



中华人民共和国国家标准

GB/T 29309—2012

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



2012-12-31 发布

2013-06-01 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	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	3
5 试验准备	4
6 试验方法	5
7 相关规范应给出的信息	10
8 试验报告应给出的信息	10
附录 A (资料性附录) 高加速寿命试验装置	12
附录 B (资料性附录) 试验流程图	15
附录 C (资料性附录) 应力隔离	16
附录 D (规范性附录) 应力极限确认	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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(SAC/TC 374)提出并归口。

本标准负责起草单位: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:杨彦彰、朱建华、张华、李岩、张灿文、陈显顾。



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

本标准规定了高加速寿命试验(Highly Accelerated Life Test, HALT)的一般要求、试验准备和试验方法。

本标准规定的高加速寿命试验,施加的试验应力包括高温步进、低温步进、快速温度变化循环、六自由度非高斯宽带随机振动等应力。

本标准适用于电工电子产品及其电子部件、印制电路板组件等。对于大型整机,宜优先考虑在前端的装配级别(如印制电路板组件、子模块)上进行试验。

本标准还适用于电工电子产品的研发、设计和(或)试产阶段,也可用于批量生产阶段。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验 概述和指南(IEC 60068-1:1988, IDT)

GB/T 2422—1995 电工电子产品环境试验 术语(eqv IEC 60068-5-2:1990)

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温(IEC 60068-2-1:2007, IDT)

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温(IEC 60068-2-1:2007, IDT)

GB/T 2423.22—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(IEC 60068-2-14:1984, IDT)

GB/T 2423.43—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(IEC 60068-2-47:2005, IDT)

GB/T 2423.56—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(IEC 60068-2-64:1993, IDT)

GB/T 2424.5—2006 电工电子产品环境试验 温度试验箱性能确认(IEC 60068-3-5:2001, IDT)

GB/T 2424.13—2002 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 温度变化试验导则(IEC 60068-2-33:2001, IDT)

GB/T 11804—2005 电工电子产品环境条件 术语

JJF 1101—2003 环境试验设备温度、湿度校准规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高加速寿命试验 **highly accelerated life test, HALT**

指通过逐步增强施加在试验样品上的试验应力(如温度、振动、快速温变及振动综合应力等),确定



产品的耐受应力极限的试验。

3.2

工作极限 operating limit, OL

当试验样品的工作特性不再满足技术条件的要求,但试验应力强度降低后,试验样品仍能恢复正常工作特性时所承受的试验应力强度值。工作极限包括:

工作极限上限(Upper Operating Limit, UOL);

工作极限下限(Lower Operating Limit, LOL)。

注:对于振动试验,工作极限只有上限值。

3.3

破坏极限 destruct limit, DL

当试验样品的工作特性不能满足技术条件要求,且试验应力强度降低后,试验样品再也不能恢复正常工作特性时所承受的试验应力强度值。破坏极限包括:

破坏极限上限(Upper Destruct Limit, UDL);

破坏极限下限(Lower Destruct Limit, LDL)。

注:对于振动试验,破坏极限只有上限值。

3.4

加速度谱密度 acceleration spectral density, ASD

当在带宽趋于零和平均时间趋于无穷的极限状态下,各单位带宽上通过中心频率窄带滤波器的加速度信号方均值。

[GB/T 2423.56—2006, 定义 3.2]

3.5

方均根加速度 G_{rms}

加速度谱密度函数 $S_x(f)$ 在给定的频率范围内的积分的正平方根。用式(1)表示:

$$G_{\text{rms}} = \sqrt{\int_{f_1}^{f_2} S_x(f) df} \dots\dots\dots (1)$$

[改写 GB/T 2422—1995, 定义 3.29]

式中:

G_{rms} ——方均根加速度,单位为 g_{rms} ;

f_1 ——给定频率范围的下限频率,单位为赫兹(Hz);

f_2 ——给定频率范围的上限频率,单位为赫兹(Hz)。

3.6

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

一种沿 X、Y、Z 三个正交轴向的线性运动及以 X、Y、Z 轴为轴心的旋转运动的振动。

3.7

预处理 pre-conditioning

为消除或部分抵消试验样品以前经历的各种效应,在条件试验前对试验样品所做的处理。

[GB/T 2422—1995, 定义 2.2]

3.8

步进应力试验 step stressing

通过逐级增加试验应力的强度,确定试验样品的工作极限和(或)破坏极限的试验。

3.9

综合试验 combined test

两种或多种试验环境同时作用于试验样品的试验。

[GB/T 2422—1995, 定义 2.10]

3.10

性能测试 functional test

对试验样品进行特性参数测试,用以判断试验样品能否在正常环境或强化应力条件下完成规定的功能,技术性能是否下降。一般包括测量试验样品的关键技术参数和(或)利用自诊断功能检测其内部性能参数。

3.11

固定点 fixing point

试验样品与安装夹具或振动台面接触的部分,样品在该点被固定。

[改写 GB/T 2422—1995, 定义 3.6]

注:如果实际安装结构的一部分作为夹具使用,则取安装结构和振动台面接触的部分作为固定点,不应取试验样品和振动台面接触的部分作为固定点。

4 一般要求

4.1 试验样品的代表性

试验样品通常为研发、设计和(或)试产阶段的产品,应能代表产品的预期功能、性能设计指标、元器件质量及工艺水平等。

4.2 装置的要求

本标准规定的高加速寿命试验装置,其系统构成和功能参见附录 A。

进行本标准规定的试验,还应配备测量试验样品性能指标及温度和振动响应所需的测量装置。

4.2.1、4.2.2 和 4.2.3 对试验和测量用的装置提出了技术要求。

4.2.1 振动应力试验系统

试验装置的振动应力试验系统应满足:

- a) 具有六自由度非高斯宽带随机激振功能;
- b) 振动量能分布带宽不小于 5 Hz~5 000 Hz 范围;
- c) Z 轴向最大振动输出量级不小于 60 g_{rms} ; X、Y 轴向最大振动输出量级不小于 30 g_{rms} ;
- d) 振动台面的振动量级均匀度偏差不超过 40%。

注:本标准中振动量级是指方均根加速度值,振动台面上振动量级均匀度的测量,参见附录 A 中 A.1.4。

4.2.2 温度应力试验系统

试验装置的空气循环系统应能提供足够的风量,以保证试验效果。

试验装置的温度应力试验系统应满足:

- a) 具有快速升降温的能力,最大温度变化速率不小于 60 K/min;
- b) 试验温度能力范围不小于 -80 °C~+170 °C;
- c) 温度波动度在 ±3 K 范围内。

温度应力试验系统的性能确认参考 GB/T 2424.5—2006 的规定。

注:温度波动度的测量参见附录 A 中 A.1.4。

4.2.3 测量装置

按本标准进行试验时,应实时测量试验样品的响应参数,包括温度响应、振动响应及性能指标等。

测量装置的技术指标,应符合相关规范的要求。

4.2.3.1 温度测量装置

监测并记录试验样品各关键部位的表面温度,为分析试验结果提供有用的数据。可通过试验装置本身的温度测量系统进行监测,但试验时通常需测量试验样品多个部位的温度响应,宜另外再提供多通道的温度测量装置。

温度测量装置的响应特性,应满足试验的需要。

4.2.3.2 振动测量装置

测量并记录试验样品各关键部位的振动响应,为分析试验结果提供重要的信息。可通过试验装置本身的振动测量系统进行测量。

对试验样品的振动响应进行频域分析是必要的,且某些情况下监测部位较多,宜另外提供合适的测量装置。

测量装置宜配备三轴向加速度传感器。相对测量部位而言,传感器的尺寸及质量应足够小,以免改变被测部位的响应特征。加速度传感器在 4.2.2 b) 要求的温度范围内应保持良好的工作特性。

建议传感器的频率响应范围不小于 5 Hz~5 000 Hz,加速度测量范围不小于 -500 g ~ $+500\text{ g}$ 。

4.2.3.3 其他测试仪器

主要指试验样品性能测试所需的仪器。性能指标测量结果作为判断试验样品是否发生失效或故障的重要依据。

如果试验中需对试验样品施加拉偏电压及频率的应力,则需提供合适的样品工作电源。

4.2.4 夹具

试验夹具应具有良好的振动量能传递效果,且不影响试验样品的热传导。

注:夹具的振动量能传递效果可通过比较安装在固定点附近的传感器所采集的加速度谱密度和振动激励加速度谱密度来判断。

5 试验准备

5.1 试验方案

试验方案的制定,应充分利用研发和试产阶段的有关信息。

试验方案包括但不限于以下内容:

- a) 试验样品的信息;
- b) 试验应力条件;
- c) 试验过程中的测量;
- d) 试验样品的工作状态及失效和故障的判定;
- e) 试验实施计划。

5.2 试验样品

除非相关规范另有规定,试验样品一般不少于 3 个。

试验前应对样品进行充分的分析,评估可能发生失效或故障的元部件、连接措施、焊接工艺等。宜提前准备替代或修复措施。

必要时提供产品的电路原理图、元器件清单、制造工艺文件等资料。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

本标准规定的试验,在 GB/T 2421.1—2008 表 2 规定的测量和试验用标准大气条件下进行。

6.2 试验项目

除非相关规范另有规定,一般按表 1 的规定进行试验。试验过程中,可能进行功能判断或失效分析及故障维修。试验流程参见附录 B。

表 1 试验项目和顺序

试验顺序	试验项目
1	常温性能测试
2	温度均匀性测试
3	低温步进试验
4	高温步进试验
5	快速温变循环试验
6	振动步进试验
7	快速温变循环与振动步进综合试验

6.3 试验平台

试验前,按试验要求准备试验装置、测量仪器、夹具、供电电源、负载等,搭建试验平台。应:

- a) 按预期方式将样品安装在试验箱内。当几个试验样品同时试验时,应使各试验样品之间及试验样品和箱壁之间的空气能自由流通。振动试验时,应使用夹具可靠固定试验样品。
- b) 正确连接试验用电源、工作负载及样品的各个部件或子系统。
- c) 正确连接应力响应及性能测量仪器和其他必要的监控设备。

图 1 给出了试验平台的图示。

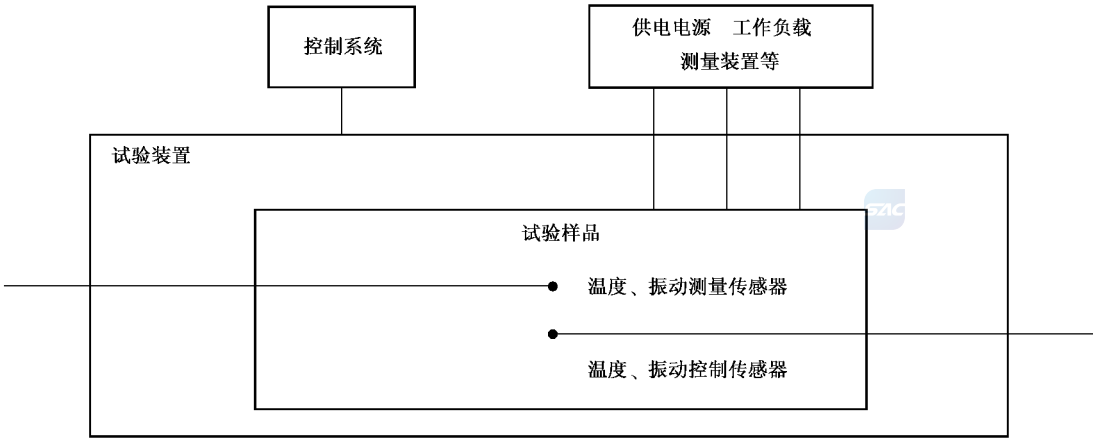


图 1 试验平台示意图

6.4 样品预处理

必要时,对试验样品进行以下预处理:

- a) 去除试验样品的外壳;
- b) 除非有特殊的要求,通常需排除试验样品的过温保护功能。其他保护功能,如过压保护、欠压保护、短路保护、过流保护等则保留;
- c) 准备应力隔离措施(参见附录 C)。

6.5 常温性能测试

在 6.1 规定的环境条件下检查样品的功能,测量其性能指标,确认样品正常。

6.6 温度均匀性测试

除非相关规范另有规定,通常在低温步进试验前,进行下述温度均匀性测试。

切断箱内试验样品的电源,将试验温度设定为某一温度(如:40℃),启动试验。待箱内温度稳定后,测量试验样品各有关部位的温度。可通过改变试验样品和导风管风口的位置,使各测量部位间的温度偏差维持在 $\pm 5\text{ K}$ 内(或按相关规范的规定)。

注:本测试的目的,是通过改变试验样品及导风管的位置,调节试验样品有关部位所受温度应力的均匀性。测试中如果温度应力过大,可能会对试验样品造成损伤,通常取试验温度略高于室温。

