

The cover features a repeating geometric pattern of green and dark blue diamonds and squares. The top and bottom sections of the cover are filled with this pattern, while the middle section is a plain light yellow background where the title is located.

环境条件与试验
环境试验应用指南

6

中国标准出版社

**环境条件与试验
环境试验应用指南**

电工电子产品环境技术
标准化技术委员会 编著
责任编辑 石玉珍

*
中国标准出版社出版
(北京复外二里河)

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*
开本 787×1092 1/16 印张 12 1/4 字数 182 000
1990年1月第一版 1990年1月第一次印刷

*
ISBN7-5066-0130-3/TM·000
印数 1—8 500 定价 4.40 元

*
标目 115—20

内 容 提 要

环境试验是对产品创造各种各样的人工环境条件,以模拟环境对产品的影响,考核产品的环境适应性能。本书比较系统地介绍了环境试验所涉及的有关问题,对 GB 2421~2424《电工电子产品基本环境试验规程》中包括的 35 项国家标准的内在联系和具体应用作了说明。

本书详细地叙述了温度、湿度、低气压、腐蚀、长霉、振动、冲击和附加加速度等各种环境因素对电子电子产品性能影响的一般规律、作用机理、合理的试验程序、试验方法中严酷等级的选择以及试验操作有关注意事项等,对正确进行气候环境试验和机械环境试验具有指导意义。

本书可供电工电子产品的研究、设计、生产和试验部门的科技人员、管理人员使用,也可供大专院校有关专业的师生教学参考,对其他领域内从事产品的设计和试验的工程技术人员也有参考价值。

前 言

任何产品都处在一定的环境之中,在一定的环境下使用、运输和贮存。产品总是摆脱不掉这些环境的影响。随着经济、技术的发展,电工电子产品的使用领域变得更加广泛,产品往往要经受从热带到寒带,从平原到高山,从深海到太空等各种自然环境的影响,同时要经受振动、冲击、跌落、恒加速度等各种诱发环境的影响。为保证产品在贮存与运输中免遭损坏,在使用中安全可靠,必须使产品具备一定的环境适应能力。环境试验就是用人工的方法创造各种各样的环境条件,模拟客观环境的影响,考核产品的环境适应性能,以保证产品能够经受得住使用、运输与贮存中各种环境力的作用,从而达到保证产品在使用中能够满意地工作的要求。

人工环境试验是实际环境影响的科学概括。人工环境试验与实际环境影响相比,更加典型化,使用起来更加方便,其试验结果便于相互比较。因此人工环境试验越来越广泛地为人们所采用。

本书详细地论述了温度、湿度、低气压、振动、冲击、离心加速度等各种环境因素对产品性能影响的一般规律、作用机理、合理的试验程序和试验方法中严酷等级的选择以及试验操作中有关注意事项等,对正确进行气候环境试验和机械环境试验具有指导意义。

本书可供从事电工电子产品的研究、设计、生产和使用单位的科技人员、管理人员以及大专院校有关专业的师生使用和参考。特别适用于从事产品设计和试验的工程技术人员参考。

本书由全国电工电子产品环境技术标准化技术委员会组织国内有关专家编写,希望通过本书的出版能总结推广我国以往在环境试验方面积累的工程经验,并希望有助于推动国内环境试验技术的发展。

本书编写者(按姓氏笔划排列)如下:

王树荣、王德言、许凡、刘慧贞、李志清、陈宗明、陈维邦、巫铭礼、周心才、姜明生、徐国葆、魏星云。

总审者:周心才、王德言、杨玲敏。

除上述编审人员外,王述纯、许甫、吴少芳、吴国安、李汉明、李明芳、陈穷、陈同善、周大成、张占华、张明阳、俞增罗、黄书富、袁履正、袁顺才等同志也参加了本书的部分编审工作,提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限。本书中一定有不少缺点甚至错误,我们恳切希望广大读者批评指正。

目 录

第一章 概论.....	(1)
第二章 环境试验总则.....	(7)
第三章 温度试验.....	(14)
第四章 湿热试验.....	(40)
第五章 长霉试验.....	(60)
第六章 腐蚀试验.....	(71)
第七章 太阳辐射试验.....	(89)
第八章 低气压试验.....	(103)
第九章 振动(正弦)试验.....	(121)
第十章 冲击、碰撞试验.....	(144)
第十一章 恒加速度试验.....	(180)

第一章 概 论

《环境条件与试验 环境试验应用指南》是针对我国首批《电工电子产品基本环境试验规程》35项国家标准编写的。它对制订这些标准的原则和指导思想,试验的条件和程序,试验的严酷等级及其选取,标准中涉及的问题和解决这些问题的方法以及如何使用这些标准做了较为详细的说明。《电工电子产品基本环境试验规程》是电工电子领域内一套十分重要的基础标准,从事该领域内标准编制、产品设计和质量检验的工程师们都要应用这些基础标准。本书可以帮助他们更好地了解这些标准和能够比较正确地应用这些标准,从而达到更加合理地设计和评定产品的环境适应性能的目的。

