



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定

Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment for drive system of electric propulsion vehicles – Part 1: General

(ISO 19453-1: 2018, MOD)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2021年8月30日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 按安装位置分类 .....	2
4.1 动力系统 .....	2
4.2 乘客舱 .....	2
4.3 行李舱/货舱 .....	2
4.4 外部/腔体内 .....	2
4.5 其他安装位置 .....	3
5 工作模式 .....	3
5.1 工作模式 1 .....	3
5.2 工作模式 2 .....	3
5.3 工作模式 3 .....	3
5.4 工作模式 4 .....	3
6 功能状态分级 .....	3
6.1 一般规定 .....	3
6.2 A 级 .....	4
6.3 B 级 .....	4
6.4 C 级 .....	4
6.5 D 级 .....	4
6.6 E 级 .....	4
7 试验和要求 .....	4
7.1 一般规定 .....	4
7.2 通用试验条件 .....	4
7.3 试验顺序 .....	4
8 代码标示 .....	5
8.1 代码 .....	5
8.2 自定义代码 Z 的使用 .....	5
附录 A (资料性) 试验顺序方案示例 .....	6
附录 B (资料性) 寿命试验/可靠性综述示例 .....	7
B.1 一般规定 .....	7
B.2 寿命试验目的 .....	7
B.3 基于试验数据的可靠性计算 .....	7
参考文献 .....	10

# 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。

本文件是GB/T XXXX《道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验》的第1部分。GB/T XXXX 已经发布了以下部分：

- 第1部分：一般规定；
- 第3部分：机械负荷；
- 第4部分：气候负荷；
- 第5部分：化学负荷。

本文件修改采用ISO 19453-1: 2018《道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定》。

本文件与ISO 19453-1: 2018的技术差异及其原因如下：

- 删除 ISO 和 IEC 用于标准化的维护术语数据库地址，本文件涉及的术语与 ISO 和 IEC 用于标准化的维护术语的数据库无关；
- 用规范性引用的 ISO 21498-1 替换 ISO/PAS 19295，ISO/PAS 19295 已被 ISO 21498-1 代替；
- 用规范性引用的 GB 18384 替换 ISO 6469-3，两个文件对人员触电防护的要求保持一致；
- 调整 A 级电压和 B 级电压的范围，调整电驱动系统、电动汽车的定义，以适应我国的技术条件；
- 删除客户、供应商的定义；
- 在工作模式 3.2 中增加“控制在典型运行模式”，明确工作模式 3.2 的要求。

本文件做了下列编辑性改动：

- 删除国际标准的前言。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC 114）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

## 引 言

本系列文件用于在设备寿命周期内预期将要承受的真实环境，系统地定义或应用一组国际公认的环境条件、试验和操作要求提供给用户。本文件基于对B级电压部件的基础研究和在车辆中测量的数据形成，但是当其适用性能够得到确认时，也可适用于不使用B级电压的电机、逆变器、DC/DC转换器等部件。本系列文件基于GB/T 28046系列并遵循相同的基本原则，但是专用于B级电压部件。

与GB/T 28046系列文件不同，本系列文件没有包含第2部分电气负荷，电气负荷试验条件和要求见ISO 21498。

本系列文件考虑了下列环境因素。

### ——世界地理和气候

电动车辆几乎在世界所有陆地区域使用和运行。由于外界气候，包括可以预测的每天和季节的变化，使车辆环境条件有重大变化。需要按世界范围考虑温度、湿度、降水、大气条件、灰尘、污染和海拔高度。

### ——电动汽车的类型

电动汽车的设计特征决定了车辆内（和车辆上）的环境条件，例如是否为车辆配备内燃气和/或电机驱动、车辆质量、车辆尺寸、供电电压等。考虑到了电动汽车的典型类型，包括混合动力电动汽车，纯电动汽车，燃料电池电动汽车，但是不包含燃料电池系统专用设备。

### ——车辆使用条件和操作模式

应考虑由道路质量，路面类型，道路地形，车辆使用（例如通讯、牵引、货物运输等）和驾驶习惯引起的车辆内（和上）的环境条件变化；储存、起动、行驶、停车等工作模式；内燃机转速分布和混合动力汽车电动驾驶模式在内燃机完全关闭期间的显著差别。

