

蔡司 ELTA - 13「測距經緯儀」安裝「數位指北儀」之研究

作者：黃盈智

提要

- 一、軍事行動長久以來，主要就是由「作戰」與「後勤支援」二者所建構而成之戰力綜合體，然後勤支援能力的高低，往往成為單位統合戰力能否發揮之關鍵因素。
- 二、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，砲兵蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀，簡稱「蔡司測距經緯儀」，宥於裝備限制，缺乏「定向能力」，故運用於砲兵測地作業時，須搭配 M2 方向盤實施方位誘導，不但容易累積誤差且作業費時，且砲兵連 M2 方向盤結構老舊且性能不足，如換裝測距經緯儀時，「定向」（方位角測量）功能如何延續？基此，激發研究動機，期望能經由輔助工具「數位磁性指北儀」（Digital Magnetic Compass, DMC）之研製，達提升測地作業效能之目標，同時藉拋磚引玉方式，促使更多同仁投入研發行列，為精進我軍「小型軍品研發」共同努力。
- 三、評估「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」之作業方式與性能，並藉由實驗數據針對定向時間、磁偏校正時間與定向精度（穩定性）等 3 個項目分析比較後，證實「數位指北儀」較「傳統式磁針裝備」可獲得較大效益，亦更能符合現行準則規範。
- 四、蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀「數位指北儀」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備快速且精確提供方格方位之能力，俾利砲兵連遂行陣地測地任務及實施成果檢查，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。

關鍵詞：小型軍品研發、蔡司測距經緯儀、數位指北儀、電羅經

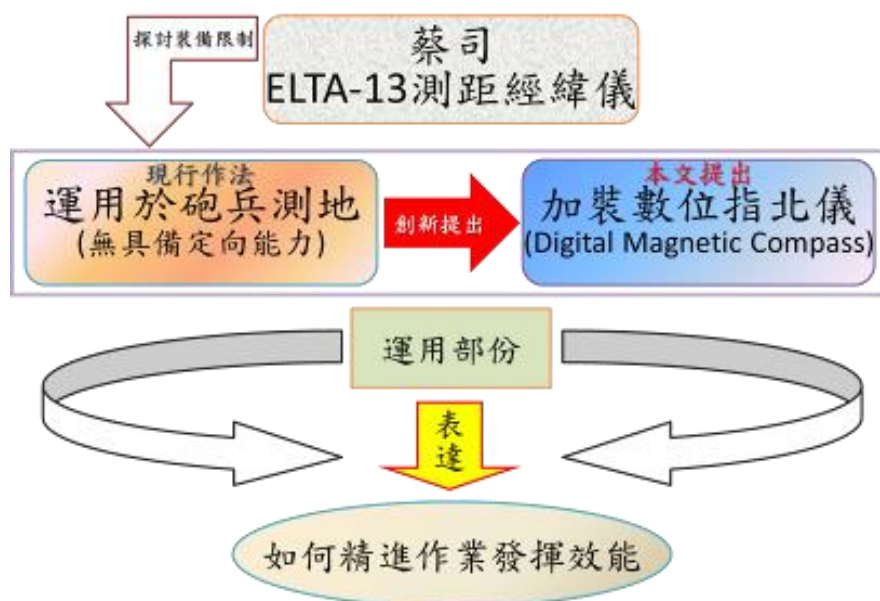
研發動機

軍事行動長久以來，主要就是由「作戰」與「後勤支援」二者所建構而成之戰力綜合體，然後勤支援能力的高低，往往成為單位統合戰力能否發揮之關鍵因素，故如何於「後勤效率」上不斷精進，實為當前我軍不斷努力目標，也唯有提升後勤支援能力，方能達到「兵貴神速」之用兵指導；我國「小型軍品研發制度」之立意精神，係希冀各單位藉自行研發保修機具或後勤支援裝備，達擴增單位維修能量、簡化作業程序與節約操作人力之目的，以「小投資、大效益」之思維提升整體「後勤效率」，確保武器裝備妥善、壽限及使用效能。¹

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》（桃園），第 233 期，砲訓部，民國 103 年 09 月，頁 1。

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，砲兵蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀，簡稱「蔡司測距經緯儀」，宥於裝備限制，缺乏「定向能力」，故運用於砲兵測地作業時，須搭配 M2 方向盤實施方位誘導，不但容易累積誤差且作業費時，且砲兵連 M2 方向盤結構老舊且性能不足，如換裝測距經緯儀時，「定向」（方位角測量）功能如何延續？基此，激發研究動機，期望能經由輔助工具「數位磁性指北儀」（Digital Magnetic Compass, DMC）之研製，達提升測地作業效能之目標，同時藉拋磚引玉方式，促使更多同仁投入研發（製）行列，為精進我軍「小型軍品研發」共同努力（研究架構如圖一）。

圖一 研究架構圖



資料來源：筆者自製。

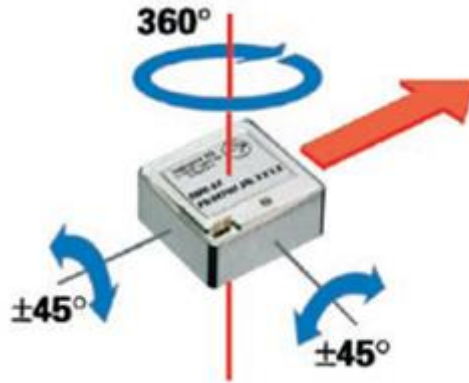
砲兵定向（Direction Finding of Artillery）²

砲兵定向（Direction Finding of Artillery）為影響測地與射擊精度關鍵因素之一，目前砲兵常用之定向方式區分為磁針、陀螺儀（定位定向系統）測定與天體觀測等三種方式。其中磁針測定既使精度最差，然基於價格低與作業簡單等考量，仍為各國砲兵所普遍使用（砲兵各類型定向裝備性能比較，如表一）。本研究係探討運用「數位磁性指北儀」於野戰砲兵測地定向之可行性，故將砲兵各式定向方式說明比較如后。

