

# 國軍多管火箭檢驗射擊方式之研究

作者：李尚儒

## 提要

- 一、隨著科技發展，多管火箭已為世界各國廣泛運用之主戰武器，並佔有重要地位，惟仍有須持續精進之處，以國軍多管火箭為例，其一、在射擊後無法修正或改變火箭彈射彈曲線，其二、火箭彈本體並無導引或自行修正能力，因此，在射程與各項因素影響下，所獲致射彈彈著準度差、散佈大，對敵毀傷效能大幅降低。
- 二、火箭彈異於管式火砲彈藥，火箭彈係運用火箭發動機，產生反作用力以生成動能，給予火箭發動機工作條件，為能使火箭發動機，提高工作可靠度，因此運用射控系統，以直接控制火箭發動機點火裝置。
- 三、國軍自 104 年起，年度均規劃「雷霆操演」驗證火箭部隊戰力，並藉實彈射擊評定各單位射擊效果，惟因目前採用無導引式火箭彈，且無專屬氣象裝備，故非標準狀況難以全般掌握。筆者乃就提升射擊效果為發想，探討多管火箭除運用氣象修正量外，其他修正量獲得方式，提供部隊運用參考。

關鍵詞：雷霆 2000 多管火箭、檢驗射擊、參數運用

## 前言

彈藥是武器系統對目標實施毀傷的重要因素，野戰砲兵傳統彈藥一詞係指「榴彈」，其構造簡單、操作簡便、破壞力大等特點，在戰場上便能發揮極大作用，近年隨著科技發展，「多管火箭」已為世界各國廣泛運用，並佔有其重要地位，但其不足之處也越趨明顯，以國軍多管火箭為例；其一、在射擊後無法修正或改變火箭彈射彈曲線，其二、火箭彈本體並無導引或自行修正能力，因此，在射程與各項因素影響下，所獲致射彈彈著準度差、散佈大，對敵毀傷效能大幅降低。

國軍自 104 年起，每年規劃「雷霆操演」，以驗證火箭部隊戰力，並藉實彈射擊評定各單位射擊效果，惟目前採用無導引式火箭彈，且未具專屬氣象裝備，故非標準狀況難以全般掌握；本研究乃就提升射擊效果為發想，藉年度漢光 33 號演習射擊歷程，探討多管火箭除運用氣象修正量外，其他修正量獲得方式，並假定射彈觀測及戰場景況均可滿足條件下予以實施，提供各部隊運用參考。

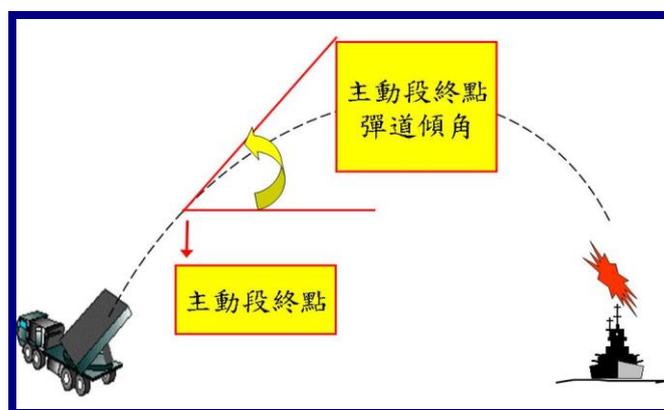
## 國軍多管火箭作用原理

火箭與火砲差異甚大，火箭彈係運用火箭發動機，產生反作用力以生成動能，火箭發射裝置賦予射向、射角並提供點火機構，給予火箭發動機工作條件，為能使火箭發動機，提高工作可靠度，因此運用射控系統，以直接控制火箭發

