

陸
軍

砲

兵

季

刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY



- 指參作業程序(含IPB)暨火力支援協調成果運用研析-以砲兵營兵棋推演為例
- 槲樹飛彈系統-空壓機妥善率提升之研析
- 蔡司ELTA-13「測距經緯儀」安裝「數位指北儀」之研究
- 第一個薩德飛彈連前進部署之經驗教訓

陸軍砲兵季刊

目 錄

指參作業研究

- 01 指參作業程序(含 IPB)暨火力支援
協調成果運用研析－以砲兵營兵棋
推演為例
李致賢

測量技術研究

- 17 蔡司 ELTA-13「測距經緯儀」安裝
「數位指北儀」之研究
黃盈智
- 39 解析砲兵營「應急測地」
耿國慶

後勤保修研究

- 53 檨樹飛彈系統－空壓機妥善率提升
之研析
張之綸
- 71 「液壓邦浦馬達」啟動對 CS/VRC-
191 車裝無線電之影響
黃聖政

譯粹

- 82 第一個薩德飛彈連前進部署之經驗
教訓
胡元傑

砲兵小故事：檨樹飛彈系統

徵稿簡則

撰寫說明

第178期

中華民國106年9月號

宗旨

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

聲明

- 一、各篇文章為作者研究之心得，本社基於學術研究刊登，內容不全部代表本社立場，一切應以陸軍現行政策為依歸，歡迎讀者來信。
- 二、軍刊依法不刊登抄襲文章，投稿人如違背相關法令，自負文責。

本期登錄

- 一、國防部全球資訊網
<http://www.mnd.gov.tw/Mp/MPPeriodical.aspx?id=14>
- 二、臺灣出版資訊網
<http://tpi.culture.tw>
- 三、陸軍教育訓練暨準則資料庫
<http://mdb.army.mil.tw/>
- 四、陸軍砲訓部「砲兵軍事資料庫」
http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/aams_academic.htm

發行單位

陸軍砲兵訓練指揮部

發行人 程詣証

社長 王立文

副社長 莊水平

編審委員 田英哲 邱和誠 吳方能

涂佳瑞 陳文華 張俊清

特約審查 朱慶貴 耿國慶 陳耀銘

張觀群 潘貴隆

安全審查 施定國

總編輯 陳登科

執行編輯 張晉銘

發行日期 106年9月20日

社址 台南永康郵政 90681 附 8 號

電話 軍用 934325 民用 (06)2313985

GPN : 4810400164

ISSN : 22210806

封面照片：砲訓部防空組教官林志德上尉介紹檨樹飛彈系統



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

指參作業程序（含 IPB）暨火力支援協調 成果運用研析－以砲兵營兵棋推演為例

作者：李致賢

提要

- 一、因應陸軍指參作業程序暨部隊指揮程序修訂，貫徹 106 年上級「戰備任務訓練政策」要求，筆者特以旅級指揮架構，結合聯戰任務行動要項，以旅指參作業程序、戰場情報準備與火力支援協調作業之各項成果運用，探討現行砲兵營兵棋推演實施要領。
- 二、主要研析內容包含旅指參作業程序下之砲兵指參作業（含部隊指揮）程序作為、戰場情報準備作業對火力支援之影響、戰鬥支援方案擬定作業與兵棋推演實施要領，以作為爾後砲兵營擬定戰鬥教練指導計畫內容參考，且可配合每月戰備訓練週時機，同步驗證各部設施開設作業（含通資鏈結）及配屬部隊參與狀況，使各級幹部熟悉部隊指揮程序。
- 三、筆者將在部隊演習訓練及測考所見問題訴諸文字，探討現行砲兵營兵棋推演實施要領，提供各級砲兵幹部執行各項教育訓練與未來戰備演訓運用參考。

關鍵詞：戰備訓練週、聯戰任務行動要項、戰場情報準備作業（IPB）、火力支援方案（含支援構想及要項表）、協同計畫管制表、戰鬥支援方案（含支援構想及要項表）

前言

因應陸軍指參作業程序暨部隊指揮程序修訂，同時貫徹 106 年上級「戰備任務訓練政策」要求，¹筆者特以旅級指揮架構，運用指參作業程序知識管理原則，²結合聯戰任務行動要項清單，³探討現行砲兵營兵棋推演實施，如何延續「旅指參作業程序、戰場情報準備與火力支援協調作業之各項成果」，⁴實施砲兵部隊指

¹「戰備任務訓練政策要求」，置重點於夜戰、兵要調查、指參作業、兵棋推演、及現地戰術，部隊以實施專長複訓、實距離通連測試、戰場整備、組合訓練及縮短距離教練等；並於週一、週二 1900-2100 時，實施兩日夜戰訓練。《陸軍 105 年部隊訓練計畫大綱》（國防部陸軍司令部頒，民國 105 年 2 月）。P4-12 至 13。

²「知識管理原則」，係在組織團隊中，建構一個量化與質化的知識系統，單位應循此原則，建立完整指參作業資料庫，運用基本資料庫，結合各項輔助工具及作業系統，縮短時間，增進效益，並透過戰、演訓及基地訓練等實施驗證與修正。《陸軍指揮參謀作業組織與作業教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 104 年 12 月 2 日），P.2-1-20。

³「聯戰任務行動要項清單」，聯戰任務行動要項乃由國軍聯戰行動清單所提列之單一訓練要項，依作戰、計畫、能力、戰場環境、上級指導，研擬出任務行動要項，必整合運用訓練資源，從事有效訓練，以利任務達成；而行動要項清單清單，則由數個行動要項組成，包含協同及支援行動。《陸軍戰術任務行動清單（草案）》（桃園：國防部陸軍司令部），P2。

⁴「指參作業程序成果」，包含有戰場情報準備作業、火力支援方案（含支援構想及要項表）、兵棋推演作業成果

參程序相關作為，期能在全程風險管控下，使兵、火力能同步配合，有效火力支援，肆應作戰要求。

筆者主要研析內容，包含「旅指參作業程序下之砲兵指參作業（含部隊指揮）程序作為、戰場情報準備作業對火力支援之影響及戰鬥支援方案擬定作業與兵棋推演實施要領，作為爾後砲兵營擬定戰鬥教練指導計畫內容參考，且可配合每月戰備訓練週時機，藉預演實施方式，⁵同步驗證各部設施開設作業（含通資鏈結）及配屬部隊參與狀況，使各級幹部熟悉部隊指揮程序，提供未來砲訓部相關課程內容設計規劃與砲兵部隊訓練規劃之參考，奠定執行聯合作戰任務成功之基礎。

指參作業（含部隊指揮）程序

一、指參作業程序區分及作業步驟

（一）指參作業程序之意義

指參作業程序之意義，⁶乃是指揮官與參謀作業，以指揮官為核心，並藉參謀人員協助，共同發揮思維力、判斷力、與專業素養，集思廣益，並將其政策、決心，透過專業分工作業方式，以發展合理可行之行動方案，適時下達至當決心，進而完成所需計畫（命令），並將計畫（命令），轉化為具體行動直至達成任務的一個過程；指揮官受領上級命令之後，會依據作業步驟，先行實施內心思維判斷，召集所屬即以會談電話方式，同步宣達當前敵情、狀況、作戰地區範圍、初步參謀作業指導及下達預備命令，使各級有更加充分之準備時間，以利各項計畫擬定與後續部隊任務順遂。

（二）階段區分及軍事決心策定程序之步驟

指參作業程序基本概念係在原有指揮程序與計畫作為基礎下，將其程序區分計畫作為、準備、執行等三個階段，發展出適用於地面部隊軍團至營級階層之指參作業程序，為一具有理則性、驗證性、分析性及歸納性之作業流程，為制定各項判斷及計畫之思維過程；其英文全名為「Military Decision Making Process」⁷，以下就其階段區分之目的與作業步驟說明如次。

1.階段區分：指參作業程序為一具有理則性、驗證性、分析性及歸納性之作業流程，亦為制定各項判斷及計畫之思維過程；其階段區分及目的，如表一。

（含協同計畫管制表）等。《陸軍指揮參謀組織與作業教範（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-2-28。

⁵「預演」為作戰準備作為要項，其形式區分為「全裝、減裝、沙盤推演、圖上推演、無線電預演及電腦兵推」等6種，其目的在使單位針對作戰計畫內重要的戰術行動實施演練，以利執行作戰任務時能有效發揮統合戰力，達成所望效果。《陸軍指揮參謀組織與作業教範（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-3-100及104、105。

⁶《陸軍指揮參謀作業組織與作業教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-1-3。

⁷同註7，P2-1-4。

表一 指參作業程序之區分與目的

區分	目的
計畫作為	依據 MDMP 作業步驟，始於受領任務迄策頒計畫命令止，只在尋求最佳行動方案，完成作戰計畫（命令）。
計畫準備	旨在完成各項作戰整備與必要之預演，使單位所屬熟稔計畫（命令內容）與任務全程之各項行動，轉化為具體之行動能力。
計畫執行	貫徹執行指揮官之意志與作戰企圖，因應戰況變化，適時調整行動方案，快速決策、下達作戰指導及執行作戰命令。

資料來源：筆者參考《陸軍指參作業程序》第二篇、第二章、第二節指參程序基本概念調製。

2.一般指導原則：⁸指參作業程序雖然僅簡單區分計畫作為、準備及執行階段，但在執行實務上卻常因戰場上各種不確定因素而有所不同。因此在執行指參作業程序時，必須考量兼顧下列一般指導原則。(1) 以指揮官為核心推動指參作業程序；(2) 指揮官與參謀共同建立並維持對全般狀況的瞭解；(3) 靈活運用關鍵性及創造性思維 (critical and creative thinking)；(4) 促進協調合作與相互溝通；(5) 運用知識管理原則；(6) 善用資訊科技之技術與器材；(7) 靈活應用輔助圖表。

3.指揮程序：⁹「指揮程序」，是指揮官藉參謀之協助，遂行指揮之思維及行動過程，包含以有下幾點：(1) 任務分析及初步作戰概念；(2) 參謀作業指導；(3) 狀況判斷；(4) 決心及作戰指導；(5) 計畫與命令；(6) 督導實施。

(三) 軍事決心策定程序作業步驟及重要成果分析作者針對軍事決心策定程序各作業步驟過程中，指揮所、火協作業組與砲兵營，產生重要之重要成果分析如表二。

表二軍事決心策定程序作業步驟及成果分析一覽表

步	驟	重	要	成	果
受領任務		1. 指揮官初步參謀作業指導及第一道預備命令下達 2. 初步時間分配管制。 3. 戰場情報準備作業-初步混合障礙透明圖（含界定戰場空間、敵軍狀況）。 4. 確認本部特定行動、推斷行動與關鍵行動。 ¹⁰			

⁸「一般指導原則」，《陸軍指揮作戰教則（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-1-16，第二篇、第一章、第四節指參作業程序基本原則。

⁹《陸軍指揮作戰教則（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-1-9，

¹⁰特定行動：舉凡上級、賦予交由單位執行之任務者皆屬之；推動行動：依據特定行動，全般狀況考量，由單位自行推斷產生者；關鍵行動：綜合分析前述兩者之必然性、重要性、時序性與限制因素繼而預判之。《陸軍指揮作戰教則（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-2-40，第二篇、第一章、第二節

	5. 檢討可運用資源及確認作戰限制因素。 6. 實施戰場風險評估。 7. 初步情監偵計畫（含偵蒐部隊先期派遣）及確認指揮官初步重要情報需求與建議。 8. 火協官指導火協編組成員完成擬定任務分析簡報內容（含 IPB 對火力支援影響）。
任務分析	1. 修正混合障礙透明圖 2. 火力支援任務分析簡報（相對性敵情研析、火力支援要項表、IPB 對火力支援之影響） 3. 指揮官重要情報需求及火力運用指導。 4. 砲兵營情報官，適時將戰場情報準備作業成果，傳回營指揮所，由副營長督導參謀主任，指導各參協助完成砲兵營任務分析簡報及所屬各單位之作戰準備事宜。 5. 各砲兵連絡官（營火協官）將營、連現況，向受支援部隊回報，並瞭解受支援部隊狀況，建立通信連絡機制。
研擬行動方案	1. 指揮官主依上、本、為、多、為之內心思維，¹¹實施參謀作業指導（含火力運用指導、高效益目標與攻擊指導等）及宣達其初步作戰企圖。 2. 指導火協成員，依據戰場情報準備，參三行動方案，完成火力支援方案（含支援構想、要項表及攻擊指導表調製作業）。
分析行動方案	1. 按行動、反應、反制方式，針對參三所擬之各行動方案，所擬火力支援方案，實施兵棋推演，並建議安全管制措施。 2. 情報、通資、後勤，尤需針對各火力支援方案中，有關目標情報、通資支援、後勤整備支援等，結合戰場情報準備作業成果，實施報告，以利計畫命令執行。 3. 建議決心點，確認完成協同計畫管制表紀錄，轉發至下級，以利下級單位反向簡報，作為檢視各部隊行動依據。 4. 火協成員依據指揮官決心及作戰指導（含火力運用指導）、修訂後之協同計畫管制表、火力支援要項表（含支援構想）高效益目標、攻擊指導表等，擬定火力支援計畫（含各項安全管制措施）。
比較行動方案	1. 依偵蒐力、打擊力、防護力、指通力、補給力、精神戰力等項，針對各行動方案運用數值分析比較方式，予以評分，建議指揮官採取最佳行動方案。 2. 各案分析比較之相關項目，可配合各參在配合參三主行動方

指參作業程序基本概念。

¹¹「指揮官上、本、為、多、為之內心思維」，包含上級指揮官作戰企圖、本部行動與全般作戰關係、為圓滿達成任務所應獲取之戰果、多種目標與多重任務之主從、未達成任務之必要手段等。《陸軍指揮參謀作業組織與作業教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 104 年 12 月 2 日），P2-2-46，第二篇 第一章 第三節 任務分析。

	案擬定時，研擬之各支援方案（含支援構想）及發展之風險管控手段，提出數據及敘明理由。 3.各參可結合修正後混合障礙透明圖，運用任務分析階段之狀況判斷文字內容，作為實施比較行動方案時敘明理由之依據。
核准 行動方案	1. 依據指揮官下達之決心，確認任務編組、各參間之協調事項與風險管控手段與修訂後之協同計畫管制表，同步修正火力支援要項表、高效益目標、攻擊指導表，作為砲兵戰鬥支援方案（含支援構想）依據 2.砲兵營情報官、旅助理火協官，可透過資訊作業系統，將上述所列修正之相關事項，傳送回砲兵營，以利營參謀主任及時同步研擬戰鬥支援方案內容，待砲兵營長返部後實施兵棋推演。
頒布計畫 （命令）	1. 反向簡報實施後，上下級之間確認無誤後，完成計畫策頒。 2. 各參可將修訂後各支援方案之內容，依據計畫內容格式，協助參三完成計畫本文及相關附件。 3. 火協成員，完成火力支援計畫及各項附錄（含艦砲火力計畫、空中火力計畫、砲兵火力計畫等）。 4. 砲兵營兵棋推演戰鬥支援方案內容，應依協同計畫管制表、火力支援計畫、火力支援要項表擬定修正 5.砲兵營之各參須就作戰地區分析、評估敵軍威脅及敵可能行動與各作戰階段之決心點、利害目標，針對營陣地各部設施位置、機動路線、變換時機、射擊效果、所需彈藥數量、補給、保修、運輸、衛勤、運輸、人員、武器裝備之戰耗補充等及各種可能戰術意外風險與通資鏈結與情報傳遞作為，實施推演。

資料來源：作者參考《陸軍指參作業程序》第二篇、第二章、第一節通則及《陸軍火力支援協調作業手冊》調製。

二、部隊指揮程序¹²

「部隊指揮程序」為遂行指揮之思維及行動過程，使指揮者能迅速下達至當決心，並使下級及早從事戰鬥準備；適用於無參謀編組之連、排、班長，用以分析任務、研擬計畫與準備作戰之程序，使指揮者得以有效計畫與充準備其作戰任務，其步驟如次：1.受領預備命令；2.受領任務；3.擬定初步計畫；4.處置下列事項（包括計畫偵察、計畫下達命令、部隊調動）；5.實施偵察；6.完成計畫；7.命令下達；8.督導實施。

¹² 「部隊指揮程序」（Troop Leading Procedure, 簡稱 TLP），《陸軍指揮作戰教則（第3版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國104年12月2日），P2-1-23，第二篇、第一章、第四節指參作業程序基本原則。

三、指參作業程序與部隊指揮程序兩者關係

1.旅級暨戰鬥部隊

有參謀編制之上級部隊在執行軍事決心策定程序時，須與下級無參謀編制部隊之部隊指揮程序密切結合，期使上、下級間之作業盡可能達到同步，以使下級部隊獲得充裕的時間，完成所要的戰鬥準備；因此有效運用資訊通信網路裝備與透過預備命令的下達，可使部隊指揮程序與軍事決心策定程序達到同步作業的效果；如圖一「部隊指揮程序與軍事決心策定程序同步作業原則示意圖」。

2.砲兵部隊

(1) 砲兵營級部隊實施指參作業程序時，乃是運用上級之決心支援圖解、協同計畫管制表、修正後混合障礙透明圖（區分界定戰場空間、分析作戰地區、評估敵軍威脅、敵可能行動等）、火力支援要項表（含攻擊指導表、高效益目標等）等成果，於營長返部實施兵棋推演直前，在副營長、參謀主任等人的指導下先期完成任務分析簡報與戰鬥支援方案調製作業，以利兵棋推演實施。

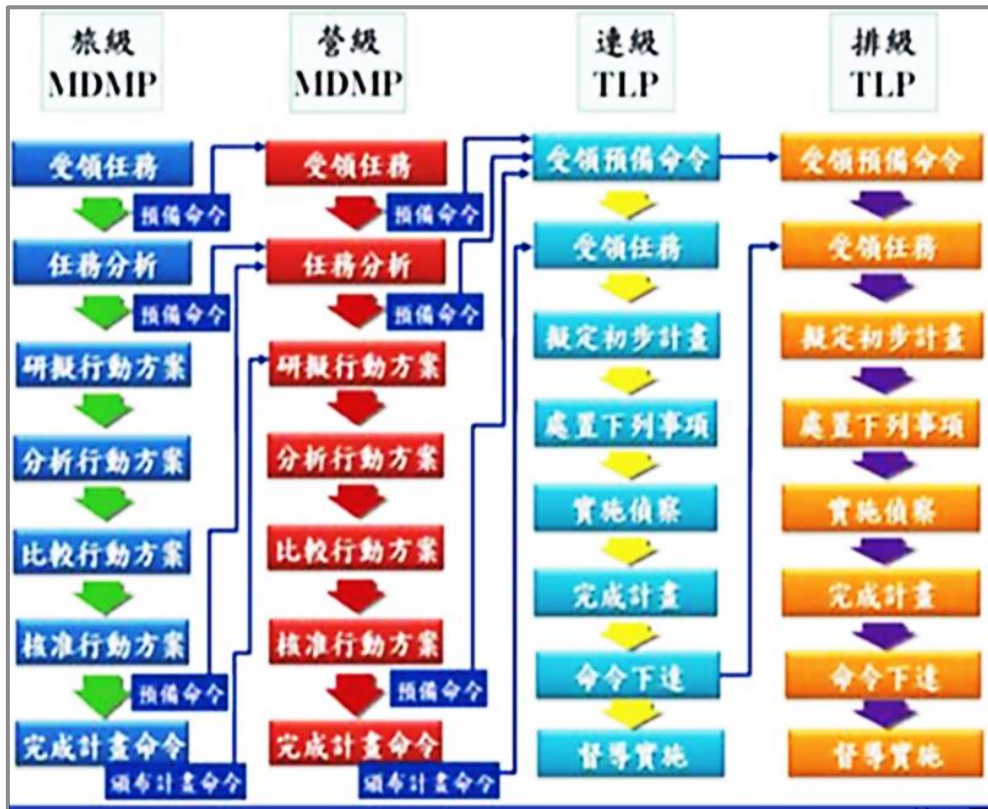
(2) 砲兵部隊指揮程序與火力支援任務息息相關，砲兵營、連為達成火力支援協調目的，¹³通常會不斷地實施陣地偵察、選擇與占領之部隊指揮程序，¹⁴營長受領上級命令，會依戰場景況變化，實施內心思維後，召集主要幹部下達離營命令，其內容包含當前狀況、挺進班編組、爾後行動等；¹⁵待挺進班編組完畢後，即由營、連長帶領挺進班編組相關成員，前往新陣地實施陣地偵察、選擇，並下達佔領命令，且同步考量時間因素，再以無線電方式，通知副主官行軍路線、變換順序與相關注意事項等，以利營、連戰砲隊順利進入新的陣地位置，完成射擊準備，執行火力支援任務；就砲兵部隊指揮程序言，與前述之戰鬥部隊指揮程序言，在運用上是相同的，然為何當上級長官在部隊督導訓練時，常會詢問砲兵部隊各級領導幹部何謂部隊指揮程序？卻無法正確應答，探討主因應是經驗不足，無法感同身受，造成僅會下命令，卻不知如何表達，使得上級長官對砲兵幹部指揮程序運用觀感不佳；筆者基於營、連主官歷練、教學心得體認與部隊輔導督訓經驗，製作指揮程序運用砲兵部隊之重要工作概況執行表，如表三。

¹³ 「火力支援協調目的」，包含肆應作戰要求、避免浪費火力、維護安全等；徐茂松主編，《陸軍砲兵部隊火力支援協調作業手冊-第二版 第一章 總則》（國防部陸軍司令部印頒，民國 101 年 9 月 19 日），P1-1。

¹⁴ 「陣地偵察、選擇、占領為砲兵戰術行動之基本程序，亦為火力發揚之基礎。其目的在使砲兵部隊能由行軍、集結、宿營或陣地占領狀況，迅速、有序的占領或變換至新的陣地，適時發揚火力，支援友軍戰鬥」包含肆應作戰要求、避免浪費火力、維護安全等。《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版） 第五篇 第二章 陣地偵察、選擇、占領與變換》（國防部陸軍司令部印頒，民國 98 年 4 月 8 日），P5-2-11。

¹⁵ 「營、連挺進班」，主要任務在協助營、連長偵察、選擇營陣地各部設施位置，擬定計畫，下達命令，和行占領陣地之準備及進入陣地之指揮與引導；李明盛主編，《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版） 第五篇 第二章 陣地偵察、選擇、占領與變換》（國防部陸軍司令部印頒，民國 98 年 4 月 8 日），P5-2-25。

圖一 部隊指揮程序與軍事決心策定程序同步作業原則示意圖



資料來源：《陸軍指參作業程序》，P.2-1-24，第二篇、第一章、第三節指參作業程序與指揮程序、狀況判斷之關係。

表三 指揮程序運用於砲兵營、連各級幹部重要工作概況執行事項

項次	部隊指揮程序	砲兵營、連執行概要
一	受領預備命令	(一) 營、連主官下達離營命令（包含當前狀況、挺進班編組、部隊爾後行動）。 (二) 挺進班出發。
二	受領任務	(一) 營長內心思維，擬定心中腹案 (二) 挺進班編組成員至新陣地，營長準備下達偵察命令。 (三) 營長以下各級幹部受命後之處置（偵察回報）。
三	擬定初步計畫	營參謀主任擬定陣地佔領命令概要。
四	處置下列事項（包括計畫偵察、計畫下達命令、部隊調動）	(一) 營長下達陣地佔領命令及各級幹部受命後之處置。 (二) 營長以無線電通知營戰砲隊陣地變換方式、行軍路線、順序及營分進點及相關注意事項。
五	實施偵察	連長帶領挺進班成員，進入陣地實施偵察及回報。

六	完成計畫	營參謀主任補發合同命令，營長簽署
七	命令下達	連長下達陣地佔領命令及各級幹部受命後之處置。
八	督導實施	督導幹部進入各陣地後完成各部設施開設作業（含警戒配置及通信設施等）

資料來源：作者參考《陸軍指參作業程序》第二篇、第一章、第三節指參作業程序與指揮程序、狀況判斷之關係，《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版）》，李致賢主編《砲兵營、連戰鬥教練各級幹部動作手冊》製表。

戰場情報準備（IPB）對火力支援之影響

一、戰場情報準備作業步驟

（一）定義及目的

1.定義：¹⁶藉有系統的分析方法，以各種圖、表解方式，顯示戰場上天氣、地形與敵情現況，並針對特定區域先期完成戰場環境分析與敵情威脅評估等各項情報準備工作，藉以研判敵可能行動之作業。

2.目的：¹⁷「戰場情報準備」之成果為「情報判斷」及其相關之圖表；為遂行軍事「情報」工作最主要一環，除熟悉「戰場環境」外，另外還有「瞭解敵人」，而最終目的，就是「研判敵可能行動」；情報部門一旦預判敵可能行動後，便須依據爾後戰況預期發展，策定情報蒐集事項，並與作戰部門共同研擬我軍行動方案，以提供指揮官下達決心之參考。

（二）作業程序及功能

1.作業程序：¹⁸「戰場情報準備」為一種連續、有系統的分析方法，針對環境因素及特定敵軍威脅，依循「界定戰場空間、分析作戰地區、評估敵軍威脅、研判敵可能行動」等四個步驟，進行分析作業（如圖二）。

2.功能概述

（1）以科學分析易於理解之圖、表方式，強化文字分析與判斷，若可結合結合內建於資訊化作業系統之表格（如空軍氣象聯隊、海軍大氣海洋局之軍網資料、兵要圖台作業系統、戰術圖解卡等），可節省時間，提升作業效益。

