

精進「防區測地」作業能力之研究

作者：耿國慶

提要

- 一、「防區測地」之特點在「結合戰備任務，防區獨立作業、考驗專業能力與落實測地整備」，即各作戰區（防衛部）砲兵部隊，以作戰區（防衛部）「建立測地統制」為起點，擴張至砲兵營（連）「提供測地成果」，完成防衛作戰各階段火力支援所需之測地作業，落實測地戰備整備。就 105 年度精度驗證分析，少數單位「砲兵各項設施」座標與方位嚴重錯誤，將影響射擊安全與防衛作戰火力支援成效，亟需詳實檢討，並謀求有效之精進措施。
- 二、「防區測地」成果嚴重錯誤問題，概分為「作業紀律」與「作業能力」兩個層面。前者宜由權責單位自行要求改進，後者則歸納為：衛控點資訊不足、有（無）定位定向系統狀況下運用衛控點與地線建立方式不當等問題。為能提升「防區測地」作業能力，落實測地整備，特針對問題研究精進作法，提供部隊作業參考。
- 三、「防區測地」為例行之戰備整備工作，各作戰區（防衛部）應依據任務逐年計畫、律定進度、分區（案）作業、驗證精度，期能累積成效，建立完整、堅實之測地網路，滿足防衛作戰火力支援任務需求。建議部隊恪遵作業紀律，並參考本研究所提供精進作法，跳脫「測考」框架，激發專業創意，確實提升防區測地技術與應變能力，達成精度要求。

關鍵詞：防區測地、衛星控制點、已知點閉塞導線、定位定向系統、方位地線、磁偏常數、初始校準點

前言

「防區測地」之特點在「結合戰備任務，防區獨立作業、考驗專業能力與落實測地整備」，即各作戰區（防衛部）砲兵部隊，於接受砲訓部作業講習後，發揮獨立作業精神，以作戰區（防衛部）「建立測地統制」為起點，擴張至砲兵營（連）「提供測地成果」，完成防衛作戰各階段火力支援所需之測地作業，落實測地戰備整備。惟基於部隊長期測考使用「固定陣地設施」，在裁判（教）官周密指導與檢查下，致獨立作業能力不足，且以駐地任務繁忙、人裝不足與安全考量等理由，影響防區測地之精度與成效。

就 105 年度精度驗證結果分析，少數單位其「砲兵各項設施」（陣地、觀測所、雷達站、氣象台、磁偏校正站、測地基準點、統制點等）之「座標徑誤差」與「方位角誤差」，竟分別高達數十公尺（容許誤差 <3 公尺）與數百密位（容許誤差 <1 密位），基於誤差程度已歸類為「錯誤」等級，將嚴重影響射擊安全

與火力支援成效，亟需詳實檢討，並謀求有效之改進措施。

防區測地精度問題檢討

防區測地重大錯誤問題，可概分為「作業紀律」與「作業能力」兩個層面。就 105 年度檢查實況、數據與經驗分析，絕大部分為作業單位未遵照講習規定，擅自將觀測組配發之「GARMIN-60CS」GPS 接收機對「砲兵各項設施」單點定位與定向，或由軍圖上直接量取座標、標高與方位，致發生不符常態之嚴重錯誤，實屬「作業紀律」層面，宜由權責單位自行要求改進。筆者僅針對「作業能力」（測地專業）問題，詳實檢討並提供精進做法。

一、控制點資訊不明，偵選、申請與使用不便

「防區測地」使用國家「控制點」(control point，包括三角點、衛星控制點、精導點、水準點等)建立測地統制與檢查測地成果，已建立標準化作業程序。自民國 101 年 3 月 30 日內政部(地政司)國土測繪中心依「內政部基本測量成果供應要點」與「內政部國土測繪中心測繪成果電子資料流通作業要領」供應「1997 座標系統之 2010 年成果」(TWD97【2010】)之「衛星控制點」(簡稱「衛控點」)共計 3,013 點(如表一)，作戰區(防衛部)「測地資料中心」(Survey Information Center，SIC)與砲兵營(連)可於「國土測繪中心」網站(<http://eservice.nlsc.tw>)申請，¹作為「防區測地」之測地統制點使用。惟就精度驗證發現，軍圖製作與測地作業單位忽略「衛控點」資訊建立，影響偵選、申請與使用。

(一) 軍圖未標示控制點位，不力偵選作業

國家各項建設皆須仰賴高精度之基本控制測量系統為基礎，當前內政部衛星控制點成果更新之主要目的為提升網形精度，數量變更則在增加各機關(包括民間測量學術、縣市政府與軍方測繪單位等)測量運用之效益。²

據內政部國土測繪中心表示：當 101 年 3 月 30 日新的 TWD97【2010】成果公告後，未來中央的測量作業就以此為準，包括中央的基本圖與千分之一以上的地形圖。³惟本軍目前使用的 105 年版 1/25,000 軍用地形圖(軍備局生產製造中心第 401 廠 105 年 4 月印刷)，大部分圖資沿用舊版(102 年)，僅標繪少數 TWD97【1997】成果之衛控點、水準點，至於 101 年公告 TWD97【2010】成果之各等級衛控點更未標示，造成砲兵部隊防區測地偵選與使用衛控點之困擾。

(二) 未依需要申請成果，肇生起始誤差

¹公告內政部大地基準及一九九一座標系統 2010 年成果)《內政部公告》(臺北：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日)，頁 1。

² 同註 1，頁 1。

³ 〈「TWD97 大地基準及座標系統成果更新座談會」會議紀錄〉《內政部函》，(臺北：臺內地字第 1000226477 號，民國 100 年 11 月 23 日)，頁 2。

自 101 年 3 月 30 日內政部公告 TWD97【2010】衛控點成果後，原本砲訓部 98 年所分發的 TWD97【1997】成果，因歷經 10 餘年地殼變動、921 地震與莫拉克風災等影響，部分地區點位已產生明顯位移，已無法符合當前測繪之精度需求予以作廢。⁴惟 TWD97【2010】衛控點成果須由各部隊依需要向內政部國土測繪中心申請，如仍沿用 TWD97【1997】舊成果起始（檢查）防區測地，勢必產生少量系統誤差。

