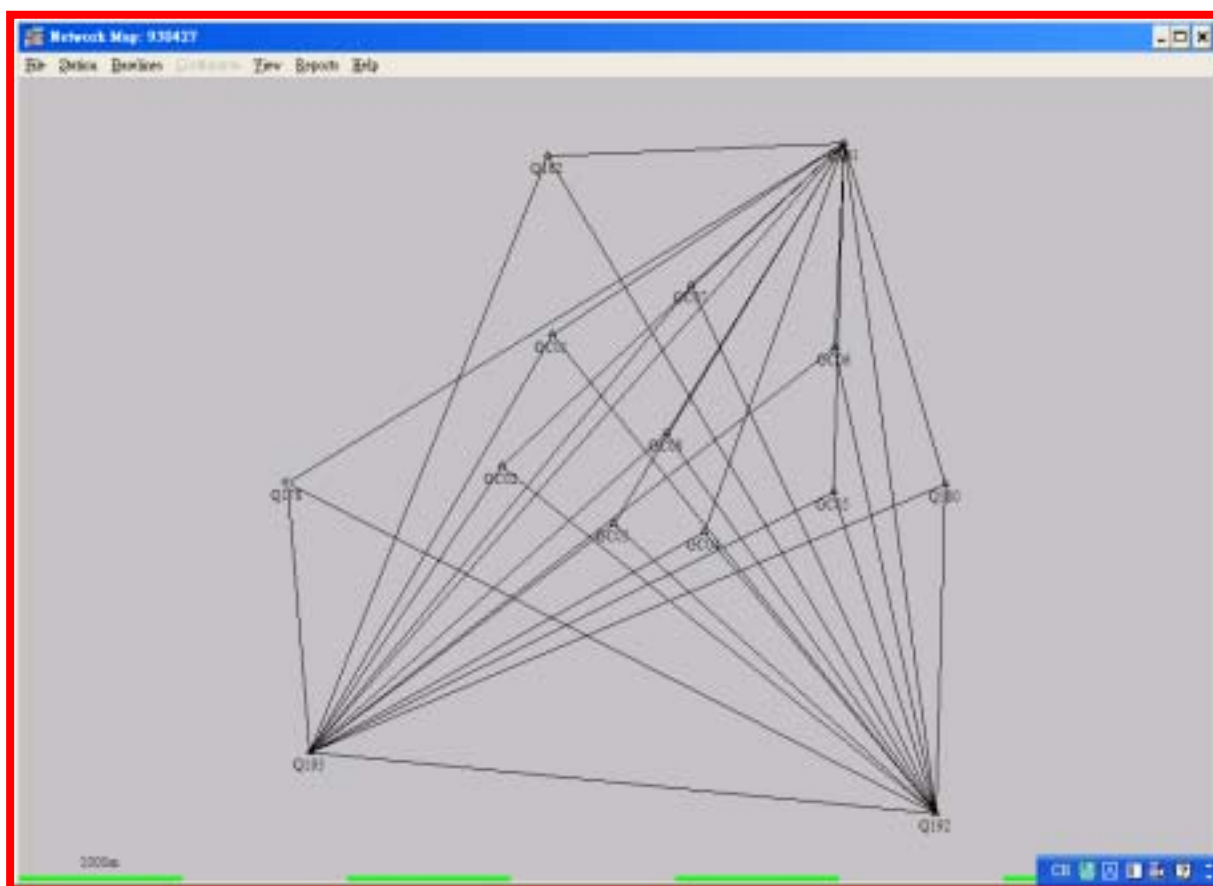


圖 4-7：固定三個主站基線處理示意圖

在完成單一時段的基線向量計算後，接著利用 GPSurvey 2.35 版提供之網形平差模組進行每一個時段的網形初步平差，藉以檢

核該時段通過指標之基線解是否有解算錯誤之情形，並進行大誤差的剔除。其主要的篩選是依據權單位中誤差及各觀測基線分量的改正數大小，此二者均屬於基準約制的不變量，不因選擇起始計算基準的不同而有所差異。而經過上述作法進行每一時段的網形初步平差後，可確定各時段解算之基線已無大誤差存在，不致影響爾後整體網形平差作業，單一時段網形平差的作業流程如圖 4-8 所示。

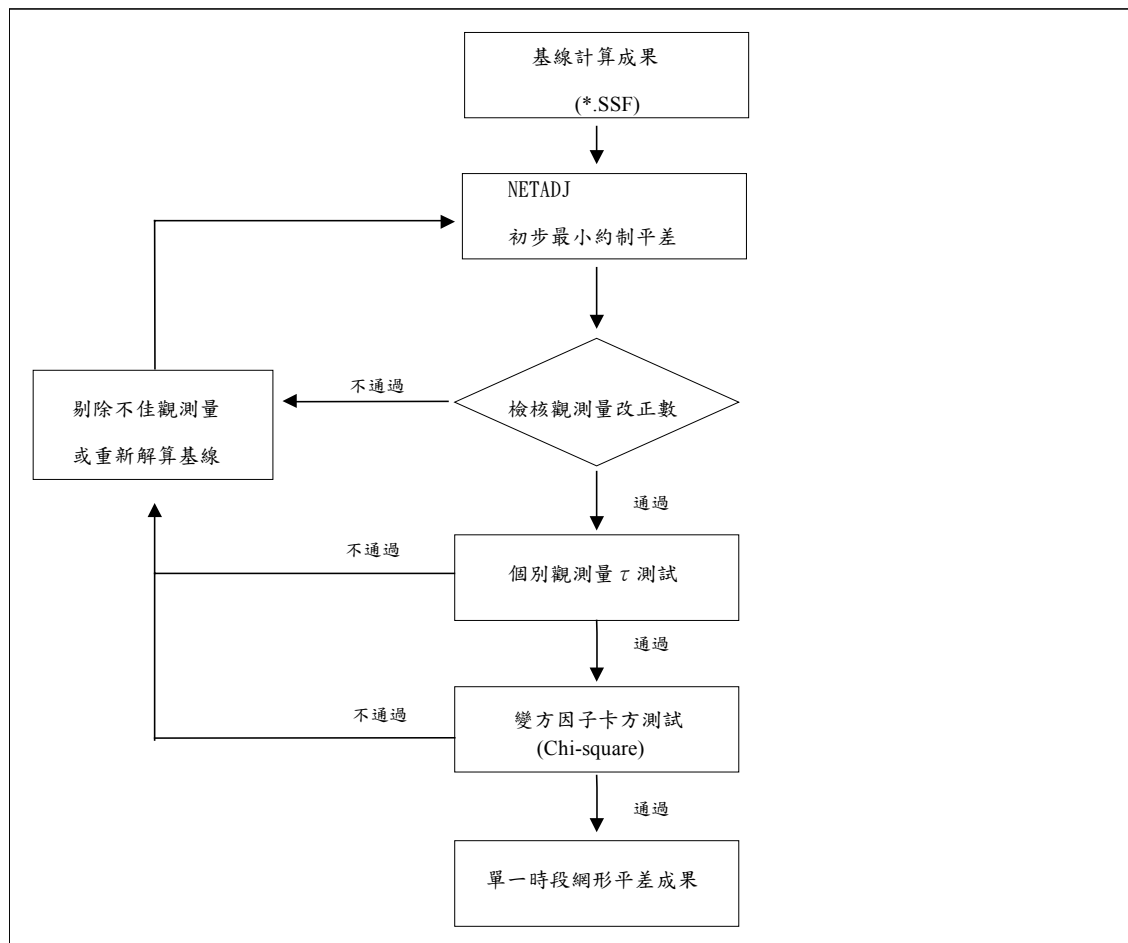


圖 4-8：GPSurvey 2.35 版單一時段網形平差作業流程圖

在本研究中，可將全部作業過程視為單一時段，與傳統靜態基線解算的單一時段解算後，在疊加數個時段而呈整體網形不一樣，但是在進行到 C 組計算時，因為為疊加二個移動站資料，故對移動站點位會有多餘觀測。在初步網形平差前，先設定天線高量測誤差為 0.0015m，光學基座定心誤差為 0.0040m，整體先驗權值為等權 1.0，完成初步平差後，檢視各基線分量之 Tau 測試值是否大於 1，若大於 1 則剔除。

第三節 鹿草測試區成果分析

(一) 已知點分析

已知點是否存在變位情形，在重測區實際作業時，應優先加以檢測分析，本研究對於此問題採用最小約制網成果來研判（僅固定一個已知點，來檢核其他點位變化情形），對於三種 A（第一移動站組）、B（第二移動站組）及 C（第一二組合併計算）三種組合，分別在 GPSURVEY TRIMNET 平差模組中，僅固定最遠的一點 Q193 來分析其他點變化情形，詳細計算報表如附錄 1。

A 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 Q178(-0.028m)、 dE_MAX 為 Q162(0.011m)、 dS_MAX 為 Q178(0.028m)；高程檢核最大值為 Q178(0.204m，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 Q178==>Q193 基線，相對精度為 1/57,883；方位角檢核較差最大者違 Q178==>Q180 方向，較差約 1.13 秒。

B 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 Q178(-0.016m)、 dE_MAX 為 Q178(0.026m)、 dS_MAX 為 Q178(0.031m)；高程檢核最大值為 Q178(-0.099m，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 Q178==>Q193 基線，相對精度為 1/90,722；方位角檢核較差最大者違 Q178==>Q193 方向，較差約-3.11 秒。

C 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 Q178(-0.024m)、 dE_MAX 為 Q180(0.016m)、 dS_MAX 為 Q178(0.024m)；高程檢核最大值為 Q178(0.193m，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 Q178==>Q193 基線，相對精度為 1/67,625；方位角檢核較差最大者違 Q161==>Q180 方向，較差約 1.51 秒。

成果顯示所選用三等控制點成果，自成果公佈後至本次作業間，點位並未存在不均勻變位情形，可使用此一成果據以辦理後續四等控制測量成果計算作業。

(二) 主站閉合圈分析

本次外業作業約觀測三個小時，吾人乃分別針對四個主站所形成三角形閉合圈，在不同觀測時間段作成果分析，分別比較 1HR、1.5HR 及 3HR 的觀測時間段下，對四個三角形閉合圈的

成果差異，成果統計如下表 4-4，對同一閉合圈而言，Q193-Q192-Q161 距離誤差最大（12842.4763M）與最小（12842.4354M）差值約為 0.0409M（約 3.2PPM）；Q193-GC08-Q161 距離誤差最大（9884.1623M）與最小（9884.1052M）差值約為 0.0571M（約 5.7PPM）；Q193-GC08-Q192 距離誤差最大（9565.0867M）與最小（9565.0414M）差值約為 0.0453M（約 4.7PPM）；Q161-GC08-Q192 距離誤差最大（8986.3666M）與最小（8986.3479M）差值約為 0.0187M（約 2.1PPM），顯示在不同觀測時間及觀測時間長短不同狀況下，三角形閉合狀況穩定性一致，本次各主站間基線成果良好，另顯示快速靜態過程中，移動站與不同觀測時間之主站所呈現單基線成果應為一致可靠的狀態。

