

中华人民共和国国家标准

GB/T xxxxx—XXXX

电工电子产品加速应力试验规程 高加速寿命试验导则

Accelerated Stress Testing Procedures for Electric and Electronic Products
Guidance for Highly Accelerated Life Test

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2010-6-26)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语.....	2
4 一般要求.....	4
5 试验方案和要求.....	5
6 试验.....	6
7 报告.....	10
附录A （资料性附录）高加速寿命试验装置.....	12
附录B （规范性附录）应力极限确认.....	13
附录C （规范性附录）应力隔离.....	16

前 言

本标准提出的高加速寿命试验 (Highly Accelerated Life Test, 简称“HALT”) 方法, 主要用于产品的研发、设计和(或)试产阶段。本试验, 通过对试品施加强度阶梯递增的应力, 能快速暴露其在设计、工艺、材料或结构等方面的潜在缺陷或薄弱环节, 有助于研发、设计人员进行故障定位和分析。多数情况下, HALT是一个测试、故障定位和分析、改进、再测试的往复循环过程。执行HALT, 通过改进, 能有效拓宽产品固有的应力极限值, 从而提高产品的坚固性及可靠性。

本标准附录 A 为资料性附录, 附录 B 和附录 C 为规范性附录。

本标准由全国质量监管重点产品检验方法标准化技术委员会提出。

本标准由全国质量监管重点产品检验方法标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位: 深圳市计量质量检测研究院, 中检华纳(北京)质量技术中心有限公司。

本标准主要起草人: 孙学明、杨彦彰、朱建华、张华、李岩

本标准首次发布。

电工电子产品加速应力试验规程

高加速寿命试验导则

1 范围

本标准定义的试验，称为“高加速寿命试验”（Highly Accelerated Life Testing），简称“HALT”。试验时，通过施加强化应力（如温度、六自由度振动）于试品，能够快速暴露试品的潜在缺陷，发现试品的操作设计边际及结构强度极限。HALT所暴露的缺陷，通常存在于电子线路设计、制造工艺、元件和机械结构等方面。

本标准规定了HALT试验的要求、条件和方法。这些要求、条件和方法，涉及试验设备、试品处置以及试验过程中试品性能的监测和判断。

本标准规定的方法，主要用于电工电子产品的研发、设计和（或）试产阶段。不排除用于产品批量生产阶段。

适用于本标准试验方法的试品，可以是印刷电路板组件、电子元件或电工电子整机产品。对于大型整机应优先考虑在较低装配级别（如印刷电路板组装件）上进行试验。

本标准规定的方法，适用于非包装的产品。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GJB/Z34-1993 电子产品定量环境应力筛选指南

GJB 1032-1990 电子产品环境应力筛选方法

GB/T2421-1999 电工电子产品环境试验 第1部分：总则（idt IEC60068-1: 1998）

GB/T2422 电工电子产品环境试验 术语（GB/T2422-1995，eqv IEC60068-5-2:1990）

GB/T2423.1-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（idt IEC60068-2-1: 2007）

GB/T2423.2-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温（idt IEC60068-2-1: 2007）

GB/T2423.22-2002 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化（idt IEC60068-2-14: 1984）

GB/T2423.43-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装（idt IEC60068-2-47: 2005）

GB/T2423.56-2006 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动（数字控制）和导则（idt IEC60068-2-64: 1993）

GB/T 2424.1-2005 电工电子产品环境试验 高温低温试验导则（idt IEC60068-3-1: 1974）

IEC60068-2 环境试验 第2部分：试验方法

3 术语

下列术语适用于本标准。

3.1

高加速寿命试验 highly accelerated life testing, HALT

通过逐步提高施加在试品上的应力（温度、振动、温度和振动复合）强度，找出设计极限的试验方法。通过高加速寿命试验（HALT），能快速定位试品的应力极限，暴露试品的潜在故障。

3.2

宽带振动 broadband vibration

能量分布在较宽的频率范围内（例如：10~5000Hz）的振动。

3.3

破坏极限 destruct limit ,DL

当一个或多个试品的工作特性不能满足技术条件要求，且应力强度降低后，试品再也不能恢复正常特性（通常称为“硬故障”）时所承受的应力强度值。破坏极限包括：

破坏极限上限值（Upper Destruct Limit, UDL）

破坏极限下限值（Lower Destruct Limit, LDL）

对于振动试验，破坏极限只有上限值。

3.4

工作（操作）极限 operating limit ,OL

当一个或多个试品的工作状态不再满足技术条件要求，但应力强度降低后，试品仍能恢复正常特性（通常称为“软故障”）时所承受的应力强度值。工作（操作）极限包括：

工作（操作）极限上限（Upper Operating Limit, UOL）

工作（操作）极限下限（Lower Operating Limit, LOL）

对于振动试验，工作（操作）极限只有上限值。

3.5

功率谱密度 power spectral density, PSD

在随机振动频谱中与频率相对应的振动量级参数，单位为 g^2/Hz 。通常情况下可以与加速度谱密度（Acceleration Spectral Density, ASD）相对应，单位为 m^2/s^3 。

