

野戰砲兵彈藥發展之研究

壹、作者：林展慶

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校兵器組

參、審查委員：

謝敏華

黃君武

呂致中

王述敏

肆、審查紀錄：

收件：99 年 05 月 01 日

初審：99 年 07 月 02 日

複審：99 年 07 月 13 日

綜審：99 年 08 月 06 日

伍、內容提要：

- 一、砲兵彈藥對砲兵部隊而言，如何穩定砲彈爆藥、裝藥品質、提昇砲彈威力並確保人員安全，一直是受到重視的課題。傳統彈體的改良，著重在增加射擊距離、強化爆藥威力等方面。
- 二、美國陸軍的先進火炮砲兵彈藥計畫（ACA2P），研製射程更遠，質量更輕及高效能的砲彈。該系列的砲彈透過彈道模擬的製造過程，使同系列但不同種類的砲彈，可以使用單一射擊平台來達到彈道相同的效果，其包括 155 公厘及 105 公厘之砲彈研發。
- 三、各國針對引信之發展亦不遺餘力，從傳統機械構造之瞬發、空炸及時間信管，逐漸演進到電子信管、多功能信管，至現代乃有感測型信管之問世。
- 四、精確導引砲彈發展史開始於東西方兩大陣營冷戰時期，其研發改製不曾間斷，從 80 年代的半自動導引砲彈乃至 90 年代的雷達導引砲彈，時至今日更有使用全球定位系統之新型導引砲彈問世。
- 五、模組化拋射藥系統的優點是無庸置疑的，不僅在使訓練簡單化、減少後勤供給能量，更可用於火炮全自動彈藥裝填系統；模組化拋射藥系統的演進區分為三個階段，分別為多模組化、單一模組化及雙模組化拋射藥系統。
- 六、大口徑火炮射擊時，需由人員將底火結合於發火機的底火座上，再裝填至發火機座中，尤其是在燈光昏暗視線不佳的狀況下，人為的錯誤極易造成底火裝填的問題與人員受傷，底火裝填裝置的研發，改善了這個問題。

野戰砲兵彈藥發展之研究

作者：林展慶 上尉

提要

- 一、砲兵彈藥對砲兵部隊而言，如何穩定砲彈爆藥、裝藥品質、提昇砲彈威力並確保人員安全，一直是受到重視的課題。傳統彈體的改良，著重在增加射擊距離、強化爆藥威力等方面。
- 二、美國陸軍的先進火砲砲兵彈藥計畫（ACA2P），研製射程更遠，質量更輕及高效能的砲彈。該系列的砲彈透過彈道模擬的製造過程，使同系列但不同種類的砲彈，可以使用單一射擊平台來達到彈道相同的效果，其包括 155 公厘及 105 公厘之砲彈研發。
- 三、各國針對引信之發展亦不遺餘力，從傳統機械構造之瞬發、空炸及時間信管，逐漸演進到電子信管、多功能信管，至現代乃有感測型信管之問世。
- 四、精確導引砲彈發展史開始於東西方兩大陣營冷戰時期，其研發改製不曾間斷，從 80 年代的半自動導引砲彈乃至 90 年代的雷達導引砲彈，時至今日更有使用全球定位系統之新型導引砲彈問世。
- 五、模組化拋射藥系統的優點是無庸置疑的，不僅在使訓練簡單化、減少後勤供給能量，更可用於火砲全自動彈藥裝填系統；模組化拋射藥系統的演進區分為三個階段，分別為多模組化、單一模組化及雙模組化拋射藥系統。
- 六、大口徑火砲射擊時，需由人員將底火結合於發火機的底火座上，再裝填至發火機座中，尤其是在燈光昏暗視線不佳的狀況下，人為的錯誤極易造成底火裝填的問題與人員受傷，底火裝填裝置的研發，改善了這個問題。

關鍵字：

先進火砲砲兵彈藥計畫、電子信管、精確導引砲彈、模組化拋射藥、底火裝填裝置

壹、前言：

砲兵彈藥對砲兵部隊而言，如何穩定砲彈爆藥、裝藥品質、提昇砲彈威力並確保人員安全，一直是受到重視的課題。近年來在彈體發展部分，傳統彈體改良著重在增加射擊距離、強化爆藥威力，並同時能符合各式北約砲種之使用。引信部分，各國針對引信之發展亦不遺餘力，從最早之傳統機械構造之瞬發、空炸及時間信管，逐漸演進到電子時間信管，至現代乃有感測型信管之產生。精確導引彈藥的發展更是日新月異，從 80 年代的半自動導引砲彈乃至 90 年代的雷達導引砲彈，至今日更有使用全球定位系統之新型導引砲彈問世。

拋射藥部分，則是由傳統袋裝藥包改良為較節省且使用較方便的模組化拋射藥。至於在底火部分，雖然底火本身構造及材料大多維持不變，但針對裝填底火所牽涉之人員安全及射擊速度之強化，新式的自動底火裝填機之研發也因應而生。

本文研究近代野戰砲兵彈藥性能之發展，共區分為彈體、信管、拋射藥、底火裝置四個部分。研究探討範圍包括美軍新式砲兵彈藥項目(Advanced Cannon Artillery Ammunition Program, ACA2P)、新型信管簡介、精確導引砲彈發展簡介、模組化拋射藥系統(Modular Charge Systems, MCS)及新式自動底火裝填機(Automatic Primer Feed Mechanism)。

貳、傳統彈體性能提昇：

未來戰鬥系統(future combat system, FCS)是近幾年美軍針對其部隊特性所欲發展的方向，其中對應於 NLOS-C 新式火砲的砲彈種類項目的配套即為「美軍新式砲兵彈藥項目」(Advanced Cannon Artillery Ammunition Program, ACA2P)。該計畫由位於南非及美國賓州的兵工廠(General Dynamics Ordnance , Denel Ordnance)所執行，開發並製造目前服役於美軍之一般性常規砲彈¹。

