

運用「即時動態測量」(RTK) 建立砲兵測地統制之研究

作者：曾育養 士官長

提要

- 一、建立測地統制為軍團（防衛部）砲兵之責任，惟礙於任務與安全等理由，防區測地多未能落實執行，致作戰區內基準點建立密度與精度不足，不僅無法滿足砲兵營、連防區測地需求，亦影響戰備整備。基於防區測地與實彈演習為砲兵經常性任務，且「精粹案」後砲兵部隊編制員額大幅精簡，如何有效建立測地統制，達成防區測地任務，實為砲兵部隊當前重要課題。
- 二、本校為因應講求人力少、時間短且精度高之防區測地成果檢查與教學場地測地統制建立任務，於 98 年購買徠卡（LEICA）GS20「專業資料測繪儀」（Professional Data Mapper, PDM）乙部，累積長達三年使用經驗，且歷經與定位定向系統（ULISS-30）兩者實際測試與效益評估，證實「即時動態測量」（Real Time Kinematic, RTK）作業方式可改進現行砲兵建立測地統制之缺失，有效達成防區測地任務。
- 三、當前拜 GPS 科技發展之賜，「即時動態測量」（以下簡稱 RTK）技術日新月異，已具備無需依賴控制點、精度高、速度快、人力需求低、操作簡單、訓練容易與價格便宜等多種優點，可作為砲兵建立測地統制作業之選項；惟戰時 GPS 系統受美國國防部之管理與控制，不僅缺乏自主性，且信號易受干擾、偽冒與欺騙，致不可過分依賴，故 RTK 僅適用於平時防區測地任務，戰時則仍依砲兵現行測地裝備與技術行之。

關鍵詞：測地統制、防區測地、即時動態測量（RTK）

壹、前言

「測地統制」係各級砲兵部隊藉由精度良好、座標系統一致之已知點（衛星控制點、水準點、精密導線點、測地基準點）起始，¹經適切之測地、計算、檢查等作業，建立符合砲兵精度要求並納入同一座標系統之測地成果。建立測地統制為軍團（防衛部）砲兵之責任，惟礙於任務與安全等理由，防區測地多未能落實執行，致作戰區內基準點建立密度與精度不足，不僅無法滿足砲兵

¹ 陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版），（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 99 年 11 月），頁 9-1。

營、連防區測地需求，亦影響戰備整備。基於防區測地與實彈演習為砲兵經常性任務，且「精粹案」後砲兵部隊編制員額大幅精簡，如何有效建立測地統制，達成防區測地任務，實為砲兵部隊當前重要課題。

貳、現行建立測地統制缺失檢討

建立測地統制(測地基準點、次等基準點)係由各級砲兵部隊自國家控制點起始，在無測地成果之區域內，建立符合精度與統一座標之基準點，俾利「射擊單位」(砲兵營、連)之測地作業起始、成果檢查及擴張作業等。然就本校近年來督導防區測地與部隊輔訪任務，常見缺失列舉如後：

一、使用未經檢測之控制點

國家控制點為軍圖控制之基礎，其精度較高、現地設有標誌且成果表資料完整，可作為砲兵建立測地統制之起始基準或閉塞檢查依據。目前內政部地政司衛星測量中心公告之 I、II 等衛星控制點數量計 674 點，並於 98 年將一等一級水準點、一等二級水準點，統一更名為一等水準點總計 2,439 點，101 年 3 月再公告之 III 等衛星控制點數量計 2,102 點，故早期(69 年)公告之三角點，如未升級為衛星控制點，因座標系統未更新且 921 大地震後未檢測，已不適用。砲兵部隊曾因便宜行事而使用未經檢驗之舊三角點，致造成測地統制錯誤。

二、控制點標系統與格式錯誤

目前內政部所公告之衛星控制點、水準點等，均使用 TWD-97 (ITRF94, 1997.0, GRS80) 絕對座標—以經、緯度、高程(橢球高)與地圖投影後之縱橫座標 (ITRF94, 1997.0, GRS80, 2°TM)。砲兵部隊須將其轉換為與現行地圖所使用之 WGS-84、6°UTM 方格標與「平均海水面高」，方可使用(國家控制點成果區分與使用要領，如表一)。惟曾發生某部隊向民間地政事務所索取控制點 2°TM 縱橫座標，致測地成果與軍圖差異甚大，幸經由檢查修正，未釀成射擊危安。

三、藉任務與安全理由，未落實作業

建立測地統制為軍團砲兵之責任，惟各部隊多藉救災、基地訓練、重砲射擊任務、戰備繁重等理由，導致無法派出人員車輛遂行作業；即使依計畫派遣人、車外出作業，亦藉口安全考量，將人、車數量與作業期程減至最低，致作業無法落實，不僅作業精度不佳，建立數量亦無法滿足砲兵部隊需求。

四、未恪遵定位定向系統作業規定

建立測地統制須使用「定位定向系統」(ULISS-30)，惟使用時應恪遵作業規定，當使用 4 分鐘零速更新時，不得超過 2 小時與 30 公里之限制。操作者須於前述時間與距離限制前，先行完成「位置更新」，否則精度將降低至無法滿足建立測地統制之需求。本校曾於某次演習檢查恆春三軍聯訓基地測地成果，即發現因某部隊測量排由枋山加祿國小Ⅲ等三角點(編號 84030)初始校準後，直至恆春「後出火陣地」期間，均未實施位置更新，超出 ULISS-30 作業時間與範圍，致徑誤差高達 20 公尺。

五、使用 GPS 接收機作業，精度不佳

當 GPS 使用單一觀測站接收信號而得定位結果，稱之「單點定位」。²使用單點定位方式建立測地統制，一般精度可優於 10 公尺；惟經由實際之衛星追蹤站觀測資料計算得知，即使設置於對空通視良好，遠離其他電磁波，且近距離內無其他反射衛星接收站，其單點定位誤差會出現於 30 公尺左右，甚至 115 公尺大誤差，實不合建立測地統制之要求。檢查期間曾發現部隊因節省人力，使用防空部隊「精確輕型 GPS 接收機」(PLGR+96)或自購之掌上型 GPS 接收機，以單點定位取代定位定向系統建立測地統制，致精度明顯不足。