（2）在軍事決心策定程序之兵棋推演中，利於情報參謀擬定情報蒐集計畫，並與作戰參謀完成行動方案研擬。

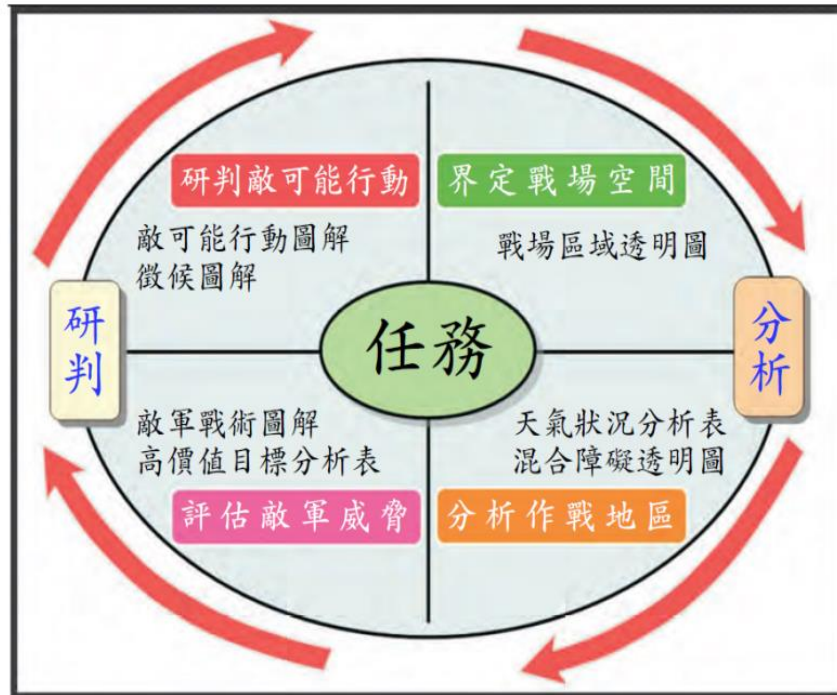
（3）戰場情報準備成果，可提供實施指參作業程序之過程所需之敵軍、我軍、天候、地形及水文、水系、港灘兵要狀況等資料，使計畫更加周延完備。

¹⁶《陸軍戰場情報準備作業教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 105 年 11 月 21 日）P.1-1。

¹⁷同註 15。

¹⁸同註 15。

圖二 戰場情報準備作業程序步驟示意圖



資料來源：《陸軍野戰情報教則（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 104 年 10 月 1 日），P.2-53。

二、火力支援協調作業程序

（一）人員編組：旅火協成員編組，包含火協官（由砲兵營長擔任）、助理火協官、參二空、參三空、空軍連絡官、海軍連絡官、陸航連絡官、防空連絡官、UAV/ATRG 連絡官（若有配屬或作戰管制時）、化學官、工兵官、通資官、心戰官等人員；其中海、空軍、陸航、防空連絡官、化學官、工兵官、通信官、心戰官、UAV/ATRG 連絡官等均採任務編組方式，分由各單位派遣擔任（如表四、旅火協人員編組表），¹⁹負責擔任與執行旅火力支援協調工作，使上、下級間保持協調聯繫與整合，俾利全般任務之遂行。

（二）作業要領及程序

1.作業要領：²⁰（1）運用戰場情報準備作業成果；（2）結合指參與目標處理作業程序；（3）計畫作為階段重視密切協調與保密；（4）計畫執行階段應迅速協調、有效攻擊。

2.火力支援協調作業程序作業基本原則，「為選擇能達所望效果之攻擊手段、經濟使用支援火力、由最低階層完成支援、綿密協調迅速支援」；²¹其作業要領：包括「遵循基本原則、與指參作業同步發展、運用戰場情報準備作業（IPB）成

¹⁹《陸軍部隊火力支援協調作業手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，101 年 9 月 19 日），頁 2-8。

²⁰同註 15，頁 5-3。

²¹同註 15，頁 1-2 及 1-3。

果、迅速協調攻擊火力、維護友軍安全、採用統一目標編號及目標指示法」；²²區分計畫作業與執行兩個階段：²³（1）計畫階段：A.受領任務；B.分析支援能力與限制因素；C.研擬火力支援方案；D.分析火力支援分案；E.確認火力支援方案；F.計畫性火力支援協調會議；G.頒布火力支援計畫。（2）執行階段作業程序：A.紀錄；B.目標分析；C.協調；D.選擇攻擊手段；E.提出申請；F.效果監視；G.效果檢討。

表四 旅火協人員編組表

職稱		原任職務	派遣單位	備註
火力支援協調官		砲兵營長	旅砲兵營	
火力支援組	小組長兼助理火協官	連絡官	旅砲兵營	依需要參與作業
	目標分析官	助理情報官	旅砲兵營	
	海軍連絡官	海軍聯參官	軍團作戰處	
	化學官	核生化防護官	旅作戰科	
	通資官	通信參謀官	旅作戰科	
	心戰官	政戰官	旅政綜科	
	工兵官	工兵官	旅作戰科	
空中域火力管制支援組	組長兼參三空業官	空業官	旅作戰科	配屬或作戰管制時需派遣
	參二空業官	參二空業官	旅情報科	
	空軍連絡官	空軍聯參官	軍團作戰處	
	防空連絡官	連絡官	砲指部防空營	
	陸航連絡官	連絡官	陸航航空旅	
	戰術偵搜中隊	連絡官	戰術偵搜中隊	
附記：依需要納編情報、作戰、通資等作業士官（兵）				

資料來源：作者參考《陸軍部隊火力支援協調作業手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 101 年 9 月 19 日）修正製表。

²²同註 15，頁 1-5。

²³同註 15，頁 5-3。

三、戰場情報準備作業與砲兵火力支援之關係（戰場情報準備、火力支援協調成果）

（一）戰場情報準備作業對火力支援之影響：當旅長受領任務後，必須界定戰場空間，以利情報中心實施混合障礙透明圖調製作業與分析作戰地區，就砲兵戰場情報準備與火力支援立場言，包含以下幾點：²⁴1.天氣對砲兵戰鬥支援之影響；2.地形、地物對砲兵戰鬥支援之影響；3.敵軍威脅及其可能行動對砲兵戰鬥支援之影響。

（二）目標處理作業對砲兵火力支援影響：砲兵火力支援任務之遂行，除了考量前述砲兵部隊各部設施開設作業外，目標情報獲得與傳遞作為，亦為重要之關鍵行動，完整的目標處理作業程序，包含決定、偵蒐、打擊與評估等程序，²⁵作者近年觀察演習作業與任務執行，砲兵部隊常因第一線部隊，未能及時實施日獲情報傳遞作業，致使各項火力支援任務無法順遂執行。因此，具備完善周延的目標處理作業觀念與有效情監偵機制運作，才能發揮砲兵火力支援效能。

（三）火力運用指導與砲兵火力支援：火力運用指導主要依據指揮官之作戰構想（包括兵力及火力運用），通常火力運用必須密切結合兵力運用以貫徹指揮官作戰構想；故火力重點指向須為主力或重點方面，戰鬥編組亦應符合火力運用指導之要求；²⁶基此，砲兵陣地選擇與占領，必須考量作戰地區範圍之各項天候、地形與敵情威脅程度，甚至包含各項安全管制措施等因素，方可在全程風險管控之下，發揮火力支援效能，符合指揮官作戰構想與火力運用指導之要求。

砲兵營兵棋推演研析

一、目的及實施步驟

砲兵營兵棋推演（分析砲兵戰鬥支援方案），乃檢視砲兵部隊遂行戰鬥支援能力，而「兵棋推演」為預視戰鬥支援方案之作戰流程，各參就其專業職掌審慎評估，並翔實記錄推演過程中各案之優缺點，運用兵棋推演要領，對砲兵戰鬥支援方案之具體執行實施推演，由指揮官（營長）主持，以有效達成戰鬥支援任務為目的；置重點於砲兵部隊編組、部署及陣地、觀測所選擇、占領、射擊目標分配、射擊方式、攻擊效果、手段、安全管制措施、勤務支援、使用彈

²⁴ 「砲兵戰場情報準備與火力支援之影響」，作戰地區之天候、地形、敵情、我軍、水文、水系狀況，均對砲兵陣地偵查選擇與佔領有關。《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國98年4月8日），P5-1-2，第五篇、第一章、總則、第一節 第501003條-砲兵戰鬥支援考量事項。

²⁵ 「目標處理作業程序」，簡稱D3A，為目標選擇（指導）、蒐集目標情報（蒐集）、協調分配攻擊火力（處理）、攻擊效果評估（運用）等。《陸軍砲兵部隊火力支援協調作業手冊（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國101年9月19日），P3-3至3-4。

²⁶ 同註23。

藥種類及數量與機動時空因素等項考量，主要實施步驟，包括以下：²⁷（一）蒐整兵推工具；（二）列出我軍可用兵力；（三）列出假定事項；（四）列出重要事件和決心點；（五）決定評估要項；（六）選擇推演方法；（七）實施推演記錄結果。

二、戰鬥支援方案作業要領

實施兵棋推演直前，必須先行完成戰鬥支援方案之擬定作業，主要依據營長主持完任務分析簡報後之參謀作業指導與上級或受支援部隊長決心、作戰構想及對砲兵戰鬥支援指導，研擬砲兵戰鬥支援方案，包含如下：²⁸

（一）更新砲兵 IPB 資料，並依據 IPB 資料分析作戰地區內可為陣地、觀測所位置。

（二）依據火力支援要項表，律定砲兵戰鬥編組。

（三）依據火力支援要項表，研擬砲兵戰鬥支援方案，並考量敵之威脅、機動路線、陣地位置、觀測能力限制及勤務支援能力等事項，擬定不同戰鬥支援方案，俾利後續之分析。

（四）依據各戰鬥支援方案及情報部門偵蒐任務分配規劃，修正標示利害區及偵蒐任務分配表。

（五）研擬各戰鬥支援方案，以利分析與作業。

（六）撰擬各案文字敘述或圖解（圖上標示機動路線、陣地、觀測所位置選擇及營後勤輜重位置）。

三、兵棋推演實施要領

砲兵營兵棋推演實施，須依據旅指揮所修正後之混合障礙透明圖產生之可為放列陣地及觀測所位置透明圖、²⁹決心支援圖解、協同計畫管制表律定之作戰各階段與決定打擊目標（TAI）等，由營參謀主任帶領各參，結合旅火力支援協調之火力支援要項表，考量全程風險管控措施，戰鬥支援方案（含戰鬥支援要項表之擬定，爾後按作戰各階段劃分，實施營兵棋推演，筆者引用本人 96 年砲兵季刊有關營長及各參（增加訓練官及營士官督導長部分）處置要領，修正內容如下（前述各項圖表詳細範例，可洽詢砲訓部戰術教官組獲得）：³⁰

（一）營長：宣達旅之決心及作戰構想內容，要求各參依據各階段決心點，推演砲兵對各個行動方案之戰鬥編組與火力運用執行要領，包含以下幾個事項：1.階段劃分及注意重點（含連絡官派遣或掩護砲兵部隊派遣）；2.假定事項；3.指定情報官、參謀主任，就旅作戰各階段之決心簡報及決心點實施狀況發佈，

²⁷同註 23，P1-3-57。

²⁸同註 23，P1-3-53 至 54。

²⁹同註 23。

³⁰李致賢，《新指參作業程序砲兵營兵棋推演研析》（砲兵學術季刊第 139 期，96 年 11 月 1 日），P7-9。

要求各參同時提供相關指管、情報、人事、射擊指揮、後勤、通資、測地等支援作業規定與行動條件；4.各參報告完畢後，依據所建議之方案，下達第三道預備命令。

（二）情報官：1.運用旅部修正後混合障礙透明圖，於兵棋推演前，先行擬定作戰地區（含作戰各階段）可為放列陣地及觀測所位置圖，以利營參謀主任擬定戰鬥支援方案時，作為選擇陣地及觀測所之參考依據；2.配合上級作戰各階段情報蒐集計畫，完成偵蒐任務分配，並建議各作戰階段之偵察組及前觀組之運用；3.瞭解各作戰階段之戰鬥支援方案擬定內容，有關觀測所（含預備觀測所）位置、機動變換路線及觀測責任區域，佔領之時間，預定射擊之目標，通資連絡等事項，以利全般狀況掌握。

（三）營參謀主任

1.兵棋推演實施前，先行完成人數清查及機密等級宣達。

2.兵棋推演實施：（1）依據上級之協同計畫表、決心支援圖解，宣達作戰階段劃分與各階段兵力運用狀況及火力運用構想及作戰各階段砲兵戰鬥編組單位；（2）依據各作戰階段決心點及打擊目標與火力支援要項表，運用情報官所提供之作戰地區放列陣地及觀測所，建議射擊單位陣地（含預備陣地）位置及進入之機動路線、時間與行軍順序；（3）隨時提醒並適時建議相關各參處置措施。

3.兵推實施後，依據營長參謀作業指導，修訂戰鬥支援方案與要項表，並作為後續戰鬥教練指導計畫與實施預演之依據。³¹

（四）政戰官：1.配合參三擬定之戰鬥支援方案及兵棋推演實施，建議之各單位陣地（含觀測所）位置，研擬相關政戰支援作為；2.就政戰觀點而言，建議何案最能獲得政戰之支援，其主要理由何在？或限制因素與解決方法，並提請營長特應重視政戰事項（如各單位精神戰力與士氣維護掌握）；3.與上級協調作戰地區災民收容所位置及作戰各階段之心戰效果評估，可於兵棋推演實施時，提出報告；4.瞭解各行動方案之火力支援要項表及攻擊指導表內，有關全般作戰各階段軟殺手段心戰作為之執行管制與運用；5.檢視作戰全程中，執行砲兵火力運用及安全管制措施時，是否違犯武裝衝突法，並向營長提出建議，爾後協助掌握。

（五）人事官：1.就戰鬥支援方案擬定內容，針對兵力狀況及上級人員補充現況提出報告，達成作戰任務實施判斷與建議；2.掌握作戰各階段中人員戰耗狀況、提出預判申請與補充作業，兵員補充訓練（尤須考量中、高級專長訓練熟成程度）、補充優先順序及路線（配合後勤部門協助運補）；3.針對有關各階段補

³¹同註 6

充兵營、敵俘收容站、軍墓登記站等設施之位置及其開設作業時間提出報告。

(六) 訓練官：1.瞭解各戰鬥支援方案有關利害目標位置，分配射擊單位、射擊效果，使用彈藥數量；2.瞭解作戰全程之安全管制措施，指導射擊指揮所成員執行；3.掌握作戰全程之指揮所開設作業位置及督導人員完成設施開設作業（含通資鏈結、射擊任務傳遞作業）；4.提供後勤官、彈藥軍官（營部連副連長），所需各砲兵連、排射擊單位之作戰各階段彈藥數量。

(七) 後勤官：1.就戰鬥支援方案擬定內容，建議砲兵後勤狀況（含彈藥、車輛數量、後勤用兵系統運用）及其能否支援作戰之判斷；2.上級彈藥補給點位置及彈藥現補率；3.作戰各階段相關勤務設施位置；4.砲兵可使用之道路及其限制；5.油彈及管制軍品運補之建議；6.主、補給路線之建議及掌握上級聯合運輸管制中心之開設作業位置及各種支援車輛現況。。

(八) 測量官：1.依據營參謀主任擬定戰鬥支援方案，報告之陣地及觀測所位置，瞭解全般測地之作為，包含各作戰階段之統制點（三角點）選定及測地實施方式、作為及預定完成時間；2.營現有測地裝備器材，作業人員數量與分配狀況；3.配合修正後混合障礙透明圖及情報官所擬之可為放列陣地及觀測所位置圖，可針對作戰地區，內政部所提供之三等三角點或軍團砲兵建立之測地基準點，作為本營測地作業之測地基準點數量及位置，於營兵棋推演中提出報告。

(九) 通資官：1.掌握全營現行通信裝備狀況，因應戰場情報準備作業與作戰地區，可能產生之狀況（如通信盲區、上級通資中繼站架設等），適時提出各案之意見具申及處置作為之建議，並隨時掌握敵對我通信反制、干擾狀況；2.確實瞭解各戰鬥支援方案，有關作戰各階段營、連（排）指揮所、陣地（含預備陣地）及觀測所（含預備觀測所）及後方梯隊位置、進入陣地之機動路線、順序與通資設施位置，以利適時掌握通信連絡狀況；3.瞭解全程作戰階段，資電群區域營支援本營之小延伸節點組報到後之狀況及開設之位置，可否滿足砲兵火力支援任務遂行。

(十) 營輔導長：1.針對戰鬥支援方案擬定內容，指導政戰官對政戰判斷之意見；2.督導要求各參及各部隊共同完成及注意事項（如武裝衝突法、軍紀安全及精神士氣維護等）；3.足以影響本次作戰之有關政戰重大問題或可能產生之事件提出報告；4.預想全程政戰構想之意見具申與戰場法紀之要求。

(十一) 副營長：1.營長主持兵棋推演前，必須對各參加以任務提示及指導，如何使戰鬥支援方案分析比較（兵棋推演）順利實施；2.對各參報告有遺漏或錯誤之處，應予以詢問或補充；3.對各參謀有不同意見或建議，應加以綜合協調，對於不同意見者，應提出修正，建議營長裁決；4.對各參所提之問題，應協調上級解決，以利作戰任務遂行；5.瞭解全程作戰階段，督導、協調砲兵營陣地警戒

部署狀況。

(十二)營士官督導長：1.瞭解作戰全程火力運用與砲兵營、連之陣地偵查、選擇與占領，能否肆應作戰要求，協助兵棋推演過程中之射擊、測量、觀測、通信、戰砲隊與政戰後勤、(補、保、運、衛、彈)之各支援行動是否合理周延；2.協助營長提醒作戰各階段之營、連挺進班編組與受命時之各級幹部應注意事項，與受命後之處置作為；3.協助作戰各階段之人事、後勤之戰耗預判、補充申請及提領作業等狀況；4.督導各級士官幹部於作戰各階段中，人員專業專長是否可支援全般作戰與火力支援任務之遂行

結語

筆者以指參作業程序、戰場情報準備作業及火力支援協調作業程序成果，探討現行砲兵營兵棋推演實施要領，希望能將筆者在部隊演習訓練及測考所見問題，提出建言，並訴諸於文字，給予各級砲兵幹部執行各項教育訓練與未來戰備演訓運用之參考。此外，筆者曾在 91 年編纂砲兵營、連戰鬥教練各級幹部工作手冊及 97 年起因應指參作業程序推行，亦分別參與砲訓部火協專精管道訓練課程與砲兵基地期末測驗作業程序等工作規劃，希望能延續各旅、營級指揮所(含火協作業組)進訓本部火協專精管道訓練所擬定指導計畫成果，結合部隊指揮程序，將營、連級(含)以下各級幹部受命後之處置作為，完整納入計畫內容，可作為實施部隊戰備訓練週或執行戰鬥教練之劇本，如讀者欲獲得相關教學想定，可進一步洽詢砲訓部戰術教官組。

砲兵營兵棋推演，其實是預演實施過程的重要依據，砲兵營長(含)以下各級幹部受命後之處置作為，其實就是所謂的指揮程序運用。因此，如何因應戰場景況改變，在不同作戰階段期間，依據上級指示與火力運用指導，實施陣地偵查、選擇與占領，攸關火力支援任務順遂；所有砲兵幹部如能能夠充分瞭解各作戰階段之部隊指揮程序運用與相關行動準據，方可在量地用兵與節約兵、火力狀況下，經濟使用現有支援火力，由最具效能最低階層，完成所要支援，並維護部隊安全，以符火力支援協調支援基本原則，充分發揮砲兵火力效能於極致，肆應作戰需求。

參考文獻

- 一、《陸軍指揮參謀作業組織與作業教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 104 年 12 月 2 日)。
- 二、《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 98 年 4 月 8 日)。
- 三、《陸軍野戰情報教則(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 104 年 10 月 1 日)。

- 四、《陸軍戰場情報準備作業教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 105 年 10 月 21 日）。
- 五、《陸軍部隊火力支援協調作業手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 101 年 9 月 19 日）。
- 六、《陸軍戰術任務型動清單（草案）》（桃園：國防部陸軍司令部）。
- 七、《砲兵營、連戰鬥教練各級幹部工作手冊》（臺南：砲兵訓練指揮部，民國 91 年 6 月 3 日）。
- 八、李致賢，〈新指參作業程序砲兵營兵棋推演研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 139 期，陸軍砲訓部，96 年 11 月 1 日。

作者簡介

李致賢上校，陸軍官校 80 年班、野砲正規班 166 期、陸院情參班 28 期、陸院 89 年班、戰院 100 年班，歷任連長、營參謀主任、營長、砲訓部主任教官、澎防部作戰處副處長、五八砲指部參謀主任、八軍團人行處長、砲訓部戰術組及一般組組長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部總教官。

蔡司 ELTA - 13「測距經緯儀」安裝「數位指北儀」之研究

作者：黃盈智

提要

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

關鍵詞：小型軍品研發、蔡司測距經緯儀、數位指北儀、電羅經

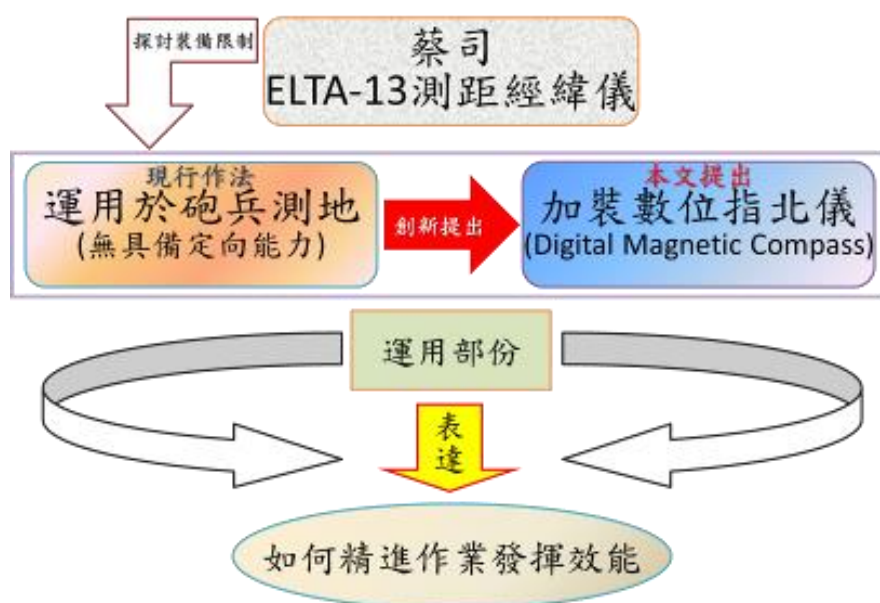
研發動機

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

¹ 陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具-萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》（桃園），第 233 期，砲訓部，民國 103 年 09 月，頁 1。

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

圖一 研究架構圖



資料來源：筆者自製。

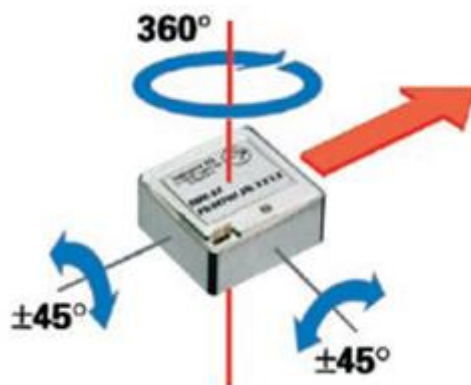
砲兵定向（Direction Finding of Artillery）²

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

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

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

圖二 「數位磁性指北儀」(DMC)與高低角感測裝置



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

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

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

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

表一 砲兵各類型定向方式(裝備)性能比較表

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

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

資料來源：參考耿國慶，〈「磁場不規則變化」對砲兵磁針定向之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 152 期，砲訓部，民國 100 年 03 月，頁 2，表一。

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

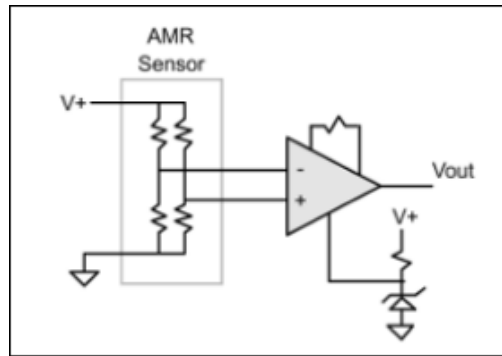
一、工作原理概述³

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

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

³ Seraphim Engineering Co.Ltd，〈加速度感測器與電子羅盤的原理介紹〉，<http://www.seraphim.com>...，檢索日期：2016 年 12 月。

圖三 「非等方性磁性阻抗，AMR」 電路示意



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

圖四 「磁阻傳感器」與 GPS 接收晶片整合示意



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

二、特性與限制

（一）特性

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

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

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

3.可偵測極細微之磁感量，地球磁場約為 500 毫高斯（gauss）。⁴

4.內建零點校準取消電路，可降低零點校準之必要。

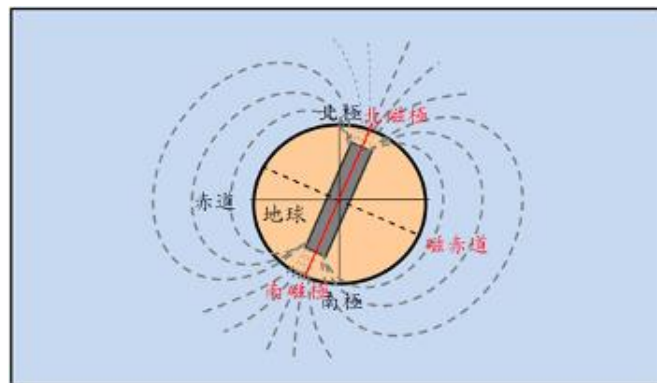
5.抗磁飽和能力強，可降低外部環境之影響程度。

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

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

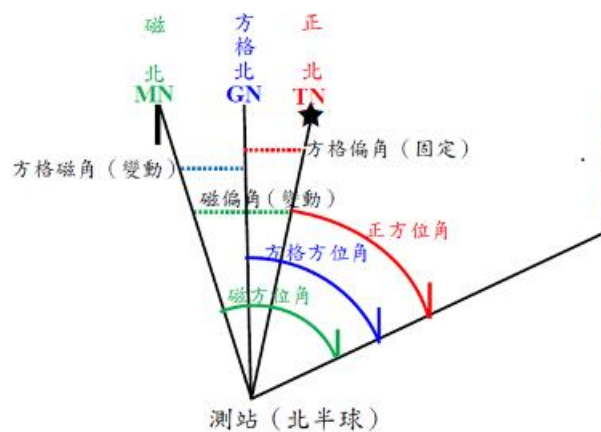
精度並減少溫度變化對磁感元件之影響。

圖五 地球磁場（磁場軸與地球自轉軸成一角度）



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

圖六 磁北、方格北與正北三者關係示意

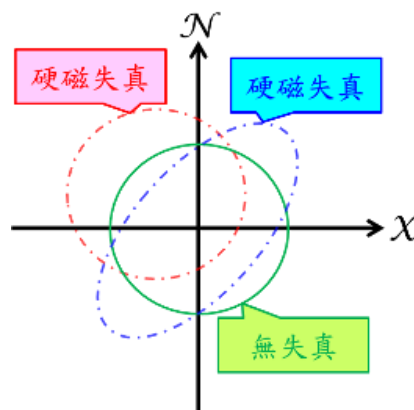


資料來源：吳嘉晉、耿國慶，〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 146 期，砲訓部，民國 98 年 08 月，頁 3。

