

陸  
軍

砲

兵

季

刊

ARMY ARTILLERY QUARTERLY



以彈道模擬模組探討本軍空炸射擊觀測  
作業技術之適切性

人攜式刺針飛彈系統簡介與運用芻論

芬蘭聯合空地戰力整合：建立盟軍協同  
軍力



## 第 209 期

### 宗旨

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

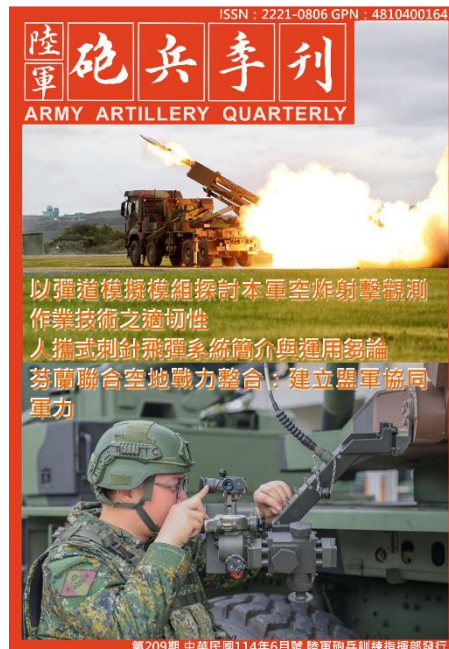
### 聲明

- 一、發行文章純為作者研究心得及觀點，本社基於學術開放立場刊登，內容不代表辦刊單位主張，一切應以國軍現行政策為依歸，歡迎讀者投稿指教。
- 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。
- 三、新聞媒體引用本刊內容請先告知，如有不實報導，將採取法律告訴。

### 發行

陸軍砲兵訓練指揮部

發行人：李韋德  
社長：何永欽  
副社長：袁驛安 林義翔 周明輝  
總編輯：蘇亞東  
主編：傅琬婷  
編審委員：林偉涵 黃建鴻 梁碩而  
李志傑 王保仁 黃坤彬  
郭春龍 錢宗旺 郭宗明  
曹哲維 劉紀明 林偉涵  
張啟明 黃盈智  
安全審查：蘇漢偉 蔡佩芸  
法律顧問：陳磊  
創刊日期：中華民國 47 年 3 月 1 日  
發行日期：中華民國 114 年 6 月 15 日  
社址：臺南永康郵政 90681 號  
電話：軍線 934325 民線 06-2313985  
ISSN：2221-0806 GPN：4810400164  
定價：非賣品



### 封面封底說明

砲兵部隊扮演  
主攻部隊所需  
之火力支援角  
色，藉由完善的  
火力協調機制，  
砲兵火力全力  
配合戰機、直升  
機，為地面部隊  
開創有利戰勢，

展現砲兵部隊打擊能力與支援聯合作戰能量。

（照片轉載自《青年日報》民國 114 年 4 月 3 日  
記者傅文琦、民國 114 年 4 月 22 日記者謝承宏）。

### 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、國家圖書館  
<https://tpl.ncl.edu.tw>
- 四、國立公共資訊圖書館  
<https://ebook.nlpi.edu.tw>
- 五、HyRead 臺灣全文資料庫  
<https://www.hyread.com.tw>
- 六、陸軍軍事資料庫  
<http://mdb.army.mil.tw>
- 七、陸軍砲訓部砲兵軍事資料庫  
[http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/aams\\_academic.htm](http://web.aams.edu.mil.tw/dep/lib/aams_academic.htm)

# 目 錄

## 01 以彈道模擬模組探討本軍空炸射擊觀測作業技術之適切性／ 林政諭

雖然彈道模擬各試驗條件已盡可能設想周到，力求客觀的呈現各方案最終趨勢，若可藉實彈射擊驗證，定可做為修正方案有力之依據，然而實彈射擊驗證需要確保之變因繁多，舉如同火砲條件、相同彈藥品質、相同膛外因素影響等，稍有不慎即影響試驗結果，而浪費人力、物力，因此，若新式砲兵觀測模擬器內具備彈道參數、環境影響等更加詳細的設定功能，除使彈道表現趨近於非標準狀況之現實環境，更可以實際畫面及飛行數據體現各方案最終結果，進而取代實彈射擊試驗。

## 22 人攜式刺針飛彈系統簡介與運用芻論／陳郁文

陸軍目前使用刺針飛彈之部隊計有陸航部隊與野戰防空部隊，陸航部隊阿帕契攻擊直升機(AH-64E)掛載刺針飛彈作為對空作戰使用，野戰防空部隊目前使用刺針飛彈之武器系統計有復仇者飛彈系統與雙聯裝刺針飛彈系統；陸軍預計採購人攜式刺針飛彈系統，配合現有復仇者飛彈系統、雙聯裝刺針飛彈系統與陸射劍二飛彈系統，可使陸軍野戰防空部隊武器系統更加多元化，增加兵(火)力運用彈性。

## 44 精進平均彈著點及高炸檢驗射擊作業之研究／朱慶貴

砲兵火力運用，主在迅速應變，提供地面部隊快速、精確之火力支援，為有效運用砲兵檢驗射擊方法，使砲兵射擊精度提升，達成有效之火力支援任務。在爾後射擊技術上，以既有基礎上研究發展，經研究探討各種不同之檢驗射擊方式，促使砲兵之射擊更為精準，進而獲致良好之射擊效果。防衛作戰中在有限檢驗射擊實施之狀況下，可運用平高點檢驗射擊求得修正量，並加以運用爾後射擊任務，方可達成砲兵火力支援任務，精準、快速、有效。

## 54 測地之眼 Trimble SX10 掃描全站儀簡介與運用／顏嘉玟

筆者持續獲得新知與更新，在教學上利用空餘時間研究相關性或延伸性新型裝備，藉由本篇測地之眼 Trimble SX10 掃描全站儀簡介與運用，進而發現掃描儀搭配 RTK 衛星即時動態系統，增加測量作業上「速度」與「精度」，以提供砲兵精準火力達奇襲之火力，亦提升砲兵部隊戰場存活力，另增加目標獲得能力彌補觀測射界，提升專業人員多專多能減少戰場遊兵，發揮整體作戰效能。

## 69 芬蘭聯合空地戰力整合-建立盟軍協同戰力（譯稿）／劉宗翰

建立聯合空地戰力整合是芬軍的遠大野心計畫，未來三至五年的發展必須具聚焦於計畫各進程的現代化與戰力強化。美軍與芬軍的軍種領導人明白，要在三至五年內達到這種能力，現在就必須進行改革。

## 卷末附件：徵稿簡則、撰寫說明

# 以彈道模擬模組探討調整本軍空炸射擊觀測作業技術之可行性

作者：林政諭

## 提要

- 一、彙整近年赴美參訓人員所反饋之資訊，以及參閱美軍現行準則，發掘美軍與本軍於空炸射擊作業技術之原理，並不全然相同，因此，探究兩軍之間技術差異所產生之現象與結果，並依研究成果試圖獲得在現有裝備資源及作業基礎之原則上，評估適度調整本軍空炸射擊觀測作業技術作法之可行性，以提升射擊效益，即為本文研究之動機。
- 二、因標準彈道散布具有內在的隨機性，本文採用「蒙地卡羅法」做為研究方法，該法係為基於大數法則的實證方法，其核心原理為利用生成符合一定規則的「隨機數」，並藉由電腦的運算能力通過大量重複試驗來估算結果值，以類比某一事件最終呈現的態勢，隨著試驗次數增加，其結果將會趨近於真實值。
- 三、瞭解兩軍作業差異性後，於彈道模擬模組隨意設置情境以應對各種砲目關係，並於模組輸入各情境設定參數，執行標準無散布之射擊任務，因彈著點無散布，可簡化變因，呈現作業差異於標準彈道產生之結果，便於探討兩軍技術本質。
- 四、美軍作法可為本軍建軍備戰之圭臬，惟本文研究範圍旨在如何著眼當下，依現有裝備及作業基礎之原則，找尋更具效益方案調整陳舊作法，達到立竿見影之成效，亦為本文論述重點。
- 五、若可藉實彈射擊驗證彈道模擬試驗，定可做為修正方案有力之依據，然而實彈射擊驗證需要確保之變因繁多，因此，若新式砲兵觀測模擬器內具備彈道參數、環境影響等更加詳細的設定功能，除使彈道表現趨近於非標準狀況之現實環境，更可以實際畫面及飛行數據體現各方案最終結果，進而取代實彈射擊試驗。

關鍵詞：空炸射擊觀測作業技術、蒙地卡羅法、標準彈道隨機散布模組、新式砲兵觀測模擬器

## 前言

彙整近年赴美參訓人員所反饋之資訊，以及參閱美軍現行準則<sup>1</sup>，並與美砲校(Fort Sill)教官雙向交流後，發掘美軍與本軍於空炸射擊作業技術之原理，並不

<sup>1</sup> 《Field Artillery Manual Cannon Gunnery(TC 3-09.81)》(Washington,DC，2016年4月) 以及《Observed Fires(ATP 3-09.30)》(Washington,DC，2017年9月)。

全然相同，查照美軍現今所使用之射表相較本軍所用射表，於各號裝藥「F 表」中第 4 欄呈現資訊為「修正 10 公尺炸高所應調整之信管時間（DFS PER 10M DEC HOB）」，與本軍調整高低修正量修正炸高之作法不同，因此，探究兩軍之間技術差異所產生之現象與結果，並依研究成果試圖獲得在現有裝備資源及作業基礎之原則上，評估適度調整本軍空炸射擊觀測作業技術作法之可行性，以提升射擊效益，即為本文研究之動機。

然而，因為空氣動力因素作用（如彈重誤差、初速誤差、射角散布及阻力係數散布等）使得彈體的運動不再是簡單的質心運動，而是複雜的空間剛體運動，即使於標準狀況下射擊，射彈仍會產生隨機散布，造成每發射彈的彈道曲線不同，此現象使問題探討已無法僅以單一結果做為評斷之依據，必須針對標準狀況下特定變因之隨機變量所產生大量隨機散布的結果與數值，加以蒐整、分析、比較。因標準彈道散布具有內在的隨機性，本文採用「蒙地卡羅法」<sup>2</sup>做為研究方法，該法係為基於大數法則的實證方法，其核心原理為利用生成符合一定規則的「隨機數」，並藉由電腦的運算能力通過大量重複試驗來估算結果值，以類比某一事件最終呈現的態勢，隨著試驗次數增加，其結果將會趨近於真實值，本法已廣泛運用於空氣動力學領域。

筆者於「使用 EXCEL 建構近似射表標準空氣之彈道模組」一文已闡述如何建構符合射表彈道模組，並可呈現射表所缺少資訊，如：任何射角、飛行時間及砲目距離之彈道飛行軌跡及數據（如圖 1），甚至彈重散布對初速產生誤差等參數，其最大價值在於藉由模組將彈道具體化（本文以 105 公厘榴砲及 4 號裝藥、M520 空炸信管為例）並結合蒙地卡羅試驗法後，使欲探討之問題得以聚焦。

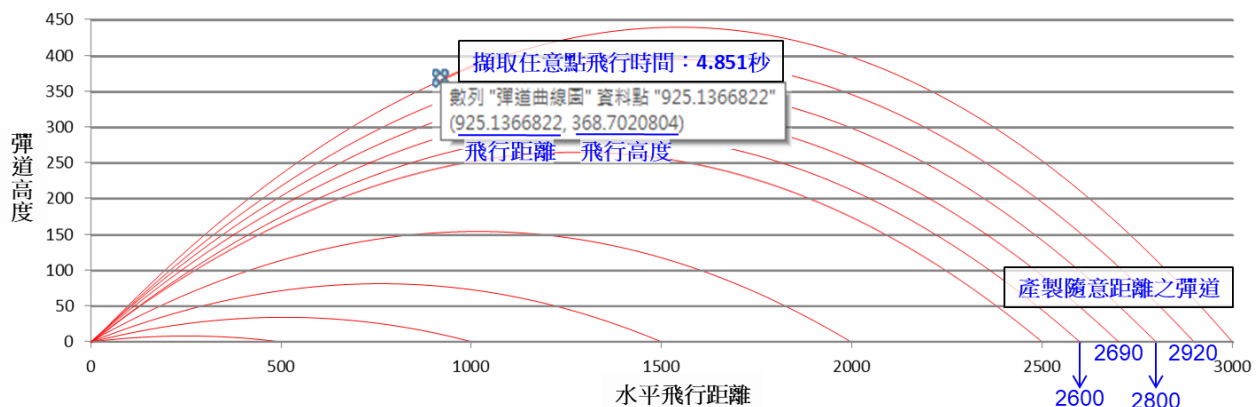


圖 1 彈道具體化示意圖

資料來源：筆者以彈道模擬模組自行繪製

## 美軍與本軍空炸射擊作業方法說明與差異分析

為瞭解兩軍空炸射擊作業技術之差異，分別參閱美軍「Field Artillery Manual Cannon Gunnery」—射擊指揮所作業要領、「Observed Fires」—觀測所作業要領、「野戰砲兵射擊手冊」—美軍野戰砲兵射擊法（Field Artillery Gunnery, FM6-

<sup>2</sup>維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/蒙地卡羅方法>〉，2024 年 12 月 9 日。

40，1974 年 7 月版）之譯本及本軍「陸軍野戰砲兵觀測訓練教範」<sup>3</sup>，作業技術重點如下表列；另本軍射擊指揮所及觀測所空炸射擊之作法，因相關準則均有詳細說明，僅列舉與美軍觀測所作業較大差異之處，餘不再贅述：

### 一、美軍射擊指揮所作法

| 節次                                                                                 | 作業技術相關說明                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HIGH-EXPLOSIVE WITH TIME FUZE<br>空炸信管射擊<br>(Field Artillery Manual Cannon Gunnery) | 9-27(P9-18). A time fuze achieves the best effects on the target when it functions at a 20-meter HOB, The trajectory of the projectile must be altered to cause the projectile to pass 20 meters above the target |
|                                                                                    | 當使用空炸信管進行射擊時，若希望在目標上空達到最佳效果，須使信管在 20 公尺之高度爆炸，為了滿足上述條件，必須調整彈道，使其確保可通過目標正上方 20 公尺                                                                                                                                   |
|                                                                                    | 9-28(P9-18). If subsequent adjustments for the HOB are necessary ,then the FS is the only element of firing data that is recomputed, The trajectory , deflection and quadrant elevation will remain the same      |
|                                                                                    | 如果後續必須實施炸高修正，則信管時間設定是唯一需要重新計算的射擊數據，而彈道、方向修正、射角將保持不變                                                                                                                                                               |
|                                                                                    | 9-28(P9-18). ΔFS moves the functioning of the fuze along the trajectory by increments of 10 meters<br>信管時間調整的運作機制是藉調整通過目標上方 20 公尺彈道的爆炸時間，使炸高以 10 公尺的倍數調整                                                          |
| 空炸信管射擊之程序<br>(野戰砲兵射擊手冊)                                                            | 18-15 空炸信管射擊之程序(P237)以瞬發信管實施試射，再以適當之距離夾差(通常為 100 公尺)折半或獲得良好之觀測結果時，觀測官即要求空炸信管，行炸高之試射                                                                                                                               |

<sup>3</sup>林政諭，《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 111 年 10 月 28 日）。

## 二、美軍觀測所作法

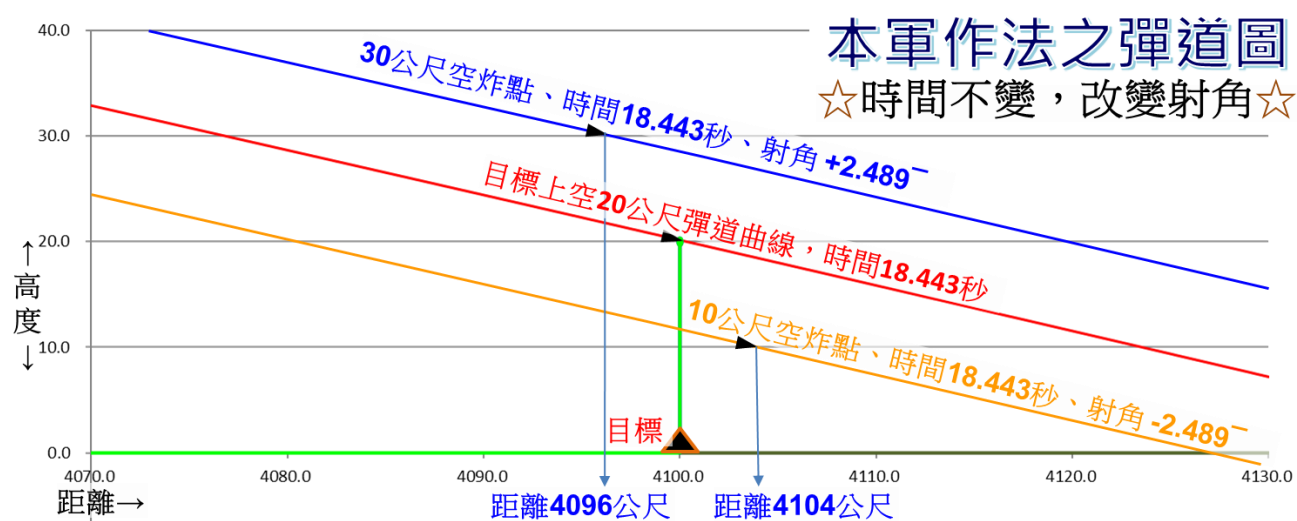
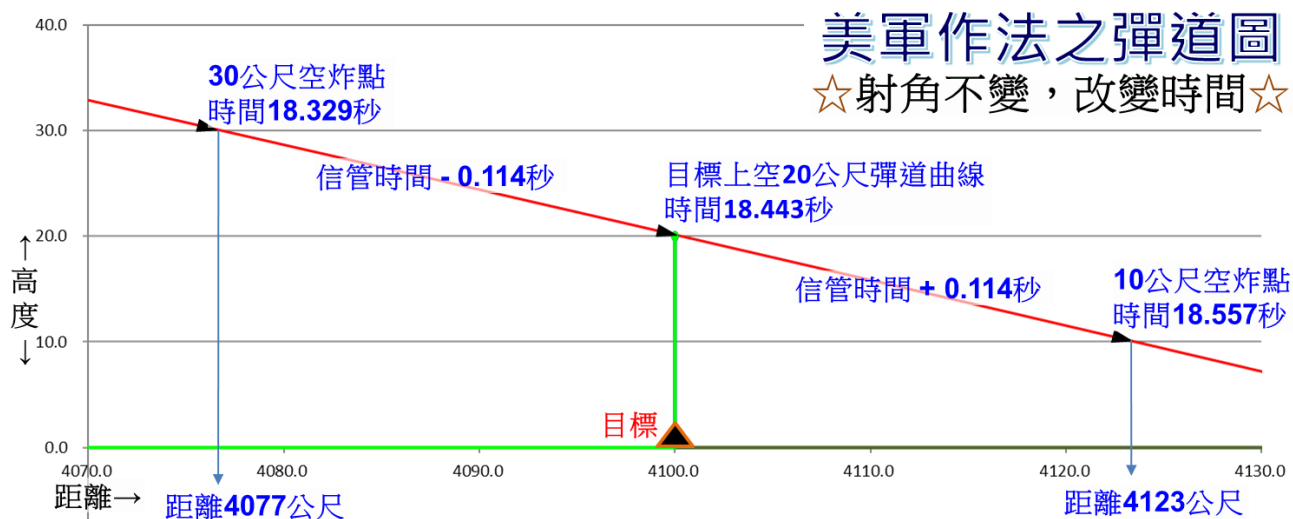
| 節次                                                   | 作業技術相關說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HIGH OF BURST CORRECTION<br>炸高修正<br>(Observed Fires) | 5-23(P5-6). Therefore,do not begin the fire for effect phase when the spotting for the previous round GRAZE or the HOB correction is greater than 40 meters<br>若前群得著發或炸高修正超過 <b>40 公尺</b> 時，不可以進入效力射階段                                                                                                                                                        |
| FIRE FOR EFFECT<br>效力射<br>(Observed Fires)           | 5-55(P5-13). If fuze time is used,the observer requests FUZE TIME after correcting range and deviation but before announcing FIRE FOR EFFECT<br>當要使用空炸信管時，觀測官於距離及方向修正完成後，下達效力射之前，向 <b>FDC 要求「信管時間」</b><br>5-57(P5-13). After requesting FUZE TIME,the observer does not send any more range or deviation correction to the FDC<br>觀測官在要求「信管時間」後，即不再實施方向與距離之修正 |
| 炸高修正<br>(野戰砲兵射擊手冊)                                   | 10-12 要則(P154)使用空炸信管行面積射擊，觀測官按瞬發信管之方法行偏差及距離之修正，直到適當距離夾差折半，再開始修正炸高，並且不再需進一步行偏差及距離之修正<br>10-14 炸高修正(P155)當初發射彈為混合(OV)時，觀測官則修正高 <b>20</b> 並進入效力射                                                                                                                                                                                                                 |

## 三、本軍觀測所作法

| 節次   | 作業技術相關說明                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 面積射擊 | 06025 射彈觀測(P6-291)同時實施距離及炸高修正，若各因素或經驗不足，優先修正炸高使其易見「破片落地效力面」後，再行距離修正<br>06035 試射(P6-345)如炸高過高不能判定距離遠近，須降低炸點，俾能判定遠近後，始行距離修正<br>06035 試射(P6-345)炸高未達正確高度或無法確保效力射為良好炸高者，不得要求效力射<br>06037 效力射(P6-356)空炸射擊須求得良好炸高，或經修正後之炸高必屬良好時，始可進入效力射。如最後一群射彈為著發時，不應進入效力射 |

#### 四、兩軍作業差異之說明

| 項次     | 美軍                                     | 本軍                           |
|--------|----------------------------------------|------------------------------|
| 射擊程序   | 以瞬發信管試射，距離修正至夾差折半(距離好)，再行炸高修正之試射       | 初發即以空炸信管試射，並同時實施距離及炸高修正      |
| 初發空炸射角 | 以概定距離推算 20/R 值                         | 以初發之圖上距離推算 20/R 值            |
| 炸高修正方式 | 調整信管時間                                 | 調整高低修正量                      |
| 效力射限制  | 炸高修正超過 40 公尺，不得效力射                     | 未明確律定，僅說明無法確保為良好炸高者，不得效力射    |
| 彈道差異   | 不改變彈道(如圖 2)，使射彈沿著通過目標正上方 20 公尺之彈道曲線上爆炸 | 改變彈道(如圖 3)，使射彈沿著射角改變後的彈道曲線爆炸 |



資料來源：圖 2、3 為筆者以彈道模擬模組自行繪製

## 五、標準彈道結果分析及比較

瞭解兩軍作業差異性後，於彈道模擬模組隨意設置 4 種情境（如表 1 備註）以應對各種砲目關係，並推算真實彈道諸元，於模組輸入各情境設定參數，執行標準無散布之射擊任務（包含試射及效力射兩階段），因彈著點無散布，每發彈著僅會產生單一觀測官修正報告及次發射擊諸元，可簡化變因，呈現作業差異於標準彈道產生之結果，便於探討兩軍技術本質，美軍及本軍各情境所得數據比對分析呈現，如圖 4 及表 1。

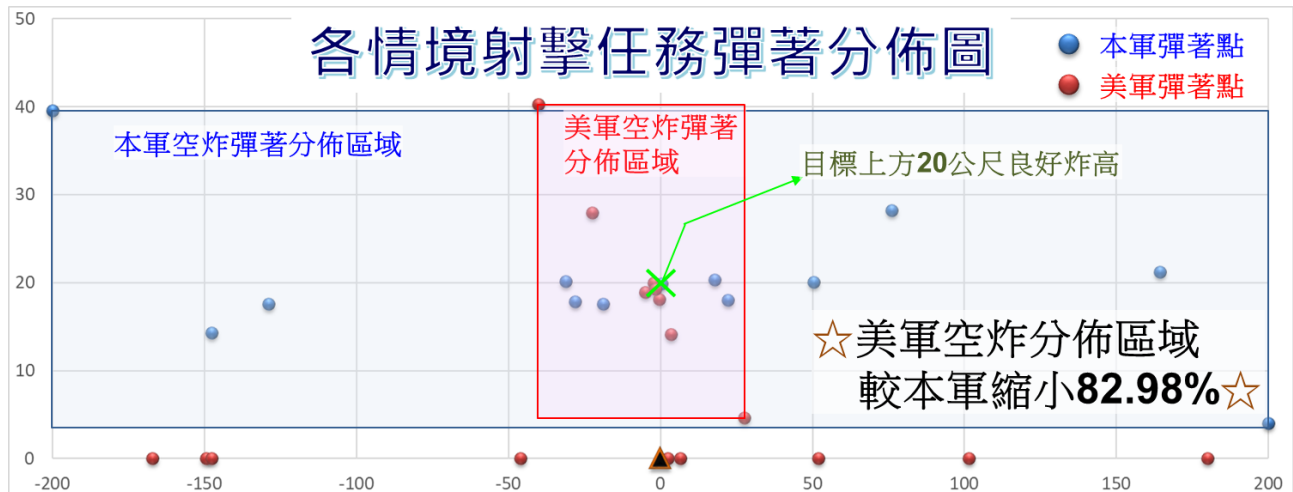


圖 4 以瞬發或空炸信管於試射階段之彈著分佈圖

表 1 兩軍作法於效力射階段所得結果分析表

| 比較項次                             | 美軍                                                                                                                                                                                                                                                         |        |        |        | 本軍       |        |        |        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
|                                  | 情 1                                                                                                                                                                                                                                                        | 情 2    | 情 3    | 情 4    | 情 1      | 情 2    | 情 3    | 情 4    |
| 與 20 公尺炸高<br>誤差                  | -1.9                                                                                                                                                                                                                                                       | -1.07  | -0.03  | -0.69  | -2.4     | -0.11  | +0.35  | -1.97  |
|                                  | 誤差較小 0.923 公尺                                                                                                                                                                                                                                              |        |        |        | 1.208 公尺 |        |        |        |
| 與目標距離<br>誤差                      | -0.5                                                                                                                                                                                                                                                       | -5.1   | -2.2   | -1.8   | -18.7    | +0.3   | +17.7  | +22.1  |
|                                  | 誤差較小 2.4 公尺                                                                                                                                                                                                                                                |        |        |        | 5.95 公尺  |        |        |        |
| 與標準射角<br>誤差                      | -1.095                                                                                                                                                                                                                                                     | -1.395 | -0.581 | +0.321 | -3.584   | -0.162 | +2.626 | +3.324 |
|                                  | 誤差較小 0.848 密位                                                                                                                                                                                                                                              |        |        |        | 2.424 密位 |        |        |        |
| 與標準信管時間<br>誤差                    | -0.013                                                                                                                                                                                                                                                     | -0.045 | -0.003 | -0.006 | -0.123   | 0      | +0.137 | +0.144 |
|                                  | 誤差較小 0.017 秒                                                                                                                                                                                                                                               |        |        |        | 0.101 秒  |        |        |        |
| 備註<br>(4 號裝藥，距離<br>4000-5000 公尺) | 情境 1：目標較圖上距離近 100 公尺、高陣地 32 公尺，真實彈道諸元：射角 398.043、信管時間 19.114<br>情境 2：目標較圖上距離遠 150 公尺、低陣地 20 公尺，真實彈道諸元：射角 470.297、信管時間 22.924<br>情境 3：目標較圖上距離遠 190 公尺、高陣地 70 公尺，真實彈道諸元：射角 464.048、信管時間 21.726<br>情境 4：目標較圖上距離近 260 公尺、低陣地 50 公尺，真實彈道諸元：射角 412.35、信管時間 20.65 |        |        |        |          |        |        |        |

資料來源：表 1、圖 4 為筆者自行整理及繪製

## 六、小結

(一)就射擊程序而言，以瞬發信管試射取得概定距離再行炸高試射，可使空炸射彈靠近目標週遭，縮小空間分佈範圍，有利於射彈觀測與修正。

(二)依彈道模組呈現結果(如下表)，以「概定距離」計算空炸射角之 **20/R** 值，較以「初發圖上距離」計算者，所得彈道更接近目標上空 20 公尺所望區域，惟兩者彈道差異甚小，並不影響射彈觀測結果。

| 比較項次            | 以「概定距離」計算 |        |        |        | 以「初發圖上距離」計算 |        |        |        |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|
|                 | 情 1       | 情 2    | 情 3    | 情 4    | 情 1         | 情 2    | 情 3    | 情 4    |
| 與 20 公尺炸高<br>誤差 | -1.9      | -1.07  | -0.03  | -0.69  | -2.32       | -0.82  | +0.87  | -1.69  |
|                 | 0.923 公尺  |        |        |        | 1.43 公尺     |        |        |        |
| 與目標距離<br>誤差     | -0.5      | -5.1   | -2.2   | -1.8   | -0.6        | -5.4   | -2.6   | -1.9   |
|                 | 2.4 公尺    |        |        |        | 2.63 公尺     |        |        |        |
| 與標準射角<br>誤差     | -1.095    | -1.395 | -0.581 | +0.321 | -1.208      | -1.328 | -0.608 | +0.272 |
|                 | 0.848 密位  |        |        |        | 0.854 密位    |        |        |        |

(三)美軍於 1965 至 1971 年間參與越南戰爭，期間大量運用砲兵火力，1971 年使用第 7 版射表(適用 M101 式 105 公厘榴砲)後，即轉變其空炸射擊作業程序及作法<sup>4</sup>，後續經過波斯灣及伊拉克戰爭之驗證(由 M101 式逐漸換裝 M119 式<sup>5</sup>)，該程序與作法仍沿用至今，於彈道模組表現之結果，確實優於傳統作法。

(四)美軍作法可為本軍建軍備戰之圭臬，惟各式火砲是否得以換發新版射表及取得 M564 與 M520 信管於各式火砲之信管時間補償量，所受限制因素複雜且不預期，非本文研究範圍，如何著眼當下，依現有裝備及作業基礎之原則，找尋更具效益方案調整陳舊作法，達到立竿見影之成效，為本文後續論述重點。

### 建構試驗所需標準彈道隨機散布模組

由於隨機散布之特性，使得以同一門火砲在「相同諸元」和「射擊條件」下發射「同一批射彈」，這些射彈將不會落於同一點而形成散布<sup>6</sup>，且該現象符合常態分佈<sup>7</sup>。若可以再次執行同一射擊任務，仍會因為隨機散布產生截然不同之觀測結果及相應之修正報告，而使射擊結果有不同走向，因此建構隨機彈道模組用以重複模擬觀測官執行單次射擊任務之實際觀測景況，並整合數據，突顯各式作法呈現之結果及優劣，以下分別說明。

<sup>4</sup>《Field Artillery Gunnery(FM6-40)》(1974 年 7 月)

<sup>5</sup>維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/M119> howitzer〉，2024 年 12 月 4 日。

<sup>6</sup>同註 3，頁 5-132。

<sup>7</sup>常態分布，是在許多統計及統計測試中最廣泛應用的一類分布。維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/常態分布>〉，2024 年 9 月 29 日。

## 一、標準彈道散布成因

標準彈道散布原因在於，「標準射擊條件」<sup>8</sup>中某些不可控制因素產生變化，使標準彈道具有內在的隨機性，產生方向、距離及信管時間散布，其中火砲之方向散布小於距離散布甚多，在小 T 角下影響觀測結果甚微，距離及信管時間散布才是影響觀測結果之決定性因素，而標準氣象、地球及火砲條件，準則已有詳細說明不再贅述，僅說明標準彈道條件如下：

- (一)彈重：同一批彈體由於加工誤差的存在，使其重量產生誤差而形成常態分布，取其分布中心值即為標準彈重（純彈頭不含引信及引信塞）。
- (二)藥溫：攝氏+21.1 度（華氏+70 度）。
- (三)初速：影響者有「藥溫」、「火砲本體」、「發射藥重量」、「彈重」，前 3 者為標準定值<sup>9</sup>，因此在標準彈道條件裡，僅彈重分布產生初速變化。
- (四)定起角<sup>10</sup>：射彈於砲膛內運動過程，砲管產生震動及轉動，溫度及重力的作用使砲管彎曲，同時射彈的動力及氣動力的不平衡，均為產生定起角之原因；定起角為一隨機值，並可在任意方向上出現，為了方便，通常分為「水平定起角（使火砲產生方向散布）」及「垂直定起角（火砲射角改變而產生距離散布）」，垂直定起角於同一裝藥下會隨著射角改變而增大或減少，而射角改變又連帶使阻力系數發生變化<sup>11</sup>。

因此「距離公算偏差」可表示成「射角散布」、「初速散布」及「阻力符合係數散布」的函數<sup>12</sup>；「信管時間公算偏差」則同時產生炸高及空炸點與目標距離之散布（如圖 5），且與距離公算偏差相互作用時，可能使炸點更加遠離目標，影響觀測官正確之修正結果。

