

提升作戰效能—機槍輕量化之研析



作者簡介：

邱俊璋士官長，陸軍專校士官長正規班24 期，曾任班長、副排長，現任步校兵器組輕兵器小組士官長教官。

提要：

一、美軍經過阿富汗、伊拉克戰爭發現，部隊在以班、排為單位進行城鎮或近距離作戰時，對於機槍的要求到了近乎苛求的地步，並普遍認為“機槍過重”是造成城鎮或近距離作戰行動不易，錯失戰機的主因之一。

二、機槍重量對戰鬥行動之影響：(一) 增加單兵負荷，遲滯戰鬥行動；(二) 限制操控難度，降低射彈精準；(三) 減低射手信心，影響戰場存活；(四) 減重促進火力，提升制壓效能。

三、國外輕量化機槍項目：(一)輕重量小型武器計劃—班用機槍輕量化一號機槍；(二)M240B 排用機槍輕量計畫—M240E6 機槍；(三)大口徑機槍輕量計劃—LW50 機槍。

四、輕量化機槍發展對步兵未來之啟示：(一)輕量化材質研發；(二)輕量化彈藥設計；(三)採購模組化設計武器以減輕單兵負荷；(四)輕量化發展下成本考量。

壹 前言

美軍在經歷阿富汗、伊拉克作戰後，針對參戰官兵做出調查，發覺”機槍過重”是城鎮與近距離作戰，造成行動不易，錯失戰機的主因之一；英國陸軍也體認武器輕量化之重要性，決定將步兵班武器輕量化，如突擊步槍朝具備輕便、緊湊、及便攜性之單兵防衛武器(Personal Defense Weapon, PDW)發展¹；並配備輕型機槍(Light Machine Gun, LMG)，及輕型支援武器(Light Support Weapon, LSW)²，而依據調查班用機槍理想之重量應介於6 至7 公斤，排用機槍應介於8 至10 公斤之間³，五0 機槍更是有50%-60%以上的減重空間，為了解決此等問題及因應未來發展趨勢，美軍已針對現行輕重機槍提出減重升級計劃；反觀臺灣屬人口稠密國家，未來防衛作戰最終決勝地區應位於城鎮或其週邊要域，但過重的機槍卻無法靈活支援步兵戰鬥，由此顯示”減重”是機槍發展的當務之急⁴。

貳 機槍重量對戰鬥行動之影響：

一、增加單兵負荷，遲滯戰鬥行動：

依照美軍目前的野戰條令，一名機槍射手在作戰時，至少需攜帶一挺機槍和容量為200 發的彈鏈3 條，這些槍彈重量便已達到15.85 公斤〈班用機槍重6.85 公斤，每條彈鏈重3 公斤〉，再加上鋼盔、防護

背心、水壺、口糧、其他裝備，機槍射手必然成為班、排中行動能力最差的一員(如表一)；依據美軍驗證資料得知，作戰士兵裝備重量以不超過21 公斤為主，如此才能負重行軍30 公里而不覺疲累⁵，美軍的輕武器輕量化技術指出，想要讓機槍手有機動力，但又不損戰鬥力，需要將槍械及彈藥減重50%以上。

表一 美軍個人攜帶裝備重量統計表

項次	軍品名稱	重量
一	頭盔	1.9 kg
二	防彈背心	3.9 kg
三	防護面具	1.5 kg
四	偵檢包	2.5 kg
五	野戰服	3.3 kg
六	隨身背包(含飲水 2 公升、雨衣、口糧、睡袋、保修工具、個人用品)	20 kg
七	機槍兵(M249 班用機槍含 400 發彈藥)	22.1 kg
備考	步槍兵總攜裝備重量 48.6 kg	
	槍榴彈兵總攜裝備重量 52.5 kg	
	機槍兵總攜裝備重量 55.2kg	

二、重量限制操控，降低射彈精準：

隨著美軍在阿富汗及伊拉克遭遇近戰頻率增加，致使輕量化及精準度武器日趨重要，當戰爭發生在數百碼距離之內時，對於需要巷道戰鬥、逐屋搜索的城鎮作戰而言，武器重量過重、槍管過長，必影響行動，無法在第一時間內有效發揚火力，有鑑於此官兵需要重量輕、操作方便、火力強大、能使敵喪失行動力，甚至一槍斃命，迅速終結與敵接

