

美軍槍彈發展趨勢對國造兵器創新機構應用之啟示

葉昭南*

國防大學理工學院動力及系統工程學系

摘 要

美國陸軍已於 2022 年 4 月宣布「新世代班用武器計畫」(Next Generation Squad Weapons, NGSW)之新式彈藥及步機槍評選結果，新式彈藥採用 6.8×51mm 口徑，新式 6.8mm 口徑步機槍將取代現役 5.56mm M4 步槍和 M249 機槍，成為美軍未來主力步兵武器；國內陸軍下一代制式步槍換裝計畫，為仍採用 5.56×45mm 彈藥之新式氣體傳動步槍。此外，國防大學理工學院與軍備局 205 兵工廠合作開發之新式自動武器傳動機構，與一般步槍慣用氣體傳動原理不同，採用槍管短後座搭配慣性驅動傳動原理。本研究針對美國陸軍步兵武力發展演進，探討國軍彈藥性能及新型傳動原理特點，最後提出國軍陸軍步兵彈藥武器發展建議。

關鍵詞：新世代班用武器計畫、自動武器、新型傳動原理

Enlightenment of the Development Trend of US Military Ammunition and Rifle to the Application of Innovative Institutions of Domestic Rifles

Jau-Nan Yeh*

Department of Power Vehicle and Systems Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University

ABSTRACT

The U.S. Army have announced the evaluation results of the Next Generation Squad Weapons' new ammunition, rifle and light machine gun in April 2022. New 6.8×51mm caliber ammunition was adopted, the active 5.56mm M4 rifle and M249 machine gun will be replaced by new 6.8mm caliber rifle and light machine gun. The domestic Army will still adopt 5.56×45mm ammunition and the gas transmission type rifle as the next-generation standard ammo and rifle. In addition, a new transmission mechanism of automatic weapon was developed jointly by the Chung Cheng Institute of Technology of the National Defense University and the 205th Arsenal of the Armament Bureau, it is different from the gas transmission principle mechanism commonly used in general rifles and adopted short recoil-operated barrel and inertia driven system. In views of the development and evolution of the U.S. Army infantry force, this study discusses the characteristics of the 6.8×51mm, 5.56×45mm ammunition and the new transmission mechanism principle. Finally, the study puts forward suggestions for the development of the domestic infantry ammo and weapons.

Keywords: Next Generation Squad Weapons, Automatic Weapon, New Transmission Principle

文稿收件日期 106.00.00; 文稿修正後接受日期 107.00.00;*通訊作者
Manuscript received Nov 00, 2017; revised 00.00.00; *Corresponding author

一、前言

美國陸軍在 2017 年公布「新世代班用武器計畫」(Next Generation Squad Weapons, NGSW)，並於 2021 年投入 1.1 億美元 (7,540 萬美元用於研發，3,580 萬美元用於首批槍彈採購) 的標案，將徵選新一代口徑之彈藥及新口徑步槍、輕機槍，口徑設定為 6.8 公厘 (mm)；此案共有 3 家廠商進入決選，經過激烈競選後，於 2022 年 4 月美軍宣布新式 6.8mm 口徑彈藥及步機槍最終評選結果，由西格紹爾 (SIG Sauer) 勝出，美軍將與之簽訂為期 10 年的合約，並分別賦予新式步機槍型號為 XM5、XM250，將取代美軍現役 5.56mm 口徑 M4 步槍和 M249 機槍，成為新一代美軍主力步兵武器[1-2]。

中共解放軍陸軍於 2020 年公開招標 140 萬套防彈背心插板，其中 93 萬套為「通用型防彈背心插板」和 47 萬套「加強型防彈背心插板」，每套包含 2 塊防彈插板，預算金額高達約 130 億人民幣，並限定簽約後 2 年內完成交貨 (於 2022 年獲得)，如此龐大防彈背心插板採購數量說明解放軍陸軍對新一代防彈戰術背心的需求量非常大。由於解放軍陸軍現役總兵力不過 85 萬人左右 (2013 年官方公布的數字)，且並非全是戰鬥人員，扣掉機關、院校、後勤、科研單位，解放軍陸軍真正需要使用防彈衣的人員應該不超過 70 萬人，所以推測可能是按照配發儲備 1:1 比例採購 (即配發 70 萬套，儲備 70 萬套)。進一步推測，「加強型防彈背心插板」很可能是配發給特種兵、偵查兵、步兵、裝甲兵等直接作戰單位，而「通用型防彈背心插板」則可能是配發給炮兵、防空兵、作戰後勤支援等其他非直接作戰單位。解放軍新一代防彈攜行背心配賦之通用/加強型防彈插板的防護等級，預測與美軍最新型防彈插板相當 (NIJ IV 級) [3]。NIJ (National Institute of Justice) IV 級為美國司法協會發佈的抗彈材料測試最高標準，依照 NIJ 0108.01 規範 IV 級抗彈材料標準，可抵擋 7.62mm 30-06 AP 穿甲彈[4]。

為因應美軍新一代彈藥及步機槍開發趨勢及中共解放軍敵情威脅，國防部嚴前部長德發於任內指示軍備局生產製造中心第 205 兵工廠開發 6.8mm 新式步槍；該廠囿於尚無產製 6.8mm 彈藥生產設備能量，遂採購國外

