

军用地面雷达装备环境工程探讨

羊军, 赵书平, 李金国, 辛文波

(空军装备研究院雷达所, 北京 100085)

摘要: 目的 提高军用地面雷达装备的环境适应性。方法 按GJB 4239的要求, 实施雷达装备的环境工程。简要阐述雷达装备环境工程的各项工作内容和实施方法, 分析雷达寿命期内经历的环境和雷达定型阶段的环境鉴定试验方法。结果 提出了目前存在的问题并给出了改进建议。结论 按GJB 4239的要求实施装备环境工程的各项工作, 可使军用地面雷达获得良好的环境适应性。

关键词: 军用地面雷达; 环境适应性; 装备环境工程

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2015.02.020

中图分类号: TJ06; TN959.71 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2015)02-0095-04

Discussion on Environmental Engineering of Military Ground Radar

YANG Jun, ZHAO Shu-ping, LI Jin-guo, XIN Wen-bo

(Radar & Electronic Warfare Institute of Equipment Academy Air Force, Beijing 100085, China)

ABSTRACT: **Objective** To improve the environmental worthiness of military ground radar. **Methods** Environmental engineering of radar was carried out according to the requirements of GJB 4239. Each task and implementation methods of environmental engineering of radar were briefly introduced, the environment of radar's life cycle and the environmental qualification test methods in radar design finalization stage were analyzed. **Results** Finally, existing problems in current environmental engineering of radar and proposals were put forward. **Conclusion** Implementation of tasks of environmental engineering according to the requirements of GJB 4239 could improve the environmental worthiness of military ground radar.

KEY WORDS: military ground radar; environmental worthiness; equipment environmental engineering

军用地面雷达在国土防空、飞行保障等方面扮演着重要角色, 是空军的重要武器装备之一, 主要部署在边疆地区, 其中的机动式雷达还会因任务需要在不同地区之间转场。我国疆域辽阔, 跨越热带、亚热带、温带和寒冷带, 加上高原、沙漠、沿海等多种地形地貌, 形成了全国范围内自然环境复杂多样的特点。由

此, 雷达装备在运输、贮存、战备、使用等过程中会遭遇多种环境条件且受其影响, 有时环境条件甚至非常恶劣。只有具备良好环境适应性的雷达装备, 才能在寿命期内保持系统的完整性且工作正常, 发挥其作战效能。如何使雷达装备具备良好的环境适应性是装备研制生产过程中极具意义的一项内容, 科学有效的

收稿日期: 2014-12-15; 修订日期: 2015-03-10

Received: 2014-12-15; Revised: 2015-03-10

作者简介: 羊军(1983—), 男, 四川三台人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为环境与可靠性试验技术。

Biography: YANG Jun(1983—), Male, from Santai, Sichuan, Master, Engineer, Research focus: environment and reliability test technology.

方法是实施雷达装备环境工程。

1 雷达装备环境工程内容和实施过程

装备环境工程是指“将各种科学技术和工程实践用于减缓各种环境对装备效能影响或提高装备耐环境能力的一门工程”^[1],其根本目的在于提高装备的环境适应性。GJB 4239 是实施装备环境工程所依据的顶层文件,它详细规定了装备环境工程的各项内容及实施时机与要点,可以有效规范地指导环境工程各项工作的开展和实施。装备环境工程主要包括环境工程管理、环境分析、环境适应性设计、环境试验与评价等4项内容,它们之间的联系及与装备不同阶段的对应关系如图1所示。

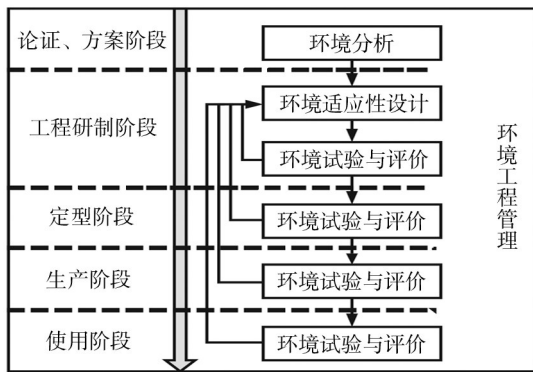


图1 装备不同阶段对应的环境工程项目

Fig.1 Corresponding environmental engineering tasks at different life stages of the equipment

