

## 电气/电子元件通用规范---环境/耐久性

**1 范围**

## 1.1 任务/主题

**2 参考标准**

## 2.1 外部标准/技术规范

## 2.2 GM标准/技术规范

## 2.3 其它参考标准

**3 条款和定义**

## 3.1 温度和电压的定义

## 3.2 参数公差

## 3.3 操作类型

## 3.4 功能状况分级 (FSC)

**4 流程**

## 4.1 电气/电子元件A/D/V程序

## 4.2 A/D/V程序流程

## 4.2.1 测试方案协商

## 4.2.2 硬件设计重检

## 4.2.3 分析活动

## 4.2.4 开发活动

## 4.2.5 设计验证活动

## 4.2.6 产品验证活动

## 4.3 程序活动概要

**5 要求**

## 5.1 生命周期目标值

## 5.2 可靠度

## 5.3 引用要求

## 5.3.1 电气负载代码符号

## 5.3.2 机械负载代码符号

## 5.3.3 温度负载代码符号

## 5.3.4 气候负载符号代码

## 5.3.5 化学负载符号代码

## 5.3.6 覆盖物保护国际代码符号

## 5.3.7 基于装车位置的代码标识

**6 性能验证**

## 6.1 5-点功能/参数检查

## 6.2 1-点功能/参数检查

## 6.3 持续监测

## 6.4 功能循环

## 6.5 目视检测和分解—DRBTR

**7 分析**

## 7.1 分析任务

## 7.2 电性能

## 7.2.1 正常和最差情况性能分析

## 7.2.2 短/开路分析

## 7.3 机械

## 7.3.1 共振频率分析

## 7.3.2 高海拔运输压强影响分析

## 7.3.3 塑制品扣合结构配合分析

## 7.3.4 挤压分析

## 7.4 温度

## 7.4.1 高海拔工作过热分析

## 7.4.2 热疲劳分析

## 7.4.3 无铅焊锡分析

**8 开发**

## 8.1 开发任务

## 8.2 电性能

## 8.2.1 启动

## 8.2.2 反向极性

## 8.2.3 过压

## 8.2.4 状态改变波形特征

## 8.2.5 接地线路自感应系数

## 8.2.6 电磁兼容性(EMC)

## 8.3 机械

## 8.3.1 高加速生命周期测试 (HALT)

## 8.4 温度

## 8.4.1 温度测量

## 8.4.2 低温觉醒

## 8.5 气候

## 8.5.1 霜冻

## 8.5.2 高加速压力测试 (HAST)

## 8.5.3 测量

**9 设计验证(DV)**

## 9.1 DV任务

## 9.2 电性能

## 9.2.1 寄生电流

## 9.2.2 电源中断

## 9.2.3 蓄电池电压流失

## 9.2.4 正弦交变电压

## 9.2.5 脉冲电压

## 9.2.6 蓄电池和接地间歇短路

## 9.2.7 蓄电池和接地持续短路

## 9.2.8 接地与蓄电池短路连接

## 9.2.9 开路 - 单线中断

## 9.2.10 开路 - 多线中断

## 9.2.11 接地补偿

## 9.2.12 电源补偿

## 9.2.13 分离数字式输入电压

## 9.2.14 过载 - 所有电路

## 9.2.15 过载 - 电路保险丝

## 9.2.16 绝缘电阻

## 9.3 机械

## 9.3.1 热循环振动

## 9.3.1.1 随机振动 - 固定在发动机或传动装置上

- 9.3.1.2 随机振动- 固定在弹性装置上
- 9.3.1.3 随机振动-固定在非弹性装置上
- 9.3.1.4 所有振动测试中使用的热循环概况
- 9.3.2 热疲劳振动
- 9.3.3 机械冲击- Pothole
- 9.3.4 机械冲击- 碰撞
- 9.3.5 机械冲击 - 猛然关闭
- 9.3.6 挤压外壳 - 肘部负载
- 9.3.7 挤压外壳- 脚踏负载
- 9.3.8 GMW3191连接器测试
- 9.3.9 连接器安装误用 - 单边力
- 9.3.10 连接器安装误用 -底部负载
- 9.3.11 自由跌落
- 9.3.12 磨损腐蚀退化
- 9.4 气候
- 9.4.1 高温老化
- 9.4.2 空气对空气热冲击(TS)
- 9.4.3 电流温度循环 (PTC)
- 9.4.4 热冲击/溅水
- 9.4.5 湿热循环(HHC)
- 9.4.6 恒定湿热(HHCO)
- 9.4.7 盐雾
- 9.4.8 盐喷雾
- 9.5 防护
- 9.5.1 灰尘
- 9.5.2 防水
- 9.5.3 密封
- 9.5.4 水冰冻
- 9.5.5 糖水功能损害

## 10 产品验证(PV)

- 10.1 PV任务
- 10.2 运输振动

## 11 缩写和符号

## 12 偏差

## 13 注释

- 13.1 环境标准

## 14 增加内容

## 15 代码系统

## 16 发布与修订

- 16.1 发布
- 16.2 修订

## 附录A

## 附录B

## 1 范围

本标准适用于客用、商务和载重汽车的电气/电子元件。本标准依据电气/电子元件的安装位置，描述了环境和耐久性测试。

### 1.1 任务/主题.

本标准详述了环境/耐久性要求和A/D/V程序，适用于车辆系统的电气/电子元件，以确保元件使用周期内的可靠性。

注释：本技术规范不能取代相关法规。

注释：如果英文版和本地语言版发生冲突，以英文版为主。

## 2 参考标准

注释：仅适用获批准的最新版，除非另有说明。

### 2.1 外部标准/技术规范

ASTM D4728

IEC 60068-2-1

IEC 60068-2-14

IEC 60068-2-27

IEC 60068-2-29

IEC 60068-2-30

IEC 60068-2-38

IEC 60068-2-52

IEC 60068-2-64

IEC 60068-2-78

ISO 8820

ISO 12103-1

ISO 16750-2

ISO 16750-3

ISO 16750-4

ISO 20653

### 2.2 GM标准/技术规范

GMN5345

GMW3091

GMW3097

GMW3103

GMW3191

GMW3431

GMW8287

GMW8288

GMW14082

### 2.3 其它参考标准

EIA/JEDEC JESD22-A110-B

### 3 条款和定义.

**元件:** 提交给GM的硬件部分, 有唯一的GM零件号。

**零件:** 用来组成如晶体管, 电路板, 外罩, 发动机和陶器材料等元件的基本要素。

#### 3.1 温度和电压定义

表1: 定义

惯用语	符号	定义
最低温度	$T_{\min}$	要求元件工作的最低限度环境温度值
最高温度	$T_{\max}$	要求元件工作的最高限度环境温度值
余热温度 (soak back)	$T_{PH}$	汽车关机后和元件短时工作临时有可能出现的最高环境温度值。例如发动机上及其环境内
重喷漆和存储温度	$T_{RPS}$	重喷漆中可能发生的最高温度, 但此时元件不工作。 指高温存储和涂层裸露
室温	$T_{room}$	室内环境温度
最低电压	$U_{\min}$	测试中要求元件工作的最低电压值
额定电压	$U_{nom}$	测试中要求元件工作的额定电压值
发电机额定电压	$U_A$	测试中元件工作时, 发电机工作额定电压 (例如: 交流发电机电压) 值
蓄电池额定电压	$U_B$	测试中元件工作时, 发电机不工作额定电压 (例如: 蓄电池电压) 值
最大电压	$U_{\max}$	测试中要求元件工作的最高供应电压值

#### 3.2 参数公差.

除非有其它规定外, 全部的验证实验遵照下表规定的环境参数和公差。

表2: 参数公差

参数	公差
环境温度	Spec. $\pm 3^{\circ}\text{C}$
室温	$(+23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
测试时间	Spec. $\pm 0.5\%$
室内相对环境湿度	$(30 \dots 70)\%$
房间湿度	Spec. $\pm 5\%$
电压	Spec. $\pm 0.1\text{ V}$
电流	Spec. $\pm 1\%$
电阻	Spec. $\pm 10\%$
自由加速度 ( $G_{RMS}$ )	Spec. $\pm 20\%$ (没有GM批准, PSD偏差来自适用性表格中)是不被允许的
加速度 (机械振动, G)	Spec. $\pm 20\%$
频度	Spec. $\pm 1\%$
力	Spec. $\pm 10\%$
距离 (不包括尺寸检验)	Spec. $\pm 5\%$

#### 3.3 操作类型

表3: 操作类型

操作类型		用电状态
1	不加电压	
	1.1	不跟线束相连
	1.2	与线束相连
2	元件连结供给电压 $U_B$ (蓄电池电压、发电机不工作), 全部电器连结完成。	
	2.1	零件功能未激活 (例休眠模式, OFF模式)
	2.2	带电气操作和控制的零件处于典型的工作模式
3	元件连结供给电压 $U_A$ (发动机/发电机工作) 运行, 全部电气连结完成。	
	3.1	元件功能未激活 (例休眠模式, OFF模式)
	3.2	带电气操作和控制的零件处于典型的工作模式

#### 3.4 功能状况分级 (FSC)

FSC规定元件功能性能。

表4: FSC定义

级别	FSC级别定义
A	测试过程中以及测试结束后，元件的全部功能应符合设计要求；
B	测试中元件的全部功能符合设计要求。然而，一个或多个的功能可能超出指定公差。测试后所有的功能自动恢复正常范围内。记忆功能应该达到FSC A级。FSC A级也适用于FSC B级中元件。
C	测试中元件一个或多个功能运行不能满足设计要求，但是在测试结束后能自动回到正常工作状态。FSC A级、B级适用于FSC C级中元件。
D	测试中元件一个或多个功能不能满足设计要求，在测试结束后需要一些“操作/使用”动作重置零件，才能回到正常工作状态。FSC A级、B级、C级适用于FSC D级中元件。
E	测试中元件一个或多个功能不能满足设计要求，测试后需要修理或替换零件，才能恢复正常运行状态。FSC A级、B级、C级、D级适用于FSC E级中元件。

4 程序

4.1 电气/电子元件的A/D/V程序.

电气/电子系统元件遵照，本标准中规定的全球环境元件分析/开发/验证(A/D/V)流程。电气/电子系统包括但不限于动力系统、底盘、HVAC、内部、 车身、 外罩、 外部和电气系统。

2008年11月开始，全部A/D/V测试方案、测试结果、程序说明书以及供应商与GM之间交换的关于环境/持久性A/D/V程序的数据，应通过GM提交系统，提交给GM’ s Global EMC/环境/持久性数据库。

4.2 A/D/V程序流程.

A/D/V程序流程应遵照图1.

A/D/V流程由以下主要的任务组成:

- **要求评审.** 通用(GM) 规定《GMW3172》代码字符，执行要求评审。《GMW3172》代码在零件技术规范(CTS)“验证” 中规定。GM环境/持久性专家(ENV/DUR)与GM设计发布工程师和GM零件验证工程师一起规定代码信息。在提供资料之前，GM ENV/DUR专家重新审查CTS是否与《GMW3172》相一致。同时，GM材料工程师需要提供材料测试要求。被提议免受《GMW3172》约束的供应商必须经过GM ENV/DUR专家许可。一旦CTS不适用，请查阅GMW3172标准中SSTS验证部分。

- **测试方案开始/硬件设计评审.** 供应商资料提供两周之后，供应商和GM共同完成测试方案开始/硬件设计评审会议。会议是为了重新审核解决环境强度要求的设计方案，讨论元件环境测试方案期望值。请参阅本标准“硬件设计评审”部分的详细说明。

- **建立和评审测试方案.** 在供应商提供资料6周后，供应商应完成附录B (零件环境测试方案) 并提供电子版、可编辑格式的资料。在供应商提供资料10周后，将获得许可。

通过向GM ENV/DUR申请，可以获得附录B的可编辑版本。

- **执行A/D/V任务.** A/D/V任务，包括分析，开发和设计验证(DV)，不迟于整合车辆材料要求日期（IV MRD）成功完成，以支持车辆验证。

在元件环境测试方案电子版里，每个测试结果应基于协定条款做出报告，并提交给GM元件验证工程师（或GM ENV/DUR专家），以获得评估和认可。

如果不一致，GM元件验证工程师或GM ENV/DUR专家，除了GM供应商质量工程师（SQE）和DRE，应重申测试结果并决定是否需要再次反复DV。GM元件验证工程师或GM ENV/DUR专家应执行硬件设计复审。基于纠正性活动，根据需要修正元件环境测试方案。

- **执行产品验证（PV）任务.** PV任务应不迟于验证测试结束（VTC）成功完成。评审元件环境测试方案，使其适用于相应的生产流程变动/变化和DV测试结果。

在元件环境测试方案电子版里，每个测试结果应基于协定条款做出报告，并提交给GM元件验证工程师（或GM ENV/DUR专家），以获得评估和认可。

如果不一致，GM元件验证工程师或GM ENV/DUR专家，除了GM供应商质量工程师（SQE）和DRE，应评审测试结果并决定是否需要再次反复DV。GM元件验证工程师或GM ENV/DUR专家应执行硬件设计评审。基于纠正性活动，根据需要修正元件环境测试方案。

4.2.1 测试方案协商

在供应商提供资料6周后，供应商应将已经完成的元件环境测试方案（附录B）以电子版Microsoft office编辑格式，提交给GM ENV/DUR专家以获得认可。