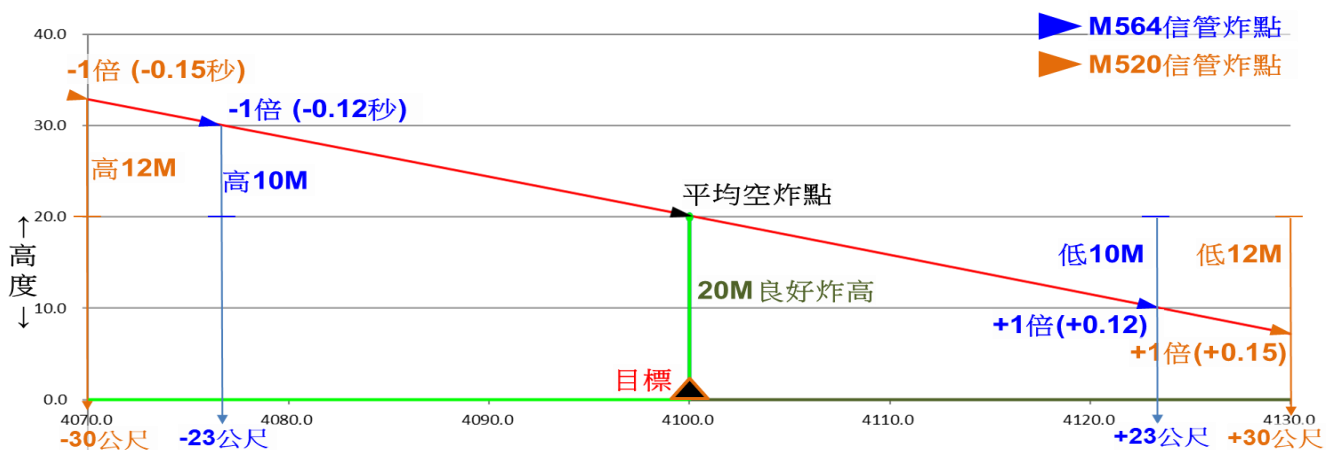


圖 5 M564 與 M520 信管「1 倍時間公算偏差」炸點示意圖

資料來源：筆者自行繪製

## 二、確定變因變量值，完成隨機散布模組建構

<sup>8</sup>嚴章庚、祁戴康，《射表技術》（北京：國防工業出版社，2000 年 1 月），頁 7。

<sup>9</sup>同註 8，頁 10。

<sup>10</sup>同註 8，頁 11 及註 3，頁 3-72。

<sup>11</sup>同註 3，頁 3-59 及註 8，頁 11。

<sup>12</sup>同註 8，頁 208。

射表中如 B 表、F 表內第 1、2、5、7、10、11、18、19 欄、G 表內第 1、7 至 12 欄等數值，均以標準射擊條件計算所得，可用以確認標準彈道模組設定參數是否正確，其他表次及欄位則是修正非標準狀況下射擊之現象，如地球自轉、氣象、發射藥溫影響等，由於可供對照欄位甚多，因此找出模組設定所需正確之參數值並不困難，以表 2 為例，以彈道模組設定參數並輸出各欄位數值後，逐一比對射表均能符合或誤差甚微（小於 0.5%），因此便能以該設定值，獲得射表未記載的任意砲目距離彈道數值（如表 2 黃底紅字部分）。

表 2 任意砲目距離之彈道數值表

| 4 號裝藥       | 1             | 2           | 3           | 4                | 5             | 6          | 7             |
|-------------|---------------|-------------|-------------|------------------|---------------|------------|---------------|
| 射表距離<br>(m) | 射表仰度<br>(mil) | 射表頂點<br>(m) | 射表時間<br>(s) | 至頂點<br>時間(s)     | 射表落角<br>(mil) | 射表<br>落角餘切 | 射表末速<br>(m/s) |
|             | 模組仰度<br>(mil) | 模組頂點<br>(m) | 模組時間<br>(s) | 至頂點<br>距離(m)     | 模組落角<br>(mil) | 模組<br>落角餘切 | 模組末速<br>(m/s) |
| 4000        | 357.4         | 389         | 17.9        | 8.823            | 400           | 2.4        | 221           |
|             | 357.369       | 389.499     | 17.822      | 2071             | 399.51        | 2.42       | 222.06        |
| 4159        | 377.357       | 430.89      | 18.745      | 9.276<br>2156.47 | 423.17        | 2.27       | 220.84        |
| 4239        | 387.805       | 453.218     | 19.226      | 9.51<br>2199.49  | 435.66        | 2.19       | 220.25        |
| 4250        | 389.281       | 456.35      | 19.293      | 9.544<br>2205.75 | 437.46        | 2.18       | 220.17        |
| 4500        | 423.8         | 533         | 20.9        | 10.309           | 479           | 2.0        | 218           |
|             | 423.752       | 533.499     | 20.859      | 2341             | 478.42        | 1.97       | 218.49        |
| 5000        | 505.4         | 731         | 24.5        | 12.058           | 575           | 1.6        | 215           |
|             | 505.441       | 732.93      | 24.45       | 2613             | 574.67        | 1.58       | 215.41        |

資料來源：筆者自行整理

由前段說明，可知標準彈道散布之變因為彈重、初速、射角及相應阻力係數，為了找尋變因變量值，須確保模組所得各數值均能與射表相符合，方能以模組推算各項變因的變量值，以表 3 為例，標準彈道模組所得每加減 1 仰度及每 1 彈體方塊重對距離產生之變化量，結果均與射表相符，並推算出射表未記載之彈重誤差影響初速變化量（如表 3 黃底部分），以四號裝藥為例，為每增加 1 方塊重，初速減少 5.979 英呎/每秒；每減少 1 方塊重，初速增加 5.859 英呎/每秒，各項變因變量值均確認後，即可獲得任意距離之「距離公算偏差」值（如表 4），最後於每項變因中加入散布倍數隨機抽樣設定，並確保公算偏差出現機率符合正常命中公算表所列常態分布機率值<sup>13</sup>，以模擬各項變因隨機散布情形，即可完成隨機散布標準彈道模組之建構。

<sup>13</sup>同註 3，頁 5-154。

表 3 各項變因變量數值表

| 裝藥 | 距離   | 仰度      | 阻力<br>CDX | 阻力<br>CDY | 距離<br>(變化量) | 標準彈重<br>(變化量) | 初速      | 距離<br>(變化量) |
|----|------|---------|-----------|-----------|-------------|---------------|---------|-------------|
| 4  | 4000 | 357.369 | 0.1266    | 0.4259    | 3999.841    | 14.96854821   | 860     | 3999.841    |
|    |      | 358.369 |           |           | 4007.754    | 15.24070363   | 854.021 | 3958.526    |
|    |      | +1      |           |           | +7.913      | +0.6 磅        | -5.979  | -41.315     |
|    |      | 356.369 |           |           | 3991.914    | 14.69639279   | 865.859 | 4039.832    |
|    |      | -1      |           |           | -7.927      | -0.6 磅        | +5.859  | +39.991     |
|    | 4500 | 423.752 | 0.1283    | 0.3586    | 4500.037    | 14.96854821   | 860     | 4500.037    |
|    |      | 424.752 |           |           | 4506.742    | 15.24070363   | 854.021 | 4455.568    |
|    |      | +1      |           |           | +6.705      | +0.6 磅        | -5.979  | -44.469     |
|    |      | 422.752 |           |           | 4493.607    | 14.69639279   | 865.859 | 4543.015    |
|    |      | -1      |           |           | -6.43       | -0.6 磅        | +5.859  | +42.978     |
|    | 5000 | 505.44  | 0.1306    | 0.2990    | 4999.938    | 14.96854821   | 860     | 4999.938    |
|    |      | 506.44  |           |           | 5005.093    | 15.24070363   | 854.021 | 4952.827    |
|    |      | +1      |           |           | +5.155      | +0.6 磅        | -5.979  | -47.111     |
|    |      | 504.44  |           |           | 4994.948    | 14.69639279   | 865.859 | 5045.144    |
|    |      | -1      |           |           | -4.99       | -0.6 磅        | +5.859  | +45.206     |

表 4 任意距離之「距離公算偏差」數值表

| 裝藥 4 |      | 散布係數   | 射角散布    |         | 初速散布 |         | 阻力係數散布 |        | 距離<br>公算偏差     |
|------|------|--------|---------|---------|------|---------|--------|--------|----------------|
|      |      |        | 標準      | 散布值     | 標準   | 散布值     | 標準     | 散布值    |                |
| 射表距離 | 1000 | 0.291% | 74.85   | 75.068  | 860  | 861.465 | 0.1179 | 0.1182 | 6<br>(5.999)   |
|      |      |        |         |         |      |         | 1.19   | 1.1865 |                |
|      | 4000 | 0.476% | 357.369 | 359.070 | 860  | 861.465 | 0.1266 | 0.1272 | 22<br>(22.419) |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.4259 | 0.4239 |                |
|      | 4500 | 0.581% | 423.752 | 426.214 | 860  | 861.465 | 0.1283 | 0.1290 | 26<br>(25.565) |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.3586 | 0.3565 |                |
|      | 5000 | 0.835% | 505.441 | 509.661 | 860  | 861.465 | 0.1306 | 0.1317 | 29<br>(29.405) |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.299  | 0.2965 |                |
| 任意距離 | 4159 | 0.509% | 377.357 | 379.279 | 860  | 861.465 | 0.1271 | 0.1278 | 23.380         |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.4045 | 0.4024 |                |
|      | 4239 | 0.526% | 387.805 | 389.846 | 860  | 861.465 | 0.1274 | 0.1281 | 24.060         |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.3937 | 0.3917 |                |
|      | 4250 | 0.529% | 389.281 | 391.338 | 860  | 861.465 | 0.1275 | 0.1281 | 24.429         |
|      |      |        |         |         |      |         | 0.3923 | 0.3902 |                |

資料來源：表 3、4 為筆者自行整理

### 執行模擬試驗，探討空炸射擊觀測作業技術適合方案

依本軍現有裝備及空炸射擊作業基礎，並融合美軍作法之優點，制定所欲試驗方案共計 3 種（2 種改進作法，1 種現行作法，相互對照，小 T 角，射彈結果均確實可見），藉由彈道模組大量模擬各方案於諸多情況下隨機散布彈著點，綜整模擬數據及各方案呈現之結果並分析優劣，以下分別說明。

#### 一、制定試驗規則

（一）現行法則：初發射角包含 20/R，炸高與距離同時修正，炸高修正至  $\pm 10M$  以內、夾差距離至  $\pm 50M$ （距離好）即下達效力射，且取得概定距離後即

不再修正距離。

(二)改良方案 1 法則：初發射角不含  $20/R$ ，修正瞬發射彈至獲得夾差距離至 $\pm 50M$ （距離好），改行空炸試射後，不再修正距離，僅修正炸高至獲得炸高修正小於 $\pm 10M$ ，即下達效力射。

(三)改良方案 2 法則(結合現行與改良方案 1 之作法)：初發射角不含  $20/R$ ，修正瞬發射彈至獲得夾差距離至 $\pm 50M$ （距離好），改行空炸試射後，仍依實際觀彈距離，最多修正 $\pm 50$ ，並持續修正炸高，至獲得炸高修正小於 $\pm 10M$ ，即下達效力射。

## 二、執行構想

為確保試驗結果的獨立性，依據砲目遠、近、高、低之相對關係並設定隨意之差異數值，共計設置 4 種模擬情境，分別對應 3 種試驗方法，每種試驗法各別執行 5 次隨機射擊任務，每次隨機任務均產生 16 發隨機的效力射彈著點，綜整後各方案可得 320 發模擬結果（如圖 6），用以做為探討方案最終呈現及優劣分析的基礎。

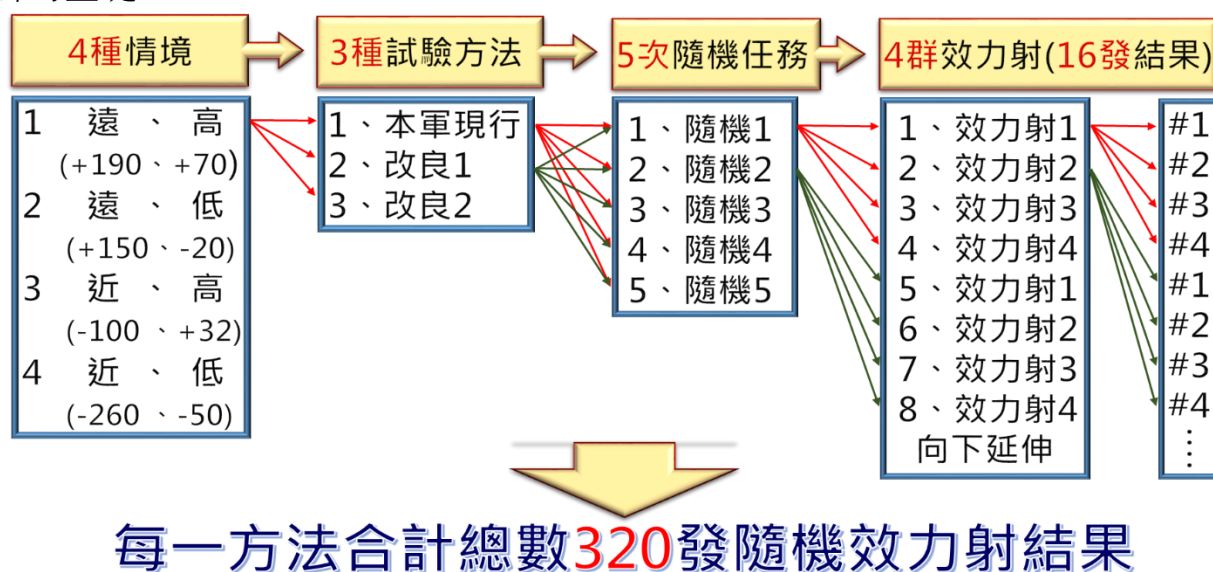


圖 6 模擬試驗執行構想示意圖

資料來源：筆者自行繪製

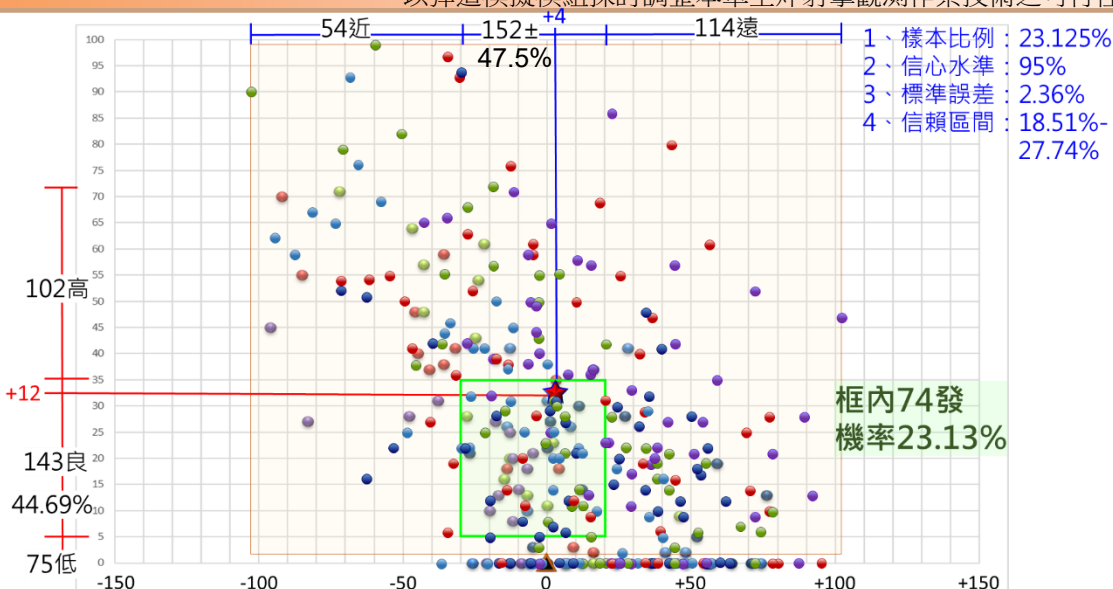
## 三、各方案試驗呈現結果

各試驗方案效力射階段分布結果如圖 7<sup>14</sup>，依改良方案 2 顯示之結果可表示為「依據 320 個樣本數，且在 95%的信心水準下，方案 2 進入最佳射擊效果範圍之機率為 28.44%，且誤差不超過 2.52%」或者「進入最佳射擊效果範圍之機率為 23.49%至 33.38%」<sup>15</sup>，若樣本數增加為 1280 個，則標準誤差可減半並縮小信賴區間，結果將越接近事件發生的真實機率。

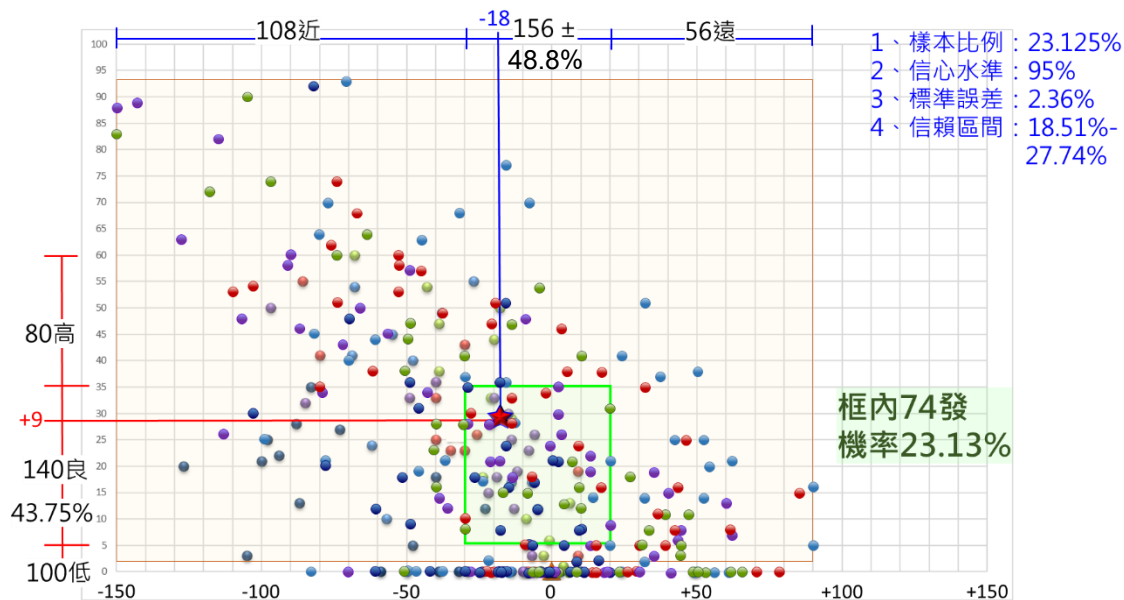
<sup>14</sup>模擬試驗全數射彈結果均記載於統計資料表內，各情境、全方案，試射及效力射階段總射擊資料計 66 頁、1576 筆。

<sup>15</sup>林柏佐，《信賴區間與信心水準的解讀》（國立臺灣師範大學），頁 3。

現行作法



改良方案1



改良方案2

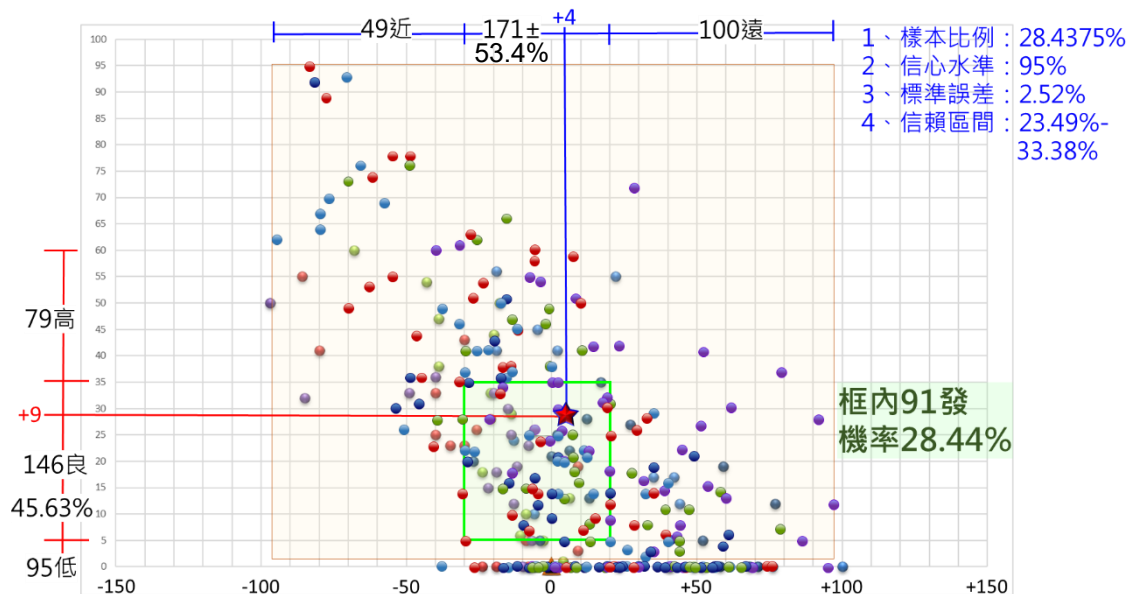


圖 7 各方案試驗結果分布圖(效力射階段)

資料來源：筆者以彈道模組自行整理及繪製

#### 四、提取有效數值，實施成果分析

##### (一)界定「最佳射擊效果框」範圍：

- 1.炸高範圍界定：空炸信管因散布關係很難獲致理想高度之炸點，若 1 倍炸高公算偏差不超過 15 公尺，在獲得 20 公尺良好炸高後，可確保後續獲得空炸機率大於 80%，將空炸範圍界定於「5 至 35 公尺」之區間，空炸於此區間之機率為 50%<sup>16</sup>。
- 2.破片殺傷縱深界定：依據觀測訓練教範第四章第三節「殺傷率」章節內容，選定 E 區之殺傷縱深範圍（如圖 8 及表 5），且在同一狀況下射擊，使用近發信管所獲之傷亡百分比，常較空炸信管者為大（如表 6），若要以空炸信管獲得與 VT 信管相同之傷亡公算因數，則其殺傷縱深應較 VT 信管為小，然而無論選擇何區塊，套用於各方案均為相同試驗條件。

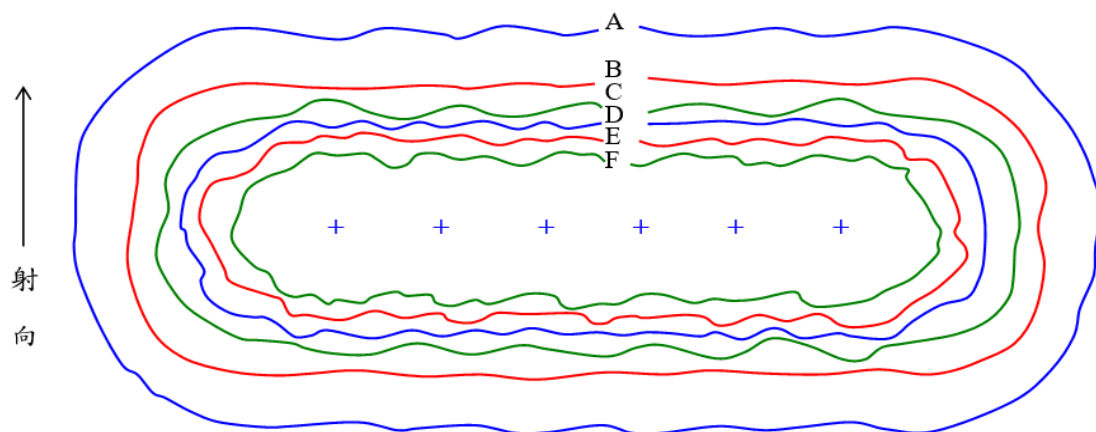


圖 8 砲兵連彈群殺傷效力界範圍

表 5 砲兵連一群射彈涵蓋範圍及傷亡百分比統計表

| 火 砲                         | 依圖 8 所畫之地區 | 傷亡公算因數       | 總面積<br>(平方公尺) | 縱深<br>(公尺) | 橫寬<br>(公尺) | 預期傷亡百分比    |
|-----------------------------|------------|--------------|---------------|------------|------------|------------|
| 一〇五公厘榴砲；VT；火砲數 6；炸點間隔，30 公尺 | A          | 0.001        | 32,926        | 155        | 190        | 1.8        |
|                             | B          | 0.005        | 24,322        | 120        | 180        | 2.4        |
|                             | C          | 0.010        | 18,928        | 100        | 175        | 2.8        |
|                             | D          | 0.020        | 13,075        | 75         | 165        | 3.4        |
|                             | <b>E</b>   | <b>0.030</b> | 9,144         | <b>55</b>  | 155        | <b>3.8</b> |

表 6 砲兵連一群射彈涵蓋範圍及傷亡百分比統計表

| 單位         | 裝藥 | 距離    | 彈群       | 傷亡累積百分比    |            |
|------------|----|-------|----------|------------|------------|
|            |    |       |          | 近發         | 空炸         |
| 105 公厘榴彈砲營 | 5  | 5,100 | <b>1</b> | <b>8.0</b> | <b>6.9</b> |
|            |    |       | 2        | 13.4       | 9.9        |

資料來源：圖 8、表 5、表 6 均取自陸軍野戰砲兵觀測訓練教範，頁 4-68、頁 4-69 及頁 4-110。

<sup>16</sup>同註 3，頁 4-91。

另任何單發砲彈空炸時，除高射界射擊外，不論何種口徑，其破片在地面上散布之狀況，均概略成蝶形，並稱為「砲彈（蝶形）效力界」（如圖 9）。其破片之大部份均散飛於射彈正下方及其兩側之地面，一部份破片則散飛於彈丸前方，形成顯明之第二有效殺傷地區，稱「前方散飛」<sup>17</sup>，因此界定殺傷縱深範圍為近 30m 至遠 20m，若獲得較目標為近之空炸射彈，亦因第二殺傷區而獲得些許殺傷補償，結合界定之炸高範圍區間，所得效果框範圍如圖 10。

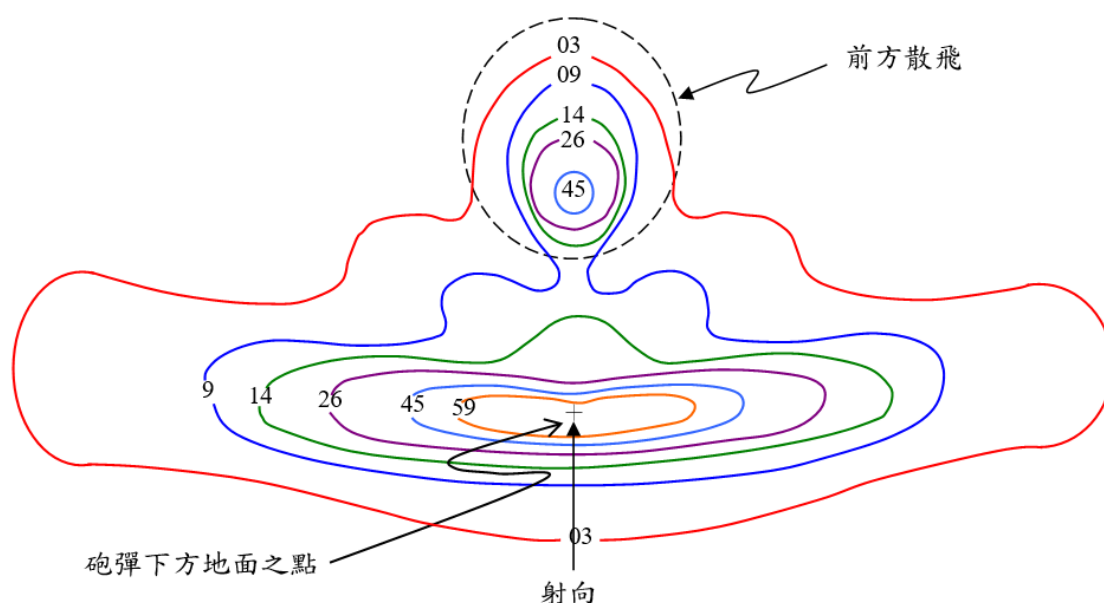


圖 9 砲彈（蝶形）效力界

通過目標上方20公尺標準彈道

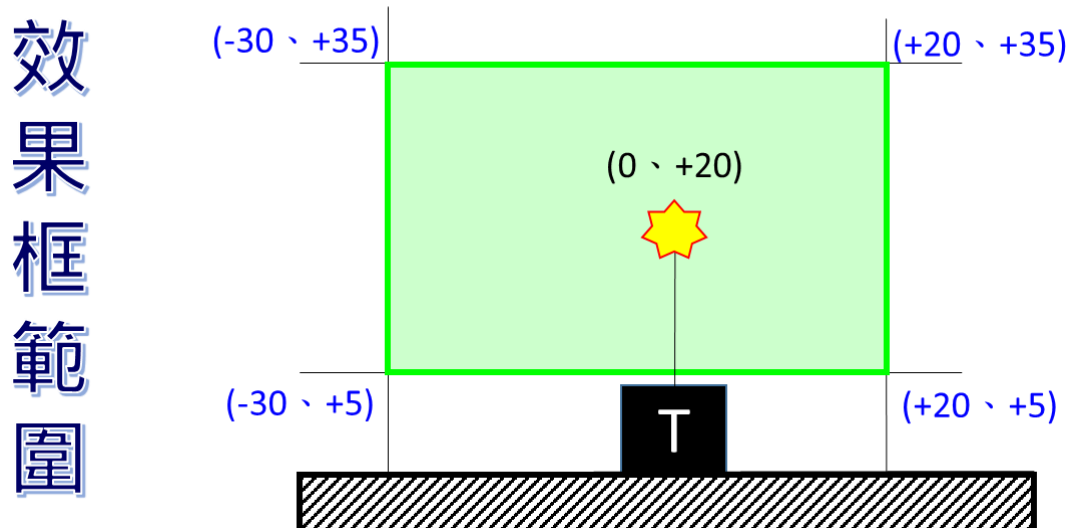


圖 10 界定最佳射擊效果範圍示意圖

資料來源：圖 9 取自陸軍野戰砲兵觀測訓練教範，頁 4-68；圖 10 為筆者自行繪製。

## (二)隨機散布與標準彈道之效力射諸元誤差比較：

<sup>17</sup>同註 3，頁 4-66。

將各方案於各情境射擊任務之平均效力射諸元與真實彈道諸元比較，若誤差越小，即代表效力射彈著越能靠近所望射擊效果框，且若每次射擊任務進入效力射之諸元範圍越小，則代表隨機射彈飛散範圍較密集，有助於射效，兩者均以改良方案 2 表現最佳，改良方案 1 較差（如下表）。

| 區分   |           | 4 種情境      |            |            |            | 平均誤差   | 比序 | 效力射諸元範圍 | 比序 |
|------|-----------|------------|------------|------------|------------|--------|----|---------|----|
|      |           | 1<br>(近、高) | 2<br>(遠、低) | 3<br>(遠、高) | 4<br>(近、低) |        |    |         |    |
| 現行作法 | 射角誤差(密位)  | -0.947     | +4.291     | +2.858     | +0.562     | +1.691 | 2  | 5.238   | 2  |
|      | 信管時間誤差(秒) | -0.002     | +0.22      | +0.137     | -0.049     | +0.077 | 2  | 0.269   | 2  |
| 改良 1 | 射角誤差(密位)  | -5.117     | -1.479     | -6.293     | +1.685     | -2.801 | 3  | 7.978   | 3  |
|      | 信管時間誤差(秒) | -0.183     | 0          | -0.27      | +0.08      | -0.093 | 3  | 0.35    | 3  |
| 改良 2 | 射角誤差(密位)  | -1.184     | +1.955     | +1.466     | +0.046     | +0.571 | 1  | 3.139   | 1  |
|      | 信管時間誤差(秒) | -0.002     | +0.073     | +0.137     | +0.015     | +0.056 | 1  | 0.139   | 1  |

### (三)獲得 5-35 公尺理想炸高結果比較：

機率越高代表取得概定距離所相應之信管時間以及高低修正量數值越正確，以改良方案 2 表現最佳，改良方案 1 較差（如下表）。

| 區分   |    | 4 種情境            |                  |                  |                  | 平均機率<br>46.61% | 比序 |
|------|----|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----|
|      |    | 1(近、高)<br>53.29% | 2(遠、低)<br>40.76% | 3(遠、高)<br>44.91% | 4(近、低)<br>47.47% |                |    |
| 現行做法 | 發數 | 35               | 31               | 33               | 44               | 44.69%         | 2  |
|      | 機率 | 43.75%           | 38.75%           | 41.25%           | 55%              |                |    |
| 改良 1 | 發數 | 41               | 32               | 25               | 42               | 43.75%         | 3  |
|      | 機率 | 51.25%           | 40%              | 31.25%           | 52.5%            |                |    |
| 改良 2 | 發數 | 45               | 29               | 32               | 40               | 45.63%         | 1  |
|      | 機率 | 56.25%           | 36.25%           | 40%              | 50%              |                |    |

