

運用放樣測量精進火炮原級校正陣地測地

作者：黃盈智

提要

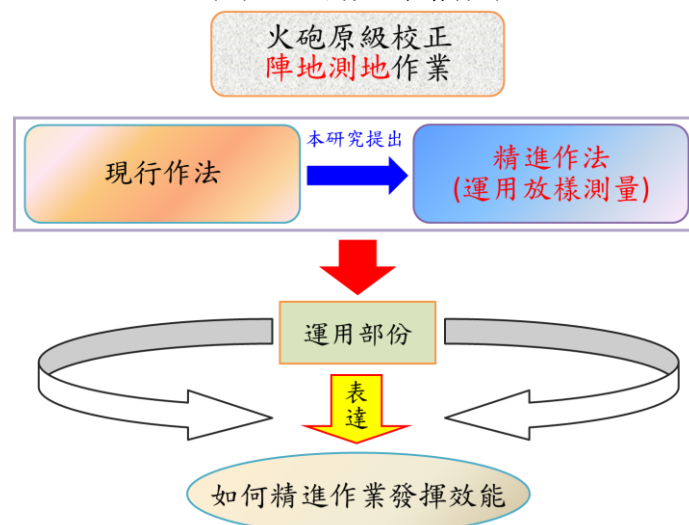
- 一、為決定地球表面各點相互間之相對關係位置，使用各種儀器及方法量測地面上各種自然或人工建築間之距離、角度及高程，經計算求得其位置，然後依其所需之精度，按規定比例尺將其縮繪於圖紙上，成為平面圖或具顯示地面高低起伏地形圖之技術，謂之「測量」(Survey)。反之，若將已知各點及各線之距離及力向或角度，以各種測量儀器正確地標定於地上者，稱為「放樣」或「測設」(Setting Out)。
 - 二、「原級校正」(Calibration)係為求取火炮初速誤差(Muzzle Velocity Error, MVE)，作為火炮重新分配之依據。其校正方式區分為「平均彈著點法」與「初速鑑定儀法」等 2 種，國軍各式火炮因多數未搭載初速鑑定儀，故現行通常以「平均彈著點法」實施。為使全營火炮採「一線型」(或二線型)放列於同一基線，以「射擊法」求取各火炮初速，測量班須先期完成「全部測地」。
 - 三、筆者於教學與部隊輔訪中發現，現行原級校正「陣地測地」作業方法耗費時間、人力且作業精度有限，有檢討精進之空間。有鑑於此，特撰本文提供砲兵先進指教，期使部隊充分發揮裝備效能，提升砲兵測地作業能量。本研究首先實施相關文獻探討，作為立論依據，期使讀者建立全般概念；其次，以自身教學及部隊督訪實務經驗，創新提出運用「放樣測量(Setting Out)」精進火炮原級校正「陣地測地」作業之具體方案；接續，實施效益分析；最後，提出綜合結論與建議。
 - 四、國軍野戰砲兵測量(地)技術，為少數軍事與民間共通之領域，本研究旨在將民間工程(地籍)測量之技術，引進為我砲兵測地運用，進而厚植砲兵測地作業能量。「放樣法」除適用於各式火炮原級校正「陣地測地」外，舉凡年度反登陸作戰火炮射擊與各式火炮保養射擊等演訓任務(火炮採等間距放列，且除陣地中心外，亦須求得各火炮位置時)，亦得適用此法。伴隨科技日新月異，未來新式裝備功能與民間技術接軌已成必然趨勢，若能靈活運用、長短相輔，則不僅測地裝備能發展諸多新用途，餘裝備亦然。
- 關鍵詞：放樣測量(Setting Out)、原級校正(Calibration)、初速誤差(Muzzle Velocity Error)、陣地測地、徠卡(Leica)、捷豹(Trimble)

前言

「原級校正」(Calibration)¹係為求取火炮初速誤差(Muzzle Velocity Error, MVE)，作為火炮重新分配之依據。²其校正方式區分為「平均彈著點法」與「初速鑑定儀法」等 2 種，國軍各式火炮未全部搭載初速鑑定儀，³故現行通常以「平均彈著點法」實施。為使全營火炮採「一線型」(或二線型)放列於同一基線，以「射擊法」求取各火炮初速，⁴測量班須先期實施「全部測地」，⁵完成各砲位坐標、射向方位角(Azimuth of Fire, AOF)、方向基線方位角(Azimuth of Orienting Line, OL)、方向基角(Orienting Angle, OA)、觀測所(Observation Post, O)與氣象台(Meteorological Post, MET)位置等作業。然筆者於教學與部隊督訪中發覺，現行原級校正「陣地測地」作業方法，耗費時間、人力且作業精度有限，有檢討精進之空間。有鑑於此，特撰本文供各級部隊參考，期使部隊充分發揮裝備效能，及提升砲兵測地作業能量。

本研究首先實施相關文獻探討，作為立論依據，期使讀者建立全般概念；其次，以自身教學及部隊督訪實務經驗，創新提出運用「放樣測量」(Setting Out)精進火炮原級校正「陣地測地」作業之具體方案；接續，實施效益分析；最後，提出綜合結論與建議(研究架構如圖 1)。

圖 1 研究架構圖



資料來源：筆者自製。

1 TC 3 - 09.81 Field Artillery Manual Cannon Gunnery (Washington DC: GHQ Army GRC, April 2016), P4 - 1。

2 《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範(第三版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月)，頁 6 - 1。

3 初速鑑定儀又稱初速雷達，為世界各國現役新式火炮之隨砲裝備，「DR - 810 MK II 初速測算雷達」為國軍現役裝備，除使用雷達，現行火炮原級校正通常以「平均彈著點法」實施。

4 彈道區分為「膛內彈道」與「膛外彈道」，「膛內彈道影響」係研究彈丸脫離砲口前影響其運動之因素。由膛內各項因素之綜合影響，可決定彈丸脫離砲口時之瞬間速度，此一瞬間速度稱之為「火炮初速(Muzzle Velocity)」，通常以每秒公尺表示之。

5 「全部測地」係指涵蓋營陣地至前地全部區域之完整測地作業。通常區分為前地、連接與陣地三部分。全部測地須使用較長時間，將全營測地成果，納入符合精度要求之同一坐標(方位)、高程系統。

文獻探討

首先實施與研究主題相關之文獻探討，作為立論依據，期使讀者具備全般概念，區分「原級校正與其測地、氣象作為」、「測量（Survey）與放樣（Setting Out）」及「放樣測量步驟」等部分，說明如次。

一、原級校正與其測地、氣象作為

（一）原級校正之意義、目的、效用、時機與方法

原級校正之意義，係為求取火炮初速誤差，作為火炮重新分配之依據。⁶而將某一火炮之初速與所選定標準之初速相比較，該項比較如與同時受校正諸火炮中選定某一砲之初速為標準者，謂之「比較原級校正」（Comparative Calibration）；如以射表表定之初速為標準者，謂之「絕對原級校正」（Absolute Calibration）。⁷原級校正目的係為使砲彈炸點落於與射向垂直之平行線上，達成間隔相等之射擊效果（即等齊射擊，⁸如圖 2），藉由觀測人員觀測落彈之遠近，以決定火炮初速，落彈距火炮越遠者代表初速最大，越近則反之（原級校正之目的、效用、時機、方法及效益比較如表 1、表 2）。⁹

（二）測地作為（Survey）

火炮原級校正前，測量班應先期完成「全部測地」，¹⁰為獲取較精確之測地成果精度，通常以「無定位定向系統作業」行之（如圖 3）。¹¹以下茲將原級校正之測地作為區分「高程」、「觀測所」、「陣地測地」、「射擊目標」與「作業（定向）精度」等 5 部分說明如次（火炮原級校正測地作業標準與精度規範如表 3）。

1. 高程：目標區域地勢應平坦，儘可能與陣地標高相等，且須納入統一高程系統。

2. 觀測所：以開設 4 個觀測所為宜（至少組成 3 條前地基線，如圖 4），配備雷觀機或方向盤實施落彈觀測，並利用同一基準點測出各觀測所之相對關係位置，測地作業精度須達 1/1000 以上。若僅開設 2 個觀測所則無檢查之機會，且精度欠佳。

3. 陣地測地：陣地測地目的在測定各火炮陣地中心（重型火炮砲位）與統制點（或連接點）之水平、高低關係位置，並設置方向基線，計算方向基角，提

6 《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範(第三版)》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 6-1。

7 同註 6，頁 6-1。

8 「等齊射擊」係各炸點落於與射向垂直之平行線上，且間隔相等之射擊。

9 同註 6，頁 6-8~6-9。

10 同註 3。

11 無定位定向系統作業，係指測量班使用編配之測距經緯儀、方向盤、捲尺、電算機等器材，利用導線法、三角測量、三邊測量、交會法、反交會法、天體觀測等方法，分組實施逐點測算之傳統測地作業型態。

供火砲賦予射向使用。¹²原級校正前，陣地除測取陣地中心外，亦須完成火砲之砲位測定，且作業精度不得低於 $1/1000$ 。¹³另為力求射擊精度，各式火砲均須使用「方向基角法」賦予射向，務使各砲射向平行。

4.射擊目標：射擊目標之測定，應儘可能採用「導線法」作業要領，測至射擊目標區域中央，其作業精度不得低於 $1/1000$ ；如環境與時間受限，亦得使用「前方交會法」行之，¹⁴惟坐標徑誤差不得大於 13 公尺。¹⁵

5.作業（定向）精度：「全部測地」之作業精度不得低於 $1/1000$ ；方位（定向）誤差應小於正負 2 密位。

（二）氣象（Meteorological, MET）¹⁶

氣象諸元之獲得及應用至為重要，氣象台之理想位置，宜選於火砲與目標之間，並應儘可能使汽球通過彈道最高點之附近，負責原級校正之軍官，應與氣象軍官密切協調，以選定氣象台之適當位置及協調氣象報告發布之時間：1.比較原級校正所依據之前提，為假定各種非標準狀況（不含非標準初速）對受校正各砲平均彈著點之總影響相同。因此，各砲平均彈著點間之距離差異，即為初速不同所產生之結果；故可化為呎（公尺）／秒，作為各砲比較初速誤差，惟此種假定，在某一範圍內始為正確，並對氣象狀況可全部忽略不計；故實施原級校正之時間，應選擇天候接近標準氣象狀況時實施。2.風力之影響尤須注意，無論平均彈著點比較原級校正或絕對原級校正，均不可於氣象變化顯著之際實施（如始曉、終昏前後）。

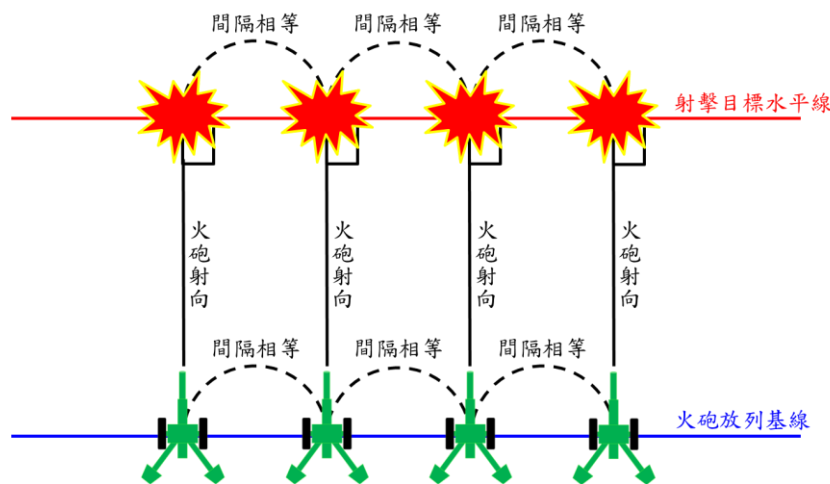


圖 2 「等齊射擊」示意

資料來源：《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 1-9。

12 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範(下冊)》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 7 - 23。

13 「比較精度」(Ratio of Precision, P)，亦稱為精度比，即「測量距離之相對誤差」；係依據「徑誤差」與所測「水平距離總合」之比。

14 前方交會法測量，係藉一條已知邊（基線）向未知點所測之兩水平角，依正弦定律計算未知邊距離之方法。

15 同註 10，頁 7 - 10。

16 同註 4，頁 6 - 5。

表 1 火炮「原級校正」目的、效用、時機與方法

	目的及效用	時機	方法
說明	1.作為火炮重分配之依據，以修正各砲初速，產生最有效之炸點分布。 2.作為新陣地計算氣象加初速誤差修正量之依據。 3.鑑定爾後之陣地初速誤差（依檢驗射擊結果及當時氣象報告計算者）是否有效。 4.就效用而言，比較原級僅能達成前述第 1 項目的，絕對原級則能同時達成前述 3 項目的，故各級砲兵部隊應利用進訓基地及各項射擊演訓時機，實施絕對原級為佳。	火炮是否須行原級校正，視火炮種類、口徑、射擊彈藥發數與使用裝藥計算而定，通常包括下列時機： 1.接領新砲或更換砲管時。 2.每年至少校正 1 次。 3.發射大量彈藥，砲膛磨損過大或射彈散布過大時。	1.平均彈著點法 2.初速鑑定儀法