1.1 环境工程管理

环境工程管理是对论证、研制、生产和使用阶段中装备环境工程的各项工作进行全面的的管理。它统筹协调使用方、承制方等相关单位,制定环境工程计划、组织评审、实施监督管理等,保证装备环境工程的各项工作有序、规范、合理的开展。它是环境工程的基础,是获得雷达装备良好环境适应性的首要保证。在环境工程管理及其各项工作中,环境工程专家应介入并发挥主导作用,提供专业的技术支持。在装备的研制过程中应尽早开展环境工程管理工作,制定详细的环境工程实施计划,有效指导后续工作的开展。

1.2 环境分析

环境分析是在论证方案阶段对雷达装备寿命期内的环境剖面进行分析,确定装备的环境适应性要求

和试验剖面,它是开展装备环境适应性设计和试验的基础和依据。一般的环境分析过程如图2所示^[2]。环境分析首先分析装备的寿命剖面,根据寿命剖面内装备经历的自然和诱发环境特性可得环境剖面,进一步归纳后可得到详细明确的试验剖面,以此可制定装备的环境适应性要求和环境试验方案的顶层文件,分别用于环境适应性设计和环境试验。

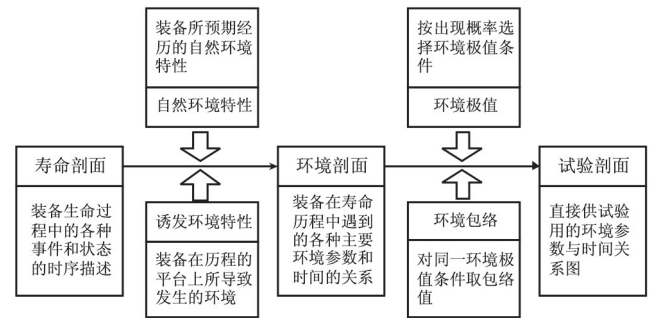


Fig.2 Process of environment analysis for the equipment

对一般的军用地面雷达,环境分析过程如图3所示。雷达组件或设备生产完成后运输至总装厂进行组装,雷达整机出厂后运输至仓库存放或至阵地战备/使用。机动式雷达还会根据任务安排转场,雷达使用一定年限后需返回基地或生产厂家进行维护和检修,达到使用年限后报废。雷达及其组件在此过程中处于室内搬运、装卸、运输、贮存、使用、转移等不同的状态,经受高温、低温、振动、冲击、湿热、淋雨、风等不同的环境应力。对所有经受的环境应力进行概括归纳,可获得雷达的环境适应性要求及环境试验剖面。对组成雷达的不同组件或设备,还应按其在雷达上的安装平台特性进一步细化分解,获得组件或设备的环境适应性要求及环境试验剖面。

1.3 环境适应性设计

环境适应性设计是在工程研制阶段采用各种措施和方法进行产品的耐环境设计,以满足上一步环境分析所提出的环境适应性要求。因为质量是由设计保证的,所以在装备及其组件的设计过程中,不仅包含功能性能设计,也需同步进行耐环境设计。只有耐环境设计出色的产品,才能在寿命期内的环境应力作用下有效保证其功能性能的稳定可靠。如果产品的耐环境设计较差,其短板引发木桶效应,影响整个装备效能的发挥。因此,环境适应性设计是环境工程的关键环节,厂家应予以重视并投入足够多的精力。