6.8×43mm 110 grain 彈藥 (110 grain = 7.128 克，1 grain = 0.0648 克，彈頭重量慣用單位) 作為 6.8mm 新式步槍開發用彈，惟該型 6.8×43mm 彈藥之彈重、膛壓、動能及射程，與美軍最新 6.8×51mm 高膛壓彈藥有不小之差距。

國造 5.56mm T91 戰鬥步槍研發完成量產服役迄今已逾 20 年，為國軍現役制式步槍，採用活塞短行程氣體傳動裝置，性能可靠，重量及射速適中，槍托可三段式伸縮調整，上節套上方具有戰術滑軌，可裝配提把或瞄具。惟現今世界各國輕兵器發展均朝向「近打快、遠打準」之戰鬥模式，T91 步槍未具有戰術滑軌之護手，以致近打及遠瞄配備 (如槍燈、前握把、內紅點、雷射瞄具及狙擊鏡) 擴充性不足；氣體傳動設計則使槍枝容易積碳，不易保養。槍管軸線與後座力軸線不在同一條線上，射擊震動過大，遠距離彈著精準度仍有精進空間。有鑑於國內 5.56×45mm T91 步槍服役已久，已漸不符未來戰場環境需求，陸軍刻正推動下一代制式步槍換裝計畫，計畫仍採用 5.56×45mm 彈藥，軍備局第 205 兵工廠目前針對陸軍需求已開發出 XT112 新式步槍，刻正執行研製相關測試。XT112 新式步槍延用 T91 步槍之氣體傳動機構，採用全新戰術滑軌護手，並配備光學瞄準鏡，可快速瞄準射擊，並增加左右手人因工程操作界面，大幅增加戰術運用彈性。

此外，國防大學理工學院自 100 年起與軍備局第 205 兵工廠合作開發新式自動武器傳動機構迄今，該機構已獲得中華民國發明專利，專利名稱為「可連續擊發槍管後座式自動武器循環射擊機構」 (於 106 年 6 月獲證，證號 I585359[5])。此新式機構理論為國防大學理工學院動力及系統工程學系孫懷谷榮譽教授所獨創，屬全球獨一無二之自動武器機構，可應用於步槍或機槍等高膛壓連續射擊式自動武器上，亦可變化應用於低膛壓自動武器，如衝鋒槍。該新式傳動機構與一般步機槍慣用之氣體傳動原理不同，採用槍管短後座搭配慣性驅動傳動原理，軍備局第 205 兵工廠亦已完成此型機構雛型步槍製作，並經性能及耐久測試，初步驗證新式傳動機構步槍具有零件數少、重量輕、震動小、精準度高、後座力低及容易保養等特點，且無氣體傳動裝置，沒有活塞及氣孔積碳問題，具良好發展之潛力。

二、美軍步兵武器使用彈藥口徑演進及影響

北約第一代通用彈藥為 7.62×51mm 口徑，於二戰後由美國為首的同盟國所制定，用於美造 M14 自動步槍、M60、M240 機槍，以及國造 57 式步槍、57 甲式機槍等。膛壓初速高、威力強大的 7.62mm 口徑彈藥導致 M14 步槍長且重，步兵之武器彈藥攜行負擔重，彈藥攜行量少，而這些缺點全在越戰時期曝露出來。當時越共使用的是 AK47 步槍，不僅槍身較短(870mm (AK47) / 1,118mm (M14))，重量較輕(4.3 kg (AK47) / 4.5kg(M14))，彈藥也因較小型(7.62×39mm(AK47) / 7.62×51mm(M14))能攜帶更多發(AK47 步槍配賦 30 發長彈匣，M14 步槍則以 20 發彈匣為主)。適於長距離精準射擊的 M14 步槍並不適於與快速移動的目標短兵相接，且全威力彈藥的 M14 步槍後座力強大，加上瓦斯傳動原動力作用軸線與復進簧力軸線不在同一條線上，連續射擊時的槍口上揚導致第 3 發以後的彈藥很難打到目標。相對地，AK47 步槍在短距離的火力發揚更具優勢。經過深刻檢討，美軍改以 5.56×45mm 口徑為主的 M16 步槍發配到第一線，M16 步槍「三發點放」的射擊模式也在此時凸顯其節約彈藥的優勢而成主流[6]。但是，氣體傳動機構容易在戰時射擊時間過長、無暇保養情況下，產生氣孔及活塞堵塞，造成射速會逐漸變快，全自動射速從正常狀態下的每分鐘 750~850 發，大大提高到每分鐘 850~1,000 發。另外由於槍機開鎖時殘餘膛壓高，殘渣也增加了膛壁與彈殼之間的磨擦力，因此可能會出現卡殼和斷殼現象[7]；以上為氣體傳動原理先天物理性設計缺失。

彈藥小型化讓火藥裝藥量減少，服役初期的確讓步兵減輕負擔，然而貫穿力及有效射程也隨之下降，在經過多年後於防彈衣漸漸普及且抗彈等級越來越高的戰場上，美軍逐漸發覺以 M193 普通彈及 M855 穿甲彈已無法有效殲敵，成為第一線戰鬥人員的夢魘；因為 M193 普通彈面對現代化防彈衣穿透力不足，M855 穿甲彈對於軟目標穿透力過強，硬目標穿透後無法有效殺傷目標。因此，美國陸軍計劃用 M855A1 (Enhanced Performance Round, EPR) 性能提升彈藥替換 M855 彈藥。原本 M855A1 (EPR)穿甲彈之彈頭為特殊鋼芯穿透體在前、

