

# 短程防空飛彈實彈射擊靶標運用之探討-以刺針飛彈系統為例

作者：潘泓池

## 提要

- 一、國軍歷年均有規劃刺針飛彈的實彈射擊訓練，為有效提升實彈射擊訓練成效，除提升官兵專業本職學能與精進靶場射擊實務外，更要選用適切射擊靶標，方能達到防空部隊戰力驗證與提升訓練成效之目的。
- 二、刺針飛彈系統發射載具區分為復仇者飛彈系統及雙聯裝刺針飛彈系統等 2 類型不同發射載具，以滿足因地制宜、適切部署之戰術需求。
- 三、靶機(或靶標)主要提供防空飛彈部隊和管式火砲防空部隊實施基地訓練(對空瞄準訓練)和實彈射擊之用，刺針飛彈射擊靶標可區分為靶機、靶彈及照明彈等 3 類型。
- 四、目前刺針飛彈系統實彈射擊訓練與成效驗證，射擊靶標係以 BATS 靶彈為主，所使用之 BATS 靶彈(含 D70 型號火箭推進器)，係由中科院自立研發及生產，其性質為彈道性飛靶。

關鍵詞：刺針飛彈、靶標、靶機、靶彈、實彈射擊

## 前言

刺針飛彈系統現為我國陸軍野戰防空武力之一，於民國 89 年起採購並服役迄今，已有 15 年之久，而其武器為由美雷神公司所研製之刺針飛彈，原為肩射型彈種，美國為因應國外市場需求與性能提升，才開始將肩射型刺針飛彈研改成適用於裝甲車、悍馬車與旋翼機等各式載具使用。國軍歷年為驗證防空武器訓練狀況，除每日反覆操作訓練外，僅能配合年度基地測評驗收訓練成效，但平日再多的訓練比不上一次實彈射擊來的真實有效。國軍年度都有規劃刺針飛彈的實彈射擊訓練，近幾年射擊的數量甚至由以往個位數躍升到十位數字的訓量，防空部隊每次實彈射擊訓練，從操演先期的縝密計畫、輔導與訓練，與操演中的測裁評鑑，乃至操演後務實的成效檢討，全程端賴防空各級幹部各司其職、相互協調、全力以赴方能達成。為有效提升實彈射擊訓練成效，除不斷提升官兵專業本職學能與精進靶場射擊實務外，更要選用適切之射擊靶標，方能符合武器系統性能與射場環境需求，以達到防空部隊戰力驗證與提升訓練成效之目的。

## 刺針飛彈系統性能介紹

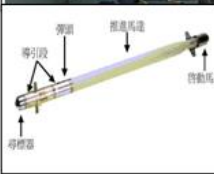
### 一、發射載具

我國於民國 89 年自美方雷神公司引進刺針飛彈系統，以為我國陸軍野戰防空之主戰兵力，並區分為復仇者飛彈系統與雙聯裝刺針飛彈系統 2 類型不同發

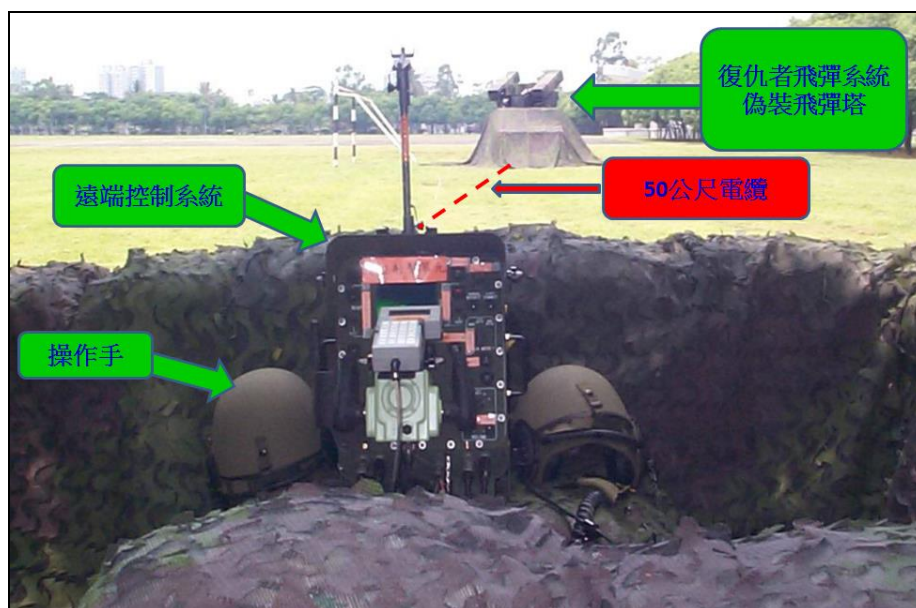
射載具，以滿足因地制宜、適切部署之戰術需求。

(一) 復仇者飛彈系統：主要以攻擊敵人具威脅性之低空無人飛行載具、高速定翼機及旋翼機等航空器為目的，並具有輕便、全天候（日、夜間）與不良天候限制狀況下均可實施作戰的射擊系統，系統相關諸元(如圖一)。復仇者飛彈系統飛彈塔具有全方位轉動的能力，利用裝載於悍馬車上的陀螺儀穩定系統，使射手能夠於行進間鎖定目標並發射飛彈；或是將復仇者部署於定點位置，然後使用遠端控制系統實施射擊操作(如圖二)，以提高人員戰場存活率。<sup>1</sup>

