

专刊——航空武器装备全寿命期环境工程技术

新体制下装备环境适应性试验鉴定的思考

傅耘¹, 史左敏², 李敏伟¹

(1.中国航空综合技术研究所, 北京 100028; 2.陕西飞机工业有限责任公司, 陕西 汉中 723213)

摘要:通过分析现行装备环境工程工作与新体制下试验鉴定要求的差距, 归纳提出了新体制下装备环境适应性试验鉴定的总体解决思路, 明确了全寿命周期装备环境适应性工作项目剪裁方法, 以及完整的装备试验鉴定工作项目集, 给出了装备环境适应性要求确定原则, 以及各阶段、各层级产品环境适应性要求集, 为装备面向实战、全过程、全层级、全指标的环境适应性试验鉴定提供了指导。

关键词: 试验鉴定; 环境适应性; 试验总案; 装备环境工程; 环境试验; 新体制

中图分类号: TJ01

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2023)05-0001-05

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2023.05.001

Thoughts on Materiel Environmental Worthiness Test and Evaluation in New System

FU Yun¹, SHI Zuo-min², LI Min-wei¹

(1. China Aero Poly-technology Establishment, Beijing, 100028, China;

2. Shaanxi Aircraft Corporation, Shaanxi Hanzhong 723213, China)

ABSTRACT: The general guidelines of materiel environmental worthiness T&E (test and evaluation) in the new system are presented, by analyzing the disparities between the T&E requirements in the new system and current activities of materiel environmental engineering. The tailoring methods of environmental engineering items in the life cycle of materiel are provided, and an integrated group of T&E items is also defined. The principles of determining materiel environmental worthiness requirements are discussed, and meanwhile, the groups of the environmental worthiness requirements of all phases and each level of product are presented. It provides guidelines for environmental worthiness T&E in combat-oriented, overall-phases, all-levels and whole-indicators modes.

KEY WORDS: test and evaluation (T&E); environmental worthiness; T&E master plan; materiel environmental engineering; environmental test; new system

遵照习近平主席“要着力构建先进实用的试验鉴定体系, 摸清武器装备性能底数, 确保武器装备实战适用性”的重要指示, 近年来颁布的一系列指导性文件中指出: 新形势下装备试验鉴定的主要任务是通过独立、严格、全寿命、全方位、紧贴实战的试验考核, 把住“关口”, 摸清“底数”。试验鉴定的原则是面向

实战、全程覆盖。要求在军工产品鉴定定型中全力摸清复杂战场环境条件下的装备性能边界、“能”和“不能”底数。从这些指示和要求中, “提炼”出装备试验鉴定的几个关键词, 比如“贴近实战、全面把关、摸清底数; 全面覆盖考核、全过程评价; 考核方式多样化”等。因此, 新体制下装备环境适应性试验鉴定

收稿日期: 2023-03-15; 修订日期: 2023-04-10

Received: 2023-03-15; Revised: 2023-04-10

作者简介: 傅耘(1972—), 男, 硕士。

Biography: FU Yun (1972-), Male, Master.

引文格式: 傅耘, 史左敏, 李敏伟. 新体制下装备环境适应性试验鉴定的思考[J]. 装备环境工程, 2023, 20(5): 001-005.

FU Yun, SHI Zuo-min, LI Min-wei. Thoughts on Materiel Environmental Worthiness Test and Evaluation in New System[J]. Equipment Environmental Engineering, 2023, 20(5): 001-005.

