

提升 M109 自走砲性能之效益

作者：李景民

提要

- 一、M109 系列自走砲，於西元 1959 年問世，便成為美國陸軍砲兵的主戰武器，民國 67 年我軍獲得服役，目前為砲兵部隊主戰武器之一，而美軍 M109 系列自走砲經歷數次性能改良，M109 自走砲型式從 A1 型逐次升級至 A5 型，乃至現於美軍服役並參加過波灣戰爭的 M109A6 型自走砲，及後續為統一載具構型為布萊德雷戰鬥車而研改之 M109A6 PIM 構型自走砲，目前最新型號為 A7 型。
- 二、M109 系列自走砲目前在國內有兩種型式，一款為 M109A2，另一款則為民國 87 年引進的 M109A5，迄今已部署逾 30 年，其妥善狀況逐日下降。然對現今作戰形態而言，射擊指揮仍採傳統人工方式作業，作業時間長且可靠度低，且未具射控系統及數位資訊傳輸功能，減少支援戰鬥部隊作戰區域所涵蓋之面積，M109A2 的 M185 砲管無法射擊 M203 系列裝藥，也限制射程及特種彈藥運用，無法有效達成縱深攻擊任務，嚴重影響作戰效能。
- 三、本軍在遂行國土防衛作戰之成功關鍵因素，一為阻敵登（著）陸；二為在灘岸、要地殲敵。國軍砲兵依據國土防衛作戰指導及適應未來作戰需求，同時考量敵情威脅與戰爭型態改變，建立符合國土防衛作戰的砲兵火力已是刻不容緩。
- 四、筆者認為為節合未來作戰需求，國軍 M109 自走砲的性能提升應朝向射程遠、射速高、反應快、機動力強、操作人員少等特性發展。

關鍵詞：M109 自走砲、自走砲性能提升、發展趨勢

前言

自走砲為地面火力之骨幹，臺澎防衛作戰中，砲兵部隊提供經濟、有效的火力支援前線部隊戰鬥。履帶型自走砲發展技術於近半世紀來，已經發展非常成熟，如美國 M109 系列砲車、德國 PzH2000、韓國 K9 等，都是當今主要使用的自走砲；中共當前亦針對自走砲積極發展，大多以 PLZ 系列 122 或 155 公厘自走砲研發上獲得之成熟技術為基礎。M109 系列自走砲是美國砲兵主戰武器之一，自 A1 開始演進至今日 A6 構型，目前 M109A6PIM 是美軍最新一代的自走砲，整體包含砲車、彈藥車、指揮車等組合而成，有鑑於中共 PLZ-07 式 122 公厘自走砲發展與美軍 M109A6PIM 自走砲頗有雷同之處，如自動裝彈系統、定位定向系統及選擇戰車底盤取代傳統自走砲底盤等。目前本軍擁有 M109A2/A5 自走砲約百餘輛，面對共軍新式自走砲威脅及臺澎防衛作戰中所應扮演之角色，在性

能提升上有任何種選項，非常值得深入探討，以下將針對中共 PLZ-07 式自走砲與我軍 M109A2/A5 之現況與未來發展作分析介紹，以利了解敵情，並藉以提供建構新一代砲兵武器時，擁有更多的選項。

各國自走砲發展現況

從世界各國積極籌購、發展新型自走砲以提升國家戰力，由此可知未來國軍砲兵面對高科技戰爭場景，以現有傳統自走砲性能無論是在操作人數、射程、數位化程度、指揮管制、自動化程度及戰場存活率等各方面都不及於各國新式自走砲來得優異(比較表如表一)，¹提升砲兵整體戰力已是刻不容緩的議題，現僅就各國火砲發展現況實施探討。

近年來韓國在政府推動國防自主和財團支持下，使韓國國防工業蓬勃發展，包括驅逐艦、噴射教練機、戰甲車輛、砲兵武器、戰術車輛等主要傳統武器都能自製或外銷。K9 霹靂式自走砲就是最佳例子，韓國於國際市場不斷購買火砲製造技術及零附件生產線，使 K9 自走砲除在韓國服役外積極爭取外銷，基於性能、價格及後勤保修等因素，讓這款先進自走砲不僅已獲得土耳其購賣，目前還於馬來西亞搶攻訂單，與大陸、俄羅斯等國家同台競爭，出口業績近年來成長迅速，不但使國防自主實力提升也助益經濟成長。²中共近年也積極自國外引進先進武器裝備與製造技術，研判其近、中、遠程發展趨勢，與重要武器作戰平台籌獲、研改、整合、部隊換裝、後勤保障及裝備妥善等能量，其中包括蘇凱和殲系列高性能隱形戰機、大型運輸機、K 級潛艦、PLZ 系列高機動自走砲，逐年累增、改良各式導彈與電磁脈衝炸彈及自行研發的各類武器系統構連，已逐漸使臺灣海峽的軍事平衡產生向其傾斜現象。

