

陸
軍

砲

兵

季

刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY



中華民國三十四年六月二日 陸軍砲兵學校初級班第十八期畢業紀念



陸軍砲兵訓練指揮部107年兵科戰術戰法研討會暨823戰役60週年紀念



紀念八二三戰役六十週年特輯
60th Anniversary of 823 Battle



陸軍砲兵季刊

目 錄

八二三戰役六十週年特輯

01 紀實 - 陸軍砲兵訓練指揮部八二三戰役六十週年系列活動

編輯室

08 專文 - 八二三戰役六十週年戰史回顧

蘇浚瑋

野戰砲兵技術研究

17 淺談雷霆 2000 多管火箭系統彈箱裝、卸載方式

曹豐皓

34 精進「磁偏」校正與常數運用之研究

耿國慶

49 陸軍砲兵測地電算機（程式）之發展與進程

黃盈智

譯粹

77 管式火砲仍是美軍未來戰場重要火力支援平臺？

王文勇

117 無人機機群即時任務賦予及變更

胡元傑

砲兵小故事：M114 式 155 公厘牽引榴彈砲

徵稿簡則

撰寫說明

第182期

中華民國107年9月號

宗旨：

以弘揚砲兵學術、精進部隊作戰、教育訓練、戰術思想及介紹世界各國科技新知為主，藉以培養砲兵部隊官兵學術研究風氣，精進本職學能素養，期能以學術領導，提升砲兵戰力。

聲明：

一、文章為作者研究心得，本社基於學術研究刊登，內容不全部代表本社立場，一切應以陸軍現行政策為依歸，歡迎讀者來信。
二、軍刊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/Publi shMPPeriodical.aspx?title=%E8%B B%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/>

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 9 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：107 年 9 月 5 日臺南市八二三戰役戰友協會參加砲訓部八二三戰役六十週年系列活動。



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/tw>

陸軍砲兵訓練指揮部

八二三戰役六十週年系列活動



民國47年8月23日18時30分，當面共軍突然對金門發動猛烈砲擊，挑起臺海戰史上八二三戰役之戰火，造成官兵殉職與平民傷亡，共軍大規模砲擊金門，一直持續至民國48年1月13日改採零星擾擊。

八二三戰役是一場攸關臺海和平與安全的重要戰役，面對共軍優勢兵力及火力，幸賴駐金門國軍對共軍準確的反砲戰，摧毀敵砲陣地，而海空軍成功突破共軍砲火封鎖，讓前線軍民補給無缺，三軍聯合重創犯敵，獲得輝煌戰果。此外，美國除了在外交上支持中華民國，亦提供重型火炮及空對空飛彈等武器，派遣陸軍飛彈營、戰鬥機進駐臺灣及海軍護航等實質援助，最終在國軍將士英勇奮戰及中美合作下，贏得八二三戰的勝利，挫阻共軍攻佔金門及進犯臺灣的圖謀。

今年適逢八二三戰役六十週年，陸軍砲兵訓練指揮部舉辦系列活動，結合107年砲兵戰術戰法研討會、八二三戰役六十週年紀念大會，並邀請到「臺南市八二三戰役戰友協會」的參戰先進，除表彰戰友先進在戰役期間的英勇奮戰、犧牲奉獻外，亦期許官兵踵繼前賢忠勇愛國之高尚志節，矢志成為保衛國家安全、維護人民福祉之最堅強後盾。



陸軍砲訓部為緬懷六十年前為國英勇奮戰的先賢，並提升官兵及學生對八二三戰役的認知，於107年8月23日至9月10日期間，特別擴大舉行一系列活動，包括「八二三戰役六十週年紀念大會」、「107年砲兵戰術戰法研討會」、火炮裝備展示、文物史料特展、《八二三砲戰》電影欣賞等多項動、靜態活動。

系列活動期間，砲訓部於9月5日邀請「臺南市八二三戰役戰友協會」先進及寶眷五十員蒞部參加大會，大會首先由砲訓部指揮官程詣証少將發言感念先進於戰役期間的犧牲奉獻，接續實施六十週年戰史回顧專題報告，並播放戰友先進的回憶專訪，場面真誠感人。



107年砲兵戰術戰法研討會實況



戰友協會蔡永樟理事長致贈感謝狀



戰友協會楊富翔總幹事發表感言



砲訓部程指揮官講解八二三戰役兵棋臺



「砲科首學、兵監治校」信念擘劃未來



戰友協會與程指揮官重述戰時場景

戰友先進蒞部參加紀念大會外，亦參觀砲訓部專案製作的「八二三戰役兵棋臺」，由教官蔡正章中校以生動方式重演戰役經過，鮮明勾起戰友先進六十年前的歷史記憶，並與現場人員互動討論戰役發生時景況、個人參戰經驗及戰後感想，眾人均感獲益良多。

戰友先進隨後亦參訪砲兵現役武器裝備、歷史文物特展，並瞭解砲訓部關廟新校區未來發展規劃，會後砲訓部程指揮官與戰友先進們拍攝團體紀念照，以記錄歷史性時刻。

9月10日砲訓部接續實施兵科戰術戰法研討會，秉持繼往開來的精神，以創新思維實施兵科學術性研討，研究成果豐碩，為系列活動劃下完美結束。（編輯室張晉銘）



程指揮官解說八二三紀念章意涵



戰友先進聽取戰史回顧專報



戰友先進參訪八二三戰役兵棋臺





戰友先進參訪文物史料



戰友先進參觀砲兵新式裝備



紀念大會人員拍攝團體合照



謹以此片
獻給英勇戰士們







八二三戰役六十週年戰史回顧

作者：蘇浚璋

前言

戰爭無情、和平無價，曾經塵土濛濛、烽煙漫天的八二三戰役（又稱第二次臺灣海峽危機），在我們記憶中已悄然邁入六十週年，今年是「八二三戰役」六十週年，由於這場戰役對國家的生存發展具重大深遠的影響，在我國現代史上佔有無比重要的一頁，雖然時光已超過半個世紀，但是「八二三」仍永遠是一個值得國人同胞重視感念的日子。

六十年前，幸賴全國軍民精誠合作、團結一心，重挫中共於此戰役，使其日後不輕易重啟戰端。這一段國軍官兵保家衛國，軍民間密切合作、英勇抗敵的光榮勝利史蹟被忠實地記載及流傳，國人也不會遺忘這場戰役充分地顯現國軍，包括砲兵部隊發揮冒險犯難、不怕犧牲的精神，同時也展現了以少勝多、有勇有謀，大敗敵作戰企圖之戰果，為我砲兵部隊奠定日後良好的發展基礎。

如今在這個具有紀念意義的光榮時刻，應重啟國人對戰爭殘酷的回顧，使其能體認到「中共只要一天不放棄使用武力解決臺灣問題，兩岸就隨時可能發生戰爭」，歷史上的這天有重演的潛在可能。

雖然海峽兩岸戰爭的煙硝味、槍砲聲已消散，兩岸關係發展亦今非昔比，變化快速不可同日而語，然中共領導人習近平於 2017 年 10 月 18 日至 24 日間的第十九大會議中發表，要在 2050 年達成中華民族的偉大復興，並列舉 14 項必須實現項目，其中之一即是將臺灣納入中國版圖的「統臺」目標。另外，美國智庫「2049 計劃研究所（Project 2049 Institute）」¹ 研究員易思安（Ian Easton）在其著作《中共攻台大解密（The Chinese Invasion Treat）》指出，就研究我國 2013 年國防報告書之內容所獲，中共將可能於 2020 年以武力統一臺灣，總總跡象顯示，兩岸之間一直存在「武統」問題。

八二三戰役戰史回顧

一、戰爭起因

時間回溯至民國 38 年至 47 年，政府播遷到臺灣，10 年來國共雙方在兩岸沿海地區幾乎無日不劍拔弩張，保持著即將發生衝突的狀態。這段期間國際政局可以說是充滿利益的交換與衝突，而我國的處境則是在各方利益糾葛的夾縫中爭取生存空間，而戰役的開端之前，皆起於國際情勢及中共當前政局的動盪不安，主要起因分析如次。

¹ Project 2049 Institute 是一家位於美國華府的智庫機構，以亞洲為主要研究對象。

（一）中共內部鬥爭

毛澤東在民國 38 年取得政權後，就展開一連串政治運動，如民國 42 年至 45 年的「三大改造」運動、46 年的「反右派鬥爭」、民國 47 年起的「三面紅旗」運動。毛澤東為了自己的政治權力，不僅鬥爭黨內戰友、破壞制度、傷害民族淺百年來的文化，造成無法估計的浩劫。毛澤東靠著農民起義而統治中國大陸，卻在民國 47 年至 49 年間的「大躍進運動」中，創下人類史上最嚴重的人為饑荒，這場饑荒造成的死亡人數約莫幾千萬人，難以估計。大躍進運動前後維持不到 20 個月，即將大陸經濟推向崩潰邊緣，帶來嚴重的經濟危機，也招致共產黨內甚多幹部反對，毛澤東因此退居領導二線。為穩固其領導地位，毛澤東發起八二三戰役，希望藉由對外用兵以轉移焦點，並試圖消除內部危機。

（二）美、蘇冷戰影響

美國與蘇聯冷戰起於民國 36 年，在當時蘇聯與中共原為親密戰友，但在民國 50 年代末期，蘇聯領導人赫魯雪夫「推行蘇美合作，主導世界戰略」，又因蘇聯與國民政府簽署「中蘇友好同盟條約」、民國 47 年長波電台及共組聯合艦隊事件產生分歧，導致蘇聯與中共關係逐漸走向交叉路口。

（三）中共腹背受敵

中共與蘇聯關係惡化，加上美國持續圍堵中共，面對當時世界上兩個超級大國為敵的情勢，毛澤東內部又因為「三面紅旗」的失敗引起一連串的政治鬥爭。此時毛澤東雖已經退居第二線，但透過政治鬥爭，實際上仍掌握大部分的政治權力。為進一步穩固政治勢力，故發動戰爭轉移國內外焦點。

二、戰前情勢

八二三戰役的發生，具有廣泛的國際因素。民國 38 年政府播遷到臺灣直至 47 年，整整 10 年間，國共雙方在兩岸沿海地區幾乎無日不劍拔弩張保持著對峙的狀態。這段期間的國際政局可以說充滿了利益的交換與衝突，而我國的處境則是在各方利益糾葛的夾縫中徵求生存的空間。民國 39 年韓戰爆發，美軍派遣第七艦隊封鎖臺灣海峽以及中共的參戰，導致其領導人毛澤東延宕原定犯臺的作戰計畫。但這只是暫時性的，事實上，中共從未停止與國軍在東南沿海地區的軍事衝突。

民國 42 年，韓戰結束後，中共在國際的地位飛躍成長，也間接地增加後續武力犯臺之有利因素，因此，中共不斷喊話要解放臺灣，同時也在大陸沿海積極擴張戰備。從民國 43 年至 46 年間中共分別提出血洗臺灣、國共第三次合作及和平解放臺灣等手段，並以三次軍事行動對我金、馬等地區實施砲擊，一再顯示其對我國的進犯敵意。此時，我國與美國於民國 43 年 3 月 3 日在華盛頓（Washington）簽訂《中美共同防禦條約》。美、日等國亦興起「臺灣獨立」、「臺

灣中立化」及「兩個中國」等主張，引起中共極大的不安。為了向美國示威並對臺灣施加壓力，民國 43 年 7 月 23 日，毛澤東提出了「解放臺灣」口號，藉以顯示中國大陸對於國際間企圖分裂中國而不能坐視不顧之決心。9 月 3 日，共軍發動「九三砲戰」，對我金門地區進行大規模猛烈砲擊，落彈遍及大、小金門等島，各地頓時煙霧瀰漫，這次大規模砲擊從 9 月 3 日延續至 22 日。據統計，半月內計著彈 8 萬 7 千餘發，後續國軍遂行實施反砲擊，並在海、空軍密切配合下，重挫敵砲陣地，殲敵 300 餘人，共軍此一砲戰之舉，終告失敗。

民國 43 年 11 月，中共海、空軍猛烈轟炸大陳島及其附近海域的國軍艦艇，隔年 1 月共軍已取得大陳島週遭海、空優勢，創造一江山登島作戰之有利條件。隔年 1 月 18 日，共軍發動了一江山戰役，直至 2 月 6 日，在美國承諾協防金、馬的情況下，我被迫接受美國的撤退建議，集中力量防守臺灣，同時撤離大陳島上守軍與平民。

三、戰役經過

民國 47 年上半年，中東地區接連發生政變，美國及英國為穩定中東局勢而出兵黎巴嫩（Lebanese）與約旦（Jordan）等國，毛澤東藉此試探《中美共同防禦條約》的底線，頻頻在東南沿海利用內陸交通，晝夜運輸，陸續徵集民船支援軍方運補，三軍主力部隊紛紛向南移動，當時中共已在福建、廈門部署 340 餘門火炮，並集結陸軍約 18 萬人、艦艇 200 餘艘，空軍戰機更在距離臺灣 250 哩內部署多達 400 餘架，而我軍在金門地區僅有兵力 9 萬餘人、各型火炮 310 餘門，相互對峙，戰爭一觸即發。面對中共即將大舉進犯的態勢，我國政府在 7 月 11 日 12 時，宣布全國進入「特別戒備狀態」，兩岸間瀰漫著濃厚煙硝氣息，已有山雨欲來的緊張情勢。

地理上金門、廈門隔海相望，最近距離僅相隔 1800 公尺之遙，且金門幅員狹小、三面環敵，所處戰略位置極為不利，不論在兵力或是火力上，皆居於劣勢。

同年 8 月 23 日，引起國際注意的八二三戰役正式爆發，當時中共乘我不備，於晚間 6 點 30 分時，異地同時以 340 餘門火炮、3000 多發砲彈向金門大武山等地發起第一波砲擊，忽然間砲彈鋪天蓋地席捲而來，砲火震天作響，硝煙瀰漫彈片齊飛，意圖癱瘓我指揮系統、摧毀我防禦工事。第一波砲彈落下時，造成三位副司令官殉職，短短兩小時內共軍瘋狂的連續向我射擊 4 萬 5 千餘發砲彈，其火力多指向我指揮所、觀測所、砲兵陣地及交通中心等要點，於是揭開了震今中外的八二三戰役序幕。中共發起射擊後，國軍立即反擊，並藉由地下工事逐漸恢復戰力，我砲兵部隊運用反砲戰原則，集中優勢火力向敵軍陣地開始實施還擊。

8月24日，中共又於傍晚時分向金門灘頭、機場及砲兵陣地等要點狂轟猛炸，並出動海、空軍截斷我後方運補，封鎖海運線，藉以圍困金門，伺機大舉進犯。

8月25日至9月12日，我砲兵改採主動，利用連日來標定之成果先行完成射擊準備，且敵工事設施極為簡陋，遇到我砲兵部隊砲火襲擊時不堪一擊，所以我軍火力改採集火射擊，分配各營、連火力向敵制壓，在這段期間大膽、二膽兩島更是遭受多次砲擊，其中8月29日竟整日籠罩在敵軍砲火之下。

9月13日起，中共發射砲彈數量不若以往密集，忽打忽停，遇我砲兵制壓，隨即沉寂，擾民不斷，金門百姓無不同仇敵愾，悲憤填膺。

9月18日，我軍「轟雷計畫」開始實施，獲美軍先後運補12門八吋自走及牽引榴砲，同時以中、重型火砲向廈門地區進行射擊，其中一群落於廈門車站前方造成慘重傷亡，中共竟一度宣稱我軍擁有核子武器。

10月6日，中共對外宣布放棄封鎖，改為「單打雙不打（逢單日砲擊，雙日不砲擊）」，逐漸減少攻勢。戰役自8月23日起至10月6日止，44天內我砲兵共發射砲彈74,889發，而中共則發射474,910發，平均每1平方公尺就有4發砲彈落下，其中烈嶼島更承受了將近一半的轟炸，戰況慘烈由此可見。直至民國68年，中共與美國建交，宣布正式停止砲擊。

在此戰役中，砲兵部隊扮演著不可或缺的一環，當時火力及兵力部署多指向中共適合登陸的灘頭及陣地四周要點，此外並加強工事構築、糧彈、軍品囤儲地下化以及隱、掩蔽措施；另我軍部隊訓練精良，作戰準備充分，所以能保存戰力，待敵攻擊時，靜待時機，一舉發起反擊。在這段期間，金門寫下了一頁頁可歌可泣、傳諸青史及撼動人心的光榮勝利史蹟。至此，國軍成功守衛金門，開啟了近半世紀來臺海情勢的穩定，也保障了東亞地區的和平發展。

戰役開始後我金馬兩地，三面皆被敵高地砲兵砲火所圍繞，中共部隊東起圍頭，北霖蓮河，西迄廈門、煙墩山（如圖一），由東至西部屬了36個砲兵營及6各海岸砲兵連，²在長達30多公里的砲兵陣地對我金門形成了三面包圍之態勢，乘我不備之時發動攻擊。

八二三戰役，歷時44天，落彈47萬餘發，起初第一日在短短2個多小時內，金門地區各島與落彈達4萬5千餘發之多。太武山金門防衛司令部所在地，包含砲兵陣地、觀測所、機場及港口等各軍事要地，均為敵砲火襲擊的主要目標。砲彈猝然而至，當時國防部俞大維部長正在金門進行視導，遭砲彈破片擊中頭部。金防部章傑、趙家驤、吉文星三位副司令在此役中壯烈成仁（如表一），參謀長劉明奎亦深受重傷，但國軍的忠勇奮戰，不怕犧牲的保家衛國情操，終於

² 張春英主編，《海峽兩岸關係史－第三卷 內爭・對峙》（臺南：海峽學術出版社，民國97年8月），頁95。

迫使中共於 10 月 6 日採取所謂「單打雙不打」³的階段，直至民國 68 年中共與美國建交之後，正式宣布停止砲擊。

在此戰役中，除了金、馬等地區地面部隊奮勇作戰外，海、空軍亦扮演著不可或缺的一環。就海軍作戰與運補而言，戰役爆發隔日，海軍運輸艦隊抵達料羅灣灘頭卸載物資並實施傷患後送作業，共軍為阻擾國軍實施運補，對料羅灣發動猛烈砲擊並以魚雷快艇隊我運輸艦隊實施攻擊，在「824 海戰」中，我海軍官兵奮勇作戰，共計擊沉共軍快艇 8 艘。9 月 2 日，南巡支隊自澎湖結束護送中外記者及友軍完之任務準備歸隊時，共軍數艘高速砲艇及魚雷快艇向我突襲，在海軍官兵英勇抗敵之下，擊沉共軍 8 艘魚雷快艇及 2 艘高速砲艇，創下「92 海戰」的光榮勝利。此外，海軍為支援金門前線，除了參與作戰外，更積極擬定了幾項重要的運補計畫（如表二），想方設法地突破共軍火網，使金門戰地官兵在後勤補給方面順利補充。

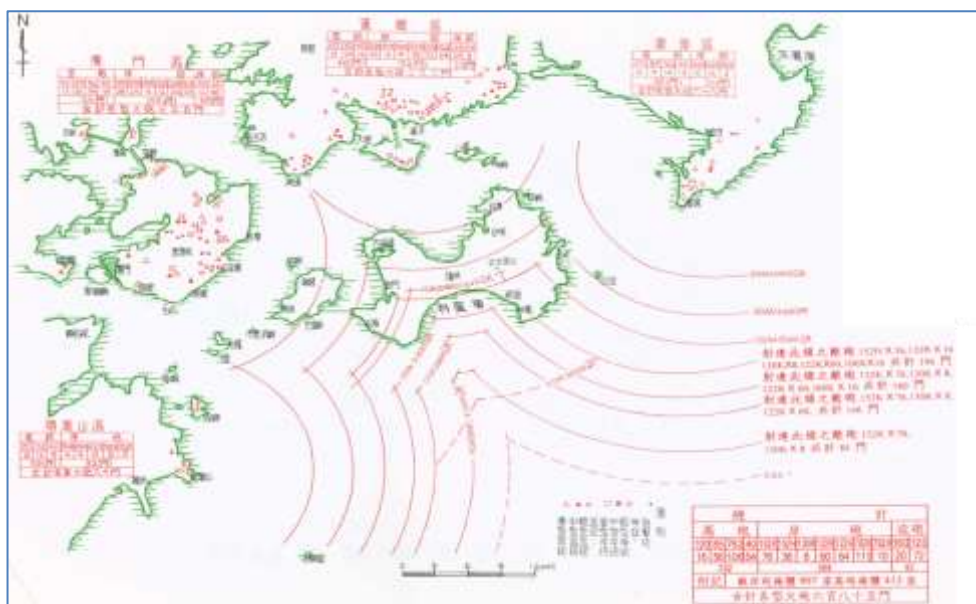
就空軍作戰與運補而言，自中共空軍大舉進駐福建之後，料羅機場便設置因應夜間航行之設備，更為確保安全，從 8 月 7 日開始對金門的空運改以夜間進行。戰役爆發隔日夜間，空軍開始對料羅機場積極進行運補任務。惟機場跑道多處遭共軍砲火擊毀，受損嚴重，雖機場人員努力趕工搶修，仍未能及時恢復，故自 27 日起同時使用尚義機場進行起降任務，然尚義機場並無裝設輔助夜航施行等相關設備，故每次運補必須趁拂曉或黃昏時分進行。由於空運物資數量受限，且受敵火攔阻，為能將補給能量提升至最大值，空軍亦採空投方式進行運補，然空投能量仍嫌不足，故空軍後續更新其空投計畫（如表三），期能支援金門戰地需求。

表一 首波砲擊犧牲的三位副司令

姓名	吉星文	趙家驤	章傑
			
軍種	陸軍	陸軍	空軍
階級	中將	中將	少將

資料來源：作者參閱網路資料綜整

³ 「單打雙不打」是襲擾性的砲擊模式，並無法達成軍事上任何決定性的勝利。



圖一 敵砲兵位置判斷要圖

資料來源：《野戰戰略圖解》，頁 449。

表二 海軍運補計畫

名稱	啟動日期	結束日期	執行梯次	運送項目
閃電計畫	9 月 7 日	9 月 18 日	8	物資
鴻運計畫	9 月 16 日	11 月 11 日	36	物資
轟雷計畫	9 月 18 日	9 月 27 日	3	1.8 吋自走榴砲 6 門 2.彈藥
長風計畫	9 月 24 日	10 月 15 日	14	物資
流星計畫				物資

資料來源：孫弘鑫主編，《烽火歲月－823 戰役參戰官兵口述歷史》（臺北：國防部史政編譯室，民國 98 年 6 月），頁 10－11，作者參照整理。

表三 空軍運補計畫

名稱	啟動日期	結束日期	執行架次	運送項目
中屏計畫	9 月 21 日	9 月 31 日	203	55 萬 3,779 公斤物資
神鷹計畫	10 月 1 日	10 月 7 日	388	114 萬 2,411 公斤物資

資料來源：孫弘鑫主編，《烽火歲月－823 戰役參戰官兵口述歷史》（國臺北：防部史政編譯室，民國 98 年 6 月），頁 12－13，作者參照整理。

四、戰後影響與啟示

八二三戰役西方歷史學家稱為「第二次台海危機」，中共則稱為「金門砲戰」，雖然戰役未如當時國際輿論所擔心的演變成第三次世界大戰，且中共也未能奪取金門。戰役結束後，中共也逐漸地放棄逐一攻佔我前線島嶼的計畫，因此海峽兩岸的形勢實際上已經成為軍事冷戰對峙局面，想以戰爭消滅對方，已

不具可行性，縱使發生武裝衝突，也只是零星事件，雙方主要對抗戰場實際上已經轉移到國際政治舞台，這也是八二三戰役以來中共當初所始料未及的。

（一）結合島嶼地形，發展地下工事

戰役發生前，美軍顧問以第二次世界大戰（World War II）期間法國運用鋼筋混凝土構築防禦工事「馬奇諾防線（Maginot Line）」⁴，最後卻失去其作用，仍被德軍突入之經驗為例，建議我軍無須有加強工事之必要。⁵然戰地司令官劉玉章將軍，衡情度勢，確認金門處於守勢內線作戰，必須強化堅固之堡壘據點，先要拘束敵之攻勢，方能剋敵致勝，故嚴令部隊本著孫子兵法用兵之道「善守者藏於九地之下」的原則，加緊構築戰備工事。而當時的國防部長俞大維先生，曾多次親臨防區視導作戰準備，凡是工事構築所需之材料，在其鼎力籌措支援下，皆儘速運抵金門。也因此各重要工事如指揮所、砲陣地及碉堡等能提前完成，奠定了八二三戰役勝利之基礎。⁶

（二）戰略縱深增加，海權擴張受制

戰役的勝利，金、馬島嶼地區扎實鞏固了我國地理位置最前線，也為臺澎防衛作戰增加 150 公里以上的戰略縱深，我國也因為掌握這些島嶼地理位置，使共軍船艦在我嚴密監控下，不能自由進出臺灣海峽，呈現半封閉狀態，再則北方出海又受制於琉球群島，成為中共海權向東擴展的一個障礙。

（三）凝聚抗敵意識，維護臺海安全

八二三戰役另一個重要啟示，在於軍民同心抗敵共識的凝聚，對戰爭成敗具深遠的影響。精神動員乃是實踐此一共識最佳的具體作為。事實上，國軍之所以能夠贏得八二三戰役，其中主要的原因之一，乃當時舉國上下，皆能抱持「同島一命」的信念，與敵作殊死決戰。故西方學者在論及八二三戰役的時代意義時曾說：「八二三戰役體現了侵略與反侵略、奴役與反奴役、自由與反自由的精神，而此種精神正是人類向上躍升的原動力。」戰爭是殘酷的，預防戰爭雖是 21 世紀世界各國國防建軍的主流思維，但是當國家生存遭逢威脅時，動員全國力量、保衛國家安全仍是各國國防重心。目前我國推動「全民防衛動員」理念，期達「全民國防」目標，面對未來戰爭，整合軍民雙方力量是相當重要的課題，今後，如何將全民防衛中的軍事動員與行政動員力量進一步整合，是決定戰爭勝負的關鍵。

⁴ 馬奇諾防線，第一次世界大戰後，法國軍方開始研究如何防禦德國和義大利入侵。1929 年至 1936 年間起，開始於法德及法意邊境建造全長約 700 公里的一系列防禦工事。

⁵ 國防部史政編譯局，《八二三砲戰勝利卅週年紀念文集》（臺北：國防部史政編譯局，民國 77 年 8 月 23 日），頁 159-160。

⁶ 國防部史政編譯局，《八二三砲戰勝利卅週年紀念文集》（臺北：國防部史政編譯局，民國 77 年 8 月 23 日），頁 221。

結語

八二三戰役是鞏固國家安全，奠定臺海穩定的分水嶺，戰後中共因作戰失利，陷入內部紛爭的困境，我國則因戰役勝利邁入社會的安定和經濟的繁榮。戰役的經驗與教訓，實為我確保臺海扭轉乾坤的重要資產，全國軍民均應共同珍惜，依據血的經驗教訓，創造我防衛作戰更有利的態勢。

時光流逝，八二三戰役的勝利光輝如新，但海峽兩岸與國家情勢，俱已改變，中共迄今仍未放棄對臺使用武力「八二三戰役雖已使我國防武力通過一次成功的考驗，但仍不足以讓我們抵擋對岸的武力威脅，我們務須效法「八二三」的精神，繼續加強現代化的國防建設，使國軍具備足夠的防衛武力，抵禦中共的強大的威脅，確保全體國民的自由民主生活。

臺灣今日的繁榮景象絕對不是偶然，是先烈們拋頭顱、灑熱血所換來的。現今，中共處處在國際上打壓我國，我們該如何殺出一血路，拓展外交生存空間，鞏固邦誼，堅持宣揚國際正義，乃是執政者與全體國民應有的集體共識。同島一命絕對沒有分化團結的本錢，若喪失了抵禦外侮的憂患意識，敵人便有機可乘，赤禍的魔爪將破壞寶島的民生富裕，摧毀辛苦建立的繁榮家園。

當年面對突然其來的戰爭，金門全體官兵雖然從大陸各省來此安居，卻能團結一致、奮戰不懈。六十年前「八二三戰役」的勝利，絕不是因具有優於共軍的武器裝備，而是背水一戰的堅定決勝意志所使然，其中，軍民更是毫無畏懼地奮戰禦敵，為家鄉克盡職責，此等精神，令人敬佩。

前事不忘，後事之師，唯有牢記「忘戰必危」，歷史慘劇才不會再次降臨，特別是當下中共正在對我實施「和戰兩手」，一方面釋出善意，一方面則提升軍事威迫，面對這個趨勢，國軍更應勤訓精練，維持超敵勝敵思維，同時強化官兵為誰而戰、為何而戰的正確認知，凝聚眾志成城堅定戰鬥意志，維繫國家存亡而犧牲奮鬥，期以效先輩之範，承前人之志，延續八二三戰役勝利的光輝。

參考文獻

書籍

- 一、孫弘鑫主編，《烽火歲月－823戰役參戰官兵口述歷史》（臺北：國防部史政編譯室，民國98年6月）。
- 二、張春英主編，《海峽兩岸關係史－第三卷 內爭・對峙》（臺南：海峽學術出版社，民國97年8月）。
- 三、趙一龍著，《大決戰的前夜－兩岸軍力對比》（臺北：新視野圖書出版有限公司，民國85年4月）。
- 四、沈衛平著，《8.23炮擊金門》（北京：華藝出版社，民國87年8月）。
- 五、國防部史政編譯局，《八二三砲戰勝利卅週年紀念文集》（臺北：國防部史

政編譯局，民國77年8月23日）

論文暨研究報告

- 一、劉華倫，〈八二三砲戰－砲兵火力之運用及指導〉《砲兵學術月刊》（臺南），第6期，陸軍砲訓部，民國77年8月23日。
- 二、陳瑞洒，〈火的洗禮、血的啟示－「八二三砲戰」三十週年紀念〉《砲兵學術月刊》（臺南），第6期，陸軍砲訓部，民國77年8月23日。
- 三、藍穎，〈鋼鐵鑄成的島嶼－「八二三砲戰」三十週年紀念〉《砲兵學術月刊》（臺南），第6期，陸軍砲訓部，民國77年8月23日。。
- 四、劉瀚嶸，〈新指參作業程序砲兵營兵棋推演研析〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第139期，陸軍教準部，民國99年8月。

作者簡介

蘇浚瑋少校，陸軍官校 95 年班，砲兵正規班 208 期，歷任排長、副連長、訓練官、教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部一般指參教官組。

淺談雷霆 2000 多管火箭系統彈箱裝、卸載方式

作者：曹豐皓

提要

- 一、砲兵為發揚地面火力的重要角色，在步兵、裝甲兵尚未與敵軍近距離接觸前，砲兵以遠距殲敵的戰術思維，先行破壞敵軍的作戰能力，而在反登陸作戰方面，多管火箭系統的射程超越一般傳統火炮，可在海上形成大面積彈幕，將遠距殲敵的重要性推到極致，使敵軍無法靠近。
- 二、綜觀世界各國近幾年致力於多管火箭系統的研發與改良，強調性能、射程、機動性、防護能力的精進，其中，最重要為縮短火箭彈箱裝填時間，以提升發射載臺的存活力。
- 三、「通用型多功能射擊平臺」與「彈箱模組化」設計為當前世界主流，為許多國家多管火箭系統目前發展之趨勢，此種多用途發射架及具備彈箱快速裝填機構之多管火箭系統，能充分展現多管火箭系統武器效能。

關鍵詞：砲兵多管火箭系統、彈箱裝填、彈箱模組化

前言

由國家中山科學研究院自行研發的雷霆 2000 多管火箭系統，主要針對臺海反登陸作戰的戰術需求設計研發，符合當前國軍作戰需求，目的為替換服役已達 30 年的「工蜂六 A 型多管火箭砲」，因其裝備操作人員需 6 員，並採用傳統人工計算方式、手動液壓及電控調整發射架之方向及射角，需要耗時約 10 多分鐘才能完成射擊動作，而其火箭彈裝填方式是以人工作業方式來進行一枚一枚火箭彈的信管與彈體結合後，再裝填至火箭砲發射架之發射管內，¹作業時間甚長，不利於連續接戰任務，且砲班操作人員進行裝填火箭彈的時間越長，火箭砲車與砲班操作人員暴露於敵反火力攻擊的危險性就越高。

因此，陸軍委由國家中山科學研究院參考各國多管火箭現代化設計，自力研發我國新型多管火箭，並於民國 101 年陸續量產成軍，其性能也較工蜂六 A 型多管火箭大幅提升。目前雷霆 2000 多管火箭系統已成軍多年，筆者本人長久服役於火箭單位，希藉親自操作雷霆 2000 多管火箭多年經驗，探討目前雷霆 2000 多管火箭系統彈箱裝填方式問題，比較各國目前較具代表性的多管火箭系統發展狀況，並建議未來多管火箭彈箱模組研改方向，為建軍發展略盡棉薄。

我國各時期多管火箭系統裝彈方式說明

砲兵的作戰能力主要是由砲彈的破壞力、遠距離的投擲能力及精準度來展

¹ 雷霆 2000 多管火箭系統，維基百科，網址：[http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/雷霆 2000](http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/雷霆2000)。

現，而多管火箭砲則是將砲兵遠距殲敵的理念提升到極致，是陸軍於現代反登陸戰爭中非常關鍵重要的武器，其武器特性是採用多管型態的發射管來發射火箭彈，瞬間在敵方陣地形成大面積的彈幕，進而一次消滅敵軍，而我國多管火箭系統的演進約可分為三個時期，各時期發展的特點與其裝彈方式說明如次。

一、第一代工蜂四型多管火箭系統

1970 年代初期，國軍戰略構想改變，陸軍方面在防衛作戰方面的任務是全力固守、機動打擊、殲敵於灘頭，當時的作戰構想是加強灘岸砲兵火力，因此中科院著手研究發展我國的第一型多管火箭系統，於 1973 年開發成功，並於 1976 年國慶閱兵中首次公開。

工蜂四型多管火箭發射架最早是牽引型式，裝置於兩輪的拖架上，以 3/4T 4*4 吉普車來曳行，而其工蜂四型火箭砲之彈徑為 126 公厘，彈長約 910 公厘，彈重約 25 公斤，最大射程約 10.5 公里，牽引式發射架上有 40 管之發射管，成五列排列，每排 8 管，採用人力徒手來裝填火箭彈，滿架射擊可在 16 秒²之內全數發射完畢，後來更以 M113A1 履帶式裝甲人員運輸車為發射載具作研改後，以 40 根發管組合為兩組，裝置於車頂上，其火箭彈裝填方式一樣是採人力裝填方式，在當時無專屬之裝填車，也無研發快速裝彈機構，在火箭砲射擊後，需耗時 15 分鐘以上才能完成再裝填，非常耗費時間及人力。

二、第二代工蜂六 A 型多管火箭系統

工蜂六型多管火箭於民國 64 年 7 月開始著手研發，代號為「嵩山計畫」。民國 70 年國慶閱兵對外公開，民國 71 年定型，量產成軍後迅速取代工蜂四型多管火箭。

工蜂六 A 型多管火箭的優點是機動性強、射速快、射程遠以及火力強大，能增強一般傳統砲兵火力之不足，³而其量產型的機動載具是 M809 型式 5 噸載重車，發射架載台部分，它是採用彈徑為 117 公厘的工蜂六 A 型火箭彈，發射管採九管一列，整台發射架有五列共 45 管，操作時使用電控液壓調整，射擊方式可選擇連續發射或單發射擊，其發射器的點火模組可使每輛火箭砲車上之火箭彈在 22.5 秒內發射所有的火箭彈，並製造 800 X 600 公尺的殺傷區域，配備的彈種為高爆彈與黃磷彈其火箭彈全長 2.166 公尺，全重 42.64kg，最大射程為一萬五千公尺。

然而 1980 年代，我國新一代工蜂六 A 型多管火箭砲雖已成軍服役，但卻與世界各國的多管火箭相比較，在那個時期世界各國在多管火箭研發改良的技術及射程、火箭彈種類、推進藥柱的科技研究以及裝彈方式的研改等方面，我國

² 高智陽，〈工六 A 多管火箭研發秘辛〉《全球防衛雜誌軍事家》（臺北），第 311 期，2010 年 7 月，頁 58。

³ 同註 2，頁 62。

的技術較落後，且相較同時期與其他國家的多管火箭系統，工蜂六型仍無快速裝彈輔助機構，也沒有專屬的裝填車輛，只能靠人力徒手來裝填火箭彈，在其發射完畢後重新裝彈時間需要 17 分鐘以上才能完成（還須視裝填人員的體力及熟練的程度與技術）。

