

精進 ULISS-30 砲兵定位定向系統 調諧校正作業之研究

作者：黃盈智 士官長

提要

- 一、定位定向系統功能強大，可執行路測點儲存、放射測量、方位轉換等測地作業，具備彈性運用、人力精簡、精度良好等特性。惟實施放射測量或方位轉換之精度，取決於搭配系統連線之測距經緯儀與系統間之三維軸是否調諧。
- 二、現行 ULISS-30 定位定向系統調諧校正之方式為「方位地線法」，簡稱「地線法」，係於地面上設置一條方位地線並求取其相對方位角，以修正測距經緯儀度盤之「0」刻度方向線與系統縱軸線間之殘餘夾角。惟使用「方位地線法」實施調諧校正，缺點為作業程序繁瑣、且易因操作不當或計算錯誤而影響精度。
- 三、新式調諧校正方式為「雷射法」，經實驗證明可有效改善現行「地線法」之限制，簡化操作程序、縮短校正時間，且增進放射測量精度。未來納入小型軍品研發，進而推廣至全軍部隊，以提升定位定向系統（ULISS-30）運用效益。

關鍵詞： ULISS-30 定位定向系統、調諧校正、方位地線法、雷射法

壹、前言

國軍民國 86 年由法國引進 ULISS-30 定位定向系統，簡稱 ULISS-30，於民國 102 年又獲得「SPAN-7 INS/GPS 陸用定位定向系統」(SPAN-7 INS/GPS Land Position and Azimuth Determining System)。此後，野戰砲兵測地正式全面邁入以定位定向系統為主，¹傳統測量為輔之自動化作業型態。

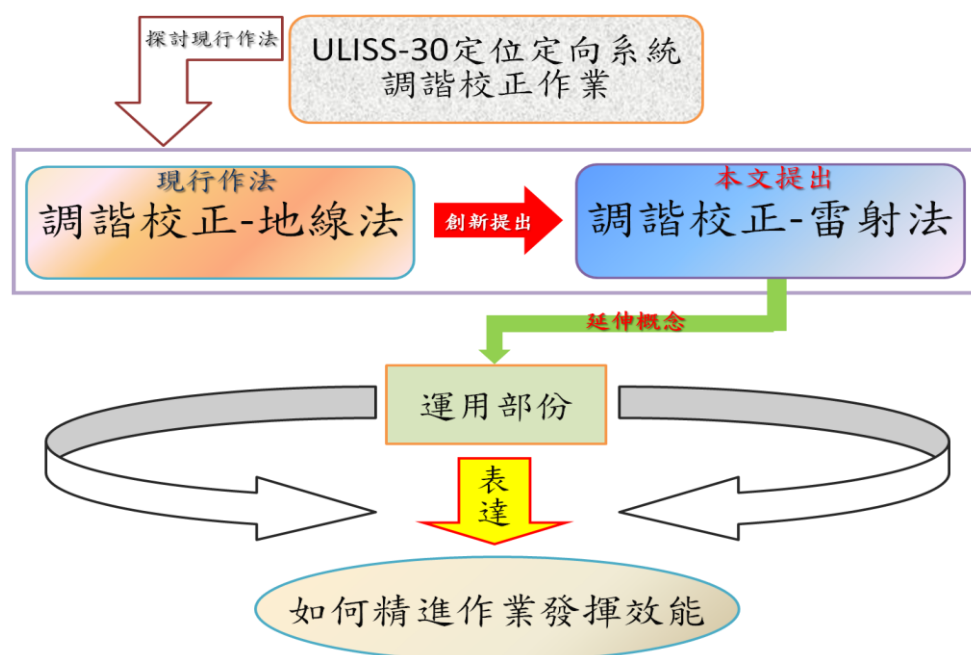
定位定向系統功能強大，可執行路測點儲存、放射測量、方位轉換等測地作業，具備彈性運用、人力精簡、精度良好等特性。惟實施放射測量或方位轉換之精度，取決於搭配系統連線之測距經緯儀與系統間之三維軸是否調諧。基於定位定向系統各軸間之精密補償角度須由原廠測試電腦檢測，並設定於系統內部參數中，單位(一、二級)人員僅可利用簡單之「調諧校正」(Harmonization)，

1 「定位定向系統」(Position and Azimuth Determining System, PADS)，亦稱為「慣性導航系統」(Inertial Navigation System, INS)，係一運用「物理慣性原理」設計，內含「慣性測量元件」(Inertial Measurement Unit, IMU)與電腦單元，可獨立偵測物體位置、姿態、速度與角度變化之自動化系統。

修正測距經緯儀度盤之「0」刻度方向線與系統縱軸線間之殘餘夾角。²

現行實施調諧校正之方式為「方位地線法」，簡稱「地線法」。缺點為作業程序繁瑣、且易因操作不當或計算錯誤而影響精度。有鑑於此，亟需研究一種嶄新的調諧校正方法，俾能達成簡化作業程序與時間、提升作業精度之目標。本研究之目的係檢討調諧校正現行作法，創新提出精進與改良之道，並利用客觀之實驗法驗證其精度（研究架構如圖一）。

圖一 研究架構圖



資料來源：筆者自製

貳、現行「調諧校正-方位地線法」作業方式與探討³

ULISS-30 定位定向系統現行調諧校正之時機、原理與程序，分述如後。

一、調諧校正時機

- (一) 更換慣性測量儀 (INU-30) 後。
- (二) 更換測距經緯儀時。
- (三) 當放射測量 (或方位轉換) 結果誤差過大時。
- (四) 原配合系統連線作業之測距經緯儀，移作其他測量用途後。