要面向装备研制全过程、全产品层级的考核与评价；要面向作战使用环境、全维度指标的考核与评价；要面向试验鉴定数字化，多样化手段的考核和评价。

1 现行装备环境适应性工作与新体制新要求的差距

1.1 装备环境适应性试验鉴定

对照装备试验鉴定新要求，即面向实战环境的全指标充分考核、全过程和全产品层级的试验与评估、多样化手段的试验与评估等，现行装备环境适应性试验鉴定工作存在以下差距，如图1所示。

1) 试验方法以单应力环境试验为主，未突出“贴近实战”的装备复杂环境适应性考核。装备环境鉴定试验中应用最广的 GJB 150A《军用装备实验室环境试验方法》^[1] 27 个试验方法中，只有 2 个称得上“综合环境”试验（GJB 150.24A《温度-湿度-振动-高度试验》和 GJB 150.25A《振动-噪声-温度试验》），但也最多仅 4 种环境因素的综合，远谈不上“复杂环境”。

2) 环境鉴定试验对象以设备级产品为主，装备级产品很少。虽然 GJB 150A 没有限制用于整装试验，但目前大部分的环境鉴定试验还是针对设备级产品、部分系统级产品开展。

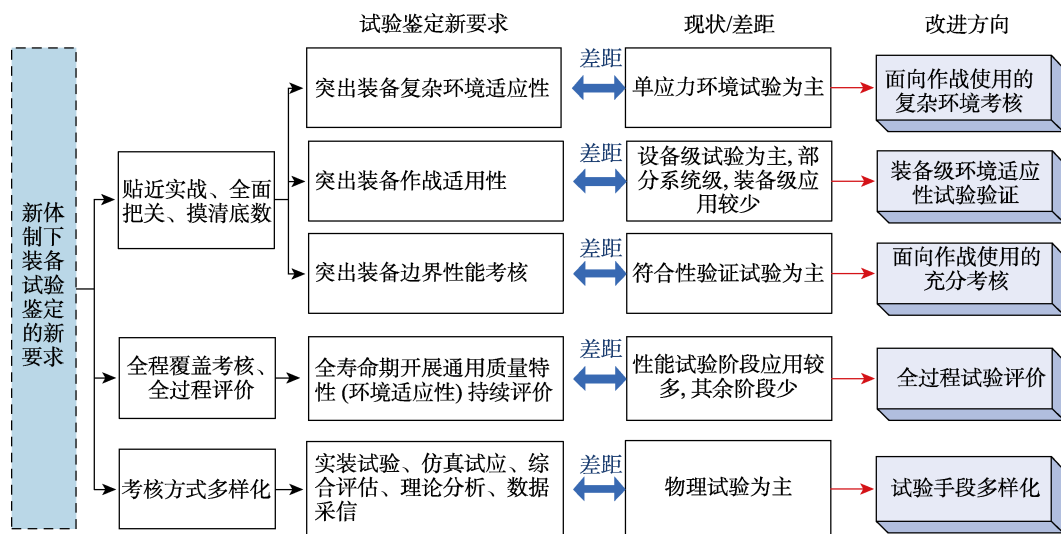


图1 现行装备环境适应性试验鉴定工作的差距及改进方向

Fig.1 Gap and improvement direction of current equipment environmental worthiness test and evaluation

3) 试验目的以符合性验证为主，未实现装备边界性能考核。以往的环境鉴定试验，仅仅是验证产品的环境适应性是否达到合同（或者研制总要求、成品协议书）的指标要求，不会进一步加严环境应力，探索边界性能。当然，也缺乏这方面的标准规范。

正是由于这 3 个方面的差距，造成目前环境试验方法标准多适用于性能试验，作战试验、在役考核缺少标准规范。此外，由于技术成熟度方面的原因，环境适应性考核方式以物理试验为主，仿真试验、综合评价等技术手段在装备试验鉴定中应用较少。

1.2 装备环境工程工作存在的问题

以上仅从试验角度分析差距。然而，造成这些差距的根本原因还应从装备全寿命周期的环境工程工作来分析。

1) 环境适应性相关标准规范不完整。从装备环境工程标准体系来看，环境适应性要求确定、环境适应性设计与分析、环境适应性评价 3 方面的标准规

范，尤其是相关的指南、手册还不完整，不足以支撑装备全寿命周期环境适应性工作的开展。

2) 装备环境适应性要求论证不充分。环境适应性要求不能充分覆盖装备的边界/极端条件；研制总要求规定的环境适应性要求简单、粗放，甚至不区分设计要求和验证要求；指标参数不成体系，不同装备层级、不同阶段指标一刀切，不足以支撑装备环境适应性设计、验证与评价工作的开展。

