

# 浅析科技创新和关键核心技术突破对装备环境适应性高质量发展的重要性

罗来正<sup>1</sup>, 王江山<sup>2</sup>

(1.西南技术工程技术研究所, 重庆 400039; 2.军委装备发展部某中心, 北京 100009)

**摘要:** 首先从自然环境试验与观测站网体系建设、环境适应性数据资源建设、环境适应性模拟加速试验设备开发、环境适应性量化评价等 4 个方面介绍了装备环境适应性关键核心技术。然后从建立健全基础研究机制和基础研究创新体系等方面阐述了科技创新与装备环境适应性高质量发展的关系。最后展望了装备环境适应性发展的方向。

**关键词:** 科技创新; 关键核心技术; 装备环境适应性; 质量发展

中图分类号: TJ01 文献标识码: A 文章编号: 1672-9242(2021)07-0107-05

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2021.07.016

## Technological Innovation and Key Core Technology Breakthrough: The Cornerstone of Equipment Environment Adaptability High-quality Development

LUO Lai-zheng<sup>1</sup>, WANG Jiang-shan<sup>2</sup>

(1. Southwest Institute of Technology and Engineering, Chongqing 400039, China;

2. A Center of Equipment Development Department of the Central Military Commission, Beijing 100009, China)

**ABSTRACT:** The key core technologies of equipment environmental adaptability included the construction of natural environment test and observation station network system, the construction of environmental adaptability data resources, the development of environmental adaptability simulation accelerating test equipment, and the quantitative evaluation of environmental adaptability. The relationship between scientific and technological innovation and high-quality development of equipment environmental adaptability was expounded from the aspects including establishing and improving basic research mechanism and basic research innovation system. Finally, the development direction of equipment environment adaptability was prospected.

**KEY WORDS:** technological innovation; key core technology; equipment environment adaptability; quality development

装备环境适应性是指装备(产品)在其寿命期内预计可能遇到的各种环境作用下能实现其所有预定功能、性能和(或)不被破坏的能力<sup>[1]</sup>, 是装备的六

大重要通用质量特性之一。装备服役过程中, 环境对装备的影响不仅造成巨大经济损失, 也严重影响装备的先进性、安全性、可靠性和环境适应性, 影响部队

收稿日期: 2021-03-22; 修订日期: 2021-04-09

Received: 2021-03-22; Revised: 2021-04-09

作者简介: 罗来正(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为环境试验与环境适应性评价。

**Biography:** LUO Lai-zheng (1983—), Male, Master, Senior engineer, Research focus: environmental test and environmental adaptability evaluation.

引文格式: 罗来正, 王江山. 浅析科技创新和关键核心技术突破对装备环境适应性高质量发展的重要性[J]. 装备环境工程, 2021, 18(7): 107-111.

LUO Lai-zheng, WANG Jiang-shan. Technological innovation and key core technology breakthrough: the cornerstone of equipment environment adaptability high-quality development[J]. Equipment environmental engineering, 2021, 18(7): 107-111.

战斗力生成和发挥。如美国空军总部对沿海某基地装备故障调查表明,约52%故障由环境因素引起<sup>[2]</sup>。装备环境适应性已成为衡量装备是否“好用、管用、耐用、实用”的重要指标之一,贯穿于装备论证与设计、研制与生产、使用与维护等全寿命周期各个阶段,特别是在工程研制阶段中发挥不可替代的重要作用。

中国工程院重大咨询项目“中国腐蚀状况及控制战略研究”最新调研结果表明,2014年中国总的腐蚀损失为2.1万亿元,约占当年GDP的3.34%。美国、俄罗斯等国家非常重视装备环境适应性技术的发展。美国国防部早在1992年就发布了《美国国防部核心技术计划》,“环境影响”已成为该计划11项关键技术的重要一项,会对装备系统产生不良影响<sup>[3]</sup>。

