

军工材料自然环境试验体系建设与应用

吴护林¹, 钱一欣², 赵春柳³, 张伦武¹, 朱 蕾¹

(1. 中国兵器工业第五九研究所 国防科技工业自然环境试验研究中心, 重庆 400039;

2. 中国兵器装备集团公司科技质量与信息化部, 北京 100089;

3. 国家国防科技工业局军工项目审核中心, 北京 100037)

摘 要: 军工材料自然环境试验体系是支撑武器装备自主创新发展的先进试验平台, 也是服务国防和国民经济建设的国家重大科研基础设施。本文从军工材料自然环境试验体系的特点、建设实践经验、依托设施开展服务与应用等, 提出了资源共建共享、优势互补、开放合作的材料自然环境试验设施建设和运行机制, 强化国家主导、企业联合的基础研究模式, 促进设施科学效益和社会效益持续提高的应用设想等建议。

关键词: 自然环境试验; 体系建设; 发展建议

中图分类号: TJ04

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2018)02-0124-09

材料是国家建设、国防建设和社会发展的基础和重要支撑, 但材料的环境腐蚀问题普遍存在, 且尤为突出。据统计, 发达国家因材料环境腐蚀所造成的经济损失占其年生产总值的 2%~4%^[1]。材料环境腐蚀也是武器装备最普遍、最严重的失效形式, 因腐蚀引起的故障占到装备故障的 50% 以上, 危及装备的安全使用, 造成作战效能和服役能力降低, 已经成为影响国防建设和武器装备创新发展的重要因素之一。为充分认识材料的环境适应性, 揭示环境腐蚀失效过程, 积累不同环境下的腐蚀数据, 促进改善并有效抑制环境腐蚀, 并为装备与工程建设的防护设计、选材与寿命预估提供科学依据, 世界大国均高度重视材料自然环境试验及其试验场站等体系的建设, 工业发达国家从 20 世纪初就纷纷开始建设各类材料自然环境试验场、站, 我国也从 20 世纪 50 年代末开

始了材料的大气、海水和土壤环境试验站的建设。国防科技工业主管部门针对国家战略和武器装备发展需求, 按照“强化基础、提高能力、军民结合、跨越发展”方针, 统筹规划, 整合资源, 完善体系, 建成了国防科技工业自然环境试验站网, 逐步搭建起提高材料与产品环境适应能力的军工材料自然环境试验体系。依托军工材料自然环境试验体系, 积累了全寿命周期的材料及产品环境适应性数据, 摸清了环境效应和腐蚀行为规律, 探索了材料与环境和谐发展的主体功能, 在国防和装备建设、社会与经济可持续发展以及科学研究等方面发挥着不可替代的作用。

随着我国装备建设步入自主创新、体系发展的新阶段, 国家加快建设创新型国家, 推进实施“一带一路”倡议, 装备产品服役使用的地域进一步扩大, 环境向陆、海、空、天、电、网全域拓