3.6

重复冲击振动 repetitive shock vibration, RS

由重复冲击脉冲激励所形成的振动。由气锤冲击振动台面所产生的振动为典型的重复冲击振动。

3.7

六自由度振动 six degree of freedom vibration, 6DOF

一种沿X、Y、Z三个轴向及以X、Y、Z轴为轴心的转动方向的模拟振动方式。

3.8

步进应力试验 step stressing

通过逐级增加试验应力强度，确定被测物的工作极限和（或）破坏极限的试验过程。

3.9

裕度 margin

被测物耐受环境应力的设计极限与运行极限或破坏极限的差值。

3.10

夹具 fixture

在HALT试验的振动项目中固定试样的器具。振动试验必须使用夹具，使振动台的振动能量有效地传递给试样。

3.11

失效 failure

包括试验指标或性能劣化、功能无法实现、器件失效、结构损坏等。

3.12

功能测试 functional test

对被测物进行的特性参数测试，用以判断被测物能否在测试环境下完成规定的功能，性能是否下降。一般包括测量被测物的关键参数和（或）利用被测物的自诊断功能测试其内部性能参数。

3.13

温度稳定 temperature stability

试验样品各部位的温度与其最后温度之差在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ （或相关规范规定的其它值）以内时的状态。

3.14

凝露 condensation

试验样品的表面温度低于周围空气的露点温度时，水蒸气在该表面上析出的现象，即水由气态转变为聚集的液态。

3.15

固定点 fixing point

被测物与夹具或振动台面接触的部分，在使用中通常是固定被测物的地方。如果是实际安装结构的一部分作夹具使用，则应取安装结构和振动台面接触的部分作固定点，而不应取被测物和振动台面接触的部分作固定点。

4 一般要求

4.1 试验样品

试验样品由一般为产品研发或试产阶段的产品，须恰当体现研发、制造方的预期功能、设计指标和工艺水平。试验样品的数量，应能保证试验尽可能连贯进行；同时配备薄弱元部件的替换品。

4.2 试验装置

高加速寿命试验（HALT）装置及其辅助系统，须具备温度试验和振动试验两项基本能力，并且能同时进行温度和振动的组合试验。试验装置的典型技术能力规格如下：

4.2.1 振动试验参数

试验装置的振动控制系统技术规格能力如下：

- 1) 三轴向六自由度的重复冲击振动功能和准随机振动功能；
- 2) 足够的振动能量分布带宽，如：10Hz ~ 5000Hz；
- 3) 最大振动输出量级一般不小于 60Grms（台面不加负载）。

4.2.2 温度试验参数

温度试验，包括高温步进、低温步进、快速温变循环试验，要求 HALT 试验装置的空气循环系统能产生足够大的风速，以保证发热试品表面保持温度稳定，或达到快速温度变化的试验效果。

试验装置的温度测控制系统技术规格能力如下：

- 1) 快速温变能力：空载条件下，最大温变速率不小于 60℃/min；
- 2) 温度变化范围：箱体内存空气温度范围不小于 -80℃~+170℃。

4.2.3 温度测量采集系统

进行高加速寿命试验时，需实时测量、采集并监控试品的响应数据，包括温度信息、振动信息以及性能参数等。

须配备温度测量采集装置，收集并储存温度传感器的数据信息，以监测试品各个预期部位的表面温度。可通过 HALT 试验装置本身的温度测量采集系统进行采集，也可另提供多通道温度采集系统来实现。温度测量采集系统中的热电偶，在（-100℃~+200℃）的温度范围内，应有稳定的温度感应特性。

4.2.4 振动数据的采集系统

采集并存储振动传感器数据信息，以验证试验过程中振动应力是否有效施加于试品。可通过 HALT 试验装置本身的振动频谱采集系统进行采集，也可另提供能够采集相关数据（例如：加速度，位移）和显示振动频谱的振动采集系统来实现。采集系统应配备三轴传感器，响应频率范围不小于 10Hz ~ 5000Hz，加速度测量范围不小于 -500g~+500g。传感器的尺寸应该足够小，利于监测试品有关部位的振动响应。同时要求传感器的质量应足够小，以免过度影响试品被测部位的振动响应，或改变被测部位的响应特征。

4.2.5 其它辅助测试设备

主要指试品的性能参数测量设备，用以判断试品是否出现故障或异常。

4.2.6 液氮和压缩空气供应

进行 HALT 试验，需准备足够的液氮，保证试验顺利进行。另空气压缩机产生的空气压力应与试验装置匹配（依据试验装置的规格进行配备，一般为 0.8MPa）。压缩空气用于驱动 HALT 试验装置的气锤，建议对压缩空气进行干燥前置处理，尽量避免因空气中含有水分导致气动系统中的金属部件锈蚀。压缩空气流量需足够，一般而言，流量达 250m³/h 是足够的。

