

航空材料及产品环境试验数据资源需求分析

骆晨, 孙志华, 刘明, 潘峤

中国航发北京航空材料研究院航空材料先进腐蚀与防护重点实验室, 北京 100095

摘要 围绕型号设计研制单位以及部队装备论证、试验、使用、维修单位在航空材料及产品环境试验数据需求热点、数据资源共享、数据展现形式等方面的需要,分析发现:(1) 在严酷自然环境及诱发环境、航空装备微气候环境、实际使用环境条件、环境-工况耦合作用等热点方面系统积累环境因素数据以及航空材料、涂层、结构、产品的环境效应数据,并研究环境损伤规律、性能退化规律、失效破坏机制;(2) 建立环境试验的数字化管理框架以及数据共享和信息交换的支撑环境,为环境试验的应用提供信息平台;(3) 加强环境试验数据的分析和二次开发,提取隐藏的环境试验知识。将环境试验及其成果贯穿于航空装备的设计、制造、使用和维护全过程,可实现“预测-防护”的技术模式。

关键词 航空材料;航空装备;环境试验;环境适应性;数据资源

环境适应性是装备的重要质量特性之一,直接关系到武器装备的质量和战备性能,贯穿于产品设计、制造、储存、使用和维护全过程。提高装备的环境适应性必须以环境试验数据和环境试验“知识”作为支撑。

环境试验数据具有以下特点:(1) 环境试验数据的构成较为复杂,不仅涉及多种环境^[1-5],还涉及到各种材料、构件及装备^[6];(2) 环境试验数据是在历史中不断积累的,需要很长时间才能获得,且往

往和特定时期相联系,无法按照人的意志进行重复;(3) 由于环境试验在国外已经开展了上百年,在中国也已开展了几十年;且武器装备涉及的情况复杂多变,环境试验项目数量很多^[7],因此,环境试验数据量巨大;(4) 影响环境试验结果的因素非常多,而每项环境试验的数据往往仅针对某种具体情况,这决定了环境试验数据的离散性。

对海量的、离散的、构成复杂的环境试验数据进行分析、研究,从中提取具有普适性的环境试验

收稿日期:2020-04-29;修回日期:2020-09-25

基金项目:国防科技工业技术基础科研项目(JSHS2017209A001-2)

作者简介:骆晨,研究员,研究方向为环境试验与观测、腐蚀与防护,电子信箱:chen.luo.23@qq.com

引用格式:骆晨,孙志华,刘明,等.航空材料及产品环境试验数据资源需求分析[J].科技导报,2021,39(9):17-23;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2021.09.002

“知识”,才能指导具体的装备环境工程问题的解决。获取和应用环境试验“知识”的水平也代表了环境试验的发展水平。因此,环境试验数据应用于航空装备论证、研制、生产和使用过程需要明确环境试验数据需求热点,并在此基础上,应用数据库及数据挖掘技术对环境试验数据进行统一管理,实现数据保存、信息共享和集中开发。

1 数据需求热点

1.1 严酷自然环境及诱发环境

根据《GJB 4239—2001 装备环境工程通用要求》,“自然环境”是在自然界中由非人因素构成的环境。“诱发环境”是任何人为活动、平台、其他设备或设备自身产生的局部环境。在一般自然环境中可以长期使用的材料、结构,在严酷自然环境及相关诱发环境中由于极端气候环境因素或腐蚀介质的作用可能出现寿命大幅度缩短的现象。

以海洋大气环境和舰载平台环境为例。海洋大气环境是在所有近海岸和开放海水之上的大气环境,属于自然环境,包括热带海洋大气环境、岛礁环境等。舰载平台环境是飞机、直升机等航空装备装载于航空母舰、综合补给舰、两栖登陆舰等平台后经受的环境,受平台和平台环境控制系统诱发或改变的环境条件的影响,属于诱发环境。

海洋大气环境是海军飞机、直升机及发动机主要的服役环境。新型战斗机、直升机在沿海地区、岛礁以及航空母舰、综合补给舰、两栖登陆舰等舰载平台上服役时间延长的同时,环境损伤风险日益升高^[8-10]。已经出现的环境损伤问题表明了目前海军航空装备的环境适应性设计存在局限。海洋大气环境、舰载平台环境成为航空装备设计、研制、使用时必须考虑的因素。