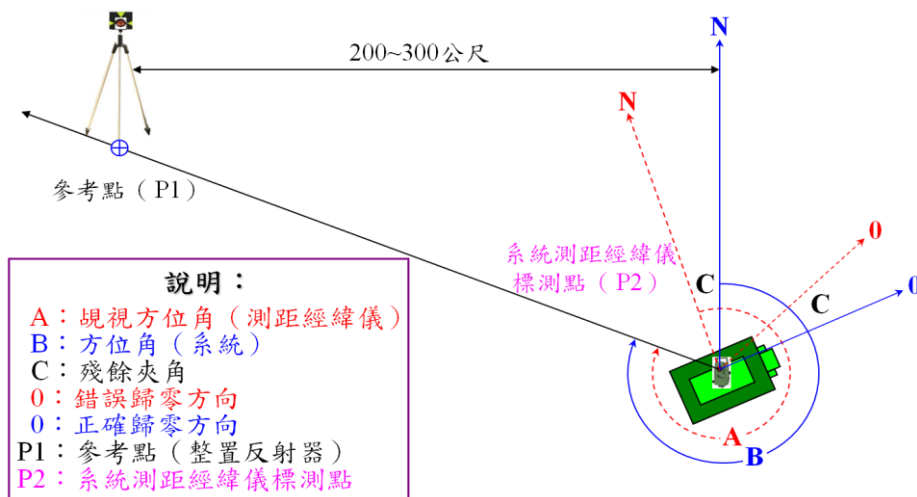
二、現行調諧校正-方位地線法作業原理

係於地面設置一條方位地線並求取其相對方位角，以修正測距經緯儀度盤之「0」刻度方向線與 INU-30 縱軸線間之殘餘夾角 (如圖二)。作業過程中，至少須選擇長度 200 公尺以上方位地線，方得確保調諧校正之精度。

² 《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 12 月)，頁 5-36。

³ 同註 1，頁 5-37~39。

圖二 現行調諧校正-方位地線法操作原理



資料來源：修改自《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 12 月），頁 5~37。

三、現行調諧校正-方位地線法操作程序

- （一）開機，系統在「備用」模式下以測距經緯儀之槓桿臂值，輸入於儲存次標測點槓桿臂值之 CDI224、225、226 中（即將次標測點設置於經緯儀視準軸中心點上）。
- （二）系統完成初始校準後，進入標準測量模式。
- （三）於地面上以主標測點設置一路測點（圖二之 P1）後，駛離該點 200 至 300 公尺外，車輛熄火，再以次標測點行路測點儲存（圖二之 P2），並於 P1 上裝置反射器。
- （四）以「GUIDANCE」目錄中之「STEERING」求算 P2 對 P1 之方位角(BEAR)值，並記錄之。
- （五）將電子式測距經緯儀結合於系統上，完成相關連線與設定，為方便操作，系統「運作結構」之角度制設定應與測距經緯儀之角度制相同。
- （六）水平轉動測距經緯儀望遠鏡對正車頭方向，使其視準線與慣性測量儀之縱軸概略平行後，設定水平角為「0」，返回測量頁面。
- （七）轉動測距經緯儀望遠鏡，瞄準 P1 之反射稜鏡中心，再將 CDU30 切換至「現在方位與速度」目錄中，按壓測距經緯儀之「ENT」鍵，查看 CDU30 中之「AIMING」值。
- （八）調諧校正角計算：

如目前測距經緯儀之角度為「密位」，則：

調諧校正角=6400+（AIMING－BEAR）。

AIMING（覘視方位角）：為北向至測距經緯儀視準線之順時針水平夾角。

BEAR（地線方位角）：為地線之相對方位角（由系統算得）。

- （九）轉動測距經緯儀本體直至水平角顯示值為調諧校正角值時，重新設定水平角為「0」。
- （十）轉動測距經緯儀望遠鏡複瞄 P1 之反射器，檢視校正後之「AIMIMG」與「BRAR」之差值，若大於 0.02 密位，應重行調諧校正。
- （十一）轉動徠卡測距經緯儀望遠鏡，使其精確標定車體範圍內固定一點（> 1.7公尺）後，看讀徠卡測距經緯儀顯示幕之「調諧校正角」值並記錄之。

四、現行調諧校正-方位地線法之檢討

現行調諧校正-方位地線法經本組長時間教學使用發現，其存在許多限制與不便，檢討如後：

- （一）操作程序較繁瑣：現行調諧校正-方位地線法之操作總計 11 個步驟，其程序稍嫌繁瑣，不利初學者學習。
- （二）易發生計算錯誤：於操作程序（八），調諧校正角計算之過程中容易因計算錯誤而影響其精度。
- （三）耗費時間：前置準備時間較長，含方位地線之設置須 5~10 分鐘方可完成。
- （四）作業空間受限：現行調諧校正-方位地線法須設置 200 公尺以上之方位地線，其作業空間需求大，較不利營區內作業；如於營區外實施，亟易因交通等外力因素而肇生危安。

參、新式調諧校正－雷射法作業要領

新式（雷射法）不論於操作程序、作業時間、放射測量座標（標高）精度、場地限制與風險因子等項目均較現行作法（地線法）優異，且符合不影響現有裝備正常運作與不破壞裝備之研發精神與前提。

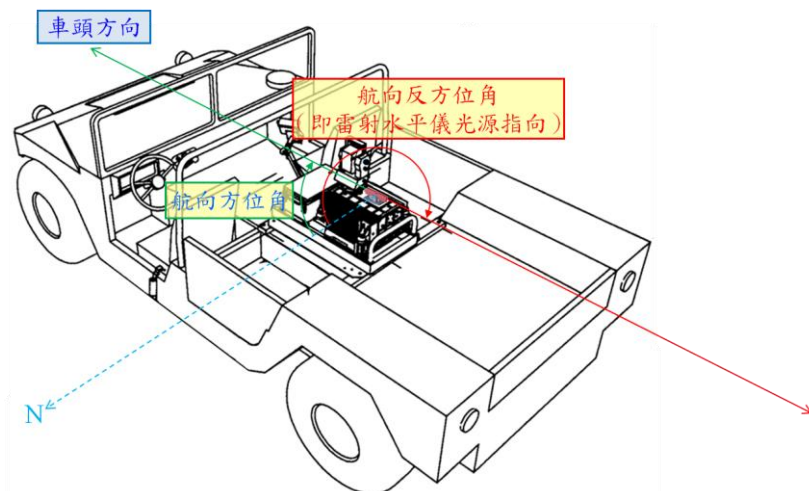
新式調諧校正-雷射法可簡化原方位地線法之作業程序、縮短地線長度與減少校正時間，特使用平行系統縱軸之雷射光源取代「方位地線」，當與系統連線之測距經緯儀瞄準系統車後距離小於10公尺之稜鏡標示板後，裝定3200密位，再測出車體固定一點之「調諧校正角」並記錄之，即可完成全部校正。雷射法作業原理、作業所需器材、操作程序、注意事項與運用要領，分述如後。

