

研析 M777 輕型牽引榴砲之設計與運用

作者：呂致中 中校

提要：

- 一、155 公厘輕型野戰榴砲最初由軍火工業自發性集資投入研製，其起源可以追溯到 1980 年代初期，目標是製造一款具備與美國陸軍現役的 M198 式 155 公厘牽引榴砲有相同射程的一種武器，但是重量不超過 4000 公斤。
- 二、M777 在設計理念上著重於減小受力、提高穩定性。為降低結構的受力，採用對稱結構、長後座、減小後座力作用路徑等措施；為提高穩定性，採用低射擊線、重心前移、增加緩衝裝置等技術。
- 三、M777 式牽引榴砲係顛覆傳統的火砲設計理念，並整合了多項工業製造技術與材料科技，經過三階段測評與研改，才具備機動力、戰場存活力與射擊的優異性能。除了美國、英國與加拿大外，其他對 M777 感興趣的國家還有阿拉伯聯合大公國、約旦、阿曼、印度和韓國等，目前都在與 BAE 系統公司進行各自不同階段的討論。
- 四、我國雖無豐富的礦產，但是科技人才濟濟。砲兵部隊在新裝備無法獲得的狀況下，實不應畫地自限，應積極開啓另一扇窗，結合軍事學術單位及民間學術與企業單位，對現有牽引砲進行研改。
- 五、目前各國普遍重視快速反應部隊、應急作戰部隊的部署與城鎮戰等熱門話題時，這些部隊都需要裝備便於快速機動的輕型牽引火砲，未來牽引火砲的機動性，將越顯得重要。

壹、緣起

155 公厘輕型野戰榴砲，最初最初由軍火工業自發性集資投入研製，其起源可以追溯到 1980 年代初期，維克斯造船和工程有限公司（VSEL）（BAE 公司地面系統前身）首先發現了輕型 155 公厘牽引榴砲的潛在市場。¹

在 1987 年春天“超輕型野戰榴砲”（Ultra-lightweight Field Howitzer，UFH）

研發專案規劃完成，目標是製造一款具備與美國陸軍現役的 M198 式 155 公厘牽引榴砲有相同射程的一種武器，但是重量不超過 4 噸。美國陸軍於系統完整簡報後，同意該公司自力製造原型系統及進行一系列完整的評估。在 1987 年 9 月，同意製造兩件原型系統的主體，並在 1989 年底兩個原型系統全部完成，也就是今天被稱為 155 公厘的輕型榴砲（LW155）。在 1989 年 6 月於 Eskmeals 試驗場使用火砲的

註 1 JAA 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-UK-BAE Systems Land Systems 155 mm Lightweight Howitzer (M777)

上半部進行測試，使用 50 發彈藥針對不同仰角射擊，其中 12 發是以 8 號裝藥（最大裝藥）實施射擊。



圖 1、M777 式牽引榴砲全貌

資料來源：<http://www.fas.org>

雖然武器最初是針對美國陸軍而發展，但是美國海軍陸戰隊採取主動，尋找一款輕型的 155 公厘火炮系統，汰換現役的 105 公厘和 155 公厘牽引榴砲。1989 年由美國陸軍協會在華盛頓特區舉辦的展覽會中揭開它神秘的面紗，兩件原型其中之一到美國作先期評估，這評估在美國海軍陸戰隊授權下由美國陸軍軍備研究與開發單位代表監督，區分三階段進行，一直到 1990 年為止。²

第 1 階段在 Yuma 試驗場，該系統實施 437 發的射擊，其中 50% 使用 7 號（含）以上的裝藥（25% 使用 M203 式 8 號裝藥）實施射擊，並在單砲與大部分解模式下，完成地面機動和空運（投）性能測試鑑定。

第 2 階段在北卡羅來納州美國海軍陸戰隊基地的 Lejeune 營區和在維吉尼亞州海軍基地的 Little Creek 進行測試。測試

期間，由 UH-60L（Black Hawk）直升機實施單砲空中吊掛作業；在 Little Creek 成功完成水陸兩棲的測試。

最後的階段在馬利蘭州的 Aberdeen 測試場進行模擬氣候射擊測試，該系統從 -25 到 +145°C 溫度區間，成功的完成彈藥裝填射擊。這些射擊均在空中機動性能（大部分解吊掛）和地面機動性能測試後實施，測試的範圍達 622 公里，項目包括越過比利時塊障礙與涉水 1.5 公尺深。

於 1997 年 XM777 式輕型牽引榴砲被美國陸軍和海軍陸戰隊選定，交由英國 BAE 系統公司研製。在 5 年的工程製造與研製階段，共製造了 9 門，2000 年首次交付美軍。直到 2002 年 11 月，美國國防部將該砲並定為 M777 式牽引榴砲，並與 BAE 系統地面系統簽訂 1.35 億美元合約，採低速初期生產（Low Rate Initial Production, LRIP）。根據 LRIP 合約，初期階段為美國海軍陸戰隊製造 94 門 M777，用來裝備美國海軍陸戰隊，於 2003 年 2 月開始第一批交運，最後一批交貨時間在 2006 年 4 月。

2004 年底，美國陸軍和海軍陸戰隊開始對該武器系統進行作戰測評。美國海軍陸戰隊於 2005 年開始用 M777（配備傳統光學射控裝備）牽引榴砲汰換現役 M198 式 155 公厘牽引榴砲；美國陸軍採購的 M777 主要用來裝備輕型部隊，用以提供全般支援火力。根據低速初期生產合約，美國海軍陸戰隊已於今年 4 月完成 94 門 M777 式榴砲的驗收工作。