美國陸軍所實施的砲兵現代化行動，其中包括了先進火砲砲兵彈藥計畫。研製射程更遠，質量更輕及高效能的砲彈。ACA2P 系列的砲彈透過彈道模擬的製造過程，使同系列但不同種類的砲彈，可以使用單一射擊平台來達到彈道相同的效果，其包括 155 公厘及 105 公厘之砲彈研發。如圖一，為本次計畫所製造之改良型 105 公厘及 155 公厘之砲彈。



圖一：美軍新式砲兵彈藥項目(ACA2P)：105 公厘砲彈系列

資料來源：Talleyds co., "projectile products," General Dynamics Ordnance and Tactical Systems, 2006. [Http://www.gd-ots.com/webpdf/105mmACA2PGrp.pdf](http://www.gd-ots.com/webpdf/105mmACA2PGrp.pdf)

¹Jane's, "105 mm Igala ammunition family," JAH Jane's Ammunition Handbook, 2010/5/2.

[Http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_5237](http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_5237) (2010/5/11)

一、改良式彈體簡介：

（一）105公厘M2019高爆彈：²

M2019 高爆彈彈體外殼是由傳統的空心鍛鋼所構成，並具備增程功能。該型砲彈為低成本的高爆訓練彈，用途包括制壓、破壞及戰備庫存。M2019 高爆彈彈底型式可選擇為彈底噴射（增程）或船尾型（一般射距），並可進行更換。彈體提環螺塞有提環及螺旋構造以利運輸，彈體剖面如圖二。

（二）105公厘M2020 PFF高爆彈：

M2020 PFF 高爆彈因為具備了備炸碎片(PFF)彈頭，故威力更甚於目前的105公厘高爆彈。備炸碎片原理為彈壁鑲嵌鎢球，使爆炸時能造成更大的彈飛及殺傷。M2020 PFF 高爆彈同樣可選擇彈底型式，以達到增程或一般射距的功能。該彈頭同樣具備吊環及螺旋構造以利於運輸，彈體剖面圖如圖三。

（三）105公厘 M0102 照明彈：

M0102 照明彈可同時以可見光及紅外線的方式提供戰場夜間照明。照明彈經由降落傘持續散發光源，以達到戰場夜間觀測敵情之效果。砲彈亦可更換彈底型態以增加射擊距離，彈體剖面如圖四。

（四）105公厘 M0101 屏幕煙霧彈：

M0101 屏幕(screening)煙霧彈彈體共含四個煙霧罐，提供遮蔽可見光及紅外線。該彈體同 ACA2P 系列具備可替換式增程功能，彈體剖面如圖五，可提供 70 秒至 90 秒的彈幕屏護功能。

（五）105公厘 M2019 練習彈：

M2019 練習彈同樣由傳統的空心鍛鋼所構成，並具備增程功能。內裝 2 公斤的水泥，不具爆破性能。該型砲彈具超低成本特性，適合用於訓練。並和 ACA2P 同系列砲彈同具備增程及吊環式安全搬運的功能。彈體剖面如圖六。



M2019

圖二：M2019 高爆彈彈體剖面圖



M2020

圖三：M2019 PFF 高爆彈彈體剖面圖



M0102

圖四：M0102 照明彈彈體剖面圖



M0101

圖五：M0101 煙霧彈彈體剖面圖

²同註 1。



105mm Practice Projectile

圖六：M2019 練習彈彈體剖面圖

資料來源：Talleyds co., "projectile products," General Dynamics Ordnance and Tactical Systems, 2006. [Http://www.gd-ots.com/webpdf/105mmACA2PGrp.pdf](http://www.gd-ots.com/webpdf/105mmACA2PGrp.pdf)

(六) 155公厘M2000高爆彈：

M2000 155 公厘高爆彈彈體是由傳統的空心鍛鋼所構成，具備增程功能，屬鈍感彈藥 (Insensitive Munitions, IM)。彈體材質為殺傷鋼質破片，具強化殺傷功能。該型砲彈為低成本的高爆訓練彈，用途為制壓、破壞。M2000 高爆彈彈底型式可選擇為彈底噴射（增程）或船尾型（一般射距）以進行更換。彈體提環螺塞有提環及螺旋構造以利運輸，彈體剖面如圖七，該彈藥具北約標準規格，並使用北約標準信管，適用於 39 及 52 倍徑的 155 公厘口徑火炮。

(七) 155公厘M2002煙霧彈：

M2002 屏幕(screening)煙霧彈，其彈體共含四個煙霧罐，產生彈幕遮蔽可見光及紅外線。該彈體同 ACA2P 系列具備可替換式增程功能，可提供 70 秒至 90 秒的彈幕屏護功能，彈體剖面如圖八。

(八) 155公厘M2004黃磷彈：

M2004 黃磷彈內含各自分裝且壓縮的黃磷彈丸，在彈體爆炸碎裂後這些彈丸順勢彈出，並在目標區散開後產生劇烈燃燒為其主要功能，而燃燒所產生的煙霧則為其次要的功用。其餘彈體特性同前列北約規格彈體，彈體剖面如圖九。

(九) 155公厘M2005增程彈：

M2005 為增速距砲彈 (Velocity-Enhanced, Long-Range Artillery Projectile, VLAP)，具備備炸碎片(PFF)彈頭，該砲彈安裝的推進器具有固態的粒狀複合推進燃料，藉以增大其砲彈之射程，於規格同前列北約彈體；用於 39 倍徑的新式非線性火炮(NLOS)時，射程可高達 40 公里。彈體剖面如圖十。