### ——设备寿命周期

本文件也包括了电气和电子设备在制造、运输、装卸、储存、车辆装配车辆维修期间可能耐受的环境条件（如自由跌落试验）。

### ——车辆供电电压

电气和电子设备如具备不同的供电电压，试验时应应在各工作模式进行规范。

### ——部件质量和体积

电动汽车驱动系统目前使用的部件比GB/T 28046系列文件中试验条件涵盖的常规、小型和轻型电子电气部件的体积更大，质量更重。电动动力总成部件的尺寸和质量在本系列文件中予以考虑。例如：振动试验中部件惯性质量对测量激励的影响；温度试验中部件尺寸和质量对在高低温下保持时间的影响（在GB/T XXXX.4中，需要更长的时间使整个部件达到预期的温度）。

### ——车辆中的安装位置

在目前或未来的车辆中，系统/部件可能安装在车辆的任何位置，每一特定应用的环境要求通常取决于安装位置。车辆的每个位置都有特定的环境负荷。例如，发动机舱的温度范围、振动量级和类型不同于乘客舱。安装在车身上部件承受的是典型的随机振动，而安装在发动机上的系统/部件，还应考虑来自发动机的正弦振动。又如，安装在门上的设备因受门的撞击要经受大量的机械冲击。

车辆制造厂期望将不同的环境负荷类型和级别按文件要求进行合理的组合，这样就有可能将某一车辆上的系统/部件扩展到其它车辆。但是具体要求通常在设计未来车型的部件时是未知的，预期的环境负荷通常来自于其他车型的类似条件。通常根据安装位置进行组合，由于有限的几个等级难以满足多样化的实际需求，因此定义不同安装位置及各自负荷特性的合理数值是困难的。环境负荷并不是由安装位置一个因素确定的，还有其他影响系统/部件应力量级的因素。例如，车身的流线、动力系统或紧凑程度对安装在不同车辆内几乎相同位置的装置能形成完全不同的量级要求。

本系列文件对几种负荷类型定义了要求等级，分别有电气、机械、热、气候和化学负荷。对每一种负荷类型定义若干要求等级，每一个要求等级用一特定字母代码表示，全部环境要求由被定义的代码字母组合表示。代码字母由本系列文件的其他有关部分定义，每部分附录中的表内包括常规的安装位置和它们各自代码字母的定义示例。对一般应用，这些代码是适用的。如有特殊应用且这些代码组合无法表达时，可以创建新的代码组合。当新的要求量级没有适用的代码时，可以用代码“Z”创建。在此情况下，特殊要求需单独定义但不应改变试验方法。

本系列文件的用户应注意受试装置（DUT）试验时安装位置所处的热、机械、气候和化学负荷情况。

a) 对制造商责任的适用性

在设计阶段由于技术限制或变化，车辆制造商要求将部件放置在不能承受本系列文件环境条件的位置，制造商有责任提供必要的环境防护。

b) 对线束、电缆和电气连接器的适用性

尽管本系列文件的一些环境条件和试验与车辆的线束、电缆和电气连接器有关，但将其作为完整标准来使用其范围是不够的。因此，不推荐将本系列文件直接适用于这些装置和设备。

c) 对设备部件或总成的适用性

本系列文件描述了直接安装在车辆上/内的电子和电气设备的环境条件和试验，不直接用于构成设备的部件或总成。例如本系列文件不直接用于嵌入设备的集成电路（ICs）或分立元件、电气连接器、印刷电路板（PCBs）、量表等。这些部件或总成的电气、机械、气候和化学负荷与本系列文件的描述可能是完全不同的。因此，对于这些子部件，本系列文件的试验条件可以视为参考。

