

航空装备环境适应性试验鉴定工作展望

王成章, 钟勇, 张薇, 舒畅, 吴帅, 许斌, 杨小奎

(西南技术工程研究所, 重庆 400039)

摘要: 简要介绍了航空装备的特点、航空装备环境适应性现状和航空装备环境适应性试验鉴定工作的特点, 分析了航空装备环境适应性试验鉴定工作现状与存在的问题, 重点探讨了航空装备环境适应性试验鉴定工作的改进思路, 并对航空装备环境适应性试验鉴定工作的改进举措进行了总结展望。

关键词: 航空装备; 环境适应性; 试验; 鉴定; 考核验证; 改进

中图分类号: V219

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2023)05-0006-06

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2023.05.002

Prospect of Environmental Adaptability Test and Appraisal of Aviation Equipment

WANG Cheng-zhang, ZHONG Yong, ZHANG Wei, SHU Chang, WU Shuai, XU Bin, YANG Xiao-kui

(Southwest Institute of Technology and Engineering, Chongqing 400039, China)

ABSTRACT: The work briefly introduces the characteristics of aviation equipment, the current situation of the environmental adaptability of aviation equipment and the characteristics of the environmental adaptability test and appraisal of aviation equipment, analyzes the current situation and existing problems of the environmental adaptability test and appraisal of aviation equipment, focuses on the improvement ideas of the environmental adaptability test and appraisal of aviation equipment, and summarizes and prospects the improvement measures for the environmental adaptability test and appraisal of aviation equipment.

KEY WORDS: aviation equipment; environmental adaptability; test; appraisal; assessment and verification; improvement

随着我军航空装备步入快速发展新阶段, 装备信息化程度显著提高, 体系关联性明显增强, 且服役环境逐步从区域向全域拓展, 面临着过去未曾充分认识到的各种复杂严酷环境的考验, 对航空装备环境适应性试验鉴定体系的工作, 提出了更高要求。建设科学合理、充分有效的航空装备环境适应性鉴定体系, 使其在研制全流程过程中经过充分“体检”, 对于其在复杂环境服役中保障安全与可靠性、保持作战效能具有重要意义。本文介绍了航空装备环境适应性现状、

环境适应性鉴定工作的特点, 重点总结了航空装备环境适应性鉴定现状及存在的问题, 并对航空装备环境适应性鉴定体系的改进思路进行了探讨。

1 概述

1.1 航空装备的特点

当前, 航空装备以国家军事战略和新作战概念为牵引, 以空天一体、攻防兼备为建设重点, 向信息化、

收稿日期: 2023-03-13; 修订日期: 2023-05-04

Received: 2023-03-13; Revised: 2023-05-04

作者简介: 王成章(1973—), 男, 硕士。

Biography: WHANG Cheng-zhang (1973—), Male, Master.

引文格式: 王成章, 钟勇, 张薇, 等. 航空装备环境适应性试验鉴定工作展望[J]. 装备环境工程, 2023, 20(5): 006-011.

WANG Cheng-zhang, ZHONG Yong, ZHANG Wei, et al. Prospect of Environmental Adaptability Test and Appraisal of Aviation Equipment[J]. Equipment Environmental Engineering, 2023, 20(5): 006-011.

网络化、智能化、无人化方向发展。特别是随着军用战机向超隐身、超机动、高可控、高智能、高超声速能力发展,航空装备在局部战争中的重要性日益凸显,成为影响战争发展趋势的关键。如俄乌冲突中,由于俄空军没有足够的航空装备迅速夺取制空权,以致战争由俄方主动进攻逐渐演变为胶着状态。然而,停-飞-停的任务剖面决定了航空装备必须反复经受地面停放严酷环境——强气流/大载荷/高空低温环境。在严酷的使用环境下,一旦出现重大环境适应性问题,航空装备将会大面积停飞,不但影响装备的战备完好性,还由于降落的不确定性,会直接危及人员的生命安全。加之装备价值昂贵,结构复杂,关重结构维修更换难等特点,航空装备环境适应性要求极高。

1.2 航空装备环境适应性现状

随着航空装备全天候使用以及服役环境向岛礁、沙漠、高原高寒等地区延伸,使得航空装备面临的环境更加严酷、复杂,加之近年来航空装备高强度的实战实训,导致服役过程中出现了大量不同程度的环境适应性问题,严重影响了装备作战效能和战备完好性。

