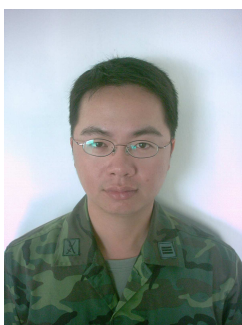


由新材質彈殼發展－談未來輕兵器彈殼之改良



作者簡介：

曾幸義上尉，志願役預官 88 年班，高雄應用科技大學畢業，現任步兵學校兵器組專業教官。

提要：

- 一、針對彈藥減重的部分，如美軍的 LSAT 系統、中共新型彈藥、德國的 G11 無殼槍彈及 NATEC 公司的塑料彈殼槍彈等加以說明。
- 二、目前 LSAT 計劃正在對兩種埋頭彈方案進行評估，這兩種方案都使用標準的 5.56×45 公厘 M855 普通彈彈頭：有殼埋頭彈(CT)方案採用塑料彈殼，無殼埋頭彈(CL)則顧名思義沒有彈殼。
- 三、武器系統讓我們發覺到，我們擺脫了沿用長達 150 年的金屬彈殼，新的武器結構新的彈藥類型將使單兵的戰力得到顯著的提升，對未來戰場的影響勢必深遠。

壹、前言

在 19 世紀中使用金屬彈殼裝彈是一種劃時代的發明，不僅有利於後膛裝彈閉鎖，更大幅減少裝彈所需時間，亦增加射擊效能，且在彈藥保存上得到很大的突破，也開啟了自動射擊的新境界，但是，自動射擊需要大量的彈藥消耗，金屬彈殼沈重的缺點逐暴露無遺；如美軍現階段 1 挺 7.9 公斤(17.5 磅)重的 M249 機槍，加上基本攜行彈藥 600 發總重量是 17.3 公斤(38.3 磅)，這個數字感覺上像是步兵可以接受的範圍，然而，對戰場單兵作戰能力影響極大，且現在戰爭對步兵的要求越來越高，在單兵或班的作戰任務下，其主要武器裝備發展變成重要關鍵，輕武器系統可以朝兩個方面發展，一是結構優化設計、新型材料選用及改進加工工藝的武器射擊平台，二是在保證單兵作戰效能下的彈藥減重，將大大提升單兵攜彈量及火力殺傷的持續性；在此針對彈藥減重的部分，如美軍的 LSAT 系統、中共新型彈藥、德國的 G11 無殼槍彈及 NATEC 公司的塑料彈殼槍彈等加以說明，以推動我軍下一代輕兵器槍彈發展的方向供未來改進之參考。

貳、現行美國、德國及中共彈材使用現況

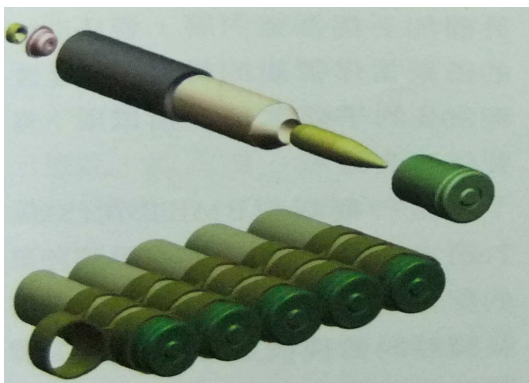
一、美軍推動 LSAT「輕武器輕量化技術」¹

開始於 2004 年的輕武器輕量化技術(LSAT)計劃是一項所謂的“技術基礎計劃”，由美軍“三軍輕武器計劃辦公室”負責管理。雖然該計劃的目的是開發 M249 SAW 5.56 公厘班用機槍的後繼產品，但從名稱上可以看出該計劃具有更高的目標，其影響必將涉及整個輕武器領域。該計劃之所以先選擇 M249 作為替代者，主要是由於新機槍系統對武器和槍彈設計均提出了嚴格的需求，再者能夠應用到輕機槍上的新技術也可應用到突擊步槍和卡賓槍上。

