

題目：保護戰甲車的金鐘罩-主動防護系統



作者簡介：

劉欽鵬少校，中正理工學院專二十二期，正六十三期，後校正規班九三之二期，曾任隊長、後勤官，現為步校裝步組裝三小組教官。

提要：

- 一、美軍經過多次戰役後發現，裝甲無法滿足戰甲車的防護需求。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，尤其是 RPG 火箭筒等類型之肩射式反裝甲武器已經構成了嚴重的威脅。
- 二、主動防護系統是一種規避系統，它通過對來襲導彈實施攔截，使其來不及與戰甲車實際接觸，提供對來襲導彈的防禦。從概念上來看，利用一種特殊手段迴避來襲的反戰車導彈、火箭彈、戰車發射的穿甲彈，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。這些威脅包括輕兵器、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，應同時發展其他輔助配套措施，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甲車之際，建議未來應發展或購置主動防護系統，以有效提升防護力。

壹、前言：

多年來，如何為戰甲車乘員提供更有效的防護、而又不影響機動性，始終是一個令戰甲車設計部門感到困擾的課題。而彈藥技術卻一直在穩定發展，其中更大型、技術更加複雜的空心裝藥穿甲彈藥已能夠穿透厚度超過 100 公厘的均質鋼板裝甲；另一方面，西方國家軍隊被派往海外執行任務的機會也越來越多，尤其這些任務大都在城鎮進行，這些部隊在執行任務時大量使用輕型戰甲車及輪型車輛，而這些車輛由於設計和重量的限制使其防護能力又比較薄弱，諸如 RPG 火箭筒等類型之肩射式武器已經構成了嚴重的威脅。

目前各國面臨此類問題所採取的解決辦法就是在這些車輛上加裝爆炸反應式裝甲或圍欄式格柵裝甲，來提高其防護能力。但對於

輕型裝甲車或輪型車輛而言，要製造出適合的爆炸反應式裝甲也還存在不少困難，因為爆炸反應式裝甲的重量大都十分沉重；而為其安裝圍欄式格柵裝甲抵禦空心裝藥彈藥的攻擊在某種程度上是一種可行的辦法，但並非可達完全防護。

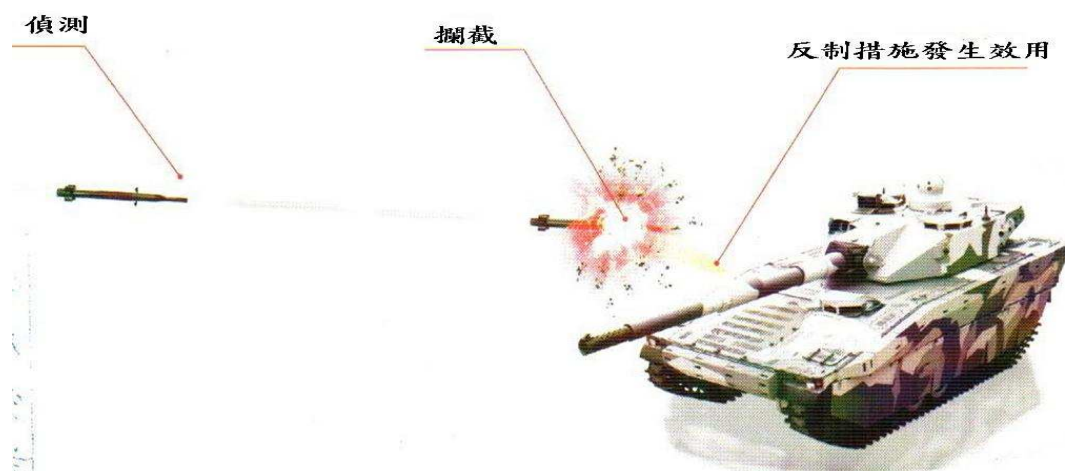
鑑於以上諸多因素的考慮，各國近年來更加重視發展主動防護系統。主動防護系統（APS），或稱為防護附加套件（DAS）發展起源很早，但到了近十年間，因技術大幅進步才獲得較多的注意¹。茲將個人研究心得敘述如後，俾供參考。

