

096-301080000G-2002

e-GPS 定位系統應用於基本控制測量作業之研究



內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 96 年 12 月

096-301080000G-2002

e-GPS 定位系統應用於基本控制測量作業之研究

研究人員

| | |
|---------|-------|
| 控制測量課技正 | 王 敏 雄 |
| 秘書室專員 | 梁 朝 億 |
| 控制測量課課長 | 劉 至 忠 |
| 副 主 任 | 劉 正 倫 |
| 主 任 | 林 燕 山 |

內政部國土測繪中心自行研究報告

中 華 民 國 96 年 12 月

096-301080000G-2002

**MINISTRY OF INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT**

**A Study of e-GPS Positioning System Applied to the
Basic Control Surveying Works**

By

Wang , Min-Shiung

Liang , Chao-I

Liu , Chin-Chung

Liu , Jeng-Lun

Lin , Yen-Shan

December , 2007

主 文 目 錄

| | |
|--|------|
| 圖目錄..... | III |
| 表目錄..... | V |
| 摘 要..... | VIII |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第一節 研究緣起與背景 | 1 |
| 第二節 計畫目標..... | 1 |
| 第三節 研究方法..... | 2 |
| 第四節 研究進度..... | 3 |
| 第五節 研究人員編組..... | 4 |
| 第二章 虛擬基準站即時動態定位技術 | 5 |
| 第一節 概述..... | 5 |
| 第二節 基本定位原理..... | 5 |
| 第三節 VBS-RTK 定位技術之優點..... | 9 |
| 第四節 虛擬基準站即時動態定位系統基本架構..... | 10 |
| 第五節 系統服務與增值應用..... | 10 |
| 第三章 e-GPS 即時動態定位系統建置與運作現況 | 13 |
| 第一節 衛星定位基準網..... | 13 |
| 第二節 控制及計算中心..... | 16 |
| 第三節 GPSNet 定位系統軟體..... | 17 |
| 第四節 網路及數據傳輸系統架構..... | 18 |
| 第五節 區域性定位服務網..... | 19 |
| 第六節 移動站基本配備..... | 20 |
| 第四章 e-GPS 衛星定位坐標系統 | 22 |
| 第一節 坐標系統定義..... | 21 |

| | | |
|------------|--------------------------------|-----------|
| 第二節 | 基準站精密坐標及速度量計算流程..... | 23 |
| 第三節 | 基準站坐標精度評估與分析..... | 25 |
| 第四節 | 一等、二等、三等衛星控制點分析..... | 31 |
| 第五節 | e-GPS 服務區劃分及其使用策略..... | 34 |
| 第五章 | 測試資料蒐集與預檢核..... | 35 |
| 第一節 | 測試區選定與測試資料蒐集..... | 35 |
| 第二節 | 高雄市縣地區 VBS-RTK 檢測數據統計分析..... | 37 |
| 一、 | VBS-RTK 即時動態定位成果等級統計分析..... | 37 |
| 二、 | VBS-RTK 即時動態定位初始化時間統計分析..... | 38 |
| 三、 | VBS-RTK 即時動態定位成果重複性統計分析..... | 40 |
| 第六章 | 研究與測試..... | 43 |
| 第一節 | 研究背景..... | 43 |
| 第二節 | VBS-RTK 即時動態定位輔助基本控制點檢測作業..... | 45 |
| 一、 | 研究動機與目的..... | 45 |
| 二、 | 研究方法..... | 45 |
| 三、 | 金門縣測試區..... | 48 |
| 四、 | 高雄市縣測試區..... | 58 |
| 第三節 | 虛擬觀測資料輔助動態定位精度及可用性評估..... | 70 |
| 一、 | 研究動機與目的..... | 70 |
| 二、 | 研究方法..... | 70 |
| 三、 | VBS-RTK 後處理定位方法之可用性分析..... | 75 |
| 四、 | VBS-RTK 後處理定位方法之精度分析..... | 75 |
| 第七章 | 結論與建議..... | 79 |
| 第八章 | 參考文獻..... | 82 |

圖 目 錄

| | | |
|-------|--|----|
| 圖 2-1 | 虛擬基準站即時動態定位技術示意圖..... | 7 |
| 圖 2-2 | VBS-RTK 即時動態定位技術解算流程圖..... | 8 |
| 圖 2-3 | 相同範圍內單主站 RTK 與 VBS-RTK 覆蓋區域示意圖..... | 9 |
| 圖 2-4 | 虛擬基準站即時動態定位系統應用領域及輔助國土資訊系統 定位資料圖層關聯性..... | 12 |
| 圖 3-1 | e-GPS 衛星定位基準站分佈略圖..... | 14 |
| 圖 3-2 | 鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備實景相片..... | 15 |
| 圖 3-3 | e-GPS 控制及計算中心資訊機房實景相片..... | 16 |
| 圖 3-4 | GPSNet 定位系統軟體功能模組架構圖..... | 17 |
| 圖 3-5 | e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖..... | 18 |
| 圖 3-6 | e-GPS 即時動態定位系統分區定位服務範圍示意圖..... | 20 |
| 圖 3-7 | PDA 輔助移動站數據傳輸介面操作軟體..... | 21 |
| 圖 4-1 | e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度量計算處理流程圖..... | 25 |
| 圖 4-2 | e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差示意圖..... | 28 |
| 圖 4-3 | e-GPS 衛星定位基準站平面位移 N-S 方向速度量示意..... | 29 |
| 圖 4-4 | e-GPS 衛星定位基準站平面位移 E-W 方向速度量示意..... | 30 |
| 圖 4-5 | 臺灣本島平面位移不同地區分區示意圖..... | 30 |
| 圖 4-6 | 一等、二等衛星控制點成果位移分析圖..... | 31 |
| 圖 4-7 | 宜蘭地區三等控制點最小約制平差成果位移圖..... | 32 |
| 圖 4-8 | 花東地區三等控制點最小約制平差成果位移圖..... | 33 |
| 圖 4-9 | 臺東市地區三等控制點位移分區圖..... | 33 |
| 圖 5-1 | 金門縣地區各級基本控制點 VBS-RTK 檢測點位分佈圖..... | 36 |
| 圖 5-2 | 高雄市縣地區各級基本控制點 VBS-RTK 檢測點位分佈圖..... | 37 |
| 圖 5-3 | 高雄市縣地區 VBS-RTK 即時動態定位檢測成果等級分佈圖..... | 38 |
| 圖 5-4 | 高雄市縣測試區 VBS-RTK 檢測初始化時間統計圖..... | 39 |

| | | |
|--------|--|----|
| 圖 5-5 | 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差數量統計圖..... | 42 |
| 圖 6-1 | 北區定位服務網初始化所需時間之比率統計圖..... | 45 |
| 圖 6-2 | 金門縣測試區 VBS-RTK 檢測坐標較差示意圖..... | 50 |
| 圖 6-3 | 金門縣 4 參數坐標轉換及套合前後各階段較差數量統計圖..... | 52 |
| 圖 6-4 | 金門縣 6 參數坐標轉換及套合前後各階段較差數量統計圖..... | 54 |
| 圖 6-5 | 金門縣地區四等控制點 VBS-RTK 檢測坐標較差示意圖 (4 參數)..... | 56 |
| 圖 6-6 | 金門縣地區四等控制點 VBS-RTK 檢測坐標較差示意圖 (6 參數)..... | 56 |
| 圖 6-7 | 金門測試區 4 參數坐標轉換套合前後坐標較差分佈圖..... | 57 |
| 圖 6-8 | 高雄市縣地區 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差 量級分佈圖..... | 59 |
| 圖 6-9 | 高雄市縣地區 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差 方向示意圖..... | 59 |
| 圖 6-10 | 高雄市縣測試區坐標轉換套合與 TWD97 坐標較差數量統 計圖..... | 64 |
| 圖 6-11 | 高雄市縣第 1 測試區坐標轉換套合後與 TWD97 坐標較差 示意圖..... | 65 |
| 圖 6-12 | 高雄市縣第 1 測試區 VBS-RTK 檢測坐標與 TWD97 公告 坐標較差統計圖..... | 65 |
| 圖 6-13 | 高雄市縣第 1 測試區 VBS-RTK 檢測坐標轉換後較差統計圖..... | 66 |
| 圖 6-14 | 高雄市縣第 1 測試區 VBS-RTK 檢測坐標套合後較差統計圖..... | 66 |
| 圖 6-15 | 高雄市縣第 1 測試區 VBS-RTK 檢測坐標轉換套合前後點位 分佈圖..... | 66 |
| 圖 6-16 | 高雄市縣第 2 測試區坐標轉換套合後與 TWD97 坐標較差 示意圖..... | 67 |
| 圖 6-17 | 高雄市縣第 2 測試區 VBS-RTK 檢測坐標與 TWD97 公告 | |

| | |
|--|----|
| 坐標較差統計圖..... | 68 |
| 圖 6-18 高雄市縣第 2 測試區 VBS-RTK 檢測坐標轉換後較差統計圖.... | 68 |
| 圖 6-19 高雄市縣第 2 測試區 VBS-RTK 檢測坐標套合後較差統計圖.... | 69 |
| 圖 6-20 高雄市縣第 2 測試區 VBS-RTK 檢測坐標轉換套合前後點位 分佈圖..... | 69 |
| 圖 6-21 GPSever 虛擬參考站檔案產生器模組實際操作畫面..... | 71 |
| 圖 6-22 Trimble TTC 商用基線計算軟體之實際操作畫面..... | 71 |
| 圖 6-23 後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位作業流程圖..... | 72 |
| 圖 6-24 高雄市縣地區採用 VBS-RTK 後處理定位解算點位分佈圖..... | 73 |
| 圖 6-25 高雄市縣測試區 VBS-RTK 後處理定位解算至 RTK-FIX 成果等級之比數百分比率統計圖..... | 74 |
| 圖 6-26 高雄市縣測試區 VBS-RTK 後處理定位計算至 RTK-FIX 成果等級所需比數統計圖..... | 74 |
| 圖 6-27 高雄市縣測試區 VBS-RTK 後處理定位與即時性定位坐標 較差統計圖..... | 76 |
| 圖 6-28 高雄市縣測試區 VBS-RTK 後處理點位於坐標轉換分區分佈 圖..... | 77 |

表 目 錄

| | | |
|--------|---|----|
| 表 1-1 | 研究計畫工作進度表..... | 3 |
| 表 1-2 | 研究人員編組表..... | 4 |
| 表 4-1 | 臺灣本島地區 e-GPS 衛星定位坐標系統基本定義表..... | 23 |
| 表 4-2 | e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差一覽表..... | 26 |
| 表 4-3 | 宜蘭、花蓮及臺東各地區之點位測設計算資料表..... | 31 |
| 表 4-4 | 宜蘭服務網基準站速度場及空間距離相對變化表..... | 34 |
| 表 5-1 | 採用 VBS-RTK 定位檢測各級基本控制點數量一覽表..... | 36 |
| 表 5-2 | 高雄市縣測試區 VBS-RTK 檢測初始化時間統計表..... | 39 |
| 表 5-3 | 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差分析表..... | 41 |
| 表 5-4 | 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差數量統計表..... | 41 |
| 表 6-1 | 臺灣北部地區各級基本控制點檢測數量及坐標較差一覽表..... | 44 |
| 表 6-2 | 金門縣測試區 e-GPS 坐標與 TWD97 坐標較差一覽表..... | 49 |
| 表 6-3 | 金門縣測試區 4 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表..... | 51 |
| 表 6-4 | 金門縣 4 參數轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計表..... | 52 |
| 表 6-5 | 金門縣測試區 6 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表..... | 53 |
| 表 6-6 | 金門縣 6 參數轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計表..... | 54 |
| 表 6-7 | 金門縣測試區採用 4 參數或 6 參數坐標轉換後之坐標較差量 級一覽表..... | 55 |
| 表 6-8 | 高雄市縣測試區 4 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表..... | 60 |
| 表 6-9 | 高雄市縣測試區 6 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表..... | 61 |
| 表 6-10 | 高雄市縣地區平面坐標轉換測試分區劃分一覽表..... | 64 |
| 表 6-11 | 高雄市縣第 1 測試分區坐標轉換參數成果一覽表..... | 64 |
| 表 6-12 | 高雄市縣第 2 測試分區坐標轉換參數成果一覽表..... | 67 |
| 表 6-13 | VBS-RTK 後處理定位與即時動態定位坐標較差分析表..... | 75 |
| 表 6-14 | 高雄市縣第 1 測試區內 VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 坐 | |

| | |
|--|----|
| 標較差表..... | 78 |
| 表 6-15 高雄市縣第 2 測試區內 VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 坐 | |
| 標較差表..... | 78 |

摘 要

由於網際網路及無線數據通訊傳輸技術蓬勃發展，GPS 即時動態定位 (RTK) 已成為國際測繪及定位技術之主流，特別是結合 GPS 衛星定位基準網及虛擬基準站 (Virtual Base Station, VBS) 之網路化即時動態定位 (Network RTK) 技術，更是現今世界各先進國家積極建置之即時性動態定位系統。內政部國土測繪中心 (改制前內政部土地測量局，以下簡稱本中心) 自 93 年度起規劃建置 e-GPS 即時動態定位系統，藉由每天 24 小時連續接收 GPS 衛星觀測資料，除可輔助訂定國家測量基準、維護國家坐標系統及提供相關學術研究使用外，亦可達到提升 RTK 定位精度與可靠度及大幅延展 RTK 有效作業範圍之目的。另為評估 e-GPS 即時動態定位系統應用於基本控制測量作業之定位精度、可靠度及可行性等相關研究，本研究計畫於 96 年度在臺灣南部地區配合三等控制點管理維護作業，進行一系列測試分析結果，已初步證實本系統之 VBS-RTK 定位技術及後處理之虛擬基準站觀測資料，可明顯提升各級基本控制點測設及管理維護檢測工作之產能及效率，達到節省作業成本之目標。

關鍵字：e-GPS、網路化即時動態定位 (Network RTK)、虛擬基準站法即時動態定位 (VBS-RTK)、虛擬基準站觀測資料 (VBS-OBS)、坐標轉換、最小二乘配置

Abstract

Flourishingly developing technologies of internet and wireless communication have made the Real-Time Kinematic (RTK) positioning as the main stream of international survey and positioning technique. Specifically, the architecture of the Global Positioning System (GPS) network combined with the Virtual Base Station (VBS) has been the real-time kinematic positioning system that developed countries are actively establishing. Since 2004, the National Land Surveying and Mapping Center (NLSC), MOI, has been integrating the existing base stations around the nation to build up national e-GPS positioning system network. The e-GPS network has offered the improvement of linear deduction caused from the increase of distance between the single reference station and the rover. This has enlarged the operation area than that RTK can reach. Except that can stipulate the datum of measuring in the country, maintains the national coordinate system auxiliary and offers relevant academic research. Another study in order to assess precision of localization, reliability and feasibility applied to the basic control survey in e-GPS position system network. relevantly, this project cooperated with the third-class control point to manage and maintain in the southern areas of Taiwan in 96, this test analysis results to go on a series of, has proved tentatively already that stands and observes the materials in VBS-RTK localization technology and fictitious datum of the after treatment of this system, can improve at all levels basic control point producing and efficiency of work to maintain to manage to examine obviously, reach the goal of controlling homework cost.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

內政部國土測繪中心（以下簡稱本中心）全國性 e-GPS 即時動態定位系統（以下簡稱本系統）已於 95 年度建置完成，其系統資源及後續增值應用與定位服務等功能，已由本心於 94 年度完成採用虛擬基準站法即時動態定位（VBS-RTK）定位成果之可用性及定位精度與可靠度相關測試分析工作，初步成果除已證實其定位精度在平面方向約為 2 公分，高程精度約為 5 公分等級。故本系統將可提供高效率及高產量之作業平臺，來輔助高精度之控制或細部測繪作業，目前本中心已將各基準站原始衛星觀測資料及即時動態定位服務，開放提供各級公務機關、學術研究單位辦理各類不同領域之研究測試使用，其定位精度及效能已獲各界肯定。

網路化即時動態定位技術已成為國際測繪科際之潮流趨勢，針對 e-GPS 即時動態定位系統各項服務之營運推動事務，本中心除於近年持續研發並提升採用虛擬基準站法即時動態定位（VBS-RTK）精度與可靠度之作業方法及後續增值應用外，另為配合內政部「國家測繪發展計畫（草案）」，於 97 年度全面採用 VBS-RTK 即時動態定位技術辦理臺閩地區三等控制點管理維護作業之計畫實施策略，本研究計畫除規劃就本中心經管平面控制測量業務，研辦各項實務作業之具體配套方案與標準規範外，更因本中心全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統具有多目標、多功能及多元化產值之特性，本研究計畫亦期望透過各基準站每天 24 小時每秒連續接收衛星觀測資料計算處理所獲得精密成果，與年度基本控制測量成果進行比對分析，俾就國家測量基準與國家坐標系統維護機制等議題，提出具體可行方案，做為後續施政及訂定法制化作業規範之參考。

第二節 計畫目標

本研究計畫目標規劃以本中心 94 年度辦理相關測試計畫所獲得初步成

果為基礎，續行研辦以下事項：

- 一、統計分析臺閩地區目前已連線運作之 e-GPS 衛星定位基準站之坐標變形量及速度量，提供進行國家測量基準與國家坐標系統維護機制之研究，並重新評估規劃分區定位服務網。
- 二、採用 VBS-RTK 即時動態定位技術辦理臺閩地區三等控制點管理維護作業之精度與與可靠度等可行性評估，並進一步研擬相關作業規範草案。
- 三、採用坐標轉換與最小二乘配置法坐標套合技術，分析區域性 e-GPS 坐標系統與 TWD97 公告坐標系統之空間相關性，以作為輔助及加速各級基本控制點檢測或其他測繪與定位增值應用。
- 四、採用後處理虛擬觀測資料輔助動態定位之精度與可用性評估。

第三節 研究方法

一、資料蒐集：

- (一) 各衛星定位基準站 1Hz 原始衛星觀測資料。
- (二) 各級基本控制點外業 VBS-RTK 即時動態定位成果資料。
- (三) 後處理虛擬衛星觀測資料 (VBS-OBS)。
- (四) 近年度基本控制點檢測成果資料。
- (五) 近年度地籍圖重測區或重劃區控制測量成果資料。
- (六) 其他機關發表之點位元變形量及速度場成果等相關資訊。

二、資料處理與分析：

- (一) 衛星定位基準站坐標變形量及速度場分析：採用瑞士伯恩大學天文研所研發之 Bernese 計算軟體及國際 GPS 服務組織 (International GPS Service, IGS) 公佈之最終精密星曆 (Final)，每天解算各衛星定位基準站坐標，並針對每一衛星定位基準站每天坐標進行 TAU 測試 (τ -Test) 剔除較差之成果後，以線性方程式精密解算三軸坐標速度場，做為國家測量基準與國家坐標系統維護機制相關研究使用。

(二) 採用平面坐標轉換與最小二乘配置法坐標套合技術，統計分析各級基本控制點 VBS-RTK 即時動態定位成果資料與靜態觀測檢測資料之坐標差量比對，並於進行區域性較差統計分析後，配合前述基準站坐標變形量及速度場資訊分析結果，重新評估規劃分區定位服務網，並做為研擬相關作業規範之參據。

(三) 採用 Trimble 公司所研發之 Trimble Total Control (TTC) 商用基線計算軟體，聯合 GPS 實測觀測資料及 GPSNet 定位系統軟體所產製之各級基本控制點 VBS 虛擬觀測資料進行 RTK 後處理動態定位坐標解算，據以研究評估後處理虛擬觀測資料輔助動態定位之精度與可用性。

第四節 研究計畫工作進度

本研究計畫執行時間自 96 年 1 月至 96 年 12 月，在計畫研究人員及外業作業人員積極協同辦理各項研究事務下，各項工作均按原計畫目標順利完成。有關研究計畫之工作進度表如表 1-1，其中黑色線為預定工作進度，紅色線為實際工作進度。

表 1-1 研究計畫工作進度表

| 辦理期程 工作項目 | 96 01 | 96 02 | 96 03 | 96 04 | 96 05 | 96 06 | 96 07 | 96 08 | 96 09 | 96 10 | 96 11 | 96 12 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 資料蒐集 | | | | | | | | | | | | |
| 資料處理 | | | | | | | | | | | | |
| 成果分析 | | | | | | | | | | | | |
| 撰寫研究報告 | | | | | | | | | | | | |
| 研究報告報部 | | | | | | | | | | | | |

第五節 研究人員編組

表 1-2 研究人員編組表

| 姓名 | 現職 | 職等 | 分工 | 備註 |
|-----|-----|-----------|-----------------------------------|-------|
| 林燕山 | 主任 | 簡任第 11 職等 | 督導計畫執行事宜 | |
| 劉正倫 | 副主任 | 簡任第 10 職等 | 督導及綜理本計畫執行 相關事宜 | |
| 劉至忠 | 課長 | 薦任第 9 職等 | 計畫進度控管、資料計 算處理分析、成果研究 報告修訂 | |
| 王敏雄 | 技正 | 薦任第 9 職等 | 資料蒐集、資料計算處 理分析、行政事務、撰 寫研究報告 | 本案連絡人 |
| 梁朝億 | 專員 | 薦任第 8 職等 | 資料蒐集、資料計算處 理分析、撰寫研究報告 | |

第二章 虛擬基準站即時動態定位技術

第一節 概述

應用傳統單主站式 RTK 即時動態定位技術之最大瓶頸，在於主站系統誤差改正參數之有效作用距離。茲因 GPS 定位誤差的空間相關性會隨著基準站與移動站距離的增加而逐漸失去線型誤差模型的有效性，因此在較長距離的情況下（一般大於 10 公里），經過差分計算處理後之觀測數據仍然含有很大的系統誤差，尤其是電離層的殘餘誤差，將導致整週波未定值（Ambiguity）求解的困難，甚至無法求解，以致於造成定位成果不佳。

為克服上述傳統單主站式 RTK 定位技術的缺陷，在網路化 e 世紀來臨之際，利用虛擬基準站即時動態定位技術求解區域性 GPS 多基準站網絡誤差模型如對流層、電離層及軌道誤差等，將可有效增加傳統單主站 RTK 定位之作業範圍。亦即採用多個衛星定位基準站所組成的 GPS 網絡來評估衛星定位基準站涵蓋地區的 GPS 定位誤差，並配合最鄰近的實體基準站觀測資料，建構一個虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）做為 RTK 主站使用，此時該虛擬基準站的觀測數據將會與移動站衛星定位接收儀實際接收的觀測數據及誤差模型具有極高的相關性，當再進行 RTK 差分計算處理後，系統誤差即可徹底消除，達到快速、方便、高精度及高可靠度的定位成果。所以 RTK 移動站使用者並不是如傳統單主站式 RTK 即時動態定位方式，即接收某個實際基準站的實際觀測資料，於移動站接收儀中進行基線解算，而是結合定位誤差修正後的虛擬觀測數據，也就是 RTK 主站是經過人為加工產製的虛擬化基準站，其意義就彷彿是使用者在移動站附近架設一個實體的基準站一樣，這種透過網路及無線數據訊傳輸的 RTK 定位技術稱之為虛擬基準站即時動態定位技術（簡稱 VBS-RTK）。

第二節 基本定位原理

VBS-RTK 定位技術的基本觀念既是由多個 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，並經由網路或其他通訊設備與控制及計算中心連接，彙整計算產生區域改正參數資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站

的相關資料，所以在基準站所構成的基線網範圍內，RTK 使用者只需在移動站上擺設衛星定位接收儀，並將相關定位資訊，透過以全球行動通訊系統 (GSM) 為基礎的整合封包無線電服務技術 (General Packet Radio Service, GPRS) 等無線數據通訊傳輸技術及美國國家海洋電子學會 (National Marine Electronics Association, NMEA) 專為 GPS 接收儀輸出資料所訂定之標準傳輸格式傳送至控制及計算中心，並計算虛擬基準站之模擬觀測量後，再以「國際海運系統無線電技術委員會」(Radio Technical Commission for Maritime, RTCM) 所制定之差分 GPS 標準格式回傳至移動站衛星定位接收儀，進行「超短距離」之 RTK 定位解算，即可即時求得公分級精度定位坐標。

綜上所述，吾人可以歸納採用 VBS-RTK 定位技術進行即時性動態定位實際運作之步驟如下：

- 一、**基準站區域網資料前級處理**：包含建立基準網觀測資料庫，並同時進行基準站之網形平差計算。
- 二、**基準站區域網解算**：控制及計算中心彙整計算各基準站連續觀測資料及精確坐標，建立區域性誤差修正資料庫。
- 三、**建立虛擬基準站觀測數據**：移動站利用無線數據通訊傳輸技術將衛星定位接收儀 NMEA 格式之位置資訊（通常為單點定位坐標）登錄於控制及計算中心後，由控制及計算中心依移動站位置坐標進行系統誤差內插計算，並結合最近的基準站實際觀測資料組成 VBS 虛擬觀測資料後，以 RTCM 格式回傳至移動站。
- 四、**移動站坐標解算**：移動站接收儀進行「超短基線」RTK 定位解算。

圖 2-1 顯示為虛擬基準站即時動態定位技術示意圖，圖 2-2 顯示 VBS-RTK 即時動態定位技術解算流程。

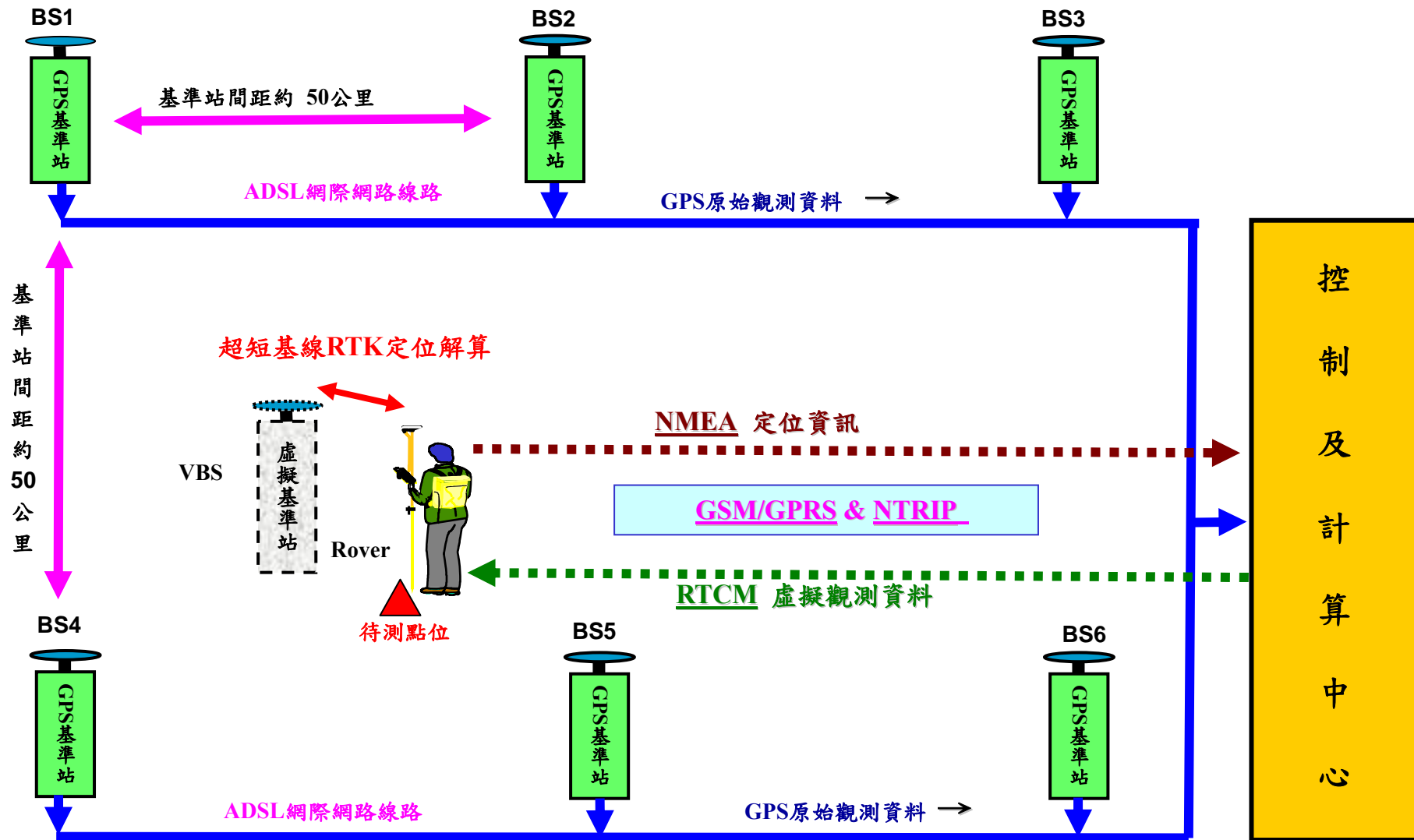


圖 2-1 虛擬基準站即時動態定位技術示意圖

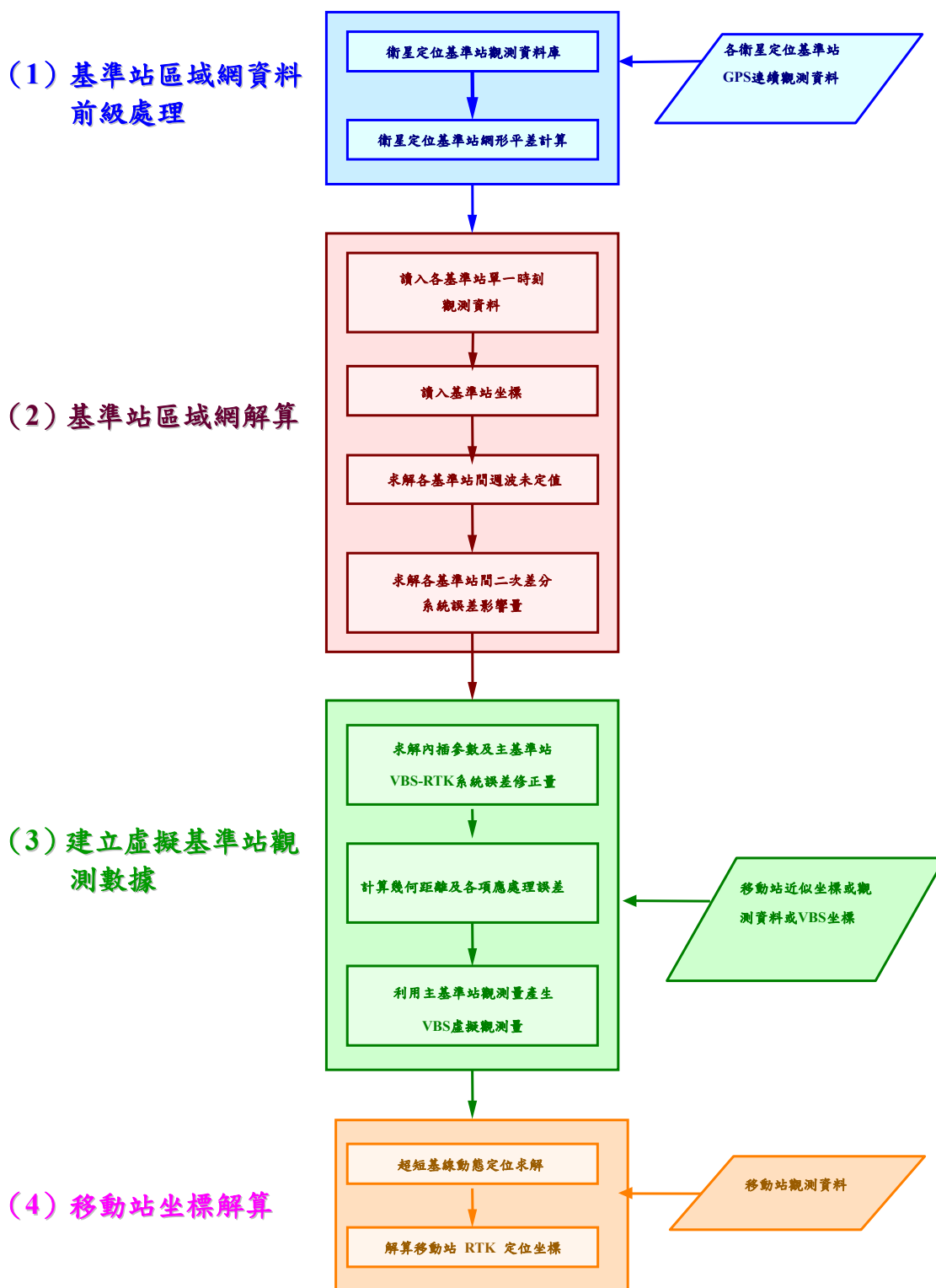


圖 2-2 VBS-RTK 即時動態定位技術解算流程圖

第三節 VBS-RTK 定位技術之優點

- 一、可擴大有效作業範圍，提高定位精度及可靠度。
- 二、測量誤差及初始化時間不因距離增長而增加。
- 三、使用者無須架設區域性主站。
- 四、單人單機即可作業。
- 五、可縮短作業時間，增加產能，降低作業成本。
- 六、所有使用者皆在同一框架下進行即時定位。
- 七、可提供全面性的定位成果品質監控。

