

环境及其效应

车辆装备海上投送过程中的腐蚀问题探讨

徐安桃^{1a}, 张睿^{1b}, 张振楠^{1b}, 孙波², 李锡栋^{1b}, 周慧^{1b}

(1.军事交通学院 a.军用车辆系; b.研究生管理大队,天津 300161; 2.96274 部队,河南 洛阳 471003)

摘要: 介绍了车辆装备海上投送的重要现实意义及其面临的严峻腐蚀环境,分析了车辆装备海上投送腐蚀与防护及其相关领域的研究现状,指出了车辆装备海上投送存在的问题。结合具体的投送工具及装卸方式,对影响车辆装备腐蚀的因素进行了分析,并提出了相应的防腐蚀对策。

关键词: 海上投送; 腐蚀问题; 车辆装备; 防腐对策

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.10.013

中图分类号: TJ07; TG174 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2017)10-0069-05

Corrosion of Vehicle Equipment during Sea Delivery

XU An-tao^{1a}, ZHANG Rui^{1b}, ZHANG Zhen-nan^{1b}, SUN Bo², LI Xi-dong^{1b}, ZHOU Hui^{1b}

(1.Military Transportation University a. Military Vehicle Department; b. Postgraduate Training Brigade, Tianjin 300161, China; 2.Unit 96274, Luoyang 471003, China)

ABSTRACT: The important realistic significance and the severe corrosion environment faced by the vehicle equipment during sea delivery were introduced. The research status of vehicle equipment corrosion and protection in sea delivery and its related fields were analyzed. And the problem in sea delivery of vehicle equipment was pointed out. Combined with the specific delivery tools and the way of loading and unloading, we analyzed the factors which may cause the vehicles equipment corrode, and put forward the corresponding anti-corrosion methods.

KEY WORDS: sea delivery; corrosion; vehicle equipment; anti-corrosion methods

十八大以来,我国提出了建设“海洋强国”、“一带一路”等国家战略,标志着我国对海洋事业更加重视。为更好地配合这些国家战略,我军必须大力发展战略投送能力,只有这样才能更好地保护我国海洋利益以及海外利益。在所有的投送方式中,海上投送具有运输量大、运输距离长、成本低等优点,十分适合大规模输送部队作战力量以及后续支援力量。在美国的军事力量与供给中,约有90%~95%依靠海运进行部署,其强大的海上投送能力,也是美军在近几场局部战争中获胜的重要保障。因此,海上投送作为现代军事力量远程投送中最常用的手段之一,也是我军必须大力发展的重要投送方式。

在现代战争中,车辆装备在装备体系中扮演着重

要角色,它不仅是运输工具,更是重要的作战平台,还承担着提供火力支援、防空、指挥及控制等重要职能。车辆装备在海上投送过程中,长期处于空气湿度大、温度高、盐雾重的强腐蚀环境中,还可能受到强风、雨水、浪花飞溅以及持续干湿交替的影响而加速腐蚀。这些因素对车辆装备的性能会产生严重影响,甚至直接影响使用,因此对海上投送中的腐蚀问题进行研究十分有必要。

1 研究现状

从全球范围来看,在车辆装备海运防腐方面,尚未形成统一的标准,多数是以企业提出的技术规程为

主。在国内研究方面,多数研究偏重于某一材料或单一设备的海运腐蚀问题,对于整车的海运防腐研究较少。相关领域的腐蚀研究成果较为丰富,有着重要的参考价值,如汽车出口、航天设备海运、舰船平台等领域。

在汽车出口领域,王爱群等分析了出口商用车在存放与海运过程中易腐蚀的部位及原因,提出防护蜡生产厂提供的专业化、标准化的喷蜡服务可有效地对出口商用车提供防锈保护^[1]。在航天设备海运领域,王旭东等对航天器在海运和发射场期间的腐蚀风险进行了分析,提出了相应的防腐建议与措施^[2]。美国航天局与欧洲航天局为应对航天设备海运腐蚀问题,先后颁布了各类技术标准,增强了航天器与海运装卸的兼容性设计及防护措施,并针对航天器与运输装卸系统间的兼容性设计提出了建议措施^[3-4]。在舰船平台领域,张东林等对舰面设备的腐蚀环境进行了分析,列出了存在的腐蚀问题,并提出了舰面设备腐蚀工作的建议^[5]。骆晨等针对海洋环境下的飞机进行了研究,分析了影响飞机环境适应性的重要因素,介绍了飞机海洋环境适应性的研究现状^[6]。其中关于开展舰船平台的环境观测工作、开展环境参数实船测试对于车辆装备海上投送腐蚀研究意义重大。舰船平台的环境观测工作已成为美国等海洋强国装备研制的重要基础工作之一,且从20世纪开始,美国已开展了大量的舰载机材料、结构及设备的随舰暴露试验。

