

目 录

第 1 章 绪论

- 1.1 概述 (1)
- 1.2 可靠性试验的分类 (2)
 - 1.2.1 工程试验与统计试验 (2)
 - 1.2.2 实验室试验与使用现场试验 (4)
 - 1.2.3 可靠性大纲中应用阶段的各种可靠性试验 (6)
- 1.3 试验的综合安排 (8)
- 1.4 可靠性试验的要素 (10)
 - 1.4.1 试验条件 (10)
 - 1.4.2 故障判据 (11)
 - 1.4.3 试验剖面 (13)
 - 1.4.4 性能监测点及监测周期 (20)
- 1.5 可靠性试验计划 (21)

第 2 章 环境应力筛选

- 2.1 概述 (23)
 - 2.1.1 基本概念 (23)
 - 2.1.2 环境应力筛选的基本特性 (25)
 - 2.1.3 环境应力筛选与有关工作的关系 (26)
- 2.2 筛选用典型环境应力 (27)
 - 2.2.1 恒定高温 (28)
 - 2.2.2 温度循环 (29)
 - 2.2.3 温度冲击 (33)
 - 2.2.4 扫频正弦振动 (34)
 - 2.2.5 随机振动 (35)
 - 2.2.6 各种应力的筛选效果比较 (38)

2.3	常规筛选大纲的设计	(40)
2.3.1	概述	(40)
2.3.2	筛选大纲设计的基本准则	(41)
2.3.3	筛选大纲的设计方法	(41)
2.3.4	筛选大纲设计程序	(53)
2.4	环境应力筛选的实施	(56)
2.4.1	一般要求	(56)
2.4.2	常规筛选实施过程	(63)
2.5	定量筛选简介	(67)
第3章 可靠性验证试验		
3.1	概述	(72)
3.1.1	试验的目的与分类	(72)
3.1.2	统计验证的基本概念	(73)
3.1.3	可靠性验证试验的一般要求	(75)
3.2	可靠性验证试验大纲	(76)
3.2.1	可靠性验证试验的要求	(77)
3.2.2	可靠性验证试验方案	(79)
3.2.3	试验条件	(81)
3.2.4	可靠性验证试验程序	(82)
3.2.5	可靠性验证试验大纲的评审	(85)
3.2.6	可靠性验证试验的联合试验小组	(85)
3.2.7	可靠性验证试验报告	(85)
3.3	成败型试验的抽样检验方案	(88)
3.3.1	抽样检验的基本概念	(88)
3.3.2	成败型可靠性一次抽样检验方案,IEC605	(93)
3.3.3	成败型可靠性序贯抽样检验方案	(97)
3.4	指数寿命型统计试验方案	(106)
3.4.1	指数寿命型假设的统计检验	(106)
3.4.2	指数寿命型定时、定数截尾鉴定试验	(109)
3.4.3	指数寿命型定时试验标准方案	(118)
3.4.4	指数寿命型定时试验的LQ方案	(122)
3.4.5	指数寿命型序贯试验方案(PRST方案)	(128)

第4章 可靠性增长试验

4.1	可靠性增长与可靠性增长试验	(142)
4.1.1	可靠性增长的定义	(142)
4.1.2	可靠性增长的效用	(143)
4.1.3	可靠性增长的基本过程	(143)
4.1.4	可靠性增长的费效	(145)
4.1.5	常见的可靠性增长	(146)
4.1.6	可靠性增长试验概述	(147)
4.2	可靠性增长试验的基本方法	(149)
4.2.1	试验、分析与纠正试验	(149)
4.2.2	计划、跟踪与控制	(150)
4.2.3	故障分类	(151)
4.2.4	增长模型	(152)
4.2.5	故障报告闭环系统	(153)
4.2.6	可靠性增长试验的步骤	(153)
4.3	常用可靠性增长模型	(155)
4.3.1	杜安模型	(155)
4.3.2	AMSAA 模型	(159)
4.4	可靠性增长试验的计划与计划曲线	(168)
4.4.1	计划曲线	(169)
4.4.2	增长目标的确定	(169)
4.4.3	起始点的确定	(171)
4.4.4	杜安增长率的确定	(172)
4.4.5	总试验时间的确定	(173)
4.4.6	制订计划曲线的有关公式	(173)
4.4.7	制订计划曲线举例	(174)
4.4.8	可靠性增长试验计划	(175)
4.5	可靠性增长试验的跟踪与控制	(176)
4.5.1	故障处置方式	(176)
4.5.2	跟踪与跟踪曲线	(177)
4.5.3	控制与决策	(179)
4.5.4	多台试验时的跟踪	(180)

