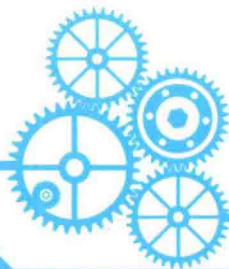


“十二五”国家重点出版物出版规划项目



新概念动能武器系列丛书



电磁装甲技术概论

胡金锁 褚庆国 周国印◎编著

兵器工业出版社

“十二五”国家重点出版物出版规划项目
新概念动能武器系列丛书

电磁装甲技术概论

胡金锁 褚庆国 周国印 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书根据电磁装甲的工作模式将电磁装甲分为两大类,即被动电磁装甲和主动电磁装甲。这种分类方法有利于理解电磁装甲的原理和实质。同理,电磁装甲研究亦采取分类方法,其中被动电磁装甲部分重点开展了力学建模研究,分析了欧姆加热、射流不稳定性和射流汽化作用机理,并对穿甲杆节点位移和转角等参数进行了数学推导。主动电磁装甲根据拦截器发射方式的不同又分为线圈感应式和磁场重接式两种。研究过程中完成了线圈感应式主动电磁装甲机电模型的建立、线圈磁场和拦截板电磁力的计算,以及磁场重接式主动电磁装甲运动方程的数学推导和磁场数值模拟,并开展了磁场重接式主动电磁装甲的试验设计、仿真计算和试验研究。本书最后还对可储能电磁装甲进行了探讨,对其工作原理、防护机理和试验系统进行了仔细阐述。上述研究结果对电磁装甲的工程设计与实际应用具有重要的指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

电磁装甲技术概论 / 胡金锁, 褚庆国, 周国印编著

— 北京: 兵器工业出版社, 2015. 12

(新概念动能武器系列丛书 / 李治源主编)

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5181-0105-4

I. ①电… II. ①胡… ②褚… ③周… III. ①电磁场—装甲—研究 IV. ①TJ81

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第295084号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟10号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京圣夫亚美印刷有限公司

版 次: 2015年12月第1版第1次印刷

责任编辑: 林利红

封面设计: 揽胜视觉

责任校对: 郭 芳

责任印制: 王京华

开 本: 710×1000 1/16

印 张: 15.25

字 数: 300千字

定 价: 48.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

《新概念动能武器系列丛书》

编审委员会

主 编：李治源

副主编：胡金锁

顾 问：王 莹

编 委：李小鹏 向红军 赵科义 张明安
张 倩 张亚东 周国印 陈庆昌
褚庆国 胡森哲 雷 彬 李 兵
李 超 李惠元 林秀梅 吕庆敖
王育维 杨 帆 俞海燕 辛建国
石志彬 王晓方 卢志刚 李金胜
樊向武 金 灿 王志刚

丛书序言

人类的军事科技发展历史几乎与人类的历史一样漫长，在漫长的发展过程中，人们总是将最先进、最前沿的科学技术首先应用到军事领域，创造出各种各样的武器。从最早的石头、标枪、弓箭开始，直到如今门类齐全、类型众多的新概念武器。

武器的最终目的是杀伤敌人、毁伤目标。从目前的毁伤技术来说，尽管定向能（高功率微波武器和强激光武器）、声能（次声和噪声武器）、生物能（基因武器）、化学能（化学武器）和核能（核武器）等新型毁伤技术不断发展，但受到国际政治、战场环境、作战对象和毁伤效能等各方面的影响，尚难以广泛应用于军事行动；而动能毁伤以其针对目标广泛、毁伤范围可控、毁伤时效快速等特点，使得动能武器成为武器装备发展的主流。因此，以动能毁伤为目标的各类新概念动能武器受到了世界各国的重视也成为了目前新概念武器研究领域的热点，特别是以电能为发射能源的电磁发射动能武器技术方兴未艾。20 世纪 80 年代，电磁轨道炮首次实现了超高速发射，经过不懈努力，电磁轨道炮的最大炮口动能已超越现役的大口径火炮，高功率脉冲电源、轨道烧蚀和刨削等关键技术也已基本突破，随着高功率脉冲电源小型化技术、一体化弹药技术和系统集成与热管理技术的不断进步，新概念动能武器将在不久的将来率先实现军事应用。

