

坦克装甲车辆主动防护系统发展研究

房凌晖, 郑翔玉, 汪伦根, 周迎春

(陆军军官学院, 合肥 230031)

摘要: 为了对当前国内外坦克装甲车辆主动防护系统的发展进行跟踪研究, 阐述了主动防护系统的产生、定义、分类及组成, 并详细介绍了“窗帘”、“竞技场”、“战利品”、“速杀”和AMAP-ADS等几种国外典型的主动防护系统, 分析了主动防护系统的主要技术、系统发展水平及存在的不足, 并对主动防护系统未来发展趋势进行了分析预测。

关键词: 装甲车辆; 主动防护; 技术发展

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.01.012

中图分类号: TJ811 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)01-0063-05

Study on Development of Tank & Armored Vehicle Active Protection systems

FANG Ling-hui, ZHENG Xiang-yu, WANG Lun-gen, ZHOU Ying-chun

(Army officer Academy PLA, Hefei Anhui 230031, China)

ABSTRACT: The complex battlefield environment demands a higher level of tank and armored vehicle battlefield viability. Here is a tracking study of the development of tank & armored vehicle active protection systems at home and abroad currently. This article first discusses the development, definition, classification and compositions of active protective systems. Then, some foreign typical active protective systems are introduced in detail. Meanwhile, this paper analyzes the key technologies, development level and shortcomings of active protective systems. And on this basis, the future development trend of active protective systems is also discussed.

KEY WORDS: armored vehicle; active protection; development of technology

现代战争中, 坦克装甲车辆作为陆军的主战装备, 受到陆地和空中各种智能化反装甲武器立体攻击的威胁, 传统装甲防护面临严峻挑战。在不断提

升装甲车辆的火力、机动性和防护性能以抵御各种威胁的同时, 对已暴露目标的坦克装甲车辆实施有效的主动防护已成为各国增强坦克装甲车辆防护能

收稿日期: 2013-10-13; 修订日期: 2013-11-30

Received: 2013-10-13; Revised: 2013-11-30

基金项目: 学院资助基金项目(2012XYJJ-078)

Fund: Project Supported by Acadenuj Fund(2012XYJJ-078)

作者简介: 房凌晖(1973-), 男, 安徽庐江人, 硕士, 主要研究方向为装甲装备保障。

Biography: FANG Ling-hui(1973-), Male, from Lujiang, Anhui, Master, Research focus: armored equipment support.

力的重要手段。主动防护系统由此应运而生。

1 主动防护系统概述

主动防护系统是安装在坦克装甲车辆上的一种防护装置,能够提前发现来袭的敌对目标,并进行迷惑、拦截或摧毁,避免自身被命中。前苏联自20世纪60年代开始研制主动防护系统,80年代逐渐装备部队。近些年,世界主要军事国家纷纷研制生产主动防护系统,其技术得到快速发展与应用^[1-2]。

主动防护系统分为软杀伤型和硬杀伤型两种防护模式。软杀伤型是利用烟幕弹、干扰机、诱饵及降低特征信号等多种手段迷惑和欺骗来袭的敌方威胁并使其偏离目标。硬杀伤型则是一种近距离防御系统,在车辆周围的安全距离上构成一道主动火力圈,在敌方导弹或炮弹击中车辆前对其进行拦截和摧毁。

主动防护系统包括探测、控制和对抗等3个分系统。探测分系统用于探测来袭目标,主要由探测、跟踪、告警装置等组成;控制分系统用于处理探测装置采集的信息,对来袭目标进行判断,并选择相应的对抗装置和措施,由计算84机1100、控制软件等组成;对抗分系统用于对来袭目标实施干扰或打击^[3]。

2 典型主动防护系统^[4-6]

为提高应对反装甲武器的能力,各国近年都加强了主动防护技术研究,研制出一批技术先进的软、硬杀伤型主动防护系统,并配备在各型装甲装备上。

2.1 “窗帘”主动防护系统

俄罗斯研制的“窗帘”是一种软杀伤型主动防护系统,用于干扰敌方半自动瞄准线指令反坦克导弹、激光测距仪和目标指示器。该系统由4台激光报警接收机,1个以微处理机为主的控制装置,2台红外干扰发射机和12具烟幕弹发射器组成。当激光告警系统探测到敌方激光束威胁时,控制装置经信号处理后告警,将炮塔转向激光束方向,并触发烟幕弹发射器发射烟幕弹,形成烟幕屏障,避免被对方激光测距仪和激光指示器照射到。同时,由于红外干扰机的工作,可以产生足够热量,引诱敌方红外寻的武器偏离目标。“窗帘”目前已装备T-80U, T-84, T-90