表一 內政部 101 年公告各級衛星控制點清單數量

項次	點位等級	數量
1	衛星追蹤站	18 點
2	I 等衛星控制點（GPS 連續站）	219 點
3	I 等衛星控制點	105 點
4	II 等衛星控制點	569 點
5	III 等衛星控制點	2,012 點
	合計	3,013 點

資料來源：（公告內政部大地基準及一九九一座標系統 2010 年成果）《內政部公告》，（臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民 101 年 3 月 30 日），頁 11。

二、無定位定向系統時，起始方位錯誤，傳播作業誤差

內政部所公告之「衛控點」可提供精確之座標與標高，惟缺「方位基準點」（方位統制點，P）方位角，當防區測地作業無「定位定向系統」（定位定向系統因損壞，而無法使用）時，作業開始點之「起始方位角」成為使用衛控點之極大困擾，基於目前「定位定向系統」妥善率偏低，「無定位定向系統」作業型態則益形重要，測地人員宜審慎因應。通常解決方法之優先順序為：兩已知（控制）點計算、天體觀測與使用 M2 方向盤之「磁偏常數」測定等（各種定向方式、裝備比較，如表二）。惟防區測地作業地區經常發生兩個臨近之「衛控點」無法通視，或天候不佳無法觀測天體，致被迫使用 M2 方向盤之「磁偏常數」測定起始方位，而過大之起始「方位誤差」（Azimuth error, eAz）最終將傳播至同區（案）之測地成果內。

表二 野戰砲兵各種定向方式（裝備）比較

項目 \ 區分	兩座已知點計算	天體觀測	磁針（數位指北針）	陀螺儀
裝備（作業）組成	「經緯儀（或 M2 方向盤）」 包括：控制（基準）點成果表、電算機（對數表）等	「經緯儀（或天文定向模組—ANFM）」 包括：軍用簡要天文年曆、電算機（對數表）等	「M2 方向盤」 包括：管式指北針（數位指北針）、測角儀、三腳架等 ^①	「輕型方位陀螺儀（SIGAL）」 包括：陀螺儀、輕型經緯儀、電源供應器、三腳架等 ^②

⁴ 同註 3，頁 1。

精 度	<±1 密位 (視已知點座標精度而定)	<±0.15 密位	>±20 密位 (視電磁影響程度與磁偏校正結果而定)	<±0.4 密位
價 格	低	低	極低	極高
定向 (作業) 時 間	<2 分鐘	5 分鐘 (天文定向模組為 1-2 分鐘)	2-3 分鐘	3.5 分鐘
與其他裝備之相 容 性	不需要	簡單	簡單	極複雜
電 力 需 求	不需要	一般電池	不需要 (一般電池)	特殊電源
維 修 方 式	不需要	簡單	簡單	複雜
限 制	受通視條件限制 (當某一已知點被遮蔽時, 即無法作業)	受天候限制 (當天體被遮蔽時, 即無法作業)	1. 易受電磁干擾 2. 磁場不穩定 3. 需經常磁偏校正	作業範圍限於南、北緯 75 度之間
附 記	①「數位指北針」又稱為「電羅經」, 通常定向精度為±9 密位。 ②「定位定向系統」屬陀螺儀定向, 惟藉由兩點座標所計算之「方位地線」方位角遂行定向, 精度<±1 密位。			

資料來源：作者自製

三、有定位定向系統時，「初始校準點」精度不佳，累積系統誤差

內政部建立「衛控點」時，基於精度考量與選取基準，優先將點位設置於 GPS 衛星測量之理想接收環境 (如表三)，⁵致點位較少設置於道路旁定位定向系統易接近之地點；大多數則位於丘陵、建築物頂或高地之林空，不利定位定向系統使用 (如圖一)。當防區測地作業即使可用「定位定向系統」，惟礙於通視條件，仍無法直接使用「衛控點」初始校準或位置更新時，即放棄使用或採「假設諸元」起始作業，導致所建立之「砲兵各項設施」產生嚴重誤差。

表三 衛星控制點選取基準

項次	衛星控制點選取基準
1	點位分布均勻。
2	以設置於未登記土地及公有土地為原則。
3	對空通視良好，點位 45 度仰角至少需有 4 顆衛星。
4	地質穩固，無局部滑動之虞。
5	點位附近可長期保持現狀，不作其他用途。
6	遠離廣播電台、電視轉播站、雷達站、高壓電與其他電磁波源，以避免無線電波干擾衛星信號。
7	近距離內無電磁波反射體 (如金屬板、鐵絲網與平面狀反射體等)，以減低「多路徑效應」。
8	以交通便捷，易為測量、工程及其他各界應用為原則。
9	徵得土地所有人或土地管理機關之同意。

資料來源：〈內政部辦理一等、二等衛星控制點測量作業規範〉，《內政部地政司衛星測量中心公布欄，2000/7/6》，<http://www.moidlassc.gov.tw/cp5.htm>，頁 1。

⁵ 〈內政部辦理一等、二等衛星控制點測量作業規範〉，《內政部地政司衛星測量中心公布欄，2000/7/6》，<http://www.moidlassc.gov.tw/cp5.htm>，頁 1。

圖一 衛星控制點點位設置示意



資料來源：<http://eservice.nlsc.gov.tw/CaseApply/login.aspx?ReturnUrl=%2fCaseApply%2fPortal.aspx>

四、有定位定向系統，地線建立不當，影響方位精度

「定位定向系統」(ULISS-30)區分為「經緯儀瞄準法」、「方位轉換鏡法」與「方位地線法」等三種方位轉換方式，⁶其中「方位地線法」以兩已知座標點，求取相對方位角，最為簡便、迅速，且精度在「初始校準」直後 <0.4 密位「公算偏差」(Equal probability, EP)，作業兩小時後 <1 密位 (EP)。⁷惟地線須超過 100 公尺，如兩端「路測點」(Waypoint)以「路測點座標儲存」(壓點)方式獲得，較為精確；當兩端座標獲得方式不同(如一端「放射測量」，另一端壓點)時，則可能因經緯儀「調諧校正」精度不佳，造成兩端座標差並非「常數」，致影響地線方位角精度。通常此種誤差操作者較不易發現，惟一旦發生，將影響所有方位誘導或擴張作業之精度。