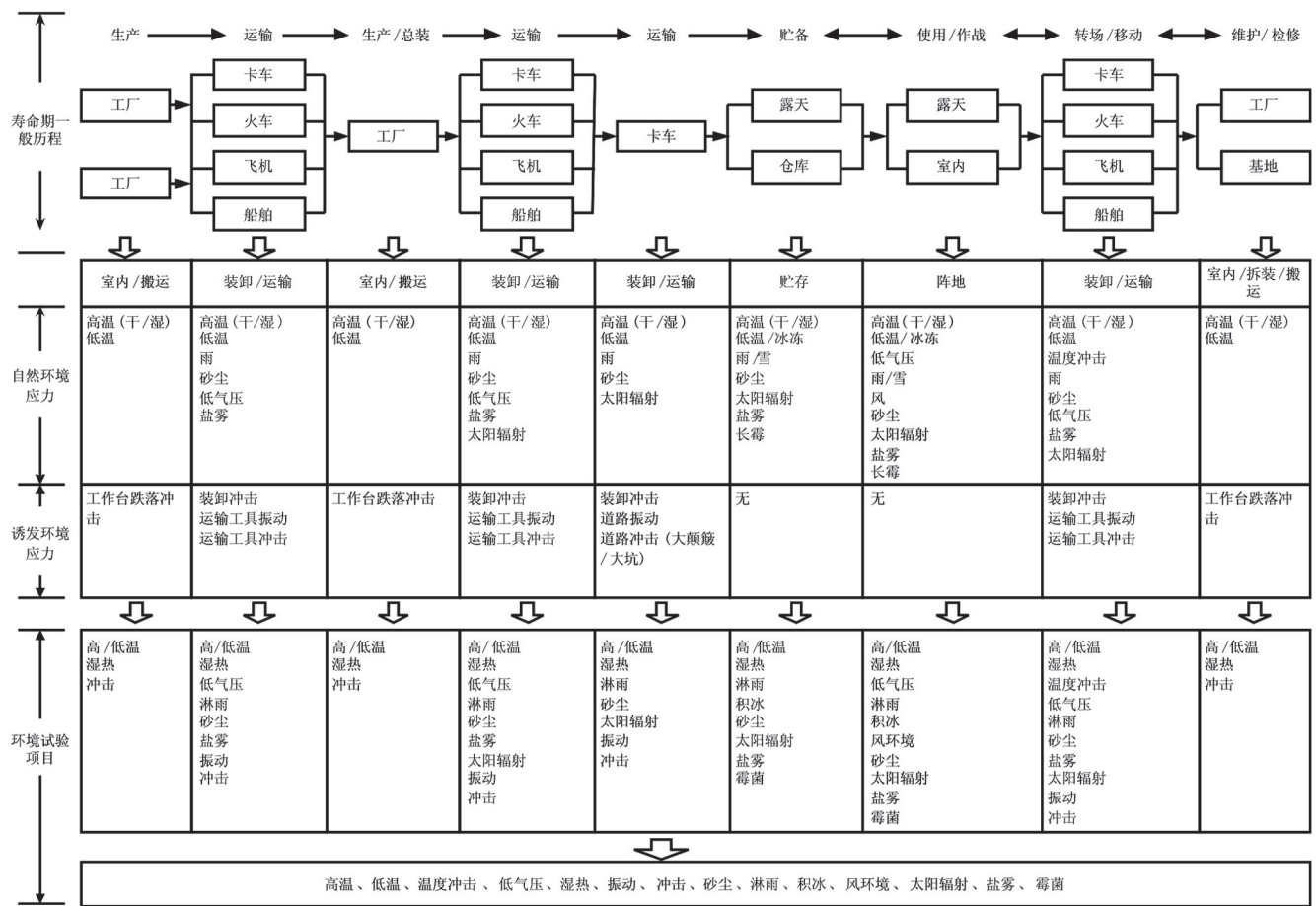


图3 军用地面雷达的环境分析过程

Fig.3 Process of environment analysis for military ground radar

1.4 环境试验与评价

环境试验与评价是指在装备的研制、生产和使用过程中,开展不同类型的环境试验,收集试验过程中的各种信息,对装备的环境适应性进行评价,为装备改进、定型等提供信息。

在工程研制阶段,厂家应开展充分的环境适应性研制试验,以对产品的环境适应性设计作出评价,为产品改进提供依据,尤其是针对新研产品。通过正常或加大应力量值的环境试验,可以尽早暴露出产品的设计缺陷或加工工艺缺陷,针对缺陷进行分析,然后采取改进和纠正措施,如此通过试验-分析-改进(TAAF)的反复过程可逐步提高产品的环境适应能力。通常,在此阶段开展自然环境试验,虽然自然环境试验周期较长,但其真实的环境条件和样品暴露状态为样品的耐环境能力提供了准确丰富的基础数据,为后续样品的设计更改等提供了依据。自然试验多用于材料和工艺的环境试验考核。此阶段还应进行环境响应特性调查试验,通过环境试验对产品的温度

响应、振动响应等特性进行调查,为后续试验提供参考和依据,也为产品的使用和保障等提供信息。

在定型阶段,应进行环境鉴定试验,考核装备是否达到了规定的环境适应性要求,为装备定型提供依据。为得到公平客观的考核结果,首选由独立有资质的第三方试验机构组织进行试验,其次可选择在有资质第三方试验机构的监督下,在厂家的实验室进行试验。

军用地面雷达有固定式、机动式等种类,一般组成复杂、体积庞大,包括天线阵面和数个机柜或方舱等。目前国内试验设备还难以满足雷达整机进行环境试验的要求,因此鉴定试验一般采用实验室试验和外场使用试验相结合的方式进行,通过内外场试验综合评定雷达的环境适应性。