利用 VBS-RTK 辦理圖根點補建之坐標轉換區域研究

Analyses of the transformation districts on the control points reconstruction by using VBS-RTK

梁煜誠[1]　　李旭志[2]　　高書屏[3]

Yu-Cheng Liang　　Hsu-Chih Lee　　Szu-Pyng Kao

摘　要

內政部土地測量局自 93 年度起即著手整合國內現有基準站，規劃建置全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統。本研究係利用此系統中區服務網，以虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）即時動態定位技術（Real-Time Kinematic, RTK）（簡稱 VBS-RTK）檢核實驗區內控制點，透過不同轉換區域內控制點為坐標轉換之共同點及四參數坐標轉換或六參數坐標轉換後，我們發現，以六參數坐標轉換成果標準偏差較四參數坐標轉換成果標準偏差為佳，分四區坐標轉換成果似與原控制點系統成果較接近。

關鍵詞：虛擬基準站、坐標轉換

Abstract

Since 2004, the Land Survey Bureau（LSB） of Ministry of the Interior（MOI）, has been integrating the base stations around the nation to build up national e-GPS positioning system network. In this paper, we use the technology of Real-Time kinematic (RTK) of the Virtual Base Station (VBS) web site which located in the middle service net of the national e-GPS to examine the control points set up in Da-Fu area. We found that dividing to four districts might get the optimizing results under four parameters or six parameters coordinate transformation. The results have shown that the standard error using six parameters coordinate transformation is smaller than that of four parameters coordinate transformation. Dividing to four districts, the results of coordinate transformation are relatively close with the original control points coordinates.

Keywords：Virtual Base Stations, Coordinates Transformation

---

[1]國立中興大學土木工程學系碩士班研究生，e-mail：ivan12282000@yahoo.com.tw

[2]國立中興大學土木工程學系博士候選人(內政部土地測量局課長)

[3]國立中興大學土木工程學系副教授

一、前言

全球衛星定位系統（Global Positioning System，GPS），是一種具有全天候作業、操作簡便且經濟效益高的定位系統。和傳統測量方式比較起來，其優點具有測站間無須互相通視，只要保持測站對空通視，在很短觀測時間之內，即可獲得精度很高的定位結果。因此在控制測量作業中，GPS也越來越被廣泛的使用（洪本善，2005）。由於網際網路及無線數據通訊傳輸技術的蓬勃發展，RTK 衛星定位技術儼然已成為國際測繪及定位技術主流，特別是結合GPS 衛星定位基準網及虛擬基準站（Virtual Base Station，以下簡稱VBS）即時動態定位技術（Real-TimeKinematic）（以下簡稱VBS-RTK），更是現在世界各先進國家積極建置之即時性動態定位系統。內政部土地測量局自93 年度起整合、規劃建置全國性e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統，除了改善傳統單主站RTK 衛星定位技術之定位誤差隨主站與移動站間距離增加所造成之線性衰減，大幅延展RTK 有效作業範圍外，如採用多個基準站聯合計算區域性改正參數(Area Correction Parameters ,ACP），亦可提升RTK 定位精度與可靠度（內政部土地測量局，2006）。

本研究主題係以內政部土地測量局所建置全國性e-GPS衛星定位基準站，利用VBS-RTK定位技術檢核實驗區內原有圖根點、都市計畫樁並與原坐標比較，以坐標轉換方式分析不同坐標轉換區域及不同坐標轉換模式之坐標轉換成果，並以各坐標轉換成果辦理戶地成果檢測分析。

二、VBS-RTK 定位系統

GPS 衛星定位測量因其具有操作簡便、施測快速、精度可達公分級、且不受天候限制等特性，目前台灣省地籍圖重測控制測量部份已全面採用此種測量方式；但因其控制測量部分仍採用靜態測量模式，觀測時間較長及人員成本較大仍有待檢討，而今戶地(界址)測量，RTK 測量模式已逐漸取代傳統的電子經緯儀測量。然而傳統 RTK 依賴單一參考站運作，而存在有以下之缺點：(1)受單一參考站之距離限制、(2)完全依靠單一基站數據、(3)不易全面品質監控、(4)無從得知隱藏性之誤差、(5)生產力相對較低、(6)使用無線電時的電源及受地形之限制問題，由於 RTK 測量仍存在上述缺點，故陸續有學者提出相關改善方法，VBS 測量即為其中一種有效的測量作業模式（崔國強等，2005)。