4.6	可靠性增长试验的最终评定	(182)
4.6.1	用杜安模型进行最终评定	(182)
4.6.2	用 AMSAA 模型进行最终评定	(182)
4.7	可靠性增长试验实施中要注意的一些问题	(184)
第5章 装备可靠性的外场验证		
5.1	概述	(185)
5.2	装备可靠性外场验证的特点	(186)
5.3	装备可靠性外场验证的适用范围	(189)
5.4	装备可靠性外场验证的目的	(190)
5.5	装备可靠性外场验证的基本条件、时机和方法	(191)
5.5.1	装备可靠性外场验证需具备的基本条件	(191)
5.5.2	装备可靠性外场验证的时机	(192)
5.5.3	装备可靠性外场验证的方法	(195)
5.6	小结	(203)
	参考文献	(206)

第 1 章 绪 论

1.1 概述

可靠性试验是对产品的可靠性进行调查、分析和评价的一种手段。其目的是：

(a)发现产品在设计、材料和工艺方面的各种缺陷。

(b)为改善产品的战备完好性、提高任务成功性、减少维修费用及保障费用提供信息。

(c)确认是否符合可靠性定量要求。

因此，不要认为可靠性试验只是为了对产品作出接收、拒收或合格、不合格的结论，另一个重要的作用是通过可靠性试验发现产品的可靠性问题，采取有效的措施予以纠正，从而提高产品的可靠性。

当设备刚生产出来时，在理想情况下，它应该满足合同或任务书对它的可靠性要求。实际情况远非如此。对于复杂系统来说，可靠性问题是很突出的。例如，美国一个总结报告指出：“大型的电子-机械系统的首台样机，初期的平均故障间隔时间(MTBF)只有要求的十分之一左右。必须经过一系列的各种可靠性试验，发现及判明存在的缺陷。据统计，元器件、零部件的缺陷，工艺缺陷，设计缺陷大体上各占三分之一左右。纠正这些缺陷，使产品的可靠性逐步增长到要求值，所化的可靠性试验时间，大体上是要求的MTBF值的5~25倍左右。”由于国情不同，我国的情况不完全与美国相同，但总的规律是相似的。例如，由于我国元器件水平比美国低，因此元器件、零部件缺陷不止占三分之一。据某些部门统计，

上述缺陷占二分之一以上。

产品存在可靠性缺陷是坏事,但这又是不能绝对避免的。因此,通过一系列的可靠性试验,将缺陷尽可能多地诱发出来,予以发现、纠正,使坏事变成好事。这也是提高产品可靠性,使之符合要求的重要的工作。

一般来说,可靠性试验的费用较高。但如上所述,有效的可靠性试验可成十倍地提高初始样机的可靠性,因此从费效比来权衡,还是值得的。当然,这并不排斥要充分利用其他试验的信息、或其他试验结合起来节省费用。

1.2 可靠性试验的分类

1.2.1 工程试验与统计试验

可靠性试验可分为工程试验与统计试验两大类。工程试验的目的在于暴露产品的可靠性缺陷并采取纠正措施加以排除(或使其出现率低于容许水平)。这种试验由承制方进行,以研制样机为受试产品。在试验过程中,如产品出现可靠性缺陷(故障),一般即时撤换故障件,修复后继续进行试验。对故障原因进行分析,采取有效的针对性措施予以纠正,提高产品的可靠性。

