

美軍新式環保彈藥 M855A1 簡介



作者簡介：少校教官黃榮發

陸軍官校專科 19 期

陸軍步兵學校正規班第 338 期

曾任排長、連長、訓練官、作戰官、教官。

現任步兵學教兵器組教官。

提要

- 一、為因應城鎮作戰需要，輕兵器均朝槍身短小、可快速反應、適合近距離戰鬥等方向來研發。美軍將 M16A2 步槍逐漸換裝為 M4 及 M4A1 卡賓槍，導致有效射程及殺傷力不足，在不更換槍彈口徑及節省經費原則下，積極尋找取代性彈藥。
- 二、基於環保意識抬頭，民意主張高漲，民生用品汽油因時代演進至無鉛，而這股潮流已如洪水般向軍中湧入。
- 三、本篇旨在研討 M855 彈藥優劣狀況及 M855A1 彈藥效能等相關問題，為本軍未來彈藥遴選之參考。

壹、前言：

英、美軍近代於阿富汗戰爭中，為提高武器精準度、避免造成附加傷害，以及作戰部隊反應作戰時，現行使用彈藥侵澈力不足。經研究發現現行彈藥 M855(同北約 SS109 彈、國造 TC-74 式半穿甲彈)不適合短槍管步槍(卡賓槍或戰鬥步槍)使用，為提升有效射程及殺傷力，因而積極尋找取代性彈藥。

而國造 T91 戰鬥步槍其設計是以國造 T86 戰鬥步槍為基體，融合 M16、AR-18、HK G36 等歐美設計概念，並參考美軍 M4A1 卡賓槍研製而成¹，均為短槍管步槍，且與 M4A1 膛線、口徑及纏度均相同，惟 T91 步槍槍管長度較長 7 公厘，但來自美軍在伊拉克及阿富汗的經歷驗證，5.56 公厘槍彈效能不足之主因為所使用之彈藥品質無法滿足城鎮戰需要，因此為提升 T91 步槍有效射程及殺傷力，他山之石可以攻錯，先進國家戰力提升方式，是值得我

¹ 李金龍，《國造 T91 步槍操作手冊》〈陸軍步兵訓練指揮部暨步兵學校、民國 93 年 10 月 15 日〉，頁 1-1。

們參考的。

另美造 M855 彈藥因內含鉛金屬，如使用後未清理可能產生具有毒性鉛化物，鉛在體內累積將引起鉛中毒，而大劑量的鉛會導致成人胃腸炎和兒童大腦損傷。長期接觸鉛化物容易患有貧血、便秘和腹部痙攣、神經錯亂、漸進性麻痺等症狀，嚴重時還可能出現腦癌。因此為符合作戰效益並兼具環保，故英、美著手研改 M855 半穿甲彈，並將新式彈藥命名為 M855A1。

貳、M855 與 M855A1 彈藥介紹：

一、發展沿革：

二次大戰結束後，北約國家將 7.62 公厘步槍彈作為北約標準槍彈(如圖 1-1)，至越戰初期發現此口徑步槍長而沉重，如後座力強的 M14 步槍，並不適合叢林作戰需要，且交戰距離太近，發揮不出 7.62 公厘彈藥的遠射程優點；為此，美軍在 1958 年開始研發 5.56 公厘 M193 步槍彈(如圖 1-2)，配用 M16 步槍，並於 1963 年應用在越南戰場。後來 5.56 公厘步槍彈成為新的北約標準彈，於 1980 年將彈頭重量從 3.5 公克增加至 4 公克，並將新式 M855 彈作為標準彈(M855 彈彈頭較長較重，彈尖部有鋼芯柱體以增加侵澈力，有效射程比 M193 彈更遠²)。7.62 公厘彈藥因其重量為 5.56 公厘彈藥雙倍，且後座力強大、持續射速無法支撐現代戰爭，且 M855 彈藥在相同重量下可攜行數量為 7.62 公厘彈藥兩倍，因此逐漸成為單兵主要攜行彈藥規格。