等主战坦克。与“窗帘”类似的还有德国的MUSSE、南非的LEDS-100等主动防护系统,软杀伤型主动防护系统不能防御动能弹和RPG火箭弹等非制导反坦克武器。

2.2 “竞技场”主动防护系统

“竞技场”属于硬杀伤型主动防护系统,由俄罗斯于20世纪80年代研制开发,目前已装备在T-90等主战坦克上。其探测装置毫米波雷达安装在炮塔后部支架上,对抗装置为安装于炮塔周围的弹药盒。当雷达探测跟踪到来袭威胁后,控制系统选定弹药盒并向来袭目标发射,系统引爆弹药盒后,会产生定向破片区,使敌对目标损坏或偏离。“竞技场”主动防护系统反应时间为0.07 s,可覆盖的防护范围为270°。

2.3 “战利品”主动防护系统

由以色列研制生产的硬杀伤型主动防护系统,与“竞技场”、“速杀”等发射对抗弹药来拦截威胁目标不同,“战利品”是在距离车体更近范围内直接瞄准摧毁来袭威胁。其探测系统包含相控阵搜索雷达和光电跟踪雷达,4个相控阵雷达平板天线位于车辆四周,形成半球形探测区,2个可自动装填备用弹药的对抗发射装置布置在炮塔两侧,每个发射装置可以覆盖210°范围。当雷达探测并跟踪来袭威胁后,在控制系统指挥下,发射器向目标发射拦截弹药。安装在“梅卡瓦”主战坦克上的“战利品”主动防护系统于2011年3月1日在加沙地带实战中成功拦截并摧毁来袭反坦克火箭弹。

2.4 “速杀”主动防护系统

由美国研制的硬杀伤型主动防护系统,探测系统主要有毫米波目标探测与跟踪雷达,其传感器安装在车辆四周,发射对抗装置安装在车体两侧,控制系统计算目标轨迹并确定对抗发射顺序和方向。该系统能自动同时跟踪和对抗不同方向的多个来袭目标,使用垂直发射的反应式制导弹药,能在150 m距离以内和25~150 m高度摧毁威胁目标。

2.5 AMAP-ADS主动防护系统

模块化装甲主动防护系统(AMAP-ADS)由德国

研制,与使用高爆炸药拦截来袭目标的主动防护系统不同,该系统使用定向能拦截目标,可以减少爆炸破片的附带毁伤。AMAP-ADS由安装于车辆顶部四周的多个模块组成,每个模块中包括聚能战斗部和雷达传感器,传感器用于对来袭威胁进行探测跟踪。当系统确认模块处于对抗来袭威胁最佳位置时,其战斗部将在系统控制下向敌方目标发射爆炸射流以起到防护作用。AMAP-ADS系统反应时间短,可对抗发射距离仅在10~15米范围内的来袭威胁。该系统已安装在CV90步兵战车和“狐”式装甲输送车上。

3 主动防护系统技术发展

3.1 主要技术

主动防护系统技术包括探测跟踪、信息处理传输控制、对抗拦截等。探测跟踪技术用于保证主动防护系统的探测分系统能随时探测、识别、定位和跟踪来袭目标。目前,探测跟踪技术已由单一的雷达探测向雷达和光学复合探测及采用多种光电、声频传感器探测等技术发展,探测跟踪能力有了很大提高。

信息处理传输控制技术是系统对探测到的各种威胁信息与装甲车自身的信息进行融合处理、传输并实施防护控制。信息处理技术首先对传感器输入的数据进行处理并合成为完整的方案或图像。信息传输技术再利用无线电、光纤通信等手段将信息传输至装甲车上的显示器、面板或防御模块。控制技术则用于选择、确定、实施对来袭目标的对抗或打击方案。信息处理传输控制技术有效缩短了系统响应时间,降低了系统的误警率。

