

「外掛式雷射測距儀」提升砲兵 M2 方向盤操作效能之研究

作者：黃盈智

提要

- 一、現代化軍事行動為「作戰」與「科技」二者所建構之戰力綜合體，因此，現代化武器裝備的發展，往往成為單位統合戰力能否發揮之關鍵因素，故如何由裝備使用者採自主「小型軍品研發」方式，小規模精進現有武器裝備，實為當前國軍不斷努力之目標。
- 二、目前配賦國軍野戰砲兵連，專司射向賦予、砲兵連陣地測地任務之 M2 方向盤 (aiming circle)，自民國 66 年使用迄今，因裝備本身未具備現代化光學或電子測距能力，致砲兵連使用該裝備實施測地作業與陣地射擊準備時，通常僅能搭配「捲尺」實施導線及砲遮距離測量。
- 三、原編制於砲兵營、連之 17、18 號測量成套器材中，配賦之鋼捲尺與其他附件、修理包等，多年前即因老舊而全數損壞，目前各部隊均自購市售玻璃纖維捲尺代用，惟「玻璃纖維捲尺」遠不如制式「鋼捲尺」精確耐用，致作業上產生諸多限制與不便，造成時間耗費與誤差累積。
- 四、筆者主要以創新作為，討探於砲兵測量人員現有 M2 方向盤加裝小型軍品研發成果「外掛式雷射測距儀」(Laser Rangefinder)，使之提升為「M2 測距方向盤」，解決傳統作業之窒礙問題與缺點，達成節約測量人力、簡化作業程序、提升作業效能與精度之目標。
- 五、筆者評估「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」之作業能力與效能，並藉由實驗數據針對「作業人力與時間需求」、「砲兵基本測量」與「砲兵連測地」等 3 個項目分析比較後，再次印證「M2 測距方向盤」無論於人力需求、作業時間、精度與穩定性等方面，均較傳統「捲尺量距」優異，可大幅提升野戰砲兵戰鬥支援速度與火砲射擊精度，符合現代化戰爭之時效與作戰需求。
- 六、「M2 測距方向盤」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備快速且精確之測距能力，俾利砲兵部隊遂行陣地測地與量取砲遮距離，期使作業人力發揮最大效能，有效提升整體作業之速度與精度。

關鍵詞：業務研究發展、M2 方向盤、雷射測距儀、M2 測距方向盤

研發動機與目的

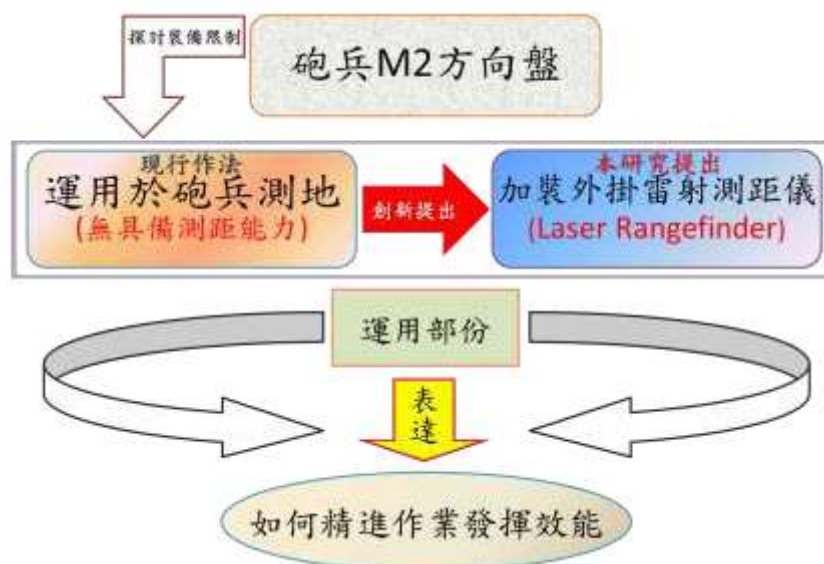
現代化軍事行動為戰鬥人員與科技裝備二者所建構之戰力綜合體，現代化武器裝備的發展，往往成為統合戰力能否發揮之關鍵因素，故如何於武器裝備的自主研發上不斷精進，實為當前國軍不斷努力之目標，也唯有提升各級研發

能量，方能達到精實戰力之目標。基此，國防部為提倡國軍人員自主研究風氣，推動自主小型軍品研發工作，¹為激勵筆者投入之動機。

筆者於任職教官期間，經由教學、基地觀摩與部隊輔訪實務經驗察覺，目前配賦國軍野戰砲兵連，專司射向賦予、砲兵連陣地測地任務之 M2 方向盤（aiming circle），自民國 66 年使用迄今，因裝備本身未具備現代化光學或電子測距能力，致砲兵連使用該裝備實施測地作業與陣地射擊準備時，通常僅能搭配「捲尺」實施導線及砲遮距離測量，原編制於砲兵營、連之 17、18 號測量成套器材中，配賦之鋼捲尺與其他附件、修理包等，多年前即因老舊而全數損壞，目前各部隊均自購市售玻璃纖維捲尺代用，惟「玻璃纖維捲尺」遠不如制式「鋼捲尺」精確耐用，致作業上產生諸多限制與不便，造成時間耗費與誤差累積。

基此，筆者主要以創新作為，探討於砲兵測量人員現有 M2 方向盤加裝「外掛式雷射測距儀」（Laser Rangefinder），使其提升為「M2 測距方向盤」。解決傳統作業之窒礙問題與缺點，達成節約測量人力、簡化作業程序、提升作業效能與精度之目標。同時藉拋磚引玉方式，促使更多同仁投入研發行列，為精進國軍「小型軍品研發」略盡綿薄（本研究架構如圖一）。

另筆者須特別說明，本研究於 M2 方向盤加裝「外掛式雷射測距儀」之目的，係賦予舊裝備雷射測距能力，以利其遂行測地作業與陣地射擊準備，與陸軍現行籌獲中的「多功能雷觀機」負責目標搜索與射彈觀測，兩者無論於功能、角色均有顯著不同。



圖一 研究架構圖

資料來源：筆者自製。

1 陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具-萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》，第 233 期，陸軍裝訓部，民國 103 年 09 月，頁 1。

砲兵方向盤與傳統「捲尺量距」現況檢討

筆者依本身教學驗證及國內、外相關文獻，分析現行砲兵方向盤與傳統捲尺量距作業方式，並檢討不足之處，說明如次。

一、砲兵方向盤（aiming circle）

長久以來，各國砲兵均使用「方向盤」作為射向賦予與連陣地測地之主要裝備。第一次波灣戰（1991 年）後，先進國家砲兵檢討傳統型式方向盤（如 M2、M2A2），不僅結構簡單且功能有限，已無法滿足自動化之需求，故換裝新式系統，以解決戰場上日益重視之定位與定向問題。²

國軍砲兵早期使用 M1 方向盤（如圖二），遂行射向賦予、砲兵營、連測地與觀測等作業，自民國 66 年起換裝 M2 方向盤（如圖三），專司射向賦予、砲兵連測地任務。M2 方向盤歷經長達 30 餘年之使用後，其機件老舊、性能不佳且誤差增生，已影響砲兵戰備與訓練，故於民國 99、100 年區分兩階段委請軍備局生產製造中心第 402 廠翻修，此後機械問題雖已大幅改善，惟其屬早期光學機械式設計，且未具備測距能力，在講求砲兵自動化的今日，其性能條件仍無法滿足需求，茲針對裝備現況檢討如次。³

（一）欠缺精確測取「砲遮距離」能力：測取「砲遮距離」為陣地射擊準備事項之一，因 M2 方向盤無法測距，砲遮距離通常採目測、圖上量取等方式決定，惟不精確之砲遮距離將影響最小射角計算之結果，致影響射擊安全。目前國軍自主研發之「技術射擊指揮儀」可輸入各砲座標、標高，俾計算各砲射擊諸元，可惜的是 M2 方向盤本身缺乏測距功能，無法由選擇點放射各砲計算砲位，如採步測估算，其精度甚差，影響射擊精度。⁴

（二）欠缺快速支援「陣地測地」能力：獨立砲兵連（排）迅速占領陣地後，須即刻起始陣地測地，將成果提供射擊指揮所與射向賦予運用。然而，M2 方向盤無法測距，須配合捲尺，由開始點（方向線）以「假設諸元」起始作業，通常作業速度每小時約 1 公里，精度僅達 1/500，實不符時效。⁵

綜上，筆者為改善上述相關問題，參考當前實戰經驗豐富國家方向盤之發展、運用趨勢與國軍實際需求，適切規劃，創新於砲兵測量人員現有 M2 方向盤加裝「外掛式雷射測距儀」，賦予該裝備雷射測距能力，俾能提升裝備效能與砲兵戰力。

此外，筆者須特別說明，國軍為善用與延壽現有裝備，M2 方向盤已於民國 99 年、100 年委請軍備局區分兩梯次翻修，截至民國 105 年 12 月，砲兵 M2 方