圖 1-1：7.62 公厘步槍彈



<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%AD%90%E5%BD%88>

圖 1-2:5.56 公厘 M193 步槍彈(圖中)



http://zh.wikipedia.org/wiki/5.56%C3%9745mm_NATO

² 《百度百科》官方網站，<http://baike.baidu.com/view/1129831.htm>

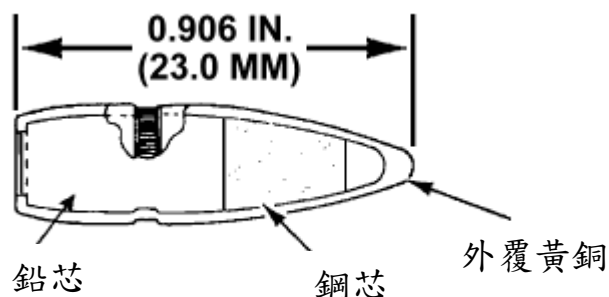
二、M855 彈藥介紹：

M855 彈藥是由彈丸、彈殼及拋射藥所組成，其中彈丸前方為鋼芯，後段由鉛所製成，外部包覆一層軟銅，彈丸前方為綠色塗漆，詳如圖 2。

圖 2-1：M855 彈藥組成



圖 2-2：M855 彈丸結構



<http://www.zerose.com/www/13/2010-01/223.html>

美國陸軍技術手冊 TM 43-0001-27

三、M855A1 彈藥緣起：

(一) 射程不足：

近年來英、美等國於阿富汗戰爭中，塔利班組織因使用 PKM 輕機槍及舊式蘇聯製 7.62 口徑 SVD 步槍，使得半數塔利班民兵攻擊距離約為 300 至 900 公尺，而英、美軍之單兵武器使用 M855 彈有效射程僅為 300-400 公尺(依據其槍管長度)，與實戰數據差距甚大。由此設定目標出現於 400-500 公尺，英、美軍可有效接戰，若出現於 600-900 公尺，將導致單兵武器無法有效遂行任務。

(二) 研發無鉛彈的起因：

1. 法令限制：

1993 年蒙特婁議定書要求各國減少使用鉛化物(如汽油添加劑)及加強含鉛電池回收³，以避免鉛元素對人體造成傷害。美國陸軍環境管理政策中亦要求所屬彈藥發展朝無鉛污染目標努力⁴。

³ Montreal Protocols, Executive Order (1993), EPA 17 List, AEC Study

⁴ Army's policy on environmental stewardship

2. 環境保護意識提升：

近年來大眾對於環境保護意識逐漸抬頭，因此不僅於美國國內射擊練習場地限制使用，國外亦有反對美軍使用鉛彈等行動。美國阿拉斯加州瓦思拉居民於 2009 年 6 月 16 日對居住地週遭設置靶場提出抗議，居民認為靶場不但造成當地房地產價值減低，而靶場設計忽略噪音、氣味及鉛污染，進而影響個人健康⁵。「一發接著一發、一盒接一盒射擊，殊不知鉛對我們的危害⁶」約瑟於二次改革基金會報告中提出，民間靶場每年射擊大約需要 400-600 噸鉛來製造子彈，而在 1970 年代即有相關文件指出，戶外靶場是鉛污染主要地區，而室內靶場則是射手鉛中毒主要場所⁷。

3. 鉛對環境之影響：

台灣為工業發達國家，汽、機車充斥，大量使用石化燃料⁸，產生酸雨主要致酸物質 SO_2 -4、 NO_3 -⁹，當上述物質與大氣中水份結合，便產生帶有硫酸、硝酸等水氣，經降雨過程後即所謂酸雨¹⁰，酸雨嚴重影響環境及植物生長。