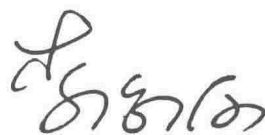
在新概念动能武器发展过程中，我国紧跟世界兵器科学发展动态，从最开始的动态跟踪、理论探索、验证试验，到今天成为国际电磁发射技术委员会中的重要成员，前后经历了 30 多年的漫长过程。多年来，几代人本着“科技强军”的理想，自力更生，艰苦奋斗，为发展我国新概念动能武器技术，增强我国国防力量做出了无私的奉献，也培育、锻炼了一支成熟的高素质队伍。同时，也可以预见，要实现新概念动能武器的军事应用，还需要继续坚持不懈的努力，克服一系列的科学难关，同时也需要一大批年轻的、杰出的人才投入这个领域，为发展我国的兵器科学而奋斗。

本丛书的编写，既是系统总结 30 多年来积累的宝贵财富，为从事新概

念动能武器研究的专业技术人员提供借鉴和参考，也可为刚进入这一领域的科学工作者提供帮助以尽快熟悉本领域的情况，在较高的起点上开展工作，也能作为与本专业有关的院校、研究所和部队的教学参考材料。

本丛书主要涵盖了电热化学发射技术、电磁轨道发射技术、电磁线圈发射（弹射）技术、电磁装甲防护技术的概述、原理、应用及相关理论与关键技术。

在本丛书的编写过程中，得到了有关单位和领导的大力帮助和支持。主要拟稿者都是本领域各单位具有扎实理论功底和丰富实践经验的学术带头人和技术骨干。经过反复审校、修改补充，本丛书终于编印出版，对参与本丛书编写、出版的所有人员在此一并表示衷心的感谢。



序 言

自 1915 年世界上第一辆“小游民”坦克在英国诞生以来,装甲防护技术发生了翻天覆地的变化,家族成员越来越多。装甲材料从最初的锅炉钢装甲、优质轧制钢装甲、合金钢装甲、铝合金装甲、钛合金装甲等金属材料发展到非金属材料装甲,如陶瓷装甲、纤维级防弹材料——聚酰胺等;装甲结构上也由原来的单体装甲发展到现在被广泛应用的复合装甲,包括间隙装甲和贫铀装甲等,形形色色的挂装在主装甲外面的附加装甲,如侧裙板、栅栏式附加装甲、挂链式复合装甲、镶嵌式附加装甲、网状钢装甲等,以及各国广泛采用的爆炸式反应装甲等。近些年来,陆军建设中开始关注着新概念装甲防护技术的发展,特别注重相关的论著问世,期望它们能推动装甲防护科学与技术的进步。

国内外目前发展中的一些新概念装甲防护技术如动态装甲、冲量装甲、智能装甲、叠层装甲等,大都原理新颖,结构巧妙,应用前景看好,这其中也包括电磁装甲技术。电磁装甲技术出现于 20 世纪 70 年代,它属于电磁发射领域的一个分支。在相关国际会议、刊物等载体上时常能看到这项新防护技术零星的进展与报道。美中不足的是,在国内外看到的,几乎都是单一的科普形式的介绍,迄今尚无一本全面阐述这项新技术原理的专业书籍。胡金锁等同志敏锐地体察到了装甲防护技术发展的新趋势,系统地、创造性地用《电磁装甲技术概论》把目前已经萌生的、未来可能使用的各种电磁装甲理论和技术,以及求解方法撰写成学术专著,这是一件十分有意义的工作。我们应当感谢作者为我国防护工程学科建设所做的突出贡献。

作者以大量的篇幅回顾了装甲防护技术的发展历程及其包括的丰富内涵,给了读者全面了解此领域技术发展的一个途径,非常有益。该书论述了被动电磁装甲和主动电磁装甲作用机理,并根据电磁装甲的作用机理对其进行了科学的分类。在分类的基础上,有选择地对典型电磁装甲技术进行了深入的理论分析。求解了被动电磁装甲的电磁力,全面提出和分析了

射流不稳定性、欧姆加热、汽化和电爆炸三种主要的作用机理，以及主动电磁装甲弹射机理、机电特性、主要参数确定、典型主动电磁装甲的结构设计及试验研究方法等，并进行了原理性的、简化条件下的数学推导。该书采用有限元分析方法对电磁装甲作用机理和相关参数进行了初步计算和分析，获得了很多有价值的结论，为将来电磁装甲模块设计提供了理论和设计依据。全书内容丰富，主题鲜明，层次清晰，推证严谨，数据和结论的理论依据可靠，对于电磁装甲技术在军事上的应用具有重要而现实的意义。