航空装备以往采取的环境适应性设计主要针对陆基飞机,是基于经验逐步建立并完善的。在形成过程中,已有大量陆基飞机处于不同的状态,涵盖从生产、服役、大修,到再次服役,直至退役的各个阶段。这些不同状态的飞机为新型号的环境适应性设计提供了丰富经验和教训,因此,设计目标

明确,针对性强,可以取得较好的效果。之前由于中国少有舰载机服役,可直接借鉴的经验匮乏,舰载机环境适应性的系统研究刚刚起步。舰载新型战斗机、直升机、航空发动机的环境适应性设计只能以陆基飞机环境适应性设计为基础,局部进行完善,如在装配过程中补充防护设计,整体提升有限,不能适应舰上长期使用。

提升驻岛、舰载航空装备的环境适应性水平建立在航空材料及产品环境试验数据的基础上,进而才能有针对性的优选材料,优化防护体系,改进结构。因此,型号设计研制单位主要的数据需求热点涉及以下方面。

1) 海洋大气环境,特别是热带海洋大气环境、岛礁环境^[11-12]和舰载平台环境^[13]的环境因素数据。例如,针对中国沿海地区 and 高温、高湿、高盐雾海域开展温度、湿度、盐雾、太阳辐射等气候环境参数的测试。针对新近入列的舰船,开展甲板和舱室温度、湿度、润湿时间^[14]、振动、冲击、噪声等平台环境参数的周期实船测试,要求数据来源于实际,观测周期尽量长,数据尽量丰富,全面覆盖舰船平台环境范围,掌握目前在役典型舰船平台的基本环境情况。

2) 岛礁环境、舰载平台环境对新型战斗机、直升机、航空发动机材料和基础产品的影响数据。借助驻岛部队、护航舰艇开展航空材料试片和结构试件的岛礁环境暴露试验、随舰暴露试验,获得气候严酷海域和舰载平台环境下的环境效应数据、环境损伤规律^[15]。

需要指出的是,中国航空装备面临的严酷自然环境很多,例如,新疆、西藏、内蒙古等西部地区海拔高、风速高、太阳辐射强烈,气候条件较为恶劣。在这些地域部署的航空装备所使用的非金属材料面临比平原地区更严重的老化损伤。在极地环境服役时,航空装备需在极冷、频繁大雾弥漫、冰天雪地等恶劣环境下使用;尤其是随科考船或其他舰船使用的直升机,有野外起降需求,且一般飞行高度较低,旋翼往往诱发扬雪环境,对航空装备产生特殊影响。

为保证航空装备不被破坏,实现科学、完整的环境适应性设计、验证,亟需开展相关严酷自然环

境及诱发环境分析,系统观测和采集环境因素数据,开展结构及部件专用环境试验,获得长时间严酷自然环境下材料、结构性能数据,研究损伤规律。这些方面也是型号设计研制单位的环境试验数据需求热点。

1.2 航空装备微气候环境

根据《GJB 6117—2007 装备环境工程术语》,“微气候环境”是装备或设备内部某一局部区域的气候环境。航空装备微气候环境是飞机、直升机内部局部区域的气候环境,是外部气候环境和飞机、直升机内部诱发的气候因素作用的综合。

对于搭载在飞机、直升机平台上的具体装备产品,自然环境与平台运动、内部系统共同诱发的装备微环境对装备具有至关重要的影响。长期以来,发达国家持续加强对高价值武器装备服役微气候的观测^[16-17]。美国鲁纳创新公司(LUNAINC)开发了用于飞机平台腐蚀环境监测的监控系统,可实现温度、湿度、pH值、盐雾含量以及腐蚀率的长期在线监测。该系统已部署于P-3反潜巡逻机多个部位,为装备腐蚀控制与预测、精准维护、日历寿命评估提供了重要数据。