3) 基础数据缺乏积累。装备全寿命周期可能遭遇的环境数据（尤其是诱发环境数据）及其对应的环境效应数据的采集、处理、存储和应用等基础性的工作，一直缺乏顶层的策划和系统的实施。环境试验也多关注是否通过试验的结论，对试验过程中环境效应数据、产品内部应力响应数据、产品特性变化数据等基础数据的关注较少，导致环境适应性基础数据的积累较少，难以支撑装备环境适应性要求确定、环境适应性设计、环境适应性故障的定位与复现、先进环境试验方法的研究等工作。

2 新体制下装备环境适应性试验鉴定总体思路

通过以上对现行装备环境适应性试验鉴定、环境适应性工作存在问题的分析,可以看出,不能就试验论试验,而应该从体系化(工作体系和技术体系)的高度来重新审视这些问题,寻求解决方案。为此,提出以下 4 点思路:

1) 全程抓。落实“试验鉴定系统要参与装备论证研制,主导装备鉴定定型,介入装备使用管理”的要求,保证试验初案、试验总案中环境适应性定量、定性要求的全面、系统、科学、可考核;保证性能试验中试验鉴定工作过程规范、数据可信、考核全面;保证作战试验、在役考核中数据采集和评价工作等深度融合、数据充分、持续开展。

2) 抓重点。明确机关、试验需求论证机构、装备研制单位、装备试验单位、装备使用单位(部队)在装备全寿命周期各阶段的职责、工作项目以及相互之间的支撑关系,实现环境适应性试验鉴定工作分层开展、逐级推进、前后衔接、重点突出。

3) 跨阶段。打通试验鉴定性能试验、作战试验、在役考核 3 个阶段的工作流和数据流,实现工作统筹策划、高效协同,保证数据充分采集、全面应用,进而支撑装备环境适应性的跨阶段持续验证考核与评价。

4) 虚实结合。充分利用仿真试验、半实物仿真试验、数字试验、物理试验、综合评价等多种技术手段,基于统一数据源和模型,构建出数实相结合的试验运行空间,实现对装备环境适应性的“探边摸底、全面考核”。

3 全寿命周期开展环境适应性工作

所谓“全程抓”,是指抓好装备全寿命周期的环境工程工作。《装备通用质量特性要求模板(试行)》(以下简称 34 号文)要求依据标准(如 GJB 4239^[2]),开展诸如制定环境工程工作计划、装备环境工程工作评审、确定寿命期环境剖面、制定环境适应性设计准则、环境适应性设计、环境试验与评价等工作项目。

3.1 全寿命周期环境适应性工作项目剪裁

GJB 4239《装备环境工程通用要求》是指导装备开展环境适应性工作的顶层标准,包括四大部分(环境工程管理、环境分析、环境适应性设计、环境试验与评价),20 个工作项目。除了“环境工程管理”部分的 4 个工作项目带有一定的管理性质外,其他三大部分均规定了环境适应性工作的技术内容,就是为了指导和规范装备环境适应性要求的确定、环境适应性设计和环境试验与评价等工作。

在实际型号工作中,并非要把 20 个工作项目做全,也不局限于此 20 个工作项目,而是应该根据装备作战使用需求、自身特性、研制经费、研制进度等资源情况,依据 4239 和其他标准规范或者文件,合理选取适当的环境适应性工作项目,纳入装备论证、研制、生产和使用全过程,并确保环境适应性工作与装备设计研制工作的高度融合,以更高的效费比使装备达到预期的环境适应性水平,这就是所谓的环境适应性工作项目“剪裁”。

