

环境适应性设计与分析

装甲车辆环境适应性研究体系

李玉兰, 董素荣, 刘瑞林

(军事交通学院, 天津 300161)

摘要: 为解决装甲车辆环境适应性相关研究所涉及各领域之间有效沟通不足的问题, 从环境、环境影响效果和装甲车辆抵抗环境作用能力三方面进行了归纳, 对运用环境模拟以及环境适应性试验、仿真、评价和提高措施等研究领域关注的重点问题、现状和趋势进行了分析。形成了每部分各有侧重, 同时又相互交叉与支持的装甲车辆环境适应性研究体系。对装甲车辆环境适应性相关研究进行归纳形成体系, 便于不同领域之间加强沟通, 有利于解决装甲车辆发展与运用过程中的问题。

关键词: 装甲车辆; 环境适应性; 研究体系

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.04.017

中图分类号: TJ06

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)04-0082-05

Research System for Environmental Adaptability of Armoured Vehicles

LI Yu-lan, DONG Su-rong, LIU Rui-lin
(Military Transportation University, Tianjin 300161)

ABSTRACT: To solve the problem of effective communication shortage among various fields involved in environment adaptability studies of armored vehicles, the studies were generalized from three aspects, which were environment, environmental effects and armored vehicle resist ability against environmental effect. The focus problems, the situations, and the trends were analyzed for each field, including applying environmental simulation, environmental adaptability test, simulation, and evaluation, and also improving measures. An environmental adaptability research system for armored vehicle was formed, with each part focusing on different aspect, and at the same time, intercrossing and supporting each other. Forming system by generalizing environment adaptability studies of armored vehicles was convenient for strengthening communications among various fields, which was beneficial for solving problems about development and application of armored vehicles.

KEY WORDS: armored vehicle; environmental adaptability; research system

在现代高技术战争背景下, 装甲车辆运用过程中, 所处环境复杂多变, 恶劣的环境条件可能使其作战效能下降, 甚至功能完全丧失, 在允许的使用环境范围内也可能因环境条件的不同出现作战效果和效益的差别。为提高装甲车辆在各种环境的作战效能, 对相关问题的研究一直受到广泛重视, 但由于涉及专业领域较多, 各领域之间有效沟通不足, 影响了对实

际问题的解决, 为此文中对装甲车辆的环境适应性研究体系进行分析。

1 装甲车辆及其环境适应性

装甲车辆是“具有装甲防护的车辆”^[1], 在不同业务领域表述略有不同。根据最新版《中国人民解放

收稿日期: 2016-12-26; 修订日期: 2017-01-26

基金项目: “十三五”国家重点出版物出版规划项目

作者简介: 李玉兰 (1977—), 女, 河北高碑店人, 博士, 主要研究方向为车辆装备性能测试、仿真分析与评价。

《军事语》、《军事辞海》，以及近年来编纂的《国防经济大辞典》、《国防科技名词大典·兵器》等国内巨型辞书对装甲车辆的定义和详细解释，结合环境适应性研究的具体情况，对装甲车辆的表述为：用于遂行战斗或战斗保障任务，具有装甲防护的车辆装备。现有装甲车辆的主要类型如图1所示，随着军队机械化、装甲化和信息化程度的不断提高，装甲车辆的类型还将逐步增多。

