

現代戰車防護利器-主動防禦系統

提 要：

- 一、未來戰場上戰車除面臨傳統反戰車手段外，各種遠程的、空射的精確導引彈藥蓬勃發展，大大升高戰車全方位威脅強度，裝甲車輛必須尋求整體的綜合防護方案，才能保有陸戰之王的地位。
- 二、伴隨敵方反裝甲武器破甲威力及導引控制技術的進步，傳統裝甲防護的被動防護模式，僅著重於「不被擊穿」的思維，並非絕對有效的防護之道；針對威脅源的攻擊模式與特性，採取一種主動式的防護體系，從「不被發現」、「不被命中」的思維發展防護模組，更能提高戰車生存的機率。
- 三、本文從各種反裝甲武器之攻擊破壞原理與裝甲被動防護力的矛、盾之中，探討防護新手段—戰車主動防禦系統的特弱點與趨勢，以及本軍戰車防護力提昇、發展的方向。

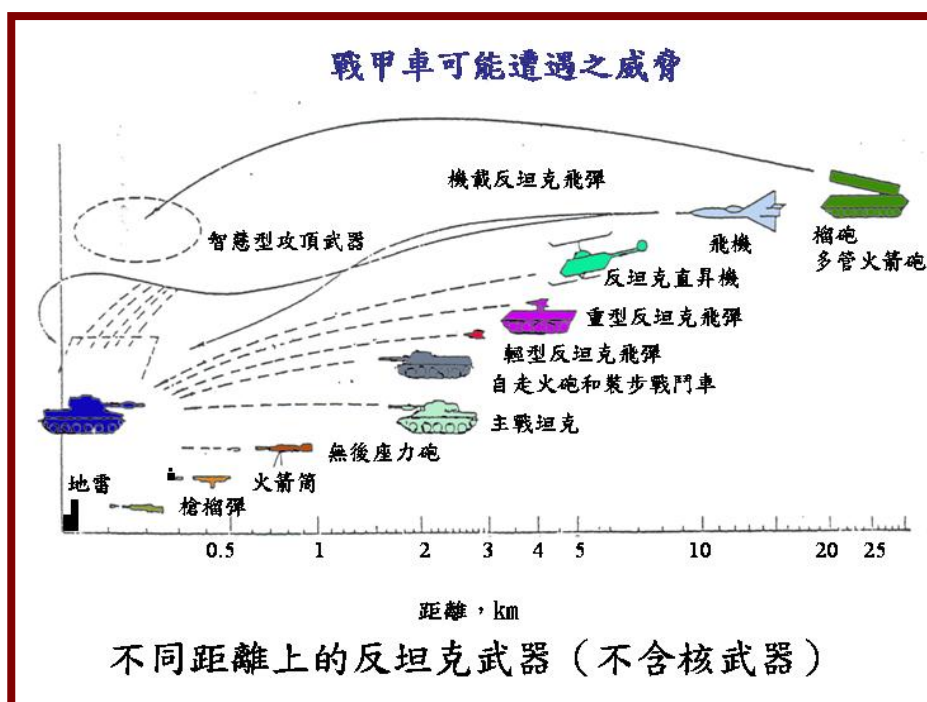
壹、前 言

戰車在戰場上的地位，始終在「矛」、「盾」的迷思中競逐角力，由於科技發展這個迷思將可能不攻自破，採取「主動防禦模式」，來彌補「被動裝甲防護」的不足，才是萬全之計。傳統的裝甲防護，在各種破甲技術發展下被穿透的能力和危機，已漸漸受到質疑與重視，因之，目前美、俄、以色列、中國…等國主力戰車均在被動裝甲防護的基礎上，積極研製「主動防禦系統」，來提高戰車的防護力。反觀我國陸軍現役二代戰車「防護力」，在面對共軍反裝甲武器的現代化下益顯薄弱，故實施防護力性能提昇的思維，為我裝甲部隊現階段和未來建軍「刻不容緩」、備戰「超敵勝敵」的重要議題。本文謹就當前戰車未來戰場生存上所面臨的生存威脅和防護問題等面向，探討主動防禦系統的發展現況，俾供本軍裝甲兵戰具使用需求和研發參考。

貳、戰車生存威脅與防護能力現況

戰車，因具有「火力」、「機動力」、「防護力」強大的三大特性，而被尊稱為「陸戰之王」。正因為如此，它淪為戰場上敵人首要打擊目標的惡運，那麼在現代「高科技、高技術」下的戰場，它是否能通過敵人來自空中、地上各種火力嚴酷的考驗，「防護力」的良窳為一大關鍵！故對「破甲」、「裝甲」和「反戰車武器系統」等技術特性與能力之研究，為本課題問題核心之所在。

一、戰場上戰車所面臨的生存威脅與日俱增



（本圖摘自黃鼎貴博士撰，『裝甲防護技術』 陸軍 89 年度第二次軍事學術研討會）

由於高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，各式高精密、致命性的武器，例如：反戰車飛彈、光學或雷射導引飛彈、紅外線或毫米波導引的精靈炸彈、及配有雷射測距射控系統的戰車砲彈，均將予以致命打擊。這些戰場特性，印證了傳統戰車防護觀念—「裝甲戰車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。以下內容即先從各種威脅源之探討，來建立一些相對性的概念。

（一）破甲彈藥發展

一般反裝甲武器(彈藥)破甲方式概可分為「化學能」及「動能」兩大類，是目前反裝甲武器發展之主要依據，分別概述如后：

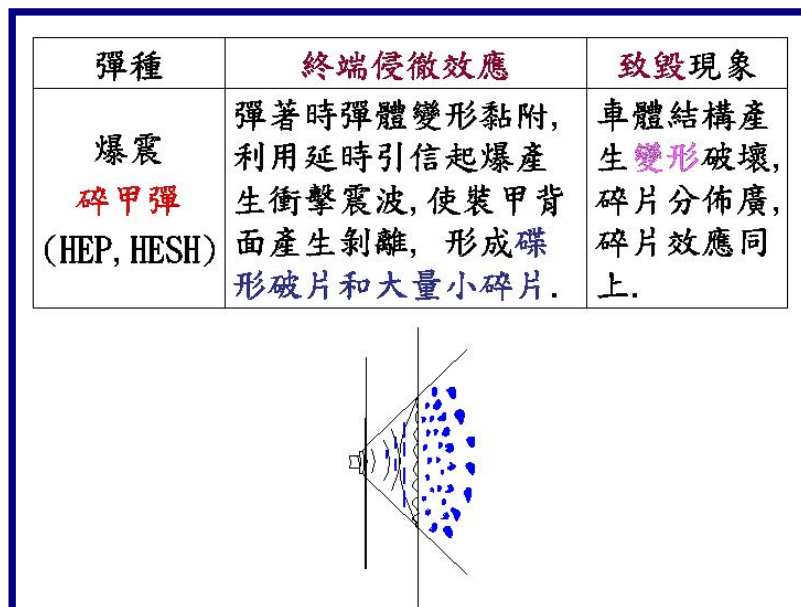
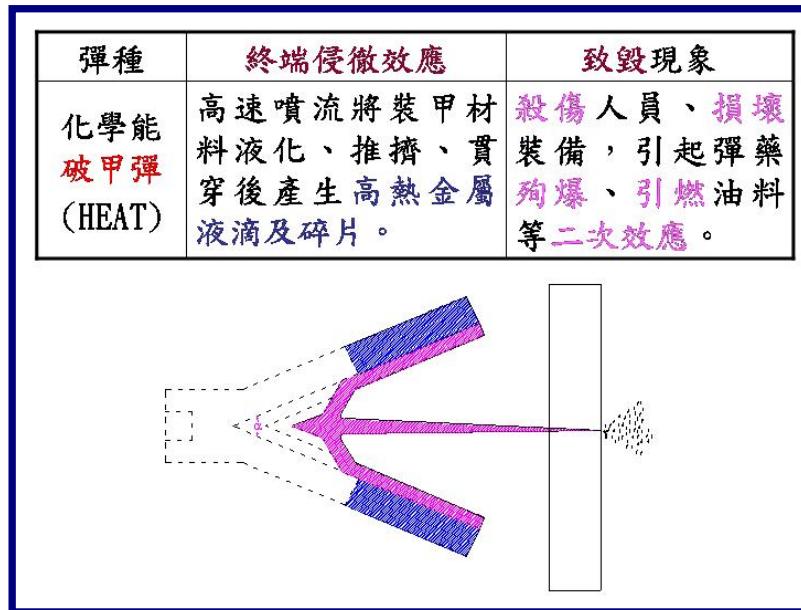
1.化學能彈：