動機點火裝置，後續說明火箭推進原理及穩定方式，分述如后。<sup>1</sup>

## 一、火箭彈推進原理

火箭彈發動機係火箭彈動力推進裝置，在火箭彈發射時，點火控制系統將進行運作，點火具藥劑燃燒時，產生燃氣，流經固體推進劑裝藥並將其點燃，主裝藥燃燒產生的高溫高壓燃氣，流經固體發動機中，燃氣壓力大、溫度與密度下降，流速增大，在噴管出口截面上形成高速氣流向後噴出，當大量燃氣噴出時，火箭彈燃氣在反作用力推動下，獲得反向運動加速度；<sup>2</sup>由於火箭發動機高速噴出氣流物質，是由火箭發動機內固體推進劑裝藥燃燒而成，故火箭發動機質量不斷遞減，因此火箭彈運動係屬質量變換運動，而火箭發動機結束工作時，火箭彈彈道即達主動段末端（圖一），並獲最大速度，直至射彈落達目標區。



圖一 多管火箭主動段示意圖

資料來源：作者自行繪製

## 二、火箭彈穩定方式

火箭彈飛行時，其靜態穩定不足，則其動力飛行（藥柱燃燒期間）完畢後，即開始翻滾；若動態穩定亦欠佳，則翻滾現象更為明顯，使該枚火箭彈阻力更大，影響射程與精度。而靜態穩定，決定於彈體重心與氣動力壓力中心相對位置，若壓力中心位於彈體重心後方正確距離，即達靜態穩定；因此，若壓力中心在彈體重心前方，當氣動力垂直方向分力產生，射彈即產生翻轉力矩，肇生側轉現象，為使旋轉穩定，國軍多管火箭採用尾翅穩定方法，致壓力中心移至彈體中心點後方，而產生飛行穩定。<sup>3</sup>

### 火箭彈著與公算偏差關係

多管火箭係用以進行奇襲射擊武器，該系統在設計初期，均已連續發射為著眼，故一具發射架在射擊時，所有火箭彈均在 1 分鐘內，落達於目標區，因

<sup>1</sup>張亞，《兵器概論》（北京：國防工業出版社，西元 2013 年 9 月），頁 338。

<sup>2</sup>《陸軍 TGS8×8 自走式雷霆 2000 多管火箭系統操作手冊（第一版）》（桃園：陸軍司令部，民國 101 年 09 月 17 日），頁 3-43。

<sup>3</sup>浦發，《外彈道學》（北京：國防工業出版社，西元 1980 年 9 月），頁 160。

此，火箭彈射程、殺傷力、散布情況等，均為射擊效能重要參據，且與公算偏差有直接關係，分述如下。

### 一、射程

由於每發火箭彈製造差異、火箭離架時發射架震動影響、飛行彈道氣象情況差異，使連續發射後彈著點，形成概略散佈區域，且具固定型態與大小，亦能在該範圍內計算一平均彈著點，故計算該武器系統射程時，應以其平均彈著點為準，若平均彈著點落於目標中心，即表示全數射彈均能涵蓋於目標區內。<sup>4</sup>

### 二、傷害率

就射程而言，得知火箭彈著均散佈在一定區域內，且以靠近平均彈著點附近彈著更為集中，為表示多管火箭彈著區域大小，通常採用圓形公算偏差計算，其內涵為將火箭彈平均彈著點為中心劃一正圓，該圓涵蓋 50%彈著點；因此若此圓的半徑為 R，且每發射彈落入該圓機率為 50%，因此數學定義為  $CEP=R$  ( $P=0.5$ )<sup>5</sup>，因此將所有射彈涵蓋面積總和（扣除重疊部分），除此假想圓面積，即得個別目標擊中機率，亦為多管火箭武器系統傷害率。

### 三、公算偏差

由射程與傷害率得知，多管火箭在滿架射擊狀況下，彈著分布方式，且概略為圓形，具有範圍、對稱等特性，在統計學中稱之為常態分配，野戰砲兵即表示為「公算偏差」，常態分配圖形為一對稱鐘形曲線，<sup>6</sup>用以描述不同抽樣中母體參數估計值之機率分配，而決定該項機率，即與火箭彈著射程中，射彈精、準度有關，若單發火箭彈落點較為密集，且平均彈著點落於目標區域，則傷害率越高，公算偏差越小；反之，則傷害率越低，公算偏差越大，另全數射彈散佈範圍，通常約落於平均彈著點 4 至 8 個公算偏差範圍內。<sup>7</sup>

