

從砲兵作戰效能探討我軍砲兵彈藥未來發展

作者：吳皇慶

提要

- 一、綜觀現今世界主要軍事先進國家之砲兵部隊，除持續強化火炮射程、射速、自動化及定位定向等性能外，並針對彈藥、信管之種類及追瞄功能等，同步研發精進，期能以最先進之火炮，配合最適宜之彈種及信管，以提升砲兵整體火力支援能力及作戰效能。
- 二、1990 年代以來，世界各國陸軍及兵工研發體系普遍認為，在火炮平臺的發展已達到基本極限的狀況下，提高火炮系統作戰能力最省錢、最省時及最有效的途徑就是精進彈藥的發展，因此陸續有導引砲彈、多功能信管及精準制導套件等精確打擊砲彈及信管問世。
- 三、各國新一代砲彈及信管的發展，均運用導引技術提升精度及射程，使砲兵消耗少量彈藥，即可摧毀目標，因此，各國均非常重視彈藥的研究與發展，視為提高部隊戰鬥能力和適應現代作戰環境的重要途徑。

關鍵詞：作戰效能、導引砲彈、多功能信管、精準制導套件

前言

火力是地面部隊指揮官作戰決勝重要手段，在現今數位化資訊戰場環境中，作戰部隊為爭取作戰先機的優勢，須仰賴砲兵部隊適時及適切之火力支援。彈藥是火炮系統的重要組成部份，關係對目標的殺傷力，因應現代戰爭特質、目標性質及戰場環境，發現以往傳統高爆榴彈已逐漸無法符合現代化作戰實需，因此更需搭配各式新型彈種及信管，以增進火力支援效果。

綜觀現今北約及中共等砲兵部隊，除持續增加火炮倍徑、射程、射速、機動性、自動化及定位定向等裝備性能外，並針對射擊彈藥及信管之種類、殺傷範圍、機件作用、追瞄功能、裝定方式及穩定度等，同步研發精進，期能以最先進之火炮，配合最適宜之彈種及信管，以提升砲兵整體火力支援能力。

鑑此，筆者以世界各國砲兵彈藥及信管運用現況為主題，並結合我國當前防衛作戰型態及砲兵任務與運用方式，研究未來配合新式火炮籌獲，同步發展、研發更符戰場實需之彈藥及信管，以強化火力支援效能。

國軍野戰砲兵作戰效能檢討

一、防衛作戰任務

野戰砲兵防衛作戰任務，砲兵依作戰指導，據以執行反舟波射擊、坐灘線火殲及反擊等作戰任務，火炮須具備機動、遠距、精準、高效等特性；¹以下僅

¹《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國 98 年 4 月 8 日），頁 1-4。

針對本軍各類型砲兵部隊之任務實施歸類。

（一）軍團砲兵營：以遠大射程對海上登陸之敵行計畫與臨機性之反舟波射擊，以射擊距岸較遠目標為主，主要擔任一般支援任務，並依需求執行增援或一般支援併增援任務，故火砲射程要能有效涵蓋支援之作戰正面。

（二）聯兵旅砲兵營：以高機動性及遠大射程，對海上登陸之敵行計畫與臨機性之三軍聯合泊地（反舟波）攻擊及反擊作戰時之戰鬥支援任務。

（三）地區指揮部及守備旅砲兵營：對守備地區內來犯之敵，行計畫與臨機性之三軍聯合泊地（反舟波）攻擊及防禦戰鬥支援射擊任務。²

二、火砲效能檢討

國軍野戰砲兵部隊除近期部署之雷霆 2000 多管火箭外，其餘各型火砲均已老舊，目前陸軍使用現役火砲約為六百餘門，³其中各軍團、聯兵旅及地區指揮部等砲兵部隊所使用之主戰火砲以 M114 式 155 公厘牽引砲及 M109A2、A5 式 155 公厘自走砲等為主（如表一），惟上述各火砲服役迄今均已近 20 年以上，主戰裝備逐漸老舊，未來將影響整體作戰支援效能，分述如后。

（一）M114 式 155 公厘牽引榴彈砲：服役迄今已近 65 年，射程 14600 公尺，最大射速每分鐘 4 發，射程尚可滿足作戰之需求，惟其射擊準備耗時，火砲鈍重性大，牽引機動能力差，致戰場存活率低。

（二）M109A2 式 155 公厘自走砲：服役迄今已近 36 年，射程 18100 公尺，增程彈 23700 公尺，最大射速每分鐘 4 發，為國軍野戰砲兵主力之一。

（三）M109A5 式 155 公厘自走砲：服役迄今已近 20 年，射程 22500 公尺，增程彈 30000 公尺，最大射速每分鐘 4 發，可射擊北約標準各式 155 公厘彈藥，惟國軍並未購置相關特種彈藥，致無法發揮應有之效能，現為國軍最新型之火砲。

三、彈藥效能檢討

（一）彈藥射程不足，支援能力受限：共軍最新型 PLZ-05 式 155 公厘自走砲配合增程或導引砲彈，最大射程可達 50 公里，火力可輕易涵蓋我第一、二線作戰部隊；反觀我現役各型火砲受限於砲管型式及射擊彈藥等因素，射程不足，最遠僅能射擊舟波目標，且共軍登陸上岸後，為有效支援打擊部隊作戰，砲兵部隊須向前推移佔領陣地，增加遭敵射擊風險。

（二）彈藥種類有限，缺乏運用彈性：M109A5 自走砲雖可射擊北約之制式精準砲彈，惟國軍並未購置，其餘 155 公厘口徑火砲，僅可射擊高爆榴彈、

²王世璋，〈從世界各國火砲發展探討陸軍砲兵部隊未來建軍發展〉《砲兵季刊》（臺南），第 175 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 4 季，頁 15。

³同註 2，頁 10。

煙幕彈及照明彈等傳統彈藥，⁴惟這些彈藥已老舊，品質均有一定程度的衰退，且現有數量不足以達成反舟波射擊「灘岸決勝」及「坐灘線火殲」之要求；⁵以現代的戰爭型態而言，砲兵部隊所要面對或射擊的目標種類繁多，未來的砲兵彈藥種類及特性應更加多元化，以維持戰鬥支援效能。