4.2.7 夹具

HALT 试验中，夹具应须保证振动量级的传递效果，还须保证试品表面的温度效果传递性能。

5 试验方案和要求

5.1 试验计划和方案

5.1.1 试验计划

根据试品的可靠性要求，制定可靠性试验计划。试验计划应充分利用研制和生产中的其它试验提供的信息，避免试验工作重复。试验计划应包括以下内容：

- a) 试验对象及数量；
- b) 试验目的和进度；
- c) 确定试验应具备的条件。

5.1.2 试验方案

- a) 确定统计试验方案和判决标准；
- b) 确定被测物的工作状态和故障分类；
- c) 确定综合环境试验条件；
- d) 试验过程检查和试验程序。

5.1.3 形成试验团队

HALT 测试，须由一个团队参与。为保证 HALT 顺利进行，并获取良好的试验效果，此团队应由不同专业的技术人员组成，即涉及到研发设计、制造工艺和质控等专业技术人员。

研发设计人员协助进行功能测试，判断试品由于试验应力增强而引发的故障，在整个 HALT 试验和故障定位和失效分析过程（例如：修复试品缺陷）中提供技术支持。其它方面的专业人员还应当包括可靠性工程师、制造工程师、元器件工程师以及 HALT 试验人员。

无须所有的技术人员在整个 HALT 测试过程位在现场，但在需要的时候，应能及时加入团队。在 HALT 试验中出现问题时，相关技术人员应能在其技术领域内发挥作用。

5.2 试品

为保证试验的连续性和试验数据的代表性，建议试品数量为 3 个，特殊情况下可减少或增加试品数量。同时，须准备足够数量的薄弱元部件的替换品。

5.3 试验设备和仪器

试验设备和仪器应能保证试验所需的综合环境试验条件，并按照有关规定进行定期校准。

所有仪器应满足以下要求：

- a) 其不确定度不大于为被测参数容差的 1/3;
- b) 其校准应能溯源。

6 试验

6.1 HALT 试验项目

一般而言，HALT 试验包含但不限于表 1 所示项目；建议按表 1 列举顺序进行试验。

表 1 试验项目和顺序

测试顺序	试验项目
1	试验前常温性能测试
2	温度均匀性测试
3	低温步进应力试验
4	高温步进应力试验
5	高低温循环应力试验
6	振动步进应力试验
7	高低温循环与振动综合应力实验

试验开始前，试验人员应首先按试验基本要求准备好试验设备、测量仪器、试品等资源，然后开始搭建试验平台：

1. 把试验样品有针对性地置于试验箱内，如果是振动试验，必须用夹具固定试品，把试品的连接线通过试验装置引线孔引出，与外面电源、监视设备等正确连接；
2. 对试验样品按规律编号，以便试验过程中进行记录。

6.2 HALT 试验前常温性能测试

试验前，在常温下检查试品的功能，并测量其性能参数，确认其正常。

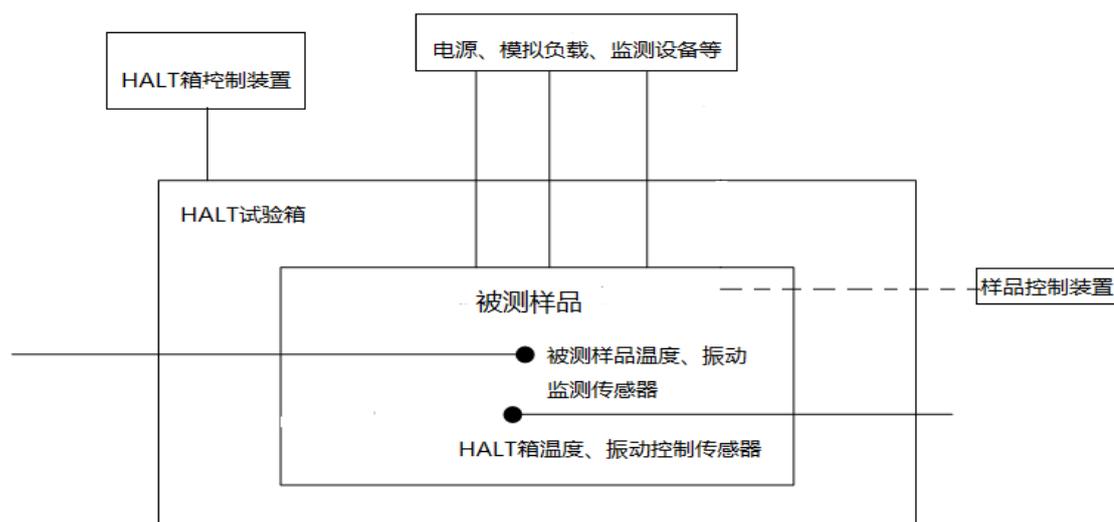


图 1 HALT 试验平台搭建示意图

6.3 温度均匀性测试

本测试的目的，主要是保证 HALT 试验时，试品所受温度应力的均匀性。

在试品常温性能测试后，及低温步进应力测试前，切断试品电源，调整试验导风管的位置，将温度稳定在某一温度点（如 25℃），持续一段时间（如 15 分钟），待温度稳定后，测量、记录试品各关键器件和部位的温度。如果各测量点的温度值相差小于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，则开始进行试验。如果各测量点的温度值相差大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，则需调整试品或导风管的位置，再次重复上述测量。直到各测量点的温度值相差小于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，方可开始进行试验。

