ISSN：2221-0806 GPN：4810400164

陸軍砲兵季刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY

精準射擊

火砲射向賦予系統發展之研析

砲兵修正量運用之研析

淺談落山風對砲兵演訓影響

第191期　中華民國109年12月號　陸軍砲兵訓練指揮部發行

陸軍砲兵季刊

目　錄

野戰砲兵技術研究

01 火砲射向賦予系統發展之研析
朱慶貴

12 砲兵修正量運用之研析
李柚科

29 淺談落山風對砲兵演訓影響
顏嘉彣

野戰防空砲兵技術研究

46 野戰防空預警雷達電子反反制發展與運用
吳銘祥

一般論述

54 HIMARS 多管火箭系統維持現況分析及啟示
林俊安

69 中共戰略支援部隊之研究
王聖元

徵稿簡則

撰寫說明

第191期
中華民國109年12月號

宗旨：

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

聲明：

一、發行文章純為作者研究心得及觀點，本社基於學術開放立場刊登，內容不完全代表辦刊單位主張，一切應以國軍現行政策為依歸，歡迎讀者投稿及來信指教。

二、出版品依法不刊登抄襲文章，投稿人如違背相關法令，自負文責。

本期登錄：

一、國防部全球資訊網
http://www.mnd.gov.tw/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：程詣証
社　　長：莊水平
副 社 長：李昌展
總 編 輯：蘇亞東　主　編：張晋銘
編審委員：洪堯璁　鄒本賢　唐承平
　　王聖元　田英哲
安全審查：宋欣橋　攝　影：莊筱瑩
發行日期：109 年 12 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

封面照片說明：民國 109 年 6 月陸軍砲兵第五八指揮部於甲南海灘實施雷霆 2000 多管火箭系統年度聯合反登陸作戰操演整備（砲訓部訓練官洪俊瑋少校提供）。

CC BY NC SA

火砲射向賦予系統發展之研析

作者：朱慶貴

提要

一、射向賦予之目的在賦予火砲之射向，使能平行指向所望地區，當戰砲隊佔領陣地時，副連長（排長）應即賦予全連（排）最初之射擊方向，俾不失時機完成射擊準備。

二、砲兵定位技術近年已獲得長足進步，由於使用全球定位系統可快速獲知自身位置所在，惟全球定位系統在戰時易受干擾與破壞，因此除全球定位系統外，亦可在自走砲或牽引砲的載台或載具上加裝雷射陀螺儀，增加其定位功能。

三、砲兵長時期使用方向盤擔任火砲射向賦予之主要裝備，惟傳統型式的方向盤（M1、M2 方向盤）基於作業需求與投資效益考量，其結構簡單且功能有限，因此新一代的射向賦予系統及電子方向盤因運而生，可為砲兵裝備與技術提升，提供更多的選擇。

四、國軍砲兵當前 M2 方向盤使用已久、野戰榴彈砲定位性能有待提升、連（排）陣地射向賦予能力有限，尤其精進案後，砲兵改以「戰砲排」為基本運用單位，對連陣地測地、射向賦予之需求與負荷倍增。基此，美軍已換裝 GLPS 之作為，可供國軍參考與借鏡。

關鍵字：射向賦予、GLPS（Gun Laying and Positioning System）、GPS

前言

射向賦予之目的在賦予火砲之射向，使能平行指向所望地區，當戰砲隊佔領陣地時，副連長（排長）應即賦予全連（排）最初之射擊方向，俾不失時機完成射擊準備。[1]國軍砲兵早期使用 M1 方向盤（圖 1），遂行射向賦予、砲兵營、連測地與觀測等作業，自民國 66 年起換裝 M2 方向盤（圖 2），運用在射向賦予、砲兵連測地任務，惟歷經長達 40 餘年之使用後，其性能有待提升，漸於部隊訓練、戰備與測考方面產生困擾。

砲兵射向賦予裝備目前仍使用 M2 方向盤，然 M2 方向盤裝備長年使用，除維修保養不易，其運用上作業時間長、功能性降低等，因此基於砲兵射擊指揮自動化考量，在陣地火砲射向賦予作業應提升其作業速度與精度之功能性，籌購或研發新型射向賦予系統，是現今探討之重要課題。筆者就現行砲兵射向賦予作業檢討，及提出國人自製之射向賦予裝備，並研擬精進作為，談砲兵射擊射向賦予運用情形，發表淺見希為提升砲兵射擊指揮作業效略盡棉薄。

[1] 《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），頁 3－11。

圖 1 M1 方向盤

圖 2 M2 方向盤

資料來源：圖 1 轉引自美軍準則《TM6-600 砲兵測地 Artillery Survey》（Washington D.C.：GHQ ARMY GRC,1954 年），34 頁。圖 2 由砲訓部目標組教官卓以民拍攝（105 年 5 月 1 日）。

火砲定位與射向賦予

長久以來，砲兵執行任務時皆會掌握兩個基本問題「我究竟在那裡？」及「目標位置在那裡？」[2]。砲兵定位技術近年來已獲得長足進步，使用全球定位系統可快速獲知自身位置所在，但全球定位系統在戰時卻極易受到干擾與破壞。除全球定位系統外，亦可在自走砲或牽引砲的載台或載具上加裝雷射陀螺儀，此種儀器只要輸入已知的初始位置與高度，無論砲車如何移動皆可快速獲得位置資訊，而在配合電腦的計算儲存功能後，即可解算出已知目標座標的射擊參數。

射向賦予的方法很多，而目前國軍砲兵通常採用為方位角法、方向基角法及基準砲瞄準點法三種。[3]基準砲瞄準點法，係無測量器材，或磁電感應甚大時使用之。方向基角法精度最佳，惟需有測地成果方可使用。而方位角法則因角值取得較為簡便，其使用之時機亦較多，惟方向盤磁針易受磁電影響，其精度不及方向基角法，在射向賦予時，究盡採何種方法，應視射擊指揮所或連長（排）所給予之諸元而定。（射向賦予速度與精度表如附表 1）

[2] 耿國慶，〈析論美軍砲兵火砲射向賦予與定位系統〉《砲兵季刊》（臺南），第 135 期，陸軍砲訓部，民國 95 年 9 月 1 日，頁 23。

[3] 同註 1，頁 3－12。

表 1 砲兵射向賦予速度與精度表

項次 砲種	速度		精度
	方位角法	方向基角法	不分砲種裝定值於方向盤，不可超過 1 密位誤差。
牽引砲	76 秒	38 秒	
自走砲	72 秒	36 秒	

資料來源：同註 1

現行火砲射向賦予裝備檢討

砲兵長時期使用方向盤，擔任砲兵射向賦予之主要裝備，惟傳統型式的方向盤（如 M1、M2 方向盤）基於作業需求與投資效益考量，其結構簡單且功能有限，因此新一代的方向盤因運而生，可為砲兵裝備與技術提升，提供更多的選擇。美軍於 1960 年換裝 M2 方向盤，以取代老舊的 M1 方向盤，爾後雖曾將 M2 提升為 M2A2 方向盤，惟外型與功能改變甚小。直至 1991 年第一次波灣戰後，美軍砲兵對射向賦予與定位之精度、速度需求日增，亦急於解決海外作戰缺乏定位統制所造成的困擾，始計畫汰除 M2 系列方向盤，建案採購 GLPS（Gun Laying and Positioning System）系統。[4]以下針對 M2 系列方向盤性能檢討如次。

一、器材裝備

M2 系列方向盤使用已逾 40 年，因機件空迴與老舊，致精度退化與維修預算偏高。如仍以拼修方式易造成誤差較大，不符砲兵射向賦予作業效益。

二、定位功能

當砲兵連（排）迅速占領陣地在測地尚未完成前，即實施連瞬間射擊，如能迅速定位砲陣地座標，亦可增進射擊精度。惟 M2 系列方向盤無定位功能，連（排）長僅能以配賦之全球定位系統勉強因應。

三、定向精度

M2 系列方向盤可採「磁針」與「天體觀測」兩種方式定向，惟所得「方格方位角」精度有限（因磁北與方格北，夾角取得關係）。1986 年起，M2A2 方向盤已不再列入美軍砲兵測地之定向裝備，改由「測地用輕型方位陀螺儀」取代。[5]

---

[4] 同註 2，頁 24。

[5] 耿國慶，〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 163 期，陸軍砲訓砲部，民國 102 年 11 月 1 日，頁 3。

四、夜間操作

M2 系列方向盤視界僅 10 度，夜間照明裝置使用傳統燈泡與 BA30 電池 2 個，反覘體亦不明顯，對夜間操作標定、判讀分劃與反覘等，易產生誤差與不便。

五、刻劃度分劃

新型自走式火砲瞄準具（週視鏡）之方向分劃最小可裝定至 0.25 密位，而 M2 系列方向盤僅可顯示至 1 密位，差距甚大，實施射向賦予時，顯然配合不易。

六、測距功能

因 M2 系列方向盤無法測距，砲遮距離通常採目測、圖上量取方式決定。惟不精確之砲遮距離將影響最小射角計算之結果，致影響射擊安全。M2 系列方向盤缺乏測距功能，無法由選擇點計算各砲砲位座標，如採步測估算，其精度甚差，影響射擊精度。

七、射向賦予

M2 系列方向盤之望遠鏡倍率僅 4 倍，除無法調整焦距外，反覘體亦不明顯。當陣地幅員寬廣或各砲間隔縱深過大、天色較暗時，即覘視與標定困難，造成射向賦予不便。

新一代射向賦予系統簡介

一、瑞士 GLPS 射向賦予系統系統（Gun Laying and Positioning System, GLPS）

GLPS（圖 3）為瑞士萊卡（LEICA）工業技術公司製造，系統涵蓋慣性定向、雷射測距、GPS 定位、光電測角與電子計算等組件，具備體積小、重量輕、精度高與功能完整等優點，堪稱先進且全功能之系統，美軍亦採用本裝備。

（一）系統組成：GLPS 為模組化設計，可視使用者之特定需求組合構型。系統通常包括 SKK3-08 指北陀螺儀、T502S 電子經緯儀、MRF-2000-2 模組測距儀、PLGR 接收機、SZ19 覘標桿、電池組、SST90 三腳架、攜行箱與附件等，重要組成之結構與功能如次。[6]

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

2.T502S 電子經緯儀：為電子式結構，使用電子氣泡定平，具備測量水平角、高低角與全部系統整合能力。T502S 電子經緯儀結合 MRF-2000-2 模組測距儀與 SZ19 覘標桿，由望遠鏡光軸發射雷射，測距能力可達 2 公里以上。

3.PLGR 接收機：為體積小、重量輕、可手持操作，具機體結構堅固、防震、防水之 GPS 接收機。區分為定位服務與精確定位服務兩種機型，平均定位精度

[6] 同註 5，頁 6。

為座標 10 公尺、標高 10 公尺，可與 GLPS 連線使用。

（二）系統功能

1.快速定位：GLPS 通常整置於砲兵連（排）選擇點，可採 GPS 與「一點反交會」兩種方式決定「選擇點」系統位置，並顯示 WGS-84 之 UTM 方格座標。

（1）GPS 定位：由連線之 PLGR 傳輸所在位置之座標、標高至系統。

（2）一點反交會（圖 4）：a.輸入已知點座標、標高；b.測定已知點方位角、距離與高低角，由系統自動計算反交會點（系統）位置。

（3）儲存位置資料。

2.精確射向賦予與測定砲位（圖 5）

（1）GLPS 完成指北，並於 T502S 電子經緯儀輸入射擊指揮所通報之「砲檢（目）方位角」。

（2）經緯儀望遠鏡標定火砲瞄準具，測定至火砲之方位角、距離與高低角，並宣讀方向。

（3）計算砲位，並儲存座標、標高。

3.測定砲遮距離：以 MRF-2000-2 模組測距儀，直接瞄準遮蔽物或瞄準背立於遮蔽物上之砲手，測定精確之砲遮距離。

圖 3 瑞士 GLPS 射向賦予系統

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

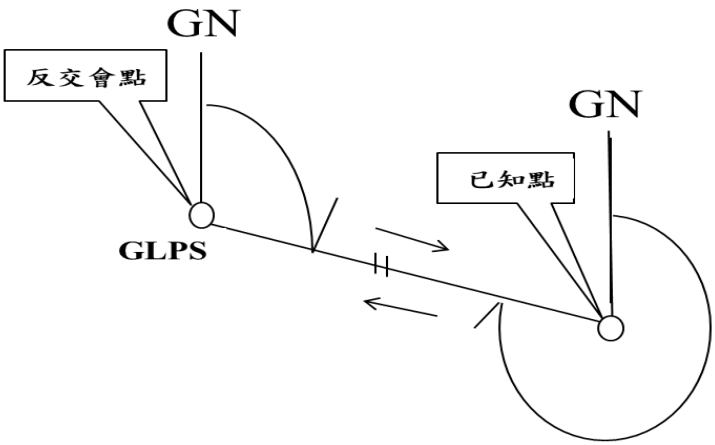


圖 4 一點反交會法
資料來源：作者繪製

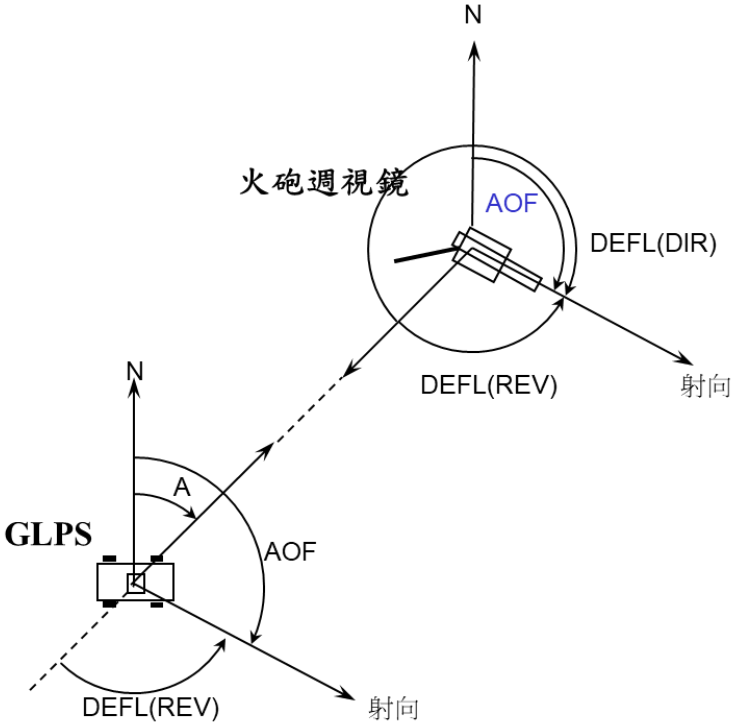


圖 5 火砲射向賦予與測定示意圖
資料來源：作者繪製

二、以色列 AGLS 射向賦予系統（Automatic Gun Laying System , AGLS)

以色列 AGLS 火砲射向賦予系統（圖 6），系統包涵雷射測距、電子式量角器、天文真北量測儀等組件，具備體積小、重量輕、精度佳與功能完整之射向賦予系統。[7]

（一）系統組成：雷射測距、電子式量角器、天文真北量測儀、電池組、 三腳架、攜行箱與附件等。重要組成如次。

1.雷射測距：可內建陀螺儀為慣性定向系統，不受電磁干擾。

[7] 以色列 Azimuth 公司 AGLS 火砲射向賦予系統商情資料及詹氏年鑑電子資料庫。

2.電子式量角器：為電子式結構，使用電子氣泡定平。

3.天文真北量測儀：為體積小、重量輕、可內建 GPS 定為精確。

（二）系統功能

1.快速定位：AGLS 系統通常配置砲兵連，可採慣性陀螺儀與 GPS 相互運用快速定位。

2.精確射向賦予與測定砲位：（1）天文真北量測儀完成指北，並結合電子式量角儀測得射向方位角；（2）經緯儀望遠鏡標定火砲瞄準具，測定至火砲之方位角、距離與高低角，並宣讀方向；（3）計算砲位，並儲存座標、標高。

圖 6 以色列火砲 AGLS 射向賦予系統圖

資料來源：以色列 Azimuth 公司 AGLS 火砲射向賦予系統商情資料及詹氏年鑑電子資料庫

三、軍備局 401 廠 TS99 式數位射向賦予系統（圖 7）

本裝備係針對各類火砲射向賦予作業之數位電子方向盤，所開發之新一代數位是射向賦予裝備，以消除方向盤因人為操作而產生之誤差。系統內建三軸向數位電羅盤，同時具備自動歸北功能（精度 5 密位以內），標準定向精度可達 1 密位（功能諸元如表 2）[8]。系統具備自動水平校準補償功能，架設迅速、光學刻畫描準同時配賦可調式照明與對覘用紅光燈，可滿足夜間火砲射向賦予需求；裝備並支援數據輸出功能，可作為射擊任務資訊之一環，應用層面廣泛。

[8] 軍備局 401 廠《砲用裝備生產暨研發產能簡報》，99 年 3 月 1 日，頁 1。

圖 7　TS99 式數位射向賦予系統

資料來源：　軍備局 401 廠砲用裝備生產暨研發產能簡報（99 年 3 月 1 日）

表 2 TS99 式數位射向賦予系統諸元表

諸元	規格
光學倍率	5 倍
量測範圍	水平：6400 密位，俯仰：1500 至-500 密位
視場	2.5 度
屈光度調整	-4 至+4 屈光度
重量	2300 公克（不含腳架）
夜間照明	內建分畫板投射與對覘燈源
數據輸出	標準 RS232 通訊埠

資料來源：　軍備局 401 廠砲用裝備生產暨研發產能簡報（99 年 3 月 1 日）

小結

瑞士 GLPS 系統與以色列 AGLS 系統為現役射向賦予系統裝備，已有完整戰場使用經驗，系統涵蓋慣性定向、雷射測距、GPS 定位、光電測角與電子計算等組件，具備體積小、重量輕、精度高與功能完整等優點，堪稱先進且全功能之系統。然此系統作業採用英文模組、價格昂貴、維修保養費用高，砲兵部隊全軍配賦，必耗費龐大國防預算；如考量國人產能自製，運用軍備局 401 廠未來 TS99 式數位射向賦予系統，可達到作業系統中文化與操作便捷、價格低廉之效益。各國火砲射向賦予系統功能規格比較如表 3。

表 3 火砲射向賦予系統功能規格比較表

功能	瑞士 GLPS	以色列 AGLS	中華民國軍備局 TS99
具望遠鏡功能	10 倍率十字標線	2.5-10 倍率	5 倍率
可測量高低角	1 密位以下	水平正負 400 密位	1500 至-500 密位
可測量水平角、方位角	6400 密位	360 度	6400 密位
具測距功能	30-2500m 精度±1m	30-2000m 精度±1m	無
具測站定位精度（GPS 及反交會法）	水平座標誤差： ≦ 10m CEP 標高誤差： ≦ 3m EP	水平座標誤差： ≦ 10m CEP	無
定向精度（陀螺儀）	方格方位角誤差 ≦0.2 密位	天文式尋北誤差 +-1 密位	電子羅經 +-5 密位
器材整置時間	5 分鐘以內	6 分鐘以內	8 分鐘以內
系統全重（不含攜行箱及三腳架）	28 公斤	30 公斤	2.3 公斤
充電時間不得超過電力供應時間	電力供應時間 3 小時	電力供應時間 10 小時	不詳
具備與全球定位系統（GPS）連線作業能力	可	可	無
具備夜間操作能力	可	可	內建分劃板投射對覘燈源
中文操作手冊及中文操作介面	無	無	有
綜合比較分析	優	優	劣

資料來源： 作者繪製

精進作為之目標

國軍砲兵當前面對 M2 方向盤、野戰榴彈砲定位性能、連（排）陣地測地能力有限，尤其精進案後，砲兵改以「戰砲排」為基本運用單位，對連（排）陣地測地、射向賦予之需求與負荷倍增。基此，美軍換裝 GLPS 作為之精神與目的，可供國軍參考與借鏡，筆者建議如次。

一、提升自動化效能

自動化為先進國家砲兵之既定目標，致任何規劃中的新裝備，均以符合自動化之條件或滿足自動化之階段目標為考量。美軍以 GLPS 取代 M2 系列方向盤之作為，不僅符合自動化目標之進程，且不致造成投資浪費。

二、發揮人力效益

精簡兵力不僅為國軍現行政策，亦為全球趨勢，惟精簡兵力與提升戰力兩者甚難取得平衡，遑論達到兩全之理想境界，故舉凡可精簡兵力且適度提升戰力之裝備應視為首選。GLPS 除可提升戰砲連（排）之定位與射向賦予能力，達成爭取作戰時效、提升反應能力與增大戰場存活力等效能外，亦可適切精簡兵力，即使其價格較 M2 方向盤高出數倍，惟投資效益顯而易見。

三、前瞻定位與導航計畫

美陸軍砲兵為確立定位、導航系統之性能需求，使用單位應建立之教育與資訊觀念，以及汰除當前疏於管理致過度擴散舊系統之具體措施，不僅頒定「陸軍定位與導航主計畫」，並要求各兵監據此策頒兵科之定位與導航計畫。以「砲兵定位與導航計畫」為例，即規劃在 2000 年之前須完成 GLPS 換裝作業。[9]國軍可參考此一機制，嚴予審查各兵科對定位與導航之需求，適切管制當前系統與規劃未來目標系統，期能符合節約預算、避免過度擴散與充分發揮定位、導航系統之最大功效。

四、發揮裝備聯合操作效能

2000 年美軍砲兵完成 GLPS 換裝後，決定以「改良式位置與方位決定系統」（Improved Position and Azimuth Determining System，IPADS）取代使用逾 25 年的 PADS，俾有效提升測地能力。未來 GLPS 與 IPADS 之兩者之功能與任務並非重複，而是長短相輔、密切配合，其砲兵營運用構想為：（一）IPADS 組與測量組分別負責全部測地之「連接測地」與「前地測地」，GLPS 則在全部測地未完成前提供連（排）射擊所需之「陣地測地」成果，爾後視需要再由 IPADS 提供陣地「座標統一」諸元；（二）當砲兵連（排）單獨執行任務時，由連（排）配賦之 GLPS 執行陣地測地與射向賦予作業。

[9] 同註 2，頁 31。

結語

國軍近來積極加速組織變革，並在有限的資源下實施裝備現代化，而現今砲兵射向賦予裝備（M2 方向盤）功能性已不符作戰所需，筆者建議國軍檢討 M2 方向盤，近程使用國人自製電子方向盤 TS99，遠程採購新型 GLPS 系統，以符合砲兵火力支援快、狠、準之射擊任務。

射向賦予之良窳，不但影響爾後之射擊操作，並對整個射擊效果關係尤大，運用先進射向賦予系統，必能提升作業精度與速度，亦可增進陣地測地作業、砲位座標求取之效能，無論籌購與研發新式裝備，皆為國軍砲兵重要課題。

參考文獻

一、軍備局 401 廠《砲用裝備生產暨研發產能簡報》，民國 99 年 3 月 1 日。
二、《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）。
三、耿國慶，〈析論美軍砲兵火砲射向賦予與定位系統〉《砲兵季刊》（臺南），第 135 期，陸軍砲訓部，民國 95 年 9 月 1 日。
四、耿國慶，〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 163 期，陸軍砲訓砲部，民國 102 年 11 月 1 日。

作者簡介

朱慶貴備役中校，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，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

砲兵修正量運用之研析

作者：李柚科

提要

一、因應現代化戰爭型態，敵有生戰力、目標型態具備高機動性，若欲有效打擊目標，須採不經試射效力射之射擊方式，對目標造成奇襲、急襲等效果，為達成此目的則必須仰賴修正量有效運用，如未能對目標有效射擊，將喪失戰機更暴露我方砲兵陣地位置，嚴重影響戰局發展。

二、欲有效運用修正量，則必須了解造成火砲射擊產生誤差之諸因素，合理計算出有效修正量，進而有適切運用修正量以滿足所望射擊效果，本研究將逐一探討造成火砲修正量之各項因素。

三、獲得修正量方式，常以精密檢驗或平高檢驗射擊為主及國軍自行研發 AFCS 檢驗射擊等均能有效獲得修正量，此外若能以火砲初速誤差加氣象修正量善加用運，其修正量亦能達到檢驗射擊之效益。

四、針對各種修正量求取方式於射擊指揮教範中均有詳細說明，筆者僅就其定義及特性加以論述，以綜合分析各種修正量求算過程及適用性。

五、本研究以砲兵部隊現今修正量運用現況探討，比較是否能正確求取修正量並予以適當運用，內容所提列之各項分析表，均依據砲兵各類技術規範摘錄，由筆者自蒐整並分析，能使讀者淺顯易懂。

關鍵詞：標準狀況、膛內彈道、膛外彈道、公算偏差、散布差

前言

欲使射彈落達一定之距離必須裝定相應之仰度及方向，必能使射彈落達或極接近目標（區），而此論點乃是建立在標準狀況之基礎下才能順利達成，標準狀況又可區分大氣、裝備及器材、相關位置等主要因素如圖 1（其中地球自轉雖與大氣無關，為方便計算故歸納至大氣因素），由此推斷，需完全滿足標準狀況必然不存在或極難存在，而一切影響標準狀況產生之結果稱為非標準狀況，故兩者間產生差異總和則稱為修正量。若能有效運用此修正量，必能有效提升火砲射擊之精準度，進而達到砲兵火力支援之最大效益，本研究目的在分析現行砲兵修正量之求取方法進而加以比較，以供砲兵各級部隊參考運用。

造成火砲射擊誤差原因分析

一、射擊誤差因素

欲有效運用修正量，則必須詳實了解造成射擊誤差之各種因素，進而有效評估當前狀況並適當決定修正量，以求得最有效之射擊效果，造成射擊誤差之各種因素迫使彈道脫離標準彈道（亦稱非標準彈道），在彈道上可區分膛內彈道

及膛外彈道等兩部分探討，故如能瞭解膛內彈道及膛外彈道所受之各種影響並給予正確運用，對射擊精準度而言必有顯著之提升。

二、膛內因素影響

膛內彈道乃指彈丸在砲管內運動時之過程，主要影響因素可區分砲管磨損、彈體重量差異、彈體表面磨損、拋射藥差異等各項因素，而上述影響結果將直接反應在火砲初速上而產生變化，膛內因素分析如表 1。

三、膛外因素影響

膛外彈道乃指彈丸脫離砲口後之運動曲線，為一極其複雜之曲線，主要影響因素可區分大氣因素、火砲偏流等，亦為編製射表及射擊基礎之主要資料，膛外因素分析如表 2。

四、其他因素影響

速度傾向對修正量產生一定程度上的變化，故明確了解速度傾向對射擊精度之影響，仍為必須考量事項之一，若同一武器使用同一批號彈藥連續發射多數彈藥，仍無法產生相同之初速，砲管一般狀況下，初速變化傾向稱為速度傾向，又速度傾向無法精確計算，故無法實施速度傾向之修正，又火砲滿足一定之發射數量，保持一定之發射時間，始能達到火砲與彈藥真正速度標準，因此該速度傾向可藉由發射速度及射擊時間不同而改變，使初速變化趨於平緩穩定，若能使速度傾向變化趨於平穩，則可避免初速對距離產生之差異過大，因此特須注意速度傾向對修正量之影響，列舉如次：（一）錯誤的原級數據；（二）試射結果不正確，對平高檢驗影響尤然；（三）縱使所有射擊諸元正確，轉時射擊時精度不良；（四）當射擊近接第一線部隊時，有近彈之虞。[1]

為有效消除速度變化（誤差）之因素，應積極採取下列各項措施：（一）選用適當裝藥，將彈體及拋射藥實施批號區分；（二）各發射彈裝彈推力，各發藥袋、射彈位置力求一致；（三）保持一定之火藥溫度，並即時量取予以修正；（四）注意武器彈藥之庫儲方式與砲膛（管）擦拭；（五）明瞭速度傾向之原因及其對射擊精度之影響；（六）經常利用所有射擊成果以檢查現用之射擊諸元；（七）請兵工技術人員予以適當之修護。[2]

對不可經由計算求得之非標準狀況影響，如測地、各式器材量測誤差、計算誤差等影響均可藉由檢驗射擊求得總修正量予以修正，另由上述分析可知，無論是膛外因素或膛內因素，以距離產生之影響變化最大，次之為方向、時間。另火砲於假定標準狀況下射擊時，以同一火砲、同一批號彈藥、以同一射擊諸元射擊，仍存在一定之散布範圍，以常用距離界線中央為例，區分距離、方向、

[1] 《美陸軍野戰砲兵射擊手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 71 年 4 月 30 日），頁 257。
[2] 《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日），頁 3-31

時間等三項散布（炸高散布為距離及時間綜合影響本研究不納入討論），以各號裝藥常用距離界線中央加以探討，分析如表三，由表推斷若不加以修正不僅受非標準狀況影響亦受火砲射擊產生之散布因素影響，故求取修正量、消除（或減至最小）散布因素對砲兵精準射擊尤為重要。