圖 2-3 顯示在相同範圍內單主站 RTK 與 VBS-RTK 覆蓋區域之比較。

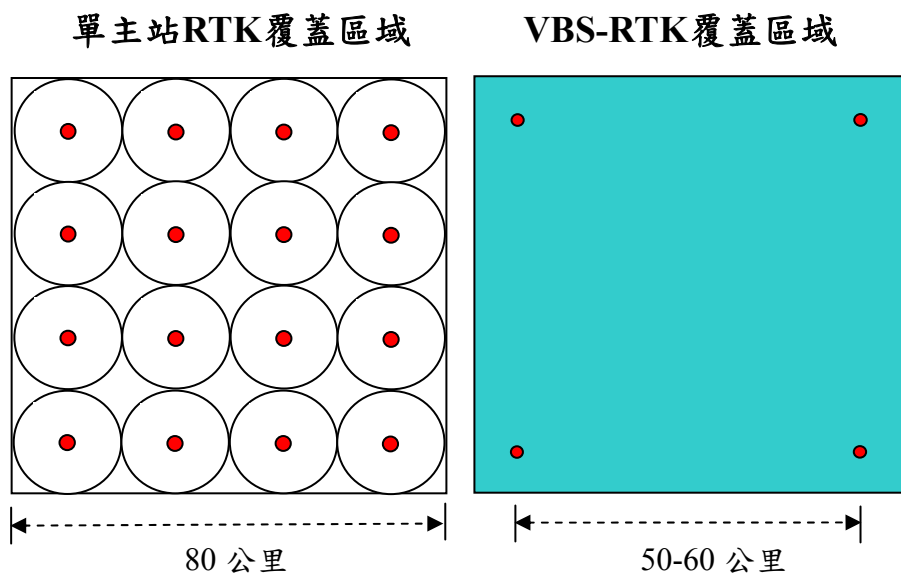


圖 2-3 相同範圍內單主站 RTK 與 VBS-RTK 覆蓋區域示意圖

[參考來源：成都加訊科技網頁]

第四節 虛擬基準站即時動態定位系統基本架構

虛擬基準站即時動態定位系統之基本架構可區分為三大組成單元，茲就其操作功能性分述如下：

一、衛星定位基準網：

- (一) 連續接收 GPS 觀測資料。
- (二) 連續透過網際網路(Internet)將 GPS 原始觀測資料即時傳輸至控制及計算中心。

二、控制及計算中心：

- (一) 連續進行 GPS 觀測資料之品管、儲存、處理與遠端監控。
- (二) 連續計算產生區域性定位誤差修正資料。
- (三) 組成虛擬基準站衛星觀測資料。
- (四) 透過行動電話 GSM/GPRS 及 RTCM 網際網路傳輸通訊協定 (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, NTRIP)，將虛擬基準站衛星觀測資料 (RTCM 格式) 傳送至移動站。

三、移動站使用者：

- (一) 下載移動站 GPS 原始衛星觀測資料並計算產生導航坐標。
- (二) 透過 GSM/GPRS 及 NTRIP 將導航坐標 (NMEA 格式) 傳輸至控制及計算中心。
- (三) 聯合移動站觀測資料及虛擬觀測資料進行 RTK 定位解算。

第五節 系統服務與增值應用

就虛擬基準站即時動態定位系統架構及基本功能而言，除可提供移動站使用者進行 VBS-RTK 定位或電碼觀測量差分定位 (Differential GPS, DGPS) 等即時性動態定位解算外，另其每日 24 小時所連續觀測獲得之衛星觀測資料，亦可做為輔助其他非即時性且高精度之定位應用，茲就相關增值應用領域分列如下：

一、非即時性定位之應用包括：

- (一) 測量基準訂定。
- (二) 國家坐標系統維護。
- (三) 各級基本控制點補建與檢測。
- (四) 地殼變形監測。
- (五) GPS 精密軌道計算。
- (六) 地球科學、大氣科學等學術研究。
- (七) 其他加值應用。

二、即時性動態定位之應用包括：

- (一) 工程測量。
- (二) 細部測量(如界址測量、地形測量、海洋測量等)。
- (三) 資源踏勘及調查。
- (四) 輔助決策(如環境監測、農業發展...)
- (五) 民生及旅遊等諮詢服務。
- (六) 載具導航定位。
- (七) 車輛派遣與監控。
- (八) 其他加值應用。

另針對 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統具備多目標、高效率、高產能之定位資訊蒐集能力，只要予以相關的標準化認證後，相信對於目前政府極力推展國土資訊系統之圖層建構，將會有直接的輔助效益。圖 2-4 顯示 e-GPS 即時動態定位系統之應用領域及其輔助國土資訊系統定位資料圖層之關聯性。

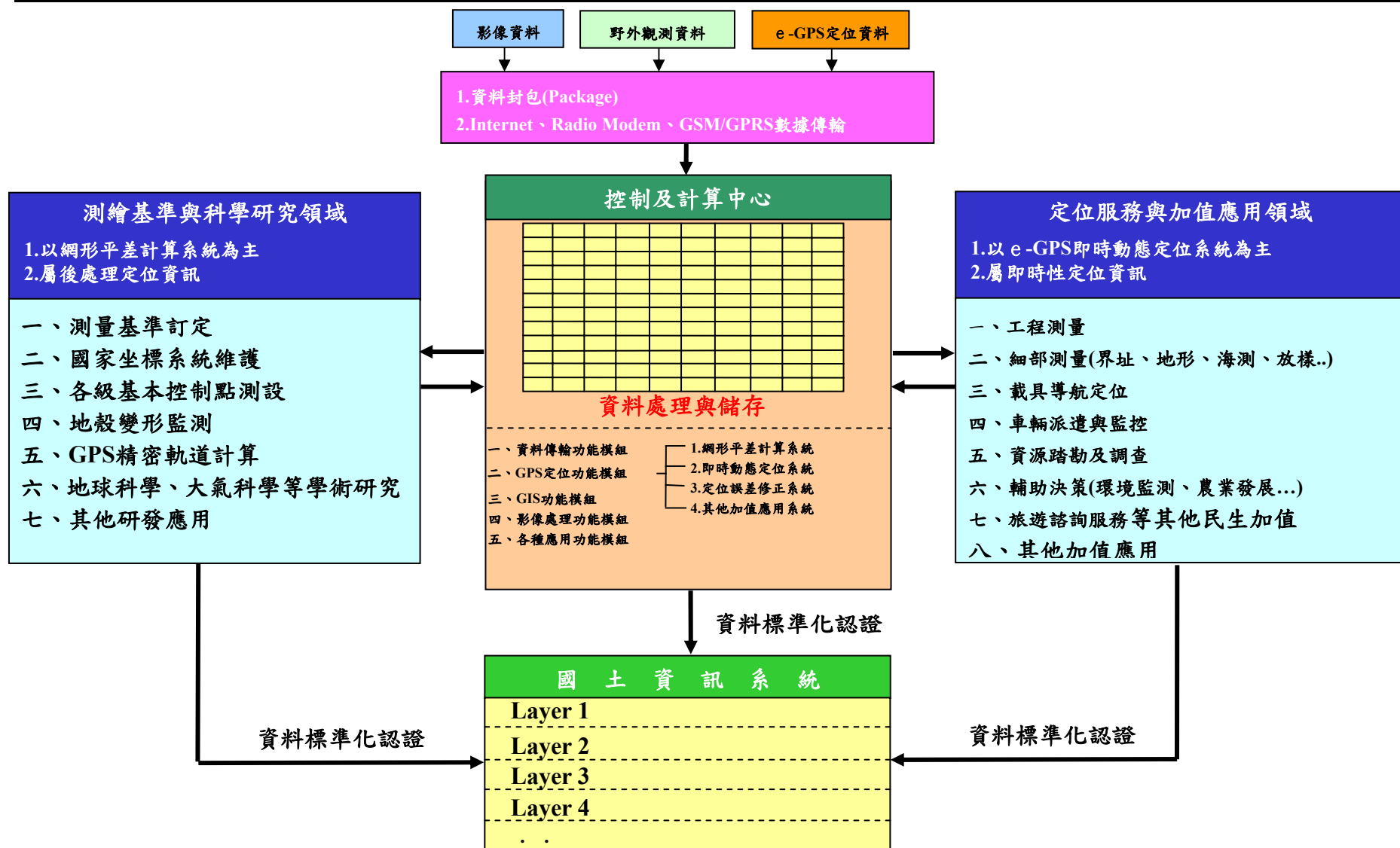


圖 2-4 虛擬基準站即時動態定位系統應用領域及輔助國土資訊系統定位資料圖層關聯性

第三章 e-GPS 即時動態定位系統建置與運作現況

第一節 衛星定位基準網

一、衛星基準站初期規劃

本中心規劃建置全國 e-GPS 衛星定位基準網，按 92 年度委託財團法人成大研究發展基金會辦理「臺灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析」研究結果，建議在臺灣本島地區布設衛星定位基準站之最佳間距，以不超過 50 公里為原則，準此，本中心自 93 年度起編列經費展辦全國性 e - GPS 衛星定位基準站建置工作，初期規劃至 95 年度止於臺灣本島及澎湖、金門、綠島、蘭嶼等離（外）島地區建置 66 處基準站，包括 93 年度建置臺灣本島北部地區 23 處基準站，94 年度建置臺灣本島北部地區 20 處基準站，95 年度建置離（外）島及加密臺灣本島地區計 23 處基準站。另為避免重複建置造成資源浪費，故本中心進行衛星定位基準網規劃時，均優先將各機關已建置完成之現有基準站納入整體考量，再依網形分佈密度，選擇適當地點辦理後續基準站各項建置工作。

二、衛星基準站建置

在 e-GPS 衛星基準站實地建置部分，上述 93 年度至 95 年規劃建置之 66 處基準站，目前均已陸續完成相關建置工作並順利進行連線作業。另按本中心近年自行辦理 VBS-RTK 定位精度相關測試作業及臺閩地區三等控制點管理維護相關 e-GPS 測試作業，發現西部沿海地區因原規劃連線之基準站，係全數採用各單位建置之現有基準站，其分佈導致於苗栗、雲林及台南等沿海地區進行實地測試作業時，發生達 20 公里左右之外插定位情形，為避免發生外插降低 VBS-RTK 定位精度或引發其他不確定干擾因素，除須另予考量於該地區加密建置基準站外，又臺灣本島山區因地形起伏高差甚大，就 VBS-RTK 定位誤差解算原理，惟目前已連線運作之基準站中，高度最高者為武陵站（僅約 1,790 公尺），應再擴及 3,000 公尺以上高山，方可依照地形起伏，精確估算臺灣本島地區定位誤差模式。

至在其他單位實務測試使用經驗部分，據行政院農業委員會林務局南投林區管理處於南投集集鎮、水裏鄉及仁愛鄉等山區進行測試結果，發現上開地區作業初始化時間遠大於其他平地地區，甚至發生無法解算至固定解（Fixed Solution）情形，且定位精度亦明顯較低。故本中心乃於 96 年度參考各界使用者辦理相關測試使用經驗，已另規劃加密 19 處衛星定位基準站，除可明顯提升系統各類營運及定位服務之可用性外，亦可做為備援基準站使用，提升系統之完整性。目前已順利連線運作者已達 76 處基準站。有關本中心各年度規劃或已建置完成之 e-GPS 衛星定位基準網分佈情形詳如圖 3-1。

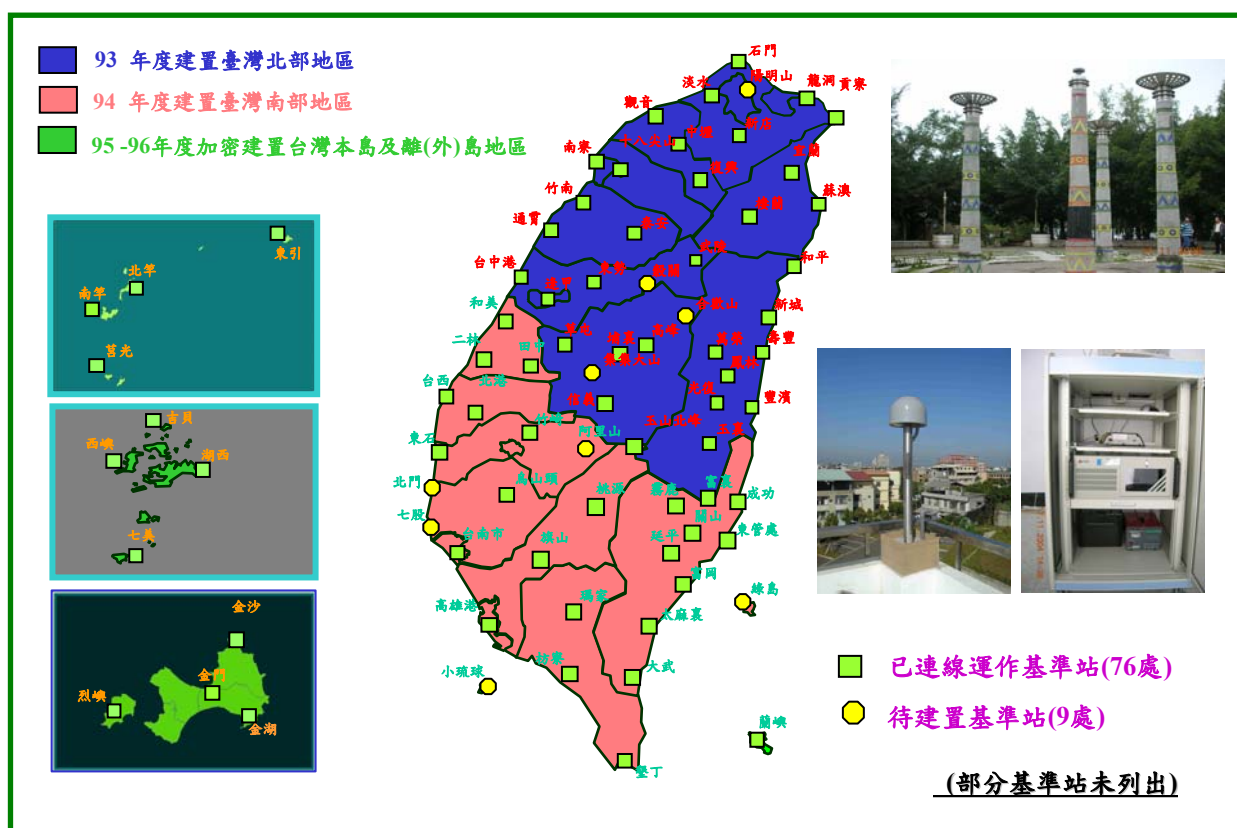


圖 3-1 e-GPS 衛星定位基準站分佈略圖

三、衛星定位基準站基本配備：

e-GPS 衛星定位基準站因須具備 24 小時全天候連續接收衛星觀測資料之基本功能，且分散全國各地，無人看管，為確保基準站全時

順利連線運作，各基準站所需基本設備如下：

- (一) 連續運作追蹤站型 GPS 衛星定位接收儀及天線。
- (二) GPS 天線架基座。
- (三) 儀器機櫃，用以承裝各類硬體設備。
- (四) 資料儲存及備份設備，如採用工業級電腦。
- (五) 網際網路數據傳輸設備，如中華電信股份有限公司提供之 ADSL 路由器 (ATU-R)。
- (六) 防雷擊保安設備，如安裝天線及電源避雷裝置。
- (七) 不斷電系統，如採用一組智慧型充電器及可充電式電池。
- (八) 保全監視設備，採用攝影機線上監視儀器運作及保全。

圖 3-2 為本中心新建基準站鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備。



圖 3-2 鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備實景相片

第二節 控制及計算中心

e-GPS 控制及計算中心建置於本中心地籍資料庫 4 樓資訊機房如圖 3-3，其內部軟硬體設備配置，係配合定位系統軟體、網路架構、分區定位服務網規劃、即時動態資料庫及入口網站管理系統等需求，由本中心逐年辦理採購。目前其主要設備包括中階路由器 2 部、高速路由乙太網路交換器 1 部、42 U 型標準機櫃 4 個、中階工作伺服器 7 部、工業級電腦 3 部、KVM 主機螢幕切換器 4 部、EMC 光纖磁陣列儲存媒體 2TB、不斷電系統 1 部、Fortigate 400 型硬體式防火牆 1 部、Check-Point 軟體式防火牆 1 套及磁帶機 1 部。



圖 3-3 e-GPS 控制及計算中心資訊機房實景相片

第三節 GPSNet 定位系統軟體

本系統採用美國 Trimble 公司所研發之 GPSNet 定位系統軟體，其區分為 Basic Package、DGPSNet 及 RTKNet 等三大模組（如圖 3-4），做為衛星定位基準站遠端控制、資料下載使用及進行單頻 200 公里內 DGPS 差分定位解算及公分級 VBS-RTK 即時動態定位解算，其主要功能如下：

- 一、執行控制及計算中心與各基準站接收儀間連線，自動傳輸觀測資料。
- （二）進行資料傳輸時，衛星接收儀仍可正常儲存觀測資料。
- （三）資料下載過程中，不會中斷衛星訊號接收、傳輸與儲存。
- （四）自動下載觀測資料並轉換為 RINEX 格式，並可自動儲存及壓縮。
- （五）即時監控遠端基準站衛星接收儀狀態及設定衛星接收儀運作參數，如有效觀測截角（Cutoff Angle）、接收訊號取樣間隔（Sampling Interval）等。
- （六）自動檢核、管理、儲存原始及處理後衛星觀測資料。
- （七）可產生虛擬位置之 RTCM 觀測數據及 SAPOS FKP 廣播改正資料，並自動傳送至移動站。
- （八）藉由軟體分析碼及載波相位觀測量，可連續計算多路徑誤差、電離層誤差、對流層誤差、星曆誤差及 L1、L2 載波相位整數週波未定值（Integer Ambiguity）。

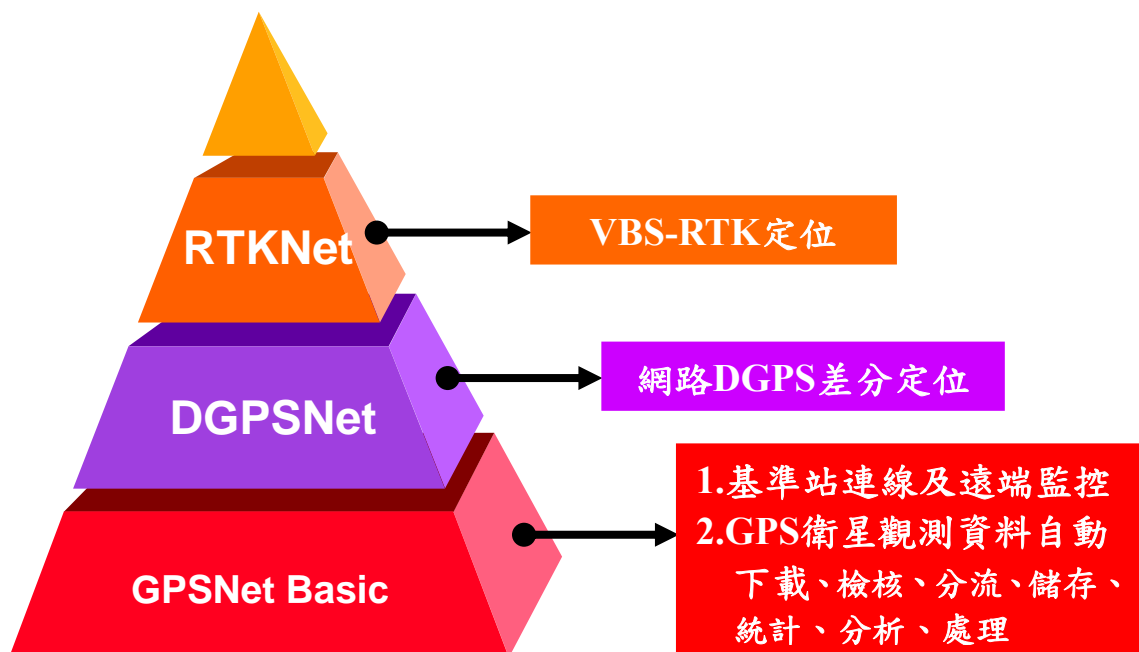


圖 3-4 GPSNet 定位系統軟體功能模組架構圖

第四節 網路及數據傳輸系統架構

e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統網路架構，基於系統資料傳輸之即時性需求及不影響本中心現有資訊作業之正常運作等情況下，係規劃採用獨立架構方式建置；至控制及計算中心與及各基準站網路線路之申裝，則採用政府網際服務網（GSN）虛擬專用網路（VPN）架構。目前本中心 e-GPS 控制及計算中心已申裝架設固接式 T1 專線 2 條、E1 專線 1 條及 ADSL（2M/512K）專線 1 條，並採 VPN 架構模式連接各本中心及內政部所建置之衛星基準站如圖 3-5。

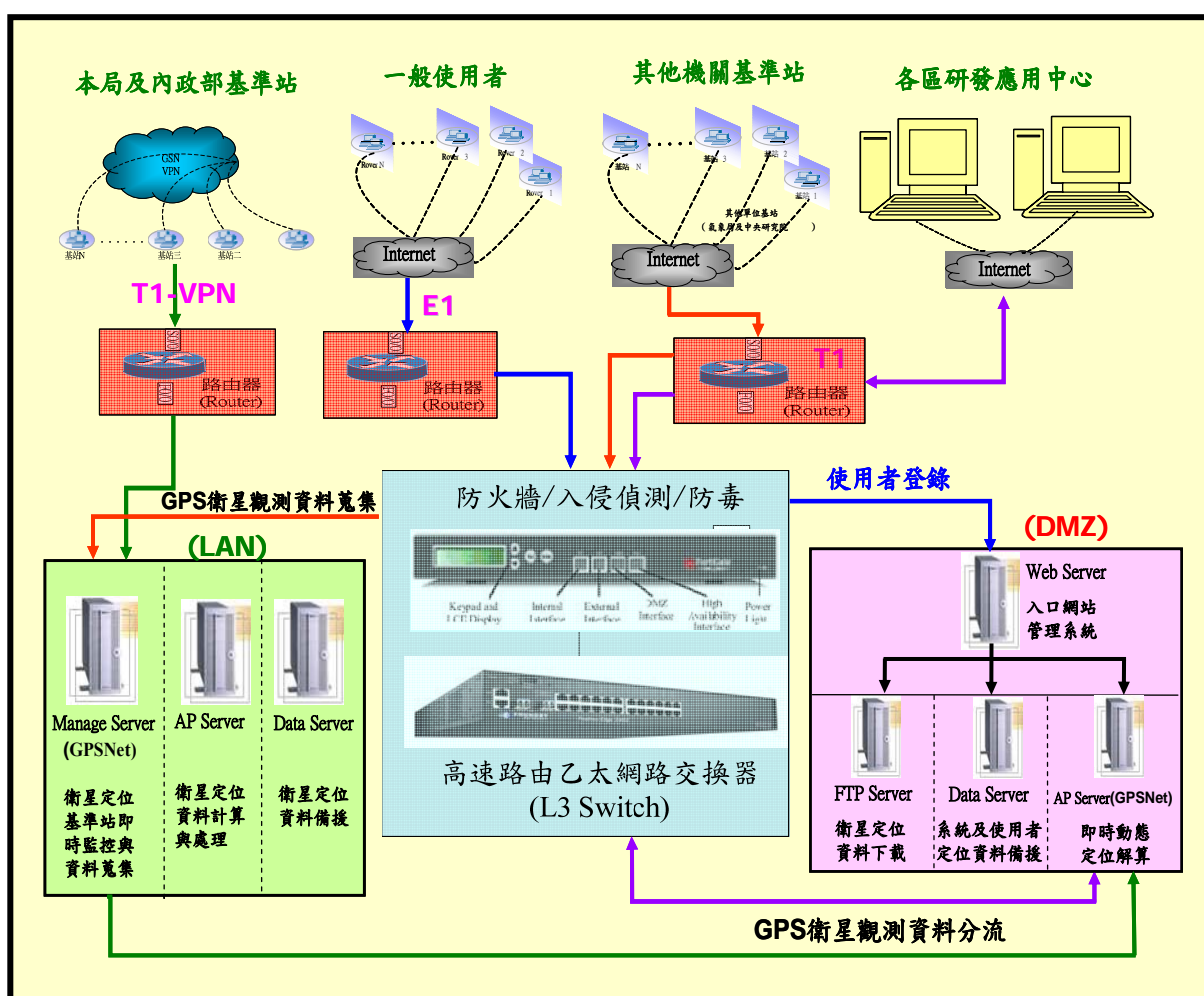


圖 3-5 e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖

第五節 區域性定位服務網

按 VBS-RTK 基本定位原理計為多個基準站全天候連續地接收衛星資料計算產生區域性定位誤差修正資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站衛星觀測資料。所以在各衛星基準站所構成的基線網絡範圍內，其運作效能特別是 RTK 定位解算所需之初始化 (Initialize)，時間，理論上應與範圍內衛星基準站之數量、間距、定位誤差解算模型及接收衛星觀測資料品質直接相關，且因臺灣位處地球板塊激烈碰撞變動及中低緯度地區，如未經常性維護作業來維持各基準站間高精度之相對關係，在不同地區進行 VBS-RTK 即時動態定位，將會因不同地區之地殼變動位移量差異及高度複雜化之電離層、對流層延遲等定位系統誤差影響，造成 GPSNet 定位系統軟體無法精確解算該地區之即時性定位誤差修正資料，進而導致 VBS-RTK 定位無法解算至固定解或其定位精度降低等情形。

基於上列諸項因素，本定位系統因自建置迄今僅約 3 年時間，係仍處於建置及測試階段，雖然目前在臺灣本島及各離（外）島地區只要可以同時接收 5 顆以上 GPS 衛星觀測資料，均可透過 GSM/GPRS 或無線上網等無線數據傳輸訊技術，提供使用者進行即時動態定位服務所需資訊，惟本系統因衛星觀測資料蒐集時間相當有限，目前尚無法計算獲得高精確及高可信度之地殼變動分析數據成果，做為劃分各分區定位服務網作業範圍之依據。本中心乃權宜配合各年執行臺閩地區三等控制點補管理維護各年度作業計畫之辦理地區，以縣市為單位，將全國劃分為北區（基隆市、臺北市縣、桃園縣、新竹縣市）、中區（苗栗縣、臺中縣市、南投縣）、西區（彰化縣、雲林縣、嘉義縣市）、南區（臺南縣市、高雄市縣、屏東縣）、宜蘭（宜蘭縣）、花蓮（花蓮縣）、臺東（臺東縣）、澎湖（澎湖縣）、金門（福建省金門縣）、馬祖（福建省連江縣）等 10 個區域性定位服務網及 1 個全區性 DGPS 定位服務網（不含外島地區）等，後續則將藉由累積各基準站長期性且連續性之衛星觀測資料，於精確解算臺灣全國各地區之地殼變動位移量及速度量後，配合本中心逐年辦理大規模辦理各級基本控制點檢測之野外定位測試成果，以達到精確劃分各區域性分區定位服務網之目的。

圖 3-6 為本中心 e-GPS 即時動態定位系統各分區定位服務範圍。

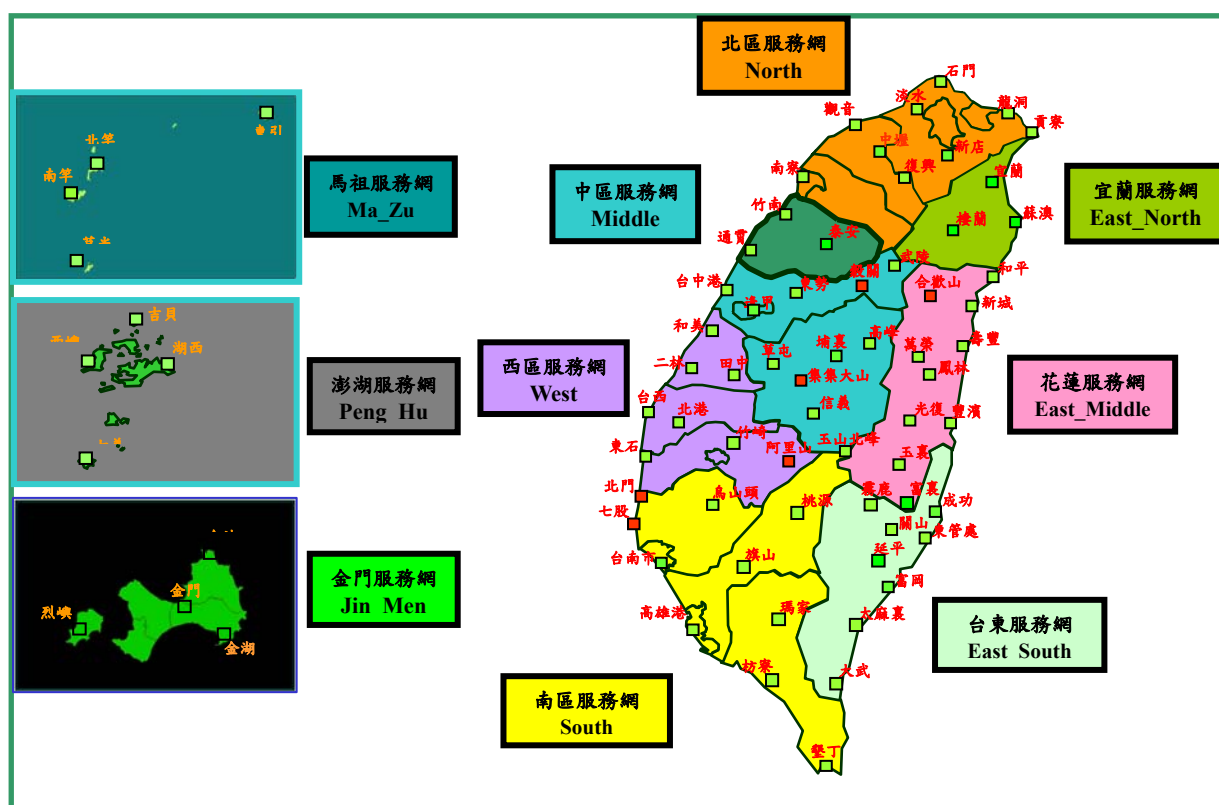


圖 3-6 e-GPS 即時動態定位系統分區定位服務範圍示意圖

第六節 移動站基本配備

虛擬基準站即時動態定位技術所需之移站基本配備，就功能性可區分為衛星定位接收儀、GPRS 無線上網功能之行動通訊設備及 NTRIP 通訊協定通訊操作介面軟體等 3 大項，茲說明如下：

一、衛星定位接收儀：

主要功能為負責接收 GPS 衛星觀測資料及 RTK 即時動態定位成解算工作。目前幾乎所有大型儀器製造廠商均已配合 VBS-RTK 即時動態定位技術，產銷相關適用性之 GPS 衛星定位接收儀，故只要接收儀本身具有可接收雙頻全波長觀測資料、RTK 定位解算功能及可輸出 NMEA 格式定位資訊等功能模組，在實用上並無廠牌型號限制。

二、GPRS 無線上網功能之行動通訊設備：

主要功能為負責接收儀及 e-GPS 控制及計算中心間之單點定位坐標成果（NMEA 格式）及虛擬基準站衛星觀測資料（RTCM 格式）之

無線數據傳輸，因其不同於單主站 RTK 之單向廣播式數據傳輸模式，VBS-RTK 定位因控制及計算中心須事先已知移動站所在位置，進行定位誤差內插計算及初始化屬於雙向數據傳輸模式。目前在 VBS-RTK 執行定位使用者端大都採用 PDA 及各廠牌衛星定位接收儀所專用控制器。

三、NTRIP 通訊協定通訊介面軟體：

RTCM 網路傳輸通訊協定（Networked Transport of RTCM via Internet Protocol，簡稱 NTRIP）是國際海運系統無線電技術委員會（Radio Technical Commission for Maritime，簡稱 RTCM）專為網路化 RTK 即時動態定位衛星觀測數據（RTCM 格式）進行網路通訊傳輸，所特別制定之標準化通訊協定。在實務的應用上，因其具有支援多種無線網際網路通訊架構（如 GSM、GPRS、EDGE 及 UMTS 等），且數據具有高壓縮特性，可提供使用者更有效率的傳輸品質及具單一登錄通道整合技術，無使用數量限制之優勢，所以 NTRIP 目前已經成為世界各國統一的標準化通訊協定。圖 3-7 顯示由本中心委外採用 NTRIP 通訊協定通訊所開發之 PDA 輔助移動站數據傳輸介面操作軟體，其具有使用者登入功能、GPS 衛星定位接收儀下載功能、設定控制及計算中心傳輸埠、數據資料無線傳輸及 VBS-RTK 定位成功統計分析等功能。



