

实验室环境试验条件及其剪裁技术

翟波¹, 蔡良续², 祝耀昌²

(1. 中航工业洛阳光电所, 河南 洛阳 471009; 2. 中航工业综合所, 北京 10028)

摘要: 探讨了试验用的环境条件的基本概念及其与设计用环境条件的区别和联系, 分析了 GJB 150 和 GB 2423 两类试验方法标准中规定试验条件的特点和带来的问题。分析表明, 试验用的环境条件不一定是设计用的环境条件, 并指出了不同阶段试验用环境条件确定原则和方法。

关键词: 环境试验; 试验条件; 剪裁

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2014.05.017

中图分类号: V416.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2014)05-0087-05

The Conditions of Laboratory Environmental Tests and Its Tailoring Techniques

ZHAI Bo¹, CAI Liang-xu², ZHU Yao-chang²

(1. Luoyang Research Institute of Electro-optical Equipment, AVIC, Luoyang 471009, China;

2. AVIC AeroPloytechnology Establishment, Beijing 100028, China)

ABSTRACT: The basic concepts of environmental test conditions, the distinction and connection between the test and the design environmental conditions were discussed in this paper. The characteristics and problems of the two types of test conditions provided by GJB 150 and GB 2423 were also analyzed. The analysis showed that the test environmental conditions were not necessarily the environmental conditions for designing. The principles and methods of determining the environmental conditions in different stages were pointed out.

KEY WORDS: environmental test; test conditions; tailoring

长期以来,环境试验方法通用标准一直存在着既包括试验方法又包括试验用环境条件的状况,如 GJB 150《军用设备环境试验方法》^[1]中的各个试验方法,基本为每个试验程序都规定了试验用的环境条件。这种条件不是给出最严酷的量值,就是给出相应的计算公式,根据公式计算出的量值也往往是最严酷的量值,只有很少部分试验条件需要根据受

试产品的实际情况,需在引用此标准的产品技术条件中另行确定。如 GJB 150 中的高温试验中包括高温贮存和高温工作试验两个程序,高温贮存试验程序的温度和时间规定为 70℃和 48 h,高温工作试验的温度和时间则不作明确规定要求。GB 2423《电工电子产品环境试验》^[2-3]就不同,其各个试验方法中,试验环境条件不作具体规定,只是给出了严酷度

收稿日期: 2014-07-01; 修订日期: 2014-08-10

Received: 2014-07-01; Revised: 2014-08-10

作者简介: 翟波(1972—),男,河南济源人,工程师,主要研究方向为环境和可靠性试验。

Biography: ZHAI Bo(1972—), Male, from Jiyuan, Henan, Engineer, Research focus: environment and reliability tests.

等级,某一产品具体的试验条件则根据产品应用场合和特点等从这组等级中选取。可以认为,其试验用环境条件是需要根据产品实际遇到的环境剪裁的,只是为了系列化和规范化,将其限制在一定范围内指定的等级上,而不能用任意量值。GB 2423 中对试验严酷度(应力强度和作用时间)进行分等分级这一做法的目的是将货架产品按其耐环境能力分成各种等级,以便于采购。某一个等级产品的试验环境条件及应用范围和场合是固定的,试验环境条件剪裁实际上就是产品应用环境等级的选择。

可以看出,GJB 150 和 GB 2423 在试验环境条件的确定原则上有明显的区别。GJB 150 给出的是最严酷的条件,国标则是给的一组等级,具体条件要根据产品实际应用地域范围选择,但这两类标准的共同之处都是在试验方法中列出了试验环境条件(或严酷度等级),并未解释试验环境条件的准确含义及其与环境适应性要求环境条件的关系。导致出现了把设计用环境条件和试验用环境条件混为一谈的现象,把试验环境条件当作环境适应性设计要求的环境条件。文中将对试验环境条件的内涵,GJB 150 和 GB 2423 两类标准中试验环境条件规定导致的问题,以及试验环境条件的剪裁进行探讨,或许对正确理解和贯彻 GJB 150A^[4]剪裁标准能有帮助。

