

由反裝甲火箭彈之特性及原理論未來發展方向



吳承叡少校，志願役預官89年班，陸軍步兵學校正規班343期，現任職步校兵器組教官

提要

一、德國以閃擊戰術襲擊歐洲戰場後，使得各國開始投入各式反裝甲武器的研發，而反裝甲火箭彈憑藉其攜帶輕便、造價低廉、操作簡單及威力強大等特點，在眾多武器中能歷久不衰，並博得「步兵大砲」之美名，時至今日，在反裝甲武器中仍佔有一席之地，可見在步兵心中是非常重要的。

二、反裝甲火箭彈問世後，於作戰任務中一直扮演著「戰車剋星」的重要角色，雖在時代潮流的演進中，諸多先進的反裝甲飛彈陸續發展而出，但我們仍可在不同戰爭中看見其身影，對戰事發展有一定之影響力。

三、反裝甲火箭彈是單兵隨身攜行的編配武器，未來發展將不再只是單純針對戰、甲車輛，而是朝能面對更多元的目標方向發展，使單兵具有大威力、多效能之反裝甲作戰能力。

關鍵詞：聚能效應、藥型罩、金屬噴流、二次殺傷效應、奈米技術、

不對稱作戰

壹、前言

自1915年英國的MKI戰車出現於索姆河戰場上後，陸上作戰開始改變以往的型態；至二次世界大戰開始，各國才紛紛意識到反裝甲武器開發的重要性，為因應裝甲防護力急速提升，琳瑯滿目的反裝甲武器因應而生，如：反戰車砲（圖一）、無座力砲、反裝甲飛彈及反裝甲火箭彈等，而近程反裝甲火箭彈則憑藉造價便宜、體積輕巧、操作簡單、備戰迅速及運用靈活等特點，亦在這股反裝甲武器研發潮流中博得重要地位；綜觀現今反裝甲武器中，飛彈雖無疑是一項最好的選擇，但為求高精準之命中率、高效能之毀傷力及遠射程之飛行力，則使得本身無論在重量、體積及成本上均大幅增加，造就難以大量配賦之限制；然反裝甲火箭彈之特性，恰巧彌補了反裝甲飛彈的問題，雖在精準度、攻擊力及射程上均有相當差異，但其靈活輕巧的特質，卻能有效發揮反甲效能，且為使單兵能便於攜行及快速操作，故設計上亦朝重量輕及結構簡單等方向製作，致單價得以降低，使其在成本上能獲得有效控制，並與反裝甲飛彈結合，取得良好的作戰縱深。

圖一 德國 Pak36 37 公厘反戰車砲



資料來源：維基百科－反戰車砲

http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Pak36_helsinki_1.jpg

貳、反裝甲火箭彈之特性與角色定位

西元1942 年世界上最早的反裝甲火箭彈「巴祖卡」²³問世後，使得步兵終於獲得足以與戰車對抗之能力，從此，反裝甲火箭彈便一直扮演著「戰車剋星」之角色，且隨著效能不斷的提升，使其對陸上作戰之影響足足長達半個世紀。但在戰車攻擊力、防護力及機動力大幅的躍進下，各國不得不開始研發威力更強大的反裝甲武器，其中尤以反裝甲飛彈之高命中率、高毀傷力及遠距射擊能力最受注目，但由於動輒數十萬，甚至數百萬台幣之造價，讓許多國家望之怯步，因此，以輕巧、便利之特

²³維基百科－巴祖卡火箭筒

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%B4%E7%A5%96%E5%8D%A1%E7%81%AB%E7%AE%AD%E7%AD%92>

性，並配賦於步兵部隊中的反裝甲火箭彈，雖在各項能力上無法與反裝甲飛彈相較，但在強調成本效益及作戰效能的前提下，卻也不致被世代潮流所汰除，縱觀古今諸多戰史中，如「贖罪日戰爭」、「車臣戰爭」及「第四次中東戰爭」等，反裝甲火箭彈所展現出之以弱擊強的「不對稱作戰」²⁴特性，均顯現其價值所在。反裝甲火箭彈是設計予單兵隨身攜行使用，藉單兵或小部隊之靈活，且不易受地形及環境限制之特性，使小部隊具備反裝甲作戰能力（稱之為部隊反裝甲），期能在各種特殊地形或是複雜的城鎮環境中，出其不意地給予裝甲車輛致命一擊；若能再配合使用不同屬性彈種，更可對碉堡、工事、隧道、多人操作武器及建築物等目標造成毀傷，使單兵能遂行更多元之作戰任務，故反裝甲火箭彈便依恃此諸多特性，使其至今仍為步兵非常重要之武器。

²⁴陳偉華，〈「不對稱作戰概念」與「不對稱戰力建構」關係之研究〉《國防雜誌》〈桃園縣〉，第4期25卷，國防雜誌社，民國99年8月，頁7-21。

參、反裝甲火箭彈發展歷程

宋朝時期，因受北方游牧民族長年入侵，造成衝突不斷，且當時朝政受民生窘困影響，迫使不得不朝重文輕武方向發展，致使軍隊戰力每下愈況，當時為在兩者間取得平衡，只能增加兵員及發展精良裝備，因此，為改變此困境，便積極從事軍武裝備研發及改良，促使了火藥、武器的快速進展，而火箭彈的雛形亦在此時逐漸形成。

