

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 环境条件	4
4.1 通常使用条件	4
4.2 特殊使用条件	4
5 电气要求	4
5.1 电源	4
5.2 电源过电压	5
5.3 安装	6
5.4 浪涌和静电放电	6
5.5 电磁兼容性	6
6 可靠性、可维修性和预期的使用寿命	6
6.1 装置的可靠性	6
6.2 使用寿命	7
6.3 可维修性	7
6.4 维护等级	7
6.5 自动诊断	7
6.6 自动测试装置	7
6.7 故障诊断的替代方法	7
6.8 专用测试装置和专用工具	7
7 设计	7
7.1 总则	7
7.2 硬件要求	8
7.3 软件要求	9
7.4 对装置的要求	10
8 元器件	11
8.1 采购	11
8.2 应用	11
9 制造	11
9.1 装置的结构	11
9.2 元器件安装	12
9.3 电连接	12
9.4 内部(光、电)柔性连接	13
9.5 挠性印制导线	13
9.6 挠性和刚性印制板	13
9.7 印制板组件的涂覆	13

9.8 标识	14
9.9 组装	14
9.10 冷却和通风	14
9.11 材料和上漆	14
10 安全	14
10.1 总则	14
10.2 功能性安全要求	15
10.3 人身安全要求	15
11 文件编制	15
11.1 文件的提供和保存	15
11.2 硬件和软件文件	15
11.3 文件编制要求	16
12 试验	17
12.1 试验分类	17
12.2 试验项目	17
13 产品标志和包装	26
13.1 标志	26
13.2 包装	26
附录 A (资料性附录) 本标准与 IEC 60571:2006 技术性差异及其原因	27
附录 B (资料性附录) (用户和制造商)双方之间可以达成协议的条款	29
参考文献	30

前 言

本标准采用重新起草法修改采用 IEC 60571:2006《机车车辆电子装置》(英文版)。

本标准与 IEC 60571:2006 存在下列结构变化:

- 根据 GB/T 1.1—2000,将 IEC 60571 的第 1 章分成 3 章:1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义。因而此后的其他条款号顺延;
- 在 12.2.6(原文的 10.2.6)增加子章节 12.2.6.1 总则,原子章节编号增 1;
- 增加 12.2.15、第 13 章、附录 A。

考虑到我国国情,本标准在采用国际标准时进行了修改。这些技术性差异用垂直单线标识在它们所涉及的条款的页边空白处。在附录 A 中给出了这些技术差异及其原因的一览表以供参考。

为便于使用,本标准还做了下列编辑性修改:

- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用“.”取代原文中作为小数点的“,”;
- 删除原国际标准前言;
- 将 IEC 60571 在范围中关于 IEC 62278 和 IEC 62279 的内容,分别移至 7.3.1 和 10.2 中。

本标准是在 TB/T 3021—2001《铁道机车车辆电子装置》的基础上制定。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国铁道部提出。

本标准由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本标准主要起草单位:株洲南车时代电气股份有限公司。

本标准参加起草单位:中国北车集团大同电力机车有限责任公司、中国北车集团四方车辆研究所。

本标准主要起草人:严云升、范祚成。

本标准参加起草人:梁镇中、李大鹏。

轨道交通 机车车辆电子装置

1 范围

本标准规定了电子装置的使用、设计、制造和试验要求,还规定了装置耐久可靠所必须具备的软、硬件基本要求。如果合适,在其他标准或规范中的附加要求可作为本标准的补充要求。本标准双方可协商达成协议的条款参见附录 B。

本标准适用于轨道交通车辆(包括地铁、城轨车辆)上安装的所有控制、调节、保护、供电等电子装置。这些装置可由车上蓄电池或发电机供电,也可能由直接或间接与接触网相连的低压电源(变压器、分压器、辅助电源)供电;在本标准中,电子装置是指以半导体器件和其他通用元器件为主组成的装置,这些元器件通常安装在印制板上。

注:本标准也适用于(电流、电压、速度等)传感器和电力电子装置触发板,但成套触发装置应符合 GB/T 25122.1。

本标准不适用于主电路和辅助电路的电力电子装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

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

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温(GB/T 2423.2—2008, IEC 60068-2-2;2007, Environmental testing—Part 2-2: Tests—Test B: Dry heat, IDT)

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db: 交变湿热(12 h+12 h 循环)(GB/T 2423.4—2008, IEC 60068-2-30;2005, Environmental testing—Part 2-30: Tests—Test Db: Damp heat, cyclic(12 h+12 h cycle), IDT)

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka: 盐雾(GB/T 2423.17—2008, IEC 60068-2-11;1981, Basic environmental testing procedures—Part 2: tests—Test Ka: Salt mist, IDT)

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529;2001, IDT)

GB/T 4588.1 无金属化孔单双面印制板分规范(GB/T 4588.1—1996, idt IEC/PQC 89;1990)

GB/T 4588.2 有金属化孔单双面印制板分规范(GB/T 4588.2—1996, idt IEC/PQC 90;1990)

GB/T 4588.3 印制板的设计和使用(GB/T 4588.3—2002, eqv IEC 60326-3;1991)

GB/T 4728 (所有部分)电气简图用图形符号(IEC 60617)

GB/T 5080 (所有部分)设备可靠性试验(IEC 605)

GB/T 6988.1 电气技术用文件的编制 第1部分:规则(GB/T 6988.1—2008, IEC 61082-1;2006, IDT)

GB 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法(GB 9254—2008, IEC/CISPR 22;2006, IDT)

GB/T 12629 限定燃烧性的薄覆铜箔环氧玻璃布层压板(制造多层印制板用)(GB/T 12629—1990, eqv IEC 60249-2-12;1987)

GB/T 13555 印制电路用挠性覆铜箔聚酰亚胺薄膜(GB/T 13555—1992, eqv IEC 60249-2-13;1987)

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(GB/T 17626.2—2006, IEC 61000-4-2:2001, Electromagnetic compatibility(EMC)—Part 4-2: Testing and measurement techniques—Electrostatic discharge immunity test, IDT)

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(GB/T 17626.3—2006, IEC 61000-4-3:2002, Electromagnetic compatibility(EMC)—Part 4-3: Testing and measurement techniques—Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test, IDT)

GB/T 17626.4—2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(IEC 61000-4-4:2004, IDT)

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(GB/T 17626.5—2008, IEC 61000-4-5:2005, IDT)

GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度(GB/T 17626.6—2008, IEC 61000-4-6:2006, IDT)

GB/T 18290.2 无焊连接 第2部分:无焊压接连接 一般要求、试验方法和使用导则(GB/T 18290.2—2000, idt IEC 60352-2:1996)

GB/T 19001 质量管理体系 要求(GB/T 19001—2008, ISO 9001:2008, IDT)

GB/T 19520.12 电子设备机械结构 482.6 mm(19 in)系列机械结构尺寸 第3-101部分:插箱及其插件(GB/T 19520.12—2009, IEC 60297-3-101:2004, IDT)

GB/T 21562—2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例(IEC 62278:2002, IDT)

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(GB/T 21563—2008, IEC 61373:1999, IDT)

IEC 60321:1970 用于印制板上安装的元器件的设计和使用导则

IEC 60352-1:1997 无焊连接 第1部分:无焊统接 一般要求、试验方法和使用导则

IEC 60850:2007 铁路应用 牵引系统的供电电压

IEC 61188-5(所有部分) 印制电路板和印制电路板组件 设计和使用

IEC 61249(所有部分) 印制板和其他互连结构用材料

IEC 62279:2002 轨道交通 通信、信号和处理系统 轨道控制和防护系统软件

3 术语和定义

本标准采用以下术语和定义。

3.1

印制板 printed board

可分割成各种尺寸的基板材料,包括全部的孔,至少具有一种导电类型。

印制板通常按结构(如单、双面板或多层板)或基板材料的性质(如刚性或挠性)划分。

3.2

印制板组件 printed board assembly

装有电气和机械元器件、附属印制板且已完成焊接、涂覆等生产工序的印制板。

3.3

插件 plug-in unit

插入插件箱、由导轨支持的各种单元,如盒式单元或装在框架内的一块印制板组件。

3.4

插件箱 subrack

安装印制板组件、插件的结构单元。

3.5

机箱 rack

可拆换或固定的构架,用于安装电气或电子装置(如插件箱)。

3.6

机柜 cubicle

用于安装电气、电子装置的封闭体。

3.7

在线可替换单元 line replaceable unit (LRU)

车上故障诊断之后用作替换的单元,如插件箱或插件。

3.8

性能检测 performance check

在环境试验期间及之后进行的简单试验,用于验证装置已经受环境试验且能正常工作。

3.9

控制系统电源 control system voltage supply

给机车车辆控制装置供电的电源。

该电源可以是车上的蓄电池。蓄电池可由电子调节的蓄电池充电机、辅助逆变器和交流电动发电机组或直流电动发电机组来充电。

当控制系统由蓄电池供电时,控制系统的标称电压由 5.1 规定。未装蓄电池的,则控制系统标称电压为该电压的正常值。

3.10

车内布线 vehicle wiring

能与控制系统电源连接的所有布线,以及电子装置的所有外部连线。

3.11

电源过电压 supply over voltage

由电源控制装置引起的、对控制系统电源的电气干扰。如浪涌就是一种电源过电压。

3.12

浪涌 surge

两个稳态之间非周期的且较短暂的、或正或负或两者都存在的电压或电流。

它可能由车内装置的正常操作而产生,一般是在感性电路投入、切除时由于电能释放而引起。

浪涌可能出现在控制系统电源上或与投入、切除的感性电路直接相连的线路中,或从这些线路通过静电或电磁方式耦合到其他线路中。

瞬态的源阻抗有效值取决于其产生和耦合的方式。

3.13

快速瞬变脉冲群 burst

在一定的时间间隔内发生的重复脉冲。

它可能发生在机车车辆正常运行期间,一般是由不稳定的电弧状态引起的。

3.14

失效 failure

装置的某部分无法继续正常工作。

只要:a) 误动作之后能自动恢复而不影响正常工作;

b) 对机车乘务人员而言,误动作不明显,如故障指示灯不亮,则暂时性的误动作不算失效。

注:装置的一处发生暂时性误动作可能引起与之相连的另一处产生失效。

3.15

损坏 damage

机械总成的变化或可见的外观改变。

3.16

使用寿命 useful life

在规定的条件下,从规定时间开始,保持允许的失效率或到失效不可修复为止的使用时间。

注:可修复部件的使用寿命可能因失效不可修复而终止。

4 环境条件

4.1 通常使用条件

4.1.1 海拔

不超过 1 400 m。

对预定工作在海拔 2 500 m 等级的设备,其工频耐受电压应乘海拔修正系数 K_a ($K_a=1.145$)。

4.1.2 环境温度

机车车辆外界环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$,内部空气温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$,但是,直接邻近电子元件处的空气温度可能在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间变化,短时(10 min)可达 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。根据装置的布置与通风方式,用户与制造商可以另行商定最高温度的极限值。

