

环境试验与评价

装备（产品）环境试验方法之比较

张菲玥¹, 王津梅²

(1.重庆育才成功学校, 重庆 400050; 2.西南技术工程研究所, 重庆 400039)

摘要: 从试验条件、试验对象、试验用途、应用阶段、采用的仪器和设备等方面比较了自然环境试验、实验室环境试验和使用环境试验这三大试验方法的特点和用途; 研究了三大试验方法之间的关系及应用时机。建议在装备寿命期的不同阶段, 综合应用不同的试验方法, 以提高装备研制的效费比。

关键词: 装备/产品; 环境试验; 效费比

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2017.02.019

中图分类号: TJ01

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2017)02-0095-04

Comparison of Environmental Test Methods for Equipment (Products)

ZHANG Fei-yue¹, WANG Jin-mei²

(1.Chongqing Yucai Chenggong School, Chongqing 400050, China

2.Southwest Technology and Engineering Research Institute, Chongqing 400039, China)

ABSTRACT: The work aims to compare characteristics and use of natural environmental test, laboratory en-vironmental test and service environmental test in terms of test conditions, test objects, test purposes, applied stage, applied instruments and equipment. Relationship among the three test methods and respective application time were studied. Different test methods were recommended in different combinations at different stage of equipment service so as to improve the effectiveness-cost ratio of equipment development.

KEY WORDS: equipment/products; environmental test; effectiveness-cost ratio

随着科学技术的迅猛发展, 新技术、新材料、新工艺不断涌现并不断采用, 加之产品的研发周期缩短, 市场竞争加剧, 性能功能要求更高, 经济全球一体化势头更加迅猛, 产品将可能在全球使用, 面临更加严酷的服役环境, 在贮存、运输和使用过程中将遇到从热带到寒带、从林地到沙漠、从陆地到海洋的各种环境, 用户和生产者双方都关心产品在这些环境下能否可靠、安全地工作和使用, 将产品暴露在自然环境或人工模拟环境中, 从而对它们实际上会遇到的贮存、运输和使用条件下的环境适应性作出评价, 这就是环境试验, 是确保产品具有良好环境适应性的一种非常有效的途径和手段^[1-2]。

1 环境试验方法的种类和用途

按照 MIL-STD-810G《环境工程考虑和实验室试验方法》^[3]和 GJB 4239《装备环境工程通用要求》^[4]中的规定, 环境试验可分为三大类, 即自然环境试验、实验室环境试验和使用环境试验。环境试验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手段, 也是发现产品环境适应性设计缺陷, 为改进设计提供信息的工具和获取产品各种信息, 以更好使用产品的有力工具。通过“设计—试制—试验—改进—试验”的不断循环、不断改进和完善装备（产品）的环境适应性, 因此它是一项使产品增值的试验。

1.1 自然环境试验

自然环境试验是将装备(产品)长期暴露于某种自然环境中,以确定自然环境对其影响的试验,主要包括大气自然环境试验、(海)水环境实验、土壤环境试验等^[5]。

自然环境的典型性或严酷性是开展自然环境试验的前提和基础。各国都建有能覆盖主要自然环境的试验站(场)。我国由国家科技组织论证建立了国家材料环境腐蚀野外观测站网^[6],由15个大气站(北京、武汉、青岛、广州、琼海、敦煌、拉萨、漠河、江津、万宁、沈阳、库尔勒、西双版纳、西沙)、7个水站(青岛、舟山、厦门、三亚、郑州、武汉、格尔木)和8个土壤站(大庆、鹰潭、成都、拉萨、沈阳、库尔勒、格尔木、大港)共30个站组成(如图1),基本覆盖了我国的典型大气、水和土壤环境,并开展常用材料的环境行为及规律研究,为我国重大工程和国民经济建设发挥了重要作用。

美国阿特拉斯气候服务集团在全球建有24个试验站,见表1,为全世界的材料、汽车、建筑、冶金、化工、国防科技工业等领域的企业提供服务,成为全球自然环境试验的领导者^[7-8]。

试验条件:自然的综合环境,能揭示环境与试验对象的长期累积作用机理和失效模式,最真实可信。长期的、系统的自然环境试验数据成为装备(产

品)环境适应性设计与预计的基础,也是全面验证装备(产品)环境适应性的重要手段。从完全利用自然环境条件,向强化部分自然环境因素并施加其他应力发展。

试验对象:既可以是材料、工艺、结构,也可以是部(组)件、系统和整机。

试验用途:掌握材料、工艺、元器件、零部件等的自然环境适应性及性能演变规律、失效机理,评价和筛选产品的环境适应性,建立优选目录,为装备(产品)设计进行环境适应性预计,验证装备(产品)的自然环境适应性并对其服役寿命作出评估。