錫鉛合金配重塊在後，經過反覆試驗，M855A1 最終採用在特殊鋼芯穿透體在前，銅合金配重塊在後，同時解決鉛材料對生態環境的污染，亦克服了錫鉛合金對高溫敏感、容易融化的問題，表現超過美國陸軍預期，認為其增強了對硬目標的侵徹能力，提升了準確性和初速，使彈藥的殺傷力大幅提高[8]。M855A1(EPR)特殊鋼芯穿透體相較於 M855 穿甲彈之尺寸增長增寬且突出銅皮，雖然穿透力已經可以貫穿 NIJ III 級抗彈板，性能超越 7.62×51mm M80 普通彈，但仍然無法貫穿 NIJ IV 級抗彈板[9]。圖 1 為 M193、M855、M855A1 彈藥外觀比較圖。



圖1. 左一為M193、左二為M855、右二為M855A1彈藥（鋼心外露、錫鉛合金核心）、右一為M855A1（鋼心外露、銅合金核心）彈藥[10]

5.56×45mm 口徑性能提升彈藥尚有 MK262 狙擊專用彈、MK318 比賽專用彈、M995 穿甲彈等。MK262 狙擊專用彈除了適合用於精確射擊，也同樣適用於提高短槍管步槍的殺傷力。MK318 比賽專用彈適合短槍管射擊提高精度及降低槍口焰。M995 穿甲彈具有卓越穿甲性能之穿甲彈，使用昂貴鎢合金，造價高昂。

雖然美軍擁有 M855A1 (EPR)、MK262、MK318、M995 等先進 5.56×45mm 彈藥，卻仍於 2017 年公布 NGSW 新世代班用武器計畫，對外公開發求新的口徑彈種（指定 6.8mm

口徑)，及可發射新口徑 6.8mm 彈種之新式步槍及輕機槍。最後有 3 家軍火商進入決選，分別是 General Dynamics 通用動力公司、Textron System 德仕隆系統集團、及 SIG Sauer 西格紹爾等 3 家（如圖 2）。參與競標的公司使用各種方法，來讓 6.8mm 彈藥擁有如同 7.62mm 彈藥的殺傷力，卻不會有大口徑子彈太重、後座力又大的缺點。



圖2. 美軍新世代步機槍決選之3款槍種及彈藥[11]

其中最主要的方法，是大幅度提高彈藥的膛壓及初速，這賦予彈頭極大的動能，變得更有侵徹力及殺傷力，也讓彈道更為平直，有效提升射擊精準度。美國陸軍 NGSW 計畫之新式彈藥及步機槍評選由西格紹爾(SIG Sauer)得標後，美軍預計採購 15,348 枝 XM5 步槍、1,704 挺 XM250 機槍、及 11,994 具 Vortex XM157 瞄具配發部隊測試，完成後將以 M5、M250 和 M157 作為正式編號，進行全軍採購換裝，將取代現役 5.56mm 口徑之 M4 步槍和 M249 機槍，成為新一代美軍主力步兵武器。依西格紹爾(SIG Sauer)官方網站資料，MCX-SPEAR（美軍軍用名稱 XM5）可射擊 6.8×51mm 135 格令 (grain) FMJ 金屬全包覆彈藥（使用標準銅殼，訓練用彈，低膛壓）及 150 格令 (grain) Hybrid 彈藥（如圖 3），使用銅殼及不鏽鋼殼結合之複合式彈殼，戰時用彈，高膛壓，80,000psi（每平方英寸磅力，lbf/in²），槍口初速 16 英尺測試槍管 2,830 英尺/秒(ft/s)，24 英尺測試槍管 3,120 英尺/秒(ft/s)，XM5 步槍槍管長 13 英尺，空槍重量 3.8 公斤[13]。新世代步槍 6.8×51mm 彈藥體積比 5.56×45mm 彈藥大，重量重，彈匣容量僅 20 發，因此攜彈量勢必較 5.56×45mm 彈藥為少[14]。



圖3. 西格紹爾2019年新開發「0.277怒火子彈」[12]

表 1 為美軍新世代 6.8×51mm (.277in) SIG Fury 彈藥、6.8×43mm Hornady BLACK Remington SPC 彈藥、美造 M855A1 彈藥、美造 M855（國造 TC74）彈藥及美（國）造 M193 彈藥之性能比較。由本研究整理比較可知，美軍新世代 6.8×51mm (.277in) SIG Fury 彈頭重量比 7.62mm M2 AP 彈頭輕，但是兩者動能卻是相當接近。如果 6.8×51mm (.277in) SIG Fury 彈頭內部採用特殊合金作為穿甲金屬，其穿甲力有可能超越 7.62mm M2 AP 彈（其全彈頭及芯部參數如表 2 所示），而能夠貫穿 NIJ IV 級抗彈板。反觀 6.8×43mm 及 5.56×45mm M855、M855A1 彈藥之動能，均與 7.62mm M2 AP、6.8×51mm (.277in) SIG Fury 彈藥相差甚遠，故無法貫穿 NIJ IV 級抗彈板。5.56×45mm M855A1 和 M855 穿甲彈雖然同為 NIJ III+ 等級，但兩者穿甲能力及綜合性能 M855A1 遠優於 M855，所以美國各軍種除特種作戰部隊外，已於 2017 年全面使用 5.56×45mm 口徑 M855A1 彈藥[8]。圖 4 為 NIJ 抗彈等級可抵擋彈藥種類示意圖，本研究將相關彈種對應之 NIJ 防護等級整理至表 1 內。