注：普遍适用性环境/持久性测试开发流程（图2），设计验证（图3）和产品验证（图4），是测试方案关键部分。供应商应采用并添加测试流程到元件环境测试方案（附录B）。

图1: A/D/V程序流程

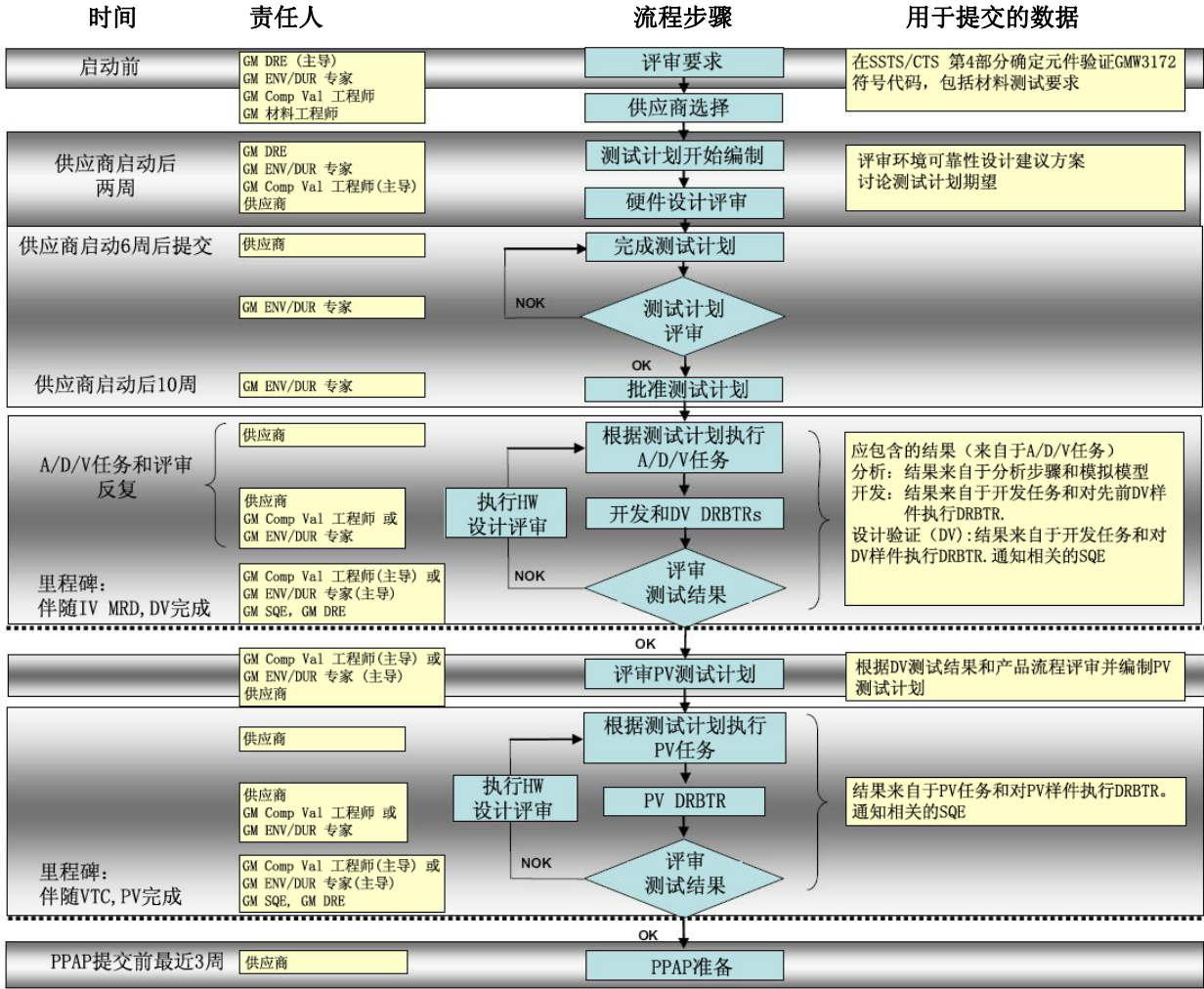


图2 用于开发的通用环境/持久性测试流程

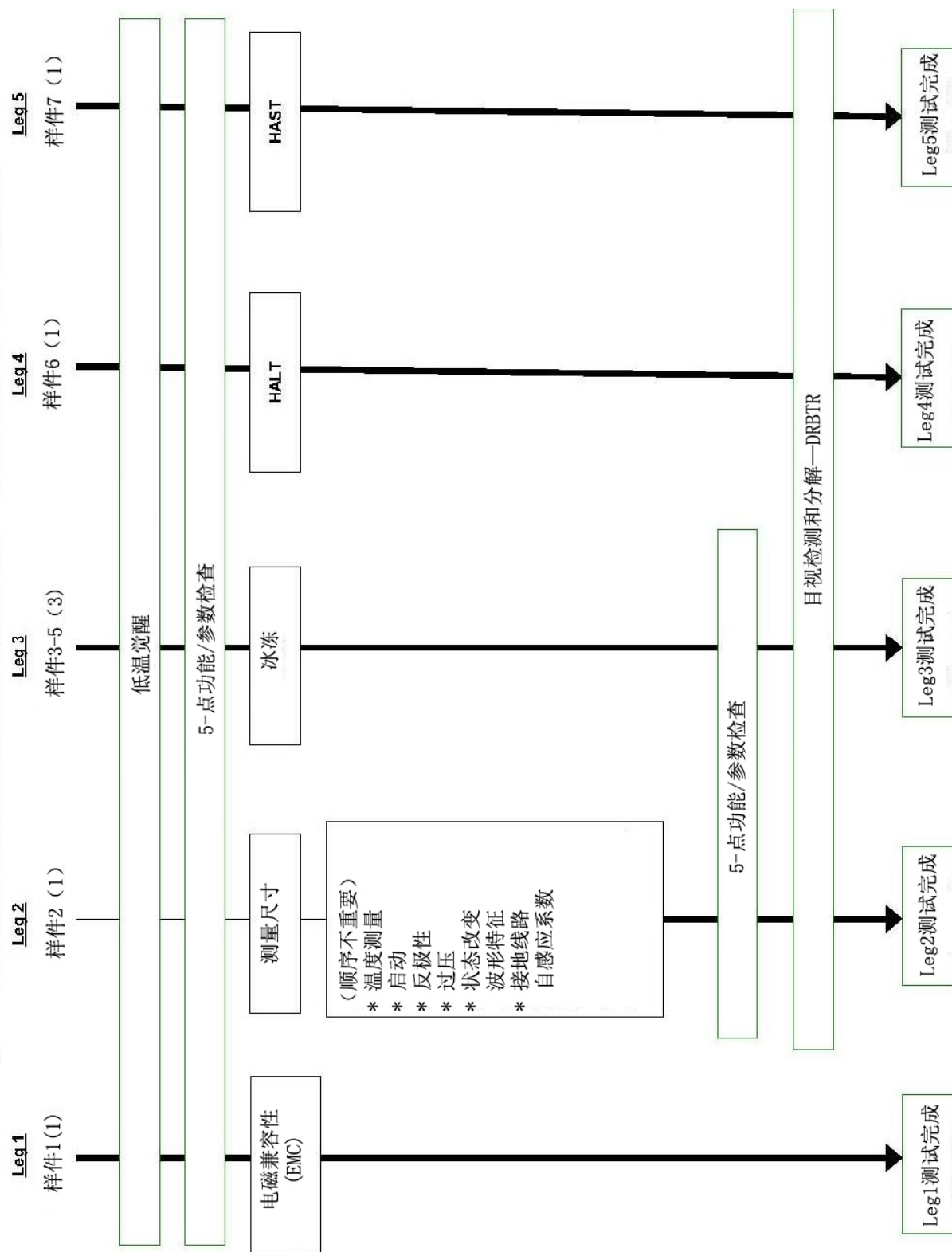


图3 用于设计验证 (DV) 的通用环境/耐久性测试流程

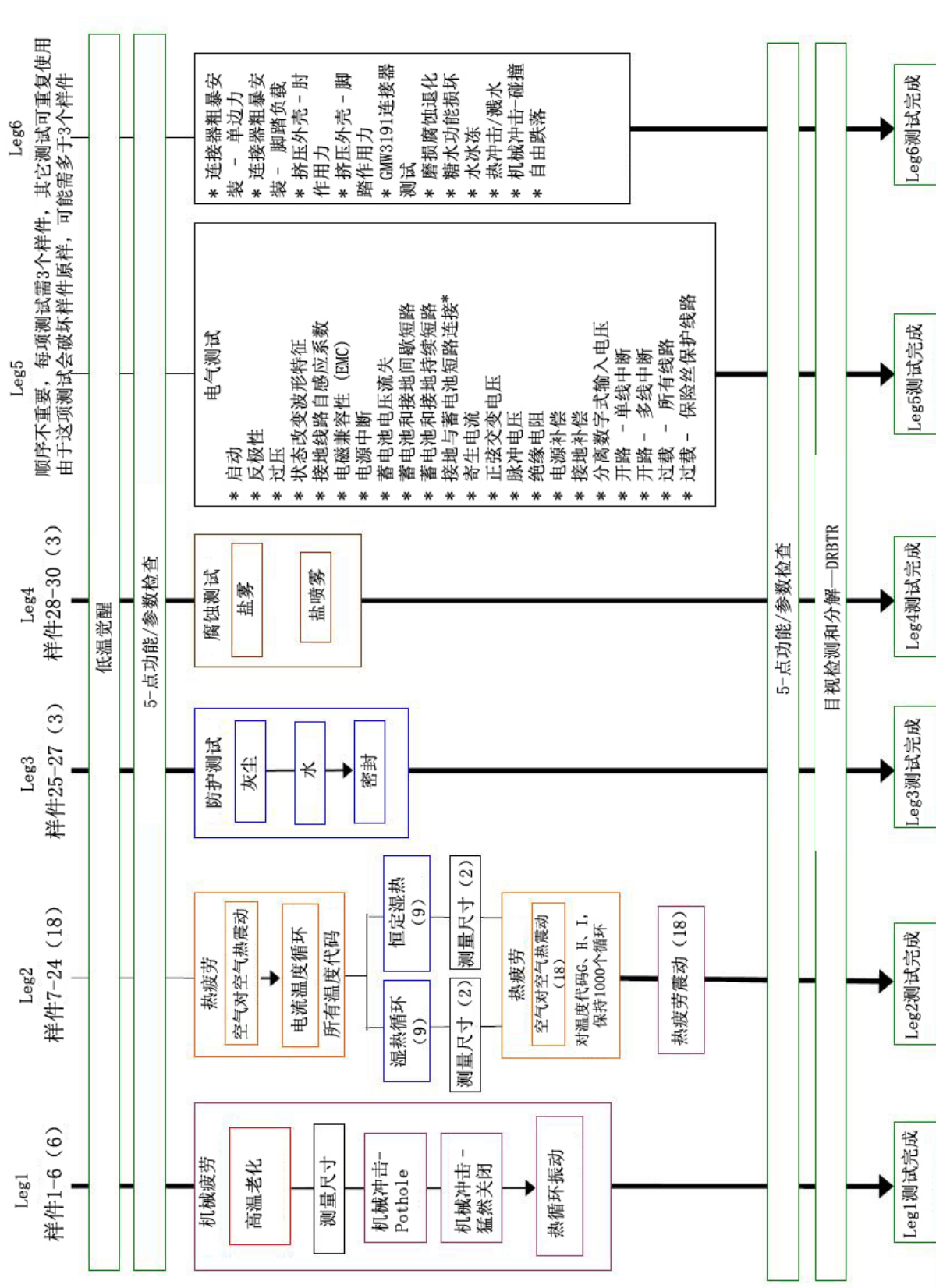
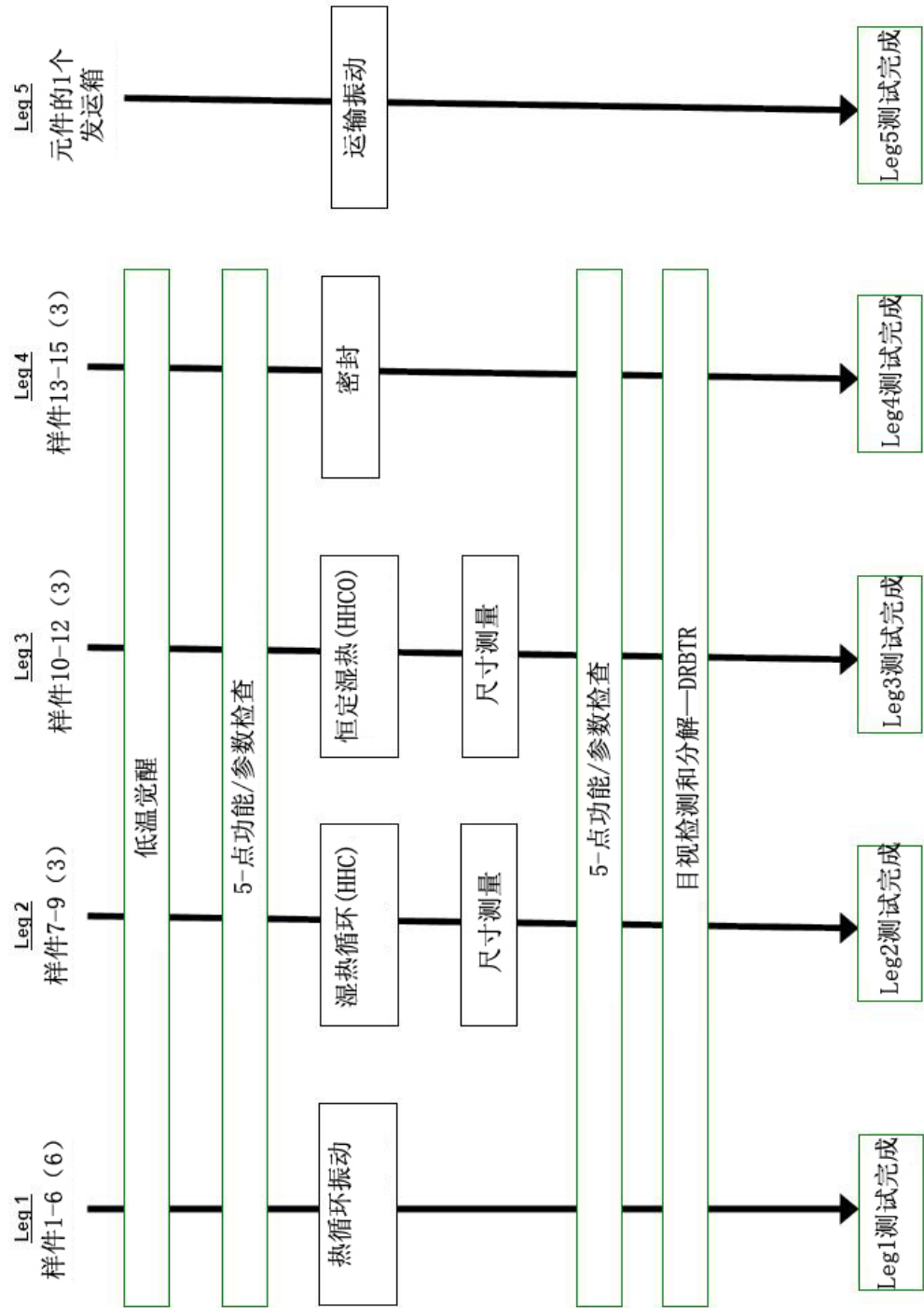


图4 用于生产验证 (PV) 的通用环境/耐久性测试流程



注：这是PV活动的最小设置，基于DV的结果，可能有附加活动被要求



**4.2.2 硬件设计评审.** 如图1所示, 所有新元件以及目前产品元件的更改执行硬件设计评审, 以保证设计满足环境/持久性要求。 硬件设计评审包括有关任何硬件的更改 (例如内部零件交换或材料改变) 和制作流程的改变 (如加工, 焊锡流程或者制作场所)。也应考虑可能影响GMW3172有关要求的软件改变。

硬件设计评审应由GM元件验证工程师预定指导。推荐硬件设计评审与EMC设计评审同时操作。

**硬件设计评审的目标:**

- 评审元件原理图设计和线路板版面排布
- 评审元件装配体和机械结构
- 评审电气/电子设计概念、机械设计概念和选择材料的技术合理性
- 仔细检查任何优先于相关分析, 预测和试验结果
- 评估元件设计潜在的变化
- 提出问题的解决方法和适当的再验证
- 验证被提议的电路板和装配体设计达到元件环境/持久性标准。
- 评估制造流程及其变化
- 评估可能影响GMW3172相关要求的软件变化
- 执行热疲劳分析

**供应商应提交:**

- 在预定会议至少10个工作日之前, 下面文件应该递交给GM ENV/DUR专家或者GM元件验证工程师:
- 功能描述
- 车辆安装位置
- 元件内部和外部的接口描述
- 硬件示意制图
- 电子零件清单和关联的数据表
- 所有零件 (例如用于PCB板, 焊锡, 不稳定状态, 装配, 连接等材料) 的材料数据表包括热膨胀系数。
- 零件安装示意图
- PCB版面设计
- 焊接流程描述 (焊锡合金, 焊接温度描述, 清洗材料, 流程等)
- 装配机械化 (装配图, 安装/支撑位置, 外壳缺口, 冷却概念等)

注: 当适用时, 直观监测需要实际硬件样本或设备的仿制品。

**出席者:**

**GM:**

- GMW3172环境/耐久性专家
- 元件验证工程师
- 设计发布工程师
- EMC专家 (可选择)
- 供应商质量工程师 (可选择)

**供应商:**

- 硬件设计工程师
- 电子系统工程师
- 环境/持久性专家
- 验证/测试工程师
- 项目经理 (可选择)

#### 4.2.3 分析活动

供应商根据许可的元件环境测试方案执行分析活动。遵照元件环境测试方案, 提供给GM分析模式和假设内容。每个测试结果应根据协定条款, 做出电子版元件环境测试方案报告, 并提交给GM元件验证工程师 (或GM ENV/DUR专家), 以获得评估和认可。

#### 4.2.4 开发活动

供应商根据许可的元件环境测试方案执行开发活动。遵照元件环境测试方案, 测试模式应提供给GM, 并且可能包括测试前后的零件。每个测试结果应根据协定条款, 做出电子版元件环境测试方案报告, 并提交给GM元件验证工程师 (或GM ENV/DUR专家), 以获得评估和认可。

对测试中失败的元件, 供应商应立即分析。测试流程中元件不应修复或进一步使用。供应商应立即联系GM元件验证工程师 (或GM ENV/DUR专家) 以确定进一步行动。

#### 4.2.5 设计验证活动

供应商应根据许可的元件环境测试方案执行设计验证 (DV)。测试模式应提供给GM, 根据元件环境测试方案, 并且可能包括测试前后测试后的零件。每个测试结果应根据协定条款, 做出电子版元件环境测试方案报告, 并提交给GM元件验证工程师 (或GM ENV/DUR专家), 以获得评估和认可。

对测试中失败的元件, 供应商应立即分析。测试流程中元件不应修复或进一步使用。供应商应立即联系GM元件验证工程师 (或GM ENV/DUR专家) 以确定进一步行动。

#### 4.2.6 产品验证活动

供应商应根据许可的元件环境测试方案执行产品验证（PV）。测试模式应提供给GM，根据元件环境测试方案，并且可能包括测试前后的零件。每个测试结果应根据协定条款，做出电子版元件环境测试方案报告，并提交给GM元件验证工程师（或GM ENV/DUR专家），以获得评估和认可。

对测试中失败的元件，供应商应立即分析。测试流程中元件不应修复或进一步使用。供应商应立即联系GM元件验证工程师（或GM ENV/DUR专家）以确定进一步行动。

#### 4.3 A/D/V流程概要.

表5是A/D/V流程简略概要，用于规定《零件环境试验规范》试验，通过GM认可。 GM认可的零件环境试验规范是流程唯一的规范。

表5: A/D/V流程概要

流程	惯用语	FSC	操作类型
<b>性能验证</b>			
5-点功能/参数检查	D,DV,PV	A	2.1, 3.2
1-点功能/参数检查	D,DV,PV	A	2.1, 3.2
持续检测	D,DV,PV	N/A	根据每个试验规定
功能性循环	D,DV,PV	N/A	2.1, 2.2, 3.1, 3.2
目视检测和解分（DRBTR）	D,DV,PV	N/A	1.1
<b>分析</b>			
<b>电</b>			
正常和最差情况性能分析	A	N/A	N/A
短/开路分析	A	N/A	N/A
<b>机械</b>			
共振频率分析	A	N/A	N/A
高海拔运输压力效能分析	A	N/A	N/A
塑料制品扣合结构分析	A	N/A	N/A
挤压分析	A	N/A	N/A
<b>温度</b>			
高温工作过热分析	A	N/A	N/A
热疲劳分析	A	N/A	N/A
无铅焊锡分析	A	N/A	N/A
<b>开发</b>			
<b>电</b>			
启动	D, DV	C	3.1, 3.2
反极性	D, DV	C	3.1, 3.2
过压	D, DV	C	3.1, 3.2
状态改变波形特征	D, DV	A	All transitions e.g., 1.2->3.2, 3.2->1.2
接地线路自感应系数	D, DV	A	3.2
电磁兼容性 (EMC)	D, DV	见GMW3103	见GMW3103
<b>机械</b>			
高速生命周期值 (HALT)	D	N/A	3.2
<b>温度</b>			
温度测量	D	N/A	3.2
低温觉醒	D,DV,PV	A	1.2, 3.2

气候			
霜冻	D	A	1.2, 3.2
高压测试 (HAST)	D	N/A	3.2
测量	D,DV,PV	N/A	1.1
设计验证 (DV)			
电			
寄生电流	DV	N/A	2.1, 2.2
电源中断	DV	A,C	3.2
蓄电池电压流失	DV	A,C	2.1, 3.2
正弦交变电压	DV	A	3.2
脉冲电压	DV	A	3.2
蓄电池和接地间歇短路	DV	D	3.2
蓄电池和接地持续短路	DV	D	3.2
接地与蓄电池短路连接	DV	C,E	3.2
开路 – 单线中断	DV	C	3.2
开路– 多线中断	DV	C	3.2
接地补偿	DV	A	3.2
电源补偿	DV	A	3.2
数字分离电压输入	DV	N/A	3.2
过载 –全电路	DV	D,E	3.2
过载– 电路保险丝	DV	A	3.2
绝缘电阻	DV	C	1.1
机械			
热循环振动	DV, PV	A	3.2
热疲劳振动	DV	A	3.2
机械冲击 – Pothole	DV	A	3.2
机械冲击 – 碰撞	DV	C	1.2
机械冲击– 猛然关闭	DV	A	3.2
挤压外壳 – 肘部负载	DV	C	1.1
挤压外壳– 脚踏负载	DV	C	1.1
GMW3191连接器测试: 端子拉脱力	DV	见GMW3191	见 GMW3191
GMW3191连接器测试: 连接器之间的结合力	DV	见 GMW3191	见 GMW3191
GMW3191连接器测试: 锁止状态下连接器的离脱力	DV	见 GMW3191	见 GMW3191
GMW3191连接器测试: 非锁止状态下连接器的离脱力	DV	见 GMW3191	见 GMW3191
连接器粗暴安装 – 单边力	DV	C	3.2
连接器粗暴安装 – 脚踏负载	DV	C	3.2
自由跌落	DV	N/A	1.1
磨损腐蚀退化	DV	N/A	1.2
气候			
高温失效	DV	A	2.1, 3.2
空气对空气热震动 (TS)	DV	A	1.1, 1.2

电流温度循环 (PTC)	DV	A	3.2
热冲击/溅水	DV	A	3.2
湿热循环 (HHC)	DV, PV	A	3.2
恒定湿热 (HHCO)	DV, PV	A	3.2
盐雾	DV	A	1.2, 2.1, 3.2
盐喷雾	DV	A	1.2, 3.2
附件			
灰尘	DV	A	1.2
水	DV	A	3.2
密封	DV, PV	A	3.2
水冰冻	DV	A	2.1, 3.2
糖水功能损害	DV	A	3.2
生产验证(PV)			
运输振动	PV	C	1.1
惯用语说明: A = 分析D = 开发DV = 设计验证PV = 生产验证 (若零件环境测试要求, DV测试中A可能产生PV中)			

## 5 要求

### 5.1 生命周期目标.

本技术规范中规定的目标值是：暴露在顾客使用的环境中 10 年和 160 900km(100 000miles)。

当 VTS 中有其它 km 或 miles 生命周期目标值规定时,仅调整振动测试。例如要求 150 000miles，振动测试时间应是本标准规定的 1.5 倍。

当 VTS 规定其它年限目标值，不应做调整。

### 5.2 可靠性

本标准中所有可靠度值，源于基于 50%统计可信度，97%可靠度的估计。一旦要求不同可靠度和可信度，应相应调整。元件可靠性由机械性能失效表明：

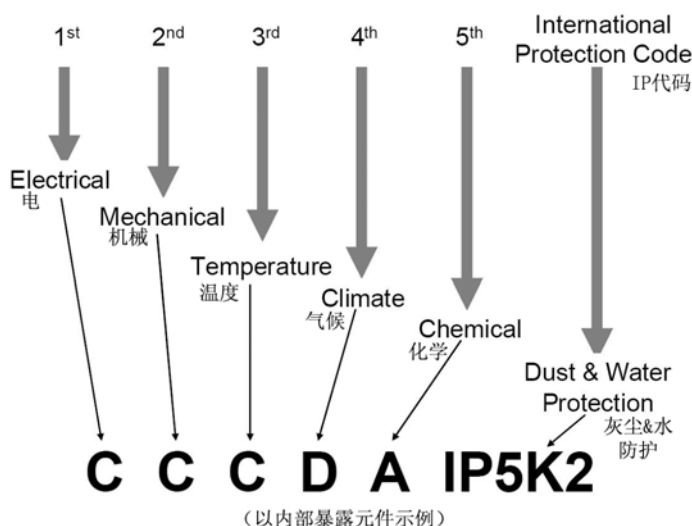
- 振动疲劳（热疲劳振动的振动部分，与顾客使用目标生命值 Km miles 相关）
- 热疲劳（热振动与动力温度循环结合，与暴露环境生命目标值 years 有关）

本标准上述测试流程有效地评估疲劳和其它失效形式的相互作用。

### 5.3 引用要求

按照图 5， CTS 或 SSTs 中指定环境要求。一旦 CTS 或 SSTs 没有规范环境要求，默认遵照表 14 中适当的规范。不包含在本标准内，根据机械性能失效形式补充的环境测试，必须在《GMW3172》中规范，并在附录 B 中形成文件（元件环境测试规范）。

图5: 符号代码顺序要求



### 5.3.1 电气负载代码符号.

表6规定了稳态最高和最低测试电压，测试元件护套时使用的。

除非 CTS 中有其它规定外，下表也用于规定元件标准要求。

表6: 电气负载符号代码

符号代码	试验电压	
	$U_{min}$	$U_{max}$
<b>A</b>	4.5V	16V
<b>B</b>	6V	16V
<b>C (most common)</b>	<b>9V</b>	<b>16V</b>
<b>D</b>	9V	18V
<b>E</b>	10V	16V
<b>F</b>	12V	16V
<b>Z</b>	As Agreed Upon	

- 给出的代码符号范围，FSC应该为A级。
- 最低电压-13.5 V到最高电压+26 V之间, FSC应该为C级。
- 试验电压: 试验电压取决于操作类型（表7）。

表7: 试验电压

试验电压	$U_{min}$ (从表6中得到)	$U_{nom}$	$U_{max}$ (从表6中得到)	操作类型
$U_A$	适用	14V	适用	3.1/3.2 (发电机工作)
$U_B$	适用	12V	不适用	2.1/2.2 (发电机不工作)

### 5.3.2 机械负载符号代码

表8: 机械负载符号代码

符号代码	要求				
	护套插入	随机振动	机械冲击 – Pothole和碰撞	机械冲击– 猛然关闭	自由 跌落
<b>A</b>	肘部作用力	发动机或传动装置 (无专门的平衡装置)	Yes	No	Yes
<b>B</b>	肘部作用力	发动机或传动装置 (有专门的平衡装置)	Yes	No	Yes
<b>C</b>	肘部作用力	汽车弹性装置	Yes	No	Yes
<b>D</b>	肘部作用力和脚踏作用力	汽车弹性装置	Yes	No	Yes
<b>E</b>	肘部作用力	汽车弹性装置	Yes	Yes	Yes
<b>F</b>	肘部作用力	汽车非弹性装置	Yes	No	Yes
<b>G</b>	肘部作用力	货车弹性装置	Yes	No	Yes
<b>H</b>	肘部作用力和脚踏作用力	货车弹性装置	Yes	No	Yes
<b>I</b>	肘部作用力	货车弹性装置	Yes	Yes	Yes
<b>J</b>	肘部作用力	货车非弹性装置	Yes	No	Yes
<b>Z</b>	as agreed upon				

注:

- 货车指轻型货车或商务轿车
- 汽车指客车, SUV, 或轨道车辆.
- 弹性装置指与车体、框架、或车辆框架代替品（如固定在车辆弹簧上）
- 非弹性装置指汽车方向盘、轮胎或活动的悬置机构相关的元件。

5.3.3 温度负载符号代码.

表9: 温度负载符号代码

符号代码	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>PH</sub> 用于高温退化测试最初的5% (产品通电)	T <sub>RPS</sub> 用于高温退化测试最初1小时 (产品不通电)
A	-40℃	+70℃	N/A	+95℃
B	-40℃	+80℃	N/A	+95℃
C	-40℃	+85℃	N/A	+95℃
D	-40℃	+90℃	N/A	+95℃
E	-40℃	+105℃	N/A	N/A
F	-40℃	+105℃	+120℃	N/A
G	-40℃	+120℃	N/A	N/A
H	-40℃	+125℃	+140℃	N/A
I	-40℃	+140℃	N/A	N/A
Z	as agreed upon			

5.3.4 气候负载符号代码.

表10: 气候负载符号代码

符号代码	高温老化	热冲击/溅水	密封	盐雾或盐喷雾	湿度循环	恒定湿度	霜冻
A	2000 h	NO	NO	YES	YES	YES	YES
B	2000 h	NO	YES	YES	YES	YES	YES
C	2000 h	YES	NO	YES	YES	YES	YES
D	500 h	NO	NO	YES	YES	YES	YES
E	500 h	NO	NO	YES	YES	YES	YES
F	500 h	NO	YES	YES	YES	YES	YES
G	500 h	NO	NO	YES	YES	YES	YES
H	500 h	NO	NO	YES	YES	YES	YES
I	500 h	NO	YES	YES	YES	YES	YES
J	500 h	YES	YES	YES	YES	YES	YES
K	2000 h	YES	NO	YES	YES	YES	YES
L	2000 h	NO	YES	YES	YES	YES	YES
M	500 h	YES	NO	YES	YES	YES	YES
N	500 h	NO	YES	YES	YES	YES	YES
Z	as agreed upon						

注:

- 上表中规定,IP代码定义取代密封测试的适用性.
- 一些行的内容相同, 由于Xenon Arc列从本标准先前版本中删除.
- 冰冻试验不适用于带孔洞结构未密封的元件.

5.3.5 化学负载符号代码.