精進作法

「防區測地」可謂集「砲兵測地專業」之大成，其範圍涵蓋資訊運用、作業技術與應變能力等，充分考驗權責單位之計畫、督導、協調與管制能力，期於平時建立測地整備，戰時則適時擴張作業，達成火力支援任務之目標。因此，上起軍圖測製單位，下至砲兵測地作業部隊，均應集思廣益、通力合作，適切提升防區測地精度與成效。

⁶ 《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》(桃園：陸總部，民國 87 年 11 月)，頁 5-31。

⁷ 同註 6，頁 1-12。

一、充實軍圖圖資，增進防區測地運用效益

（一）補建軍圖衛控點位

現代化戰爭講求高科技與高效率，致測繪科技支援三軍作戰，益形重要。就砲兵測地而言，地形圖不僅用於一般軍事事務，對測地支援層面更為廣泛與重要。基此，建議軍圖製作單位（軍備局生產製造中心第 401 廠），詳實標繪內政部 101 公告 TWD97【2010】成果中之各級衛控點位，並確實調繪最新圖資，俾提升軍圖品質，充分發揮支援作戰功效。

當軍圖圖資未補建前，為能充分掌握可用衛控點數量與位置，可至內政部國土測繪中心「測繪圖資電子申購系統」（<http://eservice.nlsc.gov.tw/CaseApply>），線上申購（或全國各售圖站購買）101 年測製完成最新版 1/25,000 經建版（TM2° 分帶座標）地形圖，參考圖上各級衛控點偵選可用點位，再配合軍圖（UTM6° 分帶座標）作業。當現地偵察時，為爭取時效，始可調借觀測組「GARMIN-60CS」GPS 接收機，輸入衛控點座標後，以「導航模式」現地確認。⁸

（二）優先使用 TWD97【2010】成果

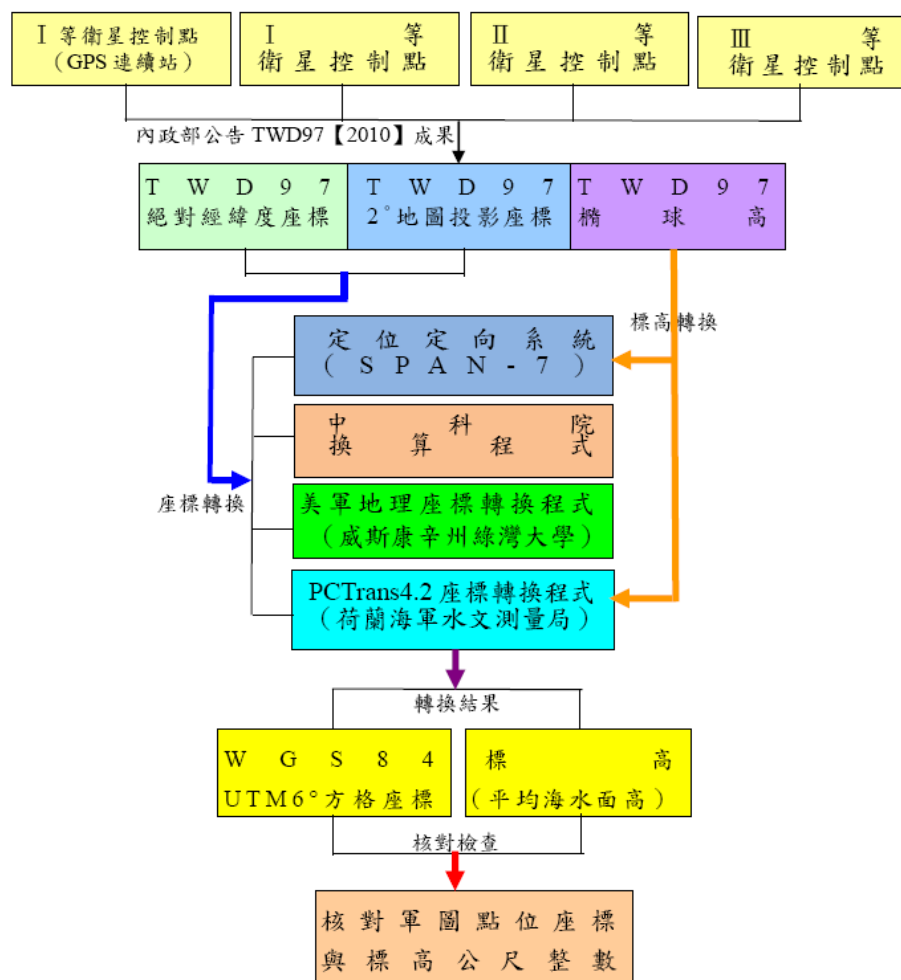
砲兵部隊可視防區測地任務需要，至內政部國土測繪中心－「測繪圖資整合資料查詢申購入口網」申購所需之衛控點 TWD97【2010】成果資料，經適切轉換後優先運用，俾增進防區測地精度。內政部國土測繪中心所公布之衛星控制點 TWD97【2010】成果，區分為「絕對（大地）座標」（ITRF94,1997.0,GRS80）與「地圖投影後之縱橫座標」（ITRF94,1997.0,GRS80,TM2°）兩種，標高則為「橢球高」（Ellipsoid height）。各級測地資料中心須經由砲訓部 98 年所分發之「座標轉換軟體」（轉換流程，如圖二）獲得砲兵使用之 WGS-84,UTM（6 度分帶）方格座標與標高（平均海水面高），經核對軍圖檢查無誤後，除修訂原 TWD97【1997】成果外，並適時製作「控制點（基準點）成果表」分發下級運用。

二、無定位定向系統時，採「已知點閉塞」建立衛控點方位基準

無「定位定向系統」（定位定向系統因損壞、送修而無法使用）之測地作業單位，天候狀況無法實施天體觀測，且起始衛控點無法就近通視另一衛控點時，作業開始點之「起始方位角」，可在起始衛控點使用經過磁偏校正之方向盤建立衛控點之「假設方位角」，向另一個最近的「衛控點」實施「已知點閉塞」（Close on second station）導線測量。當完成「已知點閉塞」後，再經由兩點（兩衛控點、衛控點至閉塞點）之方位計算方式修正起始方位角，並經由重行計算後之閉塞導線精度驗證修正結果。注意事項與作業要領（含範例）分述如後。