电子装置应允许在不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下存放。

应考虑通过隧道时外部环温的迅速变化。此时外界温度变化率应定为 $3\text{ }^{\circ}\text{C/s}$,最大变化值为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.3 冲击和振动

装置应能承受使用时的冲击和振动而无损坏或失效。

装置应能通过 12.2.11 中的冲击和振动试验,以证明在使用条件下具有规定的使用寿命。

为此,电子装置应按指定方式固定并采取防振措施。

4.1.4 相对湿度

最湿月月平均最大相对湿度不大于 95% (该月月平均最低温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

4.1.5 安装条件

一般安装在能防止风、沙、雨、雪直接侵袭的车体内或车体外部的箱体内部。

4.2 特殊使用条件

当使用条件与 4.1 有差别时,应由用户和制造商双方协商决定采取特殊措施。为了验证这些措施的效果,可以规定选择性试验项目,按双方商定的方法,在试验室或机车车辆上进行试验。

5 电气要求

5.1 电源

5.1.1 由蓄电池供电

对于由蓄电池供电的装置,其标称电压(U_n)为 24 V、48 V、72 V、96 V 和 110 V。

注:这些标称电压值只作为装置设计的标准值,不应视为蓄电池的空载电压;蓄电池的空载电压由蓄电池类型、单体电池数量、运营条件综合考虑确定。

5.1.1.1 电源电压的变化

由蓄电池供电的电子装置,应在表 1 的所有供电电压(在装置输入端测量)下正常工作。

表 1 由蓄电池供电的电子装置的供电电压

供电电压	供电方式	
	由不带电压调整器的蓄电池供电	由带电压调整器的蓄电池供电
最低电压	$0.7U_n$	$0.8U_n$
标称电压	U_n	U_n
最高电压	$1.25U_n$	$1.1U_n$
不超过 0.1 s 的电压波动不应引起功能异常 ^a	$0.6U_n \sim 1.4U_n$	$0.7U_n \sim 1.3U_n$
不超过 1 s 的电压波动不应引起损坏,允许功能降级	$1.25U_n \sim 1.4U_n$	$1.1U_n \sim 1.3U_n$

^a 如辅机起动或充电机电压振荡。

电子装置的供货商应指明其功耗以便于计算蓄电池电缆配线。

热机的情况同时也见 5.1.1.3。

5.1.1.2 电源断电

输入电压间断 10 ms 以下时定义如下:

- S1 级:无间断;
- S2 级:间断 10 ms。

这种间断不应引起装置的任何失效。规定的时间是针对标称电压而言,级别应由系统设计者选择。

5.1.1.3 热力机车车辆上的电源变化

电源系统的设计应保证热机在整个起动过程中对主要的电子装置供电。

5.1.1.4 直流纹波因数

充电时,所有蓄电池均存在脉动电压。除非另有规定,其直流纹波因数应按公式(1)计算,一般不应大于 15%:

$$\text{直流纹波因数} = (U_{\max} - U_{\min}) / (U_{\max} + U_{\min}) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中:

U_{\max} 和 U_{\min} 分别为脉动电压的最大值和最小值。

最低电压和最高电压不应超过 5.1.1.1 的规定。

5.1.2 由静止变流器或旋转机组供电

对于由稳定电源(如静止变流器或带调整器的旋转电动发电机组)供电的装置,供电电压在 $0.9U_n \sim 1.1U_n$ 之间时,电子装置应工作良好,其中 U_n 是直流或交流标称电压。

此外,装置运行时,允许有 $0.7U_n \sim 1.25U_n$ 之间、不超过 1 s 和 $0.6U_n \sim 1.4U_n$ 之间、不超过 0.1 s 的电压波动。

5.1.3 电源转换

对于由蓄电池和稳定电源(直流)交替供电的装置,在 5.1.1、5.1.1.1、5.1.1.4 和 5.1.2 规定的条件下,电源转换时该装置应能正常工作。

C1 级:最低电压,时间 100 ms(无间断);

C2 级:供电间断 30 ms。

5.1.4 由架空线或第三轨供电

对于由架空线或第三轨直接供电的电子装置(如自起动静止变流器的电子控制装置),在 IEC 60850:2007 规定的接触网网压下装置应能正常工作。

5.2 电源过电压

电子装置中,与控制系统电源相连的所有连接线都应能承受:

- a) 5.1.1.1、5.1.2 中规定的电源过电压;

b) 按 12.2.6.1 的规定施加的电源过电压。

大于 $1.25U_n$ 、时间超过 0.1 s 的电源过电压可认为仅在控制系统电源失效时才出现。

5.3 安装

应尽量用单独导体使电子装置与供电电源直接相连,该导体只用于向电子电路供电。

电子装置的安装应尽量减少外界电气干扰的影响。

对电气干扰源应加以抑制。

如果车上的蓄电池有一个极连至车体,则应对此加以说明。

由几个制造商同时供货的电子装置,有公共线直接相连时,应约定一个等电位的参考点。

5.4 浪涌和静电放电

5.4.1 要求

所有电子装置均应能承受浪涌和静电放电,使装置在车上工作期间不因此而发生损坏和失效。

电子装置应满足 12.2.6 规定的浪涌和静电放电试验要求。

浪涌是非重复性的,产生的间隔不小于 10 s。

浪涌是在装置布线接口处施加于电子装置的。通过多芯连接器与电子装置相连时,连接器和有关的布线线束应看作电子装置的一部分。

如果装置附近(一般在装置 1 m 范围之内)没有专门的浪涌保护装置,则应满足 5.4.2 的要求。

5.4.2 浪涌等级

设计时应考虑到电子装置可能承受一种或多种形式的电气干扰:

a) 电子装置上,与控制系统电源相连的所有连接,都应能承受 12.2.6.2 的浪涌;

b) 电子装置上,未连至控制系统电源但与车上布线相连的、易受其他线路电磁耦合影响的全部连接,都应能承受 12.2.6.2 的浪涌。电子装置配线有屏蔽时(如屏蔽电缆),这些连接可以不按上述要求。

浪涌可以是正的或负的,且无论控制系统电源电压有无都可能产生浪涌。如果电路的输入阻抗(相对于浪涌的源阻抗)较高,则浪涌将呈电压波形,否则呈电流波形。

5.5 电磁兼容性

应使装置不受传导干扰或辐射干扰的不利影响,它应满足 12.2.7 和 12.2.8.1 有关干扰试验的要求。

此外,装置产生的射频骚扰不应超出 12.2.8.2 中表 3 规定的等级。

6 可靠性、可维修性和预期的使用寿命

6.1 装置的可靠性

6.1.1 预期的可靠性

用户可以要求制造商提供可靠性数据或满足用户的可靠性指标。在招标时,用户和制造商应按共同认可的标准商定计算的方法。

6.1.2 可靠性的验证

用户规定了可靠性等级时,下列操作是必要的:

——仔细监测装置性能;

——制造商和用户协商记录装置执行的所有操作;

——为论证装置的可靠性等级,在共同认可的期限(里程或使用小时)结束后,应提供缺陷分析报告,指明更换的元器件(元器件代号、型号、生产厂、生产批号、里程和/或工作小时等)、故障的定义和原因(设计的弱点、软件、元器件问题等);