6.7 低温步进试验

进行本阶段试验时,参考 GB/T 2423.1—2008 中 4.5 的规定测量试验箱内空气温度。稳定状态时,流向试验样品的空气的温度应处于试验设定值的 $\pm 3\text{ K}$ 范围内。

注:当由于试验箱尺寸的原因,不能维持上述容差时,可适当放宽容差至 $\pm 5\text{ K}$ 。此时应在报告中说明。

低温步进试验步骤:

- a) 以常温或相关规范规定的温度点为起始温度,开始试验。
- b) 以一定的温度步进值进行降温。推荐温度步进值为 $5\text{ K}\sim 10\text{ K}$,或按相关规范确定。
- c) 温度阶梯持续时间应合适,应使试验样品各测量部位的温度达到稳定。推荐阶梯持续时间为试验样品各测量部位的温度达到稳定后 $5\text{ min}\sim 20\text{ min}$,或按相关规范确定。性能测试一般在试验样品各测量部位的温度达到稳定后进行,也可在整个试验过程中都进行。
- d) 重复步骤 b)和 c),确定试验样品的低温工作极限。
- e) 继续步进应力试验,直至确定试验样品的低温破坏极限。

试验过程中,若试验温度达到了预期目标值(如:相关规范提出的试验温度值),试验可终止。

图 2 给出了低温步进试验的图示。

低温工作极限和破坏极限的确定见附录 D 中 D.2.1。

注:对低温敏感的元部件,可采取局部加热措施(参见附录 C),防止其在低温下过快失效而影响试验继续进行。

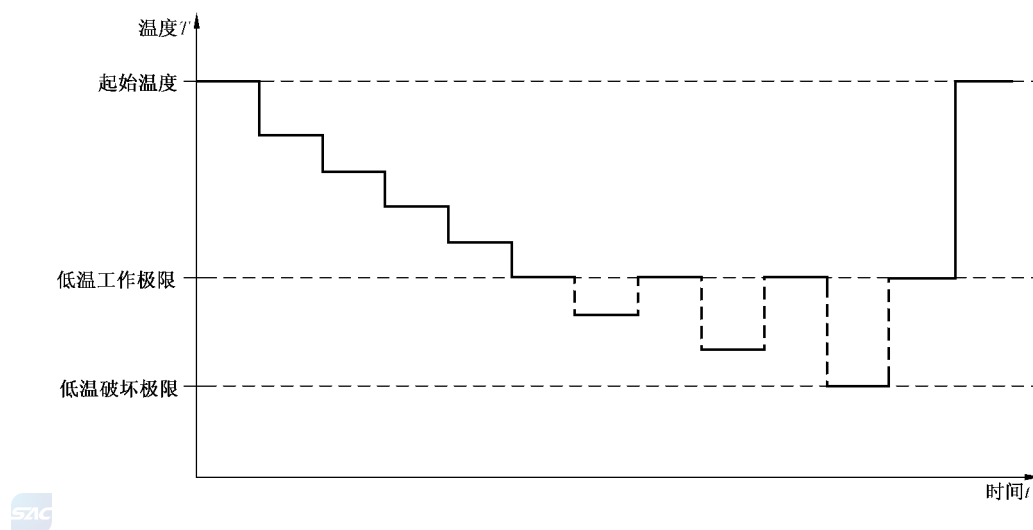


图 2 低温步进试验曲线示意图

6.8 高温步进试验

进行本阶段试验时,参考 GB/T 2423.2—2008 中 4.5 的规定测量试验箱内空气温度。稳定状态时,流向试验样品的空气的温度应处于试验设定值的 $\pm 3\text{ K}$ 范围内。

注:当由于试验箱尺寸的原因,不能维持上述容差时,可适当放宽容差至 $\pm 5\text{ K}$ 。此时应在报告中说明。

高温步进试验步骤:

- 以常温或相关规范规定的温度点为起始温度,开始试验。
- 以一定的温度步进值进行升温。推荐温度步进值为 $5\text{ K}\sim 10\text{ K}$,或按相关规范确定。
- 温度阶梯持续时间应合适,应使试验样品各测量部位的温度达到稳定。推荐阶梯持续时间为试验样品各测量部位的温度达到稳定后 $5\text{ min}\sim 20\text{ min}$,或按相关规范确定。性能测试一般在试验样品各测量部位的温度达到稳定后进行,也可在整个试验过程中都进行。
- 重复步骤 b) 和 c),确定试验样品的高温工作极限。
- 继续步进应力试验,直至确定试验样品的高温破坏极限。

试验过程中,若试验温度达到了预期目标值(如:相关规范提出的试验温度值),试验可终止。

图 3 给出了高温步进试验的图示。

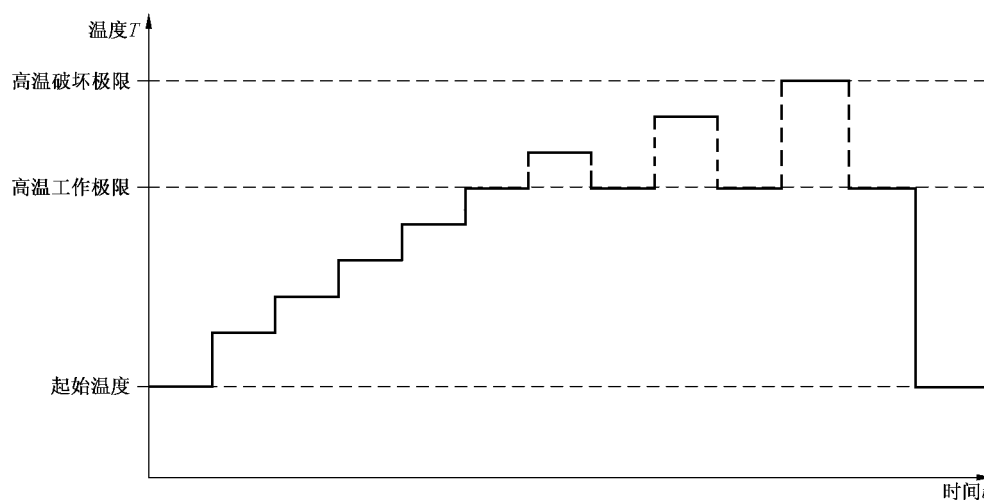


图 3 高温步进试验曲线示意图

高温工作极限和破坏极限的确定见附录 D 中 D. 2. 2。

注：对高温敏感的元部件，可采取局部降温措施（参见附录 C），防止其在高温下过快失效而影响试验继续进行。

6.9 快速温变循环试验

试验装置的技术规格应符合 GB/T 2423. 22—2002 中 2. 3. 1 的规定。

快速温变循环试验步骤：

- a) 确定高温温度值和低温温度值（见附录 D 中 D. 2. 4）。
- b) 以一定的温度变化速率进行温度循环试验。推荐温度变化速率为 40 K/min，或按相关规范确定。
- c) 在高、低温温度值的试验持续时间应合适，应使试验样品上各测量部位的温度达到稳定。推荐持续时间为试验样品各测量部位的温度达到稳定后 5 min~20 min，或按相关规范确定。性能测试一般在试验样品各测量部位的温度达到稳定后进行，也可在整个试验过程中都进行。
- d) 除非相关规范另有规定，试验应进行 5 个循环。

