

陸
軍

砲

兵

季

刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY



新式火炮對射擊指揮之影響 火炮環型陣地運用之研析 淺談反無人飛行器系統發展



陸軍砲兵季刊

目 錄

▲野戰砲兵技術研究

01 新式火炮對射擊指揮之影響 - 以 M109A6 自走砲為例

李尚儒

12 火炮環型陣地運用之研析

朱慶貴

26 研製砲兵夜間測地輔助器材提升夜間測 地效能

黃盈智

▲野戰防空砲兵技術研究

76 淺談反無人飛行器系統 (C-UAS) 發展

吳銘祥

▲一般論述

93 美軍電磁頻譜作戰新概念 - 電磁機動戰 發展與運用之研究

徐榮駿、鄧宏年

▲譯粹

112 策進「戰鬥旋律」之規劃

劉宗翰

▲徵稿簡則

▲撰寫說明

封面照片說明：砲訓部教二連所屬各式火炮及教學勤務成員，團隊編制各類技術專精助教，平時協助教學任務使學員充分熟稔火炮、火箭及各項器材操作，年度亦參加實彈射擊操演，為砲兵厚植基礎戰力之中堅骨幹（攝影：教二連中尉輔導長張寓翔）。

第 196 期

中華民國 111 年 3 月號

宗旨

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

聲明

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

本期登錄

一、國防部全球資訊網
<http://www.mnd.gov.tw/PublishMPPeriodical.aspx?title=%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E5%88%8A%E7%A9&id=14>
二、政府出版品資訊網
<http://gpi.culture.tw>
三、國立公共資訊圖書館
<https://ebook.nlpi.edu.tw/>
四、HyRead 臺灣全文資料庫
<https://www.hyread.com.tw>
五、陸軍軍事資料庫
<http://mdb.army.mil.tw/>
六、陸軍砲訓部砲兵軍事資料庫
http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/aams_academic.htm

發行

陸軍砲兵訓練指揮部

發行人：何建順
社長：莊水平
副社長：曾慶生 李昌展 王石朋
總編輯：蘇亞東
主編：張晉銘
編審委員：袁驛安 鄒本賢 唐承平 張嘉雄
王保仁 錢宗旺 郭春龍
安全審查：黃國典 賴威廷
攝影：莊筱瑩
創刊日期：中華民國 47 年 3 月 1 日
發行日期：中華民國 111 年 3 月 30 日
社址：臺南永康郵政 90681 號
電話：軍用 934325、民用 06-2313985
定價：非賣品
ISSN：2221-0806
GPN：4810400164



新式火炮對射擊指揮之影響－以 M109A6 自走砲為例

作者：李尚儒

提要

- 一、野戰砲兵火力支援效能，端賴「迅速、有效、精簡」之射擊指揮程序，熟稔射擊指揮程序及各種射擊方法運用，為砲兵火力支援首要，未來新式武器裝備均已朝迅速占領陣地及精簡人力操作方向發展，以提升戰場存活能力及靈活運用效能。
- 二、火力運用講求「速度」及「精、準度」，野戰砲兵射擊指揮的進步有賴於多方向的系統整合及火炮分散、迅速陣地占領等能力，在瞬息萬變的戰場，除提升技術層面操作以獲取倍增戰力，亦改變戰術運用方式，降低戰場傷亡。
- 三、爭取戰爭時效，須講求「數位化系統」的完善，對比美軍「野戰砲兵戰術資料系統」(AFATDS)建立模式，積極研改國軍「野戰砲兵射擊指揮系統」，並透過密切之練習、訓練與運用，始能發揮全般系統效能，以利各項任務之達成。
- 四、數位化戰場上，各武器系統均具有體積小、速度快及輕量化的特色，故無形中更顯簡化射擊指揮及精確諸元運算重要性，因此筆者以國軍現役火炮比較自動化程度較高的美製 M109A6，實施射擊指揮程序影響探討，希藉此提升砲兵射擊指揮效能，以因應未來戰場趨勢。

關鍵詞：M109A6、自動射控系統 (Automatic Fire Control System, AFCS)、射擊指揮程序

前言

野戰砲兵火力支援效能，端賴「迅速、有效、精簡」射擊指揮程序，熟稔射擊指揮程序及各種射擊方法運用，為砲兵火力支援首要，未來新式武器裝備均已朝迅速占領陣地及精簡人力操作方向發展，以提升戰場存活能力及靈活運用效能；未來數位化戰場上，各武器系統均具有體積小、速度快及輕量化的特色，故無形中更顯簡化射擊指揮及精確諸元運算重要性，因此筆者藉國軍現役與美製 M109A6 射擊指揮程序為例，實施比較與探討。

傳統的野戰砲兵射擊指揮，係以人工運算，語音傳遞方式，將射擊諸元下達至發令所，並於火炮發射後由發令所回報至射擊指揮所，再由觀測官逐一修正射彈以摧毀目標；此法不但費時，因而也無法處理大量目標。就本研究而言，筆者聚焦於探討射擊指揮，為避免探討範圍過於發散，因此先律定研究方向與範圍，說明如次：

一、射擊指揮區分為兩類：戰術射擊指揮及技術射擊指揮，筆者專就技術射擊指揮程序實施探討，略有提及戰術射擊指揮，但非本研究主要範疇。

二、火炮所配賦的系統及性能，隨時間略有軟、硬體提升，筆者僅以火炮標準配備探討，不考慮其性能提升事項。

三、射擊指揮過程中，不納入其他各項因素，僅就射擊指揮所操作，探討其差異性及變革。

射擊指揮定義

射擊指揮定義係指對一個或多個砲兵火力單位，作戰術上運用與技術上之操作，其目的在有效運用火力，適時指向所望地區，以達成火力支援任務；另射擊指揮區分戰術及技術射擊指揮等兩大區分，「戰術射擊指揮」乃對砲兵單位下達射擊命令，實施目標選定與分配，射擊單位之指派及射擊任務所用彈藥數量分配等作業，而「技術射擊指揮」係將上級賦予之射擊命令及觀測官射擊要求，換算為射擊諸元，下達射擊口令，交付射擊單位，執行技術作業與程序。¹

一、技術射擊指揮作業程序（圖 1）

傳統射擊指揮作業，均以「技術射擊指揮」為主，由砲兵排（連）或營，實施統一指揮，射擊指揮所下達射擊口令至發令所，惟此種方式運用於營射擊指揮所並非全然正確，係因營射擊指揮所兼具「戰術射擊指揮」之責，若能改變現有思維，即能發揮全營火力彈性運用，不局限於技術射擊指揮（圖 2）；技術射擊指揮作業程序分述如後。

- （一）接收上級射擊命令（觀測單位射擊要求）。
- （二）確認射擊決心。
- （三）下達組長命令。
- （四）射擊諸元計算。
- （五）射擊口令下達。
- （六）火炮射擊執行射擊通知。
- （七）通知觀測單位執行射彈觀測。
- （八）觀測官射彈修正及效果回報。
- （九）射擊指揮所執行效果回報。

二、技術射擊指揮變革分析

現代化戰爭，戰機稍縱即逝，要如何遂行快速，精確射擊指揮，有效發揚火力摧毀目標；隨著科技資訊化的進步，已由自動化射擊指揮系統逐漸取代人工作業模式，透過電腦系統的計算及數位化資訊傳輸，可增強作業速度、縮短

¹ 《陸軍野戰砲兵射擊指揮訓練教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，103 年 10 月 30 日），頁 1-1。

時間及減少人員運算疏失，更能符合作戰需求，其變革如差異表 1 筆者整理所示；於表中可知，自動化系統的功能提升，若搭配穩定的通訊傳輸，不僅運算迅速、減少錯誤，更可對射擊「精度」與「速度」產生顯著的影響。

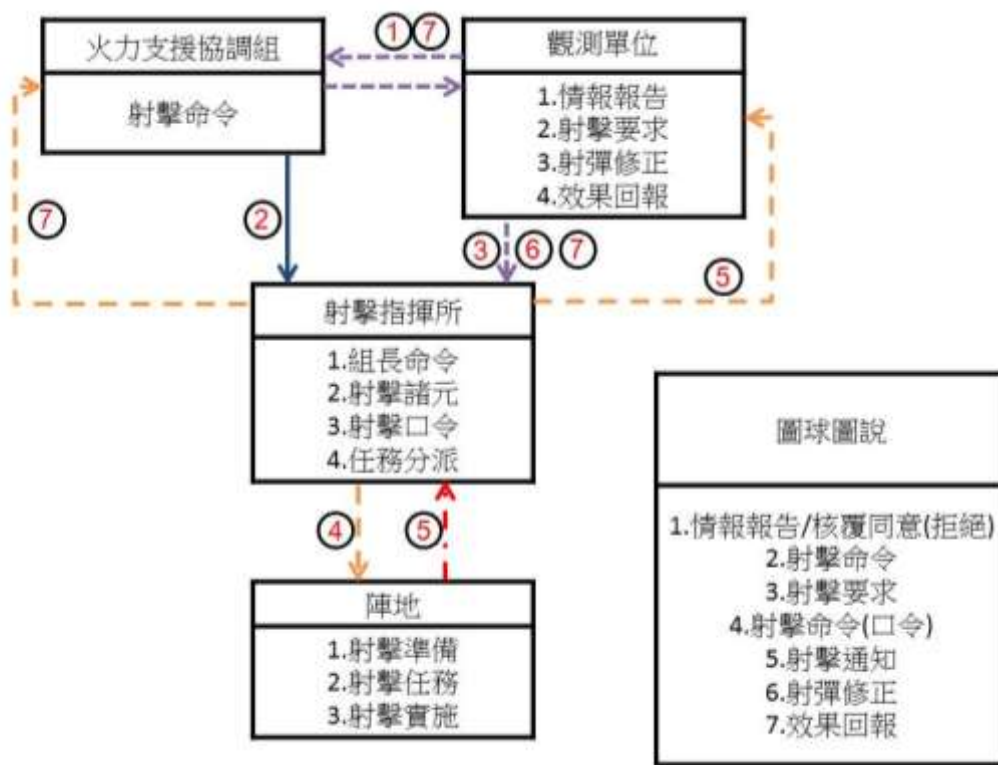


圖 1 技術射擊指揮程序圖

資料來源：筆者參考《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》修正繪製

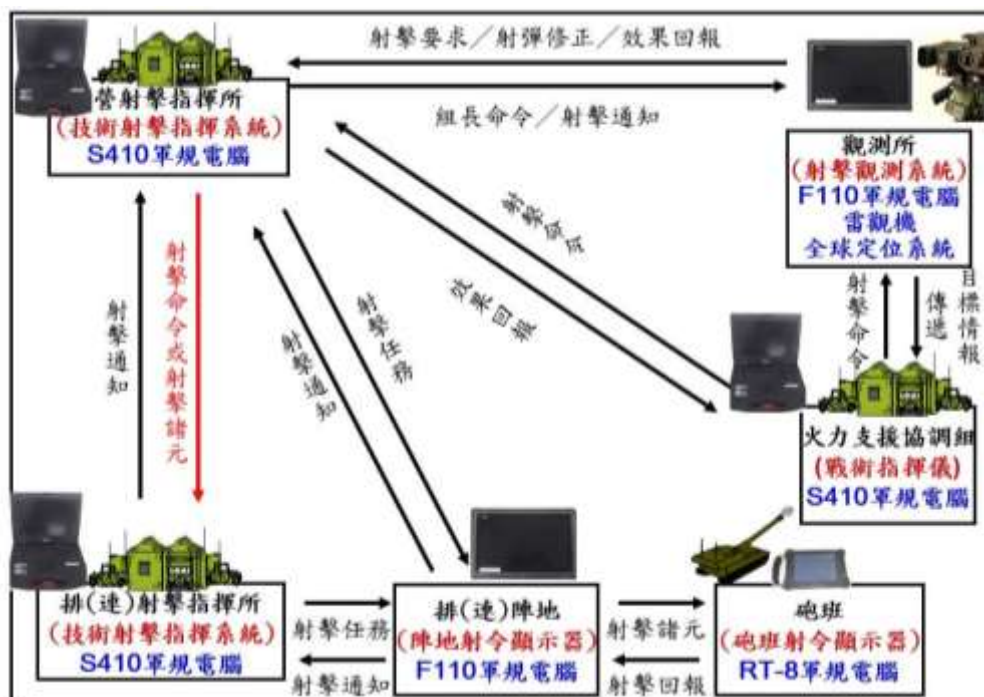


圖 2 戰（技）術射擊指揮程序圖

資料來源：筆者參考《陸軍野戰砲兵射擊指揮系統操作手冊》修正繪製

表 1 技術射擊指揮變革差異比較表

項次	人工作業方式	自動化系統方式
1	語音（紙本）接收陣地準備報告表	數據接收陣地資料
2	語音發送射擊諸元	數據傳遞射擊諸元
3	實施「方眼射擊法」圖解目標	系統「自動」計算圖解定點
4	語音下達射擊口令	數據傳遞射擊口令
5	語音回報陣地完成準備	數據回報陣地完成準備
6	語音下達射擊命令	數據傳遞射擊命令
7	語音回報陣地完成射擊	數據實施射擊通知
8	語音通知觀測官注意觀測	數據傳遞觀測官注意觀測
9	語音回報射彈修正	數據輸入器鏈結雷觀機回報彈著
10	重複3-9項至任務完成	由系統自行運算射擊諸元，重複4-9項至任務完成。

資料來源：作者自製

國軍現役管式砲兵效能及射擊指揮程序

目前陸軍現役管式砲兵，區分自走式及牽引式等 2 種，就機動性能以自走式為佳，可迅速完成陣地占領及發揚火力，筆者就 155 公厘口徑自走式及牽引式分述效能及射程指揮程序。

一、火炮效能

（一）牽引砲

1.M114 式 155 公厘牽引榴彈砲：早年由美國運至本國服役，射程尚可滿足作戰之需求，惟其射擊準備耗時，火炮頓重性大，牽引機動能力差，以致戰場存活率低。

2.M59 式 155 公厘牽引加農砲：早年由美國運至本國服役，射程遠大，惟過於笨重，牽引不易，陣地變換不易，目前本島單位採「平封戰啟」模式，戰時交由後備部隊使用，外島部份考量射程長、短相輔，仍有部份單位使用。

（二）自走砲

1.M109A2 式 155 公厘自走砲：民國 71 年開始於陸軍服役，為砲兵主力。

2.M109A5 式 155 公厘自走砲：民國 87 年引進，可射擊北約各式精準彈藥。

上述國軍各式管式砲兵，於自動射控及定位定向之能力須持續精進，故在執行射擊任務前，需藉由先期陣地偵查、測地作業、射向賦予、射擊整備等作業，方能實施射擊，影響射擊時效及靈活運用火力，僅能以排（連）為單位實施統一指揮，限縮戰場存活率。

二、現役管式砲兵射擊指揮程序（圖 3）

各國先進火炮均朝向指管及操作系統自動化，大幅縮減作業時間，有效提

升火力支援能量及密度，故國軍亦運用砲訓部自行研發之戰、技術射擊指揮自動化系統，在射擊指揮上提升效益；惟在火砲上仍須配合表尺座及週視鏡，以人工方式裝定射擊諸元及裝填彈藥，其射擊準備耗時，與各國先進火砲相互比擬，仍有精進空間。

野戰砲兵現階段射擊指揮程序，係觀測單位發現目標時，將目標情報傳送至火力支援協調組，待完成各項作業及風險評估後，選定適宜射擊單位，運用語音或數據（戰術射擊指揮系統），傳送射擊目標至射擊指揮所，由射擊指揮所分配射擊，並將射擊口令傳送至發令所，再由發令所將射擊諸元傳送至砲班，最後由砲長接收並下達射擊口令，完成砲班諸元裝定，並依序完成回報後實施射擊。

射擊後，實施陣地變換，於陣地變換後，藉砲班射令顯示器輸入測地成果或實施 GPS 定位，傳送更新後的火砲座標資料至射令顯示器，由發令所統整各砲座標，並將陣地資料傳送至排射擊指揮所，同時完成陣地資料更新；惟野戰砲兵現階段作業如欲發揮與滿足全數位化效能，仍須持續精進。

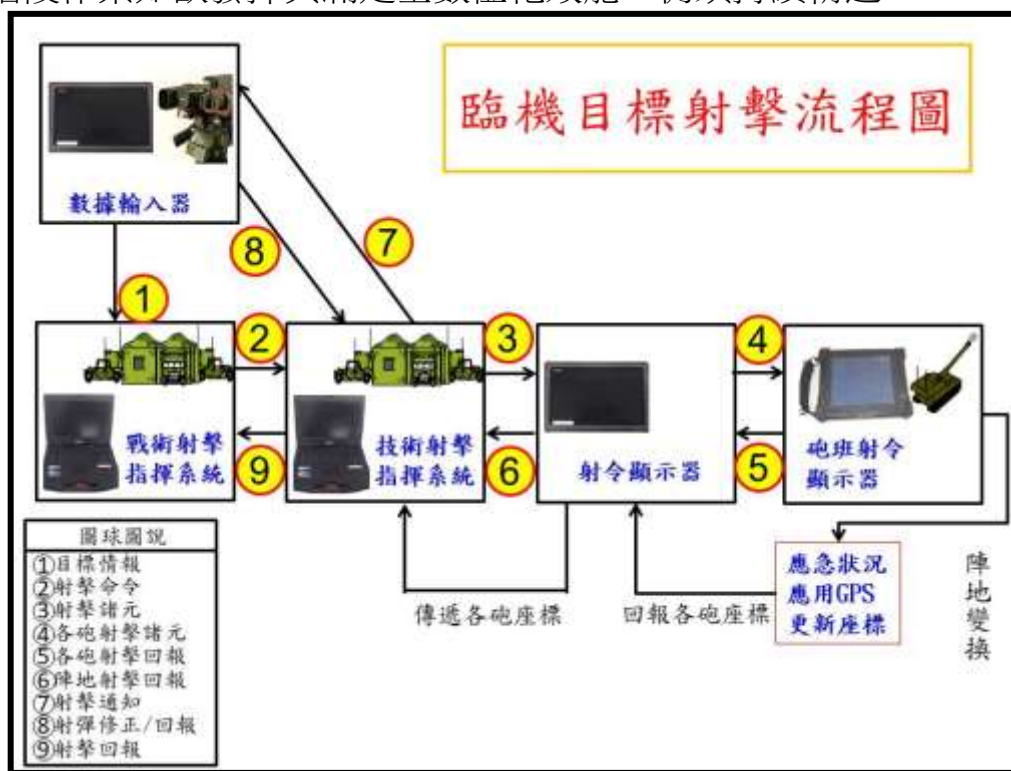


圖 3 現役管式砲兵射擊指揮流程圖

資料來源：作者自繪

M109A6 自走砲效能及射擊指揮程序

戰場上，若火砲的優異性能與數位化指管系統能有效配合，可增強火砲在作戰時的運用，筆者就 M109A6 自走砲主要性能，分析其與數位化指管系統整合後所能提供的射擊指揮程序。

一、M109A6 自走砲效能

M109A6 自走砲具備存活率高、反應快速與射擊精度佳等特點，其絕大部分得自「自動射控系統」之功效，並搭配 AFATDS 射擊指揮系統，使火炮能擁有戰場上最佳的作戰效率。

（一）自動射控系統暨模組化定位定向系統功能

M109A6 的自動射控系統（Automatic Fire Control System, AFCS），²由電腦（包括彈道計算模組、武器管制模組、通信處理模組）、射控顯示器、伺服系統液壓裝置、電源控制器及模組化定位定向系統（Modular Azimuth Position System, MAPS）組成，其中 MAPS 為 M109A6 自動射控系統的心臟，安裝於自走砲之砲耳架上，可提供 AFCS 功能說明如次。

1. 提供導航資料，使砲車可以精確、迅速的機動至指定地點。
2. 提供砲車射擊位置座標、標高與方位角，俾利電腦（彈道計算模組）計算射擊諸元。
3. 補償砲車兩輪水平，增進射擊精度。
4. 提供火炮「伺服系統」裝定射向與射角之參考，加速執行射擊任務。

因 M109A6 自走砲的 MAPS 系統，已結合慣性定位定向及 GPS 定位能力，讓火炮可以不再仰賴費時的測地作業，藉由系統間互補的導航及定位、定向資料，於行進間，即可完成系統初始校準工作，減少射擊準備時間及增加戰場存活率。

（二）AFATDS 射擊指揮系統功能

先進野戰砲兵資料系統（AFATDS）為具機動性自動化多功能的指管系統，亦是陸軍戰鬥指揮系統中的一部，能夠提供各火協機構擬定火力支援計畫，即便於寬廣的戰場上，指揮官也能夠即時下達攻擊指導。此系統能於各火力支援單位、各戰鬥部隊火協中心以及砲兵指揮所中使用；射擊指揮所及野戰砲兵射擊單位透過此系統，能於短時間處理大量射擊要求。³不僅如此，先進野戰砲兵戰術資料系統亦能與聯合監視暨目標攻擊雷達系統（Joint Surveillance Target Attack Radar System, JSTARS）、美國空軍戰區管理核心系統（Theatre Battle Management Core System）、美國海軍火力控制系統（Naval Fire Control System）、德國 ADLER 與法國 ATLAS 射擊管制系統結合，使其火力計劃更具有彈性及全面性，也能夠依據目標的性質來選定攻擊手段以及優先順序。

² Jane's, "BAE Systems, US Combat Systems M109A6 155 mm Paladin self-propelled howitzer (United States)", JAA Jane's Armour and Artillery, 24-Feb-2011. http://10.22.155.6:80/intraspx/intraspx.dll?Goto&GID=JAA_JAA_0460 (2011/2/24)。

³ "Advanced Field Artillery Tactical Data System", 23-AUG-2011, Jane's C4I Systems。

目前版本是整合「技術射擊指揮和戰術射擊指揮」，戰術射擊指揮功能為自動處理火力要求、依任務產生各種戰術射擊方案、監視火力效果、協助建立及分發火力計畫、砲兵目標情資自動化、依射擊單位現狀決定射擊諸元和彈藥、處理氣象地理資料；技術射擊指揮功能為選擇適當武器，運算及裝定射擊諸元，使砲彈在預期位置（時間）落於目標上，達所望效果。**AFATDS** 建置在 **M109A6** 的單位，操作運用上，可僅傳送目標位置、型態與類型，亦可將射擊諸元一併傳送，能增加系統操作層級的彈性。

二、**M109A6** 自走砲射擊指揮程序

美軍射擊指揮均以「自動化」為主（圖 4），運用無線電通信機，上承營射擊指揮所，向下通連至各火力單元，並不直接與觀測人員實施通連或接收射擊口令（數據傳輸因使用 **AFATDS** 系統，各級射擊指揮所、火力支援協調組及觀測單位等，均可藉系統資料庫「共享功能」，同步獲取相關資訊），且排級任務多為「不經試射效力射」射擊模式；除因任務需求，須實施檢驗射擊時，方由觀測單位實施射彈修正；此外美軍採多部自動化系統（射擊指揮系統）及無線通連等備援方式，確保自動化作業不間斷，若數據通信系統故障，即採人工語音方式手動輸入任務資料，執行射擊任務，另若 **AFATDS** 系統故障，則以簡易型射擊指揮儀接替任務。

射擊任務執行通常由排射擊指揮所接收，使用 **AFATDS** 系統完成射擊分配，並透過單波道地空無線電系統（**SINGARS**）傳送射擊諸元至砲班，無須透過發令所傳遞射擊命令，僅由砲長接收射擊諸元後完成彈藥及發射藥裝填，並藉火砲射控系統執行方向及射角裝定，在人力操作上充分減少裝填時間及裝定錯誤狀況發生，並能於作戰時獲取更多的射擊時效。

透過火砲的優異性能，於陣地變換時，能藉由火砲的 **MAPS** 系統，或使用 **GPS** 定位功能完成座標更新，由操作者自行在可用的時間及系統上，選擇較佳的資訊獲得方式，並將火砲座標回傳至排指揮所，即可完成陣地座標更新。

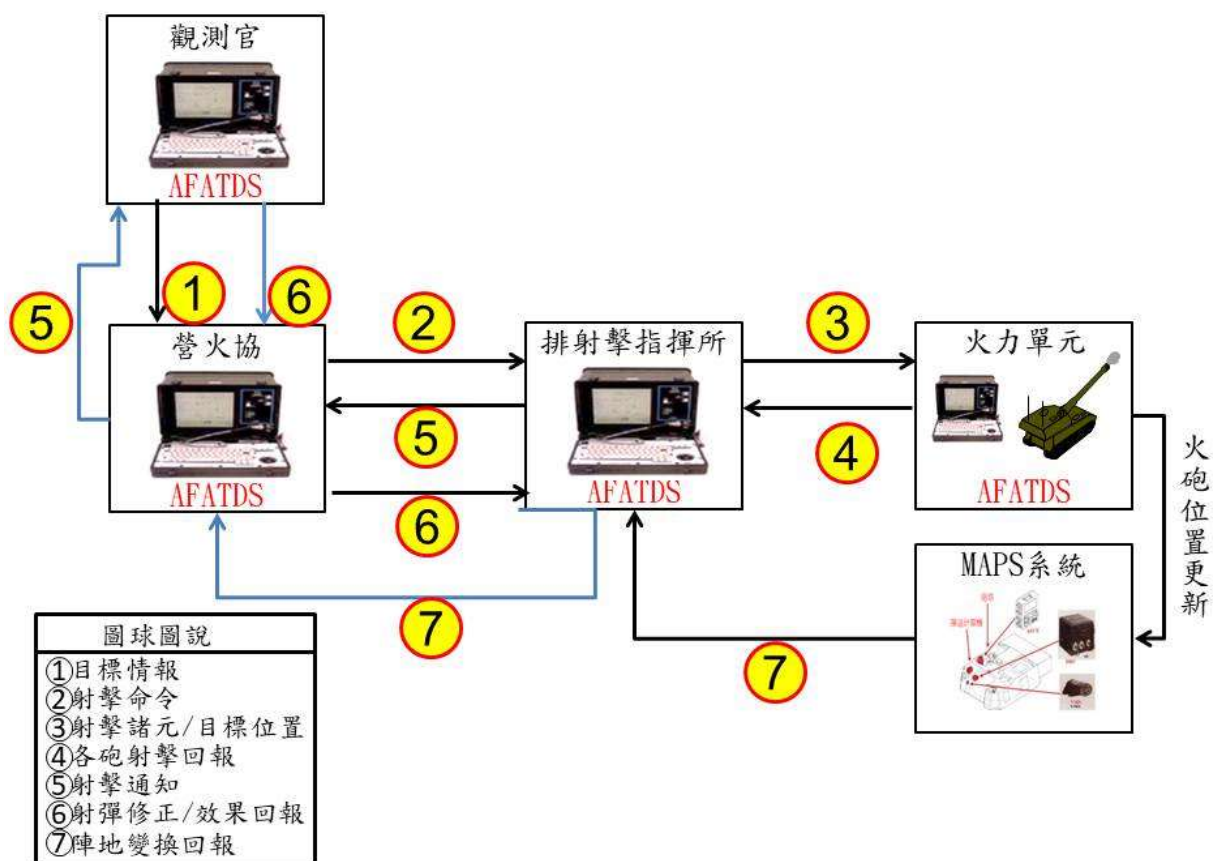


圖 4 M109A6 自走砲射擊指揮程序

資料來源：作者自繪

檢討與建議

國軍現役野戰砲兵，因未具定位定向能力，故射擊時多以集中射擊方式實施（平行火制正面），且彈藥部分，多以傳統榴彈為主；另射擊指揮（射擊諸元運算）採人工與自動化併行，惟現階段射擊諸元求算及下達均以排（連）或營 FDC 為主，亦可互為備援，並以語音（數據）方式傳遞至發令所，方能執行射擊任務。

新式火炮具定位定向能力，火力運用較為彈性，可以單砲或數門火炮遂行射擊，在彈藥部分除傳統榴彈外，亦可運用導引式砲彈，可增大無觀測射擊效果；另射擊指揮（射擊諸元運算），係以排射擊指揮所為主，用以指派射擊單元，營射擊指揮所僅行戰術射擊指揮，作為目標分配（火力單位分配）及備援運用，且射擊諸元（射擊命令）主要由排 FDC 傳遞，可即時佔領陣地、發揚火力。

未來獲得新式武器裝備，將有極大之變革，砲兵教育、戰備任務（駐地）訓練、基地測考及演訓，皆必須逐步修正射擊指揮觀念，以精進射擊指揮效能，並將此概念落實於準則、技令，以下筆者提出個人建議，希為後續發展略盡綿薄，分述如後。

一、原級校正變革

野戰砲兵原級校正區分，依據《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》⁴，區分初速鑑定儀法及平均彈著點法，初速鑑定儀裝備數量有限，而平均彈著點法現行做法多以調製放大四倍射擊圖（1/6250）標定各發彈著點，此法將具有「觀測誤差」及「決定平均彈著點誤差」；因此，在獲得新式火砲後，各砲均已配賦初速鑑定儀（chronograph），火砲可於射擊時獲得初速變化量（MVV），直接儲存於 AFCS（Automatic Fire Control System）系統（亦修正藥溫、彈重對初速修正量），如此不僅無須特定時機、場域（測地）實施，且不受彈藥數量限制，即可獲得火砲初速誤差（距離修正量），⁵亦能運用膛外（氣象）因素獲得總修正量，執行不經試射效力射。

二、檢驗射擊變革

野戰砲兵檢驗射擊區分，依據《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》⁶，區分「精密檢驗」、「平均彈著與高炸點檢驗」、「AFCS 檢驗」等 3 種，其中以「精密檢驗」最為耗時且彈藥數量較多，另「AFCS 檢驗」若於海上或採空炸信管射擊，尚有諸多因素無法獲得正確射彈位置，因此以「平均彈著與高炸點檢驗」為檢驗射擊最佳作業方式，惟須具有測地成果，方能獲得有效觀測結果；上述，在新式火砲獲得後，一般多以運用「初速誤差」加「膛外（氣象）因素」修正，執行「不經試射效力射」或「試射一發即進入效力射」射擊模式，除因任務需求，若須實施檢驗射擊，才由觀測單位直接實施射彈修正，並以「平均彈著與高炸點檢驗」為之，故新式火砲可不實施檢驗射擊即獲得可靠修正量。

三、面積射擊變革

野戰砲兵射擊通常用於對面積目標，活動性較大之目標，或位置不甚明確之點目標射擊。⁷其目的，在發揮奇襲、熾盛之火，以求得制壓、破壞、阻止、擾亂等所望效果，在試射階段，為節省彈藥及獲致良好效果，通常使用試射排（連）中央兩門砲（基準砲）行之，於試射完成後，除另有規定外，陣地均於準備好後即行效力射（以陣地中心對目標運算集中射擊相應射擊諸元）；而在新式火砲獲得後，⁸砲陣地將採分散配置且不需發令所，故排（連）射擊指揮所，行面積射擊時，可運用各砲座標，計算射擊諸元，另就以上各項變革，可直接計算單砲修正量，遂行各砲「特別修正」集中射擊，甚至可迅速執行「單砲

⁴同註 1，頁 6-11。

⁵FM 3-09.70 Tactics, Techniques and Procedures for M109A6 Howitzer(Paladin) Operations, (Washington DC: Department of the Army, 1 August 2000), P1-5。

⁶同註 1，頁 5-7。

⁷同註 1，頁 5-2。

⁸同註 5，頁 3-6。

同時彈著射擊」，滿足「不經試射效力射」以達急襲、奇襲效果。

綜上，未來新式火炮，陣地放列、射擊運用，諸元計算等，均直接影響射擊指揮方式，分析比較如下表（表 2）。

表 2 國軍現役火炮與未來新式火炮射擊指揮差異比較表

區分	國軍現役火炮	未來新式火炮
陣地放列	採集中放列、射擊諸元均以平行火制正面運算（未檢驗）。	採單砲放列，射擊諸元採各砲運算（或平行火制正面）。
彈藥運用	具傳統彈藥、特種彈藥（WP 黃磷彈、發煙彈、照明彈、DPICM、ADAM 等），惟未具導引式砲彈。	榴彈與特種彈藥同現役火炮，另具「導引式砲彈」可行「不經試射效力射」。
檢驗射擊	需行精密檢驗、平高檢驗、AFCS 檢驗獲得修正量或陣地初速誤差。	不須檢驗射擊，因各砲具初速鑑定儀，可直接接運用氣象修正量獲得總修正量。
面積射擊	- 運用人工作業及系統運算 - 由營或排（連）射擊指揮所計算射擊諸元，下達至各陣地發令所。 - 射彈修正，觀測所傳遞至射擊指揮所，由射擊指揮所執行修正作業並將修正後諸元傳遞至發令所。	- 運用系統（亦具有備援自動化系統）操作。 - 營行戰術射擊指揮，排（連）射擊指揮所傳遞（下達）各砲「特別修正」射擊口令。 - 若需試射，則採「試射一發即進入效力射」。
觀測射擊	- 面積射擊 - 有觀測：雷射極座標法射擊，行 1 發試射，即可效力射。 - 無觀測：方眼射擊法射擊，修正至百公尺夾差後，即可效力射 - 檢驗射擊 - 有觀測：可行平高檢驗、AFCS 檢驗等。 - 無觀測：精密檢驗、氣象修正加初速誤差。	- 面積射擊 - 有觀測：雷射極座標法射擊，直接逕行效力射。 - 無觀測：運用火炮初速誤差，行 1 發試射，即可效力射 - 檢驗射擊 - 有觀測：依需要執行平高檢驗。 - 無觀測：無，僅運用氣象修正加火炮初速誤差。
通聯手段	- 語音：有線電、無線電 - 數據：有線電、無線電	- 語音：無線電 - 數據：無線電

備註

表內各項區分，以未來新式火砲為佳，就射擊指揮程序以系統操作為主，因此更為簡便、即時與迅速，且不需檢驗射擊即具有修正量，可增大射擊效果；另射彈觀測與修正可透過無線電通信機直接於 AFATDS 資料庫內進行作業，大幅簡化作業程序。

資料來源：作者自行整理

結語

未來新式火砲最大優點為數位化射控系統、慣性導航及定位定向系統，且火砲本身配置 AFCS 執行技術射擊計算，排（連）射擊指揮所兼具技術與戰術射擊指揮，以數位化手段行使指揮管制及雙向資料交流。營級射擊指揮所僅對排（連）射擊指揮所遂行戰術射擊指揮。

國軍野戰砲兵均以營射擊指揮所，遂行技術射擊指揮，且基地測考以此模式施測，在現階段受限火砲能力、通信等諸因素，致火力發揚均採營集中射擊執行，在新式火砲獲得後，應同步檢討各項變革相應射擊指揮程序，必須與時俱進，筆者藉此篇激發共鳴達拋磚引玉之效，以利未來準則、教案與異質系統修訂，期以適切檢討技術射擊指揮相關作業方式，發揮火力支援效能。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵射擊指揮訓練教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，103 年 10 月 30 日）。
- 二、Jane's, "BAE Systems, US Combat Systems M109A6 155 mm Paladin self-propelled howitzer (United States)", JAA Jane's Armour and Artillery, 24-Feb-2011.
- 三、"Advanced Field Artillery Tactical Data System", 23-AUG-2011, Jane's C4I Systems.
- 四、FM 3-09.70 Tactics, Techniques and Procedures for M109A6 Howitzer (Paladin) Operations, (Washington DC: Department of the Army, 1 August 2000) .

