

e-GNSS[2015]坐標更換及營運實務探討

陳鶴欽¹、蕭世民²、莊峰輔³、梁旭文⁴

摘要

近年來，結合網路通訊及 GNSS 即時動態技術已被廣泛運用衛星定位測量作業，內政部國土測繪中心為提供國內測繪業及其他領域使用，自 93 年開始建置及發展 e-GPS 即時動態定位系統，2009 年開始對外營運，期望讓國內使用者有一個快速度、高品質及高產能的測繪環境，本系統並已納入國家核心基礎重要建設。配合多星系時代發展，e-GPS 即時動態定位系統自 101 年開始啟動現代化作業，以系統更新、資源整合、技術升級及營運創新 4 大面向進行系統改造工程，在 103 年升級為「e-GNSS 即時動態定位系統」，至此，本系統計算中心核心軟體更新為可處理 GPS+GLONASS 雙星系統資料之 Trimble PIVOT(可處理 QZSS)，而在臺灣本島各地 78 個基準站亦全數更新為雙星系統(部分基準站可接收包含 COMPASS 及 QZSS 等資料)，並可進行現上即時三維坐標轉換(TTG)等服務。

坐標系統的建置與維護是 e-GNSS 最基礎工作項目，自 93 年 e-GPS 系統開始，e-GPS 坐標系統參照 TWD97 定義在 IRTF94 框架，選定以竹南基準站(JUNA)坐標起算約制站，其成果係由 TWD97 下之陽明山站(YMSM)推算而得，並在 98 年更新為 e-GPS[2009]開始營運，而後因受板塊運動、地震等自然因素影響造成地表位移，於 102 年重新公告 e-GNSS[2013]並制定坐標維護策略。e-GNSS[2013]成果坐標係參照 TWD97[2010]框架，並約制在竹南站之 TWD97[2010]成果，並在 104 年再度重新公告 e-GNSS[2015]坐標成果，且於 104 年 5 月 1 日正式公告使用，並改以位於國土測繪中心樓頂之測繪中心(LSB0)為起算參考點。經比對倘將成果分別以最小約制方式約制在竹南站及測繪中心站進行比對，兩者差值在平面坐標差值(N、E 方向)均在小於 1 公分，高程方向差值約小於 4 公分，顯示兩者成果相當，且此差值不致影響現行 e-GNSS 系統下之 VBS RTK 定位精度，而對於原已辦理具有 e-GNSS[2013]成果者，可事後利用「二次轉換」概念辦理，或者利用國土測繪中心提供線上三維即時轉換功能進行不同時期間、不同坐標系統間之轉換作業。

關鍵字：全球衛星導航系統(GNSS)、虛擬參考站(VRS)、e-GNSS 即時動態定位系統、虛擬基準站(VBS)、VBS-RTK、網路化 RTK(networking RTK)

壹、前言

¹內政部國土測繪中心 控制測量課 技正，23012@mail.nlsc.gov.tw

²內政部國土測繪中心 控制測量課 技士

³內政部國土測繪中心 控制測量課 技士

⁴內政部國土測繪中心 控制測量課 課長

內政部國土測繪中心(以下簡稱測繪中心)為順應國際衛星定位測繪科技已邁向網路化、行動化及全功能、多目標即時動態定位服務之潮流趨勢,及國內已具備優質的寬頻網路及行動化的無線數據傳輸環境,於93年度起建置e-GPS即時動態定位系統,本系統核心定位技術包含VRS及FKP等2種主流網路化RTK定位技術並已被證實可達公分級精度(內政部國土測繪中心網頁, Lachapelle *et al.*, 2000, Vollate *et al.*, 2001, Landau *et al.*), 考量系統營運負荷本系統以VRS技術為主,並於97年12月30日訂定系統服務供應要點,自98年1月1日起正式營運,開放即時性衛星動態定位服務、衛星觀測資料電子檔供應服務及衛星觀測資料後處理動態定位服務等3項服務。嗣後為配合多星系潮流的發展,自101年度起進行現代化更新作業,於103年度成系統軟硬體設備全面更新,並於103年9月1日起更名為e-GNSS即時動態定位系統(以下簡稱e-GNSS系統),提供國內登記有案之法人團體高精度之雙星(GPS+GLONASS)定位服務。(內政部國土測繪中心網頁, 2015)