符号规定了关于车辆中零件位置的要求和适用于化学负载的试验  
根据合适的材料规范, 表11规定中化学用品来源。本标准不要求额外的测试。

Table 11: 化学负载符号代码

符号代码	化学装置安装位置
A	裸露在驾驶舱
B	有遮蔽在驾驶舱
C	安装在门内 (无裸露)
D	后备箱
E	发动机罩下
F	外部区域

5.3.6 覆盖物保护国际代码符号

GM使用国际防护物（IP）代码。

IP定义后的代码与《ISO 20653电气设备对外部物质、水和进入物的防护》标准中相似。

Table 12: 国际间防护壳体代码符号 – 灰尘

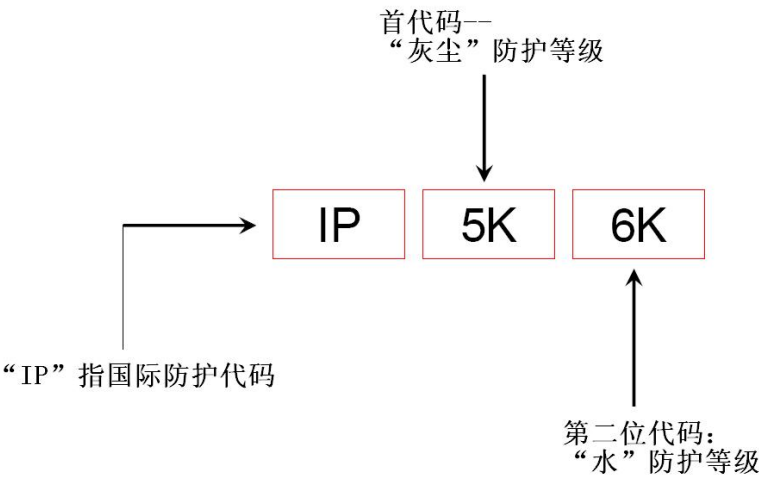
首代码	简要描述	要求
X	没有要求	无要求---仅用于防水IP型号6K, 8或者9K连接
5K	防尘	仅无损害功能的、安全的灰尘可以穿入
6K	密封防尘	灰尘不能穿入

Table 13: 国际间防护壳体代码符号 – 水

第二位代码	简要描述	要求
2	水滴落,与防护壳体成15°	与防护壳体任一竖直面成15° 方向,水竖直滴落,不会损坏功能。
3	水溅	与防护壳体成60° 方向上的水飞溅不会损坏功能。
4K	高压水溅	在防护壳体任何角度, 高压水溅不会损坏功能。
6K	高速高压水溅	对准防护壳体从任何角度, 高速高压水溅不会损坏功能。
8	密封 – 长时间浸泡水中	在供应商与GM达成协议的情况下, 防护壳体长时间浸泡水中, 进入的水不会损坏性能。
9K	高压/水蒸气清洗	防护壳体任何方向的水不会损伤性能。

图6示例解释IP-代码中字母的使用, 详见《ISO 20653电气设备对外部物质、水和进入物的防护》。

图6: IP代码示意



### 5.3.7 根据车体上的装配位置指定代码。

这个标准有区别地描述了如下装配位置，并规定最低电性能、机械性能、温度、气候、化学、防灰和防水要求。其它装配位置使用惯用的Z代码字符组合表示（见表14）。

**表14: 根据车体上的装配位置指定代码**

装配位置	电气负载	机械负载	温度负载	气候负载	化学负载	防尘防水
	符号代码 见表6	符号代码 见表8	符号代码 见表9	符号代码 见表10	符号代码 见表11	符号代码 见表12和表13
<b>发动机舱</b>						
高位置, 远离发动机和热源 或者固定在管道进口处	A-F 代表性C	C	F	A	E	IP6K9K
高位置, 靠近发动机或者热源	A-F 代表性C	C	H	A	E	IP6K9K
发动机上/内	A-F 代表性C	A或B	H或I	B	E	IP6K9K
传送装置上/内	A-F 代表性C	A或B	I	B	E	IP6K9K
低位	A-F 代表性C	C或G	F或H	A, B, C, K, or L	E	IP6K6K and IP6K8 or IP6K9K and IP6K8
<b>驾驶室</b>						
低温负载 (仪表板下)	A-F 代表性C	C	A, B或C	D	A or B	IP5K2
常温负载 (仪表板面板或按钮)	A-F 代表性C	C	D	E	A	IP5K2
高温负载 (阳光照射的仪表板顶部)	A-F 代表性C	C	E	E	A	IP5K2
低位置/座椅下	A-F 代表性C	D	A	D or F	B	IP5K2 or IP5K8
<b>其它舱室</b>						
后备箱 低位置	A-F 代表性 C	C或D	A,B或C	F	D	IP5K8
后备箱 高位置	A-F 代表性 C	C或D	A,B或C	D	D	IP5K2
车门和舱口 (潮湿区域)	A-F 代表性C	E	B或C	H	B	IP5K3
车门和舱口 (干燥区域)	A-F 代表性C	E	B或C	E or D	A	IP5K3
外部水溅区域	A-F 代表性C	C	A,B或C	J	F	IP6K9K
底盘和车身下部	A-F 代表性C	C	A,B或C	I,J或N	F	IP6K8 or IP6K9K
非弹性装置	A-F 代表性C	F	A,B或C	J或N	F	IP6K8 and IP6K9K
密封结构	A-F 代表性C	C	A,B或C	D	B	IP5K2
非密封结构	A-F 代表性C	C	A,B或C	H 或 I	F	IP5K4K
发动机舱内或高压舱内的 挡风玻璃外部	A-F 代表性C	C	D,E,F或 G	I	E	IP6K6K 并且如果在高压 舱内做密封评估
驾驶室顶部	A-F 代表性C	C	D	D	B	IP6K2 or IP5K2

## 6 性能验证

供应商有责任开展零件5-点功能参数检查, 1-点功能参数检查, 持续性监测, 和功能循环。这些步骤应按照元件环境测试方案进行。



## 6.1 5-点 功能/参数检查

**目的:** 检查可以充分证实零件功能, 按照CTS规定中, 当暴露在温度3和电压3中。

**适用:** 测试开始和结束时执行。

**操作类型:** 2.1/3.2

**监测:** 按下面程序中规定

**程序:** 5-点功能/参数检查执行以下五点:

- 1 ( $T_{min}$ ,  $U_{min}$ )
- 2 ( $T_{min}$ ,  $U_{max}$ )
- 3 ( $T_{room}$ ,  $U_{nom}$ )
- 4 ( $T_{max}$ ,  $U_{min}$ )
- 5 ( $T_{max}$ ,  $U_{max}$ )

在5-点功能/参数检查之前, 至少使温度稳定0.5小时。

5-点功能/参数检查应执行实际情况下的车辆运行要求或者等同的。所有的要求应在零件环境测试方案里说明。电源应有能力提供足够的电流, 避免在高涌入情况下受到电流限制。

5-点功能/参数检查应:

- 1 验证功能性在正确的状态中, 在给定的出入和时间条件下, 通过监测和记录所有输出(包括实在的导线和车载数据公共汽车通信)方式。
- 2 测量参数值, 包括公差, 通过监测和记录所有输入和输出具体电压, 电流和时间数值方式, 以来验证这些数值满足CTS/SSTS要求。
- 3 测量非电学参数, 例如LED亮度, 发动机扭矩等等, 包括公差, 通过监测和记录适当具体值方式, 以来验证这些数值满足CTS/SSTS要求。元件环境测试规范应规定这些参数。
- 4 测试前后比较挑选出来的元件参数的测量值。对照原来的测量值, 个别地和成组统计, 识别和确定全部性能的退化。如果CTS中没有具体退化限度, 那么供应商和GM ENV/DUR专家或者GM元件振动工程师应通过合作, 确定退化可接受/失败标准。

**标准:** 应达到FSC A级

## 6.2 1-点 功能/参数检查.

**目的:** 检查应验证处于单一温度和电压环境中零件的全部功能。

**适用:**按照零件环境测试方案中规定, 在试验中或试验后执行。

**操作类型:** 2.1/3.2

**监测:** 按下面程序中规定

**程序:**1-点功能/参数检查执行( $T_{room}$ ,  $U_{nom}$ ), 除非在零件环境测试方案中另有说明。

在1-点功能/参数检查之前, 至少使温度稳定0.5小时。

1-点功能/参数检查应执行实际情况下的车辆运行要求或者等同的。所有的要求应在零件环境测试方案里说明。电源应有能力提供足够的电流, 避免在高涌入情况下受到电流限制。

1-点功能/参数检查应:

- 1 验证功能性在正确的状态中, 在给定的出入和时间条件下, 通过监测和记录所有输出(包括实在的导线和车载数据公共汽车通信)方式或者元件环境测试规范中规定的的数据。
- 2 测量参数值, 包括公差, 通过监测和记录所有输入和输出具体电压、电流和时间数值方式或者元件环境测试规范中规定的的数据, 以来验证这些数值满足CTS/SSTS要求。
- 3 测量非电学参数, 例如LED亮度, 发动机扭矩等等, 包括公差, 通过监测和记录适当具体值方式, 以来验证这些数值满足CTS/SSTS要求。元件环境测试规范应规定这些参数。

**标准:** 应达到FSC A级

## 6.3 持续监测

**目的:** 放置在测试环境后, 持续监测应探测零件的功能性状况。持续监测探测不正确的信号、错误的信息, 误差, 或者其它错误I/O指令或状态。应在零件环境测试方案中详细记录。

**适用:** 测试中校核应遵守零件环境测试方案规定。

**操作类型:** 如每一个测试规定的

**监测:** N/A

**程序:**

持续监测应遵守:

- 1 验证功能性在正确的状态中, 在给定的出入和时间条件下, 通过监测和记录所有输出(包括实在的导线和车载数据公共汽车通信)方式或者元件环境测试规范中规定的的数据。元件环境测试规范应规定监测样本率。
- 2 如果合适, 监测并记录内部诊断代码。
- 3 包括具体元件功能性的周期性观察数据, 例如测试方式的直观监测。

**标准:** 验证持续性监测测试装置, 考虑数据存储的精确性和广泛性。

## 6.4 功能周期循环.

**目的:** 放置在测试环境后, 功能循环模拟用户使用。零件环境测试规范中有详细说明。

**适用:** 测试中校核应遵守零件环境测试方案规定。

**应用:** 功能循环在测试中执行, 根据元件环境测试规范规定。

**操作类型:** 2.1/2.2/3.1/3.2

**监测:** 如下面程序中规定

**程序:**

1 当元件放置在测试环境中, 在电源OFF和ON之间周期性循环。循环并对合适功能性操作监测所有元件输入/输出 (包括车载数据公共汽车通信和全部机械性刺激)。

2 输入/输出循环和监测应是自动控制的。

**标准:** 验证持续性监测测试装置, 考虑元件状态改变的精确性和广泛性。

## 6.5 目视检测和解剖---DRBTR

**目的:** 本测试应能确认所有结构上的缺陷、材料/元件退化或残余, 和由环境测试造成的接近失效状态。本测试支持GMN5345规定的《设计重审基于测试结果的设计重审 (DRBTR) 》。直观检测是, 在测试结束后, 一种视觉检查元件外壳和内部零件的检测, 根据广泛性环境/持久性测试流程中规定。

**适用:** 所有元件

**操作类型:** 1.1

**监测:** N/A

**程序:**

供应商对所有样本执行本检测。当要求时, GM重审可以得到所有的样本。当要求需要剖析和检查时, 下面所列样本应提交给GM工程师: 一个样本取自机械疲劳, 两个样本取自热疲劳 (一个从持续潮湿中取, 一个从循环湿度中取), 一个样本取自腐蚀。

执行元件外壳外部检测。然后剖开元件, 执行内部检测。必要时, 使用视觉教具。(例如放大镜, 显微镜, 染料等)

下面示例是本次检测中需检查项目:

1 机械和结构完整性: 退化、开裂、融化、磨损、扣合失效的迹象等

2 有铅焊接/零件疲劳开裂或移动或解除垫台: 着重指大型集成电路, 大零件或连接器端子 (尤其含铅插针尾端或拐角处)。也指线路板大弯曲区域零件。

3 零件安装表面损坏: 着重指线路板边棱、支撑柱或跳格设定传送附近零件安装表面。也指固定在线路板和连接器端子附近的大弯曲区域的零件安装表面。

4 大零件完善性和附件: 电解电容漏电、受污染的中转设备、高温隔离附件, 等等。

5 材料退化, 磨损扩大或残余物: 塑料制品零件融化; 涂层退化; 焊接覆盖物或密封; 线路板分层, 线路板间隙, 腐蚀如黑银硫化物污点、有机物生长、或由于灰尘、盐、水分等环境残余物。应分析所有外部残余物的材料组合和电导率。

6 其它反常或意外状况: 外观或气味的变化。低劣制作流程显示器。令人讨厌的尖叫声和嘎嘎声, 尤其在振动疲劳后。

7 使用锡、锌、或银时的须形成物: 本标准提供的元件环境测试方案将有效地分析须形成物。使用放大装置密切观察线路板上的所有元件, 尤其经历PTC循环的元件。环境测试中须的出现将表明, 在这个区域内可能出现类似胡须的形成物。须形成物对紧挨着的零件施加危险, 并可能导致检修存储中的元件/零件短路。

8 无枝晶长大: 电路板和所有零件必须没有枝晶长大的迹象。

9 焊点无效: 选择焊点, 用独立章节说明, 以确保无效形成物在可接受的最低限度内。焊点大多数危险点包括大型CTE不同级别的接口或者固定在零件表面上大对角线长度的弯曲插针。

**标准:** 每个元件状态概要应用文件说明, 并做出报告给GM ENV/DUR或者GM元件验证工程师。要求供应商做出进一步研究以确定退化程度或类型。GM工程师应决定必要的纠正行为。

## 7 分析

**7.1 分析任务.** 当没有实体元件可以利用时, 可以用分析辅助增加零件设计可靠度。分析应处于A/D/N流程最早阶段, 提供早期的零件设计知识和改进方案的机会。所有的分析过程, 包括结果, 都应在零件环境测试方案里记录。

分析流程应在设计方案确认开发产品之前完成。

### 7.2 电性能.

#### 7.2.1 正常和最差情况性能分析

**目的:** 分析应确认电路设计有能力满足功能要求。

**适用:** 全部元件。

**操作类型:** N/A

**监测:** N/A

**程序:** 使用电路分析系统确定每个零件电压、电流和电源消耗，通过运行温度和供应以及I/O电压范围。

**标准:** 验证电路设计有能力满足全部功能要求。元件满足《SSTS/CTS》和《GMW14082》标准要求。

## 7.2.2 短路/开路分析

**目的:** 本次分析应验证，元件对蓄电池/电源电压和接地线路间歇和持续短路承受力，以及开路情况下。

**适用:** 全部元件

**操作类型:** N/A

**监测:** N/A

**程序:** 使用电路分析系统，分析短/开路的间歇（缺省值：从1Hz到100Hz平分波形）和持续工作情况，通过运行温度、供应、以及输出电流范围，以测定每个零件电压、电流和电源损耗。

**标准:** 验证零件承受间歇性和持续性短/开路状态的能力。分析应验证，零件运行参数不能超越零件数据表中规定的运行参数。

## 7.3 机械

### 7.3.1 共振频率分析

**目的:** 本次分析应确认共振频率，以检测可能导致机械失效的结构性缺陷。

**适用:** 电路板上全部元件

**操作类型:** N/A

**监测:** N/A

**程序:** 考虑电路板安装外形，计算电路板共振频率，通过使用合适的软件如有限元分析。

**标准:** 线路板共振频率应高于150Hz。当共振频率低于150Hz时，供应商必须提供合适改正方案的证明。改正方案由GM确认工程师审核。

### 7.3.2 高海拔运输压力效能分析

**目的:** 本次分析应识别出，在海拔15 240m上不加压飞机运输过程中可能发生的机械损坏。

**适用:** 密封并可能高海拔运输的所有元件或零件。

**操作类型:** N/A

**监测:** N/A

**程序:** 采取下面一系列步骤，确保在空运导致的低压压力下，结构有足够的强度。

1 确定元件内部压强爆裂压力值（**P<sub>burst</sub>**），使用有限元分析或类似方法。使用最差情况分析程序，考虑材料参数（例如最小壁厚）变化和有关温度影响（玻璃化温度）材料缺陷效能。玻璃化温度（**T<sub>g</sub>**）是指当材料性能例如硬度，改变它的特性时的温度。

2 使用下面公式分析：

$$P_{burst} \geq (P_{assembly} - P_{altitude}) \times DM$$

**P<sub>burst</sub>:** Component (or part) burst pressure

**P<sub>assembly</sub>:** 装配时元件（或零件）内部压力（这可能是装配位置周围空气压力，或者根据制造流程更改的不同压力值）

**P<sub>altitude</sub>:** 在15 240m，11Kpa下，空运压力

**设计余数（DM）:** 4

**标准:** 元件（零件）爆裂压力必须超过，空运内部压力4倍的效果。

### 7.3.3 塑料制品扣合结构分析

**目的:** 这次分析应确保设计有足够的扣合力。同时也验证塑料制品咬合结构强度设计原理，包括：

- 足够的保持力。
- 维修时车辆装配和拆卸中，可接受的人为力。
- 预防机械装置发出声响。
- 足够的设计余地，确保车辆装置在塑料弹性内的翘曲。

**适用:** 有塑料咬合结构全部的元件

**操作类型:** N/A

**监测:** N/A

**程序:** 执行咬合结构有限元分析，或者等同的分析方法，分析挂接结构，证明设计原理的能力：

- 1 足够的保持力。
- 2 维修时车辆装配和拆卸中，可接受的人为力。

- 3 预防机械装置发出声响。
- 4 足够的设计余地，确保车辆装置在塑料弹性内的翘曲。
- 标准：**证明设计满足程序中规定的4个设计原理。

7.3.4 挤压分析

**目的：**这次分析验证外壳结构上的缺陷，这种缺陷可能导致元件内部零件或者导致外壳自身的过度压力。

**适用：**装配或者维修时可能承受肘部或脚踏作用力的所有元件。这可能包括，在其它装配操作中使用的支撑面。

**操作类型：** N/A

**监测：** N/A

**程序：**使用有限元分析，确保满足物理测试规定的挤压测试要求。如相关测试内容中描述的一样，确认由使用者肘部或脚部施加的作用力。

**标准：**当施加必要作用力时，元件零件和外壳之间应证明有足够空隙。元件覆盖物的偏离一定不会对元件内部或线路板上元件产生作用力。

7.4 温度

7.4.1 高海拔运行过热分析

**目的：**这次分析验证冷却缺陷，在高海拔低空气密度环境，这种缺陷可能导致局部过热。

电路板上包含重要发热元素并通过空气流动（对流）冷却的所有元件，都执行高纬度分析。在车辆内运行时，高海拔减少的空气密度将减少热量的对转移，并可能导致防过热设计的不足。

**适用：**由高海拔引起的低空气密度，减少热量消散处的所有元件。

**操作类型：** N/A

**监测：** N/A

**程序：**使用下面公式，确定高海拔时元件工作最高温度：

**$T_{max\_part} \geq T_{altitude} = \Delta T_{part\_oper} \times Multiplier_{altitude} + T_{ambient} + 10^{\circ}C$**

**$T_{max\_part}$ ：** 零件数据表中允许温度的最大值

**$T_{altitude}$ ：** 计算出的高海拔时零件工作温度

**$T_{ambient}$ ：** 高海拔处环境温度。使用+35℃作为省略补充值

**$\Delta T_{part\_oper}$ ：** 由于操作局部温升（当零件处于海平面时，元件不同的温度）

**$Multiplier_{altitude}$ ：** 乘数值基于海拔和空气流动确定的。在方程式中使用表15中标注的乘数，来调整高海拔引起的温升

**10℃：** 安全余数。

表15：过热分析参数

海拔	乘数		
	冷却风扇（低功率风扇）	冷却风扇（高功率风扇）	自然对流冷却（无风扇）
0m	1	1	1
4572m	1.77	1.58	1.33

**注：**粗体值（1.33）是在GM估算时最常用到的数值。

**标准：** $T_{max\_part}$ 必须大于或等于 $T_{altitude}$ ， $T_{max\_part}$ 基于局部发热或受到附近其它局部发热影响的操作说明书。

7.4.2 热疲劳分析

**目的：**分析应确认由温度循环变化导致的热疲劳缺陷，当不同热膨胀系数（CTE）材料互相结合时。例如电路板零件有不同的CTE，引起电路板结合这些零件结合点（例如焊锡和铅金属丝）的疲劳压力。线路板装配总成上不同材料的膨胀率也可能导致结合点和/或元件结构上有不能接受的变形，引发电性能或机械性能问题。

**适用：**所有元件

**操作类型：** N/A

**监测：** N/A

**程序：**确认元件所有零部件的包装类型

确认元件零件的每个包装类型的热膨胀系数，和包装类型的所有变形。

确认零件及与其相连接的局部每个包装类型的热膨胀系数的差异。

确定测试疲劳使用周期的分析方法，并提供这种分析方法的验证证明。

执行分析，从元件温度循环期间的膨胀和收缩中，确定局部结合点的疲劳使用周期。

### 7.4.3 无铅焊接分析

**目的：**本次分析应确认，由于无铅焊锡的使用，可能产生焊锡结合点缺陷。本次分析支持硬件设计重审以评估焊锡进程。

**适用：**无铅焊接的所有元件

**操作类型：**N/A

**监测：**N/A

**程序：**参阅附录A（无铅焊接补充），讨论对产品设计和制造流程的潜在影响。把这作为开发基于失败模式设计重审（DRBFM）的基础。

无铅焊接时，充分暴露供应链中的危险。通过设计重审和DRBFM流程，说明并缓解所有的危险。

把DRBFM提供给GM

**标准：**本次分析应证明，重审无铅焊锡的影响，并调整以适应测试方案，设计和流程。零件数据表应支持所有的无铅焊接流程。

## 8 开发

### 8.1 开发任务

设计开发流程是为了监测，没有理解的或者分析流程里不能评估的缺陷或设计疏忽。首批样件执行开发流程，提供最早的机会来评估质量和提高元件结构。HALT是这种活动的典型范例。

开发流程中缺陷监测在验证之前弥补。所有的开发流程包括结果，应在元件环境测试方案中记录。

### 8.2 电性能

#### 8.2.1 启动

**目的：**本次分析应确认，元件免于受完全过电压影响。这种过电压情况是通过双重蓄电池启动造成的。

**适用：**12V蓄电池供电系统供应电源的所有元件。

**操作类型：**3.1/3.2（表16中规定的电压）

**监测：**持续监测

**程序：**根据《ISO 16750-2过电压》标准使用测试方法，表16示例。重复两种测试类型测试。

**表16：启动要求**

测试电压	测试时间
26.0V	1分钟

**标准：**FSC C级。如果在CTS没有规定不同处，测试中，发动机启动时需要的所有功能应达到A级。

#### 8.2.2 反向极性

**目的：**本次分析应确认，元件免于电源输出反向极性电压的影响。染料装置意外转向造成这种情况。

**适用：**12V蓄电池供电系统供应电源的所有元件。本测试不适用发电机或CTS中规定免除规定的元件。

**操作类型：**3.1/3.2（表17中规定的电压）

**监测：**持续监测

**程序：**根据《ISO 16750-2过电压》标准使用测试方法，表17示例。重复两种测试类型测试。

**表17：反向极性要求**

测试电压	测试时间
-13.5V	2分钟

**注：**本测试需要测试所有的蓄电池电压供应载荷情况

**标准：**FSC C级

#### 8.2.3 过压

**目的：**本次分析应确认，元件免于过压影响。发电机调节器失效或蓄电池变压造成这种情况。

**适用：**车辆内，12V蓄电池供电系统供应电源的所有元件。本测试不适用发电机或CTS中规定免除规定的元件。

**操作类型：**3.1/3.2（表18中规定的电压）

**监测：**持续监测

**程序：**

1连接电源供应到元件的蓄电池输入和蓄电池输入的所有负载。

2打开供应电源，给元件施加测试要求的测试电压，如表18。测试中，所有适用性电压模式都应测试

**表18：过压要求**

测试电压	测试时间
给元件提供以1V/分钟，在+16V到+18V之间持续循环的电压，包含过压保护线路元件，这个范围内关闭电源消耗。	60分钟
给元件提供+18V持续电压，不包括过压保护线路元件，关闭电源消耗。	60分钟