從性能比較表可發現各國現役自走砲，均朝精減操作人力、縮短射擊準備時間、自動化取代人工作業及研發特種彈藥等方面發展，使得自走砲除射速、射擊精準度及機動性之性能都提高外，也為戰術運用帶來更大的彈性，提升整體作戰效能與戰場存活性；基本功能具備如下：

(一)自動射控系統：具彈道計算機功能，於上級傳送目標位置後，可透過搭載之定位定向器、初速雷達等次系統，迅速計算射擊諸元，驅動液壓調動砲管至射擊位置。

(二)定位定向器：射擊前，火砲不須獲得測量班提供之陣地相關資料，即可由定位定向器提供之即時火砲座標、方位角與速率等資料，並整合「慣性」、「里程計」與 GPS 等資料，以確保系統作業精度；並提供自動化射向賦予功能。

¹維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E6%88%B0%E7%95%A5>。

²〈2015 年前後美國陸軍壓制武器發展的預測(上)〉《現代兵器》，2003 年第 12 期。

(三)全(半)自動裝填系統：從彈種選擇、引信設定及砲彈上膛等動作均採自動化作業模式。

表一 各國先進 155 公厘自走砲之性能比較表

程式	德國 (圖一) Panzerhaubitze 2000	法國 (圖二) CAESAR(輪型)	南韓 (圖四) K9	中共(圖四) PLZ-52
倍徑比	52 倍徑	52 倍徑	52 倍徑	52 倍徑
射角	-2.5 至+65 度	+66 度	-3 至+75 度	-3 至+75 度
方向 轉動界	共 360 度	左右各 30 度	共 360 度	共 360 度
射程	普通：30000 公尺 增程：40000 公尺	普通：30000 公尺 增程：42000 公尺	普通：30000 公尺 增程：40000 公尺	普通：20000 公尺 增程：50000 公尺
射速	最大：10 發/分 持續：2 發/分	最大：6 發/分 持續：1 發/分	最大：6 發/分 持續：2 發/分	10 發/分 (最大)
操作人員	5 員	6 員	5 員	5 員
砲身諸元	長 11.67 公尺 寬：3.58 公尺 高：3.43 公尺	長：10 公尺 寬：2.55 公尺 高：3.7 公尺	長：12 公尺 寬：3.4 公尺 高：3.5 公尺	長：11.75 公尺 寬：3.23 公尺 高：2.60 公尺
火砲重量	55000 公斤	17700 公斤	47000 公斤	33000 公斤
行車速率	60 公里/時	60 公里/時	67 公里/時	55 公里/時
巡航里程	420 公里	600 公里	360 公里	450 公里
載彈量	60 發	60 發	48 發	30 發
引擎馬力	1000hp	240hp	1000 hp	525hp
變速箱	4 前 2 後	8 前 1 後	X1100-5A3 ; 4 前 2 後	6 前 1 後
射控系統	有	有	有	有
核生化 防護	有	有	有	有
自動架控	有	有	有	有
彈道 計算機	有	有	有	有
通信系統	有	有	有	有
裝填方式	自動	半自動	自動	自動

資料來源：筆者參照詹氏年鑑電子資料庫整理

圖一 德國 PzH 2000 自走砲



圖二 法國 CAESAR 輪型自走砲



圖三 南韓 K9 霹靂式自走砲



圖四 PLZ-52 自走砲



資料來源：維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E6%88%B0%E7%95%A5>。

M109A2/A5 自走砲與 PLZ-07 式自走砲性能比較

M109 系列自走砲，於西元 1959 年問世，經歷過數次的性能改良，計有 M109 自走砲 A1 至 A6 型式，目前均廣為世界各國採用，如德、英、澳、比、智利、巴西、埃及等 20 餘國。現正於美軍服役並參加過波灣戰爭的 M109A6 自走砲及目前最新 M109A6PIM 型自走砲，為美軍砲兵現役主戰武器，我軍獲得 M109A2/A5 服役迄今已 20 餘年，是我砲兵部隊主戰武器之一，然期間均未能獲得美軍性能提升技術支援，除妥善狀況逐漸低落也早已無法肆應現代戰爭環境。