- (1) 係依據「蒙洛效應^{註1}」原理發展所得，以爆炸體所產生之高速高壓與高溫噴流熔穿裝甲鋼板，同時引發戰車內之油料、彈藥連鎖爆炸以摧毀戰車；一般錐形裝藥之高爆反裝甲彈藥均屬此類，使用於反戰車火箭、飛彈與戰車砲之破甲榴彈(HEAT)等彈藥。化學

^{註1} 蒙洛效應，乃為利用錐孔裝藥爆炸現象之結果。根據查理士蒙洛人名而來，查理士蒙洛於 1888 年用 TNT 藥包作實驗時，發現此現象之跡象。

能彈在 4000 公尺中貫穿裝甲效果一如在 200 公尺中效果一樣。

- (2) 另外戰車配賦之高爆塑膠榴彈 (HEP)，以可塑性炸藥製成，攻擊時附著於戰車鋼板表面爆炸，使戰車裝甲內層產生爆震、碎片效應，以殺傷人員或破壞射控系統，屬輕度破壞之反裝甲彈藥。



(本圖摘自黃鼎貴博士撰，『裝甲防護技術』陸軍 89 年度第二次軍事學術研討會)

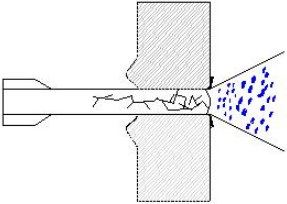
- (3) 傳統化學能彈藥之限制因素頗多，諸如：「破甲力與彈體裝藥量成正比，相對影響武器之射程」、「反裝甲飛彈及火箭之射速較低，易遭敵方反制」、「飛彈飛行時彈體旋轉及錐形裝藥之引爆間距設計不佳均影響破甲效果」及「破甲能力隨現代反應式及複合式裝甲之發展而相對不足」；面對上述限制因素，第三代反裝甲

武器之發展，以串列式雙高爆彈頭，採頂部攻擊模式，足以擊毀現役各型主戰車。

2. 動能彈：

- (1) 係由高硬度之彈體以高速產生之動能貫穿戰車裝甲鋼板，製造瞬間之高壓高熱與碎片引燃車內之油、彈連鎖爆炸以摧毀戰車，多使用於戰車及戰防砲之穿甲彈(AP)系列。
- (2) 高速動能之產生，通常與彈體剖面(直徑)成正比，亦即砲彈口徑愈大，裝藥量增多則賦與彈體之動能則愈高，惟大口徑火砲及彈藥亦形成戰車設計的限制因素；因此，如何以相等之裝藥量賦與彈頭更高之速度與動能則成為發展之方向，其中減低彈頭重量為主要方式，脫殼穿甲彈(APDS)自此研發生產，惟脫殼後之長桿狀彈頭體難以維持高速與長距離之穩定彈道，故以尾翼輔助飛行穩定，而產生翼穩脫殼穿甲彈(APFSDS)，另在動能提升後為避免彈頭貫碎與有效破甲，則以衰變鈾或鎢合金製成彈頭，成為現代動能彈發展之主流。目前主流 120 公釐或 125 公釐 APFSDS 初速可達 1650~1800 公尺/秒、穿甲厚度達 450~650 公釐。

彈種	終端侵徹效應	致毀現象
動能穿甲彈 (AP, APDS, A PFSDS)	將裝甲材料剪斷、 濺碎、撕裂、推 擠、磨蝕，貫穿後 產生大量碎片。	同化學能彈



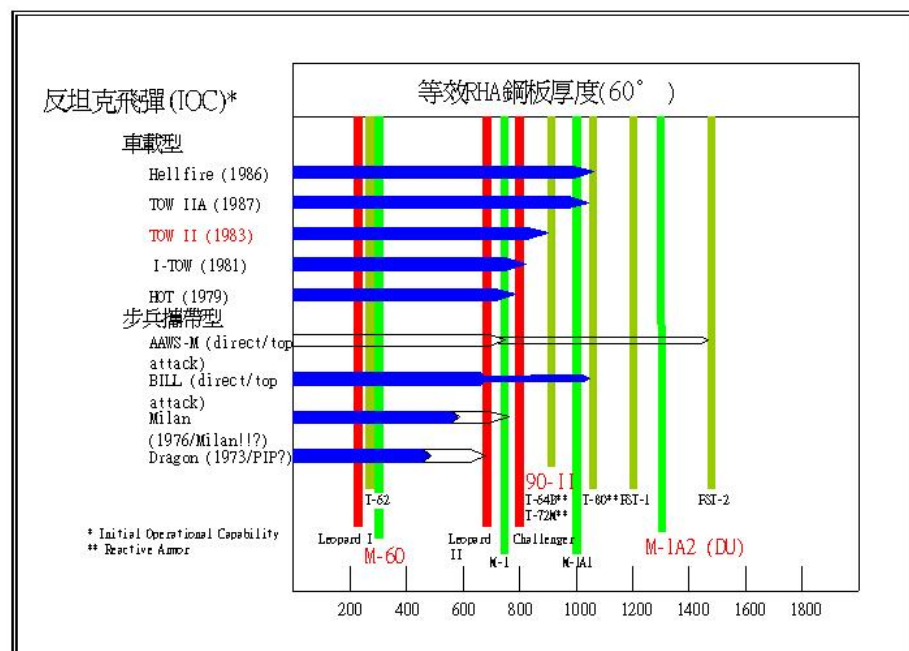
(二) 反戰車飛彈發展

反戰車飛彈系統，因優於戰車主砲的射程、輕快部署等優勢，成為戰車最大剋星。目前各國反戰車飛彈的發展有兩大方向，其一是改良 1960-1970 年代發展的第二代反戰車飛彈，另一是研發全新的第三代反戰車飛彈，分別概述如後：

1. 第二代反戰車飛彈改良：

反戰車飛彈自 1950 年左右問世後，於 1970 年發展至第二代系統，包括現役的米蘭(Milan)、哈特(HOT)、龍式(Draon)、托式(TOW)、比爾(RBS-56)、AT-4、5、7 等種類，其配套導引和追瞄裝備、彈頭破甲威力、夜戰能力、命中率和實際破壞力均較第一代系統提高甚多；然而隨著戰車裝甲厚(傾斜)度之增強，ERA 與複合裝甲的發展運用，顯著降低第二代反戰車飛彈對主戰車的威脅，故為了增強其反戰車威力，主要國家仍持續對第二代反戰車飛彈進行改良，其中多集中於瞄準裝置、推進系統與彈頭部分，例如加裝熱影像瞄準具提高夜戰能力，或以串列式成型裝藥取代傳統的錐形裝藥彈頭，以能夠有效擊毀第一代 ERA；第二代反戰車飛彈中 TOW-2B 與比爾 Bill-2 型能對現代化的複合裝甲產生威脅。

2. 第三代反戰車飛彈發展：



(本圖摘自黃鼎貴博士撰，『裝甲防護技術』 陸軍 89 年度第二次軍事學術研討會)

以現役反戰車飛彈的串列式成型裝藥彈頭對付有 ERA 保護的戰車，其穿甲能力約等於貫穿厚度在 750-800 公厘之間的均質裝甲^{註2}，儘管已具有相當威力，但對付最新世代的主力戰車仍嫌不足；加上第二代反戰車飛彈以紅外線導引或半自動指揮進入瞄準線導