一、火箭彈的發展：

「火箭」是利用火藥燃燒後，藉氣體向外渲洩所產生之反作用力量，使本體質心向前移動，以增大殺傷距離的飛行物，在中國古代就有將箭矢附上火藥，並放進筒狀發射管內，再點燃導火線，使之推進的發射方式，當時就將這種發射箭矢的方式稱為「火箭」（圖二），也是現代火箭的雛型；而「火箭彈」²⁵就是以火箭作為動力，藉以推動彈頭部的飛行彈藥。

²⁵王儒策，《彈藥工程》〈北京、北京理工大學出版社、西元 2002 年 12 月〉，頁 50。
第 86 頁，共 180 頁

圖二 宋朝火箭模型

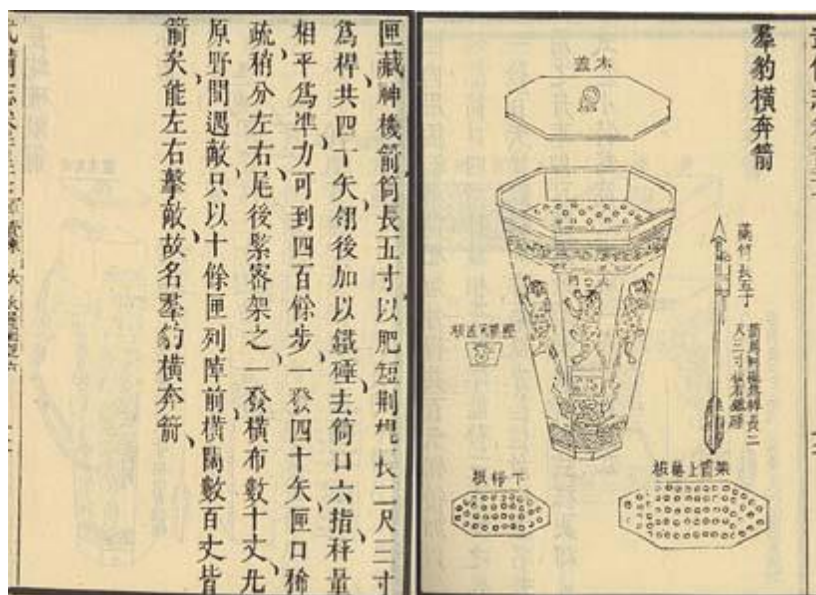


資料來源：中華網

<http://www.confucianism.com.cn/html/junshi/12666145.html>

西元970年（北宋開寶3年）馮繼升⁰⁴即利用黑火藥，發明出火箭發射法，於975年（北宋開寶8年）開始運用於軍事用途上，至1589年（明朝萬曆26年），由趙士楨所發明具有瞄準功能，可大幅提升命中率的「火箭溜」，就已具有現今火箭彈的雛型；另明朝尚有如群豹橫奔箭（圖三）、百虎齊奔箭及群鷹逐兔箭等均為近似之發明。

圖三 群豹橫奔箭



資料來源：維基百科—群豹橫奔箭

<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:%E7%BE%A4%E8%B1%B9%E5%A5%94%E6%A9%AB%E7%AE%AD.jpg>

二、反裝甲火箭彈的起源：

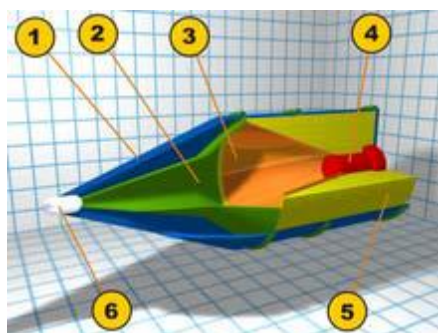
反裝甲火箭彈的原型，是在一次世界大戰期間，由戈達德²⁶(Robert Hutchings Goddard)博士以火箭為藍本，並結合聚能裝藥（圖四）的火藥技術所設計的，但後來因一次世界大戰結束，便無進一步的發展。故反裝甲火箭彈開始研發，已是二次世界大戰開始後，當時是由美國陸軍的烏赫爾（Edward G. Uhl）中尉，在戈達德博士的助手希克曼協助下，完成了M1 火箭筒（圖五）及M6 火

²⁶維基百科—巴祖卡 網址：

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%B4%E7%A5%96%E5%8D%A1%E7%81%AB%E7%AE%AD%E7%AD%92>。

箭彈的研發，雖在測試中有可靠度及命中率相關問題，但美國陸軍仍對其破壞裝甲能力給予相當的讚賞，因此，立刻同意該項裝備的發展，在1942 年時便推出了改良版的M1A1 火箭筒及M6A1 火箭彈，1943 年開始投入了戰場使用，是為當代最早的單兵反裝甲火箭彈，而M1 火箭筒亦因外觀極似一種名為「巴祖卡 (Bazooka)」的管狀樂器，亦稱其為「巴祖卡」，至今在歐美各國軍隊間，甚將火箭彈通稱為「巴祖卡」。