多參考站即時動態定位系統的概念為透過多個固定參考站之觀測資料，即時解算各參考站間之二次差系統誤差影響量，從而建立區域內即時性的系統誤差模式，這樣就可以透過內插之方式得到區域內任一點位相對於主參考站之系統誤差量，再根據移動站的概略坐標產生虛擬基準站，最後此虛擬基準站與移動站進行標準的短基線 RTK 定位得到移動站之坐標（馮倩君，2004)。

VBS-RTK 定位技術進行即時性動態定位實際運作之步驟如下(梁崇智，2006)

1.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。

2. 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，建立區域性系統誤差改正參數（ACP）資料庫。
3. 建立虛擬基準站觀測數據：移動站利用手機（GSM/GPRS）將位置近似坐標以 NMEA 格式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。
4. 移動站坐標解算：移動站接收到 VBS 虛擬觀測資料後，即進行 RTK 定位解算。

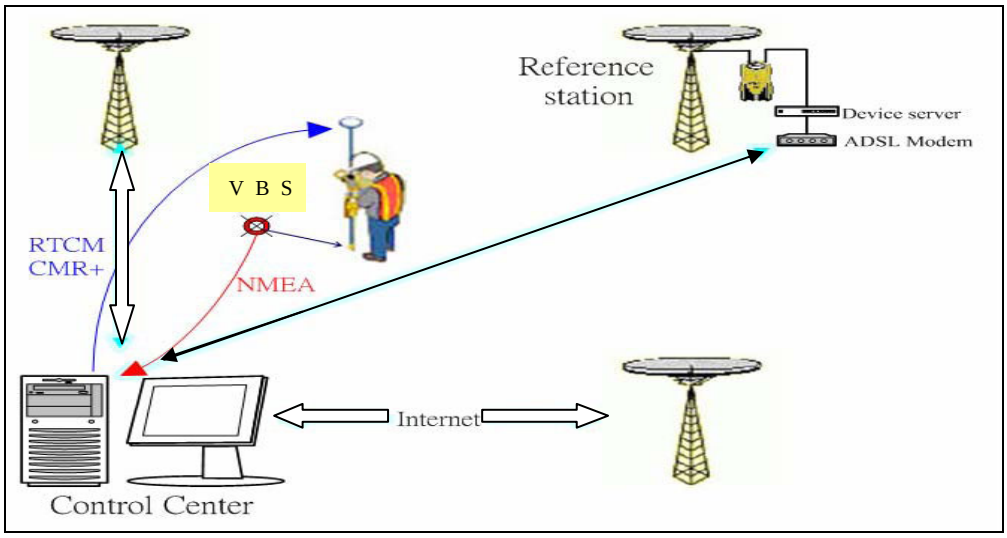

圖 1 VBS-RTK 定位系統示意圖（崔國強、簡燦榮，2006）

三、VBS-RTK 定位中區基準網與實驗區介紹

3.1 VBS-RTK 定位中區基準網

VBS-RTK 基準網係使用內政部土地測量局於 94 年度所建立全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統中區服務網（Middle），如圖 2 所示，中區服務網（Middle）基準站包括：桃園復興站（FUSN6）、新竹南寮站（SHJU1）、苗栗竹南站（JUNA7）、台中武陵站（WULI9）、台中港站（TACH2）、台中東勢站（DOSH8）、彰化和美站（VR0118）、彰化田中站（VR0317）、南投草屯站（CAOT10）、南投高峰站（KAFN3）、南投信義站（SINY11），共 11 個基準站，本次使用 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統為 TWD97 坐標系統，最小約制苗栗竹南（JUNA）基準站。

而 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之所以約制苗栗竹南基準站（JUNA），是因為內政部土地測量局整合 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統，測試初期先固定內政部陽明山衛星追蹤站（TWD97 坐標系統）解算各基準站坐標後，再從各基準站中挑選點位位移量最小且資料接收最穩定之基準站，為 e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度場解算之固定站，每天解算坐標及速度場，經

計算分析後於 94 年以建置於苗栗竹南基準站（JUNA）為固定站（內政部土地測量局，2006）

3.2 實驗區簡介

本研究選定苗栗縣大湖鄉 79 年度以數值法辦理地籍圖重測區為實驗區，重測後為富興段（KA0031）、明湖段（KA0032）、(KA0033)、新湖段（KA0034）、東湖段（KA0035）、大寮段（KA0036）共六個段，其中富興段、明湖段、大寮段等三個段大部分區域屬農業區或保護區，另外新湖段、東湖段、大寮段等三個段大部分區域屬住宅區或商業區，實驗區位於中區服務網位置如圖 2 所示。