表 4-4：主站間不同觀測時間段的三角形閉合圈分析 單位：m

Time	start	by	end	total dist	total error(PPM)	N_error	E_error	U_error	n_ppm	e_ppm	u_ppm
09:00-10:00	Q193	Q192	Q161	12842.4354	0.1982	0.0004	0.0003	0.0025	0.0307	0.0252	0.1942
09:00-10:00	Q193	GC08	Q161	9884.1136	1.5434	-0.0002	0.0000	-0.0153	-0.0018	-0.0177	-1.5433
09:00-10:00	Q193	GC08	Q192	9565.0414	1.3756	-0.0009	-0.0004	0.0131	-0.0927	-0.0394	1.3719
09:00-10:00	Q161	GC08	Q192	8986.3555	0.0848	-0.0007	-0.0001	0.0004	-0.0741	-0.0094	0.0401
10:00-11:00	Q193	Q192	Q161	12842.4508	0.3682	0.0035	0.0005	-0.0032	0.2701	0.0408	-0.2468
10:00-11:00	Q193	GC08	Q161	9884.1298	3.2567	0.0010	0.0055	-0.0317	0.1054	0.5568	-3.2070
10:00-11:00	Q193	GC08	Q192	9565.0710	0.8608	-0.0042	-0.0015	0.0069	-0.4371	-0.1540	0.7254
10:00-11:00	Q161	GC08	Q192	8986.3479	4.0161	0.0018	0.0065	-0.0355	0.1949	0.7207	-3.9461
11:00-12:00	Q193	Q192	Q161	12842.4513	0.6322	-0.0006	0.0026	-0.0077	-0.0477	0.2009	-0.5975
11:00-12:00	Q193	GC08	Q161	9884.1293	0.4927	0.0001	0.0001	0.0049	0.0144	0.0052	0.4924
11:00-12:00	Q193	GC08	Q192	9565.0487	0.6529	-0.0004	-0.0015	0.0061	-0.0445	-0.1552	0.6326
11:00-12:00	Q161	GC08	Q192	8986.3666	0.7433	-0.0012	0.0010	-0.0065	-0.1317	0.1159	-0.7223
09:00-10:30	Q193	Q192	Q161	12842.4350	0.7477	0.0056	0.0078	0.0003	0.4377	0.6058	0.0211
09:00-10:30	Q193	GC08	Q161	9884.1052	1.0686	0.0007	0.0042	0.0097	0.0755	0.4268	0.9768
09:00-10:30	Q193	GC08	Q192	9565.0477	0.1150	0.0010	0.0004	-0.0001	0.1066	0.0411	-0.0129
09:00-10:30	Q161	GC08	Q192	8986.3538	1.1709	-0.0039	-0.0032	0.0093	-0.4287	-0.3529	1.0309
10:30-12:00	Q193	Q192	Q161	12842.4763	0.1259	-0.0001	0.0014	-0.0008	-0.0086	0.1071	-0.0656
10:30-12:00	Q193	GC08	Q161	9884.1623	0.2859	-0.0002	-0.0012	-0.0026	-0.0170	-0.1213	-0.2584
10:30-12:00	Q193	GC08	Q192	9565.0867	0.3669	0.0001	-0.0001	0.0035	0.0091	-0.0150	0.3664
10:30-12:00	Q161	GC08	Q192	8986.3556	0.0250	0.0002	0.0000	-0.0001	0.0216	-0.0035	-0.0120
09:00-12:00	Q193	Q192	Q161	12842.4499	0.9535	0.0049	0.0038	0.0106	0.3797	0.2956	0.8231
09:00-12:00	Q193	GC08	Q161	9884.1278	0.3891	0.0026	0.0024	-0.0015	0.2645	0.2430	-0.1497

09:00-12:00	Q193	GC08	Q192	9565.0602	0.4545	0.0010	-0.0002	0.0042	0.0995	-0.0215	0.4430
09:00-12:00	Q161	GC08	Q192	8986.3570	1.8520	-0.0032	-0.0012	-0.0163	-0.3585	-0.1319	-1.8122

(三) 固定一個主站

吾人先計算固定一個已知點部分（即上述所提四個主站，故對每種移動站均有四種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-5，第一組最大差異量約 3.9 公分，出現在主站約制 Q193 之 GC06 點位，第二組最大差異量約 5.0 公分，出現在主站約制 Q161 之 GC06 點位，二組移動站合併計之最大差異量約 3.2 公分，出現在主站約制在 Q192 之 GC04 點位上。以單一主站而言，部分成果超出 30mm+6ppm 甚多，顯示若僅約制單主站成果不論是一個移動站或者是二個移動站重複觀測成果均不符規範。（相關固定站成果詳見附錄 1）

表 4-5：固定一個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	Dsmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08	GC06	0.007	0.008	0.007	0.017	0.018
Q161	Q180	0.002	0.002	0.021	0.004	0.021
Q192	GC01	0.003	0.003	0.025	-0.014	0.029
Q193	GC06	0.002	0.002	0.013	0.037	0.039

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08	Q180	0.002	0.002	0.017	0.011	0.020
Q161	GC06	0.005	0.003	0.047	-0.017	0.050
Q192	GC05	0.002	0.002	0.007	-0.020	0.021
Q193	Q180	0.002	0.002	0.017	0.016	0.023

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08	GC04	0.011	0.010	-0.019	0.010	0.021
Q161	Q178	0.008	0.007	0.024	-0.003	0.024
Q192	GC04	0.017	0.016	-0.028	0.015	0.032
Q193	GC04	0.015	0.014	-0.028	0.004	0.028

(四) 固定二個主站

計算固定二個已知點部分（對四個主站每種移動站均有六種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-6，第一組最大差異量約 3.2 公分，出現在主站約制 Q193 及 GC08 之 GC06 點位，第二組最大差異量約 2.5 公分，出現在主站約制 Q193 及 GC08 之 GC06 點位與約制 Q193 及 Q161 之 Q180 點位，二組移動站合併計之最大差異量約 3.3 公分，出現在主站約制在 Q192 及 Q161 之 GC04 點位上。以固定二個主站而言，部分成果剛好符合 30mm+6ppm 規範，顯示若約制二個主站，成果可符合地籍測量實施規則的要求，且使用那兩個主站似乎無明顯區別。（相關成果詳見附錄 1）

表 4-6：固定二個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08&Q193	GC06	0.006	0.007	0.022	0.023	0.032
GC08&Q192	GC06	0.014	0.017	0.008	0.021	0.022
GC08&Q161	Q193	0.007	0.006	0.016	-0.003	0.016
Q192&Q193	Q178	0.012	0.011	-0.022	0.013	0.026
Q193&Q161	Q178	0.010	0.008	-0.026	-0.002	0.026
Q192&Q161	Q193	0.004	0.004	0.021	-0.012	0.024

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08&Q193	GC06	0.007	0.006	0.016	-0.019	0.025
GC08&Q192	Q193	0.005	0.005	0.018	-0.008	0.020
GC08&Q161	Q180	0.006	0.006	0.015	0.014	0.021
Q192&Q193	Q161	0.003	0.003	-0.018	-0.016	0.024
Q193&Q161	Q180	0.007	0.005	0.015	0.020	0.025
Q192&Q161	GC06	0.005	0.005	0.013	-0.007	0.015

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
GC08&Q193	Q180	0.009	0.008	-0.022	-0.014	0.026
GC08&Q192	GC04	0.014	0.012	-0.019	0.011	0.022
GC08&Q161	GC04	0.012	0.011	-0.024	0.007	0.025
Q192&Q193	Q161	0.007	0.007	0.019	0.016	0.025
Q193&Q161	Q180	0.010	0.008	-0.017	-0.018	0.025

Q192&Q161	GC04	0.011	0.010	-0.031	0.011	0.033
-----------	------	-------	-------	--------	-------	-------

(五) 固定三個主站

計算固定三個已知點部分（對四個主站每個移動站均有四種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-7，第一組最大差異量約 2.2 公分，出現在主站約制 Q193、GC08 及 Q161 之 GC06 點位與約制 Q192、GC08 及 Q161 之 Q193 點位，第二組最大差異量約 2.1 公分，出現在主站約制 Q193、GC08 及 Q161 之 GC06 點位，二組移動站合併計之最大差異量約 2.8 公分，出現在主站約制在 Q192、GC08 及 Q161 之 GC04 點位上。以固定三個主站而言，成果均小於 30mm+6ppm 規範，顯示若約制三個主站，成果可符合地籍測量實施規則的要求，且整體而言以使用 Q193、Q192 及 Q161 涵蓋測區範圍較大，在 A、B、C 三種組合中為較佳。（相關成果詳見附錄 1-4）

表 4-7：固定三個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
Q193&GC08&Q161	GC06	0.005	0.006	0.011	0.019	0.022
Q161&Q192&Q193	GC01	0.013	0.012	0.019	0.005	0.020
Q192&GC08&Q161	Q193	0.003	0.003	0.020	-0.009	0.022
Q193&GC08&Q192	GC06	0.006	0.007	0.009	0.018	0.020

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
Q193&GC08&Q161	Q192	0.003	0.003	-0.001	0.019	0.019
Q161&Q192&Q193	GC06	0.007	0.007	0.014	-0.010	0.017
Q192&GC08&Q161	Q180	0.004	0.004	0.013	0.006	0.014
Q193&GC08&Q192	GC06	0.007	0.007	0.009	-0.019	0.021

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS
Q193&GC08&Q161	Q180	0.007	0.006	-0.017	-0.016	0.023
Q161&Q192&Q193	GC04	0.011	0.010	-0.018	0.004	0.018
Q192&GC08&Q161	GC04	0.009	0.008	-0.026	0.010	0.028
Q193&GC08&Q192	GC04	0.010	0.009	-0.015	0.008	0.017

(六) 坐標轉換

本研究成果資料中顯示，雖然固定兩個已知點且雙移動站重複觀測後，可大提增加點位的可靠度，惟對已公佈的各級已知點成果在實務地籍測量作業上具有一定的法律性質，不宜輕易變動，故本研究中，將計算出來的初步成果進行四參數平面坐標轉換，並將三等控制點部分(已知坐標)視為共同點，進行最小二乘配置處理，將所有已知點重新套合至原已知點公佈成果，使成果一致得以銜接其他年度成果，實務上採用國立成功大學衛星資訊研究中心余致義老師開發之最小二乘配置程式進行坐標轉換資料處理，成果彙整如下表 4-8，結果顯示，使用最小二乘配置的方法，並選擇原本三等控制點位已知共同點(Q161、Q162、Q178、Q180、Q192 及 Q193 等六個共同點)，已知點在轉換後坐標時將約制在已公告成果(坐標不變)，新設點位所得成果將更佳(更接近已公告成果)，除固定一個主站測試範例中有大於 3cm 外，其餘結果均小於 3cm (相關成果詳見附錄 1-5)，符合後續測量作業需求。