2 耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 2。

3 同註 2，頁 3。

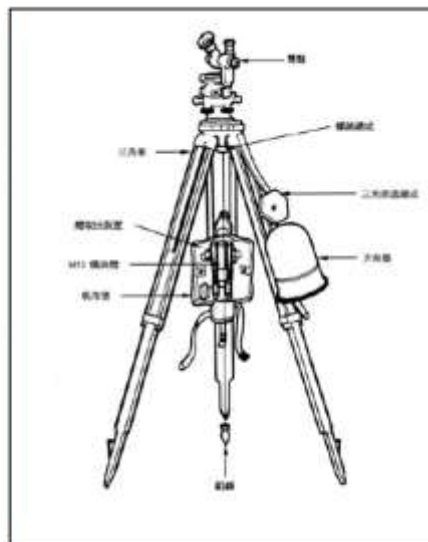
4 同註 2，頁 5。

5 同註 2，頁 5。

向盤裝備現有數為 400 餘具，妥善率仍有 85% 以上，故目前尚無換裝規劃，砲訓部從加強教育進訓班隊著手，強化部隊檢查、鑑定與保養能力。鑑於 M2 方向盤仍為現役裝備且尚無換裝規劃，本研究提出之「外掛式雷射測距儀」確有其研發之意義與價值。



圖二 M1 方向盤



圖三 M2 方向盤

資料來源：耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 2。

二、傳統「捲尺量距」

野戰砲兵為火力支援之要角，然火炮射擊效果之良窳，以測量精度為要素，區分為「角度觀測」、「高程測量」與「距離測量」等三部分。角度觀測與高程測量，現有砲兵 M2 方向盤尚可滿足作戰需求，惟距離測量囿於裝備本身未具備現代化光學或電子測距能力，故僅能搭配「捲尺」實施導線與砲遮距離之測量，原編制於砲兵營、連之 17、18 號測量成套器材中，均配賦鋼捲尺與其他附件、修理包等（如圖四），多年前鋼捲尺即因老舊全數損壞，目前各部隊均採用市售玻璃纖維捲尺代用。然而，玻璃纖維捲尺遠不如制式鋼捲尺精確耐用，致作業上產生諸多限制與不便，造成時間耗費與誤差累積。綜上，本研將砲兵測量人員傳統使用「捲尺量距」作業時，最常遭遇之窒礙問題與作業限制歸納如次。

（一）原編制砲兵營、連之 17、18 號測量成套器材，均配賦鋼捲尺與其他附件、修理包等，多年前鋼捲尺即因老舊全數損壞，目前各部隊均自購市售玻璃纖維捲尺代用。

（二）每組須額外搭配 2 員捲尺手，造成人力浪費。

（三）易受測區地形限制而影響其作業精度。

（四）作業程序複雜，需注意及要求事項繁多，經驗或訓練不足之人員操作容易產生錯誤或造成誤差之累積。

（五）礙於捲尺長度限制，每次全長測量之最大範圍僅 30 至 50 公尺，大於

30 至 50 公尺以上之距離，須搭配測針採分段方式行之，易造成時間耗費與誤差累積。

（六）捲尺頻繁快速抽取及收捲，裝備破損及消耗量大，增加測量作業成本。

由本段之論述可得知，無論是砲兵方向盤（aiming circle）或傳統「捲尺量距」之裝備現況，均確存在諸多弱點與限制，此為本研究亟欲解決之問題，故研擬加裝「自製雷射測距儀」於 M2 方向盤本體，替代傳統「捲尺量距」之功能，達成簡化作業程序、提升作業效能及精度之目標。



圖四 原編制於砲兵營、連 17、18 號測量成套器材中之全套捲尺器材

資料來源：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，2010 年 11 月），2-5 頁。

「外掛式雷射測距儀」之原理說明及研發成果

為克服傳統「捲尺量距」之弱點與限制，筆者採運用範圍廣、測距精度較高之「電子測距」為主要研究目標。隨著光電科技日新月異，目前測量儀器現貨市場發展出多款體積小、重量輕、精度高、量距遠且相容性高之測距儀零組件，可依據國軍 M2 方向盤之機械結構與測距能力需求，考量不破壞裝備結構且便於同步操作之便利性，將兩者組合使用，除可避免依賴捲尺量距造成之誤差，且可精簡人力、增進測地作業速度及提升整體效益。本段主要說明「電子測距」原理及筆者研發成果。

一、「外掛式雷射測距儀」研發成果介紹

筆者研發成果「外掛式雷射測距儀」，係由本體、安裝基座、強固式攜行箱與附件等四大部分組成（如圖五）。本段區分「外掛式雷射測距儀之工作原理」、「研發期程與規劃」、「各部名稱與功能介紹」及「裝備操作說明」等四大部分介紹說明。



圖五 「外掛式雷射測距儀」四大組成示意

資料來源：筆者自製。

(一)「外掛式雷射測距儀」之工作原理⁶：80 年代中期起，美國太空總署（NASA, National Aeronautics and Space Agency）著手「雷射測距」之研究，當時執行研究之目的，係為避免太空載具間相鏈結時，因碰撞致損傷船體。此研究後續亦推廣至軍事用途，如空中加油機與受加油航空器間之安全距離偵測。自 90 年代後期，「雷射測距」技術已日趨成熟與普及，如高速公路偵測行車速度之雷射測速照相系統、汽車安裝雷射安全防撞偵測器警告駕駛人員保持安全距離、高爾夫球使用之雷射測距望遠鏡、營建業、工程與地籍測量人員、室內裝潢業者使用之測距儀等，可謂不勝枚舉。目前「雷射測距」所應用之原理可概分為：「飛行時間法」（Time of Flight，簡稱 TOF）、「相位差法」、「三角測距法」等三種，茲將「雷射測距」之工作之原理說明如后。

1.飛行時間法（TOF）：此法適用於遠距測量，其工作原理為雷射具有高方向性與高亮度，可以於發射雷射處接收目標物之反射光，如發出之雷射光屬於脈衝式，則所接收到之反射光亦為脈衝式，故可藉測量發射至接收雷射脈衝之時間差，計算目標物至觀測者之距離。此外，可以依目標之遠近選用不同功率之雷射本體，如距離較短時，可採用功率較低之脈衝 He-Ne 雷射或是半導體雷射，而遠程測距，則可改用功率較大之脈衝式 Nd:YAG 雷射。此雷射測距法之精度極高，一般在 2 至 3 公里的測距範圍內可以達到幾個釐米等級之誤差，惟其精確度易受天氣狀況之影響。此方法目前於軍事及營建工程方面之應用極為廣泛，本研究「外掛式雷射測距儀」工作原理即採用此法。

2.相位差法：係利用雷射照射待測物時之反射光與參考波間之相位差，以求得待測物之距離。首先，雷射光源發射一調製光束，檢測器接收回波信號之相

6 林建忠，〈雷射測距技術與研究現況〉《光聯雙月刊》，第 19 卷，（民國 88 年 01 月），頁 1~3。

位為 ϕ ，並與一「局部振盪器」(Local Oscillator) 產生拍頻 (Beat) 信號，此時相位檢測器即測量發射與接收信號間之相位差 $\Delta \phi$ ，並計算出相應距離 (如圖六)。基於相位以 2π 為週期，故「相位差法」具測量距離上之限制，測量範圍約數十公尺，精度可達釐米等級，但為了提高訊噪比 (S/N) 故須重複測量，無法執行瞬間即時測距。目前此種測距法多應用於短程距離，如室內裝潢等用途。

3.三角測距法：此種測距法乃介由投影光源至待測物表面之三角關係，計算出待測物與光源之距離。圖七中，待測物於 B1，其表面之散射或反射光與「位移檢測器」上成像 C1。同理，當待測物於 B2 時，成像為 C2。由 C1-C2 間之距離即可推算出位移量 D。目前此法常運用於精密模具業，或半導體電子業之 IC、SMT 電路板之檢測。

本研究「外掛式雷射測距儀」運用之工作原理為「飛行時間法」(TOF)，係利用雷射光於大氣中成直線進行，且速度為定值，當測得雷射光於兩點間往返之傳播時間 t 後，即可按下式計算兩點間之距離： $D(\text{距離}) = V(\text{速度}) \times t(\text{時間}) / 2n$ 。雷射光於真空中傳播速度為光速，即 $V = 299,792.5$ 公里/秒，然光速於大氣中因受溫度、濕度、壓力等氣象因素影響，故須加上大氣折射率 (n 值) 之改正後，方可獲得釐米等級之量距精度 (各式雷射測距原理之分析比較如表一)。⁷因「飛行時間法」(TOF) 具有測距範圍廣、運用普及、技術成熟，且研製成本相對低廉之優勢，極適合作為軍品研究發展與推廣用途。

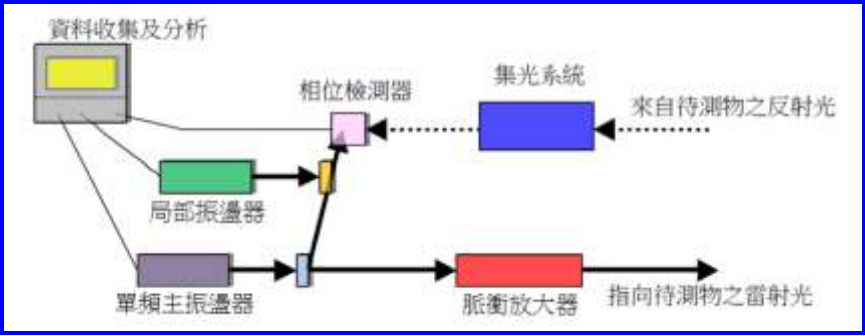
雷射光於真空中傳播速度為光速，即 $V = 299,792.5$ 公里/秒，然光速於大氣中因受溫度、濕度、壓力等氣象因素影響，故須加上大氣折射率 (n 值) 之改正後，方可獲得釐米等級之量距精度 (各式雷射測距原理之分析比較如表一)。⁸因「飛行時間法」(TOF) 具有測距範圍廣、運用普及、技術成熟，且研製成本相對低廉之優勢，極適合作為軍品研究發展與推廣用途。