圖 3-7 PDA 輔助移動站數據傳輸介面操作軟體

第四章 e-GPS 衛星定位坐標系統

第一節 坐標系統定義

本中心 e-GPS 即時動態定位系統因須即時計算並處理各基準站涵蓋範圍內之定位誤差修正資料，並依每個使用者單點定位坐標產出虛擬衛星觀測資料，回傳給使用進行超短基線之 RTK 即時動態定位解算，故需有高精度的坐標來維持各基準站間相對關係之正確性。故就整體坐標系統之一致性考量，e-GPS 衛星定位坐標系統理應以內政部 87 年度公佈 TWD97 國家坐標系統為基礎，不僅可以避免坐標系統轉換所衍生之轉換誤差，亦可達到使用上之便利性。惟臺灣地區因位於地殼變動劇烈地帶，且區域性地表位移量各地均有明顯差異，其間雖經內政部進行衛星追蹤站及一等、二等衛星控制點之全面性檢測作業，惟相關檢測成果並未公佈，也因此造成各基準站間坐標精度已不敷 e-GPS 即時動態定位系統進行相關資料解算，須自行定義 1 套以時間為函數之 e-GPS 動態坐標系統，來做為進行即時動態定位之坐標基準平臺，但此做法也引發後續 2 套坐標系統間包括區域性與時間性等極為複雜之整合性議題。

基於上列因素，為使 e-GPS 動態坐標系統仍以內政部公佈 TWD97 國家坐標系統為起算基準，並儘量達到 2 套坐標系統間之最大相關性，本中心自系統建置初期（及 93 年 11 月至 94 年 6 月）先採用固定內政部陽明山衛星追蹤站（YMSM）之 TWD97 坐標並考量其速度量，予以解算各基準站精密坐標後，再由各基準站中挑選點位位移變化量及最小且資料接收衛星觀測資料最穩定之基準站，來作為 e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度場解算之固定站，並依據該基準站資訊自動解算各基準站每日坐標及推算其速度量。經上述程式進行資料計算及統計分析後，在臺灣本島地區選定建置于竹南地政事務所基準站（JUNA）為固定站，其坐標系統基本定義及相關資訊如表 4-1。福建省金門及馬祖 2 處區域性分區定位服務網，則考量地緣及因地殼變動所產生位移量甚小等因素，分別就近選取內政部金門（KMNM）及馬祖（MZUM）衛星追蹤站，做為其他基準站精密坐標之起算點；至澎湖地區因境內並無衛星追蹤站，故權宜採用北港衛星追蹤站（PKGM）為該地區各基準站精密坐標之起算點。

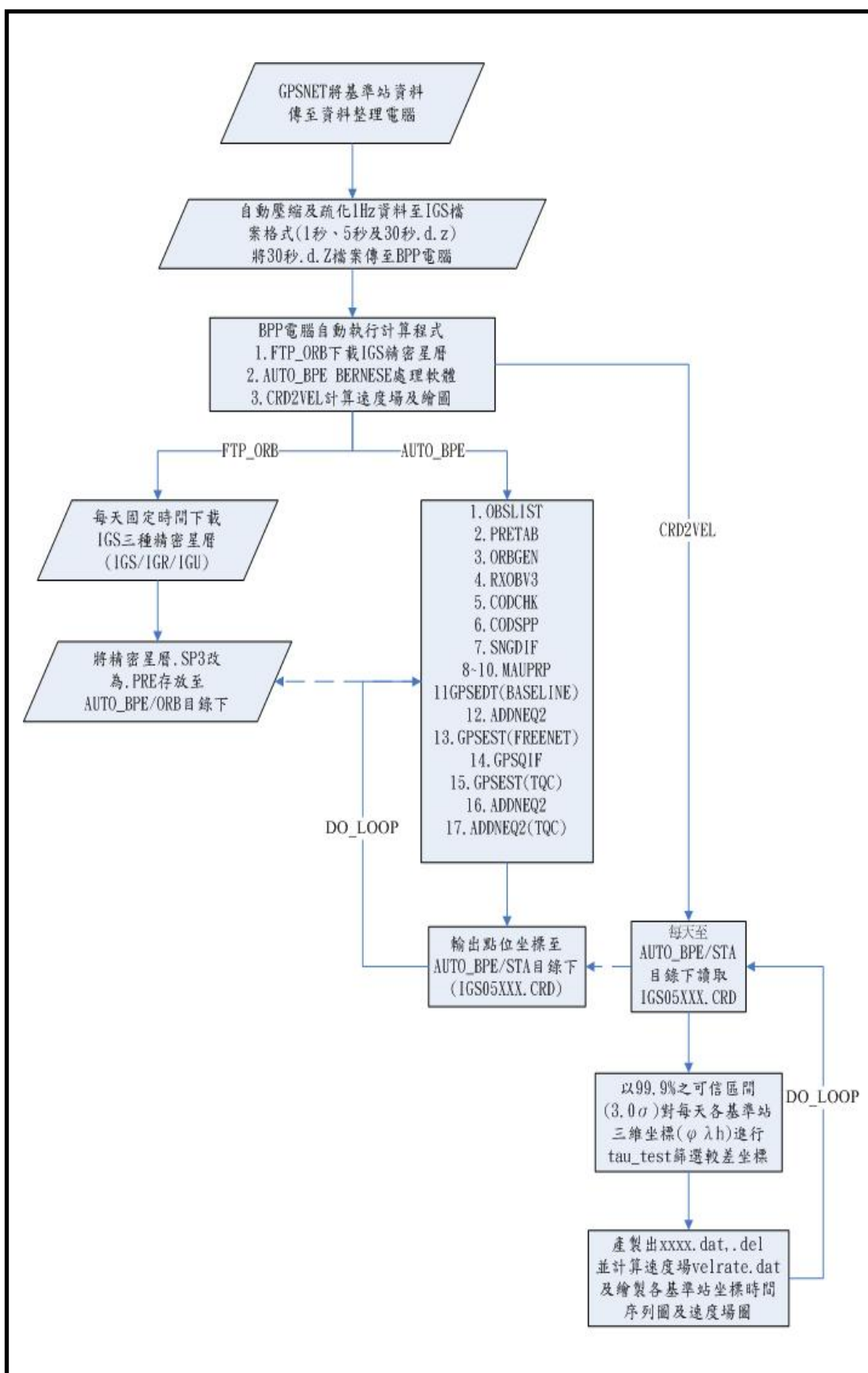
表 4-1 臺灣本島地區 e-GPS 衛星定位坐標系統基本定義表

| | | | |
|----------|---------------|---------------------------|--------------|
| 國際坐標基準框架 | | ITRF 94 | |
| 坐標定義起始時刻 | | 2005 年 02 月 15 日 12:00:00 | |
| 固定站點名 | X-COORDS | Y-COORDS | Z-COORDS |
| JUNA | -2975764.7118 | 4976994.8411 | 2647324.2334 |
| 速度量 | 0.0083m/yr | -0.0006 m/yr | -0.0129 m/yr |

第二節 基準站精密坐標及速度量計算流程

為精確解算各 e-GPS 衛星定位基準站精密坐標及其速度變化量，有關各基準站衛星觀測資料先經由人工進行必要之篩選過濾（cleaning）並疏化取樣間隔為 30 秒後，採用瑞士伯恩大學天文研究所採用多測站-多時段 (MultiStation-MultiSession) 方法所研發之 BERNESE 研究型基線及網形平差計算軟體，配合國際 GNSS 服務組織 (International GNSS Service, IGS) 所公佈之最終精密星曆 (IGS Final, 約於當天衛星資料接收 2 週後於該組織官方網站公佈提供使用者下載)，每天解算各衛星定位基準站精密坐標 (Daily Solution)，再彙整針對每一處衛星定位基準站每天計算獲得之坐標進行 TAU 測試 (τ -Test)，剔除成果品質較差之坐標成果後，以線性方程式計算各基準站三軸坐標之速度量。有關 BERNESE 軟體計算處理流程如圖 4-1

圖 4-1 e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度量計算處理流程圖



第三節 基準站精密坐標及速度量評估與分析

本項研究主要目標在於如何應用於基本控制測量作業，由於金門、馬祖及澎湖地區地方小且獨立整區為一服務網，更因其地區無地殼板塊運動造成相對位移之影響，而本節主要針對位於臺灣本島地區自 2005 年至 2007 年所建置之 60 處基準站作分析，期望藉由基準站長時間連續觀測計算而得之相對位移速度量，先行探求大範圍之地殼板塊錯動情形，再蒐集分析較短間距之一等、二等衛星控制點位移情形及本中心 84 年至 92 年新建更細部之三等控制點位移情形，將錯動差異顯著地區範圍縮小至 2 公里之間距，同時針對各服務區之基準站進行調整重新分配，最終希望能找出相對應之坐標系統解決對策，以配合該地區實際之位移情形並兼顧地籍測量圖資系統之一致性，使基層測量人員有所遵循。

由於本中心管有之三等控制點資料計有 4,710 點，至 96 年 12 月始完成第 1 次管理維護作業，也就是說三等控制點僅有 2 次整體平差之成果，故因時間因素影響，無法於短時間內完成全臺灣之細部分析工作，僅挑選板塊運動明顯及位移情形特殊之宜蘭縣、花蓮縣及臺東縣等地區，先行研擬解決對策可行後，再一併處理其餘縣市地區。

一、測試資料說明：

本次研究分析之資料分別為本中心 e-GPS 基準站、一等、二等衛星控制點及三等控制點 3 種，各項資料蒐集說明如下：

- (一) e-GPS 衛星基準站觀測資料：本中心自 2005 年至 2007 年於臺灣本島地區陸續建置之 60 站基準站。
- (二) 一等、二等衛星控制點：內政部 1997 年公佈之坐標成果及 2006 年委託辦理之檢測成果。
- (三) 本中心三等控制點：2002 年宜蘭花蓮三等控制點補建新建、2003 年高雄東半部及臺東三等控制點補建新建、2007 年宜蘭花蓮臺東三等控制點管理維護檢測、2006 年花蓮玉里及臺東市地籍圖重測四等控制測量等作業之最小約制平差成果。

二、基準站精密坐標及速度量：

臺灣本島地區以苗栗竹南基準站為起算點之 60 處衛星定位基準

站速度量變化及其標準偏差值、坐標解算天數統計及資料蒐集之起迄時間如表 4-2 及圖 4-2。

表 4-2 e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差一覽表

(2005 年 Day 032-2007 年 Day273)

單位：mm/yr

| 項次 | 點號 | N-S 方向 速度量 | N-S 方向 標準偏差 | E-W 方向 速度量 | E-W 方向 標準偏差 | 高程方向 速度量 | 高程方向 標準偏差 | 計算 天數 | 開始時間 | 結束時間 |
|----|------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|--------------|----------|----------|----------|
| 1 | JUNA | -9.7 | 0 | -6.8 | 0 | -9.7 | 0 | 915 | 2005.086 | 2007.742 |
| 2 | SHJU | -11 | 0.1 | -5 | 0.1 | -14.3 | 0.2 | 883 | 2005.086 | 2007.742 |
| 3 | GOLI | -13.4 | 0.2 | -0.4 | 0.2 | -13.5 | 0.4 | 881 | 2005.092 | 2007.742 |
| 4 | CAOT | -12 | 0.1 | -11.1 | 0.1 | -13.7 | 0.3 | 879 | 2005.094 | 2007.742 |
| 5 | DOSH | -8.8 | 0.1 | -10.2 | 0.1 | -8.8 | 0.3 | 887 | 2005.094 | 2007.742 |
| 6 | FLNM | 9.7 | 0.2 | -33.1 | 0.2 | -16.7 | 0.5 | 806 | 2005.094 | 2007.572 |
| 7 | JULI | 10.2 | 0.1 | -32.8 | 0.2 | -25.1 | 0.4 | 809 | 2005.094 | 2007.742 |
| 8 | KAFN | 1.6 | 0.2 | -43 | 0.1 | -3.4 | 0.4 | 837 | 2005.094 | 2007.742 |
| 9 | PKGM | -12.2 | 0.1 | -5.5 | 0.1 | -29.7 | 0.5 | 723 | 2005.094 | 2007.742 |
| 10 | SINY | -3.6 | 0.1 | -32.3 | 0.1 | -2.9 | 0.4 | 882 | 2005.094 | 2007.742 |
| 11 | VR02 | -14.4 | 0.1 | -8.2 | 0.1 | -86.1 | 0.3 | 814 | 2005.094 | 2007.742 |
| 12 | WULI | -1.2 | 0.2 | -10.4 | 0.2 | -2.5 | 0.5 | 862 | 2005.094 | 2007.742 |
| 13 | FONB | 34.1 | 0.1 | -50.6 | 0.2 | -22.2 | 0.4 | 727 | 2005.100 | 2007.742 |
| 14 | FUSN | -7.5 | 0.1 | -10.7 | 0.2 | -17.1 | 0.3 | 868 | 2005.100 | 2007.739 |
| 15 | SHMN | -11.5 | 0.1 | -3.2 | 0.2 | -11.9 | 0.4 | 860 | 2005.100 | 2007.742 |
| 16 | VR01 | -13.9 | 0.1 | -7 | 0.1 | -15.9 | 0.3 | 779 | 2005.165 | 2007.742 |
| 17 | VR03 | -13.3 | 0.1 | -6.3 | 0.1 | -14 | 0.3 | 836 | 2005.165 | 2007.742 |
| 18 | HUAP | -25.5 | 0.2 | -3.9 | 0.3 | -11.2 | 0.7 | 670 | 2005.337 | 2007.742 |
| 19 | KYIN | -11.8 | 0.1 | -4.8 | 0.1 | -9.2 | 0.3 | 719 | 2005.351 | 2007.742 |
| 20 | CHYI | -18.4 | 0.1 | -2.2 | 0.2 | -45.1 | 0.4 | 776 | 2005.436 | 2007.742 |
| 21 | MAJA | -13.7 | 0.2 | -69.8 | 0.3 | -12.4 | 0.6 | 704 | 2005.531 | 2007.742 |
| 22 | CISH | -17.7 | 0.2 | -52.3 | 0.2 | -8.9 | 0.5 | 708 | 2005.548 | 2007.742 |
| 23 | FALI | -17.1 | 0.2 | -68.5 | 0.3 | -29.8 | 0.6 | 739 | 2005.548 | 2007.742 |
| 24 | JHCI | -10.9 | 0.2 | -17.2 | 0.2 | -8.4 | 0.4 | 729 | 2005.564 | 2007.742 |
| 25 | DAWU | 0.1 | 0.2 | -54.6 | 0.3 | -18.5 | 0.6 | 719 | 2005.567 | 2007.742 |
| 26 | KASH | -47.7 | 0.2 | -55.8 | 0.2 | -13.9 | 0.5 | 664 | 2005.622 | 2007.742 |
| 27 | WULU | -11.6 | 0.3 | -29.8 | 0.3 | -3.6 | 0.7 | 674 | 2005.663 | 2007.742 |
| 28 | TAYN | -13 | 0.3 | -35.5 | 0.2 | -2.4 | 0.5 | 692 | 2005.665 | 2007.739 |

| 項次 | 點號 | N-S 方向 速度量 | N-S 方向 標準偏差 | E-W 方向 速度量 | E-W 方向 標準偏差 | 高程方向 速度量 | 高程方向 標準偏差 | 計算 天數 | 開始時間 | 結束時間 |
|----|------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|--------------|----------|----------|----------|
| 29 | WUST | -12.8 | 0.2 | -15.7 | 0.2 | -7.9 | 0.5 | 642 | 2005.676 | 2007.742 |
| 30 | GS10 | -12.3 | 0.2 | -1.7 | 0.2 | -19.9 | 0.5 | 638 | 2005.695 | 2007.739 |
| 31 | TACH | -12.6 | 0.2 | -5 | 0.2 | -14.4 | 0.4 | 688 | 2005.742 | 2007.742 |
| 32 | KDNM | -1.9 | 0.3 | -85.3 | 0.9 | -24.7 | 1 | 620 | 2005.747 | 2007.742 |
| 33 | TMAM | -16.1 | 0.5 | -44.1 | 0.5 | -16.9 | 0.9 | 469 | 2005.777 | 2007.586 |
| 35 | SOFN | 14.9 | 0.3 | -31.3 | 0.3 | -24 | 0.8 | 577 | 2005.939 | 2007.742 |
| 36 | WARO | 6.8 | 0.3 | -29.4 | 0.3 | -14.6 | 0.8 | 582 | 2005.939 | 2007.742 |
| 37 | GUFU | 9.1 | 0.3 | -33.6 | 0.4 | -28 | 0.9 | 474 | 2005.941 | 2007.742 |
| 38 | SICH | -10.1 | 0.2 | -15.1 | 0.4 | -16.7 | 0.8 | 562 | 2005.941 | 2007.742 |
| 39 | CHGO | 34.7 | 0.3 | -48.6 | 0.4 | -9 | 0.8 | 565 | 2006.031 | 2007.742 |
| 40 | FCU1 | -13.1 | 0.2 | -8.4 | 0.3 | -10.3 | 0.9 | 491 | 2006.086 | 2007.742 |
| 41 | PLIM | -0.5 | 0.5 | -32.3 | 0.6 | -9.7 | 1.3 | 326 | 2006.209 | 2007.589 |
| 42 | CK01 | -15.4 | 0.4 | -19.4 | 0.7 | -10.2 | 2.1 | 388 | 2006.247 | 2007.739 |
| 43 | TCYU | -12.1 | 0.3 | -3.3 | 0.4 | -10.7 | 0.9 | 420 | 2006.313 | 2007.742 |
| 44 | T101 | 34.7 | 0.5 | -51.2 | 0.6 | -11.9 | 1.7 | 371 | 2006.354 | 2007.739 |
| 45 | T102 | 34.4 | 0.4 | -46.5 | 0.6 | -8.2 | 1.4 | 407 | 2006.354 | 2007.739 |
| 46 | T104 | 30.6 | 0.4 | -45.2 | 0.5 | -1.9 | 1.3 | 416 | 2006.354 | 2007.739 |
| 47 | T105 | 4.7 | 0.4 | -29.6 | 0.6 | -27.5 | 1.3 | 346 | 2006.354 | 2007.739 |
| 48 | T107 | 17.6 | 0.5 | -53.6 | 0.7 | -17.7 | 1.5 | 370 | 2006.354 | 2007.668 |
| 49 | T109 | 8.2 | 0.4 | -55.7 | 0.6 | -11.4 | 1.8 | 405 | 2006.354 | 2007.739 |
| 50 | T110 | -12.9 | 0.6 | -29.8 | 0.6 | -18.7 | 1.6 | 407 | 2006.354 | 2007.739 |
| 51 | T103 | 33.6 | 0.5 | -41.7 | 0.6 | -0.4 | 1.6 | 342 | 2006.357 | 2007.739 |
| 52 | S102 | 36 | 1.3 | -74.6 | 1.4 | 48.6 | 4.9 | 162 | 2006.581 | 2007.739 |
| 53 | SUAO | -37.5 | 0.6 | 13.1 | 0.7 | -19.2 | 2.1 | 241 | 2006.638 | 2007.742 |
| 54 | SIND | -10.9 | 0.4 | -0.3 | 0.5 | -23.7 | 1.1 | 351 | 2006.704 | 2007.739 |
| 55 | CLAN | -8 | 0.6 | -3.6 | 0.6 | -17 | 1.8 | 286 | 2006.747 | 2007.742 |
| 56 | TIAN | -2.1 | 0.5 | -14.9 | 0.6 | -22.8 | 1.9 | 286 | 2006.818 | 2007.742 |
| 57 | CKSV | -19 | 1.3 | -15.6 | 1.9 | -27.9 | 6.3 | 192 | 2007.070 | 2007.739 |
| 58 | LSB0 | -14.2 | 0.9 | -14.4 | 1.1 | -11.9 | 3.4 | 215 | 2007.070 | 2007.742 |
| 59 | HCHM | -13.3 | 0.6 | -5.2 | 0.8 | -21 | 2.2 | 202 | 2007.138 | 2007.742 |
| 60 | FUGN | 23.9 | 7.4 | -89.8 | 11.7 | -98.7 | 24.2 | 59 | 2007.507 | 2007.739 |

為使分析較為方便，吾人將平面位移速度量再分為 N-S 方向與 E-W 方向如圖 4-3 及圖 4-4。由圖 4-3 中可發現在 N-S 方向除東部地區 TMAM (太麻裏衛星追蹤站) 以北及 SICH (花蓮新城) 以南之點位是往北位移外，其餘點位皆往南位移，而此區域除位移方向與其他地區有方向性之差異外，該區內部又正處花東縱穀與海岸山脈地區，其往北之位移量又有大小之差異。另由圖 4-4 中可發現在 E-W 方向除上述地區有大小不同之差異外，另在南部地區從 TMAM (臺東太麻裏) 與 CISH (高雄旗山) 以南地區，其位移量級均勻一致且明顯與其他地區不同。

綜上分析，從間距約 50 公里之 EGPS 基準站 2~3 年之連續追蹤觀測分析及地形結構來分析，整個臺灣地區約可區分為 5 個區塊，宜蘭沖積平原區、花東地區、西部平原區、中央山脈地區及高屏地區如圖 4-5。

圖 4-3 e-GPS 衛星定位基準站平面位移 N-S 方向速度量示意圖

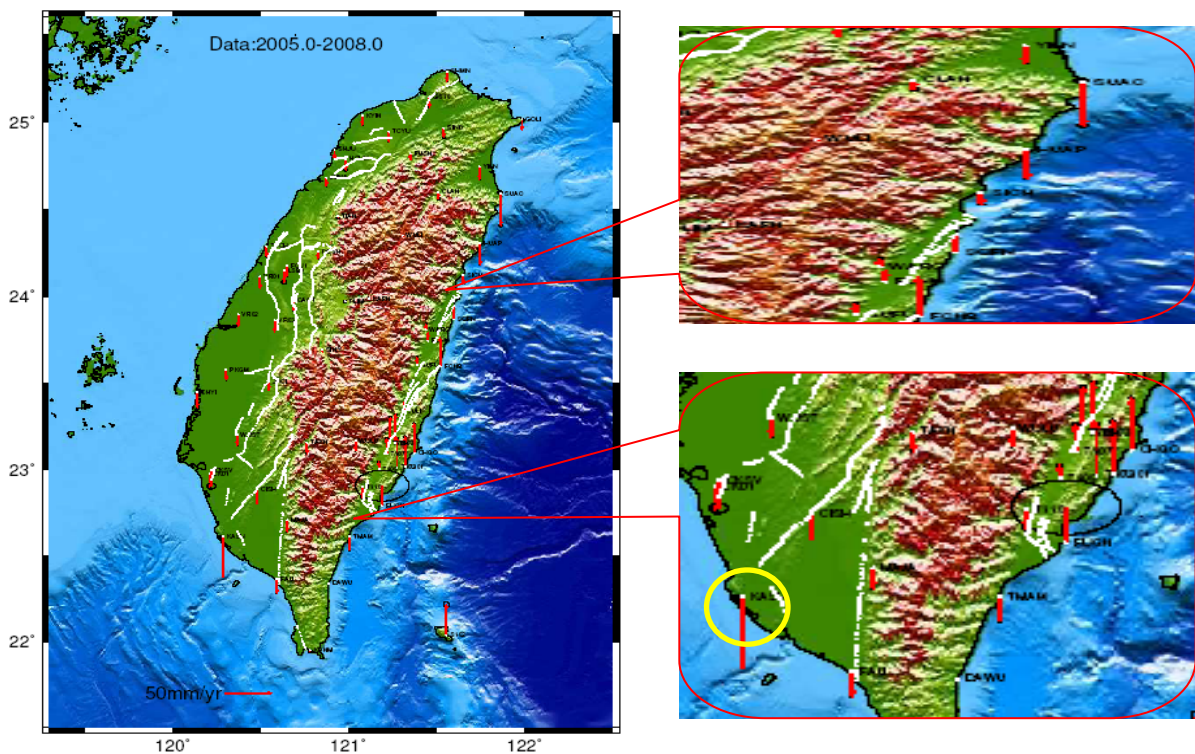


圖 4-4 e-GPS 衛星定位基準站平面位移 E-W 方向速度量示意圖

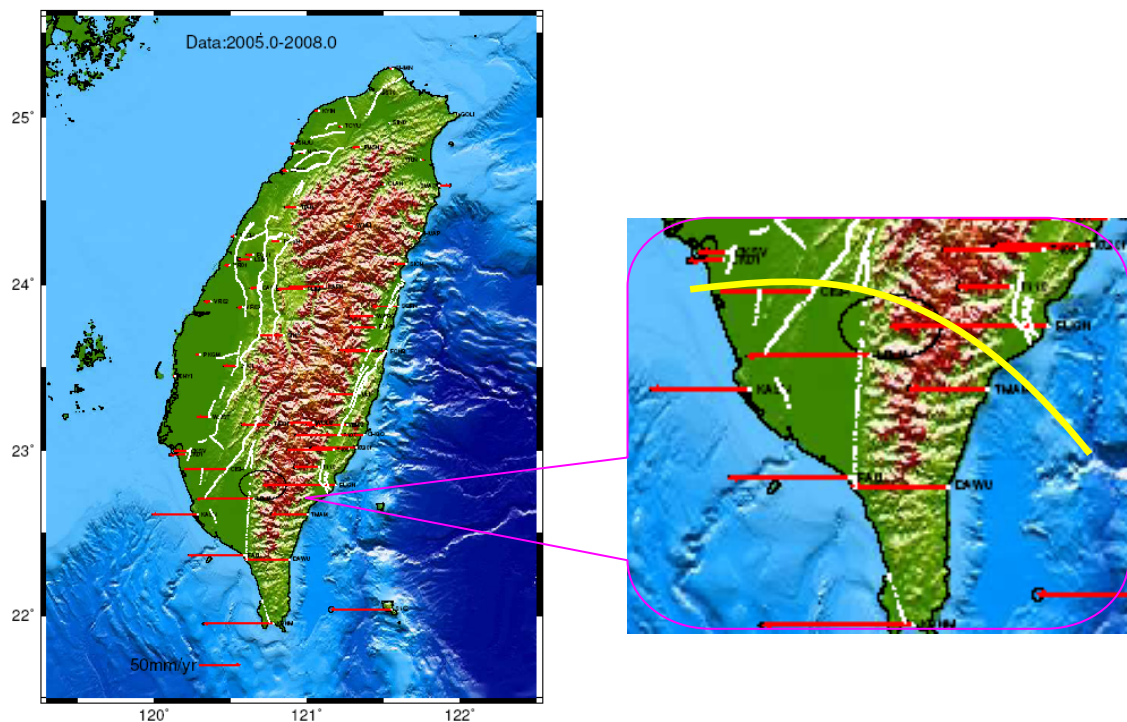
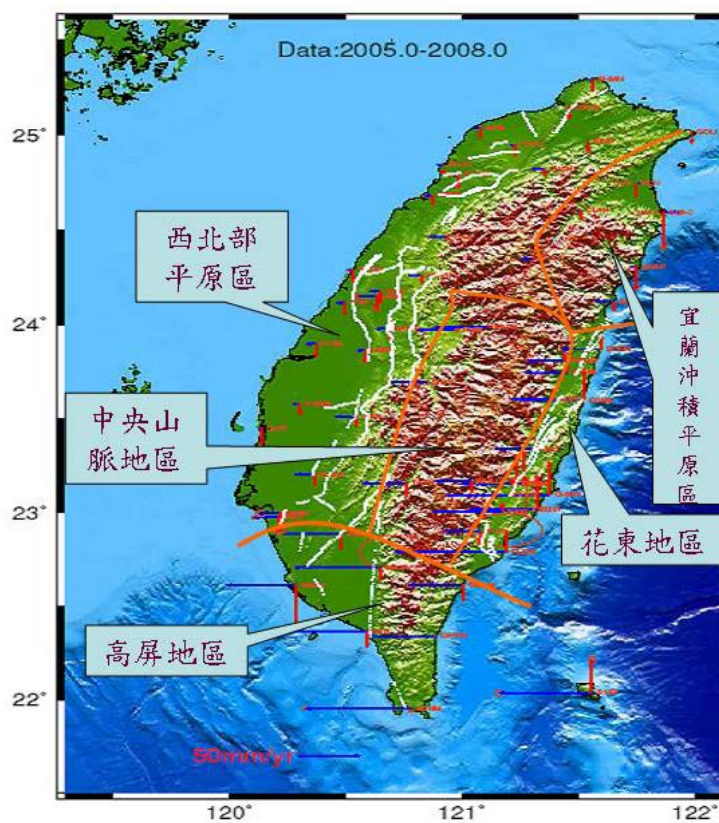


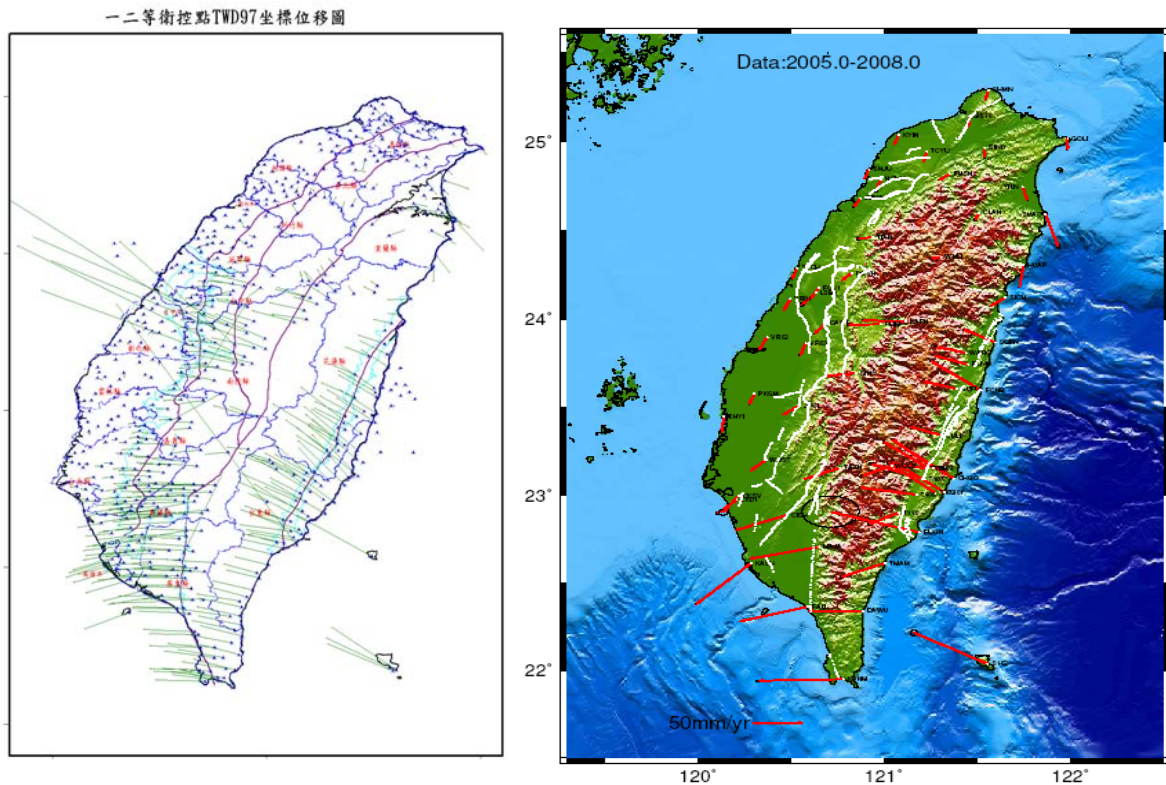
圖 4-5 臺灣本島平面位移不同地區分區示意圖



第四節 一等、二等、三等衛星控制點分析

由上述分析得知，臺灣本島地區之地殼板塊運動所造成之地表位移約可分為 5 個區塊，為瞭解其細部情形，吾等蒐集內政部地政司測設之一等、二等衛星控制點 1997 年及 2006 年的 TWD97 坐標成果並比較其差值，2 個年度之成果均約制在內政部衛星追蹤站上，1997 年約制 8 個站，由於地殼板塊運動影響，2006 年之成果約制在 4 個追蹤站上，分別是金門 (KMMN)、陽明山 (YMSM)、墾丁 (KDNM) 及東沙 (TNSA)，比較其位移趨勢，除位於南投地區有部分點位元差值過大，分析其原因乃是受 921 集集大地震影響所造成，另 1 點位於臺東地區之點位則需再詳細查明外，其餘之趨勢與本中心 e-GPS 衛星基準站監測之位移趨勢一致如圖 4-6。

圖 4-6 一等、二等衛星控制點成果位移分析圖



因一等、二等衛星控制點之 TWD97 坐標乃內政部正式公佈之國家坐標成果，為國家所有測繪工程及土地地籍之基準依據，具有法定地位，坐標變動勢必影響人民權益，而本中心依據一等、二等衛星控制點所測設公佈之三等控制點成果，是所有測繪工作引用之基準，其坐標變動將影響人民

權益甚巨，故為瞭解其受地殼板塊影響情形，吾等特別挑選變化較明顯之宜蘭、花蓮及臺東等地區進行分析，將本中心於上述地區所作過 2 年度之最小約制平差成果進行比較，各地區之測設計算資料如表 4-3。

表 4-3 宜蘭、花蓮及臺東各地區之點位測設計算資料表

| | 第 1 次 | 第 2 次 | 約制點 |
|----|--------|--------|------|
| 宜蘭 | 2003 年 | 2007 年 | N096 |
| 花蓮 | 2003 年 | 2007 年 | N096 |
| 臺東 | 2003 年 | 2007 年 | N096 |