——为了表明装置满足规定的可靠性要求,对装置应进行可靠性评估,可采用 GB/T 5080 作为指南。合同中应说明具体的可靠性评估程序。

6.2 使用寿命

除非装置制造商和用户在投标时另有协议,电子装置的使用寿命应为 20 年。

当制造商打算采用的元器件其寿命短于电子装置使用寿命时,应由双方商定这些元器件的使用和定期更换程序。

6.3 可维修性

除非另有协定,装置的设计一般应做到无需定期维修。

如有特殊维修要求,用户应在招标时提出。

应能够单独测试印制板组件、插件箱。

此外,装置制造商应说明必要和禁止的维修工艺。

6.4 维护等级

6.4.1 车上诊断

用户和制造商应商定车上故障诊断后互换单元的性质(如插件箱或插件)。这些单元称为在线可替换单元,在设计时要考虑容易互换。

用户和制造商亦应商定维修过程中如何使用所需专用工具。

在装置设计时,应考虑能够按测试说明用便携式测试装置或自动诊断装置查出有故障的在线可替换单元。

6.4.2 地面诊断和修复

在装置设计时,应考虑能够由检修中心的专业人员按测试说明使用测试装置来全面诊断和证实各种装车装置的性能。

装置结构应保证诊断和修复时易于接近,且对部件或配线不造成损坏或过度干扰。

此外,印制板组件应留有测试位置(如测试孔、测试点等),以便于诊断和修复。

6.5 自动诊断

应使用指示器显示输入数据、输出数据、主要控制功能、电源等状态,以帮助诊断维修。

自检程序应能清楚地指示装置的运行状态。

用于测试而不是监控的自动诊断装置应有适当的联锁,以免在非测试状态下干扰装置的正常工作。

自动诊断所用的额外部件不应对于装置可靠性影响太大,且在可靠性计算中要予以考虑。

6.6 自动测试装置

用户可以要求使用一种专用自动测试装置在车上或地面查找故障部位。

需要时,用户应在招标时提出测试装置的详细要求和与车上装置的接口,如(地面修复用)针孔或导向探针或(车上诊断用)装置连接器。

允许拔除不影响装置功能的插件,以便于连接自动测试装置。

6.7 故障诊断的替代方法

制造商也可以向检修中心提供开发和测试车载电子装置时所用的测试装置,作为替代的故障诊断方法。

6.8 专用测试装置和专用工具

使用专用工具而不是现成的工业用工具时,应事先得到用户的同意。

用户正规维修程序需要专用测试装置、专用工具时,应向用户提供此装置或提供详细的采购规范。

测试装置不一定要执行本标准。

7 设计

7.1 总则

7.1.1 质量管理

整个设计应按 GB/T 19001 的要求或等效的质量管理体系进行。

应对整个设计过程进行跟踪和评审。

用户招标评估时,如果需要详细了解该过程,则应在标书中提出。

特别要注意的是 GB/T 19001 隐含的要求,即系统的所有硬件和软件设计均应按照明确规定的功能和接口技术条件进行。

7.1.2 寿命周期

整个设计应按照质量计划中的寿命周期模型来进行。

7.2 硬件要求

7.2.1 接口

所有接口都应使装置在电位差、电磁兼容性、人身安全等方面满足要求,并控制因外部故障而引起的失效扩散。

用户可以指定采用电路隔离的方法来满足上述要求,在这种情况下,应在招标时说明其要求和范围。

图 1 给出电磁兼容性(EMC)的不同区域的系统接口示例。

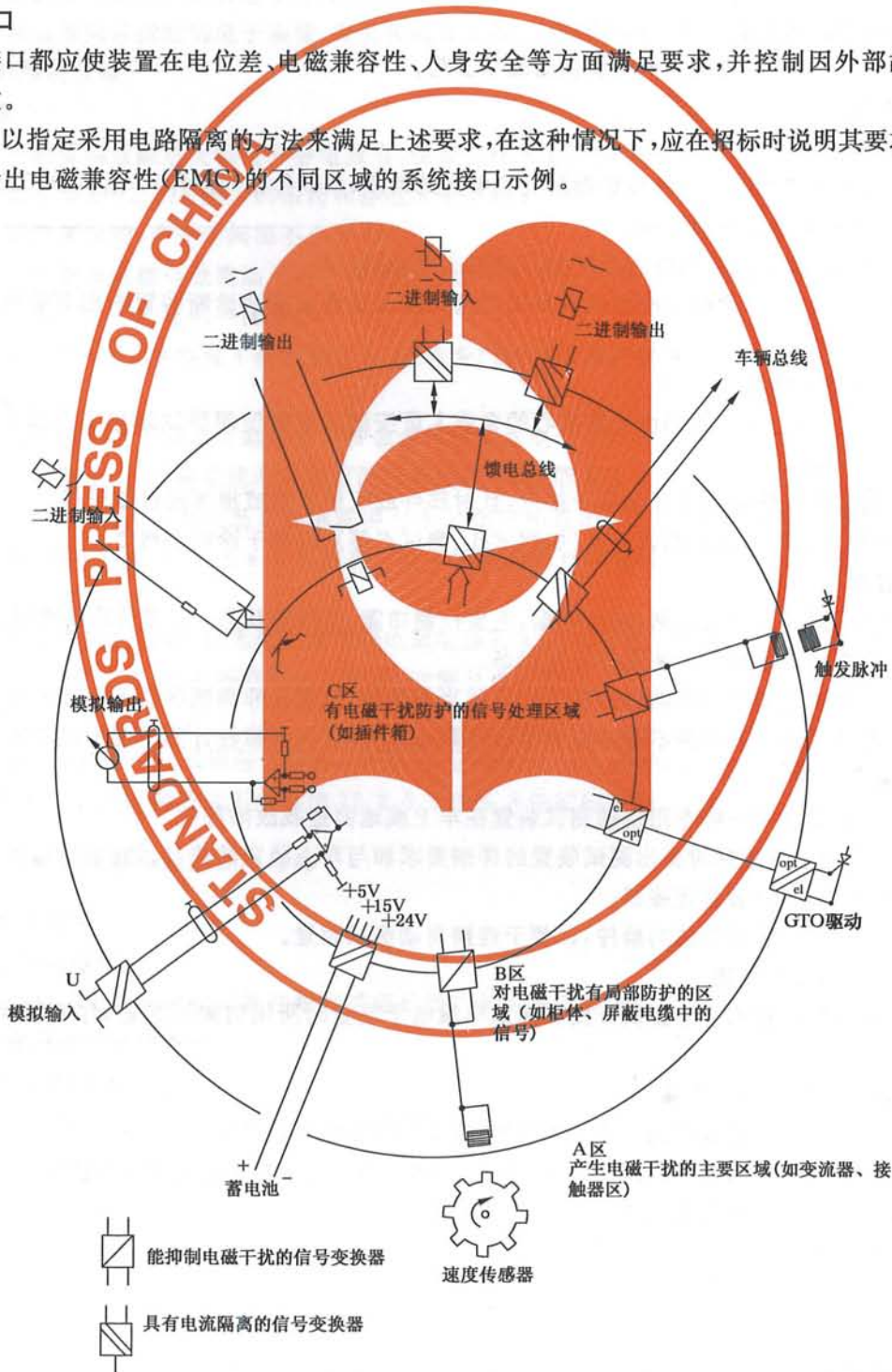


图 1 具有典型的 EMC 区域 A、B、C 的系统接口

7.2.2 故障保护

引出电缆的定额至少要达到该电路保护装置的电流限值。

装置要进行保护以防止外来故障(如短路或开路)的影响。向电子装置供电的可调电源装置应有限流措施以减少使用熔断器。如果用户不想在装置内部使用熔断器,招标时应说明。在输出电路中接有跳闸式保护装置时,短路时的有效电流应足以使之动作。此外,人为复位的装置应易于接近。

保护装置应尽量使装置内部火灾危害减至最小。

7.2.3 电源接地

电路隔离的电源装置,其输出不允许浮动。当该输出不是以某一电源(如蓄电池或电压源)作为基准时,可将电源的一根母线接到车底架上或规定的接地点。对接地点和接地方式应做出规定并经双方认可。

7.2.4 互换性

系统中每个印制板组件,在功能上应完整,并能与同一功能的其他单元互换,在板插入系统之后硬件无需重新校准。

7.2.5 供电电压的降低

供电电压处于或低于规定下限时,不论电压变化率如何,装置均不应损坏。此外,装置不应产生错误的输出从而导致其他装置的失效。

7.2.6 极性反向

为防止损坏装置,应采取电气或机械措施确保对电源极性反向的保护。

7.2.7 瞬态起动电流

装置设计时,应考虑通电时可能产生的瞬态起动电流,使保护装置不动作,而且不发生损坏。

7.2.8 备用容量

在装置寿命周期内,如果用户要求留有裕量(如备用输入、备用输出、CPU 负荷等),以便于系统的扩充或修改,应在招标时提出,设计过程中就应考虑这些要求。

7.3 软件要求

7.3.1 一般要求

软件应符合 GB/T 19001 的要求。

GB/T 19001 的要求和推荐内容属于强制性的。当存在残余安全性风险以及必须由软件驱动的可编程电子系统执行时,软件安全完整性级别定为 1 级或更高,软件应符合 IEC 62279 的要求。

配置管理应贯穿于整个寿命周期,包括全部软件及其研制和维护工具。

寿命周期内的各项事宜和软件研制文件的编制均应包括在内。

软件研制应按内容分阶段进行。

应记录与软件设计有关的所有信息。

最小阶段及其所需文件如下:

a) 软件要求阶段

此阶段应收集软件的所有要求并编写在软件要求规范中,包括系统与外部环境的接口和与其他软件的接口。

b) 软件设计阶段

此阶段应将软件确定结构、划分模块、编写代码,以确保各部分符合软件要求规范。此外,还应考虑 7.3.2 的规定。

c) 软件测试阶段

此阶段包括软件每个层次的测试,以确保其正确性且符合规范。测试结果应作记录。

d) 软硬件集成测试

此阶段应对硬件和软件进行集成和测试,以确保符合系统要求(如软件要求规范)。测试结果应作记录。

e) 软件维护阶段

软件修正、改版或升级时不应降低其可靠性。应确定方法并形成文件。

7.3.2 软件设计方法

一般应采用下列方法。

注：相关内容详见 IEC 62279。

7.3.2.1 模块法

可将复杂软件分解成独立的小段,其中包括限定模块大小和确定接口等。

7.3.2.2 成熟的编译程序

应采用经过实践验证的编译程序,以免在软件包研制、检验和维护过程中因编译程序的问题而造成麻烦。

7.3.2.3 记录

开发软件时,应记录全部数据,决定和方法以便于验证、确认、评定和维护。

7.3.2.4 结构法

结构法着眼于在产品寿命初期提高软件研制的质量。该方法按逻辑顺序和结构,通过准确直观的(计算机辅助的)步骤和符号来说明必要的要求和执行特征。

7.3.2.5 设计和编码方法

设计和编码时,应确保设计文件和生成代码格式的一致性,并采用整体程序设计和标准设计方法。

7.3.2.6 结构程序的编制和分析

程序的设计和执行应便于程序分析。在分析的基础上,应可以全面测试程序性能。

7.3.2.7 编程语言

所选用的编程语言应便于代码的检验和程序的开发、验证、维护。

7.3.2.8 行之有效的技巧

应采用行之有效的技巧,例如:

a) 概略的方法

- 逻辑/功能框图;
- 程序流程图;
- 数据流程图;
- 判定/真值表。

b) 测试方法

- 边界值分析;
- 等效级别和输入分区测试;
- 过程模拟。

7.4 对装置的要求

装置应具备以下特点,以便在各种条件下运行。

7.4.1 存储器检验

通电和初始化过程中,装置应进行检测,以确认:

- a) 所需存储器齐全且正常;
- b) 分布在单个集成电路或印制板组件中的所有程序存储器,功能上应是兼容的。

存储器与相应的印制板组件、组件与相应插件箱的对应关系,应采用内部编码或在装置壳体上标明。所用的方法应向用户说明。

7.4.2 自检

装置的自检功能应尽可能在每次初始化时验证系统是正常的。如果自检失败,应尽可能提供诊断信息,有效地指示故障范围。可能的话,系统应进入恢复状态。

7.4.3 程序监控

装置应具备程序监控功能,在软件运行失效时(如因异常瞬态干扰而使软件进入死循环时)进入恢复状态。

7.4.4 出错指示

检测到出错时,处理器应先对该事件进行记录或指示,然后进入恢复状态。

7.4.5 恢复

装置应尽可能自动从故障或出错状态中恢复而不影响正常的功能。此时,处理器可能要重新初始化。如果某些状态无法恢复或无法安全恢复时,制造商应说明此时强行恢复对装置的影响。

8 元器件

8.1 采购

8.1.1 所有元器件都应符合有关元器件功能和物理参数的详细规范。

8.1.2 采用的所有元器件都应按照 GB/T 19001 或其他等效质量管理体系的要求来生产。

8.1.3 上述元器件规范应与以下的一项标准或文件一致:

- a) 国家标准或行业标准;
- b) IEC 规范或其他国际性标准或规范;
- c) 元器件制造商的规范;
- d) 装置制造商的规范。

对于 c) 和 d), 应尽可能采用 a) 及 IEC 通用规范。

8.1.4 除 8.1.5 的情况外,应采用能由多个制造商供货的元器件,本标准中,“多个制造商供货”指按照

8.1.1 的规范在安装尺寸和功能方面能完全互换。

8.1.5 应采用独家供货的元器件时,制造商在投标时应提请用户注意。

8.1.6 选择元器件及其系列时,应尽可能考虑到在装置投入使用以后能长期供货。采取这些预防措施后,如果仍有某些元器件在装置供货合同期内采购不到,电子装置制造商应通知用户并提供其他代用办法。

8.1.7 对于专用元器件,如定做的混合电路和专用集成电路,可提供准确详尽的规范以便能按此再设计或从其他制造商获得可以完全互换的器件。

8.2 应用

8.2.1 所有元器件均应适合于实际应用并满足本标准的各项要求(如环境、质量、预期的寿命等)。

8.2.2 对于从未在轨道交通上应用过的元器件或工艺,用户可以要求证实这些元器件或工艺符合本标准的要求。

8.2.3 所有元器件都应:

- a) 遵守元器件制造商的基本规范;
- b) 不致降低装置寿命或性能。

8.2.4 应由制造商负责选择元器件的温度范围、降额、装配和屏蔽等。

如果在投标时用户要求,制造商应(通过计算或其他方式)证明装置满足本标准的所有要求,尤其是第 6 章中的元器件可靠性和寿命要求。元器件的预期寿命一般不应低于装置的使用寿命,但 6.2 情况下的元器件除外。

9 制造

9.1 装置的结构

9.1.1 机械防护

无论在线可替换单元的哪个面放在平整面上都不致造成元件机械损坏。必要时应安装机械保护装置。

9.1.2 定位和防插错

用户可以要求在线可替换单元装有机械式防插错编码或定位装置以防止插错位置。

9.1.3 尺寸要求

机箱、插件箱和插件应符合 GB/T 19520.12 的要求。推荐采用高度为 3 U 和 6 U, 长度为 160 mm 或 220 mm 的印制板。

9.1.4 插座和连接器

招标时, 用户可以提出禁止使用集成电路插座和/或边缘连接器。

9.2 元器件安装

装置应符合 IEC 60321 及以下结构要求。

9.2.1 布局

元器件的布置、固定和处置应考虑其结构和相互影响, 使得在检查、去除和更换器件时不致损坏或影响其他部件及布线。

安装后, 元器件的标记应尽可能明显可见。

设计时, 装置上元器件不应直接与接线端子相连, 除非能可靠固定或有辅助印制板组件而且保留了元器件标识。

安装的散热元件不应损害印制板或其他元器件。

9.2.2 固定

如果元器件没有机械固定, 由于装置使用时产生的振动, 其重量将在焊点处造成应力或损坏时, 则应加固在印制板上。

加固方式应确保更换器件时不致损坏印制板。

所有元器件应按器件制造商的要求进行安装。没有要求时, 应保证对器件或装置(包括焊点)的性能没有不利影响。

9.2.3 元器件端接

应保证元器件连接处的机械应力或热应力不超过其极限值。

元器件引脚成形时, 不应对元器件及其引脚根部产生损坏或永久应力。

9.2.4 预置控制

在运行时, 如果需要采用预置控制进行调节(而不是内部校正), 应保证在整机和邻近装置运行的情况下也能够进行。

在正常状态下, 控制应能保持其设置值并能防止误调节。

9.2.5 调试用元器件

为了便于调试时拆换, 用于调试的元器件应焊在元器件安装支架上。

9.3 电连接

9.3.1 焊接

只能对允许焊接的元器件进行焊接。

软、绞合导线和柔性金属编织线不应焊接只能压接, 电连接前应消除应力。

镀银或镀金的导线或元器件不应焊接, 除非镀层很薄而对焊点无不利影响。

焊接的导线和元器件应尽可能在拆卸时不影响其他接点。

焊剂应是非腐蚀性的。

9.3.2 压接

压接应符合 GB/T 18290.2 的规定。

9.3.3 绕接

所有的绕接至少应符合 IEC 60352-1 的规定且为其改进型。同一位置不应既有焊接又有绕接。绕接线应适合于选定的绕接工序且至少应紧绕三匝以上。

9.3.4 其他连接

只有事先与用户达成协议才能采用其他连接方式如压合等。

9.4 内部(光、电)柔性连接

在弯曲导线的接头附近及沿线适当位置应有适当线夹、护套或支架。

布线应保证在极限温度下其性能不受影响。

导线弯曲半径不应小于制造商规定的最小值。若未规定最小半径,电缆弯曲处内侧半径不应小于导线(包括绝缘层)的外径。

导线穿过可能引起磨损的材料时应加套筒或套管。

内部连线应通过夹紧、埋入、导槽或其他类似方法充分固定。

对于连入插头和插座内部的导线,应避免使其连接处在正常使用和搬运时承受不利的拉伸和扭力。可能的话,每个导线端部都应留有适当余量以便重新连接。

屏蔽电缆应有绝缘护套。

所有连线应易于按接线图或接线表进行查找。

9.5 挠性印制导线

挠性印制导线应按 GB/T 4588.1 和 GB/T 4588.2 设计和制作。

挠性印制导线上不应有其他元器件(连接器除外)。

基板材料的温度范围和机械特性应能满足使用要求,应阻燃、耐滴漏。

应尽可能避免过度弯曲。最小弯曲半径不应造成基板材料或表层的破裂和损坏。

过渡端接处应足够牢固,以保证基板材料或垫层不发生分离。

采用这一技术的端接处都应能重新连接而不损坏布线系统。

9.6 挠性和刚性印制板

9.6.1 印制板类型

可使用以下类型的印制板:

——刚性单、双面板;

——挠性和半挠性单、双面板;

——刚性多层板。

除对外部故障状态采取特殊防护以外,内层信号线不应与车内布线直接相连。

所有焊孔都应有镀层,两面都应有焊盘。

在用户事先同意的情况下,可采用其他类型。

9.6.2 采购

应按 GB/T 4588.3 的规定采购和制造印制板。

在用户事先同意情况下,可以采用等效的替换标准。

9.6.3 印制板布局

印制板应按 GB/T 4588.3 布局,并考虑本标准中的使用条件。

9.6.4 材料

根据 GB/T 12629,刚性印制板和多层印制板的基板材料应为耐燃性(竖置燃烧试验)环氧玻璃纤维层压板。

按 GB/T 13555,挠性印制板的基板材料应为耐燃性(竖置燃烧试验)挠性覆铜箔聚酰亚胺薄膜。

也可采用满足或超过上述基板材料性能的其他材料。

9.7 印制板组件的涂覆

为了防止因潮湿和空气污染而产生的氧化或损坏,所有印制板组件上有印制电路的面都应涂覆透明的保护层。保护层不应使使用的元器件或其他材料产生不利影响。

集成电路座、测试点或连接器界面等不应涂保护层。

应能修复有保护层的印制板组件而不应去除整个保护层。

修复后,印制板应能就地再次进行涂覆。

9.8 标识

9.8.1 印制板裸板标识

印制板上应有足够的信息(包括版本号)以便于正确识别。

9.8.2 插件箱和印制板组件的标识

插件箱和印制板组件的标记应确保能进行正确识别(包括序号和版本号)。所有标记应清晰、醒目、简明和耐久。

在线可替换单元的标记也应包括标识名及序号,如有可能还应标明制造商或商标。

应提供一些方法,使得在插件箱和印制板组件上能记录其装配、外形和功能的变化。

可能的话,识别标记应放在插件面板上。

为便于维修,也希望将修改标记放在面板上。

9.8.3 插件箱和印制板组件的安装位置

每个安装位置都应标明该处安装的插件箱或印制板组件的类型。

9.8.4 熔丝和电池标识

所有熔丝定额都应标示在其附近。

装置内部使用电池时,应在装有电池的模块的面板上标明,并尽可能标明建议的更换日期。

9.9 组装

应确保组装后装置能在规定的使用条件下工作。

——对主要装置而言,组装包括机柜以及若干机箱、插件箱和印制板组件;