### 實彈射擊現況探討

國軍多管火箭具 3 種彈型，計 2 類型火箭彈，惟各型火箭彈均不具導引能力，該系統在設計初期，均已連續發射為著眼，惟攻擊火力強大的多管火箭系統仍然有無法全射程射擊以及射擊精準度不佳、彈著散佈大等諸多缺點與限制，探究相關原因後，就實彈射擊影響分述如下。

#### 一、射彈散佈難以掌控

傳統的砲兵火箭沒有彈道導控或修正能力，彈體發射離架後即由推進藥燃

<sup>4</sup>應紹基，《多管火箭概論》（臺北：啟新出版社，西元 1986 年 10 月），頁 160。

<sup>5</sup>余雲鵬，〈圓形公算誤差（CEP）之計算〉《新新季刊》（桃園）第四期，第 100 期，中山科學研究院，95 年第 1 季，頁 21。

<sup>6</sup>吳玉僑，《統計學（三版）》（新北市：全華圖書，民國 101 年 05 月），頁 138。

<sup>7</sup>國防部陸軍司令部，《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月），頁 5-17。

燒產生之推力，推動彈體沿飛行彈道曲線自由向前飛行。火箭彈由於彈體體積較大，在飛行彈道中受氣象因素影響程度遠較砲彈嚴重通常射擊距離愈遠、誤差愈大，且射擊精、準度遠不及傳統管式火砲，<sup>8</sup>故無法掌握誤差影響狀況下，射彈散佈相對增大。<sup>9</sup>

## 二、氣象資料無法同步

砲兵氣象作業，在增進射擊精度、減少試射及檢驗射擊之時間、節省彈藥、擴大無觀測射擊效果，以充分發揮砲兵射擊火力，現役 MW-12(32) 氣象自動探測系統，以 100 公克氣球為例，在能見度良好、普通風力的狀況下，穩定上升率為每分鐘 334 公尺直至氣球無法作用為止，惟所測得之氣象資料，已非即時，且尚缺低層風氣象資訊，故對後續射擊實施產生準度誤差，亦無法預先予以修正。

## 檢驗射擊作業方法

國軍多管火箭為一無導引式之自由火箭，目前僅能運用氣象修正作業技術或改善彈道氣象資料新穎等方法，增進射擊精、準度，惟此種方法求取修正量，尚無法掌握所有誤差總和，因此，若可藉發射 4 至 6 發單發射彈，決定平均彈著點，即可求算誤差總和，進而求得修正量，有利增進後續射擊效果；相關整備與作業程序分述如下。

### 一、整備條件

- (一) 火砲選定：選定排（連）基準砲即可，且該砲位置即為陣地中心。
- (二) 射擊彈藥：單位內排（連）各砲，務須使用同一彈種與彈藥批號。
- (三) 觀測位置：採人工交會觀測或其他觀測手段，能測報每發彈著位置。
- (四) 射擊位置：務須考量修正量轉移界線，方能有效實施轉移射擊。
- (五) 射擊諸元：1、由測地成果決定基準砲及各觀測所（機構）位置；2、由基準砲量至目標，採用同一射擊諸元射擊。
- (六) 通信連絡：運用制式跳頻無線電機，建構無線語音、數據傳輸網路。

### 二、作業程序

- (一) 射擊指所量取並宣讀火箭砲車至預期平均彈著點射向及距離。
- (二) 利用距離、預期平均彈著點與火箭砲車標高差計算高低。
- (三) 平均彈著點檢驗，以預期平均彈著點標高為其標高。
- (四) 通常第 1 發射彈，僅供檢查定向用，稱為「定向彈」，不列為 6 發有效射彈內。