（三）未具導引功能，影響射擊精度：共軍砲兵彈藥現已發展成雷射導引技術的智慧型彈頭，可一次摧毀一個或數個目標，使火炮除了增加射程外，也能提升命中率及殺傷力；相對國軍砲兵部隊所使用之導引砲彈現僅有「銅斑蛇」砲彈，該砲彈屬「半自動導引」，須由人工輔助或自空中以雷射指示器實施導引，且現役火炮僅 M109 系列自走砲可實施射擊，在面對機動性越來越強之移動目標時，以未具導引功能之彈藥射擊時，將影響射擊效果。

四、小結

國軍砲兵部隊主要負責反舟波射擊及反擊作戰支援等任務，因應未來戰場環境變化，應具備長程火力制壓、戰場阻絕及火力密切支援等特性；另目前所使用之各式砲彈及信管，除因老舊翻修影響相關性能外，在導引功能、射程、精準度、殺傷力、破壞力及震撼力等仍精進空間，以提升整體火力支援效能。

表一 國軍 155 公厘火炮性能比較表

區 分	M114 式牽引砲	M109A2 式自走砲	M109A5 式自走砲
操 作 人 員	9 員	7 員	7 員
砲 管 倍 徑	25	39	39
射 程	14600 公尺	普通：18000 公尺 增程：23500 公尺	普通：22000 公尺 增程：30000 公尺
射 速	最大：2 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
自動射控系統	無	無	無
彈 道 計 算 機	無	無	無
定位定向系統	無	無	無
射擊精準彈藥	無	僅銅斑蛇導引砲彈	特種及精準彈藥
備 考			

資料來源：作者自行整理

⁴ 《陸軍彈藥鑑整手冊》（桃園：陸軍司令部，民國 104 年 10 月 21 日），頁 4-5。

⁵ 侯效儀，〈對先進國家火炮與彈藥技術發展之體認〉《陸軍砲兵學術雙月刊》（臺南），第 106 期，陸軍砲兵飛彈學校，民國 89 年 2 月，頁 56。

各國砲兵彈藥及信管之發展概況

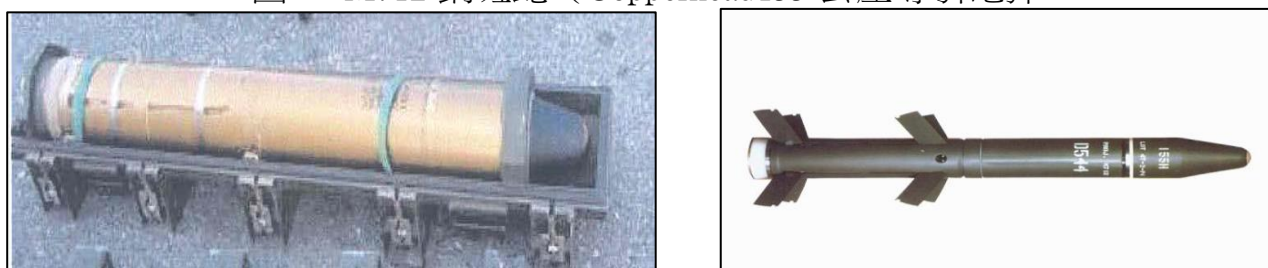
自 1990 年代以來，世界各國陸軍及兵工研發體系普遍認為，在火砲平臺的發展已達到基本極限的狀況下，提高火砲系統作戰能力最省錢、最省時及最有效的途徑就是加快彈藥的發展，彈藥已成為決定野戰砲兵作戰效能的重要因素之一；另各國針對引信之發展亦不遺餘力，從傳統機械構造之瞬發、空炸及時間信管，逐漸演進到電子信管、多功能信管，至現代乃有感測型信管之產生。⁶ 現針對世界各主要國家砲兵彈藥發展現況說明如次。

一、美國

美國陸軍砲兵部隊除逐次換裝新式自走砲及牽引砲外，並同步研擬先進火砲彈藥計畫，將研製射程更遠、質量更輕及高效能的砲彈。該系列的砲彈透過彈道模擬的製造過程，使同系列但不同種類的砲彈，可以使用單一射擊平台來達到彈道相同的效果，⁷各式導引砲彈及信管分述如下。

（一）銅斑蛇砲彈：美國「銅斑蛇」砲彈（圖一）是世界第一種雷射導引砲彈，精準度高，主要用於攻擊戰車或裝甲目標，射程達 16 公里，銅斑蛇砲彈為「半自動精確導引砲彈」，需要人工輔助或空中（OH—58D 戰搜機）實施導引，地面導引時，目標前方必須由前進觀測官使用 AN/PAQ-1 雷射指示器標定目標，⁸而作戰地區環境常受限於地形及天候等因素而無法對目標實施雷射照明，影響射擊能力，且彈體碩大，不利運載，一般 M109 系列自走砲隨砲僅配賦兩發，⁹該型砲彈在波灣戰爭中曾少量使用，目前美軍已停止生產。

圖一 M712 銅斑蛇（Copperhead155 公厘導引砲彈



資料來源：美國中文在線論壇，〈www.tycool.com/bbs/thread204501.html〉

（二）薩達姆砲彈（終端導引）：1998 年美軍正式使用的全自動導引砲彈 M898 薩達姆（SADARM）砲彈（圖二），不需要人工的標定程序，而是利用次子彈上之探測裝置實施目標識別，射程達 22.5 公里。薩達姆砲彈內含兩個次子彈，彈體發射至目標上空約 1000 公尺處，由彈底拋出這兩個次子彈，該裝置

⁶ 林展慶，〈野戰砲兵彈藥發展之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 151 期，陸軍砲訓部，民國 99 年第 4 季，頁 61。

⁷ 同註 6，頁 62。

⁸ 同註 6，頁 68。

⁹ 郭慶輝，〈精確導引砲彈應用於城鎮戰之研討〉《砲兵季刊》（臺南），第 155 期，陸軍砲訓部，民國 100 年第 4 季，頁 9。

具有傘投功能及偵搜功能，偵搜技術運用主動、被動厘米波感應器（雷達）及紅外線感測器這三種探測裝置，偵搜範圍可達 150 公尺，並於目標確定後於上空引爆，以火焰噴流貫穿目標。¹⁰美軍曾於 2003 年的伊拉克戰爭中先後射擊了 121 枚 M898 式 SADARM 砲彈，雖為此型彈藥第一次被用於戰爭中，但其優異作戰性能卻迅速獲得各軍事大國的廣泛關注。