近年来,借鉴国外先进技术,国内相继开发了适用于航空装备腐蚀环境、腐蚀特征量的监测装置。针对影响腐蚀的温度、相对湿度、润湿时间、氯离子浓度等关键环境参数,研究了传感方法并研发、选型了相应传感器,设计了小型化、多参数的腐蚀环境监测节点,并通过试验验证了该节点中温湿度传感器、润湿时间传感器和电化学传感器的适用性;开展了基于压电传感器的腐蚀损伤监测系统网络布局与优化设计技术研究、传感器组合传感技术与监测策略研究,并研制了基于电化学交流阻抗原理的腐蚀监测系统演示样机,初步实现了飞机腐蚀环境要素、防腐蚀涂层老化速率、金属基体腐蚀速率的在线监测和数据处理,在航空装备微气候环境研究方面取得一定进展。

然而,总体来说,中国针对装备服役微环境缺少成熟可靠的自主观测技术,限制了对装备真实服役环境的深入认识。未来仍需大力开发环境因素传感器技术,实现系统集成优化,加速形成装备微

环境智能观测能力;开展飞机、直升机局部气候环境数据测量与分析,瞬时和累积环境效应的深层次研究,有效支撑飞机结构和机载设备的环境条件分析和环境模拟。

1.3 实际使用环境条件或环境-工况耦合作用

航空装备在使用过程中除了受到自然环境、诱发环境的作用外,往往还受到工况的影响。例如,航空发动机的风扇叶片、压气机叶片直接面对外部大气环境,受湿度、降水和污染物的影响显著,容易发生腐蚀。在飞机起飞、低空飞行和降落时,风扇叶片、压气机叶片处于自身工作状态,又要经受高速气流携带硬质颗粒(沙尘等)的冲刷载荷作用,发生冲蚀,使叶片形状改变。特别地,腐蚀与冲蚀之间往往存在交互作用,明显加速材料和结构的破坏,且程度超过仅存在腐蚀或冲蚀时所产生的破坏程度的简单叠加。另外,在发动机停车之后,风扇叶片、压气机叶片还受到空气冷却过程造成的温度冲击的影响。在高温、高湿、高盐雾、酸性废气等环境因素和燃气、高低温冲击、冲刷、振动、旋转等工况条件的耦合作用下,可能发生严重损伤,进而导致发动机性能衰减,寿命降低,影响飞机作战性能和耐久性。涡轮叶片在使用过程中也受到环境和工况2方面的影响,即除了要经受外部大气的腐蚀作用,还要经历高温氧化气氛的作用。

随着军用飞机数量增多,作训时间增长,风扇叶片、压气机叶片、涡轮叶片等关键部件在环境和工况耦合作用下的损伤呈现出多发性和危险性趋势,严重影响发动机的可靠性和寿命,使维修费用大幅增长。

航空发动机涉及铝合金、钛合金、钢、高温合金等多种材料,相应的风扇、压气机、涡轮结构又施加了腐蚀防护涂层、抗冲蚀涂层、封严涂层等。然而,到目前为止,中国掌握的航空发动机环境试验数据主要针对典型环境和少数材料开展的试片级别单一自然环境户外暴露数据,缺少环境和工况耦合作用下基体材料及涂层的性能数据。现役抗冲蚀涂层、封严涂层的研究主要集中在附着力、可磨耗性等性能的提高方面,在涂层设计方面缺乏耐蚀性的考虑,导致存在较大的腐蚀隐患^[18]。相关数据和失效

机理的研究关系到材料、涂层、零部件在服役条件下能否继续使用,对功能涂层工艺优化、验证具有指导作用,是发动机设计、制造和维护的重要依据。

因此,型号设计研制单位主要的数据需求热点包括:(1)服役条件下的航空装备故障数据,材料、涂层及构件在实验室模拟环境与工况耦合作用下的性能衰减数据;(2)相应的性能退化规律、损伤规律、失效破坏机制。

2 数据资源共享

西方发达国家很早就开始了自然环境试验和实验室环境试验研究,据不完全统计,分布在世界各地的各类自然环境试验场(站)已经超过500个,各类人工加速试验室已有数十个。在此基础上,许多西方国家完成了材料环境试验数据的初期积累工作,建立了相应的数据库,并开发了为用户服务的专家咨询系统。数据库已经从基础性数据积累发展到具有明确的应用背景,成为能够进行数据分析和信息提取的知识系统。例如,美国国家标准与技术研究所(NIST)与美国腐蚀工程师协会(NACE)合作,成立了腐蚀数据中心,拥有多个腐蚀数据库、腐蚀热力学数据库(电位·pH值图)、文摘库以及咨询专家库等。美国路易斯安那州立大学开发了用于失效机理识别的集成数据库和专家系统。日本钢铁公司开发了大气暴露试验腐蚀数据库系统,用于帮助研究人员进行试验方案的制定和数据分析。俄罗斯科学院和瑞典皇家科学院也开展了环境腐蚀和失效的数据库建设,用于材料的选用。