3.2 全寿命周期环境适应性试验鉴定工作项目

装备全寿命周期建议开展的环境适应性试验鉴定相关工作项目如图 2 所示。这些工作项目综合参考了 GJB 4239,以及新体制下装备试验鉴定系列文件要求,分阶段、分层级(装备、系统/设备两级)一一列举出来,并标明各项目的主责单位、它们之间的输入/输出关系(工作流和数据流),以供实际工作参考。

1) 在装备综合论证时,论证单位应根据装备作战使命任务、主要战术技术指标、拟部署的地域/海域/空域、使用和保障方案等,结合相关的环境数据标准、手册,确定初步的环境适应性要求,并据此编制试验初案中的环境适应性部分。

2) 方案设计阶段,论证单位根据“装备环境适应性要求”,规划全寿命周期环境适应性试验工作,并纳入“装备试验总案”。

3) 样机研制早期,装备研制单位组织策划环境适应性研制试验,快速发现产品环境适应性设计缺陷或薄弱环节,推动产品环境适应性健壮设计。

4) 性能验证试验中,根据“装备试验总案”,装备研制单位组织策划环境适应性验证试验,主要对分系统/设备级产品开展环境试验,通过物理试验实现对产品环境适应性水平的初步考核与验证。

5) 性能鉴定试验中,根据“装备试验总案”,装备试验单位对设备/分系统/系统/装备组织开展性能鉴定环境试验(实验室试验),评价设备的环境适应性是否满足规定的的使用要求;装备试验单位结合鉴定试飞(试用)对系统/装备补充开展性能鉴定环境试验(外场),评价系统/装备的环境适应性是否满足规定的的使用要求,为装备状态鉴定提供依据。若具备数字化试验条件,那么针对装备数字样机 3.0,开展环境数字试验,通过数实相结合的方式,实现对装备数字样机的鉴定,以及装备复杂环境适应性及边界性能考核。

6) 作战试验中,根据“装备试验总案”,装备试验单位结合作战适用性试验,补充开展复杂环境适应性试验及边界性能考核,评价装备的复杂环境适应性水平,进一步摸清装备实战条件下的性能底数,实现实战条件下装备环境适应性的充分考核。