貳、整體設計理念與特點

英國維克斯造船與工程有限公司在

註 2 同註 1。

研製超輕型牽引榴砲（Ultra-light Weight Field Howitzer，UFH）時，運用了整體設計技術，包括結構設計、減小後座力（如採用砲口制退器）、提高射擊穩定性、砲架最佳化設計和研究新的制退理論（如曲線制退）等多種技術。

M777 在設計理念上著重於減小受力、提高穩定性。為降低結構的受力，採用對稱結構、長後座、減小後座力作用路徑等措施；為提高穩定性，採用低射擊線、重心前移、增加緩衝裝置等技術。



圖 2、M777 式牽引榴砲設計概念

資料來源：BAE DAMO 光碟

該砲在整體結構上具備幾個特點：³

一、下架落地，並在下架安裝承載後座力的淺駐鋤，不但可以大幅度降低射擊線，而且下架支撐於地面上，可承受大部分的垂直受力和部分水平受力。

二、搖架加長，砲尾後端相對於砲耳軸前移，以適應低射擊線和長後座的結構要求。

三、增加穩定支架，以滿足因砲身前移帶來的火砲靜態穩定性和複進穩定性的要求。

四、在下架與架尾之間設置液壓緩衝裝置，以改善砲架的受力。

五、在滿足火砲固定和後座穩定性的前提下，縮短了後大架，減輕了大架的重

量。

參、結構分析

以下就 M777 牽引榴砲各部結構，區分砲管、搖架、鞍架和砲架四大總成，依序介紹：



圖 3、M777 式牽引榴砲結構示意

資料來源：<http://www.fas.org>

一、砲管總成

（一）砲管

M777 的砲管是由美國的 M109A6 式 155 公厘自走砲的 M284 砲管改進而來，膛內彈道性能相同。砲管中段有一平面部分，用以保持砲管在搖架的前支撐面上平穩滑行。

（二）砲口制退器與牽引環

砲口制退器採雙隔板式，制退效率達 30%，上面設置有牽引環，牽引環能承受向下 140 公斤的作用力。



圖 4、砲口制退器與牽引環

資料來源：BAE DAMO 光碟

註 3 <http://blog.defence.org.cn/>



圖 5、射擊瞬間砲口制退器作用情形

資料來源：<http://www.cannonatillery.com>

（三）砲門

砲門仍採用間斷螺紋式砲門，砲門控制桿設置在搖架左側，經由聯動裝置向上開啓砲門。門體上有人工底火裝填裝置，底火裝入底火匣內，再與門體結合，一次底火裝填可射擊多發砲彈，有效提高彈藥裝填與射擊準備速度。

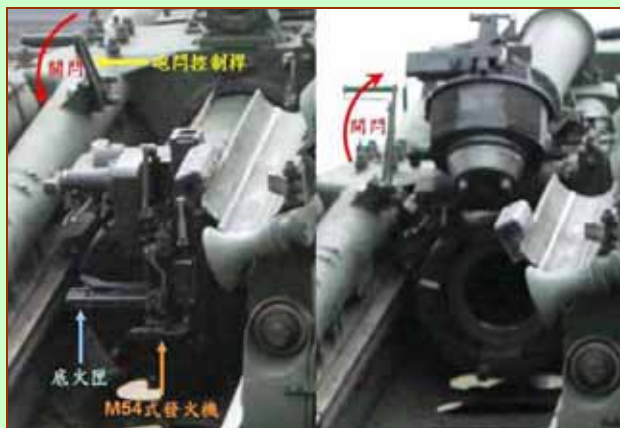


圖 6、砲門控制桿於關門與開門之操作情形

資料來源：<http://www.cannonatillery.com>

（四）擊發裝置

使用 M54 式發火機，搖架外側的擊發控制桿藉由聯動機構及鋼纜與 M54 式發火機連結，當擊發控制桿作用時聯動機構及鋼纜帶動發火機旋轉，以達成擊針撞擊底火之目的。



圖 7、M54 式發火機

資料來源：BAE DAMO 光碟。

二、搖架總成

（一）搖架

搖架由四個延伸的鈦合金管組成，砲耳軸和兩個鋁製氮氣筒都位在後部。四個管式組件都是以高壓容器的標準製造，既可以作為搖架的一個組成部分，同時又可作為平衡機和制退複進機的一部分，具有緩衝後座和複進的功能。搖架內部用以容納砲管與制退複進機，並藉由外部砲耳軸、平衡機、高低機與鞍架結合，以調整射角。



圖 8、搖架

資料來源：Daniel L. Winterscheidt "NCEMT Manufacturing Approaches Reduce M777 Howitzer Parts, Weight, Cost and Waste"

（二）儲油筒

於砲管制退複進過程，儲納與補充制退油。



圖 9、儲油筒位置

資料來源：<http://www.cannonatillery.com>

(三) 制退複進機

制退複進機裝在搖架框內，與搖架結合成一體，制退複進機具有制退、緩衝和複進的功能，儲油筒位於搖架上部。液氣式制退複進機的設計也比較新穎，不同於一般火炮以拉長制退活塞連桿以緩衝射擊的後座力，而採用壓縮制退活塞連桿以及長後座（最大後座長度為 1.4 公尺）方式達到制退之目的。