資料來源：參考《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 6-2~6-5。

表 2 火炮「原級校正」效益比較表

區 分	平 均 彈 著 點 法	初 速 鑑 定 儀 法	
	比 較 原 級 Comparative Calibration	絕 對 原 級 Absolute Calibration	絕 對 原 級
射 擊 單 位	全營	軍團砲指部（砲兵群）	排（連）
射 擊 火 砲	全營	各營 1~3 門	單砲
發 射 法	翼次射	逐砲迅速、連續發射	逐砲連續發射
鑑 定 標 準	以營內射擊能力最強之火砲為準	射表所載各號裝藥標準初速為準	射表所載各號裝藥標準初速為準
氣 象 限 制	含有氣象影響	不含氣象影響（須計算氣象修正量後扣除之）	不含氣象影響
所 獲 成 果	決定初速誤差（VE）	絕對初速誤差（VE）	初速變換量(MVV)
用 途	作為火炮重分配之依據，修正各砲初速誤差，產生最有效之炸點分布。	一、作為火炮重分配之依據，修正各砲初速誤差，產生最有效之炸點分布。 二、作為陣地計算氣象加初速誤差修正量之依據。 三、鑑定爾後之初速誤差是否有效。	一、作為火炮重分配之依據，以修正各砲初速，產生最有效之炸點分布。 二、作為陣地計算氣象加初速誤差修正量之依據。 三、鑑定爾後之初速誤差是否有效。
優 劣 比 較	較差	次優	最優

資料來源：《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 6-3。

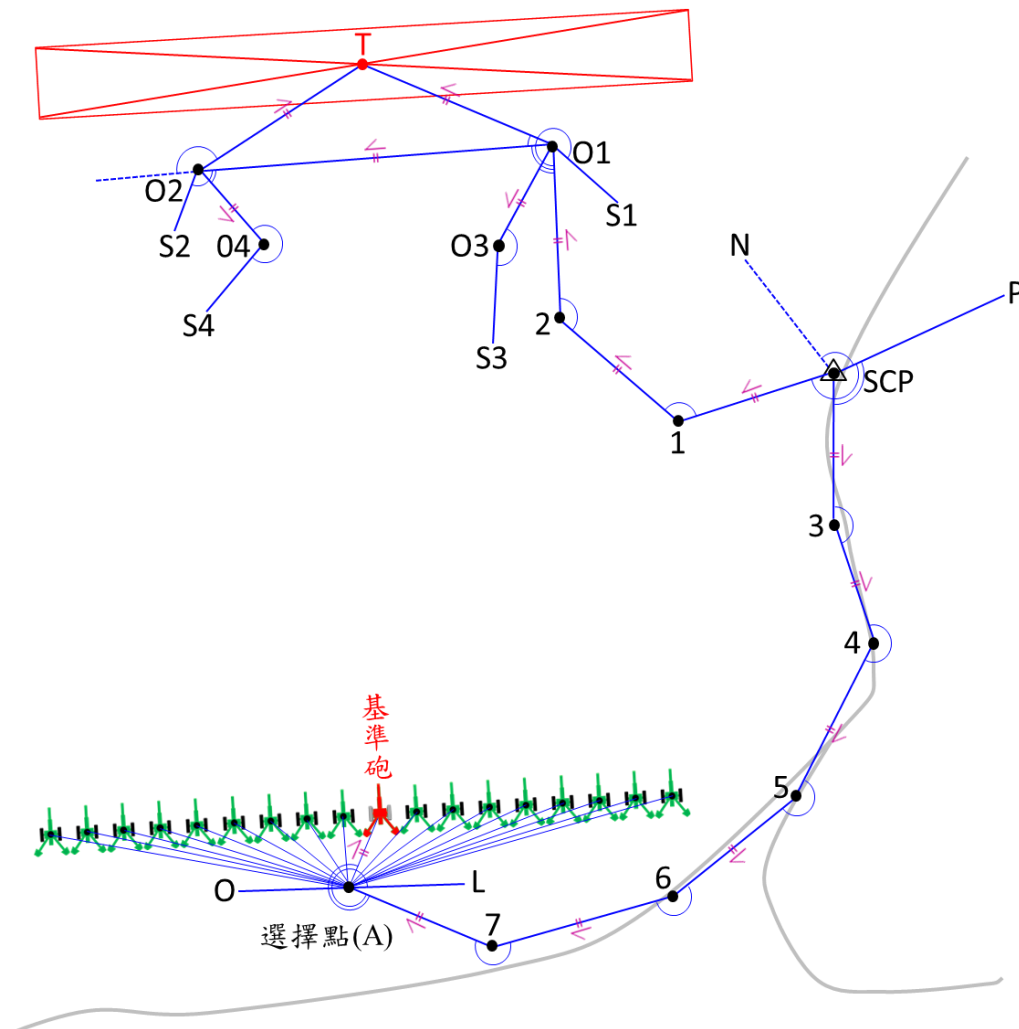


圖 3 原級校正測地作業（無定位定向系統）示意

資料來源：筆者自製。

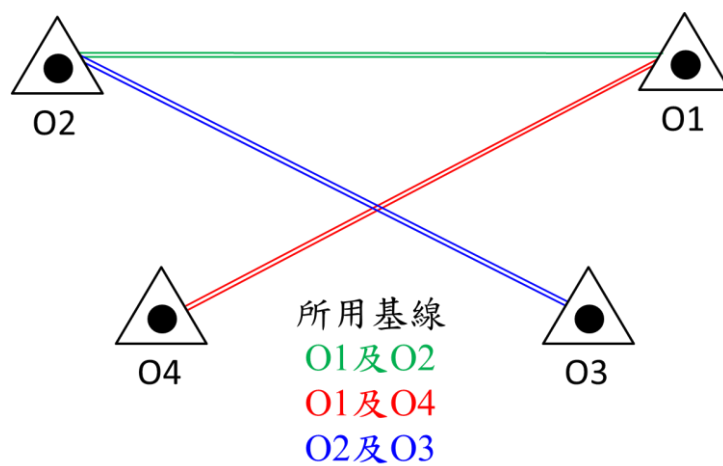


圖 4 原級校正「觀測所」與「基線」關係圖

資料來源：修改自《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 6-13。

表 3 火炮「原級校正」測地作業標準與精度規範表

火炮「原級校正」測地作業標準與精度規範表							
區分 測地 型態 作業 精度		高 程	觀 測 所	陣 地	射 擊 目 標	作 業（定 向）精 度	時 間 限 制
「無」 定位定向 系統測地		各射擊要點、觀測所、陣地與目標須納入同一高程系統，且目標區域地勢應平坦，並儘可能與陣地標高相等。	以開設 4 個觀測所為宜（至少組成三條前地基線），且須納入同一坐標系統。	使用「方向基角法」賦予射向，使各砲射向平行；除測取陣地中心外，亦須完成火炮之砲位測定，且須納入同一坐標系統。	應測至目標區域之概略幾何中心，如使用「導線法」，其作業精度應達 1/1000 以上；如使用「前方交會法」，其坐標徑誤差應 <13 公尺。	應完成「全部測地」，且坐標精度應達 1/1000 以上之要求； ¹⁷ 高程誤差應<正負 2 公尺；方位（定向）誤差應<正負 2 密位。	通常作業時間未規定，惟應於營長所要求之時間內完成。
「有」 定位定向 系統測地		●零速更新週期：4 分鐘 ●坐標：圓形公算偏差（CEP）<3 公尺 ¹⁸ ●標高：公算偏差（PE）<1 公尺 ¹⁹ ●方位（定向）精度：<正負 2 密位					
備 註		為提升測地作業精度，應儘可能使用「無定位定向系統測地」為原則；如採「有定位定向系統測地」，應使用 4 分鐘零速更新週期行之。					

資料來源：筆者自製。

二、測量（Survey）與放樣（Setting Out）

為決定地球表面上，各點相互間之相對關係位置，使用各種儀器及方法量測，地面上各種自然或人工建築間之距離、角度及高程，經計算求得其位置，然後依其所需之精度，按規定比例尺將其縮繪於圖紙上，而成為平面圖或具顯示地面高低起伏地形圖之技術，謂之「測量」（Survey）。²⁰反之，若將已知各點及各線之距離及力向或角度，以各種測量儀器正確地標定於地上者，稱為「放

17 同註 10，頁 7 - 10。

18 CEP（Circular Error Probability, CEP）：即「圓形公算偏差」，通常為衡量彈著點散布度大小之指標，亦可表示機率發生在 50% 以內之某二維空間誤差量，定位定向系統亦以此表示坐標成果（X，Y）之精確性。例如「座標 7 公尺圓形公算偏差」，即表示定位定向系統在一定作業時間與距離內，測量誤差小於 7 公尺半徑圓形範圍之機率為 50%。

19 EP（Error Probability, EP）：即「公算偏差」，通常用以表示發生機率在 50% 以內之某一維空間誤差量，定位定向系統亦以此示標高、方位成果之精確性。例如「標高 3 公尺公算偏差」，即表示定位定向系統在一定作業時間與距離內，出現小於±3 公尺標高誤差範圍之機率為 50%。

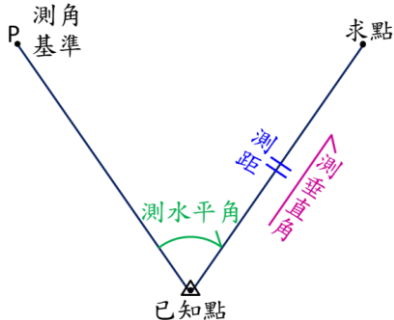
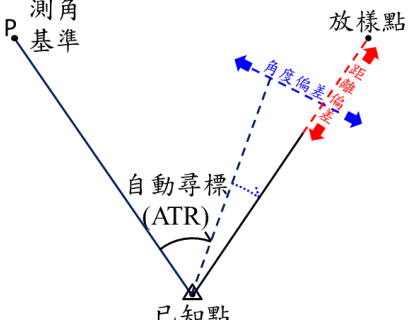
20 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月），頁 1 - 1。

樣」或「測設」(Setting Out)，²¹上揭 2 種作業方式之差異比較如表 4。

國軍現行使用之測距經緯儀，均屬「全站儀」(Total Station)範疇，²²其內建之進階程式除可運用於一般測地作業，更可涵蓋軍、民測量領域之相關作業，且具備減少時間、簡化方法與增加精度之優點。²³

然部分研究認為，測距經緯儀內建之「放樣測量」功能偏屬民間工程測量及工兵測量作業之領域（國軍測距經緯儀內建進階程式之比較如表 5），一般砲兵部隊測地，較難適用。如陳天祐於〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉一文中論述『目前砲兵部隊現有之徠卡測距經緯儀（Leica TPS-700）及蔡司測距經緯儀（Zeiss Elta-13），除一般測角、測距功能外，內部程式均具備整合相關測量公式而成的進階功能，如「坐標測量」、「反交會測量（自由測站）」、「對邊測量」、「面積測量」、「放樣」等，其中「對邊測量」、「面積測量」、「放樣」較偏屬民間工程測量及工兵測量作業之領域，而「坐標測量」、「反交會測量（自由測站）」等，均可使用於砲兵測地任務，惟操作手冊與教材內皆未深入探討。』²⁴而本研究傾向採用不同觀點，認為於特定條件下，「放樣測量」亦可於野戰砲兵測地作業中運用，精進現行作業之方法與流程，達到發揮裝備效能，減少作業時間與人力之目標。

表 4 測量 (Survey) 與放樣 (Setting Out) 之差異比較

	測量 (Survey)	放樣或測設 (Setting Out)
已知條件	距離、角度及高程	坐標與方向
目的	按規定比例尺將其縮繪於圖紙上，而成為平面圖或具顯示地面高低起伏地形圖之技術。	將已知各點及各線之距離及力向或角度，以各種儀器正確地標定於地上者。
示意		
野戰砲兵運用範圍	砲兵營、連測地與軍團（作戰區）砲兵測地。	1.適用於各式火砲原級校正「陣地測地」作業。

21 施永富，《測量學》（臺北市：三民書局，民國 77 年 07 月），頁 2。

22 就「測繪學辭典」解釋：全站儀」(Total Station)為集光、機、電子為一體之高科技測量器材，具備水平角、垂直角、距離、高差測量功能之測量裝備，因整置後即可完成測站全部測量而稱之。

23 陳天祐，〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 143 期，砲兵訓練指揮部，民國 97 年 10 月，頁 7。

24 同註 19，頁 7。

		2.年度反登陸作戰火砲射擊與各式火砲保養射擊等演訓任務(火砲採等間距放列，且除陣地中心外，亦須求得各火砲位置時)，亦得適用此法。
--	--	--

資料來源：筆者整理。

表 5 國軍現行測距經緯儀（全站儀）內建進階程式之比較

	使 用 時 機	適 用 地 形	限 制 條 件
坐 標 測 量	配合導線法或放射法測量作業	無地形限制	無限制條件
反 交 會 測 量 (自 由 測 站)	1. 點位可到達，且於未知點上可通視兩個以上之已知點時。 2. 已知點間無法通視時。	無地形限制	已知點精度來源須相同
對 邊 測 量	屬民用工程測量及工兵測量作業之領域		
面 積 測 量			
放 樣 測 量			

資料來源：陳天祐，〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 143 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 10 月，頁 14。

三、「放樣測量」步驟（以徠卡 Leica TCRA705 型測距經緯儀為例）

放樣測量前，實地上至少需有 2 個已知坐標（或 1 個已知坐標搭配 1 個已知方位），放樣測量常用之方法，可區分為「直接法」與「間接法」等 2 種，²⁵本節將以徠卡（Leica）TCRA705 型測距經緯儀為例，說明「直接法放樣測量」之作業步驟如圖 5、6 與表 6、7。