（一）數位磁性指北儀：簡稱「數位指北儀」（Digital Magnetic Compass, DMC）、電羅經或磁力計，為部隊共同裝備，多數內建於某些主系統內（如圖二）。因其具有體積小、重量輕、抗磁干擾、感應快速及高相容性（可合併其他功能之電路）等優勢，故近年來廣泛運用於各軍事領域。

² 耿國慶，〈邁向卓越的美軍前進觀測官「精準指向」能力〉《砲兵季刊》（台南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月，頁 96~97。

圖二 「數位磁性指北儀」(DMC)與高低角感測裝置



資料來源：Vectronix AG,〈Digital Magnetic Compass and Vertical Angle Sensor〉,http://vetroix.ch, 檢索日期：2016 年 12 月。

(二) 參考地面目標：此作業法須運用正確的「參考點」(Reference point, 即已知點)與熟練「交會法或反交會法」(Intersection/Resection)作業技術，通常地面定向誤差與「參考點」(Reference point)、作圖技術(如有使用)與求點三者有關。如輸入系統之「參考點」為高精度，爾後輸出之目標位置就定向而言，皆為高精度。

(三) 參考天體目標(天文定向)：「天文定向」為高精度(± 0.5 密位)之定向方法，須有高等級的作業技能，關鍵因素在「通視」(Line of sight)條件。如感測系統無法觀測天球目標(天體)，且缺乏其他輔助時，即無法達成定向。當太陽或其他星體無法使用時，某些系統可參考先前儲存之目標參考點以確保精度。然而多數當前與計畫系統，仍需擁有超過 30 度完全無障礙(無雲、少量的電線、樹幹與建築物等)的「視野」(Field of View, FOV)，否則將無法作業或出現錯誤結果。

(四) 陀螺儀、慣性導航系統、慣性測量系統：「陀螺儀」(Gyros)、「慣性導航系統」(Inertial Navigation System, INS)、「慣性測量系統」(Inertial Measurement System, IMS)等裝備可輔助導航，或依需要安裝在適當位置，由地表感測地球自轉，俾計算與決定「正北」。當正北決定後，系統亦可依據使用者需求轉換任何型式之北方(如方格北、磁北)，相對精度為 0.3 密位。惟陀螺「漂移」(Drift)，為此類型系統最大問題。

表一 砲兵各類型定向方式(裝備)性能比較表

區 分	數 位 指 北 儀	傳 統 式 磁 針	陀 螺 儀	天 體 觀 測
裝 備 組 成	磁阻傳感器(A nisotropic Mag netic Resistanc e, AMR)	管式指北針、 測角儀、三腳 架	陀螺儀、輕型 經緯儀、電源 供應器 、三腳架	經緯儀(方向 盤)、三腳架

定向精度	<±10 密位	> ± 20 密位 (視環境電磁影響程度而定)	<±0.3 密位	<±0.15 密位
價格(成本)	中等	低	極高	極低
定向時間	10 秒內	2~3 分鐘 (方向盤)	3.5 分鐘	5 分鐘
與其他裝備之相容性	簡單	簡單	極複雜	無
電力需求	市售電池	不需要	特殊電源	無
維修方式	普通	簡單	複雜	無
限制	1.硬磁干擾 2.軟磁干擾	1.易受電磁干擾 2.磁場缺乏穩定性	作業範圍限於南北緯 75 度之間	受天候限制
附記	定位定向系統 (SPAN - 7、ULISS - 30) 屬陀螺儀定向。			

資料來源：參考耿國慶，〈「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》（臺南），第 152 期，砲訓部，民國 100 年 03 月，頁 2，表一。

研發成果 - 數位指北儀 (Digital Magnetic Compass, DMC) 介紹

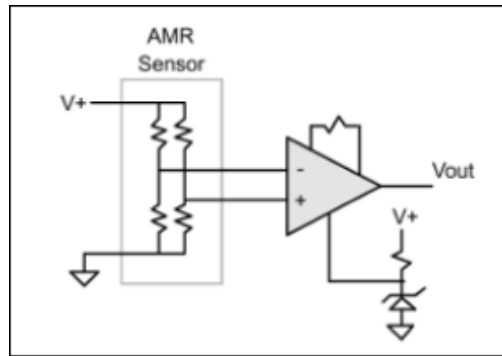
一、工作原理概述³

「數位指北儀」內部的原理結構為「非等方性磁性阻抗」(Anisotropic Magnetic Resistance, AMR)，亦稱「磁阻傳感器」(如圖三)。此為美商漢尼威爾公司 (Honeywell) 之專利，磁阻傳感器具有多種形式，可應用於載具定向、車速測量與車輛檢測等用途。其中特別適用於感測地球磁場範圍。除直流靜態磁場之偵測外，亦可檢測磁場之強度與方向。

傳感器的製作過程係將鎳鐵合金薄膜沉積在矽晶體上，形成電阻條狀帶。如四個電阻條構接成一個惠斯頓電橋，即可測出單一軸向之磁場強度與方向。磁阻效應的反應快速，不易受線圈與振盪頻率之影響。「磁阻傳感器」另一個關鍵性之優點係可於矽晶片上大量生產，並與其他功能之積體電路一同封裝整合 (如 GPS 接收晶片，圖四)，相容性極佳，故可增加其運用之範圍與效能。

³ 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：2016 年 12 月。

圖三 「非等方性磁性阻抗，AMR」電路示意



資料來源：Seraphim，〈加速度感測器與電子羅盤的原理介紹〉，<http://www.seraphim.com>，檢索日期：2016 年 12 月。

圖四 「磁阻傳感器」與 GPS 接收晶片整合示意



資料來源：Vectronix AG，〈Digital Magnetic Compass and Vertical Angle Sensor〉，<http://vetroix.ch>，檢索日期：2016 年 12 月。