貳、主動防護系統的定義與設計概念：

一、主動防護系統的定義：

主動防護系統是採取施放煙幕、誘騙、干擾和強行攔截等措施，來防止被瞄準或擊中的系統（如圖一）。它是在電子對抗技術的基礎上，發展出的一種積極的防護系統，能有效降低反甲導彈的攻擊效能，並能在不增加裝甲厚度和車重的情況下，大幅提高有安裝該系統的戰甲車存活率。

現今主動防護系統的發展分為兩類：反制措施或「軟殺」系統，以及主動或「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，以混淆並轉移來襲導彈的方向，降低攻擊導彈之命中率。至於硬殺系統則是在來襲導彈或砲彈擊中目標車輛之前，迎擊摧毀或干擾，理論上是在車輛四週安全距離內形成保護圈。主動防護系統技術相對簡單、成熟，防禦理念比較合理、務實，具有不可比擬的優點。兩種殺傷模式可以分別使用，也可以共同使用。兩套系統的總重量也不太重，一般的戰甲車都可以承受。而且，硬殺傷的防禦範圍廣，可以覆蓋車輛兩側和尾部，來自任何方向的威脅都在硬殺傷的防禦範圍之內。這個優點是戰甲車在城鎮戰中最需要的。



圖一：主動防護系統防護過程概念圖

¹ 楊溫利，〈主動防護系統新發展〉，全球防衛雜誌，265期，2006年6月，頁63~64。

資料來源：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，2009年3月，295期，頁80。

二、主動防護系統的設計概念：

在設計主動防護系統時需考慮幾項因素：

（一）戰甲車的威脅來源²：

目前戰甲車作戰時所面臨的威脅，來自以下幾種武器：

1. 肩射輕型反裝甲武器：如 RPG-7 型。
2. 「半自動視線指令」反甲飛彈：如「拖」式飛彈。
3. 雷射導引飛彈：如「地獄火」式飛彈。
4. 自裝步戰鬥車中、小口徑砲及戰車大口徑火砲發射的穿甲彈。
5. 高速長彈體穿甲彈。

主動防護系統對抗威脅的作戰現況，是必須能精確偵測與追蹤威脅，並及時部署反制措施以消弭威脅，但事實上知易行難，因為整個過程必須在數秒內、相當短的距離及各種天候狀況下完成，且對附近人員與車輛造成最小程度的附帶損害。

