

团 体 标 准

T/IGRS 0020-2023
T/AHQGD-ICT 0001-2023

消费级固态硬盘可靠性及环境适应性规范

Reliability and Environmental Conformation Specification for Client Solid State Drive

2023-11-13 发布

2023-11-13 实施

北京市闪联信息产业协会
ICT 产业高质量与绿色发展联盟 发布

目 次

前 言.....	II
1. 范围.....	1
2. 规范性引用文件.....	1
3. 术语和定义.....	1
4. 缩略语.....	2
5. 要求.....	2
5.1 可靠性要求.....	2
5.2 环境适应性要求.....	2
5.2.1 电磁兼容性要求.....	2
5.2.2 气候环境适应性要求.....	3
5.2.3 机械环境适应性要求.....	4
6. 试验方法.....	5
6.1 可靠性试验.....	5
6.1.1 试验环境条件.....	5
6.1.2 寿命和 MTBF 试验.....	6
6.1.3 数据保持试验.....	6
6.1.4 故障的分析及统计.....	7
6.1.5 数据处理.....	7
6.2 环境适应性试验.....	7
6.2.1 电磁兼容性试验.....	7
6.2.2 气候环境适应性试验.....	8
6.2.3 机械环境适应性试验.....	9
附 录 A（资料性）阿伦尼斯模型.....	11
附 录 B（资料性）MTBF 计算示例.....	12
参考文献.....	13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由 ICT 产业高质量与绿色发展联盟和北京市闪联信息产业协会标准创新专委会共同提出并归口。

本文件起草单位：北京市闪联信息产业协会、深圳忆联信息系统有限公司、联想（北京）有限公司、联想信息产品（深圳）有限公司、联想开天科技有限公司、奥测世纪（北京）技术股份有限公司、新联合众（北京）科技有限公司。

本文件主要起草人：孙克庆、谢奉洋、张华、江振培、王向阳、甘金涛、刘琮、代渐飞、刘承、罗培中、陶宏芝、吕飞燕、谢晓波、和志华、李杨、武瑞雁、孙志勇、侯晶晶。

消费级固态硬盘可靠性及环境适应性规范

1. 范围

本文件规定了消费级固态硬盘的可靠性及环境适应性要求，和相应的试验方法。

本文件适用于消费级固态硬盘模组的可靠性及环境适应性验证。

非消费级固态硬盘产品也可参考使用。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.1 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验A:低温试验方法

GB/T 2423.2 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验B:高温试验方法

GB/T 2423.3 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab:恒定湿热试验方法

GB/T 2423.6 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Eb和导则:碰撞

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka:盐雾

GB/T 2423.22 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验N:温度变化试验方法

GB/T 2423.26 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z / BM:高温 / 低气压综合试验

GB/T 2423.50 电工电子产品 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy 恒定湿热 主要用于元件的加速试验

GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求

GB/T 17626.2 电磁兼容试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

IEC 61000-4-8 Testing and Measurement Techniques - Power Frequency Magnetic Field Immunity Test

JESD218B Solid-State Drive (SSD) Requirements and Endurance Test Method

JESD219A Solid-State Drive (SSD) Endurance Workloads

JESD22-A104 Temperature Cycling

JESD22-B103 Vibration, Variable Frequency

JESD22-B110 Mechanical Shock - Device and Subassembly

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固态硬盘 Solid State Drive, SSD

一种以闪存为存储媒体的数据存储设备，主要由控制器和存储单元构成。

[T/CESA 9281-2020 3.1]

3.2

消费级 Client

主要应用于微型计算机场景的固态硬盘。

[T/CESA 9281-2020 5b]

3.3

平均无故障工作时间 Mean Operating Time Between Failures, MTBF
相邻两次故障之间的平均工作时间，称为平均无故障工作时间。
[GB/T 24985-2010 3.1.1]

3.4

故障 Fault
产品不能执行规定功能的状态。
[GB/T 24985-2010 3.1.8.1]