4. 鉛對人體之影響：

鉛中毒會使成人再生系統、神經系統、腸胃、血液、腎臟造成損害及兒童大腦的損傷。長期接觸鉛化物容易有貧血、便秘和腹部痙攣、神經錯亂、漸進性麻痺等症狀，嚴重時可能出現腦癌，而兒童大腦及神經發展尚未完全更易受到損傷¹¹。輕兵器靶場常見有毒元素計有鉛、銅、鋅、鎘及砷等，其危險值及中毒主要傷害如附表。

⁵ 安克拉治日報 anchorage daily news,
<http://www.adn.com/2009/06/16/833392/shooting-range-draws-protests.html>

⁶ 二次改革基金會 <http://www.saf.org/>

⁷ Violence policy center, <http://www.vpc.org>

⁸ 台灣酸雨資訊網 <http://acidrain.epa.gov.tw/research/10.htm>

⁹ <http://www.acidrain.epa.gov.tw/understand/02.htm>

¹⁰ 行政院環境保護署-酸雨防治 <http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>

¹¹ 大英簡明百科中英對照知識庫, 2005 年 6 月 15 日出版, Dale H. Hoiberg

附表

美軍輕兵器靶場有毒金屬分析表			
金屬種類	8 小時接觸安全值 (mg/m ³)	危險值 (PPB)	主要身體傷害
鉛	0.05	0.05	對於再生系統、神經系統、腸胃、血液、腎臟造成損害，降低幼童學習能力，嚴重時可致癌。
銅煙	0.1	0.2	對皮膚、眼睛及呼吸系統產生刺激
鋅氧煙	5.0	5.0	具刺激性及微毒性
銻及銻化合物	0.5	0.5	對於神經系統、循環系統、腸胃、血液、肝臟、腎臟造成損害。
砷及無機化合物	0.01	0.01	對於神經系統、循環系統、腸胃、血液、肝臟、腎臟造成損害，皮膚病變，導致致癌。

1997/9/18, Battelle 公司針對美國陸軍環境中心提報報告 Final implementation guidance handbook: Physical separation and acid leaching to process small-arms range soils. 頁 78。

(三)彈藥研改過程：

M855A1 彈藥最初於 1996 年採鎢與尼龍複合材料，但效果不佳。後來採用鈹錫合金所製成，前方為鋼芯，外部包覆一層軟銅，彈丸前方為鐵灰色塗漆，彈丸重量約 4 公克，如圖 4。

圖 4：M855A1 初型彈藥圖說



<http://www.thefirearmblog.com/blog/2010/07/02/u-s-army-issues-new-green-m855a1-ammo/>

2007 年投入計劃進行實彈測試，直到 2009 年找出測試問題主因-溫度，因為鈹熔點為攝氏 271 度，錫熔點為攝氏 231.9 度，而合金熔點會比低熔點金屬還低，因此導致彈芯熔化。取代方案是採硬銅代替鈹錫合金¹²，改良後的彈藥名稱為 M855A1EPR(增強型彈藥)，主要是把 M855 全披甲彈頭改為半披甲，同時鋼、鉛複合彈芯改為鋼和硬銅，並已於 2010 年投入阿富汗作戰¹³。

新式 M855A1(如圖 5)改善了對硬目標的侵澈力，減少槍口火焰、提高初速，亦有更佳之穩定性及精準度¹⁴，增大了殺傷效果，減少鉛對環境的污染。短槍管步槍所使用之子彈，其火藥燃燒速度最佳理想化是燃燒時瞬間產生高溫、高壓的氣體須較多於高溫粒子(如圖 6)，使彈丸藉其瞬間強大氣壓推送(如圖 7)，以提升彈藥射擊初速，加強其飛行穩定與貫穿力。