此外，对打算用于车辆设备的部件和总成可借鉴本系列文件得到预期的环境条件和试验要求。例如，设备温度范围在-40°C到70°C之间，内装件总成定义的温度范围为-40°C到90°C之间，有20°C升温。

d) 对系统集成和验证的适用性

本系列文件的使用者应注意文件的范围在条件和试验上有局限，不能反映车辆系统所有认证和验证所需的条件和试验，设备部件和车辆系统可能需要进行其它环境和可靠性试验。

例如，本系列文件不直接对焊接、非焊连接、集成电路等规定环境和可靠性要求，但是这些项目应由零部件、材料或集成阶段的验证来保证。在车辆上使用的装置需在整车和系统级进行验证。

# 道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验

## 第1部分：一般规定

### 1 范围

本文件规定了最大工作电压为B级电压的电驱动系统和部件的要求。

本文件不适用于高压电池包（如动力电池包）和系统或内部部件。

本文件描述了潜在的环境应力、试验和车辆上或车辆内不同应力等级下的推荐要求。

本文件包括定义、安装位置、工作模式等一般规定。与本系列文件的所有其他部分一样，本文件不适用于以下部分的环境要求或试验：

- 线束、电缆和电连接器；
- 设备内部的部件或部件（如无其他说明）；
- 设备的系统集成和在车辆上的系统验证（如无其他试验要求的规定）。

### 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 18384 电动汽车安全要求

GB/T 28046.1 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定（GB/T 28046.1—2011, ISO 16750-1, 2006, MOD）

GB/T 30038 道路车辆 电子电气设备防护等级（IP代码）（GB/T 30038—2013, ISO 20653: 2006, MOD）

GB/T XXXX.3 道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷（GB/T XXXX.3—20XX, ISO 19453-3: 2018, MOD）

GB/T XXXX.4 道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷（GB/T XXXX.4—20XX, ISO 19453-4: 2018, MOD）

GB/T XXXX.5 道路车辆 电动汽车驱动系统用电气及电子设备的环境条件和试验 第5部分：化学负荷（GB/T XXXX.5—20XX, ISO 19453-5: 2018, MOD）

ISO 21498-1 电动汽车 B级电压系统及部件电气规范和试验 第1部分：电压子类和特性

### 3 术语和定义

GB/T 28046.1、ISO 21498-1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**A级电压 Voltage class A**

最大工作电压小于或等于30Va. c.（rms），或小于或等于60Vd. c.的电气部件或电路。

#### 3.2

**B级电压 Voltage class B**

最大工作电压大于30Va. c. (rms) 且小于或等于1000Va. c. (rms), 或大于60Vd. c. 且小于或等于1500Vd. c. 之间的电气部件或电路。

### 3.3

**电驱动系统** electric propulsion system; electric drive

由驱动电机、动力电子装置和将电能转换到机械能的相关操纵装置组成的系统。

[来源: GB/T 19596—2017, 3.1.2.1.4.1]

### 3.4

**电动汽车** electric propulsion vehicle; electric vehicle

纯电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池电动汽车总称为电动汽车。

[来源: GB/T 19596—2017, 3.1.1, 有修改]

## 4 按安装位置分类

### 4.1 动力系统

装置安装在:

- 车身;
- 车架;
- 非刚性连接的柔性进气管上;
- 非刚性连接的柔性进气管内;
- 发动机上;
- 发动机内;
- 变速器/减速器上;
- 变速器/减速器内;
- 电机上;
- 电机内。

### 4.2 乘客舱

装置安装在:

- 无特别要求;
- 太阳直射处;
- 热辐射处 (不同于太阳光辐射)。

### 4.3 行李舱/货舱

装置安装在: 舱内。

### 4.4 外部/腔体内

装置安装在:

- 车身。
- 车架。
- 底盘/轮毂:
  - 1) 簧上;
  - 2) 簧下 (车轮、车轮支架、车轴);
- 乘客舱车门内/上;