圖四 聚能裝藥



資料來源：維基百科—破甲彈

<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:CumulativeHead.png>

圖五 M1 巴祖卡火箭筒



資料來源：維基百科—M1 巴祖卡

http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Soldier_with_Bazooka_M1.jpg

三、反裝甲火箭彈的發展：

自20世紀以來，因裝甲防護技術的快速發展，而各國為與之抗衡，開始致力於反裝甲武器之開發，各種琳瑯滿目的反裝甲武器開始傾巢而出，但反裝甲火箭彈直至二次世界大戰期間才出現，而發展迄今，依其進程概可區分為三代，當中亦有多款具代表性的火箭彈(表一)，至今仍在各部隊中沿用。

表一：

內容 區分	年份	名稱	使用方式	製造國家	
第一代	1940	M1 (巴祖卡)	重複裝填	美國	
	1950	Panzerschreck(鐵拳)		德國	
	1950	M20 (超級巴祖卡)		美國	
		RPG-2		蘇聯	
	1960	Carl Gustav (卡爾·古斯塔夫)		瑞典	
第二代		M72A 系列	使用後拋棄	美國	
	1960	RPG-7	重複裝填	蘇聯	
		LRAC F1		法國	
	1980	69 式		中共	
		Carl Gustav M2 (卡爾·古斯塔夫)		瑞典	
第三代		APILAS (阿皮拉斯)	使用後拋棄	法國	
		AT-4		瑞典	
		LAW80		英國	
	1980 後		Panzerschreck 3(鐵拳3)	重複裝填	德國
			SMAW		美國
			B300		以色列
			PF98 式		中共
			RPG-29		蘇聯

資料來源由筆者參照下列資料自行整理：

1. 黃守銓、卞榮宣，《世界軍武發展史·輕兵器篇》〈臺北縣新店市、世潮、西元2004年〉，頁250。
2. 吉兆鼎、蘇晉興，〈單兵反裝甲火箭發展現況概述〉《新新季刊》〈桃園：龍潭〉，第3期37卷，中山科學研究院，民國98年7月，頁69-86。
3. 名劍、趙智立、楊溫利，《現代單兵武器發展史》〈臺北市、知兵堂、西元2011年〉，頁6-28。

(一)第一代反裝甲火箭彈：

二次世界大戰期間，德國戰車部隊橫掃歐洲戰場，對歐美各國造成嚴重之衝擊，且當時步兵部隊一直缺乏能有效與之抗衡的武器，因此，在1942年，世上第一具將火箭及聚能裝藥技術結合的反裝甲火箭彈「巴祖卡」應然而生；至50年代後，因相關技術逐漸趨於成熟，使其在射程及威力上均有所提升，才開始有如雨後春筍般的快速發展，如：卡爾·古斯塔夫火箭筒（圖六）。

圖六 卡爾·古斯塔夫火箭筒



資料來源：維基百科—卡爾·古斯塔夫無後座力炮

http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Carl_Gustaf._recoilless_rifle.jpg

(二)第二代反裝甲火箭彈：

二次世界大戰結束後，因軍火工藝技術及新材料運用有了重大的突破，這一時期的反裝甲火箭彈，在可靠度、精準度及破甲能力均有了大幅地提升，同時亦發展出另一種「一次性」（亦稱為筒彈一體，使用後即可拋棄）的火箭彈，使其在發展上出現了分野，同時在彈藥的種類上，亦開始朝向多元化發展，如：RPG-7 火箭筒（圖

七)。

圖七 RPG-7 火箭筒



資料來源：維基百科—RPG-7

<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Rpg-7.jpg>

(三)第三代反裝甲火箭彈：

70 年代後，因應裝甲防護力不斷上升，為使破甲能力亦提升至相對應效能（破甲能力約為錐形罩口徑6~8倍），致使反裝甲火箭彈開始朝向大口徑方向設計，藉以提升破甲深度，另因光電及火控技術亦愈趨成熟，因此，在有效射程及精準度上均有所提高，除此外，為增加人員在戰場上之存活率，亦在發射火藥及發射方式上做了精進，以降低發射行跡，減少人員暴露於敵火下，如：AT-4 火箭彈。

肆、反裝甲火箭彈的破甲原理

為對抗戰車強大的裝甲防護能力，在初期一般還是利用高膛壓、高射速及高質量的彈丸來行穿甲動作，直至二次世界大戰前期，才開始有了運用「聚能效應」⁰⁷的破甲彈藥出現，而反裝甲火箭彈便是運用此原理而生的反裝甲武器之一。

