

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2014.02.018

引用格式:朱辉.电子信息装备环境适应性评价探讨[J].电讯技术,2014,54(2):212-217.[ZHU Hui. Discussion on Environmental Worthiness Evaluation of Electronic Information Equipment[J]. Telecommunication Engineering,2014,54(2):212-217.]

## 电子信息装备环境适应性评价探讨\*

朱 辉\*\*

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

**摘要:**探讨了电子信息装备的组成形态及其全寿命周期环境适应性评价,分析了电子信息装备环境适应性评价的要求、指标体系、依据和准则,提出了评价的阶段性和时机以及评价方法。提出的五个评估评价阶段、五个评价时机及对应的评价内容和工作要点贯穿于电子信息装备的整个寿命期,初步形成一套较完整的评价体系。提出的独立评价法、分解和综合评价法对解决不同的电子信息装备的环境适应性评价有较高的工程应用价值。

**关键词:**电子信息装备;环境适应性评价;全寿命期评价;评价方法

**中图分类号:**TN80;E92 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2014)02-0212-06

## Discussion on Environmental Worthiness Evaluation of Electronic Information Equipment

ZHU Hui

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

**Abstract:** In this paper, the configuration and the environmental worthiness evaluation method of electronic information equipment are discussed. Subsequently five evaluation stages, five evaluation opportunities and several evaluation methods are introduced based on the analysis of the demand, the index system, the basis and the criterion of the environmental worthiness evaluation. Then a full set of environmental worthiness evaluation system is developed in which the five evaluation stages and opportunities, also the evaluation content and work points are used through the whole life cycle of electronic information equipments. The environmental worthiness of different electronic information equipment can be evaluated by adopting the independent evaluation method and the composing and decomposing method.

**Key words:** electronic information equipment; environmental worthiness evaluation; whole life cycle evaluation; evaluation method

### 1 引言

电子信息装备是重要的装备类型之一,是武器装备现代化的重要标志。装备是用于实施和保障军事行动的武器、武器系统和军事技术器材等的统称<sup>[1]</sup>。装备是一种特殊产品,与实施和保障军事行动相关,有不同类型、大小、层次、简单和复杂装备之

分。任何装备都处在一定的环境之中,在一定的环境作用下使用、运输和贮存。在寿命周期内,装备往往要经受各种自然环境和诱发环境的影响。在严酷的环境下,若没有良好的环境适应性,装备的先进性就不能得到发挥。电子信息装备对环境因素的影响更为敏感,因此,必须使其满足环境适应性要求,

\* 收稿日期:2013-11-15;修回日期:2014-02-07 Received date:2013-11-15;Revised date:2014-02-07

\*\* 通讯作者:zhqn8232@sina.com Corresponding author:zhqn8232@sina.com

具备相应的环境适应能力。

电子信息装备环境适应性评价是评价电子信息装备满足环境适应性要求的活动,是装备环境工程的重要内容之一,是判断装备满足预定环境规定要求的主要方法和手段。环境适应性评价对实现装备环境适应性目标具有重要意义,能够有效监督和控制目标的实现,贯穿于装备全寿命周期<sup>[2]</sup>。文中主要从电子信息装备的组成形态和全寿命周期的角度对其环境适应性评价的要求和指标体系、依据和准则、阶段性和时机,以及评价方法等相关问题进行了探讨。