习近平总书记强调:关键核心技术是国之重器,对推动我国经济高质量发展、保障国家安全都具有十分重要的意义,必须切实提高我国关键核心技术创新能力,把科技发展主动权牢牢掌握在自己手里,为我国发展提供有力科技保障<sup>[4]</sup>。为此,在装备环境适应性技术发展过程中,必须牢固树立关键核心技术的自主创新意识,努力取得重大原创性突破,保证装备实战适用性的重要源头,提升装备环境适应性在国防科技工业基础建设和军工核心能力建设中的重要作用,

为我国装备又好又快发展提供可靠技术支撑。

## 1 装备环境适应性关键核心技术

### 1.1 自然环境试验与观测站网体系建设

自然环境试验与观测站网是装备环境适应性研究的基础平台,直接反映装备不同环境下服役过程中的环境效应。英国作为世界上最早开展自然环境试验研究的国家,早在1839年,就认识到装备环境适应性研究工作的重要性。为了提升装备的环境适应性,英国先后在本土、西非、新加坡、纽约、澳大利亚等多个地域分别建立了40个大气环境试验站<sup>[5]</sup>。美军为了开展装备环境适应性试验与评价工作,先后在本土、太平洋和大西洋沿岸等地带建立了21个自然环境试验与观测站/场,可以满足与装备研制相关的所有环境类型<sup>[6]</sup>。美国阿特拉斯耐候集团(Atlas Weathering Service Group)通过自建和共建方式,先后在全球23个地域建立了全球典型气候的环境试验与观测站/场,可同时为民品和军品提供试验服务。阿特拉斯耐候集团建立的自然环境试验与观测站网体系如图1所示。

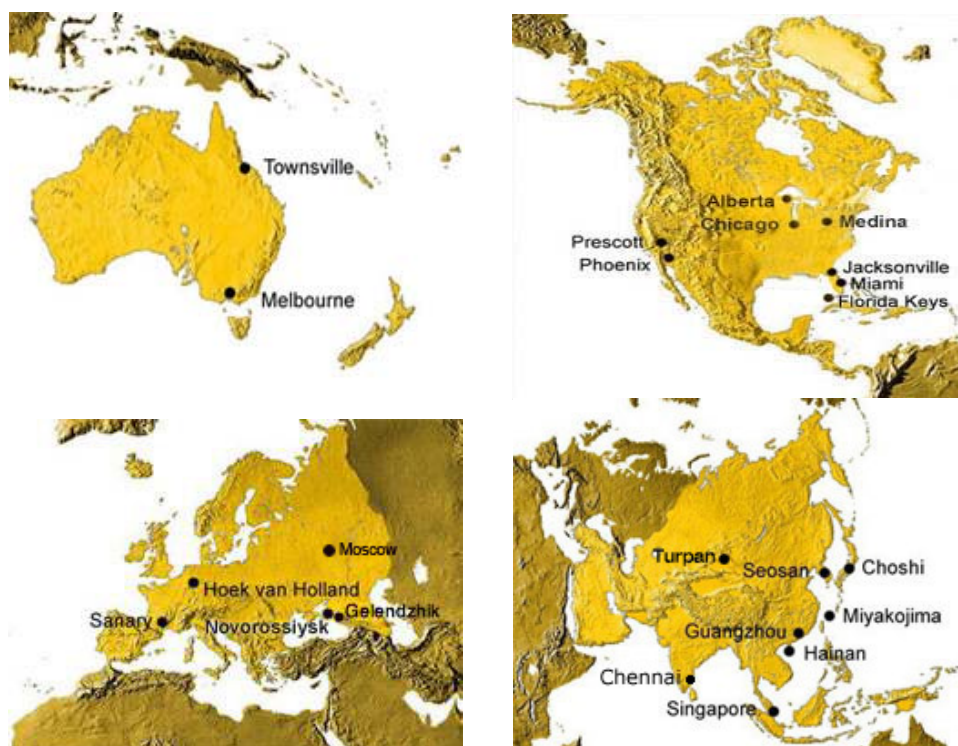


图1 阿特拉斯自然环境试验与观测站/场  
Fig.1 Atlas natural environment test and observation station / site