圖一 復仇者飛彈系統諸元表

| 復仇者飛彈系統裝備諸元                                                                         |                                                                                       |                                                                                      |                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>飛彈塔</b><br>轉動方向：<br><b>360度</b><br>轉速：<br><b>每秒60度</b>                             |    | <b>悍馬車</b><br>涉水深度：<br><b>76公分</b><br>爬坡能力：<br>斜坡 <b>31度</b><br>邊坡 <b>22度</b> |
|   | <b>M3P50機槍</b><br>基本攜行量：<br><b>200發</b><br>有效射程：<br><b>1850公尺</b>                     |   | <b>飛彈發射架</b><br>攜行量：<br><b>8枚刺針飛彈</b><br>俯仰角度：<br><b>-10至+68度</b>             |
|  | <b>感應系統</b><br>前視紅外線<br>感應距離：<br><b>8至12公里</b><br>雷射測距儀<br>感應距離：<br><b>400至9999公尺</b> |  | <b>刺針飛彈</b><br>有效射程：<br><b>4000公尺</b><br>飛行速度：<br><b>2.2馬赫</b>                |

圖二 遠端控制系統運用示意圖



資料來源：圖一及圖二為作者自行整理

<sup>1</sup> 《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊(第二版)》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 1-1、1-2。

(二)雙聯裝刺針飛彈系統：係一定點、半固定式、低(超低)空之防空武器，採用紅外線熱源對目標實施追蹤，具備射後不理能力，另其模組化結構之設計，使裝備具維修容易、快速與妥善率高之特性。系統主要組件有刺針飛彈總成、俯仰托架總成、飛彈冷卻系統、發射腳架總成、敵我識別系統、瞄準具總成及電池電力系統<sup>2</sup>，系統相關諸元如圖三。

圖三 雙聯裝刺針飛彈系統諸元表

| 雙聯裝刺針飛彈系統裝備諸元 |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 諸元            | ◎射程：4000公尺   | 重量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|               | ◎射高：3800公尺   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | ◎射速：2.2馬赫    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | ◎射向：360度     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | ◎俯仰：-20至+65度 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | ◎推進方式：       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | 固體燃料，火箭馬達。   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               | ◎導引方式：       |  發射架總成<br>75.5公斤<br> 刺針飛彈<br>x2=26公斤<br> 電池組<br>24.3公斤<br> 頭盔<br>x2=2.43公斤 |
|               | 紅/紫外線導引。     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|               |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

資料來源：作者自行整理

## 二、刺針飛彈

刺針飛彈乃為紅外線導引飛彈，具有被動尋標、自動導向與射後不理之3大特性，所謂被動尋標就是飛彈尋標器是依據目標熱源來鎖定對方的。第二次世界大戰之後，是飛彈科技大躍進的開始，當時空中的任何航空器都得依賴效能極大的動力引擎，因此相對的也會產生極高的溫度，紅外線導引飛彈主要就是依據這個理論所研製出來的，因為航空器引擎會產生極高的溫度，只要讓飛彈尋標器感應的到目標因高溫而產生的紅外線波長，就可以鎖住目標，這就是被動尋標的意思；然相對的，若目標溫度不足，飛彈尋標器也就無法鎖定目標。

其次，自動導向與射後不理之特性有連帶關係，紅外線導引飛彈靠的就是追蹤目標的熱源，目標熱源往哪個方向移動，飛彈就跟著往哪個方向移動，飛彈本身與發射載台並無提供操作人員可以控制飛彈飛行的裝置，因此只要將飛彈擊發出去，飛彈本身就依自身科技所賦予的特性，不受任何控制的往熱源飛行而去，這就是自動導向與射後不理的原理。<sup>3</sup>

<sup>2</sup> 《雙聯裝刺針飛彈操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國96年6月)，頁1-1~1-3。

<sup>3</sup> 楊培毅，〈提升本軍野戰防空實彈射擊安全之作為-以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》(臺南)，第168期，民國104年2月，頁46。

圖四 刺針飛彈發射筒及飛彈本體外觀圖



資料來源：楊培毅，〈紅外線（IR）飛彈的追瞄原理與特性－以刺針飛彈為例〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 157 期，民國 101 年 6 月，頁 4。