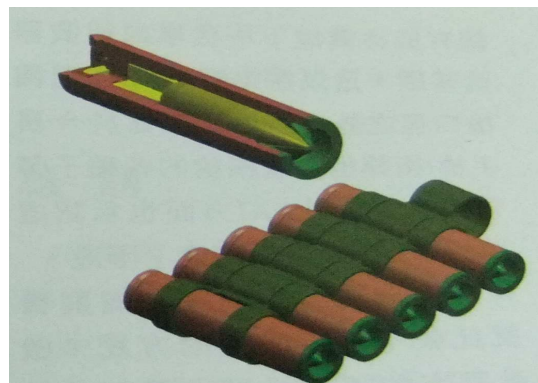
目前 LSAT 計劃正對兩種埋頭彈方案進行評估，這兩種方案都使用標準的 5.56×45 公厘 M855 普通彈彈頭：有殼埋頭彈(CT)方案(如圖一)採用塑料彈殼，無殼埋頭彈(CL)則顧名思義沒有彈殼(如圖二)，這兩種技術都是“先進戰鬥步槍”計劃遺留下來的產物：有殼埋頭彈很容易讓人想起“先進戰鬥步槍”計劃中斯太爾公司的設計(當時該公司使用的是箭形彈而非傳統的全金屬披甲彈)，而無殼埋頭彈方案更是公然採用了當年代，買特·諾貝爾公司為 G11 無殼彈槍開發的 4.7×33 公厘無殼彈的相關技術，作為新方案的基礎。

在不改變金屬彈殼的構型下，所發展的 PCA 塑料彈殼已趨成熟，其獨特的加工技術及材料的熱絕緣性，使武器使用安全性增加，為彈藥減重開啟新視野。

圖一：CT 有殼埋頭彈



圖二：CL 無殼埋頭彈



資料來源：

楊溫利，〈西方小口徑武器系統發展現況〉，《尖端科技》，西元 2010 年 7 月上，頁 63。

二、G11 突擊步槍的創新²

是由西德開發的新武器系統，計劃長達 20 年經費極高，但正當

¹劉蘭芳，〈探尋銀彈之旅－美軍輕武器槍彈發展回顧與展望〉，《輕兵器半月刊》，西元 2009 年 8 月上，頁 14~15。

²<維琪百科>http://zh.wikipedia.org/wiki/HK_G11%E7%AA%81%E6%93%8A%E6%AD%A5%E6%A7%8D

G11 完成研發之際，在 90 年代因華沙公約解散，冷戰結束，兩德統一，要動用大量經費購置新槍械及子彈的需求突然消失，G11 計劃雖然在技術上成功完成，但卻無訂單，從未大量生產，後來在 2002 年德國某集團向英國宇航購回無殼彈技術。

G11 使用 4.73X33 公厘無殼彈，由包著彈頭的推進火藥被壓製成正方體，槍身是無托式結構，槍機藏於後槍托內，而彈匣置於上方與槍管平行(與 P90 類似)，子彈則與槍管成 90 度，彈頭向下指，即士兵可以攜帶較多子彈，且彈匣部份容彈量更多，減少更換彈匣次數，因無拋殼窗設計，武器可以右手左手互換操作非常便利。

三、中共 5.8 公厘新型彈藥「合二為一」的 DBP 式 5.8 公厘普通彈³

(一)彈藥特性：

以 DBP95 式 5.8 公厘普通彈和 DVP88 式 5.8 公厘機槍彈為基礎，整體設計構想「內彈道像普通彈，外彈道像機槍彈」，調整槍管內彈道參數設計出不同長度及射程的作戰需求，並透過外彈道特性選擇和彈體型態的改良，使 5.8 公厘口徑槍彈的優勢得到充分發揮。

DBP95 式 5.8 公厘普通彈有覆銅鋼及塗漆鋼彈殼兩種類型，前者配伯爾丹式無銹蝕擊發底火孔，有 2 個傳火孔(如圖三)，後者配用博克賽式無銹蝕擊發底火孔，只有 1 個傳火孔(如圖四)，兩種類型彈殼的技術性能完全一樣。