⁸ 《GPSMAPS®60CSx 中文操作手冊》（臺北：國際航電股份有限公司，2006 年 6 月），頁 100-104。

圖二 衛星控制點座標、標高轉換流程示意



資料來源：作者自製

(一) 注意事項

1. 不可使用「迴歸閉塞」

當起始方位角精度不確定，欲藉由座標閉塞差求取起始方位角「修正值」時，絕不可使用「迴歸閉塞」(Close on starting station)，否則僅可顯示測地作業之「精密度」(Precision)，而無法分離方位誤差，達到修正起始方位角之目的(閉塞導線特性分析比較，如表四)。

表四 閉塞導線特性分析比較

項目 \ 區分	已知點閉塞	迴歸閉塞
已知點需求數	兩個(起始點、閉塞點)	一個(起始點即閉塞點)
已知(起始)點座標、標高精度	重視	不重視(可使用假設座標、標高)
已知(起始)點方位精度	重視	不重視(可使用假設方位角)
閉塞結果參考價值	可顯示作業「精確度」與「精密度」	當起始點使用假設諸元(座標、標高、方位角)時，僅顯示作業精密度

導線誤差類型與判斷對照	方位合格座標失敗	顯示距離錯誤	顯示距離錯誤
	方位失敗座標合格	顯示錯誤不在距離，出現在閉塞水平角	顯示錯誤不在距離，出現在起始或閉塞水平角
	方位失敗座標失敗	因作業時未測量閉塞水平角，故顯示錯誤出現在「起始或各站」水平角。如各站測角符合要求，錯誤判定出現在「起始」方位角。	因起始方位或閉塞水平角錯誤，不影響座標精度，故顯示錯誤出現在起始或閉塞之外的「各站」水平角。
附記		一、「精確度」(Accuracy) 係指最終測量結果與「真值」(正確值) 間之差異。 二、「精密度」(Precision) 係指測量者之技能與使用儀器，可影響測量作業精密之程度。 ⁹	

資料來源：作者自製

2.適時實施「磁偏校正」

通常部隊移動超過40公里後，M2方向盤之「磁偏常數」(Declination constant) 已不適用，亟須利用該地區設置之磁偏校正站，求取正確的磁偏常數。¹⁰如當地未設置磁偏校正站或無法及時校正時，則須運用「越區換算公式」，計算M2方向盤在新地區之磁偏常數因應。惟此舉無法取代正常校正程序，使用者仍須於狀況許可時，補行磁偏校正。範例如下。

(1) 狀況

砲一營第一連M2方向盤1個月前曾在「牛長山」(1/50,000 旗山，圖號9418 I) 實施磁偏校正，其平均磁偏常數為6371密位。目前該連機動至官田(1/50,000 新化，圖號9419 II)，超過有效距離(40公里)在無法獲得磁偏校正站之狀況下，如何將「牛長山」所得之磁偏常數換算為「官田」地區之磁偏常數？(旗山、新化地圖之偏角圖：如圖三)。

(2) 磁偏常數換算公式

原「磁偏常數」+原「方格磁角」=磁針分劃
 磁針分劃-當地「方格磁角」=當地磁偏常數
 或：原「磁偏常數」+原「方格磁角」-當地「方格磁角」
 =當地磁偏常數¹¹

(3) 換算結果

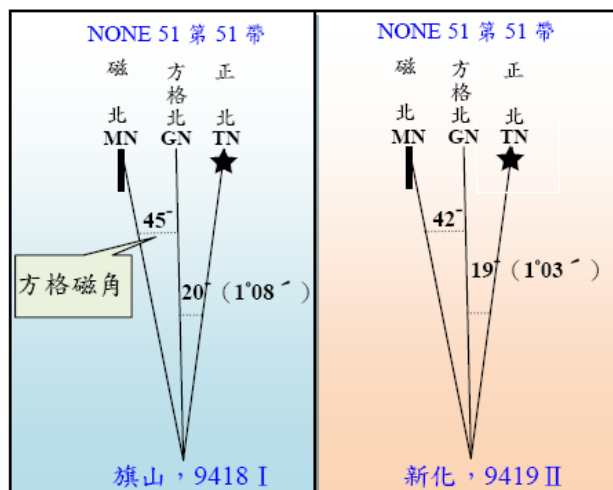
6371 密位+45 密位=6416 密位 (磁針分劃)
 6416 密位-42 密位=6374 密位 (官田地區磁偏常數)
 或：6371 密位+45 密位-42 密位=6374 密位 (官田地區磁偏常數)

⁹ 郭基榮，《測量學精義》(臺南：復文書局，民國79年)，頁12。

¹⁰ 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國99年11月)，頁2-55。

¹¹ “ARTILLERY SURVEY TM6-200”. (WASHINGTON 25,D.C：HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY.,10/1954) p42。

圖三 旗山、新化軍用地形圖「方位偏角圖」



資料來源：台灣省五萬分一軍用地形圖：旗山、新化（102 年版）

（二）作業要領（含範例）

1.測量官（排長）在防區測地作業區域（臺南臺糖沙崙農場）所在地圖上選擇與「起始衛控點」（R300、沙崙農場Ⅲ等衛控點）相近之另一個衛控點（R299、南一高球場Ⅲ等衛控點，如圖四），向內政部「國土測繪中心」網站（<http://eservice.nlsc.gov.tw>）申請衛控點成果，並使用中科院（美軍地理座標、荷蘭 PCtrans4.2）轉換軟體完成 UTM6° 分帶座標轉換（如表五）。因目前部隊所使用之最新 105 版軍用地形圖，仍未完整標示內政部 101 年 3 月公告之 TWD97【2010】年衛控點成果，「測地資料中心」或砲兵營測量班可參考內政部 101 年測製完成之最新版 1/25,000「經建版」（TM2° 分帶座標）地形圖，偵選可用控制點（如圖五），再配合軍圖（UTM6° 分帶座標）作業。¹²

圖四 R299（南一高球場）Ⅲ等衛星控制點



資料來源：作者自製

¹²耿國慶，〈衛星控制點「1997 坐標系統 2010 年成果」對砲兵測地之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 3 月 20 日，頁 88、92。