<sup>8</sup>李秦強，〈砲兵多管火箭精準化-淺談導引火箭彈〉《砲兵季刊》（臺南）第 150 期，陸軍砲兵訓練指揮部，99 年第 3 季，頁 5。

<sup>9</sup>應紹基，〈多管火箭概論〉（臺北：啟新出版社，西元 1986 年 10 月），頁 160。

(五) 兩觀測官標定初發射彈位置後，即可配合觀測官標定作業與記錄儘快發射，直至獲得 6 發有效射彈為止。若判定有效射彈不足 6 發，最少須選定 4 發有效射彈為計算修正量基礎。

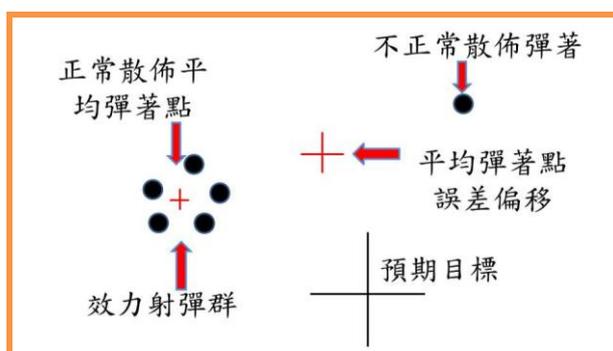
(六) 任何不規則射彈，均不視為有效射彈，射擊組長應判定每發射彈之彈著點是否正常，其判定標準係依據公算偏差大小等因素而決定（圖二）。

(七) 平均彈著點圖上位置決定後，即可從射擊圖上量取圖上諸元：射向方位角、距離、高低。

(八) 平均彈著點檢驗，射擊時所使用之諸元（含已使用修正量）即為決定諸元。

### 三、作業範例

範例：如決定實施平均彈著點檢驗時，射擊組長選定檢驗地區後，即決定以第○砲、MK○○高爆彈、A 批號、對座標：○○○○-○○○○ 標高 0 地區，行平均彈著點檢驗求取修正量（本範例結合本次○○演習區域，如圖三）。



圖二 不規則射彈示意圖



圖三 ○○演習射擊示意圖

資料來源：圖二及圖三為作者自行繪製

(一) 組長命令：第○砲、MK○○高爆彈、A 批號、CVT 信管、待令放、座標○○○○-○○○○、估計標高 0、準平檢。

(二) 定向諸元：觀平檢、左觀閏 1310、ε-9 測ε、右觀閏 1210、ε0、準備好報告。

(三) 射擊口令：#2、MK○○高爆彈、A、CVT、#2①待、方位修正量 0、方位 3115、高低 (+3)、時間 19.9、仰度 298。

(四) 發射 6 發射彈後，觀彈諸元如下。

觀測結果			
發數	左觀	右觀	高低角
1	1310	1210	-5
2	1355	1218	-9
3	1346	1253	-5
4	1315	1224	-10
5	1344	1201	-5
6	1366	1218	-4
7	1327	1232	-8
平均	1342	1224	-7

(五) 運用正弦定律計算主觀測所(機構)至平均彈著點距離。

求左觀至CI距離	Log 基線長	2	79239	☆由主觀測所O1至CI之平均方位角及距離(公尺)用極座標在圖上定出CI，校對座標計算所得之CI位置。
	Log sin 對角	9	91223	
	Colog sin 頂角 +	0	93709	
	Log D	3	64171	
	☆D (求邊) 4382m			

(六) 計算平均彈著點座標及標高。

(七) 求取距離 K 及修正量。

量得○連至CI點圖上諸元 方位 <b>3120</b> 距離 <b>17800</b> 高低 <b>+2</b>
決定仰度 = 射角 - 圖上高低 = <b>298-2 = 296</b>
射表計算尺裝定值 <b>MK○○高爆彈 A批號</b> ，距離 <b>17800</b> 仰度 <b>296</b>
<b>K=決仰相應距離-(圖上距離)/圖上距離千除數= 17930-17800/17.8=7.3</b>
方向修正量 = 決定方位角 - 圖上方位角 = <b>3115-3120= -5</b>