表1. 6.8、5.56及7.62mm彈藥性能比較表[15-17]

彈種	彈頭重 (grain)	膛壓 (psi)	槍口 初速 (ft/s)	能量 (ft·lbf)	NIJ 等級
7.62 × 63mm M2 AP 穿甲 彈	165	60,200	2,800	2,872	IV
6.8 × 51mm (.277in) SIG Fury 穿甲彈	150	80,000	2,830	2,667	IV*
5.56 × 45mm M855A1 穿甲 彈	62	62,366	3,150	1,371	III+*
5.56 × 45mm M855 穿甲 彈	62	62,366	3,110	1,325	III+*
7.62 × 51mm M80 普通彈	147	60,200	2,800	2,559	III
6.8 × 43mm Hornady BLACK Remington SPC 普通彈	110	55,000	2,575	1,619	III*
5.56 × 45mm M193 普通彈	55	55,000	3,260	1,294	III*

*表示非為 NIJ 標準測試彈藥，由本研究蒐集相關文獻及彈頭重量、初速研判其對應 NIJ 抗彈等級。

表2. 7.62mm M2 AP彈藥全彈頭及芯部尺寸[18]

Ammunition	7.62-51 FFV Bofors AB	7.62-51 Hirtenberger Patronfabrik	7.62-51 AP Fabrique National	30-06 AP M2 US Government Arsenal
Total weight (g)	8.21	9.45	9.75	10.69
Core weight (g)	5.93	4.32	3.8	5.17
Core diameter (mm)	5.59	5.59	6.08	6.22
Core nose angle (deg)	58	flat - 2.27mm	45	54
Core hardness (Hv)	1450	750	870	785
Core material	Tungsten carbide	Steel	Steel	Steel




圖4. NIJ抗彈等級可抵擋彈藥種類示意圖[19]

美國國防部定義武器的有效射程為「預計武器準確並達到預期效果的最大距離」[20]。也就是武器對預定目標射擊時，能達到預期的精準度和威力要求的最大距離。各種武器的有效射程依其性能及目標種類而定；與有效射程有關之武器性能，包含槍管長度（槍管內有膛線之距離）、彈藥膛壓曲線（膛內壓力&時間或彈程之變化曲線）、彈藥初速（彈頭飛出槍口之速度）及彈頭種類（包含彈頭外型、彈道係數、彈核配置、材質、形狀、重量）等槍管及彈藥之設計參數，這些參數亦與彈頭之膛內彈道、膛外彈道及終端彈道表現息息相關。

如果彈種相同，與有效射程直接相關就是槍管長度。槍管越長，射程越遠，但是增程效果隨著槍管長度增長而遞減，而且槍枝重量也隨之越重，不利持久射擊，所以通常不會為了增加射程而增加槍管長度，否則會喪失其戰術運動靈活性。美國新世代 XM5 步槍槍管長度僅 13 英吋（T91 步槍 16 英吋），其增加射程方法為採用高膛壓彈藥，如此槍管厚度需要加厚，或採用特殊輕量化高強度合金鋼，彈藥也需使用鋼殼底座以承受高膛壓。

彈頭在槍管內經發射藥燃氣壓力及膛線作用上，高速旋轉飛出槍口，出槍口後速度及能量達到最大峰值，之後在地心引力及空氣阻

力作用下，其彈道呈現向下彎曲之曲線。不同彈種，由於其彈頭外形、重量、質心及材質不同，因而產生不同之彈道曲線及終端彈道效應。通常彈頭較輕者，雖然槍口初速高，但是其質量慣性小，在受到空氣阻力作用下速度衰減也較快，也較容易受到側風影響其射擊精度。所以報載國造 XT112 戰鬥步槍加裝新式瞄準鏡後，接戰距離可以達到 1,200 公尺，除非槍管增加很長，以提高 5.56×45mm M193 及 M855 彈藥槍口初速，增加有效射程。然槍管增長初速並未等比例增加，有徒增重量疑慮，且 5.56×45mm 彈頭重量輕、速度衰減快、容易受側風影響，在 1,200 公尺的彈頭速度及精度，恐已無法造成有效殺傷及命中目標。

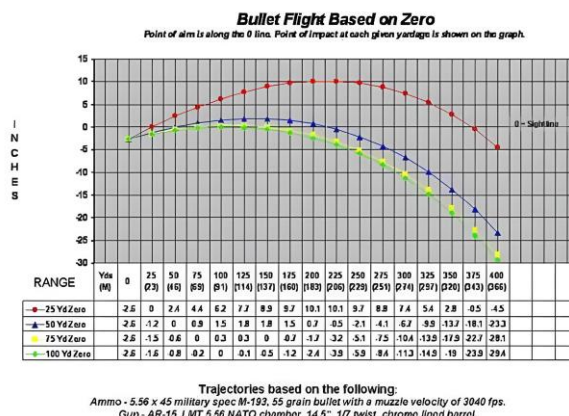


圖5. AR-15步槍射擊5.56×45mm M193彈藥之外彈道曲線[21]

圖 5 為美造 AR-15 步槍射擊 5.56×45mm M193 彈藥之 400 碼（366 公尺）外彈道曲線，槍管長度 14.5 英吋，紅色彈道為遠距離射擊彈道曲線，最大彈道高已達 10 英吋（25.4 公分），所以該種彈藥僅適合 400 公尺以內之接戰距離。