### (四)隨機散布平均彈著點誤差比較：

將各方案於各情境射擊任務之效力射平均彈著點與射擊效果框比較，探討各方案之平均彈著點與目標上空 20 公尺所望炸點接近之程度及進入射擊效果框次數，平均徑誤差越小代表平均彈著點越接近所望炸點，兩者均以改良方案 2 表現最佳，改良方案 1 較差（如下表）。

| 區 分              |              | 4 種情境          |                |                |                | 平均<br>徑誤差 | 比序 | 平均彈著<br>點未進效果<br>框次數 | 比序 |
|------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----|----------------------|----|
|                  |              | 1<br>(近、<br>高) | 2<br>(遠、<br>低) | 3<br>(遠、<br>高) | 4<br>(近、<br>低) |           |    |                      |    |
| 現<br>行<br>做<br>法 | 距離誤差<br>(公尺) | -4             | +24            | +7             | -3             | 15.93M    | 2  | 1                    | 2  |
|                  | 炸高誤差<br>(公尺) | +8             | +19            | +15            | +7             |           |    |                      |    |
| 改<br>良<br>1      | 距離誤差<br>(公尺) | -33            | -4             | -52            | +27            | 31.47M    | 3  | 2                    | 3  |
|                  | 炸高誤差<br>(公尺) | +6             | +10            | +16            | +3             |           |    |                      |    |
| 改<br>良<br>2      | 距離誤差<br>(公尺) | -1             | +4             | +7             | +6             | 10.7M     | 1  | 優 0                  | 1  |
|                  | 炸高誤差<br>(公尺) | +7             | +15            | +12            | +2             |           |    |                      |    |

### (五) 進入效力射所需群數與進入效果框機率比較：

綜整各方案隨機模擬之結果，以改良方案 2 進入所望射擊效果框之機率最高，惟試射所需群數較現行作法及改良方案 1 多 1 群（如下表）。

| 區 分              |    | 4 種情境                    |                          |                          |                          | 進框<br>機率<br>39.23% | 比序 | 進入效力射所需群數 |     |     |     | 平均<br>群數 | 比序 |
|------------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----|-----------|-----|-----|-----|----------|----|
|                  |    | 1<br>(近、<br>高)<br>40.58% | 2<br>(遠、<br>低)<br>38.35% | 3<br>(遠、<br>高)<br>38.84% | 4<br>(近、<br>低)<br>39.16% |                    |    | 1         | 2   | 3   | 4   |          |    |
| 現<br>行<br>做<br>法 | 發數 | 26                       | 11                       | 12                       | 25                       | 23.13%             | 2  | 3.8       | 3.2 | 3.6 | 3.2 | 3.5      | 1  |
|                  | 機率 | 32.5%                    | 13.75%                   | 15%                      | 31.25%                   |                    |    |           |     |     |     |          |    |
| 改<br>良<br>1      | 發數 | 24                       | 20                       | 11                       | 19                       | 23.13%             | 2  | 5         | 4.6 | 3.8 | 5   | 4.6      | 2  |
|                  | 機率 | 30%                      | 25%                      | 13.75%                   | 23.75%                   |                    |    |           |     |     |     |          |    |
| 改<br>良<br>2      | 發數 | 32                       | 17                       | 16                       | 26                       | 28.44%             | 1  | 5         | 4.8 | 4   | 5.2 | 4.8      | 3  |
|                  | 機率 | 40%                      | 21.25%                   | 20%                      | 32.5%                    |                    |    |           |     |     |     |          |    |

## 五、小結

(一)就射擊程序而言，本軍現行作法初發以空炸信管射擊，觀測人員同時修正炸高與距離，若初發彈著距離目標過遠或炸高過高者，可能難以做實際及準確之射彈觀測及修正，產生誤觀測或誤修正，而徒增試射次數；若以瞬發信管試射，則可縮小試射階段射彈分布範圍（如圖 11），修正射彈至接近目標之概定距離後，再修正炸高，以實際射彈觀測執行面而言，較為確實且準確。

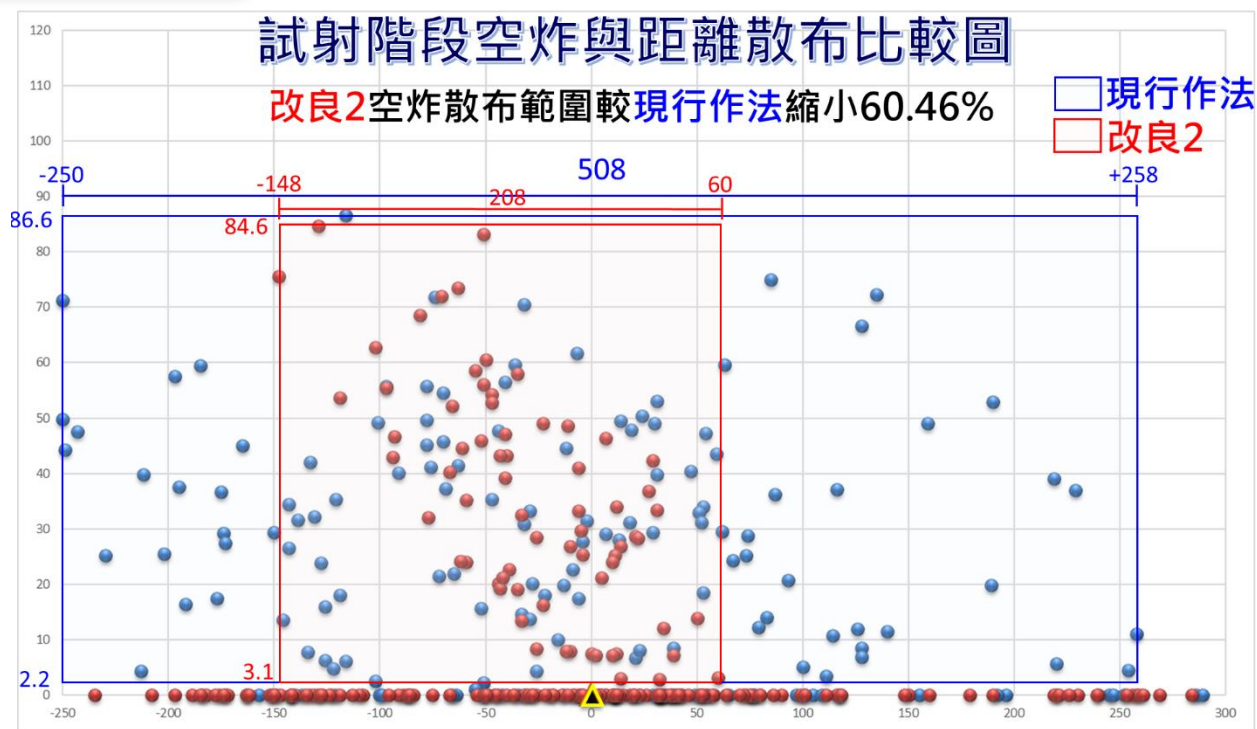


圖 11 現行與方案 2 試射階段射彈散布分布圖

資料來源：筆者以彈道模組自行整理及繪製

(二)諸多比較中改良方案 1 表現均為最差，探究其原因為該方案先以瞬發信管取得概定距離後不再修正距離，惟該距離可能為距離散布所致，而獲得非接近目標之概定距離，又本軍炸高修正之作法，係以調整火砲高低諸元，於試射階段必定會改變每群射彈之彈道，此時的散布又額外加上因炸高散布所產生的距離誤差，使彈著分布情形更加複雜，由試驗結果得知是否獲得較正確之概定距離，對於空炸射擊成效影響甚鉅。

(三)承二點，若要改善方案 1 之結果，則增加限制因素如下：

- 1.未構成遠近夾差前之距離好，其概定距離與目標真實距離之平均誤差較大。
- 2.依該群（距離好）明確之平均距離判定遠近彈，實施距離修正，可縮小誤差，惟與準則獲得距離好不修正之規範不符。
- 3.若該群（距離好）平均距離與目標距離誤差在單發射彈有效殺傷縱深內（105H 為 $\pm 10M$ ），以原距離補打 1 群，若仍為相同結果，可判定距離好，所得誤差較小。

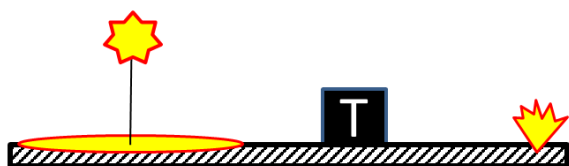
(四)承二、三點，探討改良方案 1 限制因素之解決方法，進而產生改良方案 2 之作法，說明如下：

- 1.以往實彈射擊經驗，在實施瞬發距離修正時，必須思考距離散布所產生

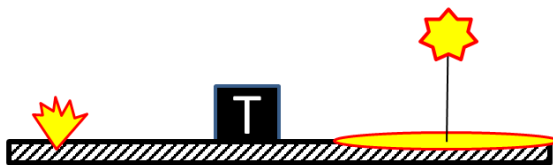
之結果，「眼見不一定為憑」，然而進入空炸射擊階段，射彈散布已經由平面散布轉為立體空間散布，且炸高散布又連帶產生破片落地效力面之距離誤差並且與距離散布同時作用，使彈著分布情形更加複雜，觀測人員已難再加入更多判斷思維，此時過多的限制因素及修正法則，反而會造成更大負擔且易產生混亂。

2. 在現有作業基礎，不做過多調整之原則下，思考改良方案 1 之解決方法，即初步取得概定距離後，改以炸高修正為主，並對修正後改變之彈道，持續實施微幅距離修正（因此時彈著已接近目標區，距離修正最多不超過  $\pm 50$  公尺），由試驗結果得知此法獲得正確概定距離之機率較高，並且可解除改良方案 1 所有限制。
3. 若信管時間散布較大（比對射表資料 M520 較 M564 時間散布為大），可能導致觀測視界內 1 群試射彈（2 發）間炸高及距離落差甚大，而準則並未明確說明諸多現象（如圖 12）對應之修正作法，於改良方案 2 中，觀測人員可採直接修正法則（眼見為憑），無須加入過多修正法則，即可獲致較大成功公算，並且可加速射彈修正時間。

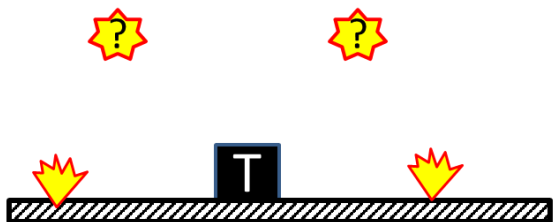
1、空炸近彈、著發遠彈  
(直接判定距離好)



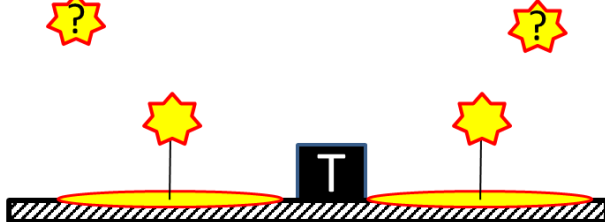
2、空炸遠彈、著發近彈  
(直接判定距離好)



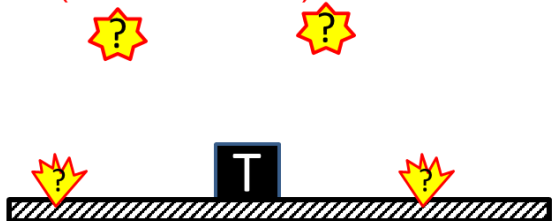
3、空炸過高無破片落地效力面  
(直接依著發彈判定遠近彈)



4、僅能看到單發破片落地效力面  
(直接依落地效力面判定遠近並修炸高)



5、空炸超高，構成之混合  
(不修距離及炸高)



6、空炸超高，構成之空炸  
(依可觀測空炸彈實施距離及炸高修正)

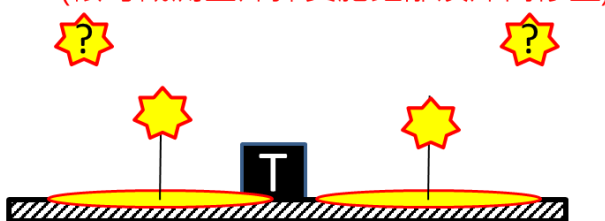


圖 12 直接修正法則示意圖

資料來源：筆者自行繪製

## 結論與建議

### 一、結論

改良方案 2（初發瞬發修正至概定距離，改行空炸試射，至獲得良好炸高效力射，期間持續修正射彈距離）結合了美軍及本軍現行作法並改善方案 1 之缺點，依據試驗綜合結果，可評估調整為本軍空炸射擊觀測作業技術之作法，另外在獲得修正量（含時間修正量），以決定諸元發射之射彈已非常接近目標，最多僅需試射 1 至 2 發即可效力射之情況下，可直接以空炸信管射擊，觀測人員同時修正距離及炸高，保持速度與精度之彈性。

另外，筆者在模擬試驗過程中深切體認「工欲善其事、必先利其器」，畢竟 EXCEL 並非專業彈道計算及分析軟體，在使用上仍然需要以人工採多項步驟操作方式完成，依蒙地卡羅法試驗精神，非常耗費時間成本，然而逐筆紀錄、統計、分析試驗資料雖然耗神及耗時，卻非整個試驗過程中最為困難之部分，而是準則未明確說明特定射彈結果之修正法則，導致試驗條件不一致而重行試驗，對此筆者依試驗所得結論提出相關建議如下。

### 二、建議

（一）陸軍野戰砲兵觀測訓練教範第三至五章之內容甚為寶貴實用，對於彈道特性、散布及射擊概念做了詳細解釋，吾人均應詳讀以提升見解，相關內容亦為彈道模組發展之基礎。

（二）雖然彈道模擬各試驗條件已盡可能設想周到，力求客觀的呈現各方案最終趨勢，若可藉實彈射擊驗證，定可做為修正方案有力之依據，然而實彈射擊驗證需要確保之變因繁多，舉如同火砲條件、相同彈藥品質、相同膛外因素影響等，稍有不慎即影響試驗結果，而浪費人力、物力，因此，若新式砲兵觀測模擬器內具備彈道參數、環境影響等更加詳細的設定功能，除使彈道表現趨近於非標準狀況之現實環境，更可以實際畫面及飛行數據體現各方案最終結果，進而取代實彈射擊試驗。

（三）依本次試驗呈現之結果，尚發掘原準則未明確敘述而有疑義之條文計 2 條，可納為準則驗證條文，待後續實彈射擊及新式觀測模擬器驗證成果，可作為觀測訓練教範修訂之依據，修正建議如下：

#### 1. 條文第 06032 試射

（1）原條文：空炸射擊須將炸高提高至良好位置，或經修正後之炸高必屬良好者，始可進入效力射，如最後一群為著發者，不應進入效力射。

（2）修正原因：未明確律定進入效力射前之炸高允許修正量（如美軍為 40 公尺以內）。

（3）試驗說明：選擇符合態樣之試驗結果（如下表，取自試驗統計表），炸高

修正至 20 公尺以內進入效力射之射角誤差雖較修正至 10 公尺以內為大，惟兩者誤差甚微，因此炸高修正至 20 公尺以內效力射，可節省彈藥及時間，並獲得不遜於修正至 10 公尺以內之結果。

|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|-------------|----|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------|--------|--------|
| 炸高修正至20公尺以內 |    | 射角誤差   | 時間誤差   | 炸高修正至10公尺以內 |        | 射角誤差   | 時間誤差   |       |        | 射角誤差   | 時間誤差 |        |        |
|             | 1  | 3.545  | -0.123 |             | 1      | 4.197  | 0.179  | 17    | -3.793 | -0.178 | 33   | 3.786  | 0.137  |
|             | 2  | -3.584 | -0.123 |             | 2      | -5.96  | -0.123 | 18    | 0.092  | 0.144  | 34   | 1.593  | -0.178 |
|             | 3  | -4.333 | 0.137  |             | 3      | -2.396 | -0.123 | 19    | 1.169  | 0.144  | 35   | -2.716 | -0.178 |
|             | 4  | 2.626  | 0.137  |             | 4      | -2.396 | -0.123 | 20    | 1.169  | 0.144  | 36   | 3.324  | 0.144  |
|             | 5  | -2.716 | -0.178 |             | 5      | 0.633  | 0.179  | 21    | 0.633  | 0.179  | 37   | 4.401  | 0.144  |
|             | 6  | 0.092  | 0.144  |             | 6      | 0.936  | 0      | 22    | -2.396 | -0.123 | 38   | -5.96  | -0.123 |
|             | 7  | 4.401  | 0.144  |             | 7      | 1.934  | 0      | 23    | -0.02  | -0.123 | 39   | -2.396 | -0.123 |
|             | 8  | -1.744 | 0.179  |             | 8      | -2.357 | 0      | 24    | -3.584 | -0.123 | 40   | -2.396 | -0.123 |
|             | 9  | -5.96  | -0.123 |             | 9      | 10.422 | 0.366  | 25    | 0.633  | 0.179  | 41   | 0.936  | 0      |
|             | 10 | -3.173 | 0.137  |             | 10     | -1.259 | 0      | 26    | -0.162 | 0      | 42   | -2.357 | 0      |
|             | 11 | -2.014 | 0.137  |             | 11     | -0.854 | 0.137  | 27    | -0.162 | 0      | 43   | -2.357 | 0      |
|             | 12 | -3.584 | -0.123 |             | 12     | 4.946  | 0.137  | 28    | 5.327  | 0.366  | 44   | -1.259 | 0      |
|             | 13 | 0.092  | 0.144  |             | 13     | 2.626  | 0.137  | 29    | -0.854 | 0.137  | 45   | 0.092  | 0.144  |
|             |    |        |        |             | 14     | 1.466  | 0.137  | 30    | 4.946  | 0.137  | 46   | 1.169  | 0.144  |
|             |    |        |        |             | 15     | -0.854 | 0.137  | 31    | 3.786  | 0.137  |      |        |        |
|             |    |        | 16     | 1.593       | -0.178 | 32     | 2.626  | 0.137 |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |
|             |    |        |        |             |        |        |        |       |        |        |      |        |        |

(4)建議修正：空炸射擊須將炸高提高至良好位置，或經修正後(炸高修正量小於 20M(含))之炸高必屬良好者，始可進入效力射，如最後一群為著發者，不應進入效力射。

## 2.條文第 06023 射彈修正

(1)原條文：應視混合狀況是否正常，做適當修正，例如一發炸點甚高之空炸與一發著發形成之混合，往往不提高炸點，後群反而能得到較理想之炸高。

(2)修正原因：修正條文用語，使之更為準確。

(3)試驗說明：選擇符合態樣之試驗結果（如下表，取自試驗統計表），當觀測到炸高甚高之射彈（良好炸高 20 公尺 + 2 倍炸高公算偏差 30 公尺(2 X 15) + 非正確概定距離產生之射角及信管時間誤差而連動影響炸高誤差 10 公尺，計 60 公尺以上）所形成之混合，觀測官可假設應為時間公算偏差過大所導致，不實施距離及炸高修正，以原諸元再行射擊 1 群，後群反而較能獲得可為炸高修正依據之觀測結果。

| 第 1 群 | FDC 射擊諸元 |        |    |         | 第 3 砲 | 射 CD | -0.9      | 射 CD | 2.2  | 修正報告      |      | 不予修正 |
|-------|----------|--------|----|---------|-------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|
|       | 圖上距離     | 4200   | 仰度 | 382.688 |       | 初時   | 炸高甚高產生之混合 | 距離   | 炸高   | 距離        | 炸高   |      |
| 第 2 群 | 時間       | 18.991 | 射角 | 396.835 | 第 3 砲 | 距離   | 炸高        | 砲    | 距離   | 炸高        | 修正報告 |      |
|       | 時間       | 18.991 | 射角 | 396.835 |       | 4249 | V         | ?    | 86.6 | OV        | 修正報告 |      |
| 第 2 群 | FDC 射擊諸元 |        |    |         | 第 3 砲 | 射 CD | 1.5       | 射 CD | 0.9  | 修正報告      |      | 不予修正 |
|       | 圖上距離     | 4200   | 仰度 | 382.688 |       | 初時   | 次群較為可觀測修正 | 距離   | 炸高   | 距離        | 炸高   |      |
| 第 2 群 | 時間       | 18.991 | 射角 | 396.835 | 第 3 砲 | 距離   | 炸高        | 砲    | 距離   | 炸高        | 修正報告 |      |
|       | 時間       | 18.991 | 射角 | 396.835 |       | 4156 | 47.7      | ?    | 54.6 | 4156 51.2 | 修正報告 |      |

| 第1群 | FDC 後續修正 |        |    |         | 第3砲 | 射 CD | -0.2 |           | 射 CD | -1.5 | 修正報告 |      |
|-----|----------|--------|----|---------|-----|------|------|-----------|------|------|------|------|
|     | 圖上距離     | 4600   | 仰度 | 438.595 |     | 初時   | 炸高   | 甚高產生之混合   | 初時   | 炸高   | 距離   | 炸高   |
| 第2群 | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 | 第3砲 | 距離   | 炸高   | 砲         | 距離   | 炸高   | Ⓔ    |      |
|     | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 |     | ?    | 60.5 |           | 4568 | V    | 4568 |      |
| 第2群 | FDC 射擊諸元 |        |    |         | 第3砲 | 射 CD | 1.5  |           | 射 CD | 0.8  | 修正報告 |      |
|     | 圖上距離     | 4600   | 仰度 | 438.595 |     | 初時   | 炸高   | 次群較為可觀測修正 | 初時   | 炸高   | 距離   | 炸高   |
| 第2群 | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 | 第3砲 | 時間   | -0.8 | 4         | 時間   | -1.2 | +50  | ⌈20  |
|     | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 |     | 距離   | 炸高   | 砲         | 距離   | 炸高   | 4526 | 42.4 |
| 第2群 | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 | 第3砲 | 距離   | 炸高   | 砲         | 距離   | 炸高   | 4526 | 42.4 |
|     | 時間       | 21.523 | 射角 | 456.711 |     | 4529 | 44.5 |           | 4523 | 40.3 | 4526 | 42.4 |

(4)建議修正：應視混合狀況是否正常，做適當修正，例如一發炸點甚高之空炸與一發著發形成之混合，往往不提高炸點，後群反而較能獲得可為炸高修正依據之觀測結果。

### 參考文獻

- 一、《Field Artillery Manual Cannon Gunnery(TC 3-09.81)》(Washington,D C，2016年4月)。
- 二、《Observed Fires(ATP 3-09.30)》(Washington,DC，2017年9月)。
- 三、《Field Artillery Gunnery(FM6-40)》(1974年7月)。
- 四、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國111年10月28日)。
- 五、維基百科，〈[https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/M119 howitzer](https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/M119_howitzer)〉，2024年12月4日。
- 六、維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/常態分布>〉，2024年9月29日。
- 七、維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/蒙地卡羅方法>〉，2024年12月9日。
- 八、嚴章庚、祁戴康，《射表技術》(北京：國防工業出版社，2000年1月)。
- 九、林柏佐，《信賴區間與信心水準的解讀》(國立臺灣師範大學)。

### 作者簡介

林政諭少校，陸軍官校 93 年班機械系，歷任觀通組長、副連長、連長、參謀主任，現任職陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。

# 人攜式刺針飛彈系統簡介與運用芻論

作者：陳郁文中校

## 提要

- 一、陸軍目前使用刺針飛彈之部隊計有陸航部隊與野戰防空部隊，陸航部隊阿帕契攻擊直升機(AH-64E)掛載刺針飛彈作為對空作戰使用，野戰防空部隊目前使用刺針飛彈之武器系統計有復仇者飛彈系統與雙聯裝刺針飛彈系統；陸軍預計採購人攜式刺針飛彈系統，配合現有復仇者飛彈系統、雙聯裝刺針飛彈系統與陸射劍二飛彈系統，可使陸軍野戰防空部隊武器系統更加多元化，增加兵(火)力運用彈性。
- 二、人攜式刺針防空飛彈於美軍服役迄今已 40 餘年，為多個國家採用且性能經過實戰驗證；陸軍雙聯裝刺針飛彈系統與復仇者飛彈系統使用刺針飛彈迄今也已 20 餘年，本文為筆者採用期刊論文、新聞報導等公開資料，結合個人實務經驗與研究心得撰寫，內容如有未盡周延之處，歡迎各位先進來電賜教討論。
- 三、本篇文章首先介紹人攜式刺針飛彈系統組成與相關諸元，接續研析系統能力與限制，最後針對未來獲裝後人員編組規劃、作戰運用方式及自主研發方向提出個人淺見與建議；目的在使讀者對於本套系統具備初步認識與運用概念，並先期提供相關建議事項供各類型部隊參考，俾利後續發展出適合各兵科之配賦運用方式。

關鍵詞：野戰防空部隊、人攜式刺針飛彈系統、刺針飛彈

## 前言

陸軍目前使用刺針飛彈之部隊計有陸航部隊與野戰防空部隊，陸航部隊阿帕契攻擊直升機(AH-64E)掛載刺針飛彈(圖 1)作為對空作戰使用，野戰防空部隊目前使用刺針飛彈之武器系統計有復仇者飛彈系統與雙聯裝刺針飛彈系統。

復仇者飛彈系統以悍馬車為載具，可掛載 8 枚刺針飛彈，具有車外遙控射擊、行進間射擊與獨立對空接戰能力；<sup>1</sup>雙聯裝刺針飛彈系統以三腳架總成結合俯仰托架總成，可裝掛 2 枚刺針飛彈，具有模組化設計、快速裝填與獨立目視接戰能力，<sup>2</sup>兩套飛彈系統為我陸軍現行低空防護主力，烏克蘭於俄烏戰爭中，亦分別接受美國援助復仇者飛彈系統<sup>3</sup>(圖 2)與立陶宛所援助的雙聯裝刺針飛彈系

1 《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 1-8。

2 《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 10 日)，頁 1-13 至 1-14。

3 賴名倫，〈美首度援烏「復仇者」助抗無人機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1545659&type=universal>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。

統<sup>4</sup>(圖 3)，由此窺知兩套武器系統與刺針飛彈性能，仍足以擔負現代戰場野戰防空任務。



圖 1 AH-64E 掛載刺針飛彈(紅圈處)

資料來源：李德威，〈AH-64E 虎斑鯊塗裝現身〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1620999>，檢索日期：2025 年 5 月 1 日。



圖 2 美國援烏復仇者飛彈系統

資料來源：賴名倫，〈美首度援烏「復仇者」助抗無人機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1545659&type=universal>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。

<sup>4</sup> 賴名倫，〈烏克蘭總統視察前線 展衛國決心〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1484276&type=international>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。



圖 3 立陶宛援烏雙聯裝刺針系統

資料來源：賴名倫，〈烏克蘭總統視察前線 展衛國決心〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1484276&type=international>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。

陸軍預計採購 250 枚刺針飛彈與 108 套發射握把，<sup>5</sup>正式獲裝後，配合現有復仇者飛彈系統、雙聯裝刺針飛彈系統與陸射劍二飛彈系統，可使陸軍野戰防空部隊武器系統更加多元化，增加兵(火)力運用彈性；本文期藉人攜式刺針飛彈系統諸元簡介，進一步淺論系統能力限制與運用方式，俾使讀者對於系統能有初步認識與運用概念。

### 人攜式刺針飛彈系統簡介

人攜式刺針飛彈系統主要由刺針飛彈(Stinger Missile)、發射筒(Launch Tube)、發射握把(Gripstock)、電池冷卻單元(Battery Coolant Unit, BCU)與敵我識別器(IFF Interrogator)等組成(表 1)，<sup>6</sup>簡介說明如下：

#### 一、刺針飛彈(Stinger Missile, 表 2)

陸軍目前使用之刺針飛彈屬第三代刺針飛彈 RMP(Reprogrammable Microprocessor)型，反反制與紅外線識別能力均較前兩代刺針飛彈有所提升；<sup>7</sup>陸軍未來將獲得 FIM-92F Block I 型刺針飛彈，藉由更新飛彈尋標器與控制軟體，提升飛彈接戰無人機等小型目標能力。<sup>8</sup>

<sup>5</sup>游凱翔，〈海軍：250 枚人攜式刺針飛彈美方回覆 114 年準時交裝〉，<http://www.cna.com.tw/news/aip/202403240104.aspx>，檢索日期：2025 年 4 月 25 日。

<sup>6</sup>GlobalSecurity.org，〈PART1 THE STINGER WEAPON SYSTEM CHAPTER1 System Description〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch1.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 4 日。

<sup>7</sup>楊培毅，〈人攜式防空飛彈擊殺性能研析-以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第 164 期，砲訓部，民國 103 年 3 月。

<sup>8</sup>薩爾斯，〈FIM-92 刺針飛彈 精準擊殺重控俄機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1492230>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

刺針飛彈主要由尋標器、導引段、彈頭、推進馬達、啟動馬達、4 片控制翼與 4 片尾翼組成，<sup>9</sup>當系統傳送發射訊號至飛彈後，首先點燃啟動馬達，將飛彈推出發射筒後，約 28 英呎(8.53 公尺)處點燃第二段推進馬達，提供飛彈飛行動力；<sup>10</sup>飛彈飛行過程，由尋標器採被動紅/紫外線雙模式導引方式，將目標訊號傳送至導引段，藉控制翼作動改變飛行軌跡與尾翼穩定彈體，使飛彈能朝向空中目標飛行，待碰撞目標後，由信管控制引爆飛彈，藉彈頭碎片擊毀(傷)目標，達到攔截空中威脅確保防護目標安全目的，若飛彈未命中目標，飛彈約 17 秒會引爆自毀。<sup>11</sup>

表 1 人攜式刺針飛彈系統組成說明表

| 人 攜 式 刺 針 飛 彈 系 統 組 成 說 明 表               |                                                                                      |                |                                                                                      |                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 人<br>攜<br>式<br>刺<br>針<br>飛<br>彈<br>系<br>統 |   |                |                                                                                      |                       |                                                                                       |
| 刺<br>針<br>飛<br>彈                          |  |                |                                                                                      |                       |                                                                                       |
| 彈<br>筒                                    |  |                |                                                                                      |                       |                                                                                       |
| 發<br>射<br>握<br>把                          |   | 電池<br>冷卻<br>單元 |  | 敵<br>我<br>識<br>別<br>器 |  |

資料來源：1.US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas, 〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉, <http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEA>

9 《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 2-33。

10 US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas, 〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉, <http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

11 US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas, 〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉, <http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

PON-SYSTEM，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。2.作者整理繪製。

表 2 刺針飛彈(FIM-92D)諸元表

| 刺 針 飛 彈 諸 元 表                                                                      |              |      |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|----------|
|  |              |      |          |
| 長度                                                                                 | 1.52 公尺      | 最大速度 | 2.2 馬赫   |
| 彈重<br>(含彈筒)                                                                        | 10.1 公斤      | 有效射程 | 4000 公尺  |
| 彈徑                                                                                 | 7 公分         | 最大射高 | 3800 公尺  |
| 推進方式                                                                               | 兩段式固態燃料火箭發動機 | 導引方式 | 紅外線導引熱追蹤 |

資料來源：1.《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日），頁 1-2 至 2-1。2. 薩爾斯，〈FIM-92 刺針飛彈 精準擊殺重挫俄機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1492230>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。3. 王保羅，〈低空防禦利器 單兵肩射式防空飛彈〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1366932&type=military>，檢索日期：2024 年 10 月 17 日。4. 辜世宏，〈聯合兵種營防空作戰之研究-以人攜式防空武器運用為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 194 期，民國 110 年 9 月。5.作者整理繪製。

二、發射筒(Launch Tube，圖 4)

發射筒用途為一次性裝填刺針飛彈，飛彈發射後即須銷毀；刺針飛彈(實彈)密封於發射筒內，避免受潮或遭異物破壞，使用者無法直接接觸到飛彈，故飛彈射擊前僅能就發射筒外觀實施檢查。

發射筒主要由前視窗、氬氣插座、臍帶插座、乾燥劑筒暨乾濕度指示劑、排氣活門、瞄準具總成、握把結合裝置、肩帶與後護蓋組成，<sup>12</sup>各部位功能說明如後。