## 2 电子信息装备和环境适应性评价

### 2.1 电子信息装备及其组成形态

电子信息装备是指承担信息获取、传输、处理、利用、攻击和防御等功能的各种装备的总称<sup>[3]</sup>。通常,电子信息装备按功能分类可分为用于实施和保障军事行动的指挥控制、情报侦察、预警探测、通信导航、信息对抗和其他作战信息保障功能等类型的电子设备、系统及相关装备;按装载平台不同分类可分为星载、弹载、机载、舰船载、车载、地面固定和便携式等装备;按结构形式分类主要可分为各种天线、天线座(罩)、伺服馈源、显控台、机柜(架)、机(插)箱、盒体和模块(插件)等结构,甚至可包括车辆和载机平台等结构形式;按其大小、简单和复杂程度分类可分为独立装备和系统装备。独立装备通常由若干模块和(或)组件等构成,具有独立功能、结构、外形、接口和安装特性。系统装备可分为单一系统和复杂系统:单一系统实现某种功能使命,通常由多个分系统或子系统构成;复杂系统完成多项功能使命,通常由多种设备和多套系统在多个层次、多种平台,甚至多个区域上综合集成。

从装备构成层次上看,多个独立装备集成可构成新的独立装备或系统装备,独立装备和多个系统装备等可进一步综合集成从而构成更为复杂的系统装备。

电子信息装备的多样性、复杂性、系统性和对环境的敏感性对环境适应性评价提出了很高的要求。

### 2.2 环境适应性与装备寿命期

环境适应性是装备(产品)在其寿命期预计可能遇到的各种环境的作用下能够实现其所有预定功能

和性能和(或)不被破坏的能力,是装备(产品)的重要质量特性之一<sup>[4]</sup>。装备在预定环境中能够实现所有预定功能和性能并正常工作,具有不被破坏的能力是装备环境适应性优良的两个重要标志。

电子信息装备寿命期有广义和狭义两种定义:广义上指“从生到死”全过程,即装备从立项论证开始到最终报废退出使用全过程;狭义上指“从用到死”全过程,即装备从用户接收(交付)开始到最终报废退出使用全过程。广义寿命期比狭义寿命期向前延伸到了装备采办过程中的方案论证、研制和生产阶段,即设计、研制和生产装备的阶段<sup>[5]</sup>。研制生产单位对装备在方案论证、设计、研制和生产阶段的有关工作非常重视,更注重使用广义寿命期的定义。部队或用户从使用效果出发,往往对狭义寿命期的定义更感兴趣。

电子信息装备的环境适应性与其寿命期密切相关。环境适应性要求、分析和评价以装备寿命期为时限,在整个寿命期内装备将遇到各种环境因素的影响。为了保证装备功能和性能的实现而不被破坏,必须将装备寿命期内可能遇到各种环境因素的影响提前到合同或立项论证、设计阶段加以明确,提出合理的要求。通常,环境工程标准是应用狭义寿命期定义来确定装备寿命期剖面的。装备寿命期剖面是反映装备“从用到死”全过程需要经历的各种环境的时序关系图,是制定环境适应性要求的基础和重要依据。

但环境适应性是电子信息装备的固有特性,主要通过设计和制造纳入,通过试验和管理予以保证。装备在方案论证、设计、研制和生产过程中的环境适应性工作均要用到根据狭义寿命期定义确定的环境信息。因此,对研制方和研制类新型电子信息装备,采用广义寿命期的概念实施环境适应性设计、分析和评价具有重要意义,更具有合理性。

广义寿命期定义中装备在方案论证、设计、研制和生产过程中的环境适应性工作均要用到根据狭义寿命期定义确定的环境信息。对研制类新型电子信息装备,采用广义寿命期的概念实施环境适应性评价更具有合理性。

### 2.3 装备环境适应性评价要求和指标体系

装备的环境适应性要求具有预设性、指标性、多项性、规定性和复杂性的特点,预设性体现在对装备寿命周期剖面的预计判断;指标性体现在各环境因

素的指标数据明确、具体,并可验证测试,这些指标通常是战技指标的组成部分,是其他功能和性能指标测试的约束条件;多项性体现在环境适应性要求的种类和项目非常多;规定性体现在环境适应性要求的各项指标必须满足,必须纳入设计,在试验和使用中考核评价;复杂性体现在环境的多因素以及装备的多形式和多用途等方面。