(十) 155 公厘 M2001 雙效子母彈：

M2001 為雙效子母彈 (DPICM)，155 公厘口徑，3 個彈重等級。主彈體發射至目標區上方之後，由彈體拋射出 42 個小型自毀裝置（次子彈），具錐孔裝藥特性，可同時對人員與裝甲目標造成傷害，故稱「雙效」，該型砲彈同時具有底排性質以增加射程，次子彈之錐孔裝藥所產生之火焰噴流，可對鋼質穿甲目標造成約 12 公分的侵徹效果。如圖十一，彈體內含部分即為其次子彈。另有該型彈體之練習彈，程式同為 M2001，外觀為練習彈種特有之藍色彈體，黃色標

誌，內裝之 42 個自毀裝置改換為前述 M2004 黃磷彈體內裝之黃磷，用以達到次子彈拋射後觀測其彈著之練習效果，如圖十二。



M2000

圖七：M2000 高爆彈彈體剖面圖



M2002

圖八：M2002 煙霧彈彈體剖面圖



M2004

圖九：M2004 黃磷彈彈體剖面圖



M2005

圖十：M2005 增程彈彈體剖面圖



M2001

圖十一：M2001 子母彈彈體剖面圖



M2001 DPICM Trainer

圖十二：M2001 練習用子母彈彈體剖面圖

資料來源：Talleyds co., "projectile products," General Dynamics Ordnance and Tactical Systems, 2006. [Http://www.gd-ots.com/webpdf/155mmACA2PGrp.pdf](http://www.gd-ots.com/webpdf/155mmACA2PGrp.pdf)

二、改良式彈體與傳統彈體射擊距離之比較：

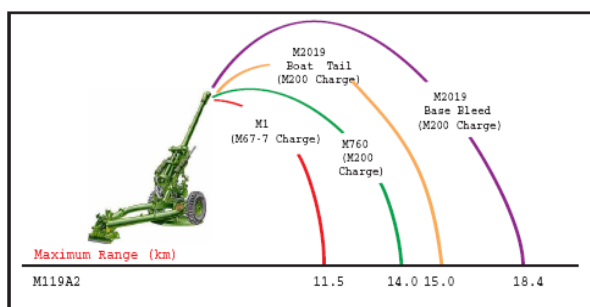
在同樣使用 M119A2, 105 公厘牽引砲射擊的情況下，M1 榴彈使用 M67-7 號裝藥之最遠射距為 11.5 公里，如圖十三之紅色線。M760 榴彈使用 M200 型裝藥可達 14 公里，如綠色線。而 M2019 高爆彈在船尾型（一般射距）及彈底噴射（增程狀態）若以 M200 裝藥發射，射距最遠可達 18.4 公里，改良後大大增加了射擊距離約 30%。

另外在 M2019 PFF 高爆彈、M0102 照明彈、M0101 煙霧彈，及 M2019 練習彈方面，其彈體皆同樣可使用北約組織規格信管。並且由於是同屬於 ACA2P 系列的砲彈，透過彈道模擬的製造過程，同系列但不同種類的彈體，由同一射擊平台（M119A2 105 公厘牽引砲）發射時，可達到彈道相同的結果，即各種不同型式的彈藥可使用相同之射表實施射擊。其射擊距離之比較結果皆相同為最大增加約 30%。我們可以比較改良前之紅色線、綠色線之於改良後的橘色線與紫色線，其射擊距離皆有長足的進步。

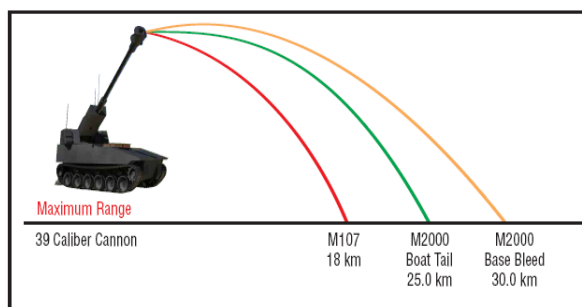
而在 155 公厘砲彈方面，除前述提到的增程彈射程可高達 40 公里外，其新式砲彈見下圖十四，射擊距離亦有長足之提升，從 18 公里躍升最多至 30 公里，

射程約增多了 1.6 倍之多。

我們因此可以瞭解，傳統彈頭並非無發展之潛能，科技之發展日新月異，我軍仍能以增強各種彈頭性能，增加射擊距離為目標而進行發展研究。



圖十三：105 公厘砲彈射距比較



圖十四：155 公厘砲彈射距比較

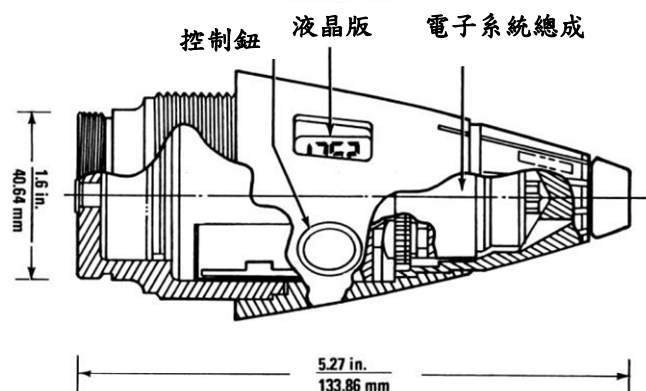
資料來源：Talleyds co., "projectile products," General Dynamics Ordnance and Tactical Systems, 2006. [Http://www.gd-ots.com/webpdf/155mmACA2PGrp.pdf](http://www.gd-ots.com/webpdf/155mmACA2PGrp.pdf)

參、新型信管發展：

引信俗稱信管，為使彈頭（彈丸）於適當時機發生爆炸之裝置。傳統機械引信包括瞬發、近發、時間以及延期等功能。近代引信之發展除了將信管改良成電子信管之外，另外還有功能併用之發展，如砲兵多功能信管：(MOFA, Multi-Option Fuzes for Artillery)，至於引信的最近發展則是已經到了可以修正彈著的感測型信管。