中共發展各型火砲大多承襲前蘇聯火砲設計風格，而歸納設計特點包括結構簡單、堅固、可靠度高，不同口徑火砲採同型式砲架(如 PLZ45 155 公厘和 PLZ52 155 公厘)和底盤，部份機件結構標準化，能減輕後勤維修負擔；戰術運用具較大彈性，火砲設計概念著重射程長遠、火砲輕量化、強調機動能力，能發揮火力優勢，執行直接及間接射擊，並注重反裝甲能力，大幅提高戰場存活率，近年積極向外購買火砲製造技術，扶植國內重工業生產，除滿足國防需求更著重外銷，增進國家盈收，使 PLZ 系列自走砲可靠度、性能、射程、單價皆優於它款自走砲，目前為科威特、沙烏地阿拉伯及孟加拉等國採用。

為探討我軍 M109 系列自走砲性能提升方向，故本篇僅針對我軍的 M109A2、A5 型自走砲與中共 PLZ-07 自走砲實施性能比較，從中了解我軍與中共砲兵自走砲之差異性，藉以探討剋制對策及我軍應有之作為。該三款火砲之諸元比較表如表二。

表二 M109A2/A5 自走砲及 PLZ-07 自走砲之性能比較表

程式	M109A2	M109A5	PLZ-07
倍徑比	39 倍	39 倍徑	<39 倍徑
射角	-3 至+75 度	-3 至+75 度	0 至+70 度
方向轉動界	共 360 度	共 360 度	共 360 度
射程	普通：18000 公尺 增程：23500 公尺	普通：22000 公尺 增程：30000 公尺	普通：18000 公尺 增程：27000 公尺
射速	最大：4 發/分 持續：1 發/分	最大：4 發/分 持續：1 發/分	最大：6-8 發/分
操作人員	6 員	6 員	5 員
砲身諸元	長：9.12 公尺 寬：3.15 公尺 高：3.28 公尺	長：9.17 公尺 寬：3.15 公尺 高：3.28 公尺	長：6.66 公尺 寬：3.28 公尺 高：2.5 公尺
火砲重量	24948 公斤	24950 公斤	24500 公斤
行車速率	56.3 公里/時	56.3 公里/時	65 公里/時
巡航里程	349 公里	354 公里	500 公里
載彈量	34+2(銅斑蛇)發 500 發 50 機槍彈	34+2(銅斑蛇)發 500 發 50 機槍彈	40 發
引擎	8V71T；405hp，液 冷式 2300 轉/405hp	8V71T，LHR 2300 轉/440hp	544 hp
火力	M185 砲身 50 機槍(重管式)	M2 50 機槍(重管 式)	中共製 12.7mm 機槍
夜視裝備	無	有	有
核生化防護	無	有	有
自動射控	無	無	有
彈道計算機	無	無	有
通信系統	無	無	有

資料來源：筆者參照軍火酷論壇，<http://www.arms-cool.net/forum/>製作。

一、倍徑比、射程

目前自走砲發展上，最大砲管倍徑比為 52 倍徑，配合特種彈藥或模組化發射藥，射程約可達 40 至 60 公里。倍徑比越大，代表火砲砲管長度相對於砲管口徑比例越大，砲彈於砲管內經由發射藥加速的時間越長，砲口初速越高，射程也就越遠大。但砲管長度增加同時也增加重量、機動性較差、砲管燒蝕嚴重、砲管撓曲和抖動而降低射擊精度、小號裝藥初速偏差較大且最小射程不穩定等缺點，以 M109A2/A5 而言，倍徑比為 39，屬於北約組織的標準規格，而中共 PLZ-07 自走砲(圖五)的倍徑比雖然目前尚無明確情資可供佐證，但依射程及 122 公厘口徑研判，倍徑比應略小於 39 倍徑，故在射擊普通彈或增程彈的距離都略少於 M109A5 約 3 至 4 公里，因此就射程和彈藥威力而言，僅 M109A5 是略優於 PLZ-07 式自走砲，在戰場上的支援能力也稍強。

圖五 中共 PLZ-07 式 122 公厘自走砲展示圖



資料來源：<http://blog.udn.com/YST2000/3620852#ixzz2LDYluX2J>

二、射角及方向轉動界

M109A2/A5 與 PLZ-07 自走砲皆為封閉式砲塔式自走砲，方向轉動界皆為 360 度，故射程內目標不受火砲放列之限制。另外在射角部分，M109A2/A5 的射角範圍略同中共 PLZ-07 自走砲，惟 M109A2/A5 射角部分僅多中共 PLZ-07 自走砲約 5 度差距不大，若在城鎮戰需實施高射界射擊時，M109A2/A5 可攻擊的目標選擇較具彈性，增加戰術運用彈性。