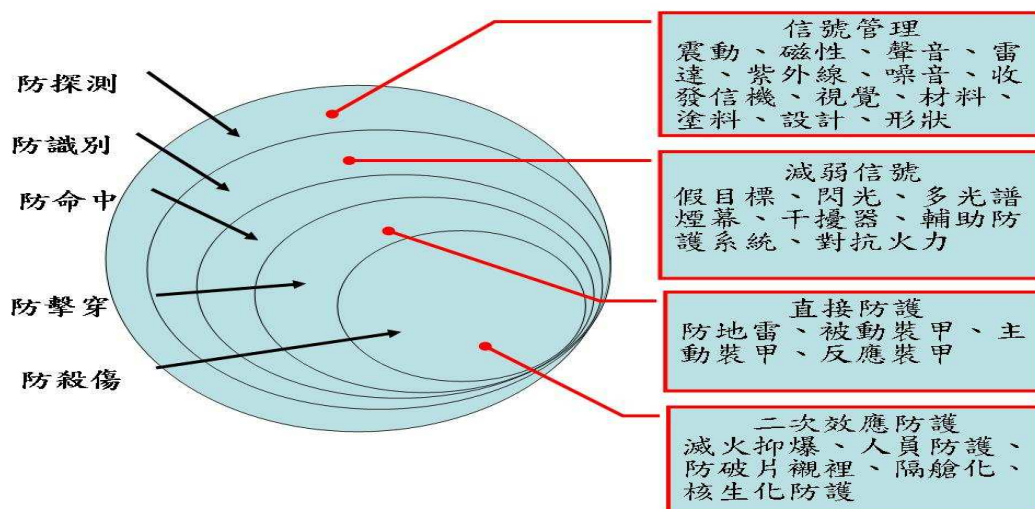
（二）主動防護系統的發展概念：

主動防護系統只能用來提高現有戰甲車的整體防護水準，而並不能消除對裝甲的依賴。如美軍對其未來戰鬥系統防護能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不超過30~32噸的戰甲車提供當前60噸以上主力戰車的"戰場"生存能力。這裡強調"戰場"是基於對以下事實的認定，即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、火箭或導彈發揮作用。也就是說，日前還沒有一種主動防護系統是針對簡易爆炸裝置和地雷設計的，但在非對稱戰爭條件下它們已經構成對戰甲車的嚴重威脅之一。

最佳的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、偏轉攻擊導彈的"軟殺傷"手段來進一步增強防護效果。但後者對非制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"³概念研究提出了一種最佳的防護模式（如圖二）作為發展防護力的參考指標。

²趙復生，〈快速存活之道〉，國防譯粹三十二卷第十二期，2005年12月，頁89。

³張衛東，〈國外裝甲車輛主動防護系統發展〉，國外坦克雜誌，2008年2月，349期，頁7。



圖二：瑞典阿克斯公司的"生存能力洋蔥"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，2008 年 2 月，349 期，頁 7。

(三) 主動防護系統的組成：

與被動方式（如爆炸反應式裝甲）對抗空心裝藥彈藥的作用方式不同，主動防護系統由以下三部分構成：

1. 能夠探測威脅的一個或多個偵測器。
2. 能夠識別威脅並啟動對抗措施的計算與數據處理裝置。
3. 能夠摧毀或以其它方式使威脅失效的對抗裝置。

(四) 其他設計考慮因素：

目前各國研製的主動防護系統主要是針對空心裝藥彈藥為主。在這方面，攻擊彈丸的飛行速度和防護系統的反應速度是設計中需要考慮的因素。實際上，某些主動防護系統的設計能夠成功防護飛行速度較慢的導彈，但對於飛行速度較快的導彈（如空射式導彈）和火炮發射的動能穿甲彈也還存在防護力不足的問題。與爆炸反應式裝甲的情況相類似，未來如果設計思路正確或技術提升，將來也有可能設計出能夠對抗動能穿甲彈的主動防護系統。

與按照防護級別要求為戰甲車安裝各種類型的附加裝甲（鋼板裝甲、複合裝甲或爆炸反應式裝甲）的做法相比，主動防護系統的優點在於利用一種防護裝置實現對車輛的 360 度防護。因此，採用該系統至少在理論上可以減少附加裝甲的安裝數量。但目前還沒有任何一種防護手段（無論是被動式還是主動式）能夠百分之百地提供對所有彈種的防護能力。事實是，在眾多防護系統中，許多也只能是降低被空心裝藥彈藥擊穿的機率。由於成本、技術複雜性和重量/載荷方面的限制，目前大多數主動防護系統，都是為自身防護性能較好，且又安裝了爆炸反應式裝甲的

重型戰甲車而設計的，並不適合安裝在輕型戰甲車。

參、主動防護系統技術發展現況：

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散槍彈效應。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。目前的小口徑對抗彈藥均採用了固定延遲時間引信，將來也有可能研製出更先進的類似近炸引信的可設定時間引信，其他發展重點技術如下：

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，能夠在適當的距離上發現威脅，並給系統保留足夠的反應時間。各國對探測距離的要求一般為 30~50 公尺。

但是，增大偵測器的探測距離可能會誤導系統，帶來危險的後果。目前各製造廠商對最小的威脅探測距離(即能夠實施對抗的最近距離)通常都守口如瓶。隨著城鎮戰越來越受到重視，敵方的反甲小隊將來有可能利用建築物的掩護，在主動防護系統的最小作用距離以內，使用反甲武器攻擊。基於這種考慮，德國 IBD 公司已設計出探測距離僅 10 公尺、對抗距離僅 2 公尺的 AMAP 主動防護系統。