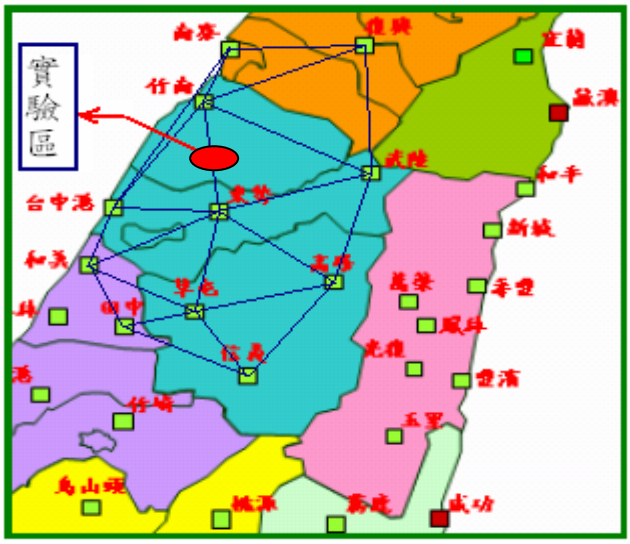

圖 2 e-GPS 衛星定位基準站系統中區服務網及實驗區位於中區服務網位置圖

四、實驗成果與分析

4.1 坐標轉換成果分析

本實驗區原重測成果中圖根點計 425 支、都市計畫樁含道路中心樁及區界樁計 678 支，清查出當年度圖根點 26 支及 3 支區界樁，其中圖根點 H94、H95、H104、H105、H341 因透空度不佳無法做 VBS-RTK 施測，共計以 VBS-RTK 檢核圖根點及區界樁 24 支。

為了解所清查及檢核之圖根點及區界樁是否係 16 年前地籍圖重測時成果有無誤認情形，以及經過 921 地震後有無明顯移位情形，茲利用二次 VBS-RTK 觀測平均值與原始坐標做各點對間之距離、方位角檢核，因當年圖根測量導線計算時係以單導線平差計算，並非如現行之整體導線網平差計算，以至於其成果與 VBS-RTK 觀測值之差值非均勻數值，須以坐標轉換方式將 VBS-RTK 觀測值轉換相似於原控制點係系統成果。

本次實驗坐標轉換區域分為：1.全區、2.二區、3.四區等三種不同坐標轉換區域；坐標轉換模式則選擇 1.四參數坐標轉換、2.四參數結合最小二乘配置坐標轉換(Least -Squares Collocation)、3. 六參數坐標轉換、4.六參數結合最小二乘配置坐標轉換等四種坐標轉換模式，本實驗坐標轉換部分，係使用內政部土地測量局所提供之控制測量網形平差計算軟體內坐標轉換程式。

在坐標轉換計算成果中所選擇的坐標轉換共同點不改變的情況下，四參數坐標轉換與四參數結合最小二乘配置坐標轉換的成果除了待轉換點轉換的坐標成果不同外，其餘的坐標轉換成果如標準偏差、N、E 坐標較差值、坐標轉換參數···等皆相同，六參數坐標轉換與六參數結合最小二乘配置坐標轉換的成果亦是如此，因此坐標轉換成果分析僅就四參數坐標轉換成果與六參數坐標轉換成果作分析比較。

1. 全區：選擇實驗區內全部六個段之範圍為一個坐標轉換區域，以 VRS-RTK 檢核圖根點及區界樁 24 支全部作為坐標轉換之共同點，計算四參數坐標轉換與六參數坐標轉換模式之成果。
2. 二區：實驗區內大湖溪由東向西貫穿，以天然界形成南、北二區，以地段來分南區包含大寮段一個段，北區包含富興段、靜湖段、明湖段、新湖段、東湖段等五段。
3. 四區：實驗區內六個段中大概以面積較大農業區、保護區佔大部分之富興段、明湖段、大寮段各為一轉換區，面積較小住宅區、商業區佔大部分之靜湖段、新湖段、東湖段等三段為一轉換區，即分成東區（靜湖段、新湖段、東湖段）、西區（明湖段）、南區（大寮段）、北區（富興段）等四區。