其中,实验室试验对象是对雷达功能性能起关键作用的组件和设备,而外场使用试验对象是雷达整机,结合雷达定型前的部队试用试验和其他外场试验一并进行。GJB 1362A—2007对试验顺序有明确要求^[3],即先部件、后整机试验,先室内、后外场试验,只有室内部件试验合格后方可转入外场使用试验,以此减少外场试验雷达不合格的风险。

实验室试验能模拟大部分自然环境应力和诱发环境应力,具有试验应力可控、试验结果可复现、试验条件可对比等优点。一般情况下,优先考虑实验室试验,但试验设备限制了试验样品的体积不能太大。按目前国内试验设备的一般水平,温度、湿度类的气候试验可以进行方舱级样品的试验,振动、冲击类力学试验可以进行机柜级样品的试验,其他的低气压、太阳辐射、沙尘等项目只能进行设备级或组件级样品的试验。

外场使用环境试验是真实使用环境下的雷达整机环境试验,是实验室模拟试验无法替代的试验。它考核雷达整机对环境适应性,同时考核其各分系统、各组件之间的匹配特性、交联特性,为雷达的环境适应性评价提供更丰富更准确的信息。使用环境试验的环境应力应能充分代表雷达在其寿命期中可能遇到的典型环境,如热天的高温、北方的严寒、沿海的高盐大气、沙漠地区的风沙等。较为典型的外场使用环境试验是机动式雷达的跑车试验,雷达整机在道路试验场或在路况较差的路面进行一定里程的跑车,以考核雷达整机对转场或行军过程中运输振动环境的适应性。需要注意的是,进行跑车试验时,雷达应处于实际的运输或行军状态,不得附加与实际状态不一致的紧固或捆扎。外场使用环境试验中应收集雷达使用时经历的温度、湿度、沙尘、降雨、日照辐射、风等环境条件,最终结合实验室环境试验结果对雷达的环境适应性作总体评价。

在生产阶段,由于大部分雷达通常属于小批量生产的武器装备,因此未进行生产定型。应开展必要的环境验收试验和环境例行试验,以考核装备生产过程和质量控制过程的稳定性与一致性,以确认批生产的装备是否符合定型时的技术状态要求,为批生产装备的验收提供依据。

