

以雷觀機功能發展觀測所無測地成果定位、定向之作法

作者：林政諭

提要

- 一、在觀測所隨時轉換位置之情況下，除非變換至另一個已具測地成果之觀測所位置，以國軍砲兵現有觀測裝備條件及現行作業模式，即時獲得任何時間及地點較為精確之定位、定向成果不易，以雷觀機獲撥時間不久，若期待未來建案或下一代新式裝備功能來彌補現行裝備功能有限或作業不足之處，則等待時限勢必過長，因此若可以在現有裝備基礎下，深入探究新式雷觀機所具備功能，發展新的作業方法，即為筆者所欲探討重點。
- 二、筆者針對以雷觀機之功能，實施定位、定向之作法計有使用「Special tasks—AZ V D」功能，輔以地圖作業及使用「Resection 2Pt」功能等 2 種；另依新式雷觀機功能而發展之作法計有二點交會法人工作業及自行編寫運算程式等 2 種，並且於內文中詳細說明各種方法之作業步驟及要領。
- 三、現行觀測所定位、定向作業之方法，仍遵循陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）所律定，以舊式雷觀機作業思維使用新式雷觀機，而未能真正深入探究裝備功能及原理，以發揮其應有價值，導致砲兵地面觀測技術層面上未有較大突破，實為筆者所不樂見，希望藉由本文使更多人瞭解新式雷觀機功能，產生新的思維及發展作業方法，利用教學實作及實彈課程持續蒐整作業參數，並將相關成果納入野戰砲兵觀測訓練教範修訂內容，另外運算程式則交由砲訓部編寫軟體專業教官負責擴增觀測官數據輸入器軟體功能，期能於短時間內更新全軍軟體功能，使裝備功能與作戰運用更能發揮。

關鍵詞：Special tasks—AZ V D、Resection 2Pt、二點交會法、運算程式

前言

射擊為砲兵戰鬥唯一手段，所有與其相關之環節均密不可分，世界先進砲兵亦致力於達成精準射擊之目標，而欲達成精準射擊所需五大條件分別為：精確之目標位置與大小（Accurate target location and size）、精確之射擊火砲位置（Accurate firing unit location）、精確之武器與彈藥性能（Accurate weapon and ammunition information）、精確之氣象資訊（Accurate meteorological information）及精確之諸元計算（Accurate computational procedures）¹等五項，其中第一項條件與砲兵觀測技術息息相關，如果無法提供精確之目標位置與大小，可能導致射擊

¹ 《ATP 3-09.30 Observed Fires（觀測射擊）》（Washington DC: US Army, 2017 年 9 月 28 日），頁 1-1。

效果不彰、徒增彈藥消耗，甚至增加暴露我方砲陣地位置之風險；欲獲得「精確之目標位置與大小」，必須仰賴精確之觀測所定位及定向諸元，然而以現階段國軍砲兵觀測裝備及作業模式而言，上述條件最精確者仍為測量作業所得成果。

陸軍因採守勢作戰，於作戰初始時，各觀測所均應具備防區測地成果，然因應戰場狀況改變，觀測所亦須隨時變換其位置，除非變換至另一個已具測地成果之觀測所位置，否則以現有觀測裝備條件及現行作業模式下，實難以即時獲得任何時間及任何地點較為精確之定位、定向成果（現行精確測地作業所需時間區分有定位定向系統及無定位定向系統²），以雷觀機獲撥不久來說，若期待未來建案或下一代新式裝備功能來彌補現行裝備功能有限或作業不足之處，則等待時限勢必過長，因此若可以在現有裝備基礎下，深入探究新式雷觀機所具備功能，發展新的作業方法，即為筆者所欲探討之重點。

本研究所有列舉之座標均為假設座標並遮蔽底圖地名以保留地圖樣貌，此舉並未影響最終作業精度計算，且較符合觀測人員實際作業景況。

現行觀測所定位、定向之作法

砲兵觀測能力較以往而言因新式裝備所具備之功、性能而大幅提升，因此觀測所亦常被納為戰場目標情報偵蒐手段之一環，負責目標情報之偵蒐，以能確使目標位置能準確地傳送至上級、友軍、射擊指揮所為目的，避免因目標位置誤差過大，導致成為錯誤之情報，影響敵情判斷或影響射擊效果，以下就現行觀測所定位及定向之作法分別說明如次。

一、觀測所位置之決定（定位）

觀測所位置之精確度非常重要，因為欲得到高精確度之目標位置，具備高精確度之觀測所位置為其不可或缺之因素，測定之方法通常有以下幾點。³

（一）器材測量法（精確度最高）：由測量人員運用測量器材（含定位定向系統、測距經緯儀）依測地要領測定觀測所位置，觀測人員再將測量人員所交付之測地成果，設定於雷觀機並於地圖上定點。

（二）GPS 定位（訊號未經干擾情況下，精確度次高）：GPS 衛星訊號未遭受敵人干擾時，觀測人員可藉由雷觀機之 GPS 全球定位系統測得觀測所座標，並且直接傳輸至觀測官數據輸入器，惟多功能雷觀機之 GPS 為一次性定位訊號，若時間允許之情況下，觀測人員可採多次接收並將所得數值平均，在位置精度因子數值（PDOP⁴：其值之優劣取決於外在環境及透空度，值愈低代表定位品質愈好）小於 6 以下之情況，平均定位誤差通常可小於 5 公尺，另由於美國導

² 《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 10 日），頁 7-9。

³ 《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日），頁 6-7。

⁴ 《TS-102A1 式多功能雷觀機操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 108 年 11 月 25 日），頁 2-58。

航衛星系統的限制，使得高程定位精度通常比水平定位精度還差，且 GPS 所接收之高程均為橢球高，而非砲兵射擊所使用之水準高，觀測人員必須輔以判讀地圖等高線，加以比對並予以適度修正。

（三）現地對照法（條件受限較多，精度尚可）：經現地對照後，觀測人員可直接於地圖上定出觀測所現在位置者，亦或者附近有明顯地形地物可做為參考點，並且可在地圖上能辨認該參考點，若該參考點距現在位置不遠且為可到達之處，則觀測人員可以該點作為觀測所位置，並於地圖上定出觀測所位置。

（四）一點極座標法（此為現行觀測專長鑑測項目之一，作業精度深受定向誤差之影響）：觀測人員必須找尋一可定於地圖上之參考點，並使用雷射觀測機量測該參考點之方位角（由於所量測數值為磁方位角，必須藉由裝定該器材之磁偏常數或修正所在地區之方格磁角，使其轉變為方格北方位角）及距離（此作法雷射測距須概等水平距離），在地圖上定出觀測所位置，其作業要領如次：

1、於現地與地圖相互對照後找尋 1 個參考點，並以插針或筆定出參考點位置，操作雷射觀測機量取觀測參考點方位角及距離。

2、將目標方眼紙中心，以正面方式置於參考點位置，將目標方眼紙格線與地圖縱橫方格線對齊，並於方眼紙「0」之位置，使用插針或用筆畫一可供識別之定向指標（如圖 1）。

3、依量取參考點之方位角，轉動目標方眼紙，使其對正定向指標，並沿目標方眼紙中心點至刻劃「32」之線，依測得參考點之距離，定出觀測所位置後，以座標梯尺量取該點座標（X、Y 座標均需判讀至 5 碼，並且盡可能的精準判定該數值），即完成作業（如圖 2、圖 3）。

（五）兩或三點反交會法⁵（無測距器材，僅能量測方位時使用，作業精度深受定向誤差之影響）：若現地對照後可於地圖上定出兩個或三個參考點，即可使用兩點或三點反交會法之方式，於地圖上找出觀測所位置，其中各參考點盡可能位於不同象限，則觀測所位置精度較佳，其作法為以雷觀機分別量取兩個或三個參考點之方位角，將目標方眼紙中心分別置於各參考點上，轉動目標方眼紙將所量測各參考點之方位角數值對正北向指標，於目標方眼紙中心至刻劃「32」之線畫出各參考點延伸線，延伸線之交點即為觀測所，若因方位量測誤差導致延伸線未能相交於一點，而產生三角形，則此三角形之幾何中心即為觀測所位置。