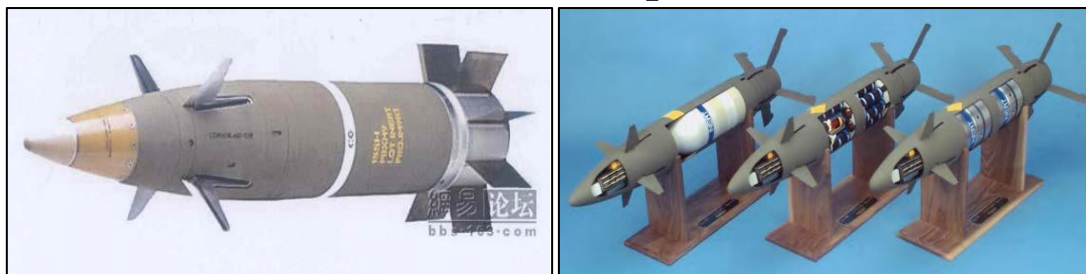
圖二 M898 薩達姆（Sadarm155 公厘導引砲彈）



資料來源：詹氏年鑑武器系統，〈http://10.22.155.231/File/?File=IntraSource.html#Details?GID=REC_01680413〉

（三）神劍導引砲彈：為目前美軍現役的最新型精準砲彈，M982 神劍（Excalibur）¹¹導引砲彈（圖三），已由最初導引砲彈廣泛應用的半主動雷射導引方式改為採用較先進的全球定位系統與慣性導航系統複合方式導引（GPS / INS），除抗干擾性更佳之外，圓週誤差（Circle Error Probability, CEP）極小，¹²可發射「神劍」砲彈之 39 倍徑 155 公厘火炮包括非線性火炮（NLOS-C）、M777A2 牽引砲、M109A6 自走砲以及與 M109A6 自走砲配備同樣砲管（M284）之 M109A5 自走砲，最大射程可達 50 公里，最小射程可達 6 公里。「神劍」砲彈信管為內建之電子信管，不需人工設定，其功能包括近發、瞬發及延期三種功能。在美軍未來的規劃中，信管將更新為感測型信管，該型信管將可賦予神劍砲彈更高的命中精度。¹³

圖三 M982「神劍（Excalibur）」155 公厘導引砲彈



資料來源：詹氏年鑑電子資料庫

¹⁰ 同註 9，頁 9。

¹¹ Danny Sprengle·Donald Durant 著，胡元傑譯，〈陸軍增程精準砲彈：石中劍〉《砲兵季刊》（臺南），第 130 期，陸軍飛彈砲兵學校，民國 97 年 8 月，頁 5。

¹² 余忠勇譯，〈城鎮戰在轉型時面臨的挑戰〉《陸軍譯粹》，第 15 輯，民國 95 年，頁 7。

¹³ 同註 9，頁 10。

（四）彈道修正引信

1.美國是最早進行彈道修正引信研製的國家，早期的運用構想是以配有全球定位系統的砲彈實施試射，藉以迅速且精確地計算出後續效力射的修正量。這樣的作法後來逐漸演化成使用衛星定位等技術直接為飛行中的砲彈實施彈道修正，以提升傳統砲彈的射擊精度。秉持此一研發構想，由美國海軍水面作戰中心主導的一項「導引一體化引信（GIF）」研發計畫，企圖研製出近似「神劍」導引砲彈射擊精度的彈道修正引信。¹⁴雖然在歷經數年的努力後仍無法有效達成此一目標，但其研發過程中所獲得的若干研究成果仍為後來「精確導引組件（PGK）」彈道修正引信研發計畫所採用。

2.PGK（Precision Guidance Kit）全名為「M1156 精準制導套件」的系統（如圖四），係美國陸軍於 2006 年 6 月向雷神、BAE Systems 與 Orbital ATK 等三家防務商展開招標，研發一種能直接應用在現行 155 公厘榴彈上、相對廉價，且要求能將榴彈終端精準度提升 5 倍（267 公尺降為 50 公尺 CEP）的導引套件，並於 2013 年開始小批量服役。傳統 155 公厘榴彈在發射前皆須拆除提塞環，在裝入內含雷管的引信才能使用，而 PGK 的尺寸、裝設方法、重量與傳統引信大同小異，且能應用在目前所有現役的 155 公厘榴彈上（如圖五），差別僅在 PGK 套件有 GPS 導引功能、四面安定翼面以及能自由旋轉的引信頭。¹⁵「PGK」彈道修正引信是一種採用全球定位系統導引的二維彈道修正引信，可降低砲彈射擊之圓週誤差（如圖六），並具備彈著圓週誤差 30 公尺之精準射擊能力。¹⁶

3.使用「PGK」之目的並非要徹底取代 M982 155 公厘「神劍」砲彈或 120 公厘精準導引增程彈等這類專門的精準彈藥，而是讓砲兵擁有互補方案，例如在反恐戰爭時若需要非常精準地命中公寓群中的某一棟，則需要精準度可達到 5 公尺 CEP 的「神劍」砲彈，但若只是要消滅公寓群而不誤傷其他範圍，則選擇便宜至少 7 倍，但精準度仍有 30 公尺 CEP 的「PGK」即可。¹⁷不過，於此同時，以 M782 多功能砲兵引信為基礎，由美國貝怡（BAE）系統公司所主導的另一組二維彈道修正引信（如圖 7），研發也在積極進行中，並已完成初步試射。貝怡公司所研發的彈道修正引信與其他二維彈道修正引信的最大不同處，在於彈體外部共使用三組彈道修正減速片，且在全球定位系統的控制下，捨棄

¹⁴ 李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向-彈道修正引信〉《砲兵季刊》（臺南），第 143 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 11 月 20 日，頁 75。

¹⁵ 尖端科技軍事資料庫，「讓 155 榴彈變聰明的廉價法寶：PGK 精準導引套件」，〈[http：//www.dtmdbase.com](http://www.dtmdbase.com)〉（2017 年 6 月 9 日）。