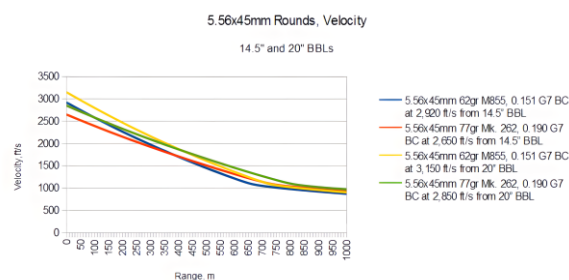


圖6-1. 5.56×45mm 62格令M855與77格令MK262彈頭速度衰退曲線圖[22]

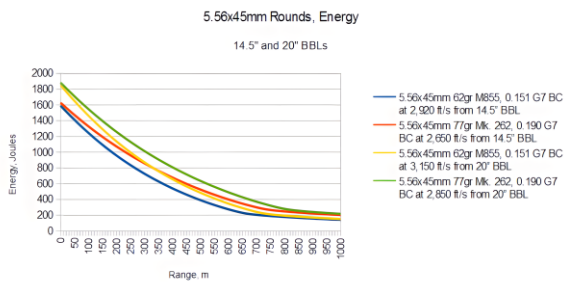


圖6-2. 5.56×45mm 62格令M855與77格令MK262
彈頭能量衰退曲線圖[22]

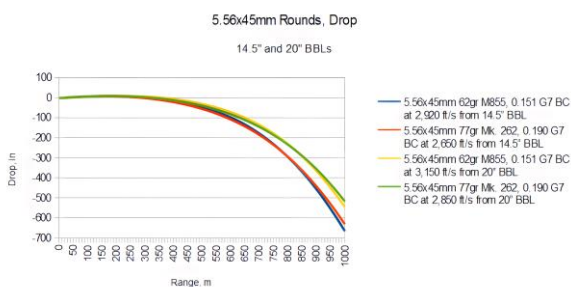


圖6-3. 5.56×45mm 62格令M855與77格令MK262
彈頭墜落值變化曲線圖[22]

圖 6-1 為 5.56×45mm 62 格令 M855 與 77 格令 MK262 彈藥之不同槍管長度其彈頭速度衰退曲線圖。當槍管長度為 14.5 英吋，槍口初速分別為 M855 彈藥 2,920 英呎/秒(ft/s)及 MK262 彈藥 2,650 英呎/秒(ft/s)。當槍管長度為 20 英吋，槍口初速分別為 M855 彈藥 3,150 英呎/秒(ft/s)及 MK262 彈藥 2,850 英呎/秒(ft/s)。在 1,000 公尺時，兩者速度均已衰退，M855 彈藥 14.5 英吋槍管 2,920 英呎/秒(ft/s)衰退至 930 英呎/秒(ft/s)，20 英吋槍管 3,150 英呎/秒(ft/s)衰退至 950 英呎/秒(ft/s)，速度衰退 68~70%。MK262 彈藥 14.5 英吋槍管 2,650 英呎/秒(ft/s)衰退至 1,000 英呎/秒(ft/s)，20 英吋槍管 2,850 英呎/秒(ft/s)衰退至 1,050 英呎/秒(ft/s)，速度衰退 62~63%。以上結果顯示，彈頭越重長距離射程下衰減較慢。圖 6-2 為 5.56×45mm 62 格令 M855 與 77 格令 MK262 彈藥之不同槍管長度其彈頭能量衰退曲線圖。當槍管長度為 14.5 英吋，槍口能量約為 1,600 焦耳。當槍管長度為 20 英吋，槍口能量約為 1,900 焦耳。在 1,000 公尺時，兩者能量均已衰退至 200 焦耳，雖仍高於人體基本傷殺力 78 焦耳，但已無法對身穿防彈衣及頭盔之敵人有效殺傷。圖 6-3 為 5.56×45mm 62 格令 M855 與 77 格令 MK262 彈藥之不同槍管長度

其彈頭曲線墜落值變化曲線圖。槍管均為水平射擊，當槍管長度為 14.5 英吋，1,000 公尺射程彈道墜落值約為 650 英吋（16.5 公尺）。當槍管長度為 20 英吋，1,000 公尺射程彈道墜落值約為 530 英吋（13.5 公尺）。此圖顯示射程越遠，彈道越彎曲，接近直線之彈道僅約 400 公尺。而 M855 因為彈頭重量輕，其墜落值更為明顯，更不利於遠距離射擊。

三、傳統自動武器傳動原理介紹

自動武器傳動機構利用發射藥燃燒產生能量，驅動原動件帶動從動件進行開門、後座、退殼、拋殼、復進、進彈，閉鎖、備發等循環作動效應。一般自動步槍區分三大作用原理：氣體傳動式、槍機後座式及槍管後座式，其中以氣體傳動原理最為常見。國造 5.56mm T91 步槍及 XT112 步槍均為活塞短後座之氣體傳動式，原動件是活塞和槍機。美造 5.56mm M16 及 M4 系列步槍沒有活塞裝置，係採用氣體直推槍機方式運作，原動件則僅為槍機。德造 5.56mm HK33 步槍採用滾輪延遲反衝式，槍機滾輪閉鎖而不牢，屬於槍機後座之半自由槍機後座式，原動件是槍機和彈殼。美造 Barrett 巴雷特 0.5in(12.7mm) M107 式半自動遠程狙擊槍（或作為大型反物資步槍），屬於槍管短後座式傳動，旋轉閉鎖，原動件是槍管和槍機，具有槍機助退器協助槍機後座到位。