一、作業原理

ULISS-30定位定向系統之控制顯示器（CDU30）中「PRESENT POSITION」（現在位置）內之「HEAD」（航向方位角），其加減3200密位後，即為雷射水平

儀雷射光源指向之方位角值（亦可稱為航向反方位角，如圖三），兩者差值恆為3200密位。

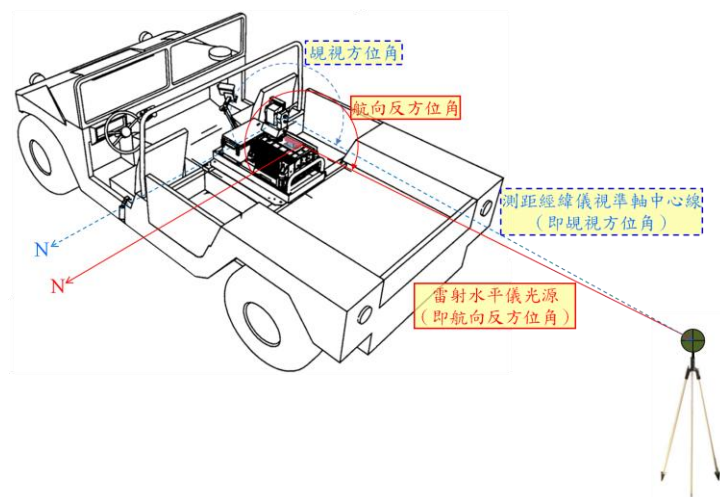
圖三 定位定向系統航向方位角與反方位角之關係



資料來源：筆者自製

換言之，如將連線系統之測距經緯儀瞄準雷射水平儀之雷射光源（或光源所示之相對位置），則表示望遠鏡之視準軸中心線（即覘視方位角）與系統之「航向反方位角」重合（如圖四、五）。此法係運用雷射光束具備集中且不易發散之特性，故運用雷射來取代現行作法，可有效改善原「方位地線法」之限制，簡化操作程序、縮短校正時間，且增進放射測量之精度。

圖四 新式調諧校正-雷射法操作原理示意（一）



資料來源：筆者自製

圖五 新式調諧校正-雷射法操作原理示意（二）

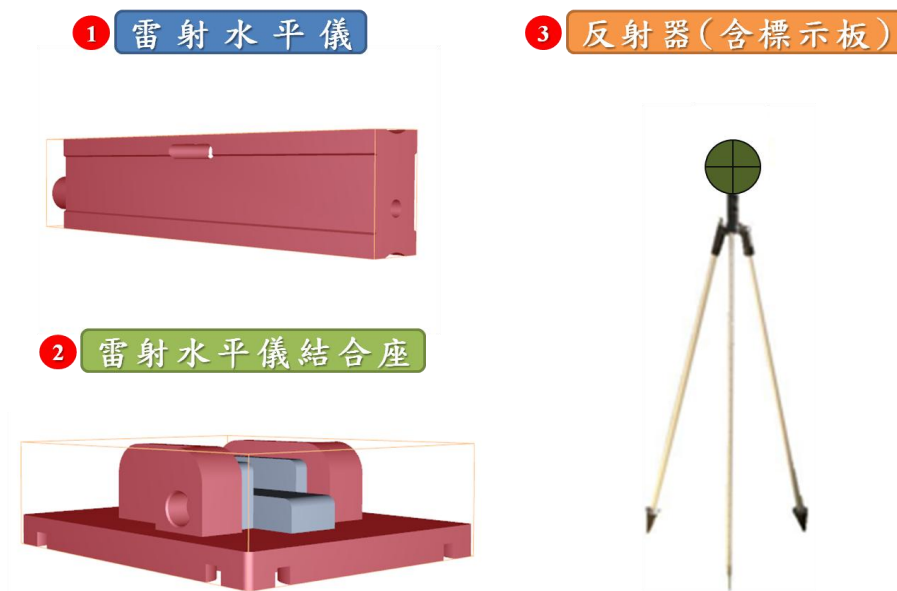


資料來源：筆者自製

二、作業所需器材

雷射法因使用雷射光源取代方位地線一端，基此，雷射設備為主要器材，惟本軍目前尚無此項裝備，筆者經設計、研製與多次改良後，規劃所需使用之物品包括雷射水平儀、雷射水平儀結合座以及反射器（含標示板）等 3 項（如圖六）。各作業器材之用途與規格分述如後：

