

戰甲車防禦利器

——主動防護系統簡介

步兵學校特業組少校教官劉欽鵬

提 要

- 一、美軍經多次實戰後，尤其在伊拉克的城鎮戰中所得到的經驗，發現其戰甲車並沒有獲得最佳防護，RPG火箭筒之類的肩射式反裝甲武器仍然構成了嚴重的威脅。
- 二、主動防護系統是一種規避系統，藉由對來襲之反裝甲飛彈實施攔截，使其不能擊中目標，以提供防禦。從概念上來看，利用一種特殊手段主動的迴避來襲之反裝甲飛彈、火箭彈、戰車發射的穿甲彈，已證明主動防護系統能有效提升戰甲車在戰場上的生存力。
- 三、主動防護系統並不能徹底取代裝甲，裝甲的基本防護仍可對付主動防護系統無法應對的威脅，包括輕重兵器、地雷和砲彈爆炸碎片，其中包括因主動防護反擊威脅所產生的二次殺傷效應。
- 四、除主動防護系統外，應同時強化其他輔助配套措施，如煙幕彈發射系統、戰場管理系統等，方能全面提升戰甲車的戰場生存率。我國正值發展新一代戰、甲車之際，主動防護系統之發展實為提升裝甲防護力之重要方向。

關鍵詞：主動防護系統、戰甲車、軟殺系統、硬殺系統

前 言

由於運輸及承載規格的限制，對戰甲

車的重量和尺寸有嚴格的要求，因此，戰甲車已很難靠增加裝甲厚度的方式來提高防護力，而且戰甲車的側、頂部比較薄弱



，雖有反應式裝甲等被動防護，但仍難避免為反裝甲飛彈所傷。¹美軍經多次實戰後發現只靠裝甲無法滿足戰甲車防護需求，從近年來美軍在城鎮戰中得到的教訓即可證明，現役部隊的戰甲車並沒有得到很好的防護，RPG火箭筒之類的肩射式反裝甲武器仍然構成了嚴重的威脅。面對性能不斷提高、種類形式多樣的威脅，戰甲車已難單純依靠增加裝甲厚度等傳統手段在戰場上生存。

主動防護系統的出現，提供了戰甲車戰場生存力的發展空間，經多次試驗發現，該系統能有效摧毀飛近戰車的反裝甲飛彈。主動防護系統(APS)，或稱為防護附加套件(DAS)發展起源很早，但直到近十年間，因技術大幅進步才獲得較多的注意。²本文僅就各國主動防護系統技術發展深入探究，俾供國軍未來戰甲車防護技術研發之參考。

主動防護系統的定義 、設計概念與系統組成

一、戰甲車威脅來源³

欲設計主動防護系統，首先應瞭解戰甲車作戰可能面臨之威脅，再針對其武器性能特性加以探討對應之防護或干擾方式，目前戰甲車作戰的威脅，大都來自以下武器：

(一)肩射輕型反裝甲武器：如RPG-7

型火箭。

(二)半自動視線指令反甲飛彈：如拖式飛彈。

(三)雷射導引飛彈：如地獄火式飛彈。

(四)自步兵戰鬥車中、小口徑機砲及戰車大口徑火炮發射的穿甲彈(如圖一)。

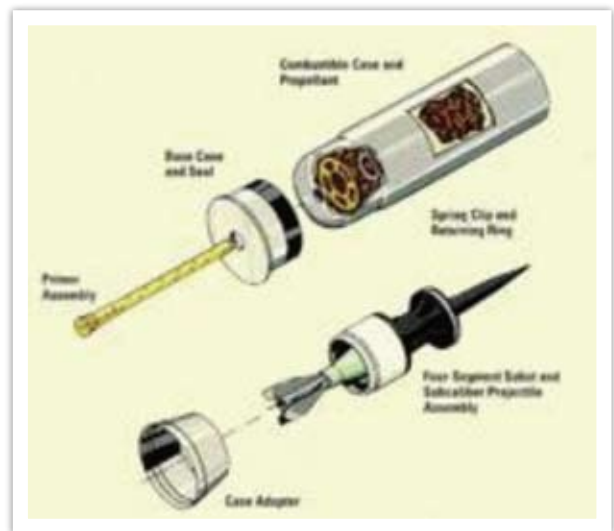
(五)高速長彈體穿甲彈。

(六)空中攻擊之機砲或炸彈。

(七)地雷及應急爆炸裝置。

由於科技與武器系統的發展，各種偵測、導引和破甲技術日新月異，對戰場上的戰甲車構成空前的威脅，當地面目標被偵測系統定位後，各式高精度、致命性

圖一 穿甲彈示意圖



資料來源：<http://baike.baidu.com/view/206562.htm>

1 寒明，〈反制RPG-歐美戰車主動防護系統的發展〉《兵器雜誌》(北京)，第120期，中國兵器工業集團公司，2009年5月，頁20。

2 楊溫利，〈主動防護系統新發展〉《全球防衛雜誌》(臺北)，第265期，全球防衛雜誌社，2006年6月，頁63。

3 趙復生，〈快速存活之道〉《國防譯粹》(桃園)，第32卷第12期，國防大學，2005年12月，頁89。

的武器均將予以致命打擊。這些戰場特性，印證了傳統防護觀念——「裝甲車輛的前弧面最易受到主要威脅攻擊」不再有效，因為攻擊可能會來自水平和垂直的任何方向和角度。⁴

二、主動防護系統的定義

主動防護系統是在戰場上主動的採取施放煙幕、誘騙、干擾和強行攔截等措施，在戰甲車受襲的方向形成一道「軟性」或「硬性」屏障，來防止被瞄準或襲擊的武器次系統(如圖二)。其發展分為「軟殺」及「硬殺」系統

：軟殺系統旨在藉降低信號措施、煙幕彈、干擾器及誘餌，以混淆並轉移來襲飛彈的方向，降低攻擊之命中率；硬殺系統是一種彈道攔截武器，可以在車輛周圍一定的範圍內形成一道防護圈，在敵方來襲的彈藥擊中車體前將其攔截、摧毀。⁵此兩種系統可以分別使用，也可以併用；兩套系統的總重量也不太重，一般的戰甲車都可以承載。而且，硬殺的防禦範圍廣，可以覆蓋車輛兩側和尾部，來自任何方向的威脅都在硬殺的防禦範圍之內，這個優點是戰甲車在城鎮戰中最需要的。

