

附 录 C
(规范性)
紫外线辐射

C.1 设备材料的防紫外线辐射

C.1.1 基本要求

本附录规定了具有安全防护特性并要承受在紫外线辐射下暴露的材料的试验要求和试验程序。

C.1.2 要求

下列要求适用于暴露在能产生频谱为 180nm~400nm 范围内显著紫外辐射的灯下的设备或设备的零部件,以及暴露在日光下的室外设备。

注 1: 用普通玻璃密封的一般用途白炽灯和荧光灯不认为能发出显著的紫外线辐射。

注 2: 滤光片和/或透镜片可以提供安全防护和起到外壳的作用。

表 C.1 紫外线暴露后最低性能保持力限值

受试零部件	性能	试验方法的标准	试验后最低保持力
提供机械支撑的零部件	拉伸强度 ^a	GB/T1040(所有部分)	70%
	或弯曲强度 ^{ab}	GB/T9341	70%
提供耐撞击的零部件	简支梁冲击 ^c 或	GB/T1043.1	70%
	悬臂梁冲击 ^c 或	GB/T1843	70%
	拉伸冲击 ^c	ISO8256	70%
所有零部件	材料的可燃性等级	按 5.4	^d

^a 拉伸强度和弯曲强度试验要在不大于实际厚度的样品上进行。
^b 当采用三点加载方法时,样品暴露在紫外线辐射的那一面要与两个加载点接触。
^c 在 3.0 mm 厚的样品上进行悬臂梁冲击试验和拉伸冲击试验以及在 4.0 mm 厚的样品上进行简支梁冲击试验,认为能够代表 0.75 mm 以上厚度的样品上进行的试验。
^d 可燃性等级可以发生变化,只要不降低到低于第 6 章的规定。

C.1.3 试验方法和合格判据

通过检查结构和检查所提供的在设备中暴露在紫外线辐射下的零部件其有关抗紫外线特性的数据来检验是否合格。如果这样的数据不能提供,则要在该零部件上进行表 C.1 的试验。

对从零部件上取下的,或由相同材料构成的样品,要按所进行的该项试验的标准规定来制备。然后按 C.2 的规定处理。处理后,样品不得出现明显变差的迹象,例如裂纹或开裂。然后将它们保持在室温条件下不少于 16h 但也不多于 96h,此后,按相关试验的标准的規定对它们进行试验。

为了评定试验后性能保持力的百分率,要对未经过 C.2 处理的样品,和已经过处理的样品在同一时间进行试验。

性能保持力的百分率应符合表 C.1 的规定。

C.2 紫外线处理试验

C.2.1 试验装置

使用下列之一的装置将样品暴露在紫外线照射下：

- 具有连续照射能力的成对封闭碳弧灯(见 C.2.3),暴露至少 720h。该试验装置应在黑板温度为 $63\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 5)\%$ 的条件下工作;或
- 具有连续照射能力的氙弧灯(见 C.2.4),暴露至少 1000h。该试验装置应用一个 6500 W 水冷氙弧灯,光谱辐照度在波长为 340nm 时为 $0.35\text{ W}/\text{m}^2$,在黑板温度为 $63\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(50\pm 5)\%$ 的条件下工作。

C.2.2 试验样品的放置

样品垂直安装在光照射仪圆柱面内侧,使样品最宽部分面对弧光。样品的安装应使彼此互不接触。

C.2.3 碳弧光辐照试验

按 GB/T16422.1和 GB/T16422.4给出的程序,使用 GB/T16422.4规定的装置或等效的装置,用 1型滤光片、喷水进行试验。

C.2.4 氙弧光辐照装置

按 GB/T16422.1和 GB/T16422.2给出的程序,使用 ISO4892-2:2013规定的装置或等效的装置和其中表 3方法 A循环 1、不喷水进行试验。

附 录 D
(规范性)
试验发生器

D.1 脉冲试验发生器

这些发生器的电路产生表 D.1所述的试验脉冲。在该表中：

- 电路 1的脉冲是由于电话线的接地屏蔽和户外长电缆管道内同轴电缆的接地屏蔽遭雷击而在该电话线和同轴电缆上感应的典型的电压；
- 电路 2的脉冲是由于电源线遭雷击或电源线故障引起的典型的地电位升高；和
- 电路 3的脉冲是由于附近发生对地雷击而在天线系统配线上感应的典型的电压。

注：由于大量电荷储存在电容器 C_1 中，因此在使用这些试验发生器时需要十分小心。

图 D.1的电路采用表 D.1电路 1和电路 2的元器件值，用来产生脉冲，电容器 C_1 由起始状态被充电至 U_c 。

表 D.1的电路 1产生 10/700 μs 脉冲(10 μs 视在波前时间,700 μs 视在半峰值时间)，模拟表 13中 ID号 1、2、3、4和 5规定的外部电路的瞬态电压。

表 D.1的电路 2产生 1.2/50 μs 脉冲(1.2 μs 视在波前时间,50 μs 视在半峰值时间)，模拟配电系统的瞬态电压。

这些脉冲的波形是在开路条件下的波形，在负载条件下可能有所不同。

在试验期间，所施加的脉冲的峰值电压应不小于峰值脉冲试验电压(例如，见表 15)，而脉冲的波形(例如，对 1.2/50 μs 脉冲，1.2 μs 视在波前时间,50 μs 视在半峰值时间)应与在开路条件下的波形保持基本相同。在试验期间，可以断开和电气间隙并联的元器件。

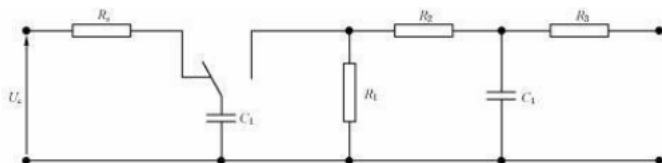


图 D.1 1.2/50 μs 和 10/700 μs 电压脉冲发生器

D.2 天线接口试验发生器

图 D.2的电路采用表 D.1电路 3的元器件值，用来产生脉冲电压，电容器 C_1 由起始状态被充电至 U_c 。

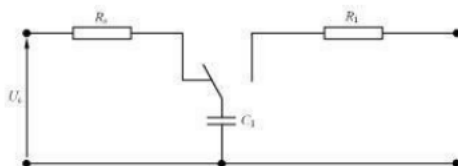


图 D.2 天线接口试验发生器电路

表 D.1 图 D.1和图 D.2的元器件值

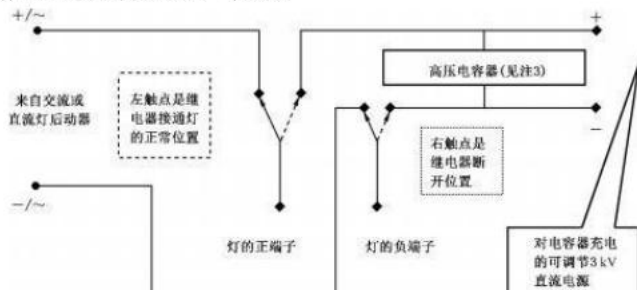
序号	试验脉冲	图	R_s	C_1	C_2	R_1	R_2	R_3
电路 1	10/700 μ s	D.1	—	20 μ F	0.2 μ F	50 Ω	15 Ω	25 Ω
电路 2	1.2/50 μ s	D.1	—	1 μ F	30 nF	76 Ω	13 Ω	25 Ω
电路 3	—	D.2	15 M Ω	1 nF	—	1 k Ω	—	—