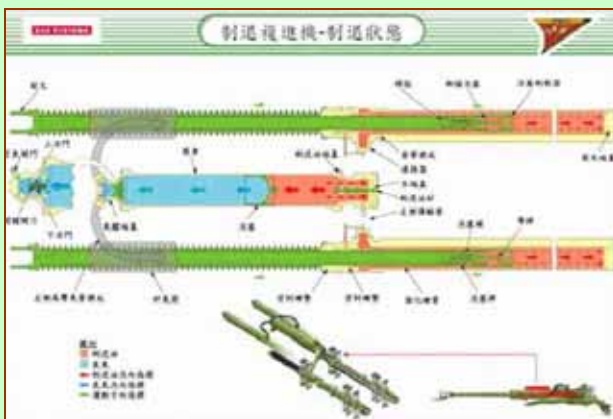


圖 10、制退複進機－制退作用示意

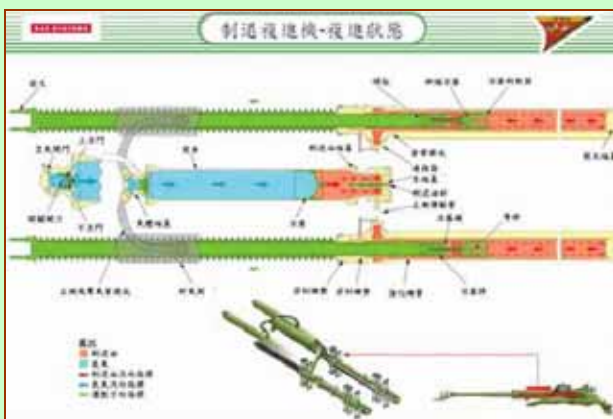


圖 11、制退複進機－複進作用示意

資料來源：LW155 STUDENT HANDOUT.

另外採用了曲線後座技術，係利用火炮後座能量來提高射擊穩定性，它不同於直線後座之處，在於火炮後座部分是沿曲線軌跡而非直線運動的。火炮射擊時後座部分重心沿曲線軌跡運動，由於重心有一個垂直射擊線方向向上的運動，將部分後座能量轉化為使重心抬升的能量，同時產生一向下的反作用力，抵消火炮由於重量不足而可能產生傾覆的危險，使火炮維持穩定的狀態。該技術可作為輕型牽引火炮增加射擊穩定性的有效措施，就 M777 與同口徑直線後座火炮相比，在相同全砲重、射擊線高和後座長度情況下，採用曲線後座技術的射擊穩定性可以提高 50% 左右。

(四) 平衡機

兩個鋁製平衡機筒分別位於搖架兩側，一端連接於搖架中部，另一端與上架相連，採氣體吊起式結構，用以平衡砲管俯仰所需之壓力，打動高低機調整砲管射角時更為省力，增加射擊穩定性。射擊前需依當時之溫度調整溫度指標至正確位置，以獲得較佳的平衡效果。



圖 12、平衡機

資料來源：<http://www.cannonatillery.com>



圖 13、溫度指標

資料來源：<http://www.cannonatillery.com>

（五）行軍鎖

於行軍時用以固定砲管，由人員操作，結合於砲架。行軍時需將方向機鎖鎖定，以避免火炮因震動搖晃產生危險。



圖 14、行軍鎖

資料來源：BAE DAMO 光碟

（六）輔助裝彈器

輔助裝彈器位於砲門後方。由於砲耳軸降低、砲門前移，造成裝填彈藥的不便，故採用輔助裝彈器，以協助人員操作。輔助裝彈器採液壓驅動，由上架右側之控制桿操作。



圖 15、輔助裝彈器控制桿

資料來源：BAE DAMO 光碟。

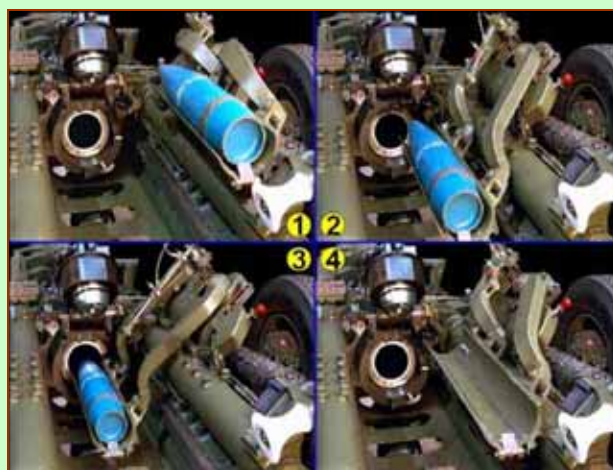


圖 16、輔助裝彈器作用圖解

資料來源：BAE DAMO 光碟

操作程序如后：（圖 15）

1、砲彈經由人工搬運，置於托彈盤上。

2、砲手操作控制桿使托彈盤滑降至砲尾環後方。

3、再以推彈桿將砲彈送入砲膛定位。

4、操作控制桿使托彈盤上升至定位。

三、鞍架總成

（一）鞍架

用來支撐砲耳軸軸承中之搖架，以樞軸為圓心，與搖架行方向之轉動。

（二）高低機

蝸桿式高低機一端連接在搖架下方，一端的連接又安裝在上架底端突出部，其工作原理是：由人員操作旋轉高低機手輪通過一組傳動螺桿，帶動一個行星滾柱盤旋轉使高低螺桿伸長或縮短，以達到改變射角的目的；高低機手輪每旋轉一圈，約為 10 密位。



圖 17、高低機—蝸桿部份

資料來源：BAE DAMO 光碟。

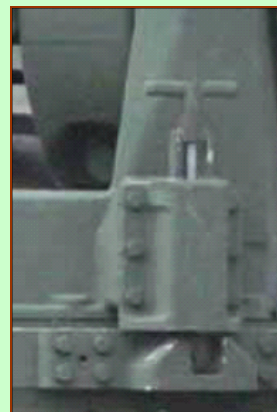


圖 20、方向機鎖

資料來源：<http://www.cannonartillery.com>



圖 18、高低機—手輪部份

資料來源：BAE DAMO 光碟。

（三）方向機

結構簡單的方向機由方向手輪及方向緩衝部件、傳動齒輪和以傳動齒輪組成與砲架環座齒輪相互嚙合，由人員操作賦予砲管射擊方向。方向機手輪每旋轉一圈，約為 10 密位。行軍時需將方向機鎖鎖定，以避免火炮因劇烈搖晃產生危險。