- 发动机舱罩；
- 行李舱盖/门；
- 箱体盖/门
- 腔体内：
  - 1) 开口向车外方向；
  - 2) 开口向车内方向；
- 专用舱内（如蓄电池盒）。

#### 4.5 其他安装位置

一些有特殊环境条件的位置（如排气系统）没有给出规定，应在DUT的说明书中规定。

### 5 工作模式

#### 5.1 工作模式 1

不向DUT供电。

工作模式1.1：DUT未连接到线束。

工作模式1.2：DUT模拟在车辆上的安装位置，连接到线束。

#### 5.2 工作模式 2

当车辆发动机关闭，且所有电气连接完好，DUT在内燃机、高压电池（DC/DC）不工作时以电压 $U_b$ 带电运行。

工作模式2.1：系统/部件功能不被激活（如休眠模式）。

工作模式2.2：系统/部件以A级电压带电运行并控制在典型运行模式。

#### 5.3 工作模式 3

所有电气连接完好，DUT以电压 $U_A$ 或 $U_X$ 带电运行。

工作模式3.1：系统/部件功能不被激活。

工作模式3.2：系统/部件以A级电压或B级电压带电运行并控制在典型运行模式且不需要额外辅助设备，如冷却系统等。

#### 5.4 工作模式 4

所有电气连接完好，DUT以电压 $U_A$ 或 $U_X$ 带电运行，并带有辅助设备，如冷却系统等。

工作模式4.1：系统/部件功能不被激活。

工作模式4.2：系统/部件以A级电压或B级电压带电运行并控制在典型运行模型。

### 6 功能状态分级

#### 6.1 一般规定

描述DUT在试验期间和试验后所处的功能状态。

对每个试验应给出最低功能状态，附加试验条件要求生产商和供应商商定。

在以下级别确认期间，不应DUT进行额外操作。

除E级外，下列所有等级应按照GB 18384规定的电气安全进行操作，功能状态为E级的DUT应谨慎处理。

## 6.2 A级

试验中和试验后，装置/系统所有功能满足设计要求。

## 6.3 B级

试验中装置/系统所有功能满足设计要求，但允许有一个或多个超出规定允差。试验后所有功能应自动恢复到规定限值。存储功能应符合A级。

汽车制造商应明确允许超出规定偏差的功能。

## 6.4 C级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求，但试验后所有功能能自动回复到正常运行。

## 6.5 D级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到正常运行，需要对装置/系统通过简单操作重新激活。

## 6.6 E级

试验中装置/系统一个或多个功能不满足设计要求且试验后不能自动恢复到正常运行，需要对装置/系统进行修理或更换。

## 7 试验和要求

### 7.1 一般规定

在GB/T XXXX.3~GB/T XXXX.5中的规定值覆盖了基本要求。具有多个安装位置的DUT，应采用最严格的要求进行试验。

### 7.2 通用试验条件

除非另有规定，所有试验应在 $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度25%~75%的室温（RT）条件下进行。

除非在其他部分另有规定，试验电压应按表1的规定。如用户同意采用其他试验电压，应记录在试验报告中。

表1 工作模式 2~4 的试验电压（见 5.2 至 5.4）

试验电压	12V 系统 (V)	24V 系统 (V)	B 级电压系统
$U_A$	$14 \pm 0.2$	$28 \pm 0.2$	----
$U_B$	$12 \pm 0.2$	$24 \pm 0.2$	----
$U_X$	----	----	无限制工作电压 <sup>a</sup> $\pm 1\%$