二、特性與限制

（一）特性

「數位指北儀」係沿著作業地區磁場指向決定方向（地球磁場示意如圖五），此方向通常為當地之磁北。磁北、真北與方格北之關係（如圖六）通常因時、因地而變化，且數位指北儀之磁針性能亦可能隨環境而改變，為確保測得較精確之定向精度，應適時實施器材校正。數位指北儀之主要特性如后。

1.每次作業直前，會對內部感測結構執行充/放電，確保輸出穩定及避免感測異常。

2.可搭配三軸補償器（G - sensor）實施姿態（傾角）之補償，提升定向精度。

3.可偵測極細微之磁感量，地球磁場約為 500 毫高斯（gauss）。⁴

4.內建零點校準取消電路，可降低零點校準之必要。

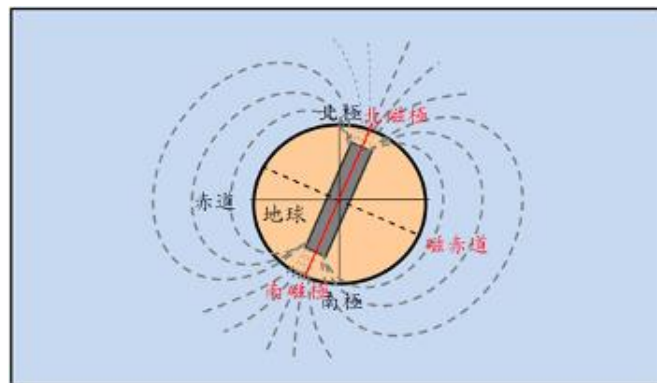
5.抗磁飽和能力強，可降低外部環境之影響程度。

6.AMR（Anisotropic Magnetic Resistance, AMR）採結構化設計，可常保定向

4 一磁極以單位力（達因，dyne）排斥等量極至一單位距離（公分），此磁極稱為「單位極」，此磁極產生之磁場強度稱之為「單位磁場」，以「高斯」（gauss，以發明者命名）為單位。惟磁力測量需量測物體之微小變化，故一般均以「伽瑪」（gamma， γ ）為量度單位， $1\gamma = 10^{-5}$ 高斯。

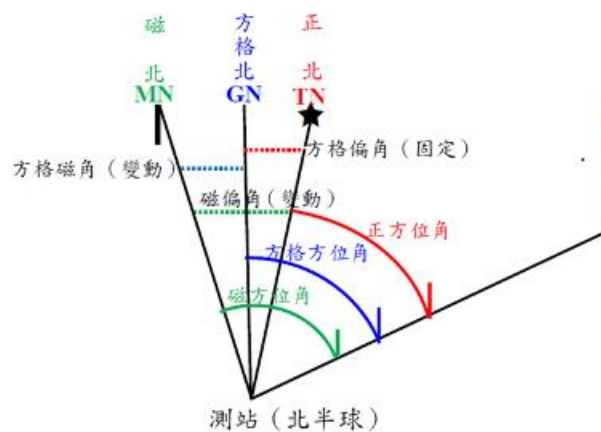
精度並減少溫度變化對磁感元件之影響。

圖五 地球磁場（磁場軸與地球自轉軸成一角度）



資料來源：厲保羅譯著，《天文學》（臺南：復漢出版社，民國 76 年 1 月再刷），頁 31。

圖六 磁北、方格北與正北三者關係示意

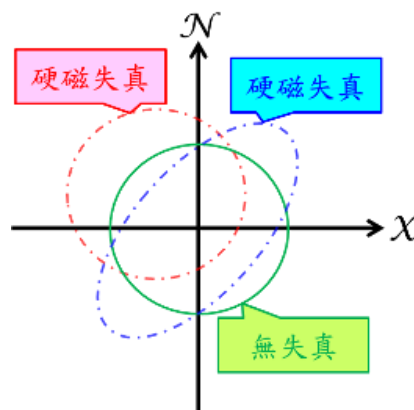


資料來源：吳嘉晉、耿國慶，〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 146 期，砲訓部，民國 98 年 08 月，頁 3。

（二）限制

「數位指北儀」之主要限制可區分為硬磁干擾（Hard Iron）與軟磁干擾（Soft Iron）等兩大類（如圖七），茲說明如后。

圖七 硬磁與軟磁干擾示意



資料來源：Seraphim，〈加速度感測器與電子羅盤的原理介紹〉，<http://www.seraphim.com>，檢索日期：2016 年 12 月。

1.硬磁干擾（Hard Iron）與因應：固定強度的磁干擾物，如感測器週邊原有之電子零件、喇叭、麥克風、電池、面板與金屬外殼等，將釋放出固定的磁力指數影響數位指北儀之感測，須先期實施校正以維定向精度。最常見亦最簡易之校正方式為「8 字型校正法」，其目的為獲得「數位指北儀」磁感量之最大值與最小值，待計算出距圓心（即真值，如圖七）之偏移量後，套入修正公式運用電腦軟體實施調校。如生產線端則可使用校正平台求得磁感量之校正值，於出廠前將裝置之磁干擾完成初始化設定。

2.軟磁干擾（Soft Iron）與因應：軟磁干擾係指能改變磁力線之強度、方向或可將其扭曲之干擾物，如電池用電量之變化、使用者作業環境與週遭外力之干擾等因素，應依使用者對其定向精度之需求而決定是否需要實施校正。針對軟磁干擾之因應作為應參照本軍 M2 方向盤操作要領，慎選相關作業環境與定期（或不定期）實施磁偏校正，其中尤以作業時與影響磁針物體保持適當距離最為重要。數位指北儀與影響磁針之物體保持安全距離對照如表二。