美造 Barrett 巴雷特 M107 式半自動狙擊槍具有槍管、槍機與復進簧作用力軸線接近在同一條線上之特性。如果槍管、槍機與復進簧作用力軸線在同一軸線上，且靠近甚至通過機構系統質心，則槍枝震動力會降低許多，精度可大幅提升。HK33 步槍槍機及復進簧作用力軸線亦同在一軸線上且接近系統質心，亦可作為精準度高之狙擊步槍。若原動力作用軸線及復進簧作用力軸線遠離機構系統質心甚遠，則會增加旋轉力矩與軌道約束力，導致射擊時槍枝震動較大影響射擊精度，尤其在連續射擊時更為明顯。

依前述所提，氣體傳動原理具有先天物理性設計缺失，容易在戰時射擊時間過長，產生氣孔堵塞無暇保養情況下，射速會逐漸變快。另外，氣體直推式槍機因為容易積碳，需要增加槍機助推器裝置協助槍機閉鎖，增加槍枝結構複雜度及重量。此外，槍膛內氣體藉由導氣

管向後傳送，除了將槍機推開外，殘餘氣體亦會自槍機拉柄與上節套間隙中竄出，有可能會噴入射手眼睛，影響射手瞄準。

槍機後座式原理區分自由槍機後座式（又稱簡單反衝式）及半自由槍機後座式，國造 9mm T77 衝鋒槍屬於簡單反衝式，由於槍機為閉而不鎖式設計，槍機質量通常較重，加上射速高達 1,200 發/分鐘，欠缺 2 或 3 連發扳機機構，全自動連續射擊容易槍身震動過劇精度不佳浪費彈藥。此型傳動原理僅適用於低膛壓彈藥，如 9mm 手槍彈，否則容易產生斷殼及膛炸之風險。德造 HK MP5 衝鋒槍採用滾輪閉鎖延遲開門設計，屬於半自由槍機後座式傳動，改良了前述自由槍機後座式缺點，射速穩定，約 800 發/分鐘，為世界著名之衝鋒槍之一。滾輪閉鎖延遲開門可進一步應用在高膛壓之步槍彈上，如 7.62mm HK G3 及 5.56mm HK 33 步槍，射速約 700~800 發/分鐘。

槍管後座式傳動原理目前僅少數步槍應用，如 General Dynamics 6.8mm RM277 步槍，其作用原理為氣體傳動及槍管短後座複合式傳動原理[23]；單純使用槍管短後座式傳動原理，則尚未有任何現役步槍槍種使用。

四、國造 XT112 新式步槍與新式機構步槍之比較

新式傳動機構與前述氣體傳動式、槍機後座式及槍管後座式不同，採用世界獨創之「槍管短後座搭配慣性驅動原理之複合式傳動」原理。該型機構動力來源為擊針撞擊底火引爆子彈中發射藥燃燒產生高溫高壓氣體之後座力，推動原動件（槍管及槍門）帶動從動件（槍機）後座，配合槍管簧、槍機簧及復進簧對機構運動能量的吸收、貯存及釋放，使能夠達到循環射擊之效果。慣性驅動原理係指子彈擊發後，發射藥燃燒產生大量高壓氣體，膛壓後座使彈殼向後擠壓槍門，使槍門往後運動壓縮高剛性之槍機簧，而此時槍機因質量慣性效應保持暫態靜止，復進簧預壓力亦提供槍機向前支撐力，造成槍機內之槍機簧受槍門之直線自由行程擠壓，槍機簧壓縮累積能量後再伸張釋放能量傳遞給槍機，槍機接收槍機簧之釋放能量後，繼續後座壓縮復進簧，帶動槍門之凸輪銷（門鎖撥桿）沿槍機凸輪槽輪廓約束運動，形成旋轉開門、退殼及拋殼之連續作動。新式機

構步槍循環射擊作動說明：

- (1)閉鎖：槍機及槍門將子彈推進槍管時，因凸輪銷固定於槍門，凸輪銷與槍機凸輪槽互為圓柱接頭約束，形成槍門行進間旋轉與槍管套閉鎖，閉鎖齒互相重疊，此時為備發狀態。
- (2)擊發：射手扣板機時，釋放擊錘撞擊擊針，擊針瞬間撞擊底火引爆子彈中發射藥，發射藥燃燒產生之高溫高壓氣體於槍管內形成膛內壓力（簡稱膛壓），使彈頭向前，彈殼膨脹貼壁及向後後座。
- (3)開門：彈藥擊發瞬間，槍門與槍管套尚保持閉鎖狀態，在膛壓力作用下同時後座，向後壓縮高剛性槍機簧，槍機此時因慣性及復進簧向前預壓力，形成暫態靜止，而槍門凸輪銷與槍機凸輪槽有一段直線距離，此距離即為槍管後座之自由行程距離。當槍管及槍門於直線自由行程中後座時，會藉由壓縮槍機簧將能量傳遞給槍機，槍機接受足夠能量往後運動並壓縮復進簧，同時帶動槍門順著槍機凸輪槽軌跡反方向旋轉，使槍門閉鎖齒脫離槍管套，形成不重疊狀態，進而完成開門。
- (4)退殼、拋殼、復進、進彈：槍門與槍管套脫離，槍管碰撞到停止面後即受槍管簧作用往前運動歸位。此時槍機持續後座，帶動槍門退、拋殼，並持續壓縮復進簧達到最大後座行程。當槍機後座到位，復進簧釋放貯存之能量推動槍機及槍門復進，槍門齒順勢推動次發子彈進槍管內，即完成一次自動武器射擊循環。