三、主動防護系統的發展概念

(一)發展背景

以往戰車優越的防護力是來自沈重的裝甲，一輛主戰車的裝甲結構占整體

圖二 主動防護系統防護過程概念圖



資料來源：<http://mil.news.sina.com.cn/p/2008-12-22/1002535879.html>

重量高達40~50%，但在後冷戰時代的國際環境中、在不對稱衝突中，弱者更傾向迴避強者在開闊地上擁有的科技優勢，像是波灣戰爭、伊拉克戰爭及南斯拉夫、索馬利亞等地區發生的衝突性戰鬥，特別是處於城鎮戰環境時，敵人並非戰車或者精密反裝甲飛彈，而是精於伏擊戰術、使用應急爆炸裝置與火箭推進榴彈RPG的武裝分子；其攻擊重點轉移至車體側面、背部、頂部甚至車底，戰車的損害也急遽增加。另外，裝甲所提供的保護層面，也隨戰鬥型式改變而趨複雜，從中、大口徑火砲動能彈頭、錐型裝藥化學能彈頭到榴砲穿甲群子彈、智慧型攻頂彈頭等，威力都與日俱增，這些因素都使得集中防護特定部分的裝甲設計日漸困難。⁶而且新世代反裝甲武器將具有可以隨機變換攻擊彈道的

4 鄭順彰，〈現代戰車防護利器——主動防禦系統〉《裝甲兵學術季刊》(新竹)，第209期，97年10月，頁2。

5 小雲，〈軍事小百科：什麼是主動防護系統？〉，http://mil.gmw.cn/2011-06/23/content_2129630.htm

6 黃俊麟，〈戰甲車防護技術發展之研究〉《聯合後勤季刊》(桃園)，第7期，96年1月，頁14、15。



智慧，故釜底抽薪之計是使用反應裝置，因應動態威脅調整防禦措施，集中抵禦威脅來襲的方位，這種概念的具體實現便是「主動防護系統」(Active Protection Systems, APS)。⁷

主動防護系統只能用來提高現有戰甲車的整體防護功能，並不能消除對裝甲的依賴。如美軍對未來戰鬥系統防護力的要求便是基於以下概念：主動防護系統能夠為戰鬥全重30~32噸以內的戰甲車，提供當前60噸以上主力戰車的「戰場」生存能力。無論採用何種作用原理，主動防護系統都將是通過攔截攻擊的彈丸、火箭或飛彈發揮作用；而針對簡易爆炸裝置和地雷設計的防護系統則屬於被動式防護系統，如反應式裝甲、陶瓷複合裝甲等範疇。

(二)防護原理

在戰場上敵人對目標的攻擊，通常須經過「偵測、定位與識別到實施有效攻擊」的一條鏈結來完成，戰車的有效防護也應該從中斷敵人攻擊鏈的第一環節開始。裝甲車輛主動防護原理，乃透過警報系統在敵人偵測、定位和識別時就對戰車指揮機構提供威脅資訊；如果不能避免遭受射擊的命運，戰車的預警系統就進一步進行有意識的遮蔽、偽裝，甚至對來襲威脅進行反制，從而提高戰車的防護能力。⁸

(三)發展概念

目前發展概念的主流方式是把主

動防護系統與某種合適的輔助防護系統綜合在一起，前者發揮「硬殺傷」作用，同時採用能夠干擾、偏轉攻擊飛彈的「軟殺傷」手段來進一步增強防護效果；但後者對非引導彈藥或火箭彈的防禦效能要差得多。瑞典阿克斯公司曾提出所謂「生存能力洋蔥」⁹多層防護概念，提出了一種最佳的防護模式(如圖三)作為發展防護力的參考指標。

四、系統組成¹⁰

主動防護系統由威脅預警系統、信號處理與決策系統、威脅反制系統三部分組成，達到減少戰甲車輛被跟蹤、瞄準和被擊中機率的作用。系統作用分述如下：

(一)預警裝置：此裝置是系統的眼睛和大腦，由信號接收、信號轉換及資訊處理裝置組成。依反裝甲武器探測與導引方式，由接收威脅源的紅外線、雷射光與雷達波信號，以進一步分析判斷是否採取警告或防護措施。

(二)雷射光壓制觀瞄裝置：此裝置用以對付需要射手始終瞄準目標直到射彈命中為止的飛彈、砲彈(如銅斑蛇)和精靈彈特別有效。乃利用戰車上觀察瞄準儀器，受到雷射光照射後容易失去作用和損壞，以及雷射光致盲的弱點，造成人員、系統作戰能力或射彈攻擊能力的喪失。初期先以低功率的雷射進行掃描、定位和識別正在搜索瞄準的敵光學／光導發光系統，在發現目標後向敵瞄準系統發