收稿日期: 2017-12-28; 修回日期: 2018-03-26

作者简介: 吴护林 (1964-) 男, 博士研究生, 研究员级高级工程师, 研究方向为装备环境工程与表面工程。

钱一欣 (1963-) 男, 硕士研究生, 研究员级高级工程师, 主要从事技术基础研究与管理。

赵春柳 (1978-) 男, 大学本科, 工程师, 主要从事项目管理。

张伦武 (1966-) 男, 博士研究生, 研究员级高级工程师, 研究方向为装备环境工程。

朱 蕾 (1969-) 女, 大学本科, 研究员级高级工程师, 研究方向为装备环境工程。E-mail: zhultg809@163.com

展,复杂应力、交变应力、动态载荷等条件越发严酷,如何为装备和工业产品提供有效实用的基础数据,提供先进好用的试验手段,提供科学合理的技术保障,对军工材料自然环境试验体系的建设、运行及其应用提出了诸多新的要求。材料自然环境试验设施的全球化、体系化、集群化发展趋势,大数据分析技术、互联网+以及人工智能AI技术等新型技术快速发展和广泛运用的态势,对军工材料自然环境试验体系的建设、运行及其应用提出了新的挑战。国防科技工业材料环境试验设施如何全面体系化建设和发展,以满足装备和国防建设的需要;如何为实现国防科技工业关键共性技术、制约性瓶颈技术的重大突破提供有力支撑;如何将科学效益和社会经济效益结合,发挥其作用,服务国家建设等是军工材料自然环境试验体系等重大科研基础设施需要破解的难题。本文从军工材料自然环境试验体系的建设 and 应用实践出发,分析其建设和应用成效,比较与国外先进环境试验体系的差距和不足,提出军工材料自然环境试验体系创新发展的建议设想,也为其他重大科研基础设施的建设和应用提供参考借鉴。

1 军工材料自然环境试验体系特点

材料的自然环境腐蚀情况十分复杂,影响因素众多,同一材料在不同自然环境中腐蚀速率相差数倍甚至几十倍,同一环境对不同材料的影响也各不相同,难以在实验室完全模拟,必须通过现场试验才能得到符合实际的数据^[2]。各国将这些数据及其相关关键技术视为核心机密,不轻易泄露,也无从引进。军工材料自然环境试验体系就是开展军工产品和材料不同环境下现场试验与考核验证、获取基础数据、进行环境适应性评价与寿命预估关键技术研发所必需的支撑平台,自然环境试验站网是其主体和重要体现形式,属于支撑经济社会发展、保障国家安全的国家重大科研基础设施,也是形成国防科技自主创新能力不可或缺的创新资源。

由于军工产品特定用途、特殊功能和要求的需要,决定了军工材料自然环境试验体系独有的特色。

(1) 环境典型性与极端性兼顾的试验体系布局。武器装备使用环境尤为复杂和严酷,具有不确定性。同一种武器可能在热带、寒带、丛林、海洋、沙漠中交替使用或贮存,也可能在环境条件极端恶劣,甚至荒芜人烟的地方使用,如极端严寒、人迹罕见的高原、岛礁等环境。因此,军工材料自然环境试验体系既要满足常规材料开展试验的标准要求,在环境典型性上还要考虑极端恶劣环境、极限环境的影响,为装备材料和产品的试验考核提供综合性极限研究手段,其布局既要保证所涵盖的环境类型全面,又要突出重点,有所侧重。

(2) 面向实战和使用的试验设备设施体系。武器装备在其全寿命周期,面临生产、运输、贮存、战备值班、作训等多个环节,所处环境、状态方式多样而且复杂,为了能全方位、多角度地为材料提供试验验证平台,军工材料自然环境试验体系除了通常的户外暴露试验场,还建有反映装备长期贮存、临时贮存、战备值班等服役方式、不同系统局部环境的棚下、库房、海面平台、海水的潮差试验平台、浮筏、动水水池等试验设施,以及模拟强化装备局部环境影响的自然环境加速试验装置系列。

(3) 特有的安全性和保密性要求。由于军工产品,尤其是高新技术武器装备,是各种新材料、新工艺、新结构的集成应用,可能多种不同型号的武器(包括高技术武器)及其材料、工艺、元器件,甚至部件、整机等汇集在一起进行试验,而有的材料具有特殊的功能性能,如含能材料(火工品、火炸药、推进剂等)在其长期贮存过程中,可能因为其安定性下降而产生危险。为保证试验过程中的安全性,军工材料自然环境试验体系在试验的场地、设备设施、试验人员、试验操作和安全管理以及保密管理上有一系列特殊要求。例

如：对试验地点和设施的安全距离、安全设施、安全救护的要求，样品的分类、分区试验要求，人防、技防等结合的安全保密监控要求，对试验人员的安全培训、安全操作技能的要求等，是军工材料自然环境试验体系所特有的。

