

# 火炮初速影響精準射擊之研究

作者：李尚儒 上尉

## 提要

一、 砲兵戰力發揮端賴適時而精確之火力，故砲兵應不斷設法增進射擊之精度，即能對目標予以有效制壓、摧毀或破壞。當然了解火炮初速狀況，是增進射擊精度重要因素。

二、 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 UNISS-30 定位定向系統、PAS-2A1 雷射觀測機及 MW-12 氣象自動探測系統、射擊指揮自動化系統等，可達成精準射擊部份條件，唯目前是以人工作業求取火炮初速誤差，對精確的火砲與彈藥數據尚無法確實掌握與獲得。

## 壹、前言

未來戰場環境下須符合機動性高、目獲能力強、射程遠、射速快、精準度佳等特點，國軍砲兵火砲多屬老舊，尤以輕型火砲，因此射擊時必須經多次試射，始能命中目標但卻喪失奇襲效果，而此種多次試射之方式已不符合現代化砲兵射擊－首發命中之要求，亦無法達成不經試射效力射之目的，所謂「精準」射擊一詞，即意味著砲兵射擊，不論是對點的目標射擊或面積目標射擊，都能「精準」的命中目標。依據美軍砲兵定義精準射擊之五大條件為<sup>註1</sup>；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，其中精確的火砲及彈藥數據，即是說明火砲初速對精準射擊之重要性。因此有效的獲得火砲初速及適時修正火砲初速誤差，將有助於提升射擊精度及達成指揮官所望火力效果。

## 貳、火砲初速及初速誤差

### 一、射表初速產生：

初速是火砲與彈藥組合所產生，各種火砲射表上，均記載有各號裝藥之標準初速，此標準初速係根據一假定之標準狀況下製定。射表記載所謂標準初速雖作為決定變化量之基準，但並非絕對標準值，因此使用某種火砲與彈藥射擊時，不可能產生標準初速，換言之。若不進行修正將影響射擊精度。因此各種彈藥製造之標準規格，均含有許可初速誤差之規定，故各種批號彈藥均需經過射擊試驗，當此項試驗同時測定「試驗批號」與「管制批號」（或基本批號），將兩者之性能予以比較。「試驗批號」與「管制批號」，均使用同一砲管發射，並假定此一砲管狀況，均可使兩批號承受相同之影響。縱然上述假定對射擊試驗尚稱精確，但事實上仍未必絕對正確。蓋因拋射藥之檢定程序中，尚有容許若干誤差。因此在野戰條件之狀況下，縱然實施一切品質管制之方法，其彈藥性能變化仍然甚大。依據美軍試驗某一火砲使用批號相同之裝藥射擊，其初速較其他火砲快（慢）10 公尺／秒，但改用其他批號與裝藥時，則未必產生相同之結果，但仍可根據試驗結果以推斷其性能<sup>註2</sup>。

### 二、初速誤差產生：

同一武器使用同一批號彈藥連續發射多發射彈，不能產生相同之初速，其初速之差異量，係依平均初速之正常散布而來，此種現象稱為速度散布，而砲管在一般狀況下，最初數發射彈初速過渡到後續射彈之穩定初速期間內，初速變化傾向稱為速度傾向。速度傾向不能預先加以計算，故無法實施速度傾

<sup>註1</sup> FM3-09.70TTPS for M109A6 Operations (Headquarters.Department of Army.August 2000)，p53。

<sup>註2</sup> 張喜發著，火砲燒蝕內彈道學（臺北市，國防工業出版社，民國91年），頁89。

向之修正，但可採取有效之措施，以消除其他擴大與改變正常初速誤差之各種因素，其措施如下：

- (一) 注意選用適當裝藥，將拋射藥按裝藥區分。
- (二) 各發射彈裝彈推力、藥袋位置力求一致。
- (三) 保持一定之火藥溫度。
- (四) 注意武器彈藥之保管與擦拭。
- (五) 明瞭速度傾向之原因及其對射擊精度之影響。