表一 國家控制點成果區分與使用要領對照表

國家控制點成果區分與使用要領對照表			
頒布時間	位間	成果名稱	使用要領
內政部 民國 69 年 2 月		台灣地區三角點 成果表	一、因部分三角點升級為衛星控制點，可參考其測站略圖與測站詳情，俾利尋找新衛星控制點。 二、座標資料不使用。
聯勤測量署 民國 74 年 12 月		台灣地區三角點 成果表(2、3、6 度分帶)	一、將雙數頁 TWD-67 之 6°分帶 UTM 標轉換為 WGS-84 之 6°分帶 UTM 標。 二、標高須核對新軍圖無誤後，始可沿用。
內政部 民國 94 年 2 月		I、II 等衛星控 制點測量成果表 (674 點)	一、將 2°分帶 TM 標轉換為 6°分帶 UTM 標。 二、標高未提供，可使用核對軍圖後之原標高。 三、參考點名、點號、所在地等資料，並配合軍圖與 69 年版成果，至現地確認點位。

² 陳文豐，〈全球定位系統之單點定位〉《測量學術發表會專輯》(台中)第 30 輯，民國 91 年 9 月，頁 150。

內政部 民國 94 年 2 月	I 等一級水準測量成果 (1294 點)	一、將 TWD-97 之經、緯度或 2° 分帶 TM 標轉換為 6° 分帶 UTM 標。 二、標高 (橢球高)。
內政部 民國 94 年 2 月	I 等二級水準網測量成果 (1054 點)	三、點位主要建立於台 1、2、8、9、11、12、14、15、17、20、23、26、61 等道路之分隔島上。
內政部 民國 98 年	一等水準網測量成果 (2439 點)	一、沿用一等一級水準點及一等二級水準點，統一更名為一等水準點。 二、TWVD 2001 台灣高程基準測量成果。 三、點位除現行主要省道，另新增台 2 乙線道。
內政部 民國 101 年 3 月	III 等衛星控制點測量成果表 (2102 點)	一、將 TWD-97 之經、緯度轉換為 6° 分帶 UTM 標。 二、成果為橢球高用轉換軟體，轉換成現行使用之標高。 三、各單位函文至國土測繪中心申請作業所需點位。

資料來源：一、陸軍野戰砲兵測地訓練教範(下冊)(第二版)，(桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月)，頁 9-16。

二、(內政部地政司衛星測量中心)<http://www.moidlassc.gov.tw> (101 年 7 月 14 日)。

三、作者整理。

參、運用 RTK 建立測地統制

本校為因應講求人力少、時間短且精度高之防區測地成果檢查與教學場地測地統制建立任務，於 98 年購買徠卡 (LEICA) GS20「專業資料測繪儀」(Professional Data Mapper, PDM) 乙部(如圖一)，累積長達三年使用經驗，證實 RTK 作業方式可改進現行砲兵建立測地統制缺失，有效達成防區測地任務。其作業原理、基本要求與具體作為分述如後。

圖一 徠卡 (LEICA) GS20「專業資料測繪儀」示意圖



資料來源：宏遠儀器有限公司，《徠卡 LEICA GS20 儀器使用手冊》(台北縣：民國 98 年 10)，頁 1。

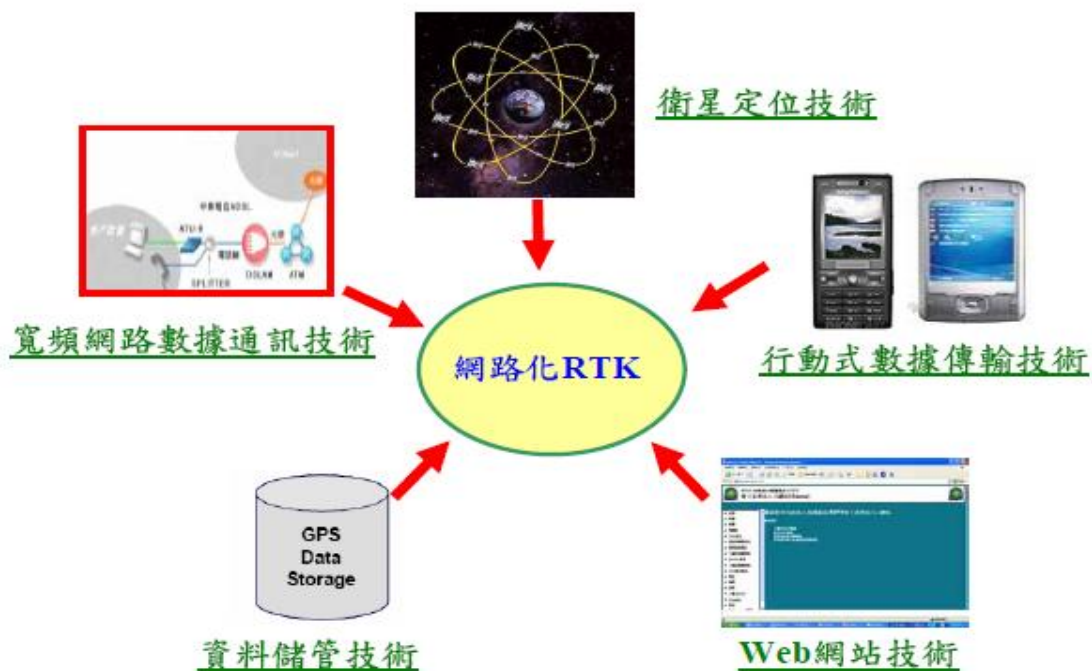
一、作業原理

「即時動態測量」(Real Time Kinematic, RTK)作業原理,係透過通訊設備將 GPS 基準站的觀測資料信號,即時傳至移動站的接收機上,俾即時獲得點位成果。一般傳統的即時動態測量在基準站和移動站間的距離增加後,雖可達到公分級之精度,惟因軌道誤差、對流層、電離層等將影響 GPS 信號,³以致造成原始數據含有誤差,且又需考量移動站與參考站之距離及作業易受高樓大廈環境影響通信品質,將造成資料無法傳輸之困擾。

目前徠卡(LEICA)GS20 PDM 隨著科技日新月異,網際網路及無線數據通信傳輸技術蓬勃發展,已採用網路 RTK 技術(如圖二),而此技術利用架設參考站網及軟體,可計算得區域內之系統誤差(如對流層、電離層及軌道誤差等),⁴提供使用者即時獲得公分級精度之定位資料,又稱「虛擬參考站技術」。可較傳統 RTK 大幅增加移動站與參考站之距離,且提高測量成果之可靠性。

近年來民間已將「網路 RTK 技術」普遍運用於建立控制點、圖根點、工程測量、地籍測量、道路邊界測量、道路放樣測量、地理資訊系統的建置等領域,因其具備快速、精度高之特性,如能運用於平時各項砲兵測地作業任務,未來「即時動態 RTK 測量」技術,可做為砲兵遂行防區測地之選項。

