

陸軍砲兵季刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY



灘岸殲敵

聯合泊地攻擊作戰區遠程精準火力戰術運用之研究

M777A2 155公厘火砲系統運用於防衛作戰之探討



陸軍砲兵季刊

目 錄

野戰砲兵技術研究

01 聯合泊地攻擊作戰區遠程精準火力 戰術運用之研究

蕭順元

14 M777A2 155 公厘火砲系統運用於防 衛作戰之探討

蔡正章

31 跨越「方向盤」階段，邁向「數位 化」目標之研究－以美軍為例

耿國慶

47 「外掛式雷射測距儀」提升砲兵 M2 方向盤操作效能之研究

黃盈智

77 M109 自走砲車裝通信機電源穩壓器 研發技術之研究

黃聖政

通用技術研究

89 圖像式程式語言應用於儀錶校驗之 研究

吳銘祥

砲兵小故事：靶機

徵稿簡則

撰寫說明

第183期

中華民國107年11月號

宗旨：

本刊定位為野戰砲兵及野戰防空專業論壇，採季刊方式發行，屬政府出版品，供專家學者及現、備役官兵發表及傳播火力領域專業知識，並譯介國際砲兵新知。

聲明：

- 一、發行文章純為作者研究心得及觀點，本社基於學術開放立場刊登，內容不完全代表辦刊單位主張，一切應以國軍現行政策為依歸，歡迎讀者投稿及來信指教。
- 二、出版品依法不刊登抄襲文章，投稿人如違背相關法令，自負文責。

本期登錄：

- 一、國防部全球資訊網
<http://www.mnd.gov.tw/Public/shMPPeriodical.aspx?title=%E8%B%B%8D%E4%BA%8B%E5%88%8A%E7%A9&id=14>
- 二、政府出版品資訊網
<http://gpi.culture.tw>
- 三、陸軍教育訓練暨準則資料庫
<http://mdb.army.mil.tw/>
- 四、陸軍砲訓部「砲兵軍事資料庫」
http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/aams_academic.htm
- 五、臺灣教育研究資訊網(TERIC)「
<http://teric.naer.edu.tw/>
- 六、HyRead 臺灣全文資料庫
<https://www.hyread.com.tw>

發行：陸軍砲兵訓練指揮部

發行人：程詣証

社長：王立文 副社長：莊水平

總編輯：蘇亞東 主編：張晉銘

編審委員：洪堯璵 張俊清 鄒本賢

鄭可權 王聖元 邱和誠

安全審查：蘇茗騰 攝影：許祐樺

發行日期：107年11月

社址：台南永康郵政90681附8號

電話：軍用934325 民用(06)2313985

定價：非賣品

ISSN：2221-0806

GPN：4810400164

封面照片說明：陸軍砲兵訓練指揮部所屬靶勤隊於實彈射擊前整備紅火蟻靶機實況。



本刊保留所有權利，欲利用本刊全部或部分內容者，須依創用 cc 臺灣授權條款運用。授權條款詳見：<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

聯合泊地攻擊作戰區遠程精準火力戰術運用之研究

作者：蕭順元

摘要

- 一、軍事戰略指導亦已由「灘岸決勝」轉換聚焦為「戰力防護」、「濱海決勝」、「灘岸殲敵」，對敵目標攻擊要求須更遠、更快、更精準，作戰區火協機制效能如何提升適應挑戰為重要關鍵。
- 二、中共自經濟開放改革後，國力大幅提升，資源大量挹注於軍事現代化，在政治上，仍未放棄對臺使用武力；在軍事上，不斷提升導彈射程及精準攻擊能力，對我國家安全威脅仍然存在。近年為國軍陸軍戰力提升之關鍵階段，新式武器裝備積極籌獲，應對現行武器裝備提出建議，納入作戰區聯合作戰運用，期能使新式武器系統發揮最大作戰效能。
- 三、「聯合泊地攻擊」指敵登陸船團當入錨泊區，實施錨泊、換乘、舟波運動，或以非正規登陸輸具，向我岸運動期間，我軍以地面火力為主，在海、空軍之支援下，攻擊其輸具與人員之作戰行動。依敵情威脅考量，各作戰區應建置全防區距岸 100 公里「利害地區」監偵、60 公里「作戰地區」火力精準打擊能力，以支持「濱海決勝」、「灘岸殲敵」之用兵理念。
- 四、因應未來中共兩棲登陸戰力的發展，須建立作戰區聯合泊地攻擊「專用」、「即時」之目獲系統，藉目獲、指管、火力相關平台，能簡單、可靠交換資訊。結合持續雷霆多管火箭系統之性能提升，研發具備視距外、導引及精準攻擊能力之彈種，以建立作戰區聯合泊地攻擊地面部隊自主可恃火力，有效打擊視距外高效益目標，摧毀敵戰力，並能持續執行灘頭封鎖，支援「灘岸殲敵」，徹底瓦解敵建立「立體環形登（著）陸場企圖」。

關鍵詞：戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵、聯合泊地攻擊、視距外、精準火力

前言

國軍軍事戰略指導已由「灘岸決勝」¹轉換聚焦為「戰力防護」、「濱海決勝」、「灘岸殲敵」，²對敵目標攻擊要求須更遠、更快、更精準。然未來戰場，共軍極可運用立體登陸戰力，在「視距外」對我防區發起縱深同步海、空突擊，另配合未來之地面部隊戰力轉型，國軍陸軍所屬視距外精準火力應具備之能力為何？如何「量地用兵」有效部署運用，均為筆者研究之考量。

筆者以作戰區於聯合泊地攻擊使用之雷霆 2000 多管火箭為基礎，依軍事戰略指導轉換為「戰力防護」、「濱海決勝」、「灘岸殲敵」，發展機動、價廉、精準、

¹陸軍司令部，《陸軍作戰要綱》（桃園：陸軍司令部，民國 88 年 1 月 1 日），頁 6 至 8。

²國防部，《中華民國國防報告書 106 年版》（臺北：國防部，106 年 12 月），頁 57。

高效益之不對稱作戰戰力實施籌建，³探討作戰區在視距外作戰針對共軍於「泊地」形成後，⁴運用精準導引武器火力阻擊。⁵然聯合國土防衛作戰陸軍作戰區目前尚無精準火力可用於視距外作戰，僅以雷霆 2000 多管火箭現況探討未來建軍備戰及戰術運用規劃，實為筆者研究之限制因素，故須考量下列部分。

一、重新審視現階段「聯合泊地攻擊」運用規劃，建議陸軍視距外精準火力性能需求與戰術運用方式，並提供建軍、備戰參考，以達提升「聯合泊地攻擊」效能為目的。

二、重行檢視界定作戰區火力偵蒐、打擊區域範圍，作為「濱海決勝」、「灘岸殲敵」概念實踐論述基礎。

敵情威脅

一、共軍登陸作戰思維演進

近年共軍登陸作戰能力與戰法，主要轉向正規化、立體化及高度機動化的海、空立體作戰方向發展，在「超地平線」與「海空一體」登陸作戰理論下，除兩棲突擊艦（LHA）與艦載機尚未完成外，餘均依「多層雙超」之登陸用兵需求，完成輸具與兵力組建，⁶且依其豐沛軍備資源，估判在 2020 至 2025 年，⁷能建構足以對臺本、外島發動高速度、全縱深、多層次之聯合登島戰役，⁸綜合其發展如表一。

表一 中共登陸作戰能力發展關鍵事件表

時間	事件	備註
1976（民 65）	■首艘 072 型戰車登陸艦（LST）建造	不具備直升機起降能力
1991（民 80）	■首艘 072 II 型戰車登陸艦（LST）建造	具備直升機甲板（無機庫），然無法攜載氣墊船
1998（民 87）	■宣示藍色陸軍作戰構想 ■南京軍區第 1 集團軍所屬機械化第 1 師，實驗編成為兩棲機械化步兵師。	

³國防部，《國軍軍語辭典》（臺北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日），頁 2-6。

⁴視距外作戰（Beyond Visual Range，BVR）也稱為超視距作戰，泛指依賴高科技投射武器攻擊目標，是在目視無法看到目標的距離以外進行，這個距離的長短尚未有明確地而且統一的規定。維基百科，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B6%85%E8%A7%86%E8%B7%9D%E4%BD%9C%E6%88%98>〉，2017 年 12 月 21 日。

⁵同註 3，頁 10-9。

⁶劉仲強，〈中共兩棲作戰艦能力與登陸作戰戰術戰法運用及我克制之道〉《海軍軍官學校季刊》，第 35 卷第 2 期，海軍官校，2016 年 7 月 28 日。

⁷費學禮，《中共軍事發展-區域與全球勢力布局》（臺北：國防部譯印，民國 100 年 11 月），頁 277。

⁸蔡和順，〈共軍師登陸作戰之研究〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 50 卷第 537 期，陸軍教準部，2014 年 10 月。

2002 (民 91)	■總參謀部編合成軍隊師(團)登陸戰鬥教材，明確要求分區換乘、立體登陸作為。 ■總裝備部批准 071 船塢登陸艦(LPD)及氣墊船研製立項。 ■廣東軍區所屬 42 集團軍摩步 124 師改編兩棲機步師。	
2004 (民 93)	■「野牛級」氣墊船正式納案採購及裝備發展	
2005 (民 94)	■05 式兩棲裝甲車定型測試	
2007 (民 96)	■首艘 071 船塢登陸艦(LPD)下水。	可攜 2 架直升機，4 艘 726 氣墊船
2011 (民 100)	■兩棲機步師、陸戰旅完成 05 式兩棲裝甲車換裝。	
2013 (民 102)	■首艘 728 野牛級氣墊船下水	
2017 (民 106)	■中共軍事發言人證實，集團軍數量縮編及番號公布(聯合報 106.04.28) ■兩棲機步第一師將改編為數個旅級編制，以靈活執行登陸作戰(解放軍報 106.02.05)	
估計 2020 至 2025 (民 109~114)	■中國造船廠滬東廠在 075 兩棲突擊艦(LHA)起造，預計 2020 年服役(旺報 2017.04.09 綜合：俄羅斯－軍事信使週報、香港－南華早報報導)	

資料來源：1.劉仲強，〈中共兩棲作戰艦能力與登陸作戰戰術戰法運用及我克制之道〉《海軍軍官學校季刊》，第 53 卷第 2 期，海軍官校，105 年 7 月 28 日。2.林綜翰，〈中共兩(三)棲作戰發展對我之影響〉《海軍學術雙季刊》，第 50 卷第 2 期，海軍官校，105 年 4 月 1 日。

二、共軍登陸作戰效程

因戰役任務不同，共軍聯合登島戰役梯隊編組可區分為「登陸戰役第一梯隊」與「後續梯隊」，先以「精兵利器(具備兩棲作戰能力之部隊)」合成旅(兩棲)用於首波登陸，建立登陸場，開放機場、港口，再使其後續梯隊能迅速上陸，釋放整體戰力。作戰效程區分為裝載、航渡、突擊上陸等階段。

(一)裝載(配合先期作戰)：共軍登陸作戰發起前，為奪取戰場控制權，並創造有利態勢和條件，採取導彈突擊、航空突擊、海上封鎖、海上打擊、奪取制信息權等行動。在「制空」、「制海」與「制電磁」控制權確保後，登陸部隊於「待機位置」分散隱蔽完成裝載，駛向「待機海域」發航。

(二)海上機動航渡：集中運用海、空警戒掩護兵力，建立「海峽輸送航道」運送登陸部隊。通常登陸戰役第一梯隊採取「艦到岸」或「綜合到岸」輸送方式，向展開及換乘區運動，後續戰役梯隊，則採「岸至岸」方式，於安全

海區待港口開放後上陸。

（三）展開（錨泊區屏衛、直接火力準備、掃雷破障）：「展開」為兩棲登陸部隊由航渡隊形，疏散轉換成「突擊上陸」隊形之行動。登陸編隊到達展開海域後，排雷艦艇隊首先排除指定海域水雷障礙，各型護衛艦展開警戒，形成三度間立體屏衛；火力艦艇向岸挺進，海、空火力發起直接火力準備，直接攻擊灘頭堅固陣地、火力點、工事與阻絕。

（四）突擊上陸：「登陸戰役第一梯隊」採「艦到岸」登陸為主，可區分為換乘、編波與衝擊上陸等登陸行動，但若在短航程近岸島嶼（對外、離島）或使用特殊輪具（野牛級氣墊船）狀況下，可不須換乘，直接編波、衝擊上陸，實施「岸至岸」或「綜合到岸」登陸。

三、共軍「立體突擊上陸（多層雙超）」特性分析

（一）垂直突擊群：垂直突擊群係以直升為主要輪具，於突擊上陸時實施「超越灘頭登（著）陸」，可對登陸場淺近關節要點、機場實施機降，或擔任機動密接火力，實施全縱深打擊，彌補登陸初期上陸地面火力不足及海、空、導彈火力間隙，使我反登陸部隊腹背受敵。然就臺灣海峽公里寬度（170 至 360 公里）而言，共軍對本島垂直突擊仍須藉大型船艦作為前進補給點，使陸航部隊支援密度與作戰持續力得維持。依共軍準則，垂直突擊群（直升機、氣墊船母艦）換乘至岸距離不超過其戰鬥輪具活動範圍 1/3，⁹估計約距岸 40 至 60 公里。¹⁰然現有共軍未有專用之兩棲突擊艦，僅能以民用貨輪或 071 綜合登陸艦替代，其抗損或整補起降能力不足。

（二）掠海突擊群：共軍掠海突擊以氣墊船為主要輪具，分別運用 728 野牛級氣墊船實施「綜合到岸」，或以登陸艦載 726 野馬型氣墊船實施「艦至岸」登陸，野牛級氣墊船較傳統登陸艦吃水淺（可於小型漁港隱密裝載）、裝載量大、速度快，具越障、岸轟及短程防空能力，抗損性亦強，運用水雷阻柵、砲兵射擊、陸航反制均不易，防區極易遭其側背穿插突入。

（三）海面突擊群：至 2011 年後，所有各合成旅（兩棲）均已完成 05 式兩棲裝甲戰鬥車系換裝，具備戰車（兩棲裝甲突擊車）、步兵戰鬥車及自走砲車（122 公厘自走砲車）協同作戰能力，因具備優異水上性能與裝甲防護，可行視距外泛水、浮游衝擊上陸，我以傳統火砲、多管火箭行換乘區及舟波攻擊效能均受限，主賴陸航或守備部隊反裝甲武器，抵進灘後對距岸 7 公里內目標行精準射擊，故極易受敵海、空火力危害攻擊，且時機倉促。

⁹綜合參考維基百科等網路資料。

¹⁰綜合參考維基百科等網路資料，並以共軍直 10 型攻擊直升機作戰半徑 300 公里推估。

四、小結

（一）因應本、外島海岸地形兵要改變，能選擇作為敵師級登陸場海灘漸趨困難，且師級單位渡海輸具需求龐大鈍重、波次複雜、上陸速度慢，判未來敵將以旅（團）級，同時實施多地段登陸為主，影響我作戰區對主（次）要登陸地區兵（火）力部署與轉用。

（二）共軍現階段缺少專用兩棲突擊艦（LHA）及艦載機，僅能以換乘水面舟艇為主的登陸艦替代，垂直攻擊火力、機降能力、戰鬥持續力均受限制，判 2020 後將有 4 萬噸級 075 型兩棲突擊艦（可攜載直升機 16 架、同時起降 6 架），及 10 噸級通用直升機（直 20）列裝，視距外立體突擊上陸能力大幅增強。

（三）在 2011 年以前，共軍突擊登陸輸具以 63 式水陸坦克為主，水速慢（10~14 公里/小時）、耐波性差，故必須以兩棲登陸艦（LST）攜於距岸 8~10 公里實施泛水，以縮短舟波運動時間，但將造成有限制式兩棲登陸艦暴露於反登陸方中、重型火炮射程威脅下。現隨 05 式兩棲突擊車列裝，其水速快、耐波性強，距岸 20~30 公里即可實施換乘、泛水，對我換乘區及舟波攻擊更形困難。

（四）就上述敵第一梯隊登陸作戰效程與思維，判合成旅（兩棲）將運用於首梯登陸，關鍵高效益目標計有 14 種 765 個目標，綜合分析如表二。

表二 聯合泊地攻擊高價值目標分析表

作戰階段	目標性質	數量	位置
母艦換乘區攻擊（師）	兩棲船塢登陸艦	3	距岸 40~60 公里
	護衛艦	2	
	護衛艇	8	
輸送艦換乘區攻擊（師）	換乘中運輸艦	10	距岸 20~30 公里
	換乘中登陸艇	52	
	直式直升機	6	
	衝鋒舟	24	
	火力支援艦	1	距岸 3~20 公里
	船載砲兵	27	
	掃雷艦、艇	32	
登陸艦換乘區攻擊（旅/團）	兩棲登陸艦	40	距岸 8~10 公里
	掃雷艦、艇	10	距岸 3~20 公里
	船載砲兵	※	
舟波攻擊（旅/團）	05 式突擊、戰鬥車	560	距岸 1~8 公里
	登陸艇	※	
說明：※表示目標數量視前階段攻擊成效而定。			

資料來源：許午，〈雷霆 2000 多管火箭系統運用於泊地攻擊作戰效能之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 171 期，陸軍砲訓部，104 年 12 月 10 日。

聯合泊地攻擊作戰效能現況探討

「聯合泊地攻擊」¹¹指敵登陸船團當入錨泊區，實施錨泊、換乘、舟波運動，或以非正規登陸輸具，向我岸運動期間，我軍以地面火力為主，在海、空軍之支援下，攻擊其輸具與人員之作戰行動。其目的，在力求殲敵於水際，阻敵登陸。依上述敵情威脅考量，各作戰區應建置全防區距岸 100 公里「利害地區」監視、60 公里「作戰地區」火力精準打擊能力，以支持「濱海決勝」、「灘岸殲敵」之用兵理念。

筆者探討聯合泊地攻擊陸軍作戰效能，以現行雷霆多管火箭為例，為國軍自行籌建之武器系統，係由中科院在「工蜂七型」火箭技術基礎上，以「反登陸作戰－泊地攻擊」為任務，是我地面部隊少數具備「視距外」、「機動」之現代化武器系統；其目標獲得機制、彈藥火力效能現況分析如後。

一、目標獲得效能檢討與建議

（一）目標獲得效能檢討

聯合泊地攻擊除舟波攻擊外，其他所有高效益目標位置均在砲兵觀測、目標能力外，現階段僅能依賴友軍提供之聯戰情資，其定位精度、目標航跡更替速度，係以能滿足海、空精準導引武器之需求而定（公里等級）。雷霆火箭若運用相關情報，則必須選定靜態目標，並增加射擊彈數方式，彌補情報精度誤差，如表三所示，若以 MK45 以 35 公里距離（距岸 25 公里）接戰一個標準目標（300X300 公尺的舟艇群），假設目標定位無誤差，則可達到 46%的攻擊效果，若目標精度誤差增加 100 公尺（橫向、縱向），則射擊效果迅速衰退為 24%，若定位誤差增至 500 公尺，則效果僅達 5%，顯示目標定位精度，影響射擊效果顯著。作戰區必須配合自有的攻擊手段特性，建構「專用」、「即時」目標系統，方能有效發揚火力。

表三 目標定位精度誤差對射擊效果影響分析表

定位誤差（公尺）	0	100	300	400	500
MK30（27 發）效果	31%	17%	10%	6%	4%
MK45（12 發）效果	46%	24%	15%	8%	5%
1.本表係運用雷霆火箭射擊指揮儀（2.0），以 300x300 平方公尺舟艇為標準目標，各彈種採最佳散布距離，射擊 1 車之計算結果					
2.定位誤差為雙軸（橫寬、縱深）。					

資料來源：許午，〈雷霆 2000 多管火箭系統運用於泊地攻擊作戰效能之研析〉《砲兵季刊》，第 171 期，陸軍砲兵訓練指揮部，104 年 12 月 10 日。

¹¹ 同註 3，頁 6-59。

（二）目標獲得效能建議

利用臺灣本島多丘陵、山地地形特性，於敵海、空攻擊後，於岸後 40 公里內 600~1000 公尺高地機動占領觀測陣地，可通視搜索距岸 60~100 公里以內登陸艦大型目標、80~40 公里內小型舟艇目標，相關雷情資料，經由陸區網路、或數位多波道等鏈路，後傳至雷達指管車，實施初步關聯（relation）、融合（fusion）後，分進入迅合多重情研實施目標情報告，或同步進入火協系統，實施火力分配、戰場監控；但若偵蒐距離增加至距岸 150 公里，則需要放列於 2000 公尺高山，數據鏈路建立、維管不易，且近程盲區大，不利近岸偵蒐，反降低運用效益。

1、建制自主目獲雷達，提升視距外目獲能力：缺乏自主目獲雷達，海、空情資賴友軍提供，不足以滿足陸軍現有傳統彈藥射擊精度、時效需求；另國土防衛作戰階段，判斷海軍及岸巡固定雷達均戰損嚴重，支援砲兵作戰能力有限。

2、整合自動化系統，提升有效訊息傳遞：對目前作戰區以上採用迅安指管系統，以下使用「砲兵戰、技術自動射擊指揮系統」，為兩獨立異質系統，資料交換端賴人工作業，砲兵情資整合及資訊鏈結部分，面對未來共軍突擊上陸目標特性，無法發揮攻擊時效。

二、彈藥火力效能檢討與建議

雷霆火箭砲車可射擊 3 種不同彈型（射程），2 種酬載之火箭彈（M77 群子彈、高爆鋼珠彈），彈藥基本參數如表四。火箭彈不具導引或精準攻擊能力，其殺傷之基本學理，係運用群射母彈方式，在目標區域形成自然廣面散佈，散撒鋼珠彈或次械彈。高爆鋼珠彈威力僅對甲板上暴露之通信、雷達設施及人員裝具等軟性目標具威脅性，適用攻擊低移動性之換乘舟艇上之人員，或除雷、破障之艦艇。而 M77 群子彈則以隨機散佈方式點貫穿現役輕、中型坦克頂部脆弱位置，對散佈人員亦可用側爆鋼珠方式面積殺傷，對敵兩棲裝甲車輛具威脅性，惟對新式 05 式兩棲突擊車是否具攻擊效能則待驗證，對中、大型之輸送艦、兩棲登陸艦則威脅受限。

（一）彈藥火力效能檢討

1、彈道特性限制，缺少運用彈性：傳統火箭彈受限於彈道特性，最適宜發揚火力距離通常為最大射程 1/3 處，故必須利用多種射程之彈種方能射擊任務區域的全縱深；雷霆多管火箭各型彈藥亦受此限制。

2、彈藥威力不足，攻擊目標有限

（1）雷霆火箭彈所酬載兩型彈藥（高爆鋼珠彈、M77 次械彈）對有甲板防護之艦艇攻擊威力均不足，對敵新式 05 式兩棲裝甲戰鬥車輛，是否能以 M77 次械彈（穿甲能力 7 公分，穿透孔徑 0.6 公分）頂攻穿透其複合裝甲，則待驗證。

(2) 不具終端搜尋目標能力，當目標具備高速之移動能力時，次械彈以散撒方式，命中目標或然率將大幅衰退，故美軍類似彈藥僅用於靜態目標之攻擊。

(3) 攻擊射程不足，無法肆應未來威脅。預判未來共軍有能力在我中、重型火炮及多管火箭射程外（距岸 40 公里以上），實施換乘、泛水。我現階段僅能賴防空及截擊作戰後戰存友軍海、空火力支援，缺少即時性、高效能之地面火力作為骨幹，陸軍必須在雷霆多管火箭基礎上，研改籌建遠距、高效、可恃之打擊火力。

表四 雷霆火箭彈藥基本參數

彈型	射程 (公里)	最佳散布 - 平方公尺(射 距 - 公里)	酬載 (單發)	每架 (車) 箱數	每箱 彈數	每發 射速 (秒)
MK45高爆彈	25~45	740x740 (35)	25,000	2	6	4
MK45群子彈	25~45		518枚M77	2	6	4
MK30高爆彈	15~32	480x480 (22.5)	18,300	3	9	2
MK30群子彈	15~32		267枚M77	3	9	2
MK15高爆彈	10~15	-	6,800	3	20	0.5

資料來源：許午，〈雷霆 2000 多管火箭系統運用於泊地攻擊作戰效能之研析〉《砲兵季刊》，第 171 期，陸軍砲訓部，104 年 12 月 10 日。

(二) 雷霆多管火箭彈藥效能發展規劃建議

以美軍、中共為例可得知多管火箭發展趨勢，係以「全縱深接戰」、「精準導引」、「智能摧毀」的方向發展，並且均以火箭與飛彈雙系統共構互補攻擊方式運用。國軍砲兵泊地攻擊雖屬守勢，但是就接戰距離（視距外）、攻擊縱深（60 公里至岸際）、目標型態（軟性目標－登陸艇、小型裝甲高機動性目標、大型水面目標），除大型水面目標為特有外，其他目標攻擊需求與他國並無顯著區別，故應在現有雷霆多管火箭技術基礎上，研發「智能導引火箭」與「反艦飛彈」共構以陸制海作戰系統。未來雷霆系統研改應設定兩種構型，通用型：射程 15~70 公里導引火箭彈，精準攻擊距岸 40 公里至灘後 15 公里內之小型、裝甲移動目標；反艦型：射程 40~100 公里緊緻構造反艦飛彈（魚雷），與友軍海、空武器系統（岸置雄風、空射魚叉飛彈）形成高、低配置，摧毀距岸 10~70 公里之中、大型船艦。

1、增加投射距離，瓦解敵視距外立體登陸能力：因應超視距外敵情威脅，現有雷霆火箭射程，均無法有效實施視距外攻擊，必須增加射程，至敵母艦換乘區位置（距岸 60 公里），另考量敵登陸前對登陸地域皆會實施海、空飽和攻擊，雷霆火箭陣地必優先遭受敵反制摧毀目標，故雷霆陣地須能向後部署於作

戰區之縱深地區（灘後 30 公里），以利於各項隱、掩蔽作為。

2、配備導引裝置，增進射擊精度：使雷霆火箭彈具備彈道修正能力，簡併彈藥型式，能以一型之彈種，涵蓋現有三型彈種射程，大幅增加射擊精度與作戰運用彈性，縮短安全距離，確保友軍安全，並能廣泛運用後續如灘岸戰鬥、對敵登陸場封阻、反擊等陸上作戰。

作戰區精準火力發展規劃與運用

筆者經上述檢討，針對作戰區目標獲得與視距外精準火力性能規劃與運用，分別對戰力轉型及戰術運用兩部分，納入「不對稱戰力」運用及遵循「戰力防護」、「濱海決勝」、「灘岸殲敵」原則，提出整體規劃考量，以利未來籌建戰力規劃。

一、戰力轉型性能整體規劃

現行砲兵火力多集中於舟波與灘際間行傳統彈藥面積射擊，過於被動且效能不佳，應力求轉型以海上打擊為重點、精準接戰為目標的攻擊模式，期有效殲滅敵兩棲主力，獲致決定性戰果，性能轉型整體規劃示意（如圖一）。

（一）機動目標雷達性能需求

利用臺灣本島多丘陵、山地地形特性，於敵海、空攻擊後，於岸後 40 公里內之 600~1000 公尺高地機動占領觀測陣地，可通視搜索距岸 60~100 公里以內登陸艦大型目標、40~80 公里內小型舟艇目標；但若偵蒐距離增加至距岸 150 公里，則必須增於 2000 公尺以上高山放列方可行，致使數據鏈路建立、維管不易，且近程盲區大，不利近岸偵蒐，反降低運用效益，應能在山區迅速開設、變換，具備遠近程偵蒐距離、目標航跡特徵分辨（ $RCS \leq 5$ 平方公尺）¹²，高精度與分辨力，耐海量雜波，抗敵電子反制與干擾之性能。