一、電子信管：

電子信管的發展起於西元 1989 年，美造 M762 電子信管問世。該信管具備瞬發以及時間兩種功能，電子時間設定範圍為 0.5 至 199.9 秒，精度可達 0.1 秒。信管上具備液晶版以顯示信管時間，該信管之最大後座承受力為 30 公斤，最大承受轉速 30,000 rpm(轉/分)。適用於 39 及 52 倍徑之火砲及各式彈種。如圖十五，為 M762 電子信管之構造圖。

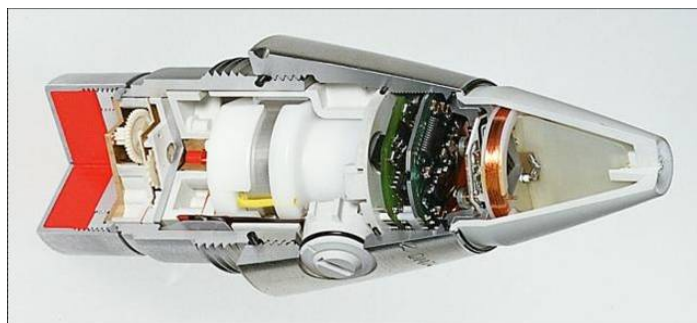


圖十五：美國 M762 電子信管

資料來源：2010 Jane's Information Group

二、砲兵多功能信管：

電子信管之進一步改良型，除瞬發與時間功能外，同時能提供近發以及延期之功能。信管感應設定時間為 1.5 秒，遠比傳統信管手動設置之 20 餘秒快速。除具備前述之電子信管之特性外，在延期功能部分可達 10 秒，信管壽命可保存 20 年。如圖十六，為德製之 DM84 砲兵多功能信管。



圖十六：德國 DM84 砲兵多功能信管

資料來源：2010 Jane's Information Group

三、感測型信管：

感測型信管區分兩種，其一為較早之發展，起於 1980 年，應用於精確導引砲彈，如薩達姆砲彈、精靈砲彈等之次子彈，提供該類砲彈內含次子彈之尋標功能，不可使用於一般砲彈，使用範圍較小。

另一種為 2005 年起所研發之感測型信管（CCF, Course Correcting Fuzes），可裝於傳統彈體之彈頭，該型信管之特性包括：增強殺傷力、減少圓形機率誤差、減少後勤消耗以及符合北約規範，並藉由 GPS 衛星定位之協助以實施彈道修正。此類信管於 2010 年 6 月由美國 ATK 公司試產，命中公算可小於 50 公尺。如圖十七所示，信管兩側之黑色翼片可修正方向，信管底緣之翼片則可用於修正距離。



圖十七：感測型信管

資料來源：2010 Jane's Information Group

肆、精確導引砲彈發展：

一、銅斑蛇砲彈：

導引砲彈發展史開始於東西方兩大陣營冷戰時期，70 年代美國等西方國家為了制壓前蘇聯的戰車優勢，而將導引技術運用在砲彈上。80 年代初將該彈定型生產並裝備部隊，取名為「銅斑蛇」(Copperhead)，是世界上最早的導引砲彈，主要用於攻擊戰車或裝甲目標，射程可達 16 公里；全套武器系統由火炮、導引砲彈和雷射指示器等組成。而共產國家對導引砲彈的研發亦有進展，中共使用俄羅斯製的 152 公厘「紅土地」雷射導引砲彈系統，該砲彈可用於所有的俄製 152 公厘火炮，射程約 20 公里。

銅斑蛇砲彈為「半自動精確導引砲彈」，因砲彈的命中仍需要人工輔助或空中（OH—58D 戰搜機）來導引摧毀目標。地面導引時目標前方必須由前進觀測官使用 AN/PAQ-1 雷射指示器標定目標，如圖十九。



圖十八、M 712 銅斑蛇 (Copperhead) 155 公厘導引砲彈

資料來源：美國中文在線論壇，<http://www.tycool.com/bbs/thread204501.html>。



圖十九、AN/PAQ-1 雷射指示器

資料來源：千龍軍事網：<http://mil.21dnn.com/5051/2002-11-30/179@535624.htm>

二、薩達姆砲彈：

隨後，導引砲彈的發展轉由「半自動」朝著「射後不理」的全自動導引砲彈。1998 年美軍正式使用的全自動導引砲彈「M 898 薩達姆砲彈」，便不需要人工的標定程序，而是在其次子彈上裝置探測裝置以產生目標識別能力，薩達姆砲彈的射程可達 22.5 公里。

薩達姆砲彈內含兩個次子彈，彈體發射至目標上空約 1000 公尺處，由彈底拋出這兩個次子彈，該裝置具有傘投功能以及偵搜功能。偵搜技術運用主動、

被動厘米波感應器（雷達）各一個和紅外感測器這三種探測裝置，偵搜範圍可達 150 公尺，並於目標確定後於上空引爆，以火焰噴流貫穿目標。若偵搜不到目標，則兩個次子彈於著地後將自動引爆。兩個次子彈自彈底拋出至引爆時間約為 30 秒。



圖二十、美製 M 898 薩達姆（Sadarm）砲彈

資料來源：2008 Jane's Information Group

三、石中劍砲彈

至於近幾年研發成功的美製「XM 982 石中劍（Excalibur）」³導引砲彈，更是近期導引砲彈之翹楚，此型砲彈已由最初導引砲彈廣泛應用的半主動雷射導引方式改為採用較先進的全球定位系統與慣性導航系統複合方式導引（Global Position System / Inertial Navigation System, GPS / INS），除抗干擾性更佳之外，圓形機率誤差（Circle Error Probability, CEP）更已可達僅約10 公尺範圍的水準。⁴