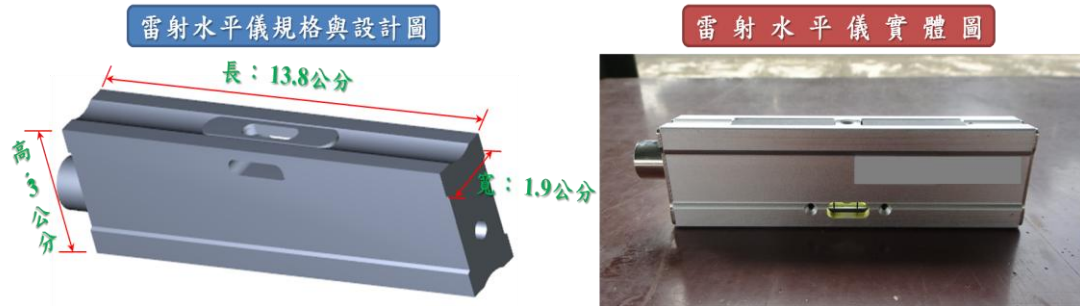
圖六 新式調諧校正-雷射法作業所需器材



資料來源：筆者自製。

（一）雷射水平儀：為鋁合金材質，使用 2 顆 LR03（AM4）鹼性電池，其主要功能為發射可見光雷射，作為替代方位地線與系統測距經緯儀標定之依據（如圖七）。

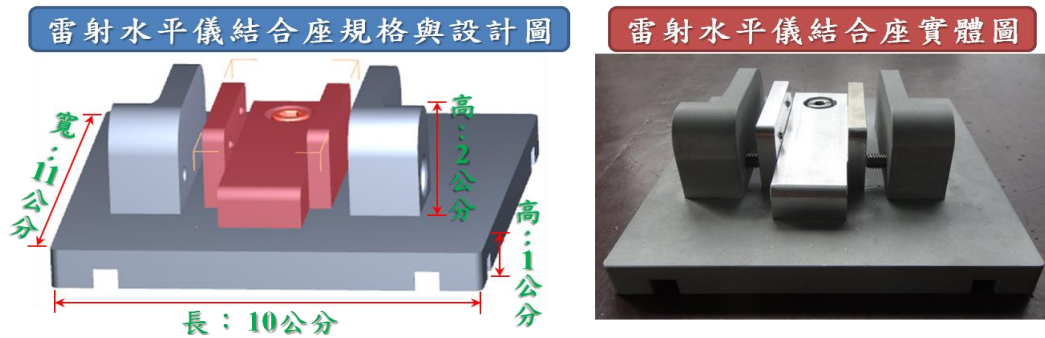
圖七 雷射水平儀規格與設計圖



資料來源：筆者自製

- (二) 雷射水平儀結合座：與慣性測量儀（INU-30）外殼同為鋁合金材質，可結合雷射水平儀，採鑲嵌式設計，可固定於 INU-30 上（如圖八）。

圖八 雷射水平儀結合座規格與設計圖



資料來源：筆者自製

- (三) 反射器（含標示板）：目的為投射雷射水平儀產生之雷射光源，以利系統測距經緯儀望遠鏡十字刻劃精確標定（如圖九）。

圖九 反射器（含標示板）規格與實體圖

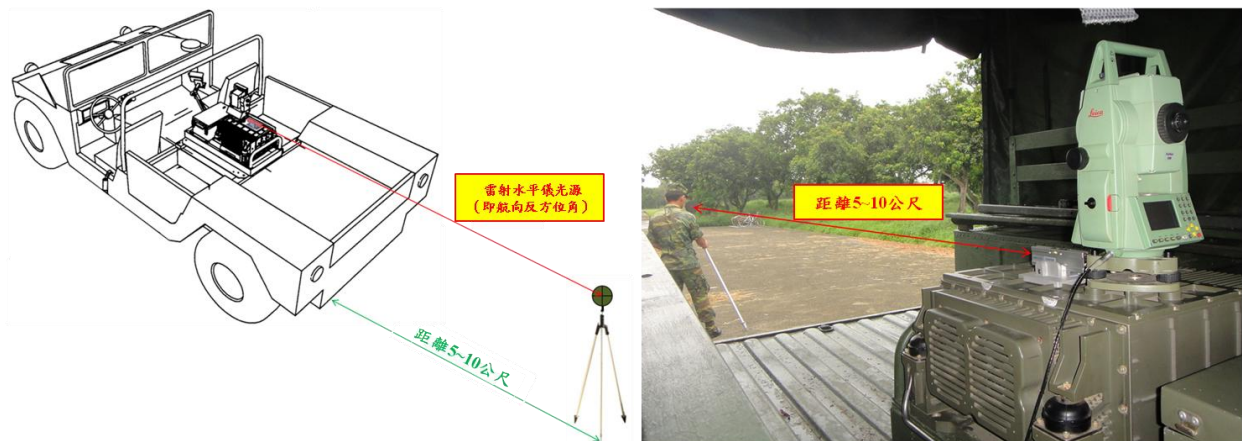


資料來源：筆者自製

三、操作程序（以搭配徠卡測距經緯儀為例）

- （一）系統開機，完成初始校準，進入「標準測量模式」（NAV/SURVEY）。
- （二）將徠卡測距經緯儀、雷射水平儀（含其結合座）安裝於慣性測量儀（INU30）上，並完成相關連線設定與調校。
- （三）令反射器手（由駕駛兼任）於雷射水平儀前方5~10公尺處架設反射器（如圖十）。