工程试验包括环境应力筛选试验及可靠性增长试验。

筛选(screening)是一种通过检验剔除不合格或有可能早期失效产品的方法。检验包括在规定的规定环境条件下的目视检查,实体尺寸测量和功能测量等。某些功能测量是在强应力下进行的。应力筛选(stress screening)是一种特定的筛选,将机械应力、电应力和(或)热应力施加到产品上,以使元器件和工艺方面的潜在缺陷以早期故障的形式折出的过程。环境应力筛选(ESS—environmental stress screening test)是一种应力筛选。是为发现和排除不良零件、元器件、工艺缺陷和防止早期失效的出现在环境应力下所做的一系列试验。典型应力为随机振动、温度循环及电应力。

为暴露产品的可靠性薄弱环节,并证明改进措施能防止可靠性薄弱环节再现(或使其出现率低于容许水平)而进行的一系列可靠性试验,叫可靠性增长试验(reliability growth test)。

统计试验包括可靠性测定试验及可靠性验证试验。

可靠性测定试验(reliability determination test)是为确定产品的可靠性特性或其量值而进行的试验。这是一种目的不在验收与否的可靠性试验。承制方通过可靠性测定试验对产品当前达到的可靠性水平获取信息,来判断离开要求的水平还有多大距离。这是一种经常被忽视但很重要的可靠性试验。

可靠性验证试验(reliability compliance test)是为确定产品的可靠性特征量是否达到所要求的水平而进行的试验。它分为可靠性鉴定试验与可靠性验收试验。

可靠性鉴定试验(reliability qualification test)是为确定产品可靠性与设计要求可靠性的一致性,由订购方用有代表性的产品在规定条件下所作的试验,并以此作为批准定型的依据(对维修性而言,亦称为验证试验)。

可靠性验收试验(reliability acceptance test)是用已交付或可交付的产品在规定条件下所作的试验,其目的是确定产品是否符合规定的可靠性要求。

可靠性验证试验的目的是为了验证产品的可靠性,主要不是在于暴露产品的可靠性缺陷(当然,对可靠性验证试验中暴露的重大可靠性缺陷,承制方有责任找到原因并采取纠正措施)。可靠性验证试验的试验计划由承制方制订,但因牵涉到接收、拒收,合格、不合格的判决,故必须经订购方的认可。

在系统或设备的可靠性验证试验开始以前,必须对元器件、零部件及设备完成环境试验(environment test),即用容许的边缘环境条件考核产品。可以包括冲击、振动、离心、温度、湿度、沙尘、盐雾、核辐射、电磁干扰等等。将产品置于容许的最严酷环境下,在相对来说不太长时间内,一般会暴露出一些在较长时间的可靠性验证试验中不易暴露出来的故障机理,对提高产品的可靠性有重要

意义。美国空军于1971年的一份总结报告中说,所统计到的设备故障中,52%是由于环境影响所致,因此说明在此以前的环境试验不够充分,未发现足够的环境可能激发的故障。这个教训值得我们重视。因为等到批生产装备部队后再发现严重的环境适应性故障,采取措施是非常花费人力物力的。

1.2.2 实验室试验与使用现场试验

可靠性试验可以是实验室试验,也可以是使用现场试验。

实验室试验(laboratory test)是在实验室内模拟实际使用条件或在规定的工作及环境条件下进行的试验。使用现场试验(field test)是在实际使用状态下所进行的试验。对产品的工作状态、环境条件、维修情况和测量条件等均需记录。实验室试验是在规定的受控条件下的试验。它可以模拟现场条件,也可以不模拟现场条件。大多数装备是在不同的、比较复杂的环境条件下使用的。产品在不同的环境下使用时,可靠性不一定相同。在实验室试验中,显然不可能去模拟各种使用环境。因此必须根据各种可能的使用环境条件及其出现概率,综合出一个有代表性的典型的实验室试验用的环境条件,供实验室试验使用。GJB899提供了飞机、舰船等的这样的环境条件,可供参考。