表五 R299 與 R300Ⅲ等衛星控制點成果

點名	南一高球場	等級	Ⅲ等衛星控制點	1/50,000 圖號	9418 I
標石號碼	R299	標石種類	不銹鋼標	統一編號	008
檔案標號	關廟區-006	1/25,000 圖名	關廟	1/50,000 圖名	旗山
民用	TWD - 9 7	經度 E 120°17'27.60688"	緯度 N 22°54'32.93988"	橢球高	44.07
		橫座標 180369.511	縱座標 2534383.652		
軍用	WGS - 8 4	經度 E 120°17'27.60688"	緯度 N 22°54'32.93988"	標高	23.46
		橫座標 225221.329	縱座標 2535964.476		
點位概述	由關廟行駛台 19 甲往阿蓮方向直行，行至 53K 處右轉行南 160 線（長榮路），行約 3.35 公里至 12K+750 公尺處見左側歸仁區垃圾掩埋場門口，右側為高地有一果園停車，由右側路旁大潭高幹 166 右 1 電桿旁小徑行約 1 分鐘，點位位於鳳梨田與果園交界處。				
點名	沙崙農場	等級	Ⅲ等衛星控制點	1/50,000 圖號	9418 I
標石號碼	R300	標石種類	不銹鋼標	統一編號	009
檔案標號	關廟區-007	1/25,000 圖名	關廟	1/50,000 圖名	旗山
民用	TWD - 9 7	經度 E 120°18'29.82695"	緯度 N 22°55'11.44115"	橢球高	44.396
		橫座標 179047.734	縱座標 2535574.146		
軍用	WGS - 8 4	經度 E 120°18'29.82695"	緯度 N 22°55'11.44115"	標高	23.90
		橫座標 223915.116	縱座標 2535574.146		
點位概述	由關廟行駛台 19 甲往阿蓮方向直行，行至 46K+350 公尺處右轉往沙崙方向行至路底，南 157 線左轉直行見歸仁區納骨堂，至 4K+850 公尺右轉土路至路底可見沙崙農場，點位位於大芎高幹 144 左 14 電桿旁。				

資料來源：作者自製

圖五 防區測地（臺糖沙崙農場）衛星控制點分布狀況



資料來源：《中華民國臺灣地區兩萬五千分之一地形圖－關廟》，（內政部國土測繪中心，民國 101 年 5 月測製），經建第四版（圖號 9418-I NW）。

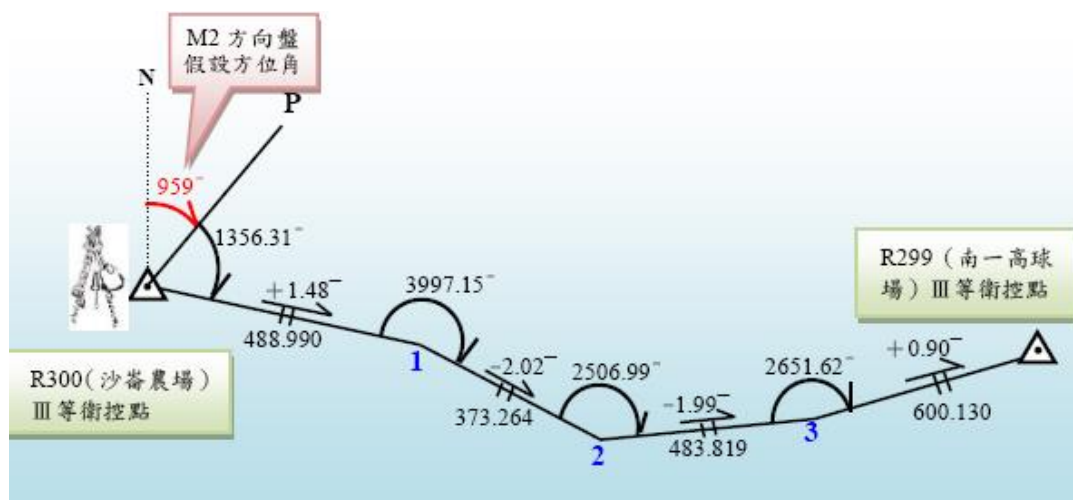
2.整置 M2 方向盤裝定「磁偏常數」歸北，測定「方位基準點」(P) 方位角兩次（須看讀至 0.5 密位），且兩次方位角相差須小於 ± 2 密位，再將其平均後作為「假設方位角」（範例為 959 密位）。

3.撤收 M2 方向盤，改換整置測距經緯儀，按「1/3,000 精度標準閉塞導線作業要領」（如表六），並恪遵加大邊長、減少邊數，避免累積誤差等要領，完成現地作業（如圖六），於計算「假設方位角閉塞導線」成果後，分析閉塞精度（如表七）。

表六 防區測地導線測量規範表

等級區分		防 區 測 地 (1/3,000 精度)	附 記
必要條件			
導線閉塞修正		需要	1.K 為距離千除數。 2.N 為測站數。 3.方位閉塞須使用天體觀測、陀螺儀或已知方位基準等方式檢查。
座 標 閉 塞	導線全長<9 公里	1/3,000	
	導線全長>9 公里	$\sqrt{K}$	
標 高 閉 塞	導線全長<4 公里	$\sqrt{K}$	
	導線全長>4 公里	$\sqrt{K}$	
方 位 閉 塞	≤6 個測站	±5 秒×N	
	≥7 個測站	±5 秒× $\sqrt{N}$	
方位角看讀位數		1 秒	
實施方位檢查測站數		25 站	
水 平 角	測量方式	一對回	
	紀錄(計算)至	1 秒	
天頂(高低)角	測量方式	正、倒鏡	
	紀錄(計算)至	1 秒	
距 離	捲尺(比較精度)	1/5,000	
	測距儀	看讀至 0.001 公尺	
座標計算位數		0.01 公尺	
標高計算位數		0.01 公尺	

圖六 控制點使用假設方位角實施已知點閉塞導線



表七 假設方位角閉塞導線成果與閉塞精度分析

R 3 0 0 沙 崙 農 場	223915.116	1 站	224288.41	2 站	224320.44	3 站	224655.96	R 2 9 9 南 一 高球場	225234.97
	2537173.535		2536857.68		2536485.79		2536137.21		2535979.38
	23.90		24.61		23.87		22.93		23.46
已知點閉塞差		R299（南一高球場）已知 X：225221.329 Y：2535964.476 假設方位角計算所得 <u>—X：225234.97 Y：2535979.38</u> = —13.641 —14.904							
精度分析		徑誤差 $\sqrt{(13.641)^2+(14.904)^2}=20.2$ 公尺 測距總長：488.990+373.264+483.819+600.130=1946.203公尺 精度比：1/1946.203公尺÷20.2公尺=0（無精度） 判 斷：假設方位角錯誤影響閉塞精度。							