^{註2} 戰車裝甲的典型材料是各種高品質的合金鋼，由於其整體硬度是一致的，所以這種鋼板就稱為軋壓均質鋼板(Rolled Homogeneous Steel Armor, RHA)，且為標準裝甲，用以評估不同裝甲的等效 RHA 值。

引模式追蹤目標，極易為電子反制干擾，且最大射程多低於 4000 公尺，發射時受地形、地物限制易遭敵戰車主砲反制等缺點，促使各國研發第三代反戰車飛彈以對付新型主力戰車，有以下發展特點，特別值得觀察：

- (1) 整合白晝鏡及熱像鏡，能於夜晚及能見度不良狀況下接戰。
- (2) 引用空射飛彈導引系統，如光纖、前視紅外線或雷射乘波導向等，具自動鎖定「射後不理」功能，提高接戰能力與防護力。
- (3) 雷射加碼保護，追瞄與導引系統具電子反反制能力。
- (4) 雙串列式彈頭，強化破甲能力。
- (5) 兩段式推進系統，降低發射煙霧，不易受戰車反制。
- (6) 多攻擊模式，針對不同性質目標採頂攻或直擊。
- (7) 射程增加，最遠可達 5000 公尺。

(三) 反戰車火箭發展

操作簡易的單兵便攜式肩射反戰車武器，具有成本低廉、攜行輕便、操作簡易、可靠度高等特性，適合用於近距離的反戰車戰鬥，具有許多實用上的優點。新型系統，為了增強其戰鬥效能，陸續採用加強彈頭威力、高性能推進裝藥、終端導引系統和輕量化製造材料等較先進技術，以擊破配備先進裝甲的主力戰車。

(四) 空中反戰車武器發展

使用飛行器掛載反戰車武器，除具有地面武器彈藥的效能和精確導引的特點，最主要的在於空中載具速度快、攻擊距離遠，往往使戰車在戰場處於被動打擊的地位，而來不及反應和採取反制。目前使用最廣的專用空對地反戰車武器有美國的“地獄火”反戰車飛彈，它是為“阿帕奇”反戰車直升機專門設計的，射程可達 8000 公尺，已在波灣戰爭、阿富汗戰爭中大量使用。俄羅斯的 AT-16 反戰車飛彈最大飛行速度 2.35 馬赫，最大射程 10000 公尺，既可用於武裝直升機，也可用於固定翼飛機。目前更為了有效地對付快速機動的裝甲目標，更進一步改進導引系統，包括全球定位系統或紅外線導引系統，以提高對目標的跟蹤能力和命中精度。

二、戰車裝甲防護能力日漸式微

基本上強化裝甲防護能力，迄今仍為維持主戰車戰場存活率的最主要方法，問題是裝甲防護力始終與戰車總重量成正比；換言之，提升裝甲防護

力相對就犧牲了戰車機動力，亦即連帶限制「閃躲防護」與「使用區域」的運用，而促使重新思考其他手段。目前提昇防護力之主要方式為反應式與複合裝甲兩大主流，其發展概況如下：

（一）反應式裝甲

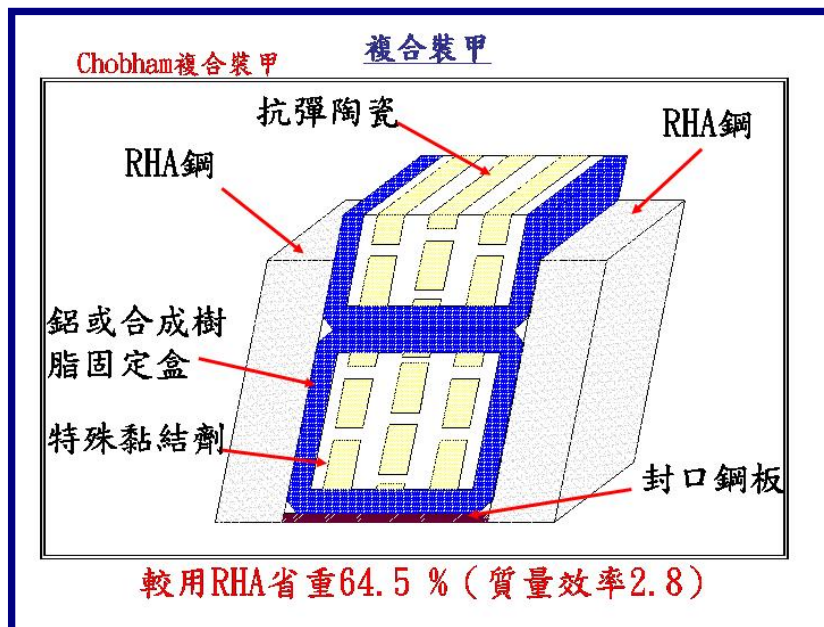
1. 爆炸(或稱被動)反應式裝甲(explosive reactive armor, ERA)係將炸藥以預成方式排列於金屬板塊中，再裝置於戰車裝甲外部，當反應式裝甲塊遭錐形裝藥之彈頭擊中時，錐形裝藥之噴流即刻引發預成排列之炸藥向反作用方向爆炸，並驅使反應式裝甲塊總成同時向外脫離，以減弱錐形裝藥噴流效益，此方式可使戰車對錐形裝藥彈頭之防護功能倍增，其效果和裝甲鋼板斜度幾乎成正比，如裝甲斜度為 68 度，則可抵消錐形裝藥 75% 的能量，然零度之裝甲僅能化解約 15% 的能量，因此頂部攻擊模式之飛彈，以零角度將較易擊穿砲塔鋼板^{註 1}。
2. ERA 之最新發展，係將戰車裝甲外殼分離成內、外兩層，並將 ERA 裝填於中間，此設計除可保護 ERA 免遭其它輕兵器或彈殼碎片損壞外，並可藉由預成裝藥之爆震與裝甲厚度，將足夠之橫向力距傳達至長桿形之動能穿甲彈，使其偏離並破壞其行進路徑，故對化學能及動能破甲彈均具防護效能。

（二）複合式裝甲

1. 現代複合式裝甲的設計相當複雜，包含了各種原料，由於特殊的機械性質將陶瓷與金屬層混合使用，使其對錐形裝藥的高爆彈產生絕佳的防護效果，其原理在於陶瓷是無定形物質，並非如金屬般成結晶形結構；當一般高爆反戰車彈擊中複合式裝甲時，其噴流會快速穿透外層裝甲至陶瓷層，但是陶瓷的結構在遭受到撞擊時，會繞著噴流四周流動，並且將噴流予以分散使其消散無蹤，反之當金屬遭受撞擊時，會沿著個別晶體間的結構邊緣破裂，且再也無法復合，故自 1980 年代複合裝甲使用於戰車後，傳統高爆反戰車彈即無法再對戰車造成威脅。
2. 複合裝甲在面對以質量與速度的動能彈攻擊時，動能彈高密度的實心彈體，雖不會被陶瓷的非結晶結構衝散，然而陶瓷本身的高硬度(矽碳硬度為 RHA 的 3-4 倍)，加上複合裝甲的厚度與多層次且軟硬

^{註 1} 黃鼎貴博士撰，『裝甲防護技術』（陸軍 89 年度第二次軍事學術研討會）

度不同的材質，均能逐次的消耗、吸收並化解彈頭的動能，大為減低其攻擊效能。另美軍於 M1 戰車複合裝甲內加裝一層衰變鈾，使其對抗長桿動能彈頭的功效增加一倍，惟衰變鈾殘存之核幅射可能對戰車乘員的影響尚難以評估。



(本圖摘自黃鼎貴博士撰，『裝甲防護技術』 陸軍 89 年度第二次軍事學術研討會)

