

沙漠环境特点及其对工程装备的影响

刘玉

(中国人民解放军63956部队, 北京 100093)

摘要: 介绍了国内典型沙漠环境的特点, 分析了其对工程装备的主要影响和危害, 从装备论证、研制、设计定型和使用等全寿命周期提出了增强工程装备沙漠环境适应性所需要采取的措施。

关键词: 沙漠环境; 工程装备; 全寿命周期; 影响

中图分类号: TJ810 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)06-0067-05

Characteristics of Desert Environment and Its Influence on Engineering Equipment

LIU Yu

(Unit 63956 of PLA, Beijing 100093, China)

Abstract: The characteristics of desert environment in our country were introduced. Its major negative influence and harmfulness on engineering equipment was analyzed. The countermeasures to improve the environmental worthiness of engineering equipment in desert environment were put forward from the phases of equipment argumentation, development, design finalization, and deployment of equipment life cycle.

Key words: desert environment; engineering equipment; total life cycle; influence

世界上沙漠和沙漠化土地面积约4700多万平方公里, 当前土地沙漠化速度相当快, 全世界每年7500~10 500万亩土地沦为沙漠。沙漠分布地区很广, 它遍及非洲、亚洲、澳洲、美洲与欧洲各大陆, 主要的大沙漠有北非的撒哈拉沙漠、沙特阿拉伯的鲁卜哈利沙漠和中国的塔克拉玛干沙漠等。我国的沙漠与沙漠化土地总面积约有130多万平方公里, 占全国土地面积的13%以上, 遍及新疆、内蒙古、甘肃、青海、宁夏、陕西、山西、河北、辽宁、吉林、黑龙

江等省的207个县、市。沙漠环境同高原环境一样都被列为特殊环境条件, 工程装备作为陆军武器装备的重要组成部分, 在平时国防建设及战时工程保障任务中发挥着重要作用。为提高工程装备在高热干燥、风沙大、强太阳辐射和日温差大等条件下的沙漠环境适应性, 系统分析了沙漠环境的特点, 总结了沙漠环境对工程装备的影响, 从装备全寿命周期角度探讨了提高工程装备沙漠环境适应性所需要采取的措施。

收稿日期: 2012-08-13

作者简介: 刘玉(1973—), 男, 辽宁辽中人, 硕士, 高级工程师, 主要从事装备鉴定试验工作。

1 沙漠环境特点及对工程装备影响

1.1 典型沙漠环境特点

1.1.1 地温高、温差大

地温高、温差大是沙漠环境的一大特点。由于沙漠地区云量少、日照强、降水稀少、空气湿度小,缺乏植被覆盖,沙漠边缘地区的夏季最高气温经常超过 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,地表在强太阳辐射下低层空气增温加剧。如吐鲁番地表最高温度可达 $76\text{ }^{\circ}\text{C}$,沙漠边缘地区地表温度大都为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,沙漠腹地的地表温度可达 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[1]。沙漠地区夜间天空无云,地面辐射强、散热快,气温日夜变化剧烈,曾在沙漠安得海站测得最大日温差为 $35.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,比同纬度地区几乎高出一倍。

1.1.2 多大风、多尘土

多大风、多尘土是沙漠环境的另一大特点。沙漠是多大风的地区,一年之中风速大于 12 m/s 的日数年平均达 $60\sim 86\text{ d}$,且集中于春夏季,其间大风日数约占全年大风日数的 $70\%\sim 74\%$,最大风速可达 40 m/s 。沙漠地区以细砂为主,如塔中地区地表沙源的粒度特征,沙样的平均粒径集中在 $63\sim 250\text{ }\mu\text{m}$ 范围内,属细沙、极细沙。由于沙粒细小、量大,当风速大于 5 m/s 时就能把细沙吹起,形成沙暴、扬沙和浮尘天气。