6.4 低温步进应力试验

低温步进应力试验具体步骤如下：

- 试验须从室温环境（ $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ）开始。
- 以一定的温度步进对试品进行降温，温度步进推荐值为 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间。
- 试品在各温度点驻留时间应足够长，（推荐驻留时间为试品温度达到温度设定值后 5 分钟至 20 分钟），直至试品上的热电偶测量值达到稳定。试品的功能测试可以在试品温度达到稳定后进行，也可在整个试验过程中一直进行。
- 重复步骤 b) 和 c)，直至找到试品的操作极限或者试验温度应力等级已经达到 HALT 试验装置的能力极限。若温度应力值达到 HALT 试验装置的能力极限，试验停止。
- 确定试品的操作极限（即低温操作极限，又称操作极限下限）后，温度步进试验应该继续进行，温度应力值在试品的操作极限和破坏极限或 HALT 试验装置的能力极限之间。由于在此温度应力范围内，试品可能失效，所以，有必要在试品出现失效后，将温度应力降低，判断试品能否恢复正常。如：将温度应力调至温度操作极限，或常温与温度操作极限之间的温度点。

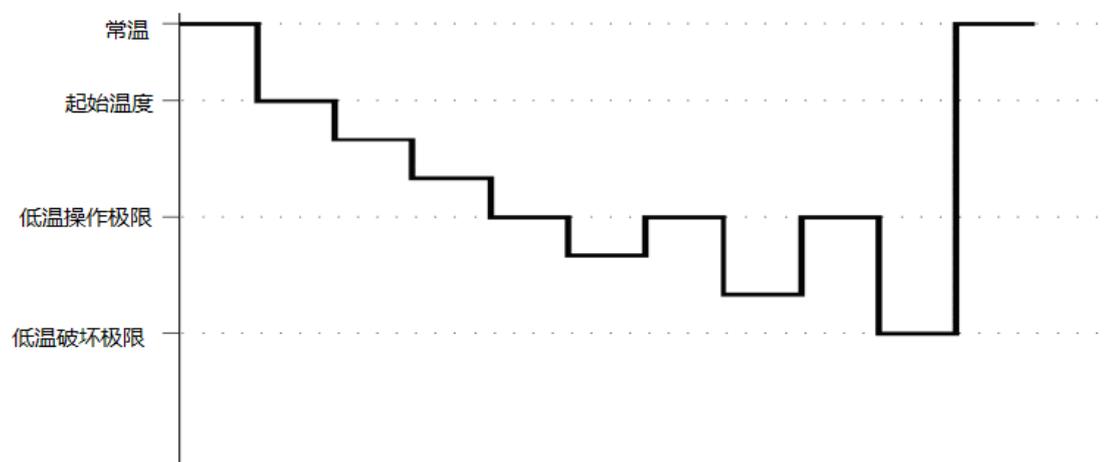


图 2 低温步进应力试验曲线示意图

6.5 高温步进应力试验

高温步进应力试验具体步骤如下：

- 试验须从室温环境（ $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ）开始。
- 以一定的温度步进对被测物进行升温，温度步进推荐值为 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间。
- 试品在各温度点驻留时间应足够长，直至试品上的热电偶测量值达到稳定（推荐驻留时间为试

品温度达到温度设定点后 5 分钟至 20 分钟)。试品的功能测试可以在试品温度达到稳定后进行,也可在整个试验过程中一直进行。

- d) 重复步骤 b) 和 c), 直至找到试品的操作极限或者试验温度应力等级已经达到 HALT 试验装置的能力极限。若温度应力值达到 HALT 试验装置的能力极限, 试验停止。
- e) 确定试品的操作极限(即高温操作极限, 又称操作极限上限)后, 温度步进试验应该继续进行, 温度应力值在试品的操作极限和破坏极限或 HALT 试验箱的能力极限之间。由于在此温度应力范围内, 试品可能失效, 所以, 有必要在试品出现失效后, 将温度应力降低, 判断试品能否恢复正常。如: 将温度应力调至温度操作极限, 或常温与温度操作极限之间的温度点。