⁵同註 3，頁 6-8。

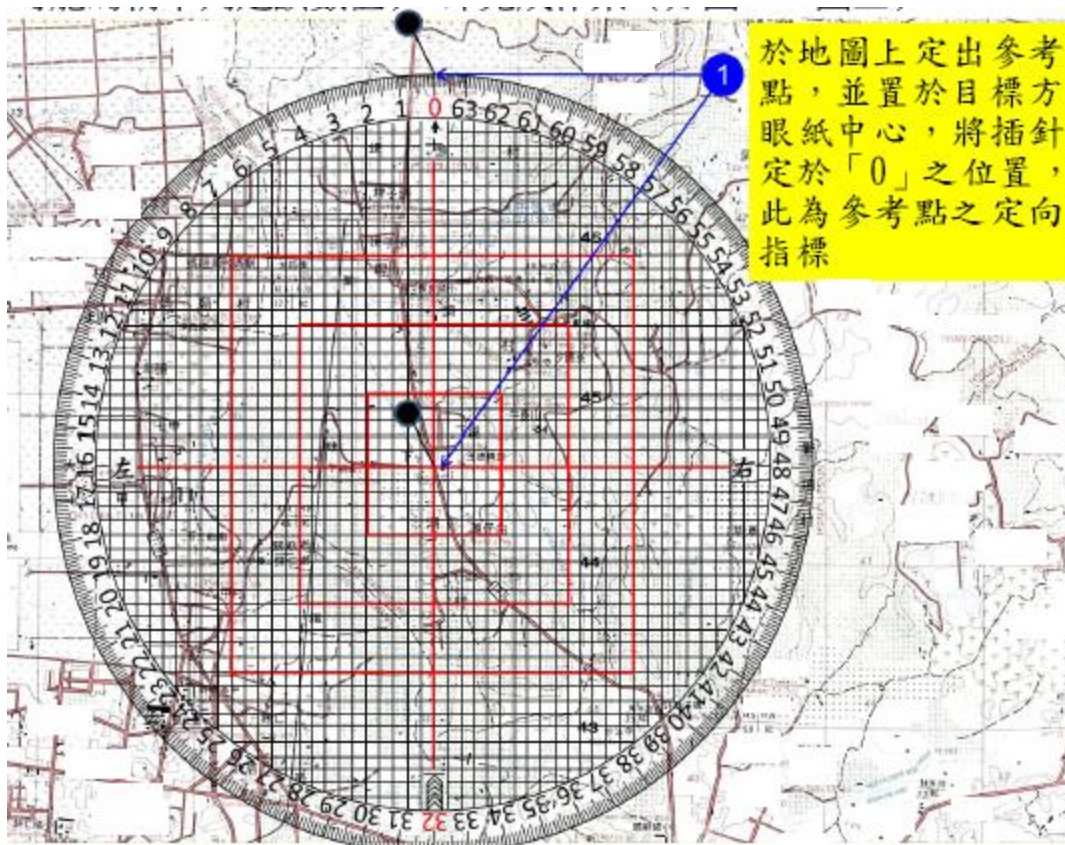


圖 1 一點極座標法標定觀測所作業示意圖（一）

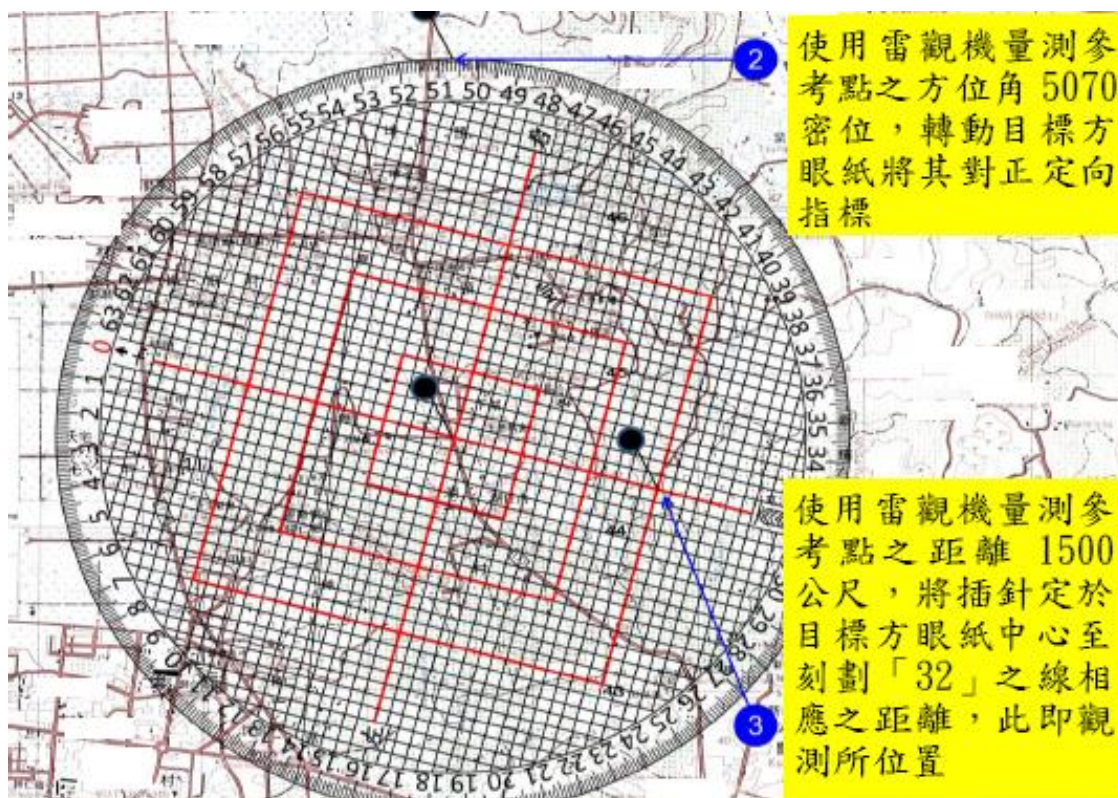


圖 2 一點極座標法標定觀測所作業示意圖（二）

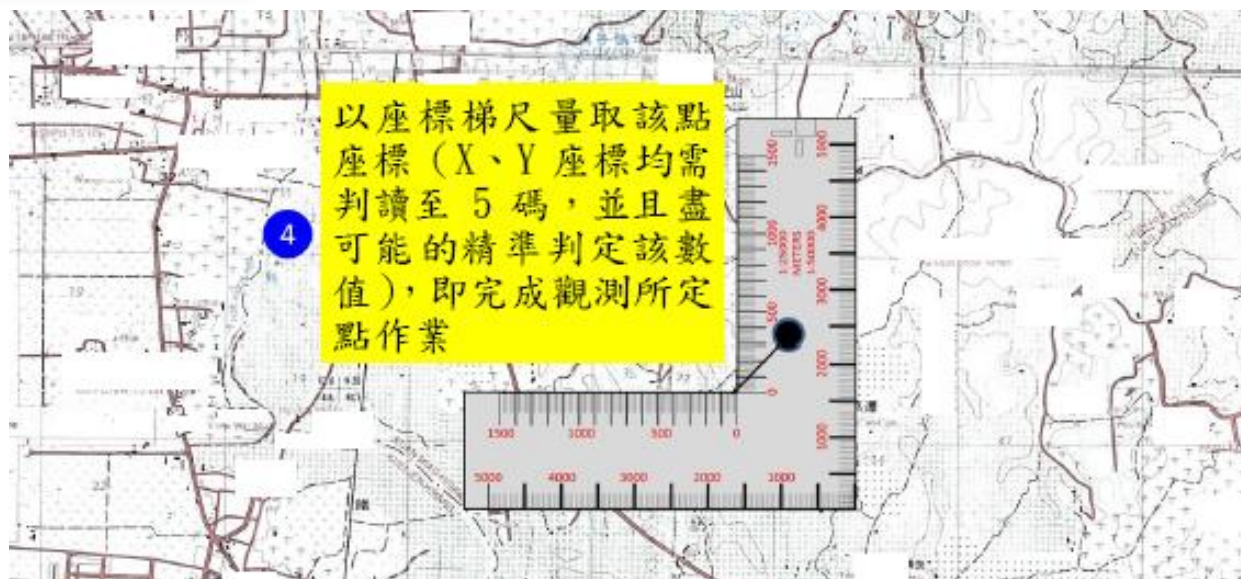


圖 3 一點極座標法標定觀測所作業示意圖（三）

資料來源：圖 1、2、3 均為筆者自繪

二、觀測方位之決定（定向）

觀測所「定向」精確度與上述「定位」精確度均屬同等重要，兩者均為獲得高精確度目標位置不可或缺之因素，因此觀測作業人員進入觀測所後，必須立即完成定位及定向作業，便於執行後續觀測任務，現行定位之方法已於前段敘述中說明，而定向之方法在陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）內文中則說明甚少，其中最精確者亦為器材測量法，⁶係由測量人員運用測量器材（含定位定向系統、測距經緯儀）依測地要領於觀測所位置選擇顯著地形、地物作為定向基線，觀測人員再將測量人員所交付之測地成果（方格北方位角），設定於雷觀機及地圖上完成定向作業，另外則為使用具磁針之器材直接測定、地圖上量取或已知點誘導等方式；使用具磁針之器材直接測定時，特需注意所在地區之方格磁角（方格北順時針量測至磁北之水平角為磁偏常數，方格北與磁北之夾角則為方格磁角，如圖 4）偏差量，此角之數值與觀測作業人員所在位置有關，以臺灣而言緯度越高方格磁角越大，緯度越低方格磁角越小，且此角數值因磁北每年均有變化而有所不同，平均每年西偏約 3 分（0.89 密位）⁷，作業人員通常可於地圖下方的圖例上得知此地區之方格磁角，若使用新式雷觀機，使用 GPS 定位功能時，便可得知此點位之方格磁角（GMA）數值；舊式雷觀機、方向盤及指北針等具備實體指針之器材，則必須於測量人員設置之磁偏校正站定期實施磁偏校正，取得各式器材之磁偏常數或方格磁角，以將磁北修正成方格北。

⁶同註 3，頁 6-18。

⁷維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/地磁偏角>〉，2022 年 5 月 12 日。

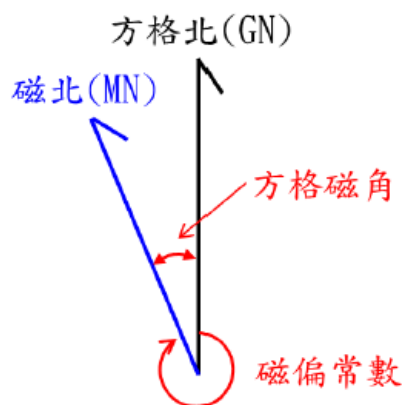


圖 4 磁偏常數、方格磁角說明示意圖

資料來源：筆者自繪

以雷觀機功能實施定位、定向之作法

以現有觀測裝備而言，觀測所「定位」諸元已可藉 GPS 系統（未受干擾且訊號良好之前提）快速獲得，若作業人員熟知作戰區域地理位置，並輔以現地與地圖相互對照，確認 GPS 定位諸元是否正確，則精度甚高；然「定向」諸元卻是難以獲得，如前段敘述所提，除測地作業所得成果外，諸多方法均深受定向誤差而影響作業精度，與觀測人員身處複雜電磁環境所產生之磁誤差有關。

觀測作業人員為肆應戰場景況，任何便於觀測作業執行之地點，均有可能作為觀測所位置，然而無論是新式雷觀機的數位電磁羅盤（Digital Magnetic Compass, DMC）或具備實體指針等量測器材，其原理均相同，都會受到週遭環境甚至系統自身之硬磁（固定強度之磁干擾物）或軟磁（會改變強度、方向或可扭曲磁力線之干擾物）干擾影響，比如：室內環境下作業、高壓電塔、電線桿、電台、雷達站、戰、甲、砲車、輪型車輛、鐵皮屋等物體距離過近，種種環境因素均有可能造成磁誤差，進而影響作業精度，然而除非有相關測量器材，否則吾人難以針對當下產生之磁誤差而有效修正。