### 刺針飛彈射擊靶標種類

靶機(或靶標)主要提供短程、中高空防空飛彈部隊和管式防空部隊實施基地訓練(對空瞄訓)和實彈射擊之用。靶機依演訓任務，可模擬敵戰鬥機、彈道飛彈和巡弋飛彈等空攻武器，飛行高度由數 10 公尺至 3000 公尺，飛行時速達 100 至 3000 公里，續航時間由數 10 秒至 3 小時以上<sup>4</sup>。

廣義而言，只要是提供防空飛彈射擊運用之目標物，都可通稱為「靶標」。狹義而言，依詹氏武器系統年鑑(Jane' s Weapon Systems)和詹氏世界飛機年鑑(Jane' s All the WORLD' S Aircraft)所示，細分為「靶機」與「靶標」2 大類型。靶機定義為自控與遙控飛行器 2 種類型：一是能用無線遙控器操控或變更其飛行路徑者(如靶機)；另一是發射出去後其飛行路徑就由其自己控制，地面發射站無法變更其飛行路徑者(如靶彈)。靶標則可區分為拖靶、傘靶和浮靶 3 種類型，例如「120 公厘迫砲照明彈」即屬「靶標」範疇之「傘靶」類型。刺針飛彈靶標區分為一次性靶機(例如靶彈)與重複性靶機(例如紅火蟻靶機)，而靶機與靶彈依詹氏分法，均屬於靶機範疇。<sup>5</sup>

一、**靶機**：重複性靶機與一次性靶機最大差異在其是可不斷重複回收使用、結構堅固且能依任務屬性變更其操作模式、後勤保養維修簡單，唯價格相對較高。飛行前結合 GPS 定位系統規畫飛行航路；飛行中使用無線電遙控裝置，控制其飛行姿態並模擬戰術攻擊航路(如適時調整飛行航路、高度、速度)，甚至可配合射手追瞄訓練對同一飛行航路反覆飛行；飛行後可依事先規畫航路飛至指定降落場降落再由專人收回(如圖四)。重複性靶機區分商規及軍規兩種。商規仍民間自行研發，體積小、重量輕、結構不甚堅固，多以娛樂性為主，如遙控飛機、直升機。軍規仍由具有軍事基礎之專業廠商，由現役或除役之軍品

<sup>4</sup>李斌南，《發展中的無人駕駛飛機》（北京：北京航空大學出版社，民國 82 年 11 月），頁 351~352。

<sup>5</sup>〈世界各國靶機發展史〉，〈環球軍事展望，民國 94 年 1 月〉<http://www.armysky.com/army/zhishitingdi/200501/1209.html>。（下載日期 104 年 3 月 25 日）

中，挑選合適之飛機、戰術飛彈或巡弋飛彈直接改裝而成。目前現貨市場上，重覆性靶機大致區分下列 4 種：1、除役飛機、彈道飛彈和巡弋飛彈改裝的靶機；2、飛機拖曳式拖靶；3、彈射式靶機；4、旋翼式靶機。<sup>6</sup>

圖四 BANSHEE 遙控靶機外觀圖



資料來源：李偉鍵，〈從實彈射擊看野戰防空部隊靶機需求〉《陸軍砲兵季刊》（臺南），第 149 期，民國 99 年 5 月，頁 5。

**二、靶彈：**靶彈只能使用一次，使用完畢後就無回收與再利用價值，故其造價便宜、結構簡單。因為僅使用一次不再反覆使用，所以內部沒有太多的儀控裝備，僅有基本飛行控制線路故多由除役的戰術飛彈改裝而成(如圖五)。一次性靶機多由靶彈組成，無遙控裝置採彈道飛行航路。因模擬航路僅有一種，使用上無其他航路變化，較適合反彈道飛彈射擊時使用。靶彈彈體面積較大且重，發射、搬運、組裝時均須耗費相當大量人力和時間。靶彈採火箭推進器推進，推進時會產生強大推力、高溫火焰、濃煙等有害物質。在發射前、中、後，稍有不慎極易造成人員嚴重傷亡。

圖五 BATS 靶彈(含發射架)外觀圖



資料來源：作者自行拍攝

**三、照明彈：**復仇者與雙聯裝刺針系統飛彈發射架均是採用刺針飛彈，刺針飛彈為「美造 FIM-92D 刺針飛彈」，具被動式紅/負紫外線歸向導引(IR/NUV passive-homing guidance)，<sup>7</sup>射後不理及抗干擾源之功能，其導航方式為比例

<sup>6</sup>李偉鍵，〈從實彈射擊看野戰防空部隊靶機需求〉《砲兵季刊》（臺南），第 149 期，民國 99 年 5 月，頁 5~6。

<sup>7</sup> TM9-1425-429-FSSP，民國 87 年 1 月，頁 1-9。

式導航，另加裝可程式化晶片(Reprogrammable MicroProcessor；RMP)，<sup>8</sup>使其能更新威脅參數及導引方式。此邏輯電路可辨識紅外線反制措施並將其從尋標器導引圖像中濾除。刺針飛彈尋標器原理係採 1980 年代研製之第四代紅外線尋標器，加裝可程式化晶片及導引套件，主要提升飛彈運算邏輯，使飛彈利用航空器及熱焰彈（FLARE）兩者的運動狀態不同，辨明航空器位置，意指熱焰彈被拋射後，受地心引力的影響，其速度會相對低於航空器，而航空器將以原航向、原速度繼續飛行，或是轉向加速以迴避攻擊，飛彈可清楚分辨航空器與熱焰彈之差異。據此系統原理，刺針飛彈已於 100 年度神弓操演檢驗射擊課目中獲得數據，得以評估礙於系統特性，並不適合選用 120 迫砲照明彈為射擊靶標。<sup>9</sup>