若能够得到相同结果,可以使用替代的试验发生器。

注: 电路 1和电路 2是基于 ITU-T K.44。

D.3 电子脉冲发生器

图 D.3给出了电子脉冲发生器的一个示例。



注 1: 灯的工作压力会转换成能量(单位为 J)。该工作能量等级就是对试验充电所推荐的起始点。

注 2: 继电器是 5kV双极的、除颤器类型、充氮的继电器。合格的除颤器继电器就能满足要求, 见 GB9706.8。

注 3: 高压电容器的额定值为 0.42 μ F、5kV。

图 D.3 电子脉冲发生器的例子

附录 E

(规范性)

含有音频放大器的设备的试验条件

E.1 音频信号的电能量源分级

当对音频信号按照电能量源进行分级时(见表 E.1),应使设备工作到能向其额定负载阻抗提供最大非削波输出功率。去除该负载并按所产生的开路输出电压的结果来确定电能量源的级别。

音调控制器要设定在中间范围。

表 E.1 音频信号电能量源分级和安全防护

级别	音频信号电压(有效值) V	能量源和一般人员之间安全防护的示例	能量源和受过培训的人员之间安全防护的示例
ES1	$> 0 \sim \leq 71$	不需要安全防护	不需要安全防护
ES2	$> 71 \sim \leq 120$	有绝缘的端子 ^a 标上 ISO7000(2004-01) 的, 0434a符号  或 0434b符号  对无绝缘的端子和裸导线,指示性安全防护 ^b	不需要安全防护
ES3	> 120	符合 GB/T34989要求的连接器,并标上 IEC60417-6042(2010-11) 符号 	

^a 在导线按说明书的规定安装好后,端子没有可触及的导电部分。

^b 指示性安全防护说明接触无绝缘的端子或导线可能会产生不舒服的感觉。

E.2 音频放大器正常工作条件

带有音频放大器的设备应使用频率 1000 Hz 的正弦波形音频信号工作。如果放大器预定不在 1000 Hz 条件下工作,则应使用峰值响应频率。

设备的工作状态应达到能向额定负载阻抗提供 1/8 非削波输出功率。或者,在使用正弦波信号建立非削波输出功率后,可以使用限制带宽的粉红噪声信号来工作。应用图 E.1 所示特性的滤波器来限制该粉红噪声试验信号的噪声带宽。

如果不能建立可见的削波,则应将最大可获得功率作为非削波输出功率。

另外,在正常工作条件下,应对以下所有条件予以考虑。

- 放大器输出端接最不利的额定负载阻抗,或实际的扬声器(如果提供)。
- 所有放大器通道同时工作。
- 对具有音调发生器单元的风琴或类似乐器不得采用 1000 Hz 信号工作,而是在踩下两个低音脚踏琴键(如果有)和按下 10 个手动琴键的任意组合的条件下工作。应启动所有能增加输出功率的音栓和按键,并应将该乐器设备调节到能提供 1/8 最大可获得输出功率。
- 如果放大器的预定功能取决于两个通道之间的相位差,则施加在两个通道上的信号应具有 90° 的相位差。

- 对于多通道放大器,如果某些通道不能独立工作,则这些通道应连接额定负载阻抗工作,其输出功率对应可调节放大器通道设计的非削波输出功率的 1/8 功率。
- 如果不可能连续工作,则放大器应在允许连续工作的最大输出功率水平下工作。

在进行温度测量时,设备应按制造商提供的使用说明书的规定放置,或者在没有使用说明书时,设备应放置在前面开口的木制试验箱中,位于距木箱前边缘 5cm 处,而且沿侧面和顶部要有 1cm 自由空间,在设备后面要有 5cm 深度空间。

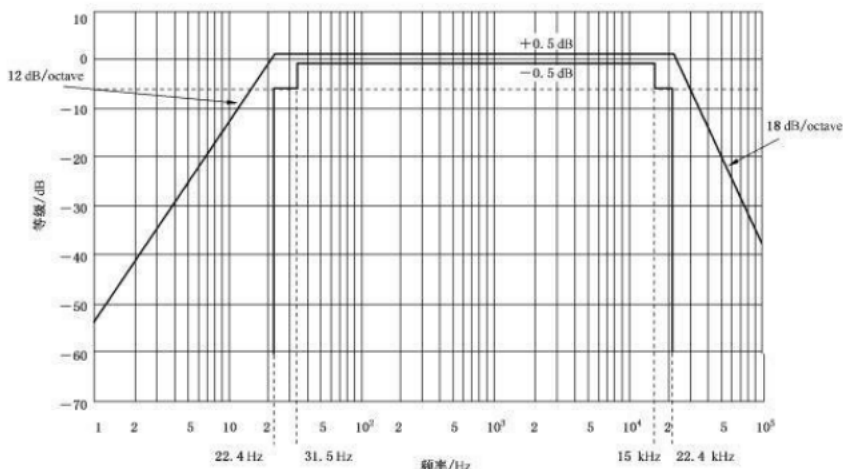


图 E.1 宽带噪声测量用带通滤波器

E.3 音频放大器异常工作条件

异常工作条件应通过调节控制键来模拟,将控制键调节到能向接在输出端子的最不利的额定负载阻抗提供零到最大可获得功率之间的最不利的输出功率。短路输出端也认为是异常工作条件。

附录 F

(规范性)