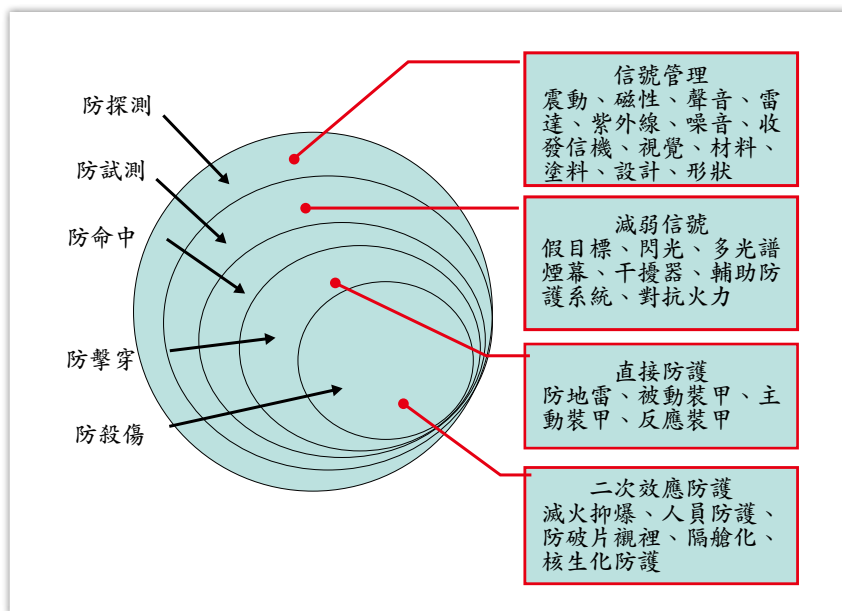
7 同註4，頁20。

8 同註4，頁10。

9 張衛東，〈國外裝甲車輛主動防護系統發展〉《國外坦克雜誌》(北京)，第349期，2008年2月，頁7。

10 同註4。

圖三 瑞典阿克斯公司的「生存能力洋蔥」防護概念圖



資料來源：張衛東，〈國外裝甲車輛主動防護系統發展〉《國外坦克雜誌》(北京)，第349期，2008年2月，頁7。

射強雷射脈衝，擊毀敵光學系統或使射手致盲。

(三)煙幕裝置：利用煙幕對雷射光、紅外線輻射、毫米波產生吸收和散射作用，把目標信號衰減到觀瞄及探測系統不能實施可靠工作的程度，從而達到干擾作用。系統可採用拋射式煙幕裝置、熱煙幕裝置和煙幕筒三種。

(四)紅外線干擾裝置：此裝置主要為防護紅外線導引反裝甲飛彈的攻擊，利用特殊的調制方式將紅外干擾裝置的輻射源調制成與紅外線導引系統接收頻率相同或相近的干擾脈衝，射向紅外線導引系統，使此信息與目標信號重疊，導致紅外線導引系統出現錯誤，使飛彈脫靶，達到干擾目的。

(五)反裝甲飛彈攔截裝置：對來襲的反裝甲飛彈進行偵測、識別、跟蹤，並在適當的距離上進行攔截，使其全部失效或

部分失效或彈道偏移，藉以減少其對裝甲車輛造成損傷。

小 結

目前的主動防護系統不具備攔截並摧毀動能彈的能力，但隨著射控和探測技術的發展和進步，未來主動防護系統極有可能既能攔截、摧毀反裝甲飛彈，又能攔截、摧毀動能彈。即便如此，各國仍不斷力求精進，主要原因如后：

一、主動防護系統主要用來對抗反裝甲飛彈，發展能夠擊毀現代反裝甲武器的主動防護系統無疑將提高戰甲車的生存力。

二、反裝甲飛彈無論是產量、殺傷力還是擴散程度都遠超過裝甲的防護能力，再加上由空中平臺發射的、射程遠遠超過直射防空武器系統的攻頂反裝甲飛彈和彈藥，使戰甲車面臨著多重的威脅。



三、新一代空心裝藥反裝甲武器的威力可能已經超過了爆炸反應裝甲的防護能力，裝甲部隊不可能坐等裝甲或爆炸反應裝甲出現質的飛躍。

四、透過裝置爆炸反應裝甲和主動防護系統組件提高戰車生存力，比購買足夠數量的戰車或研制新型戰車成本少很多。對某些國家來說，這樣做非常經濟有效。例如俄軍在T-55、T-62和T-72改裝這些組件，增加的重量不會降低戰車機動性便是例證。¹¹

各國發展現況

隨著反裝甲武器不斷進化，世界各國尤其是曾經歷實戰之國家，如美國、俄羅斯、以色列、德國及中共，無不投注大量經費持續研發主動防護系統，其性能如表一，簡介如下：

一、美國

美國陸軍「未來戰鬥系統」(FCS)的迴避攻擊主動防護系統由英國航太系統公司(BAE)負責，雷神公司從中拿到了價

表一 各國主動防護系統性能表

國別	系統名稱	配備車型	探測器類型	反制方式	摧毀目標方式	防護範圍	反應時間	反制距離
美國	快殺	未來戰鬥系統(FCS)	陣列式相控雷達	戰防飛彈、戰防火箭	攔截飛彈	360度上半球面範圍	待考證	據稱50公尺以內
俄羅斯	迪洛茲2型	T-55AD	毫米波雷達	戰防榴彈、戰防飛彈	發射式飛彈	360度全方位	待考證	6~7公尺
	競技場	T-90、BMP-3	毫米波雷達	戰防飛彈、戰防火箭、攻頂彈藥	發射式藥彈	方向+-140度、高低-40~+20	低於0.05秒	7.8~10.06公尺
以色列	戰利品	美LAVA 2甲車	平板雷達	產生熱量干擾、反戰車彈藥	發射式藥彈	360度全方位、頂部	待考證	10~30公尺
	鐵拳	M113、M60MK III	雷達、被動紅外線偵測器	戰防飛彈、戰防火箭、化學能彈、破甲彈	發射式藥彈	360度全方位	低於1秒	待考證
德國	多功能自我防護系統	美洲獅步兵戰鬥車	雷射、紫外線	主動紅外線干擾器、煙幕彈	干擾彈	周圍360度、仰角0度~70度	1~1.5秒內	待考證
中共	雷射壓制觀瞄系統	99式戰車	微波雷達	戰防飛彈、戰車觀通系統	雷射壓制、紅外線干擾	360度全方位	據稱約20秒	1.5~4.5公尺

資料來源：一、鄭順彰，〈現代戰車防護利器——主動防禦系統〉《裝甲兵學術季刊》(新竹)，第209期，裝甲兵學校，97年10月，頁18、19。

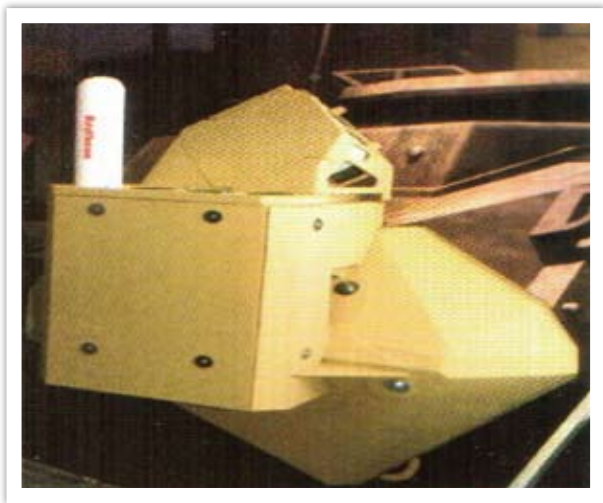
二、作者彙整。

11 四海一家軍事資料庫，〈裝甲車輛主動防護系統的發展現狀〉，<http://hifayay.com/seehi/phparticle/article.php/261>