（二）反登陸機動攻艦飛彈性能

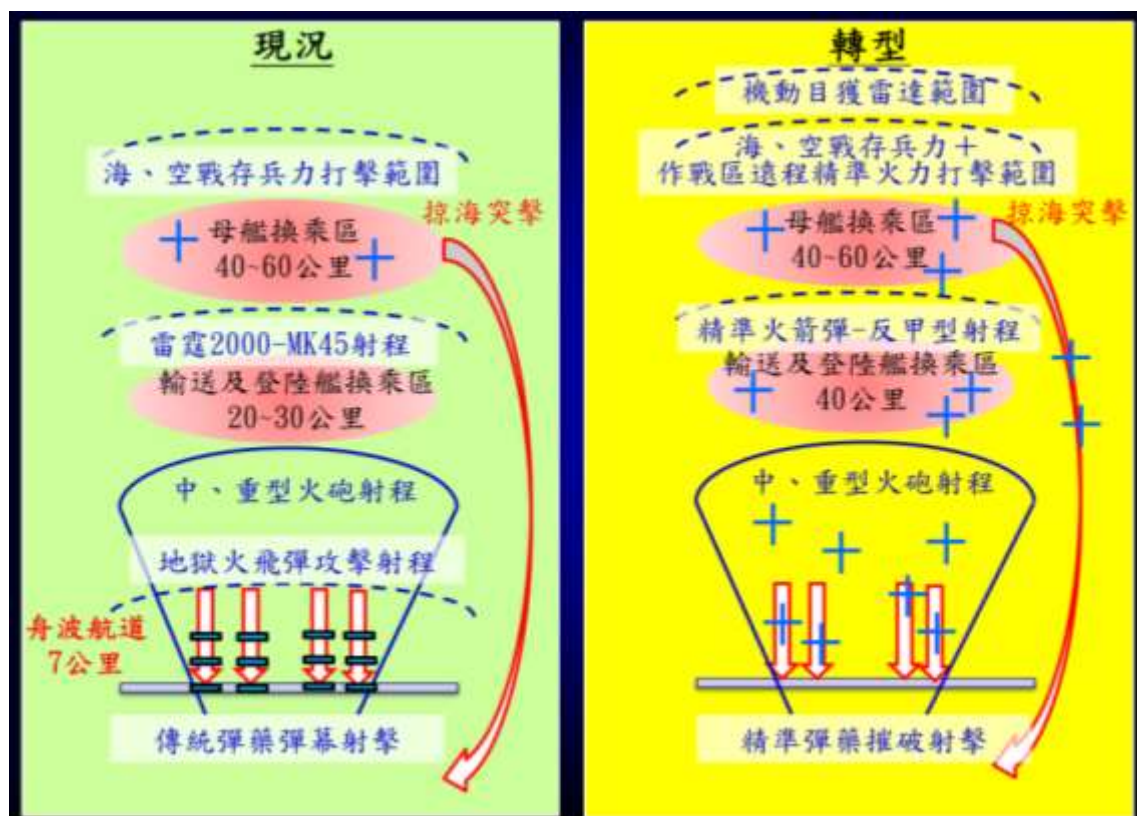
可直接以雄風飛彈技術發展縮裝陸基機動飛彈，須能有效癱瘓距岸 8~60 公里以上中、大型船艦為目標；惟現有友軍類似系統均以制海作戰為任務，大型、複雜（含發射車、指管車、通訊車）、鈍重（35 噸拖車攜行）。故適用砲兵「濱海決勝」之陸軍反艦飛彈，應調整為攜行彈藥量多，相對其彈體小型，並具備匿蹤飛行性能，使其具備高攜彈量，利於陸上機動、戰力保存與掠海接敵，對敵中型艦體（LSM、LST）單車滿架（4~8 枚）即能行有效打擊，並且能攜載、發射雷霆火箭彈箱。

（三）雷霆多管精準導引火箭彈性能

現有雷霆多管火箭技術基礎上，研發「反甲型」精準導引火箭彈，並提升

¹² RCS 參數參考：樊邦奎，《現代戰場偵察技術》（北京），國防工業出版社，2008 年 4 月，頁 28。

射程至 70 公里。若於灘後 30 公里縱深、分散部署，須能藉母彈散撒智能次械彈精準攻擊距岸 40 公里至灘後 15 公里內之小型、裝甲移動群集目標，摧破敵兩棲主力，並能持續阻止、擾亂其登陸場開設運用；另「攻艦型」精準火箭彈，雖具備「反艦戰術彈道武器」潛力，然應考量技術成熟度風險、敵水面區域防空攔截、飽和攻擊能力（單車掛彈量與再裝填速度）等因素，進一步適切評估其發展效益。¹³



圖一 戰力轉型性能規整體劃示意

資料來源：砲訓部，〈聯合火協機制遠程精準火力運用之研究〉《陸軍106年度戰術戰法研討會》。

二、戰術運用規劃

筆者依戰力轉型規劃構想，就各防區敵情、兵要特性，驗證上述飛彈、多管火箭在基本射程下，是否能滿戰力需求。

（一）本島

1. 居中部署、集中運用：第三、四作戰區敵具多點環形登陸，向心作戰特性，戰術規劃構想應以準內線作戰方式部署運用火力，於居中地區部署陣地，集中遠距精準火力，優先攻擊敵主要登陸地區，後迅速轉移至次登陸地區。以第三戰區分析，若於三峽、龜山部署反艦飛彈及精準導引多管火箭，可對主海灘（竹圍－草漯）及竹圍、萬里海灘行有效視距外精準攻擊，然對次要地區新竹與大

¹³ 超音速反艦武器若以高高度飛行高速飛行，與空氣磨擦產生高溫，紅外線訊號明顯，能使敵防空雷達、光電系統遠距離偵獲，抵消高速突防效益。參考：王貴明等著，〈從情報角度建立分析模式評估中共 052D 型艦防空火力〉《海軍學術雙季刊》，第五十卷第三期，海軍司令部，民國 105 年 6 月 1 日，頁 27。

福海灘，兩型武器射程略有不足；另以第四作戰區分析，假定陣地部署於大樹地區，對各主次要海灘均可行有效遠距打擊。

2.分區部署、分區運用：第二戰區幅員狹長，登陸場有限，防衛核心以機場、要港為主，火力應予分割運用獨立守備。若陣地概略分別於壽豐（花蓮）、豐田（台東）等地部署，經分析射程均可滿足要求，且能充分提升遠距接戰距離（飛彈達 80~90 公里）。

3.重點部署、集中運用：第五戰區海岸線縱長，敵登（著）陸場與要港、機場未必於同區域，故區分敵登陸特性、重點部署運用：白沙屯海灘、甲南海灘、台中港敵以兩棲舟波進犯為主，優先重點部署多管火箭於豐原；台中港、彰濱工業區與麥寮港，以要港防衛，癱瘓其後續梯隊船團行政下卸為主，故以反艦飛彈優先部署於霧峰地區。相關射程可滿足戰術需求。

（二）外島：島島相援、火網交疊，第一戰區易攻難守，然又為本島中南部之海上屏衛，外、本島應運遠程精準火力特性，適切相互掩護、機動增援。第一作戰區：聯合海軍海鋒部隊（射程可達金門、小琉球）阻敵南登船團輸送及換乘。第四、五作戰區：反艦營各以一部前推增援，封鎖澎湖水道，掩護澎湖側背海域（射程可距馬公 20 公里）。

（三）小結：若分別以反艦飛彈 100 公里為基本射程，以本島各作戰區可能登陸海灘評估，在大福、新竹及麥寮海灘距岸接戰距離未能滿足攻擊需求（距岸 60 公里）；若以雷霆精準火箭彈 70 公里為基本射程，以本島各作戰區可能登陸海灘評估，僅達成 43%遠距精準攻擊需求（距岸 40 公里），若增加射程至 80 公里，則可滿足 86%反登陸作戰需求。

另須結合整合性指管系統，使作戰區能以火力支援協調組為聯合火力核心節點，以「迅合火協系統」為主，並協同「多重情研分析系統」、「戰術空域通報系統」、「機動部隊管制系統」等次系統，向上鏈結迅安系統、同步獲得聯合作戰友軍情資，並向下收集分析砲兵情報、部隊火力支援狀況（聯兵旅、作戰分區），實施目標處理、火力分配、火力申請（管制）、安全管制、戰果評估等作為。

結論

一、研究心得

因應未來中共兩棲登陸戰力的發展，須建立作戰區聯合泊地攻擊「專用」、「即時」之目獲系統，藉目獲、指管、火力相關平台，能簡單、可靠交換資訊。結合持續雷霆多管火箭系統之性能提升，研發具備視距外、精準導引攻擊能力之彈種，以建立作戰區聯合泊地攻擊地面部隊自主可恃火力，有效打擊視距外高效益目標，摧毀敵戰力，並能持續執行灘頭封鎖，支援「灘岸殲敵」，徹底瓦

解敵建立「立體環形登（著）陸場企圖」。再者，創新不對稱作戰思維，在既有雷霆 2000 多管火箭研究基礎上持續發展，以符合現階段軍事戰略依國防戰略中指導，¹⁴達成「防衛國家安全」之首要戰略目標。

二、建議

基於上述研究心得，考量共軍登島作戰敵情威脅，檢討國軍現行作戰區「聯合泊地攻擊」相關準則之適切性與合宜性，並考量海、空軍保留兵力，形成局部優勢遂行聯合作戰行動，積極強化建軍與備戰作為、創機造勢，茲建議如後。

（一）發展反登陸機動攻艦飛彈，對攻擊距岸 8~60 公里以上中、大型船艦為目標精準打擊，適用砲兵「濱海決勝」之陸軍反艦飛彈，發揮綜合火力效能。

（二）持續研改多管火箭彈體性能、具備精準導引攻擊及高度穿甲力，使其能有效打擊敵泊地區兩棲制式船艦及灘後 15 公里內之裝甲移動群集目標。

（三）發展海上遠程目獲雷達，使其具備目標識別、精確定位、射彈修正、效果監視等能力，使砲兵部隊（火箭砲兵）達成「視距外攻擊、精準打擊」之地面火力打擊部隊，並銜接攻擊「濱海決勝」之敵登陸部隊，達成「灘岸殲敵」任務。

（四）持續研究納入戰術戰法研討，結合年度聯合作戰訓練、軍種作戰演訓驗證，提供各單位未來武器裝備研究參考，促進本軍完善建軍規劃，及國軍兵力整建調整。

參考文獻

- 一、《中華民國國防報告書 106 年版》（臺北：國防部，106 年 12 月）。
- 二、王貴明等著，〈從情報角度建立分析模式評估中共 052D 型艦防空火力〉《海軍學術雙季刊》，第五十卷第三期，海軍司令部，民國 105 年 6 月 1 日。
- 三、陸軍司令部，《陸軍作戰要綱》（桃園：陸軍總司令部，民國 88 年 1 月 1 日）。
- 四、陸軍砲訓部，〈聯合火協機制遠程精準火力運用之研究〉《陸軍 106 年度戰術戰法研討會》。
- 五、許午，〈雷霆 2000 多管火箭系統運用於泊地攻擊作戰效能之研析〉《砲兵季刊》，第 171 期，陸軍砲訓部，104 年 12 月 10 日。
- 六、國防部，《國軍軍語辭典》（臺北：國防部，民國 93 年 3 月 15 日）。
- 七、梅林，《中共軍事研究論文集》〈共軍登陸戰役先期作戰〉（臺北：中共研究社，2001 年 1 月）。
- 八、蔡和順，〈共軍師登陸作戰之研究〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 50 卷第 537 期，陸軍教準部，2014 年 10 月。

¹⁴ 同註 2，頁 55。

- 九、樊邦奎，《現代戰場偵察技術》（北京：國防工業出版社，2008 年 4 月）。
- 十、劉仲強，〈中共兩棲作戰艦能力與登陸作戰戰術戰法運用及我克制之道〉《海軍軍官學校季刊》（高雄），第 35 卷第 2 期，海軍官校，2016 年 7 月 28 日。
- 十一、費學禮，《中共軍事發展－區域與全球勢力布局》（臺北市：國防部譯印，民國 100 年 11 月）。

作者簡介

蕭順元少校，陸軍官校 93 年班，砲兵正規班第 201 期，歷任觀通組長、連長、中隊長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部戰術組。

M777A2 155 公厘火炮系統運用於防衛作戰之探討

作者：蔡正章

提要

- 一、M777A2 火炮系統為美國近年研製新式火炮，亦為國軍砲兵研究方向之一，具備自動定位、定向功能、數據化射擊指管及快速完成射擊準備等能力，可大幅提升現有牽引式火炮作戰效能。
- 二、M777A2 火炮具備數據化射擊指管及輕量化等特點，且歷經伊拉克、阿富汗戰爭等實戰驗證，足已證明作戰能力符合現代化野戰砲兵火力支援需求。
- 三、火力打擊為砲兵達成任務之重要手段，須立足於「看得到、打得準」基礎上，務實、周延地考量各種影響因素，達到精準、有效及節約之要求。M777A2 火炮系統具備精準（特種）彈藥射擊、快速機動放列及數據化射擊指管功能，可配合作戰進程實施精準（特種）彈藥，以充份發揮武器性能。

關鍵詞：M777A2 火炮、火力支援

前言

火力為戰力之重要組成，以熾盛火力制壓、癱瘓或摧毀敵軍，為砲兵作戰運用之核心。M777A2 火炮系統為美軍近年研發砲兵新式裝備，具備自動定位、定向功能、數據化射擊指管及快速完成射擊準備等能力，較國軍現有牽引式火炮更為精良。假設國軍未來若運用 M777A2 155 公厘牽引式火炮於「灘岸殲敵」時，結合現行數位化射擊指揮系統及火炮配備之自動定向定位系統等輔助下，須運用不同思維，將 M777A2 火炮系統效能轉化為作戰效益，因應砲兵「灘岸殲敵」之作戰需求。

筆者研究主軸以美軍現有 M777A2 火炮性能，分析防衛作戰環境與敵情威脅，進而假設未來 M777A2 火炮運用於防衛作戰的效益。然由於 M777A2 155 公厘牽引式火炮為美軍現役裝備，指管鏈結、操作介面與實戰參數尚屬機敏資料，現僅就一般公開資訊、參考國軍與美軍現行軍事準則教範、學術刊物等出版品內容蒐整與分析。

M777A2 火炮發展歷程與性能簡介

M777A2 155 公厘牽引砲為美國海軍陸戰隊及陸軍現役火炮，可因應各種突發狀況，迅速部署、放列，及時提供砲兵火力支援。其火炮具備數據化射擊指管及輕量化等特點，且歷經伊拉克、阿富汗戰爭等實戰驗證，符合美軍砲兵作戰需求。除美國海軍陸戰隊、美陸軍使用外，另有加拿大、澳洲及印度陸軍等

亦納為現役裝備。¹以下說明 M777A2 155 公厘牽引式火砲發展歷程與性能。

一、M777A2 火砲發展歷程

美軍於沙漠風暴作戰時，確認 M198 155 公厘牽引榴砲因裝備老舊且過於笨重，無法符合美軍機動作戰需求，故於 1996 年提出輕型 155 方案(LW 155 Program)²，用以解決當時野戰砲兵火力面臨之挑戰。新型 155 公厘榴砲自方案提出至火砲型式定案，歷經數次功能提升，已由 M777、M777A1，升級至最新 M777A2 型式，經作戰演訓及戰場實測，均符合美軍現行作戰需求，以下就其武器發展歷程說明如下（M198 與 M777 火砲比較如圖一所示）。

（一）M777 型號：M777 研製構想源起於 1980 年代，於 1996 年 4 月 25 日在亞歷桑納州（Arizona）育馬試驗場（Yuma Proving Ground, YPG）測試作戰效能，結果符合美海軍陸戰隊之射擊及性能評估要求，然由於法令規範及火砲機械性能問題，致火砲製程延宕，³至 2002 年美國海軍始批准採購 94 門。⁴

（二）M777A1 型號：該火砲為 M777 之升級版，最大特點為光學瞄準鏡之功能由數據系統取代，並於 2004 年由海軍陸戰隊實施測評，射擊 12,000 發彈藥，均符合作戰需求，獲得美國陸軍及海軍陸戰隊共 495 門訂單，與加拿大亦簽訂該型火砲購買合約（6 門）。⁵

（三）M777A2 型號：本型火砲構造與 M777A1 相同，然在系統軟體上具備可發射及設定精準砲彈功能(Excalibur 神劍砲彈)，於 2007 年 3 月完成作戰測評，同年 5 月即部署於伊拉克。⁶

（四）目前 M777A2 火砲性能在原有基礎上，已逐步提升火砲射擊精度與信息傳輸效能，包含在火砲上配備砲口測速儀，將相關參數藉由有、無線電傳輸至射控電腦執行彈道計算，並提供客制化服務，可協助將原有通信系統整合至射控電腦，以利射擊諸元與火砲狀態傳輸。⁷

¹ M777 155mm lightweight artillery System, BAE 簡報資料，民國 106 年 7 月，頁 3。

² Harvey I. Goldman, LW 155 Howitzer Towed Artillery Digitization, 12 June 2007, P.4

³ 基於美國法令規範，美軍武器採購對象須侷限於美國公司，國外廠商須與美國公司合作方可投標，然原合作美商(Textron)退出，於 1999 年貝宜(BAE)公司接手維克斯造船與機械(Vickers Shipbuilding and Engineering)公司後，即分拆火砲系統，70%由美國公司生產製造，以符合法令規範；另外於作戰測評時，發現火砲系統因材料不同易出現金屬疲勞，射擊不穩定影響制退複進系統。資料來源：M777, www.military-today.com/artillery/m777.htm，下載時間：民國 107 年 3 月 21 日

⁴ Andrew Philip Hunter, Gregory Sanders, Samantha Cohen, Designing and Managing Successful International Joint Development Programs, Prepared for the Naval Postgraduate School, Monterey, CA 93943

⁵ <http://www.army-technology.com/projects/ufh>，下載時間：民國 107 年 3 月 21 日

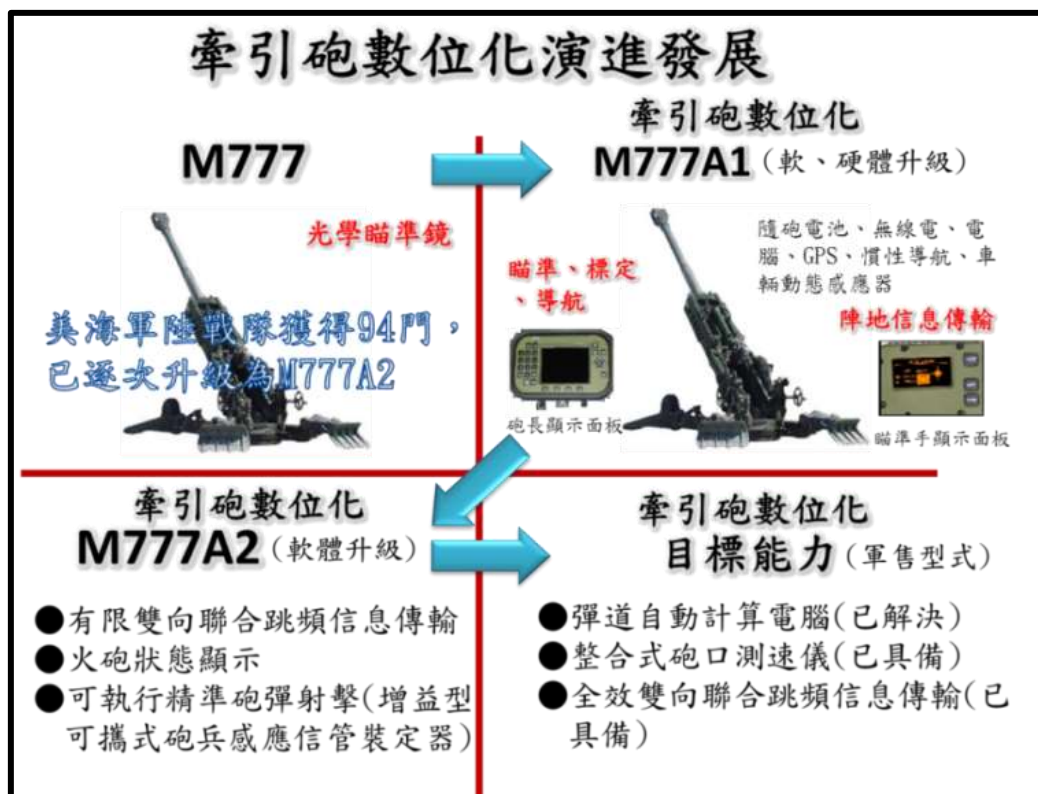
⁶ <http://www.army-technology.com/projects/ufh>，下載時間：民國 107 年 3 月 21 日

⁷ M777 155mm Lightweight Howitzer- Questions - July 2017, BAE 簡報資料，頁 15~16。



圖一 M198 與 M777A2 火炮比較

資料來源：1. 封面照片，Fires (Fort Sill, OK, Jan-Feb 2008)。2. 封面照片，Fires (Fort Sill, OK, Jan-Feb 2008)。3. 筆者整理。



圖二 M777 火炮系統發展歷程示意

資料來源：1. Harvey I. Goldman, LW 155 Howitzer Towed Artillery Digitization, 12 June 2007, P.5。2. .M777 155mm lightweight artillery System, BAE 簡報資料, 民國 106 年 7 月，頁 7。筆者翻譯整理。

二、火炮系統性能

M777A2 155 公厘牽引砲為 39 倍徑火炮，全重僅 4,437 公斤，配備數據火力管制系統 (Digital Fire Control System, DFCS)，可強化射擊指揮所資訊作業，並具備精準打擊效能。以下區分為火炮系統組成、數據化射擊指管系統及射擊彈藥等三部份實施說明。

(一) 火炮系統組成：美軍 M777A2 火炮系統主要區分為砲管總成、上砲架 (制退複進) 總成、下砲架總成及數據化射擊指管系統等 4 大部份 (如圖三)，砲身大量運用鈦合金，減輕火炮總重量，使 155 口徑火炮在無輔助動力系統下，可迅速占領陣地；火炮本體藉由低重心幾何結構，減少後座力所產生之射擊誤差，以提供精確、穩定發射平台，及提高隱、掩蔽效能；數據火力管制系統可在短時間內計算射擊諸元，提高初發射彈效果，以節省彈藥使用量、減輕後勤負擔，且不受夜暗、天氣影響，火炮性能諸元如表一所示。

(二) 數據化射擊指管⁸：美軍 M777A2 火炮之射擊指管以數據火力管制系統 (DFCS) 為主，具備火力管制、陣地導航、射向校正及顯示火炮當前狀態 (射向、火力管制、彈藥資訊及文字信息) 等功能，並運用聯合跳頻信息傳輸程式 (Joint Variable Message Format, JVMF)，藉由無線電機，與先進砲兵戰術資訊系統 (Advance Field Artillery Tactical Data System, AFATDS) 鏈結，以接收射擊指揮管制事項。其數據火力管制系統重要組成 (如圖四) 如下。

1. 慣性導航儀 (Inertial Navigation Unit, INU)：該系統可鏈結防衛性先進全球定位系統接收器 (Defense Advanced Global positioning system Receiver, DAGR) 與全球定位定向系統 (GPS) 連線，獲得火炮當前位置，另可藉由車輛動態感應器 (Vehicle Motion Sensor, VMS) 提供之資料，實施測地諸元計算，以提供火炮當前座標、高度 (以公尺顯示)、射向及射角 (以密位顯示)。

2. 任務電腦 (Mission Computer, MSC)：任務電腦裝配於 M777A2 火炮，具備輕薄、短小及堅固特性控制盒，可與陣地導航系統 (Position Navigation System, PNS)、單頻地空無線電機 (Single-Channel Ground and Airborne Radio System, SINCGARS)、砲長顯示面板 (Chief of Section Display, CSD)、瞄準手顯示面板 (Gunner's Display, GND) 及高低手顯示面板 (Assistant Gunner's Display, AGD) 等介面鏈結。

3. 砲長顯示面板 (CSD)：為數據輸入、獲得與檢視 (當前狀態及射擊諸元) 之主要人機介面。於火炮機動牽引時，砲長可藉由纜線介接、遠端遙控，以獲

⁸貝宜公司提供兩種數據化射擊指管系統選項，分別為雷射慣性導航式砲兵瞄準系統 (Laser Inertial Navigation Artillery Pointing System, LINAPS)，可客製化整合指管軟體，以符合各國軍事需求；另一類為數據火力管制系統 (DFCS)，為美軍用以整合 AFATDS 系統使用，本文以後者為主要介紹對象。

得導航資訊。

4.瞄準手顯示面板（GND）及高低手顯示面板（AGD）：此兩者均與任務電腦（MSC）鏈結，各自顯示所需資訊於面板上，並可依各砲誤差值，手動輸入、設定射擊諸元，以提升射擊效果。

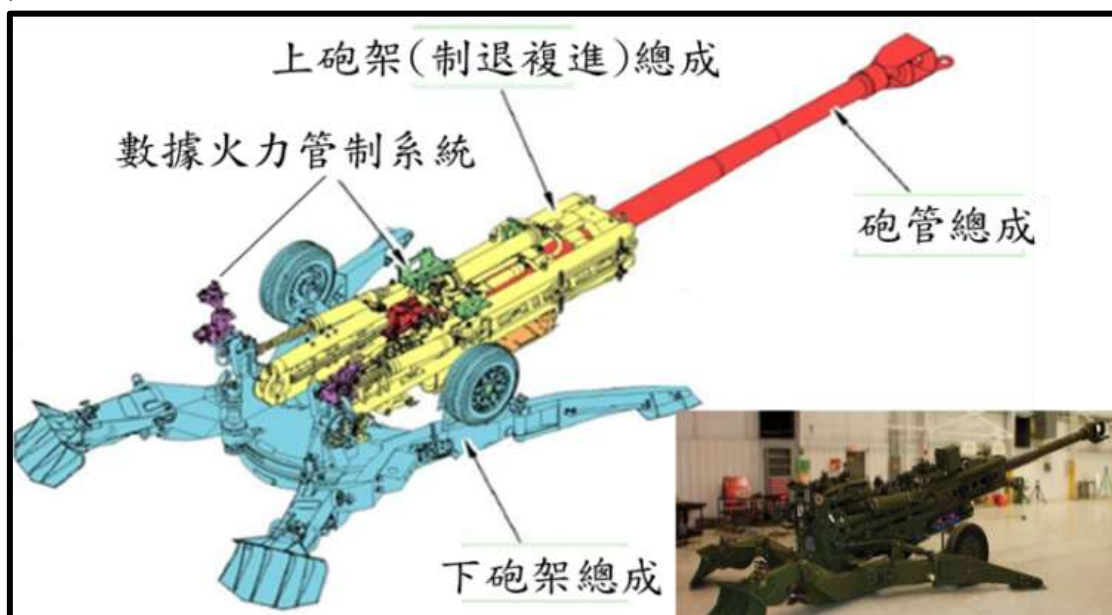
5.電池組（On-board Battery）：火砲電子設備所需電源，均由電池組提供。於野外操作時，可運用電池組之電源纜線，與車輛（發電機）聯結，以獲得 24 伏特直流電源，電池組可使用 8 小時，然因充電狀態、溫度、及使用頻率，實際時間依狀況而定。另因應不時之需，配賦之太陽能充電面板，可將電池組充電至 50%以上之水準。

6.電壓調節及控制模組（Power Conditioning and Control Module, PCCM）：主要功能為調節及分配輸入電壓，以保護數據火力管制系統（DFCS）。

7.通訊裝置整合組（Communication Location Assembly, CLA）：為防水組件盒，內含單頻地空無線電機（SINGARS）、防衛性先進全球定位系統接收器（DAGR）、全球定位定向系統（GPS）、天線及整合裝置平臺（Platform Integration Kit, PIK）。

8.車輛動態感應器（VMS）：可提供慣性導航儀火砲移動距離。

9.VHF 天線座組成：包含 SINGARS 天線座與砲口測速雷達（Muzzle Velocity Radar, MVR）。⁹



圖三 美軍 M777A2 系統組成示意圖

資料來源：1. M777 155mm Lightweight Howitzer- Questions - July 2017, BAE 簡報資料，頁 5。
2. TM 8000-10/1D PRINCIPAL TECHNICAL CHARACTERISTICS OF U.S. MARINE CORPS ORDNANCE EQUIPMENT, MARINE CORPS SYSTEMS COMMAND Quantico, VA, April 2010，P.2-3。3.筆者整理。

⁹ MCIP 3-16.1 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155” ,(D.C, Department of the Navy headquarter),21 September 2010,pp.4~6.