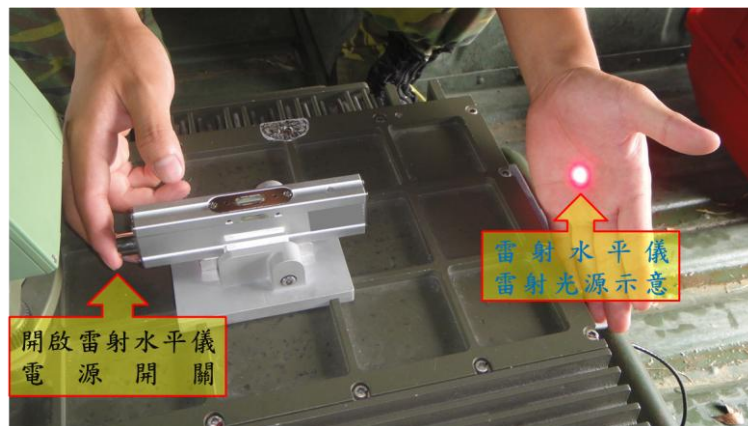
圖十 於雷射水平儀前方5~10公尺處架設反射器



資料來源：筆者自製

- （四）系統操作手開啟雷射水平儀電源開關（如圖十一），指揮反射器手調整反射器之位置與高度，使雷射光源投影至反射器標示板中心。

圖十一 系統操作手開啟雷射水平儀電源開關



資料來源：筆者自製

- （五）系統操作手轉動測距經緯儀望遠鏡瞄準反射器標示板中心（如圖十二），裝定3200密位後，關閉雷射水平儀電源開關。

圖十二 操作手轉動測距經緯儀望遠鏡瞄準反射器標示板後裝定3200密位



資料來源：筆者自製

(六) 轉動徠卡測距經緯儀望遠鏡，使其精確標定車體範圍內固定一點（> 1.7公尺，如圖十三）後，看讀徠卡測距經緯儀顯示幕之「調諧校正角」並記錄之（如圖十四）。

圖十三 操作手轉動測距經緯儀望遠鏡精確標定車體範圍內固定一點



資料來源：筆者自製

圖十四 看讀徠卡測距經緯儀顯示幕之「調諧校正角」並記錄之



資料來源：筆者自製

四、注意事項

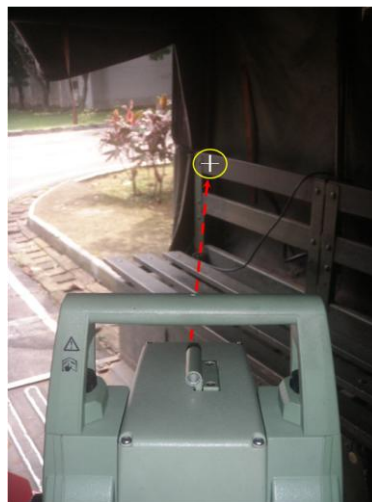
- (一) 調諧校正-雷射法於程序(四)之後，反射器手(由駕駛兼任)務須背向雷射水平儀光源，以免雷射光源傷及眼睛。
- (二) 調諧校正-雷射法於程序(五)時，因徠卡測距經緯儀望遠鏡具備過濾有色光源之能力，故無法由望遠鏡中直接瞄準雷射水平儀之雷射光源。此時，系統操作手須指揮反射器手(由駕駛兼任)調整反射器之位置與高度，使雷射光源投射於反射器標示板中心，以茲識別。

五、運用要領(以系統放射測量為例)

「放射測量」(Radiation)為系統車因地形限制無法到達測點位置時，可將反射器架設於能通視之測點上，將支距資料透過連線系統之測距經緯儀傳輸予系統，令其計算測點座標。除此之外，其他系統操作功能諸如遠端點初始校準、方位轉換等亦須搭配調諧校正方得行之。本文以定位定向系統放射測量為例，將新式調諧校正-雷射法之運用要領說明如後：

- (一) 系統開機，將徠卡測距經緯儀結合於INU-30上，並完成相關設定。
- (二) 轉動徠卡測距經緯儀之望遠鏡，使其精確標定車體範圍內固定一點(如圖十五)。

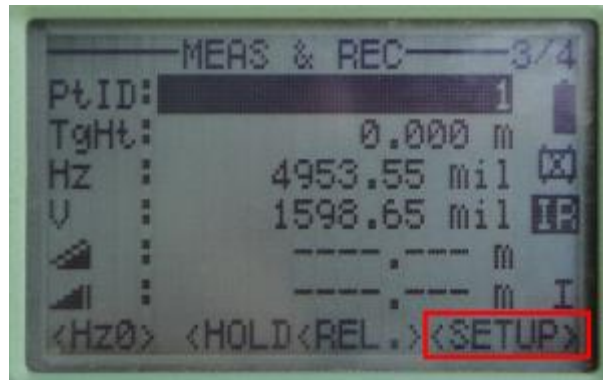
圖十五 操作徠卡測距經緯儀精確標定車體範圍內固定一點



資料來源：筆者自製

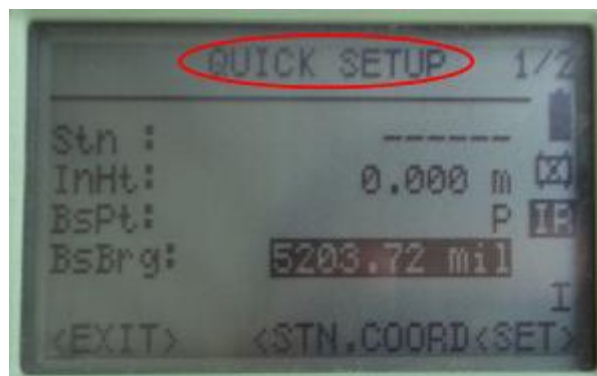
- (四) 將前次實施「調諧校正」所得之「調諧校正角」裝定於徠卡測距經緯儀上，其程序如下：
 1. 操作方向鍵將反黑游標移動至SETUP選項(如圖十六，按壓  鍵，進入快速設定(QUICK SETUP)頁面(如圖十七)。