¹² 《槍炮世界官方網站》，<http://www.gunsworld.net/ammo/556nato/556nato.htm>

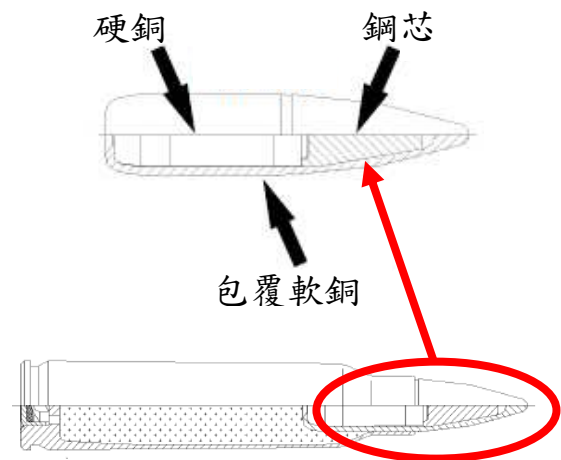
¹³ http://en.wikipedia.org/wiki/5.56_x_45_mm_NATO

¹⁴ 同註 13

圖 5：M855A1 EPR 彈藥



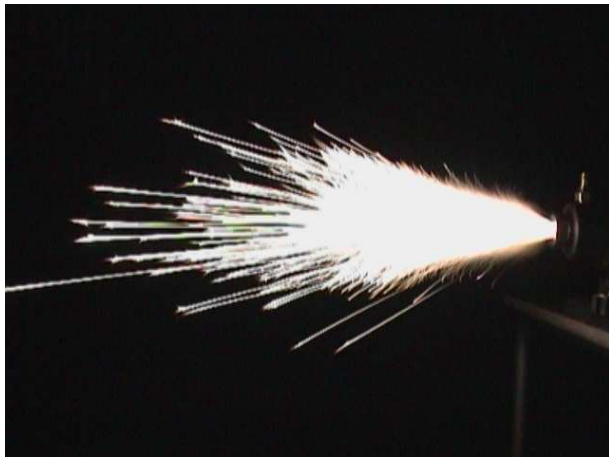
M855A1 EPR 彈頭結構



<http://www.gunsworld.net/ammo/556nato/556nato.htm>

2006/5/15-18, NAMMO, The Nammo Green Ammunition Experience ,
<http://www.dtic.mil/ndia/2006smallarms/mauritzson.pdf>