装备的环境适应性必须通过评价的方式进行确认。电子信息装备环境适应性评价是评价电子信息装备满足环境适应性要求的活动,是装备环境工程的重要内容之一,是判断装备满足预定环境规定要求的主要方法和手段。

对装备环境适应性评价通常要求制定评价依据和准则,在全寿命期内选择评价的阶段和时机,选择和采用恰当的评价方法开展评价。

环境适应性评价的指标体系是开展环境适应性评价基础和前提,应首先明确环境适应性评价的指标体系。由于环境因素(种类)繁多,不同环境因素及其不同的严酷等级对装备的作用和影响程度各不相同,因此,应按照一定的原则确定评价指标。通常,选定评价指标的原则:一是要有利于全面反映系统的特征,实现系统的目标;二是评价项目和层次应尽可能少,便于分析和计算;三是具体问题具体分析,具有充分的灵活性<sup>[6-7]</sup>。装备环境适应性评价的指标体系可通过制定环境适应性要求最终明确。

装备的环境适应性评价具有多目标性、阶段性、全面性、系统性和复杂性的特征,这些特征给装备环境适应性评价带来了较大的难度,提出了很高的要求。

环境适应性评价贯穿于装备全寿命周期,对实现装备环境适应性目标具有重要意义。

### 3 电子信息装备环境适应性评价的依据和时机

#### 3.1 环境适应性评价的依据和准则

环境适应性评价的依据是环境适应性要求,环境适应性要求是环境适应性评价的指标体系的载体和集中体现。通常,环境适应性要求依据立项、研制总要求、平台环境条件、成品协议、任务书、合同和军标等相关环境要求,结合寿命期环境剖面分析制定。环境适应性评价是考核、验证和评估电子信息装备在环境适应性要求的各项环境指标作用下是否能满

足装备自身的功能和性能要求而又不被破坏。

环境适应性评价的准则是清楚目标,把控过程和重点,注重方法,系统评价,坚持原则和客观公正。清楚目标是指评价时必须先明确达到的目标,形成多指标判据;把控过程和重点是指应注重检查和审查在全寿命期内各个阶段实施环境工程的设计、分析、制造、试验等控制情况,重点把控对装备有较大影响的环境因素的控制审查,掌握完整信息;注重方法是指针对不同形式、不同构成层次的电子信息装备,在不同的环境因素作用下的效果评价应优选简单实用、合理可行的评价方法;系统评价是环境适应性评价的重要准则,由于电子信息装备的多样性和复杂性以及环境因素的多项性和指标性,因此必须采用系统评价的方法进行全面评价,采用多种试验相结合,综合利用各种试验方式的优势,提高试验可信度,充分利用各种信息,做到环境适应性评价的连续性、关联性、协调性和全面性等;坚持原则和客观公正是指在注重科学和规则、注重实际和事实的基础上做出评估或评价,按照用户或军标的要求,必要时应组织具有能力和资质的独立评价机构进行评价,以提高评价的客观性与公正性。

#### 3.2 环境适应性评价的阶段性和时机

电子信息装备环境适应性评价是评价电子信息装备满足环境适应性要求的活动,是装备环境工程的重要内容之一。环境适应性评价具有阶段性,不同的评价阶段具有不同的工作内容和工作重点,因此,有必要区分环境适应性评价的阶段,选择评价的时机,以确定各阶段评价的主要工作内容和重点。

为便于实施评价,考虑使环境适应性评价的阶段与广义的装备寿命期的阶段基本相适应。广义的装备寿命期的阶段通常分为立项论证阶段、方案阶段、研制阶段(设计、制造、试验)、交付阶段(出厂/所、装运/安装、试验)/定型阶段(定型试验、基地试验和部队试用)、运输、贮存、部队使用阶段和报废。环境适应性评价的阶段可分为前期评估阶段、中期评估阶段、交付评价阶段、定型鉴定评价阶段和最终评价阶段,前期评估阶段对应于装备立项论证和方案阶段;中期评估阶段对应于装备研制阶段;交付评价阶段对应于装备交付阶段;定型鉴定评价阶段对应于装备定型阶段;最终评价阶段对应于装备运输、贮存、部队使用阶段和报废期。