(二)「外掛式雷射測距儀」研發期程與規劃：本案研製期程為 1 年，首先依據現有資源、人力及考量任務執行期間，擬定三階段之作業流程與各階段時間管制節點。區分第一階段，以「外掛式雷射測距儀」規格、功能規範研討與訪商洽談製圖 (規格尺寸說明如圖八所示) 為主，期使研發品項能發揮預期效益。其次，於第二階段，個別訂定成品初步測試、製作缺失研討與裝備驗收測試等項目為階段目標。最後，為使後續之成果推廣有利，於第三階段中將「外掛式雷射測距儀」廣泛提供砲訓部受訓班隊學員生，於相關課程中操作使用，從中獲得具體之操作建議與改進意見回饋。綜上，依全案三階段擬定之作業內容

7 林建忠，〈雷射測距技術與研究現況〉《光聯雙月刊》，第 19 卷，(民國 88 年 01 月)，頁 71。

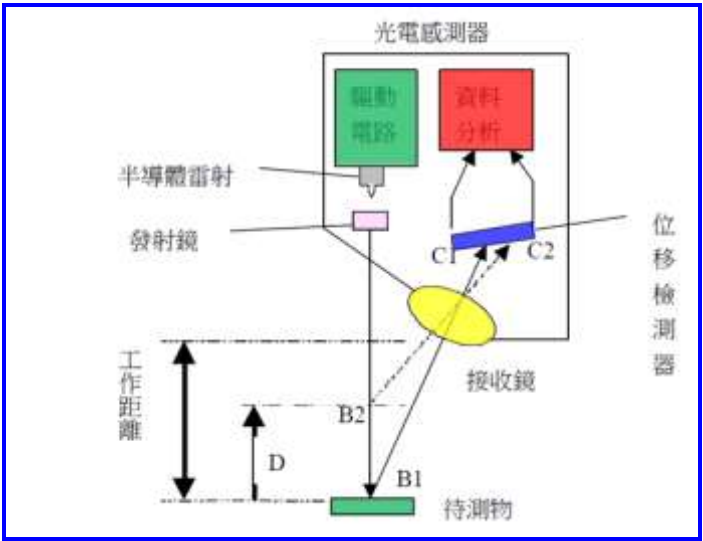
8 同註 7，頁 71。

繪製甘特圖（如圖九），⁹俾利控管研發任務之執行進度。



圖六 相位差法之工作原理

資料來源：林建忠，「雷射測距技術與研究現況」，光聯雙月刊，第 19 卷（民國 88 年 01 月），頁 2。



圖七 三角測距法之工作原理

資料來源：林建忠，「雷射測距技術與研究現況」，光聯雙月刊，第 19 卷，（民國 88 年 01 月），頁 3。

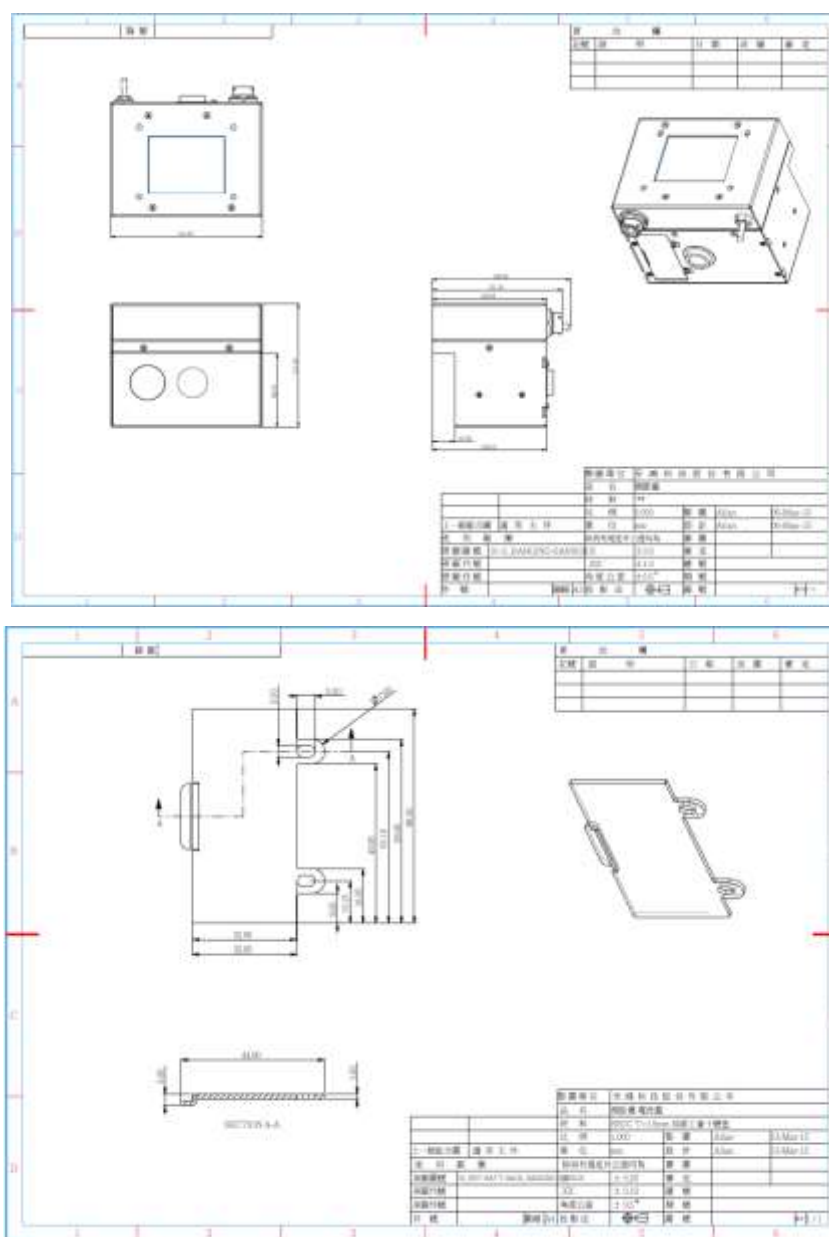
表一 各式雷射測距原理之分析比較

區 分	飛行時間法（TOF）	相 位 差 法	三 角 測 距 法
測 距 原 理	雷射具有高方向性與高亮度，可於發射雷射處接收目標物之反射光，故可由測量發射至接收雷射脈衝之時間差，計算目標物與觀測者間之距離	係利用雷射照射待測物時之反射光與參考波間之相位差以求得待測物之距離	乃介由投影光源至待測物表面之三角關係，計算待測物與光源間之距離

9 甘特圖(英語：Gantt chart)是橫條圖的一種流行類型，也稱為條狀圖(Bar Chart)，係由亨利.甘特於 1910 年開發，其內在思想簡單，基本為一線條圖，橫軸表示時間，縱軸表示活動(項目)，線條表示在整個期間上計劃和實際活動完成情況。其直觀地表明任務計劃於何時進行，及實際進展與計劃要求之對比。

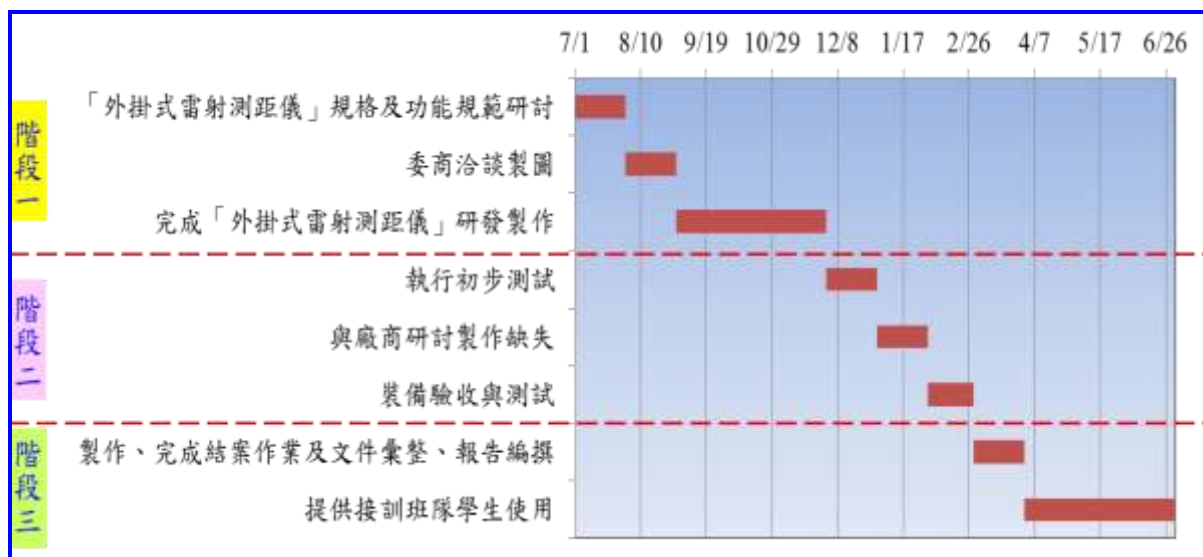
主 要 用 途	軍事及測量工程方面 之應用極為廣泛	目前此測距法多應用 於短程測距，如室內裝 潢等用途	目前此法常運用於精 密模具業，或半導體電 子業之 IC、SMT 電路 板之檢測
特 性	測距範圍廣、精度高、 速度快、成本低、適用 於長程測距	適用於短程測距	適用於微距測量
限 制	無	無法瞬間及時測量、量 距時間較長	成本高、量距範圍短