表一 M777A2 火砲性能諸元

砲管口徑	155 公厘/39 倍徑	方向轉動界	左右 400 密位
重量	4,437 公斤	射速	■最大射速：4 發/分鐘（不超過 2 分鐘） ■持續射速：2 發/分鐘
規格	■長：9.783 公尺（行軍） 10.477 公尺（放列） ■寬：2.589 公尺（行軍） 4.340 公尺（放列） ■高：2.687 公尺（行軍） 2.011 公尺（放列）	機動速度（5T 車）	■主要道路：88 公里/小時 ■次要道路：56 公里/小時 ■越野：24 公里/小時
砲管發射壽期	2,650 發	火砲操作	■放列：3 分鐘內 ■撤收：2 分鐘內
射角	-43 至 1275 密位	射程	■M795（HE）：22.5 公里 ■M982（Excalibur）：40 公里 ■M549A1（RAP）：30 公里 ■M864（DPICM）：30 公里

資料來源：1.M777 155mm lightweight artillery System, BAE 簡報資料,民國 106 年 7 月，頁 6。2. 筆者整理



圖四 數據火力管制系統重要組成示意圖

資料來源：1. M777 155mm lightweight artillery System, BAE 簡報資料，民國 106 年 7 月。2. 筆者整理。

（三）射擊彈藥

1.精準彈藥：藉由防衛性先進全球定位系統接收器（DAGR）所獲得之定位參數，配合天線及整合裝置平臺（Platform Integration Kit, PIK）整合相關資訊（位置示意如圖五），再運用增益型可攜式砲兵感應信管裝定器（Enhanced Portable

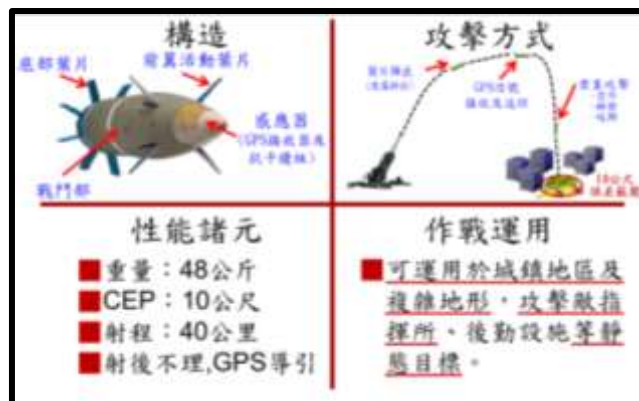
Inductive Artillery Fuze Setter, EPIAFS),可於7秒內設定精準彈藥及精準導引信管。精準彈藥諸元與作戰運用如圖六、七、八所示。

2.通用彈藥：M777A2 使用 M284 砲管，可發射標準 155 公厘通用彈藥，現有彈藥均可繼續使用，減少後勤彈藥汰換及推陳問題。依美軍野戰手冊規範，155 公厘彈藥符合 M777A2 火炮射擊要求如表二所示。



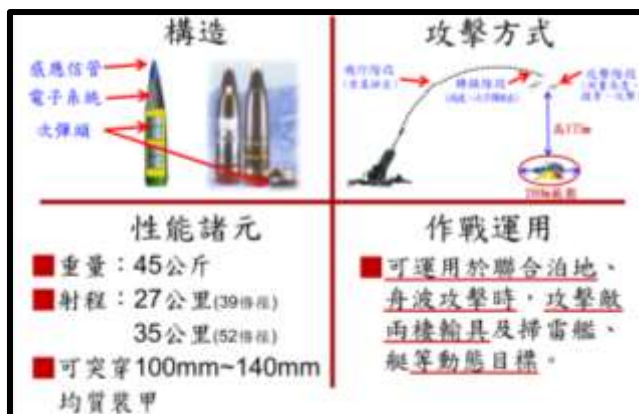
圖五 精準彈藥設定裝備位置示意

資料來源：1. M777 155mm Lightweight Howitzer- Questions - July 2017, BAE 簡報資料，頁 5。2. MCIP 3-16.1 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155”, (D.C, Department of the Navy headquarter), 21 September 2010, pp.5~7. 3.筆者整理



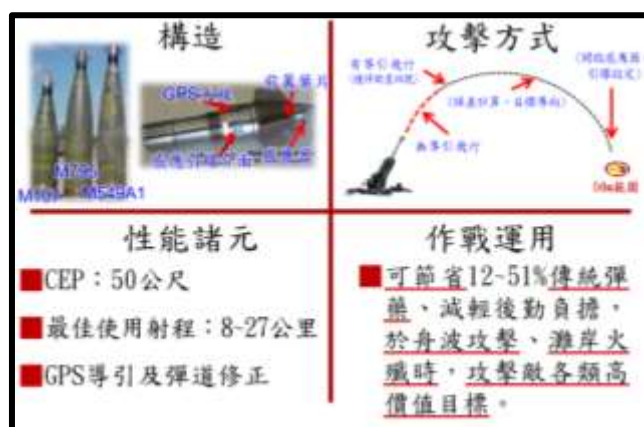
圖六 M982 神劍砲彈

資料來源：Development and Fielding of the Excalibur, 43rd Annual Armament Systems: Guns & Missile Systems Conference & Exhibition, New Orleans, LA, April 21 - 24, 2008, pp.5~6，筆者整理。



圖七 BONUS 砲彈

資料來源：1. 維基百科，https://en.m.wikipedia.org/wiki/Bofors_155_Bonus。2. 新浪博客，<http://blog.sina.com.cn/s/blog48fc29af0100neai.html>。3.筆者整理翻譯。



圖八 精準導引信管

資料來源：1.” PGK and the Impact of Affordable Precision on the Fires Mission”, 43rd Annual Guns & Missiles Symposium, New Orleans, LA, April 21 - 24, 2008,p.14。2. “Setting the pace for expeditionary precision fires in an immature theater”, (OK, Fort Sill : Fires ,November- December 2016) ,pp.61~63。3.筆者整理翻譯。

表二 M777A2 火炮系列之現有 155 公厘彈藥清單

程式	彈長 (公分)	彈重 (公斤)	最大射程 (公尺)	備考
M107HE 高爆榴彈	68.1	43.56	18,100	
M549A1 RAP 火箭增程彈	83.82	41.68	30,000	
M485 illum 照明彈	60.43	41.77	17,500	可燃燒120秒
M483A1 DPICM 高爆子母彈	80.3	44.99	17,500	內含M42高爆子彈與M46高爆戰防子彈
M864 BB DPICM 增程高爆子母彈	80.21	44.99	28,200	內含M42高爆子彈與M46高爆戰防子彈
M731 ADAM-S 高爆子母彈	89.92	46.54	17,740	內含人員殺傷雷
M116A1 HC 煙幕彈	67.87	44.04	18,100	
M110A1 WP 黃磷煙幕彈	68.02	44.71	18,100	
M795 HE 高爆榴彈	84.33	46.9	22,400	為M107HE之改良型
M718 RAAMS-L 反裝甲佈雷彈	86.11	46.76	17,740	長時間作用，直至地雷自我摧毀(24小時以上)
M741 RAAMS-S 反裝甲佈雷彈	86.1	47	17,740	短時間作用，直至地雷自我摧毀(24小時以內)
M712 Copperhead 高爆戰防導引砲彈	137.16	62.65	16,400	雷射導引
M982-1b(A1)神劍砲彈(Excalibur)	99.6	48	40,000	GPS
BONUS MKII 砲彈	89.8	45	27,000	末端尋標

資料來源：1. FM 3.09-50 TACTICS, TECHNIQUES, and PROCEDURES for THE FIELD ARTILLERY HOWITZER BATTERY (DRAFT), (Department of the Army, Washington, DC , 17 September 2004) , p.10-22。2..筆者整理。

防衛作戰環境與威脅分析

國軍「灘岸殲敵」係延續「濱海決勝」作戰成果，在掌握局部空優及有效戰力保存下，運用空中、海上及地面火力，遂行聯合泊地攻擊、舟波攻擊及反登陸作戰。各式野戰砲兵部隊在地面聯合作戰任務部隊指管下，依各型武器載具能力、射程與作戰任務，遂行精準火力打擊與陣地機動變換之作為。以下就野戰砲兵在防衛作戰時之環境與威脅分別說明如下。

一、戰場環境分析

國軍各式野戰砲兵遂行聯合泊地、舟波攻擊及灘岸火殲時，依武器射程，分別部署於灘後 4~15 公里地區，以避免火力間隙，形成縱深配置。故野戰砲兵部隊戰場環境，須考量「野戰砲兵戰術作為」，完整說明地形對野戰砲兵火力運用、目標獲得、部隊機動、陣地部署及安全防護等有關影響（如圖九所示）。

（一）地形特性：分析時考量野戰砲兵武器特性、火力運用及戰術部署，區分火力打擊及機動部署地區，說明砲兵火力、部隊機動及陣地占領之影響因素。

1.火力打擊地區：自泊地攻擊至我反擊發起，均為我野戰砲兵火力可能打擊範圍，地區內涵蓋水面及濱海地區，依地形對火力打擊影響分別說明如下。

（1）水面地形：自泊地至水際線，視野開闊、視界良好，有利觀測與目標獲得；然天氣因素影響目標識別、水面無明顯地物限制標定作業，除直接命中目標外，砲彈破片對海面目標殺傷效果有限。

（2）濱海地形：地區內涵蓋海灘、港口、濱海丘陵、鹽田、漁塭區、水塘區、岩岸、河川及城鎮等。除港口、漁塭、水塘及河川等，影響火力攻擊效果外，部份地形限制觀測與射界；另濱海城鎮、港口多為我民眾及重要物資集散地，除建築物影響砲彈彈道外，火力打擊時易產生誤擊及附加傷害，運用效能受限。

2.機動部署地區：灘後地區通常多為濱海丘陵、鹽田、漁塭區、水塘區與城鎮等地形。

（1）濱海丘陵地形：為靠近海岸之丘陵，可瞰制近海與灘際。其戰略、戰術價值，端視海灘狀況及後方地形對全般作戰之影響而定，多為敵、我戰鬥部隊爭奪要點，¹⁰威脅我野戰砲兵機動與陣地占領。

（2）鹽田、漁塭區地形：鹽田、漁塭區多數濱臨海灘直後，地形開闊，毫無隱蔽、掩蔽，¹¹除部份地區外，野戰砲兵部隊機動與陣地放列受限。

（3）水塘區地形：水塘區多鄰近灘岸，部分地區水塘眾多、空間廣闊，水

¹⁰陸軍作戰要綱書稿，104 年 2 月 24 日陸軍參謀學院提報資料，頁 6-4-276

¹¹陸軍作戰要綱書稿，104 年 2 月 24 日陸軍參謀學院提報資料，頁 6-4-276

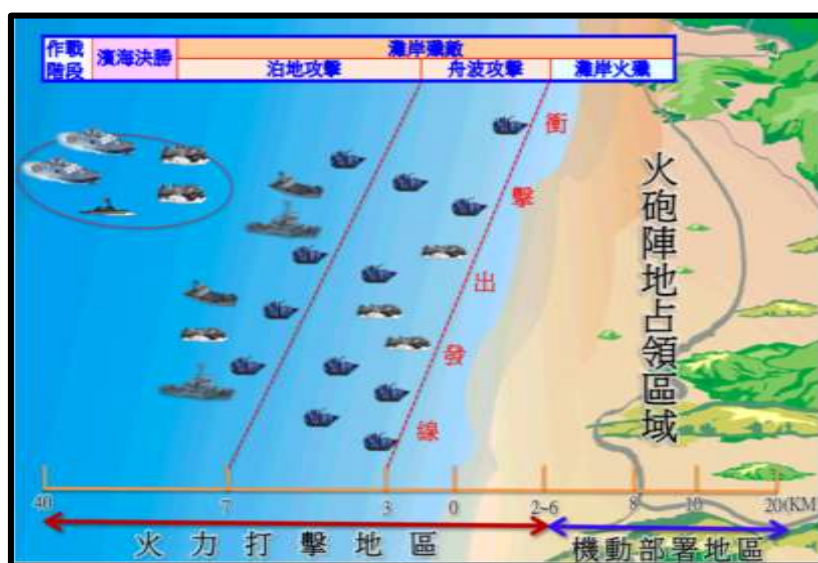
塘高堤限制部隊機動路線，周邊植林物有利隱、掩蔽作業。¹²

（4）城鎮地形：沿海城鎮多瞰制敵登陸地區及接近路線，為敵、我部隊爭奪要點。建築物林立，有利部隊觀測與隱、掩蔽作業，然部隊機動受限，僅能仰賴既成道路，易遭敵觀測與標定。¹³

（二）分析評估：我野戰砲兵可在各種地形、天候及能見度下，對不同目標行有效射擊，然在本島戰場環境下，仍有一定侷限及限制，分析評估如下。

1.附加傷害難以避免：濱海守備、阻擊陣地多依托地形與城鎮，結合作戰任務與責任地區，遂行灘岸殲敵作戰運用。然本島地形狹窄，建物、人口密度高，大規模之兵、火力運用，易造成民生基礎設施及非戰鬥人員之損害，影響民心士氣及持續戰力發揮。

2.砲兵機動、占領受限：部隊機動與陣地占領，為砲兵火力持續發揚之重要手段。然受限於本島地面建物、道路與橋樑分布狀況，對遮蔽角、坡度、土質、機動性及通信盲區等因素，均影響砲兵機動與陣地占領之彈性運用；另砲兵射擊前須完成射擊設備，以提升射擊精度，然城鎮中建物密布，侷限陣地占領區域與火炮射角，城鎮外開闊地形易遭敵偵知，影響砲兵戰場生存率。



圖九 野戰砲兵火力打擊暨機動部署地區示意

資料來源：筆者繪圖整理

二、敵情威脅分析

（一）威脅能力：共軍登陸作戰時，運用海、空軍及遠程火力，形成遠、中、近程及中、低、超低空縱深交叉多層火力配置，以發揮綜合打擊效果，確保快速突擊上陸能力。¹⁴並可運用空軍、陸航、海面艦艇、遠程火箭、上陸砲兵

¹²陸軍作戰要綱書稿，104年2月24日陸軍參謀學院提報資料，頁6-4-277

¹³陸軍作戰要綱書稿，104年2月24日陸軍參謀學院提報資料，頁6-4-277

¹⁴李有升，《聯合戰役學教程》（北京：軍事科學出版社，2012年3月），頁228。

及無人機等，分別對我野戰砲兵部隊威脅。

(二) 分析評估：分析共軍突擊上陸時火力運用之特、弱點、目的及戰、技術運用等(如表三)，發現在弱點部份，除空軍、陸航及武裝無人機具備「察、打一體」作戰能力，對我野戰砲兵部隊威脅較大之外，其餘各火力打擊部隊，均須藉由觀測人員或偵察部隊提供目標情資，反應時間與決策周期較長；另外敵在運用陸航、空軍等載具，攻擊我野戰砲兵時，多在地面野戰防空部隊射程外，精準打擊效能有限。於特點部份，敵運用聯合火力掩護海面突擊群作戰行動及阻擊防衛部隊時，以制壓我防衛火力為優先行動。我野戰砲兵部隊，在部隊機動、射擊及整補時，若遭敵偵蒐部隊發現，戰損機率高。

表三 共軍突擊上陸火力運用 SWOT 分析

特點(Strength)	弱點(Weakness)
1.共軍於先期作戰時，併用「防區外遠距攻擊」、「臨空轟炸」「地毯式轟炸」及精準打擊，癱瘓我防衛戰力。 2.共軍於突擊上陸方式，係以多點快速搶灘上陸與垂直著陸併行，並配合空中及海面火力掩護。 3.併用空軍、陸航及無人飛行載具，嚴密監控及阻擊我防衛部隊調動。 4.運用優勢海、空火力，持續掩護共軍梯次編隊上陸。	1.為避免誤擊突擊上陸部隊，共軍海、空及遠程火力須依時間向縱深地區變換射程，形成火力間歇。 2.共軍空軍飛行高度須保持在我野戰防空射程外，陸航部隊於海上向我岸飛行時，缺乏地形掩護，易遭我擊落。 3.沿海300公尺以下超低空空域，可能為敵海、空雷達盲區。 4.對我第一線後方部隊，共軍僅能依賴空軍、陸航及武裝UAS實施精準打擊。
目的(Objective)	戰、技術運用(TTPs)
1.先期攻擊時，以奪取制空、制海權及削弱我防衛部隊整體戰力為主。 2.突擊上陸時，優先協力突擊上陸部隊控制灘岸地區，爾後掩護縱深攻擊群登陸作戰。 3.於防衛部隊發起反擊時，協力反反擊作戰。 4.於擴大與鞏固登陸場時，掩護縱深攻擊群立體超越攻擊，及分割守軍防禦體系，摧毀逆襲與反擊準備。	1.先期攻擊時，以空軍預先火力攻擊各重要設施與交通樞紐。 2.以直接火力摧毀水際灘頭之障礙、工事與有生戰力，制壓防衛軍砲兵。 3.突擊上陸時，摧毀、制壓防衛軍縱深火力與部隊機動作為。 4.以火力急襲、近距離射擊，制壓防衛軍反擊作為，截斷部隊退路與增援。

資料來源：1. 蔡和順，〈剖析共軍聯合登陸戰役〉《陸軍學術雙月刊》，第 48 卷第 525 期，陸軍教準部，2012 年 10 月，頁 40。2.筆者整理。

三、小結

(一) 射擊指管作業：野戰砲兵部隊於灘岸殲敵階段，受敵空中、海面火力威脅，而遂行指揮所變換時，應建立完整指管規劃，避免射擊指管鏈路中斷。另戰時因應跨區增援或敵情變化，臨時調整任務及射擊陣地，無法在短時間內獲得測地諸元，須建立有效作業方式，以避免誤擊事件肇生。

(二) 火力打擊效能：執行聯合泊地、舟波、灘岸火殲、火力增援與反擊火力等任務時，射擊精準彈藥可提升火力打擊效能。另外隨砲射擊彈藥須配合作戰進程機動變換，以避免影響戰鬥間持續火力發揚。

(三) 戰場部署、機動作為：野戰砲兵除運用地形掩護，遂行偽裝與隱、

掩蔽外，另應配合陣地部署，遠離敵海面火制區、降低敵空中火力打擊效能，為提升戰場存活率重要關鍵。遭敵偵知我陣地位置時，應對敵軍反火力戰作為，如何因應作戰環境限制及武器載具性能，遂行陣地變換與部隊機動，影響持續作戰效能。

M777A2 火炮運用於防衛作戰之效益

火力打擊為砲兵達成任務之重要手段，須立足於「看得到、打得準」基礎上，務實、周延地考量各種影響因素，達到精準、有效及節約之要求。M777A2 火炮系統具備精準（特種）彈藥射擊、快速機動放列及數據化射擊指管功能，可配合作戰進程射擊精準（特種）彈藥（如圖十所示）。以下區分陣地部署、射擊指揮、測地作業、通信鏈結、火炮操作等，分別說明其作戰效益如下。

一、陣地部署：M777A2 火炮具備彈性部署能力，可基於「火力集中、分散部署」概念，運用導航定位及數據通信能力，在廣泛區域內，藉有線或無線通信鏈路，迅速占領指定陣地、接收射擊諸元，遂行營、連、排或單砲射擊，支援機動作戰任務，並依作戰需求，採取連、排及單砲部署，提升戰場生存率。¹⁵

二、射擊指揮：可運用射擊指揮儀，將射擊任務、機動變換命令等，以語音或數據鏈路，傳送至數據化射擊指管系統，提升初發射彈命中準確度（圖十二），及爭取射擊準備（陣地占領）時效，且輔以精準彈藥使用，更可確保精準火力打擊效能。

三、測地作業：M777A2 火炮具備自動定位定向能力，於平時可配合防區測地作業，沿砲兵連（排）機動路線及戰力防護（保存）位置，分別建立數個測站與統制點，俾利戰時 M777A2 火炮在無 GPS 定位輔助下，仍可執行精度誤差校正作業，維持精準打擊效能，並可減少戰時測地作業負擔。

四、通信聯結：M777A2 火炮在通信鏈結部份，可配合射擊與部隊指管作業，建置數據傳輸與無線電雙向並行能量。其中數據鏈路用以傳達射擊任務，無線電傳遞部隊指管命令。砲兵營指揮所運用小延伸節點，接收上級射擊指管命令，並結合車裝無線電（CS/VRC-191），分別掌握連（排）部隊調動與射擊指管。另可運用公、民營電信，建立野戰砲兵戰備線路，以維持砲兵通信指管能量。

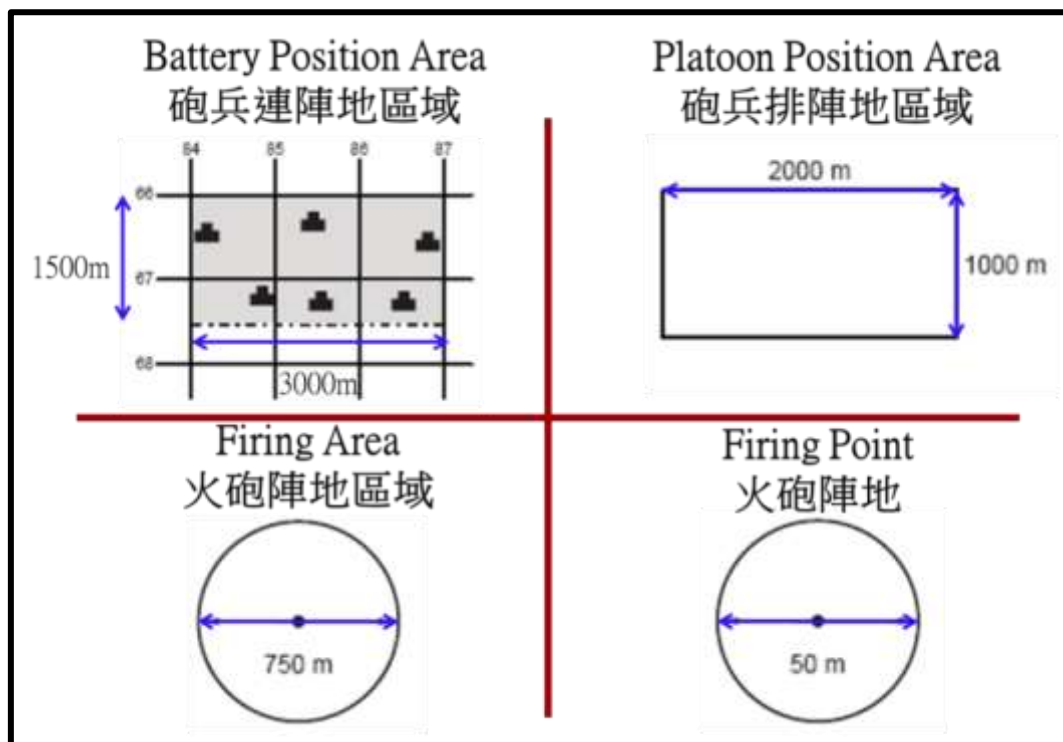
五、火炮操作：M777A2 火炮配備數據化射擊指管系統（DFCS），於火炮操作前完成各項參數建置、定位作業與系統鏈結，即可發揮精準射擊效能。於戰力防護時，可於戰力保存位置設置測站，實施火炮定位初始更新作業，後續配合各作戰階段火力支援需求，遂行火炮放列、射擊與變換，以達成火力支援任務。

¹⁵MCIP 3-16.01 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155” ,(D.C, Department of the Navy headquarter),21 September 2010,pp.2~4.



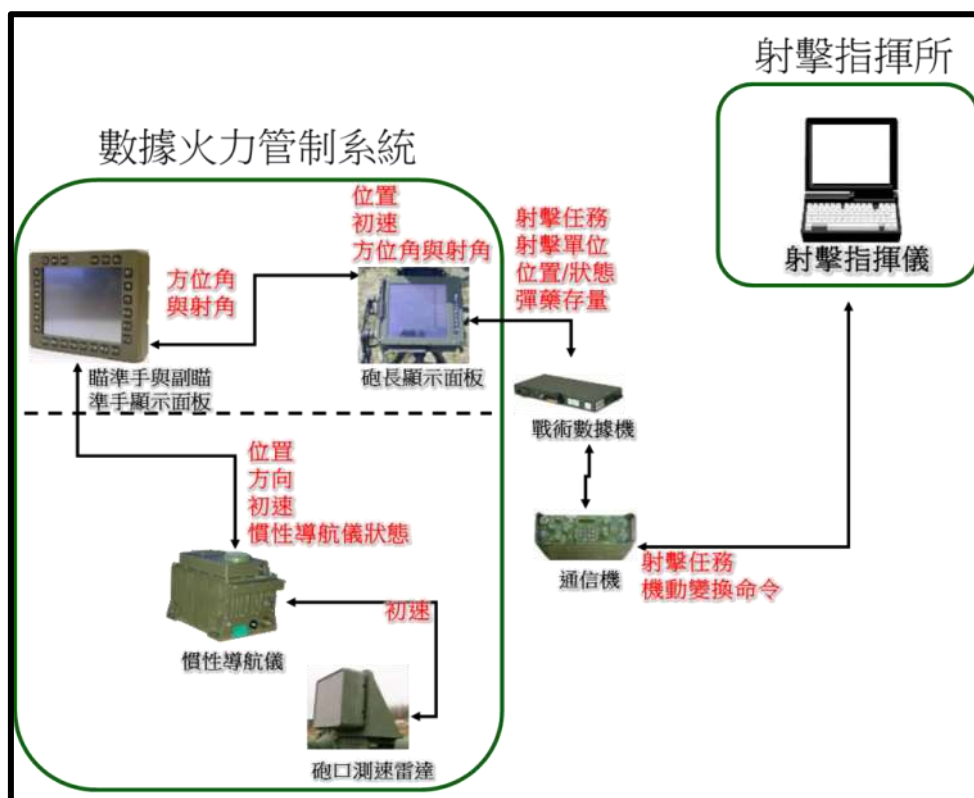
圖十 M777A2 火砲於灘岸殲敵運用規劃示意

資料來源：筆者繪圖整理



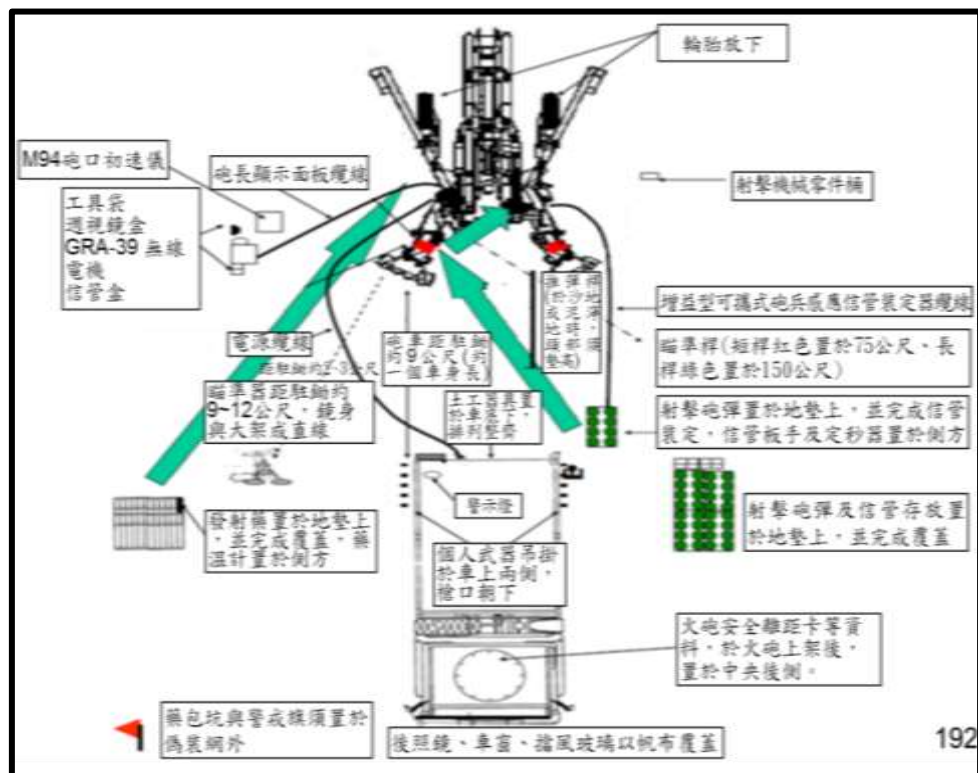
圖十一 M777A2 火砲於灘岸殲敵彈藥規劃示意

資料來源：MCIP 3-16.1 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155”, (D.C, Department of the Navy headquarter) ,21 September 2010,p.3，筆者翻譯整理。



圖十二 數據火力管制系統與射擊指揮所鏈結示意圖

資料來源：1. Kevin Browne, LINAPS – Artillery Pointing System, 貝宜公司簡報資料，13 July 2017, P.9。2. 筆者翻譯修正。



圖十三 M777A2 火砲陣地部署示意圖

資料來源：MCIP 3-16.1 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155”，(D.C, Department of the Navy headquarter)，21 September 2010,p.76，筆者翻譯整理。

結語

目前國軍砲兵於灘岸殲敵時，欠缺精準（特種）彈藥運用規劃，且忽視敵海面火力打擊效能，極有可能在敵泊換乘、泛水時，即遭敵海面火力制壓、摧毀，影響後續反擊作戰遂行。若運用 M777A2 火炮系統，可發揮防衛作戰優勢，除藉由火炮深遠射程、精準彈藥射擊能力，有效提升灘岸殲敵火力打擊能力外，另配合軍、公、民營設施與機具，在完善通資系統支援下，運用數據化射擊指管系統，減少我射擊準備時間，增加縱深兵力配置，減少砲兵部隊機動時間與暴露風險，提升 M777A2 火炮戰場存活率。

參考文獻

專書

- 一、《陸軍裝甲（機步）旅作戰教則（第一版）》（桃園：陸軍司令部，民國 102 年 11 月 29 日）。
- 二、《陸軍砲兵部隊指揮教則》（桃園：陸軍司令部，民國 106 年 11 月 21 日）
- 三、《陸軍戰場情報準備作業教範（第三版）》（桃園：陸軍司令部，民國 105 年 11 月 21 日）。
- 四、《海軍陸戰隊特戰訓練手冊》（臺北：海軍司令部，民國 106 年 9 月 30 日）。
- 五、《陸軍彈藥手冊》（桃園：陸軍總司令部，民國 91 年 9 月 2 日）。
- 六、《國軍批號彈藥勤務教範（草案）－試行驗證版》（臺北：聯合後勤司令部，民國 100 年 4 月 28 日）。
- 七、李有升，《聯合戰役學教程》（北京：軍事科學出版社，2012 年 3 月）。
- 八、ATP 3-09.23 THE FIELD ARTILLERY CANNON BATTALION, (Department of the Army, Washington, DC , 24 September 2015)
- 九、FM 3.09-50 TACTICS, TECHNIQUES, and PROCEDURES for THE FIELD ARTILLERY HOWITZER BATTERY (DRAFT) , (Department of the Army, Washington, DC , 17 September 2004)
- 十、FM 6-20 “FIRE SUPPORT IN THE AIRLAND BATTLE” (Department of the Army, Washington, DC , 17 May 1988)
- 十一、MCIP 3-16.01 “Tactics, Techniques, and Procedures for Lightweight 155” ,(D.C, Department of the Navy headquarter) ,21 September 2010
- 十二、TM 8000-10/1D PRINCIPAL TECHNICAL CHARACTERISTICS OF U.S. MARINE CORPS ORDNANCE EQUIPMENT, MARINE CORPS SYSTEMS COMMAND Quantico, VA, April 2010
- 十三、ST 3-09.71 “Lightweight 155mm Howitzer (LW155) Tactics, Techniques and Procedures” (DRAFT) , (Fort Sill, OK, October January 2009)