表二 「數位指北儀」與影響磁針之物體保持安全距離對照表

「數位指北儀」與影響磁針之物體保持安全距離對照表		
項次	影響磁針之物體	安全距離
1	電力線	150 公尺
2	電力設備	150 公尺
3	鐵軌	75 公尺
4	重型與中型火砲、戰車	75 公尺
5	輕型火砲、載重車	50 公尺
6	電話線、鐵絲網	30 公尺
7	鋼盔、步槍等	10 公尺

資料來源：參考 Field artillery survey（FM6 - 2），Department of the army，9/1978，p7 - 9。

三、軍事用途

伴隨科技日新月異，「數位指北儀」於軍事用途上之運用日趨廣泛，舉凡空軍航空器、海軍各式艦（潛）艇定向、防空飛彈武器系統之導引定向、目標獲得雷達、多功能雷觀機、各式定位定向系統，乃至於單兵位置回報系統（Enhanced Position Location Reporting System，EPLRS）等，均涉及其相關領域之應用（如圖八）。鑑此，「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」。⁵我砲兵幹部須具備前瞻的思維

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

與廣泛的科技知識，瞭解「數位指北儀」之作用原理及限制，充分發揮裝備特性，確保部隊運用效益。

圖八 「數位指北儀」於軍事上之運用日趨廣泛



資料來源：Vectronix AG,〈Digital Magnetic Compass and Vertical Angle Sensor〉,<http://vetroix.ch>..., 檢索日期：2016 年 12 月。

四、蔡司測距經緯儀「數位指北儀」研發成果

蔡司測距經緯儀「數位指北儀」係由本體、安裝提把、快速充電器與強固式攜行箱等四大部分組成（如圖九）。本節將區分「研發期程與規劃」、「各部名稱與功能介紹」及「裝備操作」等三大部分介紹說明。

（一）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「數位指北儀」規格、功能規範研討與訪商洽談製圖（規格尺寸說明如圖十所示）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「數位指北儀」廣泛提供本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繪製甘特圖（如圖十一），⁶俾利控管研發任務之執行進度。

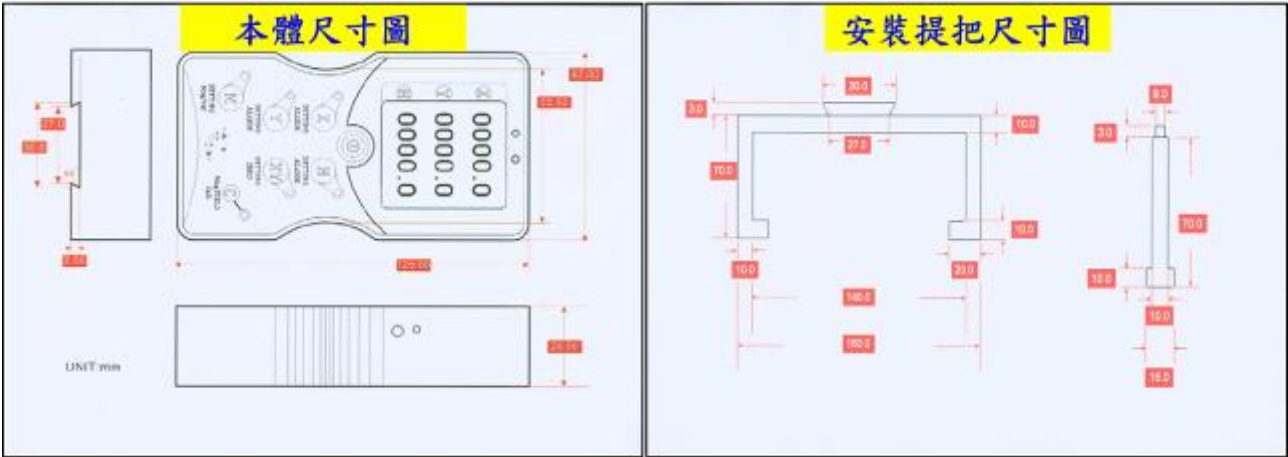
（二）數位指北儀各部名稱與功能介紹：「數位指北儀」各部名稱與功能介紹，說明如圖十二，表三。