觸，避免演變成肉搏戰的輕量化輕武器系統。

三、減低射手信心，影響戰場存活：

戰場上有利戰機稍縱即逝，過重、過長的槍身，卻常影響射手的穩定性及準確性，使射彈差之毫釐、失之千里，如變換陣地或戰鬥行動會受遲滯、因行動緩慢，易遭敵發現甚至被殲滅等問題，而影響戰場存活。

四、減重促進火力，提升制壓效能：

1970 年代末期，各國機槍火力向兩端發展，一是向上提高火力壓制性，發展12.7mm 以上大口徑機槍，另一是向下發展小口徑機槍，以提升官兵機動性，使得原先步兵班支援武器-通用機槍逐漸被取代；而現今作戰中，地面戰鬥人員已呈現車載裝甲化趨勢，人員直接暴露在外機會不高，且士兵的個人防護裝備越趨精良，反促成大口徑機槍地位加重，以提升貫穿力，但大口徑機槍因過重槍身，除車載可使用外，無法直接由第一線步兵班攜行，如減重後，除利於車載架設、地面搬運，並強化步兵班火力，於第一時間提升對敵壓制性，而達制敵機先戰果⁸，除此之外增加彈藥亦可提升作戰性能，依照美軍目前的野戰條令，一名5.56mm 機槍射手在作戰時，因負荷重量受限，彈藥數量僅能攜帶600 發⁹，但如遇戰況緊急、敵火猛烈攻擊、補給中斷情況下，火力頓時受挫，因此在機槍、彈藥雙重減重技術下，可增加

彈藥攜行量，以確保作戰任務遂行。

參 各國輕量化機槍發展趨勢：

一、5.56mm 輕量化機槍：

(一)發展原由：

由駐伊拉克、阿富汗的英、美等國士兵所述，戰時5.56mm 機槍於小部隊戰鬥，可發揮關鍵性作用，因輕巧靈活，有利戰場運用，故想提升輕機槍效能，就必須從減重著手，以符合作戰需求。

(二)美國AAI 軍火集團—輕量化1 號機槍：

目前美軍積極研製的輕武器輕量化技術—輕量化機槍為例。

(1)槍體結構：

1 號樣槍(如圖一)槍管長為419mm，分為光滑表面及散熱刻槽表面兩種，槍口略後方準星座為一V 字形燕尾槽形狀，屬可拆卸式準星，拆卸準星後另可安裝光學瞄準具，機匣前方及側面使用MIL1913 戰術滑軌，便於安裝測距儀、熱顯像、紅外線雷指器等附件，機匣前端下方旋孔可用於安裝三腳架，安裝及拆卸方式簡易；握把採人因工程設計便於握持，在扳機前方方形彈匣採用複合材料製成，重量輕，採用M4卡賓槍槍托，外型設計縮小並研改為可調式槍托，可依射手體型及射擊姿勢實施調整，材料採用輕質合金製成，重量極輕，LAST 輕武器輕量化技術對機槍的減重計畫目標為35%。