期刊論文

- 一、李志虎，〈作戰區聯合泊地攻擊火力運用與整合之研究〉《陸軍砲訓部 103 年度戰法研究》。
- 二、蔡和順，〈剖析共軍聯合登陸戰役〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 48 卷第 525 期，陸軍教準部，2012 年 10 月。
- 三、鍾圳宸，〈中共偵察打擊一體化無人飛行載具之研究〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 52 卷第 546 期，陸軍教準部，2016 年 4 月。
- 四、林煒，〈基於 SD 的兩棲坦克連水上火力支援行動分析〉《火力與指揮控制》（北京：北方自動控制研究所，2012 年 2 月）。
- 五、Andrew Philip Hunter, Gregory Sanders, Samantha Cohen, Designing and Managing Successful International Joint Development Programs, Prepared for the Naval Postgraduate School, Monterey ,CA 93943
- 六、“Setting the pace for expeditionary precision fires in an immature theater” ,（OK, Fort Sill : Fires ,November- December 2016）
- 七、Maj. Charles M. Knoll, Capt. Anthony R. Padlino, Capt. Michael F. Dunn, and 1st Lt. William C. Fleshman, “Setting the pace for expeditionary precision fires in an immature theater” ,（OK, Fort Sill : Fires ,November- December 2016）

三、網際網路

- 一、維基百科，https://en.m.wikipedia.org/wiki/Bofors_155_Bonus，檢索時間：民國 107 年 3 月 21 日。
- 二、新浪博客，<http://blog.sina.com.cn/s/blog48fc29af0100neai.html>，檢索時間：民國 107 年 3 月 21 日。
- 三、Army Technology, <http://www.army-technology.com/projects/ufh>，檢索時間：民國 107 年 3 月 21 日。
- 四、Military Today ,www.military-today.com/artillery/m777.htm，檢索時間：民國 107 年 3 月 21 日。

其它

- 一、陸軍作戰要綱書稿，104 年 2 月 24 日陸軍參謀學院提報資料。
- 二、「灘岸殲敵」戰力之運用，106 年 12 月國軍「濱海決勝、灘岸殲敵」聯合防衛作戰構想戰術戰法研討會。
- 三、野戰砲兵旅、營簡介（Field Artillery Fire Brigade and Battalion Overview），美軍野砲高級班上課投影片。
- 四、Kevin Browne, LINAPS – Artillery Pointing System, 貝宜公司簡報資料，13 July 2017。

- 五、M777 155mm lightweight artillery System, BAE 簡報資料,民國 106 年 7 月。
- 六、” PGK and the Impact of Affordable Precision on the Fires Mission” , 43rd Annual Guns & Missiles Symposium, New Orleans, LA, April 21 - 24, 2008
- 七、Development and Fielding of the Excalibur, 43rdAnnual Armament Systems: Guns & Missile Systems Conference & Exhibition, New Orleans, LA, April 21 - 24, 2008
- 八、M777 155mm Lightweight Howitzer- Questions - July 2017, BAE 簡報資料。
- 九、Harvey I. Goldman, LW 155 Howitzer Towed Artillery Digitization, 12 June 2007

作者簡介

蔡正章中校，陸軍官校 89 年班，砲校正規班 188 期，美砲校高級班 2009 年班，陸軍學院 102 年班，陸軍學院戰研班 103 年班，歷任排長、副連長、連長、連絡官、教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部戰術教官組。

跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究－ 以美軍為例

作者：耿國慶

提要

- 一、砲兵早期因遷就科技條件與各「專業」（測地、射向賦予、觀測）間需求差異有限，致選擇功能廣泛、用途多元與補保容易之「方向盤」，達成「單一裝備」滿足「多數專業」之目的。時至今日，科技條件、戰場環境與專業需求等與半世紀前差異甚大，傳統型式「方向盤」已優勢不再，勢將由數位（自動）化之「新式系統」取代。
- 二、美軍自 1960 年採用 M2（含 M2A2）方向盤，取代 M1 方向盤，至 1991 年全軍總數高達 2,290 套。¹「沙漠風暴」後，美軍開始檢討「M2 方向盤」適應性，除測地已納編「定位定向系統」（PADS）外，並計畫 1995 年起區分五年期程換裝「火砲射向賦予與定位系統」（GLPS），率先跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標，其成效已通過戰場考驗。
- 三、國軍砲兵於民國 66 年將 M1 換裝為 M2 方向盤後，遂行長達 40 年之砲兵連測地與射向賦予作業，即使已藉由翻修改善現況，仍無法滿足當前作戰需求。筆者建議可借鏡美軍研發思維與經驗，將砲兵連測量班、戰砲排分別換裝符合「數位化」（自動化）條件之「全測站經緯儀」、新式「射向賦予系統」，俾能符合個別專業之特殊需求，提升砲兵戰力。

關鍵詞：M2 方向盤、火砲射向賦予與定位系統（GLPS）、全測站經緯儀、射向賦予系統

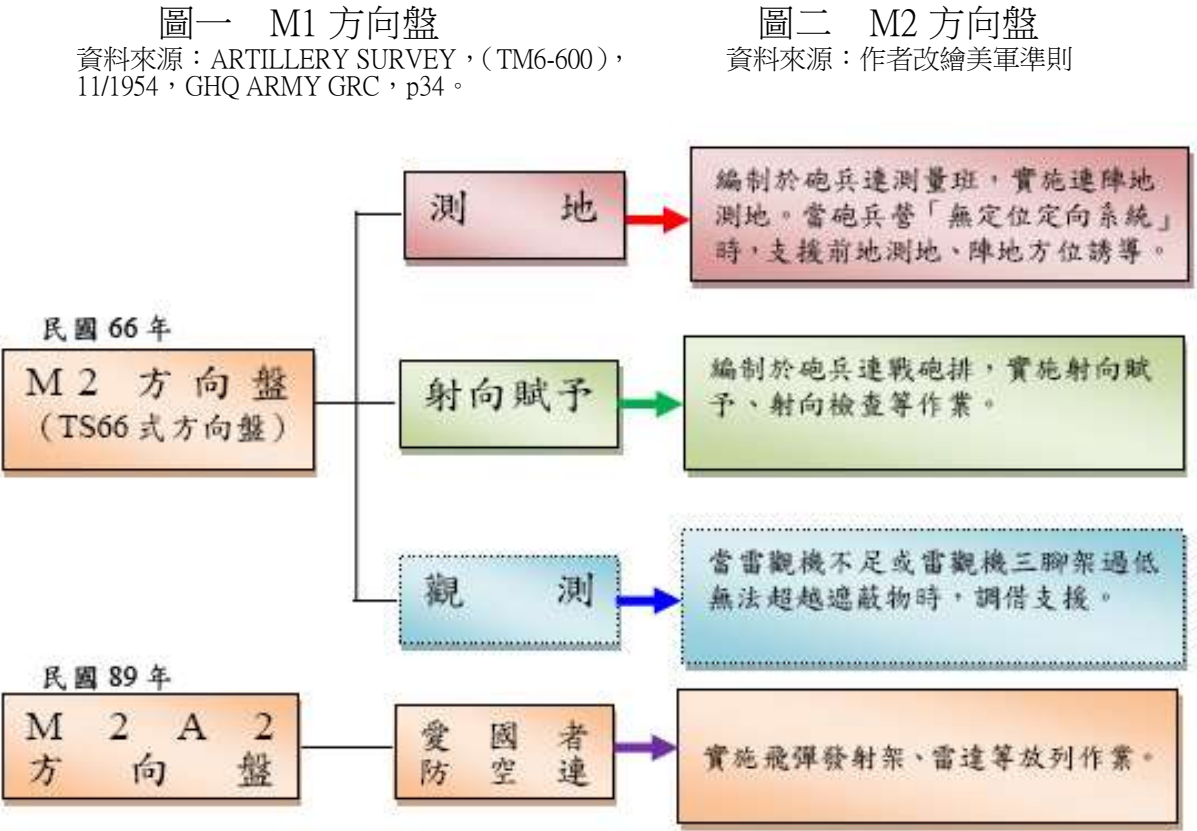
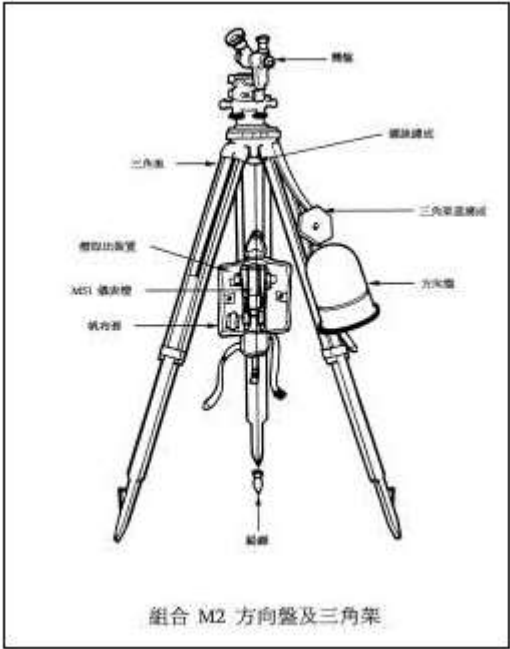
前言

自 1950 年起，「方向盤」（aiming circle）即為砲兵連測地、射向賦予為主，觀測為輔之制式裝備。「方向盤」在砲兵長達半世紀的服役中，即使經歷科技蛻變、戰爭轉型與火砲數次世代交替，仍無改變其重要地位。直至第一次波灣戰後（1991 年）檢討，美軍發現 M2 方向盤結構老舊且功能有限，已無法滿足現階段作戰需求，亟需換裝新式系統，以解決戰場上日益升高之定位與定向問題。因此相繼換裝新一代的「測地」與「射向賦予」系統，率先跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」（自動化）目標，且獲得具體成效。

國軍砲兵與美軍相似，早期使用 M1 方向盤（如圖一），民國 66 年後換裝

¹ “The Army Positioning & Navigation Master Plan,” (Washington DC: United States Army Combined Arms Combat Developments Activity, 9/1990), Table 3B。

M2 方向盤（如圖二），遂行長達 40 年之砲兵連測地與射向賦予作業（如表一），即使目前藉由翻修改善老舊現況，仍無法滿足當前「數位化」（自動化）戰場需求。未來是否仍繼續使用「方向盤」系列產品？或換裝符合專業需求之新式系統？誠宜審慎規劃，以符實需。



表一 國軍砲兵目前 M2（M2A2）方向盤運用範圍
資料來源：作者自製

M2 方向盤現況檢討

M2 方向盤外觀與測量「經緯儀」相似，可用於測量水平、高低（俯仰）與方位角，加裝濾光鏡後可對太陽觀測實施「天體觀測」（Astronomy observations，即天文定向）。砲兵早期因遷就科技條件與各專業（測地、射向賦予、觀測）間需求差異有限，致選擇功能廣泛、用途多元與補保容易之「方向盤」，達成「單一裝備」滿足「多數專業」之目的。時至今日，科技條件、戰場環境與專業需求等與半世紀前差異甚大，傳統型式之方向盤已優勢不再，被新式系統取代為必然趨勢。M2 方向盤現況檢討如下。

一、定向精度不佳：M2 方向盤定向係以「磁針」為主，「天體觀測」為輔。惟兩種定向方式所得之「方格方位角」，精度有限。

（一）磁針定向：M2 方向盤設置磁針，作為定向與測方位角使用。惟磁針以磁北為基準，須利用「磁針方格偏差常數」（Declination constant，簡稱磁偏常數）將「磁方位角」修正為「方格方位角」（如圖三），方可提供砲兵使用。因磁北變異甚劇且影響磁針精度之因素甚多，如未與影響磁針之物體保持安全距離或磁針生鏽、磁性異常、「均重」²（Counter weight）不當、樞軸磨損，以及未實施「磁偏校正」（Declination）或磁偏校正站資料誤差等，皆可能導致測地「定向」或「方位角法」射向賦予精度不佳。

（二）天體觀測：M2 方向盤利用天體觀測定向時，不僅易受天候與光害限制、作業繁瑣，且須經「方格偏差修正」將「正方位角」修正為「方格方位角」，致甚少使用。

二、望遠鏡倍率不足：M2 系列方向盤之望遠鏡倍率僅 4 倍，視界僅 10 度（約 180 密位），除無法調整焦距外，反覘體亦不明顯。當測地時測站過遠，或射向賦予時陣地幅員寬廣、各砲間隔縱深過大、天色較暗時，即測角或覘視（標定）困難，造成測地與射向賦予不便。

三、無法測距：測地須獲得測站間精確距離求算座標、標高，戰砲排則須測取「砲遮距離」作為陣地射擊準備。因 M2 方向盤無法測距，測地須藉捲尺量距，陣地「砲遮距離」則由採目測、圖上量取方式決定，不僅影響測地速度與精度，易影響最小射角計算之結果。

四、缺乏數位化條件：就當前科技發展要件觀察，「數位化」為「自動化」之必要條件。惟 M2 方向盤採傳統「機械式」設計，不僅無法自動計算「測地成果」或射向賦予、測定砲位，亦缺乏資料儲存與傳輸功能，影響作業時效。

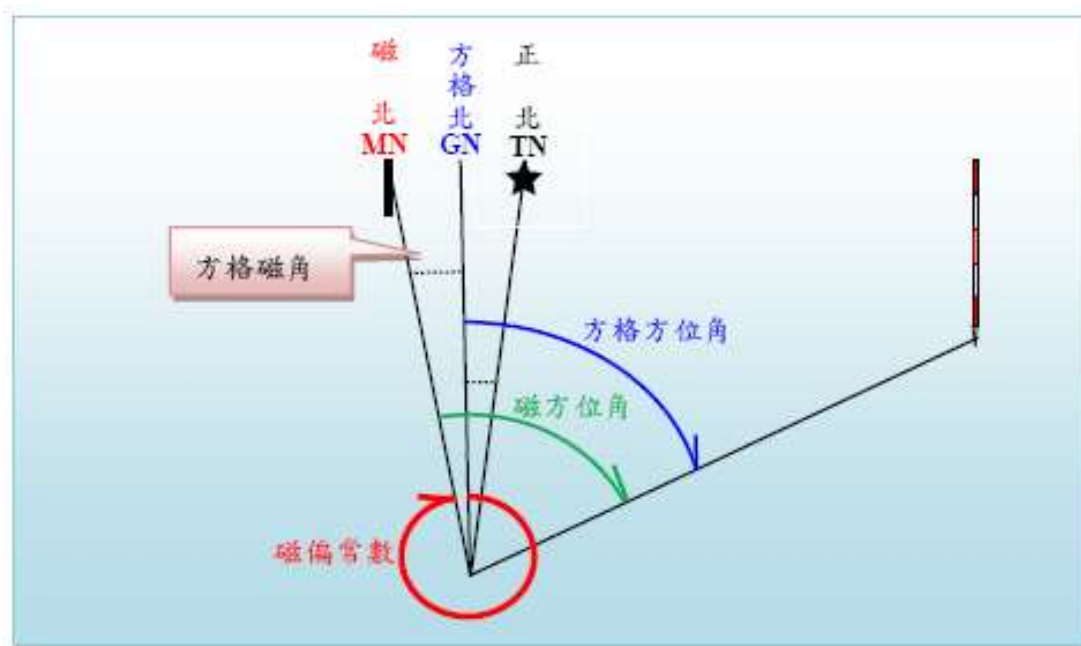
² 磁針因受地球磁極之吸引，即使磁針被樞軸支承重心，但仍向較近之地球磁極下傾，使磁針無法居於水平位置，而形成約與緯度成正比之磁傾角。為使磁針水平，須於下傾之他端繞以銅絲，稱「日均重」。出自：江儀助，測量學，頁 207-208。

五、夜間操作困難：M2 方向盤夜間照明裝置使用傳統燈泡與 BA30 電池（1 號電池）×2，由「標線燈」照明望遠鏡內標線分劃，「指燈」則照明反規體、磁針歸北、看讀方向、高低分劃與錘球定心等。當夜間測地與射向賦予時不僅使用不便，亦因反規體不明顯（體積過小、高度不足且無法自行發光），造成標定、判讀分劃與反規困難。

六、分劃設計不夠精密：M2 方向盤之方向、高低分劃設計皆為 1 密位（最小可看讀至 0.5 密位），因精密度較低，就砲兵連測地而言，測量班甚難於時限（1 小時內）建立符合：座標 $>1/500$ 、方位角 ± 2 密位精度要求之測地成果。就射向賦予而言：民國 72 年後獲得之 M110A2、M109A2、M109A5 式自走砲，其「瞄準具」（週視鏡）之方向分劃最小可裝定至 0.25 密位，惟 M2 方向盤僅可顯示至 1 密位，因兩者差距甚大，影響射向賦予作業配合度與精度。

七、機械度盤容易空迴：M2 方向盤為光學機械式設計，因考量不影響磁針定向精度，分劃度盤採較易磨損之銅質「精密齒輪」（如圖四）。當長期使用或操作不當時（如未將方向補助分劃歸零，即大方向轉動本分劃），易使齒輪不正常磨損而導致空迴，將影響連測地與射向賦予精度。

八、氣泡膨脹影響精度：M2 方向盤計有「管形水準氣泡」×2，規格須小於左、右三條刻劃。惟「管形水準氣泡」無洩壓設計，當長期曝曬陽光或環境溫度變化過大時容易膨脹，其大小目前均到達左、右三條刻劃中間的長刻劃（99、100 年翻修時並未全數換新），已逐漸影響器材水平與測高低角之精度。如水準氣泡大於左、右三條刻劃最外面之短刻劃時，將嚴重影響作業精度（如圖五）。

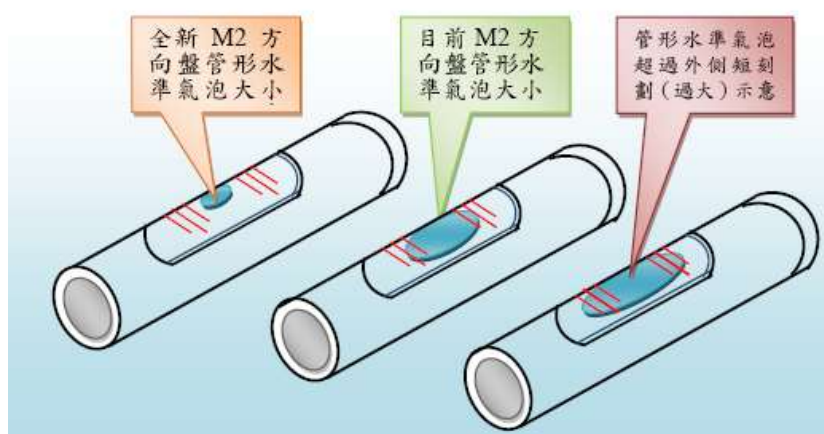


圖三 方格北與磁北關係示意

資料來源：作者自製



圖四 M2 方向盤分割度盤之銅質「精密齒輪」
資料來源：作者自製



圖五 M2 方向盤管形水準氣泡規格比較
資料來源：作者自製

美軍砲兵研發實例

自二次世界大戰起，砲兵遷就科技條件與考量各專業間差異有限，選擇具備功能涵蓋廣泛、用途多元且補保容易條件之傳統「方向盤」(M1、M2、M2A2 型式)，作為砲兵測地、射向賦予與觀測裝備。至 90 年代後，在科技蛻變、戰爭轉型與新式火炮需求改變衝擊下，美軍體認「數位化」(自動化)重要性與「單一裝備」無法滿足砲兵「多數專業」特殊需求之現實，致傳統方向盤之重要性明顯改變，將由其他「目標陸軍裝備」(Objective Army Requirements, OAR)取代。³就美軍砲兵為例，測地、射向賦予、觀測等專業，已逐漸回歸專業本質，納編符合專業需求、數位(自動)化、增大戰場存活力、精簡人力、提升效率與射擊精度之裝備。

³ Mr.Jeff Froyland and CW4 Scott Prochniak, "Training and Doctrine Command Capability Manager-Fires Brigade," Fires 2013 March-April (Fires Seminar 2013), p42-43.

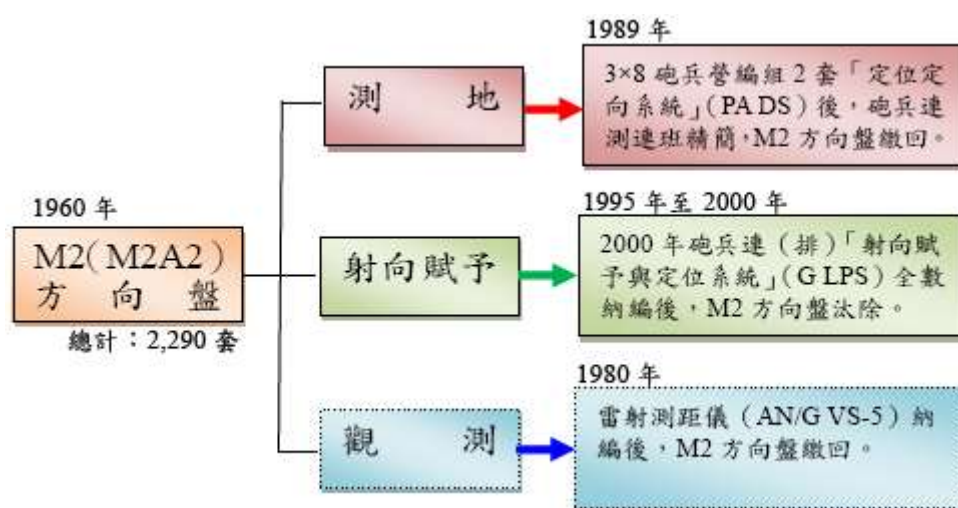
美軍無疑為全球少數擁有科技創造能力與強大財力，可依據實際需求研發所望戰具與戰法之部隊，鑒於現階段對抗各種不明確威脅與反恐、反叛亂之兵力投射戰略，對聯合火力支援需求迫切，陸軍部分則積極發展野戰砲兵戰力，其測地與射向賦予跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研發思維與經驗（如表二），可供國軍參考。

一、砲兵連測地

1981 年美軍為提升砲兵營（含）以上層級之測地能力，已開始納編「定位定向系統」（Position Azimuth Determining System，PADS）。⁴至 90 年代，美軍開始採用「每營三個連、每連八門砲、區分兩個戰砲排」（簡稱 3×8）取代原本 3×6 編組方式，俾增大火力運用彈性、提高戰場存活力、殺傷力與後勤整補速度。⁵惟此舉測地作業量將增至 2 倍（3×8 較 3×6 增加 3 個排陣地中心）以上，須將營部連測量班增編為：「定位定向系統」（PADS）組×2、測量組×1（編制：T16 經緯儀、SEDME-MR 中距離測距儀、SIAGL 定向陀螺儀），負責各砲兵連之戰砲排、目標獲得設施之測地作業（如表三）。⁶各砲兵連測量班則同時精簡編組，M2 方向盤辦理繳回。

當砲兵營測地作業由原本的「勞力密集」，轉變為「裝備與技術密集」型態後，已可充分涵蓋砲兵連原使用 M2 方向盤執行之測地任務（裝備性能比較，如表四）故可精簡連測量班，將員額轉用其他編組。如有其他應急定位、定向需求，則可由戰砲排 1995 年後編配之「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）支援。

表二 美軍跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之歷程



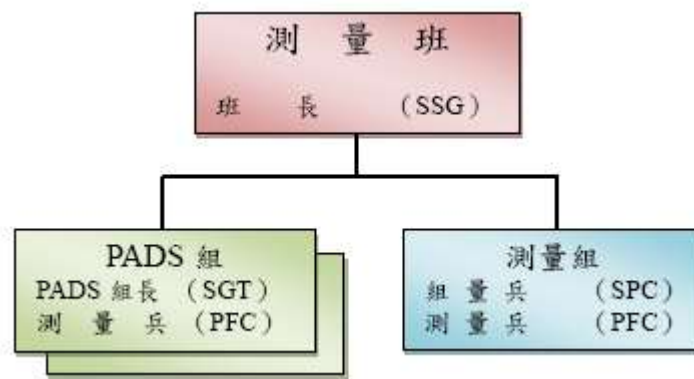
資料來源：作者自製

⁴ 美軍於 1981 年納編 PADS（AN/USQ-70），2005 年換裝 IPADS。

⁵ Col John M. Pickler MAJ P. Gay, “3x8 FA BATTALION” Artillery 2/1989, p32。

⁶ “Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)” , (Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993), p1-7。

表三 美軍 3×8 砲兵營測量班編組



資料來源：“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”，
(Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993)，p1-7。

表四 美軍砲兵連 M2 方向盤與砲兵營測量班裝備性能比較

區分 作業項目	砲 兵 連	砲 兵 營 測 量 班			
	M 2 方 向 盤	SIAGL 陀螺儀	T 1 6 經緯儀	SEDME - MR 中距離測距儀	P A D S 定位定向系統
定 向 方 式	1.磁針定向 2.天體觀測	陀螺儀 定 向	天 體 觀 測		1.方位地線 2.方位轉換鏡
定 向 精 度	>±20 [˚]	<±0.4 [˚]	<±0.15 [˚]		<±0.4 [˚] （密位）
定 位 能 力			✓	✓	✓
測 距 能 力				✓	✓
望 遠 鏡 倍 率	4 倍	10 倍	30 倍		
計 算 砲 位			✓	✓	✓
測 角 精 度	±0.5 [˚]	±0.001 [˚]	±0.1 [˚]		
資 料 儲 存					✓
夜間作業能力	Δ	✓	✓	✓	✓
附 記	一、M2 方向盤為磁針定向精度。 二、SIAGL 陀螺儀定向精度視緯度而定，緯度越高則精度越差。 三、/表示無此項能力。✓表示具備能力且實施便利。 四、Δ表示可實施惟便利性不足。				

資料來源：作者自製

二、射向賦予

美軍於 1991 年波灣戰爭期間，美軍仍使用 M2 (M2A2)「方向盤」作為砲兵射向賦予之主要裝備 (如圖六)。1995 年決定採用「火炮射向賦予與定位系統」 (Gun Laying and Positioning System, GLPS)，計畫區分五年期程採購 717 套，預定 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。未來每個六門砲之砲兵連或四門砲之砲兵排皆可配賦乙套 GLPS (如圖七)⁷，可有效解決戰場

⁷ Mark Hewish and Rupert Pengelley, “Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and

上日益升高之定位、定向問題。GLPS 為瑞士「萊卡」(LEICA)工業技術公司製造，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，堪稱先進且全功能之系統。

(一)系統組成：GLPS 為模組化設計，可視使用者之特定需求組合構型。系統通常包括 SKK3-08 指北陀螺儀、T502S 電子經緯儀、MRF-2000-2 模組測距儀(如圖八)、PLGR 接收機、SZ19 觇標桿、電池組、SST90 三腳架、攜行箱與附件等。重要組成之構造與特性，分述如後。

1. SKK3-08 指北陀螺儀：為慣性系統，不受「電磁干擾」，可於 3.5 分鐘完成定向作業，在南、北緯 65 度之間地區，可提供 0.2 密位(公算偏差，PE)精度之方位角；南、北緯 65 - 75 度之間地區，則為 0.3 密位(PE)。

2. T502S 電子經緯儀：為電子式結構，使用電子氣泡定平，具備測量水平角、高低角與整合全部系統能力(如使用介面、中央處理等)。包括 MRF-2000-2 模組測距儀、SZ19 觇標桿等，皆安裝於 T502S 電子經緯儀上。

3. MRF-2000-2 模組測距儀：由 T502S 電子經緯儀之望遠鏡光軸發射雷射，測距能力可達 2 公里以上，精度為 ± 1 公尺。MRF-2000-2 模組測距儀為非危險性之「I 級護眼雷射」(Class I eye-safe Laser)，符合 1993 年「美國國家標準協會」(ANSI)所定之 Z136.1 雷射使用安全標準(ANSI Z136.1)。⁸

4. PLGR 接收機：為體積小、重量輕、可手持操作，具「反欺騙」(Anti-Spoofing, A-S)能力，機體結構堅固、防震、防水之 GPS 接收機(裝備程式 AN/PSN-11)。區分為「標準定位服務」(Standard Positioning Service, SPS)與「精確定位服務」(Precise Positioning Service, PPS)兩種機型，平均定位精度為座標 10 公尺(圓形公算偏差，CEP)、標高 10 公尺(PE)，可與 GLPS 連線使用。

(二)系統功能：「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)與「M2 方向盤」比較，具備精度高、功能完整與數位化條件等優點(如表五)。其功能分述如下。

1. 快速定位：GLPS 通常整置於戰砲排陣地「選擇點」，可使用 GPS 與「一點反交會」兩種方式決定「選擇點」(系統)位置，系統將顯示該點之「1984 年世界大地系統」(WGS-84)UTM 方格座標。

(1) GPS 定位：由連線之 PLGR 直接傳輸「選擇點」(系統)所在位置之座標、標高，至系統之 T502S 電子經緯儀。

(2) 一點反交會：A.輸入適當且可確認之已知點座標、標高。B.測定「選擇點」(系統)至已知點方位角、距離與高低角，再由系統自動計算「反交會點」(選擇點或系統)位置。C.儲存「選擇點」(系統)位置資料。

positioning”，Janes International Defense Review, 5/1997, p46-47。

⁸廖偉民，《光電及雷射概論》(亞東書局，民國 77 年 8 月 2 版)，頁 269-278。

2.精確射向賦予與測定砲位：(1) SKK3-08 指北陀螺儀完成指北，並於 T502S 電子經緯儀輸入「射擊指揮所」通報之「砲檢（目）方位角」。(2) T502S 電子經緯儀之望遠鏡標定火炮瞄準具，測定至火炮之方位角、距離與高低角，並宣讀火炮射向賦予「方向」。(3) T502S 電子經緯儀自動計算砲位，並儲存砲位座標、標高。

3.測定砲遮距離：T502S 電子經緯儀之望遠鏡直接瞄準遮蔽物或瞄準背立於遮蔽物上之砲手，以 MRF-2000-2 模組測距儀精確測定「砲遮距離」。



圖六 1991 年波灣戰爭期間美軍第 18 空降軍砲兵使用 M2 方向盤射向賦予
資料來源：“Artillery NCOs in Action……Command Sergeants Major Reports”，(Field Artillery, 11/1991)，p47。



圖七 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：Gun Laying and Positioning System (GLPS). Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002.