⁶ 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。

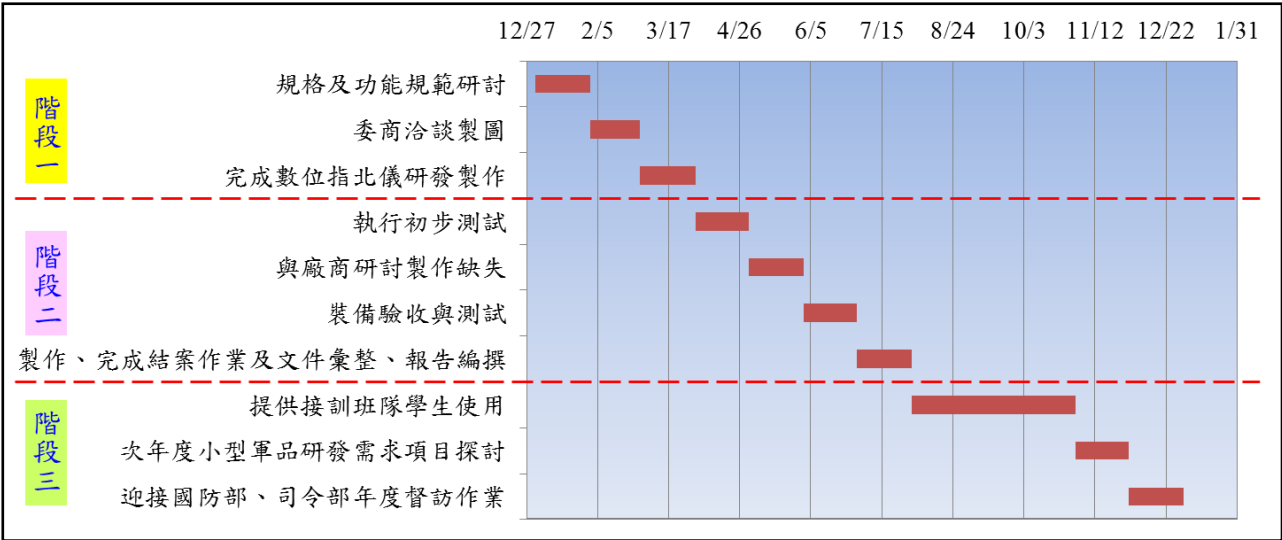
圖九 「數位指北儀」四大組成示意



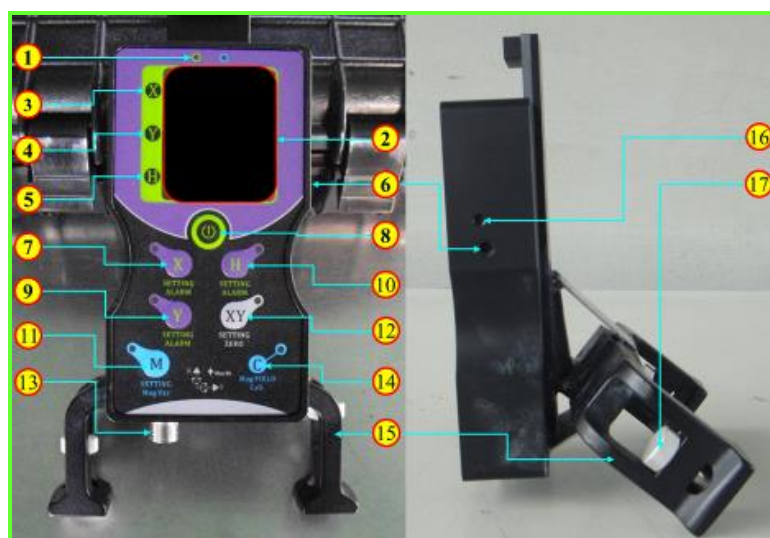
圖十 數位指北儀與安裝提把尺寸圖（單位：mm）



圖十一 甘特圖



圖十二 「數位指北儀」各部名稱與功能示意



表三 「數位指北儀」各部名稱與功能介紹表

項次	名 稱	功 能 說 明
1	充 電 / 低 電 量 指 (警) 示 燈	共兩組 LED 燈源，左側燈源為數位指北儀充電指示燈，本體充電中之顯示為綠燈恆亮，熄滅表充電完成；右側燈源為數位指北儀低電量警示燈，當本體電力低於 15% 以下，將以紅燈閃爍示警，此時至多僅剩餘 30 分鐘之工作時間，應立即實施充電。
2	液晶顯示幕	供操作人員實施數據輸入及顯示輸出（入）資訊。
3	方位基準點方位 角輸入與顯示欄 位	可於此欄位中搭配「方位基準點方位角輸入鍵」輸入一已知方格方位角，以求取磁針方格偏差常數（磁偏常數）。
4	磁偏常數顯示欄 位	當操作人員輸入一已知方格方位角後，數位指北儀將配合自身感測之磁方位角自動執行「磁偏常數」計算與顯示。
5	磁方位角/方格方 位角顯示欄位	如無磁偏常數時，本欄位將顯示數位指北儀自身感測之磁方位角；如數位指北儀內部記憶體已存有磁偏常數時，本欄位將顯示經磁偏校正後之方格方位角。
6	快速充電接口	可鏈結快速充電器實施電力補充，充電時間約為 3~4 小時；充電完成後可連續工作約 18 小時。
7	方位基準點方位 角輸入鍵	可使用此按鍵於「方位基準點方位角輸入與顯示欄位」中，輸入一已知方格方位角，以求取磁偏常數。
8	電源開關	執行數位指北儀電源開啟或關閉之按鍵。
9	磁偏常數記憶鍵	按壓此按鍵，可將數位指北儀計算所得之磁偏常數儲存於本體內部記憶體中，以供求算方格方位角。

10	角度單位轉換鍵	長按本鍵可執行角度單位之轉換；本裝備具備「度分秒」(DMS)與「密位」(MIL)等兩種角度單位，供操作人員選擇與運用。
11	重置/清除靜電鍵	如遇操作環境不良或磁感元件失常時，可按壓此鍵，數位指北儀將自動執行靜電消除與回復原廠設定等動作；惟按壓此鍵後，原儲存於內部記憶體中之資料亦隨之清除。
12	磁偏常數清除鍵	輕壓此按鍵，可將儲存於數位指北儀內部記憶體中之磁偏常數清除，以利實施磁偏常數更新與重設。
13	數據傳輸接口	提供本裝備鏈結其他裝置（如電腦、感測平台），執行軟體更新與數據傳輸（磁感元件調校）之用途。
14	顯示幕鎖定/解鎖鍵	按壓本按鍵可將顯示幕當前顯示之數據資訊實施鎖定，以利操作人員看讀或望遠鏡標定目標；再次按壓本鍵即可解除鎖定。
15	安裝提把	承載數位指北儀，使其得與蔡司測距經緯儀實施緊密結合，安裝前須先行卸除蔡司測距經緯儀本體之提把；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。
16	蜂鳴信號發聲器	用以產生蜂鳴信號，數位指北儀於特定操作中將適時發出告警音量提醒操人員。
17	本體結合螺	可使數位指北儀與蔡司測距經緯儀本體實施緊密結合。

資料來源：圖九、十、十二及表三為筆者自製，圖十為委製廠商設計示意圖。

（三）裝備操作：數位指北儀」之裝備操作區分為「安裝與操作」及「磁針方格偏差校正」等兩部分，說明如后。

1.數位指北儀安裝與操作

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，數位指北儀安裝與操作程序如后。

（1）完成蔡司測距經緯儀器材整置：依據陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）第02068條：蔡司測距經緯儀器材操作要領，完成器材整置（圖十三）。