圖二 網路 RTK 示意圖



資料來源：王敏雄，〈地籍測量應用及發展研討會資料〉(中華民國地籍測量學會，民國 94 年 5 月)，<http://www.cadastralsurvey.org.tw> (101 年 7 月 17 日)。

³ 黃建華，〈淺談全國性電子化 GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統〉(中華民國地籍測量學會，民國 94 年 3 月)，<http://www.cadastralsurvey.org.tw> (101 年 5 月 10 日)。

⁴ 王敏雄，〈地籍測量應用及發展研討會資料〉(中華民國地籍測量學會，民國 94 年 5 月)，<http://www.cadastralsurvey.org.tw> (101 年 7 月 17 日)。

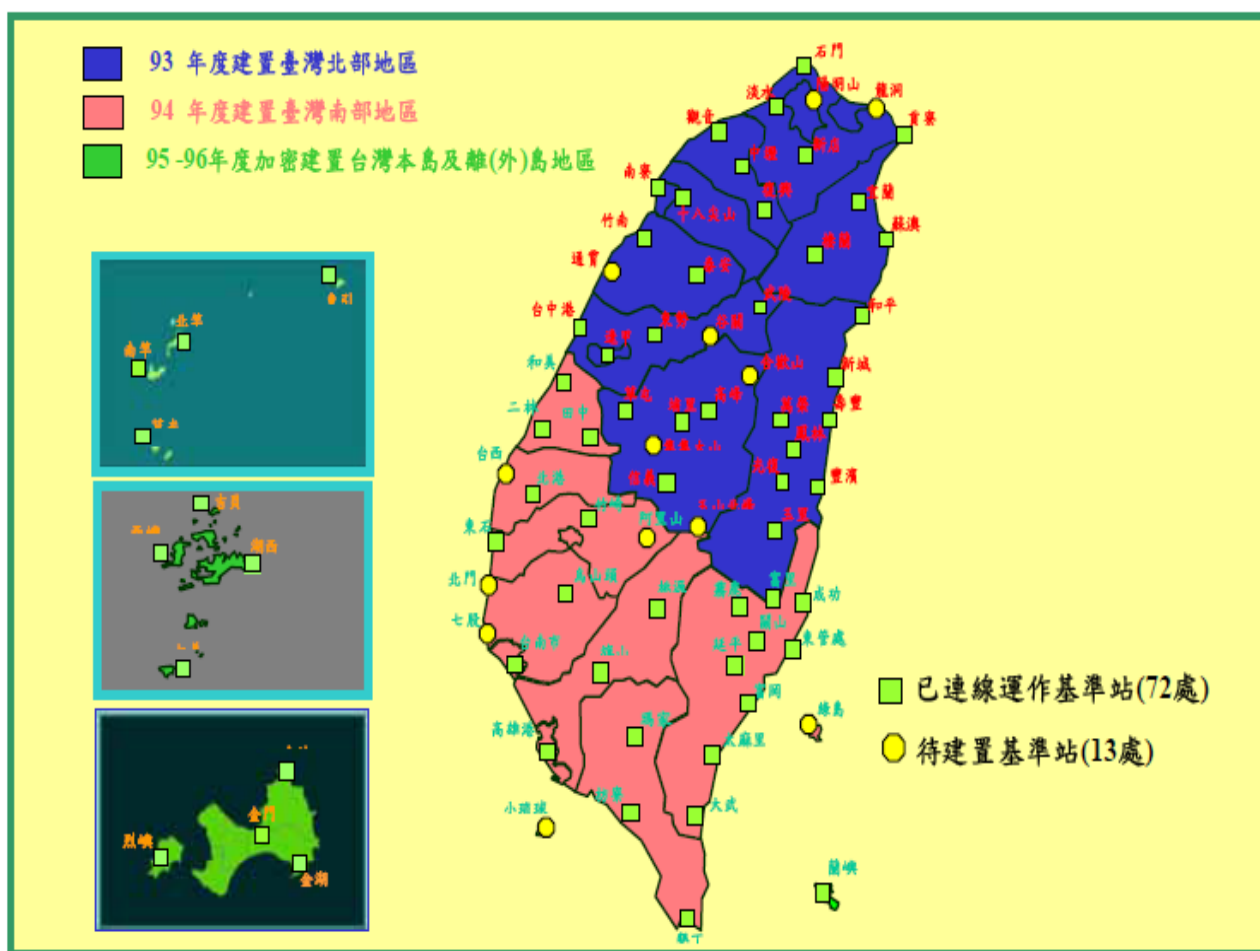
二、RTK 組成之基本要素

「即時動態測量」(RTK)組成包括 GPS 衛星定位基準站、控制及計算中心、移動站(作業人員)等三項基本要素，其組成功能分述如下：

(一)衛星定位基準站

內政部土地測量局自 93 年度起編列經費展辦建置全國衛星定位基準網，基準站間距以不超過 50 公里為原則，至 95 年度止已於台灣本島及澎湖、金門、綠島、蘭嶼等離(外)島地區建置 72 處基準站(如圖三)，⁵連續進行 GPS 原始觀測資料蒐集，以網際網路將衛星定位基準站連續性 GPS 原始觀測資料蒐集後，並傳送至控制及計算中心。

圖三 台灣本島及外(離)島衛星定位基準站示意圖



資料來源：一、王敏雄，〈e-GPS 之應用與未來展望〉(內政部國土測繪中心，民國94年5月)，
<http://www.nlsc.gov.tw> (101年7月10日)。
二、作者整理。

⁵ 王敏雄，〈e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統建置及運作現況〉(內政部國土測繪中心，民國 95 年 11 月)，
<http://www.nlsc.gov.tw> (101 年 5 月 10 日)。

