

# 我国综合环境试验现状与发展建议

周阳红生<sup>1,2,3</sup>, 张洪彬<sup>1,2,3</sup>, 薛海红<sup>4</sup>, 赵晓东<sup>4</sup>

(1.工业和信息化部电子第五研究所, 广州 510610; 2.广东省电子信息产品可靠性技术重点实验室, 广州 510610; 3.广东省工业机器人可靠性工程实验室, 广州 510610; 4.航空工业第一飞机设计研究院, 西安 710000)

**摘要:** 综述了我国现阶段仍存在环境试验标准体系不够完善、综合化程度低、置信度不高等问题, 指出综合环境试验能力亟待发展。建议重点从环境工程标准化体系建设、综合环境试验能力建设和以军促民全面发展三个方面发展我国综合环境试验。

**关键词:** 综合环境试验; 故障模式; 失效机理; 标准体系

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2018.05.010

**中图分类号:** TJ01      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2018)05-0044-04

## Current Situations and Development Suggestions of Combined Environmental Test in China

ZHOU Yang-hong-sheng<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Hong-bin<sup>1,2,3</sup>, XUE Hai-hong<sup>4</sup>, ZHAO Xiao-dong<sup>4</sup>  
(1. The Fifth Electronics Research Institute of MIIT, Guangzhou 510610, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Electronic Information Products Reliability Technology, Guangzhou 510610, China;

3. Guangdong Provincial Engineering Laboratory for Reliability of Industrial Robot, Guangzhou 510610, China;

4. AVIC the First Aircraft Institute, Xi'an 710000, China)

**ABSTRACT:** This paper summarized existing problems in China's environmental test, such as imperfect standard system, low comprehensiveness and low confidence level and pointed out that development of combined environmental test capability is urgently needed. It was suggested that development of combined environmental test in China should focus on three aspects: standardization system construction, test capacity construction and promoting the civilian technology by military technology.

**KEY WORDS:** combined environmental test; failure mode; failure mechanism; standard system

环境试验是将产品暴露于特定的环境中、确定环境对其影响的过程, 目的是获取特定环境条件下产品材料、结构、功能、性能的变化趋势, 以及装备对其经受环境应力的响应特性和耐环境能力, 是考核产品对环境适应性要求符合性和评价产品环境适应性的重要手段, 更是发现产品环境适应性设计缺陷、提供改进信息的重要工具<sup>[1]</sup>。

根据不同的考虑要素, 环境试验可以有多种不同

的分类方法。根据产品研制阶段的不同, 环境试验可分为环境研制试验、环境鉴定试验和环境验收试验; 根据试验形式的不同, 环境试验可分为自然环境试验、使用环境试验和实验室环境试验; 根据主要环境因素的不同, 可分为单因素环境试验和综合环境试验<sup>[2]</sup>。

综合环境试验是指两种或多种环境因素同时作用于试验样品的环境试验。综合环境试验相对于单因素环境试验、组合环境试验, 能更好地模拟产品现场所遭受

的环境,反映产品因环境影响产生的故障模式及其失效机理。例如:接插件插头的芯线与聚四氟塑料的绝缘层在低温下的收缩率不一样,导致插头与孔之间有间隙,在高振动量值条件下容易出现接触不良;橡胶减震器的固有频率是随着温度变化而漂移的,在高低温下与常温下的振动试验结果会出现明显的差异<sup>[3]</sup>。

根据环境因素数量的不同,综合环境试验可以分为二因素综合环境试验和多因素综合环境试验(三种环境因素及以上)。产品在实际使用过程中基本上都同时暴露在气候环境、力学环境或二者的综合作用下,环境因素综合化程度高,产品的故障与失效机理、故障模式与多种环境因素共同作用有关。因此,在条件允许的情况下,环境试验应尽可能地采用最接近实际的多因素综合环境试验,充分暴露产品缺陷,指导设计改进。

## 1 我国综合环境试验现状与发展需求

### 1.1 标准体系不够完善

我国环境试验标准体系近年来得到了快速发展,但相对国外发达国家仍差距明显。我国环境试验标准化起步较晚,直到 20 世纪 80 年代才开始引进国外相关标准,标准的制修订严重滞后。近年来,我国环境试验得到了重视和快速发展,形成了两大标准体系(即民用标准体系和军用标准体系)和广泛的行业标准体系(如航空装备、卫星装备、舰船电子设备、轨道交通等),对引导我国相关行业环境试验的快速发展起到了重要作用<sup>[3]</sup>。我国环境试验标准体系主要是对国外试验方法的引进,其中民用标准体系中应用最广泛的 GB/T 2423 是等同采用 IEC 60068 系列标准<sup>[4-5]</sup>,军用标准体系中应用最广泛的 GJB 150A 是以美军标 MIL-STD-810F 为蓝本进行制修订的<sup>[6-7]</sup>,缺乏基础研究与数据统计,对试验方法制定、试验条件确定等缺乏研究,标准体系不够完善。