（2）取下蔡司測距經緯儀提把：左右手同時以拇指與食指向外，鬆開提把兩側固定螺，取下位於本體上方之提把（圖十四）。

（3）結合數位指北儀：由強固式攜行箱中取出數位指北儀本體（含安裝提把）後，結合於蔡司測距經緯儀上方，並將兩側固定螺同時向內側旋緊（圖十五）。

（4）開啟數位指北儀電源開關：按壓數位指北儀「電源開關」（約1秒），完成數位指北儀開機（圖十六）。

(5) 設定角度單位：長按數位指北儀之「角度單位轉換鍵」(約3秒)，可實施角度單位轉換，本裝備具備「度分秒」(DMS)與「密位」(MIL)等兩種角度單位，供操作人員選擇與運用(圖十七)。

(6) 操作蔡司測距經緯儀使望遠鏡十字刻劃中心精確標定目標(圖十八)。

(7) 看讀磁/方格方位角：如無磁偏常數時，數位指北儀將顯示自身感測之磁方位角；如數位指北儀內部記憶體已存有磁偏常數時，將顯示經磁偏校正後之方格方位角(圖十九)。

圖十三 蔡司測距經緯儀器材整置示意



圖十四 取下蔡司測距經緯儀提把



圖十五 蔡司測距經緯儀結合「數位指北儀」示意



圖十六 開啟「數位指北儀」電源開關 圖十七 完成「數位指北儀」角度單位設定



圖十八 操作蔡司測距經緯儀標定目標示意 圖十九 看讀「數位指北儀」磁/方格方位角示意



資料來源：圖十三至十九為筆者自製。

2. 「數位指北儀」磁針方格偏差校正 (Declination)

基本北向有真北、磁北與方格北之分，為求與圖上方位一致，故砲兵對方位角之測定均以方格北為基準。磁北與方格北之夾角，謂之「磁針方格偏差」，其值常因時因地而異，故有偏東與偏西之分（磁北、方格北與磁偏常數之關係圖二十）。由方格北順時針測至磁北之水平角，謂之磁針方格偏差常數 (Declination constant，簡稱「磁偏常數」，即磁北之方格方位角)。⁷數位指北儀磁偏校正之目的在求得磁針方格偏差常數（磁偏常數），經數位指北儀內部計算與修正後即可獲得「方格方位角」供野戰砲兵射擊運用，數位指北儀磁偏校正程序如后。

(1) 依據陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）第 0 2 0 6 8 條：蔡司測距

⁷ 《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），頁 2-54~2-55。

經緯儀器材操作要領，完成蔡司測距經緯儀器材整置，結合數位指北儀並開啟電源開關（圖十三至圖十六）。

（2）於數位指北儀上裝定方位基點方位角後，按壓「顯示幕鎖定/解鎖鍵」，將顯示幕顯示數據鎖定。

A.數位指北儀裝定方位基點方位角要領為長按「方位基準點方位角輸入鍵」直至數字閃爍，即可由左至右依序實施數據輸入，輸入完畢後鬆開按鍵約 3 秒鐘直至次一位數字閃爍後，再次長按此鍵以選擇變更數據，以此類推，直至輸入完畢（圖廿一）。

B.按壓「顯示幕鎖定/解鎖鍵」將顯示幕當前顯示之數據資訊實施鎖定，以利操作人員轉動蔡司測距經緯儀望遠鏡標定方位基準點（圖廿二）。

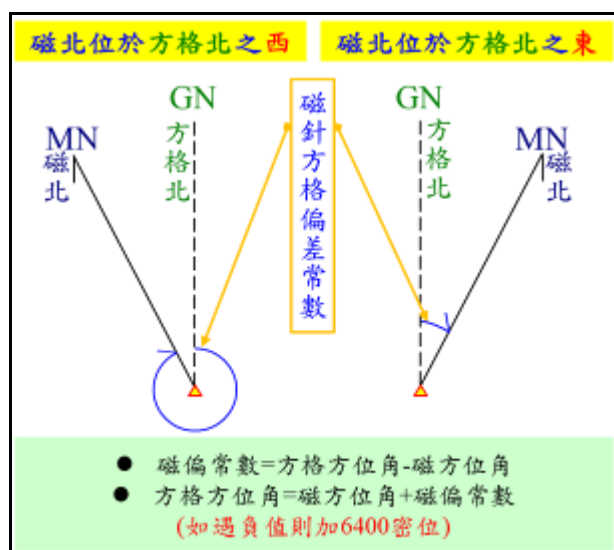
（3）操作蔡司測距經緯儀望遠鏡，使鏡內十字刻劃中心精確標定方位基準點後，再次按壓「顯示幕鎖定/解鎖鍵」，將顯示幕數據解除鎖定（圖廿三）。

（4）此時，數位指北儀將自動執行磁偏常數計算（含磁偏校正）並將其值於顯示幕上顯示（圖廿四），磁北、方格北與磁偏常數之關係（計算）如下：A.磁針方格偏差常數（磁偏常數）=方格方位角-磁方位角（如為負，則加上 6400 密位）；B.方格方位角=磁方位角+磁針方格偏差常數（如大於 6400 密位，則減去 6400 密位）。

（5）按壓「磁偏常數記憶鍵」將磁偏常數儲存於數位指北儀內部記憶體中（圖廿五），爾後瞄準目標看讀「數位指北儀」顯示之方位角均為經磁偏校正後之方格方位角。

（6）將磁偏校正日期與時間記錄於數位指北儀本體下方，即完成「數位指北儀」磁偏校正（圖廿六）。

圖二十 磁北、方格北與磁偏常數之關係示意



圖廿一 「數位指北儀」裝定方位基點方位角示意



圖廿二 按壓數位指北儀「顯示幕鎖定/解鎖鍵」示意



圖廿三 解除「數位指北儀」顯示幕鎖定示意



圖廿四 「數位指北儀」顯示磁偏常數與方格方位角示意



圖廿五 儲存「數位指北儀」磁偏常數示意



圖廿六 磁偏校正日期與時間記錄於數位指北儀本體下方示意



資料來源：圖二十至圖廿六為筆者自製。

效益分析

為評估本案之研發效益，特將「數位指北儀」與陸軍制式定向裝備（M2 方向盤、TS - 75 式指北針）採實作方式驗證，並區分定向時間、磁偏校正時間與定向精度（穩定性）等三項，分析比較如后。