众所周知，装甲防护能力是未来地面战场上陆军装甲车辆生存性和持续战斗力的重要保障，没有了防护或者防护较弱，将直接影响到整个战局的态势。我们应该本着着眼未来和积极创新的态度不断提升我军武器装备的战斗力，为打赢未来战争提供技术储备。我相信，《电磁装甲技术概论》一书的问世，将对我军的新概念防护技术的研究与发展带来新的生机和动力，对提高我军装甲车辆的防护水平将起到积极的作用。

中国工程院院士：

周轅

前 言

作为新概念装甲车辆防护技术，电磁装甲概念的问世已经有 40 余年的历史了。国内外的学者从基于流体不稳定性、电磁力、欧姆加热、汽化等机理入手，分别对化学能弹药和动能弹药的侵彻干扰进行了大量的理论分析、模拟仿真、缩比试验等研究，得出很多重要的结论。而且随着主动防护技术的迅猛发展，通过电能和化学能驱动两种拦截防护技术，在装甲平台上找到了结合点，丰富了主动防护技术的概念外延。在出版本书时，有四个方面的问题向读者作一说明。

第一，研究起步晚，可借鉴经验少。国外早在 20 世纪 70 年代就提出电磁装甲防护技术并开始着手研究。由于装甲防护技术的特殊性、敏感性和保密性，国外在本领域的重大关键技术突破、研究进度及研究内容我们不能及时获悉。国内在 20 世纪 90 年代才开始此项技术的研究，加之国内研究单位较少、研究人员分散且学术交流不多，基本呈现各自为政、闭门造车的局面。本书是在起步时间晚、参考资料少、试验条件简陋等困境下，经过多年和多代人的研究而总结出来的结晶，难免存在起点不高、内容肤浅等问题。

第二，认识水平有限，说法不尽准确。如在分类方面，为更好地将此技术全面呈现给读者，让读者更加清晰地认识到本质，我们设想按照将其科学分类、逐个理论阐述、典型事例运用、数值试验仿真等方法步骤，对所涉及的专项技术详细阐述。当然，限于笔者的认知水平，有些地方未必准确。如电磁装甲的分类，国外一些学者认为，电磁装甲应分成以下几类：①主动电磁装甲：用电磁力代替主动防护系统中的炸药或火箭，加速防护板（物）拦截、干扰和破坏接近装甲车辆的弹丸或导弹。②被动电磁装甲：由两块相隔一定距离的导电金属板组成。一块金属板接地，另一块接高压电容器。当进攻的破甲弹或穿甲弹穿过两板间时接通电路，巨大的电流通过穿甲弹杆或金属射流能产生安培力和磁流体动力学不稳定效应，导致射弹的碎裂和穿甲能量的急剧减小。如果有足够的电能，它将熔化和汽化金属射流和穿甲弹丸。③电磁场装甲：这是还停留在设想阶段的新概

念防护技术,它是在装甲车辆周围产生强大的电磁场,使来袭射弹进入该电磁场时受到电磁场感应而被干扰,在同装甲本身机械接触之前就被偏离弹道或被破坏掉。④电热装甲:它也由两金属板和电源(电容器)构成。一块金属板接地,另一块金属板接电容器的高压端,两金属板间距很小,中间用很薄的绝缘材料隔离,而不像被动电磁装甲那样用很厚的空气层绝缘。对此,笔者是采取被动和主动两种分类方法,理由如下:从防护原理来讲,电磁场装甲是利用防护单元产生的强大磁场感应来袭射弹使其头部形成涡流,继而产生强大电磁斥力,或使射弹速度降低到防护的安全范围,或“吹散”射弹产生的金属射流使其丧失侵彻能力,达到保护车辆的目的。由其内涵可知,电磁场装甲并未主动“出击”拦截来袭射弹,而是像二者之间放置无形弹簧一样形成斥力而被动地防护。因此,这类装甲实际上属于被动电磁装甲的范畴。对于电热装甲,从其功能看,毫无疑问也属于被动电磁装甲家族,只是中间介质换成了绝缘体,分析此种装甲防护机理的方法与第一部分基本相同。除此之外,新发明不断涌现。比如“可储能的电装甲”,此种结构可代替反应装甲使用,同时可为车辆提供强大的电能,也属于被动电磁装甲的范畴,它们的加入也极大地丰富了电磁装甲家族的内容。这些争论,有利于更深入地掌握电磁装甲技术的实质。