12US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

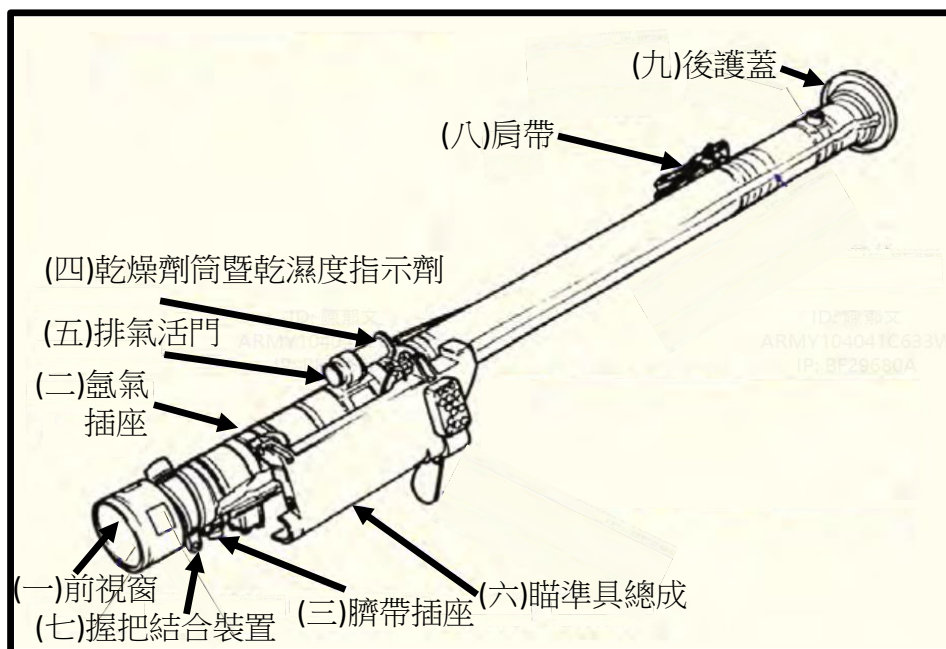


圖 4 發射筒

資料來源：1.《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 2-36。2.作者整理繪製。

(一)前視窗：保護飛彈尋標器，當飛彈發射離開發射筒時，會將前視窗撞破，其碎片可能會危害射手眼睛與手部。

(二)氬氣插座：連接電池冷卻單元(BCU)氬氣注針頭輸入氬氣。

(三)臍帶插座：連接發射握把臍帶接座，傳輸發射訊號及電力。

(四)乾燥劑筒暨乾濕度指示劑：乾燥劑筒用來吸收發射筒內水氣，確保飛彈乾燥；另可透過乾濕度指示劑顏色顯示，判斷發射筒內部有否受潮。

(五)排氣活門：於系統啟動，氬氣輸入發射筒後，適時排放發射筒內多餘氬氣，維持發射筒內壓力，確保飛彈品質。

(六)瞄準具總成：瞄準具總成包含護眼片、瞄準圈、超仰圈、揚聲器及音頻振動器(Bone Vibrator)，<sup>13</sup>提供射手對空搜索目標、距離判定、超仰接戰與判聽敵我識別、飛彈音頻使用。

1、護眼片：實彈射擊時，用來防護射手左眼，<sup>14</sup>避免前視窗碎片傷害射手(圖 5)，另為加強防護，通常會要求射手佩戴全指手套與護目鏡(圖 6)。

<sup>13</sup>Globalsecurity.org，〈PART1 THE STINGER WEAPON SYSTEM CHAPTER1 System Description〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch1.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 4 日。

<sup>14</sup>《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 2-37。



圖 5 飛彈發射後前視窗碎片

資料來源：USA Military Channel，〈低高度防空訓練-FIM-92 Stinger Missile Low Altitude Defense Training〉，<https://youtu.be/q0nuhI05QyA?si=bSSpTPLHXozVSSWP>，檢索日期：2024 年 10 月 23 日。2.作者整理繪製。



圖 6 射手佩戴全指手套與護目鏡

資料來源：郭正原，〈美、保、塞聯合實彈防空演訓〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1162251>，檢索日期：2025 年 4 月 30 日。

2、瞄準圈：提供射手搜索、追瞄、鎖定接戰目標與實施距離判定使用，噴射飛行器(定翼機、快速機)距離判定方式與雙聯裝刺針飛彈系統概同，可區分

瞄準圈判定法(圖 7)與時間計數法(圖 8)兩種，旋翼飛機(旋翼機、慢速機若射手可目視獲得，則無需實施距離判定。<sup>15</sup>

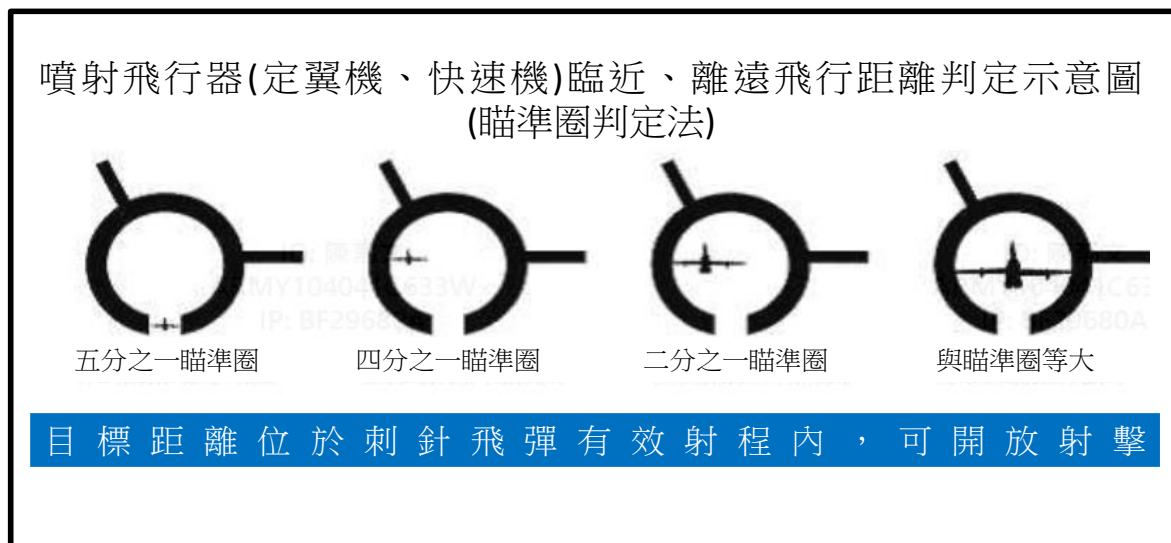


圖 7 瞄準圈判定法示意圖

資料來源：US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

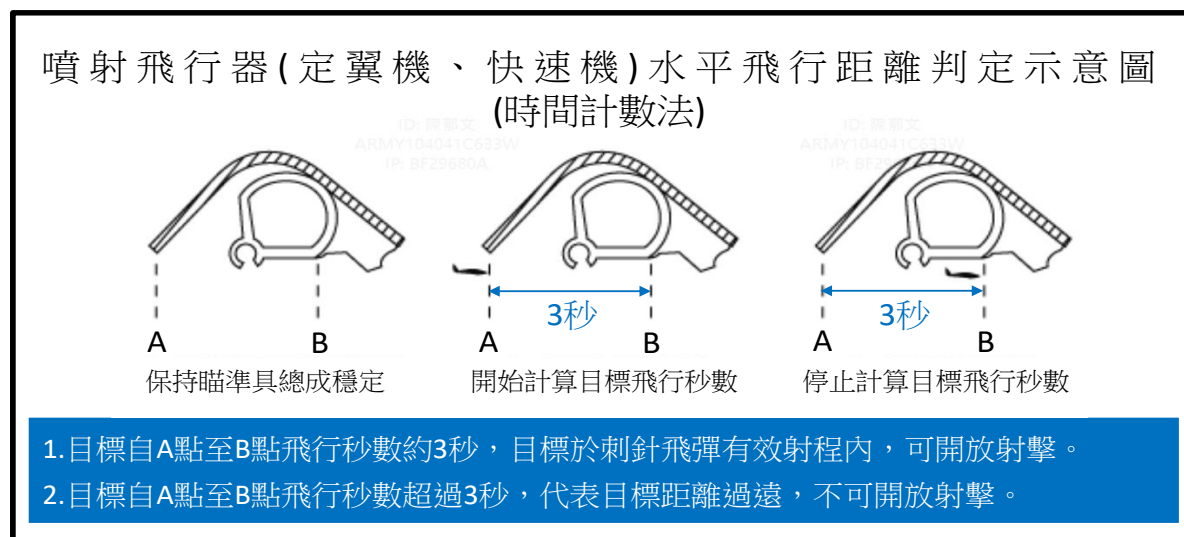


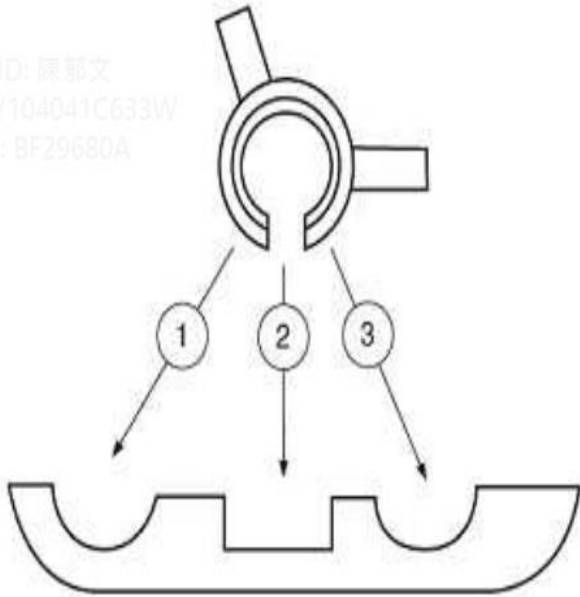
圖 8 時間計數法示意圖

資料來源：US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

<sup>15</sup> US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

3、超仰圈：為弭補飛彈發射後受地球引力影響產生之下墜角度，<sup>16</sup>且提供飛彈攔截橫向飛行目標前置量；射手發射飛彈前，須依據空中目標種類與飛行姿態，使用超仰圈實施超仰，其執行方式與雙聯裝刺針飛彈系統實施超仰之要領概同(表 3)。

表 3 人攜式刺針飛彈系統超仰實施方式說明表

| 人 攜 式 刺 針 飛 彈 系 統 超 仰 實 施 方 式 說 明 表                                                |    |      |                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|------|----------------------------------------------|
|  | 編號 | 名稱   | 目標性質                                         |
|                                                                                    | ①  | 左超仰圈 | 由左至右水平飛行定翼機。                                 |
|                                                                                    | ②  | 中超仰圈 | 1. 臨近飛行定翼機。<br>2. 離遠飛行定翼機。<br>3. 任何飛行姿態旋翼飛機。 |
|                                                                                    | ③  | 右超仰圈 | 由右至左水平飛行定翼機。                                 |

資料來源：1.US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。2.李思平，〈刺針飛彈操作與發射程序解說〉，<http://www.dtmdatabase.com/News.aspx?id=1052>，檢索日期：2025 年 1 月 13 日。3.作者整理繪製。

4、目獲指示器：區分揚聲器(speaker)與音頻振動器(Bone transducer)兩種，<sup>17</sup>將敵我識別音頻與飛彈音頻，透過揚聲器擴音與音頻振動器震動拍打射手右頰骨兩種方式，提供射手判定敵我(友)機與確認飛彈發射時機。

(七)握把結合裝置：用來將發射握把結合固定於發射筒上，當發射握把與發射筒完成結合，可稱為刺針飛彈武器系統(Stinger Weapon System)。

16 US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。  
17US Marine Corps，〈Low Altitude Air Defense(LAAD) Gunner's Handbook〉，<http://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCRP%203-25-10a.pdf>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。

(八)肩帶：供人員背負攜行使用。

(九)後護蓋：用來密封發射筒筒尾，避免氫氣外洩與防止水氣、異物進入發射筒。

### 三、發射握把(Gripstock，圖 9)：

發射握把包含握把栓扣、敵我識別器天線、保險暨啟動板機、敵我識別鍵、敵我識別器纜線接座、發射板機、電池冷卻單元結合座、尋標器開鎖鍵，<sup>18</sup>提供射手完成目標敵我識別、啟動飛彈與發射飛彈等對空接戰程序。

(一)握把栓扣：與發射筒握把結合裝置結合，使發射握把固定於發射筒上。

(二)敵我識別器天線：對空中目標發出詢問脈波，並接收空中目標回復之答詢脈波，經答詢主機處理後，產生敵我識別音頻。

(三)保險暨啟動板機：兩段式啟動機制，避免射手誤觸，壓下板機後，可啟動飛彈尋標器開始作用，電池冷卻單元亦同步開始提供系統電力與氫氣(冷卻飛彈尋標器用)。

(四)敵我識別鍵：啟動敵我識別器答詢主機，對目標發射詢問脈波。

(五)敵我識別器纜線接座：用來連接敵我識別器纜線。

(六)發射板機：供射手按壓發射飛彈。

(七)電池冷卻單元結合座：供電池冷卻單元結合於發射握把。

(八)尋標器開鎖鍵：使尋標器能自行作動持續鎖定目標，避免射手實施超仰時，導致目標脫鎖。

---

<sup>18</sup>Globalsecurity.org，〈PART1 THE STINGER WEAPON SYSTEM CHAPTER1 System Description〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch1.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 4 日。



圖 9 發射握把(Gripstock)

資料來源：1.US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas, 〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，  
<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。2.作者整理繪製。

#### 四、電池冷卻單元(Battery Collant Unit, BCU, 圖 10)

電池冷卻單元組成包含熱電池、外殼、接觸環、氬氣注針頭、噴氣膜及熱感應指示器，以旋轉方式結合於發射握把底部，當射手壓下發射握把上保險暨啟動板機，即開始供應電力並傳輸氬氣至發射筒內冷卻飛彈尋標器；電池冷卻單元作用時間約 45 秒，<sup>19</sup>使用後會產生約攝氏 200 度高溫，故射擊完畢後須立即取下，避免造成發射握把損壞。<sup>20</sup>

(一)熱電池：提供飛彈系統運作所需電力

(二)外殼：射手安裝及拆卸電池冷卻單元時，手拿取的部位，避免遭高溫燙傷。

(三)接觸環：將電力傳輸至發射筒，使飛彈系統能正常運作。

(四)氬氣注針頭：與發射筒氬氣插座連接，將氬氣輸入發射筒冷卻飛彈尋標器。

(五)噴氣膜：檢視電池冷卻單元是否正常可使用，若噴氣膜破損不可使用。

<sup>19</sup>李思平，〈刺針飛彈操作與發射程序解說〉，<http://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=1052>，檢索日期：2025 年 1 月 13 日。

<sup>20</sup>US Marine Corps, 〈Low Altitude Air Defense(LAAD) Gunner's Handbook〉，<http://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCRP%203-25-10a.pdf>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。

(六)熱感應指示器：檢視電池冷卻單元是否使用過，顏色顯示粉紅色為未使用。

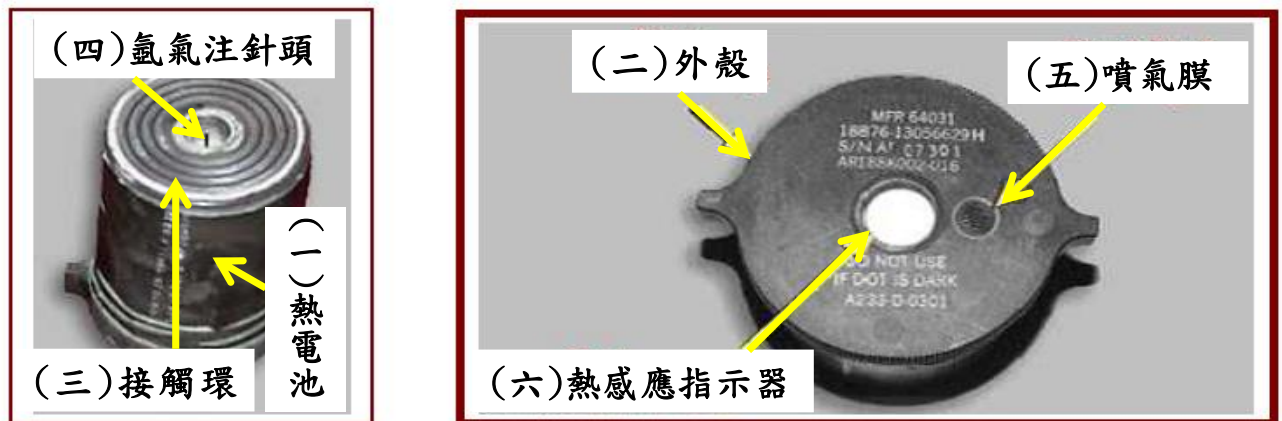


圖 10 電池冷卻單元

資料來源：1.US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas,〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。2.作者整理繪製。

## 五、敵我識別器

敵我識別器由詢問機、連接纜線與天線組件組成，輔助射手針對空中目標實施電子識別(屬絕對識別手段)，先期判明空中飛行器為我(友)機或不明機，降低誤擊機率；當射手按下敵我識別鍵，詢問機透由天線向飛行器發射詢問碼，並接收飛行器回傳之答詢碼後，產生答詢音頻供射手實施判定。<sup>21</sup>

答詢音頻區分兩種，當音頻呈現為急促間斷短音時，代表飛行器為不明機，若音頻呈現為兩間斷長音，代表飛行器為我(友)機；<sup>22</sup>不論電子識別結果為何，均需配合程序識別與完成目視複式確認後，方能發射飛彈接戰目標，以降低誤擊我(友)機之機率。

## 人攜式刺針飛彈系統能力與限制

人攜式刺針飛彈系統主要接戰目標為敵低空進襲定翼機、旋翼機、無人飛行載具與巡弋飛彈，<sup>23</sup>綜合前述各項系統諸元參數，結合作者實務經驗與研究心得，淺析系統能力與限制如下：

<sup>21</sup>李思平，〈刺針飛彈操作與發射程序解說〉，<http://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=1052>，檢索日期：2025 年 1 月 13 日。

<sup>22</sup>《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 4-36 至 4-37。

<sup>23</sup>Army Technology，〈Stinger Man-Portable Air Defense System(MANPADS)〉，<http://www.army-teshnology.com/projects/stinger-man-portable-air-defence-system-manpads/?cf-view>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。

## 一、系統能力

(一)人攜式刺針飛彈系統可藉由人力背負或運用各式載具實施機動，能克服各種地形地物，部署彈性大。

(二)人攜式刺針飛彈系統體積小，隱匿性高，接戰過程中可運用周邊地形地物隱蔽與掩蔽，提升人員戰場存活率。

(三)人攜式刺針飛彈系統採目視追瞄接戰，可於無雷達情資獲得與導引下，自力完成對空接戰。

(四)人攜式刺針飛彈系統採模組化設計，可於短時間內完成系統結合，針對低空突現目標接戰反應時間快。

(五)發射握把構造簡單，刺針飛彈彈體封存於發射筒內，僅須確保囤儲環境乾濕度符合標準，即可維持系統妥善，後維所需人力及成本較低。

(六)刺針飛彈運用相容性高，可掛載於三腳架、甲車、戰術輪車與直昇機等不同載具，<sup>24</sup>武器系統型式多元，可遂行不同類型部隊低空防護任務，確保有生力量與重要資產安全。

(七)刺針飛彈尋標器採被動紅/紫外線雙模式導引方式，具備對空作戰奇襲性與射後不理特性；飛彈發射前，在空機飛行員不易查覺已被防空飛彈鎖定，發射後人員可立即變換陣地，增加戰場存活率。

## 二、系統限制

(一)系統僅配賦一枚飛彈，同一時間僅能接戰一個空中目標。

(二)飛彈射擊前，須完成系統檢查；射擊後，須將發射筒實施銷毀，飛彈班若僅配賦一枚備便彈(刺針飛彈武器系統，**Stinger Weapon System**)，容易產生對空火力間隙。

(三)系統採人工目視追瞄，對於高速飛行目標，攔截效益有限。

(四)電池冷卻單元僅可提供系統 45 秒之氬氣及電力，射手完成對空接戰時間受限。

(五)射擊俯仰角度最大為 65 度，<sup>25</sup>確保飛彈發射產生之氯化氫氣體與啟動馬達掉落時，不會危害到射手；另發射筒底部與地面距離至少須保持約 76 公分，<sup>26</sup>人員射擊姿勢受限。

<sup>24</sup>薩爾斯，〈FIM-92 刺針飛彈 精準擊殺重控俄機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1492230>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

<sup>25</sup>Globalsecurity.org，〈CHAPTER2 Weapon Handling〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch2.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。

<sup>26</sup>US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR〉  
[www.mnd.gov.tw](http://www.mnd.gov.tw) 34

(六)射擊時筒後噴火(氣)特性(圖 11)，不利於散兵坑或密閉空間射擊；另刺針飛彈發射煙霧與飛行尾煙(圖 12)，易使射擊陣地位置遭敵偵知。

(七)空中目標經敵我識別器完成電子識別後，針對不明機目標仍需目視辨別確認是否為敵機；另射手對空搜索與追瞄視野受限於瞄準圈大小，若僅一人操作系統實施對空接戰，無法有效發揮戰力且人員承受之戰場壓力大。



圖 11 刺針飛彈射擊時筒後噴火(氣)

資料來源：US Military Power，〈FIM-92 Stinger in Action：Shooting Down the Drone〉，<https://youtu.be/7gVmUNIE2nw?si=5hZ5UDxIBuGxxIL1>，檢索日期：2024 年 10 月 21 日。



圖 12 刺針飛彈飛行尾煙

資料來源：US Military Power，〈FIM-92 Stinger in Action：Shooting Down the Drone〉，<https://youtu.be/7gVmUNIE2nw?si=5hZ5UDxIBuGxxIL1>，檢索日期：2024 年 10 月 21 日。

## 結論與建議事項

人攜式刺針飛彈系統具備操作程序簡易及容易上手之特性，適合各類型部隊對空作戰使用，然就射手養成部分，如同將步槍射擊初階射手培養成為特等

DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。

射手，仍需投入相當資源與時間實施訓練；在戰術運用上，也非單兵拿起武器系統，看到目標即可射擊接戰如此簡單，仍應謹慎考量系統能力限制、防情獲得、指管程序及接戰規定等因素，方能完整規劃各兵科部隊編裝運用與戰術戰法發展。

以步兵營、連陣地防禦為例，若將人攜式刺針飛彈系統配賦於步兵班單兵，當防禦正面前方出現敵空中目標時，以刺針飛彈有效射程 4000 公尺，已大於一個步兵營、連陣地防禦正面與縱深狀況下，如何律定接戰主要射界、如何實施接戰目標分配與如何協調作戰地區空域管制？另對空接戰後，原陣地位置暴露，有遭敵火力制壓風險，須立即變換至預備陣地，<sup>27</sup>是否會造成原防禦正面缺口？

以下作者以防空部隊戰術運用為基礎，結合人攜式刺針飛彈系統能力限制，提出相關建議事項，期能拋磚引玉，提供讀者依據自身部隊任務屬性與兵科戰術戰法，發展出最適合各兵科之配賦運用方式，有效確保戰時各部隊低空安全。

### 一、建制組織編成，統一運用為宜

建議人攜式刺針飛彈系統採旅直屬防空連、排組織架構，任旅級部隊專責防空作戰單位，此編制較利於防空專業人員經管發展、駐(基)地訓練、戰備演訓、防情指管架構建立、火協機制運作、序號裝備管理與機敏飛彈存管；於作戰運用方面，可肆應防衛作戰進程，因應各階段不同作戰任務型態，由旅統一運用，確保旅重要設施、有生力量或作戰地區內防護目標低空安全，亦可分割運用直接支援營級以下部隊，擔任連、排遂行戰鬥時之低空掩護，作戰運用上較為彈性。

### 二、強化空域管制，避免誤擊發生

防空作戰敵我識別方式區分為程序識別與絕對識別兩種，最佳方式為兩者合併運用；<sup>28</sup>人攜式刺針飛彈系統針對空中目標，可運用敵我識別器電子識別與人員目視識別兩種絕對識別手段，以確認目標性質避免誤擊；然為使作戰地區空域管制作為更加嚴謹與減輕第一線部隊作戰壓力，上級單位火協機構須將空中安全走廊、禁航區等計畫性資訊傳達至第一線部隊，建立複式確認回報機制，供防空射擊單位遂行程序識別，周延敵我識別手段，有效減少戰場誤擊事件發生。

### 三、配賦輕型車輛，提升機動能力

防空武器於飛彈射擊同時，已暴露陣地位置，飛彈班若無編制機動載具，極易遭敵僚機空中火力圍殲或敵地面火力反制；建議可比照美方採用悍馬車，並加裝飛彈攜行架(圖 13)，可隨車裝載 2 枚原封箱刺針飛彈與 4 具刺針飛彈武器系統(Stinger Weapon System)，或採購民用型皮卡，便於都市城鎮與淺山臺地地形移動變換，提升飛彈班機動能力，提高人員戰場存活率。

<sup>27</sup> 《陸軍野戰防空砲兵營連作戰教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 106 年 11 月 1 日)，頁 7-41。

<sup>28</sup> 《陸軍野戰防空砲兵營連作戰教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 106 年 11 月 1 日)，頁 2-97。



圖 13 悍馬車裝載示意圖

資料來源：1.US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。2.作者整理繪製。

#### 四、兩人以上編組，發揮最大戰力

人攜式刺針飛彈系統雖為個人操作武器，然空域屬三度空間，若僅射手一人獨力完成目標搜索、識別、接戰與戰果觀測回報實屬不易；因此，美海軍陸戰隊低空防空基本作戰單位為兩人一組(圖 14)，<sup>29</sup>若要進一步發揮人攜式刺針飛彈系統接戰效益，建議可採 3 人編組(圖 15)或四人編組，並明確律定編組成員任務執掌與配賦裝備(表 4)。



圖 14 兩人編組

資料來源：丘學陞，〈美菲「海上戰士合作」聯演 強化防衛戰術與人道救援〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1718059&type=vision>，檢索日期：2024 年 12 月 12 日。

<sup>29</sup>US Marine Corps，〈Low Altitude Air Defense(LAAD) Gunner's Handbook〉，<http://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCRP%203-25-10a.pdf>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。



圖 15 三人編組

資料來源：蘇尹崧，〈美刺針飛彈完成測試 對抗無人機〉，  
<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1099546>，檢索日期：2025 年 4 月 30 日。

表 4 人攜式刺針飛彈系統人員編組建議表

| 人攜式刺針飛彈系統人員編組建議表 |     |                                                  |                    |
|------------------|-----|--------------------------------------------------|--------------------|
| 項次               | 職務  | 職掌                                               | 攜行裝備               |
| 1                | 班長  | 1.運用無線防(雷)情顯示系統指揮全班遂行對空作戰。<br>2.接收上級指管命令與向上回報戰果。 | 個人槍枝、無線防(雷)情顯示系統   |
| 2                | 射手  | 1.操作武器系統完成對空接戰程序。<br>2.完成對空接戰後，隨即擔任副射手，協助射手。     | 個人槍枝、人攜式刺針飛彈系統     |
| 3                | 副射手 | 1.協助射手完成對空接戰程序。<br>2.完成對空接戰後，隨即擔任射手，縮短對空火力間隙。    | 個人槍枝、人攜式刺針飛彈系統、望遠鏡 |
| 4                | 駕駛  | 1.負責車輛駕駛<br>2.背負通信機<br>3.對空、對地警戒                 | 個人槍枝、通信機、望遠鏡       |

資料來源：作者自行繪製。

五、明確接戰射界，避免重複接戰

對空作戰為三度空間作戰，接戰範圍大，無法以一套發射系統單獨完成對空接戰，如同步槍射擊時，須明確律定各兵射界，並編成交叉火網，方能達到最佳射擊效果與造成敵最大殺傷威脅；對空作戰亦是如此，應明確律定各發射系統主要射界，並使射界相互重疊，各發射系統負責主要射界內空中目標搜索、識別與

接戰，如目標出現於重疊射界內，則由上級完成目標賦予與協調，如此方能避免同一目標，多個發射系統接戰之狀況，以節約可用之飛彈數量。

## 六、善用系統能力，增加運用彈性

人攜式刺針飛彈系統由發射筒(含實彈)結合發射握把等組成，而發射筒(含實彈)亦為陸軍現行雙聯裝刺針飛彈系統與復仇者飛彈系統所使用，若將發射握把配賦至野戰防空部隊，可於飛彈再裝填或系統損壞時，運用隨裝刺針飛彈結合發射握把，即可彌補火力間隙或持續遂行對空接戰；另全系統重量約 15 公斤，<sup>30</sup>與現有野戰防空武器系統相比仍屬輕便，可藉人力攜行抵達車輛無法到達之戰術射擊陣地，大幅增加陣地選擇之彈性空間。

## 七、建立自製能力，整合系統功能

除美國刺針飛彈外，尚有其它國家擁有自行研發之人攜式防空飛彈，如法國西北風飛彈、韓國神弓飛彈與俄羅斯 SA-18 飛彈，其特點為飛彈與各類型武器系統相容性高；以刺針飛彈為例，使用刺針飛彈之武器系統計有復仇者飛彈系統、雙聯裝刺針飛彈系統、機動短程防空系統（Maneuver Short Range Air Defense，M-SHORAD，圖 16）與陸戰隊防空整合系統（Marine Defense Integrate System，MADIS，圖 17）；另美國雷神公司研發的「輕量化發射控制單元」（Lightweight Command Launch Unit，LWCLU，圖 18），可同時發射標槍反甲飛彈與刺針防空飛彈，成功整合武器系統功能，使作戰人員可同時應對陸地與空中威脅，減輕裝備攜行負擔，大幅提升了防空飛彈與反甲飛彈系統運用的彈性。<sup>31</sup>

國內目前自製防空飛彈以主動雷達導引中高空防空飛彈為主，例如天弓飛彈及陸射劍二飛彈，被動紅外線導引中低空防空飛彈較為欠缺；建議建立人攜式防空飛彈自製能力，整合國內現有聯兵旅、守備旅使用之雲豹甲車載臺與紅隼反甲飛彈等，打造自製複合式武器系統，更符合陸軍部隊遂行防衛作戰運用需求。

<sup>30</sup>辜世宏，〈聯合兵種營防空作戰之研究-以人攜式防空武器運用為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 194 期，民國 10 年 9 月。

<sup>31</sup>郭正原，〈雷神 LWCLU 成功試射「刺針」飛彈〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1343058&type=international>，檢索日期：2024 年 11 月 26 日。



圖 16 機動短程防空系統

資料來源：王能斌，〈美陸軍接收「機動短程防空系統」〉，  
<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=136156> 8，檢索日期：2024 年  
12 月 13 日。



圖 17 陸戰隊防空整合系統

資料來源：郭名倫，〈美「陸戰隊空防整合系統」實測防空戰力〉，  
<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1626300&type=vision>，檢索日  
期：2024 年 12 月 13 日。



圖 18 美國雷神公司「輕量化發射控制單元」

資料來源：郭正原，〈雷神 LWCLU 成功試射「刺針」飛彈〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1343058&type=international>，檢索日期：2024 年 12 月 13 日。

#### 八、強化人員職能，熟稔操作程序

在天氣狀況正常下，肉眼可目視的距離約 3000 公尺，<sup>32</sup>若飛行器以 1 馬赫速度飛行 3000 公尺，僅需耗時約 9-10 秒，當射手目視到空中目標後，接戰時間極為短促，加上臨戰產生之心理壓力，更增加了對空接戰的困難度，故人員對於系統操作與接戰程序必須非常熟稔；另人攜式刺針飛彈系統雖配賦有敵我識別器，可對空中目標實施電子識別，然仍需實施最後目視確認為敵機後，方可發射飛彈攔截目標，故射手飛機識別能力，應納為駐(基)地重要訓測項目。

#### 參考文獻

- 一、《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)。
- 二、《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 10 日)。
- 三、《陸軍野戰防空砲兵營連作戰教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 106 年 11 月 1 日)。
- 四、辜世宏，〈聯合兵種營防空作戰之研究-以人攜式防空武器運用為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第 194 期，民國 110 年 9 月。
- 五、楊培毅，〈人攜式防空飛彈擊殺性能研析-以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第 164 期，砲訓部，民國 103 年 3 月。

<sup>32</sup> 《雙聯裝刺針飛彈系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 96 年 6 月 22 日)，頁 4-39。

- 六、簡良安，〈國土防衛作戰運用人攜式防空飛彈之探討〉《砲兵季刊》（臺南），第 171 期，民國 104 年 11 月。
- 七、楊培毅，〈從野戰防空之人攜式防空武器系統戰史中研析航空器紅外線特性〉《砲兵季刊》（臺南），第 162 期，民國 102 年 9 月。
- 八、楊培毅，〈紅外線（IR）飛彈的追瞄原理與特性－以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，民國 101 年 6 月。
- 九、李德威，〈AH-64E 虎斑鯊塗裝現身〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1620999>，檢索日期：2025 年 5 月 1 日。
- 十、王能斌，〈美陸軍接收「機動短程防空系統」〉（2021 年 4 月 25 日報導），<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1361568>，檢索日期：2024 年 12 月 13 日。
- 十一、郭名倫，〈美「陸戰隊空防整合系統」實測防空戰力〉（2023 年 11 月 1 日報導），<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1626300&type=vision>，檢索日期：2024 年 12 月 13 日。
- 十二、丘學陞，〈美菲「海上戰士合作」聯演 強化防衛戰術與人道救援〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1718059&type=vision>，檢索日期：2024 年 12 月 12 日。
- 十三、蘇尹崧，〈美刺針飛彈完成測試 對抗無人機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1099546>，檢索日期：2025 年 4 月 30 日。
- 十四、US Army Air Defense Artillery School Fort Bliss, Texas，〈INTRODUCTION TO MANPORTABLE AIR DEFENSE WEAPON SYSTEM〉，<http://www.scribd.com/document/2900214/AD0575A-INTRODUCTION-TO-MANPORTABLE-AIR-DEFFENSE-WEAPON-SYSTEM>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。
- 十五、USA Millitary Channel，〈低高度防空訓練-FIM-92 Stinger Missile Low Altitude Defense Training〉（2016 年 3 月 1 日報導），<https://youtu.be/q0nuhl05QyA?si=bSSpTPLHXozVSSWP>，檢索日期：2024 年 10 月 23 日。
- 十六、郭正原，〈美、保、塞聯合實彈防空演訓〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1162251>，檢索日期：2025 年 4 月 30 日。
- 十七、賴名倫，〈美首度援烏「復仇者」助抗無人機〉（2022 年 11 月 12 日報導），<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1545659&type=universal>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。
- 十八、賴名倫，〈烏克蘭總統視察前線 展衛國決心〉（2022 年 2 月 19 日報導），<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1484276&type=international>，檢索日期：2024 年 5 月 28 日。
- 十九、李思平，〈刺針飛彈操作與發射程序解說〉，<http://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=1052>，檢索日期：2025 年 1 月 13 日。