圖 6：底火無鉛燃燒火焰

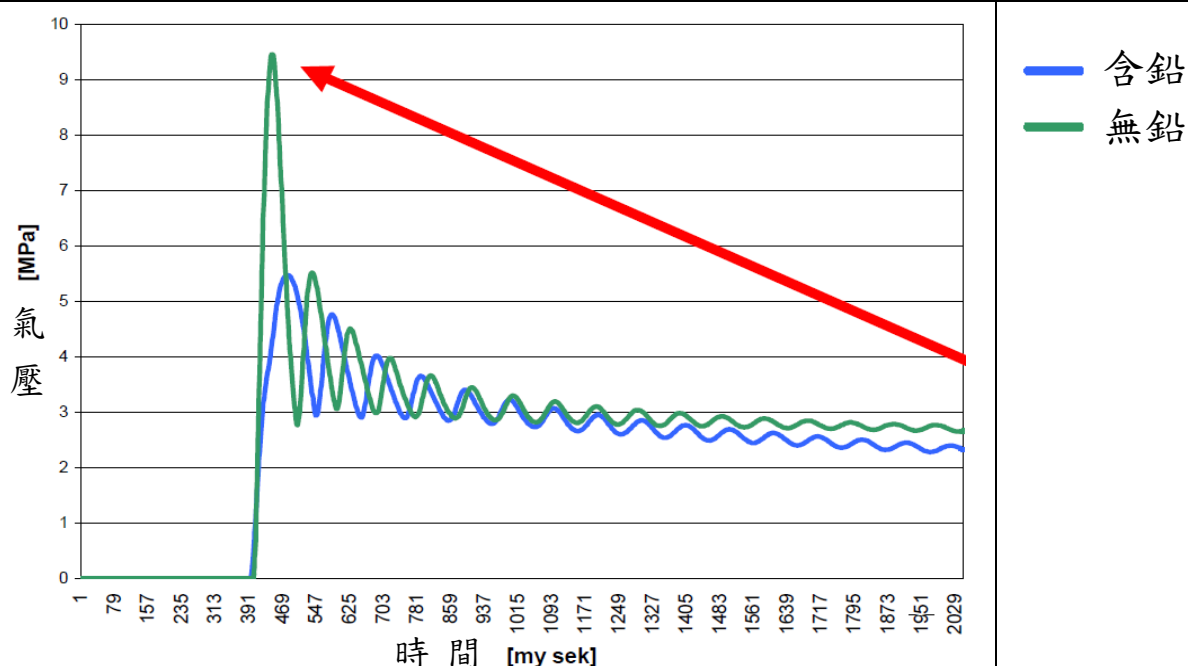


底火含鉛燃燒火焰



2006/5/15-18, NAMMO, The Nammo Green Ammunition Experience
<http://www.dtic.mil/ndia/2006smallarms/mauritzson.pdf>

圖 7：底火燃燒氣壓數據比較表



2006/5/15-18, NAMMO, The Nammo Green Ammunition Experience

<http://www.dtic.mil/ndia/2006smallarms/mauritzson.pdf>

參、M855 與 M855A1 效能比較：

英國於阿富汗巡邏部隊，最初只有配備 5.56 公厘口徑步槍 (L85A2 及 L86A2 輕型步槍) 及 L110A1 輕機槍，經實戰經驗和彈藥測試，得到步槍有效射程是 300 公尺，輕機槍只有 200 公尺(使用 M855 彈藥所測結果)，而美軍使用之 M4 步槍有效射程也只有 304.8 公尺¹⁵，由塔利班民兵攻擊距離約為 300 至 900 公尺來推算得知，有超過一半的接戰距離超出英、美軍步槍的有效射程範圍外¹⁶。

另外產生問題是 5.56 公厘 (M855) 彈藥缺乏制止力。一名美軍士兵手持 M4 步槍，在巷戰中突遇敵武裝人員，美軍搶先開火，子彈穿過對方身體，但似乎沒擊中要害，武裝人員中彈後仍端起手中 AK—47 突擊步槍繼續開火，這是美軍士兵在伊拉克和阿富汗經常遇到的情況。所以多數士兵希望使用大口徑槍枝，其主因為 5.56 公厘子彈制止力只有 7.62 公厘子彈的一半。經測試當子彈射速低於 730 公尺/秒，彈丸破碎程度將大幅降低(破碎程度如圖 8)。彈丸

¹⁵ http://epaper.gxnews.com.cn/ddshb/html/2010-05/26/node_212.htm

¹⁶ Anthony G Williams, 2010/9/23 修正版 The Next Generation / Biting the Bullet: The Case for a New NATO Rifle and Machine Gun Cartridge

破碎程度越小，則其所產生的暫時傷害區就越小，對人體的傷害程度也越小。彈丸速度高於730公尺/秒以上命中軟目標時，由於彈頭失穩翻滾，彈丸底部向前翻轉，在彈頭槽線產生的破片迅速向外碎裂，以增加創傷空腔的尺寸(滾翻效應¹⁷)。