1.1.3 日照强、湿度低

日照强、湿度低也是沙漠环境的一大特点。沙漠地区经常无云、日照强,太阳辐射的年总辐射量为 $6000\sim 6200\text{ MJ/m}^2$,比同纬度地区高 10% 以上。沙漠多风、气温高、相对湿度小,因此蒸发力非常旺盛。如塔克拉玛干沙漠和吐哈地区是我国降水最少、最干旱的地区,全区年降水量普遍在 5 mm 以下,而年蒸发量达 3000 mm 以上,为年降水量的 100 倍;同时由于降水量稀少,全年相对湿度很低,区内相对湿度多在 $40\%\sim 55\%$,不少地方相对湿度在 30% 左右^[1]。

1.2 对工程装备的影响

沙漠环境对工程装备性能与质量的综合应力影响可归纳为干热、沙尘和太阳辐射等3个方面。

1.2.1 干热的影响

沙漠特有的干热经常引起设备或元器件热老

化、氧化及结构变化、软化、熔化、升华,液体物理膨胀、黏度下降和蒸发,还会引起物质的化学反应,导致装备出现各种形式的故障。

干热导致空气密度下降,使得发动机充气系数降低,影响装备的动力性和经济性;另外还会引起发动机散热器的散热能力下降,造成发动机过热。温度过高时机油、液压油变质加快,油性变差,黏度下降,系统泄漏量增大,破坏运动副间的油膜,造成摩擦阻力增大,加剧机件磨损;液压系统油温过高还可导致油液的空气分离压降低,从而产生气穴,致使系统工作性能降低;装备的橡胶密封件变形,加速老化失效,造成润滑油(脂)泄漏,而泄漏的产生又使油液进一步升温。地表高温使液压制动系统产生气阻,引起刹车失灵。

极度干热可使装备车电系统、通信设备等出现消耗过度、部件失灵等问题,加速材料氧化、干裂、裂解或软化、熔化,使设备绝缘老化加速、电性能下降、电缆头密封胶流失等。干燥的空气也容易积聚静电荷,静电放电易引起电路的随机故障,在计算机存储系统高密度同态电路中尤其严重。沙漠地表散发热波,折射光线,使地面上的景象变形,影响光电设备对目标的观测和识别,加上光学设备的放大热波效应,会导致目标完全失去。

太阳长时间照射和地表反射热的影响,会造成布扫雷装备的炮管热分布不均衡,并产生微小变形,造成系统准确度严重降低;热膨胀系数不同的运动副间隙变小或发生卡阻现象,引起动作失灵。

1.2.2 沙尘的影响

沙尘在物理上表现为不同尺寸、硬度的小固体颗粒;在化学上沙尘由不同的矿物质构成,一定条件下会发生酸性或碱性反应。因此沙尘环境可对工程装备造成物理和化学两方面影响,其主要损坏类型包括磨损、阻塞堵塞及侵蚀等。

发动机在多沙尘地区使用时空气滤清器容易堵塞,使其功率不足,漏进气缸的沙粒会加速运动部件磨损;仪器仪表进沙后精度下降,动作不灵,最后导致损坏。沙尘沉积在装备的活动部件,将以磨粒形式夹在摩擦副之间,或进入气路、油路等以流体形式对零件表面进行冲刷,加速部件磨损,活动部件卡死,阻碍、破坏身管精度;积沙也可能堵塞油路、气路;沙粒在强大风力作用下对装备外表的冲击打磨,

引起装备表面的磨蚀和磨损,破坏装备外观特性。

装备信息化系统中的各种计算机、GPS接收机、信息设备的电路、芯片等对沙尘都很敏感。沙尘引起电路性能降级,也会破坏无线电通信。沙尘沉积在电气触头时,使接触电阻增大、发热增加,甚至烧毁设备。沙尘也可造成信息化设备等通风或冷却受阻,严重时引起着火危害。

此外,因沙尘的粒径小,加上风吹和强烈的日照,使得沙子松散,承压系数小。如塔克拉玛干沙漠的沙子承压系数只有 $0.008\text{ cm}^2/\text{kg}$,压缩模量 $E=2.3\sim 2.5\text{ kg}/\text{cm}^2$,干容量为 $1.5\text{ kg}/\text{cm}^2$ 左右。因此沙层的承载能力差,装备的通行能力受到严重影响。