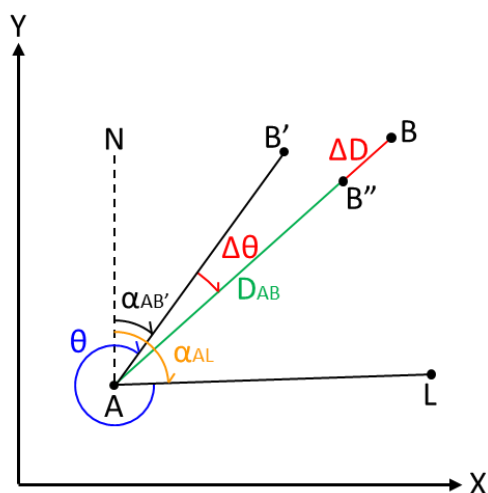


圖 5 平面「放樣測量」示意圖

資料來源：參考施永富，《測量學》（臺北市：三民書局，民國 77 年 07 月），頁 592。

25 同註 16，頁 592。

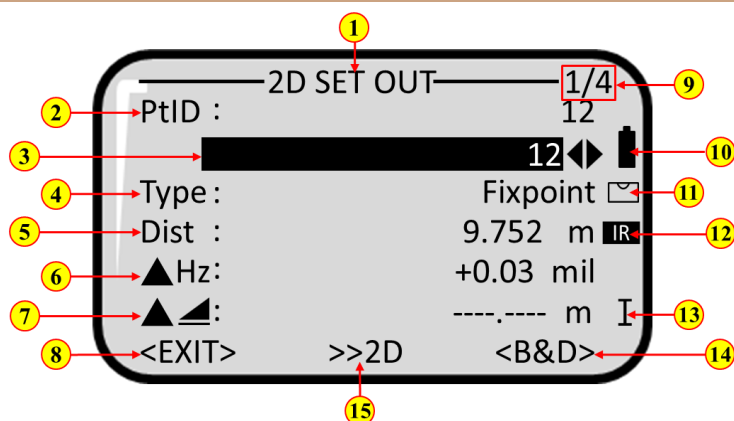


圖 6 徠卡 TCRA705 型測距經緯儀「放樣測量」操作頁面示意

資料來源：筆者自製。

表 6 平面「放樣測量」圖例說明表

項次	代號	說明	明
①	A	已知點	
②	L	已知點（或已知方位），即後視點	
③	B	正確之放樣點位置	
④	B'	表示概估放樣點位置	
⑤	B''	表示概估放樣點位置	
⑥	α_{AL}	由 A 至 L 之方位角（通常由已知坐標反算或方位誘導求得），即後視點方位角	
⑦	$\alpha_{AB'}$	由 A 至 B' 之方位角	
⑧	θ	標定後視點（L）順時針測至 B' 之水平角	
⑨	$\Delta\theta$	水平角偏差值	
⑩	DAB	A 點與 B 點之距離（可由全站儀自動計算得知）	
⑪	ΔD	距離偏差值	

資料來源：筆者整理。

表 7 徠卡 TCRA705 型測距經緯儀「放樣測量」操作頁面名稱與功能說明

項次	名稱	功能說明
①	程式名稱	2 D S E T O U T，代表「2 維放樣」；3 D S E T O U T，代表「3 維放樣」。
②	PtID	可輸入測站（點位）名稱。
③	◀▶	透過左、右方向鍵，可選擇工作檔案（JOB）內之測站（點位）名稱。
④	Type	表示作業類型，Fixpoint 表示「定點」模式，Measurement 表示「測量」模式
⑤	Dist	表示測站與放樣點間之「實際距離」，係由測距經緯儀內部計算所得（由兩點坐標反算）。
⑥	▲ Hz	即 $\Delta\theta$ （圖 5）代表「水平角偏差值」。如為正值代表測手須「順時針」轉動儀器以「增加角度」；如為負，則反之。

⑦		即 ΔD (如圖 5)，代表「距離偏差值」。如為正值，代表測手須指揮反射器手向「後」(反射器手之方向)移動，以「增加距離」；如為負，則反之。
⑧	<EXIT>	離開此頁面。
⑨	1/4	代表本程式頁面合計共 4 頁(當前於頁面 1)，每一頁面代表不同之放樣模式，說明如次： ★頁面 1 (Polar Setout-2D)：極坐標法 2 維放樣(建議使用) 頁面 2 (Polar Setout-3D)：極坐標法 3 維放樣 頁面 3 (Orthogonal Setout-3D)：正交法 3 維放樣 頁面 4 (Cartesian Setout-3D)：笛卡兒法 3 維放樣
⑩		表示測距經緯儀剩餘電力。
⑪		表示補償器之狀態為「開啟」。
⑫		表示電子測距(Electronic Distance Measurement, EDM)模式，IR (Infrared Ranging) 代表「紅外線測距」；RL (Laser Ranging) 代表「雷射測距」。
⑬	I	表示鏡次，I 代表「正鏡」；II 代表「倒鏡」。
⑭	<B&D>	即 BEAR & DIST ENTRY，表示將儀器切換至「手動輸入」放樣值。
⑮	>>2D	表示當前放樣模式，>>2D 代表「2 維放樣」；3D 代表「3 維放樣」。

資料來源：筆者整理。

一、測手於測站(A)整置徠卡測距經緯儀，並完成器材定心、定平及開機。

二、按「PROG 應用程式」鍵進入「應用程式」頁面，選擇項次 3 「Setting Out 放樣測量」(如圖 7)，進入「Setting Out 放樣測量設定」頁面(圖 8)。

三、選擇項次 1 「Set Job 設定工作檔案」(圖 9)，進入「設定工作檔案」頁面(如圖 10)。

四、於「設定工作檔案」頁面，選擇顯示幕正下方之<NEW 新增>(如圖 11)。進入「新增檔案設定」頁面(圖 12)，將檔案名稱(Job)設定為「777」，並於顯示幕右下方選擇<SET>，即完成設定(圖 13)。

五、完成設定後，即可返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面(圖 14)。

六、於「Setting Out 放樣測量設定」頁面，選擇項次 2 「Set Station 設定測站」(圖 15)，進入「設定測站」頁面(圖 16)。

七、於「設定測站」頁面之「Stn (Station)」欄位，輸入測站名稱(如已知點 A，圖 17)後，將進入「NEW POINT 新增測站」頁面(圖 18)。

八、於「NEW POINT 新增測站」頁面，以上、下游標鍵對下列 4 個項次作設定：(一) N：建立縱坐標(輸入該測站之縱坐標，到小數點後三位)。(二) E：建立橫坐標(輸入測站橫坐標，到小數點後三位)。(三) H：建立標高(輸

入該測站標高，到小數點後三位)。(四)待設定完成後，於顯示幕右下方選擇<OK>，待資料儲存後(如圖 19)，即可返回「測站設定」頁面(圖 20)。

九、於「測站設定」頁面之「InHt (Instrument Height)」欄位輸入儀器高度(通常設定為 1.5 公尺，如圖 21)。接續，核對輸入諸元無誤後，於顯示幕右下方選擇<SET>(圖 21)，即可返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面(圖 22)。

十、於「Setting Out 放樣測量設定」頁面，選擇項次 3「Set Orientation 設定後視點方位角」(圖 23)，可進入「Set Orientation 設定後視點方位角」頁面(圖 24)，並以上、下游標鍵對下列 3 個項次作設定：(一)BsPt (Back sight Point)：後視點點號(L)；(二)BsBrg (Back sight Bearing)：後視點方位角(如 $11^{\circ}44'18''$)；(三)設定「後視點方位角」前必須先完成後視點(L)標定。

十一、待「後視點方位角」設定完成後，轉動望遠鏡使十字線中央精確對正後視點(L)，並於顯示幕右下方選擇<SET>(圖 25)，即可返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面(圖 26)。

十二、測手指揮反射器手將反射器豎立於概估放樣點(B')位置，為便利操作，反射器手可將反射器腳架先行移除，僅使用「反射稜鏡」與「定心桿」實施作業(圖 27)。

十三、測手於「Setting Out 放樣測量設定」頁面，選擇項次 4 或按壓「執行鍵」(圖 28)，即可進入「放樣測量」頁面(圖 29)。

十四、於「放樣測量」頁面之「PtID (Point ID)」欄位輸入放樣點名稱(B，圖 30)，即可進入「NEW POINT 新增測站」頁面(圖 31)。

十五、於「NEW POINT 新增測站」頁面，輸入放樣點(B)之坐標、標高，並於顯示幕右下方選擇<SET>，待資料儲存後(圖 32)，徠卡測距經緯儀將啟動「自動目標識別(Automatic Target Recognition, ATR)」功能(圖 33)，²⁶同時返回「放樣測量」頁面(圖 34)。

十六、測手指揮反射器手將反射器移動至測距經緯儀之視軸線上(即十字線縱線，圖 35)。

十七、角度放樣：測手瞄準(標定)反射稜鏡，看讀水平角偏差值 $\Delta H_z(\Delta\theta)$ ，如已輸入測站(A)、放樣點(B)坐標與後視點(L)方位角，儀器可自動算出應有之夾角，再與測得之夾角相較(即為水平角偏差值，圖 36)，如偏差值不為零，測手則於視軸線左右方向(即十字線縱線)，指揮反射器手移動反射器，確使水平角偏差值趨近於零。

26 Automatic Target Recognition, ATR，即「自動目標識別」(又稱「自動尋標」)，係機器利用傳感器，模擬人類認知，對觀察場域中之目標進行檢測、識別的過程。資料來源：<https://kknews.cc/news/98o2lkb.html>。

十八、距離放樣：測手瞄準（標定）反射稜鏡（按壓「DIST 測距鍵」，如圖 37），看讀距離偏差值 ΔD （ ΔD ），因儀器可自動算出應有之距離（Dist），再與測得之距離相較（即為距離偏差值，圖 38），如偏差值不為零，測手則於視軸線前後方向（即十字線橫線），指揮反射器手移動反射器，確使距離偏差值趨近於零。

十九、重複步驟十七、十八，直至 ΔHz 與 ΔD 均為零（圖 39），則表示反射器已豎立於放樣點（B）之正確位置。

廿、檢核坐標：測量放樣點坐標，並與計算所得之放樣點坐標相較，如無法滿足精度要求者，須重回步驟十七，直至滿足精度為止。

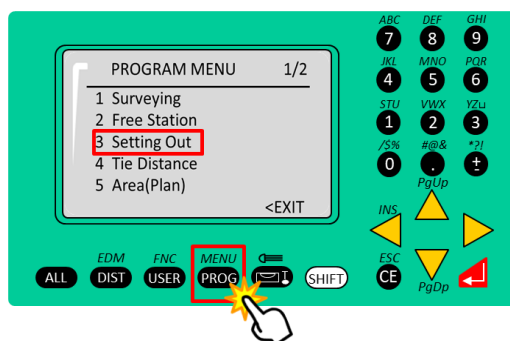


圖 7 進入「PROG 應用程式」頁面，選擇「Setting Out 放樣測量」

資料來源：筆者自製。

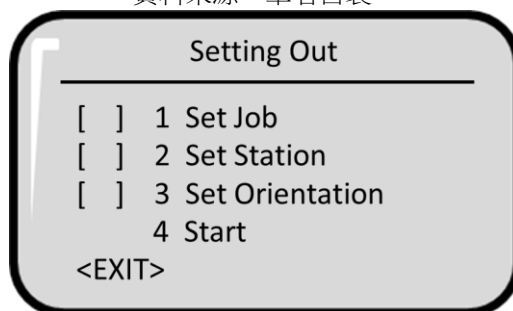


圖 8 「Setting Out 放樣測量設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。

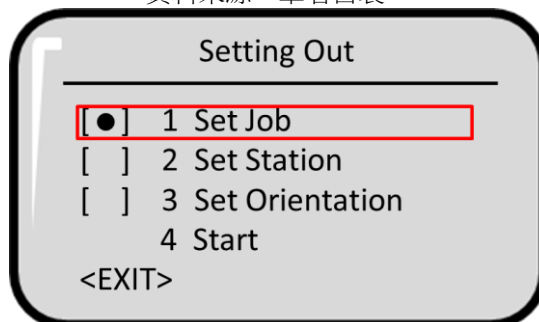


圖 9 選擇「Set Job 設定工作檔案」

資料來源：筆者自製。

SELECT JOB (1/1)

Job : **DEFAULT** ◀▶

Oper : SCP

Rem1: -----

Rem2: -----

19.02.2020 15:24:32

<BACK> <NEW> <SET>

圖 10 「設定工作檔案」頁面示意

資料來源：筆者自製。

SELECT JOB (1/1)

Job : **DEFAULT** ◀▶

Oper : SCP

Rem1: -----

Rem2: -----

19.02.2020 15:24:35

<BACK> **<NEW>** <SET>

圖 11 於顯示幕正下方選擇<NEW>，可進入「新增檔案設定」頁面

資料來源：筆者自製。

CREATE NEW JOB

Job : -----

Oper : SCP

Rem1: -----

Rem2: -----

19.02.2020 15:28:45

<BACK> <SET>

圖 12 「新增檔案設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。

CREATE NEW JOB

Job : 777

Oper : SCP

Rem1: -----

Rem2: -----

19.02.2020 15:28:55

<BACK> **<SET>**

→

Job Set !

圖 13 將檔案名稱（Job）設定為「777」，並於顯示幕右下角選擇<SET>

資料來源：筆者自製。

Setting Out

[●] 1 Set Job
 [] 2 Set Station
 [] 3 Set Orientation
 4 Start
 <EXIT>

圖 14 返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。

Setting Out

[●] 1 Set Job
 [●] 2 Set Station
 [] 3 Set Orientation
 4 Start
 <EXIT>

圖 15 選擇「Set Station 設定測站」

資料來源：筆者自製。

SET STATION

Stn : 123
 InHt : 1.500 m
 NO : 51234.000 m
 EO : 21234.000 m
 HO : 31.000 m
 <H-TRANS> <BACK> <SET>

圖 16 「設定測站」頁面示意

資料來源：筆者自製。

SET STATION

Stn : A
 InHt : 1.500 m
 NO : 51234.000 m
 EO : 21234.000 m
 HO : 31.000 m
 <H-TRANS> <BACK> <SET>

→

Point not found !