三、射速

M109 系列自走砲開發時間較早，早期 M109A2 到 A5 自走砲並沒有配備自動裝彈系統，而美軍持續性能提升後，於 M109A6PIM 始引進自動裝填系統，而國軍目前尚無獲得此項裝備。火砲射速為火砲重要諸元之一，射擊速度牽涉砲手熟練度、自動裝彈系統及火砲變成高熱砲管之時間，而 M109A2/A5 與中共 PLZ-07 自走砲差異在於自動化程度。具情資顯示，中共 PLZ-07 自走砲整合射控系統及

自動裝彈系統，故其射速可達每分鐘 6-8 發，其持續射速目前尚無資料可查，以目前配有自動裝彈系統之自走砲研判約為 2 發。故就目前資料研析，中共 PLZ-07 自走砲的射速是優於 M109A2/A5 自走砲，戰場上攻擊速度較快，能提供較綿密且持續之火力的支援。

四、底盤部分

中共 PLZ-07 自走砲底盤是以 ZBD-04 式戰車底盤加以改良，具備較高機動力、馬力及續航力，不管在行軍速率、巡航里程及越野性能方面皆優於久未更新底盤的 M109A2/A5。美軍在 M109A6 的提升方案中，亦採用布萊德戰車底盤安裝為 M109A6PIM 底盤，在馬力、巡航里程和越野性能皆有顯著提升，大幅增加其機動能力及作戰能力，同時減輕後勤負擔。

五、射控系統

具報導顯示，中共 PLZ-07 自走砲配賦彈道計算機、定位定向器及架控伺服器，上級透過通資網路傳輸目標情報，彈道計算機依定位定向器提供之火砲座標、方位及目標座標，迅速運算射擊諸元、彈種選擇及射擊法，經人工確認即可驅動液壓調架實施射擊，在射擊諸元的計算與設定上，更節省時間且兼具可靠度，目前 M109A2 及 A5 均無配賦自動架控伺服器、彈道計算機及定位定向器，射擊諸元計算及射向賦予皆需由人工作業方式完成，無法避免人為錯誤或縮短射擊準備時間，嚴重影響火砲作戰效能。

我軍 M109A2/A5 自走砲現況分析

一、砲管形式不一

本軍現有 M109A2 採用 M185 式砲管及 M109A5 採用 M284 式砲管，兩者射程、砲管壽命均不同，另 M185 式砲管無法射擊 M203 系列裝藥(膛壓過大)，致使部分特種彈藥（如 M864、M549A1）射擊效果受限，M109A2/A5 自走砲與美軍 M109A6/A6PIM 自走砲諸元比較表如表三。

二、底盤（含扭力桿、避震器）系統老舊

現有 M109A2、A5 底盤系統已使用逾 20~30 年，均已超過使用年限，後續將面臨料件短缺、商源消失之隱憂，加上自走砲引擎已使用逾 20 餘年，內部積碳嚴重，引擎工作效率不佳，綜觀其底盤、液壓、引擎、變速箱及懸吊系統等均老舊，致射擊穩定度及機動能力效果不佳，無法符合未來戰場上快速機動及靈活變換的需求。

三、未具射控系統

現有 M109A2、A5 自走砲，均未配賦定位定向器、彈道計算機、砲口初速雷

達、架控伺服器等系統，射擊前，需藉由先期陣地偵查與佔領、測地作業、射向賦予、射擊整備、射擊指揮所作業（含射擊口令下達）與砲班採用人工裝填方式等傳統作業流程，方能實施射擊，不僅耗時、人力需求較大及容易產生人為錯誤，形成射擊整備時間過久及戰場存活率低之缺點，分述如后：

1. M109 自走砲無具備自我定位、定向功能，各射擊陣地定位、定向資料均需仰賴測量班作業，提供測地成果予射擊指揮所實施射擊諸元計算及陣地射向賦予使用，且恐因人為疏忽而造成錯誤，影響射擊效果。

2. 無設置自動行軍鎖及自動駐鋤，人員需下車操作始可固鎖(鬆脫)，在陣地佔領及射擊前準備，增加人員於敵火下作業之風險。

3. M109A2 砲塔方向機採用電磁式離合器，長期使用後碳刷磨損，將導致砲塔產生磁滯現象或無法精確轉向，射擊時不但容易誤擊友軍也影響砲兵精準打擊之作戰任務。

四、未具數位通信系統

目前 M109 自走砲僅配備 CS/PRC-37C 跳頻無線電機，數據傳輸速率(DCE Rates)低，³無法傳輸圖像檔案，因傳輸距離過遠或受山峰、高地、建築物等高大障礙物阻隔，而無法構成連絡時，則需開設中繼台，以維通信暢通；中繼台開設時，又考量通信頻率選定及天線架設位置，避免造成同位干擾現象，都限制自走砲的指揮管制範圍。