从原理上说,使用现场试验能最忠实地反映产品的实际可靠性水平。但是这里也有很多问题,如上所述,不同使用环境的产品可靠性是不一定相同的,而使用现场试验的环境条件不可控,因此现场可靠性数据需要折算到标准的典型环境条件下的可靠性。由于这种折算关系相当复杂,一般只能作一些近似折算。更重要的问题是使用现场试验往往需要较长的试验时间,因此只有在投入使用现场试验较长时间后,人们才能测定产品的可靠性或发现它的潜在缺陷。这时再要采取纠正措施,即使还来得及,也是事倍功半的。

但是在产品研制过程中,不一定能发现产品所有的潜在缺陷。因此,在产品通过鉴定试验定型投入小批生产交付部队试用的早

期阶段,还应把用户现场使用产品与现场可靠性试验结合起来,继续对产品可靠性进行测定,发现产品的可靠性缺陷加以改进。按美国国防部 DODI 5000.2 第六部分第三章附录 1 的 4(b)之(2)规定:“要测定可靠性、维修性和实施可靠性、维修性增长,以保证初始部署阶段可靠性、维修性目标值得到满足”。

在某些情况下,系统(设备)的规模庞大,或是单价过于昂贵,在实验室内已不易或不可能进行系统(设备)的可靠性试验时,只能用非直接试验的办法对系统(设备)的可靠性进行分析、估计。这种测定、验证的办法不是完全可信的,需要通过现场使用积累数据,即把现场使用作为使用现场试验,来验证原先分析和估计得到的测定,验证结论的正确性。我国的卫星可靠性就是这样进行的。从卫星的元器件、整机的可靠性试验及以往的可靠性数据,通过可靠性分析综合,对卫星的可靠性在发射前作出估计。再通过卫星工作的实际数据,对卫星的使用现场可靠性作出估计。两者比较,现场可靠性比估计的还要高一些(原因之一是由于试验次数有限,统计估计略偏保守)。

产品的耐久性试验(endurance test)亦是一种可靠性试验,是为测定产品在规定使用和维修条件下的使用寿命而进行的试验。它既包括耐久性测定试验,亦有耐久性的验证试验,包括耐久性的鉴定试验及耐久性的验收试验。有的耐久性试验例如汽车的使用里程可以作实际试验,但很多使用寿命为若干年的产品往往等不及作多少年试验就希望得出结论。因而多采用加速试验(accelerated test)的办法,即所谓缩短试验时间。它是在不改变故障模式和失效机理的条件下,用加大应力的方法进行的试验。但用加速试验得到的使用寿命的估计值不一定很准确,需要用现场使用数据进行核对。因此亦需要把现场使用作为使用现场试验来核对原先的估计。

因此,有计划地把现场使用作为使用现场试验来收集数据、信息是很重要的。这种办法用的费用少、数据采集、信息多,并且环境是真实的。使用方及承制方都应重视现场使用信息的收集及分析

工作。

1.2.3 可靠性大纲中应用阶段的各种可靠性试验

环境应力筛选试验的目的是暴露不良元器件和工艺缺陷,以便改进产品的可靠性。这种试验一般用于元器件、部件、分组件或设备,这样可以避免在上一层次产品试验中或现场使用中出現早期故障。

电子设备的制造过程可概括为四个相继的流程,即四个级别的生产:

- (a) 电子元器件的准备;
- (b) 组件(印刷电路板或单元件)生产;
- (c) 分机生产;
- (d) 设备(系统)生产。

每一级别在进入下一级之前,均应进行环境应力筛选。所以,环境应力筛选是提高批产品可靠性的重要工序。

可靠性增长试验是一个有计划地试验、分析及确定问题和改进的过程。在产品研制生产过程中的各层次都应促进可靠性增长。它的受试样品,从工程研制的产品中选取。因此,从原理上说,按可靠性增长试验计划需要进行可靠性试验的部件、分机、设备,在研制阶段产品出来后就进行可靠性增长试验。