在电子信息装备环境适应性评价的每个阶段均

需要开展评估评价,一一对应于一个评价的时机,因此,开展环境适应性评价时应抓住五个时机。

### 3.3 全寿命期环境适应性评价

电子信息装备开展环境适应性评价贯穿于装备的整个寿命期。

#### (1) 在立项论证和方案阶段开展前期评估

立项论证阶段,依据电子信息装备的装载平台,执行任务的地域、水域和空域,在立项报告、研制总要求、合同和成品协议等中明确提出环境要求指标。方案阶段,结合用户及有关文件、相关军标的要求,进行寿命周期环境剖面分析,进行裁剪、明示和综合,制定全面的环境适应性要求,进行前期评估。

#### (2) 在研制阶段开展中期评估

研制阶段,依据环境适应性要求开展环境适应性设计、仿真分析评估和预测,制定环境试验规范或大纲,开展环境探查试验等初步评价工作,形成中期初步评估意见。

#### (3) 在交付阶段开展交付评价

在出厂/所、交付前,应根据环境试验规范或大纲开展交付环境试验评价工作,并运用系统评价的方法开展环境适应性基本评价,形成交付基本评价意见。

#### (4) 在定型阶段开展定型鉴定评价

设计定型鉴定前,应根据要求制定环境鉴定试验大纲,开展定型环境鉴定试验评价,并进行环境适应性综合评价,形成鉴定综合评价意见。

(5) 在装备运输、贮存、部队使用阶段和报废期开展最终评价

在交付部队使用后,应注重部队(用户)评价,主要针对实际使用环境的适应性评价,在装备寿命期末期应完成环境适应性最终评价,形成装备最终评价意见。

通常,前期评估和最终评价由部队或用户组织进行,中期评估和交付评价由研制生产单位组织进行,定型鉴定评价由部队或用户指定第三方进行。

需要指出的是,每个评价阶段的评价工作都很重要,必须引起高度重视。前期评估是后期环境适应性评价的先导和前提;中期评估对后续评价奠定基础 and 提供保证;交付评价是装备交付的先决条件;定型鉴定评价是装备定型的先决条件;最终评价对同类装备和新装备研制具有十分重要的参考意义。

环境适应性评价的工作要点可概括为“三收

集、两分析和一综合”。三收集,即是收集按自然环境试验计划安排的自然环境试验的结果和有关信息及相应的自然环境记录数据,收集装备在一般运输和贮存过程中的有关故障和问题的信息,收集按使用环境试验计划安排的各种使用环境试验中得到故障信息及相应的平台环境记录数据;两分析,即是分析自然环境使用中遇到的自然环境条件和使用环境条件的平台环境条件的代表性和可信性,分析自然环境试验得到的环境影响数据及规律,运输、贮存、使用过程中和使用环境试验中得到的故障信息以及故障对装备作战效能的影响;一综合,即是综合考虑自然环境和自然环境试验及装备贮存运输、使用中得到的故障信息和环境影响数据,对整个装备或其某些系统的环境适应性作出全面评价。

## 4 电子信息装备环境适应性评价方法

电子信息装备可分为独立装备、单一系统装备和复杂系统装备,从结构构成上分类又可分为单一结构装备和复杂结构装备。对不同的装备类型需要采取不同的评价方法。交付评价和定型鉴定评价是环境适应性验证和控制的关键节点。通常,完成交付评价满足要求,装备就具备了可以交付的必要条件之一;完成定型鉴定评价满足要求,装备就具备了定型的必要条件之一,装备的环境适应性就基本确定。