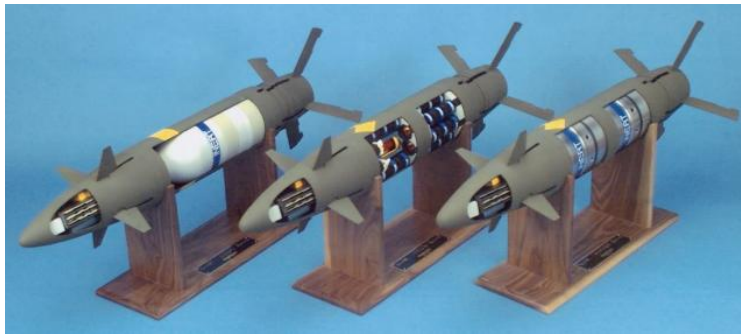
可發射石中劍砲彈之39倍徑155公厘火炮包括非線性火炮（NLOS-C）、美國XM777A2牽引砲，美國M109A6自走砲，以及與M109A6自走砲具備同樣砲管（M284）之本軍現役M109A5自走砲。彈體重量約為48公斤，彈身長達99公分，最大射程可達50公里，最小射程可達6公里。

石中劍砲彈目前信管為內建之電子信管，不需人工設定，其功能包括近發、瞬發以及延期三種功能。在美軍未來的規劃中，信管將更新為感測型信管，該型信管將可賦予石中劍更高的命中精準度。

石中劍砲彈彈體內部之爆藥可供替換，如圖二一，由左至右分別為傳統高爆藥，雙效子母彈（DPICM）型以及薩達姆型（內含兩個次子彈）三種。

³ Danny Sprengle•Donald Durant 著，胡元傑譯，〈陸軍增程精準砲彈：石中劍〉《砲兵季刊》（台南），第 130 期，陸軍飛彈砲兵學校，民國 97 年 8 月，頁 5。

⁴ 李秦強，〈淺談砲兵精準彈藥的新方向—彈道修正引信〉，《砲兵季刊》（台南），第 143 期，陸軍飛彈砲兵學校，民國 97 年第 4 季，頁 3。



圖二一、XM 982 石中劍導引砲彈

資料來源：2010 Jane's Information Group

由此可見，精確導引砲彈發展仍是砲兵彈藥未來發展的主軸之一。從雷射導引之銅斑蛇砲彈，發展至以厘米波（雷達）及紅外線感測之薩達姆砲彈，到使用衛星定位系統導引之石中劍砲彈，可見未來的精確導引砲彈，將會朝著射程更遠，破壞力愈強，精準度至上，導引方式更簡單，甚至成本更為低廉的方向演進。

伍、拋射藥性能提昇：

在 1980 年代西方世界國家熱衷於開發不同形式的砲彈推進方式，舉凡液態、電態(電磁、電熱、電化學熱)的推進法，嘗試著以各種方式，試圖變成傳統固體拋射藥袋的最佳取代方案。但往往於開發比較後，仍是認為於模組化拋射藥系統(modular charge systems, MCS)較佳，並且再次的使用固態粉狀的拋射藥。

模組化拋射藥系統的優點是無庸置疑的，不僅在使訓練簡單化、減少後勤供給能量，更可用於火炮全自動彈藥裝填系統。故接下來所欲探討的是模組化拋射藥的演進和介紹，及與傳統袋裝藥包比較。

一、袋裝藥包的缺點：

袋裝藥包大多為細長構造，並靠綑綁來保持其本體硬度，才能使其傳火順暢，其裝填手亦應經過嚴格裝填訓練，若安裝不正確極易導致傳火管折斷，藥包裝反等等情況，使傳火受阻或發生危安事故等。

另外依照不同的射擊任務所賦予的射擊距離，取出之藥包需經過調整，不需要的藥包必須拆卸，並於射擊後就地實施銷毀，等等因素皆降低了射擊的速度。

二、何謂模組化：

如圖二二所示，將砲彈所使用之藥包，依照其燃燒能量整理成罐裝的型態，射擊時可以藉由不同罐裝的組裝，達到我們所要的推進效果，故稱之為模組化。不需拆卸多餘藥包，也不需就地焚燬，故模組化拋射藥系統相對於傳統藥包，

可提供比較多於經濟效益。⁵



圖二二：模組化藥包

資料來源：詹氏年鑑 *Jane's/IDR*

三、模組化拋射藥系統的演進：

模組化拋射藥系統的演進區分為三個階段，分別為多模組化，單一模組化及雙模組化拋射藥系統。

（一）多模組化拋射藥系統：

以最早由美軍所研製的多模組化拋射藥系統，使用於 M109 自走砲及 M198 牽引砲為例：使用 XM215，XM216，XM203 的三種模組化拋射藥來取代舊款的袋裝拋射藥：M3A1，M4A2，M119A1/M119A2，其功能製表如下。其中 XM216 型又區分為 A，B 兩款。為了達到不同裝藥號數的效果，需將不同種類的罐裝取出，並加以組合，方能達到所欲的推進動力。

美軍多模組化拋射藥組裝表		
裝藥	模組化裝藥程式	模組化裝藥個數
1	XM215	1
2	XM216(A 款)	1
3	XM216(A 款+B 款)	2
4	XM216(A 款+B 款+B 款)	3
5	XM203A1	1
資料來源：筆者整理		

由上表可知多模組化的缺點在於模組過多，組合複雜。另外必須按照順序方

⁵ Rupert Pengelley, "Modular charge systems mature for global artillery operations", 13-Jan-2004.