- 二十、US Military Power，〈FIM-92 Stinger in Action：Shooting Down the Drone〉（2021 年 3 月 26 日報導），<https://youtu.be/7gVmUNIE2nw?si=5hZ5UDxIBuGxxIL1>，檢索日期：2024 年 10 月 21 日。
- 二十一、薩爾斯，〈FIM-92 刺針飛彈 精準擊殺重挫俄機〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1492230>，檢索日期：2024 年 5 月 20 日。
- 二十二、王保羅，〈低空防禦利器 單兵肩射式防空飛彈〉，<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1366932&type=military>，檢索日期：2024 年 10 月 17 日。
- 二十三、郭正原，〈雷神 LWCLU 成功試射「刺針」飛彈〉（2021 年 3 月 13 日報導），<http://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1343058&type=international>，檢索日期：2024 年 12 月 13 日。
- 二十四、Globalsecurity.org，〈CHAPTER2 Weapon Handing〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch2.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。
- 二十五、Globalsecurity.org，〈PART1 THE STINGER WEAPON SYSTEM CHAPTER1 System Description〉，<http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/44-18-1/Ch1.htm>，檢索日期：2025 年 5 月 4 日。
- 二十六、US Marine Corps，〈Low Altitude Air Defense(LAAD) Gunner's Handbook〉，<http://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCRP%203-25-10a.pdf>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。
- 二十七、Army Technology，〈Stinger Man-Portable Air Defense System(MANPADS)〉，<http://www.army-technology.com/projects/stinger-man-portable-air-defence-system-manpads/?cf-view>，檢索日期：2025 年 5 月 3 日。

### 作者簡介

陳郁文中校，ROTC91 年班、砲校正規班 197 期、陸軍學院 104 年班、戰術研究班 105 年班；曾任排長、連長、大隊長、營長、防空組長，現任陸軍砲兵訓練指揮部防空組野戰防空小組主任教官。

## 精進平均彈著點及高炸檢驗射擊作業之研究

作者：朱慶貴

### 提要

- 一、檢驗射擊為修正量求取之方法，其包含精密檢驗與平均彈著點及高炸檢驗，由於在作戰戰況、檢驗目標區地形與射擊技術上的限制因素，使得平均彈著點及高炸檢驗與精密檢驗，都有其限制因素存在，因此如何配合現有觀測裝備及射擊指揮作業器材，精進以往平均彈著點及高炸檢驗射擊法。
  - 二、台澎防衛作戰在地狹人稠的地理環境下，砲兵火力支援射擊以對海射擊為主，然獨立明顯檢驗點無法選定，海岸線綿長通視觀測所開設不易，審慎考量檢驗射擊方法視為必要，而實施平均彈著點及高炸檢驗射擊，以防衛作戰地理特性檢驗射擊求取修正量為較佳之方法。
  - 三、平高點檢驗射擊係以同一射擊諸元發射一群射彈，最初火砲射擊所裝定之射擊諸元即為決定諸元，爾後由觀測官觀測每發射彈，將觀彈諸元回報予射擊指揮所計算平均彈著點，並量取圖上諸元，與所選定之預期彈著點相互比較，其差值即為修正量，可同時求取方向、距離及時間三種修正量。
  - 四、防衛作戰中在有限檢驗射擊實施之狀況下，平時運用平高點檢驗射擊求得修正量，方可達成砲兵火力支援任務，精準、快速、有效之火力支援任務。
- 關鍵詞：有效射彈、交會觀測、圖解法。

### 前言

戰場狀況瞬息萬變，戰機稍縱即逝，由以砲兵射擊為然，而砲兵為求能準確命中目標，對目標實施不經試射逕行效力射，除了需要精確的測地成果、良好射擊準備外，更要有精確的修正量，俾應用於爾後射擊，檢驗射擊為修正量求取之方法，其包含精密檢驗與平均彈著點及高炸檢驗，由於在作戰戰況、檢驗目標區地形與射擊技術上的限制因素，使得平均彈著點及高炸檢驗與精密檢驗，都有其限制因素存在，因此如何配合現有觀測裝備及射擊指揮作業器材，精進以往平均彈著點及高炸檢驗射擊法，為本文研究之目的，有利爾後砲兵檢驗射擊法再精進、射擊效果更佳。

### 平高點檢驗射擊重要性

台澎防衛作戰在地狹人稠的地理環境下，砲兵火力支援射擊以對海射擊為主，然獨立明顯檢驗點無法選定，海岸線綿長通視觀測所開設不易，審慎考量檢驗射擊方法視為必要。通常求取修正量之方法係對檢驗點行精密檢驗，即以正常

觀測射擊方法及射擊指揮所作業程序，導射彈使其平均彈著點通過檢驗點。但常受地形之限制，如在夜間、海面、海灘之地形時，難選擇一獨立明顯之檢驗點。<sup>1</sup>故為克服上述之限制，即可實施平均彈著點及高炸檢驗射擊，以防衛作戰地理特性檢驗射擊求取修正量最佳之方法。

### 檢驗射擊問題之探討

平高點檢驗射擊係以同一射擊諸元發射一群射彈，最初火炮射擊所裝定之射擊諸元即為決定諸元，爾後由觀測官觀測每發射彈，將觀彈諸元回報予射擊指揮所計算平均彈著點，並量取圖上諸元，與所選定之預期彈著點相互比較，其差值即為修正量，可同時求取方向、距離及時間三種修正量，后述針對現行平高點檢驗射擊探討其問題：

#### 一、有效射彈求取問題

平高點檢驗射擊係以同一射擊諸元，取得 6 發有效射彈平均彈著點位置，得修正量之檢驗射擊，其精神在求得射彈散布的平均值<sup>2</sup>。因此，若出現任 1 發無效彈，將影響修正量的可靠度，然判定方式卻從無具體標準可言。

#### 二、交會觀測問題

平高點檢驗射擊，是以兩觀測所行前方交會測報彈著點，以取得平均彈著點運用三角函數原理算得圖上諸元，再與射擊決定諸元比較，求得修正量；由於適當之觀測所位置選擇不易，連絡、協調困難及觀測交會角度避免誤觀測，故觀測所開設須注意下列事項：

(一)為使交會觀測之精度良好，各觀目線之交會角度不得小於 150 密位以內，最大不宜超過 3050 密位，適宜之頂角範圍 300~2900 密位，其交會頂角為 1067 密位精度尤佳<sup>3</sup>，參閱交會觀測頂角圖(如圖 1)。

(二)綿密協調：各觀測所均應正確辨認，並測定共同之目標或彈著點。

(三)迅速觀測：必須於射彈爆炸之瞬間，迅速觀測彈著，確實看讀分割。

(四)器材校正：雷觀機磁針偏差必須校正，並注意消除器材之空迴。

#### 三、海面及夜暗觀測問題

(一)海面觀測問題：強化雷觀機雷射標定作業，由於雷射觀測機易受水氣影響，因此在雲霧濃度較高之環境下作業時，測報方位角易誤判與測距功能常未能發揮效用，故特應注意雷射之強度可大幅穿透水氣、煙幕為宜。

(二)夜暗觀測問題：平均彈著及高炸點檢驗，通常在精密檢驗無法實施狀況

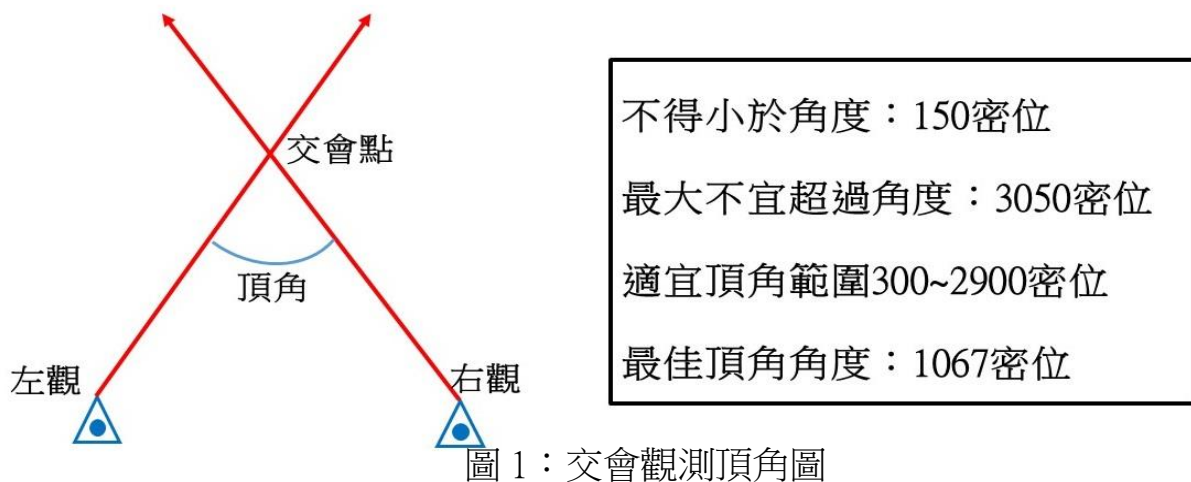
<sup>1</sup> 陸軍野戰砲兵射擊指揮教範(第三版)，民國 103 年 10 月 30 日頁 5-67。

<sup>2</sup> 朱瓊濤「野戰砲兵射擊法之探討-有無效彈判定」台南，陸軍砲兵訓練指揮部，民國 100 年 10 月 1 日頁 4。

<sup>3</sup> 內文數據依據美軍 FM6-40 野戰砲兵射擊教範，華盛頓特區：美軍，西元 1974 年 6 月 1 日，頁 10-17。

下，求取檢驗射擊修正量之方法，然而在夜暗狀態下行交會觀測，亦造成兩觀測所無法精確看到共同彈著點及夜暗標定彈著點之誤差，使得檢驗計算修正量誤差相對變大。

### 交會觀測頂角運用範圍



參考資料：美軍 FM6-40 砲兵野戰射擊手則(第 10-7 節)，頁 10-17。

#### 四、檢驗射擊計算作業問題

(一)為使兩觀測所觀測射彈容易，高炸檢驗須增加高低角以提高炸點，估計標高易計算錯誤。

(二)射擊時所使用之諸元即為決定諸元，圖上諸元須經三角函數原理，計算頂點座標，定圖後量得圖上諸元，計算步驟繁複，無法精準求算高炸點檢驗決定時間。

(三)對數表查閱不熟練時，易計算錯誤。

(四)求取平均彈著點座標 DX 橫座標、DY 縱座標正負值易判定錯誤。

(五)射表計算尺裝訂值之距離及決定方向未實施陣地中心修正。

#### 五、單一觀測平高檢驗限制多

(一)觀測官需配賦雷射觀測機，如操作中雷觀機損壞此法亦不能實施。

(二)觀測人員觀彈方式以雷觀機標定彈著點，在夜間標定實際彈著點誤差大，因此不宜夜間觀測。

(三)實施高炸檢驗時，雷觀機標定彈著點，受爆炸火光瞬間時間短暫，標定作業困難，不宜實施高炸點檢驗。

#### 六、砲兵檢驗射擊修正量求取方法有三種，其方法各有其限制因素與適用範圍分析如表 1：

表 1:

| 檢驗射擊修正量分析表 |       |                        |                        |                |
|------------|-------|------------------------|------------------------|----------------|
| 區分         |       | 精密檢驗                   | 平高檢驗                   | AFCS檢驗         |
| 目標限制       |       | 須獨立明顯檢驗點               | 無須獨立明顯檢驗點              | 無須獨立明顯檢驗點      |
| 時間限制       |       | 耗時/受夜暗影響               | 省時/不受夜暗影響              | 省時/受夜暗影響       |
| 彈藥消耗       |       | 無一定射擊發數                | 7發                     | 5發             |
| 限制因素       | 測地成果  | 不受其限制                  | 需有測地成果                 | 需有測地成果         |
|            | 觀測所開設 | 單一觀測所                  | 單、雙觀測所                 | 單一觀測所          |
|            | 雷觀機使用 | 非必須使用                  | 不一定使用                  | 必須使用           |
|            | 適用範圍  | 瞬發檢驗<br>空炸檢驗<br>不同批號檢驗 | 瞬發檢驗<br>空炸檢驗<br>不同批號檢驗 | 瞬發檢驗<br>不同批號檢驗 |
| 求取修正量      | 方向    | 有                      | 有                      | 有              |
|            | 距離    | 有                      | 有                      | 有              |
|            | 時間    | 有                      | 有                      | 無              |

資料來源:李柚科「砲兵修正量運用之研析」砲兵學術季刊 191 期 12 月第 4 季，頁 26。

## 提升檢驗射擊之方法

### 一、提升有效彈可靠度判定

平高點檢驗其精神在求得射彈正常散佈下的平均值，藉以獲取修正量。因此，若出現任一發無效彈(超過方向、距離、炸高 8 倍公算偏差)<sup>4</sup>，將影響修正量的可靠度(如圖 2)，堅持補完 6 發有效射彈亦耗費時間與彈藥，不符作戰實需。在合理、有效的射彈「樣本」數下，取得可靠之修正量，當檢驗射擊所使用的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<sup>5</sup>(如表 2 所示)。同一火砲、彈藥批號、射擊諸元，發射 6 發射彈的平均彈著點和發射無限多發(約 100 發)的平均彈著點相比較，兩點間的誤差不超過一個公算偏差的機率是 90%，不超過兩個公算偏差的機率則是 99%，隨著發射彈數的增加，所求得的平均彈著點也越接近真正的彈著點，因此檢驗射擊盡可能以 6 發有效射彈計算修正量。

### 二、善用 TS-102 式多功能雷觀機(如圖 3)

現行平高檢驗射擊，觀測人員觀彈方式，是以測報彈著爆炸點中心，但因射彈觀測不精確及觀測器材問題，並未能精確測報實際炸點位置，因此測報彈著諸元誤差大，影響修正量求取精準度，而 TS-102 式多功能雷觀機，具有熱顯

<sup>4</sup> 同註釋 1，頁 5-70。

<sup>5</sup> 美軍 FM6-40 野戰砲兵射擊教範，華盛頓特區：美軍，西元 1974 年 6 月 1 日，頁 10-5。

像儀，可於日、夜間精確標示彈著點<sup>6</sup>，對於修正量求取精度必能精進。

### 平高點檢驗不正常散布示意圖

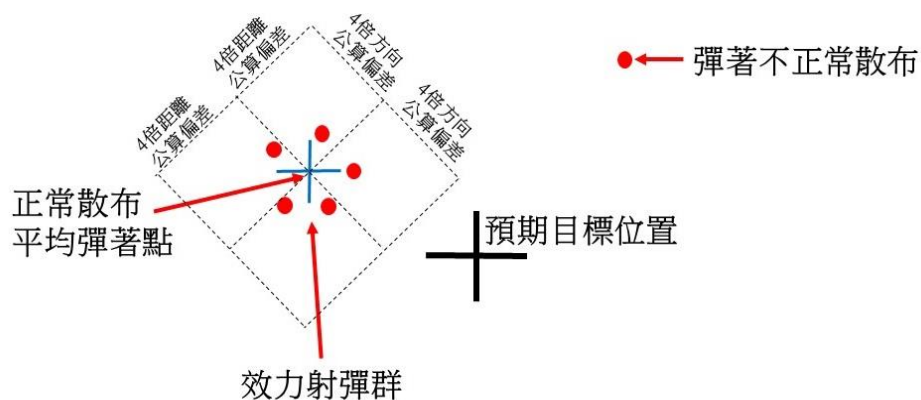


圖 2：平均彈著點檢驗出現不正常散布示意圖

資料來源：作者自繪

表 2：

| 射擊發數            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 一個公算偏差(PBE)的機率% | 50% | 66% | 76% | 82% | 87% | 90% |
| 二個公算偏差(PBE)的機率% | 82% | 94% | 98% | 99% | 99% | 99% |

參考資料：美軍 FM6-40 野戰砲兵射擊教範(第 10-7 節)頁 10-5



圖三：TS-102 式多功能雷觀機

資料來源: TS-102 式多功能雷觀機操作手冊(108 年版)，第一部分，頁 1。

<sup>6</sup> 陸軍司令部「TS-102 式多功能雷觀機操作手冊」，民國 108 年 11 月 25 日，頁 1-1。

### 三、參考美軍平高點檢驗射擊法

#### (一)作業方式：

美軍 FM6-40 野戰砲兵射擊手則第 10 章第 3 節平高點檢驗射擊，是以左、右觀測員觀彈，取得有效射彈之平均方位角、高低角，於射擊圖上畫出交會點，量取交會點之座標<sup>7</sup>(如圖 4)，運用高低角計算標高，接續量取圖上諸元，再依射擊諸元為決定諸元減圖上諸元求得修正量。

#### 美軍平高點檢驗射擊圖解

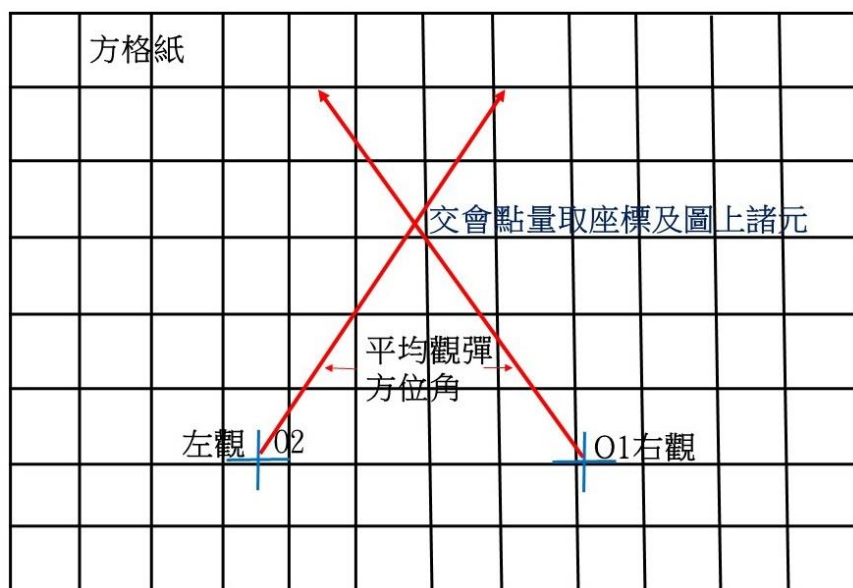


圖 4：美軍平高點檢驗射擊圖解示意圖

資料來源：作者自繪

#### (二)表格計算：

##### 範例：

105 榴砲營，以第二連第一排，使用 V 號裝藥、A 批號，對檢驗點座標 28141-44824，標高 165 公尺地區，實施平均彈著點檢驗，以求取修正量，基準砲位置於陣地中心。

射擊諸元：#2、H、A、V、瞬發信管、#2 一發待令放、方向修正量 0、方向 2600、高低 324、仰度 347。

以平均方位角、高低角，於射擊圖上描繪出交會點，量得 CI 點座標 28360-44720 標高 281，接續量得第二連一排至 CI 點圖上方向 2576，距離 5220，高低 +38；計算修正量：以射擊諸元為決定諸元減圖上諸元。

決定仰度＝射角－高低＝(347+24) -38=333

向修正量＝決定方向－圖上方向＝2600-2576=+24

射表計算尺裝定值：V 裝藥 A 批號，距離 5220 仰度 333

<sup>7</sup> 同註釋 5，頁 10-16

計算表格如表 3:

表 3：平均彈著點及高炸點檢驗計算表

| 第 連                                                                        |                                                                             | 年 月 日 時 分                                                                       |            |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 組長命令                                                                       | 第 2.1 連，榴彈，A 批號，V 裝藥，瞬發信管，待令放，檢驗點估 H165，準平檢                                 |                                                                                 |            |
| 定向諸元                                                                       | 觀平檢：左觀方位角 2126 $\epsilon$ +26 測 $\epsilon$ ，右觀方位角 1434 $\epsilon$ +30 準備好報告 |                                                                                 |            |
| 射擊口令                                                                       | #2 榴 A 批號 V 裝藥瞬發信管 #2 1 待，方向修正量 0 方向 2600 高低 324 時間仰度 347                   |                                                                                 |            |
| 觀 測                                                                        | 結 果                                                                         | 基 礎                                                                             | 諸 元 求 算    |
| 發數                                                                         | 左觀方位角                                                                       | 又觀方位角                                                                           | $\epsilon$ |
| 1                                                                          | 2185                                                                        | 1445                                                                            | +55        |
| 2                                                                          | 2125                                                                        | 1481                                                                            | +47        |
| 3                                                                          | 2123                                                                        | 1463                                                                            | +39        |
| 4                                                                          | 2105                                                                        | 1479                                                                            | +41        |
| 5                                                                          | 2120                                                                        | 1466                                                                            | +40        |
| 6                                                                          | 2106                                                                        | 1482                                                                            | +46        |
| 7                                                                          | 2123                                                                        | 1485                                                                            | +45        |
| 8                                                                          |                                                                             |                                                                                 |            |
| 9                                                                          |                                                                             |                                                                                 |            |
| 10                                                                         |                                                                             |                                                                                 |            |
| 平均                                                                         | 2117                                                                        | 1476                                                                            | +43        |
|                                                                            |                                                                             |                                                                                 |            |
|                                                                            |                                                                             | 左觀方位角<br>右觀方位角<br>一) _____<br>頂角<br>(不夠減則加 6400)                                |            |
|                                                                            |                                                                             | 求左邊用右<br>求 _____ 觀方位角<br>求右邊用左<br>_____ 基線方位角<br>一) _____<br>對角<br>(不夠減則加 6400) |            |
| 求<br>觀<br>至 Ci<br>距離                                                       | Log 基線長                                                                     |                                                                                 |            |
|                                                                            | Log Sin 對角                                                                  |                                                                                 |            |
|                                                                            | Colog Sin 頂角+                                                               |                                                                                 |            |
|                                                                            | Log D                                                                       |                                                                                 |            |
|                                                                            | ★D (求邊) m yd                                                                |                                                                                 |            |
| ★由主觀測所至 Ci (HB) 之平均方位角及距離 (公尺)<br>用極座標法在圖上定出 Ci (HB)，校對座標計算所得之 Ci (HB) 位置。 |                                                                             |                                                                                 |            |
| 計<br>算<br>Ci<br>座<br>標                                                     | Log D                                                                       |                                                                                 |            |
|                                                                            | Log Sin +                                                                   |                                                                                 |            |
|                                                                            | Log Dx                                                                      |                                                                                 |            |
|                                                                            | Xo                                                                          |                                                                                 |            |
|                                                                            | Dx                                                                          |                                                                                 |            |
|                                                                            | X                                                                           |                                                                                 | 28365      |
| Log D                                                                      |                                                                             |                                                                                 |            |
| Log Cos +                                                                  |                                                                             |                                                                                 |            |
| Log Dy                                                                     |                                                                             |                                                                                 |            |
| Yo                                                                         |                                                                             |                                                                                 |            |
| Dy                                                                         |                                                                             |                                                                                 |            |
| Y                                                                          |                                                                             | 44716                                                                           |            |
| Log D                                                                      |                                                                             |                                                                                 |            |
| Log Tan $\epsilon$ +                                                       |                                                                             |                                                                                 |            |
| Log Dh                                                                     |                                                                             |                                                                                 |            |
| Ho                                                                         |                                                                             |                                                                                 |            |
| Dh                                                                         |                                                                             |                                                                                 |            |
| H                                                                          |                                                                             | 281                                                                             |            |
| 量得第 2.1 連至 之圖上諸元：方向 2576 距離 5220 高低 (算得) +38                               |                                                                             |                                                                                 |            |
| 決定仰度 = 射角 (射擊所用者) - 圖上高低 = (347+24) -38=333                                |                                                                             |                                                                                 |            |
| 射表計算尺裝定值：V 裝藥 A 批號，距離 5220 仰度 333 時間                                       |                                                                             |                                                                                 |            |
| 方向修正量 = 決定方向 (射擊方向修正間隔) - 圖上方向 = 2600-2576=+24                             |                                                                             |                                                                                 |            |

資料來源：作者自製

#### 四、提高炸點檢驗決定時間求取

往往高炸點檢驗射擊決定時間求取，是依射擊時間為決定時間，並未精確求算決定時間，依據美軍 1989 年(野戰砲兵射擊指揮訓練通報 TC6-40)，當標

高差大於 100 公尺時，因附加高低角較小，以至於對射角、信管時間影響較小，若忽略較大附加高低角之影響，可使信管時間發生少量之誤差<sup>8</sup>。

計算公式：

- (一)高低-高低角=附加高低角
- (二)附加高低角+決定仰度相應時間=相應時間
- (三)射擊時間-相應時間=時間修正量
- (四)決定仰度相應時間+時間修正量=決定時間。

範例：

105 榴砲營，以第二連第一排陣地標高 135 公尺，使用 V 號裝藥、B 批號，對座標 28100-44712，標高 240 公尺地區，實施高炸檢驗，以求取修正量。其射擊諸元：#2、H、B、V、空炸信管、#2 一發待令放、方向修正量 0、方向 2550、高低 336、時間 19.4、仰度 326。經高炸檢驗射擊，求得 HB 點座標，量得第二連一排至高炸點圖上方向 2561，距離 5000，高低+26。計算決定時間如下：

- 1.高低=+26(運用高低計算尺推得)
- 2.高低角=+21(運用高低計算尺推得)
- 3.附加高低角=+26-(21)=+5
- 4.決定仰度=362(決定射角 326+36)-26=336
- 5.決定仰度+附加高低角=336+5=341
- 6.341 所相應時間=20.2
- 7.決定仰度 336 相應時間=19.9
- 8.時間總修正量=射擊時間 19.4-(341 仰度相應時間)20.2=-0.8
- 9.正確決定時間=19.9+(-0.8)=19.1

## 五、時間急迫狀況下，圖解法求取修正量

係以同一諸元射擊，取得 6 發有效射彈，以一群有效彈著點取平均幾何中心點定出座標，以此座標定於射擊圖上，量得圖上諸元，再以射擊諸元減圖上諸元，求得檢驗射擊修正量，其用意在於求得射彈散佈的平均值。因此可運用大比例尺射擊圖，圖解平均彈著點，再以座標梯尺量得平均彈著點座標，並量得圖上諸元；如此即可省略正弦定律求算頂點座標過程，可縮短作業時間，但此法因圖解誤差大，僅適用急迫狀況下實施。

## 六、適切運用資訊化系統演算

平高點檢驗射擊在人工傳統作業，無論是運用三角函數方式、簡易圖解法方式計算修正量，都無法比電腦運算來的快速，現行資訊化系統平高點檢驗

<sup>8</sup> 同註釋 1，頁 5-68

射擊，可行單一觀測檢驗（如圖 5）及雙觀測檢驗（如圖 6），以操作員鍵入相關數據，可快速精確計算檢驗修正量。

平高檢-單一觀測所

觀目方位角 - 距離 - 高低角

|                                       |      |      |     |
|---------------------------------------|------|------|-----|
| <input type="checkbox"/> 1            | 1880 | 1260 | -35 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2 | 1885 | 1250 | -36 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3 | 1886 | 1255 | -35 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | 1887 | 1258 | -34 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5 | 1875 | 1252 | -35 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 6 | 1889 | 1248 | -35 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 7 | 1879 | 1249 | -35 |
| <input type="checkbox"/> 8            |      |      |     |
| <input type="checkbox"/> 9            |      |      |     |

AVE 1883.5 1252 -35

計算預落點左右觀方位角

發射了 連線設定 組長命令

陣地電文 前觀電文 計算結果

計算結果

|       |      |      |
|-------|------|------|
| 裝藥    | 批號   | 圖上距離 |
| 4     | A    | 4133 |
| 方向修正量 | 決仰   | 決時   |
| -2    | 371  |      |
| #2    | 清除諸元 | 儲存   |

圖 5：單一觀測平高點檢驗示意圖

平高檢-交會觀測

☐ 左觀 OBS2 ☒ 右觀 OBS1

|                                       |      |      |     |
|---------------------------------------|------|------|-----|
| <input type="checkbox"/> 1            | 1320 | 1080 | -15 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 2 | 1328 | 1085 | -14 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 3 | 1330 | 1078 | -13 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 4 | 1326 | 1075 | -12 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 5 | 1324 | 1083 | -11 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 6 | 1335 | 1079 | -14 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 7 | 1319 | 1087 | -12 |
| <input type="checkbox"/> 8            |      |      |     |
| <input type="checkbox"/> 9            |      |      |     |

AVE 1327 1081.16 -12.6

計算預落點左右觀方位角

發射了 連線設定 組長命令

陣地電文 前觀電文 計算結果

計算結果

|       |      |      |
|-------|------|------|
| 裝藥    | 批號   | 圖上距離 |
| 5     | A    | 4872 |
| 方向修正量 | 決仰   | 決時   |
| 2     | 335  | 20   |
| #2    | 清除諸元 | 儲存   |

圖 6：雙觀測平高點檢驗示意圖

資料來源：陸軍野戰砲兵射擊指揮系統操作手冊，第五章第二節，頁 5-378。

## 結語

砲兵火力運用，主在迅速應變，提供地面部隊快速、精確之火力支援，為有效運用砲兵檢驗射擊方法，使砲兵射擊精度提升，達成有效之火力支援任務。在爾後射擊技術上，以既有基礎上研究發展，經研究探討各種不同之檢驗射擊方式，促使砲兵之射擊更為精準，進而獲致良好之射擊效果。防衛作戰中在有限檢驗射擊實施之狀況下，可運用平高點檢驗射擊求得修正量，並加以運用爾後射擊任務，方可達成砲兵火力支援任務，精準、快速、有效。

## 參考文獻：

- 一、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)。
- 二、TS-102 式多功能雷觀機操作手冊，(桃園：陸軍司令部，民國 108 年 11 月 25 日)。
- 三、陸軍野戰砲兵射擊指揮系統操作手冊，桃園，民國 110 年 10 月 13 日。

四、美軍 FM6-40 野戰砲兵射擊教範，華盛頓特區：美軍，西元 1974 年 6 月 1 日。

五、朱慶貴「檢驗射擊精進法—單一觀測平高檢」砲兵季刊 132 期 95 年 1 季。

六、朱慶貴「精進砲兵檢驗射擊法研析」砲兵季刊 193 期 110 年 2 季。

七、朱慶貴「砲兵檢驗射擊教學之心得」砲兵季刊 197 期 111 年 3 季。

八、朱瓊濤「野戰砲兵射擊法之探討-有無效彈判定」台南，陸軍砲兵訓練指揮部，民國 100 年 10 月 1 日。

九、李柚科「砲兵修正量運用之研析」砲兵季刊 191 期 110 年第 4 季。

### 作者簡介

朱慶貴，陸軍官校正 54 期（74 年班），現任職砲兵訓練指揮部射擊組雇員老師。

# 測地之眼 Trimble SX10 掃描全站儀簡介與運用

作者：顏嘉彰 士官長

## 提要

- 一、在近年來陸軍砲兵目標獲得隨著數位化科技已朝向多元化方式獲取，如在烏俄戰役中發現，以無人機載具實施目標獲得，藉由測繪資訊提升來跟大家介紹 Trimble SX10 掃描全站儀，該儀器與 Trimble S9 全站儀功能相近，SX10 掃描以高精度可建構 3D 影像，提供多選項控制測量，結合 Trimble VISION 影像技術提升，使得測量作業更為簡便與創新。
- 二、Trimble SX10 掃描全站儀本身具備優異性能之外，提供測量、掃描及測繪，並可建構 3D 影像、Sure Point 及 Auto lock 自動鎖定功能及光達掃描功能，其中影像技術可針對廣角、望遠鏡、對中(定心)及主相機功能；角度測量具備多軸改正，如水平軸、垂直軸、橫軸自動改正技術。
- 三、在空間測繪多元化技術下，所提供運用種類不同，就以往採用傳統測量方式測量獲取地理座標，現行測繪技術持續演變與提升，運用方式結合延伸無人載具、快速建構 3D 掃描、RTK、RTX、PPP 等衛星訊號結合運用，測量科技技術是值得讀者，深入探討與了解其中測量運用。