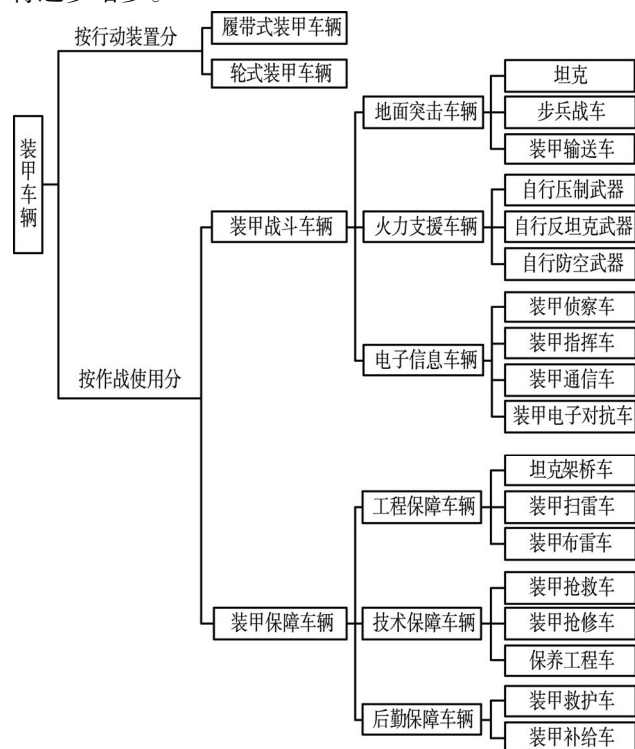


图1 装甲车辆的类型

装备环境适应性是“装备在其寿命期预计可能遇到的各种环境的作用下能实现其所有预定功能、性能和（或）不被破坏的能力”^[2]。装甲车辆的环境适应性与全寿命周期各任务剖面都有密切关系，作为六个通用质量特性之一^[3]，是通过论证明确目标和要求，依靠设计落实要求，通过定型固化，再通过使用过程中的保障使其得到保持和发挥。

装甲车辆环境适应性研究旨在解决装甲车辆全寿命周期各任务剖面中存在的与环境适应性相关的问题，通过结构或工艺的改进、防护措施的加强以及特殊装置的采用等技术措施来提高其环境适应能力，从环境适应性方面为装甲车辆型号设计、论证和定型等工作提供规范、标准的方法手段与技术途径，为使用阶段的保障工作提供理论依据与技术支持，并通过对在役装甲车辆的分析和总结，为新型号研制积累经验数据。

装甲车辆环境适应性研究对于装甲车辆的型号发展和运用过程中充分发挥效能具有重要意义，作为涉及多个领域、庞大而复杂的系统工程，加强各领域之间的沟通与合作，更有利于研究工作推动实际问题的解决。

文中尝试从环境、环境影响效果和装甲车辆抵抗环境作用能力三方面内容进行归纳，形成各部分相对独立又存在关联的装甲车辆环境适应性研究体系。

2 装甲车辆运用环境研究

装甲车辆在封存、停放、运输、机动、作战使用等运用过程中所处的环境称为运用环境。包括自然界中非人为因素构成的自然环境，以及人为活动、平台、其他设备或装甲车辆自身产生的诱发环境。

2.1 环境类型与环境因素研究

环境类型研究是探讨装甲车辆运用环境划分类型的方法，对自然环境和诱发环境的特点及装甲车辆所受影响进行总体描述。自然环境类型研究，目前主要是根据气候特征进行区域划分^[4]，在综合环境效应分析中需关注地面力学环境等多方面的特征。诱发环境类型研究，要关注的是装甲车辆预期遇到的电磁环境、诱发力学环境、信息环境等方面的新情况。

环境因素研究是分析各类型环境中是否存在独立、性质不同、变化规律不同的组成部分（即环境因素），分别研究各环境因素的特点和变化规律以及环境条件的表示方法。特定型号装甲车辆全面的环境因素研究，应区分全寿命周期各任务剖面的局部环境，对温度、沙尘和相对湿度^[5-8]、风、雪、雨、盐雾、霉菌、地面力学环境等进行分析。诱发环境因素研究重点是及时跟踪主动性、对抗性的人为诱发环境新动向，深入研究平台环境中的振动、冲击等诱发力学环境，以及自然环境与诱发环境的组合特点。

2.2 环境因素作用机理研究

装甲车辆环境适应性靠设计纳入，在制造中获得，并在平时良好保障中得以体现，材料（包括元器件、基本模块等）、关键敏感零部件及总成和分系统、整车构成了影响装甲车辆环境适应性的三级体系，其中材料是装甲车辆环境适应性的决定因素。环境因素作用机理研究，是确定材料样本的试验和分析方法，应探索单因素的影响机理、多因素综合效应，以及对其中各因素进行深入分析^[9]。

环境因素作用机理研究是一个相对独立的研究领域，其研究成果具有通用性。装甲车辆环境因素作用机理研究主要是对现有结论和试验方法的适用性进行分析，剪裁可用的内容，补充特有的环境因素作用机理。