另一方面採用小口徑對抗彈藥的主動防護系統，整個反應時間則要取決於系統探測、數據處理、啟動對抗程序的"電子"時間，以及小口徑對抗彈藥飛行至預定爆炸點，所需要的"機械"時間。而前一種系統則不存在這種機械延遲現象。這種差別在正常的作戰條件下，並不起任何作用，但在非常近的距離上受到攻擊時，就是一個需要考慮的因素。

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，各國經常利用被動式紅外線偵測器探測導彈發射或火炮射擊的閃光，然後才啟動雷達進入工

作狀態。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。

關於資訊處理能力，目前所有的主動防護系統都採用於車載式計算機，技術成熟，電子元器件的成本也相對較低。但所有系統均需要經過軍用環境強化處理，因此又提高了造價。

二、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按動系統的開關按鈕，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的飛行速度可高達 1500 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：

針對動能穿甲彈的原因是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。與反戰車導彈和火箭彈不同，動能穿甲彈大多採用貧鈾或鎢合金材料製造，依靠爆炸形成的破片是對付不了它們的，而要使用一枚動能對抗彈去命中穿甲彈也幾乎是不可能。目前各國比較感興趣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，所以炸點要盡可能靠近穿甲彈體。
- (三) 炸藥成分要能夠承受較高攔截加速度產生的逆向力。

各國正在研究其它對抗技術，還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半度偏轉或破碎，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貧鈾彈。穿甲彈體一旦被擊碎，其穿甲效能便大大降低。

肆、各國主動防護系統發展：

一、俄羅斯：

(一) 鵝式主動防護系統：

此系統為前蘇軍 80 年代初裝備的，是世界上第一種具備作戰使用條件的主動防護系統（如圖三）。該系統由 KBP 設計局研製，用來增強前蘇軍戰車（主要是 T-55）對北約反戰車導彈的防護能力。當時西方的反戰車導彈開始採用能對付爆炸反應式裝甲的新型空心裝藥戰鬥部。該系統在戰車砲塔兩側分別裝有一個毫米波雷達天線，用來探測攻擊導彈。發現攻擊目標後，防護系統經過計算向導彈發射方向發射一枚對抗火箭彈，火箭彈在半空中爆炸，向導彈飛行方向呈錐形散發出破片形成攔截面。該系統總共裝有 8 枚火箭彈，可完成 8 次攔截。

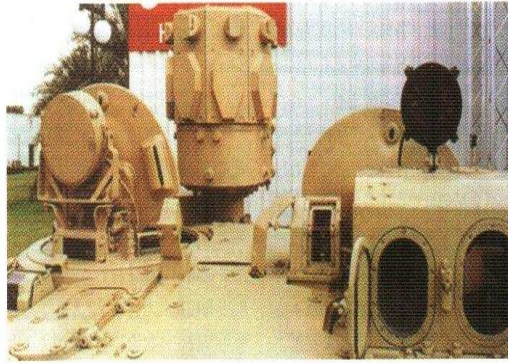


圖三：鵝式主動防護系統

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，2008 年 2 月，349 期頁 10。

(二) 競技場主動防護系統

"競技場"是"鵝"式主動防護系統的發展型。系統全重可達 1300 公斤，曾安裝在 T-80 主戰車和 BMP-3 步兵戰車上對外展示過（如圖四）。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 公尺處探測到攻擊導彈，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，但雷達體積較大，突出明顯，易被重機槍火力毀傷（如圖七）。



圖四：安裝在 BMP-3 步兵戰車的競技場-E 主動防護系統雷達
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，2008 年 2 月，349 期，頁 10。