而上述問題可藉由新式雷觀機所具備之功能，在特定條件（必須於現地與地圖對照找尋至少 2 個參考點）下，同時完成定位及定向作業，其方法有 2 種，分別說明如下：

一、使用「Special tasks—AZ V D」功能

- （一）功能概述：本功能可以計算量測 2 個點位所連成一線之方位角。
- （二）器材需求：新式雷觀機、地圖、目標方眼紙。
- （三）條件限制：現地與地圖對照須至少 2 個參考點，惟其座標誤差不可過大。

（四）作業方法：作業方法採用假設範例實施說明，本假設範例真實觀測所座標為 25306、44253，第 1 參考點往第 2 參考點連成一線之真實方位角為

952.7⁻，說明如下：

1、採現地對照之方式於地圖上定出 2 個參考點位置，並量取各測參考點座標（如圖 5）。

2、將目標方眼紙中心置於第 1 參考點位置，轉動目標方眼紙，於圖上量取此 2 參考點連成一線之方位角，觀測人員使用目標方眼紙僅能概略判讀至 955⁻（如圖 6）。

3、於現地整置新式雷觀機後，依序實施以下步驟（如圖 7）：

（1）使用 GPS 定位功能，得觀測所座標為 25585、44578，此時觀測人員並不清楚此座標是否可靠。

（2）使用「Special tasks—AZ V D⁸」功能，以雷觀機量測第 1 參考點方位角 5321.8⁻；第 2 參考點方位角 554.6⁻，並由系統計算得第 1 參考點至第 2 參考點之方位角為 882.3⁻，將圖上所量得之方位角 955⁻減去系統計算之方位角 882.3⁻，為+72.7⁻，代表以雷觀機所量測之方位角均比實際還少，此值即為此位置之概略磁誤差。

（3）使用「Orientation—Ref. Azimuth⁹」功能，假設選擇第 1 參考點做為基線一端，則設定其方位角數值為 5321.8⁻+72.7⁻=5394.5⁻；若假設選擇第 2 參考點做為基線一端，則設定其方位角數值為 554.6⁻+72.7⁻=627.3⁻。

（4）使用「Positioning—Resection 1Pt」功能，於雷觀機內輸入地圖上所量取第 1 參考點座標 24580、44730，系統計算後可得觀測所座標為 25305、44251，與真實觀測所座標 25306、44253 之徑誤差為 2 公尺；亦可於雷觀機內輸入圖上所量取第 2 參考點座標 26790、46360，系統計算後可得觀測所座標 25300、44256，與真實觀測所座標 25306、44253 之徑誤差為 7 公尺，兩者誤差相距甚小，選擇時以距觀測所較近之參考點則誤差較小。

（5）依此法所得之觀測所座標 25305、44251 與 GPS 接收之座標 25585、44578 相比較，修正橫坐標相差達 280 公尺、縱座標相差達 327 公尺，並且同時修正磁誤差+72.7⁻。

（五）作業原理：藉由「Special tasks—AZ V D」功能計算兩點連線之方位角，其數值包含複雜電磁環境所產生磁誤差之特性，而地圖亦是基於高精度測地作業成果所產製，由兩個與實際座標誤差不大之參考點位置，於圖上量取兩點連線之方位角，應與真實數值誤差甚小，藉此方式實施定向修正，再以距觀測所較近之參考點，以一點極座標法方式完成觀測所定位。