第三,所写内容不能面面俱到。本书更加关注电磁装甲本体技术研究,即对被、主动电磁装甲理论的透彻分析,其中也包括结构和物理参数的计算选择。而对于其相关支撑技术,如能量产生、高密度储能装置、能量管理技术、高功率脉冲成形装置、系统控制、探测装置等,笔者涉猎较少,那需要专门的技术来支撑电磁装甲发挥威力,尽管其重要性不言而喻。

第四,理论分析中涉及很多假设,多是便于理论计算分析,有些地方难免超出允许的误差要求。例如,在计算穿甲杆击穿电磁装甲所受到的电磁力时,通常假设其是一段不破碎的连续体,此假设与实际情况可能存在一定出入。穿甲杆是脆性材料,在强烈的冲击下可能会断裂。但由于其两端的高电压作用,瞬间的等离子体形成,通电状态的穿甲杆也是事实存在的,因此,所受的电磁力主要不是剪切材料而是外“推”穿甲杆,在这种假设条件下,计算数值会有一些偏差。另外,对于射流或者穿甲杆而言,其受到的作用机理是复合的。例如射流,电磁力、不稳定性以及欧姆加热是共存的,限于能力水平并未耦合计算,仅以主要作用力为抓手而展开分析。

在本书的编写过程中，有些引用的资料查无出处，其作者也无从可知，对他们默默无闻的无私奉献表示诚挚感谢！感谢防护领域的泰斗周丰峻院士在百忙之中详细阅读了书稿，并给予高屋建瓴的指导，提出很多宝贵意见，在此向周院士表示衷心的感谢！

限于这项技术的超前性和笔者的水平与能力，书中错误在所难免；恳请读者提出宝贵的批评意见和建议，如能起到点滴抛砖引玉的作用，将不胜欣慰。

胡金锁

2015年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 反装甲武器威胁分析	1
1.1.1 探测识别装备	2
1.1.2 攻击机	3
1.1.3 非制导反坦克弹药	5
1.1.4 精确制导反坦克弹药	8
1.2 装甲车辆防护技术发展概述	17
1.2.1 装甲车辆隐身技术	18
1.2.2 主动防护技术	25
1.2.3 装甲防护技术	32
1.2.4 二次效应防护技术	40
1.3 电磁装甲及其分类	43
1.3.1 主动电磁装甲	44
1.3.2 被动电磁装甲	46
1.4 国内外电磁装甲研究现状	48
1.4.1 国外研究现状	48
1.4.2 国内研究现状	53
1.5 本书主要讨论的内容	54
第2章 电磁装甲作用机理	56
2.1 被动电磁装甲	56
2.1.1 作用机理概述	56
2.1.2 力学模型的建立	59
2.1.3 基于欧姆加热原理的被动电磁装甲理论	65
2.1.4 金属射流不稳定性分析	72
2.2 线圈感应式主动电磁装甲	83
2.2.1 射弹拦截器的发射原理	83
2.2.2 工作过程中的基本假设	86
2.2.3 射弹拦截器的机电模型建立	87

2.3 磁场重接式主动电磁装甲	92
2.3.1 磁场重接式主动电磁装甲所采用的技术	92
2.3.2 重接式电磁发射装置的类型及性能分析	93
2.3.3 电感储能磁场重接式主动电磁装甲	97
2.3.4 电容储能磁场重接式主动电磁装甲	98
2.4 本章小结	99
第3章 电磁装甲的理论计算与数值模拟	101
3.1 被动电磁装甲理论计算和数值模拟	101
3.1.1 推导穿甲杆节点位移和转角的表达式	101
3.1.2 求解实例	111
3.1.3 射流汽化分析	122
3.1.4 射流不稳定性求解与仿真	124
3.2 线圈感应式主动电磁装甲射弹拦截器磁场及电磁力计算	128
3.2.1 发射线圈的磁场	128
3.2.2 单匝圆线圈磁场单积分法	133
3.2.3 发射线圈磁场计算	135
3.2.4 电磁力	139
3.2.5 电磁力计算	141
3.3 拦截板动力学的数值模拟	145
3.3.1 电磁场的数值模拟	145
3.3.2 用2D瞬态磁场分析射弹拦截器的磁场和受力	151
3.3.3 数值模拟结果分析	153
3.4 磁场重接式主动电磁装甲计算与数值模拟	154
3.4.1 磁场重接式主动电磁装甲运动过程的本质分析	154
3.4.2 磁场重接式主动电磁装甲的运动方程	155
3.4.3 线圈内的磁场分析	159
3.4.4 发射体内的涡流	160
3.4.5 磁场重接式主动电磁装甲的磁场数值模拟	166
3.5 本章小结	168
第4章 实例分析	170
4.1 可储能电磁装甲	170
4.1.1 可储能电磁装甲工作原理	170
4.1.2 可储能电磁装甲机理分析	177
4.1.3 可储能电磁装甲模块原理试验	188
4.2 磁场重接式主动电磁装甲的缩比试验研究方法及其性能分析	196