圖一：輕質合金製成及配有MIL1913 滑軌的輕量化1 號輕機槍樣槍

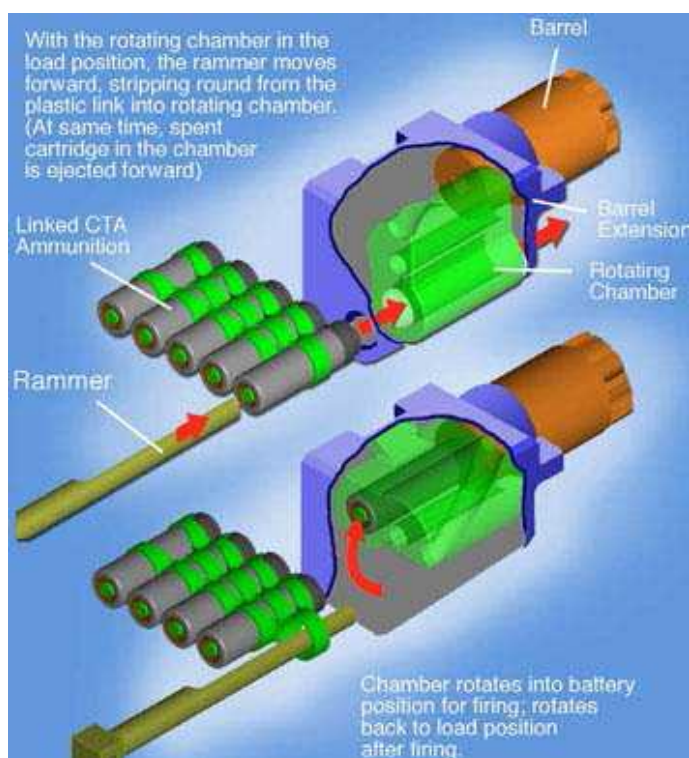


資料來源：<http://www.gun-world.net/usa/mg/lwmg/lwmg.htm>

(2)機械原理：

1 號樣槍的創新機械原理在於旋轉式槍機(如圖二)，1 號樣槍在進行裝填時，槍機不與槍管在同一線上，而是位於槍管右下方，對正待發的子彈，此時裝彈桿迅速把一發子彈推入膛內，將箱在塑殼中的彈頭推至藥室前方，並將上一發彈殼頂出彈膛，填彈桿收回槍機迅速向左上方旋轉90 度與接套吻合，待撞針擊發，射擊後槍機向右下方旋轉並退後，等待下次裝填，這種設計的優點為延長槍機行程，確保射速，又可降低槍身溫度、防止膛炸；1 號樣槍射速650 發/分鐘，完全能滿足實戰需求，未來研擬包含四個獨立彈膛，屆時射速將加倍提高

圖二：1 號樣槍的旋轉式槍機原理



資料來源：<http://www.gun-world.net/usa/mg/lwmg/lwmg.htm>

(三)射擊成果展示：

2007 年5 月由AAI 軍火集團研製而成的輕量化1 號機槍(表二)，於美國國防工業協會裡，及同年12 月於AAI 公司位在美軍的總部公開展示塑殼埋頭彈，並由美國軍方人員負責射擊，據研發輕量化機槍負責人表示，射擊結果均令人滿意，不論槍械的重量，舒適的握持，柔和的後座力，較高的精度等，更明確的超越現役的M249 班用機槍。

表二：現役班用機槍(槍械、彈藥)與LSAT 計畫目標項目對比

機槍減重項目對照表	
名稱	重量
M249 班用 機槍	7.945kg
LSAT 計畫目標	5.13 kg (減重 35%)
AAI 1 號樣槍	4.45 kg (減重 44%)

二、7.62mm 機槍輕量化：

(一)發展原由：

M240B 7.62mm 機槍是美軍步兵排主要火力之一，其穩定性及可靠度深受美軍步兵排信賴，但由於使用頻率高，許多第一線作戰官兵認為其重量太重，對於需要逐屋戰鬥搜索的城鎮作戰而言，無法有效運用。美軍於阿富汗作戰官兵有82%認為M240B 是可靠的武器，且有17%在接戰時會優先選擇M240B排用機槍射擊，但其重量高達12.52 公斤，槍管長18 吋(45.72 公分)，槍背帶設計不良、無法有效支撐槍身重量，槍管隔熱片不良、無法久握射擊，且兩腳架收折不易，作戰時無法快速實施應變等問題，一直困擾部隊，故美軍於2002 年進行M240B 排用機槍輕量計畫(M240B Weight ReductionProgram)，稱為M240E6(如圖四)，並計畫於2009 年年底實施量產。

圖四：M240E6 輕量化機槍與M192 輕型三腳架



資料來源：http://en.wikipedia.org/wiki/M240_machine_gun

(二)採用鈦合金材質：

捨棄傳統製作機匣的材質—鋼，改用「鈦合金」複合材料製成機匣及槍管之準星座，鈦合金機匣重量為原來鋼質機匣的40%，強度為其兩倍且鈦合金屬於先天的防鏽材質，利於在惡劣作戰環境下使用；

M240E6 除了原來配賦的長槍管外另配賦12 吋(30.48 公分)短槍管，槍管變短、重量相對也減少，更增加近距離戰鬥及城鎮作戰的可靠度(如表三)。

表三： M240E6 輕量化機槍與M240B 機槍諸元對比

	M240B	M240E6
口徑	7.62*51mm 北約	7.62*51mm 北約
槍全長	1255mm	1103mm
槍管長	18 吋(45.72 公分)	18 吋(45.72 公分) 12 吋(30.48 公分)
槍全重	12.52kg	10.7 kg
機匣材質	強化鋼	鈦合金