圖 8：彈丸於各種初速撞擊後破碎程度比較圖

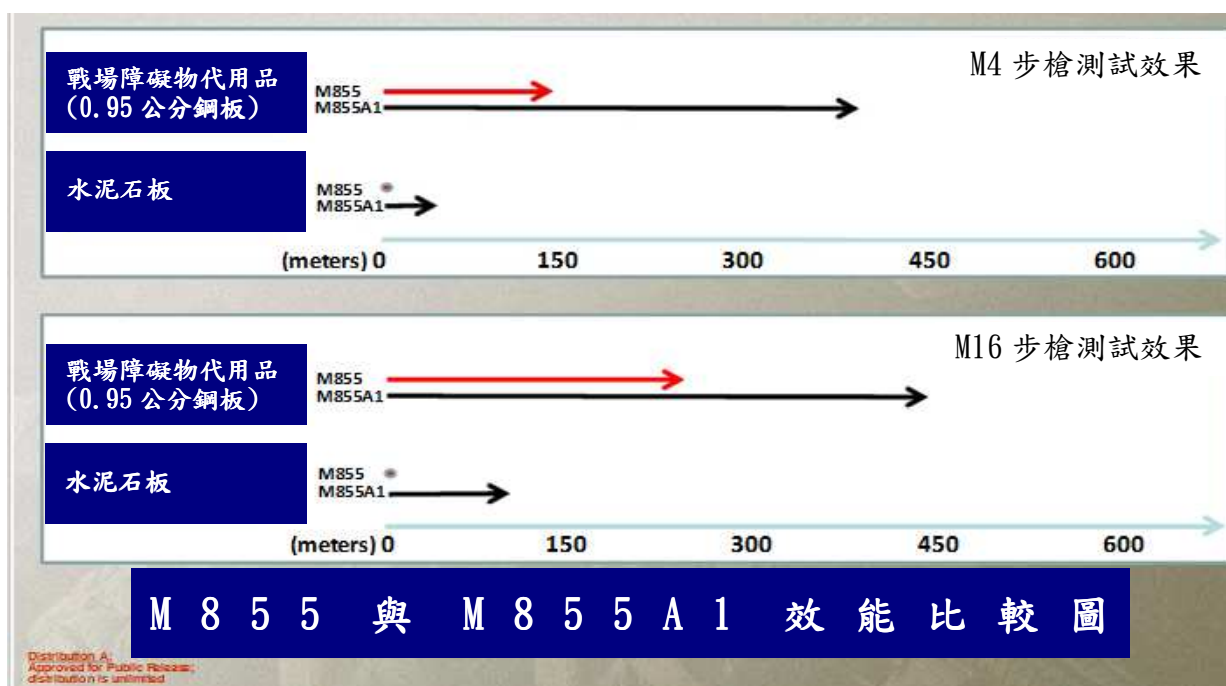


《2008/5/21, Gary K. Roberts, LCDR, USNR, Time for a Change》,

<http://www.docstoc.com/docs/18019950/Roberts-NDIA>

美軍在模擬實際戰場使用鋼板及水泥石板(中東房屋建材)，以 M4 步槍射擊 M855 與 M855A1 兩種彈藥做比較，得知 M855A1 其穿透力比 M855 增加數倍，且運用於 M16 步槍時亦然。下圖 9 為彈藥效能比較圖：

圖 9：M855 與 M855A1 效能比較圖



<http://usarmorment.com/pdf/M855A1.pdf>

¹⁷ 常和，《武器百科》〈台北縣、漢宇國際文化有限公司、西元 2008 年 7 月〉，頁 15-16。

肆、新式 M855A1 彈藥效益分析：

一、效能改善提升作戰效益：

- (一)提高對硬目標貫穿力:以 M4 卡賓槍射擊 M855A1 彈藥，可於 385 公尺處貫穿 0.95 公分均質鋼板，如圖 10。

圖 10：對均質鋼板貫穿力



<http://www.gunsworld.net/ammo/556nato/556nato.htm>

- (二)提供人員與物體一致的殺傷力:用於殺傷人員時，彈頭在進入人體後披甲碎裂，而鋼芯尖端和銅彈芯會分離並在人體內翻滾破壞人體組織，其制止力可與 7.62 公厘彈藥比擬；且在 1000 公尺可貫穿美軍防 7.62 公厘等級功夫龍防彈背心¹⁸。
- (三)重量無增加、提高射程、減少火光:M855 與 M855A1 彈藥重量均為 12.3 公克¹⁹，重量無增加，於訓練或實戰時無須重新適應其增加之重量；另有效射程提高，經測試 550 公尺射擊 20 公分見方鋼板命中率達 95%，精度約為 3.6 公分²⁰(T91 步槍射擊 M193 普通彈精度為 15 公分)；並改進為無鉛之發射藥，射擊時所產生槍口火焰也因而減少。以本軍為例，T91 步槍使用普通彈有效射程為 400 公尺，若配合 M855(TC74)半穿甲鋼心彈有效射程可達 600 公尺²¹，射程可增加約 1.5 倍距離。
- (四)無痕接軌、無痛換裝:因規格、重量、尺寸及彈道軌跡(如圖 11)等皆與原使用彈藥 M855 相同，在換裝及運用上均相同，