圖三：覆銅鋼彈殼



資料來源：

饒昌政，〈DBP10 式 5.56mm 普通彈〉，《輕兵器半月刊》，西元 2011 年 12 月上，頁 22。

圖四：塗漆鋼彈殼



資料來源：

饒昌政，〈DBP10 式 5.56mm 普通彈〉，《輕兵器半月刊》，西元 2011 年 12 月上，頁 21。

(二)創新的突破及特性

³ 饒昌政，〈DBP10 式 5.56mm 普通彈〉，《輕兵器半月刊》，西元 2011 年 12 月上，頁 21-23。

1. 實現了 1 彈多槍的通用化設計

為武器彈藥生產的管理、生產線的簡化、平時的儲存與訓練、戰時的後勤供給及使用帶來極大的方便。

2. 提高了對銅披甲彈頭的認識

小口徑槍彈彈頭及殼，都採用 F11 覆銅鋼材料，但為了滿足班用機槍槍管 15000 發的壽命要求，DBP95 式 5.8 公厘普通彈改採用 H90 銅材料，但產生了熱槍管狀態下射擊散布面過大的現象，經由反覆的測試發現除了溫度外，槍管的陰陽膛線直徑、膛線條數、彈頭截面積與陰線之截面積比均有關，此知識的改變突破了傳統的設計理念。

3. 彈頭曲線的改變

以往彈頭的設計多採單弧或雙弧形，而 DBP95 式 5.8 公厘普通彈首次採用樣調曲線頭部(即根據空氣力學計算出不連續的多點擬合成一段弧形)，作為彈頭弧形部外型。其外型比原來的 DVP88 式 5.8 公厘機槍彈的雙弧外型較少約 3%，大幅提高了彈頭的終端動能，確保了終端侵徹力和彈道的一致性。

參、彈殼發展新材料的革新

槍彈的發展只是量的變化，它一直是由彈殼、底火、發射藥和彈頭這幾部分組成，主要存在的問題是彈殼的質量佔了整個槍彈的一半左右，嚴重地影響了士兵作戰時彈藥攜行量。而現今塑料彈殼及無殼彈技術已然躍升未來戰場主流，因此，針對彈藥減重、使用新材料與環保概念的結合，是未來革新的方向。

一、塑膠彈藥

較傳統的銅殼彈藥重量將降低 40%以上，可以幫助士兵減輕 42 公斤重的典型作戰裝備重量。美國陸軍正致力於輕武器及其彈藥技術的基礎研究，這些研究的資金都來自聯合部隊小武器計劃(JSSAP)，就包括塑料彈殼彈藥和無彈殼彈藥⁴。目前，一個彈藥貨盤(內裝 78000 發子彈)重量為 1500 公斤，即使減輕 20%的重量，一個貨盤的重量也要降低 300 公斤，如果減輕 40%，重量就會減小 600 公斤。但是，為了使塑料彈藥進入陸軍的彈藥體系，彈藥本身必須具備與傳統彈藥相當的性能，並且

⁴楊俊欣，〈輕武器彈藥發展追蹤〉

http://210.14.113.18/gate/big5/arm.cpst.net.cn/gfbk/2009_10/255517703.html

不受極端的溫度、濕度和水的影響，方便在前方的彈藥庫中長期貯存⁵。

(一)PCA 塑料彈殼彈藥的四大特性⁶：

1. PCA 塑料彈的核心是獨特的工藝方法，包括採用嵌入式注塑成型，將彈頭裝入聚合物彈殼體，使彈殼口部自動密封，不必再用金屬彈殼普遍採用的緊口和塗外口工藝，就可以確保槍彈防水防潮。
2. PCA 塑料彈吸引人的另外一個優勢，是以彈殼的顏色標識槍彈的類型，一眼就可以清晰地判別彈匣裡裝的是什麼彈，PCA 塑料彈的整個彈殼都是著色的(如圖五)，比制式彈僅在小小的彈頭尖上作標色更容易識別。
3. PCA 塑料彈的第三大優勢表現在塑料彈殼熱絕緣性好，使用傳統的黃銅彈殼槍彈進行連發發射時，射手可以感覺到拋出的彈殼熱量，而 PCA 塑料彈則沒有這個問題，由於塑料具有獨特的熱絕緣性能，彈殼很難吸收熱量。
4. PCA 塑料彈的第四個突出特點是在發射時仍能保持彈殼自身的形狀，不會像金屬彈殼那樣膨脹而與槍膛緊密貼合在一起，因此可以輕鬆地將 PCA 塑料彈殼抽出槍膛，極大地減輕了對槍膛的磨損和衝擊。