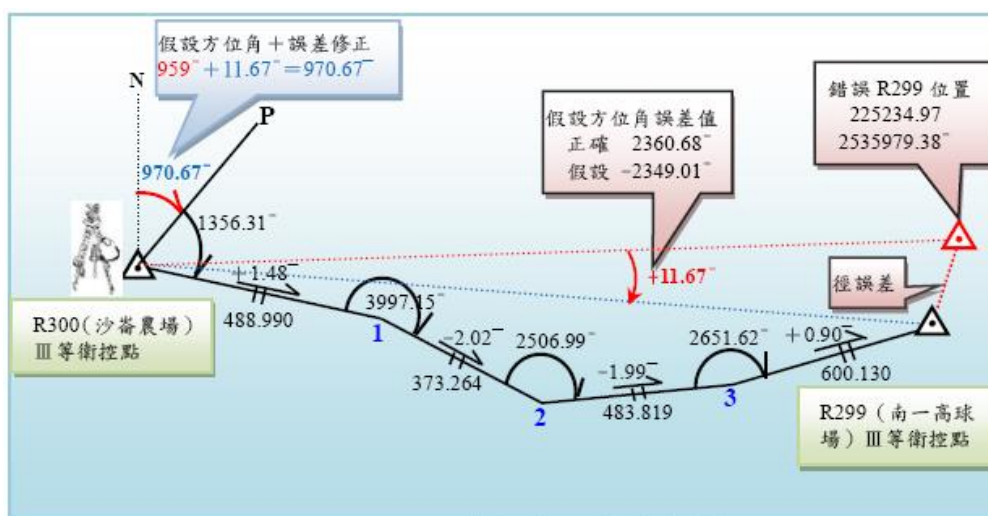
資料來源：表六、圖六、表七為作者自製

4.計算「控制點至控制點」正確方位角（2360.68 密位）與「控制點至閉塞點」之錯誤方位角（2349.01 密位），將正確減錯誤，即得「方位角修正值」（+11.67 密位）。

5.將「假設方位角」減（加）「方位角修正值」（959 密位+11.67 密位），得到「方位基準點」（P）正確方位角（970.67 密位）後，重新計算閉塞導線成果（如圖七）。

6.分析正確方位角計算結果（如表八），如精度超過 1/3,000，即表示「方位基準點」方位角修正正確，即可作為防區測地使用。

圖七 修正假設方位角要領示意



表八 修正方位角後之閉塞導線成果與精度驗證

R 3 0 0 沙 崙 農 場	223915.116	1 站	224284.79	2 站	224312.61	3 站	224644.14	R 2 9 3 南 一 高 球 場	225221.32
	2537113.535		2536853.46		2536481.23		2536128.86		2535964.46
	23.90		24.61		23.87		22.93		23.46
已知點 閉塞差		R299（南一高球場）已知 X：225221.329 Y：2535964.476 修正方位角計算所得 <u>—X：225221.32 Y：2535964.46</u> = —0.009 +0.016							
精度 分析		經誤差 $\sqrt{(0.009)^2+(0.016)^2}=0.018$ 公尺 測距總長：488.990+373.264+483.819+600.130=1946.203公尺 精度比：1/1946.203公尺÷0.018公尺=1/108,100 結 論：證明方位角修正無誤。							

資料來源：圖七、表八為作者自製

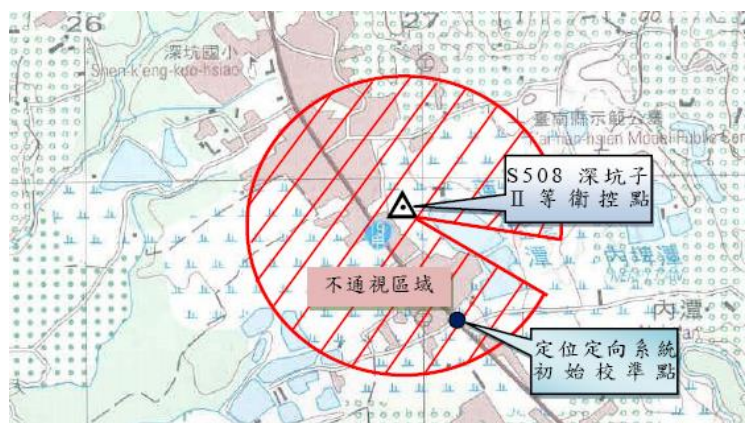
三、有定位定向系統無法通視控制點時，採導線法建立「初始校準點」

當作業地區選定之控制點定位定向系統無法通視，測量班必須以「導線法」，在系統可到達之位置建立「初始校準點」（Alignment point, ALN-P）。如因作業條件限制，測量班僅可使用「假設方位角」（如 M2 方向盤裝定「磁偏常數」測定）作為「導線法」之方位基準時，「初始校準點」之誤差將誤導或影響定位定向系統之內建參數與防區測地成果精度。

（一）測量官（排長）選定 S508（點名：深坑子）II 等衛控點為定位定向系統「初始校準點」（或位置更新點），建立歸仁五甲尾（255.404）至馬稠（262.376）

間地區之測地成果。惟經現地偵察發現，位於台 19 甲道路上之「初始校準點」(ALN-P) 無法直接通視 S508 II 等衛控點 (如圖八)，決定由測量班使用導線法建立。