图 4 给出了快速温变循环试验的图示。

确定高、低温温度值的试验持续时间时，应考虑试验样品的热时间常数的影响。

有关试验持续时间与试验样品的热时间常数之间的关系说明，见 GB/T 2424. 13—2002。

注：在一个试验样品内部，温度变化的速率取决于其材料的热传导、热容量的立体分布及尺寸大小。

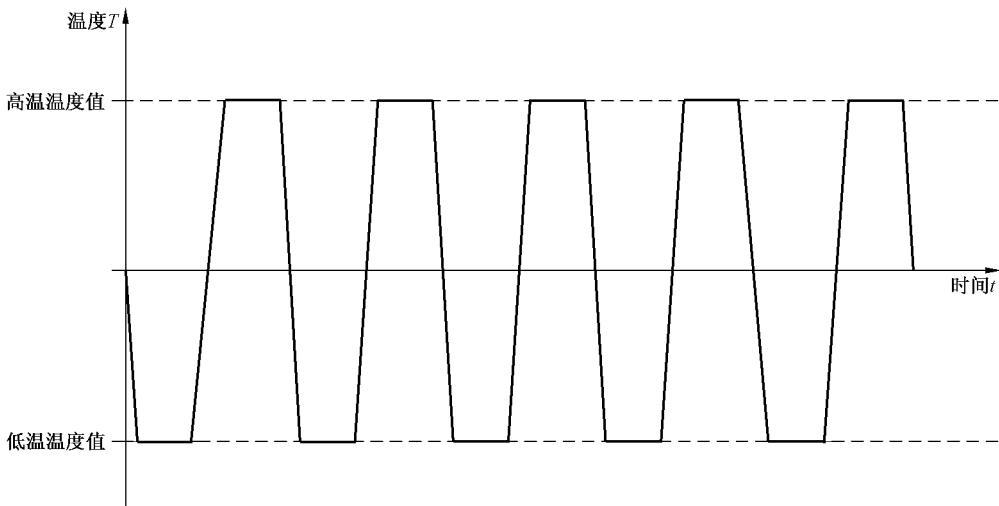


图 4 快速温变循环试验曲线示意图

6.10 振动步进试验

除非相关规范另有规定，试验样品按 GB/T 2423. 43—2008 的规定进行安装，其他要求参考 GB/T 2423. 56—2006。

振动步进试验步骤：

- a) 确定起始振动量级和步进值，开始试验。推荐起始振动量级为 $5 g_{rms}$ ~ $10 g_{rms}$ ，步进值为 $5 g_{rms}$ ，或按相关规范确定。
- b) 先以设定的振动量级进行耐久振动，振动时间为 10 min，或按相关规范确定；接着在振动持续状态中进行性能测试。试验样品在该振动量级的振动持续时间，至少包括耐久振动及完成一次性能测试所需的时间。
- c) 以步进值增加振动量级。

- d) 重复步骤 b) 和 c), 确定试验样品的振动工作极限。
e) 继续步进应力试验, 直至确定试验样品的振动破坏极限。

试验过程中, 若振动量级达到了预期目标值(如: 相关规范提出的振动量级), 试验可终止。

图 5 给出了振动步进试验的图示。

振动工作极限及破坏极限的确定见附录 D 中 D. 2. 3。

注 1: 考虑到振动的疲劳累积效应对试验样品的影响, 耐久振动时间不宜过长, 性能测试应连贯进行。

注 2: 必要时, 可在某个或每个量级的振动试验结束后, 进行一个低量级的振动监测, 如量级为 $(5 \pm 3) g_{rms}$ 的振动, 持续时间不超过 5 min。这有助于发现前面高量级振动时未暴露的缺陷, 如: 因振动导致的焊点松动。

注 3: 对振动敏感的元部件, 可采取振动应力隔离措施(参见附录 C), 防止其在振动时过早失效而影响试验继续进行。

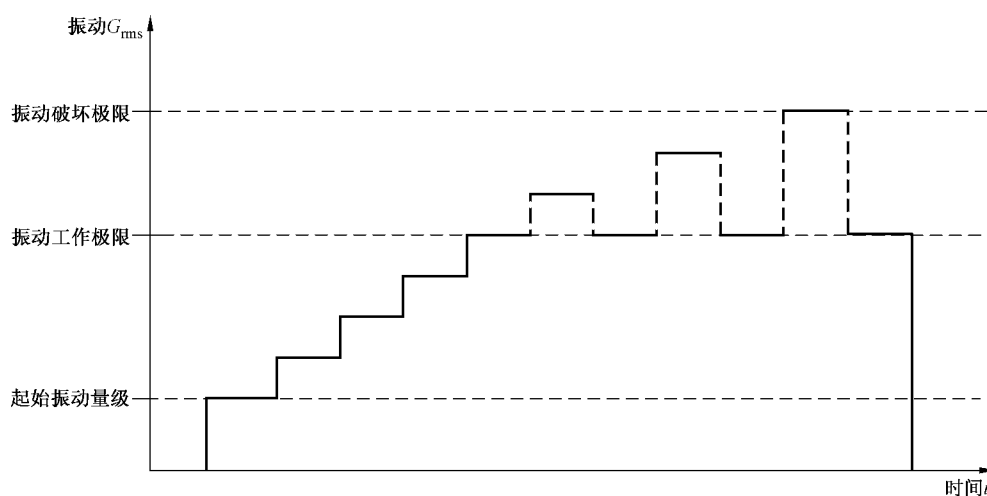


图 5 振动步进试验曲线示意图

6.11 快速温变循环与振动步进综合试验

除非相关规范另有规定, GB/T 2423. 22—2002 中 2. 3. 1 及 GB/T 2423. 56—2006 中 4. 4 的要求适用于本阶段的试验。