圖 17 於「測站設定」頁面之「Stn」欄位，輸入測站名稱 A

資料來源：筆者自製。

NEW POINT	
Job :	777
PtID :	A
N :	----- m
E :	----- m
H :	----- m
<BACK> <FINDPT> <OK>	

圖 18 「NEW POINT 新增測站」頁面示意

資料來源：筆者自製。

NEW POINT	
Job :	777
PtID :	A
N :	50000.000 m
E :	20000.000 m
H :	20.00 m
<BACK> <FINDPT> <OK>	



Point stored to Fixpoints

圖 19 於「NEW POINT 新增測站」頁面輸入並儲存已知點諸元

資料來源：筆者自製。

SET STATION	
Stn :	A
InHt :	1.500 m
NO :	50000.000 m
EO :	20000.000 m
HO :	20.000 m
<H-TRANS> <BACK> <SET>	

圖 20 返回「測站設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。

SET STATION	
Stn :	A
InHt :	1.500 m
NO :	50000.000 m
EO :	20000.000 m
HO :	20.000 m
<H-TRANS> <BACK> <SET>	



Station set !

圖 21 於「測站設定」頁面之「InHt」欄位輸入儀器高度並核對諸元

資料來源：筆者自製。

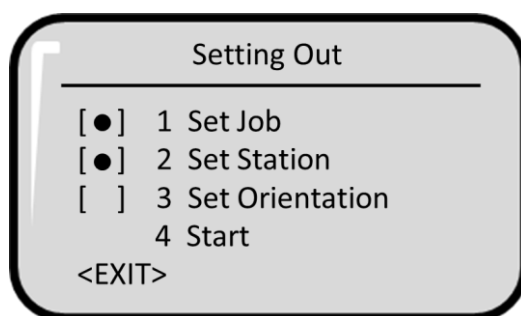


圖 22 返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。

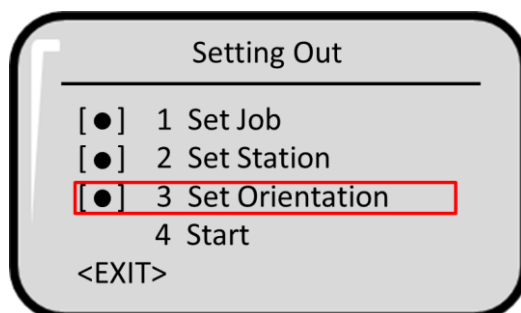


圖 23 選擇「Set Orientation 設定後視點方位角」

資料來源：筆者自製。

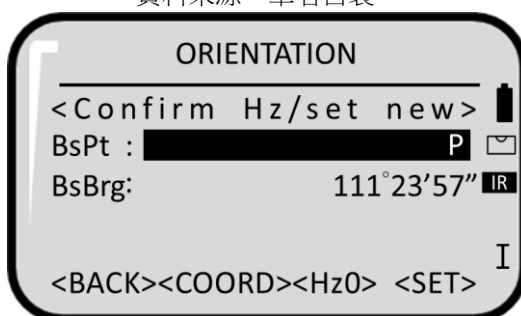


圖 24 「Set Orientation 設定後視點方位角」頁面示意

資料來源：筆者自製。

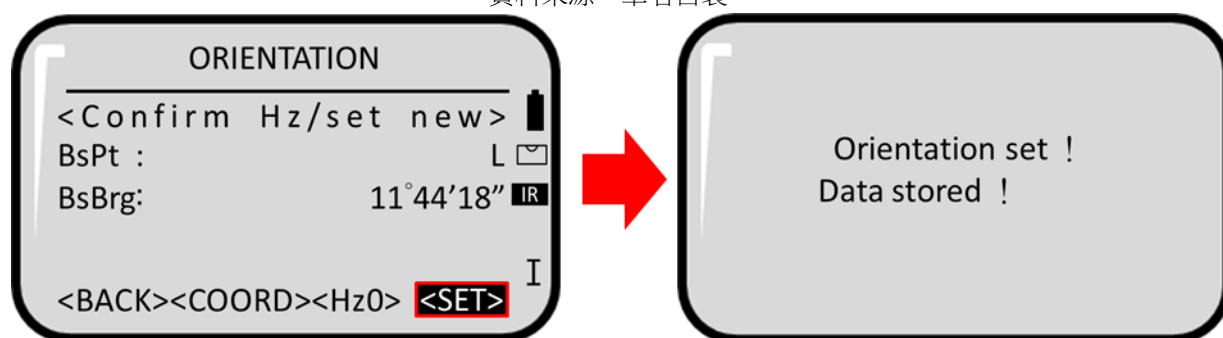


圖 25 「後視點方位角」設定完成示意

資料來源：筆者自製。

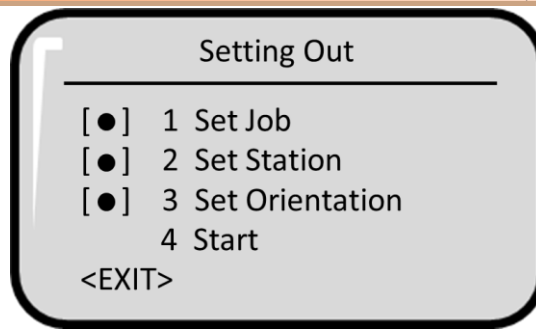


圖 26 返回「Setting Out 放樣測量設定」頁面示意

資料來源：筆者自製。



圖 27 「反射稜鏡」與「定心桿」示意

資料來源：筆者自製。

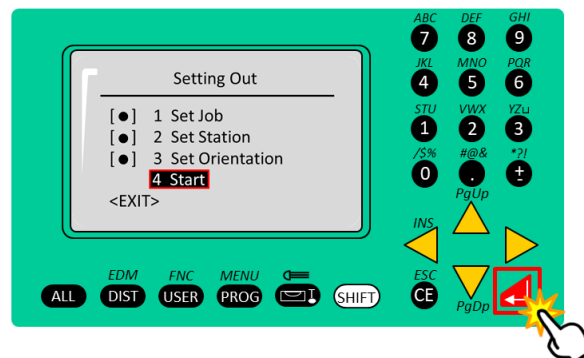


圖 28 選擇項次 4 進入「放樣測量」頁面

資料來源：筆者自製。

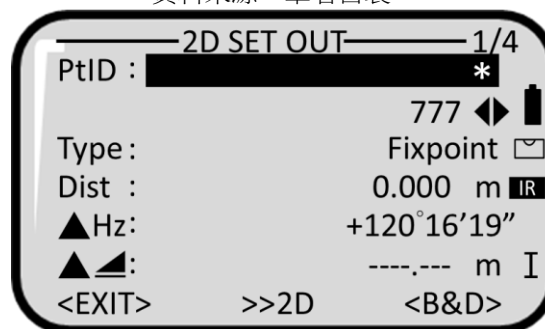


圖 29 「放樣測量」頁面示意

資料來源：筆者自製。

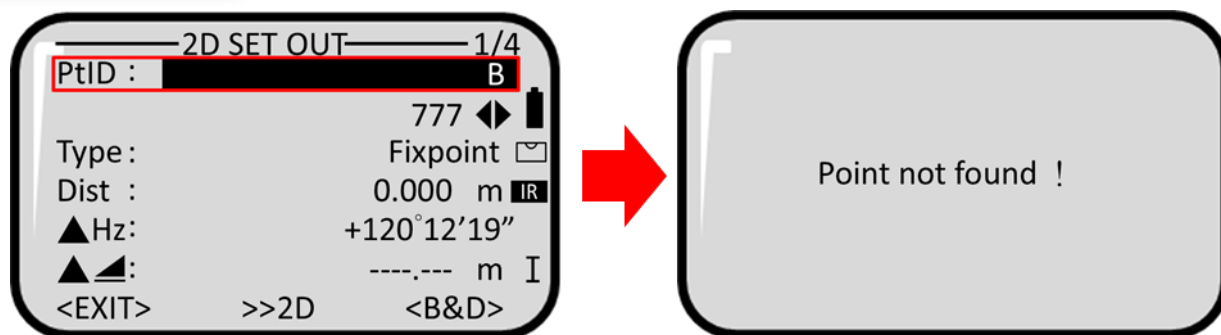


圖 30 於「放樣測量」頁面之「PtID」欄位輸入放樣點名稱 B

資料來源：筆者自製。

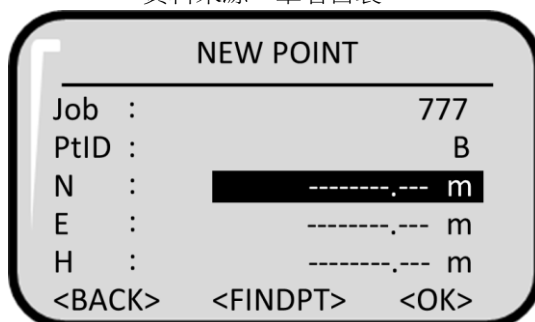


圖 31 「NEW POINT 新增測站」設定頁面

資料來源：筆者自製。

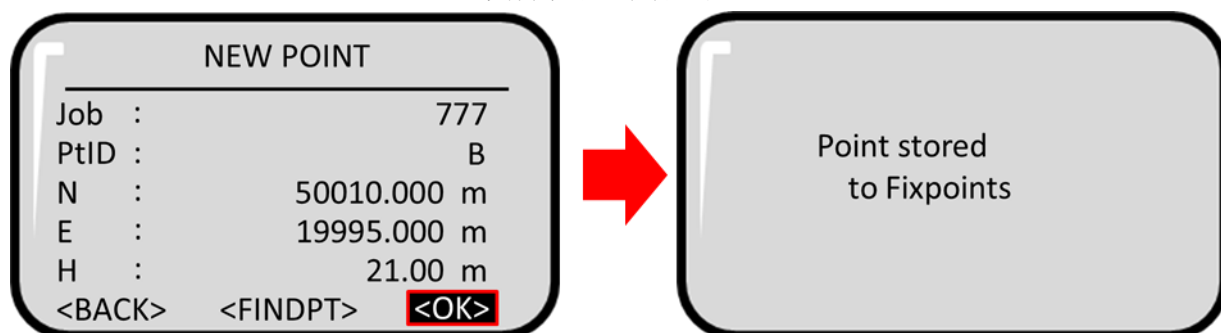


圖 32 於「NEW POINT 新增測站」頁面，輸入放樣點（B）諸元

資料來源：筆者自製。

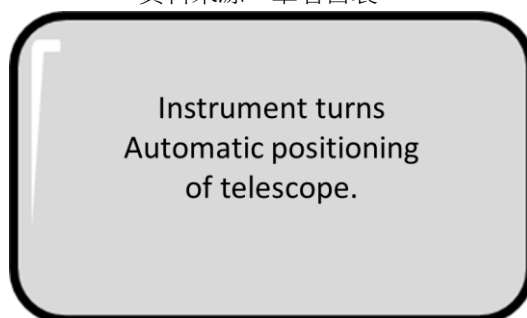


圖 33 徠卡測距經緯儀啟動「ATR 自動目標識別」功能示意

資料來源：筆者自製。

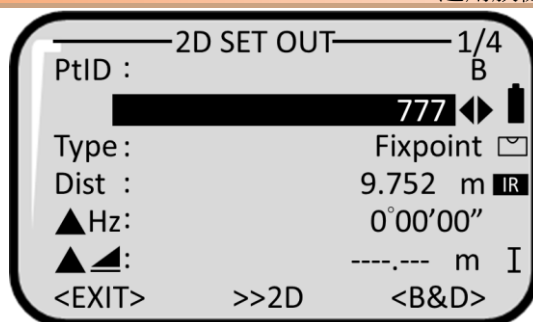


圖 34 返回「放樣測量」頁面示意

資料來源：筆者自製。



圖 35 測手指揮反射器手將反射器移動至測距經緯儀之視軸線上

資料來源：筆者自製。

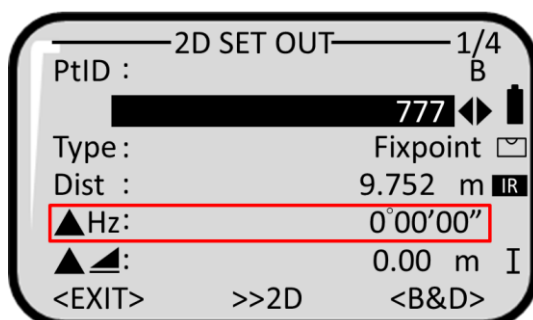


圖 36 「水平角偏差值」示意

資料來源：筆者自製。

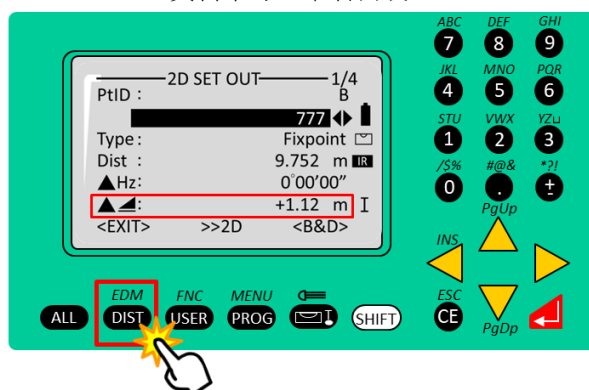


圖 37 測手瞄準（標定）反射稜鏡（按壓「DIST 測距鍵」）示意

資料來源：筆者自製。

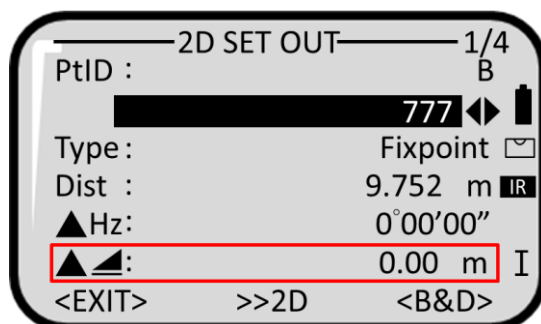


圖 38 「距離偏差值」示意

資料來源：筆者自製。

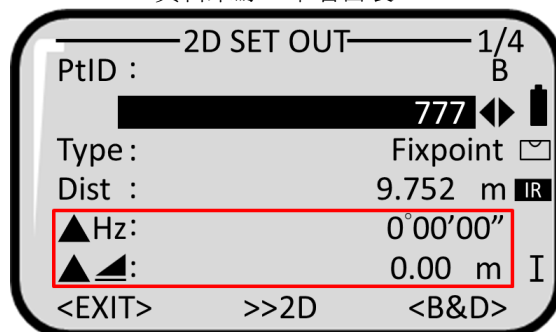


圖 39 ▲Hz 與 ▲均為零，代表「放樣」完成

資料來源：筆者自製。

四、「放樣測量」步驟（以 Trimble S9 0.5 秒 DR PLUS 測距經緯儀為例）

Trimble（捷豹）S9 0.5 秒 DR PLUS 測距經緯儀，為野戰砲兵新式測量裝備（簡稱捷豹 S9，如圖 40），其 TCU 控制面板內建之 Trimble Access 測量程式（圖 41），²⁷亦提供「放樣測量」功能，捷豹 S9 具備「儀器放樣」與「GNSS 放樣」²⁸等兩種放樣方式，本文僅針對前者，說明其操作頁面與作業程序如圖 42 與表 8。