表 4-8 使用最小二乘配置方法所得距離較差最大者彙整表

一二組合併

所用固定主站	dSmax-name	ndef(m)	edef(m)	dN	dE	dS
GC08	GC04	0.002	0.002	-0.009	0.016	0.018
Q161	GC04	0.001	0.001	-0.001	0.031	0.031
Q192	GC04	0.002	0.001	-0.021	0.012	0.024
Q193	GC04	0.003	0.003	-0.015	0.010	0.018
所用固定主站	dSmax-name	ndef(m)	edef(m)	dN	dE	dS
GC08&Q193	GC03	0.000	0.001	-0.007	0.015	0.017
GC08&Q192	GC04	0.002	0.001	-0.016	0.013	0.021
GC08&Q161	GC04	0.003	0.002	-0.012	0.013	0.018
Q192&Q193	GC04	0.002	0.001	-0.014	0.008	0.016
Q193&Q161	GC04	0.001	0.002	-0.019	0.011	0.022
Q192&Q161	GC04	0.001	0.002	-0.019	0.011	0.022
所用固定主站	dSmax-name	ndef(m)	edef(m)	dN	dE	dS
Q193&GC08&Q161	GC03	0.002	0.001	-0.010	0.012	0.016
Q161&Q192&Q193	GC04	0.002	0.000	-0.015	0.006	0.016
Q192&GC08&Q161	GC04	0.002	0.001	-0.014	0.010	0.017

Q193&GC08&Q192	GC04	0.002	0.001	-0.014	0.008	0.016
所用固定主站	dSmax-name	ndef(m)	edef(m)	dN	dE	dS
Q193&GC08&Q192&Q161	GC04	0.002	0.000	-0.015	0.008	0.017

第四節 白沙測試區成果分析

(一) 已知點分析

本測試區之已知點分析與鹿草測試區類似，採用最小約制網成果來研判（僅固定一個已知點，來檢核其他點位變化情形），對於三種 A（第一移動站組）、B（第二移動站組）及 C（第一、二組合併計算）三種組合，分別在 GPSURVEY TRIMNET 平差模組中，僅固定最遠的一點 X009 來分析其他已知點位變化情形，詳細計算報表如附錄 2-2。

A 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 X002(0.022m)、dE_MAX 為 X002(0.025m)、dS_MAX 為 X002(0.033)；高程檢核最大值為 X006 (0.086m)；距離檢核相對精度最低者為 F907 ==>S334 基線，相對精度為 1/26,535；方位角檢核較差最大者為 F907 ==>S334 方向，較差約 5.54 秒。

B 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 S334(0.016m)、dE_MAX 為 X016(0.024m)、dS_MAX 為 X016(0.025m)；高程檢核最大值為 F907(0.075m)；距離檢核相對精度最低者為 F907 ==>S334 基線，相對精度為 1/14,471；方位角檢核較差最大者為 F907 ==>S334 方向，較差約-8.19 秒。

C 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 F907(-0.015m)、dE_MAX 為 X020(0.023m)、dS_MAX 為 X020(0.027m)；高程檢核最大值為 F907(0.075m)；距離檢核相對精度最低者為 F907 ==>S334 基線，相對精度為 1/24,996；方位角檢核較差最大者為 F907 ==>S334 方向，較差約 3.52 秒。

已知點分析結果顯示本區所選用二等與三等控制點成果，自成果公佈後至本次作業間，點位變化在平面坐標均在 0.03m 以內，至在高程（垂直）分量因 GPS 衛星接收幾何分布情形，其高程精度會較平面精度為差，本區點位變化在高程坐標為 0.08m 以內，三組結果顯示點位並未存在不均勻變化情形，可使用此一成果據以辦理後續四等控制測量成果計算作業。

(二) 主站閉合圈及主站快速靜態基線成果分析

本次外業作業觀測時間為 08:00~12:40，計 4 小時 40 分，本次外業作業觀測時間為 00:00~04:40，計 4 小時 40 分，先對四個主站（F025、F907、X004 及 X009）全部觀測時間所形成 6 條基線之密合圈進行分析，如下表。距離最短為 F025-F907-X004 為 5994.5124m，距離不符值之比值為 4.7536ppm；距離最長為 F025-X009-X004 為 8919.2666m，距離不符值之比值為 1.6617ppm；平面座標閉合不符值最大未超過 0.003m，高程閉合不符值最大為-0.0284m，顯示四個主站之六條基線的三角形密合狀況穩定性一致，本次各主站間基線成果閉合差符合理論值為零，其計算成果良好。

表 4-9：主站間不同觀測時間段的三角形閉合圈分析

start	by	end	total dist	total error(PPM)	N_error	E_error	U_error	n_ppm	e_ppm	u_ppm
F025	F907	X004	5994.5124	4.7536	0.0007	-0.0015	-0.0284	0.1116	-0.2516	-4.7456
F025	F907	X009	8316.4693	0.2261	0.0013	0.0006	-0.0012	0.1580	0.0687	-0.1464
F025	X009	X004	8919.2666	1.6617	-0.0016	-0.0017	-0.0146	-0.1829	-0.1935	-1.6402
F907	X009	X004	5966.4158	2.1193	-0.0010	0.0004	0.0126	-0.1648	0.0588	2.2112

吾人乃分別針對四個主站（F025、F907、X004 及 X009）所形成 6 條基線，在每 10min 分別基線計算處理與全部觀測時間之成果進行快速靜態基線成果分析，其成果詳見附錄 2-3 之表 1 至表 6，該 6 條基線最長距離為 4138.978（F025-X009），最短距離為 1501.574（X004-F907），平面座標較差均在 0.02M 以內，且距離較差均在 0.03M 以內，符合三等衛星控制點重複觀測基線水平分量之差值 30mm+6ppm（基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.042M）；至高程（垂直）分量較差，僅 X004-F907 部分較差超過 0.10M（如圖），其餘基線在垂直分量較差均在 0.08M 以內，但尚符合三等衛星控制點重複觀測基線垂直分量之差值 75mm+15ppm（基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.105M），顯示在每 10min 觀測時間狀況下，其快速靜態之基線成果應為一致可靠的狀態。且在 6 條基線，每條基線每 10min 計有 28 個成果，在 144 條基線計算處理僅在 F907-F025（01:30~01:40）有刪除衛星訊號，其餘 143 條均直接處理，故其基線計算成功