一、反裝甲彈藥種類區分：

反裝甲的彈藥種類可依其作用能量及作用原理二種方式區分，如表二：

表二：

區分 項次	依作用能量		依作用原理	
	名稱	原理說明	名稱	原理說明
一	動能彈	利用高膛壓及高射速所發射的高質量彈藥，藉自身強大的動能貫穿鋼板。	穿甲彈	利用彈藥撞擊裝甲所產生的擠壓、破裂及侵徹等變形動作，使其在貫穿的同時，藉由彈藥及裝甲的殘體，殺傷或破壞內部人員及裝備，如戰車砲使用的脫殼穿甲彈及翼穩脫殼穿甲彈。
二	化學能彈	利用彈藥本身所裝配於彈頭部的高爆炸藥，藉其爆炸後所產生的化學能量行破壞裝甲動作。	破甲彈	利用聚能效應來破壞裝甲，主在其彈頭部內裝有高爆炸藥，並在裝藥前方加裝一圓錐形之金屬罩杯，使爆炸後能量得以聚集，藉以產生高溫、高壓及高速的金屬噴流來行破甲，如火箭彈、反裝甲飛彈。
			碎甲彈	利用崩落原理來破壞裝甲內部，主要利用發射撞擊目標後，藉附著於裝甲表面上的高爆炸藥，利用爆炸所產生之震波，使內部裝甲或裝備形成崩落並造成碎片，攻擊車輛內部，如106無座力砲或戰車砲之高爆炸膠榴彈。

資料來源由筆者參照下列資料自行整理：

1. 田叔讓，《彈藥概論》〈桃園縣、中正理工學院、西元1972年〉，頁II-9-22。
2. 王志軍、尹建平，《彈藥學》〈北京、北京理工大學出版社、西元2002年〉，頁145-211。
3. 王儒策，《彈藥工程》〈北京、北京理工大學出版社、西元2005年〉，頁35-39。

二、聚能效應的發展：

破甲彈所運用的原理，稱之為「聚能效應」，亦或「門羅效應」（Munroe effect），該理論於1888年由門羅（Charles EdwarMunroe）所提出，當時他發現藉由改變火藥柱的形狀，對爆炸後所產生的效果會有所不同，因此，便開始有了聚能效應的出現。聚能效應是在藥柱的前方設置一圓錐形缺口，並在藥柱後端引爆，使力量依圓錐面的法線方向前進，因此，所有力量便會向圓錐中心線集中、匯流，進而將爆炸能量聚集於一點，並向前延伸達成破甲效果，故便將此種裝藥方式，稱之為「聚能裝藥」，另因火藥前方有一錐形空心缺口，故又稱「空心（中空）裝藥」（Hollow Charge，其後德國科學家諾伊曼（EgonNeumann亦發現在空心缺口中加入一金屬襯罩後，可有效提升侵徹效能，甚至連鋼板亦可造成穿孔，但當時這項發現並未被廣泛運用。

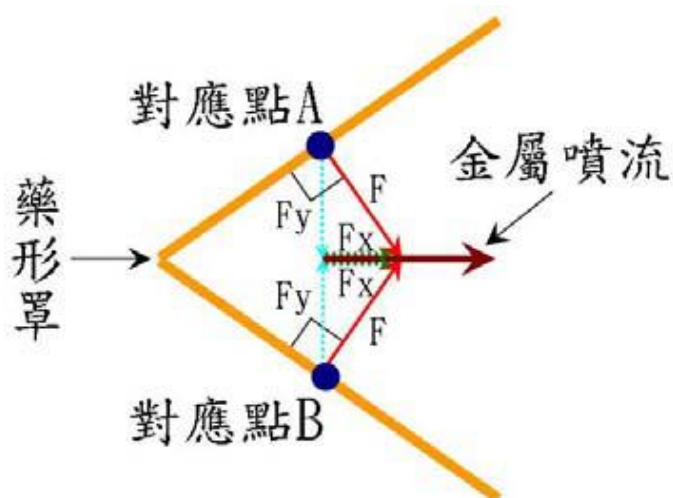
至1930年瑞士籍美國工程師莫豪普特（Henry Mohaupt）才將聚能效應發揚光大，他在研究中發現，若使聚能裝藥與鋼板保持適當距離，可使聚能效應焦點更為集中，亦可大幅提升穿孔深度，當時他所研發的單兵

投擲式爆炸武器M10（可穿透60 公厘的鋼板，但因重量達1.6 公斤，故當時是採人工方式裝於戰車上），就是其代表作，此後，各國才開始大量投入相關研究，而1942年研發之巴祖卡火箭筒所用之M6 火箭彈，就是將M10 彈頭部安裝於火箭推進機上，進而研發出的火箭彈始祖。

三、聚能效應的破甲原理：

聚能效應之所以能產生破甲效果，完全歸功於在高爆藥前端所加裝的錐形金屬襯罩（稱為藥型罩），藉火藥爆炸所產生的高溫及高壓力量，使其迅速地向前壓垮，且延著藥型罩平面法線方向前進，並在中央軸線匯集（圖八），形成為一個集中的高溫、高壓及高速（通稱三高）金屬噴流來侵徹鋼板。