三、第三代雷霆 2000 多管火箭系統

於 1993 年中科院開始著手研發用於替換陸軍現役工蜂六 A 型的新型多管火箭系統，並命名為自走式雷霆 2000 多管火箭系統，其多用途發射架系統是由中科院自力研發，載具部分最初的購型是以 M-997 輪型載重車為砲車載具，不過在量產之前雷霆 2000 多管火箭歷經了載台報價過高、載台來源未定、出口許可等問題多次流標，幾經波折後，於 2009 年由韓商廣林集團得標，代理德國 MAN 集團之 TGS8 X 8 的載重車來進行加、改裝作業。

整套系統是由射擊指揮車、火箭砲車、AT8 X 8 彈藥車等組成為戰鬥、支援編組，火箭砲班操作人員有火箭班長、火箭士兼駕駛手、發電機操作手等三員，雷霆 2000 多管火箭在經歷多年的研改及測試通過後，符合陸軍建軍需求於 2012 年陸續成軍服役。

本系統彈箱設計是參考世界各國多管火箭砲主流設計樣式，採用模組化設計，將火箭彈使用密封箱的形式組裝於箱內之發射管內，儲存、運輸及發射等作業均屬便利，並且有三種射程型式，搭配本身火箭砲車上之移動式起重機，由三人協同操作吊掛作業方式來進行彈箱模組的更換作業。以 MK-45 火箭彈箱兩箱滿架、MK-30、MK-15 火箭彈箱三箱滿架為例，一次彈箱裝、卸載作業時間可分別在 20 至 24 分鐘內完成彈箱裝（卸）載作業，並搭配多用途發射架可採單箱、兩箱及三箱裝載的方式來實施射擊。



圖一 工四多管火箭牽引式

資料來源：<https://tw.images.search.yahoo.com/search>



圖二 工蜂六 A 多管火箭、人工裝彈

資料來源：<http://www.ihao.org/dz5/thread-976377-1-1.html>



圖三 雷霆 2000 多管火箭照片

資料來源：www.ncsist.org.tw/eng/csistdp/products

各國主力多管火箭系統彈箱裝（卸）載方式介紹

一、國軍「雷霆 2000」多管火箭

（一）雷霆 2000 多管火箭系統簡介：雷霆 2000 多管火箭系統發射車，其車艙內配置有射擊控制器、射控計算機、數據/語音無線電機等中文射控系統，並具備全中文化操作介面，在發射車後方的發射架載台還配有調平/穩定支撐架、電控模組及伺服驅動器等精密架控系統及定位定向器等裝備，可迅速測定發射車位置與方向，與自行計算射擊諸元及調整發射架射擊方向。其特殊的發射架設計平臺可結合 MK - 15、MK - 30、MK - 45 等三種型式火箭彈箱模組，另外還配備了 14 公尺 - 公噸摺展式吊具，其作用是採電力控制液壓操作並具備三種操作模式，分別為手動操縱桿、線控方式及無線遙控方式，但通常使用無線遙控方式，可由砲班操作人員來自力更換彈箱模組。

（二）彈箱裝（卸）載方式介紹：雷霆 2000 火箭砲車在進行彈箱模組裝載或卸載時必須在風速每秒 10 公尺以下，並由幹部檢視彈箱裝（卸）載場地的地

質狀況，且地表傾斜度不可大於 5 度（約 89 密位），再來決定彈箱擺放狀況，裝卸彈箱時周邊的安全管制不得小於橫寬 15 公尺及縱深 12 公尺，以維人員操作安全與作業紀律，操作人員還必須具有砲兵訓練指揮部所頒發之專長證書、軍用大貨車駕照、中華民國勞委會移動式技術士證照（每三年須複訓一次），才可進行火箭彈箱之裝（卸）載作業。

依上述介紹，本型火箭砲可掛載三種型式的火箭彈箱，所以在其發射架平臺上加裝了 18 個彈箱結合座，採前、中、後三排各 6 個，而此排列方式是為了與各型式彈箱模組能夠相結合，而火箭彈模組化彈箱又可區分為四個部份。第一部份是其框架具備掛鉤，可與吊具組結合；第二部分是上結合座及下結合座主要為儲存時疊箱與放置地面時，結合彈箱枕木或與發射架結合時使用，並搭配開、閉鎖裝置使其固定；第三部份為火箭彈箱本體，火箭彈出廠檢驗完畢後，立即裝填進彈箱模組之發射管內密封，第四部份為引信、點火纜線訊號盒，火箭發射架可配合戰術狀況結合一箱、兩箱或三箱火箭彈箱模組來執行射擊任務。

在平時火箭砲班在進行彈箱裝（卸）載作業訓練時，通常是採三箱滿架及兩箱滿架的方式來訓練，做法是將一部未掛載彈箱之火箭砲車停放於規範之作業場地，於其砲車左側擺放兩箱（採疊箱），右側擺放一箱的方式，當火箭班長下達彈箱裝載作業開始口令後，由火箭士兼砲車駕駛手從砲車右側取出無線遙控的液壓操控盒將吊桿伸出，並配合班長、發電機操作手將吊具組掛於吊勾上，再來進行火箭彈箱模組一箱一箱的裝（卸）載與結合作業。如果是訓練較為純熟的砲班人員以 MK - 30 火箭彈箱三箱一次性裝載完畢需耗時 12 分鐘，再卸載需耗時 12 分鐘，MK - 45 火箭彈箱兩箱一次性裝載完畢則需耗時 10 分鐘，再卸載則需耗時約 10 分鐘。

表一 雷霆 2000 各型火箭彈箱基本諸元規格表

彈種形式 性能規格	MK - 15 火箭彈	MK - 30 火箭彈	MK - 45 火箭彈
外型尺寸	1.長：310公分。 2.寬：73公分。 3.高：100 公分。	1.長：407公分。 2.寬：75公分。 3.高：86 公分。	1.長：411公分。 2.寬：120公分。 3.高：92 公分。
口徑	117 公厘。	182 公厘。	230 公厘。
彈全種	每箱 2,100 公斤。	每箱 2,350 公斤。	每箱 2,450 公斤。
每箱發數	每箱 20 枚	每箱 9 枚。	每箱 6 枚。
滿架數量	每車 3 箱。	每車 3 箱。	每車 2 箱。
射速	每發間隔 0.5 秒，滿架射擊 29.5 秒。	每發間隔 2 秒，滿架射擊 52 秒。	每發間隔 4 秒，滿架射擊 44 秒。

膛線	一條陰來復線之螺旋滑軌，藉以穩定其彈道飛行。	一條陰來復線之螺旋滑軌，藉以穩定其彈道飛行。	四條陽來復線之螺旋滑軌，藉以穩定其彈道飛行。
彈箱結構	發射管採碳鋼材質製成，可重複使用。	發射管採碳鋼材質製成，可重複使用。	發射管採重量輕之玻璃纖維強化塑膠）材質製成，必要時可重複使用。

資料來源：筆者自行整理



圖四 MK - 30 火箭彈箱構造與訓練場地擺放圖

資料來源：筆者自行拍攝

二、俄羅斯「龍捲風」多管火箭（BM - 30）

（一）龍捲風多管火箭系統簡介：BM - 30 龍捲風多管火箭係前蘇聯開發的自走式多管火箭砲，於 1989 年服役，其多管火箭發射器由 MAZ - 543M 八輪載重車搭載，火箭砲全重 43.7 公噸，時速可達 60 公里/小時，操作人員有三員，車上內建射擊指揮電腦，可獨立單砲實施射擊任務，進入陣地時可於 3 分鐘內完成戰鬥準備；發射管共有 12 管，口徑 300 公厘的火箭發射管有多型彈藥可供選擇，包括普通火箭、子母彈頭、反戰車地雷、甚至有專門設計的無人偵察機型火箭。⁴龍捲風多管火箭砲齊射時，發射架上的 12 枚火箭彈可在 38 秒內發射完畢，每發間隔三秒，爆炸威力可摧毀 96 座足球場大小的區域，龍捲風多管火箭砲的射程在 20 至 90 公里。

（二）彈箱裝（卸）載方式介紹：龍捲風多管火箭砲配備有型號為 T234 - 2 彈藥運輸車在其車輛後方載台裝有 12 枚等待裝填發射之火箭彈，每枚火箭彈重

⁴ 龍捲風多管火箭砲，維基百科，網址 <http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/BM-30> 多管火箭砲。

量約 280 公斤，車體右側部位裝有液壓驅動的裝填起重機，其迴轉範圍向左 50 度、向右 90 度，最大吊起重量為 850 公斤，火箭砲車在實施火箭彈裝填時，採火箭砲車與裝填車的車尾互相對接的方式進行火箭彈裝填作業，由三名操作手來操作液壓操控起重機，可在 36 分鐘內裝填完畢。

三、中共 SR5 新型多管火箭

（一）中共 SR5 新型多管火箭系統簡介：SR - 5 多管火箭係中國北方工業集團（NORINCO）所研製的一種新式模塊化多管火箭砲，火箭砲底盤採用泰安生產的 TA5310 高機動越野卡車。SR - 5 多管火箭的發射裝置設計理念十分先進，能使用多種不同口徑的火箭彈，並且可共架發射兩種不同口徑的火箭彈，能適應任何規模及型式的作戰環境，戰術打擊效果更加全面，其火箭彈的彈體採用箱裝 20 枚（122 公厘）或 6 枚火箭彈（220 公厘），每枚火箭彈重量為 74 公斤，並且有無制導型及制導型火箭彈可供選擇。火箭彈制導能力符合國際潮流將火箭彈發展為導彈化的趨勢，SR5 多管火箭砲射程介於 25 - 70 公里之間。戰鬥全重 25 公噸，最大公路時速 85 公里，最大公路行程 600 公里，這個級別的車輛基本可以通過許多複雜地形，並且也能運用軍用運輸或船舶來運輸。⁵

（二）彈箱裝（卸）載方式介紹：SR5 多管火箭其發射裝置前方配備類似於美國 HIMARS 多管火箭砲的起重機自動化裝填系統，在其發射架夾艙內可伸出雙起重臂及吊掛的掛鉤，將火箭彈模組化彈箱吊入夾艙滑軌內，只需一人採用電子式有線操控方式就能完成再裝填任務，時間在 3 - 5 分鐘內，而且不需要額外的裝填車或機器來輔助，大幅減輕人力操作的負荷與野戰後勤方面的壓力，操作起來十分方便快捷，執行任務更加靈活，更能有效提高系統在戰場上作戰的反應能力。

四、南韓新型「天舞」多管火箭

（一）南韓新型天舞多管火箭系統簡介：韓國的天舞多管火箭系統其設計理念與美軍的 HIMARS 多管火箭砲系統類似，載具採用了 8X8 輪式卡車底盤，機動性強，其發射架系統採用了模組化設計，其發射模組可兼容多種口徑不同射程與非制導及制導型之火箭彈，能夠發射 40 枚 130 公厘或 12 枚 230 公厘火箭彈，也可以使用兩種彈型來進行混裝，其中 130 毫米火箭彈最大射程為 36 公里，230 公厘火箭彈最大射程可達到 80 公里，發射架滿載 12 枚火箭彈可在 45 秒內全數發射完畢，⁶單砲火力面積就可覆蓋約 6 個足球場，威力驚人。

（二）彈箱裝（卸）載方式介紹：天舞多管火箭系統無固定身管，採用了

⁵ 〈中國產 SR5 雙口徑長程火箭〉《新浪軍事》，網址 <https://slide.mil.news.sina.com.cn/l/sli...0.html#p-7> (2014/11/07)

⁶ 科普中國新華網，網址 http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/science/2015-11/23/c_128458041.htm (2015/11/23)

「裝填與發射箱一體」，全砲自動化程度高，操作人員為三員，進入陣地後，火箭可自動放列，射擊完畢後進行再裝填，其裝填方式是由操作人員以遙控方式移動發射架並將空彈箱卸下來，在這樣的裝填方式下作業，火箭彈箱模組再裝填時間僅需 5 分鐘內就可完成，做好下一波次射擊的準備。

五、美軍 MLRS 多管火箭與 HIMARS 高機動砲兵火箭系統

（一）MLRS 與 HIMARS 多管火箭系統簡介：美軍的 MLRS 多管火箭系統源自於美國陸軍飛彈司令部於 1976 年著手進行的「一般支援火箭系統」(General Support Rocket System, GSRS) 計畫，MLRS 多管火箭系統以 M270 型輕裝甲履帶發射載具為主體，整套系統區分為 M269 火箭發射器、M993 系列底盤、火控及射控系統。車輛機動時的高度為 2.62 公尺，全重為 25.9 公噸，巡行里程達 483 公里，最大時速 64 公里，車上編制乘員為車長、駕駛及射手。

MLRS 多管火箭系統的 M269 火箭發射器安裝於底盤後段，可裝載兩組 6 聯裝的火箭彈箱模組，⁷其火箭彈口徑為 227 公厘，形式有反戰車地雷、M26A1 增程火箭彈、導引火箭彈及戰術飛彈，射程可達 32 - 300 公里，滿架射擊約 50 秒火力覆蓋面積相當於 6 個足球場，目前為北約以及日本、韓國、泰國、新西蘭、澳大利亞、荷蘭、希臘、沙烏地阿拉伯、土耳其和以色列等國家的制式武器。

HIMARS 高機動砲兵火箭系統係 MLRS 多管火箭為基礎研改後的新型火箭系統，走輕量化路線，履帶型底盤研改為 5 噸中型戰術卡車底盤，車輛高度 3.2 公尺，重量 13.7 噸，發射架系統採用模組化發射器及再裝填系統，能安裝一個 6 聯裝 227 公厘遠程導引火箭發射模組或一個 ATACMS 陸軍戰術飛彈的發射管，其射程在 2 - 300 公里，採用輪型載具及重量大幅減輕，道路機動性佳。雖然輪型底盤的越野能力不及履帶式底盤，但在面對現今許多國家的戰場多數位於城鎮，HIMARS 高機動砲兵火箭可依戰況需要迅速投入戰場，適時提供的火力支援，符合美國陸軍旅級部隊的實際需求。⁸

（二）彈箱裝（卸）載方式介紹：MLRS 與 HIMARS 火箭發射架採用火箭彈、發射管與儲彈箱組合成為「發射彈箱」(Launch Pod Container) 的設計，使裝填火箭彈箱的速度提升。MLRS 每具火箭發射架可裝載兩具發射箱，每箱有 6 枚火箭彈，其操作人員僅須兩人就可實施彈箱模組的吊掛作業，裝彈時使用電力操控，將發射架上的伸縮式桁架及輔助吊具起重機鋼纜伸出後，就可進行吊掛作業，將吊起的彈箱與桁架收回箱型夾艙內，再進行螺栓固定作業便完成火箭彈箱再裝填程序，時間僅須 3 - 5 分鐘，而 HIMARS 高機動砲兵火箭系統與 MLRS 的彈箱裝填方式與設計相同並且可以共用，但因重量減輕關係，其發射架

⁷楊富巖，〈美製多管火箭系統〉《尖端科技雜誌軍事雜誌》（臺北），第 347 期，2013 年 7 月，頁 79。

⁸同註 7，頁 81。

夾艙內僅可裝填一組 6 聯裝之火箭彈箱模組或一箱 1 枚陸軍戰術飛彈之模組。

小結

本研究從「各國多管火箭系統彈箱裝（卸）載比較表」（表二）可比較得知，現今各國多管火箭發展趨勢從早期的人工裝填及機械輔助吊具方式朝向「通用型多功能射擊平臺」與「彈箱一體模組化」之設計，以符合戰場上快速反應以及提高火箭部隊的戰場存活率。

表二各國多管火箭系統彈箱裝（卸）載比較表

國別 (裝備名稱)	口徑	發射 管數	最大 射程	操作 人員	再裝填 時間	作戰 效能	安全性
中華民國 (雷霆 2000)	117 - 230 公厘	12 - 60 管	45 公里	3 員	MK15：12 分鐘 MK30：12 分鐘 MK45：10 分鐘	彈箱更換速 度慢	差
俄羅斯 (龍捲風)	300 公厘	12 管	90 公里	4 員	36 分鐘	彈箱更換速 度慢	差
中共 (SR5)	122 - 220 公厘	6 - 20 管	70 公里	2 員	5 分鐘內	彈箱更換速 度快	優
韓國 (天舞)	130 - 230 公厘	12 - 40 管	80 公里	3 員	5 分鐘內	彈箱更換速 度快	優
美國 (MLRS、 HIMARS)	227 公厘	12 管或 6 管	7 - 300 公里	3 員	3 - 5 分鐘	彈箱更換速 度快	優

筆者綜整



圖五 俄國龍捲風多管火箭砲與彈藥運輸車

資料來源：<http://www.goodle.com.tw/search?q=BM-30>



圖六 中共 SR5 多管火箭箱式發射器
資料來源 <https://kknews.cc/military/omz4qo6.html>



圖七 韓國天舞多管火箭系統
資料來源 <https://kknews.cc/military/ae2zbbv.html>



圖八美國 MLRS 多管火箭系統
資料來源：<https://kknews.cc/military/53vggj2.html>



圖九 美國 HIMARS 多管火箭系統

資料來源：詹式年鑑 2018 年電子資料庫

多管火箭彈箱裝（卸）載方式之比較

經上述介紹及各國多管火箭彈箱裝（卸）載時間比較簡表說明後，我們可以發現各國多管火箭在彈箱裝（卸）載方式的發展，及經過戰場上實戰經驗後所改良的系統差異，筆者接續以我國雷霆 2000 多管火箭系統，比較多管火箭系統發展較為成熟的美軍現役最新型 HIMARS 高機動砲兵火箭系統，進一步分析說明。

一、我國雷霆 2000 多管火箭系統

（一）就安全性而言

雷霆 2000 多管火箭砲在進行彈箱裝（卸）載時，因火箭砲車之發射架載台高度約 2.33 公尺（從砲車輪胎接觸地面量起），彈箱與發射架結合時，操作人員作業空間狹窄且彈箱結合後必須攀爬至彈箱頂端分解掛鉤（此時人員作業高度約 3.6 公尺），再因彈箱與發射架載台裸空設計（為了散熱與減輕重量），容易在協同操作時，可能發生腳踩空後插入發射管空隙致使受傷及人員跌落情事發生；另彈箱卸載後還必須將彈箱平放於地面上，進行堆疊與結合，如地面不平易導致彈箱傾倒（單一箱彈箱重量介於 2.1 - 2.45 公噸），將嚴重破壞裝備或造成操作人員危險，也易使操作人員心理產生畏懼。

本裝備成軍至今已 5 年多，於當初接裝訓練時就曾發生操作失慎導致傷害，所以在平時訓練時此課目為高風險操作項目，必須有督導幹部在場才可操作（幹部及操作人員須具有砲訓部頒發兵監專長證書與軍用大車駕照、勞委會頒發移動式起重機證照），不可輕忽。

（二）就作戰效能而言

多管火箭為敵人偵蒐與攻擊為第一的首要目標，而雷霆 2000 多管火箭系統可於陣地內 5 分半鐘就完成射擊準備，採打了就跑戰術來提升火箭砲之戰場存活率，在第一波射擊完畢後就必須於陣地內撤收將火箭砲車駛離陣地前往火箭彈箱裝填區（Reload Point：RLP）⁹，進行空彈箱卸載與實彈箱裝填作業。

但雷霆 2000 多管火箭系統於裝填區實施彈箱裝（卸）載作業時，如果以三箱 MK-30 火箭彈箱來說，須耗時 24 分鐘內才能完成一次性的卸、裝作業（還須視操作人員彼此間之默契與操作技術之純熟度），非常耗時，且因其操作時是採全砲三名操作人員共同來實施操作，當有敵情顧慮的話，火箭砲本身與操作人員將暴露在敵攻擊的危險狀況下來進行作業。

現代化作戰環境講求爭取時間，雖火箭彈發射速度快，可於 1 分鐘內發射全數火箭彈，但再裝填速度慢，裝填完畢後火箭砲車機動到達新的發射陣地進行下一波次射擊，可能已是 30-60 分鐘後，無法充分發揮殲敵於水際、灘頭的作戰理念，使敵軍登陸戰力無法增長。

另外，雷霆 2000 多管火箭系統可以搭載三種形式口徑的火箭彈箱，射程涵蓋 7-45 公里，雖然有一定的彈性，惟射程並不遠，反觀美軍的 HIMAR 多管火箭系統為一種彈徑，火箭彈射程即可涵蓋 7-70 公里的距離，若搭載陸軍戰術飛彈其射程可達 165-300 公里的距離，所以雷霆 2000 多管火箭系統在戰場會因為裝彈作業時間較為耗時及射程不遠，無法真正達到快速反應、充分發揮火箭砲適時適切之火力支援。

（三）就後勤維護而言

雷霆 2000 多管火箭系統設計特點，係採用與美軍的 MLRS 多管火箭武器系統的彈箱模組化類似的設計，發射架可以裝載和發射不同型號口徑及射程的火箭彈，其火箭彈的彈箱既是火箭彈的儲存器，也是火箭發射的定向器。模組化發射箱的設計方式與傳統火砲不同，其結構尺寸和體積與重量要達到一定的規範與負荷，並具備良好的氣密與防水、防潮及預防電磁影響。火箭彈於製作完畢後，經過相關檢驗程序達到合格標準，將其裝入模組箱中，這種設計方式的優點為結構簡單、尺寸小、重量輕、平時人員維護方便、運輸容易且能大量生產與長期儲存，極具經濟效益。

⁹ 《陸軍雷霆 2000 營、連作戰教則（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 102 年 11 月 19 日），頁 4-4。



圖十 雷霆 2000 MK - 30 訓練彈箱裝載作業

資料來源：筆者自行拍攝



圖十一 雷霆 2000 MK - 30 訓練彈箱卸載作業

資料來源：筆者自行拍攝

二、美軍 HIMARS 多管火箭系統

（一）就安全性而言

HIMARS 多管火箭系統在設計上有著很強的通用性，其 LLM 模組化發射器，發射器的箱型本體固定在載具的旋轉基座，旋轉基座配置穩定參考包件/位置自測系統裝置（Stabilization Reference Position Determining System，SRP/PDS）發射器的本體內部有個矩形空間，可裝入一組 6 聯裝火箭夾艙或一枚陸軍戰術飛彈（ATACMS），能夠發射火箭彈及戰術飛彈，也可與現行的 MLRS 多管火箭在分系統、火力控制系統、電子及通訊系統、發射平臺共用。

HIMARS 多管火箭車輛高度為 3.2 公尺，在進行彈箱裝（卸）載作業時，採用電控式液壓系統，同時驅動發射架夾艙與機械輔助裝置，箱型本體內部有一個伸縮式桁架與舉升吊具裝置，作業時操作人員將射擊完畢的空夾艙，隨著滑軌升出後，將其放於地面然後，再將發射架本體轉向，將掛鉤鉤住新的彈箱後，操作起重機舉升，將桁架與發射彈藥箱順著滑軌進入箱型本體後，再進行螺栓緊固作業。

整個再裝填作業由兩員來操作，整個系統設計方式，可使操作人員在進行彈箱裝（卸）載作業時，不需要反覆攀爬火箭砲車、發射架箱體與火箭彈發射箱，所以沒有人員跌落以及發生腳扭傷的危險，其火箭彈箱裝（卸）載作業時間可於 3 - 5 分鐘內可完成，十分快速、安全、簡便。

（二）就作戰效能而言

HIMARS 多管火箭系統是美軍以 MLRS 多管火箭砲為架構，並歷經多年實戰經驗與近年作戰思維改變後所衍生改良的新一代多管火箭系統，因其發射架與輪型車輛結合的關係，具有很高的戰鬥運動性，故多管火箭砲進入射擊陣地放列後 3 分鐘內就可完成射擊準備，射程最遠達 70 公里，發射架夾艙內裝置 6 枚 227 公厘火箭彈，每 1 枚火箭彈內含 644 顆榴彈，6 枚齊射時可轟炸 1 平方公里內的目標，當射擊完成後 2 分鐘內就可離開陣地。

當 HIMARS 多管火箭砲到達彈藥補給點時，可由兩人協力將發射完畢空彈箱卸下後，再將新的發射彈箱吊掛進入發射架夾艙內，這樣的作業時間僅 3 - 5 分鐘內就可完成，系統反應時間非常迅速；而其油箱加滿後其行軍距離約 480 公里，戰鬥全裝時最大車速達每小時 85 公里，可輕易支援並隨行各種部隊機動作戰。

（三）就後勤維護而言

模組化彈箱優點很多，首先是有利於機械化裝填，大幅減少操作人力；火箭彈出廠後與儲運發射箱進行組裝密封後，就不需再進行檢修和維護，而且因為採用了儲存、運輸、發射一體的設計概念，從平時儲存在彈藥庫內直到火箭

彈箱提領出來實施射擊發射前，並不需要專門的後勤保養與維護，只需要定期的清點與檢測作業，大幅的減少維護的成本跟人力。



圖十二 MLRS 多管火箭發射架夾艙

資料來源 [http：//oursogo.com/thread-2010730-1-1.html](http://oursogo.com/thread-2010730-1-1.html)



圖十三 HIMARS 多管火箭彈箱夾艙吊掛作業情形

資料來源 [https//：tw.images.search.yahoo.com](https://tw.images.search.yahoo.com)

結語與建議

經由上述分析，可以瞭解當前世界各國均致力於多管火箭系統持續發展與

改良，尤其是朝向如何使裝彈作業力求簡易、安全、快速方面發展，因此世界各國發展數枚火箭彈、發射管及運輸箱整合為一體的設計理念，建構而成彈箱模組，我國多管火箭系統型式從早期人工裝填作業方式，進步到使用模組化彈箱型式，自身配備起重機裝置，使用較少的人力將發射彈箱吊上（或卸下空彈箱），在操作人員使用的安全性方面，因我國雷霆 2000 多管火箭系統設計關係，使得操作彈箱裝（卸）載作業時的動作較為複雜。

整體而言，國軍多管火箭系統在裝彈作業時間方面，較前一代工蜂六 A 型多管火箭砲進步許多，但與現今世界各國的新型多管火箭系統比較，我國的多管火箭系統仍有待精進。在面對台海戰略縱深短及中共發展不對稱作戰思維，我們要如何能夠快速應援作戰、縮短系統反應時間、增加人員及裝備的戰場存活率，值得我們重視，而我國雷霆 2000 多管火箭系統未來研改，應朝向美軍的 HIMARS 高機動砲兵火箭系統設計理念，在其發射架與模組化彈箱進行改良，從現行起重機及發射架兩個獨立系統，整合研改為發射架系統與輔助吊掛機械組、伸縮式桁架一體化，以精進彈箱模組吊掛作業效能。發射架及吊掛一體化的操作方式，可從美軍 HIMARS 參與各項演習中得到驗證，不僅更安全、更快速、保修簡便，縮短了系統作戰反應時間，也大幅提升操作人員戰場存活率。

多管火箭系統擁有優異的性能與射程，是現代地面作戰上扭轉戰局的高效武器，能彌補傳統砲兵火力不足，於現今世界各國競相發展多管火箭系統的狀況下，我國自力研發完成新一代雷霆 2000 多管火箭系統已成軍服役，但在使用效能及各國新型多管火箭系統比較，我們未來更應該朝向系統整合升級及彈箱裝填方式改良精進，或是採購新式多管火箭系統，使我們砲兵戰鬥人員能獲得最佳的武器，以執行各項戰鬥支援任務。

參考文獻

- 一、《陸軍雷霆2000營、連作戰教則（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國102年11月19日）。
- 二、高智陽，〈工六A多管火箭研發秘辛〉《全球防衛雜誌 軍事家》（臺北），第7年7月。
- 三、楊富巖，〈美製多管火箭系統〉《尖端科技雜誌 軍事雜誌》（臺北），第347期，2013年7月。
- 四、應紹基，《砲兵火箭與砲兵飛彈》（臺北：啓新出版社，民國75年6月）。
- 五、應紹基，《多管火箭概論》（臺北：啓新出版社，民國75年10月）。
- 六、張雲清，〈淺談各國砲兵多管火箭系統發展現況〉《砲兵季刊》（臺南），第民國107年3月。
- 七、雷霆2000多管火箭系統，維基百科，網址：<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/>

雷霆2000。

八、龍捲風多管火箭砲，維基百科，網址<http://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/BM-30多管火箭砲>。

九、〈中共國產SR5雙口徑長程火箭〉《新浪軍事》，網址<http://slide.mil.news.sina.com.cn/l/sli...0.html#p=7>（2014/11/07）。

十、科普中國新華網，網址http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/www.xinhuanet.com/science/2015-11/23/c_128458041.htm（2015/11/23）。

作者簡介

曹豐皓士官長，陸軍專科學校士官長正規班 34 期、至善高職，歷任副砲長、砲長、作戰士、副排長、連、營士官督導長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

精進「磁偏」校正與常數運用之研究

作者：耿國慶

提要

- 一、「磁針」因構造簡單、價格便宜，為野戰砲兵最普遍之定向器材，惟磁場缺乏穩定性、磁針性能易變，務須正確實施「磁偏校正」，適切運用「磁偏常數」，方可確保定向、方位檢查與射向賦予之精度。目前國軍方向盤、雷觀機、指北針等裝備，以「磁針定向」之方式尚未改變，砲兵對「磁偏校正」與「磁偏常數」運用相關技術，仍須重視與精進。
- 二、「磁針」屬傳統定向器材，就 M2 方向盤而言，國軍已使用長達 40 餘年，磁偏校正與常數運用方式早已根深蒂固。對於當前問題，惟有宏觀思維、捐棄成見，並參考先進國家早期準則、相對敵情、「磁力學」與專業知識等，研擬適切可行之精進作法，方可提升磁偏校正與常數運用能力。
- 三、「磁針定向」因承受地球磁場無法抗拒之影響，致限制精度等級與可靠性，與先進國家使用之「陀螺儀」性能相去甚遠。國軍基於裝備條件，對「磁偏校正」與「磁偏常數」運用仍應持續檢討缺失，力求精進，除提升當前裝備（器材）之效能外，更應積極研發先進、精確、適切之定向裝備（如陀螺儀），俾能配合未來砲兵各項精進規劃，提升砲兵整體戰力。

關鍵詞：M2 方向盤、磁偏校正、磁偏常數、磁針定向、陀螺儀

前言

「磁針」因構造簡單、價格便宜，為野戰砲兵最普遍之定向器材。惟磁場缺乏穩定性，磁針性能易變，且須經過「磁偏校正」運用「磁偏常數」歸北，將磁方位角轉換為方格方位角，致程序複雜、精度較差，如有作業不當即影響運用效能，致美軍等先進國家多於上一世紀已換裝「陀螺儀」（Gyros）定向。

當現階段國軍方向盤、雷觀機、指北針等裝備，以「磁針定向」之方式尚未改變前，砲兵對「磁偏校正」相關作業觀念與「磁偏常數」運用技術，仍須重視與精進，方可確保應急定向、方位檢查與射向賦予之精度。

「磁偏常數」特點

「磁針方格偏差常數」（Declination constant，簡稱「磁偏常數」）為某一部器材自「方格北」順時針測至「磁北」之水平角，亦即磁北之「方格方位角」，通常須經過「磁偏校正」獲得。因「地球磁場」（The Earth's Magnetic Field）常變，器材裝置之磁針經使用時間、地域與儲存環境影響，磁力（性能）產生個別變化，致「磁偏常數」須經常（依據定期與不定期）測定與修正，方可符合精度要求。「磁偏常數」特點分述如下。

一、特殊性

「磁針」所指的方向為「磁北」，並不同於「正北」（如圖一）或砲兵使用之「方格北」（如圖二），與後者之間之差異，稱為「方格磁角」（Grid-Magnetism Angle, G-M Angle）。¹惟「方格方位角」並非完全等同於「磁方位角」±每張地圖之「方格磁角」，或將 6400 密位－「方格磁角」＝「磁偏常數」。即使目前製圖單位（原軍備局生產製造中心第 401 廠）採用「美國國家地球空間情報局」（National Geospatial-Intelligence Agency, NGA）最新版「世界磁力模式 2010 年」（World Magnetic Model, WMM2010）計算磁偏角，²惟「方格磁角」係針對該幅 1/50,000 地圖（28 公里×25 公里）全域中心點計算，無法適用於其他位置，且每部器材擁有不同的個別磁性，仍須透過「磁偏校正」獲得每部器材當時（地）之「磁偏常數」。

二、獨立性

一部器材之「磁偏常數」無法運用於其他器材，即任何兩部器材磁針，通常不會指向完全相同的方位。就臺灣地理位置而言，通常 M2 方向盤之「磁偏常數」介於 6300 至 100 密位之間，各器材間最大差異可能高達±40 密位。基此，每一部器材所確定之「磁偏常數」具獨立性，無法運用其他器材。³即使每個人對同一部器材、在同一地點磁偏校正，因為磁場「日變化」與測手「歸北要領」不同（如圖三），亦不可能獲得相同之「磁偏常數」。

三、多變性

磁針在任何地點，如未受其他干擾磁力線之影響，其所指之方向，即為該地點之「磁北」（磁子午線）。惟「地球磁場」常變，通常區分為規則、不規則性（如圖四）與磁傾角等三種型態，⁴其與正北、方格北之偏差量，不僅隨地點而異，即使在同一地點亦經常變動。國軍相關器材則經長期使用、儲存環境影響，致各個磁針磁力（性能）差異甚大（如磁針生鏽、磁力消退或暴增、均重不當、樞軸磨損等），「磁偏常數」隨之變化，務須依據規定實施「定期」與「不定期」磁偏校正。

四、時空性

同一單位編制之器材，均應在同一時間、地點實施「磁偏校正」。如該單位之 M2 方向盤均在同一狀況條下校正，則各 M2 方向盤所測之「方格方位角」，

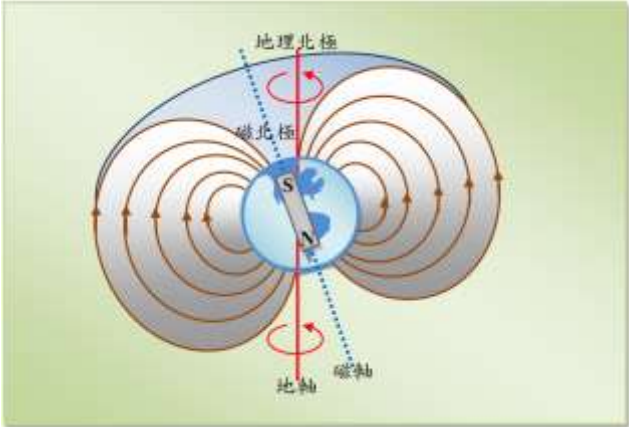
¹ 《軍用地形圖閱讀手冊（增修版）》（台北市：國防部情次室印發，民國 81 年 6 月），頁 48。

² 蔡宛芸、張嘉強著，〈不同地磁模式之研究〉《第 33 屆測繪及空間資訊學術發表會專輯》，民國 94 年 9 月，頁 209-220。

³ “Artillery survey (TM6-200)”，(Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC)，p42。

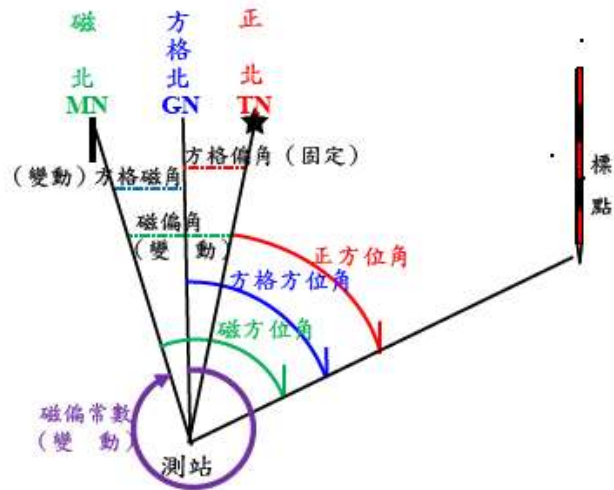
⁴ 江儀助，《測量學》（台北市：徐氏基金會出版部、民國 62 年），頁 207。