向來安裝，易造成訓練不便，戰場中使用出錯等等因素。針對此缺點，各國紛紛往簡單易安裝的單一模組化拋射藥方向開始研究。

（二）單一模組化拋射藥系統：

然而為了配合聯合彈道協定標準⁶，達成標準的初速分級（如下表），各國研發的目標邁向了單一模組化的拋射藥，使其可以一體適用於 39 及 52 倍徑比的火炮。避開多模組化組裝的複雜性，期能配合火炮之初速分級。

聯合彈道協定標準：初速，射距及裝藥對照表		
裝藥	射擊距離（公尺）	火炮初速
1	3,200-7,600 m	300 m/s
2	5,400-11,700 m	425 m/s
3	7,300-14,500 m	525 m/s
4	10,400-19,800 m	687 m/s
5	13,400-24,500 m	822 m/s
6	16,900-30,000 m	945 m/s
資料來源：詹式年鑑，155 mm modular propellant charge systems， 24-May-2007 http://10.22.155.6:80/intraspx/intraspx.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526		

經過研發並使用後，單一模組化拋射藥的發生重大的缺點：只適用於全裝藥，卻在最小射程的低裝藥射擊常發生膛壓過低，裝藥燃燒不完全的情況，造成最小射程射擊失靈。故在 1995 年後，北約組織國家紛紛宣布放棄研發單一模組化的拋射藥，並轉往有區分模組化，卻又有別於多模組化，組裝較為簡單的雙模組化拋射藥系統加以研究。

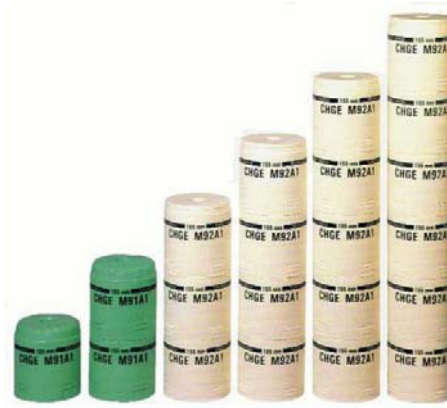
（三）雙模組化拋射藥系統：

以南非的 G6 輪型自走砲所使用的雙模組化拋射藥系統為例，只區分為 M91 及 M92 兩種模組化拋射藥。除了顏色區分綠色（M91）和白色（M92）外，外型完全相同，但是內部構造卻有所差異。M91 採單基發射藥構造，威力較小，故使用於小號裝藥。而 M92 採三基發射藥，威力較大，使用於遠射程之裝藥。如圖二三由左至右分別為 1 號至 6 號裝藥之組合，其中 1 號裝藥為一個 M91 拋射藥，2 號裝藥為二個 M91 拋射藥，3 號至 6 號裝藥則分別由 M92 拋射藥直接組合而成。⁷

⁶JAH Jane's Ammunition Handbook,"155 mm modular propellant charge systems (International)" 02-Mar-2010.

http://10.22.155.6:80/intraspx/intraspx.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526 (2010/5/11)

⁷ 同註 6。



圖二三：M91 及 M92 模組化拋射藥組成

資料來源：詹氏年鑑 *Jane's/IDR*

我們再以美軍為例，美軍所使用的 XM231，XM232 模組化拋射藥系統，適用於所有北約組織的 155 公厘口徑火炮，其組裝方式十分類似南非 M90 系列的模組化拋射藥系統，以十字軍火炮裝填該類拋射藥之射距如下表。

美軍雙模組化拋射藥組裝表		
裝藥	拋射藥個數及程式	可望達成射擊距離（公尺）
1	1 個 XM231	3,400 to 7,900 m
2	2 個 XM231	5,600 to 11,900 m
3	3 個 XM232	7,900 to 20,200 m
4	4 個 XM232	10,400 to 24,700 m
5	5 個 XM232	15,800 to 30,500 m
6	6 個 XM232	19,000 to >=40,000 m
資料來源：詹氏年鑑，155 mm modular propellant charge systems，24-May-2007 Http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526		

同樣的，XM231 及 XM232 之設計簡單，區分綠色及白色兩種，外型一致，但內部構造不同。讀者可參照其外觀比較，圖二四及剖面圖，圖二五。



圖二四：XM231及XM232外觀圖

圖二五：XM231及XM232剖面圖

資料來源：詹式年鑑，155 mm modular propellant charge systems，24-May-2007

[Http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526](http://10.22.155.6:80/intraspex/intraspex.dll?Goto&GID=JAH_JAH_0526)

從模組化拋射藥系統的發展歷史來看，從一開始研發多模組化拋射藥系統所產生的組裝複雜現象，進而發展以單一模組化來克服組裝的問題，但卻又發生低射程失靈的狀況。最後各國又走回頭路，但是卻以比較簡單的雙模組化來同時達成組裝容易，並能符合各種火炮初速的要求。我們可以瞭解模組化拋射藥系統取代袋裝拋射藥乃是世界潮流，我砲兵更應加緊腳步，積極研發，以增強我軍戰力。

陸、底火裝置性能提昇：

中重型火炮既機械化又笨重，需仰賴科技研發與技術改良，方能提供指揮官有效的火力支援，並減少砲班人員體力的消耗。大口徑火炮（如 155 公厘加農砲）射擊時，需由人員將底火結合於發火機的底火座上，再裝填至發火機座中，尤其是在燈光昏暗視線不佳的狀況下，人為的錯誤極易造成底火裝填的問題與人員受傷，國軍諸如此類危安事件時有所聞。有限的空間及人員協調性，是底火手操作產生狀況的主要因素。