資料來源：整理自林建忠，「雷射測距技術與研究現況」，光聯雙月刊，第 19 卷，（民國 88 年 01 月），頁 2~3。



圖八 「外掛式雷射測距儀」規格尺寸圖（單位：公釐）

資料來源：委託研製廠商提供。



圖九 研製期程甘特圖

資料來源：筆者自製。



圖十 「外掛式雷射測距儀」各部名稱與功能示意

資料來源：筆者自製。

(三)「外掛式雷射測距儀」各部名稱與功能介紹：「外掛式雷射測距儀」各部名稱與功能介紹，參照圖十及表二。

表二 「外掛式雷射測距儀」各部名稱與功能對照表

「外掛式雷射測距儀」各部名稱與功能對照表			
項次	名稱	功能說明	
1	數據傳輸接口	提供本裝備鏈結其他裝置（如電腦、GPS 接收器、感測平台），執行軟體更新與數據傳輸之用途	

2	電 源 開 關	執行外掛式雷射測距儀電源開啟或關閉之按鍵，向上為開啟、向下為關閉
3	電 池 盒	本裝備使用市售 LR03 (AM3) 3 號鹼性乾電池 8 顆，可連續操作 4 小時（含）以上
4	電 池 盒 儲 藏 座	提供電池盒收納與保護之用途
5	接 目 鏡	可供操作人員瞄準或標定所望目標
6	電 池 盒 蓋	覆蓋於電池盒儲藏座上方，可防止沙塵或濕氣（雨水）進入
7	安 裝 基 座	承載外掛式雷射測距儀，使其得與 M2 方向盤實施緊密結合；本裝備採拆卸式設計，可於不破壞裝備本體之前提下，執行快速安裝與拆卸
8	雷射發射（接收）器	發射（或接收）低功率雷射，以利內部元件計算欲測距離
9	對 物 鏡	提供操作人員搜尋目標或標定待測物
10	單點觸控式液晶顯示幕	供操作人員實施功能操作及顯示欲測距離（斜距與平距）
11	強 固 式 攜 行 箱	長距離運動或變換測站時，裝運器材之用，內含塑膠護墊，本體放入後具避震作用
12	反 射 貼 紙 (Reflective sheet)	可貼於固定物作為測點，應用靈活，毋須擔心測點位移，適合於週期性之觀測，亦可張貼於規標或與標桿、基座運用，測距範圍視測距儀性能與貼紙面積而定，一般為 10 公釐×10 公釐者為 30 公尺，50 公釐×50 公釐者為 80 公尺，90 公釐×90 公釐者為 300~500 公尺

資料來源：筆者自製。

（四）「外掛式雷射測距儀」裝備操作說明：「外掛式雷射測距儀」裝備操作區分為「安裝與開機」及「距離測量」等兩部分，說明如后。

1. 安裝與開機：本案裝備採拆卸式設計，可於不破壞裝備本體之前提下執行安裝與拆卸，「外掛式雷射測距儀」安裝與操作程序如后。

（1）完成 M2 方向盤器材整置：依據陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）第 02032 條：M2 方向盤器材操作要領，完成器材整置（如圖十一）。

（2）結合「外掛式雷射測距儀」：由強固式攜行箱中取出「外掛式雷射測

距儀」本體後，由上而下結合於 M2 方向盤上方（如圖十二），即為「M2 測距方向盤」。

（3）開啟「M2 測距方向盤」電源開關：開啟「M2 測距方向盤」電源開關（約 1 秒），完成測距儀開機（如圖十三）。

2.距離測量：「M2 測距方向盤」距離測量程序說明如后。

（1）依據陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）第 02032：M2 方向盤器材操作要領，完成 M2 方向盤器材整置，結合「外掛式雷射測距儀」並開啟電源開關（如圖十一~十三）。

（2）於待測點整置標桿並張貼反射貼紙（如圖十四）。

（3）操作「M2 測距方向盤」使測距儀之望遠鏡十字刻劃中心精確標定目標（即反射貼紙，如圖十五）。

（4）按壓觸控式顯示幕上方之「測距鍵」，實施快速測距（如圖十六）。

（5）看讀/記錄傾斜（與水平）距離（如圖十七）。

二、小結

綜上，本研究創新發展之「外掛式雷射測距儀」之性能諸元（如表三）與特點，歸納如后。

（一）縮減作業員額：可縮減前、後捲尺手等職務，使作業員額更符合現行砲兵連人員作業編裝。

（二）減少作業時間：導線邊每 300 公尺量距時間由原 15 分鐘縮減為 3 秒內完成。

（三）提升作業精度：可藉由本研發成果提升測地作業精度。

（四）不受限地形：可同時顯示「斜距」與「平距」等兩種形式，於測地運用上將更具彈性，且不受地形限制，只要兩測點間通視即可實施距離測量。

（五）符合軍用規格：全裝採軍規設計，具基本防水、防震與防沙塵規格，可符合野戰砲兵作戰需求。

（六）不破壞裝備本體：本研發案採拆卸式設計，故可於不壞裝備本體之前提下，執行安裝與使用。

隨著科技發展日新月異，「雷射測距」於軍事用途上之運用日趨廣泛，舉凡測距經緯儀、目標獲得雷達、多功能雷觀機、防空飛彈武器系統等均涉及其相關領域之應用。基此，「知識永遠有助於我們戰備整備的遂行，了解敵人在何處及如何遂行攻擊，或決定在何處接戰，以獲致最佳戰果」。¹⁰國軍全體幹部須具備前瞻的思維與廣泛的科技知識，瞭解「雷射測距」之作用原理及特性，充分發揮裝備效能，確保部隊運用效益。

10 馬丁·李比奇原著，張天虹譯，《掌握明日戰爭》（臺北：國防部史政編譯室，民國 90 年 2 月），頁 33。



圖十一 M2 方向盤器材整置示意



資料

來源：筆者自製。

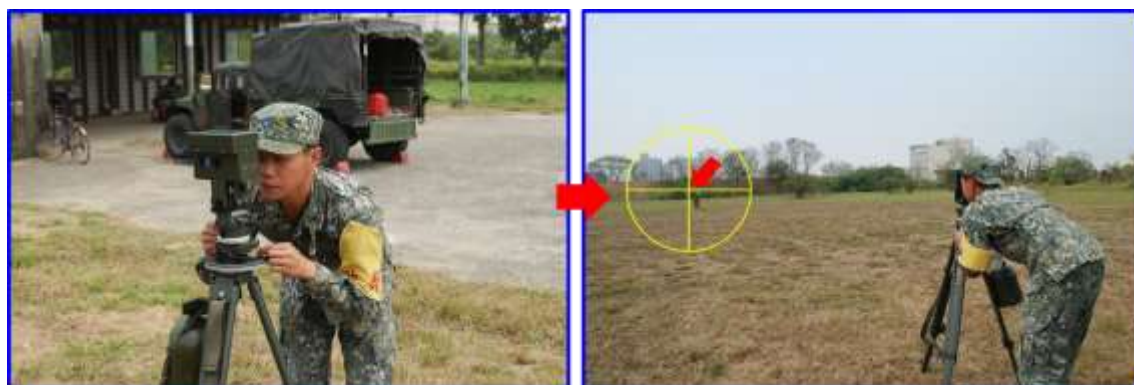
圖十二 M2 方向盤結合「外掛式雷射測距儀」示意



圖十三 開啟「M2 測距方向盤」電源開關



圖十四 於待測點整置標桿並張貼反射貼紙示意



圖十五 「M2 測距方向盤」精確標定目標示意

資料來源：筆者自製。



圖十六 壓觸「測距鍵」實施快速測距示意



圖十七 看讀「M2 測距方向盤」之傾斜（與水平）距離示意

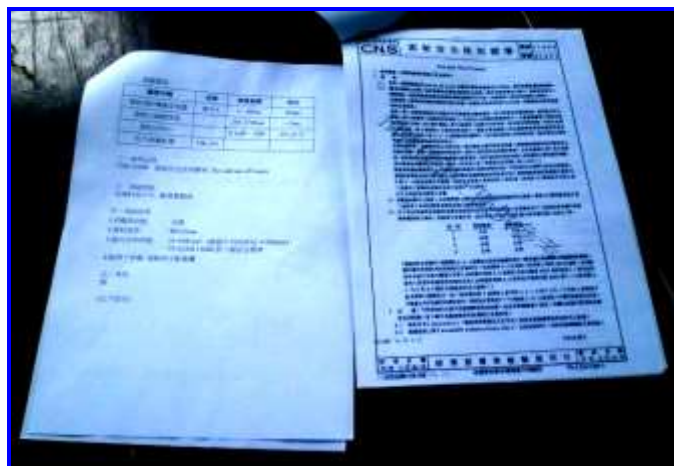
資料來源：圖十一至圖十六為筆者自製。

表三 「外掛式雷射測距儀」性能諸元表

外 掛 式 雷 射 測 距 儀 性 能 諸 元 表	
研 發 裝 備 名 稱	外掛式雷射測距儀
研 發 裝 備 組 成	一、測距儀本體 二、安裝基座 三、強固式攜行箱 四、反射貼紙
望 遠 鏡 倍 率	4 倍
測 距 方 式	雷射測距（低功率雷射，不傷人眼）

雷射安全等級	符合雷射安全等級分類第二級（圖十八） ¹¹
測距原理	飛行時間法（Time of Flight，簡稱 TOF）
測距範圍	600 公尺以內（圖十八）
測距精度	±0.05 公尺（圖十八）
定位精度（座標測量）	尚無此功能（已保留後續擴充介面）
電池種類與數量	市售 LR03（AM3）3 號鹼性乾電池 8 顆
連續工作時間	6 小時（含）以上
重量	全重 < 1 公斤
工作溫度	-30°C 至 +50°C
平均故障時隔（MTBF）	2,000 小時以上
防撞擊能力	放置攜行箱內，可承受 76 公分高度墜落
擴充介面	已保留可鏈結 GPS 接收器之擴充介面