五、彈藥設計

目前 M109A2、A5 自走砲採分裝式發射藥設計，依照不同射擊任務所需要的射擊距離，取出藥包需經過調整後置於砲膛內，分裝式藥包為細長構造，以白色絲質線(Silk)網綁，保持其本體硬度，使其傳火順暢，若裝填手未經過嚴格裝填訓練，安裝時極易產生錯誤導致藥包裝反、藥包數量錯誤或破包等情況，增加平時彈藥補給勤務及射擊時產生人為錯誤機率，使傳火受阻或發生危安事故，嚴重影響作戰效能。

六、後勤補給

現役 M109A2 及 A5 自走砲的發射藥、砲管、砲座、引擎、變速箱、發電機等形式不同，部分零組件無法流用，已面臨維修不易、商源消失及金屬疲勞等窒礙問題，跨區作戰時更可能因零附件備料不足或維保人員訓練不良等因素，無法立即恢復戰力，皆影響平、戰時後勤補給、彈藥勤務及裝備妥善率。

³ 《陸軍 37 系列跳頻無線電機訓練手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 100 年)，頁 1-1。

表三 M109A2/A5 自走砲與美軍 M109A6/A6PIM 自走砲諸元比較表

程式	M109A2	M109A5	M109A6	M109A6 PIM
砲管長	39 倍	39 倍	39 倍	39 倍
射角	-3 至+75 度	-3 至+75 度	-3 至+75 度	-3 至+75 度
方向 轉動界	共 360 度	共 360 度	共 360 度	共 360 度
射程	普通：18000 公尺 增程：23500 公尺	普通：22000 公尺 增程：30000 公尺	普通：22000 公尺 增程：30000 公尺	普通：22000 公尺 增程：30000 公尺
射速	最大：4 發/分 持續：1 發/分	最大：4 發/分 持續：1 發/分	最大：4 發/分 持續：1 發/分	最大：8-10 發/分
操作人員	6 員	6 員	4 員	4 員
放列時間	1 分鐘	1 分鐘	1 分鐘	45 秒
砲身程式	M185 式	M284 式	M284 式	M284 式
最大初速	684 公尺/秒	827 公尺/秒	827 公尺/秒	827 公尺/秒
膛線	48 條	48 條	48 條	48 條
砲身諸元	長：9.12 公尺 寬：3.15 公尺 高：3.28 公尺	長：9.17 公尺 寬：3.15 公尺 高：3.28 公尺	長：9.804 公尺 寬：3.15 公尺 高：3.28 公尺	長：9.7 公尺 寬：3.91 公尺 高：3.73 公尺
火砲重量	24948 公斤	24950 公斤	28738 公斤	33000 公斤
行車速率	56.3 公里/時	56.3 公里/時	56.3 公里/時	64.4 公里/時
巡航里程	349 公里	354 公里	344 公里	322 公里
離地高度	0.46 公尺	0.46 公尺	0.46 公尺	0.48 公尺
涉水深度	1.07 公尺	1.07 公尺	1.07 公尺	1.07 公尺
爬坡能力	60%	60%	60%	60%
側面 爬坡能力	40%	40%	40%	40%
越壕寬度	1.83 公尺	1.83 公尺	1.83 公尺	1.83 公尺
障礙高度	0.53 公尺	0.53 公尺	0.53 公尺	0.53 公尺
載彈量	34+2(銅斑蛇)發 500 發 50 機槍彈	34+2(銅斑蛇)發 500 發 50 機槍彈	37+2(銅斑蛇)發 500 發 50 機槍彈 200 發 40 榴	43 發榴彈 含 17 發神劍 500 發 50 機槍彈
引擎	8V71T；405hp， 2300 轉/405hp	8V71T，LHR 2300 轉/440hp	8V71T，LHR 2300 轉/440hp	Cummins VTA-903T 2300 轉/600hp
發電機	100 安培	180 安培	600 安培	600 安培
變速箱	XTG-411-2A 4 前 2 後	XTG-411-4A 4 前 2 後	XTG-411-4A 4 前 2 後	L3 HMPT-500 eries
火力	M185 砲身 50 機槍(重管式)	M284 砲身 50 機槍(重管式)	M284 砲身 50 機槍(重管式) 40 公厘 mk19 機槍	M284 砲身 50 機槍(重管式) 40 公厘 mk19 機槍
夜視裝備	無	無	有	有
核生化防護	無	有	有	有
自動射控	無	無	有	有
彈道計算機	無	無	有	有