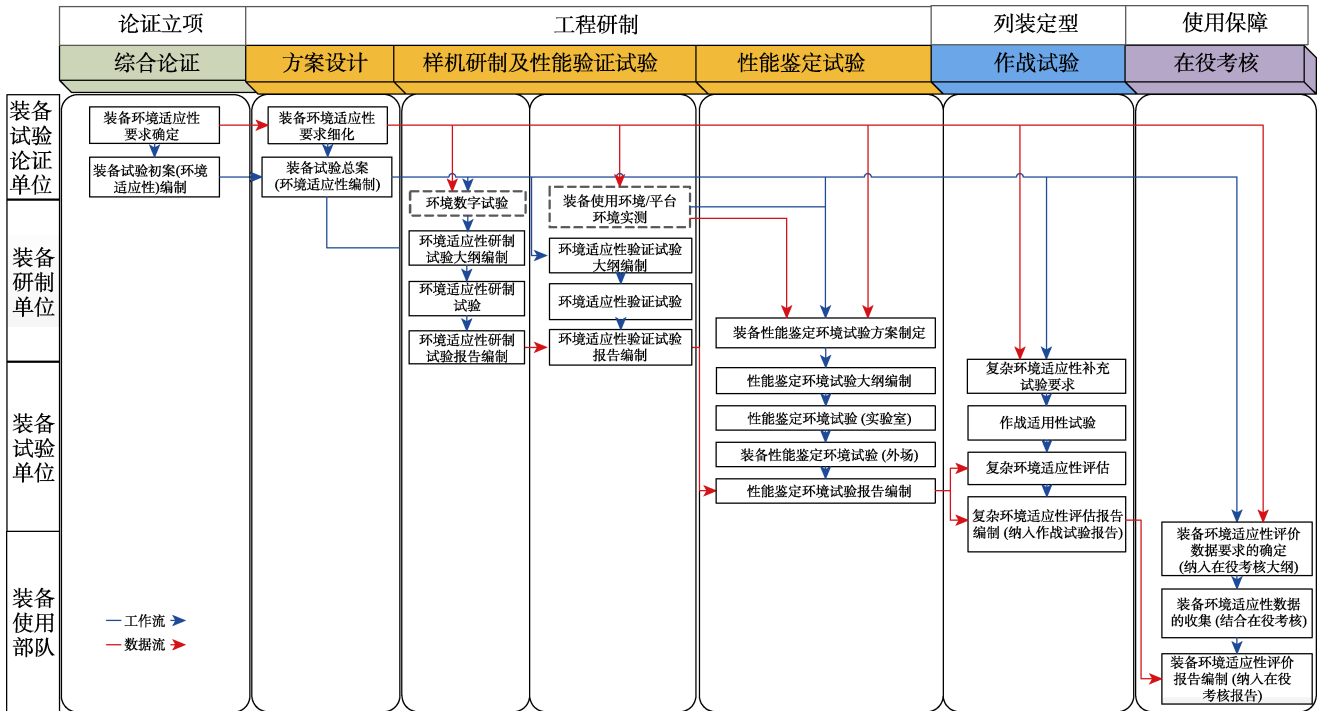


图2 装备全寿命周期环境适应性试验鉴定相关工作项目
Fig.2 Work items related to equipment life cycle environmental worthiness test and evaluation

7) 装备服役期间, 根据“装备试验总案”, 列装部队结合在役使用考核对装备开展环境适应性评价, 持续评估作战使用条件下装备的环境适应性水平, 发现装备的环境适应性问题, 提出装备环境适应性问题改进方案和环境适应性优化提升方向。

4 全产品层级确定环境适应性要求

从图2可以看出, 确定装备环境适应性要求, 是制定试验初案和总案的重要输入, 直接关系到后面各阶段环境适应性工作的系统性、科学性和全面性。

4.1 装备环境适应性要求的确定原则

有一系列文件和标准指导如何确定装备环境适应性要求。34号文给出了装备立项综合论证、研制总要求、鉴定定型试验总案论证中的通用质量特性(包括环境适应性)要求模板。GJB 4239中的工作项目201—203的最终结果, 就是确定环境适应性要求。GJB 9157—2017《装备环境工程文件编写要求》则给出了编写“寿命期环境剖面”“使用环境文件”和“环境适应性要求文件”的具体方法和流程^[3]。

环境适应性要求区分为环境适应性设计要求和环境适应性验证要求, 分别作为装备环境适应性设计、试验验证的输入, 环境适应性要求包括定量要求和定性要求, GJB 9157对此有详细说明。

在实际的型号研制过程中, 确定了整机(装备级)环境适应性要求后, 还应向下分解、细化, 确定系统/设备级的环境适应性要求, 并纳入研制总要求或成品

协议书。有条件的话, 在装备首飞/试用阶段, 安排环境实测, 根据实测数据修正环境适应性验证要求, 作为装备性能鉴定环境试验方案制定的输入。

4.2 各阶段、各层级产品的环境适应性要求

针对前面所说装备环境适应性要求不成体系、简单粗放、未覆盖实战复杂环境等问题, 重新梳理了装备研制、状态鉴定、列装定型各阶段, 装备各层级产品的环境适应性要求如图3所示。

1) 方案设计阶段, 环境适应性要求主要面向装备级, 包括部署地域、海域、空域等, 地理环境(如高原、沙漠、海岛等), 使用要求(如速度、高度、时间等)。

2) 样机研制阶段, 装备环境适应性要求面向系统级/设备级产品向下分解与细化, 主要包括自然环境应力及其范围(温度、湿度、降水、沙尘、含盐量等)、诱发环境应力及其范围(振动、噪声、温度、湿度、压力等)、环境适应性定性要求(环境设计余量、防腐蚀设计、密封设计等)。