圖八 金屬噴流匯集示意圖

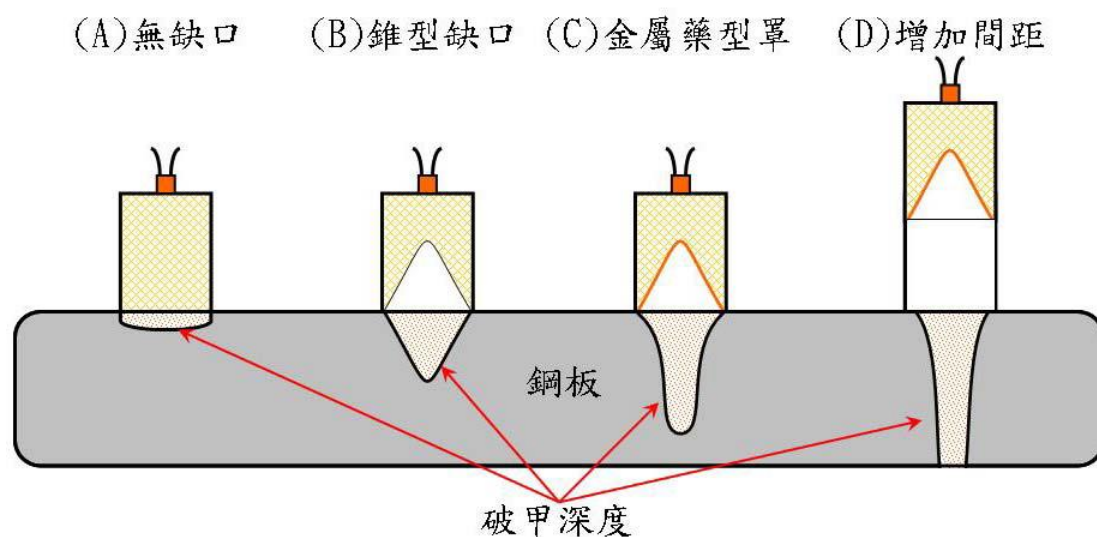


資料來源：筆者自行繪製

(一)聚能裝藥結構之影響：

聚能裝藥在不同的設置方式下，對鋼板的穿透程度會產生不同的結果，就以發展的階段來說，裝藥的結構概可區分四種，包含無缺口的裝藥、前方設有錐形缺口的裝藥、錐形缺口加裝金屬藥型罩的裝藥及增加裝藥及鋼板間距的裝藥方式等4種，以下就圖示說明其所造成之差異性（圖九）。

圖九 不同裝藥結構破甲效能差異圖

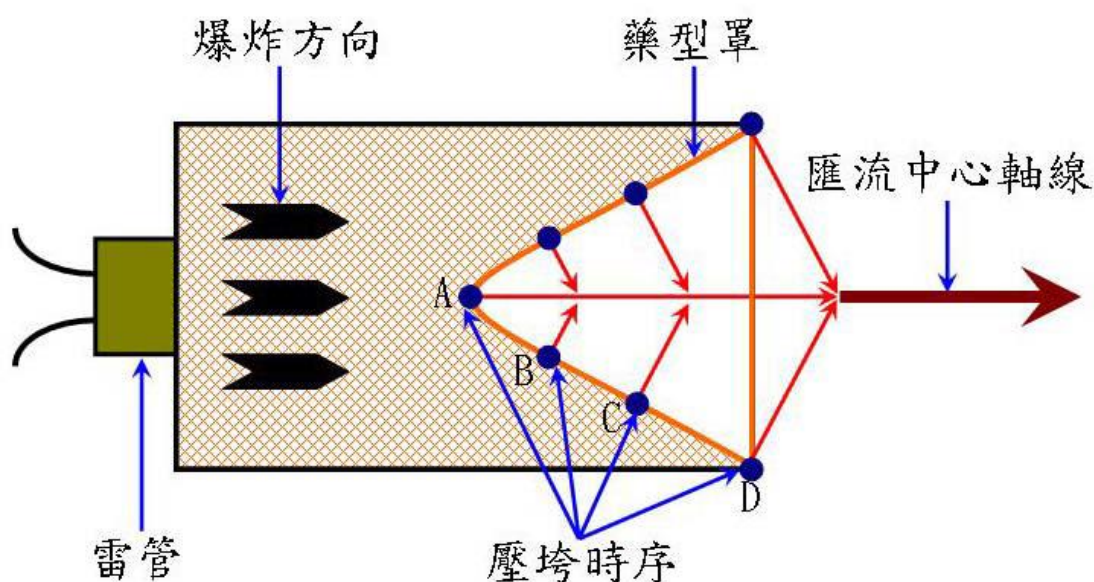


資料來源：筆者參照王志軍、尹建平，《彈藥學》〈北京、北京理工大學出版社、西元2005年〉，頁176 自行繪製。

(二)金屬噴流的形成：

金屬噴流是由加裝於藥柱前方的金屬藥型罩所形成，一般是以紫銅（純度達99.95%以上的銅，因其呈現紫紅色而得名，具有良好的導電、導熱、延展及耐蝕性）或複合材料¹⁴製成，當火藥柱引爆後，高爆火藥¹⁵會以超過300 公尺/秒的速度由後向前燃燒，並產生極高的溫度及壓力，這股爆炸能量會以1000~3500 公尺/秒的速度，由藥型罩頂端向底部開始產生壓垮動作（圖十），而藥型罩在壓垮的過程中，力量亦會沿藥型罩內壁的法線方向擠壓，並向中心軸線匯流。