SINGARS	無	無	有	有
內建模擬器	無	無	有	有
砲座	M178	M182	M182A1	M182A1

資料來源：筆者參照詹氏年鑑電子資料庫整理

未來自走砲性能提升建議

砲兵係火力支援的骨幹，在敵我砲兵數量上和現代化程度已存有懸殊差距，在質上，更應力求超敵勝敵，以平衡量的不足，若要達此目的，除了精進人員訓練，提升素質之外，如何提升自走砲性能也攸關其重要性。若能將現役 M109A2 及 A5 研改為倍徑大、射程遠、威力強及射速快的自走砲，另結合模組化發射藥設計，同時提升機動性和防護力來支援作戰，應可以一當十，以十當百，有助於戰力維持和增長。

一、通資系統提升

砲兵未來整體作戰規劃，係基於「偵測、射擊、評估同步」之現代化作戰理念，考量未來敵情威脅，前瞻戰場環境，結合自走砲發展，應以通信系統鏈結「砲兵射擊指揮自動化系統」，對上透過寬頻傳輸功能、無線電通信網及未來地面部隊戰術指管系統連結，即時傳遞「目標情報」、「射擊要求」等各項資料，其運作概以「火力支援協調機構」為中樞，先將目標情資，交由「砲兵射擊指揮自動化系統」遂行火力分配與管制，傳遞「自走砲彈道計算機」換算射擊諸元；並藉「未來地面部隊戰術指管系統」構連作戰區 C⁴ISR 系統，獲得上級氣象資料予彈道計算機修正射擊諸元，使砲兵火力運用達到「快、狠、準、猛」之要求。

各級指揮官可透過通資系統有效整合武器投射系統、火力支援協調機構及上級指管中心(指揮所)，執行作戰部隊指揮與管制，下達至當決心，並同步遂行上級或火力支援協調機構之射擊命令，管控射擊單位執行射擊任務，俾提升決策效率，達成作戰與射擊指揮一體化，並發揮砲兵奇襲、急襲火力效果，達到經濟、有效、節約之目標，適時將火力投向之所望地區。

二、射控系統

自走砲加裝射控系統後，無論火砲座標、方向裝定、射角裝定、砲彈裝填全部都是自動化，除可有效節省人力，也可以減少人工作業出錯的機會。前進觀測官將目標相關資訊傳輸給火力支援協調機構，再由火力支援協調機構分配給各射擊單位，這些資訊包括目標座標、接戰時序順序等，同時能傳輸對多個目標的攻擊指令；自走砲上的彈道計算獲得這些資訊後，電腦透過砲管上的 GPS/INS 取得火砲姿態參數，與火力支援協調機構傳來的目標方位運算，隨即計

算出射擊所需的方向、射角與裝藥等射擊參數；砲長只需透過操作介面確認攻擊目標，自動架控伺服器將會驅動液壓完成射擊準備（包括方向/射角調整）。射擊諸元計算速度加快也增加可靠度，如此砲彈即可連續發射，達到快速分配、精確摧毀目標之要求，完成作戰任務，建議提升項目如次。

1. 為了達成遠距接戰及精準射擊之目的，應將 M109 自走砲倍徑比由 39 倍徑統一提升至 52 倍徑，射程延伸至 40 公里以上；若 52 倍徑砲管再配合模組化拋射藥射擊，其射程將可達 60 公里以上，砲管設計將採用整合式中層冷卻（Integral Midwall Cooled, IMC）技術，內含特殊的主動式砲管冷卻循環系統。整套砲管冷卻循環系統是由射擊時砲身後座力來推動，冷卻劑從砲架被輸送至砲管中層，而回流冷卻劑再從砲管外管線回流到砲架，以循環冷卻劑來降低砲管射擊時產生的高溫，使得砲管熱膨脹對射擊精度的影響能降至最低。射擊時透過藥溫感知器、砲口初速雷達、氣象資料，不斷回饋彈道計算機，實施修正作業，達成精準射擊。

2. 隨砲配有彈道計算機和架控伺服器，除了彈道解算、自動裝定射擊諸元、自動瞄準、射後自動複瞄等功能外，射控系統整合都卜勒測速雷達、火砲藥溫傳感器，將量測數據回饋彈道計算機實行射擊諸元修正。鏈結砲兵射擊指揮自動化系統，依據任務迅速占領及變換陣地，自動調架、自動修正、異地集火射擊，實現計畫性射擊壓制目標效果；在行軍中遇到敵情時，火砲可以直接受領任務，獨立解算射擊諸元，進行自主作戰、機動作戰。對固定目標和活動目標，單砲由砲長指揮作戰，採自動、半自動和手動進行直瞄或間瞄射擊。

