

【武器装备】

坦克装甲车辆的多频谱隐身技术分析

周光华,周学梅

(中国兵器工业第59研究所,重庆 400039)

摘要:分析了坦克装甲车辆的战场威胁和未来战场对坦克装甲车辆的多频谱隐身需求,论述了隐身材料国内外研究现状、差距,以及国内坦克装甲车辆多频谱隐身技术研究进展。提出了坦克装甲车辆隐身材料的发展思路 and 方向。

关键词:坦克装甲;多频谱;隐身材料

中图分类号:E919

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)09-0045-03

在未来战争中,信息获取与对抗取得战争的主动权至关重要。使用隐身技术能减少武器装备和人员的信号特征,提高信息反获取能力,从而提高武器系统和人员在战场上的生存能力。地面武器装备隐身技术的发展,关系到未来战争中地面武器装备在作战效能的发挥和战场生存能力等重大问题。坦克装甲车辆在战场上可能同时经受可见光、红外、激光和雷达等多频谱、多波段侦察观瞄仪器的观测。仅采用对抗单一频带的隐身材料是远远不够的,能够对抗多种探测仪器的多频谱隐身材料才能满足其隐身的需要。

为了抗衡未来战争中先进侦察系统和精确打击系统的威胁,坦克装甲车辆采用多频谱隐身材料技术是一个行之有效的重要手段。因此,多频谱隐身材料也是隐身技术发展的重要方向。

1 坦克装甲车辆的隐身需求分析

1.1 战场威胁分析

地面武器装备受到来自无人机监视雷达、直升机跟踪雷达与红外成像、机载激光搜索与测距、陆基战场厘米波监视雷达,以及反坦克导弹的毫米波/红外成像制导等多方位的准确识别与精确打击^[1],战场威胁如图1所示。

目前,光电探测技术已实现高空间分辨率立体成像、超光谱成像和图像与光谱的融合处理技术。通过判读和解析,对目标进行精确定位和识别,如机载可视和红外成像系统对目标的空间分辨率可达到0.1 mrad,温度分辨率0.1℃,并实施全天候跟踪;雷达成像的空间分辨率可达到0.15 mrad,强度灵敏度-100 dBm,搜索、探测、辨别、选择和攻击目标能力均大幅提升;激光制导炸弹因其低空下的

高精度制导特性而受到重用,已对地面武器装备的战场生存力构成了严重威胁。

早期地面装备隐身技术以防光学、红外成像识别和防毫米波雷达制导为主,通过隐身材料技术的应用,起到了显著的隐身效果。随着先进探测与制导技术的频段拓宽和精度提高,地面武器装备的隐身防护技术需要不断更新,才能实现侦察与反侦察技术的平衡发展。

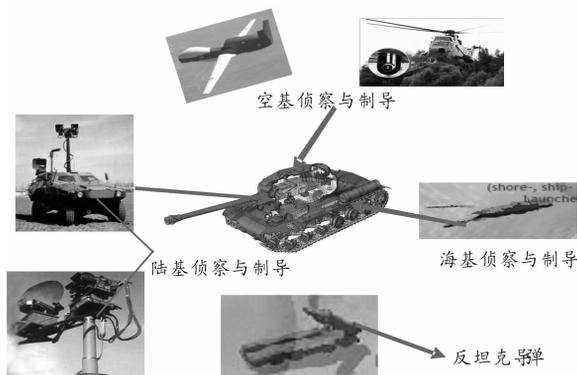


图1 地面装备的战场威胁分布

1.2 隐身需求分析

目前,从总体上说坦克装甲车辆没有进行雷达隐身设计,即使有的涂装了隐身涂料,使得坦克装甲车辆有一定的隐身性能,但是远远不能满足未来战场的需求。

新一代坦克装甲车辆的隐身需求主要在光、电、热信号特征降低幅度方面^[2]。防毫米波制导、防厘米波侦察及光学、红外成像,并有针对性实现激光隐身防护,在主要威胁角上的辐射(散射)强度减缩至与背景相一致

坦克装甲车辆的外形尺寸在5 m以上,结构复杂,强散

收稿日期:2010-06-10

作者简介:周光华(1966—),男,四川蓬溪人,工程师,主要从事隐身材料研发及工程化应用。

射源和热辐射源分布在各威胁角内。车体四周大平面、上装部位的车长镜、车长门、动力舱、炮塔等部位形成的腔体、二面角和多面体,在电磁波威胁范围内均为强散射(辐射)源,目标特征显著,形成的 RCS(LCS)峰值及车体表面的高红外辐射强度,是光电探测系统发现并识别目标的主要特征信号。隐身材料是实现峰值抑制和改变红外辐射强度空间分布的有效技术途径。