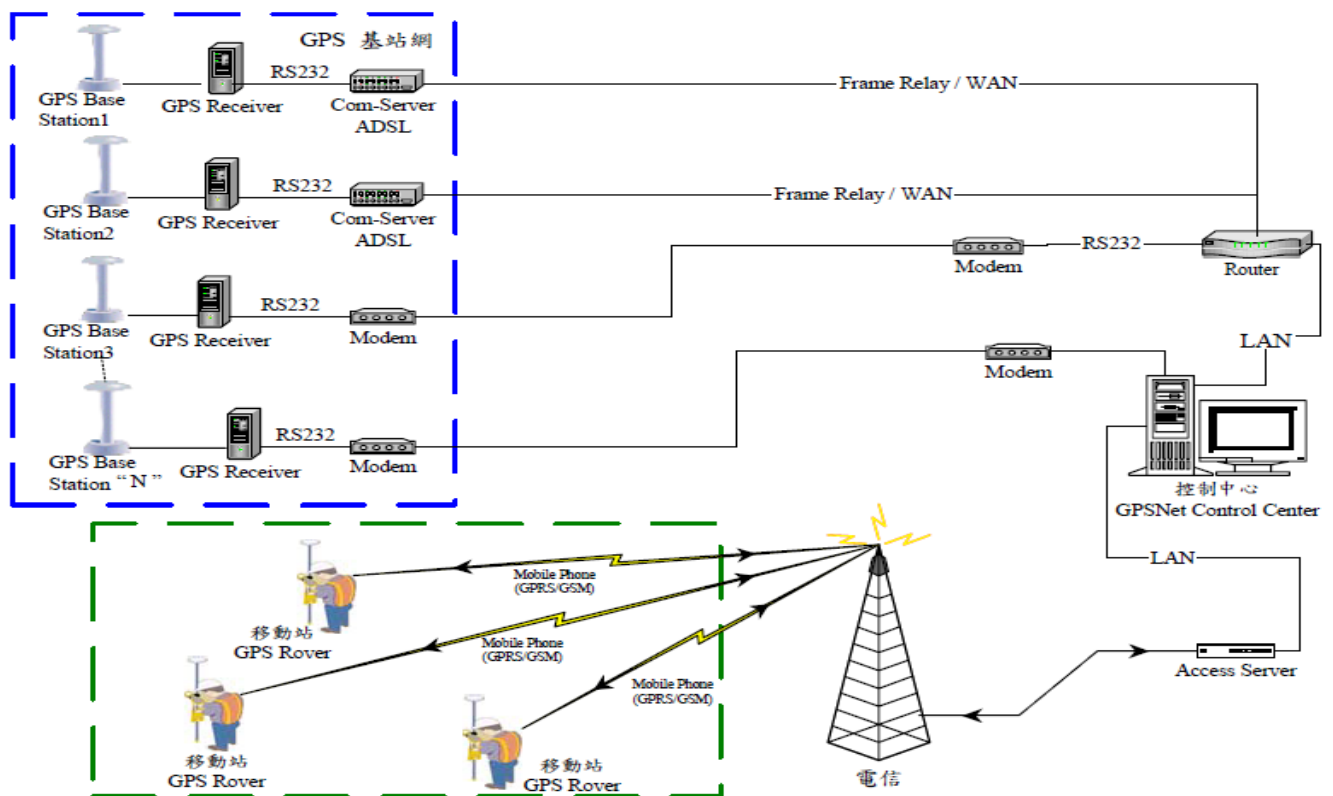
(二)控制及計算中心

依移動站單點定位座標進行計算區域性定位誤差改正資料，⁶並結合最近基準站實際觀測資料組成虛擬觀測資料後，將改正資料回傳至移動站（如圖四）。

(三)移動站

必須具有衛星定位接收儀，可接收雙頻全波長觀測資料，具備 RTK 定位解算功能，且可輸出美國國家海洋電子學會所制定之電子儀器間的通訊規格（National Marine Electronics Association，NMEA），將 GPRS（General Packet Radio Service）原始觀測資料傳輸至「控制及計算中心」，以及 GPRS 上網功能 PDA 或行動通信設備（如圖五），⁷可接收「控制及計算中心」對該區域之改正資料，並求得移動站座標成果，其測量時間極短，對資料收集極具效率，僅數秒鐘至數分鐘即可測得各點位之座標成果。

圖四 控制及計算中心示意圖



資料來源：陳為斌，〈網路即時動態定位系統運用於台南縣加密控制測量之研究〉《國立成功大學論文》（台南），民國97年6月，頁8。

⁶ 陳為斌，〈網路即時動態定位系統運用於台南縣加密控制測量之研究〉《國立成功大學論文》（台南），民國 97 年 6 月，頁 8。

⁷ 戴翰國，〈EGPS 於測量上之應用〉，（全泰工程測量顧問有限公司，民國 96 年 3 月），<http://www.tpetube.com.tw>（101 年 5 月 15 日）。

圖五 移動站器材示意圖



資料來源：戴翰國，〈EGPS 於測量上之應用〉，（全泰工程測量顧問有限公司，民國 96 年 3 月），<http://www.tpetube.com.tw>（101 年 5 月 15 日）。

三、作業準備事項

（一）圖上研究

調借涵蓋作業地區之 1/25,000 比例尺軍圖，依任務需要將作業區劃分若干個獨立作業區域。再依據 RTK 作業限制與特性，選擇適合設點之地形，以避免遮蔽、干擾 GPS 信號與無線網路，確保作業精度。

（二）現地偵察

為證實圖上研究是否可行，須經由現地偵察予以修正，俾作為擬定配置計畫之依據。實施偵察時，通常攜帶作業地區地圖、望遠鏡、指北針、標示器材與土木工具等，須針對各獨立作業地區詳細勘察、標示，利於建立測站間方位作為爾後參考（偵察常見狀況與處置作法如表二）。

表二 偵察狀況處置表

偵察重點	處置作法
樹林枝葉、農作物遮蔽視線	偵察過程當中攜帶土木器具，將遮蔽視線之障礙物清除。
作業地形過於隱蔽或障礙太多	透過現地偵察於附近尋找適當點位。
勘查點位狀況	確認圖上點位與現地是否相符、是否適用。
作業路線(人員、車輛)進出道 路狀況	確認現地道路狀況是否有利人員及車輛作業。

(三)擬定配置計畫

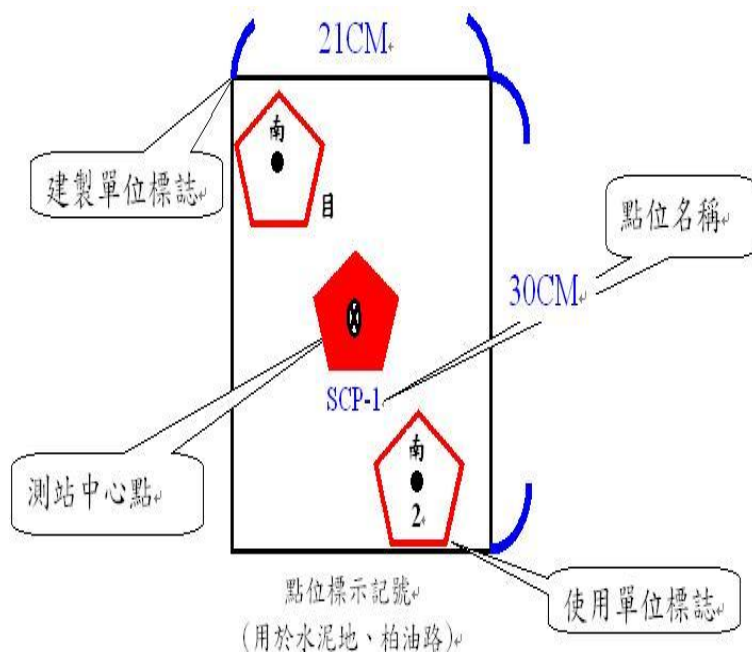
為便於測量工作之進行，需先行完成配置計畫，其內容包括：作業草圖、人員器材分配、作業程序、測站間方位、進出路線、作業完成時間及集合地點等。如有障礙必須清除，對清除之地點、程序、方法、所需工具及人員任務等，均須加以說明。

