

# 电子设备的安全试验

摘要：在实践的基础上，参照有关安全试验规范，归纳出电子设备安全试验的基本原则及其试验项目和试验要求。

关键词：电子设备；安全试验；试验规范

## 引言

就电子设备的质量和可靠性而言，我们的设备在电磁兼容等方面取得了较全面、深入的进步；然而在安全试验和设计方面差距仍较大。只有先深刻理解了关于安全试验的标准与要求，才可能有针对性地做出设计和改进。

### 1 电子产品安规试验的一般原则要求

试验之前应理解如下一些原则要求。

1) 产品安全测试前，应首先确认设备的移动性、设备对电击的保护类型、与电源连接的方式、以及污染的等级等；

2) 列出所有经过认证或未经认证的安规元器件的清单，确定是否应作为设备的一个组成部分，承受规范规定的有关试验；

3) 除另有说明外均为型式试验，应在一个样品上进行，该样品应承受全部有关试验；

4) 如果设备的设计和结构已清楚地表明某一试验对设备不适用，则该试验就不应进行；

5) 当元器件未由公认的试验机构认证，该元器件应作为设备的一个组成部分，承受本规范规定的有关试验；当元器件已由公认的试验机构认证，符合与有关的国家标准或 IEC 元器件标准相协调的某一标准时，不承受有关的国家标准或 IEC 元器件标准中规定的那部分试验；

6) 跨接在危险电路和安全电路间的封闭和密封的零部件、及灌封零部件，应承受相应的温度循环试验和潮湿处理试验，然后再进行抗电强度试验，检验其是否能提供足够的绝缘；

7) MOS 器件和 IGBT 器件的封装材料属于已认证的材料，不进行耐热、防火及抗电强度的试验。

### 2 电子产品安全试验项目与要求

#### 2.1 温度循环和潮湿处理试验

对跨接在危险电路和安全电路间封闭的、密封的、和灌封的零部件，应承受相应的温度循环试验和潮湿处理试验，然后再进行抗电强度试验，检验其是否能提供足够的绝缘（吸湿材料的判定，必要时可通过潮湿试验处理后进行抗电强度试验来确定）。

该试验不做任何判定，仅用于抗电强度测试前对器件的处理。

#### 2.2 介电强度试验

检验设备中元器件使用的绝缘材料是否具有足够的抗电强度。在进行抗电强度试验前须进行模拟发热试验，使这些元器件和部件处于充分发热状态。

试验期间，绝缘不应击穿。当由于加上试验电压而引起的电流，以失控的方式迅速增大时（即绝缘无法限制电流），则认为已发生绝缘击穿。电晕放电或单次瞬间闪络不应算是绝缘击穿。

#### 2.3 机械结构试验

##### 2.3.1 机架稳定性试验

试验分下列 4 项，每项单独进行。

1) 当使设备相对于其正常垂直位置倾斜  $10^\circ$  时，该设备不应翻倒；

2) 对落地设备，在距离地面不超过 2m 的最不利的高度上，沿任意方向施加大小等于设备重 20% 的力（但不大于 250N），该落地设备不应翻倒；

3) 对高度  $\geq 1\text{m}$ ，质量  $\geq 25\text{kg}$  的设备，在距离地面不超过 2m 的最不利高度上，沿任意方向对设备施加大小等于设备重量 20% 的力（但不大于 250N），该落地设备不应翻倒；

4) 对落地设备，当将 800N 恒定向下的力，在最大力矩点处施加到任何水平工作表面上，或施加到距离地面高度不超过 1m，具有明显支点的表面上，该落地设备不应翻倒。

如果各装置设计成固定一起、且不作单独使用的情况，则不须考虑单个装置的稳定性。

##### 2.3.2 部件恒定作用力试验

本试用来检验设备的各部件是否具有足够的机械强度。

具体方法是，用试验探头对操作人员接触区内的整台设备、或内部的零部件施加  $30\pm 3\text{N}$  的恒定力，持续  $5\text{s}$ 。

对手柄、操作杆、旋钮、液晶的屏面不进行该试验。

### 2.3.3 外壳的恒定作用力试验

本试验用来检验设备防护外壳的机械强度。

试验应使用能在直径为  $30\text{mm}$  圆形平面上，进行接触的适用试验工具，对固定在设备上的防护外壳施加  $250\pm 10\text{N}$  的恒定力，持续  $5\text{s}$ 。