3.5

关联故障 Relevant Fault
在解释试验结果或者计算可靠性特征量时必须计入的故障。
[GB/T 24985-2010 3.1.8.5]

4. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MTBF	Mean Operating Time Between Failures	平均无故障工作时间
SMART	Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology	自检测分析及报告技术
TBW	Terabytes Written	写入量
UBER	Uncorrectable Bit Error Rate	不可修复位错误率
UECC	Uncorrectable Error Correction Code	不可纠正的错误码

5. 要求

5.1 可靠性要求

可靠性要求应符合表1的规定。应在产品说明书中表明其MTBF、寿命、UBER、数据保持能力技术要求。MTBF的计算方法见附录B。

表1 可靠性要求

项目	技术要求
MTBF	≥200万小时
寿命	符合产品说明书中的要求
UBER	≤10 ⁻¹⁶
数据保持能力	3年(43℃)

5.2 环境适应性要求

5.2.1 电磁兼容性要求

5.2.1.1 无线电骚扰的辐射发射要求

无线电骚扰的辐射要求应符合表2的规定，项目1、2任选一，项目3必选。

表2 无线电骚扰的辐射发射要求

项目	测量距离 (m)	频率范围 (MHz)	设施	检波器类型/ 带宽	试验依据标准	B级限值 dB (μ V/m)
1	10	30~230	开阔场/半电 波暗室	准峰值 /120kHz	GB/T 9254. 1	30
		230~1000				37
2	3	30~230		准峰值 /120kHz		40
		230~1000				47
3	3	1000~3000	自由空间开阔 试验场地	平均值/1MHz		50
		3000~6000				54
		1000~3000		峰值/1MHz		70
		3000~6000				74

5.2.1.2 抗扰度要求

抗扰度(静电放电、连续射频电磁场骚扰、工频磁场)要求应符合表3的规定。

表3: 抗扰度要求

电磁现象	试验等级与参数		试验依据标准/性能判据	
静电放电	接触放电	6KV	GB/T 17626.2	B
		8KV		C
	空气放电	8KV		B
		15KV		C
连续射频电磁场骚扰 (扫频试验)	频率范围	80~1000MHz	GB/T 17626.3	A
	场强	3 V/m		
	频率范围	1~ 6GHz		A
	场强	3 V/m		
工频磁场	频率	50 Hz	IEC 61000-4-8	A
	磁场场强	1 A/m		

注1: 性能判据A为在制造商、委托方或购买方规定的限值内性能正常。性能判据B功能或性能暂时丧失或降级,但在骚扰停止后能自行恢复,不需要操作者干预。性能判据C为功能或性能暂时丧失或降低,但需操作者干预才能恢复。

5.2.2 气候环境适应性要求

5.2.2.1 温度适应性要求

工作温度和贮存温度范围应符合表4的规定,试验方法参照GB/T2423.1和GB/T2423.2。

表4 温度适应性要求

项目	温度范围 (℃)	试验依据标准
工作温度	0~70	GB/T2423.1、GB/T2423.2
贮存温度	-40~85	

注2: 本表格中温度范围为样品周围环境温度

5.2.2.2 湿度适应性要求

工作湿度和贮存湿度范围应符合表5的规定，试验方法参考GB/T2423.3。

表5 湿度适应性要求

项目	湿度范围	试验依据标准
工作湿度	10~95%RH(40℃)	GB/T2423.3
贮存湿度	10~95%RH(40℃)	

5.2.2.3 温度变化适应性要求

温度变化(温度循环、温度冲击)要求应符合表6的规定，试验方法参考JESD22-A104和GB/T2423.22。

表6 温度变化适应性要求

项目	高温 (℃)	低温 (℃)	驻留时间 (min)	温度转换时间 (min)	试验依据标准
温度循环	85	-40	10	≤10	JESD22-A104
温度冲击	85	-40	10	≤1	GB/T2423.22

