

# 设备可靠性试验 试验周期设计导则

## Equipment reliability testing Guidance for the design of test cycles

本标准与GB 5080.1-86《设备可靠性试验 总要求》一起使用。

### 1 适用范围

1.1 本标准适用于GB 5080.1中第8.1和8.2条所述的设备可靠性试验工作条件与环境条件试验周期的设计。

1.2 推荐的试验条件见GB 7288-87《设备可靠性试验 推荐的试验条件》。当“推荐的试验条件”不适用时,本标准给出试验周期设计的一般程序。它为需要精确模拟实际使用条件的特定设备可靠性试验的试验周期设计规定了详细的步骤和方法。

1.3 本标准适用于试验室试验,但就工作条件(包括负荷、电源供给等)而言,也适用于现场试验。

1.4 按本标准设计的试验,一般不能代替通常的鉴定试验、功能试验、环境试验。

### 2 专用术语

2.1 试验周期:有关产品标准所规定的、建立在实际使用为基础的各种试验条件(工作条件与环境条件)的组合顺序。

2.2 活动状态:设备本身具备的条件、使用的状态及设备遭受外部环境应力的情况。

2.3 工作参数或环境参数:设备经受的化学或物理的应力或各类应力的组合。例如:负荷、能源供给、环境温度、振动等。

2.4 工作参数或环境参数的严酷度:表示每一工作参数或环境参数的量值。它可以确定作用于设备的应力水平。例如:电压降低100%,环境温度+70℃等。

2.5 严酷度等级:相应严酷度范围内,两个规定极限之间的严酷度区间。例如:环境温度严酷度等级+15~+35℃等。

2.6 环境条件:在一定时间内,由各单一环境参数及其严酷度的组合所构成从外部作用于设备的物理、化学条件。

2.7 工作条件:由各单一工作参数及其严酷度的组合所构成并与设备运行有关的条件。

2.8 试验严酷度:试验过程中,适用于产品的工作或环境参数严酷的程度。

2.9 代表性严酷度:是指经过判断而选定的试验严酷度。在该严酷度中,产品的失效率应近似地等于整个严酷度等级内的平均失效率。

### 3 试验条件的一般考虑

可靠性试验的目的通常是验证或测定设备的可靠性特征量。设备的可靠性特征量很大程度取决于实际使用过程中工作条件与环境应力的恶劣程度。

一般来说,希望试验可靠性与使用可靠性相一致,因而试验条件应尽可能与对设备起支配作用的使用条件相一致。然而,实际使用条件是十分复杂的,不可能通过试验设施详细地重现这些条件。因

此,只有细致地调查、分析、与检定工作条件、单一与组合环境的影响及应力施加的顺序并通过可靠性试验条件把重要的参数加以模拟,才有可能使两者之间的结果比较一致。

试验时,可以缩短低应力条件(例如空载、空转等)下的工作时间以压缩试验时间(日历时间),但一般应避免过应力条件下的加速试验。

大多数情况下,在恒定条件下进行试验从效果上看是不好的。必须设计一个试验周期,提供适当的若干不同的工作条件与环境条件(它们有些是组合)的顺序。实际上,这样的试验周期也只能是实际使用条件的一种近似。

细致合理地设计试验周期,可以达到一种较接近于使用条件的精模拟或粗模拟。粗模拟的试验周期可以十分简单,而精模拟的试验周期就较复杂,也更接近于实际使用条件,但在试验中实现起来所花的费用也较大。当试验结果关系重大时(如设备失效会引起不安全或造成巨大的经济损失或环境污染等严重性后果等),试验周期的设计建议采用精模拟;反之,若设备失效后果并不严重(如一般的录音机、电视机、收音机等),可采用粗模拟。

粗模拟周期与精模拟周期的设计程序是基本相同的,两者主要是对使用条件模拟精度上的差别。粗模拟周期可在选择环境参数数目及其应力水平值、这些参数的组合与顺序、设备工作的功能模式等在一个或多个方面进行适当的简化。

因此,粗模拟周期可由精模拟周期导出。

本标准所叙述的试验周期设计程序主要是精模拟的。

试验周期的设计应遵循如下原则:在试验周期中,全部主要的环境参数与工作参数的组合及与这些参数有关的持续时间或频率,都应及设备使用寿命期中所出现的情况相似。然而,每一步中,都应当考虑到模拟条件在技术上实现的可能性及所花的费用。

#### 4 使用条件的详细说明

使用条件通常包括若干同时地或顺序地出现的工作参数与环境参数,其中每一参数的应力水平(严酷度),都可能引起设备的失效。

##### 4.1 工作条件

应考虑的工作参数如下(可参见GB 5080.1):

- a. 功能模式(设备不工作应作为功能模式之一);
- b. 待处理的输入数据或资料;
- c. 负荷条件:输出功率大小、静负荷等;
- d. 工作人员或维护人员的实际操作;
- e. 支援供给:如能源、冷却、润滑等。

工作参数的严酷度规定出工作时所受的应力。

##### 4.2 环境条件

起主要影响的环境参数分气候参数、机械参数及其它参数三组。它们在表1、表2和4.2.3款中列出。所列参数虽不完全,但可用作核对一般有较重要影响的参数的检查清单。

必须考虑所有参数的严酷度及其持续时间或频率。在特殊情况下,还应对重要参数的应力水平加以详细说明(如应力水平的分布说明),以便能转换为第5章要求的适当的试验严酷度。

极端环境条件的有关资料及环境参数与严酷度分类,详见GB 4796-84《电工电子产品环境参数分类及其严酷程度分级》。

##### 4.2.1 气候环境参数

气候环境参数应当包括室内与室外条件的各种气候环境参数。它们有些是紧密相关的,必须同时加以考虑。

气候环境参数见表1。

表 1 气候环境参数

| 参 数   | 说 明    |
|-------|--------|
| 环境温度  | 气候图    |
| 湿度    |        |
| 温度变化率 | 范围、变化率 |
| 气压    | 范围     |
| 降水    | 种类、速率  |
| 风     | 速度     |
| 太阳辐射  | 强度     |