设备标志、说明和指示性安全防护

F.1 基本要求

本附录按本文件要求,规定了在设备安装、操作、维护和维修时所需要的设备标志、设备说明和指示性安全防护。

除非使用符号或另有说明,否则与安全有关的设备标志、说明和指示性安全防护应使用规范中文。

本附录不适用于元器件的标志。元器件的标志在相关元器件标准中规定。

本附录可以适用于组件,例如电源。

注 1: 如果在本文中“使用标志”这一术语,则也指说明和指示性安全防护中要求的要素。

注 2: 标志的示例见表 F.1。

应注意的是,如果有本文件未要求的附加标志和说明,则不要与本文件要求的标志和说明相矛盾。

F.2 字母符号和图形符号

F.2.1 字母符号

量值和单位的字母符号应符合 IEC60027-1。

F.2.2 图形符号

无论本文件是否有要求,设备上用于安全目的的图形符号应与 GB/T 5465.2、GB/T 2893.2、GB/T31523.1、IEC60417、ISO7000或本文件中已有的符号一致。如果在这些标准和本文件中没有适用的符号,则制造商可以设计特定的图形符号。

对于仅适用于海拔2000 m及以下地区使用的设备应在设备明显位置上标注“仅适用于海拔2000m及以下地区安全使用”或类似的警告语句,或如下标识(按附录 Z):



如果单独使用该标识,应在说明书中给出标识的含义解释。

对于仅适用于在非热带气候条件下使用的设备应在设备明显位置上标注“仅适用于非热带气候条件下安全使用”或类似的警告语句,或如下标识(按附录 Z):



如果单独使用该标识,应在说明书中给出标识的含义解释。

安全警告语句(例如:海拔2000 m及以下和非热带气候条件下使用的警告语句)应使用设备预定销售地所能接受的语言(见附录 AA)。

F.2.3 合格判据

通过检查来检验是否合格。

F.3 设备标志

F.3.1 设备标志的位置

通常,设备标志应在靠近或邻近需要标志的部位或区域。

除非另有规定,F.3.2、F.3.3、F.3.6和F.3.7要求的设备标志应标在设备的外部,不包括设备的底部。但是,这些标志可以标在用手轻易可触及的区域,例如:

- 盖子的内侧,或
- 下列设备底部的外侧:
 - 直插式设备,手持式设备,可携带式设备,或
 - 质量不超过18kg的可移动式设备,如果在说明书中给出了标志的位置。

标志不得放在不用工具就能拆除的零部件上,除非就是要针对该零部件施加标志。

对永久连接式设备,安装说明应作为标志在设备上提供,或者在说明书中提供,或在单独的安装说明文件中提供。

对预定安装在支撑结构(例如,机架、面板、墙壁、天花板等)上,并且在安装后设备的外表面有部分是不可见的设备,标志可以标在设备从支撑结构上卸下后就能看到的任何表面上,包括底部。

除非标志的意义是明显的,否则应在说明书中对标志做出解释。

通过检查来检验是否合格。

F.3.2 设备的识别标志

F.3.2.1 制造商标识

应利用设备标志来识别制造商或责任经销商。标识可以是制造商名称、责任经销商名称、商标或其他等效的识别标记。

通过检查来检验是否合格。

F.3.2.2 型号标识

应利用设备标志来识别型号、机型名称或等效的识别标记。

通过检查来检验是否合格。

F.3.3 设备额定值的标志

F.3.3.1 直接和电网电源连接的设备

如果设备装有直接和电网电源连接的装置,则应标有F.3.3.3~F.3.3.6规定的电气额定值。

F.3.3.2 不直接和电网电源连接的设备

如果设备未装有直接和电网电源连接的装置,则无需标有任何电气额定值。但是,设备上的任何额定功率或额定电流标志应符合B.2.5。

F.3.3.3 供电电压的性质

供电电压的性质,直流、交流或三相交流,应在设备上标出,并应紧随设备电压额定值标出。如果使用符号:

- 对交流,应使用符号~ ,GB/T5465.2-5032;
- 对直流,应使用符号= ,GB/T5465.2-5031;

—对三相交流,应使用符号 3~,GB/T5465.2-5032-1;

—对带中线的三相交流,应使用符号 3N~,GB/T5465.2-5032-2;或

—对合成交流和直流,应使用符号 ~,GB/T5465.2-5033。

三相设备可以用“三相”或“3 ϕ ”或能清楚表明设备的供电电压相位的任何其他方式来标识。

F.3.3.4 额定电压

设备的额定电压应标在设备上。电压额定值的标志后应紧跟着标供电性质标志。

额定电压可以是:

- 单一的标称值,或
- 单一的标称值和该标称值容差的百分数,或
- 两个或多个标称值,用斜线隔开,或
- 用最大值和最小值表示的范围,用短横线隔开,或
- 能清楚表明设备电压的任何其他标志方式。

如果设备具有一个以上的标称电压,这些标称电压可以全部标在设备上。但是,应清楚地指示出对设备设定好的电压(见 F.3.4)。如果设备是由熟练技术人员安装的,则此指示可以在安装说明中或在设备上的任何位置,包括在设备内部。

对三相设备应按顺序,标有相线对相线的电压、GB/T17285规定的标示电源系统的符号、斜线(/),相线对中线的电压、电压符号(V)和相位数。能清楚地标示出设备三相额定电压的任何其他标志方式也可以接受。

注:斜线(/)代表词汇“或”,短横线(-)代表词汇“到”。

对于单一的额定电压,应标示 220 V 或三相 380 V;对于额定电压范围,应包含 220 V 或三相 380 V;对于多个额定电压,其中之一应是 220 V 或三相 380 V,并在出厂时设定为 220 V 或三相 380 V;对于多个额定电压范围,应包含 220 V 或三相 380 V,并在出厂时设定为包含 220 V 或三相 380 V 的电压范围。

F.3.3.5 额定频率

设备的额定频率应标在设备上。

额定频率可以是:

- 单一的标称值,或
- 单一的标称值和该标称值容差的百分数,或
- 两个或多个标称值,用斜线隔开,或
- 用最大值和最小值表示的范围,用短横线隔开,或
- 能清楚表明设备额定频率的任何其他标志方式。

额定频率或额定频率范围应为 50 Hz 或包含 50 Hz。

F.3.3.6 额定电流或额定功率

设备的额定电流或额定功率应标在设备上。

对三相设备,额定电流是指一相的电流,额定功率是指三相的功率总和。

注 1: 8.2.5 给出了测量额定电流或额定功率的方法的准则。

注 1: 对额定电流或额定功率不一定要标注到有效数字一位以上。

如果设备具有向其他设备提供电网电源能量的输出插座,则该设备的额定电流或额定功率应包括该输出插座上所分配的电流或功率。

对电网电源输出插座的标志要求,见 F.3.5.1。

如果设备具有多个额定电压,则对应每一个额定电压的额定电流或额定功率均应标在设备上。标志的方式应能清楚地表示出与设备每一个额定电压所对应的额定电流或额定功率。

具有额定电压范围的设备可以标最大额定电流或标电流范围。

F.3.3.7 具有多个电源连接端的设备

如果设备具有多个电源连接端,则每一个连接端应标有其额定电流或额定功率。

如果多个电网电源供电是相同的,则可以使用一个标志指明供电连接的数量。

示例:“240V~/10A×N”,式中 N 是相同的电网电源供电连接的数量。

如果设备具有多个电源连接端,且如果每一个连接端具有和其他连接端不同的额定电压,则每一个连接端均应标有该连接端的额定电压。

无需标出整个系统的电气额定值。

F.3.3.8 合格判据

通过检查来检验是否合格。

F.3.4 电压设定装置

如果设备采用可由一般人员或受过培训的人员操作的电压设定装置,则改变电压设定的动作也应能改变设备被设定的电压指示。当设备投入使用时,该设定应是可见的。

如果设备采用只能由熟练技术人员操作的电压设定装置,且如果改变电压设定的动作并不能改变电压额定值的指示,则指示性安全防护应说明,在改变电压设定时,应也改变电压设定的指示。