作者簡介

李尚儒少校，砲校正規班 194 期，曾任連絡官、教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

火炮環型陣地運用之研析

作者：朱慶貴

提要

- 一、外島在經常戰備時期，因應四周環海敵可能進犯之區域，劃分目標區製作火力計畫，執行防衛作戰計畫戰訓演練，為因應四周射擊區域，遂行火力支援任務，砲兵陣地多數為環型陣地部署，然經砲訓部歷次駐地輔訪，瞭解外島火炮環型陣地，在準則、教條、砲兵季刊論述上甚少探討與說明，而今作戰戰術戰法日新月異，我砲兵部隊應努力研究發展，精進火炮在環型陣地之準備與設備及射擊指揮方法。
- 二、美軍火炮 6400 密位射擊，在陣地整備與設備之射擊指揮所作業，就經驗所示，射擊單位進入陣地後空耗時間，未能立即處理八方位射擊時間之問題，待射擊要求下達至陣地，調整射向速度緩慢、射擊效果不精確。更嚴重的是，如果各射擊單位無法有效集中火力於同一目標上，使得集中、精確的射擊效果與即時反應的能力效能變差。因此砲兵部隊應於平時訓練，均能達成八方位射擊快速集中、精確的射擊效果，並具備迅速反應能力，有效火力支援受支援部隊戰鬥。
- 三、砲兵部隊必須能夠適時火力支援制壓敵船艦，並能掩護運補船團進港補給，遂行舟波、灘岸戰鬥、水上目標射擊、反空（機）降等作戰任務，而砲陣地在足夠幅員狀況下，除主射向外另有七個射向以供變換射擊，以利達成八大射向火力支援任務。
- 四、精進砲兵戰技與研改火炮設備，為我目前近期建軍之方向，使其外島火炮陣地佔領速度快，射擊準備簡易，射擊速度快、射擊精準，要能達到上述效能，端賴各級幹部均能熟悉八大射向陣地特性及其整備工作，以期於戰時方能發揮砲兵部隊最大效能。

關鍵詞：環型陣地、火炮 6400 密位射擊、八方位射擊

前言

外島地區因地形特殊，砲兵部隊於駐地附近都有砲堡及環型陣地之設施，以供砲兵發揚火力及戰力保存之使用。在經常戰備時期，因應四周環海敵可能進犯之區域，劃分目標區製作火力計畫，執行防衛作戰計畫戰訓演練，為因應四周射擊區域，遂行火力支援任務，砲兵陣地多數為環型陣地部屬，而今作戰戰術戰法日新月異，我砲兵部隊應努力研究發展，精進火炮在環型陣地之準備與設備及射擊指揮方法。筆者論述藉美軍砲兵 6400 密位射擊探討國軍砲兵八方

位射擊¹之差異，並提出分析比較與發展運用，提供砲兵部隊於防衛作戰火砲運用之參考。

美軍火砲 6400 密位射擊法

一、陣地整備與設備

(一) 陣地選定：達成 6400 密位射擊能力，最重要的前提就是陣地環境必須能夠支援。理想的陣地環境是四周砲遮距離均大於 200 公尺的高地，且陣地幅員必須夠大，以容納各砲佔領並保持適當間隔縱深。挺進班在進入陣地後，必須以 M2 方向盤求得遮蔽角與砲遮距離。陣地不可以只有單一射向的隱蔽與掩蔽，因為陣地必須遂行 6400 密位的射擊。²

(二) 陣地整備：停車處必須考量隨砲牽引車與彈藥車之停放處，因為它們是計算最小射角，必須考量因素，停放處可以下挖或停放較遠處，以不影響最小射角之計算。砲長必須指定砲班每一成員挖掘自衛戰鬥陣地，並禁止任何人員在環型陣地火砲運動內挖掘散兵坑，以免造成調整火砲大架之障礙，在完成射向賦予後，必須挖掘環型駐鋤溝，以因應必須調整射向時，駐鋤可適應在不同射向放列，以利火砲制退復進，進而在環型駐鋤溝的砲口或大架尾端刻製方位密位數值（圖 1），使砲班人員在調整射向時，能迅速找到正確的射向。在調整大架、構築環型駐鋤溝的同時，砲長必須檢查各射向是否均能看到標桿或標定儀，以預防方向轉動過大時，沒有輔助標定設備可使用，及確保各射向隨時能看到至少一組標桿，標桿設置完砲長立刻量取各射向的遮蔽角，並計算最小射角報給副連長。

(三) 陣地設備：挺進班人員首先須將陣地剷平，以北方為基準（0 密位）每 800 密位插上密位標示板（圖 1），藉以規劃出環型運動範圍，當火砲進入陣地以北方為基準（0 密位）射向賦予完成佔領，在陣地內不可放置任何裝備，以利火砲轉向之自由與安全，並完成環型駐鋤溝之構工。³

二、射擊指揮所作業

射擊指揮所除須對八大射向計算射擊諸元外，還需對各射向計算砲位特別修正量與射表計算尺裝定值；同時射擊指揮所隨時注意各射向之最小射角。⁴

6400 密位射擊最不容易的工作是射擊指揮所的資料管理與運用，要使這些工作簡單化，必須要將副連長計算所得之最小射角，加上射擊指揮所計算砲位

¹ 砲訓部射擊組 4025 教案〈外島砲兵部隊陣地整備介紹〉，95 年 1 月 1 日，頁 8。

² Micheal J Forsyth 上尉、Jeffrey M. Hopper 上士、Michael A. Jensen 上士，〈火砲 6400 密位射擊能力之研究〉《砲兵雜誌（Field Artillery）》（西爾堡），美國陸軍砲兵學校，西元 1999 年 5 月，頁 34。

³ 同註釋 2，頁 35。

⁴ 同註釋 2，頁 35。

特別修正量與射表計算尺裝定值，記錄在八方位記錄表上，其作業步驟如次。

第一步驟：射擊指揮所要記錄的資料是最小射角，必須由副連長計算各射向裝藥之最小射角，須考量作戰可能發生的射擊距離，則有賴於副連長與射擊指揮所人員對任務、目標區域、與受支援部隊完整的瞭解，計算手將副連長計算的最小射角紀錄於八方位記錄表上（圖 2），並張貼於明顯易見的地方，以利射擊任務中迅速參考使用。

第二步驟：射擊指揮所必須以陣地中心為基準至各砲間隔縱深公尺數，計算砲位特別修正量，並且考量所有可使用之裝藥，及可能使用之彈幕、彈種的特別修正量均應計算。⁵射擊指揮所若未考量不同裝藥、彈種、彈幕形狀而計算各射向之砲位特別修正量，射擊任務下達至射擊指揮所，計算射擊諸元必將拖延射擊時間。

第三步驟：求算各射向特別修正量；射擊指揮所作業就如同最小射角一樣，必須將砲位特別修正量記錄並張貼於明顯處（圖 3），必要時可迅速參考使用。⁶對射擊指揮所而言，詳細地管理記錄這些資料是絕對必要的，可防止誤用特別修正量。除了射擊指揮所之外，各砲也必須記錄各種特別修正量如彈幕射擊，以便必要時可直接運用。

第四步驟：射擊指揮所必須計算各射向主要目標圖上諸元並記錄（表 1），以利射擊任務下達時，可善加運用最新射表計算尺裝定值與方向修正量，提高射擊精度，而射表計算尺裝訂值，有檢驗以最近時間之修正量加以求算射擊諸元，無檢驗可運用初速測算雷達測得之初速誤差加上氣象修正量，求得新射表計算尺裝定值運用之。

第五步驟：射擊目標若出現在非主射向，時間餘裕狀況下，需重新計算修正量；而在時間急迫狀況下，可運用簡易方法計算射擊諸元，計算範例如後。

求算第四射向方位角 800 密位，射擊圖上方向 2600、距離 5100 其射擊諸元如下：

（一）第一射向射表計算尺裝定值為：方向修正量左 4、時間 21.0、仰度 350。

（二）第一射向射表計算尺裝定時間差： $(21.0-20.4=+0.6)$ 仰度差： $(350-345=+5)$ 。

（三）求得第四射向射擊諸元：方向： $2600+左 4+偏流左 6=2610$ 、時間： $20.9+0.6=21.5$ 、仰度 $354+5=359$ 。

注意事項：唯有在射擊任務急迫狀況下才可使用。

⁵ 同註釋 2，59 頁。

⁶ 同註釋 2，59 頁。

小結：美軍 6400 密位射擊，於平時訓練經驗所示，射擊單位進入陣地後空耗時間，未能立即處理八方位射擊時間之問題，待射擊要求下達至陣地，調整射向速度緩慢、射擊效果不精確。更嚴重的是，各射擊單位無法有效集中火力於同一目標上，使得集中、精確的射擊效果與即時反應的能力效能變差。因此使用上述的作業方法，使其野戰砲兵部隊，均能達成八方位射擊快速集中、精確的射擊效果，並具備迅速反應能力，有效火力支援受支援部隊戰鬥。

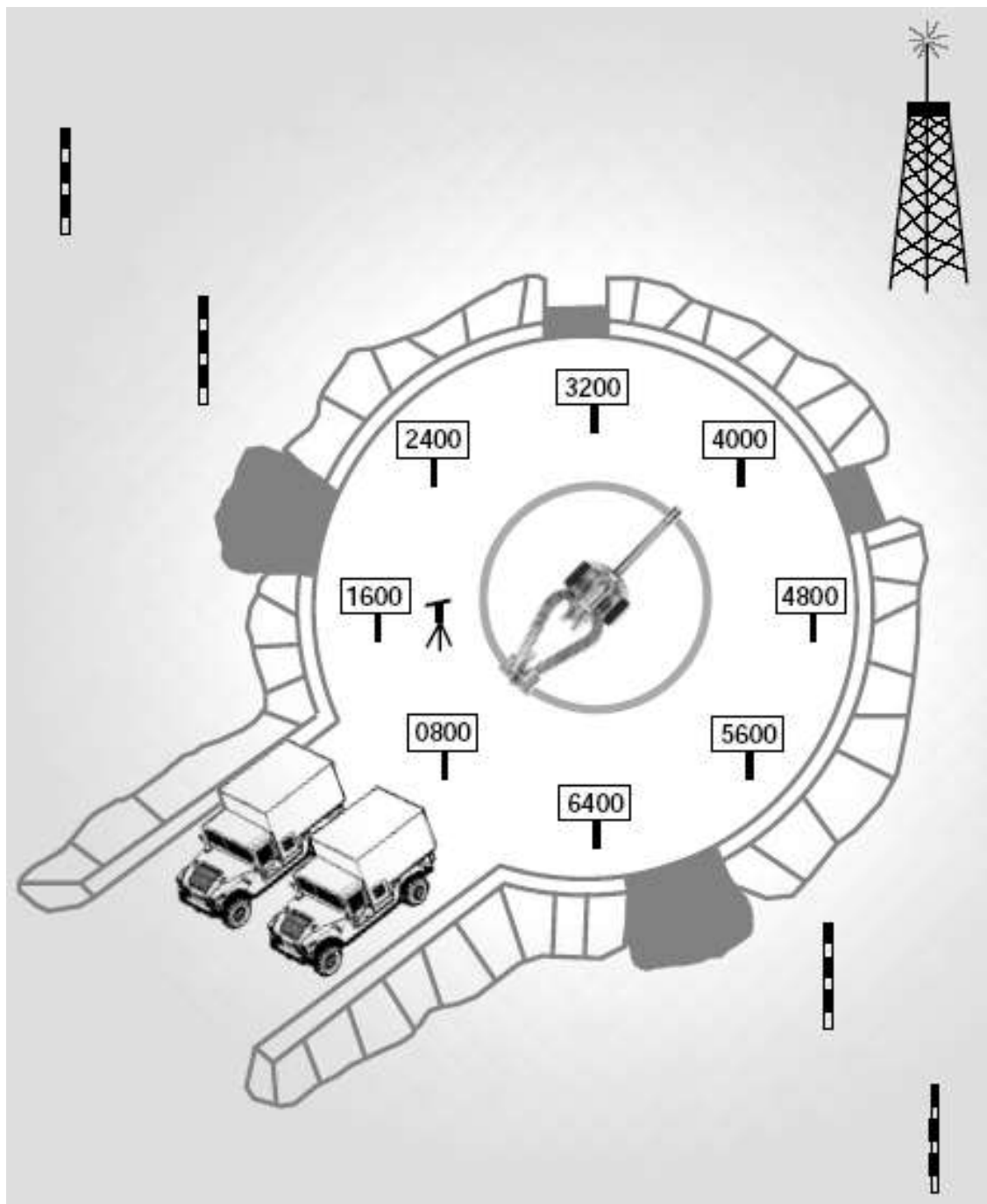


圖 1 美軍 6400 密位射擊能力陣地示意圖

參考資料：Micheal J Forsyth 上尉、Jeffrey M. Hopper 上士、Michael A. Jensen 上士，〈火砲 6400 密位射擊能力之研究〉《砲兵雜誌 (Field Artillery)》(西爾堡)，美國陸軍砲兵學校，西元 1999 年 5 月，頁 35。

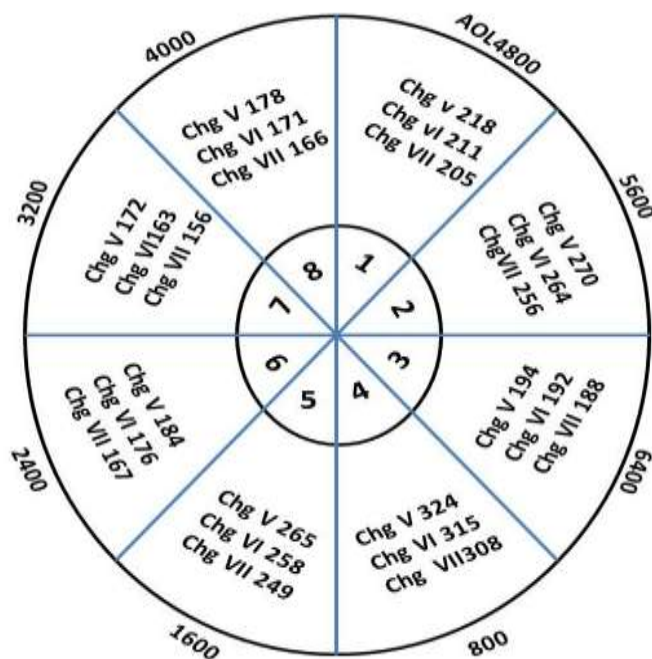


圖 2 6400 密位最小射角記錄示意圖

圖示說明：AOL 為射向方位角密位值、chg 為裝藥、裝藥後數字為最小射角密位值，為美軍作者依最小射角計算公式，自設範例完成最小射角示意圖。

參考資料：Micheal J Forsyth 上尉、Jeffrey M. Hopper 上士、Michael A. Jensen 上士，〈火砲 6400 密位射擊能力之研究〉《砲兵雜誌（Field Artillery）》（西爾堡），美國陸軍砲兵學校，西元 1999 年 5 月，頁 36。

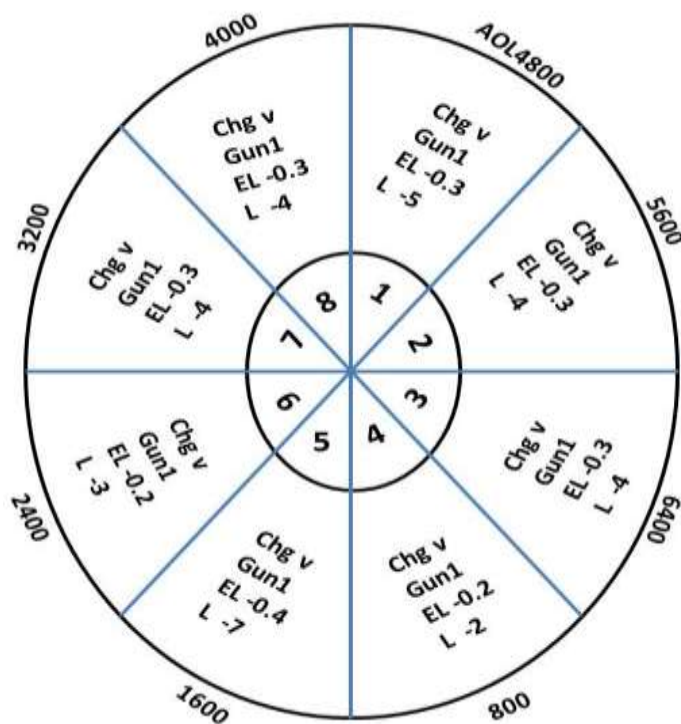


圖 3 6400 密位特別修正量圖

圖示說明：圖三是以第 1 砲 5 號裝藥，計算特別修正量之值，EL 為仰度修正量，L 為向左修正密位值。

參考資料：Micheal J Forsyth 上尉、Jeffrey M. Hopper 上士、Michael A. Jensen 上士，〈火砲 6400 密位射擊能力之研究〉《砲兵雜誌（Field Artillery）》（西爾堡），美國陸軍砲兵學校，西元 1999 年 5 月，頁 37。

表 1

區分	射向方位角	裝藥	距離	偏流	時間	仰度
第一射向	4800	5	5000	左 6	20.4	345
第二射向	5600	5	4350	右 2	17.2	287
第三射向	6400	5	4800	左 5	19.4	327
第四射向	800	5	5100	左 6	20.9	354
第五射向	1600	5	5200	左 6	21.5	364
第六射向	2400	5	6100	左 7	26.7	464
第七射向	3200	5	4500	左 7	17.9	300
第八射向	4000	5	5300	右 6	22.0	374

參考資料：作者依據 105 榴砲 5 號裝藥計算，製成八方位射向射擊諸元。

國軍砲兵八大射向法

國軍遂行八方位射擊，現僅有外島地區實施此類陣地部屬，以因應外島島嶼防衛作戰任務，國軍在八大射向射擊運用，就準則部分並無詳細說明運用方式，筆者所提出之方式，是參考砲訓部射擊組 4025 教案加以說明。砲兵部隊必須能夠適時火力支援制壓敵船艦，並能掩護運補船團進港補給，遂行舟波、灘岸戰鬥、水上目標射擊、反空（機）降等作戰任務，而砲陣地在足夠幅員狀況下，除主射向外另有七個射向以供變換射擊，以利達成八大射向火力支援任務。

一、陣地整備與設備

（一）射擊整備

1.環型陣地之射界為 6400 密位，共可區分為八等分，每等分為 800 密位，故稱為八大射向，⁷然為增加射擊精度，方向盤對每一門火砲陣地，均實施 8 次射向賦予（每個射向一次），每次射向賦予完畢，即標示砲輪（描繪砲輪外框）、砲口位置，並於每一射向完成遠、近標竿設置及夜間標竿燈標示，進而完成射向標定。

2.計算八大射向最小射角，對於每個射向都須選擇遮蔽物實施量測，並實施最小射角之計算。在方向轉動界的部分，因砲堡內之射口限制，所以於堡內射擊時通常無法使用該型火砲之最大轉動量來實施射擊，為確保火力之發揚及維護人員安全，更應確實量測。

（二）射擊設備

就架尾設備部分，砲堡及環型陣地為既有之混凝土設施，故射擊時須依人

⁷ 同註釋 1，頁 9。

工挖掘駐鋤坑完成駐鋤緊定，為防止火砲於射擊時產生跳動現象，故除放置束材外，另於駐鋤上方堆置沙包，以維護人員與火砲安全。就清掃射界部分，陣地周邊通常應偽裝所需，種植大量植被，故須定期清理，以確保射擊能力。



圖 4 M101A1 式 105 公厘榴彈砲八大射向陣地示意圖

參考資料：砲訓部射擊組 4025 教案，民國 95 年 1 月。

二、射擊指揮所作業

（一）外島防衛作戰砲兵火力支援任務，必須能執行反舟波、灘岸戰鬥射擊，並遂行支援制壓、島際支援、掩護運補船團、水上目標、逆襲支援、反空（機）降射擊、陸上集火點射擊及島上相互火力支援等作戰任務。⁸故射擊時因任務不同而適時變換射擊方向，所以在執行射擊任務下達口令時，於射擊口令第二項「特別規定」中，須下達「第 X 射向」，再下達後續射擊口令，以使砲班能預先將火砲調整至正確之射擊方向，俾利發揚火力，適時遂行火力支援任務。

（二）在計畫火力射擊指揮所需收到陣地準備報告表，建立射向方位角及方向轉動界之完整陣地資料。目標區建立以射擊能力區域之圖資，依該連口徑每千公尺方格區劃分 16 格（105 榴砲）、155 榴砲以上區分 9 格，每格取彈著中心點為目標座標點，並標示目標編號（須於方格紙人工作業），取得目標編號及座標，作為火力計畫目標說明表、射擊時間表建立之依據，進而製作射擊指揮所諸元表。在臨機火力可採水上目標射擊方法作業實施，可參考《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》第十章 10-37 頁，水上目標射擊程序作業。

（三）筆者依砲兵對海上方格座標法與彈幕射擊法，如表 2 區分說明，提供海上目標射擊法之參考。

⁸ 同註釋 1，頁 8。

小結：有鑑於外島金、馬、澎作戰區，為我防衛作戰第一線之重要地理位置，火炮更新與戰技之提升更著重要，參考美國 6400 密位射擊法，可提升外島四周環海射擊目標區，收砲兵八方位射擊效果之參考。

表 2

方格座標射擊法與彈幕帶射擊法區分說明表	
方格座標射擊法	1.係將每一座標方格等間距劃分為 9 或 16 個小方格，並賦予編號，利用方格編號與小方格英文字碼指示目標，實施射擊。 2.實施程序：除已規劃彈幕之區域外，餘均依方格區規劃集火點，各責任防區距岸 5000 公尺內，運用二萬五千分一地圖，將圖上每一方格等間距劃分 9 或 16 格，據以指示目標，發起射擊要求，待敵船團已進入預定方格內時，則以同時落彈於方格中心點，對敵造成殺傷效果。
彈幕帶射擊法	1.係以每一砲兵單位，所計畫之矩形正常火制彈幕，整合編成「彈幕射擊帶」，預置在可能登陸之灘岸以外海域；以觀測所（雷達站）先期掌握登陸船團動態，按水上活動目標射擊要領實施標定作業，俟其進入我預置彈幕帶，即實施同時彈著射擊。 2.實施程序：依據預判敵突擊航道，由舟波至岸每千公尺劃分一個彈幕射擊帶，依火炮性能適宜編組分配，以一個航道分配一個砲兵營，若火力充足時，每一航道可增加火力之，並配合地區守備部隊實施灘岸持續彈幕（最後防護）射擊。蘊依據砲兵陣地位置及火力涵蓋分布與射程，分配彈幕射擊任務；各帶射擊 2 至 3 群。
兩者之比較	1.方格座標射擊法受限於圓形火制正面，且若與船團舟波未成垂直，則僅能涵蓋部份目標，然因非正規登陸時，其舟波前進速率不一，若以方格區劃分，則較能收較大之效果，不致浪費彈藥。 2.敵向我岸突進雖不等齊，但仍屬線形目標，以射擊帶射擊法射擊較能有效涵蓋。然若其偏離我預判航道過大時，則計畫彈幕將無效。 3.基於海上目標屬性，為求發揮火炮之特性與自然散布之效果，宜對敵正規登陸舟艇採射擊帶射擊法；若其偏離我預判航道過大時，則適時作特別修正消除誤差。

參考資料：作者自製

比較分析

國軍砲兵若干陣地設有八大方位射擊能力之環型陣地，然 M101A1 式 105 榴彈砲、M114 式 155 公厘榴彈砲、M59 式 155 公厘加農砲及 M115 式 8 英寸榴彈砲、M1 式 240 公厘榴彈砲（圖 5）屬二次世界大戰期間研製之火砲，機械漸漸舊化，因此在不易獲得零件更新狀況下，火炮之射速、機動力，甚至射擊指揮，均不如現進火炮，以下以表列式針對美軍 6400 密位與國軍八大射向射擊，檢討分析說明其差異之處。

表 3

美軍與國軍砲兵環型射擊差異分析表		
區 分	美軍 6400 密位射擊	國軍八大射向射擊
射 擊 目 標 區 域	環型防禦射擊	八大射向射擊
陣 地 占 領 速 度	較短	較長
戰 力 保 存	無砲堡設施戰力保存低、高風險。	平時於砲堡，有既定射口，八大射向無砲堡設施，戰力保存低、高風險。
射 擊 指 揮 效 率	可運用火炮彈道計算機計算射擊諸元，有特別修正量即時運用效果佳。	無特別修正量即時運用，射擊效果較差。
通 信 支 援 能 力	可透過有、無線電，語音、數據通連至單砲。	可透過有、無線電，語音、數據通連至單砲。
戰 鬥 支 援 速 度	配賦火炮定位定向系統，陣地佔領速度快，較佳。	無配賦火炮定位定向系統，陣地佔領速度慢，稍差。
綜 合 比 較	較優	

參考資料：作者自製





圖 5 砲兵現有牽引式火炮

參考資料：國軍陸軍軍事資料庫、砲兵軍事資料庫

環型陣地火炮運用建議

一、輕型火炮汰舊換新

(一) 目前國軍現有的輕型牽引式火炮 M101A1 式 105 公厘屬較早期設計之火砲，傳統式火炮不管是倚賴人力、車輛拖曳，甚至自行運動，無論是射擊、威力和機動性，在防衛作戰環型陣地，就射擊準備與效能，均已不符現代作戰的需求，極須予以更新。

(二) 就射擊效能和輕量機動性，以美軍 M119A3 式 105 公厘榴彈砲（圖 6），無論是射程還是殺傷力都是經過精心設計的傑出火炮，不僅重量輕、機動力強，配有砲上彈道算機及 M90 初速測算雷達，射程 14 公里，增程彈可達 19.5 公里，因僅有一個駐鋤藉機械緊定駐鋤，機動轉向速度快，單一射向陣地佔領速度 2 至 3 分鐘，可提供我未來建軍備戰，守備砲兵部隊更新火炮之參考。

二、具備輕量化且快速機動打擊能力

先進火炮具備自動化操作功能，大幅降低人員操作時間，故可實施「快速打擊」火力支援任務；反觀傳統火炮，因無砲上自動化射控系統，部分須仰賴人力完成射擊任務，影響射擊時間及射擊效果。且因砲身笨重，故射擊準備速度及戰鬥支援速度遠落後，已不符作戰需求。因此建構如美軍 M119A3 式 105 公厘及 M777 式 155 公厘火炮（圖 7），為我砲兵兵力整建之參考。

三、具備自動射擊控制能力

綜觀世界各國先進火炮，均已配賦自動化射控系統，每門火炮均可獨立作戰，於接獲射擊任務後，藉由定位定向系統提供即時火炮位置座標及火炮姿態等資料、透過射控系統自行完成射擊諸元計算，完全不須由測量班提供測地資料及射擊指揮所下達射擊諸元，因射控系統可自動調整火炮方向及射角，加上裝填程序簡化可自行計算射擊諸元，更因系統可自動調整火炮方向及射角，加

上裝填程序簡化，讓火炮自占領陣地後到發射第一發砲彈僅需花費 1 分鐘、射擊 6 發砲彈後到變換陣地僅需 3 分鐘，⁹可於作戰時，快速給予受支援部隊精準、強大之火力支援。

四、善用資訊化系統

現行砲兵可運用國軍自力研發之「戰、技射擊指揮自動化系統」，加上完善通資鏈路，於發現敵目標位置，在戰術指揮儀確立射擊目標後，傳遞至技術射擊指揮儀鍵入八大射向之射向，以利陣地快速機動轉向，完成射擊任務。未來可籌購新式火炮具有定位定向、彈道計算機、自動射控系統之火炮，以符合數位砲兵作戰能力，及外島環型陣地火炮快速射擊之效能。

五、籌購精準砲彈，建構遠程精準火力

現行傳統彈藥未具備導引功能，僅能對敵船團實施面積射擊，命中率低，攻擊效果有限，為因應敵快速船艦實施突擊登陸作戰，應積極籌購增程、精準導引之智慧型砲彈，或委由中科院研製新一代精準砲彈，具備定位定向、慣性導航及熱源尋標等功能，以利在迅速機動轉向，火炮射擊準備與射擊指揮誤差狀況下，仍然有效命中目標，滿足快速火力殲敵於海上之火力支援任務。



圖 6 美軍 M119 105 公厘榴彈砲示意圖

參考資料：美國國防部網站、詹氏年鑑電子資料庫

⁹ 王世璋，〈從世界各國火炮發展探討本軍砲兵部隊未來建軍發〉《砲兵季刊》（臺南），第 175 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 11 月 20 日，頁 6。

表 4

105 公厘 M101A1 式及 M119A3 式比較分析表		
火砲型式	M101A1	M119A3
射程	11000 公尺	14000 公尺
增程彈 增加距離	無	19500 公尺
架尾型式	M2A1 式大架雙駐鋤	大架單一駐鋤
初速測算雷達	無	MV 初速測算雷達
彈道計算機	無	隨砲
綜合分析	劣	優

參考資料：作者整理



圖 7 美軍 M777 A2 155 公厘牽引砲
資料來源：美國國防部網站、國軍陸軍軍事資料庫

表 5

美軍 M777A2 牽引砲諸元表			
倍徑比	155 公厘 39 倍徑	基本諸元	長：10.584 公尺 寬：2.589 公尺 高：2.336 公尺
射角	-3 至+75 度	火炮（戰鬥）重量	4218 公斤
方向轉動界	左右各 400 密位	最大射程	30000 公尺
射程	高爆榴彈：24700 公尺 增程榴彈：30000 公尺	速率	牽引：88 公里/時
射速	最大：4 發/分 持續：2 發/分	巡航里程	依牽引車輛而定
操作人員	7 員	自動控制系統	有
放列時間	1 分鐘	定位定向系統	有

資料來源：王世璋，〈從世界各國火炮發展探討本軍砲兵部隊未來建軍發〉《砲兵季刊》（臺南），第 175 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 11 月 20 日，頁 5。

結語

目前國軍現有的火炮多為二次世界大戰時期的產物，射擊、威力和機動性已不符現代作戰的需求，亟待予以更新，加上妥善率欠佳，縱深打擊能力不足，所以需要進行性能提升。基於外島對敵登陸作戰火力壓制需要與本島的反登陸作戰需求，陸軍砲兵非常強調新型火炮的縱深打擊能力、射擊效果精準能力，因此研製新式火炮，並能符合臺灣地理環境快速佔領陣地、發揚火力，是為國軍砲兵建軍刻不容緩要件。

在國防經費有限狀況下，精進砲兵戰技與研改火炮設備，為我目前近期建軍之方向，使其外島火炮陣地佔領速度快，射擊準備簡易，射擊速度快、射擊精準，要能達到上述效能，端賴各級幹部均能熟悉八大射向陣地特性及其整備工作，以期於戰時方能發揮我砲兵部隊最大效能。

參考文獻

- 一、Micheal J Forsyth 上尉、Jeffrey M. Hopper 上士、Michael A. Jensen 上士，〈火炮 6400 密位射擊能力之研究〉《砲兵雜誌（Field Artillery）》（西爾堡），美國陸軍砲兵學校，西元 1999 年 5 月。
- 二、砲訓部射擊組 4025 教案〈外島砲兵部隊陣地整備介紹〉。
- 三、王世璋，〈從世界各國火炮發展探討本軍砲兵部隊未來建軍發〉《砲兵季刊》

(臺南)，第 175 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 11 月 20 日。

四、《野戰砲兵戰砲隊訓練教範》(桃園：陸軍司令部，民國 90 年 12 月 24 日)。

五、《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範(第三版)》(桃園：陸軍司令部，民國 103 年 10 月 30 日)。

作者簡介

朱慶貴雇員教師，陸軍官校 74 年班，砲校正規班 140 期，曾任排長、連長、教官、主任教官、雇員教師，現任職陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

研製砲兵夜間測地輔助器材提升夜間測地效能

作者：黃盈智

提要

- 一、野戰砲兵為戰鬥支援兵種，以火力支援地面部隊作戰，射擊為達成任務唯一手段。然射擊效果良窳，端賴適時獲得目標位置及精算射擊諸元，惟測定目標位置及求取射擊諸元，又以精確測地作業為根本要素。
- 二、國軍砲兵為肆應全天候作戰需求，將「夜間測地」納為野戰砲兵測地項目之一，其作業成果影響火炮射擊效果，惟目前各級砲兵部隊未配發制式夜間測地輔助器材，各單位僅能採自製方式滿足需求，規格未統一且作業成效不彰，影響戰備任務遂行。本計畫研製目的係發展制式且規格統一「夜間測地輔助器材」，期能精進砲兵夜間測地效能，提升作業速度與精度，滿足砲兵部隊夜間作戰實需。
- 三、本研究採文獻回顧法，首先探討歷年砲兵先進研究中，與本計畫主題相關書籍、文獻及網路資訊，作為策進、執行與研發作業之參據，進而說明本案之研發效益與對砲兵夜間測地之影響，最後提出綜合結論與建議。
- 四、砲兵測量裝備種類繁多，因其具備提供砲兵精確測地成果，與目標獲得裝備定位定向精確諸元之強大功能，故可遂行砲兵測地與射向賦予作業，在長達十餘年的服役中，對國軍戰力之貢獻，實有目共睹。惟於夜間測地部分，為確保其戰力不墜，砲兵部隊除落實各級保養、維護與操作要領外，理應透過各式研發作為，採性能提升方式有效發揮測量裝備之夜間作業效能，進而提升砲兵全天候作戰能力，基此，本案「砲兵夜間測地輔助器材」實為一立意良好之研究典範。
- 五、「砲兵夜間測地輔助器材」經研發驗證，具有小投資、大效益之優點，其具備通用、穩定、且便利夜間電源供應等能力，俾利砲兵部隊遂行夜間測地任務，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，筆者提出（一）保留後續研改及擴充介面；（二）模組化、輕量化；（三）積極爭取納入軍品推廣；（四）完善後勤補保機制；（五）結合民間光電產能等 5 點建議事項。

關鍵詞：夜間測地、M2 方向盤（Aiming Circle）、全站儀（Total Station）、導線法（Traverse Survey）、前視（Fore Sight, FS）、後視（Back Sight, BS）

前言

野戰砲兵為戰鬥支援兵種，以火力支援地面部隊作戰，射擊為達成任務唯一手段。然射擊效果良窳，端賴適時獲得目標位置及精算射擊諸元，惟測定目

標位置及求取射擊諸元，又以精確測地作業為根本要素。國軍砲兵為因應全天候作戰需求，將夜間測地納為野戰砲兵測地項目之一，其作業成果影響火炮射擊效果，惟目前各級砲兵部隊未配發制式夜間測地輔助器材，各單位僅能採自製方式滿足需求，規格未統一且作業成效不彰，影響戰備任務遂行。本計畫研製目的係發展制式且規格統一「夜間測地輔助器材」，期能精進砲兵夜間測地效能，提升作業速度與精度，滿足砲兵部隊夜間作戰實需。本研究採文獻回顧法，首先探討歷年砲兵先進研究中，與本計畫主題相關書籍、文獻及網路資訊，作為策進、執行與研製作業之參據。接續，說明本案之研發效益與對砲兵夜間測地之影響，最後提出綜合結論與建議（研究架構如圖 1）。

本研究雖以徠卡、蔡司全站儀及 M2 方向盤為主要研究目標，新式全站儀獲得後，蔡司全站儀將除役，徠卡全站儀規劃轉予後備部隊運用，M2 方向盤則續為砲兵連測量班之主要裝備。基此，本案之研發成果與經驗仍可作為後續建案或相關研究之參據。

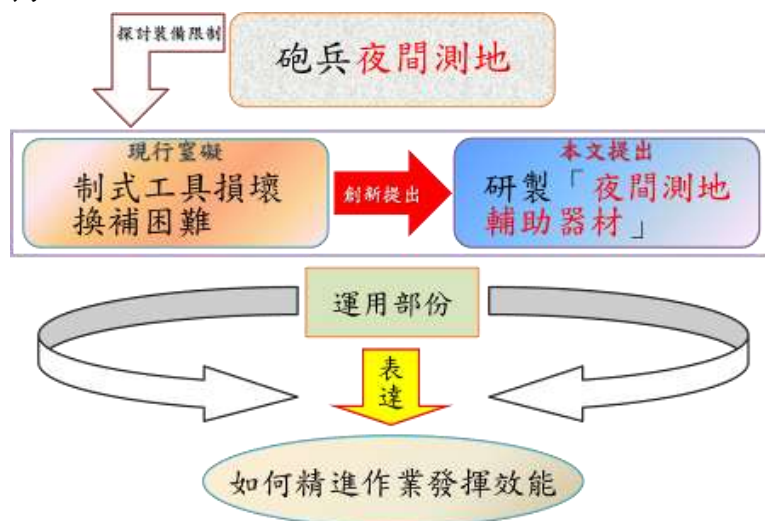


圖 1 研究架構圖

資料來源：筆者自製

砲兵夜間測地作業現況及窒礙問題

為使讀者對本研究主題具備全般概念，本研究將區分「砲兵測地裝備概述」與「作業現況及窒礙問題」等 2 部分說明。

一、砲兵測地裝備概述

國軍野戰砲兵測地裝備，依作業特性與功能別，可區分為「定位定向系統」、「測量器材」與「測量輔助（計算）器材」（如圖 2），本研究範疇為國軍砲兵現役測地裝備，包含「M2 方向盤」、「蔡司 Rec - Elta - 13 型全站儀」、「徠卡 TCRA - 705 型全站儀」及「標桿（架）與水準器」等，並針對上揭裝備（含附件）實施研發改良（如圖 2 紅色框線所示），設計通用之「砲兵夜間測地輔助器材」，進

而提升野戰砲兵夜間測地作業效能。本節茲將現行砲兵測地裝備概述如后。



圖 2 國軍砲兵測地裝備一覽圖

資料來源：筆者自製

（一）M2 方向盤

民國 68 年以前，因光學技術尚未普及，此時期之測量器材通常僅具備基本測角功能（水平角、垂直角與方位角），故稱之為「經緯儀」。方向盤（Aiming Circle）為此階段最具代表性裝備，國軍砲兵最早期係使用 M1 方向盤（圖 3），礙於裝備老舊，遂於民國 66 年起換裝 M2 方向盤（圖 4），因上揭裝備夜間作業能力有限，如運用於砲兵夜間測地作業，須額外增加人員實施測站照明，且其搭配作業之標桿無配套夜間作業輔助工具（如標桿燈），故作業精度受限且耗費時間。



圖 3 M1 方向盤示意圖

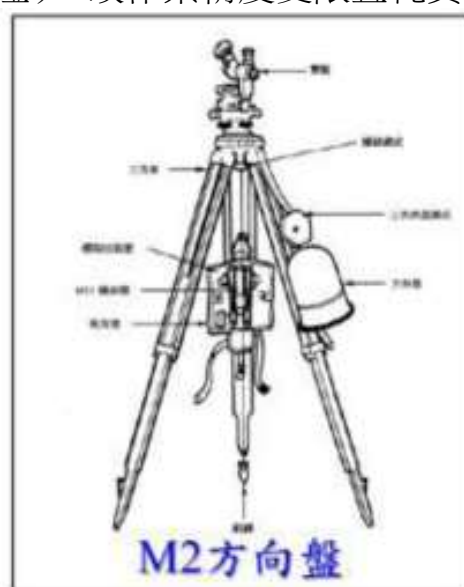


圖 4 M2 方向盤示意圖

資料來源：圖 3 引自 ARTILLERY SURVEY，(TM6-600)，11/1954，GHQ ARMY GRC，頁 34。圖 4 引自耿國慶，〈跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究—以美軍為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 183 期，陸軍砲兵訓練指揮部，民國 107 年 11 月），頁 32。

（二）蔡司與徠卡全站儀

民國 84 年起，「全站儀」(Total Station) 已逐漸成為測量器材之主流趨勢，國軍為與時俱進，分別於民國 84 年 6 月與民國 96 年 12 月，獲得德國蔡司全站儀（圖 5①）與瑞士徠卡全站儀（圖 5②）。「全站儀」又稱為全能測量儀或電子測速儀，係整合「電子經緯儀」、「電子測距儀」、「電子計算機」及「電子記錄器」成一體之儀器，同時測量測點連線之水平角、垂直角、傾斜距離，計算水平距離、高差、測點坐標與高程，並能自動顯示讀數，儲存數據，直接輸入功能較大之電子計算機，利用周邊設備，建置圖檔資料，輸出成果。依上揭定義，國軍蔡司、徠卡等兩類裝備都應屬全站儀之範疇。此外，本時期之測量器材，其經緯儀、測距儀均捨棄原分離設計，改採「整合式」為主流，優點為有效減少視、光軸偏差。雖蔡司、徠卡全站儀均標榜內建夜視功能，惟其儀器「定心」與搭配作業之反射器並無配套夜間作業輔助工具（圖 6），造成夜間作業困難，實有研改精進之空間。



圖 5 蔡司、徠卡全站儀示意圖

資料來源：轉引自《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 2-61、頁 2-127。

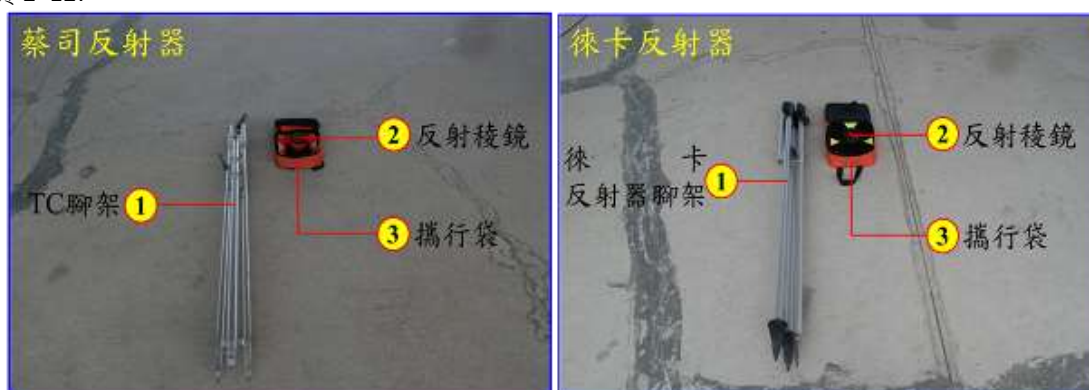


圖 6 原蔡司、徠卡全站儀配賦之反射器均無輔助夜間作業功能

資料來源：筆者自製

（三）標桿（架）與水準器

標桿（架）與水準器為砲兵測地最常使用之「測站標示器材」，惟現行標桿（架）並無調升（或調降）功能，且未具備軍用規格之「標桿燈」，可供測量人員實施夜間作業，部隊長期缺乏「制式夜測輔助工具」，須使用軍用手電筒或自製燈具因應，規格未統一且效能不彰，現行標桿（架）與水準器功能說明如次。

1.標桿：國軍砲兵部隊現用之測量標桿（如圖 7①），為兩節金屬空心圓桿合成，全長 6 英尺 6 英吋（約 1.98 公尺），由上而下漆成紅白相間之 6 等份，每等份長 1 英尺（30 公分），最下之 6 英吋（15 公分）處為鐵錐，以便插入土中，不用時，分為兩節，置於標桿套內。

2.標桿架：標桿架係支持標桿於測站上時所用之輕便三腳架，使標桿能於堅實之地面直立之（如圖 7②）。

3.標桿水準器：標桿水準器係供豎直標桿用（如圖 7③）。



圖 7 原標桿（架）與水準器無輔助夜間作業功能

資料來源：筆者自製

（四）國軍砲兵測量器材（含夜間作業能力）分析比較：國軍砲兵測量器材（含夜間作業能力）差異分析比較彙整如表 1。

表 1 國軍砲兵測量器材（含夜間作業能力）差異分析比較表

器材名稱	M2 (M2A2) 方向盤	德國 蔡司全站儀	瑞士 徠卡全站儀
撥發時間	民國 66 年	民國 84 年 6 月	民國 96 年 12 月
望遠鏡倍率	4 倍	30 倍	30 倍
測距儀型式	無	內建整體式	內建整體式
夜間測地能力	需額外增加光源，且搭配作業之標桿無配套夜間作業輔助工具。	雖儀器內建夜視功能，惟搭配作業之標桿、反射器無配套夜間作業輔助工具。	雖儀器內建夜視功能，惟搭配作業之標桿、反射器無配套夜間作業輔助工具。