**标准：**FSC C级

#### 8.2.4 状态改变波形特性

**目的：**本次分析应确认，状态改变时（例如元件设计初始值，关闭等）元件能充分工作。

**适用：**所有元件。

**操作类型：**可能操作类型间所有的转换（例如1.2到3.2和3.2到1.2）

**监测：**持续监测。另外，使用示波镜，绘制图形形式评审电压和电流输出。

**程序：**

1 改变操作状态。

2 记录状态改变之前，期间和之后的所有输出波形。使用示波镜，评估正确工作时的输出信号

3 对所有其它可能状态改变，重复步骤1和2

**标准：**FSC A级。瞬间状态改变不应产生分裂性干扰降低元件功能。分析波形时考虑辨别输出和不稳定输入造成的非故意波动。

#### 8.2.5 接地自感系数敏感度

**目的：**本次分析应确认，元件免于可能干扰信号变化的接地自感应影响。

**适用：**所有元件。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测。另外，使用示波镜记录接地线路和I/O接口。

**程序：**

1 把5 μH感应器固定到测试装置的接地线路中。

2 接地线路发生期间，以电流最大变化率方式循环元件。可能同时完成，在变化率最大值时，激活元件所有输入，这些输入将产生最大变化率的输出。

3 评估固有的功能。

4 操作元件，使输出在允许范围内的最大变化率和速度。包括中转系统。

5 利用示波镜，评估正常工作时输出信号的完整性。

**标准：**FSC A级。

#### 8.2.6 电磁兼容性（EMC）

元件应满足《GMW3097》、《GMW3091》和《GMW3103》标准要求，由EMC部门处理。

### 8.3 机械

#### 8.3.1 高加速生命周期测试（HALT）

**目的：**HALT测试应确认，由于振动和温度影响产生的结构和功能性缺陷。

**适用：**运用新技术测试。本次测试也评估产品改良。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测

**标准：**FSC不适用本次测试。HALT测试结果应支持硬件设计重审，改善元件并评估新硬件技术和产品改良。

### 8.4 温度

#### 8.4.1 温度测试

**目的：**此方法测试元件过热区域，可能导致零件退化。

**适用：**可能产热的所有元件

**操作类型：**3.2

**监测：**测试中监测工作稳定温度。

**程序：**在最高可接受功力消耗时，执行测量。利用红外线成像或热电偶测量，可以使用各种方法。

对于红外线成像，使用《GMW8288》标准中程序。对于不容易测量的地方，使用热电偶测量（或同等方式）测量局部温度。

确定温度数量并评估设计余地，使用下列方程：

$$T_{\text{part\_max\_spec}} \geq T_{\text{part}} + (T_{\text{max}} - T_{\text{air\_ambient}}) + DM$$

**T<sub>part\_max\_spec</sub>：**零件/材料数据表许可的最高温度

**T<sub>part</sub>：**最大负载时测量的局部温度

**T<sub>max</sub>：**本标准中温度代码等级中最高温度

**T<sub>air\_ambient</sub>：**根据《GMW8288》，实验室里周围空气温度

**DM：**设计余地，最小+10℃（或者GM和供应商协商值）

**标准：**FSC不适用本测试。零件应满足最大许可温度和设计余地。

8.4.2 低温觉醒

目的：本测试应证实，在长时间暴露在极度低温环境中后，元件工作能力。

适用：安装电子的所有元件

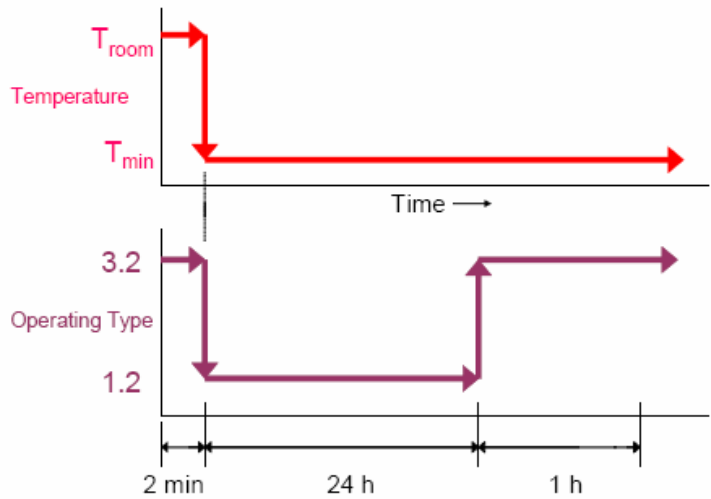
操作类型：如图7中，1.2/3.2

监测类型：在操作类型3.2期间持续监测。

程序：

- 1 根据《IEC 60068-2-1,Ab测试，低温》使用测试方法。工作温度范围 $T_{min}$ 指使用的低温。
- 2 在24小时循环启动前，元件应在 $T_{room}$ 通电2分钟并评估在 $U_{nom}$ 时合适功能。
- 3 操作类型1.2，元件在 $T_{min}$ 浸泡24小时。
- 4 24小时结束时，仍在 $T_{min}$ ，元件打开开关并评估合适的功能1小时，在操作类型3.2状态。

图7：低温觉醒曲线图



标准：FSC A级

8.5 气候

8.5.1 霜冻

目的：本测试评估，元件有足够强度应对高湿度环境内的急速温度变化。这能产生影响功能的间歇失效和线路潜通路。

应用：所有密封或封闭的元件

工作类型：低温期间1.2，高湿度中3.2

监测类型：通电时持续监测

程序：根据《IEC 60068-2-30,测试Db，交变湿热》使用测试方法，用图8中规定的温度和湿度简介。

图8：霜冻测试曲线图

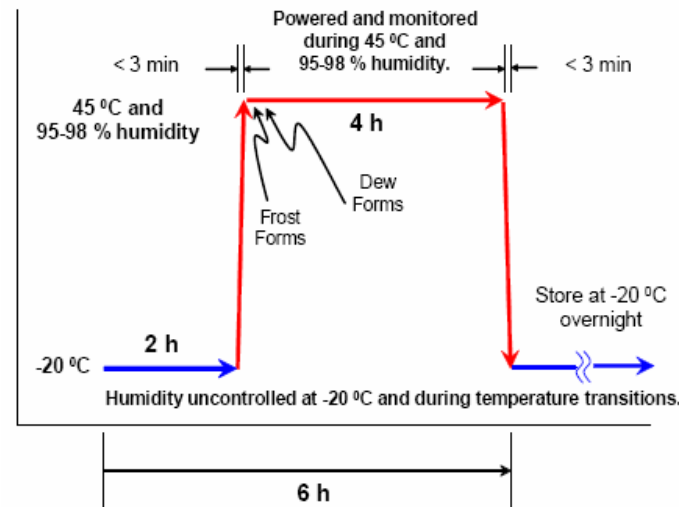


表19：霜冻测试要求

元件类型	执行循环次数
带/无压力交换薄膜密封元件	10
不带孔洞非密封元件	1
带孔洞非密封元件	0

8.5.2 高加速压力测试（HAST）

目的：HAST测试应确认，由于湿度和温度影响产生结构性和功能性缺陷。

适用：本测试适用新技术。也能用来评估产品改善。

操作类型：3.2

**监测:** 持续监测

**程序:** 根据《EIA/JEDEC JESD22-A110-B, 高加速温湿度压力测试 (HAST)》标准采取测试方法。

**标准:** FSC不适用本测试。HAST测试结果应支持硬件设计重审, 以改进元件并评估新硬件技术和产品改善。

### 8.5.3 尺寸

**目的:** 本测试应验证, 在暴露温湿度环境中后, 元件外部尺寸满足图纸或者CTS要求。

**适用:** 所有元件。

**操作类型:** 1.1

**监测:** 持续监测

**程序:** 如果本次测试紧接着高温退化或恒定/循环湿度测试执行, 不要求额外的测试前处理。如果本测试执行前没有暴露在温度或湿度环境内, 那么元件在试验前应在 $T_{max}$ 或 $T_{RPS}$  2小时, 那个最大。尺寸测试在 $T_{room}$ 做。所有的尺寸和材质要求满足GM发布的零件图纸, 应验证并用文件说明, 除非GM工程师标识其它内容。

**标准:** FSC不适用本测试。所有的尺寸测试结果都不满足零件图纸要求的, 应考虑拒收。

## 9 设计验证 (DV)

**9.1 DV任务.** 设计验证是一种数量和质量上的验证零件设计满足环境、持久性和可靠性要求。DV活动, 以生产中的零部件, 材料和流程 (包括焊接和变态) 验证设计中的元件。所有的DV流程都应在零件环境测试方案中说明, 包括结果。

### 9.2 电性能。

#### 9.2.1 寄生电流。

**目的:** 本次测试验证元件电力消耗, 遵照引擎的发火装置关闭状态规范。这是为了在长时间存储/停放状态后, 提高电源效率和发动机启动能力。

**适用:** 与车用蓄电池直接相连的元件。

**操作类型:** 2.1/2.2

**监测:** 测量关闭和启动各种状态的电流。电流值做成图表记录。

**步骤:** 测试所有供电线路的电流, 电流测试装置必须能一定比率放大持续时间, 使其是元件产生的最短电流峰值持续时间的10倍。所有的输入/输出符合初始要求 (或等同的)

- 1 接元件到可变电源上, 调整输入电压到 $U_B$ , 此时元件应该在 $T_{room}$ 。
  - 2 使元件处于关闭睡眠模式。
  - 3 使用1个能连续测量电流的测试设备。记录五次内部启动最小数, 此时元件启动状态 (例如, 无外部激发, 从打开转换到关闭)。对于没有启动的元件, 在打开状态等待十分钟。等待期间, 关注自由波动的电流值, 如果稳定, 记录10秒内的电流值。计算记录期间电流的平均值。这样随意波动期的电流表现就记录下来了。
  - 4 线性降低电源电压, 直到11.5V, 参照步骤3记录电流值。
  - 5 线性降低电源电压, 直到11.0V, 参照步骤3记录电流值。
  - 6 线性降低电源电压, 直到10.5V, 参照步骤3记录电流值。
  - 7 线性降低电源电压, 直到10.0V, 参照步骤3记录电流值。
- 降低过程至少有2个内部激活事件, 最长为0.5 V/分钟。

**标准:** FSC不适用本次测试。如果不以CTS为条件, 允许寄生电流平均值最大为0.250mA。分析每个随机波动的存储电流波形。

#### 9.2.2 电源中断

**目的:** 本测试应验证元件重置动作。适用带有电源管理装置或者电压调节器的元件。本测试也用于基于微处理机系统的元件, 确定设计强度在承受低压持续方面。

**适用:** 瞬间电压降可能影响的所有元件。包括由其它元件提供常规电压的元件。

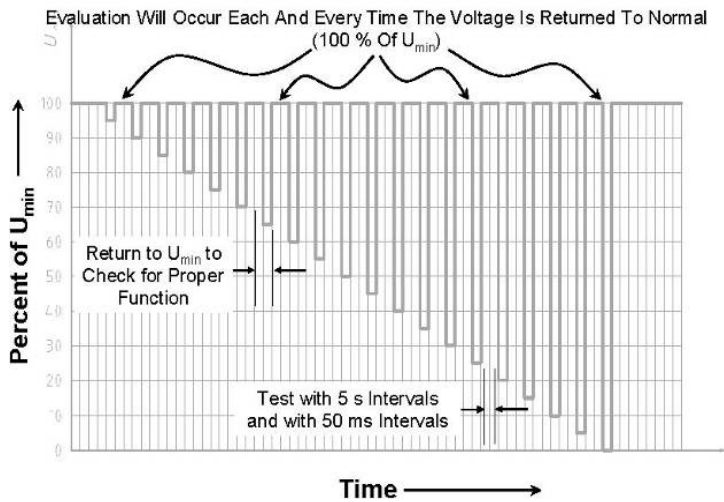
**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测

**步骤:** 按照《ISO 16750-2, 电压降重置行为》中测试方法。根据GMW14082 《电源中断防护》部分, 选取测试中最坏的时间段。



图9: 电源中断曲线图



- 1 稳定元件在 $T_{min}$ ，给元件提供电压 $U_{min}$
- 2 同时给所有的输入供应电压加测试脉冲，以5%的比例降低电压，并保持5s
- 3 每次测试脉冲后，电压返回到100%  $U_{min}$
- 4  $U_{min}$ 降低5%，重复步骤2和3。依次重复，直到 $U_{min}$ 降低到0%
- 5 重复步骤2到4，每次电压降低使脉冲时间保持50ms
- 6 对每一输入电压，分别做测试步骤2到5
- 7 元件在 $T_{max}$ ，重复步骤2到6

标准：每次电压降低后返回到 $U_{min}$ ，FSC应在A级，其它的应在C级。

9.2.3 蓄电池电压流失

目的:本测试验证元件防护功能，对于车用蓄电池充电放电时电压的升降。

适用:由车用蓄电池供电系统提供电能的所有元件。

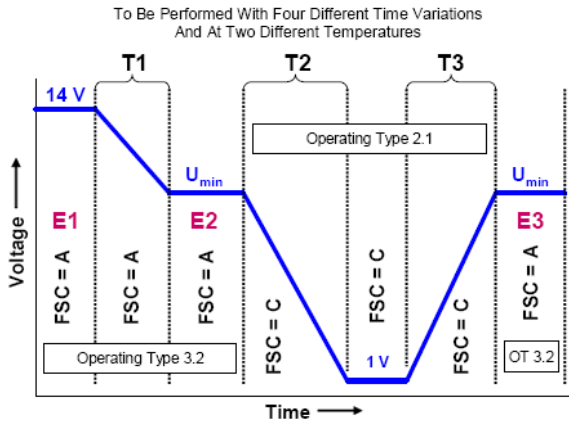
操作类型: 从T2到T3，FSC C级2.1，A级3.2。

监测: 连续监测

步骤:

- 1 如图10，建立蓄电池电压流失曲线图。
- 2 不通电直到元件温度稳定在 $T_{min}$ 。
- 3 提高元件电源，并输入电压降测试图形，根据下表20变化种类“A”参数。
- 4 根据B、C、D变动程度，再重复步骤3三次
- 5 在 $T_{max}$ ，重复步骤2到4

图10: 蓄电池电压流失曲线图



Variations	Time		
	T1	T2	T3
A	0.01 s	10 s	1 s
B	0.1 s	600 s	10 s
C	0.5 s	3 600 s	120 s
D	1 s	28 800 s	7 200 s

标准：FSC 分级参见图10，转换过程中不要有疏忽的错误。

9.2.4 正弦交变电压

目的:本测试验证元件经受整流正弦发电机输出电压波动的能力。

适用:12V车用蓄电池供电系统提供电能的所有元件。

操作类型: 3.2

监测: 连续监测

步骤: 按照《ISO 16750-2, 交变电压, 严重等级2 (4V<sub>p-p</sub>)》中测试方法。根

标准: FSC A级

### 9.2.5 脉冲电压

目的: 本测试验证元件对正常操作电压下出现在电源上的脉冲电压的防护能力, 这些电压脉冲模拟开关闭合和断开时一个突然大电流作用于蓄电池线路、导致电压的升降。测试模拟负载伴随有浪涌电流, 如发动机、白炽灯或由PWM控制的长线束。

适用: 12V车用蓄电池供电系统提供电能的所有元件。

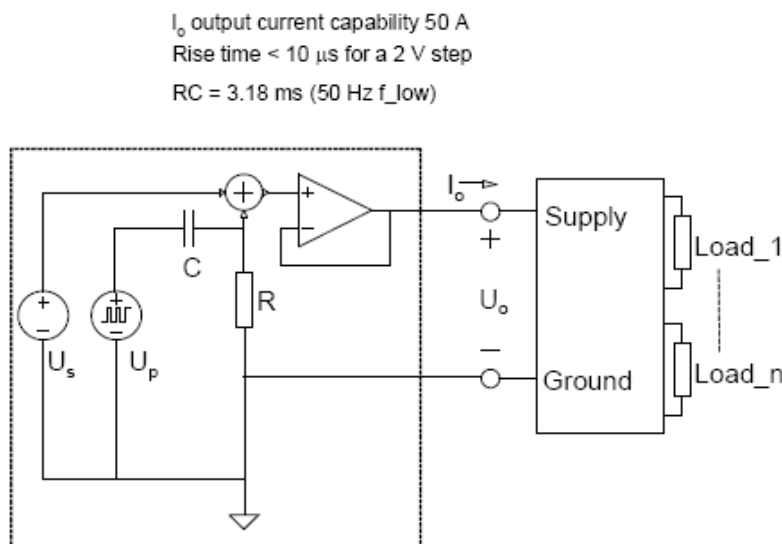
操作类型: 3.2

监测: 连续监测

步骤: 如图11

- 1 连接元件到U<sub>o</sub>输出端
- 2 提升周围温度到T<sub>max</sub>, 然后稳定元件
- 3 设置U<sub>s</sub>=U<sub>max</sub> - 2V
- 4 持续监测间歇性故障时, 执行5连续频率循环
- 5 U<sub>s</sub>降低1V
- 6 重复步骤4和5, 直到U<sub>s</sub>=U<sub>min</sub> + 2V
- 7 在T<sub>room</sub>, 重复步骤3到步骤6
- 8 在T<sub>min</sub>, 重复步骤3到步骤6

图11: 重叠脉冲电压测试装置



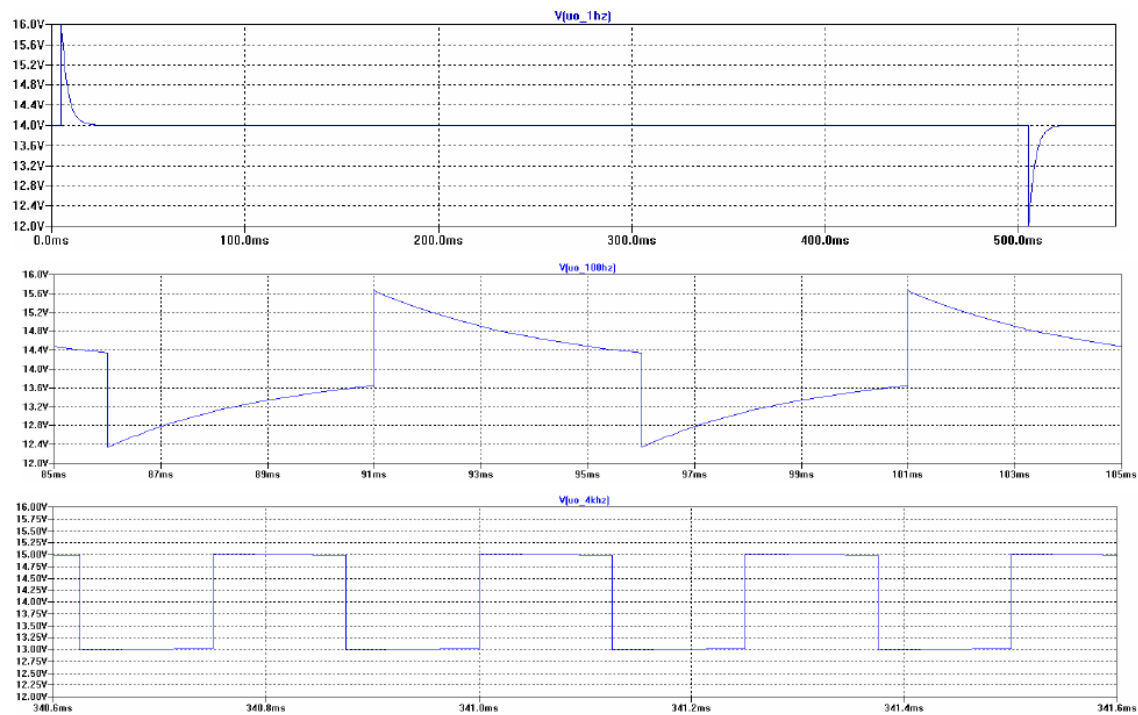
测试装置定义/参数:

- $U_o = U_s + U_p$
- $U_s = (U_{min} + 2V)$  to  $((U_{max} - 2V)$  DC Voltage
- $U_p$  = Square wave - 1V to +1V 50% duty cycle (2V<sub>p-p</sub>)
- $U_p$  frequency sweep type: 1Hz to 4 kHz
- Frequency sweep type: Logarithmic
- Frequency sweep duration for one cycle : 120s for 1Hz to 4 kHz to 1Hz

注:

- 对于带有电源输出驱动器的元件, 本次测试应与真实或等同的负载连接 (负载1到负载<sub>n</sub>), 在每个U<sub>s</sub>等级中控制输出电流从I<sub>load\_min</sub>到I<sub>load\_min</sub>范围。
- U<sub>o</sub>波形将取决于频率。表12示例: 频率在1Hz、100 Hz和4kHz ( $U_s = +14V$ ,  $U_p = +1V/-1V$ )

图12：脉冲波形示例



标准：FSC A级

### 9.2.6 蓄电池与接地间歇短路

目的：本测试验证间歇短路时元件防护功能。

适用：I/O内部短路保护装置的所有元件，本测试不包括12V车用蓄电池供电和接地系统短路。

操作类型：3.2（PWM负载在最小、50%以及最大工作循环时持续性稳态负载）

监测：连续监测。另外，检测过高温。I/O记录时需要使用示波镜。

步骤：

- 1 降低房间温度，稳定在 $T_{min}$
- 2 元件加压 $U_{max}$
- 3 在 $t=0s$ ，电源供电模式从关闭到打开，测试中输入和输出不低于5秒
- 4 在 $t=15s$ ，将蓄电池所有的输入和输出短路5分钟，然后移除短路2分钟和45s（步骤3和步骤4总时间为8分钟）
- 5 关闭打开的元件电源
- 6 重复步骤3到5，直到完成60次循环（总共8小时的短路时间），在完成60个循环后，重定初始值并确认正常负载时合适的输出操作。
- 7 调整蓄电池电压到 $U_{min}$ ，重复步骤3到6
- 8 在接地短路状态下重复步骤2到7
- 9 稳定室温在 $T_{max}$ ，重复步骤1到8

注：

- 如果同时发生多种短路，供应商应保证本次测试对于单个短路是有效的
- 注意供电电源有电流限制（如果没有其它的规定，指50A）并且本次测试装置能够承受最大电流

标准：FSC D级，不允许更换保险丝。对于有扩大控制器的元件，短路时扩大控制器应保持功能。同时短路电路的错误代码应存储在扩大控制器中。不允许过热。

### 9.2.7 蓄电池和接地持续短路

目的：本测试验证持续短路时元件防护功能。

适用：I/O内部短路保护装置的所有元件，本测试不包括12V车用蓄电池供电和接地系统短路。

操作类型：3.2（PWM负载在最小、50%以及最大工作循环时持续性稳态负载）

监测：连续监测。另外，检测过高温。I/O记录时需要使用示波镜。

步骤：

- 1 降低房间温度，稳定室温到 $T_{min}$
- 2 元件加压 $U_{max}$
- 3 蓄电池所有输入输出持续短路，保持这种短路状态直到元件温度稳定。短路持续1小时，但是根据保护装置的设计，持续时间可能或短或长
- 4 断开蓄电池短路状态，通过重置初始值使元件回到全功能状态，并确认正常负载下的输出的正确操作

- 5  $U_{min}$ 时, 重复步骤2到4
- 6 在接地短路状态下重复步骤2到5
- 7 提高并保持室温到 $T_{max}$
- 8 重复步骤2到6

注:

- 如果同时发生多种短路, 供应商应保证本次测试对于单个短路是有效的
  - 注意供电电源有电流限制(如果没有其它的规定, 指50A)并且本次测试装置能够承受最大电流
- 标准:** FSC D级, 不允许更换保险丝。对于有扩大控制器的元件, 短路时扩大控制器应保持功能。同时短路电路的错误代码应存储在扩大控制器中。不允许过热。

### 9.2.8 接地短接于蓄电池

**目的:** 本测试测试验证, 通过1种安全的模式, 元件接地开路。

**适用:** 有接地系统的所有元件

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外, 检测过高温度。

**步骤:**

1 本次测试在 $T_{max}$ 温度, 供应电源的电流极限设置到50A(如果没有其它的规定)。供应电源的接地系统连接到元件的接地系统2使用生产为目的(等价的)护套并连接到合适线径上

3 在接地线路另一边施加 $U_{max}$ 电压, 直到开路状态存在或者持续10分钟。

**标准:**

如果接地线路有过电流保护的, FSC应为C级。如果接地线路没有过电流保护的, FSC应为E级。开路附近有较少的碳数量; 然而, 超过线路板上的数量是不允许的。

### 9.2.9 开路---单线中断

**目的:** 本测试测试, 电线开路时元件防护功能。

**适用:** 所有元件

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外, 检测过高温度。

**步骤:** 根据ISO16750-2《单路中断》, 对所有I/O应用这个程序。

对于供电电源和接地线路, 中断持续15分钟。

注:

- 如果多个电源供电线路, 需要作为单线(不同时连接)和独立线路测试
- 对于多个接地线路, 需要作为单线(不同时连接)和独立线路测试

**标准:** FSC C级, 防止过热。

### 9.2.10 开路---多线中断

**目的:** 本测试测试, 多个电线开路时元件防护功能。发生在车用连接器不连接时。

**适用:** 所有元件

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外, 检测过高温度。

**步骤:** 根据ISO16750-2《多线路中断》测试方法, 对于多线护套, 应分别测试。

**标准:** FSC C级, 防止过热。

### 9.2.11 接地补偿

**目的:** 本测试测试, 接地补偿时, 元件正常工作的能力。

**适用:** 不带单线回路的元件上的I/O口, 是指接地线路中产生电压补偿的元件I/O口。接地补偿产生于车辆不同的元件间, 由于接地线路中电压损耗。导线自身的电阻(如导线阻抗, 导线长度, 连接器材料等)将导致每个元件I/O口不同的接地补偿。索取详细资料, 请查阅GMW14082(供电电压模式)。

**操作类型:** 3.2

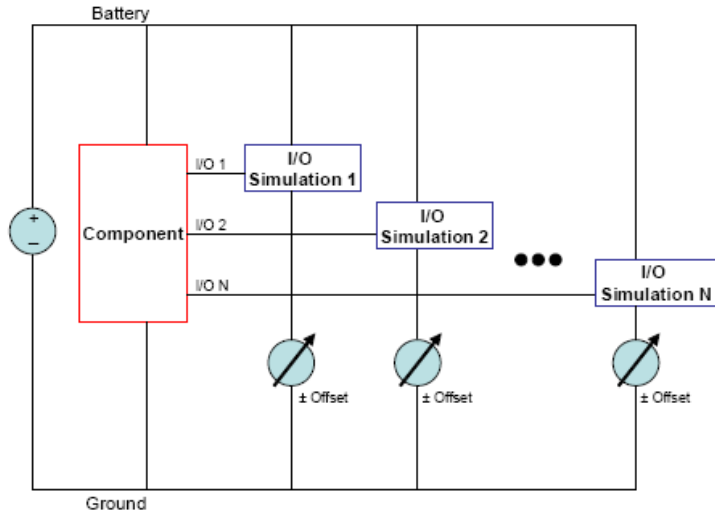
**监测:** 连续监测

**步骤:** 如图13表示的测试装置, 对每个接地线路中I/O模拟装置, 分别和同时提供补偿。根据CTS接口程序说明书建立接口装置, 参阅《GMW14082模拟装置》。

- 1 给元件提供 $U_{min}$
- 2 给合适供电线路的一个代表性I/O模拟装置增加+1.0V补偿
- 3 对下一个适当的I/O模拟装置, 重复步骤2
- 4 对所有I/O模拟装置, 重复步骤2
- 5 接地元件补偿-1.0V, 重复步骤2到4
- 6 用 $U_{max}$ 代替 $U_{min}$ , 重复步骤2到5。

**标准:** FSC A级

图13: 接地补偿测试装置



### 9.2.12 电源补偿

**目的:** 本测试测试，电源补偿时，元件正常工作的能力。

**适用:** 带I/O接口的元件指从其它元件供电。。电源补偿产生于车辆不同的元件间，由于供电线路中电压损耗。导线自身的电阻（如导线阻抗，导线长度，连接器材料等）将导致每个元件I/O口不同的电源补偿。索取详细资料，请查阅GMW14082（供电电压模式）。

**操作类型:** 3.2

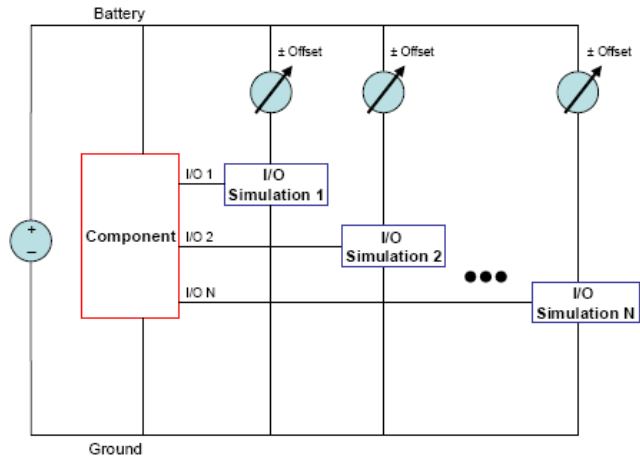
**监测:** 连续监测

**步骤:** 如图标14表示的测试装置，对每个接地线路中I/O模拟装置，分别和同时提供补偿。根据CTS接口程序说明书建立接口装置，参阅《GMW14082模拟装置》。

- 1 给元件提供 $U_{min}$
- 2 给合适供电线路的一个代表性I/O模拟装置增加+1.0V补偿
- 3 对下一个适当的I/O模拟装置，重复步骤2
- 4 对所有I/O模拟装置，重复步骤2
- 5 接地元件补偿-1.0V，重复步骤2到4
- 6 用 $U_{max}$ 代替 $U_{min}$ ，重复步骤2到5。

**标准:** FSC A级

图14: 电源补偿测试装置



### 9.2.13 分离数字式输入电压

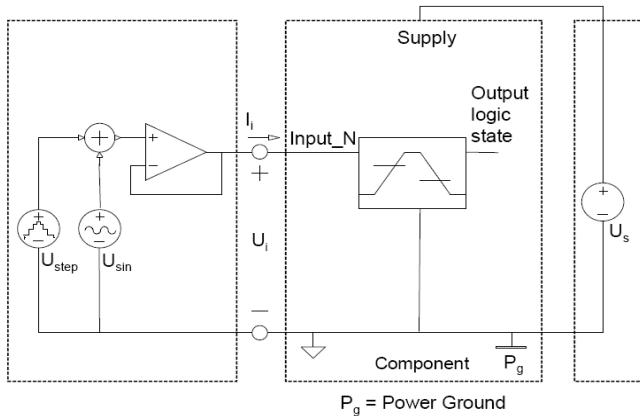
**目的:** 本测试验证分离数字式输入接口（包括转换接口）工作性能。

**适用:** 无信号回路接受装置，分离数字式输入和转换输入接口，带传送器接地，由硬件设计重审中分析置换。

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外，逻辑状态和电流读出器。

图15: 开始电压测试装置



**步骤:** 连接元件到 $U_s$ 供电电压和供电接地上。参阅图15并遵照指定的次序。

- 1 在 $T_{room}$ 执行下列工作 (见图16)
- 2 调整元件 $U_s$ 到 $U_{min}$
- 3 调整 $U_{step}$ 到0V
- 4 调整 $U_{sin}$ 到50Hz正弦曲线、200mV振幅。
- 5 读出逻辑输出状态并存储
- 6 记录输出逻辑状态时, 以250mV增加量逐步增加 $U_{step}$ 从0到 $U_{min}$ 。保持每步5秒并以100ms重复率样本输出, 直到一组内50个已记录的逻辑状态都变成新的数值。
- 7 当 $U_{ih\_rise}$ 发生时, 存储 $U_{step}$ 输入值。继续直到到达 $U_{min}$ 。
- 8 当从 $U_{min}$ 开始, 降低 $U_{step}$ , 以250mV逐步从 $U_{min}$ 降到0。使用步骤6中同样的程序以监测逻辑状态的变化。
- 9 当 $U_{il\_fall}$ 发生时, 存储 $U_{step}$ 输入值。继续直到到达0V。
- 10 提高 $U_{step}$ 到 $(U_{ih\_rise} + U_{il\_fall})/2$ , 并记录状态变化数值, 以5秒为时间段, 随着 $N_{th\_U_{min}}$  (见图17)。
- 11  $U_{max}$ 代替 $U_{min}$ , 重复步骤2到10, 并存储新 $U_{ih\_rise}$ 、 $U_{il\_fall}$ 。
- 12 在 $T_{max}$ 和 $T_{min}$ 重复步骤2到11。
- 13 写报告, 包括:

At  $T_{room}$  and  $U_{min}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$  and  $N_{th\_U_{min}}$

At  $T_{room}$  and  $U_{max}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$  and  $N_{th\_U_{min}}$

At  $T_{max}$  and  $U_{min}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$

At  $T_{max}$  and  $U_{max}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$

At  $T_{min}$  and  $U_{min}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$

At  $T_{min}$  and  $U_{max}$ :  $U_{ih\_rise}$ ,  $U_{il\_fall}$

图16: 开始电压波形---所有步骤

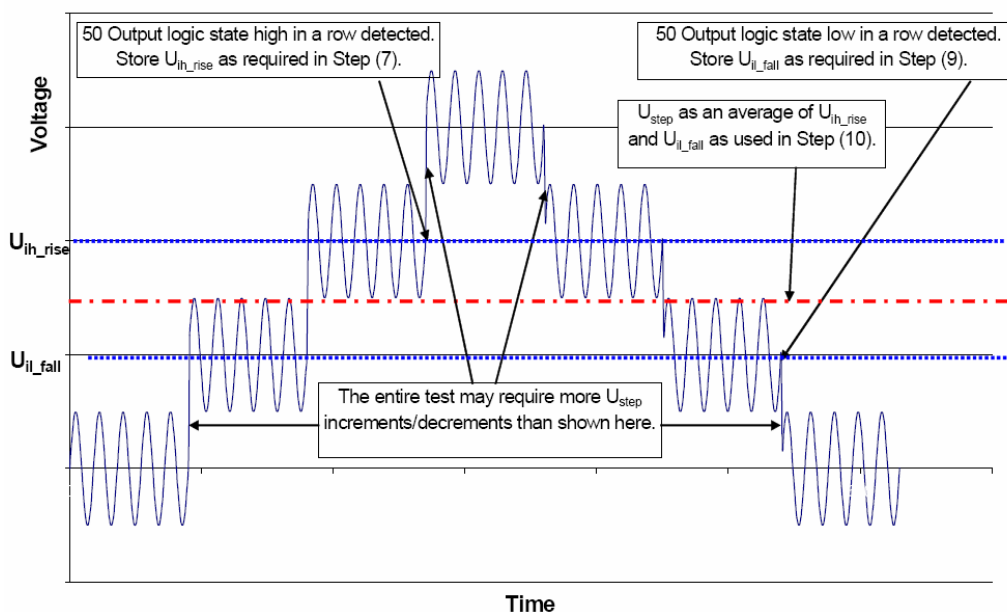
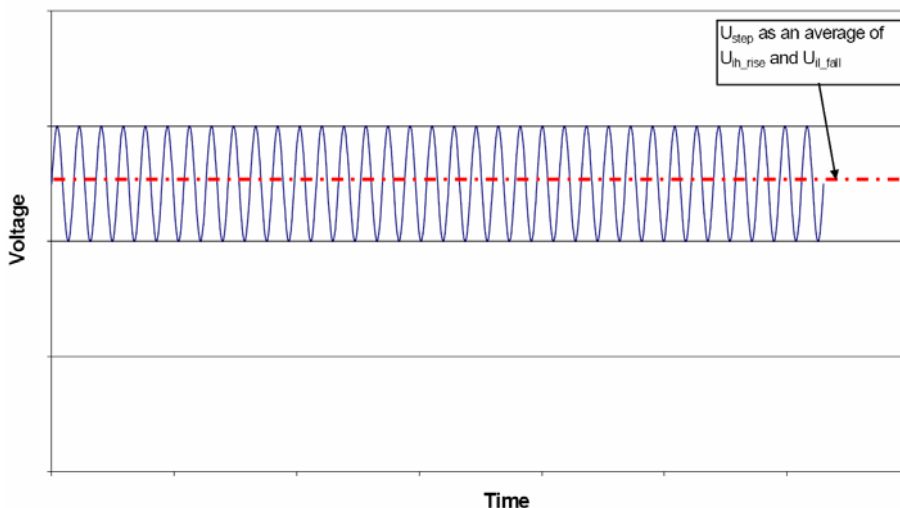


图17: 开始电压波形---步骤 (10)



**标准:** FSC不适应本测试。所有分离数字式输入接口, 遵照《GMW14082》描述, 应能正确测试逻辑等级:

Logic Low:  $-1V < U_{il} < 2V$

Logic High:  $4.5V < U_{ih} < U_{max} + 1V$

这要求 $U_{ih\_rise}$ 和 $U_{il\_fall}$ 从全运行温度和电压范围, 都降到(2.0—4.5)V范围内。要求包括接口滞后作用。

在 $(U_{ih\_rise} + U_{il\_fall})/2$ 范围内, 电流不应显著(>5mA)增加。

#### 9.2.14 过载—所有电路

**目的:** 本测试验证安全模式下, 元件承受过载能力。

**适用:** 有无过电流保护的所有元件。也适用于元件包括保险丝, 例如集中用电中心, 内部过载保护装置的供电输入。

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外, 监测过热。I/O记录需要使用示波镜。

**步骤:**

- 1 增加并稳定室温到 $T_{max}$
- 2 元件施加电压 $U_{nom}$
- 3 通过合适的可变电阻负载施加每项输出负载, 绘制持续10分钟的最大工作负载电流( $I_{max}$ )。
- 4 使用有3倍 $I_{max}$ 供电能力的电源, 但是 $\geq 50A$ , 通过变化可变电阻负载, 以 $I_{max}$ 的10%为增加量, 增加电流。每次增加过的电流有10分钟的稳态时间。
- 5 随着步骤4的实施, 持续增加电流直到开路状态发生或者内置保护装置的元件开始限制电流。对于其它情况, 增加电流直到达到3倍 $I_{max}$ , 但是 $\geq 50A$ 。
- 6 当开路状态发生时, 识别电流强度安培。特别注意, 快失效时烟、热的产生。在试验报告中记录观察数据。
- 7 恢复元件全功能运行, 通过重置所有必要初始值状态并确认标准负载下的正确运行。
- 8 在 $T_{max}$ , 重复步骤1到7。

**标准:**

如果接地线路有过电流保护的, FSC应为C级。如果接地线路没有过电流保护的, FSC应为E级。开路附近有较少的碳数量;

然而, 超过线路板上的数量是不允许的。

#### 9.2.15 过载—保险丝保护电路

**目的:** 本测试验证含有电路保护装置例如保险丝或断路器的元件, 用于车辆(例如1个BEC)电量分配, 承受内部电路保护装置许可的最大电流的能力。

**适用:** 含有电路保护装置例如保险丝或断路器的所有元件。本测试排除内部(电子)过载保护的电源输出装置。

**操作类型:** 3.2

**监测:** 连续监测。另外, 监测过热。

**步骤:**

测试所有用许可应用线路保护装置的电路, 根据零件图纸或规范(保险丝, 线路断路器等)详述, 遵照以下步骤:

- 1 增加并稳定室温到 $T_{max}$
- 2 元件施加电压 $U_{nom}$
- 3 在线路保护装置位置放置一个调整线路(例如短路)。
- 4 线路处于过载线路状态, 这样在必要的测试期间, 过载电流是1.35倍 $I_{rp}$ (线路保护装置的额定电流)。使用源于相应的电阻丝保护特性曲线(《ISO8820运行时间等级》)测试持续时间, 考虑上偏差+10%。
- 5 在过载线路2倍 $I_{rp}$ 状态, 重复步骤4, 并在3.5倍 $I_{rp}$ 状态重复。相应地调整测试时间。

**标准:**

FSC应为A级。不应有绝缘退化或电阻增加。不允许过热。

#### 9.2.16 绝缘电阻

**目的:** 本测试验证, 元件免于绝缘损失的能力。绝缘损失可能导致电气工作性能退化和信号干扰。

**适用:** 产生电压>30V的所有元件。详见列于步骤下的注释。

**操作类型:** 1.1

**监测:** 步骤2中测量绝缘电阻

**步骤:**

- 1 测试前, 使元件处于操作类型1.1中湿热持续测试(HHCO)规定的环境状态中。
- 2 根据《ISO 16750-2绝缘电阻》使用测试方法。对于标准测试电压500V的情况不适合零件等级电压, 根据下面标注将需要调整电压。
- 3 测试后, 执行1-点功能/参数检查。

**注:**

- 带感应负载线路板: 电子元件使用低电压(<100V), 阻止易受影响的零部件的损坏例如电容器。



- 感应元件：适合测试电压>300V的元件如发动机。
- 电源转换：超过500V符合规定的绝缘要求。

标准：

FSC应为C级。绝缘电阻应> 10 x 10<sup>6</sup> Ω。

### 9.3 机械

#### 9.3.1 热循环振动

本次测试应验证元件免于车辆中发生振动的影响。下述振动测试规范不同的测试条件，根据固定位置以及汽车和卡车。本次测试中的振动部件证明，97%可靠度，振动疲劳的50%统计自信度，关于用户惯用的160 900km（100 000miles）目标生命周期要求。

由于统计学的原因，用于振动测试的调节器必须有更长的目标寿命，例如，150 000-mile要求将被指定进行振动测试时间的1.5倍，调节器也被要求更换为另外一个不同尺寸的样件。

有内部连接的所有元件，例如保险丝护套、按压配合连接器、PCB-PCB板连接等，适用时，应测量接触电阻。依照《GMW3431》规范中《干路接触电路》测量测试步骤，进行测量。最低限度，测量应在振动测试前后执行。

所有振动测试应有层理的热循环，如9.3.1.4（振动测试中使用的热循环描述）中规定的。

所有振动测试应使用表21规定的持续时间。

表21：样本尺寸6的振动测试持续时间

位置	车体类型	持续时间		
		X-Axis	Y-Axis	Z-Axis
发动机或传动装置	汽车和货车	44h	44h	44h
弹性装置	汽车	16h	16h	16h
弹性装置	货车	36h	36h	36h
非弹性装置	汽车	16h	16h	16h
非弹性装置	货车	36h	36h	36h

##### 9.3.1.1 随机振动—固定在发动机上或传动装置上

目的：本测试验证，固定在发动机或传动装置上的元件免于受振动的影响。自由振动用来代替，来自活塞/阀门运动（更高频率）和路面振动（较低频度）的，所有振动效果。

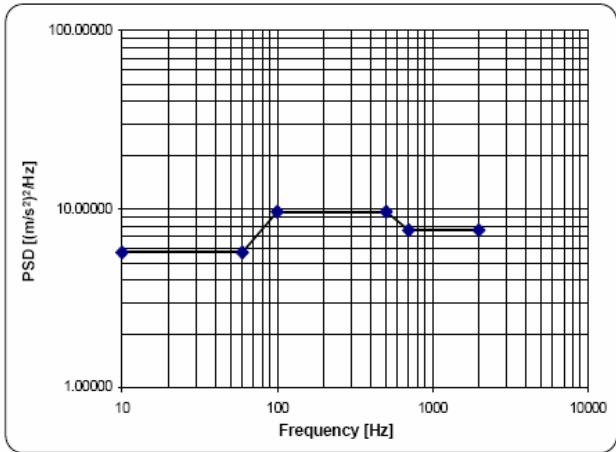
适用：连接在发动机或传动装置上的元件。

操作类型：3.2

监测：持续监测

步骤：根据测试方法《IEC 60068-2-64，测试Fh，宽带随机振动（数字控制）和导则》。

图18：发动机或传动装置自由振动曲线图



Effective Acceleration = 127 m/s<sup>2</sup> = 12.96 G<sub>RMS</sub>

标准：FSC A级

所有《干路接触电阻》测试方法，满足CTS规定要求。另外，电阻的增加不应超过3倍测试前测试的电阻。电阻增加是由于破损磨损。

##### 9.3.1.2 随机振动—固定在弹性装置上

目的：本测试验证，固定在弹性装置上的元件免于受振动的影响。

适用：连接在汽车或卡车结构，框架、框架下的元件。

表22：发动机或传动装置自由振动概况

Fre- quency	Power Spectral Density
10 Hz	5.7624 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0600 G <sup>2</sup> /Hz
60 Hz	5.7624 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0600 G <sup>2</sup> /Hz
100 Hz	9.6040 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.1000 G <sup>2</sup> /Hz
500 Hz	9.6040 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.1000 G <sup>2</sup> /Hz
700 Hz	7.6832 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0800 G <sup>2</sup> /Hz
2000 Hz	7.6832 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0800 G <sup>2</sup> /Hz



操作类型: 3.2

监测: 持续监测

步骤: 根据测试方法《IEC 60068-2-64, 测试Fh, 宽带随机振动（数字控制）和导则》。

图19: 弹性装置上随机振动曲线图

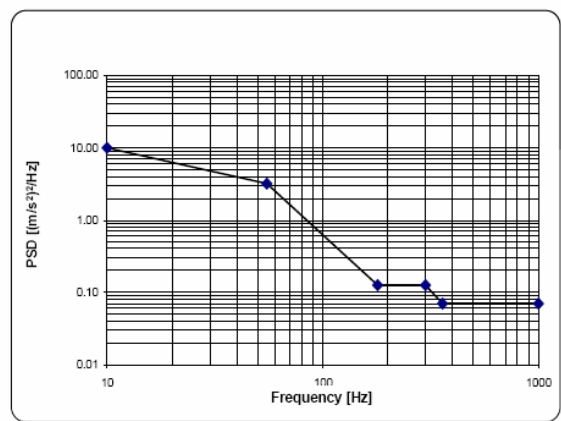


表23: 弹性装置上随机振动概况

Fre- quency	Power Spectral Density
10 Hz	9.9069 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.1032 G <sup>2</sup> /Hz
55 Hz	3.2245 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0336 G <sup>2</sup> /Hz
180 Hz	0.1238 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0013 G <sup>2</sup> /Hz
300 Hz	0.1238 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0013 G <sup>2</sup> /Hz
360 Hz	0.0695 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0007 G <sup>2</sup> /Hz
1000 Hz	0.0695 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0007 G <sup>2</sup> /Hz

Effective Acceleration = 19.6 m/s<sup>2</sup> = 2.0 G<sub>RMS</sub>

标准: FSC A级

所有《干路接触电阻》测试方法, 满足CTS规定要求。另外, 电阻的增加不应超过3倍测试前测试的电阻。电阻增加是由于破损磨损。

9.3.1.3 随机振动一固定在非弹性装置上

目的: 本试验应验证, 固定在非弹性装置上的元件免于受振动的影响。

适用: 汽车或卡车的方向盘、轮胎和运动悬挂装置上的元件

操作类型: 3.2

监测: 持续监测

程序: 根据测试方法《IEC 60068-2-64, 测试Fh, 宽带随机振动（数字控制）和导则》。

图20: 非弹性装置上随机振动曲线图

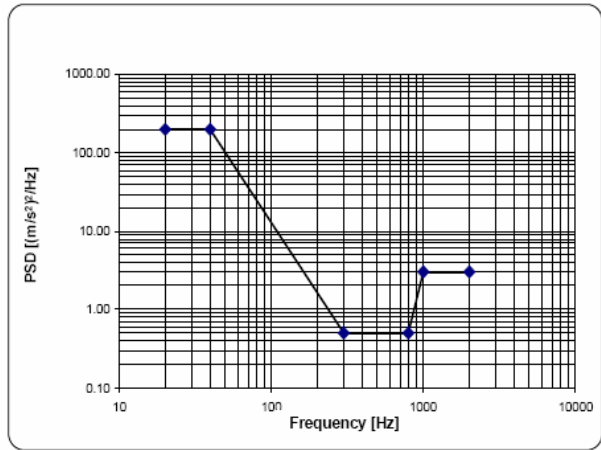


表24: 非弹性装置上随机振动概述

Fre- quency	Power Spectral Density
20 Hz	200.0 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 2.0825 G <sup>2</sup> /Hz
40 Hz	200.0 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 2.0825 G <sup>2</sup> /Hz
300 Hz	0.5 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0052 G <sup>2</sup> /Hz
800 Hz	0.5 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0052 G <sup>2</sup> /Hz
1000 Hz	3.0 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0312 G <sup>2</sup> /Hz
2000 Hz	3.0 (m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz = 0.0312 G <sup>2</sup> /Hz