3. 除先進自動化系統之外，M109 自走砲外部硬體上需有很高的自動化改良；砲尾駐鋤和砲管行軍鎖都由電機伺服器控制收放，因此砲車進入陣地停車、放列到瞄準開火只需約 1 分鐘（其間過程完全自動化），收架、撤出砲陣地亦只需約 1 分鐘，大幅增加敵方反砲兵作業的困難度。搭配更新引擎動力包件、戰車底盤、橡膠履帶及懸吊系統，使 M109 自走砲具優異的機動性能，可快速運動通過任何困難地形及城鎮，迅速投射所望火力於目標區，高速機動佔領或退出陣地，持續遂行火力支援，發揮打帶跑戰術，避免敵反火力戰威脅。

4. 現 M109 自走砲之砲彈是由裝填手裝彈發射，需求人力較多，且發射速度較慢。未來提升可選擇半自動裝填或全自動裝填彈藥系統，裝填系統選用電機伺服器，可以簡化結構避免減少彈藥儲存空間，射擊後於任意射角均可立即裝填，如此搬運與砲彈裝填都借重機械力，降低操作人員的工作負荷，並能提升射擊速度，有效以火力制壓敵人，協助地面部隊作戰。

5. M109 自走砲可藉隨砲定位定向器提供真北、方格北、俯仰、座標及標高；系統整合 INS、VMS、PLGR 等資料，將自走砲定位、導航、姿態（俯仰、側傾角）測定、砲塔方位等資料顯示於 3D 數位軍圖上，因具備定位與定向能力，故自走砲對測地之需求甚低，僅由測量人員提供 MAPS⁴作業開始前之初始校準點（Initial Calibration）與行駛距離超過 26 公里後之位置更新點（Location Update），大幅減低對測地之依賴，M109 自走砲藉 MAPS 提供之性能，將可快速運動（時速 40 公里以上）⁵與執行射擊任務，射擊任務結束或暫停時，能迅速變換陣地，以減低遭敵反砲兵雷達標定之可能性；定位定向系統經兩次波灣戰爭驗證，為陸地運動載體之武器、目標獲得與指管系統裝備，能運算出定位、定向數據同時具備導航功能，提供精確數據以摧毀目標，高度發揮裝備效益。具備定位定向系統後，可藉 GPS/INS 模組的導航行駛功能，跨區作戰時依上級單位傳輸的砲陣地資訊，迅速引導砲車進入射擊位置，立即提供彈道計算機目標座標及標高以運算射擊諸元，迅速完成射擊準備，相較傳統仰賴測量班提供人工測地成果，射擊指揮所人工計算射擊諸元計算供陣地射向賦予使用，更具可靠性、時效性與便利性，大幅減少因人為疏忽所造成之錯誤，提升未來戰場之存活率。

三、彈藥提升

當砲管發展到達極限時，射程的提升將取決於砲彈與發射藥的綜合表現；從砲彈彈體設計上改良的空間較大，變化也較多，可發揮我砲兵特性，而其在提高射程方面之效果也非常顯著，目前砲彈增程技術不勝枚舉，如火箭增程、彈底排氣增程及外型構造改良增程等，皆能有效達到射程提升效果。另外則是改採模組化發射藥（Modular Artillery Charge System, MACS），⁶使野戰砲兵依照任務需求快速的選擇增減藥包（如表四），作戰全程僅需要攜帶一種藥包，利用不同包數組合就能涵蓋各種射程，戰鬥時比裝填傳統藥包更方便且減少出錯機率，戰力也連帶增強。模組化發射藥除了簡便彈藥勤務外，亦可提高發射藥燃燒效率並減少火藥殘留。建議彈藥提升可朝上述方向，自行研發或向外採購符合北約規範增程砲彈及模組化發射藥，除平時可減少投資成本、彈藥補給負擔及後勤管理壓力，戰時亦有效提升我砲兵武器之射程及砲彈性能。⁷

⁴耿國慶，〈美軍 M109A6 自走砲營測地作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 119 期，陸軍砲訓部，民國 91 年 11 月 1 日，頁 25。

⁵劉明輝，〈「模組化定位定向系統」與「戰術先進陸地慣性導航器」(TALIN)運用於自走砲之性能與效益比較〉，《砲兵季刊》（臺南），第 116 期，陸軍砲訓部，民國 91 年 5 月 1 日，頁 1。

⁶Jane's, "155 mm modular propellant charge systems (International)", JAH Jane's Ammunition Handbook, 06-Jul-2011. [http://10.22.155.6:80/intraspe/intraspe.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526\(2011/7/6\)](http://10.22.155.6:80/intraspe/intraspe.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526(2011/7/6)).