——对小型集中装置而言,组装包括单个密封的机箱。

两种情况下,其外壳都应具有对使用条件下的必要防护措施(GB 4208—2008 的 IP 代码),还应允许拆卸和修复内部的装置。

对于封装的情况(如印制板组件用硅橡胶、松香或其他材料覆盖),不应另外进行防护,除非在特殊环境条件下(如远处独立安装的传感器)。

如果制造商希望采用封装,应尽早告知用户。

注:本条不适用于分立器件,如混合电路、ASIC 等。

9.10 冷却和通风

不应采用将空气强迫吸入装置机壳内的方式进行冷却,除非双方协商采取措施防止杂物进入影响装置寿命。

如果使用风机辅助冷却,应确保冷却系统发生失效时装置不致损坏。相关的保护装置动作之前,所有的性能指标都应保持正常。

注:本标准中,因元器件工作条件超出最大定额而影响装置寿命也属于损坏。

9.11 材料和上漆

材料和上漆应符合使用条件,选择时应考虑环境、磨损和老化因素以及对人身的毒害影响。

所有材料都应不易变形、不吸湿、防止长霉以及不易燃或阻燃。

用户应提供国家法律禁止或控制的材料清单。

另外,制造商应指明含有毒材料元器件的处置办法。

10 安全

本章适用于主机装置,也适用于维护装置、工具或作业过程。

10.1 总则

(按合同)设计、制造和安装的装置,应完全符合国家现行安全法规。

10.2 功能性安全要求

装置或系统的安全相关功能以及他们特定的安全完整性要求应根据 GB/T 21562—2008 中 4.3、4.6、4.7 来规定。

注：软件的安全完整性等级和安全相关的功能关联，取决于该功能采取的外部风险降低设施或保护系统的级别。

例如：一个硬连线的失效安全电路或一个失效安全机械装置。当这种措施已覆盖所有安全性风险时，则与此相关的软件就不是安全相关的，其软件安全完整性等级为 0 级。

10.3 人身安全要求

招标时，用户可就人身安全对装置、制造和使用材料提出要求。

11 文件编制

第 7 章已提到，装置设计时应按 GB/T 19001 或等效的质量管理体系编制文件。

11.1 文件的提供和保存

供应商和用户应就以下几点达成书面协议：

- a) 用户所需文件的份数、范围、内容、表述、媒质和更新方式；
- b) 供应商文件的保存范围、条件和期限。

以上协议只有写入合同方可认为有效。

11.2 硬件和软件文件

以下清单列出了用户可能要求提供的文件，实际上可能提供的文件由供需双方协商。

11.2.1 硬件文件

硬件文件清单如下：

- a) 装置的名称和型号；
- b) 装置的功能；
- c) 成套装置的组成；
- d) 工作原理；
- e) 使用说明和预置值；
- f) 电路说明，包括电压、电流波形和上升时间等；
- g) 接口的功能说明；
- h) 更改情况；
- i) 某些生产文件（电路图、接线图等）；
- j) 车上和地面诊断步骤及所需的试验装置；
- k) 存放要求；
- l) 带有说明的功能框图；
- m) 布置图和机械结构图；
- n) 元器件明细表；
- o) 元器件（包括 ASIC、FPGA 等）和货源（即制造商）信息；
- p) 测试点；
- q) 寿命有限的元器件清单；
- r) 装置内经用户同意使用的有害物质的情况；
- s) 装置本身或搬运使用过程中可能爆炸或压碎的情况。

11.2.2 软件文件

软件文件清单如下：

- a) 软件要求规范，描述制造商为满足系统要求所采取的方法；
- b) 软件说明，描述能满足软件要求规范的软件结构和设计；

- c) 每个模块的性能描述(如输入、输出、功能)、源代码清单、测试要求和测试结果;
- d) 定义全局变量和全局常数的数据清单;
- e) 系统存储器的分配;
- f) 硬件相关性(即软件对硬件的要求);
- g) 所用的开发系统的具体情况;
- h) 软件开发工具的具体情况;
- i) 集成测试要求和结果。

11.3 文件编制要求

11.3.1 文件

向用户提供的文件都应有图号和名称以说明其内容和图的类型。

所有文件和元器件明细表都应有发布或更改标记和修改记录。

所有图形符号应符合 GB/T 4728,文件编制应符合 GB/T 6988.1 的规定。

11.3.2 电路图

成套装置上的每个印制板组件和插件都应有电路图。

所有的电路图应尽可能按从左至右或从上至下的信号流向绘制。

每个单元的电路图应尽可能各自独立、完整、与其他电路图关系明确,且应表明:

- 供电电压和互连关系;
- 低压电路间的连接关系;
- 低压电路、电子装置、传感器、监测控制装置之间的连接关系;
- 金属部件的接地;
- 0 V 电子电路之间的连接;
- 机壳及其连接;
- 屏蔽线或绞接线。

正常工作所必需的分立元器件,如果不在印制板组件或插件上,则应在电路图上用虚线框出并适当加注说明。

所有元器件符号都应标有项目代号,如果图中未列出元件明细表,元器件的标称值应标在电路图上。

如果元器件具有三个或更多连接处,则应标明连接点。

所有控制、开关和指示器件的功能都应与装置铭牌上一致。旋转控制符号应标有(按操作角度来看)顺时针方向的箭头。

继电器应表示释放状态。

11.3.3 元器件明细表

元器件明细表应标明每个元器件的项目代号及其规格。

11.3.4 元器件布置图

元器件布置图应标明印制板组件或插件上每个元件的位置,并标明其项目代号、外形和极性。

11.3.5 框图

框图应表明系统各部分之间的信息流向。

11.3.6 接线图

接线图和接线表应表明装置内部单元接线及其用途(如供电、配电和报警等)。

11.3.7 互连接线图

互连接线图(表)应表明装置和与之相连的所有装置之间的外部电缆连接关系。

它们还应表明连接电缆的类型以及为减小干扰而采用的特殊接口或特殊布线措施。

11.3.8 装置概略图

装置概略图应表明安装在机箱或插件箱内的主要部件的布局、机柜内各单元和分单元的布置,以及所有柜体、机箱、插件箱、插件和印制板组件的基本机械特征。

12 试验

12.1 试验分类

试验分为三类:

- 型式试验;
- 例行试验;
- 研究性试验。

招标时,用户应指定需要达成协议的所有试验(见 12.2)。

制造商应以书面形式提供所有的试验计划及其技术要求。

进行型式试验和例行试验时,装置不应误动作,性能不应超出其极限规定。

注:对于可以达成协议的某些试验,如果费用较高,建议只进行必要的试验。如果用户要求参加并检查试验结果,应在合同中写明。

12.1.1 型式试验

型式试验用于验证产品符合规定的要求。

型式试验应在符合设计和制造工序要求的一台装置上进行。

如果整台装置或其中的一部分基本接近于先前曾试验过的产品,则制造商可以出示先前(五年内)进行试验的证明。这样,与用户达成协议后,就不应对被试装置(EUT)进行重复试验。

定型产品用于其他型号的机车车辆时,应进行 12.2.15.1 和 12.2.15.2 两项试验。

根据用户和制造商之间的协议,可以经常从现有产品或货品中抽样,重做部分或全部试验,以确认产品质量始终满足指定要求。

在下列情况下,用户可要求制造商重做全部或部分型式试验:

- 经常生产的定型产品每五年应进行一次型式试验;
- 对装置进行了改进而可能影响其功能和操作方法时;
- 型式试验或例行试验失败或参数改变时;
- 停产三年以上恢复生产时;
- 制造地点改变时。

12.1.2 例行试验

例行试验用于在正常环境条件下验证产品特性与型式试验中测得的一致。制造商对每台装置均应做例行试验。

12.1.3 研究性试验

研究性试验的目的在于获得电子装置规定性能之外的补充信息。可以由用户或制造商提出并应写入合同。

研究性试验的结果不作为拒收装置或要求罚款的理由。

注:本标准中未列出这些试验项目。

12.2 试验项目

表 2 列出了电子装置的型式试验和例行试验项目。新产品还需按 12.2.15 进行装车运行试验。

表 2 型式试验和例行试验的试验项目

序号	试 验	型式试验	例行试验	条 款
1	外观检查	√	√	12.2.1
2	性能试验	√	√	12.2.2
3	低温试验	√	—	12.2.3
4	高温试验	√	—	12.2.4
5	交变湿热试验	√	—	12.2.5
6	电源过电压、浪涌和静电放电试验	√	—	12.2.6
7	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	√	—	12.2.7
8	射频干扰试验	√	—	12.2.8
9	绝缘试验	√	√	12.2.9
10	盐雾试验	—	—	12.2.10
11	振动、冲击试验	√	—	12.2.11
12	水密性试验	—	—	12.2.12
13	强化筛选试验	—	—	12.2.13
14	低温存放试验	√	—	12.2.14

注 1: 标有“√”号的为强制性试验。
注 2: 标有“—”号取决于用户与制造商之间的合同要求。
注 3: 以上试验时,环境温度规定为 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

12.2.1 外观检查

外观检查的目的在于确保装置结构可靠及尽可能满足指定要求。

外观检查也用于在型式试验后检查装置是否损坏。

12.2.2 性能试验

测量应在环境温度下进行。

型式试验中的性能试验包括对装置特性进行一系列测量,以证明其性能符合该装置功能要求,包括产品技术条件中的特殊要求。

例行试验中的性能试验应与型式试验中的相同,但下面的电源波动和断电试验除外。

除非另有协议,型式试验应包含以下内容:

a) 电源波动

对于直流供电的装置:该试验用于验证在标称电压和规定的上、下极限值情况下能正常工作。

对于交流供电的装置:该试验用于验证在下列情况下能正常工作:

- 1) 标称电压和频率;
- 2) 电压和频率上、下限值的所有实际可能的组合。

b) 断电试验

注:本试验不适用于 5.1.1.2 中定义的 S1 级断电情况。

试验应在标称电压下进行。将被试装置输入电源分别按 5.1.1.2 和 5.1.3 间断一段时间再恢复。装置应能保持正常工作而无需操作者人为干预或复位。试验应随机重复 10 次。试验时,应始终监视装置输出,以确保没有误动作发生。