初速誤差 (VE) 中常含有非初速誤差之因素，在射表中所列有關初速之單位因素，僅適用於純初速變化之計算，若所應用之初速誤差，包含有非初速因素時，則其結果必然產生誤差。

### 參、初速誤差對精準射擊之影響

砲兵戰力發揮端賴適時而精確之火力，故砲兵應不斷增進射擊之精度，方能對射擊目標予以有效的制壓、摧毀或破壞。而掌控火砲初速變化狀況，是增進射擊精度重要因素之一，因火砲初速對射擊距離散佈的影響最大。以 M109A2 為例，使用五號裝藥，綠色藥包，射擊距離 5000 公尺，可於 FT-155-AM2 射表之 G 表查得一倍方向公算偏差為 4 公尺，距離公算偏差則為 18 公尺；若以散佈梯尺計算，八倍方向公算偏差為 32 公尺，而八倍距離公算偏差則高達 144 公尺，足證火砲初速對射擊距離影響甚鉅，茲就火砲初速不同產生之效應及影響分述如后：

#### 一、駝峰效應

通常火砲彈道性能諸元（主要指初速和膛壓）隨火砲射擊發數的增加而逐漸上升，在出現最大值後，又逐漸下降的射擊現象，定義為火砲內彈道峰，亦稱為駝峰效應<sup>註3</sup>。而駝峰效應的形成，係因火砲隨發射彈數的增加，其膛內的腐蝕與磨損逐漸加重，理論上而言，火砲內膛磨損後藥室將增長，使彈丸定位點前移，藥室容積增大，裝填密度減少，火藥利用率降低，最終使火砲的初速和最大膛壓降低。駝峰效應，對火砲射擊精度、射擊諸元修正及彈藥批號驗收，影響甚鉅，例如：

- (一) 造成錯誤之原級校正資料。
- (二) 使檢驗射擊所得修正量不正確，尤以平均彈著點檢驗所得者為然。
- (三) 即使所有射擊諸元正確，亦可能造成轉移射擊之精度不良。
- (四) 當射擊接近第一線部隊目標時，可能發生近彈。

---

<sup>註3</sup> 張喜發著，火砲燒蝕內彈道學（臺北市，國防工業出版社，民國 91 年），頁 96。

## 二、火力分佈，殺傷效力降低

砲兵射擊是以有效之「火力分佈」達成「面」的目標殺傷及破壞效果。所謂「火力分佈」係將各炸點適宜分配至目標區謂之。當射擊時，連內各砲通常使用同一方向與仰度及信管時間平行射向射擊，但目標之形狀及其大小各有不同，有時必須加以適當之修正，使其「火力分佈」與所射擊目標之形狀及大小一致，或涵蓋所望之目標正面與縱深，俾收「火力分佈」之效果，此種作為，係在各砲初速均能獲得之狀況下，使得有良好「火力分佈」，若無法獲知各砲初速，將無法獲得所望有效之火致正面，進而降低殺傷效果<sup>註4</sup>。

## 肆、初速誤差取得方式及使用器材

### 一、初速誤差獲得：

初速誤差可利用初速雷達測取，或藉平均彈著點法原級校正獲得。火砲是否需行原級校正，應視火砲種類、口徑與射擊次數（依裝藥計算而定），通常在接領新砲或更換砲管時，應儘速實施校正。縱使程式與口徑相同之火砲，亦不一定能產生相同之初速，其主要原因為新砲管之藥室與砲膛內部大小之差異<sup>註5</sup>。由於各砲之初速不盡相同，故雖屬新武器，亦必須實施原級校正。現行國軍火砲原級校正，不論是使用絕對原級或比較原級，其校正所得初速誤差與使用初速鑑定儀測得之結果相差甚大。因此唯有以初速鑑定儀測得之初速，始能正確表示速度之非標準狀況。其結果不受測地、氣象等諸元誤差與射表缺陷及砲口下垂、彈道係數變化之影響，並可獲得彈丸對砲膛磨損所造成之初速損失，修正初速損失所造成之距離誤差，進而達成所謂之「精準」射擊，惟必須有初速鑑定儀，始可獲得此等資料，即為此一原因。