快速温变循环与振动步进综合试验步骤:

- a) 按 6. 9 的规定确定试验中的高、低温温度值及其持续时间。
b) 除非相关规范另有规定, 起始振动量级取为振动工作极限的 $1/5$, 此后在每个温度循环周期中振动量级递增, 步进值为振动起始量级。若振动步进试验中未能确定样品的振动工作极限, 则试验以试验装置最大振动输出量级的 $1/5$ 开始并递增。

示例: 若振动工作极限为 $35 g_{rms}$, 则综合试验的起始振动量级为 $7 g_{rms}$ 。以后每个温度循环周期中, 振动量级依次增加 $7 g_{rms}$, 故 5 个温度循环周期对应的振动量级依次为 $7 g_{rms}$ 、 $14 g_{rms}$ 、 $21 g_{rms}$ 、 $28 g_{rms}$ 和 $35 g_{rms}$ 。

- c) 进行综合试验。在每个振动量级持续 5 min~10 min 后, 都应进行性能测试。
d) 除非相关规范另有规定, 试验应进行 5 个温度循环。

图 6 给出了本综合试验的图示。

注: 每个振动量级的持续时间等于温度循环的周期。

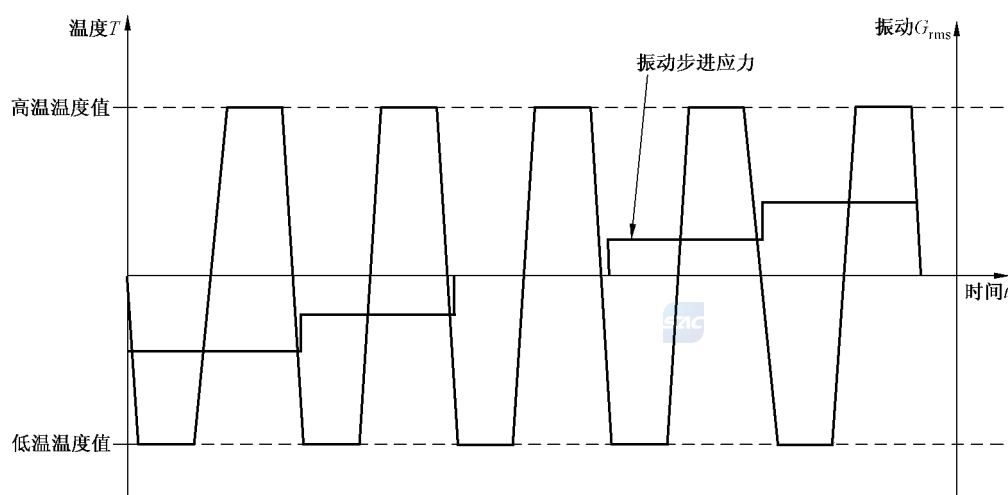


图6 快速温变循环与振动步进综合试验曲线示意图

7 相关规范应给出的信息

有关规范引用本标准时,应对下列项目作出规定:

- a) 试验和测量用的装置(见 4.2);
- b) 安装要求(见 4.2.4 和 6.3);
- c) 试验样品预处理(见 6.4);
- d) 性能测试(见 6.5);
- e) 试验起始温度、温度步进值及温度阶梯持续时间(见 6.7 和 6.8);
- f) 温度变化速率、循环数、高低温温度值及持续时间(见 6.9);
- g) 振动起始量级、步进值及振动阶梯持续时间(见 6.10);
- h) 综合试验中振动起始量级、步进值及温变循环数(见 6.11);
- i) 失效和故障判据;
- j) 应力隔离措施(参见附录 C)。

8 试验报告应给出的信息

试验报告应至少给出以下信息:

- a) 客户(名称和地址);
- b) 实验室(名称和地址,如果有,还应包括合格认可的详细信息);
- c) 试验日期;
- d) 试验人员;
- e) 试验样品描述(唯一性标识、工程图、照片、数量、结构、状态等);
- f) 装置校准信息;
- g) 试验环境条件;
- h) 试验样品预处理;
- i) 试验样品的安装和固定;
- j) 试验项目及应力条件;

- k) 传感器的安装位置；
- l) 温度和振动响应监测信息；
- m) 试验样品的性能测试结果；
- n) 失效或故障现象；
- o) 试验样品的工作极限、破坏极限及其他重要信息。



附 录 A
(资料性附录)
高加速寿命试验装置

A.1 引言

高加速寿命试验装置主要由温度应力试验系统和振动应力试验系统两部分构成。在环境激发试验中,该装置产生的强化应力,能加速试验样品的疲劳损伤。

A.1.1 温度应力试验系统

温度应力试验系统是试验装置进行温度应力试验的测量、控制和反馈系统,能进行低温步进、高温步进、快速温变循环等激发试验。目前,试验装置是以大功率阻性电热元件和液氮制冷的方式,实现温度应力阶梯步进或快速温变。

因为试验温度范围宽,且温度变化速率快,温度传感器应具有良好的响应特性。

A.1.2 振动应力试验系统

振动应力试验系统是试验装置进行振动应力试验的测量、控制和反馈系统。系统通过压缩空气驱动多个气锤,作三轴六自由度运动,击打振动台面,输出非高斯宽带随机振动应力。利用该应力,可进行高效能的振动激发试验,能较充分地暴露试验样品的潜在缺陷。

试验时,振动台面会因气锤多点重复冲击的作用而产生不规则的扭曲,致使台面上振动能级的均匀性发生较大变化;另外,试验样品(含夹具)的位置、重量和数量也是影响振动能级均匀性的因素。

压缩空气的流量及压力大小直接影响到振动输出量级的强弱。一般而言,压缩空气流量达 $250 \text{ m}^3/\text{h}$ 是合适的;其压力大小,须与试验装置的规格匹配。