⁷呂致中，〈砲彈增程技術發展之研析〉《砲兵季刊》（臺南），第 144 期，陸軍砲訓部，民國 98 年第 1 季，頁 22。

表四 美軍 XM231、XM232 模組化發射藥裝藥及射距對照表

裝藥	拋射藥包數及程式	對應射擊距離（公里）
1	1 包 XM231	3.2 ~ 8.0
2	2 包 XM231	5.6~20.2
3	3 包 XM232	7.9 ~ 23.2
4	4 包 XM232	10.4 ~ 24.7
5	5 包 XM232	15.8 ~ 30.5
6	6 包 XM232	19.0~37.0

表格來源：筆者整理

四、後勤補保效益

性能提升後之 M109 自走砲可將 A2、A5 提升至統一性能規格，將大幅減少平、戰時之料件籌補時效，同時全系統採模組化設計，將 M109 自走砲區分為引擎底盤、自動射控等部分，未來維修或再升級時，只要更換該系統即可完成，如此維修省時經濟且整體影響最低，有利於臺澎防衛作戰期間後勤維保作業。

結語

中共近年不斷提升科研能力並致力軍武自製，加速其軍事現代化、數位化、機械化的腳步，對我威脅與日俱增。未來臺海若發生戰爭，失去海、空、電磁控制權後，共軍勢必登島決戰，由地面作戰來解決戰局，本軍負責「遠距接戰、精準打擊、快速發揚火力」作戰任務。因此建立符合國土防衛作戰砲兵火力已是刻不容緩的事，M109A2 及 A5 自走砲性能提升，應考量敵情威脅、國防自主、戰術作為及整體後勤等面向，整合射程遠、數位化射控、全方位射擊、殺傷力強、機動快速、戰鬥持續力及戰鬥編組靈活，所提升之「射控系統」、「底盤系統」與「通資整合」，即為符合此種目標之高性能自走砲，使野戰砲兵之戰術運用與戰力提升，創造有利態勢，筆者針對未來性能提升，建議可以朝向以下方向執行：1. 更換 52 或 45 倍徑砲管以增加射程；2. 火炮以自動化取代人工作業，增加可靠度並縮短作業時間；3. 建置寬頻數據網，即時提供任務暨情報傳遞作業；4. 發展模組化裝藥及導引彈藥，增加射程及精準打擊。

提升後之 M109 自走砲能主動掌握戰場環境脈動，戰術運用上也具更大的彈性，同時結合人員素質提升、準則發展及戰術戰法研究，俾能提升砲兵戰力，有效支援聯合國土防衛作戰。

參考文獻

- 一、維基百科網頁，網址 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BB%8D%E4%BA%8B%E6%88%B0%E7%95%A5>，下載日期 2014 年 03 月 24 日。
- 二、〈2015 年前後美國陸軍壓制武器發展的預測（上）〉《現代兵器》，2003 年第

12 期。

- 三、《陸軍 37 系列跳頻無線電機訓練手冊》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 100 年)。
- 四、耿國慶，〈美軍 M109A6 自走砲營測地作業之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 119 期，陸軍砲訓部，民國 91 年 11 月 1 日。
- 五、劉明輝，〈「模組化定位定向系統」與「戰術先進陸地慣性導航器」(TALIN)運用於自走砲之性能與效益比較〉《砲兵季刊》(臺南)，第 116 期，陸軍砲訓部，民國 91 年 5 月 1 日。
- 六、Jane' s, "155 mm modular propellant charge systems (International)", JAH Jane' s Ammunition Handbook, 06-Jul-2011.
[http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526\(2011/7/6\)](http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526(2011/7/6)).
- 七、呂致中，〈砲彈增程技術發展之研析〉《砲兵季刊》(臺南)，第 144 期，陸軍砲訓部，民國 98 年第 1 季。
- 八、《M109A2、A5 155 公厘中型自走榴彈砲操作手冊》(臺南：陸軍砲訓部，民國 86 年 4 月 20 日)。
- 九、新浪網，〈自走火砲家族簡介〉，<http://jczs.news.sina.com.cn/pc/2005-02-09/29/1102.html>，來源：坦克裝甲車輛網站。
- 十、Jane' s, "BAE Systems, Ground Systems M109A6 Paladin Integrated Management (PIM) 155 mm self-propelled howitzer (United States)", JAA Jane' s Armour and Artillery, 24-Feb-2011. http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAA_JAA_A078.
- 十一、〈美陸軍新型間瞄火砲：射擊精度高 機動性能強〉(解放軍報，2005 年 08 月 17 日)，[HTTP://www.china.com.cn/chinese/index.htm](http://www.china.com.cn/chinese/index.htm)。
- 十二、軍火酷論壇，網址 <http://www.arms-cool.net/forum/>。

作者簡介

李景民上尉，陸軍官校正期 93 年班、砲兵正規班 196 期、國防大學理工學院應用化學研究所碩士，歷任排長、副連長、人事官、後勤官、教官，現任職陸軍砲兵訓練指揮部教勤營。