目前,我国已经建成了国防科技工业自然环境试验与观测站网和国家材料环境腐蚀野外科学观察研究平台,为装备全寿命周期中环境适应性数据积累、关键核心技术研发、环境适应性试验与评价等提供了

基础平台。国防科技工业自然环境试验与观测站网包括万宁站、敦煌站和漠河站等9个大气环境试验站和3个海水试验站<sup>[7]</sup>;国家材料环境腐蚀野外科学观察研究平台由1个综合研究中心和32个试验站构成,

试验站分别包括 7 个水环境站、9 个土壤环境站和 16 个大气环境站，国防站网是其骨干力量。32 个试验站情况见表 1。

表 1 32 个试验站情况  
Tab.1 32 test stations

试验站类型	试验站	数量/个
水环境站	三亚站、厦门站、舟山站、武汉站、青岛站、郑州站、格尔木站	7
土壤环境站	鹰潭站、成都站、大港站、青岛站、沈阳站、大庆站、拉萨站、格尔木站、库尔勒站	9
大气环境站	万宁站、琼海站、文昌站、西双版纳站、广州站、湛江站、江津站、武汉站、青岛站、北京站、沈阳站、漠河站、拉萨站、敦煌站、吐鲁番站、库尔勒站	16

由上述分析得知，欧美等发达国家自然环境试验与观测站网涵盖了全球典型气候环境，而我国站网均集中于我国主要典型气候区域。随着我国综合国力的提升，装备必将走向世界各地，而世界各地自然环境条件差异较大，急需建立覆盖面更广的全球典型气候区域的自然环境试验与观测站网体系，保证我国装备全球环境下安全、可靠服役。

## 1.2 环境适应性数据资源建设

环境适应性数据包括环境因素数据和装备（产品）环境效应数据两大类，它反映了装备（产品）在预期服役环境中的环境适应性，具有典型性、真实性和不可替代性的特征<sup>[8]</sup>。国外环境适应性研究起步很早，到目前已经形成了环境适应性数据采集、试验评价、标准规范建立、数据手册、数据库建设等数据资源成果推广应用的成熟体系。从 20 世纪 60 年代开始，美国海军土木工程实验室、海军应用科研实验室和海军研究实验室，先后在全球 11 个海水试验站对钢、铝合金、复合材料等材料进行了长达 16 年的环境适应性研究，并在太平洋表层海水和不同深度海水环境下，对 475 种合金、2 万余件样品进行了 3~36 个月的环境适应性研究<sup>[9]</sup>。欧洲腐蚀联盟于 1992 年分别在 8 个国家的 11 种典型环境下进行了海水环境适应性研究。国际标准化组织从 1986 年开始分别在全世界 64 种典型环境下对 4 种金属材料开展了大气环境适应性研究。日本曾与美国、英国、法国等国家一起研究了多种钢材在不同国家的工业、农村和海洋环境下不同朝向和角度放置的环境适应性，研究周期长达 16 年<sup>[10-11]</sup>。通过长期的装备（产品）环境适应性数据采集与积累研究，欧美等发达国家及时分析各种环境适应性数据，并将其固化成手册、标准和环境适应性数据库等形式，极大发展与丰富了环境适应性数据资源。俄罗斯出版了 OCT 190368《飞机和直升机金

属材料和抗腐蚀防护涂层的选择》，美国腐蚀工程师协会早在 1985 年就出版了《Corrosion Data Survey》，美国海军出版了《海水腐蚀手册》，美国出版了 MIL-HDBK-310《全球气候极值》等，英国出版了 DEF STAN00-35《国防装备环境手册》。同时，美国还建立了腐蚀数据中心，涵盖了 20 余万条数据、103 个文摘库和多个专家咨询系统<sup>[12]</sup>，这些手册、标准和数据库有效地指导了装备的选材设计。