2 存在问题

2.1 设计考虑不足

长期以来,我国都遵循着本土防卫的战略思想,在装备设计制造方面,主要针对内陆气候环境,忽视了热带海洋环境等特殊环境^[7]。在车辆装备的设计、研制和论证阶段,并未充分考虑热带海洋环境等特殊环境下的防腐问题,缺乏明确的防腐性指标。因此,车辆装备在这些特殊环境下长期贮存和使用,极易发生腐蚀问题,直接影响到其可靠性以及战备完好性。

2.2 投送时间长

海上运投送量巨大但速度相对较慢,因此往往需要消耗较长时间。另外由于我国缺少海外军事基地以及海上预置力量,车辆装备只能通过部队集结、储存、装载、运输、卸载及配送等阶段,才能到达最终目的地。加之我军在海上运输船只方面存在数量不足、吨位较小、航速较慢等问题,更加延长了投送时间。这些投送环节往往发生在海港、海岛、舰船等较为恶劣的腐蚀环境中,极易引起腐蚀,影响车辆装备作战性能。美军拥有海外基地和海上预置中队,快速反应能

力很强,每个中队可在10 d之内,将载有1个陆战远征旅的装备和至少30 d的补给送达世界任何地区。尽管如此,车辆装备在预置状态下也处于严酷的腐蚀环境下,必须对其做一定的防护处理才能保证其完好率。

2.3 缺少数据积累及相关标准

我军目前车辆装备的海运投送任务较少,缺乏大规模车辆装备海上投送的经历,对车辆装备海运腐蚀问题还不够重视,且缺乏投送过程实际环境的数据、实车的实际环境暴露试验、实验室模拟实际环境的试验方法。另外,民用、航天设备领域海运腐蚀问题以及舰船平台腐蚀问题的研究虽然具有一定参考价值,但由于海上投送具有一定的特殊性,这些领域的经验并不能完全填补海上投送防腐的空白。

3 环境及腐蚀影响因素分析

海洋环境十分恶劣,其高温、高湿、高盐雾以及长日照等环境因素,给装备带来了极大考验。某海外电站项目的铝制设备经约40 d的海运后,表面出现了“白斑”,甚至出现大面积“粉末”。某型汽车整车出口过程中,经过港口仓储以及40~50 d的海上运输,汽车裸露的不锈钢件表面出现了较多锈迹或者锈斑^[8]。这些现象充分说明海洋环境带来腐蚀问题的严重性,许多装备都因此而发生质量下降的现象甚至损坏。由于车辆装备海上投送的环境复杂多样,不同的运输船只、装卸方式都可能改变车辆装备所处的环境,因此需要结合具体的投送方式,分析不同环境对车辆装备的影响。

3.1 根据投送工具分析

3.1.1 滚装船

一般来说,滚装船由于运输量大,采用滚上滚下的装卸方式,装卸效率高,是车辆装备最常用的运输方式。我军在实践中,曾利用滚装船完成部队远程投送任务。如图1所示,南空某防空团利用民用滚装船完成数千公里的部队建制投送。



图1 某防空团利用滚装船进行建制投送

在这种运输方式中,车辆装备最容易受到含盐离子、舱内温度、湿度等因素的影响。海洋大气中的盐离子含量很高,易在船舱内的车辆装备表面产生沉降。其中氯化物吸湿性强,易在表面形成湿膜,含盐粒子溶解则会使得液态水变为强电解质,具有较强腐蚀性,且具有侵蚀性的氯离子对一些具有自钝化特征的材料会产生严重的点蚀。

车辆装备在船舱内虽不受阳光直射影响,但高日照的海洋环境也会直接导致舱内温度升高,个别部位甚至可高达 50℃。高温环境不但直接影响金属材料腐蚀反应的进行,也可通过其他因素间接影响腐蚀^[9]。海洋环境下空气潮湿,舱内的相对湿度可高达 90%。极大的湿度导致金属表面会形成一定厚度的水膜,易形成电解液而发生电化学腐蚀,使得腐蚀速度增大。另外,舱内的高温高湿环境适宜霉菌生长,霉菌对车辆装备也会产生破坏作用,如使金属材料腐蚀,有机材料剥蚀和降解,影响电子元器件的性能等。