圖八 S508 II 等衛控點無法通視「初始校準點」示意



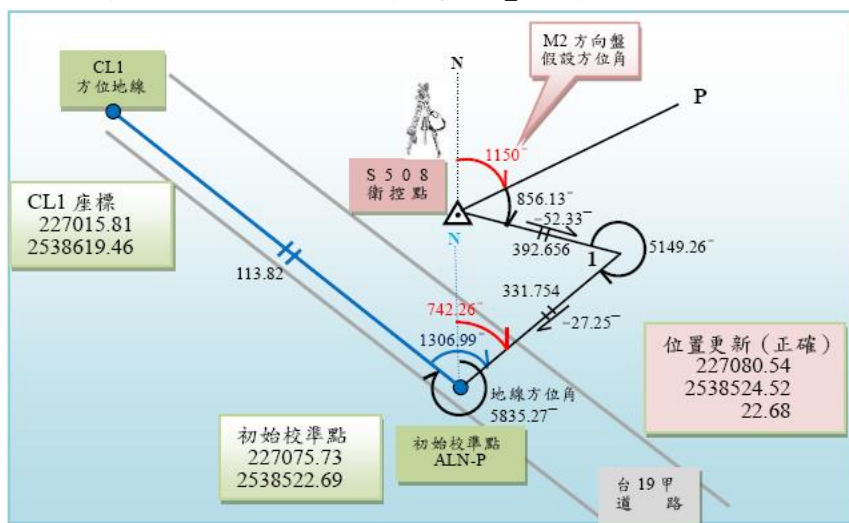
資料來源：作者自製

(二) 測量班於 S508 II 等衛控點整置 M2 方向盤，使用「磁偏常數」歸北，測定「方位基準點」(P) 方位角兩次 (須看讀至 0.5 密位)，且兩次方位角相差須小於 ± 2 密位，再將其平均後作為「假設方位角」(範例為 1150 密位)。

(三) 撤收 M2 方向盤，改換整置「測距經緯儀」，使用「非閉塞導線」由 S508 II 等衛控點測至台 19 甲道路上「初始校準點」(如圖九)，並計算成果 (如表九)。

(四) 定位定向系統使用測量班提供成果，於「初始校準點」上完成校準後，沿台 19 甲道向西北方 100 公尺外，設置「方位地線」(CL1)；測量班則於「初始校準點」整置測距經緯儀，測取地線至導線 1 測站之「水平角」，並將「CL1 方位角」+「CL1 至導線 1 測站之水平角」，計算「初始校準點」至 1 測站之方位角 ($5835.27^\circ + 1306.99^\circ = 7142.26^\circ$)。

圖九 導線法建立「初始校準點」與修正方位作業示意



資料來源：作者自製

表九 利用修正起始方位角計算正確「初始校準點」程序

測量班由假設起始方位角所計算之初始校準點諸元								
S 5 0 8 深坑子 衛控點	226937.969		1 站	227299.82		誤差 初始 校準點	227075.73	
	2538919.768			2538767.32			2538522.69	
	51.75			31.56			22.68	
	方位角 2006.13°			方位角 3955.39°				
定向系 統業 序	1	於初始校準點輸入誤差諸元，執行初始校準		測量 班計 算程 序	一、方位地線方位角：5835.27 密位			
	2	在西北方 100 公尺外道路，建立地線計算方位角			二、初始校準點至「1 站」正確方位角： 5835.27°+1306.99°=742.26 密位			
	3	測量班提供初始校準點正確諸元後，實施位置更新			三、初始校準點至「1 站」假設方位角： 3955.39°—3200°=755.39 密位			
					四、正確與假設方位角差值： 742.26°—755.39°=-13.13 密位			
					五、修正起始方位角後，重算初始校準點： 1150°—13.13°=1136.87 密位			
測量班修正起始方位角後重新計算初始校準點諸元								
S 5 0 8 深坑子 衛控點	226937.969		1 站	227301.76		正確 初始 校準點	227080.84	
	2538919.768			2538772.02			2538524.52	
	51.75			31.56			22.68	
	方位角 1993.00°			方位角 3942.26°				

資料來源：作者自製

(五) 測量班將導線 1 測站至 ALN-P 之方位角 (3955.39 密位) ± 3200 換算成「反方位角」(755.39 密位) 後，以「CL1 至導線 1 測站之正確方位角」減「導線 1 測站至 ALN-P 之反方位角」，計算「方位角修正量」($742.26^{\circ}-755.39^{\circ}=-13.13$ 密位)。

(六) 測量班修正「方位基準點」(P) 假設方位角 ($1150^{\circ}-13.13^{\circ}=1136.87$ 密位)，重新計算「初始校準點」正確成果 (參閱表九)，提供定位定向系統「位置更新」後，即可起始測地作業。

四、有定位定向系統時，採同一方式建立地線，掌握方位精度

「砲兵各項設施」均須建立「方位基準點」方位角，如「定位定向系統」(ULISS-30) 使用放射測量方式求取「測地基準點」座標，其地線一端則採「路測點儲存」(壓點) 方式建立，當定位定向系統「調諧校正」精度不佳時，致放射所得之「測地基準點」與地線一端兩者之座標誤差並非常數 (如表十)，將導致地線方位角誤差過大，影響「方位基準點」方位角精度 (如圖十)。精進作法須針對定位定向系統「調諧校正」精度與「同一方式建立地線」。

(一) 加強定位定向系統「調諧校正」訓練：要求調諧校正後「定位定向系統」(ULISS-30) CDU (控制顯示器) 之「AIMING」值與地線方位角之「BEAR」值之差，不得 >0.02 密位，否則應重行校正一次，¹³ 以提升「放射測量」精度。