3) 性能鉴定试验中, 环境适应性要求面向系统级/设备级产品、装备级产品2个层级, 主要为定量指标。系统级/设备级产品的环境适应性要求包括温度、气压/高度、振动、加速度、冲击等环境应力的极限值, 以及湿热、霉菌、盐雾、淋雨、沙尘等。装备级产品的环境适应性要求包括极端温度、湿度、气象环境(日照、降雨、结冰等), 复杂地理、气象、水声、综合环境等, 其中复杂综合环境尽可能覆盖装备作战使用场景, 若无法覆盖所有作战任务, 则应

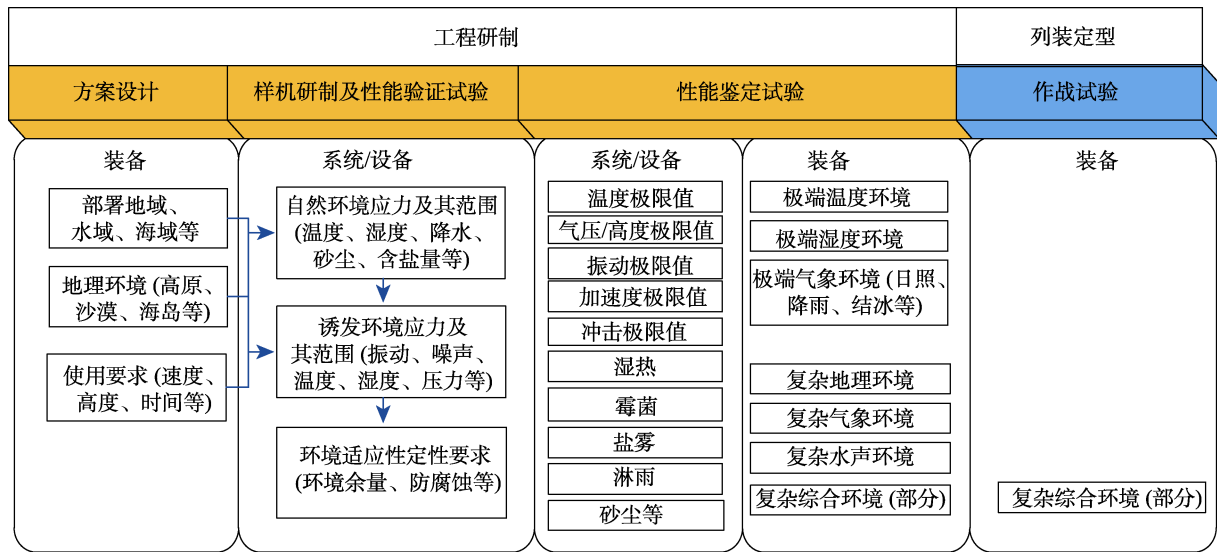


图 3 各阶段、装备各层级的环境适应性要求
 Fig.3 Environmental worthiness requirements for each stage and equipment level

在作战试验阶段进行考核。

4) 作战试验阶段, 面向装备级产品, 考核其对部分极端作战任务的复杂综合环境的适应性, 一般仅给出定性评价。

5 结语

本文全面梳理、分析了现行装备环境工程工作与新体制下装备试验鉴定要求之间的差距, 归纳提出了“全程抓、抓重点、跨阶段、虚实结合”的新体制下装备环境适应性试验鉴定总体解决思路, 从装备全寿命周期角度, 提出了装备环境适应性工作项目剪裁方法, 以及完整的环境适应性试验鉴定工作项目集, 进一步提出了装备环境适应性要求确定原则及各阶段、各层级产品的环境适应性要求集, 可以支撑装备鉴定

定型中面向实战、全过程、全层级、全指标的环境适应性考核与评价。

参考文献:

- [1] GJB 150A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S]. GJB 150A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].
- [2] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S]. GJB 4239—2001, General Requirements for Materiel Environmental Engineering[S].
- [3] GJB 9157—2017, 装备环境工程文件编写要求[S]. GJB 9157—2017, Compiling Requirements of Materiel Environmental Engineering Files[S].

责任编辑: 刘世忠