資料來源：筆者自製。



圖十八 委製廠商檢附之雷射安全等級與測距精度標準證明書

資料來源：委託研製廠商提供。

「M2 測距方向盤」之效益分析

筆者採「實驗分析法」，區分「性能提升、節約成本」與「精簡人力、提升速度與精度」兩部分，初期以先進國家現役方向盤為例，分析本案「M2 測距方向盤」之裝備性能與籌購成本；其次以「裝備安裝及操作」進行性能測試，並將實驗數據彙整作為量化分析；接續以「砲兵基本測量」為實驗主軸，分析其作業速度及效能；最後，實施「砲兵連測地」並結合國軍砲兵戰術運用作為，進行作戰測試與評估，驗證本計畫運用於實際作戰之可行性與效益。

一、性能提升、節約成本

美國與以色列為戰爭經驗豐富國家，第一次波灣戰（1991 年）後，美國陸軍與以色列國防軍開始謀求砲兵裝備與技術提升之道。1994 年起，美國與以色

11 低功率可見光雷射(400~710nm)，其放射功率高於等級 I 雷射功率，但不超過 1mW。此等級之雷射於暴露時間大於 0.25 秒，將可能產生慢性視覺危害。

列陸續換裝新式的射向賦予系統，取代傳統方向盤。其現役方向盤性能與本研發案分析比較如后。¹²

（一）美國陸軍：美軍於 1995 年決定採用「火炮射向賦予與定位系統」（Gun Laying and Positioning System, GLPS）取代 M2 方向盤，計畫區分五年期程採購 717 套，於 2000 年之前，全數撥發至牽引砲或非 M109A6 式自走砲單位，「初始作戰能力」（Initial Operational Capability, IOC）則定於 1998 會計年度。爾後每個六門砲之砲兵連或四門砲之砲兵排皆配賦乙套 GLPS（如圖十九），可有效解決戰場上日益升高之定位、定向問題。GLPS 為瑞士「徠卡」（Leica）工業技術公司旗下 Vectronix 部門（目前該部門已獨立）製造，系統涵蓋慣性定向、雷射測距、GPS 定位、光電測角與電子計算等組件，具備體積小、重量輕、精度高與功能完整等優點，堪稱先進且全功能之系統。全系統造價約 15 萬美元/套（合新臺幣約 500 萬元）。¹³

（二）以色列國防軍：1990 年歷經中東戰火洗禮之「以色列國防軍」（Israel Defense Forces, IDF）砲兵，深感定向精度對射擊效果至為重要。於 1994 年換裝新式方向盤，砲兵連使用磁針為基礎之「威特」（Wild）G10、G11 與「天文定向模組」（NORS-61）混合系統（如圖二十左），砲兵營則納編自動化之「威特」GG1 陀螺經緯儀（如圖二十右），執行精確定向、射向賦予與建立砲兵營方位統一任務。因「Wild」GG1 陀螺經緯儀屬高性能之自動化陀螺儀系統，除不受磁性干擾，可迅速、精確定向外，亦可執行射向賦予、方位檢驗等多種任務。¹⁴

「威特」（Wild）G10、G11 與「天文定向模組」（NORS-61）混合系統造價約新臺幣約 150 萬元/套；「威特」GG1 陀螺經緯儀造價約新臺幣約 300 萬元/套。

（三）本研發案－現役 M2 方向盤性能提升（M2 測距方向盤）：本研發案係將現役 M2 方向盤實施性能提升，以不破壞本體為原則，設計其專用之「雷射測距儀」，加掛於裝備本體，組成「M2 測距方向盤」（如圖廿一）。採「光學測距」手段取代傳統「捲尺量距」，以期符合先進國家「砲兵自動化」之作戰需求，達成節約測量人力、縮短作業時間及強化測地作業精度之目標。

本案研發總經費為 10 萬 5 千元，其中包含砲兵 M2 方向盤「外掛式雷射測距儀」1 套成品研製，合計所需費用為 8 萬元，研發作業所需之雜項行政支出為 2 萬 5 千元。成品驗收合格後與研發廠商達成協議，後續量產時可依生產數量多寡調降購置成本，初步以全軍總需求數估計，生產成本可降低至每套新臺幣 5 萬元（經費分析如表四）。

12 耿國慶，《砲兵方向盤發展與運用之研究》〈砲兵季刊〉，第 163 期，陸軍砲訓部，民國 102 年 11 月，頁 6。

13 同註 12，頁 6~7。

14 同註 12，頁 11。

綜上，本研究師法先進國家「砲兵自動化」，依據當前實戰經驗豐富國家方向盤之發展、運用趨勢與國軍實際需求，適切規劃，創新於砲兵測量人員現有之 M2 方向盤加裝「外掛式雷射測距儀」，賦予該裝備光學測距能力。依砲兵部隊 M2 方向盤概略需求 206 套估算，如全面推廣本案（新臺幣 5 萬元/套），所需籌購經費僅需新臺幣 1 千 3 百萬元；如換裝美軍「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）或以色列砲兵連「威特」（Wild）G10、G11 與「天文定向模組」（NORS-61）混合系統，則籌購經費將大幅增加，分別為新臺幣 10 億 3 千萬元與新臺幣 3 億 9 百萬元（各類方案籌購成本分析如圖廿二）。故就延長裝備使用壽限與節省公帑而言，本研究實為現階段之「最佳方案」（分析比較如表五）。



圖十九 美軍砲兵連（排）編配之「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）

資料來源：耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 7。



圖二十 以色列國防軍砲兵營、連配賦之 Wild 方向盤

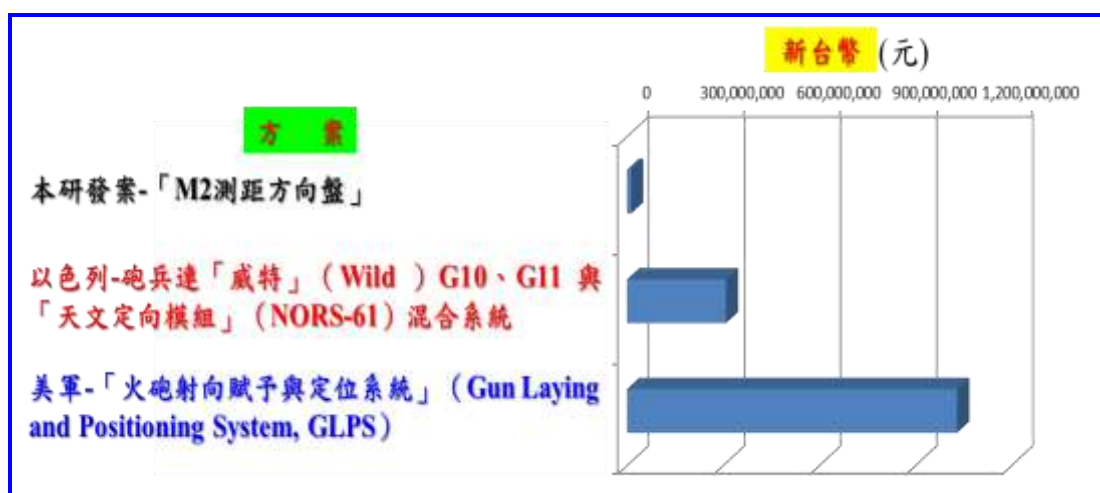
資料來源：耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 12。



圖廿一 本研發案-「M2 測距方向盤」

表四 「外掛式雷射測距儀」研發經費分析表

M 2 方 向 盤 「 外 掛 式 雷 射 測 距 儀 」 研 發 經 費 分 析 表		
項 次	研 發 經 費 明 細	合 計
1	外掛式雷射測距儀內部組件設計研發費	3 萬元
2	外部機械結構設計與製圖（含加工）	3 萬元
3	安裝基座（含加工）	1 萬 5 千元
4	強固式攜行箱	5 千元
5	物品費（文具、紙張、油墨等費用）	5 千元
6	一般事務費（照片自攝沖洗等雜支費用）	5 千元
7	差旅費	1 萬 5 千元
總 計		10 萬 5 千元



圖廿二 各類方案籌購成本分析橫條圖

資料來源：圖廿一、圖廿二及表四為筆者自製。

表五 現役方向盤與本研發案分析比較

區 分	美 軍	以 色 列	本 研 發 案
裝 備 名 稱	「火砲射向賦予與定位系統」(Gun Laying and Positioning System, GLPS)	1.「威特」(Wild) G10、G11 與「天文定向模組」(NORS-61)混合系統 2.砲兵營則納編自動化之「威特」GG1 陀螺經緯儀	M2 測距方向盤 (M2 方向盤加裝「外掛式雷射測距儀」)
測 距	有 (雷射測距)	無	有 (雷射測距)
定 向	有 (陀螺儀)	有 (陀螺儀)	有 (磁針)
定 位	有 (GPS)	無	無 (保留擴充介面)
射 向 賦 予	有	有	有
支 援 測 地	有	無	有
砲 遮 距 離	有	無	有
單 一 購 置 成 本	新臺幣 500 萬元/套	1.「威特」(Wild) G10、G11 與「天文定向模組」(NORS-61)混合系統：新臺幣 150 萬元/套 2.「威特」GG1 陀螺經緯儀：新臺幣約 300 萬元/套	新臺幣 5 萬元/套
概 估 數 量	全軍需求數量	全軍需求數量	全軍需求數量
概 估 預 算	新臺幣 10 億 3 千萬	新臺幣 3 億 9 百萬元	新臺幣 1 千 3 百萬元