(四)測站標示作業

測站位置標示工作，於偵察時同時實施標示，設置時需考慮下列事項：

1. 便於器材操作。
2. 測站標示明顯清晰、易於識別。
3. 點位為土地時設置水泥樁或設金屬（鋼或銅）標或鋪設瓷器物等永久性標誌。
4. 本校於 96 年辦理防區測地講習，為使點位易於辨識管理與使用，統一定點位標示方式，點位標示於水泥地、柏油路如圖六，標示於草地如圖七。⁸

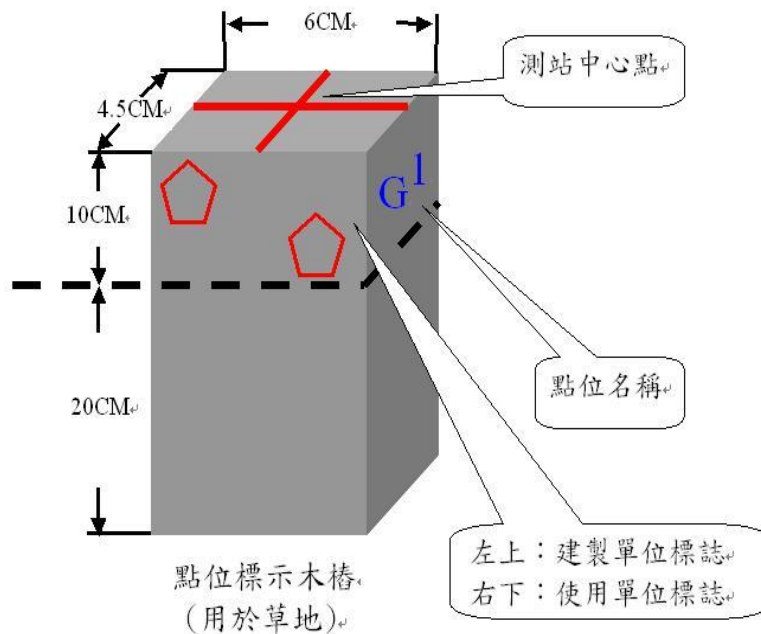
圖六 水泥地、柏油路點位標示示意圖



資料來源：陸軍飛彈砲兵學校民國 96 年 11 月防區測地講習資料。

⁸ 黃諧榮，〈測地成果建檔與分發運用〉《砲訓部 96 年防區測地計畫講習》（台南），民國 96 年 11 月，頁 22-23。

圖七 草地點位標示示意圖



資料來源：陸軍飛彈砲兵學校民國 96 年 11 月防區測地講習資料。

四、現地作業

操作人員僅需1或2人，攜帶徠卡（LEICA）GS20 PDM、藍芽手機、PDA或行動通信設備、控制器等。作業時不論任何時間，只要點位可同時接收5顆以上GPS 衛星信號，即可以透過「全球行動通信系統」（GSM）為基礎之「整合封包無線電服務技術」（General Packet Radio Service, GPRS）行動數據傳輸技術，⁹在短時間之內，依照使用者的精度需求，即時獲得「公分級」或「公寸級」之高精度即時動態定位成果。

RTK作業不需依賴控制點作為作業起始點，亦不受氣候、地形、距離及通視等影響，且日、夜均可快速操作，不僅較ULISS-30作業節省人力，亦可依作業需求選擇多種座標系統外，作業所獲得之每個點座標，均可作為控制點使用，且具備價格低廉等優點。惟戰時GPS系統可能關閉，信號受遮蔽、干擾等影響，而無法確保使用能力。然平時仍可使用於防區測地，建立測地統制與測地基準點設立等作業。

肆、RTK 與 ULISS-30 實際測試

本校曾於101年3月中旬，同時使用徠卡（LEICA）GS20 PDM 與定位定向系

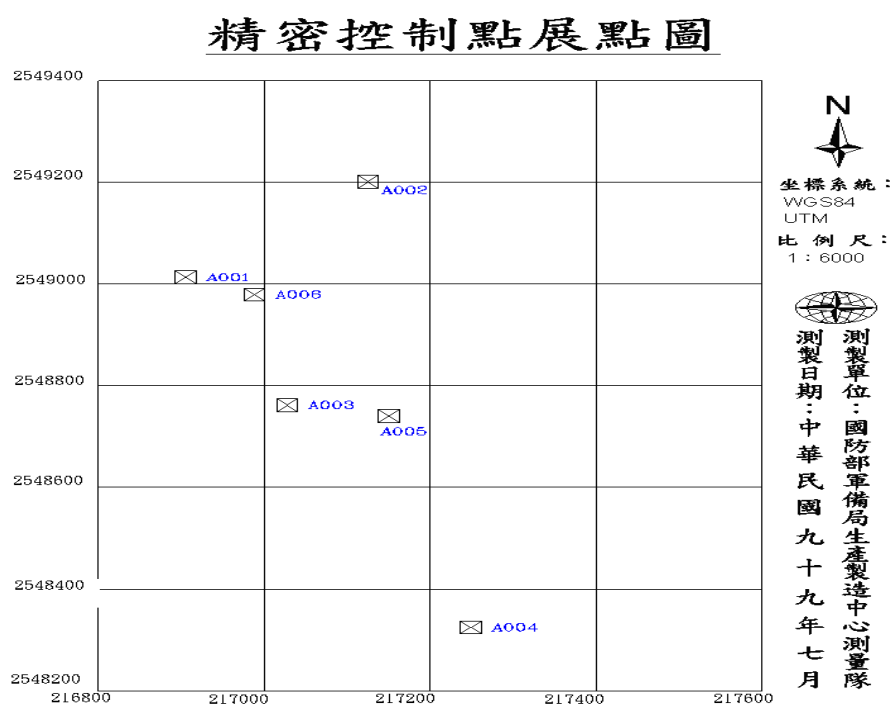
⁹王敏雄，〈e-GPS 之應用與未來展望〉（內政部國土測繪中心，民國 94 年 5 月），<http://www.nlsu.gov.tw>（101 年 5 月 10 日）。