单一结构装备的环境适应性评价采用独立评价法。单一结构装备是具有独立功能和性能,具有独立结构,能独立安装和使用的装备,具有可独立进行各项实验室环境试验的特征。对该类装备一般可以整体通过针对各种环境因素的实验室环境试验评价。当通过所有规定的环境试验,验证表明装备满足其规定的功能和性能要求而不破坏时,可评价为该类装备环境适应性满足要求。但有些单一结构装备体积较大、重量较重,受试验设备限制无法进行实验室环境试验,需要通过比较和分析的方法进行评价。

复杂结构装备的环境适应性评价采用分解和综合评价法。复杂结构装备种类繁多,某些大型复杂的电子信息装备由多功能、多层次、多平台的大量装备和系统分别布局在多区域综合集成为一体,构成一套完整的系统装备。不同区域、不同平台的装备和系统具有不同的环境适应性要求。对该类装备整体通过针对各种环境因素的实验室环境试验评价几乎是不可能的。评价前,必须先按照地域、平台、功

能、层次等组成形式逐步分解,最终形成可独立进行各项实验室环境试验评价的尽量高层次的单一结构装备,并对各品种进行归类处理。当分解后的所有归了类的不同的单一结构装备均通过全部规定的环境试验并满足要求,再采用系统评价方法进行综合评估并满足要求,才能进一步判定该套复杂结构装备的环境适应性满足要求。

具体的电子信息装备环境适应性评价方法可归类为定性评价法、定量评价法、定性与定量结合评价法三大类,通常包括直接评价法、相似产品法、相关性评价法、试验评价法和长期监测法<sup>[8]</sup>、模糊综合评价法<sup>[9]</sup>、灰色关联分析评价法、层次分析评价法<sup>[10]</sup>和环境适应度评价法<sup>[11]</sup>等。

直接评价法、相似产品法和长期监测法可以是定性的,也可以是定量的评价法。直接评价法是根据环境适应性基础数据评价装备的环境适应性的方法;相似产品法是利用相似装备的服役故障数据、环境试验数据和规律,与新装备进行对比或试验对比,以评定新装备的环境适应性的方法;长期监测法是指在装备使用/贮存过程中,对装备进行监测和必要的试验考核,以监测其性能劣化过程,对装备的环境适应性进行系统评价的方法。

试验评价法、环境适应度评价法通常是定量的评价法。试验评价法是将装备置于典型自然环境、人造环境或使用环境中,考核与验证装备经受这些环境的作用后的性能变化、功能影响,是常用的环境适应性评价方法(包括自然环境试验评价法、实验室环境试验评价法、部队试验评价方法和仿真试验评价法等);环境适应度评价法是采用环境适应度对环境适应性进行评价的方法,环境适应度将难以描述和难以考核的定性要求变成了量化的技术参数,从而可实现定量评价,对于装备全寿命期环境适应性最终评价具有重要意义。

模糊综合评价法、灰色关联分析评价法、层次分析评价法通常是定性与定量结合评价法。模糊综合评价法是一种对不宜定量的多因素事件进行半量化分析的方法;灰色关联分析评价法是一种多因素统计分析方法,它是以前各因素的样本数据为依据,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序等,在获得因素间关联度的基础上通过层间递推评价优劣的方法;层次分析评价法是一种定性与定量分析相结合的多目标决策分析方法,它根据问题

的层次结构,构造评价判断矩阵,确定每一层各因素重要性的权重,直至计算出顶层各类情况相对权重,评价出优劣。

## 5 结束语

由于环境适应性要求具有预设性、指标性、多项性、规定性和复杂性的特点,而电子信息装备又具有多样性、复杂性、系统性和对环境的敏感性等特征,因此,电子信息装备环境适应性评价是一个非常复杂的过程,是一个将试验与取得的数据等信息综合分析、判断并对装备寿命期内各阶段环境适应性因素做出决策的评估评价过程。本文从电子信息装备的组成形态和全寿命周期的角度探讨了环境适应性评价的要求、指标体系、依据、准则、阶段性、时机以及评价方法等,对把握装备寿命期内不同阶段环境适应性评价的时机,抓住各阶段评价工作的重点,综合应用各种评价方法开展科学评价,提高环境适应性评价的水平和可信性具有重要的参考意义。