為克服造成射擊誤差之諸因素，可區分兩部分探討，一部為需實彈射擊方法，通常可藉由檢驗射擊實現，國軍現行常用方法為「精密檢驗」、「平高檢驗」、「AFCS 檢驗」，透過上述方法均可求取最新之修正量加以運用，然而其作業方法及限制各有所不同，修正量之可靠度亦有所差異，筆者後續將比較探討；一部分為非實彈射擊方法，是運用火砲初速誤差加氣象修正量，以此法求出之修正量與檢驗射擊比較，在具備可靠之火砲初速數據及精確之氣象資料條件下，兩者結果必然相當接近，但無法完全符合，其原因在於無法掌握不可求算之其他諸因素，如測地成果誤差、人工計算作業誤差等諸因素。

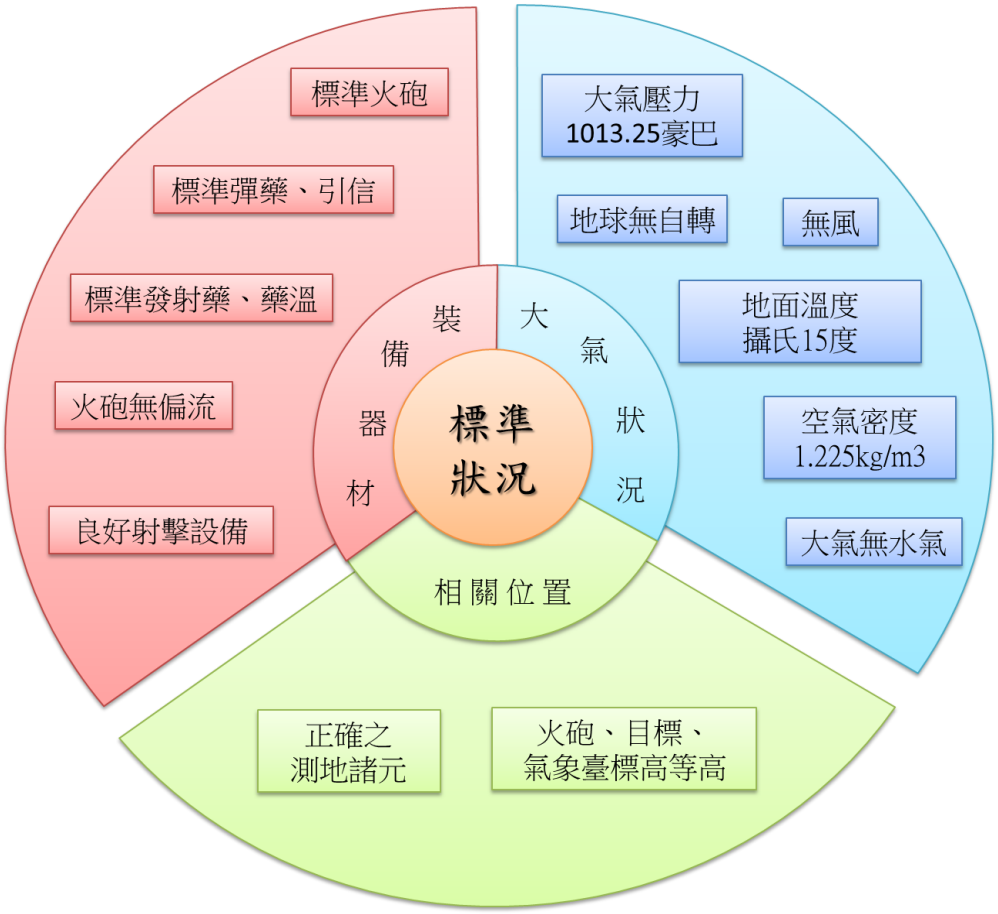


圖 1 標準狀況示意圖
資料來源：筆者繪製

透過檢驗射擊求得修正量均稱為「總修正量」，而其中包括「陣地修正量」及「氣象修正量」）圖 2），其中「陣地修正量」則包含影響初速之諸因素，於實際運用時為方便計算，也將無法求取之器材因素、測地誤差、人工作業計算誤差等影響納入陣地修正量之一部；而「氣象修正量」則包含影響膛外彈道之諸

因素，雖然其修正量產生之原因錯綜複雜，但均可藉由檢驗射擊消除（或減至最低）與非標準狀況之射擊誤差，若適切運用修正量對爾後目標射擊，必能達到所望之射擊效果。

表 1 影響膛內彈道之諸因素分析表

分類	影響原因	造成影響	對射擊諸元之影響		
			方向	距離	時間
砲管	砲膛容積製造上誤差	氣體壓力對砲彈之影響		嚴重	次 之
	砲膛磨損（燒蝕）	彈帶與砲管結合程度改變，常使初速發生改變	嚴重	嚴重	次 之
	砲膛溫度	彈帶與砲管結合程度改變		嚴重	次 之
	油垢	使初速產生不正常之變化		嚴重	次 之
	積銅、藥渣	對彈丸產生阻力增加摩擦及不規則或臨時初速變化		嚴重	次 之
	速度傾向	單一火砲不同射擊發數之初速變化		嚴重	次 之
	砲口下垂	裝定仰度與實際射擊仰度不同		嚴重	次 之
彈體	彈體表面狀況	將彈體與砲管磨損		嚴重	次 之
	彈重差異	氣體壓力推動彈丸力量不一		嚴重	次 之
	彈帶	造成不同閉塞狀況，對氣體壓力產生變化或彈丸旋轉力道不足	嚴重	嚴重	次 之
	裝填位置	使膛內容積產生變化，氣體壓力變異		嚴重	次 之
拋射藥	溫度、濕度	藥包燃燒速度改變		嚴重	次 之
	重量	氣體壓力產生速率改變產生氣體壓力變化亦改變		嚴重	次 之
	裝填位置	燃燒速度產生變化		嚴重	次 之

信管	重量差異	間接影響氣體壓力推動彈丸力量		嚴重	次 之
	作用時間	因儲存及搬運時產生變化		嚴重	嚴重
各式射擊設備	射擊時產生之定起角[3]	射擊時瞬間，彈丸重心之左右上震動	嚴重	嚴重	次 之
	架尾設備	火砲射擊時受力不平均	嚴重	嚴重	
	兩輪、底盤設備		嚴重	嚴重	

資料來源：筆者整理

表 2 影響膛外彈道之諸因素分析表

分類	影響原因	造成影響	對射擊諸元之影響		
			方向	距離	時間
氣象因素	氣壓	對彈丸飛行阻力改變		嚴重	次之
	氣溫	對彈丸飛行阻力改變		嚴重	次之
	氣密	對彈丸飛行阻力改變		嚴重	次之
	風速	對彈丸飛行阻力改變		嚴重	
	風向	對彈丸飛行方向、距離改變	嚴重	嚴重	
火砲及彈藥	火砲偏流	空氣阻力對彈丸飛行方向改變，彈帶亦會影響其旋轉力道對偏流產生變化	嚴重		
	彈體表面狀況	空氣阻力對彈丸距離之影響		嚴重	
	彈重	空氣阻力對彈丸距離之變化		嚴重	
	彈直體徑	所受彈丸曳力[4]亦不同，間接影響偏流	嚴重	嚴重	
其他因素	重力	彈丸之輕重對射擊影響		嚴重	
	地球自轉	對彈丸飛行方向及距離改變	嚴重	嚴重	
	定起角	射擊瞬間產生之震動對仰度、方向產生些微變化	次之	次之	

資料來源：筆者整理

[3] 定起角：射彈脫離砲口瞬間，彈丸重心自火砲射線向上或向左右跳動時，與射線所形成之夾角大小。
[4] 彈丸曳力：彈丸飛行過程中，遭受空氣阻力之一部分力與彈丸飛行方向相反者。

表 3 公算偏差分析表

M2A1 式 105 榴彈裝藥號數-距離	距離公算偏差 PEr		方向公算偏差 PEd		時間公算偏差 PEt	
	一倍	八倍	一倍	八倍	一倍	八倍
Ⅰ-2500M	11m	88m	2m	16m	0.14m	1.12m
Ⅱ-2900M	13m	104m	2m	16m	0.14m	1.12m
Ⅲ-4000M	18m	144m	3m	24m	0.14m	1.12m
Ⅳ-3800M	16m	128m	2m	16m	0.14m	1.12m
Ⅴ-4900M	21m	168m	3	24m	0.14m	1.12m
Ⅵ-6100M	17m	156m	4m	32m	0.15m	1.2m
Ⅶ-7600M	14m	112m	5m	40m	0.16m	1.28m
1.各號裝藥均以常用距離界線中央距離最為共同比較基準。 2.八倍距離公算偏差公尺數相應密位數為兩個散布差。						

資料來源：筆者整理

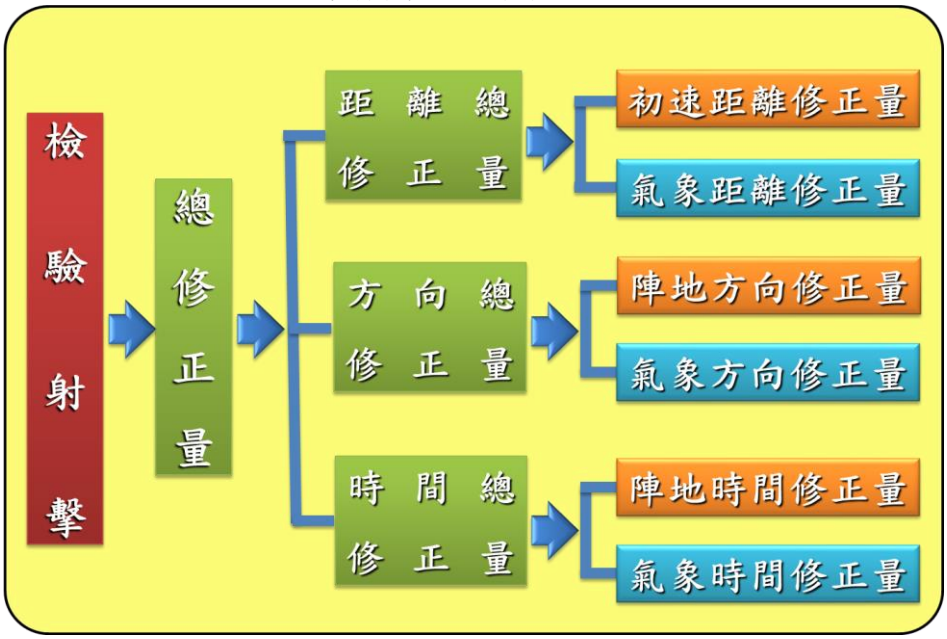


圖 2 總修正量區分一覽圖

資料來源：筆者繪製

各種修正量求取之方法

國軍砲兵現行使用修正量之方法主要可區分需檢驗射擊及不需檢驗射擊等兩種，以需檢驗射擊求得修正量計有「精密檢驗」、「平高檢驗」、「AFCS 檢驗」等三種，另「氣象修正量加初速誤差」屬不需檢驗射擊求得修正量之方法。

依據美軍砲兵定義精準射擊之五大條件為；精確的目標位置、精確的氣象諸元、精確的陣地位置、精確的火砲與彈藥數據、精確的計算程序等；國軍現役裝備 ULISS-30 定位定向系統、PAS-2A1 雷射觀測機、TS-102 A 1 多功能雷射觀測機、RT-20 氣象自動探測系統、射擊指揮自動化系統等，均可達到精準射擊

部分條件，[5]筆者就如何實現精確之計算程序加以研析，並在觀測官觀測諸元精確、陣地整備狀況良好、諸元計算程序精準等標準狀況下予以說明（假定基準砲在陣地中心故不須實施陣地中心修正）。

一、精密檢驗

（一）定義與特性：其作法乃是移動平均彈著點落於已知點之射擊方法，藉由觀測官選定或測地成果上檢驗點之位置，[6]精密檢驗具備下列特性：1.選定之檢驗點必須具備獨立、明顯、固定之特性，並於現地與地圖上均能對照並定出其正確位置者；2.天色明亮，使射彈容易觀測；3.所需彈藥數較多，無法滿足節約彈藥之效益，所需時間亦較長。

（二）修正量求取方法：精密檢驗射擊區分試射及效力射兩階段實施，過程中藉由觀測官修正及回報觀彈諸元，並交由射擊指揮所計算每一發之射彈諸元，求取六發有效射彈及決定方向判定後始可計算決定諸元，並依陣地現有彈藥狀況可分別實施瞬發檢驗、空炸檢驗、不同批號檢驗，以分別求取下列決定諸元：1.決定方向：射彈通過檢驗點之方向；2.決定仰度：平均彈著點落達或極接近檢驗點之仰度；3.決定時間：平均彈著點之零炸高所相應之信管時間。

二、平均彈著點及高炸檢驗

（一）定義與特性：是以同一射擊諸元發射一群射彈，求得平均彈著點位置後，與所選定之預期點相互比較，其差值即為所求之修正量。[7]其中平高檢之特列如下：1.無顯著目標作為檢驗點仍可實施；2.可於夜暗實施；3.所需彈藥數量較精密檢驗少。

由上述條件可得之，平高檢之優點可完全克服精密檢驗之限制，為另一求取修正量之方法，但也相對存在部分限制因素，說明如下：1.必須有兩個觀測所之測地成果（含兩觀測所間之基線長）；2.必須使用雷觀機實施彈著標定；3.各觀測所間必須具備通信聯絡之能力。

（二）修正量求取方法：不同於精密檢驗，最初火砲射擊所裝定之射擊諸元即為決定諸元，爾後由觀測官使用雷射觀測機標定每發射彈之諸元取代射彈修正，並回報予射擊指揮所計算平均彈著點，計算並量取圖上諸元，並與所選定之預期彈著點相互比較，其差值即為所求修正量，可同時求取距離、方向及時間等三種修正量。

---

[5]李尚儒，〈火砲初速影響精準射擊之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 142 期，陸軍砲訓部，民國 93 年 6 月 30 日，頁 1。

[6]《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月 30 日）

[7]同註 6

三、陸山 AFCS 檢驗

（一）定義與特性：其作法是運用「等量、反向、平移修正原理」，目的在使彈著點接近檢驗點之方法，[8]此法又稱陸山射擊法，AFCS 檢驗具備下列特性：1.盡可能需選定一檢驗點；2.觀測官必須使用雷觀機使用雷射極座標法標定彈著，記錄觀彈諸元；3.射彈若呈不規則散布，則檢驗無效；4.天色需明亮，使射彈容易觀測；5.無法求取時間修正量。

（二）修正量求取方法：射擊區分試射及效力射兩階段，均為運用「等量、反向、平移修正原理」，定點量取次一發射彈諸元如圖 3、4，以試射兩發依等量反向平移修正決定效力射諸元，量得效力射諸元後，以同諸元連續射擊三發，指揮所依觀測官回報之觀彈諸元於予以平均，並定點於射擊圖上，繼以檢驗點「等量、反向、平移修正」以求得決定諸元，並與檢驗點之圖上諸元相減後求得修正量，圖解方式如圖 5。

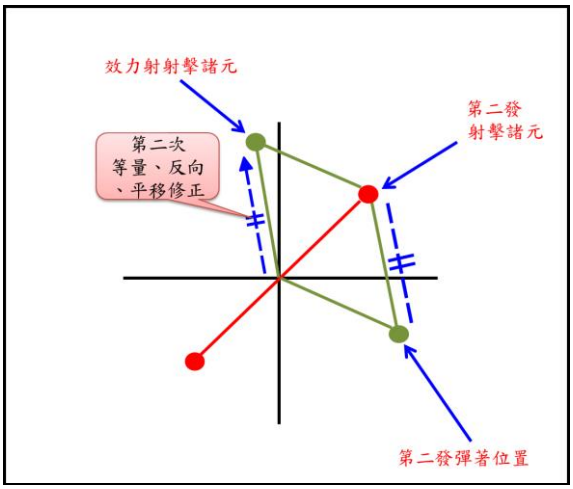


圖 3 AFCS 檢驗圖解示意圖

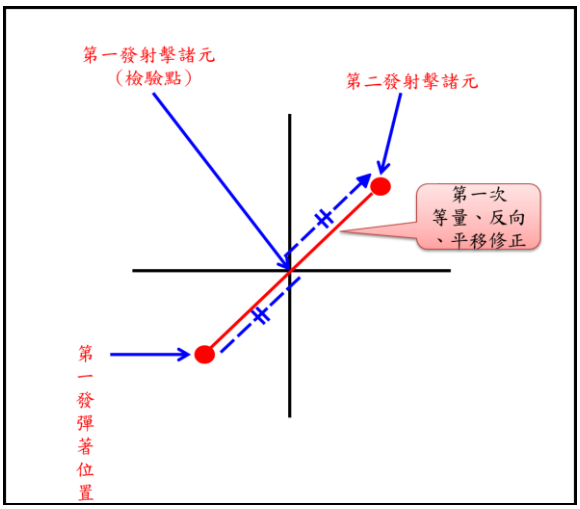


圖 4 AFCS 檢驗圖解示意圖

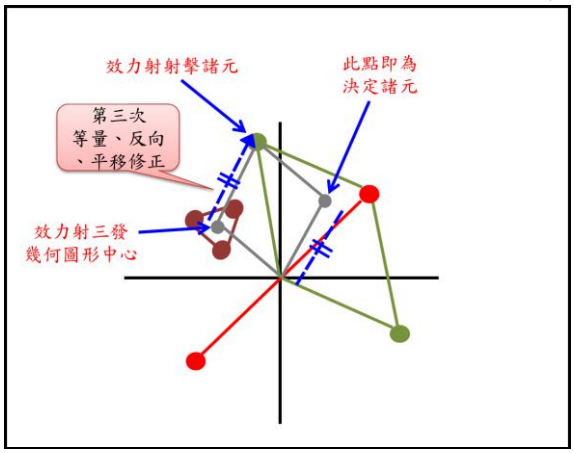


圖 5 AFCS 檢驗圖解示意圖

資料來源：圖 3 至圖 5 為筆者繪製

[8]同註 6

四、氣象修正量計算加火砲初速誤差

（一）定義與特性：對檢驗點行檢驗射擊所求得之修正量，為最精確、可靠求取修正量之方法，但每次氣象變化時，均應重行檢驗射擊，實為狀況所不允許，故欲保持最新修正量，可利用氣象加陣地初速誤差修正量之方法，修正因氣象變化所產生之影響，[9]氣象修正量及初速誤差分述如后。

1.氣象修正量：彈道氣象係指在一個不同於假設標準大氣狀況下，影響彈道氣象之因素，彈丸在大氣中運動時，作用於彈丸的各力，包括有重力、空氣曳力、氣流與迴轉慣性等，所產生的交互影響，[10]彈道氣象之功用乃在求取各空層風向、風速、氣壓、氣溫等氣象因素，目的在消除氣象因素對砲彈飛行之影響，凡是精確之氣象資料，由射擊指揮所實施氣象修正作業換算氣象修正量後，可求得陣地對目標適切之效力射諸元，使用時應須考量時間上變化特性、空間上有效範圍、尤以山嶽、濱海等特殊地形或短時間內極端之天氣變化，以確保氣象資料之正確性、可靠性。

2.陣地初速誤差：非標準狀況影響下彈道變化諸因素中，凡不能預先測出者，如砲膛磨損、彈體表面狀況及火藥濕度等均將影響距離，其修正量必須藉由檢驗射擊配合氣象始能決定，而不能測出之修正量總和，稱為陣地初速誤差，[11]若能將測量、計算、射擊圖、器材、氣象測算、火砲裝備器材等無法量化之諸因素排除，則所求得之初速誤差將為火砲真實初速，若否則應歸納為陣地初速誤差。

（二）修正量求去方法：運用氣象加陣地初速誤差求得之修正量與檢驗射擊求得之修正量相當接近，作業程序如下：1.計算「氣象距離修正量」；2.查算藥溫對初速變化量之影響；3.以陣地初速誤差加上藥溫對初速變化量，得陣地初速變化量；4.計算「陣地初速距離修正量」；5.以「氣象距離修正量」加「初速距離修正量」，求得「距離總修正量」；6.以射擊時之「圖上距離」加「距離總修正量」得修正後距離，後續則可運用射表計算尺推算決定仰度。

求算方法通常可運用氣象修正量計算表或資訊化方式實現，若先前無檢驗射擊成果狀況下，陣地方向修正量及陣地時間修正量則無法估算（圖 6），因此藉由此法求算之修正量，與經檢驗射擊求得之總正量，兩者間必然存在一定之誤差。

---

[9]同註 6

[10]徐坤松，〈如何落實防區氣象作業，提供精準彈道氣象資料具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，陸軍砲訓部，頁 3。

[11]同註 6

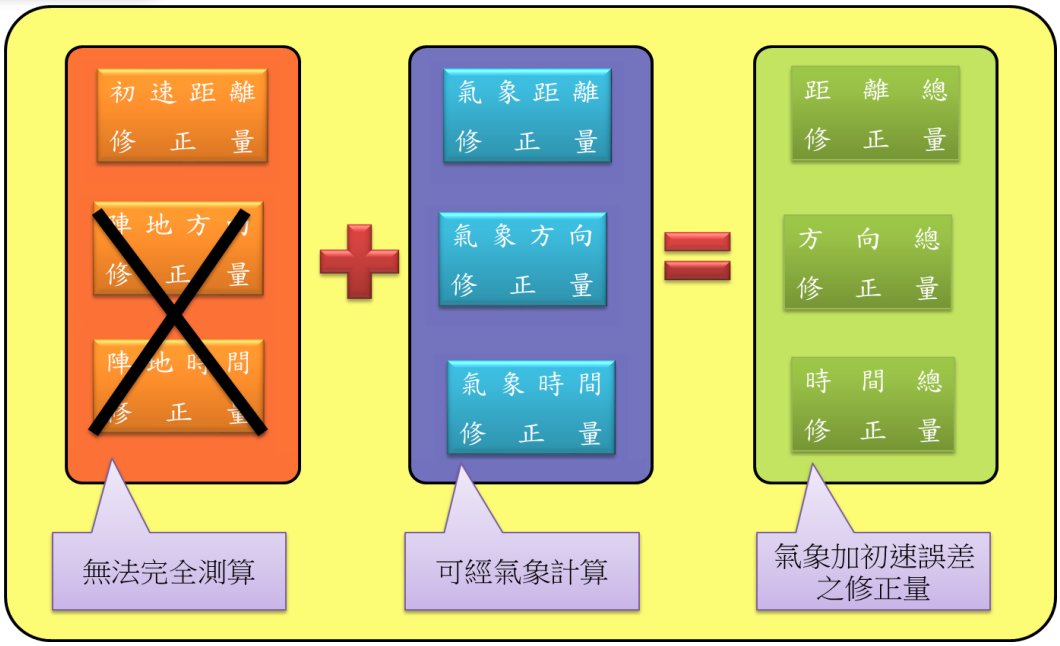


圖 6 氣象加初速誤差運用示意圖

資料來源：筆者繪製

各種修正量求算方法綜合分析比較

舉列「精密檢驗」、「平均彈著點及高炸檢驗」、「AFCS 檢驗」、「氣象加初速誤差」等主要四種修正量求算方法加以分析，可初步區分需實彈射擊與不需實彈射擊等兩種形式（圖 7），並依有效射彈求取、無效射彈判定加以論述分析求得之修正量是否可靠（假定基準砲在陣地中心故不須實施陣地中心修正），氣象加初速誤差之運用則個別分析。

依據美軍砲兵射擊指揮教則 FM6-40 第 10-7 節，當檢驗射擊所使用有效射彈少於建議值（6 發）時，所求得修正量的正確度亦隨之降低，如表 4 所示，以同一火砲、批號彈藥、射擊諸元，發射 6 發射彈的平均彈著點和發射無限多發的平均彈著點相比較，得一結論「公算偏差為抽樣平均散佈誤差值，抽樣樣本數愈多，則其值愈可靠，若射彈散佈誤差母體符合常態隨機特性，在樣本數 n=6，可保證在 10 次的射擊中，有 9 次射彈落於平均散佈誤差範圍內」，以此論點可推斷，隨著發射彈數增加，所求得的平均彈著點也越接近真正的彈著點，故可將此表數據配合下述各種修正量求得有效射彈數量，作為修正量可靠度之依據。

表 4 有效射彈可靠度分析表[12]

NNMBER OF ROUNDS FIRED	1	2	3	4	5	6
WITHIN 1 PROBABLE ERROR	50%	66%	76%	82%	87%	90%
WITHIN 2 PROBABLE ERRORS	82%	94%	98%	99%	99%	99%

資料來源：《TFM6-40 野戰砲兵射擊手冊》，第 10-7 節。

[12]同註 3 第 10-7 節

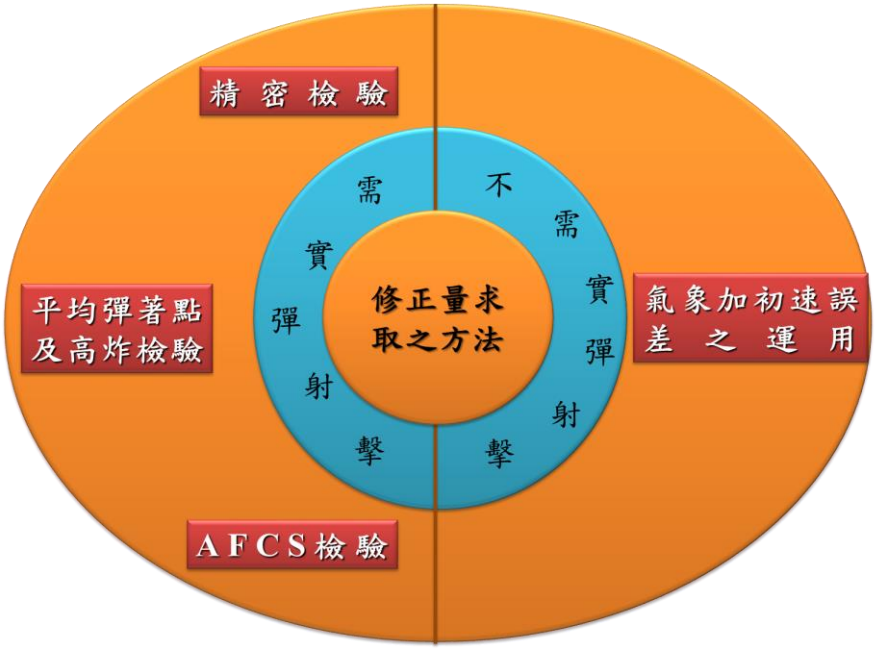


圖 7 修正量求取方法區分圖

資料來源：筆者繪製

一、精密檢驗

（一）有效射彈求取：以瞬發檢驗為例，在一般狀況下，當完成試射求得概定距離，即可進入效力射階段，並力求獲得一個散布差（F）[13]夾差後，以前、後半群方式實施射擊，務求得 6 發有效射彈（能夠獲得正確之距離判定遠、近之射彈）為止，由有效射彈前、後半群射擊仰度求平均值，再依遠近彈數實施仰度變化量計算修正，此微小數值之修正可使產生之修正量不至於偏於遠或近，且作為六發遠近彈數之比例調整亦為合理可行，將使射彈之平均彈著點極接近檢驗點，範例如圖 8、表 5。

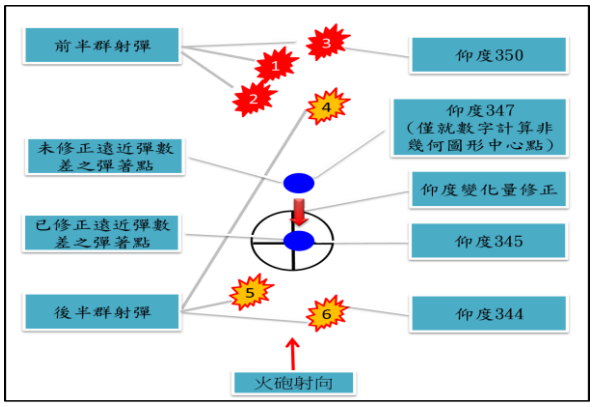


圖 8 仰度變化量修正示意圖

資料來源：筆者繪製

表 5 仰度變化量修正一覽表

區分	FORK 值	12
前半群射彈	遠近彈比	+++
	射擊仰度	350
後半群射彈	遠近彈比	+--
	射擊仰度	344
仰度變化量	$\frac{4-2}{6} \times \frac{F\text{值}}{2} = 2$	
未修正仰度變化量之仰度		347
已修正仰度變化量之仰度		345

資料來源：筆者整理

[13]散布差：將一群射彈之平均彈著點，移動 4 倍距離公算偏差所需之仰度變換量。

而決定方向之求取，能夠於試射及效力射兩階段射擊過程中，依射擊判定表求得正確之方向判定後加以修正，若能達成下列條件始可判定為決定方向：1.命中彈；2.兩密位方向夾差折半；3.同一方向得偏左及偏右之判定結果時以後者方向為決定方向；4.相差一密位得偏左偏右之判定結果時以後者方向為決定方向。解算方法可透過射擊判定表或圖解法予以求算，另對於不同批號檢驗、空炸檢驗方法均與上述做法相同。