圖 19、方向機—手輪、傳動齒輪及環座齒輪

資料來源：BAE DAMO 光碟

（四）射控系統

標準射控系統是美製 M119 式 105mm 榴彈砲使用的光學瞄準裝置，包含 M172A1 或 M171A1 式週視鏡、M17A1 或 M18A1 式射角儀與 M138A1 式肘形鏡。⁴ 未來將配備 Selex 公司的雷射慣性砲兵定位系統（LINAPS）或是先進牽引砲數位化射控系統（Digital Fire Control System，DFCS），以提昇射控操作效能。

四、砲架總成

（一）砲架

由鈦合金製造，為射擊支架五點的其中一點。為了使火炮保持射擊時的穩定性，一方面利用兩個前置的穩定支架穩固地支撐著火炮，抵消火炮在發射時所產生的傾覆力矩，另一方面該砲結合了長後座和低耳軸（砲耳軸的高度僅為 65 公分）的方式使後座力向下轉移並直接傳到地面，從而最大限度地減小了傾覆力矩。。

（二）穩定支架

連接於下架前端突出部上，是射擊支架五點的其中二點，由穩定支架鎖栓固定，主要用於射擊後座停止，砲管複進時防止火炮前傾；機動時可以向兩側折疊。

註 4 March.2004，TM9-1025-215-10，P.2-14~2-18。



圖 21、穩定支架於火炮放列時，可確保因砲身前移帶來的火炮靜態穩定性和複進穩定性

資料來源：<http://www.fas.org>

（三）承載系統

• 煞車系統

區分動力煞車與人力煞車部分：

1、動力煞車：

M777 使用液氣式煞車系統，氣壓須達 90 PSI 方可作用，壓力不足時，煞車系統則呈現鎖定狀態，次總成包括：

（1）高壓管線

用以連接 M777 與載具，結合前需纏繞於砲管上，再與耦結器連結至載具煞車系統，主要避免機動時因管線過長產生磨損或與砲輪纏繞，致使高壓管線斷裂。

（2）液氣增強器

主要作用在煞車前檢查、動力傳導與儲油。它運用空氣鋼瓶施加壓力使液壓與氣壓聯結。

（3）空氣管快釋接頭

用於連接液氣增強器與高壓管線，作用如同煞車系統的排氣塞，可與結合座用以快速釋放。

2、人力煞車

在火炮未與載具結合狀況下，實施機動轉向時使用，以煞車手柄連接與鎖定。



圖 22、煞車系統

資料來源：BAE DAMO 光碟。



圖 23、砲輪與懸吊系統

資料來源：BAE DAMO 光碟。

• 懸吊系統

為獨立型式，具備二個懸吊槓桿，二個液壓缸，二個液壓泵及二個液壓泵手柄，分別位於火炮兩側相對位置，用以升降砲輪。

• 砲輪

由兩個定向軸承與砲輪結合，分別位於火炮兩側，包含輪軸鎖、砲輪、砲輪鎖定桿及液壓缸鎖。射擊時，砲輪將升起並以輪軸鎖固定；機動時，運用液壓千斤頂使砲輪下降並以輪軸鎖固定。

（四）架尾設備

• 駐鋤

以鈦合金製造，運用槓桿鎖銷與大架結合，是射擊支架五點的其中二點。於射擊狀況下，駐鋤需深入地面 3 英吋（約 10 公分），以承受射擊震動。



圖 24、駐鋤

資料來源：Daniel L. Winterscheidt “NCEMT Manufacturing Approaches Reduce M777 Howitzer Parts, Weight, Cost and Waste”

• 架尾

以鈦合金製成，於射擊狀況時放下並運用結合銷與下架鎖定，射擊時產生之震動由緩衝器轉移至駐鋤傳導至地面。



圖 25、駐鋤與緩衝器結合情形

資料來源：<http://bbs.news.163.com/mil/713923,47.html>



圖 26、緩衝器

資料來源：BAE DAMO 光碟

肆、優異性能

M777 式牽引榴砲係顛覆傳統的火砲設計理念，並整合了多項工業製造技術與材料科技，經過三階段測評與研改，才具備如此優異的性能，針對其機動力、戰場存活力與射擊能力說明如后：

M 7 7 7 式 牽 引 榴 砲 基 本 性 能 表	
口徑	155 公厘
砲 管 長	6.096m (39 倍徑)
砲口制退器型式	雙隔板式
制退複進機型式	液氣式
最大後座距離	1.39m
砲 門	間斷螺紋式
重 量	4218kg
長	行軍時：10.584m 射擊時：10.922m
寬	行軍時：2.589m 射擊時：3.721m
高	行軍時：2.336m 射擊時：1.219m
砲 耳 高 度	射擊時：0.65m
地 面 間 隙	行軍時：0.66m
輪 距	2.30m
俯 仰 轉 動 界	+71/-3° (+1275/-43 密位)
方 向 轉 動 界	左右各 22.5° (左右各 400 密位)
射 速	最大射速：4 發/分鐘 持續射速：2 發/分鐘
射 程	普通彈：24700m 增程彈：30000m
操 作 人 數	7 員
機 動 速 度	公路行駛：88km/h 越野行駛：50km/h
陣地佔領速度	約 3 分鐘
撤 收 速 度	約 2 分鐘

資料來源：JAA 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-UK-BAE Systems Land Systems 155 mm Lightweight Howitzer (M777)