率高達 99%。

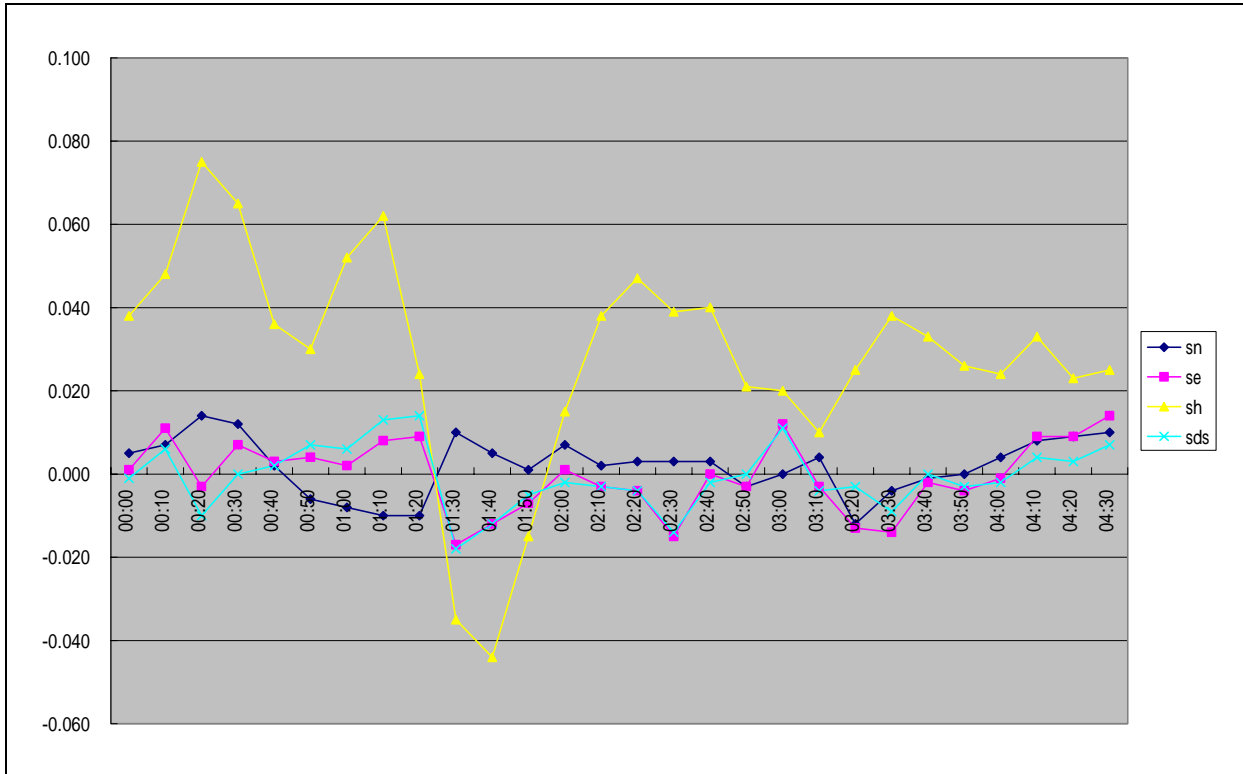


圖 4-9：F025 至 X009 快速靜態成果比較圖

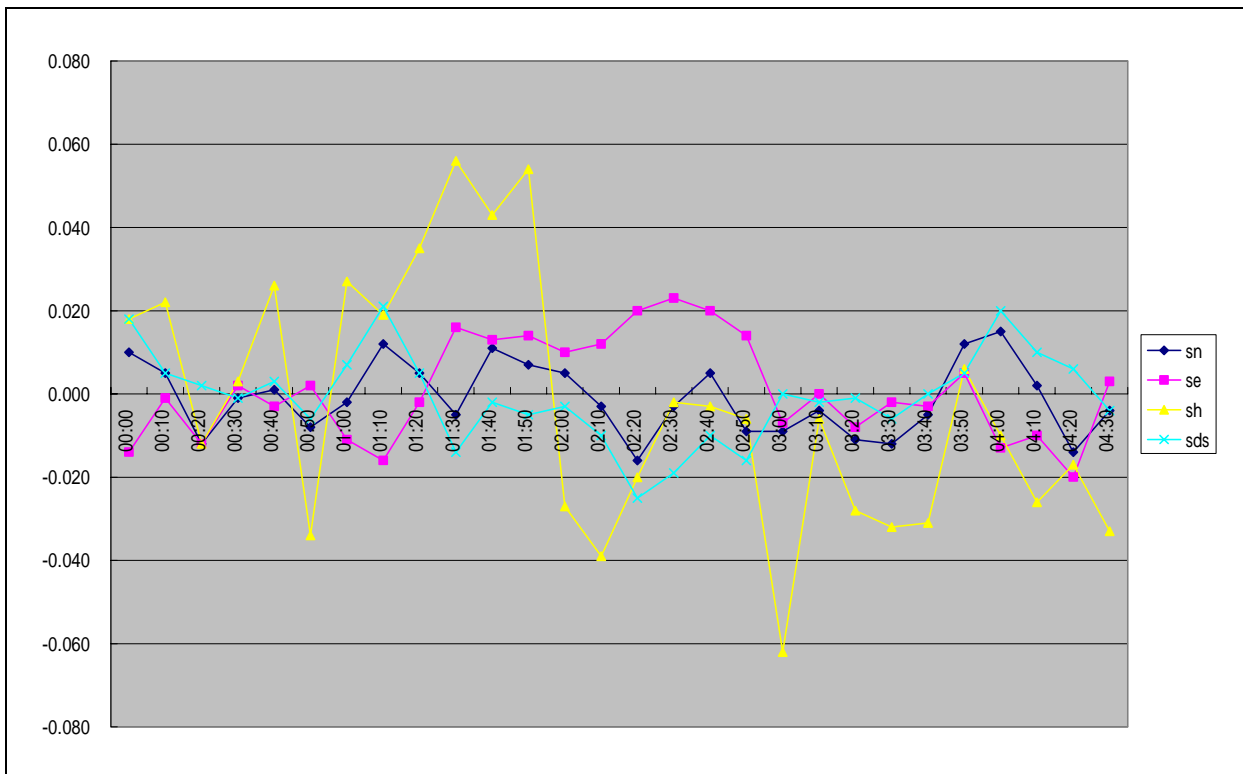
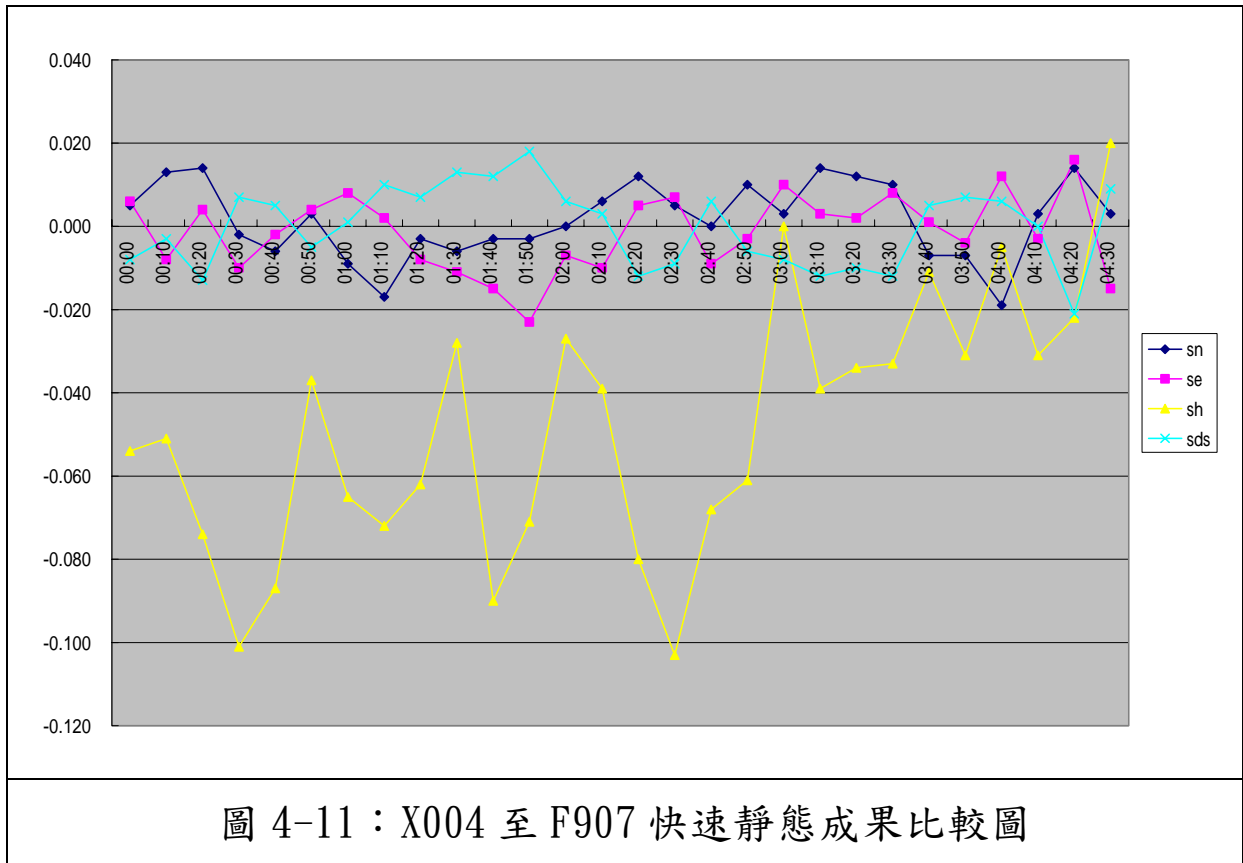


圖 4-10：F907 至 F025 快速靜態成果比較圖



(三) 固定一個主站

吾人先計算固定一個已知點部分（即上述所提四個主站，故對每種移動站均有四種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），先對固定一個主站其第一組與第二組移動站之成果進行點位重複性分析，其成果詳見附錄 2-4 表 1 至表 4，分析如下：

1. 水平分量較差僅在 X004 為主站，點位 GA14 在 E 坐標差值為 -0.043M ，距離較差為 0.044M ，其餘四站的第一組與第二組移動站之點位重複性分析，水平分量較差及距離較差均在 0.04M 以內，符合三等衛星控制點重複觀測基線水平分量之差值 $30\text{mm}+6\text{ppm}$ （基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.042M ）。
2. 垂直分量之較差，在 F025 主站有 GA03 為 0.119M 、GA14 為 -0.113M ，在 F907 主站有 GA03 為 0.103M 、GA14 為 -0.135M ，在 X004 主站有 GA12 為 -0.106M 、GA16 為 -0.119M ，在 X009 主站有 GA12 為 -0.106M ，其餘四站的第一組與第二組移動站

之點位重複性分析，垂直分量較差均在 0.10M 以內，符合三等衛星控制點重複觀測基線垂直分量之差值 $75\text{mm}+15\text{ppm}$ （基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.105M）。

由上顯示在本實驗區固定一個主站其第一組與第二組移動站之成果之點位重複性分析，大部分符合作業規範，彙整成果較差最大值與最小值詳如下表 4-10。

表 4-10：固定一個主站時，第一組與第二組移動站的成果較差之最大值及最小值

主站	差值(MAX)				差值(MIN)			
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	Ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds
F025	0.022	0.035	0.119	0.035	-0.032	-0.024	-0.133	0.000
F907	0.030	0.028	0.103	0.037	-0.032	-0.026	-0.135	0.000
X004	0.019	0.036	0.091	0.044	-0.028	-0.043	-0.119	0.000
X009	0.031	0.023	0.098	0.035	-0.033	-0.030	-0.106	0.000

單主站成果統計如下表 4-11，分析如下：

1. 在平面分量較差，第一組最大差異量約 4.3 公分，出現在主站約制 F907 之 GA17 點位，第二組最大差異量約 4.3 公分，出現在主站約制 X004 之 GA16 點位，二組移動站合併計之最大差異量約 4.4 公分，出現在主站約制在 X004 之 GA14 點位上。
2. 在高程分量較差，不論第一組、第二組或第一、二組合併均有部分超過 0.10M，且第二組成果較第一組為差。

由上得知以單一主站而言，部分水平成果超出 $30\text{mm}+6\text{ppm}$ 甚多，顯示若僅約制單主站成果不論是一個移動站或者是二個移動站重複觀測成果均不符規範，原因為單主站成果會受該主站之點位變化影響（點站變化量包含原測量成果誤差、點位對點誤差等），且原測量成果為全組合基線計算，再加上強制附合平差，故本研究應用最小二乘配置法，將單主站成果套合至檢測合格之已知點成果，使上級點位及歷年測設點位能維持相同坐標，方能符合測量成果一致性。（相關固定站成果詳見附錄

2)。

表 4-11：固定一個主站所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.017	0.023	0.081	0.037	-0.030	-0.027	-0.079
F907	0.006	0.028	0.122	0.043	-0.039	-0.015	-0.054
X004	0.025	0.020	0.049	0.033	-0.018	-0.031	-0.153
X009	0.026	0.023	0.062	0.033	-0.022	-0.025	-0.144

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.023	0.019	0.149	0.036	-0.023	-0.032	-0.141
F907	0.011	0.029	0.187	0.040	-0.040	-0.011	-0.074
X004	0.041	0.013	0.100	0.043	-0.016	-0.029	-0.138
X009	0.027	0.025	0.116	0.028	-0.022	-0.024	-0.168

第一、二組合併平差

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.010	0.020	0.115	0.030	-0.028	-0.015	-0.085
F907	0.000	0.012	0.158	0.036	-0.036	-0.013	-0.044
X004	0.022	0.017	0.058	0.023	-0.017	-0.019	-0.116
X009	0.015	0.014	0.063	0.027	-0.016	-0.023	-0.123

單主站成果應用最小二乘配置法套合至檢測合格之已知點成果，例如：單主站 F025 成果套合至 F025、F338、F907、S334、X004、X009、X014、X015、X016 及 X020 等已知點坐標成果上，其成果統計如表 4-12，第一個移動站或二個移動站重複觀測成果在平面分量之最大差異均 0.040M 以內，已符合三等衛星控制點重複觀測基線水平分量之差值 30mm+6ppm（基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.042M）。

表 4-12：固定一個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.029	0.025	0.114	0.035	-0.025	-0.018	-0.096
F907	0.035	0.026	0.076	0.036	-0.024	-0.009	-0.090
X004	0.026	0.020	0.051	0.034	-0.027	-0.033	-0.109
X009	0.038	0.022	0.084	0.038	-0.014	-0.010	-0.102

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.027	0.014	0.181	0.034	-0.018	-0.034	-0.125
F907	0.027	0.013	0.154	0.030	-0.027	-0.012	-0.117
X004	0.033	0.014	0.131	0.035	-0.024	-0.012	-0.117
X009	0.025	0.026	0.158	0.027	-0.022	-0.015	-0.144

第一、二組合併平差

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025	0.013	0.016	0.147	0.027	-0.023	-0.016	-0.086
F907	0.011	0.010	0.112	0.024	-0.024	-0.009	-0.097
X004	0.019	0.019	0.081	0.027	-0.025	-0.012	-0.093
X009	0.019	0.015	0.103	0.021	-0.016	-0.010	-0.111

(四) 固定二個主站

計算固定二個已知點部分（對四個主站每種移動站均有六種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-13，最大差異量超過 4 公分者，說明如下：