資料來源：http://en.wikipedia.org/wiki/M240_machine_gun

(三)研製管狀伸縮槍托：

除原本固定式槍托外，另還使用由FN 公司生產的管狀式伸縮槍托，可依使用者體型調整槍托前後、適應各種作戰地形，且槍托內裝置的緩衝機件屬複合緩衝材料，能承受更大的後座力，增加射手射擊穩定度；M240E6 握把改採M16/M4 握把設計利於人體工學，可使射手減緩長時間據槍所造成的疲勞及僵硬，材質改採塑料製成，重量較輕。

(四)槍機拉柄加長：

美軍參與作戰的部份官兵反應，當作戰射擊戴手套要拉拉柄時，常常產生滑手的情事，有延誤射擊時間點之問題，故M240E6 將槍機拉柄加長，更便於握持；M240E6 兩腳架採向前收折，可適應各種地形迅速就到定位，在戰鬥中運動射擊或城鎮搜索時可將兩腳架當成前握把使用。

(五)增加彈袋固定扣：

M240B 在實施射擊時，機槍射手常是一隻手按扳機、另一支手拖住彈鏈，以利射擊時進彈順暢，較不易卡彈，但也間接影響到射手的穩定度，有鑑於此M240E6 在給彈口下方增設一個彈袋固定器，可將尼龍帆布彈袋外掛於機匣左側，（我國的國造T-74 7.62 公釐機槍也有此裝置），但如將彈藥全數裝入彈袋內，卻會造成槍身重心不平衡向左傾斜，美軍現正計畫將其彈袋固定位置移至機匣下方。

三、12.7mm 機槍輕量化：

(一)發展原由：

美國陸軍已於1998 年起積極尋找下一代新型大口徑機槍，以改進M2-50 機槍重量之限制，2005 年先行發展XM-312 12.7mm 口徑機槍，卻因其價格昂貴、可靠度不足、彈藥技術無法突破等問題，於2007 年美國軍方宣布無限期停止發展，但研製新型輕量化大口徑機槍的計劃

未曾停止，據美國(華盛頓觀察周刊)報導，美國陸軍步兵武器中心近期訂購三挺12.7mm 口徑LW-50輕量化機槍(如圖五)進行測試，據美國陸軍人員表示，這種新型輕量化機槍比M2-50 機槍更輕便，更適合在複雜地形或城鎮作戰中使用。

圖五：可由第一線步兵分隊人員攜行的LW-50 輕量化機槍



資料來源：

http://www.defense-update.com/newscast/0508/news/news1505_lw05mg.htm

(二) LW-50 輕量化機槍：

LW-50 輕量化機槍是目前最輕的12.7mm 口徑機槍，槍身重13.6 公斤，加上三腳架5 公斤，槍全重僅18.6 公斤，比M2-50 機槍輕了66%，LW-50 輕量化機槍槍全長1353mm，比M2-50 機槍全長短了18%；LW-50 輕量化機槍規劃可由第一線步兵班人員攜行；武器分為兩個模組，射手攜帶第一模組，包括發射器、火控系統、轉接頭，重量15 公斤，副射手攜帶第二模組，包含三腳架及兩個彈藥箱，重量也為15 公斤，LW-50 外型流暢圓滑，無太多凸出機件，符合人體工學、便於攜行，其研發特點及限制如下。

(1) 操作保養容易：

LW-50 輕量化機槍方便的操作方式，可以直接從左、右側供彈，不需更換撥彈機件，利用快速脫扣機構不需工具即可拆卸發射管，而且採用先進的火控系統，讓指向目標到瞄準射擊時間比M2-50 機槍快50%；M2-50 機槍由244個零件製程，LW-50 機槍只131 個零件，對武器檢查、保養、維修及補給相對簡便，可節省時間並可提高效率。

表四： LW-50 輕量化機槍與M2-50 機槍諸元對比

	M2-50 機槍	LW-50 輕量化機槍
口徑	12.7mm	12.7mm
武器重	38kg	13.6kg
三腳架重	20kg	5 kg
槍全長	1650mm	1353mm
零部件	244 個	131 個
最大射速	450-550 發/分鐘	200-300 發/分鐘
有效射程	2000m	2000m