1、圖上諸元：平均彈著點圖上位置決定後，即可從射擊圖上量取圖上諸元。

(1) 射向方位角：量取檢驗砲至平均彈著點圖上方位。

(2) 距離：量取檢驗砲至平均彈著點圖上距離。

(3) 高低：依檢驗砲至平均彈著點標高差及圖上距離，以高低計算尺求算圖上高低。

2、決定諸元：為射擊時所用射擊諸元。

(1) 射向方位角：射擊所用方位角。

(2) 仰度：射擊所用之射角（射擊仰度加射擊所用高低）減去平均彈著點圖上高低。

3、修正量之求取

(1) K 值為距離總修正量除以圖上距離千除數，求得膛內、外距離總影響量。

(2) 以決定方位角（射擊方位）減去圖上方位角再減去偏流而得方位修正量（多管火箭偏流影響量與野戰砲兵不同，故方位修正量計算時需在扣除仰度計量線相應之偏流密位數，即可不調製方位修正尺），求得射向總影響量。

### 修正量運用方式

當檢驗射擊完成後，即可依據修正量運用原則與要領，將成果併入射擊諸元運算，不僅可改善彈著準度，更可增大無觀測射擊效果，分述如下。

#### 一、面積射擊

彈道氣象直接影響膛外彈道，尤對射擊精度及火力發揚更為顯著，惟該項誤差不能涵蓋膛內影響部分，因此，藉平均彈著點檢驗方式獲得總修正量，即可運用修正量對面積（活動）目標實施射擊，作業方式如下。

範例：裝況續前範例，雷霆射擊指揮儀接收戰術射擊指揮儀，傳來目標座標○○○○-○○○○，經射擊指揮儀圖解目標後，量得射向為 3200 密位、距離 17500 公尺，單位已完成檢驗射擊，求得 K 為 +7.3、方位修正量為 4.75（扣除偏流）；運用上述條件計算火箭砲車射擊諸元。

(一) 仰度= $k \times \text{圖上距離千除數} + \text{圖上距離} = +7.3 \times 17.5 + 17500 = 17630$ ，故仰度為 290 密位。

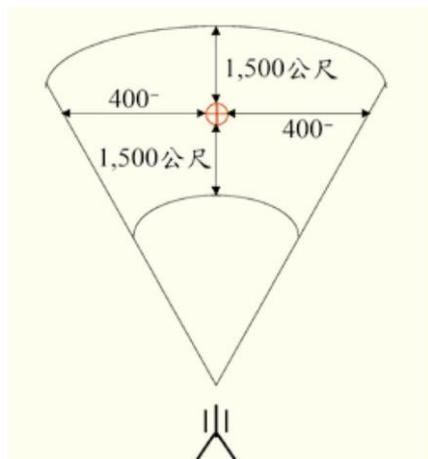
(二) 時間=修正後距離相應信管時間=>修正後距離 17630 公尺，查表距離 17600 公尺相應時間為 32.2 秒；17700 公尺相應時間為 32.5 秒，故信管時間為 $(32.5 - 32.2) \times 0.3 + 32.2 = 32.3$  秒。

(三) 射向方位角=圖上方位角+方位修正量+仰度相應偏流= $3200 + \text{右} 4.75 + \text{右} 0.23 = 3205$  密位。

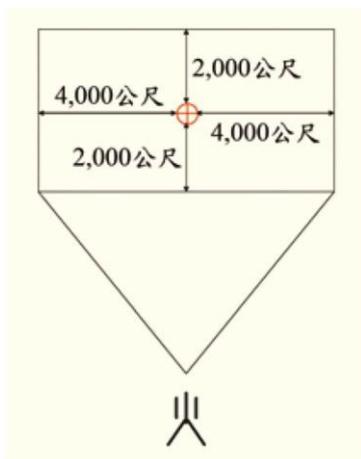
#### 二、轉移射擊

利用檢驗射擊所得修正量，僅適用某一範圍內，該項區域即為轉移界限，

在轉移界限內目標，均可運用修正量逕行效力射；<sup>10</sup>國軍各型多管火箭射程甚遠通常均為 10,000 公尺以上（MK15 火箭彈射程約 6 至 15 公里），因此檢驗距離在 10,000 公尺（含）以內時，其轉移界限在該位置前後距離各 1,500 公尺，方向左右各 400 密位（圖四）。在 10,000 公尺（不含）以上時，其轉移界限在該位置前後距離各 2,000 公尺，方向左右各 4,000 公尺（圖五）。