三、綜合分析與防護對策

綜合以上戰車威脅源與裝甲技術發展之研究，歸納現代反裝甲武器之特點與裝甲車輛防護對策如下：

(一) 反裝甲武器發展特點

1. 攻擊距離更遠：結合武裝攻擊直昇機高速度的特性，配合搭載遠射程反戰車飛彈，能在 8 公里以上的距離實施攻擊。
2. 導引方式多元精準：包括雷射、紅外線、雷達信號、主動和被動毫米波…等導引技術的運用，能在發射前或發射後鎖定目標，效能已達「射後不理」。
3. 破甲力空前強大：包括衰變鈾、串列式彈丸…等材料與結構的運用，能穿透先進的複合裝甲、反應裝甲。
4. 頂部攻擊技術：避開戰車裝甲防護最強的正面、側面部位，能對裝甲防護最薄弱頂端攻擊。
5. 攻擊速度極快：利用反裝甲飛彈與目標的距離短、翼穩穿甲彈的高初速、戰車射控系統的精密度，從目標獲得到擊中反應時間僅需 3~5 秒，使得戰車難以及時發現、及時反應、及時反制。

(二) 裝甲車輛防護對策

戰車「火力」與「防護力」的發展，還存在「矛」與「盾」的競爭關係嗎？事實不然！以現今「科技」的發展，傳統「防盾」的觀念，終究難保不被擊穿的命運。故採取一套「突破傳統」的設計概念，藉隱身防護不被反裝甲武器發現，如遭受攻擊則能在攻擊之初，就先設法阻斷其「觀瞄、導引」，再破壞其「命中、擊穿」，亦即「化被動為主動」的防護模式。因此，未來戰車防護逐步建立「避免被發現，如被對方發現，則能避免被對方武器跟蹤和瞄準；如被對方瞄準，能避免被對方發射的彈丸命中；如被對方彈丸命中，能避免被其擊穿；如被擊穿，能避免被擊毀」的防護法則，來作為提高戰場生存力的作法，正與「最佳的防禦，是採取主動攻擊」的戰術法則，有異曲同工之妙。

(三) 現代化裝甲車輛防護發展動向



基於「不被發現、不被瞄準、不被擊中、不被擊穿」的防護策略，目前各國對戰甲車防護之發展，主要朝「主動式的防護、被動式的防護」二個方向邁進。

1. 主動式的防護：包括反應式偵測預警摧毀系統與雷射對抗主動防禦系統兩種方式。因應威脅源特性的不同，前者以光雷裝置偵測來襲，再以主動防禦方式干擾或摧毀來襲；後者則以雷射裝置偵測與反制敵方光學信號與光學裝置，使其光電系統摧毀、失靈，甚至射手暫時致盲。
2. 被動式的防護：包括直接防護與間接防護兩種方式。直接防護，包括增加傾斜度、複合裝甲、反應裝甲及加強鋼板…等；間接防護，則是藉形體設計、傳統視覺遮蔽及隱身技術等手段，來降低車體雷達反射、紅外線信號，達到不被偵測、探測的隱身效果。

參、主動防禦系統發展現況與未來

一、主動防護原理與系統組成

(一) 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的攻擊」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的第一環節鏈開始。裝甲車輛主動防護原理，乃透過報警系統在敵人偵測、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。

(二) 系統組成

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，共同達到減少裝甲車輛被跟踪/瞄準和被擊中機率的作用^{註4}。系統作用概述如下：

1. 預警裝置：此一裝置可以說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措施。
2. 雷射光壓制觀瞄裝置：此一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瞄、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射強雷射脈衝，擊毀敵光學系統或使射手致盲。
3. 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可靠工作的程度，從而起干擾作用。系統可採用拋射式煙幕裝置、熱煙幕裝置和煙幕筒三種。
4. 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

^{註4} 鄭慕僑、馮崇植、藍祖佑著，『坦克裝甲車輛』（北京：北京理工大學出版社，2003年8月，頁255-260）。

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。

5. 反裝甲飛彈攔截裝置：對來襲的反裝甲飛彈進行偵測、識別、跟踪，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的裝置。

二、各國裝甲車輛主動防護系統發展現況

（一）意大利“盾牌”（意大利語為 Scudo）主動防禦系統^{註5}

“盾牌”（Scudo）主動防禦系統，以反制作戰環境中裝甲車輛最可能面臨的威脅—反裝甲飛彈和火箭彈為主。本系統採用雙層防護體系，其標準的反制過程中，系統將依次發射兩枚攔截火箭彈來打擊每個目標，如果第一個防禦層攔截目標失敗，還有時間利用爆炸反應裝甲板進行第二次嘗試。



（本圖摘自兵器知識 2007 年第 9 期 王東梅著 意大利防盾主動防禦系統）
外層防禦，包括 X 波段的主動連續波雷達（是由一具發射天線和 4 具接收天線組成，可以兩種方式安裝，一是安裝旋轉式桅杆上的幾處位置；另一是安裝在車身周圍的幾個固定位置）和 2 套榴彈發射器（可採用 2 或 4 個發射單元）。如果控制系統確定有足夠的攔截時間，就可沿來襲彈的飛行軌跡發射 1 或 2 枚 70 公釐攔截彈。這些彈藥被射頻“智能”近炸引信引爆，並在來襲彈藥的飛行軌跡上拋撒上數千顆鎢質彈丸組成彈幕，具體殺傷半徑取決於目標速度、尺寸和方位。

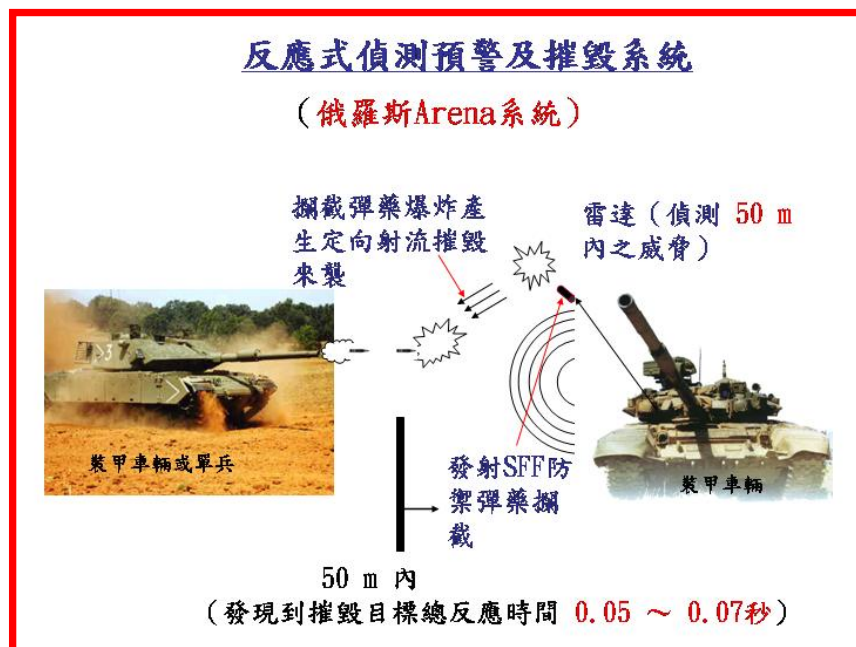
^{註5} 張宏飛撰，『主動出擊、見招拆招』（北京：坦克裝甲車輛雜誌社，坦克裝甲車輛，2007 年 12 月，頁 40-44）。