5.2.2.4 恒定湿热适应性要求

恒定湿热适应性要求应符合表7的规定，试验方法参考GB/T 2423.50。

表7 恒定湿热适应性要求

高温 (℃)	相对湿度 (RH)	试验依据标准
85	85%	GB/T 2423.50

5.2.2.5 高温低气压适应性要求

高温低气压适应性要求应符合表8的规定，试验方法参考GB/T 2423.21。

表8 高温低气压适应性要求

高温 (℃)	气压 (KPa)	试验依据标准
40	55	GB/T 2423.21

5.2.3 机械环境适应性要求

5.2.3.1 振动适应性要求

振动(运输态、工作态)适应性要求应符合表9的规定，试验方法参考JESD22-B103。

表9 振动适应性要求

项目		参数				试验依据标准
		强度 (G)	频率 (Hz)	特性值	循环次数	
运输态	正弦扫频 振动	峰值加速度 20	20~2000	扫描频率1个十 倍频/分钟	每次4分钟、 每轴4次	JESD22-B103
	随机振动	均方根加速 度6.27	2~500	功率谱密度 0.1~1G ² /Hz	每轴30分钟	
工作态	正弦扫频 振动	峰值加速度3	5~500	扫描频率1个十 倍频/分钟	每次4分钟、 每轴4次	
	随机振动	均方根加速 度3.1	2~500	功率谱密度 0.003~0.8G ² /Hz	每轴30分钟	

注3：本表格中的轴指X、Y、Z三轴

5.2.3.2 冲击适应性要求

冲击(运输态、工作态) 适应性要求应符合表10的规定，试验方法参考JESD22-B110。

表10 冲击适应性要求

项目	参数				试验依据标准
	峰值加速度 (G)	持续时间 (毫秒)	特性值	循环次数	
运输态	1500	0.5	半正弦	5次/轴向，共30次	JESD22-B110
工作态	900	0.7	半正弦	每轴向5次，共30次	

注4：本表格中的轴向指X、Y、Z、-X、-Y、-Z 6个轴向

5.2.3.3 重复冲击适应性要求

工作态重复冲击适应性要求应符合表11的规定，试验方法参考GB/T 2423.6。

表11 重复冲击适应性要求

项目	参数				试验依据标准
	峰值加速度 (G)	持续时间 (毫秒)	特性值	循环次数	
工作态	100	16	半正弦	每轴向100次， 共600次	GB/T 2423.6

6. 试验方法

6.1 可靠性试验

6.1.1 试验环境条件

6.1.1.1 物理环境

除另有规定外，试验均在下述标准大气条件下进行：

- a) 温度：15~35℃；

- b) 相对湿度：25~75%RH；
- c) 大气压：86~106kPa。

6.1.1.2 硬件环境

本文件要求的所有试验在未加特殊说明时，试验系统提供的硬件接口应与被测固态硬盘接口相同，或能够兼容被测固态硬盘接口。接口电压偏差不得超过直流电压标称值 $\pm 5\%$ 的要求。

6.1.1.3 软件环境

本文件要求的所有试验在未加特殊说明时，均应在下述软件环境下进行：

- a) 软件环境至少包括操作系统和软件试验工具；
- b) 操作系统应符合被测固态硬盘的使用要求，并在本行业操作系统名录中；

所有的试验软件工具应符合以下条件：

- a) 能够生成指定的试验负载，同时能够记录试验过程中的结果数据；
- b) 能够发送随机和顺序的 I/O 请求；
- c) 能够指定试验过程中所访问的 LBA 范围；
- d) 能够设置 I/O 传输的块大小；
- e) 能够设置 I/O 的读写比例；
- f) 能够设置 I/O 的数据类型
- g) 能够设置队列深度和线程数；
- h) 能够针对不同的试验指标提供相应的输出信息；
- i) 保证所有试验步骤连续，防止试验间歇对被测固态硬盘状态产生不可预期的影响。