（二）限制

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

圖七 硬磁與軟磁干擾示意



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

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

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

表二 「數位指北儀」與影響磁針之物體保持安全距離對照表

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

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

三、軍事用途

伴隨科技日新月異，「數位指北儀」於軍事用途上之運用日趨廣泛，舉凡空軍航空器、海軍各式艦（潛）艇定向、防空飛彈武器系統之導引定向、目標獲得雷達、多功能雷觀機、各式定位定向系統，乃至於單兵位置回報系統（Enhanced Position Location Reporting System，EPLRS）等，均涉及其相關領域之應用（如圖八）。鑑此，「知識永遠有助於我們戰備整備的遂行，了解敵人在何處及如何遂行攻擊，或決定在何處接戰，以獲致最佳戰果」。⁵我砲兵幹部須具備前瞻的思維

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

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

圖八 「數位指北儀」於軍事上之運用日趨廣泛



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

四、蔡司測距經緯儀「數位指北儀」研發成果

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

（一）研發期程與規劃：本案研製期程為 1 年，首先依據現有資源、人力及考量任務執行期間，擬定三階段之作業流程與各階段時間管制節點。區分第一階段，以「數位指北儀」規格、功能規範研討與訪商洽談製圖（規格尺寸說明如圖十所示）為主，期使研發品項能發揮預期效益。其次，於第二階段，個別訂定成品初步測試、製作缺失研討與裝備驗收測試等項目為階段目標。最後，為使後續之成果推廣有利，於第三階段中將「數位指北儀」廣泛提供本部受訓班隊學員生於相關課程中操作使用，從中獲得具體之操作建議與改進意見回饋。綜上，依全案三階段擬定之作業內容繪製甘特圖（如圖十一），⁶俾利控管研發任務之執行進度。

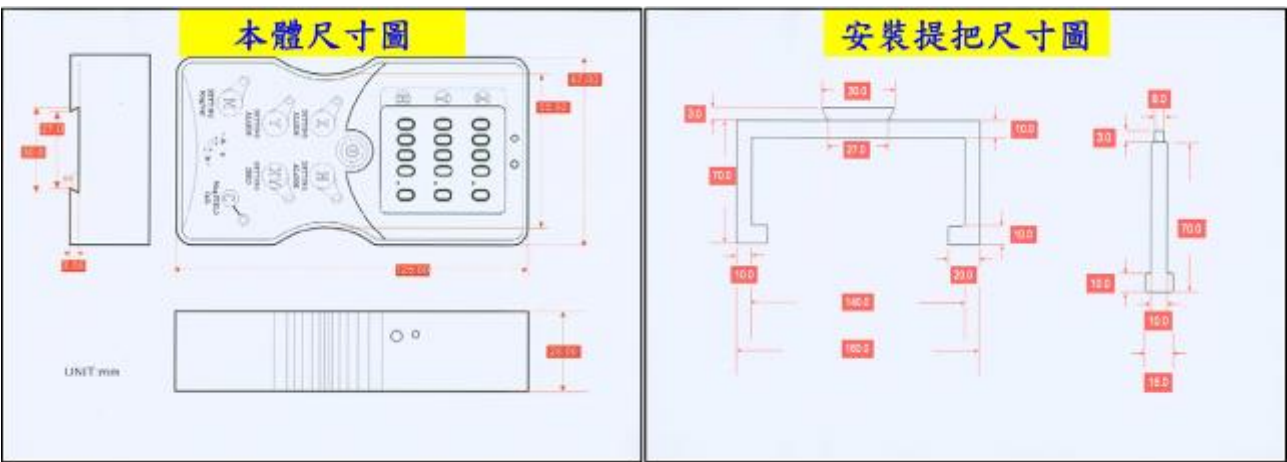
（二）數位指北儀各部名稱與功能介紹：「數位指北儀」各部名稱與功能介紹，說明如圖十二，表三。

⁶ 甘特圖(英語：Gantt chart)是橫條圖的一種流行類型，也稱為條狀圖(Bar Chart)，係由亨利.甘特於 1910 年開發，其內在思想簡單，基本為一線條圖，橫軸表示時間，縱軸表示活動(項目)，線條表示在整個期間上計劃和實際活動完成情況。其直觀地表明任務計劃於何時進行，及實際進展與計劃要求之對比。

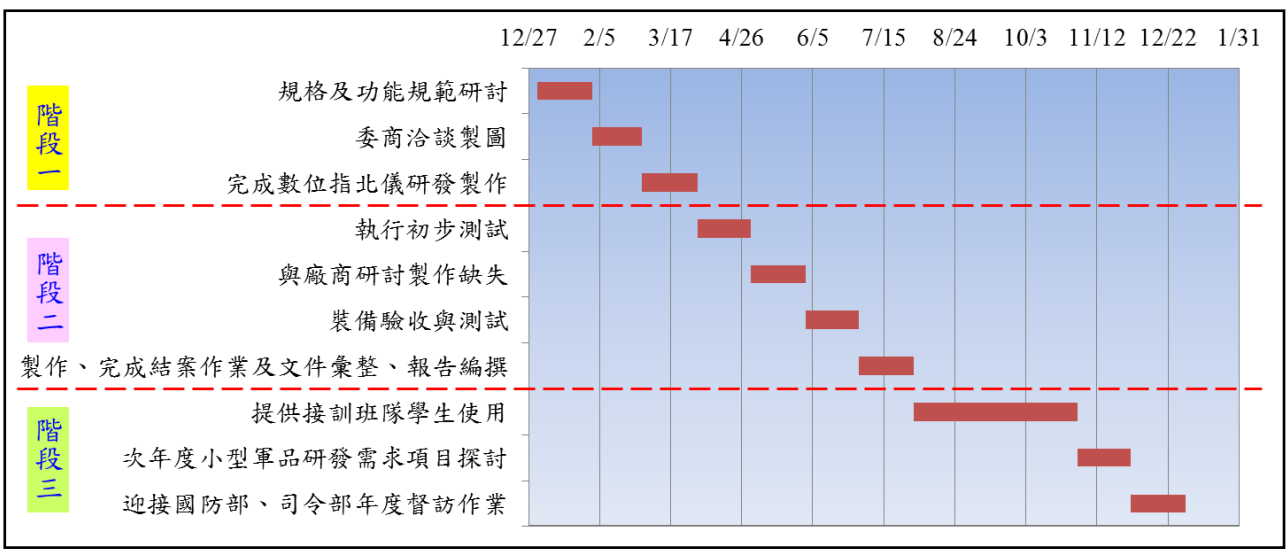
圖九 「數位指北儀」四大組成示意



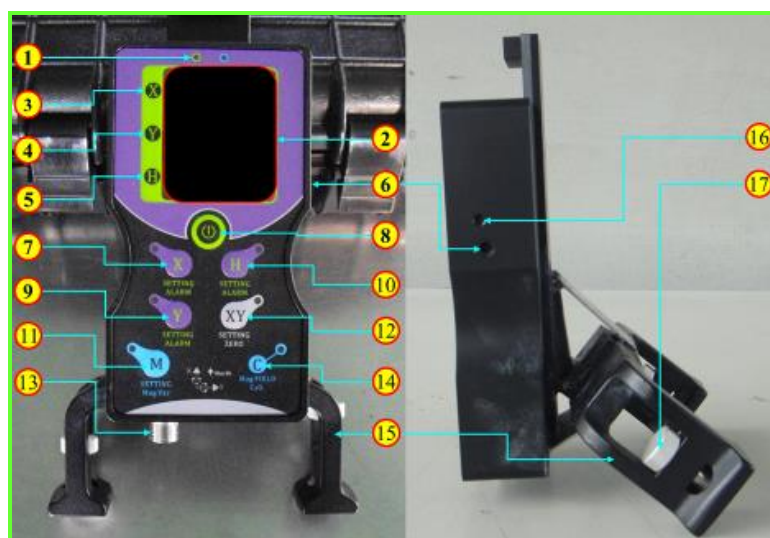
圖十 數位指北儀與安裝提把尺寸圖（單位：mm）



圖十一 甘特圖



圖十二 「數位指北儀」各部名稱與功能示意



表三 「數位指北儀」各部名稱與功能介紹表

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

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

資料來源：圖九、十、十二及表三為筆者自製，圖十為委製廠商設計示意圖。

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

1.數位指北儀安裝與操作

本案裝備採拆卸式設計，可於不破壞裝備本體之前提下執行安裝與拆卸，數位指北儀安裝與操作程序如后。

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

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

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

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

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

(6) 操作蔡司測距經緯儀使望遠鏡十字刻劃中心精確標定目標(圖十八)。

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

圖十三 蔡司測距經緯儀器材整置示意



圖十四 取下蔡司測距經緯儀提把



圖十五 蔡司測距經緯儀結合「數位指北儀」示意



圖十六 開啟「數位指北儀」電源開關 圖十七 完成「數位指北儀」角度單位設定



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



資料來源：圖十三至十九為筆者自製。

2. 「數位指北儀」磁針方格偏差校正 (Declination)

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

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

⁷ 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 11 月），頁 2-54~2-55。

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

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

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

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

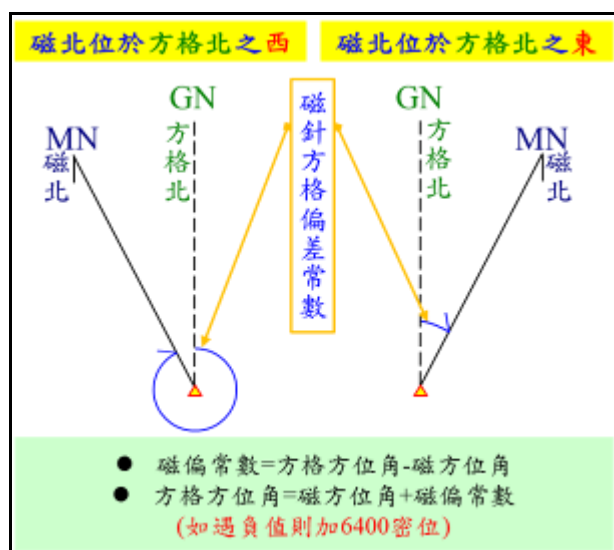
（3）操作蔡司測距經緯儀望遠鏡，使鏡內十字刻劃中心精確標定方位基準點後，再次按壓「顯示幕鎖定/解鎖鍵」，將顯示幕數據解除鎖定（圖廿三）。

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

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

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

圖二十 磁北、方格北與磁偏常數之關係示意



圖廿一 「數位指北儀」裝定方位基點方位角示意



圖廿二 按壓數位指北儀「顯示幕鎖定/解鎖鍵」示意



圖廿三 解除「數位指北儀」顯示幕鎖定示意



圖廿四 「數位指北儀」顯示磁偏常數與方格方位角示意



圖廿五 儲存「數位指北儀」磁偏常數示意



圖廿六 磁偏校正日期與時間記錄於數位指北儀本體下方示意



資料來源：圖二十至圖廿六為筆者自製。

效益分析

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

一、就定向時間而言

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

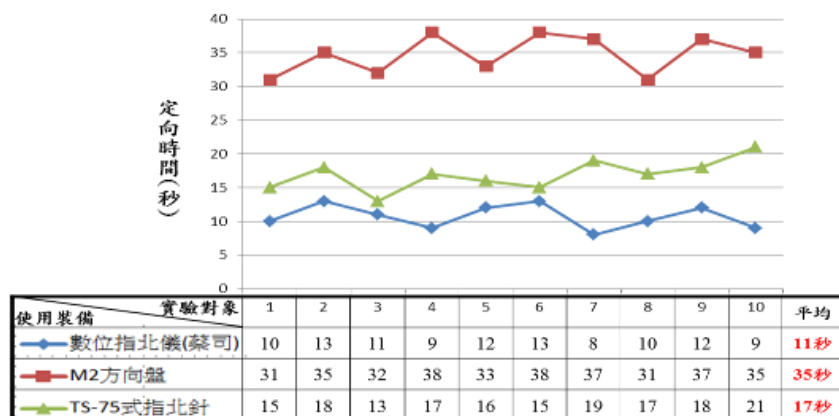
（一）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 位，分別使用 3 種裝備實施定向作業（測量方位角），驗證其時間之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表四。

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

表四 「數位指北儀」定向時間驗證 - 實驗設計

實驗班隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實驗場地	本部測地教練場
實驗內容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備對單一目標之定向（測量方位角）時間，並分析其結果。
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其定向作業（測量方位角）時間之差異變化。

圖廿七 「數位指北儀」定向（測量方位角）時間驗證－實驗數據



資料來源：表四及圖廿七為筆者自製。

二、就磁偏校正時間而言

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

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

（一）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 位，分別使用 3 種裝備實施磁偏校正，並獲得磁針方格偏差常數，驗證其作業時間之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表五。

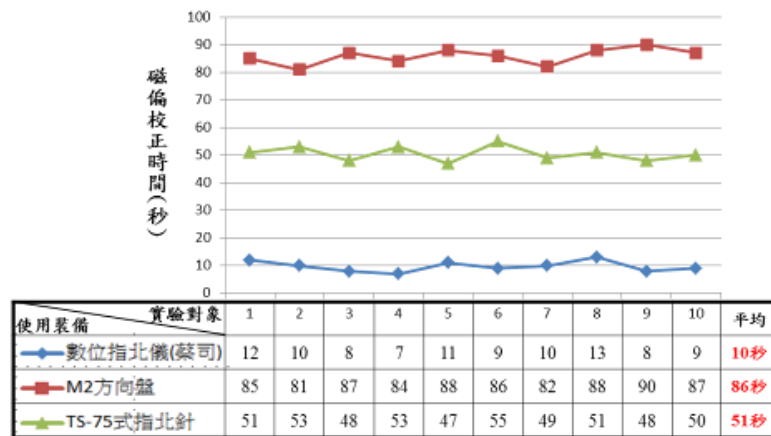
由圖廿八發現，10 名研究對象於相同的實驗狀況下，使用「數位指北儀」實施磁偏校正，平均所需時間為 10 秒，然使用「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」則所需時間分別為 86 秒與 51 秒。綜上，經實驗證實「數位指北儀」之磁偏校正程序與步驟較「M2 方向盤」、「TS - 75 式指北針」快速與簡化，故可有效縮減磁偏校正時間。

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

表五 「數位指北儀」磁偏校正時間驗證－實驗設計

實驗班隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實驗場地	本部測地教練場
實驗內容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施磁偏校正，並獲得磁針方格偏差常數，並分析其結果
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其實施磁偏校正時間之差異變化

圖廿八 「數位指北儀」磁偏校正時間驗證－實驗數據



資料來源：表五及圖廿八為筆者自製。

三、就定向精度與穩定性而言

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

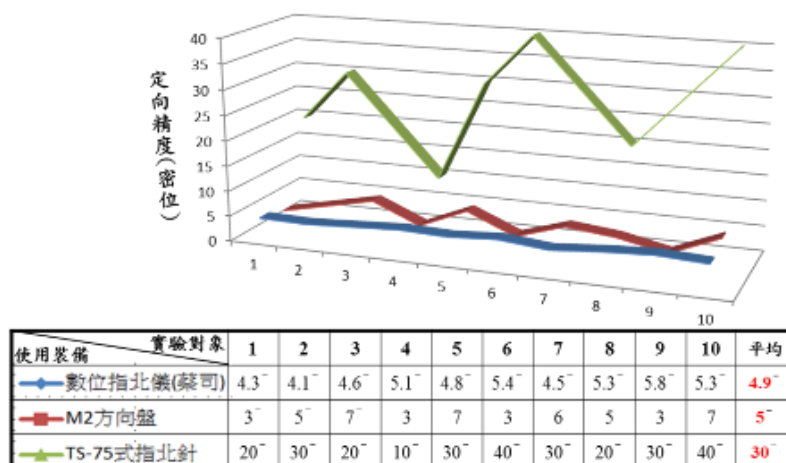
（一）實驗設計：採隨機抽樣方式由本組測量師資班與士官高級班學員中遴選 10 位，分別使用 3 種裝備實施定向（測量方位角）作業驗證其精度之差異變化，實驗場地為本部測地教練場，實驗設計內容如表六。

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

表六 「數位指北儀」定向精度與穩定性驗證－實驗設計

實驗班隊	本組測量師資班、士官高級班學員
實驗場地	本部測地教練場
實驗內容	採隨機抽樣方式選取 10 位同學，分別使用「數位指北儀」、「M2 方向盤」與「TS - 75 式指北針」等 3 種裝備實施定向（測量方位角）作業，並分析其結果
實驗目的	驗證使用 3 種不同方式，其實定向（測量方位角）精度與穩定性之差異變化

圖廿九 「數位指北儀」定向精度與穩定性驗證－實驗數據



資料來源：表六及圖廿九為筆者自製。

四、綜合分析

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

表七 「數位指北儀」與「傳統式磁針裝備」效益分析表

區 分	數 位 指 北 儀	傳 統 式 磁 針 裝 備	
		M 2 - 方 向 盤	TS - 75 式指北針
定 向 時 間	約 10 秒	約 35 秒	約 20 秒
定 向 精 度	約為±5 密位	>±10 密位	>±30 密位
磁偏校正時間	約 10 秒	約 90 秒	約 50 秒
作 業 穩 定 性	優	較差	最差
場 地 限 制	採用鋁質機殼，抗磁飽和能力強，能有效降低外部環境之影響程度。	較容易因外在環境因素影響磁針效能。	較容易因外在環境因素影響磁針效能。
風 險 因 子	1.人員安全：人員使用本研發成果執行作業（訓練）時，因操作簡單、學習容易，且不受場地空間限制，不易肇生人員危安。	較容易於營區外或場地空間受限等因素下，肇生危安風險因子。	較容易於營區外或場地空間受限等因素下，肇生危安風險因子。

	2.裝備安全：本研究採不影響裝備正常操作與不破壞裝備之前提下設計，可確保裝備安全與妥善。		
--	--	--	--

資料來源：筆者自製。

結論與建議

隨著科技資訊不斷進步，國軍在後勤維保作業方式上，理應透過嶄新的思維及方法，同步革新維保程序、步驟、要領，方能不斷精進並提升整體後勤支援效率，充份支援作戰；而「小型軍品研發」即提供了兵監各教學及行政單位一個良好的發揮平臺，希冀透過個人研發經驗分享，藉拋磚引玉方式提升單位研發風氣，如此不但人人能發掘單位問題，亦可由研發過程中腦力激盪，進而解決問題致獲得工作之成就感，以達節約公帑及提升裝備操作效益之目標，一舉數得，何樂而不為？⁸

蔡司 ELTA - 13 測距經緯儀「數位指北儀」經研發驗證，具有「小投資、大效益」之優點，其具備快速且精確提供方格方位之能力，俾利砲兵連遂行陣地測地任務及實施成果檢查，期使作業員額符合現行編裝，有效提升整體作業之速度與精度。綜上，最後提出四點建議事項。

一、裝備輕量化：因改良後「數位指北儀」本體之體積仍稍嫌龐大，若能針對外部構型持續研改，朝輕量、微型化之目標精進，勢必能減少裝備體積與重量，增加操作便利性。

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

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

四、未來將極積爭取本案納入司令部小型軍品推廣之品項，進而配發至全軍砲兵部隊使用，期能精進野戰砲兵測地之效能，提升作業之速度與精度，達成「節約時間、減少危安、提升效益」之目標。

⁸ 同註 1，頁 16。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 11 月）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，2010 年 11 月）。
- 三、焦人希，《平面測量學之理論與實務（五版）》（臺北：文笙書局，1995 年 03 月）。
- 四、Artillery survey (TM6 - 200)，Published June 1960 by GHQ Army GRC。
- 五、吳嘉晉、耿國慶，〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 146 期，砲訓部，民國 98 年 08 月。
- 六、黃盈智，〈精進 ULISS - 30 定位定向系統調諧校正作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 164 期，砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 七、黃盈智，〈M2 方向盤專用光學定位鏡組研發介紹與運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 八、耿國慶，〈「磁場不規則變化」對砲兵磁針定向之影響與因應之道〉《砲兵季刊》（臺南），第 152 期，砲訓部，民國 100 年 03 月。
- 九、耿國慶，〈精進砲兵連測地裝備與技術之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 160 期，砲訓部，民國 102 年 03 月。
- 十、耿國慶，〈邁向卓越的美軍前進觀測官「精準指向」能力研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 169 期，砲訓部，民國 104 年 06 月。
- 十一、吳經民，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》（臺北），第 92 期，聯勤測量署、民國 79 年 06 月。
- 十二、陳銘勝，〈軍品研發：戰車最終傳動器傳動軸組合工具 - 萬向節接合器〉《裝甲兵季刊》（桃園），第 233 期，砲訓部，民國 103 年 09 月。
- 十三、周趙遠鳳，《光學》（臺北：儒林出版社，民國 98 年 10 月）。
- 十四、林正淳，《光學機構設計：光電產品的設計聖經（2 版）》（臺北：三民出版社，民國 99 年 10 月）。
- 十五、孫慶成，《光電科技概論》（臺北：五南出版社，民國 100 年 05 月）。
- 十六、張雲清，〈「電動液壓履帶連接器夾具組」研發介紹與運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 164 期，砲訓部，民國 103 年 03 月。
- 十七、厲保羅譯著，《天文學》（臺南：復漢出版社，民國 76 年 01 月再刷）。

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

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

作者簡介

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

解析砲兵營「應急測地」

作者：耿國慶

提要

- 一、砲兵營在狀況緊急與時間急迫時，採「應急測地」方式，俾能即時提供射擊「有限精度」之測地成果。目前砲測中心基於安全、從嚴從難與公平公正等因素考量，將「應急測地」較戰術時間提早且以「全部測地」方式實施，惟易造成部分測地人員誤解，致影響「應急測地」作業觀念與能力。亟需由釐清疑慮、導正觀念為起點，進而瞭解「應急測地」相關原則、作業方式與要領，俾能提升「應急測地」之能力。
- 二、現行測考藉由「提早作業」掌握測考流程與射擊時段，並使用「統一標準」確保從嚴從難與公平公正，測地人員須確認各類型砲兵營測地與測考方式之差異，將有助於釐清疑慮，進而瞭解「應急測地」相關問題。基於「有」定位定向系統之應急與全部測地方式概同，且目前部隊多採「無」定位定向系統作業，本研究以「無」定位定向系統之「應急測地」為重點。
- 三、砲兵營「應急測地」即部份測地，為講求「速度」之因應手段。雖實施機率甚高，作業觀念與能力卻有待提升。為避免延誤時效致影響射擊運用，建議部隊重視「應急測地」訓練，提升測地人員作業能力，期能即時提供射擊「有限精度」之測地成果，進而達成防衛作戰之火力支援任務。

關鍵詞：全部測地、應急測地、方格統一

前言

砲兵營在正常狀況下通常實施「全部測地」，俾適時提供符合精度要求之測地成果。當狀況緊急與時間急迫時，方採「應急測地」方式因應，即時提供射擊有限精度之測地成果。鑒於砲測中心基於安全、從嚴從難與公平公正等因素考量，藉由掌握測考流程與射擊時段，將「應急測地」較戰術時間提早，且以「全部測地」方式實施，惟易造成部分測地人員誤解，致影響「應急測地」作業觀念與能力。亟需由釐清疑慮、導正觀念為起點，進而瞭解「應急測地」相關原則、作業方式與要領，俾能提升「應急測地」之能力。

疑慮列舉與釐清

國軍自實施「募兵制」後，砲兵訓練指揮部招訓學員及學生，絕大部分為志願役，不僅具備部隊實務經驗，亦歷經數次基地測考，已顯著提升砲兵戰力。惟測地人員層級較低，雖具備專業資格，戰術素養仍屬有限，致學習過程中常就自身測考經驗「比對」教範（學）內容，甚至因誤解提出疑慮。為避免造成教學（學習）與未來實際運用之困擾，務須盡早釐清疑慮、導正觀念。

一、疑慮列舉

列舉疑慮多來自測量師資班、儲士班、專長班等學生（員）比對基地測考與教範（學）之差異，部分疑慮單就表象看似與討論主題「應急測地」無關，惟屬「系統性」衍生問題，仍列入討論。

（一）砲兵營「應急測地」為何以「全部測地」方式測考？

砲兵營測驗「梯次變換階段」（D+2 日 0930）之陣地偵察與占領，測量官須於受命後實施「應急測地」。惟現行測考方式以「全部測地」方式實施，與教範（材）所述之部分（缺連接測地）測地¹不符。

（二）砲兵營「應急測地」何時實施？為何測考提早 2 小時？

砲兵營測驗「梯次變換階段」之陣地偵察與占領於 0930 時實施，惟現行測考提早（約 2 小時）至 0730 時實施。不僅戰術時間與測考時間脫節，且以「全部測地」方式實施，致不確定「應急測地」實施時間（機）。

（三）測考時「應急測地」成果在「營射擊指揮所」之運用方式為何？

砲兵營「應急測地」測考以「全部測地」方式提早 2 小時實施，因此測地作業人員在戰術與測考脫節之狀況下，除不瞭解測地與射擊指揮之「相對程序」外，亦無法理解「應急測地」成果在「營射擊指揮所」之運用方式。

（四）不同類型砲兵營之「應急測地」、「全部測地」為何測考方式相同？

砲兵營基於編裝、任務不同，測地方式亦有所差異。通常「直接支援營」為「全部測地」；其他「一般支援、增援、一般支援並增援營」，則為「陣地測地」。²惟現行測考各類型砲兵營不論應急或正常情況，一律實施「全部測地」，致對教範（材）內容產生疑慮。。

（五）「前地測地」除檢驗點外為何測考時須加測數個目標？

砲兵營在陣地偵察階段，情報官負責偵察觀測所、觀測區域與選擇「檢驗點」，³測量官基於情報官提供事項，「前地測地」僅須測定「檢驗點」位置，俾利計算觀檢方位角、砲檢方位角與方向基角等成果，「目標」則無須測定，應由觀通組長進入觀測所後，依觀測敵情、搜索目標要領蒐集。惟測考規定「調整部署階段」（D+2 日 1530）之「全部測地」，前地部分除檢驗點外，另須加測 4 個目標位置，易造成測地人員誤解。

（六）「逐次抵抗」階段為何未測考應急測地？

砲兵營測驗「逐次抵抗階段」（D+3 日 0830），屬於典型的「應急測地」實施時機，為何未納入測考？

¹ 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）》，（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 7-102。

² 同註 1，頁 7-4。

³ 《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版）》，（桃園：國防部陸軍司令部，民國 98 年 4 月），頁 5-2-26。