一、測手於測站（A）整置捷豹 S9 測距經緯儀，並完成器材定心、定平及開機。

二、進入「Trimble Access」測量程式，點選「一般測量」（圖 43①），待進入「一般測量」選單後，點選「任務」（圖 43②），進入「任務」頁面。

三、於「任務」頁面中，點選「新建任務」（圖 44①），完成任務名稱設定（如 777）後，點選頁面右下角「接受」（圖 44②），返回「一般測量」選單。

27 TCU（Trimble Control Unit, TCU）：捷豹 CU 控制面板係一可連接與拆卸之控制單元，旨在將儀器（S9）與 GNSS 測量系統（R2 衛星接收器）實施整合，同時亦可安裝 Trimble Access 測量程式。Trimble Access：捷豹 Access 測量程式，係一專為測量人員設計之應用作業軟體，適用於各式野外測量任務，其具備簡易操作介面、優化作業程序及同步數據傳輸等特點，可快速支援測量人員完成任務。

28 GNSS（The Global Navigation Satellite System, GNSS）：即「全球衛星導航系統」，為覆蓋全球、可實施空間定位與授時之衛星系統，其搭配小型電子接收器後，即可確定所在位置（經度、緯度與高度），並經由衛星廣播，可獲得數公尺以內之定位精度。

四、於「一般測量」選單中，點選「鍵入」(圖 45①)，並選擇「點」(圖 45②)，進入「點資料輸入」頁面。

五、於「點資料輸入」頁面中，將放樣點名稱、縱坐標(軸)、橫坐標(軸)與高程(標高)，逐一輸入對應欄位中，並點選頁面右下角「儲存」，完成設定(圖 46①)，如有數個放樣點，可依上揭步驟逐筆輸入。待放樣點資料全部輸入完畢後，點選頁面左下角「Ese」(圖 46②)，即可返回「一般測量」選單。

六、於「一般測量」選單中，點選「放樣」(圖 47①)，選擇放樣方式「VX&Series (儀器放樣)」(圖 47②)，進入「放樣功能」頁面。

七、於「放樣功能」頁面中，選擇「測站設立」(圖 48①)，進入「電子水平」頁面，完成器材定平後，點選頁面右下角「接受」(圖 48②)，進入「改正」頁面。

八、於「改正」頁面，完成相關定後，點選頁面右下角「接受」(圖 49①)，進入「測站設立 1」頁面，於對應欄位中輸入測站名稱與儀器高度，接續，輸入測站縱坐標(軸)、橫坐標(軸)及高程(標高)，最後，點選頁面右下角「接受」(圖 49②)，進入「測站設立 2」頁面。

九、於「測站設立 2」頁面中，輸入後視點名稱(如 L)、後視點高度(非必要)、方位角(如 $11^{\circ}48'18''$)及選定方法(只有角度)後，轉動望遠鏡使十字線中央精確對正後視點(如圖五十①)，點選頁面右下角「測量」，進入「測站設立 3」頁面，再次確認測站資料無誤後，點選頁面右下角「儲存」(圖 50②)，即可返回「一般測量」選單。

十、於「一般測量」選單中，選擇「放樣」(圖 51①)，進入「放樣功能」頁面，於該頁面中，選擇「點」(圖 51②)，進入「點放樣」頁面。

十一、於「點放樣」頁面中，點選左下角「增加」(圖 52①)，進入「選點」頁面，於該頁面中，選擇「從清單中選擇」(圖 52②)，進入「放樣點清單」頁面。

十二、於「放樣點清單」頁面中，逐筆勾選放樣點名稱(可複數勾選)，勾選完畢後，點選右下角「增加」(圖 53①)，即可返回「點放樣」頁面，於該頁面中，再次點選放樣點名稱後，儀器將自動轉動望遠鏡對正放樣點方向，並進入「放樣測量」頁面(圖 53②)。

十三、測手指揮反射器手於望遠鏡十字線縱線上，豎立反射器，並調整俯仰轉螺，使望遠鏡十字線橫線對正反射稜鏡中心(圖 54)。接續，點選「放樣測量」頁面左下角「測量」，實施距離量取(圖 55①)，並依據放樣指示欄(及狀態欄)中，儀器提示之「距離偏差」與「方向偏差」，指揮反射器手往內(外)或往左(右)移動反射器(各圖示說明如圖 56)，重複施測，直至「距離偏差」

與「方向偏差」趨近於「零」，再點選頁面左下角「接受」(圖 55②)，進入「確認放樣差」頁面。

十四、於「確認放樣差」頁面中，再次確認「放樣差」是否趨近於「零」，如是，則表示已獲得放樣點之正確位置。最後，確認放樣點名稱並點選頁面右下角「儲存」(圖 57)，即完成「放樣測量」。



Trimble (捷豹) S9



R2 衛星接收器

圖 40 「Trimble (捷豹) S9 測距經緯儀」與「R2 衛星接收器」

資料來源：台灣儀器行股份有限公司測距經緯儀教育訓練資料。



圖 41 「TCU 控制面板」與「Trimble Access 測量程式」

資料來源：台灣儀器行股份有限公司測距經緯儀教育訓練資料。

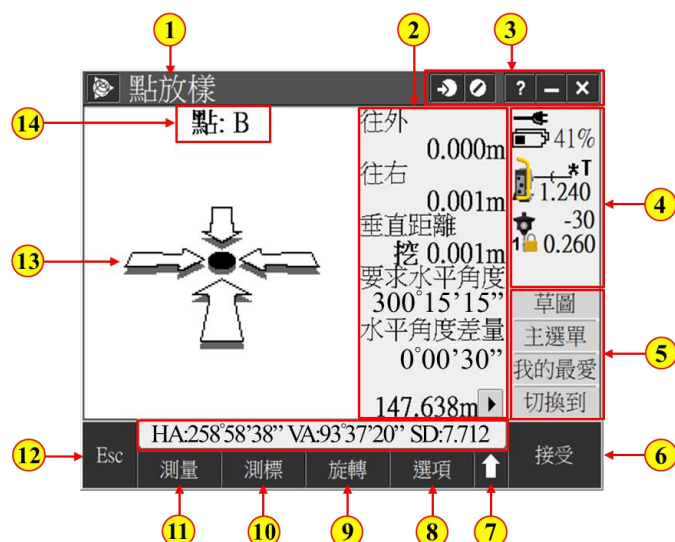


圖 42 Trimble（捷豹）S9 測距經緯儀「放樣測量」操作頁面示意

資料來源：筆者自製。

表 8 Trimble（捷豹）S9 測距經緯儀「放樣測量」操作頁面名稱與功能說明

項次	名稱	功能說明
①	程式（或頁面）名稱	顯示當前程式（或頁面）名稱。
②	放樣狀態欄	搭配「放樣指示欄」使用，可顯示當前測站與放樣點間之相對關係，如方向偏差、距離偏差、與高程偏差等資訊。
③	Trimble Access 測量程式工具列	可關閉或縮放 Trimble Access 測量程式、顯示網路設定、告警視窗及軟體資訊等功能。
④	儀器狀態列	可顯示（或更改）儀器當前狀態，如殘餘電力、測距模式、反射器模式等資訊。
⑤	主要功能列	可實施當前程式與 Trimble Access 內建程式（或功能）間之切（轉）換。
⑥	接受（Enter）	點選後可執行程式功能或代表接受放樣結果。
⑦	↑	翻頁鍵，點選後將顯示其餘功能(如「偏移」)選項
⑧	選項	點選後，可執行放樣程式細部功能設定。
⑨	旋轉	點選後，儀器自動旋轉望遠鏡並對正放樣點方向。
⑩	測標	點選後，可修改（變更）反射器細部設定。
⑪	測量	點選後，可對放樣點執行測量（距）作業。
⑫	Esc	點選後，可離開（放棄）放樣測量，並返回上一層選單。
⑬	放樣指示欄	搭配「放樣狀態欄」使用，以圖示方式指引操作手，往內（或外）調整放樣點距離；及往左（或右）調整放樣點方向。
⑭	放樣點名稱	顯示當前放樣點名稱。