在使用阶段,应注重收集记录雷达所经历的环境条件及所处的状态,尤其是当雷达发生故障时,应详细记录雷达的技术状态、故障现象、所处环境条件等信息。通过对使用过程中的环境条件与雷达状态等数据进行分析,可对雷达的环境适应性作出实际验证和评价,另一方面,发生故障的相关数据可为雷达的进一步改进或其它雷达的研制等提供相当有价值的信息。

2 存在的问题和改进建议

2.1 对环境工程不够重视

目前,国内大多数雷达生产厂家把更多精力投入

到雷达装备的性能研制工作中,对环境工程不够重视,未能把环境工程作为一项系统性工作来抓。厂家未能在雷达研制早期制定环境工程的顶层文件,因此不能对雷达环境工程进行系统性的管理,不能对环境工程的各项工作进行详细的计划和要求,不能有效指导和规范环境工程各项工作有序合理的逐步开展。其次,厂家实施环境工程的各环节中缺少环境工程专家的参与,或是虽有环境工程专家,却不能发挥主导作用,由此,容易导致在制定文件、拟制计划、试验实施等方面出现偏差。例如,对装备的寿命剖面分析和环境分析不够系统深入,则制定的试验剖面容易出现偏差,使得装备的环境适应性要求顶层文件不够合理。如果环境适应性要求较实际的环境应力低,那么按此设计的装备则可能在实际的寿命周期中出现因恶劣环境导致故障频发、过早报废等情况。再例如,在装备工程研制阶段进行环境试验时,环境工程专家的缺失容易导致环境试验条件的不合理选择或剪裁,引起对样品的欠试验或过试验。欠试验不能有效激发和暴露样品缺陷,使装备的环境适应性存在天生缺陷,而过试验提高了样品的耐环境要求,可能造成投入额外的装备研制人力、物力的结果,形成极大的浪费。综上所述,厂家应把环境工程和装备性能作为同等重要的系统工作来抓,并且让环境工程专家发挥专业技术优势享有主导权,认真贯彻GJB 4239的要求,规范有序开展每一项任务和工作,如此才能有效保证雷达装备具备良好的环境适应性。

2.2 雷达装备定型阶段的使用试验不够充分

GJB 1362A中明确要求武器装备的部队使用试验至少经历一年四季,使武器装备经历典型的自然环境,以充分考核其环境适应性是否满足使用要求。目前国内雷达装备在定型时,由于周期紧张,且受部队试验地点的限制,雷达未能经历预期的全部典型环境条件,不能全面考核雷达装备的环境适应性。目前部队试验时间一般为4个月左右,不能涵盖一年四季的典型自然环境条件,夏天使用的雷达可能不会经历寒冷、冰雪等环境,冬天使用则可能不会经历高温、湿热等环境。在地域上,东南地区使用的雷达可能不会经历沙尘等环境,而西北地区使用则可能不会经历湿热、盐雾等环境。要使雷达经历全部典型的环境条件,可以在试验时间和空间上加以扩展延伸,延长使用时间或改变试验地点把雷达置于典型环境条件之下对雷达进行全面的考核。例如,目前雷达的部队试

(下转第103页)