2 军工材料自然环境试验体系建设实践

2.1 聚焦需求的体系化发展

为了顺应国家战略需求，提升武器装备的环境适应性，支撑武器装备发展，国防科技工业主管部门针对装备服役地域、环境的特点，将军工材料自然环境试验与装备使用紧密结合，按照体系完善、整体发展的思路，统筹规划、补齐短板，全面推进军工材料自然环境试验体系的建设。目前已建成了拥有一个研究中心、13个试验站(场)的国防科技工业自然环境试验站网，基本覆盖了我国7大气候区、3大海域，试验站网体系见图1。目前站网可针对所有装备服役方式开展试验验证、环境适应性评价、寿命预测等工作，符合安全规范、齐全完备的试验能力，不仅可开展材料、工艺构件的试验，还能进行整机、系统试验。军工材料自然环境试验体系为了解我国环境特性，掌握各类材料的性能演变规律，开展了环境失效机理、寿命预测原理等基础理

论研究、数值仿真技术、试验技术、评价技术和防护等新技术、新理论的研究与应用，为武器装备规划论证、设计研制、试验验证提供了重大科研基础设施的支撑和保障。

2.2 军民融合与开放共享建设服务定位

结合型号发展和市场需求，面向军品和民品“两个结合，两个面向”是军工材料自然环境试验体系建设和服务的宗旨。在建设之初，国防科技工业自然环境试验站网就与国家科技部国家材料环境腐蚀站网进行了协调和统一规划，资源共享、优势互补，是国家材料自然环境试验体系的重要组成部分。国防科技工业自然环境试验站网重点针对装备服役重点地域、海域的大气和海水环境，而淡水及咸水等水环境以及土壤环境则依托国家材料环境腐蚀站网，由此形成了覆盖我国南北不同气候带，东西不同海拔高度，城市、乡村、海洋、工业污染等不同环境类型，高原、热带雨林、沙漠戈壁、岛礁等特殊地区，涵盖海水、淡水与咸水、酸性土、滨海盐土、内陆盐渍土等大气、水、土壤环境的材料大环境试验体系，集公益性、基础性、创新性为一体，成为我国军民品材料环境适应性数据长期积累和基础性试验研究的基地，推动了国防建设以及国民经济建设的科学发展。

军工材料自然环境试验体系既突出国防和军工特色，以保证武器装备自然环境试验的安全性和保密性等特殊要求，也适应民品和市场国际化、区域化合作的需要。在其站网建设和设计时，按照“军民分区、产品分类”的原则，对试验场地、试验设施等实现区域化、功能化划分，为军民结合、开放共享奠定了基础。在保障装备科研试验的同时，也可为军工企业主导民品、国民经济支柱产业、重大工程项目提供试验与评价、验证平台和质量保障技术手段。

2.3 试验设施建设与基础研究工作相互促进

军工材料自然环境试验体系的试验设施能力



图1 国防科技工业自然环境试验站网

建设与科研项目研究紧密结合,衍生出一批新技术、新装备,如环境-工况耦合试验装置、海洋自然环境高加速试验、跟踪太阳反射聚能试验、周期喷淋试验等系列化自然环境加速试验装置,研发和建设了如特种产品部组件加速贮存试验装置、海洋和内陆环境多因素综合模拟加速试验系统等一系列实验室研究系统,不仅丰富和完善了材料自然环境试验设施体系,也为深入研究环境对材料的作用机理,开展关键技术攻关、创新试验评价技术提供了研究手段。

3 依托军工材料自然环境试验体系的研究和应用成效

3.1 建设材料环境腐蚀基础数据资源

材料环境腐蚀数据是国家的宝贵资源,在提高我国科技创新能力、提升国际竞争力和实现国防科技工业科学发展中发挥着基础性、先导性的作用。

通过多单位联合,利用军工材料自然环境试验体系,国防科技工业部门持续开展了关键材料及零部件自然环境适应性规律研究、自然环境因素监测及典型环境数据积累与规律研究,系统采集积累了七大气候区 26 项环境因素数据 213 万个、10 大类 600 余种材料及构件在 11 种典型环境的环境适应性数据 10 余万个,并取得了试验规律、腐蚀与老化预测模型、试验与检测装置、环境适应性快速评价方法等研究成果,建立了材料与构件环境适应性数据库,逐步丰富和完善了军工优选材料体系的数据内涵。