測 距 模 式	無	紅外線光波	紅外線光波 與雷射測距
測 距 時 間	無	3~5 秒	3~5 秒
測 距 範 圍	無	單一稜鏡(15 公里 能見度下可測至 2,000 公尺)	單一稜鏡(紅外線 2,000 公尺;雷射 7,500 公尺)
經 緯 儀 型 式	機械式	電子式	電子式
電 池 型 式	無	鎳鎘電池	鎳氫電池
充 電 時 間	無	6 小時	4 小時
角 度 顯 示 單 位	密位	密位、度分秒、 度小數、400 級	密位、度分秒、 度小數、400 級
垂 直 角 類 型	高低角	高低角 天頂角	高低角 天頂角
角 顯 示 精 度	0.5 密位	0.1 秒	1 秒
補 償 器 (與 範 圍)	無	有，單軸補償 (± 2 分 40 秒)	有，雙軸補償 (± 4 分)
儲存與計算功能	無	1,000 筆	10,000 筆以上
定 心 方 式	垂球	光學 與垂球	光學為主
鏈 結 定 位 定 向 系 統	不可	可	可
整 置 時 間	3 分 30 秒	2 分 30 秒	2 分鐘
數 量	2,290 套	91 套	85 套

資料來源：參考《陸軍野戰砲兵測地訓練教範(上冊)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月)，頁 2 - 14~頁 2 - 172。

二、作業現況及窒礙問題

國軍砲兵夜間測地有別於一般測地作業，因視線不佳致縮短覘視距離，極易產生誤差，加上夜間通信連絡不易，作業相對困難。另原配發之夜間測地測輔助器材(如標桿燈等)因逾壽期，均損壞殆盡，部隊長期缺乏制式工具，須使用軍用手電筒或自製燈具因應，規格未統一且效能不彰、品質良莠不齊且通用性欠佳，亦無法適用全軍測量裝備。本節茲將部隊因未具備夜間測地測輔助器材，所肇生之作業窒礙問題，歸納為「夜間測量裝備定心困難」、「夜間測地標定目標不易」與「夜間無法有效調整器材(覘標)高度」等 3 項(窒礙問題彙整說明如表 2)。

表 2 夜間測地窒礙問題彙整說明表

窒礙問題 區分	夜間測量裝備「定心」困難	夜間測地「標定目標」不易	夜間無法有效「調整器材(觚標)高度」
說明	國軍現行測量裝備定心方式區分為「垂球定心」與「光學定心」等 2 種，惟上述方法僅適用於晝間作業。	夜間作業因視線不良，測量人員操作裝備瞄準標桿時，須懸掛「軍用手電筒」或「自製燈具」作為「標桿燈」之替代方案；瞄準反射器時，則須額外增加人員實施反射稜鏡照明。	夜間作業時，因視線不佳，致無法有效量取及調整器材（觚標）高度。
影響	夜間實施「定心」作業時，因視線受限，故須額外增加人員實施測站照明，影響測地作業時效與品質。	1.現行以「軍用手電筒」或「自製燈具」作為「標桿燈」之替代方案，將導致標定目標過大(軍用手電筒之光源外徑 4.5 公分)，容易令測量人員產生作業標定誤差。 2.因照明用手電筒光度不足，容易令測量人員產生作業標定誤差。	間接造成高程誤差

資料來源：筆者自製

(一) 夜間測量裝備「定心」困難：舉凡測量器材作業之初，均須運用特定方式將儀器中心位置精確對正某一測點，吾人稱之為「定心」或「對正測站」（國軍各式測量裝備定心方式如圖 8、表 3）。現行 M2 方向盤與蔡司、徠卡全站儀等主要測量裝備，前者係使用「垂球定心¹」，後二者係使用「光學定心²」；惟不論使用種方式定心，於晝間作業時均不影響工作執行；惟夜間作業時，因視線受限，故須額外增加人員實施測站照明，影響測地作業時效與品質（國軍各式測量裝備晝、夜間定心作業對照如圖 9~圖 11）。

1 「垂球定心」成本低廉、結構簡單，係運用「物理」原理，直接將垂球懸掛於器材中心位置，用以對正測站。

2 「光學定心」係運用「光學原理」設計，不受強風或地形影響定心精度，為現階段測量器材廣泛採用，其限制為作業環境務須光源充足，當夜間視線受限時，則較不適用此法。

名稱：M2方向盤
定心方式：垂球定心



名稱：徠卡全站儀
定心方式：光學定心



名稱：蔡司全站儀
定心方式：光學定心



圖 8 國軍各式測量器材與其定心方式

資料來源：筆者自製

表 3 國軍各式測量裝備定心方式比較

項 目	垂 球	光	學
測 量 裝 備	M 2 方 向 盤	蔡 司 全 站 儀	徠 卡 全 站 儀
特 點	成本低廉、結構簡單，係運用「物理」原理，直接將垂球懸掛於器材中心位置，用以對正測站（如圖 9）	係運用「光學原理」設計，不受強風或地形影響定心精度，為現階段測量器材廣泛採用（如圖 10）。	係運用「光學原理」設計，不受強風或地形影響定心精度，為現階段測量器材廣泛採用（如圖 11）。
限 制 （夜間作業）	1.易受強風影響定心作業。 2.易受操作者單一視覺方向誤導，致錯估垂球位置，造成定心誤差。 3.垂球體積小，容易因保管不當或於野外作業不慎遺失。 2.夜間作業時，因視野受限，故須額外增加人員實施測站照明。	1.晝間作業無限制 2.夜間作業時，因視野受限，故須額外增加人員實施測站照明。	1.晝間作業無限制 2.夜間作業時，因視野受限，故須額外增加人員實施測站照明。

資料來源：黃盈智，〈M2 方向盤光學定位鏡組研發介紹與運用〉《砲兵季刊》（臺南），169 期，砲訓部，頁 3。



圖 9 M2 方向盤晝、夜間定心差異比較
資料來源：筆者自製



圖 10 蔡司全站儀晝、夜間定心差異比較
資料來源：筆者自製



圖 11 徠卡全站儀晝、夜間定心差異比較
資料來源：筆者自製

(二) 夜間測地「標定目標」不易：野戰砲兵測地作業三要素，為量測「水平角³」、「垂直角⁴」與「距離⁵」等諸元，為力求作業精確，測量人員須操作測量裝備（儀器），並將其視準軸中心（即儀器望遠鏡內十字刻畫線之中心，如圖 12）瞄準目標（標桿或反射稜鏡中心位置），上述動作看似簡單，實則需要嚴格訓練，方能成為一位合格測量人員。晝間作業因視野良好，瞄準標桿時，須將十字刻畫中心標定標桿之中央位置；瞄準反射器時，則須標定反射稜鏡中央（如圖 13）。惟夜間作業因視線不良，瞄準標桿時，須懸掛「軍用手電筒」或以「自製燈具」作為「標桿燈」之替代方案；瞄準反射器時，則須額外增加人員實施反射稜鏡照明（如圖 14），上揭 2 種方法，前者因標定目標過大（軍用手電筒之光源外徑達 4.5 公分，如圖 15）；後者則因照明用手電筒光度不足，均容易致測量人員產生作業標定誤差（圖 16）。

(三) 夜間無法有效「調整器材（覘標）高度」：砲兵測地作業中，器材與覘標高度對高程測量的影響甚鉅，⁶晝間作業時，測量人員可使用捲尺實際量測器材與覘標高度，作為高程計算之依據（如圖 17）；惟夜間作業時，因視線不佳，致無法有效量取並調整器材（覘標）高度（圖 18），間接造成高程誤差。

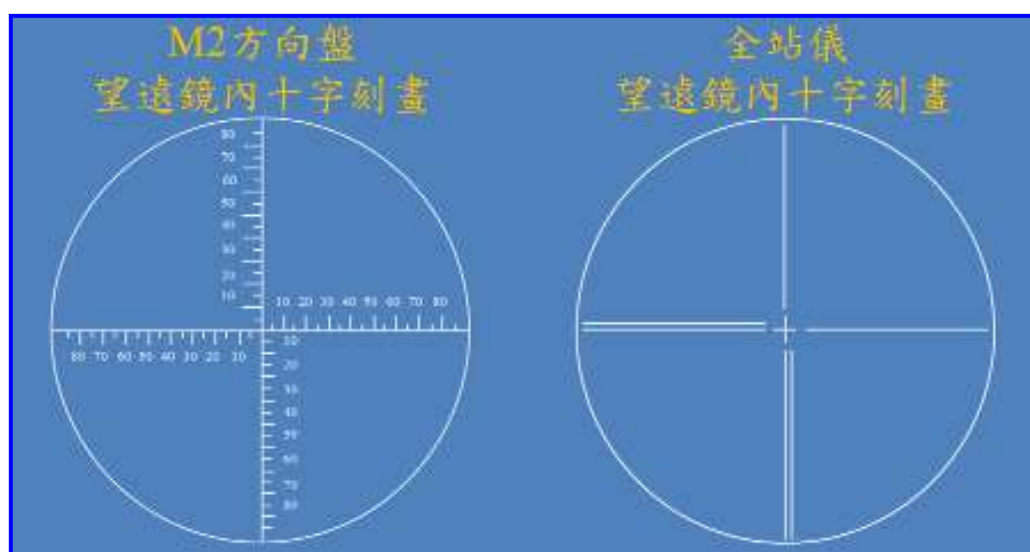


圖 12 M2 方向盤與全站儀望遠鏡內十字刻畫示意圖

資料來源：筆者自製

- 3 在器材視軸之水平面上，以測站為頂點，測量其他二點間之夾角，即為「水平角」，通常按順時針方向測量。
- 4 垂直角區分為「天頂角」與「高低角」等 2 種類型，天頂角係以地心與測站連線向上延伸入天頂之方向為 0 軸，與器材視軸至覘視點連線所成之垂直夾角；高低角則為器材視軸中心至覘視點之連線，與器材視軸水平面所成之垂直夾角，謂之「高低角」，在水平面上者為正，以下為負。
- 5 平面或球面上任意 2 點間之長度，謂之距離，亦區分為「水平距離」與「傾斜距離」等 2 種。砲兵測地係屬小區域之平面測量，故通常使用（或測量）「水平距離」。
- 6 「器材高」係由測量器材之水平視軸至測站之地面或椿頂之垂直距離；「覘標高」則為測定高低（天頂）角時，對覘標之覘視點至覘標所在地面或椿頂之垂直距離。上揭 2 者對於高程作業（或計算）結果影響甚鉅，故應於作業前明確訂定之。



圖 13 晝間標定標桿與反射稜鏡示意圖

資料來源：筆者自製



圖 14 夜間標定標桿與反射稜鏡示意圖

資料來源：筆者自製



圖 15 以「軍用手電筒」替代「標桿燈」易產生作業誤差

資料來源：筆者自製



圖 16 手電筒照明反射稜鏡光度不足，夜間難以辨識

資料來源：筆者自製



圖 17 晝間使用捲尺量取器材與覘標高度示意圖

資料來源：筆者自製



圖 18 夜間使用捲尺量取器材與覘標高度示意圖

資料來源：筆者自製

解決方案與預期目標

為有效解決國軍現行夜間測地所面臨窒礙問題，研擬精進砲兵夜間測地作業之具體方案，本研究創新研發「砲兵夜間測地輔助器材」，提出「以雷射取代垂球、光學定心」、「以特製燈具取代軍用手電筒」及「以可升降式腳架（與標桿）取代傳統儀器腳架（與標桿）」等 3 項解決方案（窒礙問題與解決方案如圖 19），進而達成「提升夜間測地坐標與方位精度」與「減少高程誤差」等目標（精進內容與預期目標如圖 20）。

研發案名稱：砲兵夜間測地輔助器材	
窒礙問題	解決方案
夜間定心困難	以「雷射」取代「垂球、光學」定心
夜間標定不易	以「特製燈具(符合軍事規格)」取代「軍用手電筒」
無法調整器材與覘標高度	- 以「可升降式腳架」取代傳統儀器腳架 - 以「可升降式標桿」取代傳統標桿

圖 19 砲兵「夜間測地」窒礙問題與解決方案

資料來源：筆者自製

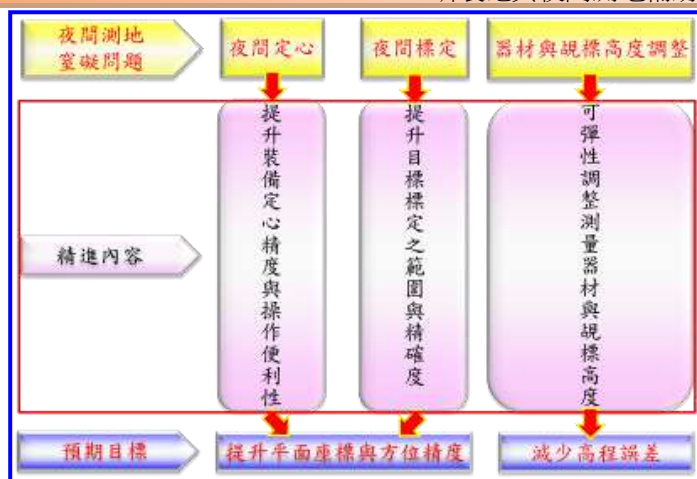


圖 20 砲兵夜間測地精進內容與預期目標

資料來源：筆者自製

一、以「雷射」取代「垂球、光學」定心：現行 M2 方向盤與蔡司、徠卡全站儀等主要測量裝備，分別使用「垂球」與「光學」等方式定心，上揭方法於夜間作業時，均因視線受限，故須額外增加人員實施測站照明，影響測地作業時效與品質。本研究運用雷射光源不受環境、天候影響，於夜間仍清晰可見之特性（如圖 21），研擬以「雷射定心」取代現行「垂球與光學定心」，進而提升測量裝備定心精度、操作便利性及節省人力。

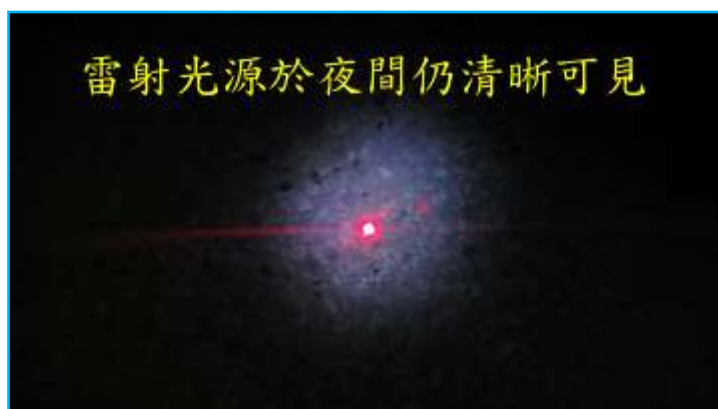


圖 21 「雷射光源」具備於夜間仍清晰可見之特性

資料來源：筆者自製

二、以「特製燈具（符合軍事規格）」取代「軍用手電筒」：為解決夜間測地因作業視線不良，致標定目標不易的問題，本研究研擬製作符合軍事規格之「標桿燈」與「反射稜鏡燈」，作為現行部隊須懸掛「軍用手電筒」或以「自製燈具」因應之改進方案（如圖 22）；除符合軍事規格（防水、防塵）可全天候作業外，亦可有效解決原「標定目標過大」與「照明燈光不足」等問題，減少測量人員標定誤差，進而提升夜間目標標定範圍與精確度。



圖 22 現行部隊須懸掛「軍用手電筒」或以「自製燈具」因應

資料來源：牛彥凱，〈提升砲兵觀測所夜間標定設備之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 177 期，砲訓部，民國 106 年 06 月，頁 3。

三、以「可升降式腳架與標桿」取代「傳統儀器腳架與標桿」：夜間測地作業因視線不佳，致無法有效量取及調整器材（覘標）高度，本研究研擬設計可調升（調降）之儀器腳架與標桿（架），作為解決方案（如圖 23~圖 24）。新式腳架與標桿（架）除可彈性調升（調降）高度外，亦可通用國軍現役測量裝備，加上不受天候與環境限制，可有效消弭高程誤差與提升作業精度。



圖 23 本研究研擬設計可調升（調降）之新式儀器腳架

資料來源：筆者自製



圖 24 本研究研擬設計可調升（調降）之新式標桿（架）

資料來源：筆者自製

研製砲兵夜間測地輔助器材

本研究為解決國軍現行夜間測地所面臨之窒礙問題，創新研發出砲兵夜間測地輔助器材，並以運用範圍廣、使用壽限長之光學元件為主要研究目標。隨著科技日新月異，目前現貨市場發展出多款體積小、重量輕、亮度高之光學組件，可依據國軍各式測量裝備之機械結構與作業能力需求，考量不破壞裝備結構且便於夜間操作之便利性，達成提升夜間測地作業效能之目標。本節主要區分「研發期程與規劃」、「各部名稱與功能介紹」、「裝備操作運用」與「綜合結論」等 4 大部分。

一、研發期程與規劃：研製案採委商研製方式，研製期程為 1 年，首先依據現有資源、人力及考量任務執行期間，擬定三階段之作業流程與各階段時間管制節點。區分第一階段，以「砲兵夜間測地輔助器材」規格、功能規範研討與訪商洽談製圖為主（如圖 25），期使研發品項能發揮預期效益。其次，於第二階段，個別訂定成品初步測試、製作缺失研討與裝備驗收測試等項目為階段目標。最後，為使後續之成果推廣有利，於第三階段中將「砲兵夜間測地輔助器材」廣泛提供砲訓部受訓班隊學員生，於相關課程中操作使用，從中獲得具體之操作建議與改進意見回饋。綜上，依全案三階擬定之作業內容繪製甘特圖⁷（如

7 甘特圖（英語：Gantt chart）是橫條圖的一種流行類型，也稱為條狀圖（Bar Chart），係由亨利·甘特於 1910 年

圖 26)，俾利控管研發任務之執行進度。



圖 25 「砲兵夜間測地輔助器材」研製設計圖（單位：公厘）

資料來源：研製廠商提供

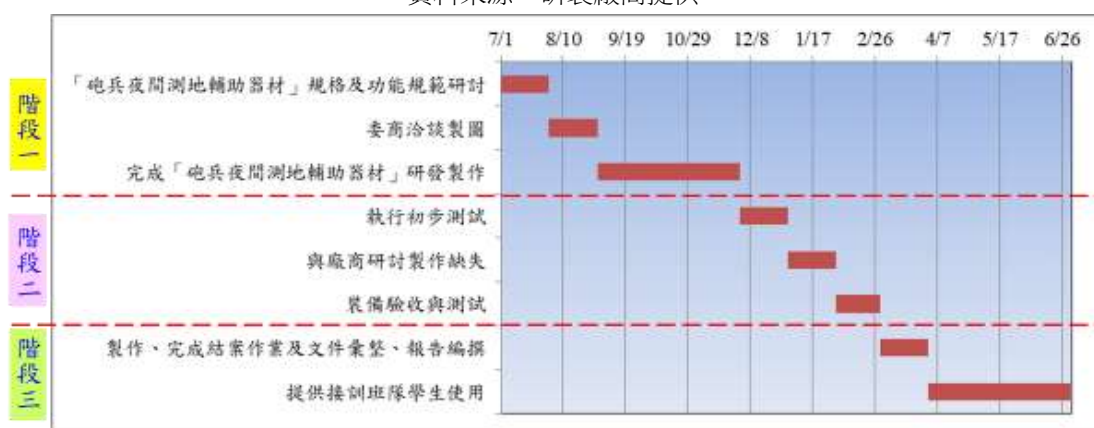


圖 26 甘特圖

資料來源：筆者自製

二、各部名稱與功能介紹：本案之研發成果「砲兵夜間測地輔助器材」，係由「通用型儀器腳架 1 具」、「雷射求心基座 1 個」、「標桿(架)及標桿燈 2 套」、「反射稜鏡燈 2 套」、「M2 方向盤連接器 1 個」與「攜行箱 1 個」等六大部分組成（如圖 27 至圖 33），說明如次。

（一）通用型儀器腳架：由鋁合金材質打造，具重量輕、攜行方便等特點，其設計概念為整合國軍現役 M2 方向盤、蔡司與徠卡全站儀等儀器腳架，並增加

開發，其內在思想簡單，基本為一條條圖，橫軸表示時間，縱軸表示活動（項目），線條表示在整個期間上計劃和實際活動完成情況。其直觀地表明任務計劃於何時進行，及實際進展與計劃要求之對比。資料來源：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/>。

安全鍊條，防止操作失慎造成儀器傾倒，另新增架頭調升（調降）功能，可依作業需求快速調整器材高度，「通用型儀器腳架」各部名稱與功能說明如圖 27、表 4。

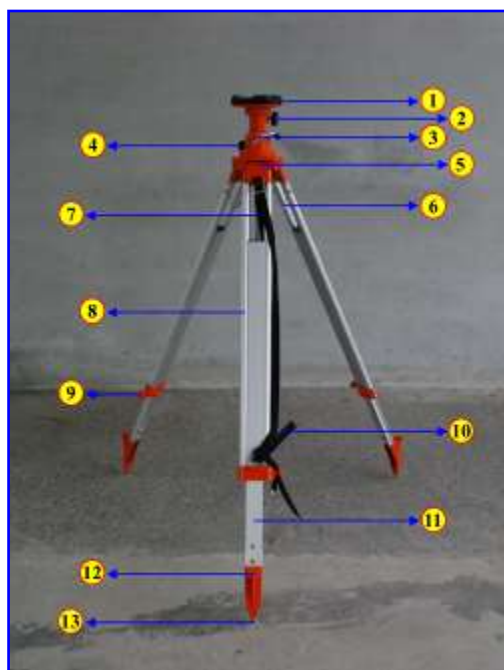


圖 27 「通用型儀器腳架」示意圖

資料來源：筆者自製。

表 4 「通用型儀器腳架」各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	升降式架頭與護蓋	升降式架頭之功能為承載雷射求心基座與各式測量儀器，另可依作業需求快速調整器材高度（高度升降範圍為 110~220 公分）；架頭護蓋則可保護架頭使其避免碰撞。
2	本體緊定螺	目的為使「雷射求心基座」與「升降式架頭」完成緊密結合，順時針旋轉為緊定；逆時針則反之。
3	架頭升降手把	作用為調整架頭高度，順時針轉動手把可升高架頭；逆時針則反之。
4	架頭固定螺	使用「架頭升降手把」將「架頭」調整至固定高度後，需順時針旋緊「架頭固定螺」，防止架頭鬆動，以確保儀器作業穩定。
5	腳架連接器	作為「架頭」與「上、下腳架」間之連接裝置。
6	安全鍊條	合計使用 3 條安全鍊條，目的為將上腳架採等間距連結，避免野外作業時，因人為疏失或強風吹襲而造成腳架傾倒。
7	背帶	作為野外變換測站時攜行或背負腳架用途。

8	上腳架	為鋁合金材質，區分為上、下腳架，以作為高度調整用途。
9	腳架緊定螺	調整上、下腳架至固定高度後，作為腳架緊定、防傾倒用途。
10	束帶	作為野外變換測站時固定腳架用途。
11	下腳架	為鋁合金材質，區分為上、下腳架，以作為高度調整用途。
12	踏板	於泥土地上整置腳架後，應採順時針方式，依序將踏板用力採踏，直至腳尖沒入土中，以穩固腳架，避免遭強風吹襲而損壞測量儀器。
13	鋁質腳尖	作為插入土中，以穩固腳架用途。

資料來源：筆者自製

（二）雷射求心基座：由鋁合金材質打造，其中心部位新增雷射定心功能，運用雷射光源不受環境、天候影響，於夜間仍清晰可見之特性，以「雷射定心」取代現行垂球與光學定心，「雷射求心基座各部名稱與功能說明如圖 28、表 5。

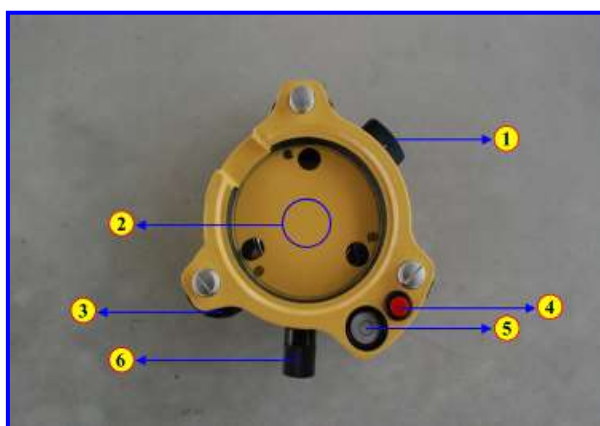


圖 28 「雷射求心基座」示意圖

資料來源：筆者自製

表 5 「雷射求心基座」各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	本體結合螺	測量儀器本體安置於求心基座上方後，作為固定、防止鬆脫用途，順時針旋轉為緊定，逆時針則反之。
2	雷射對中器	即雷射光源產生器，其產生之可見光源外徑小於 1 公厘，於晝、夜間均得適用，可精確對正地面測站，減少測量儀器定心誤差。
3	水平調整螺	合計 3 處，作為居中「圓形水準氣泡」或調整測量儀器水平用途。
4	雷射開關	即雷射光源開關，按壓後即可於基座中心底部，產生一雷射光源，據此對正地面測站（定心）。

5	圓形水準氣泡	搭配「水平調整螺」可作為測量儀器之定平（維持水平）用途。
6	電池座與電池	安裝市售 4 號電池 1 顆，可連續使用 2 小時（含）以上，操作人員可自行實施電池更換。

資料來源：筆者自製

（三）標桿（架）及標桿燈：由鋁合金材質打造，具重量輕、攜行方便等特點，本案研製標桿除可結合「標桿燈」或「反射稜鏡」等配件外，亦新增高度調整功能，可依作業需求彈性調整規標高度，「標桿（架）及標桿燈」各部名稱與功能說明如圖 29、圖 30、表 6、表 7。

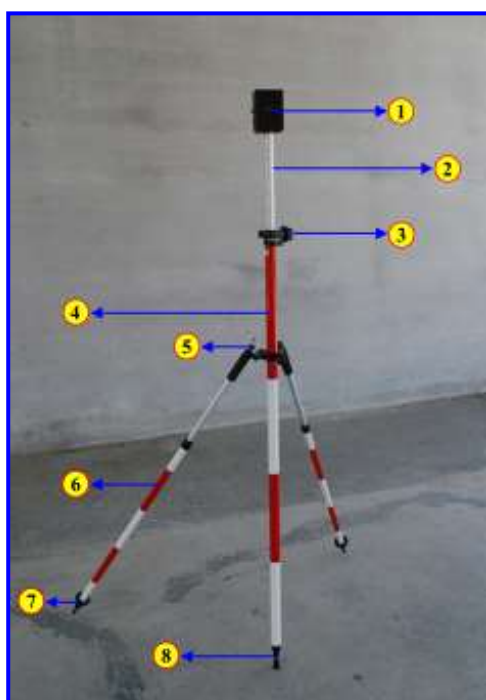


圖 29 「標桿（架）及標桿燈」示意圖

資料來源：筆者自製

表 6 「標桿（架）及標桿燈」各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	標桿燈與結合座	標桿頂端為之結合座，可作為結合標桿燈（或反射稜鏡）用途。
2	標桿本體（內部）	標桿本體係由內、外兩截式組成，內部標桿由鋁合金材質打造，並具備高度刻畫註記（最小刻畫單位為 1 公厘），可依使用需求快速調整標桿（規標）高度（高度升降範圍為 110~216 公分）。
3	固定螺與圓形水準器	順時針將緊定螺旋緊，即可固定標桿高度，逆時針鬆開緊定螺，即可調整標桿高度。圓形水準器則作為維持標桿水平並垂直地面測站用途。

4	標桿本體（外部）	標桿本體係由內、外部兩截式組成，外部標桿由上而下漆成紅白相間之 4 等份，每等份長 1 英尺（30 公分）。
5	伸縮握把	以拇指下壓「伸縮握把」即可調整「標桿腳架」長度；鬆開「伸縮握把」即可固定「標桿腳架」長度。
6	標桿腳架	可由「伸縮握把」調整「標桿腳架」長度，據以居中圓形水準器，確保標桿維持水平並垂直地面測站。
7	踏板與腳尖	於泥土地上整置腳架後，應採順時針方式，依序將踏板用力採踏，直至腳尖沒入土中，以穩固腳架，避免遭強風吹襲而損壞測量儀器。
8	鐵錐	作為插入土中或對正測站用途。

資料來源：筆者自製



圖 30 「標桿燈本體」示意圖

資料來源：筆者自製

表 7 「標桿燈本體」各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	標桿燈本體	由鋁合金材質打造（符合 IP65 等級 ⁸ ），正面採十字縷空設計並搭配夜間螢光標記，以利標桿燈內部光源投射及測量人員實施夜間標定，另可依夜

8 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/>。

		間測地需求，彈性調整光源亮度與顏色，共具備紅、橙、藍、綠與全亮等 5 種燈光模式可供選擇。
2	夜間螢光標記	標示光源投射部位上、下、左、右各一，作為夜間標定輔助，以利測量人員快速尋獲目標。
3	連 接 器	可結合於標桿結合座，作為連結「標桿燈」與「標桿」用途。
4	電 池 蓋 轉 螺	合計六處，順時針旋轉為緊定，逆時針旋轉則反之，作用為緊定電池蓋及保護標桿燈內部零件。 「標桿燈」供電需求為安裝市售 3 號電池 3 顆，可連續使用 2 小時（含）以上，操作人員可自行實施電池更換。
5	電 池 蓋	作為防水、防塵及保護標桿燈內部零件用途。
6	燈光模式轉換鍵	本案研發之「標桿燈」共具備紅、橙、藍、綠與全亮等 5 種燈光模式可供選擇。
7	電 源 開 關	可開啟或關閉標桿燈光源。

資料來源：筆者自製

（四）反射稜鏡燈：反射稜鏡燈簡稱「稜鏡燈」，係由鋁合金材質打造，具重量輕、攜行方便與通用性佳等特點，可適用國軍蔡司、徠卡全站儀配賦之反射稜鏡，「稜鏡燈」正面採隱藏式光源設計並搭配夜間螢光標記，兼顧夜間敵情顧慮及便於測量人員實施夜間標定，另可依夜間測地需求，彈性調整光源亮度與顏色，共具備紅、橙、藍、綠與全亮等 5 種燈光模式可供選擇，「反射稜鏡燈」各部名稱與功能說明如圖 31、表 8。

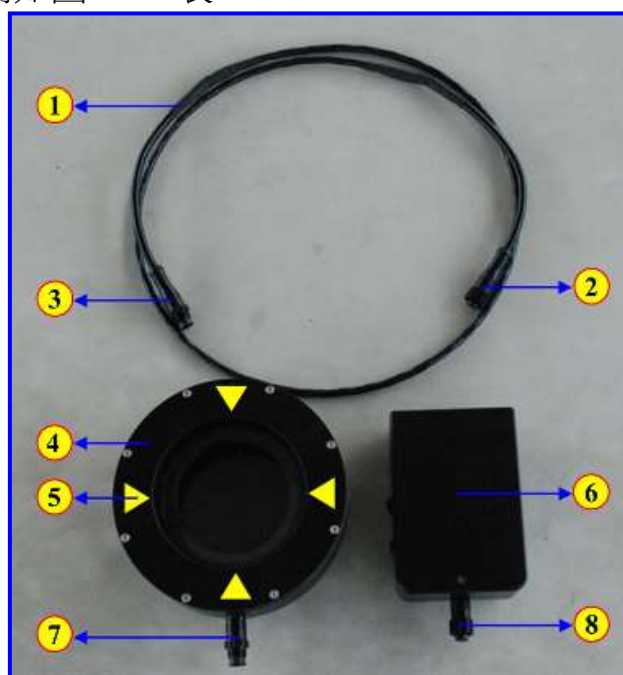


圖 31 「反射稜鏡燈」示意圖

資料來源：筆者自製

表 8 「反射稜鏡燈」各部名稱與功能說明表

項次	名稱	功能說明
1	電源纜線	連接「電池盒」與「稜鏡燈本體」之傳輸纜線，作為電源供應用途。
2	纜線接頭 1	連接至「稜鏡燈本體」之「纜線接頭 A」，作為電源供應用途。
3	纜線接頭 2	連接至「電池盒」之「纜線接頭 B」，作為電源供應用途。
4	稜鏡燈本體	由鋁合金材質打造（符合 IP65 等級 ⁹ ），正面採隱藏式光源設計並搭配夜間螢光標記，兼顧夜間敵情顧慮及便於測量人員實施夜間標定，另可依夜間測地需求，彈性調整光源亮度與顏色，共具備紅、橙、藍、綠與全亮等 5 種燈光模式可供選擇。
5	夜間螢光標記	標示光源投射部位上、下、左、右各一，作為夜間標定輔助，以利測量人員快速尋獲目標。
6	電池盒	「稜鏡燈」供電需求為安裝市售 3 號電池 3 顆，可連續使用 2 小時（含）以上，操作人員可自行實施電池更換。另電池盒之左、右側分別為「燈光模式轉換鍵」與「電源開關」。
7	纜線接頭 A	與「電源纜線」之「纜線接頭 1」實施連結，作為電源供應用途。
8	纜線接頭 B	與「電源纜線」之「纜線接頭 2」實施連結，作為電源供應用途。

資料來源：筆者自製

（五）M2 方向盤連接器：「M2 方向盤連接器（如圖 32）」主要由黃銅與鋁合金材質打造（避免影響 M2 方向盤磁針運作），用途為結合於 M2 方向盤底座，使其亦得適用「雷射求心基座」。



圖 32 「M2 方向盤連接器」示意圖

資料來源：筆者自製

9 同註 10。

(六) 攜行箱：符合 IP65 等級之強固式攜行箱（如圖 33），長距離運動或長時間不使用時，作為裝運器材之用途。內含塑膠護墊與防震泡棉，標桿（稜鏡）燈本體放入後具避震作用，置於攜行箱內之物品，可承受之墜落高度約為 76 公分。



圖 33 攜行箱示意圖

資料來源：筆者自製

三、裝備操作運用：「砲兵夜間測地輔助器材」裝備操作區分為「安裝」及「夜間測地作業實施」等 2 部分，說明如次。

(一) 安裝：「砲兵夜間測地輔助器材」之安裝，可區分為「M2 方向盤與連接器」、「通用型儀器腳架與雷射求心基座」、「標桿（架）與標桿燈」、「反射稜鏡燈」等 4 項。

1. M2 方向盤與連接器

(1) 備妥「M2 方向盤本體」與「連接器」（如圖 34①），以左手開啟 M2 方向盤本體底部之護蓋，再以右手持「連接器」並對正螺孔位置（如圖 34②）。



圖 34 M2 方向盤與連接器安裝要領（一）

資料來源：筆者自製。

(2) 順時針旋轉連接器（如圖 35③），直至連接器轉螺與 M2 方向盤本體底部螺孔完成緊密結合（如圖 35④），即完成安裝。



圖 35 M2 方向盤與連接器安裝要領（二）

資料來源：筆者自製

2. 通用型儀器腳架與雷射求心基座（以 M2 方向盤為例）

（1）備妥「通用型儀器腳架」與「雷射求心基座」（如圖 36①）。

（2）將腳架調整至固定高度後，概略置於測站上方，並取下架頭護蓋（如圖 36②）。



圖 36 通用型儀器腳架與雷射求心基座安裝要領（一）

資料來源：筆者自製

（3）將「雷射求心基座」置於架頭，順時針旋緊「本體緊定螺」，並開啟「雷射開關」（如圖 37③），接續，鬆開「架頭固定螺」，轉動「架頭升降手把」調整架頭高度，完成後旋緊「架頭固定螺」，防止架頭鬆動（如圖 37④）。



圖 37 通用型儀器腳架與雷射求心基座安裝要領（二）

資料來源：筆者自製

（4）測手移動腳架，確使「雷射求心基座」產生之光源對正地面測站（如圖 38⑤），並以順時針方式踩踏腳架踏板直至腳尖沒入土中，接續，調整腳架高度居中「雷射求心基座」之圓形水準氣泡。最後，取出 M2 方向盤本體（須完成

連接器安裝)，由上而下至置「雷射求心基座」上方後，順時針緊定「本體結合螺」(如圖 38⑥)。



圖 38 通用型儀器腳架與雷射求心基座安裝要領 (三)

資料來源：筆者自製

(5) 調整 M2 方向盤水平調整螺，居中「管形水準氣泡」(如圖 39⑦)，並將各部分劃歸零後，即完成器材整置 (如圖 39⑧)。



圖 39 通用型儀器腳架與雷射求心基座安裝要領 (四)

資料來源：筆者自製

(6) 國軍現役蔡司、徠卡全站儀均可依上揭要領，使用本案研發之「通用型儀器腳架」與「雷射求心基座」實施夜間測地作業 (如圖 40)。



圖 40 蔡司與徠卡全站儀亦適用於通用型儀器腳架與雷射求心基座

資料來源：筆者自製

3.標桿（架）與標桿燈

（1）備妥「標桿」、「標桿架」與「標桿燈」（如圖 41①），完成「標桿」與「標桿架」組裝結合，並將標桿鐵錐（即底部尖端）置於測站上方，接續，踩踏踏板直至腳尖沒入土中，最後，按壓「伸縮握把」調整腳架長度並居中圓形水準氣泡（如圖 41②）。



圖 41 標桿（架）與標桿燈安裝要領（一）

資料來源：筆者自製

（2）取出「標桿燈」，由上而下順時針旋轉，將標桿燈底部之「連接器」與標桿頂端之「結合座」，完成緊密結合（如圖 42③），接續，逆時針旋鬆標桿「固定螺」，將其內部標桿調整至所望高度後，順時針緊定「固定螺」，即完成「標桿（架）」與「標桿燈」整置（如圖 42④）。

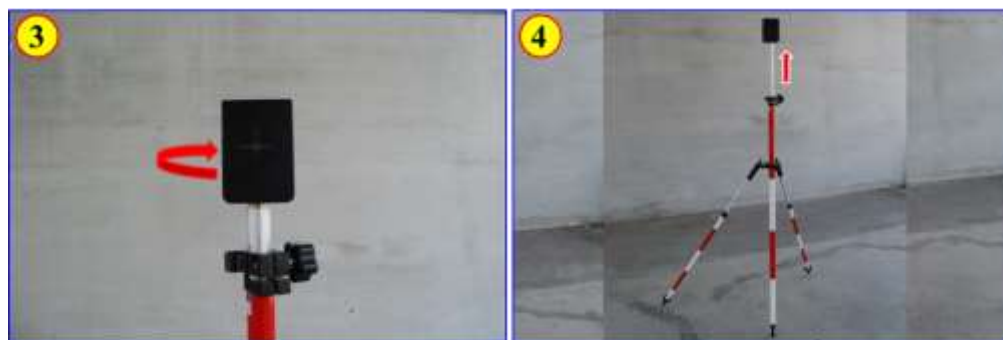


圖 42 標桿（架）與標桿燈安裝要領（二）

資料來源：筆者自製

（3）開啟標桿燈右側「電源開關」，並按壓左側「燈光模式轉換鍵」，即可實施燈光顏色轉換，本案研發之「標桿燈」，共具備紅、橙、藍、綠與彩色等五種燈光模式可供選擇（如圖 43）。



圖 43 「標桿燈」燈光模式示意圖
資料來源：筆者自製。

4. 反射稜鏡燈

(1) 蔡司全站儀反射器

A. 依野戰砲兵測地訓練教範第四節第二款「器材操作」，完成「蔡司全站儀反射器」整置（如圖 44①）；B. 將「稜鏡燈本體」佩掛於「反射稜鏡」上方，並順時針旋緊「稜鏡燈」上方之「緊定螺」（如圖 44②）。



圖 44 反射稜鏡燈安裝要領（蔡司全站儀）
資料來源：筆者自製

C. 將「電池盒」與「纜線」結合至稜鏡燈本體之「纜線接口 A」（如圖 45），即完成「反射稜鏡燈」整置。



圖 45 完成蔡司全站儀「反射稜鏡燈」整置示意圖

資料來源：筆者自製

(2) 徠卡全站儀反射器：A. 依野戰砲兵測地訓練教範第四節第一款「器材操作」，完成「徠卡全站儀反射器」整置（如圖 46①）；B. 將「稜鏡燈本體」佩掛於「反射稜鏡」上方，並順時針旋緊「稜鏡燈」上方之「緊定螺」（如圖 46②）。