SKK3-08 指北陀螺儀

T502S 電子經緯儀

圖八 GLPS 之 SKK3-08 指北陀螺儀、T502S 電子經緯儀（含 MRF-2000-2 模組測距儀、SZ19 觇標桿）

資料來源：Gun Laying and Positioning System (GLPS) .Leica Geosystems AG Defense & Special Projects.9/2002.

表五 M2 方向盤與「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS) 性能比較

項目 \ 區分	M 2 (M 2 A 2) 方 向 盤	火炮射向賦予與定位系統 (G L P S)
製 造 公 司		瑞 士 萊 卡 (L E I C A)
重 量	<10 公斤	<28 公斤
系 統 (裝 備) 組 成	1.本體 2.三腳架 3. 附件 (零件包)	1.SKK3-08 指北陀螺儀 2.T502S 經緯儀 3.MRF-2000-2 模組測距儀 4.PLGR 接收機 5.SZ19 觇標柱 6.電池組 7.SST90 三腳架 8.攜行箱、附件
定 向 精 度	>±20 密位	<±0.2 密位 (南、北緯 65 度間)
定 向 時 間	2 分鐘	<210 秒
望 遠 鏡 倍 率	4 倍	10 倍
測 角 精 度	±0.5 密位	±0.1 密位
測 距 能 力		30—2,500 公尺
測 距 精 度		±1 公尺
定 位 (座 標) 精 度		1.視 GPS 性能而定 ★ 2.反交會法±3 公尺
電 池 能 量	僅供夜間操作	20 次作業
儲 存 資 料	無	28 點
備 考	PLGR 區分為 SPS 與 PPS 兩種機型,PPS 可使用 C/A 碼與加密 P (Y) 碼,精度較高;SPS 僅使用 C/A 碼,則精度較差,通常平均定位精度為 10 公尺 (CEP)。 ⁹	

資料來源：作者自製

國軍未來規劃建議

國軍使用 M2 方向盤已逾 40 年，其結構與性能已不符「數位化」(自動化)條件，亦無法滿足連測地與射向賦予之個別專業需求，尤其未來砲兵將規劃火砲性能提升與精準彈藥射擊，相關裝備宜前瞻任務同步更新，以符實需。前述美軍跨越「方向盤」，邁向「數位化」之作為與經驗，可供國軍規劃連測地與射向賦予裝備參考(如表六、七)。相關建議，分述如後。

一、連測地裝備提升為「全測站經緯儀」：自「精進案」後，國軍砲兵已採用與美軍相同之 3x8 砲兵營編組，惟營部連測量班仍維持原來定位定向系統組 x1、測量組 x1 (7 人) 編制，實無法滿足倍增之測地需求。基此，砲兵連測量班 (4 人) 依需要將支援砲兵營測地，無法比照美軍精簡，且不宜再使用效率較低的 M2 方向盤，建議換裝「全測站經緯儀」(Electronic total station)，將可符合編制條件，且提升測地速度與精度(如表八)。相關理由分述如後。

(一)就裝備條件而言：就「測繪學辭典」解釋：「全測站經緯儀」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，⁹國軍砲兵目前使用之蔡司 Rec Elta-13、徠卡 TPS700 測距經緯儀皆屬「全測站經緯儀」。「全測站經緯儀」包括測角系統、測距系統、電源、數據處理、通信介面、顯示屏、鍵盤等部分，較傳統方向盤功能多元、完整，砲兵連測量班可就任務，選擇倍率、測距能力、測角精度較現行砲兵營使用「測距經緯儀」差，價格較低之機種，將可獲較大效益。

(二)就作業編組而言：砲兵連測量班(班長、測量士、測量兵 x2，合計 4 人)，目前使用 M2 方向盤(導線測量標準編組 6 人)，須採缺員 (2 人) 操作或由連上抽調餘員支援，並準備多數標竿始可遂行。如採「全測站經緯儀」時(導線測量標準編組 5 人)，作業編組僅缺 1 人，由班長兼任紀錄手即可作業，較符合編制條件。

(三)就整體效益而言：通常 M2 方向盤測地速度為每小時 1 公里、精度為 1/500，當陌生地形或不良天候狀況下，速度更慢。「全測站經緯儀」測地速度為每小時 2 公里、精度為 1/1,000，不僅連單獨執行任務時，可增進測地速度與精度；即使營全部測地時(不論有、無「定位定向系統」作業型態)，皆可適切支援，俾減輕營部連測地負荷，確保測地任務達成。

二、戰砲排換裝新式「射向賦予系統」：除美軍所使用之 GLPS 外，數種新式「射向賦予系統」已使用於先進國家砲兵，均具備優異性能，符合當前戰砲排迫切需求之定位、定向、砲位計算、射向賦予、射向檢查、陣地準備作業等

⁹ 國家教育研究院「雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網」(2003 年 10 月)，網址 <http://terms.naer.edu.tw>。

功能，可獲致 M2 方向盤更大之效益。相關理由分述如後。

（一）就未來新式火炮相容性而言：國軍砲兵戰力提升區分為「現有 M109A2、M109A5 式自走砲性能提升」與「採購新式火炮取代其他舊型牽引砲」兩大方向，而未來射向賦予所使用之裝備，應前瞻與新式或性能提升後之火砲系統相容性。如規劃未來使用 M777 系列 155 榴牽引砲，¹⁰則傳統方向盤已無法配合，採用新式「射向賦予系統」為必然趨勢。

（二）就戰場存活力而言：砲兵在戰場主要威脅來自「空中」與「反火力戰」。美軍依據「伊拉克自由作戰」（OIF）經驗：當反砲（迫砲）雷達「偵測目標」至「反火力戰射擊」全部流程僅需 6 分 37 秒（如圖九），¹¹以「料敵從寬」思維模式，敵亦可能具備相同能力。因此準則中明確律定 M109A6 自走砲在中、高度威脅環境之「存活運動」（Survivability Movement）策略，除須採機動與分散部署，且在射擊區內須實施 300-500 公尺之存活運動，藉以脫離反火力戰威脅。¹²至於「非」M109A6 自走砲單位，無法自行定位、定向，惟有藉「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）特殊性能，達成存活運動之目的。即使測地無法及時支援，戰砲排仍可自行確定砲位與射向賦予。

（三）就精準彈藥射擊需求而言：「精準導引武器」係運用尋標（感測）器偵測自目標（參考點）反射之電磁能量或「相關科技」比對，經過處理程序後，使之導引目標之武器。¹³惟目前精準彈藥多採 GPS 方式導引，須輸入「發射點」與目標（參考點）位置，當砲彈發射後，利用彈頭內 GPS 即時定位資料持續比對與目標關係，並適時修正彈道方位與姿態，將砲彈導引至目標。基此，射擊精準彈藥須由火炮內建或外部輸入位置資料，因新式「射向賦予系統」可測量各砲精確位置，符合射擊精準彈藥需求。

（四）就實際效益而言：1995 年「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）與以色列 TAMAN「定北/射向賦予系統」（North Finding System / Gunlaying and Positioning System, NFS/GLS）共同參與美國砲校舉辦之技術性能測試（NFS/GLS，如圖十），經審慎評估後美軍決定採用 GLPS，¹⁴其評估效益為：增取作戰時效、提升反應能力、增大戰場存活力、有效替代 PADS、適切精簡兵力、因應「過渡

¹⁰王世彰，〈從世界各國火炮發展探討陸軍砲兵部隊未來發展〉《砲兵季刊》（臺南），175 期，砲訓部，民國 104 年第 4 季，頁 17。

¹¹耿國慶，〈美軍伊拉克自由作戰（OIF）反火力戰之目標獲得作為簡介〉《砲兵季刊》（臺南），第 137 期，砲訓部，民國 96 年第 2 季，頁 19-20。

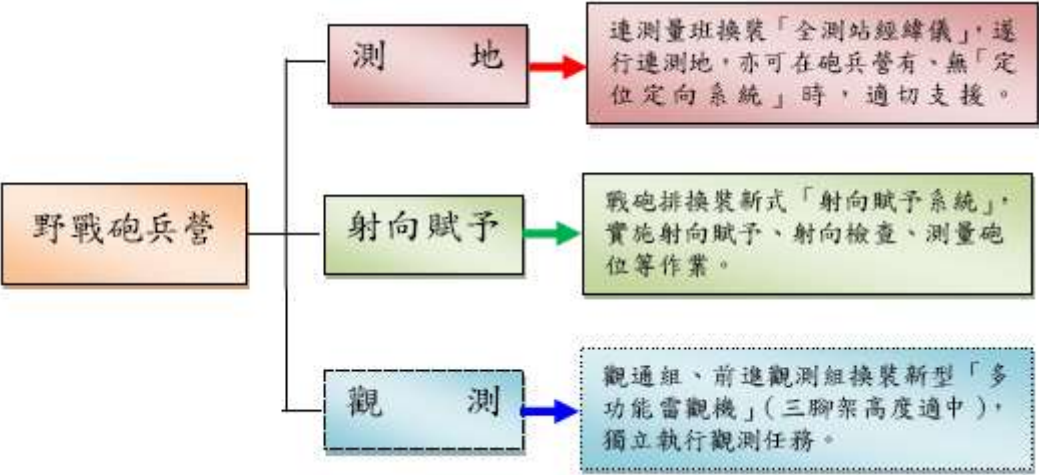
¹²彭勳章、張晉銘，〈從美軍準則研究 M109A6 自走砲之運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 127 期，砲訓部，民國 93 年第 3 季，頁 28。

¹³《國軍軍語辭典—92 年修訂本》（臺北市：國防部，民國 93 年 3 月），頁 10-9。

¹⁴耿國慶，〈析論美軍砲兵「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）〉《砲兵季刊》（臺南），第 135 期，砲訓部，民國 95 年第 4 季，頁 04-6。

階段」(M109A2 提升為 A6 式自走砲)、節約維修預算等七點。¹⁵部分效益符合國軍需求，可供參考。

表六 國軍未來砲兵連測地與射向賦予裝備規劃構想



資料來源：作者自製

表七 國軍未來砲兵連測地與射向賦予裝備性能需求擬案

需求 項目	區分	連	測	地	射	向	賦	予
定向能力 與 精 度		陀螺儀：≤±1 密位（PE） 或數位指北針：≤±9 密位			陀螺儀：≤±1 密位（PE） 或數位指北針：≤±9 密位			
定位能力		GPS：≤±10 公尺（CEP） 一點反交會：≤±10 公尺			GPS：≤±10 公尺（CEP） 一點反交會：≤±10 公尺			
測距能力		紅外線：≥1000 公尺 雷射：≥500 公尺			雷射：≥2000 公尺 （測量砲遮距離使用）			
測距精度		<±（3mm+Dx2ppm）			<±2 公尺			
望遠鏡倍率		≤±30 倍			≥±10 倍			
射向賦予作業		不需要			需要			
計算砲位		需要			需要			
測角精度		≥±0.1 密位或≤±10 秒			≥±0.25 密位			
資料儲存容量		>90 點			>30 點			
夜間作業能力		需要			需要			
反覘體裝置		不需要			需要（供火砲反覘使用）			
重量（全套）		<20 公斤			<25 公斤			
附 記		一、定向方式為裝備價格決定之主要因素，「陀螺儀」較「數位指北針」之價格高出數十倍。 二、望遠鏡倍率、測距能力與精度、測角精度等為價格次要決定因素。 三、戰砲排測量「砲遮距離」無法設置反射稜鏡，僅可採用雷射測距。 四、「全測站經緯儀」為現貨市場之民規，通常<30 萬元；「射向賦予系統」則為軍規，價格較高。						

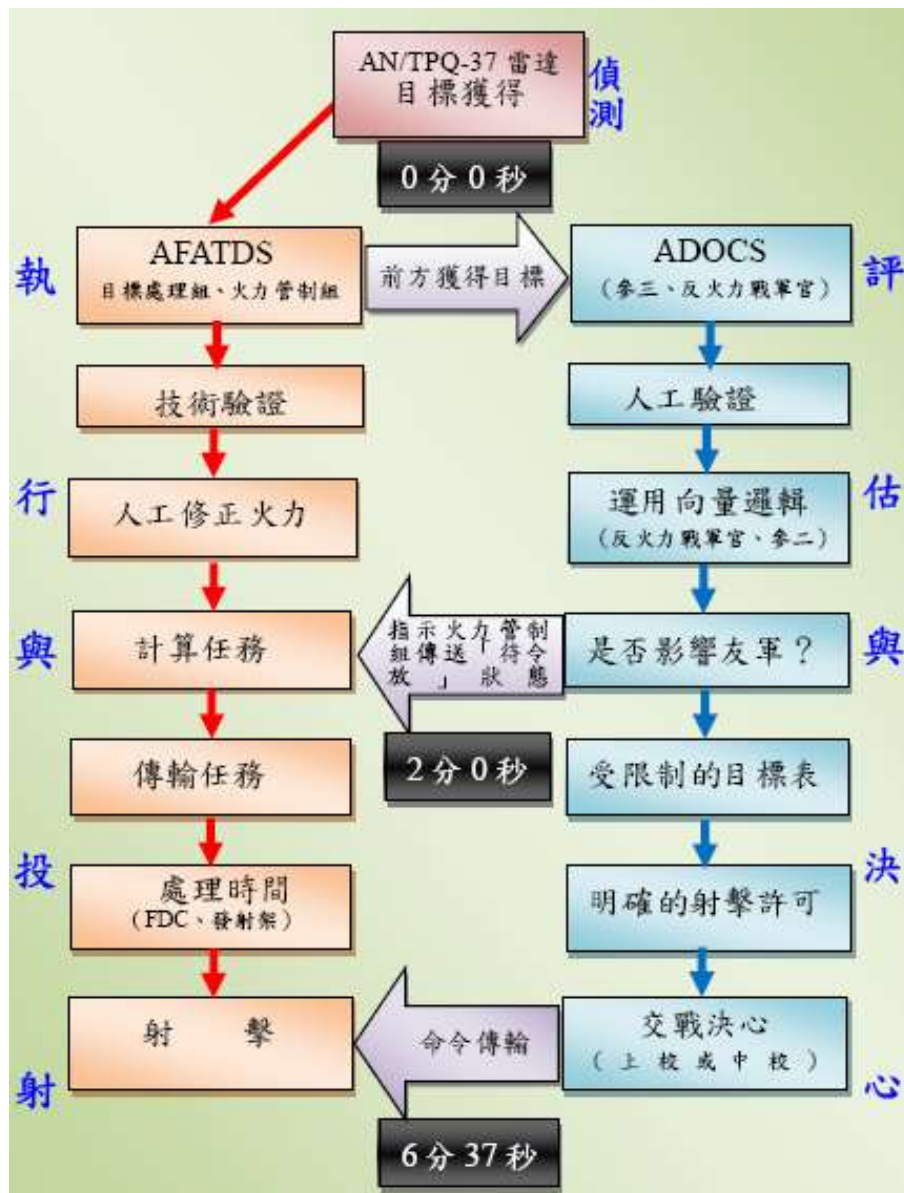
資料來源：作者自製

¹⁵ “Gunlaying and Position System Audit Report (WR95-204)”. U.S.Army Space Command,13/3/1995,P27.

表八 砲兵連測量班原、建議編裝作業編組與效益對照

項目	區分	原 編 裝	建 議 編 裝
		M 2 方 向 盤	全 測 站 經 緯 儀
編制人數	測量班長	組長兼前標桿手	組長兼紀錄手
	測 量 士	測（計算）手兼後標桿手	測（計算）手
	測 量 兵	前捲尺手	反射器手
	測 量 兵	後捲尺手	後標桿手
作 業 精 度		1/500	1/1,000
作 業 速 度		每小時 1 公里	每小時 2 公里

資料來源：作者自製



圖九 OIF 期間第 3 機步師「反火力戰」之平行判斷流程

資料來源：Warrant Officer Three Brian L and Lieutenant Colonel Noel T.Nicolle，Acquisition ! 3d ID Counterfire in OIF，Field Artillery 9-10/2003，p44。



圖十 以色列 TAMAM 工業生產之「定北/射向賦予系統」(NFS/GLS)

資料來源：Mark Hewish and Rupert Pengelley, Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning, Janes International Defense Review, 5/1997, p47。

結語

1950 年起，美軍砲兵即使用「方向盤」遂行測地、射向賦予與觀測作業。90 年代後，在科技蛻變、戰爭轉型與新式火炮需求改變等衝擊下，深刻體認「數位化」(自動化)重要性與「單一裝備」無法滿足「多數專業」特殊需求之現實，將測地換裝「定位定向系統」(PADS)，射向賦予則採用「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)，率先跨越「方向盤」階段、邁向「數位化」目標，其成效已通過戰場考驗。

國軍砲兵目前 M2 方向盤使用已逾 40 年，其結構老舊、功能有限，為不爭之事實。建議可參考美軍研發思維與經驗，將砲兵連測量班、戰砲排分別換裝符合「數位化」(自動化)條件之「全測站經緯儀」、新式「射向賦予系統」，俾能符合個別專業之特殊需求，提升砲兵戰力。

參考資料

- 一、國家教育研究院《雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網》(2003 年 10 月)，網址 <http://terms.naer.edu.tw>。
- 二、廖偉民，《光電及雷射概論》(臺北：亞東書局，民國 77 年 8 月 2 版)。
- 三、Gun Laying and Positioning System (GLPS). Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002.
- 四、Mr. Jeff Froyland and CW4 Scott Prochniak, "Training and Doctrine Command Capability Manager-Fires Brigade," Fires, 2013 March-April (Fires Seminar 2013), p42-43.

- 五、“ARTILLERY SURVEY ”. (WASHINGTON 25,D.C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY.8/1961) .
- 六、“The Army Positioning & Navigation Master Plan,” (Washington DC : United States Army Combined Arms Combat Developments Activity, 9/1990) ,Table3B.
- 七、“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2) ” , (Headquarers, Department of the army , 23/9/1993) .
- 八、耿國慶，〈美軍砲兵對「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)之建案與運用〉《砲兵學術雙月刊》(臺南)，第 102 期，砲訓部，民國 88 年 5 月。
- 九、彭勳章、張晉銘，〈從美軍準則研究 M109A6 自走砲之運用〉《砲兵季刊》(臺南)，第 127 期，砲訓部，民國 93 年第 3 季。
- 十、耿國慶，〈析論美軍砲兵「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)〉《砲兵季刊》(臺南)，第 135 期，砲訓部，民國 95 年第 1 季。
- 十一、耿國慶，〈美軍伊拉克自由作戰(OIF)反火力戰之目標獲得作為簡介〉《砲兵季刊》(臺南)，第 137 期，砲訓部，民國 96 年第 2 季。
- 十二、吳嘉晉，〈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 年第 3 季。
- 十三、耿國慶，〈威特(Wild) GG1 陀螺經緯儀簡介〉《砲兵季刊》(臺南)，第 153 期，砲訓部，民國 100 年第 2 季。
- 十四、耿國慶，〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 163 期，砲訓部，民國 102 年第 4 季。
- 十五、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，砲訓部，民國 104 年第 4 季。
- 十六、耿國慶，〈美軍砲兵導航與定位系統運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，砲訓部，民國 105 年第 2 季。
- 十七、王世彰，〈從世界各國火炮發展探討陸軍砲兵部隊未來發展〉《砲兵季刊》(臺南)，第 175 期，砲訓部，民國 105 年第 4 季。

作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校 66 年班，歷任排長、測量官、連、營長、主任教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。

「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

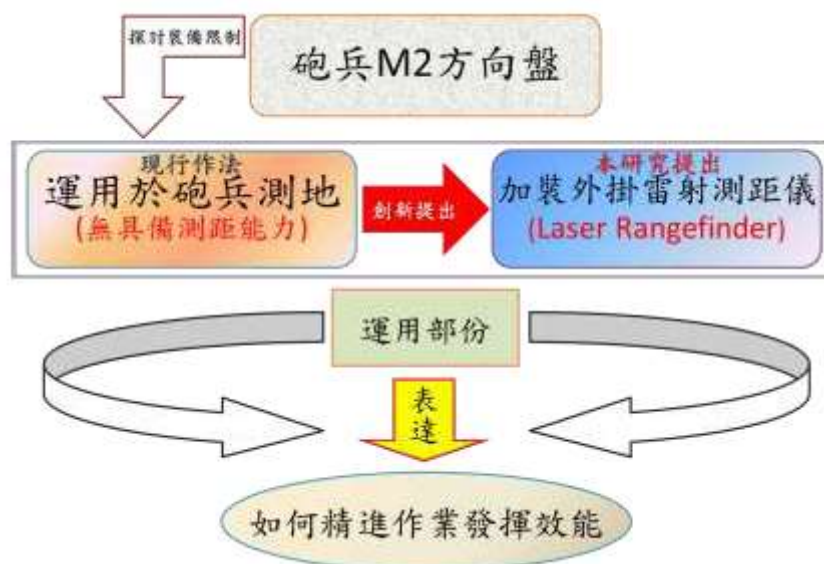
現代化軍事行動為戰鬥人員與科技裝備二者所建構之戰力綜合體，現代化武器裝備的發展，往往成為統合戰力能否發揮之關鍵因素，故如何於武器裝備的自主研發上不斷精進，實為當前國軍不斷努力之目標，也唯有提升各級研發

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。

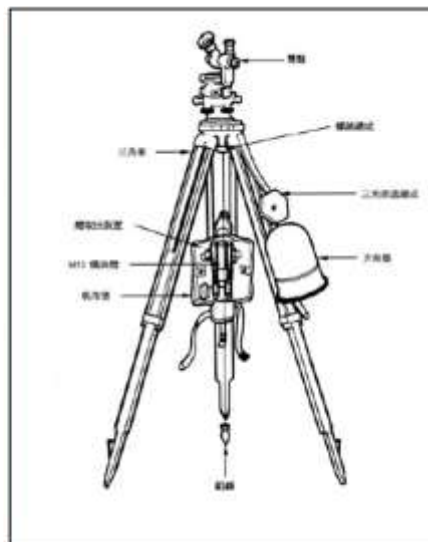
4 同註 2，頁 5。

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。

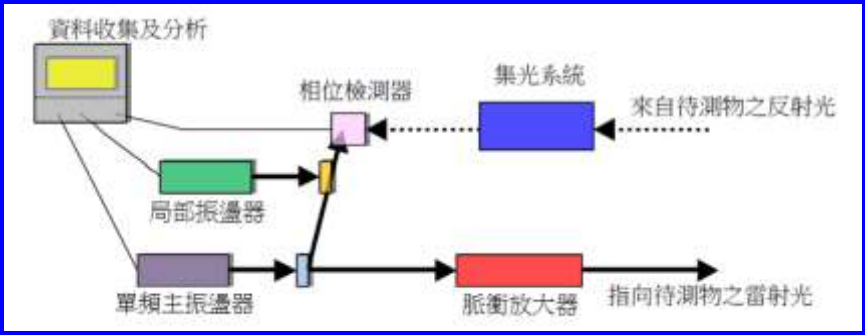
雷射光於真空中傳播速度為光速，即 $V = 299,792.5$ 公里/秒，然光速於大氣中因受溫度、濕度、壓力等氣象因素影響，故須加上大氣折射率 (n 值) 之改正後，方可獲得釐米等級之量距精度 (各式雷射測距原理之分析比較如表一)。⁸因「飛行時間法」(TOF) 具有測距範圍廣、運用普及、技術成熟，且研製成本相對低廉之優勢，極適合作為軍品研究發展與推廣用途。

(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。

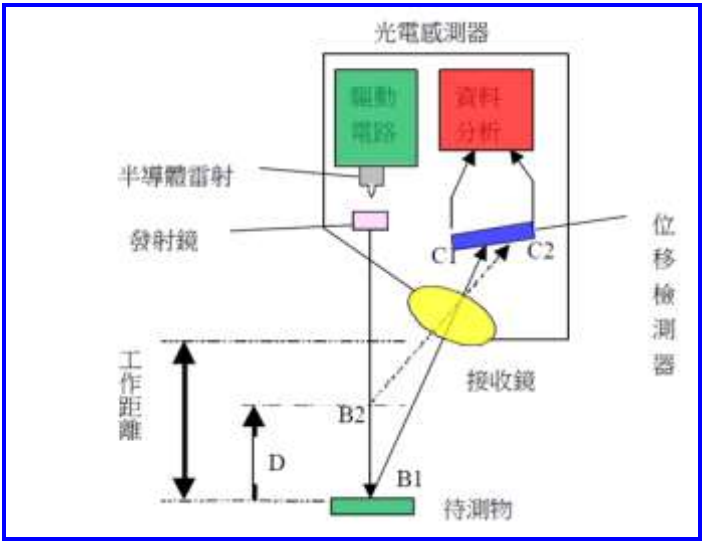
8 同註 7，頁 71。

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。

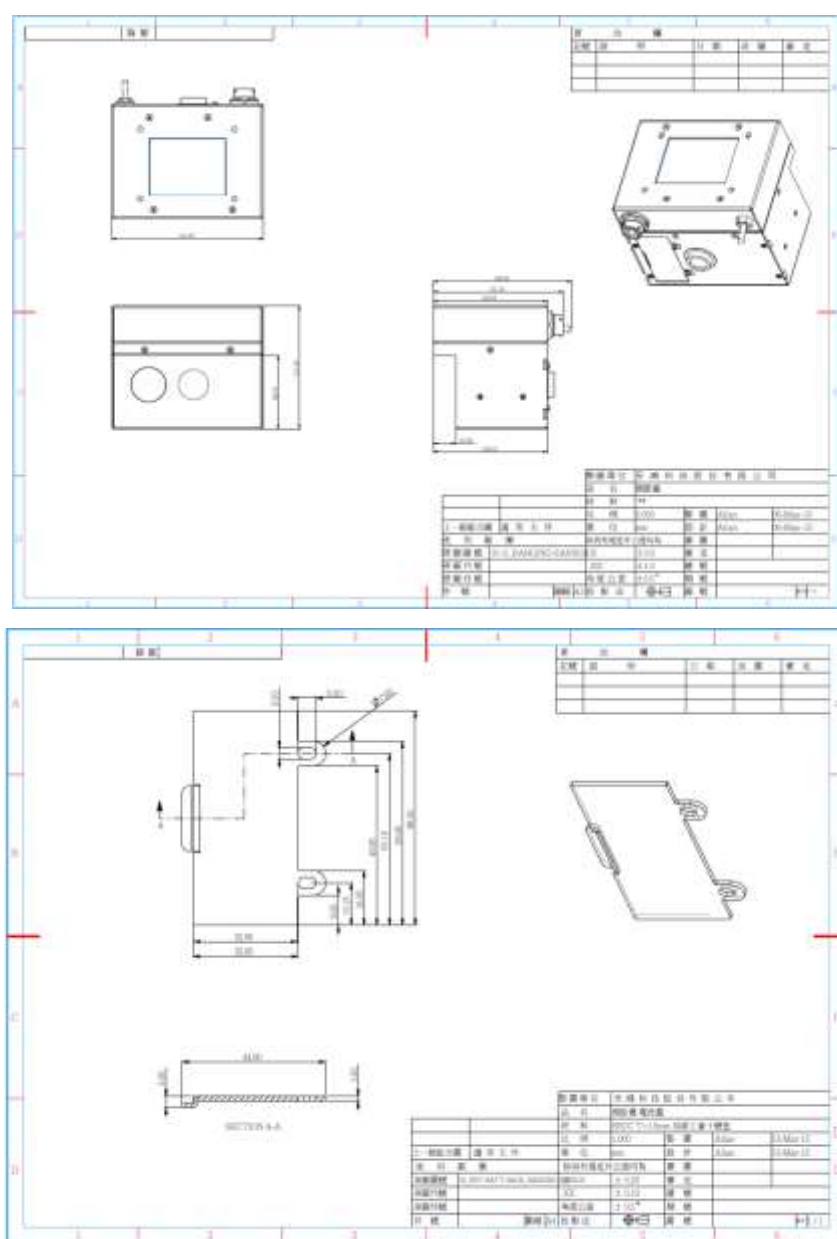
表一 各式雷射測距原理之分析比較

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。

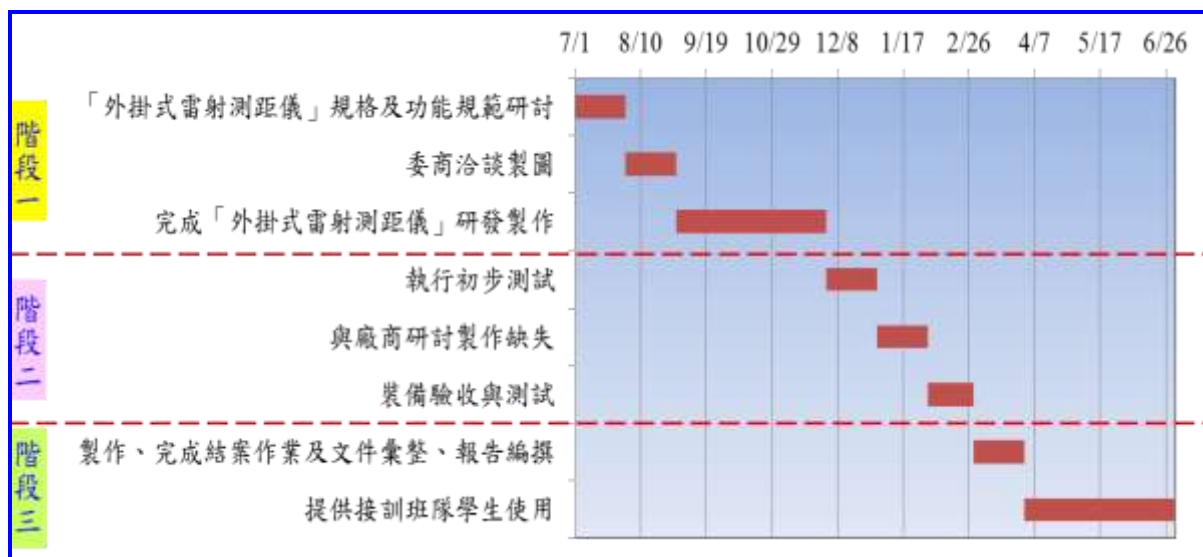
主 要 用 途	軍事及測量工程方面 之應用極為廣泛	目前此測距法多應用 於短程測距，如室內裝 潢等用途	目前此法常運用於精 密模具業，或半導體電 子業之 IC、SMT 電路 板之檢測
特 性	測距範圍廣、精度高、 速度快、成本低、適用 於長程測距	適用於短程測距	適用於微距測量
限 制	無	無法瞬間及時測量、量 距時間較長	成本高、量距範圍短