## 4.2.2 机械环境参数

机械环境参数见表2。

表 2 机械环境参数

| 参 数      | 说 明               |
|----------|-------------------|
| 冲击       | 波形、峰值加速度、持续时间、方向  |
| 碰撞（重复冲击） | 波形、峰值加速度、持续时间、方向  |
| 跌落与倾倒    | 跌落高度、着地点          |
| 自由跌落     | 下落高度、姿态           |
| 振动       | 波形、频率范围、幅度或加速度、方向 |
| 恒加速度     | 加速度、方向            |
| 噪声       | 声压级、频率范围          |

## 4.2.3 其它环境参数

某些情况下，如下参数亦应加以考虑：

- a. 传导或辐射电磁干扰，静电放电及雷电效应；
- b. 腐蚀性的大气污染或腐蚀性物质的影响；例如：灰尘、盐雾、工业大气等；
- c. 液体浸渍或液溅等；
- d. 核辐射、X射线辐射等；

e. 生物因素, 例如: 菌类、昆虫等。

#### 4.3 工作参数与环境参数的关系

工作参数与环境参数在某种程度上常常是这一参数与另一参数的组合。在很多情况下, 某些参数与其它的一些参数同时出现或互相独立存在, 并且对严酷度关系较大。同时, 这些参数的严酷度也有类似关系。因此, 当分析使用条件, 设计试验周期时, 工作参数与环境参数的关系必须加以考虑。

各参数的关系或严酷度间的关系可能存在图 1 所示的情况。

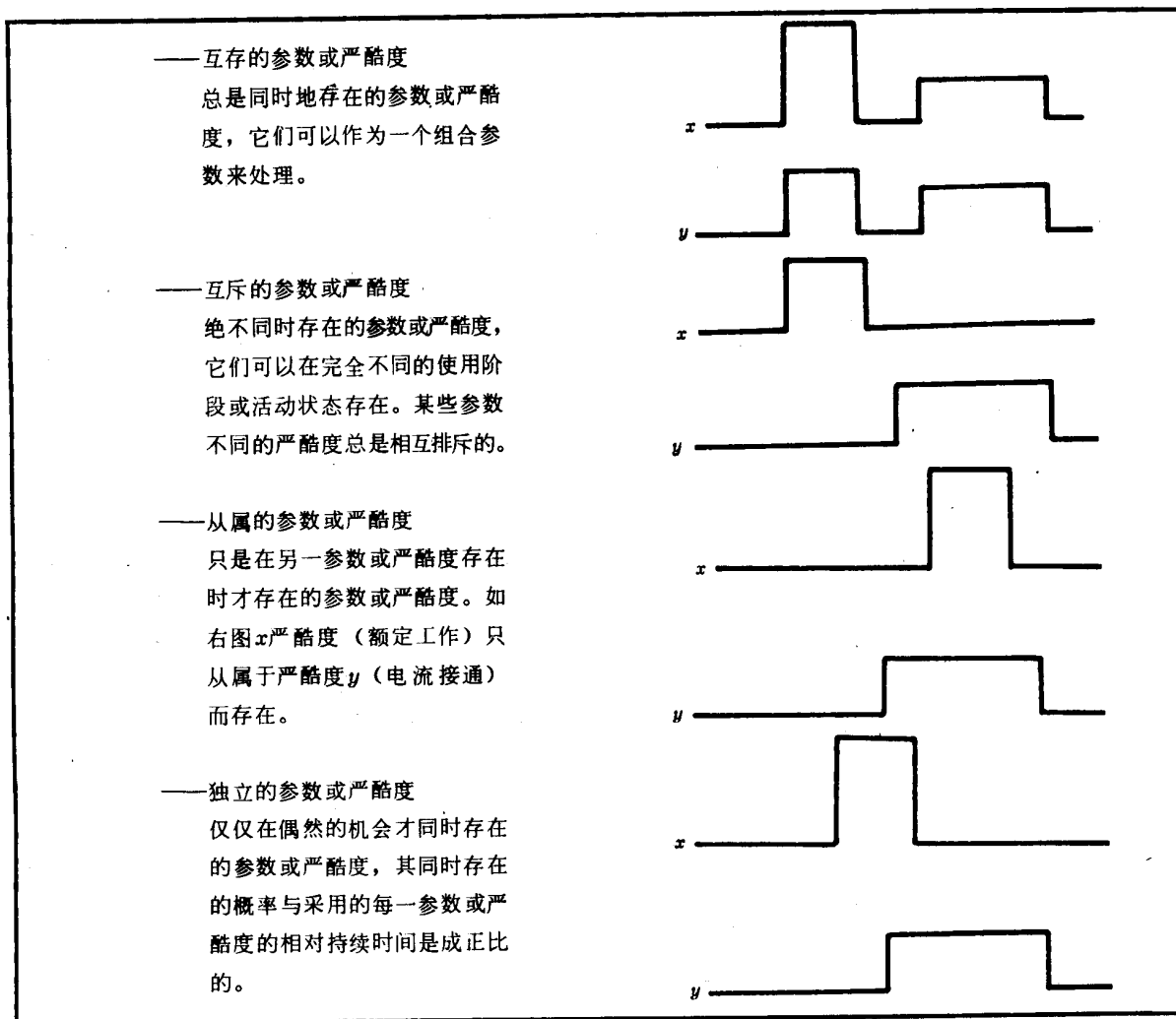


图 1 各参数或严酷度相互存在关系图

设计试验周期时, 找出应组合在试验周期中的参数与严酷度的关系是重要的。

此外, 还应考虑到由两个或多个参数的组合或参数顺序所产生复合影响的程度。这些影响取决于引起设备失效并维持其失效的各种参数的情况。当这些组合对失效的影响较大时, 有关参数在试验周期中应组合或保持正确的顺序; 当组合对失效的影响不大时, 则这些参数在试验周期中, 在时间上可以不考虑。

#### 5 试验周期的设计程序

某一设备的使用条件会在设备寿命期内随时间而变化。试验周期的设计, 应考虑设备在此期间所遇到的使用条件的严酷度及其持续时间与顺序, 从而反映这些变化。如有必要, 可以考虑完全不同的特殊的使用条件, 对某一设备及同类设备按需要设计独立的试验周期。