以国防科技工业自然环境试验与观测站网为依托，我国从“十五”开始，对环境适应性数据资源开展了有效、连续的建设，先后采集了航空、航天、兵器、电子、船舶等装备（产品）上千种材料、工艺及结构件的环境适应性数据。截止目前，积累的环境适应性数据超过 10 万个<sup>[13]</sup>，初步构建了环境因素与环境效应数据库。但与国外相比，固化成册、公开出版的可鉴数据手册、标准等很少，数据库也未发挥应有的作用。

由于世界各国自然环境条件差异较大，装备环境适应性数据无处引进、无可替代。目前由于受自然环境试验与观测站网体系的限制，建立的环境适应性数据资源均来自国内典型气候区域，尚无法满足我国装备全球化服役的需求。

## 1.3 环境适应性模拟加速试验设备开发

国外从 20 世纪 60 年代开始开发环境适应性试验设备。实验室加速模拟试验设备开发方面，先后开发了包括高低温、高低湿、太阳辐射、雨、雪、沙尘暴、冻冰等大量的实验室试验模拟设备。利用这些试验设备，美国建立了麦金利气候实验室，俄罗斯建立了导弹加速模拟和贮存实验室。自然环境加速试验设备开发方面，美国阿特拉斯耐候集团 20 世纪 70 年代研发的跟踪太阳暴露试验机，被广泛应用于高分子材料自然环境加速试验，得出了涂层材料自然环境暴露试验 14 周等于自然暴露 3 年的结论<sup>[14]</sup>。近年来，阿特拉斯耐候集团研发了一种大型跟踪太阳发射聚能试验设备（见图 2），利用该设备可聚焦相当于自然光 50~100 倍的紫外强度。试验表明，该装置户外 1 年接受的紫



图 2 大型跟踪太阳发射聚能试验设备

Fig.2 Large-scale test equipment for tracking solar emission and energy accumulation

外辐照量相当于美国佛罗里达州 63 年的紫外辐射总量,成功解决了样品表面温度控制的难度<sup>[15]</sup>。这些加速试验设备的开发,极大地缩短了装备的研制周期,加速了装备发展。

国内围绕装备(产品)研制、生产、使用急需,先后开发了一大批大气环境试验设备,如大气环境综合自然加速试验设备<sup>[16]</sup>、气候环境-工况耦合试验设备<sup>[17-21]</sup>等,如图 3、4 所示。尽管近年来国内的模拟加速试验设备发展迅猛,但在某些关键领域,如光老化试验设备的灯管、反射元件、集光器等核心元件,仍然需要从国外进口。



图 3 大气环境综合自然加速试验设备

Fig.3 Integrated natural acceleration test equipment for atmospheric environment



图 4 气候环境-工况耦合试验设备

Fig.4 Coupling test equipment for climate environment and working conditions

#### 1.4 环境适应性量化评价

目前,装备环境适应性只能进行定性评价,不能进行量化表征,导致型号论证设计、鉴定与验收等环节无法提出具体的指标参数,环境适应性量化表征一直是困扰军方、型号研制单位和环境试验专业研究机构的技术难题。国内外在环境适应性量化表征方面尚没有明显突破,急需形成相应的量化评价指标,量化评价步骤及标准等,满足装备环境适应性的论证、表示、计算、评价和考核需求,推动该专业发展。

## 2 科技创新与装备环境适应性高质量发展关系

近一段时期以来,我国经济发展的环境发生了深度变化,需要面对美国贸易霸凌主义和国际贸易保护主义,众多核心关键领域面临“卡脖子”问题,急需提升核心技术创新能力,扭转不利局面。