**四、小結：**綜上所述，刺針飛彈系統實彈射擊靶標的選定，目前適切者僅有 BATS 靶彈與遙控靶機 2 種，由近幾年來的三軍精準彈藥射擊及神弓操演的射擊結果，可使我們了解，刺針飛彈系統實彈射擊模擬目標規劃，以靶機較靶彈適宜，分析比較表如表一，惟礙於靶機採購昂貴與自主研發不易等因素，現階段實彈射擊訓練，靶標仍係以 BATS 靶彈為主，故本文針對現階段 BATS 靶彈所採用之火箭推進器(MK66 及 D70)使用效益予以探討，敘述如后。

表一 靶機、靶彈與照明彈分析比較表

| 項目          | 分析                                                                            |                                                                             |                             |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|             | 靶機                                                                            | 靶彈                                                                          | 照明彈                         |
| 飛行高度        | 飛行高度可至 7000 公尺，野戰空飛彈有效射擊空域彈性較大，符合接戰需求。                                        | 飛行高度為 1980 公尺，射擊空域彈性較小。                                                     | 飛行高度約 1800 公尺，射擊空域彈性較小。     |
| 飛行滯空時間與飛行速度 | (一) 靶機可飛行達 1 小時 30 分，滯空時間長，可實施戰術飛行路徑，磨練射手完整接戰程序。<br>(二) 靶機飛行速度慢，無法模擬敵高速定翼機飛行。 | (一) 靶彈接戰難度較高，可訓練射手對快速目標接戰能力。<br>(二) 靶彈飛行 10 至 46 秒，滯空時間短，彈道固定，無法實施戰術飛行射擊課目。 | 至定點爆炸後，由降落傘以 10 呎/秒之速度緩慢下降。 |
| 飛行距離        | 靶機飛行距離達 70 公里，接戰空域彈性大，符合接戰需求。                                                 | 靶彈飛行距離 5 公里，接戰空域彈性較小。                                                       | 射程約 400~6100 公尺，接戰空域彈性較小。   |

<sup>8</sup> 《Janes Land-Based Air Defence 2005-2006》頁 45，原文 The latest Stinger-RMP takes this one stage further by introducing a microprocessor reprogramming facility into the circuitry to allow for new threat characteristics and guidance tailoring. The logic allows for recognition of countermeasure and their filtering out from the seeker's guidance picture.

<sup>9</sup> 許正一，〈野戰防空射擊靶標選擇之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 156 期，民國 101 年 3 月，頁 5~6。

|                                                                                                                                              |                                                                                |                                  |                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 雲高限制                                                                                                                                         | 靶機可調整，不依飛行高度限制。                                                                | 靶彈飛行受雲高限制，影響實彈射擊。                | 射擊受雲高限制，影響實彈射擊。                                                      |
| 裝備性能                                                                                                                                         | (一)使用全球衛星定位系統。(二)可低空掠海。(三)可加裝杜普雷達計15公里。(四)前端可裝熱增強器。(五)紅外線射擊。(六)紅外線射擊。(七)紅外線射擊。 | 鼻錐及尾部可加裝熱焰彈。                     | 高降緩易分現象尋脫。於開罐、物理現象。本並照源剝等物理現象。彈後，過程長此造成鎖頻不礙。明引傘降落，而係器音之。照空落慢造成象即標，鎖。 |
| 射手接戰心理                                                                                                                                       | 滯空時間長，有利用時間，在心理上可提升射擊效果。                                                       | 滯空時間短，在心理上易產生畏懼效果。               | 僅能定點爆炸，緩慢降落，無法滿足訓練效果。                                                |
| 配合預警雷達實施操演可能性                                                                                                                                | 配合週邊設備，可配合預警雷達操演。                                                              | 滯空時間短，無法配合預警雷達操演。                | 定點爆炸、緩慢降落，配合預警雷達操演，效果不佳。                                             |
| 使用效益                                                                                                                                         | 可實施訓練，演習時亦可重複使用。                                                               | 演習時發射之靶彈無法重複使用。                  | 演習時發射之靶彈無法重複使用。                                                      |
| 經費效益                                                                                                                                         | 靶機約50~200萬元，不含週邊設備，投資成本較高。                                                     | 靶彈1枚約30萬元，不含週邊設備，價格較便宜，可建立靶勤自主性。 | 7500-40000元，投資成本較低。                                                  |
| 風險性                                                                                                                                          | 靶機無立即危險，使用較低技術組合操控、儲存。                                                         | 其屬於火箭裝置，且無電子管在運輸、使用上都不慎，造成重大傷亡。  | 屬於火砲射擊運用之靶標，需配合人員操作，有風險性。                                            |
| ※結論：<br>1. 靶機飛行高度彈性大，滯空時間與飛行距離均較靶彈與照明彈長，就訓練而言，靶機較符合野戰防空實彈射擊需求。<br>2. 靶機各項性能較優於靶彈與照明彈，除能排除雲高等限制因素外，亦能穩定射手心理，進而提升射擊效果，就影響因素而言，靶機較符合野戰防空實彈射擊需求。 |                                                                                |                                  |                                                                      |