对压缩空气进行前置干燥处理是必要的,可避免因空气中含有水分而导致气动系统中的金属部件发生锈蚀。

图 A.1 给出了三轴六自由度的振动图示。

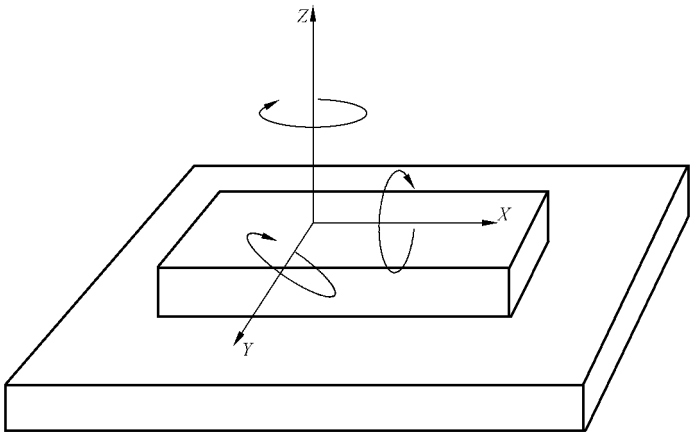


图 A.1 三轴六自由度振动示意图

A.1.3 其他功能系统

为了保障试验中试验装置和试验样品的安全,高加速寿命试验装置还可能包含以下功能系统:

- a) 液氮降压系统:防止因液氮压力过大而导致试验装置损坏;
- b) 高温报警和保护系统:防止异常情况下箱内温度过高而导致试验装置和试验样品的损伤;
- c) 试验除湿系统:排除试验装置箱体空气中的水汽,防止试验样品表面出现凝露。

A.1.4 温度特性和振动量级均匀性测量

a) 温度特性测量

试验装置温度特性的测量,参照标准 JJF 1101—2003 进行。

b) 振动量级均匀性测量

空载时振动台面上振动量级均匀性的测量方法如下:

- 制作四个金属材质的直角三角夹具(见图 A.2),夹具面板需具有一定的厚度以保证刚性,三角夹具与台面接触的基座高度需在 0.8 cm~1.0 cm,直角边长度略大于台面孔距即可。
- 振动台面划分为四个均匀的矩形区域,四个三角夹具分别安装于四个矩形区域的中心位置(见图 A.3);
- 安装测量传感器于三角夹具的直角处(见图 A.2);
- 设定需要测量的振动量级,如 10 g_{rms} 、30 g_{rms} 、60 g_{rms} ;
- 用动态分析仪测量各点三个正交轴向上的振动量级;
- 根据测量结果计算各振动量级下各点同一轴向的振动量级偏差。

按式 A.1 计算振动量级的最大偏差。

$$N = \frac{|\Delta g_{rms\ max}|}{\overline{g_{rms}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$\overline{g_{rms}}$ ——同次测量中,各点同一轴向的振动量级测量值的平均值;