將大致相同。⁵

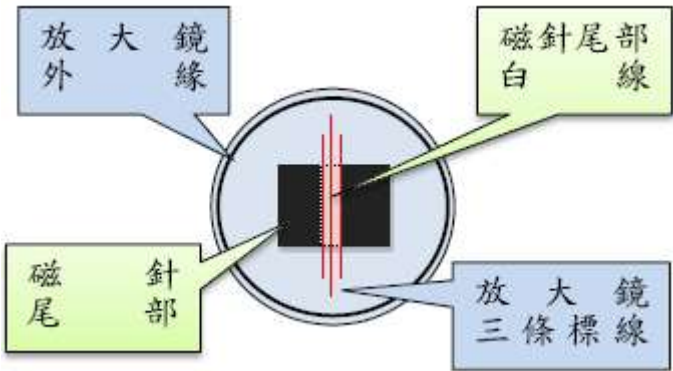


圖一 地球磁場與磁北極示意

資料來源： 參考－蔡宛芸、張嘉強著，〈不同地磁模式之研究〉，《第 33 屆測繪及空間資訊學術發表會專輯》，〈民國 94 年 9 月〉，頁 211 製作。

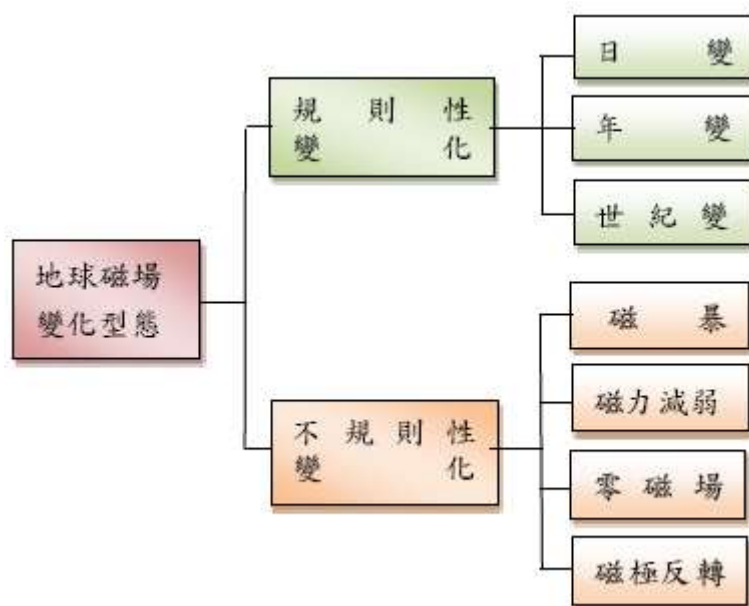


圖二 偏角圖（三北針）位置與磁偏常數關係
資料來源：作者自製



圖三 M2 方向盤磁針「歸北」標準圖
資料來源：作者自製

⁵ “Artillery survey (TM6-200)” , (Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC) , p42。



圖四 地球磁場變化型態

資料來源：作者自製

現行「磁偏」校正與常數運用問題

「磁偏常數」經由正確之「磁偏校正」獲得，因磁場常變、磁針性能差異甚大、使用周遭環境干擾與校正作業不合要領等因素，致「磁偏常數」經常發生精度不佳情況，相關問題分述如下。

一、使用磁偏常數時，未保持安全距離

任何物體均具備不同程度之「磁感率」(Susceptibility)，對外來磁場產生「感應磁性」(Induced magnetism)。⁶就《陸軍野戰砲兵測地訓練教範(第二版)》02042條：「……磁偏校正站須避開影響磁針之物體(如表一)。……」，⁷使用磁偏常數之測站，亦須考慮相關要求。惟基於某一點之磁場具有區域特性，並非僅限於「表一」所列物體之影響，仍可能受到其他如建築物、橋梁、電離層、磁氣圈、地層礦藏、「磁力異常」(Magnetic anomaly)區域(如沈船、機艦殘骸等)，甚至海洋⁸之影響，如未確實檢視並保持安全距離，將造成較大之誤差。⁹

二、校正作業費時，「日變化」影響磁偏常數可信度

地球因外部的電離層受日光能照射而膨脹收縮，故日夜間磁場強度不同，此變化週期為一日，稱為「日變化」(Diurnal variation)，平均幅度約為 50 至 100

⁶ 吳經民著，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報第 92 期》，(臺北市：聯勤總部測量署發行，民國 79 年 6 月)，頁 26。

⁷ 《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月)，頁 2-56。

⁸ 《關鍵報告》東森電視台，2018 年 5 月 23 日 2327 時播出。

⁹ 蔡宛芸、張嘉強著，〈不同地磁模式之研究〉《第 33 屆測繪及空間資訊學術發表會專輯》，民國 94 年 9 月，頁 215。

γ （伽瑪，gamma）。¹⁰通常因「日變化」之影響，地球上多數地區其「方格磁角」（磁北與方格北）在日間可能發生多達 ± 3 密位之變化，因此「磁偏校正」應盡可能於清晨或黃昏實施，其「磁偏常數」可信度高；正午時刻校正所得結果，則最不可靠。¹¹

目前「磁偏校正」採全營器材集中，以固定測手、三腳架，逐一更換器材本體方式，分別對磁偏校正站四個「方位基準點」（S）測取磁偏常數，再予以平均（如圖五）。因磁偏校正站有限，各砲兵營器材數量則過多（M2 方向盤 $\times 9$ 、雷觀機 $\times 15$ 與多數指北針），須趕在日間（12 小時內）校正完畢，因未考量磁場「日變化」之影響，致「磁偏常數」可信度有限。

三、無法依據移動距離，適切修正「磁偏常數」

依據《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）》02041 條：「通常部隊移動 40 公里以上時，須行磁偏校正。……」。¹²惟在同一時間內「磁偏常數」亦隨地區改變而變化，通常使用地點離「磁偏校正站」橫距（東西）5 公里範圍內時，其變化微小可不考慮。惟當橫距 6 至 40 公里範圍時，即使未達下一次磁偏校正範圍，就臺灣地區緯度範圍（20 至 25 度）移動 40 公里，將出現約 ± 3 密位之變化。如忽略修正，仍將影響方位精度。

四、超過磁偏常數有效範圍時，仍繼續沿用

現行教範要求：「通常部隊移動 40 公里以上時，須行磁偏校正。」。惟就檢查發現，多數部隊移動 40 公里後，礙於新地區無校正站或無法及時實施校正，仍沿用原有（舊）「磁偏常數」（如砲測中心校正所得之磁偏常數，用於駐地防區測地），致造成較大誤差。

表一 方向盤與影響磁針之物體保持安全距離對照

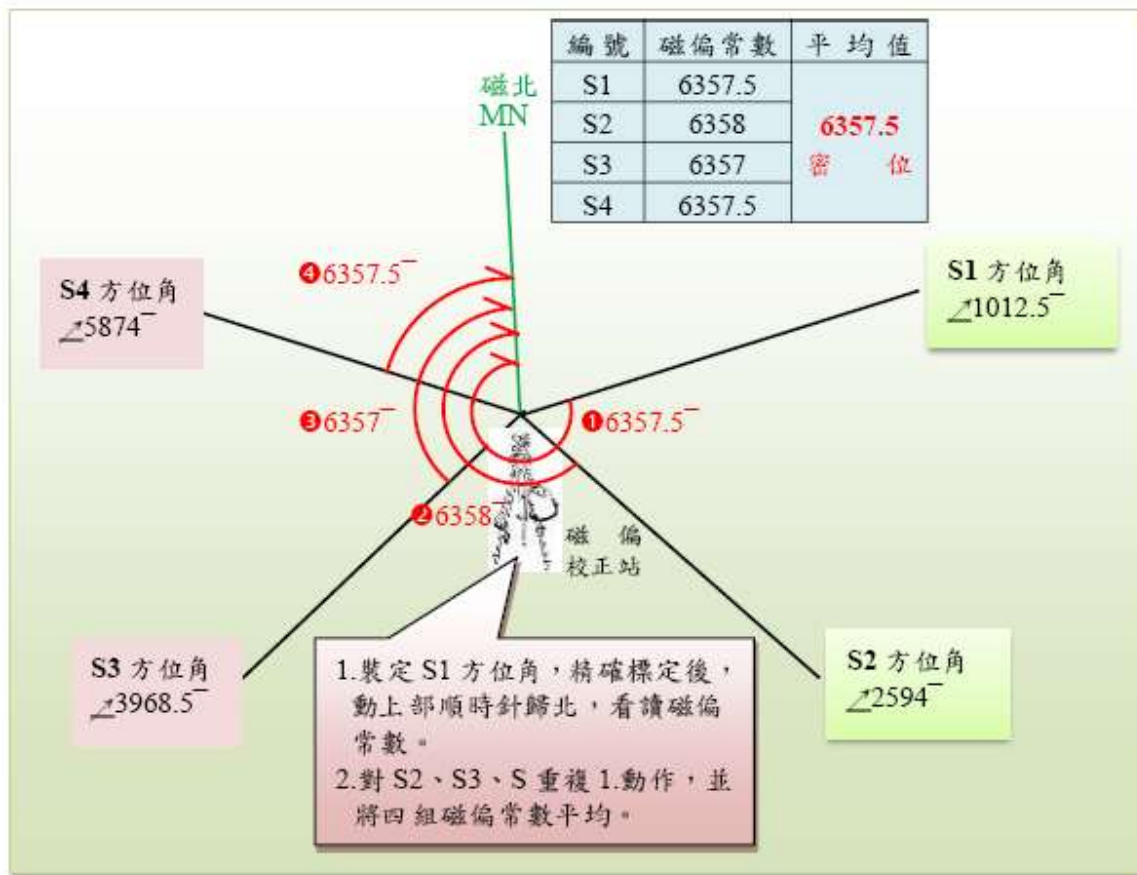
項次	影 響 磁 針 之 物 體	安 全 距 離
1	高壓電線與電氣設備	150 公尺
2	鐵道、鐵橋	75 公尺
3	重、中型火砲、戰車	75 公尺
4	輕型火砲、載重車	50 公尺
5	鐵絲網、鋼盔、步槍等	10 公尺

資料來源：《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 2-19 至 2-20。

¹⁰吳經民著，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報第 92 期》（臺北市：聯勤總部測量署發行，民國 79 年 6 月），頁 25。

¹¹“Artillery survey (TM6-200)”，(Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC)，p42。

¹²《陸軍野戰砲兵部隊測地訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 2-55。



圖五 現行「磁偏校正」作業示意
資料來源：作者自製

精進作法

「磁針」屬傳統定向器材，與先進國家使用之「陀螺儀」相去甚遠。就 M2 方向盤而言，國軍已使用長達 40 餘年，磁偏校正與常數運用方式早已根深蒂固。對於現行問題，惟有宏觀思維、捐棄成見，並參考先進國家早期準則、相對敵情、磁力學與專業知識等，研擬適切可行之精進作法，方可提升磁偏校正與常數運用能力。

一、無法保持安全距離時，應採「間接方位誘導」

M2 方向盤測方位角時，須裝定「磁偏常數」（磁針分劃）後使磁針精確歸北。如無法與影響磁針物體保持安全距離時，應採間接方位誘導，以確保方位角精度。通常於「測地統制點」（SCP）測取 P 點「假設方位角」（如圖六）、觀測所測取 S 點方位角時使用。實施要領分述如下。

（一）於「測地統制點」（SCP）整置「測距經緯儀」（或 M2 方向盤、標竿）。

（二）在 SCP 超過 100 公尺外，選擇一個與影響磁針物體保持安全距離之「誘導站」，整置 M2 方向盤。

（三）「誘導站」M2 方向盤使用有效範圍內的「磁偏常數」歸北，測取 SCP 測距經緯儀（或方向盤、標竿）之方位角，重複兩次，如兩次方位角結果

$\leq \pm 2$ 密位，將其平均後即為測站至 SCP 點之方位角。

(四) 整置於 SCP 之測距經緯儀 (或方向盤)，標定 100 公尺外「誘導站」M2 方向盤 (標竿) 後歸零，以「一對回」(累積測角) 方式測量測站至 SCP 之水平角。

(五) 將 (「測站至 SCP 假設方位角」+「測站至 SCP 之水平角」)+3200 $\div$ 6400 之倍數=P 點「假設方位角」。

二、採多部器材同時校正方式，爭取時效

通常砲兵營統一實施磁偏校正時，因器材數量較多且校正站數量有限，易導致校正實施時間過長，不僅曠日廢時，且「磁偏常數」可信度有限，不宜使用現行於一校正站，固定測手、三腳架，逐一更換器材本體方式分別校正。如能運用單一校正站，實施多部器材同時校正 (如圖七)，將可解決耗時與「日變化」影響問題。實施要領分述如下。

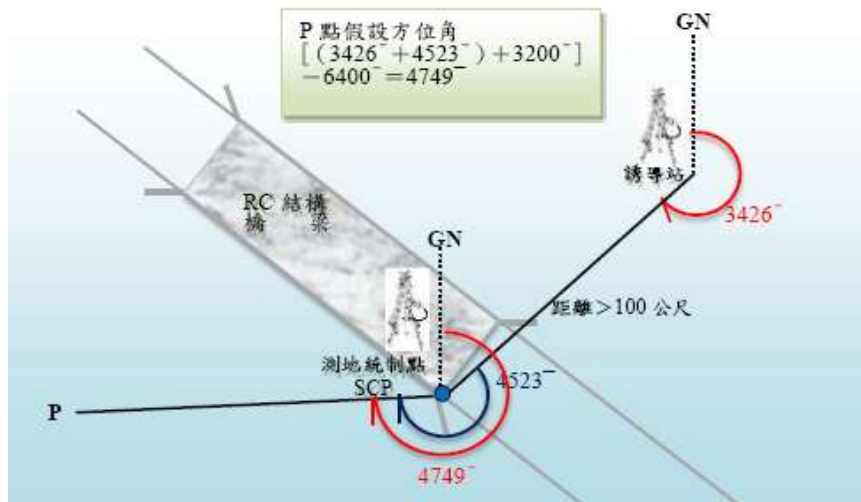
(一) 於磁偏校正站整置「測距經緯儀」(或 M2 方向盤)，其他數具「M2 方向盤」(或「雷觀機」) 則分別整置於距離磁偏校正站周圍 100 公尺以上，且避開影響磁針物體之 01 至 05 測站上。當磁偏校正站使用「測距經緯儀」時，角度單位須設定為「密位」。

(二) 校正站「測距經緯儀」(或 M2 方向盤) 裝定方位基準點 (S) 方位角 (如 1012.5 密位)，並動全部精確標定方位基準點 (S) 後，向其他 01 至 05 測站上之 M2 方向盤分別測取「方格方位角」，並於閉塞檢查無誤後通報各站。

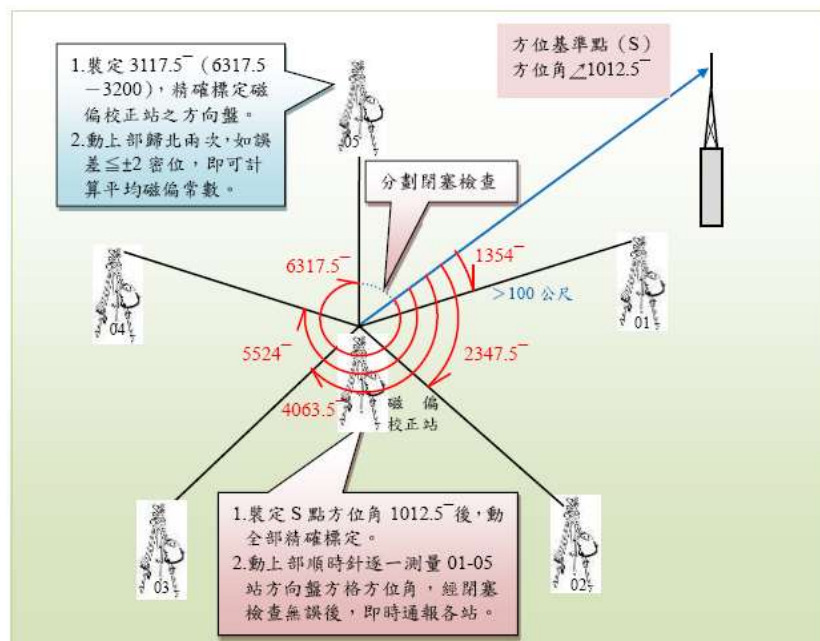
(三) 其他 01 至 05 測站上之 M2 方向盤，將校正站通報之「方格方位角」 ± 3200 密位，換算為「反方位角」(如 05 站之 3117.5 密位) 後，裝定反方位角動全部精確標定校正站「測距經緯儀」(或 M2 方向盤) 再動上部歸北，即得「磁偏常數」。須重複兩次，如兩次結果 $\leq \pm 2$ 密位，將其平均後即得「平均磁偏常數」(如 6364.5 密位)。

(四) 如磁偏校正站使用「M2 方向盤」，可於第 (二) 動完成後，比照其他各站 M2 方向盤，持續完成第 (三) 動。

(五) 將各器材「平均磁偏常數」印製成標籤並護貝，黏貼於「磁偏紀錄版」上 (如圖八)。標籤上須加註校正日期、時間與當地地圖號碼、地名與標準座標等，俾利計算各種變化量與重行磁偏校正參考。



圖六 間接誘導 SCP 至 P 點「假設方位角」示意



圖七 運用單一校正站，同時實施多部器材校正示意



圖八 「磁偏記錄版」標籤註記方式示意

資料來源：圖六、圖七、圖八為作者自製

三、適切修正「日變化量」，提升方位精度

基於磁北與方格北之關係（即「方格磁角」），受「日變化」影響，通常日變化量約 ± 3 密位以內。雖影響層面有限，惟欲提升方位角之精度，可依需要就實況適度修正。

（一）「日變化量」修正依據與原理

「日變化量」造成之影響，美軍與共軍認知相同，作法則差異甚大，相關差異分述如下。

1.美軍：依據《美軍砲兵測地教範》（TM6-200）第 79 條：「方向盤之磁偏校正應在清晨或傍晚實施，因「日變化」之影響，地球上多數地區其磁北與方格北之關係在日間可能發生多達 ± 3 密位之變化……」¹³，惟美軍並無修正日變化量之具體作為。

2.共軍：共軍砲兵測地分隊所使用之經 II 型、010 型、020 型、TT3 型經緯儀與 58 式方向盤（如圖九），均設有磁針儀，共軍「砲兵測地教程」內強調中國大陸「磁子午線」（磁北）約以零時開始向東偏移，到八時達最大值，爾後又向西偏移，約到 14 時又達到最大值；爾後又向東偏移，如此循環變化，最大值約 ± 3 密位（如圖十）。變化規律為夏季大、冬季小，白天大、夜間小，¹⁴基於中國大陸區分為五個（崑崙、新藏、隴蜀、中原、長白）時區，共軍特別編製「周日變化量」修正對照表，提供砲兵部隊修正「磁座偏角」¹⁵使用。

（二）「日變化量」修正要領

參考美軍與共軍對地磁「日變化量」之分析與修正參數，建議可依據需要適切修正磁偏常數之「日變化量」。修正範例如下。

1.問題：砲一營第一連 M2 方向盤×日 0900 時於牛長山（圖名：旗山，圖號 9418 I）實施磁偏校正，其平均磁偏常數為 6365 密位。該連預定於次日 1700 時在虎山射擊場射向賦予。如何將 0900 時之磁偏常數修正為 1700 時之磁偏常數？（磁偏常數日變化修正對照，如表二）

2.修正計算

修正公式：使用時間磁偏常數

＝校正時間磁偏常數＋日變化量

※（使用時間 1700 時、校正時間 0900 時，查表二「磁偏常數日變化修正

¹³ “Artillery survey (TM6-200)” , (Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC) , p42。

¹⁴ 耿國慶著，〈對共軍砲兵磁偏校正之研究〉，《砲兵學術雙月刊第 99 期》，（臺南市：砲訓部，民國 87 年第 12 月），頁 42-43。

¹⁵ 共軍測某一方向線之「座標方位角」（即方格方位角），須先測定該線之磁方位角，並修正器材「磁座偏角」，以求得該線之座標方位角。「磁座偏角」相當於「方格磁角偏差修正量」，並非「磁偏常數」。

對照」為「-2 密位」)

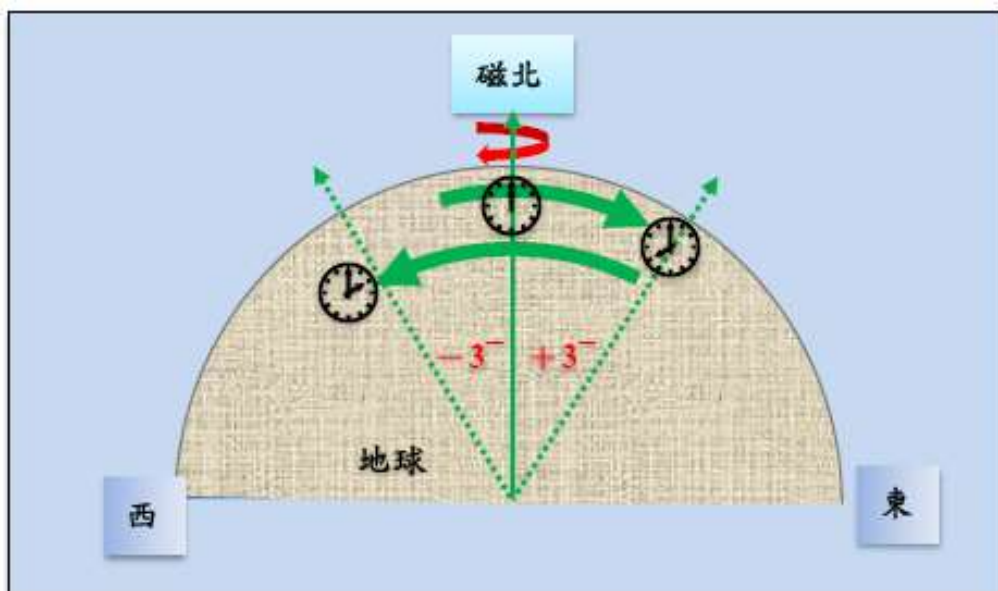
=6365 密位+ (-2 密位)

=6363 密位 (使用時間之磁偏常數)



圖九 美軍指導阿富汗國防軍使用中共製造 58 式方向盤射向賦予

資料來源：“Intelligent warfare” Fires, (September-October 2017, The Army's Branches) . , p10.



圖十 磁子午線週日變化示意

資料來源：作者自製

表二 磁偏常數日變化修正對照

修正量 (密位) 校正時間 (時)	使用時間 (時)	0 至 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17 至 24
0 至 5				+1	+1	+1			-1	-1	-2	-1	-1	
6					+1	+1		-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1
7		-1						-1	-1	-2	-2	-2	-2	-1
8		-1	-1				-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
9		-1	-1				-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
10					+1	+1		-1	-1	-2	-2	-2	-1	-1
11			+1	+1	+1	+1	+1		-1	-1	-1	-1	-1	
12		+1	+1	+2	+2	+2	+1	+1		-1	-1	-1		
13		+1	+2	+2	+2	+2	+2	+1	+1					
14		+2	+2	+2	+2	+2	+2	+1	+1					
15		+1	+2	+2	+2	+2	+2	+1	+1					
16		+1	+1	+2	+2	+2	+1	+1			-1			
17 至 24			+1	+1	+2	+2	+1			-1	-1	-1		
附 記	一、「校正時間」與「使用時間」均為時區時（中原時區）。 二、變化量採四捨五入，取小數點一位。													

資料來源：參考耿國慶著，〈對共軍砲兵磁偏校正之研究〉《砲兵學術雙月刊》（臺南市），砲訓部，第 99 期，民國 87 年第 12 月，頁 43 編製。

四、適切修正「距離變化量」，增進磁偏常數適用性

就「磁力學」而言，地球磁場隨緯度而變化，在低緯度、赤道地區約為 25,000 γ （伽瑪，gamma）且磁傾角極微小，隨著緯度增加，磁場強度越大，在高緯度與南北極附近，磁力線垂直，磁場強度約為 75,000 γ 。¹⁶基於磁北與方格北之關係，將隨地區改變（尤其緯度變化），故當某一方向盤離開「磁偏校正」地點至另一使用地區時，「磁偏常數」亦隨之變化，即使未達 40 公里的重行校正範圍，仍將有 ± 4 密位之變化，影響層面雖然有限，惟欲增進磁偏常數之適用性時，可依需要就實況適度修正。

（一）「距離變化量」修正依據與原理：「距離變化量」造成之影響，美軍與共軍認知相同，作法則差異甚大，相關差異分述如下。

1.美軍：依據「美軍砲兵測地教範」（TM6-200）第 79 條：測定方向盤磁偏之注意事項：「當一方向盤離開其磁偏校正區域 25 英哩（40 公里）以上使用時，該方向盤應重行測定磁偏常數，磁北與方格北之關係乃因地而不同。地球上若干地區未達 25 英哩，仍應重行磁偏校正。經常需要修正磁偏之地區，通常可參考當地大比例尺地圖偏角圖決定。……」，條文中對使用於 25 英哩範圍內，則未提供修正具體作為。

¹⁶ 吳經民著，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》（臺北市），聯勤總部測量署發行，第 92 期，民國 79 年 6 月，頁 24。

2.共軍：強調「同一時間內「磁座偏角」亦隨地區之變化而變化，當使用地點距測定地點在東西 5 公里範圍內時，可不考慮此種變化；如在 5 至 50 公里範圍內，則須修正。當超過 50 公里時，需重新測定磁座偏角……」共軍特別編製「地區變化量修正表」，提供砲兵部隊修正「磁座偏角」使用。¹⁷

（二）「距離變化量」修正要領：就臺灣地區緯度範圍（20 至 25 度間）而言，移動 40 公里，雖未達重行磁偏校正距離，惟依據公式：磁偏修正量＝0.16 密位×△X（橫座標公里數）×tan 緯度（校正站在使用地點以東「加」磁偏常數，反之則減）計算，約有＜±4 密位之變化。如忽略修正，仍造成部分誤差。建議為求提升方位精度，可依據需要修正磁偏常數之「距離變化量」，修正範例如下。

1.問題：砲一營第一連 M2 方向盤×日於「南寶高球場」（圖名：新化，圖號 9419Ⅱ）實施磁偏校正，其平均磁偏常數為 6368 密位。該連預定於次日向西機動 25 公里至「馬沙溝」（圖名：佳里，圖號 9419Ⅲ）實彈射擊。如何修正為佳里地區之磁偏常數？（磁偏常數距離變化量修正對照，如表三）

2.修正計算

（1）於地圖上量取「南寶高球場」至「馬沙溝」之橫座標（東西距離公里數），分別為南寶高球場（232900）、馬沙溝（207500），計算公式：

$$X_a - X_b = \Delta X \text{（橫座標差、距離公里數）}$$

$$232900 - 207500 = +25 \text{ 公里}$$

（2）依據「橫座標差」（公里數）△X 與「使用地區緯度」φ（馬沙溝緯度 23 度 14 分），計算「距離變化量」。計算公式：

$$\begin{aligned} \text{「距離變化量」} &= 0.16 \text{ 密位} \times \Delta X \times \tan \text{ 緯度} \\ &= 0.16 \text{ 密位} \times 25 \text{ 公里} \times \tan 23 \text{ 度} \\ &= 1.7 \text{ 密位（進位為 2 密位）} \end{aligned}$$

※查表二「磁偏常數距離變化量修正對照」為 1.7 密位

（3）計算使用地區磁偏常數

計算公式：

$$\text{使用地區磁偏常數} = \text{原磁偏常數} \pm \text{「距離變化量」}$$

$$\begin{aligned} & \text{（校正站在使用地點以東原磁偏常數「加」「距離變化量」，反之則「減」）} \\ & = 6368 \text{ 密位} + 2 \text{ 密位} \\ & = 6370 \text{ 密位} \end{aligned}$$

¹⁷ 耿國慶著，〈對共軍砲兵磁偏校正之研究〉《砲兵學術雙月刊》（臺南市），砲訓部，第 99 期，民國 87 年第 12 月，頁 44。

表三 磁偏常數距離變化量修正對照

修正量 (密位) 緯度	距離 (公里)	5	10	15	20	25	30	35	40
15 度		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
20 度		0.3	0.6	0.9	1.2	1.4	1.8	2.0	2.3
25 度		0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0
30 度		0.5	0.9	1.4	1.9	2.3	2.8	3.2	3.7
附 記	一、修正量=0.16 密位×距離×tan 緯度。 二、變化量採四捨五入，取小數點一位。 三、修正方式：校正站在使用的地點以東「加」磁偏常數，反之則減。								

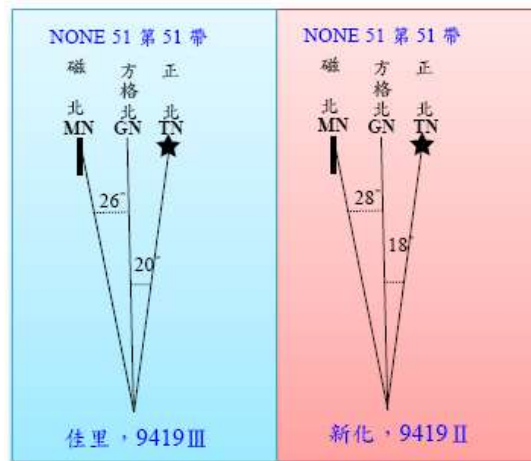
資料來源：參考耿國慶著，〈對共軍砲兵磁偏校正之研究〉《砲兵學術雙月刊》（臺南市），砲訓部，第 99 期，民國 87 年第 12 月，頁 46 編製。

3.驗算：磁偏常數之「距離變化量」，即使僅有 ± 4 密位範圍，如修正錯誤時，仍將造成一定程度之影響，為確定計算、修正無誤，可參考美軍利用當地大比例尺地圖偏角圖（如圖十一）驗算。

新化磁偏常數 $6368^{\circ} + \text{新化方格磁角 } 28^{\circ} = 6396^{\circ}$

磁針分劃 $6396^{\circ} - \text{佳里方格磁角 } 26^{\circ} = 6370^{\circ}$

核對前述公式計算與查表結果均為 6370 密位。



圖十一 佳里、新化軍用地形圖方位偏角圖

資料來源：台灣省五萬分一軍圖：旗山、新化（87 年版）

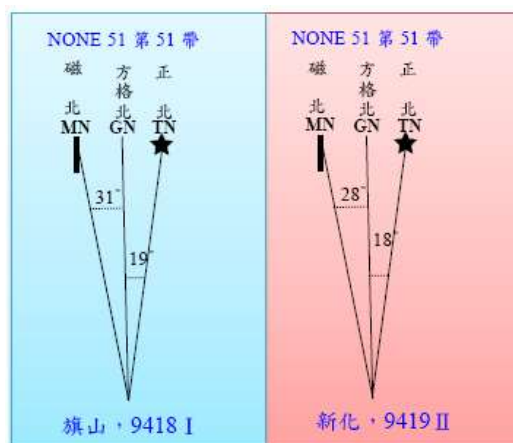
五、超過磁偏常數有效範圍時，採越區換算因應

當部隊運動超過 40 公里後（跨帶時，僅移動數公里即須校正），M2 方向盤之「磁偏常數」已不適用，亟須利用該地區設置之磁偏校正站，求取正確的磁偏常數。如當地未設置磁偏校正站（或無法獲得）時，則須運用適當公式，換

算 M2 方向盤在新地區之磁偏常數因應。惟此舉無法取代正常校正程序，仍應於狀況許可時，補行磁偏校正。越區之磁偏常數換算範例如下。

(一) 問題：砲一營第一連 M2 方向盤於牛長山（圖名：旗山，圖號 9418 I）實施磁偏校正，其平均磁偏常數為 6371 密位。目前該連機動至官田（圖名：新化，9419 II），無法獲得當地磁偏校正站。如何將牛長山磁偏常數換算為官田地區之磁偏常數？（旗山、新化偏角圖：如圖十二）

(二) 換算要領：



圖十二 旗山、新化軍用地形圖方位偏角圖

資料來源：台灣省五萬分一軍圖：旗山、新化（87 年版）

磁偏常數換算公式：

原磁偏常數 + 原方格磁角 = 磁針分劃

磁針分劃 - 當地方格磁角 = 當地磁偏常數¹⁸

或：原磁偏常數 + 原方格磁角 - 當地方格磁角 = 當地 磁偏常數。

換算官田地區之磁偏常數：

$$6371^- + 31^- = 6402^-$$

$$6402^- - 28^- = 6374^- \text{ (官田地區磁偏常數)}$$

$$\text{或 } 6371^- + 31^- - 28^- = 6374^- \text{ (官田地區磁偏常數)}$$

結語

「磁針定向」屬地球物理中的「磁力學」範疇，¹⁹因運用地球磁場之磁北極，致無法擺脫規則或不規則「地磁變化」之影響，與磁針性能持續之變化，成為磁針定向「誤差來源」之關鍵因素。基於目前國軍裝備（M2 方向盤、雷觀機、指北針）使用「磁針定向」之現況尚未改變，對「磁偏校正」與「磁偏常數」

¹⁸ “Artillery survey (TM6-200)”，(Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC)，p42。

¹⁹吳經民著，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》（臺北市）聯勤總部測量署，第 92 期，民國 79 年 6 月，頁 24。

運用仍應持續檢討缺失，力求精進，除提升當前裝備（器材）之效能外，更應積極研發先進、精確、適切之定向裝備（如陀螺儀），俾能配合未來「火砲性能提升」與「精準彈藥射擊」計畫，提升砲兵整體戰力。

參考文獻

- 一、《軍用地形圖閱讀手冊（增修版）》（臺北市：國防部情次室，民國81年6月）
- 二、《野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國95年5月）。
- 三、江儀助，《測量學》（臺北市：徐氏基金會出版部、民國62年）。
- 四、蔡宛芸、張嘉強，〈不同地磁模式之研究〉《第33屆測繪及空間資訊學術發表會專輯》（臺北市：國防部軍備局，民國94年9月）。
- 五、吳經民，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》（臺北市），第92期，聯勤總部測量署，民國79年6月。
- 六、“Artillery survey (TM6-200)” , Published JUNE 1960 by GHQ Army GR C。
- 七、“ Intelligent warfare ” Fires, September-October 2017, The Army's Branches。
- 八、耿國慶，〈對共軍砲兵磁偏校正之研究〉《砲兵學術雙月刊》（臺南市），第99期，砲訓部，民國87年第12月，頁46。
- 九、耿國慶，〈析論美軍砲兵「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)〉《砲兵季刊》（臺南市），135期，砲訓部，民國95年3月。
- 十、吳嘉晉，〈精進M2方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》（臺南市），146期，砲訓部，民國98年9月。
- 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》（臺南市），152期，砲訓部，民國100年3月。
- 十二、耿國慶，〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》（臺南市），163期，砲訓部，民國102年11月。
- 十三、耿國慶著，〈M2與M2A2方向盤機械作用檢查與鑑定要領之研究〉《砲兵季刊》（臺南市），171期，砲訓部，民國104年11月。
- 十四、耿國慶著，〈地圖「跨帶」與「方位偏角圖」之研究〉《砲兵季刊》（臺南市），172期，砲訓部刊，民國105年3月。

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。

陸軍砲兵測地電算機（程式）之發展與進程

作者：黃盈智

提要

- 一、國軍砲兵原以「對數表」實施測地計算，惟過程複雜、繁瑣且成果易錯，遂於民國 68 年首次採購美國「德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 型電算機」，提升砲兵測地成果計算精度與速度；民國 82 年，再以年度「標餘款」籌購民用「卡西歐 FX - 880P」電算機，使用逾 21 年，期間未再籌獲軍規編制之電算機。
- 二、民國 106 年 12 月，國軍正式獲得由臺灣宏奇科技公司產製之砲兵測地電算機 IMT - 8R（簡稱「電算機」），供砲兵測地成果計算之用。該機種具有符合軍事規格、重量輕、模組化之優點，不僅可實施一般電算機之面板計算，更可安裝專屬應用程式 APP，充分滿足砲兵測地計算需求。
- 三、野戰砲兵測地程式（Field Artillery Survey Program, FASP）係專為野戰砲兵設計之測地計算程式，自民國 82 年起經歷數次研改與精進，安裝（操作）平臺涵蓋商用電算機、PDA、桌上（筆記）型電腦等載具，程式撰寫語法由培基語言（Basic）、C++演進至「Java 程式語言」，新一代之測地程式可搭配新式電算機（IMT - 8R）操作使用，程式內含電算機中文操作（補給）手冊電子書、電子指北儀，及數十種砲兵測地常用之計算程式與國家控制點資料庫等強大功能，可大幅提升砲兵測地作業能量。
- 四、本研究採「文獻回顧法」，首先探討歷年砲兵先進研究中有關「測地電算機」與「砲兵測地程式」等二部分之相關文獻，作為立論依據。接續介紹新式裝備「電算機（IMT - 8R）」與「測地程式」之新增功能及對砲兵測地之影響，同時分析新、舊裝備之功能差異。文末提出六點建議：（一）鏈結跳頻無線電機，有效情資傳遞；（二）結合地理資訊系統（GIS），落實軍圖數位化；（三）融入射擊指揮自動化，符合現代戰爭趨勢；（四）安裝繪圖（製圖）軟體，提升內業效能；（五）外接輸出裝置，即時列印分發；（六）邁入測地自動化，實踐測資中心機動化。

關鍵詞：德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 型電算機、電算機（IMT - 8R）、野戰砲兵測地程式、地理資訊系統 GIS

前言

野戰砲兵為戰鬥支援兵種，以火力支援地面部隊作戰，射擊為其達成支援任務之唯一手段。然射擊效果之良窳，端賴其目標是否適時獲得及射擊諸元之精粗而定。然目標位置之測定及射擊諸元之求取，則以「測地」所得者最為精