对于电气条件相同的输出信号群,则应监测 4 个输出信号或其中的 20%(两者中取大者)。

如果装置与牵引供电电源一次侧相连,而不是由中间蓄电池供电,则应按电源断电的情况进行试验。

12.2.3 低温试验

该试验应按 GB/T 2423.1 进行。

印制板组件、插件、插件箱或机箱在不通电的情况下放置于试验箱中。在等于或大于 0.5 h 内将箱温从正常试验环境温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 逐渐降至 $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在试验箱中达到热稳定后，被试品放置 2 h。放置时间终了，在保持低温状态下对装置通电，并进行性能检测。恢复后，在正常室温下重新进行性能检测。

试验验收要求：

- 不产生失效和损坏；
- 性能检测中，所有结果都不应超出容差范围。

应在试验技术条件中详细规定验收判据。

12.2.4 高温试验

该试验按 GB/T 2423.2 进行，一般采用自然通风，除非装置本身采用强迫通风。

建议在较小功能单元(如印制板组件、插件、插件箱)上进行高温试验。然而应当保证散热装置同时工作，在试验中无散热装置时，应当模拟其效果。

装置通电后，放在试验箱内，在等于或大于 0.5 h 内将箱温从正常试验环境温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 逐渐升高到 $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。待温度稳定后，保温 6 h，然后，在已升高的温度下进行性能检测。

再选择一种重要工况，在 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下保持 10 min，功能不应异常，此后冷却至环境温度，再次进行性能检测。

试验验收要求：

- 不产生失效和损坏；
- 容差不超过限值。

应在试验技术条件中详细规定验收判据。

12.2.5 交变湿热试验

试验箱中的空气温度和湿度应可控并提供实时记录这些数据的手段。

冷凝水应排出试验箱，不应再使用。如果采用喷水产生湿度，水的电阻率不应低于 $500\text{ }\Omega \cdot \text{m}$ 。冷凝水不应滴落到被试装置上。试验箱内气候条件应尽量保持均匀(必要时可采用循环方式)，被试装置(因散热、吸湿等)对环境条件产生的影响不应超过规定容差。本试验应按 GB/T 2423.4 进行。除性能检测外，不对被试装置通电。

温度： $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$

周期数：2(呼吸效应)

时间： $2 \times 24\text{ h}$

试验方法：

先将箱温调至 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 并保持此值，相对湿度调至 $45\% \sim 75\%$ 进行 2 h~6 h 稳定温度处理。在最后 1 h 内，将箱内相对湿度提高至不低于 95% ，温度仍保持 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

稳定阶段之后循环开始，使箱温在 2.5 h~3 h 内由 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 连续上升到 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，这期间除最后 15 min 内相对湿度不低于 90% 外，升温阶段相对湿度都不应低于 95% ，以使试品表面产生凝露，但不应在大型试验样品上产生过量凝露。然后在温度为 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温高湿环境下保持到从循环开始算起 $12\text{ h} \pm 0.5\text{ h}$ 止。这一阶段的相对湿度，除最初的 15 min 和最后的 15 min 不低于 90% 外，均应为 $(93 \pm 3)\%$ 。

然后在 3 h~6 h 内，将箱温由 $55\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 降至 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。最初 1.5 h 的降温速率为 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，这期间的相对湿度除最初的 15 min 内不低于 90% 外，其他时间均不低于 95% 。

降温之后,温度保持 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度不低于 95%,从循环开始算起 24 h 为一周期。

两周试验结束后,将样品放在正常的试验大气条件下恢复 1 h~2 h,恢复时可以用手摇动,或用室温空气吹风来去除表面水滴。

恢复后立即进行外观检查、绝缘试验和性能试验。试验结果应在允许的容差范围内。

12.2.6 电源过电压、浪涌和静电放电试验

对于被试电子装置,5.2 规定的电源过电压、5.4 规定的浪涌和静电放电所要求的连接点,均应依次按本条中定义的相应试验波形进行试验。

每个连接点均应进行试验,但在信号群情况下,可只取 4 个连接点或该群中的 20%(两者取大者)。“群”定义为电气特性相同的一组输入或输出电路。选取的试验点应反映不同位置并靠近敏感元件。

如果某些装置应通过与被试装置并联的负载放电。此时,负载电阻不应小于装置标称源阻抗的 10 倍。

12.2.6.1 电源过电压

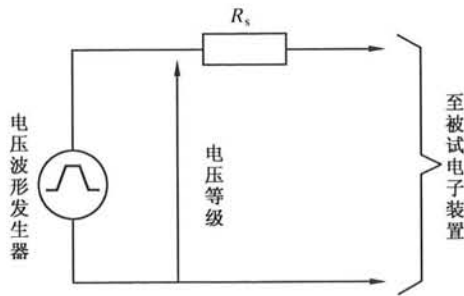
产生的电源过电压应为:

- a) 图 2 所示梯形电压波形;
- b) 或图 3 所示替换试验中的波形。

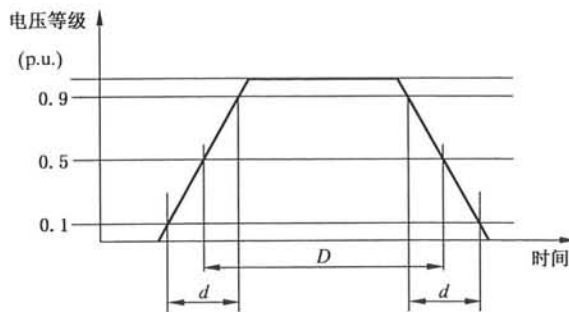
试验波形的极性应与控制系统电源电压相同,试验波形的施加前后都应为正常供电电压。

测量电压时,应以控制系统电源回线电位为基准。

作为上述方法的替换,经用户同意后,制造商可以通过计算来证明装置能承受该波形。



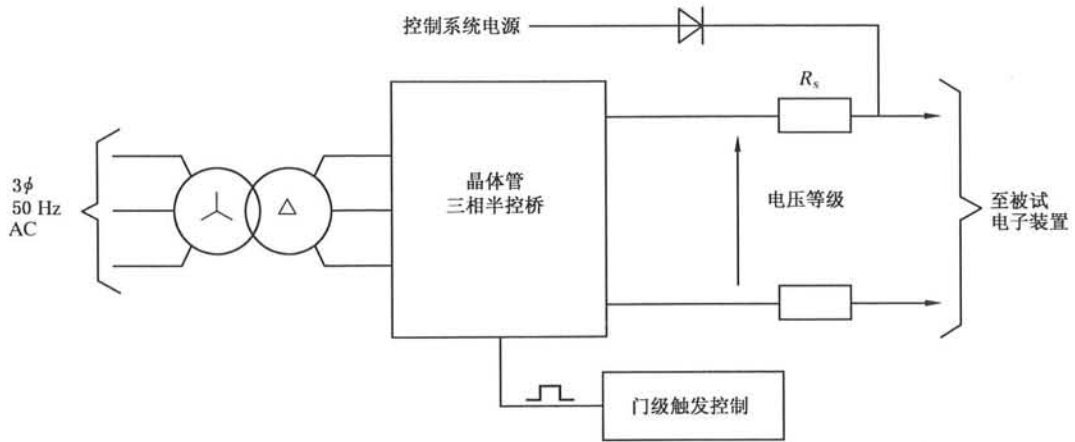
a) 试验电路



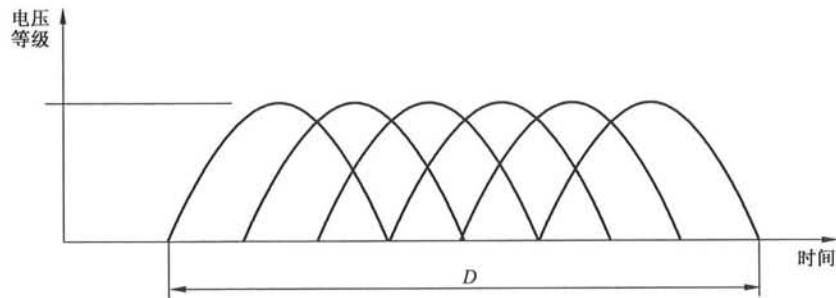
b) 试验波形

(最低)电压	时间 d(最大值)	时间 D(最大值)	串联电阻 R_s (容差 $\pm 12\%$)	供电电源
$1.3U_n$	0.1 s	1.0 s	1 Ω	有电压调整功能的蓄电池
$1.4U_n$				不带电压调整的蓄电池

图 2 电源过电压



a) 典型试验电路



b) 试验波形

(最低)电压	时间 D (最小值)	串联电阻 R_s :(容差 $\pm 12\%$)	供电电源
$1.3U_n$	1.0 s	1 Ω	有电压调整功能的蓄电池
$1.4U_n$			不带电压调整的蓄电池
a 包括源阻抗。			

图 3 可采用的电源过电压试验

12.2.6.2 浪涌

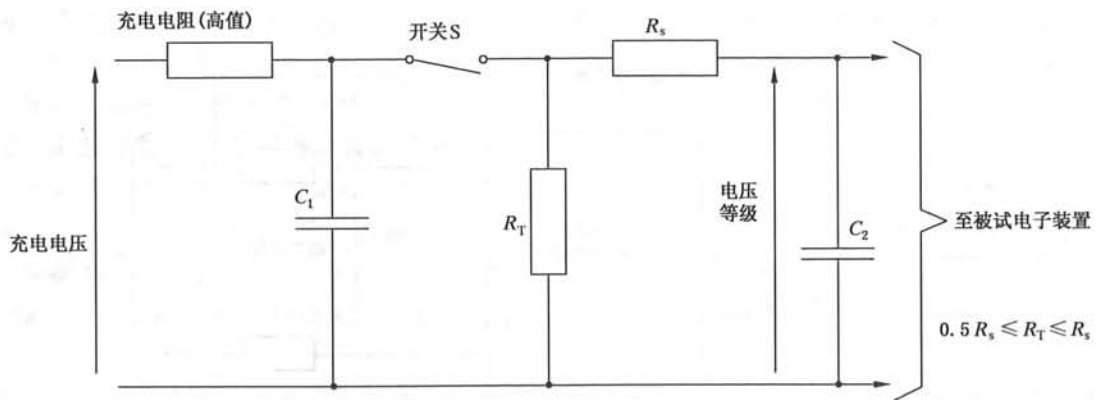
浪涌波形的产生和试验应:

- a) 按图 4 中的电路进行;
- b) 或采用 GB/T 17626.5 的发生器和波形。

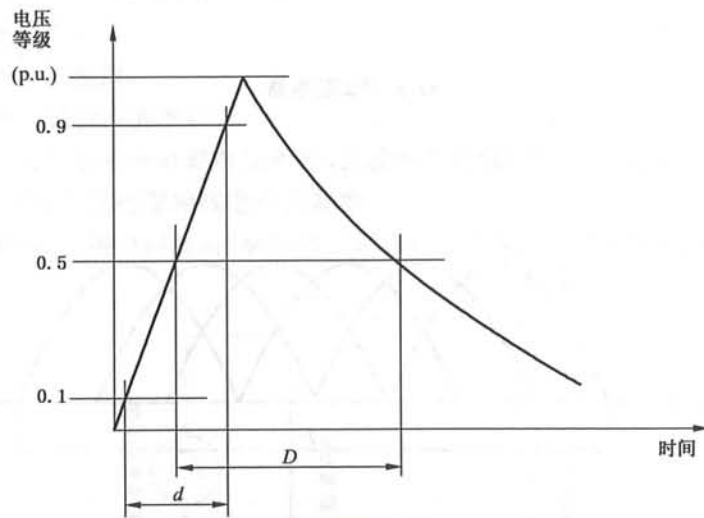
对于每个试验,都应在电源正线和负线之间或者在控制系统电源正负线和装置接地端之间产生试验波形。试验波形应是任意极性的。

试验应在控制系统供电情况下进行,此时应采取防止浪涌能量流入该电源。

当使用耦合滤波器时,产生的波形符合上述要求,则浪涌波形的振荡可以接受。



a) 试验电路



b) 试验波形

干扰类型	(最低)电压	时间 d (最大值)	时间 D (容差±20%)	串联电阻 R_s^a (容差±10%)
浪涌	3级,线对线 1 kV;线对地 2 kV	5 μ s	50 μ s	100 Ω

^a 当车上或系统中存在更高浪涌等级时,浪涌的源阻抗可降低至最小值 5 Ω 。

图 4 电容放电浪涌试验

12.2.6.3 电源过电压和浪涌试验要求

除 12.2.6.1 和 12.2.6.2 的要求外,还应满足以下试验要求。

所有情况下,校正试验波形的电压和时间时,都应将试验发生器与被试装置断开。

为了将发生器和被试装置之间的连接线上回路电感减小到最低限度,连接线长度不应超过 3 m,并应将其绝大部分长度的线段绑扎在一起。

施加每种波形时,对于每个电压等级和规定极性,被试装置都应反复承受五次试验。连续施加试验波形时,其时间间隔不应超过 1 min。

所有试验波形都应通过 5.4.1 中定义的装置接线端口施加到被试装置上。

试验中,应监测该装置,观察是否有失效或误动作。

试验验收要求:

- 无失效;
- 当采用非线性浪涌吸收器抑制浪涌时,试验完成后应进行检测以确认装置性能未降低。

12.2.6.4 静电放电试验

只对司乘人员和旅客通常能触及的装置进行此项试验。

装置应按实际工作情况安装在机壳内,装好所有盖板及面板,且接好地线。

按 GB/T 17626.2 进行试验,严酷等级一般定为 3 级(接触放电 6 kV,空气放电 8 kV)。

12.2.6.5 试验条件

除 12.2.6 中所述条件外,还应满足以下条件。

被试装置的装配和连接应按其正常安装要求进行。

应按制造商的安装要求将被试装置连至接地系统。不应有其他的接地连接。所有接地连接都应保证在环境条件下产生的电感最小。

12.2.7 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

本试验目的在于模拟电磁场耦合到被试装置的输入输出电路和/或电源线上的传导效应。

对于所有的试验,被试装置都应尽可能按实际安装情况进行布置,包括有关的连线和商定的端接。装置应装入机壳中并装好所有盖板和面板,与用户另有协议者除外。

如果对装置的引入和引出线未作规定,则应采用非屏蔽线,并使之从连接点到被试装置有 1 m 长度处于电磁场中。应记录装置的实际布局,包括走线。

试验应按 GB/T 17626.4—2008 进行,严酷等级一般电源定为 3 级,I/O 线及通信接口为 4 级(2 kV,5 kHz)。

对于直接耦合,参照 GB/T 17626.4—2008 的图 8 或图 10。

对于容性耦合,参照 GB/T 17626.4—2008 的图 9。

12.2.8 射频干扰试验

12.2.8.1 射频抗扰度试验

对于所有的试验,被试装置都应尽可能按实际安装情况进行布置,包括有关的连线和商定的端接。

装置应装入机壳中并装好所有盖板和面板,与用户另有协议者除外。

如果对装置的引入和引出线未作规定,则应采用非屏蔽线,并使之从连接点到被试装置有 1 m 长度处于电磁场中。应记录装置的实际布局,包括走线。

对于射频电磁场引起的传导干扰,应按 GB/T 17626.6,严酷等级一般定为 3 级(10 Vr. m. s.)。

对于射频电磁场引起的辐射干扰,应按 GB/T 17626.3,严酷等级一般定为 3 级(10 V/m)。

对装于客室、司机室及车外(车顶、车下)的设备,严酷等级一般定为 4 级(20 V/m)。

12.2.8.2 射频骚扰试验

对于所有的试验,被试装置都应尽可能按实际安装情况进行布置,包括有关的连线和商定的端接。

装置应装入机壳中并装好所有盖板和面板,与用户另有协议者除外。

如果对装置的引入和引出线未作规定,则应采用非屏蔽线,并使之从连接点到被试装置有 1 m 长度处于电磁场中。应记录装置的实际布局,包括走线。

装置应按 GB 9254 的要求进行试验。对外干扰不应超过表 3 (相当于 GB 9254 的 A 级)。

表 3 电子装置对外干扰的限值

类型	频率范围 MHz	允许值
传导干扰	0.15~0.5	99 dB μ V
	0.5~30	93 dB μ V
辐射干扰(10 m 法)	30~230	40 dB μ V/m
	230~1 000	47 dB μ V/m

12.2.9 绝缘试验

对装配完工的插件,绝缘试验的目的是检查 PCB 走线、元件安装是否过于靠近周围金属部件。对

于无金属框架的插件,试验按实际工作位置放置和接线,试验电压加在互相短接的插头(座)芯子和装置的金属机箱之间。对带有金属框架的插件,试验电压则加在互相短接的插头(座)芯子和框架之间。

对装配完工的整机,绝缘试验的目的主要是检查机箱在布线和安装电气或电子部件后的绝缘性能。试验时机箱不带插件,试验电压加在:

- a) 互相短接的对外接线端子和插座(头)芯子对金属机箱;
- b) 相互绝缘的各电路之间。

如果绝缘试验作为例行试验的一部分已通过,则在型式试验中不应再重复。

12.2.9.1 绝缘测试

绝缘电阻应用直流 500 V 兆欧表进行测试并记录。测量部位与绝缘试验相同。

耐压试验之前和之后,应重做该试验。产品的最低绝缘电阻在其技术条件中规定。

试验验收要求:

从初次测量开始,其基本性能不应降低。

12.2.9.2 耐压试验

应尽可能采用 50 Hz 的交流电压。否则,应采用相对于交流电压峰值的直流电压。通过逐渐升压,将试验电压加到装置上,并在规定电压等级上保持 1 min。标称直流输入电压或交流输入电压是试验电压的决定性因素。

试验电压的正弦方均根值应为:

- 500 V,对应于 72 V 以下的标称直流电压(或交流 50 V);
- 1 000 V,对应于 72 V~125 V 的标称直流电压(或交流 50 V~90 V);
- 1 500 V,对应于 125 V~315 V 的标称直流电压(或交流 90 V~225 V)。

电路隔离的电源二次侧电路除外,此时,试验电压可取相对较低的范围。

当电子装置某处与主电路有电连接时,装置的该部分应承受与主电路同样的介电试验。

试验验收要求:不产生击穿或闪络。

12.2.10 盐雾试验

12.2.10.1 总则

如果电子装置需进行盐雾试验,则应在标书中提出,并按 GB/T 2423.17 执行。

12.2.10.2 盐溶液

产生盐雾的溶液是用 50 g±1 g 分析纯氯化钠溶解在蒸馏水或软水中,最后制成 20 °C 下体积为 1.00 L±0.02 L 的溶液,其 pH 值应在 6.5~7.2 之间,否则该溶液不应使用。

12.2.10.3 试验程序

试验过程中,试验箱内的温度应保持在 35 °C±2 °C。

用于产生盐雾的溶液和空气的温度应与试验箱内相同。

装置试验时,应按实际使用情况进行,即装好保护盖板且尽可能将装置安排在实际使用中的位置。

在整个试验过程中,试验箱应保持封闭,盐溶液不应断喷洒。

该过程持续时间应为:

- ST1 级:4 h;
- ST2 级:16 h;
- ST3 级:48 h;
- ST4 级:96 h。

试验終了,装置应用自来水冲洗 5 min,再在蒸馏水或软水中漂洗,然后干燥以去除水滴并置放于试验区标准大气条件下,时间不小于 1 h,但不超过 2 h。

然后,对装置作外观检查。

试验验收要求:

- 无明显损坏；
- 性能检测正常。

12.2.11 冲击和振动试验

整个柜体或机箱,连同其附件和安装配件(如果装置是设计成装在减振机构上的则应包括其减振机构),应按 GB/T 21563 进行试验。

首先在同一个方向进行增强随机振动量级的模拟长寿命试验,其次做冲击试验,最后做功能性随机振动试验。一个方向完成后,再在其他两个方向上进行试验。

长寿命试验为每个方向各 5 h,合计 15 h。冲击试验为每个方向正、反各冲击 3 次,合计 18 次。功能性试验每个方向通常不少于 10 min。

表 4 为长寿命试验及功能性试验时各个方向的随机振动谱密度(ASD)及加速度均方根值(r. m. s.)。冲击试验时,垂向及横向的加速度幅值为 30 m/s^2 ,纵向为 50 m/s^2 。

表 4 功能性和长寿命振动试验要求

类 型	取向	功能性试验		长寿命试验	
		ASD (m/s^2) ² /Hz	r. m. s. (m/s^2)	ASD(m/s^2) ² /Hz	r. m. s. (m/s^2)
A 级 (车体上直接安装的 柜体、部件、设备和零件)	垂向	0.016 4	0.75	1.034	5.9
	横向	0.004 1	0.37	0.250	2.9
	纵向	0.007 3	0.50	0.452	3.9
B 级 (车体上直接安装的箱体内部的物体)	垂向	0.029 8	1.00	1.857	7.9
	横向	0.006 0	0.45	0.366	3.5
	纵向	0.014 4	0.70	0.901	5.5
对于安装在转向架或轴上的传感器及设备应选用 GB/T 21563 中更严酷的等级。					

试验验收要求:

- 无损坏;
- 性能检测时无失效且测试结果不超过容差范围。

12.2.12 水密性试验

一般情况下,电子装置都是装在车内或外部的箱体中,因此,不应进行水密性试验,除非用户与制造商之间特别商定。

12.2.13 强化筛选试验

为了消除潜在的制造或元器件缺陷,用户可以要求对整机或其某一部分进行筛选试验。

试验可能包括:

- 增加温度后工作;
- 热循环;
- 振动。

对于被试装置采取的措施及进行的试验应在招标阶段达成协议。

该试验的条件不应超过装置或部件的使用条件。

12.2.14 低温存放试验

如果装置所处环境的温度低于其最小工作温度,则应进行低温存放试验。该试验应符合 GB/T 2423.1。

试验温度应为 $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ 且持续时间最少为 16 h。试验完毕后,应在箱内温度恢复到室温后才取出被试产品。然后在环境温度下进行性能检测。

试验验收要求:

- 无损坏；
 - 性能检测时无失效且测试结果不超过容差范围。
- 产品技术条件中应详述验收要求。

12.2.15 装车运行试验

本试验的目的是对已安装在机车车辆上的电子装置验证其动作的正确性。其中 12.2.15.1 和 12.2.15.2 是在制造完工和投入运用前的机车车辆上的试验。12.2.15.3 则是电子装置在机车车辆上进行运行考核。

12.2.15.1 性能试验

检验工作性能应在接触网电压、蓄电池电压和空气压力等处于正常情况进行。

特别应检查当辅助设备(例如辅助机组、压缩机、通风机、照明设备等)和主电路设备(斩波器、内燃机等)起动时是否发生干扰。若发现干扰现象,可由电子装置制造商和用户等有关方面协商采取合适的布置或适当的保护措施。

若机车车辆要与其他动力车连挂,而且要求由一个司机室驾驶时,应作如下检验:

- a) 能从一个司机室操纵最长编组的列车中各动力车运行所需的各种电子控制装置;
 - b) 控制信号不应因通过机车车辆间的连接器而受干扰;
 - c) 多单元重联运行中的信号传输方法是否干扰机车车辆其他装置,如电话、数据传输、安全装置等。
- 若存在干扰,应由制造商、用户等有关方面协商决定采取适当的保护措施。

12.2.15.2 浪涌保护检验

为了保证施加于电子装置上的实际浪涌电压不超过 12.2.6.2 规定的值,应检查机车车辆上采取的措施是否有效,否则应由制造商和用户等有关方面商定适当的改善措施。

12.2.15.3 运行考核

为了考核电子装置对机车车辆实际环境条件、电源条件、浪涌电压等的适应能力,考核电子装置设计和工艺的正确性,新产品在通过各型式试验之后,还应通过运行考核。

运行考核期限由产品技术条件根据产品复杂程度、在机车车辆功能上的重要性确定。一般机车车辆运行考核里程不应少于 1×10^5 km(调车机车和地下铁道车辆不少于 3×10^4 km),而且考核时间不少于 1 年。投入运行考核的样品数量一般不应少于装备 2 台(辆)机车车辆的用量。具体数量应根据产品特点在合同中或产品技术条件中规定。运行考核期间不应发生由于设计不合理或工艺不良而引起的失效。

13 产品标志和包装

13.1 标志

每台产品均应有铭牌,标明下列内容:

- a) 产品型号和名称;
- b) 主要技术参数;
- c) 重量;
- d) 出厂序号;
- e) 出厂年月;
- f) 制造商名。

13.2 包装

电子装置的包装应能防潮、防尘、防静电和防止运输过程造成损伤。

每台电子装置出厂时应有合格证。对每个用户至少应提供互连接线图和使用维护说明书各一份。备品和专用工具按双方协议规定提供。

附 录 A

(资料性附录)

本标准与 IEC 60571:2006 技术性差异及其原因

A.1 表 A.1 给出了本标准与 IEC 60571:2006 的技术性差异及其原因。

表 A.1 本标准与 IEC 60571:2006 技术性差异及其原因

本标准的章条编号	本标准	IEC 60571:2006	原 因
2	GB/T 4588.3 (GB/T 4588.3—2002, eqv IEC 60326-3:1991)	IEC 60326-3	国内已有对应的适用国标
	GB/T 12629 (GB/T 12629—1990, eqv IEC 60249-2-12:1987)	IEC 60249-2-12	
	GB/T 13555 (GB/T 13555—1992, eqv IEC 60249-2-13:1987)	IEC 60249-2-13	
	GB/T 25122.1 (GB/T 25122.1—2010, IEC 61287-1:2005, MOD)	IEC 61287-1	
	GB 9254	IEC 62236-3-2	内容变化导致引用文件变化
4.1.1 工作海拔	1 400 m	1 200 m	执行 GB/T 21413.1—2008
4.1.2	机车车辆外界环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 内部空气温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, 但是, 直接邻近电子元件处的空气温度可能在 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间变化, 短时(10 min)可达 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。根据装置的布置与通风方式, 用户与制造商可以另行商定最高温度的极限值	见原文的 2.1.2 的第 3 段和表 1	直接写明温度, 方便执行
	电子装置应允许在不低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度下存放	—	我国实际需求
4.1.3	删除原文“冲击试验典型值参见 IEC 61373”等内容	2.1.3	后继冲击试验章节 12.2.11 直接写出有关值
4.1.4	删除原文“运行过程中不允许潮湿导致装置失效或损坏, 特别是穿越隧道时。”	2.1.4	根据实际需求
4.1.4	删除原文“对于外围装置(如测量传感器)或分散配置的装置, 应在设计时考虑潮湿条件超出限值的情况”	2.1.4	根据实际需求
4.1.5	安装条件: 一般安装在能防止风、沙、雨、雪直接侵袭的车体内或车体外部的箱体内部	—	根据实际需求

表 A.1 (续)

本标准的章条编号	本标准	IEC 60571:2006	原因
5.1.1.1	增加一组带电压调整器的蓄电池供电条件下电压的变化数据,见表 1	—	明确特定电压下的指标要求,便于考核
11.2	实际上可能提供的文件由供需双方协商	—	预留知识产权保护权利
12.1.1	经常生产的定型产品每五年应进行一次型式试验	—	提高考核要求
12.2	[所有试验项目直接规定了考核参数值和程序]	—	明确操作,方便执行
12.2.6.2	—	断电下的浪涌试验	通电的浪涌试验要求高于断电的浪涌试验,减少不必要的试验
12.2.6.2 浪涌电压要求	保留原文中的 A 型试验,且电压提高到 2 kV (见图 4)	A、B 两种试验,且 A 型中电压为 1 800 V	本标准规定浪涌试验只在控制系统通电时进行,因为它比不通电考核更为严酷,没有必要在系统不通电时重复浪涌试验。浪涌试验中试验电压由 1 800 V 提高为 2 kV,与 GB/T 17626.5 的 T3 保持一致
12.2.8.2	装置应按 GB 9254 的要求进行试验。对外干扰不应超过表 3 (相当于 GB 9254 的 A 级),……	试验要求按照 IEC 62236-3-2 中表 4、表 5 和表 6 的规定	跟 GB 9254 保持一致
12.2.10 增加总则	如果电子装置需要进行盐雾试验,应在标书中提出,并按 GB/T 2423.17 执行	—	为我国某些地区环境可能不需要考核产品的耐盐雾能力
12.2	12.2.15 整条	—	保证机车车辆投入运营前有关产品的可靠性
13	13 章整章	—	包装对产品可靠性影响大,标志对于产品使用有影响

附 录 B

(资料性附录)

(用户和制造商)双方之间可以达成协议的条款

- 4.1.1 海拔
- 4.2 特殊使用条件
- 5.1.1 由蓄电池供电
- 5.3 安装
- 6.1.1 预期的可靠性
- 6.1.2 可靠性的验证
- 6.2 使用寿命
- 6.3 可维修性
- 6.4.1 车上诊断
- 7.2.3 电源接地
- 7.3.2 软件设计方法
- 9.3.4 其他连接
- 11.1 文件的提供和保存
- 12.1.1 型式试验
- 12.1.3 研究性试验
- 12.2.2 性能试验
- 12.2.7 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- 12.2.8.1 射频抗扰度试验
- 12.2.8.2 射频骚扰试验
- 12.2.13 强化筛选试验