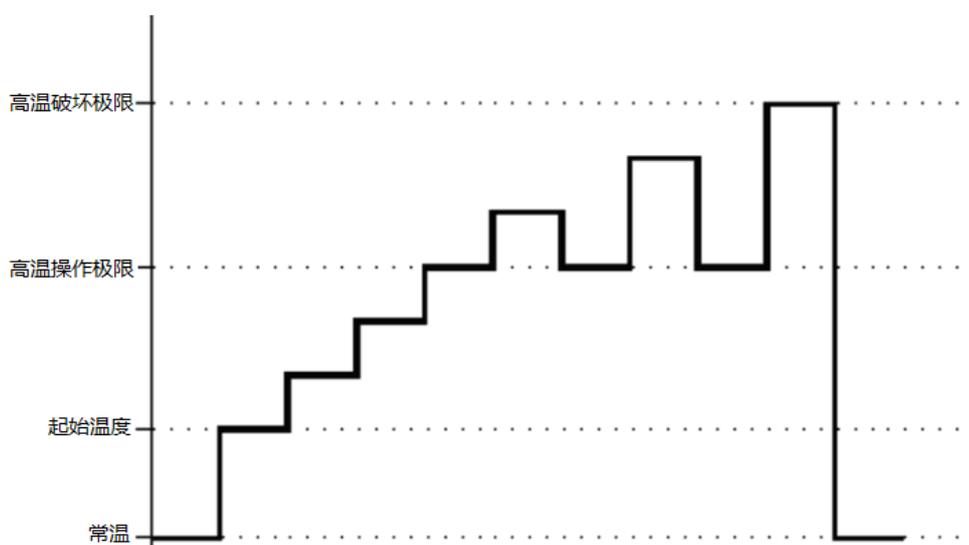


图 3 高温步进应力试验曲线示意图

6.6 高低温循环应力试验

高低温循环应力试验具体步骤如下:

- a) 根据试品的低温操作极限和高温操作极限, 确定高低温循环试验中的高低温极限应力值, 温度极限应力值计算方法参考附录 B。
- b) 以一定的温度变化速率(建议 40℃/分钟)进行高低温循环试验。
- c) 试品在各温度极值点的驻留时间应足够长, 直至试品上的热电偶测量值达到稳定(推荐驻留时间为试品温度达到温度设定值后 5 分钟至 20 分钟)。试品的功能测试可以在被测物温度达到稳定后进行, 也可在整个试验过程中一直进行。
- d) 试验至少执行 5 个循环周期。

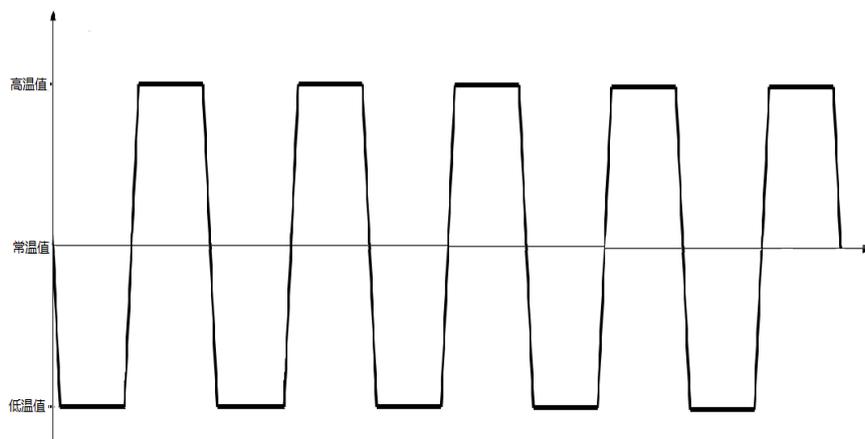


图 4 高低温循环应力试验曲线示意图

6.7 振动步进应力试验

振动步进应力试验具体步骤如下：

- 试验初始振动量级为 2~10Grms（推荐 10Grms），频率在 10Hz~5000Hz 之间，或者更宽的频率范围内。在每个振动量级驻留以及试品功能测试完成后，再以 2~10Grms（推荐 10Grms）的振动量级递增进行试验；
- 试验在每个振动量级的驻留时间应当不小于 10 分钟，然后再对试品进行功能测试。因此试品在每个振动量级的驻留时间，仍须由进行一次完整的功能测试所需时间决定。注意：虽然在整个试验过程中，都对试品进行功能测试，但是，在每个振动量级至少驻留 10 分钟后，都应对试品进行功能检测测试；
- 直至找到试品的操作极限或者试验应力等级已经达到 HALT 试验装置的能力极限，可以停止试验；
- 确定试品的操作极限后，振动步进试验应该继续进行，振动量级在试品的操作极限和破坏极限或 HALT 试验装置的能力极限之间，振动应力步进等级按照上面的等级设置。由于在此振动量级范围内，试品可能失效，所以，有必要在各个量级的振动应力试验间，将振动量级降低，判断试品能否恢复正常。如：将振动应力设置为操作极限或 0Grms 与振动操作极限之间的振动量级。