1 质量、可靠性与环境条件

质量是产品的根本性能之一,质量工作正在得到人们的重视、在推行全面质量管理的今天,必须充分注意产品的环境适应性问题。合理地制订产品的环境条件,正确地选择产品的环境防护措施和做好环境试验工作是保证产品可靠性和质量的重要环节。所谓产品质量是指产品从出厂到使用期满全过程中能满足规定的或潜在的要求的一切特征和特性的总和。这些特征和特性包括性能、强度、尺寸、外观、公差、寿命、可靠性、维修性、废品率和使用期等指标。其中产品的可靠性是产品质量的主要内容。产品的可靠性是指产品在规定的期限内、在规定的条件下完成规定任务的概率。这个规定条件包括了环境条件、载荷条件及使用维护人员条件等。产品丧失规定的功能不能完成规定任务叫做发生故障,对元器件一般叫失效。这些故障中有些是在代用元件或材料不合要求或在不恰当的操作使用条件下必然出现的现象。例如,产品超过极限高温工作或所加电压超过允许值,就必然发生故障。另外一些故障的出现具有随机性,在故障真正出现之前是无法事先预料的,但是它们服从于一定的统计规律。某个产品的故障率越低,则该产品的可靠性就越高。

任何产品总是在一定的环境条件下工作的。可靠性和质量都是针对一定的环境条件而言的,即当谈可靠性和质量时,要以一定的环境条件为前提。环境条件对产品性能的影响是绝对不能忽视的,我们常常发现某一产品在一种环境条件下能够长期稳定地工作,而在另一种环境条件下却很快就损坏了,甚至根本不能正常工作。例如,很多大型计算机在空调机房内能够良好地工作,然而在露天就根本工作不起来。有些产品在高温高湿条件下很易烧毁,有些产品在严寒条件下不能启动,有些产品经不住振动和冲击等等。由此可见,谈产品的可靠性与质量要以恰当的环境条件为前提,在不同的环境条件下要完成同一功能,其难度是大不相同的。

2 环境技术

环境试验是环境技术的一个重要组成部分,它是要考核各种环境条件对产品的作用和影响。环境技术包括环境条件、产品在各种环境条件下的失效模式与失效机理、环境试验、环境保护及环境控制等内容。环境技术这门学科就是研究环境对产品性能的影响,分析实

效机理,为产品的可靠性设计和质量保证提供环境条件数据,提出相应的环境试验方法,评定产品对环境的适应能力以及针对产品所处环境的特殊需要研究相应的环境防护技术和环境控制技术。

2.1 环境条件

随着科学技术的飞速发展,随着人们在地球上活动范围的扩大,随着航空、航天和海洋开发事业的迅速发展,随着电工电子产品在以上各方面的广泛应用,产品所遇到的环境条件变得日益复杂多样。

环境条件通常由自然界出现的和产品本身或其他外部原因引起的环境条件综合而成。例如,环境温度由自然界本身的气温,产品本身的发热和其他热源综合而成。

环境条件通常是由各种环境参数来表示的。所谓环境参数是指表征环境条件的一个或几个物理、化学和生物的特征量。例如,表征振动的环境参数是振动类型(正弦、随机)、加速度幅值(或位移幅值)、频率范围和振动时间等。同时根据不同条件下各种环境因素影响程度的不同,这些环境参数还划分为若干不同的等级。等级必须根据实际情况合理地划分,等级太少会使产品满足不了使用要求或裕量太大提高成本。等级划分过细又会给生产和管理带来不便。现在国际电工委员会 TC75 已经制订了 721-1 出版物《环境参数分类及其严酷度分级》,我国也已等效采用制订了相应的国家标准 GB 4796《电工电子产品环境参数分类及其严酷程度分级》。

环境条件是指产品所经受到的周围的各种物理、化学和生物的条件。为便于讨论,将环境条件进行适当分类是必要的。按自然环境分,可分为陆地、海洋、高空和宇宙空间等;按产品所处的状态分,可分为贮存、运输、安装和使用等;按起因分,可分为自然环境,例如,重力、温度、湿度、气压等;由军事行动所产生的环境如爆炸冲击、核辐射,电磁干扰等;由设备引起或由设备与周围介质相互作用引起的环境如加速度、振动、电或动力加热、气动激励等等。但是用得较多的分类方法是按环境因素属性进行的分类。按这种分法,可分为:气候因素,包括温度、湿度、气压、雨、雪、冰、霜、沙尘、盐雾、腐蚀性气体等;机械因素,包括振动、冲击、恒加速度、爆炸、地震、噪声振动等;生物因素,包括霉菌、昆虫、海洋生物等;电磁辐射因素,包括无线电干扰、雷电、电场、磁场等。