值7,000萬美元的分包合約，分3個階段發展FCS硬殺傷防禦系統，使其能對付各種反裝甲彈藥，如反裝甲火箭彈(RPG)、反裝甲飛彈、砲射高爆彈、動能彈及攻頂彈等。¹²

FCS總承包商美國波音公司於2006年3月宣布，將在FCS上採用雷神公司的「快殺」主動防護系統(如圖四)。該系統在2007年2月7日的試驗中，成功攔截了從不到50公尺處發射的RPG彈藥。「快殺」的攔截彈採用冷發射方式，以減輕對車輛和乘員的振動衝擊。一個發射器裝填8~16發攔截彈，能應對來自360度上半球面的威脅。¹³攔截彈發射後飛向預定的攔截點

圖四 「快殺」主動防護系統模型圖



資料來源：寒明，〈反制RPG-歐美戰車主動防護系統的發展〉《兵器雜誌》(北京)，第120期，中國兵器工業集團公司，2009年5月，頁21。

，經過精確計算角度和飛行時間確定起爆點，能把附帶殺傷降到最低程度，還能同時探測和跟蹤多種不同的來襲目標，整個系統重量不到136公斤。

二、俄羅斯

(一)迪洛茲系統

俄羅斯是首先部署防護輔助組件的國家。迪洛茲系統(如圖五)係1980年代初期安裝在海軍陸戰隊所屬T-55戰車上。該系統由KBP公司研製，用以攔阻北約國所使用的拖式、米蘭式及哈特式飛彈。迪洛茲系統包括加裝在砲塔兩側的一對毫米波感測器(以偵測來襲飛彈)及在每個感測器下方的一套4管107公釐火箭發射器。包括火箭在內，這套系統重約1,000公斤，當感測器偵測到來襲飛彈時，會隨即發射兩枚火箭，火箭引爆後，在飛彈路徑形成破片錐體，距戰車安全距離外將來襲飛彈摧毀。迪洛茲系統僅在砲塔正面60度弧形區提供防護，故側面與後方易遭到攻擊，但其發射方向可藉砲塔轉動而改變。在俄軍占領阿富汗期間，曾在該地的T-62與T-80型戰車上加裝該系統，而製造商宣稱這套系統對抗RPG的成功率高達80%。¹⁴改良後的迪洛茲2型，可提供四周防護，配置20具火箭發射器，不會受到像輕武器射擊等之影響；當來襲的目標具有每秒70~700公尺之間的飛行速度時，才會開始作用。¹⁵

(二)競技場系統

12 杜微，〈戰車防護力新核心——電子主動防禦系統的現在與未來〉《尖端科技雜誌》(臺北)，第295期，尖端科技雜誌社，2007年8月，頁68。

13 同註1，頁21。

14 同註3。

15 同註4，頁12。



競技場是迪洛茲的發展型，系統全重可達1,300公斤，目前已在T-90戰車及BMP-3步兵戰鬥車輛上採用(如圖六)。該系統在砲塔後部裝有一部雷達，四周布置有22~28枚對抗彈(裝在發射箱內)，雷達可在距車輛約50公尺處探測到攻擊飛彈，然後由計算機選擇其中一枚對抗彈發射實施攔截。系統防護區域為360度，僅在砲塔後部存在盲區，¹⁶但雷達體積較大，凸出明顯，易被小口徑機砲或重機槍火力毀傷。

三、以色列

以色列是最早開始為自製戰甲車研製主動防護系統的國家之一，本國企業競爭也比較激烈。

(一)戰利品系統

戰利品主動防護系統由以色列拉斐爾武器發展公司及艾爾塔公司合作推出，因為2006年以黎戰爭衝擊，2007年以色列提出訂購100套戰利品系統安裝在馳式3及4型主戰車之需求。¹⁷戰利品主動防護系統能夠在有效距離上抵禦各種反裝甲飛彈及非引導式火箭彈的攻擊；系統在車輛前部、後部共裝有4個平板式雷達天線(如圖七)，可為車輛提供360度的防護，並能探測到攻頂彈藥。

據美國《每日科技》網站2010年4月8日報導，以色列拉斐爾先進防務系統公司推出的戰利品主動防護系統已順利完成實彈測試，進入少量生產裝備階段。該

系統能探測到來襲目標(如飛彈)，並在坦克被擊中前將其攔截。¹⁸

(二)鐵拳系統

此系統由以色列軍事工業公司研製，該公司稱系統能防護採用空心裝藥戰

圖五 迪洛茲主動防護系統



資料來源：張衛東，〈國外裝甲車輛主動防護系統發展〉《國外坦克雜誌》(北京)，第349期，國外坦克雜誌社，2008年2月，頁10。

圖六 安裝在BMP-3步兵戰車的競技場-E系統



資料來源：http://blog.sina.com.cn/s/blog_7449585b0100qrqb.html

16 同註9。

17 楊溫利，〈陸軍戰甲車金鐘罩——主動防護系統近況追蹤〉《全球防衛雜誌》(臺北)，第295期，全球防衛雜誌社，2009年3月，頁76。

18 〈以色列坦克將配備全球首款戰車主動防護系統〉，<http://mil.news.sina.com.cn/2010-04-17/1249590851.html>

鬥部的反裝甲飛彈和火箭彈，也能防護動能穿甲彈，是世界上第一種能夠防護動能穿甲彈的主動防護系統。該系統採用的是爆震的殺傷機制、完全不產生碎片，能夠在發現攻擊目標時自動發射，其攔截彈所產生爆炸效應並非破壞來襲飛彈，而是使之解體或偏離(如圖八)，所以不會引爆飛彈或火箭彈。對抗戰車發射的動能穿甲彈時，攔截彈利用爆炸時產生的衝擊波震盪穿甲彈體，使其偏離攻擊方向。¹⁹