(七)「座標統一」實際上包含座標、標高、方位角等三項統一，僅使用「座標統一」術語是否欠周延？

現行砲兵營測驗(D+2日0930)「梯次變換階段」與「調整部署階段」，分別實施「應急測地」與「全部測地」，受測部隊以「開始點」與「測地統制點」之「假設諸元」起始，前者待時間餘裕逐次完成連接測地完成「座標統一」，後者則俟獲得上級測地統制點「真諸元」實施「座標統一」。⁴惟「座標統一」應為集合名辭，包含座標、標高、方位角等三項諸元統一，僅使用「座標統一」術語有欠周延、適切。

二、釐清疑慮

砲兵營基於編裝、任務不同，測地方式有所差異。惟砲測中心基於安全、從嚴(難)與公正等因素考量，藉由「提早作業」掌握測考流程與射擊時段，並使用「統一標準」確保從嚴(難)與公正(平)，測地人員如能確認各類型砲兵營測地與測考方式(如表一)，將有助於釐清疑慮、導正觀念，進而瞭解「應急測地」相關問題。

(一)「應急測地」為結合「有定位定向系統」作業型態採「全部測地」方式測考：砲兵營測驗「梯次變換階段」(D+2日0930)之「應急測地」，為考量「有定位定向系統」時並無「應急測地」型態，均以「全部測地」方式實施，致將「應急測地」以「全部測地」方式實施。惟當砲兵營「無定位定向系統」(如損壞送修)時，將增加營部連測量班(編制7人)作業負荷，建議測考時應視砲兵營有、無「定位定向系統」情況，再律定採「應急測地」或「全部測地」方式實施。

表一 各類型砲兵營測地與測考方式對照表

層 區	級 分	測地作 業型態	時 (戰術狀況)	機		現 行 測 考	
				全	部	方 式	考 量 因 素
聯兵旅 砲兵營 (含地 區指揮 部砲兵 營)	應 測	急 地	一、砲兵連測量班因執行連陣地測地中，無法及時加入營挺進班。 二、砲兵營行同時(或梯次)變換陣地(包括逐次抵抗)，因狀況緊急、時間急迫，無實施全部測地之條件。 三、砲兵營一個排(連)完成精密檢驗後，其餘各排(連)不准檢驗，營射擊指揮所需要各排			全 部 地	一、為避免測地影響戰術進度與延誤射擊時間，提早約2小時實施。 二、通常使用定位定向系統為主，為管

⁴同註1，頁9-25。

		(連)陣地測地成果，調製混合觀測射擊圖。		制 完 成 時 間，致採全部 測地方式。
	全 部 測 地	一、營、連測量班皆納入營挺進班編組。 二、營擔任直接支援任務，開設觀測所。 三、時間餘裕、狀況允許，有足夠條件實施全部測地。 四、全部測地完成前，新陣地並無執行射擊任務之可能。	全 部 測 地	為 避 免 延 誤 戰 術 進 度 與 射 擊 時 間，致 提早約2小時 實施。
	夜 間 陣 地 測 地	一、營、連測量班完成主陣地全部測地後，繼續完成臨時與預備陣地測地。 二、通常由主陣地導線邊為開始點，就近擴張。	夜 間 全 部 測 地	為 安 全 考 量，延至平均 彈 著 點（高 炸）檢驗後實 施。
軍 團 砲 兵 營	營 陣 地 測 地	一、營擔任增援（或一般支援並增援）時，觀測所由受增援營開設，觀測組則進駐受增援觀測所合併作業。 二、營擔任「增援」（或編組營群）時，火力納入受增援營（或營群長）管制，須由該營賦予測地統制點。 三、營擔任一般支援時，觀測所由上級統一開設（測地由目標連負責），營觀測組則進駐指定觀測所合併作業。 四、無觀測所測地需求。	全 部 測 地	一、軍團與聯 兵 旅 砲 兵 營 測 地 編 裝 與 作 業 能 量 相 同。 二、各類型砲 兵 營 均 採 全 部 測 地，符合 公平、公正原 則。 三、從嚴（難） 要求軍團砲 兵 比 照 聯 兵 旅 實 施 全 部 測 地。
	應 急 測 地			
	夜 間 陣 地 測 地	一、營、連測量班完成主陣地測地後，繼續完成臨時、預備陣地測地。 二、通常由主陣地導線邊為開始點，就近擴張。	夜 間 全 部 測 地	為 安 全 考 量，延至平均 彈 著 點（高 炸）檢驗後實 施。

資料來源：作者參考現行「陸軍砲兵部隊測考中心測量組時序表」與砲兵相關準則編製

(二) 為避免延誤測考射擊時段提早實施「應急測地」：「應急測地」之時機為狀況緊急、時間急迫，且欠缺全部測地之條件，砲兵營測驗「梯次變換階段」即符合實施時機。測考時為避免測地作業時間過長，延誤既定之射擊時段，致提早 2 小時（0730 時）實施。基於同樣理由，「調整部署階段」之全部測地亦提早實施。

(三)「應急測地」成果提供調製「混合觀測射擊圖」：砲兵營「應急測地」期間，營射擊指揮所正值「精密檢驗」射擊，測量班須於精檢完成前，將成果送交射擊指揮所調製「混合觀測射擊圖」⁵，俾利實施營「集中射擊」。

(四) 為求測考公正各類型砲兵營皆實施「全部測地」：砲測中心依據各類型砲兵營測地編裝與作業能量評估，且考量測考從嚴（難）與標準之一致性、公正（平）性，在「梯次變換階段」或「調整部署階段」，無論各類型砲兵營一律實施「全部測地」。

(五)「全部測地」加測前地目標以利射擊安全管制：砲兵營測驗現行規定「調整部署階段」之全部測地，其前地部分除「檢驗點」外，另須測定 4 個目標，目的在提供「測地射擊圖」標繪次日表定的 4 個射擊課目（包括攻擊準備射擊 1、目標群各連 3x1），以利射擊安全管制。

(六)「逐次抵抗」階段以測考「GPS 應急射擊圖」為重點：就「逐次抵抗」而言，屬於典型的「應急測地」時機，惟測考基於安全與時間考量，「逐次抵抗」並未實際向後變換，仍使用原「調整部署階段」(D+2 日)之「全部測地」陣地。此時測考重點置於調製「GPS 應急射擊圖」與相關「射擊課目」（精密檢驗、營集中、活動目標射擊等），將使用 GARMIN-60CS 接收機以「即時定位」提供射擊所需之觀測所、目標、陣地位置，⁶測地則無須對舊案「重複」作業。

(七)「座標統一」術語為求周延宜更正為「方格統一」：歸納「陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）」第九章、第五節所述：「座標統一為將測地成果納入統一座標系統統制之手段」。⁷惟參考美軍「野戰砲兵測地」(FM6-2)第十章，則使用「轉換至共同方格」(Conversion to common grid)術語，而此「方格」包括軍圖 UTM 方格系統之「大地基準」(Datum)、方格 (Grid) 與其定義之座標、標高、方位角等。⁸基於「座標統一」術語確實不夠周延、適切，建議未來可考慮更正為「方格統一」。

應急測地一般原則

⁵ 《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），頁 4-27。

⁶ 同註 5，頁 4-1 至 4-6。

⁷ 同註 1，頁 9-25。

⁸ “Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”，(Headquarters, Department of the army, 23/9/1993)，p10-1。

測地人員通常認為在時間急迫與狀況緊急之情況下，即需實施「應急測地」。惟當編裝表內之主要測量裝備（如定位定向系統、測距經緯儀等）損壞或作業人數低於編制數 1/3，或時間小於 2 小時，即屬緊急狀況，此時「全部測地」已無法執行，務須採取「應急測地」方式因應。基於砲兵測地區分為有、無「定位定向系統」（ULISS-30 或 SPAN-7）兩大型態，即使「應急測地」要領各異，惟測地著眼相似。基於「有定位定向系統」之全部、應急測地方式概同，且目前部隊「定位定向系統」妥善率偏低，多採「無定位定向系統」型態作業，致本研究以「無定位定向系統」之應急測地為重點。

一、應急測地即「部分測地」

（一）砲兵營正常狀況下之全部測地通常區分為「前地、陣地、連接」三部份，惟當時間、能力或狀況不許可時，須省略某一次要部份（通常為「連接」測地）測地作業，即屬「應急測地」範疇。基於爭取時效的前提下，前地、陣地測地使用不同的開始點，不僅無法「方格統一」（Common grid，包含座標、標高、方位角統一），⁹且精度降低，務須在時間許可時盡速完成全部測地。

（二）應急戰備階段，當砲兵營占領陣地或觀測所位置改變，致原防區測地成果無法使用時，測量班可由前地與陣地附近預設之已知點（衛星控制點、測地基準點等）或自行建立之「次等基準點」¹⁰擴張建立新位置之成果。此種局部區域測地，亦屬「應急測地」範疇。

二、應急測地之著眼在「速度重於精度」

砲兵營全部測地擁有足夠作業時間與條件，著眼於「精度與速度」，而應急測地狀況緊急、時間急迫，且欠缺全部測地之條件，致著眼於「速度重於精度」，惟測地人員於狀況、時間許可時，仍須盡諸般手段補足全部測地所要求之精度（砲兵營全部測地與應急測地標準對照，如表二）。

表二 砲兵營全部測地與應急測地標準對照

精度標準 型態區分		精度標準			時間 標準	備考
		座標	標高	方位		
全部 測地	「有」定位 定向系統	< 7 公尺 (徑 誤 差)	< ±3 公尺	< ±1.5 密位	1-2 小時 (不 含 初 始 校 準)	❶ K = 距離總長之 千除數。 ❷ 「有定位定向系 統」之應急測地 作業標準同正
	「無」定位 定向系統	> 1/1,000	< 1.2× √K ❶	< ±2 密位	2 小時至 2 小時 30 分	

⁹ 同註 7，p10-1。

¹⁰ 同註 1，頁 8-4、9-5。

應急測地	「有」定位定向系統 ②	<7 公尺 (徑誤差)	<±3 公尺	<±1.5 密位	<1 小時	常測地，僅要求適度增加行駛速度、選擇作業捷徑、律定優先順序區分階段完成等。
	「無」定位定向系統	>1/500	<±4 公尺	<±4 密位	<1 小時	

資料來源：作者自製

三、應急測地須結合「射擊指揮所」作業

砲兵營「應急測地」之目的，在提供「射擊指揮所」調製「混合觀測射擊圖」所需之測地成果，其成果表中須包含：各排（連）陣地座標、標高與方向基線方位角，¹¹其餘成果則由射擊指揮所自行提供（如表三）。相關作業摘述如下：

（一）「檢驗點」位置：射擊指揮所自檢驗排（連）陣地，以檢驗成果（決定方向、決定仰度或決定時間相應之距離），用極座標法將「檢驗點位置」定於射擊圖上。然後使用高低計算尺，依檢驗點高低求算砲檢標高差，決定檢驗點標高。¹²

（二）「方向基角」：當各排（連）梯次進入陣地時，射擊指揮所在射擊圖上依「陣地測地」成果定點，並分別量取非檢驗排（連）至檢驗點之「砲檢方位角」，以測地成果之「方向基線方位角」減「砲檢方位角」，求出「方向基角」後，通知其他非檢驗排（連）賦予射向。¹³

表三 砲兵營全部測地與應急測地成果對照

區 分		標準成果表內容	應 急 測 地 成 果	
			營測量班	射擊指揮所
全部測地	前測地	1. 檢驗點（目標）位置		✓
		2. 基線長		
		3. 基線方位角		
	連接測地	1. 觀測所位置	①	
		2. 觀檢方位角		
		3. 方位基準點（S）方位角 （含方位基準點之描述）		

¹¹ 同註 5，頁 4-27。

¹² 同註 5，頁 4-28、4-31。

¹³ 同註 5，頁 4-31。

	陣地測地	1. 各排（連）陣地中心位置	✓	
		2. 方向基線（OL）方位角 （含基線一端之描述）	✓	
		3. 砲檢方位角		✓
		4. 方向基角		✓
附記		❶ 依需要（通常不提供）。		

資料來源：作者自製

四、「前地測地」成果備便，俾利整合成「全部測地」

就射擊指揮所調製「混合觀測射擊圖」作業而言，可依據精檢成果，於射擊圖上決定檢驗點位置，故僅使用陣地測地成果，「前地測地」成果則未使用。惟砲兵營測量班為盡早完成全部測地，應將前地測地成果備便，待適時完成連接測地後，即可整合成為全部測地成果。

五、「陣地測地」重點在確定各射擊單位之關係位置

「混合觀測射擊圖」為營「陣地測地」與觀測射擊成果混合使用，通常運用一個排（連）精密檢驗成果，及各排（連）陣地測地成果（即砲兵營應急測地之「陣地測地」成果），射擊指揮所調製「混合觀測射擊圖」後，即可遂行營「集中射擊」。¹⁴

應急測地之「陣地測地」，無須刻意要求精確之起始諸元（方位角則力求精確），可於軍圖量取開始點假設座標、標高，並使用經過磁偏校正之 M2 方向盤量取假設方位角後，逕由中央排（連）向兩翼排（連）實施陣地測地，以確定試射連（排）與兩翼排（連）之「關係位置」為主要考量。

六、「射擊法」為應急測地成果之最終檢驗方式

應急測地須即時提供射擊單位所需之測地成果，故無法依據常規實施各項作業與成果檢查，通常除使用「分組計算法」、「地圖與現地對照法」檢查外，「射擊法」無疑成為最終檢驗方式。就砲測中心砲兵營測驗「集中射擊」為例，其效果不僅顯示射擊指揮所「精密檢驗」修正量之可行性，亦同時檢驗營測量班「應急測地」成果之精度。惟「射擊法」檢驗測地成果，具有高度風險，除非射擊海上目標或射擊圖上已明確標示安全界，否則不得冒然行之。

七、須視占領陣地時間長短，逐次完成全部測地

應急測地為因應當時狀況之階段性任務，當作業完成後，測量官應依據占領陣地時間之長短，逐次加強測地作業之完整與精度，達成全部測地之標準為目標。通常可在陣地與前地開始點中，選擇精度較佳之「開始點」測至另一精

¹⁴同註 5，頁 4-26。

度較差之開始點，並將陣地與前地成果完成「方格統一」（包含座標、標高與方位角統一），提供射擊指揮所即調製「測地射擊圖」，以取代「混合觀測射擊圖」。

15

八、當定位定向系統可用時，應恪遵全部測地原則

就定位定向系統（ULISS-30、SPAN-7）作業能力與特性而言，並無應急測地型式，所有作業均須比照全部測地要領行之。僅為爭取時效，可適度增加載具行駛速度、選擇作業捷徑，以及律定優先順序、區分階段等方式，完成測地任務。¹⁶

作業方式與要領

砲兵營「應急測地」作業，除應考量狀況、任務與講求速度外，亦須即時提供射擊指揮所調製「混合觀測射擊圖」所需之成果，適時發揚火力，達成火力支援任務。「應急測地」作業方式與要領，分述如後：

一、正常狀況下之應急測地

「應急測地」通常無法獲得各戰砲連測量班支援，且在「定位定向系統」無法使用狀況下，須由營部連測量班使用測距經緯儀（2 部）獨立完成，致人、裝不足、時間急迫。初期僅實施「前地」與「陣地」測地，爾後視占領陣地時間長短決定是否實施「連接」測地，俾達成「方格統一」之目標。

（一）第一階段—實施部分測地，即時提供成果

1.前地測地：人員力求精簡，可區分為使用「雷觀機」與「測距經緯儀」兩種作業方式，須由射擊指揮所提供之「檢驗點」逆算成果，目的在使前地成果與「混合觀測射擊圖」之圖上諸元一致。

（1）借用觀測組「雷觀機」作業：由營部連測量班人員（2 員）編成並借用觀測組雷觀機作業，當作業完成後迅速返回支援陣地測地。作業要領如後（如圖一）：

A.向砲兵營主觀測所之觀通組長（或直接向營射擊指揮所）索取檢驗點之座標、標高，並利用觀測所已整置之「雷觀機」，向檢驗點測取方位角、距離與高低角。

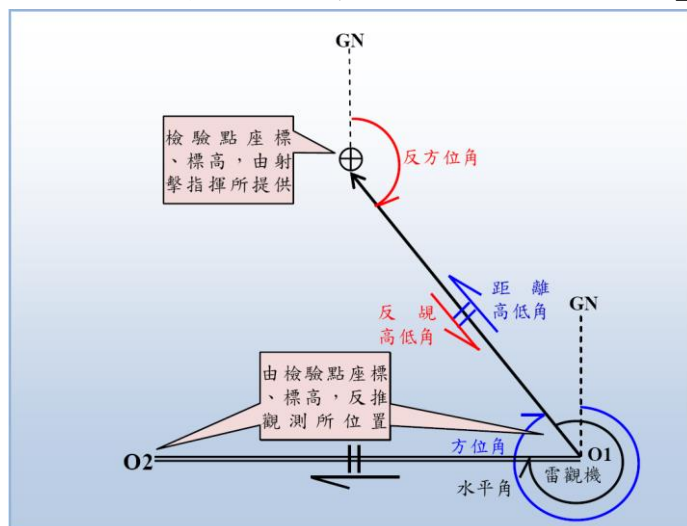
B.依序向輔助觀測所測取方位角、距離與高低角。

C.利用「反交會法」，將主觀測所（O1）至檢驗點之方位角 $\pm 3200^\circ$ ，換算成反方位角；再將「直覘高低角」變號（正變負、負變正）為「反覘高低角」，計算主觀測所座標、標高，並以「導線法」計算輔助觀測所（O2）之座標、標高。

¹⁵同註 5，頁 4-33。

¹⁶同註 1，頁 7-124。

圖一 應急測地借用雷觀機作業之「前地測地」示意



資料來源：作者自製

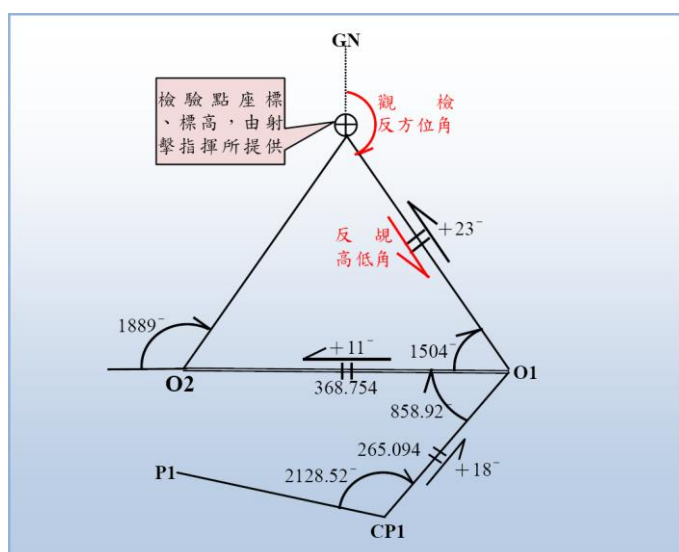
(2) 使用「測距經緯儀」作業：由營部連測量班人員（3 員）編成，並使用編制之「測距經緯儀」作業，當作業完成後迅速返回支援「陣地測地」。作業要領如後（如圖二）：

A. 由前地選擇之「開始點」（CP1）以導線法測至「主觀測所」（O1）、「輔助觀測所」（O2），並求算觀測所座標、標高與基線長、基線方位角。

B. 依據「前方交會法」作業要領，求取 O1 至檢驗點求邊距離，並計算檢驗點座標、標高。

C. 向砲兵營主觀測所之觀通組長（或直接向營射擊指揮所）索取檢驗點之座標、標高，並以射擊指揮所提供之檢驗點為準，以「觀檢方位角」之反方位角、「反覘高低角」與求邊距離，「逆序計算」O1、O2 座標、標高，使前地成果與「混合觀測射擊圖」之圖上諸元一致（如表四）。

圖二 應急測地使用測距經緯儀之「前地測地」範例



資料來源：作者自製

表四 應急測地之「前地測地」成果修訂範例

測量班由「開始點」計算所得之應急測地「前地測地」成果							
開始點 CP1	16960.00	O1	17137.45	O2	16768.70	⊕	17052.75
	48560.00		48756.94		48759.09		49712.48
	20.00		24.69		28.67		46.35
混合射擊圖量取檢驗點座標、標高		X：17020 Y：49850 H：51（射擊指揮所提供）					
依據檢驗點座標、標高，逆算後之前地測地成果		O1	17104.71	O2	16735.96	⊕	17020.00
			48894.47		48896.41		49850.00
			29.34		33.32		51.00

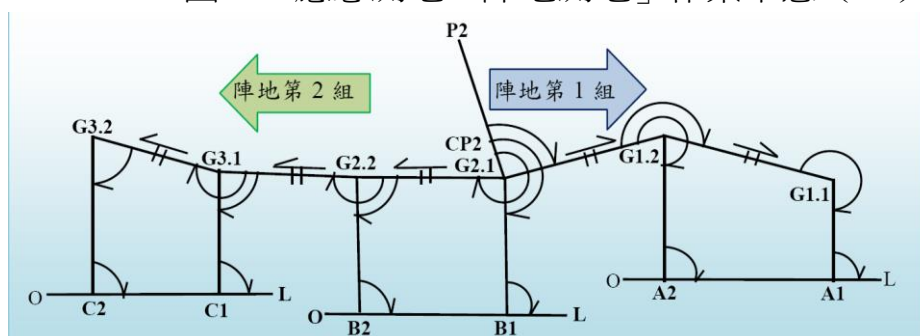
資料來源：作者自製

2.陣地測地：由營部連測量班 5 員（欠前地組 2 員）為主，當前地組人員返回後加入（增至 7 員）第二組作業，區分為兩組（第一組 4 員、第二組 3 員）使用「測距經緯儀」2 部，實施應急測地之陣地測地，須確定個射擊單位之關係位置。如部分砲兵連測量班已到達新陣地，可於各排（連）選擇點協助誘導「方向基線方位角」，以增大作業速度。作業要領如後（如圖三、四）：

（1）第一組以中央排（第 2 連之第 1 排）陣地中心或另選「開始點」（CP2），於地圖上量取 CP2 假設座標、標高，並使用經過磁偏校正之 M2 方向盤測取 P2 點方位角，再以「導線法」測至右翼第 1 連之 1、2 排（G1.1，G1.2）。

（2）第二組於第二連之第 2 排陣地中心開始（CP2 點至第二連之第 2 排之水平角、距離與天頂角，由第 1 組代測），以「導線法」測至第 3 連第 1、2 排（G3.1，G3.2）。

圖三 應急測地「陣地測地」作業示意（一）



資料來源：作者自製

圖四 應急測地「陣地測地」作業示意（二）

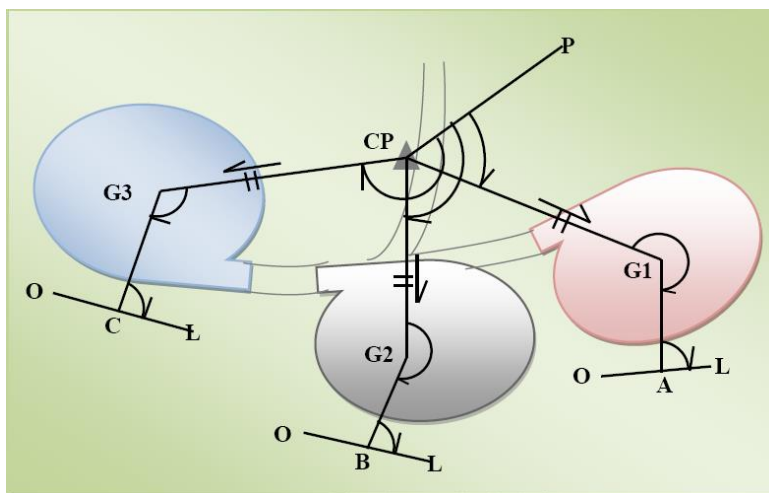
二、因應「混合觀測射擊圖」之應急測地

當砲兵營長「陣地占領命令」中明確指示：砲兵營行梯次變換、測量官即行應急測地、第二連第x排準備對檢驗點實施檢驗…等事項。測量官可將營部連測量班之編組、作業重點集中於「陣地測地」。即由營部連測量班7員區分為兩組（第一組4員、第二組3員），使用編制之「測距經緯儀」2部，分別實施應急測地之「陣地測地」（參考圖三、四），提供營射擊指揮所調製「混合觀測射擊圖」所需之各排（連）陣地座標、標高與方向基線方位角。至於缺少的「前地測地」，甚至未來須補行之「連接測地」等，須待完成「陣地測地」後，視狀況與時間逐次加強之。

三、防衛作戰之應急測地

「防區測地」係依據固安作戰計畫先期建立各階段火力支援所需之測地成果。惟戰場狀況瞬息萬變，砲兵營仍可能無法依計畫使用預期陣地，或預期陣地為「種植農作物或其他農業使用中之農地」無法先期完成測地，僅能於占領後按「應急測地」要領，由防區測地預設之「次等基準點」（或連接點CP）迅速擴張（如圖六），完成營陣地測地或整合成全部測地。

圖六 「防衛作戰」之應急測地示意



資料來源：作者自製

結語

砲兵營測地方式雖依據編裝、任務與狀況而異，惟當測考中心基於安全、從嚴（難）與公正（平）等理由，適度變更部分測考程序與方式時，受測部隊宜深入瞭解並適切配合，以確保測考任務順遂。基於砲兵營在狀況緊急與時間急迫時，須採「應急測地」方式因應，惟「應急測地」實施機率雖高，作業觀念與能力卻有待提升，當無法在時限內提供成果時，將影響射擊運用。建議：部隊除確認戰術與測考程序、方式之差異外，可參考本研究所提供之相關內容，

瞭解「應急測地」原則與要領，藉正確訓練提升作業能力，期能即時提供射擊「有限精度」之測地成果，進而達成防衛作戰之火力支援任務。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（第二版）》，（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月）。
- 二、《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）。
- 三、《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》，（桃園：陸總部，民國 87 年 11 月）。
- 四、“ARTILLERY SURVEY TM6-200 ”. （ WASHINGTON 25,D.C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY.,10/1954 ）。
- 五、“Marine Artillery Survey（MCWP3-1.6.15，Draft）”，（United States Marine Corps，2000）。
- 六、“Tactics,Techniques,and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY（FM6-2）”，（Headquarers,Department of the army，23/9/1993）。
- 七、耿國慶，（美軍砲兵導線測量之研究），《砲兵季刊第 147 期》，（臺南市：砲訓部，民國 98 年第 4 季）。
- 八、徐坤松，（如何落實執行防區測地具體作為），《砲兵季刊第 143 期》，（臺南市：砲訓部，民國 97 年第 4 季）。
- 九、耿國慶，（精進「導線測量」誤差判斷技術之研究），《砲兵季刊第 170 期》，（臺南市：砲訓部，民國 104 年第 3 季）。
- 十、耿國慶，（精進「前地測地」基線選擇與測考標準之研究），《砲兵季刊第 174 期》，（臺南市：砲訓部，民國 105 年第 3 季）。
- 十一、耿國慶，（提升砲兵連應急定位、定向之研究），《砲兵季刊第 176 期》，（臺南市：砲訓部，民國 106 年第 1 季）。
- 十二、耿國慶，（精進「防區測地」作業能力之研究），《砲兵季刊第 177 期》，（臺南市：砲訓部，民國 106 年第 2 季）。