2.2 环境试验

环境试验是将产品暴露在自然的或人工的环境条件下经受其作用,以评价产品在实际使用、运输和贮存环境条件下的性能,并分析研究环境因素的影响程度及其作用机理。

环境试验有自然暴露实验、现场试验和人工模拟试验三类。自然暴露试验是将试验样品放到某些典型的自然环境条件下,一般分露天、棚下和室内三种状态进行暴露,自然暴露试验的时间较长,在整个暴露过程中需要对试验样品进行定期测试,以分析研究试验样品性能参数受环境影响变化的规律。现场试验是将试验样品放置于各种典型的使用现场,进行正常使用定期测试,它是典型使用情况试验,试验中所发现的问题能比较真实地反映产品在该种使用现场的适应性能和质量情况。以上两种试验,所需费用较大,所消耗的时间也较长,试验的重复性和规律性也较差,但是试验中所发现的问题能比较真实地反映实际使用状态,因此这两种试验是人工模拟试验的基础。

为适应现代化生产中周期短、更新换代快、产品的使用领域十分宽广等特点,需要在较短的时间内了解产品的环境适应性能。为了更加主动地进行试验而不受天然气候时令和地

区的影响，人们在科研和生产中广泛采用人工模拟环境试验。即在试验室里利用试验设备创造一个单因素或多因素综合作用于产品上的局部环境条件，以考核在使用、运输和贮存中主要环境因素作用下试验样品的适应性能。人工模拟试验的试验条件既能模拟实际环境中的主要因素，又能在时间上起一定的加速作用，适当加大试验强度，以缩短试验时间较快取得所需数据。当然加速的程度以不改变各种环境因素作用下的物理化学特性为原则。

我们现在制订的电工电子产品基本环境试验规程中的各项试验方法，就是标准化了的人工模拟试验，它们在国际上是通用的。采用标准化了的人工模拟试验方法，一方面可以按照使用目的比较真实地模拟实际环境的影响，使试验具有模拟性；也可使不同试验室里所做的试验能够相互进行比较以避免试验程序和试验设备上的差异给试验结果带来影响，使试验具有再现性；对于在同一个试验室里不同时间所做的试验能够前后比较，使试验具有重复性。国内及国际上几十年的实践经验证明，这些环境试验方法可以模拟实际的使用环境，可以重现这些环境的影响。因此当我们需要进行环境试验时，应尽量采用电工电子产品基本环境试验规程中相应的试验方法，用统一的尺度来衡量产品的环境适应性，以便在较大的范围内比较试验结果，交流试验数据，评定产品质量。

人工环境试验可以分为模拟单一环境因素对试验样品影响的单项试验、模拟两个或两个以上的环境因素同时作用于试验样品的综合试验以及模拟两个或两个以上的环境因素依次（或交替）作用于试验样品的组合试验三种。单项试验所用设备比较简单、试验费用也较低、对试验过程中产品所发生的故障也比较容易分析，但对实际环境的模拟性较差。采用综合试验或组合试验可以更真实地模拟实际环境对产品的影响，尽管综合试验和组合试验的方法和设备都比较复杂，试验费用也比较高，但是在一定情况下，为了更正确地评定产品的环境适应性还是有必要采用综合试验和组合试验。

2.3 环境防护及环境控制

采用环境防护及环境控制技术是提高产品环境适应性及可靠性的一项重要措施。环境控制是改变产品所在场所的局部工作环境，如某些大型计算机只能在较小的温湿度范围内工作，而且不允许有灰尘和腐蚀性气体等。这就需要建立调温调湿的计算机房。对某些设备采用空气过滤或隔离技术，用风冷或水冷来改变局部高温条件等。环境防护是根据特定环境中对产品起有害影响的因素，在产品设计上采取相应的防护措施，如改变所采用的材料，改变工艺或产品结构，以提高产品适应环境的能力，例如，提高绝缘的防潮防霉能力和金属的防腐性能，选用耐高温性能及耐低温性能较好的元器件等。随着新材料和新工艺的不断出现，产品的防护技术也在飞速发展。

3 环境试验技术发展简史

3.1 国际上的环境试验标准化工作

人们对环境技术的认识有一个发生和发展的过程。人们在实践中不断提高了对环境技术重要性的认识。在30年代，西欧一些工业先进的国家即已开始采用简单的环境试验。如德国西门子公司因出口到印度尼西亚（热带）的电话设备不适应当地的气候条件，出现了严重的故障。针对这些故障，西门子公司于1921年首次对他们的产品进行了简单的人工模拟湿热试验。

在第二次世界大战中，美国的作战物资和通信设备由于没有合理的环境要求和试验考

核,受到很大的损失,在湿热地区(东南亚)因受潮湿影响,使用的电子元器件和部件约有50%损坏,仓库中也有60%损坏。美国空军总部,对沿海基地作了一次调查,发现损坏的产品中有52%是环境影响造成的故障,在这52%的故障里,21%是因温度影响,14%是因振动影响,10%是因潮湿影响,7%是受沙尘和盐雾影响,这些环境影响所造成的直接损失每年达12 000台件约830万美元。因此美国的热带化防护研究始于国防部门。1945年美国在科学院下成立了“劣化防护情报中心”,1947年在部队内成立了环境试验统一小组,开始制订军工产品的环境条件标准MIL-STD-210《世界气候极限》,此后在美军内海用、陆用、空用的各种设备和元器件均制订了环境试验方面的标准。美国在1959年正式成立了环境科学学会(IES)。