¹⁶ 我的天空，「人小鬼大一彈道修正引信讓笨蛋變聰明」，2008 年 2 月 24 日，〈[http：//hi.baidu.com/%D2%F8%D2%ED0112/blog/item/952eblca857c3c82c917688e.html](http://hi.baidu.com/%D2%F8%D2%ED0112/blog/item/952eblca857c3c82c917688e.html)〉（2017 年 2 月 23 日）。

¹⁷ 同註 15。

全時修正彈道的作法，只分別在彈道的三個特定時間點啟動減速片，執行飛行彈道修正，這樣的設計除仍可維持一定程度的彈著精度外，更較其他型式的二維修正引信具有更佳的成本優勢。

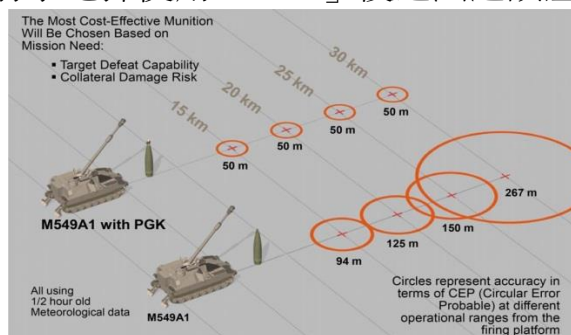
圖四 「PGK」精準導引套件結構圖



圖五 精準導引套件與 155 榴彈結合圖



圖六 射擊砲彈使用「PGK」後之圓週誤差比較圖



資料來源：圖四、五、六參考來源為《尖端科技軍事資料庫》〈讓155榴彈變聰明的廉價法寶：PGK精準導引套件〉

圖七 美製精確導引組件（PGK）二維彈道修正引信砲彈及美國貝宜（BAE）系統公司彈道修正引信



資料來源：李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向-彈道修正引信〉《砲兵季刊》

二、中共

（一）WS-35 式 155 公厘導引砲彈：中共配合新型自走砲（PLZ-05 式）發展，同步研發新型 155 公厘導引砲彈，其中以中國長征貿易進出口公司（ALMT）在東南亞武器展上所推出 WS-35 式 155 公厘導引砲彈（圖八）最受矚目，據報導該型砲彈射程可達 100 公里，長 1.6 公尺，重 18 公斤，理論射速為每分鐘 5 發，圓週誤差約 40 公尺，與美軍新型導引砲彈（神劍）相似，顯見中共對新式砲彈的發展亦不遺餘力。¹⁸

（二）155 公厘 ERFB—BB 增程砲彈¹⁹（圖九）：標準的彈重 45.5 公斤，最大射程達 30 公里；底排型式彈重 48 公斤，最大射程達 39 公里，結合 M739 式 PD 引信，除了可由 WA-021 式 155 公厘牽引榴彈砲射擊外，並適用於其他的 155 公厘火炮系統。中共近年來大幅針對 155 公厘口徑火炮進行研製，中共若以全新打造的 PLZ-05 型榴彈砲發射最新研製的火箭底排複合增程彈，其射程將可達到 70 公里。²⁰

（三）「紅土地」導引砲彈（Krasnopol）：由俄羅斯研製的「紅土地」半自動雷射導引砲彈（圖十），彈長 1.3 公尺，彈重 50 公斤，最大射程 20 公里，彈徑 152 公厘，使用 1D15、1D20 及 1D22 型雷射指示器，適用俄制 2S19 榴彈砲，由於蘇聯的 152 公厘火炮射程普遍小於北約 155 公厘火炮，因此，蘇聯在設計「紅土地」時，砲彈採用火箭增程以超越北約砲兵射程。其作用原理與銅斑蛇砲彈皆為半自動導引砲彈，在發現目標位置後，將目標方位報告砲陣地，接續發射砲彈，再由前方觀測單位（如觀測站、車輛、直升機等）使用「雷射定位指示器」以雷射光束瞄準目標進行終端導向，「紅土地」砲彈會依循雷射訊號反射點所在位置修正飛行彈道，直至命中目標。²¹

圖八 WS-35 式 155 公厘導引砲彈



資料來源：詹氏年鑑武器系統，〈<http://janes.mil.tw/File/?File=IntraSource.html#>〉

¹⁸ 世界軍火庫，〈<http://www.was110.com/web/infosmains/shows/3102.html>〉（2017 年 3 月 1 日）

¹⁹ 詹氏年鑑(軍網)，〈http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jah2008/jah_0470.htm〉（2017 年 3 月 1 日）

²⁰ 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 86。

²¹ 同註 9，頁 11。

圖九 ERFB—BB 式 155 公厘增程砲彈



資料來源：詹氏年鑑武器系統，〈http://janes.mil.tw/File/?File=IntraSource.html#Details?GID=REC_01333137〉

圖十 紅土地（Krasnopol）導引砲彈



資料來源：李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向-彈道修正引信〉《砲兵季刊》（臺南），第143期，陸軍砲訓部，民國97年11月20日。

三、德國

（一）SMART 155 公厘集束彈：SMART 155 公厘集束彈（感測式信管）係德國研發之新型 155 公厘砲彈（如圖十一），可針對各式載具之頂部實施打擊，SMART 集束彈內部含有一個重達 47 公斤的母彈，裡面有兩個採用感測引爆的子彈藥，每個子彈藥中有具備高穿甲力的爆炸形成穿透彈頭，可對重型裝甲載具造成破壞，當砲彈飛抵目標上方時會自動釋出，當子彈藥被釋出後，會打開降落傘，當它在空中緩緩降落時，子彈藥會同時旋轉，並使用紅外線感測器及毫米波雷達掃描下方區域，落至目標頂部後，再以爆炸形成穿透彈頭對目標進行破壞。SMART 集束彈的子彈藥有額外的自毀機制，以迴避歸類於 2008 年集束彈藥公約中規範的彈藥種類。²² SMART155 公厘集束彈為符合北約標準之 155 公厘砲彈，可使用德國 PzH2000 自走砲及 M109 系列自走砲實施射擊。