(二)塑膠彈殼的大口徑 12.7 公厘彈藥(如圖六)，是指彈底為金屬，彈殼為塑料的槍彈，這樣一發 12.7 公厘的彈藥威力不減，彈藥質量卻可降低 20 公克，對於車載來說並無多大影響，但對於步兵來說卻很重要。

圖五：PCA 塑料彈的低溫環境試驗



資料來源：

<http://madogre.com/?p=1848>

圖六：大口徑 PCA 塑料彈藥



資料來源：

http://bbs.tiexue.net/post2_4192262_1.html

⁵美國陸軍為“目標部隊”開發輕武器用塑料彈藥，

<http://express.cetin.net.cn/cetin2/servlet/cetin/action/HtmlDocumentAction;jsessionid=77E60FC481176551957D0D568366579D?baseid=108&docno=16353>

⁶韓淑林，〈彈殼技術新發展－塑料彈殼槍彈〉，《輕兵器半月刊》，西元 2009 年 2 月上，頁 10。

二、無殼彈是一種全新的彈藥概念完全異於常規，槍彈形式從結構組成來看，是由底火、火藥柱體組成實體(如圖七)。射擊時，擊針擊中底火引爆火藥柱，產生高溫高壓氣體，由於槍膛後方設計成密閉裝置，取代了彈殼的封閉作用，因此彈丸被膨脹氣體推動，並高速的運動射向目標。無殼彈的設計思想簡化了步槍的整體結構，不再需要退、拋殼機構，可靠性得到提升，加快了戰場射擊速度。

買特·諾貝爾公司 G11(如圖八) 4.73x33 公厘無殼彈最大的優點是減輕了槍彈質量，除增加攜彈量外也提高了點放射擊精度，在 600 公尺距離上能擊穿頭盔，經過部隊試用普遍獲得好評。其技術性能和武器結構擺脫了傳統步槍的技術水平和局限性，它的研製成功具有革命性意義。但其生產成本和裝備費用太高等原因，其並未在商業或軍事領域廣泛應用⁷。

圖七：4.73x33 公厘無殼彈分解圖



資料來源：

http://zh.wikipedia.org/wiki/HK_G11%E7%AA%81%E6%93%8A%E6%AD%A5%E6%A7%8D

圖八：安裝光學鏡的 G11 步槍



資料來源：

<http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?from=&to=zh-CHT&a=http%3A%2F%2Fworld.guns.ru%2Fassault%2Fde%2Fhk-g11-e.html>

肆、新式材料預期戰鬥效能

一、單兵之負重減輕

(一)以美軍為例，在伊拉克戰爭中實際負荷為 35kg(如表一)，單兵在如此重的負荷下行軍作戰，戰鬥力受了極大的影響作戰困難度相對提高。

⁷無殼彈藥，http://www.multilingualarchive.com/ma/enwiki/zh_tw/Caseless_ammunition

表一：美軍戰鬥裝備表

裝備與裝具項目		單兵負重(公斤)
軍服類	皮帶	0.09
	軍靴	1.5
	內衣及 T 衫	0.18
	襪子	0.14
	軍服	1.72
武器類	M16 步槍	3.58
	M60 機槍	8.6
	反坦克火箭筒	2.36
	手槍及皮帶槍套	0.73
	彈藥袋(180 發)	1.13
	刺刀	0.59
	餘裝彈彈匣	3.58
	手榴彈	0.9
戰鬥裝具類	水壺及水杯	1.36
	挖掘工具	1.13
	鋼盔	1.4
	防毒面具	1.3
	雨衣	0.77
	防彈衣	3.86
共計 19 項		約 35 公斤