資料來源：整理自耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 6~14。

二、精簡人力、提升速度與精度

（一）實驗一：「M2 測距方向盤」之作業人力與時間需求。本項目採實驗方式，比較「M2 測距方向盤」與傳統「捲尺量距」之作業員額、對單一目標測距之作業時間，並分析其效益。

1.節約作業人力需求：目前砲兵連測量班編制人數為 4 人，如採傳統 M2 方向盤搭配「捲尺量距」，理想之作業編組為 6 人（需搭配前、後捲尺手，如圖廿三左），為解決人力不足問題，部隊通常以「額外調配人力」或「職務兼併」方式因應，前者將造成其他編組人員之負擔；後者通常令「測量班長兼任前標桿手」、「測手兼任後標竿手」，身兼數職的結果，將嚴重影響作業時效，且易肇生作業疏失。如使用本案「M2 測距方向盤」，則可令測手同時實施角度與距離觀測（如圖廿三右），期使作業員額符合現行編裝，有效解決部隊問題（砲兵連測量班現行人員編制與作業編組對照如表六）。

2.縮短作業時間需求：傳統「捲尺量距」至少須由兩人操作，以 30 公尺全長之「捲尺」作業，平均每量距 300 尺花費時間約為 10 分鐘，如超過 300 公尺須重行交換測針與計算，作業程序不僅繁瑣且耗費時間。本項目將個別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺」針對同一距離實施測量作業，比較兩者間之作業時間差異。

（1）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 5 組人員，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺」針對同一距離（概略為 300 公尺）實施測量作業，驗證其測距時間之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表七。

（2）實驗結果分析：針對分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等 2 種方式，對同一距離實施測量，驗證其測距時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖二四。由圖廿四發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「M2 測距方向盤」實施 300 公尺量距，平均所需時間為 3 秒；然使用「捲尺量距」則平均所需時間為 10 分 35 秒（635 秒）。綜上，經實驗證實「外掛式雷射測距儀」之量距時間遠較傳統「捲尺量距」快速，亦不受天候或日夜限制，可真正符合野戰需求，故證實「光學測距」確實可有效縮減作業時間，取代傳統之「捲尺量距」。

（二）實驗二：「砲兵基本測量」之作業速度與精度。野戰砲兵欲有效執行任務，須先建立同一座標系統，測定各要點間相互關係位置，作為火砲、器材或設施定位與定向之依據，須行測地統制之要點包括火砲陣地中心、觀測所、檢驗點與雷達站位置等。「導線法測量」（Traverse method）為達成上述任務之手段，長久以來基於其重要性與實用性，歸類於「砲兵基本測量」之一。

「導線測量」乃在地面上設置若干測點使連接而成為一系列之折線或一閉合之多邊形，並測定各點之距離及各相鄰兩邊所成之水平角、高低角（天頂角），以定各點之相關位置，所定之點稱為導線點或稱為導線測站，連接各點之連線，則稱為「導線邊」或稱為「測線」。「導線測量」依測量之形式可區分為「非

閉塞導線測量」、「迴歸閉塞與已知點閉塞導線測量」及「角導線測量」等三種。其中又以「迴歸閉塞導線測量」(Closed Travers)因具有便於驗證精密度，可供檢核與平差修正等特性，故最適合提供測量人員練習運用。

「自一已知點出發，最終仍閉合於原點，即起訖點重合而形成一閉合多邊形者」謂之「迴歸閉塞導線測量」(如圖廿五所示)。本項目將採實驗方式，比較使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等不同測距方式之 5 組導線班人員，每組納編 5 員，分別實施迴歸閉塞導線測量，驗證其作業之速度與精度，並分析其效益。

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 5 組導線班，每組納編 5 員，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「迴歸閉塞導線測量」，運用四邊形迴歸閉塞導線，導線距離總長約為 500 公尺，水平角觀測須使用累積測角。驗證其作業時間與精度之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表八。

2.實驗結果分析：針對分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等 2 種方式實施「迴歸閉塞導線測量」之實驗對象，驗證其作業時間與精度之差異變化，並將實驗數據彙整如圖二六、二七。由圖廿六、廿七發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「M2 測距方向盤」實施「迴歸閉塞導線測量」，平均所需時間為 33 分鐘，然使用「捲尺量距」則平均所需時間為 45 分鐘。平均作業精度前者為 1/2500，後者為 1/1100，前者較後者之作業時間縮減約 26%，作業精度提升約 56%。

綜上，經實驗證實「M2 測距方向盤」之程序與步驟較「捲尺量距」快速與簡化，故可有效縮減導線法之作業時間與提升成果精度。另傳統「捲尺量距」礙於裝備限制，作業程序繁瑣，較不利初學者學習，相較之下「M2 測距方向盤」則較為簡單、便捷，可有效降低學習門檻。

(三) 實驗三：「砲兵連測地」之速度與精度。「砲兵連測地」之目的，在測定陣地確實位置，迅速求得測地成果，提供射擊使用。通常為獨立或先遣任務之砲兵連行之，且僅實施「陣地測地」。目前砲兵連測量班僅編制 4 員，且使用「M2 方向盤」、「捲尺」為主要裝備，裝備功能與人數明顯不足，致精度與速度受限。鑑於砲兵連測地為砲兵營全部測地之基礎，如何運用本研究「M2 測距方向盤」精進砲兵連測地之裝備與技術，進而提升砲兵火力支援效能，實為當前重要工作。

砲兵連通常由連測量班，利用陣地附近已知點(國家控制點、砲兵基準點)或地形要點為「測地開始點」與「方向線」，再依地形狀況，採導線法或放射線法作業，求得連(排)陣地中心座標、標高，必要時設置方向基線，求算方

向基角。傳統作業因礙於人員及裝備限制，通常時間要求於 1 小時內完成（全長約 1 公里），精度須達 1/500，實不符現代化戰爭之時效。¹⁵

本段採實驗方式，模擬「砲兵連測地」實際景況（如圖廿八），並結合國軍砲兵戰術運用作為，將「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」運用於「砲兵連測地」，進行作戰測試與評估，驗證本計畫於實際作戰之可行性、效益分析，與其作業時間與精度之差異變化。

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 5 組，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「砲兵連測地」，運用非閉塞導線與角導線，距離總長約為 1,000 公尺，水平角觀測須使用累積測角，驗證其作業時間與精度之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表九。

2.實驗結果分析：針對分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等 2 種測距方式實施「砲兵連測地」之實驗對象，驗證其作業時間與精度之差異變化，並將實驗數據彙整如圖廿九、三十。由圖廿九、三十發現，5 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「M2 測距方向盤」實施「砲兵連測地」，平均所需時間為 50 分鐘，然使用「捲尺量距」則平均所需時間為 63 分鐘。平均作業精度前者為 1/1800，後者為 1/600，前者較後者之作業時間縮減約 21%，作業精度提升約 67%。分析使用傳統「捲尺量距」之作業精度驗證折線圖（如圖三十，紅線所示），其折線起伏落差較顯著，表示傳統「捲尺量距」較容易因人為操作或外在環境而影響作業品質；反觀「M2 測距方向盤」之折線則呈現相對平穩狀態（如圖三十，藍線所示），表其穩定性優於傳統「捲尺量距」。

綜上，經實驗證實「M2 測距方向盤」運用於「砲兵連測地」無論於作業時間、精度與穩定性等方面，均較傳統「捲尺量距」具較佳之表現。

三、綜合分析

評估「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」之作業能力與效能，並藉由實驗數據針對「作業員額與測距時間」、「砲兵基本測量」與「砲兵連測地」等 3 個項目分析比較後，再次印證「M2 測距方向盤」無論於作業時間、精度與穩定性等方面，均較傳統「捲尺量距」優異，可大幅提升野戰砲兵戰鬥支援速度與火砲射擊精度，符合現代化戰爭之時效與作戰需求（效益分析如表十）。

15 同註 12，頁 2~3。



圖廿三 「M2 測距方向盤」可令測手同時實施角度與距離觀測示意

資料來源：筆者自製。

表六 砲兵連測量班現行人員編制與作業編組對照表

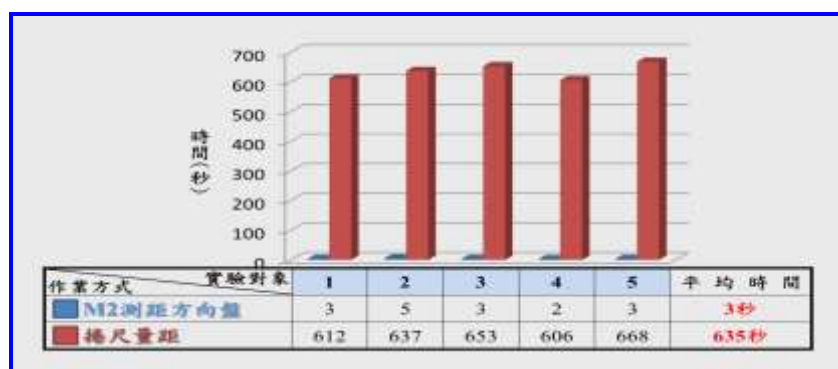
砲兵連測量班現行人員編制與作業編組對照表				
區分	砲兵連測量班 現行人員編制	砲兵連測地作業編組		
		使用 「M2 測距方向盤」	使用傳統「捲尺量距」	
人力需求	4 員	僅需 4 人，符合現行 編制人數	至少 6 人（尚缺 2 人），如 夜間作業則需加派人力	
編組	1.測量班長 2.測量士 3.測量兵 4.測量兵	1.班長 2.測手兼測距 3.前標桿手 4.後標桿手	1.班長 2.測手 3.前標竿手 4.後標竿手 5.前捲尺手 6.後捲尺手	
缺員替代方案與因應		使用「外掛式雷射測 距儀」，可符合編制 用人	職務兼併	1.班長兼前標桿手 2.測手兼後標桿手 3.前捲尺手 4.後捲尺手
			額外調配人力	須額外納編 2 人，以 滿足作業需求
備考			缺員操作時，須具備足夠之 標桿、三腳架與標桿水準器	