103年度重點工作為系統現代化升級及服務的推廣,在現代化升級方面,測繪中心自101年度起陸續辦理本系統軟硬體設備更新升級,於103年度完成後正式對外提供雙星定位服務,8月完成臺灣本島計66處基準站之GPS+GLONASS衛星接收儀更新換裝作業,其更換後之GNSS衛星接收儀更新換裝作業廠牌及型號計有Trimble NetR9、Topcon NetG3A及Leica 1200GG PRO等機型。本系統歷年來與各機關介接之基準站至本年度止計137站(部分站因故已陸續停止服務),考量各基準站的地理分布、儀器配置及網路連線效能後,乃挑選其中78個基準站建構VBS-RTK服務網,同時建立基準站備援機制,以上述78個基準站作為主基準站,其餘47個基準站作為備用站,未來主基準站若發生網路中斷或設備故障等狀況,系統管理人員將即時切換相對應之備用站暫時因應,待障礙排除後再切換回主基準站,以維持系統之正常服務不中斷。

在服務推廣部分,測繪中心積極對外推廣該系統服務,在資源共享的基礎下,陸續與交通部中央氣象局地震測報中心等8個機關簽署合作協議,除衛星觀測資料交換互享,測繪中心並將組成測繪技術服務團隊,協助簽署機關辦理教育訓練及提供測繪技術諮詢等服務,擴大測繪技術交流與應用層面,期望共享國內衛星定位系統資源,並提供客製化服務,以避免重複建置,充分發揮系統效益。

貳、目的

以系統營運而言,坐標維護與更新、定位服務精度與可用性測試、建立成果驗證機制等項目必須加以重視,其中坐標系統的建置與維護是e-GNSS最基礎工作項目,目前網路化RTK技術中,除各種衛星定位學理上各項定位誤差外,系統坐標的維護亦是一大重要項目,在目前要求2公分的定位精度中,倘坐標系統各基準站間坐標反算空間距離與當下實測值差異過大,將不利VRS站組成及後續成果計算(陳鶴欽, 2009)。

自 93 年 e-GPS 系統開始，e-GPS 坐標系統參照 TWD97 定義在 IRTF94 框架，在當時時空背景下，選定以竹南基準站(JUNA)坐標起算約制站，其成果係由 TWD97 下之陽明山站(YMSM)推算而得，並在 98 年更新為 e-GPS[2009]開始營運，而後因受臺灣地區自然環境，板塊運動、地震等因素影響造成地表位移，於 102 年重新公告 e-GNSS[2013]並制定坐標維護策略，約 2 年重新公告一組 e-GNSS 系統成果，e-GNSS[2013]成果坐標係參照 TWD97[2010]框架，並約制在竹南站之 TWD97[2010]成果，並在 104 年再度重新公告 e-GNSS[2015]坐標成果，且於 104 年 5 月 1 日正式公告使用，並改以位於國土測繪中心樓頂之測繪中心(LSB0)為起算參考點，為利後續使用者運用及國土測繪中心管理維護，選擇將 e-GNSS[2015]成果約制在測繪中心站(點號:LSB0)之 TWD97[2010]成果，一般使用者辦理地形或現況測量者，在 10-20 公分精度要求者可直接使用。而對於須高精度使用者，如地籍測量之加密控制測量、圖根測量或確定界址點等等，則可再使用坐標轉換方式獲致與當地地籍坐標相同之測繪成果。

另本系統即時動態定位服務所提供之坐標系統為 e-GNSS 系統(e-GNSS[2015])，與法定之 TWD97 及 TWD97【2010】坐標系統不同，為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地將 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統，本系統利用 RTCM3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換 7 參數、殘差網格修正模型與網格內插計算方式傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將本系統測量成果轉換至法定坐標系統，轉換後之平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分，可望節省連測已知控制點和計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，降低測量工作技術門檻，提升測量工作效率與成果品質(莊峰輔等，2014)。倘現有儀器韌體無法提供或升級至 RTCM3.1 格式者，測繪中心亦提供後處理坐標轉換，測量時坐標系統使用 TWD97 坐標系統，並選擇 Taiwan 或 Taiwan_RTCM23 登錄點，進行 VBS-RTK 測量，獲得 e-GNSS 坐標系統測量成果。至 e-GNSS 系統三維坐標轉換服務平台，使用 e-GNSS 系統入口網站會員帳號密碼登入後，即可依需求選擇轉換至 TWD97 或 TWD97[2010]坐標，獲得法定 TWD97 /TWD97[2010] /TWVD[2001]坐標系統測量成果(國土測繪中心 e-GNSS 入口系統網頁，2015)。

參、主要研究方法或技術

為維護國內 TWD97 及 e-GNSS 坐標框架，測繪中心持續蒐集國內中央研究院地球所、交通部中央氣象局、經濟部中央地質調查所、水利署、農委會林務局南投林區管理處、台中市政府、台南市政府及高雄市政府等機關所設置超過 365 個衛星追蹤站(CORS)資料進行解算進，以作為定義國內坐標系統基準及各項測繪依據，自 98 年開始，e-GNSS 系統即採用 62 天平均值作為成果依據(前年度 12 月及當年度 1 月)，以 BERNESE 軟體計算並採用 IGS 精密星曆，依許已定義出 e-GPS[2004]、e-GPS[2009]、e-GNSS[2013]，本年度亦採相同方式求解出 e-GNSS[2015]，為因應實務需求，除解算已納入 e-GNSS 系統主基準站及被援站共 125 站外，