### 1.2 试验综合化程度低

根据综合环境试验的定义,似乎试验中只要有两个或两个以上的环境因素同时作用于受试产品就可称为综合试验,但是在工程实践中并非如此。在常用的环境试验项目中,许多都涉及两个或两个以上要加以控制的环境应力,但并不是所有这些试验都能称为综合环境试验。这些环境因素中有主因素和辅助性因素之分,见表 1<sup>[8]</sup>。可以看出,常用环境试验主要为单因素环境试验,综合环境试验仅有温度-高度试验、温度-湿度-高度试验、太阳辐射试验和湿热试验,并且存在综合化程度低的问题。

### 1.3 综合环境试验亟待发展

军用装备相较于工业产品面临着更严酷的使用

环境,环境适应性要求高,是环境试验兴起、发展的动力源。随着军用装备性能的提高,使用地域不断扩大,战场环境越来越复杂。因此,军事发达国家都越来越重视武器装备的综合环境试验,以便弄清作战环境和掌握武器装备最大可能发生的故障,通过改进来最大限度地提高武器装备的环境适应性<sup>[9]</sup>。

我国环境试验广泛存在标准体系不够完善、试验设备和检测设备较为落后、环境试验综合化水平低等问题,导致试验结果置信度不高,严重制约了我国综合环境试验的发展<sup>[10]</sup>。随着科技水平的进步,我国装备在使用地域、使用时间等方面均有显著的拓展,如“蛟龙号”载人潜水器实现了水下 7000 m 海试,航空装备正向高空-高速-长航时发展,更严酷的使用环境对环境试验技术和能力提出了更高要求,因此更高技术水平的综合环境试验亟待发展。

## 2 我国综合环境试验发展建议

### 2.1 完善标准体系,合理引导

标准是建立在长期实践基础上的,需要长期的工程应用实践。标准体系体现了标准化系统内标准的最佳秩序,是一定系统范围内具有内在联系的、标准的科学有机整体。实践证明,产业的发展必由标准支撑,合理的标准体系可引导产业科学、健康、快速的发展。

综合环境试验是单因素环境试验的科学组合,代表了更高的试验技术水平,具有更好的试验效果,是我国环境试验发展的方向。然而,我国环境试验标准体系还处于对国外先进标准引进和消化吸收的阶段,缺乏足够的基础研究与适应性改进,不可避免的存在技术滞后与水土不服。加强基础研究,完善环境工程标准体系,已成为我国综合环境试验发展并赶上国外先进水平的必由之路。

### 2.2 加强环境试验能力建设,提供条件保障

第二次世界大战后,美国逐渐认识到武器装备环境适应性的重要性,建设了覆盖了全世界各种典型自然环境条件的陆军三大自然环境试验中心、海军武器试验基地、麦金利大型气候实验室等。再依托于美国全球军事活动,形成了完善的环境试验能力体系,保障了美军装备全球环境的良好适应性<sup>[11]</sup>。

相比美国,我国在环境试验能力上存在明显的不足,特别是综合环境试验能力。首先,自然环境试验方面,我国已形成了西沙热带海洋环境、拉萨高原高寒环境、漠河干冷环境、广州湿热环境等典型自然环境试验站网,但存在环境参数检测技术差、性能检测设备主要依赖进口、性能检测技术和应用水平差等问题<sup>[12]</sup>。其次,使用环境方面,我国军用装备在使用地域范围、使用强度等和国外先进水平还有明显差距。