圖 43 開機後點選「一般測量」與「任務」示意

資料來源：筆者自製。

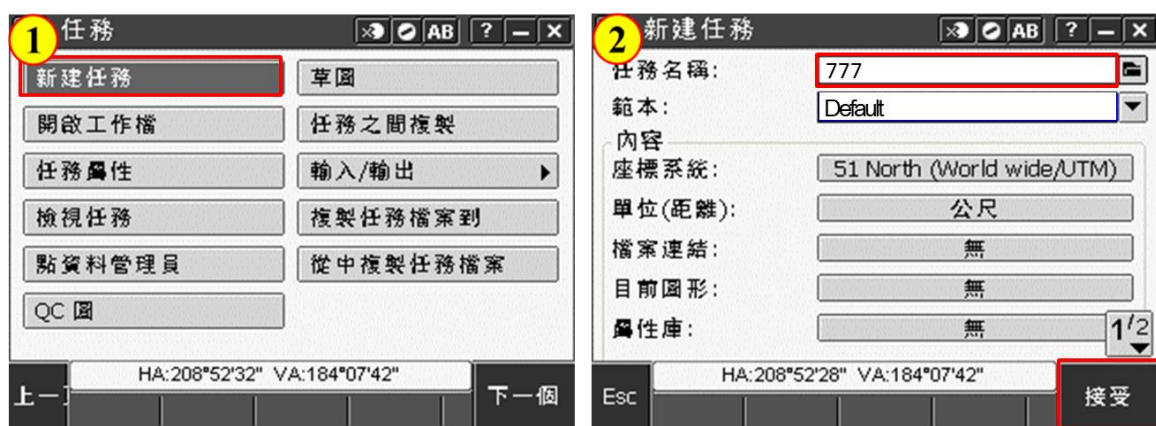


圖 44 「新建任務」與「設定任務名稱」示意

資料來源：筆者自製。



圖 45 點選「鍵入」與「點」，進入「點資料輸入」頁面示意

資料來源：筆者自製。



圖 46 輸入放樣點資料示意

資料來源：筆者自製。

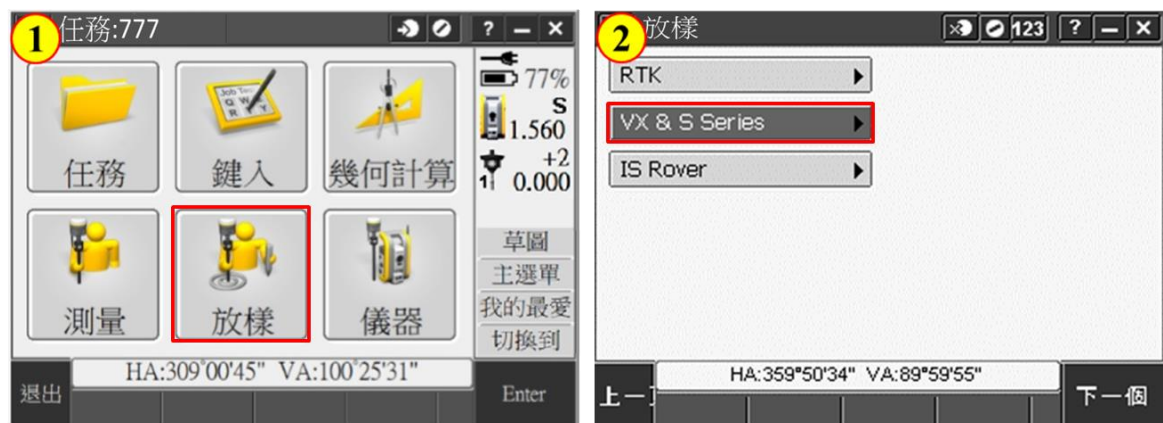


圖 47 選擇放樣方式「VX&Series（儀器放樣）」示意

資料來源：筆者自製。



圖 48 選擇「測站設立」與「調整儀器水平」示意

資料來源：筆者自製。

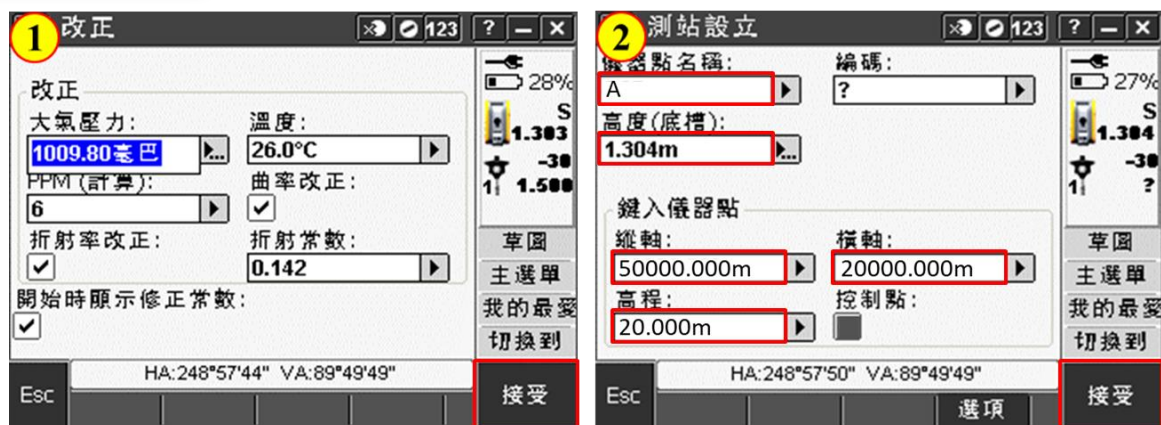


圖 49 完成「改正」設定與「測站資料輸入」示意

資料來源：筆者自製。

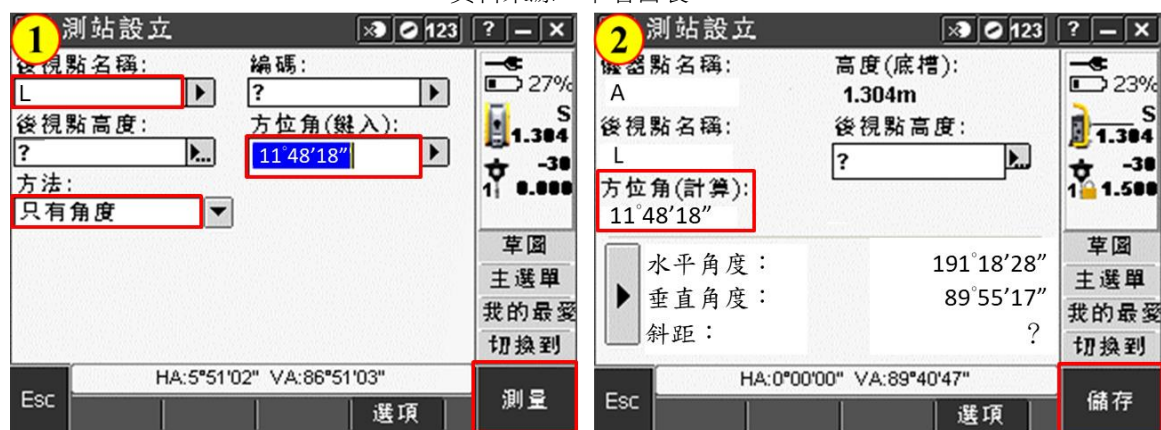


圖 50 設定後視點名稱、高度與方法並標定後視點示意

資料來源：筆者自製。



圖 51 於「一般測量」選單選擇「放樣」與「點」示意

資料來源：筆者自製。

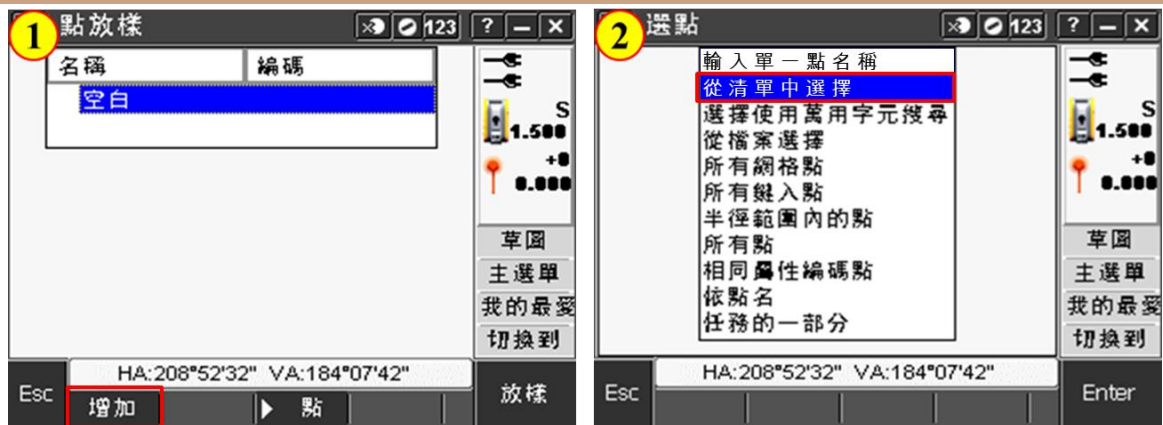


圖 52 點選「增加」與「從清單中選擇」示意

資料來源：筆者自製。



圖 53 選取「放樣點」並進入「放樣測量」頁面示意

資料來源：筆者自製。



圖 54 測手指揮反射器手於望遠鏡十字線縱線上豎立反射器示意

資料來源：筆者自製。

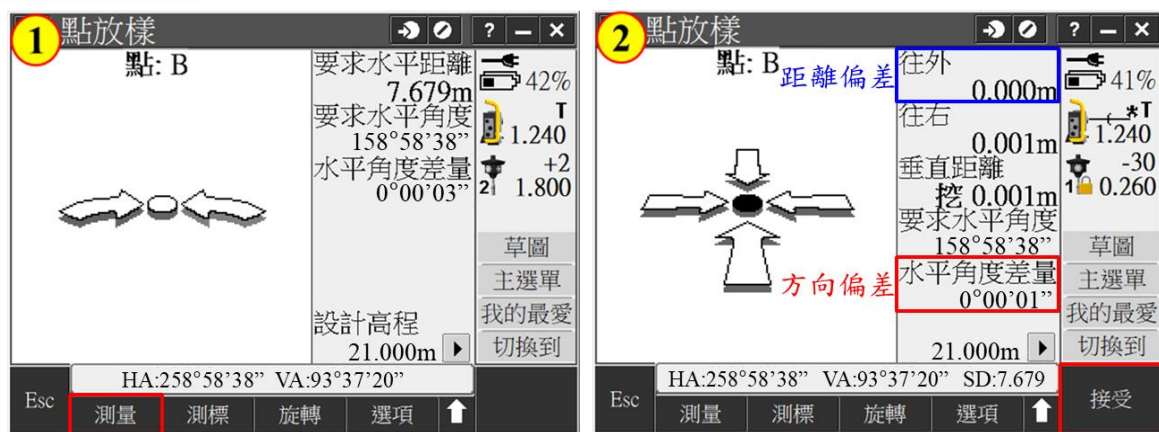


圖 55 瞄準反射器後點選「測量」與確認「距離偏差」、「方向偏差」示意

資料來源：筆者自製。

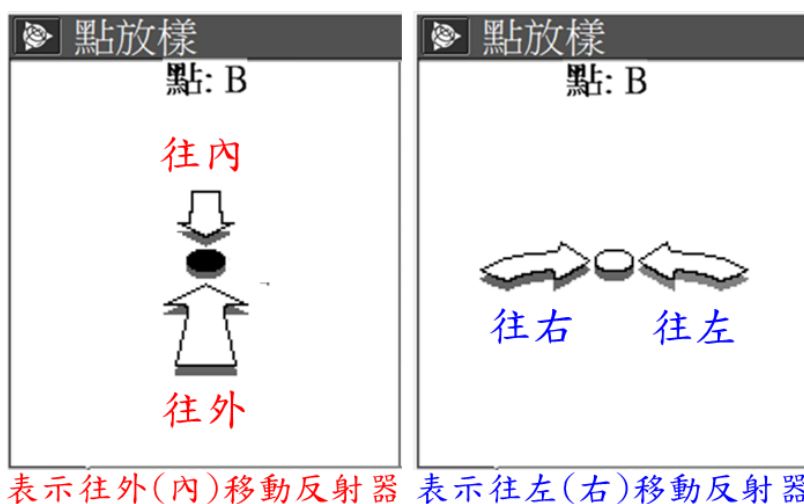


圖 56 捷豹 S9「放樣指示欄」中各圖示代表意義說明

資料來源：筆者自製。



圖 57 再次確認「放樣差」及點選「儲存」示意

資料來源：筆者自製。

現行測量班陣地測地作法

為使全營火砲採「一線型」(或兩線型)放列同一基線，測量班須先期完成「陣地測地」，以求得陣地中心、各砲砲位與選擇點坐標及方向基線方位角等諸元。本節針對現行測量班作法，區分「作業編組與使用裝備」、「現行陣地測地作業流程」與「限制因素」等 3 部分說明。

一、作業編組與使用裝備

區分「作業編組」與「使用裝備」等 2 部分說明如次(現行陣地測地作業編組與使用裝備如表 9)。

(一) 作業編組

1. 人員與職掌

(1) 班長：偵查、選定測站位置，監督其餘人員作業。

(2) 測手(兼記錄手)：負責整置器材並測量測站間之水平角與距離，且完成成果記錄。

(3) 反射器手(兼砲位樁手)：負責配合前、後捲尺手，於火砲放列基線上，依各砲間隔設置砲位樁；另於砲位樁設置完畢後，於樁上整置反射器，供測手實施砲位坐標測量。

(4) 前捲尺手：配合後捲尺手，於火砲放列基線上，量取各砲間隔。

(5) 後捲尺手：配合前捲尺手，於火砲放列基線上，量取各砲間隔。

(6) 標桿手：於班長選定之 P 點位置，設置標桿，供測手標定作業。

2. 增加額外人員時各員職掌

(1) 記錄手：記錄水平角、距離。

(2) 計算手：可增加 1 至 2 員計算手，便於測量時同時計算各砲位之坐標。

3. 缺員時之各員職掌

(1) 反射器手(兼砲位樁手)：由班長兼任。

(2) 標桿手：測手兼，測手離開測站(P 點)時，利用標桿代用品標示之，以供反覘，惟因標桿代用品較難立即尋獲，且測手標定標桿代用品較易產生誤差，故非必要時，勿缺少標桿手。

(二) 使用裝備

1. 測距經緯儀(含反射器)：國軍徠卡、蔡司或捷豹 S9 測距經緯儀均適用，合計使用 1 套。

2. 標桿：砲兵部隊現用之測量標桿，為兩節金屬空心圓桿合成，全長 6 英尺 6 英吋(約 1.98 公尺)，由上而下漆成紅白相間之 6 等份，每等份長 1 英尺(30

公分)，最下之 6 英吋（15 公分）處為鐵錐，以便插入土中，²⁹合計使用 1 支。

3.砲位樁：建議使用 35 公分全長之角木製作，頂部釘入鋼釘乙枚，鋼釘頭突出約 3 公分（鋼釘中央即為砲位），最底部削尖，以便插入土中，埋入土中部位約為 30 公分，砲位樁數量應視單位參加校正之火砲數量而定（營級通常為 18 門火砲）。

4.捲尺（50 公尺）：全長 50 公尺之捲尺，最小刻劃為 1 公分，用以直接測量兩點間距離之常用器材（或拉直拉撐後作為標示直線用途），³⁰合計使用 1 組。

表 9 現行陣地測地作業編組與使用裝備

現 行 陣 地 測 地 作 業 編 組 與 使 用 裝 備	
人員編組	班長、測手（兼記錄手）、反射器手（兼砲位樁手）、前捲尺手、後捲尺手、標桿手，合計 6 員
使用裝備	測距經緯儀（含反射器）*1、標桿*1、砲位樁*18、捲尺（50 公尺）*1、尼龍繩*1

資料來源：筆者整理。

二、現行陣地測地作業流程

（一）由一已知點標定 P 點起始作業，運用非閉塞導線，完成選擇點、基準砲位坐標及方向基線方位角之測量作業。

（二）以基準砲位坐標分別與射擊目標區域中心點、選擇點坐標，計算射向方位角（AOF）及方位角（BEAR）。

（三）以射向方位角加減 90 度（1600 密位），計算火砲放列基線左右兩端之方位角。

（四）於基準砲位上整置測距經緯儀，標定選擇點，裝定方位角（BEAR），轉動測距經緯儀直至水平角（HZ）=火砲放列基線（左）方位角，測手指揮捲尺手於火砲放列基線（左）上將捲尺（或尼龍繩）拉直拉撐。