国内目前仅建立了相对简单的环境试验数据库。例如,北京科技大学依托国家材料环境腐蚀野外科学观测研究平台建立了材料环境腐蚀数据库^[19],但主要针对经济建设中应用较多的民用材料,军工材料环境试验涉及较少。中国兵器工业第五九研究所以军工关键材料为对象建立了多个环境试验数据库,重点是装甲车辆、弹体等^[20-24]。航天科技工业领域的环境试验数据资源建设主要针对航天器经历的磁环境^[25]。北京航空材料研究院

依托航空材料数据库技术^[26-27],采用Powerbuilder开发了单机版的航空材料环境试验数据库^[28-29],包括金属材料环境试验、防护层环境试验、非金属及复合材料环境试验、气象污染环境、环境腐蚀知识字典等模块,收录了原始数据,有查询、照片显示、寿命估计、打印报表等功能。

在数据资源建设和共享方面,国内其他很多专业或行业已有成功的经验可供环境试验专业借鉴。例如,林业学科形成了全国统一的数据库,相关数据共享技术已经有了标准与规范^[30];地球系统科学的数据资源已经形成体系,并在数据共享关键技术上不断开展研究^[31-32]。

相比之下,国内环境试验专业目前开发的数据库大多是单机版,应用范围主要是数据的保存,仅方便单位内部数据的输入和管理,无法发挥网络的作用,没有真正形成通用的综合性数据共享和信息交换平台。由于数据不共享,存在环境试验数据分散甚至丢失、管理不系统等诸多问题^[33-35]。另外,大量数据中隐藏的规律也难以发现,导致数据量大而有用信息少。在航空材料及产品环境试验数据资源的需求分析调研中,还发现型号设计研制厂所等潜在用户单位的技术人员无法方便地获取装备环境工程基本知识,在武器装备设计、制造和维护中忽视了环境适应性问题,导致“头疼医头,脚疼医脚”、临时应付的被动局面出现,环境试验技术机构建立的数据库未能获得很好的实际应用。

3 数据展现形式

航空装备的环境适应性问题归根结底是由组成材料、防护体系和结构件等基础产品的环境损伤、失效引起的。因此,实现航空装备良好的环境适应性必须先掌握材料、防护体系及结构的环境损伤和性能退化规律。

西方发达国家十分重视对环境试验数据的分析,以计算机技术、仿真技术为代表的信息技术在环境试验研究领域得到了广泛应用。例如,澳大利亚英联邦科学和工业研究组织(CSIRO),利用计算机技术建立了数百种材料在自然环境中的性能衰减

数学模型,绘制了腐蚀图,为工业界提供了大量的服务。美国国防部利用小企业创新研究计划支持腐蚀仿真模拟技术的研究和在飞机上的应用,其电偶腐蚀有限元分析建模能够预先鉴别腐蚀“热点”的位置,提供严重程度(腐蚀速率)指示信息,预测结果与服役情况相符,应用实例包括将F-18机轮系统内部现有的钢垫圈成功替换为铝合金垫圈,有效地将腐蚀速率由15000 $\mu\text{m/a}$ 降低至2000 $\mu\text{m/a}$ 。

中国也采用现代信息技术对环境试验数据进行了数学分析和模拟。例如,采用人工神经网络技术对材料的大气腐蚀行为进行模拟仿真,从而实现了对大气腐蚀的预测^[36-41];采用图像分析技术对试样的早期腐蚀情况进行判定等,还探讨了材料腐蚀特征信息处理及图像数据库的可能性。北京航空材料研究院采用有限元仿真分析手段,评估了特定环境条件下典型飞机连接结构件的腐蚀行为(图1)。