建立健全基础研究创新体系,提升科技创新整体实力,开展装备环境适应性前瞻性、基础性创新研究,推动高新装备创新发展。始终把原始创新能力摆在首位,加强基础研究前瞻性部署,引导技术能力突出的创新型领军企业加强基础研究,坚固科技创新整体实力提升的基石。国家应建立健全基础研究的长期稳定支持机制,集中力量加大对基础研究创新领域的财政稳定支持力度,同时加强对科研院所创新能力建设的投入,为从事基础研究的科研人员有效提供“一辈子只干好一件事”的必要条件。装备环境适应性发展要紧密围绕国家战略,以新时期军事斗争需求和高新装备发展存在的瓶颈问题为导向,以装备环境适应性关键核心技术突破为首要工作,以装备环境适应性体系自我良性发展为目标,将装备环境适应性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,全面贯彻科技创新发展战略,全面支撑质量强国战略,推动我国高新装备创新发展,提升装备质量保证能力,服务国民经济建设和国家安全。

## 3 结语

当今世界正处于大变革、大发展、大调整时期,世界格局正发生深刻、复杂的变化,为保障国家建设与发展,维护国家安全,装备走向深蓝、走向全球的战略需求日益紧迫,装备使用强度及频率日益加大,使用环境日益复杂严酷,装备作战适用性的问题日益凸显。为满足我国高新装备创新发展的需求,进一步提升装备质量保证能力,装备环境适应性建设一是需要拓展海外典型环境试验站网;二是建立长期的环境适应性数据采集机制;三是突破环境适应性量化表征等关键核心技术;四是整合力量,加强核心领域核心元件的技术突破。

#### 参考文献:

- [1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S]. GJB 4239—2001, General requirements for material environmental engineering[S].
- [2] 单志伟. 装备综合保障工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008. SHAN Zhi-wei. Integrated support engineering for equipment[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008.