新式機構步槍採用槍管短後座及慣性驅動系統之傳動作用原理，經過實證具有以下優點：（美造 M4 步槍、國造 XT112 新式步槍與國造新式機構步槍性能比較如表 3）

- (1)零件數少、重量輕（無氣體傳動裝置、無其他槍管短後座武器慣用之加速器、復進簧導管無需放置衝擊力平衡塊），離型槍全槍重僅 2.9 公斤（含空彈匣）。
- (2)沒有氣體傳動之氣孔氣管堵塞活塞咬死問題，保養容易。
- (3)可利用簡單手工具快速更換槍管，戰術運用彈性高。
- (4)採用槍管短後座原理，槍管與槍門承受彈藥及發瞬間強大能量同步後座，彼此之間僅旋轉摩擦無撞擊，門鎖距離尺寸不易磨耗

- (膛深)，槍管壽限大幅提昇。
- (5)沒有氣體直推式武器之噴氣影響射手瞄準問題。
- (6)不需要使用槍機助推器協助槍機閉鎖，減輕全槍重量。
- (7)原動力作用軸線及復進簧作用力軸線接近機構系統質心，且作用力在同一軸線上，機構運動不易產生震動，射擊精度佳，精準度高。
- (8)具有新型緩衝裝置，槍枝震動及體感後座力低，減輕射手射擊壓力。
- (9)採槍族模組化設計，與 T91 步槍下半槍高度通用，生產補保容易。

表3. 美造M4步槍、國造XT112新式步槍與國造新式機構步槍性能比較表

項次	比較項目	美造 M4 步槍	國造 XT112 步槍	國造 新式傳動 機構步槍
1	槍枝重量	輕(≤ 3 公斤)	重(≥ 3 公斤)	輕(≤ 3 公斤)
2	槍枝保養需求	高 (繁瑣)	高 (繁瑣)	低 (簡單)
3	槍管快速更換功能	無	無	有
4	門鎖距離變化	快	快	慢
5	噴氣影響射手瞄準問題	有	無	無
6	是否需要槍機助推器	需要	不需要	不需要
7	原動力作用軸線及復進簧作用力軸線是否接近機構系統質心，且作用力在同一軸線上	否	否	是
8	槍枝震動及體感後座力	高	高	低
9	槍族模組化設計	是	是	是

五、討論

美軍雖已開發出各式 5.56×45mm M885A1(EPR)、MK262、MK318 及 M995 等性能提升型彈種，以及相關衍生型如 M856A1

穿甲曳光彈及 XM996 暗光曳光彈等彈藥，但仍提出 6.8×51mm 彈藥口徑彈種及武器開發案，研判應是 5.56×45mm 口徑彈種性能已提升至極限，但仍無法滿足美軍近年及未來戰場環境之作戰需求。美國、北約國家及我國均有為數龐大之 5.56×45mm 口徑彈藥，彈藥口徑異動牽涉範圍非常廣泛，包含新口徑彈藥及槍枝研發生產技術移轉或自行開發，生產機(模)具重新採購開發，生產線重新建立，生產品保人員教育訓練，部隊戰術戰法訓練，以及後勤補保體系修訂更新，均需要投入大量資金、時間及人力成本。所以預判美軍目前在 6.8×51mm 彈藥槍枝換裝初期應為 2 種口徑(6.8×51mm 及 5.56×45mm)之彈藥及槍枝同時量產及使用；隨者時間漸漸推移，6.8×51mm 彈藥生產數量逐漸增多、5.56×45mm 彈藥因減少量產數量漸減，最後逐步由 6.8×51mm 彈種完全取代，大約需要 10 年或更久時間方能完成全面換裝。

目前軍備局 205 兵工廠刻正開發 5.56mm 及 6.8mm 口徑新式機構步槍，如果兩款口徑之新式機構步槍均開發成功，將有不同之意義。5.56mm 新式機構步槍開發成功，將代表國軍有機會擁有世界上最輕的 5.56mm 戰鬥步槍(槍管長度相同下)、世界上少數具有快速更換步槍槍管功能，且零件不用鍍膜即能大幅減輕士官兵槍枝保養負擔，降低生產及後勤補保成本。6.8mm 口徑新式機構步槍如果開發成功，除具有前述 5.56mm 新式機構步槍之優點外，亦可作為後續如果我國決定跟進美國及北約國家腳步，決定採用並可獲得 6.8×51mm 口徑軍用彈藥後，則已開發完成之 6.8mm 口徑新式機構步槍，理論上在原構型不變下，將槍管及槍機等擊發機構尺寸，以及槍管簧、槍機簧及復進簧等彈簧參數進行調整研改，預判可縮短新槍開發時程，並與國際發展趨勢接軌。

六、結論與建議

5.56×45mm 彈藥自美軍 1963 年開始服役迄今已使用及發展 60 年，然隨著抗彈工程科技日益先進，對於身穿高抗彈等級防彈背心及頭盔之敵方，由美軍多次實戰經驗顯示已越來越無法有效殺傷。在中共解放軍防彈背心等級大幅提升，及美軍決定採用 6.8×51mm 高膛壓彈藥取代 5.56×45mm 彈藥之局勢下，建議