<sup>a</sup> 无限制工作电压由客户和供应商之间的协议与 ISO 21498-1 指定。

### 7.3 试验顺序

试验前，应制定合适的试验顺序方案，根据试验的经济性和持续时间，确定试验的类型、数量、组合及单独试验的顺序。

产品的寿命试验应明确规定并纳入试验顺序方案中。

示例见附录A。

## 8 代码标示

### 8.1 代码

提交试验的样品应按图1的描述或其他文件确定代码。不同元素代码应符合图1提及的相关文件。

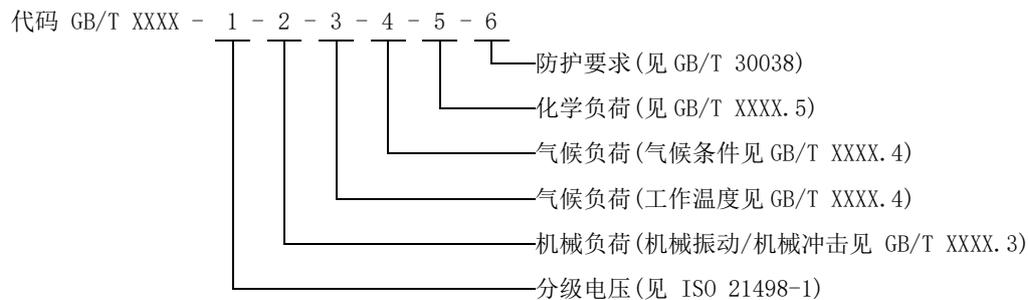


图1 代码分配

示例：GB/T XXXX-B\_470-A-Ha-A-A-IP6K9K

该例给出了对系统/部件环境要求的代码标示：

- 代码B\_470的表示ISO 21498-1中的分等级电压要求；
- 代码字母A表示GB/T XXXX. 3中的机械负荷要求；
- 代码字母Ha表示GB/T XXXX. 4中的工作温度要求；
- 代码字母A表示GB/T XXXX. 4中的气候负荷要求；
- 代码字母A表示GB/T XXXX. 5中的化学负荷要求；
- IP6K9K表示GB/T 30038中的防护要求。