1 试验环境条件的基本概念

1.1 试验环境条件与试验条件

环境试验的试验条件,从广义上来说应当包括环境应力条件、电应力和负载条件,必要时还有冷却通风要求等,这些都是受试产品试验中必然经受到的外加应力条件^[5-7]。在 GJB 150 中没有对试验条件作出明确的说明,其试验条件一节中给出的只是环境条件,因此长期以来试验条件已固化为环境应力条件。GJB 899《可靠性鉴定和环境验收试验》尽管在正文中将电应力排除在试验条件之外,但在其附录《综合环境条件》中,明确将电应力、温度、振动、湿度一起纳入综合应力剖面,实际已经将电应力作为试验条件之一,而且一些工作状态需要冷却通风的产品还增加了冷却通风流量方面的规定。负载条件随产品而异,一般不会将纳入其试验剖面,而只在试验程序中加以规定。

应当指出,目前就环境工程专业通常的理解来说,试验条件只是狭义看作为环境条件,而把有关电应力或动力源应力、冷却通风要求和负载要求统统纳入试验程序。因此文中仅讨论试验用环境条件。

试验环境条件一般由 2 个方面组成^[8-9],一是施加环境应力强度的大小或量值;二是应力作用的时间(循环数)或次数。要说明的是,不同环境因素产生环境应力的表征方式往往是不一样的。例如,对于温度这一环境因素而言,表征温度应力的主要是温度的高低和温度变化速率,对于振动和冲击等力学环境因素来说,表征其应力强度的是谱型或波形和加速度量值。对于多个环境因素的试验来说,环境应力必然涉及多个环境因素,例如湿热试验的试验条件将涉及温度和相对湿度 2 个环境应力,对于太阳辐射试验来说,涉及温度、太阳光谱,太阳辐射强度。此外,某些环境因素,如霉菌无法定量表示,只能规定菌种类型组成,菌种构成的不同必然使环境条件应力作用强度有所区别。应力作用时间或次数则决定了应力作用的累积效应程度大小,累积效应越大,产品被破坏或劣化可能性越大,也是试验环境条件的重要组成部分。

1.2 试验环境条件不一定等于设计用环境条件

长期以来,由于 GJB 150 中明确规定了试验条件,许多型号总师单位在编制环境要求文件及其与成品厂签订成品研制合同中,直接把 GJB 150 试验方法中的试验用的环境条件作为环境要求引入合同或产品技术文件,甚至在更高层次的研制任务书中,也有把 GJB 510 标准中某一试验方法中的试验条件直接作为要求的现象^[10-13]。造成这种情况的原因有两个方面:主观上是对设计用环境条件和试验用的环境条件概念不清,认为试验条件即设计条件;客观上是缺少现成的环境数据和确定设计用的环境条件即环境(设计)要求的方法,不得不把 GJB 150 中规定的试验用的环境条件直接作为设计要求。

装备的环境要求应包括两个方面,一是环境适应性(设计)要求,二是对合同中提出的环境性适应性(设计)进行验证的要求,即环境适应性设计要求和适应性验证要求。这两个要求均应在研制任务书或合同中加以明确。环境适应性设计 requirements 是设计员必须考虑的技术指标,而环境适应性验证要求则包

括各种分析验证方法和试验验证方法,环境试验是进行验证的主要手段,但不是全部手段。

环境试验应用于产品研制、生产和使用各个阶段,各阶段的试验目的不同,因此试验应用的环境条件也不相同。只有在定型阶段进行环境鉴定试验和生产阶段进行环境例行试验用各试验项目的环境条件基本等同于设计用的环境条件。其余环境试验的环境应力均应以设计用的环境条件为基线,根据试验目的对其进行适当剪裁调整。

1.3 GJB 150 中试验环境条件的应用

GJB 150 各试验方法中规定试验用的环境条件是验证产品对某一环境适应性用的环境条件,这一环境条件基本上是 GJB 150 中规定相应类别的装备在实际寿命期内遇到的最严酷的环境应力条件。目前,由于许多型号不具备装备寿命期遇到的实际环境数据,因此不得不采取权宜措施,直接把 GJB 150 中规定的试验用环境条件作为某产品环境适应性设计和试验验证用的环境条件。应当指出,这种条件并不可能适用于每一个产品,采用这种条件必然造成过设计和过试验,个别情况导致欠设计和欠试验。这也就是 GJB 150A (MIL-STD-810F) 改为剪裁标准,不再规定试验用环境条件,只提供剪裁用数据和剪裁指导方面内容的原因^[14—15]。GJB 150A 中规定根据实测数据或标准中提供的数据及剪裁指南等通过剪裁确定试验用的环境条件。