資料來源：http://www.fyjs.cn/bbs/htm_data/26/0906/189271.html

(2) 具遙控模組，射擊穩定性佳：

LW-50 輕量化機槍遙控作戰模組，可裝載於輕型戰車上，操作士兵可透過顯示器觀察戰場環境，並用搖桿向目標開火，可避免因人員暴露在外所造成之傷亡；LW-50 的自動往復模式，大幅減低了後座力，LW-50 的後座力為M2-50的25%，由LW-50 的射擊影片中發現單發射擊時，在槍面線上之水杯只有水面晃動，並濺出一點點水，但水杯未晃動或甚至從槍面掉下等情事發生(如圖六)，且其散佈精度比M2-50 還

要好(據製造商宣稱約9 倍)⁷。

圖六：LW-50 射擊時在槍面線上之水杯只有水面晃動



資料來源：http://www.fyjs.cn/bbs/htm_data/26/0906/189271.html

(3) 輕量化影響射擊速度：

LW-50 輕量化機槍成效出色，但輕量化的槍身，導致射速被限定於 200-300發/分鐘，無法射擊快速移動之目標，如飛機等，不過LW-50 設計用途主由第一線步兵班攜行，有效壓制敵人火力，讓步兵班發揮強大決定性之火力，及裝載於輕型戰車上，並用搖桿向目標開火，可避免因人員暴露在外所造成之傷亡等兩大用途，就目前作戰型態而言，主在射擊地面部隊已非對空目標。

肆 輕量化機槍發展限制：

一、過慢射速影響追瞄：

現今造兵技術，越輕量化機槍其射速越慢，如AAI 1 號輕機槍減重44%，射速降低20%；LW-50 機槍減重66%，射速降低50%等，而當射速過慢時會影響射彈密集，不利命中快速目標，故如何在輕量化的同時不影

響射速，也是提昇造兵技術的方向之一。

二、材質成本高，普及不易：

隨著新科技新材料的發展，機槍採用複合材料或超輕質合金製成，使得機槍重量大大降低，但相對的也提高成本；機槍輕量化考慮城鎮或近戰作戰需求，極富未來戰場需求，如美軍已進行M240B 排用機槍輕量計畫(M240BWeight Reduction Program)，稱為M240E6，並計畫於2009 年年底實施量產，並配屬單位使用，如量產定可依量制價減低購買成本。

三、可靠度不足，影響射手心理：

槍械可靠度直接影響到機槍手對使用武器的信心，而品質是影響可靠度相當重要的一項因素；最著名的例子就是胎死腹中的XM-312，雖然其輕量化設計優異，卻因槍械原始設計及品質問題，而造成可靠度不足，最後遭美軍宣佈無限期停止發展；高可靠度槍械，可使士兵在使用上用的安心，用的放心，感覺抓的住它，不會時時擔心下一發射擊時會產生故障，而在機槍輕量化的同時，不影響其可靠度，甚至提升可靠度，也是須重視之問題。

伍 輕量化機槍對步兵未來之啟示：

未來的城鎮及近接作戰，須具備輕量化、火力強、壓制性大、殺傷效果大之機槍，目前我軍之機槍似有再精進之空間，以期望能更有效支

援步兵作戰。

一、輕量化材質研發：

軍用新式材料為新一代軍事武器裝備的基礎，是當今世界軍事領域的關鍵技術，也是現代精良武器裝備的關鍵，所以現今世界各國正加速發展軍用新材料技術，以利未來作戰需求；而現今主要運用於機槍的材料除鋼外尚有鋁、鎂、鈦合金，運用於彈藥的新式材料則有鎢合金等；鋁合金一直是軍事工業中應用最廣泛的金屬結構材料。鋁合金具有密度低、強度高、加工性能好等特點，在兵器領域方面，鋁合金已成功地用於步兵戰車和裝甲運輸車上，榴彈砲砲架以及槍械上也大量採用了新型鋁合金材料，鋁合金的發展趨勢是追求高純度、高韌性和耐高溫等方面，所以，鋁合金是武器輕量化首選的輕質結構材料¹⁹。