通过检查来检验是否合格。

F.3.5 端子和操作装置上的标志

F.3.5.1 电网电源器具输出插座和电网电源输出插座的标志

如果设备上装有电网电源器具输出插座,则应在该器具输出插座就近处标出其额定电压和规定的电流或功率。

如果装有符合 GB/T1002、GB/T1003等相关国家标准的电网电源输出插座,则应标有规定的电流或功率。如果输出插座的电压和电网电源电压相同,则无需标出电压。

F.3.5.2 开关位置的识别标志

对断开开关或断路器的位置应做出标识。这种标识可以由文字、符号或指示器构成。

如果使用符号,则该符号应符合 GB/T5465.2的规定。

F.3.5.3 更换熔断器的标识和额定值标志

如果熔断器是一般人员或受过培训的人员可更换的,则适合更换的熔断器的标识应标在熔断器座的就近处。标识内容应包括熔断器的电流额定值及以下适用内容:

- 表示分断能力的相应符号,如果安全防护功能需要熔断器具有特殊分断能力时;
- 熔断器的电压额定值,如果能用不同电压额定值的熔断器来更换该熔断器时;
- 表示延时的相应符号,如果该熔断器是延时熔断器,而且该延时对安全防护功能是必要的。

如果熔断器是一般人员可更换的,则相关熔断器的代码应在用户手册中做出说明。

如果熔断器是一般人员或受过培训的人员不能更换的,则:

- 可相应更换的熔断器的标识应标在该熔断器的就近处,或应在维修说明书中提供;

—如果熔断器是装在或可能要装在电网电源的中线上,并且熔断器动作后,设备中仍保持通电状态的零部件在维修期间处于 ES3 级,则指示性安全防护应说明,熔断器可能在电网电源的中线上,应断开电网电源来断开各相导体的供电。

如果熔断器预定是不可更换的,则无需标出熔断器的额定值。

F.3.5.4 更换电池的识别标志

如果电池可以用不正确类型的可更换电池来更换,则应按 M.10 的规定提供指示性安全防护。

F.3.5.5 中性导体端子

对永久连接式设备,预定专用于连接电网电源中性导体的端子(如果有),应用大写字母“N”来标识。

F.3.5.6 端子标志的位置

F.3.5.5、F.3.6.1 和 F.3.6.3 规定的端子标志不得标在螺钉、可拆卸的垫圈或在连接导体时可能被拆卸的其他零部件上。

F.3.5.7 合格判据

通过检查来检验是否合格。

F.3.6 与设备类别有关的设备标志

F.3.6.1 I 类设备

F.3.6.1.1 保护接地导体端子

I 类设备预定要与设施保护接地导体连接的端子应用符号  GB/T5465.2-5019 来标识。

I 类组件(例如电源)或元器件(例如接线端子排)预定要与设备保护接地导体连接的端子可以用符号  GB/T5465.2-5019,或用符号  GB/T5465.2-5017 来标识。

F.3.6.1.2 保护连接导体端子

保护连接导体端子无需标识。

如果标识这种端子时,则它们应标接地符号  GB/T5465.2-5017。但是,可以接受元器件端子或器具输入插座的连接线的端子上已有的符号  GB/T5465.2-5019 作为保护连接导体端子的标识。

F.3.6.2 设备类别标志

带有功能接地连接的 II 类设备应标有符号  IEC60417-6092(2013-03)。

其他所有 II 类设备应标有符号  GB/T5465.2-5172。

上述符号不得用于 I 类设备。

向其他设备提供保护接地的设备不得被归类为 II 类设备。

F.3.6.3 功能接地端子标志

仅用作功能接地连接的布线端子应标有符号  GB/T5465.2-5018。这些端子不得用符号  , GB/T5465.2-5017或符号  GB/T5465.2-5019来标识。但是,这些符号可以用于元器件(例如,接线端子排)或组件上的布线端子。

F.3.6.4 合格判据

通过检查来检验是否合格。

F.3.7 设备的 IP 额定值标志

如果设备预定要作为非 IPX0 防护等级使用,则该设备应标有按 GB/T4208—2017 规定的对应防水防护等级的 IP 代码。

通过检查来检验是否合格。

F.3.8 外部电源输出标志

外部电源的直流输出应标有电压额定值、电流额定值和极性。当引脚配置防止极性反转时,不需要极性标志。外部电源的交流输出应标记电压额定值、电流额定值,以及如果与输入频率不同时,标记频率值。

通过检查和测量来检验是否合格。

F.3.9 标志的耐久性、清晰性和持久性

通常,要求标示在设备上的所有标志均应是持久的和清晰的,并且在正常光照条件下应易于辨认。

除非另有规定,指示性安全防护不一定使用彩色的。如果要使用彩色表明危险的严重性,则其颜色应符合 GB/T2893(所有部分)的规定。如果蚀刻或模压标志在正常光照条件下是清晰的并易于辨认,则它们无需采用对比色。

印刷或丝印标志也应是能持久的。

通过检查来检验是否合格。持久性要通过 F.3.10 的试验来确定。

F.3.10 标志持久性试验

F.3.10.1 基本要求

每个要求有的印刷的或丝网漏印的标志都应进行试验。但是,如果标志的数据单能表明其符合本试验要求,则本试验就无需进行。

F.3.10.2 试验程序

试验时,用一块蘸有水的布不加明显的力手动擦拭标志 15s,然后用一块蘸有 F.3.10.3 规定的溶剂油的布在不同的地方或不同的样品上擦拭 15s 来进行试验。

F.3.10.3 溶剂油

溶剂油是一种试剂级己烷,至少含有 85% 的正己烷。

注:“正己烷”是“正链”或直链碳氢化合物的化学命名。正己烷的 ACS(美国化学学会)编号是 CAS#110-54-3。

F.3.10.4 合格判据

每个标志的试验后,该标志仍应保持清晰。如果标志是标示在可分离的标签上,则该标签不得出现卷边,并且不得用手就能揭下。

F.4 说明书

按本文件的规定,在要求有关安全方面的信息时,这种信息应在安装说明书中或初次使用的说明中给出。这种信息应在设备安装和初次使用前就能获得。

对在儿童不可能出现的场所使用的,并且使用图 V.2 的铰接试验指来评定的设备,在用户说明书中应有下列的或类似文字:

本设备不适合在儿童可能会出现的场所使用

注 1: 这种设备设计通常是适合商业或工业用的设备,预期要安装在通常只有成人出现的场所。

注 2: 也见 GB/T 5296.1, 消费者关心的产品使用须知。

说明书应按适用的情况包括下列内容。

- 确保正确和安全地安装和互连设备的说明。
- 对预定仅在受限制接触区使用的设备,说明书应做这样的说明。
- 如果设备预定是要固定在位的,则说明书中应解释如何牢固地固定设备。
- 对具有按表 E.1 划分为 ES3 端子的音频设备,以及具有按 F.3.6.1 标识的端子的其他设备,说明书应要求,与这些端子连接的外部导线应由熟练技术人员来安装,或应采用其结构能防止接触任何 ES3 电路的预制引线或软线来连接。
- 如果采用保护接地作为安全防护,则说明书应要求,设备的保护接地导体要连接到设施的保护接地导体(例如,用电源软线连接到具有接地连接的输出插座)。
- 对具有保护接地导体,且其保护导体电流超过 5.2.2.2 的 ES2 限值的设备,设备应标有符合 5.7.6 规定的指示性安全防护。
- 如果图形符号标志在设备上并用作指示性安全防护,则说明书应解释该符号的意义。
- 如果永久连接式设备没有安装全极电网电源开关,则安装说明书应说明,在建筑物电气设施中应安装符合附录 L 的全极电源开关。
- 如果可更换的元器件或模块是提供安全防护功能的,则应按适用的情况,在一般人员说明书、受过培训的人员说明书,或熟练技术人员说明书中,提供可相应更换的元器件或模块的标识。
- 对包含绝缘液体的设备,考虑制造商的绝缘液体数据和材料安全数据表中的信息,应在适用的情况下提供安全说明,包括在需要时使用 PPE。
- 室外设备的安装说明应包括防护室外场所环境条件所需的任何特殊特性的细节。
- 带有未经隔离的有线网络天线插座的设备,在说明书中应给出“接入本设备的有线网络天线必须与设备的保护地隔离,否则可能会引起着火等危险!”或类似文字的警告说明。

通过检查来检验是否合格。

F.5 指示性安全防护

除非另有规定,否则指示性安全防护要包括要素 1a 或要素 2,或者包括这两个要素,以及要素 3 和要素 4。如果对要素 1a 无法提供合适的符号,则可以用要素 1b 代替。

除非另有规定,否则指示性安全防护应标识在如下位置:

- 完整的指示性安全防护应标在设备上;或
- 要素 1a 或要素 2,或这两者应标在设备上,而完整的指示性安全防护应在所附文件的文本中

提供。如果仅使用要素 2,则文本应以文字“警告”或“注意”或类似文字开始。

标在设备上的任何指示性安全防护要素应在人员可能暴露在 2 级能量源或 3 级能量源部件之前就能看到,并且尽可能靠近能量源部件。

表 F.1 中给出了要素 1a、要素 1b、要素 2、要素 3 和要素 4 的规定。

如果零部件紧密地位于彼此附近,则一个单一的指示性安全防护可以与多个零部件相关。如果这些零部件不易辨认,或不位于指示性安全防护邻近处,则随附文件或说明书应显示这些零部件的位置。

表 F.1 指示性安全防护要素的说明和示例

要素	说明	示例
1a	符号,标示 2 级或 3 级能量源的性质,或 2 级或 3 级能量源能导致的后果	
1b	符号,例如 ISO 7000-0434(2004-01)的符号或该符号和 ISO7000-1641(2004-01)的符号的组合,以引导去所附文件的文本中查阅。这些符号可以组合使用	
2	文字,标示 2 级或 3 级能量源的性质,或该能量源能导致的后果,以及该能量源的位置	热零部件!
3	文字,说明能量从该能量源传递到人体部位可能导致的后果	触摸该零部件时会烫伤手指
4	文字,说明为避免能量传递到人体部位所需采取的安全防护措施	关闭电源后要等待半小时才能触摸零部件
要素 1a 和要素 1b 的符号应取自 GB/T5465.2、GB/T2893.2、GB/T31523.1、IEC60417、ISO7000 或等效的标准		

图 F.1 是一个由四个要素编排构成一个完整的指示性安全防护的图例。各要素位置的其他编排方式也可以接受。

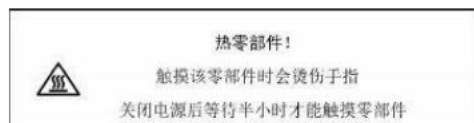


图 F.1 指示性安全防护的示例

标志、说明和指示性安全防护的示例见表 F.2。

表 F.2 标志、说明和指示性安全防护的示例

额定值	示例
额定直流电压	48V DC 48V 
额定交流电压	220V~ 220×(1±10%) V~ 100/120/220/240V AC 100V~250V AC
额定三相电压	380Y/220V3~ 208Y/120V3相 208Y/120V3~
额定频率	50 Hz~60 Hz 50/60 Hz
额定电流	1A
交流额定功率	
直流额定功率	
说明	示例
电池的方位, GB/T5465.2-5002	
交流, GB/T5465.2-5032	~
直流, GB/T5465.2-5031	
Ⅱ类设备, GB/T5465.2-5172	
注意, ISO-7000(2004-01), 0434a或 0434b	
危险电压, GB/T5465.2-5036	
接地, GB/T5465.2-5017	
保护接地, GB/T5465.2-5019	

附 录 G

(规范性)

