

南海大气环境对战术导弹结构可靠性的影响浅析

孙颀¹, 刘威²

(1.北京机电工程研究所, 北京 100074; 2.陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 针对海上部署的战术导弹使用环境条件, 分析了南海典型大气环境特点, 主要包括高温、高湿度、高盐雾、强光照等, 以及这些主要环境因素对典型战术导弹结构的作用效应和破坏模式, 重点研究了南海大气环境导致腐蚀等对于结构可靠性的影响。最后, 根据战术导弹结构的选用材料、结构形式等特点, 提出了采取合理结构设计、选用耐腐蚀材料、采取表面处理防护技术、采取腐蚀检测/监测技术、建立数据库等措施建议, 以期对提高南海地区导弹装备结构可靠性/耐久性提供参考。

关键词: 南海; 大气环境; 导弹结构; 可靠性; 腐蚀

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.04.013

中图分类号: TG760

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2019)04-0072-04

Influences of The South China Sea Atmosphere Environment on Structural Reliability of Tactical Missile

SUN Jie¹, LIU Wei²

(1. Beijing Mechanical-Electronic Engineering Institute, Beijing 100074, China; 2. Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: Based on the environmental conditions of using tactical missiles on the sea, this paper analyzed the characteristics of the typical atmospheric environment of the South China sea, including high temperature, high humidity, high salt-fog, strong light, etc., and effects and failure modes of main environmental factors on tactical missile structure and typical tactical missile structure. It focused on influences of corrosion in the South China Sea atmosphere environment on structural reliability. Finally, according to materials, structure and other characteristic of the tactical missile structure, it put forward suggestions such as application of reasonable structural design, selection of corrosion resistant material, adaptation of surface treatment of protective technology, corrosion detection/monitoring technology and establishment of database to provide references for improving the structural durability and reliability of missile equipment structure in south China Sea areas.

KEY WORDS: south China Sea; atmospheric environment; missile structure; reliability; corrosion

近年来, 海上威胁逐渐成为我国安全威胁的主要方面, 我国海军装备发展的重点就是具备封锁与反封锁和进入二岛链作战的能力, 具备一定的中远海作战能力, 以保护我国海上交通线的安全, 保护海洋权益不受侵犯^[1]。舰(船)载导弹(含舰载机挂载)已经

成为守卫海上和平的核心打击武器。南海地理位置特殊, 海域广, 而且环境条件在我国海域中最为严酷, 大气腐蚀性明显, 在南海大气环境条件下产品极易发生腐蚀。环境腐蚀往往随时间延长而加剧, 普遍会造成结构(特别是金属结构)性能下降, 提前发生失效,

收稿日期: 2018-10-25; 修订日期: 2018-11-28

作者简介: 孙颀(1978—), 男, 硕士, 主要研究方向为飞行器可靠性工程。

从而对导弹结构的可靠性产生极大影响,会严重影响装备的服役寿命,不仅增加维修、保障工作量,带来经济损失,还会严重影响武器作战能力,甚至酿成灾难性后果。

文中以典型战术导弹(舰/船载导弹)为对象,研究了南海典型海洋大气环境对导弹结构可靠性的影响,并有针对性地提出应对方法,以便在结构设计、使用及维护过程中提前采取有效措施,尽可能减少腐蚀性环境对导弹装备质量特性的影响,提升战斗力。

1 南海典型大气环境主要特点

南海大气环境状况复杂、条件极为恶劣。对导弹结构可能产生不利影响的主要环境因素包括:高温、高湿、高盐雾、强光照、霉菌、大风、大雨等。根据工程经验及研究分析,影响导弹结构可靠性的核心因素有高温、高湿、高盐雾和强光照(简称“四高”)[2]。

南海大气环境的最大特点之一就是高温、高湿,并且持续时间长,出现频率高。根据数据统计,南海日平均温度约 24℃,一年中超过 160 天平均温度大于 30℃,年均降雨量为 2044.5 mm,年均相对湿度约 85%[3]。如果导弹随舰(船)艇在热带(或夏季)执行任务,或遇到海洋暖流,那么高温、高湿情况就更严重。

南海大气环境的另一大特点就是高盐雾。海洋中的激浪及波浪冲击岩岸时,使飞溅的水沫成为悬浮的氯化物液体微粒,即盐雾,空气中的盐雾随着气象要素的变化而波动,过程错综复杂[4]。盐雾的颗粒质量通常在 $10^{-11}\sim 10^{-5}$ mg 之间,其粒径大部分在 20 μm 以下,90%以上小于 5 μm。微细盐雾粒滴在随气流运动扩散飘向陆地的过程中,随着水分的蒸发,大液滴逐步缩为小液滴,有些甚至形成干盐粒。因此,盐雾有溶液涓滴和固体结晶两种形态,其构成平衡状态的近似临界相对湿度约为 76%[5]。南海年均盐雾浓度为 0.1275 mg/m³,高于我国其他海域。