（二）無效射彈判定：若獲得之 6 發有效射彈之比為 5 比 1（5 近 1 遠、5 遠 1 近、1 命中彈 5 遠彈或 5 近彈），此時必須考量觀測官是否誤觀測、陣地射擊諸元是否裝定錯誤、射擊指揮所計算或圖解方式誤差，以及不正常炸高及距離散布等可能性，若發現錯誤時應詳加檢查，以驗證檢驗成果是否有效（驗證方法可參考陸軍野戰砲兵射擊指揮訓練教範第三版第 5-40 頁，本研究不重覆論述），否則將導致檢驗無效。

二、平高檢驗

（一）有效射彈求取：所謂有效射彈，在指各觀測所均能獲得正確之觀測結果者，其作法在求得射彈正常散布下的平均值，藉以獲取修正量，射擊發數通常為 7 發，第 1 發作為定向彈使用，可供觀測官檢查與定向用，以便於掌握爾後射彈炸點位置避免錯失觀測時機，另可作為火砲溫膛之用，爾後射彈應配合觀測官射彈標定作業與記錄盡快發射，以獲得 6 發有效射彈為止，若考量作戰射時效必須縮短檢驗時間，應以 4 發有效射彈作為計算決定諸元之基礎。

（二）無效射彈判定：若方向、距離、炸高超過射擊距離相應之 8 倍公算偏差，應視為無效射彈，因此射擊過程中，應判定每發射彈之彈著點是否符合正常射彈散布範圍內，若發現任何不規則射彈，可判定為無效射彈；此外，若兩觀測所（或某一觀測所）未見炸點或已見炸點而未能獲得正確之觀測結果，則不能視為有效射彈，須由射擊組長視當前狀況、彈藥數量決定是否補行發射。

三、AFCS 檢驗

（一）有效射彈求取：在運用「等量、反向、平移修正原理」概念，作為爾後射彈修正要領，應力求次發射彈炸點位置落於另一象限，始能有效讓彈著點接近檢驗基準點，於效力射階段應以獲得三角形之幾何平均彈著點，若能滿足上述條件後始可視為有效射彈。

（二）無效射彈判定：若射彈不規則散布情形嚴重（方向、距離、炸高超過射擊距離相應之 8 倍公算偏差）時，將可能導致 3 發效力射炸點位置未概略形成一三角形，則代表至少有一發射彈之方向或距離散布不在正常範圍內，若堅持使用將影響檢驗修正量，若 3 發射彈位置幾乎呈一連線，則檢驗完全無效。

四、氣象修正量計算加火砲初速誤差

（一）氣象資料取得與檢查：在氣象探空裝備主機於探空作業過程中，即不斷收集探空儀所回傳之氣溫、氣壓及相對溼度，並利用內建砲兵專用軟體程式，加以處理計算，可產生兩秒一筆之原始資料（RAW-data）、軍事電碼（STANG）及 WMO 世界氣象組織規定電碼格式提供應用，[14]國軍砲兵氣象作業組現行之裝備為 RT-20 無線電經緯儀氣象探測系統，探空儀於過程中，由主機持續接收探空儀回傳之資料，待儲存至電碼所需相應高度之資料量後，可將原始氣象資料轉換成電碼資料，以提供相關所需，[15]其中標準對地彈道氣象報告（METB3）為各式火砲（牽引砲、自走砲及多管火箭）氣象修正使用，可藉由電碼方式由射擊指揮所接收，使用時須檢查接獲氣象報告是否正確，各類氣象變化如未成平穩變換之狀態，如風向、風速驟然改變，線號間氣溫、氣密等氣象因子有劇烈變化或同時增減等現象則應視為不正常狀況，如誤用或未向氣象作業組加以確認將導致錯誤之氣象修正量計算成果。

（二）火砲初速誤差求算效益分析：藉由原級校正可求取火砲初速誤差，其目的及效用如下：1.作為火砲重新分配依據，以修正各砲初速，產生最有效之炸點分布；2.作為新陣地計算氣象加初速誤差修正量之依據；3.鑑定爾後陣地初速誤差（依檢驗射擊結果及當時之氣象報告計算者）是否有效。[16]現行實施之方法可區分「平均彈著點法絕對原級」、「平均彈著點法比較原級」、「初速鑑定儀法絕對原級」等三種，效益分析比較如表 6。

（三）運用分析：氣象加初速誤差修正量運用分析如表 7。

五、綜合分析比較

於射彈正常散布狀況下，各種修正量運用依空間限制、時間限制、彈藥消耗及其他限制因素，綜合分析其利弊因子，綜合分析表如表 8。

表 6 原級校正效益分析表

區分	平均彈著點法		初速鑑定儀法絕對原級
	比較原級	絕對原級	
射擊單位	全營	軍團砲指部	排（連）
射擊火砲	全營	各營 1~3 門	各單砲
射擊法	翼次射	逐砲迅速連續發射	逐砲連續發射
鑑定標準	以營內射擊能力最強之火砲為準	射表所載列各號裝藥標準初速為準	射表所載列各號裝藥標準初速為準

[14] 陳天祐，〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，頁 4。
[15] 《RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 90 年 11 月），頁 4-41。
[16] 同註 6

氣象限制	含有氣象因素	不含氣象因素（須扣除氣象因素）	不含氣象影響
所獲成果	決定初速誤差（VE）	絕對初速誤差（VE）	初速變化量（MVV）
用途	上述效益第一點	上述效益均可達成	上述效益均可達成
優劣比較	較差	次優	較優

資料來源：《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》頁 6-2

表 7　氣象加初速誤差修正量運用分析表

區分		距離總修正量	方向總修正量	時間總修正量
氣象諸因素	氣溫	V	V	V
	氣密	V	V	V
	彈重	V	V	V
	作用風	V	V	V
	彈重	V	V	V
	偏流＊		V	
	地球自轉＊	V	V	
陣地諸因素	初速誤差	V		V
	藥溫變化	V		
	不同批號彈體差異	X	X	
	不同批號信管差異	X	X	X
	無法測算諸因素（陣地射擊設備、測地誤差、計算誤差等因素＊）	X	X	X

V 表示能計算求得，X 表示無法計算，斜線部分表示無直接影響；為方便計算，部分因素納入氣象及陣地分別求算，以＊表示。

資料來源：筆者整理

表 8　修正量運用分析一覽表

<table>
<tr><td colspan="2">區分</td><td>精密檢驗</td><td>平高檢驗</td><td>AFCS 檢驗</td><td>氣象加
初速誤差</td></tr>
<tr><td colspan="2">空間限制</td><td>須獨立明顯
目標物</td><td>無須獨立明顯
目標物</td><td>須獨立明顯
目標物</td><td>無</td></tr>
<tr><td colspan="2">時間限制</td><td>耗時 /
白天實施</td><td>省時 /
不受夜暗影響</td><td>省時 /
白天實施</td><td>計算所需時間
不受天候影響</td></tr>
<tr><td colspan="2">消耗彈藥</td><td>較多</td><td>少</td><td>較少</td><td>無</td></tr>
<tr><td rowspan="3">其他限制因素</td><td>使用
雷觀機</td><td>非必須使用</td><td>必須使用</td><td>必須使用</td><td rowspan="3">必須有精確之火砲初速數據及有效之氣象報告計算。</td></tr>
<tr><td>測地成果</td><td>不受其限制</td><td>受限</td><td>受限</td></tr>
<tr><td>所需觀測
所數量</td><td>單一觀測所
即可實施</td><td>需開設雙觀測所以提高計算精度</td><td>單一觀測所
即可實施</td></tr>
<tr><td colspan="2">適用範圍</td><td>瞬發檢驗
空炸檢驗
不同批號檢驗</td><td>瞬發檢驗
空炸檢驗
不同批號檢驗</td><td>瞬發檢驗
不同批號檢驗</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">求得之修正量</td><td>距離</td><td>V</td><td>V</td><td>V</td><td>V</td></tr>
<tr><td>方向</td><td>V</td><td>V</td><td>V</td><td>V（僅氣象）</td></tr>
<tr><td>時間</td><td>V</td><td>V</td><td>X</td><td>V（僅氣象）</td></tr>
</table>

資料來源：筆者整理

砲兵部隊現行各演訓修正量運用現況檢討

一、實彈射擊場域時機有限

現行砲兵部隊實彈射擊，因受限於實彈射擊場地、基地演訓流路時機等因素，進而限縮各級砲兵部隊於實彈射擊時對修正量運用之熟捻程度，以現今各類演訓狀況而言，基於實彈射擊安全考量狀況下，均以常態性派遣教官方式，以檢查火砲各類射擊設備穩固、射擊指揮流程、修正量運用是否正確，雖能保障實彈射擊安全，但未充分運用檢驗修正量及氣象加初速誤差之值，各砲兵部隊專業職能須精進。

二、加強運用射擊時機求得火砲初速及修正量

現今砲兵測考中心在安全考量下必須使用測考中心建制火砲（M2A1 105 公厘牽引式榴彈砲）實施射擊，進訓單位建制火砲僅參與移防任務，故將錯失單位火砲實施原級校正獲得火砲初速數據之時機；另於年度各作戰區聯合反登陸作戰中，雖操演單位建制火砲均參與射擊，然受限射擊時序之故，通常無法實施檢驗射擊，且未能依準則規範方法實施原級校正，以砲兵部隊而言，僅能達

到射擊指揮聯合操作、火砲保養射擊之效益，對於修正量求算與運用、火砲初速數據蒐整無顯著作為。

又以砲兵部隊測考中心而言，其原級校正實施之方法仍存在部分錯誤，以實施平均彈著點法絕對原級，各砲應扣除同一氣象因素影響，方能有效求取火砲初速誤差，然受射場時間管制、陣地道路安全管制、射擊諸元檢查等因素，致使整體射擊相當耗時（須達 3-4 小時），氣象之有效時間雖以 4 小時為有效時間，各類氣象因子必然發生變化，各砲所受氣象影響相對發生變化，故以先前求得之氣象資料計算稍晚射擊之火砲絕對初速誤差，必然包含不正確之氣象誤差，將導致計算成果錯誤；此外將原級方向修正量納入原級校正成果之一部，實屬錯誤認知，火砲射擊時產生之方向偏差，其誤差包括膛內、外對方向影響之諸因素總和如表 1 及表 2，其中以陣地射擊設備影響最為劇烈，若爾後變換陣地，各砲因陣地幅員、土質對完成之射擊設備狀況皆不同，故無法作為一比較基準，倘若觀測人員不正確之觀彈諸元及觀測裝備產生之觀彈誤差也納入圖解及計算，將產生更嚴重之誤差，故透過原級校正求取方向修正量予以運用之方法應屬錯誤認知。

三、強化確實執行檢驗射擊驗證射擊精準度

各作戰區砲兵部隊年度雖有實彈射擊時機，然在各類武器裝備射擊之時間管制、場域受限或其他民事訴求等因素，砲兵部隊可用之射擊時間受到相當程度之限制，常導致無法實施檢驗射擊，又因射擊目標區為海上，無射擊基準點可供選擇，在射擊指揮作業上，以實施平均彈著點檢驗及氣象加初速誤差等兩種方法求取修正量較為適宜，在無法實施檢驗射擊情況下，僅能驗證砲彈能否落達目標區，而未驗證火砲射擊精準度、修正量運用是否有效。

精進作為

一、遵循準則規範，強化基本職能

砲兵各級幹部應藉由駐地訓練、基地演訓等時機，落實本職學能訓練，於實彈射擊中驗證訓練成效，方能在戰時有效發揮砲兵火力支援效能，且射擊指揮各項作業流程，應符合準則條文規範，依現有各項條件，適切決定修正量求取方法，以不經試射效力射對敵之有生力量、射擊目標（區）給予制壓、破壞、阻止、擾亂之效果，相對提升砲兵部隊存活最大公約數，以綿延不絕之炙盛火力支援第一線作戰部隊。

二、落實執行原級校正，獲得精確火砲初速數據

各砲兵部隊應藉由年度實彈射擊時機，落實執行原級校正射擊以求得火砲初速數據，作為爾後氣象加初速誤差求取修正量之重要資料，以克服不許實施

檢驗射擊之窘境，亦能獲得有效修正量予以應用，若因射擊場域、時間限制，導致可用之射擊時間受限，無法實施原級校正，藉由火砲初速測算雷達獲取火砲初速變化量，但目前國軍各級砲兵均無配置火砲初速雷達，因此建議各砲兵部隊需配賦初速雷達以肆應戰備所需。

三、落實檢驗射擊方法，驗證射擊精準度

由年度基地及聯合反登陸作戰實彈射擊時機，積極爭取檢驗射擊時間，視當前射擊目標區、可用彈藥及上級指揮官企圖，選擇正確之檢驗射擊方法，另以每次檢驗射擊所獲得之最新修正量配合氣象資料，以鑑定初速誤差是否有效，此外，應要求觀測官標定每一發射彈之觀彈諸元，於訓後圖解彈著位置，以驗證修正量是否有效，將實彈射擊訓練效益提升至最大化。

結語

砲兵火力運用，主在迅速提供地面作戰部隊快速、精確之火力支援，欲滿足此一作戰需求，則必須仰賴正確修正量運用，若戰況不許實施檢驗射擊，應運用氣象修正量及火砲正確之初速誤差求取修正量，在經濟、節約彈藥之效能下提供第一線作戰部隊快速、精確之火力支援，達成作戰目的，尤以各級砲兵部隊射擊指揮組成員，應視當前狀況，以最為有效之方式求取修正量加以運用，確保火力支援任務順利達成。

參考資料

一、《野戰砲兵射擊手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 71 年 4 月 30 日）。

二、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日）。

三、李尚儒，〈火砲初速影響精準射擊之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 142 期，陸軍砲訓部，民國 93 年 9 月 30 日。

四、《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）。

五、徐坤松〈如何落實防區氣象作業，提供精準彈道氣象資料具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，民國 98 年 6 月 30 日。

六、陳天祐〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，民國 101 年 6 月 30 日。

七、《RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 90 年 11 月）。

作者簡介

李柚科上尉，陸軍官校 102 年班，歷任觀測官、副連長、連長、訓練官等職務，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

淺談落山風對砲兵演訓影響

作者：顏嘉彣

提要

一、恆春半島地區每年 10 月至翌年 3、4 月間，常有狂風吹襲，持續時間 2 小時至 3 小時，亦曾發生持續長達 10 天至 15 天。地面風速最大風速都可超過 20－35m/s，由於是風從東面越山向西而來，就像是風由山頂傾倒而下，俗稱「落山風」。

二、筆者藉由蒐集各學者專家氣象資料文獻及各項氣象系統參考表等相關資料，來探討恆春半島地區落山風對演訓射擊的影響，找出相關限制影響的氣象因素，以利各項任務遂行及射擊安全管制作為。

三、精準射擊的五大條件：精確的目標位置、精確的氣象諸元、精確的陣地位置、精確的火砲及彈藥與精確的計算程序等，其中氣象探測作業乃為求得彈道氣象資料，提供射擊指揮所實施氣象修正作業，以減少大氣對射彈之影響，提高射擊精度。[1]

關鍵詞：恆春地區、落山風、氣象自動探測系統、探空儀

前言

每年 10 月至翌年 3、4 月間，位於臺灣南端的恆春半島西海岸一帶，地理位置為恆春、白沙及枋山一帶地區，有強盛且頻繁的地方風，當地人稱為落山風[2]（圖 1 ）。落山風屬於間歇性，時強時弱。強陣風有時如曇花一現，1、2 小時後即消失無蹤，有時可持續數天而其強度無明顯減落，甚至有持續半個月。陣風風速有時緩慢增強，有時在 1、2 小時內就可由靜風狀態增強到超過 20－35m/s[3]，相當於中度颱風下限每秒 33 公尺。風向則都是來自東北、北北東，而從無因吹西風或南風造成落山風發生的情形。關於落山風的形成主要中央山脈至少 3000 公尺以上山脈，從中部向南部逐漸下降，到達大武地區降至 400 公尺。恆春半島位於中央山脈末端，強烈東北季風由臺灣的東北方向侵入，但垂直厚度僅約 1,500 公尺，這樣的東北季風層無法穿越過中央山脈，因此往往沿著中央山脈東側向南吹襲。當東北季風吹到大武以南時，因中央山脈的南端高度僅剩約 400 公尺以下，東北季風便很容易翻山越嶺，而形成強大的下沉氣流，此即為恆春地區落山風之形成主因。[4]

---

[1] 《TTPS for M109A6 Operations（FM3－09.70）》（US： Department of Army, August 2000），p53。
[2] 風系 http：//terms.naer.edu.tw/detail/1318172/，查詢日期：2019/12/18。
[3] 風速表示 KT（複數型式 KTS）是 KNOT 縮寫 KNOT 是"節"是航海用的單位，1 節 0.51444m/s。
[4] 蔡健耀、黃聖雯，〈冬季期間恆春落山風對演訓之影響〉《空軍季刊》（臺北），第 235 期，民國 107 年 6 月，頁 23。

天氣因素影響軍事行動與射擊武器的使用，故瞭解氣象作業、重視氣象影響射彈因素，進而掌握氣象因素，提前預測天氣（候）狀況，以開創有利態勢，克敵制勝。現今氣象探測作業方式多元化（如氣象雷達、氣象衛星、載具下投探空儀式、都普勒雷達），氣象資料需具精確性、即時性、數位化，筆者希藉研究各式氣象自動探測系統，為國軍砲兵氣象探測略盡棉簿。

恆春半島地形環境與落山風特徵

一、地形環境

恆春半島位於臺灣的南端，南臨巴士海峽，東部面對太平洋，而西岸則與臺灣海峽相鄰，北部相鄰連接中央山脈，在恆春半島上的山岳包含茎佛山（海拔 674 公尺）、三台山（海拔 630 公尺）、四林格山（海拔 592 公尺）、牡丹山（海拔 566 公尺）、萬里得山（海拔 526 公尺）、竹坑山（海拔 518 公尺）、高士佛山（海拔 514 公尺）、虎頭山（海拔 441 公尺）、五重溪山（海拔 391 公尺）、九棚山（海拔 352 公尺）、大山母山（海拔 325 公尺）、海口山（海拔 328 公尺）、赤牛嶺（海拔 283 公尺）、保力山（海拔 147 公尺）等，[5]到了臺灣南部則越往南山脈高度越矮，不過要過了高雄、屏東的緯度後，山脈的高度才會降至低於 1,500 公尺以下，對高度僅 1.5 公里的秋、冬季東北季風而言，在高雄的緯度以北氣流因山脈過高無法越過中央山脈，大約到了大武以南，順著風向所經之地，平均約 400 公尺的山岳，才能輕易地越過。[6]

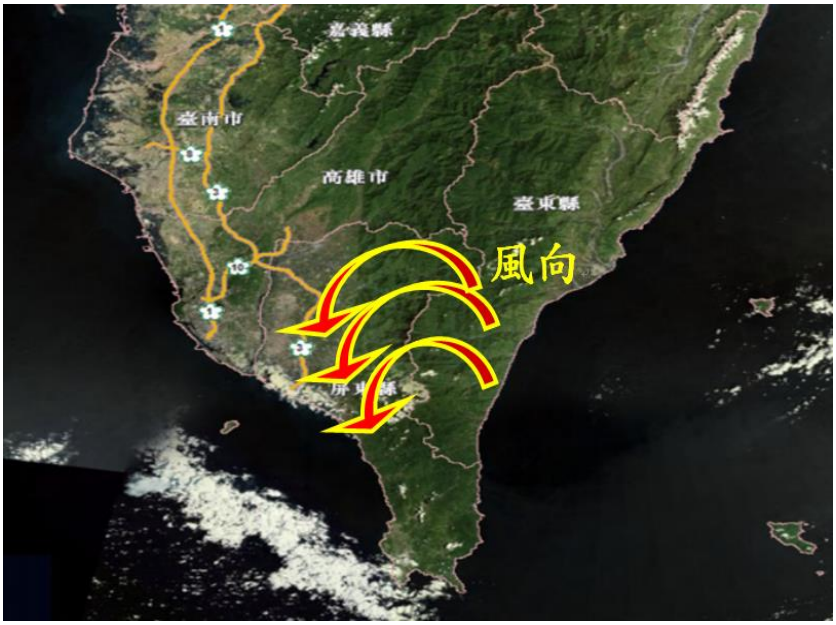


圖 1 恆春半島地理形勢，標示區為落山風盛行處
資料來源：作者繪製

[5]屏東地區主要山岳一欄表，http：//m.xuite.tw，查詢日期：2019/12/18。
[6]洪秀雄、胡仲英，〈恆春落山風之分析研究；恆春落山風的分析與機制探討〉《大氣科學》，1990 年，頁 171 － 191 。

二、落山風特徵

地表的風可分為地方風系（local wind system）及全球風系（global wind systemm）兩大類。地方風系多由於陸地、或陸地和水體加熱不均所造成的地方性的現象。例如山風（mountain wind）和谷風（valley wind）、陸風（land breeze）和海風（sea breeze）、流泄風（drainage wind）等。流泄風又名下坡風（katabatic wind），這種風在各地有不同名稱，其中以南歐亞得里亞海北岸之布拉風（bora）最著名，布拉風的風速曾有 36m/s、陣風達到 60m/s 之紀錄者；在台灣南部稱焚風為火燒風，也有人稱其為落山風。[7]俗稱的落山風屬於下坡風（Katabatic wind）的一種，學者將下坡風又分為冷屬性者為「瀑風」（Fall wind） 如布拉格風或重力風與暖屬性者為「焚風」（Foehn）兩種，[8]這兩者最大差別是個有相反的溫度效應，其中焚風被稱為暖下坡風，而布拉格風又稱為冷下坡風，兩者差異性（表 1）所示。恆春落山風吹風後當地氣溫略微上升，類似焚風。但其盛行季節卻是冷季，主要氣團為大陸性冷氣團，又類似布拉格風。由於山地的存在，當氣流越過它時，必然再向風坡被強迫抬升，而在背風坡上又會產生沿著山坡下降的風。這種純粹的地形強迫作用，稱為地形的機械作用，[9]當綠島探測低層風 1000－4000 呎空層之風速達≧12m\s，則恆春機場將會出現≧12m\s 之強落山風。[10]

表 1 焚風與布拉格風差異圖

下坡風種類 特點氣象條件	焚風	布拉格風
氣溫	上升	下降
濕度	下降	下降
盛行季節	暖季	冷季
主要氣團	赤道、熱帶或副熱帶的海洋性氣團	極地、寒帶或雅寒帶大陸性氣團
有關低壓	暖和季節時南方成分強的地區	寒冷季節時北方成分強的地區
發達區	夏季季風/低緯度區	冬季季風/高緯度區
目前已知界線	最高緯度/北半球未知/南半球 77°30	最高緯度/北半球 15°/南半球 23°
背風坡強風區的風速日變化	白天幾乎都很強	白天強，夜間偶爾也有很強
迎風坡的降水	有	無

資料來源：1.胡金印，〈恆春地區農作物空間對落山風之調適〉《師大地理研究報告》，2001 年，頁 32。[11]2. http：//terms.naer.edu.tw/detail/1318172/

[7]同註 2，查詢日期：2019/12/18。
[8]中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw，查詢日期：2019/12/18
[9]同註 3，頁 24。
[10]李巨祥、葉斯隆，〈冬季恆春機場風場特徵分析〉《氣象與航空安全研討會論集》，2004 年4 月14 日－15 日，民航局國際會議廳，80 頁－83 頁。
[11]胡金印，〈恆春地區農作物空間對落山風之調適〉《師大地理研究報告》，，2001 年， 頁 32。

三、蒲福風級簡介

蒲福風級是由愛爾蘭出生的英國海軍少將，同時也是海道測量員及探險家法蘭西斯・蒲福，於 1805 年所發明風速級數，當時並沒有實際訂定風速標準數值，乃是蒲福依據風力對船艦的風帆使用狀況，共 0－13 級，共 14 個級數；1983 年英國海軍宣布所有海軍船隻在航海日誌中使用蒲福風級來記錄風力，修改 0－12 級，共 13 個級數，於 1946 年國際氣象組織（WMO）決議，將蒲福風級增加第 13－17 級，共設 18 個級風。[12]

表 2 蒲福風級表

中央氣象局蒲福風級表				
蒲福風級	風之稱謂	陸地上情形一 般敘述	風速每秒公尺 m/s	風速每時浬 KM/H
0	無風	煙直上	不足 0.3	不足 1
1	軟風	僅煙能表示風向，但不能轉動風標。	0.3－1.5	1－3
2	輕風	人面感覺有風，樹葉搖動，普通之風標轉動。	1.6－3.3	4－7
3	微風	樹葉及小枝搖動不息，旌旗飄展。	3.4－5.4	8－12
4	和風	塵土及碎紙被風吹揚，樹之分枝搖動	5.5－7.9	13－16
5	清風	有葉之小樹開始搖擺	8.0－10.7	17－21
6	強風	樹之木枝搖動，電線發出呼嘯聲，張傘困難。	10.8－13.8	22－27
7	疾風	樹搖動，逆風行走感困難。	13.9－17.1	28－33
8	大風	小樹枝被吹折，步行不能前進。	17.2－20.7	34－40
9	烈風	建築物有損壞，煙囪被吹倒。	20.8－24.4	41－47
10	狂風	樹被風拔起，建築物有相當破壞。	24.5－28.4	48－55
11	暴風	極少見，如出現必有重大災害。	28.5－32.6	56－63
12	颶風	陸上極少見，如出現必有重大災害。	32.7－36.9	64－71
13	－	－	37.0－41.4	72－80
14	－	－	41.5－46.1	81－89
15	－	－	46.2－50.9	90－99
16	－	－	51.0－56.0	100－108
17	－	－	56.1－51.2	109－118

資料來源：中央氣象局－蒲福風級表 www.public.wmo.int

各式氣象裝備介紹與現況

一、國軍氣象裝備概述

國軍氣象裝備，依作業特性可區分為陸軍砲兵「RT－20(A)無線電經緯儀」、空軍氣象聯隊「雷射式剖風儀」，本研究以「RT－20（A）無線電經緯儀、雷射式剖風儀、各式氣象系統」為主要探討，藉由分析、比較各氣象探測系統之特

[12]中央氣象局－蒲福風級表 www.public.wmo.int 查詢日期：2019/12/18

性，作為後續砲兵氣象裝備參考依據。

（一）陸軍砲兵氣象探測系統

1.RT－20（A）無線電經緯儀：目前陸軍砲兵所使用之裝備為 RT－20 無線電經緯儀氣象探測系統，該系統為芬蘭費沙納（Vaisala）公司所生產之可攜式無線電經緯儀氣象探測系統，可精確測得相對濕度、溫度、氣壓、風向及風速等資料，並透過氣球掛載探空儀回傳探測之氣象數據， RT－20（A）無線電經緯儀天線是一種干涉儀天線以由 MW－12（M）主機軟體程式自動處理計算（圖 2 氣象探測系統開設示意圖），可產生兩秒一筆之原始氣象資料（RAW－data）、軍事電碼（STANG），該氣象資料依據 WMO 世界氣象組織規定電碼格式可同時提供多種氣象電碼使用。[13]

2.MW－32 系列氣象探測系統：砲兵部隊為提升砲兵彈道氣象自動探測作業能量，砲訓部於民國 101 年向芬蘭「費沙納」（Vaisala）公司採購 Sounding System MW－32 砲兵彈道氣象自動探測系統（圖 3），為求得砲兵及火箭精確之彈道氣象資料，能提供高空大氣之風、氣壓、溫度及相對濕度，資料亦可輸入至數值天氣模式，提供更新氣象觀測資料，提升預報精確度。[14]

圖 2 RT－20 無線電經緯儀架設示意圖
資料來源：轉引自砲兵季刊 174 期封面

[13] 《RT－20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 90 年 11 月），頁 4－41。
[14] 翰昇環境科技股份有限公司，《氣象探測系統教育訓練教材》（臺北：翰昇環境科技股份有限公司，民國 101 年 8 月），頁 23。

圖 3 MW－32 砲兵彈道氣象自動探測系統
資料來源：轉引自砲訓部《氣象探測系統教育訓練教材》

（二）空軍雷射式剖風儀氣象系統

空軍氣象聯隊所建置之雷射式剖風儀是法商 Leosphere 製造 WINDCUBE 100S 型機，其觀測原理是以該光學儀器向大氣中之粒子發射一脈衝波，並接收其所發散信號，轉換為電子信號後，傳送至電腦，再經過信號處理方程反演，獲得該信號的都卜勒偏移量，進而計算出光束路徑上之徑向風場，而光脈衝波傳送到目標物的來回時間，則用來演算至目標物的距離；主要用於垂直風場反演，藉由儀器求得徑向風場資訊後，運用用演算法反演出垂直向的風場資訊。[15]

圖 4 機動式 WINDCUBE 100S 載具外型圖
資料來源：吳啟雄、李昌運、林裕豐，雷射式剖風儀觀測策略與運用〉，空軍氣象聯隊氣象中心，1－2 頁。

[15]吳啟雄、李昌運、林裕豐，雷射式剖風儀觀測策略與運用〉，空軍氣象聯隊氣象中心，1－2 頁。

圖 5 WINDCUBE 100S 型機外型圖

資料來源：吳啟雄、李昌運、林裕豐，雷射式剖風儀觀測策略與運用〉，空軍氣象聯隊氣象中心，1－2 頁。

二、各式氣象探測裝備概述

針對國軍現行砲兵氣象作業方式的限制，筆者就近年商規新式氣象觀測方式為切入點，研擬可能因應作為、採用的觀測方式與儀器綜合介紹，盼能提供往後砲兵氣象發展之參考。未來期能藉由對這些科技發展的了解，設計出更適合國軍砲兵氣象作業的裝備和操作程序，各式氣象系統簡介如次。