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

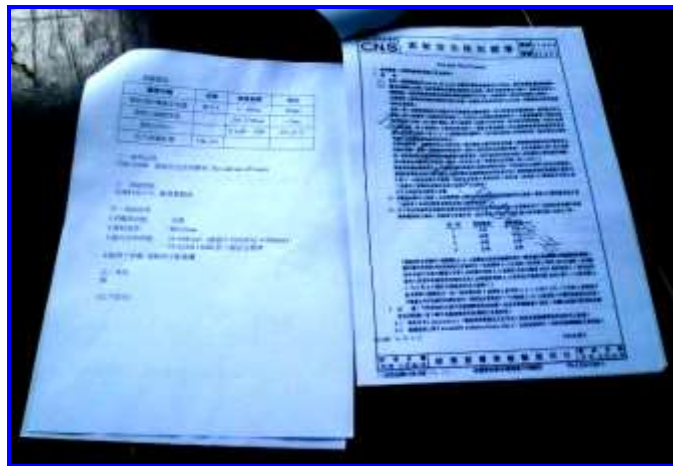
資料來源：圖十一至圖十六為筆者自製。

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。



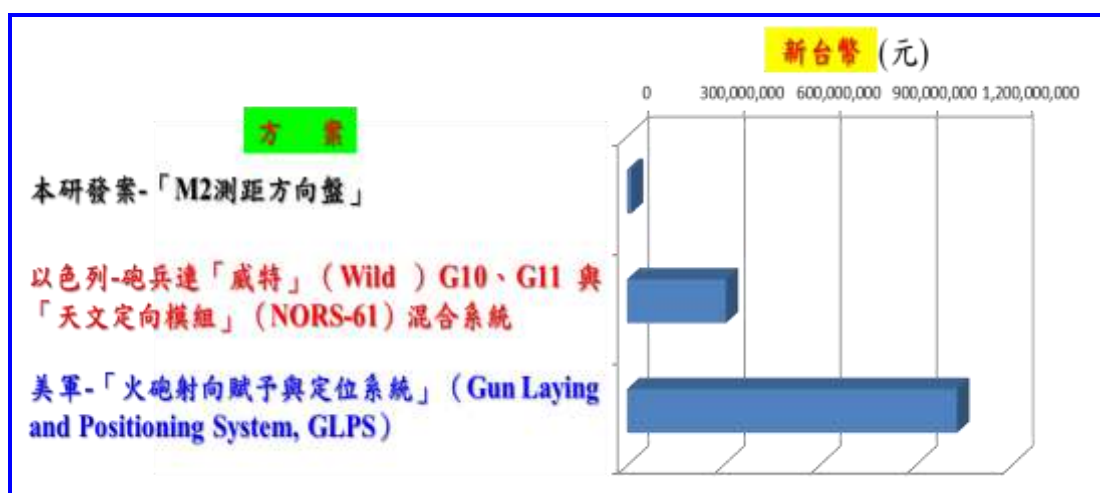
圖二十 以色列國防軍砲兵營、連配賦之 Wild 方向盤
資料來源：耿國慶，「砲兵方向盤發展與運用之研究」，砲兵季刊，第 163 期（民國 102 年 11 月），頁 12。



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

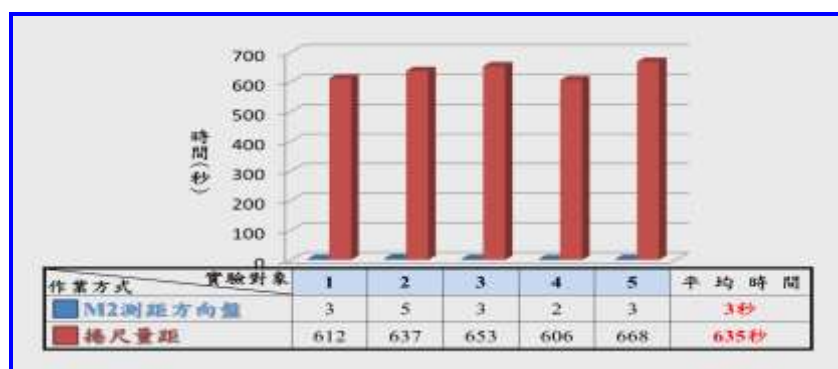
砲兵連測量班現行人員編制與作業編組對照表				
區分	砲兵連測量班 現行人員編制	砲兵連測地作業編組		
		使用 「M2 測距方向盤」	使用傳統「捲尺量距」	
人力需求	4 員	僅需 4 人，符合現行 編制人數	至少 6 人（尚缺 2 人），如 夜間作業則需加派人力	
編組	1.測量班長 2.測量士 3.測量兵 4.測量兵	1.班長 2.測手兼測距 3.前標桿手 4.後標桿手	1.班長 2.測手 3.前標竿手 4.後標竿手 5.前捲尺手 6.後捲尺手	
缺員替代方案與因應		使用「外掛式雷射測 距儀」，可符合編制 用人	職務兼併	1.班長兼前標桿手 2.測手兼後標桿手 3.前捲尺手 4.後捲尺手
			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

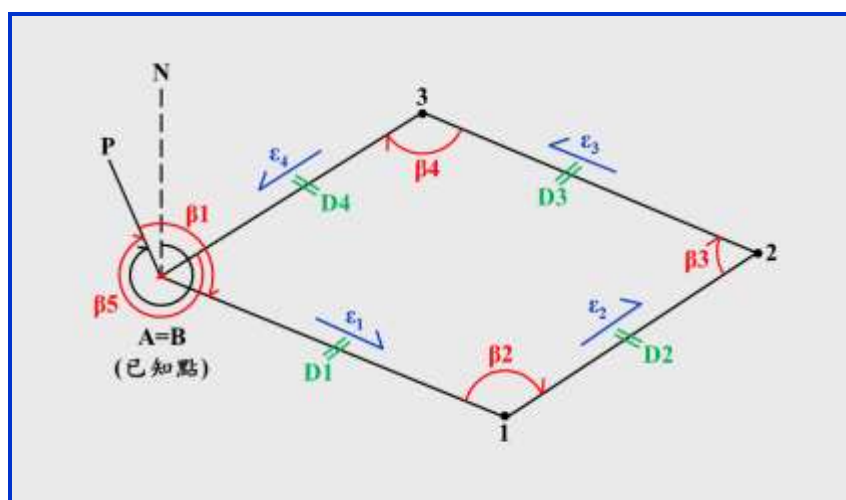
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組人員，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」等 2 種方式實施測距作業，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同方式，其測距時間之差異變化

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

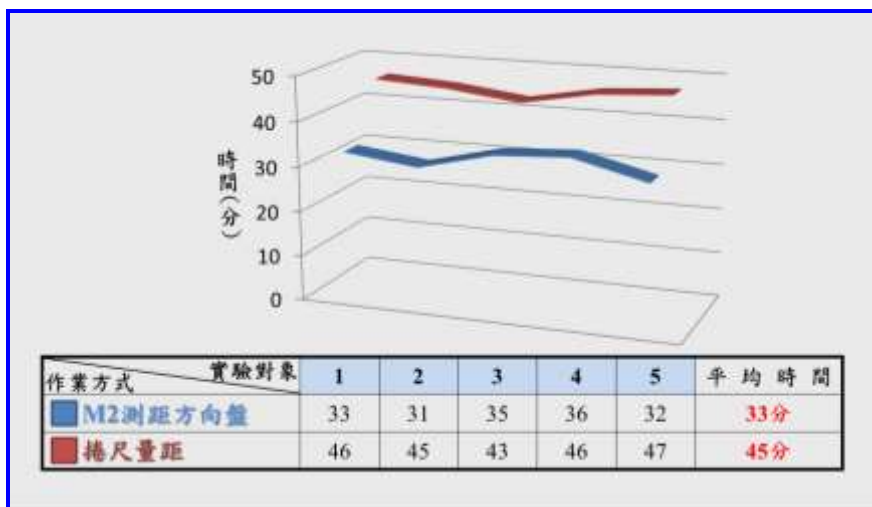
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組導線班，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「迴歸閉塞導線測量」，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同測距方式，實施「迴歸閉塞導線測量」，其作業時間與精度之差異變化

備

考

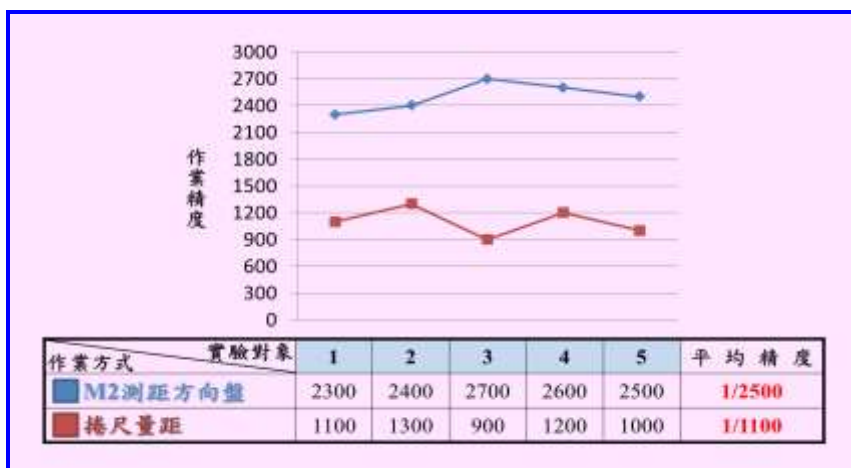
運用四邊形「迴歸閉塞導線」、導線距離總長約為 500 公尺、水平角觀測須使用累積測角

資料來源：筆者自製。



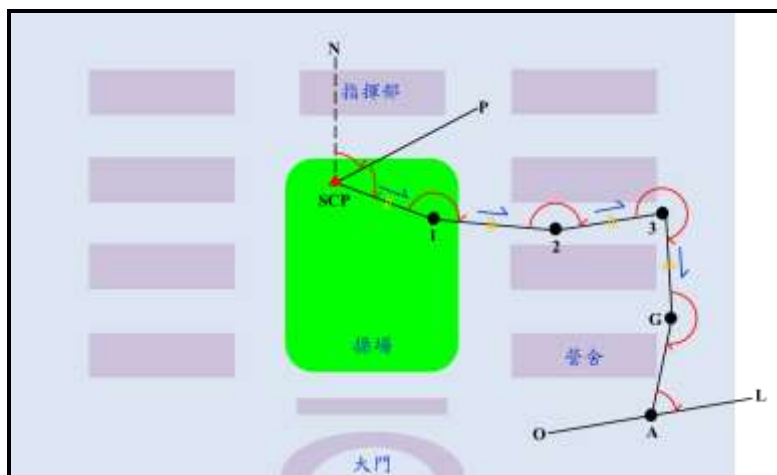
圖廿六 「砲兵基本測量」作業時間驗證-實驗數據

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。



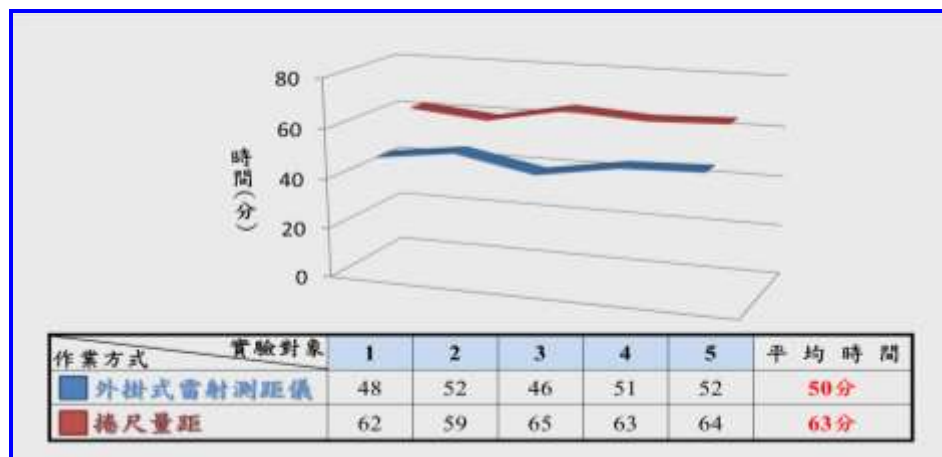
圖廿八 「砲兵連測地」作業示意圖

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

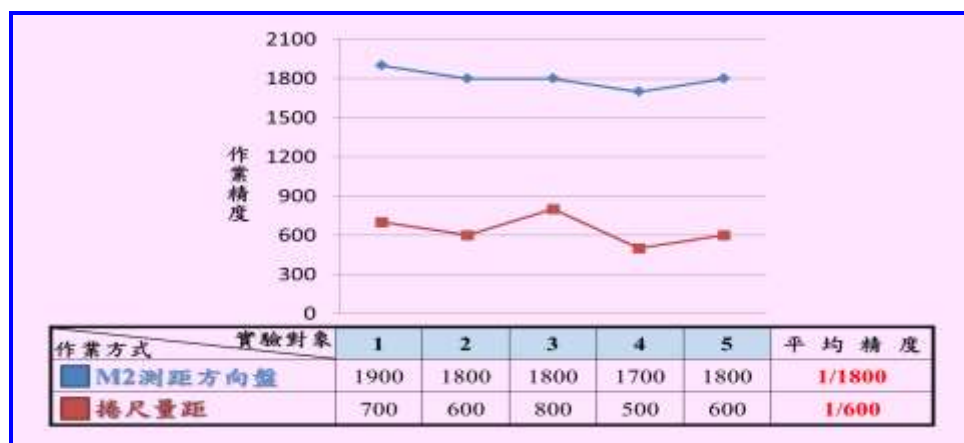
實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 5 組同學，分別使用「M2 測距方向盤」與「捲尺量距」，實施「砲兵連測地」，並分析其結果
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同測距方式，實施「砲兵連測地」，其作業時間與精度之差異變
備 考	運用「非閉塞導線測量」與「角導線」實施「砲兵連測地」，導線距離總長約為 1,000 公尺、水平角觀測須使用累積測角

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。

M109 自走砲車裝通信機電源穩壓器研發技術之研究

作者：黃聖政

提要

- 一、筆者於教學工作中發現，M109 自走砲車液壓邦浦馬達啟動瞬間，造成的電壓驟降現象，有導致裝通信 CS/VRC191 無線電機電源因電源瞬間中斷而跳機的狀況。電壓驟降防範策略甚多，為取得整體的評估及策略考量以提出最有效且最經濟的改善方式，作者藉小型軍品研發時機，主導研究設計「電壓驟降穩壓器」，藉此改善現今車裝通信機因電壓驟降所造成之問題。
- 二、本研究旨在分析及研製改善現今 M109 自走砲通信電源因電壓驟降，導致通信機電源中斷問題。筆者研製的穩壓系統除具電壓補償功能外，並加入「超級電容裝置」，能在液壓馬達啟動造成的電壓降時，瞬時輸出電能，發揮斷電瞬間強化放電、電力輸出及降低蓄電池瞬時放電之突波電流，有效延長蓄電池壽命。
- 三、隨著國軍朝向現代化發展，未來使用高科技裝備必成主要趨勢，敏感性裝置使用也就愈多，但電壓驟降對高科技電子通信設備所造成的損壞亦不容小覷，為有效改善電壓驟降問題，可由電力端、系統端、電力系統與裝備本身對電壓驟降的忍受力等來著手，惟因 CS/VRC191 通信機撥發至部隊已多年，無法再從裝備本身容忍度實施改善，僅能從電力系統實施改良設計，短期而言由砲訓部針對電源系統進行研發與改良最具成效，但長期而言還是應從設備本身提高其對電壓的耐低壓程度，使其不受電壓降之影響，以徹底解決電壓驟降問題。

關鍵詞：液壓邦浦馬達、壓降、電壓驟降、防範策略

前言

由於高科技產業快速發展，許多精密儀器及設備被廣泛使用，使得高科技產業對電力品質的要求較傳統產業嚴苛，其設備對電壓的變動相當敏感，因此，電壓瞬間變動及不穩定，將導致敏感性負載，發生不正常動作的情形，進而導致設備電源中斷。

M109 自走砲車之液壓馬達，在啟動期間，啟動電流約為滿載的 5 至 7 倍，造成電壓突然下降，直至達到額定轉速才恢復正常值，導致 M109 自走砲上 CS/VRC191 通信機因反復的電源中斷，易導致機體故障。筆者針對此問題實施研究，並藉由文獻探討及電路分析之方式以研究出改良策略，設計出適合 CS/VRC191 通信機電源之穩壓器，藉此改善目前 M109 自走砲通信機電源中斷問題。

通信電源概述

通信電源是整個通信系統的「心臟和原動力」，在通信系統的地位非常重要。隨著通信系統的飛速發展，通信設備的不斷更新換代，與以往相較，現代通信設備對通信電源的標準要求比以往還高，以下簡單說明通信設備對電源之要求、通信系統基本組成、接地系統、通信電源分級。¹

一、通信設備對電源之要求

（一）穩定可靠：供電穩定有三個含意，一是對電源設備本身的供電品質而言，電源電壓在市電和設備負載變化時，交直流供電電壓應當穩定，不應產生過大的波動；二是從工程設計角度，電源電壓不能超過允許的變化範圍；三是直流電源電壓中的脈動數值必須低於允許值。供電電壓波動過大，會對浮充的蓄電池造成影響。電源電壓過高，會損壞通信設備的電子元件；電源電壓過低，通信設備不能正常工作。脈動數值過大，會嚴重影響通信品質。

（二）節能高效：高效率即是節能，相比模擬設備而言，一般認為現代化設備耗電量都比較低，其實不然，隨著數位化時代的來到和試驗任務對頻寬要求的提高，及以人們對通信需求的增加，導致對通信設備容量需求的劇增，使得通信設備的用電量日益增加，電源系統的負荷不斷增大，為了節約電能，應設法提高電源裝置的效率。

（三）小型化：隨著數位設備的大量應用，通信設備趨於小型化、集成化。為了適應通信設備的發展，電源裝置也必須實現小型化，集成化。為了減少電源裝置的體積和重量，各種集成穩壓器和無工控變壓器的開關電源已得到普及應用。

二、通信系統基本組成

（一）交流供電系統

通信站的交流供電系統分為兩個部份，一是通信站交流電源，包括變電站供給的市電電源引入（高壓市電或低壓市電）、油機發電機供給的自備交流電源、自動市電油機轉換裝置、低壓配電系統、連接的電力電纜等；二是交流負荷通信電源，包括 UPS 供電系統和穩壓器供電系統及連接的電力電纜等。通信的電源一般由高壓電網供給，為了提高供電的可靠性，通信中心或通信樞紐站一般需要有兩個變電站引入兩路市電，並且用專線引入，一路主用，一路備用。通信站內通常沒有降壓變電室。室內裝有高、低壓配電屏和降壓變壓器。通過這些變、配電設備，先將高壓電源變為低壓電源，然後供給整流器、空調以及照明設備。

¹汪永文，《通信電源》（臺北：國防工業），民國 104 年 1 月。

為不間斷供電，通信站一般配有油機發電機組，尤其在當地不能提供兩路市電的地方。當市電中斷時，通信設備可由油機發電機供電。目前已開始採用無人職守自動啟動發電機組，當市電中斷後，油機發電機能自動啟動，由於市電比油電發電機供電更經濟可靠，在有市電的條件下，通信設備應由市電供電。

（二）直流供電系統

通信設備的直流供電系統由交流配電屏、整流器、蓄電池、直流變換器和直流配電屏以及電力電纜等部份組成。交流配電屏的交流電源由低壓配電系統引入，整流器的交流電源由交流配電屏引入，整流器的輸出端通過直流配電屏與蓄電池和負載連接。由於直流供電系統中設置了蓄電池組，因此可以保證不間斷供電，目前主要應用直流供電方式為低壓恆壓充電供電方式，自走砲車所使用之電源即為直流供電系統。

低壓恆壓充電供電方式是將整流器與蓄電池並聯後，對直流通信設備供電。在發電機正常運作的情況下，整流器一方面給通信設備供電，同時又給蓄電池充電，以補充蓄電池因局部自放電消耗的電量。在並聯浮充工作狀態下，蓄電池還能起到濾波作用。當發電機未啟動時，蓄電池單獨給通信設備供電。由於蓄電池通常處於並聯浮充和充足電狀態，不需要切換裝置，所以發電機未啟動時，可以由蓄電池保證連續不間斷供電。為避免蓄電池組過於龐大，蓄電池組供電時間一般取 2 至 4 小時，且因該方式主要是由車輛本身之發電機發電，在低壓恆壓工作狀態下時輸出電壓較高，在蓄電池單獨供電時，則輸出電壓較低，因此負載端變化也就較大。

三、接地系統

通信電源的交直流供電系都必須有良好的接地裝置，以確保通信質量、通信設備與人身的安全，接地系統大致可區分三種。

（一）交流接地：通信站一般都由三相交流電源供電。為了避免三相不平衡而引起的電壓差過大，三相電源的中性點都應當直接接地，這種接地稱為交流工作接地。接地線一般稱為零線，接地裝置與大地之間的電阻稱為接地電阻。

（二）直流接地：由於通信設備的需要，蓄電池組的正極必須接地，這種接地通常稱為直流工作接地。此外，在直流供電系統中，還常埋設一組供測量的接地裝置，稱為測量接地裝置。

（三）保護接地和防雷接地：

1.保護接地：為了避免電源設備的金屬外殼絕緣損壞而帶電，與帶電部份絕緣的金屬外殼必須直接接地。

2.防雷接地：為了防止因雷電而產生的過電壓損壞電源設備和通信設備，在通信電源系統中，一般避雷器還沒有防雷接地裝置。

3.聯合接地：各類通信設備的交流工作接地、直流工作接地、保護接地及防雷接地共用一組接地體的接地方式，稱為聯合接地方式。這種接地方式具有良好的防雷和抗干擾能力，也比較易於實現。

四、通信電源的分級

不論是交流不間斷供電還是直流不間斷供電系統，都是從市電或發電機取得能源，能源再變換成不間斷的交流或直流電源供給通信設備。通信設備系統再根據電路要通過 DC/DC 變換器或 AC/DC 整流器轉換成多種直流電壓。因此從功能和轉換層次來看，可將整個電源系統化分為三級。

（一）第一級：電源為市電或者油機發電機，這一級是保證提供能源，但是不保證不間斷。

（二）第二級：電源為交流不間斷系統和直流不間斷系統，主要是保證電源不間斷。

（三）第三級：電源為通信設備內部由不間斷直流電源供電的 DC/DC 變換器或小容量直流－交流逆變器以及由交流不間斷供電的整流器。第三級電源提供通信設備內部各種不同交、直流電壓的要求，由插板電源或板上電源提供。板上電源又稱為模塊電源，體積很小，它可像元件那樣直接裝在印制電路板上，由於此項技術組裝的設備系本身沒有單獨的電源插板，屬於分散電源變換系統，使得設備的可靠性和體積、價格得到優化。

電壓驟降及成因論述

一、電壓驟降²

現今許多精密的電子設備儀器、功能強大的自動控制設備及高效能的電氣設備被大量地使用，因應科技發展國軍部隊之通信裝備也提升邁向數位化，設備對高品質供電的依賴與需求也隨之提高。基此，自走砲車供電品質的改善與防制問題亦須重視。電力品質（Power quality，PQ）一詞根據國際電機與電子工程學會（IEEE）所下定義，係指電力系統擾動相對缺失程度，根據國際電氣技術協會（IEC）的定義為在某一電力條件情況下，電力設備或系統的滿意程度。

電力品質問題相當廣泛，有諧波、電壓閃爍、電壓驟降及驟升、斷電、電壓不平衡、電源頻率變動、交流網路之直流成份等等。對於自走砲車電力系統而言，電壓驟降現象為主要發生情況。電壓驟降通常被解釋為當一基頻之有效值電壓降至額定之 0.1 至 0.9 p.u.之間且持續時間在 0.5 週波至 1 分鐘之間，屬於短時間電壓變動的一種，其發生原因主要與電力系統故障（短路）及馬達（電動機）啟動有關。

²蘇俊連，〈船舶馬達啟動引起電壓驟降之模擬分析〉《中國造船暨輪機工學刊》，第二十八卷第四期，民國 98 年 11 月。

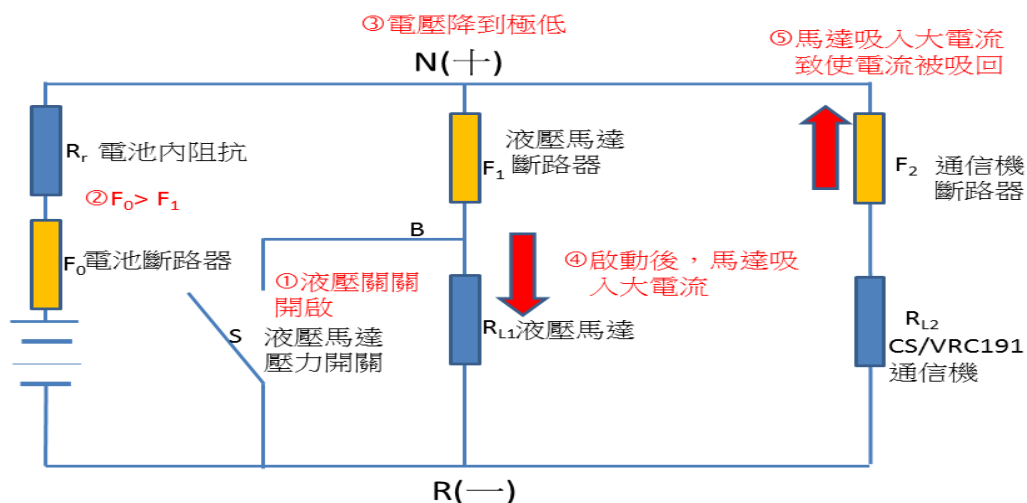
二、自走砲車電壓驟降成因

(一) 馬達啟動之大電流：M109 自走砲車液壓馬達啟動會造成電壓驟降的現象，主要是因馬達啟動吸入相當大的啟動電流所導致；一般馬達啟動電流³多為額定電流的 5 - 6 倍，而持續時間通常由數秒到一分鐘之間，馬達啟動時所產生的電壓驟降大小如公式： $V_{sag} = S_{source} / (Source + B * S_{motor})$

公式中 S_{source} 為電源端的短路容量、 S_{motor} 為馬達額定容量、 $B * S_{motor}$ 為馬達啟動容量。由公式我們可計算出大型馬達啟動時所造成電壓壓驟降後之剩餘電壓的大小。

(二) 砲車配電電路之影響：目前 M109 自走砲配電電路⁴主要採用方式為並聯式接法，其造成電路電壓下降之原因（如圖一），以圖例說明， R_t 為電池內阻抗， R_{L1} 為液壓馬達、 R_{L2} 為 CS/VRC191 通信機； F_1 為液壓馬達斷路器、 F_2 為 CS/VRC191 通信機斷路器， F_0 為電池斷路器，上下 2 條粗線表示總匯流排電路之正負極。

假設 S 為液壓馬達之壓力開關，當液壓馬達壓力開關開啟時①，此時電池的內阻抗②遠大於液壓馬達的電阻，③N、R 之間將降落到極低的電壓，同時此時回路的電流受電池電壓、電池的內阻所影響，液壓馬達上之電流本身就大，加上④馬達啟動時會吸入相當大的電流，⑤致使 R_{L1} 電流變得更大，電流變化率 di/dt 也隨之變大，在 N（正極）、R（負極）兩點的等效電感上產生的感應電勢 $L * di/dt$ 會形成很大的尖峰。此時，N（正極）、R（負極）之間的電壓首先瞬間降落，再漸漸回復成正常電壓。致造成 CS/VRC191 通信機之影響。