（二）「DM84」多功能引信：德製「DM84」多功能引信（如圖十二）採用全球定位系統信號作為彈道修正的依據，預計發展目標是能將彈著圓週誤差控制在 50 公尺內，而其彈道修正功能則是藉由以彈體旋轉的離心力伸展一組可摺疊的阻力片來完成，此外，此系統除引信內的全球定位系統外，並配有一組電子定時器作為全球定位系統失靈時的保險裝置，可即時在預設的彈道飛行時間之內啟動阻力片，以免砲彈越過目標錯失攻擊機會。²³在研製一維彈道修正引信頗有進展的同時，德國也與美國合作進行二維彈道修正引信的研發工

²² 維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org>〉(2017 年 3 月 1 日)

²³ 同註 14，頁 77。

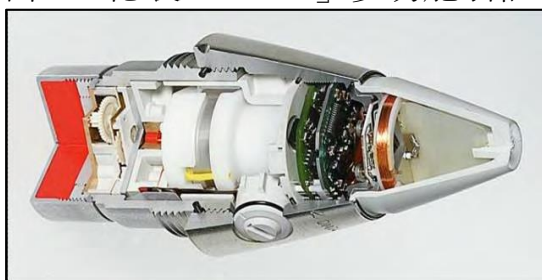
作，以期在彈道修正引信的研發舞台上能進一步佔有一席之地。

圖十一 SMarT 155 公厘集束彈



資料來源：詹氏年鑑武器系統，〈http://10.22.155.231/File/?File=IntraSource.html#Details?GID=REC_01101198〉

圖十二 德製「DM84」多功能引信



資料來源：林展慶，〈野戰砲兵彈藥發展之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第151期，陸軍砲訓部，民國99年11月20日。

四、法國

（一）「BONUS」155 公厘末敏彈：末敏彈是「末端敏感彈藥」或「敏感器引爆彈藥」的簡稱，是一種智能型的砲彈，配備有一種智能敏感器，可在到達目標上方時，實施第二次定位，進而使打擊更為精準。²⁴法國與瑞典於 1993 年起聯手研發「BOUNS」155 公厘末敏彈（如圖十三），1999 年開始小批量生產；「BONUS」155 公厘末敏彈是一種高性能低成本的智能型砲彈，主要用於攻擊敵坦克及現代化裝甲目標，為能有效對付集群裝甲目標之利器。

「BONUS」155 公厘末敏彈設計上，穩定裝置將阻力傘改為薄鋼片的減速翼，下降速度相對較快，從而有效降低了被敵方和風力干擾的機率，同時風力對子彈的影響也減小了；另其只採用了一個多波段的被動式紅外線探測器，而沒有使用較複雜的複合式敏感裝置，因此，它的目標識別率相對也比較低。由於末敏彈是採「從天而降」的方式，擊中的部位剛好是裝甲車輛的頂蓋，而這個部位相對比較薄，很容易被擊穿，所以末敏彈又被稱為「坦克殺手」。

（二）「SPACI DO」彈道修正引信：法國最初對於獲得彈道修正信號的研發方向分別有運用全球定位系統及都卜勒式追蹤雷達等兩種方式，而這兩種方式的

²⁴ 每日頭條，「末敏彈：可以二次瞄準的彈藥，被稱作是『坦克殺手』」，〈<https://kknews.cc>〉（2017 年 3 月 25 日）

彈道修正引信發展均採用一維彈道修正方式，對砲彈的飛行距離進行修正。之後法國基於成本考量，確定採用精度稍差但成本較低廉，代號「SPACI DO」的彈道修正引信（圖十四）系統研發計畫。此一系統係利用地面都卜勒雷達量測砲彈射出砲口後最初約五千公尺左右的實際飛行彈道，並藉以解算出與預期彈著點的距離誤差量及啟動阻力板的最佳時點後，由地面雷達向此一飛行中的砲彈發射阻力板啟動信號，啟動阻力板執行距離誤差修正。²⁵法國對於此計畫的最終目標是希望能將此一彈道修正引信運用於所屬砲兵的所有口徑火炮，以提升其砲兵精準射擊能力。

圖十三 法國與瑞典聯手研製「BOUNS」155 公厘末敏彈



資料來源：新浪博客，〈<http://blog.sina.com.cn/s/blog48fc29af0100neai.html>〉

圖十四 法製「SPACI DO」彈道修正引信



資料來源：李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向-彈道修正引信〉《砲兵季刊》（臺南），第143期，陸軍砲訓部，民國97年11月20日。

五、南非

南非成功研製符合北約標準的「Assegai」²⁶系列 155 公厘全膛增程彈及雙模組裝藥系統，為了提高精度，並將砲彈配備彈道修正引信。該彈藥系列可供各種 155 公厘牽引和自走榴砲使用，並適合 52 倍徑火炮，已於德國「PzH2000 式」等 155 公厘自行榴砲上進行試射；²⁷也可由 39 倍、45 倍和 47 倍徑火炮發射，「Assegai」系列砲彈主要有「M2000 式全膛增程榴彈」（圖十五）、「M2001 式全膛增程雙效子母彈」（圖十六）、「M2002 式全膛增程遮蔽發煙彈」（圖十七）、「M2003 式全膛增程照明彈」（圖十八）、「M2004 式全膛

²⁵ 同註 14，頁 77。

²⁶ 詹氏年鑑(軍網)，〈http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jah2008/jah_5165.htm〉(2017 年 3 月 1 日)

²⁷ 同註 20，頁 78。

增程黃磷發煙彈」(圖十九)及「M2005 式全膛增速遠程砲彈」(圖二十)等彈種，「M2000-2004 式」增程全膛彈的射程相同，用 52 倍口徑身管 155 公厘榴砲發射時，無助推的船尾型彈的射程大於 30 公里，彈底排氣彈的射程大於 40 公里；「M2005 式」砲彈結合彈底排氣減阻與火箭增程兩種機制，以 52 倍倍徑 155 公厘榴砲發射時，射程可達到 53 公里以上。南非 G6-52L 式 155 公厘自走砲在最新的一次的試驗中，發射增速遠程彈時，射程達到了 75 公里，概率誤差為 0.38%。²⁸