2.3 运用环境模拟研究

装甲车辆运用环境模拟研究，是探讨再现装甲车辆运用环境的技术措施，或者人为强化、增加某些环境因素的技术措施。包括环境因素模拟原理、模拟装

置设备、多种环境因素复合效应模拟系统以及环境因素模拟参数控制等内容。

在实验箱、实验舱或实验间模拟环境因素,可以设置可控的、更为严苛的条件。自然环境模拟,在实验箱和小型实验舱内实现温度、湿度、光照等环境模拟比较简单,需要进行理论分析和系统设计的主要有:模拟沙尘环境^[10]以及大型舱室日照模拟^[11]、低气压模拟和温度动态调节控制^[12],还有温度、湿度等多种环境因素复合模拟^[13]。诱发环境模拟研究主要是再现电磁环境^[14]和振动环境^[15-17]。

在实际环境中,增加或强化某些特定的环境因素,可以模拟更恶劣、更复杂的环境条件。例如,利用太阳跟踪聚光装置或IP/DP箱实现对直接暴露试验中太阳辐射环境因素的加强,利用喷淋装置增加试件表面湿度等^[18];在自然环境中构建接近实战环境的复杂电磁环境,对主动、对抗最激烈的军用有意电磁辐射进行重点描述^[19]。

装甲车辆环境适应性试验中存在爆炸、强烈冲击等恶劣环境条件,在环境模拟中必须注意对安全隐患的消除和防护。例如,对锂电池等可能爆炸的元器件、装置,要求实验箱具有防爆功能^[20]。进行射击试验的综合环境适应性实验室,对于安全要求、场地条件和试验条件有很高的标准。

3 运用环境对装甲车辆的影响效果研究

运用环境对装甲车辆的影响效果,是指装甲车辆(及其关键敏感部件、总成和分系统)的结构、联接关系和性能受典型环境影响产生的变化程度及其与环境因素的对应关系。

3.1 环境适应性试验研究

装甲车辆环境适应性试验研究,是探讨在典型环境中进行装甲车辆试验的方法和程序,获得试验数据,并对试验数据进行处理,分析特定环境因素对装甲车辆的影响。

装甲车辆环境适应性试验研究包括:在现有试验标准的基础上,对试验技术和方法进行剪裁,形成具有操作性的试验大纲,并依此进行典型环境下的试验,根据试验结果评估装甲车辆对特定环境条件的适应性,例如整车大气暴露试验^[21]、气密性试验^[22]等;对不同模拟环境或模拟环境与自然环境下的试验数据进行对比,研究同一环境因素影响效果的关联性^[23];研究试验数据分析方法和影响效果评价方法^[24];在比较全面、充足的试验数据支持下,明确装甲车辆为适用于特定环境而应满足的要求,形成环境适应性试验标准。

一般来说,装甲车辆环境适应性试验会覆盖所有

的运用环境类型和主要环境因素,仿真可以减少试验的次数,但是装甲车辆在各种典型环境特别是自然环境下的试验仍必不可少。试验作为装甲车辆环境适应性评定的最终依据和对仿真等其他研究工作的数据支持不可替代。装甲车辆环境适应性试验在符合要求的实际环境或模拟环境中进行,然而,实际环境可重复性差,试验周期长,野外极端环境条件下试验和参量测试、数据分析处理都受到诸多限制,模拟环境成本高,加速试验可能导致影响机理失真。因此,提高试验结果的可信度,降低试验难度和成本,获取尽可能多的有效数据与信息,是装甲车辆环境适应性试验研究的目标,也使试验研究成为装甲车辆环境适应性研究的关键性内容,在工作量、工作周期、成本等方面都占有很大的比重。

3.2 环境适应性仿真研究

装甲车辆环境适应性仿真研究,是对装甲车辆工作过程中涉及的复杂数学模型和抽象物理模型进行数值模拟,把装甲车辆在实际环境中产生的环境效应以数值、图线或动画形式展示出来。以便分析装甲车辆效能或功能受到的影响,预测仿真对象的基本性能,进行多参数方案的研究与比较,实现结构参数和运行参数的优化。

装甲车辆环境适应性仿真研究最典型的应用是对发动机及其相关系统的仿真。例如,分析传热与工况、气温、气压的关系^[25];分析冷却系统性能影响因素及其相互影响关系^[26-30];建立增压器参数与工况及气压的匹配关系^[31];建立发动机内燃烧过程、油气混合过程的中间参数^[32];研究缸盖^[33]等发动机零部件振动仿真模型的振动参量与缸内燃烧特征参数的对应关系;分析发动机与辅助系统之间的联动关系和相互影响^[34];实现各激励载荷的单独作用,计算机体的振动响应及传递特性^[35]。