试验周期设计的方法和步骤概要如下（详细的实例见附录A）：

在使用条件较简单或对试验周期设计较有经验的情况下，下述步骤可参照选用。

### 5.1 第1步：活动状态的划分

设备寿命的有关部分可按情况划分为性质不同的活动状态，以表示典型的工作与（或）环境分布。其目的是把总的使用条件分解为便于单独处理的某些组成部分。

应决定每一活动状态的持续时间与设备寿命有关部分总时间的比例关系。这一比值同下述步骤中由其它相似的已知使用条件的相对持续时间一起，决定在试验周期中的相对持续时间。

### 5.2 第2步：工作参数与环境参数的鉴别及其关系

应鉴别与每一活动状态有关的工作参数与环境参数。环境参数应尽可能按国家标准GB 2421~2424—81《电工电子产品基本环境试验规程》确定，可用第四章所列的环境参数一览表检查主要的环境参数。值得注意的是：某些需要考虑的特殊参数尚未在表中全部列出。可以略去那些对设备可靠性影响不大或并不重要的工作参数与环境参数。在这一步中，最重要的是鉴别那些对设备有主要影响的参数，特别要注意查清那些有疑问的参数，某些参数可以按要求分别以短期环境试验来论证设备对某一环境的适应性，而不一定把它们全部包罗在可靠性试验之中。

每一重要参数的持续时间或出现次数（如碰撞等），应通过估计其出现的比率或频率，把它们与活动状态的持续时间联系起来。

参数间的关系，应作定量的分析和注释，其结果可供第4步使用。

### 5.3 第3步：严酷度的估计

应当估计每一活动状态中每种工作参数与环境参数的严酷度。对每一参数的预期严酷度范围，应划分为若干“严酷度等级”并分别以试验严酷度（或代表性严酷度）表示。代表性严酷度应有一标准化程序或分类等级。可依照GB 2421中的有关符号表示各种环境参数，用限定严酷度等级数以达到简化试验周期的结果是可行的。

### 5.4 第4步：组合的估计

如本标准4.3条所述，有关工作参数与环境参数常常是同时出现的，如果是这样的话，这些参数在试验周期中组合时，应优先选用。

当怀疑是复合影响时，只要在技术上和经济上做得到，就必须进行组合。

应估计对设备失效率有重要影响的严酷度等级与参数的关系，以便使它们能适当地表示在试验周期之中。对重要的组合，应当加以必要的说明，并估计每一重要组合的持续时间与活动状态的持续时间之比。

各组合的相对持续时间一定要根据“相互关系的类型”进行选择。图2的例子可以阐明这一问题。

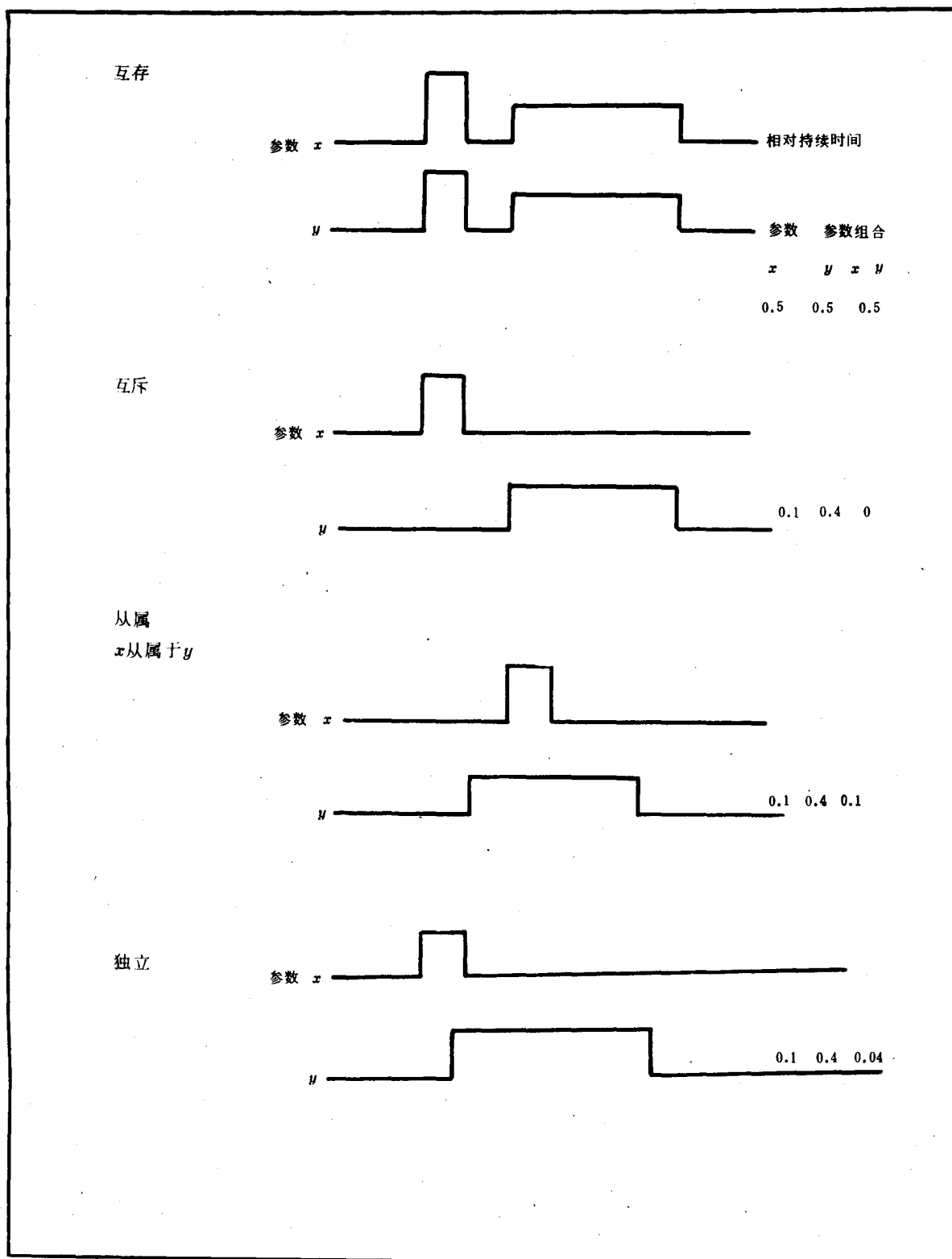


图 2 相对持续时间的例子

结合上例可得出适用于计算组合相对持续时间的一般公式:

对单一参数 $x$ 与 $y$ 相对持续时间以 $d(x)$ 与 $d(y)$ 表示。

对组合的参数 $x$ 与 $y$ 相对持续时间以 $d(x, y)$ 表示。

互存:  $d(x, y) = d(x) = d(y)$

互斥:  $d(x, y) = 0$

从属:  $x$ 从属于 $y$ ,  $d(x, y) = d(x), d(y)$  中的最小量。

独立:  $d(x, y) = d(x) \cdot d(y)$ 。

与时间有关的参数可独立地出现在试验周期之中, 其保持的相对持续时间是:

$$d(x_{sep}) = d(x) - d(x, y) - d(x, z) \dots\dots$$

$$d(y_{sep}) = d(y) - d(x, y) - d(y, z) \dots\dots$$

为了检查总的相对持续时间等于1, 可计算该时间。然而用第7步简例所示的图解法, 将更为直观和方便。附录A中的实例指出了对组合持续时间完整的计算。

当 $x$ 参数给出的是频率 $f$ 而不是持续时间时, 例如严酷度 $100\text{m/s}^2$ , 每小时碰撞10次, 发生次数 $n(x, y)$ , 其组合计算是:

$$n(x, y) = f(x) \cdot d(y)$$

一般情况下, 任何两个或多个参数的关系, 可通过表格的形式以垂直方向表示活动状态的相对持续时间或发生次数, 而工作参数以水平方向表示 (或者反之)。以行和列这样的简化表示方法是可取的。

### 5.5 第5步: 全部活动状态的累加

试验周期的设计可用系统逼近法。用表格表示每一活动状态每一严酷度等级 (代表性严酷度) 的持续时间或发生次数的组成是可行的。汇总表将为制定试验周期提供定量的数据。

在这些累加中, 从每一活动状态至某一等级的持续时间 (或频率) 乘以 $t$  (活动状态) /  $t$  (总), 因而这些累加与总持续时间有关。如果全部活动状态中的参数及严酷度等级使用同样的定义, 则这些累加可以简化, 单一与组合参数的所有严酷度等级应有选择地包含在这一步之中。单一参数的持续时间, 根据它们在组合中出现的情况, 可以简化。

在复杂的情况下, 对所有组合的每一参数的简化计算是相当困难的。甚至在简单的情况下, 这样做也不容易。各组合中, 单一的某一等级的持续时间或频率, 在第7步设计最后的试验周期时, 可用叠加法以其总的出现次数来代表。然而, 在这种情况下, 累加的检查一定要适当的修改, 且其总和将会超过1.000。

第5步最后形成的表格, 除了完全保持单一因素与不划分为活动状态之外与第4步是相似的。在此程序中, 省去的各种活动状态将不会再在此程序或试验周期中出现。在复杂的情况下, 把第5步暂时分为两步或更多步是有用的。

### 5.6 第6步: 关键环节的检查

在着手设计试验周期之前, 应对第5步制定的表格内容进行检查并减少环境参数与严酷度等级。减少的原则是: 在一定程度上, 不会影响到失效率发生显著的变化。应特别注意检查代价昂贵的或难于产生的环境参数与组合环境。

在这一步中, 亦应考虑各参数顺序、严酷度等级及其在试验周期中的组合。当选取相连的参数顺序时 (特别是潮湿后接着低温), 应注意到会引入附加影响的条件的配对和分组。此时可制成修正表。

### 5.7 第7步: 试验周期设计

第6步的修正表形成了可靠性试验周期设计的基础。决定试验周期的长短是否适当时应当考虑到:

a. 试验周期的长度应足够长, 以便使试验切实可行。其长度通常由第6步表内相对持续时间的

最小值所决定。

b. 对以时间为基础的试验来说, 试验周期又不能太长, 以便能满足GB 5080.1中第8.1条的规定。

然后, 所有相对持续时间通过周期长度按比例增加的办法, 转换为适用于某一周期的持续时间并修正周期的完整性及周期中的碰撞次数。最后, 进行试验周期设计与检查。为了获得合适的试验周期长度, 引入未被包含在表格中的组合是需要的, 然而应尽可能从技术可行性和经济性等方面简化试验程序。在试验周期中, 一定要设置合适的维护点, 以便执行预防性维护计划(见GB 5080.1中第8.3条)。同时, 应标出具体试验方案所要求的性能检测点。

在试验周期中, 对试验中断后继续试验的有关程序应加以说明。如无另外规定, 一般应在中断点处继续进行试验(见GB 5080.1中第10.1条)。试验周期简示于图3(更完整的例子, 详见附录A)。在详细的可靠性试验规范中, 应给出试验周期图(见GB 5080.1中第5、6两章)。

## 6 试验周期的文件汇总

为判断试验周期是否已包含了受试设备可能出现的典型应用情况, 并使其在试验室试验中具有必要的再现性, 试验周期应给出有关资料。

有关资料标题与内容如下:

应用范围: 应详细清楚地明确和限定试验周期的应用范围。

模拟等级: 假如有同样适用的其它试验周期时, 应作出必要的说明。

设备寿命的有关部分: 对试验周期中各种活动状态应加以说明。在某些情况下, 还应指出不予考虑的活动状态。

确定严酷度的基本假设: 应说明确定试验周期严酷度所使用参考资料来源与有关假设; 注释特殊重要参数与被忽略参数及严酷度范围的极限。给出用作设计试验周期的基本相对持续时间及与之有关的表格。

试验周期的说明: 试验周期的每一时间周期、严酷度应加以详细说明。如果是参考适用的有关标准进行试验的, 亦应说明。

有关简化的注释: 试验周期最后的设计(第7步)如有简化, 应予说明。适用性的可能效果与基本假设, 亦应指出。

试验周期图: 应绘出试验周期图。



有关参数及其关系:

环境的: 低温

高温

互斥

工作的: 电源供给

从属

只有电源接通

工 作

时才工作

独立

有关持续时间:

低温 严酷度  $A_1 0.1$ 高温 严酷度  $B_1 0.4$  $B_2 0.5$ 

1.0

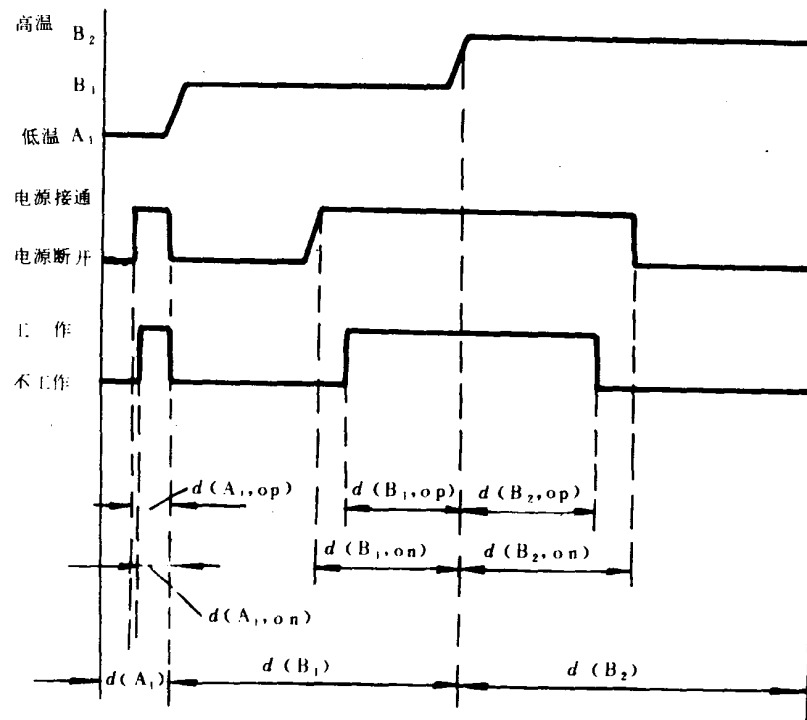
电源供给 接通 (on)

0.5

工作 工作 (op)

0.4

按确定的比例绘制试验周期图如下:



$$d(A_1, op) = d(A_1) \cdot d(op) = 0.04$$

$$d(B_1, op) = d(B_1) \cdot d(op) = 0.16$$

$$d(B_2, op) = d(B_2) \cdot d(op) = 0.20$$

$$d(A_1, on) = d(A_1) \cdot d(on) = 0.05$$

$$d(B_1, on) = d(B_1) \cdot d(on) = 0.20$$

$$d(B_2, on) = d(B_2) \cdot d(on) = 0.25$$

图 3 简单的试验周期

附录 A  
详细的实例  
(参考件)

本导则第5章所述的程序和步骤,实际举例如下:

本实例只作为应用试验周期设计的程序和步骤进行周期设计的一种辅助手段,并不作为标准的试验周期。推荐条件及标准的试验周期在GB 7288—87中,另行叙述。

本实例的基本条件如下:

设备:手提式电池供电声级计。

应用范围:该仪表用于室内、室外、陆用车辆与船上测量,而工作的全过程并非手提使用。由一使用地点到另一使用地点的水陆运输过程中,仪表均处于“不通电”状态。

气候区:冷温带。

设备可靠性试验打算包括的条件是:设备从仪表贮存处取出,直至设备使用后送回原贮存处为止。

模拟等级:精模拟。

第一步:活动状态的划分

设备寿命的有关部分 $t$ (总),按照设备典型的工作与环境分布概况。划分为活动状态的持续时间,以 $t$ (活动)表示。并以 $d(\text{活动}) = t(\text{活动})/t(\text{总})$ 确定相对持续时间如表A1。

表 A1

| 活动状态编号 | 活动状态说明                             | 相对持续时间 |        |
|--------|------------------------------------|--------|--------|
| 1      | 声级计从贮存地运输到测量地点安装,并移往另一测量点,拆下运回贮存地点 | 0.3    | $d(1)$ |
| 2      | 在室外及室内固定使用                         | 0.6    | $d(2)$ |
| 3      | 在船上与陆上车辆(卡车、小汽车、火车、马车等)使用*         | 0.1    | $d(3)$ |
| 共计     |                                    | 1.0    |        |

第二步:有关工作参数与环境参数的鉴别:

对声级计的可靠性有重要意义的有关工作参数与环境参数进行鉴别,确定每一活动状态有关参数的相对持续时间: $d(\text{参数}) = t(\text{参数})/t(\text{活动})$ ,明确每一活动状态的各参数,包括暂定的、代替的参数及(或)频率。详见表A2。

\* 包括声级计准备测量的全部时间。

表 A2

| 参 数                              | 相对持续时间或发生次数 |      |      |
|----------------------------------|-------------|------|------|
|                                  | 状态1         | 状态2  | 状态3  |
| 功能模式：测量、备用、电池断开                  | 1           | 1    | 1    |
| 温度：低温与高温                         | 1           | 1    | 1    |
| 高速变温：大于1℃/min                    | 0.02/h      | 0    | 0    |
| 湿度：（温湿）大于65%RH，大于15℃             | 0.20        | 0.10 | 0.01 |
| 碰撞：10m/s <sup>2</sup> 峰值         | 10/h        | 0    | 20/h |
| 自由跌落：大于5mm                       | 0.1/h       | 0    | 0    |
| 振动：大于1mm或大于5m/s <sup>2</sup> 有效值 | 0.2         | 0    | 0.3  |

在测量或备用时，电池处于接通状态。

关系的说明：

功能模式

测量：除电池断开及备用外，其它独立。

备用：除电池断开及测量外，其它独立。

电池断开：除测量及备用外，其它独立。

温度：独立于其它参数。

变温：独立于其它参数。

湿度：除温度小于15℃外，其它独立。

碰撞：除振动与自由跌落外，其它独立。

自由跌落：从属于电池断开，除振动与碰撞外，其它独立。

振动：除碰撞与自由跌落外，其它独立。

第三步：严酷度的估计

利用获得的数据分析各工作参数与环境参数的严酷度，以决定每一活动状态内严酷度等级的相对持续时间或出现次数：

$d(\text{等级}) = t(\text{等级})/t(\text{活动状态})$ 。

制定总表如表A3（见表A3）。

第四步：组合的估计

估计各参数及严酷度等级的关系，并以表格表示其结果。在此情况下，所有工作条件是相互排斥的，因而以表格表示工作参数及其相对应的重要的环境参数组合就足够了。如表A4所示。