### 2.3.4 钢球试验

可取样品的完整外壳、或能代表其未加强的面积最大部分进行试验。

1) 垂直冲击力试验 样品以其正常的位置支撑好，用一个光滑的实心钢球，使其自由落到样品上进行试验；

2) 水平冲击力试验 将该钢球用线绳悬吊起来，并使其象钟摆一样，从垂直距离为  $1.3\text{m}$  处摆落下来进行试验；如果摆落试验不方便，则可以将样品相对于其正常位置转  $90^\circ$  安装，进行垂直冲击试验，模拟对垂直或倾斜表面的水平冲击试验，以此来代替摆落试验；

必须注意钢球试验不应施加到设备的液晶显示屏和压板玻璃上。

### 2.3.5 跌落试验

本试验仅适用于检验手持式设备和直接插入式设备的机械强度。

将完整试验样品从  $1\text{m}$  高度处，以其最不利结果的位置自由跌落到硬木表面上，样品应可承受 3 次跌落冲击。

### 2.3.6 应力消除试验

由整台设备构成的一个样品（或由外壳、连同任何支撑框架一起构成一个样品），放入气流循环的烘箱内承受高温试验，烘箱温度要比温升试验时在外壳上测得的最高温度高  $10\text{K}$ （但不低于  $70^\circ\text{C}$ ），试验时间为  $7\text{h}$ ，试验后使样品冷却到室温。

### 2.3.7 把手及旋钮松动试验

如果把手、旋钮、夹具、操纵杆松动会引起危险时，则应以可靠的方式固定，以便使在正常使用时不会松动。不应使用封口胶和类似的化合物来防止转动；如果把手、旋钮等是用来指示开关或类似无转换位置的、而且它们置于错误位置时易引起危险时，则设计应保证不能被置于错误的位置上。

对把手、旋钮、夹具或操纵杆等元件，在轴向施加作用力  $1\text{min}$ ，试验抗拉脱能力；试验中，把手、旋钮、夹具、操纵杆应不会松动、或不能被置于错误的位置上。

## 2.4 耐热和防火试验

应注意，在进行耐热和防火试验时可能会冒出有毒的烟雾；所以在适当的情况下，试验可以在通风柜中进行，或者在通风良好的房间内进行，但是不能出现可能会使试验结果无效的气流。

### 2.4.1 防火外壳的可燃性试验

对于总质量超过  $18\text{kg}$  的移动式设备和驻立式设备按如下要求进行试验。

1) 应用 3 个样品进行试验，每一个样品由一个完整的防火防护外壳组成（或由防火防护外壳上代表壁厚最薄部分、而且要含有通风孔在内的切样组成）。

2) 样品应按其实际使用的情况进行安装。在试验火焰施加点以下  $300\text{mm}$  处铺上一层未经处理的脱脂棉。试验火焰应加在样品的内表面，位于被判定为靠近引燃源，而有可能被引燃的部位。

对防火外壳的内材料也要进行如上的可燃性试验。

### 2.4.2 大电流起弧引燃试验

本试验用来检验样品在大电流起弧条件下的可燃性。

用一对试验电极以及可变电感性阻抗负载，与交流  $220\sim 240\text{V}$ ， $0\sim 60\text{Hz}$  的电源串联进行该试验。引燃受试样品的飞弧平均数量对于 V-0 级材料不应少于 15，对于其他材料不应少于 30。

### 2.4.3 灼热丝引燃试验

检验样品的可燃性。试验开始时，电路被通电以使电流通过热丝产生  $0.26(1\pm 4\%) \text{W/mm}$  的线性功率密度，试验将继续到试验样品引燃  $120\text{s}$  止。当引燃发生或已经通过了  $120\text{s}$  时，中断试验并记录试验时间。

对于绕线部分已经熔融但仍未引燃的样品，则当样品不再和所有热丝紧密接触时，试验应中断。

#### 2.4.4 灼热燃油试验

也是检验样品的可燃性。

将一个有完整防火防护外壳底部的样品，牢固地支撑在水平位置上。在该样品的下面约 50mm 处放一浅平底盘，盘上铺上一层大约为 40g/m<sup>2</sup> 的漂白纱布。

取一个带有浇注嘴和长勺把的金属小勺，在试样上的开孔上方约 100mm 处，以大约 1mL/s 的流量，将勺中的灼热油全部平稳地倒入该图形开孔的中央。

在这两次试验期间纱布不应被引燃。

#### 2.4.5 材料的可燃性试验

按如下项目分别进行。

##### 2.4.5-1>V-0, V-1 或 V-2 级材料的可燃性试验

先检验样品的可燃性级别，然后选取该材料或组件的 10 个样品，放至试验火焰上，任一样品上火焰燃烧的持续时间，对 V-0 级不应超过 10s，对 V-1 级或 V-2 级不应超过 30s。