6.1.2 寿命和 MTBF 试验

本试验项目按照以下预置条件与试验步骤执行。

- a) 预置条件：
 - 1) 将被测固态硬盘置于恒温箱中；
 - 2) 连接被测固态硬盘与试验系统，确认被测固态硬盘能正常工作。
- b) 试验步骤：
 - 1) 将230*块被测固态硬盘置于恒温箱中；
 - 2) 调整恒温箱温度为 55℃；
 - 3) 利用试验工具对被测固态硬盘进行1008小时的循环试验，其中每24小时一个循环，每个循环内主要试验模块包含如下：
 - a) 参照JESD219A中的工作负荷；
 - b) 顺序/随机读写混合试验；
 - c) 掉电试验（包含正常掉电和异常掉电）；
 - d) 低功耗进退压力试验；
 - e) 读干扰试验；
 - f) 安全擦除试验；
 - g) 全盘顺序读写及校验试验；
 - 4) 试验过程中上电和读写应无异常，同时不应出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误，SMART信息不应出现警告事件，同时TBW应不小于产品说明书中的要求。

注5：230*为建议样品数量，该样品量按文中试验条件进行试验，累计故障数 $r=1$ 时仍满足5.1 MTBF ≥ 200 万小时。若需调节样品数量其调节后的MTBF结果仍应满足5.1要求。

6.1.3 数据保持试验

试验步骤:

- a) 将 6.1.2 中 230 块被测固态硬盘置于恒温箱中;
- b) 调整恒温箱温度为 100℃, 并保持 96 小时;
- c) 从试验箱取出试验样品, 上电进行全盘数据读校验, 并检查 SMART 信息。
- d) 试验过程中上电和读写应无异常, 同时不应出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误, SMART 信息不应出现警告事件。

6.1.4 故障的分析及统计

6.1.4.1 故障的分析处理

试验中一旦出现故障后, 应及时对故障进行原因分析、排除, 故障的处理结果按照以下要求进行详细记录。

故障情况记录包括以下四点:

- a) 故障概况, 包括: 故障发生的日期和实际试验样品的唯一编号, 故障发生情况和故障现象说明, 故障时的工作条件和环境条件, 单项试验时间和累计试验时间, 试验人员姓名;
- b) 故障的性质;
- c) 产品性能上的故障特征, 例如: 故障参数的实测值和该项参数的最低要求值等;
- d) 判定故障依据的主要标准。

6.1.4.2 故障的统计

试验中每个样品出现的故障, 如果不能证明是由于试验脚本或外部试验设备故障而导致的, 均应记为关联故障, 总的关联故障数量记为 r 。

6.1.5 数据处理

本文件假定样品的故障分布符合指数分布规律。

实际累计相关试验时间 $T_1 = t_1 + t_2 + \dots + t_n$; 其中 t_1 、 t_2 ... t_n 为样品 1、样品 2 ... 样品 n 的实际试验时间。

由于耐久性试验为加速寿命试验, 加速因子可由公式 A.1 (附录 A) 获得, 所以等效累计相关试验时间 $T = A_T * T_1$ 。

MTBF 计算:

试验结束后, 统计故障数量 r 及等效累计相关试验时间 T 后, 可由公式 B.1 (附录 B) 计算 MTBF。

6.2 环境适应性试验

6.2.1 电磁兼容性试验

6.2.1.1 试验环境

试验环境应符合以下要求:

- a) 设施环境: 满足 6.1.1.1 的要求;
- b) 硬件环境: 与被测固态硬盘拥有相同硬件接口的微型计算机;
- c) 软件环境: 满足 6.1.1.3 的要求。

预置条件: 被测固态硬盘安装于微型计算机, 运行试验工具对被测固态硬盘进行持续读写, 同时校验数据一致性。

6.2.1.2 无线电骚扰的辐射发射试验

按 GB/T 9254.1 规定的试验方法进行。

6.2.1.3 抗扰度试验

对于各项抗扰度试验，按照表3列出的参考标准的试验方法进行。

6.2.2 气候环境适应性试验

6.2.2.1 低温存储试验

按GB/T 2423.1“试验Ab”进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后在本文件表4规定的存储极限低温条件下存放96小时，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.2 高温存储试验

按GB/T 2423.2“试验Bb”进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后在本文件表4规定的存储极限高温条件下存放336小时，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.3 贮存湿度适应性试验