比較結果發現，在宜蘭地區主要以宜蘭沖積平原、蘭陽溪（前名為濁水溪）與山區交界處為分界線如圖 4-7，在花蓮及臺東地區主要以海岸山脈與中央山脈為分界線，海岸山脈及其東側地區為同一區塊，界於海岸山脈與中央山脈間之花東縱谷為另一區塊，另在臺東市地區則以秀姑巒溪為分界如圖 4-8 及圖 4-9，相對位移大小與上述之趨勢一致。

圖 4-7 宜蘭地區三等控制點最小約制平差成果位移圖

自由網成果

自由網與公告成果

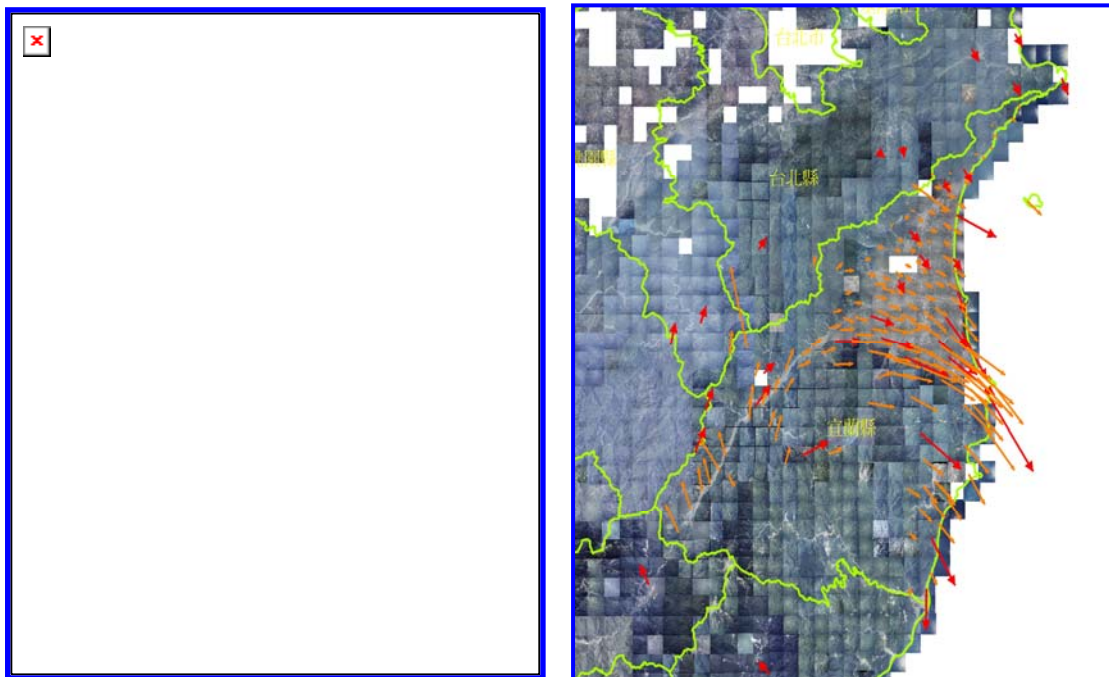
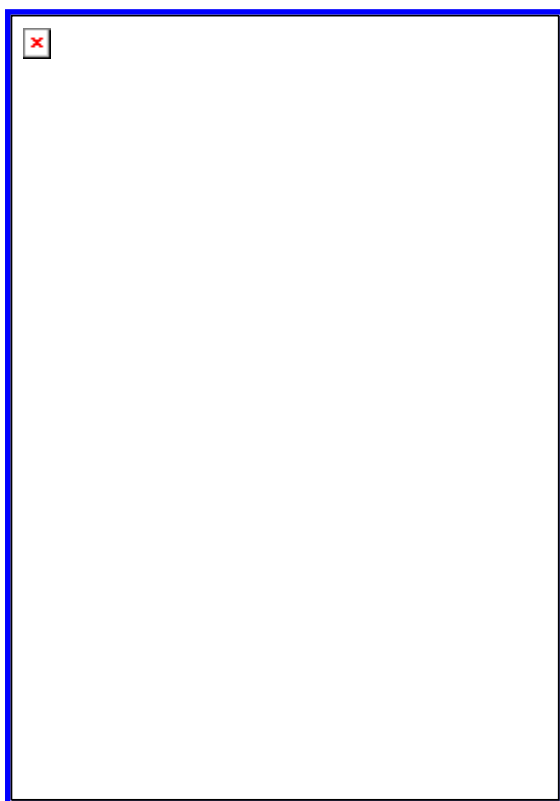


圖 4-8 花東地區三等控制點最小約制平差成果位移圖

自由網成果



自由網與公告成果

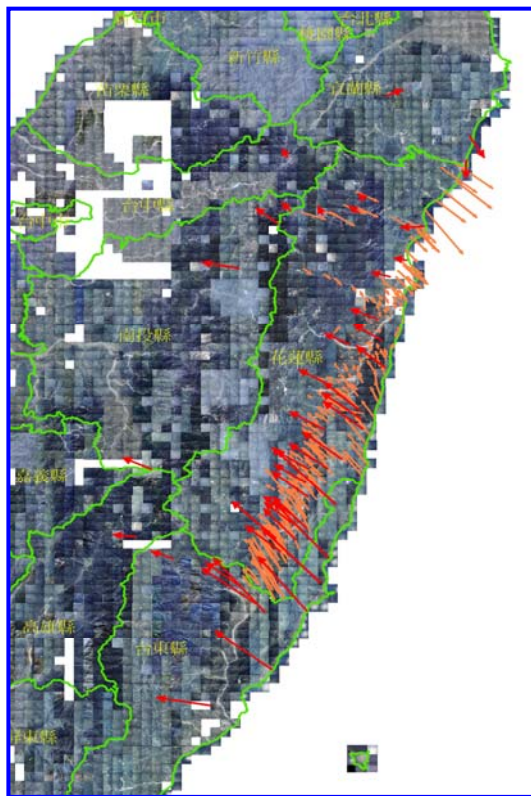
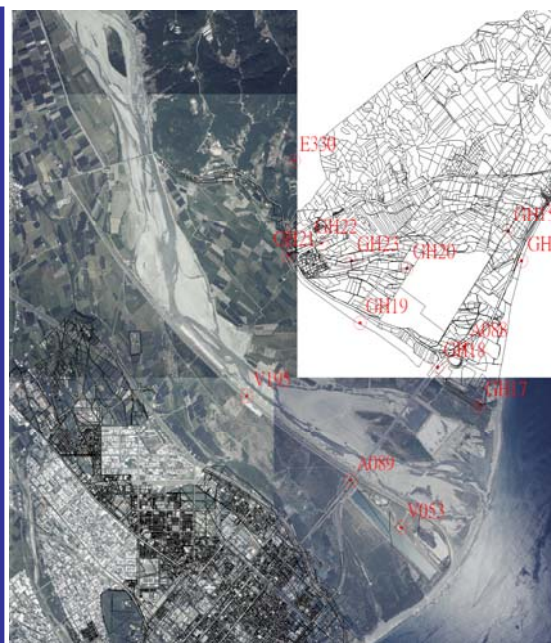
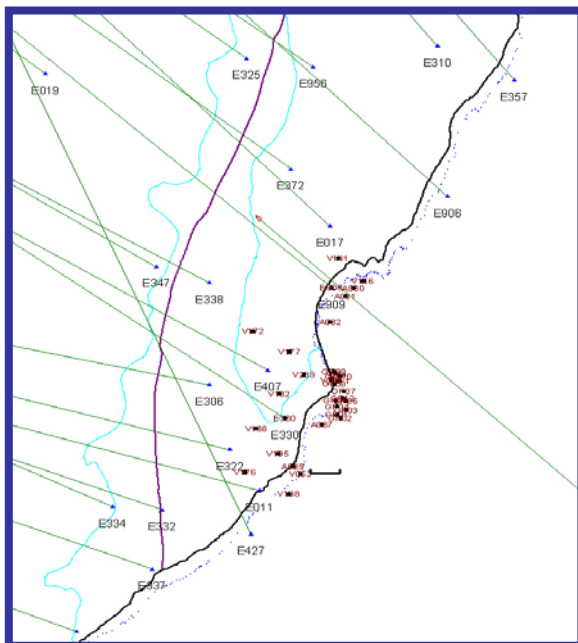


圖 4-9 臺東市地區三等控制點位移分區圖



第五節 e-GPS 服務區劃分及其使用策略

本中心所建置之 e-GPS 即時動態定位系統主要為服務基層測量人員，使其能快速獲得測量點位坐標成果，並結合相關圖資與作業平臺作快速正確之應用，因此，若本系統提供之服務能與當地坐標系統一致的話，使用上就能更方便，且不會造成困擾。目前臺灣本島地區 e-GPS 衛星基準站即時定位服務網共分為 7 個分區服務子網，以縣為基本單位，劃分為 7 處區域性定位服務網及 1 個全區性 DGPS 定位服務網，只要可以利用 GSM/GPRS 或無線上網之地區，均可提供 VBS-RTK 定位服務。依據前述分析結果，部分服務網之基準站及其坐標需再作修正，以宜蘭服務網為例，原有服務網基準站速度場及其服務範圍如表 4-4，其中 9 處基準站中以 SUAO 及 HUAP 位處不同之位移區塊，其基準站坐標需定期修正以配合沖積平原之坐標系統，而位元於山區之部分，其所獲得之坐標成果則需再加上以一等、二等衛星控制點之位移速率乘以時間間距，始能符合該區公告之 TWD97 坐標系統。由於此問題涉及後續作業甚廣，且目前因一等、二等衛星控制點之位移速率僅由 2 年度之成果計算而得，可靠度不足，非短時間內可解決，因此，本中心已於 96 年提送三等點速度場測量之中長程 5 年計畫報奉內政部函轉行政院核定於 97 年度起開始執行，相信藉由此計畫之執行成果可以在未來 5 年內，將相關地區性坐標系統及其使用策略制定完成，提供最方便且實用之系統服務，並使相關圖資系統一致，服務各領域使用者。

表 4-4 宜蘭服務網基準站速度場及空間距離相對變化表

| 宜蘭服務網 | 速 度 場 | | | | | |
|-------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | $V_n(\text{mm/yr})$ | σ_{Vn} | $V_e(\text{mm/yr})$ | σ_{Ve} | $V_h(\text{mm/yr})$ | σ_{Vh} |
| SHMN | -12.6 | 0.8 | -2.8 | 0.9 | -13.9 | 1.8 |
| HUAP | -24.4 | 1.4 | 4 | 1.8 | 1.1 | 4.9 |
| GS10 | -14.5 | 3.1 | 7.1 | 2.5 | -14.7 | 8 |
| YILN | -1.3 | 8.5 | -5.3 | 7.8 | -22.4 | 35.3 |
| GOLI | -15.3 | 0.8 | 2.1 | 0.8 | -11.6 | 1.9 |
| WULI | -4.4 | 0.9 | -8 | 0.8 | 7 | 2.1 |
| FUSN | -6.6 | 0.7 | -25.4 | 0.9 | -32.7 | 1.4 |

第五章 測試資料蒐集與預檢核

第一節 測試區選定與測試資料蒐集

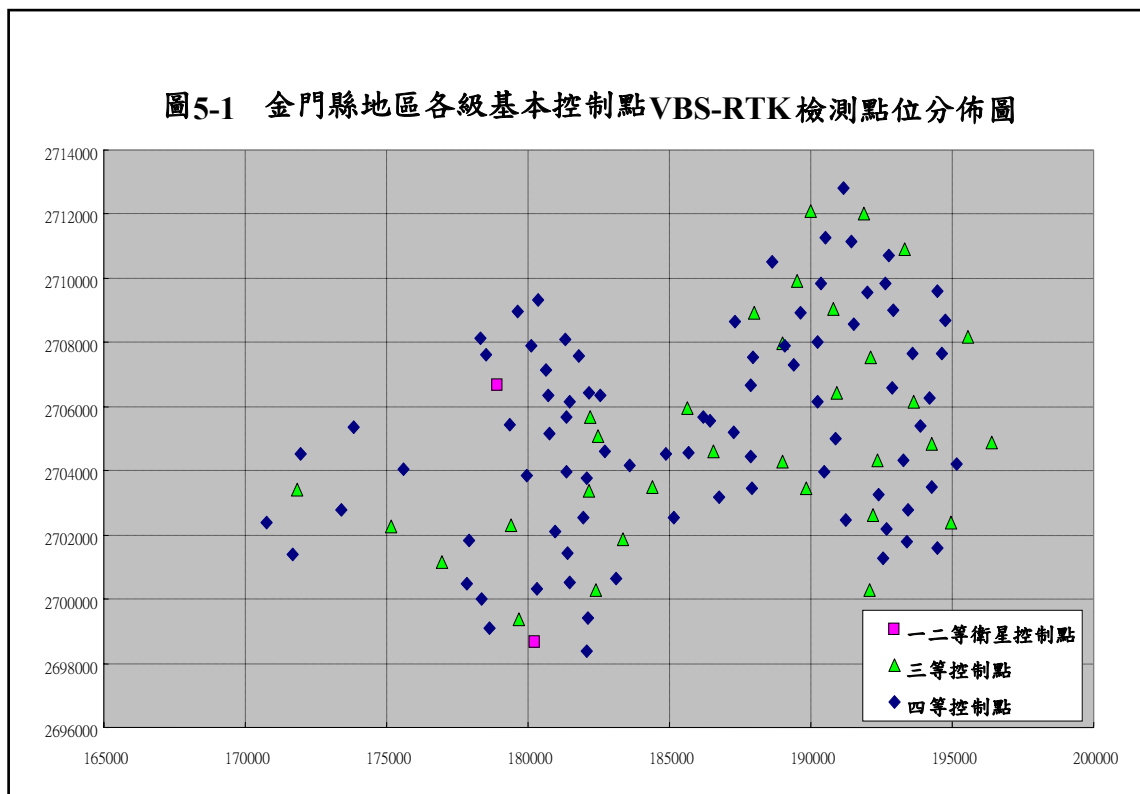
本項測試地區係選定本中心 96 年度於福建省金門縣地區四等點測設作業及高雄市縣地區三等控制點管理維護檢測作業等 2 項基本控測量工作。茲因上述 2 地區均由本中心於 90 至 91 年度期間完成三等控制點補建、新建作業，但就測區特性而言，金門測區不僅範圍較小，且一般認為受到地殼變動所產生之點位位移之量級較小，此現象可由範圍內金門衛星追蹤站（KMMN）、金沙（JNSA）、金湖（JNHU）及烈嶼（LEYU）等 4 處衛星定位基準站，因其區域性坐標位移量及速度場之方向與量級均相當一致，且在平面 N 方向約為-15.9mm/年，平面 E 方向約為-4.4mm/年，高程方向約為-9.7mm/年，顯示其整體坐標框架尚維持高度一致性，當可不經複雜處理程式，即可獲得預期之檢測成果精度；至高雄市縣地區係屬長條形狀之大範圍測區，其範圍內高雄港（KASH）、旗山（CISH）及桃源（TAYN）及鄰近週邊臺南（CK01）、霧鹿（WULU）、瑪家（MAJA）及枋寮（FALI）等 7 處衛星定位基準站之坐標位移量及速度場之方向與量級均有明顯的差異，顯示其坐標系統可能因地殼變動產生不一致性，其數據處理及統計分析之複雜性及困難度，亦將隨之相對提高。

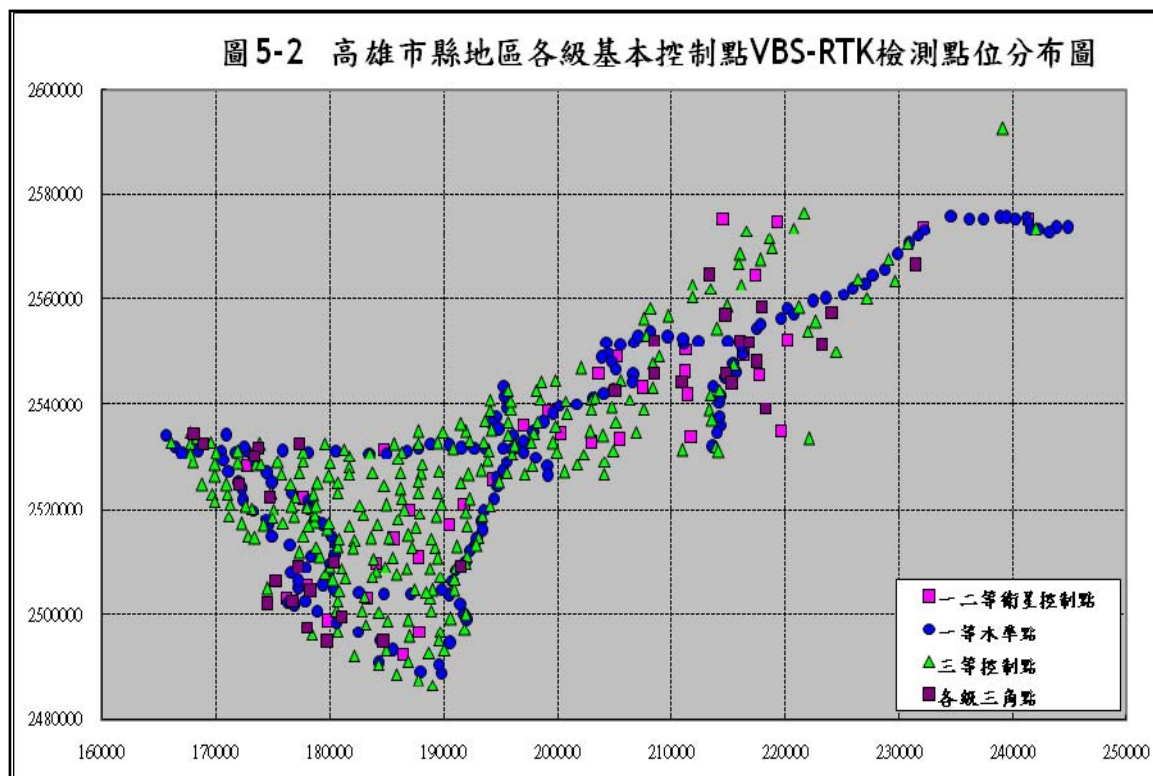
在測試資料收集方面，因考量 VBS-RTK 即時動態定位技術具有高度自動化及高精度定位之特性，其最大功效在於提供使用者於測點現場接收由本系統工作伺服器主機所提供之虛擬基準站衛星觀測資料後，可直接進行測點動態定位坐標成果解算，並立即獲得該測點坐標成果。故本項測試資料收集過程中，使用者僅須於作業前確認 GPS 野外觀測參數之設定指標，並於野外觀測作業時，隨時掌握定位成果等級（如 Fix 固定解或 Float 實數解等），除完全不須人為介入操作處理外，其坐標成果經執行下載程式後，即可進行統計分析。本自行研究案採用 VBS-RTK 定位技術辦理研究測試之點位資料，其中金門縣地區檢測總點數計 116 點，高雄市縣地區檢測總點數計 501 點。上開 2 測區採用 VBS-RTK 定位技術辦理各級基本控制點檢測數量一覽表詳如表 5-1，觀測點位分佈圖如圖 5-1 及圖 5-2 所示。

表 5-1 採用 VBS-RTK 定位檢測各級基本控制點數量一覽表

| 項 目 \ 測 區 名 稱 | 金門縣測試區 | 高雄市縣測試區 |
|---------------|--------|---------|
| 各級基本制點檢測總點數 | 116 | 501 |
| 一等衛星控制點檢測點數 | 0 | 5 |
| 二等衛星控制點檢測點數 | 2 | 32 |
| 一等等級水準點檢測點數 | 0 | 73 |
| 一等二級水準點檢測點數 | 0 | 97 |
| 三等控制點檢測點數 | 30 | 259 |
| 二等三角點 | 0 | 6 |
| 三等三角點 | 0 | 29 |
| 四等控制點檢測點數 | 84 | 0 |

圖 5-1 金門縣地區各級基本控制點 VBS-RTK 檢測點位分佈圖





第二節 高雄市縣地區 VBS-RTK 檢測數據統計分析

為有效評估採用 e-GPS 即時動態定位系統進行高精度之基本控制點檢測工作之可用性，本中心要在求高雄市縣地區辦理 VBS-RTK 即時動態定位之野外作業人員應於每個點位上至少接收 120 筆以上之 RTK-Fix 固定解坐標成果，並以書面手簿方式記錄每一測點之作業日期、起迄時間及作業當時之衛星顆數、DOP 值、紀錄筆數及初始化時間等，期能由上述外業觀測紀錄及統計分析獲得相關數據，作為後續研訂相關作業規範之參考。

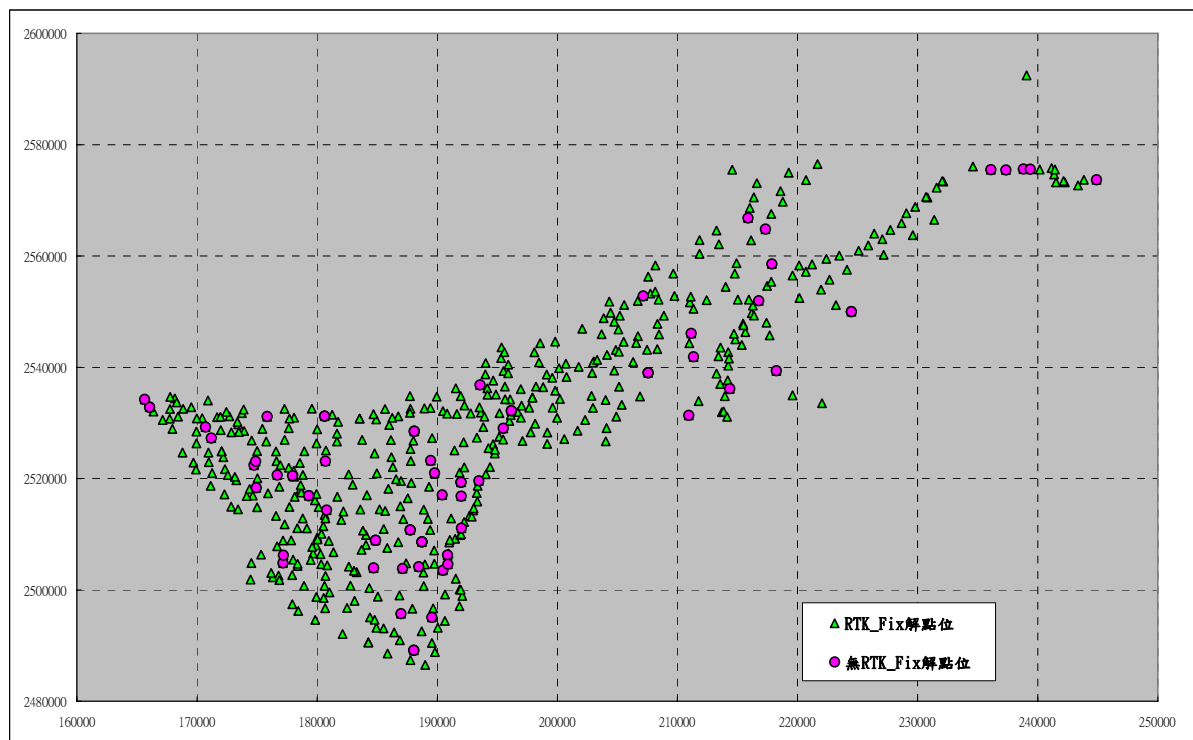
一、VBS-RTK 即時動態定位成果等級統計分析：

據統計該區總數 501 點至少辦理 1 次以上 VBS-RTK 即時動態定位檢測之各級基本控制點檢測之野外觀測紀錄顯示，其中可解算至 RTK-Fix 固定解定位成果等級之點數計有 443 點，約為總檢測點數之 88.42%，無法解算至 RTK-Fix 固定解成果等級之點數計有 58 點，約為總檢測點數之 11.58%，有關高雄市縣地區採用 VBS-RTK 即時動態定位檢測成果等級分佈情形詳如圖 5-3。至分析其無法解算至 RTK-Fix 固定解定位成果等級之點位，經分析其原因除主要原因可能為 GPSNet 定位

系統軟體無法正確推算野外觀測當時之電離層、對流層及幾何誤差等定位誤差模型，進而造成定位系統軟體無法正確組成虛擬觀測資料，提供 VBS-RTK 定位坐標解算使用外，至其他點位則多數為透空環境不佳或無線數據傳輸通訊品質不良或訊號連線中斷等因素所造成。有關上述無法成功解算至 RTK-Fix 固定解成果之 58 處點位實地狀況統計分析如下：

- (一) 點位透空環境不佳：2 點 (F510、J015)，約占 3.45%。
- (二) 手機完全無訊號：11 點 (F141、E667、F185、F199、J039、J052、J053、J054、J056、SX66、G091)，約占 18.97%。
- (三) 手機訊號中斷：6 點 (S600、EW09、SW53、SX22、SY09、L091)，約占 10.34%。
- (四) 無法正確推算定位誤差模型及組成虛擬觀測資料：39 點，約占 67.24%。

圖 5-3 高雄市縣地區 VBS-RTK 即時動態定位檢測成果等級分佈圖



二、VBS-RTK 即時動態定位初始化時間統計分析：

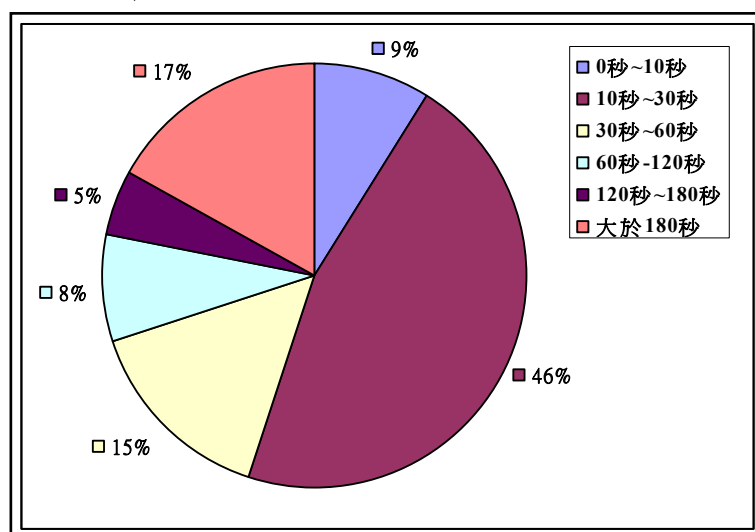
VBS-RTK 動態定位時間取決於採用 On-The-Fly (OTF) 整數週波未值求解所需之初始化時間，如果 RTK 初始化定位成功後，便可每秒

求解公分級精度的 RTK-Fix 坐標成果。所以針對 VBS-RTK 動態定位之初始化時間統計分析部分，表 5-2 及圖 5-4 分別顯示測試期間採用 e-GPS 即時動態定位系統之南區定位服務網 (South) 進行 443 個各級基本控制點所歸納統計之 RTK-Fix 固定解成果數據，其中可在 30 秒內完成初始化之比率為 55%，在 1 分鐘內完成初始化之比率為 70%，在 2 分鐘內完成初始化之比率為 78%，在 3 分鐘內完成初始化之點數比率為 83%，初使化時間須超過 3 分鐘之點數計 74 點，占總點數 17%，其中完成初始化耗費時間最長點位為 1,359 秒 (約 22 分鐘)，該點位係於 96 年 3 月 30 日辦理檢測之一等一級水準點 (點號：G090)。

表 5-2 高雄市縣測試區 VBS-RTK 檢測初始化時間統計表

| 初始化秒數 | 測點數 | 平均衛星顆數 | 平均 PDOP 值 | 測點數百分比 |
|--------|-----|--------|-----------|--------|
| 0~10 | 40 | 7.6 | 2.7 | 9% |
| 0~30 | 242 | 7.8 | 2.5 | 55% |
| 0~60 | 311 | 7.7 | 2.6 | 70% |
| 0-120 | 344 | 7.6 | 2.6 | 78% |
| 0~180 | 369 | 7.6 | 2.6 | 83% |
| 大於 180 | 74 | -- | -- | 17% |

圖 5-4 高雄市縣測試區 VBS-RTK 檢測初始化時間統計圖



三、VBS-RTK 即時動態定位成果重複性統計分析：

高雄市縣地區辦理三等控制點管理維護及檢測作業，按本中心原訂作業模式，係規劃於各級基本控制點點位清理及進行 GPS 野外觀測時，分別各進行 1 次 VBS-RTK 即時動態定位解算，期望可利用先後 2 次不同時期定位成果之重複性差異比較，來統計分析 VBS-RTK 即時動態定位成果之正確性與穩定性。惟本項測試資料或因部分點位元係位於高山地區交通不便，觀測時段安排困難或作業人員野外觀測作業疏失及實地點位遺失、移動、損毀，須另行補建新標石等因素，致採用 VBS-RTK 即時動態定位技術辦理檢測之 443 點各級基本控制點中，僅有 197 點完整辦理 2 次檢測，其餘 246 處點位僅採用辦理 1 次 VBS-RTK 檢測。故本項統計分析數據僅就高雄市縣測區範圍已辦理 2 次 VBS-RTK 即時動態定位之 197 個基本控制點坐標較差統計分析如下：

- (一) 坐標較差絕對值在 E 方向最大為 7.8 公分，平均值為 0.0 ± 2.5 公分；在 N 方向最大為 7.2 公分，平均值為 0.1 ± 2.0 公分。
- (二) 平面位置較差則均小於 10 公分，最大值為 9.5 公分，平均值為 2.6 ± 1.8 公分。
- (三) 以數量百分比統計分析結果，平面位置較差小於 2 公分者占 45%，平面位置較差介於 2 公分至 5 公分者約占 45%，平面位置較差介於 5 公分至 10 公分者則僅占約 10%。
- (四) 以坐標分量較差量級統計分析，N 方向坐標較差小於 2 公分者計 76%，介於 2 公分至 5 公分者計 21%，介於 5 公分至 10 公分者計 4%；在 E 方向坐標較差小於 2 公分者計 63%，於 2 公分至 5 公分者計 31%，介於 5 公分至 10 公分者計 6%。
- (五) 高程方向計有 48% 較差絕對值超過 10 公分，較差絕對值介於 5 公分至 10 公分者亦高達 24%，本項高程定位統計分析結果雖其平均值 5.6 ± 2.3 公分，不僅定位成果之離散層度（即平均值標準偏差）遠大於平面位置，另其 2 次高程定位成果較差亦較本中心 94 至 95 年度進行採用固定站方式進行 VBS-RTK 定位精度所獲得之高程定位精度（3.87 公分）差；
- (六) 最大較差正值高達 1.130 公尺，最大較差負值亦達 0.518 公尺，

則已遠超出預期成果，推論應為 GPSNet 系統之定位誤差或為操作人員天線儀器高輸入錯誤造成，惟因現有可追溯之數據資料相當有限，無法再進一步查證。

表 5-3 顯示高雄市縣地區 197 個各級基本控制點不同時期先後 2 次 VBS-RTK 即時動態定位成果之坐標較差量級之極值與平均值；表 5-4 及圖 5-5 則分別顯示數量百分比統計分析情形。

表 5-3 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差分析表

(單位：公尺)

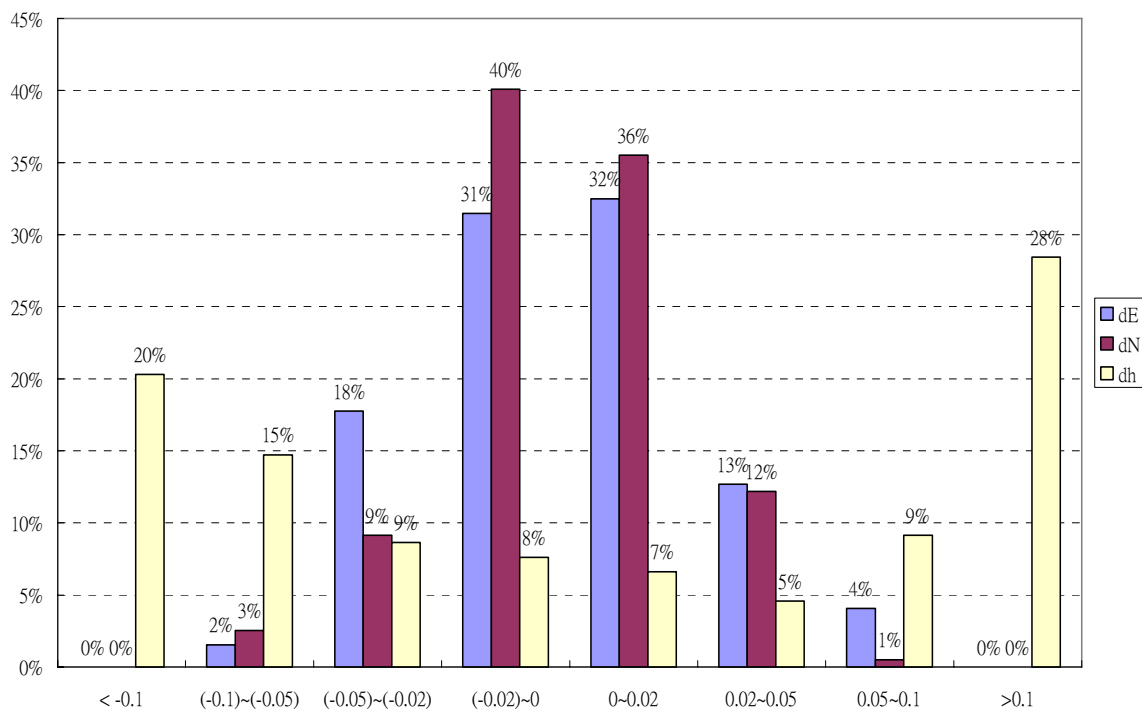
| 坐標較差極值與平均 | dE | dN | dh | dS |
|-----------|--------|--------|--------|-------|
| 最大坐標較差正值 | 0.078 | 0.063 | 1.130 | 0.095 |
| 最大坐標較差負值 | -0.074 | -0.072 | -0.518 | 0.001 |
| 坐標較差平均值 | -0.000 | -0.001 | 0.056 | 0.026 |
| 較差平均值標準偏差 | 0.025 | 0.020 | 0.230 | 0.018 |