關鍵字：掃描全站儀、光達

## 前言

國軍野戰砲兵在目標獲得為取得各設施關係位置與定位定向數據(如砲陣地、觀測所、雷達站、目標)，其中在砲兵部隊以營測量班為基礎，採用無定位定向系統及有定位定向系統 2 種方式實施獲得<sup>1</sup>，無系統作業方式多以測距經緯儀方式實施目標獲得測量作業，於 109 年全新使用 Trimble S9 測距經緯儀與美軍海軍陸戰隊所使用同款類型<sup>2</sup>，在裝備儀器使用至今長達 4-5 年，在儀器技術使用上更為熟悉與精進，在測量儀器演進從經緯儀、測距經緯儀(全站儀)至現行多功能 Trimble SX10 掃描全站儀，可發現測量儀器與技術持續突破與精進，藉由本篇向各位讀者介紹新型 Trimble SX10 掃描全站儀與測距經緯儀各項功能介面與差異，使砲兵部隊測量人員能夠了解新知，能接軌測量各項運用，進而提升砲兵測量人員專業知識與運用方式。

## Trimble SX10 掃描全站儀組成功能

在野戰砲兵測地作業中測量儀器好壞是決定或影響測量精度重要一環，早期所使用測量儀器，如蔡司 ELTA-13 測距經緯儀、徠卡 TPS-700 測距經緯儀

<sup>1</sup> 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 111 年 10 月 5 日)，7 - 514 頁

<sup>2</sup> 高拔萃、鄭文正，〈測距經緯儀教育訓練〉《砲訓部 108 年測距經緯儀教育訓練投影片》(臺南)，民國 109 年 4 月，頁 3。

<sup>3</sup>，至現行所使用 Trimble S9 測距經緯儀，然而測繪工業科技進步推出掃瞄全站儀可提供測繪、掃描、工程放樣、即時影像測量功能，藉由 Trimble SX10 掃描全站儀讓讀者了解該儀器具備那些與眾不同技術與功能，搭配 Trimble Business Center 測量軟體(TBC)，可運用於 GPS/GNSS 測量資料後處理，在以往測距經緯儀在軟體介面上，就侷限於測距經緯儀各項功能，在 Trimble S9 測距經緯儀引進取代舊式測距經緯儀後，讓使用者發現測量軟體介面更為彈性、簡便，接下來跟各位讀者逐一簡介 Trimble SX10 掃描全站儀各項組成與功能：

### 一、掃描全站儀裝備組成

Trimble SX10 掃瞄全站儀，為整合全站儀及高精度掃瞄儀功能，提供測繪作業、空間幾何測量、3D 建模整合製圖、高精度雲點掃描技術等相關測量儀器功能，並可結合 GNSS 衛星系統實施放樣作業更為簡易方便，該儀器經 TAF 環境測試檢驗<sup>4</sup>，Trimble SX10 掃瞄全站儀組成具備器材本體、控制面板、儀器腳架，其相關儀器組成分述如下：

#### (一) Trimble SX10 掃瞄全站儀

該儀器為多功能掃描全站儀運用 Trimble Access 及 Trimble Business Center 軟體(TBC)，可提供測繪、掃描、工程放樣、即時影像測量功能，具備多相機鏡頭補助測繪運用，可配合 T10X 控制面板遠端驅動操作，主要特點匯集掃描、測量等功能，在系統功能中整合光學影像對中相機，無須透過光學定位鏡投影方式，採影像式實施儀器對正測站，另具備測距經緯儀測距功能，提供無稜鏡測距採雷射(DR)模式可測定 800 公尺以內距離，其內建功能如電子式水準氣泡、自動鎖定功能，在測量作業上為嶄新技術值得深入探討與發掘（如圖 1）。<sup>56</sup>



圖 1 Trimble SX10 掃瞄全站儀示意圖  
資料來源：作者自行拍攝

<sup>3</sup> 同註 1。附件 4-795 頁。

<sup>4</sup> 註釋:TAF 環境測試檢驗為第三方檢測公正單位，具備軍規相關檢測技術，如 MIL-STD-810F 測試報告，高低

海拔、高溫、低溫、雨中、濕度、沙塵、防震等相關測試檢測能力。

<sup>5</sup> 曾育養，〈砲兵測地作業新利器—Trimble S9 測距經緯儀之簡介〉《砲兵季刊》，第 194 期（臺南），110 年

9 月 30 日，頁 37

<sup>6</sup> 〈Trimble SX10 多功掃瞄全站儀〉[www.ticgroup.com.tw/categorys/122.html](http://www.ticgroup.com.tw/categorys/122.html)，索引日期 113 年 7 月 16 日。

## (二)T10X 控制面板

在韌體部分具備高效能 i7 處理器，內建儲存空間 1T 及 32GB 記憶體、10.1 吋觸控顯示器、防水防塵等級 IP65、軍規 MIL-STD-810H，電池部分具備熱插拔功能；在軟體部分運用 Trimble Access 及 Trimble Business Center 測量軟體(TBC)可整合測距經緯儀、GNSS、掃描全站儀等功能，可遠端操控驅動掃描全站儀，提供簡便操作方式，人員只需利用 T10X 控制面板操作儀器，不須人員觸碰 Trimble SX10 掃描全站儀來照準目標或測繪位置（如圖 2）。<sup>7</sup>



圖 2T10X 控制面板示意圖

資料來源：作者自行拍攝

## (三)腳架

Trimble SX10 掃描全站儀採用同 Trimble S9 全站儀木質腳架（如圖 3），其功用在結合掃描全站儀操作使用，可穩固本體實施操作，避免造成儀器傾倒，採黑色低視度塗裝，可達到隱蔽、掩蔽效果<sup>8</sup>。



圖 3 Trimble SX10 掃描全站儀腳架示意圖

資料來源：作者自行拍攝

<sup>7</sup> 〈Trimble T10X 使用者指南〉<https://hardwarehelp.trimble.com/PDFs/T10x-UserGde-RevA.pdf>，索引日期 113 年 7 月 16 日。

<sup>8</sup> 同註 1，頁 39。

## 二、掃描全站儀裝備功能

Trimble SX10 掃描全站儀在功能配備上，能提供掃描技術、高效能測量軟體、高精度度盤技術、影像處理技術、修正技術、自動鎖定等技術，在 Trimble S9 全站儀部分功能上都能匹配與提供更高階系統功能，就系統功能分述以下幾點說明：

### (一)高精度掃描技術

Trimble SX10 掃描全站儀具備 Trimble SureScan 高精度閃電掃描技術與高精度測量，每分鐘可掃描多達 26600 個點雲，並整合 LED 聚光燈於夜間作業時，可建立數值地形模型（DTM），高效率完成地形測量建構與測繪與傳統測量方式逐點方式測繪上，作業時間較為冗長，在整體效益上，Trimble SX10 掃描全站儀在多功能使用上能提供不同作業測量方式<sup>9</sup>。

### (二) Trimble Business Center 內建測量軟體<sup>10</sup>

Trimble SX10 掃描全站儀內建軟體具備高掃描影像處理、測繪整合功能，透過 Trimble Business Center 軟體提供全站儀、GNSS 衛星接收天線、掃描儀資料解算，亦可匯入 Trimble SX10 掃描全站儀進行點雲資料處理，其軟體功能與 Trimble S9 全站儀相同<sup>11</sup>（如圖 4）。



圖 4 Trimble Business Center 內建測量軟體示意圖

資料來源：作者自行拍攝

### (三)磁浮驅動度盤技術

磁浮伺服馬達技術如同高速鐵路所使用之電磁式驅動技術，與傳統式採用機械式螺旋原理或皮帶帶動原理等方式來驅動度盤，該技術使用於高精度測距經緯儀或全站儀，用於角度感測器裝置及帶對徑讀數裝置、絕對編碼器，主要以消除刻度盤與分光計中心軸線之偏心誤差，其中刻度盤直徑兩端各裝置游標，確

<sup>9</sup> 高拔萃、鄭文正，〈測距經緯儀教育訓練〉《砲訓部 108 年測距經緯儀教育訓練投影片》（臺南），民國 109 年 4 月，頁 8。

<sup>10</sup> 註釋：Trimble Business Center 內建測量軟體可提供完善測量軟體，可整合 Trimble 各類型測距儀或掃描儀相關資料，避免造成資料無法整合運用。

<sup>11</sup> 〈Trimble SX10 多功掃描全站儀〉[www.ticgroup.com.tw/categories/122.html](http://www.ticgroup.com.tw/categories/122.html)，索引日期 113 年 7 月 16 日。

保刻度圓盤誤差，另外絕對編碼器在儀器關機時，提供度盤角度關係位置，減少儀器耗損造成損壞等情況<sup>12</sup>。

#### (四) Trimble VISION 影像技術

影像系統用於儀器控制，TX10 控制面板可遠端控制儀器，可自動鎖定追蹤目標 360 度稜鏡位置不用人員操作器材，以無線電波或 WiFi 實施連線，透過觸擊螢幕縮放影像焦距清晰度，不須人員透過望遠鏡方式照準目標或標定標測點位置，以主相機、廣角相機、望遠鏡相機等鏡頭，即時將影像顯示於 TX10 控制面板螢幕上，使測繪速度加快更為便利<sup>13</sup>（圖 5）。



圖 5 Trimble VISION 影像技術示意圖

資料來源：作者自行拍攝

#### (五) Surepoint 修正技術

Trimble SX10 掃描全站儀具備 Surepoint 修正技術，測量人員不必緊盯儀器上水準氣泡，因控制器上螢幕有顯示電子水準氣泡，其中內建補償器會自動補償傾斜功能，當儀器水準氣泡超過補償範圍時，Trimble Access 測量軟體就會以訊號警告，是否接受此測量點<sup>14</sup>（圖 6）。

#### (六) Autolock 自動稜鏡鎖定：

Autolock 自動鎖定技術為 Trimble Business Center 軟體內建關鍵技術，運用方式可於測量作業中，儀器連續照準鎖定稜鏡追蹤，測量人員僅需移動稜鏡變換測站位置，此時儀器可遠端運用 TX10 控制面板儲存該測量點，避免人員在作業過程中，儀器尋找稜鏡位置增加作業時間，亦可於日、夜間作業使用，可提升測繪作業效益<sup>15</sup>。

<sup>12</sup> 曾育養，〈砲兵測地作業新利器—Trimble S9 測距經緯儀之簡介〉《砲兵季刊》，第 194 期（臺南），110 年 9 月 30 日，頁 44。

<sup>13</sup> 同註 10，44 頁

<sup>14</sup> 同註 10，44 頁

<sup>15</sup> 同註 10，45 頁

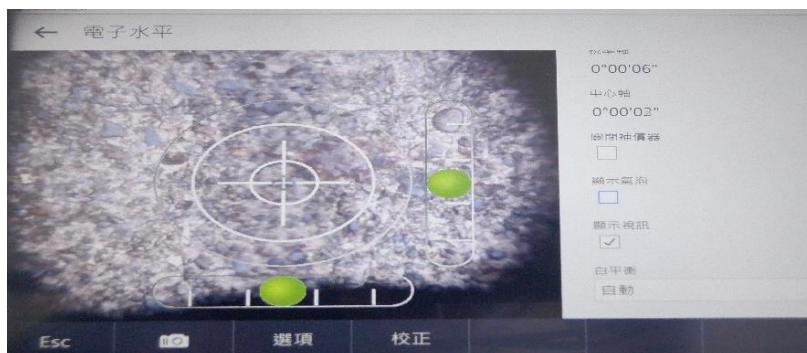


圖 6 電子水準氣泡示意圖

資料來源：作者自行拍攝

## 掃描儀與全站儀分析比較

在嶄新科技新知不斷演進與提升，就 Trimble SX10 掃描全站儀及 Trimble S9 全站儀在測量作業實務中，掃描儀及全站儀是不可或缺的重要利器，藉由新型儀器推出能瞭解 Trimble SX10 掃描全站儀重要新知與特殊功能，以掃描全站儀、測距經緯儀之儀器功能等方面，進行分析與比較。

### 一、儀器功能比較

在砲兵測地作業中所使用之儀器為 Trimble S9 測距經緯儀(全站儀)，於民國

109 年向台灣儀器公司採購該儀器與設備，在人員操作訓練上已長達 4-5 年時間，在 Trimble S9 測距經緯儀功能操作與現貨市場中所推出 Trimble SX10 掃描全站儀，進而相互針對關鍵功能介面與測量作業實需，以調製作業系統功能比較表(如表一)，可作為後續學術與教學使用重要參考意見。

### 二、測試結果分析

在測量儀器操作上，本軍砲兵部隊多以測距經緯儀為主，就測距經緯儀操作實用上，部隊專業操作人員具備合格專長證書審認及實務上操作較為熟悉，就系統儀器不同及相關測量繪製運用上，進行系統功能性及實作操作上分析，以測量班專長班 113-3 期為例，擷取相關作業精度及器材整置操作時間等方向，分析其系統優、缺點如下：

#### (一)就作業精度而言

在測量作業上測角作業要求極為重要，因無定位定向系統採用導線法或前方交會測量作業，在角度度量測需極為精確，就 Trimble SX10 掃描全站儀及 Trimble S9 全站儀測角精度比較上約  $\pm 0.5-1$  秒測角精度範圍，於測量幾何作業計算上，能提供相當性可靠數據，在系統誤差上大幅度減少避免造成測量時作業誤差，以曾育養，(109)「砲兵測距經緯儀儀器誤差對測角作業影響之研究-」文中表示，誤差之來源因環境因素、人員操作、儀器未校正、未善用改正等因素所

造成各種誤差種類與類型，如自然誤差、人員記錄錯誤、系統誤差、偶然誤差等

表 1 作業系統功能比較表

| 作業系統功能比較表    |                                    |                             |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------|
| 項目           | Trimble SX10 掃描全站儀                 | Trimble S9 全站儀              |
| 測站定心         | 影像光學定心                             | 雷射定心、光學定心鏡★                 |
| 掃描功能         | 標準掃描(區域掃描)6 分鐘<br>粗掃描(全穹頂掃描)12 分鐘★ | 帶狀掃描                        |
| 掃描範圍         | 360 度*300 度<br>(水平角/垂直角)           | 360 度*300 度<br>(水平角/垂直角)    |
| 掃描距離         | 600M★                              | 250M                        |
| 掃描間隔         | 6.5mm、12.5mm、25mm★                 | 10mm                        |
| 測角精度         | ±1 秒                               | ±0.5 秒★                     |
| 測距精度         | 1mm+1.5ppm                         | 1mm+2ppm                    |
| 最大測距         | 5500M                              | 5500M                       |
| 水準補償器        | 自動補償±5.4 分                         | 自動補償±5.4 分                  |
| 水準氣泡         | 雙軸電子式管型 0.3 秒<br>圓形 8 分/2mm        | 雙軸電子式管型 0.3 秒<br>圓形 8 分/2mm |
| 建構 3D 影像     | 有                                  | 有                           |
| 電力供應         | 11.1V，6.5Ah                        | 10.8V，6.5Ah                 |
| 電池設計         | 離電池                                | 離電池                         |
| 作業時間         | 2-3 小時                             | 6.5 小時★                     |
| 水準器          | 電子式水準氣泡                            | 電子式水準氣泡                     |
| 附屬功能         | 對中相機、搭配 RTX 改正★                    | 搭配 R2 衛星定位儀、自動鎖定            |
| 重量           | 7.5 公斤                             | ★5.4 公斤                     |
| ★代表裝備性能概等或較優 |                                    |                             |

資料來源：

1. 曾育養，〈砲兵測地作業新利器—Trimble S9 測距經緯儀之簡介〉《砲兵季刊》，第194期（臺南），110 年 9 月30日，頁 37。

2. 〈Trimble SX10多功掃描全站儀〉  
[www.ticgroup.com.tw/categorys/122.html](http://www.ticgroup.com.tw/categorys/122.html)，索引日期113年7月16日。

3. 〈Trimble S9全站儀〉  
<http://tianbaonet.com/u/cms/tmnt/201808/0109010018k1.pdf>，索引日期113年7月16日。

誤差<sup>16</sup>，需採用其相關改正方法及措施消除誤差或減少誤差產生，以測量班專長班 113-3 期為例及教學勤務人員抽樣驗測，Trimble SX10 掃描全站儀觀測照準光學投影方式於控制器上實施標定作業無須人員透過望遠鏡方式實施照準目標，避免人員姿勢不正確所造成視覺上誤差，以 Trimble S9 全站儀測角作業以目視方式實施照準因操作人員不同，取樣方式較為浮動，其中發現因操作時間要求快速時，造成人員操作角度量測誤差較為不精確，藉由測角作業方式不同比較分析提供參考。

## (二)就作業時間而言

國軍砲兵部隊測量專業人員評定專業性，其中以測量儀器整置器材，簡單說明將測距經緯儀儀該項儀器完成架設，並完成儀器定心、定平、歸零、標定等 4 大步驟，以 Trimble SX10 掃描全站儀及 Trimble S9 全站儀實施器材架設整置，以測量班專長班 113-3 期為主，進行人員抽樣針對上述 2 項儀器實施操作，以完成時間進行統計(如圖 7)，發現人員在操作 Trimble S9 全站儀較為熟悉，另在 Trimble SX10 掃描全站儀操作速度與時間較為增加 10-20 秒，綜合上述作業時間而言，其儀器架設整置時間上概等相同，就系統分析說明如後，綜合上述分析在 Trimble S9 全站儀操作上與 Trimble SX10 掃描全站儀功能並駕其驅，也能再後續人員如獲得 Trimble SX10 掃描全站儀亦能快速接軌，並免人員在操作上花長時間熟悉裝備與摸索相關介面。

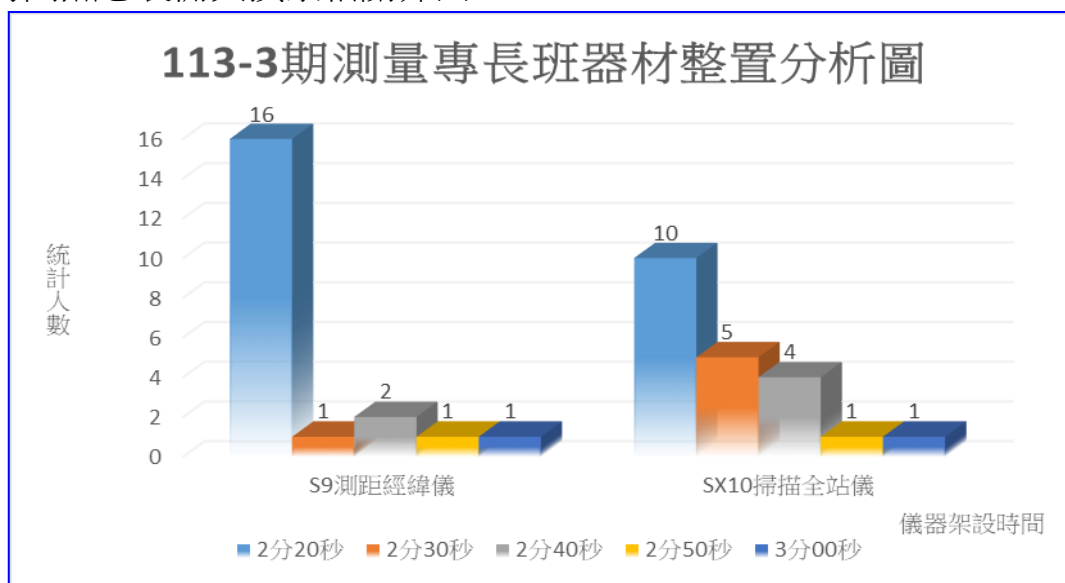


圖 7 器材整置統計分析圖

資料來源：作者自行製作

<sup>16</sup> 曾育養，〈砲兵測距經緯儀儀器誤差對測角作業影響之研究〉《砲兵季刊》，第1940期（臺南），109年 9 月30日，頁 43。

## 運用 SX10 測地作業之效益

就現況 Trimble S9 全站儀及 Trimble SX10 掃描全站儀在人員操作及裝備功能，舉列下列幾點作業特點及弱點，提供讀者在儀器認知上更能熟悉，整體運用在測地作業之效益，其分述特弱點如下：

### 一、作業特點

#### (一)作業人力簡便

在儀器架設整置時，人員採 1 員方式實施架設儀器(整置器材)，操作程序須完成定心、定平、標定、歸零，作業方式區分 4 大程序(如圖 8)，以 Trimble S9 全站儀在專業測量人員操作時，較能熟悉快速完成，應在基礎教育課程幾乎使用測距經緯儀操作，然而 Trimble SX10 掃描儀在操作上，有些許不同，如無目鏡裝置以 VIDIO 螢幕顯示、無光學定心鏡功能以影像投影方式精確對正避免造成偏心誤差等問題，藉由新式設備儀器，提升新知與操作運用。

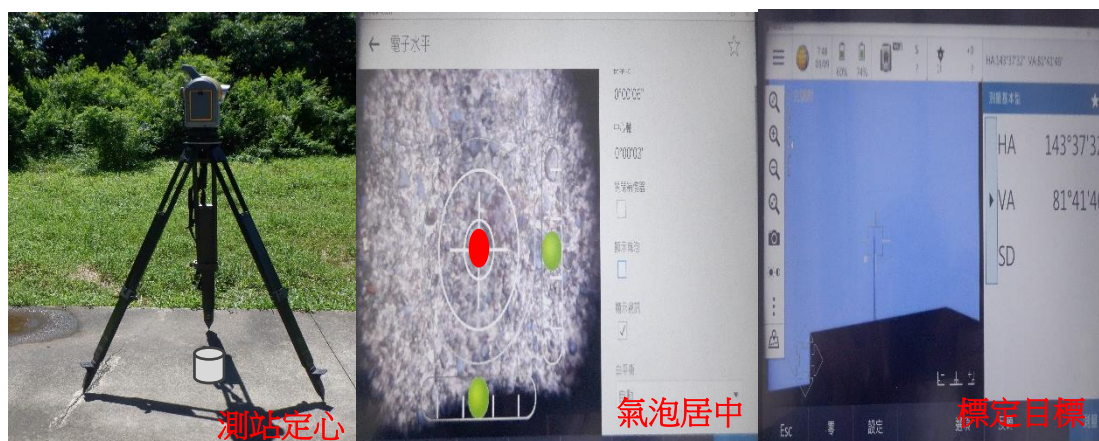


圖 8 整置器材操作示意圖  
資料來源：作者自行繪製

#### (二)快速完成測地作業

Trimble S9 全站儀及 Trimble SX10 掃描全站儀均設置多點式掃描功能，惟在 SX10 掃描儀光達掃描功能更為精細速度更快，其中內建測量作業功能均與測距經緯儀相同，人員在儀器架設完畢後可遠端操作或尋找隱蔽掩蔽位置時施操作儀器，可利用放射測量方式及反交會測量內建直接計算座標，快速達到「速度」與「精度」目的。

#### (三)中文化操作介面

全球數位科技化均採用多國語言，在使用者操作上均能配合以中文化操作介面，提升使用者在使用儀器上更能快速熟悉記憶各項介面，本儀器內部可設定中、英文操作介面，另外再提供電子化操作手冊方便人員操作使用。

#### (四)快速建置地面控制點

民間機構及學術單位無人機測地運用方式區分 3 種類型，GCP 地面控

制點(如圖 9)、PPK 動態後處理技術<sup>17</sup>與 RTK 即時動態系統。GCP 地面控制點以專案地區設置 GCP 地面控制點，分佈等距大致 300-400 公尺作為適度調整<sup>18</sup>，藉由 Trimble SX10 掃瞄儀均設置多點式掃描功能快速鍵置 GCP 地面控制點，提供無人機 PPK 動態後處理技術平差解算，說明 PPK 動態後處理技術，各式無人機在搭載光學酬載鏡頭時，藉由空中巡航及拍攝地表面環景，其中地面規劃如設置 GCP 地面控制點，可藉由後續拍攝圖片與 GOP 地面控制點實施圖片重複堆疊及核對之正確性，使得地表面所獲得之座標更為精確，然而在 GCP 地面控制點建置中極為重要，就像國軍砲兵在年度防區測地評鑑中，最重要建立測地基準點及衛星控制點，增加點位密集度，提升減少作業時效性為重要一環。

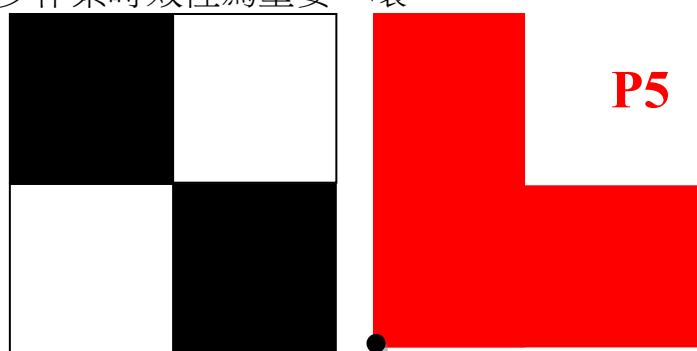


圖 9 GCP 地面控制點示意圖

資料來源：作者自行繪製

## 二、作業弱點

### (一)GNSS 信號限制

我國未具備自主衛星系統，端賴現行衛星系統發展較為純熟國家，能耳熟能詳的舉例如美國的「全球衛星定位系統」(Global Positioning System, 簡稱 GPS)或俄羅斯的「全球導航衛星系統」(Global Navigation Satellite System, GLONASS)、伽利略衛星系統 (Galileo)、中國大陸的「北斗衛星導航系統」，被世界各國用戶廣泛使用都簡稱為 GNSS 衛星導航定位系統 (GPS+GLO+GAL+BDS+QZSS)，然而 Trimble SX10 掃瞄儀須配合 GNSS 接收衛星訊號亦能快速提供點雲測繪資訊，此 GNSS 信號限制惟現行不可或缺重點關鍵指標。就如同 GNSS 全球導航衛星定位系統誤差，說明美國「全球定位

<sup>17</sup> PPK 為(Post-Processing Kinematic,PPK)動態後處理技術，同利用基準站及移動站接收 GNSS 載波相位觀測定位資料，在利用後製測量解算軟體，將基準站及移動站進行差分平差解算，不須利用網路及無線電波方式實施解算，蕭宇伸、陳祥茵，以無人機 PPK 及 RTK 技術建置地形圖之可行性評估，  
<https://swcdis.nchu.edu.tw/AllDataPos/JournalIP/>，索引日期 113 年 2 月 6 日，2487 頁。

<sup>18</sup> GCP 地面控制點，於地面設置已知點使得無人機，在執行空拍測量時能夠提供額外數值增加精確性，也可配合 PPK 及 RTK 作業方式運用，其中大部分運用於航拍過程中攝影或拍攝測量地圖，其中圖像數量較多如使用手動拼接時較為困難，多以 GCP 地面控制點結合 PIX4D 軟體進行拼接，使得圖資更為精確。  
<https://www.geoforce.com.tw/>，索引日期 113 年 4 月 8 日。

系統」在衛星訊號中加入了「選擇式適用性效應」(Selective Availability, SA)等保護措施，平時採關閉狀態，戰時將刻意將衛星時鐘的精確時間加入不規則變化之誤差，以上文可鑒衛星訊號以多星系多頻道，採用 GNSS 訊號才可大幅度增加 PDOP 衛星解析因子之可靠度<sup>19</sup>（如圖 10）。

| 觀測數據點 |               |        |       |
|-------|---------------|--------|-------|
| 局部坐標： |               |        |       |
| 北：    | 2,509,212.696 |        |       |
| 東：    | 197,377.404   |        |       |
| 高程：   | 35.433        |        |       |
| 解質量：  |               |        |       |
| 解：    | 網絡 浮點解        |        |       |
| 衛星數：  | 11 (11 最小)    |        |       |
| 水平精度： | 0.569         | 垂直精度：  | 1.136 |
| PDOP： | 1.30          |        |       |
| 時段時間： |               |        |       |
| 0:06  | 數量狀態          | 正在測量   |       |
| 接受    |               | GNSS狀態 |       |

圖 10 RTK 觀測數據 PDOP 衛星解析因子示意圖

資料來源：中翰國際科技有限公司教育訓練資料

## (二)網際網路通信限制

Trimble SX10 掃描儀透過 TX10 控制面板內建無線電波及 WiFi 方式傳達其操作指令，其中 Trimble SX10 掃描儀須搭配 RTK 衛星即時動態系統接收衛星定位座標及標高，然而 RTK 衛星即時動態系統為現行空間測繪趨勢，採用網路型 RTK 以 4G、5G 網際網路通訊或搭配 Trimble 自主衛星訊號 RTX，結合運用其網路衛星訊號增加彈性運用，其網際網路通信限制為保密安全重要課題及研討事項（如圖 11）。



圖 11 搭配 RTK 衛星即時動態系統示意圖

資料來源：作者自行繪製

<sup>19</sup>卓以民，〈中共第三代「北斗衛星導航系統」發展與運用研究〉《砲兵季刊》，第 188 期（臺南），109 年 3 月 30 日，頁 108。

### 三、效益分析

綜合上述優、缺點，使用者在運用上除原本測距經緯儀相關運用及儀器設定外，增加遠端 TX10 控制面板控制，又可搭配 RTK 衛星即時動態系統及 Trimble 自主衛星訊號 RTX 訊號等方式，提升效益上亦可整合測量儀器不足部分，在儀器系統多採用民間測量儀器，在接軌軍民測量運用與技術均能同步，避免人員操作上因軍事機構與民間單位等運用上無法結合，在後續人員教育訓練及裝備提升等運用技術上更為緊密，減少人員熟悉裝備儀器等功能介面，花費更多時間實施教育訓練，藉由效益分析得知 Trimble SX10 掃瞄全站儀在功能上與搭配 RTK 衛星即時動態系統、Trimble 自主衛星訊號 RTX 所獲得之效益可顯著提升，然而不可避免衛星訊號限制因素等關係，是測量作業使用者須審思問題，因以各種測量技術取得成果，進而堆疊測量成果獲得具有可靠度之測量成果。

#### SX10 全站掃描儀砲兵運用

目標獲得在瞬息萬變的戰場對野戰砲兵極為重要，目標獲得其重要性是爭取砲兵在火力發揚之精準射擊，取決在座標精確性，其中 SX10 全站掃描儀具備功能性多元化，藉由本篇上述討論與研究在砲兵運用層面與技術闡述說明。

#### 一、地面戰場監偵掃描

本軍國土腹地不像烏克蘭國家國土腹地較為廣闊，地理圖資與現況常因天候環境影響或強烈地震較為頻繁受影響，在整體地面戰場持續變化中，國軍在戰場經營層面上應持續加強熟悉環境地形、地貌，因 SX10 掃瞄全站儀及 Trimble S9 全站儀具備高度掃描功能及高精度相機，在運用上搭配 RTK 衛星即時動態系統及 Trimble 自主衛星訊號 RTX 訊號等方式，可結合兵要蒐集等要項，提供兵要照(圖)片及目標獲得快速建檔；在監偵掃描部分因前線地面人員除以各式無人機實施偵蒐外，砲兵部隊現行觀測人員以多功能雷觀機約 7 倍實施觀測射彈，然而 SX10 掃瞄全站儀具備望遠鏡功能 30 倍倍率在人員操作上可遠端操作，在國軍部隊人員除本身專業操作武器以外以朝向多專多能，現行作戰不僅能取決單一專長，就測量人員作業人員因地形關係彌補觀測射界不足，以 SX10 掃瞄全站儀或 Trimble S9 全站儀提供戰場環境監視是不可或缺一環。

#### 二、提升目標獲得運用

在野戰砲兵目標獲得中精確座標為重要指標，其中衛星訊號須同步解算獲得高精確度，可藉由 Trimble CenterPoint RTX Marine 即時改正衛星服務訊號，利用全球追蹤站的即時衛星定位資料，透過高精確的改正資料以地球同步衛星來提升 GNSS 衛星接收定位之精確性，座標收斂改正速度約小於 1-3 分鐘，座標精度可達 MRS：2-5 公分，砲兵目標獲得以使用多功能雷觀機快速定位精度

約 $\pm 5$ 公尺，在目標觀測使用上極為重要，若藉由 **Satellite-Based- Augmentation System** 全球衛星增強系統(SBAS)提供更精確座標，透過地球靜止軌道(GEO)衛星搭載衛星導航增強信號發射器<sup>20</sup>，修正其誤差種類如電離層、對流層、多路徑效應、星歷及時間鐘錶等誤差(如表二)<sup>21</sup>，其中以區域型種類區分 **WAAS**(美國增強型衛星導航系統)、**EGNOS**(歐洲增強型衛星導航系統)、**MSAS**(日本增強型衛星導航系統)、**GAGAN**(印度增強型衛星導航系統)、**SDCM**(俄國增強型衛星導航系統)區域型衛星訊號，若提供該衛星訊號亦能增加目標獲得座標精度準確性等方式。