### 8.2 自定义代码 Z 的使用

本系列文件各部分可使用规定的代码和“自定义”代码Z，代码Z的使用受定义的条件或试验的限制，由设备供应商和/或客户商定：

- 不能达到期望的产品质量/可靠性目标；和/或
- 当定义的条件或试验不可行。

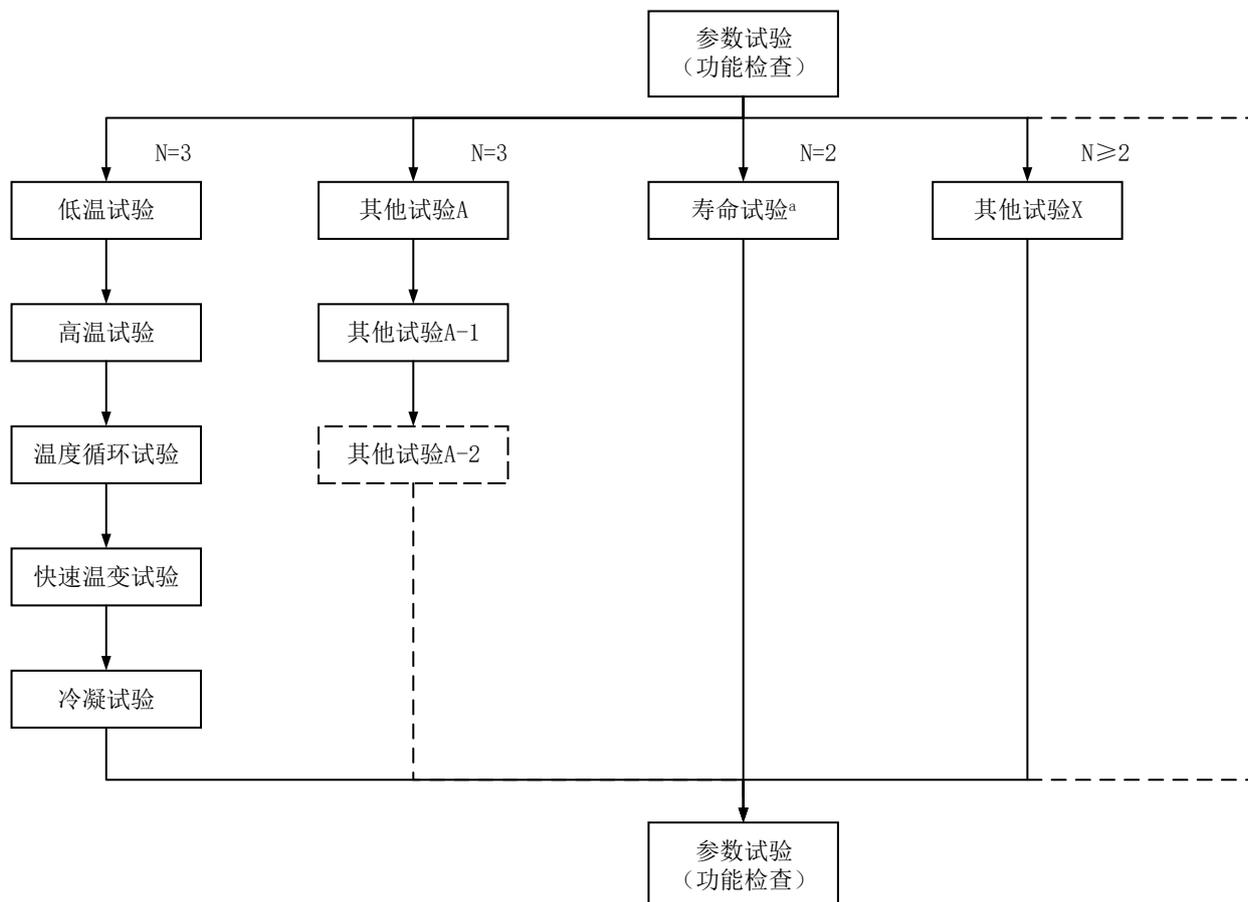
自定义代码Z推荐用于如下情况：

- 不采用给定的条件或试验的理由应充分；
- 自定义条件或试验的全部描述应可信；
- 自定义条件或试验的适宜性应有数据和原理支持；
- 自定义代码Z的所有特殊信息应包含在GB/T XXXX. 3~GB/T XXXX. 5中；
- 自定义应得到供需双方的确认。

附录 A  
(资料性)  
试验顺序方案示例

图A.1给出了试验顺序方案示例。该方案不是实际试验方案的固定方案，宜根据独立部件的失效形式，设计合适的试验顺序。

考虑到试验的经济性和持续时间，单个试验序列可以并行执行。



<sup>a</sup>见附录B。

图A.1 试验顺序方案（示例）

## 附录 B (资料性) 寿命试验/可靠性综述示例

### B.1 一般规定

除环境负荷外，车上产品还承受自身功能产生的负荷，以下称之为功能负荷。寿命试验通常模拟功能负荷以及同时存在的相关环境负荷的组合。试验按实际运行操作程序进行。

### B.2 寿命试验目的

#### B.2.1 一般规定

根据问题的类型，区分两种明显不同的情况。

#### B.2.2 潜在的设计缺陷

用实际时间寿命试验或加速寿命试验（增加负荷），对功能负荷结合更多的环境负荷检验能发现设计缺陷。通常仅用少量的DUT就可满足要求，这种情况比较常见。但DUT数量太少，不适合统计上正确描述可靠性。

#### B.2.3 可靠性

判定可靠性是完全不同的工作，建议按以下方法、步骤进行。

- a) 确定与产品寿命周期和特性相关的负荷类型，明确将要进行的试验。
- b) 确定实际负荷，例如运行时间、平均温度等。
- c) 基于统计相关性，确定可靠度和置信度，计算必需的 DUT 数量或基于实际负荷的试验持续时间，通常这种计算需要大量的时间。
- d) 基于实际经验和试验间的相互关系，通过增加允许负荷达到步骤 c) 需要大量试验的目的。增加的负荷不应导致改变预期的损伤过程。通常，与检查潜在的设计缺陷相比，可靠性验证需要更多的试验。

建议按上述步骤的方法逐步进行来检查设计，但c)除外。

### B.3 基于试验数据的可靠性计算

#### B.3.1 一般统计相关性

如对可靠性量值有要求，例如在时间段 $t$ 内可靠度 $R(t)$ ，规定了必需的置信度 $P_A$ ，利用寿命试验数据按B.1给出的统计计算公式可进行评价。

该算法基于二项分布相关的Weibull分布，服从式B.1:

$$R(t) \geq (1 - P_A)^{\frac{1}{n} \left(\frac{T}{t}\right)^\beta} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

- $R(t)$  ——可靠度;
- $P_A$  ——置信度（假定）;
- $n$  ——DUT数量;
- $T$  ——规定的寿命周期;
- $t$  ——试验持续时间;
- $\beta$  ——Weibull因子。