圖十六 操作徠卡測距經緯儀方向鍵將反黑游標移動至SETUP選項



資料來源：筆者自製

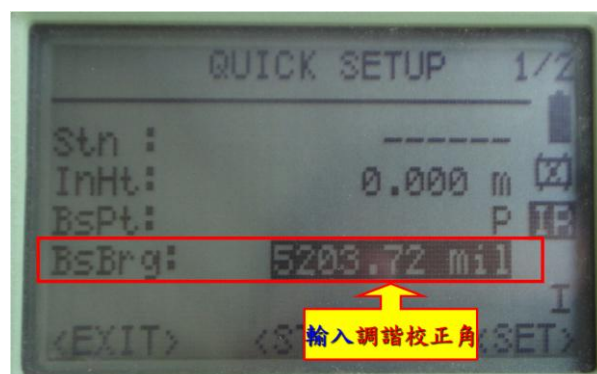
圖十七 快速設定（QUICK SETUP）頁面



資料來源：筆者自製

2.操作方向鍵將反黑游標移動至BsBrq選項（如圖十八），再使用方向鍵搭配數字鍵，完成角度輸入。

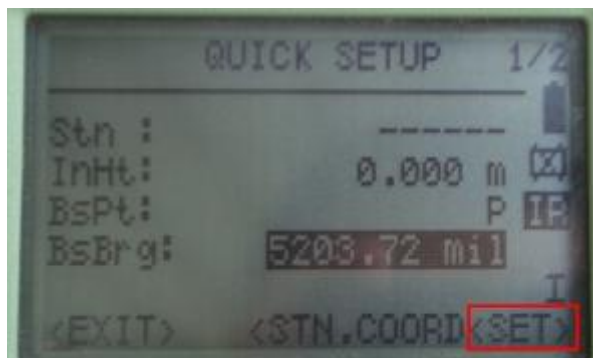
圖十八 輸入調諧校正角



資料來源：筆者自製

3.操作方向鍵將反黑游標移動至SET選項（如圖十九）後，按壓  鍵，即完成設定。

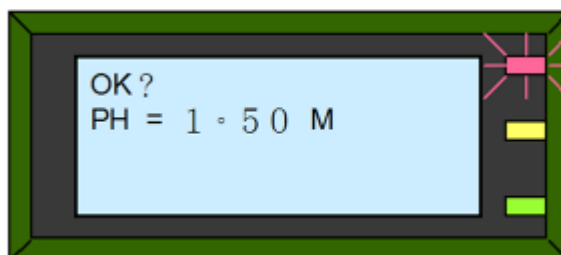
圖十九 選取SET選項



資料來源：筆者自製

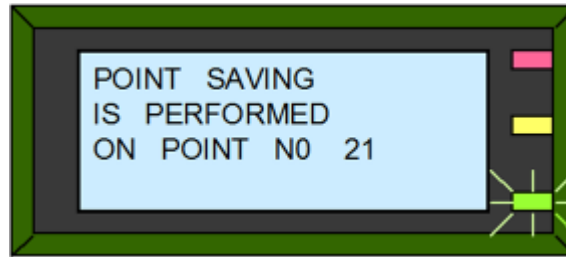
- （五）令反射器手（由駕駛兼任）於路測點上整置反射器，反射器高度設為1.5公尺，如因地形限制須高於1.5公尺，則應將高差以通信手旗告知操作手。
- （六）進入系統之「POINT SAVING」功能，並選擇「REMOTE」。
- （七）操作手轉動測距經緯儀精確標定反射器稜鏡後，按「DEST」鍵，檢查CDU之顯示幕是否有資料傳入。
- （八）當CDU顯示幕中依序閃爍著「DIST」(距離)、「AZIM」(水平角)、「ELEV」(高低角)或「DX」、「DY」、「DZ」之數值要求操作者確認時，依序確認並按壓「YES」鍵。
- （九）當CDU要求輸入反射器高（PH）時，操作手須依駕駛回報之反射器高度手動輸入後，按「YES」鍵（如圖二十）。此時如顯示幕出現《POINT SAVING IS PERFORMED ON NO xx》，則表放射測量完成，其座標資料將記錄於「WPxx」中（如圖二十一）。

圖二十 操作手於CDU輸入反射器高（PH）



資料來源：筆者自製

圖二十一 放射測量座標資料將記錄於「WP××」



資料來源：筆者自製

肆、分析與比較

為評估新式調諧校正-雷射法之效益，特將新、舊兩種調諧校正採實作方式驗證，並區分操作程序、作業時間、放射測量座標（標高）精度、場地限制與風險因子等5項，分析比較如下：

一、就操作程序而言

現行調諧校正-方位地線法之操作總計須 11 個步驟，其程序稍嫌繁瑣，較不利初學者學習。新式雷射法則操作簡單、便捷，僅須 6 個步驟即可完成作業，有效降低學習門檻，方便學者理解與記憶。

二、就作業時間而言

現行調諧校正-方位地線法前置準備時間較長（含地線的選擇與配置），須 5~10 分鐘方可完成；新式雷射法則無須特殊之前置準備，可縮減作業時間，通常每次實施僅須 1~2 分鐘即可完成。

三、就放射測量座標（標高）精度而言

本項目採實驗方式，比較經過現行（地線法）與新式（雷射法）調諧校正之ULISS-30定位定向系統，於4分鐘與10分鐘兩種不同之零速更新週期下，⁴其放射測量成果精度。共區分「放射測量成果計算」與「測量結果分析」等兩部分說明。

（一）放射測量成果計算：係將ULISS-30放射測量所得之各測點座標與營區內之各已知點參考座標進行比較，求算其水平與垂直誤差。計算公式如下：⁵

1.代字說明：

X_i ：系統所測 i 點之 X （橫）座標。

Y_i ：系統所測 i 點之 Y （縱）座標。

4 零速更新：為陸用慣性導航系統經常使用的一項技術，其目的在於運用載具零速度之姿態，經較長時間（約 30 秒），量測陀螺儀及加速器之輸出數比，獲得系統之漂移量，經適當修正後提升系統精度。

5 同註 1，頁 2-21~23。

Z_i ：系統所測 i 點之標高。

XT_i ：SCPi點之 X （橫）參考座標。

YT_i ：SCPi點之 Y （縱）參考座標。

ZT_i ：SCPi點之參考標高。

n ：測試之總測站數。

CEP：為定義水平座標使用之「圓形公算偏差」（Circular Error Probability, CEP）。⁶

EP：為定義垂直座標（標高）使用之「公算偏差」（Error Probability, EP）。⁷

2. 誤差計算：

ULISS-30對各測點放射測量所測得之座標與參考座標間之誤差：

$$\Delta X_i = X_i - XT_i$$

$$\Delta Y_i = Y_i - YT_i$$

$$\Delta Z_i = Z_i - ZT_i$$

3. CEP（EP）之計算：

係使用每一次測試中所有之測點（共3點）。

$$RMS_x = \sqrt{(\sum \Delta X_i)^2 / n}$$

$$RMS_y = \sqrt{(\sum \Delta Y_i)^2 / n}$$

$$RMS_z = \sqrt{(\sum \Delta Z_i)^2 / n}$$

$$CEP_{x,y} = 1.1774 \times (RMS_x + RMS_y) / 2$$

$$EP_z = 0.6745 \times RMS_z$$

4. 測試標準：

（1）使用4分鐘零速更新週期：當測試所得之 $CEP_{x,y} < 3$ 公尺（CEP）、 $EP_z < 1$ 公尺（EP）時，該測試即屬合格。

（2）使用10分鐘零速更新週期：當測試所得之 $CEP_{x,y} < 7$ 公尺（CEP）、 $EP_z < 3$ 公尺（EP）時，該測試即屬合格。

（二）測量結果分析

針對ULISS-30定位定向系統使用不同之調諧校正法，於4分鐘與10分鐘零速

6 CEP：通常為衡量顯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座標成果（ 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%。