表 5-4 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差數量統計表

(單位：公尺)

| 坐標較差量級 | dE | dN | dh | ds | dE% | dN% | dh% | ds% |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 小於-10cm | 0 | 0 | 40 | 0 | 0% | 0% | 20% | 0% |
| (-10cm)~(-5cm) | 3 | 5 | 29 | 0 | 2% | 3% | 15% | 0% |
| (-5 cm)~(-2 cm) | 35 | 18 | 17 | 0 | 18% | 9% | 9% | 0% |
| (-2 cm)~0 cm | 62 | 79 | 15 | 0 | 31% | 40% | 8% | 0% |
| 0 cm ~ 2 cm | 64 | 70 | 13 | 89 | 32% | 36% | 7% | 45% |
| 2 cm ~ 5 cm | 25 | 24 | 9 | 88 | 13% | 12% | 5% | 45% |
| 5 cm ~ 10 cm | 8 | 1 | 18 | 20 | 4% | 1% | 9% | 10% |
| 大於 10 cm | 0 | 0 | 56 | 0 | 0% | 0% | 28% | 0% |
| 合計 | 197 | 197 | 197 | 197 | 100% | 100% | 100% | 100% |

圖 5-5 高雄市縣地區不同時期 VBS-RTK 檢測坐標較差數量統計圖



第六章 研究與測試

第一節 研究背景

臺灣地區因位於中低緯度且地形高差起伏變化甚大，不僅 GPS 衛星定位觀測訊號受電離層、對流層誤差影響遠較其他國家明顯，且因地殼活動相當頻繁，坐標系統維護工作甚為不易。為達到有效運用 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統辦理各級測量標測設及後續管理維護（檢測）工作之目標，本中心訂定「e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統 VBS_RTK 定位技術測試作業計畫」，於 94 年 4 月起至 95 年 12 月 31 日止在臺灣中、北部地區，就各等級基本控制點及圖根點，分別規劃不同之基礎測試作業，茲將各項具體測試成果彙整如下：

一、VBS-RTK 靜態定位內插測試部分：

- (一) 所須初始化時間小於 1 分鐘。
- (二) 平均解算成功率可高達 98.38 %。
- (三) 平均定位精度 (RMS) 在 N 方向為 1.44 公分，在 E 方向為 1.48 公分，在高程方向為 3.87 公分。
- (四) 內可靠度分析：
 - 1 倍 σ 以下：(N)75.00 % ； (E)73.98 % ； (h)73.68 %
 - 2 倍 σ 以下：(N)95.33 % ； (E)95.14 % ； (h)95.39 %
 - 3 倍 σ 以下：(N)99.00 % ； (E)99.11 % ； (h)99.07 %
- (五) VBS-RTK 定位之準確度 (以中誤差表示) 與定位精密度 (以 RMS 均方根表示) 呈高度相關性，在實務作業時，應就平面及高程精度予以適度規範，俾提高定成果之可靠度。
- (六) 各分區定位服務網系中基準站的增加或減少，會造成區域改正參數在短期間內發生變化，特別是距離移動站最近之主基準站資料發生異常狀況時，將會造成 VBS-RTK 在該時間段內無法獲得固定解。
- (七) 依據所得之測試數據發現衛星幾何分佈 (以 DOP 值表示)、每日時間區段及天候氣象狀況與 VBS-RTK 定位精度及可靠度並無明顯相關性；至電離層及對流層修正指數對於 VBS-RTK 定位精度及可靠度之影響層面，因本定位系統軟體未公開上開定位誤差修

正資訊，故可用來研判之資訊不足，仍待進一步獲得可靠數據後，加以評估。

二、VBS-RTK 靜態定位外插測試部分：

- (一) VBS-RTK 靜態外插定位解算成功率部分，在測站距離主基準站 38 公里時，其定位解算成功率仍可高達 95% 以上，至超過 50 公里以上時，則約已降至 90% 以下。
- (二) 定位精度部分，VBS-RTK 靜態外插定位精度隨著移動站與主基準站間距增加而增大趨勢，尤以高程方向劣化現象特別明顯，例如在距離主基準站 18 公里時，平面平均定位精度尚可達到 2 公分，高程平均精度約為 5 公分；但距離主基準站 64 公里時，其平面平均精度已劣化為 18 公分，高程平均精度則已超過 44 公分。

三、VBS-RTK 野外動態定位測試部分：

- (一) 於臺灣中、北部及東部地區野外實際檢測 411 個各級基本控制點及圖根點結果，發現在不同測試地區所產生與公告 TWD97 坐標偏差值，具有明顯之區域性量級，例如在新竹以北地區，平面坐標之偏差量均低於 5 公分；在苗栗、臺中及南投地區因可能受到 921 集集大地震影響，在 E 方向偏差量自 6 公分至 30 公分不等；至東部宜蘭及花蓮地區，其各平面坐標分向之偏差量已高達 10 公分以上（如表 6-1）。

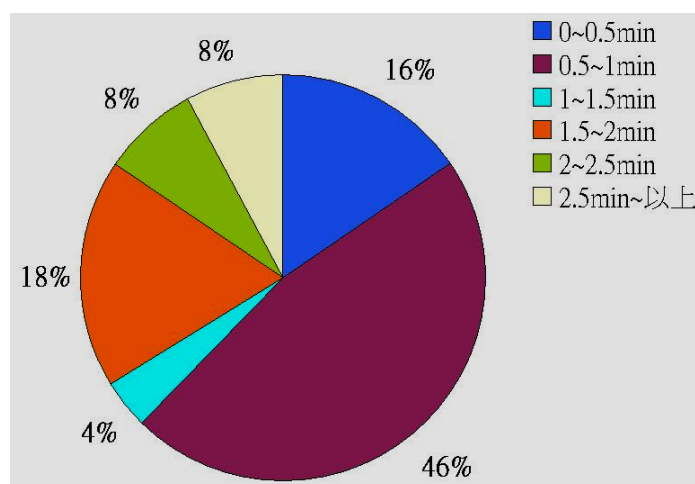
表 6-1 臺灣北部地區各級基本控制點檢測數量及坐標較差一覽表

(單位：公分)

| 縣市別 | 基隆 | 臺北 | 桃園 | 新竹 | 苗栗 | 臺中 | 南投 | 宜蘭 | 花蓮 |
|------------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 檢測點數 | 10 | 39 | 131 | 43 | 11 | 25 | 5 | 27 | 120 |
| ΔN | -4.8 | 2.4 | 1.2 | 2.2 | -1.7 | -0.9 | 3.1 | -11.2 | 12.6 |
| ΔE | 3.5 | 1.3 | -0.4 | -1.1 | -5.9 | -6.2 | -29.3 | 14.8 | -27.8 |
| Δh | 2.9 | 0.1 | -2.0 | 3.8 | 5.2 | -6.5 | | | |

(二) 初始化時間依據於北區定位服務網針對 71 個各級基本控制點進行 VBS-RTK 定位所需初始化時間統計分析結果，計有 62 % 可在 1 分鐘內完成，84%可在 2 分鐘內完成，僅 8 % 須超過 2.5 分鐘（如圖 6-1）。

圖 6-1 北區定位服務網初始化所需時間之比率統計圖



第二節 VBS-RTK 即時動態定位輔助基本控制點檢測作業

一、研究動機與目的：

臺閩地區三等控制點管理維護作業為本中心配合內政部「國家基本測量發展計畫」之控制點測量業務，其最大功能在於定期檢測更新各級基本控制點資料庫，達到維護國家坐標系統框架之目的。以往本項業務須透過 GPS 野外靜態測量及內業資料計算分析等繁鎖之作業程式，方能獲得精確之檢測成果。VBS-RTK 即時動態定位不僅具有高精度、高效率及高可靠度之特性，且其平面定位精度已被證實優於 2 公分，高程精度亦優於 5 公分，故採用 VBS-RTK 即時動態定位技術輔助三等控制點坐標成果檢測工作，如經研究測試後評估確屬可行，預期在相同的人力與物力之評估基準上，估計可將現行臺閩地區三等控制點管理維護作業效能及產能提高至少 10 倍以上，達到縮短三等控制點檢測週期之目的。

二、研究方法：

VBS-RTK 即時動態定位技術因整個數據傳輸及 GPS 差分定位計算功能元件等，均已模組化封裝於行動通訊設備及衛星定位接收儀

中，故其最大效能為使用者無須介入複雜的觀測數據計算與處理工作，即可在測點現場立即獲得高精度的 3 維定位坐標成果。所以本項研究工作之重點，在 VBS-RTK 即時動態定位輔助基本控制點檢測作業實務層面上，應當著重於因 e-GPS 坐標系統與內政部公告 TWD97 國家坐標系統不一致，所衍生之坐標系統轉換與套合問題。

眾所皆知，GPS 網形進行約制平差時，如固定某些點位（即以它們的坐標和高程為起算數據），則所求得之各未知點位的變化，包含固定點本身的變化，其精度會隨著固定點位的選擇不同而不同，因此，我們可以利用坐標轉換方式求得其間之坐標分量較差或位移量（Displacement），使其轉換後之定位成果相似於原定位成果，減少因系統不一致造成誤差。至其具體的做法為透過相似轉換（Similarity Transformation），利用地面一些共同控制點或現況測得之可靠點，在兩個坐標系統中建立數學模式，透過最簡單的數學模式進坐標轉換，一般常見的有 4 參數轉換（正形轉換）、6 參數轉換（仿射轉換）、最小二乘配置等方法，茲將上開坐標轉換及套合之數學模式敘述如下：

（一）4 參數轉換：

4 參數轉換又稱正形轉換(Helmert Transformation)，兩坐標系統間包含 1 個比例尺因數、1 個坐標軸旋轉量及 2 個坐標平移量，其物理意義為轉換後原為正方形之特徵物仍保持正方形狀，一般用於 2 平面直角坐標系統之坐標轉換，其數學方程式如下：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = S \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ax + By + C \\ -Bx + Ay + D \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

其中[x,y]：原坐標系統

[X,Y]：轉換後坐標系統

S：坐標軸比例尺因數

θ ：坐標軸旋轉量

Δx 及 Δy ：2 坐標軸平移量

A、B、C、D：轉換參數

第（1）式為 4 參數之線性轉換公式，其 A、B、C、D 至少要 2 個轉換共同點來求解，若轉換控制點超過兩點，則構成平差求解條件。

(二) 6 參數轉換：

6 參數轉換又稱仿射轉換 (Affine Transformation)，其物理意義為 2 個坐標系統間包含 2 個比例尺因數、1 個剪力形變因數、1 個坐標軸旋轉量及 2 個坐標平移量，故至少要 3 個轉換共同點來求解，基本上大多數的坐標轉換均能以 6 參數為之，其數學方程式如下：

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x \cos\theta + S_y (\sin\theta + \sin\varepsilon \cdot \cos\theta) \\ -S_x \sin\theta - S_y (\sin\varepsilon \cdot \sin\theta + \cos\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ax + By + C \\ Dx + Ey + F \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

其中 $[x,y]$ ：原坐標系統

$[X,Y]$ ：轉換後坐標系統

S_x 及 S_y ：2 坐標軸比例尺因數

θ ：坐標軸旋轉量

ε ：剪力形變因數

Δx 及 Δy ：2 坐標軸平移量

A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 為轉換參數

第 (2) 式為 6 參數之線性轉換公式，至少要 3 個轉換共同控制點來求解，若其轉換控制點超過 3 點，則構成平差求解條件。

(三) 最小二乘配置法 (Least Squares Collocation)：

不同於傳統的平差方法，最小二乘配置法是一種結合最小二乘法 (未知參數的估計)、預估 (計算任一點的訊號 s) 與濾波 (雜訊 n 的移除) 三種作用的方法，傳統的測量平差方法僅能處理觀測量含有純粹的偶然誤差，而最小二乘配置法不但將之擴大到能處理觀測量含有相關性的誤差以外，且還能估計出未做觀測之處應有之觀測值，其函數模型為：

$$l = Ax + s + n \dots\dots\dots (3)$$

式中 x 為未知參數， s 為訊號矩陣， n 為雜訊矩陣， l 為觀測量矩陣， A 為設計矩陣。訊號 s 表示各觀測量的系統誤差，可由平差的結果應用統計估計法求出，雜訊 n 為各觀測量純粹由於偶然特性經平差計算後所產生的殘差。 s 和 n 都是含有隨機特性的

量。最小二乘配置法包括平差（未知參數 x 的估計）、預估（計算任一點的訊號 s ）與濾波（雜訊 n 的移除）3 種作用，可以將系統誤差 s 自間接觀測平差所得的觀測量改正數中分離出來。另由於點位坐標本身包含的誤差而產生的信號與雜訊，在測量上 2 個坐標系統間之坐標轉換關係即可組成第（3）式，並求出轉換參數，信號 s 與雜訊 n 也可在計算中同時被估計出來，因此可藉由此關係將某些點位轉換至另一個坐標系統上。故本項研究工作規劃以金門縣及高雄市縣等 2 測區各級基本控制點野外 VBS-RTK 即時動態定位實測坐標作為測試輸入資料，透過統計分析採用平面 4 參數坐標轉換、6 參數坐標轉換及最小二乘配置坐標套合方法之差異性，進而配合各類測區特性，導出區域性最佳坐標轉換參數，提供使用者辦理點位測設使用。

三、金門縣測試區：

（一）e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差分析：

金門縣測試區採用 VBS-RTK 即時動態定位技術辦理各級基本控制點檢測之總點數合計 116 點，其中包括 2 個二等衛星控制點、30 個三等控制點及 84 個四等控制點，其各級基本控制點採用 VBS-RTK 所測得之 e-GPS 坐標與內政部公告 TWD97 坐標之較差，在 N 方向最大較差為 4.1 公分（GA47），坐標較差平均值為 0.4 ± 1.1 公分；在 E 方向最大較差為 2.6 公分（WX25），坐標較差平均值為 1.1 ± 0.7 公分。

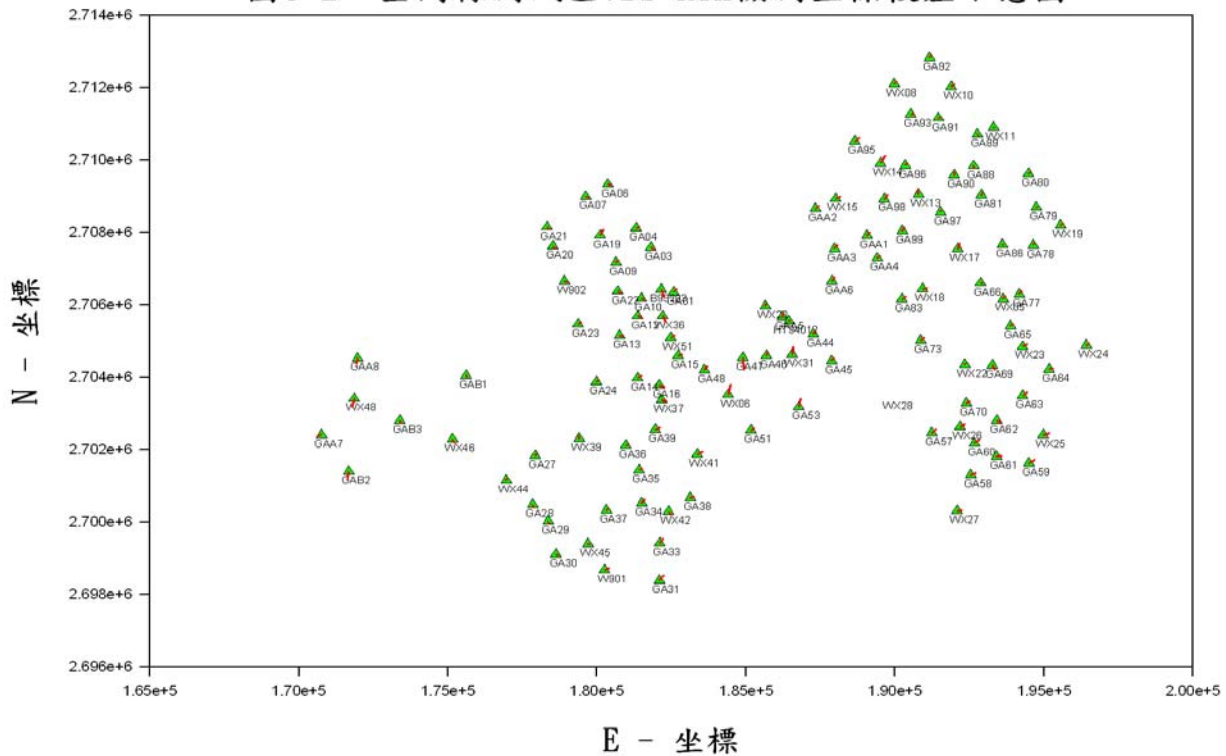
表 6-2 及圖 6-2 顯示本次金門縣測試區 116 個各級基本控制點之實測 e-GPS 坐標與內政部公告 TWD97 坐標較差情形。按金門地區因金湖、金沙及烈嶼等 3 處衛星定位基準站精密坐標與三等控制點及四等控制點係由本中心於 91 年度及 93 年度測設獲得之 TWD97 坐標，均係固定內政部金門衛星追蹤站為坐標系統之起算點，故如假設金門地區並無小區塊之地殼變動或點位樁標遭移動等情形，e-GPS 坐標系統與內政部公告 TWD97 坐標系統間之較差，理論上應僅為觀測及計算誤差，即點位在 2 套坐標系統之評估基準上，存在著高一致性之空間相關性。

表 6-2 金門縣測試區 e-GPS 坐標與 TWD97 坐標較差一覽表

(單位：公尺)

| 點號 | ΔN | ΔE | 點號 | ΔN | ΔE | 點號 | ΔN | ΔE |
|------|------------|------------|------|------------|------------|---------|------------|------------|
| W901 | 0.007 | 0.019 | GA12 | -0.004 | 0.015 | GA65 | 0.005 | 0.012 |
| W902 | -0.004 | 0.013 | GA13 | -0.003 | 0.014 | GA66 | -0.002 | 0.009 |
| WX05 | 0.009 | 0.009 | GA14 | 0.008 | 0.017 | GA69 | -0.016 | 0.012 |
| WX06 | 0.035 | 0.008 | GA15 | 0.004 | 0.016 | GA70 | 0.007 | 0.015 |
| WX08 | 0.006 | 0.012 | GA16 | -0.005 | 0.019 | GA72 | 0.018 | 0.013 |
| WX10 | 0.009 | 0.012 | GA19 | 0.020 | 0.013 | GA73 | 0.010 | 0.013 |
| WX11 | 0.000 | 0.002 | GA20 | -0.009 | 0.010 | GA77 | 0.012 | 0.009 |
| WX13 | 0.013 | -0.003 | GA21 | -0.007 | 0.009 | GA78 | 0.006 | 0.006 |
| WX14 | 0.025 | 0.018 | GA22 | -0.007 | 0.014 | GA79 | 0.003 | 0.006 |
| WX15 | 0.007 | 0.019 | GA23 | 0.007 | 0.012 | GA80 | 0.004 | 0.006 |
| WX17 | 0.02 | 0.008 | GA24 | 0.007 | 0.009 | GA81 | 0.008 | 0.002 |
| WX18 | 0.002 | 0.020 | GA27 | 0.007 | 0.003 | GA83 | 0.008 | 0.016 |
| WX19 | 0.008 | 0.012 | GA28 | -0.009 | 0.004 | GA86 | 0.000 | 0.005 |
| WX20 | 0.01 | 0.003 | GA29 | -0.008 | 0.004 | GA88 | -0.009 | 0.002 |
| WX22 | 0.005 | 0.004 | GA30 | -0.003 | 0.008 | GA89 | -0.005 | 0.003 |
| WX23 | 0.007 | 0.018 | GA31 | 0.018 | 0.018 | GA90 | 0.008 | 0.002 |
| WX24 | 0.005 | 0.013 | GA33 | 0.016 | 0.015 | GA91 | 0.001 | 0.009 |
| WX25 | 0.006 | 0.026 | GA34 | 0.014 | 0.012 | GA92 | 0.010 | 0.010 |
| WX26 | 0.009 | 0.02 | GA35 | 0.003 | 0.013 | GA93 | 0.002 | 0.013 |
| WX27 | 0.002 | 0.018 | GA36 | 0.001 | 0.011 | GA95 | 0.012 | 0.018 |
| WX28 | 0.003 | 0.013 | GA37 | 0.004 | 0.008 | GA96 | 0.002 | 0.009 |
| WX31 | 0.026 | 0.004 | GA38 | 0.004 | 0.017 | GA97 | 0.006 | 0.003 |
| WX36 | -0.02 | 0.015 | GA39 | 0.007 | 0.018 | GA98 | 0.012 | 0.011 |
| WX37 | -0.004 | 0.022 | GA44 | 0.010 | 0.007 | GA99 | 0.013 | 0.009 |
| WX39 | 0.01 | -0.001 | GA45 | 0.010 | 0.008 | GAA1 | 0.012 | 0.013 |
| WX41 | 0.01 | 0.023 | GA46 | 0.012 | 0.004 | GAA2 | 0.009 | 0.016 |
| WX42 | -0.01 | 0.013 | GA47 | -0.041 | 0.006 | GAA3 | 0.012 | 0.013 |
| WX44 | 0.006 | 0.004 | GA48 | 0.016 | 0.013 | GAA4 | 0.008 | 0.013 |
| WX45 | 0.001 | 0.007 | GA51 | 0.006 | 0.012 | GAA5 | 0.013 | 0.004 |
| WX46 | -0.013 | 0.01 | GA53 | 0.029 | 0.008 | GAA6 | 0.014 | 0.011 |
| WX48 | -0.028 | -0.007 | GA54 | 0.014 | 0.009 | GAA7 | -0.003 | -0.015 |
| WX51 | 0.006 | 0.016 | GA57 | 0.011 | 0.018 | GAA8 | -0.021 | -0.003 |
| GA01 | 0.010 | 0.014 | GA58 | 0.007 | 0.020 | GAA9 | 0.003 | -0.004 |
| GA03 | -0.008 | 0.013 | GA59 | 0.013 | 0.023 | GAB1 | -0.006 | 0.002 |
| GA04 | 0.005 | 0.012 | GA60 | 0.009 | 0.021 | GAB2 | -0.023 | -0.004 |
| GA06 | -0.001 | 0.011 | GA61 | 0.002 | 0.022 | GAB3 | -0.009 | 0.002 |
| GA07 | -0.003 | 0.010 | GA62 | -0.005 | 0.020 | HT94012 | -0.002 | 0.004 |
| GA09 | 0.011 | 0.013 | GA63 | 0.011 | 0.020 | B93203 | -0.027 | 0.014 |
| GA10 | -0.002 | 0.014 | GA64 | 0.004 | 0.016 | | | |

圖6-2 金門縣測試區VBS-RTK檢測坐標較差示意圖



(二) 平面坐標轉換：

由第(一)項透過金門縣測試區範圍內 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統之坐標分量差異性量級統計分析結果，吾人推斷在該測試區內採用 VBS-RTK 定位技術進行各項實測工作時，似可直接以 e-GPS 坐標來取代 TWD97 公告坐標，然針對考量測量成果之法制層面前提下，茲因目前金門縣範圍內除金門衛星追蹤站之 TWD97 坐標，係經主管機關內政部公告使用，另金湖 (JNHU)、金沙 (JNSA) 及烈嶼 (LEYU) 等 3 處本中心新設衛星定位基準站坐標因並未經過法定之公告程式，尚無法作為坐標套合之固定點使用。故針對實務測繪成果之法制化層面，現階段僅能採用套合內政部公告之一等、二等衛星控制點或本中心公佈之三等控制點 TWD97 坐標，作為測設或檢其他下級控制點、圖根點，甚至細部界址點坐標之依據。所以我們再進一步導入第一節中所介紹之平面坐標轉換及最小二乘配置坐標套合方法，以瞭解 4 參數坐標轉換及 6 參數坐標轉換這 2 種不同坐標轉換方法在金門縣這類屬於高一一致性之測試區之坐標轉換及套合前後，是否存在著系統性差異，提供後續實務作業參考。

1.金門縣測試區 4 參數坐標轉換：

金門縣測試區 4 參數坐標轉換及最小二乘配置坐標套合使用之轉換套合共同點、檢測分析點位及轉換套合後之共同點坐標改正數、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值、坐標成果及相關統計數據如下：

- (1) 轉換套合共同點數：2 個二等衛星控制點+30 個三等控制點。
- (2) 轉換套合分析點數：84 個四等控制點。
- (3) 共同點坐標改正數(如表 6-3)：其中在 E 方向最大值為 3.20 公分 (WX06)；在 N 方向最大為 1.35 公分 (WX13)。

表 6-3 金門縣測試區 4 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表

(單位：公尺)

| NAME | VE | VN | NAME | VE | VN |
|------|-----------------|------------------|------|-----------|-----------|
| W901 | 0.008951 | 0.005941 | WX24 | -0.006782 | -0.002684 |
| W902 | -0.004521 | 0.005996 | WX25 | -0.003740 | 0.009229 |
| WX05 | -0.001417 | -0.004615 | WX26 | 0.001079 | 0.004569 |
| WX06 | 0.032037 | -0.003502 | WX27 | -0.004865 | 0.001018 |
| WX08 | -0.004444 | 0.004014 | WX28 | -0.003671 | -0.000872 |
| WX10 | -0.002719 | 0.003144 | WX31 | 0.021097 | -0.007652 |
| WX11 | -0.012212 | -0.008231 | WX36 | -0.022372 | 0.005928 |
| WX13 | 0.003302 | -0.013419 | WX37 | -0.005362 | 0.011354 |
| WX14 | 0.015801 | 0.008710 | WX39 | 0.010993 | -0.011204 |
| WX15 | -0.000742 | 0.009675 | WX41 | 0.008465 | 0.010806 |
| WX17 | 0.010039 | -0.004023 | WX42 | -0.010205 | 0.000138 |
| WX18 | -0.006683 | 0.007724 | WX44 | 0.009162 | -0.005951 |
| WX19 | -0.004604 | -0.001050 | WX45 | 0.003031 | -0.005330 |
| WX20 | 0.005142 | -0.007354 | WX46 | -0.009082 | 0.001597 |
| WX22 | -0.003765 | -0.010323 | WX48 | -0.022296 | -0.013231 |
| WX23 | -0.003312 | 0.003201 | WX51 | 0.003695 | 0.006399 |

- (4) 改正數平方和 SUM OF [VV]：0.0055
- (5) 自由度 DEGREE OF FREEDOM：60
- (6) 標準誤差 STANDARD ERROR：0.0096 [M]
- (7) 轉換參數值：

$$A(1)=0.99999957382 \pm 0.549150E-11$$

$$A(2)=-0.00000068617 \pm 0.549150E-11$$

$$A(3) = 0.00195148208 \pm 0.754510E-03$$

$$A(4) = -0.01305921372 \pm 0.754510E-03$$

- (8) 共同點距離檢核較差之平均值為 0.3 ± 1.2 公分，距離檢核較差之最大值為 4.35 公分，發生於基線 WX06-WX36；至 2 端點距離較差與其距離比數分母最小值為 28427.4，發生於基線 WX36-WX51，該基線距離不符值為 2.32 公分。
- (9) 共同點方位角不符值檢核最大值為 3.67 秒，亦發生於基線 WX36-WX51。
- (10) 坐標轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計如表 6-4：

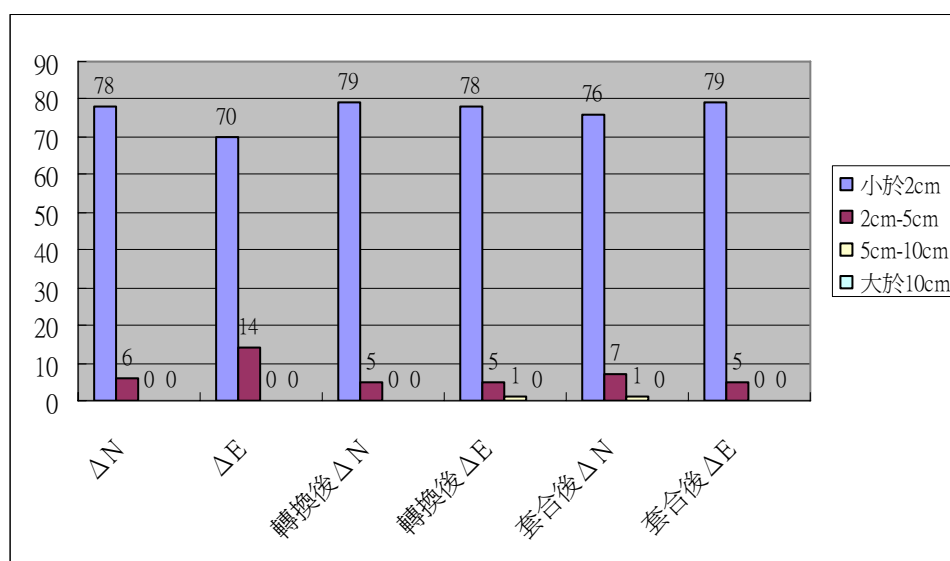
表 6-4 金門縣 4 參數轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計表

(單位：公尺)

| 項 目 | 坐標轉換前 ΔN | 坐標轉換前 ΔE | 坐標轉換後 ΔN | 坐標轉換後 ΔE | 坐標套合後 ΔN | 坐標套合後 ΔE |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 最大值 | 0.041 | 0.045 | 0.045 | 0.051 | 0.066 | 0.043 |
| 最小值 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 平均值 | 0.010 | 0.014 | 0.008 | 0.008 | 0.010 | 0.008 |
| 標準偏差 | 0.008 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.011 | 0.009 |

- (11) 坐標轉換及套合前後各階段坐標較差數量統計如圖 6-3：

圖 6-3 金門縣 4 參數坐標轉換及套合前後各階段較差數量統計圖



2.金門縣測試區 6 參數坐標轉換：

金門縣測試區 6 參數坐標轉換及最小二乘配置坐標套合使用之轉換套合共同點、檢測分析點位及轉換套合後之共同點坐標改正數、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值、坐標成果及相關統計數據如下：

- (1) 轉換套合共同點數：2 個二等衛星控制點+30 個三等控制點。
- (2) 轉換套合分析點數：84 個四等控制點。
- (3) 共同點坐標改正數（如表 6-5）：其中在 E 方向最大值為 3.20 公分（WX06）；在 N 方向最大為 1.36 公分（WX13）。

表 6-5 金門縣測試區 6 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表

（單位：公尺）

| NAME | VE | VN | NAME | VE | VN |
|------|-----------------|------------------|------|-----------|-----------|
| W901 | 0.007220 | 0.006281 | WX24 | -0.007831 | -0.003629 |
| W902 | -0.003009 | 0.006863 | WX25 | -0.005597 | 0.008303 |
| WX05 | -0.001669 | -0.005223 | WX26 | -0.000394 | 0.003929 |
| WX06 | 0.031743 | -0.003332 | WX27 | -0.007229 | 0.000272 |
| WX08 | -0.002002 | 0.004060 | WX28 | -0.004575 | -0.001242 |
| WX10 | -0.000513 | 0.002996 | WX31 | 0.021005 | -0.007637 |
| WX11 | -0.010593 | -0.008573 | WX36 | -0.021587 | 0.006423 |
| WX13 | 0.004476 | -0.013604 | WX37 | -0.005473 | 0.011738 |
| WX14 | 0.017445 | 0.008692 | WX39 | 0.010762 | -0.010600 |
| WX15 | 0.000679 | 0.009757 | WX41 | 0.007639 | 0.010997 |
| WX17 | 0.010483 | -0.004413 | WX42 | -0.011538 | 0.000347 |
| WX18 | -0.006540 | 0.007396 | WX44 | 0.008746 | -0.005164 |
| WX19 | -0.004278 | -0.001748 | WX45 | 0.001637 | -0.004900 |
| WX20 | 0.005665 | -0.007185 | WX46 | -0.008865 | 0.002618 |
| WX22 | -0.004589 | -0.010894 | WX48 | -0.021292 | -0.011830 |
| WX23 | -0.004145 | 0.002464 | WX51 | 0.004217 | 0.006837 |