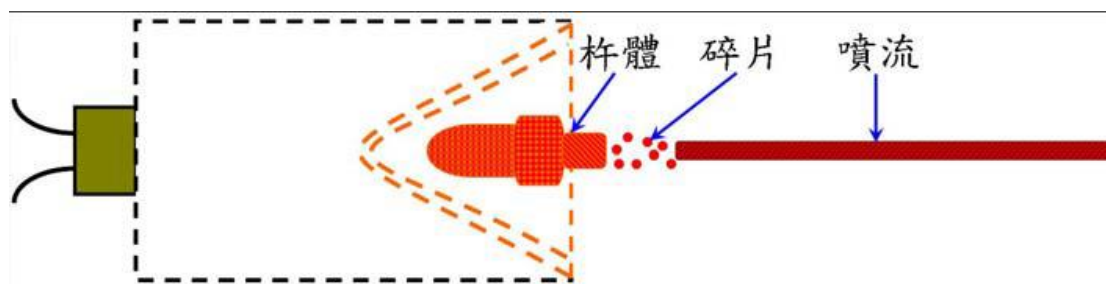
圖十 藥型罩壓垮示意圖



資料來源：筆者自行繪製。

藥型罩因壁厚率（一般藥型罩採頂部薄而底部厚的方式製作，可有效提升破甲深度）的不同及頂部的火藥量較大之關係，使藥型罩在壓垮後，會形成罩內金屬匯流的速度大於壓垮速度，因而形成一金屬噴流，而罩外則反之，故此便形成一金屬杵體，由於此因素之關係，便會使整個金屬噴流的速度產生梯度，使之形成細長狀（圖十一），經實驗及理論分析，一般噴流頭部速度可高達7000~10000 公尺/秒，而尾端杵體部亦有500~1000 公尺/秒，然金屬噴流卻並非液態，而是藥型罩在高爆火藥爆炸後，受爆震波的影響，被快速壓垮及向前移動，因其形態像液態流動般，故稱之。

圖十一 金屬噴流示意圖



資料來源：筆者參照王志軍、尹建平，《彈藥學》〈北京、北京理工大學出版社、西元2005年〉，頁178 自行繪製。

(三)破甲原理：

破甲彈是利用聚能裝藥爆炸後所產生之金屬噴流來貫穿鋼板（圖十二），憑藉高爆藥的爆炸能量，使金屬噴流具有高溫、高壓及高速的特性，在實驗證明下，噴流本身質量雖僅佔藥型罩的10~30%，但因其具備之能量相當大，故可有效破壞鋼板，一般可將破甲過程區分三個階段，分述如后：

1. 第一階段：

金屬噴流形成後會夾帶著三高的能量，當前端與鋼板接觸，便開始利用強大的衝擊力，使鋼板產生崩裂並製造破壞口，此為第一階段。

2. 第二階段：

當鋼板被製造出破壞口後，因金屬噴流與鋼板接觸所產生之阻力，使其衝擊力開始快速下降，但在噴流的高密度作用下，此階段會形成持續侵徹鋼板的動作，亦因此時噴流能量的變化較為緩慢，故侵徹動作並不會造成過大的破壞口，也是整個破甲過程中最為重要的部份。

3. 第三階段：

為破甲動作的後期，此時噴流所夾帶的能量已降至非

常低，前端逐漸無法有效對鋼板產生侵徹動作，開始呈現堆積於孔內之情形，對後續而來的噴流或杵體，造成推擠而形成收縮及斷裂的狀況，當速度降至臨界（稱為臨界速度）時，便再無力行侵徹動作，整個破甲動作即會停止

圖十二 金屬噴流貫穿鋼板



資料來源：

<http://baike.baidu.com/picview/51206/51206/10012000000/2934349b033b5bb5dbef51a936d3d539b600bca8.html>

(四)破甲後的殺傷效應：

金屬噴流因在侵徹鋼板擠壓過程中，會產生極大的壓力，致使在破甲後，噴流與鋼板的侵徹物會產生噴濺動作，並向四周快速的飛散，然因飛散物具有極高的速度、溫度及質量，藉此對車內之設備與人員造成破壞及傷害；若是碰上彈藥或油箱，便極可能會再引發油箱起火及彈藥連鎖爆炸等「二次殺傷效應」的產生（圖十三），如此，便會大幅增加對戰甲車輛所帶來之傷害，更甚是毀滅作用。

圖十三 二次殺傷效應



資料來源：SMAW-D 商情簡介影片截圖

伍、未來反裝甲火箭彈發展方向

在現今地面戰場環境中，裝甲防護技術不斷改良，裝甲車輛之運用日趨頻繁，無法僅靠少量且昂貴的反裝甲飛彈遂行作戰，因此如何精進價格低廉的反裝甲火箭彈，並使其具有與現今戰甲車輛抗衡之力，是為各國積極研發方向之一，就未來發展特點分述如后：

一、開發關鍵技術、提升原破甲效能：

近程反裝甲火箭彈主在藉其簡易的操作程序，使之可在各種地形上快速與敵軍接戰，達成作戰目的，然在面對裝甲防護力不斷的提升下，為強化其破甲效能，只好紛紛增加其口徑，如此卻使重量和操作複雜性急劇增加，無法有效發揮反裝甲火箭彈之特長，因此，在關鍵技術的開發上，便在於如何不增加單兵負擔前提下，同時提