4.2.1 磁场重接式主动电磁装甲的试验设计·····	196
4.2.2 磁场重接式主动电磁装甲的性能仿真研究·····	198
4.2.3 磁场重接式主动电磁装甲系统的测试·····	201
4.2.4 磁场重接式主动电磁装甲的试验研究·····	204
4.2.5 双列板状发射体磁场重接式主动电磁装甲的仿真研究·····	213
4.3 本章小结·····	216
参考文献·····	217
主要符号表·····	224

第1章 绪 论

装甲车辆由于集火力、防护和机动性于一体，近百年来一直是陆军的主战装备之一，享有“陆战之王”的美称。随着反装甲武器性能的提高和武器智能化的发展，以及现代化战争特别是城市作战对装甲车辆提出的快速部署要求，轻量化、轮式化、全电化将是未来装甲车辆发展的必然趋势。

所谓全电战车，就是指具有电推进系统（电传动装置）、电磁武器系统、电磁装甲的全新装甲战车。一般认为，在全电战车的几项关键技术中，电推进系统已经接近成熟，可能率先应用到装甲战车上；其次将是电热炮和电磁炮（包括高功率微波武器和高功率战术激光武器）为代表的复合型电磁武器系统；最后才是技术难度最大的电磁装甲。因此，电磁装甲作为未来全电战车的一项重要防护技术，越来越受到各国的重视而竞相研究。在下面的章节里，我们用一定篇幅来回顾一下装甲车辆面临的威胁和防护发展史，旨在让读者清晰地理解装甲车辆与攻击武器相生相克的发展历程、发展趋势，以及电磁装甲技术在防护体系中所处的位置。

1.1 反装甲武器威胁分析

以主战坦克为核心的装甲车辆具有实施全域机动、火力引导与打击、快速占领、地域控制等遂行多样化军事任务的独特优势，是未来联合作战中不可替代的地面突击力量。自从装甲车辆出现以来，随着装甲兵指挥作战理论的创新发展和装甲车辆防护技术的不断进步，装甲车辆在作战过程中具备与反装甲武器抗衡的能力，两者之间基本处于矛盾平衡发展状态。然而进入20世纪90年代后，信息化探测识别装备以及精确制导武器的快速发展，逐渐打破了这一平衡局面，装甲车辆面临着日趋严峻的威胁环境。目前，各国都致力于建立空地一体，远、中、近相结合的反装甲火力系统。军事发达国家拥有高精度的探测识别装备，装备性能先进的武装直升机、攻击无人机和地面反装甲武器，拥有强大的空中、地面反装甲火

力,可以构成完整高效的空地结合、远中近结合、直瞄射击与超视距射击结合的反装甲火力配系。各种反装甲武器可在全天候、全时域使用,实现对地面装甲目标的致命毁伤。本节系统介绍当前反装甲武器威胁的总体情况,便于读者更加深刻地理解装甲车辆防护的必要性和紧迫性。

1.1.1 探测识别装备

装甲车辆在未来战场上面临着立体化、全方位的探测与识别威胁,主要包括天基、空基和陆基探测识别装备。各种探测识别装备利用自身的“大气窗口”实现对目标的探测识别。

红外“大气窗口”对应的电磁波主要是中红外 $3 \sim 5\mu\text{m}$ 波段、远红外 $8 \sim 14\mu\text{m}$ 波段,各个波段的特性及用途如表 1-1 所示。其中,空基、陆基红外探测装备中,工作在 $8 \sim 14\mu\text{m}$ 频段的占 90% 以上,空间分辨率可达到 $0.15 \sim 2.0\text{mrad}$,温度分辨率可达到 $0.1 \sim 0.3^\circ\text{C}$; $3 \sim 5\mu\text{m}$ 频段的探测装备很少,空间分辨率可达到 2.0mrad ,温度分辨率可达到 0.3°C 左右。

表 1-1 “大气窗口”对应的红外波长、特性及用途

波长/ μm	特性和用途
0.3~1.3	包括全部可见光、部分紫外、部分近红外波段,目标反射光谱,适于照相和扫描侦察,广泛用于侦察
1.4~2.5	近红外波段,目标反射光谱,有时被制导武器利用
3~5	中红外波段,可用于目标的反射和辐射光谱
8~14	远红外波段,目标热辐射波段,利用广泛