(二) 同一方式建立地線：地線兩端應盡可能使用「路測點儲存」(壓點) 方式建立，將兩點座標誤差縮小且誤差「常數」接近，以符合方位地線在「初

¹³ 同註 6，頁 5-39。

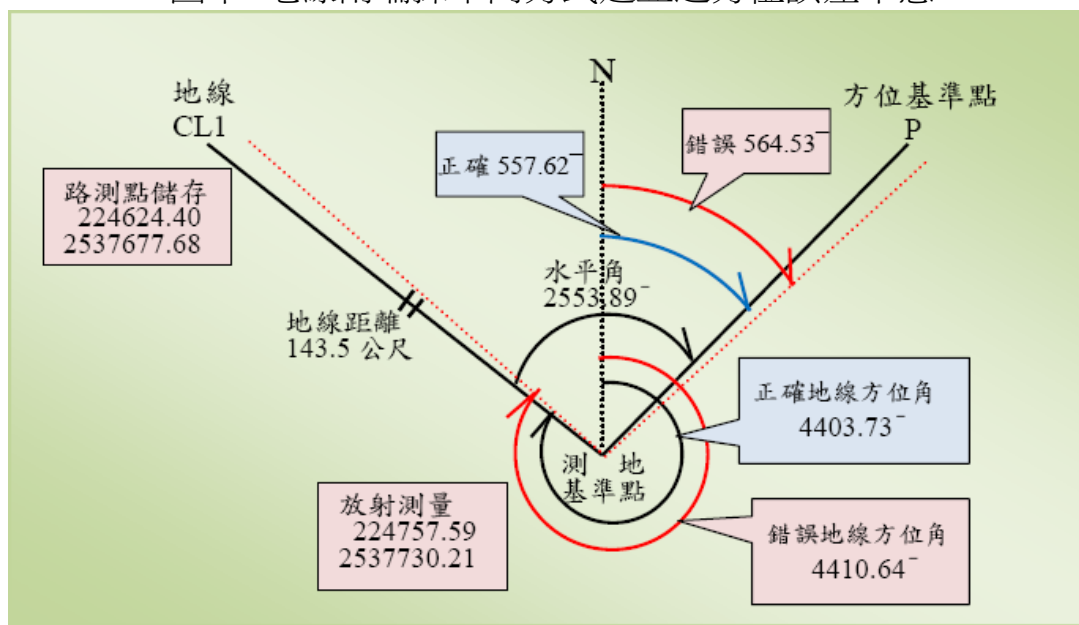
始校準」直後<0.4 密位「公算偏差」(EP)，作業兩小時後<1 密位 (EP) 之特性，提高「方位基準點」精度。

表十 地線兩端採不同方式建立之方位誤差分析

點 名	參 考 座標、方位	作 業 式 方 式	所 得 座標、方位	與 參 考 諸 元 差	徑 誤 差
測地基準點 (GB72)	224755.47	放 射 測 量	224757.59	-2.12	2.5 公尺
	2537732.53		2537731.21	+1.32	
地 線 一 端 (CL1-G9)	224622.91	路 測 點 儲 存	224624.40	-1.49	1.57 公尺
	2537678.19		2537677.68	+0.51	
地線方位角	4403.73 密位	方位角	4410.75 密位	方位誤差	-7.02 密位
方位誤差 分 析	一、地線距離 143.5 公尺，距離千除數為 0.14。 二、方位地線誤差： $4403.73 - 4410.64 = -7.02 \text{ 密位} \div 7 \text{ 密位}$ 三、兩點不同徑誤差所計算之方位誤差： $(2.5 \text{ 公尺} - 1.57 \text{ 公尺}) \div 0.14$ $= 0.93 \text{ 公尺} \div 0.14 = 6.64 \div 7 \text{ 密位}$ 四、方位地線誤差與徑誤差所計算之方位誤差比較： $7 \text{ 密位} \parallel 7 \text{ 密位}$ 五、結論： 證明地線兩端採不同方式建立，其座標差（徑誤差）並非「常數」，將造成地線方位角誤差。				

資料來源：作者自製

圖十 地線兩端採不同方式建立之方位誤差示意



資料來源：作者自製

結語

「防區測地」為例行性之戰備整備工作，各作戰區（防衛部）應依據任務逐年計畫、律定進度、分區（案）作業、驗證精度，尤當作戰計畫修訂（或防務調整）、戰術位置地形（物）重大改變時，更應即時作業、適時更新成果，以

強化測地整備，滿足防衛作戰火力支援任務需求。

鑒於 105 年度「防區測地」精度驗證分析，少數單位由於未恪遵作業紀律或作業能力不足，致發生成果重大錯誤。建議：權責單位除應嚴格要求作業紀律外，並參考本研究所提供之各項精進作法，跳脫「測考」框架，激發專業創意，確實提升防區測地技術與加強應變能力，期藉落實「防區測地」任務訓練，達成測地成果之精度要求。

參考文獻

- 一、《GPSMAPS®60CSx 中文操作手冊》（臺北：國際航電股份有限公司，2006 年 6 月）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月）。
- 三、《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 87 年 11 月）。
- 四、〈內政部衛星追蹤站及衛星控制點測量成果說明〉〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果〉《內政部公告》（臺北：臺內地字第 1010137288 號，民 101 年 3 月 30 日）。
- 五、〈「TWD97 大地基準及坐標系統成果更新座談會」會議紀錄〉《內政部函》（臺北市：臺內地字第 1000226477 號，民國 100 年 11 月 23 日）。
- 六、〈內政部辦理一等、二等衛星控制點測量作業規範〉《內政部地政司衛星測量中心公布欄，2000/7/6》，<http://www.moidlassc.gov.tw/cp5.htm>。
- 七、郭基榮，《測量學精義》（臺南：復文書局，民國 79 年）。
- 八、“ARTILLERY SURVEY TM6-200” .（WASHINGTON 25, D.C：Headquarters Department of The Army, 10/1954）。
- 九、“Marine Artillery Survey（MCWP3-1.6.15，Draft）”，（United States Marine Corps，2000）。
- 十、“Tactics, Techniques, and Procedures for Field Artillery Survey（FM6-2）”，（Headquarters, Department of the army，23/9/1993）。
- 十一、梁乙農，〈以 ULISS-30 執行「測地基準點建立作業」之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 133 期，陸軍砲訓部，民國 95 年 6 月 20 日。
- 十二、陳天祐、耿國慶，〈TWD-97 坐標系統建構與軍圖改版後運用國家控制點實施砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 133 期，陸軍砲訓部，民國 95 年 6 月 20 日。
- 十三、徐坤松，〈如何落實執行防區測地具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 143

期，陸軍砲訓部，民國 97 年 11 月 20 日。

十四、耿國慶，〈美軍砲兵導線測量之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 147 期，陸軍砲訓部，民國 98 年 11 月 20 日。

十五、耿國慶，〈運用地圖支援砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 159 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 11 月 20 日。

十六、耿國慶，〈衛星控制點「1997 坐標系統 2010 年成果」對砲兵測地之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 3 月 20 日。

十七、耿國慶，〈精進「導線測量」誤差判斷技術之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 170 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 9 月 20 日。

十八、耿國慶，〈地圖「跨帶」與「方位偏角圖」之研究〉《砲兵季刊》（臺南），陸軍砲訓部，第 172 期，民國 105 年 3 月 20 日。

作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校 66 年班，歷任排長、測量官、連、營長、主任教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。