⁸同註 4，頁 2-43。

⁹同註 4，頁 2-43。



圖 5 以 Special tasks—AZ V D 功能修正觀測所定位及定向作業示意圖（一）

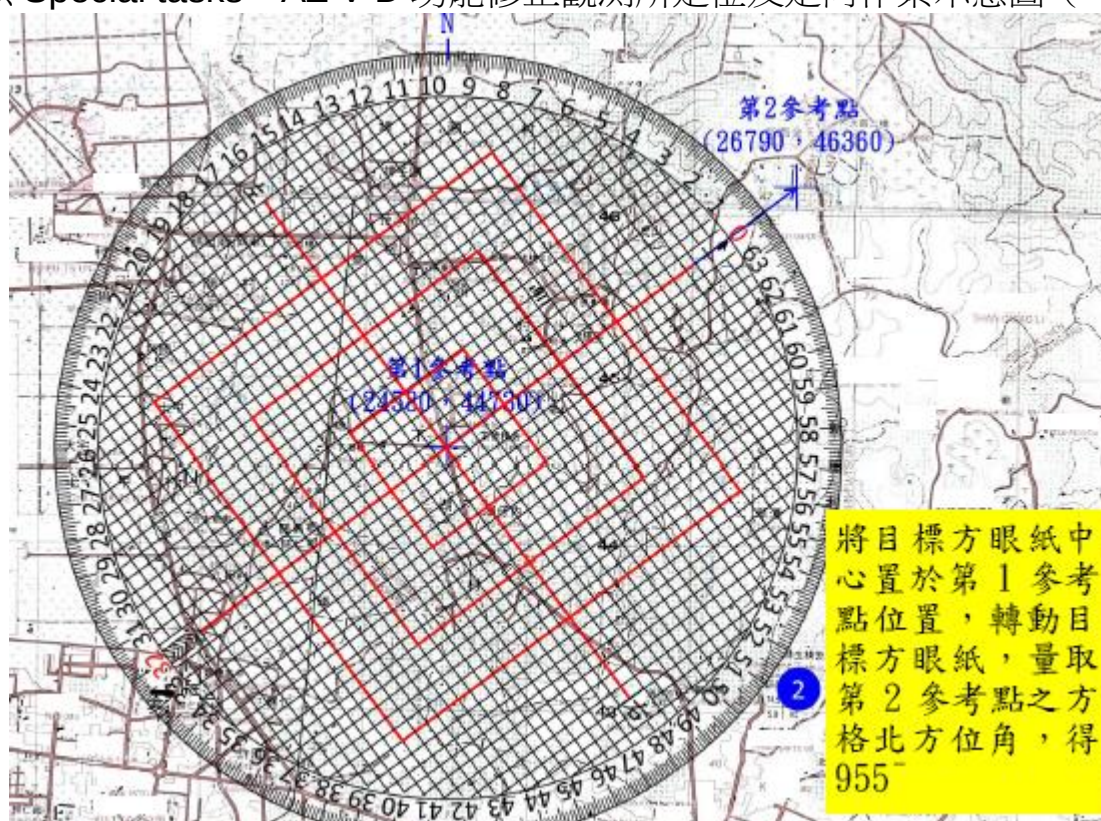


圖 6 以 Special tasks—AZ V D 功能修正觀測所定位及定向作業示意圖（二）

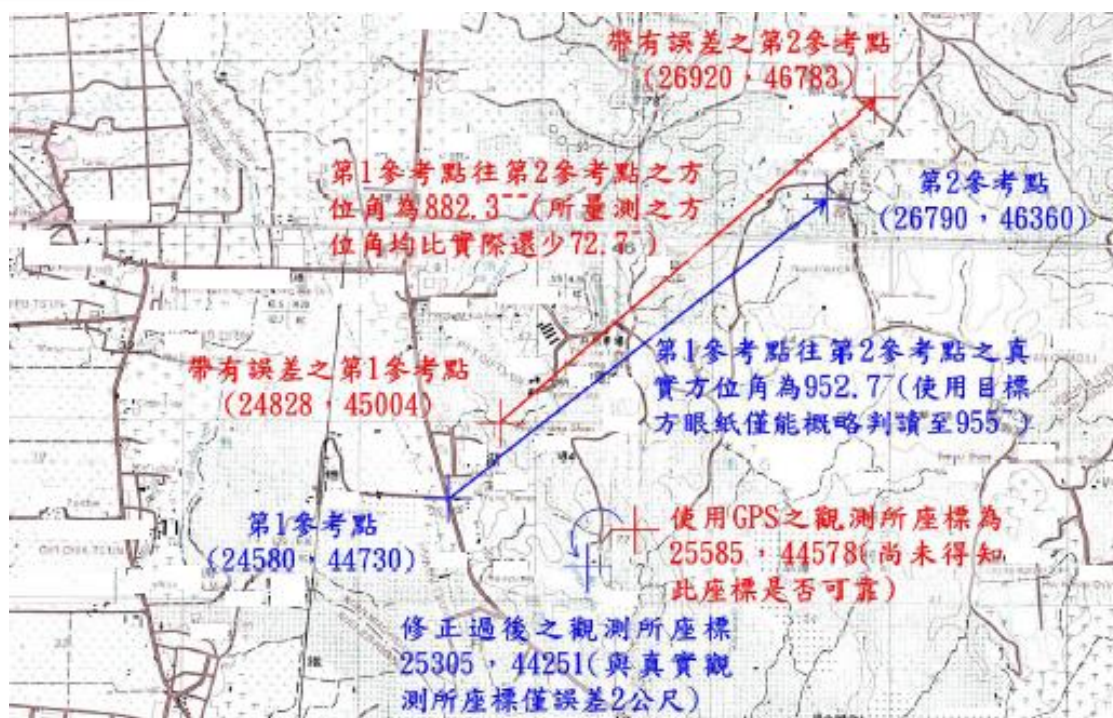


圖 7 以 Special tasks—AZ V D 功能修正觀測所定位及定向作業示意圖（三）

資料來源：圖 5、6、7 為筆者自繪

二、使用「Resection 2Pt」功能

（一）功能概述：本功能可藉 2 個精度較高之參考點座標，同時完成觀測所定位、定向修正。

（二）器材需求：雷觀機。

（三）條件限制：至少 2 個參考點，且其座標誤差僅能概約 10 公尺內。

（四）作業方法：因新式雷觀機方位角可測至 0.1 密位、雷射測距測至 1 公尺且精度（誤差小於千分之二）較舊式雷觀機高，觀測人員可於具測地成果（具備精確定位、定向諸元）之觀測所位置，找尋多個獨立、明顯之地形地物設定為參考點，並完成各點標註（如圖 8）亦可將各點位資訊儲存（Point Manager → Creat → Cat → Ref Pt¹⁰）於雷觀機方位儀內，以供在此作戰階段變換至無測地成果觀測所位置時使用。

本作業方法採用假設範例實施說明，假設範例各點位真實諸元如下表所列，操作步驟說明如下：

	座標	觀測方位角	水平距離
觀測所	227247、2748960		
第 1 參考點	226627、2748483	4132.0 密位	782.3 公尺
第 2 參考點	225665、2748091	4288.4 密位	1805.0 公尺

¹⁰同註 4，頁 2-44。

1、於真實點位上架設新式雷觀機，並使用 GPS 定位功能，得觀測所座標為 225585、2544578，此時觀測人員並不清楚此座標是否可靠。

2、使用「Resection 2Pt」功能，完成觀測所定位及定向修正，按圖 9 所示之步驟完成系統操作：

3、依此法所得之觀測所座標 227247、2748960 與實際觀測所座標相同，並可得知 GPS 接收之座標有誤，同時修正磁誤差+29.5°。

(五)作業原理：藉由 2 個高精度之參考點座標，以新式雷觀機分別量測，取得各參考點之方位角、距離及高低角，計算兩點水平夾角並轉換為水平距離，於系統內建立三角幾何關係，運用正弦定理¹¹及逐次接近修正之方法，消彌內角和非 3200 密位之誤差，完成定位及定向修正作業，其計算原理類似於測量作業之三邊測量法。¹²