內層防禦，則是爆炸式反應裝甲，在來襲威脅是近距發射的 RPG 或類似武器，沒有足夠的攔截時間，藉由發射大量密集的鎢破片摧毀來襲彈丸（距車輛數十公尺處）。

（二）俄羅斯主動防禦系統

俄羅斯主動防禦系統的發展，主要為艾瑞納（Arena）、第洛茲德（Drozd）及競技場三套主動防禦系統。

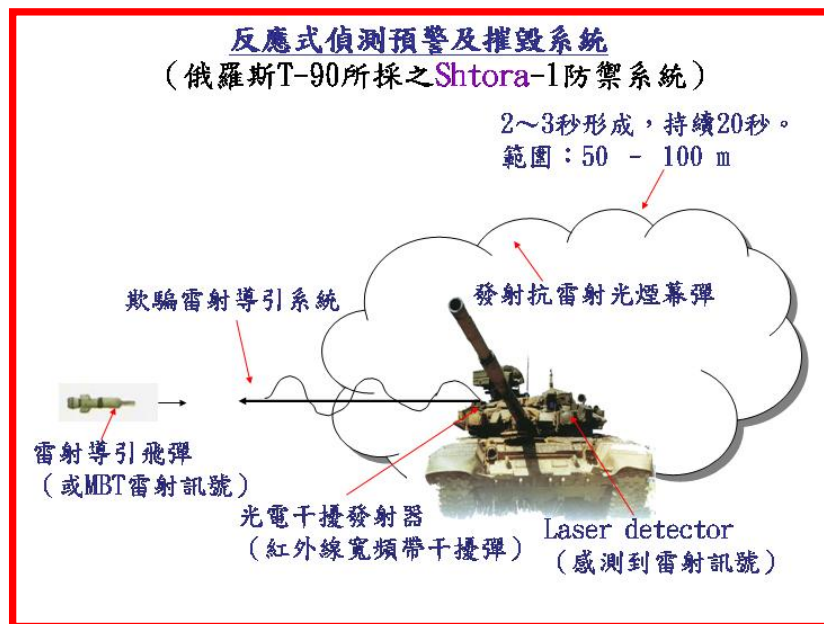
“艾瑞納”（Arena）主動防禦系統，由車頂安裝雷達桅，偵測出約 50 公尺距離之來襲飛彈，系統即啟動安裝在戰車砲塔週邊的 20 塊裝甲爆炸盒的一塊進行反擊，並在來襲飛彈進路引爆，以擊毀來襲目標。已在 T-90 及 BMP-3 步兵戰鬥車上採用。



“第洛茲德”（Drozd）主動防禦系統，早期型由兩具位於砲塔兩側的毫米波雷達感測器，偵測來襲反裝甲榴彈或飛彈之接近，促使系統轉動砲塔對向來襲目標（系統僅為砲塔正面 60° 弧形區提供防護，乘員可轉動砲塔改變系統的方向），當攻擊目標已進入近距離而形成威脅時，系統立即發射砲塔兩側 4 聯裝發射器中的火箭攔截目標，而每一火箭彈約在戰車前 7 公尺距離起爆。第洛茲 2 型（Drozd-2）系統，可提供四周防護，而具有約 20 具火箭發射器。系統屬於程式化系統，不會受到例如輕武器射擊等之影響，唯有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。

“競技場”主動防護系統，以防制反裝甲飛彈、火箭彈、攻頂彈藥和遠距發射速度降低的破甲彈的攻擊。由探測器與控制裝置、殺傷彈藥

和發射裝置三部分組成。探測與控制裝置則由毫米波雷達、計算機操縱台和指令轉換部分組成，雷達能夠對戰車周圍 220 度範圍進行掃描，當發現有類似於導彈或火箭筒一類的目標接近車輛 50 公尺處時，雷達轉入跟踪模式，並判斷來襲目標是否會擊中自身保護的戰車裝甲車輛。如果判斷有可能擊中，雷達就繼續收集目標的運動數據，並在控制系統中的計算機處理這些數據，計算機確定需要發射時，自動選擇處於最佳位置上的那一發攔截彈，發出射擊指令後，攔截彈向上彈出，在距離戰車外側 3 公尺左右的高度上爆炸，形成向下的斜向定向爆炸破片射流，將來襲導彈或火箭彈擊毀。本系統可攔截的來襲目標速度範圍大致在 700 公尺/秒以下。目標探測距離為 50 公尺，系統反應時間不超過 0.05 秒，再次攔截時間間隔為 0.2-0.4 秒。目前已在 T-90 戰車及 BMP-3 步兵戰鬥車輛上採用。



另一系統“什托拉-1” Shtora-1 光電反制系統，它能在戰車遭受飛彈導引、目標指示或測距儀之雷射威脅時迅速發出警告，並以紅外線干擾裝置，反制半自動指揮至瞄準線 (SACLOS) 導引飛彈的追蹤或是啟動防護煙幕阻絕雷射導引飛彈的鎖定。已裝備在 T-80U、T-80UK、T-84、T-90 等裝甲車輛。

(三) 美國“速殺” (Quick Kill) 主動防護系統

本系統是美國未來戰鬥系統 (FCS) 的裝甲車輛的主動防護系統，能夠跟踪和反擊反裝甲飛彈、火箭的威脅。系統與雷神公司網絡中心系統分部研製的多功能無線電系統 (MFRFS 為 FCS 載人地面車輛的通

用雷達)結合。採用電子掃描方式的固態陣列式相控陣雷達，能夠探測和跟踪“全譜系威脅”，並向“速殺”系統發出戰車即將遭到敵方反裝甲武器攻擊的警告，並能測算出敵方彈藥的飛行速度和彈道，確定攔截點並引導“速殺”系統的飛彈實施反擊。“速殺”系統採用垂直發射技術，這種長度為 510 公厘的飛彈在發射後向上彈出，隨後加速飛行至攔截點，使其聚能爆炸式戰鬥部向下飛行並在空中摧毀來襲彈藥（採用這種攻擊角度的原因是確保連帶毀傷的風險降至最低）。系統曾在 2007 年測試中摧毀了 1 枚在 50 公尺外向車輛發射的 RPG 火箭彈。

（四）以色列“戰利品”（Trophy）主動防禦系統

本系統是一個針對多種反戰車飛彈威脅的先進系統。能夠摧毀“所有產生熱量的反戰車彈藥”，並且不受裝甲車輛自身運動狀態、氣象條件和裝甲車輛所處環境（封閉地形、城區地形）的影響，有效打擊近程威脅。由「威脅偵測和跟踪」及「硬殺傷」兩個子系統組成。前者由數個傳感器組成，包括 4 部平板式雷達，分別位於裝甲車輛四周（前後及兩側各一台），提供全方位偵測和跟踪各種威脅。系統在識別出某種威脅後，隨即計算出最優攔截點，反擊裝置打開並發射攔截彈，在距裝甲車輛 10-30 公尺處形成“射束”式破片攔截來襲彈藥。據述能夠“防禦從不同方向同時飛至裝甲車輛附近的幾種不同彈藥。設計同時，特別注意到降低“連帶毀傷風險”，據計算模擬本系統對附近的步兵和其他平台乘員受到間接傷害的風險不到 1%。另外，本系統還安裝了自動裝填系統。目前已安裝在“梅卡瓦”3 和“梅卡瓦”4 主戰戰車上進行了測試，美國海軍陸戰隊也已為其 130 輛 LAV A2 型新型裝甲車訂購了此一主動防護系統。



2006 年“戰利品”防護系統測試展示成功摧毀 RPG 的能力。

（本圖摘自坦克裝甲車輛 2007 年第 12 期 張宏飛著 主動出擊見招拆招-當今主動防護系統大掃描）

（五）以色列“鐵拳”主動防護系統

本系統對 RPG、反戰車導彈、反戰車化學能彈和穿甲彈等都能進行有效防護。由感測器和殺傷裝置的自動化模組組成，可根據所需防護等

級，安裝在裝甲車輛上抵禦反裝甲火箭、飛彈和脫殼穿甲彈的攻擊。標準防護過程中，雷達傳感器及被動紅外偵測器，透過這些感測裝置偵測彈藥威脅並測量其距離和彈道，從而使控制裝置能夠測算出攔截點，隨後發射攔截彈在不引爆來襲彈藥的情況下將其摧毀或破壞，整個攔截過程持續不到 1 秒。此一系統體積小、重量輕，採用模組化設計，可以為停止間和行進間的車輛提供抵禦所有反裝甲武器攻擊的能力。