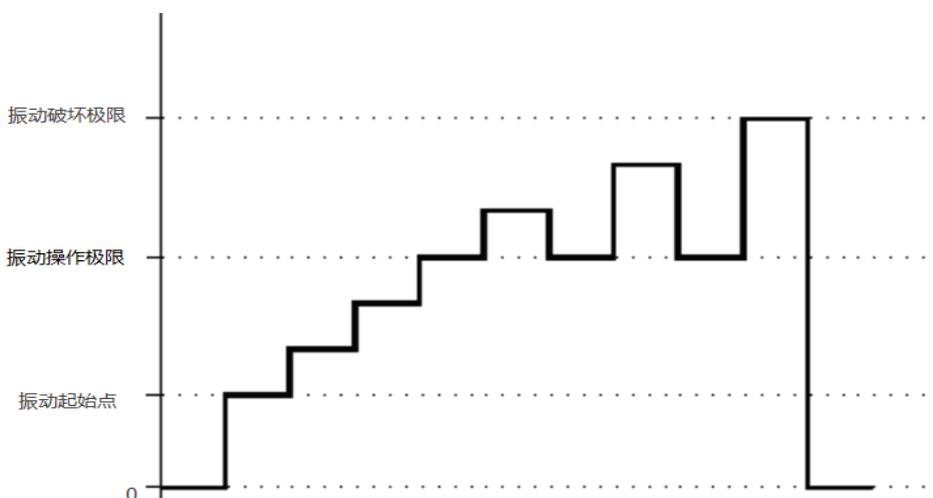


图 5 振动步进应力曲线示意图

6.8 高低温循环与振动综合应力试验

高低温循环与振动综合应力试验具体步骤如下：

- 温度和振动组合试验至少执行 5 个循环，除非试品在试验中出现不可恢复的故障。
- 试验中设置的温度循环曲线的极值应在试品的操作极限上、下限值之内，试品在每个温度极值点驻留时间为 5 分钟~10 分钟（具体停留时间依据试品温度稳定时间而定）。
- 组合试验中的初始振动量级是振动步进试验中的破坏极限的 1/5，此后每个循环中振动量级递增，递增量为初始振动量级。例如：振动步进试验中，试品的破坏极限为 35Grms，那么，组合试验的初始振动量级为 7Grms，在每个试验循环后，振动量级增加 7Grms，故 5 个循环试验中的振动量级分别为 7Grms、14Grms、21Grms、28Grms 和 35Grms。如果在振动步进试验中未能找到破坏极限（即破坏极限大于 HALT 试验设备的能力极限），则试验以 HALT 试验设备的最大振动输出量级的 1/5 开始并递增。（注：试验中也可以适当采用更小的最初振动量级和递增量级。）
- 在每个试验量级驻留一段时间后，都应对被测物进行功能测试。试验驻留时间须根据试品功能测试所需时间而适当延长。（注意：在整个试验过程中，尽可能对试品进行功能测试。在每个振动量级至少驻留 5 分钟~10 分钟后，必须对试品进行功能测试。）

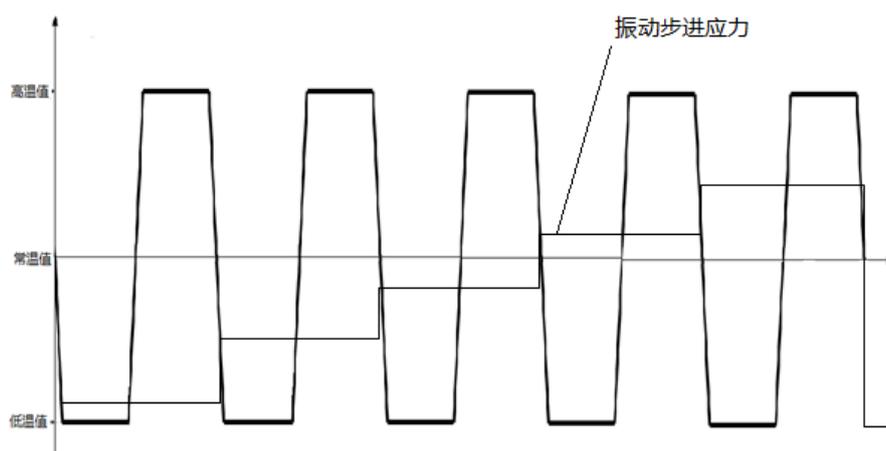


图 6 高低温循环与振动综合应力试验曲线示意图

7 报告

试验报告中要记录完整的试验数据和明确的试验细节，保证试验报告完整和试验过程的可再现性。

试验报告中所应该包含的信息有：

- 客户（名称和地址）；
- 测试实验室（名称和地址，如果有，还包括合格认可的详细信息）；
- 测试日期；
- 试验目的；
- 试验操作人员；
- 试品描述（唯一性标识符、工程图、照片、数量、结构、状态等）；
- 设备校准日期（最近一次校准和下一次应校准的日期）；

- 试验数据（试品功能测试、温度和振动数据等）；
 - 试验中试品的安装和固定方式；
 - 温度和振动数据的测量细节（加以表格、曲线和照片说明）；
 - 试品监测传感器的安装位置（包括温度和加速度传感器）；
 - 试品的功能测试记录；
 - 试品在试验中的功能表现。需详细描述试品功能退化发生的情况以及发生功能退化时的试验应力条件，包括试品的操作极限、破坏极限以及其它的重要信息；
 - 故障根本原因分析方法和结论；
 - 试品的改进；
 - 试验总结。
-

附录 A

(资料性附录)