##### 2.4.5-2>HF-1, HF-2 或 HBF 级泡沫材料的可燃性试验

先检验样品的可燃性级别，然后将一个样品平放在钢丝网上，样品的一端与钢丝网的上弯端相接触（对组合材料的样品，应将其泡沫塑料的一面朝上放置）。将样品放至试验火焰上，灯焰应移到样品的下方停留 60s，然后将灯焰移开。

此后，应在另外 9 个样品上重复进行本试验。

##### 2.4.5-3>HB 级材料的可燃性试验

先检验样品的可燃性级别，然后先用夹子将样品夹住，并使样品的纵轴线成水平方向，横轴线与水平方向成 45°。将一块平整的钢丝网水平支撑在距样品最低缘以下，并使样品悬空端正好直接位于钢丝网边缘的正上方。

再将灯焰移到样品悬空端的规定位置停留 30s，或者烧到 25mm 标记线为止，然后移去灯焰记录时间。燃烧或灼热燃烧从样品较低缘的 25mm 标记线燃延至 100mm 标记线为止，然后计算燃烧速度。

##### 2.4.5-4>5V 级材料的可燃性试验

先检验样品的可燃性级别，然后用安装在环形架上的夹子，将每一根条样从其上端夹住，而且应使试验条样的纵轴线成垂直方向。本生灯支撑在安装件的斜面上，使该本生灯的灯管相对于垂直方向处于 20° 的位置。试验条样的窄边应面对本生灯，在火焰施加点的下方 300mm 处铺上一层未经处理的脱脂棉。

火焰应与垂直方向成 20°角施加到条样底部两个棱角中的一个棱角上，使蓝色锥焰的顶端能接触到试验条样。火焰应施加 5s，然后移开火焰停烧 5s。该操作应重复进行，直到每一根条样全都烧了 5 次为止。

#### 2.5 外形结构防触及试验

可通过本试验检验设备的防触及性(电击及能量危险)

对外形结构的防触及性，在目测无法判定的情况下，可利用试验指和试验针进行试验判定。

##### 2.5.1 用试验指进行试验

试验时，首先将可拆卸零部件(包括熔断器座)卸掉，并使操作人员可触及的门、盖等打开，然后将试验指插进外壳上的开孔时，不应触及规定的危险零部件

##### 2.5.2 用试验针进行试验

试验时，当试验针插到外部电气防护外壳的开孔中时，试验针不应触及带危险电压的裸露零部件。试验时，可拆卸的零部件，包括熔断器座和灯应保持就位，操作人员可接触的门和盖罩是关闭的。