如果说探测跟踪、信息处理传输控制技术是主动防护系统的“眼睛”和“大脑”,那么对抗拦截技术则是主动防护系统的“最后一击”,目前已有多种类型的对抗拦截技术应用在主动防护系统上,主要有弹箭弹药技术、红外干扰技术、烟幕技术、激光致盲技术、激光诱骗技术等,为系统成功实施拦截和对抗提供了保障。

3.2 发展水平

可防御弹种、最小击毁距离和拦截位置是对主

动防护系统进行有效性评估的重要技术参数,三者皆由系统反应时间决定。软杀伤型主动防护系统反应时间约为几秒,如“窗帘”和欧洲宇航防御集团的多功能主动防护系统(MUSS),从发现目标到拦截位置的最小击毁距离约几百米,因此软杀伤型主动防护系统不适合于城市近距离作战应用。硬杀伤型主动防护系统根据系统反应时间所对应的拦截距离可分为近距离和中距离两种,目前,多数中距离主动防护系统反应时间在毫秒级,约200~400 ms,其最小击毁距离在30 m以上,如“竞技场”、“战利品”、“铁拳”、LEDS 150。近距离主动防护系统有AMAP-ADS、乌克兰“屏障”等,系统反应时间在微秒级。“屏障”的系统反应时间极短,击毁距离约为2~3 m,AMAP-ADS据称是目前最先进最有效的主动防护系统,能防御所有已知威胁,并可以安装在所有重量级的战车上,从发现到消灭威胁目标仅需约560 μs ^[7]。

3.3 技术不足

主动防护系统以新的思路和有限增重大幅提高了坦克装甲车辆的防护能力,成为装甲装备防护技术发展的重要方向,近年来,各军事强国在此项技术的研究中均有较快发展。作为一项创新性技术,主动防护技术在实际应用中还存在改进和提升空间^[8-9]。

1)对坦克装甲车辆进行全方位防护的技术和能力不足,目前大多数主动防护系统防御范围还不能覆盖全车。

2)防御火箭弹、反坦克导弹等低速目标的技术比较成熟,效果较好,而拦截高速榴弹、脱壳穿甲弹等高速弹药的能力有限。

3)对抗分系统拦截弹药的数量有限,且弹药发射后的再次装填存在技术难度,影响了系统主动防护能力的持续发挥。

4)拦截弹药在摧毁来袭威胁的同时,所产生的大量破片也会对装甲车辆及协同作战人员产生威胁。

5)随着弹药技术的发展,主动防护系统还难以准确辨别区分来袭威胁中的真伪目标。

6)在城市近距离作战环境中,敌方来袭威胁距离极短,对系统的反应时间提出了挑战。

7)主动防护系统目前还难以有效对付反坦克地雷和简易爆炸装置。

4 未来发展

主动防护系统通过干扰和出击,有效化解来袭弹药的威胁,起到避免被击中的作用,拓宽了防护思路,拓展了防护空间,增加了防护层次,使坦克装甲车辆对付多种威胁目标的防护能力和水平大幅提高。随着反坦克武器的进步,主动防护系统也在不断发展变化,以适应战争对装甲车辆防护性能的要求。

1)主动防护系统未来将向轻量化、小体积、高集成度方向发展。

2)对抗拦截模式由单一的软、硬杀伤型向综合型转变。

3)信息化能力不断提高,与作战系统的信息融合与共享将进一步加强,为系统对来袭目标的探测、识别、跟踪、拦截提供更加准确的数据信息。

4)防护范围由重点区域向全方位防护发展。

5)提高对尾翼稳定脱壳穿甲弹等高速动能弹的防护能力将成为各国研究重点。

坦克装甲车辆是陆军的重要武器装备,随着主动防护系统的不断发展完善,坦克装甲车辆的综合防护和战场生存能力将大幅提高,对于提高陆军战斗力具有重要意义。

参考文献:

- [1] 武新, 王晓. 国外坦克主动防护技术进展及发展趋势[J]. 兵器材料科学与工程, 2013, 36(2):133—137.
WU Xin, WANG Xiao. Development and Trend of Active Protection Technology in Foreign Combat Tank [J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2013, 36(2): 133—137.
- [2] JONES N W. Application of Simulation to the Evolution of Weapon System Performance [M]. Summer Computer Simulation Conference, 1986:765—769.
- [3] NAGABHUSHNAM A, JAIN G C. Stochastic Duels with Damage [J]. Operation Research, 1992(3):350—356.
- [4] 白峰. 装甲车辆光电主动防护系统的设计与应用探索[D]. 国防科学技术大学, 2010.
BAI Feng. Design and Applications of the Active Electro-optical Defense System in Armored Vehicles [D]. National University of Defense Technology, 2010.
- [5] FLECK J A, MORRIS J R, FEIT M D. Time-dependent Propagation of High Energy Laser Beams Through the

Atmosphere [J]. Appl Phys, 1976 (10):129—160.

- [6] COLES W A, FILICE J P, FREHLICH R G, et al. Simulation of Wave Propagation in Three-dimensional Media [J]. Appl Opt, 1995(34):2089—2101.
- [7] FRCHLICH R G. Simulation of laser propagation in a Turbulent Atmosphere[J]. Appl Opt, 2000(39):393—397.
- [8] JONES D Larnvvn, BURKE G P. ELF radio: 100 Year of Radios [C]. Conference Publication 411, IEEE, 1995.
- [9] ATLLS II [EB/OL]. [http://en.wi-kipedia.org/wiki/ATLLS II](http://en.wi-kipedia.org/wiki/ATLLS_II), 2008(1): 58—60.
- [10] 任晓刚. 国外坦克装甲车辆主动防护系统[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35:4—6.
REN Xiao-gang. Foreign Tank Armored Vehicle Active Protection System Introduction [J]. Fire Control and Command Control, 2010, 36:4—6.
- [11] 徐平. 主动防护系统总体技术的研究[J]. 车辆与动力技术, 2008(1):58—60.
XU Ping. Research on Integrated Structure of Active Protection System [J]. Vehicle & Power Technology, 2008(1): 58—60.
- [12] 王树山, 马晓飞. 坦克主动防护系统弹药毁伤效能评估[J]. 北京理工大学学报, 2007, 27(12): 1042—1049.
WANG Shu-shan, MA Xiao-fei. Evaluation of Damage Effectiveness for Tank Active Protection Defense System Ammunitions [J]. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2007, 27(12): 1042—1049.
- [13] 张磊, 张其国. 俄主战坦克主动防护系统[J]. 国防科技, 2004(7):29—30.
ZHANG Lei, ZHANG Qi-guo. Russian Fighting Tank's Active Protection System [J]. Defense Scientific and Technical, 2004(7):29—30.
- [14] 李园. 坦克主动防护系统弹药毁伤效应研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2006.
LI Yuan. The Study of Protection Ammunition Damage Effect in the Tank's active Protection System [D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2006.
- [15] 赵晓凡. 坦克装甲车辆主动防御系统研究[J]. 车辆与传动技术, 2002, 87(3):53—57.
ZHAO Xiao-fan. The Study of the Active Protection System of the Tank & Armor Vehicle [J]. Vehicle & Power Technology, 2002, 87(3):53—57.
- [16] 周子朴. 主动防护系统[J]. 国外坦克, 2006(6):38—39.
ZHOU Zi-pu. Active Protection System [J]. Foreign Tank, 2006(6):38—39.
- [17] NIU R, WILLETT P. "System Level Performance for Ra-