另外,南海太阳辐照强度大、时间长。南海年均太阳辐射总量为 4664.13 MJ/m²,高于黄海(4498.02 MJ/m²)和东海(4353.28 MJ/m²)[3]。

2 南海典型大气环境对导弹结构可靠性的主要影响

南海大气环境中“四高”因素对导弹装备,特别是露天存放和机载导弹战备值班及训练、演习等露天使用的导弹带来极为不利的影响。主要是产生强腐蚀环境,导致结构材料发生腐蚀而降低结构可靠性,缩短其寿命。主要影响如见表 1。

表 1 南海典型大气环境对导弹结构的影响

序号	典型环境	主要影响	导致结构的典型失效或问题说明
1	高温	物理膨胀	材料膨胀,导致结构变形、结构失效,机械应力增大,运动部件磨损增大
		不同材料膨胀差别	零件咬合、失效密封垫失效/永久变形
		热老化	橡胶、塑料等有机材料褪色、产生裂纹、断裂; 复合材料放气材料绝缘失效
		金属氧化	金属表面材料锈蚀
2	高湿	材料吸收潮气	物理性能下降电强度降低,绝缘电阻降低电介常数增大 结构膨胀,破裂
		加速腐蚀	材料因腐蚀性能变化,加速产品故障(失效)
		电解	通过玻璃或塑料元件的传输图像减弱
		氧化	生物活性加速干燥剂变质
3	盐雾	物理效应	机械部件或组件的活动部分阻塞、卡死由于 电解作用导致涂层气泡磨损增大,机械强度下降
		导致或加速腐蚀	盐在水中电离产生酸性或碱性溶液电化学反应导致 材料发生腐蚀,引起或加速产品故障(失效)加速应力腐蚀
		不同材料和部件膨胀、收缩率不同,产生应力	活动部件卡死或松动焊接和胶结部位强度降低
4	太阳辐射	光化学和物理化学反应	表面特性损坏,膨胀,龟裂,折皱涂层、合成材料、采用粘合剂 胶粘的表面层压材料起泡、脱落、分层等合成材料热析
		材料脆化	绝缘失效,密封失效,材料失色,产生臭氧焊接和胶结部位强度降低
		合成橡胶和聚合物特性变化	密封完整性下降,封装化合物软化橡胶和塑料变质

2.1 高温和高湿的影响

高温会导致结构老化、性能发生变化,但针对南海的实际情况,短时间单纯温度因素对结构还不会产生显著影响。高湿则会导致材料吸收潮气,会加速腐蚀发生。在高温和高湿综合作用条件下,特别是持续作用时间长,则会导致系统绝缘受潮,以及金属外观变化、性能降低等速度加快,促进腐蚀发生^[6],会加速结构失效,大大降低可靠性。

2.2 高盐雾的影响

盐雾对结构的影响主要在于加快腐蚀,通过腐蚀导致结构性能降低、提前失效。研究发现,盐雾腐蚀与空气相对湿度成正相关,大气相对湿度从60%升高为80%,钢铁的腐蚀速率会升高1~2.5倍^[7]。因此,对于导弹结构,大气中干的盐粒对系统的腐蚀影响小,遇到大雨或高湿环境,盐粒溶解于水,呈离子状态,具有导电性,会引起电化学反应类腐蚀,破坏结构。

2.3 强太阳辐照的影响

强太阳辐照,含有强烈的紫外线,会导致高温,产生热梯度,长期作用会导致不同材料和部件膨胀、收缩率不同,产生应力^[8]。同时导致材料产生光化学、物理化学反应,致使材料脆化、特性变化,从而导致结构性能下降,可靠性降低。特别是强太阳辐射与高湿环境综合作用下,会加速高分子材料老化速度,使光学玻璃降低透明度,涂料退色,橡胶制品逐渐丧失弹性,塑料制品变形开裂等,对于导弹装备复合材料结构的破坏作用尤为突出。

3 工作建议

目前,战术导弹结构常用的材料包括铝合金、合金钢、钛合金、复合材料(比如玻璃钢)等,由于受到性能、使用等要求约束,结构一般比较紧凑,并且多分为舱段式连接,结构开盖较少,弹舱内设备安装紧密。如果舱内形成腐蚀环境,很难及时发现并消除,腐蚀初期对结构的影响也很难及时检查到。因此,预防腐蚀、抑制腐蚀是提高导弹结构可靠性的重要工作。