（五）於火砲放列基線（左）上使用捲尺，依據決定之火砲間隔（約 4.4 公尺），由近而遠指揮砲位樁手逐砲埋設砲位樁，直至左基線上砲位均設置完畢。

（六）接續，轉動測距經緯儀直至水平角（HZ）=火砲放列基線（右）方位角，測手指揮捲尺手於火砲放列基線（右）上將捲尺（或尼龍繩）拉直拉撐。

（七）於火砲放列基線（右）上使用捲尺，依據決定之火砲間隔（約 4.4 公尺），由近而遠指揮砲位樁手逐砲埋設砲位樁，直至放列基線（右）上之砲位

29 同註 16，頁 2 - 208。

30 同註 16，頁 2 - 13。

均設置完畢。

(八) 於選擇點架設測距經緯儀，標定方向基線一端，採放射線法作業要領，由左至右逐砲測出各砲位樁之坐標，直至滿足精度要求（1/1000）為止。

三、限制因素

現行作法屬「傳統作業」範疇，須優先實施外業（現地作業）再執行內業（成果計算），其限制因素說明如次。

(一) 耗費時間：須於基準砲位上整置器材，並由測手指揮人員於火砲放列基線上，使用傳統人工方式完成砲位樁設置，耗費時間。

(二) 浪費人力：為量取各砲間隔，及確保各砲位於同一基線，須增加前、後捲尺手，造成人力浪費。

(三) 精度欠佳：採先設置砲位樁，再由選擇點測量各砲位坐標之方式作業，各砲間隔僅能使用捲尺量取，致精度欠佳。

運用「放樣測量」精進原級校正陣地測地作業

為改善現行作法之限制，本研究創新提出運用「放樣測量」（簡稱放樣法），精進原級校正「陣地測地」。有別於傳統作業，「放樣法」採先內業（成果計算）再外業（放樣測量）方式執行，本章區分「作業編組與使用裝備」、「放樣法陣地測地作業流程」與「計算範例」等 3 部分說明。

一、作業編組與使用裝備

區分「作業編組」與「使用裝備」等 2 部分說明如次（「放樣法」陣地測地作業編組與使用裝備如表 10）。

(一) 作業編組

1. 人員與職掌

(1) 班長：偵查、選定測站位置，監督其餘人員作業。

(2) 測手（兼計算手）：負責整置器材及填寫「火砲原級校正陣地測地放樣成果計算表」，並實施放樣測量。

(3) 反射器手（兼砲位樁手）：負責配合測手，於放樣點設置砲位樁；另於砲位樁設置完畢後，於樁上整置反射器，供測手實施砲位坐標檢核。

(4) 標桿手：於班長選定之 P 點位置，設置標桿，供測手標定作業。

2. 增加額外人員時各員職掌

計算手：可增加 1 至 2 員計算手實施「分組計算」，同時填寫「火砲原級校正陣地測地放樣成果計算表」（如表 11）。

3. 缺員時之各員職掌

(1) 反射器手（兼砲位樁手）：由班長兼任。

(2) 標桿手：測手兼，測手離開測站（P 點）時，利用標桿代用品標示之，

以供反覘，惟因標桿代用品較難立即尋獲，且測手標定標桿代用品較易產生誤差，故非必要時，勿缺少標桿手。

（二）使用裝備

1.測距經緯儀（含反射器）：無論是國軍徠卡、蔡司或捷豹 S9 測距經緯儀，皆屬「全測站式」測距經緯儀之範疇，³¹均內建「放樣測量」之功能，合計使用 1 套。

2.標桿：砲兵部隊現用之測量標桿，為兩節金屬空心圓桿合成，全長 6 英尺 6 英吋（約 1.98 公尺），由上而下漆成紅白相間之 6 等份，每等份長 1 英尺（30 公分），最下之 6 英吋（15 公分）處為鐵錐，以便插入土中，合計使用 1 支（如圖 56）。

3.砲位樁：建議使用 35 公分全長之角木製作，頂部釘入鋼釘乙枚，鋼釘頭突出約 3 公分（鋼釘中央即為砲位，如圖 58），最底部削尖，以便插入土中，埋入土中部位約為 30 公分，砲位樁數量應視單位參加校正之火砲數量而定（營級通常為 18 門火砲）。

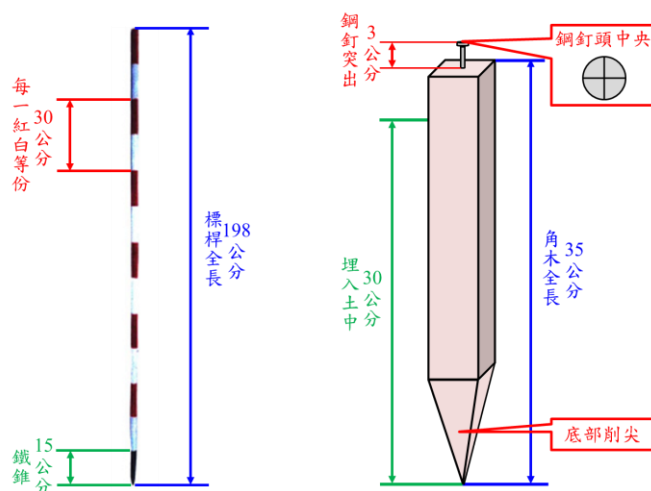


圖 58 「標桿」與「砲位樁」規格示意圖

資料來源：筆者自製。

表 10 「放樣法」陣地測地作業編組與使用裝備

人員編組	班長、測手（兼計算手）、反射器手（兼砲位樁手）、標桿手，合計 4 員
使用裝備	測距經緯儀（含反射器）*1、標桿*1、砲位樁*18

資料來源：筆者整理。

31 同註 18。

二、「放樣法」陣地測地作業流程

(一) 由一已知點標定 P 點起始作業，運用非閉塞導線，完成選擇點、基準砲位坐標及方向基線方位角之測量。

(二) 以基準砲位坐標與射擊目標區域中心點坐標，計算射向方位角 (AOF)。

(三) 以射向方位角加減 90 度 (1600 密位)，計算火炮放列基線左右兩端之方位角。

(四) 以基準砲位坐標為基準，配合火炮放列左右基線之方位角與火炮間隔 (約 4.4 公尺)，計算各砲位坐標。

(五) 於選擇點 (A) 架設測距經緯儀，標定方向基線一端 (L)，使用「放樣測量」功能，由右至左輸入各砲位之坐標，並指揮反射器手 (兼砲位樁手) 於放樣點位置設置砲位樁。

(六) 測量放樣點坐標，並與計算所得之砲位坐標相較，直至滿足精度要求 (1/1000) 為止 (「放樣法」陣地測地示意如圖 59)。

三、計算範例

某營編制 18 門 105 榴砲，欲實施「原級校正」，測量班採「無定位定向系統作業」完成全部測地後，計算所得之諸元如下 (放樣成果計算範例如表 11)：

- 選擇點 (A)：220149.87，2650473.46
- 基準砲 (#10)：220150.13，2650493.46
- 目標區域中央 (T)：220152.66，2656493.33
- 方向基線方位角 (OL)：260°00'00"

試求射向方位角 (AOF)、火炮放列基線方位角與各砲位坐標 (火炮間隔為 4.4 公尺)？

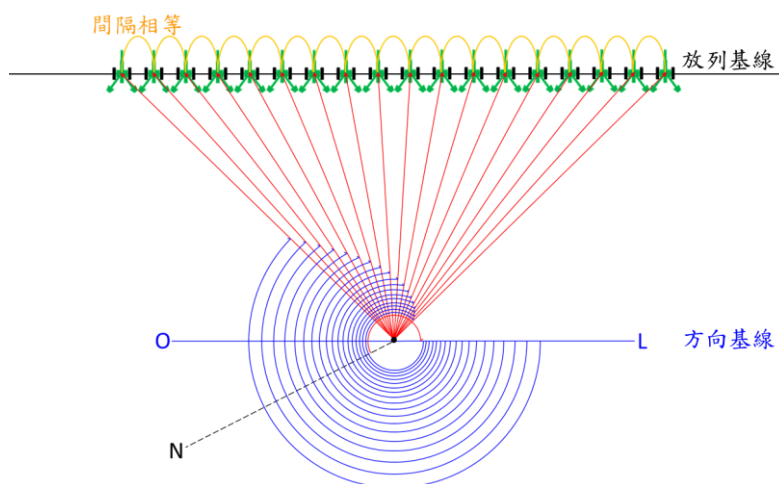


圖 59 「放樣法」陣地測地示意圖

資料來源：筆者自製。

表 11 火砲原級校正「陣地測地」放樣成果計算表（範例）

日期：110 年 1 月 20 日

火砲原級校正「陣地測地」放樣成果計算表							
射向方位角（AOF）				方向基線方位角（OL）			
測 站	橫 坐 標	縱 坐 標		方位誘導、系統方位轉換或兩已知點坐標反算求得 260°00'00			
選擇點(A)	220149.87	2650473.46					
基 準 砲 （ # 1 0 ）	220150.13	2650493.46					
目標區域中央 （ T ）	220152.66	2656493.33					
射 向 方 位 角 （ AOF ） 計 算	依據方位角、距離計算公式求得 Arc Tan （ 2.53 橫坐標差÷5999.87 縱坐標差 ） =0°01'27" （ I ）						
放 列 基 線 方 位 角 計 算	火砲放列基線（左）方位角			火砲放列基線（右）方位角			
	放列基線（左）方位角=射向方位角-90° 0°01'27"-90°=270°01'27"			放列基線（右）方位角=射向方位角+90° 0°01'27"+90°=90°01'27"			
	其值如為負值，則加 360°；其值如大於 360°，則減 360°						
火 砲 間 隔 （ 須 累 計 ）	火 番 砲 號	橫 坐 標	縱 坐 標	火 番 砲 號	橫 坐 標	縱 坐 標	
		依據坐標計算公式求得			依據坐標計算公式求得		
4.4 公尺	#11	220145.73	2650493.46	# 9	220154.53	2650493.46	
8.8 公尺	#12	220141.33	2650493.46	# 8	220158.93	2650493.46	
13.2 公尺	#13	220136.93	2650493.47	# 7	220163.33	2650493.45	
17.6 公尺	#14	220132.53	2650493.47	# 6	220167.73	2650493.45	
22.0 公尺	#15	220128.13	2650493.47	# 5	220172.13	2650493.45	
26.4 公尺	#16	220123.73	2650493.47	# 4	220176.53	2650493.45	
30.8 公尺	#17	220119.33	2650493.47	# 3	220180.93	2650493.45	
35.2 公尺	#18	220114.93	2650493.47	# 2	220185.33	2650493.45	
39.6 公尺	#			# 1	220189.73	2650493.44	
要 圖							

計算手：○○○

測量官：○○○

資料來源：筆者自製。

效益分析

為強化本研究之論證基礎，筆者採隨機抽樣方式由本部測量師資班與士官高級班學員中遴選 5 組成員，每組納編 4 至 6 員，分別使用「放樣法（本研究提出）」與「現行作法」，實施原級校正「陣地測地」（合計使用 9 個砲位），並針對其「作業速度」、「成果精度」、「使用人力」與「整體運用效益」等 4 部分實施驗證分析，相關內容分述如次。

一、就「作業速度」而言

針對分別使用「放樣法」與「現行作法」等 2 種方式實施原級校正「陣地測地」之實驗對象，驗證其「作業速度」之差異變化，並將實驗數據彙整如圖 60。

由圖 60 中發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「放樣法」者（如圖 60 藍線所示），平均所需時間為 60 分鐘（約 1 小時），然使用「現行作法」者（如圖 60 紅線所示），則平均所需時間為 121 分鐘（約 2 小時）；故前者較後者之成果整理時間縮減約 50%。綜上，經實驗證實「放樣法」運用於原級校正「陣地測地」，其「作業速度」方面較「現行作法」具較佳之表現。

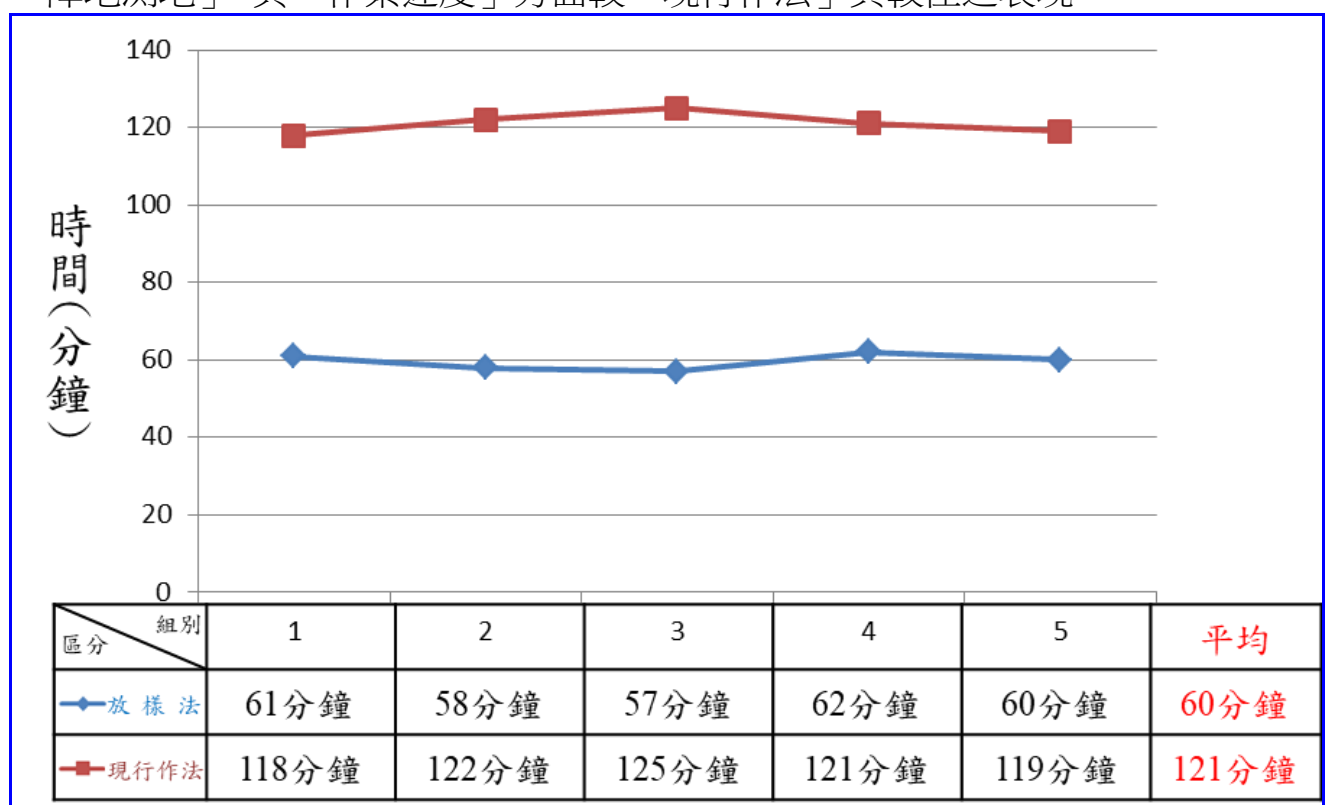


圖 60 「作業速度」實驗數據分析表（原級校正陣地測地）

資料來源：筆者自製。

二、就「成果精度」而言

接續，針對分別使用「放樣法」與「現行作法」等 2 種方式實施原級校正「陣地測地」之實驗對象，驗證其「成果精度」之差異變化，並將實驗數據彙整如圖 61。

由圖 61 中發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「放樣法」者，其坐標平均精度，³²平均為 1/1600；使用「現行作法」者，平均為 1/900，由實驗數據中推論，上揭 2 種方法於「成果精度」方面，前者較後者提升約 44%。