某型飞机服役后,暴露出较多的涂层脱落、老化等环境适应性问题,飞机战场生存受到威胁。其中,某涂层脱落区域集中在勾边区迎风面、左/右前体边条、左/右机翼下表面前缘与机翼连接处、外蒙皮等部位的缝隙或台阶处。对部分涂层脱落情况进行统计分析发现,在雨天恶劣飞行环境下,遭受温度急变、气流/雨滴/云层积冰冲蚀综合作用是此类故障频发的关键影响因素。除此之外,涂层实装时缺乏实际服役环境雨水、气流、温冲、静电等综合作用的考核鉴定也是此类问题频发的关键。

目前,极端严酷环境服役与高强度实战实训成常态,航空装备环境适应性问题频发,现状很严峻,只有提升装备环境适应性,才能提升装备战备完好性,提高作战效能。

1.3 航空装备环境适应性试验鉴定工作的特点

环境适应性试验鉴定工作是保障装备环境适应性的重要环节。2022年发布的《军队装备试验鉴定规定》^[1],在装备全寿命期构建了性能试验、状态鉴定、作战试验、列装定型、在役考核的工作链路。对于航空装备,结构日趋复杂,机载设备日趋精密,部附件系统和附属武器系统的复杂程度和高价值属性日益增强,安装密度日渐增大,服役工况日趋复杂严酷,各层级产品所受服役环境、力学载荷、诱发振动等综合应力复杂多变、互不相同、各有特点,关重结构维修更换不便,这些特点对航空试验环境适应性鉴定工作提出了比其他装备更高的要求。

尽管真实模拟航空装备实际服役工况难度极大,而且对航空装备开展综合试验、整机试验成本高、投入大,但由于航空装备实装使用后环境适应性问题可能造成危及安全的严重后果,因此应尽量发挥性能试验和状态鉴定的作用,及早发现未来可能出现的隐患,避免出现危及安全的重大事故。

2 航空装备环境适应性试验鉴定工作现状与存在的问题

当前,我军装备的环境适应性试验鉴定工作主要依靠GJB 150A等标准^[2-6],通过各单项试验及其组合考核验证装备的功能性能是否满足要求。长期以来,大量通过定型鉴定、列装部队后的装备在服役过程中始终面临2个“拦路虎”:装备服役环境适应性问题频发,影响战备;装备定寿/延寿科学性不足,考核验证难度大^[7]。这些现象的背后实质上反映了2个科学问题:

1) 现有装备环境适应性试验鉴定技术体系、方式方法、手段(装置)、标准、成果等各方面均与装备发展要求存在较大差距,尤其是与装备试验鉴定改革目标和贴近实战化发展方向不匹配,矛盾日益凸显,亟需在装备环境工程基础技术领域加快创新发展步伐。

2) 试验鉴定与装备日历期环境适应性考核评估、定寿/延寿等工作不匹配,脱节严重^[8-12],亟需理清“试验鉴定-环境适应性考核-寿命评估”三者之间的工作界面与关联关系,将先进的环境适应性考核和寿命评估理论体系、技术体系等与试验鉴定工作深度融合。

具体到航空装备的环境适应性试验鉴定工作方面,比较典型的案例有:针对航空电子产品海洋大气环境工况条件下的环境适应性试验鉴定考核,传统盐雾试验因盐雾生成机制、盐雾状态等各方面均与自然大气条件相差巨大,存在较大的过试验或欠试验风险,迫切需要开发全新的盐雾气氛环境-电应力耦合试验技术、试验装置、试验方法;针对环境-载荷耦合作用下航空关重结构件等特定需求装备/产品的环境适应性试验鉴定考核,在结构件环境-载荷耦合试验理论/技术/装置/方法等方面短板明显,仍需大力攻关;针对大型/超大型整机级装备/产品的复杂极端环境适应性试验鉴定,国内尚处于起步阶段,急缺成体系的试验理论、试验技术、试验手段和试验方法,仍需不断加大投入力度,以期充分发挥先进试验鉴定技术对整机级装备极端环境适应性改进提升的巨大促进作用。