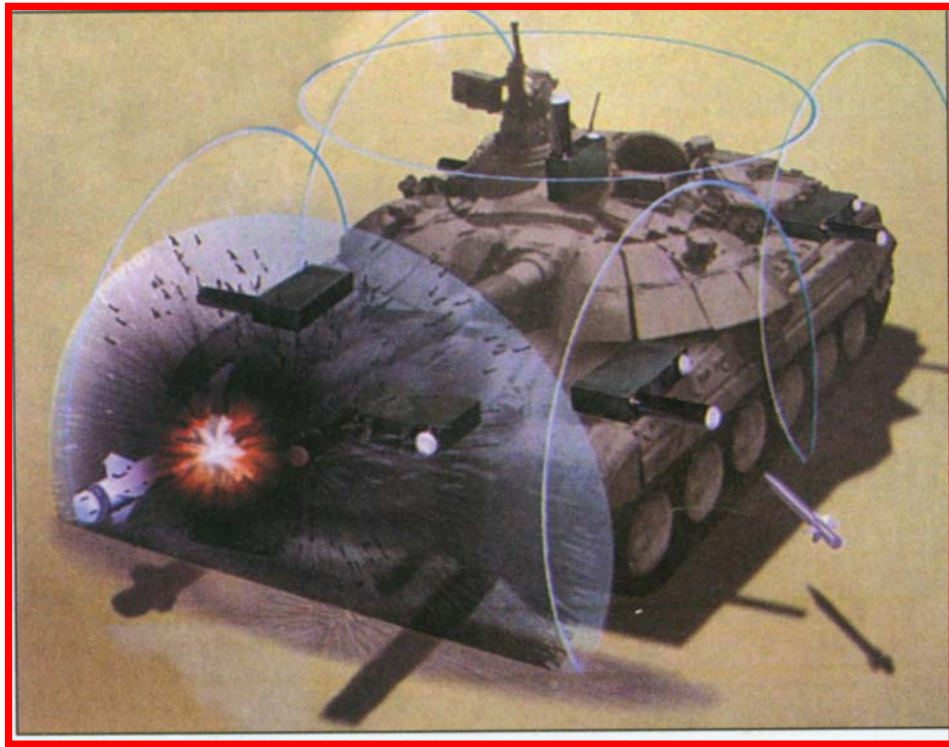


“鐵拳”主動防護系統作用示意圖

（本圖摘自坦克裝甲車輛 2007 年第 12 期 張宏飛著 主動出擊見招拆招-當今主動防護系統大掃描）

（六）烏克蘭“阻擊網”（或稱“掩體”）（Zaslou）主動防禦系統

本系統可防禦反裝甲飛彈、火箭及動能彈的攻擊。由一個偵測雷達、控制台和防禦模組（包含多個攔擊彈藥發射裝置，每個發射裝置呈扁盒狀，可以容納 3 發攔截彈藥）組成。雷達感測器可以偵測到逼近的威脅目標，當來襲彈藥距被防護裝甲車輛約 2 公尺時，防禦模組射出榴彈至來襲彈藥，暫態爆炸形成防禦“盾牌”，產生大量預置破片，在距離被防護裝甲車輛 20 公分外將來襲彈藥摧毀。防禦模組之發射裝置可以水平布置在戰車車體的前後左右，以水平方式將攔截彈藥發射出去，攔截彈是呈圓柱狀，在圓柱表面布置有預置破片，可使預置破片垂直於攔截彈軸線飛散，形成一個有一定「厚度」的殺傷面，加上來襲飛彈或穿甲彈芯又是長度在 600 公厘以上長圓柱體，因此破片碰上目標的機率是相當大的。發射裝置也可以立起固定在砲塔上，形成水平的攔截面，以對付攻頂彈藥和大角度俯衝的飛彈。本系統裝備型可攔截末段速度 1800-2000 公尺/秒的來襲目標，防護力十分優異。



“阻擊網”防護系統防護頂部攻擊武器示意圖

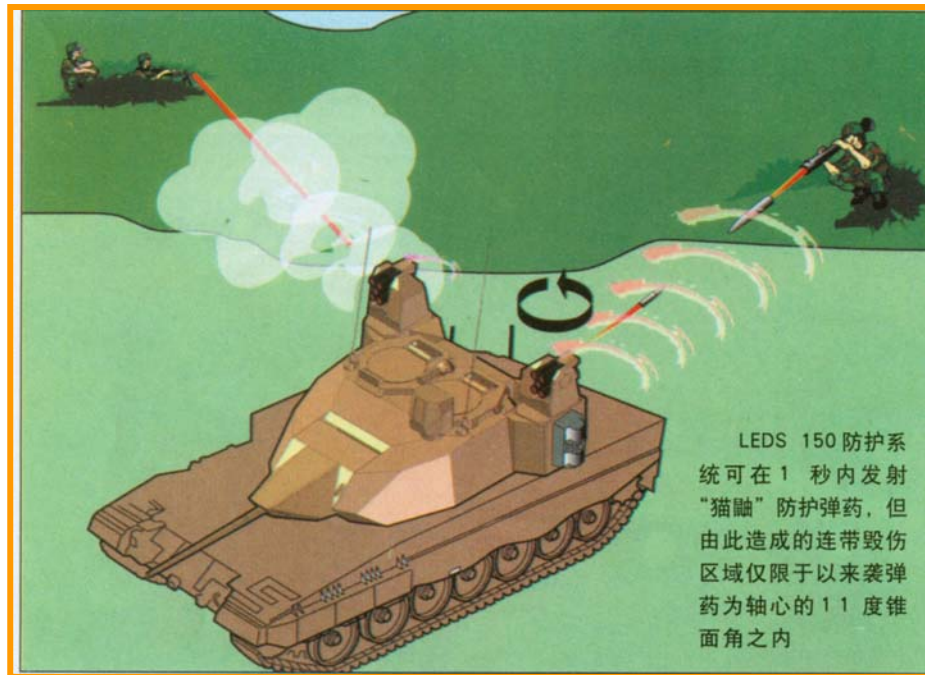
(本圖摘自坦克裝甲車輛 2007 年第 12 期 張宏飛著 主動出擊見招拆招-當今主動防護系統大掃描)

(七) 南非“LEDS”地面電子防禦系統

本系統分為四個發展階段，第一階段產品代號為 LEDS-50，包括 1 部主動防護控制器，提供 360 度水平防護的 4 個傳感器，以及 1 個提供半球範圍防護的傳感器。在敵方雷射測距機、信號指示器、雷射導引飛彈或雷射眩目器照射裝甲車輛時，系統隨即對裝甲車輛乘員提出警告。

2004 年研製成功 LEDS-100 防護系統，具備軟殺傷能力。它將 LEDS-50 防護系統與雙聯六管高速定向榴彈發射器 (HSDL) 相結合，在系統設置為自動模式時，控制器將啟動榴彈發射器並發射多光譜煙幕彈。(可在不到 800 毫秒的時間內、距車身 40-50 公尺處生成煙幕)

2007 年展示 LEDS-150 防護系統，具備硬殺傷能力。本系統可發射“貓鼬”1 攔截彈，在距車身 6-25 公尺範圍內形成的爆炸彈片，摧毀距車身 20 公尺來襲的反戰車飛彈和 RPG。



(本圖摘自坦克裝甲車輛 2007 年第 12 期 張宏飛著 主動出擊見招拆招-當今主動防護系統大掃描)

次一階段的將繼續研發 LEDS-200，主要採用多波段尋標的摧毀頂部攻擊彈藥等武器。經由安裝在車身周圍的噴淋裝置，主動信號管制子系統放射出泡沫塑料，使車身信號特徵在不到 1 秒的時間裡發生變化，使來襲彈藥的多波段尋標器脫離鎖定狀態。

最後階段的產品 LEDS-300，將採用“可控式”防區外動能摧毀彈藥，這種改進型彈藥適合在距車身至少 150 公尺處攔截針對裝甲車輛的各種威脅。目前已有 1 枚原型攔截彈已在多次測試中成功摧毀了 105 公厘穿甲彈。

(八) 中國裝甲車輛主動防禦系統

中國主動防禦系統的發展，包含自動防衛系統、光電壓制系統及反飛彈干擾系統三套子系統。

“自動防衛系統”，是由微波雷達、控制裝置及發射系統所組成。系統在開啟的狀態下，當微波雷達偵測到 50 公尺距離內之來襲的反裝甲飛彈時，會迅速將進襲的反裝甲飛彈相關數據提供給射控計算機，由計算機判斷飛彈是否會命中戰車；若然，計算機會在來襲飛彈距戰車 7.8~10 公尺處時將之鎖定，當飛彈飛近至 1.5~4.5 公尺之際，再由發射系統自動發射一枚榴彈將之擊毀。此外，該「自動防衛系統」還能識別來襲飛行物的真偽，如飛鳥、子彈、附近爆炸所飛至的破片或己方所發射的砲(飛)彈等，戰場存活率高。目前已安裝於「ZTZ-98 II