四、德國

MUSS多功能自我防護系統(如圖九)是德國EADS防衛電子公司發展，屬軟殺系統，主要採用雷射與紫外線(UV)波段等兩種被動接收器組成飛彈／雷射威脅警示系統(MILTAS)，其技術是源自同公司產品：ALTAS-1Q 雷射警報器及AN/AAR-60飛彈發射探測系統。在美洲獅步兵戰鬥車上，MUSS的MILTAS安裝4具接

圖七 以色列「戰利品」位於砲塔旁的平板式雷達天線



資料來源：<http://www.dajunshi.com/Weapon/China/200803/22042.htm>

收器於砲塔四周，每一具接收器尺寸約為15公分見方、重25公斤以內。

一旦偵知威脅，MUSS有兩種軟殺反制措施可供應對。第一種方式為主動紅外

圖八 鐵拳防護系統在近距離攔截RPG火箭彈的瞬間畫面



資料來源：http://blog.sina.com.cn/s/blog_7449585b0100qrcb.html

圖九 MUSS系統展示模型



資料來源：寒明，〈反制RPG-歐美戰車主動防護系統的發展〉《兵器雜誌》(北京)，第120期，中國兵器工業集團公司，2009年5月，頁23。

19 同註12，頁78。



線干擾器，用以干擾第一代與第二代反裝甲飛彈射控系統對彈尾紅外線信標的追蹤，EADS宣稱它對現行70%的反裝甲飛彈都有效。MUSS的主動紅外線干擾器在作用時每次開啟時間只有幾秒，且使用的波段是10微米，因此，不易被一般紅外線影像儀所偵測；第二種方式則是使用0.3~15微米全頻譜涵蓋的綜合效應煙幕彈，可以對付紅外線影像導引的第三代反裝甲飛彈，雷射導引的各式飛彈，與砲兵、空投之半主動雷射導引反戰車武器。由於在接戰時系統無法分辨來襲彈藥的類型，因此，MUSS是採用接續的模式運用兩種反制措施，MUSS首先啟動主動紅外線干擾器，若在幾秒鐘之後仍未見成效則發射煙幕彈遮蔽敵方的視線，而車輛也可伺機進行規避運動；MUSS可以偵知火炮射控系統雷射測距儀的訊號，因此，也可以對付火炮發射的砲彈，不過這大約只能提供5秒的預警時間發射煙幕彈或規避，效果相對較有限。

除了整合在美洲獅步兵戰鬥車之上，EADS公司也發展了另一種以附加方式安裝的衍生型，稱為MUSS緊密版(MUSS Compact)，可以安裝上拳師8X8輪甲車、狐式偵搜車，以及豹2式主戰車。MUSS緊密版重130公斤，為四方型三層的塔狀設計，其安裝拆卸皆十分簡便，只需連接電源與控制線路，因此，部隊可以採購一批MUSS緊密版，再視任務需要配發給不

同的車輛。²⁰

五、中共

中共北方公司曾在菲律賓國防武器展中，展出一套ZM-87雷射干擾系統，該系統能同時以兩種不同波長發射功率15MW、脈波重複率5HZ以上的雷射光，在2~3公里距離內會傷害人的肉眼，若再加裝一個7倍率的光學放大鏡組，則有效距離可延伸至5公里以上，而對肉眼短暫的「眩盲」效果在10公里之遠處仍可發揮作用。另外，武器系統也可用來破壞光學裝備，如雷射測距儀、攝影機及飛彈上的尋標器。²¹

共軍99式戰車(如圖十)在戰車砲塔後部裝有雷射目眩壓制干擾裝置，最大作用距離4,000公尺，這套「雷射壓制觀瞄系統」主要針對西方國家的主力戰車，雷射壓制觀瞄系統由微電腦控制器、全方位的跟蹤轉臺及隨動系統、雷射壓制儀、熱影像儀、干擾機(氣體雷射發射機)組成，該戰車可算是世界第一種配備了置頂雷射眩目壓制干擾裝置的主力戰車，可以干擾和破壞敵方的觀瞄器材。²²

該系統的工作方式為雷射預警系統(如圖十一)接受到來自敵方武器裝備的測距雷射光束或導引雷射光束後發出警告信號；主動雷射防衛裝置隨即開始運作，跟蹤轉臺在電腦控制下自動轉向目標所在方位，雷射觀瞄壓制系統則射出一束較弱的雷射以確定目標準確位置；當

20 同註2。

21 朱明茂譯，〈中共推出致盲性雷射武器〉《國防譯粹》(桃園)，第22卷第9期，國防大學，2004年9月，頁101。

22 邱永崢，〈中國99式主戰坦克性能超越美軍〉，http://news.xinhuanet.com/mil/2008-06/20/content_8405756_1.htm

圖十 中共99式戰車



資料來源：<http://chinanews.sina.com/jczs/2007/1104/16482356804.html>

目標確認後，雷射光束的能量瞬間增強，以破壞目標裝備的光電系統或敵方觀測人員的眼睛。由於該系統最大仰角90度，還可以摧毀低空飛行直升機上的光電系統。²³另外，該系統還能主動出擊，干擾使用可見光、近紅外光電感應器的射控及導引系統(如雷射測距儀、電視攝影機、瞄準鏡等)，使目標光學元件失效或永久失效。²⁴

此系統目前共軍僅配備在99式戰車上，雖然共軍已有此先進技術，但不代表可以輕鬆剝奪對手的對抗權；據體驗過此系統的共軍戰車兵表示，該系統仍有諸多缺陷，比如經常誤判目標資訊，易受煙塵干擾。²⁵因此，共軍的戰車只是多了一種壓制敵人的手段，並非全然無敵。

小 結

圖十一 中共99式戰車雷射預警系統(右為雷射主動反制裝置，左為雷射通信／預警器共用的接收器)