資料來源：作者自行整理

## BATS 靶彈運用介紹

目前國軍所使用之 BATS 靶彈(含火箭推進器)，秉持國防自主理念，由中科院自立研發及生產，其性質為彈道性飛靶，可供我陸軍野戰防空部隊檯樹、復仇者及雙聯裝刺針飛彈系統實彈射擊或追瞄訓練運用。

一、BATS 靶彈諸元性能介紹：(一)靶彈本體長 5.2m、直徑 38cm、空靶重 64 公斤(如圖六)，完成火箭推進器安裝後，靶彈重約為 74 至 80 公斤(MK66 火箭推進器，單具約為 3.2kg，單枚靶彈最大量可裝載 5 具火箭推進器)；(二)推進動力由 2 至 5 具火箭推進器所提供；(三)靶彈飛行速度，由於可裝載不同數量之火箭推進器，及調整不同之發射仰角，平均可獲致 275 至 550 節之平均靶彈飛行速度；(四)發射仰角 15 至 50 度；(五)飛行距離約為 5020 公尺(3 具火箭推進器、發射仰角 50 度)。<sup>10</sup>

二、BATS 靶彈組件介紹：(一)靶彈本體製造材質為鋁合金，係良好之雷達反射體；(二)火箭推進器可裝載 2 至 5 具，產生靶彈飛行動力(圖七)；(三)發射架提供靶彈承載及發射之用(圖八)，備有三具千斤頂之螺桿支撐達成平穩要求，另滑道用以承放靶彈，並提供靶彈最初發射時之方向控制<sup>11</sup>。(四)直流電瓶：12V(50A)直流電瓶 2 個，提供火箭推進器或曳光器擊發所需電源。(圖九)。

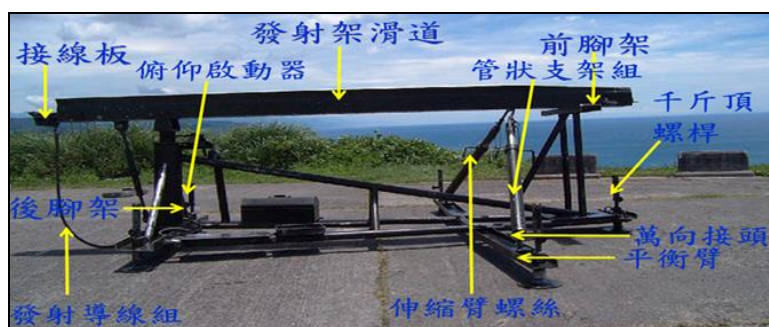
圖六 BATS 靶彈示意圖



圖七 BATS 靶彈火箭推進器外觀圖



圖八 BATS 靶彈發射架構造示意圖



圖九 BATS 靶彈發射控制器及直流電瓶示意圖



資料來源：圖六至圖九為作者自行拍攝

<sup>10</sup> TM9-1340-418-14, TECHNICAL MANUAL OPERATOR, ORGANIZATIONAL, DS AND GS MAINTENANCE MANUAL FOR BALLISTIC AERIAL TARGET SYSTEM (BATS), 頁 1-1 至 1-7。

<sup>11</sup> 同前註 10, 頁 5-1 至 5-4。

### 三、BATS 靶彈 MK66 與 D70 火箭推進器差異比較

歷年刺針飛彈系統實彈射擊或追瞄訓練所使用之 MK66 火箭推進器，已逐年運用消耗完畢，自 102 年神弓操演實彈射擊迄 103 年三軍聯合精準彈藥射擊，以開始採用中科院自力研發製造之新式火箭推進器 D70，<sup>12</sup>以下筆者就 MK66 與 D70 火箭推進器的性能差異分析比較，探討其對實彈射擊可能造成的影響。

(一)彈重：MK66 所裝載之 BATS 靶彈彈體重量為 74 公斤，而 D70 所裝載之 BATS 靶彈彈體重量則增加為 84 公斤；另 MK66 火箭推進器單具重量為 3.2 公斤，D70 火箭推進器重量則因火藥藥量改變，增加為 7.2 公斤，故若以單枚 BATS 靶彈配載 3 具火箭推進器計算，現行靶彈(配備 D70 火箭推進器)總重量將會增加 22 公斤。