3.2 服务国防建设和国民经济建设

依托军工材料自然环境试验体系,通过积累基础数据,支撑完成了千余项军民品的环境适应性试验与评价,为制订、修订标准、产品设计选材、寿命评估等提供了技术支撑,在航天、航空、船舶、兵器、电子等各军工行业以及汽车、新能源、核电等产业领域,为国家重大工程、装备质

量建设、国防建设和国民经济建设作出了巨大贡献,做到了“一份投入、两份产出”。

依托军工材料自然环境试验体系,国防科技工业自然环境试验站网先后承担了装备环境适应性研究评价、设计选材、防腐方案优化、贮存试验与寿命评估、服役故障原因剖析和改进方案设计等任务,通过贯穿型号全寿命周期的验证试验、环境适应性评价和防护对策研究,大幅提升了我国在役、在研武器装备的环境适应性水平,降低了装备列装部队后因环境导致的故障率,减少了使用维护成本,保障了装备安全使用和作战效能,夯实了国家安全防御基石。

军工材料自然环境试验体系为三峡水利工程、西气东输、新一代运载火箭发射基地、核电站建设等重大工程的材料选用、防护工艺及质量控制、规范制定等提供了数据支持和保障。例如,结合大亚湾、岭澳、阳江核电站等建设需求,通过原位监测、检测当地环境因素周期变化,掌握了大气和降水中 Cl^- 和 SO_2 等腐蚀介质的含量、波动范围及变化规律,为核电工程项目设备选材和防腐方案设计提供了科学依据。在新一代运载火箭发射场建设中,基础设施选材与防护设计直接参考了海南万宁试验站积累的环境因素数据和各类材料工艺的环境腐蚀规律等研究成果,并依据补充开展的钢铝螺接件、塔架防护涂层体系海洋大气环境考核试验结论,提出了相应的腐蚀防护等级与对策。

3.3 为国家军用标准、国家标准的制定提供重要的科学依据

建立可供剪裁的材料自然环境试验的通用技术标准,解决国防科技与民用科技、国防产品与民用产品试验之间难以良性互动的问题。依托自然环境试验站网的实际应用,通过多年的潜心研究,积累总结实践经验,GJB 8893-2017《军用装备自然环境试验方法》、GJB 8894-2017《自然环境因素测定方法》2 项系列国军标正式发布,建

立了 GB/T 24516.2-2009《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀 跟踪太阳暴露试验方法》、GB/T 24517-2009《金属和合金的腐蚀 户外周期喷淋暴露试验方法》、GB/T 31317-2014《金属和合金的腐蚀 黑箱暴露试验方法》、GB/T 34203-2017《金属和合金的腐蚀 大气污染物的采集与分析方法》、中国腐蚀与防护行业标准 FB/T-0017-2014《普通玻璃框下户外加速暴露试验》、FB/T-0018-2014《控温控湿玻璃框下户外加速暴露试验》、《特殊环境条件分级》、《特殊环境条件 选用导则》等系列军民通用的国标、行业标准及规范, 填补了装备自然环境试验标准缺乏的空白, 应用到了民用汽车、电子、新能源、装备制造等行业, 发挥了巨大的作用。