（一）GPS 探空儀：如前述，GPS 探空儀即在探空儀上搭載 GPS 接收器（圖 6），在升空過程中藉著 GPS 全球衛星定位系統到本身精確的位置資訊，藉以反推各高度層的水平風向量。GPS 探空儀相較於傳統探空儀的好處是水平風觀測的精度高，尤其是在離無線電經緯儀架設地點較遠的高空上，而且施放的步驟較簡便，不用架設龐大的無線電經緯儀。惟 GPS 受美國管理與控制，戰時不能保證可用，此觀測方式僅能作輔助用。

（二）固定高度探空儀：相較於施放後就任其上升不回收的傳統探空儀，固定高度探空儀即以繩索繫住提供浮力的氣球，使探空儀維持在固定高度，可在此高度進行連續的觀測。由於此時氣球並不是隨風自由運動，固定高度探空儀的風向、風速的觀測並不是由氣球軌跡計算，而是像地面氣象觀測站一樣以風標和風速計量測。本觀測方式目前已有 Tethersonde 等產品問世，[16]其最重要的優點就是獲得的觀測資料是連續的，在指定地點架設完成後就可提供即時的氣象資料供彈道計算使用。但要在一個新的地點架設此儀器仍需大約 1 至 2 小時的時間，和現行無線電探空儀的作業時間相仿。其缺點為一具固定高度探空儀僅能測得一個空層的資料，要得到連續空層的資料需要設置多具固定高度探空

[16]Vaisala DigiCORA Tethersonde Presentation_CHT（2010.08.25）

儀，維薩拉公司的 TTW111 絞車是 TT12 DigiCORA 繫繩探空儀系統的組成部分，而且以一般繩索適合放至 3000 公尺的不同高度，最多固定 6 個繩索探空儀，無法如傳統探空儀獲得地面至 10 公里以上的完整探空資料。另外，Tethersonde 上電力的供應會限制其觀測時間長度，電力用罄後即須收回更換電池。再者，在戰場上架設長時間固定位置的氣球亦有暴露我軍行蹤的隱憂。

（三）剖風儀（wind profiler）：為另一種可以進行大氣垂直剖面觀測的儀器，其觀測原理是透過對空發射聲波，接收水氣造成的回聲資訊來分析各空層的風力分布。剖風儀可測得類似於氣球探空觀測所得的垂直風力剖面資料，且與一般探空觀測相比，其觀測資料在時間上是連續的，可掌握到即時的氣象諸元動態，在快速變化的天氣型態中特別可突顯其價值。現今民間已有不少固定站點持續進行剖風儀觀測，對即時天氣預報的準確率有相當大的貢獻。然而，剖風儀是個相當昂貴、複雜的設備，體積龐大，用電量亦相當高，幾乎不可能設計成車載的裝備，若要為野戰砲兵所運用，其機動性必須加以改良。另外，剖風儀僅能測得垂直風速分布，無法量測氣溫、氣壓、濕度等諸元。[17]

（四）都卜勒氣象雷達（meteorological Doppler rader）：傳統氣象雷達以 C 波段（波長約 4 至 8 公分）或 S 波段（波長約 8 至 15 公分）的微波進行雷達掃描，此波段主要的反射來自於空氣中的液態水滴，因此可量測到大氣中概略的液態水含量分布。而都卜勒氣象雷達除了接收反射波的強度外，更進一步量測反射波的都卜勒效應（Dopplor effect），可以得到空氣中水滴相對於雷達的徑向速度，若同時以不同地點的兩座都卜勒氣象雷達進行「雙都卜勒雷達觀測」，則可決定出各地的水滴水平運動速度，此速度可視為當地的水平風向量「都卜勒氣象雷達同樣是昂貴、體積龐大、用電量高、機動性很差的裝備，但在固定地點設置的雷達觀測範圍可達 200 至 460 公里，裝備不需隨陣地移動即可獲得一定範圍內的觀測資料，在國軍防衛固守作戰策略下，獲取氣象資料的方式之一。此觀測方式的缺點包括只能得到風力資料而無氣溫、氣壓與濕度等資料，且精確度較低；在液態水滴含量相當低的晴空中無法獲得有效的觀測，以及固定雷達站點易為敵軍優先鎖定的攻擊目標，可能會被摧毀。目前國內運作的都卜勒氣象雷達計有中央氣象局、空軍、民航局等單位，國軍或可考慮在射擊前參考這些單位的資料，但這些雷達平時因常態氣象觀測任務需求的關係，有其固定的掃描策略，若要得到適合特定射擊任務的各空層風力資料，將需要暫時調整其掃描策略。[18]

（五）光達（LIght Detection And Ranging，LIDAR）：光達的探測原理與雷達

[17]中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw 查詢日期：2019/12/18
[18]中央氣象局科普教材，https：//www.twtybbs.com，查詢日期：2019/12/18

類似，只是光達是利用可見光波段的雷射光對空探測，接收自身發出雷射光的反射波，依照反射波的時間差和強度來獲得大氣垂直剖面的資訊。由光達的資料可直接準確地定出垂直能見度和雲高，部份種類的光達並可反推出大氣垂直濕度分布。「光達」的機動性尚可，亦有即時觀測的能力。[19]

（六）雲高氣球：雲高氣球為探空儀觀測的簡易版，其上升速度設計為定值，施放時氣球上不攜帶任何儀器，以目視或望遠鏡追蹤氣球動向，藉由測量氣球沒入雲中的時間來估計雲高。此觀測方式簡單易行，成本亦低，當存在低雲幕時可獲得即時的雲高資料，但無法獲得如溫、濕度等其他氣象諸元的垂直剖面資料；第五項光達與第六項雲高氣球僅特別針對能見度與雲高的觀測，惟這兩項氣象要素在防空飛彈實彈射擊時大幅影響目視或紅外線儀器控制導引命中靶標的有效性。

（七）自動化地面氣象站：此項裝備僅特別針對地面觀測，沒有測量高空氣象諸元的能力。所謂自動化地面氣象站其實就是一套地面氣象觀測裝備，與現行探空觀測裝備中的地面氣象儀組的用途相仿。這類儀器的興起，主要是近年來為了推展廣泛設置無人氣象測站，氣象儀器公司（如美國 DAVIS 儀器公司）設計出許多體積小、可攜度高、操作簡便、價格合理的模組化地面觀測儀器，這類儀器皆可連續測得氣溫、氣壓、濕度、風向、風速與降雨量等氣象要素，並可搭配電腦軟體作自動記錄與分析。對於國軍現行野戰砲兵氣象作業來說，添購自動化地面氣象資料測量記錄儀，可作為原先地面氣象儀組的替代品，並對固定地點的氣象資料分析建檔有所幫助，但無法取代原有的探空作業，因為地面觀測僅能反應相當接近地表（數十公尺以內）的大氣狀態，對砲兵射擊之彈道修正計算效用不大，僅能作為輔助觀測裝備。

（八）衛星遙測：隨著科技的進步，各式各樣的人造衛星相繼發射升空，大幅改變了我們的生活，其中也不乏各種的氣象衛星，由太空中進行遙測。衛星遙測能快速、連續地獲得全球各地的氣象資料，是深具發展性的觀測方式。早期衛星科技在氣象方面的運用主要侷限於「地球同步衛星」（geosynchronous orbit satellite）的被動式（passive）紅外線（IR）和可見光（VIS）觀測，也就是大家熟悉的衛星雲圖，能有效幫助科學家分析、判斷各地的氣象狀態，但缺乏氣象要素反推的能力，無法直接由衛星資料獲得各氣象諸元（如氣溫、氣壓、風、濕度等）。近年來眾多低軌道的「繞極軌道衛星」（polar－orbiting satellite）投入氣象觀測，其中更有搭載雷達進行「主動式觀測」（active）的氣象衛星，反推各氣象要素的能力大幅提升，已可獲得包括：海表面風向、風速、垂直雷達

[19] 三菱電機官網，https：//www.ledinside.com.tw/news/20180716－35480.html，查詢日期：2019/12/18

回波剖面、降雨量、垂直溫、濕度剖面與能見度等觀測產品，對大氣科學研究和數值天氣預報的助益相當大。就砲兵彈道修正計算之需求而言，垂直風場、溫度、濕度剖面皆為可參考的資料；另外，各波段的衛星雲圖和垂直雷達回波剖面則有助於雲高的判定。但衛星遙測資料也僅能作為輔助用途，因為遙測資料的精確度較差，可靠性低，「繞極軌道衛星」的時間解析度亦不佳，單一衛星對特定地點要間隔 12 個小時才能觀測一次。再者，絕大部分的氣象衛星亦非國軍所有，戰時也不保證可以取得資料。[20]

圖 6 Vaisala RS92－SGP 無線電探空儀
資料來源：VAISALA，RS92－SGP Technical Presentation_CHT（2010.08.25）

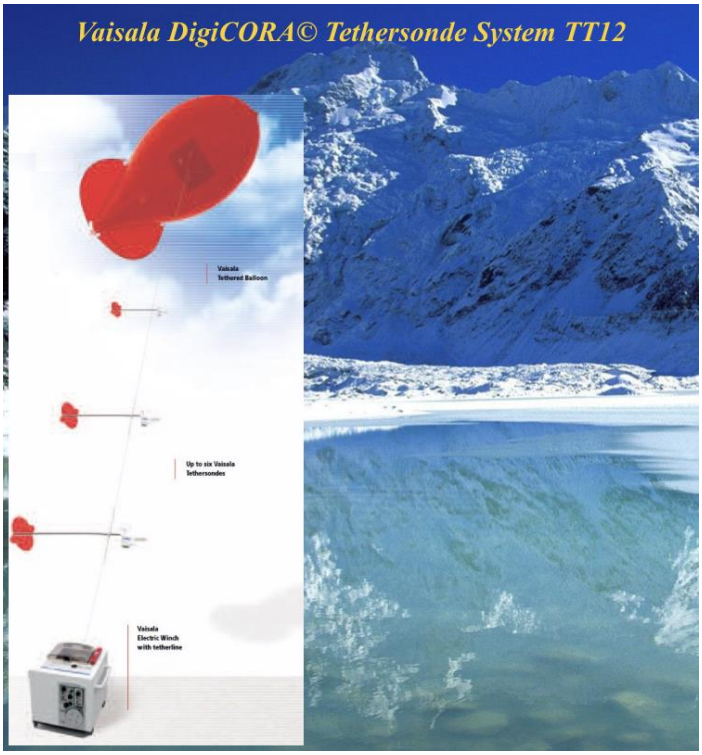
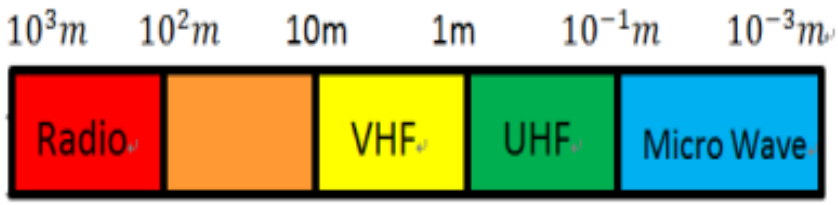


圖 7 Vaisala Tethersonde 系統 TT12
資料來源：VAISALA 官網 2.https：//www3.nd.edu/~dynamics/efd/index.html

[20] https：//www.inside.com.tw/article/16727－Taiwan－Formosat－7，查詢日期：2019/12/18

圖 8 東沙島固定式剖風儀
資料來源： 中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw

表 3 各式氣象雷達之運用波段表



波段（BAND）	波長範圍（CM）	頻率範圍（GHZ）	
K【1CM】	0.7 CM －2.5CM	12－40	30000MHz
X【3CM】	2.5 CM －3.8CM	8－12	10000MHz
C【5CM】	3.8 CM －7.5CM	4－8	6000MHz
S【10CM】	7.5CM －15CM	2－4	3000MHz
L【20CM】	＞15CM	＜2	1500MHz

註：氣象雷達所採用電磁波波段（BAND）則位於 Micro Wave 波段中；通常一班氣象雷達一波長不同可分為下列數種：通常波長較長之氣象雷達偵測範圍較長；電磁波衰減現象較小，仰制功能較差。

資料來源： https：//www.ntsec.edu.tw>chinese>aeromet，認識都卜勒氣象雷達－基本原理與性能－楊健生，查詢日期：2019/12/18

表 4 氣象作業雷達表

編號	雷達站名稱	所屬單位	海拔高度（m）	雷達種類	波長（cm）
1	五分山雷達站	中央氣象局	766	都卜勒雷達	10
2	花蓮雷達站	中央氣象局	63	都卜勒雷達	10
3	七股雷達站	中央氣象局	38	都卜勒雷達	10
4	墾丁雷達站	中央氣象局	42	都卜勒雷達	10
5	桃園中正機場	民用航空局	10	都卜勒雷達	5
6	綠島	空軍氣象聯隊	284	都卜勒雷達	5
7	清泉崗機場	空軍氣象聯隊	203	雙偏極化雷達	5
8	馬公	空軍氣象聯隊	48	雙偏極化雷達	5
註：雙偏極化都卜勒雷達可測得水平風場、垂直風場，降低使用系統電壓瓦數。					

資料來源： 1. https：//www.ntsec.edu.tw>chinese>aeromet 2.〈氣象雷達與應用〉《科學研習月刊》，中央氣象局氣象衛星中心張保亮技正。

圖 9 都卜勒氣象雷達

資料來源： 中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw

圖 10 三菱電機應用光學雷達

資料來源： https：//www.ledinside.com.tw/news/20180716－35480.html

表 5 自動化地面氣象站一欄表

區分 項目	地面氣象儀組	MAWS201 地面氣象站	MAWS201M 地面氣象站
型式			
組件	風向風速儀、溫濕度取樣計及氣壓計，共 3 個組件	整合式地面氣象探測系統	整合式地面氣象探測系統
可獲得之氣象資料	風向、風速、氣溫、氣壓、相對濕度	風向、風速、氣溫、氣壓、相對濕度	風向、風速、氣溫、氣壓、相對濕度、雨量
主機端資料輸入方式	手動鍵入	主機自動擷取	主機自動擷取
搭配主機型式	MW-12 型	MW-12M 型	MW-32 型

資料來源： 陳天祐，〈新型 MW－32 系統與砲兵氣象探測作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 174 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 9 月 30 日。

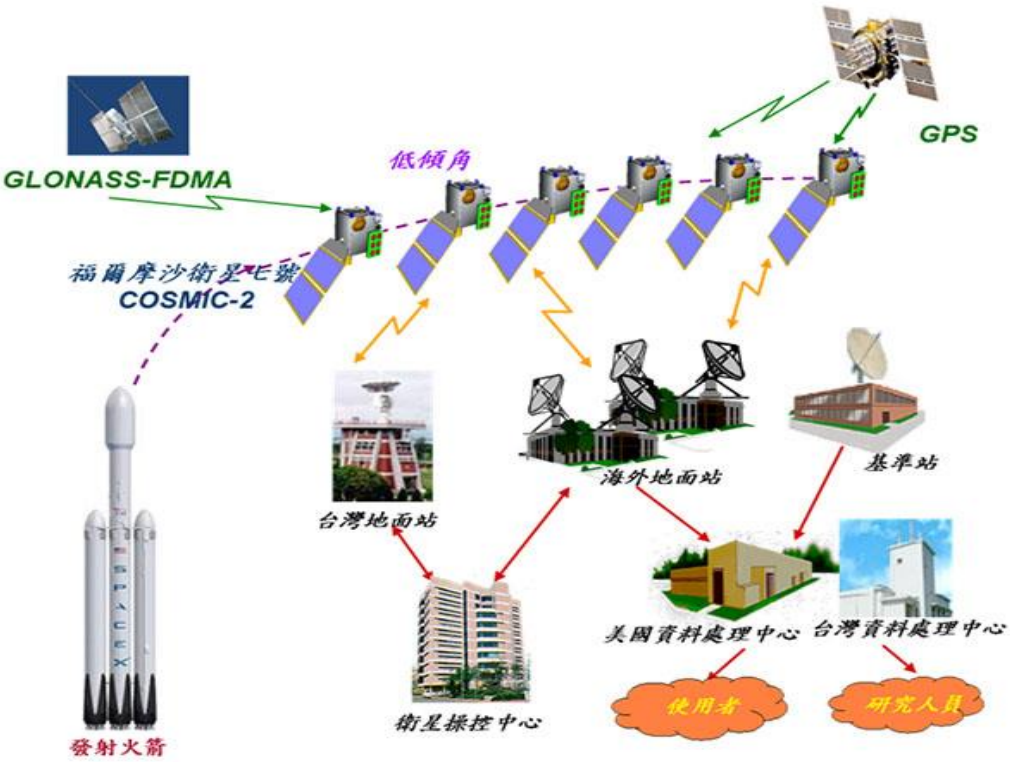


圖 11 全球衛星觀測網

資料來源： 中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw

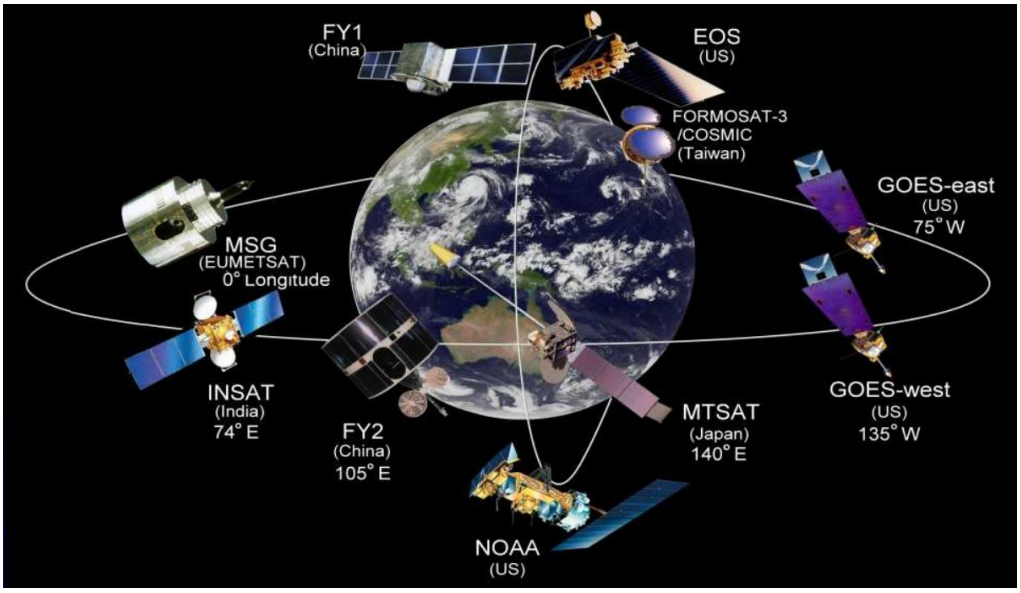


圖 12 福衛七號計畫任務架構

資料來源： 地球同步氣象衛星及位置分布，http：//www.nspo.narl.org.tw/tw2015/projects/FORMOSAT－7/program－description.html

三、各式氣象系統分析比較

砲兵現行使用氣象裝備存在部分限制，惟尚有多種商規氣象裝備與技術可供選擇，除可列入國軍氣象發展參考，特將各種氣象觀測之裝備性能與效益發展，分述如後（表 4）。

表 4 各種觀測方式的優缺點比較

裝備 / 能力		RADIO 探空儀	GPS 探空儀	Tether sonde	機動式剖風儀	都卜勒雷達	光達	雲高氣球	自動化地面氣象儀	衛星遙測
彈道氣象要素觀測能力	氣溫	○	○	○	○低空	×	×	×	○低空	○
	氣壓	○	○	○	○低空	×	×	×	○低空	○
	濕度	○	○	○	○低空	×	○	×	○低空	○
	風	○	○	○	○低空	○	×	×	○低空	○
能見度觀測能力		×	×	×	×	×	○	×	×	×
雲高觀測能力		○	○	×	○	推估	○	○	×	○
垂直剖面觀測能力		○	○	僅低層	○	受限於掃描策略	○	×	×	○
精確度		佳（風較差）	佳	佳	尚可	尚可	佳	佳	佳	佳
即時性		尚可	尚可	佳	極佳	極佳	佳	尚可	極佳	尚可
機動性		佳	佳	尚可	佳	不需機動	尚可	極佳	極佳	不需機動
可靠度		佳	差	佳	尚可	尚可	佳	佳	佳	尚可

資料來源：作者整理

氣象對砲兵影響因素

一、氣象對砲彈彈體飛行中之影響

（一）氣壓：氣壓升高時空氣密集增大，砲彈所受阻力增大，使彈著點偏近；反之氣壓降低時，則可使彈著點偏遠。[21]

（二）氣溫：氣溫增高時，空氣密度減小，空氣對砲彈阻力減小，可使彈著點偏遠；反之，氣溫降低時，彈著點則偏近。

（三）濕度：濕度增高時空氣之密度減小，彈體所受到之空氣阻力減小，彈著點偏遠；反之，濕度降低時，彈著點則偏近。

（四）風：易使彈著點產生偏差。順風時，空氣阻力小易產生遠彈遠彈現象；逆風時，阻力增大，易產生近彈現象。側風亦可使彈著點產生偏離。

（五）密度：如空氣密度增大，且超過標準密度（100%）以上時，其對於砲彈進行中之磨擦力增大，阻礙其前進，砲彈的落點偏近；空氣密度減小，砲

[21]徐坤松，〈如何落實防區氣象作業，提供精準彈道氣象資料具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，陸軍砲訓部，民國 98 年 6 月 30 日，第 3 頁。

彈受到的空氣阻力減小，對地射擊時，砲彈的落點偏遠。

（六）氣溫對藥溫的影響：當氣溫增高時，藥溫隨之增高，發射藥的燃燒速度加快，同一時間內，產生的火藥氣體量亦相應增加；結果，砲膛內壓力加大，使砲彈初速增大；對火箭，則推力加大，使火箭彈速度增大。

（七）氣溫、氣壓：對引信作用時間之影響。

（八）普通引信：主要受氣溫和氣壓的影響。氣溫高時，引信導火藥溫度增高，燃燒速度加快，引信的作用時間亦相應縮短；氣壓高時，引信導火藥亦因而燃燒加速，引信作用時間縮短。

二、落山風氣候對演訓之影響

關於落山風的季節描述，在其盛行時間約每年 5 月到翌年 4 月，且呈間歇性，有時持續 2－3 小時，有時則連續十多天到半個月之久。落山風瞬間風速有時可達 6－7 級，相當於輕度颱風風速，有時甚至超過 10 級風，氣象條件對軍事上直接或間接的影響，如砲兵在軍事行動與射擊武器的使用及重大演訓都習習相關，進而了解氣象作業、重視氣象影響射彈因素，進而掌握氣象因素，提前預測天氣（候）狀況，以利創造有勢，克敵制勝先機，綜合分析如下：以砲兵為例，所運用氣象資料為砲兵彈道氣象所需空層 0－18000 公尺各空層之氣象電碼或原始氣象資料屬於高空氣象探測，以落山風氣候最大陣風可達 6－7 級風速影響巨變，以各式砲兵火箭、飛彈武器都有氣象最大限制條件，當超出這些條件時，所影響風險因子提高，可藉由各式氣象探測系統提升整體作戰效益。

三、空層氣象資料密度之影響

中央大學雷達站擁有全國唯一可以從事大氣與太空環境監測與研究的高頻特高頻大型陣列雷達。中央大學研發長朱延祥表示，[22]一般大氣風場以施放探空氣球為主，資料密度差，對於氣象預測模式產生相當程度的限制，該雷達可量測大氣垂直風場，將直接提供 1~10 分鐘間隔的垂直風場的資料密度，將有效提高氣象預報的精準度，就上述各學者專家論點可知，大氣變化瞬息萬變唯有多種方式獲得精確之氣象資料，方能預報大氣狀況。

提升彈道氣象資料精進之建議

一、與友軍氣象單位合作

空軍機場的地面測報主要包含每小時一次的氣溫、氣壓、風向、風速、濕度、能見度、雲量、雲高、雲幕高、降水量等資料，在特殊天氣發生時還會有額外增加的觀測；而固定進行氣球探空觀測的探空站包括屏東、綠島、馬公和東沙等，每天進行兩次例行性的探空觀測。另外，清泉崗機場、綠島、馬公等

[22] 全台唯一特高頻雷達量測大氣垂直風場可提高天氣預測準確率，http：//140.115.197.63/news/headlines_content.php?H_ID=208，查詢日期：2019/12/18

氣象雷達站的雷達回波資料可輔助判斷天氣系統變化和雲高。

二、加強人員訓練

現行陸軍砲兵氣象單位的人員訓練以探空裝備的操作和保養為主，目的在於使氣象人員熟悉探空作業流程，能配合任務需求快速獲得指定地點的彈道氣象資料，提供彈道修正使用；但氣象影響軍事行動的層面不只如此，能見度、雲量、雲高會影響目視和儀器觀測，天氣的好壞更大幅影響各單位的作業、兵力的佈署，進而影響到戰術的執行。

因此氣象人員的訓練可考慮加強一般氣象學科的部分，使氣象人員具備基礎大氣科學素養，能對當時的氣象型態做出正確的判斷，並預想短時間內天氣變化趨勢；如此氣象組在供應彈道氣象資料的同時便能提供更多有用的氣象資訊，而提供各級指揮官的戰術作為及戰略部署，有相當重要的影響及參考價值。

三、建置多功能氣象探測系統

國軍作戰環境屬於環海海島型地形，所面臨的氣象狀況會無時無刻的改變，唯有將氣象系統的密度增加，才能有效掌握各地區之天氣狀況，平時可運用於災防整備掌握時機，戰時可提升砲兵部隊精準打擊；就上述各種觀測方式的優缺點比較（表 4），建議國軍砲兵應以「科技現代化」為目標，將現有裝備基礎持續精進與提升：（一）增購機動式剖風儀自動探測系統以提升垂直風場氣象預判；（二）建議採購新式 GPS 探空儀類型，大幅提升砲兵彈道氣象自動探測精確度，提升砲兵射擊效果。

結語

藉由本研究可知恆春半島地區，於每年 10 月至翌年 3 月之間，對地面部隊執行山隘行軍、火砲射擊、飛彈射擊等訓練時，當面對強落山風吹襲，也可能造成射擊脫靶及人員裝備損傷等情形發生，就砲兵演訓作戰，如處在惡劣天氣狀況下，能提供作戰指揮官下達精準決心要素之一為氣象，故氣象作業人員須充實氣象專業知識與新知，提升彈道氣象探測能力與效益，進而發揮砲兵最大效能。

參考文獻

一、《FM3－09.70 TTPs for M109A6 Operations》（US：Department of Army, August 2000）。
二、蔡健耀、黃聖雯，〈冬季期間恆春落山風對演訓之影響〉《空軍季刊》，第 235 期，國防部空軍司令部，民國 107 年 6 月。
三、屏東地區主要山岳一欄表，http：//m.xuite.tw，查詢日期：2019/12/18。
四、洪秀雄、胡仲英，〈恆春落山風之分析研究；恆春落山風的分析與機制探討〉《大氣科學》，1990 年。

五、風系，http：//terms.naer.edu.tw/detail/1318172/，查詢日期：2019/12/18。
六、中央氣象局，http：//www.cwb.gov.tw，查詢日期：2019/12/18。
七、李巨祥、葉斯隆，〈冬季恆春機場風場特徵分析〉《氣象與航空安全研討會論集》，2004 年 4 月 14 日－15 日，民航局國際會議廳。
八、胡金印，〈恆春地區農作物空間對落山風之調適〉《師大地理研究報告》，2001 年。
九、中央氣象局－蒲福風級表 www.public.wmo.int，查詢日期：2019/12/18
十、《RT－20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 90 年 11 月）。
十一、翰昇環境科技股份有限公司，《氣象探測系統教育訓練教材》（臺北：翰昇環境科技股份有限公司，民國 101 年 8 月）。
十二、吳啟雄、李昌運、林裕豐，〈雷射式剖風儀觀測策略與運用〉，空軍氣象聯隊氣象中心。
十三、Vaisala DigiCORA Tethersonde Presentation_CHT（2010.08.25）
十四、中央氣象局科普教材，https：//www.twtybbs.com，查詢日期：2019/12/18
十五、三菱電機官網，https：//www.ledinside.com.tw/news/20180716－35480.html，查詢日期：2019/12/18
十六、https：//www.inside.com.tw/article/16727－Taiwan－Formosat－7，查詢日期：2019/12/18
十七、陳天祐，〈新型 MW－32 系統與砲兵氣象探測作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 174 期，陸軍砲訓部，民國 105 年 9 月 30 日。
十八、徐坤松，〈如何落實防區氣象作業，提供精準彈道 氣象資料具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，陸軍砲訓部，民國 98 年 6 月 30 日。
十九、全台唯一特高頻雷達量測大氣垂直風場可提高天氣預測準確率，http：//140.115.197.63/news/headlines_content.php?H_ID=208，查詢日期：2019/12/18
二十、林政宏、曾憲媛等，《恆春機場及鄰近佳冬機場之氣候概況與顯著天氣分析研究》，民航局研究計畫，1981 年。
廿一、陳泰然，《影響恆春機場飛航安全之氣象因素調查與風險評估》，國立臺灣大學大氣科學研究所，1995 年。
廿二、https：//www.ntsec.edu.tw>chinese>aeromet，〈認識都卜勒氣象雷達－基本原理與性能〉，楊健生，查詢日期：2019/12/18。