#### 2.6 接地电阻测量试验

接地电阻测量试验主要检验接地保护的可靠性。

测量时可利用专用测量仪表，或用测量接地点的电压和电流的方法经计算得到电阻值。

应测量保护接地端子或接地接触件与接地零部件之间的电压降，然后根据试验电流和该电压降计算电阻值。电源软线中保护接地导线的电阻值不应计入该电阻测量值内。

接地端子或接地接触件，与需要接地的零部件之间的连接电阻不应超过 0.1Ω。保护接地导线不应串接开关或熔断器。

#### 2.7 电气间隙和爬电距离的测量试验

检验电气间隙和爬电距离是否满足要求。

#### 2.7.1 爬电距离测试方法

沿绝缘表面测得的两个导电零部件之间、或导电零部件与设备界面之间的最短距离。

#### 2.7.2 电气间隙测试方法

两个导电零部件之间或导电零部件与设备界面之间的最短空间距离。

#### 2.8 电源软线的拉力试验及通流量的测试

电源软线应承受规定的稳定拉力 25 次，拉力沿最不利的方向施加，每次施加时间为 1s。

试验期间，软线不应受到损伤，可通过外观检查以及在电源软线导体和可触及的导电零部件之间的抗电强度试验来检验，试验电压为 3000V。

试验后，软线的纵向位移量不应超过 2mm，该软线的连接处也不应有明显的形变。

#### 2.9 接线端子导线安装试验

检验接线端子与导线连接的可靠性。

从具有适当标称截面积的软导线的端部，剥去约 8mm 长的绝缘层，使该多股导线中的一根线悬空，然后将其余线束完全嵌入并夹紧在接线端子内。

在不向后撕裂绝缘层的条件下，这根悬空的线应沿每一个可能的方向弯曲，但不要围绕隔离保护物锐弯。

#### 2.10 电源接口稳态输入电流测量

设备应在正常负载的条件下，以及在额定电压或额定电压范围中的最低电压的条件下，待输入电流达到稳定时进行测量。

预定直接由电网供电的设备，其电路的最小电源容差应按额定电压的 10% 来进行设计。

#### 2.11 温升试验

在正常使用时，设备及其零部件不应产生过高的温度。

一般应采用热电偶法来进行测定，而测量绕组的温度时可采用电阻法。

规定的最大温升限值是基于设备工作时室内温度为 25 的假设作出的。试验期间，室内环境温度不要保持在某一规定值上，但须记录。

试验应在样品正常负载条件下进行，首先记录试验开始时的室内环境温度，然后打开电源，使样品工作在正常负载的状态，保持状态观察温度变化，当温度达到稳定时，记录此时零部件的温度以及环境温度。

#### 2.12 对地漏电流测量试验

检验设备电源部分对地漏电流是否符合要求。

对无保护接地的 II 类设备，应对操作人员接触区内的导电零部件，以及对贴在可触及的非导电零部件上、面积不超过 10cm×20cm 的金属箔进行试验。金属箔在被试表面上应占有最大可能的面积，但不超过规定的尺寸。如果金属箔的面积小于被试表面，则应移动金属箔，以便能对被试表面的所有部分进行试验，应注意避免该金属箔影响设备的散热。

#### 2.13 异常工作和故障试验

##### 2.13.1 元器件的异常工作试验

检验当部分元器件工作异常时，或者误操作后，对操作人员和维护人员的危害程度。

试验时应使设备在额定电压或额定电压范围的上限电压下工作，并在设备上或模拟电路上，一次施加一个下列规定的条件进行试验。

1) 当该机电元件正常通电时，应将其机械动作锁定在最不利的位置上；

2) 如果某个机电元件通常是间断通电的，则应在驱动电路上模拟故障，使该机电元件连续通电。对出现故障时不易被操作人员察觉到的设备或机电元件，连续通电时间持续到建立起稳定状态或引起其他后果为止，对其他设备或机电元件，持续 5min 或引起其他后果为止。

##### 2.13.2 元器件故障试验

本试验适用于除电动机、变压器和机电元件外的元器件和电路。

首先通过检查设备、电路图和元器件规范，以此来确定出可以合理预计到会发生的那些故障条件。

如果设备有多个插座连有同一个内部电路，则只须对一个样品插座进行试验。与电源输入有关的一次

电路的元器件（如电源线、设备耦合器、EMC 滤波元件、开关等），它们互连一个故障条件。

#### 2.14 安全电压试验（ELV）

小于 42.4V 的交流电压或是小于 60V 的直流电压叫安全电压；安全电压电路仅指在正常工作条件下，在导体与导体之间或任一导体与地之间的交流峰值不超过 42.4V 或直流值不超过 60V 的二次电路，一般仅靠基本绝缘而没有接地，所以不允许操作人员触摸。

#### 2.15 SELV 可信性试验

对于 SELV（即安全特低电压电路），应进行下面的破坏性试验：

- 1) 在正常工作条件下，模拟基本绝缘击穿或单一元器件损坏，测试 SELV 电路的电压；
- 2) 在一个或几个互连的 SELV 电路内，在正常工作条件下，测量其任何两个可触及的电路零部件之间的电压或与保护接地端子之间的电压；
- 3) 模拟单一基本绝缘失效、单一附加绝缘失效或某一个元器件失效时，用示波器测量 SELV 电路可触及的零部件上的电压。

#### 2.16 标牌耐久性试验

可利用本试验对标牌的耐久性进行检验。

首先，用一块蘸有水的棉布用手擦拭 15s，然后，再用一块蘸有汽油的棉布用手擦拭 15s，试验完成后标记仍应清晰，标记铭牌应不可能轻易被揭掉，而且不应该出现卷边。

#### 2.17 安全标志的检查

通过目测观察，标识的原则要求是：

- 1) 设备上必须有能保持长久、清晰易辨的标志或标牌，应给出安全使用设备所必需的主要特征，如额定参数、接线方式、接地标记、危险标记等；
- 2) 由于设备本身的条件所限，不能在其上标出时，必须以其他方式清楚、可靠和有效地将应注意的事项告诉使用人员（例如用操作说明书或安装说明书的形式），在此情况下，这种文件应视为设备的组成部分；
- 3) 设备上应该清楚地标出制造公司、牌号或商标，如不好实现，则可印在包装箱上；
- 4) 附上指示灯和按钮等颜色，在运用中所表示的含义。