作者簡介

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

檞樹飛彈系統－空壓機妥善率提升之研析

作者：張之綸、彭天宏

提要

- 一、M48A2 自走式檞樹防空飛彈系統現為本軍近程野戰防空武器，係一簡單可靠、反應靈敏、高效率及有全面性攻擊能力之改良型地對空飛彈系統，能抵禦、攔截敵方高速，低飛進襲之目標，隨著裝備服役年現增長，裝備故障的機率也因而提高，而裝備妥善率是武器系統效能評估之重要指標，其妥善與否，攸關有形戰力之發揚，直接影響作戰機動效能，因此統計出陸軍飛勤廠歷年總成及次總成高故障項目，研討改良因應對策為筆者研究方向。
- 二、筆者運用特性要因圖及故障樹分析法，探討造成裝備故障之原因，擬定故障裝備分析標準作業程序，並以次總成「空壓機」為例，依程序實施故障分析，找出裝備故障原因，進而提出保修技術精進作法，以降低裝備損壞。
- 三、筆者最後提出確實檢討年度計畫性備料、提升保修作業能力、美方原廠實施構型變更及國防自主實施構型變更等 4 項建議，期能避免裝備因人為操作及零件壽限與待料等因素損壞，並能精準備料或構型變更等作為，提升裝備妥善，發揮應有之戰力，遂行野戰防空戰備任務。

關鍵詞：飛彈、故障樹、空壓機

前言

一、研究背景與動機

（一）研究背景：國防部依政府政策指導推動「精實案」、「精進案」及「精粹案」後，使組織及員額均能依計畫整併、精簡及兵力結構調整，然陸軍各作戰區野戰防空部隊，由防空群簡併為防空營後，人力精減（含技術人員）、裝備服役年限增長及部隊任務日益繁重，而裝備是否仍維持部頒妥善率，對戰力之影響極為重要。飛彈裝備乃高精密度、機密性之主戰裝備，唯具高可靠度¹及高妥善率才能發揮有效戰力。然裝備妥善的維持，有賴各級維護作業的施行，但現今在國防預算逐年降低，致人員訓練及後勤補給等經費相對減少，為了有效維護主戰裝備壽命週期，應運用一套分析方法，以了解裝備故障要因，俾利提早預防以降低成本之支出及強化人員操作保養素質，藉以提升裝備妥善率。

（二）研究動機：檞樹飛彈系統內建之空氣壓縮機次系統位於基座內之右側，其主要功能為提供 3000PSI 無塵、無濕之純淨高壓空氣，以冷卻飛彈導引部

¹在任意指定的一段時間內及相同運作條件下，此系統不會發生故障且能發揮其正常功能的機率，稱為累積 (Cumulative) 可靠度，〈國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則〉，《國防部》，民國 104 年 12 月，頁 4-2-25。

之偵測器，增進其對紅外線之靈敏度，達成自動追蹤之任務。²然該次系統故障數量逐年增加，嚴重影響全系統妥善，導致主戰裝備停用，使部頒妥善率過低，故需探討是否為人員保養不當、機件壽限因素或備料不足等問題，為本文研究動機。

二、研究目的

檨樹飛彈系統屬近程野戰防空飛彈，自民國 78 年成軍迄今，現服役於海軍陸戰隊防警群及陸軍野戰防空部隊，擔任台灣本島近海要港及低空防衛任務，為維持裝備妥善率及確保武器性能發揮，本研究係以近年此裝備進廠翻（檢）修情形，針對高故障次總成之空氣壓縮機，加以分析統整歸納，探討維護要領及保修精進作法，以教導保養工作及提供專業知識，提升裝備妥善，進而優化保修（養）人員素養及縮短裝備損壞時限，使有效發揮裝備效能。

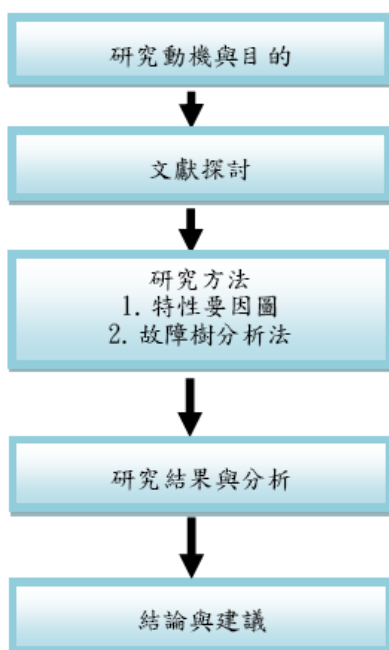
三、研究範圍與現制

（一）研究範圍：本文研究以陸軍後勤指揮部飛彈光電基地勤務廠野戰防空所檨樹小組近年參與各項操演訓（聯勇、精準實彈射擊、長青、基地訓練）及各部隊（陸軍及海軍陸戰隊）檨樹裝備進廠實施翻（檢）修之裝備為範圍。

（二）研究限制：檨樹飛彈系統除本國有部屬使用外，目前計有以色列等 8 個國家使用，因研究的相關期程及資料蒐集參數，礙於國際因素，故僅採用本國資料，來分析及探討，並列出相關具體做法，以利提升裝備妥善率。

四、研究流程

圖一 研究流程示意圖



資料來源：作者自行繪製整理

²《檨樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月），頁 2 - 21。

(一) 前言：介紹本文研究動機與架構。

(二) 研究方法：介紹故障樹分析法、特性要因圖的定義及程序。

(三) 研究分析：以特性要因圖檢討空壓機損壞原因，以故障樹分析法分析，再利用特性要因圖對損壞之單件，實施分析並檢討故障裝備損壞原因，以提出具體改進方式，提供技術人員及部隊改進，提升裝備妥善。

(四) 結論與建議：分析問題並提出建議作法。

文獻探討

一、槲樹飛彈系統簡介

槲樹飛彈系統（CHAPARRAL，如圖二），為美國加州福特航太公司研製，³為一地對空短程防空飛彈系統，採紅外線熱追蹤，具全天候作戰能力、射後不理、反應時間快、操作簡單、保修容易、機動力強、精確度高之優點，國軍陸軍於民國 77 至 79 年間陸續引進槲樹系統，為目前陸軍最有效之低空防禦武器。

槲樹飛彈系統由「M730 系列履帶車載具」及「M54 系列發射站」組成，載具及發射站結合後定名為「M48 槲樹防空系統」，於 I - III 階段完成改良及基本性能提升；在 IV 階段之性能提升中 M48 構改為 M48A1，其中提升部份為加裝敵我識別次系統、提升砲塔驅動電子總成，以達到和 AN/DAW - 1B（飛彈導引部段）在操作上相容，故新型發射站命名為 M54A1；另 M730 載具獲裝冷卻系統及乙具較重懸吊系統，故載具更名為 M730A1；V 階段加裝乙具「前視紅外線」及乙具「柴油引擎」之主動力單元（MPU）至 M54A1，故發射站更名為 M54A2，而全系統則更名為 M48A2；VI 階段加裝核生化（NBC）裝備及新式空調裝置至 M54A2，故發射站更名為 M54A2E1，全系統則更名為 M48A2E1。

「M54 系列發射站」全長 6.1 公尺、寬 2.69 公尺、高 2.9 公尺，全重 12988 公斤，飛彈塔可升降及 360°旋轉，最高每秒可旋轉 90°，飛彈發射軌條上下俯仰角度可自 - 9°至 90°，搭載四行程氣冷式柴油引擎，另配有敵我識別器，可逕行對空中目標實施辨證、具有前視紅外線裝置，可在日、夜間或能見度較差之天候下，執行目標搜索與追蹤、飛彈射出後，具有射後不理之特性，可增加戰場存活率、發射站可與履車分離，配有裝腳架四具，可由直昇機直接吊掛，機動至新陣地放列，遂行防空任務，加裝浮游裝備時，可行兩棲突擊登陸作戰。⁴

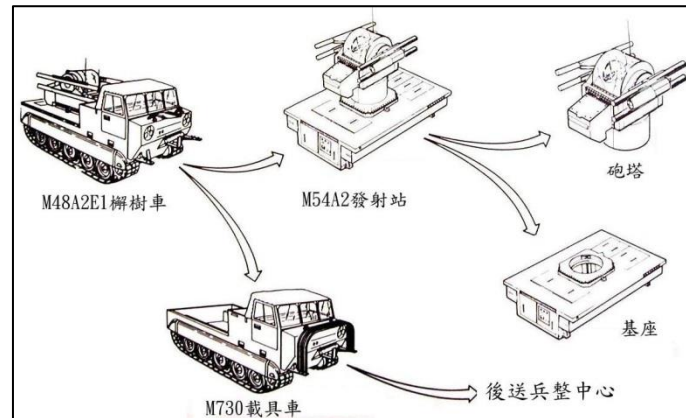
「M730 系列履帶車載具」可提供涉水能力，有助於野戰部署，M730 履帶載具由 M548 履帶載具修改而來，發動機艙及乘員艙位於車體前方，後方則裝置 M54 飛彈發射裝置，多以防水帆布覆蓋作為保護，本型載具採扭力桿承載系統，兩側各有 5 個承載輪，前後方各有 1 個主動輪和 1 個惰輪，第 1 及第 5 個承載輪的

³ 《尖端科技精華本 16 - 飛彈家族》（臺北：雲皓出版社，民國 86 年 1 月），頁 66。

⁴ 《槲樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月），頁 1 - 2 至 1 - 5。

扭力桿上裝有油壓避震器，車頭兩側各有 1 組紅外線燈，具有兩棲能力，以履帶打水的方式前進（時速 5.5 公里／小時）。⁵

圖二 檞樹飛彈系統示意圖

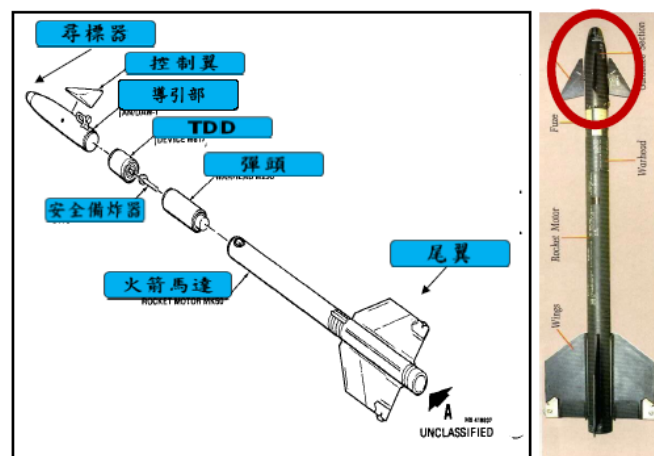


資料來源：筆者參照美軍技術手冊 TM9 - 1425 - 2586 - 10，1984 年 8 月，頁 1 - 4 製作。

二、檞樹飛彈導引部簡介（如圖三）：

MIM - 72 檞樹飛彈為 AIM - 9D 響尾蛇飛彈改良自地面發射之飛彈，MIM - 72A 幾乎等同於 AIM - 9D 響尾蛇飛彈，⁶我國使用 MIM - 72F、MIM - 72H（無煙型）及 MIM - 72J（導控段為 AN/DAW - 2A）等三種型式。檞樹飛彈全長 2.9 公尺、直徑 0.13 公尺，彈重 86.3 公斤，有效射程 8000 公尺、有效射高 3000 公尺，飛彈發射後 5 秒速度可達 2.2 馬赫（1 馬赫=330 公尺/秒），以紅外線熱感應方式追蹤目標，為一輕便、超音速、被動式紅外線歸向導引飛彈，⁷導引部位於飛彈最前端，由尋標器、電子組及伺服組三大部分組成，其尋標器內部之致冷器需藉由次系統空壓機造生 3000PSI 高壓空氣，以冷卻使達到所需之工作溫度，增加對外界紅外線靈敏度，提升飛彈命中率。

圖三 檞樹飛彈導引部示意圖



資料來源：〈TM9 - 1425 - 2586 - 10〉，民國 73 年 8 月，頁 1 - 8

⁵ 《檞樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月），頁 2 - 33 至 2 - 35。

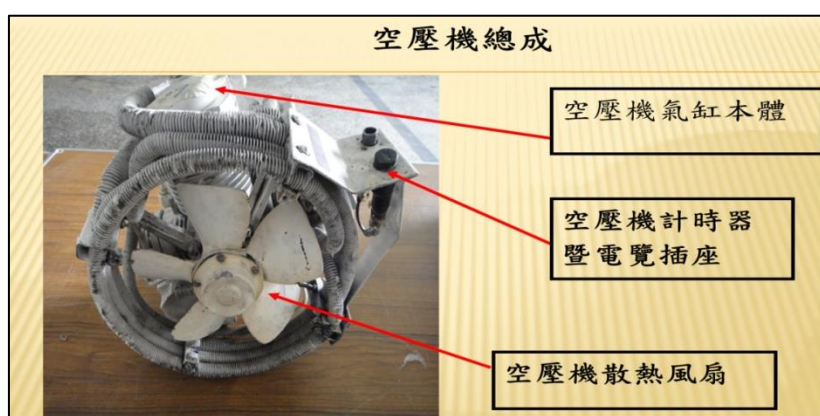
⁶ 《尖端科技精華本 16 - 飛彈家族》（臺北：雲皓出版社，民國 86 年 1 月），頁 66。

⁷ 《尖端科技精華本 16 - 飛彈家族》（臺北：雲皓出版社，民國 86 年 1 月），頁 1 - 8。

三、空壓機簡介

空壓機（如圖四）位於基座動力艙內之右側（如圖五），其在海平面的輸出量每秒鐘 300PSI 之高壓空氣為 1 公升，其運轉累積時間紀錄於主控制面板上之計時器，操作則係自動控制；當壓力低於 2700PSI 時，動力艙內柴油引擎之大皮帶，帶動離合器，使離合器同步驅動空壓機，開始製造高壓空氣，當壓力達 3100PSI 時，則離合器與空壓機即自動停止，並保持到壓力再降至 2700PSI 時之工作循環。⁸另後續將高壓空氣送至空氣清潔器，加以過濾及清潔，使之變為無塵、無濕、無稀有氣體之空氣，並藉系統內空氣軟管，持續不斷地提供各飛彈軌條上飛彈冷卻。⁹

圖四 空壓機組成示意圖



圖五 空壓機位置示意圖



資料來源：圖四及圖五為筆者拍攝製作

四、保修作業程序

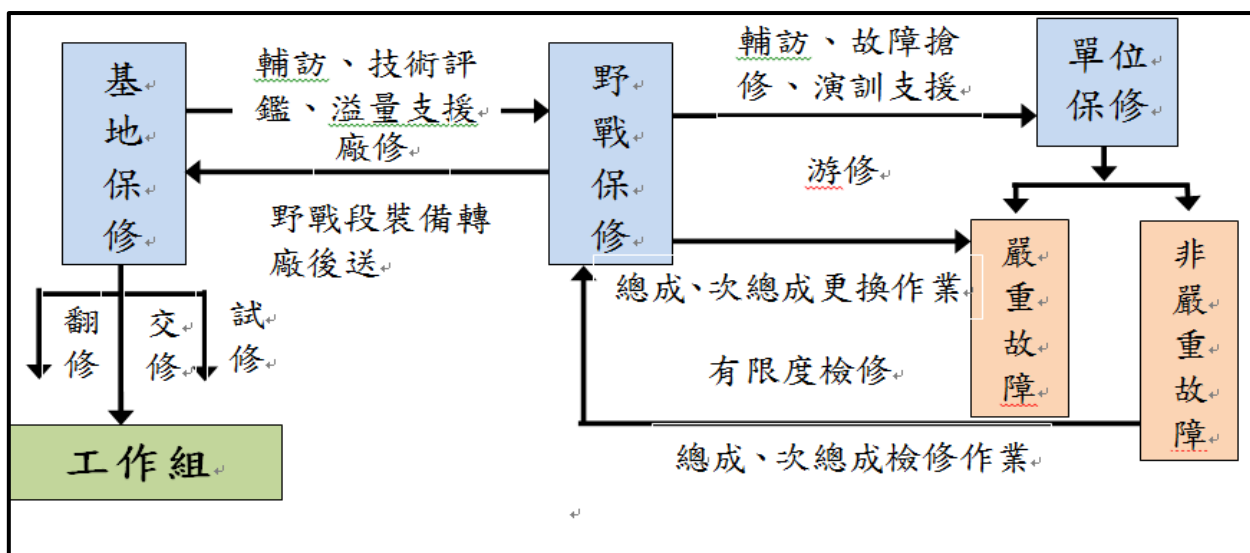
（一）各式飛彈裝備保修作業程序：由於戰備任務特殊，保修能量需與防空作戰配合，適應戰地保修作業編組，依循美軍區分單位、野戰、基地等三段保修制度，三段保修分層負責、相互支援，並依部隊任務、性質、機動性、經費、技術、保修人員、二（三）級廠作業裝備及料件配賦等原則有效分配，賦

⁸ 《檳樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月），頁 2-21 至 2-22。

⁹ 《檳樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月），頁 2-22。

予各級特定之保修層級。依『陸軍裝備保修手冊飛彈光電之部』保修權責及支援體系劃分，飛勤廠為飛彈光電裝備五級基地修製作業單位，主要任務依據年度修製計畫於駐地執行基地級修製（翻修）作業暨輔導三級（野戰）支保修作業（如圖六）。¹⁰

圖六 飛彈裝備保修作業程序示意圖



資料來源：《TM9-1425-2586-10》，民國73年8月，頁37。

（二）檳樹飛彈系統保修體系：現今國軍維保制度劃分為維修單位階層與維修深度階層，權責區分為三段四級制，維修單位分為單位（O）、野戰（I）、基地（D），維修深度分一至四級。其保修權責說明如後：

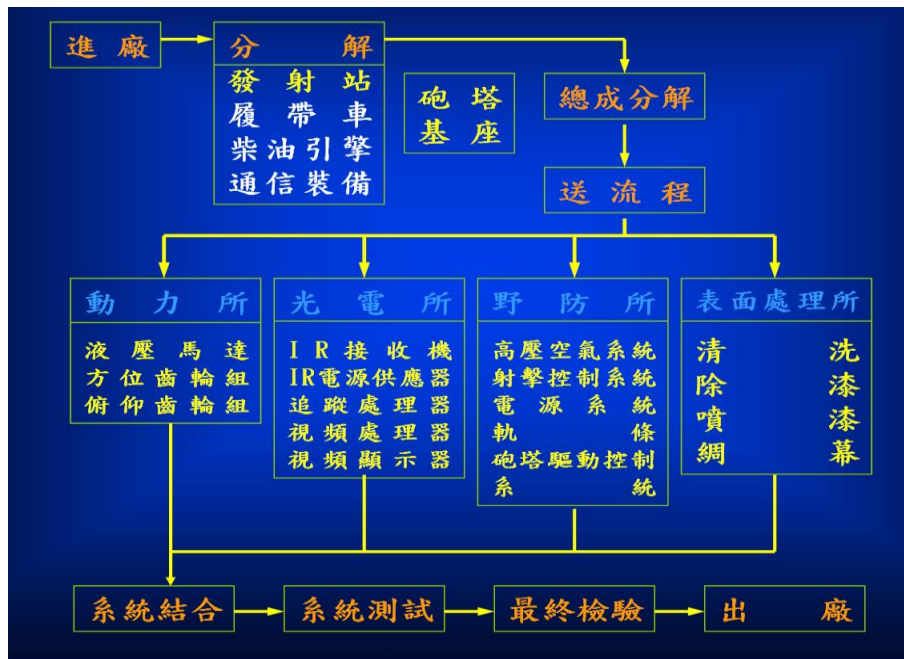
1、單位段：由陸軍及海軍陸戰隊下轄之檳樹防空連執行，操作手執行一級保養，依據技術手冊執行清潔、潤滑、緊定、調整、檢查及協助二級人員作業。二級保修由接受二級專長訓練合格之保修官（士）依據技術手冊及配賦之二級保養工具、料件、器材，執行二級保修權責之裝備測試、保養及故障排除，並指導一級計劃性預防保養作業。

2、野戰段：由飛勤廠光電場下轄之「南綜所」負責檳樹裝備野戰游修任務，支援陸軍司令部各地檳樹飛彈連，由接受三級專長訓練合格人員依據技術手冊直接支援各連修護作業，其作業採游修方式，並對一、二級單位定期實施技術輔導。

3、基地段：由飛勤廠飛彈場下轄之「野戰防空所」負責檳樹裝備執行，依據年度修製計畫，於駐地實施裝備定期之翻（檢）修作業（如圖七），並對各級保修單位實施必要之技術輔導及保修支援。

¹⁰ 《陸軍裝備保修手冊飛彈光電之部》（桃園：陸軍司令部，民國95年3月），頁10。

圖七 檯樹裝備翻修作業流程示意圖



資料來源：作者自繪

研究方法

一、品質管理七大方法

管理與改善是企業經營中最重要的工作之一，管理是維持現狀、保持實力，而改善是突破現狀、提升實力。藉著運用確實的方法，對於組織建立解決問題的基礎，創造一個滿意的環境。在解決問題中，品質改善工具的基本角色，是為了幫助企業符合顧客的需求。而「品質管理七種手法」就是解決品質問題、發掘問題及解析問題的利器。通常「品質管理七種手法」是指特性要因圖、層別法、查檢表、柏拉圖、直方圖、散佈圖及管制圖，¹¹其中「特性要因圖」係為本次主要研究方法。然運用此其七種手法應注意下列關鍵事項：

- （一）體認改善的需要，並且發掘問題的存在。
- （二）於工作現場中隨時留意問題，並找出解決的對策。
- （三）以團隊方式進行，藉著他們在製程中的工作和詳細的知識，共同找出問題點，加以改善。
- （四）分層別類將事物發生異常的原因彙整出來。
- （五）改善後設法維持，並加以標準化。

二、特性要因圖

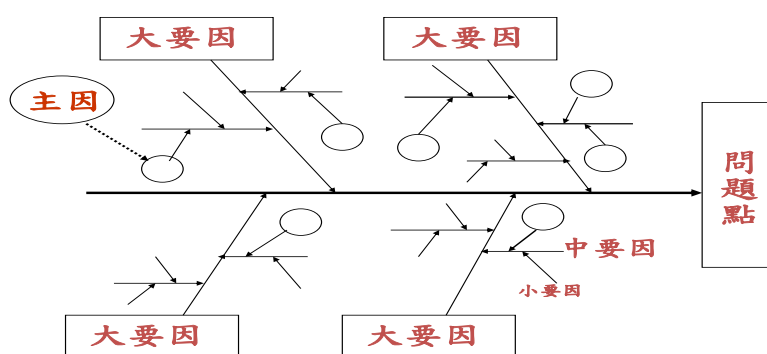
（一）定義：特性要因圖則是描繪結果（特性）與原因（要因）之間的關係，將要因加以整理，以箭頭連接，詳細分析原因的一種圖形。特性要因圖是由日本品管大師石川馨（Kaoru Ishikawa）博士於 1943 年所發明的，因此又稱石

¹¹徐世輝，《全面品質管理》（華泰文化事業股份有限公司，民國 88 年 8 月），頁 142。

川圖。又因為其形狀像一條魚，所以國內一般工廠俗稱為魚骨（fishbone）圖。另外，此圖表是因果關係，亦稱因果圖。

（二）圖形結構：由大小箭頭組合而成，外型類似魚骨，魚頭向右者為原因追求型，而魚頭向左者為對策擬定型。以原因追求型之特性要因圖為例，魚頭右側代表欲研究的影響事件問題之特性，魚骨側代表造成該特性之重要原因，包括背骨（脊椎骨）、大骨、中骨、小骨，分別代表製程、大要因、中要因、小要因，而成為完整之魚骨圖（如圖八）。¹²

圖八 特性要因圖



資料來源：徐世輝，《全面品質管理》（華泰文化事業股份有限公司，民國 88 年 8 月），頁 15。

（三）繪製步驟

- 1、決定問題特性。
- 2、在背骨（製程）右端記入特性。
- 3、在背骨上下兩側記入大骨之大要因，大要因可直接依作程別分類，一般是依 5M（人、機械、材料、方法、環境）來分類。
- 4、在大骨之左右兩側記入中骨之中要因。
- 5、在中骨兩側記入小骨之小要因，以此類推繼續分析。
- 6、圈選重要要因（原則上四到六個）。
- 7、評估重要要因之影響度（要因評價）。

（四）使用要領：

- 1、分析要因時，應採用腦力激盪術，並配合專業知識和經驗進行。
- 2、魚骨圖可以配合層別法一起運用，繪製層別魚骨圖，對魚骨圖上的重要要因，進行更深入的探討。
- 3、魚骨圖除了用作結果和原因間的分析外，還可用作目的和手段間的分析，以及全體和要素間的分析。

三、故障樹分析法

¹²徐世輝，《全面品質管理》（華泰文化事業股份有限公司，民國 88 年 8 月），頁 143。

(一) 簡介：故障樹分析方法 (Fault - Tree Analysis, FTA) 為 1961 年貝爾實驗室華特森 (H.A. Watson) 開發出來的安全分析技術，用以分析義勇兵飛彈發射管制系統，其後又經該實驗室研究小組加以改進，由於對於繁複系統具有多層面的分析，所以相當獲得人們重視。其後故障樹技術由赫索 (D.F. Haasl) 領導在波音航空公司加以實行，由於近年來對於人員安全的關心及快速高容量計算機的發展，這項技術逐漸被廣泛應用，經常被應用於重大安全顧慮的系統上，如核能發電廠、化學工業、營建業，以防止重大災害的發生。一般常見應用系統分析的方法可區分為歸納法 (Induction) 及演繹法 (Deduction) 兩種。故障樹技術以系統操作時所不願發生之結果為頂端事件 (Top Event)，利用演繹的方法，逐步找出導致該事件發生的事件及原因，依其關係逐一繪成樹狀圖形，即為故障樹圖。¹³故障樹分析即對故障樹進行一定性或定量的分析，以探求樹圖中的各項事件及原因，何者對頂端事件影響較大，此即為系統操作時之弱點，可以之為改善系統可靠度之依據。