資料來源：宋金峰 朱瑩瑩，〈彈藥瘦身之道—彈藥減重〉，《兵器知識》，西元 2008 年 1 月，頁 61。

因此，彈藥減重計畫可以降低輕兵器彈藥的重量，提升單兵戰鬥能力，現在的 LSAT 輕機槍與 CT 及 CL 子彈，是直接以 M249 機槍與 5.56 公厘彈藥為準，彈道性能完全相同，在這樣的狀態下，CT 塑料埋頭子彈比金屬彈殼子彈減輕 33%，CL 無殼埋頭子彈比金屬彈殼子彈減輕 51%，600 發的 CT 或 CL 子彈加上測試用的輕機槍(如圖九)，總重都低於 10.4 公斤(23 磅)，減重效果相當顯著⁸。

⁸楊溫利，〈西方小口徑武器系統發展現況〉，《尖端科技》，西元 2010 年 7 月上，頁 63。

圖九：金屬彈殼 M855、有殼埋頭彈 CT、無殼埋頭彈 CL 比較表



600 發彈藥重	金屬彈 M855	有殼埋頭 彈 CT	無殼埋頭 彈 CL
	20.81bs	14.0 lbs 33%	10.2 lbs 51%
	9.44kg	6.35kg	4.63kg

資料來源：

楊溫利，〈西方小口徑武器系統發展現況〉，《尖端科技》，西元 2010 年 7 月上，頁 63。

- (二)而 PCA 塑料彈殼槍彈，較傳統的黃銅彈殼槍彈，在某些方面具有優勢，最顯著的便是槍彈質量減小了，與傳統的黃銅彈殼槍彈相比，PCA 塑料彈全彈質量減小了幾乎 31%。就國軍班用機槍兵來說，攜彈 400 發的重量為 6.3kg，若使用 PCA 塑料彈可減少 1.9kg，機槍兵全副武裝重量約 32.2kg，因此可有效減少單兵總負重為 30.2kg。
- (三)而使用無殼彈，子彈重量較北約 5.56 公厘子彈輕 50%，就國軍班用機槍兵來說，攜彈 400 發的重量為 6.3kg，若使用無殼彈可減少 3.15kg，機槍兵全副武裝重量約 32.2kg，因此可有效減少單兵總負重為 29.05kg。

二、對武器效能提升

- (一)LSAT 無殼埋頭彈具有極佳的抗爆燃性。無殼埋頭彈由於“彈殼”在發射時完全燃燒而沒有任何殘留物質，因此也不需要任何抽殼或拋殼機構，可有效減輕武器質量並縮小體積，該槍的長行程、柔性後坐系統設計，源自斯通納.阿萊斯公司的輕機槍，參加試射的人員均認為該槍的操控性良好⁹。
- (二)塑料彈殼槍彈，充分利用塑料熱傳導係數及摩擦係數小等諸多特點，NATEC 公司和美國陸軍選了 4 把 5.56 公厘口徑的槍；M16、STAG15L、魯格米尼 14 和羅賓遜 M96 遠征步槍。做一般功能試

⁹曹曉東 崔國瑞，〈輕武器的未來—LSAT 輕武器輕量化技術〉，《輕兵器》，2009 年第 05 期，頁 61。

驗，4 支槍都沒有出現任何故障，每支槍先射擊幾發彈頭質量 3.6g 的黃銅彈殼槍彈，隨後立即發射同樣數量的 PCA 塑料彈，由於後座力不同，每支槍的彈殼拋出距離不同，黃銅彈殼明顯地比 PCA 塑料彈遠得多，除上述差異外性能部份均相近，且連續射擊可靠性良好。