### 二、M93 初速測算雷達：

國軍砲兵於民國 71 年，向美軍採購數套 DR-810 初速雷達，因受限國防預算限制及武器裝備採購優先順序，後續初速雷達一直未能納入陸軍砲兵部隊戰鬥序列內，且該裝備因已逾壽限，已不堪使用。以下說明美軍現役裝備 M93 初速雷達。

#### （一）工作原理及系統組成

##### 1、工作原理：

M93 初速雷達係依據都卜勒效應原理，實施火砲初速測算。這套系統是根據一個 X 頻無線電收發機以及一個砲口速度處理器來運作，主要目的是能判讀彈丸自火砲發射時的砲口速度，其量測的彈丸速度，是由通過彈道上之一群測量點

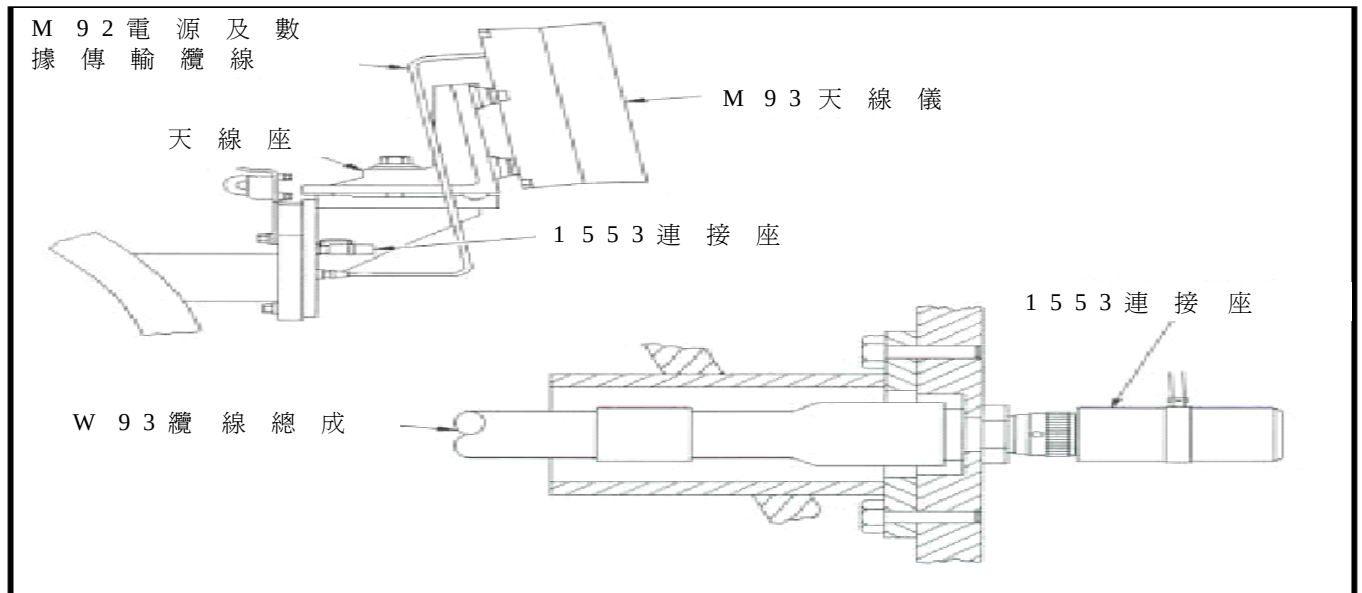
<sup>註4</sup> 野戰砲兵觀測訓練教範，（桃園，陸軍總司令部印，民國 82 年），p1-31。