显然,现阶段我国航空装备环境适应性试验鉴定工作由于认识理念、技术水平等各方面的原因,存在一些局限性。解决这些问题,归根结底离不开对装备服役环境及其影响的科学认知和充分的试验验证。

3 航空装备环境适应性试验鉴定工作改进思路

从装备全寿命期角度来看,装备的环境适应性是通过不同阶段的不同工作来保障的:研制阶段,通过科学设计,从源头提高装备的环境适应性,强壮筋骨;试验鉴定阶段,通过一系列环境适应性鉴定试验,考核性能,发现隐患,迭代改进,避免装备带病服役;服役阶段,通过科学地维护保养,实现装备环境适应性与维护效费比之间的平衡。

具体到航空装备的试验鉴定阶段,通过对前述航空装备环境适应性试验鉴定工作现状与存在问题的系统分析,未来可以在以下2方面加强工作改进:

1) 重视工作思路的转变,通过试验技术、试验装置(手段)、试验方法、试验标准等基础领域的技术创新,实现从通过性试验到考核验证试验,从单因素/几因素试验到多因素组合/综合试验,从传统地面停放静态试验到模拟停-飞-动态试验3方面的转变^[13-17]。

2) 重视多种试验方式/手段在试验鉴定工作中的

作用,充分发挥自然环境试验、实验室环境试验、使用环境试验的不同作用^[18-22],尤其应贴近实战化要求,加强服役环境试验/模拟战场环境试验/典型极端复杂自然环境试验/虚拟环境试验等新型试验技术研究,引入新的方式/方法,扩充现有试验鉴定技术体系。

下面以笔者所在单位近年来围绕某系列直升机在环境适应性考核评估方面开展的一些探索性工作为例,对上述2条工作改进思路进行简要补充说明。某系列直升机连接结构涂层体系高原环境适应性考核评估主要思路如图1所示。基本流程:选取高原环境下引起直升机结构腐蚀/老化的主要环境因素,收集/采集直升机服役地区的环境因素数据,编制自然环境谱,采用自然环境谱当量转换技术,结合直升机服役工况与载荷分析,将直升机自然环境谱转化为加速模拟试验环境谱,制定直升机高原大气环境试验方法,并开展实验室模拟加速试验。同时,针对直升机典型结构件等开展服役环境下的大气自然暴露试验,获取典型结构件真实的腐蚀老化损伤形式,掌握其性能变化规律,对比验证并修正直升机高原大气环境试验