去除某些组合的理由如下：

活动状态1

高温、碰撞：考虑其影响比低温、碰撞小得多。

温度、自由跌落：已被低温、碰撞所代替。

低温、振动：已被低温、碰撞所代替。

高温、振动：已含于活动状态3之中。

湿度组合的影响可忽略不计。

表 A3

| 活动状态<br>和参数     | 工作和环境严酷度等级                                    |                         |                 | 相对持续<br>时间或发<br>生次数 | 总和 <sup>①</sup>  |
|-----------------|-----------------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
|                 | 严酷度等级                                         | 代表性严酷度                  | 符号              |                     |                  |
| 状态1             |                                               |                         |                 |                     |                  |
| 功能模式            |                                               | 测 量                     | Me              | 0                   |                  |
|                 |                                               | 备 用                     | Sb              | 0                   |                  |
|                 |                                               | 电池断开                    | Boff            | 1                   | 1.0              |
| 温度              | -35 ~ -5℃                                     | -25℃                    | A <sub>1</sub>  | 0.04                |                  |
|                 | -5 ~ +15℃                                     | +5℃                     | A <sub>2</sub>  | 0.06                |                  |
|                 | +15 ~ +35℃                                    | +25℃                    | B <sub>1</sub>  | 0.83                |                  |
|                 | +35 ~ +65℃                                    | +55℃                    | B <sub>2</sub>  | 0.07                | 1.0              |
| 温度变化            | 温差小于50℃                                       | -25℃, +25℃              | N               | 0.02/h              | 0.02/h           |
| 湿度              |                                               |                         |                 |                     |                  |
| 1. 稳定状态<br>(恒温) | 相对湿度小于85%, +15 ~ +45℃                         | 80%, +25℃ <sup>②</sup>  | C <sub>1</sub>  | 0.135               |                  |
|                 | 相对湿度大于85%, +15 ~ +30℃                         | 95%, +25℃               | C <sub>2</sub>  | 0.050               |                  |
|                 | 相对湿度大于85%, +30 ~ +45℃                         | 95%, +40℃               | C <sub>3</sub>  | 0.013               |                  |
| 2. 循环<br>(变温循环) | 相对湿度大于90%, +15 ~ +40℃                         | 95%, +25~40℃            | D               | 0.002               | 0.2              |
|                 | 相对湿度大于0.3℃/min                                |                         |                 |                     |                  |
| 碰撞              | 等效半正弦                                         |                         |                 |                     |                  |
|                 | 1~12g <sub>n</sub> 16ms                       | 10g <sub>n</sub> 16ms   | Eb <sub>1</sub> | 9/h                 |                  |
|                 | 12~30g <sub>n</sub> 6ms                       | 25g <sub>n</sub> 6ms    | Eb <sub>2</sub> | 1/h                 | 10/h             |
| 自由跌落            | 5~30mm                                        | 25mm                    | Ed <sub>1</sub> | 0.09/h              |                  |
|                 | 30~55mm                                       | 50mm                    | Ed <sub>2</sub> | 0.01/h              | 0.10/h           |
| 振动              | 等效正弦                                          |                         |                 |                     |                  |
|                 | 10~150Hz                                      |                         |                 |                     |                  |
|                 | 小于4mm 1g <sub>n</sub>                         | 3.5mm 或 1g <sub>n</sub> | F <sub>1</sub>  | 0.15                |                  |
|                 | 4mm 或 1g <sub>n</sub> ~ 8mm 或 2g <sub>n</sub> | 7.5mm 或 2g <sub>n</sub> | F <sub>2</sub>  | 0.05                | 0.2              |
| 状态2             |                                               |                         |                 |                     |                  |
| 功能模式            |                                               | 测 量                     | Me              | 0.35                |                  |
|                 |                                               | 备 用                     | Sb              | 0.35                |                  |
|                 |                                               | 电池断开                    | Boff            | 0.3                 | 1.0              |
| 温度              | -35 ~ -5℃                                     | -25℃                    | A <sub>1</sub>  | 0.02                |                  |
|                 | -5 ~ +15℃                                     | +5℃                     | A <sub>2</sub>  | 0.03                |                  |
|                 | +15 ~ +35℃                                    | +25℃                    | B <sub>1</sub>  | 0.92                |                  |
|                 | +35 ~ +65℃                                    | +55℃                    | B <sub>2</sub>  | 0.03                | 1.0              |
| 湿度              |                                               |                         |                 |                     |                  |
| 1. 稳态<br>(恒温)   | 相对湿度小于85%, +15 ~ +45℃                         | 80%, +25℃               | C <sub>1</sub>  | 0.07                |                  |
|                 | 相对湿度大于85%, +15 ~ +30℃                         | 95%, +25℃               | C <sub>2</sub>  | 0.02                |                  |
|                 | 相对湿度大于85%, +30 ~ +45℃                         | 95%, +40℃               | C <sub>3</sub>  | 0.01                |                  |
| 2. 循环<br>(变温循环) | 相对湿度大于90%, +15 ~ +40℃                         | 95%, +25~40℃            | D               | 0.001               | 0.1 <sup>③</sup> |
|                 | 大于0.3℃/min                                    |                         |                 |                     |                  |

续表 A3

| 活动状态<br>和参数           | 工作和环境严酷度等级                                                                        |                                                |                                                    | 相对持续<br>时间或发<br>生次数  | 总和   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|------|
|                       | 严酷度等级                                                                             | 代表性严酷度                                         | 符号                                                 |                      |      |
| 状态3<br>功能模式           |                                                                                   | 测 量<br>备 用<br>电池断开                             | Me<br>Sb<br>Boff                                   | 0.40<br>0.35<br>0.25 | 1.0  |
| 温度                    | -5~+15℃<br>+15~+35℃<br>+35~+65℃                                                   | +5℃<br>+25℃<br>+55℃                            | A <sub>2</sub><br>B <sub>1</sub><br>B <sub>2</sub> | 0.05<br>0.85<br>0.10 | 1.0  |
| 湿度 <sup>③</sup><br>碰撞 | 等效正弦<br>1~12g <sub>n</sub> 16ms<br>12~30g <sub>n</sub> 6ms                        | 10g <sub>n</sub> 16ms<br>25g <sub>n</sub> 6ms  | Eb <sub>1</sub><br>Eb <sub>2</sub>                 | 18/h<br>2/h          | 20/h |
| 振动                    | 等效正弦10~150Hz<br>小于4mm或1g <sub>n</sub><br>4mm或1g <sub>n</sub> ~8mm或2g <sub>n</sub> | 3.5mm或1g <sub>n</sub><br>7.5mm或2g <sub>n</sub> | F <sub>2</sub><br>F <sub>2</sub>                   | 0.2<br>0.1           | 0.3  |