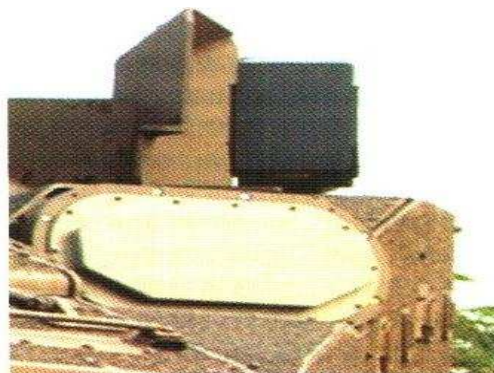
二、以色列：

以色列是最早開始為本國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" 主動防護系統：

戰利品主動防護系統由以色列拉裴爾武器發展公司及艾爾塔公司合作推出。因為 2006 年黎以戰爭衝擊，2007 年以色列訂購 100 套戰利品安裝在梅卡瓦 3 型及 4 型主力戰車⁴。據稱"戰利品"主動防護系統能夠在有效距離上抵禦各種反戰車導彈及非制導火箭彈的攻擊。系統在車輛前部、後部共裝有 4 個平板式雷達天線（如圖五），可為車輛提供 360 度的防護，並能探測到攻頂彈藥。

公司表示此系統能在距車輛 10~30 公尺的有效距離上摧毀攻擊導彈，並能夠將二次殺傷效應控制在最低限度。另公司還聲稱"戰利品"系統只有在探測到對車輛的直接威脅時才會啟動對抗程序，而且能夠忽略脫靶的導彈或火箭彈。該系統的另一個優點是重量輕（不超過 500 公斤）。



⁴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，2009 年 3 月，295 期，頁 76。

圖五：戰利品主動防護系統的平板式雷達天線

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，2008 年 2 月，349 期頁 11。

(二) "鐵拳"主動防護系統

"鐵拳"主動防護系統由以色列軍事工業公司研製，公司稱該系統既能防護採用空心裝藥戰鬥部的反戰車導彈和火箭彈，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導彈，而是使之解體或偏離（如圖六），所以不會引爆導彈或火箭彈。對抗戰車發射的穿甲彈時，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⁵。



圖六：安裝在 M113 甲車的鐵拳防護系統在近距離攔截 RPG 火箭彈

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，2008 年 2 月，349 期頁 12。

三、美國：

美軍的一體化陸軍主動防護系統（IAAPS）由美國陸軍戰車與自動車輛研究發展與工程中心負責，由聯合防務公司做為主合約商，諾斯羅普·格魯曼公司負責提供射彈系統，BAE 系統負責提供電子干擾系統。該系統採用光電和雷達偵測器，具備軟殺傷和硬殺傷能力⁶。

其中硬殺傷系統是採用美國雷神公司研製的"快速殺傷"主動防護系統（如圖七）。該系統設計的細節情況尚未對外公開。

⁵ 同註 3，頁 78。

⁶ 矛盾競技新籌碼-主動防護系統，<http://qkzz.net/magazine/1000-4912/2005/09/319244.htm>，98 年 5 月 3 日下載。



圖七：快殺系統結合主動式雷達與垂直發射智慧彈藥

資料來源：杜微，〈戰車防護力新核心-電子主動防禦系統的現在和未來〉，尖端科技雜誌，2007年8月，276期，頁68。

據報導該系統有2種類型的被動感測器、電子戰對抗設備和主動防護系統（包括發射器、雷達和一套展開的對抗設備）組成，用於保護有人駕駛車輛免受各種反戰車武器的威脅，包括反戰車導彈和反戰車火箭。系統中的被動式感測器系統發現來襲的目標後，由計算機對目標進行分類，然後再決定選擇用"軟殺傷"（干擾）方式、"硬殺傷"（攔截彈）方式或是同時採用以上兩種方式打擊目標。美軍要求 IAAPS 可以提供全面的主動防護解決方案，使美軍戰甲車可以對抗各種威脅，而不僅是其中的一種。

美軍對該系統的裝備時間保密，但有可能在正式裝備未來戰鬥系統前將其應用於現役戰甲車。因此，可預見 IAAPS 將被安裝到美國未來戰鬥系統（FCS）的裝甲車上，該裝置既有攔截射來的砲彈的"硬殺傷"防護力，也能通過電子戰對抗設備實現"軟殺傷"防護，以提供 FCS 裝甲車所要求的高防護力。

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2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。另此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⁷。