按GB/T 2423.3方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后分别在本文件表5规定的贮存极限低湿、高湿条件下存放96小时，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.4 温度循环适应性试验

按JESD22-A104试验方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后在本文件表6规定的试验条件进行1000次循环，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.5 温度冲击适应性试验

按GB/T 2423.22试验方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后在本文件表6规定的试验条件进行300次循环，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.6 高低温工作试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

试验步骤：

按GB/T 2423.22试验方法进行。选择温度持续时间48小时(低温/高温持续48小时)，温度变化严苛等级选择 (1 ± 0.2) K/min，对被测固态硬盘进行5个周期温度循环试验，即被测固态硬盘在有读写业务的情况下，设置温箱温度变化曲线如下：工作温度极限低温持续48小时，然后采用 (1 ± 0.2) K/min速率

升温到工作温度极限高温，极限高温持续48小时，采用 (1 ± 0.2) K/min降温到极限低温，持续进行5个周期。被测固态硬盘应读写正常且无数据一致性校验错误。

6.2.2.7 工作态湿度适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

试验步骤：

按GB/T 2423.3方法进行。温度选择40℃，选择恒定湿度持续时间2小时（低湿/高湿持续2小时），湿度变化时间5小时，对被测固态硬盘进行12个周期湿度循环试验，即被测固态硬盘在有读写业务的情况下，设置温箱湿度变化曲线如下：湿度下限持续2小时，然后采用17%/hour速率升湿到湿度上限，湿度上限持续5小时，采用17%/hour降湿到湿度下限，持续进行12个周期。被测固态硬盘应读写正常且无数据一致性校验错误。

6.2.2.8 恒定湿热适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；

预置条件：被测固态硬盘安装于硬件老化板，保证端口电压满足要求。

试验步骤：按照GB/T 2423.50方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后在本文件表7规定的试验条件进行504小时，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.2.9 高温低气压适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：与被测固态硬盘接口相同微型计算机；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

预置条件：被测固态硬盘安装于微型计算机，运行试验工具对被测固态硬盘进行持续读写，同时校验数据一致性。

试验步骤：按照GB/T 2423.21试验方法进行。对被测微型计算机依次进行2小时如表8严酷度等级温度40℃/压力55kPa试验，同时观察运行工具界面是否满足性能要求，完成试验后，微型计算机无运行异常、被测固态硬盘读写正常且无数据一致性校验错误，则该项试验通过。

6.2.3 机械环境适应性试验

6.2.3.1 运输态振动适应性试验

预置条件：被测固态硬盘安装于专用试验夹具。

试验步骤：按照JESD22-B103试验方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后分别在本文件表9规定的试验条件进行正弦扫频振动和随机振动，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.3.2 工作态振动适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

预置条件：被测固态硬盘安装于专用试验夹具，且与软硬件环境连接良好。

试验步骤：按照JESD22-B103试验方法进行。被测固态硬盘在有读写业务的情况下，同时进行本文件表9规定的试验条件进行正弦扫频振动和随机振动，试验过程中被测固态硬盘应读写正常且无数据一致性校验错误。

6.2.3.3 运输态冲击适应性试验

预置条件：被测固态硬盘安装于专用试验夹具。

试验步骤：按照JESD22-B110试验方法进行。被测固态硬盘在常温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，随后分别在本文件表10规定的试验条件进行机械冲击，最后在室温下进行24小时一个循环6.1.2的功能试验，如果整个试验过程中上电和读写试验无异常，没有出现新增坏块、不可修复数据错误、数据校验错误、SMART信息警告事件，则该试验通过。

6.2.3.4 工作态冲击适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

预置条件：被测固态硬盘安装于专用试验夹具，且与软硬件环境连接良好。

试验步骤：按照JESD22-B110试验方法进行。被测固态硬盘在有读写业务的情况下，同时进行本文件表10规定的试验条件进行机械冲击，试验过程中被测固态硬盘应读写正常且无数据一致性校验错误。