雷达波“大气窗口”对应的频段主要在 I 波段(波长 $3 \sim 4\text{cm}$, $8 \sim 10\text{GHz}$)、X 波段(波长 3cm , $8 \sim 12\text{GHz}$)、J 波段(欧标,波长 $1.5 \sim 3\text{cm}$, $10 \sim 20\text{GHz}$)、Ku 波段(波长 2cm , $12 \sim 18\text{GHz}$)、Ka 波段(波长 8mm , $30 \sim 40\text{GHz}$)、W 波段(波长 3mm , $90 \sim 100\text{GHz}$)。针对探测识别装备利用雷达波段较多的情况,梳理分析了 37 种典型空基和陆基雷达(含双频雷达),各工作频段的占比如图 1-1 所示。

由图 1-1 可见,空基和陆基雷达探测装备的工作频段主要分布在 $8 \sim 12\text{GHz}$ 、 $10 \sim 20\text{GHz}$ 、 $30 \sim 40\text{GHz}$ 和 $90 \sim 100\text{GHz}$,占比分别达到 37.5%、22.5%、20% 和 12.5%。因此,这 4 个频段是装甲车辆的主要探测识别威胁频段。

装甲车辆在未来战场上除面临电磁频谱探测识别外,还面临着声波、磁信号、振动信号探测识别设备的威胁。声波、振动信号探测识别设备的工作频段为 $50\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$,磁场频率一般为 $3 \sim 60\text{Hz}$ (强度为 $41 \sim 42\text{A/m}$)。

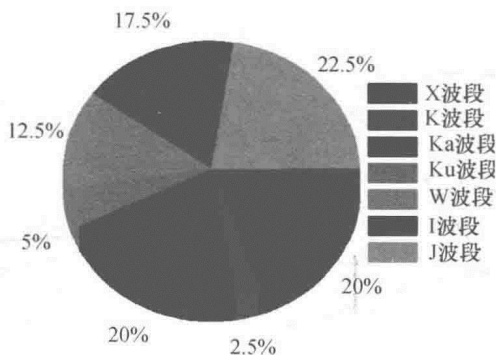


图 1-1 空基和陆基雷达探测装备工作频段分布

1.1.2 攻击机

攻击机主要用于低空、超低空突击敌战术或浅近战役纵深内的目标，攻击坦克集群、战场上的活动目标及重要的火力设施，为地面部队扫除障碍。目前现役典型攻击机包括美国的 A-10、俄罗斯的苏-25、英法的“美洲虎”及中国的强-5等。其中，A-10 攻击机在海湾战争中一战成名。海湾战争中，美军出动 136 架次 A-10 攻击机和 12 架次 OA-10 导引攻击机，消灭了 987 辆坦克、926 门火炮、501 辆装甲车辆、1106 辆其他采用车辆等。这里，以 A-10 攻击机为例分析攻击机对装甲车辆的威胁。

1. 机载武器

A-10 攻击机战时典型外挂方案为：28 颗 MK-82 或 6 颗 MK-84 激光制导炸弹、8 颗 900kg 炸弹、8 颗 BLU-1 或 BLU-27/B 燃烧弹、4 个火箭发射器、20 颗“石眼”Ⅱ子母炸弹、6 枚“小牛”导弹和 2 枚 AIM-9E/J“响尾蛇”空空导弹、GAU-8/A“复仇者”七管 30mm 口径卡特林机炮等。

“小牛”系列导弹是在基型 AGM-65 的基础上不断改进发展而来，共有 A、B、C、D、E、F、G、H 等型号。最大射程为 22.5~43.4km，最小射程 0.6km，最大速度 1.2Ma，弹长 2.49~2.6m，弹径 0.3m。各型导弹的区别在于导引头：A、B 型采用电视导引头；C、E 型采用半主动激光导引头，与 AN/AAS-35 激光搜索和跟踪系统配合使用；D、F、G 型采用红外成像导引头；H 型为主动毫米波雷达导引头。

MK20“石眼”Ⅱ反坦克子母炸弹是一种大面积反坦克子母弹，主要用于攻击面状分布的装甲目标和人员。该弹内装 247 枚 MK118 型双用途子炸弹，在 152m 高度投掷可杀伤 4800m² 内的目标。子弹高速冲击装甲目标顶部，可击穿 50~80mm RHA。