3.4 依托设施开展技术创新取得原创成果

军工材料自然环境试验体系紧密围绕“材料服役与环境相互作用, 性能演变, 失效机理与寿命预测原理等”面向国家重大战略需求的基础研究, 系统采集数据, 制定标准规范, 编制数据手册, 自主研发试验测试装置, 授权专利 30 余项, 取得自主创新成果。万宁大气环境试验站基于海洋大气环境特点, 自主研发的多因素综合海洋气候环境模拟加速试验装置, 能实现光照、氯离子沉降、温度、湿度和风速五个因素的同时施加和控制, 对涂层老化加速倍率达到近海户外暴露的 8 倍以上, 对碳钢腐蚀和塑料老化的加速倍率均达到远海户外暴露的 12 倍以上。利用该设备对汽车用四种工艺的紧固件、管件、缸盖和标牌进行试验, 采用基体金属腐蚀面积 10% 作为判据, 平均加速倍率大于 21 倍, 秩相关系数为 1。相关指标达到了国际领先水平, 为装备产品在该地区的腐蚀研究与防护设计评价提供了新的技术手段^[3,4]。北京大气环境试验站研制了便携式拉伸应力腐蚀试验装置^[5], 为材料和产品复杂载荷下腐蚀行为的快速评价提供了试验研究手段。三亚海水试验站开展了我国深海实海腐蚀试验, 所获得的典型

材料深海腐蚀行为和数据^[6]可为我国服役舰艇提供珍贵的设计参考。

3.5 促进了国际合作和交流

军工材料自然环境试验体系也是国际合作的桥梁, 为学习国外先进环境适应性设计理念与试验评价技术奠定了基础。通过与美国、澳大利亚、瑞典、新西兰、日本、芬兰、俄国等国外 10 余家先进环境试验研究机构的合作与交流, 学习和掌握了跟踪太阳反射聚能、强制通风玻璃框、黑箱等系列自然环境加速试验技术及其最新研究动态, 在此基础上, 自主研发了光、热、腐蚀介质、干湿循环等多种强化机制的自然环境加速试验装置和方法标准 10 余套, 推动了我国环境试验技术的发展与应用。通过与欧洲 Hilti 集团、法国腐蚀所、日本新日铁、关西螺钉协会、美国 Q-Lab 公司等工具材料、建筑材料、螺钉螺帽、空调整机、车用涂层等产品、材料工艺共同开展不同环境下试验、老化规律和相关性等方面合作研究, 提升了站网能力, 将国外先进的试验理念和规范流程, 服务于长安汽车、华为、重庆关西涂料等企业和产品的科学选材、腐蚀控制设计、安全性评估等, 为企业产品质量提高、使用寿命延长、节约资源能源、降低经济损失等提供了支撑, 提升了企业的竞争力。

4 与国外先进材料自然环境试验体系的比较和问题分析

4.1 国外材料自然环境试验体系发展现状

自英国 1839 年开始材料自然环境试验以来, 国外材料自然环境试验发展已有上百年历史, 无论国家、军队还是企业都非常重视这项基础性工作, 并将其作为考核产品环境适应性、保证产品质量和使用性能的一个重要手段和内在动力, 长期坚持, 并不断发展, 其材料自然环境试验体系的建设、发展和应用也与产品研发相互促进, 使产品的环境适应性逐步改善, 自然环境试验体系

也步入良性循环发展阶段。

一是以国家战略为牵引的自然环境试验站网全球化、网络化分布。由于全球经济贸易一体化的迅速发展,在各国发展战略推动下自然环境试验站网分布也向全球拓展,形成跨国、跨地区联合试验网络。站网分布不仅考虑到全球所有气候因素,体现典型性和严酷性,也兼顾其产品出口使用的特定市场和地区,体现战略需求。如美国阿特拉斯耐候试验集团(ATLAS Weathering Service Group, ATLAS)通过合建、共建、认证认可等方式在全球建立了21个自然环境试验站,涵盖美洲、欧洲、亚洲、大洋洲等区域,其中我国的广州、琼海站是其中的成员。英国在其本土、西非、新加坡、纽约、澳大利亚等地建立大气环境试验站约40个,确保了其产品质量和全球范围的可靠使用。