圖 8 可用參考點標註示意圖

資料來源：筆者自繪

¹¹維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/正弦定理>〉，2022 年 6 月 23 日。

¹²同註 2，頁 4-74。

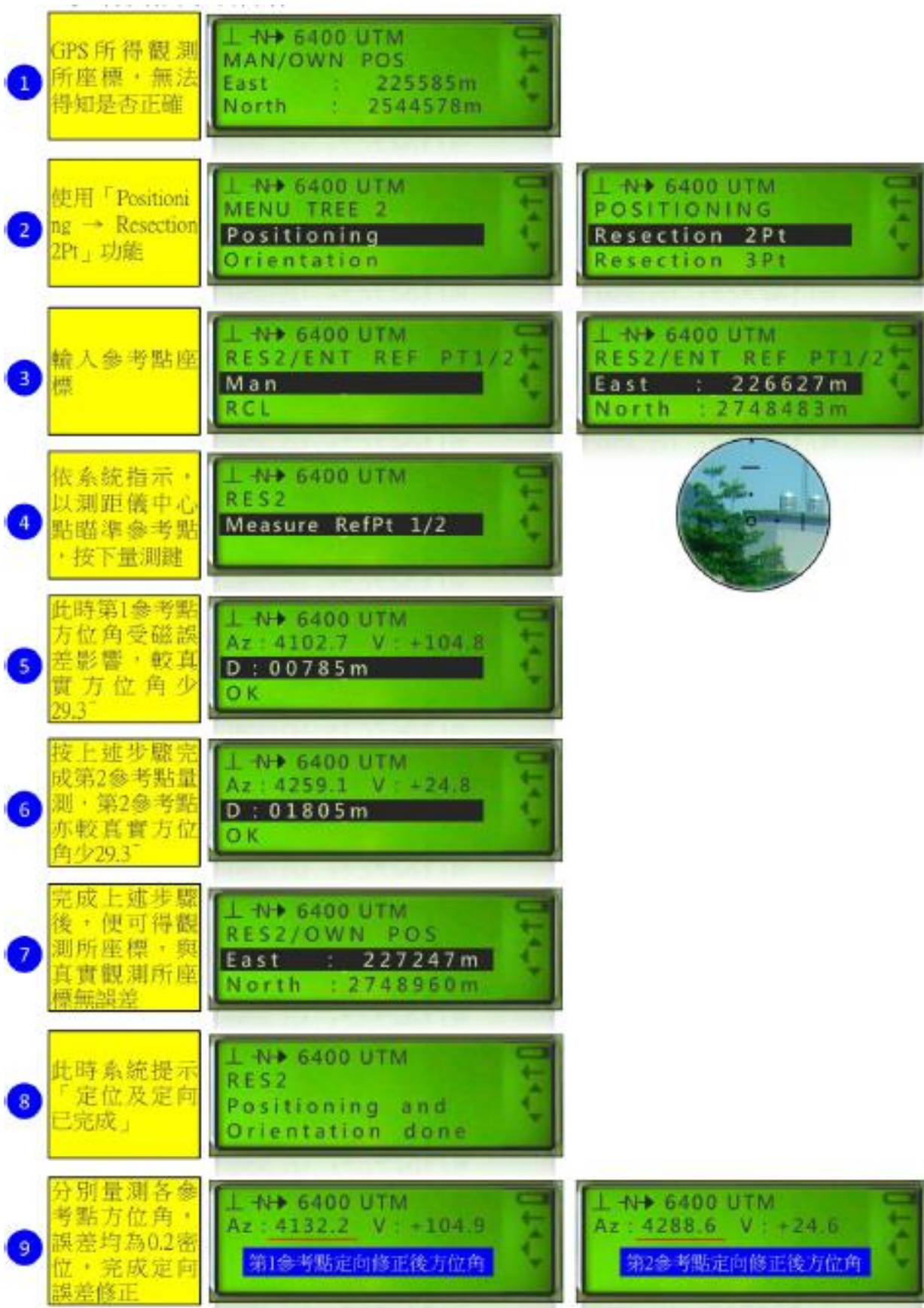


圖 9 以「Resection 2Pt」功能完成觀測所定位及定向作業示意圖

資料來源：筆者自行整理繪製

依「Resection 2Pt」原理發展人工作業（二點交會法）之作法

上述兩種作法均為以雷觀機內部功能發展而得，其中「Resection 2Pt」功能，對參考點精度要求甚高，有時甚至不利於觀測人員作業，因為當參考點精度無法滿足雷觀機作業需求，則系統僅會出現告警標語（如圖 10），且觀測人員無從修正；另外，是否可針對未配賦新式雷觀機之單位，發展適用之作法，即為本段文章內容所欲闡述之重點。

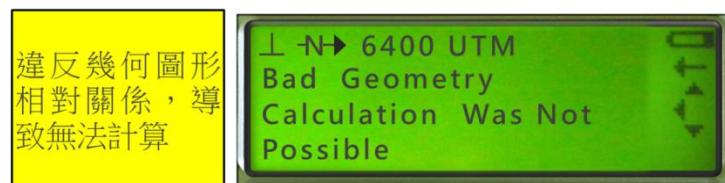


圖 10 參考點座標誤差過大無法完成「Resection 2Pt」作業示意圖

資料來源：筆者繪製

（一）方法概述：本法基於「Resection 2Pt」功能之作業原理發展而成，於現地與地圖對照後標示 2 個參考點，以雷觀機量測各點諸元並計算其水平夾角，再於透明圖紙上分別定出 2 個參考點與觀測所之相對關係圖，將透明圖紙與地圖套疊求得觀測所位置，同時量取圖上參考點方位角修正定向誤差，同步完成定位、定向之作法。

（二）器材需求：雷觀機（新、舊式均可）、地圖、目標方眼紙、透明圖紙。

（三）條件限制：至少 2 個參考點，座標誤差大小影響作業精度，且人工作業耗時約 3 分 30 秒。

（四）作業方法：本作業方法採用假設範例實施說明，假設範例各點位真實諸元如下表所列，操作步驟說明如下：

	座標	觀測方位角	高低角	雷射測距
觀測所	25781、44294			
第 1 參考點	24191、45909	5608 密位	+12.4 密位	2267 公尺
第 2 參考點	25596、44764	6324 密位	-24.3 密位	2477 公尺

1、在地圖與現地找尋 2 個可供對照之參考點，以本範例而言，於地圖上判讀第 1 參考點座標為 24210、45920，與真實座標誤差 21.96 公尺；判讀第 2 參考點座標為 25620、46780，與真實座標誤差 28.84 公尺（如圖 11）。

2、於現地以雷觀機（無論新、舊式均可），分別測得並記錄此 2 個參考點之方位角及距離（因圖上作業以水平距離為基準，故須注意雷射測距與水平距離不可相差過大）（如圖 11）。

3、於透明圖紙上隨意設置一點為觀測所，將目標方眼紙中心置於透明圖紙觀測所位置上，並於目標方眼紙刻劃「0」之位置劃一標記（如圖 12）。

4、計算 2 個參考點之水平夾角，並於透明圖紙上分別定出 2 個參考點與觀

測所之相對關係圖（方位角較小者優先標註）（如圖 13、14）。

5、將透明圖紙與地圖套疊，使透明圖上兩個參考點與地圖參考點重疊（若有些許誤差而無法重疊，則儘可能置於幾何中心誤差點），即可得觀測所位置，並畫出觀測所定向指標（如圖 15、16）。

6、將目標方眼紙中心置於觀測所，於地圖上量取觀測所至各參考點之方位角，將圖上方位角減去雷觀機方位角，所得 2 點之值平均後即為定向誤差，使用雷觀機瞄準任一參考點，裝定修正後方位角數值，便完成定向誤差修正（如圖 17、18）。

7、依此法所得之觀測所座標 25790、44310 與實際觀測所座標 25781、44294，誤差僅 18.36 公尺，而原本觀測第 1 參考點方位角為 5993° ，修正磁誤差 -384° 後，為 5609° ，與真實觀測方位角 5608° ，僅誤差 1° ；觀測第 2 參考點方位角為 315° ，修正磁誤差 -384° 後，為 6331° ，與真實觀測方位角 6324° ，僅誤差 7° 。