圖 46 反射稜鏡燈安裝要領（徠卡全站儀）

資料來源：筆者自製。

C. 將「電池盒」與「纜線」結合至稜鏡燈本體之「纜線接口 A」（如圖 47），即完成「反射稜鏡燈」整置。



圖 47 完成徠卡全站儀「反射稜鏡燈」整置示意圖

資料來源：筆者自製

(3) 稜鏡燈操作：開啟電池盒右側「電源開關」，並按壓左側「燈光模式轉換鍵」，即可實施燈光顏色轉換，本案研發之「稜鏡燈」，共具備紅、橙、藍、綠與彩色等五種燈光模式可供選擇（如圖 48）。



圖 48 「稜鏡燈」燈光模式示意圖

資料來源：筆者自製

(二) 夜間測地作業實施：國軍砲兵「夜間測地」有別於一般測地作業，因視線不佳致縮短覘視距離，極易產生誤差，加上夜間通信連絡不易，作業相對困難。野戰砲兵夜間測地區分「有定位定向系統」與「無定位定向系統」等 2 種作業型態，本案研製「砲兵夜間測地輔助器材」可支援上述兩種型態之夜間測地作業，惟不論使用何種作業型態，砲兵於夜間測地均須使用（或搭配）「導線法¹⁰（Traverse Survey）」作業。基此，本節茲將「砲兵夜間測地輔助器材」

10 在地面上設置若干測站，使測站間連接成一系列之折線或閉合多邊形，並測定各點之水平角、天頂角（高低

如何搭配「M2 方向盤」或「全站儀」實施夜間「導線法」作業要領，說明如次。

1.M2 方向盤

(1) 人員編組：運用「M2 方向盤」於夜間實施「導線法」作業，人員編組區分班長、測手、前標桿手、後標桿手、前捲尺手與後捲尺手等職務(如表 9)。

表 9 運用「M2 方向盤」實施夜間「導線測量」編組表

運用「M2 方向盤」實施夜間「導線測量」編組表		
職	稱	職責
班	長	偵查、選定測站位置，監督其餘人員作業。
測	手	兼記錄手，負責整置器材並測量測站間之水平角與垂直角，且完成成果記錄。
前	標桿手	於班長選定之前視點位置，設置標桿(架)與標桿燈，供測手標定作業。
後	標桿手	於後視點位置，設置標桿(架)與標桿燈，供測手標定作業。
前	捲尺手	搭配後捲尺手測量測站至前視點(即目標)之距離。
後	捲尺手	搭配後前尺手測量測站至前視點(即目標)之距離。
備	考	1.增加額外人員時各員職掌 (1) 記錄手：記錄水平角、距離。 (2) 計算手：可增加 1~2 員計算手，便於測量時同時計算各要點坐標¹¹。 2.缺員時之各員職掌 (1) 前標桿手：由班長兼任。 (2) 後標桿手：測手兼，測手離開測站(P 點)時，利用標桿代用品標示之，以供反覘，惟因標桿代用品較難立即尋獲，且測手標定標桿代用品較易產生誤差，故非必要時，勿缺少標桿手。

資料來源：筆者自製

(2) 作業要領

A.將「M2 方向盤本體」與「結合器」實施結合。

B.測手於測站上整置「通用型儀器腳架」(如圖 49)，結合「雷射求心基座」，設定架頭高度後，開啟雷射光源，並完成對正測站(定心)與調整水平(定平)。

C.測手將「M2 方向盤本體(含結合座)」與「雷射求心基座」結合，完成器材整置(如圖 50)。

D.前標桿手於班長選定之「前視點¹²(Fore Sight, FS)」位置，完成標桿(架)

角)及距離，以決定各測站之位置，謂之「導線法測量」。

11 砲兵測地所得之「坐標」，係為 6 度分帶橫麥卡托方格投影坐標(Universal Transverse Mercator, UTM)。

12 係指導線法測量時，對「未知點」實施之觀測，稱為「前視」或「直覘」。資料來源：測繪學辭典。

與標桿燈整置（如圖 49），並開啟電源開關。

E.後標桿手於班長選定之「後視點」¹³（Back Sight, BS）」位置，完成標桿(架)與標桿燈整置（如圖 49），並開啟電源開關。

F.前、後捲尺手操作「捲尺」與「測針」測量測站至前視點之距離（如圖 49），並完成紀錄。

G.測手操作「M2 方向盤」，標定「後視點標桿燈」（如圖 51），順時針測至「前視點標桿燈」（如圖 51），完成「水平角」與「垂直角」測量（如圖 49），並完成紀錄。

H.待測手與前、後捲尺手完成作業，統一變換測站後重複項次 B~G 之程序。

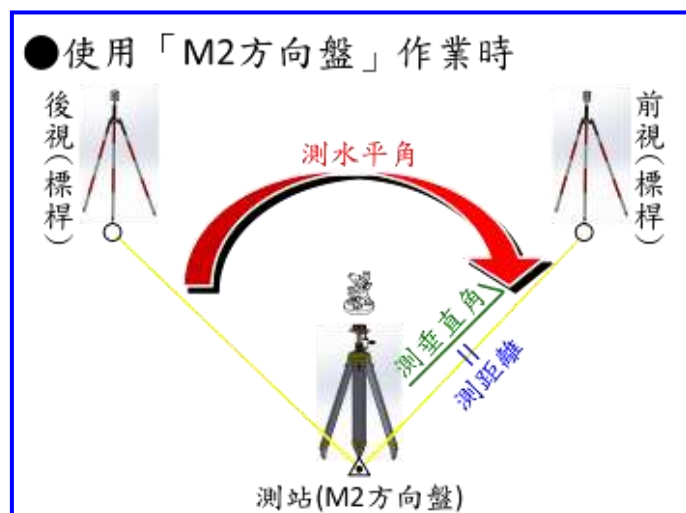


圖 49 運用「M2 方向盤」實施夜間測地示意

資料來源：筆者自製



圖 50 完成「M2 方向盤」器材整置示意

資料來源：筆者自製

¹³ 係指導線法測量時，對「已知點」實施之觀測，稱為「後視」或「反覘」。資料來源：測繪學辭典。

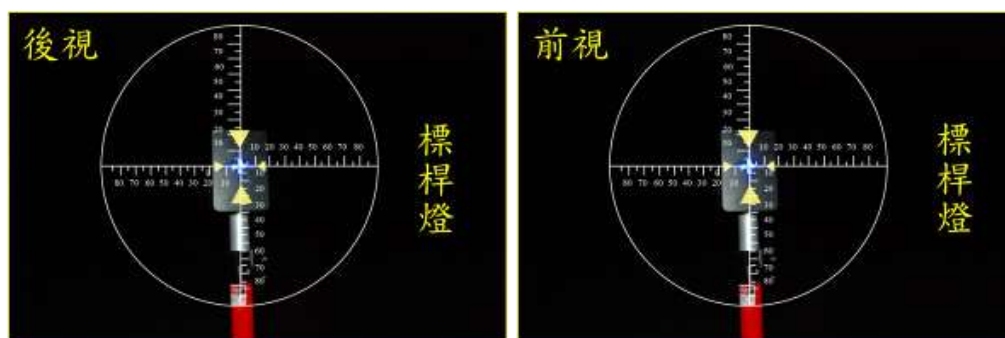


圖 51 夜間測地標定前、後視標桿燈示意

資料來源：筆者自製

2. 全站儀（蔡司或徠卡）

（1）人員編組：運用「全站儀」於夜間實施「導線法」作業，人員編組區分班長、測手、記錄手、反射器手、後標桿手等職務（如表 10）

表 10 運用「全站儀」實施夜間「導線測量」編組表

運用「全站儀」實施夜間「導線測量」編組表	
職稱	職責
班長	偵查、選定測站位置，監督其餘人員作業。
測手	負責整置器材並測量測站間之水平角、垂直角與距離。
記錄手	協助測手完成測地成果記錄。
反射器手	於班長選定之前視點位置，設置反射器與稜鏡燈，供測手標定作業。
後標桿手	於後視點位置，設置標桿（架）與標桿燈，供測手標定作業。
備考	1. 增加額外人員時各員職掌：（1）記錄手：記錄水平角、距離；（2）計算手：可增加 1~2 員計算手，便於測量時同時計算各要點坐標。 2. 缺員時各員職掌：（1）反射器手：由班長兼任；（2）後標桿手：測手兼，測手離開測站（P 點）時，利用標桿代用品標示之，以供反覘，惟因標桿代用品較難立即尋獲，且測手標定標桿代用品較易產生誤差，故非必要時，勿缺少標桿手。

資料來源：筆者自製

（2）作業要領

A. 測手於測站上整置「通用型儀器腳架」（如圖 52），結合「雷射求心基座」，設定架頭高度後，開啟雷射光源，並完成對正測站（定心）與調整水平（定平）。

B. 測手將「全站儀（蔡司與徠卡）」與「雷射求心基座」結合，完成器材整置（如圖 53）。

C.反射器手於班長選定之「前視點¹⁴」位置，完成反射器與稜鏡燈整置（如圖 53），並開啟電源開關。

D.後標桿手於班長選定之「後視點¹⁵」位置，完成標桿（架）與標桿燈整置（如圖 52），並開啟電源開關。

E.測手操作「全站儀（蔡司與徠卡）」，標定「後視點標桿燈」（如圖 54），順時針測至「前視點稜鏡燈」（如圖 54），完成「水平角」、「垂直角」與「距離」測量（如圖 52），並完成紀錄。

F.待測手完成作業，統一變換測站後重複項次 A~E 之程序。

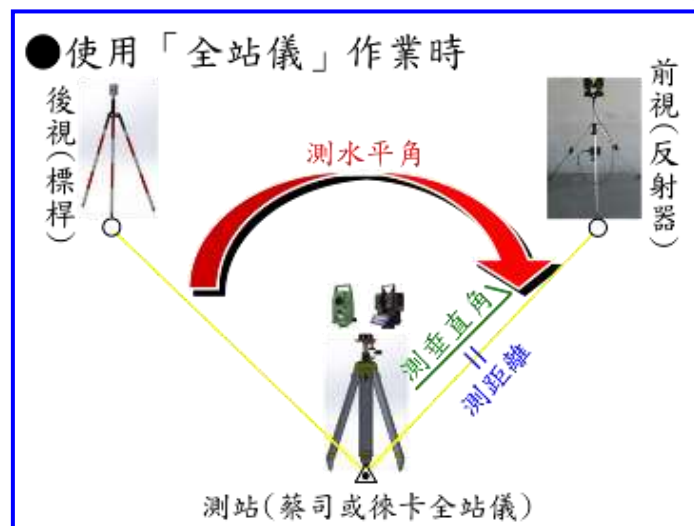


圖 52 運用「全站儀」實施夜間測地示意

資料來源：筆者自製



圖 53 完成「全站儀」器材整置示意

資料來源：筆者自製

14 同註 14。

15 同註 15。

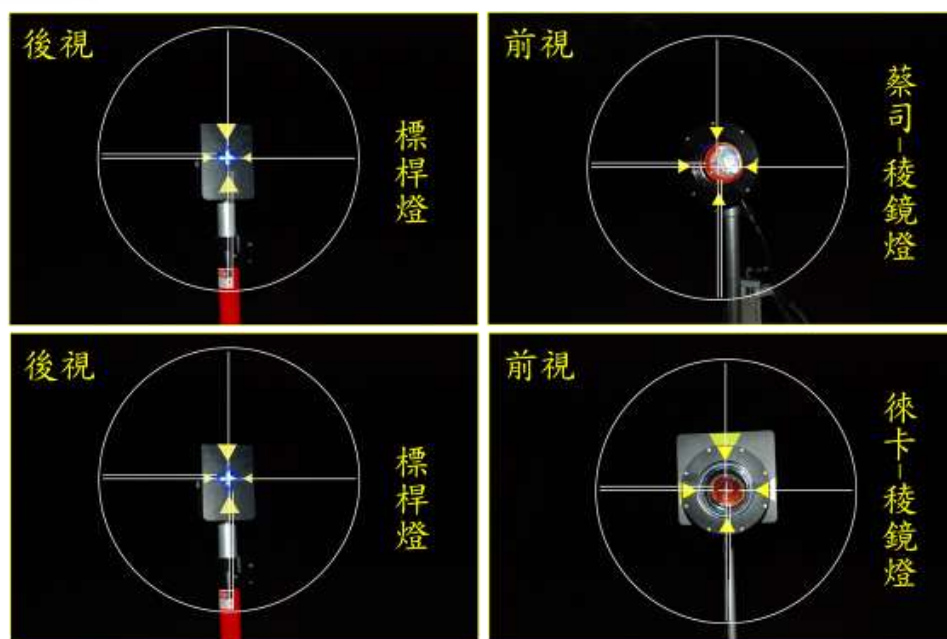


圖 54 夜間測地標定前、後視稜鏡燈與標桿燈示意

資料來源：筆者自製

四、綜合結論：本研發案係針對國軍現役測量裝備設計其專用之「砲兵夜間測地輔助器材」，茲將其性能與諸元，歸納說明如次（性能諸元如表 11）。

（一）統一「夜間測地輔助器材」規格：國軍現行制式標桿燈等夜測輔助工具，因逾壽期，均已損壞殆盡。部隊長期缺乏制式夜測輔助工具，須使用均用手電筒或自製燈具因應，不但規格未統一，且使用效能不彰。本案研發之「砲兵夜間測地輔助器材」，有助於統一國軍「夜間測地輔助器材」規格，解決部隊問題。

（二）提升夜間測地效能：夜間測地因視線受限，肇生夜間器材定心、標定目標與覘標高度調整困難等窒礙問題，本案研發之「砲兵夜間測地輔助器材」，可有效提供上揭問題之解決方案。

（三）裝備通用性良好：本案研製之「夜間測地輔助器材」，可同時適用砲兵 M2 方向盤、蔡司全站儀與徠卡全站儀等測量裝備，大幅提升砲兵測量裝備於夜間操作之適用性與通用性。

（四）夜間電源供應便利：本案研製之「夜間測地輔助器材」，其電源供應係使用市售 3 號、號電池，便於取得與自行更換，可有效減輕後勤能量之負荷。

（五）不破壞裝備本體：本研發案採拆卸式設計，故可於不破壞裝備之前提下，執行安裝與操作。

隨著科技發展日新月異，光電技術於夜間作戰上之運用日趨廣泛，舉凡全站儀、定位定向系統、多功能雷觀機等均涉及其相關領域之應用。基此，「知識永遠有助於我們戰備整備的遂行，了解敵人在何處及如何遂行攻擊，或決定在

何處接戰，以獲致最佳戰果¹⁶」。國軍全體幹部須具備前瞻思維與廣泛的科技知識，瞭解相關科技之作用原理及特性，充分發揮裝備效能，確保部隊運用效益。

表 11 「砲兵夜間測地輔助器材」性能諸元表

砲 兵 夜 間 測 地 輔 助 器 材 性 能 諸 元 表	
研 發 裝 備 名 稱	砲兵夜間測地輔助器材
研 發 裝 備 組 成	一、通用型儀器腳架 二、雷射求心基座 三、標桿（架）及標桿燈 四、反射稜鏡燈 五、M2 方向盤連接器 六、攜行箱
適 用 裝 備	砲兵 M2 方向盤、蔡司全站儀與徠卡全站儀
電 源 供 應	使用市售 3、4 號電池
連 續 工 作 時 間	2 小時（含）以上
重 量	全重＜1 公斤
工 作 溫 度	-30℃ 至 +50℃
平均故障時隔（MTBF）	1,000 小時以上
防 撞 擊 能 力	放置攜行箱內，可承受 76 公分高度墜落

資料來源：筆者自製

運用「砲兵夜間測地輔助器材」之作業效益

本節採「實驗分析法」，區分「研發經費分析」、「測試評估、性能提升」與「提升夜間測地速度與精度」等 3 部分，初期分析本案「砲兵夜間測地輔助器材」之籌購成本與效益；接續以「測試評估、性能提升」進行性能測試，並將實驗數據彙整作為量化分析；最後，以「提升夜間測地速度與精度」為實驗主軸，分析其夜間測地作業速度及效能，並結合國軍砲兵戰術運用作為，進行作戰測試與評估，驗證本計畫運用於實際作戰之可行性與效益。

一、研發經費分析：本案研發總經費為 10 萬 5 仟元，其中包含「砲兵夜間測地輔助器材」1 套成品研製，合計所需費用為 8 萬元（約占總研發經費之 76%），研發作業所需之雜項行政支出為 2 萬 5 仟元（約占總研發經費之 24%），研發經費分析如表 12、圖 55。

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

表 12 「砲兵夜間測地輔助器材」研發經費分析表

「砲兵夜間測地輔助器材」研發經費分析表		
項次	研發經費明細	合計
1	「砲兵夜間測地輔助器材」內部組件設計研發費	3 萬元
2	外部機械結構設計與製圖（含加工）	3 萬元
3	燈具與纜線組（含加工）	1 萬 5 仟元
4	強固式攜行箱	5 仟元
5	物品費（文具、紙張、油墨等費用）	5 仟元
6	一般事務費（照片自攝沖洗等雜支費用）	5 仟元
7	差旅費	1 萬 5 仟元
總計		10 萬 5 仟元

資料來源：筆者自製

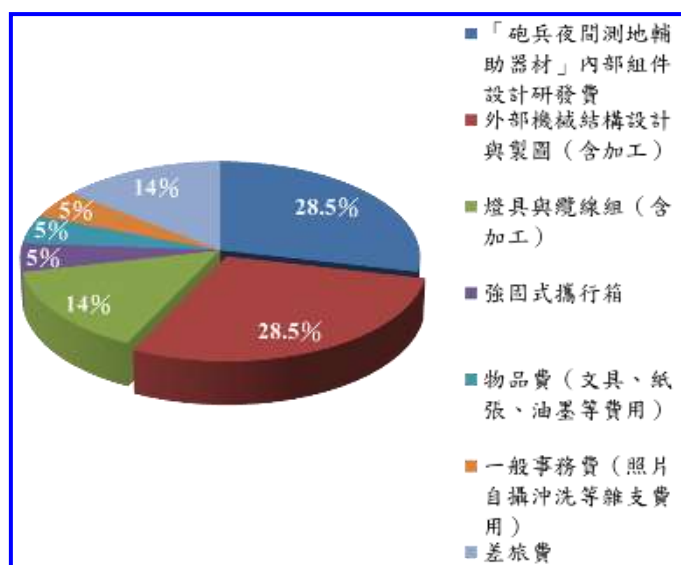


圖 55 「砲兵夜間測地輔助器材」研發經費圓形圖

資料來源：筆者自製

本研究依據當前光電技術發展、運用趨勢與國軍實際需求，適切規劃，創新研發「砲兵夜間測地輔助器材」，以提升砲兵夜間測地效能。另依砲兵部隊全站儀概略需求 110 套以上估算，如全面推廣本案（新臺幣 5 萬元/套），所需籌購經費約需新臺幣 500 餘萬元；又全站儀每套購價約新臺幣 60 萬元，本案推廣費用僅占每套全站儀購置費用之 0.083%，故就提升既有舊型堪用裝備效能與節省公帑而言，本研究實為現階段之最佳方案。

二、測試評估、性能提升：「測試評估」旨在規範國軍主要武器系統與裝備測試評估執行策略，並依根本性、整體性、長期性之著眼，確立推展方向。各軍司令部、國防科技工業機構應按教則，編訂或修訂相關教範、作業手冊，據以執行測試評估工作，使國軍武器系統及週邊裝備，均能充分發揮預期之功能，

達成建軍備戰之使命。¹⁷本案依據測試評估五大步驟（如圖 56）撰擬測評構想與項目如次。

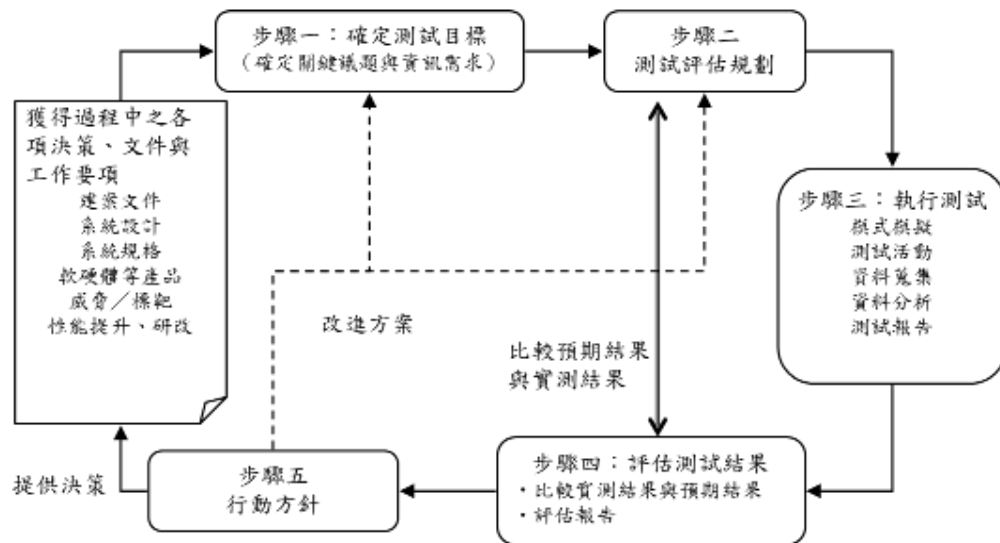


圖 56 測試評估五大步驟

資料來源：國防部《國軍主要武器系統與裝備測試評估教則》（臺北：國防部）。

（一）測試構想與目標：測試構想區分研發功能與操作驗證等兩部分，實施裝備測試與評估，全案將考量時間、環境等因素，參酌統計手法，採多次驗證方式實施，以驗證本案之實際之效益與可行性。本研發案係將現役砲兵定位定向系統實施性能提升，以不破壞本體為原則，設計其專用之「砲兵夜間測地輔助器材」。採「光學科技」手段取代傳統「目視操作」，以期符合先進國家「砲兵自動化」之作戰需求，達成節約人力、縮短作業時間及強化夜間測地精度之目標。

（二）測試項目與內容規劃：測試規劃區分硬體（研發功能）、功（性）能測試與作戰效益評估等 3 大主軸，測試規劃摘要如表 13。另依據測試規畫擬定測試項目，區分裝備通用性、模擬惡劣天候（雨天）、野戰測試與夜間測試等內容，研發測試項目如表 14。

表 13 「砲兵夜間測地輔助器材」測試規劃摘要表

「砲兵夜間測地輔助器材」測試規劃摘要表		
時間	測 試 項 目	測 試 場 地
D+1 日~+30 日 (D 日為測評計畫 核定時間)	硬 體 (研 發 功 能)	砲訓部測教場
	功 (性) 能 測 試	砲訓部測教場
	夜間 (作戰) 效能驗證	砲訓部測教場

資料來源：筆者自製

17 國防部，《國軍主要武器系統與裝備測試評估教則》（臺北：國防部）。

表 14 「砲兵夜間測地輔助器材」研發測試項目表

「砲兵夜間測地輔助器材」研發測試項目表		
硬體	本體	外觀完整無變形，非活動部之表面上漆(廠商已於驗收時出示經第三公正單位檢驗合格之測試報告)。
	與測量器材結合狀況	各部結合狀況及作用良好，拆卸與安裝容易，不得影響原裝備操作功能。
	攜行箱	裝備攜行箱堅固耐用，符合野戰攜行需求(廠商已於驗收時出示經第三公正單位檢驗合格之測試報告)。
	腳架(標桿)升降測試	檢查腳架(標桿)升降功能是否作用正常。
	腳架(標桿)水準氣泡水平測試	檢查腳架(標桿)水準氣泡是否作用正常。
功(性)能測試	連續使用時間	須達 2 小時(含)以上。
	穩定性	操作中是否發生異常(當機)現象，而影響裝備操作。
	相容性	可否適用全軍測量裝備(含其附件)與測量輔助器材。
	電力供應	能否使用市售電池實施電力補充。
作戰效益評估	夜間作業效能	能否於夜間執行相關測地作業。
	崎嶇地形作業效能	能否於崎嶇地形執行野戰砲兵測地作業。
	雨天下之作業效能	能否於惡劣天候下執行野戰砲兵測地作業(如測評期間未遇雨天，則採人工灑水方式施測)。

資料來源：筆者自製

(三)研發測試紀實：本案實施裝備研發測試時，力求將各種環境、時空因素納入測試考量，如夜間操作，惡劣天候，平坦與起伏地形等，並運用統計方法實施數據分析，以驗證裝備研發成效，本節針對「通用性」、「野戰與模擬惡劣天候(雨天)」、「夜間(作戰)測試」與「作業精度計算」等項次實施說明。

1.通用性：現行國軍測量儀器區分 M2 方向盤、蔡司與徠卡全站儀等 3 種類型，然為增加研發效益、提升運用範圍，本案於研發階段即針對上述 3 類裝備之結構與機械設計，實施全般考量，目前「砲兵夜間測地輔助器材」已適用國軍各式測量裝備，且安裝方式與操作要領概同，大幅節省公帑與降低轉換(學習)成本。

2.野戰與模擬惡劣天候(雨天)測試：野戰測試評估，係為確認武器系統於真實作戰環境下，能否符合實際作戰需求；其主要工作並非檢驗規格(規格檢

驗為研發測試評估工作)，而係驗證武器系統之作戰效益性及作戰適應性，進而掌握系統特性、操作限制並評析有無研改需求；測試評估結果可提供決策層級下達量產決心、系統修改、性能提升及部署運用之參考依據。¹⁸本案為確保裝備符合野戰需求，故將相關測試納入測評主要項目，除驗證裝備於平坦與起伏地形操作實際情形外，另考量惡劣天候（雨天）下之作業場景，確保「砲兵夜間測地輔助器材」符合國軍實際作戰效益性與適應性。

3.夜間（作戰）測試（如圖 57）：「夜間測地」為野戰砲兵測地之一部，其作業成果之良窳，影響火砲射擊效果甚鉅，現行測量儀器多為民用規格，設計時並未將「夜間作業」納入考量，造成作業時諸多不便，影響戰備任務遂行。有鑑於此，本案重新考量戰場實際需求與夜間作業場景，並於研發階段將其列入全般考量，新增「夜間照明」、「雷射對點」與「高度調整」等功能，現階段之「砲兵夜間測地輔助器材」已克服各種夜間作業之不利時空因素，大幅提升本案之研發效益與貢獻。



圖 57 夜間（作戰）測試前整備

資料來源：筆者自製

4.作業精度計算：野戰砲兵夜間測地作業精度規範，區分「精度比」、「標高許可誤差」、「砲兵營測地現行作業規範」等 3 部分，說明如次。

（1）精度比¹⁹：「精度比」（Ratio of Precision；P），又稱作「比較精度」，即「測量距離之相對誤差」；係依據「徑誤差」與所測「水平距離總合」之比，如 1/3000、1/1000、1/500 等，通常適用於傳統測地之導線法。設 W 為徑誤差，D 為導線全長（平距總和），則精度比計算公式如下：精度比（P）＝徑誤差（W）/水平距離總合（D）

（2）標高許可誤差²⁰：標高許可誤差須依測量精度要求決定，亦依測量距

18 同註 19，頁 4-5。

19 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 4-24。

20 砲兵測地所謂之「標高」，即正高或水準高，係指由平均海水平面至地表某一點之垂直距離。《陸軍野戰砲兵

離總長區分如下表 15。

(3) 砲兵營測地現行測地作業規範：茲將砲兵營測地現行測地作業規範，區分「作業時間」與「精度要求」等 2 項說明。

A. 作業時間：砲兵營測地其現地作業時間，依時間限制可區分為全部、應急及夜間等三種情況；另依測地型態及人員器材編組不同，亦可區分為有、無定位定向系統作業方式（如表 16）。

B. 精度要求：砲兵營觀測所、陣地及抄圖點精度，依全部、應急及夜間測地等三種情況，與有、無定位定向系統作業方式分別規範（如表 17）。

表 15 標高許可誤差規範表

精度 測量距離	1/3,000	1/1,000	1/500
4,000 公尺 以下	$\sqrt{\text{距離總長千除}}$	$\pm 2M$	$\pm 4M$
4,000 公尺 以上	$\sqrt{\text{距離總長千除}}$	$1.2 \times \sqrt{\text{距離總長千除數}}$	

資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 4-27。
表 16 砲兵營測地時間規範表。

砲 兵 營 測 地 時 間 規 範 表			
區分 時間 測地型態	全 部 測 地	應 急 測 地	夜 間 測 地
無定位定向系統 測 地	2 小時至 2 小 時 30 分鐘	1 小時	通常作業時間 未規定，惟應 於營長所要求 時間內完成。
有定位定向系統 測 地	1 小時至 2 小 時	1 小時	2 小時
附記	定位定向系統測地時間，不含初始校準時間。 ²¹		

資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 7-19。
表 17 砲兵營測地精度規範表。

測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 4-27。

21 「初始校準」(Alignment, ALN) 為定位定向系統之操作模式，目的在使系統依據輸入之起始位置資料執行尋北、平台穩定與等交互校準程序，直至系統各部達到 正確之感測位置與狀態，使具備完整之測量能力。

砲兵營（觀測所、陣地及抄圖點）測地精度規範表				
區分 精度 測地型態		全 部 測 地	應 急 測 地	夜 間 測 地
無定位定向系統 測地		坐標：精度比應達 1/1,000 以上之要求。 標高：誤差應小於±2 公尺以內之要求。	坐標：精度比應達 1/500 以上之要求。 標高：誤差應小於±4 公尺以內之要求。	
有定位定向系統 測地		坐標：徑誤差應小於±7 公尺。 標高：誤差應小於±3 公尺。		
附記	方向基角、方位基準點、方向基線及射向方位角應小於±2 密位之要求。			

資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 7-10。

三、提升「夜間測地」速度與精度：砲兵為祕匿企圖，避免遭敵空中攻擊及延續日間（預備、臨時陣地）行動，或於夜間加入戰鬥，均須實施夜間測地。本項目將採實驗方式，比較使用本案「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法等不同作業方式之 10 組測量班人員，分別實施夜間測地作業，驗證其作業速度與精度，並分析其效益。並運用實驗數據進行研發案之效益分析、比較，針對不同單位或接訓班隊交叉驗證，藉此突顯本案之重要性。共區分「夜間測地組合作業-砲兵基本測量」與「夜間測地綜合作業-砲兵營測地」等 2 部分說明。

（一）夜間測地組合作業－砲兵基本測量²²

1.實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 組成員（每組納編 6 員），實施「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」，分別使用本案「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法，驗證其作業時間與精度差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如圖 58，表 18。

22 國軍砲兵將測量方法中較為常用之導線法、交會法，律定為砲兵基本測量項目。本研究「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」係使用導線法中之「迴歸閉塞導線（Closed Traverse）」，其定義為由已（未）知點開始，至原已（未）知點為止之導線。

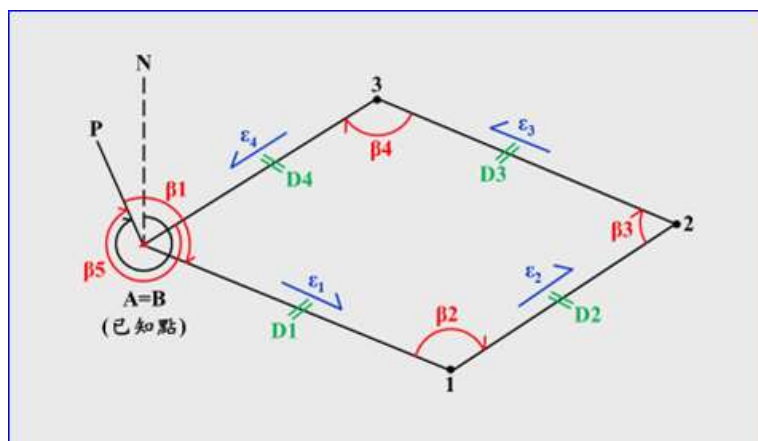


圖 58 A 點（作業起始點）與 B 點（作業終止點）重合之回歸閉塞導線

資料來源：筆者自製

表 18 「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」實驗設計

實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 10 組成員（每組納編 6 員），實施「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」，分別使用本案「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法，並分析其結果。
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同作業方式，其作業時間與精度差異變化。

資料來源：筆者自製

2.實驗結果分析：針對實驗對象，驗證其「作業時間」、「坐標精度」與「標高誤差」等面向之差異變化，並將實驗數據彙整如圖 59~圖 61。

由圖 59 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地輔助器材」實施夜間「基本測量」，平均作業時間約為 58 分鐘，然使用現行作法則平均時間約為 90 分鐘。前者較後者之作業時間提升約 36%。

由圖 60 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地輔助器材」實施夜間「基本測量」，平均坐標精度約為 1/1200，然使用現行作法則平均坐標精度約為 1/800。前者較後者之坐標精度提升約 33%。

由圖 61 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地輔助器材」實施夜間「基本測量」，平均標高誤差約為 0.97 公尺，然使用現行作法則平均標高誤差約為 2.03 公尺。前者較後者之標高誤差減少約 55%。

分析使用現行作法之折線、直條圖（如圖 59~圖 61，紅色所示），其折線（直條）起伏落差較顯著，表示現行作法因使用「軍用手電筒」或「自製燈具」，致夜間測地成效不彰；反觀使用「砲兵夜間測地輔助器材」之折線（直條）則呈現相對平穩狀態（如圖 59~圖 61，藍色所示），表其無論於「作業時間」、「坐標

精度」、「標高誤差」或「穩定性」等面向均較現行作法優異。

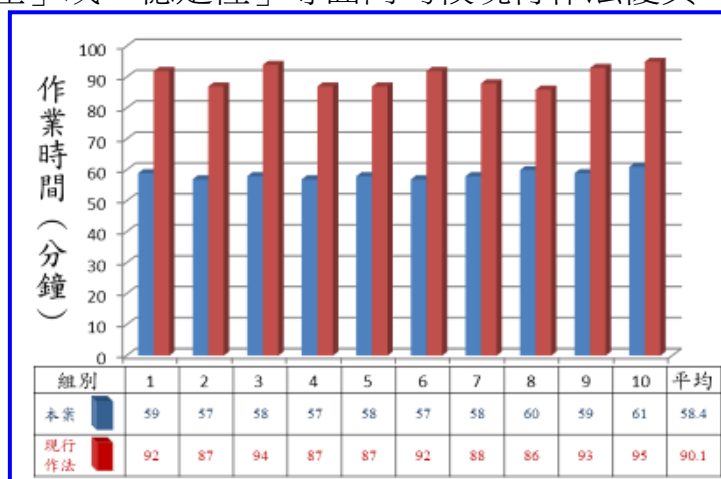


圖 59 「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」量化分析（作業時間）
資料來源：筆者自製

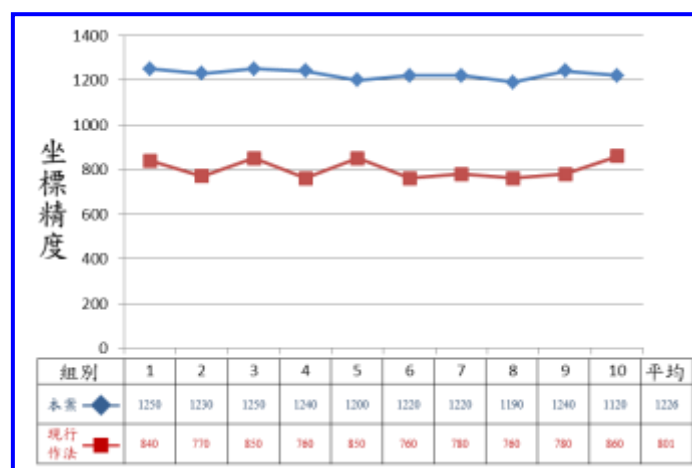


圖 60 「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」量化分析（坐標精度）
資料來源：筆者自製

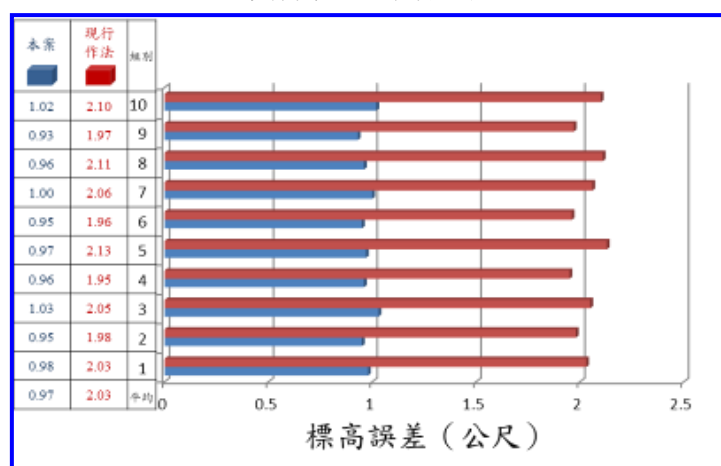


圖 61 「夜間測地組合作業－砲兵基本測量」量化分析（標高誤差）
資料來源：筆者自製

(二) 夜間測地綜合作業—砲兵營測地²³

1. 實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 組成員（每組納編 10 員），實施「夜間測地組合作業－砲兵營測地」，分別使用本案「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法，驗證其作業時間與精度差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如圖 62，表 19。

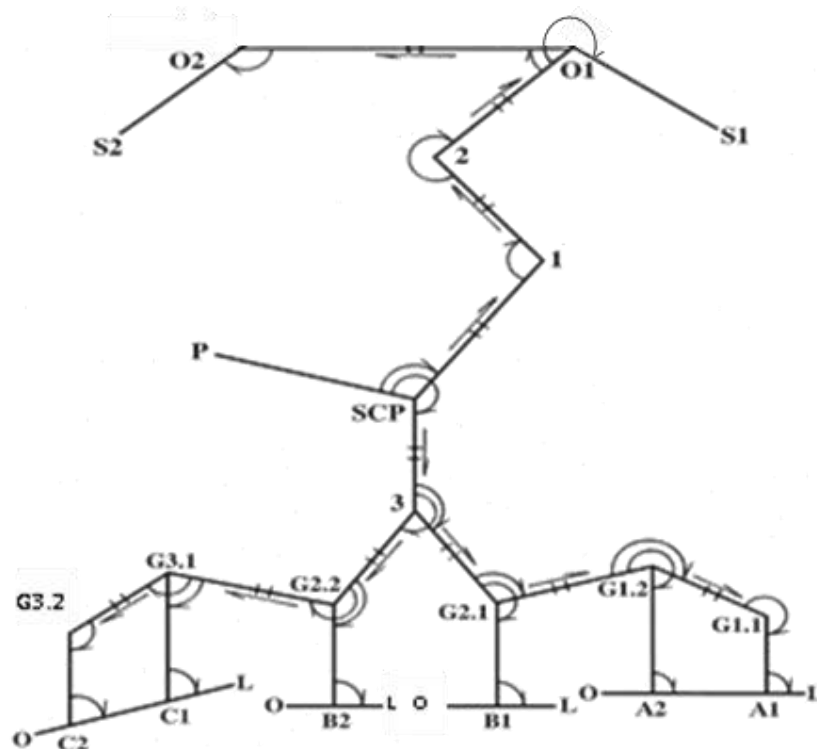


圖 62 砲兵營夜間測地作業示意

資料來源：轉引自《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月），頁 7 - 11。

表 19 「夜間測地綜合作業－砲兵營測地」實驗設計

實 驗 班 隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實 驗 場 地	本部測地教練場
實 驗 內 容	採隨機抽樣方式選取 10 組成員（每組納編 10 員），實施「夜間測地組合作業－砲兵營測地」，分別使用本案「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法，並分析其結果。
實 驗 目 的	驗證使用 2 種不同作業方式，其作業時間與精度差異變化。