应用阶段:装备(产品)论证阶段、研制阶段、定型阶段、使用阶段。

试验设施和仪器:试验场、棚、库模拟装备服役的外部环境;用于支撑试样的不同角度的试验架,各种功能的玻璃框、黑箱,各种跟踪太阳及反射聚能试验机、喷淋装置、工况耦合装置,气候因素和腐蚀介质观测与分析设备以及对试验性能进行测量和记录的设备等。

1.2 实验室环境试验

实验室环境试验是指在实验室内按规定的环境条件和负载条件进行的试验。按目的可分为环境适应性研制、环境响应特性调查、环境鉴定和验收试验等^[4]。



图1 中国材料环境腐蚀试验站网

表 1 美国阿特拉斯全球自然环境试验网络

序号	站 名	地域	纬度	经度	海拔 /m	平均温度 /°C	平均相对 湿度/%	总降雨量 /mm	总辐射 /(MJ·m ⁻²)
1	菲尼克斯, 亚利桑那州	北美 州	33° 54'N	112° 08'W	610	22	37	255	8004
2	普雷斯科特, 亚利桑那州		34° 39'N	112° 26'W	1531	12	65	1093	7000
3	迈阿密, 佛罗里达州		25° 52'N	80° 27'W	3	23	78	1685	6588
4	岛礁, 佛罗里达州		24° 33'N	81° 45'W	1	25	73	989	N/A
5	杰克逊维尔, 佛罗里州		30°29'N	81° 42'W	8	20	76	1303	5800
6	芝加哥, 伊利诺斯州		41°47'N	87° 45'W	190	10	69	856	5100
7	艾伯塔, 密歇根州		46°65'N	88° 48'W	399	6.1	64	847	N/A
8	玛蒂娜, 俄亥俄州		41° 07'N	81° 54'W	336	10	72	844	5100
9	萨拉里, 法国	欧洲	43° 08'	5° 49' E	110	13	64	700	5500
10	角港, 荷兰		51° 57' N	4° 10' E	6	10	87	800	3800
11	格连吉克, 俄罗斯		44° 34' N	38° 1' E	3	15.1	75	650.9	5132
12	莫斯科, 俄罗斯		55° 45' N	37° 37' E	150	7.1	81	746.9	4335
13	新罗西斯克, 俄罗斯		44° 43' N	37° 46' E	30	12	77	1390	4980
14	广州, 中国	亚洲	23° 08' N	113° 17' E	6	22	79	1492	4590
15	海南, 中国		19° 15' N	110° 28' E	10	24	81	2013	4664
16	吐鲁番, 中国		42° 56' N	89° 12' E	61.5	17.4	27.9	16. 4	5513
17	金奈, 印度		12° 35' N	79° 48' E	45	28	72	1252	6760
18	铈子, 日本		35° 43' N	140° 45' E	53	14	78	1682	4659
19	雾岛, 日本		31° 41' N	130° 49' E	322	15.5	N/A	1912	N/A
20	宫古岛, 冲绳, 日本		24° 44' N	125° 19' E	50	23	76	1741	4894
21	瑞山, 韩国		36° 55' N	126° 21' W	6.5	11.8	75.4	1235	4700
22	樟宜机场, 新加坡		01° 22' N	103° 59' E	15	27	84	2300	6030
23	墨尔本, 澳大利亚	大洋 洲	37° 49' S	144° 58' E	35	16	62	650	5385
24	汤斯维尔, 澳大利亚		19° 15' S	146° 46' E	15	25	70	937	7236

环境条件：试验条件可以根据试验目的选择模拟或加速。例如产品环境适应性研制试验可以选择量值或严酷度高于产品生命周期所遇到的环境条件；批生产验收检验一般选择低于规范或合同所规定的环境条件；而设计和工艺鉴定试验选择与规范所规定的环境条件基本相同。

试验对象：实验室环境试验的对象既可以是由材料和工艺等制成的初级制品,也可以是元器件、组（部）件、设备、分系统、系统乃至整机。对于组（部）件、设备、分系统和系统，则有一套环境试验标准，如GJB 150A《军用装备实验室环境试验方法》^[9]。对于大型系统和整机来说，目前尚没有通用标准，一般要编制环境试验大纲，并通过专家评审。

试验用途：实验室环境试验用于发现设计、工艺缺陷和薄弱环节，获取产品对温度、湿度、太阳辐射、振动等各种环境应力的响应特性，找出其耐环境应力的工作极限，验证环境适应性是否满足合同或规定要求，为产品定型转入批生产提供决策依据，检验控制批生产产品质量，为产品验收提供依据。