圖十五 M2000 式全膛增程榴彈



圖十六 M2001 式全膛增程雙效子母彈

圖十七 M2002 式全膛增程遮蔽發煙彈



圖十八 M2003 式全膛增程照明彈

圖十九 M2004 式全膛增程黃磷發煙彈



²⁸ 同註 20，頁 79。

圖二十 M2005 式全膛增速遠程砲彈



資料來源：圖十五至圖二十來源為呂致中，〈砲彈增程技術發展之研析〉

六、塞爾維亞

塞爾維亞在 2007 年於防務展上展出了一型名為「核心」（Nub）的新型 155 公厘火箭助推/底排砲彈。²⁹（圖廿一）該砲彈可使 39、45 及 52 倍徑 155 公厘火炮系統增程 10 公里。39 倍徑火炮發射該增程全膛-底排砲彈時，其射程可達 52 倍徑火炮之射程（約 40.8 公里），比該火炮發射底排砲彈所達到的 30.3 公里射程提高了 33%，³⁰大幅提升了火炮射擊距離。

圖廿一 核心（Nub）155 公厘火箭助推/底排砲彈



資料來源：呂致中，〈砲彈增程技術發展之研析〉

七、小結

各國新一代砲彈及信管的發展，均運用導引技術提升精度及射程，使砲兵消耗少量彈藥，即可摧毀目標，因此，各國均非常重視彈藥的研究與發展，都把它看做是提高部隊戰鬥能力和適應現代作戰環境的重要途徑。隨著高技術在軍事領域的廣泛運用，未來戰爭發生了許多明顯的變化，對砲兵彈藥也提出了更高的要求，且現代戰場的目標種類繁多，數量龐大，目標質量發生了明顯變化，要求必須重視多種類、多用途彈藥的研發及提升砲彈命中率；從美軍最初所研發雷射導引之「銅斑蛇」砲彈，發展至以厘米波（雷達）及紅外線感測之

²⁹ 詹氏年鑑(軍網)，<<http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jmr2007/jmr70642.htm>> (2017 年 3 月 1 日)

³⁰ 同註 20，頁 83。

「薩達姆」砲彈，到使用衛星定位系統導引之「神劍」砲彈，可見未來的精確導引砲彈，將會朝著射程更遠，破壞力愈強，精準度至上，導引方式更簡單，甚至成本更為低廉的方向演進。³¹

綜合分析

砲彈是火砲武器系統的一個重要組成部分，是直接摧毀目標並能展現火砲威力的重要因素。綜觀世界戰爭史，在大大小小的戰爭中，消耗最多的是彈藥，發揮作用最大的也是彈藥。因此，彈藥的特性將是決定武器效能關鍵因素，分析說明如后。

一、就射程言

火砲的射程越遠，對敵方的威懾力量就越大，是放諸四海皆準的概念，火砲具有較遠大的射程，方能對敵縱深重要目標進行射擊。綜觀各國現役及正在研製的榴砲，155 公厘 52 倍徑榴砲已成為各國火砲發展的主流，但火砲砲管長度的增加也將帶來重量大、機動性差、砲管燒蝕嚴重、砲管撓曲和抖動而降低射擊精度、最小射程不穩定及小號裝藥初速偏差過大等缺點，而砲管的發展，52 倍徑可能是極限長度，故射程的提升將取決於砲彈、拋射藥的綜合表現，³²相較兩者之中，砲彈彈體的改進空間最大，變化也更多，在提高射程方面之效果也最為顯著。

二、就導引技術言

雖然現代砲兵的觀測、計算能力精進，然而砲兵實施傳統火砲射擊時，仍難免受到來自外在環境及武器裝備本身各種隨機誤差因素的影響，因而每門火砲或每批彈藥的實際射擊狀態都各不相同。此外，為求火砲射程的延伸，有時還得犧牲一些彈頭酬載以換取容納額外的火箭助推或彈底噴氣裝置空間，以致影響彈頭威力，因此，為提升砲兵射擊精準度及射擊威力，使砲兵能在現代甚至未來戰爭環境下繼續扮演重要且多元的角色，除了精進砲兵的觀測及定位能力之外，加強具備彈道導引功能的砲彈研製工作，大幅提高的火砲射擊精度，已成為主宰作戰勝利所不可輕忽的重要因素，³³未來精確導引砲彈發展仍是砲兵彈藥發展的主軸之一。

三、就引信功能言

傳統機械引信包括瞬發、近發、時間及延期等功能，近代引信之發展除了將信管改良成電子信管之外，還有發展多功能信管³⁴（除瞬發與時間功能外，同時具備近發、延期及簡易導引等功能），以增加火力運用彈性，至於引信的

³¹ 同註 6，頁 70。

³² 同註 20，頁 64。

³³ 同註 14，頁 69。

³⁴ 同註 6，頁 66。

最新發展則是已經到了可以修正彈著的感測型信管。由於科技不斷的發展與應用，砲兵在具備精準射擊能力之後，成本控制便成為下一個努力的目標，在新型導引砲彈以全備彈的型式始終無法有效降低製造成本的狀況之下，另一個發展方向則是利用現有的傳統砲彈，將具有彈道修正功能的引信裝入砲彈原本容納引信的空間內，使其具有彈道修正的能力，在提升傳統砲彈射擊精度之餘又可降低成本，具有重要的軍事及經濟價值，³⁵而這種改良傳統引信成為具有彈道修正功能引信就是所謂的「彈道修正引信」。

四、小結

美國核子專家瓦爾斯特得（Wohlstetter）曾言道：「大體上，改良十倍的準確度，與增加千倍的核子爆炸威力具相同的效果。」³⁶，各國砲兵部隊在有限的軍事預算下，為提升整體作戰支援效能，除持續精進火砲射控系統及相關性能外，對於射擊彈藥仍朝遠射程、具導引、多功能及高破壞等方向發展。

未來發展願景

為了適應現代化戰爭的需要，彈藥正在朝著遠程化、精準化、殺傷破壞效能高及多用途等方向快速發展。除了火砲本身的發展以外，彈藥系統亦是砲兵技術的重要構成因素之一，這項技術的優劣直接影響火砲在戰場上的表現，砲兵火力是支援地面作戰不可或缺的一環，隨著科技的進步，戰爭型態的改變，砲兵火力勢將隨科技之進步不斷提升，以更有效地支援地面作戰，基此，下面就本軍砲彈未來發展願景區分增加火力射程等面向，分述如次：