一、就定向時間而言

本項目採實驗方式，比較「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備對單一目標之定向（測量方位角）時間，並分析其效益。

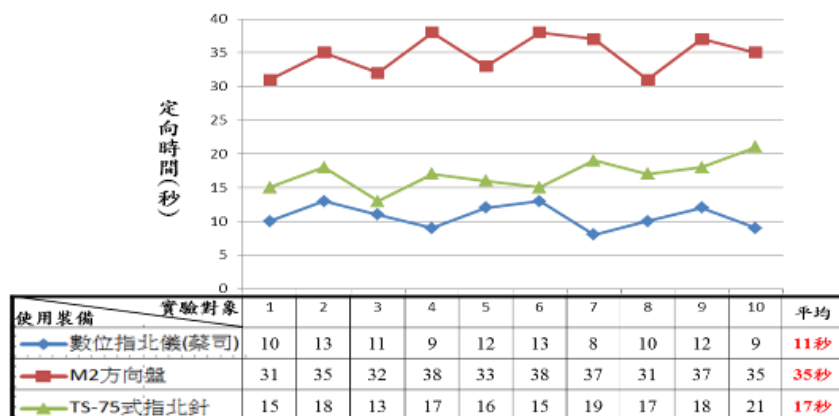
（一）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 位，分別使用 3 種裝備實施定向作業（測量方位角），驗證其時間之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表四。

（二）結果分析：針對分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備對單一目標定向（測量方位角）之實驗對象，驗證其使用時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖廿七。由圖廿七發現，10 名研究對象於相同的實驗狀況下，使用「數位指北儀」實施定向作業，平均所需時間為 11 秒，然使用「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」則所需時間分別為 35 秒與 17 秒。綜上，經實驗證實「數位指北儀」之感磁反應較「傳統式磁針」快速，故可有效縮減定向（測量方位角）時間。

表四 「數位指北儀」定向時間驗證 - 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 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備對單一目標之定向（測量方位角）時間，並分析其結果。
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其定向作業（測量方位角）時間之差異變化。

圖廿七 「數位指北儀」定向（測量方位角）時間驗證－實驗數據



資料來源：表四及圖廿七為筆者自製。

二、就磁偏校正時間而言

現行「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」如欲獲得「方格方位角」，須實施定期與不定期之磁針方格偏差校正，惟礙於裝備特性，現行磁偏校正程序稍嫌繁瑣，較不利初學者學習。相較之下「數位指北儀」則較為簡單、便捷，可有效降低學習門檻。

本項目採實驗方式，比較「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施磁偏校正之時間，並分析其效益。

（一）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 10 位，分別使用 3 種裝備實施磁偏校正，並獲得磁針方格偏差常數，驗證其作業時間之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表五。

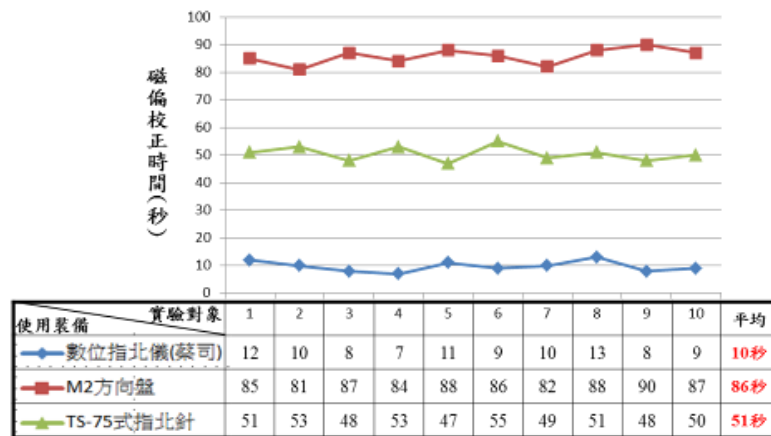
由圖廿八發現，10 名研究對象於相同的實驗狀況下，使用「數位指北儀」實施磁偏校正，平均所需時間為 10 秒，然使用「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」則所需時間分別為 86 秒與 51 秒。綜上，經實驗證實「數位指北儀」之磁偏校正程序與步驟較「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」快速與簡化，故可有效縮減磁偏校正時間。

（二）結果分析：針對分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施磁偏校正之實驗對象，驗證其使用時間之差異變化，並將實驗數據彙整如圖廿八。

表五 「數位指北儀」磁偏校正時間驗證－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 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施磁偏校正，並獲得磁針方格偏差常數，並分析其結果
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其實施磁偏校正時間之差異變化

圖廿八 「數位指北儀」磁偏校正時間驗證－實驗數據



資料來源：表五及圖廿八為筆者自製。

三、就定向精度與穩定性而言

本項目採實驗方式，比較「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」之定向（測量方位角）精度與穩定性，並分析其效益。

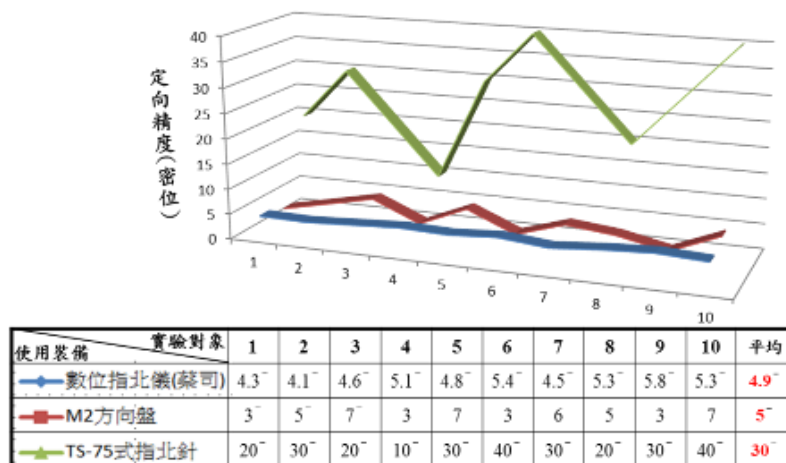
（一）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 位，分別使用 3 種裝備實施定向（測量方位角）作業驗證其精度之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表六。