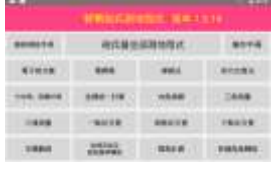
確。國軍砲兵測地成果之計算，可藉對數表、電算機等方式實施，惟使用對數表不僅費時費力，且易生錯誤，故無法符合現代砲兵測地之要求。國軍砲兵原以「對數表」實施測地計算，惟過程複雜、繁瑣且成果易錯，遂於民國 68 年首次採購美國「德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 型電算機」，提升砲兵測地成果計算精度與速度，惟礙於電子產品更新快速且壽期短，換補與維修困難，致損壞情況嚴重。原砲兵編制之「德儀 SR - 52、TI - 59 型電算機」，自民國 82 年全數繳回，再以年度「標餘款」籌購民用「卡西歐 FX - 880P」電算機，使用逾 21 年，期間未再籌獲軍規編制之電算機（砲兵測地成果計算方式分析比較如表一）。

民國 106 年 12 月，國軍正式獲得由臺灣宏奇科技公司產製之砲兵測地電算機 IMT - 8R（簡稱「電算機」），供砲兵測地成果計算之用。該機種具有符合軍事規格、重量輕、模組化之優點，不僅可實施一般電算機之面板計算，更可安裝專屬應用程式 APP，充分滿足砲兵測地計算需求。本裝備配賦於砲指部目標獲得連及各砲兵營、連測量班，可於平時遂行防區測地，並支援各項戰（演）訓任務，增進砲兵測地作業能量；戰時提供精確之測地成果資料，發揮砲兵遠距精準打擊能力。

野戰砲兵測地程式（Field Artillery Survey Program, FASP）係一專為野戰砲兵設計之測地計算程式，自民國 82 年起經歷數次研改與精進，安裝（操作）平臺涵蓋商用電算機、PDA、桌上（筆記）型電腦等載具，程式撰寫語法由培基語言（Basic）、C++演進至「Java 程式語言」，新一代之測地程式可搭配新式電算機（IMT - 8R）操作使用，程式內含電算機中文操作（補給）手冊電子書、電子指北儀，及數十種砲兵測地常用之計算程式與國家控制點資料庫等強大功能，可大幅提升砲兵測地作業能量。

本研究採「文獻回顧法」，首先探討歷年砲兵先進研究中有關「測地電算機」與「砲兵測地程式」等二部分之相關文獻，作為立論依據。接續介紹新式裝備「電算機（IMT - 8R）」與「測地程式」之新增功能與對砲兵測地之影響，同時分析新、舊裝備之差異比較，最後提出綜合結論與建議（研究架構如圖一）。

表一 砲兵測地成果計算方式分析比較表

砲 兵 測 地 成 果 計 算 方 式 分 析 比 較 表			
測地成果計算方式	對 數 表 計 算	電 算	
		面 板 計 算	程 式 計 算
特性、限制與分析			
特 性	1.可不受電子戰干擾。 2.使用對數表格計算，可無須強記數學公式，且僅需使用加、減法運算，可大幅低學習門檻。	1.計算快速。 2.精度良好。	1.可將相關操作需求撰寫為程式功能。 2.可依需求設置防呆與檢核機制，大幅減少人為錯誤產生。 3.適用於複合式測地成果計算（如砲兵營、軍團砲兵） 4.可無須強記數學公式，可大幅低學習門檻。 5.操作簡單。 6.計算快速。 7.精度良好。
限 制	1.計算過程繁瑣，致較容易發生錯誤。 2.計算耗費時間。	1.需熟記計算公式 2.適用於單一測地成果之計算。 3.電子戰時設備易受干擾。	1.程式規模（大小）受安裝平臺儲存空間限制。 2.電子戰設備時易受干擾。
分 析	因應戰爭多元化與電子干擾技術日新月異，傳統查表計算要領仍不可偏廢。	計算快速且精度良好，惟須考量戰時運用使否受限，平時仍應瞭解其計算原理與過程，方能使測地作業迅速確實，以符合戰場實用原則。	

資料來源：筆者自製。



圖一 研究架構圖

資料來源：筆者自製

砲兵測地電算機（Artillery Survey Calculator）發展沿革

國軍砲兵測地電算機（Artillery Survey Calculator）發展，原由民國 68 年採購美國「德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 型電算機」，提升砲兵測地成果計算精度與速度，惟礙於電子產品更新快速且壽期短，換補與維修困難，致損壞情況嚴重。砲兵編制之「德儀 SR - 52、TI - 59 型電算機」，自民國 82 年全數繳回，遂於以年度「標餘款」籌購民用「卡西歐 FX - 880P」電算機，歷經二十餘載。自民國 106 年 12 月起，正式獲得由臺灣宏奇科技公司產製之測地電算機（IMT - 8R），供砲兵測地成果計算之用，其發展沿革與紀要如后（砲兵測地電算機大事記要彙整如表二）。

一、國軍砲兵測地成果計算由早期的「軍用計算尺」(如圖二)及「對數表」，演進至民國 68 年，採購德州儀器公司之「SR - 52、TI - 59 型磁卡式電子計算機」，再運用 PC - 100A、PC - 100B 熱感式印刷機列印成果，取代傳統費時、易錯之對數表成果計算，致力提升野戰砲兵測地作業之速度與精度，顯現推廣我砲兵測地成果計算精進之艱難。

二、民國 82 年，因應原「SR - 52、TI - 59 型電算機」已屆壽期（如圖三），故立案採購商用「卡西歐 FX - 880P 型電算機」（如圖四），作為砲兵測地電算機之代用裝備。因該機型內建程式編輯之功能，無數砲兵先進竭盡心力，運用培

基語言研改測地程式，致力於提升砲兵測地成果計算之精度與速度，現行「野戰砲兵測地程式」之雛形應運而生，並沿用迄今。

三、民國 89 年，鑒於制式測地電算機（SR - 52、TI - 59）妥善率每況愈下，故重提新型測地電算機作需，惟因故未能成案。

四、民國 96 年，因代用裝備（卡西歐 FX - 880P 型電算機）停產，換補與維修日益困難，本部遂爭取年度「教育投資經費」，採購商用「卡西歐 CFX - 9850GC PLUS 型電算機」100 套（如圖五），作為教學用替代裝備。

五、民國 97 年，二度重提新型測地電算機需求，惟因年度經費用罄而向隅。

六、民國 104 年 4 月，三度重啟新型測地電算機需求，成功完成納案。

七、民國 106 年 12 月，正式獲得軍規編制之「陸軍新型砲兵測地電算機（IMT - 8R）」（如圖六）。



圖二 軍用計算尺

資料來源：筆者拍攝



圖三 美國德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 型電算機

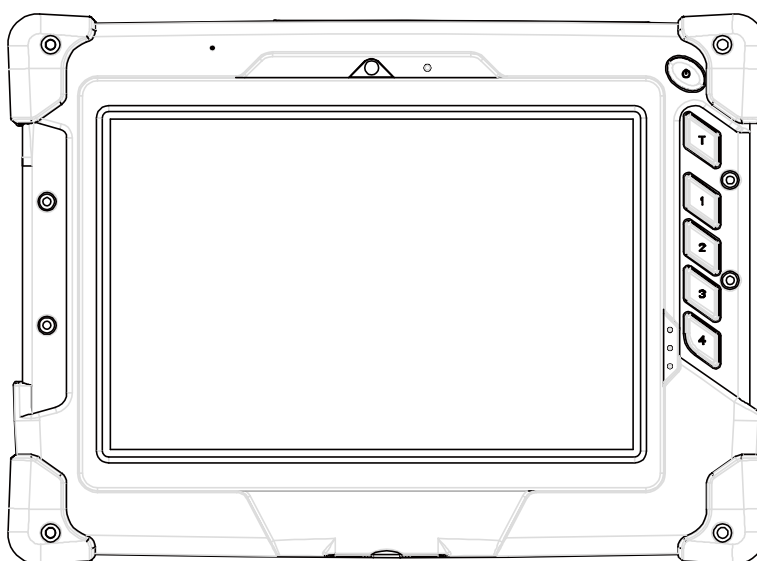
資料來源：筆者拍攝



圖四 日本卡西歐公司 FX - 880P 型電算機
資料來源：筆者拍攝



圖五 日本卡西歐公司 CFX - 9850GC PLUS 型電算機
資料來源：筆者拍攝



圖六 陸軍新型砲兵測地電算機 (IMT - 8R)
資料來源：研製廠商宏奇公司提供

表二 砲兵測地電算機大事紀要

砲 兵 測 地 電 算 機 大 事 紀 要	時 間	大 事 紀 要
民國 68 年以前		使用「軍用計算尺」及「對數表」實施測地成果計算
民國 68 年		德州儀器公司之「SR - 52、TI - 59 型磁卡式電子計算機」，再運用 PC - 100A、PC - 100B 熱感式印刷機列印成果
民國 82 年		因應原「SR - 52、TI - 59 型電算機」已屆壽期，故立案採購商用「卡西歐 FX - 880P 型電算機」，作為砲兵測地電算機之代用裝備
民國 89 年		重提新型測地電算機作需
民國 96 年		因代用裝備（卡西歐 FX - 880P 型電算機）停產，換補與維修日益困難，本部遂爭取年度「教育投資經費」，採購商用「卡西歐 CFX - 9850GC PLUS 型電算機」100 套，作為教學用替代裝備
民國 97 年		二度重提新型測地電算機需求
民國 104 年 04 月		三度重提新型測地電算機需求（成功納案）
民國 106 年 12 月		正式獲得軍規編制之「陸軍新型砲兵測地電算機（IMT - 8R）」

資料來源：筆者整理。

野戰砲兵測地程式（Field Artillery Survey Program, FASP）發展沿革

野戰砲兵因應測地作業所使用之方法包含導線法、交會法、反交會法、三角（邊）測量、天體觀測等，其中可運程式計算之方法計有 12 種類型，筆者針對砲兵測地程式之演進，整理歷年砲兵先進之研究成果如表三。

表三 野戰砲兵測地程式歷年文獻探討

野戰砲兵測地程式歷年文獻探討				
項次	發表日期	作者	內容摘要	
1	民國 79 年 03 月	蘇雲忠	於砲兵月刊上發表了採培基語言撰寫之三點反交會法測量程式，此研究為測地程式文獻可查證之最早記錄，亦為國軍現行三點反交會法測量程式之雛形，為後續測地程式之發展奠定了良好的基礎。 ¹	
2	民國 79 年 08 月	洪泰豪	發表「兩點反交會測地之計算研究」，該程式仍以培基語言為主要撰寫概念，同樣為後續研究產生了拋磚引玉的功效。 ²	
3	民國 79 年 12 月	鄭來龍	原 TI - 95 型電算機內建約十五種類型之測地程式，惟其受字幕所限，計算時須牢記執行過程，如有疏失，將產生錯誤結果。基此，鄭來龍於民國 79 年 12 月發表「簡易砲兵營測地成果計算程式使用 CASIO FX - 795P 計算	

1 蘇雲忠，〈CASIO-FX795 計算機三點反交會法測量程式運用說明〉《砲兵月刊》（臺南），第 25 期，砲兵月刊社，民國 79 年 03 月），頁 48~70。

2 洪泰豪，〈兩點反交會測地之計算研究〉《砲兵月刊》（臺南），第 30 期，砲兵月刊社，民國 79 年 08 月，頁 63~73。

			機」，運用培基語言改良原測地程式，使其適用於卡西歐 FX-795P 計算機（如圖七），該機型即為卡西歐 FX-880P 電算機之前身。 ³
4	民國 80 年 11 月	林福來	「座標統一」係戰鬥時期以非定位定向系統實施測地之砲兵部隊，若起始作業時未獲與上級相同系統之統制諸元，常逕用假設之起始點諸元完成測地以爭取時效。俟上級賦予起始點測地統制諸元後，則須藉座標統一手段，使成果納入統一座標系統統制之目的，俾利火力統一指揮與集中運用。 ⁴ 座標統一計算在砲兵測地五大計算中最為重要，在未採用程式計算之前，座標統一往往是測量人員最耗費時間與複雜性較高之工作，林福來提出座標統一之程式計算法，有效縮減了成果計算時間及準確度。 ⁵
5	民國 82 年 01 月	洪泰豪	提出卡西歐 FX 880P 電算機測地作業上之運用，該研究內容除介紹 FX 880P 電算機之基本操作外，更詳述導線法、交會法、方位角距離計算、座標統一、三角測量（含反交會法）等砲兵常用之測地程式計算及操作。惟上述之程式均互為獨立，缺乏整合，故若將其運用於「砲兵營全部測地」之成果計算，恐耗費時間。此問題一直到「砲兵營全部測地程式」研發完成後，始獲得改善。 ⁶
6	民國 83 年 02 月	賴明潭	賴明潭研發之「砲兵營全部測地程式」，係以導線法為其骨幹，有系統地將導線法、交會法、方位角距離計算、座標統一等砲兵常用之計算完成整合，提供測量人員更快速有效之成果整理工具。 ⁷ 此階段之程式已經具備下列功能： 一、可自動判別角度（密位或度分秒）。 二、前地作業自動進行交會法計算。 三、亦適用於軍團（含以上）砲兵測地成果計算。 四、充分提供錯誤訊息。 五、具儲存功能，中斷後重新啟動程式，輸入資料不會遺失。 六、共可輸入 2 個觀測所、4 組砲兵連陣地及個射擊目標。
7	民國 86 年 12 月	徐永清	現行砲兵測地作業中常使用迴歸閉塞導線法檢驗測地成果之精度，惟對於精度過低之成果，欲找出錯誤產生原因，困難度頗高。於是，徐永清發展了「砲兵測地迴歸閉塞導線錯誤之檢測暨軍團以上砲兵測地程式」，該程式仍以導線法為骨幹，並利用交叉比對之演算法，精確檢驗角度錯誤之所在，快速地計算出測地成果。惟此

3 鄭來龍，〈簡易砲兵營測地成果計算程式使用 CASIO FX-795P 計算機〉《砲兵月刊》（臺南），第 34 期，砲兵月刊社，民國 79 年 12 月，頁 53~75。

4 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範(下冊)(第二版)》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 99 年 11 月），頁 9~25。

5 林福來，〈以座標平移旋轉法進行座標統一〉《砲兵月刊》（臺南），第 45 期，砲兵月刊社，民國 80 年 11 月，頁 15~19。

6 洪泰豪，〈CASIO FX 880P 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用(上)〉《砲兵月刊》（臺南），第 59 期，砲兵月刊社，民國 82 年 01 月，頁 41~55。

7 賴明潭，〈CASIO FX 880P 計算機砲兵營測地程式之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 70 期，砲兵雙月刊社，民國 83 年 02 月，頁 56~84。

			程式無法進行營全部測地成果之計算，且偵錯之範圍僅限於「角度」部分，若「距離」同時產生錯誤時，將無法檢驗得知，故實際運用上有其限制與不便。 ⁸
8	民國 87 年 02 月	林文章	天體觀測乃藉觀測天體（太陽、北極星）以決定地線方位之方法，為砲兵測地作業運用各種定向方法中精度較佳之一種。 ⁹ 林文章研發之天體觀測電算機程式，為砲兵現行使用之天體觀測程式雛形。 ¹⁰ 惟該程式使用上仍有部分瑕疵（如計算精度與穩定性不足等現象）。
9	民國 91 年 05 月	鄭來龍	首先提出使用「電腦套裝軟體 Excel 完成砲兵營測地基本計算之研究」，此為測地成果採行電腦運算研究之先驅（如圖八）。該研究發現利用 Excel 強大的統計分析與繪圖功能，可使測地作業加速完成，精度提高；另經簡單轉換亦能使測地要圖自動產生，可提高要圖的精確性及縮減測地作業時間。此外，利用電腦套裝軟體 Excel 計算測地成果尚有操作介面可中文化、開發者無須具備程式撰寫能力等優點。惟該研究於 Excel 軟體之設計仍屬公式計算之範疇，不似程式語言設計般具彈性及提供多樣化之功能，因此僅能行簡單之座標、標高及交會法距離計算，功能性顯然不符我測地人員所需，操作上也為較繁瑣。 ¹¹
10	民國 98 年 05 月	陳見明	於「精進砲兵測地電算機程式之研究」中，改良原測地程式，其主要貢獻如后： 一、國軍自民國 95 年起，砲兵部隊因應精進案組織調整，原測地程式設計之 4 組砲兵陣地已不敷使用。有鑒於此，陳見明將該程式進行研改，始其具備可輸入 6 組戰砲排陣地之功能後，方沿用迄今。 ¹² 二、以林文章原天體觀測程式為藍本，重新將其修改及偵錯後，天體觀測程式方趨於完善。 ¹³
11	民國 100 年 11 月	黃盈智	卡西歐 CFX - 9850G PLUS 為 FX - 880P 電算機之後續機型，亦具備繪圖及程式編輯之功能，黃盈智於「卡西歐 CFX - 9850G PLUS 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用」 ¹⁴ 、「卡西歐 CFX - 9850G PLUS 電算機運用於測地

8 徐永清，〈砲兵測地迴歸閉塞導線錯誤之檢測暨軍團師砲兵測地程式〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 93 期，砲兵雙月刊社，民國 86 年 12 月，頁 38~44。

9 同註 8，頁 5~1。

10 林文章，〈如何提升砲兵測地精度與速度-天體觀測電算機程式之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 94 期，砲兵雙月刊社，民國 87 年 02 月，頁 18~27。

11 鄭來龍，〈使用現行個人電腦套裝軟體完成砲兵營測地基本計算之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 117 期，砲兵訓練指揮部，民國 91 年 05 月，頁 16~28。

12 陳見明，〈精進砲兵測地電算機程式之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，砲兵訓練指揮部，民國 98 年 05 月，頁 5~15。

13 同註 8。

14 黃盈智，〈卡西歐 CFX-9850G PLUS 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 155 期，砲兵訓練指揮部，民國 100 年 11 月，頁 51~73。

			成果計算之研究」 ¹⁵ 等兩文中，分別提出適用該機型之導線法、交會法、方位角距離、座標統一計算等四種砲兵常用程式之運用，以及運用於野戰砲兵營、連測地作業實例。惟該研究之程式設計係採卡西歐公司專屬之程式語言，學習極為不易，加上該機型已於民國 98 年停止生產，故推廣受限。
12	民國 101 年 09 月	黃盈智	因代用裝備卡西歐 FX - 880P 電算機，維修不易與使用將屆 20 年，致妥善狀況不佳，於駐地輔訪調查數據分析，全軍電算機妥善率逐年下降，對砲兵測地能力影響甚巨，實有檢討更新之必要與急迫性。基此，黃盈智創新於「砲兵測地程式之研改與回顧－兼論運用構想與未來規劃」中，提出如何運用「C++物件導向電腦程式語言」整合砲兵測地程式，並將其運用於野戰砲兵測地成果計算上，以達簡化作業步驟、節省計算時間及提升測地成果精度之目標。該程式於民國 101 年至 106 年期間正式運用於本部教學實施（如圖九），成效良好。 ¹⁶

資料來源：筆者整理（依發表年份排序）。



圖七 日本卡西歐 FX - 795P 計算機

資料來源：筆者拍攝

¹⁵黃盈智，〈卡西歐 CFX-9850G PLUS 電算機運用於測地成果計算之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 159 期，砲兵訓練指揮部，民國 101 年 11 月，頁 24~44。

¹⁶黃盈智，〈砲兵測地程式之研改與回顧－兼論運用構想與未來規劃〉《砲兵季刊》(臺南)，第 158 期，砲兵季刊社，民國 101 年 09 月，頁 23~41。

	A	B	C	D	E
1	輸入區（在B下輸入）				
2	基線c長（公尺）	300			
3	外角∠A	1900	你輸入的是密位	轉換成度分秒為	106° 52' 30."
4	內角∠B	1420	你輸入的是密位	轉換成度分秒為	79° 52' 30."
5	頂角∠C（∠A-∠B）	480	你輸入的是密位	轉換成度分秒為	27° 00' 00."
6	交會法距離計算表				
7	要圖	Log已知邊距離	2.477121255		
8		CoLog已知邊對角Sin	0.342953235		
9		+Log求邊對角Sin	-0.019115139		
10		Log求邊距離	2.800959351		
11		求邊距離	632.3526613		
12					
13	密位與度分秒轉換區	原角度	提供計算值	轉換後	文字形式
14	∠A密位轉換成度分秒	1900.	106.875	106° 52' 30."	106° 52' 30."
15	∠A度分秒轉換成密位	106° 52' 30."	106.875	1900	1900.
16	∠B密位轉換成度分秒	1420.	79.875	79° 52' 30."	79° 52' 30."
17	∠B度分秒轉換成密位	79° 52' 30."	79.875	1420	1420.
18	∠C密位轉換成度分秒	480.	27	27° 00' 00."	27° 00' 00."
19	∠C度分秒轉換成密位	27° 00' 00."	27.	480	480.

圖八 使用電腦套裝軟體 Excel 完成砲兵營測地計算（前方交會法）

資料來源：鄭來龍，〈使用現行個人電腦套裝軟體完成砲兵營測地基本計算之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 117 期，砲兵訓練指揮部，民國 91 年 05 月，頁 25。



圖九 砲兵測地程式（C++版本）於本部數位化教室採用桌上型電腦教學實況

資料來源：筆者拍攝。

陸軍新型砲兵測地電算機（IMT-8R）介紹

為因應現代需求，國軍於 106 年採購由臺灣宏奇科技公司產製之砲兵測地電算機 IMT-8R（簡稱「電算機」），供砲兵測地成果計算之用。該機種具有符合軍事規格、重量輕、模組化之優點，不僅可實施一般電算機之面板計算，更可安裝專屬應用程式 APP，大幅提升砲兵測地計算之精度與速度，充分滿足全般作業需求。本段將針對電算機（IMT-8R）實施基本功能介紹，期能使砲兵幹部熟悉該裝備之基本性能。

一、功能與特性

（一）電算機（IMT-8R）之功能

- 1.內建電羅經（Compass），可實施簡易定向。

- 2.內建 GPS 晶片模組。
- 3.可採有線方式鏈結自動化射擊指揮系統與現役測量裝備。
- 4.具備工程（函數）運算功能。
- 5.內建野戰砲兵測地程式，可執行各種類型之砲兵測地計算。

（二）電算機（IMT－8R）之特性

- 1.全中文化介面。
- 2.符合軍規設計（達 IP65 等級）。¹⁷
- 3.模組化、重量輕，攜帶方便。
- 4.內附三個可充電式鋰電池及一個行動電源，單顆電池可連續使用 6 小時（含）以上。
- 5.內部儲存容量達 8GB。
- 6.多點觸控式顯示幕，解析度達 1280x800WXGA;流明度達 600lm 以上。
- 7.操作簡單、計算迅速、精度良好。

二、硬體、本體與環境規格介紹

本節說明電算機（IMT－8R）硬體、本體與環境規格，相關諸元彙整如表四。

表四 電算機（IMT－8R）規格與諸元表

項次	規 格	名 稱	詳 細 說 明
1	硬 體	處理器	Quad－core ARM Cortex－A7 1.3GHz
2		作業系統	Android 5.0 以上
3		記憶體	8GB eMMC+1GB LPDDR2
4		LCD 顯示器	8 英寸 LED 背光多點電容式觸控面板；解析度 1280x800WXGA
5		感應器	eCompass, G sensor, GPS 模組
6	規 格	電源開關與快捷鍵功能	(1) 電源開關按鍵 1 個 (2) 快捷功能鍵 4 個
7		指示燈號	(1) 電源開啟指示 LED 燈 (2) 充電狀態指示 LED 燈
8		喇叭與麥克風	(1) 內建單一喇叭 8Ω/1W (2) 內建單一麥克風

17 國際防護等級認證(International Protection Marking, IEC 60529)亦稱作異物防護等級(Ingress Protection Rating)或 IP 代碼(IP Code)。有時候也被叫做「防水等級」「防塵等級」等，定義了機械和電子設備能提供針對固態異物侵入(包括身體部位如手指，灰塵，砂礫等)，液態滲入，意外接觸有何等程度的防護能力。資料來源：<https://zh.wikipedia.org/wiki/>。

9		周邊連接埠	(1) USB 3.0 Type A 連接埠 (2) RS - 232 DB - 9 連接埠 1 個 (3) AC 直流電源插孔 1 個 (4) 10/100 Ethernet RJ - 45 網路埠 1 個
10		電算機充電器	(1) 輸入→交流：100~240V/1.4A (2) 輸出→直流：16V/4A
11		電池座充電器	(1) 輸入→直流：16V/4A (2) 輸出→直流：16V/2A
12		電池	外部電池直流 10.8V/3400mAh (1 個)
13	本 規 體 格	外型尺寸	長 251mm x 寬 181mm x 高 34mm
14		本體重量	1000±20g (含攜行袋)
15	環 規	軍事規格測試	通過經濟部標檢局認證合格之實驗室檢驗 符合 CNS 14165 IP65 標準
16		操作溫度	- 20°C~+ 55°C
17		儲存溫度	- 30°C ~+ 75°C
18		操作濕度	10%~90% 相對濕度
19		儲存濕度	10%~95% 相對濕度

資料來源：由研製廠商宏奇公司提供，筆者整理製表。

三、電算機（IMT - 8R）組成

電算機（IMT - 8R）共區分本體、強固式攜行箱、車用安裝架與行動電源組等四大組成，分述如后。

(一) 本體（IMT - 8R）：符合 IP65 等級之測地電算機，如圖十。

(二) 強固式攜行箱：符合 IP65 等級之強固式攜行箱，如圖十一。

(三) 車用安裝架（含後蓋板）：包含車用安裝架與其後蓋板各 1，結合螺絲*4，適用於 1/2T 偵搜指揮車。

1.車用安裝架（正視圖）：可安裝於 1/2T 偵搜指揮車車長座，於行軍期間實施裝備操作，如圖十二。

2.車用安裝架（背視圖）：可安裝於 1/2T 偵搜指揮車車長座，於行軍期間實施裝備操作，如圖十三。

3.車用安裝架後蓋板與固定螺：可搭配「車用安裝架」結合於 1/2T 偵搜指揮車 車長座，如圖十四。

(四) 行動電源組（含纜線）：包含行動電源與纜線各 1，如圖十五。



圖十 電算機（IMT - 8R）本體示意



圖十一 強固式攜行箱示意



圖十二 車用安裝架（正視圖）



圖十三 車用安裝架（背視圖）



圖十四 車用安裝架後蓋板與固定螺示意圖



圖十五 行動電源組（含纜線）示意

資料來源：圖十至圖十五為筆者拍攝。

新一代野戰砲兵測地程式（New Field Artillery Survey Program）

國軍砲兵現行使用之 12 種測地程式，均為歷年砲兵先進個別研發，由於缺乏系統性整合，加上原卡西歐 FX - 880P 電算機程式儲存空間有限（32KB，實際可用容量僅 22,000B），故無法將所有測地程式均輸入其中，造成操作使用上諸多不便。筆者雖於民國 101 年成功使用 C++ 程式語言重新整合測地程式，惟受限於安裝平臺（僅能於桌上、筆記型電腦上安裝），對長時間於野外作業的測量人員而言，仍無法滿足其需求。

然上述問題，於新式電算機（IMT - 8R）獲得後，將可充分獲得改善，拜其

強大的硬體規格與 8G 記憶容量所賜，已達成將以往零散、獨立、缺乏系統整合之測地程式，使用 Java 程式語言重新研改之目標。本節說明新一代「野戰砲兵測地程式」之特性、功能及重大革新。

一、特性

新一代野戰砲兵測地程式內建 12 種砲兵常用之計算程式，計算快速且精度良好，並具備下列 9 大特性，分述如后。

（一）內建 12 種砲兵常用之計算程式，忠實完全移植：野戰砲兵測地程式由早期的培基語言演進至 C++ 語言，新一代之測地程式則使用 Java 語言重新改寫，整合砲兵先進獨自研發之測地計算程式，除保留原始功能完全移植外，操作將更加便捷與快速。

（二）全中文化視窗介面，編輯偵錯快捷：新一代測地程式採中文化視窗設計，有別於以往英文操作之 DOS 介面，編輯、偵錯將更加容易，其人性化之操作介面與友善設計，大幅降低學習成本、減少錯誤產生。

（三）全觸控式操作，防呆機制完善：因應電算機（IMT-8R）之硬體規格，新一代測地程式由原本的實體按鍵（輸入），變革為使用虛擬鍵盤輸入，直覺式操作搭配完善防呆機制，將可大幅減少人為錯誤產生。

（四）內建 11 個國家控制點成果資料庫，成果資料達 3,500 筆以上：新一代測地程式除具備內政部「1997 坐標系統之 2010 年成果」外，另包含近五年公告更新之外、離島（金門、馬祖、澎湖）及臺南地區（永康、歸仁、關廟）成果，合計 11 個資料庫。

（五）內建 GPS 與簡易導航功能，偵察選點容易：可提供商用規格之定位資訊，另可依據操作者所處位置，由內建控制點成果資料庫中，自動搜尋周邊鄰近控制點資訊，並提供方位及距離資訊，便利簡易導航與搜尋控制點位置。

（六）內建坐標系統、格式與高程基準轉換程式：新一代野戰砲兵測地程式已內建坐標系統、格式與高程基準轉換程式，未來測量人員可全天候、甚至於外業中及時實施轉換作業，大幅提升作業能量與操作便利性。

（七）可自動判別砲兵常用之角度單位：砲兵常用之角度單位包含「度分秒」、「度小數」與「密位」等 3 種形式，新一代測地程式可提供上述單位間之交互換算、轉換與四則運算，另於自動模式下操作時，亦得自動實施角度識別，大幅提升操作便利與實用性。

（八）具備電子指北儀，可實施簡易定向：「定向諸元」為砲兵射擊及測地起始不可或缺之關鍵要素，新一代測地程式內建之電子指北儀，具備簡易定向資訊，可提供各級砲兵部隊實施作業起始、成果檢核及方位驗證等相關參據。

（九）具資料儲存功能，可自動產製測地成果表：新一代測地程式具完整

資料儲存功能，經計算所得之測地成果，可自動轉存為制式「測地成果表」檔案，實施後製、編輯、加密與傳輸作業。

二、野戰砲兵測地程式功能介紹

野戰砲兵測地程式內含電算機（IMT-8R）中文操作（補給）手冊電子書、電子指北儀及數十種砲兵測地常用之計算程式與國家控制點資料庫等強大功能，茲說明如后（圖十六，表五）。

三、重大革新與新增功能

新一代測地程式有別於以往，具備諸多新增功能與革新，實為測量人員之福音。本節茲將「坐標系統及高程基準轉換、國家控制點資料庫、簡易定向與導航、自動產製測地成果表」等四大新增功能，分述如後。

（一）坐標系統及高程基準轉換

砲兵長久以來缺乏制式之坐標系統、格式與高程基準轉換程式，致測量人員欲執行相關轉換時，須使用電腦安裝非制式軟體（如中科院、荷蘭海軍水文測量局、威斯康辛州綠灣大學之坐標高程轉換程式）或使用 SPAN-7 定位定向系統內建功能實施轉換。惟上述軟體均使用電腦作為安裝平臺，測量人員無法與野外作業中隨時執行轉換工作，影響作業效能甚巨。

新一代野戰砲兵測地程式已內建坐標系統、格式與高程基準轉換程式，未來測量人員可全天候、甚至於外業中及時實施轉換作業，大幅提升作業能量與操作便利性。「坐標系統及高程基準轉換程式」操作流程與功能樹狀圖（如圖十七）。



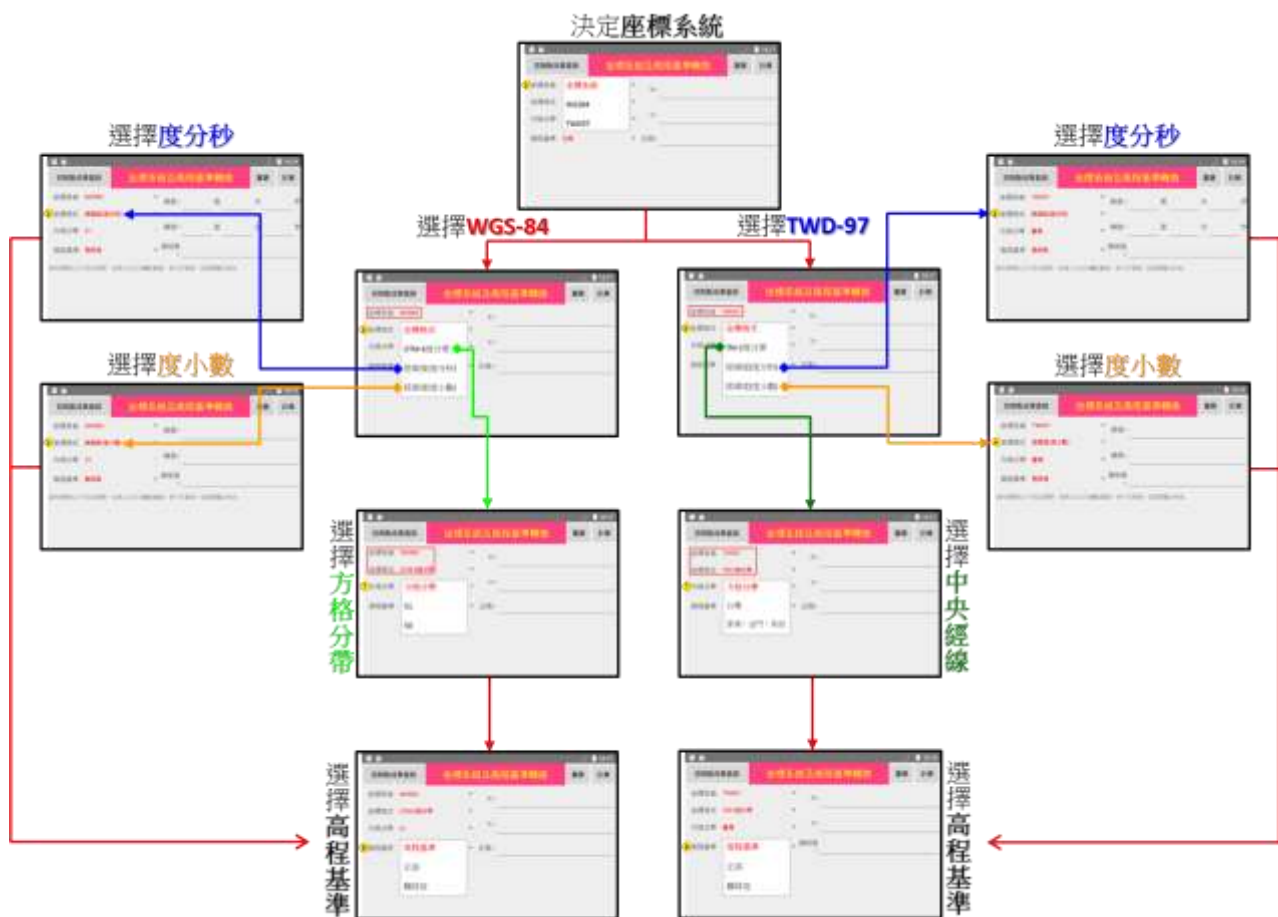
圖十六 「野戰砲兵測地程式」主選單示意

資料來源：筆者自製

表五 「野戰砲兵測地程式」主選單各部名稱與功能說明

項次	名稱	功能說明
1	應用程式 APP 名稱	野戰砲兵測地程式
2	程式版本	顯示應用程式當前版本（最新版本為 1.18.0）
3	維修補給手冊	電算機（IMT - 8R）原廠維修補給手冊電子書
4	砲兵營全部測地程式	包含軍團與砲兵營全部測地作業之計算程式
5	操作手冊	電算機（IMT - 8R）原廠操作手冊電子書
6	電子指北儀	具備簡易定向（與定位）之能力，可提供方位與位置資訊
7	電算機	即電子計算機，具備工程與函數計算等基本功能
8	導線法	可執行導線測量計算程式
9	前方交會法	可執行前方交會法距離計算程式
10	方位角、距離計算	可執行任意兩點間之方位角與距離計算程式
11	坐標（方格）統一計算	可執行野戰砲兵坐標（方格）統一計算程式
12	內角換算	可執行三角形邊長換算內角之計算程式
13	三角測量	可執行三角測量計算程式
14	三邊測量	可執行三邊測量計算程式
15	一點反交會	可執行一點反交會計算程式
16	兩點反交會	可執行兩點反交會計算程式
17	三點反交會	可執行三點反交會計算程式
18	天體觀測	包含高度法與北極星法等兩種天體觀測計算程式
19	坐標系統及高程基準轉換	包含 11 個國家控制點與大地起伏值資料庫，可精確實施不同坐標系統（與格式）及高程基準間之轉換，亦具備不同方格帶間之坐標轉換能力
20	標高計算	包含直規與反規等兩種三角高程計算程式
21	各種角度轉換	包含度分秒、度小數、密位與徑度等數種角度轉換功能

