

砲兵修正量運用之研析

作者：李柚科

提要

- 一、因應現代化戰爭型態，敵有生戰力、目標型態具備高機動性，若欲有效打擊目標，須採不經試射效力射之射擊方式，對目標造成奇襲、急襲等效果，為達成此目的則必須仰賴修正量有效運用，如未能對目標有效射擊，將喪失戰機更暴露我方砲兵陣地位置，嚴重影響戰局發展。
- 二、欲有效運用修正量，則必須了解造成火砲射擊產生誤差之諸因素，合理計算出有效修正量，進而有適切運用修正量以滿足所望射擊效果，本研究將逐一探討造成火砲修正量之各項因素。
- 三、獲得修正量方式，常以精密檢驗或平高檢驗射擊為主及國軍自行研發 AFCS 檢驗射擊等均能有效獲得修正量，此外若能以火砲初速誤差加氣象修正量善加用運，其修正量亦能達到檢驗射擊之效益。
- 四、針對各種修正量求取方式於射擊指揮教範中均有詳細說明，筆者僅就其定義及特性加以論述，以綜合分析各種修正量求算過程及適用性。
- 五、本研究以砲兵部隊現今修正量運用現況探討，比較是否能正確求取修正量並予以適當運用，內容所提列之各項分析表，均依據砲兵各類技術規範摘錄，由筆者自蒐整並分析，能使讀者淺顯易懂。

關鍵詞：標準狀況、膛內彈道、膛外彈道、公算偏差、散布差

前言

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

造成火砲射擊誤差原因分析

一、射擊誤差因素

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

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

二、膛內因素影響

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

三、膛外因素影響

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

四、其他因素影響

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

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

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

¹ 《美陸軍野戰砲兵射擊手冊》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 71 年 4 月 30 日），頁 257。