- (4) 改正數平方和 SUM OF [VV]：0.0054
- (5) 自由度 DEGREE OF FREEDOM：58
- (6) 標準誤差 STANDARD ERROR：0.0097 [M]
- (7) 轉換參數值：

$$A(1)=0.99999996198 \pm 0.313633E-10$$

$$A(2)=-0.00000079314 \pm 0.912108E-11$$

$$A(3)= 0.00022019714 \pm 0.128811E-02$$

$$A(4)= 0.00000073552 \pm 0.313633E-10$$

$$A(5)= 0.99999947530 \pm 0.912108E-11$$

$$A(6)=-0.01271923236 \pm 0.128811E-02$$

- (8) 共同點距離檢核較差之平均值為 0.3 ± 1.2 公分，距離檢核較差之最大值為 4.35 公分，發生於基線 WX06-WX36；至 2 端點距離較差與其距離比數分母最小值為 28427.4，發生於基線 WX36-WX51，該基線距離不符值為 2.32 公分。
- (9) 共同點方位角不符值檢核最大值為 3.67 秒，亦發生於基線 WX36-WX51。
- (10) 坐標轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計如表 6-6：

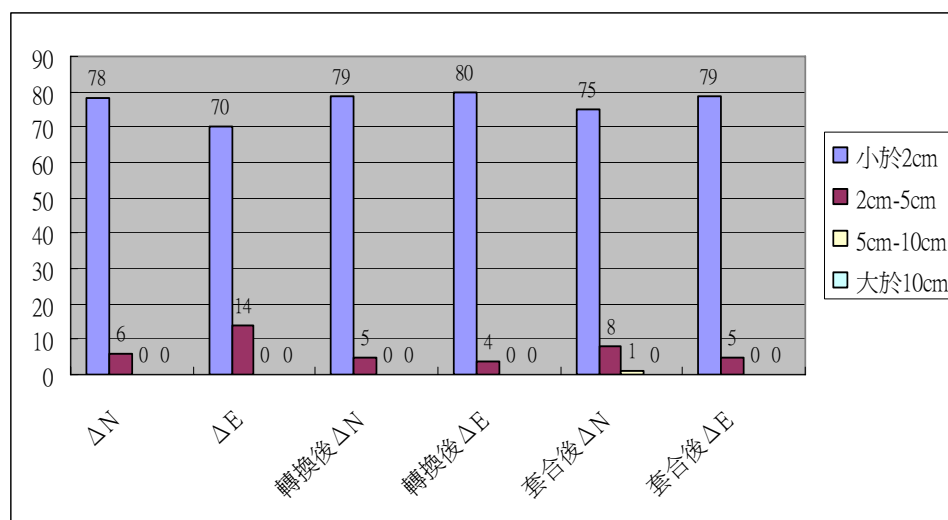
表 6-6 金門縣 6 參數轉換前後各階段坐標較差極值及平均值統計表

(單位：公尺)

| 項 目 | 坐標轉換前 ΔN | 坐標轉換前 ΔE | 坐標轉換後 ΔN | 坐標轉換後 ΔE | 坐標套合後 ΔN | 坐標套合後 ΔE |
|------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 最大值 | 0.041 | 0.045 | 0.045 | 0.050 | 0.066 | 0.042 |
| 最小值 | 0.001 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 平均值 | 0.010 | 0.014 | 0.008 | 0.008 | 0.010 | 0.008 |
| 標準偏差 | 0.008 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.011 | 0.009 |

- (11) 坐標轉換及套合前後各階段坐標較差數量統計如圖 6-4：

圖 6-4 金門縣 6 參數坐標轉換及套合前後各階段較差數量統計圖



(三) 金門縣測試區 4 參數及 6 參數坐標轉換及套合之差異性分析：

由上數第 1 項及第 2 項進行 4 參數及 6 參數坐標轉換及套合之共同點坐標改正數、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值及坐標轉換及套合前後各階段坐標較差之極值、平均值與各階段坐標較差數量統計結果，可以發現其各項數據幾乎無任何差異性，就 4 參數及 6 參數坐標轉換之理論觀點，顯示該測試區除在 N 方向約有 1.3 公分之微量坐標平移量外，並無 2 個坐標軸間之尺度、旋轉及剪力形變等問題，由表 6-7 即可顯示 84 個作為檢核用之四控制點採用 4 參數或 6 參數坐標轉換後之坐標較差量級，全數檢核點位在 N 方向及 E 方向之坐標較差均不大於 2.1 公分；另由圖 6-5 及圖 6-6 顯示 2 種坐標轉換方法結合最小二乘配置坐標套合後，其所獲得之坐標較差雖有方向上之差異，應是受到已知控制點坐標套合約制之牽引所造成，但就其較差量級而言，均在 VBS-RTK 定位平面精度經驗值（2 公分）之誤差範圍內，故在較差方向之差異性應可以忽略。

表 6-7 金門縣測試區採用 4 參數或 6 參數坐標轉換後之坐標較差量級一覽表
(單位：公尺)

| 點號 | ΔN | ΔE | 點號 | ΔN | ΔE | 點號 | ΔN | ΔE |
|------|------------|------------|------|---------------|------------|------|------------|------------|
| GA01 | 0.015 | -0.006 | GA38 | 0.003 | -0.004 | GA81 | -0.001 | 0.010 |
| GA03 | 0.014 | -0.006 | GA39 | 0.002 | -0.007 | GA83 | 0.005 | -0.004 |
| GA04 | 0.013 | -0.006 | GA44 | -0.012 | 0.005 | GA86 | -0.002 | 0.008 |
| GA06 | 0.010 | -0.006 | GA45 | -0.010 | 0.004 | GA88 | 0.002 | 0.009 |
| GA07 | 0.010 | -0.005 | GA46 | -0.021 | 0.007 | GA89 | 0.005 | 0.007 |
| GA09 | 0.012 | -0.006 | GA47 | -0.021 | 0.005 | GA90 | -0.003 | 0.009 |
| GA10 | 0.017 | -0.006 | GA48 | -0.016 | -0.003 | GA91 | -0.001 | 0.000 |
| GA12 | 0.015 | -0.007 | GA51 | -0.021 | 0.000 | GA92 | 0.002 | -0.002 |
| GA13 | 0.008 | -0.006 | GA53 | -0.017 | 0.005 | GA93 | -0.004 | -0.004 |
| GA14 | 0.004 | -0.008 | GA54 | -0.009 | 0.004 | GA95 | -0.008 | -0.010 |
| GA15 | -0.006 | -0.006 | GA57 | 0.003 | -0.002 | GA96 | -0.011 | 0.001 |
| GA16 | 0.003 | -0.009 | GA58 | 0.005 | -0.003 | GA97 | -0.006 | 0.008 |
| GA19 | 0.010 | -0.007 | GA59 | 0.006 | -0.005 | GA98 | -0.008 | -0.001 |
| GA20 | 0.006 | -0.005 | GA60 | 0.003 | -0.004 | GA99 | -0.003 | 0.002 |
| GA21 | 0.008 | -0.004 | GA61 | 0.005 | -0.005 | GAA1 | -0.003 | -0.002 |
| GA22 | 0.012 | -0.007 | GA62 | 0.003 | -0.003 | GAA2 | 0.001 | -0.007 |
| GA23 | 0.004 | -0.005 | GA63 | 0.004 | -0.003 | GAA3 | -0.002 | -0.003 |
| GA24 | 0.001 | 0.000 | GA64 | 0.004 | 0.000 | GAA4 | -0.001 | -0.002 |

| | | | | | | | | |
|------|--------|--------|------|--------|-------|---------|--------------|--------------|
| GA27 | -0.008 | 0.006 | GA65 | 0.003 | 0.003 | GAA5 | -0.010 | 0.007 |
| GA28 | -0.007 | 0.006 | GA66 | -0.002 | 0.005 | GAA6 | -0.003 | 0.000 |
| GA29 | -0.006 | 0.007 | GA69 | 0.004 | 0.003 | GAA7 | 0.021 | 0.020 |
| GA30 | -0.004 | 0.004 | GA70 | 0.003 | 0.001 | GAA8 | 0.020 | 0.007 |
| GA31 | 0.001 | -0.004 | GA72 | 0.005 | 0.001 | GAA9 | 0.013 | 0.008 |
| GA33 | 0.005 | -0.002 | GA73 | 0.005 | 0.001 | GAB1 | 0.008 | 0.004 |
| GA34 | 0.005 | 0.000 | GA77 | 0.001 | 0.005 | GAB2 | 0.017 | 0.010 |
| GA35 | 0.003 | -0.002 | GA78 | 0.001 | 0.008 | GAB3 | 0.017 | 0.004 |
| GA36 | -0.001 | 0.000 | GA79 | 0.004 | 0.007 | HT94012 | -0.011 | 0.007 |
| GA37 | -0.001 | 0.004 | GA80 | 0.006 | 0.006 | B93203 | 0.018 | -0.006 |

圖6-5 金門縣地區四等控制點VBS-RTK檢測坐標較差示意圖 (4參數)

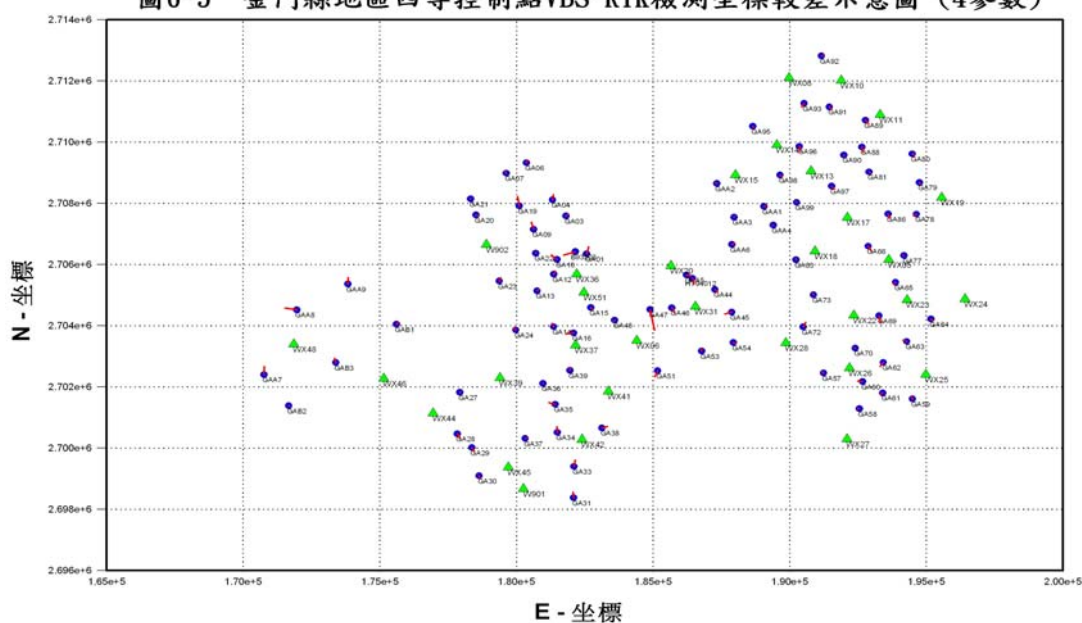


圖6-6 金門縣地區四等控制點VBS-RTK檢測坐標較差示意圖(6參數)

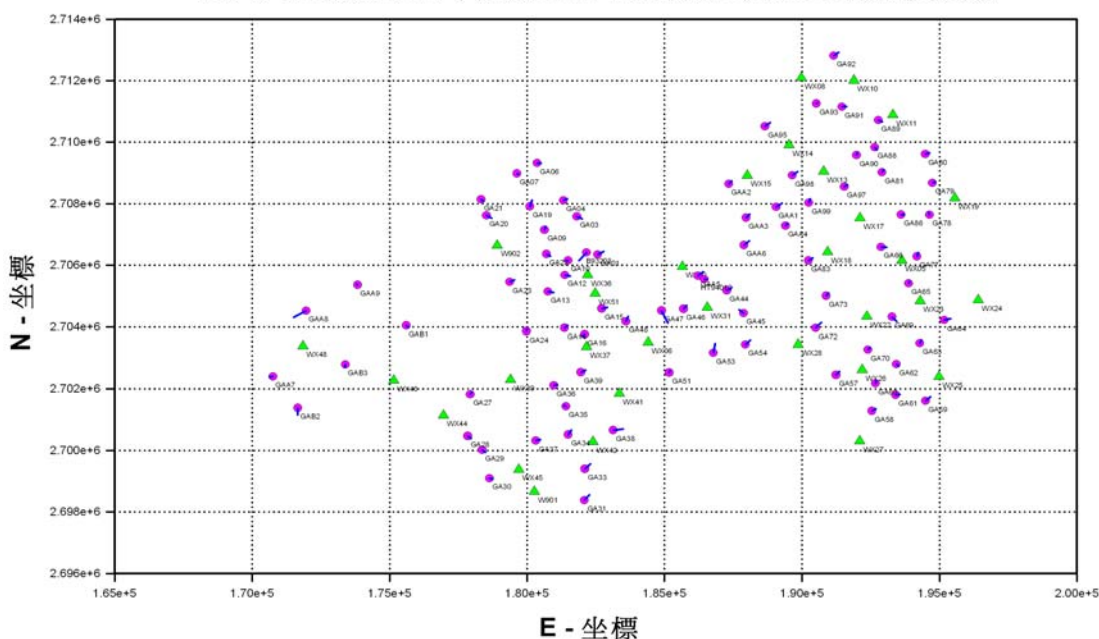
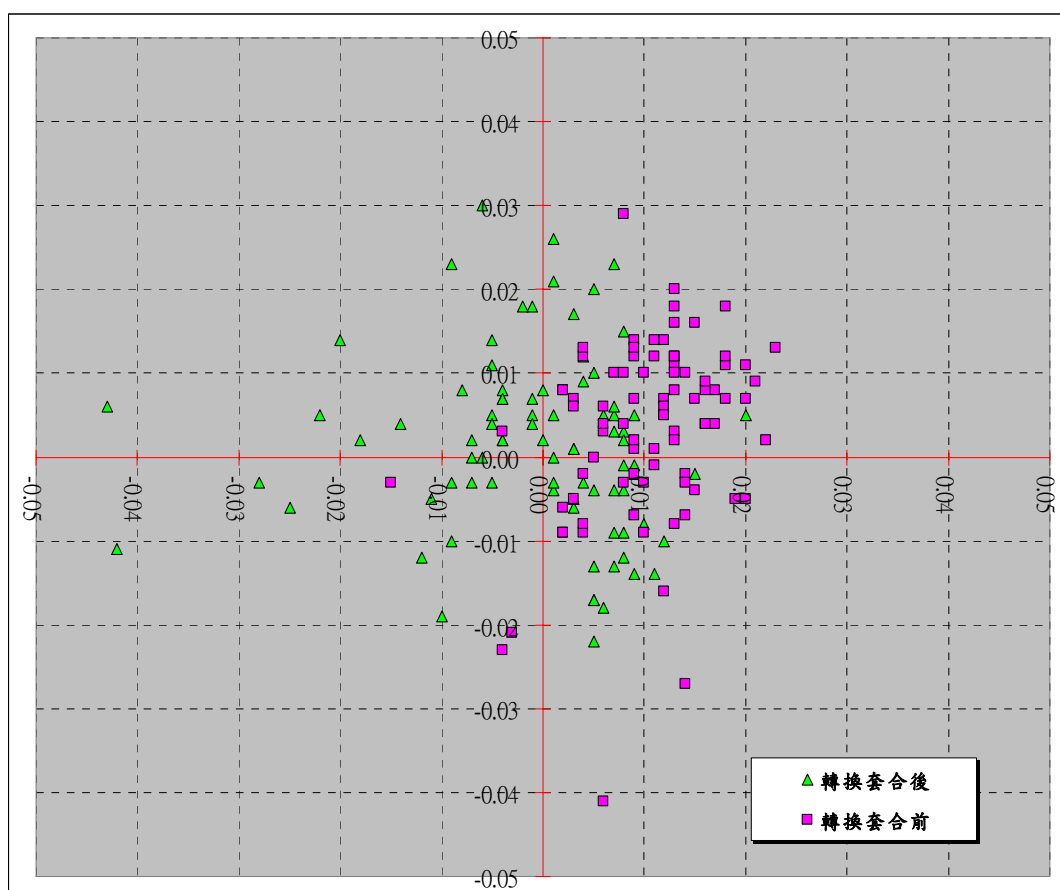


圖 6-7 顯示金門測試區採用 4 參數坐標轉換及套合前後之坐標較差分佈情形，金門縣測試區因無大規模且經常性之地殼活動，故其 e-GPS 坐標系統不論採用 4 參數或 6 參數坐標轉換後之坐標成果，均與原內政部公告 TWD97 坐標系統間呈現同比例之正形轉換。

圖 6-7 金門測試區 4 參數坐標轉換套合前後坐標較差分佈圖



四、高雄市縣測試區：

臺灣南部地區就本中心自 94 年度起計算分析區域範圍內各 e-GPS 衛星定位基準站之位移量及速度場，可以推估出自臺南縣以南乃至屏東的恆春半島，其年位移量級約略在 5 公分至 8 公分之間，位移方向則多為向西或向西偏南。高雄市縣地區其涵蓋範圍，在南北方向距離長達 100 公里，東西方向距離亦達 80 公里，又本測試區內三等控制點係由本中心於 90 年度完成 TWD97 坐標系統之補建、新建作業，依上點位元位移及速度量級推算，各點位之總位移量依地區不同約略為 30 公分至 50 公分不等，故不論測區範圍大小及地殼活動之複雜程度上，均遠大於金門縣測試區，其處理及統計分析之方法，是否可以完全參照上述辦理金門縣地區所採行之模式，又如何在此特性之測區範圍內，推導出最佳化區域性坐標轉換參數，為本節研究測試之主要重點。

(一) e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差分析：

在前述第五章有關 VBS-RTK 即時動態定位成果重複性統計分析中，曾統計本中心 96 年度辦理臺閩地區三等控制點管理維護作業，總計採用 VBS-RTK 即時動態定位技術，於高雄市縣地區辦理 443 點各級基本控制點之坐標檢測工作，惟其中僅有 197 點係於前後不同時期分別辦理完整之 2 次檢測工作，茲為提升研究成果之可信度，本項研究測試僅規劃取上開 197 點之 2 次 VBS-RTK 檢測坐標平均成果，作為研究測試之資料主要來源。首先，與金門縣測試區相同，吾人先就高雄市縣地區各級基本控制點之 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差進行前期統計分析，我們發現該地區之各級基本控制點不論在坐標較差之量級及方向性上，均與原先採用區域範圍內各 e-GPS 衛星定位基準站之位移量及速度場所預期之結果大致相符，坐標較差量級約為 20 公分至 60 公分之間，其中在 N 方向之最大坐標較差為 20.9 公分 (EW10)，在 E 方向之最大坐標較差為 57.1 公分 (F316)，在平面方向之坐標較差平均值為 45.1 公分，最大平面坐標較差為 58.2 公分 (SW13)；至在坐標較差的方向上，則大致為呈向西或向西偏南方向偏移。圖 6-8 及圖 6-9 分別顯示高雄市縣地區 197 個各級基本控制點之 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統之坐標較差量級方布及坐標較差方向之示意情形。

圖 6-8 高雄市縣地區 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差量級分佈圖

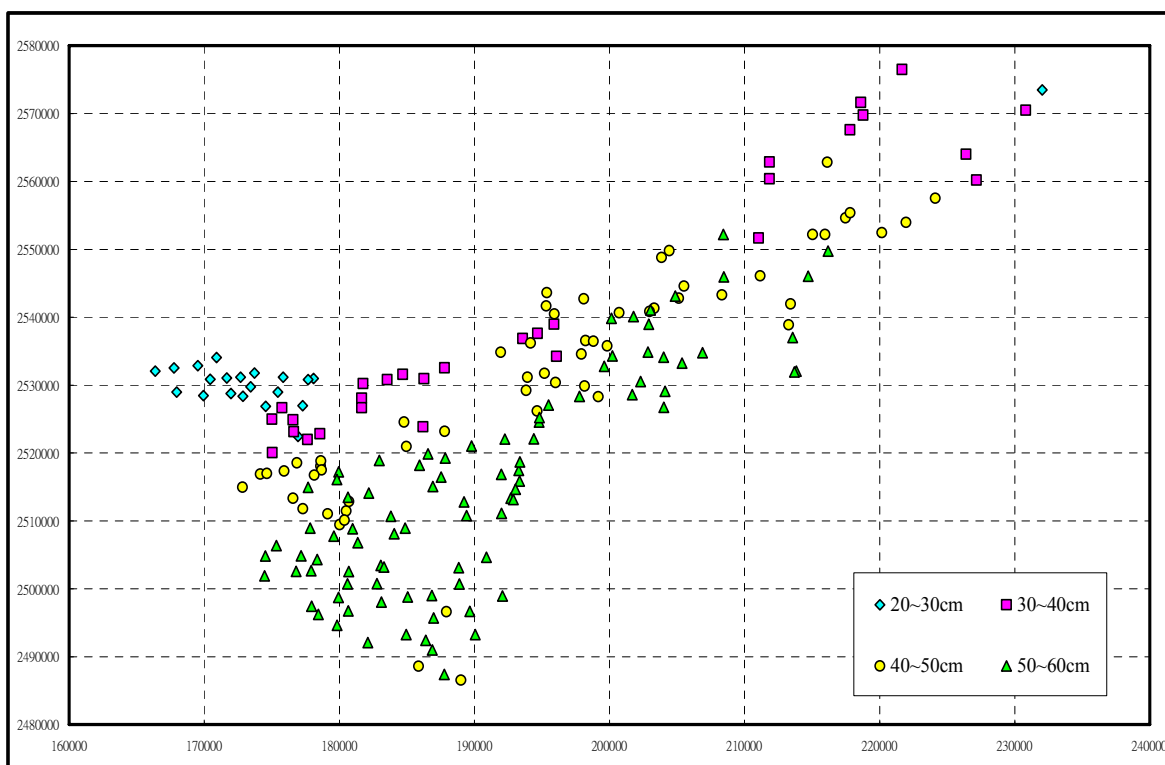
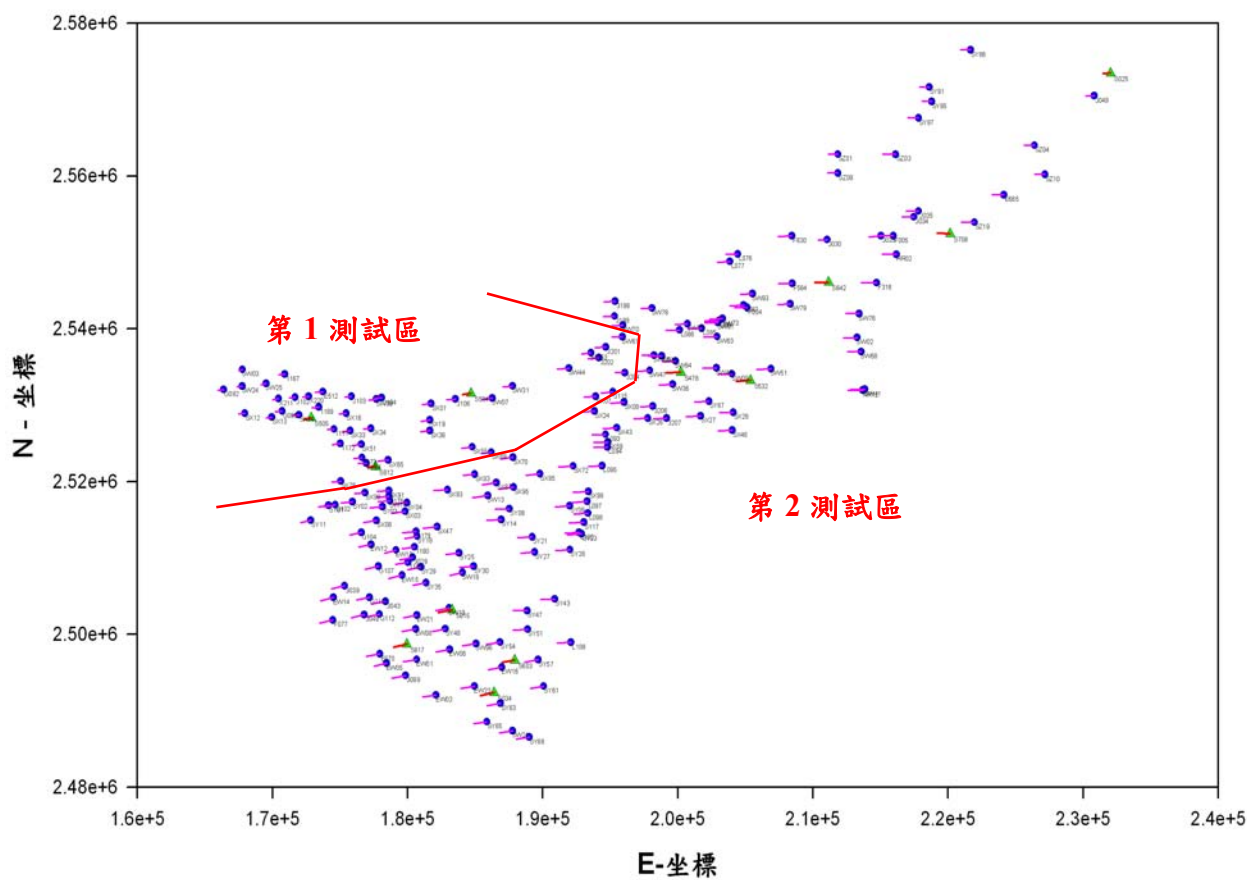


圖 6-9 高雄市縣地區 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統坐標較差方向示意圖



(二) 全區平面坐標轉換：

1. 高雄市縣測試區 4 參數轉換：

高雄市縣測試區 4 參數坐標轉換使用之轉換套合共同點、檢測分析點位及轉換套合後之共同點坐標改正數、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值等數據如下：

- (1) 轉換套合共同點數：初步採用 12 個一、二等衛星控制點進行共同點檢核。
- (2) 轉換套合分析點數：185 個三等控制點、一等水準點及各級三角點。
- (3) 共同點坐標改正數(如表 6-8)：其中在 E 方向最大值為 7.81 公分 (S817)；在 N 方向最大為 20.00 公分 (S505)。

表 6-8 高雄市縣測試區 4 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表

(單位：公尺)

| NAME | VE | VN | NAME | VE | VN |
|------|-----------|-----------------|------|------------------|-----------|
| S025 | -0.014958 | 0.097752 | S603 | -0.018942 | -0.019899 |
| S034 | -0.063055 | -0.053618 | S642 | 0.038653 | -0.091087 |
| S476 | 0.033762 | -0.110390 | S708 | 0.076073 | -0.088909 |
| S504 | -0.003935 | 0.129430 | S812 | 0.066239 | 0.148626 |
| S505 | -0.006827 | 0.200096 | S815 | -0.057292 | -0.065646 |
| S532 | 0.028430 | -0.115568 | S817 | -0.078147 | -0.030788 |

- (4) 改正數平方和 SUM OF [VV]：0.1663
- (5) 自由度 DEGREE OF FREEDOM：20
- (6) 標準誤差 STANDARD ERROR：0.0912 [M]
- (7) 轉換參數值：

$$A(1) = 0.99999860095 \pm 0.862358E-11$$

$$A(2) = 0.00000003431 \pm 0.862358E-11$$

$$A(3) = 0.06912851937 \pm 0.132169E-01$$

$$A(4) = 0.45962761096 \pm 0.132169E-01$$

2. 高雄市縣測試區 6 參數轉換：

高雄市縣測試區 6 參數坐標轉換使用之轉換套合共同點、檢測分析點位及轉換套合後之共同點坐標改正數、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值等數據如下：

- (1) 轉換套合共同點數：採用 12 個一、二等衛星控制點進行共同點檢核。
- (2) 轉換套合分析點數：185 個三等控制點、一等水準點及各級三角點。
- (3) 共同點坐標改正數（如表 6-9）：其中在 E 方向最大值為 6.78 公分（S025）；在 N 方向最大為 11.38 公分（S476）。

表 6-9 高雄市縣測試區 6 參數坐標轉換共同點坐標改正數一覽表

（單位：公尺）

| NAME | VE | VN | NAME | VE | VN |
|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|
| S025 | -0.067767 | 0.13683 | S603 | 0.023826 | 0.073747 |
| S034 | -0.014425 | 0.049896 | S642 | 0.016595 | -0.071454 |
| S476 | 0.023682 | -0.113784 | S708 | 0.049556 | -0.033398 |
| S504 | -0.019564 | 0.022873 | S812 | 0.061541 | 0.03721 |
| S505 | -0.024851 | 0.020655 | S815 | -0.028085 | -0.039934 |
| S532 | 0.023378 | -0.074761 | S817 | -0.043885 | -0.007881 |

- (4) 改正數平方和 SUM OF [VV]：0.0721
- (5) 自由度 DEGREE OF FREEDOM：18
- (6) 標準誤差 STANDARD ERROR：0.0633 [M]
- (7) 轉換參數值：

$$A(1) = 0.99999698904 \pm 0.247416E-10$$

$$A(2) = 0.00000067615 \pm 0.443637E-10$$

$$A(3) = 0.04066326797 \pm 0.430663E-01$$

$$A(4) = -0.00000506671 \pm 0.247416E-10$$

$$A(5) = 1.00000613243 \pm 0.443637E-10$$

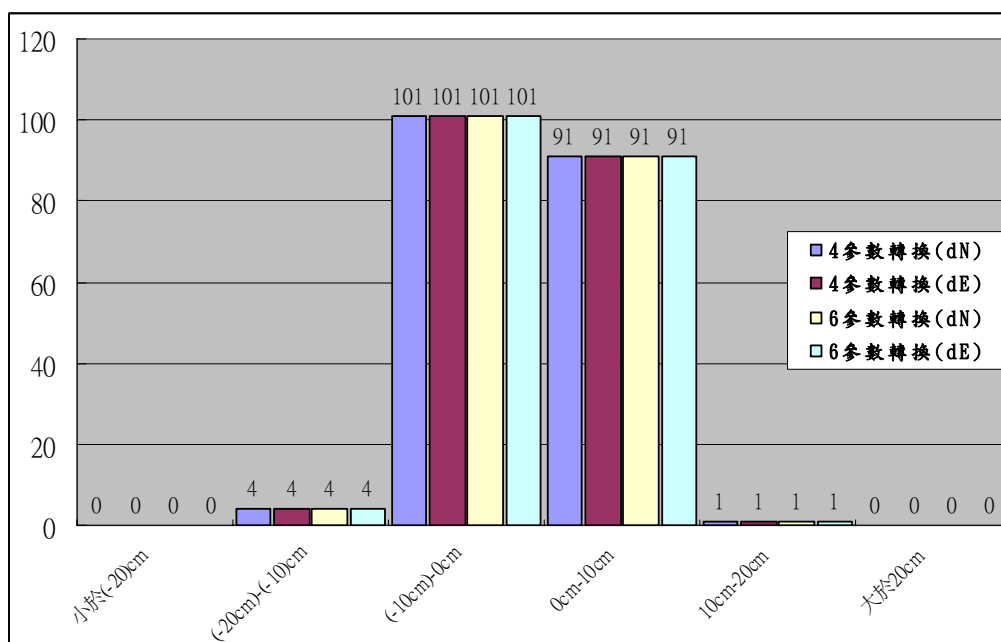
$$A(6) = 0.23681036572 \pm 0.430663E-01$$

3. 高雄市縣測試區 4 參數及 6 參數坐標轉換之差異性分析：

針對上述高雄市縣測試區經初步採用範圍內 12 個一等、二等衛星控制點進行 4 參數及 6 參數坐標轉換結果，首先我們可以發現因該測試區具有明顯不同的區域性坐標較差量級，且其方向性並不一致，故就 4 參數轉換的數學模式上，因其僅包含 2 個坐標系統間之 1 個比例尺度參數、1 個坐標軸旋轉量參數，及 2 個坐標軸平移參數，故無法真實反應出 2 個坐標系統間點位間實際的幾何相關特性；反之，6 參數轉換因另再考量 2 個坐標軸間不同之尺度比例及坐標軸之旋轉量與幾何形變，來吸收各點位間所存在之坐標位移不一致性。另進行最小二乘配置坐標套合程式，來檢核 e-GPS 坐標強制套合至現行 TWD97 公告坐標系統之較差比對情形，經由 185 個檢核點之坐標較差統計結果，其中 4 參數轉換在 N 方向之較差最大值為 12.8 公分，平均值為 -0.6 ± 3.9 公分，E 方向之較差最大值為 15.1 公分，平均值為 -1.1 ± 5.6 公分；6 參數轉換在 N 方向之較差最大值為 2.9 公分，平均值為 -0.1 ± 1.0 公分，E 方向之較差最大值為 13.9 公分，平均值為 -0.8 ± 3.2 公分，上開數據顯示 4 參數轉換在坐標較差之平均值標準偏值差均較 6 參數轉換高，也表示 4 參數轉換坐標較差之離散程度相對較大。但如據圖 6-10 所顯示之轉換坐標與 TWD97 公告坐標在較差量級之個數統計數據，似乎 2 種坐標轉換模式並無明顯之區別，這可能與本項初步測試係僅設計約制 12 個一等、二等衛星控制點，其在整體坐標轉換與套合之效能上，無法涵蓋整個測試區並完全反應測區內各小區塊之位移量級與方向性所致。