資料來源：筆者自製。

表七 「外掛式雷射測距儀」測距時間驗證-實驗設計

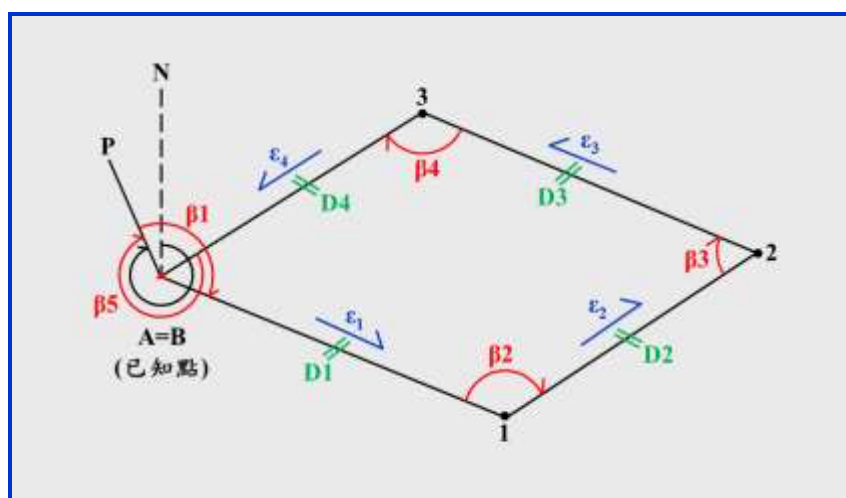
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組人員，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等 2 種方式實施測距作業，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同方式，其測距時間之差異變化

資料來源：筆者自製。



圖廿四 「M2 測距方向盤」測距時間驗證-實驗數據

資料來源：筆者自製。



圖廿五 導線法之「迴歸閉塞導線測量」(Closed Travers)

資料來源：筆者自製。

表八 實施「砲兵基本測量」之作業時間與精度驗證-實驗設計

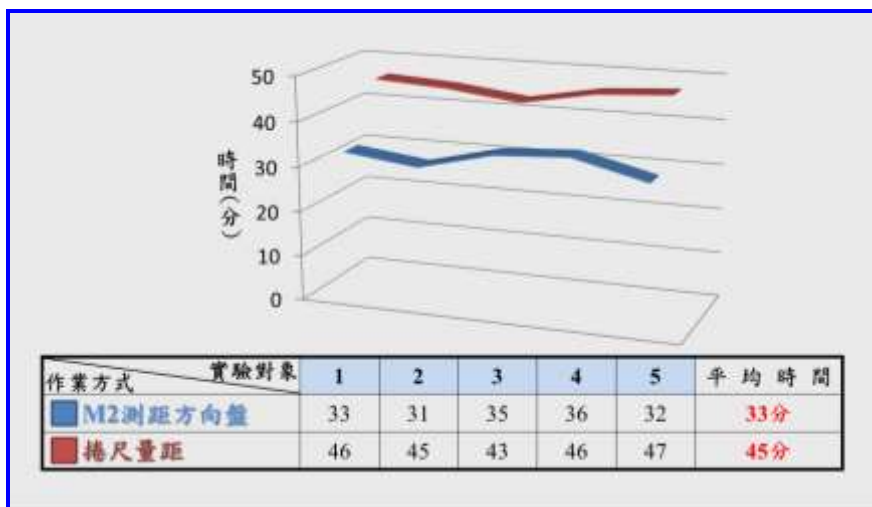
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組導線班，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「迴歸閉塞導線測量」，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同測距方式，實施「迴歸閉塞導線測量」，其作業時間與精度之差異變化

備

考

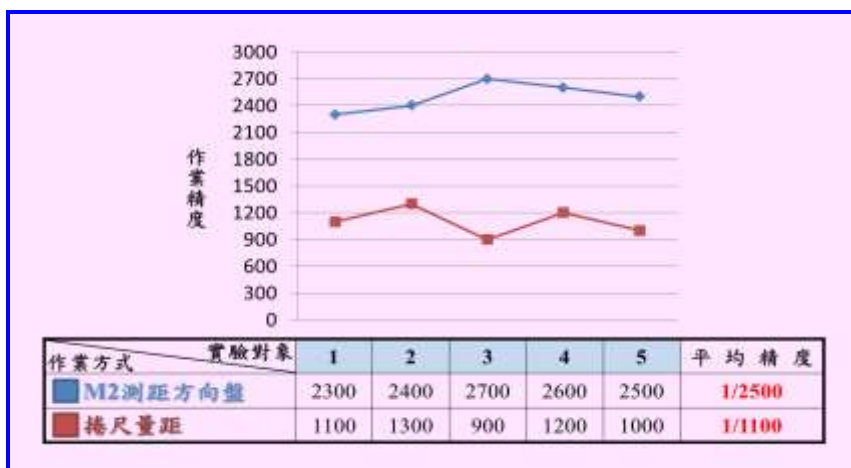
運用四邊形「迴歸閉塞導線」、導線距離總長約為 500 公尺、水平角觀測須使用累積測角

資料來源：筆者自製。



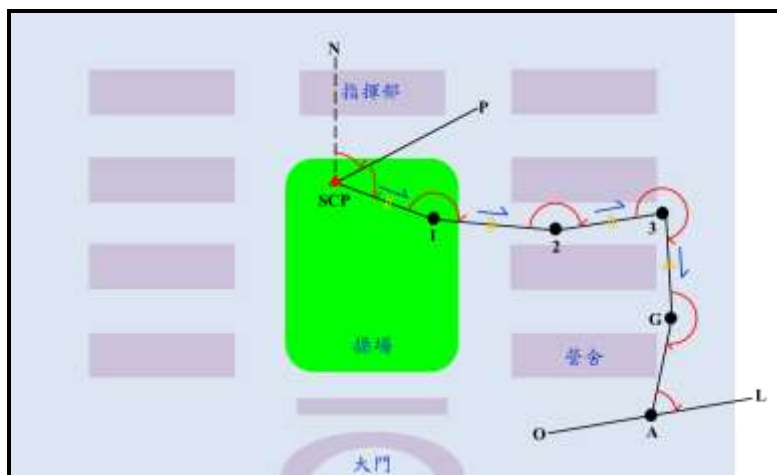
圖廿六 「砲兵基本測量」作業時間驗證-實驗數據

資料來源：筆者自製。



圖廿七 「砲兵基本測量」作業精度驗證-實驗數據

資料來源：筆者自製。



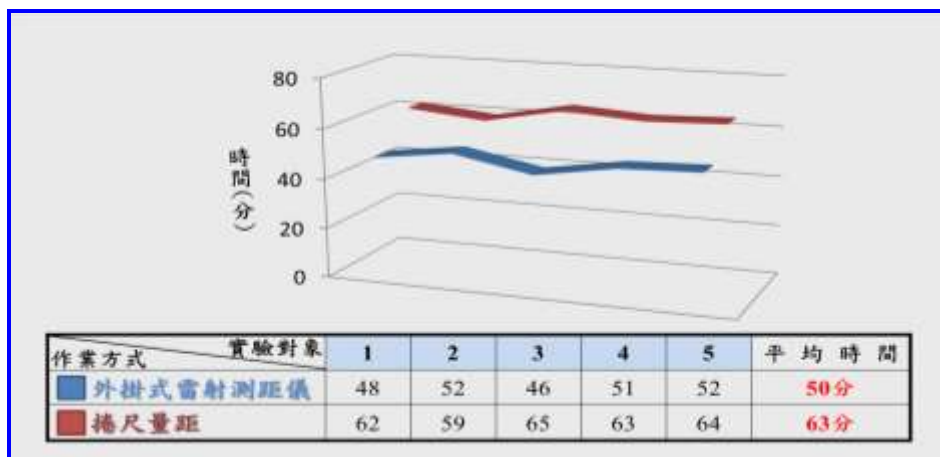
圖廿八 「砲兵連測地」作業示意圖

資料來源：耿國慶，「精進砲兵連測地裝備與技術之研究」，砲兵季刊，第 160 期（民國 102 年 03 月），頁 14。

表九 實施「砲兵連測地」之作業時間與精度驗證-實驗設計

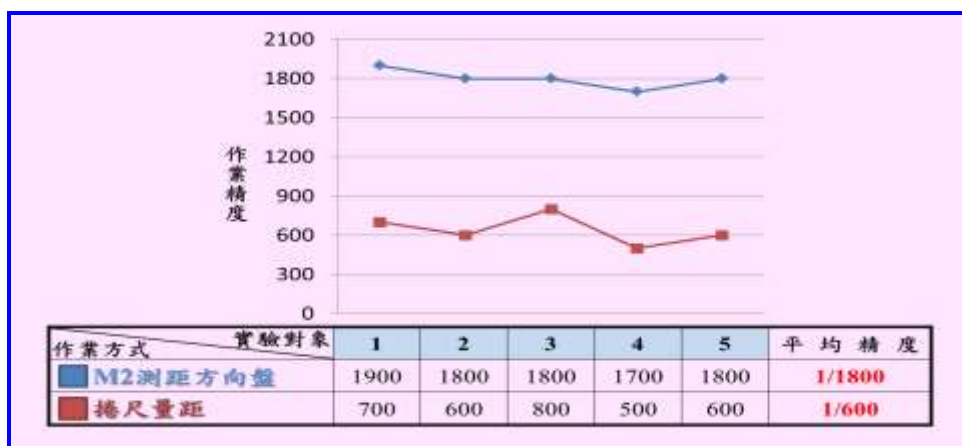
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組同學，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「砲兵連測地」，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同測距方式，實施「砲兵連測地」，其作業時間與精度之差異變
備 考	運用「非閉塞導線測量」與「角導線」實施「砲兵連測地」，導線距離總長約為 1,000 公尺、水平角觀測須使用累積測角