一、機動力

決定機動力的主要因素包含重量、機動方式與速度。

（一）重量輕

M777 牽引榴砲重量僅 4,218 kg（包含隨砲零附件），主要原因是廣泛採用了輕金屬材料製作的零件：

- 鈦合金製品：砲架、搖架、駐鋤、車輪輪轂等零件。

- 鋁合金製品：制退複進機。

- 鋼製品：砲管和一些聯結零件。

全砲共使用了 960 公斤鈦合金材料，佔全砲重的 25.63%。鈦合金材料技術成熟，具有堅固、抗腐蝕等特點。由於鈦的價格比較貴，在研製該砲時要盡可能合理、有效地利用鈦合金材料，所以一些零件同時具備兩種功能，甚至具有多種功能。例如，搖架的四個管式零件都是採高壓容器規格製造的，因此它既可以作為搖架的一個組成部分，同時又可作為平衡機和制退複進機的一部分，具有緩衝後座和控制複進的功能；又如液壓氣動式懸吊裝置，也可作為液壓千斤頂使用。

（二）機動方式與速度

- 陸上牽引：由於火砲重量輕，牽引時的載具只需具備 2 1/2 T 以上載重力（4 × 4）即可，道路牽引速度達 88 km/h，越野牽引速度也可達 50 km/h。

- 空中運輸：能用 V-22 型傾轉旋翼機吊運，是美國海軍陸戰隊在研製 M777 榴砲之初提出的一項主要訴求。在美國海軍陸戰隊的空運試驗中，V-22 在距地面大約 305 公尺的高度以每小時 241 公里的速度飛行了 111 公里，試驗顯示該砲的戰略機動性完全能夠滿足作戰需求。



圖 27、使用 V-22 型傾轉旋翼機吊運

資料來源：<http://www.fas.org>

- 空投：美國陸軍幾次成功地從 C-17 和 C-130 運輸機上，在 457 公尺的高度，低速空投配有 24 發砲彈的 M777 式牽引榴砲。在空投試驗中，落地速度大約為每秒 43 公尺，關鍵是隨該砲一起空投的 24 發彈藥也全部安全著地。



圖 28、C-17 型與 C-130 型運輸機

資料來源：<http://www.fas.org>



圖 29、M777 式牽引榴砲空投作業

資料來源：<http://www.fas.org>

二、戰場存活率

M777 式牽引榴砲具有極強的戰術機動性、快速部署能力和較高的生存能力。在作戰環境下，一門以每小時 50 公里越野行進中的 M777 式牽引榴砲，在接到射

擊任務後 3 分鐘內即可完成陣地佔領與射擊準備，以精確的火力對目標實施射擊，隨後僅需 2 分鐘的時間就可以完成陣地撤收，回到路上行駛－從第一次接收射擊任務到進入 1.6 公里外的第二個射擊陣地，全過程只需 5 分鐘，這種一呼即應的作戰反應能力，可在戰場上掌握寶貴的戰機，真正滿足「打了就跑」的戰術，這是現代戰場為提高部隊生存能力的有利措施。

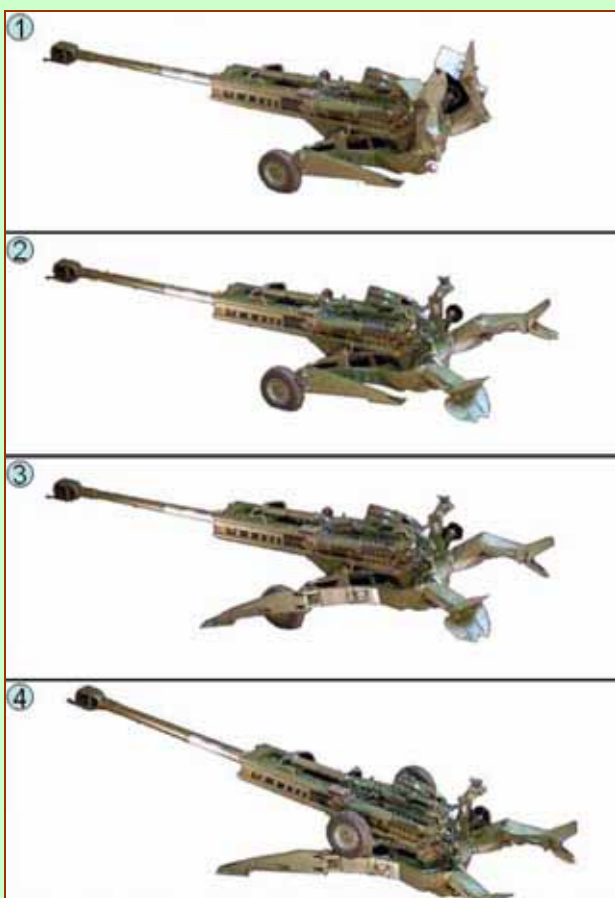


圖 30、火炮放列連續圖解

資料來源：BAE DAMO 光碟

三、精確的打擊能力

M777 牽引榴砲一方面通過其獨特的設計大大減輕了火炮的重量，但同時對火炮的射程、精度、穩定性以及耐久性又不產生任何影響。M777 與 M198 榴砲的彈道性能相同，除能發射所有現在使用的

155 公厘彈藥外，還能發射更加先進的 155 公厘彈藥。發射普通榴彈時最大射程 24.7 公里，發射火箭增程彈時可達 30 公里，M777 榴砲的射擊精度與現有火炮相比也有很大的提高，如當對 30 公里左右的目標發射普通榴彈時，可命中 150 公尺範圍內的目標；對 10 公里距離上的目標進行射擊時，命中精度（圓形公算偏差）則可以達到 50 公尺。