3.1.2 登陆船只

滚装船不具备登陆作战的能力,且由于吨位过大而可能不适用于某些港口。因此,在滚装船无法进行作业的条件下,尤其是进行登陆作战时,必须依靠登陆专用的船只来进行登陆作业。美军在利比亚利用登陆船只进行作业照片如图 2 所示。此时,车辆装备往往直接暴露在甲板上,还会受到阳光照射、海水飞溅、强风、降雨以及干湿交替的影响。



图 2 在利比亚作业的美军登陆船只

以南海为例,日照量最高可达 3200 kJ/(m²·h),总日照量为 24158 kJ/(m²·d)。在强日照的影响下,甲板温度甚至可高达 70℃。阳光中的紫外线可加速车辆装备有机涂层的老化,从而影响车辆装备的腐蚀。海水飞溅可直接导致装备表面产生强电解质,同时飞溅的海水在海风的作用下还会使盐雾增加而影响腐蚀。海风尤其是海上强风,会引起车辆装备产生机械振动,可能会导致应力腐蚀或疲劳腐蚀。干湿交替的产生有多种原因,飞溅的海水以及降雨是使得车辆装备表面湿润的主要途径。同时,车辆装备表面沉降氯离子的吸湿性强,且大气湿度大,也是使得其表面湿

润的重要原因^[9]。湿润的表面在阳光及海风的作用下,表面残留的水膜蒸发而变得干燥。干湿交替会导致金属表面盐浓度较高,从而影响金属材料的腐蚀速率^[10]。

3.1.3 船坞登陆舰、两栖攻击舰

船坞登陆舰、两栖攻击舰可装载各种车辆装备,还可搭载登陆艇、舰载机,并且具有一定的防空能力和补给能力,是两栖打击群的重要组成部分,在现代作战部队投送中有着重要作用。气垫登陆艇正驶入中国 071 型船坞登陆舰如图 3 所示,登陆舰的内部情况如图 4 所示。



图 3 071 型船坞登陆舰



图 4 071 型船坞登陆舰内部

值得注意的是,由于两栖作战群以及舰载机起降排放废气的影 响,大气中的 SO₂、氮氧化物等含量可能会有较大的提升。美军曾对航母甲板上飞机的蒙皮表面进行监测,发现其表面液膜 pH 值较低且含有 SO₄²⁻,且在针对该环境的模拟试验中,美军引入了酸性盐雾试验。这充分说明了舰船平台环境的特殊性,而酸性环境对车辆装备腐蚀可能起到相当的加速作用。

3.1.4 两栖车辆装备

两栖车辆装备也是现代军事行动投送的一个重要方式,可以方便地在登陆条件较差的地域进行人员装备的投送。我军某部组织的两栖战车登陆训练如图 5 所示,可以看出,两栖车辆在投送中会与海水产生长时间的直接接触。海水含盐量高,属于典型的电解质

溶液，加上浅层海水中的溶氧量很高，金属在其中会发生电化学腐蚀。另外海水中生物活性高、水温较高、流速较大，这些因素都会影响金属材料的腐蚀速率。



图5 05式两栖战车登陆训练

3.2 根据装卸载方式分析

3.2.1 泛水卸载

美军 M939 型 5 t 货车进行泛水卸载作业照片图 6 所示。采用泛水卸载方式时，车辆装备需要进行涉水上岸，会受到海水的直接侵蚀。飞溅的浪花中含氧量接近饱和，其对车辆装备的冲刷作用也会增加腐蚀速率。此外，海洋大气环境、阳光照射以及气候等因素也会直接影响车辆装备的腐蚀。



图6 美军 M939 型 5 吨货车泛水卸载

3.2.2 抵滩卸载

美国 AM-MACK 军车进行抵滩卸载作业照片如图 7 所示。这种卸载方式中，强风卷起的砂石可能会直接对车辆装备表面的涂层、保护膜起到破坏作用，



图7 美国 AM-MACK 军车抵滩卸载

削弱其对金属基体的保护能力。过大的载荷可能还会使车辆装备金属材料内部残余应力增大，产生应力腐蚀。风沙还可能使发动机过滤器堵塞，加速制动系统损坏。另外，沙尘与空气产生的静电最高可达 3000 V，对车辆上的电子设备也有破坏作用。

3.2.3 换乘过驳与机降卸载

换乘过驳卸载是在距岸滩一定距离的海区、港湾或外围岛屿，使用船吊、浮吊和浮动装卸平台等吊装机械，实施从大船到小船的过驳作业，再由小船进行登陆作业。机降卸载是指利用直升机在船岸之间或岸岸之间进行垂直吊装吊卸。美国军车进行的吊装作业如图 8 所示。在进行吊装作业时，除了受到自然因素的影响以外，还增加了人为因素影响，如吊钩可能与车辆装备发生磕碰，影响涂层质量，导致涂层提前失效。