升破甲能力，或在大幅減輕重量上考量，現行研發方向

如后：

(一)提升高爆藥威力及燃燒率：藉由提升爆炸能量，或火藥燃燒率，使聚能速度及能量上升，以獲得更大破甲效能。

(二)改良藥型罩材質及製程：採用新的材料（如：鎢、鈮、鎳、鈾等）及工藝技術（如：雙錐形藥型罩、變壁厚藥型罩或設計最佳炸高²¹等），使其在產生聚能動作時，能獲得更好之持續侵徹力，以達更深破甲效果。

(三)變更引信及裝藥方式：藉採用延遲引信及串列式裝藥，因應具有反應式裝甲之車輛，或採感應式引信及並列式裝藥，使其可攻擊戰甲車輛較脆弱之頂部，以達更有效破壞效果。

(四)提升二次效應毀傷率：利用金屬噴流進入車內後，藉伴隨而入的附加毀傷元件，如：內含炸藥的彈藥、內含少量鋼珠的爆藥或加裝易燃金屬，使之進入車內形成另一次之爆破、射傷及火源等效果，提高二次殺傷效應的觸發率。

二、增長有效射程、降低射手危害性：

西元1980 年後，戰車技術突飛猛進，除在裝甲防護力提升外，另在攻擊力及機動力上亦有大幅躍進，然傳統單兵反裝甲火箭彈，有效射程約200~400 公尺，初速約150~200 公尺/秒，若操作人員未能有效命中，易將使自己暴露於敵火下，故為能增加人員存活率，唯有增長有效射程，方能使射手盡可能遠離危害，故目前世界各國火箭彈，均朝向將有效射程增長至500~800 公尺為目標，另增程技術分述如后：

(一)提高射擊初速：提升初速是增加射程最直接之方式，目前主要有增加發射藥量、改善裝藥結構及使用新式發射火藥等方式，近年國外亦有開始朝運用奈米技術²²方向研究，藉以奈米大小的金屬氧化物來提升火藥燃燒速度，使初速得以大幅提升。

(二)降低空氣阻力：彈藥發射後，若能降低空氣阻力以穩定飛行軌跡，在射程上即能有所提升，一般所採取之方式有兩種，一為改善彈體形狀以降低風阻，一為改良彈尾導流技術以穩定飛行方向等兩種。三、降低發射行跡、增加人員存活率：無後座力武器之發展，主在使

單兵可藉由一人之力，操作大口徑之武器射擊，並利用其所攜帶的大量爆藥，提升對目標之毀滅性，然此類武器為使座用力達至平衡或降低，一般均採筒後噴火方式設計，致使射擊後會產生極大之光、音及焰，使操作人員易暴露行跡，故現今各國開始朝向無煙發射藥、減少發射藥、提升發射藥燃燒速度及採半封閉或全封閉軟性平衡組件等方式實施設計，以實現降低發射行跡，另甚至有採地點預先設置，以遙控方式擊發等，都是未來可運用於反裝甲火箭彈研發的方向。

四、發展多功彈種、創造作戰多元性：

現今戰場瞬息萬變，目標種類亦趨繁多，再加上作戰環境的多元化，都使得單一性的武器無法滿足作戰需求，而許多國家亦在諸多的戰爭經驗中，認知到反裝甲火箭彈發展多用途彈種的必要性，然因筒彈一體之火箭彈，受限在彈藥出廠時，即安裝於一次性之發射筒內，雖可有效降低成本，但卻致使無法如重覆裝填式的火箭彈般，具有可視狀況更換彈種之能力，雖在攻擊作戰中，可擁有較佳之攜行便利性，但卻缺乏運用彈性，故唯有使其同時具備二種或以上的多功效能，如破甲、高爆、破口、

溫壓、空炸及燒夷等，方能因應未來詭譎多變的戰場，增加作戰運用上的彈性。

五、減輕裝備重量、保有射手靈活性：

為使重量不致造成射手過度負擔，除在火藥及引信技術上強化外，另在製程上，開始採用輕量化材料製作。現今諸多國家開始大量採用非金屬材料（如塑膠、玻璃纖維、聚脂纖維及碳纖維），並佐以少量金屬材料（如鋁合金、鎂合金）方式加以製作，期有效減輕重量，如此除可省工、省料，以達降低生產成本之目的外，亦能在不影響武器性能條件下，減輕射手負擔，使其能保有作戰之靈活性。

六、強化觀瞄能力、提高射擊精準度：

由於反裝甲火箭彈一般受限於爆炸威力及射程，因此，能否精準命中目標，對戰場上的射手而言，是相當重要之關鍵；然直射武器若需具備高精準之射擊能力，在觀瞄系統上則是重要的條件之一，且加上近年軍事相關科技大幅躍進，作戰受時間及空間限制影響已逐漸減少，全天候的作戰已成為未來之勢，故現行觀瞄系統開始朝向使用高倍光學瞄準鏡，更甚是配賦數位式的高解析熱