对装甲车辆主动悬架系统工作过程^[36-38]的仿真用于分析悬架参数对整车平顺性的影响,目前的振动激励主要是采集的路谱或仿真生成的道路模型,还没有与实际的地面力学环境紧密联系起来。

对装甲车辆空投着陆过程的仿真分析,可以分析内部零部件承受的振动、冲击等实际试验中难以测量的参量,分析振动与冲击的传递特性和对相关零部件、总成和分系统的影响,进行车架^[39]等结构的优化设计。炮塔振动仿真可以分析炮塔振动的影响因素,还可以分析对装甲车辆行驶平顺性和乘员的舒适性、战斗力以及车载设备稳定性和可靠性的影响^[40]。

4 装甲车辆抵抗环境作用能力研究

装甲车辆抵抗环境作用的能力,可分为三个层

次:在典型环境中装甲车辆零部件、总成、分系统和整车不发生外观和性能的变化;发生变化但不影响作战效能或功能;作战效能下降或功能丧失的程度在可接受的范围内。装甲车辆不同的零部件、总成和分系统,根据它们在作战中发挥的作用和效能下降、功能丧失对整车效益的影响,可分别以上述三个层次之一作为能力要求,并依此确定抵抗环境作用能力的评判准则。

4.1 环境适应性评价研究

装甲车辆环境适应性评价研究,是确定装甲车辆抵抗环境作用能力的评判准则和评价方法,将试验与取得的数据等信息综合分析、判断,并对环境适应性要素做出决策。

运用环境中产生综合的长期缓慢累积性破坏效果的主要是振动、冲击的累积损伤以及盐雾、霉菌等的腐蚀。其特点是相关环境因素作用时间长,作用效果特征信息复杂,需要对装甲车辆抵抗环境作用能力的评判准则和评价方法等相关问题进行研究。例如,对发动机振动状态大样本数据建立振动状态综合评价函数,进行振动状态综合评价研究^[41];通过模拟计算考察气缸盖与气缸体等重要零部件的强度、刚度、耐久性和疲劳特性^[42];发动机环境适应性综合评价体系研究^[43];构建发动机使用环境因素指标体系,并确定权重,计算发动机在不同使用环境下的实际摩托小时消耗;定量评价机动平台的振动,找出影响振动定量大小的主要因素^[44—45];评价多次着陆冲击作用下的结构累积损伤^[46]。

运用环境中电磁环境的短时快速破坏及对功能的影响,其特点是相关环境因素作用时间短,作用效果特征显著,装甲车辆抵抗环境作用能力的评判准则和评价方法相对简单。

4.2 提高装甲车辆环境适应性的措施研究

提高装甲车辆环境适应性主要从设计中进行结构和工艺改进、加装辅助装置以及使用过程中良好保障三方面着手。使用过程中的保障工作主要依据装甲车辆的保障要求和实际保障经验实施,设计中进行结构和工艺改进、加装辅助装置,则要通过装甲车辆关键敏感部件、分系统或整车新工艺、新设计的环境适应性试验数据或仿真结果的分析^[47—51],明确结构改进、降低或减缓环境影响设计的发展方向。例如,采用高原增压技术、高原燃烧优化技术、高原低温启动技术、高原热平衡控制技术及代用燃料和富氧燃烧技术^[52]等提高发动机高原环境适应性;采用性能优良的涂层等表面处理工艺提高零部件的防腐蚀^[53—56]、防霉菌能力;机械加工零件采用可减少应力集中的结构设计、优化各机件的联接方式提高抗振动和冲击能

力;采取电磁屏蔽和防护措施提高电磁环境适应性等。最终确定的技术措施是综合经济效益、军事价值等各方面因素而决定的。

5 结语

对装甲车辆环境适应性相关研究从环境、环境影响效果和装甲车辆抵抗环境作用能力三方面进行归纳,对运用环境模拟以及环境适应性试验、仿真、评价和提高措施研究领域关注的重点问题、现状和趋势进行分析,形成了每部分各有侧重,同时又相互交叉与支持的体系,便于加强不同领域之间的沟通,从而有利于解决装甲车辆发展与运用过程中的问题。

参考文献:

- [1] GJB 2397A—2004, 装甲车辆术语[S].
- [2] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
- [3] GJB 9001B—2009, 质量管理体系要求[S].
- [4] 张纬华, 韩志强, 窦守健. 军用车辆自然环境区划研究[J]. 装备环境工程, 2005, 2(5): 26-32.
- [5] GJB 282.1—1987, 装甲车辆环境条件 工作环境温度[S].
- [6] GJB 282.2—1987, 装甲车辆环境条件 贮存环境温度[S].
- [7] GJB 282.3—1991, 装甲车辆环境条件 沙尘极值[S].
- [8] GJB 282.4—1995, 装甲车辆环境条件 工作和贮存环境湿度[S].
- [9] 马志宏, 李金国. 湿热环境应力下产品失效机理分析[J]. 环境技术, 2006, 24(5): 31—33.
- [10] 马志宏, 李金国, 张景飞. 沙尘环境试验中颗粒沉降的数值模拟[J]. 环境技术, 2008, 26(1): 12—15.
- [11] 严寒, 张鸿雁, 王元. 日光模拟器对试验室内传热影响的数值分析[J]. 制冷与空调, 2008, 22(6): 29—33.
- [12] 李可, 庞丽萍, 刘旺开, 等. 环境模拟舱体的建模仿真及控制方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(5): 535—538.
- [13] 彭建兰, 田运普, 朱辉. 高温湿热模拟试验系统改造方案设计[J]. 节能, 2011(3): 63—65.
- [14] 阚德鹏, 贾翠霞. 复杂战场电磁环境模拟技术研究[J]. 中国电子科学院学报, 2009, 4(6): 598—600.
- [15] 延皓, 李长春, 张金英. 基于外部坐标测量的六自由度并联机构标定方法[J]. 兵工学报, 2013, 34(5): 649—656.
- [16] 姚建均, 富威, 胡胜海, 等. 步长参数对电液伺服振动台加速度谐波抑制的影响[J]. 兵工学报, 2010, 31(5): 631—635.
- [17] 姚建均, 王立权, 王贤成, 等. 基于人工神经网络的电液伺服系统加速度谐波辨识[J]. 兵工学报, 2009, 30(5): 633—638.
- [18] 陆启凯. 汽车气候老化试验技术[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2010.
- [19] 邵国培, 刘雅奇, 何俊, 等. 战场电磁环境的定量描述