表1 常用环境试验的环境因素分析

序号	试验项目	主环境因素	辅环境因素及说明	环境试验类型
1	高温试验	温度	湿度一般不控制,并且控湿是为了保障热干试验性质。	单因素环境试验
2	低温试验	温度	/	单因素环境试验
3	温度冲击试验	温度	/	单因素环境试验
4	低气压试验	气压	标准大气环境下进行,温湿度不控制。	单因素环境试验
5	温度-高度试验	温度-气压	/	二因素综合环境试验
6	温度-湿度-高度试验	温度-气压、温度-湿度	高温下控制湿度是为了保障热干试验性质,同一时间主环境因素未超过2项。	二因素综合环境试验
7	水(有风源淋雨、滴雨、防水、浸渍)试验	雨滴直径和持续时间或水压(浸渍)	控制风速是模拟实际雨滴强度和方向,控制试验样品温度是为了试验样品受水后,由于冷却使其内部造成负压而容易进水。控制注入燃料用量是为得到最佳配比的易爆混合气体,控制压力是模拟产品工作高度的低气压,创造低压放电环境,控制产品温度在其实际工作温度上是为了模拟实际温度环境,获得这一环境下产品表面的温度分布和热点。	单因素环境试验
8	爆炸大气试验	爆炸性大气爆炸形成的能量释放环境	控制温度是为了产生一个实际工作温度环境,控制相对湿度是为了防止沙尘结块和附着于箱壁影响沙尘浓度,控制风速是为扬起沙尘,便于渗透并使砂粒带有一定的动能,冲击试品表面。	单因素环境试验
9	太阳辐射试验	辐照强度-温度	/	二因素综合环境试验
10	沙尘试验	沙尘的成分、粒度、物理特性和浓度	控制温度是为了产生一个实际工作温度环境,控制相对湿度是为了防止沙尘结块和附着于箱壁影响沙尘浓度,控制风速是为扬起沙尘,便于渗透并使砂粒带有一定的动能,冲击试品表面。	单因素环境试验
11	湿热试验	温度-湿度	/	二因素综合环境试验
12	霉菌试验	典型菌种	控制温度和相对湿度是为了创造霉菌生长条件。	单因素环境试验
13	盐雾试验	盐溶液浓度和沉降量及盐水收集液pH值	控制温度是为了创造一个造成材料盐腐蚀的良好温度条件。	单因素环境试验
14	振动试验	机械振动	/	单因素环境试验
15	冲击试验	机械冲击	/	单因素环境试验
16	加速度试验	机械加速度	/	单因素环境试验
17	噪声试验	气动噪声	/	单因素环境试验

最后,我国缺乏成熟可靠的多因素综合环境试验设备,温度-振动-盐雾、温度-振动-低气压等典型综合环境试验尚未普及,多因素综合环境试验亟待发展。环境试验能力建设,对于提高我国环境试验有效性和装备环境适应性水平具有重要意义。

### 2.3 以军促民,全面发展

目前,环境试验在军工行业得到了普及,环境试验意识深入人心,军用装备环境适应性极大地得到了提升与保障。部分单位和个人也对先进的试验设备、试验技术等进行了研究与应用,覆盖振动-温度-湿度-高度<sup>[13]</sup>、振动-噪声-温度<sup>[13]</sup>、温度-湿度-盐雾-振动-太阳辐射-淋雨<sup>[14]</sup>等综合环境试验,对提高装备环境试验水平具有重要意义。

工业产品更注重经济实惠与效益,应该借助军民融合的大趋势,在相关多因素综合环境试验成熟以后,及时进行推广与应用,提高产品环境试验水平。

### 3 结语

中央军委主席习近平在出席十二届全国一次会议解放军代表团会议中强调,我国要建设一支“召之即来、来之能战、战之必胜”的部队,“能战”就要求我军装备必须具有良好环境适应性。严格按照实战环境进行环境适应性设计,采用贴近实战环境的综合环境试验进行环境研制与鉴定试验,在装备研制阶段充分暴露装备质量缺陷并完成设计改进,是实现装备“能战”的重要保障,是我国环境试验发展的重要方向。

## 参考文献：

- [1] GJB 4239, 装备环境工程通用要求[S].
- [2] 王忠, 张铮. 环境试验[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [3] 王树荣, 季凡渝. 环境试验技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [4] GB/T 2423, 电工电子产品 环境试验 第 2 部分: 试验方法[S].
- [5] IEC 60068-2, Environmental testing – Part 2: Tests (All Parts)[S].
- [6] GJB 150A, 军用装备实验室环境试验[S].
- [7] MIL-STD-810F, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [8] 祝耀昌. 谈谈综合试验及其应用[J]. 航天器环境工程, 2006, 23(6): 9-14.
- [9] 宣兆龙, 易建政. 装备环境工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- [10] 康志萍. 环境试验特点及其发展方向[J]. 环境技术, 2012(4): 15-18.
- [11] 文邦伟. 美、日武器装备环境试验设施[J]. 装备环境工程, 2005, 2(1): 89-93.
- [12] 闫杰, 刘丽红, 纪春阳, 等. 国内外自然大气环境试验的发展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2009, 29(1): 69-75.
- [13] 张正平, 朱宇宏, 朱曦全. 动力学综合环境试验技术现状和发展[J]. 装备环境工程, 2006, 3(4): 7-11.
- [14] 李家柱, 欧阳汉文, 王家国, 等. CET2000 型综合环境试验机和试验方法[C]// 2001 年中国航空学会环境工程学会学术年会文集. 北京: 中国航空学会, 2001.