資料來源：筆者自製。



圖廿九 「砲兵連測地」作業時間驗證-實驗數據

資料來源：筆者自製。



圖三十 「砲兵連測地」作業精度驗證-實驗數據

資料來源：筆者自製。

表十 「M2 測距方向盤」與傳統「捲尺量距」效益分析表

區 分	M 2 測 距 方 向 盤	傳 統 捲 尺 量 距
作 業 員 額	1 人	至少 2 人
測距時間（每 300 公尺）	約 3 秒鐘	約 10 分鐘
測 距 範 圍	300~500 公尺	每施測 300 公尺距離須重行交換測針
作 業 穩 定 性	較佳	較差
砲 基 本 測 量	平均所需時間為 33 分鐘，平均作業精度前者為 1/2500，較「捲尺量距」之作業時間縮減約 26%，作業精度提升約 56%	平均所需時間為 45 分鐘。平均作業精度為 1/1100
砲 兵 連 測 地	平均所需時間為 50 分鐘。平均作業精度前者為 1/1800，較「捲尺量距」之作業時間縮減約 21%，作業精度提升約 67%	平均所需時間為 63 分鐘。平均作業精度為 1/600
場 地 限 制	無限制，兩點通視即可實施測距	較容易因外在環境因素（如地形、氣象等因素）影響作業效能
風 險 因 子	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：本研究採不影響裝備正常操作與不破壞裝備之前提下設計，可確保裝備安全與妥善。 3.本裝備符合雷射安全等級分類第二級	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（如作業途過程中遭蛇類或蚊蟲叮咬）

資料來源：筆者自製。

結論與建議

國防法第二十二條即揭示「結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購時，落實技術移轉，達成獨立自主之國防建設」。

¹⁶近年來國軍為響應政府政策，積極鼓勵所屬單位參與各式軍品研發產製，不僅建立「軍轉民、民通軍」之雙向機制及運作平臺，更可發展創新之軍、民通用科技，進而達成國防自主、潛艦、國機國造等終極目標。

為貫徹此一目標，國軍應率先於武器裝備「研究發展」上，透過創新的思維及方法，同步革新作業（研製）程序、步驟、要領，方能不斷精進並厚植單位「研究發展」能量，充份支援作戰，筆者希冀透過個人研發經驗分享，藉拋磚引玉方式提升單位研發（究）風氣，如此不但人人能發掘單位問題，亦可由研發（究）過程中腦力激盪，進而解決問題致獲得工作之成就感，以達節約公帑及提升裝備操作效益之目標，一舉數得。¹⁷

國軍 M2 方向盤因具備測水平角、高低角與方位角等基本功能，故可遂行砲兵連測地與射向賦予作業，在長達 30 餘年的服役中，對國軍砲兵戰力之貢獻，實有目共睹。然現階段 M2 方向盤即使經過翻修，其結構老舊與性能不佳，已為不爭之事實，更新為符合國軍性能規格需求之先進系統，勢在必行，實戰經驗豐富國家新式方向盤之發展與運用趨勢，可提供國軍未來建案規劃參考。¹⁸惟在新裝備未獲得之前，為確保 M2 方向盤過渡階段執行訓練、戰備與測考任務之能力，砲兵部隊除落實累積測角、高低角校正與磁偏校正要領外，理應透過各式研發作為，採性能提升方式有效發揮 M2 方向盤之作業效能，進而確保砲兵整體戰力，故本研發案「M2 測距方向盤」實為一立意良好之研究典範。

「M2 測距方向盤」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備快速且精確之測距能力，俾利砲兵部隊遂行陣地測地與量取砲遮距離，期使作業員額符合現行編裝，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，筆者最後提出五點建議事項。

一、裝備輕量化

因改良後「外掛式雷射測距儀」本體之體積仍稍嫌龐大，若能針對外部構型持續研改，朝輕量、微型化之目標精進，勢必能減少裝備體積與重量，增加野外操作之便利性。

二、增加望遠鏡倍率

現階段「M2 測距方向盤」之望遠鏡倍率，因受限於研製成本考量，故僅有 4 倍，目前先進國家新式方向盤為滿足刻意疏散放列之陣地幅員與測量砲遮距離，望遠鏡倍率由已由原本的 4 倍，增大至 10 倍，可大幅提升射向賦予、覘視、

16 國防部，《國防法》（臺北：國防部，民國 101 年 06 月 06 日修正），第 22 條。

17 陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具-萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》，第 233 期（民國 103 年 09 月），頁 16。

18 同註 12，頁 24。

標定與測角之效能。¹⁹

三、整合 GPS 定位功能

未來規劃之方向盤為執行反交會法定位與放射各砲計算各砲位置，故須整合 GPS 定位功能。現階段之「M2 測距方向盤」雖已保留與 GPS 鏈結之擴充介面，惟受限於成本考量尚未建置完全，建議後續可列為優先性能提升項目，未來連測量班將可運用座標或放射測量計算陣地中心座標或各砲位置，有助於提升砲兵連陣地測地之作業速度與精度。

四、提升測距及運用範圍

礙於成本考量，目前「M2 測距方向盤」最理想之測距範圍為 300~500 公尺，後續為施測更大幅員之砲遮距離測量，建議未來發展測距範圍提升至 15 公里能見度下可測至 2 公里以上，測距精度為 ± 0.5 公尺以內，以利連測地任務執行、射擊指揮所計算火炮最小射角，甚至提升為支援前進觀測官射彈修正，大幅提升本案之運用效益與範圍。²⁰

五、極積爭取納入國軍軍品推廣品項

未來將極積爭取本案納入國軍軍品推廣之品項，進而配發至全軍砲兵部隊使用，期能精進野戰砲兵測地之效能，提升作業之速度與精度，達成「節約時間、提升效益、減少危安」之目標。

參考文獻

- 一、吳經民，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》，第 92 期，民國 79 年 06 月。
- 二、吳嘉晉、耿國慶，〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》，第 146 期，陸軍砲訓部，民國 98 年 08 月。
- 三、周趙遠鳳，《光學》（臺北：儒林出版社，民國 98 年 10 月）。
- 四、林正淳，《光學機構設計：光電產品的設計聖經（2 版）》（臺北：三民出版社，民國 99 年 10 月）。
- 五、林建忠，〈雷射測距技術與研究現況〉《光聯雙月刊》，第 19 卷（民國 88 年 01 月）。
- 六、施永富，《測量學》（臺北：三民書局，民國 77 年 07 月）。
- 七、孫慶成，《光電科技概論》（臺北：五南出版社，民國 100 年 05 月）。
- 八、徐柏賢，《軍事測量學（上冊）》（桃園：陸軍教育訓練暨準則發展指揮部，民國 76 年 01 月）。
- 九、耿國慶，〈M2 與 M2A2 方向盤機械作用檢查與鑑定要領之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 171 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 11 月。
- 十、耿國慶，〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》，第 163 期，陸軍砲訓部，民國 102 年 11 月。

¹⁹ 同註 12，頁 19。

²⁰ 同註 12，頁 24。

- 十一、耿國慶，《磁場不規則變化對砲兵磁針定向之影響與因應之道》〈砲兵季刊〉，第 152 期，陸軍砲訓部，民國 100 年 03 月。
- 十二、耿國慶，〈精進砲兵連測地裝備與技術之研究〉《砲兵季刊》，第 160 期，陸軍砲訓部，民國 102 年 03 月。
- 十三、耿國慶，〈邁向卓越的美軍前進觀測官精準指向能力研究〉《砲兵季刊》，第 169 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 十四、國防部，《國防法》（臺北：國防部，民國 101 年 06 月 06 日修正）。
- 十五、《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，2010 年 11 月）。
- 十六、《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，2010 年 11 月）。
- 十七、張雲清，〈電動液壓履帶連接器夾具組研發介紹與運用〉《砲兵季刊》，第 164 期，陸軍砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 十八、陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具-萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》，第 233 期，陸軍裝訓部，民國 103 年 09 月。
- 十九、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北：文笙書局，1995 年 03 月）。
- 二十、黃盈智，〈M2 方向盤專用光學定位鏡組研發介紹與運用〉《砲兵季刊》，第 169 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 廿一、黃盈智，〈精進 ULISS-30 定位定向系統調諧校正作業之研究〉《砲兵季刊》，第 164 期，陸軍砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 廿二、厲保羅譯著，《天文學》（臺南：復漢出版社，民國 76 年 01 月再刷）。
- 廿三、Seraphim Engineering Co.Ltd, “加速度感測器與電子羅盤的原理介紹”，<http://www.seraphim.com>…，檢索日期：2018 年 06 月。
- 廿四、US Army, TM6-200 Artillery survey (Washington DC: GHQ Army, June 1960)。Vectronix AG, “Digital Magnetic Compass and Vertical Angle Sensor”, <http://vetroix.ch>…，檢索日期：2018 年 06 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，現任職陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。