- GJB 1172.12—91, Climatic Extremes for military Equipment Upper Air Temperature[S].
- [9] MIL-STD-2100 Climatic Information to Determine Design and Test Requirements for Military Systems and Equipment[S].
- [10] 李尧. 飞机温度环境适应性要求分析和确定技术探讨[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6): 60—64.
LI Yao. Analysis and Confirmation Techniques for Requirements of Temperature Environmental Worthiness of Aircraft [J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(6): 60—64.
- [11] 祝耀昌, 薛振夷. GJB150《军用设备环境试验方法》实施指南[M]. 北京: 中国航空综合技术研究所, 1996.
ZHU Yao-chang, XUE Zhen-yi. GJB150《Environmental Test Methods for Military Equipments》Implement Guide[M]. Beijing: China Aeropoly Technology Establishment, 1996.
- [12] 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]. 海军航空工程学报, 2007, 22(1): 161—165.
WU Hong-guang, DONG Hong-yuan, QI Qiang, et al. Research on the Environmental Worthiness of Shipborne Weapons in Marine Environment[J]. Journal of Naval Aeronautical Engineering Institute, 2007, 22(1): 161—165.
- [13] 曲晓燕, 邓力. 舰载武器海洋环境适应性分析[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(4): 138—142.
QU Xiao-yan, DENG Li. Analysis of the Environmental Worthiness of Shipborne Weapons in Marine Environment[J]. Ship Electronic Engineering, 2011, 31(4): 138—142.
- [14] GJB 1060.2—91, 舰船环境条件要求 气候环境[S].
GJB 1060.2—91, The General Requirement for Environmental Condition of Naval Ships Climate[S].
- [15] QRMS-09, 英国国防部标准 国防装备环境手册 第四部分 自然环境[S].
QRMS-09, Department of Defense Standard Department of Defense Environmental Manual Part 4: Natural Environment[S].

(上接第 90 页)

- WANG Yu-feng, ZHANG Yong, QU Kai, et al. Analysis of Cumulative Damage of HTPB Propellant Grain under Temperature Changing Condition[J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2010, 30(6): 136—139.
- [5] 赵建忠, 叶文, 田建海. 舰载环境对导弹武器装备可靠性的影响分析及对策[J]. 质量与可靠性, 2014(2): 5—9.
ZHAO Jian-zhong, YE Wen, TIAN Jian-hai. Analysis of Shipboard Environmental Effect on Missile Weapon Equipment Reliability and Countermeasures[J]. Quality and Reliability, 2014(2): 5—9.
- [6] 高福麒. 环境气象条件对产品的影响[J]. 表面技术(原防腐消息), 1978(2): 35—42.
GAO Fu-qi. The Influence of Environmental Meteorological Conditions on Product[J]. Surface Technology, 1978(2): 35—42.
- [7] MIL-STD-810G, Department of Defense Test Method Standard—Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [8] DEF STAN 00-35. General Specification for Aircraft Gas Turbine Engines[S].
- [9] 林琳, 张熙川, 叶涛. MIL-STD-810F 低温试验方法研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2010, 28(2): 5—8.
LIN Lin, ZHANG Xi-chuan, YE Tao. Research on the Low Temperature Test in MIL-STD-810F[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2010, 28(2): 5—8.

(上接第 98 页)

验中较少经历沙尘环境, 可以把雷达转移至西北沙漠附近, 在沙尘天气时进行开机试验, 完成沙尘环境试验的考核。另外, 也可以建造能容纳雷达装备整机或方舱的大型多应力试验设备, 人工模拟温度、雨、雪、太阳辐射等自然环境条件, 使试验的环境应力可控, 雷达的环境适应性考核定量化、规范化。在加拿大有大型多应力试验室, 可以模拟雨、雪、冰、雾、日照等条件, 基本包括了四季典型的极端恶劣环境, 试验箱内部空间宽 6 m、高 6 m、长达 30 m, 可以容纳大部分地面运输工具包括雷达方舱。此类试验设备可较全面地考核雷达整机环境适应性, 但目前国内尚缺。

3 结语

在军用地面雷达的研制、生产及使用中, 应按

GJB 4239 的要求严格规范地执行装备环境工程的各项任务。包括制定具体详细的总体计划, 认真仔细地进行环境分析, 有针对性地实施环境适应性设计, 全面合理地开展环境试验与评价, 在试验与评价过程中及时有效地做到持续改进, 以此得到良好环境适应性的雷达装备, 保证其效能有效发挥。

参考文献:

- [1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
GJB 4239—2001, General Requirement of Materiel Environmental Engineering[S].
- [2] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Consideration and Laboratory Tests[S].
- [3] GJB 1362A—2007, 军工产品定型程序和要求[S].
GJB 1362A—2007, Procedure and Requirements for Finalization of Military Products[S].