國內其他連續站亦一併解算，已因應不時之需。

以 BERNESE 軟體辦理國內 GPS 連續觀測站 365 站及臺灣鄰近國際站 6 站（如圖 1）之基線解算工作，觀測資料自 103 年 12 月 1 日至 104 年 1 月 31 日止之 GPS 連續觀測資料。BERNESE 基線解算流程如圖 2，解算程序策略請參照國土測繪中心「101 年大地基準及一九九七坐標系統 2010 成果工作總報告」及「102 年度建置現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作總報告」所定義。並將每日解算成果輸出基線檔(SNX)及法方程式檔(NQ0)，重新平差並分別約制在竹南站(JUNA)及測繪中心(LSB0)之 TWD97[2010]成果進行比對。另外並以 GAMIT 軟體以相同程序進行解算及成果驗證。

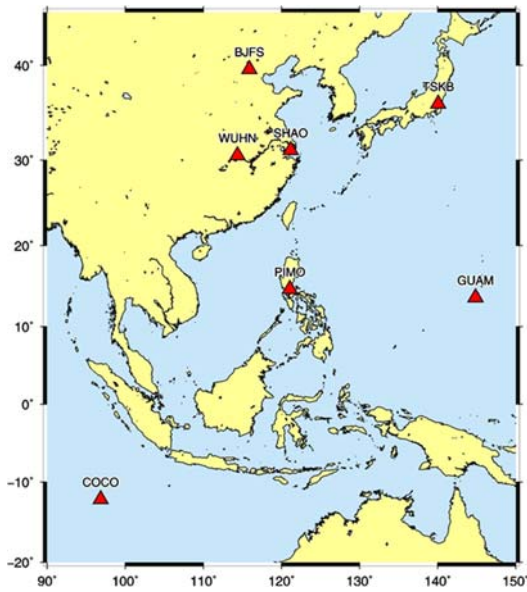


圖 1：計算選用 IGS 國際站分布圖

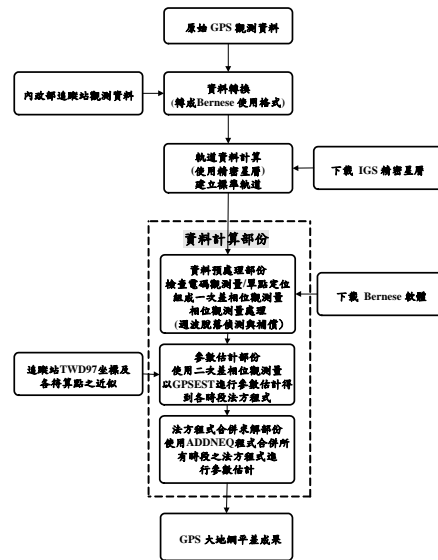


圖 2：Bernese 軟體計算流程圖

此外，並在 104 年 3-4 月份，利用已求解出之 e-GNSS[2015]成果進行外部驗證，選定具有 TWD97 及 TWD97[2010]成果之基本控制點約 120 點進行測試。

肆、重要結果與結論

成果顯示，分別使用 BERNESE 及 GAMIT 種軟體進行 103 年 12 月 1 日至 104 年 1 月 31 日期間，共計 62 天的每日 GPS 連續站觀測資料之計算工作，分別最小約制於竹南站(JUNA)及國土測繪中心頂樓站(LSB0)的 TWD97[2010]坐標，並比較兩計算軟體坐標成果的差異值如下表 1，成果統計得知，兩計算軟體成果的坐標差異量趨於一致，顯示本次計算成果具有可信度。最後以 BERNESE 成果為主，經比較分別約制在竹南基準站(JUNA)及測繪中心基準站(LSB0)，兩者差值在平面坐標差值均在小於 1 公分(N：0.5 公分，E：0.7 公分)，高程方向差值約小於 4 公分(h：3.5 公分)，顯示兩者成果相當(如表 2)，改採用 LSB0 不影響對現行成果及使用方式。

另外，選用 120 個分布在全臺各處台且同時具有 TWD97 及 TWD97[2010]2

種成果之基本控制點，在 e-GNSS[2015]成果下行驗證，測試透過三維坐標轉換服務之轉換精度，成果顯示，由(1)e-GNSS[2015]轉 TWD97，平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分，符合預期且與 e-GNSS[2013]轉 TWD97 轉換精度差異不大。(2) e-GNSS[2015]轉 TWD97[2013]，平面精度優於 3 公分，高程精度優於 6 公分，符合預期且與 e-GNSS[2013]轉 TWD97 轉換精度差異不大。(3)由 e-GNSS[2015]轉 e-GNSS[2013]，平面精度優於 3 公分，高程精度優於 6 公分，符合預期，詳如表 3、4、5。