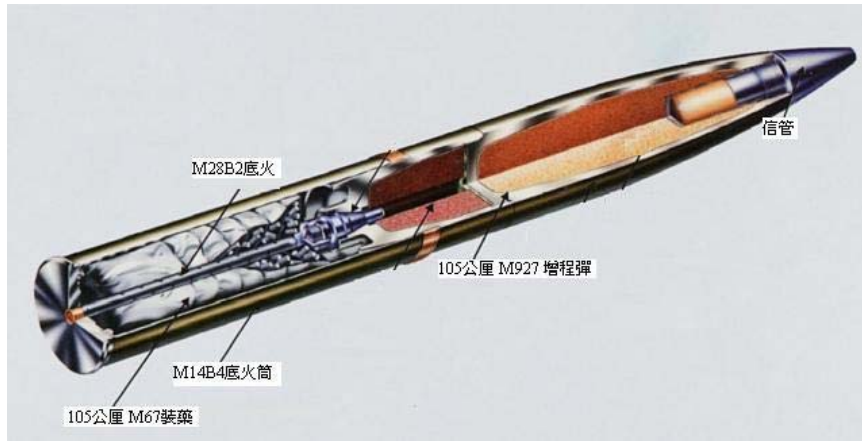
砲彈在砲膛中受拋射藥燃燒所提供之壓力而推進發射。而拋射藥一般被裝填於底火筒內，經由電流擊發或一般外力擊發。每發射一發砲彈，需要更換一個底火筒。然而因為各式的機械化改進及戰術的應用，如何能夠提高火炮的射速及降低人員操作時間，是十分重要的課題。

一、底火使用流程簡介：

底火之使用為低級火藥鏈的一部份，又稱為發射藥鏈，用以推送彈頭飛向目標。其組成為底火、點火藥及發射藥。當武器擊針（電擊火）擊發火，產生之火焰經由點火藥點燃發射藥，產生氣體壓力推送彈頭。⁸以 M101A1 所使用之 M927 高爆增程彈為例，圖二六，底火（M28B2）置於藥筒（M14B4）中，在火炮發射時，擊針撞擊底火進而點燃拋射藥（M67）使彈體向前推進。底火不一定

⁸張勝富，《陸軍彈藥手冊（上冊）》（陸軍後勤學校，民國 91 年 9 月 2 日），頁 2-18。

附於拋射藥筒中，亦存有與拋射藥筒分離之底火。⁹



圖二六：M927 高爆增程彈剖面圖

資料來源：詹氏年鑑 *Jane's*

二、美國發展之底火自動裝填機構概述：

底火之裝填可分為人工裝填以及自動裝填兩種。人工裝填將底火結合於發火機的底火座上，再裝填至砲門位置，然而人為的錯誤極易造成底火裝填的問題及人員的受傷，尤其是在昏暗或長期作戰人員疲勞的狀況下。

因此目前各國所研發的底火自動裝填機構普遍的性能為自動裝填新底火以及卸載使用過的底火¹⁰。筆者研究美國之發展，早在 90 年代即有底火自動裝填機構的專利公報發行並製造該機構。但美軍該型舊式的底火自動裝填機構（美軍法定發明專利：第 H-1121 號）存在的一個問題：在於關閉砲門後潛在的不發火危安因素，易導致人員的傷亡。而在 2007 年所提出新式的底火裝填機構，已提供一個安全，有效率的底火裝填裝置，並且改進了舊型自動裝填機構的缺失。

11

三、底火自動裝填機構的特性：

- （一）在完全關閉砲門的情況下，自動裝填底火。
- （二）在砲門尚未開啟之前，卸載已使用之底火。
- （三）提供砲手在砲門尚未開啟之前，可以檢查未發火，等等故障排除之狀況。
- （四）減少在整個射擊流程中砲手的操作，以增加射擊速度。
- （五）克服在火砲射擊時所造成的強震，可以連續的自動裝填底火。
- （六）降低火砲操作的砲手數。

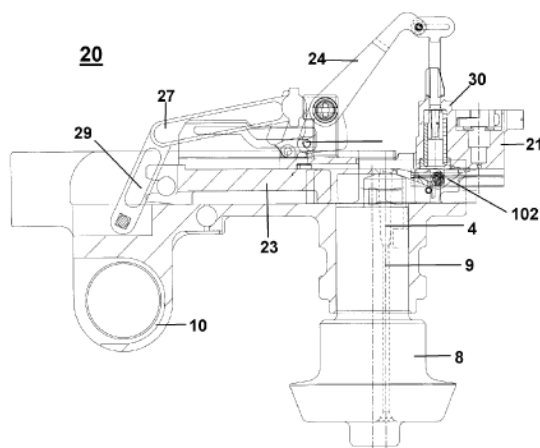
⁹ 李南奕，《M109A5 單砲教練手冊》（陸軍飛彈砲兵學校，民國 89 年 7 月 31 日），頁 7-65。

¹⁰ Van Dyke-Restifo et al., "No.:US7228779 B2", United States Patent, 2007/7/12, p1.

¹¹ 同註 10。

(七) 易於保養與不易毀損的特性。¹²

如圖二七，該機構包括一個本體，用於架設機構至砲門部分，主體部分包含一個凸輪表面用以控制底火安裝臂次總成（24，27，29），主體可指引並控制移動及維持住托盤次總成（21）。底火安裝臂次總成同時負有安裝及卸載底火之功用。



圖二七：底火自動裝填機構設計剖面圖

資料來源：United Stats Patent（美國專利公報），No.:US7228779

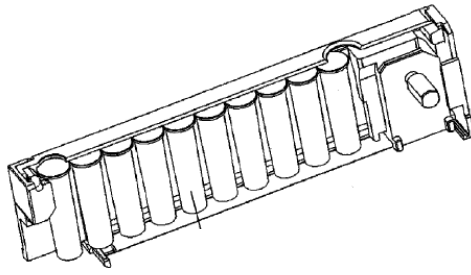
四、底火自動裝填機構之操作步驟：

- （一）開砲門，當砲門開啟時即可鎖住托盤次總成位於裝填位置。
- （二）裝載砲彈。
- （三）完全的關閉砲門。
- （四）裝入一個新底火筒，底火安裝臂次總成開啟，使托盤次總成從裝填位置轉換為發火位置，並使托盤總成以直線移動致使安裝臂轉動以自動裝入新的底火。
- （五）接下來托盤的直線運動使安裝臂恢復至原位置。
- （六）托盤將轉動至發火位置並鎖定於發火位置，鎖住之後即等待射擊。

該總成提供安全的底火儲存方式，將之至於底火匣（圖二八）內並與發火機孔保持距離，可避免因為自動裝填底火時有因射擊等等因素的火焰因素噴入造成誤發。新的底火在完全關閉砲門之後裝入，並在砲門完全打開之後卸載，可大量降低危安因素。並使砲手可以在關閉砲門的情況下處理各式的故障排除。¹³

¹² 同註 10。

¹³ Van Dyke-Restifo et al., "No.:US7228779 B2", United Stats Patent, 2007/7/12, p3.