一、增加火力射程

射程是論斷砲兵武器優劣之要素，也是比較各型火砲性能的指標，³⁷由於增加火砲射程，可增加擊敵縱深，擴大火力涵蓋打擊面，可提前對敵開火，並置身於大多數之敵火力威脅之外，加大了砲兵部隊支援地面部隊作戰之空間調整及反應時間裕度。砲彈射程的提升，可從彈體外形的改變來降低空氣阻力，或發展具有彈底噴氣能力與火箭輔助推進技術的砲彈，以增加砲彈飛行速度。

二、具備導引功能

精準打擊是作戰的首要要求，今日由於電子科技的進步，各種配賦導控裝置之彈藥相繼問世，攻擊火力強大及防禦性能佳之戰（甲）車，尤其需要具備先進導引裝置的彈藥。綜觀先進國家所發展之砲彈尋標器，大抵有雷射、紅外線及毫米波等 3 種，從美軍「銅斑蛇」的半自動導引到「神劍」砲彈的全自動

³⁵ 李杰・馬寶華，「迫擊砲彈一維射程修正引信技術研究」，兵工學報（北京），第 22 卷第 4 期，2001 年 11 月，頁 553。

³⁶ 同註 9，頁 12。

³⁷ 袁緯，〈淺談新世代野戰砲兵砲彈發展趨勢〉《砲兵季刊》（臺南），第 153 期，陸軍砲訓部，民國 100 年第 2 季，頁 55。

導引均可看出導控方式的精進，因此，未來砲兵部隊提升火砲性能後，再配賦精準導引砲彈，將可大幅增進火力攻擊效益，並降低彈藥消耗成本。

三、擴大擊敵效果

對目標射擊效果為評估砲兵火力支援能力要項之一。在執行特定軍事行動時，需要搭配適宜之火力及強大的破壞力，而要達到所望效果又需消耗大量彈藥；面對未來更複雜的作戰環境，砲兵所要射擊之目標種類繁多，諸如仍有住民滯留的城鎮戰，更須特別注意作戰手段的運用，而想獲得更符合作戰需求的效果，端賴更多元化的彈藥，可依戰場目標的種類及特性，選擇最具擊敵效果之彈藥實施射擊，³⁸如此一來，指揮官手中可運用之砲兵火力及射擊方式將更具運用彈性，並能提升戰場獲勝機率。

四、研發多功能引信

多功能引信具有近發、時間、瞬發、簡易導引及彈道修正等多重功能，其技術發展的成熟性將可減少現有引信的種類，並大幅提高命中精度及毀傷效能。以美國為首的北約軍事集團，為減少三軍引信的種類，從 80 年代起開始研究多功能引信，目前榴彈配有 M782 多功能引信，結合紅外線、雷射、毫米波技術與末端導引的整合，僅更換一個引信，就能使普通無控榴彈變成終端導引榴彈，³⁹且隨著 GPS 及 MEMS 技術的精進，高精度的彈道修正引信將可滿足未來作戰需求。

彈藥性能提升之作戰效益

就防衛作戰而言，現階段砲兵部隊之任務係對第一線守備部隊或執行反擊作戰的打擊部隊行密接火力支援，未來若能建置導引砲彈，可追求在更少彈藥用量下，獲得更有效的打擊效果及減少所設定目標之外非預期的意外損害，並能以適量、遠程、具導引功能之砲彈對敵高價值目標行遠距、精準射擊，有效提升砲兵部隊作戰支援效能及彈藥使用效率；現就幾個可能之作戰景況下使用導引砲彈，所能獲致之作戰效益，分述如次：

一、避免作戰行動傷及無辜

例如進行城鎮戰，必須運用砲兵火力對靠近醫院、學校等民間設施周邊敵軍目標射擊時，為避免造成不必要的百姓傷亡或民生設施破壞，就可選用較一般砲彈射擊精度更高的導引砲彈實施射擊，於可接受之最高精度及最小破壞程度下，消滅目標。

二、增進對複雜地形周邊目標射擊成效

敵軍若利用高地、丘陵等地形掩護時，可運用導引砲彈的彈道修正能力改

³⁸ 同註 5，頁 50。

³⁹ 同註 20，頁 89。

變砲彈飛行彈道，並結合原有引信各種起炸功能，對敵軍目標實施精準打擊。

三、提升砲兵部隊密接支援能力

砲兵以原有之傳統彈藥行密接火力支援時，可能因過大的散佈誤差，使得砲火誤擊的機率大增，易造成指揮官運用砲兵火力的困難與疑慮。⁴⁰使用導引砲彈後，可有效增加砲兵支援效能及範圍，提升砲兵在戰場密接支援方面的適應性。

結語與建議

一、結語

因應科技進步，各國新式彈藥多朝精準導引、小口徑（輕巧）、全縱深（增程）及低成本等趨勢發展，砲兵部隊射擊時，彈藥選用是否適當亦是決定效果好壞之關鍵因素，所以在未來砲兵武器之研發及採購，亦應包含彈藥，因彈藥決定了武器性能與用途。⁴¹其中精確導引彈藥若可與作戰平台相鏈結，將可充份提供戰場指揮官更多火力運用手段，而精準打擊是陸軍在未來資訊化戰爭中立足的基礎，精準導引砲彈的發展亦已受到各主要國家高度重視，隨著這些精準導引砲彈與增程砲彈的研製成功與陸續服役，未來陸軍不僅對縱深目標具備了精準打擊能力，傳統火砲也將具備遠程及精準火力支援效能。因此，從各國彈藥發展現況及方向中汲取有利經驗，並結合我國防衛作戰型態與國防預算負荷，未來配合新式火砲籌購及提升現役火砲性能等手段，同步檢討採購各國新式彈藥或依國防自主理念研發、提升彈藥性能，以發展出最符我戰場實需之砲兵支援火力。

二、建議

盱衡國家財政負荷及有限之國防資源，有效提升砲兵部隊戰力，達成防衛作戰任務，是砲兵部隊在軍事投資上思考重點，砲彈是火砲武器系統的一個重要組成部分，是直接摧毀目標，展現火砲性能的重要關鍵，而彈藥的發展的良窳，對武器性能的提升，亦有著密不可分的關係。因此，世界各國對砲兵彈藥的研究與發展，都有著高度的重視，將它視為提高部隊戰鬥能力和適應現代作戰環境的重要途徑，以下提出幾點建議，說明如后。