顯像儀等，均是各國發展之方向，另為更強化命中精準度，甚或加入小型的雷射測距儀，並輔以自動化彈道解算機的精準射控系統，以提高射擊精準度。

七、簡化操作介面、強化射擊快速性：

戰場狀況瞬息萬變，故單兵能否快速完成射擊準備，以遂行作戰任務，快速殲滅目標，實為至關緊要，因此，在操作介面上，應務求簡單化設計，然近年因火箭彈為求高威力、高準度及遠射程，使得裝備在重量上不斷增加，附屬元件也愈趨繁多，致使在操作上逐漸趨於複雜，造成單兵完成射擊速度大受影響，故各國開始考量人體工學控制，改進操控方式，藉以簡化射手工作量，並採取模組化設計，使其在維修及故障排除更為容易，另再輔以整合式的觀瞄射控系統，讓射擊程序更為單純，期以大幅提升射手備戰速度。

八、進化智能追蹤、提升目標命中率：

為使彈藥能在發射後有效命中目標，提升擊毀率，近年火箭彈已逐步朝向智能化方向發展，如在彈頭前方加裝感應裝置，在彈藥發射後能自動感測目標，使其命中率大幅提升，或是採用子母彈頭及多爆炸成型彈

(Multiple EFP)²³等方式，以增加破壞範圍，都是未來發展目標。

陸、結論

隨著世界人文及科技不斷發展與進步，戰場環境的多變性，已成為必然面臨的戰爭趨勢，雖在近年的諸多戰役中，高科技武器已逐漸左右戰爭勝敗，如阿富汗戰爭、第二次波灣戰爭等，但因複雜的作戰環境及人道考量，使得大規模的高效能武器難盡全功，最終仍需走向與敵短兵相接的形態，故此，單兵攜行之近程反裝甲火箭彈，則在此環境中顯現出其「不對稱作戰」的價值性，然在面對裝甲防護力不斷地提升及戰場環境複雜化的前提下，總有力不從心之勢，故未來新一代反裝甲火箭彈，如何藉更多元的創新思維及科技能力，使其擁有更精準的命中率、多元化的毀傷性、遠射程的打擊力及低行跡的攻擊模式等，達以小搏大之目的，而這些能力的提升也將會為未來反裝甲火箭彈之發展，注入一股不同的全新風貌。

參考資料：

一、陳偉華，〈「不對稱作戰概念」與「不對稱戰力建構」關係之研究〉《國防雜誌》〈桃園縣〉，第4期25卷，國防雜誌社，民國99年8月。

二、王儒策，《彈藥工程》〈北京、北京理工大學出版社、西元2002年12月〉。

三、黃守銓、卞榮宣，《世界軍武發展史.輕兵器篇》〈臺北縣新店市、世潮、西元2004年〉。

四、吉兆鼎、蘇晉興，〈單兵反裝甲火箭發展現況概述〉《新新季刊》〈桃園:龍潭〉，第3期37卷，中山科學研究院，民國98年7月。

五、名劍、趙智立、楊溫利，《現代單兵武器發展史》〈臺北市、知兵堂、西元2011年〉。

六、田叔讓，《彈藥概論》〈桃園縣、中正理工學院、西元1972年〉。

七、王志軍、尹建平，《彈藥學》〈北京、北京理工大學出版社、西元2002年〉。

八、謝統生、歐仁信，〈反裝甲藥型罩研究〉《新新季刊》〈桃園:龍潭〉，第4期40卷，中山科學研究院，民國101年

10 月。

九、劉永賢、洪誌良、洪毓翔、陳楷霖、方宗仁，〈縱列式串聯彈頭應用研究〉《新新季刊》〈桃園:龍潭〉，第4期40卷，中山科學研究院，民國101年10月。

十、賴特隆，〈奈米科技於反裝甲火箭推進劑之應用〉《新新季刊》〈桃園:龍潭〉，第4期40卷，中山科學研究院，民國101年10月。

十一、化學研究所，〈爆炸成形彈丸設計與應用〉《新新季刊》〈桃園:龍潭〉，第1期40卷，中山科學研究院，民國101年1月。

十二、雷神公司TOW2B Aero 彈藥商情簡介影片。

十三、網路資料：

(一)維基百科http：

[//zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%B9%E9%9B%B3%E7%82%AE](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%B9%E9%9B%B3%E7%82%AE)。

(二)中華網

<http://www.confucianism.com.cn/html/junshi/1266614>

5.html。

(三)維基百科

<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:%E7%BE%A4%E8%B1%B9%E5%A5%94%E6%A9%AB%E7%AE%AD.jpg>

(四) 維基百科 [http :](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%B9%E9%9B%B3%E7%82%AE)

[//zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%B9%E9%9B%B3%E7%82%AE](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9C%B9%E9%9B%B3%E7%82%AE) 。

(五) 百度百科

<http://baike.baidu.com/view/120896.htm> 。

(六) 維基百科

http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Soldier_with_Bazooka_M1.jpg 。

(七) 維基百科

<http://zh.wikipedia.org/wiki/File:CumulativeHead.png> 。

(八) 維基百科

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%B4%E7%A5%96%E5%8D%A1%E7%81%AB%E7%AE%AD%E7%AD%92> 。

(九) 維基百科

http://zh.wikipedia.org/wiki/PIAT#section_1 。

(十) 百度百科

<http://baike.baidu.com/view/411967.htm?adapt=1&t>

p=1_01。

(十

一)<http://baike.baidu.com/picview/51206/51206/10012>

000000/

2934349b033b5bb5dbef51a936d3d539b600bca8.html