2 试验环境条件的剪裁

2.1 试验环境条件剪裁应用时机

试验用环境条件的剪裁过程如图 1 示,从图 1 可以看出,试验用环境条件的剪裁是环境工程剪裁的组成部分。这项工作的前提是已通过剪裁确定了环境适应性要求即设计的环境条件,还确定了验证环境适应性要求要进行的环境试验项目(试验程序)。

2.2 试验环境条件剪裁原则

进行试验用环境条件剪裁应考虑的主要因素有试验应用阶段、试验目的、试验设备和测试仪表以及时间等可得资源^[16]。

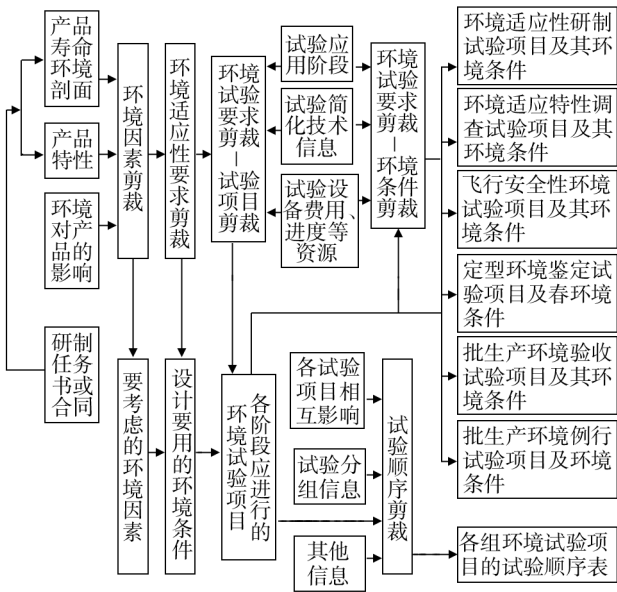


图 1 试验环境条件剪裁过程及其在环境工程剪裁中的位置
Fig.1 Flow chart of test conditions' tucloring and its position in environmental engineering

2.2.1 试验用环境应力量值剪裁原则

试验所用应力量值的大小取决于试验的目的。产品寿命期不同阶段的试验目的不一样,采用的应力也不同。

1) 环境鉴定试验。定型阶段环境鉴定试验的目的是验证设计制造产品的环境适应性是否满足合同的要求,作为能否转入批生产决策依据,因此这种试验各项目用的环境条件不能低于环境适应性设计的环境条件,即不低于合同规定的环境适应性要求^[17]。已确定的各试验项目的环境条件一般应与适应性设计要求的环境条件一致。有环境适应性设计要求的环境因素一般都应安排相应的环境鉴定试验项目,这些项目及其环境条件可作为确定其他阶段的试验项目及其试验条件的基线。

2) 环境适应性研制试验。研制阶段早期进行这一试验目的是发现产品设计和制造缺陷,施加的应力原则上要大于设计要求的应力量值,确保设计产品的耐环境能力有一定的裕度,裕度的大小取决于采用的设计准则、技术能力及其他资源的许可。

3) 环境响应特性调查试验。这一试验用于结构已基本固化,物理特性不再会有较大改变的产品,其目的是确定产品对施加的温度、振动应力响应特性,例如温度分布,热点和温度稳定时间,其共振频

率、优势频率等。这些数据可为后续试验及产品正确使用提供有用的信息。鉴于这一目的,施加的应力不能大于实际使用中遇到的最大应力,即不能大于环境性适应性要求中规定的环境条件。对于振动应加响应特性调查试验来说,施加的应力可以小于环境适应性要求中规定的应力,以免产生累积损伤。当该试验的目的是调查确定产品耐受某种环境应力的极限能力,如工作应力极限和破坏应力极限时,以及应力裕度时,应力量值应超过环境适应性设计要求中规定的环境应力条件。