2 隐身材料技术国外研究现状

英国 ATC 公司在多频谱隐身材料研究中,将材料电磁参数、频段、入射角、偏振、反射水平、重量、厚度、力学性能等作为优化参数,采用 AGATE、FE2D、EMMA FSS 和 1D RAM 多种隐身结构设计方法,通过网状结构、多层纤维织物结构和电磁复合吸收剂的一体化设计,形成 LAO/LA1&LA4 系列宽频隐身涂料和 Salisbury 吸波织物等,如图 2 和图 3 所示。吸波频段覆盖 S,X,Ku,Ka 和 W mm/cm 雷达波段,面密度在 1.5 kg/m^2 以下,充分兼顾了材料的力学性能,达到宽频隐身性能下的良好使用性能^[3]。

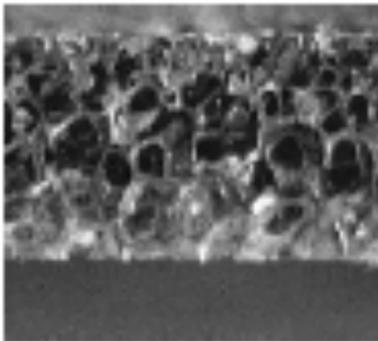


图 2 多层网状结构

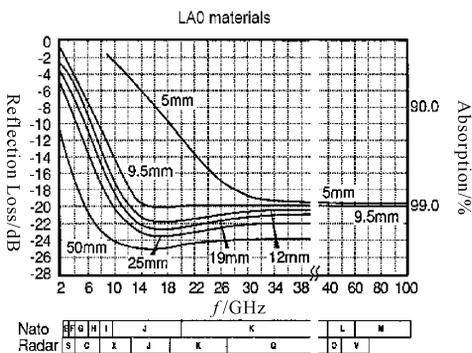


图 3 宽频吸波特性

国外隐身材料技术的先进性体现在多电磁波传输路径下的特殊功能结构设计和新型功能填料技术,通过单一频段下隐身性能的有效性和多频段下隐身性能的匹配性来实现宽频隐身功能,形成系列隐身材料产品和成套应用

设计方法^[4]。

应用低红外发射率材料,将装备上的辐射传热通过反射,降低外表面温度,形成低的目标辐射特征信号与背景融和,如图 4 所示。

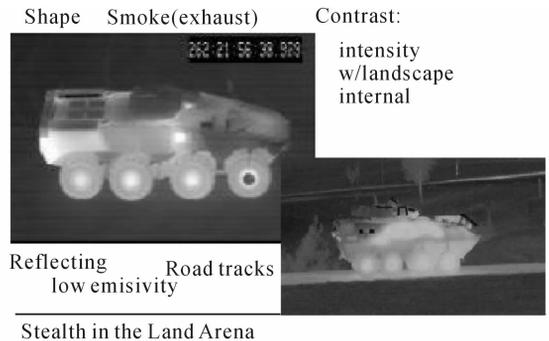


图 4 红外低发射率设计

对于装备在作战状态由发热部位、灰尘、泥土和开火时的气浪形成的热辐射区域,采用低发射率涂层技术已达到隐身效果,必须通过外形结构改进和隐身材料的综合应用,抑制目标在动态下的辐射强度。如采用橡胶裙板遮蔽负重轮,改变排烟管位置和实施冷却技术等。

3 隐身材料技术国内研究现状

在对坦克装甲车辆的隐身性能测试中发现,当车体或部件等强散射源与电磁波构成垂直入射或在偏离垂直入射的某夹角范围内,形成的 RCS 峰值较高,在雷达成像上呈现出显著的亮斑而易被发现和识别。目前,国内坦克装甲车隐身技术已经从几个方面开展了研究,并取得了一定效果:

1) 在雷达隐身技术中,针对强散射源,应用外形设计,通过改变车体四周大平面、地面的夹角和部件外形,在局部方位角下与入射雷达波构成大倾角,具有显著的 RCS 减缩效果,

2) 国内地面武器装备的隐身防护以隐身材料为主,频段设计为光学、红外和毫米雷达波。其中,涂层材料由于能兼顾隐身性能与防腐性能、不影响装备的机动性而得到广泛使用,已初步形成系列化隐身涂料^[5]。在强散射源部位使用吸波材料后,通过对雷达波的吸收和散射,能将 RCS 峰值大幅降低,在宽角域电磁波威胁下,发挥外形设计所无法替代的隐身效果。

3) 在光学、红外隐身方面,地面装备的周期性热辐射变化特性和外形与背景迥异,热辐射的微小差异成为高精度红外热成像对目标进行识别跟踪的重要依据。通过材料低发射率变形热迷彩技术和吸热/贮热技术,降低目标红外辐射强度,改变目标表面红外温度空间分布,实现装备热变形性和与背景的融合^[6]。

4) 在激光隐身方面,通过材料或结构技术,实现对激

光的高吸收和干涉,在主要威胁角内降低激光散射截面积,实现激光搜索系统对目标的低探测性。

4 隐身技术国内与国外的差距

隐身材料国内与国外的差距:

1) 隐身材料品种少,不能满足武器装备的多频谱隐身需求。通过隐身性能对比测试发现,在毫米/厘米雷达波段,对装备 RCS 减缩的贡献不能完全实现对 RCS 峰值的抑制;红外热迷彩斑块的发射率梯度差小,在远距离成像下的热迷彩变形性不明显。此外,在同一涂层材料中难以实现激光与红外隐身兼容,已不满足武器装备针对激光和厘米雷达波的宽频隐身需求。

2) 重功能填料技术,在结构/功能填料一体化匹配设计上缺乏创新性技术思路,难以实现多频谱隐身兼容^[7]。国内多频谱隐身涂料的吸波性能依赖于吸收剂的介电损耗和磁吸收,在波长较短的 Ka, W 毫米雷达波段,在较低面密度下可实现雷达吸波功能,涂层的力学性能满足在装备上的使用要求;在波长大于毫米雷达波 4 倍的 X, Ku 波段,采用增加吸收剂用量拓宽吸波频段,在涂料颜基比不断增加同时,涂层的力学性能大幅降低,出现开裂问题,无法满足在装备上的使用性能。

激光的作用频段与红外波段接近,通过对入射激光的吸收和耗散,实现装备激光散射截面积(LCS)的减缩,达到低可识别性,是激光隐身的主要技术途径,但与通过高反射实现红外隐身构成矛盾。采用对涂层功能的分区来实现激光与红外隐身的匹配,只能部分实现激光和红外隐身性能,难以从整体上对装备的宽频隐身性能进行提升。

3) 装备隐身防护技术路径单一,隐身材料系统集成化程度低。国内装备在隐身防护设计中,对材料电磁特性与装备隐身性能的拟合尚未形成系统性设计方法,采用以隐身涂料为主的单一技术路径难以同时兼顾多频谱下的高强隐身性能,与国外多种隐身材料的综合应用相比较,技术手段已显著落后,制约了装备的隐身化进程。

5 发展思路与方向

5.1 发展思路

针对激光、光学、红外、毫米/厘米雷达波的探测与制导威胁,开展多频谱隐身材料新技术、新方法研究,实现材料隐身性能的“宽”和“强”^[8-9];依托目标特征信号测试与验证技术平台,突出坦克装甲车辆的隐身结构/材料集成化应用设计,推动地面武器装备隐身化进程。

5.2 发展方向

1) 高损耗吸波材料技术。将电磁波损耗由吸收剂单一作用扩展到结构/功能填料一体化,实现电磁波多路径衰

减;以涂层、吸波结构件、模块化贴片等形式应用于装备的不同部位,其力学性能满足耐候、高低温、振动等使用要求。

2) 红外隐身材料技术。采用梯度差红外发射率技术,通过相同发射率下的小迷彩图案大红外斑块设计,改变目标表面的光学伪装和热红外温度空间分布,实现在远距离和高分辨率热成像精确识别状态下,目标外形的显著改变和与背景的融合,降低装备的被识别概率。

3) 激光/光学/红外/雷达吸波多频谱隐身材料在装备上的集成应用技术。开展装备附形隐身材料的激光、光学、红外、雷达建模与仿真设计技术研究,将材料电磁参数、频段、入射角、偏振、反射水平、重量、厚度、力学性能等作为优化参数,通过单一频段下隐身性能的有效性和多频段下隐身性能的匹配性来实现宽频隐身功能,形成系列隐身材料产品和成套应用设计方法。

4) 基于仿生学的自适应隐身材料技术。开展与植被、岩石、砂土等典型地物背景具有相似光谱反射特性、相似变形迷彩图案和周期性热辐射变化特性的变色、控温,以及发射率可调的自适应隐身材料研究,实现装备与背景目标特性的自适应融合。

参考文献:

- [1] 胡传炳. 隐身涂层技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2004:25-98.
- [2] 王宏. 作战平台的光电隐身技术[J]. 光电技术应用, 2003,71(3):19-21.
- [3] A. T. 阿列克谢耶夫. 隐身技术的物理学基础[M]. 北京:兵器工业出版社,2002:75-104.
- [4] O. A. D'yakonova, Yu. N. Kazantsev. Broadband Radio Absorbing Structures with Small Reflection Coefficient [J]. Electromagnetics, 1997,17:89-103.
- [5] 邱贞慧,彭著良. 现代伪装涂料的研究进展[J]. 表面技术,2005,34(1):6-7.
- [6] 毫米波-厘米波兼容热红外等多频谱隐身复合材料//冶金工业部钢铁研究院[P] 国防专利,97109454 纳米磁性金属.
- [7] 微粉雷达波隐身涂料及其制备方法//中国人民解放军第二炮兵工程学院[P] 国防专利,03105638.
- [8] 邱华,张小华. 纤维吸收剂型吸波涂层的匹配厚度研究[J]. 表面技术,2009,38(5):53-54.
- [9] 刘秀蓉,刘艳琳,沈远香. 隐身技术及发展趋势[J]. 四川兵工学报,2009,30(3):107-109.