作者簡介

顏嘉彣士官長，陸軍專科學校士官長正規班 39 期畢業，歷任測量班長、連士官督導長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標教官組。

野戰防空預警雷達電子反反制發展與運用

作者：吳銘祥

提要

一、戰場環境除可見的硬體武器裝備，亦同時存在肉眼不可見的電磁作戰環境，電子戰基本概念同於傳統軍事行動，分為攻擊、防護及支援，電子戰攻防之間的結果，往往並非肉眼直接可見，但卻能對內部結構或關鍵組件造成重大影響。

二、野戰防空作戰的過程中，預警雷達的參與及部署，使得飛彈系統之射手有更多時間接戰，能有效殲滅敵來襲目標，敵方常針對我方預警雷達執行反制作為，以利作戰行動。

三、國軍野戰防空預警雷達現有萊茲雷達、PSTAR 預警雷達及蜂眼雷達，均配賦電子反反制功能，可於敵電子作戰影響下，提供雷達系統自我保護及持續監偵敵目標，並提供敵情資訊至飛彈系統。

四、筆者認為現今相位陣列雷達發展的趨勢為主動式電子掃描（AESA, Active Electronically Scanned Array）雷達，若利用其優勢特性，可發展大規模主動式電子掃描作戰平台，將有利於國軍雷達電子反反制新戰術發展。

關鍵詞：預警雷達、電子反反制、主動式電子掃描（AESA）雷達

前言

一、研究動機

國防部「109 年中共軍力報告書」指出，中共在浙江、福建、廣東等空軍機場，陸續增駐新式戰機、無人機，提高空中戰力、兵力運用靈活度，並企圖藉由優勢兵力與數量，爭取臺海空優，加大對我空防壓力。另外，該報告也點出中共資通作戰能力，可運用各主力戰機攜掛精準導引武器對我國突擊，並輔以無人載具配合電戰機進行電子戰攻擊，現階段已初步具備癱瘓我防空、制海作戰體系，恐能有效於台海作戰中奪取戰場控制權，對我國威脅甚鉅。[1]由報告中可看出，中共不斷於沿海地區增加兵力部署，不僅擴增傳統打擊武器數量，亦同步採用輔助作戰武器進行電子戰，可顯見對我侵犯意圖日趨明顯。身為野戰防空幹部，如何有效利用預警雷達系統進行反反制作戰，將是國軍能克敵勝敵的重要一環。

二、研究目的

在野戰防空作戰的過程中，預警雷達的參與及部署佔有舉足輕重的腳色，

[1]〈威脅增！109 年中共軍力報告：共軍機、艦每日巡弋台海〉《自由時報》，https://news.ltn.com.tw/news.politics/breakingnews/3276743，2020 年 8 月 31 日。

透過預警雷達的部署與應用，使得飛彈系統接戰流程更加流暢，也使射手有更多時間接戰，因而有效殲滅敵來襲目標。

因此，對於敵方而言，反制我方預警雷達運作，將會有利敵作戰行動。因預警雷達屬電子設備，故敵常用電子反制來影響我方預警雷達運作，也就是屬於作戰範疇中的電子戰。然而，預警雷達若只處於被攻擊的一方，將無法有效提供飛彈系統有效支援，故預警雷達亦發展出相關的電子反反制作為，以確保系統不受敵干擾破壞，進而有效持續支援作戰任務。

國軍野戰防空預警雷達現有萊茲雷達、PSTAR 預警雷達及蜂眼雷達，均配賦電子反反制功能，可於敵電子作戰影響下，提供雷達系統自我保護及持續監偵敵目標，並提供敵情資訊至飛彈系統。隨著科技進步，電子戰環境亦趨向複雜，如何在電子戰中取勝，將是影響整個戰局的關鍵行動。筆者藉由研究野戰防空預警雷達電子反反制發展，使讀者瞭解野戰防空預警雷達電子反反制性能與運用，強化野戰防空部隊對於野戰防空預警雷達認識，期能在未來面對中共不斷發展電子戰之過程中，可有效運用現有裝備遂行作戰任務。最後，筆者提出近年雷達系統發展的一個主要領域，也就是「多基雷達」的使用，期能使讀者對於預警雷達發展現況有所瞭解。

電子戰原理與分類

一、電子戰原理

電磁能是具有輻射性的電磁能量，能量的組成是經由電子的振盪而產生磁場，並以光速的方式來傳送。作戰電磁環境的組成是結合功率、頻率和持續的電磁輻射，亦為部隊執行任務時所遭遇到的真實環境。[2]簡而言之，戰場環境除了可見的硬體武器裝備，如飛彈系統、火砲裝備、輪型載具等以外，亦同時存在肉眼不可見的電磁作戰環境。電磁環境對作戰狀況之影響，雖無法以肉眼辨別，但是其影響程度卻不亞於硬體武器裝備，而在現今戰場環境與作戰形態中，更扮有舉足輕重之角色。

二、電子戰分類

在軍事行動中，電子戰包含以下三部分：電子攻擊（EA）、電子防護（EP）及電子戰支援（ES）。[3]電子戰之基本概念同於傳統軍事行動，分為攻擊、防護及支援，唯一不同之處在於表現的形式。傳統軍事行動所產生的效果，多屬於肉眼可見之傷害；而電子戰攻防之間的結果，往往並非肉眼直接可見，但卻能對內部結構或關鍵組件造成重大影響。

（一）電子攻擊：電子攻擊屬電子戰之一部份，其涉及運用電磁能量、指

[2]《電子作戰聯合準則》（臺北：國防部，2005 年 11 月 16 日），頁 10。
[3]同註 2，頁 11。

向性能量及反輻射武器攻擊單兵、設施或裝備，癱瘓或摧毀敵戰鬥能力。[4]目前常見的電子攻擊型態，如電磁脈衝攻擊，其藉由輻射電磁能量，使敵方人員、武器及設備等遭受損害。因電磁能量無法以肉眼可見，防護方式與傳統武器不同，亦增加電磁脈衝武器之可怕程度。

（二） 電子防護：電子防護屬電子戰之一部份，其牽涉被動和主動的個人防護、設施防護及裝備防護，並造成我軍或敵運用電子戰而降低、癱瘓或摧毀我軍戰鬥能力的效應。[5]野戰防空預警雷達主要功能是搜索目標，而目標獲得的方式就是需具備接收電磁波的裝置。在雷達系統中，這種裝置稱為「接收機」，是雷達系統的關鍵組件；相對來說，接收機也是敵人電子戰主要攻擊的目標。因為若是接收機損壞，整套雷達系統形同癱瘓。所以，具備「電子防護」是雷達系統不可或缺的功能，也是本研究主要探討的內容。

（三） 電子戰支援：電子戰支援屬電子戰之一部份，其任務係在作戰指揮官直接管制下，遂行輻射源搜索、截獲、辨證及定位，並達成對立即性威脅的目標確認、目標處理、目標規劃，及指揮未來的作戰。[6]電子戰支援較容易和電子防護搞混，電子戰支援係指電子戰時，指揮官為遂行作戰任務，所採取之措施。這些措施不限定於電子方面的行動，只要能有效支援電子戰，即可稱為電子戰支援。

表一 電子戰分類綜整表

分類	電子攻擊（Electrical Attack）	電子防護（Electrical Protection）	電子戰支援（Electrical Support）
表現形式	1.電磁能量（脈衝）攻擊 2.指向性能量攻擊 2.反輻射武器攻擊	1.被動、主動個人防護 2.被動、主動設施防護 3.被動、主動裝備防護（如預警雷達電子反反制）	1.作戰指揮官遂行輻射源搜索、截獲、辨證及定位；2.對立即性威脅目標確認、處理、規劃及指揮未來作戰。
小結	上述電子攻擊可造成人員、武器及設備等遭受損害。	本研究探討內容主要為電子防護中的被動、主動裝備防護（或稱電子反反制）。	指揮官為有效支援電子戰所採取的行動，即可稱為電子戰支援。（該行動不僅限定於與電子類有關）

資料來源：作者自行整理

電子反制運用發展

當利用電磁能在物理特性中既有的優勢與弱點時，用於電子戰主要的活動已發展過時，儘管新的電子戰裝備和電子戰戰術持續的研發，但電磁能的物理特性仍不會改變，物理特性是不變的真理，然而電子戰基本的活動仍有效的造

[4]同註 2，頁 12。
[5]同註 2，頁 13。
[6]同註 2，頁 13。

成硬體損害和戰術的改變。[7]就如同作戰的本質一樣，電子戰的所蘊含的本質，並不會隨著武器裝備及戰術戰法的進步而有所改變。電子反制運用發展，亦是戰爭型態發展改變的重要一環。

電子戰自 20 世紀初誕生以來，從一開始的戰爭輔助手段，到成為現代戰生的重要手段。1905 年日俄「對馬海戰」拉開電子戰的序幕；第一次世界大戰期間，美軍採用無線電監聽與干擾，電子戰成為蒐集情報及破壞敵方通信的一種方法；第二次世界大戰期間，美軍廣泛採用無線電通信、導航、雷達、電子偵察、噪音干擾等；越戰時期運用火控雷達與各種飛彈，新的綜合電子戰系統，如反輻射飛彈、無人載具及專業電戰機等不斷湧現，對戰爭影響明顯增大。[8]而在電子戰不斷演進改變的過程中，1990 年爆發的波灣戰爭，即是美軍電子反制運用效益最顯著的一場戰役。

1990 年 8 月 2 日至 1991 年 2 月 28 日波灣戰爭中，美軍以高科技的作戰方式，向世界表明現代戰爭不單是飛機、戰車、飛彈等常規武器的天下，而是在開戰之前，電子戰已決定戰爭勝負。美伊雙方以電子偵察與反電子偵察的形式，展開激烈的電子戰。在空中偵察方面，美軍以偵察機、預警機及電戰機進行偵察。其中，美軍以飛機作為誘餌，讓伊拉克雷達捕捉到，並利用 RC-135 電子偵察機紀錄伊拉克雷達工作頻率、脈衝波長等。後續透過資料比對，查出伊拉克所使用雷達型號，並鎖定雷達陣地位置，以摧毀伊拉克雷達。[9]

在波灣戰爭中，可以看到作戰不再僅是以傳統武器進行硬殺攻擊，而是透過電子戰攻擊來執行作戰任務。這樣的攻擊模式不需造成大量人員、裝備傷損，卻足以決定整個戰役的勝負。

共軍空軍電子戰策略與無人電戰機發展

共軍將奪取電磁優勢列為取得資訊優勢的其中一環，電磁優勢被界定為「某一方在作戰中獲得特定時段和特定範圍內的電磁控制權」。其所追求的目標，是制止敵軍電子裝備所提供之戰力，同時在成功遂行作戰之必要的時間內，能維持優勢。在執行空軍戰役時，電子戰被視為資訊戰行動之重要環節，且係以攻擊為主的行動。此種作為係於廣大區域進行、可運用多種不同方式（包含軟、硬手段）、極具技術性，並須面對快速運動與指揮協調難以預期的複雜戰場。[10]

共軍奪取電磁優勢的方法包含電子攻擊和電子防禦。在電子攻擊中，軟殺手段包含電子干擾和電子欺敵，硬殺手段包含反輻射摧毀、電子武器攻擊、火

[7]同註 2，頁 15。
[8]錢高陞，〈歷代戰爭中電子戰史實與評析〉《空軍學術月刊》（臺北），空軍司令部，2003 年 11 月，頁 46。
[9]〈海灣戰爭時美軍電子戰：如「教科書」般刷新解放軍「三觀」〉，《每日頭條》，https://kknews.cc/military/jrlqlvl.htm，2017 年 9 月 30 日。。
[10]羅傑・克里夫（Roger Cliff）等著，《21 世紀中共空軍用兵思想》（臺北：國防部，2012 年 9 月），頁 89。

力摧毀和攻擊敵方電子設施和系統，包含電磁脈衝彈和高能微波武器。電子防禦則單純只是抵抗敵軍電子與火力攻擊。共軍電子戰的任務可包含電子監視、干擾、制壓、摧毀、欺敵與防禦等。反輻射飛彈被中共列為最佳制壓武器。維持己方電磁頻譜是電子防禦的目標；同時可透過程序性行動達成此一目的，諸如宣布無線通信關閉或加密傳輸訊息等，其亦可包含反制電子干擾的各項更積極手段。[11]近年來，中共利用無人機執行電戰用途，已有相關裝備問世，概述如次，另由中共發展翼龍Ⅰ及翼龍Ⅱ型無人機，可看出未來敵電戰機發展會邁向體積輕巧、數量龐大等方向，而我國面臨的電戰攻擊亦會更加複雜。

一、GJ-1 翼龍Ⅰ偵打一體無人機

翼龍Ⅰ無人機係中低空、長航時多用途無人機，於 2005 年開始研製，2007 年 10 月完成首飛，2012 年以測試機方式首次出現在珠海航展，2014 年再次出現在珠海航展，並賦予 GJ-1（攻擊-1）代號，並開始服役，官方多稱為「翼龍」無人機。翼龍Ⅰ無人機可執行監視、偵查、對地攻擊與打擊效果評估，以及電子偵察／干擾（配置相關電子戰設備）等任務。2015 年年初，翼龍Ⅰ無人機成功進行編隊試飛，在貴州的山地環境中，準確找到機場，並按照程式完成著陸。這說明翼龍Ⅰ無人機的發展已經比較成熟，也顯示中共已在逐步研發無人機編隊飛行的技術。[12]

二、翼龍Ⅱ偵打一體無人機

翼龍Ⅱ無人機首次出現於 2015 年的北京航展，其模型則於同年 11 月 17 日深圳的「第六屆尖兵之翼無人機大會」展出。本型係在翼龍Ⅰ無人機基礎上研製的性能提升的中空、長航時、偵察／打擊一體化多用途無人機。翼龍Ⅱ無人機標準配置裝載光電監視／瞄準裝置、合成孔徑雷達（SAR）、雷達預警設備、雷射指標器（導引雷射導控飛彈和炸彈），也可根據用戶需求選裝電子偵察、雷達干擾、通訊偵察、情報收集、偵察相機、通信中繼、搜索救援等設備，以及其他先進的任務載荷設備、數據鏈和機載武器等。[13]

野戰防空預警雷達電子反反制發展

國軍野戰防空預警雷達從萊茲雷達、PSTAR 雷達，乃至最新的蜂眼雷達，主要目的均是用來搜索空中飛行目標，並將目標傳輸至與該系統連線的火力單元，提供防空部隊早期情資，以利完成防空接戰準備。建置預警雷達系統使防空火力部隊有更多時間可接戰敵機，有效造成敵方傷損。因此，以敵方角度來

[11]同註 10，頁 90。
[12]應紹基，〈中國大陸軍用無人機發展之現況與展望〉《空軍學術雙月刊》（臺北），空軍司令部，2017 年 4 月，頁 104-105。
[13]應紹基，〈中國大陸軍用無人機發展之現況與展望〉《空軍學術雙月刊》（臺北），空軍司令部，2017 年 4 月，頁 105。

看，預警雷達將是執行任務中的一項阻礙。若要有效遂行作戰任務，摧毀雷達系統將是作戰過程中的重要關鍵。

因雷達系統主要由電子元件構成，偵蒐情資亦利用電磁頻譜相關原理，所以就衍生出許多摧毀雷達系統功能的電子戰構想。而各種針對雷達系統的電子戰攻擊，當然也造成預警雷達系統功能損壞，而無法遂行支援作戰任務。因此，預警雷達系統必須有所作為，針對敵方的電子反制攻擊，再進行電子反反制防護，才能保護裝備，並且持續執行偵蒐任務。

現今世界各國採用電子反反制基本原理大致類似，惟科技發展快速，且詳細作為具敏感性，因此筆者僅簡介基本原理，說明如次。

一、大信號偵測：當現存的干擾功率足以降低系統的功能時，大信號偵測功能可警告操作手，在合成影像模式下，啟動電子反反措施。

二、原始影像及干擾光跡：操作手可以使用原始影像或干擾光跡，以定出實際干擾源的方位，當操作手選擇以原始影像呈現雷達回波訊號時，雷達影像將可清楚呈現環境雜波干擾及人為脈波干擾之差異，以利操作者執行電子反反措施。

三、扇形遮沒區：操作手可以使用扇形遮沒區的功能，使干擾機更難追蹤雷達的輻射頻率，此功能也可用來降低雷達間的相互干擾。簡而言之，設定扇形遮沒區功能，即是針對人為脈波訊號（包含敵軍及友軍干擾源）方位停止輻射發射接收，以避免發射機輻射頻率為敵所知及保護接收機不受人為輻射源干擾及破壞。

四、旁波瓣消除：旁波瓣消除器可減低由雷達天線所接收到干擾信號的功率。旁波瓣訊號係因雷達天線輻射時，輻射主波周邊所產生之次級波，而旁波瓣訊號因訊號較弱，常成為敵電子反制的主要攻擊目標。故利用旁波瓣消除器，可以降低敵電子反制作為。

五、頻率變換：操作人員可以不斷地改變頻率，使干擾機更難追蹤雷達的輻射頻率，並降低雷達間的相互干擾。因電磁頻譜範圍廣，若敵欲執行電子反制作為，需針對我雷達特定頻率，才能有效產生干擾。若雷達採取頻率變換方式，將可有效避開敵特定頻率之電子反制干擾。

六、跳頻：雷達有多個頻道，當系統遭干擾時，可重新選擇最佳操作頻道，將干擾降至最低，亦可直接選擇跳頻模式。

未來發展與建議

國軍野戰防空預警雷達發展歷程中，萊茲雷達系統及 PSATR 雷達系統屬於傳統機械式掃描雷達，而蜂眼雷達系統則為新一代被動式電子掃描（PESA, Passive Electronically Scanned Array）雷達，或稱為被動式相位陣列雷達（PPAR,

Passive Phased Array Radar）。

雷達系統要反制敵人電子干擾的方式，不外乎兩個重點：輻射頻率與訊號相位。只要能防止敵人獲取我方雷達系統運作時的輻射頻率與訊號相位，就可避免遭受敵人電子干擾。傳統機械式掃描雷達面對電子反制干擾時，只有最基本的改變輻射頻率方式，而相位陣列雷達則增加了改變訊號相位的功能，所以在電子反反制上更勝一籌。

現今相位陣列雷達發展的趨勢為主動式電子掃描（AESA, Active Electronically Scanned Array）雷達，天線表面每一個陣列單元均包含訊號產生器、放大器及接收器，所以具備獨力完成訊號產生、發射與接收的能力。也因為這樣的能力，使得主動式電子掃描雷達具備「低攔截率」、「高電子反制特性」、「多波束」、「高掃描速度及工作距離」、「較佳靈敏度及偵測」、「輕量及精巧」、「可靠度佳」、「簡易輻射載台」、「低電力供應使用」、「高調整速度」及「較佳雷達群使用互不干擾性」等 11 項優勢。[14]

若利用主動式電子掃描（AESA）的優勢特性，可發展大規模主動式電子掃描（AESA）作戰平台，將有利於我軍雷達電子反反制新戰術發展。該作戰平台至少可以實現：一、只進行接收（信號偵蒐 /被動雷達）；二、僅進行發射（電子干擾）；三、在不同位置發送然後接收（多基雷達）；四、從多個方向接收，然後計算，然後在不同位置發送（電子干擾與欺騙）。[15]

主動式電子掃描（AESA, Active Electronically Scanned Array）雷達之應用優勢如下：

一、避免暴露自身陣地：當雷達未主動輻射電磁波時，可避免反輻射飛彈追蹤攻擊。反輻射飛彈攻擊原理為偵測輻射來源後，持續追蹤發射源，以精準命中目標。若雷達以被動方式運作時（未主動輻射電磁波），仍可執行信號偵蒐，並避免暴露自身陣地。

二、降低敵作戰能力：與接收相反的是，運用我方雷達發射訊號，對敵雷達、電子設備及武器裝備進行電子干擾，以降低敵作戰能力。

三、形成敵情偵蒐網絡：傳統雷達發射源及接收源均為同一部雷達，若使用主動式電子掃描雷達，則可構連成「多基雷達」網絡，可由甲雷達輻射電磁波，並由乙、丙等雷達接收訊號，敵情偵蒐網絡將更容易運用。

四、欺敵效果：形成「多基雷達」網絡後，可同時於多個陣地接收、發射訊號，再配合每部雷達不同時間輻射電磁波，則可有效干擾敵搜索我方雷達陣

[14]Predrag Jovanovic, Mladen Mileusnic, Predrag Petrovic，《An Approach to Analysis of AESA Based Radio System, INFOTEH-JOHORINA Vol. 12》（Research Gate，西元 2013 年 3 月），頁 372。

[15]王毓駒，《半導體科技如何改變全球雷達與電子作戰能力》，國立大學電子工程系「多基主動相控陣列雷達（AESA）」研發實況暨研討會，西元 2018 年 11 月 13 日，頁 17。

地，達到欺敵效果。

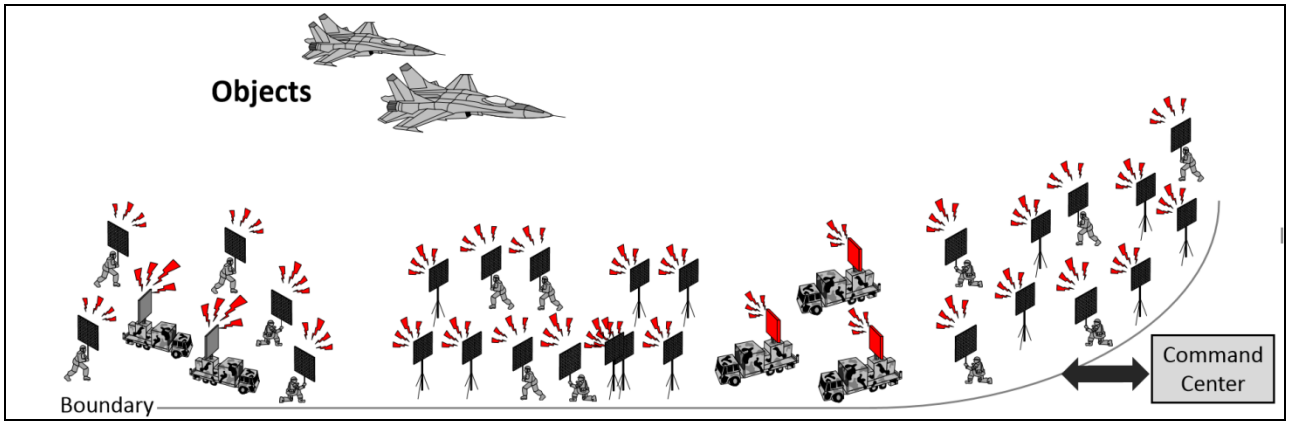


圖 1 大規模 AESA 作戰平台

資料來源：如附註[16]

結語

現代化戰場的作戰環境複雜、作戰形態瞬息萬變，若要在野戰防空作戰領域取得優勢，正確有效使用預警雷達系統是不可或需的必要條件。隨著科技的演進發展，預警雷達系統功能也不斷地提增效能，從早期機械掃描式雷達，後續發產出相位陣列電子式雷達，而目前更發展出多基主動相控陣列雷達之構想。未來作戰形態仍會不斷地改變，我軍若要在戰場中求勝，在國防科技武器發展領域上勢必與時俱進，才能具備克敵勝敵之國防武力。

參考文獻

一、張樹人，《電子作戰聯合準則》（臺北：國防部，2005 年 11 月 16 日）。
二、錢高陞，〈歷代戰爭中電子戰史實與評析〉《空軍學術月刊》（臺北），空軍司令部，2003 年 11 月。
三、羅傑．克里夫（Roger Cliff）等著，《21 世紀中共空軍用兵思想》（臺北：國防部，2012 年 9 月）。
四、應紹基，〈中國大陸軍用無人機發展之現況與展望〉《空軍學術雙月刊》（臺
五、曹哲維，〈雷達電子戰實務探討〉《砲兵季刊》（臺南），第 166 期，2014 年 9 月 30 日。
六、Predrag Jovanovic, Mladen Mileusnic, Predrag Petrovic，《An Approach to Analysis of AESA Based Radio System, INFOTEH-JOHORINA Vol. 12》（Research Gate，西元 2013 年 3 月）。

作者簡介

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

[16]王毓駒，《半導體科技如何改變全球雷達與電子作戰能力》，國立大學電子工程系「多基主動相控陣列雷達（AESA）」研發實況暨研討會，西元 2018 年 11 月 13 日，頁 17。

HIMARS 多管火箭系統維持現況分析及對我軍之啟示

作者：林俊安

提要

一、多管火箭系統於二戰時期研發問世，因低成本、高效益，可迅速以密集火力破壞敵軍作戰能力，為世界各國競相開發；而就我國戰略指導濱海決勝、灘岸殲敵而言，足可擔任重要關鍵角色，於防衛作戰反登陸中發揮遠距殲敵特性，有效抵禦敵軍。

二、美陸軍鑒於波灣戰爭期間運用 MLRS 多管火箭系統的良好經驗，續提升機動性與精準度，研發 HIMARS 多管火箭系統，採用輪型底盤並改良射控系統，以模組化發射器、再裝填系統為主體，可發射火箭模組或戰術飛彈，透過商維效益後勤維保，獲得高妥善率及戰力，廣受盟國運用。

三、國軍研發獲得雷霆 2000 多管火箭系統以來，雖已獲得是項戰力，然射程、精度均可再接再勵，有待中科院後續提升增程雷霆 2000 或建案向美採購 HIMARS 以增進多管火箭系統戰力，而筆者認為後續無論運用何種系統，如何以適切後勤維保機制維持裝備妥善與戰力，勢必為裝備全壽期整體後勤管理之重點，故瞭解美方與國軍類似系統自初始研發接收，至運用效益後勤觀念有效委商維持之背景、概要，有助於後續國軍運用此系統維持所需。

關鍵詞：HIMARS、PBL、效益後勤、多管火箭

前言

多管火箭系統之所以廣受各國使用，主因在具有操作容易、火力強大、機動性高、可換裝不同彈頭等特性，尤以其裝設在履帶或輪型載具上，隨時可轉移陣地部署，讓敵軍難以招架；齊發功能更讓多管火箭可發揮密集火力，瞬間彈如雨下，重創敵陣。以往多管火箭系統憑藉彈著點散布面積大，適合攻擊特定區域或固定目標，除可壓制敵地面部隊火力，亦可阻擊進犯船團。其射速快、火力密集、涵蓋面積大等特性，為陸軍部隊對火力之要求，亦充分說明多管火箭系統存在的價值，近期提升火控精度，更可收精準打擊之效。

國軍如何在有限資源下，透過後勤管理政策與機制，維持裝備妥善，美軍執行效益後勤維持之前例，深具參考價值，筆者分析美陸軍以效益後勤執行 HIMARS 多管火箭系統商維之歷程、範疇、步驟、績效等，後續無論係國軍提升現有裝備，或另案向美採購，均有助於參據運用，以適切後勤維保機制維持裝備妥善及戰力。

多管火箭系統及 HIMARS 系統發展簡述

一、多管火箭系統發展

現代多管火箭系統歷史，可追溯至西元 1930－40 年代的二次大戰時期，蘇聯與納粹德國競向發展具簡易發射器、高機動力、有別於傳統「管式（Tube）火砲」設計之低成本機動火砲系統，納粹德國首先在 1930 年代中期開發出「噴煙者（Nebelwerfer）」多管火箭裝置於尾車或貨車後車斗處，對外宣稱是化學部隊的煙霧發射器，實際則為可發射多枚低速迫砲或火箭之曲射武器；蘇聯隨後跟進發展，開發一系列「通用支援火箭系統」（General Support Rocket System, GSRS），其中首款，亦為最普遍的構型為 1938 年研發的 BM－13 型「卡秋莎（Katyusha）」多管火箭，因其射速快、火力強等特性，在十餘秒內可齊射十六枚火箭，使俄軍迅速掌握戰場火力優勢，有效震懾德軍，進而獲致顯著的作戰效果，損失甚鉅的德軍甚或以「史達林的管風琴（Stalinorgel）」稱呼該武器系統。由於前蘇聯於二戰期間極為成功的多管火箭系統作戰經驗，使其「通用支援火箭系統」於戰後賡續發展，大量銷往眾多冷戰時期的共產國家並運用於如韓戰、越戰等戰事與零星衝突中。其系統經多次改良發展後，已從原構型 1930 年代 132 公厘口徑的 8.5 公里射程、1960 年代的 122 公厘口徑的 20.1 公里射程，發展至可裝填不同種類火箭彈，射程可達 40 公里[1]以上之武器系統[2]。