<sup>註5</sup> FM3-09.70TTPS for M109A6 Operations（Headquarters.Department of Army.August 2000），p68。

(七個測量點)的直線計算，其結果經由軍規-1533數據匯流條，傳遞到先進射控系統(AFCS)，這個數據資料經先進射控系統(AFCS)計算，可算出可靠的砲口平均數度及初速距離修正量，運用此修正量初發砲彈射擊即有可能增大命中目標機率。

## 2、系統組成

M93 初速雷達系統(MVS)由以下各部組成：(圖一)



圖一 M93 初速雷達系統

- (1) M93 雷達天線收發機。
- (2) W92 電源／數據電纜。
- (3) 附 1533 匯流條終端及連結裝置的安裝架。
- (4) W93 電纜組件 (連結 MVS 到砲車內 AFCS)。

當初速測算雷達系統(MVS)沒有使用時，可保持安裝在 M109A6 火砲上，如果初速測算雷達系統(MVS)不是安裝在火砲上，要確保終端機連線裝置是置放在安裝架的套袋裡。

## (二) 系統功能

### 1、系統功能

- (1) 固定安裝於 M109A6 上。
- (2) 可儲存 500 組 MVV 資料。
- (3) 使用都卜勒雷達及數位信號處理。
- (4) 可自動修正彈重及藥溫計算 MVV。
- (5) 每分鐘可測 18 發砲彈。

- (6) 以 3 發有效射彈計算 MV 平均值。
- (7) 自動重設定之平均值內，除非超過 $\pm 3.0\text{m/s}$ 之彈藥。
- (8) 持續測算至每發彈藥均不超過 $\pm 3.0\text{m/s}$ 。

## 2、系統適應環境資料

M93 初速雷達系統之設計不論儲存或使用都可承受惡劣環境，但為確保系統正常運作，應在適合下列環境條件下作業：

- (1) 操作環境華氏負 50 至正 125 度。
- (2) 儲存環境華氏負 50 度至正 150 度。
- (3) 溼度 0%到 95%。
- (4) 不受射擊或運輸震動影響。
- (5) 可高空空運。
- (6) 不受雨、風、沙影響。
- (7) 不受陽光輻射影響。
- (8) 不受鹽份、霧氣影響。
- (9) 易發霉之環境。

## 伍、M93 初速雷達作業程序及效益分析

目前國軍火砲原級校正作為，是以平均彈著點法人工作業求取火砲初速誤差，所得初速誤差為全彈道誤差，內含有氣象、測地、作圖、及受砲口下垂與彈道係數影響，所得修正參數僅適用於原陣地射擊。<sup>註 6</sup>若使用初速雷達則可測得火砲實際初速，因此所得之初速或初速誤差，相較人工作業之平均彈著點法精度更佳，M93 初速雷達作業表格填寫（DA-4982-I-R）步驟如下：

- 一、完成表格頂欄填寫。
- 二、填寫火砲砲號。
- 三、填寫火砲砲管序號。
- 四、填寫每門火砲的射擊起始拋射藥藥溫。
- 五、填寫每門火砲的射擊後拋射藥藥溫。
- 六、計算每門火砲的平均藥溫到整數。
- 七、用 M93 初速鑑定儀紀錄每門火砲每發初速讀數。
- 八、將每門火砲所發射彈數的初速讀數值，選定可用的初速作平均。
- 九、將有效發數初速平均值與每發量得的初速讀數作比較。
- 十、將有效發數初速平均值與每發初速讀數有相差正負  $3.0\text{m/s}$ （因已囊括每