鎂合金具有低密度、高回收性、防電磁波干擾，輕金屬素材有三種：鋁Al（比重2.7）、鎂Mg（比重1.7）、鋼（比重7.9），而鎂是其中最輕者；鈦材料本身是一種低密度、高強度且質輕、耐腐蝕之優良材料，故運用於機槍輕量化更能見其成效，如美軍M240E6 機槍就是使用「鈦合金」複合材料製成機匣及槍管之準星座（如圖七），用鈦合金製成之機匣重量比原來鋼質機匣重量下降60%，強度為其兩倍且鈦合金屬於先天的防鏽材質，利於在惡劣作戰環境下使用；鎢的熔點在金屬中最高，其突出的優點是高熔點帶來材料良好的高溫強度與耐蝕性，在兵

器工業中它主要用於製作各種穿甲彈這使各種穿甲彈具有更為強大的擊穿威力。

圖七：採用鈦合金製程機匣的M240E6



資料來源：<http://www.fnhusa.com/mil/products/firearms/M240E6>

二、輕量化彈藥設計：

作戰時機槍兵攜行彈藥常產生負擔、進而影響戰場行動，若能減輕彈藥重量以減少機槍兵負荷，甚至在有戰場需求時，於不增加機槍兵負荷重量下，增加彈藥攜行量以因應戰場緊急情況；因此美軍LAST 輕武器輕量化技術對彈藥的減重計畫目標為40%，現行研發塑殼埋頭彈及無殼埋頭彈兩種(如圖三)，現已成功完成實彈驗證者為塑殼埋頭彈，塑料彈殼埋頭彈是一種內箝式彈頭設計，其內箝的彈頭為美軍標準M855 普通彈及M856 曳光彈彈頭，與現行服役之M249 機槍彈頭無異，故其精準度不亞於現役班用機槍，除塑殼埋頭彈外，其彈鏈也採用塑料材質減輕重量；現今彈藥減重最佳化首推由阿聯特系統公司(Alliant Tech Systems A.T.S)所研製的無殼埋頭彈，減重效果可達51%(如表二)，無殼埋頭彈是使用發射藥作為彈殼，這種彈藥在射擊

時會完全燃燒，但其難題如藥蕊裸露高溫時容易形成自燃及平時彈藥如何保存等問題，皆尚需時日繼續朝輕量化目標邁進。

圖三： 塑殼埋頭彈及無殼埋頭彈



塑殼埋頭彈



無殼埋頭彈

資料來源：<http://www.gun-world.net/usa/mg/lwmg/lwmg.htm>

三、採購模組化設計武器以減輕單兵負荷：

模組化設計思想目的，在於為部隊提供一個能根據戰場上要求之變化，而做出改變的武器，並由較少之零件組成，可提升其輕量化效率，使它在使用時有很大的彈性，並保留未來新增輕量化零件之空間，斯通納63 武器系統是第一種模組化結構槍械，經由通用的機匣，不同的組合，即可裝備成不同的結構，以因應不同的作戰需求²³，XM8 也是一種模組化的武器系統(如圖十)，其槍管、槍托、彈匣、瞄準具、握把，能簡單、快速的更換，來滿足作戰的需求²⁴，並可讓槍械在故障時，能以最有效的方式更換零件，簡化保養維修的時間，提升武器的妥善率。

圖十：模組化的武器系統-XM8



資料來源：<http://www.imfdb.org/index.php?title=Crysis>

四、輕量化發展下成本考量：

在輕量化機槍發展趨勢下，以美軍的M204E6 輕量化排用機槍為例，機槍材質由鋼發展為鈦合金材質，由於鈦合金研製成本昂貴，使得其成本比M240B排用機槍貴30%²⁶，但未來軍事材料發展技術不再是單一的結構材料，而朝先進複合材料的研製和應用方面發展，如樹脂基複合材料、金屬基複合材料、陶瓷基複合材料和碳基複合材料等，並朝輕質化、高性能和低成本方向發展²⁷，未來輕量化機槍應用複合材料，將有助於降低成本。

陸 結語：

輕量化機槍計畫除在美國軍隊早已如火如荼展開外，其他各國亦在進行中；我國軍現正規劃新型排用機槍及五0 機槍，輕量化當列入其重點範疇，但在輕量化同時，亦須重視其性能提升、良好可靠度與適應性，後勤補保健全等，如此才能為我國軍地面部隊戰力注入一股新流。