為確保測量成果品質，有關不同精度需求之測量工作，使用 e-GNSS 系統建議參考下列作業方式辦理：

(1)倘測量工作精度需求低於轉換精度：可直接應用本服務，惟仍建議於測區外圍檢測部分已知控制點，確認控制點已知坐標與轉換成果可用性，確保作業成果品質。

(2) 測量工作精度需求高於轉換精度：首先應檢測測區外圍已知控制點，以可包覆測區為原則。再比較轉換後坐標與已知坐標較差量級與方向性。(A)倘較差量級與方向性一致，表示轉換成果與已知成果僅存在系統差，可將測區內測量成果轉換後直接平移(加上較差量)，獲得法定坐標系統測量成果。(B)若較差量級與方向性不一致，表示轉換成果與已知成果除了存在系統差，可能還有已知控制點位移量，建議採用坐標轉換與最小二乘配置之方法，先把有問題的已知控制點找出來，再進行坐標轉換與套合，獲得法定坐標系統測量成果

透過 e-GNSS 系統不同時期的坐標求解及參數轉換，證實坐標轉換是可行，未來可朝建立一個「半動態坐標系統」前進，提供各界一個更符合真實環境且可操作的坐標框架模式，但是對於各種「靜態」測繪成果管理及維護，未來亦須提出各種可行配套措施，以符合現代化測繪需求。

表 1：BERNESE 與 GAMIT 軟體計算成果差異統計表

最小約制站	項目	BERNESE – GAMIT 的差異值 (m)		
		X	Y	Z
JUNA	平均值	0.009	-0.017	-0.008
	標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007
LSB0	平均值	0.001	0.000	0.000
	標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007

表 2：不同約制點計算成果差異統計表

項目	約制不同點(LSB0-JUNA)差異值 (m)		
	N	E	h
平均值	0.009	-0.017	-0.008
標準差	± 0.008	± 0.015	± 0.007

表 3：e-GNSS[2015]轉 TWD97 成果較差統計表

Model	e-GNSS[2015]→TWD97			e-GNSS[2013]→TWD97		
分量	N	E	h	N	E	h
MAX(m)	0.115	0.119	0.409	0.092	0.088	0.305
MIN(m)	-0.117	-0.062	-0.288	-0.062	-0.092	-0.441
STD(m)	0.029	0.034	0.095	0.026	0.033	0.087
MEAN(m)	0.004	0.011	0.032	0.002	0.001	0.004

表 4：e-GNSS[2015]轉 TWD97[2010]成果較差統計表

Model	e-GNSS[2015]→TWD97[2010]			e-GNSS[2013]→TWD97[2010]		
分量	N	E	h	N	E	h
MAX(m)	0.073	0.077	0.148	0.100	0.118	0.208
MIN(m)	-0.047	-0.054	-0.198	-0.160	-0.163	-0.253
STD(m)	0.015	0.018	0.056	0.016	0.019	0.046
MEAN(m)	0.000	0.002	-0.022	-0.001	-0.008	-0.026

表 4：e-GNSS[2015]轉 e-GNSS[2013]成果較差統計表

分量	N	E	h
MAX(m)	0.075	0.082	0.144
MIN(m)	-0.032	-0.039	-0.127
STD(m)	0.014	0.017	0.056
MEAN(m)	0.000	0.009	0.020

伍、參考文獻

內政部國土測繪中心，<http://www.nlsc.gov.tw/>，前次查閱 2015/5/1。

內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統入口網站，

<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>，前次查閱 2015/5/1。

莊峰輔、湯凱佩、王敏雄、劉正倫，三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究，內政部國土測繪中心，2014。

陳鶴欽，結合低價單頻 GPS 接收儀與虛擬參考站定位精度之研究，成功大學博士論文，台南，2009。

Lachapelle, G., Alves, P., Fortes, L. P., Cannon, M. E., DGPS RTK Positioning Using a Reference Network, Proceedings of ION GPS 2000, Salt Lake City, Utah, 1165-1171, 2000.

Landau, H., Vollath, U., Chen, X., Virtual Reference Station System, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 1, No. 2, 137-143, 2002.

Vollath, U., Deking A., Landau, H. Pagels, C., Wagner, B., Long Range RTK using Virtual Reference Stations, Proceedings of the international Symposium on Kinematic system in Geodesy, Geomatics and Navigation , Banff, Canada, June 2001