資料來源：筆者自製



圖十七 「坐標系統及高程基準轉換程式」操作流程與功能樹狀圖

資料來源：筆者自製

(二) 國家控制點資料庫

野戰砲兵長久以來運用國家「控制點」建立測地統制與檢查測地成果，已制定標準化作業程序，且成效良好，自民國 101 年 3 月 30 日起內政部「國土測繪中心」網站重新公告包括衛星追蹤站、一等衛星控制點（GPS 連續站）、一、二、三等衛星控制點合計 3,013 點（如表六），其成果數值將更新至 2010 年之最新成果（簡稱 1997 坐標系統之 2010 年成果，「TWD97【2010】」）。¹⁸

新一代測地程式除內建上述之「1997 坐標系統之 2010 年成果」外，另包含近五年公告更新之外、離島（金門、馬祖、澎湖）及臺南地區（永康、歸仁、關廟）成果，合計 11 個資料庫。以往由砲兵部隊蒐整防區內控制點成果後，各單位均採紙本方式列印並收集成冊（即控制點成果表），如欲搜尋點位資料或攜出於野外作業均不甚便利，未來可直接於測地程式中快速搜尋欲使用之控制點成果，爾後執行各級測地任務將更加便利與快速，國家控制點資料庫操作頁面說明如后。

18 耿國慶，〈衛星控制點「1997 坐標系統 2010 年成果」對砲兵測地之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，砲兵訓練指揮部，民國 104 年 2 月），頁 76~93。

表六 內政部公告各級衛星控制點清單數量

項次	點位等級	數量
1	衛星追蹤站	18 點
2	一等衛星控制點（GPS 連續站）	277 點
3	一等衛星控制點	105 點
4	二等衛星控制點	569 點
5	三等衛星控制點	2,044 點
合	計	3,013 點

資料來源：《公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果》（臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民 101 年 3 月 30 日），內政部公告，頁 11。

1.操作頁面之一（圖十八，表七）。



圖十八 「操作頁面之一」示意

資料來源：筆者自製

2.操作頁面之二（圖十九，表七）。



圖十九 「操作頁面之二」示意

資料來源：筆者自製

表七 「操作頁面之一、二」各部名稱與功能說明

項次	名稱	功能說明
1	程式（功能）名稱	控制點成果查詢
2	查詢（控制點資料庫）	下拉選單，包含 11 個國家控制點資料庫，可實施成果查詢與瀏覽
3	控制點查詢欄	可於欄位中輸入「#點號」或「#坐標,距離」等格式，實施控制點快速查詢
4	控制點查詢說明	有關控制點成果查詢之操作說明提示

資料來源：筆者自製

3.操作頁面之三（圖二十，表八）。



圖二十 「操作頁面之三」示意

資料來源：筆者自製

表八 「操作頁面之三」各部名稱與功能說明

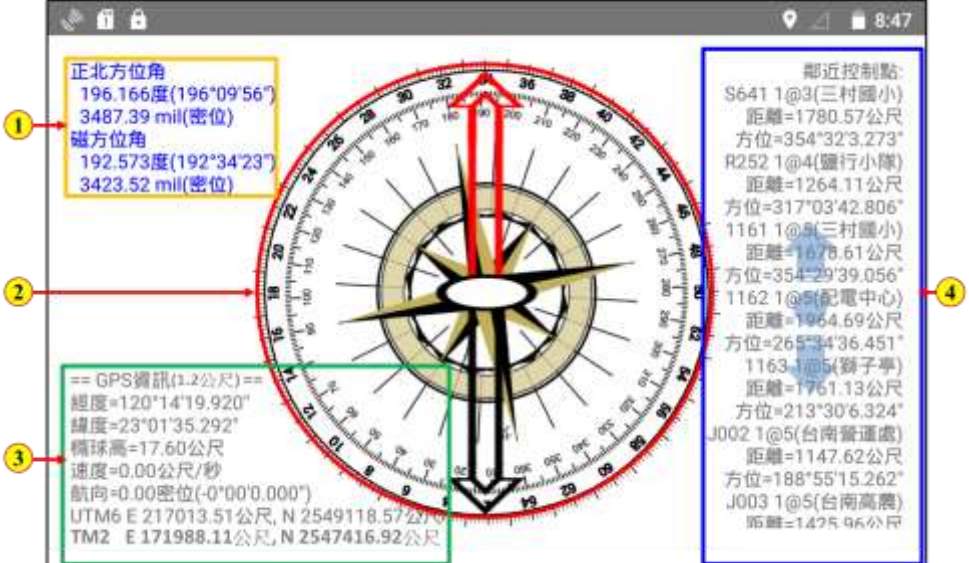
項次	名稱	功能說明
1	查詢（控制點資料庫）	下拉選單，包含 11 個國家控制點資料庫，可實施成果查詢與瀏覽
2	控制點成果顯示欄	為滑動式選單，可於此欄位中實施控制點成果瀏覽

資料來源：筆者自製

（三）簡易定向與導航

「定向諸元」為砲兵射擊及測地起始不可或缺之關鍵要素，新一代測地程式內建之「電子指北儀」，具備簡易定向資訊，可提供各級砲兵部隊實施作業起始、成果檢核、方位驗證等相關參據。另亦得接收商用規格之定位資訊，並依據操作者所處位置，由內建控制點成果資料庫中，自動搜尋周邊鄰近控制點資訊，並提供方位及

距離資訊，便利簡易導航與搜尋控制點位置，電子指北儀功能介紹如圖二一，表九。



圖二一 「電子指北儀」操作頁面示意
資料來源：筆者自製

表九 「電子指北儀」操作頁面各部名稱與功能說明

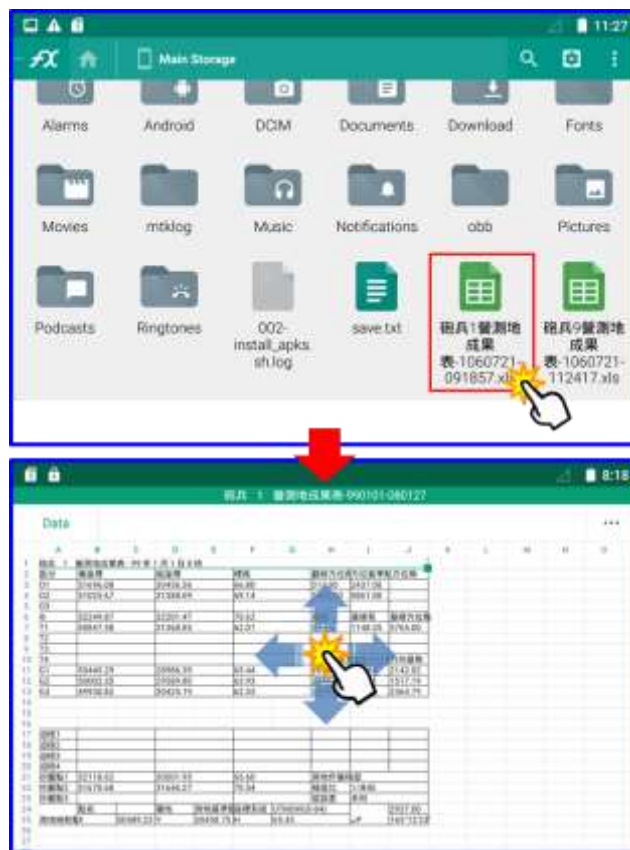
項次	名 稱	功 能 說 明
1	方位資訊	區分正北方位角與磁方位角等兩種定向參考來源（藍字為即時更新狀態；紅字代表暫停更新（鎖定）狀態）
2	電子羅盤	區分內、外環等兩種分劃，內環為 360 度制，最小分劃可看讀至 1 度；外環為密位制，最小分劃可看讀至 10 密位整數
3	GPS 資訊（現在位置）	即操作人員「現在位置」，區分為 UTM6、TM2 與經緯度（包含橢球高）等常用坐標格式與高程基準（本裝備提供之 GPS 定位資訊為商用規格等級）
4	鄰近控制點	為滑動式選單，此區域中將依操作人員「現在位置」，自動搜尋鄰近控制點，並提供包含控制點名（號）、坐標、距離與方位簡易等導航資訊

資料來源：筆者自製

（四）自動產製與傳輸測地成果表

新一代測地程式具完整資料儲存功能，經計算所得之測地成果，可自動轉存為制式「測地成果表」檔案（如圖二二），實施後製、編輯與加密作業。再以「網路線」或「RS - 232 傳輸纜線」等介面，將「測地成果表」檔案傳輸予射擊單位運用（如圖二三），相較於傳統須以人工方式抄錄紙本再交付射擊指揮所，

此一新增功能可顯著提升作業與成果傳遞效率，及大幅減少人為錯誤產生。



圖二二 電算機自動產製「測地成果表」檔案示意

資料來源：筆者自製



圖二三 電算機傳輸測地成果表檔案至射擊指揮自動化系統示意

資料來源：筆者拍攝

新、舊電算機功能分析比較

伴隨著尖端軍事科技一日千里與現代化戰爭型態的改變，砲兵精準射擊與快速應變之能力日趨重要，如欲達成此一目標，須具備精確之測地成果與計算工具。新式電算機（IMT-8R）無疑地可為達成此目標增添助力。

「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」。¹⁹國軍砲兵於獲得電算機（IMT-8R）後，朝「測地自動化」之目標，又邁進一大步，惟高科技之精密裝備，仍須端賴「人」的知能與嚴格之教育訓練，方能發揮綜效。我砲兵幹部須具備前瞻的思維與廣泛的科技知識，期能充分發揮 IMT-8R 優異之裝備特性，確保部隊運用效益。本節針對電算機（IMT-8R）與舊式電算機之硬體規格、軟體介面、功能運用以及其他等部分進行功能（差異）分析比較，並彙整如表十。

表十 新、舊測地電算機功能分析對照表

新、舊測地電算機功能分析對照表					
項次	裝備名稱 功能		臺灣宏奇科技 新型砲兵測地電算機 (I M T - 8 R)	日本卡西歐公司 FX - 880P 電算機 (代 用 裝 備)	美國德州儀器公司 SR - 52、TI - 59 電 算 機
1	全中文化界面		○	×	×
2	符合軍事規格設計		○ (符合 IP65 等級)	×	×
3	定向	定向 (指北儀)	○	×	×
		指北儀 定向精度	+ - 10 密位		
4	定位	定位 (GPS)	○	×	×
		G P S 定位精度	座標:+ - 3m 高程:+ - 5m		
5	坐標轉換	平面座標 轉 換	○	×	×
		平面座標轉 換 誤 差	方格座標:+ - 0.03m 地理座標:+ - 3 秒		
6	高程基準轉換	高 程 基 準 轉 換	○	×	×
		高 程 基 準 轉 換 誤 差	橢球高:+ - 0.5m 正 高:+ - 0.5m		
7	簡 易 導 航		○	×	×
8	內建國家控制點資料庫		○	×	×
9	自 動 匯 出 測 地 成 果 表		○	×	×
10	鏈結自動化射擊 指 揮 系 統		○	×	×

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

11	鏈結現役測地裝備	○	×	×
12	工 程 (函 數) 運 算 功 能	○	○	○
13	列 印	×	×	○
14	野戰砲兵測地程式	○ (系統性整合歷年砲兵先進撰寫之測地程式)	△ (各程式均獨立運作，參數與邏輯缺乏系統整合)	×
	野戰砲兵測地程式 計 算 誤 差	座標與高程: + - 0.01m 方位:+ - 3 秒內	座標與高程: + - 0.05m 方位:+ - 5 秒內	×
圖 例		○：具備，△：尚不足，×：未具備		

資料來源：筆者自製

結論與建議

砲兵測地作業首重「速度」與「精度」，為適應未來機動作戰需求及砲兵武器系統發展、測地器材及作業技術之精進，野戰砲兵測地必定遵循減少作業時間、簡化作業方式、增大作業能量及提高作業精度等趨勢邁進。然「工欲善其事，必先利其器」，欲達成上述目標，勢必提升測地成果計算之工具及效能，方可為之。新式電算機（IMT - 8R）具備符合軍事規格、重量輕、模組化等優勢，不僅可實施一般電算機之面板計算，更可安裝專屬測地程式 APP，大幅提升砲兵測地計算之精度與速度，可完全取代使用二十餘年之卡西歐 FX - 880P 電算機，充分滿足全般作業需求，實為砲兵測量人員一大利器。然為精益求精，筆者仍提供以下六點建議，作為後續策進或下一代測地電算機改良之方針。

一、鏈結跳頻無線電機，有效情資傳遞

現階段電算機（IMT - 8R）雖已具備使用有線鏈路，實施短距離「一對一」之資料傳輸能力，惟「有線傳輸」確有其限制與不便（如傳輸距離過短、傳遞時效受限等），為符合現代化戰爭趨勢、提升戰場存活、縮短並擴大資料傳遞時間與範圍，仍應著手研擬使用無線電跳頻方式，實施資料傳輸之可行性，以符合戰場實際需求，透過長距離「一對多」之無線鏈路傳輸，一方面可確保資料安全與兼顧情資傳遞時效，同時亦得增加運用彈性及範圍。綜上，如何確保新式電算機與制式 37C 系列跳頻無線電機鏈結無虞，實為當前重要且關鍵之議題。

二、結合地理資訊系統（GIS），落實軍圖數位化

地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）係一項發展迅速之電腦科技與應用課題，可執行收集、匯整、存取、分析、模擬以及展示空間資料（Spatial

Data) 之資訊系統(即國軍數值軍圖概念)。²⁰以往,我們習慣使用傳統地圖或模型儲存及展示空間資料,惟上述作法無論於保存、更新與查詢等方面,均不及數值資料處理來得快速簡便,尤其,如須使用多層地圖互相套疊方能使某個問題得以分析時,採傳統人工方式處理顯得不合時宜。

現行砲兵測量人員欲瞭解所屬防區內相關控制點、基準點密度與分佈情形,須採人工作業方式將相關諸元於傳統地圖上逐點標示之,不但耗費時間且效率不彰,基此,建議後續電算機於硬體效能許可之前提下,可優先考量結合 GIS 或數值軍圖等軟件,運用其圖層堆疊之核心概念,整合國家控制點、水準點等資訊,並於數位地圖上自動標示之,作為年度防區測地時擬定計畫或精進作業之參據。此外,亦得納入 GPS 衛星導航與最佳路線規劃等要素,直接於數位地圖上規劃最佳之行軍或導引路線,未來搜尋、檢核測地成果將更加快速與便捷。

三、融入射擊指揮自動化,符合現代戰爭趨勢

電算機雖可使用有線鏈路手段,將測地成果表檔案傳輸至射擊指揮自動化系統,惟現階段後者尚無法有效處理接收所得之檔案,僅能使用複製、貼上方式,將測地成果植入程式對應欄位,不僅費時且易產生錯誤。基此,建議應優先實施自動化程式研改,使其可批次載入電算機產製之成果檔案,且自動匯入程式對應之欄位,縮短作業所需時間及減少人為錯誤產生,致力提升射擊自動化之成效。

四、安裝繪圖(製圖)軟體,提升內業效能

野戰砲兵測地區分現地作業(外業)與成果整理(內業)等 2 大主軸,然現階段因缺乏相關繪圖軟體支援,測地成果整理、繪圖與製表,均需由測量人員採傳統人工方式為之,極易發生人為勘誤且耗費時間。建議後續電算機應結合 AUTO CAD 等商用繪圖軟體²¹,除可自動執行測地要圖調製外,相關測量諸元亦得直接於要圖上標示之,便於成果核對、檢查與偵錯,大幅精簡、提升內業執行時間與效能,減少人為錯誤產生。

五、外接輸出裝置,即時列印分發

由於新式電算機內建作業系統為安卓(Android)系統,與一般電腦、平板裝置慣用之 Windows 系統,其輸出介面大不相同,故目前暫無法外接輸出裝置。然為便利測地資料存管與傳遞,實應著手研擬電算機結合一般商用列表機(或事務機)輸出列印資料之可行性,直接將其產製之測地成果表、國家控制點、

20 《軍事地理資訊系統》(桃園:陸軍總部戰法暨準則發展委員會,民國 93 年 9 月),頁 1-1。

21 AutoCAD 係由美國 Autodesk 為電腦上應用電腦輔助設計技術而開發之繪圖程式軟體包,現已成為國際上廣為流行之繪圖工具。該軟體推廣之.dwg 檔案格式已成為二維繪圖常用標準格式。<http://zh.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>

水準點資料、測地作業要圖等內容，及時經由列印裝置輸出，大幅增加其運用彈性，方便資料分發、保存與歸檔。

六、邁入測地自動化，實踐測資中心機動化

野戰砲兵測地主要區分有、無定位定向等兩種作業型態，新式電算機及測地程式設計主要係以無定位定向系統（即傳統作業）為主，因應先進國家「測地自動化」之趨勢，使用定位定向系統作業將日趨頻繁與普遍。基此，未來測地電算機應適時扮演活動式「測地資料中心」之角色，具備成果彙整、檢核鑑定、傳輸中繼、列印輸出等能力，亦得將定位定向系統執行作業後之測地成果，接收至電算機實施核對、統整、製圖（表）、鏈結跳頻無線電機傳輸予射擊單位或外接列印裝置輸出等工作，適時減輕系統工作負荷，提升作業效率、縮短測地資料整合時間、增加運用彈性與範圍。有效發揮現行測地資料中心登記、鑑定、保管、分發之作業能量，實踐「測地資料中心機動化」目標。

電算機（IMT-8R）已陸續撥交至各砲兵部隊使用，各級幹部除熟稔其操作與維護重點外，傳統使用對數表計算成果之要領亦不得偏廢，仍須瞭解、熟悉其計算原理與作業方式，如此，方能使測地作業迅速確實，以符合戰場實用原則。另外，有關電算機於砲兵測地之運用與革新作為（含裝備保養與維護），因礙於篇幅限制，筆者將另闢專文討論之。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010年11月）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010年11月）。
- 三、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北：文笙書局，1995年03月）。
- 四、Artillery survey（TM6-200），Published June 1960 by GHQ Army GRC。
- 五、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北：文笙書局，民國84年03月）。
- 六、《卡西歐 CFX-9850G PLUS 電算機電算機中文使用手冊》，中華民國96年6月1日。
- 七、陳見明，〈精進砲兵測地電算機程式之研究〉《砲兵季刊》（臺南）。第145期，砲兵訓練指揮部，98年7月）。
- 八、維基百科，〈BASIC 電腦程式語言〉（維基百科資訊網，中華民國107年2月），<http://zh.wikipedia.org/wiki/BASIC>。

- 九、黃盈智，〈砲兵測地程式之研改與回顧－兼論運用構想與未來規劃〉《砲兵季刊》（臺南），第 158 期，砲訓部，民國 101 年 09 月。
- 十、王少陵，〈地理資訊系統（GIS）在軍事用途上之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 105 期，砲兵雙月刊社，民國 88 年 12 月。
- 十一、古頤榛，〈C++物件導向程式設計〉（臺北：碁峰資訊股份有限公司，民國 100 年 5 月）。
- 十二、田澎明，〈三角測量圖形強度之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 81 期，砲兵雙月刊社，民國 84 年 12 月。
- 十三、林文章，〈如何提升砲兵測地精度與速度－天體觀測電算機程式之研究〉，《砲兵雙月刊》（臺南），第 94 期，砲兵雙月刊社，民國 87 年 02 月）。
- 十四、林福來，〈以座標平移旋轉法進行座標統一〉《砲兵月刊》（臺南），第 45 期，砲兵月刊社，民國 80 年 11 月。
- 十五、洪泰豪，〈兩點反交會測地之計算研究〉《砲兵月刊》（臺南），第 30 期，砲兵月刊社，民國 79 年 08 月。
- 十六、洪泰豪，〈CASIO FX 880P 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用（上）〉《砲兵月刊》（臺南），第 59 期，砲兵月刊社，民國 82 年 01 月。
- 十七、洪泰豪，〈CASIO FX 880P 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用（中）〉《砲兵月刊》（臺南），第 60 期，砲兵月刊社，民國 82 年 02 月。
- 十八、洪泰豪，〈CASIO FX 880P 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用（下）〉《砲兵月刊》（臺南），第 61 期，砲兵月刊社，民國 82 年 03 月。
- 十九、徐永清，〈砲兵測地迴歸閉塞導線錯誤之檢測暨軍團師砲兵測地程式〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 93 期，砲兵雙月刊社，民國 86 年 12 月。
- 二十、徐坤松，〈砲兵用 CASIO FX 880P 型電算機測地計算之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 81 期，砲兵雙月刊社，民國 84 年 12 月。
- 二一、張志敏，〈程式型電算機在砲兵營測地的應用〉《砲兵月刊》（臺南），第 38 期，砲兵月刊社，民國 80 年 04 月。
- 二二、陳見明，〈精進砲兵測地電算機程式之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，砲兵訓練指揮部，民國 98 年 05 月。
- 二三、黃盈智，〈卡西歐 CFX-9850G PLUS 電算機在野戰砲兵測地作業上之運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 155 期，砲兵訓練指揮部，民國 100 年 11 月）。
- 二四、鄭來龍，〈簡易砲兵營測地成果計算程式使用 CASIO FX-795P 電算機〉《砲兵月刊》（臺南），第 34 期，砲兵月刊社，民國 79 年 12 月。
- 二五、鄭來龍，〈使用現行個人電腦套裝軟體完成砲兵營測地基本計算之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 117 期，砲兵訓練指揮部，民國 91 年 05 月。

- 二六、賴明潭，〈CASIO FX 880P 電算機砲兵營測地程式之研究〉《砲兵雙月刊》（臺南），第 70 期，砲兵雙月刊社，民國 83 年 02 月。
- 二七、蘇雲忠，〈CASIO - FX795 電算機三點反交會法測量程式運用說明〉《砲兵月刊》（臺南），第 25 期，砲兵月刊社，民國 79 年 03 月。
- 二八、鄭來龍，〈簡易砲兵營測地成果計算程式使用 CASIO FX - 795P 計算機〉《砲兵月刊》（臺南），第 34 期，砲兵月刊社，民國 79 年 12 月。
- 二九、黃盈智，〈卡西歐 CFX - 9850G PLUS 電算機運用於測地成果計算之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 159 期，砲兵訓練指揮部，民國 101 年 11 月。
- 三十、耿國慶，〈衛星控制點「1997 坐標系統 2010 年成果」對砲兵測地之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，砲兵訓練指揮部，民國 104 年 2 月。
- 三一、《公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果》，內政部公告，（臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日）。
- 三二、維基百科，〈BASIC 電腦程式語言〉（維基百科資訊網，中華民國 107 年 3 月），<http://zh.wikipedia.org/wiki/BASIC>。
- 三三、維基百科，〈國際防護等級認證〉（維基百科資訊網，中華民國 107 年 6 月），http://zh.wikipedia.org/wiki/International_Protection_Marking。
- 三四、《軍事地理資訊系統》（桃園：陸軍總部戰法暨準則發展委員會，民國 93 年 9 月）。

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。

管式火炮仍是美軍未來戰場重要火力支援平臺？

Is Tube Artillery a Viable Fire Support Platform for the United States Military on the Battlefields of the Future?

取材：《美國空軍大學空軍戰爭學院論文集》2017年4月
(Source: Air University Air War College)

作者：哈里士 (Michael Craig Harris)

指導教授：強生 (Kenneth Johnson) 博士

譯者：王文勇

Abstract

Historically, tube artillery has been the primary fire support platform in the United States military due to its all-weather responsiveness, superior ability to mass fires and suppress targets, and the devastating effects it has on enemy forces making it the biggest killer on the battlefield. However, the evolution of weaponry technology and the advent of precision guided munitions (PGMs), multiple launch rocket systems, and unmanned aerial vehicles has served to diminish and undervalue tube artillery in the United States military present day. This treatise will examine the use of PGMs, the evolution of howitzer employment, and the marginalization of the field artillery branch in recent conflicts relative to other fire support weapon systems and assess how in order to remain a vital, cost-effective, fire support platform, tube artillery must continue to improve its mobility, range, and accuracy, and ultimately earn the confidence of maneuver element commanders to employ it when troops are in contact and lives are on the line.

摘要

管式火炮向來是美軍的主要火力支援武器，係因其具有全天候反應能力、優越的大量密集火力與壓制目標的能力、摧毀敵軍的效果，使其成為戰場上的頭號殺手。然而，隨著武器技術的演進，以及精準導引砲彈 (precision guided munition, PGM)、多管火箭系統 (multiple launch rocket system, MLRS)、無人飛行載具 (unmanned aerial vehicle, UAV) 的問世，使得管式火炮在今日美軍式微且重要性被低估。因此，本研究將檢視精準導引砲彈的使用、火炮運用的演進，以及相較於其他火力支援武器系統，這支野戰砲兵部隊在近期衝突中被忽視的情形，並評估管式火炮如何才能繼

續成為重要且具成本效益的火力支援武器。管式火炮必須持續提升其機動力、射程、準確度，最終能讓戰鬥部隊指揮官有信心在部隊接戰及生死關頭適時運用管式砲兵火力。

Introduction

Throughout the history of modern warfare, tube artillery has been the combat arm that has consistently provided the most responsive fire support to maneuver elements with devastating effects making it the biggest killer on the battlefield. In the United States military, tube artillery has been used to great effect in a variety of conflicts since World War II including the Korean, Vietnam, and Persian Gulf Wars. However, as the nature of warfare and weaponry technology has transformed with the advent of precision guided munitions (PGMs), multiple launch rocket systems, and unmanned aerial vehicles, tube artillery in the United States military has been undervalued. This treatise will examine the use of PGMs, the evolution of howitzer employment, and the marginalization of the field artillery branch in recent conflicts relative to other fire support weapon systems. In order to remain a vital, cost-effective, fire support platform for the United States Military, tube artillery must continue to improve its mobility, range, and accuracy, and ultimately earn the confidence of maneuver element commanders to employ it when troops are in contact and lives are on the line.

前言

縱觀現代戰爭史，管式火炮總是具備摧毀效果，能即時提供戰鬥部隊所需有效火力支援的戰鬥兵器，使其成為戰場上的頭號殺手。在美軍，管式火炮從第二次世界大戰、韓戰、越戰、波灣戰爭等各種衝突中，都發揮了極大的效用。然而，由於戰爭性質及隨著精準導引砲彈、多管火箭系統、無人飛行載具的問世等武器技術轉型，管式火炮在美軍的重要性被低估了。本研究將檢視精準導引砲彈的使用、火炮運用的演進、這支野戰砲兵部隊在近期衝突中相較於其他火力支援武器系統被忽視的情形。為了繼續成為美軍重要且具成本效益的火力支援武器，管式火炮必須不斷提升其機動力、射程、準確度，最終能讓戰鬥部隊指揮官有信心在部隊接戰及生死關頭適時運用。

Brief History of Artillery in the United States military from WWII to present

The United States has achieved advances in artillery technology dating back to World War II when, thanks to improved fire direction, spotting techniques and employment tactics, American artillery was particularly feared by the German Army.¹ Although the United States Armed Forces entered the Korean and Vietnam wars with essentially the same field pieces that were used in World War II, the U.S improved artillery mobility with the advent of transporting howitzers via fixed wing and rotary air assets.² The Vietnam War saw further developments in employment tactics, based upon the nature of the counterinsurgency fighting, as artillery batteries were frequently positioned at firebases and often fired missions in close support of friendly troops which demanded improved accuracy to reduce the chances of friendly casualties.³

從第二次世界大戰迄今的美軍砲兵簡史

美國的砲兵科技早在第二次世界大戰期間就已經很先進了，由於當時具有改良的射擊指揮、標定技術、運用戰術，所以德國陸軍特別畏懼美國火炮。¹ 雖然美軍在韓戰及越戰時部署的火砲，基本上與第二次世界大戰使用的相同，但隨著美國開始透過定翼及旋翼機運輸火炮，改良了火炮機動力。² 越戰期間在運用戰術上有了進一步發展，基於反叛亂作戰性質，砲兵連通常位於火力基地及執行近迫支援友軍的發射任務，且需要更佳準確度以降低友軍傷亡機會。³

By the advent of the Persian Gulf War in 1990, American artillery had significantly improved its ordnance and employment. Of particular note was the effectiveness of the dual-purpose, improved conventional munitions rounds (DPICM) which were detonated in an airburst at an optimum altitude to rain submunitions down on armored or personnel targets. These DPICM rounds were particularly effective against Iraqi mechanized infantry and armor and were referred to as “steel rain.”⁴ In addition, in reminiscence of Napoleon’s aggressive manner of employing his artillery during his campaigns in Europe, the Army and Marine Corps conducted combined arms raids along the Kuwait-Iraqi border using artillery batteries displaced to firing positions close to the border, light armored infantry vehicles, and air assets to locate, fix, and destroy Iraqi artillery and infantry in quick

night-time strikes.⁵ The Persian Gulf War also saw a historic first war- time use of an artillery laid minefield when a Marine Corps Artillery Battalion laid a FASCAM (field artillery family of scatterable mines) minefield emplaced in combat during the Battle of Khafji.⁶ Additionally, this conflict witnessed the introduction of Multiple Launch Rocket Systems (MLRS) and an early version of PGMs in the M712 Copperhead artillery round being used in combat for the first time.

到了 1990 年的波灣戰爭，美軍砲兵已大幅提升其彈藥與運用方式。殊值一提的是「雙效子母彈」(dual-purpose, improved conventional munition, DPICM) 的效果，係在最佳高度引爆空炸散撒多枚子母彈攻擊裝甲或人員目標。雙效子母彈用於對付伊拉克機械化步兵或裝甲部隊特別有效，被稱為「鋼鐵雨」(steel rain)。⁴ 此外，回想起拿破崙在歐洲戰役期間積極運用火炮進攻的態勢，美陸軍與陸戰隊沿著科威特與伊拉克邊界實施的聯兵襲擊，也是運用砲兵連在靠近邊界部署發射陣地，聯合輕型裝甲步兵車、空中裝備實施偵蒐、標定，在夜間發動快速攻擊摧毀伊拉克砲兵與步兵部隊。⁵ 波灣戰爭出現了史上首次在戰時運用火炮布雷，當時美軍陸戰隊某砲兵營在「卡夫吉之戰」(Battle of Khafji) 的戰鬥期間，運用佈雷彈(family of scatterable mines, FASCAM) 設置地雷區。⁶ 這場衝突還見證了多管火箭系統及早期型式精準導引砲彈 M712 銅斑蛇(Copperhead) 砲彈首次用於戰鬥。

Improved Artillery Technology since the Persian Gulf War

The time period since the Persian Gulf War has seen significant technological advances in both land and air based weapon systems and munitions with many of these developments positively impacting the requirements for accurate artillery fire. Dating back to the time of World War I and as taught at the United States Army Fires Center of Excellence and Field Artillery School, the five requirements for accurate (artillery) fire are: accurate target location and size, accurate firing unit location, accurate weapon and ammunition information, accurate meteorological information, and accurate computational procedures.⁷ Of particular note is the deployment of GPS technology which, coupled with PGMs, has substantially reduced the margin for error of target and firing unit location which, in turn, has reduced the number of adjusting rounds needed to walk effects onto target. This advancement is significant

for tube artillery as the greatest casualties come from first round effects on target when enemy forces are caught unaware and have not had time to disperse or take shelter.⁸ While GPS and PGM technology were utilized to great effect during Operations Iraqi Freedom (OIF) and Enduring Freedom (OEF), the nature of these conflicts and the manner that the U.S. Military used tube artillery has caused some to question its viability as a primary fire support platform for ground combat forces in the future.