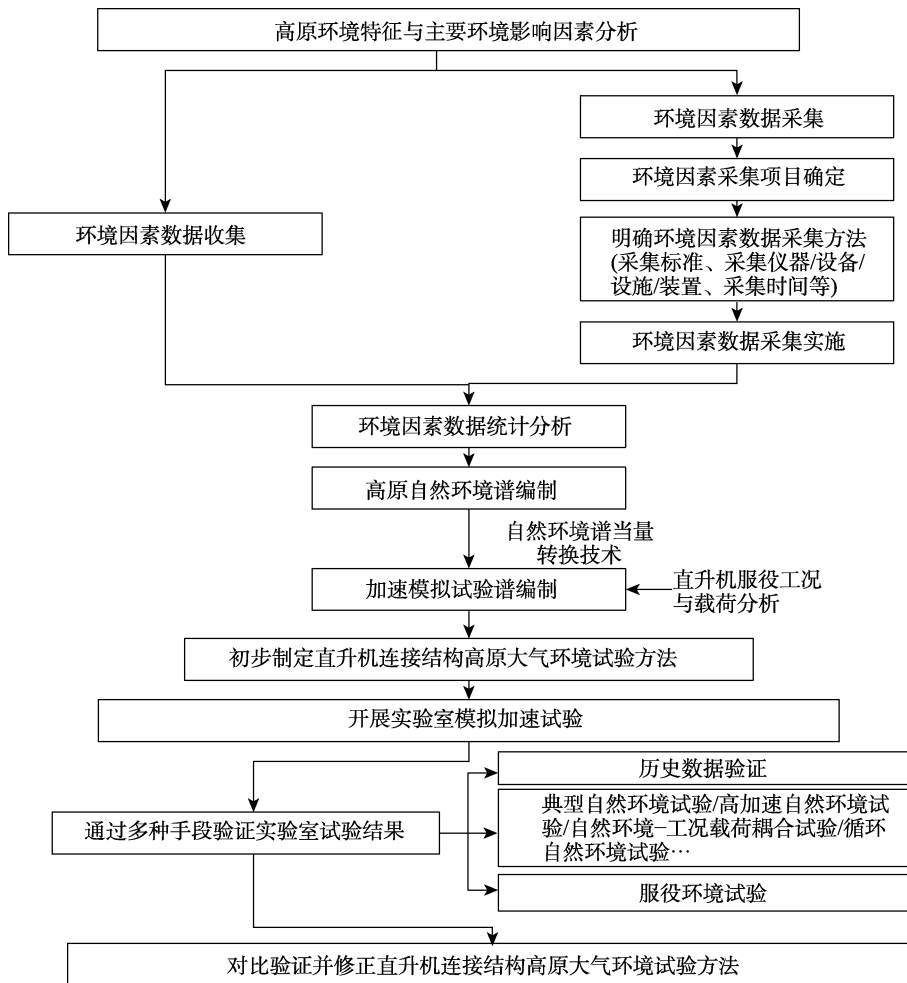


图1 直升机连接结构涂层体系高原环境适应性考核实施流程

Fig.1 Implementation flow chart of assessment on adaptability of helicopter connecting structure coating system to plateau environment

验方法,实现对高原环境下直升机连接结构涂层体系环境适应性有效、快速、准确的考核评估验证,为直升机型号研制日历寿命定寿、腐蚀防护验证、环境适应性研究,现役装备腐蚀防护改进和日历寿命延寿提供设计输入和考核验证条件。

4 航空装备环境适应性试验鉴定工作展望

随着航空装备全域覆盖、全天候作战能力要求日益增强,急需构建更加贴近实战的环境适应性试验鉴定能力,锤炼航空装备实战适用制胜基因,为航空装备“强筋健骨”^[23-25]。

1) 聚焦航空装备尺寸大、结构复杂、服役范围广、空地环境交替等特征,系统规划试验鉴定科研和建设任务,统筹航空装备环境适应性试验鉴定基础设施建设,聚合军地优势科研力量集智攻关,攻克系列航空装备环境适应性鉴定“卡脖子”难题。

2) 高度重视标准化工作,以装备试验鉴定指导性文件为遵循^[26],细化制订适应航空装备环境适应性试验鉴定的系列标准规范,作为航空装备环境适应性考核的重要衡量标准,支撑航空装备安全飞行。

3) 推进航空装备环境适应性数据建设,推动环境适应性试验鉴定工作深度融入装备新型试验鉴定体系,并逐步实现数字化转型,支撑航空装备从论证、设计、研制、使用等全寿命期改进,提升环境适应性,推动航空装备环境适应性不断迭代改进、持续优化。

展望未来,随着自然环境试验与观测技术与大数据工程等高新技术的不断融合发展,必将推动装备环境适应性试验鉴定技术的高速发展,有力支撑航空装备环境适应性和战备完好性大幅提升。

5 结语

1) 航空装备的特点决定了其环境适应性试验鉴定工作的特殊性和重要性。

2) 航空装备的环境适应性特点与现状表明,现有试验鉴定工作的成效与实战要求之间存在差距,迫切需要在未来的试验鉴定工作中加以改进。

3) 从基础技术创新与试验方式创新 2 方面提出了航空装备环境适应性试验鉴定工作改进思路。

4) 围绕顶层设计、重视标准化工作、推进数据建设等 3 方面提出了航空装备环境适应性试验鉴定工作改进举措。

参考文献:

[1] 中华人民共和国中央军事委员会. 军队装备试验鉴定规定[Z]. 2022-02-10.
Central Military Commission of the People's Republic of

China. Regulations on Military Equipment Test and Appraisal[Z]. 2022-02-10.