圖二八：底火匣設計圖

資料來源：United Stats Patent（美國專利公報），No.:US7228779

五、各國發展簡述：

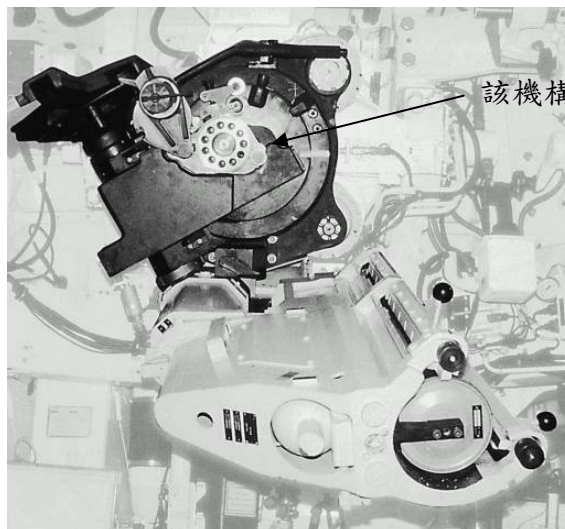
不僅美軍著力於底火自動裝填機構之研發，據筆者蒐集資料顯示，世界各國亦開始著力於該類似機構之研發，如法國凱撒輪型自走砲（圖二九，三十）、奧地利研製裝置於 M109A5 的底火自動裝填機構（圖三一），德國 PZH2000 自走砲（圖三二，三三），皆對該機構之研發有所成果，本軍亦應以此見賢思齊，維護我軍戰力。



圖二九：底火輪型機構(法國凱撒自走砲)



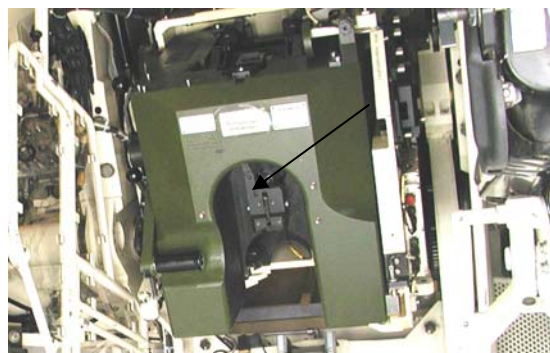
圖三十：自動裝填機構(法國凱撒自走砲)



圖三一：奧地利研發之底火自動裝填機構(M109A5)



圖三二：德製底火裝填匣



圖三三：該機構安裝於德製PZH2000砲門

資料來源：詹氏年鑑 Jane's

柒、彈藥現況與建議：

本軍在彈藥方面的沿改，自銅斑蛇精確導引砲彈之後即無重大之改進，其可歸因於精確導引砲彈之研發需要大量成本及科技，建議我軍可以評估成本後思考外購精確導引砲彈之議題。而在傳統彈體改良方面，若在低成本和技術許可下，建議聯勤 202 廠可仿效美軍之新式砲兵彈藥項目著手進行研發；以達到在不同彈種之選擇下，可使用同一本射表達成同樣之彈道射擊效果，如此一來方可簡化我射擊指揮複雜性及後勤需求。

另外在拋射藥方面，聯勤 203 廠雖曾著手研發模組化拋射藥，但因技術問題並未量產。在此建議仍可著手繼續研發，模組化拋射藥為當前世界趨勢，在增加射程和簡化射擊流程方面有著重大的貢獻。在北約(NATO)的規範下，北約組織國家所產出之彈藥、拋射藥甚至火炮，皆有可以交互使用之特性。我軍之火砲與彈藥即屬北約型式，在當前國防經費限制下，新式火炮籌補困難，若針對成本較低之彈藥加以沿改，且符合北約彈藥規範下，仍可使用國軍現有之火砲射擊，同樣可達到增加射程，減少後勤補給之效果。

捌、結論：

砲兵彈藥是火炮武器系統的一個重要組成部分，是直接摧毀目標，展現火炮性能的重要關鍵。綜觀世界戰爭史上，不論何種型態的戰爭，消耗最多的一定是彈藥，發揮最大的也一定是彈藥。從某種意義上來說，彈藥與武器是形影不離、相輔相成的。

在一般情況下是先行武器研發，再對彈藥提出要求，而彈藥則緊隨其後的快速跟上；換個說法，彈藥的發展的良窳，對武器性能的提昇，有著密不可分

的關係，同時也讓戰爭模式隨之改變，並使世人對戰爭觀有了新的見解。因此世界各國對砲兵彈藥的研究與發展，都有著高度的重視，將它視為提高部隊戰鬥能力和適應現代作戰環境的重要途徑。

砲兵砲彈種類繁多，本研究期能進一步瞭解砲彈多元性，增添讀者對砲兵彈藥之研究興趣。

作者基本資料

學歷：砲兵正規班 193 期

經歷：教官

現任單位：陸軍飛彈砲兵學校兵器組教官