（一）建案採購國外新式砲兵彈藥：現行傳統彈藥未具備導引功能，僅能對敵船團實施面積射擊，命中率低，攻擊效果有限，建議應積極建案或配合新式火砲籌購，向國外採購新型精準導引砲彈，具備增程、定位定向、慣性導航及熱源尋標等功能，且射程達 30 公里以上，主要用以攻擊敵泊地換乘區之海

⁴⁰ 同註 14，頁 79。

⁴¹ 孫偉先，〈野戰砲兵間接射擊武器-彈藥〉《砲兵學術雙月刊》（臺南），第 87 期，陸軍砲兵飛彈學校，民國 85 年 12 月，頁 63。

上移動目標，未來配合新型火砲換裝及自走砲性能提升後，將可有效執行聯合泊地（反舟波）攻擊、坐灘線火殲及反擊火力支援等作戰支援任務。

（二）自行研發多功能彈藥及信管：砲兵現有砲彈及信管種類有限，且大多因老舊導致性能衰減；建議可在國防自主之理念上，由中科院自行研究提升現有砲彈性能，並研發新多功能等新型信管。在有限的預算之下，要達到獲取智慧型彈藥，使砲兵具備精準打擊能力的目標，將傳統砲彈換裝彈道修正引信，可說是除導引砲彈外，亦能提升砲兵作戰能力及投資效益之最佳選項，值得我採購決策及研發單位重視，並審慎考慮。

（三）新式彈藥須能結合現有射表：我軍砲兵彈藥自「銅斑蛇」精確導引砲彈後即無重大之改進，主因係精確導引砲彈之研發需要大量成本及科技，建議可以評估成本後思考外購精確導引砲彈，或由聯勤 202 廠仿效美軍之新式砲兵彈藥項目著手進行研發，並達到在不同彈種之選擇下，仍可使用同一本射表計算射擊諸元及獲致同樣射擊效果，以簡化我射擊指揮複雜性及後勤需求。

（四）強化戰力保存作為：因應各國及中共砲彈射程及精準導引技術不斷提升，我砲兵部隊如何在敵第一擊之海、空攻擊中保存完整戰力，亦為防衛作戰成功關鍵因素之一。現我軍砲兵除雷霆 2000 多管火箭外，餘各型火砲均尚未具備遠射程及精準射擊能力，無法於敵以砲兵火力向我射擊時或之前，即向敵予以反擊；因此，在遭敵猝然襲擊及對我實施三棲進犯時，須憑藉掩體、工事、堅固建築物及併用疏散、偽裝、欺敵等輔助措施，確保人員、武器裝備及物資安全，以減少戰損，並能適時以完整戰力與火力支援打擊部隊作戰，對防衛作戰影響甚鉅。

參考文獻

軍事準則

- 一、《陸軍野戰砲兵部隊指揮教則（第二版）》（桃園：陸軍司令部，民國98年4月8日）。
- 二、《陸軍彈藥鑑整手冊》（桃園：陸軍司令部，民國104年10月21日）。

期刊

- 一、王世璋，〈從世界各國火砲發展探討陸軍砲兵部隊未來建軍發展〉《砲兵季刊》（臺南），第175期，陸軍砲訓部，民國105年11月20日。
- 二、侯效儀，〈對先進國家火砲與彈藥技術發展之體認〉《陸軍砲兵學術雙月刊》（臺南），第106期，陸軍砲兵飛彈學校，民國89年2月。
- 三、林展慶，〈野戰砲兵彈藥發展之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第151期，陸軍砲訓部，民國99年11月20日。
- 四、郭慶輝，〈精確導引砲彈應用於城鎮戰之研討〉《砲兵季刊》（臺南），

第155期，陸軍砲訓部，民國100年11月20日。

- 五、Danny Sprengle·Donald Durant 著，胡元傑譯，〈陸軍增程精準砲彈：石中劍〉《砲兵季刊》（臺南），第130期，陸軍砲訓部，民國97年8月。
- 六、李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向-彈道修正引信〉《砲兵季刊》（臺南），第143期，陸軍砲訓部，民國97年11月20日。
- 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3月20日。
- 八、袁緯，〈淺談新世代野戰砲兵砲彈發展趨勢〉《砲兵季刊》（臺南），第153期，陸軍砲訓部，民國100年6月20日。
- 九、孫偉先，〈野戰砲兵間接射擊武器-彈藥〉《砲兵學術雙月刊》（臺南），第87期，陸軍砲兵飛彈學校，民國85年12月。
- 十、林展慶，〈美國M109A6自走砲性能提升專案「PIM」發展簡介〉《砲兵季刊》（臺南），第157期，陸軍砲訓部，民國101年3月20日。
- 十一、余忠勇譯，〈城鎮戰在轉型時面臨的挑戰〉《陸軍譯粹》，第15輯，民國95年。
- 十二、李杰·馬寶華，〈迫擊砲彈一維射程修正引信技術研究〉《兵工學報》（北京），第22卷第4期，民國90年11月。

網路

- 一、維基百科，〈<https://zh.m.wikipedia.org>〉（2017年3月1日）。
- 二、詹氏年鑑（軍網），〈http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jah2008/jah_0470.htm〉（2017年3月1日）。
- 三、我的天空，「人小鬼大一彈道修正引信讓笨蛋變聰明」，2008年2月24日，〈<http://hi.baidu.com/%D2%F8%D2%ED0112/blog/item/952eblca857c3c82c917688e.html>〉，（2017年2月23日）。
- 四、世界軍火庫，〈<http://www.was110.com/web/infosmains/shows/3102.html>〉（2017年3月1日）。
- 五、每日頭條，「末敏彈：可以二次瞄準的彈藥，被稱作是『坦克殺手』」，〈<https://kknews.cc>〉（2017年3月25日）。
- 六、尖端科技軍事資料庫，「讓155榴彈變聰明的廉價法寶：PGK精準導引套件」，〈<http://www.dtmndatabase.com>〉（2017年6月9日）。

作者簡介

吳皇慶中校主任教官，陸軍官校專科90年班、砲校正規班193期、陸軍指參學院101年班、陸軍指參學院戰研班102年班，歷任排長、教官、連長、連絡官、編裝參謀官、營長，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部射擊教官組。