圖 11 二點交會法人工作業步驟示意圖（一）

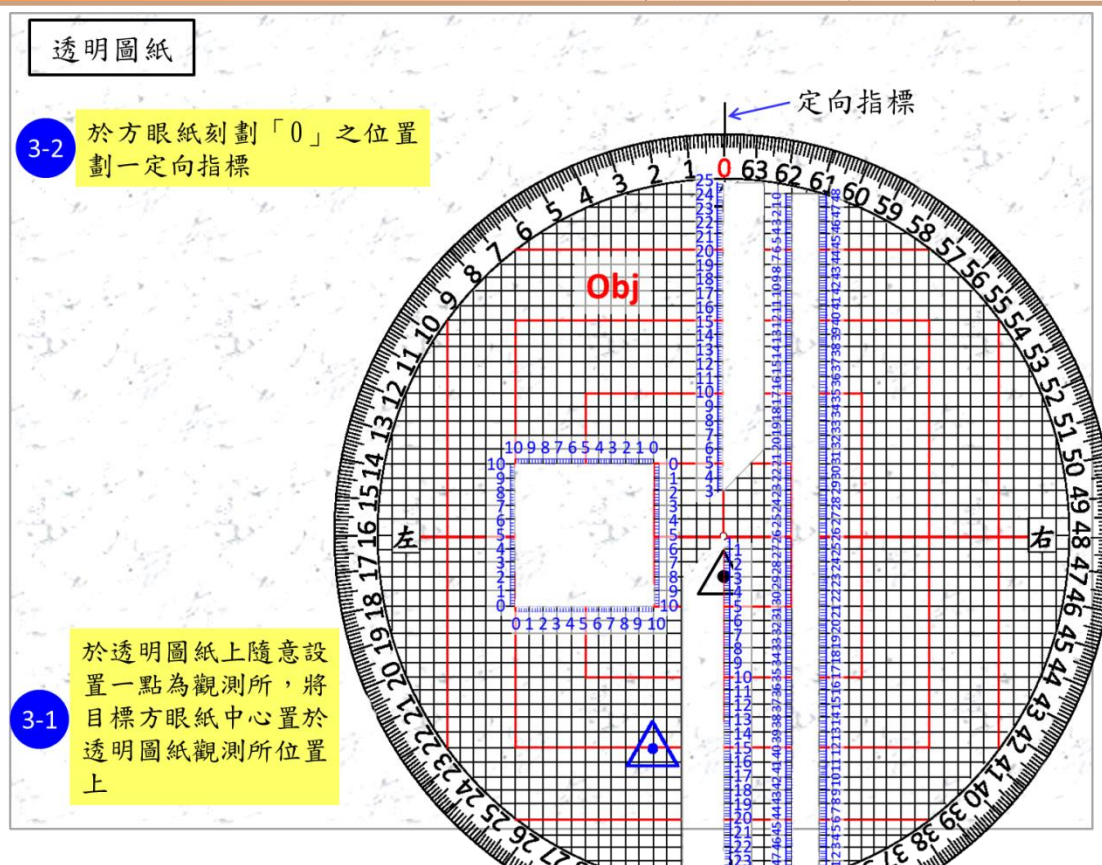


圖 12 二點交會法人工作業步驟示意圖（二）

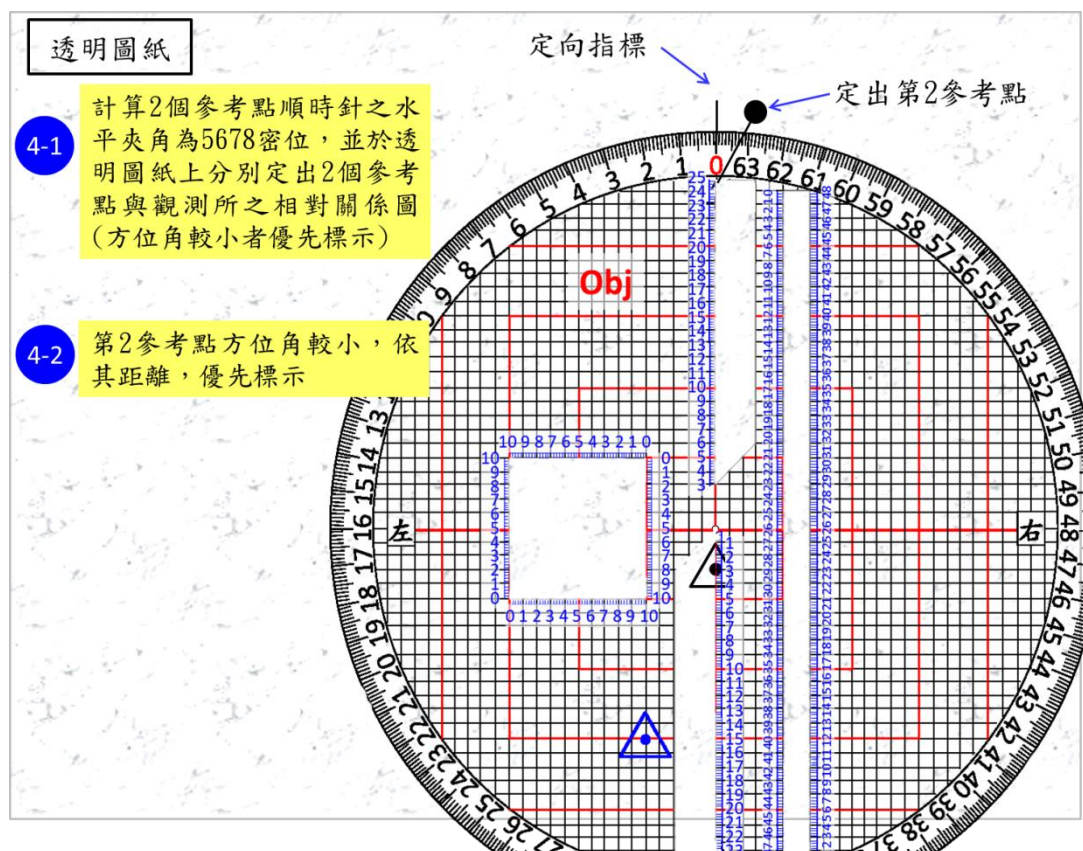


圖 13 二點交會法人工作業步驟示意圖（三）

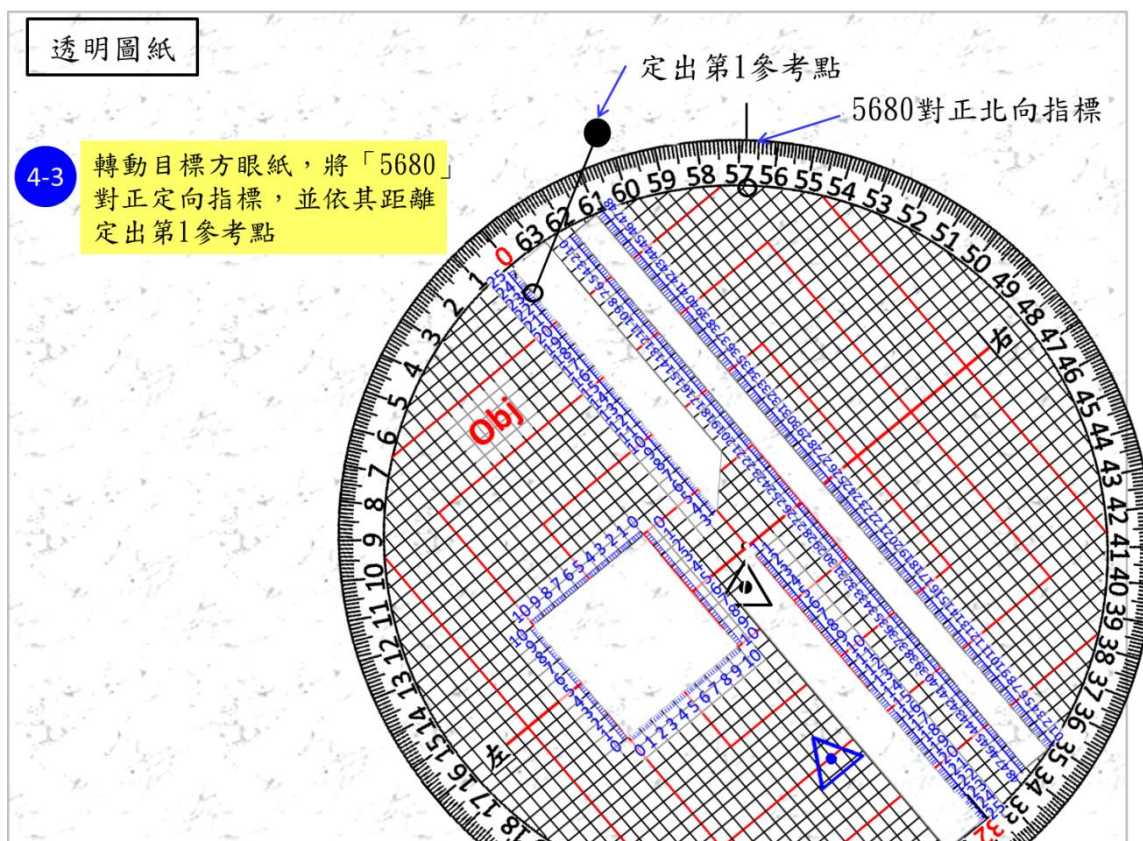


圖 14 二點交會法人工作業步驟示意圖（四）



圖 15 二點交會法人工作業步驟示意圖（五）



圖 16 二點交會法人工作業步驟示意圖（六）

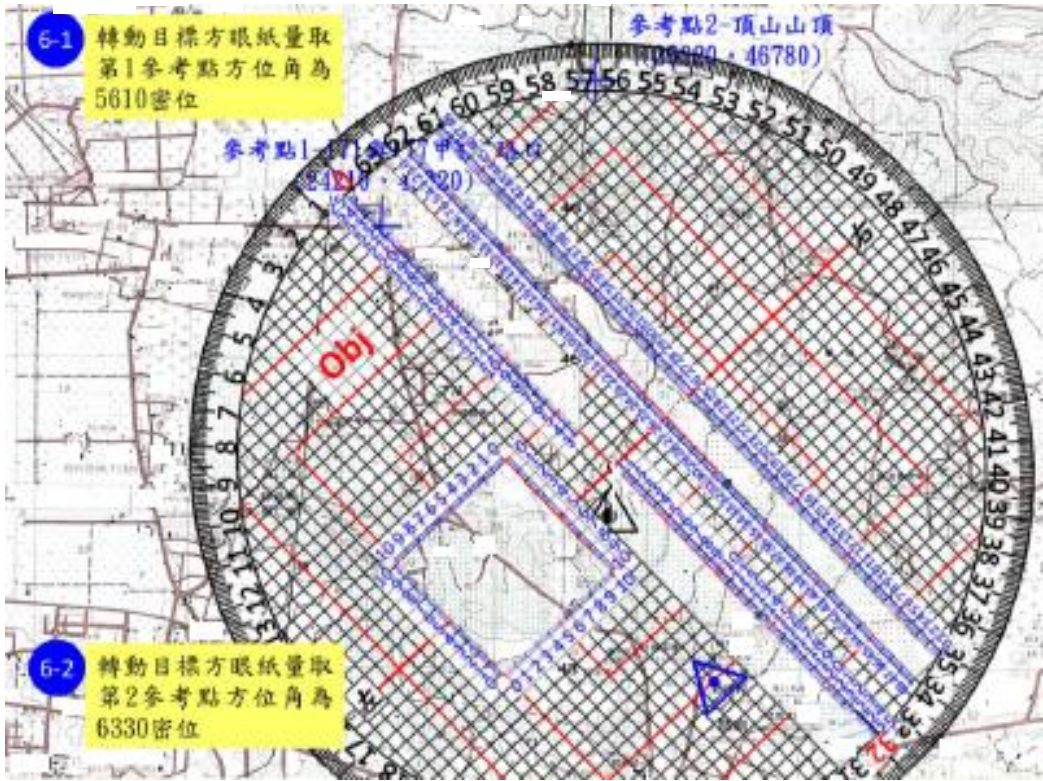


圖 17 二點交會法人工作業步驟示意圖（七）



圖 18 二點交會法人工作業步驟示意圖（八）

資料來源：圖 11 至 18 均為筆者自繪

擴增觀測官數據輸入器軟體功能

二點交會法人工作業之作法，解除了雷觀機對於參考點座標精度要求甚高之限制，可藉由精度相對較低之參考點，得到觀測所概略座標，此時可與 GPS 座標交互比對，若兩者誤差不大，便可使用 GPS 座標得到較精確定位諸元，並定點於地圖上實施二次定向修正，惟其作業時間需時約 3 分 30 秒，耗時較長，因此若可以在觀測官數據輸入器軟體內，確保多功能雷觀機、人工作業與資訊化作業方式一致之前提下，發展此功能，則必定可大幅減少作業時間。

筆者藉由現地作業與實機操作，紀錄每次作業成果，在與砲訓部目標組多位專業教官技術協助與研討下，以作業成果為探討依據，逐步發掘運算原理，確認其原理是依正弦定理為基礎，並以逐次接近修正之方法，消彌內角和非 3200 密位之誤差，完成定位及定向修正作業，並屏除了以餘弦定理求解之方法，據此筆者已利用 EXCEL 完成此功能函數語法之撰寫，並且將程式計算所得結果，與新式雷觀機實機作業結果相互驗證，反覆調整細部函數語法，使兩者所得結果趨近於相同（如圖 19）。

Resection 2Pt 作業驗證區					
雷觀機輸入之PT1		雷觀機輸入之PT2		所得觀測所座標	
X1	217196	X2	217174	X	217180
Y1	2548815	Y2	2548677	Y	2548959
與真PT1誤差	0.26	與真PT2誤差	0.23	與真觀測所誤差	0.00
雷觀機測得PT1方位角	3086.0	雷觀機測得PT2方位角	3221.3	修正後PT1方位角	3085.4
雷射距離	145	雷射距離	283	修正後PT2方位角	3220.7
高低角	67.0	高低角	73.5		
水平距離	145	水平距離	282	修正磁誤差	-0.6

圖 19 資訊化作業介面示意圖

資料來源：筆者繪製

筆者於現地採實機、人工作業與運算程式三者共同作業下，紀錄作業成果相互驗證各別精度，所得結果如下表，單項成果較優者，以紅字顯示：

表 1 驗證成果統計表

	測地成果座標				測地成果觀測方位角	
觀測所	227247、2648960					
第 1 參考點 (PT1)	226627、2648483				4132.0 密位	
第 2 參考點 (PT2)	225665、2648091				4288.4 密位	
第 3 參考點 (PT3)	227056、2649868				6188.8 密位	
第 1 次作業成果比較						
	新式雷觀機		二點交會人工作業		運算程式	
參考點	PT1	PT2	PT1	PT2	PT1	PT2
座標	226627、 2648483	225665、 2648091	226630、 2648480	225660、 2648090	226627、 2648483	225665、 2648091