- dar Waveforms” Proc [C]. 1999 Mediterranean Conf, Snowmass, CO, March 1999.
- [18] NIU R, WILLETT P, BAR-SHALOM Y. “From the Waveform through the Resolution cell to the Tracker”, Proc[C]. 1999 IEEE Aerospace Conf., Snowmass, CO, March 1999.
- [19] BAR-SHALOM Y, LI X R, KIRUBARAJAN T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation [M]. Theory Algorithms and Software. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2001
- [20] RISTIC B, ARULAMPALAM M S. “Tracking a maneuvering target using angle-only measurements: algorithms and performance” [J]. Signal Processing, 2003, 83:1223 — 1239.
- [21] JULIER S J. The spherical simplex unscented transformation [C]. American Control Conf Denver, 2003:2430 — 2434.
- [22] 赵太勇, 靳雁霞. 主动装甲防护关键技术探讨[J]. 华北工学院学报, 2011, 22(1):46—49.
ZHAO Tai-yong, JIN Yan-xia. A Discussion on Key Technique for Active Armor Protection System [J]. Journal of North China Institute of Technology, 2011, 22(1):46—49.
- [23] 宁俊生, 孙宝森. 电(磁)装甲防护技术探索研究[J]. 兵器材料科学与工程, 2001, 24(1):60—64
NING Jun-sheng, SUN Bao-sen. Preliminary Research on Protection Technology of Electromagnetic Armor [J]. Ordnance Material Science and Engineering, 2001, 24(1): 60—64.
- [24] HELD M. Overview on Reactive Armor [C]. 1st European Armored Fighting Vehicle Symposium, Shriven ham, UK, 1996.
- [25] MEYER T J. Active Protective System[Z]. Armor, 1998:7—11.
- [26] OGORKEWICZ R M. Future Tank Armor Reveal[Z]. JANE’S International Defense Review, 1997.
- [27] FAIR Hang D. Hypervelocity Hyperkinetic Energy Weapons [J]. Military Technology, 1990, 14:39—40.
- [28] DAVID, LITTLEFIELD L. Thermo Mechanical and Magneto-Hydrodynamic Stability in Shaped Charge Jets [C]. 14th International Symposium on Ballistics, 1993.
- [29] 王凤英. 装甲防护技术的发展 [J]. 测试技术学报, 2002, 16(2):144—147.
WANG Feng-ying. The Development of Armor Fence [J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2002, 16(2):144—147.
- [30] 刘薇, 杨军. 装甲防护材料的研究现状及发展趋势 [J]. 热加工工艺, 2011, 40(2):108—111.
LIU Wei, YANG Jun. Current Status and Development of Armor Proactive Material [J]. Hot Working Technology, 2011, 40(2):108—111.
- [31] MEDVEDOVSKI E. Alumina Ceramics for Ballistic Protection [J]. American Ceramic Society Bulletin, 2002, 81(4): 45—50.
- [32] GONCALVES D P, MELO F C L, KLEIN A N, et al. Analysis and Investigation of Ballistic Impact on Ceramic/Metal Composite Armor [J]. International Journal of Machina Tools & Manufacture, 2004, 44:307—316.
- [33] 孙鹏, 雷彬. 主动电磁装甲防护系统发射过程分析与试验 [J]. 高压电技术, 2011, 36(11):2760—2766.
SUN Peng, LEI Bin. Simulation Analysis and Experiment on Launching Process in the Active Electromagnetic Armor Defensive System [J]. High Voltage Engineering, 2011, 36(11): 2760—2766.
- [34] 王成学, 曹延杰, 邹本贵. 主动电磁装甲拦截弹发射过程研究 [J]. 电光与控制, 2009, 16(8):93—96.
WANG Cheng-xue, CAO Yan-jie, ZOU Ben-gui. Research on Launching Process of Intercepting Projectile in Active Electromagnetic Armour [J]. Electronics Optics & Control, 2009, 16(8):93—96.
- [35] 胡金锁. 电磁装甲技术原理及其有限元分析 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2005.
HU jin-suo. Electromagnetic Armor Technical Principle and Finite Element Analysis [M]. Beijing, China: Weapon Industry Press, 2005.
- [36] SCHNEIDER M, WETZEL M, WENNING W. The ISL Rapid Fire Rail-gun Project RAFIRA Part II: First Result [C]. 14th Symposium on Electromagnetic Launch Technology. Victoria, BC, Canada: IEEE, 2008
- [37] SPAHN E, STERZELMETER K, GAUTHIER-BLUM C, et al. 50 kJ Ultra-compact Pulsed-power Supply Unit for Active Protection Launcher Systems [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2009, 45(1):462—466.
- [38] FAIR H D. Advances in Electromagnetic Launch Science and Technology [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2007, 43(1):93—98.
- [39] ENGEL T G, NERI J M, VERACKA M J, et al. Progress in the Development of a Solid-projectile Helical Electromagnetic Launcher for Low and Medium Velocity Applications [J]. IEEE Transactions on Magnetics, 2008, 27(1): 1—3.