統（ULISS-30）兩種裝備，實施砲兵測地統制建立作業，除蒐集徠卡GS20 PDM「即時動態測量」（RTK）實際作業參數外，並評估兩種裝備性能與效益，俾供爾後運用參考。

一、測試場地

選定本校委託國防部軍備局生產製造中心測量隊「99年度7月份精密控制點座標測量案」為實驗區，面積約86公頃，選取測量隊建立之精密控制點A001至A006共計6點，作為測區之座標控制基準（如圖八），進行可行性分析。分別採用徠卡（LEICA）GS20 PDM「即時動態測量」（RTK）與定位定向系統（ULISS-30）作業，相互比較。

圖八 精密控制點位置圖



資料來源：國防部軍備局測量隊精密控制點座標測量成果民國99年7月。

二、測試實施

（一）測試概況¹⁰

使用徠卡（LEICA）GS20 PDM、定位定向系統（ULISS-30）兩項裝備，於0800及1400分別對實驗區內之控制點6點測量2次，共計4次。作業期間天氣晴朗，地面溫度攝氏30度，能見度約1,000公尺，實驗區天候均適合徠卡

¹⁰ 徐坤松，〈淺談RTK(即時動態測量)於砲兵測地之應用〉《陸軍砲兵季刊》（台南），第147期，陸軍砲訓部，民國98年11月，頁10。

(LEICA) GS20 PDM「即時動態測量」(RTK)、定位定向系統(ULISS-30)作業，以確保各項參數(含作業時間、作業精度等)之可靠性。

(二)測試結果

1. 徠卡(LEICA) GS20 PDM「即時動態測量」(RTK)作業

作業小組區分為操作手與駕駛，搭載本軍制式 M998、1½T 悍馬車，以 RTK 方式於實驗區實施現地作業(測量結果如表三)。

表三 徠卡 GS20 PDM「即時動態測量」(RTK)現地作業紀錄表

測量次數	點標記	已知諸元	獲得諸元	誤差值
1	A001	X : 216905.167 Y : 2549012.791 Z : 20.166	X : 216905.70 Y : 2549012.90 Z : 20	X : + 0.533 Y : + 0.109 Z : - 0.166
	A002	X : 217124.818 Y : 2549200.779 Z : 17.761	X : 217124.70 Y : 2549201.10 Z : 18	X : - 0.118 Y : + 0.321 Z : + 0.039
	A003	X : 217027.709 Y : 2548761.633 Z : 20.589	X : 217027.90 Y : 2548761.10 Z : 21	X : + 0.191 Y : - 0.533 Z : + 0.411
	A004	X : 217248.913 Y : 2548324.884 Z : 25.719	X : 217248.60 Y : 2548325.10 Z : 26	X : - 0.313 Y : + 0.216 Z : + 0.281
	A005	X : 217150.191 Y : 2548740.113 Z : 22.401	X : ----- Y : ----- Z : -----	X : ----- Y : ----- Z : -----
	A006	X : 216988.073 Y : 2548978.833 Z : 20.444	X : 216988.40 Y : 2548979.20 Z : 20	X : + 0.327 Y : + 0.367 Z : - 0.444
2	A001	X : 216905.167 Y : 2549012.791 Z : 20.166	X : 216905.60 Y : 2549012.70 Z : 20	X : + 0.433 Y : + 0.091 Z : - 0.166
	A002	X : 217124.818 Y : 2549200.779 Z : 17.761	X : 217124.80 Y : 2549201.00 Z : 17	X : - 0.018 Y : + 0.221 Z : - 0.761
	A003	X : 217027.709 Y : 2548761.633 Z : 20.589	X : 217027.80 Y : 2548761.80 Z : 20	X : + 0.091 Y : + 0.167 Z : - 0.589
	A004	X : 217248.913 Y : 2548324.884 Z : 25.719	X : 217248.70 Y : 2548325.00 Z : 25	X : - 0.213 Y : + 0.116 Z : - 0.719
	A005	X : 217150.191 Y : 2548740.113 Z : 22.401	X : ----- Y : ----- Z : -----	X : ----- Y : ----- Z : -----
	A006	X : 216988.073 Y : 2548978.833 Z : 20.444	X : 216988.20 Y : 2548979.10 Z : 21	X : + 0.127 Y : + 0.267 Z : + 0.556
附記	一、RTK 測得平均徑誤差：座標 0.35；標高 0.42。 二、單位：公尺 三、A005 點位無法接收 GPS 信號，致無獲得諸元。			

資料來源：作者自製。

2. ULISS-30 定位定向系統作業

作業小組區分為系統操作手與駕駛，使用本軍制式 M998、1½T 悍馬車，於實驗區作業（測量結果如表四）。

表四 定位定向系統（ULISS-30）現地作業紀錄表

測量次數	點標記	已知諸元	獲得諸元	誤差值
1	A001	X : 216905.167 Y : 2549012.791 Z : 20.166	X : 216906.18 Y : 2549011.89 Z : 20.84	X : + 1.013 Y : - 0.901 Z : + 0.674
	A002	X : 217124.818 Y : 2549200.779 Z : 17.761	X : 217123.96 Y : 2549199.76 Z : 18.23	X : - 0.858 Y : - 1.019 Z : + 0.469
	A003	X : 217027.709 Y : 2548761.633 Z : 20.589	X : 217028.82 Y : 2548762.57 Z : 21.74	X : + 1.111 Y : + 0.937 Z : + 1.151
	A004	X : 217248.913 Y : 2548324.884 Z : 25.719	X : 217250.16 Y : 2548325.60 Z : 26.12	X : + 1.217 Y : + 0.716 Z : + 0.401
	A005	X : 217150.191 Y : 2548740.113 Z : 22.401	X : 217151.30 Y : 2548739.01 Z : 21.56	X : + 1.109 Y : - 1.103 Z : - 0.841
	A006	X : 216988.073 Y : 2548978.833 Z : 20.444	X : 216989.48 Y : 2548979.20 Z : 20.94	X : + 1.407 Y : + 0.633 Z : + 0.496
2	A001	X : 216905.167 Y : 2549012.791 Z : 20.166	X : 216906.21 Y : 2549013.89 Z : 19.26	X : + 1.043 Y : - 1.099 Z : - 0.906
	A002	X : 217124.818 Y : 2549200.779 Z : 17.761	X : 217126.12 Y : 2549199.76 Z : 18.23	X : + 1.302 Y : + 1.019 Z : + 0.469
	A003	X : 217027.709 Y : 2548761.633 Z : 20.589	X : 217026.22 Y : 2548760.77 Z : 21.74	X : - 1.489 Y : - 0.863 Z : + 1.151
	A004	X : 217248.913 Y : 2548324.884 Z : 25.719	X : 217250.37 Y : 2548322.98 Z : 24.88	X : + 1.457 Y : - 1.904 Z : + 0.839
	A005	X : 217150.191 Y : 2548740.113 Z : 22.401	X : 217151.55 Y : 2548741.81 Z : 23.36	X : + 1.359 Y : - 1.697 Z : + 0.959
	A006	X : 216988.073 Y : 2548978.833 Z : 20.444	X : 216986.88 Y : 2548979.35 Z : 19.84	X : - 1.193 Y : + 0.517 Z : - 0.604
附記	一、ULISS-30 測得平均徑誤差：座標 1.22； 標高 0.71 二、單位：公尺			