誤差	0 公尺	0 公尺	4.2 公尺	5.2 公尺	0 公尺	0 公尺
方位角	4102.7	4259.1	4100	4260	4102.7	4259.1
雷射測距	785	1805	780	1800	785	1805
高低角	+104.8	+24.8	0	0	+104.8	+24.8
所得觀測 所座標	227247、2648960 (誤差 0 公尺)		227250、2648950 (誤差 10.4 公尺)		227247、2648960 (誤差 0 公尺)	
定向誤差	+0.2°		+9.8°		0°	
第 2 次作業成果比較						
	新式雷觀機		二點交會人工作業		運算程式	
參考點	PT1	PT2	PT1	PT2	PT1	PT2
座標	226640、 2648470	225670、 2648100	226640、 2648470	225670、 2648100	226640、 2648470	225670、 2648100

誤差	18.3 公尺	10.2 公尺	18.3 公尺	10.2 公尺	18.3 公尺	10.2 公尺
方位角	4103.5	4260.1	4100	4260	4103.5	4260.1
雷射測距	785	1805	780	1800	785	1805
高低角	104.5	24.4	0	0	104.5	24.4
所得觀測 所座標	227271、2648933 (誤差 36.1 公尺)		227270、2648940 (誤差 30.5 公尺)		227270、2648933 (誤差 35.5 公尺)	
定向誤差	+22.8 [˚]		+22.3 [˚]		+22.5 [˚]	
第 3 次作業成果比較						
	新式雷觀機		二點交會人工作業		運算程式	
參考點	PT1	PT2	PT1	PT2	PT1	PT2
座標	226630、 2648490	225650、 2648080	226630、 2648490	225650、 2648080	226630、 2648490	225650、 2648080
誤差	7.6 公尺	18.7 公尺	7.6 公尺	18.7 公尺	7.6 公尺	18.7 公尺
方位角	4104.0	4260.4	4100	4260	4104.0	4260.4
雷射測距	785	1805	780	1800	785	1805
高低角	+103.9	+24.4	0	0	+103.9	+24.4
所得觀測 所座標	無法求得		227230、2648970 (誤差 19.7 公尺)		227237、2648963 (誤差 10.4 公尺)	
定向修正	無法求得		-5.2 [˚]		+22.9 [˚]	
第 4 次作業成果比較						
	新式雷觀機		二點交會人工作業		運算程式	
參考點	PT2	PT3	PT2	PT3	PT2	PT3
座標	225650、 2648080	227060、 2649860	225650、 2648080	227060、 2649860	225650、 2648080	227060、 2649860
誤差	18.7 公尺	8.9 公尺	18.7 公尺	8.9 公尺	18.7 公尺	8.9 公尺
方位角	4257.7	6157.3	4260	6160	4257.7	6157.3
雷射測距	1804	928	1800	930	1804	928
高低角	+24.3	+29.3	0	0	+24.3	+29.3
所得觀測 所座標	無法求得		227240、2648950 (誤差 12.2 公尺)		227241、2648943 (誤差 18.5 公尺)	
定向誤差	無法求得		+11.4 [˚]		+9 [˚]	