圖四 轉移界限 10,000 公尺以內適用



圖五 轉移界限 10,000 公尺以上適用

資料來源：圖四及圖五為作者自行繪製

### 三、發射架參數運用

當獲得檢驗射擊成果後，即表示完成膛內、外因素總影響量，在一般狀況下，均可藉由總修正量扣除非標準狀況影響（氣象射向、距離修正量），而得膛內因素影響量；多管火箭係以發射架結合火箭彈箱方可實施射擊，因此可將該上述組合視為膛內因素單變數，作為爾後射擊修正量應用參考，惟須注意每批號彈藥所造成誤差量是否合理運用。

如 A 批號彈藥分別求得，膛內因素 K 為 19、12、11、15、24、20、16，通常採以平均方式求得平均膛內誤差影響，計算後即得（19+12+11+15+24+20

<sup>10</sup> 《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月），頁 5-45。

+16/7=16.7)，當各項誤差有極大或極小值時，膛內因素平均數將偏向極端值方向。

故建議運用中位數概念，該項方式並未使用上述數值，且誤差值相當時，平均數即為中位數；中位數計算方式為，將所有膛內因數重新排列，11、12、15、16、19、20、24 共計 7 筆資料= $(7+1)/2=4$ ，表示第 4 筆資料 16 為中位數，綜上可得，當膛內誤差資料因一個或多個極端值產生偏移時，則以中位數方式作為衡量膛內因素 K 基礎，優於計算平均值，避免造成修正量嚴重失真。

## 結論

砲兵多管火箭系統射擊精度不佳，是世界各國在使用此一武器作戰時經常要面對的難題，多管火箭為地面部隊指揮官，左右戰局之重要火力支援單位，通常以熾盛奇襲之火力，用於攻擊敵縱深與遠程目標，予以摧毀、破壞、制壓等，以利戰鬥部隊遂行反登陸作戰或跨區增援任務。

國軍多管火箭由於遠射程時過大的彈著誤差，使得火箭彈砲火誤擊機率大增，造成戰場指揮官運用多管火箭系統射擊的困難與疑慮，大幅限制多管火箭運用彈性，為改善多管火箭系統射擊精度的問題，目前各國在實際作戰中已開始使用具基本彈道修正能力，較一般無導引火箭彈射擊精度更高的導引火箭，在尚未獲得該項裝備前，若能適時掌握並修正誤差來源，即可有效發揮武器效能。未來若建置導引火箭彈，即可運用少量彈藥、獲得更有效的打擊效果，以符合經濟實惠原則，使多管火箭成為戰鬥與成本效益皆高之砲兵主要武器。

## 參考文獻

- 一、張亞，《兵器概論》（北京：國防工業出版社，西元2013年9月）。
- 二、《陸軍TGS8x8自走式雷霆2000多管火箭系統操作手冊（第一版）》（桃園：陸軍司令部，民國101年09月17日）。
- 三、浦發，《外彈道學》（北京：國防工業出版社，西元1980年9月）。
- 四、應紹基，《多管火箭概論》（台北：啟新出版社，西元1986年10月），。
- 五、余雲鵬，〈圓形公算誤差（CEP）之計算〉《新新季刊》（桃園），第141期，中山科學研究院，97年第2季。
- 六、吳玉僑，《統計學（三版）》（新北市：全華圖書，民國101年05月）。
- 七、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國99年11月）。

## 作者簡介

李尚儒少校，志願役預官 92 年班，砲兵正規班 194 期，歷任副連長及連絡官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。