- [3] 祝耀昌. 环境适应性与环境工程[J]. 航天器环境工程, 2006, 23(4): 187-193.  
ZHU Yao-chang. Environmental worthiness and environmental engineering[J]. Spacecraft environment engineering, 2006, 23(4): 187-193.
- [4] 新华社. 习近平主持召开中央财经委员会第二次会议[N]. 人民日报, 2018-07-14.  
Xinhua News Agency. Xi Jinping hosted the second meeting of the central finance and economic committee[N]. People's Daily, 2018-07-14.
- [5] 张伦武, 许明, 王津梅. 军用自然环境试验与民用自然环境试验的关系[J]. 包装工程, 2003, (3): 48-49.  
ZHANG Lun-wu, XU Ming, WANG Jin-mei. The relationship between military natural environmental test and civilian natural environmental test[J]. Packaging engineering, 2003, (3): 48~49.
- [6] 杨晓然, 秦晓洲, 李军念, 等. 国外自然环境试验站网管理现状分析[J]. 装备环境工程, 2009, (1):55~58.  
YANG Xiao-ran, QING Xiao-zhou, LI Jun-nian. Analysis of current status of the management technologies of natural environmental test site networks in foreign countries[J]. Equipment environmental engineering, 2009(1): 55-58.
- [7] 张伦武. 国防大气环境试验站网建设及试验与评价技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.  
ZHANG Lun-wu. The study for construction of national defense atmospheric environmental test network and technology of environmental test and worthiness evaluation[D]. Tianjin: Tianjin University, 2008.
- [8] 汪学华. 自然环境试验技术[M]. 北京: 航空工业出版社, 2003.  
WANG Xue-hua. Natural environment test technology[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2003.
- [9] 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.  
TANG Ping, HUANG Xiao-xia. Consideration of environment test data resource construction[J]. Equipment environmental engineering, 2014, 11(6): 140-147.
- [10] 张三平. 美、日环境腐蚀研究技术考察[J]. 材料保护, 1999(1): 273-279.  
ZHANG San-ping. Investigation on environmental corrosion research technology in the US and Japan[J]. Materials protection, 1999(1): 273-279.
- [11] NUNZIA C. Innovation processes within geographical clusters: a cognitive approach[J]. Technovation, 2004, 24: 17-18.
- [12] 苏艳. 国外自然环境试验标准体系探讨[J]. 中国标准化, 2003(3): 27-28.  
SU Yan. Discussion on foreign natural environment test standard system[J]. China standardization, 2003(3): 27-28.
- [13] 周堃, 王莞, 杨小奎, 等. 自然环境试验与观测体系化发展综述[C]//首届兵器工程大会论文集. 重庆: 中国兵工学会 2019.  
ZHOU Kun, WANG Wan, YANG Xiao-kui, et al. Review on the Systematic Development of Natural Environment Testing and Observation[J]. Proceedings of the first weapon engineering conference. Chongqing: China Ordnance Society, 2019.
- [14] 杨晓然, 张伦武, 张勇智. 自然环境加速试验技术[J]. 装备环境工程, 2004, 1(1): 7.  
YANG Xiao-ran, ZHANG Lun-wu, ZHANG Yong-zhi. Natural accelerated environmental test technologies[J]. Equipment environmental engineering, 2004, 1(1): 7.
- [15] 朱玉琴, 杨华明, 杨晓然, 等. 美国阿特拉斯户外紫外加速试验系统跟踪研究[J]. 装备环境工程, 2016, 13(3): 111-115.  
ZHU Yu-qin, YANG Hua-ming, YANG Xiao-ran. Tracking studying on ATLAS's UV-accelerated weathering system[J]. Equipment environmental engineering, 2016, 13(3): 111-115.
- [16] 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.  
PENG Jing-chuan, GUO Zan-hong, YANG Xiao-ran. Relativity and acceleration verification of multi-factors integrated marine climate natural accelerated test technologies[J]. Equipment environmental engineering, 2016, 13(5): 98-104.
- [17] 肖勇, 吴帅, 王宝瑞, 等. 一种高寒气候环境疲劳试验设备的研制[J]. 装备环境工程, 2017, 14(8): 11-14.  
XIAO Yong, WU Shuai, WANG Bao-rui, et al. Development of a kind of fatigue test equipment for cold climate environment[J]. Equipment environmental engineering, 2017, 14(8): 11-14.
- [18] 罗来正, 王晓辉, 未来, 等. 一种高寒气候户外环境-拉、压、弯载荷耦合试验装置: 中国, CN106370532A[P]. 2017-05-10.  
LUO Lai-zheng, WANG Xiao-hui, WEI Lai, et, al. A coupling test device of tension, compression and bending load in outdoor environment of alpine climate: Chinese, CN106370532A[P]. 2017-05-10.
- [19] 罗来正, 肖勇, 王晓辉, 等. 海洋气候环境-拉、压、弯载荷耦合试验设备及试验方法: 中国, CN 109115593A[P]. 2019-01-01.  
LUO Lai-zheng, XIAO Yong, WANG Xiao-hui, et, al. Coupled test equipment and test method for tension, compression and bending loads in marine climate environment: Chinese, CN 109115593A[P]. 2019-01-01.
- [20] 罗来正, 肖勇, 王晓辉, 等. 一种海洋气候环境-扭转载荷耦合试验装置及试验方法: 中国, CN 109163986A[P]. 2019-03-19.  
LUO Lai-zheng, XIAO Yong, WANG Xiao-hui, et, al. A coupling test device and test method of marine climate environment and torsional load: Chinese, CN 109163986A[P]. 2019-03-19.
- [21] 罗来正, 王晓辉, 未来, 等. 一种高寒气候环境-拉、压、弯载荷耦合试验装置: 中国, CN 106370532A[P]. 2017-05-10.  
LUO Lai-zheng, WANG Xiao-hui, WEI Lai, et, al. A coupling test device of tension, compression and bending load in alpine climate: Chinese, CN 106370532A[P]. 2017-05-10.