資料來源：筆者自製

2. 實驗結果分析：針對實驗對象，驗證其「作業時間」、「坐標精度」與「標高誤差」等面向之差異變化，並將實驗數據彙整如圖 63~圖 65。

由圖 63 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地

²³ 砲兵營測地之目的在決定火砲、觀測所與各目標之水平與高低關係位置，供射擊指揮運用，並提供火砲、觀測器材、氣象系統、雷達及雷射定位指示器等，射向賦予及器材定位（向）所需之有關資料。

輔助器材」實施夜間「砲兵營測地」，平均作業時間約為 **89** 分鐘，然使用現行作法則平均時間約為 **122** 分鐘。前者較後者之作業時間提升約 **27%**。

由圖 64 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地輔助器材」實施夜間「砲兵營測地」，平均坐標精度約為 **1/1000**，然使用現行作法則平均坐標精度約為 **1/500**。前者較後者之坐標精度提升約 **50%**。

由圖 65 發現，10 組研究對象於相同的實驗狀況下，使用「砲兵夜間測地輔助器材」實施夜間「砲兵營測地」，平均標高誤差約為 **1.04** 公尺，然使用現行作法則平均標高誤差約為 **3.29** 公尺。前者較後者之標高誤差減少約 **68%**。

分析使用現行作法之折線、直條圖（如圖 63~圖 65，紅色所示），其折線（直條）起伏落差較顯著，表示現行作法因使用「軍用手電筒」或「自製燈具」，致夜間測地成效不彰；反觀使用「砲兵夜間測地輔助器材」之折線（直條）則呈現相對平穩狀態（如圖 63~圖 65，藍色所示），表其無論於「作業時間」、「坐標精度」、「標高誤差」或「穩定性」等面向均較現行作法優異。

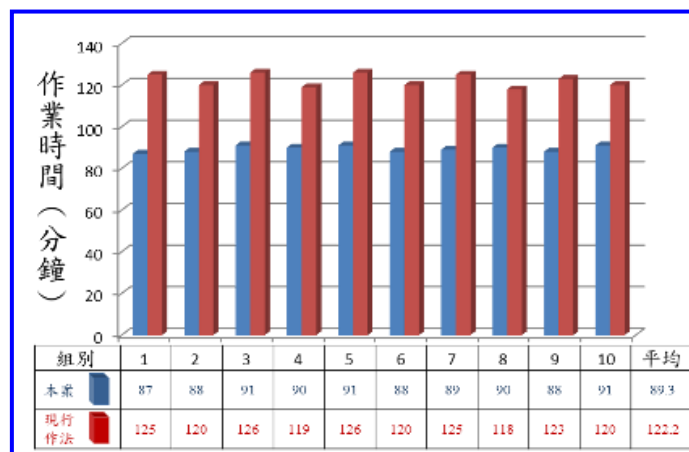


圖 63 「夜間測地組合作業－砲兵營測地」量化分析（作業時間）
資料來源：筆者自製

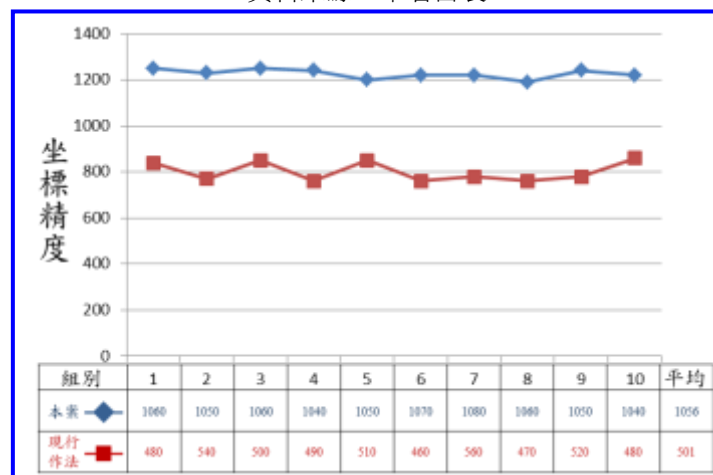


圖 64 「夜間測地組合作業－砲兵營測地」量化分析（坐標精度）
資料來源：筆者自製

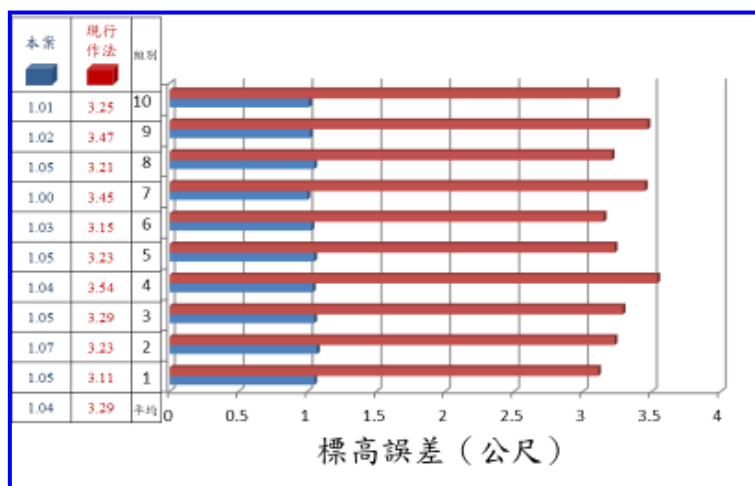


圖 65 「夜間測地組合作業－砲兵營測地」量化分析（標高誤差）

資料來源：筆者自製

四、綜合分析：評估「砲兵夜間測地輔助器材」之研發效能，並藉由實驗數據分析比較後，再次印證本案無論運用於夜間「基本測量」或「砲兵營測地」，其「作業時間」、「坐標精度」、「標高（方位）誤差」與「作業穩定性」等面向，均較現行作法優異，充分符合砲兵「夜間測地」時效與作戰需求（本案與現行作法優劣分析如表 20）。

表 20 「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法優劣分析表

「砲兵夜間測地輔助器材」與現行作法優劣分析表			
區 分	砲兵夜間測地輔助器材	現 行 作 法	效 益 分 析
通用性與相容性	可同時適用國軍現役 M2 方向盤、蔡司與徠卡全站儀	僅適用單一形式之測量裝備	本案裝備具較佳之通用性
研發經費分析	5 萬元/1 套，僅占每套全站儀購置費用 0.083%	部隊長期缺乏制式夜測輔助工具，須使用均用手電筒或自製燈具因應，不但規格未統一，且使用效能不彰。	本案裝備具研發效益
定 心 方 式	雷射定心	垂球或光學定心	本案較適合於夜間定心使用

夜間測地作業時間		基 本 測 量	約 58 分鐘	約 90 分鐘	本案提升約 36 %
		砲兵營測地	約 89 分鐘	約 122 分鐘	本案提升約 27 %
夜間測地作業精度	坐標精度	基 本 測 量	1/1200	1/800	本案提升約 33 %
		砲兵營測地	1/1000	1/500	本案提升約 50 %
	標高誤差	基 本 測 量	±0.97 公尺	±2.03 公尺	本案減少約 55 %
		砲兵營測地	±1.04 公尺	±3.29 公尺	本案減少約 68 %
	方位誤差	基 本 測 量	±1 密位	±2 密位	本案減少約 50 %
		砲兵營測地	±1 密位	±2 密位	本案減少約 50 %
操作便利與作業穩定性			本案專為砲兵「夜間測地」需求研製，規格統一、且經實驗證實操作便利與作業穩定性佳。	現行作法因使用「軍用手電筒」或「自製燈具」因應，致「夜間測地」成效不彰。	本案裝備符合軍事規格，具較佳之操作便利與作業穩定性

資料來源：筆者自製

結論與建議

國防法第二十二條即揭示「結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購時，落實技術移轉，達成獨立自主之國防建設」。近年來國軍為響應政府政策，積極鼓勵所屬單位參與各式軍品研發產製，不僅建立「軍轉民、民通軍」雙向機制及運作平臺，更可發展創新軍、民通用科技，進而達成國防自主、潛艦、國機國造等終極目標。

為貫徹此一目標，國軍應率先於武器裝備「研究發展」上，透過創新的思維及方法，同步革新作業（研製）程序、步驟、要領，方能不斷精進並厚植單位研究發展能量，充份支援作戰；筆者希冀透過個人研發經驗分享，藉拋磚引玉方式提升單位研發（究）風氣，如此不但人人能發掘單位問題，亦可由研發

（究）過程中腦力激盪，進而解決問題致獲得工作之成就感，以達節約公帑及提升裝備操作效益之目標，一舉數得。

砲兵「測量裝備」種類繁多，因其具備提供砲兵精確測地成果，與目標獲得裝備定位定向精確諸元之強大功能，故可遂行「砲兵測地」與「射向賦予」作業，在長達十餘年的服役中，對國軍戰力之貢獻，實有目共睹。惟於「夜間測地」部分，為確保其戰力不墜，砲兵部隊除落實各級保養、維護與操作要領外，理應透過各式研發作為，採性能提升方式有效發揮測量裝備之「夜間作業」效能，進而提升砲兵全天候作戰能力，基此，本案「砲兵夜間測地輔助器材」實為一立意良好之研究典範。

「砲兵夜間測地輔助器材」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備通用、穩定、且便利夜間電源供應等能力，俾利砲兵部隊遂行夜間測地任務，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，最後提出 5 點建議事項：

一、保留後續研改及擴充介面：因應新一代全站儀即將獲得，本研發案已預先保留後續研改及擴充介面，未來仍可針對新式裝備之機械結構，實施研改與精進，致力提升「砲兵夜間測地輔助器材」之適用性與通用性。

二、模組化、輕量化：「模組化、輕量化」為現代化軍事裝備之發展趨勢與終極目標，未來將針對「砲兵夜間測地輔助器材」，不斷持續研改與精進，期使裝備符合後勤檢修及裝設需求，致力提升整體研發效益。

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

四、完善後勤補保機制：後續本研究將持續針對該裝備之保養要領、操作與維護方法等後勤規劃，及未來人員專業訓練與操作程序之預劃準備等，納入全般考量，以期延長軍品壽期及符合整體實務之需求與效益。

五、結合民間光電產能：為響應政府「國防自主」之重要政策，未來本研究亦得與民間光電廠商密切配合，持續研究太陽能儲能、環境保護與提升作業安全與穩定性等相關議題，期使本案研究成果得以落實於其他國防（裝備）用途，發揮整體效益。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 08 月）。
- 三、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)。

- 四、施永富，《測量學》(臺北：三民書局，民國 97 年 06 月)。
- 五、鄭瓦金，〈KI - SE 紅外線測距經緯儀之校正〉《砲兵月刊》(臺南)，第 63 期，砲訓部，民國 82 年 05 月。
- 六、于澤謙，〈經緯儀各軸誤差影響及其修正方法〉《砲兵月刊》(臺南)，第 67 期，砲訓部，民國 82 年 09 月。
- 七、賀建榮，〈砲兵測地用測距儀現況檢討與建議〉《砲兵月刊》(臺南)，第 68 期，砲訓部，民國 82 年 10 月。
- 八、耿國慶，〈砲兵測量用紅外線測距經緯儀性能需求研究〉《砲兵雙月刊》(臺南)，第 74 期，砲訓部，民國 83 年 10 月。
- 九、耿國慶，〈DM - 501、502 測距儀測距精度檢定與校正之研究〉《砲兵雙月刊》(臺南)，第 76 期，砲訓部，民國 84 年 02 月。
- 十、耿國慶，〈對共軍『七五式地砲微波測距儀』之研究〉《砲兵雙月刊》(臺南)，第 85 期，砲訓部，民國 85 年 08 月。
- 十一、王正亞，〈測量器材之保養與維護〉《砲兵雙月刊》(臺南)，第 88 期，砲訓部，民國 86 年 02 月)。
- 十二、林文章，〈蔡司 Rec - Elta - 13 測距經緯儀操作與運用〉《砲兵雙月刊》，第 92 期，砲訓部，民國 86 年 10 月。
- 十三、徐坤松，〈砲兵測地作業新利器 - 瑞士徠卡 TPS-700 系列電子式全測站儀〉《砲兵季刊》(臺南)，第 142 期，砲訓部，民國 97 年 08 月。
- 十四、陳天祐，〈運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為〉《砲兵季刊》(臺南)，第 143 期，砲訓部，民國 97 年 10 月。
- 十五、《ULISS - 30 定位定向系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 87 年 12 月)。
- 十六、《陸軍 SPAN - 7 砲兵定位定向系統 (第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 102 年 09 月)。
- 十七、《陸軍徠卡 TPS - 700 系列 (TCRA705 型) 測距經緯儀操作手冊 (第一版)》(桃園：國防部陸軍司令部，98 年 10 月 12 日)。
- 十八、陳見明，〈精進 ULISS-30 定位定向系統運用於砲兵測地作業之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 157 期，砲訓部，民國 101 年 06 月。
- 十九、黃盈智，〈陸軍砲兵測地電算機 (程式) 之發展與進程〉《砲兵季刊》(臺南)，第 182 期，砲訓部，民國 107 年 09 月。
- 廿、耿國慶，〈跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究 - 以美軍為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第 183 期，砲訓部，民國 107 年 11 月。
- 廿一、國家教育研究院「雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網」，網址 [http :
//terms.naer.edu.tw](http://terms.naer.edu.tw)，檢索日期：民國 92 年 10 月。
- 廿二、Artillery survey (TM6 - 200)，Published June 2016 by GHQ Army GRC。
- 廿三、楊逢嶠，經濟日報，「長泓能源科技 10/3 舉行說明會」，網址

<http://money.udn.com/money/story/8521/3395823>，檢索日期：民國 108 年 06 月。

- 廿四、梁介豪，〈淺談夜視裝備發展及砲兵運用之探討〉《砲兵季刊》（臺南），第 154 期，砲訓部，民國 100 年 08 月。
- 廿五、林山和，〈擊破暗夜的限制－砲兵觀測夜視裝備〉《砲兵季刊》（臺南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 廿六、牛彥凱，〈提升砲兵觀測所夜間標定設備之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 177 期，砲訓部，民國 106 年 6 月。
- 廿七、詹曙維，〈微光夜視技術對我砲兵之影響〉《砲兵季刊》（臺南），第 185 期，砲訓部，民國 108 年 06 月。

作者簡介

黃盈智士官長，領導士官班 87 年第 12 期、陸軍專科學校士官長正規班 24 期畢業，崑山科技大學企業管理研究所碩士、高苑科技大學土木工程研究所碩士，乙級工程測量、乙級地籍測量、丙級測量證照；歷任班長、作戰士、測量組長、連士官督導長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。

淺談反無人飛行器系統（C-UAS）發展

作者：吳銘祥

提要

- 一、西元 2021 年 6 月美國軍事及外交人員於巴格達機場遭 1 具武裝無人機攻擊，面對新式無人機，美軍已提升其武力威脅的警示等級，因其影響美方於伊拉克空域擁有的獨立自主權，可見即便國力強大如美國，面對無人機作戰發展運用的態度，也是保持高度戒慎恐懼的心態。
- 二、依美國國防部分類方式，可將無人飛行系統分為 5 類；大型無人機優勢在於可運送致命性酬載，劣勢在於其作戰能力及模式容易預測；小型無人機則具備匿蹤、滲透及低成本等特性，其複雜度造成多面向的威脅無遠弗屆，成為反無人飛行系統發展的最大挑戰。
- 三、反無人飛行器系統透過不同方法，以偵測具敵意無人機存在或制壓無人機，其手段包括光電科技、紅外線技術、聲音感測器、雷達系統及無線電頻率辨識等方法，建構具備效能及多層偵測的能力。
- 四、考量我國防衛作戰構想，可藉由作戰前線硬殺攻擊、城鎮戰軟殺反制、反無人機系統網絡建構及軍民工業合作等 4 個面向發展，以確保我國領土安全。

關鍵詞：C-UAS、UAV、Drone、反無人飛行器系統

前言

一、研究動機

美國有線電視新聞網 CNN 於 2021 年 6 月 28 日報導，6 月 1 具武裝無人機在巴格達機場內美軍及外交人員用餐的餐廳入口引爆；之前於 4 月亦有 1 具無人機攻擊破壞美國中央情報局（CIA）在埃爾比勒省（Erbil）的無人機棚廠。近期，在伊拉克執行任務的美國情報人員及軍方人員，針對新型、智能化的伊朗無人機攻擊狀況，提升其對美軍武力威脅的警示等級。在伊拉克，針對美方人員進行火箭攻擊已成常態；但是，這些新型伊朗製無人飛行機，已被美方情報人員及軍方人員視為伊朗顯著的軍力提升。對於美方情報人員是個警訊，那就是「美方將不再擁有伊拉克空域的獨立自主權」。¹由報導可知，無人機的作戰研究發展運用，在現今的作戰環境中，具有舉足輕重的腳色。美國面對伊朗發展運用無人機作戰的態度，保持高度戒慎恐懼的心態，可看出如何面對無人機

¹ Katie Bo Williams, "US airstrikes follow a spate of sophisticated attacks by Iranian drones that can avoid US surveillance" (Cable News Network, CNN), <https://amp.cnn.com/cnn/2021/06/28/politics/us-airstrikes-new-iran-drone-attacks-avoid-surveillance/index.html>.

作戰發展是一項相當值得研究的課題。

二、研究目的

承上所言，如何有效反制無人飛行系統，亦是我國在執行防衛作戰時，必須面對的課題。因此，本研究機先針對無人飛行系統介紹，接著將反制無人飛行系統類型分為 3 類（軟殺、硬殺及偵追），並提出現今各國研發使用的反無人飛行系統。最後，針對無人飛行器系統議題，提出相關建議，期能使讀者對於無人飛行器系統發展現況有所瞭解。

無人飛行系統（UAS, Unmanned Aerial Systems）分類

無人飛行系統分類並非只有單一標準，國防軍事體系有自己的標準，民間商用也有屬於自己較為寬鬆的分類標準。一般來說，無人飛行系統可依尺寸大小、飛行距離及續航時間來進行分類，說明如次。²

一、依尺寸大小分類

- （一）極小型無人機（Very small UAVs），包含微米級、奈米級無人機。
- （二）小型無人機（Small UAVs），亦可稱為迷你無人機。
- （三）中型無人機（Medium UAVs）
- （四）大型無人機（Large UAVs）

二、依飛行距離及續航時間分類

- （一）極低成本近程無人機（Very low cost close-range UAVs）
- （二）近程無人機（Close-range UAVs）
- （三）短程無人機（Short-range UAVs）
- （四）中程無人機（Mid-range UAVs）
- （五）遠程無人機（Endurance UAVs）

在軍事方面使用，則以層級方式來進行分類。³依美國國防部分類，共分為 5 類，參照如表 1。

表 1 美國國防部無人飛行系統分類表

分類	尺寸大小	最大負載飛行重量（磅） 最大負載飛行重量（公斤）	飛行高度（呎） 飛行高度（公尺）	航速（節） 航速（公里/小時）
第一類	小	0-20 磅 0-9 公斤	小於地平面 1200 呎 小於地平面 365.76 公尺	小於 100 節 小於 185.2(公里/小時)
第二類	中	21-55 磅 9-25 公斤	小於 3500 呎 小於地平面 1066.8 公尺	小於 250 節 小於 463 (公里/小時)

² Qassim A. Abdullah, Ph.D., Classification of the Unmanned Aerial Systems (The Pennsylvania State University), <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>.

³ 同註 2。

第三類	大	小於 1320 磅 小於 600 公斤	小於平均海平面 18000 呎 小於地平面 5486.4 公尺	小於 250 節 小於 463（公里/小時）
第四類	巨大	大於 1320 磅 大於 600 公斤	小於平均海平面 18000 呎 小於地平面 5486.4 公尺	任何航速均有
第五類	最大	大於 1320 磅 大於 600 公斤	大於 18000 呎 大於地平面 5486.4 公尺	任何航速均有
小結	一、尺寸越小：負載重量、飛行高度及航速均越小，較適合短程的攻擊模式。 二、尺寸越大：負載重量、飛行高度及航速均越大，較適合遠程的攻擊模式。			

資料來源：筆者參考美國防部分類方式自行整理

無人飛行系統（UAS, Unmanned Aerial Systems）發展

無人系統真正的成本和價值並不在於飛行器本身，而在於其搭載的傳感器組件、飛行控制系統及與地面控制站或其他平台的傳輸數據鏈。⁴透過控制平台的建構，可同時操控多批次無人飛行系統執行任務；另因無人機上無搭載人員，故可去除人員傷損風險，並降低製造成本。這也是近年來，許多國家（如前面所提及的伊朗）積極發展無人飛行系統的主要原因。

大多數無人飛行器為便於進行偵察監視，而被設計成低速飛行，這一概念是源於低速飛行更有利於傳感器捕捉目標細節，從而更準確地判斷和識別，但低速同時也大大減少了飛行器在危險空域的生存率。⁵故配合低成本、多批次的飛行模式，將是無人飛行器運用的主要方向。近年來，各國軍事用途小型且具攻擊能力 UAS 已有相關裝備問世，較為成熟的現貨市場產品概述如次。

一、波蘭「戰友」（WARMATE）作戰用無人飛行器

波蘭 WARMATE（戰友）作戰用無人飛行器，可執行監視、偵測及辨識等任務。由波蘭研發的 WARMATE（戰友）作戰用無人飛行器系統，於 2015 年 9 月公開展示，並於 2018 年開始在波蘭軍方使用。波蘭 WARMATE（戰友）作戰用無人飛行器系統搭配 GS9 成像器，可針對目標進行目標辨識；亦可使用 GO-1 彈頭擊殺敵軍人員或輕型裝甲。WARMATE（戰友）作戰用無人飛行器系統可相容於 SWARM（蜂群）偵查攻擊系統，使其可鏈結於 FlyEye（飛眼）系統，執行目標辨識與獲得。⁶操作高度為 100 公尺至 500 公尺，最高速度為 150 km/h、航速為 50 km/h，操作半徑距離為 12 公里，可飛行 50 分鐘。⁷依美軍無人飛行系統分類，屬於第一類無人飛行系統，可執行情監偵及攻擊任務，並透過網路鏈結，達到目獲效果。

⁴諾曼·弗里德曼，《美軍最尖端武器·無人機》（臺北：全球防務出版公司，西元 2012 年），頁 2。

⁵諾曼·弗里德曼，《美軍最尖端武器·無人機》（臺北：全球防務出版公司，西元 2012 年），頁 10。

⁶詹氏年鑑電子資料庫

⁷詹氏年鑑電子資料庫



圖一 WARMATE（戰友）作戰用無人飛行器

資料來源：如附註⁸

二、美軍「郊狼」（Coyote）無人飛行器

為消耗性迷你 UAV，發射後飛行翼展開後，即可飛行。飛行器設計成可更換之酬載，其研發時間為 2007 年至 2009 年，於 2009 年起開始使用。其操作高度為 150 公尺至 365 公尺，最高速度為 157km/h、巡航速度為 111 km/h，操作半徑距離為 37 公里，可飛行 90 分鐘。⁹

美國網媒 The Drive 知名的軍武新聞「戰區」（The War Zone）報導，雷神公司於 2021 年在亞利桑那州尤馬試驗場（Yuma Proving Ground）的測試中，4x4 聯合輕型戰術輪車（Joint Light Tactical Vehicle, JLTV）透過托盤發射系統發射「Block 2+ Coyote」，在不同高度擊落各式定翼無人機，可由原對地攻擊角色轉為兼具反無人機用途。¹⁰

本裝備特色為小型、可消耗及管式發射，可在地面、空中或船艦上部署，可單機飛行，亦可聯網組成蜂群，能夠執行監視、電子戰及打擊作戰等任務。構型 2（Block 2）及構型 3（Block 3）郊狼尾部有 4 個機動性操縱面，並具備火箭推進器，使初始推力更強。升空後，則由小型噴射渦輪負責推進，可對付具有高度機動力的目標。目前已部署美國陸戰隊的陸基防空系統，而美陸軍亦計畫在美軍中央司令部（U.S. Central Command）防區部署裝備「郊狼」的聯合輕型戰術輪車。¹¹

依美軍無人飛行系統分類，屬於第一類無人飛行系統，可執行情監偵攻擊任務，尺寸小及成本低，加上為消耗性不需回收使用，為其執行近程攻擊任務之

⁸詹氏年鑑電子資料庫

⁹詹氏年鑑電子資料庫

¹⁰<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3796727>

¹¹<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3796727>

最大特色。



圖二 Coyote（郊狼）無人飛行器

資料來源：如附註¹²

三、中共各類無人飛行載具發展現況

中共無人飛行載具發展源至 1960 年代，中共利用越戰期間美軍墜地的火蜂無人機殘骸，進行逆向工程仿製，研製出長虹一號無人機之雛型機。1972 年首飛成功，1980 年定型後正式撥交部隊運用，並以軍用型號命名為「無偵 - 5」。此後，中共持續發展無人機，現今已具備軍用無人機偵查、攻擊能力，能同時執行目標獲得、目標識別、攻擊接戰、電戰干擾與效果監控等任務。¹³

表 2 中共無人飛行載具機型

型式	性能	用途
長虹一型	飛行航程：2500 公里 飛行高度：17500 公尺 滯空時間：3 小時	使用可見光照相機，晝間執行高空攝影及偵照任務。
長空二型	飛行航程：950 公里 飛行高度：18000 公尺 滯空時間：3 小時	可用於核武器試驗的取樣工作亦可供低防空武器系統鑑定用，並具有高機動盤旋能力，供空對空導彈和殲擊機鑑定試驗用。
ASN - 104	飛行航程：300 公里 飛行高度：3200 公尺 滯空時間：2 - 6 小時	提供戰場空中偵察情報與進行即時監視。
ASN - 206	飛行航程：150 公里 飛行高度：6000 公尺 滯空時間：4~8 小時	飛行航程：150 公里 飛行高度：6000 公尺 滯空時間：4~8 小時
哈比	飛行航程：600 公里 飛行高度：3000 公尺 滯空時間：4 小時 攻擊精度：5 公尺	為空對地反輻射飛彈之一種，具定位運算能力，可搜尋雷達源進行攻擊。

¹²詹氏年鑑電子資料庫

¹³楊培毅，〈探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為 - 一、二類無人機〉《砲兵季刊》（臺南），第 188 期，陸軍砲訓部，西元 2020 年 3 月，頁 38。

WZ - 2000	飛行航程：2000 公里 平飛速度：236 公尺/秒 滯空時間：12 小時	具衛星通訊能力，可即時提供戰區圖像、情報，完成偵查與監視任務。
翼龍系列	飛行航程：4000 公里 飛行高度：5300 公尺 滯空時間：20 小時	對地面目標進行定位、識別、跟蹤、監視、偵查與對地攻擊。
彩虹系列	飛行航程：2400 公里 飛行高度：5300 公尺 滯空時間：6 - 16 小時	偵蒐、通訊中繼、情報蒐集、火炮校射、電子戰、地面目標精準定位及即時打擊等作戰任務。
B - 2	飛行航程：15 公里 飛行高度：50~5000 公尺 滯空時間：1 小時	提供地面防空部隊進行接戰射擊訓練。
多軸式無人機	飛行航程：5 公里以內 飛行高度：1200 公尺以下 滯空時間：1 - 6 小時	目標偵蒐、目標精準定位、識別、攻擊

資料來源：如附註¹⁴

反無人飛行器系統 (C-UAS) 發展概況

隨著無人飛行器發展日趨壯大，研究反無人飛行器系統的議題，也漸漸地被重視，並且發展出相關的反制機制。反無人飛行器系統(C-UAS)透過不同方法，以偵測具敵意無人機存在或制壓無人機。第一種方法是分別透過光電科技、紅外線技術或聲音感測器，以視覺、熱或聲音特徵，來偵測目標。第二種方法是使用雷達系統。然而，因為小型無人機特徵與尺寸之限制，這些方法並非總是可以有效偵測小型無人機，。第三種方法是辨識用來控制無人機的無線訊號（通常為無線電頻率訊號）。這幾種方法可一起（也常一起）組合起來，以提供更有效率、多層偵測的能力。¹⁵透過不同方法的組合運用，可衍生出多樣化的反無人飛行器系統。

其中一種方法是，當無人機被偵測到，其將被接戰鎖定或無效化。電子戰中的「干擾行動」可介入無人機至操作者之間的通信鏈路。電戰干擾裝置重量可輕達 5 至 10 磅，所以可透過人攜方式攜帶，也可重達數百磅，以固定位置設置或接合至載具上。無人飛行載具可透過槍枝、網、指向性能量及傳統防空系統等方式，使其無效化或摧毀。¹⁶無論是人攜式或固定式反無人飛行器系統，其目的均為干擾、驅離或破壞敵無人飛行器系統，使其無法對我軍造成損傷。以

¹⁴楊培毅，〈探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為－一、二類無人機〉《砲兵季刊》（臺南），第 188 期，陸軍砲訓部，西元 2020 年 3 月，頁 39。

¹⁵John R. Hoehn, Kelley M. Sayler, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems (Congressional Research Service, 西元 2020 年 6 月)，頁 1。

¹⁶John R. Hoehn, Kelley M. Sayler, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems (Congressional Research Service, 西元 2020 年 6 月)，頁 1。

美軍而言，美國防部持續並同時地發展及籌購各種類型之反無人飛行系統，以確保強化防禦能力，分析如次。

美國空軍

持續測試高功率微波及雷射，以指向性能量方式，遂行反無人飛行系統任務。2019 年 10 月，美空軍接收一款裝載於載具上的反無人飛行系統原型機，稱為高能量雷射武器系統（High-Energy Laser Weapon System, HELWS），並開始執行為期一年的海外現地測試。高能量雷射武器系統（HELWS）預劃用來在數秒內完成辨識並癱瘓具敵意或未授權之無人飛行系統，當此系統連結至發電機後，可提供大數量的射線。而這樣的計畫，在美國 2016 年小型無人機發展計畫中已略有記述，雖然在當時反無人飛行系統的發展效益尚未明顯可見，美空軍仍指出需發展機動式反無人飛行系統。¹⁷對比於 2021 年現今的作戰環境，可看出美空軍於 2016 年對於未來作戰環境發展的遠見之明。

美國陸軍

特德斯科上校（Tedesco）於 2015 年 11-12 月份的《軍事評論》（Military Review）期刊提到，對於美陸軍而言，歷史給的關鍵教訓就是每一場戰爭都是不同的。如何從歷史中獲得洞見，作戰規劃者必須能在未來多變挑戰環境中，運用訓練、準則及裝備，去面對未知的可能性。而未經歷如何對抗無人飛行系統作戰的軍隊，將無法有效因應未來戰場環境。美陸軍對於無人飛行系統的威脅係從 2015 年開始重視，並檢視面對無人飛行系統攻擊的防禦基本需求。雖然美國擁有科技優勢，亦是過去在無人飛行系統在攻勢作戰中使用的創新領導者，並在伊拉克及阿富汗作戰中，使用無人飛行系統來支援地面部隊作戰。所以，美國需在面對無人飛行系統威脅遽增的狀況下，再次顯明針對無人飛行系統威脅的防禦領導地位。¹⁸

若美軍聯戰能力不足以保護美軍部隊，在敵人擁有超乎預期的無人飛行系統作戰能力狀況下，美國將會喪失作戰行動中的自由度。未具備反無人飛行系統作戰能力，意味著任務執行成功率之降低。換句話說，若是沒有採取適當措施去發展堅強的反無人飛行系統能力，美國總統及國會部門將在不久的未來發現於軍事衝突中，欲使用地面部隊解決軍事衝突時，會使友軍暴露於更高的風險之中。另外，更多的兵力運用限制，亦會直接影響美軍投射於全球戰略區及友邦國家提供兵力支援的能力。¹⁹

¹⁷John R. Hoehn, Kelley M. Sayler, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems (Congressional Research Service, 西元 2020 年 6 月), 頁 1。

¹⁸Col. Matthew T. Tedesco, "Countering the Unmanned Aircraft Systems Threat", Military Review, 西元 2015 年 11-12 月, 頁 64。

¹⁹Col. Matthew T. Tedesco, "Countering the Unmanned Aircraft Systems Threat", Military Review, 西

當美陸軍具備反無人飛行系統的最佳能力時，將有效限制敵軍阻礙火力，以遂行美陸軍作戰構想中的關鍵因素，就是「執行攻擊及防禦任務時，在軍事行動所包含的所有範圍內，具備火力發揚能力，以擊敗敵軍並保持作戰行動的自由度」。而這一項能力正是美陸軍為了在複雜全球作戰環境中勝利，必須保有的關鍵能力。²⁰

2016年7月，美陸軍發表一份反無人飛行系統戰略規劃，以指導反無人飛行系統能力發展方向。緊接著在2017年4月，於美陸軍科技刊物3-01.81「反無人飛行系統技術」中強調「作戰過程中如何防禦並對抗低空、低速、小型無人機威脅之計畫作為」，提出如何規劃並與反無人飛行系統單兵任務結合至訓練項目。其中，反無人飛行系統亦是美陸軍作戰能力發展指揮部中六層防空及飛彈防禦構想中之一部分，包含：低高度彈道無人機接戰（BLADE）、多功能高能量雷射（MMHEL）、次世代火控雷達（Next-Generation Fires Radar）、操演防空科技（MADT）、高能量雷射戰術載具展示者（HEL-TVD）及低成本防空延伸距離（LOWER AD）等6項。此外，美陸軍也開始使用人攜式、車載式及機動式反無人飛行系統，並與防衛數位中心（Defense Digital Service）合作，發展電腦控制的反無人飛行系統相關產品。²¹由美陸軍的反無人飛行系統進展可看出，透過多樣化研發模式是未來反無人飛行系統發展的方向。

2020年2月堪薩斯州立大學教授尼古拉斯（Randall K. Nichols）等6位學者，共同發表論文，提出：按照反無人飛行系統的複雜度來說，無人飛行系統的尺寸大小必須納入考量。小型無人機可在所有戰爭環境及國內領域使用。小型無人機可攜帶致命的酬載、可辨識目標、混淆系統及傳送關鍵目標資訊，也最適合運用於不對稱作戰中，因為其具備匿蹤、滲透及便宜等特性。小型無人機的複雜度造成多面向的威脅是無遠弗屆的，亦因此成了反無人飛行系統科技中的最大挑戰。大型無人飛行系統雖然在威脅的面項中較多限制，但是仍為戰役中的資產。大型無人機雖除了可以執行致命性酬載運送外，也可執行辨識目標、混淆系統及傳送關鍵目標資訊等任務。然而，這些也是本來就被預期所執行的能力。²²所以，如何反制小型無人機的作戰運用，會是作戰任務中的關鍵因素。綜整美國反無人機發展構想時間，概要如表3。

元 2015 年 11-12 月，頁 64。

²⁰Col. Matthew T. Tedesco, "Countering the Unmanned Aircraft Systems Threat", Military Review, 西元 2015 年 11-12 月，頁 66。

²¹John R. Hoehn, Kelley M. Sayler, Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems (Congressional Research Service, 西元 2020 年 6 月)，頁 2。

²²Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation, (New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月)，頁 31。

表 3 美國反無人機發展構想時間表

時間	單位	構想（發展）內容
2015 年	美陸軍	提出「未具備反無人飛行系統作戰能力，意味著任務執行成功率的降低。」
2016 年	美空軍	提出應發展機動式反無人飛行系統
2016 年 7 月	美陸軍	發表一份反無人飛行系統戰略規劃，以指導反無人飛行系統能力發展方向。
2017 年 4 月	美陸軍	強調並開始規劃「作戰過程中如何防禦並對抗低空、低速、小型無人機威脅之計畫作為」。
2019 年 10 月	美空軍	接收一款裝載於載具上的反無人飛行系統原型機，稱為「高能量雷射武器系統，HELWS（High-Energy Laser Weapon System）」，並執行為期一年的現地測試。
2020 年 2 月	堪薩斯州立大學	提出「按照反無人飛行系統的複雜度來說，無人飛行系統的尺寸大小必須納入考量。」

資料來源：作者自行整理

無人飛行系統亦可分類為私人、商用及軍事用途。這三大類均有相同及相異之處，但是整體來說，其共同特性就是均具備威脅作用。²³發展反制無人飛行系統對策，需要完成眾多步驟的流程，以避免落入潛在陷阱中，才能取得高程度的成功。第一步驟就是要先分析威脅，此步驟可能包含像是簡單的運送違禁品進入監獄的四軸飛行器，或是複雜如同我們僅有少許情資的巡弋飛彈或攻擊用無人機。無人機的任務及武器潛在能力，將會決定如何適當的反制無人飛行系統作為。而無人機的數量，亦是影響解決方案複雜度的關鍵。²⁴

以反無人飛行系統來說，其發展基礎建立於距離、偵測及攔截等 3 大面向。當無人機或是地面控制站會產生無線射頻訊號時，擁有被動式偵測系統將會相當有效。但是，若攻擊無人機為電波靜默狀態，則可能需要雷達系統用來偵測。攔截的選擇則往往取決於無人機或是其攜帶武器的大小。隨著其尺寸增加，攔截方式從較軟性的干擾、網抓等方式，進階為針對航空器的傳統武器，如子彈或飛彈等。當攻擊無人機數量增加時，攔截方式則從動態攻擊轉為非動態攻擊，例如雷射或高能量微波攻擊等方式。²⁵

²³Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation (New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月), 頁 31。

²⁴Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation (New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月), 頁 81-82。

²⁵Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation (New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月), 頁 82。

表 4 威脅偵測方式

名稱	方式
雷達裝備	靠輻射電磁波，以偵測無人飛行系統。
無線電頻率	掃描無人機所用頻率及其周邊地區無線射頻裝置，以辨識無人機存在。
光電技術	辨識無人機外觀特徵，以偵測無人機。
紅外線技術	辨識無人機熱源特徵，以偵測無人機。
音波技術	辨識無人機所產生的音波特性，以偵測無人機。
組合式感測器	許多系統整合多項不同感測器裝置，以提升偵測能力。具備多樣式偵測元素，能避免過度仰賴單一偵測系統，以提升偵測成效可行性。

資料來源：如注²⁶

此外，指揮及管制作為的限制與需求，是所有解決方案不可忘記的事項。例如在商用無人機多樣化的狀況下，指揮及管制作為可能非常簡潔及有效。但是，隨著威脅與防禦層級增加，指揮與管制系統也將趨於複雜。複雜度需求層級會需要使用內建專用人工智慧軟體來解決，以協助引導攻擊行動與狀況處置。反無人飛行系統雖然會隨著科技進步而改變更新，但是無人機與反無人機矛與盾之間的議題，卻是受制於人類創新思維影響，而非是那些使機器運作的科技。²⁷由此可知，無論科技進步如何進步發展，影響戰爭勝敗的關鍵，仍是人類對於作戰思維的創意發想。

依《陸軍野戰砲兵營、連作戰教範》第二節第一款所述，野戰砲兵部隊為地面火力支援骨幹，依任務、武器特性結合兵力運用適切賦予編組，創造戰場火力優勢或密切對戰鬥部隊行有效支援，其任務賦予計有密切支援、縱深戰鬥及反火力戰。²⁸然其限制因素中亦提到「易遭受敵空中及核子武器危害。與敵地面部隊近戰，難以遂行主要任務。」²⁹，可知若敵持續發展無人飛行機攻擊策略，將會造成砲兵部隊威脅。為有效遂行砲兵部隊任務，發展反無人飛行器系統實屬必需。

近年來，各國針對反制 UAS 已有相關裝備問世，整理分類表如表 5，概述如次。

²⁶Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation(New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月), 頁 110-111。

²⁷Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation(New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月), 頁 81-82。