当应用此公式时，应满足以下两个条件：

- 试验中应不产生实效。如果产生失效，只有到第一次失效的试验持续时间用于计算；
- 实际预期失效应符合Weibull分布。

在母本数量已知的情况下，采用式B.1需给出所需的DUT数量。否则，样本数量应通过试验或使用基于经验确定。

B.3.2中用示例进行方法说明。

### B.3.2 对假设的可靠性确定需要的试验持续时间示例

#### B.3.2.1 DUT

选择用于乘用车发动机舱内，绕在非运动部件外的塑料为例。

规定如下：

- 寿命周期：10年；
- 可靠度：R=0.99（失效率1%）；
- 置信度： $P_A=0.9$ （标称值）。

#### B.3.2.2 产品负荷特性和相关寿命周期的确定

根据这类产品和类似产品的经验，由温度循环引起的不同部件的不同热膨胀过程产生的机械应力负荷为主要因素，因此，应进行温度循环试验。

#### B.3.2.3 实际负荷的确定

在实际应用中的最高温升是由冷态工作条件时加热发动机舱引起的温度升高。因车辆的高热负荷，温度升高每天最多仅能发生两次。10年温度循环不超过7300个，温升（由测量确定） $\Delta T=70$  K时。

相对该温升值的许多较小的温升将忽略，在B.3.2.5中陈述了理由。

#### B.3.2.4 试验持续时间的计算

试验持续时间由试验中所需要温度循环数确定。用 $L_v = \frac{N_{1test}}{N_{prac}}$ 及式B.1导出：

$$N_{1test} = N_{prac} \left[ \frac{\ln(1-P_A) \frac{1}{n}}{\ln R} \right]^{\frac{1}{\beta}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $L_v$  ——试验持续时间；
- $N_{1test}$  ——实际温升试验中所要求的温度循环数；
- $N_{prac}$  ——实际温度循环数：7300（10年）；
- $P_A$  ——置信度（假定）：0.9；
- $n$  ——DUT数量：45（小且为简单的DUT）；
- $R$  ——可靠度：0.99（规定）；
- $\beta$  ——Weibull因子：3（试验确定，用于线状破裂）。

将以上数值带入公式，结果是 $N_{1test}=12258$ ，也就是对 $\Delta T=70$  K的实际负荷，需要12 558次试验循环可确保 $R=0.99$ （附加条件：无失效）的可靠性。

如此的持续时间是不可接受的，采用在允许范围内增加负荷的方法（见B.3.2.5）可减少持续时间。

#### B.3.2.5 增加负荷

适于增加荷载的计算方法用Coffin Manson公式。如式 (B.3)：

$$N_{2test} = N_{1test} \times \left( \frac{\Delta T_{prac}}{\Delta T_{test}} \right)^K \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- $N_{2test}$  ——温升试验的试验循环数；
- $N_{1test}$  ——实际温升试验的试验循环数；
- $\Delta T_{prac}$  ——实际温升：70 K；
- $\Delta T_{test}$  ——试验温升：160 K (-40°C~+120°C，最大允许温度)；
- $k$  ——按失效程序确定的指数：5[试验确定，S/N（相对循环数应力）斜率]。

将以上参数代入公式，结果是 $N_{2test} = 200$ 循环。因为 $k=5$ 是高指数，小的升温可以忽视。

### B.3.3 结论

用寿命试验确定可靠性受以下因素影响（通常给出最低可靠性要求的寿命周期）：

- “失效行为”（Weibull因子）对结果有主要影响：失效斜率高，试验持续时间短；
- 对低失效斜率，DUT数量有很大的影响；
- 对置信度的过分要求将导致较长的试验持续时间和较大数量的DUT。

如果磨损或疲劳有明显的失效且试验允许增加高负荷，描述的方法可以顺利使用。一般用于机械和机电产品。

这种方法不适用与单纯的电子部件，因为大量意外失效（Weibull因子接近1）导致大量试验无法接受（DUT数量和试验持续时间），而增加负荷（例如升温）是仅有的缓解方法。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 28046.3 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷
- [2] GB/T 28046.4 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷
- [3] GB/T 28046.5 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第5部分：化学负荷
-