可靠性鉴定试验的目的是向订购方提供合格证明,即产品在批准投产之前已经符合最低可接收的可靠性要求。因此可靠性鉴定试验必须反映典型的代表性的实际情况,并提供验证可靠性的估计值。在全面研制阶段的后期,这是执行可靠性大纲过程中一项最关键的内容。如果只有可靠性指标而不要求作可靠性鉴定试验,则实践证明,很难使承制方对可靠性大纲中规定的其他项目(除环境试验外)进行必要的认真的努力。承制方很可能把主要精力投入合同或任务书所要求的性能(这是要通过性能试验验证的硬指标)及进度(保证及时交付产品)上,而可靠性、维修性最终成为一句空话。在某些生产部门中,第一位是计划调度,管的是产品性能与生

产进度，“后墙不倒”高于一切，进度是倒排的。名义上有可靠性指标，实际上没有可以真正验证可靠性的验证方案。例如，既没有金字塔式的大量的基层试验为基础，又只以极少数几次试验企图说明达到百分之九十几的可靠性，这样的“验证”试验对承制方产生不了压力，也不会促使承制方在设计上对可靠性下工夫。

由于可靠性是一个概率，它的统计验证必然带有风险。因此通过可靠性鉴定试验只能保证有较大概率，但不能保证“一定”达到最低可接收的可靠性值。但是可以肯定的是：如果不要求可靠性验证试验，或者要求进行实质上不能验证要求可靠性的所谓“验证试验”，则几乎可以肯定，订购方拿不到达到要求的可靠性的产品。

在全面研制阶段的后期，可靠性鉴定试验是关键性的，因为只有通过可靠性鉴定试验才能定型，并作出投入生产的决定。由于可靠性鉴定试验费用一般都相当昂贵，所以在定型试验中可靠性试验作为它的一个组成部分，应尽可能与其他试验结合进行，以提高试验的有效性 & 节省试验费用。例如某些环境试验就可以与鉴定试验结合起来。

可靠性鉴定试验要以较大的概率保证产品达到最低可接收的可靠性值，亦即对判决合格与否的正确性，要求冒的风险较小。根据统计学的规律，一般需要样本量较大，从而必然使试验费用较高。

可靠性验收试验的目的在于对交付的产品或生产批进行评价。它的前提是产品已经通过了定型的鉴定试验，并批准投入生产。如果承制方的质量保证体系是健全的，是认真执行《军工产品质量管理条例》及 ISO 9000 系列标准的；如果承制方是严格执行经订购方认可的可靠性大纲的，关键的元器件、原材料、生产工序的生产是一致的、稳定的，经监督（例如军代表的监督生产）、分析认为没有理由说产品的可靠性会比定型水平有显著下降的，则在这些前提之下，判决合格与否的正确性要求冒的风险可以大一些。根据统计学的规律，一般需要的样本量可比鉴定试验少，并且不需要提供验证可靠性的估计值。

对军品的非关键部分及某些民品来说,不一定要进行可靠性试验。主要取决于下述因素:

- (a)设备的历史情况;
- (b)设备不可靠在安全方面及经济上的可能后果;
- (c)可靠性试验所需的费用;
- (d)可靠性试验所需的时间;
- (e)通过可靠性试验以外的措施获得对产品的可靠性保证;
- (f)取得代表性样品作可靠性试验的可能性。

可靠性试验得到的结论是对进行试验的环境条件而言的。因此对于下述情况,所得的结论很可能是不适用的:

- (a)与可靠性试验不同的环境条件;
- (b)比可靠性试验时间更长的工作时间;
- (c)比起投入可靠性试验的设备而言,有较大的设计、工艺、原材料、元器件的改动的设备。

1.3 试验的综合安排

可靠性试验一般是既费时间,又要花费较大大力物力的工作项目,因此产品可靠性大纲的试验计划的安排应该尽可能把可靠性试验、性能试验、环境试验和耐久性试验结合起来,构成一个比较全面的可靠性的综合试验计划,这样可以避免重复试验,且不漏掉在单项试验中经常易受忽视的缺陷,从而节省时间、费用。

产品的性能测试一般在产品的样机生产出来之后就立即进行。产品的性能特性参数有规定的容许限。如果性能特性参数值落入容许限,产品的性能是合格的,我们说:“产品的性能可靠”;否则,产品的性能是不合格的,我们说:“产品的性能是不可靠的”。