图8 美国 Oshkosh 军车吊装

4 防腐对策

4.1 增强防腐蚀设计

在车辆装备设计论证阶段就充分考虑其环境适应性，提出相应的防腐蚀指标，并通过合适的防腐设计，降低车辆装备在海上投送过程中的腐蚀风险。如采用耐蚀的材料、结构，从根本上减小腐蚀危害；或者遴选合适的涂层，设计合理的涂层体系，选择合适的工艺来对金属材料进行有效的保护。

4.2 临时性保护涂料

临时性保护涂料包括各类防锈油、防锈脂、防锈蜡等，通过涂覆在装备表面起到一定的隔离作用，可对装备提供数月的临时性保护。采用防锈油及防锈脂时，虽然操作简便，但易产生漏涂现象，且风吹雨淋会导致防锈油脂的流逝，影响防腐蚀效果。采用防锈蜡时，虽然需要通过合理选用防护剂以及一定的工艺手段，但能有效避免上述问题，对车辆装备的防护效果较好。正因如此，该方法在汽车出口以及美军海运中已得到了运用。

4.3 整装封存技术

整装封存技术可高效快速地对车辆装备进行防护,已在外军军事仓储中已得到了充分应用。我军对此也开展了一系列研究,并取得了不错的效果^[11-12]。在车辆装备海上投送中,应注意选择合适的封存工作原理、封口形式以及装置结构,从而有效保护车辆装备。

4.4 腐蚀检测技术

在宏观腐蚀出现之前,腐蚀往往已经十分严重。因此应通过腐蚀检测技术,在宏观腐蚀产生以前,实时地掌握车辆装备的腐蚀状态。在各种检测技术中,应重点考虑现场测试方便、对装备无损的检测技术。从而提高车辆装备腐蚀的测试性,便于及时采取相应的防护手段。

4.5 新型防腐蚀技术研究

学习和引进国外先进技术,形成严格的规范,积极探索新材料和新技术在防腐蚀领域的应用。在防腐蚀研究方面,应开展对运输平台环境的现场测试,收集相关数据并加以鉴别,从中找出影响腐蚀的因素,建立环境谱。对材料、零部件、装备等开展实际暴露试验,研究其在实际投送过程中的腐蚀行为,积累相关的实验数据。最后还应加大对实验室模拟试验的研究,设计更加符合实际环境的腐蚀试验,提出相应的试验及测试标准。

参考文献:

- [1] 王爱群. 出口商用车的喷蜡防护技术[C]// 2012 全国防锈润滑包装学术交流会. 合肥: 中国表面工程协会防锈专业委员会, 2012: 1-6.
- [2] 王旭东, 张立伟, 张小红, 等. 海运及沿海发射期间航天产品的腐蚀风险与应对策略[J]. 航天器环境工程, 2015, 32(4): 451-456.
- [3] ECSS-Q-70-71A, Space Product Assurance: Data Forselection of Space Materials and Processes[S]
- [4] NASA SP-8104, Structural Interaction with Transportation and Handling Systems[S]
- [5] 张东林, 任建萍. 舰面设备海上环境防腐蚀研究[J]. 航天制造技术, 2001(1): 37-39.
- [6] 骆晨, 李明, 孙志华, 等. 海洋大气环境中飞机的环境损伤和环境适应性[J]. 航空材料学报, 2016, 36(3): 101-107.
- [7] 刘国孝, 刘国忠, 方晓祖, 等. 常规兵器在热带海岛地区腐蚀问题的探讨[J]. 兵器材料科学与工程, 2016(3): 131-134.
- [8] 冀晨超, 查三妹. 出口整车不锈钢零部件的防锈方法[J]. 企业科技与发展, 2012(14): 49-51.
- [9] 林臻, 李国璋, 白鸿柏, 等. 金属材料海洋环境腐蚀试验方法研究进展[J]. 新技术新工艺, 2013(8): 68-74.
- [10] 李海波, 陈惠. 提高恶劣环境下金属防腐性能[C]// 中国航天科工集团公司 2009 年应急救援装备论坛. 北京: 中国航天科工集团, 2009.
- [11] 陈祥军, 吴会博. 军用车辆装备整装封存技术研究[J]. 包装工程, 2013(7): 52-55.
- [12] 杨晋溥, 江鹏程, 冯辅周, 等. 装备封存用温湿度智能监控系统的设计与实现[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 51-56.