1.2.3 强太阳辐射的影响

太阳辐射是以电磁波形式传输到地球上的一种能量,由紫外线、可见光和红外线组成。太阳辐射对装备的影响主要是由加热效应和光化学效应产生的。

加热效应主要是由太阳辐射能中红外光谱部分产生的,与高温产生的热效应不同,它具有方向性,且产生温度梯度^[2]。太阳辐射热效应主要引起产品短时高温、局部过热和装备表面较大的附加温升,降低有机绝缘材料的材质性能,使材料变形、炸药热析,产生机械热应力等,造成运动零件的卡死或松动、焊缝和结构件的强度降低、电气电子元件热老化、合成橡胶和聚合物的性能变化及涂层和其他保护层出现气泡和剥落现象等。

光化学效应主要是由太阳辐射能中紫外光谱部分产生的。由于太阳光中紫外线的作用,加上沙漠干热高温作用,使装备的密封圈和塑料制品等逐渐老化、变色、发粘和龟裂,破坏其密封性能,引起液压系统管路爆裂、密封件漏油;使天然、合成橡胶及聚合物在较短波长的射线照射下造成破坏,有机绝缘材料加速老化;使空气容易电离而导致绝缘强度和电晕起始电压降低;使油漆涂层变色、粉化、起泡、开裂、剥落,加速金属表面锈蚀。

2 提高工程装备沙漠环境适应性需采取的措施

干热、沙尘和太阳辐射等单一环境应力对工程装备性能可造成一定影响,但在沙漠环境中工程装备至少要经受3种环境应力的复合作用,其对工程

装备战斗力和保障力的发挥影响更加巨大。为提高工程装备产品质量,必须从装备全寿命周期的角度进行论证、研制、试验和使用。

2.1 论证阶段

装备论证一般包含立项综合论证和研制总要求论证,是为提高工程装备性能、质量和使命任务,对装备的立项、研制等过程提出的明确指标要求,是装备研制、定型和使用的重要依据。

立项综合论证是为装备型号研制立项所进行的有关必要性、可行性、主要功能及初步总体方案等的论证研究活动,是装备研制工程重要的开端。在立项综合论证中需要紧紧把握使用需求,确定装备的功能、用途、需求、技术指标体系,明确装备环境适应性要求。研制总要求论证是在立项综合论证的基础上,对装备的使用要求、技术指标、研制总体方案等内容开展的深化论证研究活动,为装备工程研制提供全面、系统的要求。研制总要求论证是确立装备研制方案的重要基础和设计定型试验考核的重要依据,只有在装备论证阶段直接明确提出装备沙漠环境适应性指标要求,才能确保研制阶段技术设计落实和试验阶段的考核验证。

2.2 研制阶段

在工程装备研制阶段必须紧扣论证阶段提出的使命任务要求,在总体设计、分系统设计、结构设计、选材、密封等环节上全面、综合考虑沙尘、干热等环境应力对装备的影响。

沙漠工程装备应具有比功率大、转弯灵活、爬坡性能好等特点,车架应具有悬架浮动性能^[3],设计上要提高装备的抗风沙和抗颠簸能力。选择或设计能有效阻止极细微粉尘的专用多级空气滤清器或自动过滤系统,避免沙尘对发动机等重要部件的磨损。

要设计保证发动机和液压系统等可靠工作的闭式自动温控热平衡系统,以克服地表 1 m 处 $60\text{ }^\circ\text{C}$ 以上的辐射高温。改进装备内部各紧固件的防松措施,防止各紧固件的松动或者密封装置的泄漏。

装备的行走装置应有足够的附着力,轮式装备优先采用无内胎复合子午线轮胎或沙漠专用轮胎,并配装自动充放气装置,增强装备沙土路面的通行能力。履带式装备须设置全密封润滑履带和