自1956年起,苏联和东欧国家通过经互会组织了气候协调委员会,以协调和统一热带化技术中的研究工作。他们在中国和越南等热带地区先后进行了许多天然气候的样品暴露试验,同时进行人工气候加速模拟试验,将其结果与天然气候试验相比较,并相应地进行产品的气候防护研究工作。广州电器科学研究所和电子部十六所(后改五所)就是为进行这种技术合作而兴建起来的。在建所以以后20多年的时间中,它们进行了大量的研究工作,为国内环境条件、环境试验方法、环境保护与环境控制技术的研究,提供了很多成果,作出了较大贡献。

目前在国际上,在环境试验技术的标准化工作方面,国际电工委员会(IEC)TC50(环境试验)是影响面最广,最有权威性的组织。30年代,环境试验的标准化工作是在TC12电信设备技术委员会领导下进行的。随着环境试验应用面的日益扩大和对环境试验标准研究的逐步深入,1961年环境试验的标准化工作从TC12中划分出来,正式成立了独立的TC50环境试验技术委员会,环境试验方法标准的适用范围也由电子产品扩展到整个电工电子产品。1973年IEC又成立了TC75环境条件技术委员会,开始协调制订环境条件方面的标准。目前TC50已经分出SC50A、SC50B、SC50C和SC50D四个分技术委员会。SC50A分管振动与冲击试验、SC50B分管气候试验、SC50C分管杂项试验和SC50D分管着火危险试验(1986年4月在开罗会议上决定撤消SC50C,其工作由TC50继续完成)。TC50则管理综合试验项目及对各分技术委员会的领导工作。在环境试验方面的主要标准为68号出版物,它又可分为三个部分:68-1为总则和导则,68-2为各种试验方法和导则,68-3为背景材料。到1985年底为止68号出版物总共包括49项标准。SC50D的出版物的编号为695,到目前为止总共有7项标准。TC75环境条件的出版物的编号为721,其中721-1为环境条件的分等分级,721-2为自然界中出现的环境条件,721-3为应用环境条件。TC75的正式标准还不多,大部分标准尚处于草案阶段。

此外,美国军事系统各部门在环境条件与试验方面也进行了较为深入、系统和全面的研究工作。由于美军标准与世界各国的标准体系相比,具有完整性、配套性和能够相互协调一致等特点,因此在国际上具有较大的影响。在环境试验方面最有影响的美国军用标准是MIL-STD-810,其名称在810C时叫“环境试验”,在810D时叫“环境试验方法和工程导则”。此外还有MIL-STD-202《电子和电气元件的环境试验方法》、MIL-STD-750《半导体器件的试验方法》和MIL-STD-883《微电子器件试验方法和程序》等。目前美军标准的发展动向是一方面把海陆空三军各种设备的环境试验都尽量概括到MIL-STD-810D中,但是另一方面绝不强求统一,主张按实际环境条件来确定试验条件与方法,对810D要进行具体“裁剪”

(Tailoring),这是“量体裁衣”的意思,要具体情况具体分析,不强求一致而要实事求是,同时对于失效机理相同的试验项目则进行归并,避免应力重复,不要试验过度,以尽量模拟实际,减少人力物力的浪费。

3.2 国内的环境试验标准化工作

1980年,在国家标准总局的领导下,成立了跨部门的全国电工电子产品环境技术标准化技术委员会(简称环标委),有机械部、电子部、航空部、邮电部、铁道部、交通部、石油部、水电部、化工部、农牧渔业部、中国船舶总公司和中国船舶检验局等十二个部门参加。环标委把我国环境试验方面的专家组织起来,成立了四个工作组,着手制订在全国范围内统一的环境试验国家标准。经过认真分析研究国际电工委员会制订的“环境试验规程”和苏联、日本、英国等工业发达国家的先进标准,并在总结我国20多年来环境试验技术科研和生产实践经验的基础上,协调了各有关部门之间的矛盾,经过了近两年的努力,终于在1981年8月10日以国标发(1981)262号文批准了我国第一批在全国范围内统一的电工电子产品基本环境试验规程35项国家标准。其中包括总则1个、名词术语1个、试验方法20个及试验导则13个标准。这35项国家标准对产品质量的评定、信息数据的交流及试验设备的制造起到了极好的推动与促进作用。

35项国标的制订主要是等效采用或参照采用了国际电工委员会的相应标准。IEC的标准比较科学、严密,试验程序较为合理,而且绝大多数的试验方法均配有相应的导则,作为标准的说明,指导标准的应用。因此这35项国标基本上是以IEC标准为蓝本的,在某些方面还吸收了美军标准和其他先进国家标准的合理内容和采纳了国内进行环境试验中所积累起来的一些成功的经验。因为在标准中增加了一些在我国有关部门已经采用了的严酷等级,更加方便这些部门的应用。