當用 M777 發射配用模塊式裝藥系統（MACS）的 XM982「石中劍」GPS/慣性導航增程導引砲彈時，最大射程可以達到 40 公里。配賦「石中劍」精確導引砲彈，不僅加大了火炮的射程，同時射擊精度也大幅提高，其命中精度（圓形公算偏差）可以達到 10 公尺。另「石中劍」所具有的近乎於垂直的終端彈道特性，使 M777 榴砲於高射角射擊時，砲彈可垂直向下衝向目標直接攻擊其頂部，必要時還可以貫穿 10-20 公分厚的混凝土。這種彈道特性對於城鎮戰來說是非常理想的，因為城市建築之間的空間非常有限，如用傳統的砲彈很難準確攻擊位於某棟建築物內的具體目標，但「石中劍」卻能夠很精確地將其摧毀，從而使部隊擁有了在過去城鎮作戰中所不具備的靈活度以及對付各種目標的作戰能力。

四、火力涵蓋效果

M777 的最大發射初速（8 號裝藥）為 827 公尺/秒，在兩分鐘內的最大射速為 5 發/分，持續射速為 2 發/分，這是在多次試驗中經過 10000 發砲彈的實彈射擊驗證的。一個 6 門制的 M777 榴砲連，每門砲發射 4 發普通榴彈，可以覆蓋相當大的面積。若使用「石中劍」精確導引砲彈，約 16 發砲彈就足以摧毀一個標準的自走砲連。

伍、各國運用概況

M777 牽引榴砲倍受世界各國的青睞，除美國陸軍和海軍陸戰隊裝備此砲外，英國陸軍和意大利陸軍分別可能訂購 65 門和 70 門，而為英國陸軍生產的 M777 牽引榴砲將配備美國通用動力公司生產的數位化射控系統。

「詹氏防衛週刊」今年 3 月 1 日報導，美國海軍陸戰隊通過對外軍售項目，向加拿大提供了 6 門 BAE 系統公司製造的 M777 式 155 公厘輕型牽引榴砲，配備加拿大皇家騎兵第一砲兵團使用，這些榴砲將部署到阿富汗，用以支持「射手（Archer）」軍事行動，也是 M777 式榴砲的首次作戰部署。據悉，為了使全團都裝備這種高性能榴砲進行訓練，加拿大還有 12~24 門 M777 式榴砲的潛在需求。

加拿大採購的 M777 式 155 公厘牽引榴砲配備了 Selex 感測器和機載系統公司的雷射慣性砲兵定位系統（LINAPS），LINAPS 系統現配備於英國皇家砲兵現役 L118 式 105 公厘輕型火炮，在「伊拉克自由作戰（Operation Iraqi Freedom）」行動中，已經驗證了該系統的性能。

另外在 2005 年，BAE 系統公司爭取到了 M777A1 式改進型榴砲的大量生產合約，將為美國陸軍和海軍陸戰隊提供 495 門 M777A1 式榴砲，交付工作預計從 2006 年中期開始。預期在 2010-2011 年，希臘和澳大利亞可能也將採購這型火炮。另外，其他對 M777 感興趣的國家還有阿拉伯聯合大公國、約旦、阿曼、印度和韓國等，目前都在與 BAE 系統公司進行各自不同階段的討論。

M 7 7 7 系 列 1 5 5 公 厘 輕 型 榴 砲 各 國 採 購 數 量 表			
國 家	數 量	備 註	
加拿大	6	於美國海軍陸戰隊部署時	
英國	42	預劃獲得	
美國	94	初期部署於海軍陸戰隊 (2003 到 2006 年間)	
	262	第二階段部署於海軍陸戰隊(2006 到 2009 年間)	
	233	部署陸軍(2006 到 2009 年間)	
資料來源：JAA 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-UK-BAE Systems Land Systems 155 mm Lightweight Howitzer (M777)			

陸、衍生研發項目

一、先進牽引砲數位化射控系統（DFC）⁵

M777 與 M109「帕拉丁」火炮一樣使用雷射陀螺儀進行定位，並用全球定位系統（GPS）進行輔助定位。它的射控系統由通用動力公司武器系統分部研製，可使 M777 進行快速和高精度射擊。在伊拉克戰爭的實證也顯示，即使不使用「石中劍」精確導引砲彈，M777 式牽引榴砲的射擊精度也很高。更重要的是，M777 將配用的先進牽引火炮數位化射控系統還可以與砲兵射擊指揮系統（AFATDS）進行數據鏈結，為陸軍和海軍陸戰隊提供網絡化的聯合火力。

目前，美國正在研製裝配在 M777 火炮上的先進牽引砲數位化射控系統（Digital Fire Control System，DFCS），一旦配有該數位化射控系統的 M777 投產，將被定名為 M777A1。不過此時第一批生產的 94 門 M777 榴砲已經裝備海軍陸戰隊，屆時也將對這些火炮進行改進，同時由主承包商 BAE 系統公司提供的剩餘 289

註 5 May 5, 2004 , LW155 Program Brief to Fire Support Conference

門火砲都將是 M777A1 榴砲結構。隨後，在此基礎上發展的軟件增強型火砲將被定名為 M777A2，進而形成 M777 輕型榴砲系列。



圖 31、美國準備裝配在 M777 火砲上的先進牽引砲數位化射控系統

資料來源：May 5, 2004，LW155 Program Brief to Fire Support Conference

二、26、30、45、47 或 52 倍徑輕型牽引榴砲系列⁶

BAE 系統公司還考慮將原型 M777 式輕型牽引榴砲發展成爲一個輕型牽引榴砲系列，其中包括可用於直接支援的 20 倍徑或 30 倍徑砲管的縮小型榴砲（最大射程約 20 公里，全重不到 3100 公斤）以及性能提高，但砲管長度增加到 45 倍徑、47 倍徑或 52 倍徑的全般支援型火砲（最大射程超過 40 公里，而全重仍低於 4500 公斤）。此外，這種「超輕型野戰榴砲」系列將安裝全套的先進牽引火砲數位化設備和諸如輔助動力裝彈裝置、輔助動力高低與方向驅動裝置等，使其具有選擇性伺服輔助功能，從而使火砲的整體效能得到進一步提高。