注：① 应等于第二步表A2每种状态的参数值。

② 温度分布是这样的，即+15~+35℃占支配作用；选择+25℃为代表性严酷度是合适的。

③ 0.001之差可以不予考虑。

④ 状态3中，湿度和温度变化一般低于状态2中的变化（状态2包括室外应用的严酷度）；另外，因为状态3的持续时间比状态2的短很多，故有充足的理由不考虑状态3中的湿度。

活动状态3：

与B<sub>2</sub>、Boff组合的碰撞及振动不作为重要的组合考虑。它们的相对频率与持续时间已被移到B<sub>1</sub>中（未表示在此表中）。

在每一活动中，每一组合的相对持续时间或频率由下式确定：

$$d(\text{组合}) = t(\text{组合}) / t(\text{活动状态})$$

表 A4

| 活动状态<br>环境参数   | 符 号          | 相对持续时间 $d(x)$ 或发生次数 $f(x)$ |     |              | 功能模式<br>累 加 |
|----------------|--------------|----------------------------|-----|--------------|-------------|
|                |              | 功 能 模 式                    |     |              |             |
|                |              | 测 量                        | 备 用 | 电池断开         |             |
| 活动状态1<br>碰撞、低温 | $E b_1, A_1$ | 0                          | 0   | $0.36/h^{①}$ | $0.36/h$    |
|                | $E b_2, A_1$ | 0                          | 0   | $0.04/h^{②}$ | $0.04/h$    |

续表 A4

| 活动状态<br>环境参数                              | 符 号                                          | 相对持续时间 $d(x)$ 或发生次数 $f(x)$ |        |                    | 功能模式<br>累 加 |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------|--------------------|-------------|
|                                           |                                              | 功 能 模 式                    |        |                    |             |
|                                           |                                              | 测 量                        | 备 用    | 电 池 断 开            |             |
| 活动状态2<br><br>温度<br><br>湿度                 | A <sub>1</sub>                               | 0.007 <sup>③</sup>         | 0.007  | 0.006              | 0.02        |
|                                           | A <sub>2</sub>                               | 0.010                      | 0.011  | 0.009              | 0.03        |
|                                           | B <sub>1</sub>                               | 0.322                      | 0.322  | 0.276 <sup>④</sup> | 0.92        |
|                                           | B <sub>2</sub>                               | 0.010                      | 0.011  | 0.009              | 0.03        |
|                                           | C <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> <sup>⑤</sup> | 0.025 <sup>⑤</sup>         | 0.024  | 0.021              | 0.07        |
|                                           | C <sub>2</sub> , B <sub>1</sub>              | 0.007                      | 0.007  | 0.006              | 0.02        |
|                                           | C <sub>3</sub> , B <sub>1</sub> <sup>⑦</sup> | 0.004                      | 0.003  | 0.003              | 0.1         |
|                                           | D                                            | —                          | —      | 0.001 <sup>⑧</sup> | 0.001       |
| 活动状态3<br><br>温度<br><br>碰撞、高温<br><br>振动、高温 | A <sub>2</sub>                               | 0.020                      | 0.018  | 0.012              | 0.05        |
|                                           | B <sub>1</sub>                               | 0.340                      | 0.298  | 0.212              | 0.85        |
|                                           | B <sub>2</sub>                               | 0.040                      | 0.035  | 0.025              | 0.10        |
|                                           | E b <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>            | 0.72/h <sup>⑨</sup>        | 0.63/h | —                  | —           |
|                                           | E b <sub>2</sub> , B <sub>2</sub>            | 0.08/h                     | 0.07/h | —                  | —           |
|                                           | F <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>              | 0.008                      | 0.007  | —                  | —           |
|                                           | F <sub>2</sub> , B <sub>2</sub>              | 0.004                      | 0.004  | —                  | —           |

注：在表A4中有关数值及关系说明如下：

① 来自 $f(1, Eb_1) \cdot d(1, A_1) \cdot d(1, Boff) = f(1, Eb_1, A_1, Boff)$ ； $g/h \cdot 0.04 \cdot 1 = 0.36/h$ 。

② 来自 $f(1, Eb_2) \cdot d(1, A_1) \cdot d(1, Boff)$ 。

③ 来自 $d(2, A_1) \cdot d(2, Me)$ 。

④ 来自 $d(2, B_1) \cdot d(2, Boff)$ 。

⑤ 当分别根据湿热和高温试验选择C<sub>1</sub>和B<sub>1</sub>的温度间隔时，这些温度间隔是不相同的，然而，温度的严酷

度相同。因此， $C_1$ 的持续时间可取自 $B_1$ 的持续时间。

⑥ 来自 $d(2, C_1) \cdot d(2, Me)$ 。

⑦  $C_3$ 和 $B_1$ 的温度间隔相差很大，但是就 $B_2$ 高温（+55℃）来说， $C_3$ 的0.01取自 $B_1$ 的0.92比取自 $B_2$ 的0.03好。

⑧ 湿度随温度变化而变化，只有在无内热（电池断开）时才重要，根据注⑦， $B_1$ Boff 0.276应减少为0.001。但是，减少得很少，可忽略不计。

⑨ 来自 $f(3, Eb_1) \cdot d(3, B_2) \cdot d(3, Me)$ 。

第五步：全部活动的累加

如表A5所示，通过过渡性的步骤对单一参数持续时间的缩减，可使累加变得更为方便。

表 A5

| 活动状态<br>环境参数  | 符 号   | 相对持续时间或发生次数 |       |       |        |
|---------------|-------|-------------|-------|-------|--------|
|               |       | 功 能 模 式     |       |       |        |
|               |       | 测 量         | 备 用   | 电池断开  | 功能模式累加 |
| 状态2<br><br>温度 | $A_1$ | 0.007       | 0.007 | 0.006 | 0.02   |
|               | $A_2$ | 0.010       | 0.011 | 0.009 | 0.03   |
|               | $B_1$ | 0.287*      | 0.287 | 0.276 | 0.85   |
|               | $B_2$ | 0.010       | 0.011 | 0.009 | 0.03   |