4 环境试验标准的发展动向及我国气候条件的特点

4.1 环境试验标准的发展动向

几年来,在国家标准局的“认真研究、积极采用、区别对待”正确方针的指导下,大大加快了我国采用国际标准的步伐,大大加速了环境试验标准的制订速度。环境试验国家标准与国际标准之间的差距正在缩小,环境试验国标的体系正在逐步完善之中。

到目前为止,国际电工委员会还没有把对电工电子产品有影响的全部环境条件都制订成相应的试验方法,新的试验项目还在继续增加,老的试验项目还在不断更改,使之更加完善。例如为了考虑地震的影响正在制订拍频振动试验和时间历程法振动试验。考虑水的影响的试验方法正在起草中,在锡焊试验方面增加了可以定量测试样品可焊性的润湿称量法。为了改善模拟性,除了保持原来的老方法外,还增加了一些更切合实际的新试验方法,如更适合于设备使用的Kb盐雾试验和湿度较低的湿热试验方法等。另外在实际存在的环境中,总是多个环境因素同时作用于产品的,因此正在发展综合试验和组合试验方法,例如温度与气压的综合试验,温度、气压、湿度的组合试验,温度与振动的综合试验等。综合试验和组合试验与单项试验相比可以更好地模拟实际环境的影响。环境试验方法总的发展动向是力求使试验结果与实际环境影响相一致,即希望产品在试验中所发生的故障或失效的类型与频率和实际使用中所发生的故障或失效的类型与频率相一致,即既不希望试验条件严于实际条件造成不必要的浪费,也不允许降低试验条件考核不当而贻误使用。

目前,国际上正在开始酝酿制订实际环境条件与试验条件之间的转换导则,这是一个十分复杂的问题。解决这个问题需要进行大量的试验研究工作,以致虽经国际会议多次议论而毫无进展,反而作出了以后如无具体的提案,会上将不再讨论的结论。然而,毫无疑问进行这项工作可以帮助标准的制订者和使用者更正确地确定试验指标,更好地进行试验设计。

4.2 我国气候条件的特点

我国幅员辽阔,地形复杂,自然气候条件比较多样化。当考虑我国的温湿度条件时,我们发现:我国情况与国际情况不完全相同。我国西南有高山阻挡,北部受西伯利亚寒风影响较明显,中部地区四季分明,南方的夏天温度高、湿度大,并多雷雨,北方的冬天有比较严酷的低温,西部地区为高原,西北地区很干燥。这些问题需要我们认真仔细地进行研究,妥善加以解决。在最近几年中,我国也制订了一些建立在我国自己的大量实测数据和广泛深入的研究工作基础上的标准,这些标准具有我国自己的特色,今后我国要扩大与国际上有关标准化组织的交流,吸收先进国家的好经验,也要把我们自己的好经验推荐到国际上去。

4.3 环境试验方面的标准化工作还在发展

这35项国家标准是国内制订的首批电工电子产品的环境试验标准,其中绝大多数与我国以前各部制订的标准基本吻合,与我们以前所取得的经验也大体一致。这批标准对促进国内环境试验方法标准的统一起了很大作用,并为扩大国际交往创造了条件。

35项环境试验方法的国家标准包括了对电工电子产品起主要影响的基本的环境因素的试验方法,但并未包括全部因素。例如,还没有包括对电子元器件起重要影响的若干杂项试验方法。在1982年又制订了锡焊、密封等新的国家标准,丰富了基本环境试验规程的内容。同时,在国际上,环境试验方面的标准化工作还在深入进行,例如,正在考虑比较完善的水试验方法等。总之,环境试验方面的标准化工作还在向前发展,随着时间的推移,它一定会变得更加完善。

第二章 环境试验总则

1 环境试验总则的内容及适用范围

环境试验总则标准的内容包括环境试验的基本概念、试验方法的编号、试验程序、标准大气条件、试验顺序的选择以及元件的标准气候顺序等内容。此外还包括一个附录,元件气候等级。

环境试验总则标准与各个单项试验标准一起使用时,可以评价电工电子产品在使用、贮存及运输期间的环境适应性。由于各种电工电子产品的性能差别很大,故在电工电子产品基本环境试验规程标准中不可能规定电工电子产品经受环境试验时的具体性能要求。试验样品在环境试验期间和其后所允许的性能范围应在产品标准中规定。

在制订产品标准或技术文件时,应根据技术和经济的实际情况选择合适的试验项目和等级,只规定进行那些与产品使用范围有关的试验,而不是进行所有的环境试验项目。

环境试验后,一般在正常的试验大气条件下恢复即可。但是在恢复条件对结果有明显影响时,则应在控制恢复条件下恢复。湿热试验以后的恢复,尤其应该这样做。

本系列标准主要适用于电工电子产品。如果其他产品的标准制订者认为适用,也可以用于其他领域。

2 几个基本概念

2.1 环境试验

环境试验主要是指标准化了的人工环境模拟试验。

2.2 试验程序

试验程序是指一个试验方法所包括的一整套试验步骤及操作过程,通常包括:

- 预处理(需要时);
- 初始检测(需要时);
- 条件试验;
- 中间测量;
- 恢复(需要时);
- 最后检测。

在条件试验中或恢复之前,当有关标准不要求时,可以不进行中间测量。

2.3 预处理

预处理是试验前对试验样品的处理,通常包括试验样品表面的处理(即清洁表面)及使试验样品性能稳定。其目的是为了消除或部分地消除试验样品在预处理前所受到的影响。预处理是整个试验程序的第一个步骤,为保证试验的再现性,预处理是必要的。

预处理通常在正常的试验大气条件下进行。如果产品标准有要求,也可以在干燥的标

准条件或控制恢复条件下进行。例如,在进行湿热试验之前,在试验样品放入试验箱时,为了避免试验样品表面产生凝露或避免试验样品原来受潮的影响,首先应在干燥的标准大气条件下进行处理。

2.4 初始检测

初始检测是在预处理之后条件试验之前对试验样品进行的电气性能、机械性能检测和外观检查。

初始检测通常在正常的试验大气条件下或仲裁试验的标准大气条件下进行。

对于元器件,其初始检测包括在选定的一种标准大气条件下,按产品标准要求,对试验样品的外观进行目测检查,并测量主要的电参数,同时做好记录。

对于整机设备在进行任一项环境试验之前,应在选定的一种标准大气条件下进行目测检查,然后通电工作,以得到按产品标准规定的性能参数,同时做好记录。

2.5 条件试验

条件试验是将试验样品暴露到规定的环境条件下,使产品承受相应的环境应力,在此应力作用下,产品内发生各种物理、生物、化学变化,以便确定这种条件对试验样品的影响。

环境试验有含单一环境因素的单一环境试验,多个环境因素按一定顺序排列的组合环境试验,多个环境因素同时作用的综合环境试验。

按照产品标准要求,如果试验暴露期间,要求试验样品工作,则应根据试验样品的特性规定工作状态和性能参数的测试,以确定试验暴露期间试验样品的性能参数与试验前所测得的参数的差别,以判断环境因素的影响。

2.6 中间测量

中间测量是在条件试验期间或恢复之前,对试验样品所进行的电气性能和机械性能的测量。

在条件试验期间所进行的测量,一般试验样品应处在环境应力作用下进行。如进行气候试验时,试验样品不能从试验箱中取出,只能在试验箱内进行。

产品标准应根据产品的具体结构和性能特征,规定中间测量的项目、方法和要求。

2.7 恢复

恢复是在条件试验之后和最后测量之前对试验样品的处理,其目的是要确定环境应力带来的不可逆影响,使试验样品的性能在最后测量之前得到稳定。

标准的恢复条件一般与正常的试验大气条件相同。

如果试验样品的被测电参数受相对湿度和试验样品表面条件的影响而迅速地变化时(如,样品从湿度箱中取出后2h之内,其绝缘电阻发生很大的变化),则应采用控制恢复条件。

如果试验样品的恢复和测量分别在两个不同的试验室内进行时,那么应保证试验样品从一个试验室转移到另一个试验室时,温度和湿度的综合条件不会使试验样品表面产生凝露。

2.8 最后检测

最后检测是试验样品在恢复以后,按照产品标准要求进行的电气性能、机械性能的测量和外观检查。

最后检测一般是在正常的试验大气条件或仲裁试验的标准大气条件下进行的。

中间测量的参数值和最后检测的参数值与初始检测的参数值相比较就可以确定产品在实际的贮存、运输和使用环境条件下的适应性。

3 标准大气条件

标准大气条件包括基准的标准大气条件、仲裁试验的标准大气条件和正常的试验大气条件等几种。

3.1 基准的标准大气条件

温度:20℃;

气压:101.3 kPa(1013 mbar)。

基准的标准大气条件通常不给出相对湿度要求,因为相对湿度对产品性能的影响往往不能通过计算校正。

基准的标准大气条件是理想的大气条件,其温度和气压值均未给出允许误差,实际上是得不到的。如果试验样品被测量的参数与温度、气压有关且这种依赖关系的变化规律是已知的,则可以在正常的试验大气条件下测量参数值。需要时,可通过计算校正到基准的标准大气条件下的参数值。必须明确指出,测量是在正常的试验大气条件下进行的,然后根据这些参数随温度和气压已知的变化规律通过计算得到基准大气条件下的参数值。然而这种能够通过计算校正的只能是某些元器件的参数,如已知温度系数的电阻器或电容器,对于大多数元器件和复杂的整机设备,其变化规律往往是未知的,因而就无法折算。于是对整机产品一般采用仲裁试验的标准大气条件。