但是产品性能可靠与否不能只以标准实验室条件下的测试结果作为结论,还应在规定的容许的极限条件下进行测试,看产品性能是否合格?以半导体器件及集成电路为例,对军用级产品,不仅在标准实验室温度下测试的性能应是合格的,而且在一55℃温度

下及+125℃温度下测试的性能也应是合格的。普通工业级半导体器件及集成电路,如果满足上述温度要求,则加以标识“M”(注意:这M不是代表“军用级”,只代表满足军用级的温度要求)。

由于试验条件不可能绝对一致地重复,再加上测量误差,因此同样试验条件下的重复测量存在再现性误差。但当重复测量的性能参数值相差过大时,说明产品的性能参数出现了过大的漂移,性能也是不可靠的。为此,在试验前、试验中、试验后,都应进行产品性能测试,记录试验前、中、后的性能。

(a)试验前的性能。在开始进行任何试验以前,应该在标准环境条件下确定出与规定要求相关联的受试产品的性能参数的基准值。为在试验过程中或试验结束时,检测产品的设计性能提供基准或故障判据;

(b)试验中的性能。应将每一次试验循环过程中受试产品的性能参数值记录下来,并与试验前的数据进行对比;

(c)试验后的性能。试验结束时,应记录受试产品性能参数值,并与试验前、试验中的性能值及规定的基准及容许漂移量进行对比。

在可靠性测定试验、可靠性验证试验、可靠性增长试验之前,应该先进行产品的筛选、老炼,排除产品的早期故障,使产品的故障率趋于稳定,这样在可靠性试验中可反映出产品的固有可靠性,而不是暴露产品的早期故障。可靠性增长、验证试验都是很费人力、物力的。让它们来暴露产品的早期故障是太不值得了。因此环境应力筛选试验必须在增长试验、验证试验及某些可靠性测定试验之前完成。

按GJB 450—88之4.4.4.2规定:“产品的可靠性置信下限应等于产品最低可接收的可靠性值”。因此,据可靠性测定试验的结果分析,得出的产品可靠性置信下限已不低于产品最低可接收的可靠性值时,说明产品可靠性已达到鉴定试验的要求。如果可靠性测定试验与鉴定试验的条件是一致的,经订购方同意,可以追认测定试验的结果为鉴定试验的结果。

有时按系统验证可靠性参数是不现实或不充分的情况下,允许用低层次产品的试验结果推算出系统可靠性值作为测定或验证。这叫系统的可靠性综合。但是系统组成部分都可靠不一定可证明系统可靠。因为组成部分合成一个系统时还有一个极为重要的协调、匹配问题。例如环境条件的协调、匹配,电磁兼容(EMC)问题、热匹配问题等等。只有这些组成部分之间的协调、匹配是没有问题的,则从组成部分的试验结果综合得到的系统可靠性值才是可信的。只是组成部分之间的协调、匹配也还必须用少量的系统试验来核实,因此在任何情况下,少量的系统试验也是必不可少的。

可靠性验收试验所冒的风险可以比可靠性鉴定试验大一些。这是因为产品已通过了鉴定试验,加上生产过程的严格管理保证了质量可靠性水平不会显著低于定型水平,从统计学观点说,对质量可靠性提供了验前保证信息。可靠性增长试验是产品可靠性逐步提高的过程,尽管从统计学的观点看,产品的可靠性这个总体参数不断变化。对于固定某一可靠性参数的总体来说,样本量不大,但从不断增长可靠性参数的一系列总体来看,总的样本量是不少的。如果对最后一个样本用经典方法对产品可靠性作出估计。则由于样本量不大,估计的效果一般是不好的。但从一系列可靠性不断增大的总体的一系列样本来看,信息量是不少的,也即提供了不少验前的质量可靠性保证信息。成功的产品可靠性增长试验也可以对产品的可靠性水平作出较好的测定,从而可以在订购方的认可下代替鉴定试验。