有效加速度=107.3 m/s<sup>2</sup> = 10.95 GRMS

标准: FSC A级

所有《干路接触电阻》测试方法, 满足CTS规定要求。另外, 电阻的增加不应超过3倍测试前测试的电阻。电阻增加是由于破损磨损。

9.3.1.4 全部振动实验用到的热循环概述

极端低温或高温下, 车辆振动压力一起发生; 因此, 如下表述, 同时发生的温度循环概况, 应在振动测试中重复使用。

图 21：全部振动实验用到的热循环曲线图

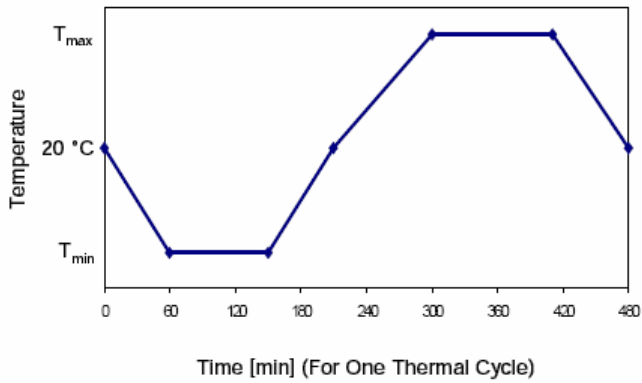


表 25：全部振动实验用到的热循环概述

Duration	Temperature
0 minutes	20 °C
60 minutes	$T_{min}$
150 minutes	$T_{min}$
210 minutes	20 °C
300 minutes	$T_{max}$
410 minutes	$T_{max}$
480 minutes	20 °C

9.3.2 热疲劳振动

目的：本试验应探测出热疲劳测试导致的间歇失效。如《普遍适用环境/耐久性测试流程》规定，本测试在湿度测试后执行。

适用：所有元件

操作类型：3.2

监测：持续监测

程序：根据测试方法《IEC 60068-2-64，测试Fh，振动，宽带随机振动（数字控制）和导则》。

振动发生在当元件暴露在从 $T_{min}$ 到 $T_{max}$ 热转化过程中，如下所示。典型的为1小时，但是因为元件热集中，可能或多或少。不需要稳定在极端温度内，除非为了确保产品确实达到目标温度。作为省略补充，给电路板平面施加垂直振动。

图 22：热疲劳振动曲线图

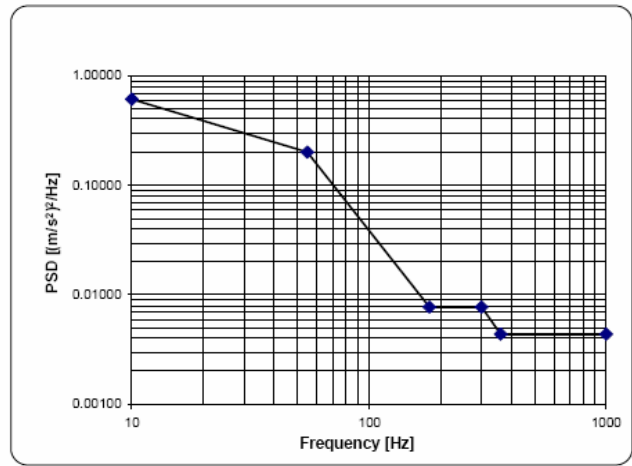
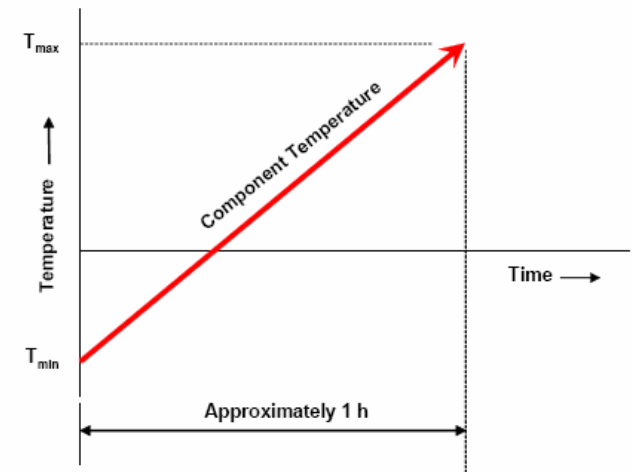


表 26：热疲劳振动概况

Fre- quency	Power Spectral Density
10 Hz	0.619 (m/s²)²/Hz = 0.00645 G²/Hz
55 Hz	0.202 (m/s²)²/Hz = 0.00210 G²/Hz
180 Hz	0.008 (m/s²)²/Hz = 0.00008 G²/Hz
300 Hz	0.008 (m/s²)²/Hz = 0.00008 G²/Hz
360 Hz	0.004 (m/s²)²/Hz = 0.00004 G²/Hz
1000 Hz	0.004 (m/s²)²/Hz = 0.00004 G²/Hz

Effective Acceleration =  $4.9 \text{ m/s}^2 = 0.5 G_{RMS}$

图 23：热疲劳振动中热循环曲线图



标准：FSC A级

### 9.3.3 机械冲击—Pothole

**目的：**本测试验证，元件免于受potholes产生的机械冲击的影响。

**适用：**所有元件，但基于车辆安装位置不同，有不同的要求。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测

**程序：**参照《IEC 60068-2-29，测试Eb，碰撞》中测试方法。参阅表27中详述。

**表27：机械冲击—Pothole**

元件安装位置	最大值	持续时间	冲击次数
非弹性装置	100G	11ms	20×6=120
弹性装置（乘客舱）	12G	20ms	400×6=2400
弹性装置（余下的所有区域，包括吊架和框架）	25G	10ms	400×6=2400

**注：**如表27中所示乘数为6，参阅可能运动的6个笛卡尔方向。所有可能运动的方向中，完全固定或不能完全固定的元件，仅测试作用力合适的方向。

**标准：**FSC A级

### 9.3.4 机械冲击—碰撞

**目的：**本测试验证，元件免于受低级碰撞（低于16mile/h或25.7km/h）产生的机械冲击的影响。

**适用：**所有元件。

**操作类型：**1.2

**监测：**N/A

**程序：**参照《IEC60068-2-27，测试Ea，冲击》中测试方法。参阅表28中详述。

执行1-点功能/参数检查

**表28：机械冲击—碰撞**

描述	数值
加速度	100G
额定冲击持续时间	11ms
额定冲击波形	半正弦
总冲击次数	3×6个方向=18

**标准：**FSC C级。认可无结构性损坏元件。

### 9.3.5 机械冲击—砰的关闭冲击

**目的：**本测试验证，元件免于猛然关闭（门，箱盖，后车门和发动机罩）的影响。

**适用：**仅要求固定在关闭区域的元件。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测

**程序：**参照《IEC60068-2-29，测试Eb，碰撞》中测试方法。

参阅表29和表30中详述。

**表29：基于机械冲击作用的猛然冲击**

描述	数值
加速度	40G
额定冲击持续时间	6ms
额定冲击波形	半正弦

**表30：关闭机械冲击次数**

关闭部件	冲击次数（施加主力方向）
驾驶门	100 000
乘客门/活动舱口盖	50 000
后备箱盖	30 000
后门	20 000
下车门	10 000
汽车发动机罩	1 500

**标准：**FSC A级。认可无结构性损坏元件。

### 9.3.6 挤压外壳—肘部负载

**目的：**本测试验证，外壳内元件和零部件不受元件上肘部负载影响。

**适用：**所有元件。

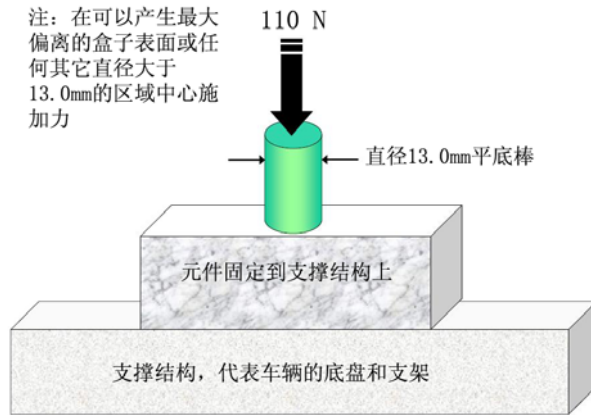
**操作类型：**1.1

**监测：**测试装载时偏离，以确保线路上零部件间隙。

**程序：**元件允许测试13.0mm或更大直径区域的所有外表面。使元件的任一13.0mm直径区域承受，平均分布110N的力1.0s，如图24所示（代表使用者肘部作用力）。

在所有表面测试后，执行1-点功能/参数检查。

**图24：元件外壳顶部施加肘部负载**



**标准：**

- 1 元件应无电性能退化或永久物理性损坏（FSC C级）。
- 2 除连接器外，装载时的偏离不能接触线路板任一零部件。
- 3 偏离力不能使盖子分离或“打开”。

### 9.3.7 挤压外壳—脚踏作用力

**目的：**本测试验证，外罩内的元件和零部件的外壳不受元件上脚踏作用力影响。

**应用：**在车辆装配或维修时，可能承受脚踏作用力的所有元件。

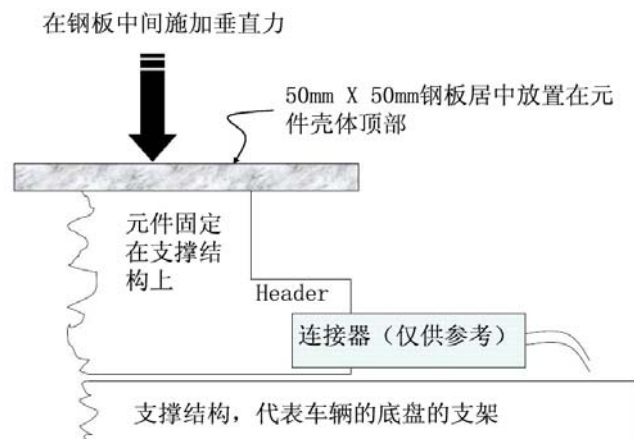
**工作类型：**1.1

**监测：**测试装载时偏离，以确保线路上零部件间隙。

**步骤：**固定50×50mm（或者合适尺寸）硬钢铁板在原件顶部。通过钢铁板，在元件顶部给元件施加一个平均分布890N的力1分钟，如图25所示。

测试后执行1-点功能/参数检查。

**图25：元件外壳顶部施加脚踏作用力**



**标准：**

- 1 元件幸存，无电性能退化或永久物理性损坏（FSC C级）。
- 2 除连接器外，装载时偏离不能接触线路板任一零部件。
- 3 偏离力不能使盖子分离或“打开”。

### 9.3.8 《GMW3191》连接器测试

**目的：**这些测试根据《GMW3191》测试连接器的功能和持久性。

**适用：**所有元件的连接器。包括永久性连接在线束上的护套。

**操作类型：**见《GMW3191》

**监测：**见《GMW3191》

**步骤：**

元件装配体执行下述《GMW3191》（连接器测试和验证规范）测试：

- 端子拉脱力
- 连接器之间的结合力
- 锁止状态下连接器的离脱力
- 非锁止状态下连接器的离脱力

注：上述测试是根据2007年12月版本的《GMW3191》命名的。本次测试应根据《GMW3191》最新版本执行。

**标准：**参阅《GMW3191》

### 9.3.9 连接器错误安装—单边力

**目的：**这些测试验证，连接器安装或其它安装操作期间，元件的护套不受作用连接器在上手部或肘部力（单边力）的影响。

**适用：**至少有13mm圆形区域连接器的所有元件。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测

**程序：**元件允许测试在13.0mm或更大直径区域的连接器表面。给连接器施加110N的平均分布力，每个13.0mm直径区域1.0s。

**标准：**FSC应为C级，连接器、护套以及安装连接器的电路板应可以承受上述机械压力，没有任何电绝缘性能的降低或损失。

### 9.3.10 连接器安装—脚踏力

**目的：**这些测试验证，连接器安装或其它安装操作期间，元件的护套不受作用连接器在上脚踏力（单边力）的影响。

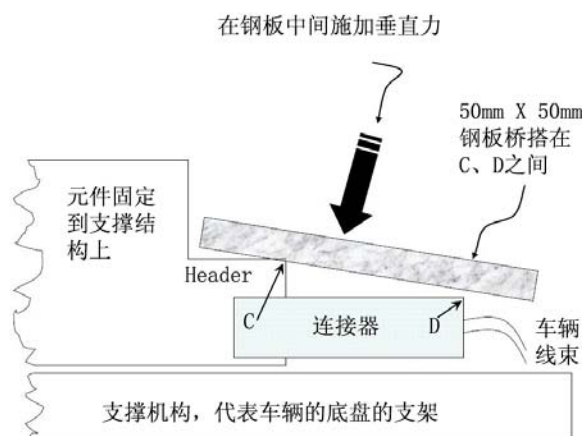
**适用：**车辆装配或者维修时，可能会承受脚踏力的所有元件。

**操作类型：**3.2

**监测：**持续监测

**程序：**如图26所示，通过一个（50×50）mm（或者合适尺寸）铁板给连接器和连接器插头施加一个890N分布力，模拟脚踏力。这个铁板代表使用者的鞋子。

图26：脚踏力连接器装置



**标准：**FSC应为C级。连接器护套系统应能承受上述机械力，没有任何电绝缘性能的降低或损失。另外，可能从测试中传送的力不应导致线路板的退化。

### 9.3.11 自由跌落

**目的：**本次测试验证，跌落后没有直观破坏，元件功能没有降低。在操作、装配或服务中，元件掉在地上产生的破坏。

**适用：**所有元件

**操作类型：**1.1

**监测：**N/A

**程序：**参照《ISO16750-3，自由跌落》采用测试方法。

**标准：**

- FSC不适用本次测试
- 如果元件外部没有直观性破坏，而且没有内部破坏并且在测试后期通过1-点功能/参数检查。
- 如果元件外部有直观性破坏，并且这种破坏由GM元件振动工程师判断认为：
  - 无意义的，那时元件应没有内部破坏并且在测试后期通过1-点功能/参数检查。
  - 有意义，那时元件不能满足工作性能和功能要求。应由判断工程师执行1-点功能/参数检验。

### 9.3.12 磨损腐蚀退化

**目的：**本次测试验证，元件内部连接免于由于相对运动，温度和潮湿产生的磨损。

**适用：**有内部连接的所有元件，例如保险丝护套，挤压连接，PCB与PCB间连接等

**操作类型：**1.2

**监测：**N/A

**程序：**

- 1 根据GMW3431《干性电路连接阻抗》测试试验程序测量接触阻抗
- 2 根据元件的安装位置，使用自由振动试验使元件经历4小时自由振动
- 3 根据GMW3431《干性电路连接阻抗》测试试验程序测量接触阻抗
- 4 使元件经历湿热测试（HHCO）环境条件持续一天时间，操作类型1.1
- 5 根据GMW3431《干性电路连接阻抗》测试试验程序测量接触阻抗
- 6 根据元件的安装位置，使用自由振动试验使元件经历4小时自由振动。振动的轴线平行于连接的方向。
- 7 根据GMW3431《干性电路连接阻抗》测试试验程序测量接触阻抗

**标准：**

- FSC不适用本次测试
- 步骤1中测试电阻应满足CTS中的要求
- 步骤3，5和7中测试电阻不应超过3倍于步骤1中测试的原始值。

## 9.4 气候

### 9.4.1 高温失效

**目的：**本次测试验证元件对高温失效的抵抗力，测试中1小时重喷漆和存储温度（ $T_{RPS}$ ）设计评估结构热扭曲功效。

**适用：**全部元件

**操作类型：**测试中 $T_{RPS}$ 为2.1；其它部分为3.2

**监测：**持续监测

**程序：**气候代码为A,B,C,K或L的元件持久性测试应为2000小时，其它的为500小时。

温度代码为F或H的元件应测试，整个持久性测试最初的5%阶段，加热温度值( $T_{PH}$ )。

温度代码为A、B、C或D的元件应测试，持久性试验最初4小时内，加热温度值为 $95^{\circ}$ （ $T_{RPS}$ ）。

根据《ISO 16750-4高温测试，操作》使用测试方法，以下情况例外：

功能循环中测试电压80%应是 $U_{nom}$ ,10%是 $U_{min}$ ,10%是 $U_{max}$

高温持久性测试中，元件应应用到电路循环周期的最大化量，电路负载应符合车辆应用中的正规惯例。

功能循环方案应测试元件，并探测退化失效或者不运行原因。

**标准：**FSC A级

### 9.4.2 空气交换热震动（TS）

**目的：**与动力发热循环相结合的测试应验证，元件不受由温度变化和材料CTE失调产生的热疲劳和接触降级的影响。PTC与TS的结合用于表明97%的可靠度和50%的可信度要求水平。

**适用：**所有元件

**操作类型：**1.1或1.2

**监测：**N/A

**程序：**根据《ISO 16750-4高温循环》使用测试方法，温度循环测试根据《IEC 60068-2-14，试验Na，温度变化》标准。

内部连接的所有元件，例如保险丝护套、按压安装连接，PCB到PCB连接等，在适当的地方测试接触电阻。测试方法应根据GMW3431指定的测试程序《干路接触电阻》标准执行。测试方法最小限度应在热震动测试前后执行。

热震动测试中使用的温度范围应根据元件调整，这些元件产生显著内部温度以来补偿由不通电元件的温度损失。例如：如果一个元件的测试根据规范从(-40 到+85)  $^{\circ}\text{C}$ ，并且自身发热增加了 10 $^{\circ}\text{C}$ ，那么热震动测试应该执行从(-40 到+95)  $^{\circ}\text{C}$ 。

测试TS热循环需要采取一下步骤：

- 1 给元件最高热量集聚部分使用热电偶，测试温度
- 2 应用热循环并记录热电偶温度，测试一个热循环总持续时间。最高或最低温度应保持 10 分钟。当热电偶到达  $T_{max} - 3^{\circ}\text{C}$  或  $T_{min} + 3^{\circ}\text{C}$ （见图 27），开始保持。根据表 31 执行热循环需求次数，TS 与 PTC 之间的样本循环的大小和分布记录拖欠值。

图27 热循环曲线图

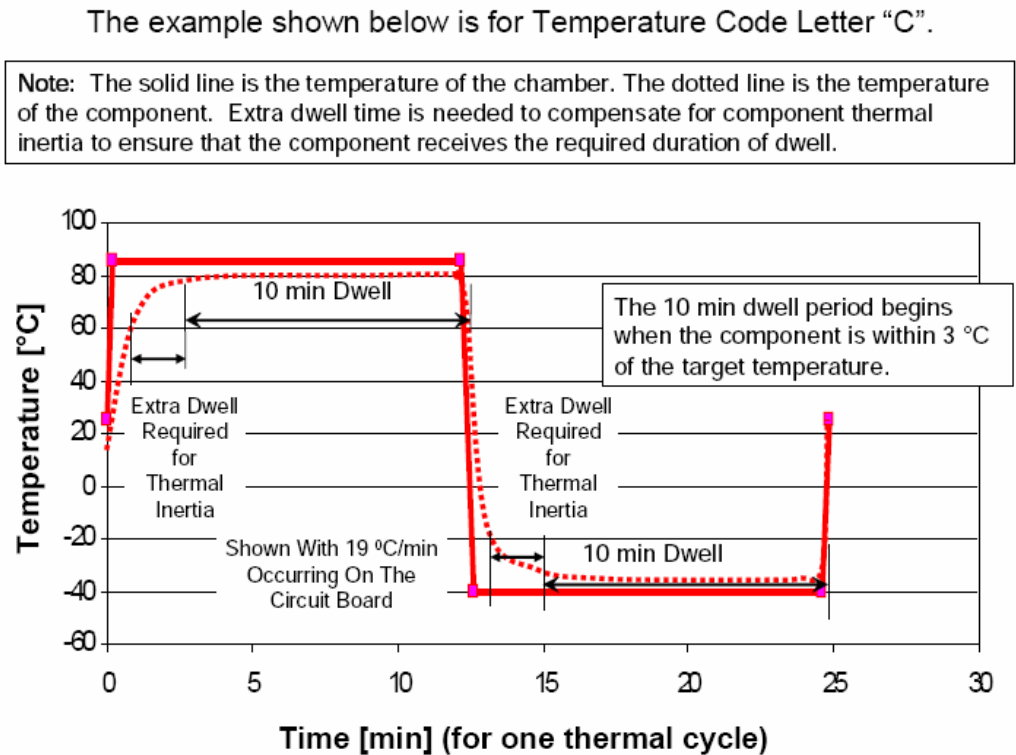


表31：样本尺寸为18的热循环编号

温度代码字符	车辆安装位置	TS+PTC循环次数		TS循环次数	PTC循环次数
A、B、C和D	乘客箱、行李箱内或车辆外部， 但不在发动机罩下或排气管系统 上	843		632	211
E和F	在车辆发动机罩下	1236		927	309
G、H和I	固定在发动机上或发动机内（一 共2248个循环）	1248		1000	248
		湿度循环和湿度持续			
		1000	1000	0	

温度代码为G、H、I的元件注释：

- 1 执行1000TS循环
- 2 执行248PTC循环
- 3 执行湿度测试
- 4 执行500TS
- 5 执行1-点功能/参数检查
- 6 执行500TS循环
- 7 执行1-点功能/参数检查

**标准：** FSC A级

全部《干路接触电阻》测试方法根据CTS要求。另外，增加的阻抗不应超过试验前测试阻抗的3倍。阻抗增加是由于退化磨损。

**9.4.3 动力热循环（PTC）**

**目的：** 本次测试，与热循环(TS)相结合，应该测试元件不受由温度变化和材料CTE失调产生的热疲劳和接触降级的影响。PTC与TS的结合用于表明97%的可靠度和50%的可信度要求水平。

**适用：** 所有元件

**操作类型：** 3.2

**监测：** 持续监测

**程序：** 根据《ISO 16750-4高温循环》使用测试方法，温度循环测试根据《IEC 60068-2-14，试验Na，温度变化》标准。

内部连接的所有元件，例如保险丝护套、按压安装连接，PCB到PCB连接等，在适当的地方测试接触电阻。测试方法应根据GMW3431指定的测试程序《干路接触电阻》标准执行。测试方法最小限度应在动力热循环测试前后执行。

电路负载应说明车辆实际应用中的正规惯例。



测试PTC热循环需要采取以下步骤：

- 1 给元件最高热量集聚部分使用热电偶，测试温度
  - 2 应用热循环并记录热电偶温度，测试一个热循环总持续时间。最高或最低温度应保持10分钟。当热电偶到达  $T_{\max} - 3^{\circ}\text{C}$  或  $T_{\min} + 3^{\circ}\text{C}$ （见图27），开始保持。
- 根据表31执行PTC循环需求次数，TS与PTC之间的样本循环的大小和分布记录拖欠值。