表2 GNSS衛星定位測量誤差分析表

| GNSS 衛星定位測量誤差分析表                                          |                                                                            |                                                                                             |                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 誤差種類                                                      | 誤差導致原因                                                                     | 減落消除方法                                                                                      | 因應消除種類方式                                                                          |
| 電離層<br>折射誤差                                               | 電離層內離子化的粒子和電子且不穩定狀態，對 <b>GPS</b> 定位影響甚鉅，也不易完全消除。會對無線電訊號造成影響，導致衛星訊號的傳播時間延遲。 | 1.以雙頻觀測量之無電離層效應差分線性組合觀測量，可消除大部分電離層誤差。                                                       | 1.採地面一次差<br>以兩部接收儀對同一顆衛星之觀測方程式相減而得。                                               |
| 對流層<br>折射誤差                                               | 對流層是會對無線電訊號產生折射，大部分影響區分乾溼分量，前者以溫度及壓力有關，後者以大氣濕度與高度有關。                       | 2.利用電離層模式加以修正<br>3.盡量於晚上觀測<br>4.衛星高度角至少大於 <b>15 度</b><br>5.利用差分技術減少誤差<br>6.增加觀測時間，遠離反射平面物體。 | 2.採空中一次差<br>以一部接收儀對兩顆衛星之觀測方程式相減而得。<br>3.採空中兩次差<br>以兩部接收儀對兩顆衛星之兩地面或空中一次差觀測方程式相減而得。 |
| 多路徑效應                                                     | 天線除了直接接收衛星訊號外，可能同時接收接收周圍訊號，導致接收儀無法判斷量測真正得相位觀測量                             |                                                                                             | 4.採空中三次差<br>以兩部接收儀對兩顆衛星在不同時刻之兩次差方程式相減而得。                                          |
| 星歷及時間<br>鐘錶誤差                                             | 其誤差因系統時間與標準 <b>GPS</b> 時間之產生差異。稱為時間鐘錶誤差                                    | 衛星訊號接收機採用接收衛星廣播時間採用精密單點定位( <b>PPP</b> )技術，以 <b>GNSS</b> 訊號、精密衛星軌道、衛星時鐘等方式獲得時間改正數據。          | 與國際間時間 <b>GNSS</b> 服務( <b>IGS</b> )比對觀測站名稱 <b>TWTF</b> ，進行遠端時頻校正服務                |
| 註：透過觀測方程式相減得不同組合方式消除多於參數，在進行必要計算即為差分定位，具提升解算速度和提高定位精度之優點。 |                                                                            |                                                                                             |                                                                                   |

資料來源：1.林宏麟，乙級工程測量技術士學科題庫題解，2016年5月，第296頁。

2.國家時間與頻率標準實驗室，<https://www.stdtime.gov.tw>，檢索日期：民國113年7月16

<sup>20</sup> 陳楷權、溫培基，〈衛星發展對砲兵部隊影響之啟示〉《砲兵季刊》（臺南），第 205 期，陸軍砲訓部，民國 113 年 6 月 15 日，頁 2。

<sup>21</sup> 林宏麟，乙級工程測量技術士學科題庫題解，2016 年 5 月，第 296 頁。

日。

### 三、無人機 PPK 軟體平差解算

通常用於航測採光束平差法(Bundle Adjustment)方式平差解算類似空中三角法平差解算<sup>2223</sup>，PPK(Post-Processing Kinematic, RPK)GPS 動態後處理技術，已完成測繪後再由測量軟體進行平差解算，解算後坐標精度可達 1-2 公分，與 RTK 即時動態系統(Real-Time Kinematic, RTK)，設置基站方式於已知點進而與移動站即時解算坐標成果，無人機現行運用方式因使用特性不同多以衛星控制點為基礎（如圖 12）。

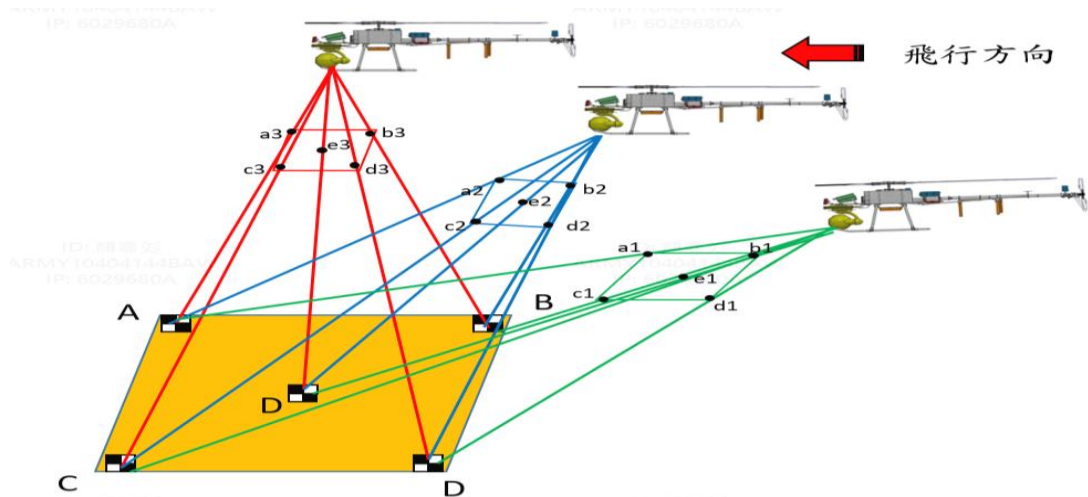


圖 12 採光束平差法示意圖

資料來源：1.陳昱芸，無人機航拍之空中三角測量精度與控制配置探討，104 年 8 月，頁 8。2.作者自行繪製。

### 四、小結

綜上述系統分析特、弱點及運用效益中，可發現在各種 2D、3D 定理空間環境下，都需要仰賴各種點跟點之間確定性，在點座標的獲得中，本國因無自主性衛星系統，多採用商用衛星系統獲得點座標之正確性，然而衛星定位座標因地理關係接收訊號的問題可以發掘相關上述問題值得讀者了解與借鏡，而不是單單相信及無重驗證，在砲兵測量作業上持續精進與獲得各種新知，以提升測量技術與運用，藉由分析與運用我們得知現行趨勢以無人機為首要，可藉由文獻探討後歸納無人機採用光束平差法方式另以 GCP 地面控制點實施各項圖層拼接以獲得更精確座標，因獲得相關新知後在實際面上，藉由後續裝備獲得後再逐一實施研究與驗證可行性與正確性。

<sup>22</sup> 陳昱芸，無人機航拍之空中三角測量精度與控制配置探討，104 年 8 月，頁 8，  
<https://tdr.lib.ntu.edu.tw/bistream/123456789/4389/1/ntu-104-1.pdf>。

<sup>23</sup> GCP 地面控制點，可將測繪攝影地圖及周圍地理區域精確對齊，避免拍攝測繪失真，通常以無人機運用空拍測量及比對資料，GCP 地面控制點選擇於地圖地幅周為角落及中央位置。

## 結語

筆者持續獲得新知與更新，在教學上利用空餘時間研究相關性或延伸性新型裝備，藉由本篇測地之眼 Trimble SX10 掃描全站儀簡介與運用，進而發現掃描儀搭配 RTK 衛星即時動態系統，增加測量作業上「速度」與「精度」，以提供砲兵精準火力達奇襲之火力，亦提升砲兵部隊戰場存活力，另增加目標獲得能力彌補觀測射界，提升專業人員多專多能減少戰場遊兵，發揮整體作戰效能。

## 參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 111 年 10 月 5 日），7-514 頁。
- 二、高拔萃、鄭文正，〈測距經緯儀教育訓練〉《砲訓部 108 年測距經緯儀教育訓練投影片》（臺南），民國 109 年 4 月，頁 8。
- 三、國家時間與頻率標準實驗室，<https://www.stdtime.gov.tw>，檢索日期：民國 113 年 7 月 16 日。
- 四、林宏麟，乙級工程測量技術士學科題庫題解，2016 年 5 月，第 296 頁。
- 五、曾育養，〈砲兵測地作業新利器—Trimble S9 測距經緯儀之簡介〉《砲兵季刊》，第 194 期（臺南），110 年 9 月 30 日，頁 44。
- 六、卓以民，〈中共第三代「北斗衛星導航系統」發展與運用研究〉《砲兵季刊》，第 188 期（臺南），109 年 3 月 30 日，頁 108。
- 七、陳楷檣、溫培基，〈衛星發展對砲兵部隊影響之啟示〉《砲兵季刊》（臺南），第 205 期，陸軍砲訓部，民 113 年 6 月 15 日，頁 2。
- 八、蕭宇伸、陳祥茵，以無人機 PPK 及 RTK 技術建置地形圖之可行性評估，<https://swcdis.nchu.edu.tw/AllDataPos/JournalP/>，索引日期 113 年 2 月 6 日，2487 頁。
- 九、〈Trimble T10X 使用者指南〉<https://hardwarehelp.trimble.com/PDFs/T10x-UserGde-RevA.pdf>，索引日期 113 年 7 月 16 日。
- 十、〈Trimble SX10 多功掃描全站儀〉[www.ticgroup.com.tw/categories/122.html](http://www.ticgroup.com.tw/categories/122.html)，索引日期 113 年 7 月 16 日。
- 十一、GCP 地面控制點，<https://www.geoforce.com.tw/>，索引日期 113 年 4 月 8 日。
- 十二、陳昱芸，無人機航拍之空中三角測量精度與控制配置探討，104 年 8 月，頁 8，<https://tdr.libntu.edu.tw/bistream/123456789/4389/1/ntu-104-1.pdf>。

## 作者簡介

顏嘉彰士官長，陸軍專科學校士官長正規班 39 期畢業，曾任測量班長、連士官督導長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得組士官長教官。

## 芬蘭聯合空地戰力整合：建立盟軍協同軍力\*

### Finnish Joint Air-Ground Integration: Building Allied Partner Capability

取材：美國《軍事評論》雙月刊，2024 年 7-8 月號

(Military Review, July-August 2024)

作者：美陸軍上校 Thomas Goettke 等人

譯者：劉宗翰

#### Preface

At the invitation of the Finnish Army commander, Lt. Gen. Pasi Välimäki, the 10th Mountain Division commander, the division artillery commander, and the division fires enterprise converged on Helsinki in April 2023 to attend a Finnish air ground integration seminar. Preexisting relationships and identified capability gaps naturally brought fires and airspace professionals together to review further growth opportunities, but NATO's newest addition sought a niche function. Throughout the seminar, all contributors emphasized the importance of synchronization and integration at the division level and the means to achieve it. Understanding their new role as allies, the Finnish Army studied how they fought and identified a need for reform, specifically to develop and exercise a more robust air ground integration competency.

#### 前言

美軍第 10 山地師師長、師砲兵指揮官及師火力組應芬蘭陸軍司令帕西·瓦利馬基中將之邀請，於 2023 年 4 月齊聚賀爾辛基，共同參與一場芬蘭的空地戰力整合研討會。芬軍當前正面臨戰力缺口問題，美芬兩軍在既有關係基礎下促使火力與空域專業人士齊聚一堂，意在尋求共同解決問題的方法，另芬蘭這個新進北約成員國(2023 年 4 月 4 日加入)，也想找出自身的職能定位。在整個研討會過程中，所有參與者不僅強調在師層級要達到同步與整合的重要性，而且也提出施行手段。芬蘭陸軍在理解其身分轉換成北約盟國的新角色後，著手研究自身作戰方式，發現有必要進行改革，尤其是要發展更健全的聯合空地戰力整合能力。

Furthermore, Välimäki laid out an ambitious timeline to develop initial capability for the Defender Europe exercise series (Nordic Response and Northern Forest) by the end of calendar year 2023. The 10th Mountain Division arrived in the U.S. European Command area of responsibility in March 2023

---

\* 本文屬於公開出版品，無版權限制。

and brought subject-matter experts with experience in this skill set. The article details how the United States and Finland paired with each other on a training path to build a clearly defined division-level warfighting capability and address an identified allied capability gap.

鑑此，瓦利馬基制定一個雄心勃勃的時間表，目標是短時間內(在 2023 年底之前)於「歐洲捍衛者」系列演習(如「北歐反應」與「北方森林」實兵聯演)中，展現初始作戰能力。基於協助盟友立場，美軍第 10 山地師在 2023 年 3 月抵達美國歐洲司令部責任區，並帶來擁有相關經驗的技術專家。本文詳述美國與芬蘭如何在訓練道路上結為合作夥伴、共同建立堅強的師級戰力，以及協助芬蘭這個盟友解決戰力缺口問題。

### **Why Does Finland Need Joint Air- Ground Capability?**

Finland has a modern army and is adept at the employment of close air support in singular or limited instances. Now part of the NATO alliance, the Finnish Army's airspace purview must expand to account for the realities of coalition warfare. NATO air capabilities are orders of magnitude greater than Finnish national capabilities in scale and remain essential for optimizing resources toward an adversary who exploits the principle of mass. Now part of the NATO alliance, the Finnish Army must display the capability to leverage all resources the alliance brings. The Finnish Army identified this gap and sought U.S. assistance in building air-land integration capability.

### **芬蘭為何需要聯合空地戰力整合**

芬蘭擁用有現代化軍隊，並擅長在單一或有限戰況下部署空中密接支援。如今作為北約同盟國之一員，芬軍必須擴展空域管制範圍，才能符合北約盟軍作戰的現實需求。北約的空中作戰量能遠遠大過芬蘭的軍力規模，一旦在面對大兵力集中的敵人時，芬蘭軍隊該如何有效駕馭這種龐大軍力至關重要。芬蘭現在已是北約成員之一，其必須展現可以駕馭北約盟軍的所有作戰量能，但經檢視後發現有力不從心的問題，故而尋求美軍協助解決戰力缺口問題，也就是建立聯合空地體戰力整合。

### **Background: U.S. Joint Air-Ground Integration Center**

The joint air-ground integration center ( JAGIC) is the action arm of the current operations integration cell (COIC) and must be collaborative, appropriately resourced, and properly organized to efficiently accomplish division collective tasks.<sup>1</sup> A combination of Air Force and Army personnel in the

JAGIC control airspace, coordinate interdiction, ensure friendly force identification, and control joint fires—it is strictly a current operations function.<sup>2</sup> The JAGIC chief, in constant collaboration with the division current operations chief make informed decisions based on designated priorities on striking targets and integrating joint assets in the division's assigned airspace.<sup>3</sup> The current operations fight necessitates mission command.<sup>4</sup> To operate at the frequency and volume demanded of the JAGIC, the division staff develops high payoff target lists, attack guidance, and target selections standards to enable quick decision making that within the commander's intent but can be executed with mission command.<sup>5</sup>

### 背景：美軍聯合空地整合中心

聯合空地整合中心(JAGIC)是當前作戰整合組的行動分支，其必須具備協調能力、適當資源配置及良好組織結構，才能有效完成師的集體任務。<sup>1</sup>JAGIC 是由陸軍與空軍人員組成，負責空域管制、阻絕協調、友軍識別及管制聯合火力，毫無疑問其具備當前作戰職能。<sup>2</sup>JAGIC 作戰常與師當前作戰組主任保持密切協作關係，並根據指定的優先順序做出適當決策，以用於目標打擊上或整合師所屬空域內的聯軍武器裝備。<sup>3</sup>任務式指揮是當前作戰行動不可或缺的指揮哲學，<sup>4</sup>例如在 JAGIC 高頻與高量的作戰需求下，師參謀部的工作事項是制定高效益目標清單、攻擊指導和目標選擇標準，只要妥善運用任務式指揮，就能在指揮官意圖下快速做出決策並分權執行。<sup>5</sup>

The JAGIC must rapidly clear airspace and conduct joint fires in complex environments.<sup>6</sup> The JAGIC performs these functions through the organization of existing personnel, specifically the functions of the air support operations center (ASOC), tactical air control party (TACP), and the COIC. The ASOC is a decentralized execution element from the supporting air component and controls joint air assets.<sup>7</sup> “The ASOC may be delegated airspace control responsibilities by the ACA [airspace control authority].”<sup>8</sup> The JAGIC's collaboration and ability to pass information quickly is its most critical function.<sup>9</sup> Placing JAGIC members next to or near each other when executing complementary functions enables shared understanding, responsiveness, and

<sup>1</sup> Army Techniques Publication 3-91.1/Air Force Tactics, Techniques, and Procedures 3-2.86, *The Joint Air Ground Integration Center* (Washington, DC: U.S. Government Publishing Office, 2019), 1-1, 2-1.

<sup>2</sup> Ibid., 1-4.

<sup>3</sup> Ibid., 2-1.

<sup>4</sup> Ibid., 2-3.

<sup>5</sup> Ibid.

reduces risk.<sup>10</sup> While the right personnel remain essential components of the JAGIC, consistently training together creates the familiarity and confidence required to execute proper battle drills.<sup>11</sup>

JAGIC 要在複雜環境中快速明確空域並執行聯合火力任務，<sup>6</sup>必須借重各單位人員的專業職能來完成這項工作，諸如空中支援作戰中心、戰術空中管制組及當前作戰整合組。空中支援作戰中心是一個分權式執行單位，其職責是支援空中部隊與管制聯合空中武器裝備，<sup>7</sup>同時也被空域管制權責單位賦予空域管制責任。<sup>8</sup>JAGIC 最關鍵功能為協作與快速傳遞資訊，<sup>9</sup>而且在作戰職能相互搭配時，JAGIC 成員會被安排在彼此相鄰或接近的位置，以利於達成共同理解、提升反應能力及降低風險。<sup>10</sup>對的人放到對的位置是 JAGIC 人員編組重點，但還要持續進行共同訓練，才能培養整個團隊執行戰鬥演練所需的熟悉度與信心。<sup>11</sup>

To perform its designated mission, a JAGIC must know, possess, or understand the following:

- ◆ All communication capabilities with supporting or supported entities to include (and rehearse) primary, alternate, contingency, and emergency methods of communication.
- ◆ The target synchronization matrix, which includes high-payoff target list, attack guidance matrix/target selection standards, close air support distribution decisions, air tasking order, airspace control order, delegation of authorities matrix, decision support template, synchronization matrix, current orders and fragmentary orders.
- ◆ The required scheme of fires and sequence of effects that achieve the commander's end state.
- ◆ The fires and effects missions that are essential to achieve objectives and which, if not performed, result in mission failure.
- ◆ The operations synchronization brief, a battle rhythm event during which the future operations plan is handed off to the current operations team. This battle rhythm event normally takes place twenty-four hours prior to execution and includes prioritized planned targets, scheduled fire missions, and missions that the JAGIC must execute or not

---

<sup>6</sup> Ibid., v, 1-2.

<sup>7</sup> Ibid., 1-3.

<sup>8</sup> Ibid., 1-2.

<sup>9</sup> Ibid., 1-6.

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup> Ibid., 1-17.

interfere with.

- ◆ Situational understanding of ongoing operations and a common operational picture.
- ◆ Allied and partner-nation capabilities and caveats to optimally employ their systems.
- ◆ Sustainment limitations.

JAGIC 為了執行受指派的任務，其必須了解、擁有或掌握以下事項：

- ◆ 與支援或被支援單位的所有通信聯繫，應包含(並演練)主要、替代、應急和緊急通信的各種方法。
- ◆ 目標協同管制表應包含高效益目標清單、攻擊指導表/目標選擇標準、空中密接支援分配決策、空中要旨命令、空域管制命令、授權表、決心支援圖解、協同管制表、當前命令與個別命令。
- ◆ 制定指揮官所望戰果與所需的火力運用和效力射順序。
- ◆ 了解目標達成必須執行的火力與效力射任務，若未能執行會導致任務失敗。
- ◆ 執行作戰同步簡報為「戰鬥旋律」\*\*的重大事項，在此一期間未來作戰計畫要交接給當前作戰小組。戰鬥的重大事項通常在行動前 24 小時執行，工作事項包含排定優先的目標、表定射擊任務，以及 JAGIC 應執行或不得干擾的任務事項。
- ◆ 當前戰況理解與掌握共同作戰圖像。
- ◆ 了解盟國與夥伴國能力，以及他們在使用各種作戰系統上的限制。
- ◆ 掌握後勤支援的限制因素。

### Normal JAGIC Collective Training Plan

With frequent turnover of personnel and constantly evolving training calendars, U.S. units have become accustomed to building JAGIC capability—normally oriented on a series of command-post exercises (CPX) and culminating in a Mission Command Training Program Warfighter exercise. The U.S. Army has been refining the JAGIC concept for more than a decade with the Air Force and formalized it in 2019 with Army Techniques Publication 3-

---

\*\* 譯者註：「戰鬥旋律」(battle rhythm)與「作戰節奏」(operational tempo)兩者不同。前者係指揮官、參謀及單位活動三者間所形成的一個程序循環，旨在統合當前與未來的作戰行動；後者在我國《國軍軍語辭典》(民 92 年修訂本)之定義為戰爭中具有規律性的作戰過程，一般是指作戰過程的快慢、作戰規模的大小、作戰情況的激烈程度，以及攻勢極限與決戰間隙等問題。「戰鬥旋律」應視「作戰節奏」發展現況保持調整彈性。「戰鬥旋律」之討論，請參見，Matthew Prescott，劉宗翰譯，〈策進「戰鬥旋律」之規劃〉，《陸軍砲兵季刊》，第 196 期，2022 年 3 月，頁 112-131。

91.1, The Joint Air Ground Integration Center.<sup>12</sup> A normal U.S. Army JAGIC training progression would include the following steps:

1. Identify JAGIC members to serve with longevity to build relationships and confidence.
2. Develop procedures for how the center operates and codify in a tactical standing operating procedure.
3. Individual study by each contributing member.
4. Formal education by the echelons above brigade and specialized joint air-ground training team at Hurlburt Field, Florida. The entire team attends this training together after steps 1-3.
5. Training events that focus on integration of systems from all participating staff entities.
6. Training events that externally stimulate JAGIC battle drills and rehearse digital connectivity among all systems.
7. Certifying training event(s).

### **JAGIC 常態的集體訓練計畫**

儘管面臨人員更迭頻繁與訓練日程不斷變動，美軍仍制定出一套建立 JAGIC 能力的作法，也就是以一系列指揮所演習為始，最後則以任務式指揮訓練計畫戰鬥員演習作結。美陸軍與空軍共同致力於精進 JAGIC 構想已超過十年，並於 2019 年時在美陸軍技術出版品第 3-91.1 號《聯合空地整合中心》中正式確立該構想。<sup>12</sup>美陸軍 JAGIC 的常規訓練進程包含以下步驟：

1. 讓 JAGIC 成員固定並長期任職，以利建立彼此關係與信任。
2. 制定 JAGIC 運作程序，並納入戰術標準作業程序中。
3. 各成員貢獻個人研究。
4. 旅級以上層級之正式培訓，為與佛州赫爾伯特機場的專業聯合空地訓練團隊共同進行，雙方要先完成步驟 1 至 3 後再進行訓練。
5. 訓練科目是聚焦於所有參謀單位作業系統之整合。
6. 用外部事件來模擬 JAGIC 的戰鬥演練，以驗證所有作業系統的數位連結。
7. 完成訓練簽證。

### **Initial Steps**

While at the April 2023 Helsinki Conference, 10th Mountain Division leadership invited the Finnish fires personnel and joint terminal attack controllers to their headquarters to observe Saber Guardian 23, one of

<sup>12</sup> Ibid.

Defender Europe's foundational exercises. Acting as higher command to the 2nd Romanian Division for Saber Guardian, the 10th Mountain Division exercised the full battle rhythm, developing all outputs for JAGIC execution. Romanian and Finnish leaders witnessed the 10th Mountain Division in full warfighting mode, providing further contextual understanding for the importance of addressing identified gaps. During the exercise, 10th Mountain and Finnish Army Command (ARCOM) leaders developed a plan to achieve initial air-ground capability by the end of the calendar year. While this relatively straightforward task became a division priority, the 10th Mountain Division did not know many of the unique variables associated with guiding their new ally to the desired end state.

### 初步計畫

在 2023 年 4 月賀爾辛基的研討會上，美軍第 10 山地師領導層邀請芬蘭火力組成員和聯合終端攻擊管制員前往師部，以觀摩「軍刀護衛者-23」多國演訓，其為「歐洲捍衛者」系列演習中的基礎演習之一。在該演習中，第 10 山地師擔任羅馬尼亞第 2 師的高層指揮部，完整演練戰鬥旋律，並擬定所有與 JAGIC 有關的作業成果。羅馬尼亞與芬蘭軍事領導人見證美軍第 10 山地師的全作戰模式，進一步認知到必須解決戰力缺口問題。在演習期間，第 10 山地師與芬蘭陸軍司令部雙方領導人制定一項計畫，目標是在當年度年底前實現芬蘭的初始空地戰力整合，這是一項相對明確的任務，並成為美軍師的優先順序，至於在引導芬蘭這個友軍達成所望目標過程中，將涉及許多未知領域的變數。

### Seek First to Understand

The 10th Mountain Division leaders sought first to understand. The duration of this initiative will extend beyond 10th Mountain's tenure in the U.S. European Command area of responsibility, but the purpose of the effort was to bring a tailored warfighting capability to NATO's newest ally on an abridged timeline. ARCOM cannot simply replicate the U.S. process, it must tailor and scale the effort within the current Finnish force design and joint architecture.<sup>13</sup> 10th Mountain Division leaders attended Finland's Lightning Strike exercise in May 2023 to better understand how the Finnish Army operates in the field and to better inform the effort moving forward. Many cultural, doctrinal, technical, modernization, and relationship-based hurdles remained for the paired allies despite attempts to prepare a logical training path.

## 先理解當前狀況

為達成協助芬蘭友軍的任務，美軍第 10 山地師領導高層在理解完當前狀況後發現，執行期程將超出該師在美歐洲司令部責任區的駐防時間，所以必須在縮短的期程內，為北約這個新盟友量身打造合適的作戰能力。芬蘭陸軍司令部不能只複製美軍的流程，必須根據當前芬軍兵力設計與聯戰架構來打造適合自己的模式。<sup>13</sup>第 10 山地師的領導幹部於 2023 年 5 月參加芬蘭的「閃電打擊」演習，以利進一步了解芬蘭陸軍的野戰攻防模式，並為未來工作提供更有價值的資訊。雖然雙方試著制定合理的訓練流路，但仍存在文化、準則、技術、現代化及人文關係等挑戰尚待克服。

## The Catalyst

The Russian invasion of Ukraine on 24 February 2022 changed assumptions across Europe for the first time in over thirty years.<sup>14</sup> The 2022 mass invasion was the largest and most lethal Russian attempt to reunite portions of its diaspora. In Finland, the invasion unsettled peace of mind. Despite worldwide support for Ukraine, Russian aggression reinforced the idea that if you are not treaty-bound, nobody is coming to help. Despite potential tactical gains, one obvious Russian strategic failure was the addition of a new NATO partner that shared a 1,300 km Russian border. With political conditions aligning for the formal introduction into NATO, the Finnish Army had to greatly expand their capability to fight as a member of a collective security agreement and as an ally.

## 催化劑

2022 年 2 月 24 日俄羅斯入侵烏克蘭，首度改變了歐洲各國三十多年來既定的認知。<sup>14</sup>2022 年大規模入侵是俄羅斯試圖重新統一部分僑民土地所發動的最大且最致命的行動。對於芬蘭而言，此次入侵讓人們內心充滿不平靜，儘管世界各國紛紛對烏克蘭伸出援手，但俄國入侵表明一個事實，若無集體防衛條約的約束力，沒人會派兵協助被入侵國。俄羅斯看似在戰術上獲得小利，但明顯的失策是促成與俄國共享長達 1,300 公里邊界的芬蘭成為北約新進成員國。正式加入北約的政治氛圍轉變下，身為集體安全協定成員與盟友並肩作戰，芬軍必須大幅提升其能力。

## The Culture

As 10th Mountain leaders approached potential training solutions, an

<sup>13</sup> Mikko Viren (lieutenant colonel, Finnish Army), in conversation with Thomas Goettke, n.d.

<sup>14</sup> Ibid.

incomplete understanding of the Finnish culture proved to be an obstacle in early progress. With national defense in mind, the Finnish Army had to be able to follow through and act on any threat to the homeland,<sup>15</sup> and to emphasize self-reliance and maintained large-scale combat capability in the form of light, autonomous, and cold-weather proficiency. Finland's geographically focused training demonstrated credibility in its force and hedged against external assistance should hostilities arise. Inherently distrustful of outsiders, when sharing a 1,300 km border with Russia, any unilateral military action carries political implications.

## 文化

美軍第 10 山地師領導幹部著手研擬可能的訓練解決方案時，對於芬蘭文化的片面認識為初期進展的一個障礙。在國防安全的觀點上，芬蘭陸軍對外來援軍始終抱持質疑態度，認為必須要能獨自面對威脅本土的侵略者，所以在建軍備戰上強調獨立自主並保持大規模作戰能力，尤其著重於輕裝作戰自主能力與寒帶氣候作戰能力，而且在因地制宜的訓練模式下，其部隊的可恃戰力就能在敵情出現時將援軍需求降至最低。<sup>15</sup>此外，由於芬蘭與俄國共享 1,300 公里邊境，任何單方面的軍事行動都不可避免會帶來政治影響。

Traditionally, service in the armed forces is seen as a rite of passage, where citizens support mobilization requirements and the total defense concept. The Finnish Defence Forces can muster 280,000 combatants in minimal time to address external threats, providing them a rich talent pool of readily accessible and exploitable civilian skills.<sup>16</sup> Their ability to rapidly fill identified needs from the private sector stands in stark contrast to some of their larger allies who struggle to meet their recruiting and retention goals. Similar to U.S. units, the Finnish Army has unit-specific cultures, influenced by their regional location, unit legacies, and history. Finnish Defence Forces have only nascent interaction with sister services and possess limited joint capability. The Finnish Army approach their role as an existential one. Even their national sport, Pesäpallo, a derivation of the word baseball, is grounded in developing combat skills—the ball is the same weight as a hand grenade.<sup>17</sup> The Finnish cultural approach would bring both advantages and disadvantages to the air-ground integration (AGI) training effort.

---

<sup>15</sup> Narrative summary provided by Mikko Viren (lieutenant colonel, Finnish Army), n.d.

就芬蘭文化而言，服兵役被視為是一種成年禮，公民也都支持動員需求和全民防衛概念。所以，芬蘭國防軍能在極短時間內集結 28 萬名戰鬥人員來因應外來威脅，人員大量匯集不僅能為軍方所用，還可以將民間技能運用於戰場上，<sup>16</sup>也就是藉此迅速從民間企業徵召軍方需要的人才，這種文化型態可以緩減像軍隊規模較大的盟友一樣，面臨人員招募與留營目標難以達成的處境。芬蘭陸軍也與美軍單位類似，各單位有其特定文化，而這些文化受到所處地理區、單位傳統及歷史之影響。不過，芬蘭國防軍與其他軍種互動往來尚處於初步階段，也就是擁有的聯合作戰能力有限。芬蘭陸軍將自己視為是攸關國家生存的重要角色，甚至芬蘭的國家運動 **Pesäpallo**(芬式棒球)是一種類似棒球的運動，其設計來源也是基於培養戰鬥技能，而且使用的球與手榴彈重量相同。<sup>17</sup>然而，芬蘭文化的軍事元素在為聯合空地戰力整合訓練帶來優勢的同時，也帶來劣勢。

### State of Interoperability

The three most common categories of military interoperability are human, procedural, and technical. The Finnish Army is currently focused on human and procedural interoperability; they are confident that they can catch up technically. The Finns have a professional army and know themselves well. Their objective assessment has informed a path forward.

### 檢視軍事互通程度

軍事作業互通最常見的三個類別是人員、程序、技術。芬蘭陸軍當前著重於人員與程序的互通，至於在技術的互通，他們有自信能夠迎頭趕上。芬蘭擁有一支專業化部隊並清楚自身情況，而且他們軍隊未來發展方向是基於客觀評估的結果。

First, Finnish leadership focuses on human interoperability, informed by their emphasis on international experience and service outside Finland. Although viewed equally, promotion rates heavily favor those who have expeditionary experience and foreign international service. The idea that previous experience will grow foundational competencies and enhance future service is a sound approach upon entry to NATO, but internal personnel structural reform is a noteworthy undertaking to fully contribute to the alliance. Active-duty Finnish Army leaders make up only one out of every ten service members. These leaders are task saturated, performing or reforming processes while instructing, informing, or updating reservists during critical

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> Ibid.

training events. From the onset of discussion, one repeating theme during the training path was the lack of flexibility in the Finnish manning construct. Creating new positions or making permanent moves to match an identified capability gap would take considerable time and require tough institutional decisions. Understanding these limitations, the ARCOM prioritized the right personnel for continued AGI capability development but experienced delays and shortfalls with joint partners throughout 2023. Finally, the Finnish relationship with the United States was the easiest hurdle to overcome—two professional armies discussing the details of building a niche capability against a shared threat naturally brought like-minded organizations together.