(二) 基本定義：以下就故障樹分析法中經常使用的幾個名詞，說明其定義。

1、頂端事件 (Top event)：頂端事件即為系統上不希望發生的事件，故為故障樹之頂端，以此事件向下展開，亦即此項分析的目標，亦有譯為最終事件。

2、割集 (Cut Sets)：基本事件之集合，當集合中所有事項均發生，頂端事件就一定發生，即造成頂端事件發生事件組合之集合，或可譯為斷路集合。

3、最小割集 (Minimal Cut Sets)：如果一個割集不能再簡化，但仍能確保頂端事件的發生，則稱之，系統最小故障模式 (Minimal Failure Modes)，或可譯稱為最小斷路集合。

(三) 分析一般程序：進行故障樹分析時，一般遵循的步驟如下。

1、確定系統中不希望發生的事件，即為頂端事件 (Top event)。

2、通盤瞭解整個系統及其預定之功能。

3、找出導致系統故障的原因，確定在進行故障樹事件分析時低層事件相互關係所產生之影響。

4、繪出各輸入故障事件關係的故障樹圖，所有底層事件需為明確的基本事件，且故障情形必須互相獨立，對於故障樹分析嚴密而有系統的工作步驟，應具備下列各項：(1) 對全系統的確定；(2) 故障樹圖的繪製；(3) 定性的分析；(4) 定量的分析。

全系統的確定，在繪製故障樹時最重要的是建立整個系統的範圍，同時注

¹³ 沈靖傑，《光碟製程設備中射出成型機遠距維護與故障診斷系統初步探討》(國立中央大學碩士論文，民國 96 年)。

意此事項範圍不可與實物的範圍有所混淆，為了使別人對於故障樹能充分瞭解，必須將故障樹所有假設情況逐項列明。

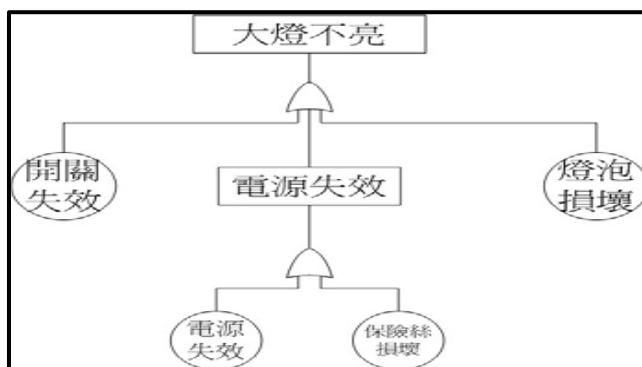
（四）故障樹繪製方式：故障樹繪製的目的就是以圖形表示系統故障的原因，另外亦可藉此圖形看出系統的缺點所在，通常分析者在進行繪製系統故障樹以前應對整個系統有全盤的瞭解，並考量分析系統重要之影響條件，斟酌加入各種故障因素，故一般繪製故障樹的方法有三：基本故障法、二級故障法、操作故障法。至於該使用何種方法進行分析，應由可靠度分析工程師就實際需求選用。

1、基本故障法（Primary failure technique）：一個組件在設計規格範圍內如不能達成任務則稱基本故障（basic or primary fault）。僅利用基本故障法繪製故障樹較為簡單，只要確定組件的基本故障就可完成故障樹（如圖九）。

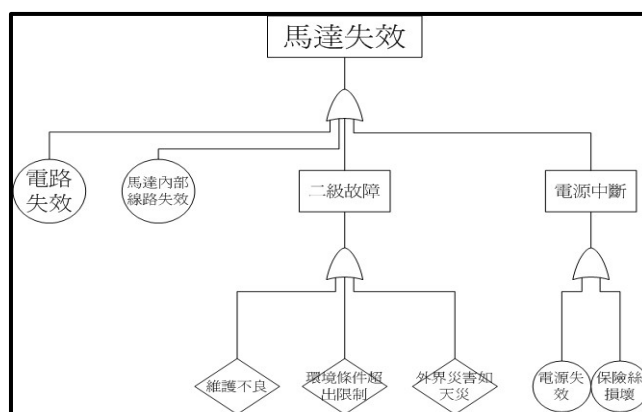
2、二級故障法（Secondary failure technique）：二級故障的產生主要是因組件受到過度的環境條件或過大的操作應力，包括二級故障的故障樹分析必須對整個系統有更深入之瞭解，分析工作也遠超過基本故障的階層（如圖十）。

3、操作故障法（Commanded failure technique）：所謂操作故障是指操作時間或地點不當而引起的故障，此類故障在各階層都可能因操作失調而發生，最常見的實例是對於電動設備給予一錯誤的訊息（如圖十一）。¹⁴

圖九 基本故障的故障樹圖

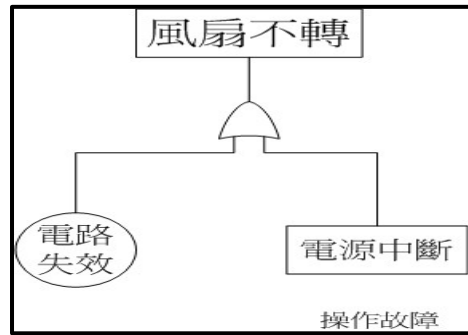


圖十 包含二級故障的錯誤樹圖



¹⁴ 林信昌，〈飛機起落架設計之危害分析評估研究〉（私立逢甲大學碩士論文，民國 98 年）。

圖十一 基本與操作故障之錯誤樹圖



資料來源：圖九至圖十一轉引自林信昌，《飛機起落架設計之危害分析評估研究》（私立逢甲大學碩士論文，民國 98 年）。

研究結果

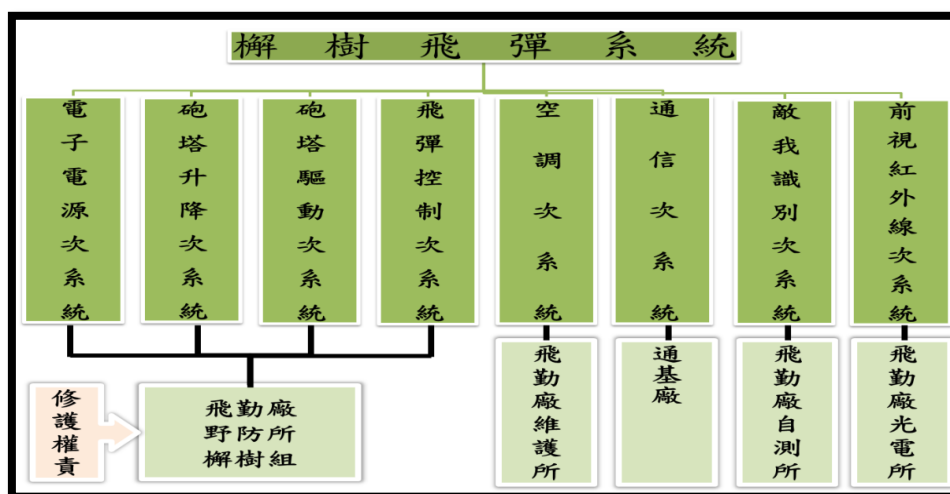
一、檣樹全系統損壞狀況分析

（一）檣樹飛彈系統依據技術手冊 TM9 - 1440 - 2585 - 20 - 1 區分為 8 大次系統，分別為電子電源次系統、砲塔升降次系統、砲塔驅動次系統、飛彈控制次系統、空調次系統、通信次系統、敵我識別次系統、前視紅外線次系統，¹⁵各部隊將裝備後送至陸軍飛彈光電勤務廠實施拆解後，依權責分送各修護所（組）實施修護，本研究以該廠野戰防空所檣樹組修護範圍實施分析（如圖十二）。

（二）近年各部隊檣樹裝備送修、進廠翻（檢）修、交修及支援各項操演等記錄，高故障項目計有發電機控制箱等 9 項（如表一），依上述品項，完成檣樹飛彈系統故障之特性要因圖（如圖十三）。

（三）依特性要因圖可知，飛彈控制次系統損壞為造成檣樹系統故障之最主要原因，參照近年高故障品項清冊，其中又以「空壓機」單件故障數為最高，故以「空壓機」為案例實施分析，研討故障分析之過程。

圖十二 檣樹 8 大次系統及修護權責



資料來源：作者自行繪製

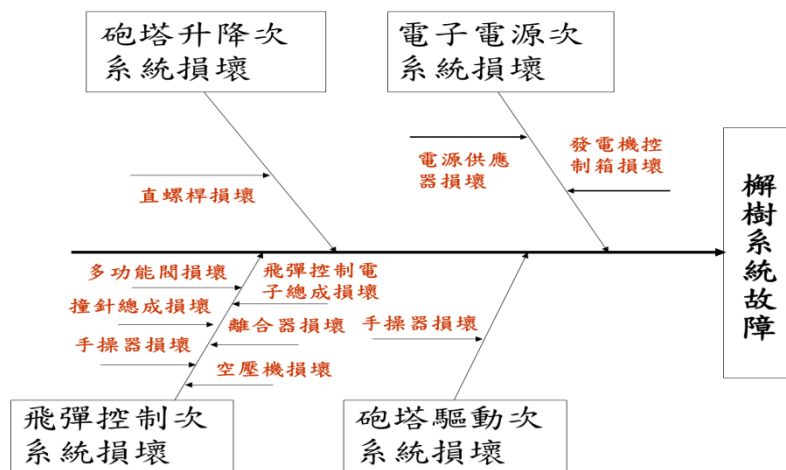
¹⁵ 《TM9 - 1440 - 2585 - 20 - 1》，民國 77 年 7 月，頁 1 - 8。

表一 榔樹系統近年總成及次總成高故障品項清冊

項次	品名	單價 (美元)	損壞數	單機 裝置數	全軍 主件數	備考
1	發電機控制箱	21,532	11	1	53	
2	電源供應器	4,116	16	1	53	
3	直螺桿	1,200	20	4	53	
4	手操器	2,390	9	1	53	
5	多功能閥	17,467	16	1	53	
6	撞針總成	5,678	24	4	53	
7	飛彈控制電子總成	11,256	16	1	53	
8	離合器	3,755	15	1	53	
9	空壓機	21,669	21	1	53	

資料來源：陸軍飛彈光電基地勤務廠年度修護紀錄

圖十三 榔樹系統故障之特性要因圖



資料來源：作者自繪

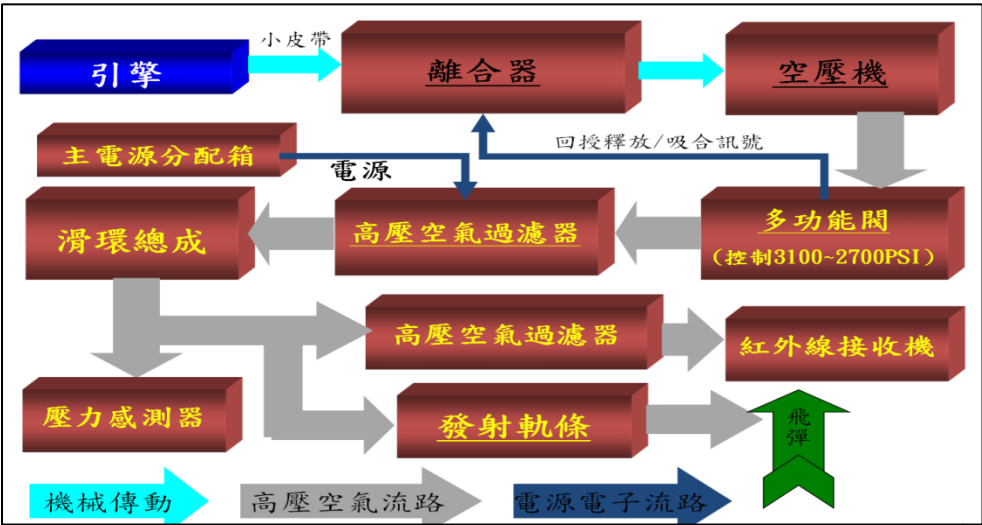
二、空壓機案例分析

(一) 飛彈控制次系統作動流程：飛彈控制次系統之功用在於提供榔樹系統啟動、飛彈選擇、發射程序及測試保養功能等所有的操作管制，以執行電源、電子訊號輸出、分配、調節作用及高壓空氣供應等功能，射擊前，高壓冷卻空氣子系統作動，由引擎帶動離合器驅動空壓機集氣，高壓空氣經由多功能閥控制高低壓限制啟停離合器，再傳至空氣過濾器乾燥濾淨後，經滑環總成送至四根軌條的飛彈上（如圖十四）。

(二) 空壓機故障樹分析：依飛勤廠維修紀錄針對高故障品項統計，空壓機近年期間共耗損（維修）21 具，由保修技術人員檢測後，故障單元計有「缸內楔形夾組斷裂」、「曲軸磨損」、「活塞連桿斷裂」及「洩壓閥失效」、「散熱風扇彈簧斷裂」、「油封滲油」及「氣壓閥墊片老化」等 7 項料件，故障原

因可分為壽限因素及一級保養未落實等兩項，料件故障紀錄統計表（如表二）及空壓機故障樹（如圖十五）所示。

圖十四 高壓冷卻空氣子系統作動流程圖



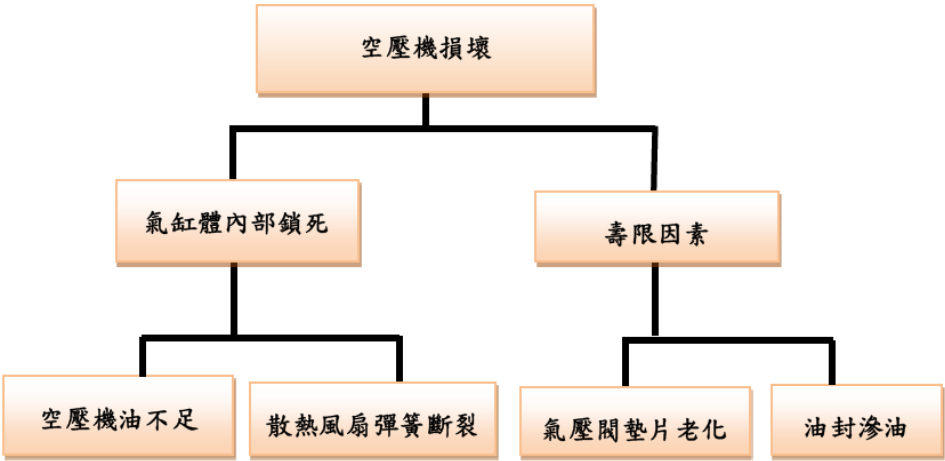
資料來源：作者自繪

表二 空壓機料件故障紀錄統計表

項次	故障元件	損壞數量	所佔比例	備考
1	缸內楔形夾組斷裂	10	47.6%	
2	曲軸磨損	9	42.8%	
3	活塞連桿斷裂	10	47.6%	
4	洩壓閥失效	8	38%	
5	散熱風扇彈簧斷裂	9	42.8%	
6	油封滲油	15	71.4%	
7	氣壓閥墊片老化	15	71.4%	

資料來源：陸軍飛彈光電基地勤務廠年度修護紀錄

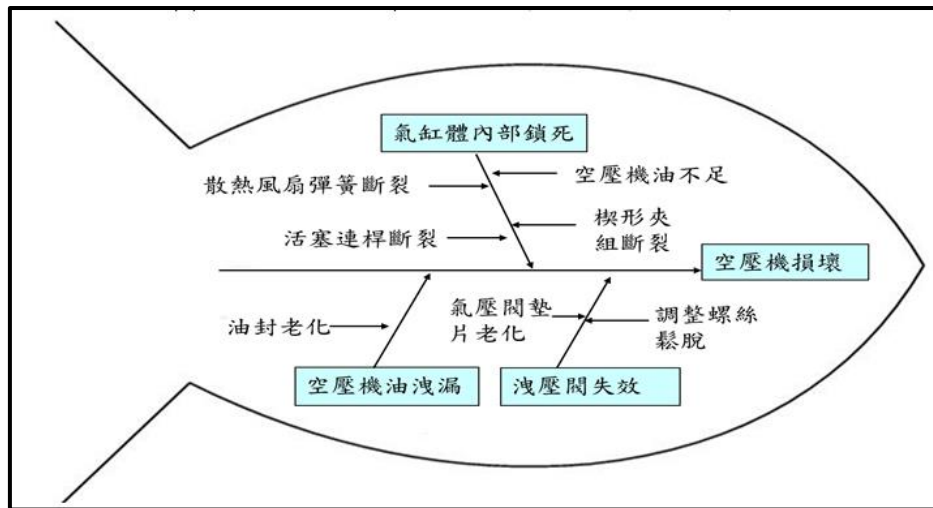
圖十五 空壓機故障樹



資料來源：作者自繪

（三）研擬特性要因圖：參照空壓機故障樹，並依照裝備技術手冊規範及飛勤廠專業保修人員經驗及訪談，以空壓機為問題點，再擬定其大、中及小要因之特性要因圖所示（如圖十六）。

圖十六 壓機損壞特性要因圖



資料來源：作者自繪

（四）損壞原因檢討

1、氣缸體內部鎖死（縮缸）：氣缸本體為空壓機主要作動製造高壓空氣之核心元件，推斷其縮缸之主要原因有以下二點。

（1）單位一級裝備操作手未落實開機前實施空壓機潤滑油量（質）檢查，然空壓機油不足或不潔變質，影響內部循環潤滑效果，在金屬元件長期作動下，初期使缸體內部「活塞」及「曲軸」嚴重磨損，最終會導致「楔形夾組」及「活塞連桿」斷裂，而使空壓機內部鎖死（縮缸）（如圖十七）。

（2）因空壓機均在高溫環境長期運轉下，如期間空壓機風扇內部圈型彈簧（如圖十八）斷裂或脫離，導致風扇停止運轉，在本體熱能無法散熱狀況下，最終因空壓機過熱而致內部機件鎖死（縮缸）。

2、洩壓閥失效：

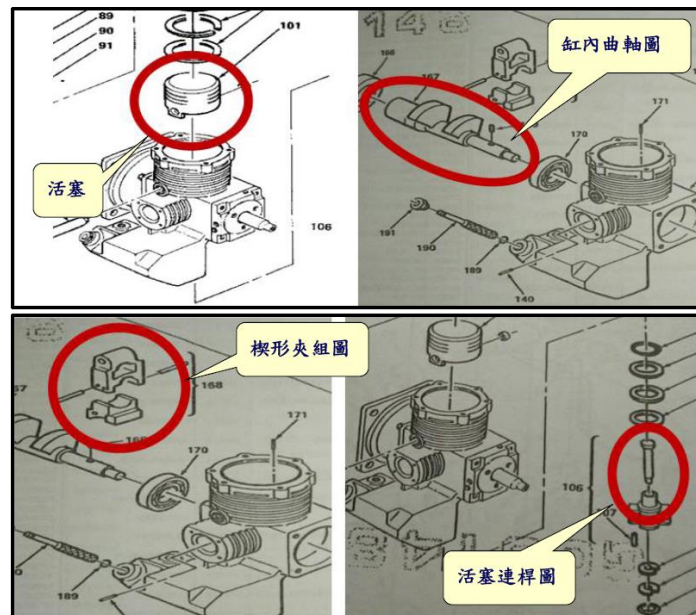
（1）洩壓閥係使用「氣壓閥墊片」及「壓力調整螺絲」實施空氣壓力管控及調整，然氣壓閥墊片只要防止高壓空氣洩出，當墊圈

在介面接合時會因高壓而變形，在長期使用後易老化，無法提供金屬縫隙良好密合而產生洩氣狀況，導致空氣壓力無法達到標準數值，然墊圈氣密不良亦屬材質及壽限因素。

（2）空壓機本體因長期運轉產生震動關係，易造成「壓力調整螺絲」（如圖十九）鬆脫，使初始設定壓力值（3000PSI）偏離及降低，導致尚未到達應有壓力時而實施洩壓情形；最終因高壓空氣不足，而無法使全系統作動正常（如影響飛彈發射等）。

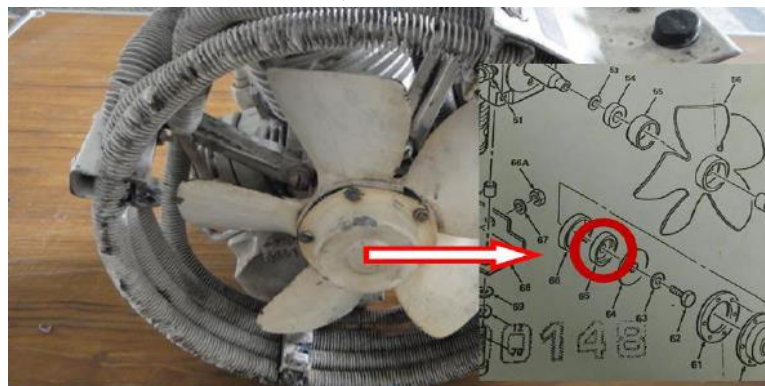
3、空壓機油洩漏：空壓機本體內部重要之接合處，均有橡膠材質之「油封墊片」防止空壓機油洩漏，而油封墊片在長期使用後易橡膠材質硬化及老化，導致機油洩漏狀況，最終因內部潤滑機油不足，使空壓機過熱而縮缸（鎖死），然油封墊片亦屬材質及壽限因素。

圖十七 氣缸體內部重要元件圖



資料來源：〈TM9-1440-1585-24P〉，1991年11月，圖76。

圖十八 空壓機散熱風扇及彈簧示意圖



資料來源：作者自攝整理

圖十九 空壓機壓力調整螺絲



資料來源：陸軍飛彈光電基地勤務廠

三、研討與策進

（一）經統計空壓機之故障情形以「油封滲油」、「氣壓閥墊片老化」之發生率最高，此 2 項均屬材質及壽限因素，損壞率達 71.4%，故凡裝備於部隊送廠維修時均全數更換作業，以維裝備妥善。

（二）其 1 項故障情形「壓力調整螺絲鬆脫」，可由飛勤廠於空壓機修竣後，由技術人員將調整螺絲使用「安全鐵絲」實施固定作業，以維持系統初始壓力目標，為預防因空壓機運動導致調整螺絲鬆脫狀況；另於操作後，由一級裝備負責人檢查安全鐵絲是否鬆脫或斷裂，如有立即反應由相關技術人員實施改進。

（三）其餘 4 項故障情形「缸內楔形夾組斷裂」、「散熱風扇彈簧斷裂」、「活塞連桿斷裂」及「曲軸磨損」，主要肇因於一級裝備負責人未落實操作前、中、後檢查及保養，使機油潤滑不足，致內部機件磨損或斷裂，建議可運用游修、年度輔訪及高裝檢等時機，向部隊宣導及查核，請各使用單位依據技術書刊及技術通報落實「預防保養檢查」及「定期功能檢查」作業，期能早期發現異常徵候，以維裝備妥善。

（四）確實檢討年度計畫性備料：保修零件之獲得乃保修作業之開端，若有良好的技術人員及機具，但裝備長期待料亦無法恢復妥善，因此統計分析裝備零附件損壞率及歷年修護經驗，確實檢討年度計畫性備料需求，停工避免待料情形，影響修竣期程及裝備妥善。

（五）委外修製作業確保備料無虞：囿於飛勤廠內無維修空壓機活塞缸壁及活塞環套件相關成套工具，致修護能量有限，另鑑於 102 年度曾委由中科院，對空壓機執行試研修作業，均可成功修護交還，故可由廠內先行實施故障整併及缺失隔離確認無法修護之空壓機，轉送委由中科院辦理維修，以確保空壓機備料無虞。

（六）補足維修能量間隙：囿於飛勤廠內無壓力調校相關專業測檯，無法對空壓機執行壓力調校作業，以確認各氣缸壓力是否符合標準值，故可辦理相關儀具表籌購，以強化維修深度，提升空壓機洩壓閥品質。

結論與建議

後勤實為戰力之基石，武器裝備的數量並非決定戰力高低的唯一因素，完善的裝備整備及支援能量，確保武器裝備隨時妥善堪用，才是有效發揮戰力的關鍵要素。飛彈裝備乃高精密度、機密性之主戰裝備，任務屬性與一般保修單位層級不同，必須維持穩定之保修水準，方能確保裝備翻（檢）修品質，隨著檨樹飛彈裝備服役年現增長，裝備故障的機率也因而提高，因此一套完善的故障分析作業可了解飛彈裝備故障原因，以及防止其再次發生，進而改善人員操

作方式、維修程序等問題，因此依據分析結果，歸納以下幾點。

一、故障裝備分析標準化

各保修單位應編組相關專業保修幹部，成立故障分析小組，定期檢討高故障軍品項目，分析故障成因後，研擬具體改善方案，並將其此方案呈報司令部核備後，以技術通報及修訂主官裝備檢查表方式轉頒至各相關單位遵循辦理，以提供部隊參照運用，降低裝備故障率。

二、追蹤單位改進狀況

為確實追蹤改善方案各單位是否確遵執行，由最高修護單位（飛勤廠）編組，利用年度技術輔導訪問或年度主官裝備檢查等時機，對各使用單位實施督（輔）導檢查，對於所部頒之技術通報是否管制依規定執行，及是否定期依檢查表實施檢查及登載，並驗證改進方案是否有效降低裝備故障率，若無法有效降低裝備故障率，則檢討修正改進方案。

三、保修資訊電子化及自動化之運用

目前本軍檳樹裝備故障數據，飛勤廠已建立保修資訊系統（CWS），可隨時運用飛彈保修系統內之相關故障數據，整合故障分析子系統，以利找出造成故障之原因及統計各零組件故障之趨勢，及早發現潛在故障項目。

四、持續提升保修作業能力

保修人員對所修護之裝備應以專長及專業類別分組方式訓練維修，通常由一位生手要成為半熟手或熟手，至少要一年以上的時間，因此，強化專業專長訓練即顯重要，把握每次作業機會，於作業中訓練，在有計畫、有步驟、有標準下，循序漸進，以落實保修專業專長訓練，提升保修作業能力。

五、美方原廠實施構型變更

根據中時電子報 106 年 1 月 17 日報導，美國已同意提供價值 2,300 萬美元（約 7.3 億台幣）的新零組件，讓台灣將 1980 年代向美購買的數百枚 MIM-72 檳樹地對空飛彈升級。¹⁶建議藉此機會，由國防部併案規劃將空壓機等相關元件實施構型變更或新品採購，以補救現行窒礙，使檳樹飛彈全系統運作正常，以利提升野戰防空戰力。