資料來源：作者自製。

3. 作業比較

徠卡 (LEICA) GS20 PDM 「即時動態測量」 (RTK) 與 ULISS-30 定位定向系統分別於實驗區作業兩次，其作業方式、成果與時間比較，如表五。

表五 徠卡 (LEICA) GS20 PDM RTK 與 ULISS-30 作業比較暨預期效益表

徠卡 GS20 PDM 「即時動態測量」 (RTK) 與 ULISS-30 作業比較暨預期效益表		
項 目	徠卡 (LEICA) GS20 PDM RTK	定位定向系統 ULISS-30
作業起始	不需任何點位	需精度高之已知點實施初始校準
校準時間	2 分鐘(開機設定)	22 分鐘(初始校準)
作業人員	1 人	至少 2 人
攜行方式	1 人下車即可作業	須裝載於悍馬車上作業
單點時間	30 秒至 1 分鐘	壓點 2 分鐘，放射 5 分鐘
電力供應	1 顆電池可用 4 小時	系統電瓶 2 小時餘靠車輛直流電
運動速度	車輛速限無限制	依道路狀況不同限制車速
位 置 更 新 作 業	不需要	1. 中距離：30 公里或 2 小時 2. 長距離：75 公里或 5 小時
零 速 更 新 作 業	不需要	4 分鐘或 10 分鐘零速更新
作業時間	1. 統制點×6(其中 A005，位於室內無法測定)，作業 6 分鐘。 2. 磁偏校正站×1 壓點、地線及方位作業 8 分鐘 (需搭配經緯儀作業)。 3. 運動時間時速 20 公里 9 分鐘，合計 23 分鐘。	1. 以 4 分鐘零速更新作業。 2. 統制點×6 壓點作業 12 分鐘。 3. 磁偏校正站×1 壓點、地線及方位作業 16 分鐘。 4. 運動時間時速 20 公里 21 分鐘，合計 49 分鐘。
作業限制	1. 依賴 GPS 衛星訊號。 2. 作業地區需具備 GSM 通信訊號。 3. 資料經由藍芽傳輸。	慣性導航系統，無需依賴 GPS 衛星訊號、GSM 通信訊號、藍芽傳輸
精度	徑誤差小於 1 公尺	徑誤差小於 2 公尺
記憶容量	10,000 筆以上	99 筆
運用 RTK 預期效益	1. 減少對已知點(衛星控制點、水準點、精密導線點、測地基準點)依賴。 2. 能有效降低作業時間，所獲得精度較 ULISS-30 為佳。 3. RTK 座標徑誤差小於 1 公尺，定位定向系統 (ULISS-30) 徑誤差小於 2 公尺，標高誤差小於 1 公尺，均符合砲兵建立測地統制之作業要求，惟兩者相比，則以 RTK 精度較佳。	

資料來源：作者自製。

四、測試結果分析

(一)就作業精度而言

測試結果徠卡 (LEICA) GS20 PDM 之 RTK，座標徑誤差小於 1 公尺，定位定向系統 (ULISS-30) 徑誤差小於 2 公尺，標高誤差小於 1 公尺，均符合砲兵建立測地統制之作業要求。

(二)就作業時間而言

徠卡 (LEICA GS20 PDM) RTK 與定位定向系統 (ULISS-30) 測試結果，雖均符合精度要求，惟就兩次測試結果顯示，使用 RTK 單點作業時間為 30 秒至 1 分鐘；ULISS-30 則壓點 2 分鐘、放射測量 5 分鐘。如平時砲兵部隊可使用 RTK 實施防區測地，其速度與精度將較定位定向系統 (ULISS-30) 為佳。

(三)就作業自主性而言

歷經四次之作業分析比較，RTK 之作業雖具有精度高、速度快、操作便捷等優點，惟在 A005 點位因無法接收 GPS 衛星信號，而無法獲得成果，顯示 RTK 作業必須依賴 GPS 衛星信號與 GSM 通信訊號，實缺乏作業自主性。

反觀定位定向系統 (ULISS-30)，不依賴任何外來信號，具備充分自主性，只要載具或放射可到達之點位，均可執行作業。

伍、「即時動態測量」(RTK) 作業特、弱點

「即時動態測量」(RTK) 為屬 GPS 系統之測量技術，砲兵部隊現行使用之 ULISS-30 則運用慣性導航原理，兩者不僅設計原理、性能、價格不同，且運用方式各異。如將 RTK 做為砲兵防區測地選項，務須瞭解其特、弱點，俾研擬具體有效之運用方式。

一、作業特點

(一) 無需依賴國家控制點，且座標系統符合需求

運用 RTK 作業，將不再依賴高精度之國家控制點 (衛星控制點、水準點、三角點等) 起始，可免除尋找控制點與座標系統轉換之困擾。如平時防區測地可利用 RTK 精確、快速之作業特性，加密各作戰區之測地基準點成果網，將有利於戰時之擴張作業。

(二) 作業快速且效率高

RTK 作業僅需一人，使用一般行動電話 GSM 連接作業，在信號良好狀況下數秒鐘即可獲得一點座標，其作業速度快，充分精簡人力，可大幅提高測地作業效率。

（三）精度高且無累積誤差問題

當符合 RTK 之基本條件後，其作業不僅精度高、數據正確且無累積誤差問題存在。在一定的作業半徑範圍內，RTK 提供座標與標高精度，皆可達到「公分級」之水準。

（四）操作簡單、訓練容易

RTK 裝備與作業操作簡便、數據處理能力強，當操作手進行點位測量後，即可快速傳輸鏈結至電腦與測量器材。如與砲兵部隊現行使用之徠卡測距經緯儀（TPS-700 型）結合使用，不僅操作簡便且訓練容易。