直得注意的是 PCA 塑料彈，不能用於任何開槽槍膛的武器（就我國 T74 機槍而言，槍管尾端開槽，可有利於高速射擊時彈殼進彈順暢，不易造成彈頭撞擊槍膛前端，導致變形或卡彈現象），因此使用 PCA 塑料彈射擊時，塑料彈殼的強度足夠但彈性不足，出現的開槽將會使塑料彈殼破裂，很可能會發生槍機後退時，黃銅彈殼底座飛出來的現象。在取出留在槍膛內的塑料彈殼後，會發現有一些不容易看到的微小殘留物粘在槍膛裡，會限制槍彈進膛和槍機閉鎖，這些殘渣主要是在槍膛的開槽裡形成，因此 PCA 塑料彈不適合開槽槍膛武器¹⁰。

- (三)由 JSSAP 主持，為美國三軍將來研製的新型機槍系統，包括了輕機槍 M249 和中型機槍 M240 兩種武器。研究計畫以減輕重量為優先考慮，同時從兩方面著手，在武器重量上要求能減輕 35%，在彈藥重量上能減輕 40%，計畫中將要求輕機槍和中型機槍都採用相同的系統，具有零件互換性，且在彈藥技術部份首先發展傳統彈殼，然後是有殼埋頭彈，最後是重新起用的無殼彈技術。

三、安全性的增加

NATEC 公司和美國陸軍對塑膠彈藥在膛內溫度超過 400°C 的狀態下進行測試(M249 機槍於 4 分鐘射擊 400 發、7 分鐘射擊 600 發平均溫度約 400°C)，雖然在這樣的高溫條件下，長時間保留 PCA 塑料彈，會使彈殼失去剛性，但不會出現槍彈自燃或黃銅彈殼底部脫開的現象，在試驗中，一直可以正常地退殼。由於塑料的熱絕緣性，解決了槍彈自燃問題，連發射擊後，在槍機閉鎖狀態下，當傳統的黃銅彈殼留在槍膛中時，可能會由於槍膛過熱而導致槍彈自燃。如 M16 連續發射 180 發後就有可能產生槍彈自燃(槍管溫度達 350°C 以上)，而使用 PCA 塑料彈以再高的射速持續發射也不會出現槍彈自燃問題¹¹。

¹⁰韓淑林，〈彈殼技術新發展－塑料彈殼槍彈〉，《輕兵器半月刊》，西元 2009 年 2 月上，頁 10-11。

¹¹同註 9

伍、未來彈藥效能提升之研析

一、材質確立

- (一)創新與革命的技術「輕武器輕量化技術，LAST」，CT 有殼埋頭彈(以塑料製)、CL 無殼埋頭彈(以火藥壓製)的改變。主要目標是減輕系統的質量(武器減輕 35%，彈藥減輕 40%)，並提高可靠性和人機工效，增加訓練和安全需求。
- (二)傳統改變現有子彈設計，通用動力軍械與戰術系統(GDOTS)，使用薄的不鏽鋼外層，加上鋁合金內層替換現在黃銅當作彈殼材料，可以減輕 20%的子彈重量(如圖十)，武器部份則不需要做任何改變¹²。
- (三)柯特與 BML 公司則在美國陸軍的配合下，發展使用高分子材料彈殼的傳統構造子彈，其外層刻意製成螺旋波紋狀，不僅能增加強度也可減少 70%的退殼摩擦力，這對彈殼來說非常有幫助，可避免退殼不順暢所導致的嚴重故障，也就是彈殼留膛現象，這種設計不需要對槍械改造，也可以減輕 40~47%的彈殼重量(如圖十一)，雖說有裝藥量及強度不足的疑慮，但對新口徑槍彈未來的設計將是一大優勢¹³。