² 《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日），頁 3-31

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

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

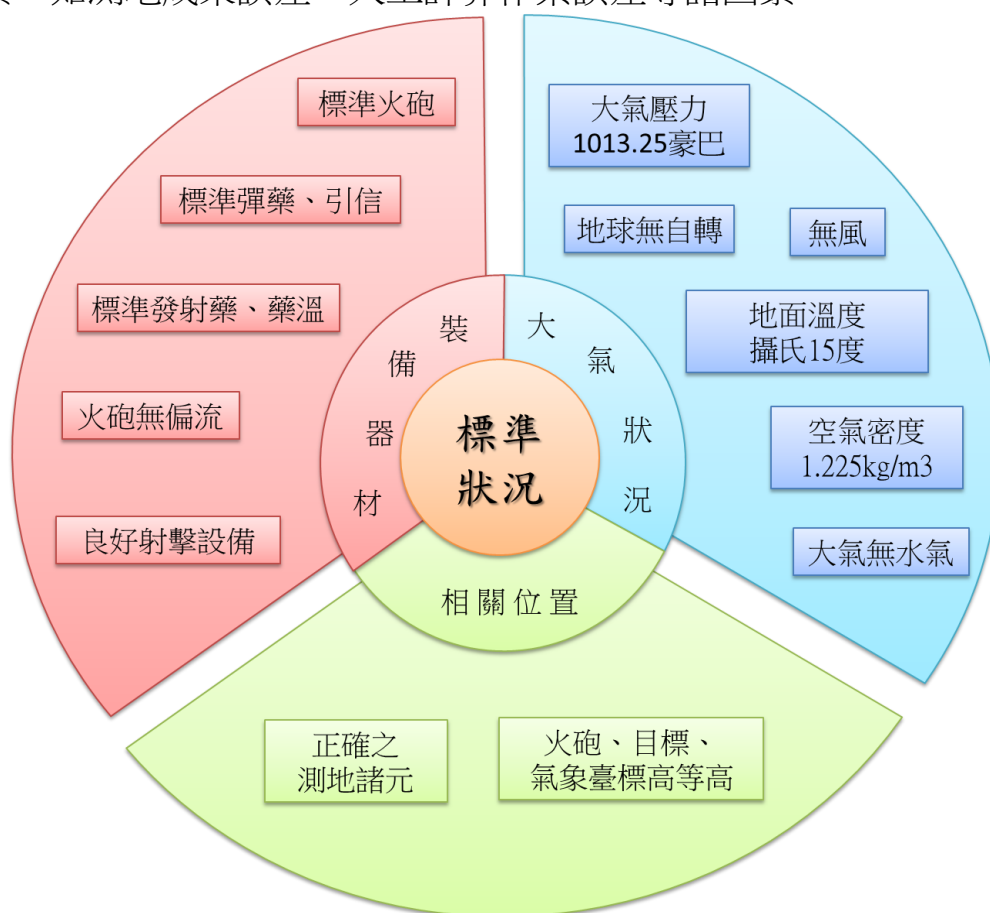


圖 1 標準狀況示意圖

資料來源：筆者繪製

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

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

表 1 影響膛內彈道之諸因素分析表

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

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

資料來源：筆者整理

表 2 影響膛外彈道之諸因素分析表

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

資料來源：筆者整理

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

表 3 公算偏差分析表

M2A1 式 105 榴彈 裝藥號數-距離	距離公算偏差 PEr		方向公算偏差 PE _d		時間公算偏差 PE _t	
	一倍	八倍	一倍	八倍	一倍	八倍
I -2500M	11m	88m	2m	16m	0.14m	1.12m
II -2900M	13m	104m	2m	16m	0.14m	1.12m
III -4000M	18m	144m	3m	24m	0.14m	1.12m
IV -3800M	16m	128m	2m	16m	0.14m	1.12m
V -4900M	21m	168m	3	24m	0.14m	1.12m
VI -6100M	17m	156m	4m	32m	0.15m	1.2m
VII -7600M	14m	112m	5m	40m	0.16m	1.28m