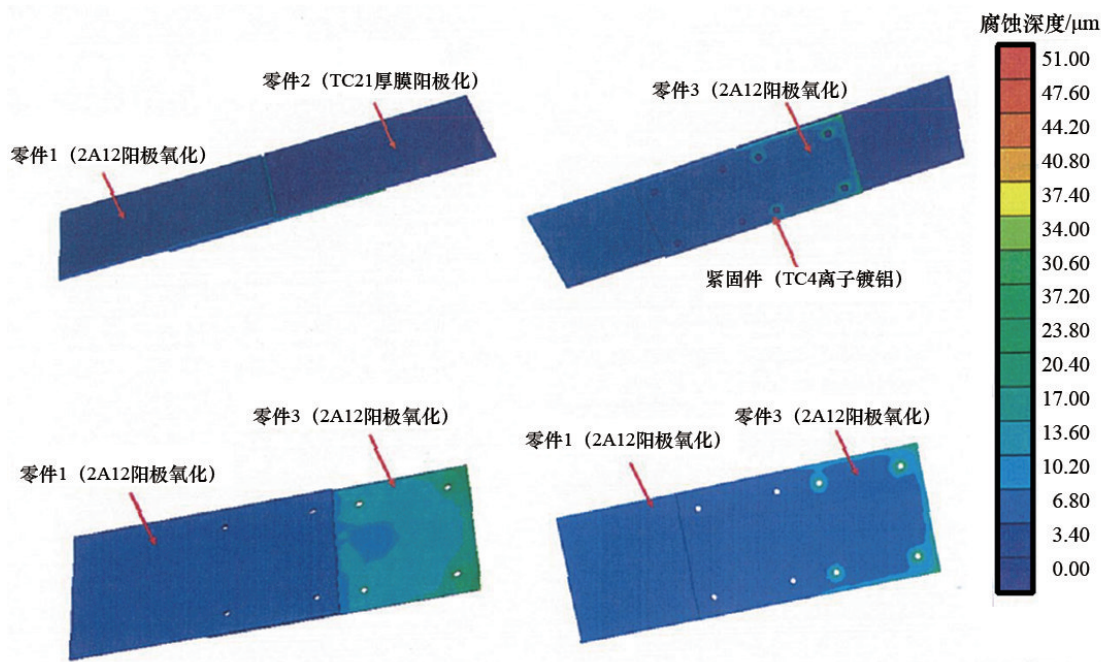


图1 腐蚀仿真计算结果云图

但是,总体来说,国内对环境试验数据的二次开发不够,装备环境效应仿真研究在国内的研究刚刚起步,信息抽取和知识发现方面的研究仍然匮乏,从而限制了环境试验数据在实际工程中的应用,无法很好地为武器装备的环境适应性设计、评价提供服务,成为环境试验发展的瓶颈。此外,国内自然环境试验数据库的内容主要是材料平板试样的腐蚀(老化)数据^[42-45],缺乏构件及以上级别数据,在一定程度上也限制了环境试验数据的二次开发应用。

4 结论

航空装备成本昂贵,复杂程度高,服役环境严苛且复杂多变,对环境适应性要求高。为了提高中国航空装备的环境适应性,型号设计研制单位以及部队的装备论证、试验、使用、维修单位对环境试验提出了更高的要求,需要将环境试验及其成果贯穿于航空装备的设计、制造、使用和维护全过程,改变以往“事后把关”的机制,实现“预测-防护”的技术模式。

要实现上述的技术模式,需要在严酷自然环境及诱发环境、航空装备微气候环境、实际使用环境条件、环境-工况耦合作用等方面系统积累环境因素数据及航空材料、涂层、结构、产品的环境效应数据,并研究环境损伤规律、性能退化规律、失效破坏机制;需要建立环境试验的数字化管理框架,建立数据共享和信息交换的支撑环境,为环境试验的应用提供信息平台;需要加强环境试验数据的分析和二次开发,提取隐藏的环境试验知识。最终,有力地促进环境试验数据资源在中国航空装备发展中的应用,满足航空装备对环境适应性的要求,进而达到提高装备可靠性、保证部队战斗力的目的。

参考文献(References)