1. 第一組最大差異量約 5.3 公分，出現在主站約制 F025 及 F907 之 GA17 點位，另在主站約制 F907 及 X004 之 F338、GA17 點位差異量分別為 4.3、4.5 公分。
2. 第二組最大差異量約 4.7 公分，出現在主站約制 F907 及 X004

之 F338 點位，另在主站約制 F025 及 X004 之 GA16 點位差異量為 4.2 公分。

3. 二組移動站合併計之最大差異量約 4.4 公分，出現在主站約制在 F025 及 F907 之 GA17 點位、F907 及 X004 之 F338 點位上。

以固定二個主站而言，仍有部分成果超出三、四等衛星控制點成果精度 95%信心區間 30mm+6ppm 甚多，故本研究應用最小二乘配置法，將成果套合至檢測合格之已知點成果（相關成果詳見附錄 2）。

表 4-13：固定二個主站所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	Ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.006	0.030	0.095	0.053	-0.046	-0.021	-0.065
F025, X004	0.025	0.023	0.064	0.027	-0.015	-0.021	-0.122
F025, X009	0.020	0.022	0.072	0.025	0.020	0.022	0.072
F907, X004	0.022	0.034	0.071	0.045	-0.038	-0.027	-0.109
F907, X009	0.003	0.022	0.083	0.037	-0.036	-0.011	-0.106
X004, X009	0.030	0.019	0.054	0.032	-0.015	-0.030	-0.149

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	Ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.005	0.024	0.161	0.035	-0.035	-0.024	-0.121
F025, X004	0.041	0.018	0.134	0.042	-0.014	-0.018	-0.140
F025, X009	0.027	0.019	0.139	0.029	-0.021	-0.023	-0.153
F907, X004	0.029	0.032	0.147	0.047	-0.040	-0.026	-0.114
F907, X009	0.022	0.020	0.155	0.038	-0.038	-0.019	-0.132
X004, X009	0.032	0.018	0.108	0.036	-0.021	-0.036	-0.153

第一、二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.000	0.024	0.123	0.044	-0.042	-0.016	-0.074

F025, X004	0.019	0.020	0.095	0.023	-0.014	-0.009	-0.094
F025, X009	0.013	0.016	0.092	0.022	-0.020	-0.018	-0.098
F907, X004	0.019	0.032	0.098	0.044	-0.034	-0.028	-0.083
F907, X009	0.001	0.012	0.101	0.036	-0.036	-0.014	-0.092
X004, X009	0.020	0.011	0.062	0.028	-0.017	-0.026	-0.113

兩個主站成果應用最小二乘配置法套合至檢測合格之已知點成果，例如：兩個主站 F025、F907 成果套合至 F025、F338、F907、S334、X004、X009、X014、X015、X016 及 X020 等已知點坐標成果上，其成果統計如表 4-13，第一個移動站或二個移動站重複觀測成果在平面分量之最大差異均 0.040M 以內，已符合三、四等衛星控制點成果精度 95%信心區間 30mm+6ppm (基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.042M)。

表 4-14：固定二個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.020	0.023	0.072	0.035	-0.027	-0.010	-0.101
F025, X004	0.028	0.022	0.090	0.032	-0.024	-0.018	-0.093
F025, X009	0.032	0.021	0.097	0.032	-0.016	-0.010	-0.095
F907, X004	0.018	0.023	0.071	0.031	-0.024	-0.021	-0.101
F907, X009	0.024	0.022	0.072	0.024	-0.013	-0.007	-0.110
X004, X009	0.032	0.020	0.070	0.032	-0.018	-0.013	-0.104

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.023	0.011	0.145	0.025	-0.016	-0.023	-0.124
F025, X004	0.031	0.014	0.166	0.033	-0.019	-0.018	-0.119
F025, X009	0.026	0.014	0.175	0.028	-0.020	-0.023	-0.133
F907, X004	0.030	0.016	0.136	0.031	-0.018	-0.012	-0.123
F907, X009	0.028	0.018	0.138	0.030	-0.023	-0.013	-0.140
X004, X009	0.027	0.019	0.145	0.028	-0.024	-0.011	-0.126

第一、二組

主站	差值(MAX)	差值(MIN)
----	---------	---------

	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907	0.013	0.015	0.107	0.025	-0.023	-0.011	-0.104
F025, X004	0.014	0.018	0.126	0.026	-0.022	-0.011	-0.087
F025, X009	0.015	0.016	0.129	0.024	-0.019	-0.013	-0.090
F907, X004	0.014	0.021	0.086	0.024	-0.020	-0.011	-0.102
F907, X009	0.015	0.013	0.097	0.020	-0.020	-0.008	-0.112
X004, X009	0.018	0.017	0.093	0.023	-0.020	-0.006	-0.103

(五) 固定三個主站

計算固定三個已知點部分（對四個主站每個移動站均有四種組合），同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-15，分析如下：

1. 在水平分量較差，第一組最大差異量約 3.5 公分，出現在主站約制 F025、F907 及 X004 之 GA17 點位，第二組最大差異量約 3.2 公分，出現在主站約制 F025、X004 及 X009 之 GA16 點位，二組移動站合併計之最大差異量約 2.6 公分，出現在主站約制在 F025、F907 及 X004 之 GA17 點位上。
2. 在高程分量較差，在約制 F025、F907 及 X009 三個主站之幾何高（垂直分量）差值高達 0.40M 明顯較其他第三種主站為差，應有錯誤存在。

以固定三個主站而言，成果之水平分量之較差均小於 30mm+6ppm 規範，顯示若約制三個主站，成果可符合地籍測量實施規則的三、四等衛星控制點成果精度之要求。惟使上級點位及歷年測設點位能維持相同坐標，故本研究應用最小二乘配置法，將成果套合至檢測合格之已知點成果。（相關成果詳見附錄 2-5）

表 4-15：固定三個主站所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	Ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907, X004	0.020	0.025	0.155	0.035	-0.024	-0.018	-0.125

F025, F907, X009	0.017	0.023	0.292	0.026	-0.021	-0.017	-0.361
F025, X004, X009	0.022	0.022	0.054	0.024	-0.018	-0.021	-0.108
F907, X004, X009	0.018	0.019	0.136	0.023	-0.018	-0.016	-0.109

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907, X004	0.031	0.018	0.173	0.031	-0.017	-0.017	-0.151
F025, F907, X009	0.024	0.019	0.338	0.026	-0.021	-0.019	-0.410
F025, X004, X009	0.030	0.017	0.128	0.032	-0.019	-0.022	-0.147
F907, X004, X009	0.028	0.017	0.185	0.029	-0.023	-0.025	-0.114

第一、二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907, X004	0.012	0.020	0.166	0.026	-0.021	-0.007	-0.125
F025, F907, X009	0.006	0.013	0.318	0.023	-0.021	-0.015	-0.376
F025, X004, X009	0.015	0.014	0.083	0.021	-0.019	-0.016	-0.105
F907, X004, X009	0.009	0.013	0.161	0.021	-0.019	-0.013	-0.093

三個主站成果應用最小二乘配置法套合至檢測合格之已知點成果，例如：三個主站 F025、F907 及 X004 成果套合至 F025、F338、F907、S334、X004、X009、X014、X015、X016 及 X020 等已知點坐標成果上，其成果統計如表 4-15，第一個移動站或二個移動站重複觀測成果在平面分量之最大差異均 0.040M 以內，已符合三等衛星控制點重複觀測基線水平分量之差值 $30\text{mm}+6\text{ppm}$ （基線長以 2KM 計，則容許誤差為 0.042M）。另外，在約制 F025、F907 及 X009 三個主站之幾何高（垂直分量）差值明顯由 0.40M 改善至 0.20M，惟仍較單主站、雙主站及其他第三種三個主站之高程較差為差，待進一步探討其發生原因。

表 4-16：固定三個主站之最小二乘配置法成果所得距離較差最大者比較表

第一組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)

F025, F907, X004	0.024	0.021	0.069	0.031	-0.023	-0.016	-0.132
F025, F907, X009	0.029	0.021	0.078	0.029	-0.017	-0.007	-0.199
F025, X004, X009	0.030	0.020	0.083	0.030	-0.019	-0.011	-0.102
F907, X004, X009	0.026	0.019	0.063	0.026	-0.015	-0.012	-0.114

第二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907, X004	0.030	0.014	0.147	0.032	-0.015	-0.013	-0.149
F025, F907, X009	0.026	0.012	0.120	0.028	-0.017	-0.019	-0.201
F025, X004, X009	0.027	0.013	0.158	0.028	-0.020	-0.018	-0.124
F907, X004, X009	0.028	0.014	0.142	0.029	-0.019	-0.013	-0.122

第一、二組

主站	差值(MAX)				差值(MIN)		
	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)	ds	N 坐標 (m)	E 坐標 (m)	幾何高 (m)
F025, F907, X004	0.014	0.018	0.105	0.023	-0.020	-0.009	-0.121
F025, F907, X009	0.014	0.014	0.102	0.021	-0.017	-0.010	-0.197
F025, X004, X009	0.014	0.017	0.113	0.024	-0.020	-0.009	-0.095
F907, X004, X009	0.015	0.014	0.093	0.019	-0.016	-0.007	-0.112

第五節 宜蘭測試區成果分析

(一) 已知點分析

本測區已知點之分析作業，採約制測區南邊之主站 N407 來分析其他已知點變化情形，詳細計算報表如附錄 3。

A 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 2084(-0.106m)、dE_MAX 為 N718(0.136m)、dS_MAX 為 2084(0.165m)；高程檢核最大值為 2086(0.159m)，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 GB02 ==>N949 基線，相對精度為 1/10,823；方位角檢核較差最大者違 2084==>N718 方向，較差約 19.17 秒。

B 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 2084(-0.072m)、dE_MAX 為 N718(0.135m)、dS_MAX 為 N718(0.152m)；高程檢核最大值為 2085(0.145m，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 GB02 ==>N949 基線，相對精度為 1/5,202；方位角檢核較差最大者違

GB02==>N949 方向，較差約-25.79 秒。

C 組點位坐標檢核其中最大值 dN_MAX 為 2084(-0.088m)、dE_MAX 為 N718(0.135m)、dS_MAX 為 N718(0.152m)；高程檢核最大值為 2086(0.159m，一般而言 GPS 測量成果精度較差，且為最小約制網，故高程僅供參考)；距離檢核相對精度最低者為 GB02==>N949 基線，相對精度為 1/8,899；方位角檢核較差最大者違 N949==>X011 方向，較差約 13.35 秒。

已知點分析結果顯示，本區所選用已知點成果，自成果公告後至本次作業間點位變化很大（約 10 餘公分），推測已知點點位間存有不均勻變位情形，為維持坐標成果一致性後續數據計算作業，應另以坐標轉換方式將計算成果套合至測區已知點位上。