圖一 砲車配電電路之影響

資料來源：作者繪製

³傅俊仁，《分散式電源對配電系統之故障電流與電壓驟降分析》（臺南：南台科技大學電機工程研究所碩士論文，民國 94 年 6 月）。

⁴汪永文，《通信電源》（臺北：國防工業，民國 104 年 1 月）。

三、電壓驟降對自走砲車通信設備之影響

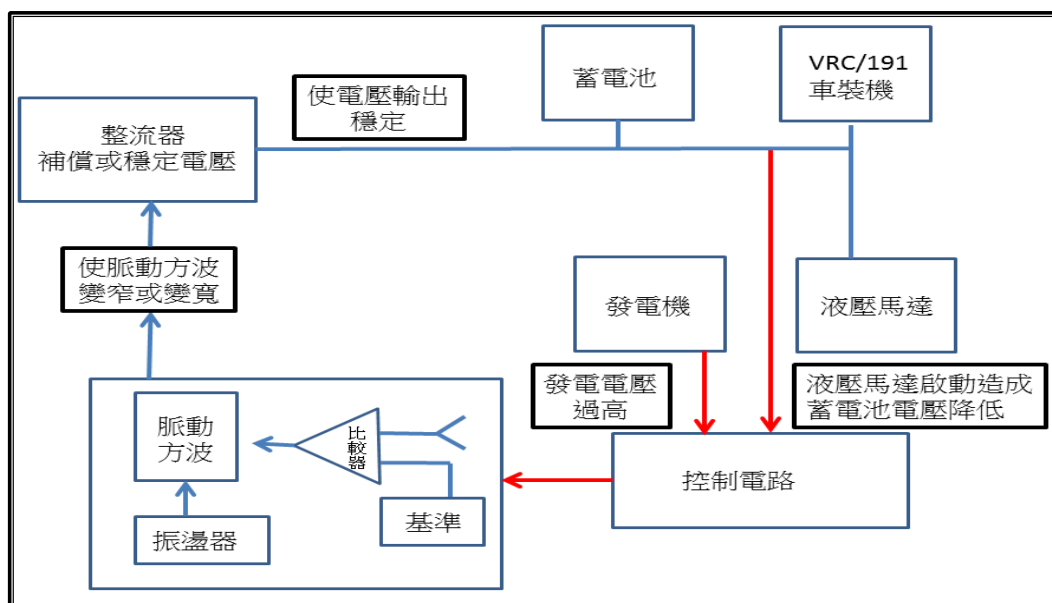
砲塔上之液壓馬達，在啟動期間，其啟動電流約為滿載電流的 5 至 7 倍，使得系統電壓突然下降，直至馬達運轉到額定轉速，才會恢復正常值。這種因馬達啟動引起的電壓驟降現象，在大型感應馬達會特別明顯，且目前砲車通信系統中絕大部份採用單套電源系統進行集中供電，意味著電源系統要給許多不同種類設備供給電源。因此，如果電源系統發生故障，就會造成通信系統的中斷，對通信的影響很大，尤其是砲車通信擔負著作戰任務之指揮聯繫工作，地位非常重要，一旦電源中斷，將造成極大的影響。

研究方法與成果

本研究主要設計一電壓驟降穩壓器，區分安裝及未安裝在 M109 自走砲之通信電源電路上實施測試，並啟動液壓馬達以測得其對電路之影響，記錄其電壓下降值，以分析電壓驟降穩壓器之實體效能，作為未來改進策略依據。

一、作用原理

電壓驟降穩壓器之控制電路，穩定電壓之原理⁵為：當整流器的負載阻值增大或輸入電網電壓升高而引起輸出電壓輕微上升時，控制回路就能能使高頻變換器輸出脈動方波的寬度變窄（或開關頻率降低），進而使整流器的輸出電壓下降，起到了穩定輸出電壓的作用。反之，當電網電壓下降而引起輸出電壓下降時，控制電路會使高頻變換器輸出脈動方波的寬度展寬（頻率升高），同時實現穩定輸出電壓的任務。控制電路還根據檢測電路提供的數據，經鑑別提供各種警告和保護輸出（如圖二）。



圖二 電壓驟降穩壓器電路設計圖

資料來源：作者繪製

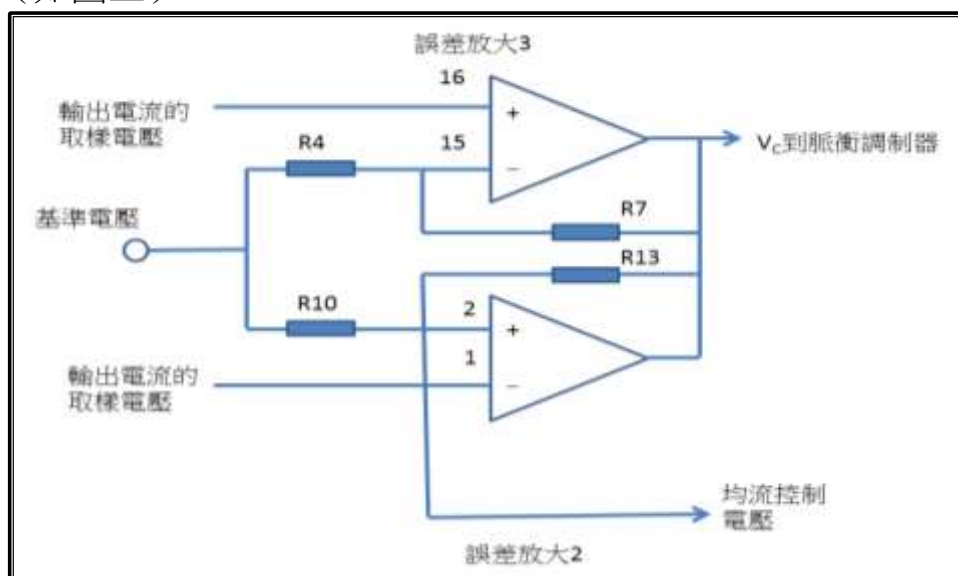
⁵黃仲欽，〈多功能單相不斷電系統之研究〉《電機月刊》，第十八卷第七期，民國 97 年 7 月。

二、穩壓及限流電路作用方式

(一) 穩壓電路：兩個輸入誤差放大器的輸入，誤差放大器 2 的“+”端接的是輸出電壓的取樣電壓，“-”端接的是基準電壓。當輸出電壓升高時，其取樣電壓升高，因基準電壓不變，誤差放大器 2 輸出的誤差電壓 V_c 升高，如前所述，脈寬調制器的輸出脈動方波寬度變窄，進而使輸出電壓下降。反之當輸出電壓下降時，輸出電壓的取樣電壓也下降。誤差放大器 2 輸出的誤差電壓 V_c 下降，使脈寬調制器輸出脈衝寬度變寬，進而使輸出電壓升高，實現穩壓效果。

6

(二) 限流：輸出電流取樣信號 I_+ 、 I_- 經放大後，送到誤差放大器 1 的“+”端，經與基準電壓比較放大構成誤差電壓 V_c 的一部份，在未超過額定值電流 10A 時，差電壓比較小，對脈寬調制器不起作用，當輸出電流超過 10A，達到 10.5A 時，此誤差電壓增大使脈寬調制器的輸出脈衝度變窄，進而使輸出電壓下降，並使誤差放大器 2 的輸出誤差電壓不起作用，若負載不再下降，使輸出電壓繼續下降，出現過流保護或欠壓保護。若負載不再下降，將工作在低電壓輸出的限流狀態（如圖三）。



圖三 穩壓及限流電路作用圖

資料來源：作者繪製

三、測試工作項目

(一) 測試裝備介紹：1. 液壓馬達簡介：主要功能為在啟動後受液壓馬達壓力開關控制，標準壓力 925 - 1225PSI，低於 925PSI 時啟動運轉建立砲塔液壓，於 1225 PSI 時停止建壓⁷。2. CS/VRC - 191 通信機簡介：目前安裝於砲車上區分三種型式，一種為車裝一型稱為 CS/VRC - 191C、車裝二型稱為 CS/VRC - 193C、

⁶黃仲欽，〈多功能單相不斷電系統之研究〉《電機月刊》，第十八卷第七期，民國 97 年 7 月。

⁷《M109A2 自走砲榴彈砲車砲塔部份單位保養手冊》（桃園：陸軍後勤司令部保修署，民國 86 年 6 月）。

車裝中繼型 CS/VRC - 194C，車裝型電壓範圍為 24 - 28 伏特直流（VDC）限流 10 安培（A），工作電壓為 22 - 28 伏特。⁸

（二）測試標準：本設計研究主要以比較車裝通信機電源在液壓馬達作用時，「安裝」及「未安裝」電壓驟降穩壓器時之「前後電壓差異」，以測試液壓馬達啟動後電壓降是否能維持壓降值 22 伏特以上，為比較前後電壓差異之值及安裝電壓驟降穩壓器後之效用，故僅以一台來實施測試其作用效果。

（三）測試儀器及功能：三用電錶：呈現液壓邦浦馬達從啟動最低電壓及回復至起始電壓之電壓值測試設備。

（四）電壓驟降穩壓器（圖四）：本次設計之穩壓器初始構型，外殼設計主要以鋁合金為主要材質，長寬高為（15*11*4 公分），重量約為 350g，並增設防震機件，以防止砲車機動或射擊時之震動造成機件損壞。為使穩壓器故障率減少，散熱方式以利用散熱片為主，以實施散熱，端頭分為輸入端及輸出端，兩側各分別連結輸入由電瓶來之正負極、地線及輸出至通信電源端之突波器電源端，藉由內部電路設計（圖三）所示，補償啟動時之電壓損失。本次主要以測試電路是否能滿足測試標準為主要研究事項，待測試完成後將朝軍規版之設計，以滿足實務所需，（圖四）為其外觀各部名稱。



圖四 電壓驟降穩壓器外觀圖

資料來源：作者繪製

四、電壓驟降穩壓器測試方法及步驟

電壓驟降穩壓器測試，利用單一輛自走砲來做測試，測試主要區分為安裝及未安裝穩壓器時之兩部份，分別測量液壓馬達啟動前及啟動後之車裝通信電源之電壓變化，以分析穩壓器之功能是否能達到測試標準，測試程序如下。

⁸ 《37 系列無線電機操作手冊(第二版)》(桃園：陸軍司令部，民國 91 年)。

(一) 安裝電壓驟降穩壓器於砲車匯流排之電源上。

(二) 使用三用電錶測量，M109 自走砲車未安裝電壓驟降穩壓器時，液壓邦浦馬達前之匯流排電壓初始電壓，此時電壓測量值為 25.8 伏特（如圖五）。

(三) 操作 M109 自走砲裝推彈機，使蓄積器壓力下降至 925PSI，讓液壓邦浦馬達作動，測量液壓邦浦馬達啟動時之匯流排電壓，並記錄之，此時測量電壓值為 16.2 伏特（如圖六）。

(四) 使用三用電錶測量 M109 自走砲車在安裝電壓驟降穩壓器時，液壓邦浦馬達前之匯流排電壓初始電壓，此時電壓測量值為 26.6 伏特（如圖七）。

(五) 操作 M109 自走砲上之裝推彈機，使蓄積器壓力下降至 925PSI，讓液壓邦浦馬達作動，測量液壓邦浦馬達啟動時之匯流排電壓，並記錄之，此時測量電壓值為 26.6 伏特，（如圖八）。



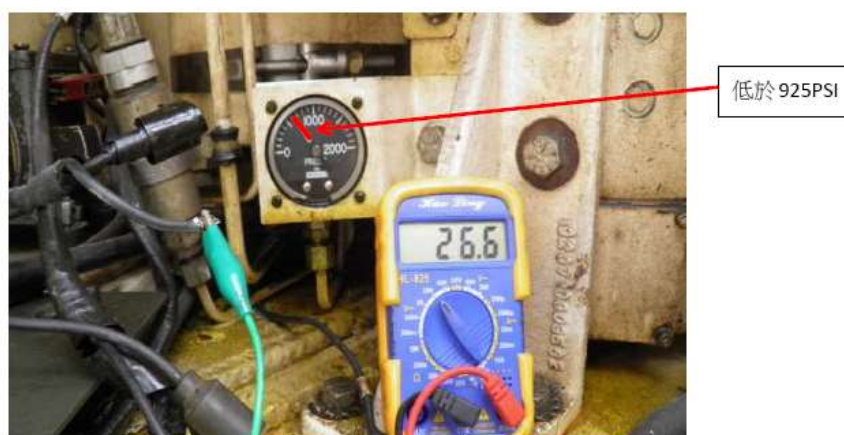
圖五 未啟動時之電壓



圖六 啟動後之電壓變化



圖七 未啟動前之電壓



圖八 啟動後之電壓變化

資料來源：圖五至圖八為作者繪製

五、測試結果分析

研究結果在砲車上安裝電壓驟降穩壓器後，可看出些許電壓上升，其值提升為 0.8 伏特，但提升之電壓並不導致通信機過壓問題造成影響（CS/VRC191 通信機工作電壓為 22 - 28 伏特）⁹，經本測試可看出時，未安裝電壓驟降穩壓器之通信電源，由原初始電壓 25.8 伏特降至 16.2 伏特，在安裝電壓驟降穩壓器後，液壓馬達啟動後蓄電池組經電壓驟降穩壓器釋放儲能，皆使電壓維持 26.6 伏特，蓄電池原為充電狀態轉由升壓電路提供電源，維持原直流鏈電壓及輸出負載電壓、電流穩定，可使通信機持續正常運作所示（如表一）。

表一 測試比較表

電壓變化	安裝比較	
	未安裝電壓驟降穩壓器	安裝電壓驟降穩壓器
測試前電壓	25.8伏特	26.6伏特
測試後電壓	16.2伏特	26.6伏特
資料分析	藉由本表分析，未安裝電壓驟降穩壓器前電壓從25.8伏特降至16.2伏特，安裝後則無呈現壓降問題，顯示該測試結果證實，電壓驟降穩壓器確能改善電壓驟降問題	

資料來源：作者繪製

⁹ 《37 系列無線電機操作手冊(第二版)》桃園：陸軍司令部，民國 91 年。

七、小結

本段主要為利用蓄電池及超級電容器同時經升壓電路釋放儲能，提供電壓驟降穩壓器維持負載正常運作之實測結果，由測試結果可看出蓄電池放電延遲能量管理策略，加入之放大器發揮效果，能在放電瞬間快速釋能，有效降低蓄電池瞬間放電電流，達到保護蓄電池延長壽命的效用，並可同時發揮放電瞬間強化電力的功能，當液壓馬達啟動造成之壓降時，補償通信機電壓維持於 26.6 伏特工作電壓（正常工作電壓為 22 - 28 伏特），滿足通信機之電源需求，防止通信機電壓中斷，達到真正不斷電效果。

結語與建議

一、結語

目前工業設備或系統多數使用高電壓、大電流，且目前各種解決方案均著重於交流供電領域，雖可利用相關降壓轉換裝置，達到自走砲通信電源所需電壓，但 UPS 不斷電系統與設備均為一套組件，必須另外再規劃一個大空間放置電池與不斷電系統設備，對於自走砲中侷限之空間，將面臨又是一個難題。因此，顯然使用 UPS 不斷電系統非理想的負載瞬間壓降防治與解決方式，應改採用直流動力負載電源壓降自動補償方法，設計出電壓驟降穩壓器，可簡化採用不斷電系統策略所需龐大複雜設備，減少故障率及成本。

二、建議

（一）設計研發電壓驟降穩壓器：利用小型軍品研發時機及資源，深入分析研究，並以直流動力負載電源壓降自動補償器之主體為研究架構，研發出適合自走砲車通信電源之電壓驟降穩壓器，以改善現今通信機之電源驟降問題。

（二）利用小型軍品推廣時機，爭取經費量產設備：將研發測試合格之 M109 自走砲電源驟降穩壓器，配合小型軍品推廣時機，與國內承包廠合作量產，分發於各 M109 自走砲部隊，以解決現今車裝通信機遭液壓馬達作用時，產生電源中斷問題，以防止裝備損壞。

（三）制定新式裝備測評項目及標準：由於高科技產業快速發展，許多精密設備廣泛使用，但高科技產品對電壓的變動相當敏感，因此即使是數週波的電壓變動都可能導致敏感性負載，發生不正常動作的情形，致使裝備損壞。對於電壓驟降的改善措施中，一般可由電力系統端、系統與負載間，及直接改善負載的壓降忍受能力等方面來著手。就影響層面，由電力系統端來進行壓降改善的方法花費金額較為龐大，且牽涉範圍較廣泛，效果有限，而從系統與負載間進行改善壓降能達到較快的成效。但從長期的觀點來看，還是由設備本身對壓降的容忍力來著手進行改善較為治本，因此，未來新設備驗收或測評時，必須納為測評項目實施驗證，以提早發掘問題。

(四) 納入教學研究，持續納為研改基礎：測試結果已顯示筆者所提出的改善方法及實體測試，均能滿足測試標準，有效的提供穩定的輸出電源，解決因液壓馬達啟動造成的電壓驟降問題，筆者將持續研究其他使用液壓系統之戰甲砲車通信電源，是否也有同樣受遭受電壓驟降影響，並藉此運用本次所設計之電壓驟降穩壓器改善問題。

參考文獻

- 一、《37 系列無線電機操作手冊（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 91 年）。
- 二、《M109A2 自走砲武器及射控系統》（桃園：陸軍兵工學校，民國 73 年 3 月）。
- 三、《M109A2 自走砲榴彈砲車砲塔部份單位保養手冊》（桃園：陸軍後勤司令部 保修署，民國 86 年 6 月）。
- 四、《通信電源》（臺北：台灣高等教育出版社，民國 91 年 10 月）。
- 五、江榮城，《電力品質實務（二）》（臺北：全華科技圖書，民國 91 年）。
- 六、黃仲欽，〈多功能單相不斷電系統之研究〉《電機月刊》，第十八卷第七期，民國 97 年 7 月。
- 七、蘇俊連，〈船舶馬達啟動引起電壓驟降之模擬分析〉《中國造船暨輪機工學刊》，第二十八卷第四期，民國 98 年 11 月。
- 八、盧展南，《電壓驟降對電腦及程控設備之影響》（臺北：行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國 93 年 7 月 31 日）。
- 九、羅天賜，《電壓驟降概論》（桃園：工業技術研究院能源與資料研究所，民國 97 年）。
- 十、傅俊仁，《分散式電源對配電系統之故障電流與電壓驟降分析》（臺南：南台科技大學電機工程研究所碩士論文，民國 94 年 6 月）。
- 十一、汪永文，《通信電源》（臺北：國防工業，民國 104 年 1 月）。

作者簡介

黃聖政士官長，陸軍專科學校士官長正規班 28 期、中華民國勞資事務協會職業安全管理師安全衛生教育訓練第 1 期、中國生產力中心職業安全管理員安全衛生教育訓練第 2 期，中華民國緊急救護協會初級救護技術員(EMT1)訓練 100 年度第 1 期，職業安全衛生管理員乙級技術士，歷任副排長、連士官督導長、教官，現任職陸軍砲兵訓練指揮部兵器教官組。

圖像式程式語言應用於儀錶校驗之研究

作者：吳銘祥

提要

- 一、武器系統及飛彈裝備需要保養與維修，而保養與維修過程亦包含檢查作業。檢查作業除一般的目視檢查，其他檢查項目往往需要透過相對應的儀器進行檢查驗證。當武器系統或飛彈裝備經過長期使用後，功能可能會偏離其設定參數值，所以要透過儀器檢驗，以確保武器系統運作正常。
- 二、量測儀器的準確度非常重要，要確保量測儀器的準確度，需仰賴儀器的校正追溯作業。完整校正作業包括：校驗程序的準備、標準件的準備、量測環境準備、校正前準備（暖機、歸零）、校正作業、紀錄結果、校正後保養、產出校正報告。
- 三、傳統人工校驗作業流程，考驗校正人員的細心及耐力，校正人員須耗費大量時間執行校正作業及記錄數據。另外，因為傳統校正是透過人工來進行，由人工執行的校正作業，亦可能會造成誤差。
- 四、以圖像式程式語言（LabVIEW）執行自動化校驗，對於沒有程式撰寫基礎的人員，能以更簡易明瞭的程式撰寫方式，有效達成降低人為錯誤，提升工作效率之目的。

關鍵詞：儀錶校驗、圖像式程式語言、LabVIEW、自動化校驗

前言

在國軍各式裝備檢測作業過程，正確使用精準的量測儀器不可或缺。因為武器系統或飛彈裝備經過長期使用後，功能可能會偏離其設定參數值，要透過儀錶校驗作業，以確保武器系統運作正常。傳統儀錶校驗作業需要投資較多人力及設備，且過程繁複、耗時，亦可能因為校驗人員疏忽而造成誤差。而誤差可能造成裝備損壞或人員傷亡。隨著科技進步，儀錶校驗作業已慢慢朝向自動化量測方式發展。透過自動化量測方式，可有效節省作業時間。筆者藉由分析以圖像式程式語言應用於儀錶校驗之研究，期能更有效率執行野戰防空武器檢驗方式，以精進作戰整備。

儀錶校驗的重要性

一、儀錶介紹說明

儀錶（又稱為測量儀器）是透過各種不同類型的測試，以獲得相關的參數紀錄，如壓力、溫度、頻率、電流、電壓及阻抗等。儀錶可由單一裝置或群體裝置所構成，早期儀錶是以類比電路方式製作，稱為類比式儀錶。隨著數位電

子技術進步，許多儀錶改以數位方式製作為數位式儀錶。而類比訊號轉換為數位訊號，就成為一門重要學問。

類比訊號的數位化（digitization）是一門應用很廣的技術。以語音通信系統為例，由發話端送出的類比語音訊號在進入數位電信網路之前，都會先轉換成數位語音訊號，一旦傳送至受話端，這些數位語音訊號又會還原成類比訊號。因為人類能感知的聲音是類比的物理量，而數位電信網路的效率及性能都比傳統的類比電信網路好，所以將類比語音訊號數位化及將數位語音訊號還原成類比訊號，幾乎是目前所有的語音通信系統必備的功能。¹

二、國軍野戰防空武器儀錶校驗概況

孫子曰：「凡用兵之法，馳車千駟，革車千乘，帶甲十萬，千里饋糧。則內外之費，賓客之用，膠漆之材，車甲之奉，日費千金，然後十萬之師舉矣。」對於軍隊出征作戰，後勤整備是不可忽視的一個環節，在作戰之前將所需要的物資準備充足，武器系統、車輛載具完成檢整，才可以出發上戰場。對於野戰防空砲兵作戰而言，能夠有效準確地摧毀來襲敵軍，是最為重要的任務使命。而要達成精準射擊的目標，各種校正後的量測儀器是不可或缺的，舉凡：三用電表、訊號產生器、示波器、頻譜分析儀及頻率計數器等，均是國軍野戰防空武器系統檢測常用之儀器。

武器系統及飛彈裝備需要保養與維修，而保養與維修過程中亦包含檢查作業。檢查作業除了一般的目視檢查外，其他檢查項目往往需要透過相對應的儀器進行檢查驗證。因為武器系統經過長期使用後，功能會偏離其設定參數值，所以要透過儀器檢驗，以確保武器系統運作正常，但是容易忽略所使用的檢測儀器是否也準確無誤。

若是以一個未校正之測量儀器去檢查武器系統時，將無法得到正確的量測結果，而這樣的錯誤往往會成重大危害。以筆者曾經負責的榲樹飛彈系統為例，開啟主電源後，發電機輸出電壓應為 28 ± 0.5 伏特。保修人員會於演習前使用三用電表執行輸出電壓檢查，以確保飛彈系統可正常運作。但若是此三用電表未經過校正，故儀器本身有 1 伏特誤差，將會造成以誤差狀況（如表一）。

由表一可知，雖然電表顯示為 28 伏特，但是實際輸出電壓值只有 27 伏特，榲樹飛彈系統將無法正常運作。若未立即停止操作，甚至可能會造成裝備損壞及人員危安情事。因此，量測儀器的準確度非常重要，而要確保量測儀器的準確度，就需要仰賴儀器的校正追溯作業。

¹孫航永，《常用電子量測儀器原理》（臺北：秀威資訊科技，西元 2005 年），頁 9。

表一 儀錶校正對裝備影響分析表（以槲樹飛彈系統為例）

使用儀錶	未校正之三用電表	已校正之三用電表
三用電表誤差值	-1 伏特	0 伏特
三用電表顯示值	28 伏特	28 伏特
實際輸出電壓值	27 伏特（顯示值+誤差值=實際輸出電壓值）（說明：28 伏特+（-1 伏特）= 27 伏特）	28 伏特（顯示值+誤差值=實際輸出電壓值）（說明：28 伏特+（0 伏特）= 28 伏特）
結果	實際輸出電壓值為 27 伏特，未符合 27.5 至 28.5 伏特之要求，造成槲樹飛彈系統無法正常運作。	實際輸出電壓值為 28 伏特，符合 27.5 至 28.5 伏特之要求，槲樹飛彈系統可正常運作。

資料來源：作者自行整理

三、校正追溯

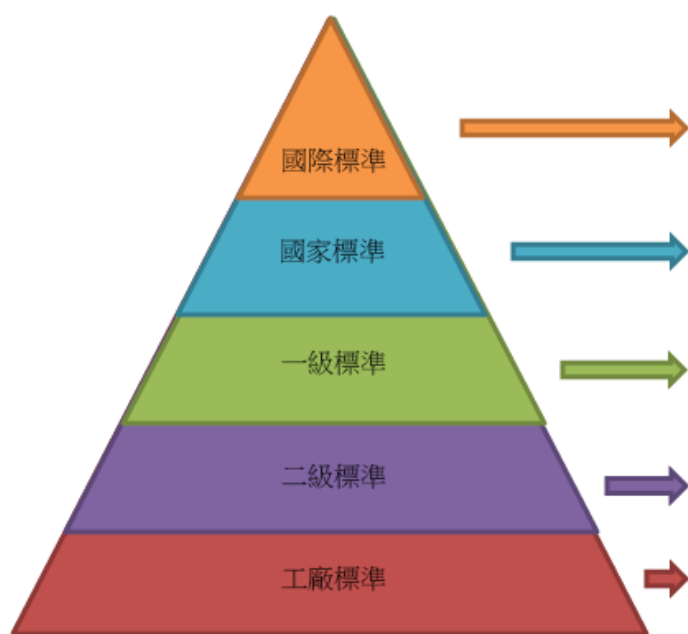
「追溯」的定義為：經由一不間斷之標準件相互比較管道，以使較低層次標準件，其個別量測結果能與國家標準或國際標準量測系統相關連。²「追溯」的概念其實就是追本溯源，由下而上回推至最高標準。當我們將平常所使用的量測儀器送至認證實驗室執行校驗，當該實驗室完成校驗工作並歸還給我們使用，表示我們的儀器是被校正過的。然而，以追溯的角度來看，我們手上的儀器不僅僅是只能追溯到該認證實驗室，而是可以追溯到國家標準，甚至國際標準。因為該實驗室的校驗儀器也是定期要送至上一級校驗認證實驗室執行校正作業，藉由一級一級往上回推，可認定我們手上的儀錶的標準值，可以符合國家標準，甚至達國際標準，這就是追溯的意義。標準校正追溯體系，如圖一及表二。

從由上而下來看，整個國家（包含產業界、科技業及軍事科技）所需使用的儀器數量繁多，如果沒有建立各級實驗室及追溯的體系，僅依賴國家標準實驗室執行校正作業，將無法完成校正任務。因為無論簡易或複雜的儀錶，都需定期校驗，如果每一件儀器都送往國家標準實驗室，國家標準實驗室將無法處理如此龐大的工作量。所以，透過國家標準實驗室往下建立次級實驗室，再由次級實驗室建立下一層級實驗室，才可以處理如此繁多的需校驗儀器數量。

其概念就就如同我們生病一樣，感覺身體微恙時，先找家庭醫生了解狀況。如果狀況不佳，再至診所。若更嚴重，才至大醫院就診。就如同醫療體系分級一樣，可以有效減少浪費醫療資源，校驗實驗室分級也是雷同。簡單的量測儀器，只要送至工廠標準認證實驗室校驗即可。隨著量測儀器的複雜性及所需精確度的提高，才送至更高層級的實驗室，以有效完成整個國家的儀器量測作業。

² 〈什麼是追溯?經由那些方法可以達成追溯?〉《國家度量衡標準實驗室》，<http://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=2254&ctNode=4062&mp=2>，2018 年 4 月 3 日。

圖一 標準校正追溯體系圖



表二 標準校正追溯對應單位表

標準校正追溯對應單位
國際度量衡局(BIPM)
國家標準實驗室 (工研院量測中心)
中科院
本軍各二級校驗室 (例如：飛勤廠校修所)
各地區校驗站

資料來源：作者自行整理

傳統人工儀錶校驗

「校正程序」乃為記載執行校正作業詳細步驟及方法之技術資料，是量測標準操作程序之依據。其目的在於累積量測人員、各相關校正機構（如儀器製造商、其他校正研究機構）校正技術及經驗，彙整成一適當之校正操作程序，以提供更精準之校正作業用。不管校正程序的格式為何，下列各項為一基本校正程序應包含之項目。