綜合上述 2 種不同平面坐標轉換及坐標套合進行高雄市縣測試區特性之初步成果觀之，不論在共同點坐標改正數、改正數平方和及標準誤差轉換參數之求解或是經坐標套合程式後之坐標分量較差之離散度等數據顯示，初步推斷採用 6 參數轉換成果應較採用 4 參轉換成果符合本測試區實際特性。

圖 6-10 高雄市縣測試區坐標轉換套合與 TWD97 坐標較差數量統計圖



(三) 高雄市縣測試區分區平面坐標轉換：

由本節前 3 項所為之 e-GPS 坐標系統與 TWD97 公告坐標系統之數據統計與預檢核測試成果分析，幾可確認高雄市縣測試區因點位坐標位移量級及方向性因區域不一致性，所產生的坐標轉換與套合問題，所以在避免採用全區平面坐標轉換影響或降低部分點位元設計精度之前提下，吾人考慮以 e-GPS 坐標系統與 TWD97 公告坐標系統之區域性坐標較差為判定基準，將坐標較差同質性較高之點位先行劃分後，再利用相同之分區平面坐標轉換模式配合最小二乘配置之套合方法，來檢核本測試區之檢測坐標成果。另為考量使用之轉換約制共同點能有效控制整個測區，並充份反應最小二乘配置坐標套合之預估與濾波特性和，本項研究測試除須有效劃分測區外，也將嘗試就各點位坐標較差之量級、方向性及分佈特性，加密轉換約制共同點，達到推導最佳化轉換參數之目的。

依上述測試分區劃分原則並配合圖 6-8 及圖 6-9 有關高雄市縣地區 e-GPS 坐標系統與 TWD97 坐標系統之坐標較差量級分布及坐標較差方向情形，將整個高雄市縣測試區劃分如表 6-10。

表 6-10 高雄市縣地區平面坐標轉換測試分區劃分一覽表

| 分區別 測區屬性 | 第 1 測試分區 | 第 2 測試分區 |
|-------------|--|--------------------------|
| 地理位置劃分 | 高雄縣西北邊陲地區 | 第 1 測試分區以外地區 |
| 行政區界劃分 | 高雄縣茄萣鄉、永安鄉、岡山鎮、彌陀鄉、湖內鄉、阿蓮鄉、燕巢鄉、田寮鄉及內門鄉 | 高雄市及高雄縣其他地區 |
| 測區範圍大小 | 東西寬約 30 公里 南北長約 20 公里 | 東西寬約 70 公里 南北長約 90 公里 |
| 平面較差量級 | 約 20 公分至 40 公分 | 約 40 公分至 60 公分 |
| 平面較差方向 | 向西略偏南 | 向西或西偏南 |
| 規劃測區總點數 | 41 點 | 145 點 |
| 規劃轉換共同點數 | 17 點 | 33 點 |
| 規劃檢核點數 | 24 點 | 112 點 |

1. 高雄市縣第 1 測試分區：

高雄市縣第 1 測試分區採用 4 參數坐標轉換及 6 參數坐標轉換之共同點坐標改正數極值、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值等數據如表 6-11；至範圍內 24 個檢核點位分佈及進行坐標轉換套合後與 TWD97 公告坐標較差如圖 6-11。

表 6-11 高雄市縣第 1 測試分區坐標轉換參數成果一覽表

| 轉換模式 參數成果別 | 4 參數坐標轉換 | 6 參數坐標轉換 |
|---------------|------------------------------|----------------------------|
| 共同點坐標改正數極值 | N 方向：10.8 公分 E 方向：10.6 公分 | N 方向：4.4 公分 E 方向：5.5 公分 |
| 改正數平方和 | 0.0624 公尺平方 | 0.0217 公尺平方 |
| 自由度 | 30 | 28 |
| 標準誤差 | 0.0456 公尺 | 0.0278 公尺 |

圖 6-11 高雄市縣第 1 測試區坐標轉換套合後與 TWD97 坐標較差示意圖

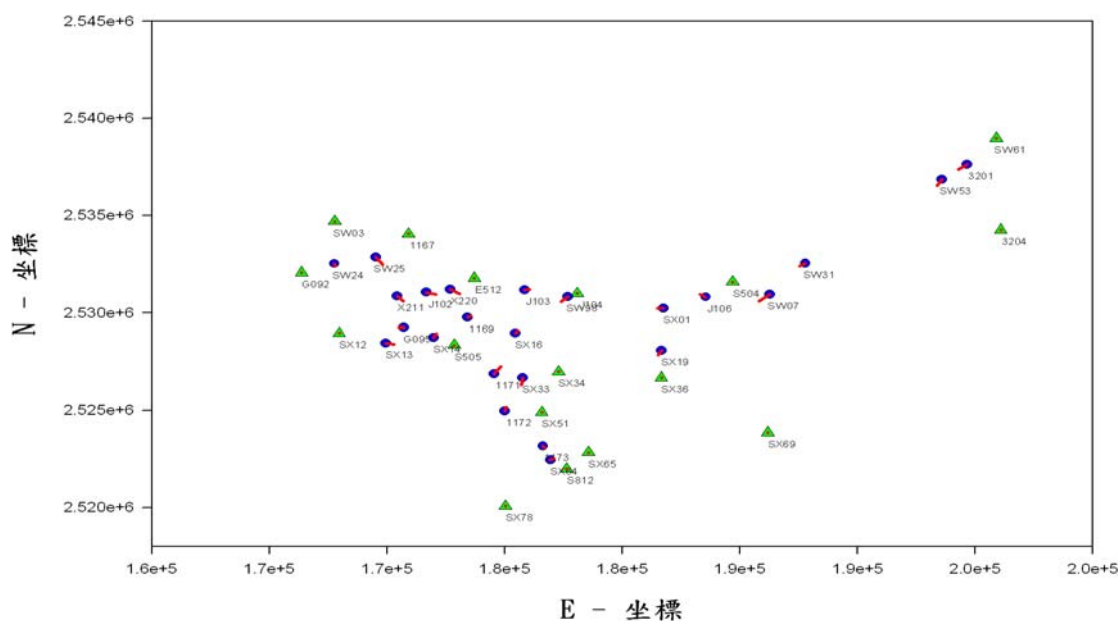
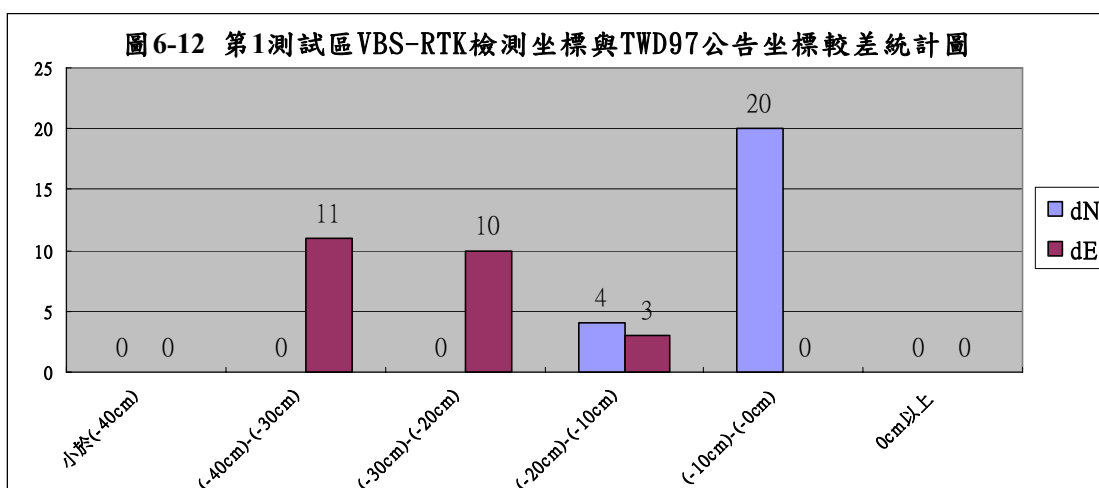
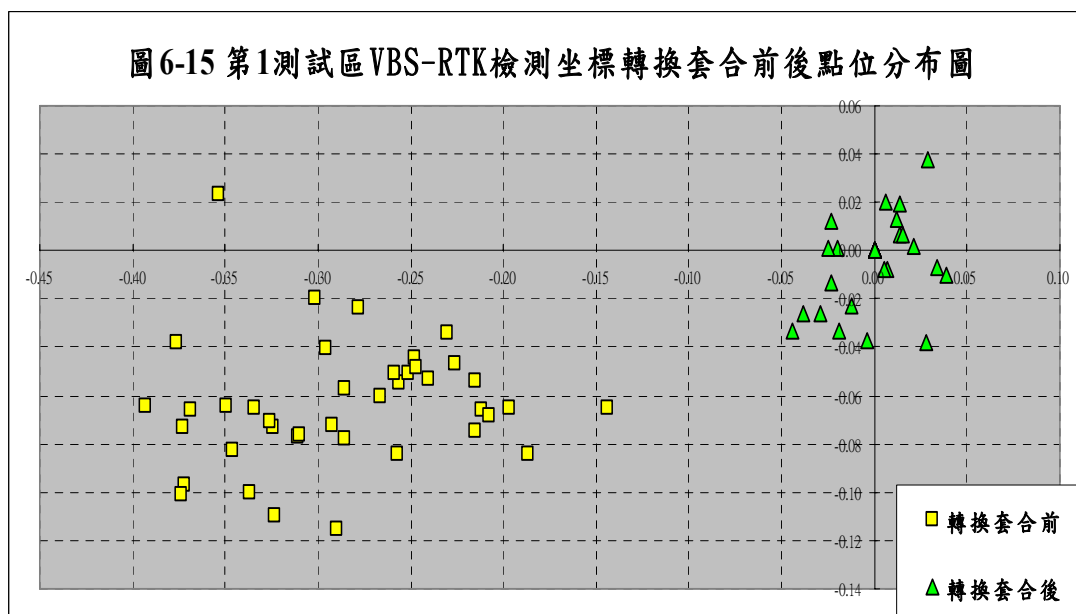
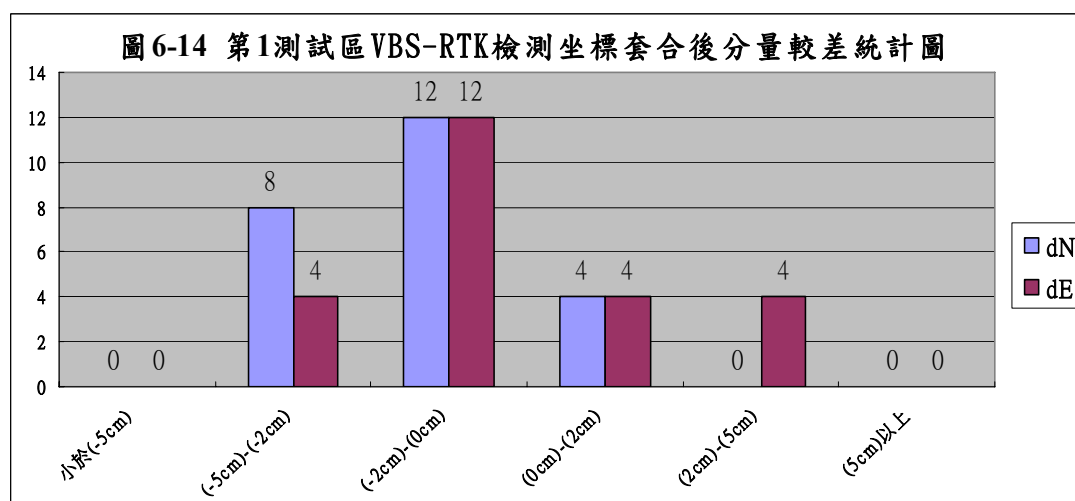
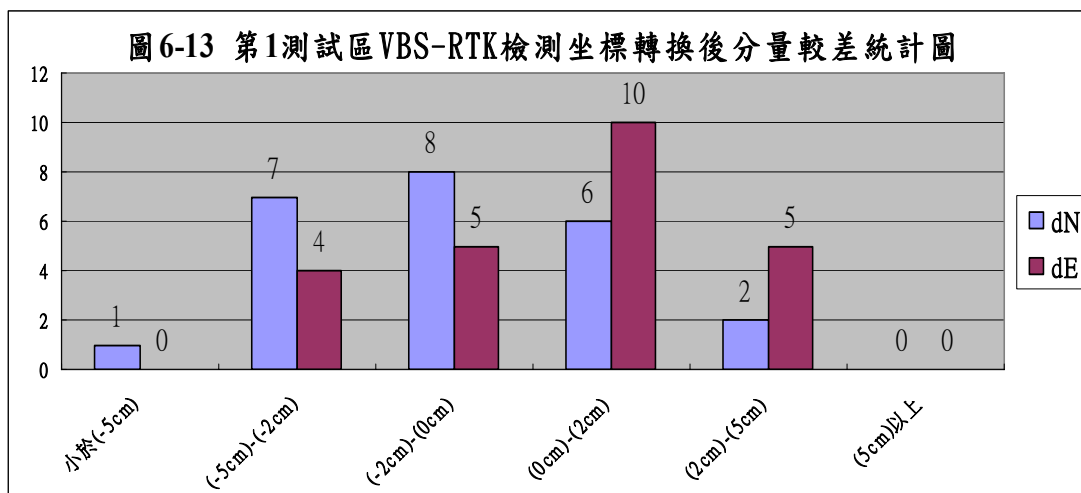


表 6-11 顯示第 1 測試區採用 6 參數坐標轉換成果應優於 4 參數轉換成果，故針對 6 參數坐標轉換模式配合最小二乘配置之套合方法進行相關統計分析結果，由圖 6-12 至圖 6-14 可以看出第 1 測試區進行坐標轉換套合過程中，全數 24 個檢核點位坐標之較差量級在 N 方向部分可由原轉換套合前之-20 公分至 0 公分散佈等級降低為轉換套合後之-5 公分至 2 公分等級；至在 E 方向則由轉換套合前之-10 公分至-40 公分等級降低為-5 公分至 5 公分等級，且因受已知點套合之權-距離推引，造成較差方向上呈不規則變形。上述精度等級應可滿足辦理三等控制點檢測（即坐標分量較差在 9.8 公分以內者視為正常點位）或其他細部測量作業需求。





2. 高雄市縣第 2 測試分區：

高雄市縣第 2 測試分區採用 4 參數坐標轉換及 6 參數坐標轉換之共同點坐標改正數極值、改正數平方和、自由度、標準誤差、轉換參數值等數據如表 6-12；至範圍內 112 個檢核點位分佈及進行坐標轉換套合後與 TWD97 公告坐標較差如圖 6-16。

表 6-12 高雄市縣第 2 測試分區坐標轉換參數成果一覽表

| 轉換模式 參數成果別 | 4 參數坐標轉換 | 6 參數坐標轉換 |
|---------------|------------------------------|----------------------------|
| 共同點坐標改正數極值 | N 方向：10.2 公分 E 方向： 6.8 公分 | N 方向：7.2 公分 E 方向：6.5 公分 |
| 改正數平方和 | 0.1306 公尺平方 | 0.0722 公尺平方 |
| 自由度 | 62 | 60 |
| 標準誤差 | 0.0459 公尺 | 0.0347 公尺 |

圖 6-16 第 2 測試區坐標轉換套合後與 TWD97 坐標較差示意圖

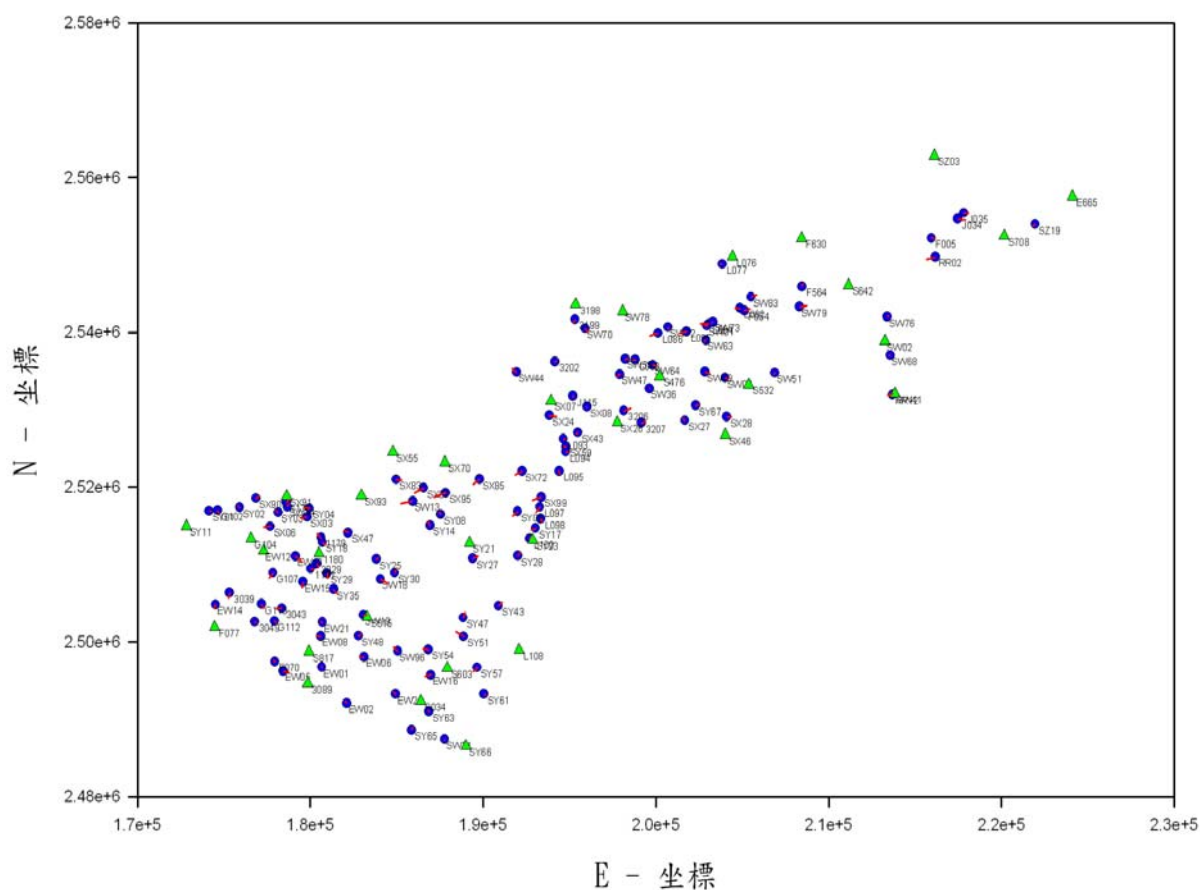
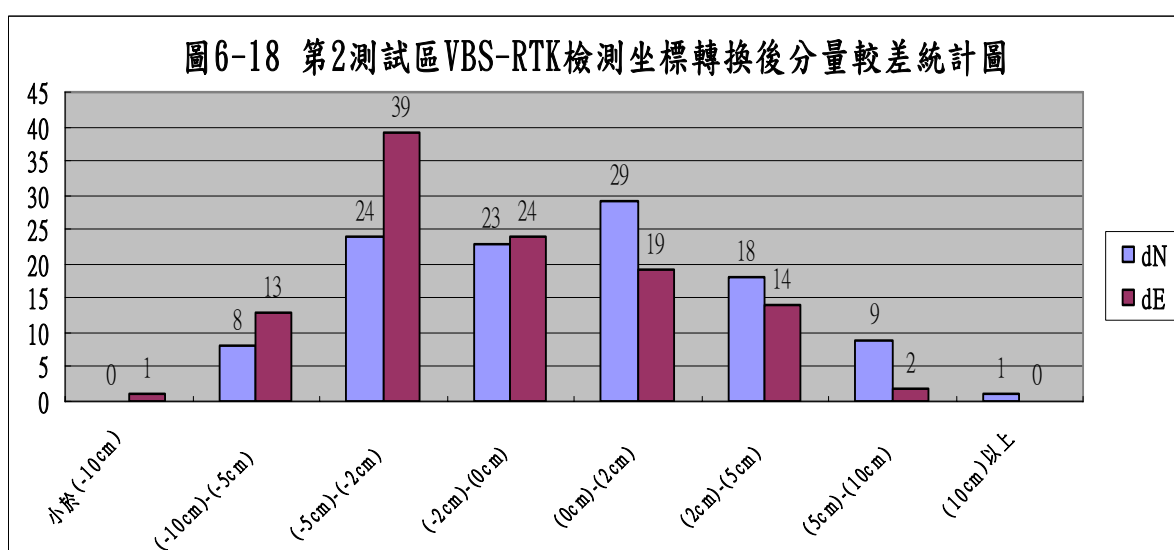
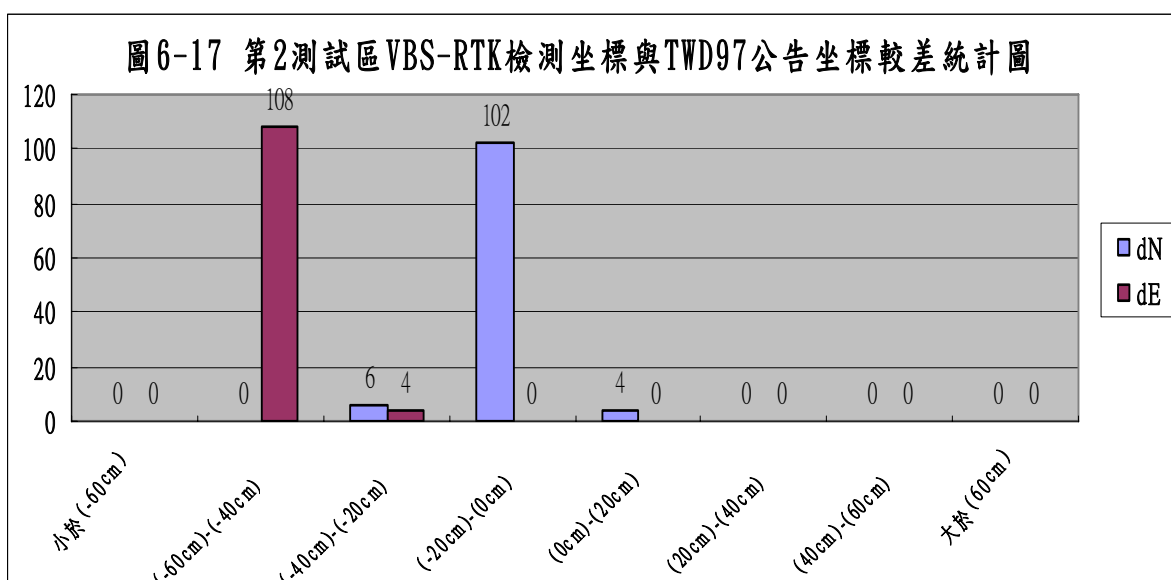
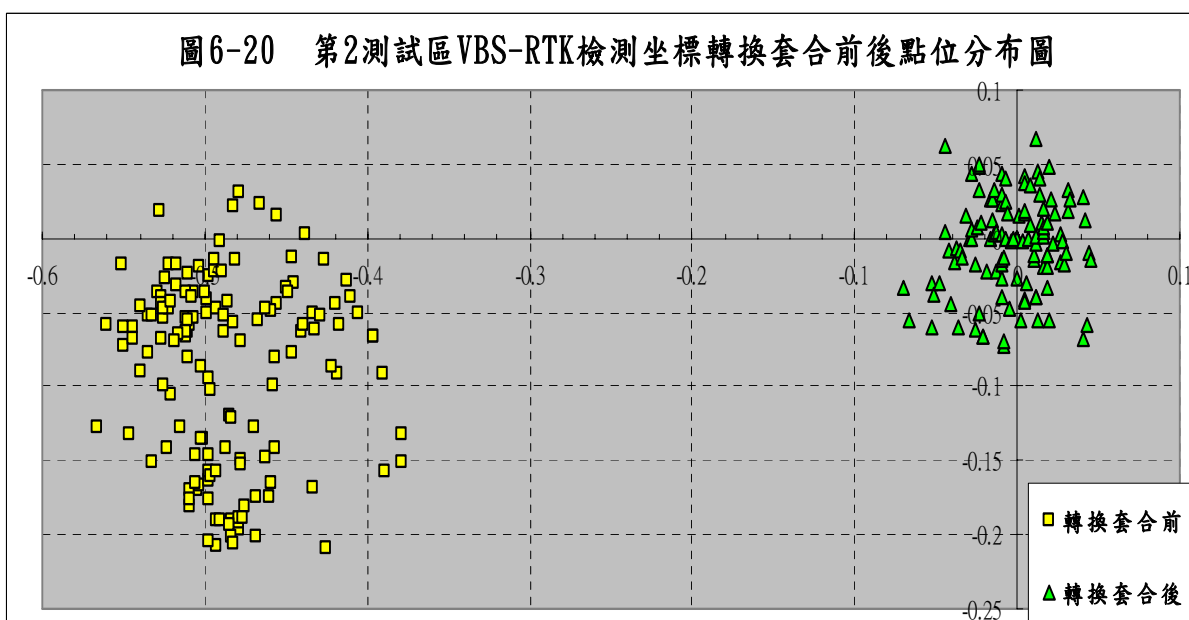
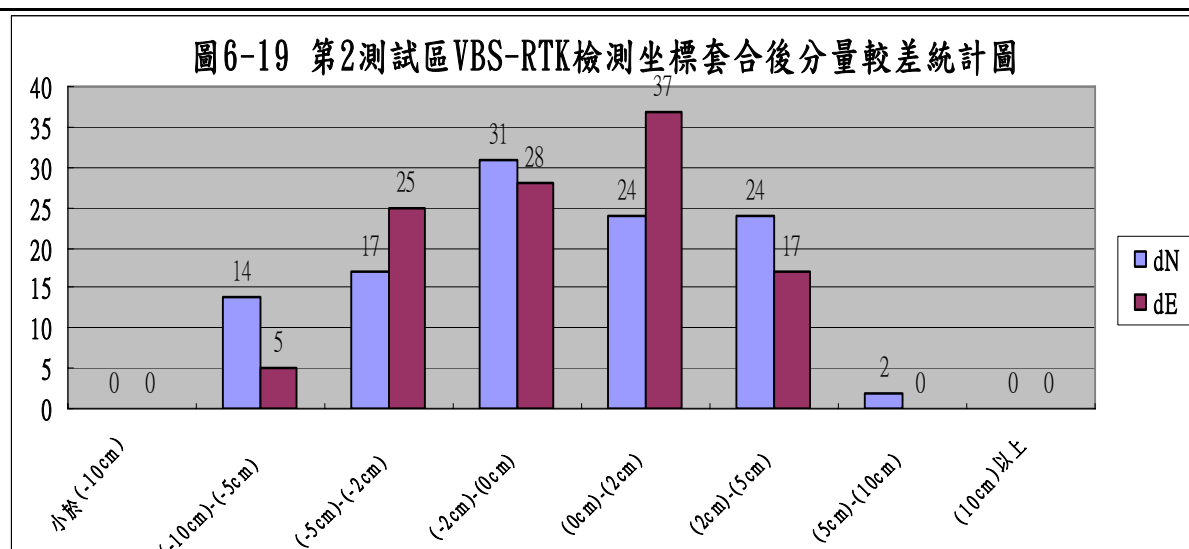


表 6-12 顯示第 2 測試區採用 6 參數坐標轉換成果亦優於 4 參數轉換成果，另由圖 6-17 至圖 6-19 之統計分析結果亦可以看出第 2 測試區進行坐標轉換套合過程中，全數 112 個檢核點位坐標之較差量級在 N 方向部分可由原轉換套合前之 -20 公分至 20 公分散佈等級降低為轉換套合後之 -5 公分至 5 公分等級；至在 E 方向亦由轉換套合前之 -20 公分至 -60 公分等級降低為 -5 公分至 5 公分等級，且因受已知點套合之權-距離推引，造成較差在方向上，呈現小量級之不規則變形，但上述精度等級應可滿足辦理三等控制點檢測或其他細部測量作業需求。





第三節 虛擬觀測資料輔助動態定位精度及可用性評估

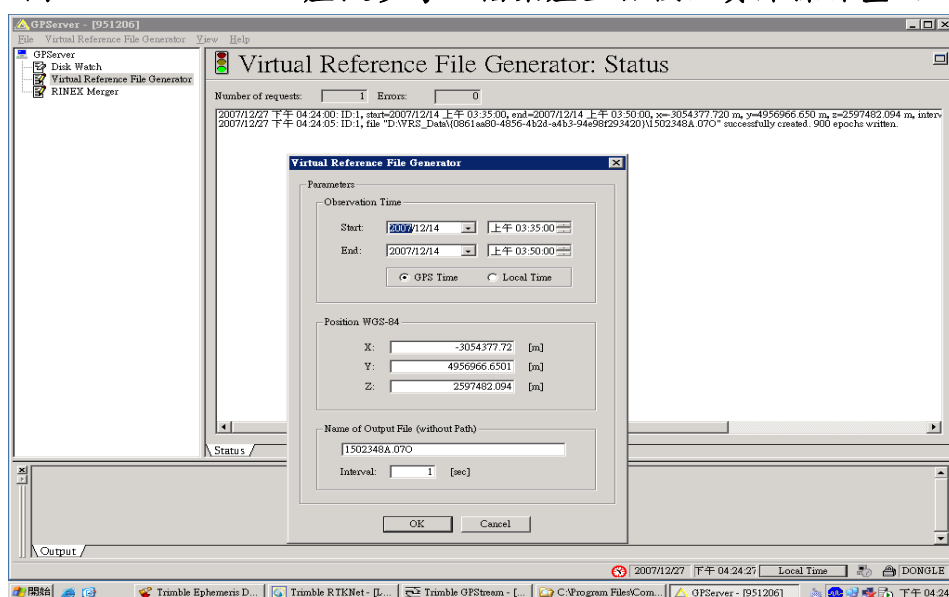
一、研究動機與目的：

VBS-RTK 即時動態定位為提供使用者直接於測點現場接收由本系統工作伺服器主機所提供之虛擬基準站衛星觀測資料，進行測點即時性動態定位成果解算。由本研究報告第五章第二節第一項進行 VBS-RTK 即時動態定位成果等級之統計分析數據中，我們可以瞭解到在高雄市縣地區無法解算至 RTK-Fix 固定解之 58 個基本控制點中，因無線通訊設備完全無訊號或訊號中斷，導致無法於測點現場立即獲得公分級定位精度者計有 17 個點位（占 29.3%），所以如排除因 GPSNet 軟體無法正確推算測量當時之定位誤差模型，並成功組成虛擬基準站觀測資料部分，其餘就僅為因無線數據通訊效能，造成移動站衛星接收儀因無法完整接收由系統工作伺服器主機所傳送之虛擬觀測資料，完成超短基線之 VBS-RTK 即時動態定位解算。針對上述無線數據訊所引發之觀測資料整合問題，本節研究及測試重點即規劃是否可迴歸到傳統靜態測量資料計算形態，將 2 者觀測數據透過後處理方式進行解算，並評估其定位成果精度與可用性。

二、研究方法：

VBS-RTK 即時動態定位之核心技術既為透過在移動站附近（一般取其單點定位坐標）產生一個模擬實際衛星基準站的虛擬觀測數據，來作為進行載波相位觀測量差分計算之主站觀測資料，所以在本項研究測試的方法上，首先即要考慮如何取得虛擬基準站衛星觀測資料。目前本中心 e-GPS 即時動態定位系統取得虛擬基準站衛星觀測資料之機制，為架設安裝 Trimble 公司所研發之 GPSever 系統軟體，直接利用虛擬參考站檔案產生器（Virtual Reference File Generator）功能模組，使用者只要配合靜態觀測資料檔（RINEX），輸入待產製之虛擬觀測資料日期與時間間隔、待測點位單點定位 3D 直角坐標及輸出檔案名稱等資訊，GPSever 系統軟體即會自動產出該點位元於定位誤差模型中之內插量，並與最近真實基準站衛星觀測資料結合後，最後產出 RINEX 標準資料格式之虛擬基準站衛星觀測資料。有關 GPSever 系統軟體中虛擬參考站檔案產生器功能模組之實際操作畫面如圖 6-21。

圖 6-21 GPSever 虛擬參考站檔案產生器模組實際操作畫面



最後再採用 Trimble 公司研發之 Trimble Total Control (TTC) 商用基線計算軟體，聯合 GPS 實測衛星觀測資料及 GPSNet 定位系統軟體所產製之各級基本控制點 VBS 虛擬衛星觀測資料，以 On-The-Fly (OTF) 整數週波未定值求解技術，進行 RTK 後處理動態定位坐標解算，據以研究評估後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位精度與可用性。有關 TTC 商用基線計算軟體之實際操作畫面如圖 6-22；至圖 6-23 為本研究採用後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位之作業流程。