分析「現行作法」之折線圖（圖 61，紅線所示），其折線起伏落差較顯著，表示較容易因人為操作或外在環境而影響作業品質；反觀「放樣法」之折線，則呈現相對平穩狀態（圖 61，藍線所示），故推論其作業穩定性優於「現行作法」。綜上，經實驗證實「放樣法」運用於原級校正「陣地測地」，其「成果精度」與「作業穩定性」方面均較「現行作法」具較佳之表現。

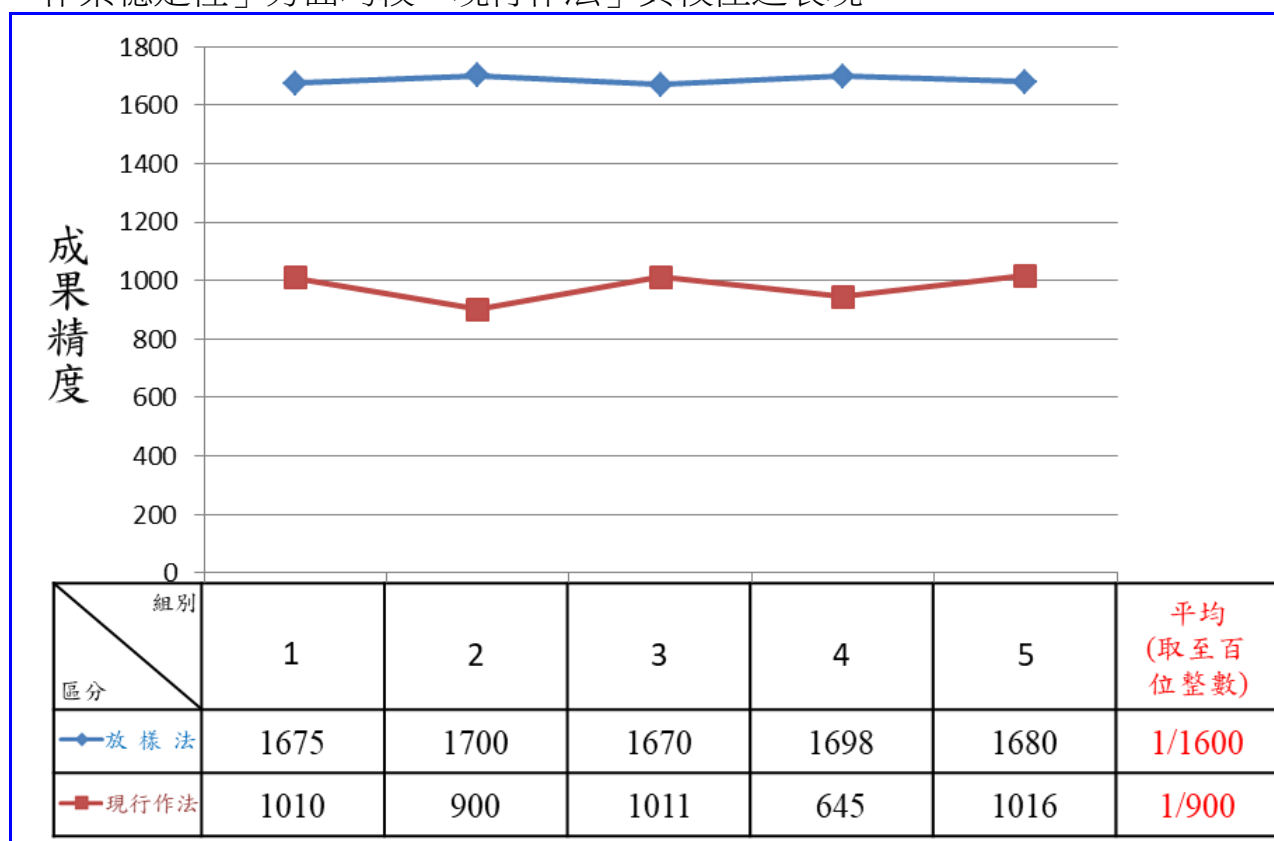


圖 61 「成果精度」實驗數據分析表（原級校正陣地測地）

資料來源：筆者自製

三、就「使用人力」而言

最後，針對分別使用「放樣法」與「現行作法」等 2 種方式實施原級校正「陣地測地」之實驗對象，驗證其作業「使用人力」之差異變化。由實驗觀察

³² 同註 11。

中發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「放樣法」之實驗對象，其作業「使用人力」僅需 4 員（最少 3 員）即可完成；反觀「現行作法」因複雜程度較高，且須採分組、分段作業，無法同步完成，故所需人力為 6 員（最少需 5 員）。故前者較後者之作業「使用人力」可縮減約 33%。綜上，經實驗證實「放樣法」運用於原級校正「陣地測地」，其作業「使用人力」方面較「現行作法」具較佳之表現。

四、就「整體運用效益」而言

由實驗數據針對「放樣法」之「作業速度」、「成果精度」與「使用人力」等 3 個項目分析比較後，再次印證「放樣法」於各方面之表現，均較「現行作法」優異，且「成果精度與作業穩定性」更能符合砲兵射擊需求，有助於提升野戰砲兵之射擊精度與節省人力需求（整體運用效益分析如表 12）。

表 12 整體運用效益分析表

	現 行 作 法	放樣法（本研究提出）	分 析
作業速度	約 2 小時完成	約 1 小時內完成	放樣法於「作業速度」方面可縮減約 50%。
成果精度	1/900	1/1600	放樣法於「成果精度」方面可提升約 44%；其「作業穩定性」亦較現行作法優異。
作業流程	先外業（現地作業）再內業（成果整理）	先內業（成果整理）再外業（現地作業）	放樣法有別於「傳統作業」，放樣前須先行完成「放樣成果計算表」之填寫（如表 11）。
使用人力	6 員，最少需 5 員	4 員，最少僅需 3 員	放樣法於「使用人力」方面可減少約 33%。
使用裝備	測距經緯儀（含反射器）*1、標桿*1、砲位樁*18、捲尺（50 公尺）*1、尼龍繩*1	測距經緯儀（含反射器）*1、標桿*1、砲位樁*18	放樣法於「使用裝備」方面，毋須使用捲尺、尼龍繩等物品。
運用效益	1.耗費時間：須於基準砲位上整置器材，並由測手指揮人員於火	1.縮減作業時間：先完成各砲位坐標計算後，即可直接於選擇點	本研究提出之「放樣法」較具前瞻性，可將民間工程

	砲放列基線上，使用傳統人工方式完成砲位樁設置，耗費時間。 2.浪費人力：為量取各砲間隔，及確保各砲位於同一基線，須增加前、後捲尺手，造成人力浪費。 3.精度欠佳：採先設置砲位樁，再由選擇點測量各砲位坐標之方式作業，各砲間隔僅能使用捲尺量取，致精度欠佳。	實施「放樣測量」，並設置砲位樁，大幅縮減作業時間。 2.精簡作業人力：各砲位置與間隔，直接使用全站儀內建之功能自動計算，無須額外增加捲尺手，可精簡作業人力。 3.提升作業精度：由最初之放樣測量、各火砲位置之決定，直至最終之砲位坐標檢核，均使用全站儀內建功能執行，毋須使用任何傳統作業，故可大幅提升作業精度。	（地籍）測量之放樣技術，運用於野戰砲兵測地，以科學方法取代傳統人工作業，充分發揮制式裝備之效能，簡化作業程序，且不易肇生人為錯誤，符合現代化戰爭之時效與作戰需求。
--	---	--	--

資料來源：筆者自製。

結論與建議

國軍教戰總則第十八條（活用準則）有言：「…妄乖準則，固所嚴禁；拘泥形式，亦所不許，務宜深研窮究，融會貫通，以收實效」。國軍野戰砲兵測量（地）技術，為少數軍事與民間共通之領域，本研究旨在將民間工程（地籍）測量之技術，引進為我砲兵測地運用，進而厚植砲兵測地作業能量。「放樣法」除適用於各式火砲原級校正「陣地測地」外，舉凡年度反登陸作戰火砲射擊與各式火砲保養射擊等演訓任務（火砲採等間距放列，且除陣地中心外，亦須求得各火砲位置時），亦得適用此法（圖 62）。伴隨科技日新月異，未來新式裝備功能與民間技術接軌已成必然趨勢，若能靈活運用、長短相輔，則不僅測地裝備能發展諸多新用途，餘裝備亦然。本研究之成果除可供準則編修、兵監教學、砲兵測地實作與訓練之參據外，將來更可於新式裝備籌補時，納為需求功能之一，期使未來裝備性能更能滿足砲兵測地作業需求。在這個科技日新月異，瞬息萬變的時代，戰爭講求機動、快速，戰時需迅速求得各項測地諸元，交付射擊指揮所及陣地、觀測所人員使用，如何能在不斷迅速變換與佔領陣地中實施精準、有效作業，端賴各級砲兵測量幹部及裝備發揮功效，以達作戰勝利之目標。³³

33 陳見明，〈精進 ULISS - 30 定位定向系統運用於砲兵測地作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲兵訓練指揮部，民國 101 年 06 月，頁 18。



圖 62「放樣法」適用於火砲原級校正「陣地測地」、年度反登陸作戰火砲射擊與各式火砲保養射擊等演訓任務

資料來源：https://www.hsinchu.gov.tw/News_Content.aspx?n=153&s=109004（檢索日期：民國 110 年 02 月 05 日）

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月）。
- 三、TM 6-200 Artillery Survey（Washington DC: GHQ Army GRC, June 2016.
- 四、TC 3-09.81 Field Artillery Manual Cannon Gunnery（Washington DC: GHQ Army GRC, April 2016.
- 五、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北市：文笙書局，民國 84 年 3 月）。
- 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，砲兵訓練指揮部，民國 104 年 2 月。
- 七、《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，（臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日）。
- 八、《軍事地理資訊系統》（桃園：陸軍總部戰法暨準則發展委員會，民國 93 年

9月)。

九、黃國興，《慣性導航系統原理與應用》(臺北：全華科技圖書股份有限公司，民國84年8月)。

十、Jianchen Gao, "GPS/INS/G Sensors/Yaw Rate Sensor/Wheel Speed Sensors Integrated Vehicular Positioning System", Position Location And Navigation Group (Fort Worth TX), 2006, pp. 26~29.

十一、《陸軍 SPAN-7 砲兵定位定向系統操作手冊(第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國102年09月)。

十二、《陸軍徠卡 TPS-700 系列(TCRA705 型)測距經緯儀操作手冊(第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國98年10月)。

十三、《陸軍 IMT-8R 測地電算機操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國108年7月)。

十四、陳天祐，〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉《砲兵季刊》(臺南)，第143期，砲兵訓練指揮部，民國97年10月。

十五、《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範(第三版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國103年10月)。

十六、施永富，《測量學》(臺北市：三民書局，民國77年7月)。

十七、朱慶貴、蔣是文，〈技術射擊指揮資訊化系統－絕對原級之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第143期，砲兵訓練指揮部，民國94年12月。

十八、李尚儒，〈火砲初速影響精準射擊之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第142期，砲兵訓練指揮部，民國97年8月。

十九、李尚儒，〈火砲射擊初速誤差應用之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第164期，砲兵訓練指揮部，民國103年3月。

二十、鄭榮傑、朱慶貴，〈重型火砲初速求取與運用之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第149期，砲兵訓練指揮部，民國99年5月。

廿一、范愛德，〈應急狀況下砲兵射擊指揮方法之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第167期，砲兵訓練指揮部，民國103年11月。

廿二、陳見明，〈精進 ULISS-30 定位定向系統運用於砲兵測地作業之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第157期，陸軍砲兵訓練指揮部，民國101年6月。

廿三、范愛德，〈氣象時間修正量及氣象計量點運用之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第185期，砲兵訓練指揮部，民國108年06月。

廿四、《野戰砲兵觀測訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國92年10月)。

廿五、《陸軍測距經緯儀操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 109 年 10 月)。

廿六、《測距經緯儀教育訓練資料》(臺北：台灣儀器行股份有限公司，民國 109 年 11 月)。

作者簡介

黃盈智士官長，領導士官班 87 年第 12 期、陸軍專科學校士官長正規班 24 期畢業，崑山科技大學企業管理研究所碩士、高苑科技大學土木工程研究所碩士，乙級工程測量、乙級地籍測量、丙級測量證照；歷任班長、作戰士、測量組長、連士官督導長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。