首先，在人員互通上，由於芬蘭領導高層重視國際經驗與海外部署，這讓即使是公正評審，卻明顯偏向擁有遠征經驗與海外服役背景的人。由於領導高層認知過去經驗既有助於培養基礎能力，又能強化軍種未來發展，等於是做好加入北約的先期準備，但為了對整個北約盟國做出實質貢獻，芬軍內部的人事結構改革勢在必行。舉例而言，芬蘭陸軍的現役領導幹部僅佔全體人員的十分之一，人力不足導致任務繁重，他們在關鍵訓練活動中既要執行或改進程序，又要對後備役人員進行指導、通知及更新資訊。芬軍在訓練過程中無可避免會一再碰到的問題，就是人員編制結構缺乏靈活性，但要建立新職缺或進行調整來彌補這個已知的人員問題，將需要相當長的時間，還要做出艱難的體制決策。考量要解決這個人員問題，芬蘭陸軍司令部優先安排一批人員從事空地戰力整合發展，但卻在 2023 年與聯軍夥伴們的合作過程中發生延遲與落差問題，雖然如此，芬蘭與美國的關係是最容易克服的障礙，因為兩支專業化軍隊在討論針對共同威脅所建立的專精能力，彼此有志一同讓關係拉得更緊密。

The ARCOM encounters a procedural problem in their current force design because multidomain operations demand a large degree of integrated and centralized command and control at scale. Historically, disaggregated squads, platoons, and snipers on skis have won the day and remain a foundational component to Finnish national defense, but managing a volume problem on multiple fronts requires integration and synchronization. Pre-NATO, Finland was well-rehearsed and integrated at the land tactical level. Now, with the full complement of NATO resources in support, the Finnish Defence Forces must develop processes to become jointly integrated. Target prioritization, airspace management, and codifying a battlefield architecture remain critical to

maintaining tempo along multiple corridors with finite resources in the joint fight. Additionally, now an ally, Finland must heavily weigh national decision-making against NATO partner support, authorities, and timing. Preparing for both a supporting and supported role changes much of ARCOM's historical human and procedural assumptions.

芬蘭陸軍司令部在當前的兵力設計中面臨程序上問題，原因在於多領域作戰要求在各種不同戰況下實現指管的高度整合與集權化。不過，就芬蘭歷史而言，其曾以班、排小部隊行動，雪地狙擊手突擊等作戰方式建立戰功，這種戰術編組仍為芬蘭國防的基石，考量往後將面對多個戰線的型態，這將需要整合與同步化管理。再加入北約之前，芬蘭在陸地戰術層級已經十分熟練且具備整合能力，如今加入北約後，將獲得其全般資源的支援，芬蘭國防軍必須制定一套適切程序，才能有利於聯合作戰整合之執行，像是目標優先順序、空域管理和戰場架構編制等，對於在資源有限的聯合作戰中，維持多條戰線的作戰節奏至關重要。此外，作為北約成員國之一，芬蘭的國家決策必須要能與北約夥伴國的支援、授權及時程相互配合，同時也要為擔任支援者或被支援者的角色做好準備，芬蘭陸軍司令部以往套用在人員與程序上的作法也應與時俱進，才能運用於未來的戰場環境。

Technically, the Finns have an army suited and rehearsed for their unique terrain. However, an identified gap is their integration into the joint community. Previously, autonomous operations would enable the use of singular air platforms in support of brigade and below actions. The volume of air support that can be expected from NATO allies, at a minimum, requires an integrated air picture at echelon. Parallel efforts to technically integrate command-and-control systems are underway but require time for testing and validation. Communications interoperability must occur within the ARCOM at echelon and then to the joint force before branching out to the alliance to integrate a communications architecture in line with NATO standards and expectations.

就技術互通而言，芬蘭擁有一支適合其獨特地形且訓練有素的軍隊，但一個明顯弱項是在聯合作戰體系中的整合能力不足。以往芬蘭在獨自作戰時只要運用單一空中平台介面就能支援旅級及其以下部隊的行動，但面對北約盟國所提供較大的空中支援規模，在運用上至少要在各作戰層級之間建立一個整合的空域圖像，雖然指管系統的同步整合技術在著手進行中，惟仍需要時間來做測試與驗證。至於通信互通則必須先在芬蘭陸軍司令部轄下部隊中實現，然後推展至聯合作戰部隊，最後再到北約盟國，循序漸進才能建構符合北約標準與期望的通信架構。

## Regional Dynamics

A notable advantage for the Finnish Army is its long-established regional relationships. With a common enemy and similar cultures, the Nordic countries share a long history of cooperation. Pre-NATO, there was no emphasis on interoperability; the Finnish Army strictly operated on bilateral relationships. However, Finland has found itself in an advantageous position by accurately forecasting likely outcomes, hedging its bets, and moving toward NATO interoperability prior to 2023. While not deliberately orchestrated, the Nordic countries and regional allies favorably postured themselves with like equipment over time, gaining efficiencies and economies of scale that can be exploited in a crisis. The Finnish, Norwegian, and Danish Air Forces have all invested in procuring F-35 capability over the next five years.<sup>18</sup> Norway, Sweden, Estonia, and Finland possess CV90 infantry fighting vehicles.<sup>19</sup> Norway, Estonia, and Finland all have K9 (South Korean) howitzers.<sup>20</sup> The possession of like equipment sets make tactical interoperability an easier regional problem and mitigates risk in mobilizing regional allies against a threat.

## 區域動態

芬蘭陸軍一個顯著優勢是長期與周邊國家維持良好關係，由於北歐國家有著共同敵人(俄羅斯)與相似文化，歷史上一直維持密切合作關係。雖然芬蘭在加入北約之前並未特別強調集體軍事互通程度，但嚴謹的對外雙邊關係一直持續進行中。芬蘭的有利地位在於能準確預測各種事件可能發生的結果、採取分散風險措施，而且先前奠定的雙邊軍事互通發展，也成為在 2023 年加入北約後的基礎。雖然北歐國家並未刻意安排，但渠等逐年軍事裝備採購品項與區域盟國相類似，裝備相近的好處在於一旦危機發生時可以發揮利用率與經濟規模優勢，例如芬蘭、挪威和丹麥空軍都已預劃在未來五年內逐步採購 F-35 戰機；<sup>18</sup>挪威、瑞典、愛沙尼亞和芬蘭都擁有 CV90 步兵戰車(瑞典生產)；<sup>19</sup>挪威、愛沙尼亞和芬蘭都擁有 K9 自走砲(南韓生產)。<sup>20</sup>不僅如此，藉由使用相近裝備，不僅可以解決區域各國軍隊之間的戰術互通問題，也可以降低各國軍隊在集體動員對抗未

<sup>18</sup> Kati Pohjanpalo and Niclas Rolander, "Nordic Nations Agree to Jointly Operate Fighter Jet Fleet of 250," Bloomberg, 24 March 2023, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-03-24/nordic-nations-agree-to-jointly-operate-fighter-jet-fleet-of-250>.

<sup>19</sup> Sam Hart, "Insight: Why the CV90 Infantry Fighting Vehicle Is Making a Clean Sweep of Nordic Markets," Shephard, 19 September 2023, <https://www.shephardmedia.com/news/landwarfareintl/insight-why-the-cv90-ifv-is-making-a-clean-sweep-of-the-northern-european-market/>.

<sup>20</sup> Defense News January 2024, "Six Countries of K9 Self-Propelled Howitzer User Group Meet in Helsinki," Army Recognition, 23 January 2024, <https://www.armyrecognition.com/news/army-news/2024/six-countries-of-k9-self-propelled-howitzer-user-group-meet-in-helsinki>.

來侵略者時的風險。

## Training Plan Execution

Building Finnish joint air-ground capability occurred across seven distinct training events (see figure 1). Through the lens of John Kotter's leading change model, Lt. Gen. Pasi Välimäki studied the problem and developed a sense of urgency, gathered a coalition, and communicated his vision at the April 2023 JAGI Conference in Helsinki.<sup>21</sup> In partnership with Maj. Gen. Greg Anderson, 10th Mountain Division commander, both leaders empowered action, looking to exploit quick wins through scheduled training events through the remainder of 2023. The two leaders set the stage by creating an impetus for change, engaging the collective organizations, and mobilizing efforts to address the identified gap. Again, all parties left the conference with Välimäki's sense of urgency owing to guidance of establishing initial capability by the close of calendar year 2023.

## 執行訓練計畫

芬蘭聯合空地戰力整合之建立，區分為七個不同訓練項目(如圖一)。在發想上，芬蘭陸軍司令帕西·瓦利馬基師法約翰·科特(John Kotter)的領導變革模型後，提出精簡版本的施行作法：為目標營造迫切性、建立友軍聯盟，以及在 2023 年 4 月於賀爾辛基的空地戰力整合研討會上傳達未來願景。<sup>21</sup>帕西·瓦利馬基與第 10 山地師師長格雷格·安德森兩位領導人齊心協力，尋求利用 2023 年剩餘時間內的既定訓練活動來快速獲取成果。兩人致力於創造推動變革的動力、發動組織的集體動員，以及尋找芬軍戰力缺口的解決方案，為芬軍的轉型奠定基礎；再者，在瓦利馬基的迫切感推動下，所有與會人員在研討會後都明白必須在 2023 年底前建立初始能力的指示。

<sup>21</sup> "The 8 Steps for Leading Change," Kotter, accessed 30 April 2024, <https://www.kotterinc.com/methodology/8-steps/>. The framework to John Kotter's eight-step model is creating a sense of urgency, building a guiding coalition, forming a strategic vision, enlisting a volunteer army, enabling actions by removing barriers, generating short-term wins, sustaining acceleration, and instituting change. 約翰·科特的八步驟模型架構為營造迫切感、建立指導聯盟、形塑戰略願景、招募志願軍、消除障礙來推展行動、創造短期勝利、保持加速推動、變革制度化。

## Finnish Army Command AGI Training Progression

■ Indicates Primary Training Focus  
■ Training Objective Exercised

|                                                                                                                   | FIN AGI Conference | Northern Forest | Saber Guardian | UK AGI Conference | FIN ALI Workshop | Ruska 23 | Combined Resolve 19 | FIN Army CPX | Northern Forest | Dynamic Response |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|----------|---------------------|--------------|-----------------|------------------|
| Identify JAGIC members to serve with longevity to build relationships and confidence                              | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Develop procedures for how the center operations and codify in a tactical standing operating procedure            | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Individual study by each contributing member                                                                      | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Formal education by the echelons above brigade/specialized joint airspace training team at Hurlburt Airfield      | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Training events that focus on integration of systems from all participating staff entities                        | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Training events that externally stimulate JAGIC battle drills and rehearse digital connectivity among all systems | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |
| Certifying training event(s)                                                                                      | ■                  | ■               | ■              | ■                 | ■                | ■        | ■                   | ■            | ■               | ■                |

(Figure by Col. Thomas Goettke)

**Figure 1. Finnish Army Command AGI Training Progression**

綠色方框為主要訓練重點

黃色方框為已執行的訓練目標

|                                       |
|---------------------------------------|
| 讓 JAGIC 成員固定並長期任職，以利建立彼此關係與信任         |
| 制定 JAGIC 運作程序，並納入戰術標準作業程序中            |
| 各成員貢獻個人研究                             |
| 旅級以上層級之正式培訓，為與佛州赫爾伯特機場的專業聯合空地訓練團隊共同進行 |
| 訓練科目是聚焦於所有參謀單位作業系統之整合                 |
| 用外部事件來模擬 JAGIC 的戰鬥演練，以驗證所有作業系統的數位連結   |
| 完成訓練簽證                                |

|             |
|-------------|
| 芬蘭空地戰力整合會議  |
| 「北方森林」演習    |
| 「軍刀護衛者」演習   |
| 英國空地戰力整合會議  |
| 芬蘭盟軍研討會     |
| 「魯什卡-23」演習  |
| 「聯軍決心-19」演習 |
| 芬蘭陸軍指揮所演習   |
| 「北歐反應」演習    |
| 「北方森林」演習    |
| 「動態應變」演習    |

圖一：芬蘭陸軍司令部空地戰力整合之訓練進程

To better understand how the Finnish Army fights and observe the identified AGI gap, a team from 10th Mountain Division fires attended Operation Lightning Strike, an annual Finnish multinational live-fire exercise with Finland, Norway, Sweden, the United Kingdom, and the United States. The exercise's interoperability goal was to integrate Finnish fires via the artillery systems cooperation activities bridge to demonstrate technical interoperability, but 10th Mountain representatives attended to understand the full suite of capabilities and systems resident in the Finnish Army. May's Saber Guardian exercise served as the initial step to solidify Finnish relationships, conduct detailed coordination for future training, and observe the desired AGI competency real time. The largest component required for success of the AGI capability build was the integration of the Finnish Air Force (FAF). In June, the UK hosted an annual Air Land Integration Conference that offered a perfect venue to initiate integration of critical JAGIC roles. The 10th Mountain team brought their senior air director; intelligence, surveillance, and reconnaissance

liaison officer; and procedural controller from the 1st Expeditionary Air Support Squadron in Mihail Kogalniceanu Air Base in Romania to amplify the need for air force inclusion. However, the timeline proved too ambitious, and the FAF was unable to attend. This missed opportunity was the first in a series of indicators highlighting how difficult it is to impart institutional change on an accelerated timeline.

為了更進一步了解芬蘭陸軍的作戰方式並觀察戰力缺口問題，第 10 山地師派出一個火力組參與芬蘭年度多國實彈演習「閃電打擊行動」，參與者包含芬蘭、挪威、瑞典、英國和美國。該演習的操作互通目標是藉由「火炮系統合作活動指揮臺」來整合芬蘭火力，以展示各國軍隊之間的技術互通，而美軍第 10 山地師的代表參與該演習是為了理解芬蘭陸軍擁有哪些完整能力與系統。另在 2023 年 5 月的「軍刀護衛者」演習中，可以觀察芬蘭與各國軍隊的關係、未來訓練細節的協調，以及實地理解芬蘭所望的聯合空地戰力整合能力。由於芬蘭空軍的整合為實現聯合空地戰力整合的最大關鍵，英國每年在 6 月舉辦的空地戰力整合會議，剛好成為推動聯合空地整合中心職能整合的最佳場合。第 10 山地師派出高級空中引導官、情監偵聯絡官，以及來自羅馬尼亞米哈伊爾·科格爾尼恰努機場的第 1 遠征航空支援中隊程序管制官等人共同參與該場會議，凸顯空軍不可或缺的角色。然而，由於推進時間表過於緊湊，芬蘭空軍尚未準備好參與此一盛會，這次機會的錯失也顯露一個跡象，意即在加速的時間表下推動單位變革有其難度。

Acknowledging a clear joint service gap, the 10th Mountain and Finnish Army headquarters teams met several times during the UK conference to adjust the path forward. With insight on how to gain solidarity for the joint inclusion and buy-in of the FAF, the two parties agreed on a “JAGIC workshop,” which would be attended by FAF officers across several commands, all Finnish training components, and all Finnish Corps headquarters. Taking the better part of four months of preparation, this early August 2023 gathering generated much interest among attendees and initiated discussion throughout the Finnish joint community on the necessary capabilities for corps warfighting as a NATO ally.

鑑於明顯的聯合戰力缺口問題，第 10 山地師與芬蘭陸軍司令部兩單位團隊在英國會議期間多次會面，以調整未來的合作路線。在進一步了解必須將芬蘭空軍納入以獲致聯合戰力後，雙方達成一致並預計舉辦一場聯合空地整合中心研討會，邀請來自多個不同指揮部的芬蘭空軍軍官、芬蘭所有訓練部門，以及芬蘭

各個軍級指揮部等共襄盛舉。經過近四個月的準備，這場於 2023 年 8 月舉行的研討會引起與會者極大興趣，也引發芬軍討論作為北約成員國之一，該擁有哪些軍級必要的作戰能力。

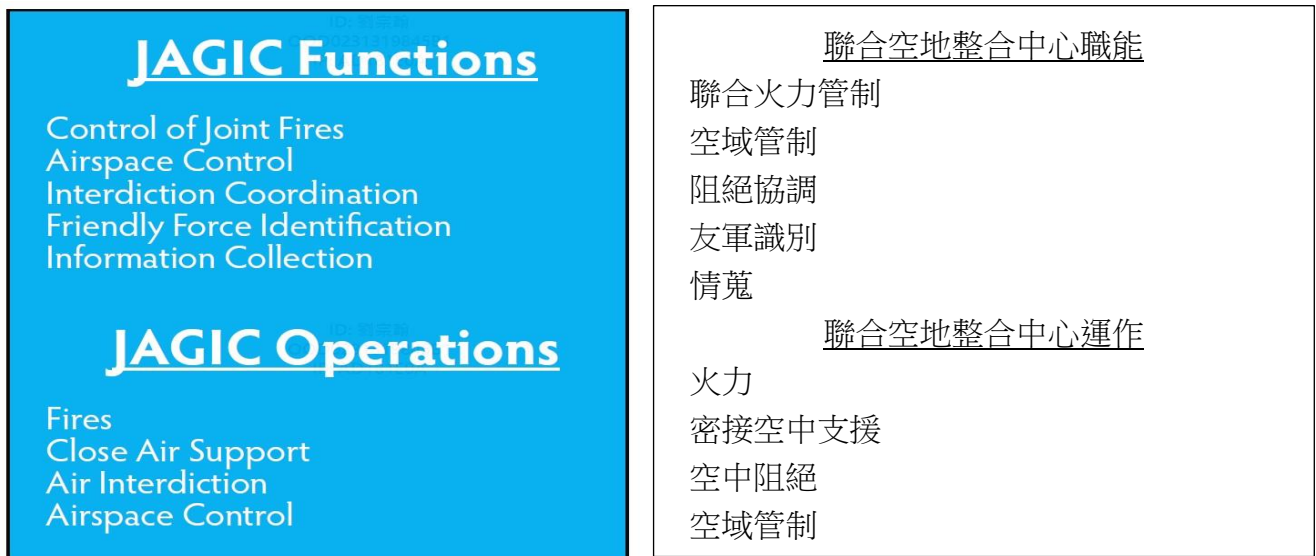
In late August, the Finnish conducted a wargame of the Finnish defense plan with their Nordic allies and U.S. representatives. In a merger of historical plans and new assumptions, the need for a robust AGI capability that can solve simultaneous discrete tactical airspace actions and handle a large volume of joint air assets became abundantly clear before everyone's eyes. While the FAF participated in the wargame, joint inclusion on AGI development remained in an embryonic stage.

在 8 月底，芬蘭跟北歐盟友及美國代表共同進行一場芬蘭國防計畫的兵棋推演。整合既有計畫與新想定的兵推演習中，各方清楚認知到需要堅強的空地戰力整合能力，才能解決各自離散的戰術空域行動問題，以及處理大規模的聯合空中武器裝備。芬蘭空軍也參與這場兵棋推演，但其在空地戰力整合的聯合作為上仍處於初始階段。

The two allied nations continued to pursue existing training opportunities as a vehicle for AGI capability advancement; ARCOM brought its joint fire support element (JFSE) to Ruska 23, the FAF's largest annual live multinational exercise. This exercise is the primary mechanism for the FAF to train their force with live aircraft. As a result, the training objectives remained air force focused and inflexible. However, ARCOM planners introduced change by offering their JFSE as a training enhancer, with a secondary objective of forcing recognition of the identified AGI gap into the joint environment. The ARCOM elbowed their way into the exercise, understanding they would likely be viewed as a nuisance. The ARCOM JFSE forced the FAF to recognize the reality of joint requirements and communicated the capability gap to the FAF in an experiential manner. As a result, the ARCOM advanced rapidly in procedural and technical interoperability with the FAF, forcing the acknowledgment of joint requirements and communicating the capability gap in an air force exercise. Again, the biggest shortfall of the exercise remained the lack of FAF personnel supporting the Army's JFSE. A single navy joint terminal attack controller supported the JFSE, leaving Finland unable to perform three of the five JAGIC functions and two of the four JAGIC operations as outlined in Army Techniques Publication 3-91.1 (see figure 2). To highlight the nascent level of discussion between the

services, the coordinating altitude started at five thousand feet above ground level to accommodate unmanned aircraft, then to twelve thousand feet to accommodate mortars, then eventually to twenty thousand feet to accommodate artillery. The changes to this metric alone indicate a better shared understanding and a joint approach to airspace management. Both services realized the efficiency and permissiveness associated with these adjustments, but these principled changes did not introduce the requisite complexity or anticipated volume associated with a large-scale, multidomain environment. Many senior leaders observing Ruska 23 saw the tangible AGI gap firsthand and organized efforts to address the personnel gap during November's army CPX. Although successful in many ways, Ruska did not prove an adequate training forum for AGI capabilities.

芬蘭與北歐盟友持續利用訓練機會，以提升空地戰力整合能力，例如芬蘭在最大規模的年度多國實兵空中演習「魯什卡-23」中，陸軍司令部就派遣聯合火力組參與這場盛大演習。該場演習是芬蘭空軍主要用來訓練部隊與實機之間的協同作戰，所以訓練目標仍是以空軍為核心，鑑於其中的缺點是靈活性不足，為設法彌補此一落差，陸軍司令部便派遣聯合火力組，以強化自身戰力組合，至於次要目標是讓軍方領導高層認知在聯合作戰環境中，芬軍在空地戰力整合的缺口。芬蘭陸軍司令部不請自來參與這場演習，明知可能會不受歡迎，但聯合火力組的參與讓空軍正視聯合作戰的現實需求，並以親身體驗方式向空軍傳達能力缺口問題。在這場空中演習過程中，芬蘭陸軍與空軍在程序與技術的互通上迅速取得進展，讓空軍不得不承認聯合作戰的現實需求與存在能力缺口問題。此外，該空中演習最大缺陷是空軍並未派遣人員至陸軍的聯合火力組，僅有一名海軍聯合終端攻擊管制員派駐支援，這種情況讓芬軍無法完整執行美陸軍技術出版品第 3-91.1 號《聯合空地整合中心》中所律定的五項職能與四項運作(如圖二)，只能做到三項職能及兩項運作。為了讓軍種間可以逐步熟悉彼此，由淺入深，協調高度最初設定為 5,000 英呎來適應無人機，隨後提升至 1 萬 2,000 英呎來適應迫擊砲，最終拉高至 2 萬英呎來適應火砲。協調高度指標變動展現出更佳的軍種共識與聯合空域管理方法，陸軍與空軍都在這個合作過程中體會到不同高度的作戰許可環境與作戰效率，但美中不足的是並未引進與大規模多領域作戰環境相匹配的那種複雜性與規模。許多高階領導人在觀察「魯什卡-23」演習時目睹空地戰力整合缺口問題，於是在同年 11 月的陸軍指揮所演習期間，採取相關作為來解決此一問題，雖然該演習在許多方面取得成功，但它並不足以作為空地戰力整合的訓練平臺。



(Figure by authors; adapted from Army Techniques Publication 3-91.1, *The Joint Air Ground Integration Center*)

資料來源：Army Techniques Publication 3-91.1, *The Joint Air Ground Integration Center*，由作者自行繪製

**Figure 2. JAGIC Functions and Operations**

圖二：聯合空地整合中心職能與運作

Despite the lack of objective AGI advancement, Ruska 23 did provide great clarity for the design of November's Army headquarters CPX. In several forums, the 10th Mountain team and ARCOM leaders concluded that a minimum force of four FAF personnel must be collocated with the JFSE to address the airspace complexity they would encounter. Acknowledging that four personnel was an acceptable and tailored solution, the FAF agreed to fill the key functions of the senior air director, airspace manager, and two procedural controllers. In execution, the four FAF personnel supporting the army CPX immediately saw the joint problem set and the associated airspace complexity across services and at higher echelons. As the CPX progressed, 10th Mountain partners helped work through refinements in battlespace architecture, fire support coordination, unit airspace plans, battle drills, and staff processes. FAF personnel also represented the need for an army entity to support the air force, similar to a battlefield coordination detachment's function. All of the polished slide decks, long-form conversations, and good will associated with previous engagements transitioned to a joint understanding of the problem during the November CPX. The Finnish joint force now understands that a \$200 million aircraft is only as good as the procedures you have to employ it across the spectrum of conflict. While there is much work left, November's army CPX served as an inflection point to joint ownership of the AGI problem set.

「魯什卡-23」演習雖然並未對空地戰力整合的進展做出貢獻，但其價值在於為陸軍指揮所演習(2023 年 11 月)設計提供一個清楚方向。另在多場討論中，第 10 山地師團隊與芬蘭陸軍司令部領導高層得出結論，至少需要編組四名芬蘭空軍人員進駐聯合火力支援組，才有辦法處理可能遭遇的空域複雜性問題。鑑此，芬蘭空軍接受編組四名人員是一個可接受且適當的解決方案，並同意補足高級空中引導官、空域協調官及兩位程序管制官等重要職缺。在支援陸軍指揮所演習的過程中，四名空軍人員立即發現聯合作戰的問題，以及跨軍種與高層級作戰編隊的空域複雜性，所幸在演習期間，美軍第 10 山地師團隊協助芬軍改善戰場空間架構、火力支援協調、單位空域計畫、戰鬥演練及參謀作業程序等面向。此外，芬蘭空軍還提出需要一個陸軍編組來支援空軍，類似於戰場協調分遣隊的職能。在陸軍指揮所演習中也達成對各種問題的共識，這都要歸功於在各方簡報、深入對話，以及以往交流的良好關係基礎之下。如今，芬蘭聯合部隊終於理解一架價值 2 億美元的飛機，其價值取決於能在各種衝突情境中實踐作戰步驟，陸軍指揮所演習成為芬軍聯合部隊初期建立空地戰力整合的最佳試驗場，未來軍方仍有很多事情要完成。

## Conclusion

Change is not easy or attained quickly; there are always costs and tradeoffs. Furthermore, extensive research supports that changing culture is a difficult and long-term endeavor. Achieving a manning solution alone for joint AGI took seven months of effort and eight training events. Now that air force capability resides inside the ARCOM COIC, it can serve as a model moving forward for developing a subordinate capability inside the Finnish Army Corps. To build upon the progress of the U.S.–Finnish relationship, the 10th Mountain Division could formalize a reciprocal unit exchange through one of the Finnish Corps. Similar to the National Guard Bureau State Partnership Program, a reciprocal unit exchange provides active-duty units the authority to pursue bilateral opportunities that enhance readiness and warfighting capabilities. Partnered training throughout the course of 2023 established a solid foundation for further growth. Looking forward to calendar year 2024, ARCOM must expand the complexity of its exercises to build on the change it achieved in 2023 to make the effort stick. While still ambitious, modernization and larger capability expectations for the next three to five years will drive continued AGI emphasis. Leaders from these sister services understand that to experience capability in three to five years, reform is required today. The Finnish solution

will be a tailored one and likely executed in a nonsequential way, but the need and reality-based nature of this identified gap requires cultural change on an abridged timeline. ARCOM is up for the task; their approach has been informed and is flexible enough to make adjustments throughout 2024. Ultimately, achieving Finnish AGI capability is the result of two allies achieving shared understanding, jointly working a vision for future training, and ardently working with each other to stay on the established training path while overcoming friction.

## 結論

變革並非易事，也無法速成，總是會伴隨成本支出與各種權衡。此外，眾多研究皆指出，改變文化是一項艱難且需要長期努力的工作。芬蘭光在聯合空地戰力整合的人員方案，就耗費七個月時間和進行八次訓練活動，如今成果是空軍能力已進駐至陸軍司令部當前作戰整合組，這種成功經驗可以套用於陸軍軍級單位，以模組化方式來發展下級空地戰力。至於美國與芬蘭關係的進一步深化，美軍第 10 山地師可以與芬軍軍級單位正式建立互惠交流機制，作法類似於美國國民警衛局的州夥伴計畫，互惠交流有助於現役部隊推動雙邊合作機會，進而提升戰備與作戰能力。2023 年與各國夥伴的訓練活動已奠定深化發展的堅實基礎，展望未來，芬蘭陸軍司令部必須擴大演習的複雜性，以鞏固先前所打下的基礎並持續精進。建立聯合空地戰力整合是芬軍的遠大野心計畫，未來三至五年的發展必須具聚焦於計畫各進程的現代化與戰力強化。美軍與芬軍的軍種領導人明白，要在三至五年內達到這種能力，現在就必須進行改革。芬軍的解決方案應是量身訂製，或許在執行過程中會遭遇阻礙，但擺在眼前的戰力缺口問題，已讓扭轉體制文化成為刻不容緩的課題。芬蘭陸軍司令部已準備好迎接這項挑戰，其方法是在獲得充分建議下維持足夠彈性，以利在執行過程中適時調整。最後，芬蘭聯合空地戰力整合之建立，關鍵在於美芬兩軍要取得共同理解，才能共同制定未來訓練願景，攜手合作排除阻力，堅定朝往既定的訓練進程一步步邁進。

## 譯後語

芬蘭在加入北約後發現自身空地戰力整合能力不足，考量未來要與北約盟國並肩作戰，因此求助於經驗豐富的美軍，希冀在雙方的齊心協力下，打造適合芬軍的戰力。在這個過程中，由於時間期程有限，初始戰力打造只能以加速方式進行，儘管如此，美軍與芬軍還是能在緊縮時程內，找出問題並提出解決方案，芬軍後續仍有許多工作尚待完成，也必須持續精進，因為軍事轉型或變革不是短時間的事，而是一項長期任務，過程中一定會遇到各種阻礙，唯有靠領導人發揮智慧來逐一克服，才能看見累積的成果。國外軍事交流的經驗與過程，可供國軍

參考，畢竟軍事研究範圍廣泛，多方涉略不同領域，才能增加國軍幹部的智識，進而強化國軍幹部的知識戰力。

### 作者簡介

Col. Thomas Goettke, U.S. Army, is the commander of the 10th Mountain Division Artillery at Fort Drum, New York.

湯瑪士·戈特克上校為美軍第 10 山地師砲兵指揮官(駐地紐約州德拉姆堡)

Lt. Col. Mikko Viren is chief of the Finnish Army Command G-3 Current Operations and Fires.

米科·維倫中校為芬蘭陸軍司令部參三(職司作戰與火力)首參。

### 譯者簡介

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

## 陸軍《砲兵季刊》徵稿簡則

- 一、**刊物宗旨**：本刊定位為野戰砲兵及野戰防空專業論壇，採季刊方式發行，屬政府出版品，供專家學者及現、備役官兵發表及傳播火力領域專業知識，並譯介國際砲兵新知，歡迎各界賜稿及提供消息。
- 二、**發行及徵稿**：本刊為季刊，每年 3、6、9、12 月之 15 日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、恕不刊登等 4 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 1,100 至 1,600 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**：依監察院 103 年 6 月 19 日院台外字第 1032030072 號糾正案，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）國家圖書館

<https://tpl.ncl.edu.tw>

（四）國立公共資訊圖書館（民網）

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

（五）HyRead 臺灣全文資料庫（民網）

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

（六）陸軍軍事資料庫（軍網）

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

（七）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－傅琬婷主編收」，電話 934325－6（軍線）06-2313985（民線），電子檔寄「[fwt@webmail.mil.tw](mailto:fwt@webmail.mil.tw)」（軍網）、「[cecifu2005@gmail.com](mailto:cecifu2005@gmail.com)」（民網）「[army\\_aatc@mail.mil.tw](mailto:army_aatc@mail.mil.tw)」（民網）。

# 撰寫說明

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

## 題目

作者：○○○少校

## 提要 (3-5 段)

- 一、
- 二、
- 三、

關鍵詞：(3-5 個)

## 前言

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

## 標題 (新細明體 14、粗黑)

### 一、次標題 (新細明體 14、粗黑)

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

## 標題

## 標題

## 結語與建議

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

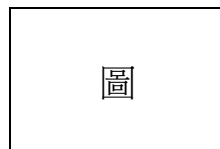
## 參考文獻 (至少 10 條)

## 作者簡介

## 注意事項：

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

表一 ○○○○



圖



表

圖一 ○○○○

資料來源：○○○○

資料來源：○○○○

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

此編號為「註釋」標註方式。

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

## 註釋體例

註釋依其性質，可分為以下兩種：

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

二、出處註：為註明徵引資料來源用，以確實詳盡為原則。其撰寫格式如下：

### （一）書籍：

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

### （二）論文：

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

### （三）報刊：

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

### （四）網路：

作者姓名（或單位名稱），〈篇名〉，網址，上網查詢日期。

三、第1次引註須註明來源之完整資料(如上)；第2次以後之引註有兩種格式：

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

（二）同註x，頁x～x。

## 著作授權書及機密資訊聲明

- 一、本人\_\_\_\_\_（若為共同創作時，請同時填載）保證所著作之「\_\_\_\_\_」（含圖片及表格）為本人所創作或合理使用他人著作，且未以任何形式出版、投稿及發表於其他刊物或研討會，並同意著作財產權於文章刊載後無償歸屬陸軍砲訓部(下稱貴部)所有，且全權授予貴部將文稿進行重製及以電子形式透過網際網路或其他公開傳輸方式，提供讀者檢索、下載、傳輸、列印使用。
- 二、著作權及學術倫理聲明：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、刊登內容業經撰稿人校閱，均符合國家機密保護法規範，且未涉及機密資訊，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（上限以一萬字為基準彈性調整）。

六、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



ISSN 2221-0806



GPN 4810400164 定價：非賣品