(二) 主站閉合圈分析

本次外業作業約觀測五個小時，分別針對四個主站所形成三角形閉合圈，在不同觀測時間段作成果分析，分別比較 1HR、2HR 及 5HR 的觀測時間段下，對四個三角形閉合圈的成果差異，成果統計如下表 4-17，對同一閉合圈而言，GB01-GC05-N718 距離誤差最大（13518.2143M）與最小（13518.1726M）差值約為 0.0417M（約 3.08PPM）；GC05-N407-N718 距離誤差最大（16961.7814M）與最小（16961.7318M）差值約為 0.0496M（約 2.92PPM）；N407-N718-GB01 距離誤差最大（19306.4235M）與最小（19306.3693M）差值約為 0.0542M（約 2.81PPM）；N407-GB01-GC05 距離誤差最大（10773.4329M）與最小（10773.4146M）差值約為 0.0183M（約 1.70PPM），顯示在不同觀測時間及觀測時間長短不同狀況下，三角形閉合狀況穩定性一致，本次各主站間基線成果良好，另顯示快速靜態過程中，移動站與不同觀測時間之主站所呈現單基線成果應為一致可靠的狀態。

表 4-17：主站間不同觀測時間段的三角形閉合圈分析 單位：m

Time	start	by	end	total dist	total error (PPM)	N_error	E_error	U_error	n_ppm	e_ppm	u_ppm
08:00-09:00	N718	N407	GB01	19306.4235	0.1298	0.0004	0.0010	0.0023	0.0184	0.0496	0.1186
08:00-09:00	N471	N407	GC05	16961.7814	0.6669	-0.0023	-0.0017	0.0109	-0.1351	-0.1021	0.6451
08:00-09:00	N407	GB01	GC05	10773.4329	1.4521	0.0033	0.0010	-0.0150	0.3058	0.0930	-1.3888
08:00-09:00	GB01	N4718	GC05	13518.2143	0.4856	-0.0006	0.0017	0.0063	-0.0478	0.1248	0.4668

09:00-10:00	N718	N407	GB01	19306.3875	0.2574	0.0002	-0.0001	0.0050	0.0109	-0.0077	0.2571
09:00-10:00	N471	N407	GC05	16961.7481	0.2542	0.0000	-0.0001	-0.0043	-0.0026	-0.0069	-0.2541
09:00-10:00	N407	GB01	GC05	10773.4238	0.0213	0.0001	-0.0002	-0.0001	0.0118	-0.0143	-0.0105
09:00-10:00	GB01	N4718	GC05	13518.1856	0.6944	0.0001	0.0001	0.0094	0.0101	0.0089	0.6943
10:00-11:00	N718	N407	GB01	19306.3806	0.1607	-0.0001	-0.0005	-0.0031	0.0040	-0.0259	-0.1585
10:00-11:00	N471	N407	GC05	16961.7454	0.5798	-0.0011	-0.0002	0.0098	-0.0664	-0.0099	0.5759
10:00-11:00	N407	GB01	GC05	10773.4198	0.5404	0.0009	0.0000	-0.0057	0.0856	0.0013	-0.5336
10:00-11:00	GB01	N4718	GC05	13518.1752	0.5244	0.0001	-0.0003	-0.0071	0.0095	-0.0255	-0.5237
11:00-12:00	N718	N407	GB01	19306.3693	0.0767	-0.0008	-0.0009	-0.0008	-0.0423	-0.0481	-0.0422
11:00-12:00	N471	N407	GC05	16961.7318	0.5289	-0.0007	0.0005	0.0089	-0.0400	0.0293	0.5266
11:00-12:00	N407	GB01	GC05	10773.4146	0.5104	-0.0001	-0.0013	-0.0053	-0.0047	-0.1179	-0.4966
11:00-12:00	GB01	N4718	GC05	13518.1726	0.3255	-0.0001	-0.0002	-0.0044	-0.0070	-0.0144	-0.3252
08:00-10:00	N718	N407	GB01	19306.3887	1.4244	0.0147	0.0071	0.0222	0.7597	0.3680	1.1473
08:00-10:00	N471	N407	GC05	16961.7366	0.6807	0.0024	0.0042	0.0105	0.1417	0.2486	0.6175
08:00-10:00	N407	GB01	GC05	10773.4277	0.6222	0.0014	0.0009	0.0065	0.1300	0.0865	0.6023
08:00-10:00	GB01	N4718	GC05	13518.1878	0.9025	0.0109	0.0020	0.0052	0.8043	0.1447	0.3828
09:00-11:00	N718	N407	GB01	19306.3847	0.0415	0.0001	-0.0002	0.0008	0.0057	-0.0125	0.0392
09:00-11:00	N471	N407	GC05	16961.7469	0.4646	-0.0005	0.0001	0.0079	-0.0265	0.0038	0.4638
09:00-11:00	N407	GB01	GC05	10773.4218	0.5207	0.0005	-0.0001	-0.0056	0.0499	-0.0129	-0.5181
09:00-11:00	GB01	N4718	GC05	13518.1824	0.1138	0.0000	-0.0002	-0.0015	0.0017	-0.0123	-0.1131
10:00-12:00	N718	N407	GB01	19306.3730	0.2928	-0.0014	-0.0007	-0.0054	-0.0723	-0.0342	-0.2817
10:00-12:00	N471	N407	GC05	16961.7379	0.4038	0.0004	-0.0004	-0.0068	0.0256	0.0215	0.4024
10:00-12:00	N407	GB01	GC05	10773.4171	0.6829	-0.0001	-0.0009	-0.0073	-0.0079	-0.0800	-0.6781
10:00-12:00	GB01	N4718	GC05	13518.1727	0.3728	-0.0009	-0.0002	-0.0050	-0.0656	-0.0121	-0.3667
08:00-13:00	N718	N407	GB01	19306.3888	0.1876	0.0005	0.0003	-0.0036	0.0282	0.0154	-0.1848
08:00-13:00	N471	N407	GC05	16961.7485	0.2412	-0.0015	0.0001	-0.0038	-0.0876	0.0063	-0.2247
08:00-13:00	N407	GB01	GC05	10773.4227	0.0563	0.0005	-0.0002	-0.0001	0.0507	-0.0205	-0.0133
08:00-13:00	GB01	N4718	GC05	13518.1855	0.1173	0.0015	0.0004	0.0004	0.1096	0.0306	0.0284

(三) 固定一個主站

固定一個已知點同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-18，第一組最大差異量約 17.5 公分，出現在主站約制 N718 之 GB04 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 33%，出現在主站約制在 GB01；第二組最大差異量約 15.9 公分，出現在主站約制 N718 之 GB04 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大

的佔 44%，出現在主站約制在 GB01、N407；二組移動站合併計算之最大差異量約 17.8 公分，出現在主站約制在 N718 之 GB04 點位上，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 39%，出現在主站約制在 GB01 點位上。

由以上數據顯示，三組實驗最大差異量均發生在約制 N718 之 GB04 點位上，該兩點位於本實驗區之最北及最南邊、距離約 8,235 公尺，除了距離略長外，主站發生不均勻變位也是另一個主要原因；以本實驗區而言，單一主站大部分成果超出 3 公分甚多，顯示若僅約制單主站成果不論是一個移動站或者是二個移動站重複觀測成果均不符規範。(相關固定站成果詳見附錄 3)

表 4-18：固定一個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	Dsmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01	2084	0.0059	0.0065	0.117	-0.062	0.159	9/27
GC05	2084	0.0063	0.0071	0.095	-0.063	0.114	7/27
N407	2084	0.0065	0.0073	0.106	-0.127	0.165	9/27
N718	GB04	0.0068	0.0079	-0.081	0.155	0.175	0/27

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01	N718	0.0018	0.0017	0.069	-0.125	0.143	11/25
GC05	N718	0.0018	0.0017	0.058	-0.073	0.093	5/25
N407	N718	0.0018	0.0018	0.070	-0.135	0.152	11/25
N718	GB04	0.0043	0.0033	-0.075	0.159	0.176	0/25

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01	N718	0.0025	0.0024	0.070	-0.126	0.144	11/28
GC05	N718	0.0025	0.0024	0.059	-0.073	0.094	7/28
N407	N718	0.0025	0.0024	0.069	-0.135	0.152	10/28
N718	GB04	0.0073	0.0062	-0.082	0.158	0.178	1/28

(四) 固定二個主站

計算固定二個已知點部分，同樣分為第一組移動站、第二

組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-19，第一組最大差異量約 17 公分，出現在主站約制 GB01、N407 之 2084 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 58%，出現在主站約制在 GC05 及 N718。第二組最大差異量約 15.3 公分，出現在主站約制 GB01、N407 之 N718 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 46%，出現在主站約制在 GB01 及 N407。二組移動站合併計之最大差異量約 15.4 公分，出現在主站約制在 GB01 及 N407 之 N718 點位上，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 52%，出現在主站約制在 GC05 及 N718 點位上。

以固定二個主站而言，雖然大部分成果仍無法符合 3 公分之要求，但可以看出固定二個主站之成果確實比約制單主站之成果好（相關成果詳見附錄 3）。

表 4-19 固定二個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	Dsmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05	N407	0.0051	0.0049	0.0093	0.115	0.148	12/26
GC05、N407	2084	0.0098	0.0110	0.159	-0.016	0.160	8/26
N407、N718	N949	0.0141	0.0088	-0.117	-0.021	0.119	1/26
N718、GB01	N407	0.0025	0.0026	0.093	0.067	0.115	11/26
GB01、N407	2084	0.0193	0.0217	0.118	-0.122	0.170	8/26
GC05、N718	N407	0.0025	0.0025	0.063	0.072	0.096	15/26

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05	N407	0.0059	0.0058	0.089	0.113	0.144	4/24
GC05、N407	2084	0.0110	0.0115	0.123	0.006	0.123	6/24
N407、N718	N949	0.0091	0.0101	-0.048	0.002	0.142	2/24
N718、GB01	N407	0.0026	0.0027	0.091	0.066	0.112	9/24
GB01、N407	N718	0.0054	0.0053	0.083	-0.129	0.153	11/24
GC05、N718	N407	0.0026	0.0027	0.062	0.071	0.094	9/24

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05	N407	0.0066	0.0063	0.090	0.117	0.148	7/27
GC05、N407	2084	0.0110	0.0116	0.140	-0.005	0.140	8/27

N407、N718	N949	0.0164	0.0116	-0.118	-0.024	0.120	3/27
N718、GB01	N407	0.0032	0.0033	0.092	0.067	0.114	11/27
GB01、N407	N718	0.0050	0.0049	0.083	-0.130	0.154	9/27
GC05、N718	N407	0.0035	0.0036	0.062	0.072	0.095	14/27