- [2] GJB 150.A—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].
GJB 150. A—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].
- [3] 祝耀昌,张建军. GJB 150A 的应用和剪裁[J]. 航天器环境工程, 2012, 29(6): 608-615.
ZHU Yao-chang, ZHANG Jian-jun. Application and Tailoring of GJB 150A[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2012, 29(6): 608-615.
- [4] 安海军,臧兵. 航空军工产品实验室环境鉴定试验分析[J]. 机械工程师, 2015(4): 256-257.
AN Hai-jun, ZANG Bing. Analysis of the Laboratory Environmental Qualification Test for Military Aircraft Products[J]. Mechanical Engineer, 2015(4): 256-257.
- [5] 祝耀昌,李敏伟. 航空军工产品实验室环境鉴定试验工作情况分析(1)[J]. 航天器环境工程, 2010, 27(1): 114-117.
ZHU Yao-chang, LI Min-wei. An Outline of the Laboratory Environmental Qualification Test for Military Aircraft Products(Part I)[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2010, 27(1): 114-117.
- [6] 祝耀昌,李敏伟. 航空军工产品实验室环境鉴定试验工作情况分析(2)[J]. 航天器环境工程, 2010, 27(2): 220-226.
ZHU Yao-chang, LI Min-wei. An Outline of the Laboratory Environmental Qualification Test for Military Aircraft Products (Part II)[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2010, 27(2): 220-226.
- [7] 许胜刚,蔡汝山,蔡自刚,等. 某型直升机载导弹寿命考核方法研究[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2019, 37(S1): 20-24.
XU Sheng-gang, CAI Ru-shan, CAI Zi-gang, et al. Research on the Life Evaluation Method of a Helicopter-Borne Missile[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2019, 37(S1): 20-24.
- [8] 祝耀昌,彭丽,常海娟. 航空产品环境鉴定试验有效性评价方法探讨[J]. 航天器环境工程, 2013, 30(4): 346-351.
ZHU Yao-chang, PENG Li, CHANG Hai-juan. The Validity Evaluation Method in Environmental Evaluation Tests for Aerial Product Set[J]. Spacecraft Environment Engineering, 2013, 30(4): 346-351.
- [9] 张培跃,钱思宇. 航空类军工产品设计定型环境鉴定试验概述[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2016, 34(5): 57-60.
ZHANG Pei-yue, QIAN Si-yu. Introduction to the Environmental Qualification Test for the Design Finalization of Aeronautical Military Products[J]. Electronic Product Reliability and Environmental Testing, 2016, 34(5):