二是以保障装备实战适用性为目的大型化、综合化的环境试验设施集群。国外材料环境试验设施建设是从装备产品实战或实际使用出发,可信度和加速性兼顾,目前形成了常规自然暴露试验、自然环境加速试验、环境-工况耦合试验、装备移动平台试验、实验室模拟加速试验等试验设施群,设施规模可以从材料、器件到系统、整机开展试验,环境因素更全面、综合。如美国国防部在2002年前统一管理、统一规划和投资的军用重点试验场共有21个,主要承担武器装备的试验与评价工作,部分试验站点同时具备开展鉴定试验(战技性能考核)与材料产品的耐久性、腐蚀数据积累等自然环境试验试验与研究能力。美国麦金利实验室隶属于美国空军系统司令部,主要承担大型武器装备的气候环境试验任务,目前已成功组建了8个大型气候实验室,可以对30多种气候环境、天气条件进行研究和模拟,能够以F22整机、波音787客机整机气候试验为对象开展多环境因素试验鉴定评价^[7]。俄罗斯“火炬”设计局专用导弹试验大楼、大型加速运输试验系统和

加速贮存试验系统,可对导弹元器件、接插件、舱段、发动机乃至导弹整机进行气候、力学、深冷、热强度等各类环境试验,科学验证导弹贮存寿命^[8]。美国国防部利用航空母舰、舰船、飞机、装甲车辆等作为移动试验平台^[9,10],进行了为期10多年、涵盖全球197个地区的有关全世界军事作战环境条件下的腐蚀监、检测,为其综合考虑全球气候环境类型对产品的影响提供了重要支撑。

三是材料自然环境试验体系紧密服务于材料、产品开发全过程,形成良性发展。通过国家投入,支持试验站、试验设施等的建设和升级,在此基础上,统一规划、鼓励引导企业主动参与,持续开展材料环境试验和数据积累,将其作为支撑材料开发与产品设计、提高装备服役寿命的共性关键技术和基础工作,制定相关标准规程,要求与新材料、新产品的研究开发同步设计、同步开展,保障了装备产品质量。美国和欧盟对军用材料的开发和应用安排了一系列研究计划,如发动机高温材料技术计划、隐身材料、工艺及维修计划等,其中都包含了材料环境特性研究,通过计划实施提高了材料技术水平与优势,极大地推动了先进材料在武器装备中的应用。材料自然环境试验体系通过为企业服务,掌握其需求,研发新技术和设备,推动自身技术和能力发展,由此形成良性循环是国外材料自然环境试验体系目前建设与运行的主要方式,也是今后一段时间的发展方向。美国ATLAS集团已完全按照市场化方式运作,通过对多年的环境试验数据分析研究,研制了许多自然加速和模拟加速试验装置,成为世界上规模最大的环境试验设备制造商,在该领域处于领先地位。

四是依托材料自然环境试验体系广泛进行国际交流与合作,建立数据共享与信息服务平台,共同制订国际标准,试验方法国际化和标准化。日本曾与美国、英国、比利时、法国、瑞典、德国等国合作,在工业、农村和海洋环境,对耐候

钢、碳素钢等开展了长达 16 年的自然环境试验。欧洲经济组织从 1985 年起在欧洲、北美的 39 个大气试验站进行材料暴露试验, 研究了大气污染物对材料腐蚀的影响。美国制定的各类环境试验方法标准, 为世界各国普遍采用, 其中不少已成为国际标准。

4.2 我国存在的差距和问题

我国的军工材料自然环境试验体系在科学布局、军民融合和开放共享服务、支撑关键核心技术研究、发挥效益作用方面进行了有益的实践, 但与国外先进的自然环境试验体系建设和发展相比还存在差距和问题。

一是环境试验设施全面体系化发展有待加强。从试验站的环境类型看, 根据美国、英国和北约组织的标准^[11-13], 按世界温度和湿度的变化, 将全球气候分为热、基本、冷和极冷、沿海/海洋等四个大类 14 种类型, 目前我国自然环境试验站只占其中 6 种。从满足发展战略需求看, 与我国国家战略相关地区的境外材料环境试验站点缺失。从试验设施的体系规模上, 大型化和集群化的设施相对偏小、偏少, 与装备发展需求不相适应, 也不符合国际先进技术发展趋势。