1980 年代，以美國為首的西方國家注意到該系統於兩伊戰爭中的表現，始進行「通用支援火箭系統」研究與測評，經美國陸軍飛彈司令部著手籌補獲得及於美國新墨西哥州白沙靶場進行測試，於 1978 年正式邀請北約盟國加入研發，1983 年完成原型並服役於美國與北約盟國陸軍中，同時更名為「MLRS 多管火箭系統」並賦予程式品名 M270（圖 2）。主要為改進原「通用支援火箭系統」的發射軌道式設計為模組化彈箱、改由 M－2 布萊德雷式（Bradley）步兵戰鬥車衍生而成的 M－270 輕裝甲履帶車車為發射載具，強化火力控制系統及發射架機械系統，可提供較迅速之裝填及瞄準速度，全系統主由火力控制系統及兩組發射模組彈箱組成，彈箱內可裝入一組射程 31.6 公里[3]的六聯裝 227 公厘火箭莢艙或一枚 MGM－140 陸軍戰術飛彈系統（Army Tactical Missile Systems, ATACMS）的發射箱，最遠可接戰 165 公里外的目標。該系統同時提供乘員必要防護－車體以鋁質裝甲製造，可抵擋小口徑武器的射擊及砲彈破片，並搭配百葉式車窗，以保護乘員安全。車上編制乘員為車長、駕駛及射手，必要時一名組員即可完

[1] 基本上，依射程區分多管火箭區分為射程 10 公里以下的短程砲兵火箭、射程介於 10 至 25 公里之間的近程砲兵火箭、射程介於 25 至 50 公里之間的中程砲兵火箭，以及射程超過 50 公里以上的長程砲兵火箭。
[2] 詹氏武器資料庫，「MLRS」，查詢日期：2020/5/11
[3] 以標準 M-26 火箭計算。

成發射工作。

1991 年第一次波灣戰爭時，美陸軍使用該系統進行首次實戰測試，10 輛 M270 多管火箭發射系統在 1 分鐘內，即可對目標發射 100 枚以上的火箭彈，其火力強大，足以有效壓制伊拉克陸軍，使美軍部隊得以深入攻擊，綜觀戰事全期，共計在伊部署超過 230 輛以上，後續，美陸軍曾於 1995 年提升改良為 M270A1 型，賡續生產至 2003 年。[4]

圖 1 BM－13 俄製卡秋莎（Katyusha）多管火箭裝置於二戰時期美援卡車上
資料來源：Dugdale－Pointon ,T. MLRS[5]

圖 2 於第一次波灣戰爭期間部署的 M270 MLRS 多管火箭系統
資料來源：Dugdale－Pointon,T. MLRS

[4] 詹氏武器資料庫，「M-270」，查詢日期：2020/5/11
[5] http://www.historyofwar.org/articles/weapons_mlrs.htm，查詢日期：2020/5/8

二、HIMARS 多管火箭系統發展

美陸軍於首次波灣戰爭後，總結 MLRS 多管火箭系統實戰經驗，鑒於其精度及射程仍顯不足，致使無法攻擊某些伊拉克砲兵陣地與致生附帶損害問題，同時為適應未來作戰環境與提升機動力、減輕重量，開始進行提升建案，為案內系統發展緣起。

美陸軍程式品名為 M142 的「高機動性砲兵火箭系統」(High Mobility Artillery Rocket System, HIMARS)(下稱：HIMARS 多管火箭系統)(圖 3)，為輪型車輛底盤、可全天候作戰，且因系統重量僅為 M270 多管火箭系統的一半，因此可由 C－17、C－130 等定翼運輸機運載至戰區快速部署，得以更廣泛地提供地面部隊適時而精準的火力支援。

整套「HIMARS 多管火箭系統」結構概分為上部「發射」、下部「承載」兩部分整合而成，「發射」部分可攜帶一組六聯裝火箭莢艙或 MGM－140 陸軍戰術飛彈系統發射模組，與 M270 系列多管火箭系統發射模組共通，可發射美國陸軍制式全套多管火箭(MFOM)、GMLRS 導引火箭彈等彈種，使本系統可為作戰部隊提供射程範圍達 32 公里－300 公里之火力支援，標準射速為 8 秒 1 發，再裝填時間不超過 8 分鐘，射擊後人員可於 20 秒內轉換陣地；「承載」部份底盤由貝宜系統公司(BAE Systems)的機動與防護系統部門研製，採用中型戰術卡車規格，6X6 底盤，行車時速可達 85 公里，駕駛艙並裝設裝甲防護，火箭發射系統則由洛克希德·馬丁(Lockheed Martin)的飛彈與射控部門承製。乘員共計有駕駛、車長及射手三員。

其系統之「改良式射控系統」(Improved Fire Control System, IFCS)可執行全自動接戰，自計算、瞄準至發射僅需 16 秒；在半自動模式下，該射控系統根據人員輸入的目標參數進行射擊，必要時也能切換為全人工操作，在一般情況下，該系統設計甚為簡單且自動化，先由友軍觀測單位以資料鏈系統將目標資訊回傳，再由其射控系統根據資訊快速將發射器瞄準目標並執行射擊。此外，該系統亦可依照電腦中儲存的各個目標資料，依序執行攻擊任務。[6]

美軍以原「MLRS 多管火箭系統」為基礎發展「HIMARS 多管火箭系統」，其主要目的為提升火力，考量現今戰場多為城鎮或住民地之環境特性，藉道路機動性、戰鬥重量輕，且可透過戰略運輸機前進部署的優點，使其得依戰況需要迅速投入戰場，提供地面部隊充足火力支援，符合美國陸軍旅級部隊的實際作戰需求。

[6] 詹氏武器資料庫，「HIMARS」，查詢日期：2020/5/11

圖 3 M142 HIMARS 多管火箭系統

資料來源：Army Technology[7]

圖 4 M142 HIMARS 多管火箭系統裝載於 C－130 運輸機內

資料來源：Army Technology[8]

三、美軍建案籌補過程及運用情形

自 1996 年起，洛克希德·馬丁（Lockheed Martin）飛彈與射控部門即以「先

[7] “HIMARS High-Mobility Artillery Rocket System,” http://www.army-technology.com/projects/himars，查詢日期：2020/5/8

[8] 同註 4

進概念科技展示」（Advanced Concept Technology Demonstration, ACTD）專案開始進行有關「HIMARS 多管火箭系統」的原型測試，以確保一旦系統研製完成服役後，可提供「交戰所需之充足火力、防空、卡車、輕裝甲人員防護需求[9]」。

1999 年 12 月，該公司完成 HIMARS 多管火箭系統原型 XM142，並於 2000 年 10 月完成初期戰術測評，2001 年 1 月與美國國防部簽約，於 2003 年 3 月執行生產首批初期低量生產（Low－Rate Initial Production, LRIP）美陸軍需求 89 具、美海軍陸戰隊需求 4 具；2004 年 1 年續執行次批初期低量生產美陸軍需求 26 具。

2004 年 11 月，HIMARS 多管火箭系統成功通過美陸軍完整戰術測評，隨後投入第二次波灣戰爭中，續於 2005 年 1 月執行第三批初期低量生產美陸軍需求 38 具，並於 2005 年 6 月正式列裝美陸軍，於同年 12 月獲准量產。

早期 HIMARS 多管火箭系統仍有系統不穩定、可靠度不佳等技術問題，如射控電腦易當機、重新啟動後程式恢復約需耗時 9 分鐘、射控系統僅能標定目標，本身無測距功能等，然而經過 4 年的測評，達成 99.2%系統測試與 100%的實彈測試合格後，上述問題皆已於量產前修正。

續於 2006 年、2007 年，洛克希德·馬丁公司除量產數量外，分別再獲得美陸軍 18 具、美陸軍 44 具、美海陸 16 具的附加需求訂單，迄 2011 年 9 月為止，該公司已交付美陸軍 300 具，美海陸 100 具，總計 400 具的生產數量。2016 年 1 月，該公司宣稱，HIMARS 多管火箭系統已在美國陸軍服役超過 1 百萬小時，獲得了 99%的戰備妥善率。

美陸軍主要運用 HIMARS 多管火箭系統於反恐戰爭中，自 2015 年 11 月起。部署於伊拉克，當年至少發射達 400 枚以上火箭攻擊伊斯蘭國（IS）據點；2016 年 3 月 4 日，美國陸軍自位於約旦邊界的美軍基地的基地內發射火箭進入敘利亞境內，以支援敘利亞反抗軍反擊伊斯蘭國。

而在與我國相關的亞太地區方面，隨著美國重返亞洲政策及政策轉變至以中、俄為假想敵的假定下，首先為印太司令部改組與重劃權責區域，繼而建立可俟反制假想敵之反介入／區域拒止（A2/AD）戰力，HIMARS 多管火箭系統恰可提供該項戰力，美軍於 2016 年美菲「肩併肩」年度軍演中，首次出動該項系統進行射擊演練任務。隨後於 2018 年多國聯合環太平洋軍演 2018（RIMPAC 2018）、2019 年美日東方之盾 19（Orient Shield 19）等大規模實兵演習中均執行實彈射擊演練，後續隨美國陸軍多領域作戰（ Multi－Domain Battle, MDB）作戰概念，首支試驗性多領域特遣隊，配備 M142「HIMARS 多管火箭系統」的第 17 野戰砲兵旅即預劃運用此裝備，平時以 I2CEWS（情報、資訊、網路、電戰與太

[9] Jacques S Gansler & Ailliam Lucyshyn，“HIMARS：A High Performance PBL”，Center for public policy and private enterprise,2014/8,P9

空）能力援友嚇敵，戰時憑藉己身機動打擊能力，協助美國海空軍取得作戰優勢，該旅預劃今（2020）年 9 月驗證完畢後正式轉為建制單位。

四、使用國獲得現況與潛在使用國[10]

目前，HIMARS 多管火箭系統使用者除美國陸軍與海軍陸戰隊外，另有新加坡、約旦、阿拉伯聯合大公國與卡達採軍售管道獲得該系統並成軍服役中；另已獲准美方出售，待接收者計羅馬尼亞、波蘭等國。

早於 2007 年 9 月，新加坡陸軍即已採軍售管道，向美提出採購該系統之要價書，採購品項量為：18 套 HIMARS 多管火箭發射器、9 輛野戰機動化牽引載具（5 噸卡車）與 32 組 M31A1 導引火箭彈發射模組及其附屬支援器材、原廠通信裝備、教育訓練、後勤維保支援等，總價 3.3 億美元。2009 年底，新加坡陸軍開始接收首套 HIMARS 多管火箭系統並建立操作能量；2011 年 9 月，新加坡陸軍砲兵第 24 營編成，成為美陸軍以外首具操作 HIMARS 多管火箭系統能力之單位。

2010 年 2 月，約旦採軍售管道獲美政府批准出售全系統 12 套、72 組 M31A1 導引火箭彈發射模組及附屬支援器材、教育訓練、維保服務之發價書，總價 2.2 億美元，美政府於 2012 年 2 月交付該國陸軍。

2012 年 12 月，阿拉伯聯合大公國採軍售管道獲美政府批准出售全系統 12 套、57 組 M57 陸軍戰術飛彈與 65 組 M31A1 導引火箭彈發射模組及附屬支援器材、維保服務之要價書，總價 9 億美元，美政府於 2014 年 9 月交付該國陸軍。

2012 年 12 月，卡達採軍售管道獲美政府批准出售全系統 7 套、60 組 M57 陸軍戰術飛彈與 360 組 M31A1 導引火箭彈、180 組 M28A2 練習彈發射模組及附屬支援器材、維保服務之要價書，總價 4.06 億美元，[11]美政府於 2014 年 9 月交付該國陸軍。

2017 年 8 月，羅馬尼亞採軍售管道獲美國批准出售批量武器裝備－其中包含 54 套 HIMARS 多管火箭系統、81 組 M31A1 導引火箭彈與 M30A1 子母彈頭發射模組、30 枚訓練火箭、54 枚 M57 陸軍戰術飛彈、24 套 AFATDS 先進野戰砲兵戰術數據系統等，總價為 12.5 億美元[12]，成為歐洲地區首先使用該系統 HIMARS 多管火箭系統的國家，預計自 2022 年起開始接收。

波蘭為歐洲地區第二個跟進採購「HIMARS 多管火箭系統」的國家，該國於 2019 年 2 月宣布將與美政府簽約，以 4.14 億美元籌購 20 套及相關配備，預計於 2023 年全數交付完畢。

---

[10] 筆者依詹氏年鑑電子資料庫報導綜合整理。

[11] 其他裝備尚包含砲兵通用火力系統整體規劃、1 套先進野戰砲兵戰術數據系統、7 套訓練模擬器、2 輛 M1151、2 輛 M1152 悍馬車。

[12] 其餘尚有 30 輛 M1151A1 悍馬車、54 輛 M1084A1P2 再補給載具、10 輛 M1089A1P2 救濟車等裝備。

效益後勤維保概念

美軍在兩次波灣戰爭後，其全球戰略由「明確的單一假想敵」朝向「多個不明確目標的假想敵」調整。因此朝向建立快速反應部隊，可於不同區域內可迅速執行有限度的戰略部署。隨著用兵方式的改變，後勤觀念亦提出「效益後勤（Performance Based Logistics, PBL）」作為改進方法－透過計畫實行，以驗證其施行於各個武器系統上的妥善度、可靠度、維修度、資源節約、風險降低與時程管制表現中。

美國國防部在 2001 年版的「四年國防總檢報告」（Quadrennial Defense Review，QDR）中首先揭櫫「效益後勤」概念，並結合武器系統效能妥善評量指標，正式頒佈實施；同時由美國國防部「獲得、科技及後勤次長室（USD/AT&L）」頒佈「產品支援指導手冊」（Product Support Guide），續由各軍種針對各專案陸續訂定指導手冊，主要內容包括「整備目標係基於國家安全策略而產生」、「供應鏈必須建構於可負擔的效能輸出上以滿足聯戰需求」、「最佳化之物資」、「維修及油料要求；根據顧客需要達成全球端點至端點的配送」等，以建立評估之可視度標準；深植持續改進效能與成本的文化。

迄今，美軍約有兩百多種履約或計劃中的裝備運用「效益後勤」維保主要武器裝備，如 C－17 運輸機、F/A－18 戰鬥機、AH－64 阿帕契系列戰鬥直升機等，次系統如 UH－60 系列直升機航電、F404 航用發動機等，皆採此種方式執行，然美軍的後勤支援制度除需面對此一轉變外，更需面對國防預算有限，但操作維修成本卻由 1990 年佔國防總預算的 40%增加至 2020 年的 70%之情形；為克服本窒礙，美軍以全壽期系統管理及效益後勤的組合以為因應，以為便利承商備料與作業方便，俾達規模經濟起見，美軍的主要武器裝備效益後勤維保案履約期間至少 5 年，最長可達 15 年。

透過相關效益後勤維保案長期的性能協議支援架構，明訂權責關係，以整體、可負擔與績效導向等方式，透過軍方各專案經理（Program Manager, PM）與產品支援整合商（Product Support Integrator, PSI）定期監督、檢討雙方所協議的「性能輸出結果」量化指標，如裝備妥善率（Operational Availability）、可靠度（Operational Reliability）、後勤反應時間（Logistics Response Time）、顧客等待時間（Customer Wait Time）、每單位使用成本（Cost Per Unit Usage）與減輕後勤作業負荷（Logistics Footprint）等，可據以有效支援武器系統達作戰需求，同時以激勵獎金等手段使承商精研修能與管理，有效降低修護成本。

我國自軍備局成立以來，即引進美國「效益後勤」概念，並依據國防法第二十二條：「結合民間力量，發展國防科技工業，達成獨立自主之國防建設。」之立法宗旨，續配合行政院「振興經濟、擴大內需」方案，推動「國防資源釋

商」政策，期達成「建立自主國防」與「促進國內產經發展」兩大目標；同時秉持「國內廠商有能力供應，國軍不建能量，也絕不向外採購」之政策，本循序漸進方式，「先有成果、再行擴大」之原則，以國軍不具機敏性、戰備時效低及非核心之能量，並綜合考量戰備、演訓、救災需求、武器裝備特性、使用壽期、維修頻度、單位編裝、維修人力、年度預算額度及經濟效益等因素，依實際需求檢討，釋出由民間承接，籌建自主之國防工業體系。[13]統計民國 105 年至 108 年國內資源釋商成效每年均達千億元以上，108 年更已高達 1303 億。[14]

以國軍為例，最具代表性的即為陸航旋翼機隊的「策略性商維」模式委外案－執行迄今於妥善率、待料時間、成本節約及作業人員精進等部分，均具成效。而隨各型機任務不同，所需要求量化績效指標不盡相同，因此所需「效益後勤」指標亦須隨之調整，如 AH－1W 由於需擔負戰備任務，如全盤交由商維支援，一旦戰時，易面臨無商承包、履約困難、保險成本高昂之狀況，因此由軍中保有較完整之後勤能量；而如教學使用的 TH－67 直升機，則是將全機隊皆委商處理，相關分類整理如表 1。

表 1 國內陸航機隊推行「效益後勤」採行策略性商維分類表

釋商性質	機型	職責	說明	備考
系統委商	AH－1W 直升機	戰備	將故障系統直交件委承商交修，軍方掌握裝配能量，以妥善率為指標。	送修武器系統
整機委商	CH－47SD 直升機	運輸	軍中保留單位、野戰段及部分基地核心能量，餘皆由承商負責，以妥善率為指標	送修次系統、一般品項
	UH－1H 直升機	通用		
	OH－58D 直升機	戰備		
機隊委商	TH－67 直升機	教學	全機隊單位、野戰、基地段全部委由承商負責，軍方匡列需求時數。	

資料來源：本研究彙整

HIMARS 多管火箭系統於美陸軍以效益後勤維持現況

美國陸軍於 2004 年 2 月評選委由 HIMARS 多管火箭系統原製造商洛克希德・馬丁公司執行裝備壽期契約商維（Life Cycle Contractor Support, LCCS）服務，接續 2003 年 3 月首批初期低量生產共計 94 套系統接裝保固一年到期後，執行商維維保，執行期間自 2004 年 2 月起至 2007 年 12 月止，金額總計 960 萬美元。

案為延續該公司先前維持美陸軍 MLRS 多管火箭系統績效良好而勝出，主

[13] 國防部資源規劃司，《國軍推動國防資源釋商政策作業規定》，https://law.mnd.mil.tw/scp/newsdetail.aspx?no=1A009702003 國防法規資料庫，民國 102 年 01 月 22 日，查詢日期：2020/5/12。

[14] 蕭佳宜，〈去年國防資源釋商 1303 億歷年最高〉《青年日報》，109/4/15。

要履約項目包含初次獲得、教育訓練、庫儲管理、戰備存量控管、野戰保修、基地翻修等，[15]履約期間，美陸軍與海陸對承商主要執行窒礙在於維修品項與要求期程認知不一，然期間均可維持妥善率；本約履約期滿後，美陸軍賡續執行第二期「裝備壽期契約商維」案（LCCS II），執行期間自 2008 年 1 月起至 2010 年 12 月止，金額總計 900 萬美元。

兩案之間互相比較，可發現該系統於美軍成軍服役後，數量由原本的 94 套，至 2011 年初的 300 多套，兩期的單月成本雖增加（原 20.42 萬美元/月增加至 25 萬美元/月），然每月單套系統維保成本卻相對降低（原 2170 美元降至 830 美元），而部分備料下訂製作成本由前期負擔轉嫁，為主要原因；第二期同時依照前期履約經驗調整派工、對 HIMARS 多管火箭系統火控模組與發射模組的零附件備料項量，符合其兩段式維保，野戰、基地段能量歸屬承商，軍方則留存單位段及操作能量，並以妥善率與系統平均失效時隔作為效益後勤履約標準。

至 2011 年底，該公司總計支援美陸軍與海陸共計 396 套 HIMARS 多管火箭系統與 224 套 MLRS 多管火箭系統，由於期間均能維持標準以上，該公司獲得美政府額外的激勵獎金與後續新案，執行期間 2011 年 1 月，全系統至 2013 年 12 月，硬體至 2014 年 12 月，金額 1 億 5 千 800 萬美元的「壽期發射器壽期契約商維」（Life Cycle Launcher Support, LCLS）。

本案賡續維持良好的表現，妥善率可維持全妥善水準（圖 5），獲美軍兩度期間表揚其履約標準以上的表現，美陸軍招標訂約指揮部（Army Contracting Command）曾於 2013 年評論本案：「美商洛馬公司為唯一兼具知識、經驗與能量之武器系統供應維護商，具多年研發、製造與整後經驗，可有效維持 HIMARS 與 MLRS 多管火箭系統之妥善與系統穩定度。[16]」

一、承商專案執行結構

洛克希德·馬丁公司執行美陸軍 HIMARS 多管火箭系統與其使用者維保需求的專案辦公室位於美國德州達拉斯，主要業務為專案管理、基地翻修協調、庫儲管理、分包訂約、構型管理、資料庫維護等。其資料庫可追蹤至任何一具發射模組與特定零組件，顯示其可正常運行與否，同時回傳送修資訊。相較之下，其可視化程度更勝於美國防部所使用之後勤資訊系統，後者通常僅可顯示訂單延誤資訊、錯誤資訊、與專案未滿足項次等資訊。[17]

本案目前有 26 個野戰級維修站（Field service Representatives,FSRs），其中有

[15] Office of the Secretary of Defense, Depot Maintenance Long-Term Strategy. Report to Congress. Deputy Under Secretary of Defense for Logistics and Material Readiness.,2004

[16] Army Contracting Office, Solicitation Number:W31P4Q13R0124, https://www.fbo.gov，查詢時間：2020/5/13

[17] Jacques S Gansler & Ailliam Lucyshyn ,“HIMARS：A High Performance PBL”, Center for public policy and private enterprise,2014/8,P20

8 站位於海外，可於戰區內與美軍後勤部隊共同執行前進支援勤務，主要執行項目為次系統及組件包搬儲運、儀表操作檢測、直交件更換、技術支援、資料蒐整紀錄（維修紀錄、操作時數、彈藥發數等）。透過有效運用數據，建立直交件項量（圖 6）及檢測能量，可於維修點完成半數工令，並曾有將野戰級維保工作降低 6 倍的紀錄[18]。

二、效益後勤專案執行

目前該系統海外使用者均採向美軍軍購維保服務，間接運用效益後勤方式制定其維保政策，差異在於其因需求不同，要求績效亦隨之不同，以美陸軍為例，一般要求績效為「系統備便現況」、「美國本土與海外應急備便發射失誤平均反應時間」、「野戰平均修護時隔」、「平均基地翻修周轉時隔」等，契約同時要求承商洛克希德．馬丁公司若於無法達成績效時，需提供下列計畫或文件：緊急行動計畫、替代方案、安全報告、野戰級維保工令週報、野戰級維保可靠度報告。[19]俾使該裝備於委商執行，同時具備案狀況下維持裝備妥善，俾臻周全。

洛克希德．馬丁公司專案執行組初期以裝備使用時數管制，後依單位屬性（戰備/非戰備）分類，依裝備使用頻率調整維保頻率；發現其成本可樽節至少三成。[20]該公司並定期檢視美軍五級存管，確定其共用料件項量現況，俾利即時進行籌料或循其他管道獲得、尋求替代料件等作為，同時兼可確認各構型間運用料件是否正確符合。

統計美陸軍自接裝後至進行商維之後的系統穩定度，2005 年至 2012 年發射模組與火控系統之定期「平均系統不明中止時隔」（Mean Time Between System Aborts, MTBSA）與「平均基本功能失效中止時隔」（Mean Time Between Essential Function Failure, MTBEFF）（圖 7），可見該系統於商維團隊的妥慎維持與使用/出資方運用效益後勤，績效導向的管理下，系統運作漸趨成熟穩定。

該公司專案執行組另以年為單位，分析比較年度交修工令，列出前 25 項高頻率損壞/更換料件，較美陸航一般僅列計 10 項更為嚴謹，此數據除可綜合比較分析，進行構型研改或更換較佳品質料件，以改進系統品質外，另可運用於修護用料備料清單中，適時修正以滿足交修所需。以 2011 年為例，當年 HIMARS 多管火箭系統共計鎖定組合件（Lock Assy.）、線纜（Cablewire）等 25 項、於隔年（2012）經改善措施後，損壞及更換次數已大幅下降[21]。

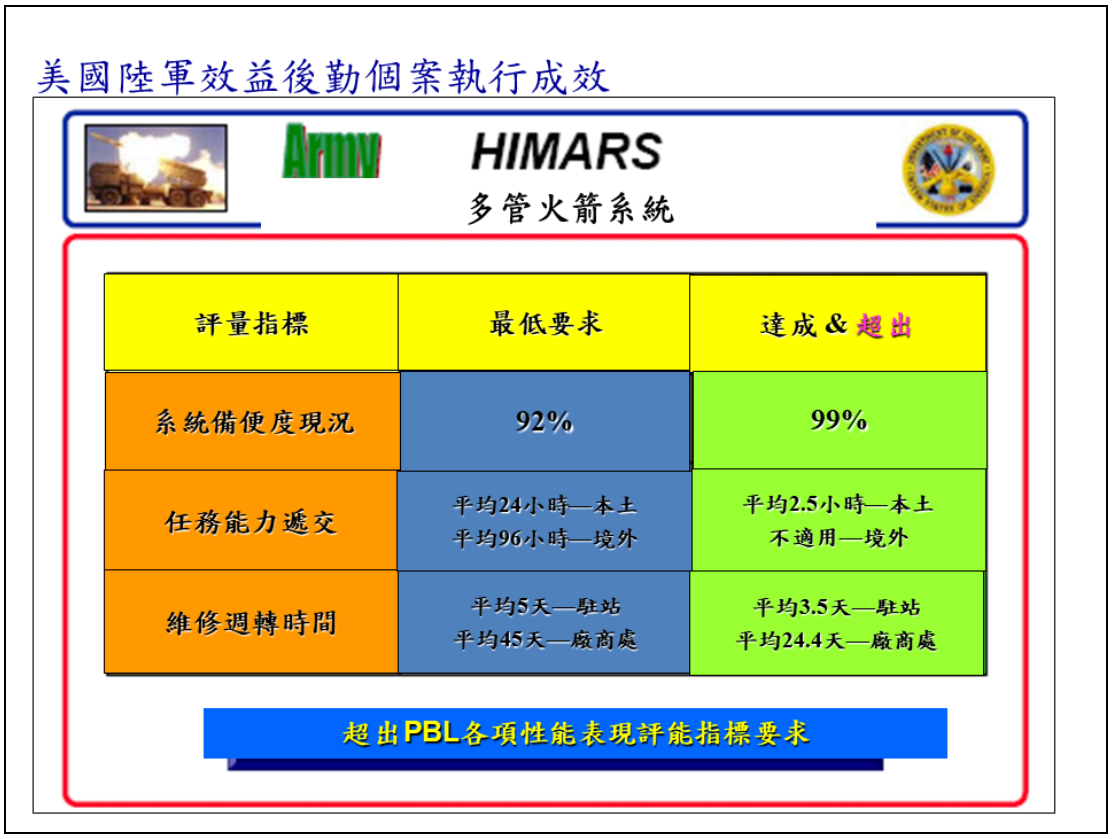
---

[18] Ibid,P20

[19] Secretary of Defense Performance Based Logistics Awards Program for Excellence in Performance Based Logistics: Summary of accomplishments,DoD,2006

[20] Secretary of Defense Performance Based Logistics Awards Program for Excellence in Performance Based Logistics: Summary of accomplishments,DoD,2009

[21] 以本文所舉例子：「鎖定組合件」由原 45 次損壞降至 6 次、「線纜」由原 30 次降至 11 次。



評量指標	最低要求	達成 & 超出
系統備便度現況	92%	99%
任務能力遞交	平均24小時—本土 平均96小時—境外	平均2.5小時—本土 不適用—境外
維修週轉時間	平均5天—駐站 平均45天—廠商處	平均3.5天—駐站 平均24.4天—廠商處

超出PBL各項性能表現評能指標要求

圖 5 美陸軍 HIMARS 多管火箭系統採效益後勤方式委商績效簡報
資料來源：軍備局 100 年效益後勤推廣簡報

圖 6 HIMARS 與 MLRS 多管火箭系統直接交換件示意圖
資料來源：Lockheed Martin HIMARS/M270A1 2012 Sustainment Life Cycle Launcher Support（LCCS） Presentation

圖 7 HIMARS 多管火箭系統次系統經商維管理逐年漸趨穩定

資料來源：Lockheed Martin HIMARS/M270A1 2012 Sustainment Life Cycle Launcher Support（LCCS） Presentation

結論與建議

一、結論

藉比較國軍與外軍運用效益商維所執行之商維案例，不難發現其可藉明確績效指標、確立維修權責、減低成本支出、提供激勵誘因等方式達其期望績效，亦即妥善率（Availability）、可靠度（Reliability）、後勤足跡（Logistics Footprint）、成本（Cost），而透過委商方式與民間夥伴（Public－Private Partnership, PPP）建立合作關係更有助於績效呈現。