<sup>註 6</sup> 野戰砲兵觀測訓練教範，（桃園：陸軍總司令部印，民國 82 年），p2-1。

個固定裝藥號數的射彈在目標區會造成，四倍公算偏差的誤差範圍）以上的話，將該發初速刪除，有時視其狀況可刪除兩發以上。

十一、同步驟十，有一發或兩發初速被刪除的話，重新開始上述的步驟八至十，若沒有刪除任何一發的初速讀數，則其初速平均值即可使用。

十二、紀錄每門火炮的平均初速讀數。

範例說明：某單位（M109A6）實施火炮初速測算並運用 M93 初速雷達作業，使用榴彈、七號裝藥白色藥包實施射擊，並於射擊前測得彈重為 5 個方塊重，每砲各射擊六發，各砲測得初速讀值如下表一<sup>註 7</sup>所列：

表一 DA-4982-I-R 初速計算表

| M93 初速計算表 (DA-4982-I-R) |                     |           |                     |            |     |     |
|-------------------------|---------------------|-----------|---------------------|------------|-----|-----|
| 拋射藥程式<br>M3A1           | 日期時間                |           |                     | 彈體類型<br>HE |     |     |
| 彈體程式<br>M107            | 拋射藥批號               |           |                     | 彈重<br>5□   |     |     |
| 射擊裝藥<br>項次              | # 1<br>7W           | # 2<br>7W | # 3<br>7W           | # 4        | # 5 | # 6 |
| 火炮砲號                    | 001                 | 012       | 022                 |            |     |     |
| 火炮砲管序號                  | 1122                | 2233      | 3344                |            |     |     |
| 初發藥溫                    | 70                  | 60        | 61                  |            |     |     |
| 末發藥溫                    | 70                  | 60        | 62                  |            |     |     |
| 平均藥溫                    | 70                  | 60        | 62                  |            |     |     |
| M93 測得初速讀數              |                     |           |                     |            |     |     |
| 第一發                     | <del>569.7</del>    | 564.2     | 568.0               |            |     |     |
| 第二發                     | 563.1               | 563.5     | 567.2               |            |     |     |
| 第三發                     | 564.2               | 564.7     | 566.2               |            |     |     |
| 第四發                     | 563.5               | 564.6     | 567.8               |            |     |     |
| 第五發                     | 563.7               | 564.9     | 567.9               |            |     |     |
| 第六發                     | 563.8               | 564.6     | 567.9               |            |     |     |
| 第七發                     | 563.5               |           |                     |            |     |     |
| 第八發                     |                     |           |                     |            |     |     |
| 平均初速                    | 563.6               | 564.4     | 567.5               |            |     |     |
| 初速平均值計算                 |                     |           |                     |            |     |     |
| # 1                     | # 2                 |           | # 3                 |            |     |     |
| 563.6 + 3.0 = 566.6     | 564.4 + 3.0 = 567.4 |           | 567.5 + 3.0 = 570.5 |            |     |     |
| 563.6 - 3.0 = 560.6     | 564.4 - 3.0 = 561.4 |           | 567.5 - 3.0 = 564.5 |            |     |     |

#1 由第一發至第六發平均初速讀數為 564.6 m/s，檢查其初速平均值是否相差正負 3.0m/s，其範圍落於 567.6 m/s 至 561.6 m/s 之間，故射擊組長決心刪除第一發射彈 569.7 m/s 該發射彈已大於 567.6 m/s 至 561.6 m/s 之間，並補行

<sup>註 7</sup> HQS of Dept of the Army, FM6-40/MCWP.3-1.6.19 (Field Artillery Manual Cannon Gunnery U.S. Army TRADOC, 2007), p5



發射一發所得初速讀數為 563.5 m/s，在計算第二發至第八發平均值為 563.6 m/s，檢查第二發至第八發所測得初速讀數是否相差正負 3.0m/s，其範圍落於 566.6 m/s 至 560.6 m/s 之間，因各發射彈皆在該範圍內，故 #1 平均初速為 563.6 m/s。此初速平均值中包括了非標準藥溫及彈重所造成的影響誤差值。需由 MVCT M90-2 表格所查得出的彈重及藥溫影響修正量，相應數值修正後才可作使用，此表格裡的數值是包括標準彈重及標準藥溫的修正量的。把這個值視為正確的讀數平均值來使用，此一結果則為火炮初速。MVCT M90-2 如下表二：