²⁸《陸軍野戰砲兵營、連作戰教範》(桃園：國防部陸軍司令部，西元 2021 年 4 月 13 日)，頁 1-4。

²⁹《陸軍野戰砲兵營、連作戰教範》(桃園：國防部陸軍司令部，西元 2021 年 4 月 13 日)，頁 1-8。

表 5 反無人飛行系統分類表

分類	方式	裝備構型	研發國	備考
硬殺	直接對無人飛行系統進行物理性攻擊	SMASH 2000 PLUS	以色列	人攜式
軟殺	以電磁波進行干擾，迫使無人飛行系統無法執行任務。	Orion H	新加坡	人攜式
		Chimera	法國	
		新型輕量干擾器（尚未命名）	中共	
偵追	透過偵測器，偵測、追蹤小型無人機。	Echodyne	美國	偵測（追蹤）
綜合	透過干擾影響無人飛行載具的行動	Drone Dome	以色列	軟殺、偵追
小結	根據作戰構想，使用硬殺、軟殺、偵測（追蹤）或綜合方式，對敵無人飛行系統執行反制行動。			

資料來源：作者自行整理

一、以色列 SMASH 2000 PLUS 步槍瞄準具

以色列 SMASH 2000 PLUS 步槍瞄準具是以 SMASH 2000 步槍瞄準具為基礎，並增加 C-UAS 模式，可針對日益嚴重的無人機威脅，提供精準擊殺能力。³⁰



圖三 An Emtan MZ-4 rifle featuring the SMASH 2000 Plus

資料來源：如附註³¹

SMASH 2000 PLUS 步槍瞄準具可安裝於步槍，內部建置瞄準演算法，可有效追蹤並命中小型無人機，有效距離達 120 公尺。³²此項裝備係利用直接命中（硬殺）之方式，摧毀進襲之無人機，以有效確保空防安全。

二、新加坡 Orion H+：

Orion H+為輕量、多功能 C-UAS 系統，可使用軍事作戰環境，並內建指北針可辨別方位。新加坡 TRD（Tint Red Dot）公司於 2020 年新加坡航空展，展示最新型反無人飛行系統 Orion H+。該裝備為輕量手持式干擾器，共有 6 個操作頻道，包含：433MHz、915MHz、2.4GHz 及 5.8GHz 等 4 個無線電波道，

³⁰詹氏年鑑電子資料庫

³¹詹氏年鑑電子資料庫

³²詹氏年鑑電子資料庫

還有全球衛星導航系統（GNSS, Global Navigation Satellite System）的 L1（1575.42MHz）及 L2（1227.60MHz）等 2 個波道。這 6 個波道可同時使用，亦可單獨使用，並迫使無人飛行系統於現地自動降落或返回原基地。Orion H+ 使用範圍為 1 公里，電池容量可允許操作 1 小時。³³不同於 SMASH 2000 PLUS 使用硬殺攻擊模式，Orion H 採軟殺方式，對敵無人機實施干擾，迫使無人機無法再執行作戰攻擊，亦可避免敵無人機遭摧毀後所產生後續傷害之影響。



圖四 Orion H+

資料來源：如附註³⁴

三、法國 Chimera

Chimera 設計為具高度機動性、易於全天候操作，可針對無人飛行系統執行偵測、定位及癱瘓。它可保護地面部隊免於各類無人飛行系統威脅，包含以無線電傳輸方式且以 Wi-Fi 無線網路控制的無人飛行系統威脅。該系統配備 8 公斤天線盒，內含全向性 VHF 天線、電子零組件及可充電式鋰電池，可提供指向性天線效果器電源。天線盒透過周圍無線電電磁頻譜全向性分析，以偵測無人飛行系統威脅。這種方法使操作者可辨識威脅與操控者間無線傳輸資訊痕跡，並透過 C2 介面分類及辨識目標。當無人飛行系統經確認為威脅時，透過超視線（BVLOS）的電磁干擾信號，由手持式效果器發射至目標，並癱瘓目標行動。Chimera 是透過指揮管制（C2）軟體介面，可透過平板電腦操作，亦可連結至戰術背心使用。天線盒可透過背包運輸。該系統於 2018 年至 2020 年期間由法國研發，並由法國警方、特種部隊及正規作戰部隊測試使用。目前該系統已於法國國土安全部門及軍隊服役使用，已有其他國家展現出對該系統之興趣，惟

³³<http://www.unmannedairspace.info/counter-uas-systems-and-policies/latest-version-of-trds-orion-handheld-jammer-launched-at-singapore/>

³⁴詹氏年鑑電子資料庫

目前為止法國並未簽屬銷售合約。³⁵



圖 5 Chimera

資料來源：如附註³⁶

四、中共新型輕量干擾器

中共陸軍地面部隊亦運用新型輕量干擾器，對抗無人飛行系統。中共中央電視台於 2020 年 9 月 24 日播出解放軍陸軍地面部隊操作新型輕量干擾器對抗無人飛行系統。其外觀與狙擊步槍相似，並由第 80 集團軍於訓練演習中對抗無人飛行系統，並迫使該無人飛行系統迫降。該武器配有天線，用來干擾無人機操作者與無人機之間的傳輸訊號。其天線可能具備辨別無人機所使用的頻率的功能，這與一般商用的反無人飛行器系統相似。目前無法得知其干擾距離，推估為視線距離。在影片中該系統使用，與無人機的距離應為 100 公尺之內，而一般這種小型系統干擾距離通常為幾百公尺。³⁷



圖 6 中共新型輕量干擾器

資料來源：如附註³⁸

³⁵ 詹氏年鑑電子資料庫

³⁶ 詹氏年鑑電子資料庫

³⁷ 詹氏年鑑電子資料庫

³⁸ 詹氏年鑑電子資料庫

五、美國 Echodyne 反無人飛行器系統

Echodyne 已發展掌心尺寸超材料電子掃描陣列 (metamaterial electronically-scanning array, MESA) 雷達, 以執行反制無人飛行器系統任務。透過不需相位轉換器的相位陣列雷達, 取代傳統相位陣列雷達。傳統相位陣列雷達倚靠相位轉換器 (或時間延遲系器) 來控制雷達波束, 而 Echodyne 超材料電子掃描陣列雷達則利用晶片開關來控制雷達波束。這種簡化的構造, 可有效節省成本、縮小尺寸、降低重量及增加功率。Echodyne 有 4 種雷達可供運用, EchoGuard 及 EchoGuard International 地對空的空域管理雷達用來偵測與追蹤三維環境中的空中及地面威脅。這 2 個雷達重量均為 1.25 公斤、功率均為 500 瓦, 但是所使用的頻率範圍有些許不同。EchoGuard CR 則用來進行安全維護任務及保護重要設施, 其中重量亦為 1.25 公斤, 然其功率略為較低, 因其使用範圍較為近距離。EchoGuard 可追蹤 200 公尺內口袋尺寸的 UAS、900 公尺內的 DJI Mavic Pro (DJI Phantom 4 UAS)、1.4 公里內的 DJI Matrice 600 及 2.5 公里內的小型定翼機 (如西斯那輕航機)。EchoGuard 還可以追蹤 2.2 公里內的地面人員、3.5 公里內的地面載具及海上船艦。EchoFlight 空對空碰撞避免雷達係裝置於無人飛行器系統前方, 以偵測並避免碰撞。此雷達尺寸較小、重量較輕, 約 0.8 公斤, 功率為 40 瓦。另外, 還有一種 EchoDrive 雷達, 可用於無人地面載具 (unmanned ground vehicles, UGV)。³⁹

針對反無人飛行器系統, EchoDrive 雷達可用於空降任務, 因其工作原理與相位陣列雷達相似, 可輸出真正的類比波束導引, 並涵蓋垂直方向 80 度視野範圍。透過不具備相移器的極簡化天線構造, 製造出可控制的波束, 並且使用印刷電路板 (PCB) 及電子元件, 來製造極簡化天線。兩者比較, 被動式電子掃描 (PESA) 雷達在天線前緣具備 1 個發射機及 (或) 接收機、波束控制天線。而主動式電子掃描 (AESA) 雷達, 通常將發射機及接收機內嵌於天線內。⁴⁰

Echodyne 參與美國防衛研究計畫委員會 (Defense Research Projects Agency, DARPA), 並於 2019 年 11 月發表該委員會將其研發的 EchoGuard 及 EchoFlight 雷達, 列為空網 (Aerial Dragnet) 計畫中的關鍵感測器。該項測試於加州聖地牙哥市 (San Diego) 地面釋放 2 具系留浮空氣球 (tethered aerostat balloon), 爬升至 400 英尺後, 抵達納雄耐爾市 (National City); 亦同時於建築頂及高塔位置執行定點測試, 以提供大範圍涵蓋區。這些感測器可偵測、追蹤小型無人飛行系統, 並可區別出它們與環境背景的不同, 如: 建築物、車輛與鳥類。這次測試主要在於評估該系統針對超過 150 種無人飛行系統

³⁹詹氏年鑑電子資料庫

⁴⁰詹氏年鑑電子資料庫

的偵測、追蹤及辨識狀況，其中包含多種商用無人飛行器，以模擬未經授權或無法辨識的無人飛行系統於城鎮內飛行繞境情況。美國防衛研究計畫委員會（DARPA）計畫著重於達成可於城鎮區偵測、追蹤小型無人飛行系統的困難技術目標。該計畫尋求創新科技，以提供針對 1000 英尺下運行中無人飛行系統，持續且大範圍的監視行動。⁴¹



圖 7 Echodyne 反無人飛行器系統

資料來源：如附註⁴²

六、以色列 Drone Dome（無人機鐵穹）

由以色列拉弗爾先進防禦系統公司（Rafael Advanced Defense Systems）研發設計，可針對無人飛行載具執行偵測、追蹤及干擾，有效針對具敵意無人飛行載具（如：空中攻擊、情資蒐集及騷擾行為）執行防空任務。系統結合 RADA RPS-42 戰術空中搜索雷達及光電感應器，可 360 度偵測無人飛行載具，並於偵測目標後開始追蹤目標及分類目標。資料經由融合及相關比對後，警示操作者有敵無人飛行載具接近。系統將依據事前設定規則，啟動自動化介面操作，或可由操作人員手動控制。該系統可透過干擾全球導航衛星系統（GNSS, global navigation satellite system）及無線電頻率（RF）訊號，來影響無人飛行載具的行動。當威脅抵達制壓區時，全球導航衛星系統及無線電頻率干擾系統將會使敵無人飛行載具無效化。無人機穹頂設計的主要理念是，對周遭環境造成最小影響、對友機提供最大安全。⁴³

⁴¹詹氏年鑑電子資料庫

⁴²詹氏年鑑電子資料庫

⁴³詹氏年鑑電子資料庫



圖 8 無人機鐵穹反無人飛行器系統

資料來源：如附註⁴³

未來發展與建議

反無人飛行系統研發及運用，在現今戰場環境中是相當重要的議題。各國依照戰略構想及戰術運用，建構出不同的反無人飛行系統發展運用。以我國採防衛作戰為主要戰略構想為本，並參考現今各國反無人飛行系統發展，提出未來發展與建議。

一、作戰前線執行硬殺攻擊

第一線作戰環境，因無需考量敵飛行器被擊毀後造成友軍或國土環境之損害，故可直接針對敵飛行器進行硬殺攻擊，將敵飛行器於空中擊落，避免敵飛行器再一步進犯我國領土。以我國戰場環境考量，建議可部署類似 **SMASH 2000 PLUS** 步槍瞄準具（或同等裝備）於金門、馬祖及澎湖等外離島地區。當敵欲以無人機進犯我國領土時，可用硬殺方式直接於沿岸地區摧毀敵無人機，而遭擊落之敵無人機墜海，亦不會破壞我國戰場環境，降低後續危害及影響。

二、城鎮戰執行軟殺反制

考量城鎮戰作戰環境，若敵飛行器被擊毀後，其酬載仍可能落下造成我軍或環境之傷害，故建議以電磁波干擾方式，迫使敵飛行器返回發射陣地，以避免其酬載所造成之傷害。建議在臺灣本島城鎮都市區域，配賦機動打擊部隊類似 **Orion H+**（或同等裝備），以軟殺方式驅離、干擾敵無人機，使敵無人機返回發射陣地或迫降於人煙稀少、空間寬闊的地點，避免敵無人機於我國城鎮都市區域早成重大傷害。

三、建構反無人機系統網絡

於重要政府機關、民生設施及軍事要塞，可透過複合式反無人機系統網絡，進行全面性防護。考量政府機關、民生設施及軍事要塞均需 24 小時安全防護，且這些固定設施無法輕易轉移位置，故建議可建構反無人機系統網絡，完整防護重要設施。在總統府、地方首長辦公處所、發電廠、煉油廠、水庫、國防部

及各軍種司令部等地點，可建構 Echodyne 反無人飛行器系統（或同等裝備），執行 24 小時安全防護，以確保重要設施安全無虞。

四、軍民工業合作

綜觀各國反無人機系統發展，多由民間企業或大專院校與軍方合作，成立專案團隊，結合民間研發能力與軍隊作戰實需，共同執行研究開發工作，以發展有效防衛能力。民間企業或大專院校透過與軍方合作專案，可研究發展相關新式科技；而軍方則在專案合作中，獲取有利於作戰運用之系統，可達成雙贏局面。

結語

自古以來，進攻與防守、矛與盾的對決，一直都是作戰之關鍵要素。隨著科技的演進，無人機運用於作戰的方式越來越多元，故反制無人機亦成為相當值得關注的議題。未來無人機作戰發展勢必越來越蓬勃，而反制無人機亦需有志之士共同研究發展，以確保我國防衛作戰勝利安全。

參考文獻

- 一、Katie Bo Williams,《US airstrikes follow a spate of sophisticated attacks by Iranian drones that can avoid US surveillance》(Cable News Network, CNN, 西元 2021 年 6 月 28 日)。
- 二、Qassim A. Abdullah, Ph.D.,《Classification of the Unmanned Aerial Systems》(The Pennsylvania State University), 西元 2020 年。
- 三、諾曼·弗里德曼,《美軍最尖端武器·無人機》(全球防務出版公司, 西元 2012 年)
- 四、楊培毅,〈探討復仇者飛彈系統面臨防空新挑戰與作為－一、二類無人機〉《砲兵季刊》(臺南), 第 188 期, 陸軍砲訓部, 西元 2020 年 3 月。
- 五、John R. Hoehn, Kelley M. Sayler,《Department of Defense Counter-Unmanned Aircraft Systems》(Congressional Research Service, 西元 2020 年 6 月)
- 六、Col. Matthew T. Tedesco, “Countering the Unmanned Aircraft Systems Threat”, Military Review, 西元 2015 年 11-12 月。
- 七、Randall K. Nichols, Hans C. Mumm, Wayne D. Lonstein, Julie J.C.H. Ryan, Candice Carter, and John-Paul Hood, Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operation, (New Prairie Press, 西元 2020 年 2 月)
- 八、詹氏年鑑電子資料庫。

作者簡介

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

美軍電磁頻譜作戰新概念－電磁機動戰發展與運用之研究

作者：徐榮駿、鄧宏年

提要

- 一、隨著上世紀美蘇冷戰結束，因缺乏主要軍事競爭對手，致使美國國防部逐漸減少電磁頻譜作戰方面預算，造成美軍喪失原有電磁頻譜軍事優勢，目前已遭中共、俄羅斯超越，為了重新奪回電磁頻譜優勢，除了增加預算，持續研發下一代低至零功率與被動電磁作戰裝備外，新的電磁頻譜作戰概念「電磁機動戰」也逐漸形成。
- 二、美軍電磁機動戰捨棄以往主動攻擊的電磁頻譜作戰模式，改運用被動技術來定位敵方的載台和系統，也可運用低偵測／低反制雷射進行多靜態載台的方式，或運用低功率雷射以混淆敵方的光電／紅外線偵測裝備，甚至以無人機射頻干擾敵方作戰，減少敵人主、被動偵測裝備的靈敏度。
- 三、未來電磁機動戰將在日趨成熟的 5G 網路通訊技術基礎上，結合人工智慧與無人化作戰理念，將持續研發新式電磁裝備，在有、無人載台交互運用下，可望帶領美國重返優勢電磁頻譜作戰。

關鍵詞：電磁機動戰、5G 通訊技術、低偵測、低功率雷射、電磁頻譜作戰

前言

在西元 2014 年 10 月美國海軍針對電磁頻譜管控提出新的發展策略，規劃由電磁戰鬥管理（**Electromagnetic battle management, EMBM**）系統中，以被動模式運用各類載台偵測敵方電磁波和紅外線，收集有關敵方信號的數據，經整合完成目標識別及定位，再由多處載臺發出干擾源（如發光誘餌）或電磁波以欺騙對手，最後以低偵測率之數據鏈路傳輸給各載台，對敵實施接戰。上述整合概念美國海軍稱為電磁機動戰（**Electromagnetic Maneuver Warfare, EMW**）。¹隔年美國戰略與預算評估中心（**Center For Strategic And Budgetary Assessments, CSBA**）智庫批評五角大廈在「電磁頻譜」領域發展已不符作戰需求，錯誤的戰略與運用模式恐導致駐外美軍暴露於敵軍電磁威脅下；智庫並表達中共與俄羅斯等國家在電磁頻譜領域的發展，已可與美國相抗衡，甚至超越美國；同時該報告重點闡述了低-零功率（**low-to-no power**）電磁頻譜作戰

¹Dney J.Freedberg JR. "Navy Forges New EW Strategy: Electromagnetic Warfare" Maneuver, breakingdefense,2014.10.10,<<https://breakingdefense.com/2014/10/navy-forges-new-ew-strategy-electromagnetic-maneuver-warfare/>>（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

的概念。²評估報告發表後，引起五角大廈高層注意，與先前海軍提出之「電磁機動戰」概念整合後，美軍開始著手規劃電磁頻譜運用改革。

2017 年 10 月 CSBA 智庫又發布研究報告《決勝灰色地帶》，首次提出電磁戰概念，並將此作為應對中共與俄羅斯「灰色地帶挑釁」(gray zone confrontation) 的有效手段。2019 年 11 月 CSBA 智庫再發布電磁評譜發展評估報告《贏得隱形戰爭》，再次對美軍提升電磁戰能力提出相關具體建議；上述三份智庫報告，對美國國防部電磁頻譜政策產生絕對性的影響。在 2020 年 5 月美軍官方出版聯合電磁頻譜戰準則 (Joint Publication 3-85)，將聯合作戰中電磁頻譜環境操作概念予以規範。同時在軍語辭典中以「電磁戰」(electromagnetic warfare, EW) 取代以往的電子戰 (electronic warfare, EW)，同時電子攻擊、電子防護、電子支援等都相應地改為電磁攻擊、電磁防護、電磁支援。

本研究旨在透過美官方及智庫文件探討美軍電磁頻譜作戰領域下之電磁機動戰概念與發展趨勢，並借鏡其建構電磁優勢之務實作法供國軍建軍備戰參考。

美軍電磁頻譜作戰

一、電磁頻譜簡介

電磁頻譜 (Electromagnetic spectrum, EMS) 是一個物理域，具有物理和時間屬性。電磁頻譜是電磁輻射從零到無窮大的頻率範圍。它由震盪的電場和磁場組成，以頻率和波長所構成。根據特定的物理特性，電磁頻譜頻率從低至高分別有無線電、微波、紅外線、可見光、紫外線、X 光和伽瑪射線 (圖 1)。³

電磁輻射無處不在。它不需透過物質來傳遞，我們每天見到的太陽就是最明顯的例子，雖然地球和太陽之間是一片真空什麼都沒有，但是我們仍然能感受到太陽的光和熱。輻射線係指從物體放出來的電磁波，例如紅外線、可見光與紫外線等。後來發現 X 光、伽瑪射線也屬於電磁波。但因波長較短，且具有穿透力和使分子帶電的能力，所以又特別叫做「游離輻射線」⁴。

許多軍事行動都大量使用頻譜，甚至可說幾乎每種現代武器系統 (例如飛機、衛星、坦克和艦船) 都取決於頻譜的功能。軍方使用跨電磁頻譜的應用程

²Bryan Clark/Mark Gunzinger, "Winning The Airwaves-Regaining America's Dominance In The Electromagnetic Spectrum", Center For Strategic And Budgetary Assessments(CSBA), December 1, 2015, p.1.

³John R.Hoehn/Jill C.Gallagher/Kelley M.Sayler, "Overview of Department of Defense Use of the Electromagnetic Spectrum(R46564)", Congressional Research Service, October 8, 2020, <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46564>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

⁴葉有財，〈輻射線的種類〉，《行政院原子能委員會》，2019/11/5，〈https://www.aec.gov.tw/%E4%BE%BF%E6%B0%91%E5%B0%88%E5%8D%80/%E5%8E%9F%E5%AD%90%E8%83%BD%E7%9F%A5%E8%AD%98/%E8%AA%8D%E8%AD%98%E8%BC%BB%E5%B0%84/%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E8%BC%BB%E5%B0%84%E7%9F%A5%E8%AD%98/%E8%BC%BB%E5%B0%84%E7%B7%9A%E7%9A%84%E7%A8%AE%E9%A1%9E--220_271_1085_1086_1169.html> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

序來支持軍事行動通信和新興技術。這些應用範圍包括使用超低頻無線電波與水下潛水艇進行通信，到微波用於數據鏈路以連接武器系統。如圖 2 美國國防部在（1755–1850MHz）頻帶中之用途。⁵

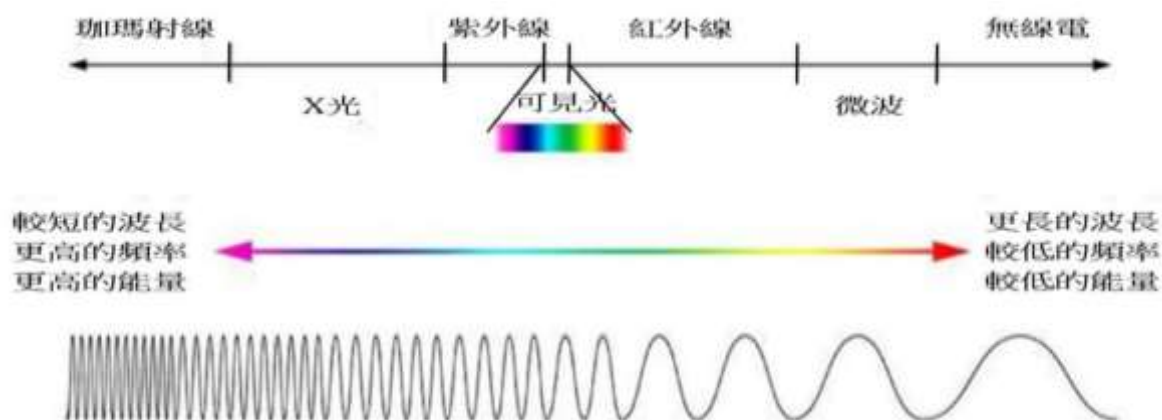


圖 1 電磁頻譜圖

資料來源：National Aeronautics and Space Administration, <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html/>；本研究整理製圖。

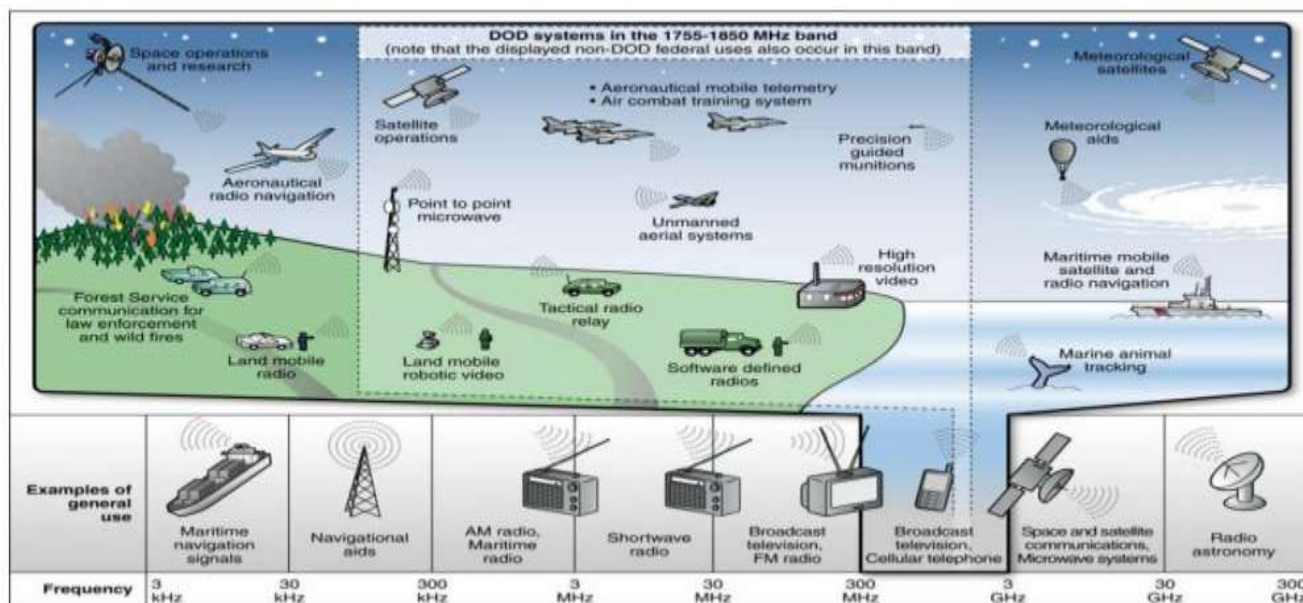


圖 2 美國國防部（DOD）使用無線電頻譜

資料來源：U.S. Government Accountability Office, Spectrum Management: Federal Relocation Costs and Auction Revenues, May 2013, p6, <https://www.gao.gov/assets/660/654794.pdf>.（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

二、美軍電磁頻譜作戰階段劃分

美軍在電磁頻譜的運用已有百年歷史，將其軍事行動依照時間、技術、運用模式等區分階段，分述如次。

（一）初始階段：主動網絡與被動對策

⁵同註 3

電磁頻譜作戰的初始階段要從 19 世紀末無線電發明後開始，大規模使用則是在第一次世界大戰時期，當時軍事部隊間戰術運動與火力射擊等行動大多使用無線電聯絡與管控，包括監聽敵我雙方無線電傳輸內容等軍事行為。獲取情資偵知敵軍行動，調整部隊以行反制。當時由於可運用頻寬及通信電子技術能力有限，因此較少使用通信干擾，且由於當時地面部隊進攻節奏緩慢，部隊運動速度受裝具限制，因此即使干擾無線電通信造成敵方通信中斷，敵方部隊仍可以使用旗號或其它手段來替代。在那個時空環境中，監聽與利用敵方的無線電通信所傳遞的資訊，遠比干擾敵方無線電通信顯得更為有效。⁶

（二）第二階段：主動網絡與主動對策

隨著軍事科技技術不斷發展及武器載台更新，使作戰節奏逐漸加快，單純無線電監聽已無法滿足作戰需求，同時專用的電子干擾設備也在第二次世界大戰後陸續發明納入作戰運用。直接使用干擾機來阻止敵方接收訊號，或者運用金屬箔條製造假雷達訊號來迷惑敵軍防空雷達為當時電子作戰之趨勢。因為本階段電子技術水平的提升，使電磁頻譜作戰系統的頻帶更寬、頻譜功率更大、波形也更為複雜，因此在實施電磁頻譜作戰首重主動干擾技術之運用。本階段重點發展運用時期在越南戰爭期間，美國空軍部署越來越多的主動干擾雷達系統，以制止並擊敗日益增長複雜的北越防空預警系統，再對各類載台等目標實施攻擊。⁷

（三）第三階段：隱身與低功率網絡

隨著美軍「全球戰略」布局，逐漸發現其電磁頻譜戰發展，已無法滿足未來作戰需求，並發現以下問題：

1. 美軍在境外遠征作戰中，受限於武器載台因素，僅可使用功率小的電磁系統，導致美軍電磁對抗中性能都無法直接佔有優勢。

2. 當對手的「反介入／區域拒止」威脅範圍隨著武器研發技術不斷擴張，為確保部隊安全，美軍需使用高功率的電磁對抗設備，自更遠距離開始作戰，在安全的前提下來保持自身電磁優勢，但從現有電磁技術無法滿足無止盡的大功率裝備需求，易在戰場上高功率輻射將更容易遭敵偵知。

3. 近年美軍武器不斷輸出世界各國，其各項電磁裝備參數數據、工作頻段或信號波形早已為中共、俄羅斯等敵人針對，並依美軍電磁頻譜戰系統的特點部署了相對性的抗衡裝備，從而致使美軍難以獲得絕對性電磁優勢。

面對上述挑戰，美軍認為根據當前需求與困境，優先部署「隱身與低功率

⁶同註 2，頁 4-6。

⁷同註 2，頁 6-11。

網絡」(Stealth versus low-power networks)和電磁對抗措施，採取極低功率的工作模式以降低被敵方偵獲機率，進而在電磁頻譜中獲得相對性的作戰優勢，並規劃運用「無源和多基地發現敵方部隊」(Finding Enemy Forces Using Passive or Multistatic Detection)、「利用反射能定位敵方部隊」(Locating Enemy Forces Using Reflected Ambient Energy)等方法及運用網狀化、分佈式、低功率干擾系統破壞敵方電磁頻譜行動，俾利美軍在敵反介入／區域拒止區域內順利執行軍事任務。⁸

三、美軍電磁機動戰作戰概念

美蘇冷戰結束後，在沒有其他競爭對手的情況下，美國國防部停滯其電磁頻譜優勢發展，為中共、俄羅斯和其他競爭對手提供了機會，以針對美國軍方依賴的傳感器和通信網絡中的系統漏洞。經美國 CSBA 智庫批評美軍在「電磁頻譜」領域發展落後問題，結合先前美海軍提出之電磁機動戰作戰概念，美軍開始進行電磁頻譜運用改革，通過制定新的電磁頻譜作戰概念，開發新型電磁戰作戰裝備與能力，美軍將重獲電磁頻譜中的優勢地位。當有效利用低功率對抗措施來對付敵方有源和無源傳感器、低偵獲率／低探測機率傳感器與通信系統，從而降低被反探測的機率。

(一)電磁機動戰的必要性：中共和俄羅斯藉由經濟以及軍事力量的提高，試圖影響美國所主導的國際秩序。美軍面臨的巨大挑戰是：中共或俄羅斯在和平時期在其邊界(如中共在南海諸島嶼)部署了先進的遠程傳感器和武器網絡，不僅為了保護它們的領土，更降低了美國在反區域／拒止周邊地區的影響力。他們利用遠程打擊系統來保護各種低強度行動，在尚未達到引起區域衝突的程度，來擴張他們的領土與勢力版圖。這些攻擊為中共或俄羅斯提供在未來發生危機或衝突中的大國主導地位，遠程監視和武器網絡與低強度的灰色地帶作戰相結合，給美國帶來了巨大挑戰。這時電磁機動戰可用來對付或攻擊對手的傳感器和武器網絡，同時最大限度地減少衝突升級的可能性。⁹

(二)低功率到被動模式：美軍為取得電磁作戰優勢地位，首先要減少其電磁戰部隊遭敵反偵測的機會。將載台、雷達裝備、各式電磁戰武器系統配合電磁機動戰之低功率與被動作戰概念予以整合。運用多個被動式偵測裝備來偵測敵方雷達頻率與紅外線，以測得敵方精確位置(圖 3)。甚至運用靜態被動技術來定位敵方的載台和系統，也可運用低偵測／低反制雷射進行多靜態載台的

⁸同註 2，頁 11-13。

⁹Bryan Clark/Mark Gunzinger/ Jesse Sloman, Winning in the Gray Zone-Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance, Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA), October 5, 2017, p.1-7.

方式，利用雷射信號波束聚焦較難以偵測特性。¹⁰例如，以 A 載台發射雷射，再由 B 載台負責接收，同時搭配有、無人載台混用，確保達成近距離偵測敵方之任務。

（三）在敵「反介入／區域拒止」情況有效執行任務：美軍在敵「反介入／區域拒止」作戰中，為阻止敵方的偵測，除使用低功率雷射混淆敵方的光電／紅外線偵測裝備，也可以無人機射頻干擾敵方作戰，減少敵主、被動裝備偵測的靈敏度。甚至運用無人機系統掛載美軍電磁裝備攻擊或反制敵的電磁偵測裝備。¹¹因為發射器和載具間的通信可有效降低敵「反介入／區域拒止」的能力，此時最有效的「誘餌和欺騙」系統，就是將潛艇與無人水下航行載具（Unmanned underwater vehicles, UUV）加裝水下電磁戰系統（AN／BLQ-10）。該系統可自動檢測、識別、分類和定位海上潛在敵對雷達和通信訊號。¹²

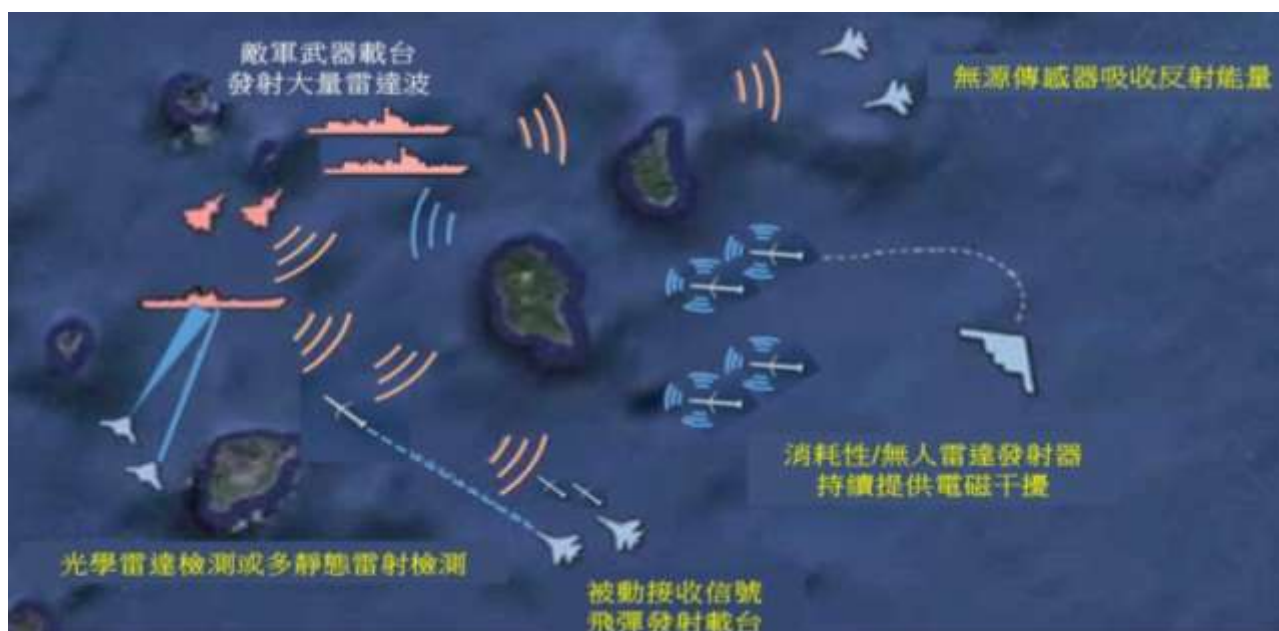


圖 3 被動和多靜態載台檢測與定位示意圖

資料來源：Bryan Clark/Mark Gunzinger, Winning The Airwaves—Regaining America’s Dominance In The Electromagnetic Spectrum, Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA), December 1, 2015, p20；本研究整理製圖。

美軍電磁機動戰裝備發展現況

為了有效遂行電磁機動戰，美軍近年針對要執行這些新的作戰概念，持續整合各軍種電磁作戰能量，俾利在低功率到被動模式的電磁頻譜作戰環境中有

¹⁰宋吉峰，〈無聲無息的戰爭：電磁頻譜作戰的未來發展〉《海軍學術雙月刊》（臺北），第 51 卷第 1 期，2017/2，頁 63-64

¹¹同註 10，頁 65。

¹²John Keller, “Navy wants more AN/BLQ-10 submarine electronic warfare(EW)systems to detect hostile radar signals at sea,” Military&Aerospace Electronics, May 1st, 2020, 〈<https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14175041/submarine-electronic-warfare-ew-radar>〉（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

效運行。最重要的是，系統將需要由適應性強的智能處理器，開發出在維持美軍電磁頻譜作戰能力，同時破壞敵人行動的技術，以下分別針對空中、海上及地面裝備依序簡介。

一、美軍空中電磁機動戰系統

（一）機載電磁作戰系統

1.美空軍 EC-130H 與 EC-37B 新載機：EC-130H 利用其優異反資訊戰能力和電磁攻擊能力，旨在破壞敵方指揮控制通信系統並限制其協調行動，在歷次軍事衝突與作戰中保護美軍及盟軍作戰部隊。由於它在通信干擾和電子攻擊方面的獨特能力，使其在阿富汗、伊拉克和敘利亞衝突擔任關鍵要角。該機自 1983 年形成初始作戰能力，現有 14 架。隨著飛機老化導致機隊維持成本不斷上升，未來將逐步被新載機替代。新載機 EC-37B 機體使用灣流 G550 商用飛機，主要設備有 70%來自 EC-130H，30%是新設備；除具有更大的航程、速度、續航力和更高的作戰高度，並強化遠程作戰與戰場生存能力，使美國空軍能夠在「反介入／區域拒止」環境中有效地實施電磁攻擊行動；新載機計劃採購 10 架，自 2018 年開始採購逐年採購 1-2 架，最初 2 架預計在 2023 年形成初始作戰能力。¹³

2.F-35 聯合攻擊戰鬥機：戰機配有 AN / ASQ-239 電磁戰系統，該系統可同時跟踪多架飛機進行高增益電子攻擊。洛克希德公司表示該系統將提供寬頻覆蓋、高靈敏度、快速反應和攔截，以及精確定位、多機同時追蹤、自我保護和抗干擾等能力；由於 F-35 雷達孔徑的增益高，波束窄，可對目標雷達實施精確的高增益干擾。洛克希德公司宣稱其干擾能力是傳統飛機干擾能力的 10 倍。¹⁴由於擁有強大電磁戰能力，因而不需要專用電磁攻擊飛機為其提供支持，這將減輕電磁攻擊飛機的負擔，使其可專注於保護非隱身飛機。

3.下一代干擾機（Next Generation Jammer, NGJ）：美海軍正在設計功能更強大的干擾技術，該系統稱為下一代干擾機（NGJ）。其中頻段系統 AN / ALQ-249 將取代 EA-18G 咆哮者飛機現有之 AN / ALQ-99 戰術干擾系統吊艙，其運用氮化稼寬頻技術，可同時干擾多個不同頻率威脅目標，提升機載電磁戰攻擊能力，以應對迅速變化的威脅。NGJ 未來任務包括對全範圍的敏捷和自適應通

¹³John R. Hoehn, "U.S. Airborne Electronic Attack Programs: Background and Issues for Congress (R 44572)" Congressional Research Service, May 14, 2019, <<https://crsreports.congress.gov/product/details/Pdt/R/R44972/85>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

¹⁴J.R.Wilson, "Enabling technologies for airborne electronic warfare", Military&Aerospace Electronics, Feb 28th, 2020, <<https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14168864/airborne-electronic-warfare>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

信、數據鏈路和無線電頻率（Radio frequency, RF）目標進行非運動攻擊。¹⁵



圖 4 美空軍 EC - 37B 新載機

資料來源：國際電子戰，〈美軍機載電子攻擊項目概述〉《微文庫》，2019/9/19，<https://www.gushiciku.cn/dc_hk/201393296>（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