¹⁸ <http://usarmorment.com/pdf/M855A1.pdf>

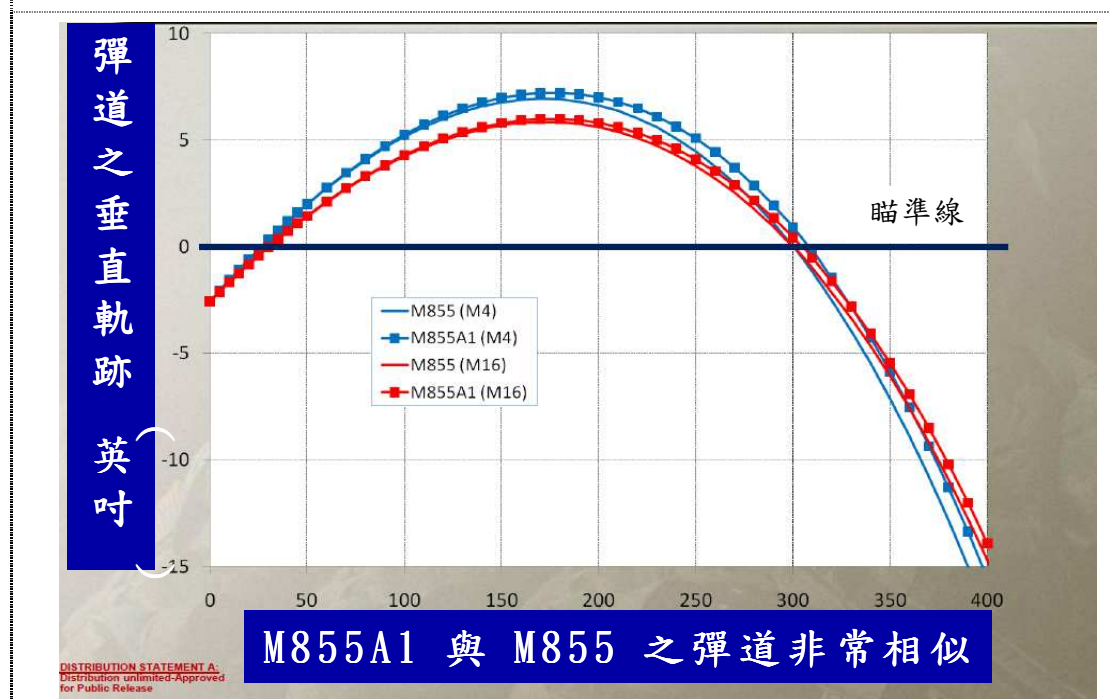
¹⁹ 同註 18

²⁰ 同註 18

²¹ 李金龍，《國造 T91 步槍操作手冊》〈陸軍步兵訓練指揮部暨步兵學校、民國 93 年 10 月 15 日〉，頁 2-1。

換裝無須適應期。

圖 11：M855 與 M855A1 之彈道比較圖



http://www.aschq.army.mil/ac/aaais/ioc/LCAAP/Industry_Day/634272332137343750.pdf

(五)能隨時應付戰場目標:英、美軍於阿富汗戰爭中發現目標出現距離大多超出有效射程(約 500 公尺²²)，如更換 M855A1 彈藥則可提升短槍管步槍射程，使其能符合戰場效益。

二、降低環境衝擊：

美國軍方及民間現許多訓練地區，已逐漸改為無鉛訓練場地，另於海外戰場當地居民也不歡迎鉛彈所造成的污染，因此使用無鉛彈可以增加可用訓練場地，亦可於海外參戰時減少民事事件。美軍因改用無鉛彈，每年約可降低 2000 噸鉛的使用量，減少射擊場地遭受鉛污染機會，不僅可以獲得環保美名亦可創造無鉛環境一舉數得。