表二 MVCT M90-2 非標準藥溫及彈重修正表<sup>註8</sup>

| 7W 不同彈重藥溫時 MV 之 m/s 修正讀數 (MVCT M90-2) |       |      |      |      |      |      |          |
|---------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|----------|
| 華氏<br>藥溫                              | 彈重方塊差 |      |      |      |      |      | 攝氏<br>藥溫 |
|                                       | 1SQ   | 2SQ  | 3 SQ | 4 SQ | 5 SQ | 6 SQ |          |
| -40                                   | 1.1   | 2.9  | 4.6  | 6.4  | 8.1  | 9.9  | -40      |
| -30                                   | 0.3   | 2.1  | 3.8  | 5.6  | 7.4  | 9.1  | -34.4    |
| -20                                   | -0.4  | 1.3  | 3.1  | 4.8  | 6.6  | 8.4  | -28.9    |
| -10                                   | -1.2  | 0.6  | 2.4  | 4.2  | 5.9  | 7.7  | -23.3    |
| 0                                     | -1.8  | 0.0  | 1.7  | 3.5  | 5.3  | 7.1  | -17.8    |
| 10                                    | -2.4  | -0.6 | 1.1  | 2.9  | 4.7  | 6.5  | -12.2    |
| 20                                    | -3.0  | -1.2 | 0.6  | 2.4  | 4.1  | 5.9  | -6.7     |
| 30                                    | -3.5  | -1.7 | 0.1  | 1.8  | 3.6  | 5.4  | -1.1     |
| 40                                    | -4.0  | -2.2 | -0.4 | 1.3  | 3.1  | 4.9  | 4.4      |
| 50                                    | -4.5  | -3.1 | -0.9 | 0.9  | 2.7  | 4.5  | 10.0     |
| 60                                    | -4.9  | -3.6 | -1.4 | 0.4  | 2.2  | 4.0  | 15.6     |
| 70                                    | -5.4  | -4.0 | -1.8 | 0.0  | 1.8  | 3.6  | 21.1     |
| 80                                    | -5.8  | -4.4 | -2.2 | -0.4 | 1.4  | 3.2  | 26.7     |
| 90                                    | -6.2  | -4.8 | -2.6 | -0.8 | 1.0  | 2.8  | 32.2     |

一、在 MVCT 表上找到相對應的使用火炮型式及彈體程式。

二、在 MVCT 表上找到相對應的使用藥包及裝藥號數。

三、在該頁表格上方找到相對應的彈重方塊數。

四、在該頁表格上左邊或右邊找到相對應的藥溫平均值。

在該頁表格上找到相對應彈重和藥溫平均值，交叉所得的數值這個數值就是修正非標準彈重和藥溫的修正量。

| M93 初速誤差計算      | #1    | #2    | #3    | #4 | #5 | #6 |
|-----------------|-------|-------|-------|----|----|----|
| 非標準彈重與<br>藥溫修正量 | -5.4  | -4.9  | -5    |    |    |    |
| 平均初速讀數          | 563.6 | 564.4 | 567.5 |    |    |    |
| 修正平均初速          | 558.2 | 559.5 | 562.5 |    |    |    |
| 射表標準初速          | 568   | 568   | 568   |    |    |    |

<sup>註8</sup> HQS of Dept of the Army, FM6-40/MCWP.3-1.6.19 (Field Artillery Manual Cannon Gunnery U.S. Army TRADOC, 2007), p15



|      |      |      |      |  |  |  |
|------|------|------|------|--|--|--|
| 初速誤差 | -9.8 | -8.5 | -5.5 |  |  |  |
|------|------|------|------|--|--|--|