3.2 仲裁试验的标准大气条件

如果试验样品被测量的参数与温度、气压和相对湿度有关,且这种依赖关系的变化规律是未知的,则应从表 2-1 中合理选择一种大气条件作为被测量参数的仲裁试验的标准大气条件。

表 2-1 仲裁试验的标准大气条件

条件序号	温 度,℃			相 对 湿 度,%		气 压	
	标称值	精密容差	较大容差	限定的范围	较大的范围	kPa	mbar
1	20	±1	±2	63~67	60~70	86~106	860~1060
2	23	±1	±2	48~52	45~55	86~106	860~1060
3	25	±1	±2	48~52	45~55	86~106	860~1060
4	27	±1	±2	63~67	60~70	86~106	860~1060

仲裁试验的标准大气条件的选择问题,往往都是按国家的有关规定来确定的,目前国内一般都采用表 2-1 中的第 1 种条件。第 2 种条件是国际标准化组织推荐的,但到目前为止采用的国家极少。第 3 种条件主要用于半导体器件和集成电路。第 4 种条件是推荐给热带国家使用的。上面简要地说明了四种仲裁试验的大气条件,并说明在我国主要是使用第 1 种和第 3 种条件。由于我们的产品是要在全国范围内流通的,因此对于同一种产品不能在不同的地区采用不同的仲裁试验条件,因为采用仲裁试验的前提是产品的参数随温度、气压和相对湿度的变化规律是未知的,若在不同地区利用不同的仲裁试验条件势必要得到不同

的测试结果,从而造成十分混乱的局面,因此对一种产品只能统一规定一种仲裁试验条件,例如,半导体器件就规定用第3种条件。

3.3 正常的试验大气条件

进行测量和试验用的正常的大气条件的范围如表2-2。

表 2-2 正常的试验大气条件

温 度,℃	相 对 湿 度,%	气 压,kPa
15~35	45~75	86~106(860~1060 mbar)

正常的试验大气条件,在环境试验技术领域内用得最多,是最普遍的一种标准大气条件。一般来说,如果有标准没有特殊的规定,则预处理,初始检测,恢复和最后检测均在这种大气条件下进行。对于一个试验样品的一种试验,在进行所有测量时,其温度和湿度的变化应尽量保持最小或基本上不变。

我国幅员辽阔、气候条件复杂,但正常的试验大气条件中的温度条件为15~35℃,在我国各地的试验室条件下是可以保证的。而湿度条件,在我国长江以南的绝大部分地区(山区除外)一年中大约有50%的时间相对湿度超过80%;长江以北的部分地区,一年中大约有25%的时间相对湿度也超过80%;而在西北地区的干热沙漠地区相对湿度低于45%也是常有的。但是一般来说,采用正常的试验大气条件的产品,它们的参数随温度和相对湿度的变化不大。或者即使变化,但并不影响产品的使用性能。因此正常的试验大气条件的温度和湿度范围的上、下限可以适当放宽一些,从国际标准的修改动向中可以看出这一点。

IEC TC 50(中办)198号文和IEC 68-1出版物(第五版)总则,包括测量和试验的环境条件的修改草案(1983年)中的5.3条,测量和试验用的标准大气条件见表2-3。

表 2-3 草案中规定的测量与试验的标准大气条件

温 度,℃	相 对 湿 度,%	气 压,kPa
15~35	25~75	86~106(860~1060 mbar)

从表2-3中可见,相对湿度45%~75%,其下限的45%降低到25%,看来根据我国的具体情况,相对湿度的上、下限适当放宽些是有根据的,也是允许的。

另外,对于大设备或在试验室中保持15~35℃的温度有困难的情况下,如果有标准允许,其温度范围可放宽为5~40℃。

如果相对湿度对试验无影响时,也可以忽略。

3.4 恢复条件

如果有标准没有另外规定,则试验样品就在正常的试验大气条件下恢复,并应在有关标准中规定恢复时间。

如果试验样品对湿度条件的变化十分敏感,则应在控制恢复条件下进行恢复。

控制恢复条件如下:

温度:实际试验室温度 $\pm 2\text{C}$,但不超过 $15\sim 35\text{C}$ 的要求;

相对湿度: $72\%\sim 78\%$;

气压: $86\sim 106\text{kPa}(860\sim 1060\text{mbar})$ 。

控制恢复条件主要用于与湿度有关的试验,也可以用作预处理的条件。

3.5 干燥的标准条件

在一系列的测量开始之前,需要进行干燥处理的样品,应在下列干燥的标准条件下保持6 h。

干燥的标准条件见表2-4。

表 2-4 干燥的标准条件

温 度, (相 对 湿 度, %	气 压, kPa
05 ± 2	不超过 20	$86\sim 106(860\sim 1060\text{mbar})$

当试验样品的高温试验所规定的温度低于 55C 时,则干燥处理应在所规定的那个较低的高温试验温度下进行。例如,在进行 40C 高温试验时,干燥的标准条件是 $+40\text{C}$ 。