式」戰車，可對付每秒 700 公尺飛行速度來襲的各型反裝甲飛彈。

“光電壓制系統”，位於砲長後側（砲塔右後側），外形彷彿一箱形測速器，該武器系統由微機控制器、追蹤轉臺、隨動系統、雷射壓制儀與雷射發射器所組成，射程可遠達 4,000 公尺，主要用以對付敵對戰車或反裝甲車輛的觀通系統及其乘員，當其擊中目標時，可瞬間燒燬敵車觀通系統並導致該戰車乘員的雙眼失明，使之喪失戰鬥能力。

“反飛彈干擾”系統，為配置在主砲兩側 JD-3 紅外線干擾器，用以反制紅外線導引來襲飛彈的攻擊，系統偵測到反裝甲飛彈來襲信息時，2 秒鐘內便會自動發射抗干擾源，擾亂反裝甲飛彈追瞄系統，使之發生故障或射向偏移而減低其命中率。



附表 各國主動防禦系統性能比較表

各國主動防禦系統性能比較表									
系統名稱	生產國	配車	備型	探測器類	可反制威脅源類型	對目標摧毀方式	防護範圍	系統反應時間	系統反制距離
盾牌 (Scudo)	義大利			雷達	戰防飛彈 戰防火箭	智能近炸火箭 反應裝甲	360°全方位	待考證	7 公尺
艾瑞納 (Arena)	俄羅斯	T-90 BMP-3		毫米波雷達	戰防榴彈 戰防火箭 光電干擾	爆炸裝甲	360°全方位	0.07 秒	7 公尺

各國主動防禦系統性能比較表									
系統名稱	生產國	配車	備型	探測器類	可反制威脅源類型	對目標摧毀方式	防護範圍	系統反應時間	系統反制距離
第洛茲 2 型 (Drozd-2)	俄羅斯	T-55A		毫米波雷達	戰防榴彈 戰防飛彈	發射式火箭彈	360°全方位	待考證	7 公尺
競技場	俄羅斯	T-90 BMP-3		毫米波雷達	戰防飛彈 戰防火箭 攻頂彈藥	發射式彈藥	方向+-140° 高低-40~ +20	低於 0.05 秒	7.8 10.06 公尺
速殺 (Quick Kill)	美國	未來戰鬥系統 (FCS)		陣列式相控陣雷達	戰防飛彈 戰防火箭	攔截飛彈	待考證	待考證	待考證
戰利品 (Trophy)	以色列	美 LAVA2 裝甲車		平板雷達	產生熱量 反戰車彈藥	發射式彈藥	360°全方位 頂部	待考證	10-30 公尺
鐵拳	以色列	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	發射式彈藥	360°全方位	低於 1 秒	待考證
阻擊網 (Zaslon)	烏克蘭			雷達	戰防飛彈 戰防火箭 破甲彈 攻頂彈藥	發射式彈藥	方向+-150° 高低-6+20	0.001 秒 0.005 秒	2 公尺
地面電子防禦系統 (LEDS)	南非			雷達	戰防飛彈 戰防火箭 破甲彈	發射式彈藥 多光譜煙幕彈	360°全方位	800 毫秒	6-25 公尺
自動防護系統	中國	ZTZ-98		微波雷達	戰防飛彈 戰車 觀通系統	發射式彈藥 雷射壓制 紅外線干擾	360°全方位	待考證	1.5-4.5 公尺

三、主動防護系統未來展望

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效益，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，但我們始終可以相信科技可能帶來突破，保有系統不可取代性之優勢。

(一) 系統優、缺點

1. 優點：

- (1) 殲滅來襲於車外，減輕戰鬥員心理壓力。
- (2) 以較少之重量換取較高之防護效益。

- (3) 系統體積小、重量輕，不影響戰車火炮、射控系統的作戰使用，及戰術機動性能發揮。
- (4) 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昇。

2. 缺點：

- (1) 技術層次很高，系統可靠度仍顯不足。
- (2) 偵測類型、距離、範圍不足，侷限系統反應、反制速度。
- (3) 全方位反制功能不足，對戰車「動能」及「化學能」彈藥的防護，尚不能有效反制。
- (4) 普遍採取「硬」殺傷的反制方式，攔截彈藥爆炸對友軍人員、戰車分系統帶來連帶損傷。
- (5) 對輕武器射擊彈藥、砲彈破片辨識率不足。
- (6) 系統同時配置於裝甲車、戰車之通用性還不足。

(二) 系統發展未來展望

就目前各國主動防護系統的發展，存在「及時偵測-及時防護-有效反制」的問題，例如對高速飛行的非導引彈藥還是難以及時發現和攔截，以及對城區戰場環境的反應。為此，主動防護系統將朝向提高預警的準確性和即時性、擴大預警範圍，以及裝備可靠性、探索新式反制手段，主、被動防護合理結合的方向發展。

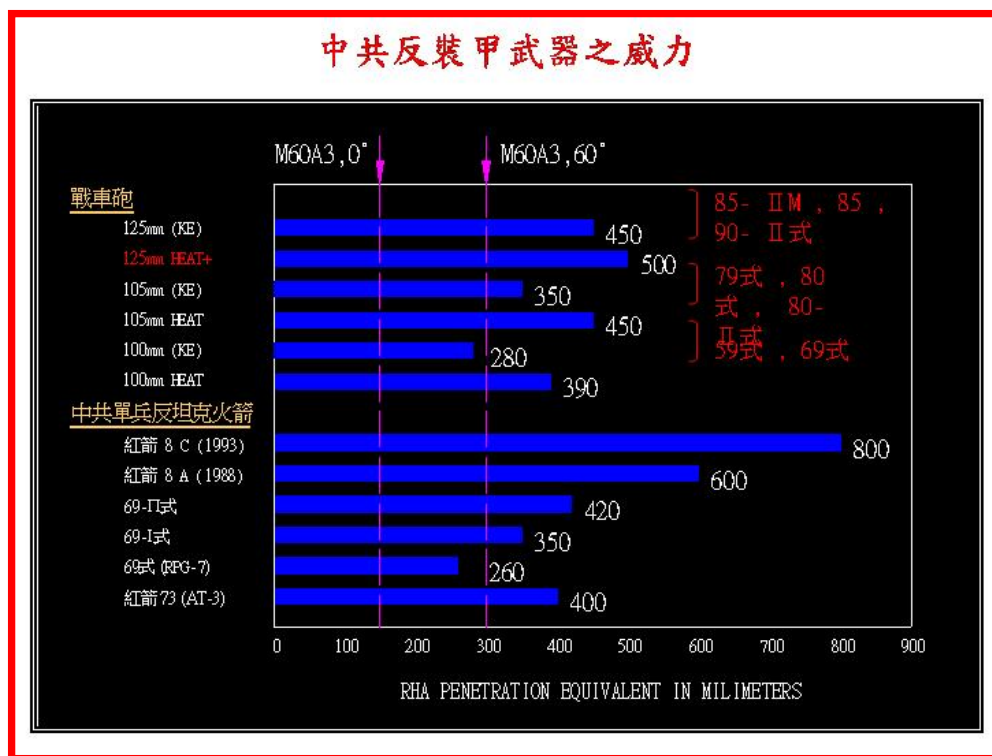
- (1) 研發全方位預警、偵測裝置，以加大偵測範圍與距離，提高反應速度與反制距離。
- (2) 增進威脅源辨識正確率，避免誤警發生率
- (3) 改進攔截彈藥爆炸破片作用的設計，降低爆炸對戰車內、外分系統及友軍的附帶損傷效應。
- (4) 針對威脅源攻擊模式和技術發展可靠度，複式採取「軟防護」、「硬殺傷」反制手段，提高系統防禦和攔截成功率。
- (5) 因應高速戰車砲射破甲彈攻擊，採用高能雷射瞄準壓制手段，致使敵觀/瞄系統喪失功能。
- (6) 提高系統通用性，以適用於各型裝甲車輛或作戰系統，增進附加效益。
- (7) 提昇系統高自動化、智能化功能，使足以防禦多重目標攻擊之效能，以適應全方位威脅需求。