二是军工材料自然环境试验体系的应用还未完全与装备产品研发结合, 工程实践应用不到位。一方面由于材料环境腐蚀事故和损失的后效应特点, 装备设计研发中, 研制单位和企业主动参与、早期投入、同步开展材料和产品自然环境试验的意识较弱, 质量问题或事故不发生不重视。另一方面依托军工材料自然环境试验体系开展的基础研究与装备产品的实际需求一定程度脱节, 产生的基础数据积累不系统, 深层次分析与挖掘不到位, 数据的有效共享和应用不足, 装备急需的大型化、先进适用的试验设施亟待完善, 衍生出的技术和装备未能形成有效的产品和市场应用, 既造成基础研究的动力不足, 也突出了材料和产品的环境适应性问题。

三是军工材料自然环境试验体系运行与自我良性发展的机制模式有待完善, 经济效益和科学效益还未得到充分发挥。材料自然环境试验体系的建设及其相关基础研究, 需要投入的资金大, 时间周期长, 从基础研究源头到企业的应用涉及环节多, 从某种程度上限制了材料自然环境试验体系研究成果的技术转化效率和应用程度。目前我国军工材料自然环境试验体系建设基本以国家投入为主, 试验站的运行管理以各依托单位为主体, 通过为企业服务, 也取得了一定的经济效益, 国家通过重大科研项目等举措在一定程度上促进了各站的协同研究, 但创新合力尚未全面形成, 对国防科技工业关键核心技术攻关的支撑有待提高, 试验体系的运行与自我良性发展动能不足, 效能不够。

5 军工材料自然环境试验体系建设发展建议

新的时代, 新的形势下军工材料自然环境试验体系要创新发展。通过对军工材料自然环境试验体系建设与服务模式、支撑国防科技关键核心技术研究、发挥效能方面的实践经验以及国外发展现状进行分析, 可以看出, 材料自然环境试验体系的发展要紧密围绕国家战略, 以装备发展需求为牵引, 以国防、国民经济建设所需关键材料与新材料的环境腐蚀及失效数据的积累和规律性研究和关键技术研发为首要工作, 坚持军民融合、共享开放的服务宗旨, 以材料自然环境试验体系自我良性发展为目标, 才能更好地支撑先进国防科技工业体系建设, 支撑武器装备创新发展, 服务国民经济建设和国家安全。

为将军工材料自然环境试验体系建设成更高水平的集公益性、基础性、创新性为一体的重大科研基础设施, 要以贯彻实施创新驱动发展战略, 贯彻落实军民融合发展战略, 全力支撑质量强国战略为牵引, 需要加强材料环境试验设施的全面体系化发展, 引导其资源共建共享、优势互补、

开放合作,提出的建议如下。

(1) 顺应“一带一路”等国家倡议,推动海外材料环境试验站建设。“一带一路”作为中国首次提出的国家倡议,对我国现代化建设具有深远的意义。为保障相关基础设施、产品的安全、可靠使用,需要统筹布局,与国内相关环境试验机构合作,采用共建、合建、租用等方式,建立海外环境试验站点,获得多地域材料和环境数据,支撑我国产品走出去,用得好。大力发展如麦金利实验室等大型、综合的试验设施,为装备的验证考核、科学研究提供先进的研究平台。

(2) 整合力量,强化军工材料自然环境试验体系的创新主体作用。以国防科技工业自然环境试验站网、国家材料环境腐蚀站网、材料研发中心及相关大型科研基础设施、国家与国防重点实验室等共同组建成材料与环境国家综合性科学中心或国家实验室,形成大科学装置群和大数据中心,通过重大专项的支持,从国家层面规划、开展军民品关键材料、核心器件、通用产品的中长期环境试验与基础能力建设,采集积累数据,共同开展材料与产品环境适应性评价、腐蚀控制的关键技术攻关,服务于国防、国民经济建设和国家安全。