圖 32、155 公厘輕型牽引榴砲系列

資料來源：

http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jaa2005/jaa_0550.htm

三、輪式自走砲系統⁷

2005 年在倫敦國際國防系統和設備展覽會（DSEi）上，英國 BAE 系統公司展出了其研製的 M777 Portee 新型輪式自走砲系統。

該火炮系統使用 Supacat 公司為“高機動卡車（High Mobility Truck）”研製的具有高越野能力的八輪汽車底盤。目前，“高機動卡車”已開始大量裝備英、美兩國的作戰部隊。



圖 33、M777 Portee 新型輪式自走砲系統（39 倍徑）

資料來源：JAA 10-Nov-2005 SELF-PROPELLED GUNS
AND HOWITZERS (WHEELED) -UK-BAE Systems
Land Systems 155 mm-39 calibre (8 x 6) self-propelled
artillery system

註 6 http://10.22.155.7/jdsasp/FullImg/jaa2005/jaa_0550.htm

註 7 JAA 10-Nov-2005 SELF-PROPELLED GUNS AND HOWITZERS (WHEELED)-UK-BAE Systems Land Systems 155 mm-39 calibre (8 × 6) self-propelled artillery system



圖 34、M777 Portee 新型輪式自走砲系統（52 倍徑）
資料來源：JAA 10-Nov-2005 SELF-PROPELLED GUNS AND HOWITZERS (WHEELED) -UK-BAE Systems Land Systems 155 mm-39 calibre (8×6) self-propelled artillery system

每套 M777 Portee 系統均裝備有一門 M777 型 155 公厘火炮。據 BAE 系統公司介紹，M777 Portee 已通過各項測試，並進行了 350 次實彈射擊。這種自走砲系統是根據英國國防部制定的“輕型機動火炮系統”計畫而專門研製的。按照該項計畫，“輕型機動火炮系統”應從 2009 年開始投入使用。

M777 Portee 採用 52 倍徑的砲管，最大射程為 40 公里。該砲的射擊精度與現有火炮相比有很大的提高，如當對 30 公里左右的目標發射普通榴彈時，可命中 150 公尺範圍內的目標；對 10 公里距離上的目標進行射擊時，命中精度則可以達到 50 公尺。每套 M777 Portee 系統配備的彈藥基數為 70 發。

設計人員在研製 Portee 的過程中還充分考慮到了實施未來空中機動行動的需要。該輕型機動式火炮系統全重只有 13 噸（含 20 發 155 公厘砲彈及相關裝藥），並且結構設計緊湊，可以使用多種空中平臺運輸，如一架 C-130 型運輸機一次可空運一套系統，一架 A400M 一次能夠空運 2

套，而 C-17 型運輸機則可空運 3 套。另外，該系統還可以被分成 2 個部分，分別用戰術直升機吊運。

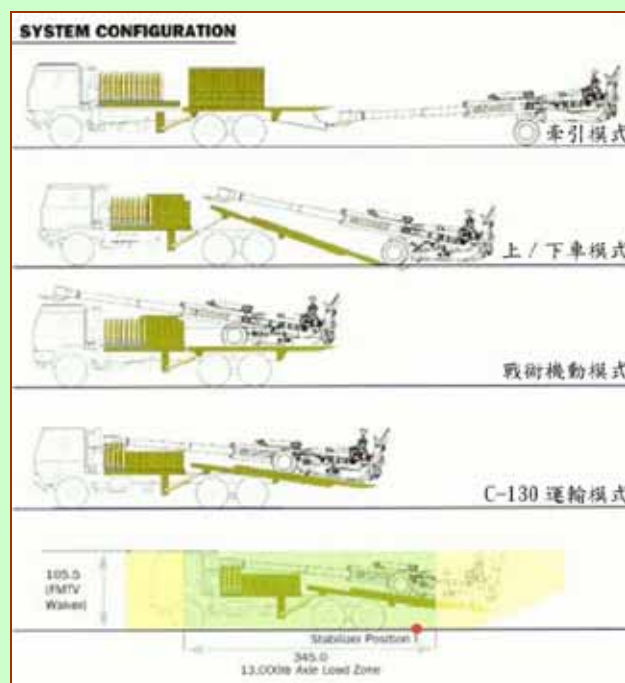


圖 35、M777 Portee 運輸模式

資料來源：JAA 10-Nov-2005 SELF-PROPELLED GUNS AND HOWITZERS (WHEELED) -UK-BAE Systems Land Systems 155 mm-39 calibre (8×6) self-propelled artillery system

四、第二代“超輕型火炮”⁸

按照英國國防部的間接戰場交戰應用研究計畫，英國國防評估與研究局還在研究一系列適用於第二代“超輕型火炮”或中期壽命改進型“機動砲兵武器系統”火炮的技術。目標是在射程不減的情況下將全砲質量從目前的 4.08t（噸）減到接近 2.27t，具體方法包括採用 39 倍徑輕型複合材料砲管和軟後座系統。據估計，通過將 39 倍徑 155 公厘常規火炮砲管的壁厚減小 60%並增加複合材料外套管，砲管重量可減輕 40%。

註 8 <http://engine.cqvip.com>

柒、他山之石，可以攻玉

現 役 1 5 5 公 厘 牽 引 榴 砲 性 能 比 較 表			
型 式	M114	M198	M777
國 家	中華民國（美造）	美國	美國（BAE 造）
砲 管 長	3.778 公尺 （24 倍徑）	6.096 公尺 （39 倍徑）	6.096 公尺 （39 倍徑）
重 量	5,800 公斤	7,163 公斤	4,218 公斤
長	7.315 公尺	12.34 公尺	10.584 公尺
寬	2.438 公尺	2.794 公尺	2.589 公尺
高	1.803 公尺	2.9 公尺	2.336 公尺
俯 仰	+63/-2°	+72/-5°	+71/-3°
方 向	向右 25° 向左 24°	45°	左右各 23° (放列時)
射 速	(前 30 秒) 2 發 (前 4 分鐘) 8 發 (前 10 分鐘) 16 發 (持續) 40 發/小時	4 發/分鐘	4 發/分鐘(最大) 2 發/分鐘(持續)
射 程	14,600 公尺	30,000 公尺 (M549A1 式火 箭增程彈, 使用 Z8S 發射藥)	30,000 公尺+ (增程彈)
牽 引 速 度			88 公里/小時 (公路行駛) 50 公里/小時 (越野)
成 員	11	11	7 (正常) 5 (減員操作)