7 EP：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表示標高、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%。

更新週期下，驗證其放射測量成果精度，並將實驗數據彙整如表一、二；
資料分析結果如表三。

表一 系統使用4分鐘零速更新週期測試記錄表

砲兵 ULISS-30 定位定向系統測試記錄表						初始校準時間	21：00				
						零速更新週期	04：00				
						車 號	軍 2-22421				
裝 備 序 號						1179	測 試 者	黃○○	測 試 日 期	102.10.30	
測 點 調 諧 已 知 座 標	測 得 座 標	座 標 (標 高)	座 標 (標 高)	座 標 (標 高)	作 業 結 果 判 定	差	時 間	合 格	不 合 格		
A001	現行-地線法	X：216905.167 Y：2549012.791 Z：20.166	X：216905.277 Y：2549013.247 Z：19.557	DX：-0.11 DY：-0.456 DZ：0.609	5：37			√			
	新式-雷射法		X：216905.269 Y：2549013.234 Z：19.734	DX：-0.102 DY：-0.443 DZ：0.432	1：04			√			
A003	現行-地線法	X：217027.709 Y：2548761.633 Z：20.589	X：217027.4 Y：2548762.039 Z：20.05	DX：0.309 DY：-0.406 DZ：0.539	5：21			√			
	新式-雷射法		X：217027.395 Y：2548762.031 Z：20.047	DX：0.314 DY：-0.398 DZ：0.542	1：12			√			
A004	現行-地線法	X：217248.913 Y：2548324.884 Z：25.719	X：217248.56 Y：2548324.683 Z：24.96	DX：0.353 DY：0.201 DZ：0.759	5：32			√			
	新式-雷射法		X：217248.551 Y：2548324.685 Z：25.072	DX：0.362 DY：0.199 DZ：0.647	0：57			√			
成 果 類 別		計 算 公 式 合 格 標 準									
CEP (x , y)		1.1774 × (RMDx+RMDy) /2				< 3 公尺					
E P (z)		0.6745 × RMDz				< 1 公尺					
註 記		上述表列之已知點位置，係軍備局測量隊於 96 年實地採用「衛星控制點點位檢測」方式測量所得，各已知座標點均合於三等衛星控制點精度規範，各點誤差值在 95%信賴區間 ≤ 30mm+6ppm×L。									

資料來源：筆者自製

表二 系統使用10分鐘零速更新週期測試記錄表

砲兵 ULISS-30 定位定向系統測試記錄表						初始校準時間	21:00
						零速更新週期	10:00
						車 號	軍 2-22421
						測 試 日 期	102.10.30
裝 備 序 號	1179	測 試 者	黃○○				
測 點 調 諧 已 知 座 標	測 得 座 標	座 標 (標 高)	作 業 結 果 判 定				
名 稱 校 正 法	(標 高)	(標 高)	誤 差	時 間	合 格	不 合 格	
A001	現行-地線法	X: 216905.167 Y: 2549012.791 Z: 20.166	X: 216903.478 Y: 2549015.45 Z: 21.724	DX: 1.689 DY: -2.66 DZ: -1.558	5:15	✓	
	新式-雷射法		X: 216903.465 Y: 2549015.31 Z: 21.574	DX: 1.702 DY: -2.52 DZ: -1.408	1:07	✓	
A003	現行-地線法	X: 217027.709 Y: 2548761.633 Z: 20.589	X: 217028.825 Y: 2548763.77 Z: 22.047	DX: -1.116 DY: -2.134 DZ: -1.458	5:36	✓	

	新式-雷射法		X：217028.93 Y：2548763.76 Z：21.891	DX：-1.221 DY：-2.124 DZ：-1.302	0：50	✓	
A004	現行-地線法	X：217248.913 Y：2548324.884 Z：25.719	X：217249.744 Y：2548327.59 Z：27.267	DX：-0.831 DY：-2.709 DZ：-1.548	5：28	✓	
	新式-雷射法		X：217249.855 Y：2548327.39 Z：27.353	DX：-0.942 DY：-2.503 DZ：-1.634	0：54	✓	
成 果 類 別		計 算 公 式			合 格 標 準		
C E P (x , y)		1.1774 × (RMDx+RMDy) /2			< 7 公尺		
E P (z)		0.6745 × RMDz			< 3 公尺		
註 記		上述表列之已知點位置，係軍備局測量隊於 96 年實地採用「衛星控制點點位檢測」方式測量所得，各已知座標點均合於三等衛星控制點精度規範，各點誤差值在 95%信賴區間≤30mm+6ppm×L。					

資料來源：筆者自製。

由表三發現，ULISS-30定位定向系統於4分鐘零速更新週期下，使用新式-雷射法實施調諧校正，平均所需時間為1分04秒，使用現行-地線法實施調諧校正，平均所需時間為5分30秒，作業時間可縮減約80.6%。前者執行放射測量座標CEP值為0.6179公尺，標高EP值為0.6309公尺；後者執行放射測量座標CEP值為0.6236公尺，標高EP值為0.7426公尺。

此外，系統於10分鐘零速更新週期下，使用新式-雷射法實施調諧校正，平均所需時間為57秒，使用現行-地線法實施調諧校正，平均所需時間為5分26秒，作業時間可縮減約82.52%。前者執行放射測量座標CEP值為3.7422公尺，標高EP值為1.6917公尺；後者執行放射測量座標CEP值為3.7859公尺，標高EP值為1.7769公尺。