(3) 坚持材料自然环境试验体系资源的共享和开放服务。我国正加快形成全要素、多领域、高效益的军民融合深度发展格局,军工材料自然环境试验体系建设和应用是军民融合、开放服务的典型实践。要深入贯彻实施军民融合发展战略,丰富融合形式,拓展融合范围,提升融合层次,推动数据资源、站网资源和技术资源的共享共用。统筹制定完善国家标准、行业标准、企业标准和军用标准,扩大军民通用标准的范围,支持材料和产品环境试验技术等军民通用标准体系建立;通过优先支持、资金倾斜等措施增强研究成果共享力度,将基础研究的持续创新积累转化为产品、

产业群和产业链。

(4) 促进设施科学效益和社会效益持续提高。形成“政府主导-材料自然环境试验体系主体-企业联动-民间扶助”的政产学研用协同架构,从创新源头到成果应用构建多个创新平台,打通基础研究、应用技术、工程技术的阻隔,通过与各企业双向委托和联合研究等途径,建立良好的合作研发机制,探索联合共建与技术共享的发展模式,提升研发水平,提高成果应用价值,以期获得良好的经济效益。

参考文献

- [1] 中国科学技术协会,中国腐蚀与防护学会. 2011-2012 材料腐蚀学科发展报告[M]. 北京:中国科学技术出版社,2012.
- [2] 曹楚南. 中国材料的自然环境腐蚀[M]. 北京:化学工业出版社,2005:1-19.
- [3] 彭京川,郭赞洪,杨晓然. 多因素综合海洋气候自然加速试验技术相关性和加速性验证[J]. 装备环境工程,2016,13(5):98-104.
- [4] 王俊芳,李希,殷宗莲,等. 多因素综合海洋气候模拟加速试验技术在紧固件表面处理工艺筛选中的应用[J]. 表面技术,2016,45(2):175-180.
- [5] 张晓云,郭玉海,陶春虎. 便携式拉伸应力腐蚀试验器的研制[J]. 装备环境工程,2004,1(2):18-22.
- [6] 郭为民,张慧霞,侯健,等. 典型材料深海环境腐蚀行为对比研究[C]. 2014 全国装备环境工程发展研讨会,江西,2014:116-119.
- [7] J.Dwayne Bell 著,王艳艳,等译. 麦金利气候试验室的冰冻试验[J]. 装备环境工程. 2004,1(3):89-90.
- [8] 宋太亮. 武器装备大环境观[M]. 北京:国防工业出版社,2016:198-200.
- [9] W. H. Abbott. A Decade of Corrosion Monitoring in the World's Military Operating Environments.
- [10] 文邦伟,舒畅. 美国海军陆战队战术车辆腐蚀环境定量化[J]. 装备质量,2010(4):39-47.
- [11] MIL-STD-810G. Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S]. 2008.
- [12] DEF STAN 00-35. Environmental Handbook for Defence Materiel [S]. 2006.
- [13] STANAG 4370. Allied Environmental Conditions and Test Publications (AECTP)[S]. 2009.

Construction and Application of Military Material Natural Environment Test System

Wu Hulin¹, Qian Yixin², Zhao Chunliu³, Zhang Lunwu¹, Zhu Lei¹

(1. No.59 Research Institute of China Ordnance Industry, Natural Environmental Test and Research Center of Defense Science and Technology, Chongqing 400039, China;

2. China South Industries Group Corporation Department of Science and Technology Quality and Information Technology, Beijing 100089, China;

3. State Administration of Science, Technology and Industry for National Defence Military Project Audit Center, Beijing 100037, China)

Abstract: Material natural environment test system for national defense science and technology industrial is the advanced test platform which supports the independent innovation and development of weapons and equipment. It is also the major research infrastructure which serves the construction of national defense and national economy. Based on the characteristics of the military material natural environment test system, the practical experience of construction, the service and application of facilities, this paper puts forward the construction and operation mechanism of material natural environmental test facilities, which has the characteristic of resource developing and sharing, complementary advantages, open-up and cooperation. The paper also puts forward some suggestions that how to strengthen the basic research with the mode of state-led and enterprise-based joint research, and promote the increase of scientific and social benefit of the infrastructure.

Keywords: environment test; system construction; development proposal