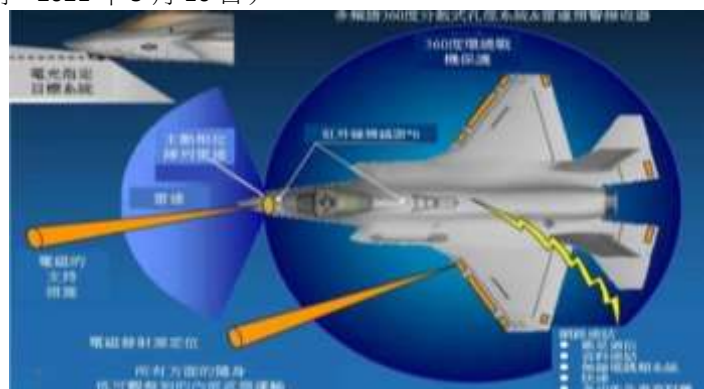


圖 5 F - 35 電磁作戰系統分布

資料來源：高端裝備產業研究中心，〈美軍電磁機動戰裝備概述〉《每日頭條》，2019/9/5，<<https://kknews.cc/h-tw/military/qlxon5r.html>>；本研究整理製圖。



圖 6 雷神公司 NGJ - MB 吊艙內組件的分解圖

資料來源：JOSEPH TREVITHICK AND TYLER ROGOWAY, 〈Navy's Next Gen Jammer Is Three Pods, Not One, And Competition For One Of Them Just Heated Up〉《THE DRIVE》, OCTOBER 25, 2018, <<https://www.thedrive.com/the-war-zone/24475/navys-next-gen-jammer-is-three-pods-not-one-and-competition-for-one-of-them-just-heated-up>>；本研究整理製圖。

（二）反輻射飛彈（Anti-Radiation Missile, ARM）：反輻射飛彈是一種專門用來對付包括雷達、各種通訊設備或者是進行電磁干擾的發射裝置。自服役以來，先後衍生多個型號，最新的 AGM-88E 先進反輻射導引飛彈（AGM-88E Advanced Anti-Radiation Guided Missile, AARGM），採用全球定位系統

¹⁵Lt. Jonathon Parry, Aug 27, 2020, "VX-23 advances electronic warfare with AN/ALQ-249 NGJ Mid-Band" TESTER, <https://www.dcmilitary.com/tester/tenant_profile/vx-23-advances-electronic-warfare-with-an-alq-249-ngj-mid-band/article_446fe094-60bc-5cd9-a6c1-4ca4ad36c83f.html>（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

(Global Positioning System, GPS) / 慣性導航系統 (Inertial navigation system, INS) 導引, 換裝主被動雷達雙模導引頭, 在中段飛行時採用曲線路徑, 在靠近目標時會啟動雷達導引, 在末端飛行自動識別目標並攻擊。該彈飛控系統還安裝了數字式自動駕駛儀和機電控制舵機, 即便目標雷達關機也能計算飛行彈道, 繼續向目標飛行。目前部署在 F / A-18 戰鬥機和 EA-18G 電子戰機上, 未來配置於 F-35 戰鬥機。美軍計劃以 AGM-88E 飛彈為基礎, 研發陸射反輻射飛彈攻擊武器。¹⁶



圖 7 AGM-88E 反輻射飛彈

資料來源：詹氏年鑑電子資料庫

(三) 微型空射誘餌 (Miniature Air Launched Decoy, MALD) : MALD 主要任務是搶先式摧毀、反應式壓制、誘騙迷惑與飽和攻擊。通常攜帶箔條或射頻迴波增強器使其信號增強, 並通過模仿戰術飛機的雷達特徵和飛行特徵。在空戰前使用 MALD 刺激敵防空系統, 誘騙敵方攻擊, 俟判明敵方位置後, 再摧毀敵方雷達陣地。MALD 最初是於 1995 年開發, 其航程約為 500 海浬, 現已生產了 2000 多枚。目前開發的 MALD-X, 該型可以利用其自適應電磁戰載荷自動地對防空節點實施電磁攻擊, 或者以半自動方式遠距離向操作員方向實施電磁攻擊。未來計畫開發 MALD-N 裝載於美國海軍的 F / A-18E / F 戰鬥機上, 預判將具備更強大網狀化系統之誘餌能力。¹⁷



圖 8 微型空射誘餌 (MALD)

資料來源：軍事,〈美國海軍型微型空射誘餌增加雷達信號模擬功能〉,《北緯 40°》,2020/6/1,〈<http://www.bw40.net/15661.html>〉(檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

¹⁶日行一城,〈美國最先進反輻射飛彈,可攻擊已關機雷達,未來將裝備 F-35〉《人人焦點》,2020/12/17,〈<http://kknews.cc/military/qlbb28.html>〉(檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

¹⁷同註 14, 頁 16。

二、美軍海上電磁機動戰系統

(一) 整合桅杆系統 (Integrated Topside, InTop)：於 2009 年啟動，致力於開發一系列可升級的多功能孔徑和配套的電子系統，以創新的電磁頻譜使用方式來實現雷達、電磁戰、資訊戰和通訊功能。運用系統模組化整合概念，採用開放式射頻架構，可持續針對軟、硬體實施升級、研改及同步，以強化射頻功能的能力，並有效降低電磁干擾和滿足電磁兼容問題。¹⁸系統將多種射頻功能整合，以釋放艦上的空間及重量、減輕後勤維保的工作量。相對於將多個分立的系統組合起來的傳統方式，部署這種整合系統可以降低艦船的建造成本、人員規模、工程量和維護成本，此外還提升了系統用頻段範圍的靈活性，使美海軍能夠遂行電磁機動戰。

(二) 水面電磁戰改進項目 (Surface Electronic Warfare Improvement Program, SEWIP)：SEWIP 使用漸進式採購策略進行增量升級，提供先進的電磁支援和電磁攻擊功能，旨在通過模塊化、開放式的體系方法來升級 AN/SLQ-32 電磁戰系統，最終實現針對反艦飛彈的預警檢測、分析、威脅告警和防護的功能。SEWIP 項目分為 4 個階段進行改進研究：Block I 為針對現有與未來之戰鬥系統提供增強的電磁戰能力，以改善反艦飛彈防禦、反定位和反監視能力。Block II 升級電磁支援天線等系統，以增強電磁支援功能。Block III 提供 AN/SLQ-32 系統強大的電磁攻擊功能，使其能夠對敵方通信網絡、數據鏈路、雷達系統或其他電磁資源進行攻擊。Block 4 是未來計劃升級，將為系統提供下一代先進的光電與紅外線偵察能力。¹⁹SEWIP 可關閉發射信號進入被動和靜態模式，在不發出任何信號的情況下檢測到敵方信號源，交由其他載台實施攻擊。²⁰

(三) 水下電磁戰系統：潛艦電磁戰支援系統 AN-BLQ-10，用於探測、分類、定位和識別傳入所有雷達和通信信號。系統由多個子系統組成，用於在潛艇處於潛望鏡深度時進行信號情報收集和處理。AN/BLQ-10 具有開放系統架構，其硬體和軟體每兩年更新一次。系統初次升級是 TI-08，用於改進雷達信號的攔截。後續 TI-10 則對雷達頻帶和測向系統的升級以及對信號收集的研改。TI-12 則整合 TI-10 的功能及網絡安全系統。TI-14 更新了處理器和顯示器，也

¹⁸一點資訊，〈多功能射頻系統的發展〉，《Zi 字媒體/3C 科技》，2017/02/21，< <https://zi.media/@yidianzixun/post/W5kCyG>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

¹⁹Naval Sea Systems Command, "Surface Electronic Warfare Improvement Program (SEWIP)" United States Navy, 28 Apr, 2020, < <https://www.navy.mil/Resources/Fact-Files/Display-FactFiles/Article/2167559/surface-electronic-warfare-improvement-program-sewip/>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

²⁰Kris Osborn, "Surface Electronic Warfare is the Navy's Technology of the Future", The National Interest, August 12, 2020, < <https://nationalinterest.org/blog/reboot/surface-electronic-warfare-navys-technology-future-166697>> (檢索日期：2021 年 5 月 11 日)

為電磁支援系統提供增強的態勢感知能力。未來 TI-22、TI-24 工作將持續研改以符合未來水下航行載具之電戰需求。²¹



圖 9 整合桅杆系統圖

資料來源：高端裝備產業研究中心，〈美軍電磁機動戰裝備概述〉《每日頭條》，2019/9/5，〈<https://kknews.cc/z-h-tw/military/qlxon5r.html>〉；本研究整理製圖。

三、美軍地面電磁機動戰系統

(一) 整合式電戰系統 (Integrated Electronic Warfare System, IEWS)：IEWS 系統包括多功能電磁戰系統 (Multi-Function EW, MFEW)、電磁戰規劃與管理工具 (EW Planning & Management Tools, EWPM T) 和防禦性電磁攻擊 (Defensive Electronic Attack, DEA)。美陸軍努力改良車、機載及無人載具等領域的電磁戰裝備發展更新，並整合網狀化、無人化等趨勢。並持續開發電磁戰計劃和管理工具的軟體，現系統不僅可顯示戰場電磁環境，同時具備干擾手機、雷達系統和空中無人載具數據鏈結的能力。²²

(二) 地面層系統 (Terrestrial Layer System, TLS)：TLS 係以車載電磁戰系統取代舊式地面和徒步系統，計畫於 2018 年由美陸軍啟動，規劃整合訊號情報、電磁戰和網狀化作戰系統。藉透過載台的發射器和滯空無人機系統，檢測敵方信號進行三角測量，並通過無線網路和欺騙性信號進行電子干擾與攻擊。陸軍計劃在 2022 年獲得裝備，目前由洛克希德與波音子公司「數位接收科技」 (Digital Receiver Technology, DRT) 兩家公司分別將電磁設備整合到陸軍提供的輪型裝甲車上。未來 TLS 一旦檢測到數據，便可選擇繼續監聽並嘗試對其進

²¹Brett Daniel, "U.S. Navy Submarine Technology Explained" Trenton Systems, Sep 18, 2020, 〈<https://www.trentonsystems.com/blog/navy-submarine-warfare-technology>〉 (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

²²同註 20

行解密；滲透至敵方無線網絡並侵入其中傳遞錯誤訊息；甚或以干擾信號破壞敵人的通訊傳輸。²³

(三)反簡易爆炸裝置(Counter-Improvised Explosive Devices, C-IED): 自伊拉克和阿富汗戰爭爆發以來，簡易爆炸裝置(Improvised Explosive Device, IED)或自製炸彈等威脅出現以來，陸軍已部署許多技術，阻止或干擾來自敵方的傳入信號。無線電控制的簡易爆炸裝置(Radio Controlled Improvised Explosive Device, RCIED)，從而延遲或防止爆炸和對士兵的潛在傷害。這些技術包括開發「雷神單兵便攜式平台-Thor III」，它是一便攜式 RCIED 干擾裝置，能夠識別和干擾在一定頻率範圍內工作的射頻信號。當多個 Thor III 系統相互串連成一網狀化安全區域，為戰區的士兵提供安全防護。²⁴而車載的 C-IED 干擾系統，如 CREW Duke Version 3 系統，可安裝在任何車輛，通常將其安裝在悍馬或防地雷保護裝置上的車輛。儘管這些車載的 C-IED 干擾器功能強大，但它們受到空間之限制，因此無法隨地面部隊進入城鎮或狹窄的區域。因此，常需要同時安裝兩個系統(車裝與背負式)操作。²⁵



圖 10 整合式電戰系統圖

資料來源：高端裝備產業研究中心，〈美軍電磁機動戰裝備概述〉《每日頭條》，2019/9/5，< <https://kknews.cc/z h-tw/military/qlxon5r.html>>；本研究整理製圖。

²³SYDNEY J. FREEDBERG JR., "Boeing & Lockheed Vie For Cyber/EW/SIGINT System, TLS" breakingdefense, August 17, 2020, < <https://breakingdefense.com/2020/08/boeing-lockheed-vie-for-revolutionary-ew-sigint-system-tls/>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

²⁴John R.Hoehn, "Ground Electronic Warfare: Background and Issues for Congress (R45919)", Congressional Research Service, September 17, 2019, < <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45919>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

²⁵同註 24



圖 11 洛克希德·馬丁 TLS 車輛原型設計



圖 12 波音 DRT TLS 車輛原型設計

資料來源：SYDNEY J.FREEDBERG JR, "Boeing & Lockheed Vie For Cyber/EW/SIGINT System, TLS" breakingdefense, August 17, 2020, <<https://breakingdefense.com/2020/08/boeing-lockheed-vie-for-revolutionary-ew-sigint-system-tls/>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)



圖 11 THOR III 便攜式反 IED 設備

資料來源：「THOR III」 C.T.S TECHNOLOGY CO, <<http://jammer.ctstechnologys.com/thor-iii>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)



圖 12 Duke Version 3 車載 CREW 系統

資料來源：SRC, <<https://www.srcinc.com/what-we-do/ew/crew-duke.html>> (檢索日期：2021 年 5 月 10 日)

美軍電磁機動戰未來發展趨勢

美國自二次世界大戰後即開始主導世界政治、經濟與軍事領域領先地位，尤其在冷戰期間，投入大量國家資源與蘇聯進行軍備競賽，更讓美軍創新作戰概念與跨世代先進裝備達到空前巔峰時刻。在近年歷次作戰中，美軍在與敵交戰前即運用大量主、被動電磁裝備優勢癱瘓敵方指管、通信、防空、雷達、情報等系統。尤其在波灣戰爭中美軍電磁戰相關裝備之優異性能得到充分印證，

當敵方遭受電磁攻擊後致無法獲得電磁頻譜相關優勢時，即無法遂行聯合作戰，使武器裝備瞬間喪失原有優勢，促使有電磁優勢方，美國輕鬆獲致戰爭勝利。因軍事武器裝備上的絕對優勢，也讓美國在世界霸權地位不可動搖。但在近年發生了一些變化，美方高層也因應大國威脅、新興科技、經濟發展等開始逐步調整。

一、因應國際對手威脅促使調整發展策略

自冷戰結束後，由於失去對手，加上 911 事件後，美國國防部專注於反恐行動，開始縮減其他方面軍事經費，尤其在電磁頻譜作戰方面的停滯造成俄羅斯、中共，甚至伊朗等國家電磁頻譜作戰能力都不斷向上提升，這些威脅開始挑戰美國在世界霸權的地位。

早在俄羅斯併吞烏克蘭的克里米亞半島，以及在敘利亞等地區嶄露俄製電子戰裝備之優異性能，尤其現代化軍隊大量依賴電磁頻譜，無論在電磁攻擊、電磁支援、電磁防護、資訊傳遞及網路作戰等，均依靠大量頻譜分配，透過有、無線網路來傳輸訊息使戰場透明化，進而運用各式電磁設備載台。如在戰場能掌握電磁頻譜控制權，基本就已立於不敗之地。在準軍事衝突如灰色地帶作戰時，優異的電磁頻譜能力將直接讓對手反應不及，甚至未形成大規模衝突就已結束戰事。2020 年是俄羅斯電戰裝備大放異采的一年，從 2 月的土耳其與敘利亞戰爭中電戰裝備與無人機系統相互干擾與攻擊，甚至看到俄羅斯製車載電戰系統，不僅能在 300 公里外干擾雷達，而且還可以控制無人機的頻段，顯見其電戰能力之強大；而在 2020 年 9 月高加索的納哥諾卡拉巴克（Nagorny Karabakh）衝突中，我們看見亞塞拜然的空中無人載具徹底躲避並摧毀了亞美尼亞嚴密的地面防空系統，隨後對其地面部隊無論坦克、火炮和車輛進行了攻擊，最後亞美尼亞只能無奈接受停火協議。²⁶亞塞拜然其無人空中力量獲得輝煌成就的關鍵就在於電子戰，它成功地干擾了亞美尼亞的雷達與情資傳遞網絡，為摧毀其防空飛彈部隊創造了有利條件，進而獲致戰爭勝利。

近年中共使用大量俄製裝備，並利用逆向工程複製研改，並於歷次軍演將電子對抗作戰納入重點演練項目，顯見中共相當重視電子作戰能力，使其在作戰中獲得電子優勢，料敵機先，主宰戰場。因此其電磁作戰裝備也開始讓美軍備感威脅。未來美軍如何有效應對俄羅斯、中共帶來的威脅，對抗灰色地帶衝突行動，除彈性運用電磁機動戰作戰方式，管控輻射排放量，並持續混用有無人系統掛載電磁裝備運用低功率雷射誘騙、干擾敵偵測裝備，減少敵人主、被

²⁶軍隊軍工，〈納卡啟示錄：無人機與電子戰改變戰爭〉《安全內參》，2021/1/9，< <https://www.secrss.com/articles/28594>>（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

動裝備偵測的靈敏度，在敵尚未反應，即完成攻擊或反制敵方偵查、指管、防空、雷達、情報等頻譜系統。獲得在電磁頻譜中的絕對優勢，使美軍能在所有任務領域內自由行動。

二、電磁頻譜與人工智慧整合

過往傳統電磁作戰在執行雷情或無線電訊號分析時，須由國防專業人士耗費大量時間比對，始可將訊號轉為有用情報，相當不符時效。因此美國國防部聯合人工智能中心近年致力於規劃推動人工智能、機器學習模式與未來作戰整合，透過定期對模組化平台進行升級，擴充數據、調整編碼和其他功能，使系統具備「自主運行能力」為終極目標，以跟上強大競爭對手的步伐。同時經由學術研究機構研究和商業合作獲得人工智慧、機器學習等技術，將理論應用到軍事電磁作戰領域，經由整合使雷達威脅分析的時間縮短至分秒，人工智慧的應用減少了運算識別時間並提升電磁戰的效能。美海軍電戰專家曾說：「未來電磁機動戰和電磁頻譜的指揮控制的關鍵，主要取決於對數據的截獲和破譯，將其轉換為有利我軍行動的訊息」。²⁷因此可知要獲得電磁頻譜軍事優勢，首先要建立大量傳感器與訊號源的資料庫，將大量資訊透過大數據分析，運用人工智慧中的深度學習和神經網絡等方法來解析非結構化數據。將人工智慧技術應用於電磁機動戰，提高目標探尋能力和快速識別。

美海軍水面電磁戰改進項目（SEWIP）就是電磁機動戰與 AI 人工智慧整合最好的例子。SEWIP 藉由軟硬體模組化架構實現快速、有效的升級，提升系統能力，再利用寬頻陣列拓展頻率覆蓋範圍，從而應對嶄新威脅、滿足未來作戰需求。²⁸

人工智慧與機器學習能力可將無人操作裝備戰力不段向上提升，尤其在其模組化的研改與升級，未來可望實現無人化軍隊。美海軍已規劃在 2021 年至 2025 年為無人機、無人水面艦艇和無人水下系統提供 120 億美元以上預算，並且持續加強與人工智慧和先進材料科學技術方面的公司之間的合作，這對於未來無人系統的構建相當關鍵。²⁹隨著 AI 技術的進步，無人載台扮演著越來越重要的角色，機載電磁戰系統功能也在不斷擴大，各種規模的無人系統都可擴充為新的電磁作戰平台，當無人載台日益強大時，電磁機動戰能力也同步向上提升，

²⁷海空視界，〈從二戰到今天，美軍電子戰實力從未停止增長，都經歷了哪些進化？〉《KKNEWS-每日頭條》，2019/02/01，〈<https://kknews.cc/military/69kbo83.html>〉（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

²⁸同註 27。

²⁹Peter Suci, "How Drones Could Help the Navy Reach its Fleet Size Goals" The National Interest, January 24, 2021, 〈<https://nationalinterest.org/blog/reboot/how-drones-could-help-navy-reach-its-fleet-size-goals-176937>〉（檢索日期：2021 年 5 月 10 日）

同時也需要 5G 系統提供更強大的通訊傳輸能力。

三、5G 頻譜釋出與網路共享

由於美國無線領導地位對美國經濟繁榮的重要性，5G 技術是頻譜政策、技術創新和國家安全的關鍵樞紐。五角大廈意識到傳統靜態頻率分配模型還不夠，需要一種新的模型來解決訪問日益擁擠和受限制的電磁頻譜的需求不斷增長。

2019 年 12 月美國國防部發布特別通知，徵求業界對 5G 技術的投入開發，包括動態頻譜共享技術。國防部和各軍種也正在尋求機載雷達系統與 5G 系統之間頻譜共享的相關方案。目的是評估機載雷達系統及其 5G 網絡的影響，同時採用主動和被動技術以實現共享，並避免相互干擾。在 2020 年 9 月美國國防部再次發布了促進軍民頻譜共享方案，重點如何在共享頻譜中避免干擾。隨著新用戶，技術和服務進入到頻譜中，潛在的干擾可能會增加。³⁰因此，當動態和雙向的實施定向共享時，如何透過通信網路協議減輕使用端雙方電磁干擾，並解決國防部與企業的網路實體安全風險，為現階段美國國防部努力之重點。未來國際頻譜政策和法規也必然配合 5G 技術發展檢討新的網路協定規範，以解決有限頻譜內，日益增加之用戶需求。

結語

一、研究成果

由探討美軍電磁機動戰未來發展趨勢可以發現，美國正努力將新興科技與軍工產業予以結合，運用人工智慧與機器學習能力實現無人化軍隊，並釋出部分 5G 頻段以拉攏民間商業夥伴出資共同開發 5G 市場，藉資源整合謀求雙贏，並樽節軍事投資預算經費。未來也將持續透過海內外軍事演習驗證與聯合作戰準則修訂，確保各類軍事規範與現況相結合，肆應未來電磁機動戰作戰需求。

另外也發現由於美陸軍部隊已體認目前電磁作戰能力之不足，近年已開始規劃建置旅級電戰攻擊系統，透過地面層次系統 TLS 車載與無人飛行載具搭載電戰裝備進行地空電磁作戰整合，來強化地面部隊電磁作戰能力，滿足未來更遠距且更強大之電磁機動戰作戰需求，以肆應隨時可能與中共、俄羅斯等發生之灰色地帶衝突。

二、對國軍資電作戰建議

我國自民 107 年 7 月整合三軍資電部隊人才成立資通電軍指揮部，平時負責統合三大領域（網路安全、電子作戰及資訊通信平台等），執行國軍網路系統安全維護、電磁頻譜偵搜及指管系統建置維護，確保各項指管通資情監偵管道暢通；戰時依令執行國軍資通安全防護任務為主。成立迄今在國防部參謀本部

³⁰同註 3

通信電子資訊次長室的戰略指導下，藉由中科院和民間產學的技術支援，逐步整合資訊戰及電子戰作戰能量。目前已具備相當電子戰支援能量，並可實施有限度之電子攻擊。

近年中共軍機繞臺時常伴隨運 8 或運 9 電子偵察機隨行，藉繞臺行動蒐整各機場電磁頻譜及飛機與戰管通聯運作之電子參數，甚至對雷達進行電磁干擾演練。此舉即代表中共軍方也相當重視電子作戰。筆者研判美軍電磁機動戰之作戰未來必遭對岸中共所學習模仿，故建議國軍可朝以下作為發展資電作戰，以為因應。

（一）軍民產業資源整合：國軍為確保國家安全，藉由可恃戰力，建構國家防衛及嚇阻之力量，除配合政府「國家科學技術發展計畫」結合軍事戰略等目標積極推動國防科技發展研究策略，整合中科院等國防科技發展單位，逐步提升科研能量，再藉由科技部、教育部、經濟部等部會協調，整合產、官、學、研能量合作，驅使國防科研發展，達成階段目標。近年人工智慧與機器學習已被世界主要國家視為重要國家戰略，並投入大量資源與預算加強發展，以提升軍事技術革新。建議國軍應藉軍民產業資源整合，研發陸地、空中或海上人工智慧武器，例如運用電磁砲或電磁脈衝波等；舉例在電磁脈衝衝擊下，國家的指管通情偵監電腦有可能全面毀壞，軍方與民間資訊系統癱瘓，整體戰力與運作機制將立即破壞。

（二）導入 5G 進入國軍：隨著科技的發展，戰爭型態亦不斷調整，數位化、資訊化、無人化一直以來是軍隊現代化的代名詞，尤其是無人化接戰系統可精簡人力成本，減少第一線人員傷亡。以民間自動化無人搬運車（Automated Guided Vehicle, AGV）來舉例，其以往大多使用 4G 網路或 Wi-Fi 方式連線驅動，但連線品質亦受其他設備干擾，同時也有資訊安全風險，在基地台切換時常造成斷線等問題，但自從引進 5G 技術後就完全不同。5G 資訊平均傳輸速度達 1Gbps，最高甚至可達 10Gbps，且具有多連結、低功耗和低延遲之特性，適合發展各型態無線通訊應用，並直接解決 AI 人工智慧與機器學習所需大量資料彙整處理分析之問題。因此如國軍結合民間電信業者，引進 5G 技術，導入現有國防軍事運用，利用 5G 快速反應與即時數據傳輸特性，應用於實現如戰場透明化、即時作戰影像、數位遠端操控、智慧目標識別及各項作戰相關數據分析等能力，達成戰場數位化之軍事優勢，提供作戰指揮官各項資訊，俾利其作戰指揮及決心下達，未來結合後續中科院各項無人化裝備研發使用。平時精進災害防救能量，戰時強化國土防衛能力，展現國軍創新不對稱之優質資電戰力。

雖現階段 5G 建設未達完備，仍需建設部分新的無線網路通訊架構，但至少

現階段規畫方向，可擁有更多遠景。為了避免後續 5G 網路工程受到阻礙，是否可由政府監督民間及軍方單位共同義務提供相關設施，如光纖、電線桿、通訊機房等，以架設 5G 網路；如此一來，電信業者共享既有管線與電線桿、纜線等電信基礎設施外，未來合作共建，以有效利用資源減少重複投資；後續加強技術與多國合作研發，在基於標準規格下，明確發展方向，因應未來多元化，應思索自主技術開發，深化我國與國際連結。

（三）落實頻譜資源管理：國軍部隊在數位化趨勢下逐漸轉型，三軍各型新式武器裝備也陸續籌建，未來在有限頻譜資源運用下，必然也會遇到與美軍頻譜不足之相同問題，尤其臺灣本島各類型無線電台遍佈，頻譜波段頻率經常相互干擾，影響通信語音品質與數據傳輸時效。顯見我國平時在軍民頻譜管理並未落實區隔與管控，戰時頻譜管控將更顯困難。而我國向來以經濟發展為導向，國家通訊傳播委員會（National Communications Commission, NCC）在「頻率資源分配」大多以商業利益考量，國軍無法獲得更多的頻率資源，甚至未來在 5G 通信技術發展下，恐將更加壓縮軍用頻段，影響戰時作戰指管甚鉅。建議可於平時訓練時彙整作戰地區民用通信頻率參數資料庫，分析各頻率波段在該地區是否有被干擾情事發生，以建立戰時可用頻率，確保指管通連暢通。戰時配合全民防衛動員機制，整合民間資源，滿足作戰需求。

參考資料

一、宋吉峰，〈無聲無息的戰爭：電磁頻譜作戰的未來發展〉《海軍學術雙月刊》（臺北），海軍教準部，2017 年 2 月。

二、美國國會文件

1. John R. Hoehn, May 14, 2019, "U.S. Airborne Electronic Attack Programs: Background and Issues for Congress (R44572)", Congressional Research Service
2. John R. Hoehn, September 17, 2019, "Ground Electronic Warfare: Background and Issues for Congress (R45919)", Congressional Research Service,
3. John R. Hoehn/Jill C. Gallagher/Kelley M. Sayler, October 8, 2020, "Overview of Department of Defense Use of the Electromagnetic Spectrum (R46564)", Congressional Research Service

三、美國智庫文件

1. Bryan Clark, Mark Gunzinger, December 1, 2015, "Winning The Airwaves—Regaining America's Dominance In The Electromagnetic Spectrum", Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSBA).
2. Bryan Clark, Mark Gunzinger, Jesse Sloman, October 5, 2017, "Winning in the Gray Zone—Using Electromagnetic Warfare to Regain Escalation Dominance", Center For Strategic And Budgetary Assessments (CSB

A) .

四、網際網路

1. Bryan Clark, Mark Gunzinger, December 4, 2015, "Winning the Airwave s: Sustaining America's Advantage in the Electromagnetic Spectrum" , The National Interest,
2. Brett Daniel, Sep 18, 2020, "U.S. Navy Submarine Technology Explained" , Trenton Systems,
3. Dney J. Freedberg JR., 2014/10/10 "Navy Forges New EW Strategy: Electromagnetic Maneuver Warfare", breakingdefense,
4. John Keller, May 1st, 2020, "Navy wants more AN/BLQ - 10 submarine electronic warfare (EW) systems to detect hostile radar signals at sea" , Military&Aerospace Electronics,
5. J.R. Wilson, Feb 28th, 2020, "Enabling technologies for airborne electronic warfare" , Military&Aerospace Electronics,
6. Kris Osborn, August 12, 2020, "Surface Electronic Warfare is the Navy's Technology of the Future" , The National Interest,
7. Lt. Jonathon Parry, Aug 27, 2020, "VX - 23 advances electronic warfare with AN/ALQ - 249 NGJ Mid - Band" , TESTER,
8. Naval Sea Systems Command, 28 Apr, 2020, "Surface Electronic Warfare Improvement Program (SEWIP)" , United States Navy,
9. National Aeronautics and Space Administration (NASA) ,
10. Peter Suci, January 24, 2021, "How Drones Could Help the Navy Reach its Fleet Size Goals" , The National Interest,
11. SYDNEY J. FREEDBERG JR., August 17, 2020, "Boeing & Lockheed Vie For Cyber/EW/SIGINT System, TLS" , breakingdefense, SRC
12. U.S. Government Accountability Office, May 2013, Spectrum Management: Federal Relocation Costs and Auction Revenues,

作者簡介

徐榮駿少校，陸軍官校專科 92 年班、砲校正規班 196 期，曾任排長、裁判官、作戰官，現任職於陸軍專科學校軍事教育組。

鄧宏年中校，陸軍官校專科 92 年班、砲校正規班 197 期，曾任排長、連長、營長、副處長，現任職於陸軍關渡地區指揮部。

策進「戰鬥旋律」之規劃^I

Improving the Battle Rhythm to Operate at the Speed of Relevance

取材：美國《聯合部隊》季刊，2021 年第三季

(Joint Force Quarterly, 3rd Quarter 2021)

作者：美國陸軍中校 Matthew Prescott

譯者：劉宗翰

The art and science of decisionmaking begin with the establishment of an effective, efficient, and agile battle rhythm. Combat and stability operations throughout the past 20 years have enabled commanders and staffs to execute real-world operations based on established battle rhythms. Unfortunately, current operational-level exercises to evaluate joint force commands and their components in the U.S. Armed Forces and the North Atlantic Treaty Organization increasingly observe battle rhythms that do not effectively provide the commander and subordinates with timely information to make decisions.¹ Furthermore, our current joint force battle rhythm design involving numerous briefings, working groups, and boards does not provide the commander with timely analysis and recommendations given the speed and frequency of high-intensity operations. This article is intended for the commander or staff officer who has ever felt the pressure of a compacted battle rhythm and is interested in understanding why and how the battle rhythm is designed to drive the commander's decisionmaking process.

前言

決策的藝術與科學始於建立一套有效能、有效率及具彈性的「戰鬥旋律」^{II}。過去 20 年來安定作戰與各戰鬥行動所奠定的「戰鬥旋律」，使指揮官及所屬參

^I 本文屬於公開出版品，無版權限制。

^{II} 「戰鬥旋律」(battle rhythm)與「作戰節奏」(operational tempo)兩者不同，切勿混淆。前者係指揮官、參謀及單位活動三者間所形成的一個程序循環，旨在統合當前與未來的作戰行動；後者在我國《國軍軍語辭典》(民 92 年修訂本)之定義為戰爭中具有規律性的作戰過程，一般是指作戰過程的快慢、作戰規模的大小、作戰情況的激烈程度，以及攻勢極限與決戰間隙等問題。「戰鬥旋律」應視「作戰節奏」發展現況保持調整彈性。

謀得以順利遂行在各地的任務。不幸的是，當前在美軍與北約組織作戰層級的演習中，對聯合部隊指揮部及其所屬單位之評估顯示，「戰鬥旋律」無法有效提供各指揮官及其所屬部隊主官下達決策時所需的即時資訊。¹再者，美軍當前聯合部隊的「戰鬥旋律」設計雖涉及製作眾多分析簡報，編組各作戰工作小組或各委員會等作為，但在面對高強度作戰行動的快速步調時，則無法有效提供指揮官即時分析與建議。本文旨在提供指揮官或參謀做參考，渠等曾在制定緊湊的「戰鬥旋律」時備感壓力，同時也有興趣想瞭解該如何設計「戰鬥旋律」，引導指揮官的決策程序。

Personal observations from operational-level exercises, best practice reports from the Joint Staff J7, and lessons learned from the Joint Lessons Learned Information System reveal that many units enter exercises with fixed battle rhythms that fail to adapt to the complexities of modern warfare.² These scheduled battle rhythm events then feed into command-level boards—principally, a coordination and assessment board. However, high-intensity operations are not routine, and many observed headquarters do not account for the speed and frequency of enemy actions and changes in the operational environment (OE). During high-intensity operations, a flexible and agile battle rhythm is required to provide the commander with the best situational understanding of the OE and recommendations from the staff and subordinate commanders to support robust decisionmaking. If a headquarters' battle rhythm does not account for this type of conflict, multiple dilemmas can arise, such as an adversary maintaining the initiative, the commander's decisionmaking cycle remaining ahead of the staff's, or planning from subordinate and component commands outpacing their higher headquarters due to a lack of responsiveness. This article addresses this problem and recommends several ways to adjust the battle rhythm when a joint headquarters operates in high-intensity operations.

從美國國防部聯七在作戰演習中觀察員的實務報告，乃至「聯合經驗學習資訊系統」^{III}的經驗教訓，都指出許多參加演習單位只規劃固定樣板的「戰鬥旋

¹ U.S. Army Combined Arms Center Headquarters, *MCTP Trends in a Decisive Action Warfighter Exercise* (Fort Leavenworth, KS: Mission Command Training Program, January 14, 2015), p. 9; U.S. Army Combined Arms Center Headquarters, *WFX 16-4 CJTF/CJFLCC Initial Impression Report* (Fort Leavenworth, KS: Center for Army Lessons Learned, 2016); Milton Hileman, *JFLCC/OSD Bilateral Command Post Exercise Report* (Fort Leavenworth, KS: Center for Army Lessons Learned, 2015).

^{III} 「聯合經驗學習資訊系統」(JLLIS)為一項自動化資料庫方案，旨在蒐集、追蹤、管理並共享合作性方案，同時也記錄經驗教訓，俾利改善聯合部隊的發展與整備。

律」，並無法因應現代戰爭的複雜環境。²這些按表操作的「戰鬥旋律」規劃事項會被彙整至指揮層級的委員會，主要是聯合協調委員會與評估會議。然而，高強度作戰行動不會是常規性，指揮部的許多觀察結果也無法說明作戰環境中敵行動與變化之步調。在面對高強度作戰行動時，靈活彈性的「戰鬥旋律」不僅能提供指揮官更佳的戰況理解，也能讓來自參謀和下級主官的建議事項有助於決策制定。如果指揮部的「戰鬥旋律」無法界定所面對的衝突種類，則將形成多重困境，諸如敵獲致主動權、指揮官決策早於參謀作業、下級部隊指揮部因無法獲得高層指揮部回應而發生搶先規劃之結果。本文旨在解決聯合部隊指揮部面臨高強度作戰行動時所遇到的問題，同時提出調整「戰鬥旋律」的可行建議。

The Battle Rhythm

「戰鬥旋律」

A *battle rhythm* is a deliberate cycle of command, staff, and unit activities intended to synchronize current and future operations.³ A command's battle rhythm consists of a cyclic series of meetings (including working groups and boards), briefings, and other activities synchronized by time and purpose.⁴ Ideally, the battle rhythms of all headquarters in the chain of command are nested within one another so that outputs of one meeting are available as inputs to higher or lower echelons. Inputs and outputs should logically support each other and decision requirements. A unit's battle rhythm manages the most important resource within the headquarters: the time of the commander and staff.⁵ Regardless of the battle rhythm design, it must be developed to directly support the commander's ability to make timely, well-informed decisions and to execute effective mission command.

「戰鬥旋律」係指揮官、參謀及單位活動三者間所形成的一個程序循環，旨在統合當前與未來的作戰行動。³一位指揮官的「戰鬥旋律」是由一系列會議（包含作戰工作小組和各委員會）、分析簡報，以及具時間性與目的性之活動所

² 就我個人經驗而言，在北約組織作戰層級的高司演習中，如 2019 年的三叉戟胡狼(Trident Jackal)、三叉戟木星(Trident Jupiter)和 2020 年的堅定木星—胡狼(Steadfast Jupiter-Jackal)，觀察員往往擔任作戰計畫顧問。See also Deployable Training Division, Joint Staff J7, *Joint Headquarters Organization, Staff Integration, and Battle Rhythm: Insights and Best Practices Focus Paper*, 3rd ed. (Suffolk, VA: The Joint Staff, September 2019), available at <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/fp/jtf_hq_org_fp.pdf>; and Joint Lessons Learned Information System, available at <<https://www.jllis.mil/apps/>>.

³ Field Manual 6-0, *Commander and Staff Organization and Operations* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, May 2014), pp. 1–12, available at <https://www.milsci.ucsb.edu/sites/secure.lsit.ucsb.edu.mili.d7/files/sitefiles/fm6_0.pdf>.

組成。⁴在理想狀況下，在指揮鏈內所有指揮部的「戰鬥旋律」彼此架構在一起，因此一場會議的結論事項，可以作為上級或下級階層的有用資訊輸入。輸出資訊與輸入資訊理應能相互支援並支援決策需求。一個單位的「戰鬥旋律」掌管指揮部最重要的資源：指揮官與參謀的「時間」。⁵無論「戰鬥旋律」如何設計，其必須能真正支援指揮官做出即時、周密之決策，同時也必須能有效執行「任務式指揮」^{IV}。

Daily battle rhythm events traditionally consist of a morning and evening command-level update brief, joint effects and targeting meetings, and synchronization meetings among the joint functions to enable executable planned operations.⁶ In low-intensity operations, where actions and effects take place at a slower rate, the battle rhythm may be more deliberate, with daily, weekly, and monthly working groups and boards. While the battle rhythm establishes a routine for a headquarters, the unit's battle rhythm is not fixed; commanders modify it as the situation evolves. In other words, the battle rhythm is the heartbeat of the headquarters and can speed up or slow down depending on the activity within the environment.

一般而言，每日的「戰鬥旋律」程序包含早晚指揮層級的更新簡報、討論聯合效能與目標處理會議，以及為執行作戰計畫而召開的聯合職能同步會議。⁶在低強度作戰行動中，由於作戰行動與效能的步調較慢，「戰鬥旋律」可以透過每日、每週及每月的作戰工作小組和各委員會來逐步策劃。指揮部雖然須建立常規性的「戰鬥旋律」，但單位的「戰鬥旋律」則不能按固定樣板，各部隊主官須依時勢變化做修正。換句話說，「戰鬥旋律」好比是指揮部的中樞心跳，節奏快慢是依據當前環境的各活動而定。

Left unchecked, a headquarters staff can determine multiple additional meetings that might be productive but not necessarily required to feed directly into the commander's decisionmaking process. These additional meetings should be avoided. If they persist, they inherently lead to time wasted and jam-packed days with the command group, staff principals, and action officers

⁴ Army Techniques Publication (ATP) 6-0.5, *Command Post Organization and Operations* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, March 2017), pp. 3-6.

⁵ Deployable Training Division, Joint Staff J7, *Joint Headquarters Organization, Staff Integration, and Battle Rhythm*, p. 9.