- 一、所有被校之測試、量測儀器及標準件之規格、目的之詳細敘述。
- 二、校正時之環境要求規格。
- 三、校正使用之儀器標準件及其最小要求規格。

四、校正前準備步驟及各項安全考慮之討論。如暖機時間、歸零調整、清潔程序及各項應注意事項均應加以討論。

五、校正步驟之內容討論，包括量測系統結構、裝置原理、校正操作指令、資料處理方法、校正結果之評估原則。

- 六、校正後應有之步驟，如儀器、標準件應注意之保養程序。³

完整校驗作業包含：校驗程序的準備、標準件的準備、量測環境準備、校正前準備（暖機、歸零）、校正作業、紀錄結果、校正後保養、產出校正報告。

首先，當校驗人員接獲一件待測件（Unit Under Test, 簡稱 UUT）時，需依據待測件廠牌及型號，找出其相對應的校驗技術文件。校驗技術文件來源有 2 種，

³ 〈什麼是校正程序?基本校正程序應包含哪些項目?〉《國家度量衡標準實驗室》，<http://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=2240&ctNode=4062&mp=2>，2018 年 4 月 3 日。

其一為軍方慣用的技術命令（Technical Order,簡稱 TO），另一為原廠提供之技術文件。校驗技術文件中包含許多重要訊息，例如校正環境之要求規格、所需用標準件、校正前準備及校正步驟與標準。

校驗人員依據待測件找出相對應的校驗技術文件後，接下來即可依校驗技術文件所列出的所需標準件清單（圖二），將待測件及標準件放置於校正時要求規格環境中。待測件及標準件放置於校驗實驗室中（圖三），仍須依技令要求之時間，俟裝備與環境達平衡狀態時，才可執行開機暖機動作。

依技令完成機器暖機後，始可開始執行校驗作業。以常用的多功能電表為例，校驗內容包含直流電壓、交流電壓、直流電流、交流電流、電阻及電容等。校驗人員需依技令步驟，完成每一項校驗作業，並記錄校驗結果。（圖四）

當校驗人員依技令完成所有校驗步驟，最終須將所紀錄結果做成校正報告，才算大功告成。校正報告中會記載本次校驗的校正人員、校正日期及校正環境等訊息，亦會詳細列出所有校正作業步驟的結果，以提供送校單位參據運用。（圖五）

2 EQUIPMENT REQUIREMENTS:			
Name		Minimum Use Specifications	Calibration Equipment Sub-Item
2.1	METER CALIBRATOR/AMPLIFIER	Range: 0 to 1100 VDC; 0 to 1100 VAC; 0 to 11 ADC; 0 to 11 AAC; 0 to 100 MHz	Fluke 5720A w/3725A
	VDC	Accuracy: $\pm 1\%$ 220 mV DC rmg. 119 ppm of output $\pm 0.5 \mu V$ DC; 2.2 VDC rmg. 116 ppm of output $\pm 0.8 \mu V$ DC; 11 VDC rmg. 114 ppm of output $\pm 3 \mu V$ DC; 22 VDC rmg. 114 ppm of output $\pm 5 \mu V$ DC; 220 VDC rmg. 116 ppm of output $\pm 50 \mu V$ DC; 1100 VDC rmg. 118 ppm of output $\pm 500 \mu V$ DC	

圖二 量測所需標準件示意圖

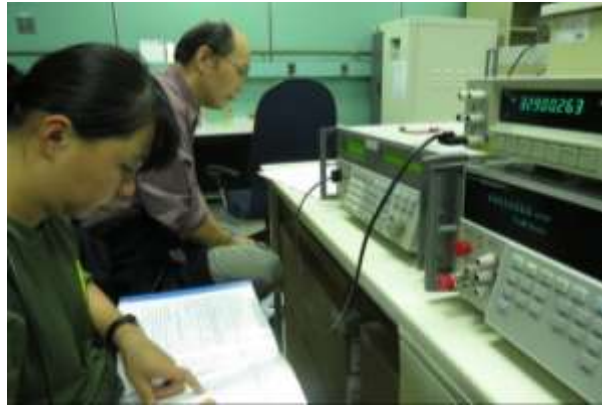
資料來源：美軍校驗技術文件，如註解⁴



圖三 量測常用標準件（FLUKE 5500A）⁵

⁴ 《T.O. 33K8-4-14-1 CALIBRATION PROCEDURE FOR DIGITAL MULTIMETERS (FLUKE)》（U.S. Air Force，西元 2015 年 5 月 30 日），頁 2。

⁵ 標準件 5500A 為 8 位數多功能校正器，可執行 7 位數以下電表之電壓、電流、電阻等功能校正。



圖四 人工校驗作業實況示意圖

送校單位: G020	儀器型號: 87	環境溫度: 21 °C
儀器品名: TRUE RMS MULTIMETER	儀器序號: 49900649	環境濕度: 50 %
校正日期: 1070122	校正人員: 229	報告識別: 1070122-229-03

1. Calibration Reference: T.O. 3388-4-14-1
2. Calibration Equipment: 5522A(S/N: 2209902) Calibrator(CAL: 1060213-228-01) (DUE: 1070208)
3. Calibration Records:

3.1 DC Voltage

Calibrator Output (V)	TI Indications			Results (V)
	Range	Min (V)	Max (V)	
0.390	400 mV	389.5 m	390.5 m	389.9 m
3.9	4 V	3.895	3.905	3.900
5	40 V	4.98	5.02	5.00
-5		-5.02	-4.98	-4.99
10		9.98	10.02	10.00
-10		-10.02	-9.98	-9.99
15		14.97	15.03	15.00
-15		-15.03	-14.97	-15.00
20		19.97	20.03	20.00
-20		-20.03	-19.97	-19.99
30		29.96	30.04	29.99
-30		-30.04	-29.96	-29.99
390	400 V	389.5	390.5	389.9
900	1000 V	898	902	900

圖五 校正報告內容示意圖

資料來源：圖三至圖五為飛勤廠校修所潘怡誠士官長提供使用

自動化儀錶校驗

前面已介紹傳統人工校驗作業之流程，若仔細探討每一個步驟，可以發現執行校正作業及記錄數據，是整個校驗作業的主體，也是最耗費人力時間的一項工作。在這個步驟中，校正人員須依照技令內容，量測不同測量點內容，有時同一測量點須重複測量多次，以求取平均數值。重複量測及記錄數值，考驗校正人員的細心及耐力，有時需於校驗實驗室中連續待多個小時，才能完成校正工作。

傳統校正是透過人工來進行，由人工執行的校正作業，亦可能會造成誤差。表二所列为測量誤差原因，其中第 2 項測量者的個人誤差，就是在傳統人工校驗過程中，會造成誤差的主因。因為在校驗過程中，若準備相同的標準件（表示排除量具的固有誤差），在相同的環境（表示排除外部條件的固有誤差）中，由不同的校驗人員執行校正工作，所量測的結果卻不同時，研判這可能是測量者的個人誤差所造成，例如測量者操作方法的習慣、熟練度等因素。所以，如

果我們可以透過自動化控制執行校驗作業，將可以有效減少人員誤差。

要建立自動化量測系統，需具備的第一要件就是要能以程式語言執行儀器控制。而大多數程式語言均為冷冰冰的程式碼，對於沒有程式撰寫基礎的人，將不易踏入程式撰寫的這道門檻。此時若有更簡易明瞭的程式撰寫方式，將會使有心從事自動化校證作業的人員，可以更有效達成目的。

美商國家儀器公司（National Instruments）於 1986 年 10 月史上首度研發圖形化虛擬儀器第一代產品的 LabVIEW 圖形化程式語言。這項軟體之誕生，提供了自動化的資料儲存與分析，以降低人工執行的謬誤。1990 年，該公司彙整使用者建言，改版為第二代，其功能可與 C 程式語言編譯器並駕齊驅。1992 年，NI 公司將 LabVIEW 技術運用至其他的作業系統，例如像個人電腦與工作站等等。⁶因著 LabVIEW 的產生，傳統程式語言變成圖像式程式語言，可透過圖形化的方式撰寫程式，使撰寫程式各流程步驟更明易直白。

表二 常見測量誤差原因分析表

誤差的種類	原因	範例
1.量具的固有誤差	起因於量具構造上或安裝上的問題所造成。	刻度不同，摩擦、測量壓力的變化，螺旋節距的不同。
2.測量者的個人誤差	由於測量者的習慣、熟練度所造成。	看刻度的習慣，操作方法的習慣。
3.外部條件的誤差	由於特定室溫；採光的影響。	溫度變化、照明的影響。
4.偶然誤差	由於種種條件的重合所造成的誤差，無法判定的時候居多。	外來狀況的稍為變動，測量者的心理影響。

資料來源：如註解⁷

一、LabVIEW 功能及優點

使用 LabVIEW 最大優點是其率先引入虛擬儀器（Virtual Instrument）概念，使用者可透過人機介面直接控制自行開發之儀器。此外，LabVIEW 提供包含訊號擷取、訊號分析、機器視覺、數值運算、邏輯運算與資料儲存等功能。另外，其支援跨平臺程式開發，在各個知名常用作業系統上，例如 Windows、UNIX、Linux 與 MacOS 等皆可使用。隨著科技的進步，LabVIEW 已普遍地應用在不同的工作領域，例如自動化量測與控制系統。使用圖形化語言及程式方塊圖，能夠自然地呈現資料流，且將資料對應到人機控制介面。⁸

⁶姚凱超、賴長興、方俊修等編著，《自動量測技術》（新北市：全華圖書，西元 2013 年 2 月），頁 1-3。

⁷唐文聰，《精密量具選用要領》（臺北市：全華圖書，西元 1987 年），頁 5。

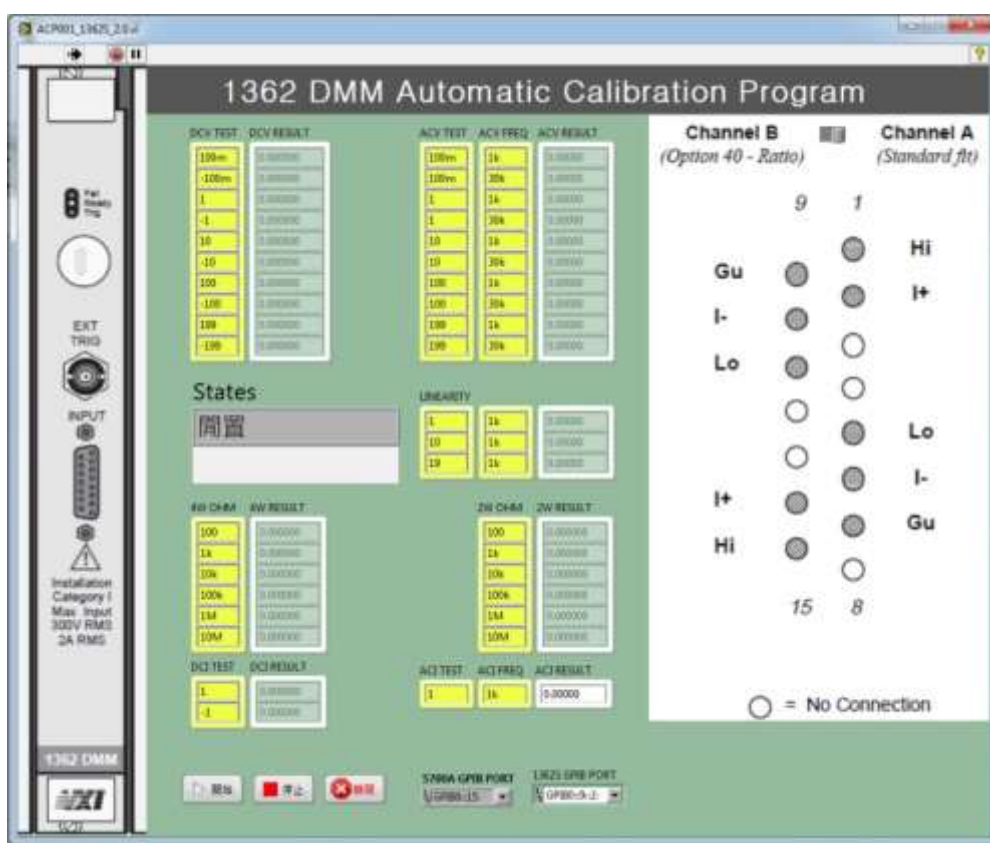
⁸曾吉弘、吳維翰、盧玟攸、謝宗翰、薛浩云、翁子麟、CAVE 教育團隊等著，《LabVIEW for Arduino-控制與應用的完美結合》（臺北市：泰電電業股份有限公司，西元 2013 年 11 月），頁 8。

LabVIEW 的人機介面設計功能，使用者可自行設計並配置適用的人機介面，此舉將可大幅提升程式設計的彈性並節省成本。⁹LabVIEW 原本設計並非僅針對自動化控制，但是由於其功能強大、適用性多樣化，因此可應用於許多工業設計、環境模擬及儀器控制等範疇。而將 LabVIEW 應用於儀錶校驗，也是可以採用的一種方式。

二、圖像式程式語言運用於儀錶校驗之實驗成效

1362 可程式化數位電表配賦於刺針飛彈系統測檯，主要用於 PSTAR 預警雷達裝備檢修使用。依據技術書刊所述，共需執行電壓、電流、電阻等 38 個校正點，以人工方式執行校正作業耗時為 2 小時。若透過 LabView 程式語言，將標準件與待測件連接好後，將儀錶各項設定過程自動化，量校時間為 30 分鐘，大幅降低量校作業工時。

圖六 圖像式程式語言運用於儀錶校驗示意圖



資料來源：飛勤廠校修所潘怡誠士官長提供使用

三、自動化儀錶校驗運用效益

(一) 提高作業效率：校驗作業多屬於重複性工作，若透過程式自動化校驗，將可降低人為錯誤，提升工作效率。除此之外，校驗人員針對每一個量測點需完成量測、判讀及記錄等 3 大步驟，舉常用的數位電表校驗作業為例，校

⁹同注 5。

驗人員需調整標準件輸出電壓，並拿探針量測數位電表不同量測點之電壓、電流及電阻數值，接著判讀數值，最後記錄結果。電壓量測點 10 個，電壓檔位 7 個，故需完成電壓 70 個量測點的校正、判讀及記錄。如果再加上電流及電阻（測量點 10 個、檔位 7 個）的校正，一共需完成 210 個量測點校驗作業。如此繁複過程，需要耗費不少時間。如果透過 LabVIEW 控制，自動調整測量調整標準件輸出電壓（或電流、電阻），並且自動記錄結果，將可以省去大量時間。

（二）減少裝備投資：校驗作業所需標準件，往往價格不斐，對於有心建立量測實驗室的人員，花費在裝備上的預算，無疑是最大的開銷。另外，傳統儀器標準件的功能單一、固定不變，所以為了增加校驗實驗室能量，則需購置不同標準件，而所需儲放空間也勢必越來越大，都是造成實驗室經費不斷攀高的原因。若透過虛擬儀器取代傳統儀器，使用者可自行定義修改功能，在執行校驗作業時，將更有彈性，也能降低經費投資。

（三）專注核心技術：傳統人力校驗是一種技術，合格校驗人員須經過專業課程及實務經驗，才能有效地執行校驗作業。然而，校驗人員不應該只侷限於傳統人力校驗，才能使校驗工作更臻完善。隨著電腦科技進步，許多產業逐漸以自動化取代傳統人力作業，僅保留少數人力維護管制機台運作，以減少人力成本。以校驗工作來說，邁向自動化控制勢必是未來趨勢。因為傳統人力校驗作業倚重校驗人員的技術與經驗，而校驗過程也相當消耗校驗人員的作業時間。在整個校驗作業過程中，校驗人員必須不斷重複相同步驟，才能完成整個校驗作業。若以自動化控制執行校驗作業，將能以程式取代重複性工作，將會更有效率地完成校驗作業。

綜上所述，自動化儀錶校驗有兩個效益。第一，校驗人員可減少花費於重複性工作的時間，可運用更多時間專注於核心技術精進與傳承。傳統校驗技術不容易傳承，因為校驗作業仰賴作業人員專業程度及實務經驗。專業程度可透過相關課程學習獲得，但是實務經驗卻需要長時間累積。而當校驗單位面臨校驗人員離職或退休，如果在之前沒有長遠規劃及人才培養，往往會造成單位人力青黃不接、人力吃緊的窘境。若以自動化控制執行校驗作業，校驗人員不再需要花大量時間於重複性工作，所以可專注於自動化程式撰擬及除錯。當有作業人員離退時，新進人員只要熟悉儀器介接和程式使用，即可開始執行校驗作業，可有效降低新進人員作業銜接期。第二、校驗作業無非兩大主軸，校驗理論與校驗實務，若透過自動化控制取代校驗實務，校驗人員將更有時間深入專研校驗理論，使校驗技術更加精進。

結語

筆者透過探討以圖像式程式語言，執行儀錶校驗自動化作業，說明可有效

節省校驗時間。面對近年兵力轉型、組織調整及人力精簡政策，以自動化校驗方式取代傳統人力校驗作業，將是國軍可持續發展研究的方向。因為透過自動化校驗作業的建立，使校驗人員有更多時間精進核心技術，轉型為高科技兵力。

其次，透過自動化取代重複性高的校驗工作，也可以減少錯誤，並提高工作效率。而面對組織調整時，亦不用擔心作業人員青黃不接之窘境。另外，當面臨人力精簡政策時，仍可因自動化校驗作業，有效達成國軍各式裝備校驗任務，故筆者認為持續推動儀錶校驗自動化作業，將有效因應未來可能之人力及預算限制，有效提升我軍校驗整體效率與效益。

參考文獻

- 一、孫航永，《常用電子量測儀器原理》（臺北：秀威資訊科技，西元 2005 年）。
- 二、〈什麼是追溯?經由那些方法可以達成追溯?〉《國家度量衡標準實驗室》，[http：//www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xltem=2254&ctNode=4062&mp=2](http://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xltem=2254&ctNode=4062&mp=2)，2018 年 4 月 3 日
- 三、〈什麼是校正程序?基本校正程序應包含哪些項目?〉《國家度量衡標準實驗室》，[http：//www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xltem=2240&ctNode=4062&mp=2](http://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xltem=2240&ctNode=4062&mp=2)，2018 年 4 月 3 日。
- 四、《T.O. 33K8-4-14-1 CALIBRATION PROCEDURE FOR DIGITAL MULTIMETERS (FLUKE)》（U.S. Air Force，西元 2015 年 5 月 30 日）。
- 五、唐文聰，《精密量具選用要領》（臺北：全華圖書，西元 1987 年）。
- 六、姚凱超、賴長興、方俊修等編著，《自動量測技術》（新北市：全華圖書，西元 2013 年 2 月）。
- 七、曾吉弘、吳維翰、盧玟攸、謝宗翰、薛浩云、翁子麟、CAVE 教育團隊等著，《LabVIEW for Arduino-控制與應用的完美結合》（臺北：泰電電業股份有限公司，西元 2013 年 11 月）。

作者簡介

吳銘祥少校，中正理工 92 年班、軍備局技術訓練中心正規班 100 年班，歷任飛彈技術官、組長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組。

砲兵小故事：靶機



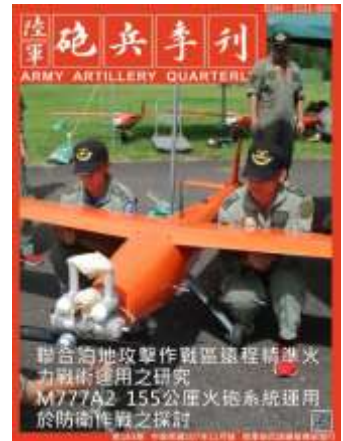
靶機主要提供防空飛彈和管式防空火砲部隊實施基地訓練（對空瞄訓）和實彈射擊運用。靶機依演訓任務，可模擬敵戰鬥機、彈道飛彈和巡弋飛彈等空攻武器。重覆性靶機可不斷重覆回收使用、結構堅固且能依任務屬性變更其操作模式、後勤保養維修簡單。靶機飛行前結合GPS定位系統規劃飛行航路；飛行中使用無線電遙控裝置，控制其飛行姿態並模擬戰術攻擊航路，甚至可配合射手追瞄訓練對同一飛行航路反覆飛行；飛行後可依事先規劃航路飛至指定降落場降落再由專人收回。（參考來源：砲兵季刊第172期〈短程防空飛彈實彈射擊靶標運用之探討－以刺針飛彈系統為例〉、砲訓部靶勤隊檔案照片）



陸軍砲兵訓練指揮部

陸軍《砲兵季刊》徵稿簡則

一、刊物宗旨：本刊定位為野戰砲兵及野戰防空專業論壇，採季刊方式發行，屬政府出版品，供專家學者及現、備役官兵發表及傳播火力領域專業知識，並譯介國際砲兵新知，歡迎各界賜稿及提供消息。



二、發行及徵稿：本刊為季刊，每年3、6、9、11月各出版電子形式期刊，每期有一主題為徵稿核心，但一般論述性質著作仍歡迎投稿，每期出版前3個月截稿，稿件並送聯審，通過程序審查才予刊登。

三、審查制度：本刊採雙向匿名審查制度，學術論文委託本部各教學組長審理，審查結果分成審查通過、修改後刊登、修改後再審、恕不刊登、轉教學參考等5項，審查後將書面意見送交投稿人，進行相關修訂及複審作業。



四、投稿字數：以一萬字為限，於第一頁載明題目、作者、提要、關鍵詞，註釋採逐頁註釋，相關說明詳閱文後（撰寫說明、註釋體例）。

五、收稿聲明：來稿以未曾發表之文章為限，同稿請勿兩投，如引用他人之文章或影像，請參閱著作權相關規定，取得相關授權，來稿如有抄襲等侵權行為，投稿者應負相關法律責任。

六、著作權法：投稿本刊者，作者擁有著作人格權，本刊擁有著作財產權，凡任何人任何目的轉載，須事先徵得同意或註明引用自本刊。

七、文稿編輯權：本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿註明，無法刊登之稿件將儘速奉還；稿費依「中央政府各機關學校出席費及稿費支給要點」給付每千字680至1,020元，全文額度計算以每期預算彈性調整。

八、授權運用：文稿一經刊載，同意《砲兵季刊》採用創用CC 「姓名標示-非商業性-相同方式分享」3.0版臺灣授權條款，授權予不特定之公眾利用本著作，授權機制如下：

（一）姓名標示：利用人需按照《砲兵季刊》指定方式，標示著作人姓名。

(二) 非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作。

(三) 相同方式分享：若利用人將他人著作改變、轉變或改作成衍生著作，必須採用與本著作相同或相似、相容的授權條款、方式，始得散布該衍生著作。

授權條款詳見：<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/>

九、投稿人資料：稿末註明投稿人服務單位、級職、姓名、連絡電話及通訊地址。

十、特別聲明：政府對「我國國號及對中國大陸稱呼」相關規定如次。

(一) 我國國名為「中華民國」，各類政府出版品提及我國名均應使用正式國名。

(二) 依「我國在國際場合(外交活動、國際會議)使用名稱優先順位簡表」規定，稱呼大陸地區使用「中國大陸」及「中共」等名稱。

十一、本刊電子期刊下載點：

(一) 國防部全球資訊網

<http://www.mnd.gov.tw/PublishMPPeriodical.aspx?title=%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E5%88%8A%E7%A9&id=14>

(二) 臺灣出版資訊網

<http://tpi.culture.tw>

(三) 陸軍教育訓練暨準則資料庫

<http://mdb.army.mil.tw/>

(四) 陸軍砲兵訓練指揮部首頁連結「砲兵軍事資料庫」

<http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/砲兵軍事準則資料庫/WebSite1/counter.aspx>

(五) 臺灣教育研究資訊網(TERIC)」

<http://teric.naer.edu.tw/>

(六) HyRead 臺灣全文資料庫

<https://www.hyread.com.tw>

十二、投稿郵寄「710 台南市永康區中山南路 363 號砲兵季刊社」，電話 934325 -

6 (軍線) 06-2313985 (民線)，電子檔寄「cjm8493@webmail.mil.tw」

「army099023620@army.mil.tw」(軍網)、「cjm8493@gmail.com」。

撰寫說明

- 一、稿件格式為：提要、前言、本文、結論。
- 二、來稿力求精簡，字數以 10,000 字以內為原則，提要約 400 字。
- 三、格式範列如次：

題目

作者：○○○少校

提要 (3-5 段)

- 一、
- 二、
- 三、

關鍵詞：(3-5 個)

前言

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

標題 (新細明體 14、粗黑)

一、次標題 (新細明體 14、粗黑)

○○ (內文：新細明體 14、固定行高 21)
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
(一)○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
1.○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
(1)○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
A.○○○○○○, ¹○○○○○○○。²
(A)○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

標題

標題

結語與建議

○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

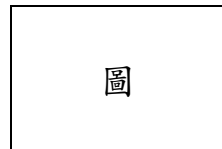
參考文獻 (至少 10 條)

作者簡介

注意事項：

- 版面設定：A4 紙張縱向、橫打，上下左右邊界各 2 公分。
- 中文為新細明體字型、英文及數字為 Arial 字型。
- 題目：新細明體 18、粗黑、居中。
- 作者、提要、前言、結論等大標題為新細明體 14、粗黑。
- 內文：新細明體 14、固定行高 21。
- 英文原文及縮寫法：中文譯名(英文原文，縮語)，例：全球定位系統(Global Position System, GPS)。
- 圖片(表)說明格式及資料來源：以註譯體例撰寫或作者繪製。標題位置採圖下表上。

表一 ○○○○



圖



表

圖一 ○○○○

資料來源：○○○○

資料來源：○○○○

- 註釋(採隨頁註釋，全文至少 10 個)：本文中包含專有名詞、節錄、節譯、引述等文句之引用，請在該文句標點符號後以 Word/插入/參照/註腳方式，詳列出處內容，以示負責。

此編號為「註釋」標註方式。

凡引用任何資料須以 Word “插入/參照/註腳”(Word2007 “參考資料/插入註腳”)隨頁註方式註明出處。

註釋體例

註釋依其性質，可分為以下兩種：

一、說明註：為解釋或補充正文用，在使讀者獲致更深入的瞭解，作者可依實際需要撰寫。

二、出處註：為註明徵引資料來源用，以確實詳盡為原則。其撰寫格式如下：

（一）書籍：

1. 中文書籍：作者姓名，《書名》（出版地：出版社，民國/西元×年×月），頁×～×。
2. 若為再版書：作者姓名，《書名》，再版（出版地：出版者，民國/西元×年×月），頁×～×。
3. 若為抄自他人著作中的註釋：「轉引自」作者姓名，《書名》（出版地：出版者，民國/西元×年×月），頁×～×。
4. 西文書籍：Author' s full name, Complete title of the book (Place of publication: publisher, Year), P. x or PP. x～x.

（二）論文：

1. 中文：作者姓名，〈篇名〉《雜誌名稱》（出版地），第×卷第×期，出版社，民國/西元×年×月，頁×～×。
2. 西文：Author' s full name, "Title of the article," Name of the Journal (Place of publication), Vol. x, No. x (Year), P. x or PP. x-x.

（三）報刊：

1. 中文：作者姓名，〈篇名〉《報刊名稱》（出版地），民國×年×月×日，版×。
2. 西文：Author' full name, "Title of the article," Name of the Newspaper (Place of publication), Date, P. x or PP. x-x.

（四）網路：

作者姓名（或單位名稱），〈篇名〉，網址，上網查詢日期。

三、第1次引註須註明來源之完整資料(如上)；第2次以後之引註有兩種格式：

（一）作者姓名，《書刊名稱》（或〈篇名〉，或特別註明之「簡稱」），頁×～×；如全文中僅引該作者之一種作品，則可更為簡略作者姓名，前揭書(或前引文)，頁×～×。(西文作品第2次引註原則與此同)。

（二）同註×，頁×～×。

著作授權書及機密資訊聲明

- 一、本人_____（若為共同創作時，請同時填載）保證所著作之「_____」（含圖片及表格）為本人所創作或合理使用他人著作，且未以任何形式出版、投稿及發表於其他刊物或研討會，並同意著作財產權於文章刊載後無償歸屬陸軍砲訓部(下稱貴部)所有，且全權授予貴部將文稿進行重製及以電子形式透過網際網路或其他公開傳輸方式，提供讀者檢索、下載、傳輸、列印使用。
- 二、著作權聲明：本人所撰文章，凡有引用他人著作內容者，均已明確加註並載明出處，絕無剽竊、抄襲或侵害第三人著作權之情事；如有違反，應對侵害他人著作權情事負損害賠償責任，並於他人指控貴部侵害著作權時，負協助貴部訴訟之義務，對貴部因此肇致之損害並負賠償責任。
- 三、文稿一經刊載，同意《砲兵季刊》採用創用 CC  「姓名標示-非商業性-相同方式分享」3.0 版臺灣授權條款，授權予不特定之公眾利用本著作，授權機制如下：
- （一）姓名標示：利用人需按照《砲兵季刊》指定方式，標示著作人姓名。
- （二）非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作。
- （三）相同方式分享：若利用人將他人著作改變、轉變或改作成衍生著作，必須採用與本著作相同或相似、相容的授權條款、方式，始得散布該衍生著作。
- 授權條款詳見：<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/tw/>
- 四、論文內容均未涉及機密資訊，如有違反規定，本人自負法律責任。
- 五、囿於發行預算限制及相關法令規範，同意依實際獲得預算額度彈性調整稿費計算標準。

授權人（即本人）：

（親簽及蓋章）

身分證字號：

連絡電話：

住址：

中華民國

年

月

日