元器件

G.1 开关

G.1.1 基本要求

以下规定了安装在 PS3 电路中的开关的要求。

开关可以单独进行试验,也可以在设备中进行试验。

G.1.2 要求

作为断开装置使用的开关应符合附录 L 的要求。

开关不得装在电源软线上。

开关应符合下列所有要求。

—符合 GB/T15092.1—2020 的要求,即以下条款适用。

- 10000 次操作循环(见 GB/T15092.1—2020 的 7.4.4)。
- 开关应与其所使用处的环境污染等级相适应,通常为污染等级 2(见 GB/T15092.1—2020 的 7.9.2)。
- 开关具有 850 °C 的灼热丝试验温度(见 GB/T15092.1—2020 的 7.11.3)。
- 对 CRT 电视机中使用的电网电源开关,触点接通和断开的速度应与操作速度无关。
注:原因是消磁线圈会导致出现大的浪涌电流。
- 如下所述,与额定值和分类有关的开关特性(见 GB/T15092.1—2020),应与开关在正常工作条件下的功能相适应:
 - 开关的额定值(见 GB/T15092.1—2020 的第 6 章);
 - 按下列特性划分的开关类别:
 - ▲ 电源性质(见 GB/T15092.1—2020 的 7.1);
 - ▲ 开关所控制的负载类型(见 GB/T15092.1—2020 的 7.2);
 - ▲ 环境温度(见 GB/T15092.1—2020 的 7.3)。

按 GB/T15092.1—2020 的规定来检验是否合格。

—开关的结构应使得开关在正常使用条件下不会产生过高的温度;按 GB/T15092.1—2020 的 16.4 的 i)、p) 和 q) 的规定,在开关处于通位时来检验是否合格。但电流是设备的电流和提供给其他设备的最大电流(如果有)的总和。

—控制向其他设备供电的连接器的电网电源开关,应在加有符合 GB/T15092.1—2020 中图 8、图 9 规定的附加负载条件下承受 GB/T15092.1—2020 中第 17 章的电气耐久性试验。附加负载的总电流额定值应与给其他设备供电的连接器的标志相一致。附加负载的峰值浪涌电流应为表 G.1 规定的数值。

表 G.1 峰值浪涌电流

额定电流 A	峰值浪涌电流 A
≤0.5	20
≤1.0	50
≤2.5	100
>2.5	150

G.1.3 试验方法和合格判据

GB/T15092.1—2020中的相关试验应按 G.1.2的修改进行。

试验后,开关外壳不得出现劣变,电气连接或机械固定不得松动。

G.2 继电器

G.2.1 要求

以下规定了安装在 PS3电路中的继电器的要求。

继电器可以单独进行试验,也可以在设备中进行试验。

耐热和防火的要求见 IEC61810-1:2015第 16章。

继电器应符合 IEC61810-1:2015,并考虑以下要求。

—材料应符合 6.4.5.2,或通过 750 °C的灼热丝试验,或通过针焰试验。

—10000次操作循环的耐久性试验(见 IEC61810-1:2015中 5.6),并且在电耐久性试验(见 IEC61810-1:2015的第 11章)期间无瞬时故障发生。

注:瞬时故障是一种偶然事件,试验中,在不受任何外部影响的情况下,它最迟在一次附加激励循环后被消除(见 IEC61810-1:2015第 11章)。

—继电器应与其所使用处的环境污染等级相适应(见 IEC61810-1:2015第 13章)。

—如下所述,与额定值和分类有关的继电器特性(见 IEC61810-1:2015),应与继电器在正常工作条件下的功能相适应。

- 额定线圈电压和额定线圈电压范围(见 IEC61810-1:2015的 5.2);
- 额定触点负载和负载类型(见 IEC61810-1:2015的 5.8);
- 释放电压(见 IEC61810-1:2015的 5.4);
- 环境温度和上下限温度(见 IEC61810-1:2015的 5.9);
- 应认为仅制造工艺类别为 RT IV和 RT V的继电器满足污染等级 1,例如满足本文件的 5.4.1.5.2(见 IEC61810-1:2015的 5.10)的继电器。

—抗电强度(见 IEC61810-1:2015的 10.2),但试验电压应是 5.4.9.1规定的试验电压。

—如果要求的耐压(见 IEC61810-1:2015中脉冲耐压)超过 12kV,电气间隙应符合表 14的要求。

—如果有效值工作电压(IEC61810-1:2015中指电压有效值)超过 500 V,则爬电距离应符合表 17的要求。

—固体绝缘应符合 IEC61810-1:2015中 13.3的要求或 5.4.4的要求。

按 IEC61810-1:2015和本文件的要求来检验是否合格。

G.2.2 过载试验

继电器应承受下列试验。

继电器触点要承受过载试验,试验由 50 次循环动作组成,动作速率为每分钟 6~10 次循环,接通和断开在应用时所承载电流的 150% 的电流,但如果触点用于切换电动机负载,则要在电动机转子处在堵转状态下进行试验。试验后,继电器的功能应仍有效。

G.2.3 控制向其他设备供电的端子的继电器

控制向其他设备供电的端子的电网电源继电器应承受 IEC61810-1:2015 第 11 章的耐久性试验,外加的负载要等于向其他设备供电的端子所标示的总负载。

G.2.4 试验方法和合格判据

对于电网电源继电器,IEC61810-1:2015 和本文件的试验应按 G.2 的修改来进行。

试验后,继电器外壳不得出现劣变,电气间隙和爬电距离不得减小,电气连接或机械固定不得松动。

G.3 保护装置

G.3.1 热断路器

G.3.1.1 要求

用作安全防护的热断路器应符合 a) 和 b) 或 c) 的要求。

- a) 当热断路器作为单独的元器件进行试验时,应按适用情况,符合 IEC60730(所有部分)的要求和试验。

— 热断路器的自动动作特性应为 2 型动作(见 IEC60730-1:2013 的 6.4.2)。

— 热断路器的操作特性至少应具有微断开 2B 型(见 IEC60730-1:2013 的 6.4.3.2 和 6.9.2)。

— 热断路器应具有不会阻碍触头打开的自动脱扣机构(2E 型),以防止故障持续(见 IEC60730-1:2013 的 6.4.3.5)。

— 自动动作循环次数应至少为:

- 对在断开设备时电路不断开的电路中的使用的自动复位热断路器,3000 次循环(见 IEC60730-1:2013 的 6.11.8);
- 对在电路与设备同时断开的电路中的使用的自动复位热断路器,以及能从设备外部手动复位的非自动复位的热断路器,300 次循环(见 IEC60730-1:2013 的 6.11.10);
- 对不能从设备外部手动复位的非自动复位的热断路器,30 次循环(见 IEC60730-1:2013 的 6.11.11)。

— 热断路器应按电力长期加在绝缘零部件上的设计来试验(见 IEC60730-1:2013 的 6.14.2)。

— 热断路器应满足预计使用至少 10000h 的条件要求(见 IEC60730-1:2013 的 6.16.3)。

— 触头间隙,以及端头和触头的连接引线之间的距离应符合 IEC60730-1:2013 的 13.1.4 和 13.2 的要求。

- b) 热断路器的下列特性应适用于在设备中的应用。

— 热断路器的额定值(见 IEC60730-1:2013 的第 5 章)。

— 按下列特性划分的热断路器的类别:

- 电源性质(见 IEC60730-1:2013 的 6.1);
- 所控制的负载类型(见 IEC60730-1:2013 的 6.2);

- 由外壳提供的防止固体异物和灰尘进入的防护等级(见 IEC60730-1:2013 的 6.5.1) ;
 - 由外壳提供的防止水有害进入的防护等级(见 IEC60730-1:2013 的 6.5.2) ;
 - 热切断器适应的污染环境(见 IEC60730-1:2013 的 6.5.3) ;
 - 最高环境温度限值(见 IEC60730-1:2013 的 6.7) 。
- c) 当热切断器作为设备的一部分进行试验时,应符合下列要求:
- 至少具有符合 IEC60730-1:2013 的微断开,能承受 IEC60730-1:2013 中 13.2 规定的试验电压;和
 - 具有不会阻碍触头打开的自动脱扣机构,以防止故障持续;和
 - 在正常工作条件下预处理 300h,环境温度为 30℃或制造商规定的最高环境温度,两者中取较高者;和
 - 通过评估相关的故障条件,承受一定次数的 a) 项对热切断器作为单独的元件进行的自动动作循环试验。

G.3.1.2 试验方法和合格判据

热切断器应按 IEC60730(所有部分) 的试验规范,通过检查和测量来检验是否合格。试验在三个样品上进行。

试验期间不得出现持续飞弧,试验后,热切断器的电气连接或机械固定不得出现松动。

G.3.2 热熔断体

G.3.2.1 要求

用作安全防护的热熔断体应符合下列 a) 或 b) 的要求。

- a) 当热熔断体作为单独的元器件进行试验时,应符合 IEC60691:2015 的要求。

热熔断体的以下特性应适用于正常工作条件下和单一故障条件下在设备中的应用:

- 环境条件(IEC60691:2015 的第 5 章) ;
- 电气条件(IEC60691:2015 的 6.1) ;
- 热条件(IEC60691:2015 的 6.2) ;
- 热熔断体的额定值[IEC60691:2015 的 8b)] ;
- 密封或者与浸渍液体或清洁剂一起使用的适用性[见 IEC60691:2015 的 8c)] ;
- 热熔断体的抗电强度应符合 5.4.9.1 的要求,但断开点(触点部分) 两端,以及端接处和触点连接引线之间应满足 IEC60691:2015 中 10.1 的要求。

- b) 当热熔断体作为设备的一部分进行试验时,应符合下列要求:

- 老化 300h,老化温度为设备在 30℃或制造商规定的最高环境温度(两者中取较高者) 时正常工作条件下热熔断体对应的环境温度;和
- 承受能引起热熔断体动作的设备的单一故障条件。试验期间,不得出现持续飞弧;和
- 能承受两倍断开点两端的电压,并且当用等于断开点两端电压两倍的电压测量时,绝缘电阻至少为 0.2 MΩ。

G.3.2.2 试验方法和合格判据

如果热熔断体按 G.3.2.1a) 作为单独的元器件进行试验,则按 IEC60691:2015 的试验规范,通过检查和测量来检验是否合格。

如果热熔断体按 G.3.2.1b) 作为设备的一部分进行试验,则通过检查以及按给定的顺序进行规定的试验来检验是否合格。试验进行 3 次,在每次试验后,热熔断体要局部或全部更换。

当热熔断体不能局部或全部更换时,应更换装有热熔断体的整个零部件(例如,变压器)。
不允许出现不合格。

G.3.3 PTC热敏电阻器

用作安全防护的PTC热敏电阻器应符合 IEC60730-1:2013 的第 15 章、第 17 章、J. 15、J. 17 的要求。

对以下的 PTC 热敏电阻器:

- 在环境温度为 25 °C 或制造商规定的动作状态温度下,按 IEC60738-1:2006 的 3.38 确定的在其最大电压处的持续耗散功率超过 15 W;和
- 体积大于或等于 1750 mm³;和
- 安装在 PS2 或 PS3 电路中。

其封装或管体应采用 V-1 级材料或与其等级相当的材料制成。

注:动作状态是指 PTC 热敏电阻器在给定的温度下变化到高阻条件的一种状态。

通过检查来检验是否合格。

G.3.4 过流保护装置

除 G.3.5 所述的装置外,用作安全防护的过流保护装置应按照 4.1.2 符合其适用的国家标准、行业标准或 IEC 标准。这种保护装置应具有足够的分断(遮断)能力以切断可能流过的最大故障电流(包括短路电流)。

对一次电路的过流、短路和接地故障进行保护的保护装置,应作为设备的一部分包含在设备中,除非满足故障条件下的所有要求。

如果 B 型可插式设备或永久性连接式设备依靠设备外的保护装置来进行保护,则应在设备的安装说明书中说明,并且对短路保护或过流保护或者必要时对两者提出要求。

通过检查来检验是否合格。

G.3.5 G.3.1~G.3.4 未提到的安全防护元器件

G.3.5.1 要求

这类保护装置[例如,熔断电阻器,未包括在 GB/T9364(所有部分)、GB/T13539(所有部分)中的熔断体,或小型断路器]应具有足够的额定值,包括分断能力。

对不可复位的保护装置,例如熔断体,应按照 F.3.5.3 的要求提供标志。

G.3.5.2 试验方法和合格判据

通过检查,以及通过进行 B.4 规定的单一故障条件的试验来检验。

进行三次试验,不允许出现不合格。

G.4 连接器

G.4.1 电气间隙和爬电距离要求

连接器的外部绝缘表面(包括外壳开孔)和在连接器内(或外壳内)与 ES2 相连的导电零部件之间的电气间隙和爬电距离应符合基本绝缘的要求。

连接器的外部绝缘表面(包括外壳开孔)和在连接器内(或外壳内)与 ES3 相连的导电零部件之间的电气间隙和爬电距离应符合加强绝缘的要求。

作为例外,如果连接器满足以下要求,则电气间隙和爬电距离符合基本绝缘的要求即可:

- 固定在设备上 ;和
- 位于设备外部电气防护外壳的内侧 ;和
- 只有在拆除符合下列要求的组件后才可触及 :
 - 在正常工作条件期间要求在位 ;和
 - 提供指示性的安全防护措施代替被拆卸组件。

5.3.2的试验适用于移除组件后的此类连接器。

G.4.2 电网电源的连接装置

设备与交流电网电源连接的插头应按适用情况符合 GB/T1002、GB/T1003、GB/T2099.1或 GB/T11918(所有部分)的要求,器具耦合器应符合 GB/T17465(所有部分)或 GB/T11918(所有部分)的要求,并在额定值范围内用来连接或互连电网电源。