(五) 固定三個主站

計算固定三個已知點部分，同樣分為第一組移動站、第二組移動站及二者合併計算（視為第三組），成果統計如下表 4-20，第一組最大差異量約 15 公分，出現在主站約制 GB01、GC05 及 N407 之 2084 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 44%，出現在主站約制在 N718、GB01、GC05 點位上。第二組最大差異量約 12.3 公分，出現在主站約制 GC05、N407、N718 之 N949 點位，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 48%，出現在主站約制在 GB01、GC05、N407 點位上。二組移動站合併計之最大差異量約 11.4 公分，出現在主站約制在 GB01、GC05、N407 之 2084 點位上，距離差異在 3 公分內之點數百分比最大的佔 62%，出現在主站約制在 N407、N718、GB01 點位上。

以固定三個主站而言，成果雖比起第一組及第二組之成果好，但還是無法全數達到地籍測量實施規則的要求小於 30mm+6ppm 規範（相關成果詳見附錄 3-4），顯示本實驗區由於存在主站點位坐標成果不佳，以致使得後續施測所得移動站坐標成果品質無法提升，為改善本實驗區之坐標品質，吾人採用最小二乘配置法針對以上成果進行坐標轉換。

表 4-20：固定三個主站所得距離較差最大者比較表

第一組 A

固定站	Dsmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05、N407	2084	0.0212	0.0239	0.114	-0.097	0.150	10/25
GC05、N407、N718	N949	0.0346	0.0205	-0.103	-0.015	0.104	7/25
N407、N718、GB01	N949	0.0506	0.0299	-0.089	-0.022	0.092	10/25
N718、GB01、GC05	N407	0.0030	0.0029	0.086	0.070	0.111	11/25

第二組 B

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05、N407	N718	0.0071	0.108	0.072	-0.086	0.112	11/23

GC05、N407、N718	N949	0.0390	0.043	-0.115	-0.044	0.123	5/23
N407、N718、GB01	N949	0.0324	0.0368	-0.103	-0.052	0.115	9/23
N718、GB01、GC05	N407	0.0030	0.0029	0.085	0.071	0.111	6/23

第一二組合併 C

固定站	dSmax	sigma-n	sigam-e	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05、N407	2084	0.0198	0.0217	0.096	-0.061	0.114	12/26
GC05、N407、N718	N949	0.0297	0.0208	-0.096	-0.015	0.097	8/26
N407、N718、GB01	N949	0.0391	0.0272	-0.078	-0.025	0.082	16/26
N718、GB01、GC05	N407	0.0038	0.0041	0.078	0.071	0.105	12/26

(六) 坐標轉換

由於本實驗區已知點坐標與實測之坐標間有明顯差異存在（已知點分析成果詳如附錄 3），且已知點公告坐標有其法律性質，為使移動站坐標套合至附近已知點坐標系統上，採用最小二乘配置進行坐標轉換。

由以上兩實驗區可知，固定兩個主站之方式，可提高移動站坐標之可靠性，故本坐標轉換亦僅針對 C 組固定兩個主站之資料分析，並將測區內已知點均視為兩坐標系轉換之共同點，由轉換後之坐標顯示，六種組合方式中所有點位差異均在 3 公分以內，顯示經過坐標轉換，成果可符合地籍測量實施規則的要求（坐標轉換成果如附錄 3-5）。

表 4-21：固定二個主站所得距離較差最大者比較表

第一二組合併 C

固定站	dSmax	dN	dE	dS	(dS<3cm)/(total pt)
GB01、GC05	GC04	-0.002	0.029	0.029	29/29
GC05、N407	GC04	-0.001	0.028	0.028	29/29
N407、N718	GC04	-0.002	0.028	0.028	29/29
N718、GB01	GC04	-0.001	0.029	0.029	29/29
GB01、N407	GC04	-0.001	0.030	0.030	29/29
GC05、N718	GC04	-0.001	0.029	0.029	29/29

第六節 問題與討論

由上述成果分析中發現，在使用約制 2 個固定站的成果已可

符合地籍測量實施規則的平面要求，倘吾人在使用一次平面坐標轉換，以三等控制點為共同點，進行發現成果將更貼近目前規定已知點不可變動的實務作業規定，且成果更佳。另外，倘以 2 個固定站及 2 個移動站進行鹿草重測區四等控制點測設作業，將僅需 4 部儀器 8 個作業人員，在一天 3.5 小時（含移動換站時間）的作業時程內即可完成是項測量作業，較傳統需 8 部儀器 16 個作業人員 4 個時段觀測（每一段觀測 1 小時，含移動時間 0.5 小時），共花費 2 天[第 1 天 3 個時段，第 2 天 1 個時段]，可大幅節省外業人力、儀器及時間，詳如下表 4-21，且所有點位百分之百重複觀測，大幅增加可靠度。同樣均以二個主站二個移動方式換算澎湖白沙及宜蘭五結試驗區外業觀測時間、人員及基線計算量，彙制比較表如下 4-22、4-23 及 4-24，三個測區發現使用快速靜態的方式大約可以節省 70% 的儀器觀測時數，且基線計算數目以減少至僅剩約 40%。

表 4-22：鹿草測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表

項目	傳統靜態方式	快速靜態方式
儀器	8 部	4 部
人力	16 人	8 人
時間	兩天[約 6 小時]	一天[3.5 小時]
計算基線數	99 條	40 條
儀器觀測時間	48 小時	14 小時

表 4-23：白沙測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表

項目	傳統靜態方式	快速靜態方式
儀器	8 部	4 部
人力	16 人	8 人
時間	兩天[約 10 小時]	一天[7 小時]
計算基線數	280 條	108 條
儀器觀測時間	80 小時	28 小時

表 4-24：五結測試區兩種作業方式儀器人力時間比較表

項目	傳統靜態方式	快速靜態方式
儀器	8 部	4 部
人力	16 人	8 人
時間	四天[約 20 小時]	一天[8 小時]
計算基線數	280 條	92 條
儀器觀測時間	160 小時	32 小時

另外在成果分析過程中發現，在約制不同已知點及數量的觀測中，鹿草測試區 GC06 及 GC04 等 2 個點位的最大差異量出現頻率較高，經檢視點位照片發現 GC04 位置稀疏樹木旁，且距點位不到 2 公尺處即有一水泥電線桿，造成點位透空度遮蔽線現，影響衛星訊號接收。另在 GC06 附近，同樣有明顯大樹叢，也造成衛星訊號接收不完整，容易造成周波脫落影響算成果品質，故討使用快速靜態進行四等控制點觀測作業，對於點位透空受到遮蔽的影響需更加重視，GC04、GC06 衛星實際觀測如下圖 4-12、圖 4-13。

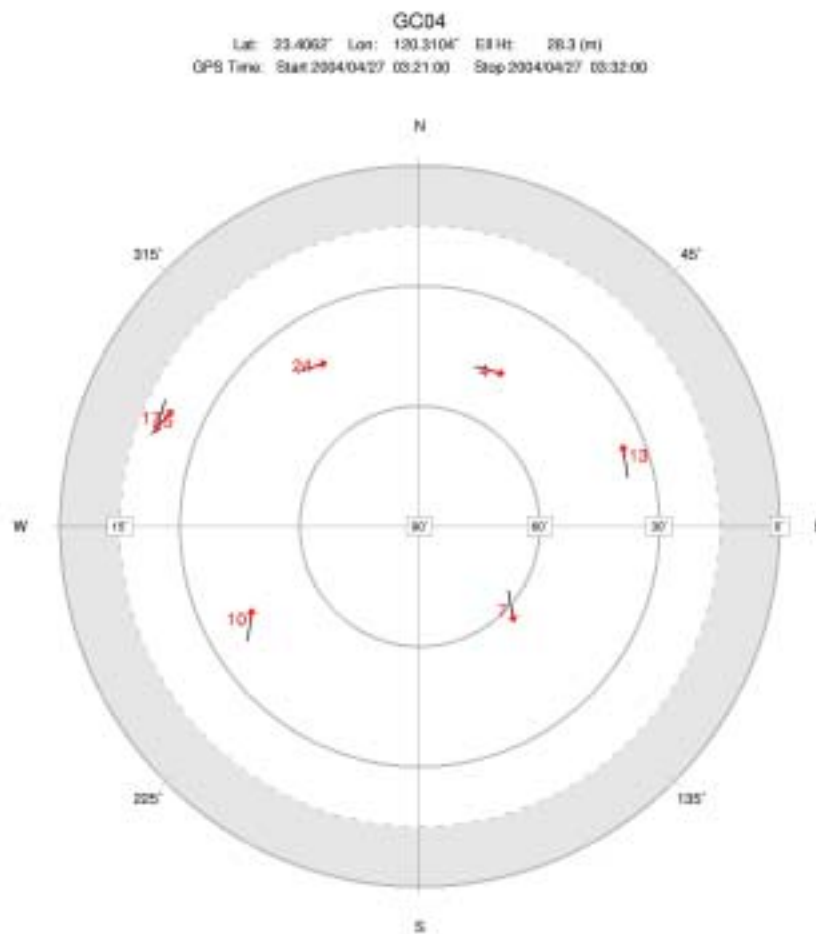


圖 4-12：GC04 實際觀測衛星透空圖

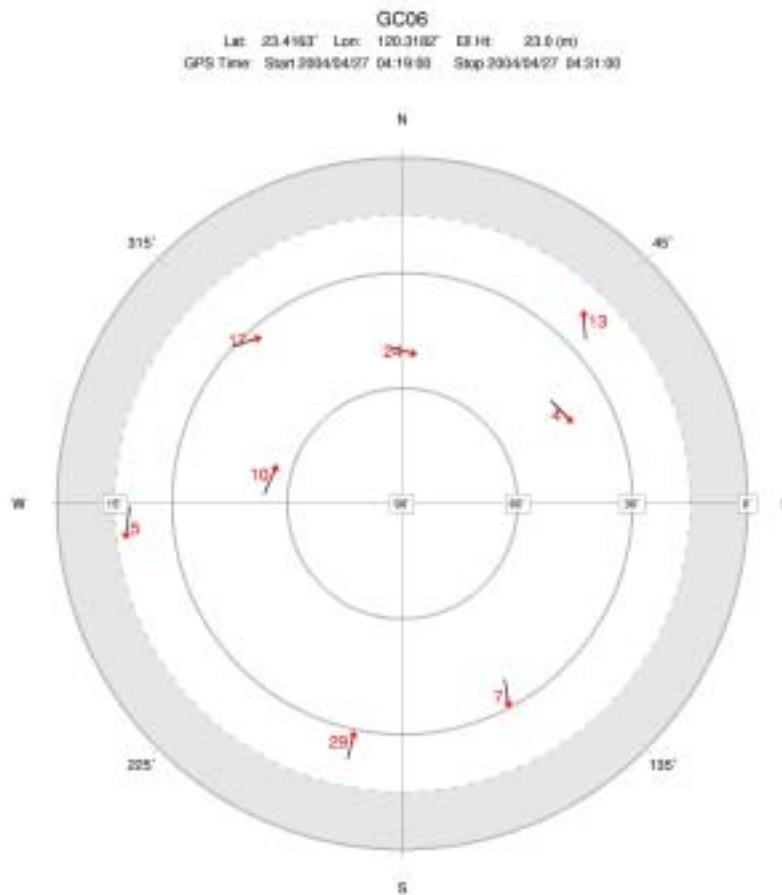


圖 4-13 : GC06 實際觀測衛星透空圖

在五結重測區，已知點分析過程中發現，已知點變位情形較為嚴重，距離變化量最大者約有 10cm 較差，對於後續各級測量應用已造成影響，存在隱藏性危機，對於這樣的地區除本研究所得兩個主站及兩個移動站雙重檢核外，建議至少應該增加一個主站，且全面涵蓋整個測區，並且對於成果採用最小二乘配置的坐標轉換模式，來達到精度要求且符合規範，這樣的成果雖然反映出真實狀況但所得卻不代表真值，實際的控制點管理維護作業中，對於已知點變形造成點位成果的變異情形，特別是台灣宜蘭及花東縱谷地區，地殼受琉球海槽擴張及菲律賓海板塊向歐亞大陸板塊擠壓的影響，地表變形嚴重，即使是號稱高精度的 TWD97 坐標系統，成果在九二一地震後或花東地區地震頻繁因素下，部分地區成果已逐漸喪失其原測設時的成果精度及一致性，怎樣的週期該檢測控制點或點位位移超過多少公分須重新公告新坐標，都值得再進一步加以分析討論。