綜上，經實驗證實新式調諧校正法可有效縮短作業時間，其測量精度亦能符合現行定位定向系統之作業標準與規範。

表三 實驗資料分析結果一覽表

零速更新週期	調諧校正方法	平均作業時間	放射測量成果精度（單位：公尺）				
			平均橫座標差	平均縱座標差	平均標高差	CEP	EP
4 分鐘	新式-雷射法	1 分 04 秒	0.259	0.347	0.54	0.6179	0.6309
	現行-地線法	5 分 30 秒	0.257	0.354	0.636	0.6236	0.7426
10 分鐘	新式-雷射法	57 秒	1.288	2.382	1.448	3.7422	1.6917
	現行-地線法	5 分 26 秒	1.212	2.501	1.521	3.7859	1.7769

資料來源：筆者自製

四、就場地限制而言

現行調諧校正-方位地線法依規定須設置 200 公尺（含）以上之方位地線，其作業空間需求大，較不利在營區內實施；如於營區外作業，亟易因交通等外力因素而肇生危安。相較之下，新式雷射法則無作業空間之限制，測量人員僅須於車後 5~10 公尺整置反射器即可立即作業，不僅營區內實施無虞，於營區外作業時更能確保人員與裝備安全。

五、就風險因子而言

針對裝備操作風險因子而言，相較於現行調諧校正-方位地線法較容易於營區外或場地空間受限等因素下，肇生危安風險因子；新式雷射法將可獲下列效益：

（一）人員（訓練）安全

人員使用本研發成果執行作業（訓練）時，因操作簡單、學習容易，且不受場地空間限制，不易肇生人員危安。

（二）裝備安全

本研究於不影響現有裝備正常運作與不破壞裝備之前提下設計，可確保裝備安全與妥善。

六、綜合分析

新式（雷射法）與現行（地線法）調諧校正方式，藉由實驗數據針對操作程序、作業時間、放射測量座標（標高）精度、場地限制與風險因子等5個項目分析比較後，證實新式（雷射法）較現行（地線法）可獲得較大效益（效益分析如表四）。

表四 新式與現行調諧校正效益分析表

區分	項次	項目	新式調諧校正-雷射法	現行調諧校正-方位地線法
基 諸	1	發 展 起 源	教官依教學經驗設計與研改	法國謝敬公司原廠提供
	2	作 業 原 理	利用航向方位角與反方位角相差 3200 密位原理	自行設置地線求算其相對方位角
	3	輔 助 器 材	雷射水平儀（含結合座）、反射器	反射器
本 元	4	搭 配 之 測 距 經 緯 儀	徠卡、蔡司測距經緯儀均可	徠卡、蔡司測距經緯儀均可
操 與 作 作 業 業 程 程 時 時 序 序 間 間	4	操 作 程 序	6 步驟	11 步驟
	5	作 業 時 間 （4 分鐘零速更新週期）	平均 1 分 04 秒	平均 5 分 30 秒
	6	作 業 時 間 （10 分鐘零速更新週期）	平均 57 秒	平均 5 分 26 秒

測量成果精度	7	平面座標 (4 分鐘零速更新週期)	CEP：0.6179 公尺	CEP：0.6236 公尺
	8	標高 (4 分鐘零速更新週期)	EP：0.6309 公尺	EP：0.7426 公尺
	9	平面座標 (10 分鐘零速更新週期)	CEP：3.7422 公尺	CEP：3.7859 公尺
	10	標高 (10 分鐘零速更新週期)	EP：1.6917 公尺	EP：1.7769 公尺
	11	定向精度	小於 0.4 密位	小於 0.4 密位
場地限制	12	場地需求	5~10 公尺範圍即可	須設置 200 公尺以上地線
	13	限制	無	營區外作業易因交通等 外力因素肇生危安
風險因子	14	風險因子(人員、裝備)	1.人員安全： 人員使用本研發成果執行作業(訓練)時，因操作簡單、學習容易，且不受場地空間限制，不易肇生人員危安 2.裝備安全： 本研究於不影響現有裝備正常運作與不破壞裝備之前提下設計，可確保裝備安全與妥善	較容易於營區外或場地空間受限等因素下，肇生危安風險因子

資料來源：筆者自製

伍、結論與建議

國軍定位定向系統已陸續獲得，朝砲兵「測地自動化」之目標，又邁進一大步，未來測地技術與達成任務之能力，勢必顯著提升。我砲兵幹部須具備前瞻的思維與豐富的科技知識，嫻熟定位定向系統之作業原理與基本操作，進而運用其放射測量、方位轉換等進階功能，充分發揮裝備性能，達成作業任務。

ULISS-30 定位定向系統，自民國 86 年撥發迄今，現階段仍以陸勤部採「裝備委修(併修)」方案，確保裝備妥善。未來各單位應持恆加強人員操作訓練及維保作業紀律觀念，確維系統壽命，維持戰力不墜。新式調諧校正-「雷射法」，經實際教學驗證，在不影響現有裝備正常運作下，可有效改善現行「方位地線法」之限制與不便，其操作程序、時間、場地限制與風險因子等方面均較現行作法優異，且測量精度亦能符合定位定向系統之作業標準與規範。未來將預劃納入司令部小型軍品研發之品項，進而推廣至全軍部隊使用，期能精進 ULISS-30 作業性能，提升測地作業之速度與精度，達成「節約時間、減少危安、提升效益」之目標。

參考文獻

- 一、《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 12 月）。
- 二、黃國興，《慣性導航系統原理與應用》（台北：全華科技圖書股份有限公司，民國 84 年 8 月）。
- 三、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.
- 四、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月）。
- 五、《陸軍 SPAN-7 砲兵定位定向系統（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 102 年 9 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、丙級測量證照。曾任班長、作戰士、測量組長、連士官督導長，現任職陸軍砲訓部目標獲得組士官長教官。