- 与模拟构建及复杂性评估[J]. 军事运筹与系统工程, 2007, 21(4): 17—20.
- [20] 闫杰. 高低温湿热试验箱的防爆研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2013, 31(增1): 295—298.
- [21] 张晓东, 王俊, 揭敢新, 等. 汽车整车在海南湿热环境下的大气暴露试验研究[J]. 汽车工艺与材料, 2014(11): 40—43.
- [22] 付年. 整车静态气密性试验的分析及应用[J]. 企业科技与发展, 2011(19): 12—14.
- [23] 李鹏飞, 王鹏. 整车腐蚀与实验室加速腐蚀试验关联性设计[J]. 全面腐蚀控制, 2015, 29(6): 30—32.
- [24] 王永豪, 蔡元平. 汽车整车腐蚀试验主观评价方法的探讨[J]. 环境技术, 2014, 32(1): 6—9.
- [25] 赵以贤, 毕小平, 刘西侠, 等. 基于集总参数法的车用内燃机传热计算机仿真研究[J]. 内燃机学报, 2003, 21(4): 239—243.
- [26] 孙晓霞, 邵春鸣, 王国柱, 等. 高原车辆冷却系统参数化仿真研究[J]. 车辆与动力技术, 2015(1): 17—23.
- [27] 韩恺, 赵长禄, 张付军, 等. 基于一维CFD仿真技术的装甲车辆冷却空气系统设计[J]. 北京理工大学学报, 2010, 30(4): 415—419.
- [28] 剧冬梅, 孟红, 韩恺. 发动机及其冷却系统耦合仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(7): 1841—1844.
- [29] 冯建涛, 骆清国, 陈明飞, 等. 柴油机电控冷却系统性能仿真[J]. 装甲兵工程学院学报, 2009, 23(2): 33—37.
- [30] 毕小平, 王普凯, 刘西侠, 等. 环境温度和压力对坦克柴油机冷却空气影响的CFD仿真研究[J]. 内燃机工程, 2006, 27(4): 43—46.
- [31] 陈渝光, 吕红梅, 钱微, 等. 变海拔环境下的车用柴油机进气压力控制仿真研究[J]. 车用发动机, 2010(6): 63—66.
- [32] 高荣刚, 李国岫, 虞育松, 等. 高原环境对柴油机燃烧过程影响的仿真研究[J]. 兵工学报, 2012, 33(12): 1448—1454.
- [33] 刘建敏, 李晓磊, 乔新勇, 等. 柴油机缸内燃烧激励的振动响应机理研究[J]. 车用发动机, 2014(3): 59—65.
- [34] 郭猛超, 王宪成, 袁善勇, 等. 高原环境车用柴油机与辅助系统耦合仿真[J]. 农业机械学报, 2013, 44(7): 17—22.
- [35] 常丽, 杜宪峰. 基于虚拟样机的柴油机机体结构传递特性分析[J]. 车用发动机, 2014(3): 66—70.
- [36] 梁栋, 邓兆祥, 郝军, 等. ADAMS/Matlab 环境下车辆悬架联合仿真分析[J]. 现代制造工程, 2012(8): 71—75.
- [37] 张晓芬, 丛华, 晁志强, 等. 基于 ADAMS/Car 与 MATLAB 的液压主动悬架平顺性仿真研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2007, 21(1): 45—47.
- [38] 陈兵, 顾亮, 黄华. 履带车辆半主动悬挂计算机仿真研究[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(1): 7—11.
- [39] 谭军, 韩旭, 刘鑫. 某特种车空投着陆过程数值仿真分析与改进[J]. 包装工程, 2010(1): 57—61.
- [40] 刘全胜, 王帅帅, 高玉水, 等. 步兵战车炮塔振动仿真[J]. 兵工自动化, 2012, 31(12): 93—96.
- [41] 贾继德. 基于主成分分析的车用发动机振动状态综合评价[J]. 噪声与振动控制, 2010(3): 94—96.
- [42] 李相旺, 李欣, 张志明. 发动机部件强度和刚度评价及疲劳分析[J]. 计算机辅助工程, 2013, 22(增2): 44—47.
- [43] 王宪成, 何星, 胡俊彪, 等. 发动机环境适应性模糊评价研究[J]. 内燃机工程, 2013, 34(2): 88—91.
- [44] 余烽, 徐中明. 重型机动平台振动定量评价与分析[J]. 世界科技研究与发展, 2013, 35(5): 603—606.
- [45] 李传兵, 余烽, 雷应峰, 等. 全地域机动平台振动定量评价[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2009, 32(1): 17—20.
- [46] 李建阳, 王红岩, 芮强. 空降车着陆冲击累积损伤评估方法研究[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(1): 208—214.
- [47] 白鸿柏, 路纯红, 李冬伟, 等. 车用柴油机电控器金属橡胶隔振器设计与试验[J]. 噪声与振动控制, 2013, 33(5): 155—157.
- [48] 闫冬. 一种基于整车道路载荷谱的低成本零部件结构耐久性试验方法[J]. 上海汽车, 2010(7): 33—36.
- [49] 施杰, 伍晋, 张汝, 等. 一种基于整车道路试验的水箱新型试验方法[J]. 环境技术, 2014, 32(3): 16—20.
- [50] 田茂军, 朱红国, 黄德军, 等. 车用柴油机深度冷热冲击可靠性试验研究[J]. 内燃机与配件, 2015(7): 31—34.
- [51] 和穆, 王宪成, 张晶, 等. 工作环境对发动机本体热负荷的影响[J]. 装甲兵工程学院学报, 2010, 24(6): 32—37.
- [52] 刘瑞林. 柴油机高原环境适应性研究[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2013.
- [53] 梁志杰, 陈庆昌, 乔玉林, 等. 沿海地区装甲车辆车体防腐用新型粘料的研制[J]. 装甲兵工程学院学报, 2002, 16(1): 53—56.
- [54] 李建桥, 梁志杰, 乔玉林, 等. 防锈剂对两栖装甲装备溶剂型防锈油抗盐雾性能的影响[J]. 装甲兵工程学院学报, 2006, 20(6): 75—78.
- [55] 罗九林, 董原生, 郭金茂, 等. 两栖装甲装备腐蚀控制探讨[J]. 车辆与动力技术, 2006(3): 55—59.
- [56] 陈庆昌, 梁志杰. 两栖装甲装备新型防腐材料的研究[J]. 车辆与动力技术, 2003(1): 11—15.