六、國防自主實施構型變更

針對空壓機等相關高壓空氣元件，建議以國防自主為導向，由國內自行研發（究）實施構型變更，由兵監單位、飛勤廠及中科院相關技術人員編成研究小組，可參照國內復仇者飛彈、雙聯裝飛彈與陸航空射型響尾蛇飛彈系統，以

¹⁶ 中時電子報－軍事－戰略，<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170117004797-260417>。

高壓空氣瓶¹⁷裝方式提供飛彈冷卻及發射之概念，對檨樹飛彈系統實施構型變更，進而替代空壓機元件，以解決高壓空氣供給問題，提升裝備妥善率，滿足作戰部隊需求，強化野戰防空能力。

參考文獻

- 一、《檨樹防空飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 89 年 12 月）。
- 二、《國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則》（臺北：國防部，民國 104 年 12 月）。
- 三、《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 99 年 11 月）。
- 四、《尖端科技精華本 16－飛彈家族》（臺北：雲皓出版社，民國 86 年 1 月）。
- 五、《陸軍飛彈保修手冊飛彈光電之部》（臺北：陸軍總司令部，民國 95 年 3 月）。
- 六、潘浙楠，《品質管理－理論與實務》（華泰文化事業股份有限公司，民國 98 年 6 月）。
- 七、徐世輝，《全面品質管理》（華泰文化事業股份有限公司，民國 88 年 8 月）。
- 八、沈靖傑，《光碟製程設備中射出成型機遠距維護與故障診斷系統初步探討》（國立中央大學碩士論文，民國 96 年）。
- 九、林信昌，《飛機起落架設計之危害分析評估研究》（私立逢甲大學碩士論文，民國 98 年）。
- 十、《TM9－1440－2585－20－1》（桃園：陸軍司令部，民國 73 年 10 月）。
- 十一、《TM9－1440－1585－24P》（桃園：陸軍司令部，民國 80 年 11 月）。
- 十二、MBA 智庫百科，<http://www.twwiki.com/wiki/%E4%BA%8B%E6%95%85%E6%A8%B9%E5%88%86%E6%9E%90%E6%B3%95>。
- 十三、中時電子報－軍事－戰略，<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170117004797-260417>。

作者簡介

張之綸少校，後勤志願役預官 89 年班、國管院後勤管理正規班 60 期，歷任雷達保修官、連長、飛彈全能技術官、教官，現任職於陸軍飛彈光電基地勤務廠。

彭天宏上校，國防大學管理學院 82 年班、國防大學管理學院採購正規班 89 年班、國防大學管理學院國管戰略班 101 年班、輔仁大學應用統計研究所 95 年班，現任職國防大學管理學院國管中心後勤課程組教官。

¹⁷ 《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 2－10。

「液壓邦浦馬達」啟動對 CS/VRC-191 車裝無線電之影響

作者：黃聖政

提要

- 一、筆者曾於執行駐地輔訪之裝備驗證時機，發現 M109 自走砲車裝通信 CS/VRC-191C 型無線電機，因液壓邦浦馬達每一次的啟動皆造成電源瞬間中斷之問題，發現可能影響無線電機之壽命。為研究其肇生原因，筆者以馬達運轉計算公式分析其啟動電壓、電流、扭力三者之關係，了解其壓降原因，並以「實例驗證」的方式，在砲塔液壓邦浦馬達啟動時，測試其電力系統動態運轉行為，以完整呈現電壓壓降過程，發掘壓降大小及持續時間之分析，尋找未來改進方案。
- 二、筆者研究以裝備實況求得相關數據參數及例證，在砲塔液壓邦浦馬達啟動時，測試無線電機連接的主匯流排之電壓變化，將測試結果和「陸軍 37 系列跳頻無線電機 CS/VRC-191C 型操作手冊（第二版）」上之工作電壓電壓規範數值實施比較，以有效地分析因液壓邦浦馬達啟動所引起的電壓驟降問題，協助改善目前 M109 自走砲車 CS/VRC-191C 車裝無線電機之問題。

關鍵詞：液壓邦浦馬達、壓降、電壓驟降、工作電壓

前言

因應現代化戰爭，我國 M109 自走砲車持續研改及性能提升，並運用高科技的精密通訊、射控設備，以增強砲車機動通訊及裝填砲彈全自動化需求。然此類設備也相對的依賴高品質的供電來源，當液壓邦浦馬達啟動時起動電流約為滿載電流的五至七倍，使得系統電壓突然下降，對電壓需求較為敏感的用電設備，如車裝無線電、繼電器等，可能會因供電電壓不足或低電壓持續時間過久使相關受控程式發生重置現象（reset）或在執行中失去記憶體資料，進而發生電源中斷或功能失靈現象，長期造成精密儀器損壞。

因此為能有效地分析 M109 自走砲車因馬達啟動操作引起的電壓驟降問題，除以馬達運轉計算公式分析其馬達啟動時之電壓、電流、電力、扭力之變化外，並以本部之 M109 自走砲車輛實施測試，驗證砲塔電力系統因液壓邦浦馬達啟動時所產生之電壓變化及電壓降現象，進行分析其電壓降大小及持續時間，作為未來改善電壓驟降對砲車車裝無線電或諸加電子裝備影響之參考依據。

液壓馬達與 CS/VRC-191 無線電機之兩者之關係

一、M109 自走砲液壓邦浦馬達

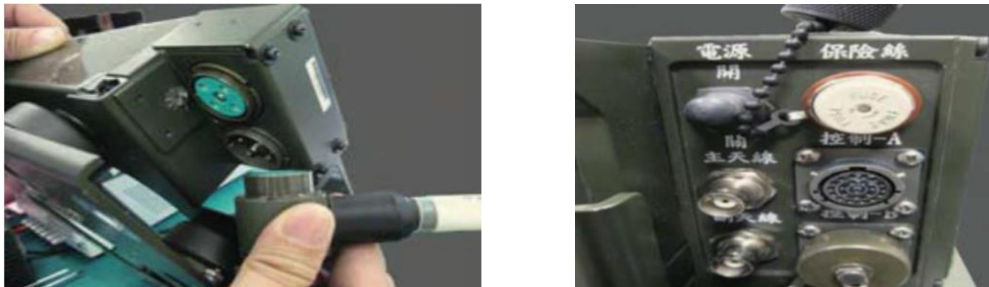
液壓邦浦馬達安裝於砲塔液壓動力機總成內，液壓邦浦馬達具有 5 匹馬力，轉速 3800 轉/分，馬達電流為 202 安培，具有複繞、防水、完全封閉式馬達等特

點，¹藉由砲塔電源提供使其運轉，並以耦合器驅動液壓邦浦產生 925-1225PSI 的液壓系統壓力，來供給動力高低、方向、裝推彈機系統之液壓需求，其受壓力開關控制，壓力低於 925PSI 時液壓邦浦馬達作動，至 1225PSI 時即停止。²

二、37 系列跳頻無線電機

37 系列跳頻無線電機共區分為四種程式，背負型、車裝一型無線電機、車裝二型及車裝中繼型等型式，目前我國配置於 M109 自走砲系列車上使用的為車裝一型無線電，機型號為 CS/VRC-191C 車裝型長距離跳頻無線電機，工作電壓為 22-28 伏特之直流電壓，其可進行保密通信，亦可結合戰術區域通信系統自動戰鬥網路無線電介面，與多種無線電機實施互通，其電源來車裝架底座之電源，並藉車裝架底座和砲塔車裝電源連接如（圖一）所示。³

圖一 車裝控制器和車裝架底座電源連接



資料來源：《陸軍37系列跳頻無線電機操作手冊（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國100年9月7日），頁4-43

三、兩者電源關係

CS/VRC-191C 型無線電機主要電源來源為來自車裝架底座，並由車裝架底座和砲塔車裝電源連接處如（圖二）所示位置實施連接，並接受由電源繼電器箱總成之電力提供無線電機之所需電源，液壓系統則經由滑環電刷固定座及電源繼電器總成提供所需之電力，其兩系統皆使用砲塔電源中的電源繼電器所匯出之電源為電源，因此當液壓馬達電流需求增大使電壓下降時，將影響整個砲塔電源，無線電機也將受其影響。

圖二 車裝架底座和車裝電源連接處



資料來源：作者自行拍攝。

¹ 《M109A2 自走砲武器及射控系統》（桃園：陸軍兵工學校，民國 73 年 3 月），頁 16。

² 《M109A2 自走砲榴彈砲車砲塔部份單位保養手冊》（桃園：陸軍後勤司令部保修署，民國 86 年 6 月），頁 148。

³ 《陸軍 37 系列跳頻無線電機操作手冊（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 100 年 9 月 7 日），頁 2-50 及 3-41。

電力系統的干擾現象

在電子與半導體科技的進步下，絕大多數的電氣設備已經高度電腦化與自動化，這些精密的儀器或設備，對於供電品質的要求較一般性電氣設備為高，故精密設備需要品質較高的電力來源。

在電力系統的干擾現象中，可分為暫態、短時間電壓變動、長時間電壓變動、電壓不平衡、波型畸變、電壓波動、電源頻率變動等諸多種類，因其短時間電壓變動可說是電力系統最常見的干擾，本文將僅針對短時間的電壓變動實施研討。

一、短時間的電壓變動分類及定義

短時間的電壓變動我們可從（表一）看出其依變動型態區分為瞬時、短暫、暫時等三種類別，瞬時區分為電壓驟降及電壓驟升等兩種，短暫則分為電力中斷、電壓驟降及電壓驟升等三種，暫時則分為電力中斷、電壓驟降及電壓驟升等三種，其中與電壓降之差值大小在電力單位稱之為 pu（標么），⁴以下為各類別之定義。

（一）電壓中斷：當一電壓有效值電壓下降至標稱值的 10%以下，稱之為電壓中斷。

（二）電壓驟降：當一電壓有效值電壓下降至標稱值的 10%至 90%之間，且持續時間在 0.5 週波至數秒，稱之為電壓驟降（sags of dips），⁵國際電氣技術協會（IEC）定義這個電壓驟降現象為「dip」。這兩個名稱可交互使用，但在美國電力品質協會是優先使用「sag」這個名稱。

（三）電壓上升：當一電壓有效值電壓上升至標稱值的 110%至 180%之間，且持續時間在 0.5 週波至數秒，稱之為電壓驟升。

表一 短時間電壓變動分類表

短時間電壓變動	依時間	分類	典型持續時間	典型電壓大小
	瞬時	電壓驟降	0.5-30週波	0.1-0.9pu
		電壓驟升	0.5-30週波	1.1-1.8pu
	短暫	電力中斷	0.5-30週波	<0.1pu
		電壓驟降	0.5-30週波	0.1-0.9pu
		電壓驟升	0.5-30週波	1.1-1.4pu
	暫時	電力中斷	3秒-1分鐘	<0.1p.u
		電壓驟降	3秒-1分鐘	0.1-0.9pu
		電壓驟升	3秒-1分鐘	1.1-1.2pu

資料來源：作者自行拍攝。

⁴胡崇頃，《配線設計（第二版）》（臺北：全華書局，民國97年8月），頁2-5。

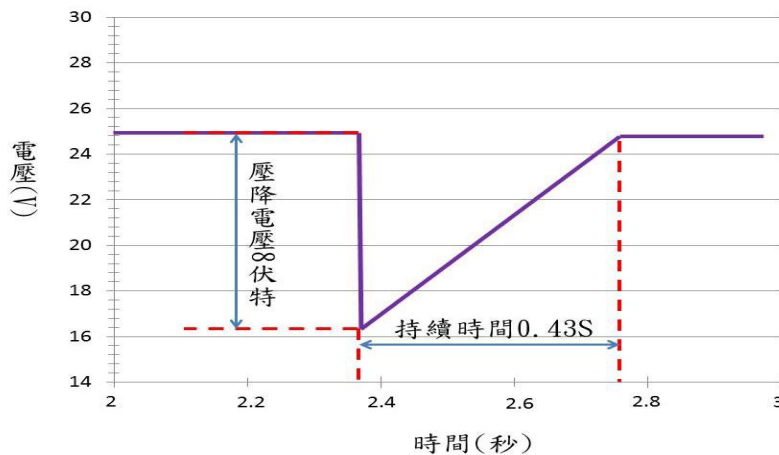
⁵羅天賜，《電壓驟降概論》（桃園：工業技術研究院能源與資料研究所），民國97年，頁1。

二、短時間的電壓變動對設備之影響

現今的精密設備、微電腦資訊設備等用電設備對短時間的電壓變動均非常敏感，電壓中斷會造成設備之停機，而電壓驟降與電壓中斷之差別在於斷電時設備與供電系統完全切離，而電壓驟降仍與供電系統連接，但持續 16ms 的 85% 至 90% 電壓下降即可能導致精密設備、⁶微電腦資訊設備等電壓下降造成無法達到工作電壓而關機，其兩者皆會造成設備當機，電壓驟升則會衝擊設備電路、晶片造成設備故障。

以下所示為液壓邦浦馬達運轉時，其電壓降電壓及時間變化情形。由下（圖三）可以看出，電壓從起始電壓值 24.4 伏特經過約 2.35 秒時，瞬間降至 16.4 伏特，大約在 2.78 秒時電壓才逐漸又回復到起始電壓值 24.2 伏特，其壓降時間 0.43 秒、8 伏特的電壓降，這個現象稱為「電壓驟降」。

圖三 馬達負載啟動所造成的電壓驟降



資料來源：作者自行繪製。

三、短時間的電壓變動防範策略

用戶端對電力系統的干擾現象之防範，可分別從設備本身及用戶本身著手，以下為其改善設備，電池儲能式不斷電系統、並聯式儲能系統、靜態轉供開關、動態電壓恢復設備、靜態電壓調整變壓器、動態式柴油引擎不斷電系統等，⁷設備端則為 Y- Δ 降壓啟動器、自耦變壓器啟動、軟性啟動器等裝置實施改善。⁸

因筆者主要對馬達啟動所造成的電壓驟降實施研究探討，對電壓驟降防範策略，便不再論述及說明。

電壓降之原因分析

為何馬達啟動會造成如此大的電壓降，主要原因是因啟動時大量電流流入

⁶同註 5，頁 1。

⁷同註 5，頁 6。

⁸蘇俊連，〈船舶馬達啟動引起電壓驟降之模擬分析〉《中國造船暨輪機工學刊》，第二十八卷第四期，民國98年11月，頁3。

馬達電樞內，造成電瓶電壓瞬間下降，本文分別以影響馬達反電壓的各種因素之計算公式及起動馬達在啟動時之電壓變動情況實施分析。

以直流馬達工作原理說明，馬達的電來自電瓶，當電瓶的電流流入馬達使電樞旋轉時，電樞線圈切割了磁場磁力線，於是在電樞線圈中產生了感應電壓，這個感應電壓隨著轉速愈快則愈大，所得到的反電壓也就愈大，反電壓愈大，啟動電流需求也就愈小，因此反電壓對啟動時電流影響甚大。⁹

一、影響馬達反電壓的因素

轉速、馬達內電阻、馬達電流及轉速與扭力為主要影響馬達反電壓大小的因素，可從這五個計算公式分別說明這些因素與反電壓之關係。

$$e = \Phi ZN/60 * P/X * 10^{-8} \text{ 伏特} \text{----公式1 (轉速與反電壓)}$$

$$E = IR + e \text{-----公式2 (馬達內電阻與反電壓)}$$

$$I = (E - e)/R \text{-----公式3 (馬達電流與反電壓)}$$

$$n = V - I_A (R_A + R_S) - V_B / K \Phi \text{-----公式4 (轉速與電流之關係)}$$

$$T = K \cdot \Phi \cdot I_A = K \cdot (K' I_A) \cdot (I_A) = (K'' I_A^2) \text{---公式5 (轉矩與電流關係)}$$

(一) 轉速與反電壓之關係

反電壓 = [(磁力線數量 * 電樞線圈的總數 * 電樞每分鐘的轉速 / 60) * (磁極數量 / 電樞線圈並行路線的數量) * 10^{-8}]

$$e = \Phi ZN/60 * P/X * 10^{-8} \text{ 伏特} \text{-----公式1}$$

其中 e = 馬達所產生的反電壓 (伏特) Z = 電樞線圈的總數

Φ = 每個磁極的磁力線數量 N = 電樞每分鐘的轉速

P = 磁極數量 X = 電樞線圈並行路線的數量

※如為疊繞式電樞， $X = P$ ，若為波繞電樞， $X = 2$ ，馬達的電阻，幾乎都是波繞式。

由以上公式得知磁場愈強，轉速愈快時，反電壓 e 愈大，但是反電壓總低於外來的電瓶電壓 E ，相差的數值，等於馬達電阻的電壓降。

(二) 馬達內電阻與反電壓之關係

電瓶作用電壓 = 電樞電壓降 + 反電壓

$$E = IR + e \text{-----公式2}$$

馬達的電阻，是很微小的，大約 0.001 至 0.002 歐姆，如果只有馬達電阻決定馬達電流的大小，那馬達電流會驚人地大。例如：

在馬達無負荷時，12 伏特電瓶由於電瓶內電阻的電壓降，作用於馬達的電壓是 11 伏特，馬達電阻是 0.002 歐姆。

馬達電流 I = 電瓶作用電壓 / 馬達電阻

⁹陸昌壽，《高級汽車電學（下冊）》（臺北：大嘉印刷事業有限公司，民國 75 年 3 月），頁 70。

$$I=E/R=11/0.002=5500\text{安培 (A)}$$

這樣大的電流，會立刻將馬達燒壞，實際上因為反電壓的抵抗，真正作用於馬達的電壓是電瓶作用電壓，減去反電壓後，剩餘的電壓，馬達電流是由這剩餘的電壓所決定的。

（三）馬達電流與反電壓之關係

馬達電流=（電瓶作用的電壓）-（反電壓）/馬達電阻

$$I=E-e/R\text{-----公式3}$$

例如：

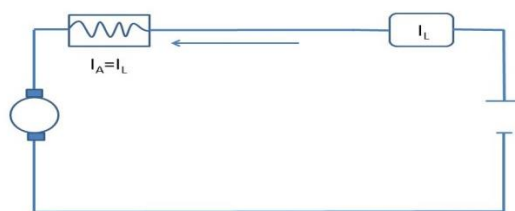
馬達空轉時，反電壓是10.86伏特，由公式3馬達實際電流。

$I=E-e/R=11-10.86/0.002=0.14/0.002=70\text{安培 (A)}$ ，從式中可知反電壓愈大電流就愈小，反之則愈大。

（四）轉速與電流之關係

馬達電路圖如（圖四）所示，因串激場繞組與電樞組串聯，所以電樞電流（ I_A ）=磁場繞組電流（ I_s ）=負載電流（ I_L ），磁通量（ Φ ）將依電樞電流（ I_A ）大小而定，磁通量（ Φ ）與電樞電流（ I_A ）成正比，這將造成負載變動會引起轉速很大的變動。

圖四 馬達電路圖



資料來源：作者自行繪製。

轉速公式=端電壓-電樞電流*（電樞繞組電阻+串激繞組電阻）-電刷壓降/ $K*\Phi$
磁通量

$$\text{公式} n = \frac{V - I_A (R_A + R_S) - V_B}{K \Phi} \text{-----公式4}$$

V =端電壓 Φ =磁通量 R_S =串激繞組電阻 R_A =電樞繞組電阻

I_A =電樞電流 V_B =電刷壓降

由轉速公式，當負載增加時，電樞電流 I_A 增加，分子會稍微減少，由分母的 Φ 磁通量增多，使得分母增大，因此轉速下降，由此可知轉速（ n ）與負載電流（ I_L ）成反比。¹⁰

（五）轉矩與電流之關係

馬達在小負載時，磁通量不多，其鐵心尚未磁飽合，又馬達的磁通量 Φ 與電樞電流（ I_A ）成正比即 $\Phi=K T_A$ 。

¹⁰汪永文，《電工機械》（臺北：龍騰文化事業有限公司，民國 104 年 1 月），頁 4-4。

轉矩公式 $T=K \cdot \Phi \cdot I_A=K \cdot (K' I_A) \cdot (I_A) = (K'' I_A^2)$ ----公式5

可得到轉矩(T)與電樞電流(I_A)將成平方正比關係，此時，若電流(I_A)增為原來的2倍，增矩將增為原來的4倍，但是依馬達轉速特性，轉速(n)會減半，所以功率 $P=T\omega$ 也只有原來的2倍而已。

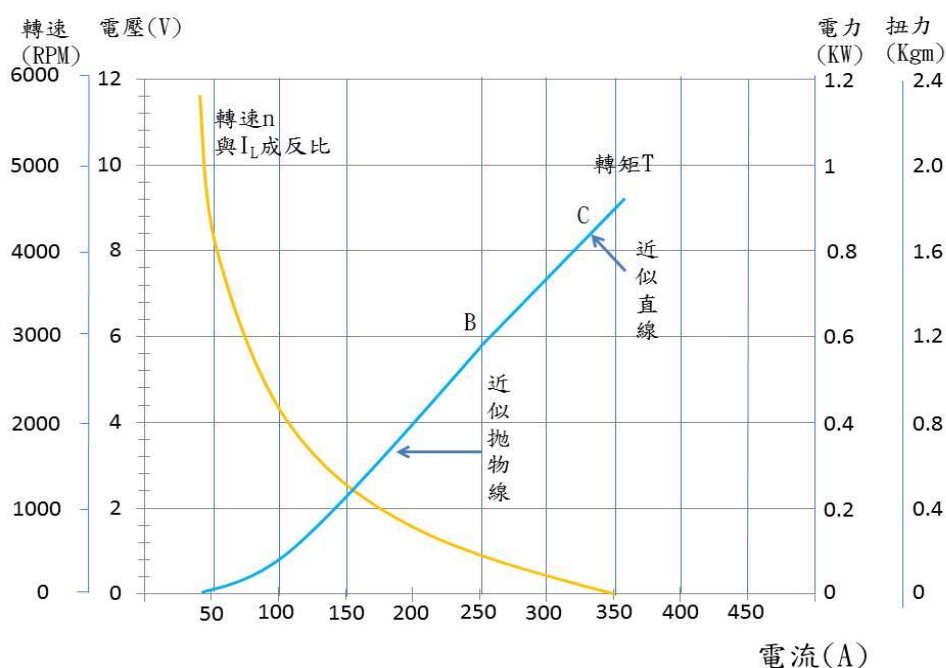
當負載越大時，因鐵心已飽合，磁通量 Φ 不再增加而為定值，所以 $T=K \cdot \Phi \cdot I_A=K'' I_A$ ，此時轉矩(T)與電樞電流(I_A)為正比關係，曲線將漸變成一直線如圖五中B到C這一線段所示。¹¹

綜合言之，馬達轉矩特性曲線在小負載時為一拋物線，負載增大時，則漸變為一直線。

二、小結

根據(公式1)得知，在馬達負荷或空轉時，轉速高，反電壓(感應電壓) e 也高，(公式2)則說明馬達電阻並無法決定馬達電流的大小，(公式3)則是用電瓶作用電壓減去反電壓後，真正作用於馬達的電壓很低，所以電力就小，反之馬達在起動負荷重時，轉速低，電瓶電壓減去反電壓後，真正作用於馬達的電壓較高，所以電流大，扭力也大，從(公式4)及(公式5)可看出馬達的轉矩性曲線與轉速特性曲線如(圖五)，負載大時轉速低、轉矩低；負載小時轉速高、轉矩小，因此根據以上公式可看出轉速、轉矩與電流之關係，在起動時之瞬間重負荷及低轉速將會造成相當大的電流產生，也是造成電壓驟降主因。

圖五 馬達的轉速與轉矩特性曲線



資料來源：作者自行繪製。

¹¹同註 10，頁 6-4。

測試與成果分析

一、工作項目如下

(一) 儀器設備的建立：1.碼表：計時液壓邦浦馬達從啟動後至最低電壓及回復至起始電壓之時間測試設備；2.三用電錶：呈現液壓邦浦馬達從啟動最低電壓及回復至起始電壓之電壓值測試設備。

(二)測試對象以 M109 自走砲為主，7 門自走砲皆為 24 伏特 5 馬力(3.73KW) 轉速 3800 轉 安培容量 202A 之液壓邦浦馬達。

(三) 測試方法為二：1.分別測試每一門 M109 自走砲車在未使用液壓邦浦馬達前之匯流排電壓；2.操作裝推彈機使蓄積器壓力降低至 925PSI，讓液壓邦浦馬達作動，觀察記錄液壓邦浦馬達啟動中之匯流排電壓，分別記錄其起始電壓、最低電壓及電壓下降至最低及回復至起始電壓之時間。

(四) 測試結果統計分析：將 7 門自走砲在測試期間，所發生事故時的壓降電壓值與持續時間，記錄於記錄表中，並繪製成壓降曲線圖實施分析。

二、液壓邦浦馬達啟動測試方法及步驟

針對 7 輛 M109 自走砲車分別於液壓邦浦馬達啟動前與啟動中進行電壓敏感性測試，測試程序如次：(一)將 7 輛測試 M109 自走砲之車號依序進行編號；(二)記錄自走砲編號於基本資料表；(三)測試前先行將電瓶實施充電，以滿足電壓最小需求；(四)開始進行測試。