- 57-60.
- [10] 李健, 李果, 翟疆, 等. 军工产品设计定型环境鉴定试验实施要点分析[J]. 装备环境工程, 2017, 14(11): 44-47.
LI Jian, LI Guo, ZHAI Jiang, et al. Key Points of Design Finalization Environmental Qualification Test for Military Product[J]. Equipment Environmental Engineering, 2017, 14(11): 44-47.
- [11] 赵书平, 刘丽新, 李金国, 等. 地面雷达设计定型环境鉴定试验分析[J]. 装备环境工程, 2012, 9(3): 75-77.
ZHAO Shu-ping, LIU Li-xin, LI Jin-guo, et al. Analysis of Design Finalization Environmental Qualification Test of Ground Radar[J]. Equipment Environmental Engineering, 2012, 9(3): 75-77.
- [12] 彭望舒, 于晴. 直升机机载产品环境鉴定试验故障分析[J]. 装备环境工程, 2019, 16(1): 73-76.
PENG Wang-shu, YU Qing. Failures of Helicopter Airborne Product in Environmental Qualification Tests[J]. Equipment Environmental Engineering, 2019, 16(1): 73-76.
- [13] 刘四平, 黄立恒, 唐雨. 直升机机载产品环境试验考核结果浅析[J]. 环境技术, 2019, 37(5): 29-33.
LIU Si-ping, HUANG Li-heng, TANG Yu. A Brief Analysis on the Results of Environmental Test of Helicopter Airborne Products[J]. Environmental Technology, 2019, 37(5): 29-33.
- [14] 舒伟发, 朱海青, 唐为国, 等. 机载产品实验室环境鉴定试验故障分析[J]. 质量与可靠性, 2020(5): 8-10.
SHU Wei-fa, ZHU Hai-qing, TANG Wei-guo, et al. Analysis for Failures of Airborne Products in Laboratory Environmental Qualification Tests[J]. Quality and Reliability, 2020(5): 8-10.
- [15] 杨欣磊, 胡湘洪, 解禾, 等. 一种直升机机载电子设备环境适应性试验条件确定方法: CN111413563A[P]. 2020-07-14.
YANG Xin-lei, HU Xiang-hong, XIE He, et al. Method for Determining Environmental Adaptability Test Conditions of Helicopter Airborne Electronic Equipment: CN111413563A[P]. 2020-07-14..
- [16] 刘艳, 陈经纬. C919 民用飞机飞控系统鉴定试验环境设计[J]. 航空工程进展, 2021, 12(6): 153-160.
LIU Yan, CHEN Jing-wei. Environment Design of Qualification Test of C919 Civil Aircraft Flight Control System[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2021, 12(6): 153-160.
- [17] 陈亮. 浅析环境鉴定试验类比分析在型号项目中的应用[J]. 环境技术, 2022, 40(4): 89-92.
CHEN Liang. Analysis on the Application of Environmental Identification Test Analogy Analysis in Model Development[J]. Environmental Technology, 2022, 40(4): 89-92.
- [18] 孙成, 孙灏, 陈中青, 等. 浅析军用装备自然环境试验与实验室环境试验的关系[J]. 环境技术, 2021, 39(4): 53-55.
SUN Cheng, SUN Hao, CHEN Zhong-qing, et al. Analysis on the Relationship between Natural Environmental Test of Military Equipment and Laboratory Environmental Test[J]. Environmental Technology, 2021, 39(4): 53-55.
- [19] 刘成臣, 赵连红, 王浩伟. 飞机表面涂层海洋环境试验与实验室环境试验相关性研究[J]. 装备环境工程, 2018, 15(6): 16-20.
LIU Cheng-chen, ZHAO Lian-hong, WANG Hao-wei. Correlation between Marine Atmospheric Environmental Test and Laboratory Environmental Test of Aircraft Surface Coating[J]. Equipment Environmental Engineering, 2018, 15(6): 16-20.
- [20] 彭京川, 胥泽奇, 张世艳, 等. 军用涂层海洋大气自然环境试验方法与要求[J]. 装备环境工程, 2017, 14(6): 122-125.
PENG Jing-chuan, XU Ze-qi, ZHANG Shi-yan, et al. Marine Atmosphere Natural Environment Test Methods and Requirements of Military Coatings[J]. Equipment Environmental Engineering, 2017, 14(6): 122-125.
- [21] 周阳红生, 王春川, 赵振峰, 等. 航空装备海洋大气综合环境试验方法研究[J]. 装备环境工程, 2020, 17(2): 86-90.
ZHOU Y, WANG Chun-chuan, ZHAO Zhen-feng, et al. Comprehensive Environmental Test Method for Aviation Equipment in Marine Atmosphere[J]. Equipment Environmental Engineering, 2020, 17(2): 86-90.
- [22] 彭望舒, 曹真, 季佳, 等. 一种舰载直升机涂层海洋大气条件下实验室加速试验方法: CN110793908A[P]. 2020-02-14.
PENG Wang-shu, CAO Zhen, JI Jia, et al. Laboratory Acceleration Test Method for Ship-Based Helicopter Coating under Marine Atmospheric Condition: CN110793908A[P]. 2020-02-14..
- [23] 吕明春. 关于新形势下军工产品质量考核的思考[J]. 质量与可靠性, 2018(1): 46-48.
LYU Ming-chun. Reflections on the Quality Assessment of Military Products under the New Situation[J]. Quality and Reliability, 2018(1): 46-48.
- [24] 李维宝, 李明, 李泽新, 等. 环境适应性要求在型号中应用问题分析[J]. 装备环境工程, 2014, 11(5): 81-86.
LI Wei-bao, LI Ming, LI Ze-xin, et al. Analysis of Application Issues of Environmental Worthiness Requirements in Model Development[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11(5): 81-86.
- [25] 田笑. 某型号推进环境适应性设计工作中的五项措施及其分析[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6): 15-19.

TIAN Xiao. Analysis on Five Measures of Improving Environmental Worthiness Design of Aircraft[J]. Equipment Environmental Engineering, 2008, 5(6): 15-19.

[26] 中华人民共和国中央军事委员会装备发展部. 装备试验鉴定首批指导性文件[Z]. 2019-04-21.

Equipment Development Department of the Central Military Commission of the People's Republic of China. The First Batch of Guidance Documents for Equipment Test Appraisal[Z]. 2019-04-21.

责任编辑: 刘世忠