我國自 1970 年代起研發工蜂六型多管火箭系統並服役成軍，為運用該系統之始，至前數年接裝的雷霆 2000 多管火箭系統，已具備相當維保經驗，然雷霆系統現行僅可有限拒敵於若干公里以外的海域，對於對岸日益提升的威脅實有不足，為軍力均衡，我採行自行提升現行雷霆 2000 或建案向美採購 HIMARS 以補足戰力，然後續無論運用何種系統，如何以適切後勤維保維持裝備妥善與戰力，裝備全壽期整體後勤管理勢必為其重點；因此，了解美方與我類似系統自初始接收，至運用效益後勤觀念有效委商維持之背景、概要、經過，有助於後續我軍運用於系統維持所需，總結提出建議如下，俾供參考。

二、建議

（一）自製系統提升技術維保參考： 我雷霆 2000 多管火箭系統基本上類似美軍 HIMARS 多管火箭系統，且中科院造價僅為美軍 MLRS 多管火箭系統報價的三分之一，相較之下具成本優勢。未來，如需增程提升，則可參考美軍已運作成熟之系統，精進如系統整合全般作戰能力、彈藥裝填快速化[22]等方向，精算提升後所需系統需求規範與整體後勤所需成本，俾利後續以合理計畫預算維持。

（二）效益後勤原則執行整後維保：與原廠與供應商之間維持良好關係、清楚界定績效目標，同時改良改進裝備系統成熟度，使雙方得以建立共同聯繫管道，有效針對裝備情況進行管制，對關鍵料件、直交件品項建立清單，有效供應鏈管理，俾利進行籌補納管、管制開工，明確承商、使用者之間的權責，均為本案例中，效益後勤所運用之原則；而較特殊之處在於美陸軍並非直接予以原製造商洛克希德·馬丁公司長約，而依裝備現況分出數期，並要求分析維保情況及訂定無法履約之避險條款，續考量逐步訂定激勵條款與修正交修模式，使本案漸臻完善。

（三）善用數據分析精算維持成本：自美陸軍維持 HIMARS 多管火箭系統的案例與經驗，可瞭解其運用效益後勤原則，有效維持裝備妥善及戰力之精髓，後續若本軍採軍購管道獲得本裝備，則可參考美陸軍歷年維持經驗與成本資料，檢討我國裝備數量與操作環境，精算成本結構，訂定適切契約條約執行，筆者認為依我國裝備數量與操作環境，初期應採行類似陸航機隊維保模式，建立直交件項量，預估失效頻率採送美回修進行維持，後續可委由商維，由原廠或獲得技術認證之代理商建立駐台維修站，建立裝備整後資料庫並定期彙報研析，依期滾動修正送修工令及備料項量，俾為裝備妥善，同時樽節維持預算。

參考文獻

報章期刊

一、陳軒泰，〈【武備巡禮】高機動性砲兵火箭系統〉《青年日報》（臺北），2018 年 5 月 28 日，版 4。

二、傅啟禎，〈【武備巡禮】雷霆 2000 多管火箭〉《青年日報》（臺北），2019 年 9 月 26 日，版 4。

三、蕭佳宜，〈108 年國防釋商達 1303 億，創歷年最高〉《青年日報》（臺北），2020 年 4 月 14 日，版 6。

四、楊富巖，〈美製多管火箭系統〉《青年日報》（臺北），2013 年 5 月 6 日，版 5。

五、蘇尹崧，〈在印太抗衡中共美陸軍計畫兩年內再部署多領域特遣隊〉《青年日報》（臺北），2020 年 1 月 11 日，版 6。

[22] 邱楷超，〈淺談美軍 HIMARS 多管火箭〉《砲兵季刊》，187 期，陸軍砲訓部，108 年 11 月，頁 43-56。

六、王能斌，〈波蘭購 20 套 HIMARS 2023 年交付〉《青年日報》（臺北），2019 年 2 月 12 日，版 6。
七、蘇尹崧，〈羅馬尼亞確定採購 HIMARS〉《青年日報》（臺北），2017 年 8 月 28 日，版 7。
八、蕭佳宜，〈去年國防資源釋商 1303 億歷年最高〉《青年日報》（臺北），2020 年 4 月 15 日，版 6。
九、張雲清，〈淺談各國砲兵多管火箭系統發展現況〉《砲兵季刊》（臺南），180 期，2018 年 3 月。
十、林俊安，〈軍機策略商維績效評估之研究－以陸航旋翼機隊為例〉《陸軍後勤季刊》（桃園），104 年第 3 期，2015 年 8 月。
十一、邱楷超，〈淺談美軍 HIMARS 多管火箭〉《砲兵季刊》（臺南），187 期，2019 年 11 月。
十二、Jacques S Gansler & Ailliam Lucyshyn ,“HIMARS：A High Perfor－mance PBL”, Center for public policy and private enterprise,2014/8.PP1－8

網路資源

一、後訓中心教學資料庫，一般教官組，108－1012－N，效益後勤簡介。
二、Dugdale－Pointon,T.MLRS,http://www.historyofwar.org/articles/weapons_ mlrs.htm，查詢日期：2020/5/8。
三、HIMARS High－Mobility Artillery Rocket System, ” http://www.army－technology.com/projects/himars，查詢日期：2020/5/8。
四、DSCA Database http://dsca.mil, 查詢日期: 2020/5/9。
五、Army Contracting Office, Solicitation Number:W31P4Q13R0124, https://www.fbo.gov，查詢時間：2020/5/13。

軍事準則

一、國防部資源規劃司，國軍推動國防資源釋商政策作業規定，民國 102 年 01 月 22 日。
二、Office of the Secretary of Defense, Depot Maintenance Long－Term Strategy. Report to Congress. Deputy Under Secretary of Defense for Logistics and Material Readiness.,2004.
三、Secretary of Defense Performance Based Logistics Awards Program for Excellence in Performance Based Logistics: Summary of accomplishments,DoD,2006.

作者簡介

林俊安少校，中正理工學院機械系 89 年班，軍備局技訓中心生產管理正規班 93 年班，國立雲林科技大學企管所 97 年班，美國國防語文中心特殊英語及軍售作業管理 2012－3 年班，現任職於陸軍後勤訓練中心保修組教官。

中共戰略支援部隊之研究

作者：王聖元

提要

一、戰略威懾是晉升世界強權的重要手段也是指標之一，兩次波灣戰爭後，資訊化（中共稱信息化，以下略以中共用語論述）戰場環境與電磁空間能力之掌握主宰戰場，因此中共體現軍事改革朝現代化步調前進，為「打贏信息化戰爭」中共戰略支援部隊於西元 2015 年 12 月 31 日成軍，如何確保軍種聯合作戰效能及增強戰略威懾的支援能力為主要動機與目的。

二、本研究目的為瞭解中共戰略支援部隊專業能力於實施制電權、制信息權及制天權的現況，探求相關專業能力的關鍵弱點，並對比美國戰略司令部為參考樣本，預判中共戰略支援部隊發展模式與運用。

三、未來防衛作戰作戰中共將運用戰略支援部隊實施制電權、制信息權及制天權實施情報資訊偵蒐與分析，筆者認為國軍於不對稱的科技環境下，在建立防護能量、強化通資安全及發展必要反制手段，戰力仍保有作戰效能，以爭取有限的反制與防護手段，將影響戰局勝負的關鍵因素。

關鍵詞：中共戰略支援部隊、電子戰、網路信息、航天

前言

戰略威懾是晉升世界強權的重要手段也是指標之一，自十九世紀末馬漢引用培根「一個國家如能自由的控制海洋，就可以在戰爭中隨心所欲地取得他所要的一切」[1]，利用海上資源支撐陸權，所以英國、美國成了世界強國；二十世紀二次大戰後，核子、太空探索科技突飛猛進，造就以蘇聯與美國兩大強國母體的社會主義國家（左派思想）與民主國家（右派思想）；二十一世紀資訊網路發達，讓世界拉近彼此的距離，掌握資電優勢將掌控戰場環境，形塑無人化作戰成為軍事變革的趨勢。因此戰略威懾手段已從實質武力衝突，進入以資訊網路為媒介的虛擬世界攻防手段，達到孫子兵法不戰而屈人之兵境界。

習近平於 2012 年上任後，提出「強軍目標」的軍隊指導思想與方針，針對國防及軍隊建設深化改革，成立中共戰略支援部隊，具備情報偵查、電磁偵測及反制、網電攻擊等新型作戰任務，直接由中央軍委管轄依令支援各戰區維護國家安全的新型作戰力量，及我軍新質作戰能力的重要增長點。」[2]，除了確保未來聯合作戰能力增進外，研判可對全球戰略打擊實施精準支援，如在電子戰

[1]《海權與戰略》（桃園：陸軍總司令部戰略叢書，2002 年），頁 13。
[2]袁勃，〈習近平首次軍隊訓詞意義重大〉《人民網》，2016 年 1 月 03 日，http://politics.people.com.cn/BIG5/n1/2016/0103/c1001-28006261.html（檢索日期：2018 年 3 月 15 日）。

空間保障、網路戰資訊能力擴張及太空戰航天科技發揮，再配合情資整合、心理戰能量植根，運用五大專業（航天、電子戰、信息、情監偵及心理戰）使戰略威懾發揮效果。

筆者希望能藉研究中共戰略支援部隊運用，對比美軍戰略司令部的發展為參據，思索國軍面對中共戰略支援部隊攻擊，如何確保關鍵戰力，於未來戰場上發揮功效。本研究另一個重要目的係藉比較中共戰略支援部隊建構保障手段與美軍戰略司令部異同之處，探究未來中共戰略支援部隊發展方向，藉瞭解中共戰略支援部隊特性及運用，提供國軍各部隊面對中共戰略支援部隊爭取制電磁權、制信息權及制航天權應有之手段。

中共戰略支援部隊現況與發展

中共戰略支援部隊自成立以來，整合航天、電子戰及信息等專業科技能力，運用於軍種聯合作戰從演習過程可得有一定的效能發揮，依中共「反介入／區域拒止」戰略思維推測，持續運用航天科技、電子戰能力，藉信息網路為媒介，平時與戰時交替運用以能提升區域內中共陸、海、空及火箭軍的影響力，以跨越海洋的界線，超越地平線的阻隔，成為強軍背後的支撐。戰略支援部隊直屬中央軍事委員會管轄，下轄參謀部、軍事情報部、電子電磁系統部、網路系統部及航天系統部，組織判斷圖如圖 1 所示。

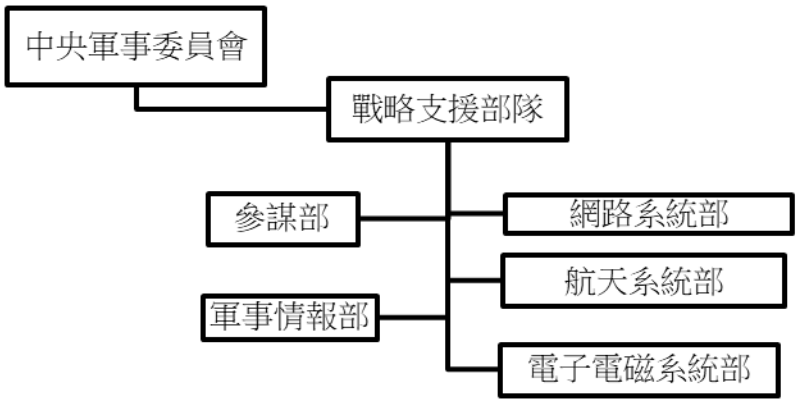


圖 1 戰略支援部隊組織判斷圖

資料來源：林穎佑，〈中共戰略支援部隊的任務與規模〉《展望與探索》（新北市），第 15 卷第 10 期，展望與探索雜誌社，2017 年 10 月，頁 119。

一、航天現況與發展

在現今的空權時代，陸上與海上作戰及地面傳統之三軍聯合作戰，必待空中作戰取得制空優勢後，方得可能進行。就太空發展而言，所具有的重要軍事意義，是為空軍戰略之延伸與擴大，亦為空軍戰略之一環，太空戰略與現有空軍戰略需相互支援配合，而成一更具伸縮性之有效整體，太空戰略目標就是奪取「制太空權」，也稱為「制天權」，主要分為「阻止敵方運用太空資產」及「保

障己方運用太空資產」。[3]中共對「制天權」定義為：「交戰雙方在一定時間內對一定範圍外層空間的控制權。其目的是奪取宇宙空間優勢保證己方擁有空間行動的自由罩制約敵方空間行動的自由」。綜前可見由航空（空）、太空（天）能力所結合的「空天一體」或「航空航天一體化」之現象密不可分。[4]

「中國特色的軍隊建設改革路線」，基本上是採取「海上以美式為裏，陸上以俄式為表」，作為共軍的參考和借鑑，[5]跨軍種聯合作戰最重要的專業技術，在於如何精確判明目標與精確定位，制天權亦可藉由戰略支援部隊航天系統部（圖2）研究的衛星反制能力，瓦解敵太空戰力，確保本身制天權之優勢。

太空戰場相當廣闊深遠，可以包含和覆蓋傳統的陸、海、空戰場，具有居高臨下的空間優勢，將制約路、海空戰場的作戰行動，[6]藉「軍民融合」與民間學術產業交流相關航天科技，能不斷提升技術能量，亦透過通訊、監偵及目標定位衛星，實施軍種聯合作戰，形塑有利戰場環境獲取作戰制勝先機。

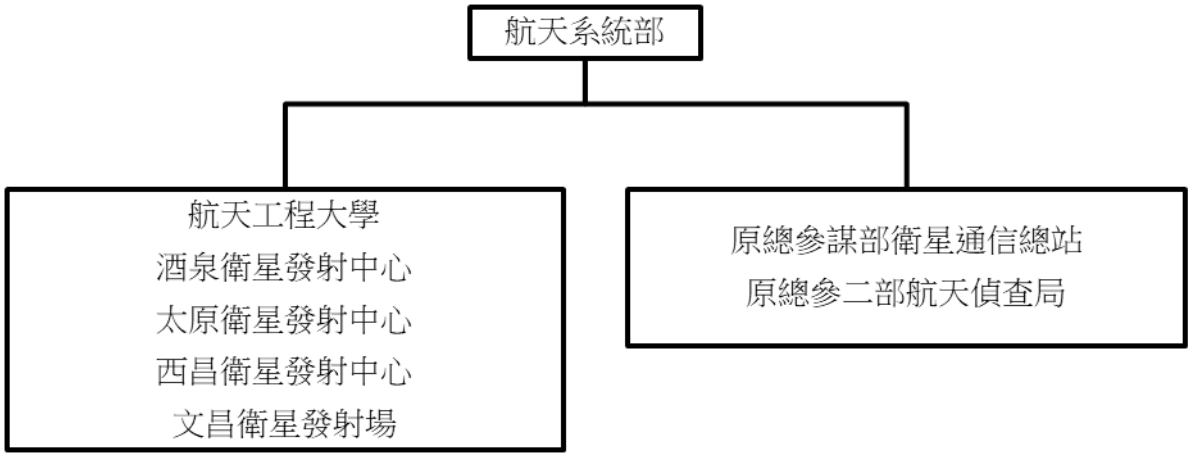


圖 2 航天系統部組織判斷圖

資料來源：林穎佑，〈中共戰略支援部隊的任務與規模〉《展望與探索》（新北市），第 15 卷第 10 期，展望與探索雜誌社，2017 年 10 月，頁 119。

二、電子戰現況與發展

電子技術是高技術的核心，已廣泛用於各項武器系統，現代戰場就是一個巨大的電磁場，電子戰貫穿戰爭全過程，滲透於戰場各個領域，對戰爭全局具有重大的影響。因此在高技術局部戰爭中，「制電權」已成為一個至關重要的戰法。電子戰不僅貫穿於戰爭的實施階段，還運用於戰爭準備階段。中共學者認為當戰場上彌漫著烽火煙硝時，電子戰序幕早已拉開，在交戰之前的很長一段

[3] 同註 8，頁 82。
[4] 陳偉寬、李安曜，〈試論中共發展航天戰略之意涵〉《國防雜誌》（桃園），第 25 卷第 2 期，國防大學，2010 年 6 月，頁 71。
[5] 曾祥穎，〈俄羅斯軍事改革對中共之啟示〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 53 卷第 555 期，陸軍教準部，2017 年 10 月，頁 6。
[6] 蘇文吉，《中共衛星發展戰略之研究》（臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所碩士在職專班碩士論文，2017 年），頁 32。

時間裏，雙方就已展開了電子監聽、偵察的鬥爭。[7]

戰略支援部隊下轄的戰術電子戰部隊除對與國防有關的「國家關鍵設施」提供電子戰防衛機制外，海軍及空軍的電子信號和電子作戰亦可執行指揮與管理，如戰略管制機載情報蒐集系統及海軍艦載設施。戰略支援部隊統合空中、水面、航天等各領域電戰部隊，如中共海軍背靠背演習作戰電戰空間保障，空軍遠海長航訓練電子干擾演練，地面部隊聯合作戰電子空間確保抗干擾作戰及火箭軍抗擊外軍及精準打擊目標情資確保。

現階段中共已組建專業電戰機種與反輻射無人載具及建置各型干擾陣地，可針對各式雷達及通信設施，遂行電磁參數偵蒐及軟、硬殺任務；另外持續研發低頻電磁脈衝等新概念武器，著重戰時發揮主動攻勢作為，將有助其先期奪取戰場「制電磁權」。[8]

戰場上複雜的資訊環境，是因受到電子戰在內的複雜電磁環境的影響，而成為敵我雙方爭取電子優勢的關鍵因素，因此研判中共戰略支援部隊電子電磁系統部整合相關部隊，支援軍種聯合作戰，奪取制電權為目前運用效能。

三、信息化現況與發展

「資訊戰是使用資訊網路或資訊化武器，攻擊敵方的認知體系，認知體系包括：認識體系加信念體系是指為瞭解或觀察課證實的現象，並把這些現象變為可感知的現實，以此為依據，所建立的決策系統。」[9]中共《軍語辭典》對「信息作戰」之定義：「係指在軍事為利用、干擾、破壞敵方信息和信息系統，並保護己方的信息和信息系統所採取的行動。」[10]中共現代戰爭在大量使用信息技術和信息武器的基礎上，構成信息網路化的戰場，透過通信、雷達、導彈、電腦、衛星、激光等信息技術及裝備，爭奪對信息的控制權及使用權。其核心為爭奪戰場信息控制權，以影響和決定戰場的勝負。成立戰略支援部隊，作戰方面以不對稱作戰、網路威懾戰、網路癱瘓戰及網電一體戰運用。[11]當前戰略支援部隊針對信號情報（SIGINT）的攔截、處理以及轉送國外電台的通信傳播訊號，透過設在各邊境和沿海地區的大量監聽站進行電子情報的截收工作。

中共自 1999 年科索沃戰爭後，已積極探討高科技不對稱作戰，包括以強擊弱以及以弱擊強兩部分，打贏高技術條件下的局部戰爭，就是仿效美國所發展的「高科技不對稱作戰」作準備，其目的不在與美國在各方面進行全面的軍事競爭，而在於研發各類所謂「殺手鐧」武器，針對美軍的弱點給予致命的攻擊，

---

[7] 王國玉，《無形利劍－－世界電子戰部隊》（長沙：國防科技大學出版社，1999 年），頁 51。
[8] 國防部國防報告書編纂委員會，《中華民國 98 年國防報告書》（臺北：國防部，2009 年 10 月），頁 53-55。
[9] 沈偉光，《論中國軍事變革》（北京：新華出版社，2003 年 8 月），頁 28。
[10] 劉宜友，〈淺析中共「網電一體戰」〉《國防雜誌》（桃園），第 26 卷第 3 期，國防大學，2011 年 8 月，頁 122。
[11] 呂兆祥，〈共軍網路作戰對我資電作戰之影響〉《國防雜誌》（桃園），第 30 卷第 6 期，國防大學，2015 年 11 月，頁 7-11。

以癱瘓美軍的戰力，近年中國大陸利用網路科技，大量招募專業技術人員組成「網軍」，已具有執行網路攻擊和防禦的能力。[12]以資訊為中心，是信息化戰爭所有作戰樣式的普遍特徵。因此，信息作戰、火力戰、特種戰等各種樣式的作戰都具有普遍指導意義。信息戰貫穿不對稱作戰跨越式發展，「聯合、控制、精確、快速」四個方向，以打贏未來信息化的聯合作戰。

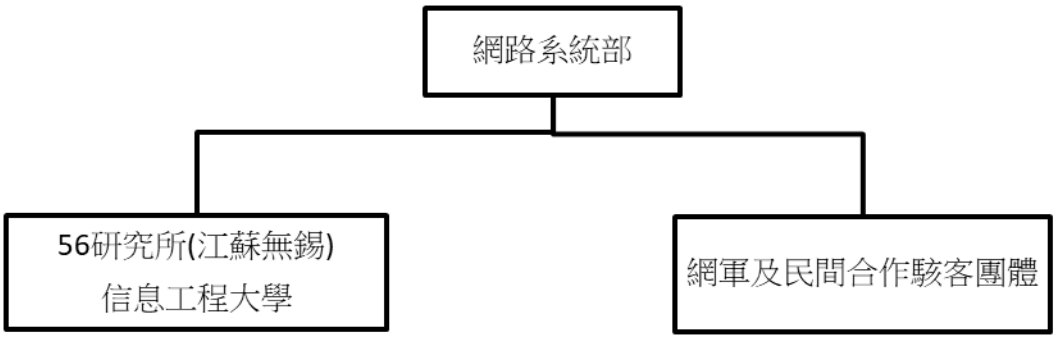


圖 3 網路系統部組織判斷圖

資料來源：林穎佑，〈中共戰略支援部隊的任務與規模〉《展望與探索》（新北市），第 15 卷第 10 期，展望與探索雜誌社，2017 年 10 月，頁 119。

中共戰略支援部隊運用與美國戰略司令部之比較

自 1991 年波灣戰爭後，使中共感受美軍的科技兵力，是警覺須強化國防體制及軍隊改革的關鍵點，1995 年 12 月中共軍委提出「科技強軍」的重大戰略，展開軍事變革。[13]建構中共戰略支援部隊與火箭艦研判為仿效美國戰略司令部整合太空、電子戰及網路專業能力，運用情監偵手段，配合大規模毀滅性武器的投射，確保美國國家安全，藉美國戰略司令部部隊組成及相關能力，以電子戰、信息網路及航天科技比較，尋求中共戰略支援部隊未來發展趨勢及關鍵弱點。

一、美國戰略司令部單位簡介

美國戰略司令部總部位於美國內布拉斯加州奧法特空軍基地（Offutt Air Force Base，Nebraska），於 2002 年由美國太空司令部和戰略司令部合併而成，旨在將空間、資訊對抗和攻擊結合在一起，執行全球作戰任務，任務範圍包括網路戰、導彈防禦、空間和全球打擊、情報（監視）和偵察以及大規模殺傷性武器，組織如圖 4 所示。[14]

（一）聯合部隊太空指揮部（AFSPC）：提供全球支持國家和戰區戰鬥指揮官目標的效果。空間委員會、空間協調及空間業務層面的規劃，整合和協調，以確保統一支持軍事和國家安全行動的努力。

---

[12] 同註 3，頁 78。
[13] 同註 3，頁 92。
[14] 美國戰略司令部，〈美國戰略司令部組成〉《美國戰略司令部官方網站》，2018 年 1 月 4 日，〈http://www.stratcom.mil/Portals/8/Documents/Commander's%20Intent.pdf?ver=2017-02-09-155040-487〉(檢索日期：2018 年 2 月 25 日)。

（二）聯合情監偵聯合指揮部（JFCC ISR）：建議分配情監偵（ISR）能力以滿足戰略或高優先等級戰鬥人員之指揮、國家業務和情報需求，倡導 ISR 能力，並為戰略司令部的其他任務提供功能支持，與中情局合作。

（三）聯合導彈防禦指揮部（JFCC IMD）：提供導彈防禦能力，以支持戰略司令部、其他作戰指揮部（戰區）、服務部門和必要的美國政府機構，以遏制和捍衛美國、部署部隊及其盟友受彈道導彈攻擊。美國空軍委員會分配美軍支援系統七個導彈防禦相關責任。

（四）聯合部隊空中部隊指揮部（JFACC）：負責管理全球的空軍力量活動，以確保盟友，並阻止和勸阻不利於美國及其全球利益的行動；若威懾失敗，以實際手段，運用全球空襲部隊（轟炸機和洲際導彈）來支持戰鬥指揮官。

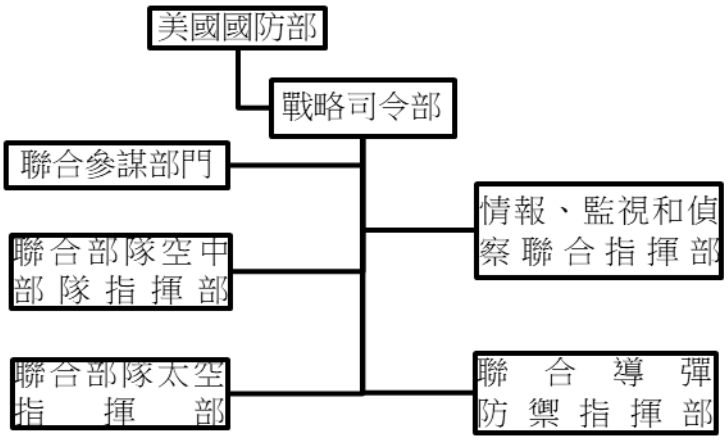


圖 4 美國戰略司令部組織判斷圖

資料來源：〈美國戰略司令部組成〉《美國戰略司令部官方網站》2018 年 1 月 4 日，http：//www.stratcom.mil/Portals/8/Documents/Commander's%20Intent.pdf?ver=2017-02-09-155040-487。

二、電子戰比較

利用電磁空間和控制電磁空間更是未來世界強國主要的發展戰略。[15]20 世紀 90 年代末，美國國防部、美國空軍、美國航太司令部聯合提出了一套新的空間攻防對抗系統概念，並考慮到實際研製的進度，為每一階段都建立了相應的空間作戰平台系統。該空間作戰平臺系統最終目標是將現代航太、航空與武器裝備高技術融為一體，達到一種高效能、多功用、可重複使用的天基武器平臺。針對每一階段的空間作戰平臺，都要求具有空間對抗、全球（任指地區）攻擊、全球（多目標）偵察監視，以及衛星服務、航太運輸等功能。

中共在以美軍為首的多國聯軍於波灣戰爭取得絕對優勢的勝利後檢視，發現掌握空間參數，即可掌握武器效能發揮，空間參數最容易執行控制作為即電磁頻譜，科技武器持續精進，各裝備均能透過無線為波射被執行相關構聯，如

[15] 陳洪波、楊滌，〈美國空間攻防對抗概念體系下的空間武器平臺〉《現代防衛技術》，第 34 卷第 3 期，2006 年 6 月，頁 1-5。

LINK-16，微波通信等，以利後續各軍種視距外聯合作戰運用順遂。

中共在關鍵性電子科技條件有限及技術研發起步較晚等因素，使得電子戰在其所謂「底子薄、基礎差、起步晚」的窘境下，基於經濟與時效考量，中共仍倚重透過軍事交流、軍事採購與技術轉移，向俄羅斯、以色列與歐洲國家如英、法等國取得，雖已與西方主要軍事強權國家縮短差距，但總體而言，仍落後有 10 至 20 年左右。[16]因此可得電子戰方面，中共戰略支援部隊因發展時間晚，無相關實戰經驗，且以仿效美國發展途徑，建置相關電戰裝備與運用模式，聯合作戰整合效能勢必也仍然處於磨合階段，研判未來可對局部區域具備電戰干擾、攻擊與防護能力。

表 1 電子戰比較表

項目	美國戰略司令部	中共戰略支援部隊
系統技術	1980 年代即針對空間技術實施研究，1999 年運用電子戰於實際作戰模式，2003 年發展「獵鷹計畫」（FALCON）確保美國安全，2015 年發展電磁頻譜戰，2017 年發展出電子戰戰略。	波灣戰爭後 1993 年中央軍委劉清華強調高科技對戰爭型態與作戰方法有重大影響，開啟電子戰空間技術研究，2001 年建立網電一體化作戰模式仿效美軍於各軍區成立電戰部隊負責電戰防護、偵查與打擊，2015 年戰略支援部隊成軍後統一運用電戰部隊及設備。
硬體裝備	衛星、隱形偵查機、無人偵察機、空中預警機、電干機、電戰機	衛星、無人偵察機、空中預警機、電干機、電戰機
綜合比較	長時間建構發展能力，關鍵技術及發展戰略可自我掌握。	仿效美俄軍電戰運用，發展能力及關鍵技術掌握於他國手中，研發技術突破能力受限，跨軍種聯合能力整合中。

資料來源：1.劉克儉，《美國未來作戰系統》（北京：解放軍出版社，2009 年），頁 407。2.張春磊，〈2015 年的一件大事將引領電子戰發展方向〉《壹讀》，2016 年 1 月 22 日，https：//read01.com/kMj6A5.html#.W0q-ttUzabIV。3. 錢高陞，〈開創電子戰願景與有利態勢之研究〉《國防雜誌》（桃園），第 22 卷第 6 期，國防大學，頁 38。