图28： PTC示例

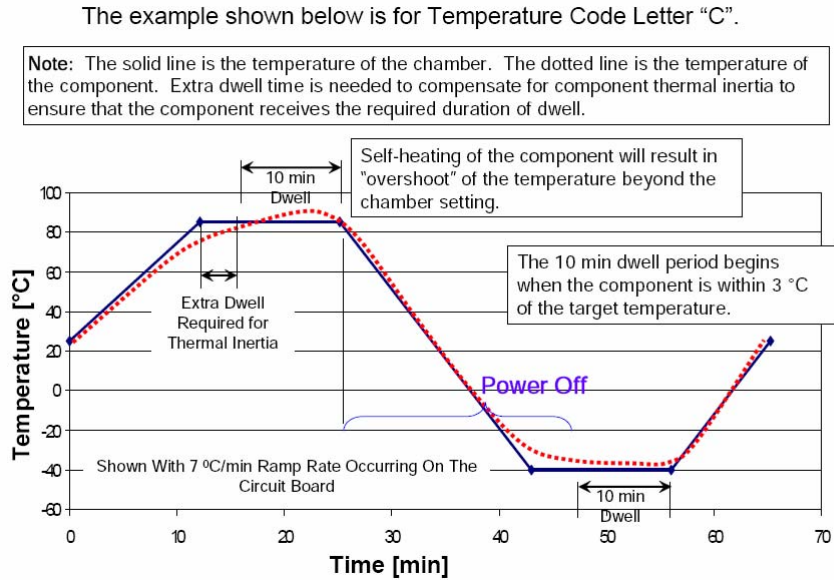


表32： PTC要求

描述	值
温度范围	$T_{\min}$ 到 $T_{\max}$
温度变化率	GM工程师许可（2—15） $^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$
PTC循环最小次数	100
电源模式	温度变化负值时，电源OFF模式。一旦到达 $T_{\min} + 3^{\circ}\text{C}$ 时，开始ON 100秒，OFF 20秒循环，直到下一个温度变化负值
供应电压	测试操作电压：循环中80%应是 $U_{\text{nom}}$ , 10% 是 $U_{\min}$ , 10% 是 $U_{\max}$ 。

标准：FSC A 级

全部《干路接触电阻》测试方法根据 CTS 要求。另外，增加的阻抗不应超过试验前测试阻抗的 3 倍。阻抗增加是由于退化磨损。

#### 9.4.4 热冲击/水飞溅

目的：本测试验证元件由于水飞溅造成温度的突然变化期间或之后的功能。

适用：位于车辆行驶时可能发生水飞溅的区域的所有元件（例如发动机低位置）

操作类型：3.2

监测：持续监测

程序：根据《ISO 16750-4 冰冻水冲击测试》测试方法，使用飞溅水测试防护。

标准：FSC A 级

#### 9.4.5 湿热循环（HHC）

目的：本次测试元件免受内部冷凝可能造成的电路和功能材料退化的影响。喘息效应是综合测试基本特征，这种效应是由裂缝和缝隙中温度的集聚变化，以及冻结水的膨胀造成湿度和冷凝的变化导致的。

适用：所有元件

操作类型：3.2：元件在打开和睡眠模式之间的动力和循环中，避免局部烘干。万一元件没有休眠能力，用 OFF 开关代替。

在 10 天的测试中，元件应该在打开 1 小时和休眠/关闭 1 小时中持续循环。

提供  $U_{\text{nom}}$  电压。

监测：在 ON 状态，要求持续监测。测试中，在休眠/OFF 状态监测持续寄生电流，并记录超过 10 天测试周期以检查故障。

程序：根据《IEC 60068-2-38，试验 Z/AD，温度/湿度组合循环测试》，如表 33 所示执行测试。



表 33: 湿度循环要求

描述	数值
高温	+65℃
中温	+25℃
低温	-10℃
持续时间	10天

图 29 和表 34 显示：两天一个循环，总共重复五次（2×5=10 天）  
高温中湿度是（93±3）%，在+65° 到+25° 转变期间降到 80%。在+25° 时，湿度应增加到（93±3）%。<+25℃时不控制湿度。

图 29: 湿度循环曲线图

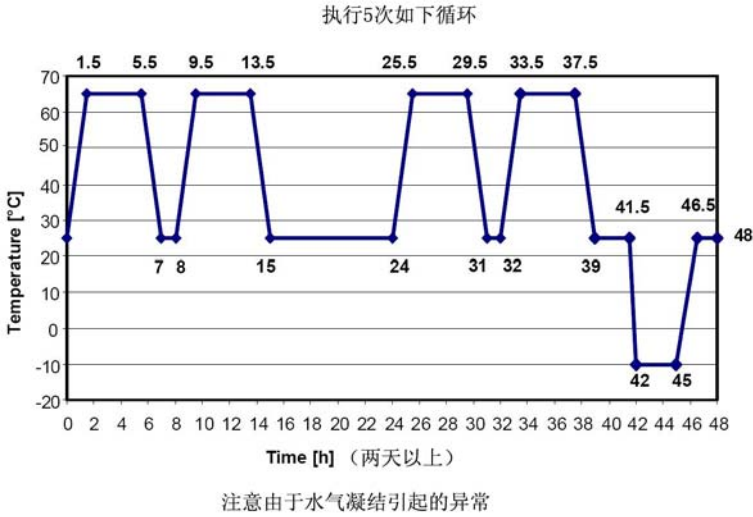


表 34: 湿度循环概述

Time	Temperature
0 h	25 °C
1.5 h	65 °C
5.5 h	65 °C
7 h	25 °C
8 h	25 °C
9.5 h	65 °C
13.5 h	65 °C
15 h	25 °C
24 h	25 °C
25.5 h	65 °C
29.5 h	65 °C
31 h	25 °C
32 h	25 °C
33.5 h	65 °C
37.5 h	65 °C
39 h	25 °C
41.5 h	25 °C
42 h	-10 °C
45 h	-10 °C
46.5 h	25 °C
48 h	25 °C

标准：FSC A 级。增加量不超过寄生电流的 50%。检查出无电板—偏移或枝晶长大的迹象。

9.4.6 湿热恒定（HHCO）

**目的：**本次测试应验证，元件免于受可能导致功能和材料退化的高湿度影响。

**适用：**所有元件

**操作类型：**3.2，有动力装置的元件和 ON（最小化电源损耗模式运行）和休眠模式之间循环，以避免局部干燥。一旦元件没有休眠模式，用 OFF 开关代替。

补充，为期 10 天测试中，元件在 ON 模式 1h 和休眠/OFF 模式 1h 之间持续循环。

使用  $U_{nom}$  供应电源电压。

**监测：**在 ON 状态，要求持续监测。在休眠/OFF 状态，监测持续稳定电流，并记录超过 10 天测试周期以检测在测试中的故障。

表 35：恒定湿度要求

描述	值
温度	$(+85 \pm 3) ^\circ\text{C}$
持续时间	10 天
相对湿度	$(90 \pm 5) \%$

**标准：**FSC A 级。增加量不超过寄生电流的 50%。检查出无电板—偏移或枝晶长大的迹象。

9.4.7 盐雾

**目的：**本测试验证元件运行在盐喷雾海岸地区和盐溅起的道路上时，暴露在盐喷雾中的承受力。

**适用：**固定在乘客箱和行李箱区域（车辆内部）的所有元件。

**操作类型：**1.2/2.1/3.2

**监测：**元件通电时持续性监测。

**程序：**根据《IEC 60068-2-52，试验 Kb，盐雾，交变》使用测试装置，测试和持续时间基于元件类型，如表 36 所示。

表 36：盐雾测试要求

元件类型	操作测试	材料退化测试
带有开孔的非密封元件(IP防水代码2)	Yes，有防护遮盖物（模拟车辆安装，关闭内部风扇）	N/A
无开孔的非密封元件(IP防水代码2)	Yes，有防护遮盖物（模拟车辆安装）	操作类型1.2，3个循环。每个循环等同于2小时盐雾，22小时湿度。
无开孔的非密封元件(IP防水代码3或4K)	Yes，有防护遮盖物（模拟车辆安装）	操作类型2.1，6个循环。每个循环等同于8小时盐雾，16小时湿度。
有/无压力交换薄膜的密封元件（IP防水代码8）	N/A	操作类型3.2，10个循环。每个循环等同于8小时盐雾，16小时湿度。

运行测试：

根据《IEC 60068-2-52，试验 Kb，盐雾，交变》标准中测试方法，给通电元件（ $0.25\sim0.5$ ）ml/h、 $80\text{cm}^2$ 、持续 2 个小时的喷雾，操作类型 3.2.

**注：**本次测试是测试正常功能期望的元件，由盐雾环境导致的功能退化。

材料退化测试：

根据《IEC 60068-2-52，试验 Kb，盐雾，交变》标准中测试方法，采用《IEC 60068-2-52，试验 Kb，盐雾，交变》标准中定义的盐雾标准，根据表 36 定义的周期。

最终检查（在所有测试结束后）：

所有的检查应有文件记录，包括表格。根据以下测试记录元件外观。分解元件进行内部电子损坏详细的检查，细节检查表面金属损耗或集中腐蚀部位。检查密封的完善。

**标准：**FSC A 级。不应有关键性的外观金属损耗，这种损耗可能导致内部或外部连接的丧失。对于密封元件，不应有盐雾进入的痕迹。

9.4.8 盐喷雾

**目的：**本测试验证元件运行在盐喷雾海岸地区和盐溅起的道路上时，暴露在盐喷雾中的承受力。

**应用：**车辆上非内部所有元件，这包括发动机罩下、挡风玻璃基下的高压箱内，和门内（潮湿区域）。

**操作类型:** 1.2/3.2

**监测:** 元件通电时持续监测

**程序:**

- 1 固定元件到它目标安装位置（如果可能），施加合适负载和电压，如上述描述。元件固定在离盐雾喷嘴最有利的距离，确保盐雾有足够的流量和力度，冲走测试中产生的腐蚀产物。盐喷雾调整到最大盐喷雾模式（cone 模式）对准目标区域。
- 2 盐喷雾溶液是指质量上含有 5% 盐。溶液的 PH 值在 6.5 到 7.2 之间。
- 3 在盐喷雾室放置元件 1 小时，温度在（+50 到+70）℃ 之间，元件动力装置 OFF 模式（操作类型 1.2）。在这个小时中没有盐雾喷出。
- 4 关闭室温加热，打开元件电源 ON（操作类型 3.2），喷雾 1 小时。喷雾房间温度在+35℃，喷雾溶液温度在 T<sub>room</sub>。
- 5 关闭盐喷雾，关闭元件电源，当允许室温和元件在 T<sub>room</sub> 温度冷却 1 小时。这 1 小时不控制湿度。
- 6 重复步骤 3 到 5 三次，一共 9 个小时。
- 7 打开元件电源，在 T<sub>room</sub> 放置 15 个小时。不控制湿度。期间没有盐雾喷出。
- 8 这个 24 小时测试顺序，从步骤 3 到 7，应多天重复，如表 37 所示。
- 9 所有的观察应用文件说明，包括图表。记录测试中元件表面。拆卸元件。详细检查腐蚀金属或集中蚀损斑腐蚀。检查所有密封的完善性。

**表 37: 盐喷雾测试要求**

位置	测试持续时间
门内湿润边（IP防水代码3或6K）	20天=480小时
间接暴露盐喷雾中的非内部元件（IP防水代码6K或8或9K）	30天=720小时
直接暴露盐喷雾中的非内部元件（IP防水代码6K或8或9K）	40天=960小时

**标准:** FSC A 级。没有液体进入和/或内部结晶。

## 9.5 防护

### 9.5.1 灰尘

**目的:** 本次测试应验证元件防护壳体能充分保护，防止灰尘进入。防止风沙、道路粉尘或其它类型灰尘。灰尘集聚影响散热和电子-机械元件。

**适用:** 所有元件

**操作类型:** 1.2

**监测:** N/A

**程序:**

- 1 根据《IEC 20653, 电气保护装置, 防外部物质、水和进入物》测试方法。本测试是应遵照《ISO 12103-1, Arizona 灰尘测试, A2 fine 灰尘测试》。在适当的地方余下灰尘可以进入（参阅 SSTS/CTS）。本测试持续 8 小时。对于一些电动机械元件，在适当的位置，持续时间应超过 8 小时。元件在模拟车辆安装位置防护壳内测试。
- 2 执行 1-点功能/参数检查。

**标准:** FSC A 级。

### 9.5.2 水

**目的:** 本次测试应验证，元件防护壳体完全满足国际保护装置要求，当第 2 特性 IP 代码中规范时。

**适用:** 所有元件

**操作类型:** 3.2

**监测:** 持续监测

**步骤:** 根据《IEC 20653, 电气保护装置, 防外部物质、水和进入物》使用测试方法。

元件在模拟车辆安装位置防护壳内测试。

遵照步骤，执行元件详细剖析和检查。

**标准:** FSC A 级。元件没有功能或材料退化。水不能进入电子/机械零部件或连接器。线路板上没有水滴落。另外，容器内没有水集聚，电子/机械零部件或连接器没有水进入。

### 9.5.3 密封

**目的:** 本测试应验证，元件免于密封性丧失的能力，这种密封性丧失可能导致水的进入。

**适用:** 所有密封元件

**操作类型:** 3.2

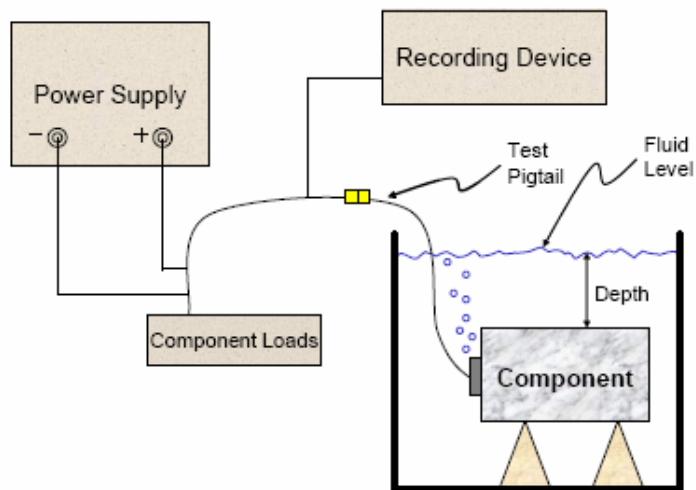
**监测:** 持续监测

**步骤:**

- 1 准备测试溶液，含有可溶性紫罗兰染料、盐 5%、0℃ 的水溶液。
- 2 置于元件在 T<sub>max</sub> 室温环境 30 分钟或更长，以确保 T<sub>max</sub> 到达元件内部。

- 3 使元件离开室温环境
- 4 立即把元件浸入试验溶液里，使元件顶部在  $(76 \pm 5.0)$  mm 深度，详细见图 30
- 5 在元件浸入 30 分钟后，从测试溶液中移走元件
- 6 重复步骤 2 到 5，直到发生溶液侵入
- 7 分解元件。使用紫罗兰染料光源探测含有紫罗兰盐性溶液的潜在进入。

图 30：无接地导线或连接的元件密封测试装置



暴露于水中的含有接地线束或任何线路连接车辆线束系统，对于连接到这种线束系统装置上的元件，应执行以下测试：

- 1 如图 31 或 32 重新设定测试装置，生产中心连接或水中连接。
- 2 使用新元件
- 3 重复先前的测试步骤 1 到 7

图31：有接地线路的元件密封测试装置

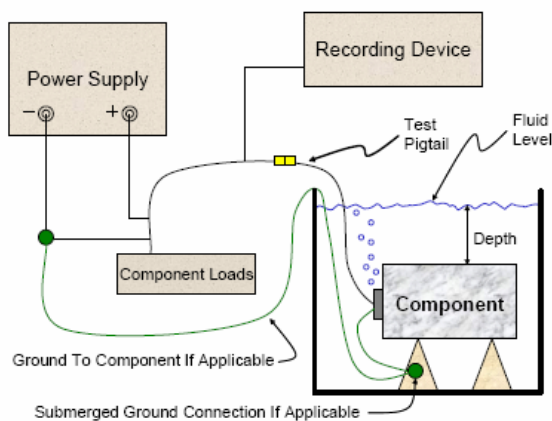
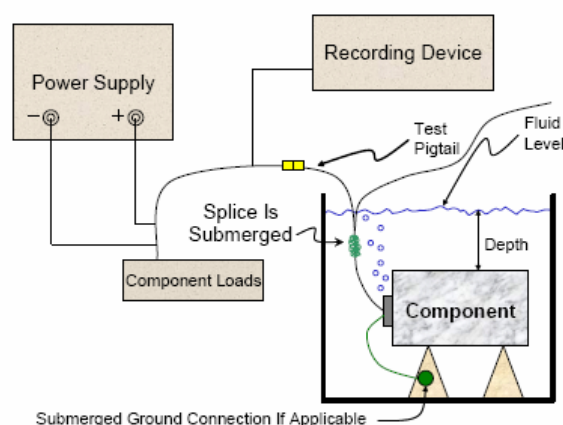


图32：有接合元件密封测试装置



标准：FSC A 级。元件应该打开检查水进入的痕迹。应通过没有水进入的。

#### 9.5.4 水冰冻

目的：测试元件暴露于低温水后的运行，本测试模拟元件周围结冰的影响。

适用：所有可能允许水进入的外壳或者机械联动装置的元件，排除安装在车厢内的元件。

操作类型：2.1/3.2

监测：3.2 类型时持续监测

程序：如果测试提供机械运动的元件，本测试应在模拟所有机械装置的车辆环境。

- 1 作为省略补充，根据 IP 代码操作类型 3.2，在  $T_{room}$  进行防水测试。
- 2 5 分钟内，把元件转移到冰室中并放置在  $T_{min}$  24 小时，操作类型 2.1。
- 3 在 24 小时结束时，仍在  $T_{min}$  保持 1h，根据操作类型 3.2，应证明元件有合适的功能。
- 4 重复步骤 1 到 3，5 次。

标准：FSC A 级。

9.5.5 糖水功能损害

**目的:**测试元件不受溶解糖溶液溢出的影响。  
**适用:**机械运动的所有元件，例如固定在乘客箱或货车车厢，顾客容易接触到的把手或旋钮。  
**操作类型:** 3.2  
**监测:** 持续监测  
**步骤:**

- 元件应固定在目标环境，所有的斜面和覆盖物。
  - 糖水指 10g 糖全溶解在 200ml 水中的溶液
  - 距元件 30cm 的地方施加糖水，吹走表面留有的任何液体
  - 从垂直方向把糖水（作为单向喷溅）倒到元件上，垂直元件从水平方向。
  - 元件保留动力装置，不受干扰，在功能评估前，允许 24 小时（+23±5）℃干燥。
- 标准:** 功能状况 A 级。工作效力或扭转力的退化应符合 CTS 要求。

10 产品验证 (PV)

10.1 PV 任务

产品验证 (PV) 是一种在数量和质量上验证元件满足环境、持久性和可靠性要求的验证，同时包括产品制造的影响。PV 流程应使用从工装模具和过程生产的元件进行。所有的 PV 程序包括结果都应在元件环境测试方案中有文件说明。

10.2 运输振动

**目的:**本测试验证运输过程中带有包装元件的强度  
**适用:**所有对顾客直观易见的元件  
**操作类型:** 1.1  
**监测:** N/A

**程序:** 使用允许运输箱（元件的货箱）在振动平面的垂直角度随意移动的振动测试装置。一个合适的固定装置由四根立柱的底座组成，底座比运输箱稍微大点。  
允许运输箱装置三个方向。

- 1 根据《ASTM D4728，运输箱自由振动测试标准测试方法》提出的测试方法，从三个主要垂直方向振动运输箱 24 小时。本测试应控制元件货箱最终的运输集装箱。运输集装箱包括所有内部包装材料。使用表 38 和图 33 中表述的自由振动概况。
- 2 检查所有零件对顾客直观性的结构破坏和退化。

图 33：运输中自由振动曲线图

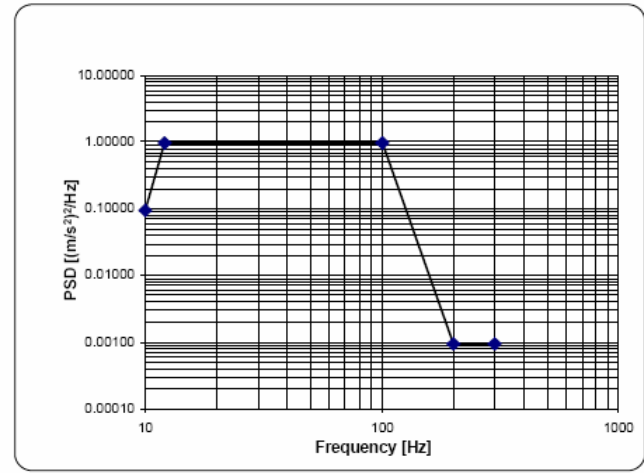


表 38：运输中自由振动描述

Fre- quency	Power Spectral Density
10 Hz	0.096000 (m/s²)²/Hz = 0.00100 G²/Hz
12 Hz	0.962000 (m/s²)²/Hz = 0.01002 G²/Hz
100 Hz	0.962000 (m/s²)²/Hz = 0.01002 G²/Hz
200 Hz	0.000962 (m/s²)²/Hz = 0.00001 G²/Hz
300 Hz	0.000962 (m/s²)²/Hz = 0.00001 G²/Hz

Effective Acceleration =  $9.81 \text{ m/s}^2 = 1.0 G_{\text{RMS}}$

**标准:** FSC C 级。任何元件都没有直观破坏。

## 11 标记和缩写

<b>A</b> 安培	<b>HHC</b> 湿热循环
<b>A/D/V</b> 分析开发验证	<b>HHCO</b> 恒定湿热
<b>ASTM</b> 美国测试&材料协会	<b>HVAC</b> 热流动空气环境
<b>Comp Val Engr</b> 元件验证工程师	<b>IEC</b> 国际电工委员会
<b>CTE</b> 热膨胀系数	<b>IP</b> 国际保护
<b>CTS</b> 元件技术规范	<b>I/O</b> 输入/输出
<b>DRBFM</b> 基于失败模式的设计检查	<b>ISO</b> 国际标准组织
<b>DRBTR</b> 基于试验结果的设计检查	<b>IV MRD</b> 杂合车材料需求日期
<b>DRE</b> 设计发布工程师	<b>JEDEC</b> 电子工程技术委员会
<b>DV</b> 设计验证	<b>N/A</b> 不适用
<b>E/E</b> 电气/电子	<b>Pa</b> 帕斯卡
<b>EIA</b> 电气工业同盟	<b>PCB</b> 印刷电路板
<b>EMC</b> 电磁适用兼容性	<b>PPAP</b> 生产件批准流程
<b>ENV/DUR</b> 环境/持久性	<b>PSD</b> 功谱率密度
<b>FSC</b> 功能状态分类	<b>PTC</b> 电流温度循环
<b>GM</b> 通用汽车	<b>PV</b> 产品验证
<b>G</b> 自由落体标准加速度(恒定万有引力 $9.80665\text{m/s}^2$ )	<b>PWM</b> 脉冲宽带调制
<b>G<sub>RMS</sub></b> PSD 振动曲线面积平方根	<b>RMS</b> 均方根
<b>l</b> 升	<b>s</b> 秒
<b>LED</b> 发光二极管	<b>SAE</b> 汽车工程学会
<b>m</b> 米	<b>SQE</b> 供应商质量工程师
<b>h</b> 小时	<b>SSTS</b> 子系统技术规范
<b>H</b> 电感	<b>TS</b> 空气对空气热震动
<b>Hz</b> 赫兹	<b>V</b> 伏特
<b>HALT</b> 高加速生命周期测试	<b>VTC</b> 验证测试完成
<b>HAST</b> 高加速压力测试	<b>Ω</b> 欧姆