資料來源：<http://www.eyny.com/viewthread.php?tid=2879479>

主動防護系統發展，不論在防護、戰術機動性或是成本層面的考量，早已讓各國積極投入對系統的研發，縱然在技術上尚存在若干缺點，但未來科技可能帶來突破；綜觀各國主動防護系統發展，因窘於資料蒐集不易且多屬網路資料無法查證，加上重要數據仍採保密措施，故僅就其性能分析其共同之優缺點如下：

一、優點²⁶

(一)殲滅來襲於車外，減輕戰鬥員心理壓力。

(二)以較少之重量換取較高之防護效益。

(三)系統體積小、重量輕，不影響戰車火炮、射控系統的作戰使用，及戰術機

23 Chris Hsu，〈淺論解放軍現役雷射武器〉《全球防衛雜誌》(臺北)，第282期，全球防衛雜誌社，2008年2月，頁41。

24 同註23，頁42。

25 同註23，頁43。

26 同註4，頁19、20。



動性能發揮。

(四)獨立系統模組，無與戰車射控系統整合的技術問題，有利現有裝甲車輛進行防護性能提升。

二、缺點

(一)因系統複雜、技術層次高，致使成本偏高，且攔截成功率無法保證。²⁷

(二)對地雷、應急爆炸裝置尚無反制能力。

(三)全方位反制功能不足，對「動能」、「化學能」彈藥或攻頂型彈藥，未能有效反制。²⁸

(四)「硬殺傷」反制之攔截彈藥爆炸可能對友軍人員、戰車分系統帶來連帶損傷；彈藥無法自動裝填，使用次數受限。

(五)對輕重兵器射擊彈藥、砲彈破片辨識率不足。

(六)系統同時配置於裝甲車、戰車之通用性還不足。²⁹

(七)「軟殺傷」系統易受到外在環境之干擾或遭敵反制。

主動防護系統技術發展趨勢

目前各國正在研製或使用的主動防護系統所採用對抗方式主要有以下兩種：破片(彈丸)式或爆炸式。前者利用小口徑對抗彈藥在半空中爆炸形成一個方向朝下的錐體面，或利用安裝在車體一側的發射裝置發射產生霰彈槍效應；後者則通過爆炸效應(亦可能產生破片)產生隔離圈，進而

發揮防護作用。

目前，最簡單的小口徑彈藥對抗方式是沿固定的、預設好的彈道發射，並在距車輛固定的、預設好的距離上爆炸，而不需要根據威脅的性質和交戰的順序，刻意設定彈道或選擇爆炸點。因此，破片群或爆炸衝擊波，總是在同一個點上形成；延遲時間也相同，系統通過計算選擇發射的時機，以保證在攻擊彈藥通過的區域製造破片或爆炸衝擊波。目前小口徑對抗彈藥均採用固定延遲時間引信，將來也有可能研製出更先進的類似近炸的可設定時間引信。綜合該系統技術發展趨勢如下：

一、偵測與處理技術

主動防護系統利用偵測器發現威脅，偵測器必須能追蹤以每秒／百公尺速度飛行的RPG火箭彈，或飛行速度超過每秒／公里的動能穿甲彈。偵測器要具有足夠的靈敏度，能夠在適當的距離發現威脅，並給系統保留足夠的反應時間。其參數均屬軍事機密，通常各國對探測距離的要求一般為30～50公尺。越遠反應時間固然越長，但是，增大偵測器的探測距離可能會誤導系統，反而帶來危險的後果。

目前各國採用的偵測器大多是毫米波雷達。這種雷達波長小、分辨率高，能夠發現特定的偽裝目標，但持續使用這種主動式雷達容易暴露己方的位置；因此，也有廠商利用被動式紅外線偵測器探測飛彈發射或火炮射擊的閃光，然後才啟動雷達

27 張剛、高勇，〈主動防護系統的軟殺傷〉《國外坦克》(北京)，第323期，國外坦克雜誌社，2005年11月，頁52。

28 金重，〈從北歐悍將看八輪甲車發展新趨勢〉《國外坦克》(北京)，第323期，國外坦克雜誌社，2005年11月，頁37。

29 同註27。

進入工作狀態。另外，還可以利用數位式成像技術發現可見光目標，這種技術目前已在數位相機和攝影機上廣泛採用。

二、預防二次殺傷效應

戰甲車的主動防護系統必須採用全自動的自主工作方式，車輛乘員的操作僅限於啟動系統的開關按鈕，在戰場上，尤其是城鎮中，裝有主動防護系統的戰甲車實施機動的環境、位置和條件經常受到限制。這些不利的環境條件也給主動防護系統的使用帶來更多的不利影響，容易造成二次殺傷，甚至是自我傷害。因此，系統必須裝有連鎖機構，以使系統在車輛窗蓋打開的情況下無法發射。

另外，主動防護系統發射的小口徑對抗彈藥爆炸時形成的碎彈片其飛行速度可高達1,500公尺／秒，具有遠距離致命殺傷力，給下車伴隨作戰的步兵或平民帶來很大威脅。如果使用利用爆炸衝擊波發射的定向鋼製飛盤對抗動能穿甲彈，即使炸藥層較薄也能達到100公尺的飛行距離。因此，在城鎮作戰中，最好是使用利用爆炸衝擊波實施對抗、而不會產生爆炸碎片的主動防護系統。考慮到以上因素，在設計主動防護系統時要設法處理好最大對抗效應與最小危險半徑的關係。如俄羅斯的「競技場-E」防護系統的致命殺傷半徑約為30公尺，就不適合在城鎮作戰中使用。

三、對抗動能穿甲彈

針對尾翼穩定脫殼穿甲彈的主動防護系統屬於一個特殊的領域，與反裝甲飛彈和火箭彈不同。動能穿甲彈大多採用耗乏

鈾或鎢合金材料製造，依靠爆炸形成的破片是無法應付的，而要用一枚動能對抗彈去命中穿甲彈也幾乎不可能。目前各國最新的對抗技術是利用爆炸衝擊波衝撞穿甲彈體，但要克服以下技術障礙：