共軍 99 式戰車（如圖八）在戰車炮塔後部裝有雷射目眩壓制干擾裝置，最大作用距離 4000 公尺，這套"雷射壓制觀瞄系統"就目前來看，主要針對西方國家的主力戰車，共軍的這套系統可稱得上是獨具特色，雷射壓制觀瞄系統由微電腦控制器，全方位的跟

⁷朱明茂譯，〈中共推出致盲性雷射武器〉，《國防譯粹》，2004年9月，第22卷第9期，頁101。

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。⁸



圖八：中國 99 式戰車

資料來源：<http://www.eyny.com/viewthread.php?tid=2879479>，98 年 5 月 3 日下載。

由於共軍對此系統相當保密，迄今只有部分未證實之資料：該系統可 360 度全方位工作，跟蹤角速度左右為 45 度／秒，俯仰 40 度／秒。從砲長(或車長)按下按鈕到系統對準目標只需 1 秒鐘。雷射輸出能量為 1000 兆焦，脈衝重複工作頻率為 10 次／秒，系統連續工作時間為 30 分鐘。

該系統的工作方式為雷射預警系統(如圖九)接受到來自敵方的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。跟蹤轉台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的直昇機上的光電系統。⁹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。系統運作時會先使用雷射雷達方式進行搜索，之後採用雷射致盲方式干擾目標。¹⁰

此系統可說是共軍一大創新發明，目前僅配備在 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；據具體驗過此系統的共軍戰車兵表示，該系統仍有諸多缺陷，

⁸邱永曄，〈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，2009 年 5 月 3 日下載。

⁹ Chris Hsu，〈淺論解放軍現役雷射武器〉，全球防衛雜誌雜誌，282 期，2008 年 2 月，頁 41。

¹⁰ 同註 6，頁 42。

比如經常誤判目標資訊，易受煙塵干擾。¹¹因此，共軍的戰車只是多了一種壓制敵人的手段，並非全然無敵的。



圖九：99 式戰車的雷射預警系統

資料來源：<http://www.yalaiyi.com/thread-119494-1-1.html>，98 年 5 月 3 日下載。

陸、對國軍未來發展之建議：

目前我國發展中之雲豹甲車擁有良好的機動力，底盤酬載能量也足夠，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，其他輔助作為如下：

一、車體採取匿蹤設計¹²：

現今在飛機及船體上均已發展出匿蹤設計，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：

預警系統包括雷射、雷達波接收器，被動式飛彈鎖定警示器，主動毫米波雷達偵測器等多種樣式，除示警功能外，還可指出威脅源方位，引導車長、砲手做出適當處置，如轉向砲塔，以厚實的正面裝甲迎向威脅源，並便於火力壓制。當偵測出敵雷射導引訊號時，應同時能連結武器攻擊系統，選擇最快速、最有效率的攻擊武器，摧毀敵發射源。

三、結合煙幕發射系統：

大部分的主動防護系統都會納入煙幕發射系統，最基本的方式，是採用若干煙幕彈投射器，安裝在戰甲車車身或砲塔之兩

¹¹ 同註 6，頁 43。

¹² 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，233 期，2004 年 1 月，頁 55。

側，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¹³。

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，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界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、發展其他防護技術：

（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，一種新穎的主動防護系統概念被提了出來，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導彈，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，氣囊在攔截攻擊導彈時不會發生爆炸，安全性可靠。

（二）電裝甲技術：

電裝甲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¹⁴（如圖十）。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。

¹³同註 8，頁 42。

¹⁴ 沈柏成，〈一種新的裝甲防護技術-電磁裝甲〉，裝甲兵學術月刊，94 年 5 月 16 日，196 期，頁 37。



圖十：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，94年5月16日，196期，頁34。

柒、結語：

在過去十年中，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，各國還要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。因為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能夠為車輛乘員提供對某些威脅的基本保障。針對共軍已研購新型雷射導引飛彈，99式戰車裝備有ZM-87雷射干擾致盲武器等，對我戰甲部隊威脅甚大，現正值我發展新一代八輪甲車之際，建議未來應發展或購置主動防護系統，以提升我戰甲車存活率，未來方能有效遏阻敵地面作戰行動。