4) 飞行器安全环境试验。在航空、航天飞行器首飞前进行环境试验的目的是确保初次飞行和后续试飞安全,避免因某些环境影响的直接作用使飞行器关键设备产生故障而导致事故。基于这一目的,这一试验应选用与安全紧密相关的相应环境因素的试验项目,其试验条件至少应与环境适应要求中规定设计用的环境条件一致,也可更严酷,但不应超过环境适应性研制试验用过的最大应力。

5) 环境验收试验。(批)生产阶段环境验收试验是验收检验的一种手段,用于剔除不合格产品,一般选用易于激发制造过程引入缺陷的应力类型。如温度和振动应力,应力量值可等于或适当低于环境适应性要求中规定设计用的环境应力。如只选用高低温工作试验和振动功能试验且应力和时间减小。近年来,一些电子设备的生产中已用环境应力筛选代替这种环境验收试验。

6) 环境例行试验。由于批生产阶段的环境例行试验是为了检查批生产的稳定性和合同的符合性,因此,其试验条件与鉴定的试验条件一致,只考虑试验项目有适量缩减。批生产阶段产品的材料和结构是不变的,因此可以去除其影响主要与材料和结构密切相关的环境因素,如霉菌和盐雾对应的试验项目。

2.2.2 应力作用时间剪裁原则

施加应力时间一般按有关试验方法规定,也可根据试验性质和寿命期中环境应力出现的频率和持续技术时间长短分析确定。

2.3 试验环境条件剪裁基本步骤

试验环境条件剪裁基本步骤如下:

1) 搜集信息。搜集寿命期该应力量值大小、作用频度或时间信息;相似设备该项试验的环境条件、

试验结果和相关使用故障信息;环境适应性设计要求中相关环境因素的设计用的环境条件。

2) 确定鉴定试验用的环境条件。根据环境适应性要求中,该项试验相关环境因素设计用的环境条件和产品寿命期内该应力出现的频度和持续时间,以及试验方法标准规定等确定鉴定试验的环境条件。

3) 确定其他种类试验的环境条件。以鉴定试验的环境条件为基线按 2.2 节中阐述的试验环境条件剪裁原则,结合试验的目的和性质、试验设备情况、研制进度要求、经费等可得资源,确定其他种类环境试验的环境条件。

3 结语

文中通过对试验和设计用环境条件的基本概念、区别和联系的探讨,结合 GJB 150 和 GB 2423 两类试验方法标准中规定试验条件的特点以及带来的问题,分析并指出了试验用的环境条件不一定是设计用的环境条件的依据。进而针对 GJB 150A 这一剪裁性标准,讨论了试验环境条件剪裁的应用时机、原则、基本步骤等问题,并着重对装备研制不同阶段、不同类型环境试验用试验条件的确定原则和方法进行了分析。

参考文献:

- [1] GJB 150—1986, 军用设备环境试验方法[S].
GJB 150—1986, Military Equipment Environment Test Method[S].
- [2] GB/T 2423.1—2001, 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A 低温[S].
GB/T 2423.1—2001, Electrical and Electronic Products Environmental Test Part 2: Test Method for Testing A Low Temperature[S].
- [3] GB/T 2423.2—2001, 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B 高温[S].
GB/T 2423.1—2001, Electrical and Electronic Products Environmental Test Part 2: Test Method for Testing B High Temperature[S].
- [4] GJB 150A—2009, 军用装备实验室环境试验[S].
GJB 150A—2009, Military Equipment Laboratory Test [S].
- [5] 祝耀昌, 孙建勇. 装备环境工程技术及应用[J]. 装备