波灣戰爭以來提升的砲兵科技

自波灣戰爭以來的這段時期，陸基及空中武器系統與彈藥的科技已有長足進步，其中的許多發展正實際影響砲兵精準射擊需求。回顧第一次世界大戰期間及美陸軍「火力卓越中心暨野戰砲兵學校」（Fires Center of Excellence and Field Artillery School）教導的砲兵準確射擊五項要求：準確的目標位置與大小範圍、準確的射擊單位座標、準確的武器與彈藥資訊、準確的氣象資訊、準確的計算程序。⁷ 值得注意的是展開與精準導引砲彈搭配的全球定位系統（GPS）科技，已大幅減少目標與射擊部隊位置的誤差，亦即減少了調整砲彈有效攻擊目標所需數量。這項進步對管式火砲影響重大，因為最大傷亡是來自對目標的第一發砲彈成效，讓敵軍在措手不及之下遭到攻擊，無暇分散或掩蔽防護。⁸ 儘管全球定位系統與精準導引砲彈科技在伊拉克自由作戰（Operations Iraqi Freedom, OIF）及持久自由作戰（Operations Enduring Freedom, OEF）期間，發揮了極大效用時，但由於這些衝突的本質及美軍使用管式火砲的方式，已引起某些人質疑管式火砲未來能否成為地面戰鬥部隊的主要火力支援武器。

Artillery in Operation Iraqi Freedom

Operation Iraqi Freedom saw a major change in the use of tube artillery. The invasion of Iraq, in March 2003, witnessed the amassing and employment of a large, conventional American land force composed of armor, mechanized infantry, artillery and necessary logistics support, though this composition was distinguished by the lowest ratio of artillery to maneuver units since the Spanish-American War.⁹ During the initial advance to Baghdad, artillery was used in its traditional missions of direct support, reinforcing, general support, and general support reinforcing to maneuver units. However, as the war transitioned from a large-scale mechanized land battle to a

counter-insurgency fight, the role of artillery changed as well. The relatively expeditious defeat of the Iraqi military negated the need for mass artillery fires as the fire support requirements changed to missions such as Harassing and Interdiction (H&I) fires as used by the U.S. Army 4th Infantry Division at Tikrit in “proactive counterfire” missions to suppress enemy mortar and rocket locations.¹⁰ However, improved developments in artillery range and accuracy, significantly influenced by the introduction of PGMs and Multiple Launch Rocket Systems (MLRS) in theatre, contributed to the ability to effectively employ fires in counterinsurgent engagements while minimizing collateral damage. As the fighting in Iraq progressed, artillery was used selectively with differing degrees of effectiveness in missions such as terrain denial-counter-fire though in some instances it was brought to bear in a more traditional role. An example of this being during the second battle for Fallujah in 2004, when Marine Artillery fired more than 4000 shells in support of operations to retake the city.¹¹ Other instances involving the effective use of PGMs by tube artillery include missions shot by the Colorado National Guard, 169th Fires Brigade, whose commanding officer Kenneth Lull reported firing “17 Excalibur rounds for the 3-2 SBCT when it cleared Baqubah of insurgents in intense combat during Operation Arrowhead Ripper. In one mission, we fired Excalibur on a known enemy safe house. Although it did not level the building, it killed everyone in the building without harming children who were playing outside in front of the house next door about 30 yards away.”¹² The potency of artillery PGM in OIF was noted by then LTG Raymond T. Odierno, commander, Multinational Corps-Iraq (MNC-I), who stated that 155mm Excalibur and guided multiple-launch rocket system (GMLRS) unitary PGMs, “...were extremely effective. In fact, GMLRS and Excalibur were my brigade commanders’ weapons of choice.”¹³

伊拉克自由作戰中的砲兵

從伊拉克自由作戰看到管式火砲運用之重大改變。2003 年 3 月美軍進攻伊拉克，見證了美國集結與運用由裝甲兵、機械化步兵、砲兵及所需後勤支援組成的大規模傳統地面部隊，而砲兵卻在這次的戰鬥部隊組合所佔比率，創下美西戰爭（Spanish-American War）以來的最低紀錄。⁹ 在起初推進到巴格達（Baghdad）期間，砲兵被用於執行其傳統任務：直接支援、增

援、一般支援、一般增援戰鬥部隊。然而，隨著這場戰爭從大規模機械化地面戰轉變為反叛亂戰，砲兵的角色也隨之改變。相當快速擊潰伊拉克軍隊，否決了運用大量密集砲兵火力之需，因為火力支援需求已改變為實施諸如美陸軍第 4 步兵師在提克里特（Tikrit）執行「先制反火力」（proactive counterfire）任務中的「襲擾與阻絕」（Harassing and Interdiction, H&I）射擊，以壓制敵迫砲及火箭陣地。¹⁰ 精準導引砲彈及多管火箭系統出現在戰場，大幅影響了砲兵在射程與準確度的精進發展，有助於砲兵能夠在反叛亂接戰中有效運用力以降低附帶損害。隨著在伊拉克的戰事進展，砲兵在某些情況中，仍擔負更傳統的角色，例如在執行地形「阻絕式反火力」（denial-counter-fire）任務中，砲兵被選擇用於發揮不同程度的威力。其中一項案例是 2004 年進行的第二次法魯加（Fallujah）之戰，當時美軍陸戰隊砲兵發射 4,000 多枚砲彈以支援奪回法魯加作戰。¹¹ 其他案例則是有效運用管式火砲發射精準導引砲彈，這其中包含科羅拉多州國民兵第 169 火力旅（Fires Brigade）執行的射擊任務；該旅旅長勒爾（Kenneth Lull）報告指出：「在 3-2 史崔克旅級戰鬥部隊（SBCT）於『箭頭開膛手作戰』（Operation Arrowhead Ripper）激烈清剿巴古拜（Baqubah）叛亂分子的戰鬥期間，為該旅發射了 17 枚神劍（Excalibur）精準導引砲彈。在某次任務中，我們對一個已知的敵避難所發射了神劍砲彈，儘管未炸平該建物，但擊斃了建物內所有人，且未傷及在距離 30 碼外隔壁屋外玩耍的孩童。」¹² 時任「多國駐伊拉克部隊」（Multinational Corps-Iraq, MNC-I）指揮官奧迪爾諾（Raymond T. Odierno）中將，對於火砲發射精準導引砲彈在伊拉克自由作戰期間的效能表示，155 公厘神劍砲彈及導引式多管火箭系統（GMLRS）之整體精準導引砲彈「……非常有效。事實上，導引式多管火箭系統及神劍砲彈是我方旅長們的精選武器」。¹³

Marginalization of Artillery

As the war in Iraq transformed from a high intensity conflict to a counterinsurgency, concerns about collateral damage led the U.S. military to employ tube artillery less. Subsequently, artillery units were being utilized in other mission essential roles such as provisional infantry, civil affairs, and security missions.¹⁴ Artillery units were seen as an appealing option for these missions since they had the basic combat skills and weapons proficiency as well as an ample organic inventory of

vehicles and communications equipment.¹⁵ Artillery units were further tasked with providing training to Iraqi Security Force (ISF) units and advising on combat operations.¹⁶ While there are valid concerns about collateral damage, antiquated notions of the gross inaccuracy of artillery fire seemed to contribute to the restrictions and relative limited use of artillery throughout OIF. However, while close air support (CAS) continued to be an important fire support asset for maneuver units, the dependability and responsiveness of artillery ensured that it was not ever completely transitioned into non-traditional security roles though its role as the primary fire support element for maneuver units began to noticeably diminish. The introduction of the Excalibur PGM in 2008 served, to some degree, to mitigate concerns about collateral damage from artillery fire. After overcoming some initial coordination issues regarding authorization to fire it, the Excalibur PGM was used with great effect to support troops in contact during various engagements.¹⁸

被邊緣化的砲兵

由於伊拉克戰爭從高強度衝突轉變為反叛亂作戰，對於附帶損害的關切，導致美軍較少運用管式火炮。後來，砲兵部隊被用在其他任務中擔任基本角色，執行諸如臨時性的步兵、民事、安全等任務。¹⁴ 砲兵部隊似乎成為執行這些任務的好選擇，因為他們具有基本的戰鬥技能與武器熟練度，而且編配足夠的車輛與通信裝備。¹⁵ 砲兵部隊進而派遣到伊拉克安全部隊 (Iraqi Security Force, ISF)，提供訓練及作戰行動建議。¹⁶ 儘管當時合理的關切附帶損害，而且舊有主張認為砲兵射擊都不準確，這些似乎導致在整個伊拉克自由作戰期間，制約及相對限縮了運用砲兵，空中密接支援 (close air support, CAS) 則是持續成為戰鬥部隊重要的火力支援武器，而砲兵具有的可恃性與反應性，確保其無法完全轉變為從事非傳統安全角色，但已開始明顯減少砲兵擔任戰鬥部隊的主要火力支援單位。¹⁷ 2008 年，神劍精準導引砲彈開始進入服役，某種程度上已減輕對於砲兵射擊造成附帶損害的顧慮。克服授權發射等起初的一些協調問題之後，神劍精準導引砲彈在支援部隊進行各類接戰期間，發揮了極大成效。¹⁸

While the wars in Iraq and Afghanistan progressed, the continued deployment and utilization of artillery soldiers and Marines outside of their traditional cannoner and fire support duties slowly began to erode the core competency of artillery units to

effectively perform their mission. In 2010, The U.S. Army National Training Center & Joint Readiness Training Center reported that over 90% of Field Artillery military occupational specialty (MOS) soldiers were deploying outside of their traditional skill set. This atrophy in artillery related skills eventually translated into maneuver commanders losing confidence in artillery support.¹⁹ This high degree of concern led three former U.S. Army Brigade commanders to draft a white paper in 2010 titled *The King and I: The Impending Crisis in the Field Artillery's Ability to Provide Fire Support to Maneuver Commanders*. They cited the “lack of modularity…lack of training,” and how maneuver commanders were now responsible for training fire support personnel.²⁰ Furthermore, the loss of core competency by field artillerymen became such a concern that General McCrystal, Commander of the International Security Assistance Force in Afghanistan, issued a memorandum outlining the need for increased fire support training, among his other directives.²¹

在進行伊拉克及阿富汗戰爭期間，不斷將砲兵及陸戰隊部署與運用於執行傳統砲兵及火力支援職掌以外的任務，已開始逐漸弱化砲兵單位有效遂行其任務的核心技能。2010 年，「美陸軍國家訓練中心暨聯合整備訓練中心」（U.S. Army National Training Center & Joint Readiness Training Center）的報告指出，有超過 90% 具有野戰砲兵「軍職專長」（military occupational specialty, MOS）的官兵，被部署從事其傳統技能以外的任務。這種砲兵相關技能萎縮情況，最終導致戰鬥部隊指揮官對砲兵支援失去信心。¹⁹ 基於對此點的高度關切，促使 3 位前美國陸軍旅長在 2010 年撰寫了一份報告，名稱為《國王與我：野戰砲兵提供戰鬥部隊指揮官火力支援能力的迫切危機》（*The King and I: The Impending Crisis in the Field Artillery's Ability to Provide Fire Support to Maneuver Commanders*）。他們指出「缺乏模組化……缺乏訓練」及戰鬥部隊指揮官現在還要負責訓練火力支援人員。²⁰ 此外，野戰砲兵人員流失核心能力的問題，已引起駐阿富汗的國際安援部隊（International Security Assistance Force）指揮官麥克里斯特爾（McCrystal）上將關切，他曾發出一份備忘錄，其中包含了必須增加火力支援訓練等指令。²¹

Other Fire Support Assets in U.S. inventory: Multiple Launch Rocket Systems

The lessening role of tube artillery can be attributed, to some degree, to the advent and evolution of alternative fire support platforms, as well as improved technology for existing platforms. A comparative review of these platforms starts with the Multiple Launch Rocket System (MLRS) which, in some variation, have been used by the United States military dating back to World War II. The current M270 version and its variants, adopted by the U.S. Army in 1983, saw their first combat action in the Persian Gulf War in 1991.²² The premise of this weapon system is a rocket launching system mounted on a track or vehicle chassis, capable of shooting multiple rockets simultaneously with precision accuracy in a fire support role. Unlike the accuracy of the traditional free-flight MLRS rocket that degrades as the range to the target increased, guided rockets, which are the primary munitions currently employed, use a GPS aided navigation system which provides consistent, improved accuracy from a minimum range of 15 kilometers to a maximum of 60 to 70 kilometers to attack area and point targets.²³ Designed for and proven to be very effective in high intensity conflicts, the M270A1 launcher has not been able to support light infantry and air assault missions nor had the ability to deploy in forced entry environments.²⁴ Accordingly, a variant identified as the M142 High Mobility Artillery Rocket System (HIMARS) launcher on a wheeled platform was developed and fielded providing the Army and Marine Corps with a critical precision deep fires capability better suited for light and early entry forces.

美軍其他火力支援裝備：多管火箭系統

管式火炮的角色日漸式微，在某種程度上可歸咎於其他火力支援載具的問世與演進，以及對既有載具的技術提升。本研究先從多管火箭系統開始，對這些載具進行比較檢視。美軍自第二次世界大戰就已經使用多管火箭系統，歷經多年變化，美陸軍目前使用的是 M270 及其衍生型，1983 年開始服役，1991 年波灣戰爭首次出現執行戰鬥行動。²² 此武器系統基本上是一個安裝在履帶車或一般車輛底盤上的火箭發射系統，能同時發射多枚火箭執行精準火力支援任務。不像是傳統式自由飛行的多管火箭系統火箭，準確度會隨著目標距離增加而降低，導引式火箭則是美軍目前使用的主要彈藥，以全球定位輔助導航系統提供穩定且最佳的準確度，攻擊區域

及單點目標的射程從最少 15 公里到最大 60 – 70 公里。²³ 雖然旨在用於高強度衝突的 M270A1 履帶式發射車，業經驗證非常有效，但不能支援輕裝步兵及空襲任務，也無法部署於強勢進入環境。²⁴ 因此，衍生發展及部署的 M142「高機動砲兵火箭系統」（High Mobility Artillery Rocket System, HIMARS）輪型發射車，正提供美陸軍及陸戰隊具備重要的精準縱深火力，更適合用於支援輕裝及早期進入部隊。

In a comparison of capabilities, there are some significant advantages that MLRS and HIMARS possess over tube artillery and other fire support platforms. For example, the ability to mass fires for first round effects is easily accomplished with several launchers which each can fire six precision guided rockets simultaneously allowing for a higher concentration of fire from fewer weapons platforms than is possible with tube artillery. Additionally, MLRS launchers have the capability to rapidly displace after conducting fire missions thereby minimizing the risks posed by counter-battery fire or enemy air attacks. A critical advantage that MLRS has over tube artillery is the range of its target fan; depending on the type of munitions, MLRS rockets can range out to 82 kilometers while it can also shoot tactical missiles out to 150 km; substantially more target range than tube artillery which currently maxes out at 30 kilometers with rocket assisted projectiles (RAP) and 40 km with PGMs.²⁵ While MLRS brings with it the significant capabilities to provide precision mass fires as well as substantially outrange foreign and friendly tube artillery, this weapons platform does have some inherent shortcomings relative to other ground based fire support weapons platforms. With MLRS designed as either a tracked or wheeled (HIMARS) weapons platform, certain types of terrain limits the ability of the MLRS or HIMARS systems to traverse or deploy. Additionally, the weight of MLRS rockets limits the transport quantity of its mobile combat load as well as its ammunition re-supply. For example, MLRS rocket munitions M26 227 mm high explosive fragmentary (HE FRAG) rounds weigh 675 pounds and are transported in Heavy Expanded Mobility Truck M985 (HEMT) and a Heavy Expanded Mobility Trailer (HEMAT) M989.²⁶ Each can carry four launch pod containers for a total of 48 rockets in a HEMT/HEMAT load.²⁷ Each launch pod container weighs 5200 pounds.²⁸ If an aerial resupply is sought and is tactically possible, a

CH-47 helicopter can carry 24,000 pounds internally which amounts to only four launch pods.²⁹ When compared to the 98 pound weight for a 155 mm tube artillery shell, this weight differential significantly limits the mobile combat load and the ability of MLRS to carry on sustained firing operations when removed from resupply hubs. In addition to the weight of the ammunition, the size and weight of the weapons platforms themselves causes deployment limitations. The HIMARS system weighs 24,000 pounds while the MLRS weighs approximately 52,990 pounds.³⁰ Because of its size, the MLRS can only be transported by heavy transport aircraft such as C-141, C-5, and C-17 while the HIMARs is transportable via C-130 aircraft.

多管火箭系統及高機動砲兵火箭系統的能力，與管式火炮及其他火力支援載具相比較，具備某些明顯優點。例如，能夠以數輛發射車，每輛可同時發射 6 枚精準導引火箭，形成大量火力輕易發揮首發成效，比起從管式火炮更少的武器載具遂行更高度集火射擊。此外，多管火箭發射車能在執行發射任務後快速轉換陣地，進而降低遭到反砲兵火力或敵空中攻擊的風險。多管火箭系統相較於管式火炮的一項重要優點是其目標涵蓋範圍，視彈種，多管火箭系統的火箭射程可達 82 公里，也可發射射程達 150 公里的戰術飛彈；目標距離比起管式火炮目前發射最大射程 30 公里的火箭增程彈（rocket assisted projectile, RAP）、射程 40 公里的精準導引砲彈大很多。雖然多管火箭系統具有能夠提供大量精準火力之重要能力，且射程大幅超過外國及友軍的管式火炮，但這項武器載具與其他陸基火力支援武器載具相比，本身確實存在一些缺點。無論多管火箭系統的載具是設計為履帶式或輪型（高機動砲兵火箭系統），某些地形會限制多管火箭系統或高機動砲兵火箭系統的行駛或部署能力。此外，多管火箭系統的火箭重量，限制其機動戰鬥負載及彈藥補充的攜行量。例如，多管火箭系統的火箭 M26 227 公厘高爆破片彈（HE FRAG）重 675 磅，由 M985「重型增程機動戰術卡車」（Heavy Expanded Mobility Tactical Truck, HEMTT）及 M989「重型增程機動彈藥拖車」（Heavy Expanded Mobility Ammunition Trailer, HEMAT）載運。²⁶ 每輛可載運 4 具發射艙共 48 枚火箭。²⁷ 每具發射艙重 5,200 磅。²⁸ 如果空中運補在戰術上可行，一架 CH-47 直升機可裝運 24,000 磅，僅能載 4 具發射艙。²⁹ 與 155 公厘管式火炮的 98 磅砲彈相比，此重量差距，大幅限制多管火箭系統的機動戰鬥負載及從彈藥補給中心運補執行持續發射作

戰的能力。除了彈藥的重量問題之外，武器載具本身的體積與重量也導致部署受限。高機動砲兵火箭系統重 24,000 磅，而多管火箭系統重約 52,990 磅。³⁰ 由於多管火箭系統的體積，所以只能以 C-141、C-5、C-17 等重型運輸機載運，而高機動砲兵火箭系統則是要由 C-130 飛機運輸。

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

A fire support platform that has brought deep strike capability above and beyond any ground based weapon system is the Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Though UAVs have been used by the United States military since the Vietnam War, their use as an offensive weapons platforms came to prominence in the war against terrorism starting in 2002.³¹ While the first UAV to be utilized in an offensive strike capacity was the MQ-1 Predator, the first UAV to be used in a true “hunter-killer” role in Iraq and Afghanistan is the MQ-9 Reaper.³² The Reaper is capable of carrying AGM-114 Hellfire missiles, GBU-12 Paveway Laser Guided Bombs, and GBU-38 JDAM bombs.³³ With a fully armed Reaper loaded with 1000 pounds of ordnance having an endurance time of 14 hours, and up to 42 hours with external fuel tanks, UAVs provide the United States military with a weapons platform that can surgically strike both high value and conventional targets no matter where they are located.³⁴ The advantages of utilizing UAVs as a fire support platform are numerous; perhaps none being bigger than the benefit of carrying out offensive strike capabilities without posing any direct risks to U.S. personnel operating the equipment. Additionally, the ability to carry a heavy payload of PGMs allowing UAVs to surgically strike designated objectives while minimizing collateral damage makes it the preferred weapons platform for high-value target missions. Furthermore, the surveillance capabilities of UAVs allow for real-time battle damage assessment, intelligence collection, and identification of potential follow-on targets. Additionally, the enhanced loiter time of UAVs increases the targeting window and allows for both rapid response target engagement or sufficient time for target development or analysis. Lastly, the relatively small profile of UAVs makes them less likely than manned fixed wing or rotary aircraft to be detected and face ground fire or counter measures.

無人飛行載具

無人飛行載具（UAV）是擁有超過任何陸基武器系統縱深打擊能力的火力支援載具。儘管美軍自從越戰以來就已經使用無人飛行載具，但在2002年開始的反恐戰爭才明顯成為攻勢武器的載具。³¹ 無人飛行載具首次被運用於發揮攻勢打擊能力的機型是MQ-1掠奪者（Predator），而真正開始擔任「獵殺」角色在伊拉克及阿富汗執行任務的機型是MQ-9死神（Reaper）。³² MQ-9能攜掛AGM-114地獄火（Hellfire）飛彈、GBU-12鋪路（Paveway）雷射導引炸彈、GBU-38聯合直攻彈藥（JDAM）。³³ MQ-9在全負載1,000磅彈藥時，可滯空14小時，外掛油箱可航行達42小時，這些無人飛行載具成為美軍能夠精準打擊各地高價值及傳統目標的武器載具。³⁴ 運用無人飛行載具擔任火力支援載具的優點有很多，或許其最大的優點莫過於美軍操作裝備人員遂行攻擊時，免於暴露在任何直接風險下。此外，無人飛行載具能夠酬載大量精準導引砲彈，使其能精準打擊指定目標，且將附帶損害降至最低，使其成為攻擊高價值目標任務的理想武器載具。再來就是無人飛行載具的監視能力，可執行即時戰損評估、情蒐、辨識後續可能目標。再加上無人飛行載具更長的滯空時間，增加了標定目標的機會，以及能快速因應目標接戰或有充分時間開發或分析目標。最後則是無人飛行載具的外型相對小，使其比有人駕駛的定翼機或旋翼機更不容易被偵測及遭遇地面火力或反制措施。

For all of the notable advantages that UAVs offer as a fire support platform relative to other weapons systems, there are also some vulnerabilities that must be taken into consideration. As demonstrated by platform losses in Libya and Iran, UAVs are vulnerable to sophisticated air defense systems.³⁵ Specifically, UAVs are vulnerable to radars, manned aircraft, anti-air missiles and anti-aircraft artillery, electronic jamming, hacking, and spoofing.³⁶ As the UAV platforms stand currently, survivability in high threat environments will require modifications in techniques, tactics and procedures, as well as system upgrades and improvements such as stealth capabilities to avoid radar detection, greater speed, and jammers.³⁷

相較於其他武器系統而言，無人飛行載具擁有擔任火力支援載具的多項重要優點，但還是存在一些弱點必須納入考量。毀損在利比亞及伊朗的無人飛行載具，證實易於遭受精密的防空系統攻擊。³⁵ 尤其是在面臨雷

達、有人駕駛飛機、防空飛彈與防空火炮、電子干擾、電子駭客、電子愚弄式欺騙時。³⁶ 就目前的無人飛行載具而言，要能在高威脅環境中存活，勢須精進其戰術、戰技及程序，並在諸如匿蹤躲避雷達偵測的能力、更大速度、干擾器等方面進行系統提升與改良。

Manned Aircraft

While artillery has served as the primary fire support platform for U.S. ground forces and maneuver elements since the days of the Continental Army, the employment of fixed and rotary wing aircraft in a close air support (CAS) role has served as a vital and complementary fire support element from World War II through the present date. The capabilities that air assets bring to the fight are lethal and varied with guns, bombs, rockets and missiles being among the ordnance that can be brought to bear. Effective utilization of CAS requires detailed integration and coordination by ground forces so as to ensure the safety of friendly troops as well as proper target identification and engagement. This coordination for the U.S. military is conducted by Joint Terminal Attack Controllers (JTAC) and Forward Air Controllers (FAC) attached to ground troops and maneuver elements.³⁸ There are a number of distinct advantages that CAS platforms have over ground based fire support assets; notably the ability to strike targets at ranges far greater than can be engaged with ground fire support. Additionally, CAS has the ability to identify and strike targets that may be concealed or in defilade and not identified by ground forces. Furthermore, air platforms, such as the A-10 Thunderbolt, are traditionally more effective against certain types of targets such as enemy armor and mechanized infantry. The variety of air platforms offers a multitude of weaponry and ordnance that can be selectively utilized depending on the type of engagement. For example, if a friendly position is in danger of being overrun, an AC-130 gunship, with its arsenal of weaponry, can circle the area engaging enemy targets until the momentum of the attack is broken.

有人駕駛飛機

雖然火炮是美國地面兵及戰鬥部隊自大陸軍 (Continental Army) 時期以來的主要火力支援載具，而運用定翼及旋翼機擔負空中密支角色，則是從第二次世界大戰迄今，重要且相輔相成的火力支援武器。將空中裝備的

能力用於戰鬥具有致命性，且作用隨著攜帶的槍砲、炸彈、火箭、飛彈等武器而有所不同。有效發揮空中密支，需要由地面部隊詳盡整合與協調，俾能確保友軍安全及適當的目標識別與接戰。美軍負責此項協調作業的是配屬於地面部隊及戰鬥部隊的聯合終端攻擊管制員（Joint Terminal Attack Controller, JTAC）與前進空中管制員（Forward Air Controller, FAC）。³⁸空中密支載具有數項明顯優於陸基火力支援裝備的能力，最明顯是打擊目標的距離遠大於地面火力支援可及範圍。其次，空中密支能夠辨識與打擊掩蔽或未被地面部隊發現的隱匿目標。此外，諸如 A-10 雷霆（Thunderbolt）攻擊機，係傳統上更能有效對付敵裝甲與機械化步兵等特定類型目標的空中載具。各種不同的空中載具可視接戰類型選用攜掛眾多武器與彈藥。例如，若是友軍陣地處於遭侵襲的危險中，一架攜掛武器彈藥的 AC-130 砲艇機，可盤旋該空域接戰敵目標，直到瓦解敵攻勢。

For all of the devastating effects that CAS brings to the fight, air assets have a number of vulnerabilities that limit its ability to be an all-encompassing fire support platform. The great equalizer that will always limit CAS' s ability to be brought to bear is weather; poor meteorological conditions can delay or eliminate altogether the ability of air assets to participate in combat operations. This limiting factor is obviously a critical shortcoming should fire support be needed when the weather is bad. Another potentially significant vulnerability of air power is the threat posed to it by integrated air defenses （IAD）. In low intensity conflicts such as the wars in Iraq and Afghanistan, this threat varies and is not always a limiting factor. However, when facing a foe such as Russia, China or Iran with technologically advanced air defenses, IAD becomes a real problem. Surface-to-air missiles （SAMs）, anti-aircraft artillery, and heavy machine gun fire all pose very serious threats to CAS assets. Additionally, opposing forces that have sophisticated air defenses will often have their own air interdiction aircraft that can pose a threat to air assets. Another challenge involved when using CAS is the potential difficulties that air assets can have with distinguishing between friendly and enemy forces. Though doctrine dictates that terminal control of CAS be directed by a JTAC or FAC, the confusing and fluid nature of ground combat actions can make accurate targeting of ordnance challenging.

雖然空中密支對戰鬥具有各種摧毀效應，但空中裝備有一些弱點會限制其成為全能的火力支援載具，而限制空中密支能力發揮的最大因素是天候；惡劣的氣象狀況會遲滯或排除空中裝備一齊加入戰鬥行動的能力。當需要火力支援卻天氣惡劣時，這項限制因素顯然是一項關鍵弱點。空中武力的另一項重大弱點是「整體防空」（integrated air defense, IAD）對其的威脅。在諸如伊拉克及阿富汗戰爭等低強度衝突中，這項威脅的程度不一旦不是必然限制因素。然而，在面對俄羅斯、中共或伊朗等擁有先進防空科技的敵人時，整體防空就成為一項真正的麻煩問題。地對空飛彈（surface-to-air missile, SAM）、防空火炮、重機槍火力都會嚴重威脅空中密支裝備。此外，擁有精密防空系統的敵軍，通常會有攔截機，可對空中裝備形成威脅。運用空中密支涉及的另一項挑戰，則是空中裝備可能難以分辨敵軍與友軍。雖然準則律定由聯合終端攻擊管制員或前進空中管制員引導進行空中密支的終端管制，但地面戰鬥行動狀況混亂且瞬息萬變，都會影響彈藥武器準確標定。

Current Capabilities of U.S. Tube Artillery

Tube artillery's devastating effects on enemy troops and its ability to shape the battlefield has provided for the artillery branch's traditional role as a sizeable component of the United States military's ground combat forces in the both the Army and Marine Corps. However, restructuring of the U.S Armed Forces has resulted in a downsizing of artillery assets. Currently the Army has 100 battalions of tube artillery in the active duty, reserve and national guard components, while the Marine Corps has 21 artillery batteries organized into seven battalions; this staffing represents a 50% reduction of the artillery assets the U.S. military had in 1985.³⁹

美國管式火炮的能力現況

管式火炮摧毀敵軍的效力及其形塑影響戰場的能力，已使砲兵成為美陸軍及陸戰隊地面戰鬥部隊的傳統大型兵科。然而，美軍部隊編裝改組，導致砲兵裝備縮編。目前美陸軍現役、後備、國民兵部隊共有 100 個管式火炮營，陸戰隊則有 21 個砲兵連編成 7 個營；此砲兵編裝縮減為美軍在 1985 年的一半。³⁹

The reduction in artillery battalions has been a reflection of the decreasing size of the Army and has also been in accordance with the Army and Marine Corps'

transformation to a lighter, leaner force; moving away from being oriented for fighting large scale air- land battles to being postured towards more effective engagement in low intensity conflicts. Currently the U.S. military has three howitzers in the inventory that are actively being employed: M119A3 105 mm towed howitzer (includes M119A2 variant) , M777 155 mm towed howitzer, and the M109A6 Paladin self-propelled 155 mm howitzer. The Army fields all of these howitzers plus the latest self-propelled variant, the M109A7 which is scheduled to go into full production in 2017, while the Marine Corps only employs the M777.⁴⁰ The M119A2/A3 as a lighter, more mobile field piece is deployed with airborne and light infantry units and can be transported via sling load under a UH-60 or CH-47 or air dropped in airborne operations.⁴¹ The primary howitzers of the U.S. military presently, however, are the M109A6 and M777. The ammunition and powder utilized by these two weapons platforms is standardized and features a variety of shell/fuze combinations including: high explosive (point detonation/air burst) , smoke, white phosphorous, illumination, area denial munitions, rocket assisted projectiles, and improved conventional munitions. All of the aforementioned munitions are not precision guided and are fired using conventional fire direction control methods. Both weapon systems have a .39 caliber gun tube which provides for a range of 24 km for HE and other conventional rounds and 30 km for rocket assisted projectiles, while precision guided munitions can range out to 40 km. ⁴² The towed and self-propelled platforms each afford certain advantages and disadvantages. The M109A6' s armored cab affords crew protection from shrapnel and small arms fire while also providing for internal ammunition storage of thirty-nine 155 mm shells. ⁴³ Additionally, an internal navigation system and sensors to detect where the howitzer is laid allows the M109A6 to stop, load, and fire within 30 seconds with the same accuracy as howitzers that require being emplaced and laid on a target azimuth.⁴⁴ The Paladin has the further advantage of quick displacement to avoid counterbattery fire or air strikes and tactical maneuverability to being able to keep up with armored and mechanized infantry formations. The primary advantage afforded by the M777 towed howitzer, relative to the Paladin, is its lighter weight which enhances its air mobility via rotary or fixed wing aircraft for employment in firing

positions that could not be accessed by a self-propelled howitzer. Additionally, maintenance upkeep on towed howitzers is typically much more manageable relative to the work required to keep the tracks and engines running on self-propelled howitzers.

砲兵營數量減少反映了美陸軍的縮編，同時這也是配合美陸軍與陸戰隊轉型成為更輕裝、精實部隊的要求；從遂行大型空地作戰轉變為能在低強度衝突中更有效接戰。美軍目前有三種現役火炮：M119A3 105 公厘牽引砲（包括 M119 A2 衍生型）、M777 155 公厘牽引砲、M109A6 帕拉丁（Paladin）155 公厘自走砲。美陸軍部署這三種火炮，以及預計於 2017 年進入量產的自走砲最新衍生型 M109A7，而陸戰隊僅使用 M777。⁴⁰ M119A2/A3 係更輕型且機動的野戰火炮，部署於空降及輕裝步兵單位，可透過 UH-60 或 CH-47 吊掛運輸或在空降作戰中空投。⁴¹ 不過，美軍現在的主力火炮還是 M109A6 及 M777。這兩種火炮使用的砲彈已一致標準化，且有多種不同的砲彈/引信組合，包含高爆（瞬發/空炸）彈、煙霧彈、黃磷彈、照明彈、區域阻絕彈、火箭增程彈、雙效子母彈。上述砲彈都不是精準導引型，使用傳統式射擊指揮控制方法，武器系統都是 39 倍徑砲管，可發射 24 公里射程的高爆彈及其他傳統砲彈、30 公里射程的火箭增程彈、40 公里射程的精準導引砲彈。⁴² 牽引砲及自走砲各有其優缺點，M109A6 的裝甲駕駛艙能保護組員避免破片與輕兵器火力，內部也可存放 39 枚 155 公厘砲彈。⁴³ 此外，其內部的導航系統與感測器可偵測 M109A6 自走砲本身位置，得以在 30 秒內駐止、裝彈、射擊，具備了火炮必須放列及裝定射擊諸元的相同準確性。⁴⁴ 帕拉丁自走砲的另一優點是能快速變換位置，以避免反砲兵火力或空中攻擊，且具有能夠與裝甲及機械化步兵部隊一齊行動的戰術機動力。M777 牽引砲相較於帕拉丁自走砲的主要優點在於重量較輕，能提升其空中機動力，可透過定/旋翼機運送至自走砲無法進入的發射地點。還有就是牽引砲的維修保養，比起自走砲運轉的履帶與引擎所需維修容易許多。

Technological advances for tube artillery

Artillery in the U.S. military has traditionally been employed as an area fire weapon that relied upon massed fires to have effects on target, whether it be formations of infantry or armor, or hardened targets. However, recent technological

advances have dramatically improved artillery's ability to have first round target effects which historically has resulted in the most casualties. Notably, the profusion of ground position sensor (GPS) technology has dramatically reduced the mean point of impact error conventionally calculated into artillery fire direction computations with the ability to accurately locate target and gun locations, two of five the requirements for accurate artillery fire as set forth by the U.S. Field Artillery School.⁴⁵ As technological advances have taken hold across the spectrum of weaponry and ordnance, the development of PGMs has significantly impacted how artillery can be employed on the battlefield. The M982 Excalibur PGM is a GPS guided shell with a range of approximately 40 meters with a circular error probable (CEP) of 5-20 meters.⁴⁶ When compared to the CEP of a conventional unguided artillery shell which stands at 267 meters, the precision of the Excalibur round enhances the capability to safely fire artillery in the close vicinity of friendly troops or non-combatants.⁴⁷ Tests have shown that one Excalibur shell can accurately hit an intended target that would typically take 10 to 50 non-guided artillery shells.⁴⁸ The effectiveness of this shell was demonstrated in June 2012 in Helmand Province, Afghanistan, when Battery G, 2nd Battalion 11th Marines dropped an Excalibur round on insurgents 36 km away marking the longest operational shot in the history of the M777 howitzer.⁴⁹

管式火炮科技的進展

火炮在美軍向來被用來做為面積射擊武器，以大量密集火力攻擊步兵、裝甲部隊，或是強固目標等。不過，近期的科技進展，已明顯提升火炮第一發對目標的成效，而首發效力射長久以來皆能獲致最大戰果。尤其全球定位系統科技的高度發展，大幅減少了平均彈著點誤差（通常是將計算資料傳入火炮射擊指揮電腦，能準確定位目標與砲的位置），這是美國野戰砲兵學校說明的砲兵準確射擊 5 項要求之其中 2 項。⁴⁵ 隨著武器與彈藥的科技已全面進展，精準導引砲彈的發展也明顯影響火炮在戰場的運用方式。M982 神劍（Excalibur）精準導引砲彈是全球定位系統導引彈，射程約 40 公里、圓形公算偏差（circular error probable, CEP）5 - 20 公尺。⁴⁶ 就圓形公算偏差的比較而言，傳統無導引式砲彈是 267 公尺，所以神劍彈的精準性提升了在鄰近有友軍或非戰鬥人員時，安全發射火炮的能力。⁴⁷ 測

試顯示，一枚神劍砲彈可準確命中所望目標，而無導引砲彈通常要發射 10 – 50 枚才能辦到。⁴⁸ 這種砲彈的效用在 2012 年 6 月阿富汗赫爾曼德省（Helmund Province）業經驗證，當時美軍第 11 陸戰隊第 2 營 G 連以 M777 對 36 公里外的叛亂分子發射 1 枚神劍砲彈，創下 M777 最遠的作戰發射距離。⁴⁹

Another technological development that has positively impacted artillery fires and employment is the M1156 Precision Guided Kit（PGK） smart fuze that can be fired on M795 high explosive or M549 rocket assisted projectiles. The PGK serves to make conventional artillery shells into smart weapons with the capability of impacting within 50 meters of the target at any range.⁵⁰ While not having the degree of accuracy or range of the Excalibur shell, the PGK does provide precision-guided munitions capability at a fraction of the cost.

M1156「精準導引套件」（Precision Guided Kit, PGK）則是另一項已確實影響砲兵火力與運用的科技發展。此套件的智慧型引信可安裝在 M795 高爆彈或 M549 火箭增程彈發射。精準導引套件旨在讓傳統砲彈成為智慧型武器，具備能夠彈著目標 50 公尺範圍內。⁵⁰ 雖然 M1156 的準確度及射程不如神劍砲彈，但的確能以低廉成本發揮精準導引砲彈的能力。

Advances in fire direction technology for both the Paladin and M777, to include self- contained digital fire control and inertial navigation systems, have substantially diminished the time required to occupy a firing position, initiate fire missions, then displace. These developments have significantly impacted the survivability of artillery on the battlefield as this window is when artillery batteries are the most vulnerable to detection and attack.⁵¹

帕拉丁及 M777 在射擊指揮科技的進展，包含內建的數位射控與慣性導航系統，已大幅減少進入發射地、展開射擊任務、撤離所需時間。這些發展重大影響了火炮在戰場的存活力，因為砲陣地是最容易遭到偵測及攻擊之處。⁵¹

All of these technological advances have been critical to ongoing efforts to sustain artillery’ s viability as the “go to” fire support element for maneuver forces and attaining increased levels of precision remains a key priority for senior military planners and the artillery community. However, the ability to acquire and

employ this technology at costs that are manageable given current budget constraints is a key consideration that must be taken into account for future strategic planning. Incorporating technological advancements for artillery and other weapons platforms while trying to control their costs remains one of the biggest challenges that the Department of Defense faces going forward.⁵²

所有這些科技進展對於持續支持砲兵能夠「成為」戰鬥部隊的火力支援單位至關重要，而且達成提高精準度，更一直是高階軍事計畫者及砲兵圈內人的優先要項。然而，基於當前的預算限制，設法處理獲得與運用此科技的費用，則是必須納入未來戰略規畫的重要考量。要納入火炮及其他武器載具的科技進展，又要試圖控制這些費用，形成國防部面臨的下一步最重大挑戰之一。⁵²

Viability of Cannon Artillery in the future relative to other Weapons Systems

Although there have been dramatic technological improvements in the ordnance precision and deep strike capability of these alternate platforms, tube artillery should remain as the primary fire support element for the United States military due to its mobility, ordnance variety, ability to mass fires, all-weather availability, and perhaps most important, it's relative cost effectiveness.

未來管式火炮與其他武器系統相比的可用性

雖然上述這些載具在彈藥精準性及縱深打擊能力的科技進展很大，但管式火炮仍應繼續成為美軍的主要火力支援武器，因為具備了機動力、砲彈多樣化、能夠發射大量密集火力、全天候可用性，以及或許最重要的是比其他武器系統具有成本效益。

TABLE 1: FIRE SUPPORT PLATFORM COST COMPARISION

Weapon System	Per Unit Cost	Flight Hour Cost
M777 155 mm howitzer	\$2,500,000 ⁵³	N/A
M109A7 155 mm howitzer	\$10,300,000 ⁵⁴	N/A
M270 MLRS	\$2,300,000 ⁵⁵	N/A
M142 HIMARS	\$2,950,000 ⁵⁶	N/A
AH-64E Apache	\$35,500,000 ⁵⁷	\$3581 ⁵⁸
AH-1Z Viper	\$29,890,000 ⁵⁹	\$1757 ⁶⁰

A-10 Thunderbolt	\$18,800,000 ⁶¹	\$17,716 ⁶²
AC-130U Spectre Gunship	\$210,000,000 ⁶³	\$45,986 ⁶⁴
F/A-18 E/F Super Hornet	\$60,900,000 ⁶⁵	\$10,507 ⁶⁶
F-15E Eagle	\$29,900,000 ⁶⁷	\$42,200 ⁶⁸
MQ-1B Predator	\$5,000,000 ⁶⁹	\$3769 ⁷⁰
MQ-9A Raptor	\$16,050,000 ⁷¹	\$4762 ⁷²

表1: 火力支援載具的成本比較

武器系統	單價	每小時飛行成本
M777 155公厘牽引砲	2,500,000美元 ⁵³	N/A
M109A7 155公厘自走砲	10,300,000美元 ⁵⁴	N/A
M270多管火箭系統	2,300,000美元 ⁵⁵	N/A
M142高機動砲兵火箭系統	2,950,000美元 ⁵⁶	N/A
AH-64E 阿帕契 (Apache) 直升機	35,500,000美元 ⁵⁷	3,581美元 ⁵⁸
AH-1Z 蝰蛇 (Viper) 直升機	29,890,000美元 ⁵⁹	1,757美元 ⁶⁰
A-10 雷霆攻擊機	18,800,000美元 ⁶¹	17,716美元 ⁶²
AC-130U 鬼怪 (Spectre) 砲艇機	210,000,000美元 ⁶³	45,986美元 ⁶⁴
F/A-18 E/F 超級大黃蜂 (Super Hornet) 戰機	60,900,000美元 ⁶⁵	10,507美元 ⁶⁶
F-15E 鷹式 (Eagle) 戰機	29,900,000美元 ⁶⁷	42,200美元 ⁶⁸
MQ-1B 掠奪者	5,000,000美元 ⁶⁹	3,769美元 ⁷⁰
MQ-9A 死神	16,050,000美元 ⁷¹	4,762美元 ⁷²

The rapid ascent of PGM technology and improved weapons system capabilities has seen a corresponding increase in production and operating costs of fire support weapons platforms in the inventory of the United States military. As set forth in Table 1, from a purely cost per unit perspective, there is not a significant cost divergence between M777 and the M270 and M142 rocket launcher systems while the M109A7 Paladin comes with a substantially higher price tag though this does also include an ammunition carrier as the howitzer and carrier are sold as a set. Though not

quantified numerically, the M777 has a lower maintenance and upkeep relative to the other weapon systems that have self-contained propulsion systems.