二、弱點

（一）依賴GPS信號決定測量能力

RTK 需有較佳之接收位置，如在高山地區及密集森林地，或城市高樓密布地區，衛星信號接收便會較差，且天候環境也會影響作業，在上述環境中發現其共用衛星數較少，常接收不到 5 顆衛星，因而初開機時間長甚至不能作業，也就無法進行測量。¹¹如實驗場 A005 點位於室內，其無法接收 GPS 信號，導致無法獲得測站座標。

（二）作業精度依賴GSM通信鏈結

RTK 作業依賴 GSM 無線通訊鏈結，易受到障礙物如高大山體、高大建築物和各種高頻信號源的干擾，在傳輸過程中衰減嚴重，恐影響作業精度和作業半徑。在地形起伏高差較大的山區和城鎮高樓區，數據傳輸信號也較受到限制，容易造成衛星脫鎖，採用 RTK 作業時有時需要經常重新初始化，這樣測量的精度和效率都受影響。¹²

（三）作業電力需求大，需有效供應

RTK 作業期間耗電量較大，需要較大容量之電池，始可確保連續作業能力，否則將限制運用於缺乏電力供應之偏遠地區。¹³

（四）高程成果格式不符，需依賴轉換

徠卡（LEICA GS20 PDM）作業時，所獲得標高為橢球高，需依賴 PDA 或「荷蘭皇家海軍水文測量局」（Royal Netherlands Navy, Hydrographic Service）PCTrans4.2 等二種進行轉換成正高，¹⁴其結果均須經由地圖定點核對，以確保正確無誤。

¹¹ 同註 10，頁 13。

¹² 同註 10，頁 13。

¹³ 同註 10，頁 13。

¹⁴ 耿國慶，〈運用地圖支援砲兵測地之研究〉《陸軍砲兵季刊》（台南），第 159 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 11 月，頁 16。

陸、運用研議

基於前述研析，「即時動態測量」（RTK）僅可作為砲兵平時因應防區測地任務之特殊裝備，作戰時仍運用現行測地編裝，並遵循「野戰砲兵測地訓練教範」行之；RTK 運用研議如後。

一、配賦單位

軍團(防衛部)不僅作戰區幅員遼闊且平時任務繁重，各目標連（本部連）測量排除須負責開設「測地資料中心」外，並提供各級砲兵部隊控制點及測地統制點、基準點成果表起始作業。建議 RTK 裝備配賦各目標連（本部連）測量排 2 套，以確保測地統制任務之達成。

二、裝備效益

RTK 因具備傳統 GPS 測量及 GMS 信號修正，不僅較「定位定向系統」（ULISS-30）精簡作業人力，亦可提供點位精度達「公分級」，因此每個點皆可作為砲兵測地之基準點。如 RTK 運用於平時作業，將不需要控制點起始作業，大幅減低對國家控制點之依賴，並精確、快速加密各作戰區之測地基準點成果網。另可將 RTK 搭配測距經緯儀作業，俾消除地形限制。

三、運用時機

考量 RTK 須依賴 GPS 信號，因 GPS 系統受美國國防部之管理與控制，缺乏自主性，且信號易受干擾、偽冒與欺騙，致戰時絕不可過分依賴。故 RTK 僅適用於平時防區測地任務，戰時則仍依砲兵現行測地裝備與技術行之。

柒、結語

防區測地為砲兵經常之任務，其中建立測地統制為軍團（防衛部）砲兵之責任。然就檢討現況，基於諸多窒礙因素，即使防區測地行之有年，惟目前各作戰區基準點建立密度與精度不佳，仍有待加強。

當前拜 GPS 科技發展之賜，「即時動態測量」（RTK）技術日新月異，已具備無需依賴控制點、精度高、速度快、人力需求低、操作簡單、訓練容易與價格便宜等多種優點，可作為砲兵建立測地統制作業之選項。惟戰時 GPS 系統受美國國防部之管理與控制，不僅缺乏自主性，且信號易受干擾、偽冒與欺騙，致不可過分依賴。故 RTK 僅適用於平時防區測地任務，戰時則仍依砲兵現行測地裝備與技術行之。

參考文獻

- 一、陸軍野戰砲兵測地訓練教範(下冊)(第二版)，(桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 99 年 11 月)。
- 二、陳文豐，〈全球定位系統之單點定位〉《測量學術發表會專輯》(台中)第 30 輯，民國 91 年 9 月。
- 三、黃建華，〈淺談全國性電子化 GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統〉(中華民國地籍測量學會，民國 94 年 3 月)，<http://www.cadastralsurvey.org.tw> (101 年 5 月 10 日)。
- 四、王敏雄，〈地籍測量應用及發展研討會資料〉(中華民國地籍測量學會，民國 94 年 5 月)，<http://www.cadastralsurvey.org.tw> (101 年 7 月 17 日)。
- 五、王敏雄，〈e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統建置及運作現況〉(內政部國土測繪中心，民國 95 年 11 月)，<http://www.nlsc.gov.tw> (101 年 5 月 10 日)。
- 六、陳為斌，〈網路即時動態定位系統運用於台南縣加密控制測量之研究〉《國立成功大學論文》(台南)，民國 97 年 6 月。
- 七、戴翰國，〈EGPS 於測量上之應用〉(全泰工程測量顧問有限公司，民國 96 年 3 月)，<http://www.tpetube.com.tw> (101 年 5 月 15 日)。
- 八、黃諧榮，〈測地成果建檔與分發運用〉《砲訓部 96 年防區測地計畫講習》，(台南)，民國 96 年 11 月。
- 九、王敏雄，〈e-GPS 之應用與未來展望〉(內政部國土測繪中心，民國 94 年 5 月)，<http://www.nlsu.gov.tw> (101 年 5 月 10 日)。
- 十、耿國慶，〈運用地圖支援砲兵測地之研究〉《陸軍砲兵季刊》(台南)，第 159 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 11 月。
- 十一、宏遠儀器有限公司，《徠卡 LEICA GS20 儀器使用手冊》(台北縣：民國 98 年 10)。

作者簡介

曾育養士官長，陸軍專科學校士官長正規班 32 期畢業，曾任測量班長、副排長，現任職砲校目標獲得組士官長教官。