(一)要擁有高精確度的探測跟蹤系統，能夠探測並跟蹤飛行速度高達4~5倍音速的穿甲彈體。

(二)由於爆炸衝擊波對穿甲彈的破壞能量，隨著距離的加大迅速消失，所以炸點要儘可能靠近穿甲彈體。

(三)炸藥成分要能夠承受較高攔截加速度產生的逆向力。

各國正在研究其他對抗技術，包括由爆炸衝擊波推進的較高質量飛盤，其作用原理是造成穿甲彈體小角度偏轉或破碎，降低其穿甲深度。還有一種可行的方法是以足夠的能量衝擊穿甲彈體的側部，尤其適合用來對付韌性小於普通鎢合金穿甲彈而更容易被折斷的耗乏鈾彈。穿甲彈體一旦被擊碎，其穿甲效能便大大降低。³⁰

對我國戰甲車防護技術發展之建議

目前我國主力戰車或雲豹甲車皆擁有良好的機動力，底盤酬載能量也足夠支撐作戰需求，若能開發出專屬的主動防護系統，並結合其他配套輔助作為，將能有效提升戰場存活率。其防護技術發展建議如下：

一、車體採取匿蹤設計³¹

現今在飛機及船體上均已發展出匿蹤

30 同註9，頁8、9。

31 杜微，〈從伊拉克經驗談未來裝甲車輛整體防護趨勢〉《尖端科技》(臺北)，第233期，尖端科技雜誌社，2004年1月，頁55。



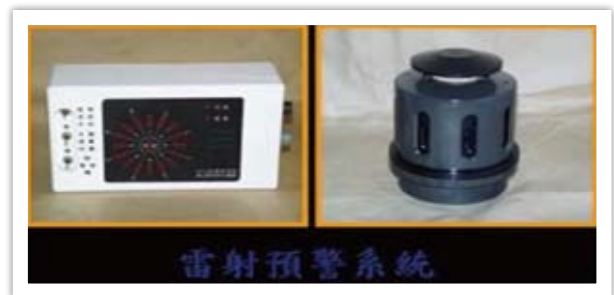
設計，降低被敵軍雷達偵測的機率，而美軍戰甲車的最新設計被稱為低跡訊能力，是以雷達吸收材料、車體折射角外型、絕緣塗料(抑制紅外線成像)等方式降低被敵方從空中偵測的機率，且理論技術上皆已獲得實際應用，國軍可尋求發展或採購相關技術。

二、裝置雷射預警系統

雷射預警防護系統的架構是由光學偵測頭(OHU)、警告顯示器(DSU)、自我測試及信號處理器電子單元(EU)、煙霧或水霧單元等模組所組成。雷射預警防護系統是一輕小且高靈敏度的裝備，可偵測並顯示可見光及近紅外光波長之各種脈衝雷射光；因其具有一高靈敏的接收器，能偵測照在光學偵測頭附近的雷射光，並分析來襲威脅雷射源之種類，即時顯示於警告顯示器上。該警告顯示器可提供當遭雷射導引武器攻擊時之來襲威脅雷射光方位、脈波寬度並區分雷射光功率強弱的訊息，警告聲音可經車內無線通話系統傳送至車長。中科院曾執行「雷射武器預警系統先期發展計畫」，後為配合《國防二法》之實施及後續量產需求的考量，已於民國93到95年執行「雷射預警防護系統」(如圖十二)的資源軍民合作開發案，輔導民間廠商參與國防武器研製，建立民間廠商具備相關零組件、次系統等軍品的量產及維修能力，並輔導民間廠商取得試製證明，足以供應我國國防之需。³²

三、研改煙幕自動發射系統

圖十二 雷射預警系統



資料來源：http://www.csistdup.org.tw/plan/c03-1-01.asp?CC_ID=21&C_ID=163&SELECT_CCM_ID=10

目前本軍戰甲車裝置之煙幕發射系統仍屬於人工操作，建議未來可研改煙幕發射系統，增設偵測裝置轉為自動偵測系統，當車輛偵測到被雷射威脅源照射、指向時，可自動選取並啟動較靠近雷射威脅源之方向的煙幕防護系統，並於短時間內形成遮障。

四、加裝角反射器或雷射炫光器

此種為簡易型的「致盲」系統，當遭敵雷射鎖定時，加裝之角反射器或雷射炫光器可自動啟動實施反制，使敵雷射導引系統遭致干擾而失去導引作用，³³無法擊中攻擊標的，雖無法完全反制，但因開發技術成本較低，也較為實用。

五、結合未來戰場管理系統

主動防護系統之軟體介面應預留結合未來戰場管理系統介面，當系統偵測到敵攻擊訊號時，能將敵情資料，迅速傳至上級與友軍，即時共享敵情，以採取相關防護或攻擊行動，也提供車長據以迴避之判

32 陳焜發，〈雷射預警及防護系統之應用與發展〉，<http://tw.myblog.yahoo.com/sunponyboy-IDF/article?mid=34189&prev=34302&next=34109&l=f&fid=29>

33 洪惠菁，〈甲車防護利器——雷射預警系統之研究〉《陸軍步兵學術季刊》(鳳山)，第227期，陸軍步兵學校，97年2月，頁12。

斷依據，也可提升匿蹤之效果。另外建立敵威脅參數資料庫，系統應能將我情報單位、友軍交換而來之敵威脅參數予以蒐整，並將其輸入預警器記憶體內供訊號比對分析判斷，以縮短反應時間，使電腦能更快速選擇最佳防禦方式。

六、其他防護技術

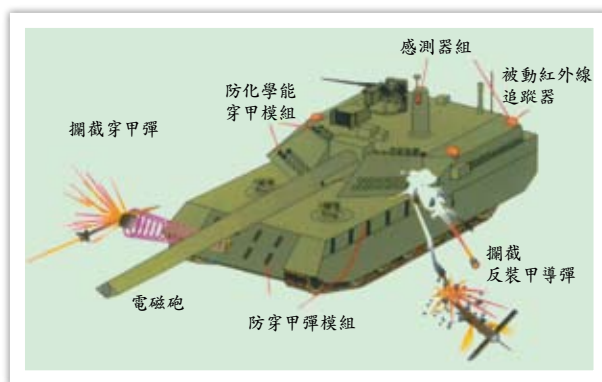
(一)氣囊式防護技術

在西班牙的第23屆國際彈道技術研討會上，提出了一種新穎的主動防護系統概念，其原理是利用小口徑彈藥製造氣囊產生防護效應，氣囊可以在足夠的安全距離上阻擋並引爆攻擊的火箭彈或飛彈，有效減弱空心裝藥戰鬥部的攻擊效能，且對抗效應的二次殺傷風險性小；由於其球形特徵，及小口徑對抗彈藥的空氣動力穩定性好，對付高速飛行的攻擊彈丸尤其有效。另外，可安裝在輕型車輛的兩側車門，防護火箭彈的攻擊。系統工作時，雷達系統以火箭彈尺寸和速度作為威脅參考，並能夠在30毫秒內將氣囊充氣就位，氣囊在攔截攻擊反裝甲飛彈時不會發生爆炸，安全性可靠。³⁴