4 选择试验顺序的一般原则

试验顺序是试验样品依次暴露到两个或两个以上的试验环境的顺序。

试验样品在试验期间所发生的变化,不仅与各种试验方法及试验的严酷等级有关,而且与试验顺序的选择有关,试验顺序选择不当,会导致试验结果不真实,给试验的模拟性、再现性带来不良影响甚至导致试验失败。

环境试验的目的是要确定元器件和设备在规定的环境条件下的适应性。因此,规定合理的试验顺序是非常重要的。

4.1 各类环境试验顺序及主要用途

确定环境试验顺序的四个原则如下:

a. 若试验的目的是为了以较短的时间,以较少的代价获得有关失效趋势的资料时,常常以最严酷的试验项目或对试验样品影响最大的试验项目开始,导致试验样品较快失效,迅速终止整个环境试验。这种试验主要适用于对样机或新产品的研究。它是一种探讨性试验,可以很快找到样机或新产品的薄弱环节。

b. 若试验目的是为了在试验样品损坏之前取得尽可能多的试验样品的性能数据(尤其是在试验样品数量少的情况下),常以对试验样品性能影响最小的(即非破坏性试验)试验开始,以便在试验样品损坏之前,尽可能多做一些试验项目,取得较多的性能数据。

c. 对于设备和整机系统,其使用环境条件是预知的情况下,其试验顺序尽可能与产品在生产、运输、贮存和使用中经受的环境条件出现的先后顺序相一致。这种顺序对于考核产品是最理想的,因此可作为元件和设备标准化定型试验的顺序。然而这种预先知道生产、使用及运输中各个环节的情况是极少的。

d. 在元器件或设备的使用环境不能预知的情况下,在选择试验顺序时,必须考虑前一个试验所产生的结果由后一个试验来暴露或者加强的问题。这种情况对选择试验顺序是很

重要的。因此,要选择好试验顺序,首先要了解和掌握各种单一环境因素对产品的主要影响和可能引起的失效;其次要了解试验样品的初始状态不同时对试验带来的影响;其次是要掌握在不同试验顺序条件下,产品的失效情况和实际失效情况的异同,力求找到与实际情况吻合得最好的试验条件。这样就可以根据上述试验目的和主要用途,规定适用于被试产品的环境试验顺序。

4.2 元件和设备的试验顺序

4.2.1 元件的试验顺序

电子元件将用于各种设备中,因此,它将经受到多种多样的环境条件。一般情况下,元件所经受的环境应力比设备所经受的环境应力还要严酷些。另一方面,元件的生产批量都比较大,因此,可提供足够的数量进行试验,也可分成多批进行试验,以便对试验结果能够进行统计分析,并允许做破坏性试验。

对于各种元件所采用的试验顺序,可根据产品的类型、特征和可能遇到的气候条件,在有关标准中规定。

在选择元件的试验顺序时,应注意以下各点:

a. 温度变化、引出端强度及耐焊接热试验应在整个试验顺序的前面。然后进行所有的或部分的机械试验,以加强温度变化引起的故障和产生新的失效(如裂缝或破裂等)。

b. 气候试验往往在机械试验之后进行,以检查由于上述气候和机械试验所引起的失效(或缺陷)。

一般来说,元件的气候试验顺序如下:

高温;交变湿热(试验 Db 的第一个循环);低温;低气压;交变湿热(试验 Db 的剩余循环)。

在气候试验顺序中,首先进行高温试验,目的在于检查温度的短期影响;其次进行湿热试验,导致水汽进入裂缝(由高温引起的);再其次进行低温或低气压试验就能使这种作用加强;最后进行的湿热试验会导致更多的水汽进入裂缝。

除此之外,对于元件,有时还进行密封试验,以检查裂缝和泄漏。在机械试验之前,有时也进行干热试验,以检查密封疵点。

为评价元件在湿热大气中的长期作用,常把恒定湿热放在整个试验顺序的最后,在样品数量允许的情况下,可用另一批试验样品单独进行恒定湿热试验。

对于特殊试验,例如易燃性、耐腐蚀性、太阳辐射等,通常不包括在标准试验顺序中,而是用另外的试验样品单独进行。

4.2.2 设备的试验顺序

设备的环境试验顺序来源于安装、运输、贮存和使用的环境条件。如果这些环境条件是可以预知的,其环境试验顺序最好是按照这些条件的先后作用顺序,然而这种情况,客观上是极少的,多数情况下环境条件的作用顺序是不知道的。因此必须遵循“前一个试验产生的结果将由后一个试验来暴露或者加强”的原则来选用试验顺序。

在选择设备的试验顺序时,应注意以下几点:

a. 为了评价电路中的防潮材料,在经受极端温度或振动试验后是否失去保护作用,通常湿热试验不能在温度、气压和振动试验之前进行。

b. 为保证长霉试验的有效性,长霉试验要在盐雾试验之前进行。