高加速寿命试验装置

A.1 引言

高加速寿命应力试验装置应包含温度试验系统和气锤振动试验系统两大部分。能进行高低温应力试验、快速温度循环应力试验、气锤随机振动应力试验和温度循环与随机振动复合应力试验。设备功能需满足本标准 4.2 的要求。

A.1.1 温度试验系统

为了达到高加速寿命应力试验的快速温度变化的要求，试验装置一般采用液氮快速降温方式。

A.1.2 气锤振动试验系统

气锤振动系统，采用压缩空气，驱动气锤，产生六自由度随机振动。应具有足够的振动输出量级的同时，还需保持整个振动台面振动量级的均匀性。

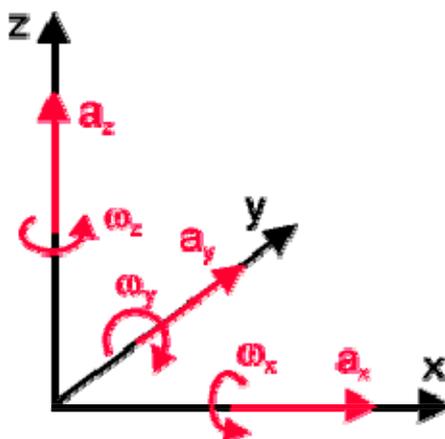


图 A.1 六自由度随机振动示意图

A.1.3 其它辅助系统

为了保障试验中试验装置和试品的安全，高加速寿命应力试验装置还可能包含其它辅助系统，如液氮降压系统、高温报警和保护系统、试验除湿系统、温度或振动隔离装置等。

附录 B

(规范性附录)

应力极限确认

B.1 引言

高加速寿命应力试验是通过逐步提高施加在试品上的应力（温度、振动、温度和振动综合应力）的强度，找出试品设计极限的试验方法。通过高加速寿命应力试验，找出试品的应力极限，发现试品的潜在缺陷。通过缺陷的修复和反复的试验验证，拓宽产品的设计极限，从而提高产品可靠性水平。

B.2 应力极限

在高加速寿命应力试验中，需要找出试品的高温操作极限和破坏极限、低温操作极限和破坏极限以及振动的操作极限和破坏极限。

通过高温步进应力试验、低温步进应力试验和振动步进应力试验分别确定试品的相关应力极限值。

B.2.1 低温操作极限和破坏极限

高温应力极限确认程序：

如图 B.1 当试验温度从常温开始通过一定步进阶梯降温，降至温度 T_2 时，试品出现故障，当温度恢复至 T_1 时，试品故障消失；再进一步降至 T_3 时，试品出现故障，再次恢复到 T_1 时，试品故障消失，则确认 T_1 为试品的低温操作极限。当温度降至 T_4 ，试品出现故障，若升至 T_1 试品功能无法恢复正常，则确认试品的低温破坏极限为 T_4 。

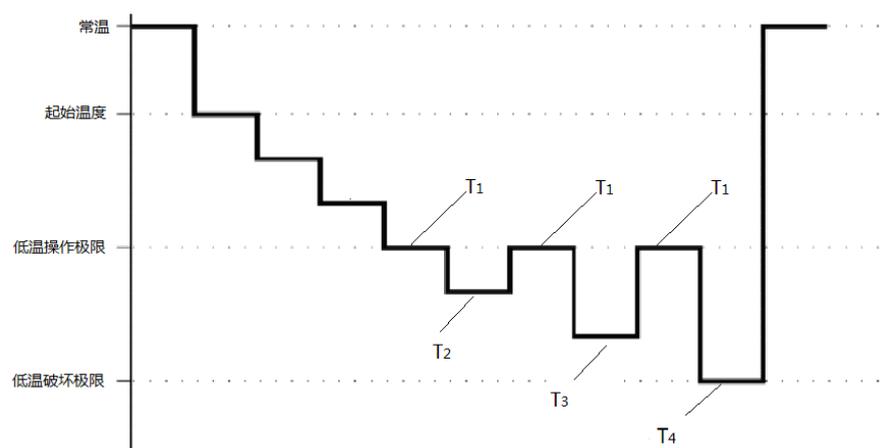


图 B.1 低温操作极限和破坏极限确认示意图

B.2.2 高温操作极限和破坏极限

高温应力极限确认程序：

如图 B.2 当试验温度从常温开始通过一定步进阶梯升温，升至温度 T_2 时，试品出现故障，当温度

恢复至 T_1 时，试品故障消失，再进一步升至 T_3 时，试品出现故障，再次恢复到 T_1 时，试品故障消失，则确认 T_1 为试品的高温操作极限。当温度升至 T_4 ，试品出现故障，若温度降至 T_1 试品功能无法恢复正常，则确认试品的高温破坏极限为 T_4 。