应用阶段：主要用于研制、生产、定型阶段。

试验设备（设施）：既可以是针对单一环境因素、单一试验对象的简单试验箱，如温度箱、低气压箱、盐雾箱等，也可以是产生或控制多种环境因素、满足从元器件、组（部）件、设备、分系统、系统乃至整机大型实验室。如美国的麦金利实验室，可以控制温度、雪、风等环境因素，能够对整架飞机进行试验。

实验室环境试验具有环境条件和过程可以控制、可重现、试验时间相对较短等优点，便于寻找故障原因和改进设计，实验方法和程序一般经过验证和完善，并引入了剪裁技术，能够满足绝大多数的工程需求，被广泛应用。但是值得注意的是，通过实验室环境试验并不表明在实际使用中不会出环境适应性问题，在工程决策时应该谨慎小心。

1.3 使用环境试验

使用环境试验是指在规定的实际使用环境条件和服役条件下考核（评定）装备（产品）环境适应性水平的试验。

环境条件：实际使用中将遇到的环境条件及负

载、维护和操作条件,包括地理(地形)、气候或海洋(水)条件和装备工作时产生的诱发环境条件。后者的严酷程度完全取决于工作剖面的设计,在美国,装备一般要经过热带、寒带和沙漠环境试验,方能定型和批产。

试验对象:装备或产品本身或具有独立功能的分系统。

主要用途:主要用于评价整个装备及其设备的环境适应性,发现问题和改进设计,同时通过实测平台环境及诱发环境数据,为后续装备的环境适应性设计提供输入。

应用阶段:主要应用于定型和使用阶段。

试验设备(设施):主要是测量装备各部位环境因素量值、性能、功能的仪器和设备。

使用环境试验选择的试验环境要具有代表性,并要设计合理的工作剖面,方能保证试验系统全面,暴露问题最充分,是装备投入使用前的关键一环。

2 环境试验方法之间的关系及应用时机^[2]

自然环境试验是实验室环境试验的基础,实验室环境试验是在自然环境试验的基础上总结提炼,使用环境试验是对装备(产品)在综合的环境下进行的最全面检验。三种环境试验方法均有自己独特的优点和不足,在实际工作中可以根据需要,在不同的时机选用不同的试验方法,见表2,目的是确保装备(产品)的环境适应性得到有效保证。

表2 环境试验方法在装备寿命周期中的应用

装备的寿命周期	论证	研制	定型	生产	使用
自然环境试验	■	■	■		■
实验室环境试验		■	■	■	
使用环境试验			■		■

自然环境试验更基础。在论证阶段可以利用历史自然环境条件数据进行环境分析;在研制阶段可以利用已经掌握的环境效应数据进行环境适应性设计和预计,并对新的材料、结构、工艺以及新的元器件提前开展自然环境试验;在定型阶段可以利用自然环境

试验的数据支撑环境适应性和服役寿命的预估;在使用阶段开展环境试验,可以验证装备(产品)的环境适应性,发现薄弱环节,积累典型产品在特定环境下的故障模式,为后续装备的改进提供依据。

实验室环境试验使用更加灵活。由于试验环境条件可以精确控制,并可以重现,试验对象可以是材料、工艺、元器件,也可是分系统、系统、整机;既可以用于模拟,也可以用于激发故障;既可以用于研制阶段的考核验证,也可以环境因素响应特性调查;既可以用于鉴定试验,也可以用于批产的检验验收。

装备使用环境试验的试验环境具有典型性或严酷性,是对分析统、系统、整机进行的环境适应性和功能特性的全面检验。为了确保装备(产品)好用、管用、耐用、适用,一般在正品样机完成后需要开展使用环境试验。试验时不仅要考核装备(产品)的环境适应性,还要对其功能特性、战技指标进行测试,无论从投入的人力、试验的装备(产品)以及测试手段都要求较高,费用也较大。装备(产品)列装后,需要在更多的环境下进行使用环境试验,对其进行持续的跟踪观测,是国外的通行做法,也是装备持续改进有效途径。

参考文献:

- [1] 陈谋义. 环境试验的重要性以及环境试验设备的有关问题[J]. 环境技术, 1999(2): 7—12.
- [2] 颜景莲. 材料以及产品的环境试验方法[J]. 环境技术, 2006(4): 14—17.
- [3] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [4] GJB 4239, 装备环境工程通用要求[S].
- [5] GJB 6117, 装备环境工程术语[S].
- [6] 李晓刚, 高谨, 肖葵, 等. 国家材料环境腐蚀(老化)数据共享服务网构建与进展[J]. 中国建材科技, 2010(S1): 117—122.
- [7] 王光雍. 环境腐蚀考察团出国考察报告(上)[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1989(2): 41—44.
- [8] 王光雍. 环境腐蚀考察团出国考察报告(下)[J]. 腐蚀科学与防护技术, 1989(2): 40—44, 48.
- [9] GJB 150A, 军用装备实验室环境试验方法[S].