^{IV} 任務式指揮為嚴守主動，強調在統一的意圖下分權執行，意即在上級意圖下，下級可以在局部下達決心，這種指揮模式優點在於加速決策流程並維持作戰一致性。

⁶ Joint Publication 3-0, *Joint Operations* (Washington, DC: The Joint Staff, October 22, 2018), pp. 3-14.

running to meetings throughout the day rather than conducting productive staff work. The desired coordination and staff interaction provided by these additional meetings is better solved by staff interface and collaboration during high-intensity operations. Furthermore, the negative impacts of a compacted battle rhythm go beyond a single unit echelon and affect subordinate units' ability to operate efficiently within a timely orders process. Failing to adhere to a disciplined battle rhythm results in everyone working harder, longer, and less effectively.⁷

如果未能加以約束，指揮部的參謀可能會建議召開許多額外會議，儘管立意良善，但不見得直接有助於指揮官的決策過程，我們應避免召開這些繁瑣的會議，因為眾多會議將浪費寶貴時間，使指揮部編組人員、首席參謀及行動官整天繞著會議團團轉，卻無法從事有效的參謀工作。在面對高強度作戰行動時，上述這些額外會議所討論的合作事項與參謀互動，應在參謀層級的往來中得到解決。再者，緊湊的「戰鬥旋律」帶來的負面影響不僅止於單一層級而已，同時也向下影響下級單位有效執行即時命令的程序。若無條理分明的「戰鬥旋律」可供遵循，每個人將是工作效率低落，甚至「事倍功半」。⁷

Command-Level Update Briefs, Boards, and Working Groups

指揮層級更新簡報會議、作戰工作小組和各委員會

Daily update briefs provide analysis to the commander on information requirements within the short-term planning horizon. Typically, two command-level update briefs are held each day, with one briefing internal to the headquarters and one with subordinate and component commands providing short-term horizon analysis and recommendations. The briefing is intended to be short, informative, and selective. A commander does not traditionally make decisions during these briefings but rather gains a current understanding of the OE. This does not preclude, however, the commander from issuing direction and guidance (D&G) for required adjustments within this planning horizon.

每日更新簡報會議可以讓指揮官獲得在短期計畫作為所需分析資訊。一般而言，每日會召開兩種指揮層級的更新簡報會議，一種是對上報告內部狀況，另一種是對下所屬單位提供短期計畫作為分析與建議事項。簡報內容不應雜亂無章，應是簡短報告重點。指揮官通常不會在這些簡報會議下達決策，反而是從中理解當前作戰環境，這些會議不應阻礙指揮官在計畫作為中下達調整的命令與指導。

⁷ ATP 3-92, *Corps Operations* (Washington, DC: Headquarters Department of the Army, April 2016), p. 2-8.

Commanders or headquarters establish boards, working groups, and planning teams to coordinate actions and solve problems. The primary difference between boards and working groups is the level of authority granted by the commander during these events. Commanders chair boards or grant decisionmaking authority to senior staff leaders within a specific functional area. Working groups coordinate action and develop recommendations for approval by the commander during a board. The number, type, composition, and frequency of boards, working groups, and planning efforts depend on the type of unit, echelon, and operation. This coordination is traditionally managed by the chief of staff. While some boards and working groups, such as the Information Operations Working Group, the Resource Coordination Board, and the Joint Targeting Coordination Board, are required regardless of the situation, others should be run only as the situation dictates. The challenge is to identify, based on the tempo of the conflict, which meetings are needed.

不管是指揮官或指揮部為了協調行動並解決問題，都會籌組委員會、作戰工作小組或作戰計畫小組。委員會與工作小組主要不同之處，是指揮官在事件上的授權層級不同。至於指揮官主席委員會或是由高階首參代理行使決策權會議之召開，則只出現在特定的作戰功能領域。在委員會會議期間，工作小組協調行動並提出供指揮官採納的建議。至於委員會、工作小組及計畫作為之種類、組成份子及召開次數，則視單位、層級及作戰行動而定，這些協調事項通常都由參謀長統籌規劃。至於像是資訊作戰工作小組、資源協調委員會、聯合目標協調委員會等，不論當前情況如何都須設立，其餘的則視情況發展待命設立。誠然，主要的挑戰在於如何根據衝突情勢發展，決定須召開哪些會議。

A board is a grouping of predetermined staff representatives with delegated decision authority for a particular purpose or function. There are two types of boards: command and functional. The command board's purpose is to gain guidance or a decision from the commander. The two principal command boards at the joint level are the Joint Coordination Board (JCB) and the Assessment Board (AB) and traditionally happen at different ends of a battle rhythm cycle. Decisions made from these command boards focus future effects, actions, and assessment analysis across the joint force command.

委員會的組成份子是指定的參謀，其被授權對一個特別目的或功能行使

決定權。委員會可以區分為指揮型與功能型兩種，指揮委員會之目的在綜整指揮官的指導與決策，至於在聯戰層級有兩個主要指揮委員會，一是聯合協調委員會，另一個是評估會議，兩者各自在「戰鬥旋律」循環中扮演不同角色。從這些指揮委員會中所做的決策聚焦於未來作戰的效能、行動，以及對聯合部隊的指揮做評估分析。

The JCB, sometimes called the Commander's Decision Board, is the commander's principal decisionmaking meeting and traditionally occurs at the end of a battle rhythm cycle. Its aim is to direct future joint action, synchronize resources, issue command-level guidance across the echelons, and resolve disputes across the joint force. The JCB is an exhaustive review, covering the overall execution of the campaign. Analysis and recommendations from the staff and components are presented during the JCB, and the commander makes decisions about follow-on actions or adjustments to the plan issued to subordinate commands via a fragmentary order. Outputs from the JCB refine products such as the commander's critical information requirements (CCIR), decision support matrices, requests to higher headquarters, targeting and the defended asset lists, and risk management worksheets. The conclusion of the JCB allows the transition into the next battle rhythm cycle, beginning with the AB and follow-on working groups and functional boards to support the next JCB. The minimum composition of the JCB is the joint force commander; the chief of staff; subordinate commanders (in person, by video teleconference, or represented by their senior liaison officers); the political, strategic communications, and legal advisors; the joint operations center director; and other individuals as required.

聯合協調委員會有時亦稱為指揮官決策委員會，這是指揮官主要從事決策的會議，時機點通常在「戰鬥旋律」循環中的最後部分。其主要目的在於指示未來的聯合行動、統整資源、向各層級頒布指揮層級的指導，以及解決聯合部隊內的分歧。聯合協調委員會對整體戰役執行做通盤檢視，並在會議期間提出參謀分析與各單位意見，接著指揮官下達爾後行動之決策，或是透過部分修正之行政命令方式，以調整向下頒布給各單位的計畫。從聯合協調委員會所產出的結果，足以校準像是「指揮官情報需求」、各式決策支援矩陣、向更高層指揮部的申請需求清單、目標與防禦資產清單，以及風險管理表等。在聯合協調委員會之後，接下來就是執行下一個「戰鬥旋律」循環，也就是評估會議及其附屬的作戰工作小組、功能委員會之登場，主要作用在支援接下來又準備召開的

聯合協調委員會。聯合協調委員會的組成份子至少是聯合部隊指揮官、參謀長及所屬下級各主官（與會方式有親自到場、視訊及授權資深聯絡官代表與會）、從事政治或戰略溝通的人士、法律顧問、聯戰中心主任及其餘特定需與會人員。

The AB is the second principal meeting for the commander and traditionally occurs at the beginning of a battle rhythm cycle. The AB primarily informs the commander if the operation is being conducted according to the plan and if the joint force is achieving desired results. Routinely the AB will recommend what effects or decisive conditions should be the focus for the upcoming battle rhythm cycle. This provides focus to the Joint Staff and subordinate commands. A typical agenda divides the operational assessment across three distinct planning horizons: short, mid, and long term. However, to make this command board as effective and concise as possible, the operational assessment should focus only on the priority of analysis provided by the commander's D&G during the previous JCB. The desired output is to seek the commander's endorsement of the staff's operational assessment and recommended adjustments to the plan. A commander has the option to either make decisions during this board or wait to issue additional D&G at the next JCB. The desired composition of the AB mirrors the JCB.

評估會議是指揮官第二個主要會議，通常召開的時機點是在「戰鬥旋律」開始之際。評估會議主要讓指揮官知曉作戰行動是否依表訂計畫進行，聯合部隊是否達到預期結果，循例會建議應置重點於何種效能與決定性條件，以因應接下來的「戰鬥旋律」循環，這能讓聯參與各部隊指揮部掌握重點所在。評估會議的議程通常是對短、中、長期的計畫作為做作戰評估；然而，為了使該委員會既有效率又儘可能簡明，該作戰評估應置重點於優先分析先前在聯合協調委員會時指揮官下達的命令與指導。評估會議所要做的是使指揮官認同參謀的作戰評估，以及讓指揮官採納作戰計畫的修訂建議。指揮官可以選擇在評估會議中做出決定，抑或等到下一次聯合協調委員會時再額外頒布命令與指導，也就是評估會議產出的結果會納入聯合協調委員會。

Three Considerations for a Unit Battle Rhythm

制定「戰鬥旋律」的三項思維

Developing a battle rhythm is a topdown process, and a strategic-level headquarters must develop and implement its battle rhythm first and quickly to subordinate units. The aim of the higher headquarters battle rhythm is driven

by the information necessary for military and political leaders to make decisions. Without these information requirements, driven by the higher headquarters, a subordinate unit or component command is unable to design its battle rhythm to answer these requirements and focus activities within the battle rhythm cycle to coordinate and assess its military actions.

思維一：「戰鬥旋律」之發展是一個由上至下的過程，戰略層級的指揮部必須先發展並執行其「戰鬥旋律」，同時將之快速向下傳達至各單位。高層指揮部的「戰鬥旋律」是以必要資訊為前提下制定，旨在協助政軍領導人下達決策。高層指揮部若缺少這些必要資訊將無法制定「戰鬥旋律」，下轄所屬單位與各部隊指揮部便無法制定各自的「戰鬥旋律」，以因應在「戰鬥旋律」循環中的各項需求及重點活動，造成無法協調並評估各項軍事行動。

An additional consideration within a command's battle rhythm is the targeting cycle that synchronizes effects and actions in all domains and component commands. Complementing the targeting cycle are the intelligence, surveillance, and reconnaissance (ISR) requirements to plan and execute joint effects. At the joint level, there are risks associated with accelerating the targeting cycle due to the required planning, ISR requirements, resource allocation, and target approval process that must be coordinated and synchronized prior to an operation taking place. The air tasking order is a good example of a cyclic process that sequences required resources to execute effects within a joint operation that has negative consequences if not synchronized properly or speed up.

思維二：指揮部層級制定「戰鬥旋律」的思維是運用目標處理作業循環，這將能統合各領域的效能與行動以及各部隊指揮部。目標處理作業循環需要配合情監偵，才能規劃並執行聯戰效能，但在聯戰層級中仍存在諸多風險，諸如在計畫要求下加速目標循環、情監偵所需條件、資源配置及目標核准過程等，這些事項都須在作戰行動前完成協調與統合。空中任務派遣令是目標處理作業循環的一個最佳案例，其為發揮聯戰中的作戰效能，依序要求所需支援，然若未能適切統合或加速程序，將產生負面後果。

The third consideration is a joint force commander's planning horizon focus. At the strategic and operational levels, the desired timing of an action drives the orders process and, subsequently, a battle rhythm. These levels are responsible for shaping the environment for future tactical actions, which, if not properly timed and resourced, will prevent the joint force from executing

orders successfully. Military and political considerations, particularly with sustainment, force protection, and civil-military cooperation, all require strategic- and operational-level involvement to shape the environment for tactical units. Shaping desired effects, sometimes known as notice-to-effect, takes time and even in high-intensity operations realistically cannot take place within 72 hours. Therefore, a 96- to 120-hour cyclic battle rhythm is appropriate to coordinate and assess the joint effects required to properly shape a high-intensity environment.

思維三：聯合部隊指揮官計畫作為之重點所在。在戰略與作戰層級，作戰行動的時間律定驅動著命令程序，以及後續的「戰鬥旋律」。這些層級主要負責形塑未來戰術行動的環境，如未能適時規劃並給予資源，將導致聯合部隊無法成功執行命令。至於如何為戰術單位形塑環境，戰略與作戰層級的參與不可或缺，尤其是涉及在兵力維持、兵力防護及軍文合作的政軍思維。要達成所望作戰效能是透過「通知生效」，這部分在高強度作戰行動實際上並無法在 72 小時內完成，因此 96 至 120 小時為合適的「戰鬥旋律」時間，如此才有餘裕做協調並評估所需聯合效能，以因應高強度作戰環境。

The Essence of Decisionmaking and Staying in Front of the Commander **決策本質與走在指揮官之前**

In early 2018, former Chairman of the Joint Chiefs of Staff General Joseph Dunford stressed that leaders in the U.S. military “must be prepared to make decisions at the speed of relevance. . . . We must further develop leaders capable of thriving at the speed of war.”⁸ As the speed and complexity of war increase, the requirement for faster decisionmaking resides at every level of war and “is as applicable, and dangerous, to battlefield commanders as it is to strategic leaders.”⁹ In high-intensity operations, speed of action requires timely decisions and adjustments to the joint force plan. As mission command systems improve and information-gathering sources increase, a consistent challenge for a staff is determining the relevant information to analyze for decisionmaking. In contemporary military operations, Chairman of the Joint Chiefs of Staff General Mark Milley notes that “the sheer volume and speed of conflicting information can easily bring decisionmaking to a screeching halt.”¹⁰ Normally, proactive commanders do not like to wait for the staff to methodically develop and issue orders to lower echelons. In this

environment, the commander often can get ahead of the staff's decisionmaking cycle. This is not a poor reflection on the staff, but rather falls within the nature of the commander's desire to make timely decisions and execute effective mission command for subordinates.

2018 年初，時任參謀首長聯席會議主席約瑟夫·鄧福德上將強調：「美軍領導者必須準備好在各環節快速地下達決策……我們必須讓領導者能在戰爭的速度中存活。」⁸隨著戰爭的速度與複雜性增加，勢須在戰爭各層級做更快速的決策下達，這種快速決策方式對戰場指揮官而言是可實行的，但卻具危險性，同樣狀況也適用於戰略領導者。⁹在高強度作戰行動中，行動的速度需要即時決策與適時修訂聯合部隊計畫。即使任務式指揮體系改善、資訊蒐集來源增加，但對參謀而言持續不變的挑戰是如何取決供決策使用的相關分析資訊。在當代軍事作戰行動中，現任參謀首長聯席會議主席馬克·密利上將指出，與衝突情事相關的資訊往往排山倒海而來，極為容易造成決策的嘎然而止。¹⁰但就常理而言，具企圖心的指揮官不會坐等參謀的常規建議後才向下級層級發布命令，像這類的指揮官通常會走在參謀的決策循環之前，這並非意指參謀的能力不足，而是單純探討指揮官的本意是要下達即時決策，並執行對下級單位有用的任務式指揮。

In most cases, the commander will always have a better situational understanding than does the staff due to his or her experience, the numerous interactions he or she has had with the higher headquarters, and battlefield circulation with subordinate units. Over the course of these multiple higher and lower echelon engagements, a commander may receive new guidance or issue numerous new tasks to subordinate commands that the staff may not be aware of until the commander's return. Using modern command and control technology and available information systems should minimize the lag time between a commander directing subordinates and updating the staff. Once the staff is informed on the outputs of these engagements, it should

⁸ Joseph F. Dunford, Jr., "The Character of War and Strategic Landscape Have Changed," *Joint Force Quarterly* 89 (2nd Quarter 2018), available at <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-89/jfq-89_2-3_Dunford.pdf>.

⁹ Joe Dransfield, "How Relevant Is the Speed of Relevance? Unity of Effort Toward Decision Superiority Is Critical to Future U.S. Military Dominance," *The Strategy Bridge*, January 13, 2020, available at <<https://thestrategybridge.org/the-bridge/2020/1/13/how-relevant-is-the-speed-of-relevance-unity-of-effort-towards-decision-superiority-is-critical-to-future-us-military-dominance>>.

¹⁰ Mark A. Milley, speech, 1:27:02 video, at Dwight D. Eisenhower Luncheon, Association of the U.S. Army, Arlington, VA, October 4, 2016, available at <<https://www.dvidshub.net/video/485996/ausa-2016-dwight-davideisenhower-luncheon>>.

immediately analyze the new information, update staff estimates, and ensure the entire headquarters is aware of new requirements.

在大部分的情況下，指揮官由於經驗豐富、與高層指揮部有眾多互動，以及負責所屬單位人物力的戰場流動管制，因此往往比參謀有較佳的戰況理解。隨著各個上下層級投入作戰，指揮官可能會接收新的指導或是對下級主官指派新任務，這時候參謀可能因資訊落差關係並不知情，勢須等到指揮官返回崗位才能理解。為消弭指揮官在下達命令時參謀是否先期掌握最新訊息的這種時間落差，必須善用現代指管科技與現有資訊系統。一旦參謀掌握各部隊投入作戰的相關資訊，就應立即分析新出現的資訊、更新參謀預測，以及確保指揮部知悉其新的作戰需求。

Although the commander may desire to make an immediate decision, there must be a balance between the effect the commander wants to achieve versus the relevance of that decision within a given time. Within complexity there is an art and science to decisionmaking. Simply acting faster than an adversary may not achieve the desired effect if there are gaps in the commander's situational understanding. Although warfare is arguably more complex today, historically the need to make high-quality decisions faster than an adversary was a fundamental tenet for success.¹¹ John Boyd, a U.S. fighter pilot during the Korean War, developed his OODA (observe-orient-decide-act) loop decisionmaking theory precisely to outthink an adversary. He believed that by observing, orienting, deciding, and acting faster, one can exploit opportunities to defeat an adversary, and this theory arguably applies to all levels of war.¹²

雖然指揮官意在下達立即決策，但也必須在所望作戰效能與特定決策時間之間取得平衡，其中的複雜性涉及藝術與科學。如果未能解決指揮官在戰況理解上的落差，一味追求比敵人快一步行動或許無法達到所望作戰效能。今日的戰場已較以往更為複雜，但借鏡歷史可以得知比敵人快一步下達優質決策，將是致勝的根本之道。¹¹約翰·博伊德是一位在韓戰期間的美空軍飛行員，其為人所知的是創立名為「觀察、指導、決心、行動」(OODA)的決策循環理論，讓美軍得以在決策思維上超越敵人。他認為加快 OODA 決策循環，就可以掌握擊敗敵人之機會，同時該決策循環也適用於戰爭各層級。¹²

¹¹ Dransfield, "How Relevant Is the Speed of Relevance?"

¹² Colin S. Gray, *Airpower for Strategic Effect* (Maxwell Air Force Base, AL: Air University Press, 2012), pp. 205-206; Robert R. Leonhard, *The Art of Maneuver: Maneuver-Warfare Theory and AirLand*

Boyd's theory has theoretical linkages with the purpose of designing a battle rhythm. But within a complex environment, Boyd's theory is effective only when the commander has a true understanding and perspective of what the enemy is doing and the cause and effect of those actions within the OE. Furthermore, if subordinate and component commands do not have the capability to "act faster," based on resources, geography limitations, and competing tasks, then acceleration could increase the risk to one's force. When discussing opportunities and time-sensitive decisions, General Douglas MacArthur famously stated, "The history of failure in war can almost be summed up in two words: too late."¹³

博伊德的決策理論與「戰鬥旋律」之設計目的，兩者間互有理論上的鏈結，因為只有當指揮官在作戰環境中真正理解敵行動、成因及影響，博伊德的理論才能在複雜戰場上發揮效用。再者，若所屬各部隊指揮部的「快速行動」未能根據資源、地緣限制條件、任務屬性做判斷，將導致欲速則不達，徒增部隊風險。關於在討論作戰時機與決策時效性方面，麥克阿瑟將軍曾指出：「歷史上戰爭失敗的經驗教訓，幾乎可以總結為兩個字：太遲。」¹³

Instilling the commander's true understanding should be the goal when developing the battle rhythm. Consistent gaps in a headquarters' understanding are indicators that its battle rhythm is not effective. Continuously updating staff estimates and enemy threat templates can assist the commander with understanding friendly and enemy capabilities, opportunities, and vulnerabilities. In addition, assessments that determine what the headquarters has learned from previous actions enable better judgment by the commander. Covering this relevant analysis during the daily update brief will increase the commander's understanding, enable better decisionmaking, and minimize risk.

如何建立指揮官真正理解敵行動係發展「戰鬥旋律」之目標。指揮部對共同作戰圖像理解持續存在落差，將是「戰鬥旋律」無法發揮功效的指標。持續更新參謀評估和敵威脅態樣，可以用來協助指揮官理解敵我雙方之能力，並找出作戰時機和敵弱點所在。此外，汲取指揮部過往在各行動的經驗教訓，也能使指揮官做出更佳判斷。在每日更新簡報中呈現一些有意義的分析，將有效提

Battle (Novato, CA: Presidio Press, 1991), p. 51.

¹³ Robert R. Leonhard, *Fighting by Minutes: Time and the Art of War* (Westport, CT: Praeger, 1994), p. 107.

升指揮官的戰場理解，進而做出更佳決策並減少可能肇生之風險。

One method by which the plans section can remain ahead of the commander's decisionmaking cycle is to use the commander's critical information requirements to anticipate future planning requirements and decisions. Ongoing CCIR and assumptions, analyzed and approved by the commander, should already have branch plans developed based on the likelihood they could happen. As the situation evolves in favor of or against the joint force command, a disciplined staff should anticipate future actions and decisions the command should make. CCIR and the decision support matrix both assist with this anticipation. To remain ahead of the commander's decisionmaking cycle and ensure that decisions flow seamlessly down through the echelons to remain at the speed of relevance, branch plans should include "draft" changes in task organization and in synchronization and troop-to-task matrices.¹⁴ Once the situation dictates a decision by the commander, these prearranged planning products allow the staff to immediately finalize and issue the necessary orders to any subordinate component commands and minimize the friction of a commander being ahead of his or her staff. Using unit liaison officers will assist in allowing parallel planning with subordinate commands to minimize the notice-to-effect lag time.

在制定作戰計畫中，有一個走在指揮官決策循環之前的方法，那就是使用「指揮官情報需求」^V來預測未來的計畫需求與決定。雖然當前的「指揮官情報需求」與假定事項已先呈報指揮官核准，但仍應根據戰場情勢發展額外備妥備用計畫。身為一位專業參謀應提供指揮官未來行動預測和可行建議，而「指揮官情報需求」與各式決策支援矩陣^{VI}則可以成為預測的工具。在速度的環節上著手，才能走在指揮官決策循環之前，也能確保決策順暢地向下傳達至各層級，至於備用計畫也因有順應情勢變化的草擬作為，如變更任務組織、統合作法，

^V 參謀針對會影響到任務遂行或我軍行動之戰場環境、敵我狀況等提出「情報需求」，呈指揮官核定後成為「指揮官情報需求」(CCIR)。我國《國軍軍語辭典》(民 92 年修訂本)對「情報需求」之定義：針對敵情威脅，提供策定決心及計畫作為，所需獲得瞭解的情報項目。區分為情報蒐集要項及其他情報事項兩大項：

一、情報蒐集要項：情報需求作業主要部分。在某一特定時間內，基於完成任務，提出蒐集敵方及有關國家或地區，對建軍、備戰及作戰任務構成嚴重威脅，或妨礙我任務達成的重要情報蒐集項目。

二、其他情報事項：情報需求作業之一部。為情報蒐集要項以外的情報需求，意即可能影響，但不能阻止我任務達成之敵可能行動、特點、弱點及有關之情報事項。

^{VI} 決策支援矩陣最為人所知的是美陸軍的 MDMP(軍事決策程序)，我國陸軍在民國 90 年引進美軍這套 MDMP 指參作業程序，同時修正為適合我國國情之運用。我陸軍指參作業程序區分計畫作為與執行兩階段，在這兩階段中，指揮官藉著參謀不同程度之協助，遂行指揮思維及作戰行動。至於美軍 MDMP 則區分為計畫作為、準備、執行三階段。

以及部隊面對任務的矩陣分析。¹⁴一旦情勢演變促使指揮官須下決策，這些先前準備的規劃作業，將使參謀能立刻向所屬各部隊指揮部發布指揮命令，同時減少指揮官決策走在參謀作業之前的問題。另外，善用單位聯絡官將有助於統合指揮部對下級指揮部的計畫指導，進而減少通知生效的延遲時間。

Three Recommendations

for Improving the Battle Rhythm in High-Intensity Operations

在高強度作戰行動中精進「戰鬥旋律」的三項建議

Focus Command-Level Daily Update Briefs to Describe Only the Information a Commander Needs to Know Within the Short-Term Planning Horizon

一、指揮層級的每日更新簡報只須呈報指揮官在短期計畫作為中的重要資訊

A concise update brief will keep the commander's attention on providing D&G to assist the staff with making adjustments to the current plan. Every staff principal should not be required to brief if their analysis does not directly assist with the commander's understanding or assist in synchronizing the conduct of the operation. Blending current operational assessments into the daily update briefings, while ensuring it is focused to answer command-level questions and understanding, will negate the need for short-term assessments during the AB.

一份簡明的更新簡報會引導指揮官將注意力置於命令與指導，因為這有助於參謀對當前計畫做出判斷。如果各首參的分析對指揮官理解戰況或統合當前作戰行動無所助益，則毋須要求他們逐一報告。當前作戰評估應整合至每日更新簡報，同時將重點置於解決指揮部層級的問題與理解戰況，這能有效減少在評估會議中須做的短期評估作業。

Combine the JCB and AB

二、合併聯合協調委員會與評估會議

Although the JCB and AB have different purposes and take place at different times during a unit's battle rhythm, they fundamentally strive to provide the commander with analysis to understand the environment and make decisions. Since both boards require staff-wide collaboration to be effective, the Joint Coordination and Assessment boards should be combined to synthesize this analysis. If the AB explains what needs to be done and the

¹⁴ Dransfield, "How Relevant Is the Speed of Relevance?"

JCB provides the commander with options detailing how it can be accomplished, then combining these two command boards saves time in producing orders and can reduce the battle rhythm cycle. To further streamline the analysis presented in the board, the operational assessment portion should focus only on the commander's priority of analysis in the mid- to long-term planning horizon. Under this construct, the deputy chief of staff for operations or the J3 should lead this planning effort and direct the necessary working groups across the joint functions to achieve the needed inputs of this singular command board.

雖然兩個委員會在單位的「戰鬥旋律」中各自有其不同功能與召開時機，但本質上都是提供指揮官分析事項，以利理解戰場環境或制定決策。既然兩個委員會都需要參謀與會合作才能獲致成果，何不將兩者合併並在同場與會中產製分析結果。這過程就像是評估會議提出執行需求後，聯合協調委員會則提供指揮官可行選項並詳述該如何完成，合併的作法可以節省命令產製的時間，也可以減少「戰鬥旋律」的循環。為進一步使所提作戰評估分析事項在委員會中順利進行，作法是應只聚焦於指揮官中、長期計畫作為的優先重點事項。在這種合併成單一委員會的架構下，作戰署署長或聯三應主導這個計畫作為，並指示在各聯戰職能中的作戰工作小組提供所需必要分析資訊。

Build a Culture Across the Staff That Promotes Interface and Collaboration

三、建立跨參謀文化以促進合作介面

To build this culture and minimize stovepiping, use effective collaboration methods rather than scheduled meetings to develop staff inputs. Decision support is enhanced when functional expertise from across the staff is brought together via cross-functional cells to enable unity of effort and direct support to the commander's decisionmaking cycle.¹⁵ Effective cross-functional staff integration will minimize meetings and working groups within a command that do not feed directly into command-level boards. This recommendation can be achieved only if the command group makes this a priority and grants the necessary authorities for staff members to speak on behalf of their respective staff principal. One effective method to create this culture is by locating functional areas such as intelligence, operations, planning, sustainment, and assessments in close proximity to one another. Locating these groups in one area within the headquarters and not distinguishing them as separate staff

sections with their own internal meetings should naturally build a cohesive relationship.

為建立跨參謀文化並統合各參謀意見，須使用一種有效的合作方式，不能只是用既定會議的方式提出參謀意見。如能經由跨職能小組統合跨參謀間的專業職能意見後，就能強化決策支援，有效統合意見，進而真正有助於指揮官的決策循環。¹⁵有效的跨職能參謀意見統合，將能有效減少會議次數，而且指揮部內的作戰工作小組就毋須直接納編在指揮部層級的委員會底下。指揮部要將此建議視為優先事項，同時對參謀人員做必要授權，使之得以代替首參發表意見，如此才能成功。建立此種文化的有效方法之一，是對各職能領域如情報、作戰、計畫、支援、評估等做定位，拉近彼此間的關聯性，並將各職能的小組定位成指揮部內的一個領域，而不是認為各小組的參謀專業屬性不同而分別看待之，如此才能逐漸建立具凝聚力的關係。

Conclusion

結論

The current joint force battle rhythm design involving coordination and assessment boards does not provide the commander with timely analysis and recommendations given the speed and frequency of high-intensity operations. Current designs of battle rhythms involving numerous boards and supporting working groups are tailored to—and should be used only in—low-intensity operations, where changes to the environment occur at a much slower rate.

鑒於高強度作戰行動的快速步調，聯合部隊當前「戰鬥旋律」設計中的聯合協調委員會與評估會議，並無法有效提供指揮官即時分析與建議。當前的「戰鬥旋律」設計中編組許多委員會和特定的支援工作小組，這種模式只適用於低強度作戰行動，因為其中的安全環境變化較為緩慢。

The strategic-level headquarters must define the character of a conflict and quickly identify the military- and political-level information requirements while directly supporting the strategic commander's ability to make decisions and execute effective mission command. Therefore, a battle rhythm should be constructed on a hierarchical basis, by managing the time of the staff and commander to interact with higher and subordinate commands. Once complete, the operational-level headquarters can develop its battle rhythm to best answer information requirements and organize the cyclic events required

¹⁵ Deployable Training Division, Joint Staff J7, *Joint Headquarters Organization, Staff Integration, and Battle Rhythm*, p. 1.

to drive the conduct of operations.

戰略層級的指揮部必須界定衝突的特徵，同時快速找出政軍層級的情資需求，才能真正支援戰略指揮官下達決策並執行有效的任務式指揮。因此，「戰鬥旋律」應建立在各層級互動的基礎上，意即有效管理參謀與指揮官的時間，並維持對上與對下的良好溝通。若能掌握要領，作戰層級的指揮部就可以發展良好的「戰鬥旋律」，俾利因應情資需求與策劃作戰行動所需的周期事件。

Although not necessarily fixed, the chief of staff should be cautious about making any major alterations to the battle rhythm unless there are clear gaps in the headquarters' overall understanding of the OE. Two broad principles should apply when developing a unit's battle rhythm: It should not be a slave to the rate of information flow, and it should maintain a rate of effectiveness and efficiency that enables understanding across the headquarters and decisionmaking by the commander. It is the headquarters that controls the battle rhythm, not the battle rhythm that controls the headquarters. In high-intensity operations, the battle rhythm should remain adaptive based on the operational tempo and ensure it remains ahead of an adversary and, when possible, the commander's decisionmaking cycle.

「戰鬥旋律」並非是一個固定樣板，然除非指揮部對整體作戰環境的理解存在明顯落差，否則參謀長不應對「戰鬥旋律」做出任何重大的改變。至於在發展「戰鬥旋律」時仍適用現行兩個委員會的設立原則，但要注意的是不應受到資訊流通速度所控制，須維持有效能與有效率的資訊流通速度，重質不重量，才能促進指揮部與指揮官決策之相互理解。指揮部控制「戰鬥旋律」，並非「戰鬥旋律」控制指揮部。在高強度作戰行動中，「戰鬥旋律」應視「作戰節奏」發展現況保持調整彈性，確保走在敵人與（儘可能走在）指揮官決策之前。

譯後語

「戰鬥旋律」(battle rhythm)與「作戰節奏」(operational tempo)兩者不同，前者係指揮官、參謀及單位活動三者間所形成的一個程序循環，旨在統合當前與未來的作戰行動；後者係戰爭中具有規律性的作戰過程，一般是指作戰過程的快慢、作戰規模的大小、作戰情況的激烈程度，以及攻勢極限與決戰間隙等問題。簡言之，「戰鬥旋律」就是指揮官與參謀在作戰準備會議中產製各單位須執行的結果。美軍在指揮部指揮層級現行的兩個主要會議為「評估會議」與「聯合協調委員會」，程序為先召開評估會議提出執行需求後，接著在聯合協調委員會提出供指揮官採納的可行選項，並依循這種周期模式。美軍「戰鬥旋

律」之內涵類似於我國的「指揮官會議」與「作戰會議」。^{IV}

本文作者指出美軍為因應未來高強度作戰行動的快速步調，勢必要更精簡現有「戰鬥旋律」的流程，因為在優化流程中才得以提升作戰效能與效率，甚至掌握致勝先機，如同參謀首長聯席會議主席鄧福德將軍所言：「美軍領導者必須準備好在各環節快速地下達決策。」再者，作者也強調會議不能冗長、毫無重點，應在簡報上呈現有意義之分析，才能有助於指揮官做出正確判斷與決策。至於預測的工具，作者提出參謀應善用「指揮官情報需求」、各式決策支援矩陣，才能使決策思維走在指揮官之前，而不是讓指揮官的決策思維走在參謀之前。

譯者歸納本文對國軍啟示如後：

一、化繁為簡

各式會議的召開，承參將承受最多壓力來源，不外乎會議資料與簡報內容一再修正，資料越做越厚，其實資料並非厚才完整，應講求精簡，報告重點。這些風氣的轉變須由指揮官下達指導，由上而下做改變，才能真正減輕參謀作業，使各承參致力於重點所在。

二、建置各種軍事資訊系統

我國具備一定程度的科技實力，應陸續建置相關軍事資訊系統，俾利發揮作戰效能與效率，如效法美軍建立「聯合經驗學習資訊系統」(JLLIS)，用於歸納各演訓的經驗教訓，讓指揮官與參謀得以參考相關資訊；另也可參考近期美軍測試中的 BIZINT 應用程式建置，以強化後勤支援能力，該功能為將在地供應商資料做群眾外包，並在地圖上標註供應商位置（類似 Google Map 地圖），只要點選就會顯示供應商的方框資料，諸如聯絡方式、供應品項與服務、評分等級、配送距離及最後一次有效性認證等資訊。

三、準則應與時俱進編修

國軍近期為強化聯合作戰效能，陸續在組織編制上做重大調整，如繼成立「聯合兵種營」後，又著手準備將各軍團改為作戰區。首當其衝的便是準則的編修，準則是軍隊行動參考依據，我國應參考美軍準則並加入自身演習的各項參數與數據，發展出適合我國國情的準則，如此才能強化指揮官與參謀的作戰判斷。

作者簡介

Lieutenant Colonel Matthew Prescott, USA, is a member of the Training Advisory Team at the North Atlantic Treaty Organization Joint Warfare Centre

^{IV} 我國《國軍軍語辭典》(民 92 年修訂本)對於「作戰會議」之定義：指揮官對其所屬指揮官下達作戰命令之會議，亦為計劃及執行作戰所召集之協調會議，可以指揮官會議或參謀會議方式行之。至於「指揮官會議」之定義：係由指揮官或其代理人主持，各下級指揮官出席，司令部參謀人員列席之會議。

in Stavanger, Norway.

美陸軍中校馬修・普雷斯柯特係北約組織位於挪威斯塔凡格的聯合作戰中心訓練顧問組成員。

譯者簡介

劉宗翰陸軍中校，國防大學管理學院 93 年班，政治大學外交系戰略所碩士；現服務於國防部政務辦公室史政編譯處，曾任《國防譯粹》月刊主編。

陸軍《砲兵季刊》徵稿簡則

- 一、**刊物宗旨**：本刊定位為野戰砲兵及野戰防空專業論壇，採季刊方式發行，屬政府出版品，供專家學者及現、備役官兵發表及傳播火力領域專業知識，並譯介國際砲兵新知，歡迎各界賜稿及提供消息。
- 二、**發行及徵稿**：本刊為季刊，每年 3、6、9、12 月各出版電子形式期刊，每期有一主題為徵稿核心，但一般論述性質著作仍歡迎投稿，每期出版前 3 個月截稿，稿件並送聯審，通過程序審查才予刊登。
- 三、**審查制度**：本刊採雙向匿名審查制度，學術論文委託本部各教學組長審理，審查結果分成審查通過、修改後刊登、修改後再審、恕不刊登、轉教學參考等 5 項，審查後將書面意見送交投稿人，進行相關修訂及複審作業。
- 四、**投稿字數**：以一萬字為限，於第一頁載明題目、作者、提要、關鍵詞，註釋採逐頁註釋，相關說明詳閱文後（撰寫說明、註釋體例）。
- 五、**收稿聲明**：來稿以未曾發表之文章為限，同稿請勿兩投，如引用他人之文章或影像，請參閱著作權相關規定，取得相關授權，來稿如有抄襲等侵權行為，投稿者應負相關法律責任。
- 六、**著作權法**：投稿本刊者，作者擁有著作人格權，本刊擁有著作財產權，凡任何人任何目的轉載，須事先徵得同意或註明引用自本刊。
- 七、**文稿編輯權**：本刊對於來稿之文字有刪改權，如不願刪改者，請於來稿註明，無法刊登之稿件將儘速奉還；稿費依「中央政府各機關學校出席費及稿費支給要點」給付每千字 680 至 1,020 元，全文額度計算以每期預算彈性調整。
- 八、**授權運用**：文稿一經刊載，同意《砲兵季刊》採用創用 CC 「姓名標示-非商業性-相同方式分享」3.0 版臺灣授權條款，授權予不特定之公眾利用本著作，授權機制如下：
 - （一）姓名標示：利用人需按照《砲兵季刊》指定方式，標示著作人姓名。
 - （二）非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作。
 - （三）相同方式分享：若利用人將他人著作改變、轉變或改作成衍生著作，必須採用與本著作相同或相似、相容的授權條款、方式，始得散布該衍生著作。

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

九、**投稿人資料**：稿末註明投稿人服務單位、級職、姓名、連絡電話及通訊地址。

十、**特別聲明**：政府對「我國國號及對中國大陸稱呼」相關規定如次。

（一）我國國名為「中華民國」，各類政府出版品提及我國名均應使用正式國名。

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

十一、**電子期刊下載點**

（一）國防部全球資訊網（民網）

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

（二）GPI 政府出版品資訊網（民網）

<http://gpi.culture.tw>

（三）國立公共資訊圖書館（民網）

<https://ebook.nlpi.edu.tw/>

（四）HyRead 臺灣全文資料庫（民網）

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

（五）陸軍軍事資料庫（軍網）

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

（六）陸軍砲兵訓練指揮部「砲兵軍事資料庫」（軍網→砲訓部首頁）

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

十二、**投稿方式**：郵寄「710 台南市永康區中山南路 363 號砲兵季刊社－張晉銘主編收」，電話 934325－6（軍線）06-2313985（民線），電子檔寄「cjm8493@webmail.mil.tw」（軍網）、「cjm8493@gmail.com」（民網）「army_aatc@mail.mil.tw」（民網）。

撰寫說明

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

題目

作者：○○○少校

提要 (3-5 段)

- 一、
- 二、
- 三、

關鍵詞：(3-5 個)

前言

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

標題 (新細明體 14、粗黑)

一、次標題 (新細明體 14、粗黑)

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

標題

標題

結語與建議

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

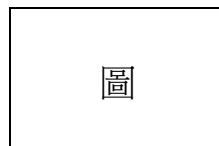
參考文獻 (至少 10 條)

作者簡介

注意事項：

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

表一 ○○○○



圖



表

圖一 ○○○○

資料來源：○○○○

資料來源：○○○○

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

此編號為「註釋」標註方式。

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

註釋體例

註釋依其性質，可分為以下兩種：

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

二、出處註：為註明徵引資料來源用，以確實詳盡為原則。其撰寫格式如下：

（一）書籍：

- 1.中文書籍：作者姓名，《書名》（出版地：出版社，民國/西元x年x月），頁x～x。
- 2.若為再版書：作者姓名，《書名》，再版（出版地：出版者，民國/西元x年x月），頁x～x。
- 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x年x月），頁x～x。
- 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x卷第x期，出版社，民國/西元x年x月，頁x～x。
- 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x年x月x日，版x。
- 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x～x；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x～x。(西文作品第2次引註原則與此同)。

（二）同註x，頁x～x。

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



砲訓部 教二連



ISSN 2221-0806
GPN 4810400164 定價：非賣品