三、網路信息比較

因為科技資訊發達與全球化的影響，國家安全開始由實體環境進入虛擬環境，網路戰爭面建立成為美國重要安全核心問題，若能控制「網路權」，則不僅能對當前戰場形勢和環境作出正確分析與判斷，並進而使敵人的作戰意圖和能力也都盡收眼底，從而更利於掌握戰場主動權。2009 年，美國成立網路司令部

[16] 錢高陞，〈開創電子戰願景與有利態勢之研究〉《國防雜誌》（桃園），第 22 卷第 6 期，國防大學，2007 年 12 月，頁 38。

（Cyber Command），專責保護各種聯繫網路裝置，以防止遭到網路攻擊，[17] 2017 年將美軍網路司令部升級為第十個聯合作戰司令部，進一步強化美國的網路安全，提升國防能力。[18]

中共戰略支援部隊所屬單位並不屬於各戰區管轄，但分駐各地的戰略支援部隊單位，已有參與戰區部隊進行聯合演習，如南部戰區的 14 集團軍通信團，曾在 2016 年春節戰備演練，申請戰略支援部隊科技專家協助清除電腦病毒並實施反擊，[19]故戰略支援部隊在信息網路方面在支援聯合作戰中採用任務編組方式實施，提升信息作戰能力。[20]

中共戰略支援部隊與美國戰略司令部資訊網路能力比較，單方面執行網路攻擊及與防護能力將可與美軍相抗衡，但實施聯合作戰跨部會整合效能較弱，美國戰略司令部，原屬網路司令步調升為聯合作戰司令部層級，除了跨部會資訊網路能力整合效能提升外，更可獲得資源提供各部隊運用。

表 2 網路信息比較表

項目	美國戰略司令部	中共戰略支援部隊
系統技術	1.網路中心戰在 21 世紀初期由美國海軍提出，運用於第二次波灣戰爭實施，運用資訊網路鏈結，強大的資訊通信網路、將分部在廣闊區域內的各種分散配置偵查、指揮管制、火力單元串接起來，增加作戰效能。 2.提升網路安全層級為國家階層，跨部會整合防護與攻擊策略。	1.以網電一體化為戰略發展目標。 2.整合原屬總參及各軍區信息部隊，仿效美國網路策略，進行軍種信息保障任務，配合網軍部隊，對假想敵實施網路攻擊。
硬體裝備	高效能運算處理系統、資訊作戰部隊、資訊整合系統、通訊衛星。	高效能運算處理系統、通訊衛星、信息作戰部隊、信息戰研究中心。
綜合比較	長期實施跨部會資訊整合，資訊發展能力國家與民間相互合作穩定密切。	硬體設備能力提升，且關鍵網路攻防軟體設計投入預算，有相關突破，跨軍種整合效能建置中。

資料來源：1.呂登明，《信息化戰爭與信息化軍隊》（北京：解放軍出版社，2004 年，10 月），頁 240-241。2.〈美軍網路司令部 升級爲最高級別聯合作戰司令部〉《中時電子報》，2017 年 8

[17] Ellen Nakashima, “Gates Establishes Cyber-Defense Command,” The Washington Post, June 24, 2009, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/06/23/AR2009062303492.html>（檢索日期：2018 年 4 月 10 日）

[18] 張國威，〈美軍網路司令部 升級爲最高級別聯合作戰司令部〉《中時電子報》，2017 年 8 月 19 日，〈http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170819002667-260417〉（檢索日期：2018 年 3 月 22 日）。

[19] 同註 16，頁 121。

[20] 呂兆祥，〈共軍網路作戰對我資電作戰之影響〉《國防雜誌》（桃園），第 30 卷第 6 期，國防大學，2015 年 11 月，頁 13。

月 19 日，http：//www.chinatimes.com/realtimenews/20170819002667-260417。3.〈美國網絡司令部歷史〉《美國網路司令部官方網站》〈https：//www.cybercom.mil/About/History/〉。

四、航天科技

戰略威嚇最強大的手段為大規模毀滅武器，有二戰時期的戰略轟炸機，二戰後發明核子飛彈，除陸地上固定式發射基地外，逐漸發展陸上機動型導彈，甚至演變成潛艦上也可以發射導彈；美國在科技研發支持下發明各式戰略威懾的手段，尤其以太空衛星執行戰略打擊，效果更甚，確保各項能力發展或抵禦敵人對抗的威脅，美國戰略司令部轄的聯合導彈防禦指揮部（JFCCIMD）及聯合部隊空中部隊指揮部（JFACC）相互運用搭配，即在運用太空資源的配合下提升攻擊能力。

中共火箭軍為戰略威懾手段，除須打擊敵對國外也要提升自我防護能力，避免遭敵對國戰略威懾手段攻擊，戰略支援部隊中的航天科技部隊級是提升戰略威懾手對技術的重要支撐，運用航天科技人才與技術，結合軍工體制建設，運用及研發衛星系統（北斗衛星系統、天宮火箭及長征火箭）等設備，可以保障火箭軍在執行戰略威懾手段實，對敵對國精確目標定位、導彈投送遙測與戰略打擊效果監測。

航天科技比較上，中共戰略支援部隊主要以衛星定位、通信及監偵為主，支援各軍種實施作戰，本身並無相關攻擊武力，而美國戰略司令部除具備太空衛星支援能力外，下轄空中戰略攻擊武力，可實施支援各部隊作戰，亦可單獨執行攻擊任務，研判中共戰略支援部隊藉「軍民融合」手段，持續增進航天科技能力，達到區域內「制天權」的優勢。

表 3 航天科技比較表

項目	美國戰略司令部	中共戰略支援部隊
系統技術	1.藉跨部會情資共享掌握世界大規模毀滅武器情報資訊。 2.自冷戰開始（1945 年）即研究太空技術，專業戰力運用成熟。	1.掌握共軍國內航天科技與設備運用。 2.航天發展起步較晚（1956 年）藉前蘇聯發展航天技術，仿效美軍運用於軍事方面。
硬體裝備	衛星、戰略轟炸機、戰略導彈。	衛星、火箭發射基地。
綜合比較	太空司令部與空間司令部整合後，太空資源能量運用更有效能。	航天技術逐步成熟，區域內影響力提升，戰力建構以支援各戰區與軍種為主，聯戰能力整合中。

資料來源：1.潘振強，〈國際制止大規模殺傷性武器擴散及中國的對策〉《科學決策月刊》，第 2007 卷 1 期，2007 年 1 月，頁 39。2. 劉克儉等。《美國未來作戰系統》（北京：解放軍出版社，2009 年），頁 365。

小結：由電子戰、信息網路及太空（航天）三方面能力相比較，中共戰略

支援部隊與美國戰略司令部比較可得，中共戰略支援部隊在硬體設備方面可運用經濟能力提升帶動軍事方面投資，提升相關硬體設備，具備區域內單一能力作戰效能，而支援軍種聯合作戰能力仍屬起步階段，系統鏈結與整合為軍種聯合作戰時的關鍵弱點。

中共戰略支援部隊對我之影響

中共戰略支援部隊主要支援各戰區電子戰與信息網路為主，並藉航太科技提升作戰範圍，而國軍在執行電子戰與資訊作戰方面，以資通電軍為主，且我國太空資源僅能運用於通信與天候氣象科研為重點投資，軍事作戰仍須依賴友盟提供相關資訊，故國軍須了解中共戰略支援部隊之影響力，確保迅息萬變的戰場環境尋求致勝關鍵。

一、電子戰影響

中共戰略支援部隊整合各軍情報蒐集機構與電子戰部隊，可支援各軍部隊相關情報來源、分析、判斷與運用，使中共部隊執行聯合作戰時在統一的共同情資分享下節約作戰能量避免誤擊風險，如運用航天部隊導引及傳送空軍預警機（空警 200、空警 500 及空警 2000）平臺蒐整空中、地面、海上情資給管制單位，提供防空飛彈部隊、地面部隊、海上艦艇及空中作戰部隊，確保各聯合作戰部隊通信聯絡不受敵軍干擾破壞、通資鏈路安全及目標定位情資，使聯合部隊作戰效能發揮。

電磁頻譜的參數是高科技武器的關鍵因素，建立參數資料庫，戰時藉電磁頻譜資料庫，以電子干擾手段建立電磁空間，干擾我電子設備，降低或影響裝備運作，藉電磁頻譜資料庫，結合偵蒐手段尋找我關鍵能力之裝備或系統，再配合攻擊手段實施攻擊，癱瘓國軍 C4ISR 系統，掌握制電磁權優勢，對我關鍵弱點進行制壓、遮障及破壞，將導致戰力無法發揮效能，達到不戰而屈人之兵功效。

二、信息網路影響

中共戰爭支援部隊除達成「遠戰速勝、首戰決勝」目標運用相關信息部隊，其對於信息化戰爭認知方面有以下重點：[21]（一）在網路戰場上大量使用信息技術和信息化裝備進行全時空較量的一種戰爭型態；（二）信息化戰爭，指交戰雙方或任何一方使用信息化武器裝備為主，並採取與其相是應的作戰方式所進行的戰爭模式；（三）作戰為新的戰爭制權理論，如制天權、制信息權；（四）對於信息化特點包含戰場空間透明化、作戰行動即時化、打擊目標精確化、力量運用高效化。

[21] 潘佳鴻，《中共軍對信息化建設之研究:以政治工作網路化為例》，國防大學政治作戰學院中共軍事事務研究所碩士論文，106 年 5 月 26 日，頁 55。

我國各重要政府行政單位乃至民間機構，均受其日以繼夜、毫無間斷的網路攻擊，對資訊、通信的威脅除了針對破壞設施實體的「硬殺」外，也有癱瘓、干擾、簡效、混淆機至效能的「軟殺」。[22]亦對我國軍部隊指揮、管制、通信、情資、監視及偵測系統進行信息化攻擊或干擾，平時投送大量垃圾資訊癱瘓網路影響重要資訊交流、利用網路間諜程式竊取重要情資，戰時藉信息部隊運用信息手段對我聯合作戰部隊遮障、干擾及偽冒重要資訊鏈路，使我軍喪失聯合作戰效能，各個擊破我聯合作戰部隊，或配合執行斬首行動利用網路弱點奪取國軍聯合作戰關鍵重心（重要資訊鏈路節點），瓦解國軍防衛體系。如 2016 年 5 月以來，知名的中國大陸駭客組織 IXESHE 便利用大量的新聞製造帶有惡意程式的信件來發動網攻。[23]

三、航太科技影響

目前發展運用朝向軍事與民用雙軌並行，基於「軍民融合」政策，為獲得區域內「制航天權」平時透過航天技術提供民用科學研究與民生使用，如汽車導航、通信距離延伸等，可以針對我國通信傳導、重要設施定位資訊；戰時利用航天技術實施通信鏈路遮障、干擾及偽冒定位資訊，並以反衛星導彈干擾或破壞作戰區域內之其他國家衛星系統，達到「反介入/區域拒止」戰略目標，藉「制航天權」使國軍防禦體系失常，掌握戰場優勢。

結語

中共因應「打贏信息化局部戰爭」軍事戰略，及世界主要國家軍隊均重視新型作戰力量建設，對戰略預警、軍事航天、戰略投送、低空作戰、網絡攻防等新型作戰力量建設不斷加大投入，希望在作戰力量建設競爭中搶得先機。[24]中共戰略支援部隊的建立對我軍的威脅，在於該部隊支援戰區執行作戰任務時於作戰前、中時期獲得「制電磁權」、「制信息權」及「制航天權」為手段。

在「制電磁權」方面將運用地面站臺、空中預警機、無人遙控載具、電子偵察船、電子偵察衛星等，構連多個空地一體化電子情報偵察系統，反輻射飛彈、巡弋飛彈與導彈等精確制導武器，並與空地一體化電子情報偵察系統相結合，用於實施斬首行動硬殺武器或精確打擊敵人重要軍政目標。研發雷射定向能量武器，用於反制飛機、飛彈等，高能電磁脈衝武器，干擾癱瘓指管通情系統及資訊網路等。[25]

「制信息權」方面運用網路作戰達成三項能力：一、使共軍具備竊取特定

---

[22] 同註 30，頁 133

[23] 同註 7，頁 111。

[24] 佚名，〈信息化戰爭條件下的軍事創新〉，《壹讀網》〈https://read01.com/kMj6A5.html#.W0q-ttUzbIV〉，(檢索日期：2018 年 5 月 21 日)。

[25] 同註 53，頁 37-38。

電腦網路弱點之資料能力；二、可供其標定後勤、通信及商用網路，藉以限制敵行動或延緩其反應時間；三、可於危機或衝突期間搭配軍事攻擊，強化其軍事作戰效能。[26]以入侵網站、攻擊 Internet 網域名稱、伺服器阻絕服務（DoS）攻擊、分散式阻絕服務（DDoS）攻擊、利用惡意程式碼攻擊、利用應用程式或作業系統的緩衝區滿溢電腦、病毒病毒攻擊及弱點攻擊等手段，[27]對我資安薄弱處及資安漏洞進行破壞。

「制航天權」方面運用間諜情蒐衛星、通訊衛星及北斗衛星定位系統，平時實施情報、電子參數及重要目標設施定位資訊蒐集，戰時提供海、空及火箭軍目標情資實施精確打擊，並配合傳送電子、信息干擾信號，瓦解並癱瘓我指、管、通資、情監偵（C4ISR）系統。

國軍部隊在電子戰反制與資訊防護作為上僅資通電軍有相關能力，目前除提升各部隊資訊安全防護裝備外，科技人才培訓與交流運用也必須藉由民間資訊能量才能提升反制作為，目前資通電軍作戰能力持續整合相關領域專業及搭配國軍各式操演實施驗證，強化聯戰能力與溝通平台，尋求中共戰略支援部隊之關鍵弱點實施不對稱作戰，發揮重層嚇阻功效。

國軍自 2004 年即著手推動通資電整合，在資通電軍成軍後統合國軍部隊資通電防護工作與必要反制作為建立，網羅民間專業人員加入及資通電技術交流外，平時從事戰訓本務時，強化對敵信息化部隊網路情蒐防護，航天及電戰部隊干擾與遮障，防護關鍵弱點，建立並強化反制能力，使中共不敢輕啟戰事，若作戰時我聯合作戰對中共關鍵弱點可有效實施反制，確保防衛作戰成功。觀察中共戰略支援部隊現況與運用，筆者認為國軍未來應針對下列實施整備與提升，以投資最小的成本，達到最大之效益。

一、建立防護能量

運用國軍電子戰能量，結合各主要陣地電磁防護能量，建立偽信號或偽目標，擾亂敵情報蒐集手段，提升戰場存活率，並持續蒐整各國電子戰發展趨勢，結合國軍電子戰發展作為，逐步提升及整合未來電子戰指管平台，建立全面聯合電子戰防護戰力。

二、強化通資安全作為

整合各類通信傳輸平台及導入通資安全技術，提升數位指管功能，強化資訊安全防護與作戰能量，強固機動通信能力，建構具跳頻、安全抗干擾無線電信網路，以支援指管情傳能力，並發展通資保密裝制，提升保密器維管能量，

[26] Ashley J.Tellis,著，李永悌譯，《戰略亞洲 2012-13 中共軍事發展》（臺北：國防部，2014 年），頁 187。
[27] 梁華傑，〈網路戰資訊安全探討與省思〉《國防雜誌》（桃園），第 23 卷第 2 期，國防大學，2008 年 4 月，頁 110-111。

確保通資保密安全，防止各項作戰參數遭敵獲取，整合各項資安防護系統與機制，提升早期預警及聯合資訊安全防護能力，對敵網路攻擊事件，結合政府其他部門與民間專業人員合作，持續發展綜合性資訊戰力，確保國軍資電優勢。

三、發展反制手段

戰略支援部隊主要以科學技術支撐主戰部隊，藉由航天、信息、電磁等科技能量，發揮聯合作戰效能，其關鍵弱點即是各個網狀化的連接處，如信息資料傳送，以無線或衛星傳輸，我可藉由發送干擾信後或偽冒信號，使敵無法即時接收信息資料或接收錯誤資料，導致聯合作戰效能降低或喪失；藉我國資訊人才的培育，發展資訊反制作為，除了攻擊敵資訊關鍵弱點外，也可遂行資訊干擾作為及資訊媒播效應，對敵作戰心理造成恐懼，瓦解聯合作戰戰力。

國軍面對中共戰略支援部隊在「制電權」、「制信息權」及「制航天權」的威脅，除平時作好相關防護作為外，最重要的是建立資訊安全正確觀念，才能無論平時或戰時讓敵人無法竊取機敏資訊或攻擊我的相關設施，加上與民間交流實施人員的教育訓練與培養科技能量，研發相關反制手段，才能在未來防衛作戰時，讓中共戰略支援部隊的關鍵能力喪失，無法有效支援中共陸、海、空及火箭軍聯合作戰，確保我防衛作戰成功。

參考文獻

書籍

一、Ashley J.Tellis,著，李永悌譯《戰略亞洲 2012-13 中共軍事發展》（臺北：國防部，2014 年）。

二、中共年報編輯委員會，《2017 中共年報》（臺北：中共研究雜誌社，2017 年）。

三、日本防衛省防衛研究所編，《中國安全戰略報告 2017》（東京：防衛研究所出版，2017 年）。

四、王帆，《美國亞太聯盟》（北京：世界知識，2007 年）。

五、王勇，《美國軍力最新評估》（北京：國防大學出版社，2007 年）。

六、呂登明，《信息化戰爭與信息化軍隊》（北京：解放軍出版社，2004 年）

七、李健、嚴美譯，Larry K Wentz、Charles L.Barry、Stuart H Starr 編，《網路戰-美國稱霸全球第五戰場》（香港：新點出版，2010 年）。

八、李慶山，《今日世界軍事叢書－今日美軍事世界駐地》（瀋陽：白山出版，2009 年）。

九、孟樊，《論文寫作方法與格式》（臺北：威仕曼出版，2009 年）。

十、國防部軍務局譯，《21 世紀美軍兵力整建》（臺北：國防部軍務局，1998 年）。

十一、國防部國防報告書編纂委員會，《中華民國 95 年國防報告書》（臺北：國防部，2006 年）。

十二、國防部國防報告書編纂委員會。《中華民國 98 年國防報告書》（臺北：

國防部，2009 年）。
十三、國防部國防報告書編纂委員會，《中華民國 102 年國防報告書》（臺北：國防部，2013 年）。
十四、張可婷譯，Keith Punch 著，《做出有效的研究論文與計畫》（臺北：韋伯出版，2009 年）。
十五、張台航、謝豐安譯，Hans Binnendijk 著，《美軍軍事轉型》（臺北：國防部史政編譯室，2002 年）。
十六、情次室連絡室，《美國防部 2004 年中共軍力報告中譯版》（臺北：國防部情報參謀次長室，2004 年）。
十七、曹雄源，《戰略透視：冷戰後美國層級戰略體系》（臺北：五南出版，2011 年）。
十八、曹雄源、廖舜右譯，《美國國防暨軍事戰略》（臺北：國防大學出版，2008 年）。
十九、郭勝傳，《大閱兵》（北京：中共黨史，2009 年）。
二十、楊紫函譯，謝利高、Philip D.Zelikow 編，《美國的軍事戰略：致美國總統的備忘錄》（臺北：國防部史政編譯室，2003 年）。
廿一、廖宏杰、譚珍珍、舒坤林、林競雯、吳自立、陳姵如、林建全、賴名威、陳傳僑譯，《2003 年美國國防報告書》（臺北：國防大學，2003 年）。
廿二、劉克儉等，《美國未來作戰系統》（北京：解放軍出版社，2009 年）。
廿三、蘇士甲、康景海，《中國人民解放軍院校發展史》（北京：國防大學，1991 年）。
廿四、彙編譯，《海權與戰略》（桃園：陸軍總司令部，2002 年）。

論文

一、白鈞賀，《中共發展火箭軍之戰略意涵-結構功能論之「AGIL」概念模式分析》（桃園：國防大學政治作戰學院中共軍事事務研究所碩士論文 106 年碩士論文）。
二、吳長錦，《中共的高技術局部戰爭能力之研究－以電子戰發展為例》（臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所論文）。
三、林忠義，《中共國防體制中武裝力量之建設與變革》（桃園：國防大學戰略研究所戰略暨國際事務碩士班 105 碩士論文）。
四、林維泰，《從軍事演習探討中共陸軍轉型（2009-2013 年）》（臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所在職專班 104 碩士論文）。
五、胡志偉，《重境外屯田觀點探討中共戰略資源或區之研究》（桃園：國防大學政治作戰學院政治學系中共解放軍研究碩士班碩士論文 104 年碩士論文）。
六、倪文璞，《習進平時期中共陸軍轉型之研究 2012 至 2016 年》（桃園：國防大學政治作戰學院中共軍事事務研究所碩士論文 106 年碩士論文）。
七、離兆煒，《共軍發展「網電一體戰」織能力須時研究》（臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所碩士在職專班 102 碩士論文）。

八、蘇文吉，《中共衛星發展戰略之研究》（臺北：淡江大學國際事務與戰略研究所碩士在職專班 106 碩士論文）。

期刊

一、王湞憲，〈共軍軍改元年演訓概況對我防衛作戰之啟示〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 53 卷第 554 期，陸軍教準部，2017 年 8 月，頁 17-51。
二、呂兆祥，〈共軍網路作戰對我資電作戰之影響〉《國防雜誌》（桃園），第 30 卷第 6 期，陸軍教準部，2015 年 11 月，頁 1-28。
三、林明武、林輝龍，〈導航衛星於電子戰作為之研究〉《國防雜誌》（桃園），第 25 卷第 5 期，陸軍教準部，2010 年 10 月，頁 75-87。
四、林穎佑，〈中共戰略支援部隊的任務與規模〉《展望與探索》（新北市），第 15 卷第 10 期，展望與探索雜誌社，2017 年 10 月，頁 102-128。
五、美-克洛林達.特魯希略，〈網路空間威懾的局限性〉《外國軍事學術》，2016 年第 12 期，2016 年 12 月，頁 31-40。
六、梁華傑，〈網路戰資訊安全探討與省思〉《國防雜誌》（桃園），第 23 卷第 2 期，國防大學，2008 年 04 月，頁 103-120。
七、許然博，〈中共無人飛行載具發展對我海軍威脅〉《海軍學術雙月刊》（臺北），第 51 卷第 5 期，海軍司令部，2017 年 10 月，頁 115-134。
八、陳育正，〈美國網路安全防護經驗對我國網路安全情勢之啟示〉《國防雜誌》（桃園），第 30 卷第 3 期，國防大學，2015 年 5 月，頁 73-88。
九、陳洪波、楊滌，〈美國空間攻防對抗概念體系下的空間武器平臺〉《現代防衛技術》，第 34 卷第 3 期，2006 年 6 月。
十、曾祥穎，〈俄羅斯軍事改革對中共之啟示〉《陸軍學術雙月刊》（桃園），第 53 卷第 555 期，國防大學，2017 年 10 月，頁 4-21。
十一、楊順欽，〈電磁脈衝防護的概念與方法〉《國防雜誌》（桃園），第 20 卷第 3 期，國防大學，2004 年 2 月，頁 5-17。
十二、劉宜友，〈淺析中共「網電一體戰」〉《國防雜誌》（桃園），第 26 卷第 3 期，國防大學，2011 年 8 月，頁 120-134。
十三、潘振強，〈國際制止大規模殺傷性武器擴散及中國的對策〉《科學決策月刊》，第 2007 卷 1 期，2007 年 1 月，頁 37-39。
十四、錢高陞，〈開創電子戰願景與有利態勢之研究〉《國防雜誌》（桃園），第 22 卷第 6 期，國防大學，2007 年 12 月，頁 34-43。
十五、應紹基，〈中國大陸設立「戰略支援部隊」之意涵與可能發展〉《空軍學術雙月刊》（臺北），第 654 期，空軍司令部，2016 年 10 月，頁 70-85。
十六、羅守貴，〈電子戰無人機的發展現況及趨勢〉《艦船電子對抗》，第 32 卷第 2 期，2009 年 4 月，頁 26-28。

網路資訊及新聞

一、Nakashima.Ellen, 2009/6/24. “*Gates Establishes Cyber-Defense Command*,” The Washington P〈http：//www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/06/23/AR2009062303492.html〉.

二、王芳芳，2017/12/20〈美各方揣測我戰略支援部隊 中國專家強烈批駁〉《每日頭條》，https：//kknews.cc/military/jqjybxl.html。
三、申淼，2017/9/15〈美國國防部發布新版「電子戰戰略」〉《搜狐軍事》，http：//www.sohu.com/a/192119618_635792。
四、佚名，2016/10/14〈信息化戰爭條件下的軍事創新〉《壹讀網》，https：//read01.com/kMj6A5.html#.W0q-ttUzbIV。
五、牧之，2016/3/5〈中國火箭軍和戰略支援部隊，到底有多厲害？〉《軍事評論》，https：//theinitium.com/article/20160121-opinion-military-reform-china-muzhi/。
六、牧之，2016/4/7〈戰略支援部隊，百寶箱還是成果彙報展〉《軍事評論》，https：//theinitium.com/article/20160121-opinion-military-reform-china-muzhi/。
七、邱志強，2004/4/1〈資電作戰指揮部正式成軍〉《青年日報》，http：//www.youth.com.tw/db/epaper/es001008/eb0678.htm。
八、邱越，2016/1/06〈我軍戰略支援部隊是一支什麼樣的軍事力量？〉《人民網》，http：//www.mod.gov.cn/power/2016-01/06/content_4641635.htm。
九、邱越、黃子娟，2016/1/2〈國防部解讀戰略支援部隊：可優化軍事力量結構〉《人民網》，http：//military people.com.cn/BIG5/nl/2016/01 02, c1011-28004573.html。
十、美國國防部戰略司令部，2017/10/2 〈美國戰略司令部達到了命令重組的第一個里程碑〉《美國戰略司令部官方網站》，http：//www.stratcom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/1331799/usstratcom-reaches-first-milestone-in-command-restructure/。
十一、美國國防部戰略司令部，2017/12/4〈聯合太空部隊重組後，AFSPC 指揮官成為 JFSCC〉《美國戰略司令部官方網站》，http：//www.stratcom.mil/Media/News/News-Article-View/Article/1331799/usstratcom-reaches-first-milestone-in-command-restructure/（檢索日期：2018 年 1 月 25 日）。
十二、美國網路司令部，2018/1/29〈美國網絡司令部歷史〉《美國網路司令部官方網站》，https：//www.cybercom.mil/About/History/。
十三、美國戰略司令部，2018/1/4 〈美國戰略司令部組成〉《美國戰略司令部官方網站》，http：//www.stratcom.mil/Portals/8/Documents/Commander's%20Intent.pdf?ver=2017-02-09-155040-487。
十四、袁勃，2016/1/03〈習近平首次軍隊訓詞意義重大〉《人民網》，http：//politics.people.com.cn/BIG5/n1/2016/0103/c1001-28006261.html。
十五、張春磊，2016/1/22〈2015 年的一件大事將引領電子戰發展方向〉《壹讀》，https：//read01.com/zh-tw/LNLxPd.html。
十六、張國威，2017/8/19〈美軍網路司令部 升級爲最高級別聯合作戰司令部〉《中時電子報》，http：//www.chinatimes.com/realtimenews/20170819002667-260417。
十七、葉凡，2016/1/30〈中國戰略支援部隊接收〝黑客部隊〞提高網路能力〉

《美國之音》，https：//www.voachinese.com/a/china-cyber-security-20160129/3169386.html。
十八、錢程爍，2008/3/19〈中國應警惕美國吹捧 克服弱點強化網路戰力〉《東方網》，http：//blog.sina.com.cn/s/blog_4b4e19cb01008t6b.html。
十九、應紹基，2016/12/08〈中共反介入戰略的新武器：新一代軍用無人機〉《臺北論壇》，http：//www.taipeiforum.org.tw。

作者簡介

王聖元中校，陸軍官校 87 年班、陸院 101 年班、戰院 107 年班，歷任連長、教官、營長，現任職砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。

陸軍《砲兵季刊》徵稿簡則

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

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

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

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

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

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

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

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

（一）姓名標示：利用人需按照《砲兵季刊》指定方式，標示著作人姓名。

（二）非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作。

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

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

九、投稿人資料：稿末註明投稿人服務單位、級職、姓名、連絡電話及通訊地址。

十、特別聲明：政府對「我國國號及對中國大陸稱呼」相關規定如次。

（一）我國國名為「中華民國」，各類政府出版品提及我國名均應使用正式國名。

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

十一、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－張晋銘主編收」，電話 934325－6（軍線）06-2313985（民線），電子檔寄「army099023620@army.mil.tw」(軍網)、「cjm8493@gmail.com」(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

圖一　○○○○

資料來源：○○○○

表

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<u>**該文句標點符號後**</u>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

陸軍砲兵季刊
ARMY ARTILLERY QUARTERLY

雷霆2000多管火箭系統
AT8×8彈藥車

ISSN 2221-0806
GPN 4810400164 定價：非賣品