#1 初速平均值為 563.6 m/s，量得平均藥溫為 70°F，彈重差為 1 個方塊重並於 MVCT 表查得修正值為 -5.4 m/s；則修正平均初速為  $563.6 + (-5.4) = 558.2$  m/s，使用射表查得七號裝藥白色藥包標準初速為 568 m/s；計算火炮初速誤差為  $558.2 - 568 = -9.8$  m/s。由此可得知運用初速雷達所獲得火炮初速，較人工作業之平均彈著點法更為迅速且不受時間、地點等限制，可於實彈射擊時一併測算，若全砲兵以初速雷達實施火炮原級校正，將獲得以下效益：

#### 一、提升砲兵射擊精度：

目前國軍砲兵所使用之各型牽引式火炮均屬老舊，自走式火炮雖較新式，但大多業已超過 20 年，其間之實彈射擊以及長期之砲管保養造成膛線之磨損，相對影響射擊時火炮之初速，進而造成射擊時精度不佳，雖可藉檢驗射擊，運用所得修正量予以修正，但因各砲初速大小不一，若不實施各砲初速修正，亦將難以獲得所望之火致正面，進而造成殺傷效果。。

#### 二、提升火炮性能：

初速雷達為測取火炮初速最新穎之簡便器材，且不受任務、設施、天候、時間諸限制，因精度良好，且可收節省彈藥效益，實為低成本小投資，但實質上卻對國軍火炮作了最大性能提升。

#### 三、節約作業時間：

國軍砲兵實施原級校正，無論是比較原級亦或絕對原級，以平均彈著點法人工計算初速誤差每砲約需 20 分鐘，若以初速雷達測算火炮初速相較傳統作業更為迅速。

### 柒、建議事項

#### 一、積極購建火炮初速雷達：

目前國軍各級砲兵均無配置火炮初速雷達，且各型口徑火炮均屬老舊火炮，射擊時所產生之初速，與射表各號裝藥之初速已有相當差異，因此火炮初速獲得，實為當務之急。未來獲得之 M109A6 每輛砲車均配賦有一套初速雷達，砲兵同仁對此型火炮加入戰鬥序列，都寄予相當大之期望，但部隊戰力是必須均衡發展，新舊武器不能相差太過懸殊，否則易造成戰力缺口，因此建議當務之急各砲兵營至少需配賦乙套初速雷達以適應戰備所需，若預算許可每一砲兵連配置乙套為佳。

#### 二、妥善分配 M109A6 火炮初速雷達：

國軍 M109A6 火炮採購規劃中，每門火炮均隨砲配賦一套 M93 初速雷達，

基於台灣防衛作戰特質及砲兵整體運用考量，建議將隨砲配賦之 M93 初速雷達，調整為全國砲兵連配賦，每一砲兵連配賦乙套，以不增加國防預算的條件下，達到最大效益，大幅提升砲兵精準射擊能力。

## 捌、結論

火炮初速為決定「精準」射擊重要因素之一，而初速雷達是測取火炮初速最佳裝備，亦是現代化火炮標準配備選項之一，中共所生產之 155 口徑自走火炮，每門砲亦已配置乙套初速雷達，國軍砲兵目前全軍尚無此項裝備，因此在射擊精準度及速度方面，國軍砲兵明顯落後，相對無法改變現行射擊方式，若有初速雷達則可精確獲得火炮初速，在配合檢驗射擊所得修正量，則可實施不經試射效力射，或一發試射逕行效力射，以符合現代作戰，講求首重戰力保存之道，望全軍幹部能瞭解該項裝備對砲兵之重要性。

## 作者基本資料

指職軍官班 52 期、副連長；教官、陸軍飛彈砲兵學校/射擊組教官、台南永康  
郵政 90681 附 13 號信箱、934132