肆、本軍戰車防護力建構之芻議

一、敵情威脅與戰場環境評估

(一) 敵情威脅—裝備性能差距日增，防護力難以抵抗

1. 中共主力戰車近來發展，以東南沿海對台裝甲部隊 96 式戰車約略 1000 輛（約佔 15%，逐年增加中）。其在火力方面，配備一門 125 公厘滑膛砲，可發射翼穩脫殼穿甲彈(APFSDS)與成型裝藥破甲榴彈(HEAT)，並搭配穩像式射控系統與星光夜視儀，能在行進間與夜間遂行接戰；在防護力方面，於砲塔及車身前端採用焊接式複合裝甲，配合傳統的低矮車身以強化其防護力。就其配備與性能分析，國軍目前現役之各式反裝甲武器，除 CM11/12 及 M60A3 戰車主砲之 APFSDS 可對其產生威脅外，其餘均難以剋制該型戰車，另由於國軍戰車之裝甲均為傳統均質軋鋼，並未配備 ERA 或複合裝甲，故該車之主砲將足以威脅國軍之各型戰車。



2. 在中共反裝甲武器方面，由於國軍戰車均未配備 ERA 或複合式裝甲，故防護力均無法抵擋中共各型反裝甲武器之攻擊，換言之，當陸軍各機甲部隊在遂行反擊或反空(機)降作戰時，其本身亦處於一高度危險的戰場環境中，不可不審慎考量。

(二) 戰場環境—地理複雜縮短接戰距離，影響戰車機動反應速度

1. 臺灣本島西部地區，住民地與村落林立，裝甲部隊進入城區作戰機率提高，且各城鎮、村落與建築物之密度甚高，限制觀測與射界，也直接影響部隊接戰距離，特別是埋伏於城區內之近程反裝甲火箭，難以及時察覺，對武器系統的選擇與投資具參考價值。
2. 裝甲車輛若為達到「遭敵命中而打不穿」的目的，執著於強化被動的裝甲防護配備，將牽動到戰術性機動能力的發揮；尤其台灣本島地理特殊，若過度偏重裝甲防護，在引擎功率未提昇前機動力仍將受到限制。故採取輕便的主動防護系統，將更有效降低車輛的重量，保持戰車機動效能與主動的彈性。

二、我軍戰車防護能力評估

CM11 及 M60A3 戰車為我本島防衛作戰之主力戰車，其主要任務為反登陸作戰與反空降作戰，故其存活率之大小，間接支配或影響整個戰局。其各部防護裝甲的厚度，概略為 75-220 公厘，對應中共 69 式反戰車火箭之穿甲力 320 公厘（射程為 500 公尺）；紅箭 73 式反戰車飛彈之穿甲力 400 公厘（射程 3,000 公尺），幾乎所有敵軍之反裝甲武器均能輕易擊穿此一厚度之裝甲；由此可知，加強本軍二代戰車之防護力，在其戰術需求上實有必要性與迫切性。基此，如果選擇加強裝甲，CM11 與 M60A3 戰車已嫌不足的機動力將進一步降低，勢將影響機動、集結戰術行動，而且裝甲強化了，是否就一定安全了，仍是一個值得商榷的問題。

中共反戰車火箭筒及導彈之威力

武器種類	有效距離	破甲厚度
火箭筒		
69式(40公厘)	300 m	240 — 420 mm
70-1式(62公厘)	150	240
PF-89式(80公厘)	300	470
導彈(ATGM)		
紅箭-73	500 — 3000	350
紅箭-73B	400 — 3000	420
紅箭-73C	400 — 3000	480
紅箭8C	100 — 3000	800

三、配合作戰部隊反裝甲威脅，彈性配備提昇防護力

戰車主動防禦系統，具備輕便、安裝部署快速之特性。第一線作戰部隊，可根據敵軍部隊反裝甲作戰威脅，適時給予加裝配備主動防禦系統，以提昇整體防護能力，有效遂行作戰任務。

四、審慎檢討評估作戰需求，區分進程達成全方位防護

(一) 在未來本島防衛作戰場景中，裝甲部隊無法避免在敵優勢海上正規登陸兵力和陸上城區中與敵決戰，我軍戰車主防禦系統的發展，須充分考量敵情威脅、城區作戰空間…等作戰需求，權衡主動防禦系統技術發展可靠度，採「多層次、全方位」策略，運用「軟防禦」、「硬殺傷」的手段，以解決接戰距離縮短、高速動能彈藥、射控系統反應時間短暫，及頂部智能彈藥的攻擊，所造成人工難以反應或攔截的問題。作戰需求分析如下表：

戰車主動防禦系統作戰需求分析表		
敵軍威脅評估	作戰需求	系統效能
1. 反裝甲飛彈。 2. 反裝甲火箭。 3. 戰防穿甲彈。 4. 戰防化學能彈	1. 預警敵方雷射。 2. 預警敵方雷達波。 3. 干擾與反制敵反裝甲飛彈攻擊。 4. 反制敵反裝甲火箭攻擊。 5. 反制敵戰防高速穿甲彈攻擊。 6. 因應接戰距離，提高反應速度。 7. 降低對友軍及戰車內外系統附帶損傷。 8. 滿足 360° 全方位與頂部攻擊之偵測與反制。 9. 不影響戰車射控系統與火炮的作戰效能。 10. 系統反應時間與作戰準備時間短。	1. 雷射光標定預警與辨別方向，減少命中率達 80% 以上。作用距離 10km，水平視場 360°、垂直視場 -22.5°~+90°、定位精度 3°；反射波長 0.66-2.06um，反應時間小於 0.05 秒。 2. 紅外線預警，作用距離 20km，水平視場 360°、垂直視場 90°；反應波長 1.8-14 um，溫度靈敏度 0.1-0.5°C。 3. 雷射壓制裝置：有效作用距離 8KM，傷害人眼的距離大於 8KM。 4. 干擾器，能以人工或自動方式反制。 5. 煙幕彈發射器，可同時對付可見光、紅外、雷射、雷達波的多功能煙幕彈。 6. 飛彈攔截反應時間與距離低於 0.05 秒，距戰車 100 公尺內。

(二) 戰車所面臨反裝甲飛彈攻擊的比例和成功率可說極高，目前各國用以防禦反戰車飛彈攻擊的干擾與攔截技術發展，已臻成熟。就我軍而

言，在敵情威脅與戰備需要雙重考量之下，戰車主動防禦系統之籌建，適足以防禦反裝甲飛彈之攻擊，故採取「國外採購、性能提昇與自力研發」方案，逐步達成裝甲車輛防護力整備。近程上，優先採購國外可靠度較佳之主動防禦系統，彌補現有裝甲防護力之不足；遠程上，則配合第三代戰車的籌建，配合自力研發，以達國防自主的目標。

陸、結 語

「保持現狀，就是弱伍」，為亙古不變的真理。吾人均清楚近來中共軍事現代化的快速變遷，敵我有形之相對戰力差距日益加大，未來防衛作戰地面決戰，我裝甲部隊作戰即將面臨的挑戰和威脅，實不容忽視。兵法亦云：「勝兵先勝，而後求戰」，當前在「預防戰爭」的國防政策指導之下，我裝甲兵戰力建構與維持，雖然存在種種主客觀因素的限制，唯有在現有二代戰車基礎裝甲防護力與火力的基礎上，思考整體「防護力」提昇作法，方能在決戰階段「保存戰力」，有效支持「戰力發揮」的作戰構想。

作者簡介

鄭順彰中校

學歷：陸官專 10 期、陸院 92 年班

經歷：排長、連長、營長、科長及教官