- 1.各號裝藥均以常用距離界線中央距離最為共同比較基準。
- 2.八倍距離公算偏差公尺數相應密位數為兩個散布差。

資料來源：筆者整理

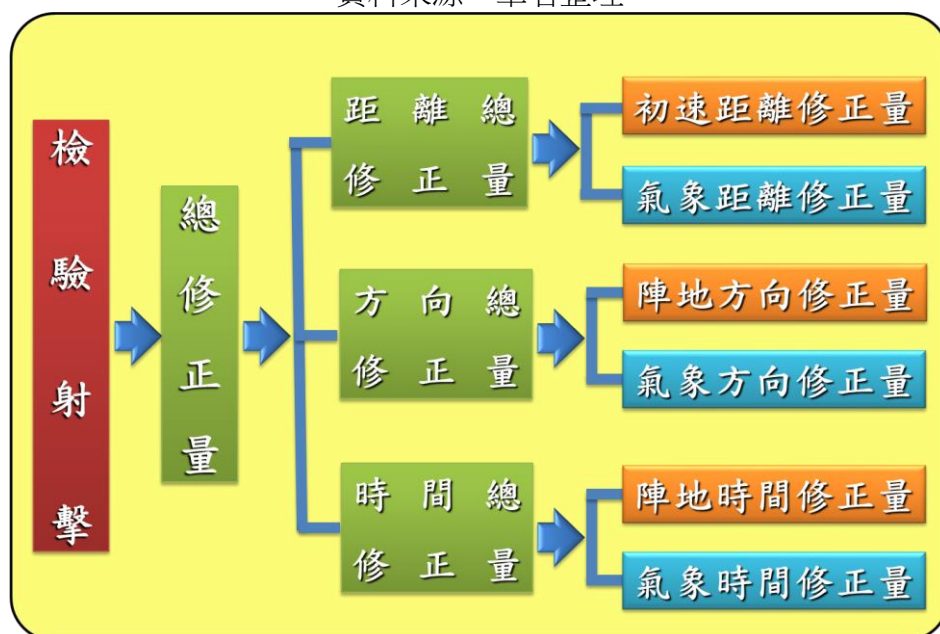


圖 2 總修正量區分一覽圖

資料來源：筆者繪製

各種修正量求取之方法

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

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

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

一、精密檢驗

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

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

二、平均彈著點及高炸檢驗

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

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

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

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

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

⁷同註6

三、陸山 AFCS 檢驗

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

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

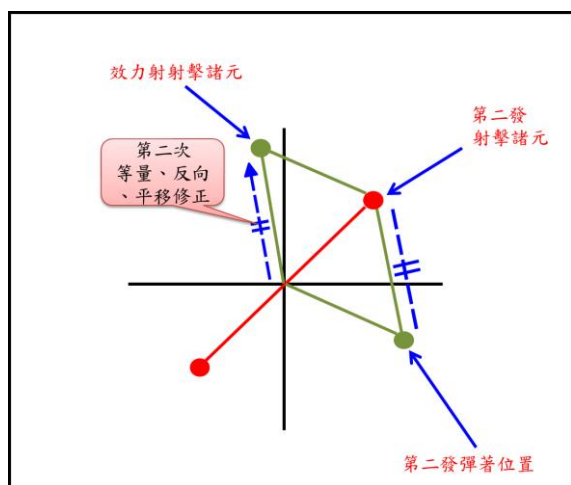


圖 3 AFCS 檢驗圖解示意圖

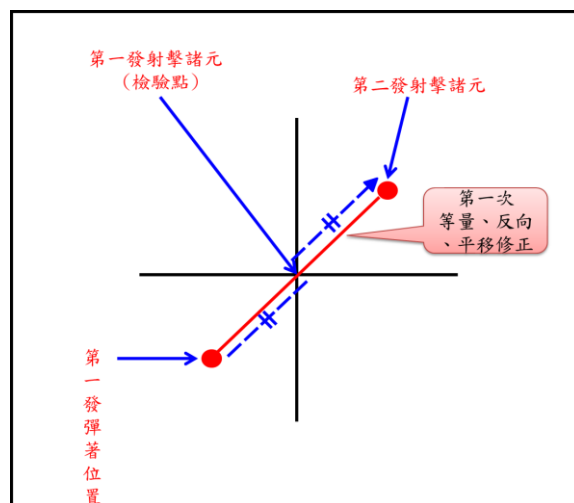


圖 4 AFCS 檢驗圖解示意圖

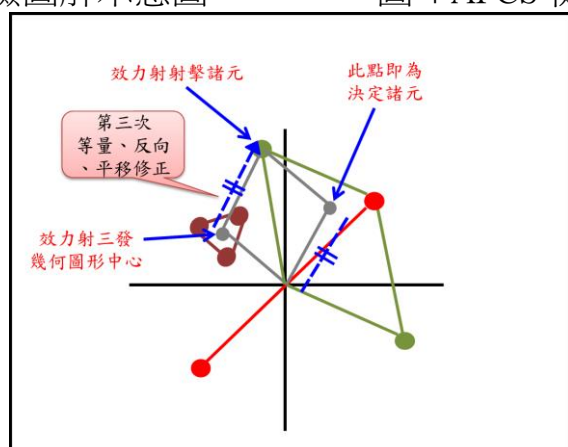


圖 5 AFCS 檢驗圖解示意圖

資料來源：圖 3 至圖 5 為筆者繪製

⁸同註 6

四、氣象修正量計算加火砲初速誤差

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

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

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

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

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

⁹同註 6

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

¹¹同註 6

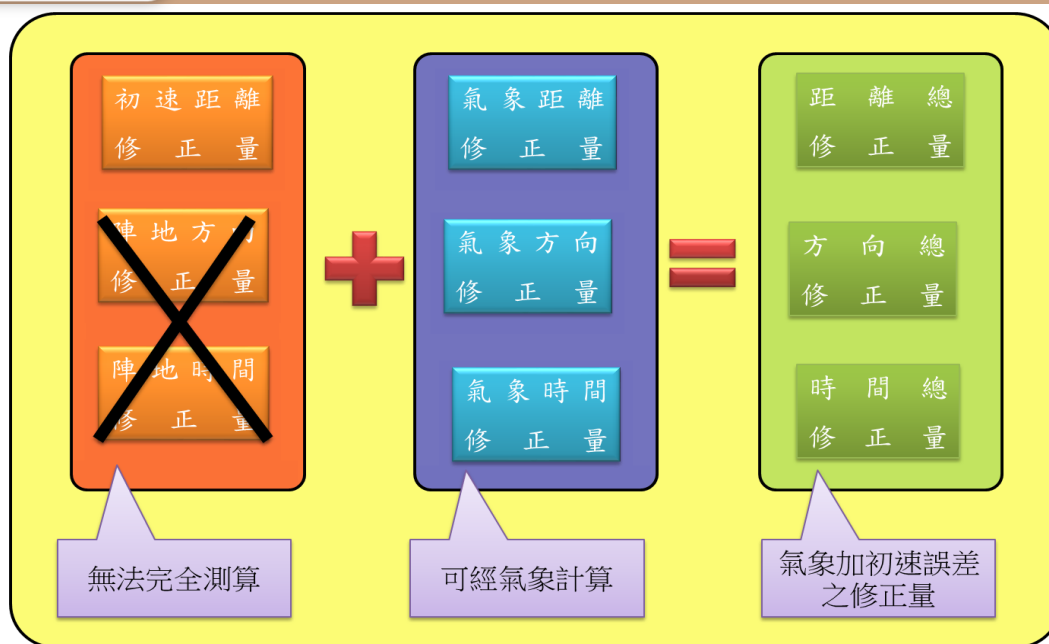


圖 6 氣象加初速誤差運用示意圖

資料來源：筆者繪製

各種修正量求算方法綜合分析比較

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

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

表 4 有效射彈可靠度分析表¹²

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

資料來源：《TFM6-40 野戰砲兵射擊手冊》，第 10-7 節。

¹²同註 3 第 10-7 節

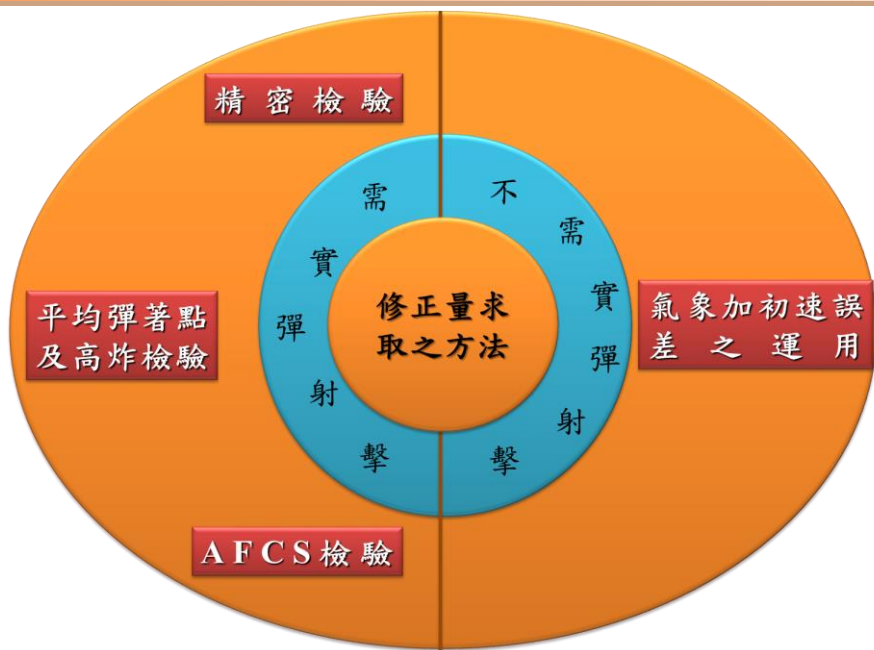


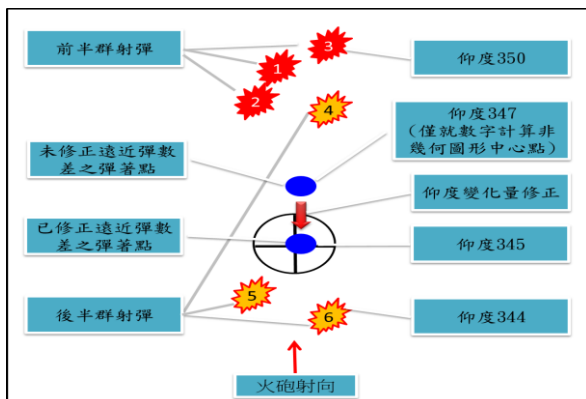
圖 7 修正量求取方法區分圖

資料來源：筆者繪製

一、精密檢驗

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

表 5 仰度變化量修正一覽表



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

圖 8 仰度變化量修正示意圖

資料來源：筆者整理

資料來源：筆者繪製

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

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

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

二、平高檢驗

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