我國應該一方面盤點確認國內現有 5.56×45mm 口徑彈藥性能，是否可滿足因應不斷精進之抗彈技術，以及防護背心抗彈等級之提升；另一方面，密切關注美軍後續 6.8×51mm 彈種及槍枝使用情形，以及北約國家是否跟進開發及使用 6.8×51mm 高膛壓彈藥及槍枝，作為我國未來 6.8×51mm 彈藥槍枝開發及採用之決策參考。

參考文獻

- [1] 何豪毅，【下一代步槍 2-2】幡然悔悟！美國陸軍下訂新式 XM5 折衷 6.8 公厘口徑，匯流新聞網，<https://cnews.com.tw/>【下一代步槍 22】美國陸軍下訂新式 xm5 折衷 68mm 口徑/，2022。
- [2] Todd South, “More than a rifle: How a new 6.8mm round, advanced optics will make soldiers, Marines a lot deadlier,” Military Times, <https://www.militarytimes.com/news/your-army/2018/12/10/more-than-a-rifle-how-a-new-68mm-round-advanced-optics-will-make-soldiers-marines-a-lot-deadlier/>, 2018.
- [3] 秦鋒，解放軍一次買了 140 萬件防彈衣！這釋放了什麼信號？，軍武次位面，https://www.toutiao.com/article/6801385334039904782/?&source=m_redirect&wid=1658932205830，2020。
- [4] U.S. Department of Justice National Institute of Justice, “Ballistic Resistant Protective Materials,” NIJ Standard 0108.01, <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/099859.pdf>, 1985.
- [5] 國防部軍備局生產製造中心第二〇五廠，可連續擊發槍管後座式自動武器循環射擊機構，證書號 I585359，中華民國專利檢索資訊系統(<https://twpat.tipo.gov.tw>)，2017。
- [6] 何豪毅，【下一代步槍 2-1】迷信全威力彈美軍主導 7.62mm 越戰吃虧改 5.56 公厘，匯流新聞網，<https://cnews.com.tw/>【下一代步槍 21】迷信全威力彈美軍主導 762mm 越戰吃虧/，2022。
- [7] 軍迷菜鳥，SS109 與 M193，每日頭條軍事版，<https://kknews.cc/zh-tw/military/zxp9lqq.html>，2017。
- [8] 現代軍事，鬧劇一場-美國海軍陸戰隊將與陸軍使用同型子彈，每日頭條軍事版，<https://kknews.cc/zh-tw/military/686m5yp.html>，2017。
- [9] 李思平，美高層認為 5.56 公厘已經達到極限，是嗎？，尖端科技軍事雜誌社，<https://www.dtmddatabase.com/News.aspx?id=613>。
- [10] Travis Pike, “THE M855A1 – IS AMERICA’S NEW ROUND A REVOLUTION IN BALLISTICS?,” SANDBOXX, <https://www.sandboxx.us/blog/the-m855a1-inside-americas-new-round/>, 2022.
- [11] laststandonzombieisland, “NGSW? DON’T HOLD YOUR BREATH,” <https://laststandonzombieisland.com/2020/09/25/ngsw-dont-hold-your-breath/>, 2020.
- [12] International Ammunition Association, “Sig Sauer 6.8mm Next Generation Squad Weapon cartridge,” <https://forum.cartridgecollectors.org/t/sig-sauer-6-8mm-next-generation-squad-weapon-cartridge/33421>, 2019.
- [13] Ian McCollum, “SIG M5 Spear Deep Dive: Is This a Good US Army Rifle?,” Forgotten Weapons, <https://www.forgottenweapons.com/sig-m5-spear-deep-dive-is-this-a-good-us-army-rifle/>, 2020.
- [14] SIG SAUER, “The Next Generation Has Arrived,” SIG SAUER Official website, <https://www.sigsauer.com/blog/now-shipping-the-incredible-new-mcx-spear-rifle>, 2022.
- [15] Matthew Moss, “SIG Sauer Introduce .277 SIG Fury Cartridge,” TFB Newsletter, <https://www.thefirearmblog.com/blog/2020/01/15/sig-sauer-introduce-277-fury/>, 2020.
- [16] “.223 Remington,” Wikipedia website, https://en.wikipedia.org/wiki/.223_Remington#Comparisons.
- [17] 30-06 春田步槍彈，維基百科，https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/30-06_春田步槍彈。
- [18] Paul J Hogg, “Composites for Ballistic Applications,” ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/237240715>, 2003.
- [19] Spartan Armor Systems, “BODY ARMOR PROTECTION LEVELS SIMPLIFIED,” Spartan Armor Systems, <https://www.spartanarmorsystems.com/blog>

- /body-armor-protection-levels-simplified/
2020.
- [20] Military Factory, “maximum effective range(US DoD Definition),” https://www.militaryfactory.com/dictionary/military-terms-defined.php?term_id=3284.
- [21] PomeloFox, 歸零的較好選擇，痞客邦，<https://chaoyisun.pixnet.net/blog/post/65143375>，2017。
- [22] Nathaniel F, “Modern Intermediate Calibers 001: The 5.56x45mm,” TFB Newsletter, <https://www.thefirearmblog.com/blog/2016/07/22/modern-intermediate-calibers-001-5-56x45mm/>, 2016.
- [23] Defrev, BDT/GD-OTS RM277 Next Generation Squad Weapons (NGSW's) promo videos, <https://www.youtube.com/watch?v=BHYzfSkgZvc>, 2021.