於本次實驗中以各區坐標轉換成果之標準偏差分析比較可得，以同一坐標轉換區域及坐標轉換共同點相同的條件而言，六參數坐標轉換成果標準偏差小於四參數坐標轉換成果標準偏差，本實驗各種坐標轉換成果比較如表 1 所示，分四區坐標轉換成果標準偏差較分二區坐標轉換成果小，全區坐標轉換成果標準偏差為最大。

本次實驗中以各區坐標轉換成果之 N、E 坐標較差絕對值之平均值及最大位置較差分析比較可得，以同一坐標轉換區域而言六參數坐標轉換成果優於四參數坐標轉換成果（除分二區之北區轉換成果中 E 坐標較差絕對值之平均值外），分四區坐標轉換成果較分二區坐標轉換成果小，全區坐標轉換成果為最大，如表 2 所示，圖 3 所示為本實驗各坐標轉換成果 N、E 坐標較差絕對值之平均值及最大位置較差比較直方圖。

表 1 各種坐標轉換成果比較表

坐標轉換區域		坐標轉換方式	坐標轉換成果標準偏差（cm）
全區轉換		四參數轉換	6.10
		六參數轉換	5.14
分二區轉換	南區	四參數轉換	5.68
		六參數轉換	2.50
	北區	四參數轉換	4.87
		六參數轉換	4.74
分四區轉換	東區	四參數轉換	4.19
		六參數轉換	2.43
	西區	四參數轉換	2.54
		六參數轉換	2.53
	南區	四參數轉換	5.68
		六參數轉換	2.50
	北區	四參數轉換	2.47
		六參數轉換	2.28

表 2 各坐標轉換成果 N、E 坐標較差絕對值之平均值及最大位置較差比較表
（單位 cm）

坐標轉換區域		坐標轉換模式	N 坐標較差絕對值平均值	E 坐標較差絕對值平均值	最大位置較差
全區轉換		四參數轉換	4.9	4.1	17.5
		六參數轉換	4.3	3.3	14.4
分二區轉換	南區	四參數轉換	3.8	3.3	14.4
		六參數轉換	1.6	2.2	4.7
	北區	四參數轉換	4.1	2.6	13.6
		六參數轉換	4.0	3.3	11.8
分四區轉換	東區	四參數轉換	3.1	3.1	7.7
		六參數轉換	1.9	1.4	4.2
	西區	四參數轉換	1.8	2.2	5.5
		六參數轉換	1.6	2.1	4.3
	南區	四參數轉換	3.8	3.3	14.4
		六參數轉換	1.6	2.2	4.7
	北區	四參數轉換	2.1	1.5	4.4
		六參數轉換	1.7	1.4	4.3