圖十：針對大口徑設計的骨架式彈殼 圖十一：螺旋波浪狀的高分子彈殼



資料來源：

楊溫利，〈西方小口徑武器系統發展現況〉，《尖端科技》，西元 2010 年 7 月上，頁 64。



資料來源：

楊溫利，〈西方小口徑武器系統發展現況〉，《尖端科技》，西元 2010 年 7 月上，頁 64。

¹²同註 8

¹³同註 8

二、武器變動改良

(一)「輕武器輕量化技術 LAST」的創新型機械原理 1 號輕機槍(如圖十二)，採用一種新型旋轉式槍膛設計，這種新型槍膛並不是 360 度完全旋轉，而是沿一個約 45 度的弧線精確地上下運動，因此也可以叫作“擺動式”槍膛(如圖十三)。通過同軸供彈和拋殼動作提高了系統的可靠性，並採用長行程、柔性後坐機構提升武器的操控性，扣動扳機釋放擊鎚將推動一發彈進入槍膛，槍膛逆時針擺動到 9 點鐘位置與槍管進行同軸式閉鎖，擊發時的膛壓及膛口初速與傳統機構完全相同。發射後槍膛在順時針返回供彈槽時會有幾毫秒的停留延遲，使膛壓降低以便於抽、拋殼，下一發彈進膛時會推動空彈殼向前運動並被拋出¹⁴。

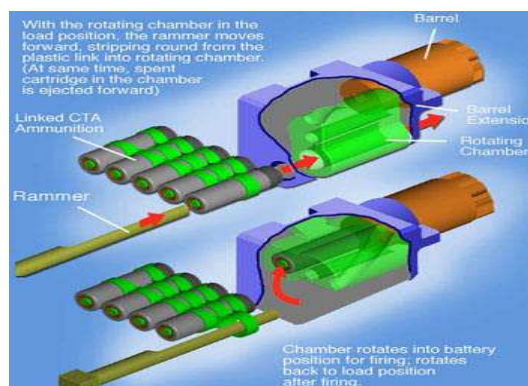
圖十二：LSAT 無殼彈輕機槍



資料來源：

<http://www.gunsworld.net/usa/r/caseless/clr.htm>

圖十三：「擺動式」槍膛



資料來源：

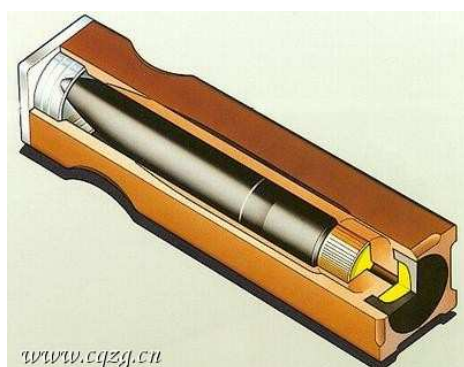
<http://www.gunsworld.net/usa/mg/lwmg/lwmg.htm>

(二)使用無殼子彈(如圖十四)的自動武器是德國 Heckler & Koch G11，其發射過程是彈匣在槍管上方(彈匣容量 45-50 發)彈頭朝下，射擊模式有 3 種，單發、3 連發及全自動連續射擊。考慮到要提高命中率及降低全自動射擊浪費彈藥的情況，其性能有下列特點：當單發射擊時子彈加速使整組機械(槍管、槍膛、彈匣及相關機械組件)在槍身內往後移動，能消除大部份後座力，而全自動連續射擊時，各機件後移發射時間週期增長，射速被故意降低到 460 發/秒，而減少不必要的彈藥浪費，並降低連續射擊的後座力，進而改善可控性及提高命中率。在 3 連發射擊時，射擊速度達 2000 發/秒，即 36 發/秒，3 連發所需時間只有 1/18

¹⁴同註 9

秒如此短暫的時間¹⁵，加上整組發射機械在槍身內後移產生緩衝作用，後座力還未對槍身指向有顯著改變前，3發子彈就已經全數射出，確保了第2及第3發的精確度與第1發相差不多，提高命中率，達這樣的射速全靠旋轉式槍膛(如圖十五)，一般槍械是不可能做到的，有效提升子彈攜行量，並縮短武器長度及減輕重量降低單兵負單。