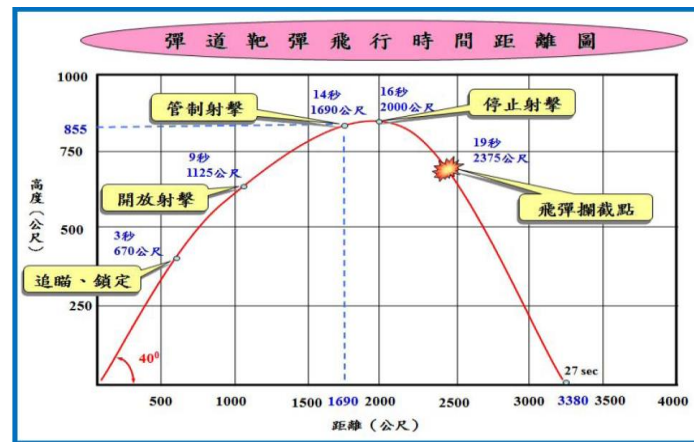
(二)火箭推進器推力：如前述所示，靶彈總重量(含火箭推進器)大幅增加 22 公斤，對靶彈發射後之飛行初速與滯空時間所造成之影響，依實彈射擊所獲數據顯示，飛行初速因新式 D70 火箭推進器已增加火藥藥量，故推進效果可滿足靶彈本體所增加之物理重量，故飛行初速與 MK66 火箭推進器並無太大差異，惟靶彈滯空時間則因火箭推進器火藥燃燒完畢後，自最高點呈現慣性自由落體下降時，因物體重量增加因素，將會加速下降效果，相較於 MK66 火箭推進器，靶彈整體飛行滯空時間約略減少 1 至 2 秒。

**四、小結：**靶彈為移動快速之彈道飛行目標，靶彈的推進系統為 D70 火箭推進器(舊式為 MK66)，可依作戰環境需求調整安裝火箭推進器之數量，安裝數量越多，靶彈的飛行速度越快。然須考量火箭推進器的燃燒特性，當火箭推進器一點燃後，其燃燒時間於 1 秒鐘之內將火藥全部燃燒完畢，故靶彈在飛行期間的熱源是依靠火箭推進器所燃燒的餘熱維持，因此靶彈的熱源消耗，是隨著時間迅速地遞減；可是在同樣的時間裡，靶彈飛行距離越遠，熱源就越微小(熱能亦持續消耗)，相對的對飛彈而言也就難以鎖定、追擊、甚至命中。靶彈的飛行特性乃屬拋物線之運動目標，再加上本身熱源自一發射開始就一直降低至靶彈落海為止，所以時間與飛行距離成正比，但目標熱源卻與時間成反比，因此接戰時間若拖過長，則目標熱源的距離與紅外線能量將致使飛彈無法穩定鎖住，甚至造成脫鎖，故靶彈接戰管制的時間點，通常以靶彈飛行至最高點的時間做為管制飛彈射擊的基準時間點(如圖十)。靶彈的彈道軌跡於降段期間，因距離漸漸增遠，熱源消耗極大，且靶彈離海面的高度也越來越近，因此若飛彈於 16 秒以後才發射的話，極有可能造成當飛彈接近靶彈的攔截點時，靶彈

<sup>12</sup> MK66 為舊式雙基火藥藥包，必須配合安定劑使用，然安定劑易受儲存環境、氣候及時間長久而降低穩定效果，故現階段已由中科院製造新型 D70 使用單基火藥藥包，因不須配合安定劑使用，故可提升火藥安全性及儲存條件。

早就已落海消失了。綜合以上所述(速度、熱源、鎖定、發射時機)，些許差異的 1 至 2 秒即可決定是否可順利命中靶彈之成敗關鍵。

圖十 刺針飛彈接戰BATS靶彈射擊管制時機示意圖



資料來源 楊培毅，〈提升本軍野戰防空實彈射擊安全之作為-以刺針飛彈為例〉《陸軍砲兵季刊》(臺南)，第 168 期，民國 104 年 2 月，頁 55。

## 建議與結語

### 一、建議

實彈射擊的訓練成效與靶標命中率，除人員是否嚴格訓練與武器裝備落實檢整等因素外，其他即為射場天候、環境與靶標是否適切，綜上所提之因素，若能循標準作業程序(Standard Operate Procedure, SOP)落實執行，必可達到良好之訓練成效，以下筆者就射場天候、射擊靶標及射擊前彈體檢測能量等課題提出筆者建議。