$|\Delta g_{rms\ max}|$ ——同次测量中,各点同一轴向的振动量级测量值与 $\overline{g_{rms}}$ 的最大偏差的绝对值。

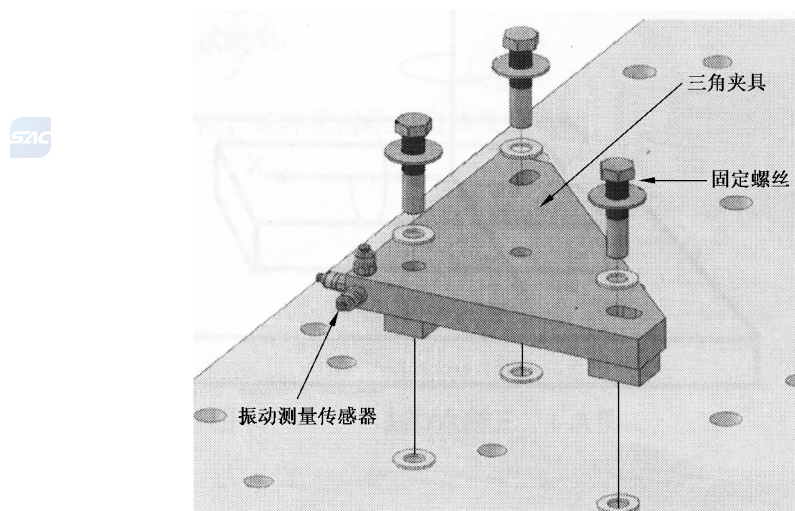


图 A.2 三角夹具结构与安装示意图

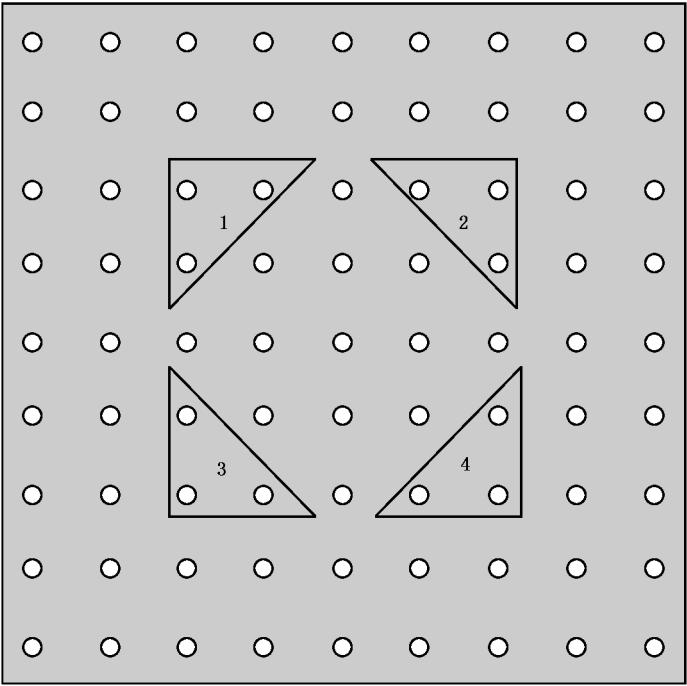
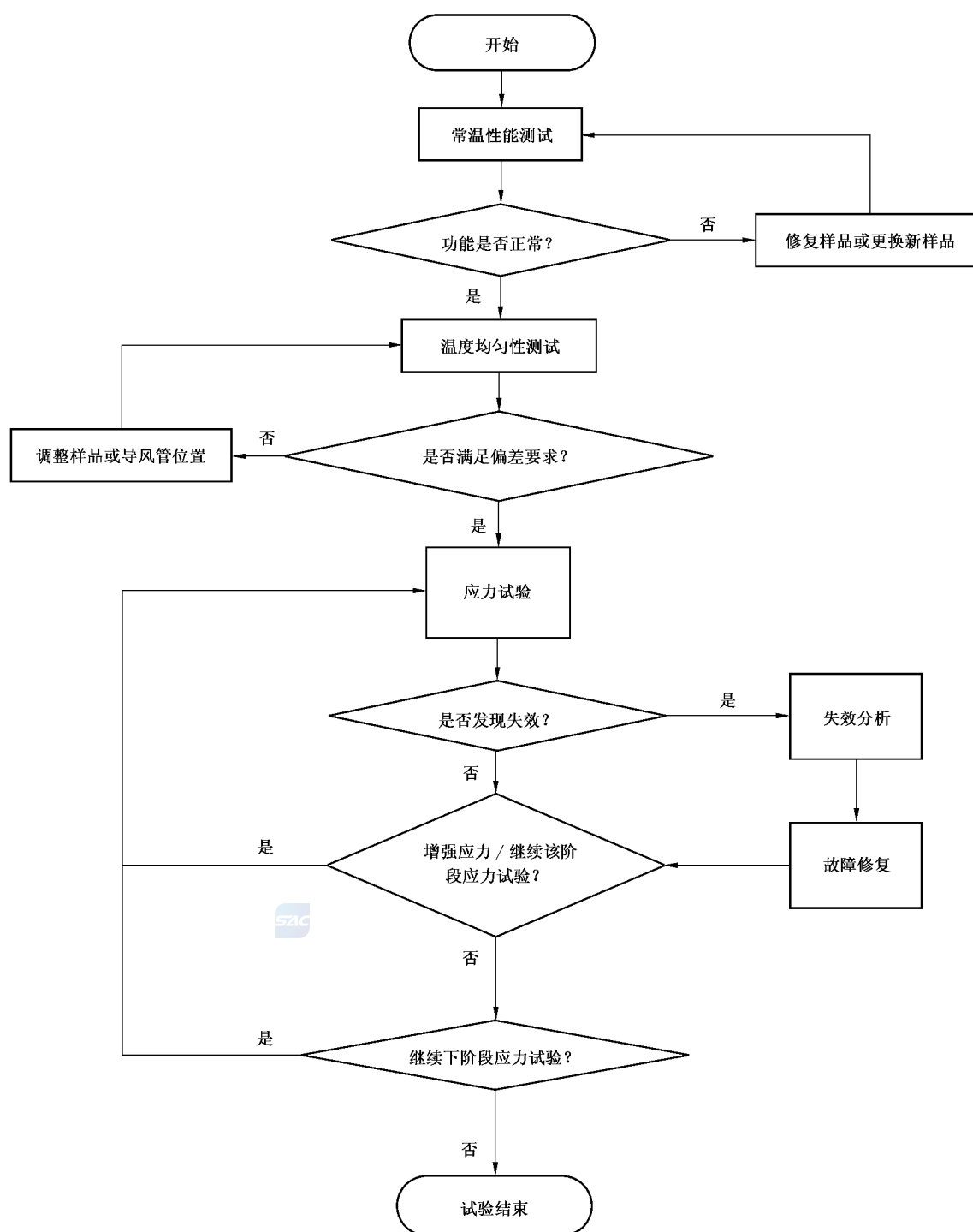


图 A.3 三角架固定位置示意图



附录 B
(资料性附录)
试验流程图



附 录 C
(资料性附录)
应 力 隔 离

进行高加速寿命试验时,试验样品中可能存在对试验应力敏感的元部件。此类元部件在试验应力的作用下,容易失效,不利于试验继续进行。为了消除或减轻应力的影响,试验时通常对此类元部件采取一些应力隔离措施。

C.1 局部加热和局部降温

通过局部加热,对某些低温敏感元部件进行升温,保持其应有性能,从而能不影响试验样品整体功能的情况下,继续试验。

通过局部降温,对某些高温敏感元部件进行降温,保持其应有性能,从而能不影响试验样品整体功能的情况下,继续试验。

可采取一些局部降温和局部加热措施,如:采用导风管导吹冷气,进行局部降温;采用纯阻性电阻通电发热,进行局部加热;采用独立的温度控制子系统进行局部温度调节。

C.2 振动应力隔离

试验样品的某些元部件,在振动应力的作用下容易失效,从而影响试验样品在振动试验中的性能表现。在不影响试验样品整体功能的前提下,可对该元部件采取振动应力隔离措施,以便试验继续进行。

可参考的振动应力隔离措施如:对振动敏感元部件采取应力缓冲安装措施;将振动敏感元部件脱离振动应力环境。

例如,计算机主机中的硬盘,容易受振动影响而失效。可采用加长的端口连接线,将硬盘置于试验装置外,脱离振动应力的作用,但应保证硬盘仍为计算机正常工作所必须的一部分。经此处理,仅对主机中的其余组件进行振动应力试验。

附 录 D
(规范性附录)
应力极限确认

D.1 引言

本标准的试验,通过强化应力的激发作用,能快速确定试验样品的应力极限,并暴露其潜在的缺陷。通过故障分析、工艺改进、设计优化及试验验证等系列措施,可拓宽产品的应力极限。下面提供了应力极限的确定方法。

D.2 应力极限

在高加速寿命试验中,需要确定试验样品的高温工作极限和破坏极限、低温工作极限和破坏极限以及振动工作极限和破坏极限。

通过高温步进试验、低温步进试验和振动步进试验分别确定试验样品的相关工作极限和破坏极限。

D.2.1 低温工作极限和破坏极限

低温应力极限的确定:

如图 D.1 所示,试验从起始温度开始,按一定的步进值降温。当温度降至 T_2 时,试验样品出现失效;再将温度回复至 T_1 ,样品恢复正常;继续将温度降至 T_3 ,试验样品又出现失效,此时将温度再次回复至 T_1 ,样品又恢复正常,则确认 T_1 为试验样品的低温工作极限。继续降温,若当温度降至 T_4 时,试验样品出现失效,接着将温度回复至 T_1 ,样品未能恢复正常,且继续升温至起始温度后,样品仍不能恢复正常,则确定 T_4 为试验样品的低温破坏极限。