第五章 結論與建議

第一節 結論

由研究成果顯示，在短距離小範圍內（約離主站五公里），若使用快速靜態方式辦理四等控制點作業，建議至少需使用 2 個主站及 2 個移動站（儀器均為雙頻全波長），對每個新設點位均百分之百重複觀測，且檢核測區內已知點，如此將可大幅增加成果精度及可靠度。本研究選取鹿草試驗地點為台灣西南部地區，地殼位移量較小且整體均勻，已知點間相對變形較小，故雙主站模式在未使用最小二乘配置處理前，成果已概略可用（小於 30mm+6ppm），但倘位於台灣東部，如五結重測區，每年位移量約 2-3 公分，且為不均勻位移情形，則必須使用最小二乘配置的資料處理模式，方能達到精度要求，故最小二乘配置方式在標準作業程序內均須納入考量。

另從觀測時間便利性而言，使用快速靜態方式對於每一移動站而言，僅須留意自己的觀測時間，觀測量足夠（如六顆星十分鐘）即可離開到下一個施測點位，無需理會其他移動站的觀測作業情形，比起以往靜態觀測要求全數移動站須同時共同觀測 45 分鐘以上（以最後一個抵達點位開始觀測為主開始計算），來的便利及具機動彈性，僅須配合交通動線，規劃施測順序及重複觀測時間間隔（建議至少間隔 1 小時以上）。

使用快速靜態辦理四等控制測量，因每個點位僅觀測約十分鐘的觀測時間，對於點位透空度的要求將更趨嚴苛，點位週遭環境比使用靜態測量方式更需考量，以期在觀測時間內接收到最完整且資料品質為佳的 GPS 衛星訊號觀測量。所以除了目視外，選點時攜帶掌上型 GPS 以研判點位環境及透空情形，應是一可行且必要方案。而對於雙主站位置的選取而言，以三個試驗區 18 個試驗例中，雙主站該擺設位置與計算成果並無明顯關聯，惟配合快速靜態基線計算模式中對電離層殘差改正忽略值，建議新設點位與主站間的距離以不超過 5km 為原則。

計算過程中，發現 3 個重測區高程方向中誤差約略為平面的 3-5 倍，符合一般 GPS 測量成果的精度估算，但是整體而言，高程的不符值約 10-20 公分，經檢討不符值係因採用不同型號及款式的 GPS 接收儀與儀器高量測方式不一，造成基線軟體解算基線成果時，該軟體對於儀器型號或量測方式無法辨識的錯誤（當然也

與解算軟體是否能夠辨識儀器有關)，此外對於原本高程方向的精度為何？仍待進一步研究。

使用快速靜態測量方式，在達成相同精度的要求下，可減少外業人力需求、儀器數量、作業時間及基線資料處理量，整體而言大約可節省三分之二的儀器觀測時間數及減少一半以上的基線解算數量，對於本局地籍圖重測人力逐漸減少及重測區逐年朝向郊區、面積縮小，正符合快速靜態測量辦理四等控制測量的作業方式與條件，使用快速靜態方式辦理四等控制測量是一個不錯的解決方案。

第二節 建議

一、使用快速靜態測量方式辦理四等控制測量規範原則建議如下：

- (一) 快速靜態測量整體作業流程順序如下：(I) 已知點及新設點位選取 (II) 使用雙主站及雙移動站辦理外業資料觀測 (III) 雙主站快速靜態基線解算 (IV) 已知點分析 (V) 初步成果平差 (VI) 最小二乘配置計算 (VII) 製作成果清冊。
- (二) 儀器需求：使用雙頻全波長 GPS 衛星接收儀，測量參數為每 5 秒接收一筆資料，至少接收 4 顆衛星資料，並擷取 15 度以上資料。
- (三) 外業觀測至少須採用雙主站及雙移動站模式，所有點位百分之百均需重複觀測，建議 6 顆衛星時以觀測 10 分鐘為原則。
- (四) 同一點位不同移動站觀測時間建議應間隔 1 小時以上，以達到衛星幾何結構變化之目的。
- (五) 作業範圍以移動站離最近主站距離不超過 5km 為原則。
- (六) 觀測點位透空度需較靜態測量方式嚴格要求，點位選取時應嚴加過濾，透空 15 度以上不應有遮蔽。
- (七) 使用最小二程配置作業時，所有已知點須約制在已公告成果，以符規範要求，新設點位並依據已知點

改正情形據以辦理最小二乘配置，以達均化整體成果，提昇整體精度。

- 二、倘部分點位（含已知點或新設點位）因測區環境遮蔽因素無法清除、或交通不便不易到達、或配合後續圖根需要位置透空不佳，則測量到該點時，應自動延長為觀測測量時間（約45-60分鐘），並不影響到其他點位之外業觀測處理，對於該點重複觀測可酌予放寬。
- 三、測區範圍如超出上開建議範圍甚多，建議以主站移動方式辦理，例如原本主站為A、B兩點，下一次變換為B、C，以達到不同時段間重複檢核的目的，並且可滿足大範圍的需求。
- 四、在完成初步雙主站（含移動站）基線處理後即應辦理最小約制網的已知點分析，以決定所使用的已知點是否存在變形或已經位移，若已被認定位移則在後續最小二乘配置轉換中即不應該被約制。
- 五、完成最小二乘配置後的成果，建議仍應使用足數辦理四等控制點精度之全測站測距經緯儀辦理地面距離及夾角檢測作業，初期仍應儘量全數可通視方向儘量觀測檢核，倘比對成果均可使用，再逐年減少予以減少。
- 六、台灣地區現已均使用 TWD97 坐標系統作為測量基準，故本研究均選用 TWD97 坐標系統成果作為測試區，對於 TWD67 已知點變異情形相較 TWD97 仍較嚴重，並未加以測試分析，建議倘須測設 TWD67 坐標系統成果時，仍以靜態測量作業方式為佳。
- 七、台灣處於地殼變動劇烈地區，控制點位位移情形快速，部分地區成果已逐漸喪失其原測設時的成果精度及一致性，內政部或土地測量局對於台灣地區控制點坐標管理維護，應積極研擬一套管理維護機制，以因應快速變化的外在環境及各項高精度定位的需求，方能提供更快速及準確的定位服務。
- 八、本研究使用最小二乘配置程式為成功大學余致義老師免費提供使用，建議爾後要推廣至各縣政府或地政事務所使用時，應取得著作人同意後方可擴大使用。

致謝

感謝成功大學測量與空間資訊學系余致義老師免費提供最小二乘配置計算用程式，使本研究能順利推行，特此申謝。

第六章 參考文獻

1. 曾德福，1997。台灣省八十六年度地籍圖重測工作簡報，台灣省政府地政處土地測量局，台中。
2. 龔昶榮，1989，GPS 衛星測量應用於控制測量，國立成功大學航空測量研究所碩士論文，台南。
3. 楊晉添，1993，寬巷法及未定值函數法 GPS 衛星靜態快速測量之研究，國立成功大學航空測量研究所碩士論文，台南。
4. 劉正倫、梁旭文，1994。GPS 衛星控制測量應用於地籍圖重測，第一屆 GPS 衛星定位技術研討會論文集，國立成功大學，台南，pp. 231-254。
5. 蕭志書，1996。快速強鈍即時性 GPS 動態測量系統之研究，國立成功大學測量研究所碩士論文，台南。
6. 孫連水，1997。即時動態 GPS 測量應用於控制測量與戶地測量之研究，國立成功大學測量研究所碩士論文，台南。
7. 曾清涼、儲慶美，1999，GPS 衛星測量原理與應用，國立成功大學 衛星資訊研究中心。
8. 內政部土地測量局，2004，內政部土地測量局辦理四等控制點衛星測量作業手冊。
9. 余致義，1994，GPS 衛星即時動態測量系統的設計和試驗，測量工程，第三十六卷，第三期，pp. 23-40。
10. 台灣省政府地政處，1995，台灣省三等衛星控制測量作業手冊。
11. IGS 網頁. <http://igsb.noaa.jpl.gov/>
12. 內政部衛星中心網頁. <http://www.gps.moi.gov.tw/>
13. 內政部土地測量局網頁. <http://www.lsb.gov.tw/>
14. 內政部土地測量局，九十三年度地籍圖重測計畫，鹿草、白沙及五結重測區四等控制測量測設作業說明。
15. The New L2 Civil Signal---LCDR Richard D. Fontana, GPS Joint Program Office Wai Cheung, Science Applications International Corporation Paul M. Novak, Science Applications International Corporation Thomas A Stansell, Jr., Stansell Consulting。
16. The Global Positioning System: Present Status and Modernization Plans ---24, 03, 2003
17. GPS Modernization --- ATCA Symposium, Washington, D.C., 15, 01, 2002.
18. Goad, C. and Yang, M., 1997, A New Approach to Precision Airborne

GPS Positioning for Photogrammetry , *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* , Vol.63 , No.9 , pp. 1067-1077 .

19. Yang , Ming , 1995 , New GPS Measurement Modeling Techniques of Orbit Determination and Precise Kinematic Positioning , Department Report No. 431 , Department of Geodetic Science and Surveying , The Ohio State University .
20. Hatch, R., 1990, Instantaneous Ambiguity Resolution, Kinematic Systems in Geodesy, Surveying, and Remote Sensing, IAG Symposium No. 107, pp. 285-295
21. Euler, H.-J. and C. C. Goad, 1991, On Optimal Filtering of GPS Dual Frequency Observations Without Orbit Information, Bulletin Geodesique, 65, 2, pp. 130-143.
22. Yang, M., C. C. Goad, and B. Schaffrin, 1994, Real-time On-the-fly Ambiguity Resolution Over Short Baselines in the Presence of Anti-Spoofing, Proceedings of the 7th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, pp. 519-525.