## 12 偏离 整体一致性无偏离完成

## 13 注

### 13.1 环境规范。增加的环境规范信息可以从以下资源中获得：

- Steinberg, Dave E.: 电子装置振动分析, 第三版, John Wiley and Sons, 2001.
- Hobbs, Gregg K.: 加速可靠性工程师- HALT and HASS, John Wiley and Sons, 2000.
- Lipson, Charles and Sheth, Narendra J.: 工程试验统计学规划分析。
- Nelson, Wayne: 加速周期测试, John Wiley and Sons, 1990.
- Peck, D. Steward: 湿度测试相关模型, IEEE Catalog # 86CH2256-6, 1986.
- 工程技术报告#5 E/E元件环境测试基本概念, Tabai Espec Corp., 1998.
- Azar, Kaveh: 电子冷却- 理论和应用, 简要, 1998.
- White, F.M.: 流体力学, 第二版, Pg. 60, McGraw-Hill, 纽约, 1986.
- Clech, Jean-Paul: 焊接可靠性措施: 从LCCCS到区域-排列装配, Proceedings from Nepcon West 1996.
- Clark, Dana W.: AFD和发现并修理故障, Ideation International Inc., 2000.
- Giacomo, Giulio, et-al: 取决于热循环频度的CBGA and C4疲劳, 2000关于高级包装材料国际研讨会
- Clech, Jean-Paul: SAC焊接点可靠性: 测试条件和加速度因子。 SMT/Hybrid/包装 研讨会, Nurnberg, 德国, 四月19, 2005.
- Clech, Jean-Paul: 无铅Sn-Ag-Cu装配的加速度系数和热循环测试效率, SMTA国际研讨会, 芝加哥, IL. 2005.9

## 14 增加段落:

不适用

## 15 代码系统

其它文件、制图等应参考本标准。如下：

例：“GMW3172 C C C D A IP5K2”

本文件出现的CTS/SSTS文件对代码和含义有详细的解释。

## 16 发布和版本

**16.1 发布：**本标准首次发布出版于2000.12，代替GM9123P和GMI12558。

### 16.2 版本

版本	日期	描述 (Org.)
B	2001.12	完善性编辑(McCullen-GMNA)
C	2004.08	完善性编辑(Edson-GMNA)
D	2004.07	重新书写无铅焊接并改善先前内容(Edson-GMNA)
E	2005.09	完善性编辑(Armbrust/Edson/Kurdian/Lange)
F	2007.02	完善性编辑(Andreasson/Edson/Kurdian/Lange)
G	2008.08	完善性编辑// 版本代码F; 正文改述(GMW3172全球组织)

## 附录A—无铅焊锡 补充

由于个别国家的法规规定，禁止E/E元件中铅的使用，包括焊接。制造业做出回应：可以选择无铅焊接。大多数使用的无铅焊接由锡银铜（Sn/Ag/Cu）组成：

无铅焊锡的使用产生附加的危险，如下所述。元件硬件设计检查应包括以下无铅考虑：

- **疲劳生命周期：**与有铅焊锡点相比，无铅焊接点可能减少疲劳周期，即使无铅焊锡的拉伸强度比有铅焊锡高。在疲劳周期内，与有铅焊锡点相比，无铅焊锡点也可能有较高的可变性。
- **高温焊锡过程：**由于可能与无铅合金相连的焊接过程的高温，需要考虑局部老化和“爆裂”。“爆裂”是由于塑料制品内部湿度集聚，包括在焊接过程中发热和产生高压的局部。这可能导致塑料制品或内部爆裂。湿度侵入是在零件生产过程中或未受控制环境中产生的。必须有效地控制等候装配元件的存储环境湿度。
- **冷作硬化锡料合金：**冷作硬化焊料合金影响PCB板零件内部连接。这种现象是由于不正确的PCB制造流程（例如，薄层无电镀的）或在可操作温度范围焊料合金从自然延展性到冷作硬化（例如在-30℃无铅焊接）。这意味着高危险在大机械冲击区域例如车门、发动机和悬挂装置位置。
- **离子污染：**与有铅焊接相比，无铅焊接不稳定状态残余更倾向于产生离子污染，并且特别关注无铅焊接装配总成的霜冻和湿度测试。
- **基于焊锡合金：**锡焊接合金可能在类似有铅焊接熔点温度时，完成。因此，零部件在低温熔点温度中。然而，无铅焊接中Bismuth的使用可能出现的问题，如果线路板中使用任一有铅元件。Bismuth/锡/铅合成物能导致三个材料危险期，如下：
  1. 焊接点低熔点（例如+96℃）
  2. 焊点上升，由于零件上附带的两种不同焊接金属的不均匀冷却
  3. 热疲劳周期的明显减少
- **锡须：**一个基于锡焊接的有害现象：“锡须形成物”，可能产生于焊接和部件上。这种现象将在不施加任何特殊环境条件下产生。室温中“架子上”的零件和维修中零件一样快的产生锡-须形成物。通过铜和锡之间使用分界层（如镍电镀）能最小化须形成物。
- **锡中有害物质：**另外一个基于锡焊接的有害现象：“锡有害物质”，使用纯锡（>99.99%）时也可能发生。锡上瑕疵物将在低温中出现，并把锡降化成灰白色粉末。“锡有害物质”现象出现在启动低温（-13℃），在-30℃达到最大反应率。
- **柯肯特（Kirkendall）无效：**热老化（温度提高时）能导致锡和铜内部柯肯特（Kirkendall）无效物质。这一系列无效的物质能产生穿孔破坏，这些破坏会导致与机械振动有关的性能明显性减弱。在机械振动测试明确性说明这个问题之前，《普遍适用环境/持久性测试流程》代替高温退化测试。

附录B — 元件环境测试方案

元件名称 (不能缩写): (TBD)	版本日期: (TBD)	版本号: (TBD)
元件零件号: (TBD)	元件制造商: (TBD)	
图纸号: (TBD)	项目: (TBD: 首批车次认可,包括年份和程序)	
准备 (供应商): (TBD)	车辆安装位置: (TBD)	
批准 (供应商): (TBD)	GM责任工程师批准: (TBD)	

版本历史

日期	版本号 + 描述
(TBD)	(TBD)
通过下列改正方案和/或增加的条件限制, 批准本测试方案:	

1 介绍

在供应商提供资料给ENV/DUR专家批准6周后, 本测试方案由供应商完成并提交给GM。包含的所有的章节应如提纲中规定, 仅允许新章节的增加。如果一个章节不适用, 应该在测试方案中, 用支持的正当理由在相关章节中描述。

1.1 目的

本测试方案的目的: 记录根据《GMW3172》所有测试的元件运行和测试程序, 描述所有的测试装置, 验证设计的环境/持久性强度的程序。

1.2 测试准则描述

提供详细的测试装置信息和元件信息, 包括分段表格, 照片等。指示元件与设备和测试装置连接。不包括IEC/ISO/SAE中装置表格副本, 或其它标准所查阅本标准。  
所有的章节由供应商完成。对于测试完成和测试的可追溯性/可重复性, 每个章节内部信息应包括必须的尽可能详细的信息。章节与模板保持同样的顺序。

例如自由跌落试验:

<u>适用规范:</u>	GMW3172, 9.3.11章节
<u>操作类型:</u>	1.1
<u>监测:</u>	N/A (参阅适用章节3.3)
<u>参数:</u>	温度: (+23±5) °C 高度: 从1m高处自由跌落 外观: 实体
<u>步骤:</u>	1. 首次跌落选择X轴。 2. 重复同样轴跌落, 但是在相反方向。 3. 下一个样件从Y轴跌落, 重复步骤1和2。 4. 第三个样件从Z轴跌落, 重复步骤1和2。 5. 记录图像中直观性损坏, 并写入试验报告。 6. 执行1-点功能/参数检查。
<u>标准:</u>	如果元件没有外部直观性损坏, 那么元件不应有内部损坏, 并在测试后执行1-点功能/参数检查。 如果元件外部有直观性损坏, 以及GM验证工程师判定的损坏, 将做以下处理: —无意义, 那时元件没有内部损坏并通过了1-点功能/参数检查。 —有意义, 那时元件没有满足工作和功能要求。判定工程师仍要执行1-点功能/参数检查。
<u>结果:</u>	



### 1.3 引用要求

根据元件技术规范（CTS）或字系统技术规范 (SSTS)，GMW3172字母代码定义如下：

电负载	机械负载	温度负载	气候负载	化学负载	防尘和防水
(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)	(TBD)

参阅GMW3172 (2008年8月) 中代码字符规定。

分类参数：

$U_{min}$	=	(TBD) $\pm$ 0.1 V	$T_{min}$	=	(TBD) $\pm$ 3 °C
$U_A$	=	(TBD) $\pm$ 0.1 V	$T_{max}$	=	(TBD) $\pm$ 3 °C
$U_B$	=	(TBD) $\pm$ 0.1 V	$T_{PH}$	=	(TBD) $\pm$ 3 °C
$U_{max}$	=	(TBD) $\pm$ 0.1 V	$T_{RPS}$	=	(TBD) $\pm$ 3 °C

偏离上面提到的要求，需要由相关职责的GM ENV/DUR专家同意，并在本文件中描述。

### 1.4 参数和公差要求

除非另有规定，下面定义测试环境参数和公差用于所有验证测试：

参数	公差
环境温度	Spec. $\pm$ 3 °C
室温	(+23 $\pm$ 5) °C
测试时间	Spec. $\pm$ 0.5 %
室内环境相对湿度	(30...70) %
室内湿度	Spec. $\pm$ 5 %
电压	Spec. $\pm$ 0.1 V
电流	Spec. $\pm$ 1 %
电阻	Spec. $\pm$ 10 %
自由加速度 (GRMS)	Spec. $\pm$ 20 % (没有GM批准, PSD偏差来自适用性表格中)是不被允许的
加速度 (机械冲击, G)	Spec. $\pm$ 20 %
频率	Spec. $\pm$ 1 %
力	Spec. $\pm$ 10 %
间距 (除尺寸校核外)	Spec. $\pm$ 5 %

### 1.5 测试要求

在下表中不适用的，填“N/A ”

	分析	开发样本编号	设计验证样本编号	产品验证样本编号
分析				
电				
正常和最差情况性能分析				
短/开路分析				
机械				
共振频率分析				
高海拔运输压力效能分析				
塑料制品扣合结构分析				
冲压分析				
温度				
高海拔工作过热分析				
热疲劳分析				
无铅焊锡分析				

开发				
<b>电</b>				
启动				
反极性				
过压				
状态改变波形特性				
接地线路自感应系数				
电磁兼容性(EMC)				
<b>机械</b>				
高加速生命周期测试(HALT)				
<b>温度</b>				
温度测量				
低温觉醒				
<b>气候</b>				
霜冻				
高加速压力测试 (HAST)				
尺寸				
设计验证(DV)				
<b>电</b>				
寄生电流				
电源中断				
蓄电池电压流失				
正弦交变电压				
脉冲电压				
接地和蓄电池线路间歇短路				
接地和蓄电池线路持续短路				
接地和蓄电池间线路短路				
开路 –单线中断				
开路– 多线中断				
接地补偿				
电源补偿				
分离数字式输入电压				
过载 – 所有线路				
过载– 保险丝保护线路				
绝缘电阻				
<b>机械</b>				
热循环振动				
热疲劳振动				
机械冲击– Pothole				
机械冲击– 碰撞				

机械冲击- 砰的关闭				
挤压外壳- 肘作用力				
挤压外壳- 脚踏作用力				
GMW3191连接器测试： 端子拉脱力				
GMW3191连接器测试： 连接器之间的结合力				
GMW3191连接器测试： 锁止状态下连接器的离脱力				
GMW3191连接器测试： 非锁止状态下连接器的离脱力				
连接器粗暴安装 - 单边力				
连接器粗暴安装- 脚踏负载				
自由跌落				
磨损腐蚀退化				
<b>气候</b>				
高温退化				
空气对空气热震动(TS)				
电流温度循环 (PTC)				
热冲击/溅水				
湿热循环 (HHC)				
湿热恒定 (HHCO)				
盐雾				
盐喷雾				
<b>防护</b>				
灰尘				
水				
密封				
水冰冻				
糖水功能损坏				
<b>产品验证 (PV)</b>				
运输振动				
<b>附加活动</b>				
(TBD)				

## 1.6 测试流程

### 1.6.1 分析

(TBD: 测试流程)

### 1.6.2 开发

(TBD: 测试流程)

### 1.6.3 设计验证 (DV)

(TBD: 测试流程)

### 1.6.4 产品验证 (PV)

(TBD: 测试流程)

## 2 元件描述

### 2.1 元件种类描述

提供一个简洁元件种类描述，包括种类内计划硬件和软件的任何类似和差异。在某种情况下，可选择能代表整个元件种类的具体样品。请陈述这样做的正当理由和逻辑依据。

(TBD: 例如，抽样)

### 2.2 元件物理描述

提供元件硬件描述，包括制图和车辆中的功能

(TBD: 例如，CAD图/元件在X、Y、Z轴上投影表达)

### 2.3 元件功能描述

提供一个元件功能的简洁概况，包括元件接口。使用文字描述元件不同点。定义所有的缩写。提供所有使用接线插针及功能的元件清单。对于任何不适用开发和DV验证的功能/特征，提供一个额外的清单。

(TBD: 例如，电路图/车辆上连接点/插针规定/功能性)

### 2.4 操作类型

下表反映《GMW3172》电子操作类型。描述每个操作类型的I/O接口状态。必要时，对元件具体电气状态，提供额外种类。

操作类型		用电状态
1	不加电压	
	1.1	不跟线束相连
	1.2	与线束相连
2	元件连结供给电压 $U_B$ （蓄电池电压、发电机不工作），全部电器连结完成。	
	2.1	零件功能未激活（例休眠模式，OFF模式）
	2.2	带电气操作和控制的零件处于典型的工作模式
3	元件连结供给电压 $U_A$ （发动机/发电机工作）运行，全部电气连结完成。	
	3.1	元件功能未激活（例休眠模式，OFF模式）
	3.2	带电气操作和控制的零件处于典型的工作模式

### 2.5 功能状况分级 (FSC)

FSC定义元件功能性能。

级别	FSC级别定义
A	测试过程中以及测试结束后，元件的全部功能应符合设计要求；
B	测试中元件的全部功能符合设计要求。然而，一个或多个的功能可能超出指定公差。测试后所有的功能自动恢复正常范围内。记忆功能应该达到FSC A级。FSC A级也适用于FSC B级中元件。
C	测试中元件一个或多个功能运行不能满足设计要求，但是在测试结束后能自动回到正常工作状态。FSC A级、B级适用于FSC C级中元件。
D	测试中元件一个或多个功能不能满足设计要求，在测试结束后需要一些“操作/使用”动作重置零件，才能回到正常工作状态。FSC A级、B级、C级适用于FSC D级中元件。
E	测试中元件一个或多个功能不能满足设计要求，测试后需要修理或替换零件，才能恢复正常运行状态。FSC A级、B级、C级、D级适用于FSC E级中元件。

## 3 性能验证

### 3.1 1-点功能/参数检查

详细描述测试中或测试后使用的1-点功能/参数检查，遵照本测试方案规定。检查在 $T_{room}$ ， $U_{nom}$ 执行。

注： $U_{nom}$ 包括 $U_A$ 和 $U_B$ ，取决于操作类型2.1或3.2

- 1) 列出将要验证的所有功能，通过监测和记录所有输出（包括实在的导线和车载数据公共汽车通信）、或它的子集、及其给定输入和时间状况的集合的状态，并列出合适的公差及可接受的标准。
- 2) 列出将要监测和记录的所有输入和输出、或它的子集的所有参数值，包括公差，例如电压、电流和时间等级等。
- 3) 列出将要监测和记录的所有的不带电参数值，包括公差，例如LED亮度、发动机扭矩等。

(TBD)

3.2 5-点功能/参数检查

详细描述用于测试开始和结束部分的5-点功能/参数检查，在下列温度/电压点：

- 1. (T<sub>min</sub>, U<sub>min</sub>)
- 2. (T<sub>min</sub>, U<sub>max</sub>)
- 3. (T<sub>room</sub>, U<sub>nom</sub>)
- 4. (T<sub>max</sub>, U<sub>min</sub>)
- 5. (T<sub>max</sub>, U<sub>max</sub>)

注：U<sub>nom</sub>包括U<sub>A</sub>和U<sub>B</sub>，取决于操作类型2.1或3.2

- 1) 列出将要验证的所有功能，通过监测和记录所有输出（包括实在的导线和车载数据公共汽车通信）、或它的子集、及其给定输入和时间状况的集合的状态，并列出合适的公差及可接受的标准。
- 2) 列出将要监测和记录的所有输入和输出、或它的子集的所有参数值，包括公差，例如电压、电流和时间等级等。
- 3) 列出将要监测和记录的所有的不带电参数值，包括公差，例如LED亮度、发动机扭矩等。
- 4) 列出将在测试前后测试的所有选出的参数，为了确定性能退化。

(TBD)

3.3 持续监测

详细描述暴露在测试环境中暴露后检测元件功能状态的持续监测。持续监测应监测出错误的刺激信号，错误系列数据信息，错误代码，或其它不正确的I/O指令或状态。描述持续监测中将使用的步骤、装置和标准。

- 1) 规定将要监测和记录的输出（包括实在的导线和车载数据公共汽车通信）。对给定输入状态和时间状况的每个监测的输出，规定其正确状态。规定检测样品比率。
- 2) 列出将要检测和记录的内部判定代码。
- 3) 列出需要周期性观察的所有具体元件功能，例如测试类型中视觉检测。规定检测频率。

(TBD)

3.4 功能循环

暴露在测试环境期间和暴露后，模拟顾客使用，详细描述功能循环。列出有功能循环的测试。

- 1) 列出将自动循环的输入/输出（包括车载数据公共汽车通信，和机械性刺激），检测适当的功能操作。规定输入/输出的循环比率。
- 2) 列出发生电源循环的测试。规定电源ON/电源OFF循环频率。

(TBD)

3.5 模拟和载荷

用图例（功能模块图表）表明模拟器的构造和输入/输出载荷。输入/输出载荷是模拟元件理想测试模式下的装车环境位置。如果与本系统相连的车辆实际载荷，用零件号和设计等级来描述。在模拟载荷下，需要详细规定。

(TBD: 例如座椅电机 – GM零件号55521213A, 模拟喇叭负载 – 4Ω, 公差5%, 5W, GMLAN模拟器– CANOE)

3.6 目视检测和解—DRBTR

目视检测是指，在验证测试结束时，用显微镜观察元件情况和内部部件的检测。确认结构性损坏、材料/元件/零件退化或残余、和由环境测试导致的接近失效的状态。

对下表列出的每一个项目，描述将要检查的细节部分，和测试步骤：

1) 机械性能和结构性完善 (TBD: 如，破裂)	6) 其它反常或意外状况 (TBD: 如，外观变化)
2) 焊接点/局部导致疲劳裂缝或变形或翘起 (TBD: 如，线路板高弯曲区域翘起)	7) 使用锡、锌、或银时形成焊须 (TBD: 如，锡须与下面零件相连)
3) 表面安装零件损坏 (TBD: 如，线路板边棱附近SMD破裂)	8) 不存在枝晶长大 (TBD:如，枝晶长大迹象)
4) 大型零件完善性和附件 (TBD: 如，电解电容漏电)	9) 焊接点无效 (TBD: 如，焊接点失效)
5) 材料退化、扩大、或腐蚀残余物 (TBD: 如，涂料退化)	

4 分析

4.1 电

4.1.1 正常的和最差情况性能分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.1.2 短/开路分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.2 机械

4.2.1 共振频率分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.2.2 高海拔运输压力效能分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.2.3 塑料制品扣合结构分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.2.4 挤压分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.3 温度

4.3.1 高海拔工作过热分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.3.2 热疲劳分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

4.3.3 无铅焊锡分析

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

5 开发

5.1 电

5.1.1 启动

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

5.1.2 反极性

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.1.3 过压

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.1.5 接地线路自感应系数

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.1.4 状态改变波形特性

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.1.6 电磁兼容性(EMC)

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

## 5.2 机械

### 5.2.1 高加速生命周期测试(HALT)

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

## 5.3 温度

### 5.3.1 温度测量

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.3.2 低温觉醒

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

## 5.4 气候

### 5.4.1 霜冻

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.4.3 尺寸

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 5.4.2 高加速压力测试 (HAST)

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

## 6 设计验证 (DV)

### 6.1 电

#### 6.1.1 寄生电流

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.3 蓄电池电压流失

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.5 脉冲电压

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.7 接地和蓄电池线路持续短路

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.9 开路 –单线中断

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.11 接地补偿

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.13 分离数字式输入电压

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.2 电源中断

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.4 正弦交变电压

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.6 接地和蓄电池线路间歇短路

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.8 接地和蓄电池间线路短路

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.10 开路– 多线中断

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.12 电源补偿

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

#### 6.1.14 过载 – 所有线路

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:



### 6.1.15 过载—保险丝保护线路

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.1.16 绝缘电阻

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

## 6.2 机械

### 6.2.1 热循环振动

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.2 热疲劳振动

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.3 机械冲击—Pothole

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.4 机械冲击—碰撞

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.5 机械冲击—砰的关闭

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.6 挤压外壳—肘作用力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.7 挤压外壳—脚踏作用力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.8 GMW3191连接器测试：端子拉脱力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.9 GMW3191连接器测试：连接器之间的结合力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.10 GMW3191连接器测试：锁止状态下连接器的离脱力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.11 GMW3191连接器测试：非锁止状态下连接器的离脱力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.12 连接器粗暴安装—单边力

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

### 6.2.13 连接器粗暴安装—脚踏负载

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.2.14 自由跌落

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.2.15 磨损腐蚀退化

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

## 6.3 气候

### 6.3.1 高温退化

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.2 空气对空气热震动 (TS)

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.3 电流温度循环 (PTC)

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.4 热冲击/溅水

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.5 湿热循环 (HHC)

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.6 湿热恒定 (HHCO)

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.7 盐雾

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

### 6.3.8 盐喷雾

适用规范:  
操作类型:  
监测:  
参数:  
步骤:  
标准:  
结果:

6.4 防护

6.4.1 灰尘

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

6.4.3 密封

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

6.4.5 糖水功能损害

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

6.4.2 水

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

6.4.4 水冰冻

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

7 产品验证（PV）

7.1 运输振动

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

8 附加活动

8.1 TBD

<u>适用规范:</u>
<u>操作类型:</u>
<u>监测:</u>
<u>参数:</u>
<u>步骤:</u>
<u>标准:</u>
<u>结果:</u>

附加说明：

- 1. 本标准用于内部交流；
- 2. 本标准中文版仅供参考，由于译者水平有限，翻译中可能有疏漏、理解偏颇等问题，若有争议，以英文原版为准；
- 3. 本标准由以下人员翻译并整理：周勤 刘占锋