- [1] 萧以德,王光雍,李晓刚,等.我国西部地区大气环境腐蚀性及其材料腐蚀特征[J].中国腐蚀与防护学报,2003,23(4):248-255.
- [2] 王振尧,于国才,韩薇,等.我国自然环境大气腐蚀性调查[J].腐蚀与防护,2003,24(8):323-326.
- [3] 李家柱.大气环境及腐蚀性[J].装备环境工程,2005,2(1):70-74.
- [4] 王玲,牟献良,朱蕾,等.大气环境腐蚀性分类分级研究综述[J].装备环境工程,2010,7(6):24-27.
- [5] 刘凯吉.大气腐蚀环境的分类及腐蚀性评定[J].全面腐蚀控制,2015,29(10):26-27.
- [6] 揭敢新,王俊,张晓东,等.高分子材料用于我国大气环境严酷度比较的研究[J].装备环境工程,2012,9(6):10-12.
- [7] 秦晓洲,李颖.军用装备自然环境试验方法剪裁探讨[J].装备环境工程,2011,8(3):54-57.
- [8] 骆晨,李明,孙志华,等.海洋大气环境中飞机的环境损伤和环境适应性研究进展[J].航空材料学报,2016,26(3):101-107.
- [9] 骆晨,李宗原,孙志华,等.直升机蒙皮典型结构有机涂层防护性能在加速试验中的变化[J].装备环境工程,2017,14(3):8-13.
- [10] 骆晨,李宗原,孙志华,等.直升机旋翼桨叶有机涂层防护性能在户内加速试验中的变化[J].装备环境工程,2016,13(1):1-7.
- [11] 祁凤玉,李家柱,刘明辉.团岛试验站腐蚀环境的特点[J].材料保护,2001,34(11):1-2.
- [12] 唐其环,李军念,代红.万宁滨海与西沙群岛大气腐蚀性对比研究[J].装备环境工程,2010,7(6):1-4.
- [13] 骆晨,孙志华,汤智慧,等.舰船平台环境因素数据采集方法探讨[C]//探索 创新 交流(第7集)——第七届中国航空学会青年科技论坛论文集(下册).珠海:中国科学技术出版社,2016:560-564.
- [14] 墨淑芬,张正,宋诗哲,等.基于电偶的大气腐蚀性检测仪的研制及应用[J].腐蚀科学与防护技术,2004,16(6):398-400.
- [15] 骆晨,孙志华,汤智慧,等.利用薄片穿透法确定铝合金最大蚀坑深度[J].装备环境工程,2019,16(3):17-21.
- [16] Ganther W D, Paterson D A, Lewis C, et al. Monitoring aircraft microclimate and corrosion[J]. Procedia Engineering, 2017, 188: 369-376.
- [17] Cole I S, Corrigan P, Ganther W D, et al. Recent progress in intelligent vehicle health monitoring[J]. Key Engineering Materials, 2013, 558: 357-363.
- [18] 潘岍,张骐,王璐,等.三种可磨耗封严涂层的抗腐蚀性能[J].装备环境工程,2017,14(6):93-96.
- [19] 杨斌,檀傑猛,田勇,等.材料腐蚀数据共享平台构建方法研究[J].中国腐蚀与防护学报,2011,31(3):214-218.
- [20] 万军.典型装甲车辆平台环境数据采集与数据库管理[J].装备环境工程,2010,7(6):234-236.
- [21] 万军,朱蕾,朱玉琴.环境基础数据资源共享平台研究[J].装备环境工程,2010,7(6):228-230.
- [22] 万军,吴蔓林,李正雄.“装备腐蚀电子档案”设计与实现[J].装备环境工程,2010,7(3):82-84.
- [23] 张志明,黄少东,庞丹.弹体热冲拔成形工艺数据库研究与开发[J].精密成形工程,2013,5(6):36-41.
- [24] 程治国,肖鹏,邹洪庆,等.航空轻质材料腐蚀防护工艺网络数据库设计[J].装备环境工程,2008,5(3):21-23.
- [25] 李曼丽,易忠,肖琦,等.航天器磁环境试验数据库的建设[J].航天器环境工程,2009,26(4):343-346.
- [26] 王越,孙瑞侠,马学刚,等.航空材料数据管理与应用平台的开发与应用[J].航空制造技术,2014,15:38-43.
- [27] 张兵,秦云霞,陈燕,等.航空材料微观组织数据库平台的设计与实现[J].失效分析与预防,2015,10(6):161-163.
- [28] 赖俊滨,陆峰,刘明,等.气象工作在北京站材料腐蚀控制研究中的进展[J].装备环境工程,2008,5(4):84-88.
- [29] 赖俊斌,李家柱.航空材料环境试验数据库及专家咨询系统结构设计研究[J].材料工程,1998,7(7):41-43.
- [30] 林业科学数据中心.林业科学数据库和数据共享技术