高架驱动轮,黄油嘴加注方式应能保证高地温的润滑要求。

为适应沙漠大温差环境,装备应具有优良的低温起动性能。装备要配置液压绞盘,满足装备的互救或自救要求。驾驶室具有良好的人机环境,需配置空调,并保持良好的密封性能^[3]。

尽可能提高装备零部件、电子电器线路和仪器设备的可靠性。在材料选择和设备选型上要优选沙漠型产品,电子电气系统的接插件选用防水防尘型;优化光电装备设计,降低地表热波对侦察探测的影响。

2.3 设计定型阶段

沙尘环境是引起许多工程装备性能下降或功能丧失的重要环境因素之一。工程装备进行沙尘环境模拟试验是GJB 150A.12—2009中规定的试验项目,是考核样机各项性能指标能否满足研制总要求的重要手段。在设计定型阶段一般要进行沙漠地区环境适应性试验和沙尘环境实验室模拟试验;在装备研制过程中研制单位也应酌情安排沙尘环境试验。

沙尘环境实验室模拟试验是按照GJB 150A.12的要求,对沙尘实验室的沙尘颗粒速度、浓度及粒径分布等重要参数进行合理控制,根据装备使用环境条件进行剪裁的试验。试验主要包括吹尘、吹沙和降尘等3个试验程序,目的包括评价装备对可能阻塞开口,渗入裂缝、轴承和接头灰尘的抵御能力;评价过滤装置的工作效能及装备能否在吹沙条件下贮存和工作等^[4]。

沙漠地区环境适应性试验是按照GJB 4110.14, GJB 4111.22, GJB 59.301, GJB 1106等标准规定的沙漠地区适应性试验方法。试验项目主要包括:发动机散热性能试验、作业性能试验(含液压系统、电气设备)、通信设备性能试验、暴晒试验、乘载员持续工作能力评定(含驾驶室通风隔热性能)、空气滤清器性能试验、适应性行驶试验和最大牵引力试验等试验项目,目的是评价装备在沙漠地区的适应能力^[5-8]。一般情况下,沙漠地区环境适应性试验在沙尘环境实验室试验之后进行,以实现问题早发现、早解决,避免人财物资的浪费。

2.4 使用阶段

从装备列装服役到装备退役前为止的整个过程

是装备的使用阶段。为提高工程装备沙漠环境下的保障力和战斗力,需要做好使用阶段的环境预测、环境保障、环境研究、环境效果评价和环境管理等^[9],尤其在装备使用时要加强以下几个方面的工作。

1) 深化日常保养。除按照装备正常每班保养执行要求外,每天要对空气滤清器进行清理,并检查进气管线破损情况;每天补充发动机冷却液等液体;注意检查冷却系统、液压系统等管路的密封性,发现破损,及时修理或更换;适当增大各排气阀门的开启压力,以减少液体的损耗;每天用压缩空气清除装备各处沉积的浮土。

2) 视情缩短维护保养周期。对空气、机油、燃油、液压滤清器要缩短更换的周期;及时检查润滑油的数量和质量,缩短液压系统运行及密封件维护保养周期;各类液体加注时,应在加注口用滤网过滤。沙尘暴后,所有装备必须彻底清洗和检修;根据装备性能劣化程度,视情调整装备大、中修周期,并制定预防性维修方案。

3) 规划好预先配套。为了实现装备保障到位,部队要注重沙漠环境适应性训练和保障资源摸底,及时发现和解决特殊环境装备运用存在的保障问题。装备保障机构需根据沙漠环境特点合理规划保障人员、维修保养设备、工具、零配件等保障资源,制定装备保障方案和应急措施,如为装备加装防沙护罩、保护冷却系统和特殊的传动装置等。

3 结论

随着工程装备在多样化军事任务中作用越来越突出,执行任务区域越来越广泛,为提高工程装备沙漠环境适应性能力,在全面总结沙漠气候特点的基础上,分析了其对工程装备的主要影响和危害。从全寿命周期角度提出了在装备立项阶段、研制阶段、设计定型阶段和使用阶段应采取的措施,对提高工程装备沙漠环境适应性具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 刘奎芳. 干热沙漠环境用机电产品环境技术要求[J]. 环境技术, 1997(1): 9—10.
- [2] 夏越美. 太阳辐射试验及其标准分析[J]. 航空标准化与质量, 2001, 4(1): 7—10.