注：表A5中\*来自 $d(2, B_1, Me) - d(2, Me) \cdot [d(2, C_1) + d(2, C_2) + d(2, C_3)]$ 。

在此例中如温度已限定为低温和高温，在表A2中，温度参数应是0.9而不是1.0，并在此处（第五步）无缩短。

这时，就可制成一个包括每一严酷度等级持续时间、频率的全部活动累加的完整表格。如表A6所示。

第六步：关键环节的检查

潮湿及电池接通情况的组合是一种不需要的组合。潮湿、测量与潮湿、备用的持续时间应当删去，而适当地增加潮湿、电池断开这一组合的持续时间。适当地校正 $B_1$ 的持续时间。

D的持续时间是微小的。在 $C_3$ 潮湿的条件下，可通过加热或关掉制冷的办法获得高环境湿度的温度变化的结果。因而可删去D，并适当地加 $C_3$ 。另外，可通过规定 $B_1$ 与 $A_1$ 间转换的时间，而获得迅速温变的影响，以相当于试验N（温度变化试验）。

潮湿 $C_3$ 及低温 $A_1$ ，安排这样的相互连接的顺序是为了获得内部冷冻的影响。

为了能最低限度地减少受试设备的安装及拆卸，从实用出发，振动及碰撞条件按 $(F, B_1)$ 、 $(F, B_2)$ 、 $(Eb, B_2)$ 、 $(Eb, B_1)$ 、 $(Eb, A_1)$ 的顺序安排。

第七步：可靠性试验周期的设计

最后的相对持续时间与发生次数可通过周期长度按比例增加的方法以选择合适的长度，并在周期中规定功能的检查点。设计试验周期时应尽可能考虑到工作时间（检查、值班时间）与休息时间正常合理的安排。

最后的试验周期可通过以小时数排列成的曲线图的型式表示。完整的试验周期图如后。

试验程序与严酷度的详细说明，连同参照的合适的标准试验一起应作为试验周期图的附录，以保证试验周期设计的完整性。

表 A 6

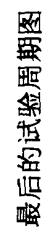
| 环境参数  | 符 号                              | 相对持续时间或发生次数 |         |                    | 累 加     |
|-------|----------------------------------|-------------|---------|--------------------|---------|
|       |                                  | 功 能 模 式     |         |                    |         |
|       |                                  | 测 量         | 备 用     | 电池断开               |         |
| 温度    | A <sub>1</sub>                   | 0.004       | 0.004   | 0.016 <sup>①</sup> | 0.024   |
|       | A <sub>2</sub>                   | 0.008       | 0.008   | 0.025              | 0.041   |
|       | B <sub>1</sub>                   | 0.194       | 0.193   | 0.291 <sup>②</sup> | 0.678   |
|       | B <sub>2</sub>                   | 0.009       | 0.009   | 0.029              | 0.047   |
| 变温    | N                                | 0           | 0       | 0.006/h            | 0.006/h |
| 温湿    | C <sub>1</sub>                   | 0.015       | 0.014   | 0.053              | 0.082   |
|       | C <sub>2</sub>                   | 0.004       | 0.004   | 0.019              | 0.027   |
|       | C <sub>3</sub>                   | 0.002       | 0.002   | 0.006              | 0.010   |
|       | D                                | 0           | 0       | 0.001              | 0.001   |
| 碰撞、低温 | E b <sub>1</sub> 、A <sub>1</sub> | 0           | 0       | 0.108/h            | 0.108/h |
|       | E b <sub>2</sub> 、A <sub>1</sub> | 0           | 0       | 0.012/h            | 0.012/h |
| 碰撞、高温 | E b <sub>1</sub> 、B <sub>2</sub> | 0.072/h     | 0.063/h | 0                  | 0.135/h |
|       | E b <sub>2</sub> 、B <sub>2</sub> | 0.008/h     | 0.007/h | 0                  | 0.015/h |
| 碰撞    | E b <sub>1</sub>                 | 0.648/h     | 0.567/h | 3.042/h            | 4.257/h |
|       | E b <sub>2</sub>                 | 0.072/h     | 0.063/h | 0.338/h            | 0.473/h |
| 自由跌落  | E d <sub>1</sub>                 | 0           | 0       | 0.027/h            | 0.027/h |
|       | E d <sub>2</sub>                 | 0           | 0       | 0.003/h            | 0.003/h |
| 振动、高温 | F <sub>1</sub> B <sub>2</sub>    | 0.0008      | 0.0007  | 0                  | 0.0015  |
|       | F <sub>2</sub> B <sub>2</sub>    | 0.0004      | 0.0004  | 0                  | 0.0008  |
|       | F <sub>1</sub> B <sub>1</sub>    | 0.0072      | 0.0063  | 0.0500             | 0.0635  |
|       | F <sub>2</sub> B <sub>1</sub>    | 0.0036      | 0.0031  | 0.0175             | 0.0242  |
|       |                                  |             |         |                    | 1.0000  |

注：①  $d(1, A_1) \cdot d(1, B_{off}) \cdot d(1) + d(2, A_1, B_{off}) \cdot d(2)$

②  $[d(1, B_1) - (d(1, C_1) + d(1, C_2) + d(1, C_3) + d(1, D) + d(1, F_1) + d(1, F_2))] \cdot d(1, B_{off}) \cdot d(1) + (d(2, B_1, B_{off}) \cdot d(2) + [d(3, B_1, B_{off}) - ((d(3, F_1) + d(3, F_2)) \cdot d(3, B_{off}) - (d(3, F_1, B_2, B_{off}) + d(3, F_2, B_2, B_{off}))]) \cdot d(3)$

③ 可通过汇总各参数的持续时间或发生次数并与表 A 1 及 A 2 比较来检查其正确性。例如参数 E b 合计为  $5.0/h = (0.3 \times 10 + 0.1 \times 20)/h$ 。该值与括弧内数值之和是相等的。





**附加说明:**

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由全国电工电子可靠性与维修性标准化技术委员会归口。

本标准由电子工业部第五研究所与七一二厂负责起草。

本标准主要起草人江登恕、曹治民、卢昆祥。