- 标准与规范[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [31] 廖顺宝. 地球系统科学数据资源体系研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [32] 诸云强. 地球系统科学数据共享关键技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [33] 陈源, 王丰, 朱蕾, 等. 可靠性数据资源应用体系建设现状及发展趋势[J]. 装备环境工程, 2013, 10(4): 61-65.
- [34] 唐平, 黄晓霞. 环境试验数据资源建设的思考[J]. 装备环境工程, 2014, 11(6): 140-147.
- [35] 杨小奎, 张伦武, 肖勇, 等. 军工材料环境适应性标杆数据应用探讨[J]. 装备环境工程, 2016, 13(6): 52-58.
- [36] 张晓云, 马颐军, 孙志华, 等. 部分钢铁材料在北京地区腐蚀规律研究[J]. 腐蚀与防护, 2004, 25(7): 277-280.
- [37] 刘明辉, 张晓云, 赖俊滨, 等. 江津、武汉、宜昌大气腐蚀预测方程的建立[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(4): 240-242.
- [38] 张晓云, 蔡健平, 马颐军, 等. 耐候钢和碳钢大气腐蚀规律分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 16(6): 389-391.
- [39] 汪学华, 王宇宏. 模糊模式识别在大气环境腐蚀性评价中的应用[J]. 装备环境工程, 2006, 3(1): 22-25.
- [40] 吴超, 付冬梅, 李晓刚, 等. 基于数据分析的大气腐蚀等级细化研究[J]. 全面腐蚀控制, 2015, 12(4): 16-21.
- [41] 梁彩凤, 侯文泰. 钢的大气腐蚀预测[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2006, 26(3): 129-135.
- [42] 骆晨, 王强, 孙志华, 等. 热带海洋大气环境中2A97铝锂合金的初期腐蚀机理[J]. 腐蚀与防护, 2015, 36(Z2): 49-54.
- [43] 骆晨, Albu S P, 孙志华, 等. 硼酸-硫酸阳极氧化2A97 Al-Cu-Li合金在热带海洋大气环境中的初期腐蚀机理[J]. 材料工程, 2016, 44(9): 8-15.
- [44] 骆晨, 孙志华, 汤智慧, 等. 防护性有机涂层体系失效研究的发展趋势[J]. 装备环境工程, 2017, 14(8): 50-54.
- [45] 骆晨, 刘明, 孙志华, 等. 航空结构材料环境适应性研究进展及发展方向[J]. 装备环境工程, 2014, 11(6): 10-14.

Analysis of aeronautical materials' and products' demand for environmental testing data resource

LUO Chen, SUN Zhihua, LIU Ming, PAN Qiao

AECC Key Laboratory on Advanced Corrosion and Protection for Aviation Materials, AECC Beijing Institute of Aeronautical Materials, Beijing 100095, China

Abstract Aeronautical materials' and products' demand for data, data resources sharing and data presenting style is analyzed from the perspectives of designing, planning, testing, applying and repairing department of industry and military, and discussed in the following aspects. 1) Systematic accumulation of environmental data, environmental effect data related to hotspot issues such as severe natural environment and induced environment, aeronautical microclimatic environment, operational environment, co-effect of environment and working condition, where environmental damaging rule, properties degradation rule, failure mechanism of the materials, coatings, component and products should be studied. 2) Establishment of a framework for environmental testing digital management and supporting scheme for data sharing & information exchange, so that an information platform is provided for environment testing application. 3) Reinforcement of analysis and secondary exploration of environmental testing data and acquirement of hidden knowledge. Finally, achievements from environmental testing should be engaged to the whole process of aeronautical products designing, manufacturing, application and maintenance, so that the technical mode route of "prediction-protection" can be realized.

Keywords aeronautical materials; aeronautical equipment; environmental testing; environmental adaptability; data resource ●



(责任编辑 王丽娜)