（二）結果分析：針對分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施定向（測量方位角）作業之實驗對象，驗證其精度與穩定性之差異變化，並將實驗數據彙整如圖二九。由圖廿九發現，10 名研究對象於相同的實驗狀況下，使用「數位指北儀」實施定向作業，平均精度為 4.9 密位，然使用「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」則平均精度分別為 5 密位與 30 密位。分析使用傳統式磁針裝備（M2 方向盤、TS - 75 式指北針）之折線圖，其折線起伏落差較顯著（如圖廿九，紅線與綠線所示），表示傳統式磁針較易受外力影響；反觀「數位指北儀」之折線則呈現相對平穩狀態（如圖廿九，藍線所示），表其穩定性優於傳統式磁針。綜上，經實驗證實「數位指北儀」之定向精度與穩定性較傳統式磁針優異，故對於砲兵定向精度之提升具有助益。

表六 「數位指北儀」定向精度與穩定性驗證－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 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施定向（測量方位角）作業，並分析其結果
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其實定向（測量方位角）精度與穩定性之差異變化

圖廿九 「數位指北儀」定向精度與穩定性驗證－實驗數據



資料來源：表六及圖廿九為筆者自製。

四、綜合分析

評估「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」之作業方式與性能，並藉由實驗數據針對定向時間、磁偏校正時間與定向精度（穩定性）等 3 個項目分析比較後，證實「數位指北儀」較「傳統式磁針裝備」可獲得較大效益，亦更能符合現行準則規範（效益分析如表七）。經實驗證實，本案裝備隨著操作中電力衰減，並不致影響其定向作業能力，惟當裝備弱電警示燈亮起時，仍應立即實施電力補充。

表七 「數位指北儀」與「傳統式磁針裝備」效益分析表

區 分	數 位 指 北 儀	傳 統 式 磁 針 裝 備	
		M 2 - 方 向 盤	TS - 75 式指北針
定 向 時 間	約 10 秒	約 35 秒	約 20 秒
定 向 精 度	約為±5 密位	>±10 密位	>±30 密位
磁偏校正時間	約 10 秒	約 90 秒	約 50 秒
作 業 穩 定 性	優	較差	最差
場 地 限 制	採用鋁質機殼，抗磁飽和能力強，能有效降低外部環境之影響程度。	較容易因外在環境因素影響磁針效能。	較容易因外在環境因素影響磁針效能。
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。	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。	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。

	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。		
--	--	--	--

資料來源：筆者自製。

結論與建議

隨著科技資訊不斷進步，國軍在後勤維保作業方式上，理應透過嶄新的思維及方法，同步革新維保程序、步驟、要領，方能不斷精進並提升整體後勤支援效率，充份支援作戰；而「小型軍品研發」即提供了兵監各教學及行政單位一個良好的發揮平臺，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風氣，如此不但人人能發掘單位問題，亦可由研發過程中腦力激盪，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，何樂而不為？⁸

蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀「數位指北儀」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備快速且精確提供方格方位之能力，俾利砲兵連遂行陣地測地任務及實施成果檢查，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，最後提出四點建議事項。

一、裝備輕量化：因改良後「數位指北儀」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，增加操作便利性。

二、裝備通用性：目前本研發品項因囿於研發經費與時間限制，故僅適用於本軍蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀，未來研改方向將朝「裝備通用性」作全般考量，期使「數位指北儀」能同時適用於本軍各式測量裝備，且作為未來換裝新式測距經緯儀或方向盤時「定向」（方位角測量）功能需求研擬之參據，進而提升軍品研發效益。

三、符合作戰需求：建議後續「數位指北儀」之研改方向，可朝軍規、抗電磁干擾等面向設計，使其能適應更嚴格之作戰環境、符合現代化戰爭之需求。

四、未來將極積爭取本案納入司令部小型軍品推廣之品項，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、減少危安、提升效益」之目標。

⁸ 同註 1，頁 16。

參考文獻

- 一、《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）。
- 二、《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）。
- 三、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）。
- 四、Artillery survey (TM6 - 200)，Published June 1960 by GHQ Army GRC。
- 五、吳嘉晉、耿國慶，〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 146 期，砲訓部，民國 98 年 08 月。
- 六、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》（臺南），第 164 期，砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 七、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》（臺南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 八、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》（臺南），第 152 期，砲訓部，民國 100 年 03 月。
- 九、耿國慶，〈精進砲兵連測地裝備與技術之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 160 期，砲訓部，民國 102 年 03 月。
- 十、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》（臺南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 十一、吳經民，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》（臺北），第 92 期，聯勤測量署、民國 79 年 06 月。
- 十二、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》（桃園），第 233 期，砲訓部，民國 103 年 09 月。
- 十三、周趙遠鳳，《光學》（臺北：儒林出版社，民國 98 年 10 月）。
- 十四、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）。
- 十五、孫慶成，《光電科技概論》（臺北：五南出版社，民國 100 年 05 月）。
- 十六、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》（臺南），第 164 期，砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 十七、厲保羅譯著，《天文學》（臺南：復漢出版社，民國 76 年 01 月再刷）。

十八、Vectronix AG，〈Digital Magnetic Compass and Vertical Angle Sensor〉, <http://vetroix.ch>...，檢索日期：2016 年 12 月。

十九、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：2016 年 12 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。