- [3] 玛辉生. 高原沙漠对工程机械的特殊要求[J]. 西部地理, 2000(1):40—41.
- [4] GJB 150.12A—2009, 军用装备实验室环境试验方法 沙尘试验[S].
- [5] GJB 4111.22—2000, 军用履带式工程机械设计定型通用试验规程 沙漠地区适应性试验方法[S].
- [6] GJB 4110.14—2000, 军用轮式工程机械设计定型通用试验规程 沙漠地区适应性试验方法[S].
- [7] GJB 59.30—1991, 装甲车辆试验规程 沙漠地区适应性试验总则[S].
- [8] GJB 1106—1991, 军用专用汽车定型试验规程[S].
- [9] 于衍华. 武器装备环境适应性论证[M]. 北京:兵器工业出版社, 2007.

(上接第62页)

2) 覆盖性评估。环境分析覆盖性; 试验覆盖性; 试验状态覆盖一致性; 环境传递、响应物理表征量是否体现产品特性; 产品环境可测试性(具备施加激励、测试验证的能力)。

3) 试验应力施加正确性评估。各项试验施加的环境应力是否正确, 是否落在了容差范围内, 试验方法是否正确, 是否存在非线性, 是否只是极限情况。

4) 性能测量参数正确性评估。测量的性能参数是否正确/准确, 是否在容许范围内; 测量的位置、数量、功能是否正确反映产品实现其功能的特性; 性能与环境的相关性如何, 与性能极限比较, 性能存在的时间变化趋势。

5) 关键部位响应量的设计符合性评估。关键/关心部位及其物理量是否能够表征产品整体或局部环境特性; 各部分关键/关心部位环境响应量是否在设计范围(设计指标)内; 输入点与输出点的相互关系/传递曲线; 温度指标, 包括关键/关心部位的应力/应变、位移量、温度高低; 振动指标, 包括关键/关心部位的应变/应力、速度、加速度、位移、斜率、角度、角速度、角加速度、该点响应物理量与输入点的相关性、相位关系等, 根据该部位相关性能要求选择不同物理量, 如光学系统选择角度、速度等。

6) 其他佐证材料。

5 结语

试验与评价的方式方法与产品的功能特性密

切相关, 分析、试验等应紧紧围绕产品功能特点开展研究才能有的放矢, 才能获得方便实用的方法, 分析试验结果才能更经济、有效、准确, 建设的试验设施才更科学合理、方便实用。由于系统级产品功能、结构各异, 相应的环境与产品相互作用及诱发环境结果十分复杂, 试验与评估也会存在较大变化, 必须认真对待。

参考文献:

- [1] 赵保平, 孙建亮, 庞勇. 航天产品环境适应性问题研究(I)[J]. 装备环境工程, 2011, 8(2):51—57.
- [2] 赵保平, 孙建亮, 庞勇. 航天产品环境适应性问题研究(II)[J]. 装备环境工程, 2011, 8(3):42—48.
- [3] 王德言. 试验环境条件的剪裁技术[J]. 环境技术, 1997(1):5—8.
- [4] 小埃米尔. 战术导弹试验与鉴定[M]. 蔡道济, 译. 北京:国防工业出版社, 1992.
- [5] 祝耀昌. GJB 150A 和环境试验技术[R]. 北京:中国航空综合技术研究所, 2010.
- [6] MIL-STD-810F, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Test[S].
- [7] 祝耀昌, 王有刚. 各种环境试验的特性及其应用分析[J]. 航空标准化与质量, 2005(2):30—35.
- [8] 胥泽奇, 张世艳, 宣卫芳. 装备环境适应性评价[J]. 装备环境工程, 2012, 9(1):54—59.
- [9] 朱建斌, 向树红. 航天器动力学试验评价技术[J]. 装备环境工程, 2012, 9(6):5—10.