快速進步的精準導引砲彈科技及提升的武器系統能力，正相對增加了美軍火力支援武器載具的生產與操作成本。如表 1 所示，單純從個別單價的觀點來看，M777 牽引砲與 M270、M142 多管火箭系統的成本差距不大，但 M109A7 帕拉丁自走砲的報價就高出很多，縱使這是包含了一輛彈藥運輸車與自走砲的組合價。儘管沒有量化數據，但 M777 的保養維修費用低於其他自走武器系統。

When compared to manned rotary and fixed wing aircraft utilized in the CAS role, tube artillery presents a massive savings. For example, the per unit cost level of howitzers ranges from .5% to 6% of that of each aircraft. Furthermore, the added expense of cost per flight hour, which for fixed wing platforms, can become substantial ranging up to over \$45,000 for the AC-130. It is evident, from the per unit cost analysis that the deep strike and precision guided targeting capabilities afforded by manned air assets comes at a significant cost upgrade relative to ground platforms. Additionally, the substantial cost per unit of manned aircraft translates into fewer being produced which, as older airframes are retired, ultimately results in a smaller composite force available to provide CAS support. Similar to manned air assets, a review of the unit costs of UAVs shows significant cost differential to ground fire support platforms with howitzers costing from 16% to 64% of that of UAVs on a per unit basis. UAVs afford many of the capabilities of manned air assets but at a lower unit and hourly flight cost and without any risk to a pilot.

與用於空中密支的有人駕駛定/旋翼機相比較，管式火砲的費用少很多。例如，各型火砲的單價是飛機的 0.5-6%。此外，就 AC-130 定翼機的每飛行小時成本而言，就增加了高達 45,000 美元。顯然，從每一架/輛的成本分析來看，具備縱深打擊及精準導引標定能力的有人駕駛飛機，付出的費用高出地面載具很多。再者，將龐大經費負擔較少量已製造的有人駕駛飛機所需，隨著機齡老舊汰除，最終導致可用於提供空中密支的組合部隊規模較小。如同有人駕駛飛機，無人飛行載具的單價比地面火力支援載具高很多，火砲的單價是無人飛行載具的 16-64%。無人飛行載具具備有人駕駛飛機的許多能力，但單價及每飛行小時費用又比有人駕駛飛機低，而且飛

行員沒有任何風險。

Another point of comparison is the relative cost of ordnance. As effective and deadly as PGMs are, their price tag is substantial relative to conventional ordnance as seen in Table 2.

另一項比較是針對彈藥的相對成本。就精準導引砲彈的有效性及致命性而言，如表 2 所示，其單價遠高於傳統式彈藥。

TABLE 2: COST OF ORDNANCE

Ordnance Type	Cost per unit
M795 155 mm HE shell	\$1600 ⁷³
M982 Excaliber 155 mm PGM	\$68,000 ⁷⁴
M1156 PG Fuze Kit	< \$3000 ⁷⁵
M31 Guided MLRS Rocket	\$133,000 ⁷⁶
GBU Paveway Guided Bomb	\$22,000 ⁷⁷

表2:彈藥成本

彈藥型式	單價
M795 155 公厘高爆彈	1,600美元 ⁷³
M982 神劍155公厘精準導引砲彈	68,000美元 ⁷⁴
M1156 精準導引套件	<\$3,000美元 ⁷⁵
M31導引式多管火箭系統火箭	133,000美元 ⁷⁶
GBU鋪路（Paveway）導引炸彈	22,000美元 ⁷⁷

Paradox of Precision Guided Munitions

While the ability to strike targets at long range with incredible precision and minimal collateral damage is a remarkable capability for the United States military, the excessive costs of producing and operating the weapon systems and expending these munitions are borderline prohibitive and call into question the economic viability of using these types of ordnance in sustained combat operations or for engagement with certain target sets. For example, a “dumb” HE shell costs 2% of that of an Excaliber PGM round; or put another way, 42 M795 shells can be purchased for the cost of one Excaliber PGM. Evidence of concerns related to this have already been seen in Iraq when authorization was required at the Army Brigade Commander level in order to fire the Excaliber PGM.⁷⁸ With the precedent being set

of senior commanders needing to be consulted before high cost ordnance is utilized, the question must be considered if future operational planning will factor into some type of decision-making sequence or target matrix to determine what type of enemy targets merit the use of high-priced PGMs? If so this further adds to the complexities and challenges of combatant commanders when justification must be provided for weapons system employment due to cost concerns.

對精準導引砲彈的迷思

儘管精準導引砲彈能夠以驚人的精準度及極低的附帶損害，遠距打擊目標，為美軍提供卓越戰力，但此武器系統的製造與運作費用高，限制了這些彈藥的消耗，且引起質疑認為在持續的戰鬥行動或接戰某些特定目標時，使用這類彈藥的經濟效用。例如，1 枚傳統高爆彈價格是神劍精準導引砲彈的 2%；或是換另一種方式說，1 枚神劍精準導引砲彈的價錢可以買到 42 枚 M795 高爆彈。對此點的關切已實際在伊拉克顯現，當時美陸軍需要由旅長級授權才能發射神劍精準導引砲彈。⁷⁸ 隨著使用高價彈藥前，必須請示高階指揮官之案例，不禁令人質疑未來作戰規畫是否會納入某類決策順序或目標劃分，以決定哪類敵目標值得使用高價的精準導引砲彈？如果是，這將更增加作戰指揮官的工作複雜度與挑戰，因為還要基於價格考量，下達運用武器系統的裁示。

It can be argued that PGMs require less expended rounds to have needed effects on target as demonstrated in 2003, when Coalition Air Forces in OIF used an average of 1.5 PGMS per target; a ratio far lower than the vast number of munitions needed to destroy or neutralize targets in previous conflicts such as during the Vietnam War when 30 fighter sorties and 176 unguided bombs were needed on average to destroy one target.⁷⁹ However, the PGM per target ratio argument is somewhat muted when considering how the expense of PGMs on the Pentagon's budget was clearly felt when a planned purchase of 30,388 Excaliber rounds in 2010 was reduced to only 7058 rounds reportedly based upon high costs.⁸⁰ As a comparison, in March 2012 the procurement of the PKM fuze at a much cheaper cost per unit of under \$3000 was planned for 23,000 – 25,000 units.⁸¹ While PGMs are, and will continue to be, a critical munition in the U.S. Armed Forces inventory for artillery and other fire support platforms, PKMs provide a more affordable alternative.

主張精準導引砲彈需要消耗的數量較少，即可達成對目標所望效果，這點已在 2003 年得到證實。當時聯盟空軍在伊拉克自由作戰中，對每一目標平均使用 1.5 枚精準導引砲彈；此種比率遠低於在以往衝突中，必須消耗大量彈藥來摧毀或壓制目標，例如越戰時期，平均需要以 30 架次戰機及 176 枚無導引炸彈來摧毀單一目標。⁷⁹ 然而，以精準導引砲彈攻擊目標的使用比率主張沉寂下來，從美國國防部的預算就可清楚感受到，由於考量精準導引砲彈的價格昂貴，所以原本計劃在 2010 年要採購 30,388 枚神劍彈，據傳因為太貴而減少為 7,058 枚。⁸⁰ 在此做個價格比較，2012 年 3 月以每個低於 3,000 美元的價格規劃採購 23,000-25,000 個精準導引套件。⁸¹ 雖然精準導引砲彈現在及未來會繼續成為美軍火炮或其他火力支援載具的重要彈藥，但精準導引套件是價格更負擔得起的選項。

Relevance of Tube Artillery

The rapid evolution of weapons related technology has significantly improved the capabilities of both air and ground based fire support weapon platforms. While these improvements have led to dramatic improvements in accuracy and range, tube artillery's all-weather ability to fix and suppress targets, as well as shape the battlefield through concentrated and massed fires is unrivaled, relative to other fire support platforms. However, in order to retain its relevance on the battlefields of the future and ensure its continued place in the inventory of the U.S. military as a viable fire support platform, tube artillery must continue to improve its technology and employment capabilities, particularly in the areas of mobility, survivability, responsiveness, range, and accuracy.

管式火炮的適用性

隨著武器相關科技的快速演進，大幅提升了空中與陸基火力支援武器載具的能力。儘管這些提升已明顯提高準確度及射程，但管式火炮的全天候戰力，對於拘束與壓制目標，以及能透過密集且大量火力形塑戰場，都是其他火力支援載具比不上的。

然而，為了保有其在未來戰場的適用性，並確保能繼續成為美軍有效可用的火力支援載具，管式火炮必須不斷精進其科技及運用能力，尤其是在機動力、存活力、反應力、射程、準確度等方面。

The mobility of tube artillery will grow increasingly important in order for it to

keep up with armor and mechanized infantry units on the move conducting offensive operations, and perhaps most importantly, survive counter-battery fire and enemy air strikes. Both the M777 and the M109A6 howitzers each have strengths and weaknesses relative to their mobility and the type of terrain they are best suited for. The M777s are at a disadvantage with the constraints of where terrain will permit its prime mover to travel and are also highly vulnerable to enemy air due to longer emplacement and displacement times. Alternatively, the ability to transport towed howitzers via rotary aircraft for remote employment is a significant tactical advantage over self-propelled howitzers. M109A6 howitzers are fully capable of maintaining travel speeds of mechanized forces while being better suited to operating in open terrain but are very heavy and leave a large footprint. While an M777 requires just over two minutes for emplacement and displacement, the M109A6 needs less than a minute.⁸² While the emplacement/displacement times for each of these howitzers are dramatic improvements from years past, the radar and UAV capabilities of adversaries dictates that these times need to be reduced to 30-45 seconds for future survivability.⁸³

管式火砲的機動力將日漸重要，俾能搭配裝甲及機械化步兵單位移動執行攻勢作戰，以及或許最重要的是要能在反砲兵火力暨敵空襲之下存活。M777 牽引砲與 M109A6 自走砲在機動力及最適合發揮的地形方面，各自有其強弱點。M777 的弱點是其牽引車行駛受限於地形，同時也容易遭到敵空中攻擊，因為其放列及轉移時間稍長，又或者是以旋翼機運輸牽引砲進行遠距運用，這就是一項勝過自走砲的重大戰術優勢。M109A6 自走砲則是能跟上機械化部隊的行進速度，較適合在開闊地形操作，但太重了且後勤錙重需求大。M777 只需要 2 分多鐘就能完成放列及撤離，M109A6 所需時間低於 1 分鐘。⁸² 這些火砲的放列/撤離時間在過去數年來已大幅縮短，但基於敵雷達及無人飛行載具的能力，要求這些時間必須減少到 30 - 40 秒，在未來才有存活能力。⁸³

Weapon system ranging capability continues to be perhaps the biggest shortcoming of the 155 mm howitzers in the U.S. inventory. With a maximum range of 30 km for a RAP round and 40 km for a PGM, U.S howitzers are significantly outranged by 23 foreign militaries around the world.⁸⁴ However, ongoing R&D with

the M777ER project seeks to lengthen the barrel length of the M777 howitzer therefore increasing range out to 69 km.⁸⁵ This improvement will come with an addition of 1000 pounds to the unit's weight and cost approximately \$700,000 for the conversion kits.⁸⁶ While there has been no commitment by the Army or Marine Corps to purchase this conversion kit, the continued progress of this project and other related technology is critically important to keeping U.S howitzers effective and survivable on the battlefields of tomorrow.

武器系統的射程能力，或許仍持續成為美軍 155 公厘火砲的最大弱點。美軍火砲能發射最大射程 30 公里的火箭增程彈、40 公里的精準導引砲彈，已明顯超越世上其他 23 國的軍隊。⁸⁴ 不過，進行中的 M777 增程型（ER）研發案，尋求加長 M777 的砲管，俾將射程增加到 69 公里。⁸⁵ 這項提升將比原先多出 1,000 磅重量及增加 70 萬美元以更換套件。⁸⁶ 儘管美陸軍或陸戰隊未承諾要採購，但這項專案及其他相關科技的持續進度，對保持美國火砲在未來戰場的有效性與存活力至關重要。

One of the strengths of tube artillery has traditionally been its timely response to calls for fire in all-weather conditions. The ability to put suppressive fires on opposing forces in danger of over running a friendly position, or of being able to quickly dial up a pre-planned target group to disrupt a pending attack has played into the strength of tube artillery in past conflicts and can continue to in the future. Tube artillery's all-weather capability is a distinct and significant advantage that it has over air platforms and is an important consideration for its future relevance. In spite of ever-evolving technology for stealth, navigation, and weaponry, poor weather remains a significant constraint for air platforms. Additionally, unless air assets happen to be on station or in the area, response time can lag which can lead to adverse developments for troops on the ground. No matter how precision guidance ordnance is, it is only effective if delivered in a timely fashion pursuant to requests from ground units. Thus, tube artillery is currently, and will continue to be the best fire support asset for timely responsive fires.

管式火砲的傳統優點之一是在全天候適時回應射擊要求。這項從超越友軍陣地以制壓火力陷敵軍於危險之中的能力，或是能快速了解預劃攻擊的目標群，以瓦解即將發生的攻擊，係管式火砲在過去及未來衝突中的

強項。管式火炮的全天候作戰能力是一項勝過空中載具的獨特且重大優點，而且是其具備未來適用性的要素。雖然匿蹤、導航、武器等科技不斷演進，但惡劣天候依然重大限制了空中載具。此外，除非空中載具已飛臨上空或在戰區中，其遲緩的反應時間會導致地面部隊面臨不利。不論導引彈有多麼精準，唯有以具時效性回應地面部隊要求的發射才有作用。因此，管式火炮在當前及未來，將持續成為提供時效性快速反應火力的最佳火力支援裝備。

Aside from the introduction of PGMs and other improved technology, other employment aspects of tube artillery that highlights its relevance is the superior ability to mass fires and re-engage targets. Additionally, the capability to shape the battlefield and attrite enemy maneuver forces are difficult to replicate with air assets and lends further weight to the need to maintain tube artillery in the U.S. inventory.

管式火炮除了引進精準導引砲彈及其他提升的科技之外，其他能凸顯其適用性的是具有優越的大量集火射擊與再接戰目標能力。此外，其形塑影響戰場及耗損敵戰鬥部隊的能力是空中裝備難以比擬的，吾人應更加重視管式火炮在軍中的必要性。

While the spectrum of missions that the United States military needs to be prepared to support dictates roles for both towed and self-propelled systems, the optimal howitzer of the future should seek to blend aspects of both weapon systems in order to maximize mobility and range. A configuration of a lighter weight, self-propelled howitzer on a wheeled platform, with a .52 caliber tube, capable of emplacing in 30-45 seconds, firing 6-10 shells, then displacing in under a minute would be an optimal future howitzer platform.⁸⁷ While there are ongoing efforts in the world of science and technology to look at improving artillery, neither the Army nor the Marine Corps are currently sponsoring R&D into new artillery platforms. Additionally, at the present time the Army plans for the M019A7 Paladin to be its primary cannon artillery howitzer for the next 50 years.⁸⁸ To remain relevant on the battlefield of the future, DOD research and development funds must be allocated now to further improve the howitzers currently in the inventory as well as develop new and improved platforms.

軍方必須依據任務範圍進行戰備整備，以支持對於牽引砲及自走砲系

統的要求角色，而未來最佳的火炮應謀求在多方面融合這 2 種武器系統，俾優化機動力及射程。輕型輪式自走砲、配備 52 倍徑砲管、能在 30 - 45 秒內放列、發射 6-10 枚砲彈後在 1 分鐘內撤離，這將是未來最佳火炮載具的構型。⁸⁷ 各國科技都在持續努力尋求提升火炮，但美陸軍及陸戰隊目前未將研發費挹注於新型火炮載具。此外，美陸軍目前規劃將 M019A7 帕拉丁自走砲列為未來 50 年的主力管式火炮。⁸⁸ 為維繫火炮在未來戰場的適用性。國防部現在就應該編列相關研發預算，俾進一步提升既有及發展新型與改良型的火炮載具。

Conclusion

The devastating effects of tube artillery on the battlefield has served as the deciding factor in countless battles throughout history. All-weather responsiveness, the ability to mass and concentration of fires to shape battles, and the shock effect on targeted troops are all reasons that tube artillery has been the first option for maneuver commanders when a battle hung in the balance or suppression of enemy forces was needed. However, advances in weaponry technology and the advent of numerous other fire support platforms has called into question tube artillery's future viability in the U.S. military. To remain relevant and combat effective on the battlefield, tube artillery must continue to evolve while improving its mobility, responsiveness, accuracy, and range. Regardless, the ultimate test for tube artillery in future conflicts will be whether maneuver commanders have the confidence to call it in as a primary fire support option when troops are in contact and lives are on the line. As the United States faces hard, budget-driven decisions on how to structure the force of the future, the question is not whether the United States military needs the devastating fire support that tube artillery provides, but whether the U.S. can afford to not have this cost effective weapons platform in its inventory.

結語

橫亘歷史，管式火炮在戰場上的摧毀效力，已是無數戰役中的決勝要素。全天候反應能力、大量集火形塑戰場的能力、對射擊目標的震撼效果，這些都是管式火炮成為戰鬥部隊指揮官在戰鬥懸而未決或需要制壓敵軍時的首選理由。然而，隨著武器科技的進展及其他多款火力支援載具的問世，有人質疑未來管式火炮在美軍的有效可用性。為維繫管式火炮在戰

場的適用性及戰鬥成效，必須持續發展提升其機動力、反應力、準確度、射程。無論管式火炮在未來衝突中的最終測試情況如何，以及戰鬥部隊指揮官是否有信心在部隊接戰及生死關頭時，將其視為火力支援首選，在國家囿於預算難以決定如何建構未來部隊之際，問題不在於軍隊是否需要由管式火炮提供的摧毀性火力支援，而是在於國家軍備能否承受沒有此種具有成本效益的武器載具。

註釋

- ¹ Robert Scales, “Russia’ s Superior New Weapons,” Washington Post, August, 5, 2016.
- ² David Ewing Ott, “Vietnam Field Studies, Field Artillery 1954-1973,” (Department of the Army: U.S Government Printing Office, Washington, DC, 1995) , 51.
- ³ Ott, “Vietnam Field Studies,” 55.
- ⁴ Scales, “Russia’ s Superior New Weapons”
- ⁵ Creighton Abrams, “The Gulf War and European Artillery,” 20 January 2015, army history.org.
- ⁶ Dupuyinstitute.org/pdf/m-4mines.gulfwar.pdf
- ⁷ Brock Lennon, “The Five Requirements for Accurate Fire in the 21st Century,” The United States Army Field Artillery Branch’ s Newsletter, 02-14 February 2014, 1, 3-4.
- ⁸ Field Artillery Cannon Gunnery, Field Manual 6-40, Headquarters Department of the Army, 1 December 1978, 1-4.
- ⁹ Richard Johnson “The Biggest Stick: The Employment of Artillery Units in Counterinsurgency,” (Combat Studies Institute Press, 2012) , 144.
- ¹⁰ Johnson, “The Biggest Stick,” 144.
- ¹¹ Ibid, 145.
- ¹² David C. Ralston, Patrecea Slayden Hollis, “Precision Guided Munitions for BCT Commanders,” *Infantry*, March-June 2009, 20.

- ¹³ Ralston and Hollis, “Precision Guided Munitions for BCT Commanders,” 19.
- ¹⁴ Kevin Rogers (Marine Corps Artillery Liaison, Marine Artillery Detachment, Fort Sill, Oklahoma) , interview by author, 20 October 2016.
- ¹⁵ Johnson, “The Biggest Stick,” 148.
- ¹⁶ Ibid., 149.
- ¹⁷ Ibid., 156.
- ¹⁸ Rogers, discussion, 20, October 2016.
- ¹⁹ Steven Kaplachinski “Killing of a King: The Increasing Marginalization of the Field Artillery Branch in Current Counterinsurgency Operations,” U.S. Army Command & Staff College, 2010, 21.
- ²⁰ Kaplachinski, “Killing of a King,” 24.
- ²¹ HQ ISAF Memorandum, “COMISAF/USFOR-A Counterinsurgency (COIN) Training Guidance, 10 November 2009, 2.
- ²² “M270 MLRS Multiple launch rocket system,” Military-Today.com
- ²³ Boyd L. Dastrup, “A History of the Field Artillery School,” (Combat Studies Institute Press, U.S. Army Combined Arms Center, Fort Leavenworth, Kansas. 2011) , 281, 282.
- ²⁴ Dastrup, “A History of the Field Artillery School,” 283.
- ²⁵ “M270 MLRS, multiple launch rocket system,” www.military-today.com.
- ²⁶ “Lockheed Martin (Vought) *MLRS* Rockets (M26/M30/M31) ,” Directory of U.S. Military Rockets and Missiles, Appendix 4, Undesignated Vehicles, MLRS, www.designation-systems.net. ²⁷ Terry L. Burns and Lt. Col Thomas R. Dickinson, “Air War College Research Report: Multiple Launch Rocket System: An Ammunition Resupply Challenge,” 1988, 35.
- ²⁸ Burns and Dickinson, “An Ammunition Resupply Challenge,” 35.
- ²⁹ “CH-47 Chinook,” www.boeing.com.
- ³⁰ “M142 HIMARS,” www.military.com; “M270 MLRS Self-Propelled Loader/Launcher (SPL) ,” www.globalsecurity.org.

- 31 “Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper UAV, United States of America,” www.airforce-technology.com
- 32 “MQ-9 Reaper,” www.military.com.
- 33 Ibid.
- 34 “Predator B Big Wing Flies Over 37 Hours Non-Stop” , General Atomics Aeronautical, 1 June 2016, www.ga-asi.com.
- 35 William Matthews, “Uncertain Future: UAVS will Have to Adapt to the Challenges and Threats of Tomorrow to Remain an Effective ISR, Combat Option,” *Sea Power*, October 2014, Volume 57, Issue 8, 28.
- 36 Matthews, “Uncertain Future,” 28.
- 37 Ibid., 28, 30.
- 38 Joint Publication 3-09.3, *Close Air Support*, xii.
- 39 Rogers discussions, 20 October 2016, 9 January 2017.
- 40 “Paladin M109A7 155mm Artillery System, United States of America,” www.army-technology.com.
- 41 “M119A1 105mm Lightweight Towed Howitzer,” www.fas.org.
- 42 Scott R. Gourley, “PM Towed Artillery Systems: M777A2 Entering Sustainment Phase of Program,” 18 June 2014, www.defensemedianetwork.com.
- 43 “M109A6 Paladin 155 mm self-propelled howitzer,” www.military-today.com.
- 44 “M109A6 Paladin,” www.military-today.com.
- 45 Brock Lennon, “The Five Requirements for Accurate Fire in the 21st Century,” 3-4.
- 46 “M982 Excalibur,” www.deagel.com.
- 47 Scott R. Gourley, “XM1156 Precision Guidance Kit Heads to Afghanistan,” 26 April 2013, www.defensemedianetwork.com
- 48 “U.S. Army and Raytheon Successfully Fired 30 GPS-guided Excalibur Projectiles During Firing Test,” 8 February 2014, www.armyrecognition.com.

- ⁴⁹ Dan Lamothe, “Long Shot: Artillery Battery Sets Lethal Record,” *Marine Corps Times*, 30 June 2012.
- ⁵⁰ Gourley, “XM1156 Precision Guided Kit Heads to Afghanistan,” www.defensemedianetwork.com.
- ⁵¹ “Principles of Fire Support B2CO289XQ Student Handout, “ United States Marine Corps, The Basic School, Marine Corps Training Command, Camp Barrett Virginia, 13.
- ⁵² Andy Oppenheimer, “Artillery Systems – Faster, Stronger, Lighter,” *Military Technology*, July 2013, Volume 37, Issue 7, 12.
- ⁵³ Matthew M. Burke, “Researchers Looking to Extend Howitzer’s Range to More than 40 Miles” , *Stars and Stripes*, 3 May 2016, www.stripes.com.
- ⁵⁴ Rogers, discussion 9 January 2017. Note that this is the cost for one howitzer and M992A3 ammunition carrier which are considered a set.
- ⁵⁵ “MLRS,” www.weaponssystem.net.
- ⁵⁶ “M142 HIMARS,” www.fi-aeroweb.com.
- ⁵⁷ United States Department of Defense Fiscal Year 2015 Budget Request, 1-9.
- ⁵⁸ “Rotary Aircraft,” 2 December 2014, www.globalsecurity.org
- ⁵⁹ United States Department of Defense Fiscal Year 2015 Budget Request.
- ⁶⁰ “Bell AH-1Z Viper,” www.fi-aeroweb.com.
- ⁶¹ “A-10 Thunderbolt II Air Force Fact Sheet,” 22 September 2015, www.af.mil.
- ⁶² Mark Thompson, “Costly Flight Hours,” *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com
- ⁶³ “AC-130U Air Force Fact Sheet,” 20 January 2016, www.af.mil.
- ⁶⁴ Mark Thompson, “Costly Flight Hours,” *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com.
- ⁶⁵ “F/A-18E/F” , www.fi-aeroweb.com.
- ⁶⁶ Brett Odom, “Why Sloppy Accounting Is Destroying the US Fighter Inventory,” 28 August 2016, www.fightersweep.com.

- 67 “F-15 Eagle Fact Sheet,” 14 March 2005, www.af.mil.
- 68 Mark Thompson, “Costly Flight Hours,” *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com.
- 69 “MQ-1B Predator Air Force Fact Sheet,” 23 September 2015, www.af.mil.⁷⁰ Mark Thompson, “Costly Flight Hours,” *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com.
- 71 “MQ-9A Reaper Air Force Fact Sheet, 23 September 2015, www.af.mil,⁷² Mark Thompson, “Costly Flight Hours,” *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com.
- 73 Rogers, discussion, 20 October 2016.
- 74 Sydney J. Freedberg Jr., “Excalibur Goes to Sea: Raytheon Smart Artillery Shoots Back.” 12 January 2016, www.breakingdefense.com.
- 75 Barry Watts, “The Evolution of Precision Strike,” Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2013, 13.
- 76 Barry Watts, “Evolution of the Precision Strike,” 17.
- 77 “Joint Attack Munition GBU-31/32/38,” U.S. Air Force Fact Sheet, 18 June 2003, www.af.mil.
- 78 Rogers, discussion, 20 October 2016.
- 79 Mark Gunzinger and Bryan Clark, “Sustaining America’s Precision Strike Advantage,” Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2015, 8-9.
- 80 Barry Watts, “Evolution of the Precision Strike,” 21.
- 81 Ibid., 21.
- 82 Harvey I. Goldman, “LW155 Howitzer Towed Artillery Digitization” (PDF) . *N DIA Armaments Technology and Firepower Symposium 12 June 2007*. dtic.mil. M109A6 Paladin 155 mm self-propelled howitzer,” www.military-today.com.
- 83 Rogers, discussion, 9 January 2017.
- 84 Rogers, discussion, 20 October 2016.
- 85 Burke, Stars and Stripes.

86 Ibid.

87 Rogers, discussion, 9 January 2017.

88 Rogers, discussion 7 January 2017. Bibliography

參考文獻

“AC-130U Air Force Fact Sheet,” 20 January 2016, www.af.mil.

“A-10 Thunderbolt II Air Force Fact Sheet,” 22 September 2015, www.af.mil.

“Bell AH-1Z Viper,” www.fi-aeroweb.com.

Burke, Matthew M., “Researchers Looking to Extend Howitzer’s Range to More than 40 Miles”, *Stars and Stripes*, 3 May 2016, www.stripes.com

Burns, Terry L., Dickinson, Thomas, R., Air War College Research Report: Multiple Launch Rocket System: An Ammunition Resupply Challenge, 1988.

Dastrup, Boyd, “A History of the Field Artillery School” Boyd L., Combat Studies Institute Press, U.S. Army Combined Arms Center, Fort Leavenworth, Kansas. 2011.

Field Artillery Cannon Gunnery, Field Manual 6-40, Headquarters Department of the Army, 1 December 1978.

“F-15 Eagle Fact Sheet,” 14 March 2005, www.af.mil.

“F/A-18E/F,” www.fi-aeroweb.com.

Freedberg Jr., Sydney J., “Excalibur Goes to Sea: Raytheon Smart Artillery Shoots Back.” 12 January 2016, www.breakingdefense.com.

Goldman, Harvey I., “LW155 Howitzer Towed Artillery Digitization” (PDF). *NDIA Armaments Technology and Firepower Symposium 12 June 2007*, dtic.mil.

Gourley, Scott R., “PM Towed Artillery Systems: M777A2 Entering Sustainment Phase of Program,” 18 June 2014, www.defensemedianetwork.com.

Gourley, Scott, “XM1156 Precision Guidance Kit Heads to Afghanistan,” 26 April 2013, www.defensemedianetwork.com.

Gunzinger, Mark, and Clark, Bryan, “Sustaining America’s Precision Strike Advantage,” Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2015, 9.

HQ ISAF Memorandum, “COMISAF/USFOR-A Counterinsurgency (COIN) Training Guidance, 10 November 2009.

Johnson, Richard, “The Biggest Stick: The Employment of Artillery Units in Counterinsurgency”, Combat Studies Institute Press, 2012.

Kaplachinski, Steven, “Killing of a King: The Increasing Marginalization of the Field Artillery Branch in Current Counterinsurgency Operations,” U.S. Army Comm

and & Staff College, 2010.

Lamothe, Dan, “Long Shot: Artillery Battery Sets Lethal Record.” *Marine Corps Times*, 30 June 2012.

Lennon, Brock, “The Five Requirements for Accurate Fire in the 21st Century,” The United States Army Field Artillery Branch’ s Newsletter, 02-14 February 2014.

Lockheed Martin (Vought) *MLRS* Rockets (M26/M30/M31) , www.designation-systems.net.

Matthews, William, “Uncertain Future: UAVS will Have to Adapt to the Challenges and Threats of Tomorrow to Remain an Effective ISR, Combat Option,” *Sea Power*, October 2014, Volume 57, Issue 8.

“M109A6 Paladin 155 mm self-propelled howitzer,” www.military-today.com.

“M119A1 105mm Lightweight Towed Howitzer,” www.fas.org.

“M142 HIMARS,” www.fi-aeroweb.com

om “M142 HIMARS,” www.military.com,

“M270 MLRS Self-Propelled Loader/Launcher (SPLL) ,” www.globalsecurity.org.

M270 MLRS Multiple launch rocket system, Military-Today.com “MLRS,” www.weaponssystem.net.,

“MQ-9 Reaper,” www.military.com.

“MQ-9A Reaper Air Force Fact Sheet,” 23 September 2015, www.af.mil

“MQ-1B Predator Air Force Fact Sheet” , 23 September 2015, www.af.mil

“M982 Excalibur,” www.deagel.com.

Oppenheimer, Andy, “Artillery Systems – Faster, Stronger, Lighter,” Military Technology, July 2013, Volume 37, Issue 7.

“Paladin M109A7 155mm Artillery System, United States of America,” www.army-technology.com.

“Predator B Big Wing Flies Over 37 Hours Non-Stop,” General Atomics Aeronautical, 1 June 2016, www.ga-asi.com.

“Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper UAV, United States of America,” www.airforce-technology.com.

Odom, Brett, “Why Sloppy Accounting Is Destroying the US Fighter Inventory,” 28 August 2016, www.fightersweep.com

“Principles of Fire Support B2CO289XQ Student Handout, “ United States Marine Corps, The Basic School, Marine Corps Training Command, Camp Barrett Virginia.

Rodgers, Kevin (Marine Corps Artillery Liaison, Marine Artillery Detachment, Fort Sill) interviewed via phone by author, 20 October 2016, 9 January 2017.

Thompson, Mark, "Costly Flight Hours," *Time Magazine*, 2 April 2013, www.nation.time.com.

Tracy Traylor, Master Sergeant, United States Marine Corps (Retired), Former Director of Training and Education, Cannoneer School, Marine Artillery Detachment, Fort Sill, OK., e-mail response to interview questions, 29 September 2016.

United States Department of Defense Fiscal Year 2015 Budget Request, 1-9.

"U.S. Army and Raytheon Successfully Fired 30 GPS-guided Excaliber Projectiles During Firing Test," 8 February 2014, www.armyrecognition.com.

Watts, Barry, "The Evolution of Precision Strike," Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2013.

Biography

Supervisory Special Agent Michael Craig Harris entered the Federal Bureau of Investigation (FBI) in 1996. After graduation from the FBI Academy, Special Agent (SA) Harris was assigned to the FBI Houston Division where he investigated White Collar Crime matters. In 1999, SA Harris was transferred to the Los Angeles Division and was assigned to the Southern California Drug Task Force where he conducted drug trafficking and criminal enterprise investigations. While assigned to the Los Angeles Division, SA Harris participated in two Temporary Duty Assignments (TDY) to Iraq and one TDY to Joint Task Force Guantanamo Bay. In 2009 SA Harris was promoted to Supervisory Special Agent (SSA) and was transferred to FBIHQ to work as a Program Manager in the Criminal Investigation Division, Drug Unit. In 2012, SSA Harris was promoted and detailed to the Department of Justice's Organized Crime Drug Enforcement Task Force Executive Office where he served as an Associate Director in charge of the Consolidated Priority Organization Target Program. In December 2013, SSA Harris reported to the Legal Attaché Office at the U.S. Embassy in Kabul, Afghanistan where he served as an Assistant Legal Attaché in charge of the General Investigations Program. In January 2015, SSA Harris was assigned to the International Operations Division, Middle East Unit at FBIHQ. Prior to joining the FBI, SSA Harris served as an Artillery Officer in the United States Marine Corps. SSA Harris is currently a student at the Air War College at Maxwell Air Force Base, Alabama.