伍、我軍因應作為：

一、統一回收使用：

現有彈藥 M855 因其彈丸部分含有鉛金屬，射擊後彈丸將留於被彈面或是山丘、溪流，待與酸性物質接觸後即行氧化作用產生有毒物質，為有效管制、降低管控成本，宜採統一回收、集中使用，將全軍彈藥集中管制分類，彈藥老舊批號者應移由

²² Scoot R. Gourley, ARMY, 2010/3/ XM-25 counter defilade target engagement system, P115

聯勤單位統一實施廢彈回收；批號年份新對於射擊精準度尚無顯著影響者，可集中統由訓練單位分批消耗。

我軍現有 M193 普通彈、M855 半穿甲彈數量龐大，應集中至教學單位統一使用，利用教學訓練逐漸消耗。教學單位師資班隊(如特等射手師資班、T91 步槍師資班等)應使用新式彈藥，因為彈藥底火受潮將影響射擊膛內彈道，其膛壓降低，終端彈道因而下修，影響膛外彈道因素將提高，為提升其教學效果，建立精準射擊能量，師資班應使用新型彈藥。

二、加強靶場設施：

教學單位靶場應改用特殊設計，以防止彈丸產生鉛化物，並編列相關維修及清運處理經費，每年定期處理靶場被彈面所留存彈丸，並於被彈面底部加強防水處理，以免背彈面彈丸與酸性雨水產生化學反應，使含鉛液體隨土壤滲入，直接汙染地下水。

三、研改現有彈藥：

美軍因 5.56 公厘彈藥效能不足，而部署少量 6.8 公厘口徑步槍，中共也為了提升輕兵器槍彈效能而研發 5.8 公厘槍彈，以滿足作戰需求；而新式 M855A1 單發價格為 0.38 美元²³，較 M855 成本僅多 0.12 美元，且 M855A1 經美軍測試後，其效能均能滿足作戰需求，故以研改現有口徑彈藥仍比更換武器口徑較節省成本。

本軍現有彈藥計有 M855 半穿甲彈、M856 曳光彈、M193 普通彈²⁴等均為含鉛彈，依據本篇報告相關資料文獻，無鉛彈效能均較一般含鉛彈效能更佳，然製程良窳仍影響彈藥品質，惟可協請軍備局 205 廠研製並實施驗證與評估，俾利未來作戰需求。

陸、結論：

M855A1 彈藥是專為短槍管步槍所設計研發，如美軍 M4A1 卡賓槍。而本軍 T91 步槍是參考 M4A1 卡賓槍及 T86 戰鬥步槍所製造，其文獻均顯示可適用該彈藥，然未經本軍現行武器實測，其數據仍屬參考。M855A1 彈藥效益如經實測證實，應優先採購並撥發至戰鬥部隊及使用 T91 步槍單位，以補足短槍管步槍射程及制

²³ http://www.inetres.com/gp/military/infantry/rifle/5.56mm_ammo.html

²⁴ 李金龍，《國造 T91 步槍操作手冊》〈陸軍步兵訓練指揮部暨步兵學校、民國 93 年 10 月 15 日〉，頁 3-51。

止力不足等缺點。另就成本效益來看，並可節省新口徑槍彈換裝之經費支出。

近年環境保護意識抬頭，據台灣時報報導指出校內埋 2000 噸重金屬恐污染水源²⁵，而學校每年射擊所產生廢金屬大約為 1.5 公噸，若未能積極妥善處理將造成環境污染，而美軍彈藥環保化期程規劃起於 2011 年，預計於 2012 達成，倘倭本軍能積極面對處理，化危機為轉機，藉妥善處理再加適當宣傳必能形成雙贏態勢。

²⁵ 洪創夫，《台灣時報》，2011/05/31，版 6，步校埋 2000 噸重金屬恐污染水源報導。