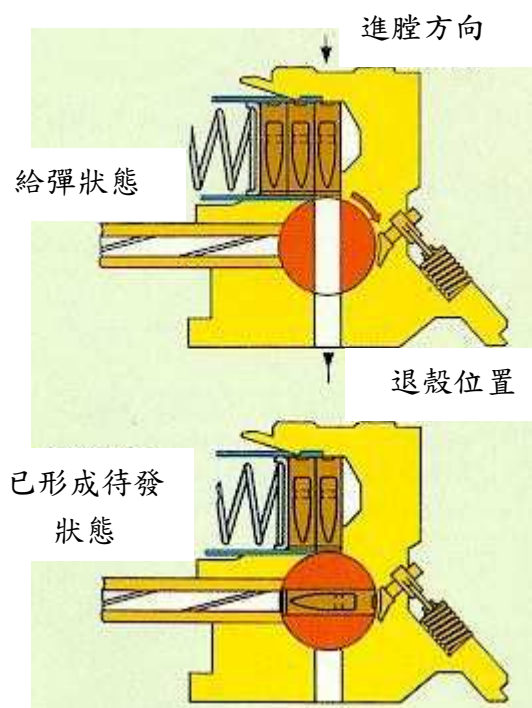
圖十四：無殼子彈剖視圖



資料來源：

<http://dl.zhishi.sina.com.cn/upload/60/70/87/1187607087.4891279.jpg>

圖十五：G11子彈裝填和發射示意圖



資料來源：

<http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?from=&to=zh-CHT&a=http%3A%2F%2Fworld.guns.ru%2Fassault%2Fde%2Fhk-g11-e.html>

上述的武器系統讓我們發覺到，我們擺脫了沿用長達150年的金屬彈殼，新的武器結構新的彈藥類型將使單兵的戰力得到顯著的提升，對未來戰場的影響勢必深遠。

三、環保

使用含鉛彈未清理可能產生有毒性鉛化物，鉛在體內累積將引起鉛中毒，長期接觸者容易患有貧血、便秘、神經錯亂、漸進性麻痺等症狀，嚴重時還有可能出現腦癌，因此為符合作戰效益並兼具

¹⁵同註2

環保，美軍正在開發一種「綠色環保彈藥」，主要是把 M855 全披甲彈頭改為半披甲，同時將鋼、鉛複合彈芯改為鋼和硬銅，新式的 M855A1 改善了對硬目標的侵澈力，減少槍口火焰、提高初速、增加穩定性及精準度，除了提升殺傷力外還可以減少鉛對環境的污染¹⁶。

陸、建議事項

一、對未來戰場單兵減重的新方案

考量先進技術的有殼埋頭彈及無殼埋頭彈，創立新的武器系統應用，將新的彈藥結構配合武器達到輕量化減重效果，不但有利我軍城鎮作戰，更可提升現行國防體制下，量小、質精、戰力強的新一代單兵作戰能力，增進國軍戰場的戰鬥持續力。

二、彈殼材料的技術延伸

對新彈殼技術研製不斷的突破，不論是無殼彈或塑料彈殼技術的發展，都可以是減輕部隊收繳彈殼的壓力，並引以為最好的借鏡，世界在改變國軍亦要成長，才有可能打破僵局，提升國軍總體戰力，獲得作戰效能提升的倍增器。

三、改良彈藥兼具環保

精進彈藥生產技術，可透過產製單位現有技術下，改良彈頭弧度或彈藥材質，使彈藥效能提升且更符合環保要求，降低含鉛彈藥對官兵的危害及環境影響，以為發展新彈藥的基石。

柒、結論

單兵戰力提升一直是各先進國家努力改良的重點，單兵無論是服制、防護器材、武器、彈藥、頭盔都需要作有系統的設計，而彈藥效能的改良是與時俱進的，重量輕則攜行量多，重量重則口徑大侵澈力強，想要重量輕又兼具侵澈力及制止力等特性，則彈藥材質需積極改良，取得最符合單兵作戰之戰場需求，以支撐班的功能將更趨完整，可見未來單兵戰力的提升，無論在任何時期都是研發的重點，值得持續關注。

¹⁶黃榮發，〈美軍新式環保彈藥 M855A1 簡介〉，《步兵季刊第 243 期》，西元 2012 年 3 月，頁 2~12。