#### (一)射場天候

天候影響射擊危安的主要來源為日光，此論點可從飛彈尋標器的特性中探討出原因，學理上說，紅外線尋標器必須能夠識別目標的紅外線特徵等級 (Infrared signature level, IRSL)，IRSL 視目標的紅外線輻射與背景紅外線輻射的「相對誤差」而定，以單一目標而言，航空器的紅外線特徵，包含了後機身引擎部份 (排氣管)、燃料通過引擎所產生的尾焰、機身與空氣摩擦所產生的熱機殼，白天陽光在機殼上照射所產生的熱輻射等。背景紅外線輻射的主要來源就是日光，因日光的四處散射 (照耀)，所照到的任何物體都會形成反射，其程度就單看物體的反射率而定。對紅外線尋標器而言，背景紅外線輻射就是干擾，也就是「等值光體輻射干擾」 (Noise Equivalent Irradiance, NEI)，背景 NEI 值若大於目標 IRSL 的話，飛彈就無法找到目標。自然界中太陽不僅是紅外線的主要來源，更是背景紅外線輻射的肇因，因此實彈射擊的陣地部署與射向配置、射擊時序都應妥慎規劃，避免朝向日光與雲層等，避免影響訓練成效與射擊命中率，因為實彈射擊畢竟僅是仿真訓練與驗證(以靶彈仿真實體

飛機)，靶彈所散發出的紅外線能量與實體飛機畢竟仍有相當程度之落差。<sup>13</sup>

## (二)射擊靶標

因中科院已配合國軍年度訓練需求，大量製造了 D70 火箭推進器(取代舊式不足之 MK66 火箭推進器)，且亦已採購並驗收完畢，為滿足實彈射擊訓練需求及提升靶標命中率，在不影響購案現況之前提下，筆者提出以下因應策略，提升靶標射擊後之滯空時間與熱源維持，供訓練單位與科研部門參考。

1、建議靶彈可多增加一具(D70)火箭推進器，並加裝延遲引信裝置，以兩段式點燃方式推進靶彈(第一段點燃 3 根 D70 火箭推進器擊發後，約略 1 至 2 秒後續點燃第 4 根火箭推進器)，如此因應作為，除可避免靶彈擊發瞬間初速過快，造成射手不易獲得目標，並可延遲靶彈滯空飛行時間與熱源維持，以滿足尋標器鎖定所須之穩定熱源，<sup>14</sup>進而提升訓練成效與命中率。

2、在不影響靶彈彈體構造、飛行穩定與安全考量等因素下，射擊時仍維持現況 3 根 D70 火箭推進器，惟須適度降低彈頭配重重量，如此一來，除可提升靶標射擊後之滯空時間，並可減緩靶標於最高點落下時，於下降段所產生之重力加速度。<sup>15</sup>

## (三)檢測能量

野戰防空部隊每年實彈射擊所使用的 FIM-92D 型刺針飛彈，其發展年代介於西元 1987 至 1995 年之間，而一般飛彈的有效壽限期為 10 年，然本軍所使用之刺針壽限距離現今大都已經超過 10 年以上，且年度實彈操演偶有因彈體老舊，而無法順利射擊或命中，甚至飛彈離架後第二段火推失效形成未爆彈，讓實彈射擊危安風險提高。雖然本軍彈儲環境符合標準規定，然火藥特性恐有氧化受潮，進而影響火箭段推力效能之慮，再者我方所採購之刺針飛彈均為保證彈型式，且美方並沒有將刺針飛彈彈體測臺輸出給本軍，故歷年實彈射擊前，均無法對刺針飛彈實施彈體內部元件、構造與性能等相關檢視與驗證，<sup>16</sup>僅得以實施簡易的外觀識別與判斷，故現狀實無法滿足兵監教訓與後勤部門技術檢測等實彈射擊任務需求。刺針飛彈彈體測臺建置目的、需求及預期效益分述如后。

1、目的：先行掌握刺針飛彈導航段檢測能量，以為達成全裝維保能量

<sup>13</sup> 同前註 3，頁 47。

<sup>14</sup> 依據普朗克「黑體輻射理論」，靶彈發射後，火箭推進器約略 1.5 秒左右即燃燒完畢，飛行約 11 秒後因高空冷卻效應，靶彈尾部溫度已約低於攝氏 500 度(刺針飛彈尋標器 3~5 微米紅外線視窗最低可接收熱源功率約略為攝氏 500 度)，故易造成熱源不足、尋標器脫鎖現象，影響訓練成效。

<sup>15</sup> 刺針飛彈彈體結構設計因彈體體積較小，考量射擊命中後之擊毀效果，故火藥引爆裝置設計為碰撞引信，非其他彈種之近發引信，且 BATS 靶彈畢竟非實戰狀況下之實體飛機，故下降段之重力加速度若過大，容易肇生刺針飛彈近接戰術命中(near miss)之現象。

<sup>16</sup> 刺針飛彈依組成可區分導航段(CCA A7、電子總成、尋標器等)及火工段(火箭馬達、引信、彈頭、發射管等)，檢討各段內組件壽期，導航段為 12~17 年、火工段為 25~30 年區分，導航段壽限僅為火工段之一半，即為全彈壽限瓶頸；依美方提供刺針飛彈性能提升計畫，亦僅更換導航段之型式及鑑測，全彈壽限則依火工段壽期為底限，不再另行更換及測試火工段，顯見導航段為刺針飛彈檢測、提升及維保關鍵。