圖 6-22 Trimble TTC 商用基線計算軟體之實際操作畫面

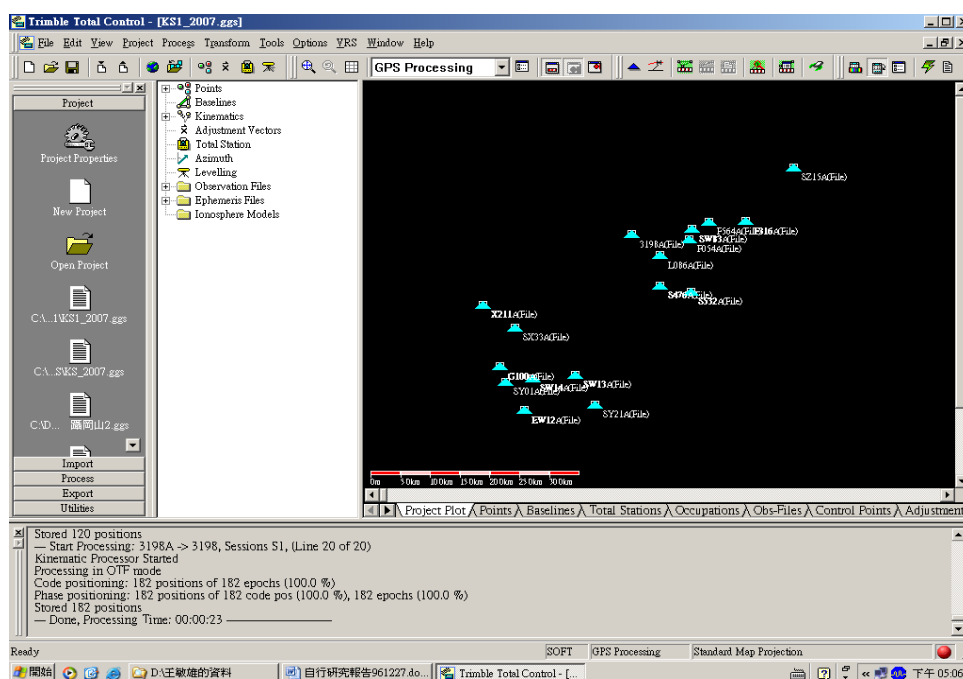
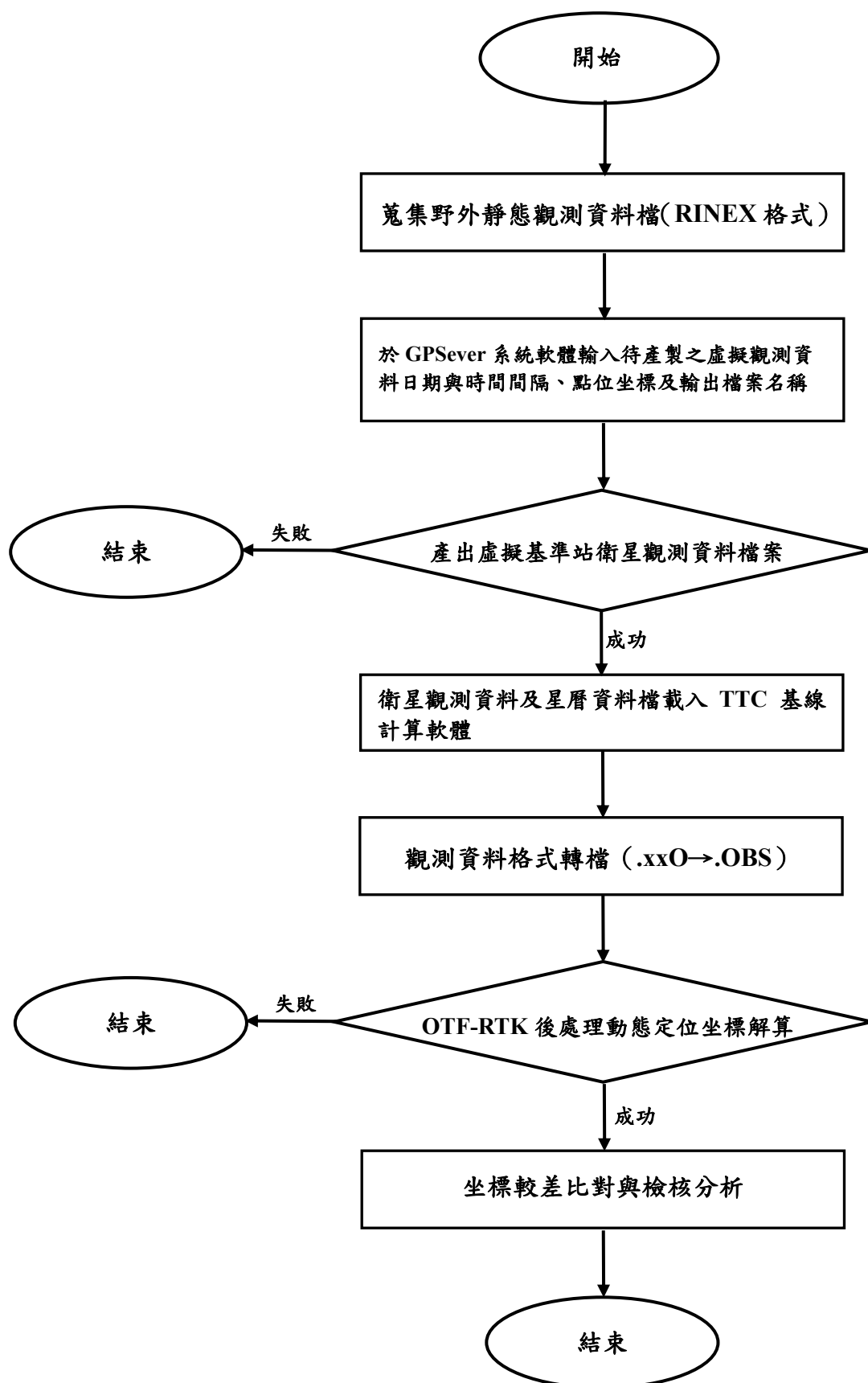


圖 6-23 後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位作業流程圖



三、VBS-RTK 後處理定位方法之可用性分析：

為達成本項研究測試目標，本中心在規劃採用 VBS-RTK 即時動態定位技術辦 96 年度高雄市縣三等控制點管理維護檢測作業初期，即要求作業同仁進行野外觀測作業時，如無法於測點實地立即獲得 RTK-FIX 固定解坐標成果，應延長靜態觀測作業時間至少 20 分鐘以上，以作為後續研究採用後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位之測試資料使用。故本項研究所運用之資試測料，除本報告第五章第二節所列 58 個無法解算至 RTK-FIX 成果等級之基本控制點外，為評估比對採用後處理虛擬衛星觀測資料輔助動態定位與現場 VBS-RTK 定位成果之差異性，本項測試亦另隨機抽取 26 個可於現場可成功解算至 RTK-FIX 成果等級之基本控制點，一併依照上述作業流程，進行 VBS-RTK 後處理定位成果解算。有關本次採用 VBS-RTK 後處理定位解算之 84 個基本控制點之點位分佈情形如圖 6-24。

圖 6-24 高雄市縣地區採用 VBS-RTK 後處理定位解算點位分佈圖

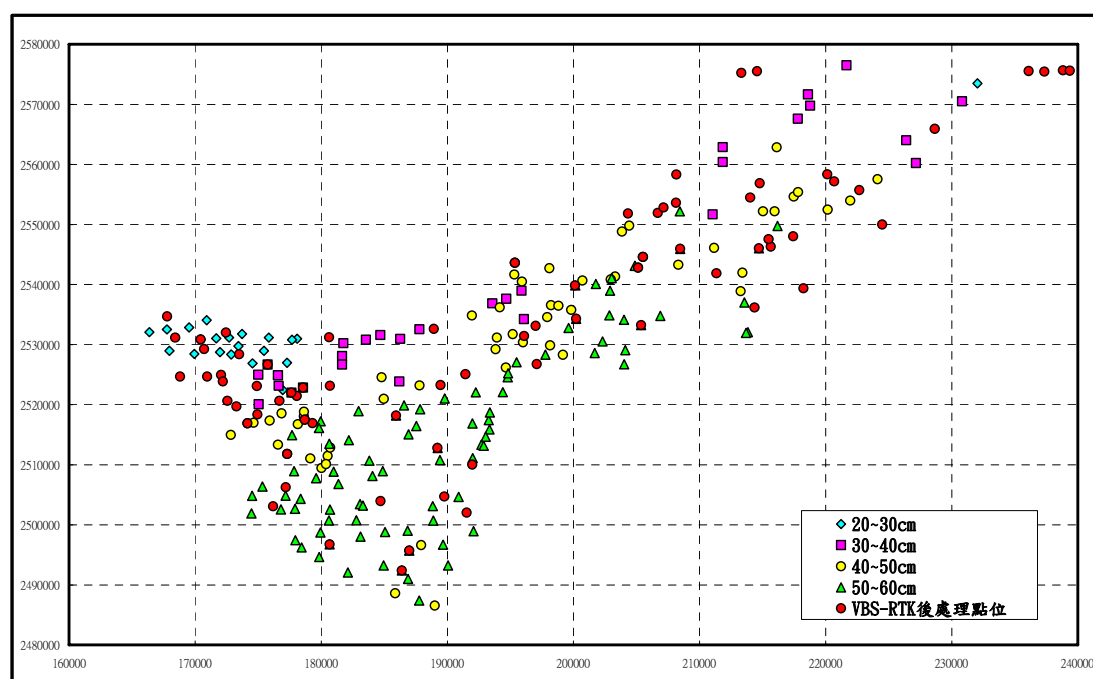
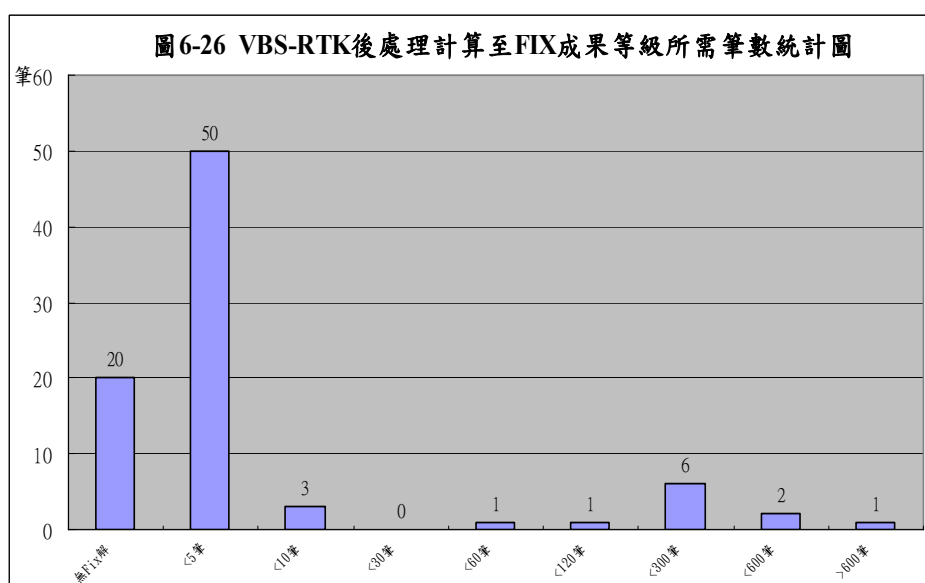
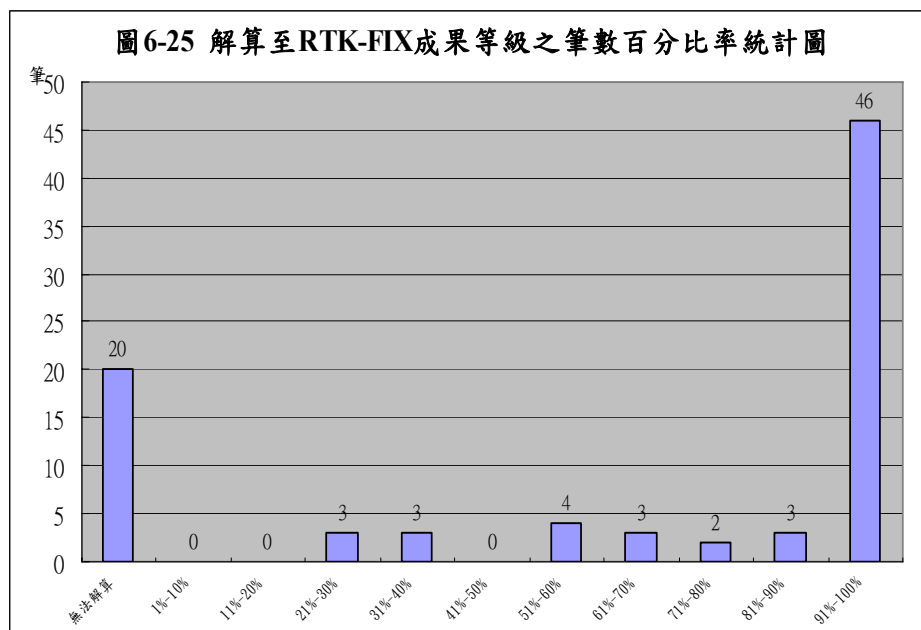


圖 6-25 及圖 6-26 有關上開 84 個基本控制點 VBS-RTK 後處理定位之成功解算至 RTK-FIX 成果等級所占之總筆數之百分比率及第 1 筆可成功解算至 RTK-FIX 成果等級所需使用筆數之統計分析數據顯示，其中有 20 點（占 23.8%）仍無法解算至 RTK-FIX 成果等級，有 46 個點

(占 54.8%) 超過 90% 以上之虛擬觀測資料可以解算至 RTK-FIX 成果等級，另在 RTK-FIX 成果等級所需初始化筆數統計部分，我們發現 58 個點位中有 50 個點位 (占 59.5%) 可以在剛開始觀測之 5 筆資料內，即可解算至 RTK-FIX 成果等級(理論值為第 2 筆)，僅有 1 個點位(F001) 須要 938 筆 (約 15 分鐘) 觀測資料，方可初始化成功解算至 RTK-FIX 成果等級。



四、VBS-RTK 後處理定位方法之精度分析：

(一) VBS-RTK 後處理定位與即時動態定位坐標較差分析：

在本次進行 VBS-RTK 後處理定位之 26 個各級基本控制點中，我們再選擇其中 2 次採用即時動態定位均可成功解算至 RTK-FIX 固定解成果等級之 20 個點位，來進行 VBS-RTK 後處理定位與即時動態定位坐標較差分析。首先，我們除發現該 20 個各級基本控制點均同在第 2 筆虛擬觀測量，即可成功完成初始化解算至 RTK-FIX 固定解成果等級外，就 VBS-RTK 後處理定位與即時動態定位之坐標較差分析數據（如表 6-13 及圖 6-27）顯示，絕大部分點位之坐標分量較差均在 2 公分以內，在坐標較差量級統計部分，採用 VBS-RTK 後處理定位與第 1 次即時動態定位坐標較差，在 N 方向最大為 3.5 公分，E 方向最大為 2.5 公分；與第 2 次即時動態定位坐標較差，在 N 方向最大為 5.4 公分，E 方向最大為 8.7 公分。

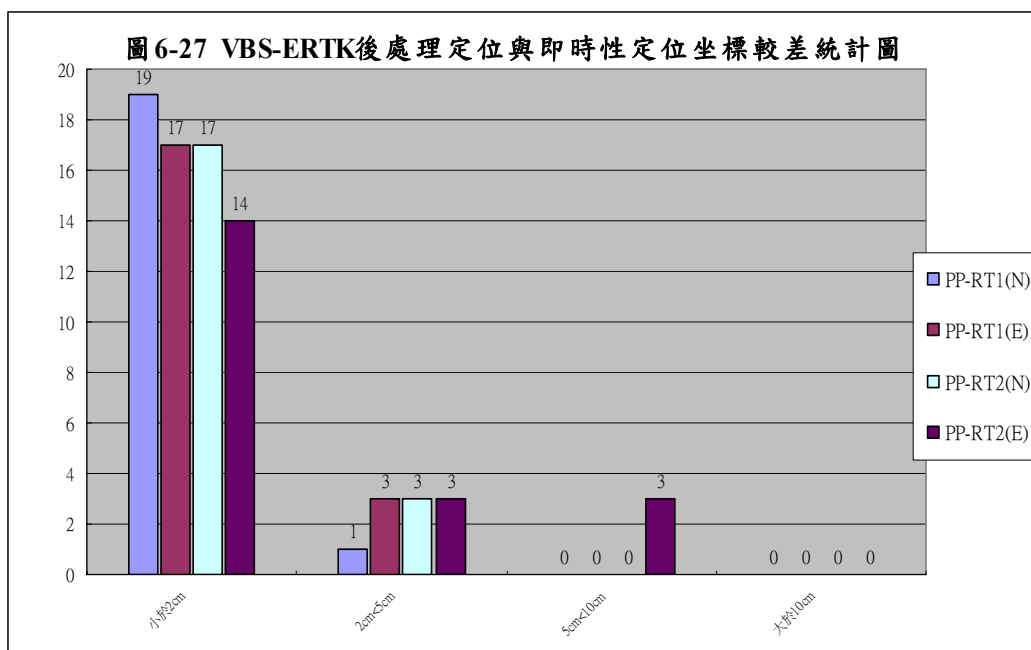
另由表 6-13 有關與 2 次即時動態定位坐標成果較差之統計結果，我們也可以明顯看出 VBS-RTK 後處理定位與第 1 次即時動態定位坐標較差量級要小於與第 2 次即時動態定位坐標較差量級，這可能是本次研究測試所採用之 VBS-RTK 後處理定位測試之靜態觀測數據，係與第 1 次即時動態定位為相同資料來源，且因前後 2 次進行 VBS-RTK 即時動態定位有將近半年之時間間隔，在地殼變動的位移量上，可能已有 2-3 公分之平均位移量所致。

表 6-13 VBS-RTK 後處理定位與即時動態定位坐標較差分析表

(單位：公尺)

| 點號 | PP-第 1 次_N | PP-第 1 次_E | PP-第 2 次_N | PP-第 2 次_E |
|------|------------|------------|---------------|--------------|
| SX65 | -0.003 | 0.001 | 0.046 | 0.058 |
| S532 | -0.004 | 0.002 | 0.002 | -0.014 |
| EW12 | 0.000 | 0.000 | -0.009 | -0.025 |
| SY21 | -0.007 | 0.000 | 0.027 | 0.067 |
| SZ15 | 0.000 | -0.008 | -0.054 | 0.087 |
| S812 | -0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.013 |
| EW16 | 0.031 | 0.021 | -0.041 | -0.015 |

| | | | | |
|-------------|---------------|--------|--------|--------|
| 3198 | 0.000 | 0.000 | -0.004 | -0.022 |
| F054 | 0.000 | 0.003 | -0.022 | 0.020 |
| SY01 | -0.001 | 0.005 | -0.010 | 0.002 |
| SW83 | -0.001 | 0.000 | -0.014 | -0.016 |
| SW13 | 0.012 | 0.025 | 0.020 | 0.032 |
| SW14 | -0.001 | -0.002 | 0.009 | 0.018 |
| S476 | 0.000 | 0.002 | 0.003 | -0.011 |
| S034 | -0.003 | -0.001 | -0.012 | 0.006 |
| L086 | -0.002 | 0.003 | -0.023 | 0.006 |
| G100 | -0.001 | 0.001 | -0.009 | 0.000 |
| F564 | -0.035 | 0.022 | -0.018 | -0.015 |
| F316 | -0.005 | -0.008 | 0.020 | 0.030 |
| EW01 | -0.001 | 0.001 | 0.002 | -0.001 |



(二) VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 公告坐標較差分析：

為進一步評估採用 VBS-RTK 後處理定位方法所解算之動態定位成果，我們再將前述 58 個無法於測點現場立即獲得 VBS-RTK 即時動態定位成果之點位，先行排除 20 個無法解算及 9 個點位已遭移動或重新埋樁之一等水準點及三等控制點（G097、J062、J063、J064、J116、L106、SY87、SZ11 及 SZ12）後，再將其餘 29 個點位依前節所劃分之高雄市縣 2 個測試區分

別進行坐標轉換及最小二乘配置坐標套合計算，以瞭解採用 VBS-RTK 後處理定位之成果，是否與採用即時動態定位成果，可以達到高度相關的一致性。據此，我們首先由圖 6-28 之先行劃分出 2 組點位分佈情形（紅色菱形點位為採用 VBS-RTK 後處理定位方法解算者），再考量避免點位於坐標轉換及套合時，發生外插情形，我們亦根據點位分佈情形，選擇部分以 VBS-RTK 後處理定位所獲得之成果，作為坐標轉換之共同約制點。其經 6 參數坐標轉換及套合結果，可以由表 6-14 明顯看出，位於高雄市縣第 1 測試區內之 8 個點位，在經坐標轉換套合後，除 3 個作為共同約制點外，其餘 5 個點位在 N 方向與 TWD97 公告坐標之最大坐標差值為 5.2 公分，在 E 方向之最大坐標差值為 3.4 公分；表 6-15 則顯示位於高雄市縣第 2 測試區內之 21 個點位，經坐標轉換套合後，除 10 個作為共同約制點外，其餘 11 個點位在 N 方向與 TWD97 公告坐標之最大坐標差值為 8.5 公分，在 E 方向之最大坐標差值為 8.1 公分。

圖 6-28 高雄市縣測試區 VBS-RTK 後處理點位於坐標轉換分區分佈圖

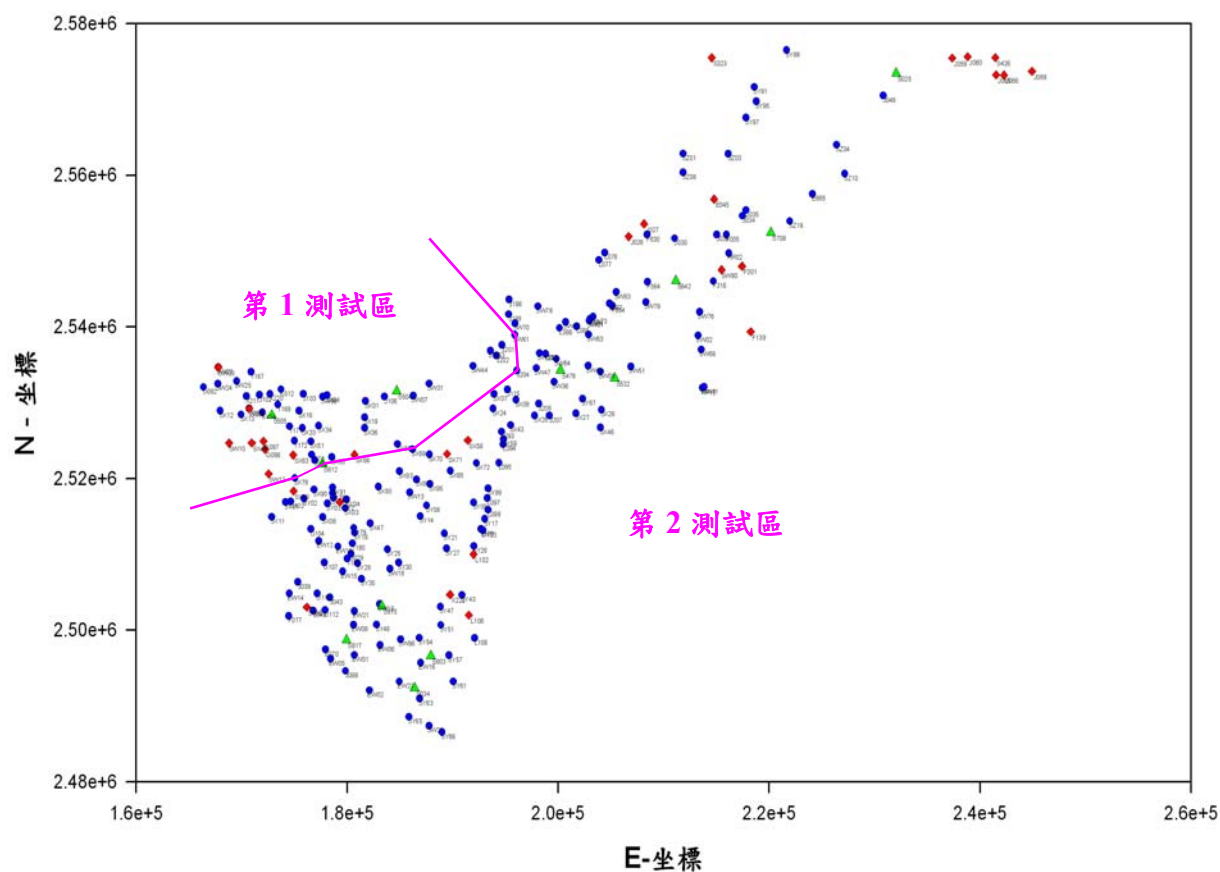


表 6-14 高雄市縣第 1 測試區內 VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 坐標較差表

(單位：公尺)

| 點號 | N 方向坐標較差 | E 方向坐標較差 | 備註 |
|------|--------------|---------------|-------|
| G095 | -0.002 | -0.019 | |
| G098 | -0.003 | -0.034 | |
| SW03 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| SW10 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| SW12 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| SX48 | 0.021 | -0.016 | |
| SX63 | 0.052 | -0.009 | |
| SX66 | -0.04 | 0.022 | |

表 6-15 高雄市縣第 2 測試區內 VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 坐標較差表

(單位：公尺)

| 點號 | N 方向坐標較差 | E 方向坐標較差 | 備註 |
|------|--------------|--------------|-------|
| 1177 | 0.057 | 0.018 | |
| E045 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| F001 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| F139 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| J026 | -0.018 | 0.021 | |
| J027 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| J059 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| J060 | 0.026 | 0.053 | |
| J065 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| J066 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| J069 | 0.003 | -0.014 | |
| L102 | -0.027 | 0.081 | |
| S323 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| S426 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| S816 | -0.075 | 0 | |
| SW90 | -0.01 | -0.003 | |
| SX58 | -0.071 | -0.077 | |
| SX71 | -0.046 | -0.053 | |
| SX89 | -0.012 | 0.061 | |
| SY79 | 0 | 0 | 共同約制點 |
| X222 | 0.085 | -0.044 | |

第七章 結論與建議

第一節 綜合結論

- 一、臺灣地區因位處於地殼變動劇烈地帶，且區域性地表位移量各地均有明顯差異，本中心自行定義 1 套以時間為函數之 e-GPS 衛星定位坐標系統，作為進行即時動態定位之坐標基準平臺，但此模式亦引發使用者在測量的實務作業上及成果的法制化層面上，對於 e-GPS 衛星定位坐標系統及 TWD97 公告坐標系統間所產生之區域性與時間性整合議題。
- 二、經由 2005 年至 2007 年期間每日連續針對臺灣本島地區 60 處已連線運作之 e-GPS 基準站衛星觀測資料進行精密解算與分析結果，概略可依其平面坐標位移量及速度場資訊，將臺灣本島地區地殼變動情形劃分為西北部平原區、中央山脈區、高屏地區、宜蘭沖積平原區及花東縱谷區等五大區塊。
- 三、由 VBS-RTK 即時動態定位成果等級統計分析結果，高雄市縣測試區因 GPSNet 定位系統軟體無法正確組成虛擬觀測資料、點位透空環境不佳或無線數據傳輸通訊品質不良等因素，造成各級基本控制點檢測作業約有 11.58% 之點位無法解算至 RTK-FIX 固定解定位成果等級，這些點位可由 VBS-RTK 虛擬觀測資料後處理定位方式，同樣獲得動態定位坐標成果，有效提升 e-GPS 定位系統之可用性。
- 四、VBS-RTK 動態定位時間主要取決於採用 On-The-Fly (OTF) 整數週波未值求解所需之初始化時間，按本研究於南區定位服務網 (South) 統計 RTK-Fix 固定解成果初始化時間，計有 70% 點位可在 1 分鐘內完成初始化，其比率略高於本中心 95 年期間於北區定位服務網 (North) 所獲得之初始化時間比率 (約 62%)。
- 五、由高雄市縣測試區 197 個各級基本控制點前後不同時期所進行之 2 次 VBS-RTK 即時動態定位檢測成果重複性統計分析結果，其平面位置較差小於 2 公分者占 45%，介於 2 至 5 公分者約占 45%，介於 5 至 10 公分者約占 10%；至高程部分則計有 48% 較差絕對值超過 10 公分，較差絕對值介於 5 公分至 10 公分者亦高達 24%，顯示高程定位成果離散層

度大於平面位置。

- 六、由金門縣測試區進行 4 參數及 6 參數坐標轉換及套合結果，其所得成果並無明顯差異，故針對地殼變動位移量級較小或小範圍測區，只要妥善控制 VBS-RTK 定位測量成果精度品質，經檢核 e-GPS 坐標系統與 TWD97 公告坐標系統之坐標分量較差在 5 公分以內者，即可利用單純 4 參數坐標轉換求解坐標轉換參數，並結合測區範圍內之已之基本控制點坐標，再採用最小二乘配置之坐標套合方法，據以辦理測區後續各類測繪作業。
- 七、相較於金門縣測試區小量級坐標位移，高雄市縣測試區因受到地質組成及地殼變動等多重影響，造成測區範圍內形成區塊式之點位元位移模式，透過 VBS-RTK 快速且高精度之檢測特性，可依點位平面位移量級在 20 公分區間及其位移方向之同質性，進行分區平面坐標轉換及最小二乘配置坐標套合，其成果精度除可作為本中心後續辦理三等控制點檢測作業參考及滿足其他單位辦理細部測量作業需求外，亦可有效整合及解決現行 e-GPS 坐標系統與 TWD97 公告坐標系統間之坐標換算問題，達到測量成果法制化目的。
- 八、由 VBS-RTK 後處理定位與 TWD97 公告坐標較差分析之定位精度數據顯示，採用 VBS-RTK 後處理定位成果與 VBS-RTK 即時動態定位成果，可以透過平面坐標轉換及最小二乘配置坐標套合模式進行整合，且其聯合處理所獲得高度一致性之區域性坐標成果，亦可作為後續辦理三等控制點檢測作業之參考。

第二節 綜合建議

- 一、VBS-RTK 即時動態定位技術因具有高效能及高精度之定位特性，惟因目前採行之 e-GPS 衛星定位坐標系統與 TWD97 國家坐標系統並不一致，造成實務作業及使用上之複雜性與不便性，建議後續應就各基準站之坐標位移量及速度量資訊，並配合一等、二等、三等基本控制點以長時間、高頻率且連續性進行檢測作業，提供作為劃分 e-GPS 即時動態定位系統分區服務網之基準。
- 二、VBS-RTK 即時動態定位技術雖具有高度自動化及操作簡便之特性，惟

其定位成果精度品質，除因定位系統本身處理系統誤差之效能外，亦取決野外觀測參數設定之正確性，建議實務作業人員應能確實於野外測量作業前，先行檢核衛星接收儀施測模式及各項參數設定值，並詳實紀錄作業日期、起迄時間、衛星顆數、DOP 值、天線高、觀測與紀錄筆數級所需初始化時間等資訊，提供輔助內業進行成果分析統計參考。

- 三、相較於 GPS 靜態測量作業，VBS-RTK 即時動態定位技術因其檢核機制較為不足，建議實施較高精度之基本控制點檢測作業之野外觀測時，除採用固定式三角架施測，並完整記錄至少 120 筆以上解算至 RTK-FIX 定位成果外，亦應就區域性坐標較差平均值，於測點現場立即比對該測點 VBS-RTK 定位成果與 TWD97 公告坐標成果較差異性，如發現異常，應立即查對測量參數並重新施測檢核之。
- 四、由高雄市縣測試區統計分析數據雖顯示 VBS-RTK 即時動態定位雖已有近達 90% 之解算成功率，惟為有效提升 e-GPS 即時動態定位系統之可用性，建議無法於現場施測 VBS-RTK 即時動態定位或無法完成 RTK-FIX 定位解算之點位，可同步採用靜態測量模式，至少接收 15 至 20 分鐘衛星觀測資料，俾提供內業進行 VBS-RTK 虛擬觀測資料後處理定位解算使用。
- 五、本項研究測試雖已初步證明採用平面坐標轉換配合最小二乘配置坐標套合方法，可以符合 e-GPS 衛星定位坐標系統與 TWD97 公告坐標系統間之坐標換算基本需求，惟為因應 21 世紀測繪業務已邁向空間資訊化之潮流趨勢，建議後續應再研究規劃納入高程資料及區域性位移及速度場模型之可行性，早日完成探求臺灣地區最佳化坐標轉換與套合模式之終極目標。

第八章 參考文獻

- 一、內政部土地測量局，2006，e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統 VBS-RTK 定位測試成果報告。
- 二、王敏雄、劉至忠、李彥弘 2004，全國性電子化 GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之建置，第 6 屆 GPS 研討會。
- 三、內政部土地測量局，2003，台灣 e-GPSS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
- 四、內政部土地測量局，2004，台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測分析期末報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
- 五、內政部土地測量局，2002，內政部土地測量局基本控制點管理維護作業要點。
- 六、蘇添旺，2003，RTK 應用於大型都會區圖根點新補建模式之研究—以臺中市為例，國立中興大學碩士論文。
- 七、林文亮，2007，e-GPS 系統應用於圖根測糧之探討-以台中縣龍井鄉重測區為例，國立中興大學碩士論文。
- 八、成都加訊科技網頁。
- 九、曾清涼，2002，虛擬衛星即時動態擴增系統 e-GPS 研究，國立成功大學 90 年度休假研究報告。
- 十、曾清涼、莊王熊，1986，以大地控制網來偵測及監視點位的變動，第五屆測量學術及應用研討會論文集。
- 十一、胡明成、魯福 1994，現代大地測量學，測繪出版社。