資料來源：筆者整理製表

依驗證成果統計表所示，新式雷觀機在某些情況下無法完成計算，探究其原因並非全因參考點座標精度過差所致，而是因參考點與真實點位有誤差，導致觀測所與兩個參考點所形成之三角幾何圖型，其內角和非為 3200 密位，使系統內部運算產生 2 個觀測所座標，兩者相距超過系統限制（吾人無法得知限制

數值為何)，而運算程式由於為筆者自行撰寫，因此可隨意設定其限制值，筆者便設定運算程式限制值為 50 公尺，大於 50 公尺即顯示「誤差過大」提示字樣（如圖 20），且可於程式作業參數區，準確得知各項計算參數及兩觀測所實際相隔距離為 56.08 公尺（如圖 21）。

Resection 2Pt 作業驗證區					
雷觀機輸入之PT1		雷觀機輸入之PT2		所得觀測所座標	
X1	17290	X2	15780	X	誤差過大
Y1	38860	Y2	40020	Y	誤差過大
與真PT1誤差	29.54	與真PT2誤差	21.69	與真觀測所誤差	誤差過大
雷觀機測得PT1方位角	2878.0	雷觀機測得PT2方位角	5537.0	修正後PT1方位角	誤差過大
雷射距離	844	雷射距離	1070	修正後PT2方位角	誤差過大
高低角	0.0	高低角	0.0		
水平距離	844	水平距離	1070	修正磁誤差	誤差過大

圖 20 運算程式限制值設定示意圖

Resection 2Pt 作業參數區			
PT1看PT2方位角	5467.23	142.47	
PT1與PT2之距離	1904.13		
PT1、PT2之夾角	2659.00		
	正弦定理		
PT2、1、觀之角	0.284623	294	
PT1、2、觀之角	0.224506	230.6	
內角和	3183.60		
	5769.43	5165.03	
PT1看觀測所方位角	5769.4	2028.4	
PT2看觀測所方位角	2028.4	2506.0	
觀測所座標	從PT1	從PT2	
X	16800	16757	
Y	39547	39583	
兩觀距離	56.08		
觀測所看PT1方位角	2569.43	-308.57	
觀測所看PT2方位角	5228.43	-308.57	

圖 21 運算程式參數運算區示意圖

資料來源：圖 20、21 均為筆者自繪

另外，二點交會法人工作業所得成果，因受到人工作業器材限制因素，座標僅能判斷至 10 公尺、方位角 10 密位及距離 10 公尺整數，且無法將雷射測距轉換為水平距離，而上述之限制因素均可能轉換為作業誤差，惟誤差可能相互抵消或者疊加，因此作業精度浮動較大；無論上述何種方式，其最終目的均為在無測地作業成果情況下，獲得儘可能「精確之目標位置」，現以一個實際觀目方位角 2578 密位、距離 2034 公尺、高低角+50 密位，座標 228412、2647296 之目標，依前段作業成果分別求取目標座標，以相互比較作業精度（如表 2），

單項成果較優者，以紅字顯示。

表 2 目標座標驗證成果統計表

	測地成果座標	方位角	雷射測距	高低角
實際觀測所	227247、2648960			
實際目標	228412、2647296	2578.0 密位	2034 公尺	+50 密位
第 1 次作業成果比較				
	新式雷觀機	二點交會人工作業	運算程式	
所得觀測所座標	227247、2648960 (誤差 0 公尺)	227250、2648950 (誤差 10.4 公尺)	227247、2648960 (誤差 0 公尺)	
定向誤差	+0.2 ⁻	+9.8 ⁻	0 ⁻	
目標座標	228412、2647295 (誤差 1 公尺)	228390、2647270 (誤差 34 公尺)	228412、2647296 (誤差 0 公尺)	
第 2 次作業成果比較				
	新式雷觀機	二點交會人工作業	運算程式	
所得觀測所座標	227271、2648933 (誤差 36.1 公尺)	227270、2648940 (誤差 30.5 公尺)	227270、2648933 (誤差 35.5 公尺)	
定向誤差	+22.8 ⁻	+22.3 ⁻	+22.5 ⁻	
目標座標	228398、2647243 (誤差 54.5 公尺)	228400、2647250 (誤差 47.5 公尺)	228398、2647243 (誤差 54.5 公尺)	
第 3 次作業成果比較				
	新式雷觀機	二點交會人工作業	運算程式	
所得觀測所座標	無法求得	227230、2648970 (誤差 19.7 公尺)	227237、2648963 (誤差 10.4 公尺)	
定向修正	無法求得	-5.2 ⁻	+22.9 ⁻	
目標座標	無法求得	228410、2647320 (誤差 24 公尺)	228364、2647273 (誤差 52.9 公尺)	
第 4 次作業成果比較				
	新式雷觀機	二點交會人工作業	運算程式	
所得觀測所座標	無法求得	227240、2648950 (誤差 12.2 公尺)	227241、2648943 (誤差 18.5 公尺)	
定向誤差	無法求得	+11.4 ⁻	+9 ⁻	
目標座標	無法求得	228380、2647270 (誤差 41.1 公尺)	228391、2647268 (誤差 34.4 公尺)	

資料來源：筆者整理製表

結論

藉由本文所發展之作法及作業成果可知，若參考點坐標係藉由精確測地成

果點位所推算而得者，即使便變換至無測地成果觀測所位置，仍可完成精確之定位、定向修正，獲得高精度之目標座標，因此維持定位及定向精度是滿足獲得精確目標座標之條件；在原廠的新式雷觀機配賦附件中，其中有一附件為真北陀螺儀，其功能與 GPS 定位系統搭配，可滿足砲兵觀測定位、定向需求，並簡化作業程序，達成前進測量之目標，然是項附件因作為軍事用途受到國際出口管制條例規範¹³無法採購，未來僅能冀望自製陀螺儀並實施異質裝備整合，以完善其功能。

砲兵常備部隊觀測裝備迄今均已全數換發雷觀機，然因現行觀測所定位、定向作業之方法，仍遵循陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）所律定，以舊式雷觀機作業思維使用新式雷觀機，而未能真正深入探究裝備功能及原理，以發揮其應有價值，導致砲兵地面觀測技術層面上未有較大突破，實為筆者所不樂見，希望藉由本研究使更多人瞭解新式雷觀機功能，產生新的思維及發展作業方法，利用教學實作及實彈課程持續蒐整作業參數，並將相關成果納入野戰砲兵觀測訓練教範修訂內容，另外運算程式則交由本部編寫軟體專業教官負責擴增觀測官數據輸入器軟體功能，期能於短時間內更新全軍軟體功能，使裝備功能與作戰運用更趨完善。

參考文獻

- 一、《ATP 3-09.30 Observed Fires（觀測射擊）》（Washington DC，2017 年 9 月 28 日）。
- 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 10 日）。
- 三、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日）。
- 四、《TS-102A1 式多功能雷觀機操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 108 年 11 月 25 日）。
- 五、維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/地磁偏角>〉，111 年 5 月 12 日。
- 六、維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/正弦定理>〉，111 年 6 月 23 日。
- 七、經濟部國際貿易局，《軍商兩用貨品及技術出口管制清單及一般軍用貨品清單（Export Control List for Dual Use Items and Technology and Common Military List）》，民國 109 年 12 月。

作者簡介

林政諭少校，陸軍官校 93 年班機械系，歷任觀通組長、副連長、連長、參謀主任，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部。

¹³經濟部國際貿易局，《軍商兩用貨品及技術出口管制清單及一般軍用貨品清單（Export Control List for Dual Use Items and Technology and Common Military List）》，民國 109 年 12 月，頁 265。