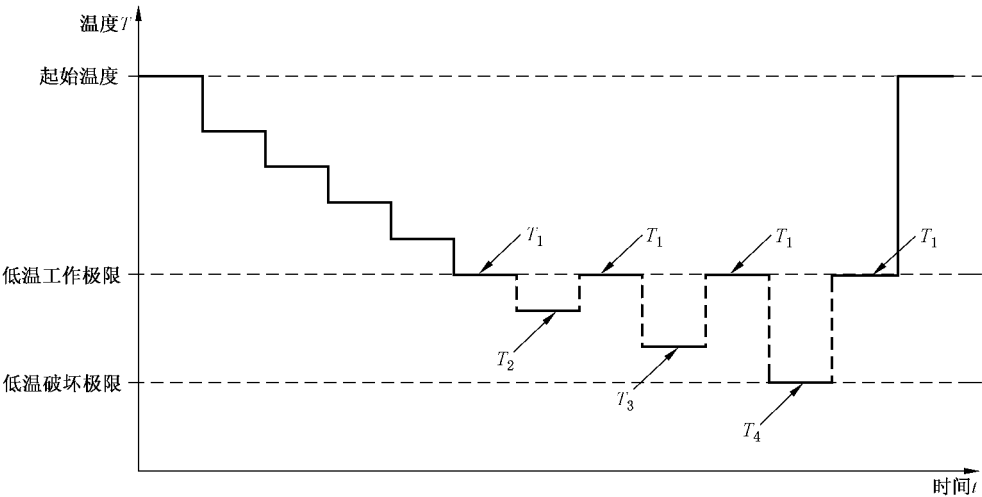


图 D.1 低温工作极限和破坏极限确认示意图

D.2.2 高温工作极限和破坏极限

高温应力极限的确定:

如图 D.2 所示,试验从起始温度开始,按一定的步进值升温。当温度升至 T_2 时,试验样品出现失效;再将温度回复至 T_1 ,样品恢复正常;继续将温度升至 T_3 ,试验样品又出现失效,此时将温度再次回复到 T_1 ,样品又恢复正常,则确认 T_1 为试验样品的高温工作极限。继续升温,若当温度升至 T_4 时,试验样品出现失效,接着将温度回复至 T_1 ,样品未能恢复正常,且继续降温至起始温度后,样品仍不能恢复正常,则确定 T_4 为试验样品的高温破坏极限。

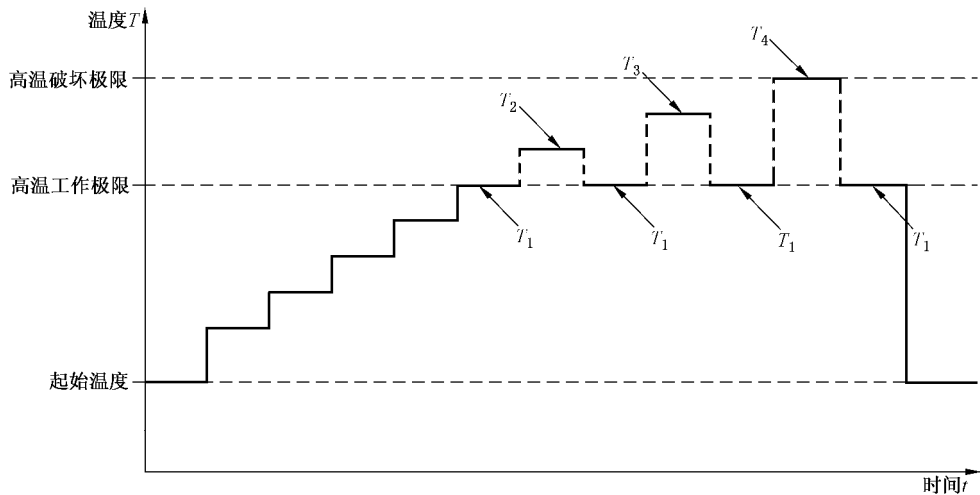


图 D.2 高温工作极限和破坏极限确认示意图

D.2.3 振动工作极限和破坏极限



振动应力极限的确定:

如图 D.3 所示,试验从起始量级开始,按一定的步进值递增。当振动量级增至 g_2 时,试验样品出现失效,再把振动量级降至 g_1 ,样品恢复正常;继续将振动量级增至 g_3 ,试验样品又出现失效,此时将量级再次降至 g_1 ,样品又恢复正常,则确认 g_1 为试验样品的振动工作极限。继续增加振动量级,若当量级升至 g_4 时,试验样品出现失效,接着把量级降至 g_1 ,试验样品的性能未能恢复正常,且停止振动后,样品仍不能恢复正常,则确定 g_4 为试验样品的振动破坏极限。

D.2.4 快速温变循环试验中高、低温温度值的计算

快速温变循环试验的高、低温温度值依据 D.2.1 和 D.2.2 得到的高、低温的工作极限进行确定。

快速温变循环试验的高、低温温度值按以下方法进行计算:

- a) 高温温度值为高温工作极限减去 5 K~10 K,低温温度值为低温工作极限加上 5 K~10 K;或
- b) 高、低温温度值分别为高、低温工作极限的 85%~90%。

注:当采用方法 b)时,工作极限以“℃”为计量单位。

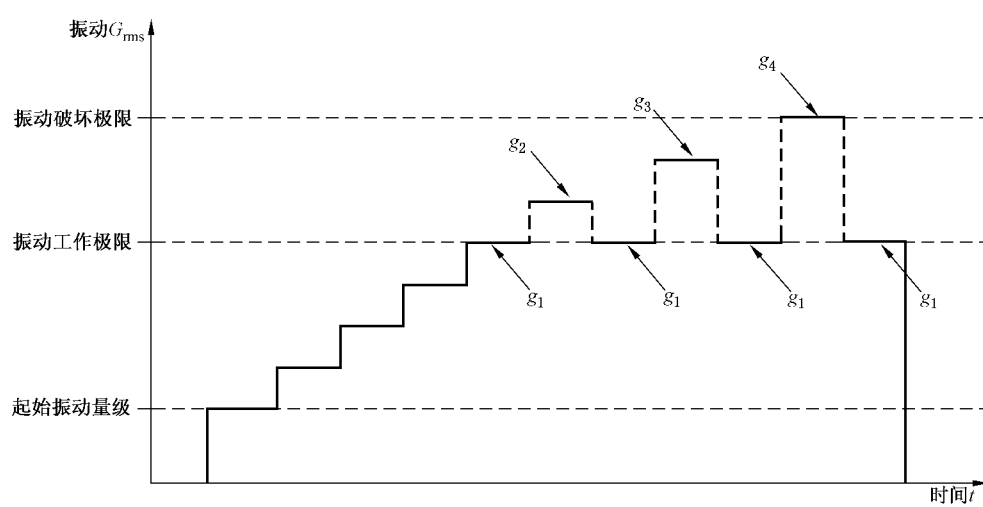


图 D.3 振动工作极限和破坏极限确认示意图