## 参考文献:

- [1] GJB 6117-2007,装备环境工程术语[S].  
GJB 6117 - 2007, Materiel environmental engineering terms [S]. (in Chinese)
- [2] 王宏伟,赵云峰,陶帅. 装备全寿命周期环境适应性评价若干问题探讨[J]. 装备环境工程, 2013, 10(1):70-72.  
WANG Hong-wei, ZHAO Yun-feng, TAO Shuai. On Environmental Worthiness Evaluation during Whole Life Cycle of Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2013, 10(1):70-72. (in Chinese)
- [3] 张胜光,嵇元祥,朱宁龙. 美军电子信息装备发展研究[J]. 信息化研究, 2010,36(4):5-8.  
ZHANG Sheng-guang, JI Yuan-xiang, ZHU Ning-long. Review on Development of US Army Electronics and Information Equipment [J]. Informatization Research, 2010,36(4):5-10. (in Chinese)
- [4] GJB 4239-2001,装备环境工程通用要求[S].  
GJB 4239-2001, General requirements for materiel environmental engineering[S]. (in Chinese)
- [5] 祝耀昌. 产品环境工程概论[M]. 北京:航空工业出版社,2003:30-32.  
ZHU Yao-chang. Product environment engineering general outline [M]. Peking: Aviation Industry Publishing House,2003:30-32. (in Chinese)
- [6] 王群,陈之光,汪文峰. 基于灰色理论电子装备环境适

- 应性评判模型[J]. 装备环境工程, 2010,7(6):94-98.  
WANG Qun, CHEN Zhi-guang, WANG Wen-feng. Environmental Worthiness Model of Electronic Equipment Based on Grey Theory[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(6): 94-98. (in Chinese)
- [7] 唐承畅, 庞志兵, 李涛, 等. 基于组合权重的某型地空导弹环境适应性[J]. 装备环境工程, 2012, 9(2):12-16.  
TANG Cheng-chang, PANG Zhi-bing, LI Tao, et al. Fuzzy Comprehensive Environmental Worthiness Evaluation of Certain Type[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012,9(2):12-16. (in Chinese)
- [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.  
XU Ze-qi, ZHANG Shi-yan, XUAN Wei-fang. Environmental Worthiness Evaluation of Equipment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2012,9(1):54-59. (in Chinese)
- [9] 康兴无, 王峰立. 武器装备运输环境适应性评估研究[J]. 装备环境工程, 2006,3(4):88-90.  
KANG Xing-wu, WANG Feng-li. Study on Transport Environmental Worthiness Evaluation of Weapon Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2006,3(4):88-90. (in Chinese)
- [10] 李曙林, 杨森, 孙冬. 军用飞机环境适应性评价模型. 航空学报[J], 2009,30(6):1053-1057.  
LI Shu-lin, YANG Sen, SUN Dong. Evaluation Model of Environmental Worthiness for Military Aircraft [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2009,30(6): 1053-1057. (in Chinese)
- [11] 罗天元. 装备环境适应性的定量化表征技术探讨[J]. 装备环境工程, 2010,7(6):150-153.  
LUO Tian-yuan. Study on Quantitative Characterization Technique of Environmental Worthiness of Equipments [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(6):150-153. (in Chinese)

### 作者简介:



朱 辉(1958—),男,四川成都人,2003年获硕士学位,现为研究员,主要从事电子设备及系统结构设计与研究。

ZHU Hui was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1958. He received the M. S. degree in 2002. He is now a senior engineer of professor. His research concerns structure design of electronics equipment and system.

Email: zhqn8232@sina.com