(二)電磁裝甲技術

此技術是將充電的間隔裝甲板裝置於戰甲車裝甲前，利用穿甲彈與電磁裝甲接觸產生的強大電磁場來偏移、切割彈丸，使其穿甲能力大幅降低(如圖十三)。³⁵理論上也可以利用電磁能發射對抗彈藥反擊威脅。目前技術已有一定水準，但距實用化仍有一段距離。

圖十三 電磁裝甲示意圖



資料來源：沈柏成，〈一種新的裝甲防護技術——電磁裝甲〉《裝甲兵學術月刊》(新竹)，第196期，陸軍裝甲兵學校，94年5月16日，頁37。

(三)煙霧遮蔽技術

煙幕彈依然是戰甲車常見的對抗措施。最初的煙幕彈只能提供可見光遮蔽，而目前的多波譜煙幕彈，既能提供紅外波段遮蔽，又能提供可見光波段遮蔽。紅外波段遮蔽可通過兩種不同類型的煙幕劑來實現：一種是本身發出紅外輻射，形成熱粒子幕；另一種是形成煙雲，起吸收、散射和反射的綜合作用。為了與紅外波長相匹配，熱粒子必須大於可見光遮蔽煙幕劑所形成的粒子。但是，目前使用的一些煙幕劑有毒或對環境有害，因此，國外也在研究採用生物降解纖維和碳粒子來取代金屬粉末。³⁶而為因應未來戰爭需要，煙幕最好是既能干擾、遮蔽可見光，又能干擾、遮蔽近中遠紅外、毫米波的寬波段高效率的複合式煙幕。³⁷

(四)二次效應防護技術

34 同註9，頁14。

35 沈柏成，〈一種新的裝甲防護技術——電磁裝甲〉《裝甲兵學術月刊》(新竹)，第196期，陸軍裝甲兵學校，94年5月16日，頁37。

36 〈主動防護系統〉，http://www.jundao360.com/topic_5765044.html

37 於下頁。



戰甲車的裝甲被擊穿後，破片造成的機件毀壞和乘員損傷，以及車內起火和彈藥爆炸統稱為二次效應。二次效應對裝甲車輛造成的損失非常大，輕者導致乘員受傷、機件受損，重者導致車毀人亡。第四次中東戰爭中，以色列參戰戰車中有的先後三、四次中彈都未引起火災和爆炸，修復後繼續投入戰鬥。據以色列統計，未採取二次效應防護的戰車被擊中後約有31%起火燃燒，起火後85%~90%的戰車被完全燒毀，但採取二次效應防護的戰車被擊中後只有15%起火燃燒，但不會被燒毀。因此，二次效應防護對於提高裝甲車輛的生存力具有重要意義。

二次效應防護主要有：裝甲襯層、動力艙自動滅火裝置、戰鬥艙自動滅火抑爆裝置、車內實行隔艙化等。分述如下：

1. 裝甲襯層：襯層是裝在戰鬥艙內的一種柔性粘合或縫合的纖維織物(通常為尼龍、芳綸或聚乙烯)，安裝厚度為10~30公厘。對襯層的要求是要具有較高的抗拉強度、良好的耐疲勞能力、能防火、不易熔化、重量輕、易於加工成型。襯層的主要作用是減少破片的數量、降低破片的速度，同時還可起到隔熱、降噪的作用。在襯層中加入防輻射的材料，還有防中子、防 γ 射線的作用。

2. 自動滅火裝置：發動機開始工作後，動力艙內溫度很高；由於燃油、潤滑油的洩露，動力艙內總是充滿油霧，在這種情況下，即使不中彈也容易引起火災。動

力艙自動滅火裝置通常由火焰探測器、控制盒及滅火瓶組成。當探測器探測到火焰信號後，即把信號傳遞至控制機構，控制機構發送信號打開滅火瓶進行滅火。戰鬥艙自動滅火抑爆裝置的構成與動力艙自動滅火裝置基本相同。

3. 其他二次效應防護措施：例如車內實行隔艙化，把動力艙與戰鬥艙隔開，把戰鬥艙的備用彈藥以隔艙隔離；並在隔板上預設裂點，以便當壓力達到一定限度時從該處爆開排出壓力；採用自封油箱，當油箱被擊穿出現小孔時可自行閉合，防止油料外洩等。³⁸

結語

過去十年中，各國戰甲車的生存力、火力和機動性已得到顯著的提高。在這種情況下，各國還在積極地研究主動防護系統，因為無論主動防護系統的性能將來達到何種先進程度，都永遠不能抹煞被動式裝甲的重要性。通過爆炸反應式裝甲和主動防護系統組件提高戰甲車生存力，絕對比購買足夠數量的戰甲車或研製新型戰甲車花費少很多，合適厚度的均質鋼板裝甲畢竟只能為車輛乘員提供對某些威脅的基本保障。而共軍99式戰車裝備雷射干擾致盲武器，已對我戰甲部隊形成威脅；我各型戰、甲車除了有良好機動力、底盤承載能力也夠大，故發展主動防護系統可提升整體作戰性能，增加我軍戰場存活率，有效遏阻敵地面作戰行動。

37 金永吉，《軍事科技：軍事革命的開路先鋒》(北京：藍天出版社，2011年4月)，頁156。

38 仲崇慧，〈坦克裝甲車輛綜合防護系統〉《現代兵器》(北京)，第332期，中國兵器工業集團公司，2006年8月，頁20。