因測試次數甚多，以下僅以 1 門之測試數據實施圖像呈現，其餘測試記錄，均已記錄於測試表中，故無將全數記錄圖像置放於本文中，測試程序如次。

1.先行測試液壓邦浦馬達未啟動前之匯流排電壓，並將其起始電壓值記錄於記錄表中（如圖六）。

2.操作裝推彈機，使蓄積器壓力小於 925PSI，液壓邦浦馬達啟動自動開始增壓，觀察並測量其至最低電壓時間及電壓值（如圖七）。

3.液壓邦浦馬達啟動增壓後，回復至啟始電壓及時間（如圖八）。

圖六 電瓶起始電壓



圖七 液壓動力馬達作動最低電壓及時間



圖八 回復至起始電壓時間

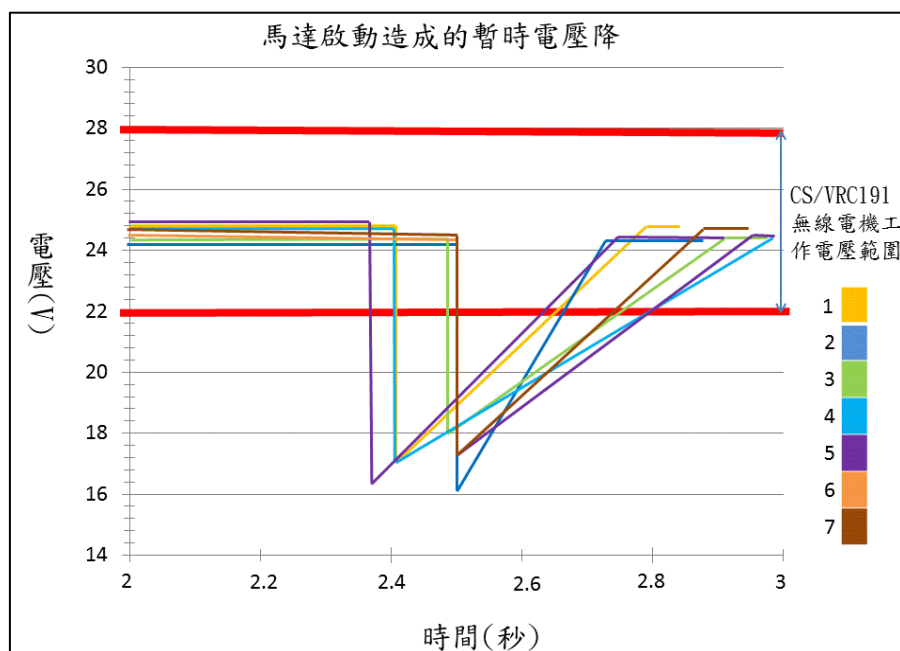


資料來源：圖六至圖八為筆者自行拍攝。

三、測試結果分析

測試結果壓降曲線圖（圖九）是研究本次根據測試成果製定而成，壓降曲線圖 22 至 28 伏特各有一條水平紅線是描述 CS/VRC-191C 無線電機運轉時之工作電壓，藉由兩條水平線來表示無線電機對電壓需求之限制，中間 7 個曲線代表著是各車在液壓邦浦馬達啟動中時的電壓變化，依據上圖所示，若當液壓邦浦馬達啟動時，因其初始電壓數值電壓不同，所以 7 個曲線也會呈現不同初始曲線點，但可看出各輛車在時間約為 2.3 至 2.6 秒間，電壓皆發生了瞬間下降之情況，時間最大可長達至 0.43 秒，且其最低電壓也都低於 CS/VRC-191C 無線電機之工作電壓需求，造成 CS/VRC-191C 無線電機因電壓驟降的影響而造成電壓不足致使關機。

圖九 測試結果壓降曲線圖



資料來源：作者自行繪製。

結語與建議

一、結語

經過本研究參考文獻及測試結果，我們可了解馬達在啟動時，會產生比原來滿載電流的 4-6 倍電流，¹²流入馬達，造成電瓶的電壓突然下降且持續數秒，此時的電壓將無法滿足 CS/VRC-191C 無線電機所需的工作電壓，致使 CS/VRC-191C 無線電機的電源中斷關機，直至液壓馬達停止充壓後，電壓回復才再重新開機，造成無線電機在每一次液壓邦浦馬達啟動時（氮氣壓力低於 925PSI）就造成電源中斷，「戰時造成重要通訊訊息中斷」，平時訓練則因無線電機反覆的開關機，「易造成無線電機之損壞」。

二、建議

改善電壓驟降可以分別從供電系統、設備本身及用戶本身系統著手，短期而言，由用戶本身系統進行預防與改善最具效率，但長期而言還是應從設備本身之耐受力徹底解決，而系統面之改善由於牽連廣泛，需作整體的評估與策略考量才能決定最有效且最經濟的改善方式，以下為筆者的兩點建議：

（一）既有設備改善電壓容忍度：目前工業上常用改善馬達啟動的電壓驟降的方法，大多為在裝置上安置 Y- Δ 降壓啟動器、自耦變壓器啟動及軟性啟動器（soft starter）等裝置，以降低馬達的啟動電流，有效改善電壓驟降問題或增加穩壓裝置來防止電壓驟降對車裝通信機設備的電源影響，本文建議可利用「小型軍品研發時機」，研發有效減少電流或穩定電壓功能且能符合砲車構型之「降壓啟動或穩壓裝置」，安裝於液壓邦浦馬達之電力系統，以改善其電壓驟降所造成 CS/VRC-191C 無線電機電源中斷，不斷重新開機之問題。

（二）測評項目新增最低作用電壓標準：未來砲車電氣設備於新撥或測評前，皆將新設備之電壓容忍度納入撥交時之檢查測試項次或新式電氣設備之測評表中，實施測試，以利新設備在撥交或測評時通過檢驗測試，確保裝備撥交後不因電壓驟降問題，影響裝備壽命。

參考文獻

- 一、《37系列無線電機操作手冊（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國91年）。
- 二、《M109A2自走砲武器及射控系統》（桃園：陸軍兵工學校，民國73年3月）。
- 三、《M109A2自走砲榴彈砲車砲塔部份單位保養手冊》（桃園：陸軍後勤司令部 保修署，民國86年6月）。
- 四、江榮城，《電力品質實務（一）》（臺北：全華科技圖書，民國89年）。

¹²蘇俊連，〈船舶馬達啟動引起電壓驟降之模擬分析〉《中國造船暨輪機工學刊》，第二十八卷第四期，民國 98 年 11 月，頁 187。

- 五、江榮城，《電力品質實務（二）》（臺北：全華科技圖書，民國91年）。
- 六、Stephen J.Chapman，《電機械基本原理解》（臺北：東華書局，民國88年）。
- 七、蘇俊連，〈船舶馬達啟動引起電壓驟降之模擬分析〉《中國造船暨輪機工學刊》，第二十八卷第四期，民國98年11月。
- 八、盧展南，《電壓驟降對電腦及程控設備之影響》，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，民國93年7月31日。
- 九、羅天賜，《電壓驟降概論》，工業技術研究院能源與資料研究所，民國97年。
- 十、傅俊仁，《分散式電源對配電系統之故障電流與電壓驟降分析》，南台科技大學電機工程研究所碩士論文，民國94年6月。
- 十一、胡崇頃，《配線設計（第二版）》（臺北：全華書局，民國97年8月）。
- 十二、汪永文，《電工機械》（臺北：龍騰文化事業有限公司，民國104年1月）。

作者簡介

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

第一個薩德飛彈連前進部署之經驗教訓

How to Build an Armadillo Lessons Learned from the First Forward-Deployed THAAD Battery

作者：Jonathan C. Stafford 中校

取材：《美軍事評論》2017 年 5-6 月號

譯者：胡元傑

2013 年春季，美國面臨北韓威脅，而且威脅範圍首度遠達關島。因應此一威脅，乃向該島部署「薩德系統」(「終端高程區域防禦」Terminal High Altitude Area Defense, THAAD)。該系統係陸軍最新、最先進，且歷經驗證的飛彈防禦系統，相信對北韓必收其嚇阻之效。由於是首次進行作戰部署，學習到很多重要課題，將有助於未來部署該系統的計畫作為。

任務緣起

過去數十年來，北韓不斷挑釁，引發不同方式的軍事反應。基本上，這類挑釁多為針對南韓採取的傳統軍事動作。但是從 2011 年 12 月以來，北韓金正恩喜歡以其日益進步的導彈，作為挑釁方式之一。他的父親金正日當權 18 年期間，實施過 18 次導彈試射，而金正恩掌權 4 年期間就實施了 25 次試射。

雖然美軍基地大部分都位於北韓現有導彈射程之外，但是關島基地距離北韓也不過 2,000 哩，相信未來必然是美國的潛在弱點，而北韓在 2013 年春季，就不斷針對關島叫囂恫嚇，也讓關島軍民心生恐懼。若北韓對關島攻擊，勢必來自空中，因此就地掩蔽的演練一直在關島進行，關島總督艾迪·卡沃 (governor Eddie Calvo) 直接要求當時的國防部長海格 (Chuck Hagel) 部署飛彈防禦系統。

為此，初期部署神盾級戰艦，以艦載 SM-3 飛彈防衛關島。但北韓威脅日益嚴重，如此絕非長久之計，所幸 2012 年 2 月陸軍甫自國防部接收兩個可作戰的薩德飛彈連。

2013 年 3 月國家指揮機構決定派遣一個薩德飛彈連進駐關島，因應北韓立即與未來的飛彈威脅。2013 年 4 月初，國防部派遣隸屬第 4 防空砲兵部隊，第 11 防空砲兵旅，駐地位於德州布列斯堡 (Fort Bliss, Texas) 的薩德飛彈連 (A/4) 進駐關島。A/4 薩德飛彈連進駐後，接受夏威夷第 94 防空及飛彈防禦指揮部指揮，自 2013 年 4 月 25 日起該連負責關島防禦。該項部署對官兵來說具有歷史意義，因為這是二次大戰以來首度有常備役防空部隊進駐關島。

自第一個薩德連部署後，陸軍陸續派遣共五個防空連進駐關島，其中四個連已經以輪調方式負責關島防禦。第五個薩德飛彈連於 2016 年進駐成為永久駐防部隊。後續兩年內，將再增加兩個薩德飛彈連，總數增至七個。額外兩個連

強化全島飛彈防禦能力，據稱該部隊其中之一將進駐南韓。

基於威脅日增，薩德飛彈系統的需求將有增無減，也就是所有參與計畫作為人員必須學習到部署一個薩德飛彈連遭遇的特殊需求，而不必在決定部署後方倉促行事。關島第一個薩德飛彈連的部署，是學習的起點，茲將其中重要的經驗教訓臚列如下。

指揮管制及協調支援

部署薩德飛彈系統前，首應考量指揮管制相關基礎建設，也就是建立建置的指揮架構。部署在關島的薩德飛彈連指揮所，命名為鷹爪特遣隊（Task Force Talon），內含夏威夷防空及飛彈防禦指揮部進駐人員，及 6 員士官、5 員參謀軍官、1 員士官長，由 1 員中校指揮，大部分成員一年前已自夏威夷進駐關島。特遣隊指揮所比照營級遂行諸如人事、情報、計畫作為、後勤等任務。

指揮所幕僚同時負責與位在安德森空軍基地的 36 空軍聯隊及馬里安納聯合作戰區（Joint Region Marianas）之連繫，與該兩單位之連繫極為重要，因為包含住宿、食勤、醫療、油料儲存等都靠這兩個單位。所有支援都必須彼此簽訂雙邊支援協定，這將是鷹爪特遣隊的工作。其他協調單位，包括飛彈防禦署（Missile Defense Agency）、陸航、飛彈壽命管理指揮部（Missile Life Cycle Management Command）等。

訂定接待訪賓規範

另一項鷹爪特遣隊非正式，卻相當重要的工作，就是接待參訪貴賓。特遣隊必將成為貴賓參訪重點，已經參訪過的貴賓，包括關島總督、國會參訪團、媒體、國防部高官及外賓。若沒有鷹爪特遣隊協助，上尉階的薩德飛彈連連長及連部排在接待貴賓的經驗與實務均顯不足，任務甚難圓滿。更重要的是，會因訪賓不斷，造成對該連主任務的干擾。

這就是何以一旦確定部署薩德飛彈連，就必須儘快確認其上級指揮部。以鷹爪特遣隊為例，第 94 防空及飛彈防禦指揮部人事處長（G-1）很快就申請賦予該單位番號，以在關島建立較高層的指揮部。儘快提出申請番號甚為重要，因為整個程序相當耗時。鷹爪特遣隊被官方正式承認並授予番號之前，就因即將部署薩德飛彈連而先行抵達關島。但特遣隊指揮官在獲得部隊番號之前，並沒有正式獲得指揮權。

通信架構

指揮管制的次一步驟，涉及擬定支援薩德飛彈連作戰之通信架構，這對飛彈連與較高層級的印－亞－太區域（Indo－Asia－Pacific region）飛彈防禦網構聯以協調火力極其重要。在現有空軍基地附近部署，有利於薩德飛彈連利用現有敷設之地面線路與外界通信，但是對擔負如此重要任務的薩德飛彈連來說，必

須擁有備份通信能量，因此負責夏威夷以外通信的第 307 通信營，派出一套「安全機動抗干擾戰術終端」系統（Secure Mobile Anti-Jam Reliable Tactical Terminal, SMART-T）及系統作業班，提供「犰狳陣地」之備份通信。SMART-T 是一個悍馬車裝的極高頻率衛星終端，提供支援薩德飛彈連之強力的抗干擾通信。

考量日益嚴重的網路及電子戰威脅，SMART-T 對確保薩德飛彈連與印-亞-太飛彈防禦網的通聯極為重要，未來部署薩德飛彈系統時，計畫人員必須為該連事先備妥備份之安全通信系統。

陣地要求

向關島部署薩德系統，計畫人員首須決定部署於何處？薩德陣地首要考量是，必須能攔截敵戰術導彈的位置。以關島為例，敵導彈最可能從西北方，也就是北韓方向來襲。剛好關島西北部有一大塊廢棄機場留下來的空間。這個被稱為「西北場」的機場，是日本人在 1944 年 7 月興建，迄今已有 71 年，他的舊跑道極有利於部署薩德飛彈系統。

薩德飛彈連最難部署的裝備是 AN/TPY-2 雷達。該雷達是目前最強的陸基機動型 X 波段雷達，關島薩德飛彈陣地也是因該雷達天線而命名為「犰狳」（Armadillo），因為當天線位於收納狀態時，就像一隻捲縮犰狳的殼。

此一功率強大的雷達運輸及放列都需要堅硬地質，由於離地間隙低且裝備精密，運輸時路面尤需堅實，因此部署前務必完成道路偵查。如果因路況不佳，導致雷達失效，則整個系統都無法運作。抵達陣地後，雷達也需要堅實地面放列，方能索敵於數百公里以外。若放列在鬆軟地面，裝備會逐漸下沉，導致失卻目標追蹤精度。機場跑道雖已歷 70 年，但地面強度仍堪承載薩德雷達。

地面堅實程度外，尚須考量雷達周邊之人員及飛機淨空區，AN/TPY-2 雷達強力輻射影響人體健康及飛機之飛航安全。陸軍技術手冊 ATP 3-01.91《終端高程區域防衛（THAAD）》列有安全淨空區各項要求，基本上人員必須最少距離 100 公尺，掛載彈藥飛機之安全距離為 5500 公尺。

由於安德森空軍基地及關島旺帕特國際機場（Won Pat International Airport）就在陣地不遠，陣地周邊空域必須建立暫時性飛航管制措施，以確保飛機不會進入淨空區。同時薩德飛彈系統發射架一旦發射飛彈，尾焰噴發範圍甚大，發射架後方 300 公尺半圓，前方 800 公尺半圓區域為禁制區。在關島之薩德飛彈陣地，採用 HESCO 阻體及利刃型鐵絲網環繞禁制區，確保人員裝備安全。保持並不斷強化「禁制區」之管制，是未來部署薩德飛彈系統時，計畫作為甚為重要的一環。

無線電頻率淨空與管理

除了安全考量以外，強力的 X 波段雷達及薩德系統及其他電磁放射，都需

要適切的頻率淨空與管理。薩德飛彈連的電磁放射極可能干擾到區域內民用及政府使用的頻率。由於關島的薩德飛彈連位於較偏遠地區，協調上較容易，但未來薩德飛彈連就可能部署在城鎮區，頻率淨空方面必然遭遇諸多挑戰。

裝備接地

薩德雷達的頭腦，就是裝設在由四輛輕中型戰術輪車上車廂內的「火控通信單元」(fire control and communications, TFCC)，TFCC、雷達、發射架都必須接地，但關島珊瑚礁岩盤很難埋設接地網，因此各項裝備均設置在混凝土地面來解決問題。未來薩德飛彈連部署，必須詳加調查陣地土質，選擇適合裝備接地之位置。

電源

陣地選擇最後一項考慮，是獲得長期供電。薩德連原設計優先考慮短期部署支援作戰，其次才是回到駐地所需。但是關島薩德飛彈陣地，因北韓威脅長期存在，其任務也將長期維持，戰術發電機勢必每天運轉 24 小時，一週運轉 7 天，使得發電機保修負荷極為沉重，而全連僅編制一名發電機技工。此外連尚需額外一台發電機，供電給維持營區安全的攝影機，通信裝備及生存支援拖車。

為減輕發電機保修負荷，鷹爪特遣隊要求增編 810A 機動電源發電機(Mobile Electric Power 810A generator)，作為整個陣地單一電源，讓其他戰術發電機休息，而兩年內持續供電。其邊際效應則是降低了發電機噪音，提高陣地之生活品質。

但是依靠戰術發電機供電，絕非長久之計，因此因應未來薩德飛彈系統長期部署，必須研發可以長期運轉的發電機系統，而且盡可能獲得商業供電，作為陣地長期部署所需。

環境考量

由於犴獠陣地位於偏遠地區，且有廢棄機場跑道可資使用，關島陣地考量問題尚不難解決，但是環境問題就沒有那麼簡單。「國家環境政策法案」(National Environmental Policy Act, NEPA)要求政府各部門，在採取任何聯邦准許的行動前，必須先行考量環境方面的問題。由於關島屬於美國領土，任何與薩德飛彈系統有關的永久性駐守行動，都必須遵照該法案的指導。

因而國防部必須實施環評，並呈送薩德永久駐留關島產生的環境影響文件。環評內容相當瑣碎，包含空氣品質、噪音汙染、水資源、生物資源、文化資源、危險物品、社會經濟影響，及其他部隊駐留相關因素。若環評結果認為薩德飛彈系統進駐，對環境不會產生重大影響，就應將其結果以文件形式呈送，說明該計畫不致造成重大影響的原因。

除了 NEPA 外，尚須遵守關島當地的環保規定，例如前述裝備接地，必須鑽地部分，就需要獲得關島環保局的同意。薩德雷達接地棒長達 9 呎（區分三

節，每節 3 呎)，粗 1.5 吋。由於地表以下的珊瑚礁岩盤，特遣隊必須花費數千美元，交給外包承包商向關島環保局申請許可，方能鑽地埋置接地棒。

地區軍民關係

另一項環境考量，是對周邊社區的噪音問題。薩德雷達兩具強力發電機組，產生噪音超過 85 分貝，長此以往會造成聽力受損。所幸陣地所作隔音措施甚佳，並未影響到社區。

此問題成為日本國防部長中谷元於 2015 年 12 月訪問位於基奧加岬 (Kyoga-Misaki) 美軍基地時，作為公共關係操作的一部分。他向當地社區表示，已經盡全力減少噪音。安裝消音裝置和隔音牆消除了基地的大部分低頻噪音。這些措施連同未來以商業供電方式，全面消除噪音污染，已經大幅降低社區的憂慮。對於未來的薩德陣地部署，軍事規劃人員務須確認主發電機組的噪聲是否會對當地社區產生不良影響，並研發出類似基奧加岬基地的降低噪音措施。

前述大部分環境因素是基於陣地位於美國領土，屬於 NEPA 管轄範圍的緣故，未來在國外部署薩德飛彈系統時，雖不在 NEPA 管轄範圍內，但仍然必須遵守當地環保法令。同樣地，也必須以薩德飛彈系統的相關資訊教育社會大眾。在韓國就因為媒體對薩德飛彈系統對環境影響的負面報導，所有政治人物都站出來反對部署。

關島的鷹爪特遣隊很早就與關島的群眾接觸，也與政治領導階層溝通薩德系統之部署。特遣隊幹部親赴各村落，對村民進行教育並蒐集公眾意見。特遣隊主動參加地方重大慶典，支援學校活動，邀請地方政要參訪基地，增強與地方社區的連結，透過連結建立與社區及關島政要的互信，確保薩德飛彈系統能永久駐留關島。

安全要求

完成薩德飛彈連陣地設立條件後，計畫人員就必須考慮到如何保障預期設立陣地區域的安全措施。由於薩德飛彈系統屬於戰略性資產，安全方面必須遵照戰略指揮部 (Strategic Command, STRATCOM)，第 SI 538-2 指示 (機密)，及飛彈防禦系統安全等級 (System Security Level, SSL) 等相關規定。SI 538-2 指示中，明確規定薩德飛彈陣地周邊必須設置圍籬、照明、感測器等安全措施。前進部署的薩德飛彈陣地，基於環評尚未通過，只能設置利刃型鐵絲網及木造瞭望塔等暫時性措施。俟環評通過後方能建立永久性圍籬、混凝土造瞭望塔及其他實體安全建設。

2015 年 5 月杜芬颱風襲擊關島期間，破壞了若干暫時性安全建設，產生安全上的顧慮。強烈颱風經常襲擊關島，因此建立永久性基礎建設對長久駐留該陣地甚為重要。未來必須決定依據戰略指揮部規定，究竟何項安全措施必須以

永久性實體建設達成，然後研擬適切行動方案確保陣地安全。

戰略指揮部的指示中，明確列出確保陣地安全所需兵力，由於薩德飛彈連編制兵力要執行其飛彈防禦任務都嫌不足，因此要遵照 SI 538-2 的安全要求，就必須以安全部隊（security force, SECFOR）兵力加強。

為遵守戰略指示的安全要求，太平洋總部派遣安全部隊一個連兵力，以每 4-6 個月輪調方式，擔任陣地安全任務。安全部隊包含憲兵、砲兵、工兵、步兵。未來薩德飛彈系統的部署，也必須有安全部隊，其兵力大小視陣地周邊安全所需，前進部署陣地所需安全部隊人員，較永久性陣地為多。

安全部隊抵達後，人員必須持續訓練提升戰力。所有行動的起點，都是「現行接戰規定」(standing rules of engagement, SROE)及「現行用兵規定」(standing rules for the use of force, SRUF)。這些軍語的定義，都可以在聯參主席指示（CJCSI）3121.01B 中查取，SROE 與 SRUF 的定義有明顯差異。

CJCSI 3121.01B 所載 SROE 為自衛權之伸張與為達成任務所必須動用之武力。SROE 旨在提供一個共同的模式，用於擬定與執行在美國境外所有軍事行動，從維和到戰爭的接戰規定。在美國領土內，SROE 只適用於空中和海上之國土防衛任務。SRUF 包含在 SROE 內，適用於在美國境內的地面國土防衛任務。亦即 SROE 僅適用於 THAAD 武器系統防空人員，而 SRUF 適用於 SECFOR 人員。

由於兩者定義不同，關島薩德飛彈連部署初期，薩德人員對 SROE 及安全部隊提升武力使用的權責，理解上想當遲緩。未來設置薩德陣地時，計畫人員務必與軍法人員密切合作，搞清楚薩德飛彈系統的獵殺鏈，並將其寫進薩德飛彈連的部署命令內。此外，計畫人員應研擬連內部之 SOP，明確說明安全部隊提升動武之適當措施，如何使用該武力，以及致命性武力使用之時機等。

結論

當敵人導彈數量及質量不斷進步，薩德系統的需求就必然隨之增加，計畫作為人員也就更要熟知部署一個薩德飛彈連的複雜性。薩德連部署的特殊考量，遠較其他防空系統，如愛國者系統為多。在關島首度部署薩德連，提供了很多重要的經驗教訓。雖然基於保防要求，未能將所有因素都放在本文，但本文所討論之指揮管制、陣地需求、環境及安全考量等，已經是建立「狃狃陣地」計畫作為的基本要求。

譯者簡介

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

砲兵小故事：檨樹飛彈系統

檨樹飛彈系統為簡單可靠、高機動性、具備全向性攻擊能力之改良型低空防空系統，由美國福特航太公司於西元 1965 年研製，美國陸軍重裝師、韓國、埃及、以色列及北約等國家均有採用，曾參與以阿戰爭及第一次波灣戰爭。國軍於民國 75 年建案籌購本系統，民國 77 年至 79 年間陸續獲得，自民國 82 年起參與歷次精準飛彈射擊操演，命中率達 86% 以上，為陸軍現有射擊效果極佳之野戰防空系統。



砲訓部教育訓練實況



射手專精訓練



實彈射擊



營區開放裝備展示

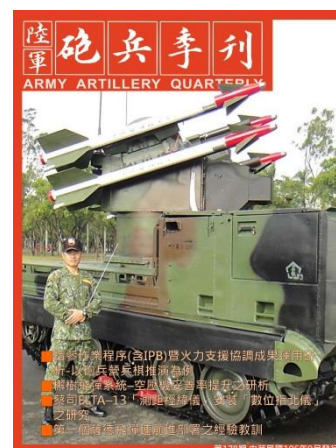


陸軍砲兵訓練指揮部提供

《砲兵季刊》徵稿簡則

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

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



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

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

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

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

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

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

（一）姓名標示：利用人需按照《砲兵季刊》指定方式，標示著作人姓名。

（二）非商業性：利用人不得為商業目的而利用本著作。

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

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

九、稿末註明投稿人服務單位、級職、姓名、連絡電話及通訊地址。

十、政府對「我國國號及對中國大陸稱呼」相關規定：

(一)我國國名為「中華民國」，各類政府出版品提及我國名均應使用正式國名。

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

十一、本刊電子期刊下載點：

(一)國防部全球資訊網

<http://www.mnd.gov.tw/Mp/MPPeriodical.aspx?id=14>

(二)臺灣出版資訊網

<http://tpi.culture.tw>

(三)陸軍教育訓練暨準則資料庫

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

(四)陸軍砲兵訓練指揮部首頁連結「砲兵軍事資料庫」

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

十二、投稿郵寄「710 台南永康郵政 90681 附 8 號信箱砲兵季刊社」，電話 934325 -
6 (軍線) 06-2313985 (民線)，電子檔寄「cjm8493@webmail.mil.tw」或
「army099023620@army.mil.tw」。

撰寫說明

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

題目

作者：○○○少校

提要 (3-5 段)

- 一、
- 二、
- 三、

關鍵詞：(3-5 個)

前言

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

標題

一、次標題(新細明體 14、粗黑)

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

標題

標題

結語與建議

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

參考文獻 (至少 10 條)

作者簡介

注意事項：

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

圖一 ○○○○

表一 ○○○○



資料來源：○○○○

資料來源：○○○○

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

此編號為「註釋」標註方式。

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

註釋體例

註釋依其性質，可分為以下兩種：

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

二、出處註：為註明徵引資料來源用，以確實詳盡為原則。其撰寫格式如下：

（一）書籍：

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

（二）論文：

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

（三）報刊：

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

（四）網路：

作者姓名（或單位名稱），〈篇名〉，網址，上網查詢日期。

三、第1次引註須註明來源之完整資料(如上)；第2次以後之引註有兩種格式：

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

（二）同註×，頁×～×。

著作授權書及機密資訊聲明

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

授權人（即本人）：

（親簽及蓋章）

身分證字號：

連絡電話：

住址：

中華民國

年

月

日