针对南海大气环境对导弹装备结构可靠性的不利影响,可以从设计、选材、防护、检测等方面采取措施,尽可能减少造成结构腐蚀的条件。同时提高产品自身防腐性能以及腐蚀检测/监测能力,保证导弹结构的可靠性和寿命满足南海使用需求。

1) 采取合理结构设计。结构设计时,考虑采用合理的形式和要求,要重点关注装配设计、连接设计,避免造成容易发生腐蚀的小环境。如尽量避免小孔、

缝隙和积水结构;结构焊缝必须完整、匀称和适当修平;尽量避免不同类型的金属接触,以防止电化学腐蚀;异种金属的配合面应有效隔离;加强密封设计,将金属与大气隔绝等等。

2) 选用耐腐蚀材料。在满足结构性能的前提下,综合考虑经济性等因素,对于关键结构,特别在结构连接等容易发生腐蚀的部位可选择耐腐蚀的材料(比如钛合金等),从本质上提高结构防腐能力。

3) 采取表面处理防护技术。通过对结构采取合适的表面处理,可有效隔绝盐雾和潮湿性气体与结构表面的直接接触,减少或延迟腐蚀发生。常用的表面处理主要有涂覆、电镀、热喷涂、热浸镀、表面改性等方式^[9],可以根据不同材料、结构以及实际环境等需求,选用合适的表面处理方式。

4) 采取腐蚀检测/监测技术。可通过超声、涡流、漏磁、红外图像等无损检测手段,定期(可结合定检、训练等任务)对导弹结构进行表面检查^[10-11]。特别对于导弹战备值班结束,近库房贮存之前,必须进行检测。对于关键部位以及从外表很难检查的部位,可采用在线自动监测等手段,及时发现腐蚀隐患以及发展趋势,提前进行防护处理,避免腐蚀继续加剧,导致严重后果。

5) 建立数据库。建立导弹装备结构防腐信息库,包含常用的不同材料、结构的防腐设计信息(设计准则、具体设计措施、结构设计方法等)以及腐蚀数据(工程实际数据、试验数据)等,并且持续收集,不断丰富完善,导弹设计信息实现共享,为后续该类导弹结构防腐设计、分析及试验等工作提供支持。

4 结语

海洋大气环境腐蚀是制约南海地区导弹装备结构可靠性/耐久性水平以及作战能力提升的重要问题之一,需要高度关注和长期不懈的努力去解决。只要清楚了解导致腐蚀的原因,从结构设计、选材、防护和检测(监测)等多方面同时加强控制,这类问题就会逐步得到完善解决。

参考文献:

- [1] 方书甲. 海洋环境对海军装备性能的影响分析[J]. 舰船科学技术, 2004, 26(2): 5-10.
- [2] 陈光章, 郭为民, 王伟伟. 海洋环境结构材料腐蚀与防护现状[C]// 第六届中国腐蚀年会论文集. 北京: 中国腐蚀与防护学会, 2011.
- [3] 吴红光, 董洪远, 齐强, 等. 舰载武器装备海洋环境适应性研究[J]. 海军航空工程学院学报, 2007, 22(1): 161-165.
- [4] 闫杰, 何俊, 黄创绵, 等. 海洋装备用电缆南海海洋环

- 境加速试验研究[J]. 环境技术, 2017, 35(2):7-10.
- [5] 穆山, 李军念, 王玲. 海洋大气环境电子设备腐蚀控制技术[J]. 装备环境工程, 2012, 9(4): 59-63.
- [6] 张丹峰, 谭晓明, 陈跃良. 海洋环境下飞机结构腐蚀疲劳研究现状[J]. 装备环境工程, 2009, 6(2): 5-8.
- [7] 廖国栋. 南海环境对装备常用材料及防护工艺的影响分析[C]// 中国航空学会可靠性工程专业委员会第十届学术年会论文集. 北京: 国防工业出版社. 2006.
- [8] 侯保荣. 海洋环境中的腐蚀问题[J]. 世界科技研究与发展, 20(4): 72-76.
- [9] 曹立荣, 佟文清. 电子装备南海环境适应性改进设计研究[J]. 环境技术, 2013(6): 21-24.
- [10] 张伟强, 秦立高, 李飞. 腐蚀监测——检测技术[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2009, 21 (5): 477-479.
- [11] 侯保荣. 海洋环境腐蚀规律及控制技术[J]. 科学与管理, 2004(5): 7-8.