資料來源：Jane's Armour And Artillery 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-USA-155 mm howitzer M114.
Jane's Armour And Artillery 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-USA-155 mm howitzer M198.
Jane's Armour And Artillery 09-Jan-2006 TOWED ANTI-TANK GUNS, GUNS AND HOWITZERS-UK-BAE Systems Land Systems 155 mm Lightweight Howitzer (M777).

我國雖無豐富的礦產，但是科技人才濟濟，就以前幾年空軍 IDF 經國號戰機的研製與量產來說，就是最好的證明。砲兵部隊在新裝備無法獲得的狀況下，實不應畫地自限，應積極開啓另一扇窗，結合軍事學術單位及民間學術與企業單位，對現

有牽引砲進行研改，提出幾點個人淺見，供大家參考：

一、增加機動力

重量是直接影響機動力、戰鬥支援速度的主要因素，若是運用結構分析技術，降低金屬材料使用量或是採用堅固、質輕的金屬，並增加砲架結構強度，則能大幅減輕火炮重量，所需載具規格亦可降低，同時可提高彈藥基本攜型量，增加火力支援能量；另外可研發輔助動力系統，提升戰鬥支援速度，減少人工作業時間。

二、提升指通力

以本校射擊組與戰術組分別研發了技術射擊指揮儀與戰術射擊指揮儀，並運用現有通信裝備，達成數據傳輸的目的，大幅減少了作戰反應時間，同時以電腦取代人工繁複的計畫作為時間，精確規劃火力及計算出各項射擊諸元，降低人為誤差，使火力運用更加靈活，有效達成「集中、機動、奇襲」之原則。未來應朝向民間可運用的各項資源，比如：村里辦公室的監視系統、民間通信與電信業者的設備及岸巡部隊的偵蒐器材…等，達到資源共享、因補於民的境界。

三、加大破壞力

彈藥技術的精進，對我砲兵而言，是最直接有效提升射程、射擊效果與精度的方法，可分別由發射藥、彈體與信管三方面著手：

（一）發射藥：發射藥的能量，直接影響砲口初速，初速越大射程就越遠，可就砲管所能承受壓力的安全限制因素內，提升發射藥能量；另外可學習美軍使用模組化裝藥系統，不但可以增加攜彈量，同時也減少後勤支援負擔。

（二）彈體：砲口初速提升雖可增加射程，但受限於砲管，若對砲彈本體進行

研改，降低阻力、使用彈底噴氣或火箭推進增程技術，亦可大幅提升射程；另外可使用預置破片或鋼珠塑形的彈體，使彈體爆裂時，破片散佈更均勻，涵蓋面積更廣，增加殺傷效果。

（三）信管：除作為引爆彈體的基本作用外，應嘗試運用 GPS/INS 導航定位功能，提供射彈修正的數據，增加射擊精準度與射彈修正速度；另可考慮採用多功能信管，如同 MOFA 一樣，兼具瞬發、延期、近發、空炸與自動感應設定多重功能，⁹ 運用更有彈性，同時減輕補給作業負擔。

四、定位定向能力

火炮之靈活與精準，有賴於測地與射擊指揮技術，射擊指揮儀的研製已有相當的成效，就測地方面，卻只有少數人著墨。個人認為應朝幾個方向著手：

- 牽引砲：建議採購或研製功能類似射向賦予定位系統（Gun Laying and Positioning System，GLPS），配賦至連（排）級單位使用，增加陣地選擇之機動性與彈性，營射擊指揮所即可全般掌握各部隊位置，選定適當的射擊單位，適時分配射擊任務。



圖 36、射向賦予定位系統（Gun Laying and Positioning System，GLPS）資料來源：<http://www.peogcs.army.mil>

- 自走砲：建議採購或研製功能類似 SIGMA 30 的慣性導航系統（INS），配賦至單砲使用，使單砲即可執行射擊任務。自走砲能充分發揮「打跑」戰術，就可增

加戰場機動性與存活率。



圖 37、SIGMA 30 慣性導航系統
資料來源：<http://www.peogcs.army.mil>

捌、結語

隨著火炮技術的發展，現代火炮的威力有大幅度的提昇，以西方國家在 70~80 年代競相研製、裝備的 155 公厘榴砲為代表，火炮的射程與威力都有很大的進步，但重量並沒有減小，155 公厘牽引榴砲的質量多在 8 噸以上，火炮的機動性沒有明顯的改善。進入 90 年代，以 M777 式 155 公厘牽引榴砲為例，代表牽引火炮採用了新的減重綜合技術，大幅度減少重量，同時也獲得了良好的戰術機動性和戰略機動性。就目前各國普遍重視快速反應部隊、應急作戰部隊的部署與城鎮戰等熱門話題時，這些部隊都需要裝備便於快速機動的輕型牽引火炮，未來牽引火炮的機動性，將越顯得重要。

作者簡介：

呂致中中校，陸軍官校 79 年班，現任職於陸軍飛彈砲兵學校兵器組主任教官。

審查紀錄

收件：951106

初審：951114

複審：951123

綜審：951127

註 8 <http://www.atk.com>