- 环境工程,2005,2(6):1—9.
- ZHU Yao-chang, SUN Jian-yong. Materiel Environmental Engineering Technology and Its Application[J]. Equipment Environmental Engineering,2005,2(6):1—9.
- [6] 祝耀昌,王丹. 武器装备环境适应性要求探讨[J]. 航天器环境工程,2008,25(5):416—422.
- ZHU Yao-chang, WANG Dan. The Environmental Worthiness Requirements with Respect to Weapon Materials[J]. Spacecraft Environment Engineering,2008,25(5):416—422.
- [7] 傅耘,祝耀昌,陈丹明. 装备环境要求及其确定方法[J]. 装备环境工程,2008,5(6):46—51.
- FU Yun, ZHU Yao-chang, CHEN Dan-ming. Materiel Environmental Requirements and Their Determination Method[J]. Equipment Environmental Engineering,2008,5(6):46—51.
- [8] 祝耀昌,张建军. 武器装备环境适应性要求、环境适应性验证要求和环境条件及其相互关系和讨论(一)[J]. 航天器环境工程,2012,29(1):1—5.
- ZHU Yao-chang, ZHANG Jian-jun. Discussion of Relationships among Environmental Worthiness Requirement, Verification Requirement of Environmental Worthiness and Environmental Conditions of Materiel (Part One)[J]. Spacecraft Environment Engineering,2012,29(1):1—5.
- [9] 祝耀昌,张建军. 武器装备环境适应性要求、环境适应性验证要求和环境条件及其相互关系和讨论(二)[J]. 航天器环境工程,2012,29(2):119—122.
- ZHU Yao-chang, ZHANG Jian-jun. Discussion of Relationships among Environmental Worthiness Requirement, Verification Requirement of Environmental Worthiness and Environmental Conditions of Materiel (Part Two)[J]. Spacecraft Environment Engineering,2012,29(2):119—122.
- [10] 赵保平,张韬. 系统级产品环境试验与评估若干问题探讨[J]. 装备环境工程,2012,6(9):54—62.
- ZHAO Bao-ping, ZHANG Tao. On Environmental Test and Evaluation of System Grade Products[J]. Equipment Environmental Engineering,2012,6(9):54—62.
- [11] 祝耀昌,李敏伟,游亚飞. GJB 4239 的作用和存在问题分析[J]. 装备环境工程,2008,5(6):1—6.
- ZHU Yao-chang, LI Min-wei, YOU Ya-fei. Analysis on the Roles and Deficiencies of GJB 4239[J]. Equipment Environmental Engineering,2008,5(6):1—6.
- [12] 祝耀昌,常文君,傅耘. 武器装备环境适应性与环境工程[J]. 装备环境工程,2005,2(1):14—19.
- ZHU Yao-chang, CHANG Wen-jun, FU Yun. Environmental Suitability of Weapons and Environmental Engineering[J]. Equipment Environmental Engineering,2005,2(1):14—19.
- [13] 赵莹雪,刘晖. 装备研制(改造)中加强环境试验与可靠性试验[J]. 装备环境工程,2013,2(10):75—78.
- ZHAO Ying-xue, LIU Hui. Intensifying Environmental Test and Reliability Test in Equipment Development[J]. Equipment Environmental Engineering,2013,2(10):75—78.
- [14] 祝耀昌,王建刚,张建军. GJB 150A 与 GJB 150 内容对比和分析(一)[J]. 航天器环境工程,2011,28(1):5—10.
- ZHU Yao-chang, WANG Jian-gang, ZHANG Jian-jun. A Comparative Study of GJB 150A and GJB 150 (Part I)[J]. Spacecraft Environment Engineering,2011,28(1):5—10.
- [15] 祝耀昌,王建刚,张建军. GJB 150A 与 GJB 150 内容对比和分析(二)[J]. 航天器环境工程,2011,28(2):110—114.
- ZHU Yao-chang, WANG Jian-gang, ZHANG Jian-jun. A Comparative Study of GJB 150A and GJB 150 (Part II)[J]. Spacecraft Environment Engineering,2011,28(2):110—114.
- [16] 祝耀昌,李明. 谈谈环境工程剪裁和环境试验剪裁[J]. 航天器环境工程,2012,29(5):479—485.
- ZHU Yao-chang, LI Ming. Environmental Engineering Tailoring and Environmental Test Tailoring[J]. Spacecraft Environment Engineering,2012,29(5):479—485.
- [17] 祝耀昌,彭丽,常海娟. 航空产品环境鉴定试验有效性评价方法探讨[J]. 航天器环境工程,2013,30(4):346—352.
- ZHU Yao-chang, PENG Li, CHANG Hai-juan. The Validity Evaluation Method in Environmental Evaluation Tests for Aerial Product Set[J]. Spacecraft Environment Engineering,2013,30(4):346—352.