建立基礎，以逐步提升本軍於刺針飛彈之維保能量，累積作業經驗及參數，進而突破美方技術輸出限制，並爭取籌建刺針飛彈基地段之可行性，將有助於刺針飛彈之鑑測、維護及延壽，對人、裝安全及節約成本均有絕對性的助益。

2、需求：陸軍現有刺針飛彈已有多枚逾壽限，90 年實彈射擊操演迄今所擊發之刺針飛彈，已肇生多次飛彈失效及未離架狀況，惟現階段於操演前，僅能針對彈筒外觀及乾燥筒做檢查，若能使用刺針飛彈測臺針對演訓彈實施檢測，可有效掌握飛彈之安全性及穩定性，避免造成意外。

3、預期效益：於刺針飛彈測臺獲得後，可用於檢測演訓用彈、未擊發彈、受潮彈及人員戰備訓練用之電子訓練彈等彈種，以執行自動測試方式，檢驗上述彈種導航段之良窳，後續希冀藉由測臺研析，進一步瞭解刺針飛彈運作模式及其限制，進而改正人員裝備使用問題及操作程序瑕疵；另藉由飛彈檢測能量建立，增加向美爭取籌建基地段能量機率，以更換逾壽限品項，延長使用期限，確保戰備任務遂行。

## 二、結語

無論就靶標飛行高度、速度、滯空時間、飛行距離、雲高限制、射手接戰心理、裝備性能與風險等因素分析，刺針飛彈系統射擊靶標選擇應以靶機為最佳選擇，靶機飛行高度彈性大，滯空時間與飛行距離均較靶彈與照明彈長；就訓練效益而言，靶機較符合刺針飛彈實彈射擊需求。惟受限於靶機自主研發不易且採購造價高，故現況仍以 BATS 靶彈為主，但筆者認為世界上絕無廉價國防，若能配賦適切之武器裝備，再透過嚴格扎實之訓練，可收事半功倍之效。

由歷次實彈射擊訓練與驗證過程中，可發現良好的射手訓練是攸關射擊成敗之關鍵，質優且性能卓越的靶標，更是靶場實彈射擊中不可或缺之要件。為能提升射手射擊技巧和增加模擬實戰經驗，靶標的型式和功能就佔有舉足輕重的地位。古有云：「工欲善其事、必先利其器」，為有效提升防空部隊實彈射擊訓練成效，除人員必須落實且嚴格的訓練外，武器系統(含飛彈與射擊靶標)與射場環境亦須同步滿足射擊需求，始能相輔相成、相得益彰，達成最佳訓練成效與命中率。

## 參考資料

- 一、季斌南，《發展中的無人駕駛飛機》（北京：北京航空大學出版社，民國 82 年 11 月）。
- 二、計秀敏，《世界飛機手冊》，（北京：航空工業出版社，民國 87 年 11 月）。
- 三、樊邦奎，《國外無人機大全》，（北京：航空工業出版社，民國 90 年 6 月）。
- 四、許正一，〈野戰防空射擊靶標選擇之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 156 期，民國 101 年 3 月。

- 五、李偉鍵，〈從實彈射擊看野戰防空部隊靶機需求〉《砲兵季刊》（臺南），第 149 期，民國 99 年 5 月。
- 六、楊培毅，〈提升本軍野戰防空實彈射擊安全之作為-以刺針飛彈為例〉《砲兵季刊》（臺南），第 168 期，民國 104 年 2 月。
- 七、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，民國 103 年 3 月。
- 八、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。
- 九、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。
- 十、韓昌運，〈野戰防空利器-刺針飛彈〉《砲兵季刊》（臺南），第 152 期，民國 99 年 9 月。
- 十一、《世界各國靶機發展史》，（環球軍事展望，民國 94 年 1 月）<http://www.armysky.com/army/zhishitingdi/200501/1209.html>。
- 十二、《Janes Land-Based Air Defense 2005-2006》。
- 十三、《陸軍復仇者飛彈系統操作手冊(第二版)》（桃園：國防部陸軍司令部，99 年 11 月）。
- 十四、《雙聯裝刺針飛彈操作手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，96 年 6 月）。
- 十五、《陸軍彈藥手冊(上冊)》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 91 年 9 月）。
- 十六、TM9-1340-418-14，TM9-1340-418-14，TECHNICAL MANUAL OPERATOR, ORGANIZATIONAL, DS AND GS MAINTENANCE MANUAL FOR BALLISTIC AERIAL TARGET SYSTEM (BATS) (BATS靶彈系統操作手冊)，民國78年9月。

### 作者簡介

潘泓池中校，陸官正 83 年班、野砲正規班 175 期、陸院 96 年班，歷任排長、連長、作戰官、裁判官、教官、副營長、營長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部防空教官組。