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

三、AFCS 檢驗

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

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

四、氣象修正量計算加火砲初速誤差

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

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

(三) 運用分析：氣象加初速誤差修正量運用分析如表 7。

五、綜合分析比較

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

表 6 原級校正效益分析表

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

¹⁴ 陳天祐，〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 157 期，陸軍砲訓部，頁 4。

¹⁵ 《RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 90 年 11 月)，頁 4-41。

¹⁶ 同註 6

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

資料來源：《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》頁 6-2

表 7 氣象加初速誤差修正量運用分析表

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

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

資料來源：筆者整理

表 8 修正量運用分析一覽表

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

資料來源：筆者整理

砲兵部隊現行各演訓修正量運用現況檢討

一、實彈射擊場域時機有限

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

二、加強運用射擊時機求得火砲初速及修正量

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

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

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

三、強化確實執行檢驗射擊驗證射擊精準度

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

精進作為

一、遵循準則規範，強化基本職能

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

二、落實執行原級校正，獲得精確火炮初速數據

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

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

三、落實檢驗射擊方法，驗證射擊精準度

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

結語

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

參考資料

- 一、《野戰砲兵射擊手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 71 年 4 月 30 日）。
- 二、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日）。
- 三、李尚儒，〈火炮初速影響精準射擊之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 142 期，陸軍砲訓部，民國 93 年 9 月 30 日。
- 四、《陸軍野戰砲兵射擊指揮教範（第三版）》（桃園：陸軍司令部，民國 103 年 10 月 30 日）。
- 五、徐坤松〈如何落實防區氣象作業，提供精準彈道氣象資料具體作為〉《砲兵季刊》（臺南），第 145 期，民國 98 年 6 月 30 日。
- 六、陳天祐〈精進砲兵氣象探測作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，民國 101 年 6 月 30 日。
- 七、《RT-20 氣象自動探測系統操作手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 90 年 11 月）。

作者簡介

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