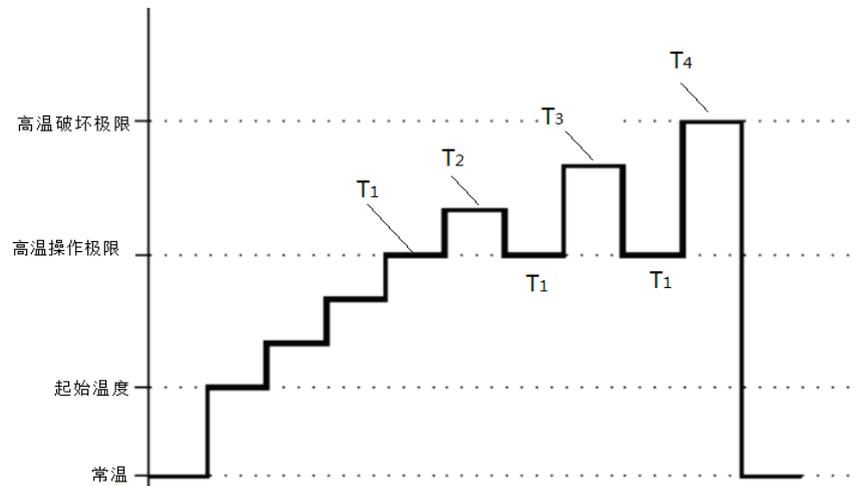


图 B.2 高温操作极限和破坏极限确认示意图

B.2.3 振动操作极限和破坏极限

振动应力极限确认程序：

如图 B.3 当试验振动量级从零开始通过一定步进阶梯增加，增至振动量级 g_2 时，试品出现故障，当振动量级恢复至 g_1 时，试品故障消失，再进一步增至 g_3 时，试品出现故障，再次恢复到 g_1 时，试品故障消失，则确认 g_1 为试品的振动工作极限。当试品升至 g_4 ，试品出现故障，降至 g_1 试品无法恢复，则确认试品的振动破坏极限为 g_4 。

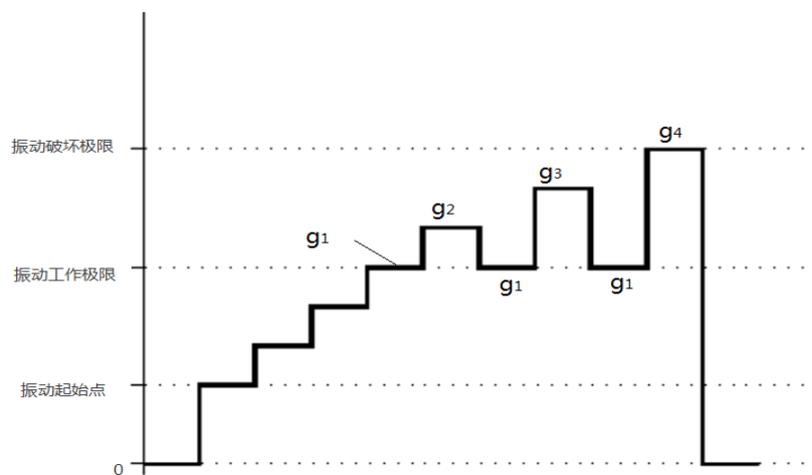


图 B.3 振动操作极限和破坏极限确认示意图

B. 2. 4 高低温循环试验中温度极限值计算方法

高加速应力试验中温度循环试验中温度极限值应依据 B. 2. 1 和 B. 2. 2 中得到的高、低温的工作应力值进行计算。

温度循环极值按以下方法进行计算：

- a) 工作温度值绝对值减去（5~10）℃
- b) 工作温度值的（85~90）%

B. 3 温度和振动应力阶梯保持时间

B. 3. 1 温度应力阶梯保持时间

温度应力阶梯的保持时间应根据试品达到温度稳定的时间以及试品功能测试时间综合考虑。建议温度应力阶梯保留时间为试品温度稳定时间加上试品功能测试时间。

B. 3. 2 振动应力阶梯保持时间

振动应力试验中，建议对试品进行功能测试前，保持（10~15）分钟的振动应力施加时间。

附录 C

(规范性附录)

应力隔离

在高加速应力寿命试验中,为了更加全面地寻找试品缺陷,需要隔离某些对温度应力或对振动应力特别敏感的器件或部件。

C.1 局部加温和局部降温

通过局部加温方法,可以对某些对低温特别敏感的器件或部件进行局部的升温,以保持其性能,从而能在不影响试品整体性能的情况下,对试品的其它部分进行低温应力试验。

通过局部降温方法,可以对某些对低温特别敏感的器件或部件进行局部的降温,以保持其性能,从而能在不影响试品整体性能的情况下,对试品的其它部分进行高温应力试验。

可参考的局部加温和局部降温措施:采用导气管导出冷气,进行局部降温;采用电阻加热法,进行局部加温。

C.2 振动应力隔离

由于试品某些器件或部件很容易受振动应力的影响而失效,从而影响试品在振动应力试验中的性能。在不影响整个试品工作性能的情况下,可以对该器件或部件采取合适的应力隔离措施,从而能进一步地对试品进行振动应力试验。(例如:电脑中的硬盘,容易受振动影响而失效。可采取加长引线的方法,将硬盘置于试验装置外,仅对电脑中的其余组件进行振动应力试验。注意保证电脑系统工作完整性。)