1.4 可靠性试验的要素

1.4.1 试验条件

可靠性试验的条件既要考虑到受试产品的固有特性,还要考虑到影响受试产品故障出现的其他因素。

在选定产品可靠性试验的条件时,应考虑下述内容:

- (a)要求或进行可靠性试验的基本理由；
- (b)预期的产品使用条件的变化；
- (c)使用条件中的不同应力因素引起产品故障的可能性；
- (d)不同试验条件下需要的试验费用；
- (e)可供可靠性试验用的试验设备；
- (f)可供试验用的时间；
- (g)预计的不同试验条件下的产品可靠性特征值。

如果从安全性要求出发,产品可靠性不能低于某一水平,则试验条件应考虑到给定使用条件下的最严酷情况。如果为了进行维修性的鉴定试验,则试验条件应高度接近典型的现场使用条件。如果进行两种设备的可靠性对比试验,则往往用容许范围内接近于极限的应力等等,视具体试验目的而定。一般情况下,除了所谓强化试验(特定情况下,施加应力超出了规定的产品承受的应力容许范围)外,施加应力不应超出规定的容许范围(筛选及加速试验例外)。

如果必须研究产品在多种工作条件、环境条件和维修条件下的可靠性时,则应设计一个能代表这些不同情况的试验剖面,即代表典型的现场使用的各种试验条件(工作条件与环境条件……)的组合顺序。在试验剖面的一个周期内,明确:诸工作条件、环境条件、预防性维修条件存在于哪一段时间区间?它们之间的相互关系如何?

在一个试验剖面内,环境条件有时需要转换,环境条件转换的时间有时不能过短,以免产生不期望的新的应力(例如温度转换如果过快,就形成热冲击)。转换后的环境条件应持续一段必要的时间,使环境条件达到稳定。

1.4.2 故障判据

产品或产品的一部分不能或将不能完成预定功能的事件或状态称故障(fault, failure),对某些产品如电子元器件、弹药等称失效。不是由于另一产品故障引起的故障叫独立故障(independent

failure);由于另一产品故障而引起的故障叫从属故障(dependent failure)。例如某项产品在测试时,产品上一批 CMOS 器件受高电压冲击损坏。经分析,是二次电源一支晶体管短路,产生高压脉冲。因此,晶体管短路是独立故障,而若干 CMOS 器件被高压脉冲引起的浪涌电流烧毁,则是从属故障。

对于产品的每一个需要监测的参数应规定它的容差限。如果参数值落在容差限内,则该参数性能是可靠的;如果参数值落在容差限外,则该参数性能是不可靠的。当需要监测的参数值永久地或间断地落在容许限外,就认为出现了一个故障。参数的容许限与预定功能密切相关。例如在某些精密设备中,金属膜电阻器的阻值超出额定值上、下 5% 的区间就算失效。但在某些民用电器中,不超出额定值上、下 10% 都不算失效。

在可靠性试验中,由于测量错误或外部测试设备出故障而产生的故障现象不能认为是受试产品的故障。但所有其他的故障都应认为是受试产品的故障。

如果同时有若干产品参数值超出了容许限,而且不能证明它们是由同一原因引起的,则每一个参数值超出容许限都应认为是受试产品的一个故障;但若是由同一原因引起的,则认为受试产品只出现了一个故障。在前面所列的 CMOS 器件受高压冲击损坏的事例中,尽管有若干个 CMOS 器件损坏,但其原因是二次电源的一支晶体管故障引起的,因此只算产品出现一个故障(但是,这也说明了电路设计上是有缺点的。应该在二次电源中增加保护电路,使得即使晶体管短路也不至输出高压脉冲)。

如果出现两个或更多的独立故障原因,则每一个故障原因都应认为是受试产品的一个故障。

对产品施加了超出其规定忍受能力范围的应力而造成的故障叫误用故障(misuse failure)。在可靠性试验期间,误用故障可能是由于非故意的不符合规定的试验条件造成的。例如,试验的严酷程度超过规定值范围,试验或维修人员的粗心操作等等。

从属故障、误用故障或已经证实仅属某项将不采用的设计所