6.2.3.5 重复冲击适应性试验

试验环境应符合以下要求：

- a) 设施环境：满足6.1.1.1的要求；
- b) 硬件环境：满足6.1.1.2的要求；
- c) 软件环境：满足6.1.1.3的要求。

预置条件：被测固态硬盘安装于专用试验夹具，且与软硬件环境连接良好。

试验步骤：按照GB/T 2423.6试验方法进行。被测固态硬盘在有读写业务的情况下，同时进行本文件表11规定的试验条件进行碰撞试验，试验过程中被测固态硬盘应读写正常且无数据一致性校验错误。

附 录 A
(资料性)
阿伦尼斯模型

电子产品适用阿伦尼斯模型，其高温条件的加速系数可以基于阿伦尼斯模型进行计算，从而缩短可靠性试验的时间。

阿伦尼斯加速因子计算：

$$A_T = e^{-\left(\frac{E_A}{K}\right)\left(\frac{1}{T_{test}} - \frac{1}{T_{field}}\right)} \dots\dots\dots (A. 1)$$

其中：

A_T —— 高温试验加速因子；

T_{test} —— 高温试验工作态闪存介质的壳温；

T_{field} —— 客户端工作态闪存介质的壳温；

E_A —— 激活能；

K —— 玻尔兹曼常数

举例：

假设：环境温度 55℃时工作态闪存介质的壳温 $T_{test}=70℃$ ；日常办公环境 25℃工作态闪存介质的壳温 $T_{field}=45℃$ ；闪存介质激活能 $E_A=1.1\text{ev}$ ；已知玻尔兹曼常数 K 为 8.6159×10^{-5} ；

将各个参数代入公式 A. 1，可得 $A_T=18.6$

附 录 B
(资料性)
MTBF 计算示例

MTBF置信下限 θ_L 的计算公式:

B.1 推荐的置信区间为 c ;

B.2 对于置信区间 c , 平均无故障工作时间(MTBF)的单侧置信下限 θ_L 按下列公式计算:

$$\theta_L = \frac{2T}{\chi^2_{1-c}(2r+2)} \quad \dots \dots \dots (B.1)$$

其中:

θ_L —— 平均无故障工作时间(MTBF)的单侧置信下限;

c —— 推荐的置信区间;

T —— 等效累计相关试验时间;

r —— 试验中累积故障数;

χ^2 ——卡方分布

举例:

假设230个样品均完成1000小时的高温加速试验, 那么实际累计相关试验时间

$T_1=230*1000=230000$ 小时;

其中选取附录1中加速因子 $A_T=18.6$; 那么等效累计相关试验时间

$T = A_T * T_1 = 4289225$ 小时;

假设累计故障数 $r=1$, 选取置信区间 0.6 , 则 $1-c=0.4$ 代入卡方分布 $\chi^2_{0.4}(4)=4.04$

各参数代入代入公式B.1, 可得

$\theta_L = 2 * 4289225 / 4.04 = 2.1 * 10^6$ 小时

参考文献

- [1] JESD47 Stress-Test-Driven Qualification of Integrated Circuits
 - [2] JEP150 Stress-Test-Driven Qualification of and Failure Mechanisms Associated with Assembled Solid State Surface-Mount Components
 - [3] JEP122 Failure Mechanisms and Models for Silicon Semiconductor Devices
 - [4] GB/T 5080.4-1985 设备可靠性试验 可靠性测定试验的点估计和区间估计方法（指数分布）
 - [5] GB/T 24985-2010 家用和类似用途房间空气调节器可靠性试验方法
 - [6] YD/T 3824-2021 面向互联网应用的固态硬盘试验规范
 - [7] GB/T 12628-2008 硬磁盘驱动器通用规范
 - [8] GB/T 36355-2018 信息技术 固态硬盘试验方法
 - [9] SJ/T 11654-2016 固态硬盘通用规范
 - [10] T/CCSA 265—2019 数据中心用机械硬盘试验规范
 - [11] T/CESA 9281-2020 信息技术应用创新 固态硬盘通用技术规范
-