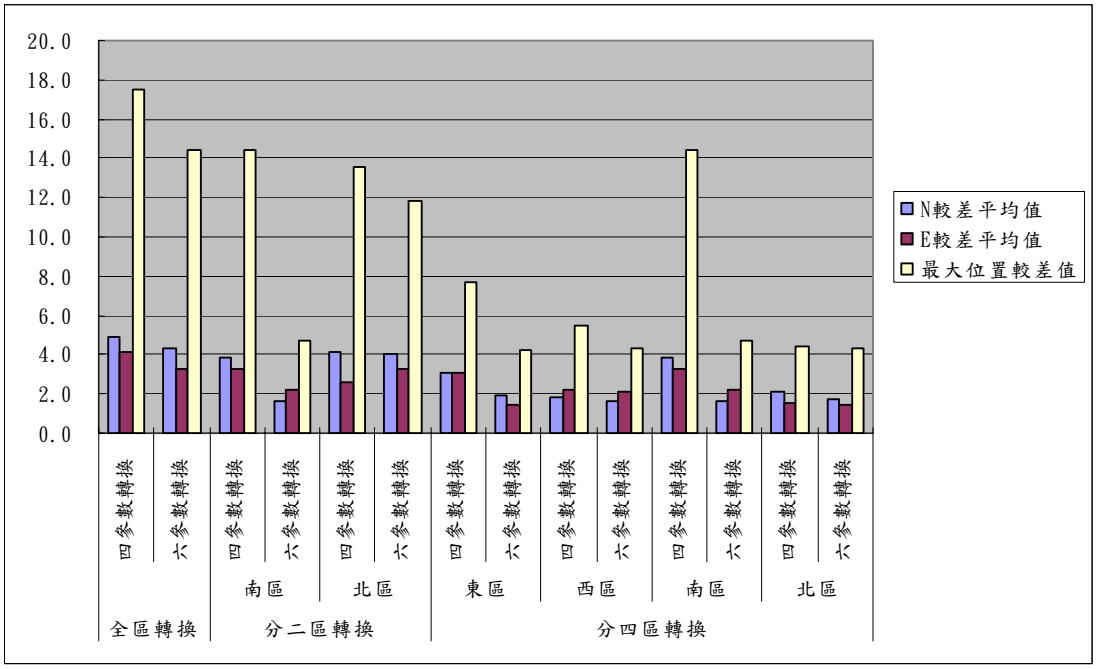

圖 3 各坐標轉換成果 N、E 坐標較差絕對值之平均值及最大位置較差比較直方圖（單位 cm）

4.2 檢測戶地成果分析

檢測戶地成果之測站及標定點（為待轉換點）係使用內政部土地測量局所提供之控制測量網形平差計算軟體內坐標轉換程式，依所選擇坐標轉換模式 1.四參數坐標轉換、2.四參數結合最小二乘配置坐標轉換、3. 六參數坐標轉換、4.六參數結合最小二乘配置坐標轉換等四種坐標轉換模式所作之轉換成果，於待轉換點整置全測站經偉儀，標定另一待轉換點或原有圖根點，對戶地成果依地籍圖重測調查表註記經界物做檢測，檢驗其是否符合地籍測量實施規則戶地測量位置誤差限制中對市地精度之要求 2~6 公分，並計算實驗區整個戶地檢測成果之標準偏差，以分析比較選擇不同坐標轉換模式之成果。

分析戶地檢測成果標準偏差得知：1.分四區坐標轉換戶地檢測成果較佳，其次為二區坐標轉換戶地檢測成果，全區坐標轉換戶地檢測成果較差（與坐標轉換成果分析相同）；2.以同一坐標轉換區域戶地檢測成果而言（除全區坐標轉換外）四參數坐標轉換戶地檢測成果最優、六參數坐標轉換戶地檢測成果次之、四參數結合最小二乘配置坐標轉換戶地檢測成果再次之、六參數結合最小二乘配置坐標轉換戶地檢測成果最差，惟其最大差值約 4mm，實無法明確分出優劣，各坐標轉換戶地檢測成果比較如表 3 所示。

表 3 各坐標轉換戶地檢測成果比較表

各轉換區域、轉換方式戶地檢測成果表		
坐標轉換區域	坐標轉換方式	戶地檢測成果標準偏差（cm）
全區轉換	四參數轉換	3.27
	四參數結合最小二乘配置轉換	3.43
	六參數轉換	3.45
	六參數結合最小二乘配置轉換	3.49
分二區轉換	四參數轉換	3.16
	四參數結合最小二乘配置轉換	3.50
	六參數轉換	3.26
	六參數結合最小二乘配置轉換	3.52
分四區轉換	四參數轉換	3.12
	四參數結合最小二乘配置轉換	3.35
	六參數轉換	3.24
	六參數結合最小二乘配置轉換	3.49

五、初步結論

1. 以同一坐標轉換區域之坐標轉換成果標準偏差比較而言六參數坐標轉換成果優於四參數坐標轉換成果；以各區坐標轉換成果之 N、E 坐標較差絕對值之平均值及最大位置較差分析比較而言，以同一坐標轉換區域而言六參數坐標轉換成果優於四參數坐標轉換成果(除分二區之北區轉換成果中 E 坐標較差絕對值之平均值外)。
2. 坐標轉換區域較小、坐標轉換共同點數較少的坐標轉換條件，所得坐標轉換成果之標準偏差及 N、E 坐標改正數較小，似與原控制點系統成果較接近。

參考文獻

洪本善，2005，VRS 於地籍測量實務應用研究計劃-期末報告書，台中市中正地政事務所。

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。

崔國強、簡燦榮，應用 VRS RTK 技術檢測圖根測量作業之研究，第 25 屆測量學術及應用研討會。

梁崇智，2006，VRS-RTK 與傳統 RTK 於圖根點測設精度分析之研究，國立中興大學碩士論文。

崔國強，王敏浩，古明正，2005，現行網路 RTK 軟體之比較分析，第 24 屆測量學術及應用研討會。

馮倩君，2004，以多參考站為基礎之 GPS 即時動態定位演算法發展，國立成功大學碩士論文。