作者簡介

哈里士（Michael Craig Harris）現任美國聯邦調查局（Federal Bureau of Investigation, FBI）特種諜報員主管，1996 年進入該局服務。從聯邦調查局學院（FBI Academy）畢業後，派至該局休士頓（Houston）處，曾調查白領犯罪（White Collar Crime）案。1999 年調到洛杉磯（Los Angeles）處的南加州緝毒隊（Southern California Drug Task Force）執行毒品走私及犯罪企業調查，並曾參加兩次到伊拉克的臨時任務派遣（Temporary Duty Assignments, TDY）及一次到關達那摩灣（Guantanamo Bay）聯合特遣部隊的臨時任務派遣。2009 年，擢升為特種諜報員主管並調至聯邦調查局總部毒品犯罪調查處專案經理。2012 年，晉升並奉派至司法部組織犯罪緝毒任務組執法辦公室（Organized Crime Drug Enforcement Task Force Executive Office）擔任副主任，負責綜合優先級組織目標計畫（Consolidated Priority Organization Target Program）。2013 年 12 月，外派至阿富汗喀布爾（Kabul）美國大使館司法駐外辦公處擔任助理司法代表，負責所有調查計畫。2015 年 1 月，調至聯邦調查局總部位於中東的國際作業處。

他在加入聯邦調查局前是美軍陸戰隊的砲兵軍官，作者曾就讀於美國阿拉巴馬州麥斯威爾（Maxwell）空軍基地的空軍戰院，本文是作者就讀美空軍戰院的畢業論文，指導教授強生（Kenneth Johnson）博士，出版日期 2017 年 4 月 6 日。

譯者簡介

王文勇退役上校，空軍官校 77 年班、美國企管碩士 92 年班，歷任分隊長、駐新加坡聯絡官、駐美聯絡官、研發計畫參謀官、外事聯絡官、特等編譯官、副處長等職務。

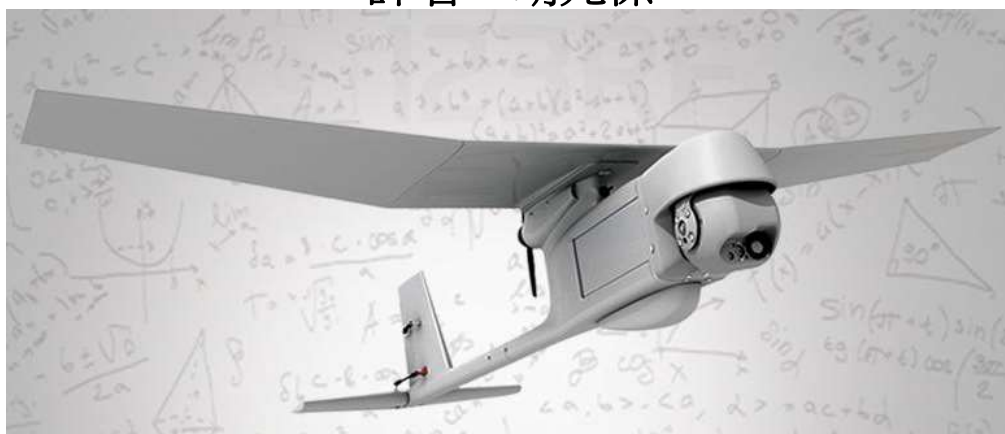
無人機機群即時任務賦予及變更

Real-Time Tasking and Retasking of Multiple Coordinated UAVs

取材：美國《防衛系統資訊分析中心期刊》2016年秋季號第3卷第4冊（DSIAC Journal • Volume 3 • Number 4 • Fall 2016）

作者：Marjorie Darrah, Eric Sorton, Mitch Wathen, Marcela Mera Trujillo

譯者：胡元傑



圖片說明：美國 RQ-11B 大鴉無人機（UAS: RQ-11B Raven® Courtesy AeroVironment）

INTRODUCTION

Both military missions and civilian applications have led to numerous investigations into using teams of collaborating unmanned aerial vehicles (UAVs) to accomplish a complex mission with strongly coupled tasks¹⁻²⁶. Given a team goal, these vehicles coordinate their activities to most efficiently and effectively accomplish an autonomous mission. For years, teams of UAVs have been proposed for various military applications, such as serving as wide area search munitions⁴; suppressing enemy air defense systems⁸⁻¹⁰; and conducting intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR)¹⁵⁻¹⁸. Researchers have also been suggesting UAV teams for civilian applications, such as tracking the shape of a contaminant cloud (e.g., to identify radioactive material release into the atmosphere)²², monitoring biological threats to agriculture²³, conducting disaster management and civil security²⁴, and conducting traffic surveillance for sparse road networks²⁵.

前言

以無人機群應用在複雜任務的執行上，無論軍方或是民間都有為數眾多的討論¹⁻²⁶。當賦予機群任務目標，經協調後各機採取最有效率的方式自主式分別執行。無人機在軍事上應用廣泛，例如大範圍偵蒐型彈藥⁴、制壓敵防空系統⁸⁻¹⁰，

及情監偵任務（ISR）¹⁵⁻¹⁸等。民間應用則包括，污染雲追蹤（如大氣中放射性物質鑑識）²²、農業生物威脅監測²³、災害管理與民事安全²⁴，及對偏遠道路網之交通監控²⁵等。

Most current ground stations allow for the upload of waypoints, and by using autonomous controllers on the UAVs, these vehicles can fly a predetermined path without the intervention of a pilot. In most cases, ground stations can determine the correct smooth flight path between the waypoints based on the aircraft's specifications. Thus, no additional flight planning is needed, only the ability to provide the ground station with waypoints.

目前大多數地面站可以將轉航點上傳至無人機，無需飛行員的介入無人機就可以其自主控制器按預定路徑飛行。在大多數情況下，地面站可根據飛機的性能決定各轉航點之間正確的平滑航線。因此，只需輸入轉航點即可，並不需要額外的飛行計劃。

Reduced reliance on human operators is the goal of autonomy. However, an alternative/complementary goal of autonomy is to allow the human operator to “work the mission” rather than “work the system”²⁷. This statement means that autonomy must support, not take over the decision-making. The Intelligent Tasker software was developed to work alongside a ground station to assist an operator in planning a complex mission using multiple vehicles. The user interface and back-end Genetic Algorithm Optimizer make planning and executing an optimized complex coordinated mission straightforward and uncomplicated for the user. The user designs the mission, and the software determines an optimized way to task the assets and provide the ground station with the waypoints needed to direct the UAVs to accomplish the mission. The software allows for the original tasking of multiple assets and then the retasking of assets in real-time if “pop-up” points of interest arise or an asset is lost. This work has been applied to small fixed-wing UAVs but can easily be applied to other types of aerial, terrestrial, or even marine vehicles, as well as heterogeneous teams¹⁸.

減少對操控人員的依賴是自主的目的，而另一層目的則是讓操控人員「執行任務」而不需要「操作系統」²⁷。此一表述意味著自主必須支持，而不是接管決策。智慧型任務軟體(Intelligent Tasker software)的開發是為了配合地面站，協助操控人員遂行多機、複雜任務之規劃。用戶介面與後端之「遺傳運算優化器」讓用戶在執行複雜任務時既有效率又簡單易行。用戶負責設計任務，軟體負責將任務資產管理最優化，並各機機完成任務所需的轉航點提供給地面站。該軟體可以進行多機分工，同時當瞬間目標出現或原訂目標消失，可以重新賦予新

任務。此一方式方已經適用於小型固定翼無人機，但可以很容易地運用於其他類型的空、天、陸、海上各種載具以及複合載具群¹⁸。

MISSION SCENARIO

The mission example considered here is ISR. Conceivably, this mission could be to provide intelligence for securing the surroundings of an Army base or other specific area. This type of mission is also relevant for many civilian applications in which places or points of interest need to be monitored, such as for border patrol or forest fire detection. In this example, a three- plane scenario was chosen since the small AeroVironment Raven RQ-11 UAV (pictured in Figure 1) is currently deployed in sets of three²⁸. The Raven is used by the U.S. Army, Air Force, Marine Corps, and Special Operations Command. Additionally, foreign customers include; Australia, Estonia, Italy, Denmark, Spain, and the Czech Republic. To date, more than 19,000 airframes have been delivered to customers worldwide, making the Raven one of the most widely adopted UAV systems in the world. Even though Ravens are widely fielded in sets of three, there do not seem to be any examples in open literature specifically discussing the teaming of Ravens to complete a mission. The ideas in this article extend the usefulness of having three assets teamed to do a coordinated mission without the necessity for adding additional trained personnel.

任務想定

本想定以情監偵(ISR)為主。ISR 相關任務，包括提供陸軍基地或其他特定區域的維安情報，及邊境巡邏或森林火災偵測等民間用途。之所以採取以三機併用，是因為目前三軍及特戰部隊所使用 AeroVironment 公司生產的 RQ-11 渡鴨式無人機即採三機編制。外國部隊如澳洲、愛沙尼亞、意大利、丹麥、西班牙和捷克亦都採購本裝備，迄今已有 19,000 多架交付全球客戶，是全球採用最廣的無人機系統之一。雖然基本上均採三機編制，但在公開文獻中似乎尚無整個機隊同時執行任務的討論。本研究的想法在於如何在不必增加員額狀況下，三機同時執行任務之協調作業。

In this mission scenario, three planes are launched within minutes of each other (as pictured in Figure 2), to return within minutes of each other. The scenario does not require the fastest time to complete the mission but rather requires that the planes observe the area as long as needed to complete the mission and spend the maximum time over the area of interest (while not exceeding the battery life). In the scenario constructed for this exercise, it was assumed that there is a set of points of interest (POIs), $\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$, chosen from a map of the area of interest. These POIs would have priorities, $\{\text{low, medium,}$

high}, assigned to them based on the threat that they may impose or the importance of the site. The priority level dictates how many times during the mission the site will be visited. Also, loiter times are chosen for the POIs that dictate the length of time the UAV should circle, observing the site during each visit.

本想定以三架飛機分別間隔數分鐘投放（見圖二），返航時亦間隔數分鐘落地。想定要求不求快，但要以最長時間監控重要區域（在電池蓄電量所能維持之最長滯空時間）。該想定設定數個偵查要點（POI） $\{p_1、p_2、p_3、...、p_n\}$ ，各點依其威脅性及重要性區分優先等級{低、中、高}。優先等級決定偵查的次數，以及在該區域盤旋的時長。



Figure 1: Raven RQ-11 Field Set.

圖一 RQ-11 渡鴨式無人機成套野戰裝備



Figure 2: Soldier Launching Raven UAV.

圖二 渡鴨式無人機投放

THE USER INTERFACE

The graphical user interface (GUI) allows a user to easily plan and execute a complex coordinated mission with three UAVs and up to 10 POIs. To begin, an operator chooses a set of POIs and a launch point. The user selects an area of interest from Bing Hybrid Map Provider and indicates how many points of interest in the area are to be visited. Clicking on the map then populates the latitude and longitude of the points and allows the user to specify priority level and loiter time for each (as pictured in Figure3). From the launch point, the maximum distance a UAV can fly and return within its safe battery life is calculated. Points outside an acceptable range will not be allowed to remain in the list because doing so would result in a mission failure. Points close together (able to be observed at the same time) are clustered for efficiency.

用戶介面

圖形用戶介面（graphical user interface, GUI）可以讓用戶同時操作三架無人機，計畫並執行複雜任務，轉航點最多設定 10 個。首先，操控員選擇一組 POI 及發射位置。先從「Bing 混合地圖產生器」(Bing Hybrid Map Provider)選擇若干重要偵測區，在地圖上點擊即出現該點的經緯度，並設定各點的優先等級和盤旋時間（見圖三）。計算從發射點無人機在其電池蓄電量範圍內可以安全返航的最大距離，若超過該距離之點即被剔除。相近各要點(如可同時實施偵查之不同點)加以串接，有利於提高偵查效率。

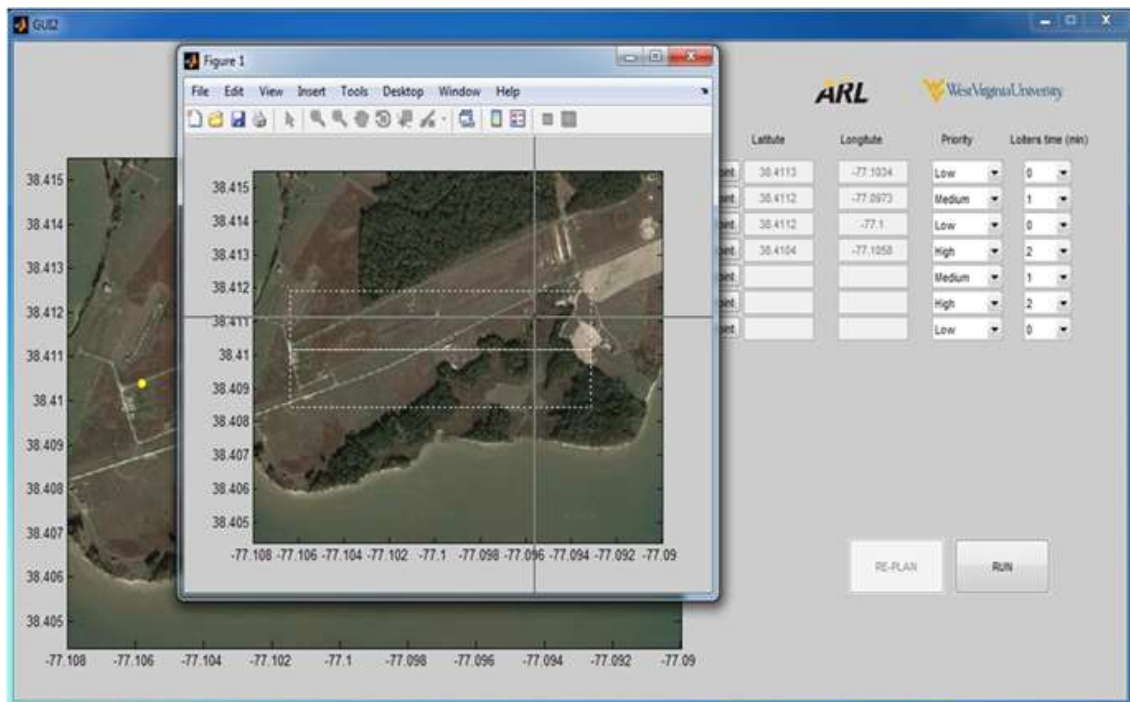


Figure 3: User Interface for Intelligent Tasker Software.

圖三 智慧型任務軟體之用戶介面

SYSTEM DESIGN

The Intelligent Tasker is designed to work with various ground stations that have autopilot capabilities (e.g., Ardupilot, APM Mission Planner, Corvid) (see Figure 4). The idea is to allow the ground station software to manage multiple autonomous vehicles to complete a coordinated operation. As illustrated in Figure 4, the operator communicates to the Intelligent Tasker to define the mission and runs the simulation to ensure the routes are acceptable. Once the operator determines that the suggested coordinated solution is acceptable, then the plan is made available to the ground station. In the event that retasking is necessary, the ground station will relay information back to the Intelligent Tasker. This information will contain the UAV's current position, the points of interest that have been visited, and each vehicle's remaining battery life.

系統設計

智慧型任務電腦可以用於所有具有自動駕駛功能的地面站（例如 Ardupilot，APM Mission Planner，Corvid）（見圖四）。運用該軟體可以讓地面站同時管理多架自主式無人機。如圖四所示，操控員與智慧型任務電腦鏈接，確定任務後加以模擬，確認飛行路線可行。當操控員確定方案可行，就將計劃傳送地面站。若需要變更任務，地面站可回傳智慧型任務電腦。內容包含無人機的當前位置，已偵查之要點以及各機之電池電量。

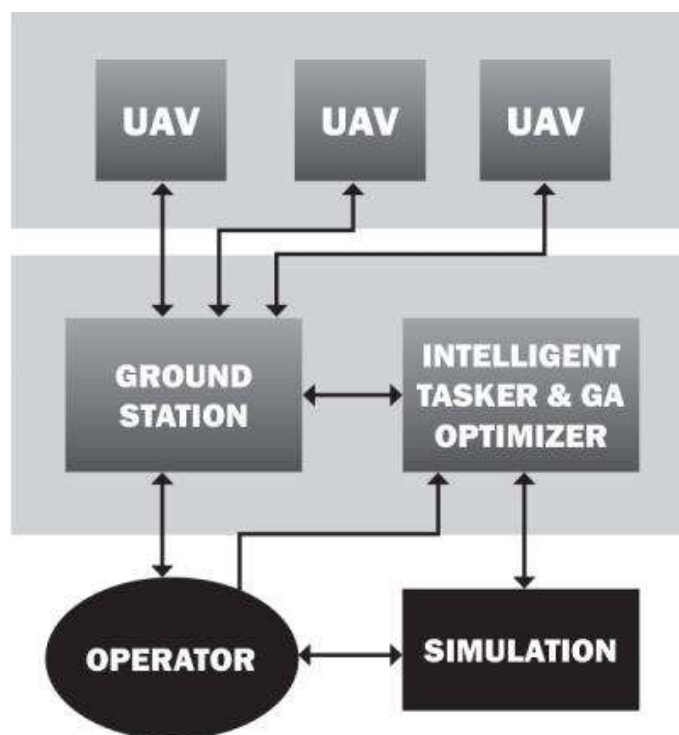


Figure 4: Intelligent Tasker as Part of the UAV System.

圖四 無人機系統之智慧型電腦

Ground stations may have multiple channels to communicate with multiple vehicles. In this case, the ground station will be given an ordered list of coordinates to visit for each of the UAVs. For a ground station with multiple channels, it is possible for one pilot to handle all UAVs during the mission, as demonstrated in Darrah et al. [17]. If the ground station only has one channel to communicate with a UAV, then multiple instances of the ground station may need to be running, one for each vehicle, and the Intelligent Tasker will provide the ordered list of points to visit to the appropriate instances of the ground station.

地面站可以數個不同波道分別與數架無人機通連。在本想定中，地面站有一個協調順序。由於地面站有數個波道，故一位飛行操控員可以在任務期間同時操控數架無人機，正如在 Darrah(編輯論文集)所採用的狀況。¹⁷ 若地面站只有單一個波道，則需要數個地面站各自操控一架無人機，透過智慧型任務電腦提供偵查各點之序列。

The UAVs as part of this system only communicate with the ground station. The UAVs are launched and put in a holding pattern over the launch site until the coordinated tasking received from the Intelligent Tasker is uploaded from the ground station to each UAV. To ensure vehicles do not collide, the planes are flown with a vertical separation. When retasking takes place for the purpose of either adding an additional point of interest or continuing the mission after one asset has been lost, the UAVs are given the command to again enter the holding pattern where they are located, send their position to the ground station, communicate battery life remaining, and indicate waypoints they have left to visit. The new plan will take into account all taskings that still need to be completed, as well as the new positions of the vehicles.

無人機屬於整個系統的一部分，僅與地面站通連。無人機投放後進入待命狀態，等候地面站智慧型任務電腦上傳各機任務。為了確保無人機不發生碰撞，各機以高度區隔飛行。當增加偵查點或目標消失而重新賦予任務時，無人機飛回指定位置先進入待命狀態，剩餘電量及尚未完成之轉航點傳送給地面站，新的任務計畫必須考量尚未完成之任務及無人機的最新位置。

GENETIC ALGORITHM OPTIMIZER

A genetic algorithm (GA) is a search algorithm based on the mechanics of natural selection and natural genetics²⁹. In our software, the GA Optimizer is used to look for the optimal task assignment of UAVs during the mission. The GA Optimizer employs the usual components of a GA, such as a fitness function developed for a particular scenario, chromosomes that represent the solutions to the problem, crossover that is used to develop

new solutions from existing solutions, mutation to ensure that the GA does not get stuck in a local optimum, and elitism to ensure the solution never degrades. These components work together to quickly provide an optimized solution in the form of a task list for each UAV. Other methods have been employed for the tasking problem⁵⁻⁹; however, the GA has proven to be the most versatile and scalable type of solution. A fitness function can be developed for individual mission scenario, and the solution space for each individual type of problem can be encoded as a set of chromosomes. For complete details on how the GA works, as well as various examples, see Darrah et al.^{16, 17} and Eun and Bang¹⁸.

遺傳運算優化器

遺傳運算法（GA）是一種以自然天擇和遺傳學為機制的搜尋運算法²⁹。我們的遺傳式運算優化器的軟體中，主在尋找無人機的最佳任務分配。遺傳運算法優化器是遺傳運算的基本組件，當針對某一特定想定擬定最優解決方案時，是以所有可能方案作為染色體，經由染色體互換過程產生新方案，突變確保遺傳運算法不會受到局部優化而產生進化阻礙，精英主義可確保解決方案永不退化。在各部門合作下，迅速根據最優方案列出各機的任務。任務分配有很多方式[5-9]，但遺傳運算已證明最通用，且具擴充性的方法，可以針對個別任務想定開發出適應度功能。各類型問題的解決空間被編碼成為一組染色體。有關遺傳運算的完整細節以及各種範例，請參考 Darrah et al.^{16,17} 和 Eun 和 Bang¹⁸。

FLIGHT TESTING

Testing of this technology was performed at the U.S. Army Research Laboratory (ARL) Blossom Point Research Facility, near La Plata, MD. This 1,600-acre site offers a UAV test area that is 2 miles long by ½ mile wide. The facility is classified as a range and as such is closed to the public. The location also maintains a runway and a command-and-control area, which facilitates take-off and landing as well as UAV observation during the experiments.

飛行測試

技術測試在位於馬里蘭州 Blossom Point 附近的美國陸軍研究實驗室（ARL）實施。該場地占地 1600 英畝，其中 2 英里長，半英里寬的區域劃為無人機測試區，設有跑道和指揮管制區，便於實驗期間無人機起降與觀測。列為機密區域，不對大眾公開。

During the flight demonstration phase, the three planes were launched one at a time using manual control to take them to desired altitude and then switched to autonomous mode, where they began to circle at their home loiter position. The team could not acquire a set of Raven RQ-11 UAVs (which cost approximately \$300,000) for testing, so planes of

similar size, shape, and payload capability as the Raven were used. Three PROJET RQ-11 model airframes (pictured in Figure 5) were outfitted with the necessary radios, sensors, and control computers to fly autonomously. For command-and-control functions, a FreeWave MM2 900-MHz was installed in each aircraft as well as the ground control station (GCS). Video was captured from each plane by a HackHD camera mounted inside the fuselage with the lens flush with the airframe. Video was transmitted in real-time to the ground using a Stinger Pro 5.8-GHz transmitter. The video was received on the ground via a YellowJacket Pro 5.8-GHz receiver integrated with the GCS. Each aircraft also had a MediaTek GPS module integrated for position sensing.

在示範飛行階段，三架無人機分別手動投放，到達所需的高度後，切換為自主模式，在上空盤旋待命。展示團隊無法採購渡鴨無人機(Raven RQ-11)作為測試之用（一套約 300,000 美元），因此採用三架與渡鴨無人機尺寸、形狀和有效載荷能力相似的 PROJET RQ-11 模型機。（見圖五）各機均配備必要之無線電、偵感器和可以自主飛行的操控電腦。每架無人機和地面控制站(GCS)以 FreeWave MM2 900 MHz 執行操控指令。裝置在機身內 HackHD 錄影機之鏡頭擷取視訊。即時視訊以 Stinger Pro 5.8-GHz 發射器傳輸至地面。地面站以 YellowJacket Pro 5.8-GHz 接收器接收並整合視訊。每架無人機均裝置 MediaTek GPS 模組感應位置訊號。



Figure 5: Model Planes Used as Surrogate for Raven RQ-11.

圖五 替代渡鴨無人機之模型飛機

The GCS employed for testing demonstrated consisted of a Futaba 9C remote controller and a Linux-based laptop. The Futaba was used by the pilot to directly command the UAVs during takeoff, landing, and any contingency operations. Additionally, it acted as the main communication node between the planes and the ground,

except for video. The Linux-based laptop was used for telemetry monitoring, situational awareness, and mission status observation. The Linux laptop communicated with the GA laptop used to calculate new mission plans. Once the mission plan was determined by the Intelligent Tasker, this plan was transmitted via Ethernet from the GA-based system laptop to the Linux-based laptop for review, and then transmitted via WiFi to the Futaba 9C communications package for final transmittal to the in-flight UAV team.

測試地面站裝置 Futaba 9C 遙控器及 Linux 膝上型電腦。起飛、著陸與發生應急狀況時，操控員使用 Futaba 直接操控無人機。除視訊外，該遙控器也是陸空之間的主要通信節點。Linux 膝上型電腦用於遙測、姿態感知和任務狀態觀察。與 Linux 與 GA 膝上型電腦互聯後用於計算新的任務計劃。一旦智慧型任務電腦完成任務規劃後，通過乙太網經由 GA 膝上型電腦傳輸到 Linux 膝上型電腦檢查，再經由 WiFi 將封包傳輸到 Futaba 9C，最終傳輸給無人機隊。

As the three planes were being launched, one of the Army personnel assembled to observe the demonstration was chosen to enter a set of POIs and associated priorities into the Intelligent Tasker, and an optimized coordinated mission was devised and communicated to the ground station. Once all three planes were in autonomous mode circling at the home loiter position, they were given their mission assignments from the ground station. At this point, the UAVs all flew off in autonomous mode in different directions to complete their part of the mission. After completion of their task list (visiting specific POIs in a specified order), they returned to the home loiter position to await further tasking or to be taken over and manually landed. The flights were observed on monitors that were used to track the movements of the UAVs and also view the video feeds that were being sent back from the UAVs' onboard cameras. This monitoring verified that the UAVs found the designated POIs.

三架無人機投放時，選派了一名陸軍人員在智慧型任務電腦輸入一組 POI，及優先順序，經優化協調後的任務傳輸給地面站。無人機升空，進入自主模式並在地面站附近盤旋後，即可從地面站接收任務。此時，無人機全部以自主模式飛向不同方向完成賦予之任務。完成任務清單後（以特定的順序偵查特定的 POI），即自行返航至原盤旋位置，等待次一任務賦予或被接管，或以手控方式降落。在飛行及視訊傳輸監控過程中，證實無人機都找到了指定的偵查點。

CONCLUSIONS

Many complex military and civilian applications necessitate the use of teams of unmanned assets to accomplish diverse tasks. The goal for using a team of assets should be to allow the human operator to “work the mission” and not have to be concerned

about the details of how to choose an optimal way to accomplish all the tasks. This means that intelligent algorithms and autonomy must support, not take over the decision-making. The Intelligent Tasker user interface makes it easy for a single operator or small group of operators to plan and execute a sophisticated mission with little effort. The GA Optimizer finds an optimal way to assign tasks to assets. The Intelligent Tasker is an add-on, not a replacement, to existing systems that uses existing autonomous controllers and ground stations to allow a complex mission to be carried out by one operator or a few operators in a supervisory capacity. This technology can provide a new way to maximize the use of UAVs in the field and is flexible enough to be applied to many diverse mission scenarios and types of assets (ground, aerial, terrestrial, or even marine vehicles, as well as heterogeneous teams). It can also reduce the number of required trained personnel, thus saving time, money, and possibly lives.

結語

無論軍、民用途，都有採用多機機隊執行各種任務的需要。採用多機機隊執行任務，可以讓操控人員專注於任務之執行，而不必分心思考如何以最佳方式來完成所有任務的細節。如此意味著智慧型運算及自主功能足以支持，卻非取代決策。智慧型任務電腦用戶界面使各別操控員或小型操作組能輕鬆計劃並執行複雜任務。遺傳運算優化器找出無人機任務分配的最佳方式。智慧型任務電腦是額外增加，而非取代現有地面站及操控器之自主系統，讓單一操控員或操控組有監控及執行複雜任務的能力。這項技術提供無人機的另一種運用方式，可應用於許多不同的任務想定與資產類型（地面，空中，陸地，甚至海上載具以及複合載具群），具有充分的靈活度，又不必增加員額，固可節省時間、金錢，甚至人員可能的傷亡。

This work has been supported by the U.S. Army Research Laboratory under Cooperative Agreement no. W911NF-10-2-0110.

致謝：陸軍研究實驗室依據第 W911NF-10-2-0110 號合作合約下支援本研究。

參考資料：

1. Richards, A., J. Bellingham, M. Tiller, and J. P. How. “Coordination and Control of Multiple UAVs.無人機對之多機協調與操控” *Proceedings of AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, Washington, DC, 2002.
2. Chandler, P. R., M. Pachter, S. J. Rasmussen, and C. Schumacher. “Multiple Task Assignment for a UAV Team.無人機隊之多重任務賦予” *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, AIAA 2002-4587, Monterey, CA, 2002.

3. Flint, M., M. Polycarpou, and E. Fernandez-Gaucherand. “Cooperative Path Planning for Autonomous Vehicles Using Dynamic Programming.以動態程式規劃自主載具飛行路徑” *Proceedings of the 15th Triennial IFAC World Congress*, Barcelona, Spain, pp. 481 – 487, 2002.
4. Schumacher, C., P. Chandler, and S. Rasmussen. “Task Allocation for Wide Area Search Munitions with Variable Path Lengths.以可變路徑廣域搜索彈藥之任務分配” *Proceedings of the American Control Conference*, Denver, CO, June 2003.
5. Schumacher, C. J., P. R. Chandler, M. Pachter, and L. Pachter. “Constrained Optimization for UAV Task Assignments.無人機任務賦予優化之限制” *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, Washington, DC, 2004.
6. Shima, T. S., S. J. Rasmussen, and A. G. Sparks. “UAV Cooperative Control Multiple Task Assignments Using Genetic Algorithms.遺傳運算無人機隊多重任務賦予” *Proceedings of the American Control Conference*, Portland, OR, 2005.
7. Shima, T. S., and C. J. Schumacher. “Assignment of Cooperating UAVs to Simultaneous Tasks Using Genetic Algorithms.遺傳運算無人機隊同時任務賦予” *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, San Francisco, CA, 2005.
8. Darrah, M. A., W. Niland, and B. Stolarik. “Multiple UAV Dynamic Task Allocation Using Mixed Integer Linear Programming in a SEAD Mission.以混合線性程式進行機隊多任務分配” *Proceedings of AIAA Infotech@Aerospace Conference*, Alexandria, VA, 2005.
9. Darrah, M., W. Niland, and B. Stolarik. “Multiple UAV Task Allocation for an Electronic Warfare Mission Comparing Genetic Algorithms and Simulated Annealing.採取遺傳運算與模擬退火運算實施無人機隊電子戰分工之比較” DTIC Online Information for the Defense Community, ADA462016, 2006.
10. Darrah, M., W. Niland, B. Stolarik and L. Walp. “UAV Cooperative Task Assignments for a SEAD Mission Using Genetic Algorithms.以遺傳運算實施無人機隊制壓敵防空之任務分配” *Proceedings of Guidance, Navigation and Control Conference*, Keystone, CO, August 2006.
11. Darrah, M., and W. Niland. “Increasing UAV Task Assignment Performance Through Parallelized Genetic Algorithms.以平行遺傳運算提升無人機隊任務分配功能” *Proceedings of Infotech@Aerospace Conference*, Rohnert Park, CA, 2007.

12. Shima, T., S. J. Rasmussen, A. G. Sparks, and K. M. Passino. "Multiple Task Assignments for Cooperating Uninhabited Aerial Vehicles Using Genetic Algorithms. 無人機隊多任務賦予之遺傳運算" *Computers & Operations Research*, vol. 33, pp. 3252 – 3269, 2006.
13. Beard, R. W., T. W. McLain, D. B. Nelson, D. Kingston, and D. Johanson. "Decentralized Cooperative Aerial Surveillance Using Fixed-Wing Miniature UAVs. 定翼無人機分權式空中監視" *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, issue 7, 2006.
14. Matlock, A., R. Holsapple, C. Schumacher, J. Hansen, and A. Girard. "Cooperative Defensive Surveillance Using Unmanned Aerial Vehicles. 無人機隊之空中防衛監視" *Proceedings of the American Control Conference*, St. Louis, MO, 2009.
15. Darrah, M., E. Fuller, T. Munasinghe, K. Duling, M. Gautam, and M. Wathen. "Using Genetic Algorithms for Tasking Teams of Raven UAVs. 以遺傳運算進行渡鴨無人機隊之任務分工" *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 70, issue 1, pp. 361 – 371, 2013.
16. Darrah, M., J. Wilhelm, T. Munasinghe, K. Duling, E. Sorton, S. Yokum, M. Wathen, and J. Rojas. "A Flexible Genetic Algorithm System for Multi UAV Surveillance: Algorithm and Flight Testing. 無人機隊運用彈性遺傳運算實施監視任務之運算與飛試" *Unmanned Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 1 – 14, 2015.
17. Darrah, M., L. Pullum, S. Beck Roth, B. Gilkerson, and E. Taipale. "Using Genetic Algorithms for Robust Tasking of Multiple UAVs with Diverse Sensors. 運用遺傳運算進行無人機隊個真敢器使用分工" *Proceedings of AIAA Infotech@Aerospace Conference*, Seattle, WA, April 2009.
18. Eun, Y., and H. Bang. "Cooperative Task Assignment/Path Planning of Multiple Unmanned Aerial Vehicles Using Genetic Algorithms. 運用遺傳運算無人機隊多重任務即飛行路線規劃" *Journal of Aircraft*, vol. 46, no. 1, pp. 338 – 343, 2009.
19. Karaman, S., T. Shima and E. Frazzoli. "Task Assignment for Complex UAV Operations Using Genetic Algorithms. 運用遺傳運算作無人機多重任務賦予" *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference*, Chicago, IL, 2009.
20. Zuo, Y., Z. Peng and X. Liu. "Task Allocation of Multiple UAVs and Targets Using Improved Genetic Algorithm. 以改良式遺傳運算進行無人機隊多目標分工" *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Control and Information Processing*, pp. 1030 – 1034, 2011.

21. Edison, E., and T. Shima. “Integrated Task Assignment and Path Optimization for Cooperating Uninhabited Aerial Vehicles Using Genetic Algorithms.無人機隊任務分工及飛行路線優化之遺傳運算” *Computers & Operations Research*, vol. 3, no. 8, pp. 340 – 356, 2011.
22. Sinha, A., A. Tsourdou, and B. White. “Multi UAV Coordination for Tracking the Dispersion of a Contaminant Cloud in an Urban Region.無人機隊之城鎮污染雲擴散追蹤” *European Journal of Control*, vol. 15, issues 3 – 4, pp. pp. 441 – 448, 2009.
23. Techy, L., C. A. Woolsey, and D. G. Schmale III. “Path Planning for Efficient UAV Coordination in Aerobiological Sampling Missions.無人機隊實施生化樣品蒐集之飛行路線規劃” *Proceedings of the 47th IEEE Conference on Decision and Control*, Cancun, Mexico, December, 2008.
24. Maza, I., F. Caballero, J. Capitan, J. R. Martinez-de-Dios, and A. Ollero. “Experimental Results in Multi-UAV Coordination for Disaster Management and Civilian Security Applications.無人機隊實施災害管理與民視安全運用實驗結果” *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 61, issue 1, pp. 563 – 585, 2011.
25. Liu, X. F., Y. Q. Song, Z. W. Guang, and L. M. Gao. “A UAV Allocation Method for Traffic Surveillance in Sparse Road Network.無人機隊偏鄉道路網交統監控” *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, vol. 7, issue 2, pp. 81 – 87, 2013.
26. Girard, A. R., A. S. Howell, and J. K. Hedrick. “Border Patrol and Surveillance Missions Using Multiple Unmanned Air Vehicles.無人機隊之邊境巡邏與監控” *Proceedings of the 43rd IEEE Conference on Decision and Control*, Paradise Island, Bahamas, 2004.
27. U.S. Department of Defense. “Unmanned Systems Integrated Roadmap 2011 – 2036. 無人機系統整合路徑圖 ” Reference Number 11-S-3613, <http://www.acq.osd.mil/sts/docs/Unmanned%20Systems%20Integrated%20Roadma...>, accessed August 2016.
28. Airforce-technology.com. “RQ-11B Raven Unmanned Air Vehicle (UAV), United States of America.” <http://www.airforce-technology.com/projects/rq11braven/>, accessed August 2016.
29. Goldberg, D. E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.

本文專有名辭翻譯對照表

ground stations 地面站

autonomous controllers 自主控制器

Intelligent Tasker software 智慧型任務軟體

user interface 用戶介面

Genetic Algorithm Optimizer 遺傳運算優化器

heterogeneous teams 複合載具群

points of interest (POI) 偵察要點

graphical user interface,(GUI) 圖形用戶介面

Bing Hybrid Map Provider Bing 混合地圖產生器

作者簡介

Marjorie Darrah, Eric Sorton, Mitch Wathen, Marcela Mera Trujillo 等 4 位學者專家資料，請參照 www.dsiac.org 網站簡介。

譯者簡介

胡元傑退役少將，陸軍官校 41 期、陸院 74 年班、南非陸院 1986 年班、戰院 84 年班、中山大學大陸研究所 100 年班，歷任連長、營長、師砲兵及軍團砲兵指揮官、聯參執行官、駐馬來西亞小組長、陸軍砲兵訓練指揮部副指揮官、國立中興大學總教官。



砲兵小故事：M114 式 155 公厘牽引榴彈砲



美造M114系列牽引式155公厘榴彈砲為美國岩島兵工廠於1939年研製，1942年正式服役，曾在第二次世界大戰、韓戰、越戰中使用，經持續改良共發展出原型、A1、A2等型式，廣為各國使用。國軍砲兵於1952年以後循美援管道獲得本型火炮，曾參加八二三戰役，來臺後編制於各師及軍團砲指部砲兵營。我國砲兵目前使用M114及M114A1等兩型，其外觀大致相同，砲管同為25倍徑，僅在射擊千斤頂有所不同。（照片及參考來源：M114A1牽引式155公厘榴彈砲操作手冊－民國90年版、砲訓部檔案照片）



陸軍砲兵訓練指揮部

陸軍《砲兵季刊》徵稿簡則

一、《砲兵季刊》辦刊宗旨在於交流野戰砲兵及防空砲兵戰術戰法、教育訓練、科技新知等學術論著，藉以培養砲兵學術研究風氣，歡迎各界賜稿及提供消息。

二、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，通過審查才予刊登。



三、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、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、投稿本刊者，作者擁有著作人格權，本刊擁有著作財產權，凡任何人任何目的之轉載須事先徵得本刊同意。

七、本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿上註明，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、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、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、政府對「我國國號及對中國大陸稱呼」相關規定：

（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/](http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/砲兵軍事準則資料庫/WebSite1/counter.aspx)
[WebSite1/counter.aspx](http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/砲兵軍事準則資料庫/WebSite1/counter.aspx)

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」或「army099023620@army.mil.tw」。

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

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 18、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