G.4.3 电网电源连接装置以外的连接装置

除电网电源连接器以外的连接器应做这样的设计,使得其插头具有的形状不可能发生将该插头插入电网电源输出插座或器具耦合器的情况。

示例:满足本要求的连接器的结构如 IEC60130-9、IEC60169-3或 GB/T34134所述。不满足本条的连接器的例子有所谓的香蕉插头。不认为标准的 3.5 mm 音频插头可能插入电网电源输出插座。

通过检查来检验是否合格。

G.5 绕组组件

G.5.1 绕组组件中的导线绝缘

G.5.1.1 基本要求

本条适用于包含基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘的绕组组件。

G.5.1.2 机械应力防护

如果绕组组件中两根绕线或一根绕线与另一根线接触,相互交叉成 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$,则应采用下列之一的要求:

- 应提供防机械应力的保护。例如,采用绝缘套管或片状材料的形式提供物理隔离,或对绕线使用两倍于要求的绝缘层数来实现这种保护 ;或
- 绕组组件要通过 G.5.2的耐久性试验。

此外,如果上述结构的绕线提供了基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘,则成品绕组组件应按 5.4.9.2 的规定,通过抗电强度的例行试验。

G.5.1.3 试验方法和合格判据

按 5.4.4.1的规定,以及如果需要时,按 G.5.2的规定来检验是否合格。如果要求进行附录 J 的试验时,如果材料数据单证明是合格的,则不需要重复进行附录 J 的试验。

G.5.2 耐久性试验

G.5.2.1 基本试验要求

当 G.5.1.2有要求时,三个绕组组件样品要承受如下的 10次试验循环:

- 样品要承受 G.5.2.2的加热试验,试验后样品允许冷却到室温 ;
- 然后样品要承受 G.15.2.4的振动试验 ;

—紧接着样品要承受 5.4.8 规定的湿热处理, 2d;

在 10 次循环开始前和每次循环后, 要进行下列规定的试验。

进行 5.4.9.1 的抗电强度试验。

在抗电强度试验后, 除开关型电源外, 要对电网电源供电的绕组组件进行 G.5.2.3 的试验。

G.5.2.2 加热试验

根据绝缘的耐热性分级类型, 将样品放置在加热箱中, 时间和温度组合按表 G.2 规定。要在相同的组合条件下进行 10 次循环。

加热箱的温度应保持在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的容差范围内。

表 G.2 每次循环的试验温度和试验时间

耐热性分级	105级 (A)	120级 (E)	130级 (B)	155级 (F)	180级 (H)	200级 (N)	220级 (R)	250级 —
试验温度 $^\circ\text{C}$	G.5.2 试验的持续时间							
290								4d
280								7d
270								14d
260							4d	
250							7d	
240						4d	14d	
230						7d		
220					4d	14d		
210					7d			
200					14d			
190				4d				
180				7d				
170				14d				
160			4d					
150		4d	7d					
140		7d						
130	4d							
120	7d							
各温度等级是基于 GB/T11021 对电气绝缘材料和 EIS 规定的耐热性分级。括号中给出了各耐热性分级指定的字母代号 制造商应规定试验时间或试验温度								

G.5.2.3 电网电源供电的绕组组件

在一个输入电路上接上至少等于 1.2 倍额定电压、两倍额定频率的试验电压, 持续 5 min。变压器

不接负载。试验期间,多线绕组(如果有)要串联连接。

可以使用较高的试验频率;此时连接的持续时间(单位为 min)要等于 10 倍额定频率除以试验频率,但不小于 2 min。

试验电压起始值设定为额定电压,然后逐渐增加到起始值的 1.2 倍并保持规定的时间。如果在试验期间,电流以失控状态出现非线性变化,则认为绕组匝间发生击穿。

G.5.2.4 合格判据

对电网电源供电的绕组组件,绕组的匝间,输入与输出绕组之间,相邻的输入绕组之间,以及相邻的输出绕组之间,或绕组与任何导电的铁芯之间的绝缘,不得出现击穿。

G.5.3 变压器

G.5.3.1 基本要求

变压器应符合下列要求之一:

- 符合 G.5.3.2 和 G.5.3.3 的要求;
- 用在低压电源中的变压器应符合 IEC61204-7 的要求;
- 符合 IEC61558-1:2017 和 GB/T19212 相关部分的要求,以及下列的附加要求和限值:
 - 本文件的 ES1 的限值适用(见 5.2.2.2);
 - 对工作电压高于有效值 1000V,见 IEC61558-1:2017 的 18.3,试验电压按 5.4.9.1 规定;
 - G.5.3.3 规定的过载试验;和
 - 对开关电源内部的变压器,符合 GB/T19212.17;或
- 使用 FIW 的变压器,符合 G.5.3.4 的要求。

示例:GB/T19212 的相关部分如下:

- GB/T19212.2:分离变压器;
- GB/T19212.5:隔离变压器;
- GB/T19212.7:安全隔离变压器。

G.5.3.2 绝缘

G.5.3.2.1 要求

变压器的绝缘应符合下列要求。

变压器的绕组和导电零部件应看作是它们所要连接的电路(如果有)的零部件。它们之间的绝缘应符合第 5 章的相关要求,并根据绝缘在设备中的应用,通过相关的抗电强度试验。

应采取预防措施,防止由于下列原因,使提供基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘的电气间隙和爬电距离减小到低于要求的最小值:

- 绕组或其线匝位移;
- 内部连线或同外部连接端相连的导线位移;
- 由于靠近连接端的导线断裂或连接端松动,导致绕组部件或内部连线过分位移;
- 导线、螺钉、垫圈等松动或脱落而桥接绝缘。

这里不认为两个独立的固定点会同时发生松动。

对所有绕组应采用可靠的方法将其端部线匝固定。

可接受的结构形式的例子列举如下(还有其他可接受的结构形式):

- 使用骨架或不使用骨架,将绕组分别装在铁芯的不同的芯柱上,使绕组之间相互隔离;
- 绕组绕制在一个带挡板的单一骨架上,骨架筒和挡板压制或模制成为一体,或者是推卡式挡板

- 带有中间护舌或护盖,盖住骨架筒与挡板之间的接缝;
- 各绕组同心绕制在绝缘材料制成的无挡板骨架筒上,或绕制在包于变压器铁芯上的薄层形式的绝缘上;
- 在各绕组之间提供由薄层绝缘构成的绝缘,延伸到超出每一层的端部匝数;和
- 同心式绕组,用接地的导电金属屏蔽层将各绕组隔离,导电屏蔽层由金属箔构成,延伸到绕组的整个宽度,每个绕组与屏蔽层之间具有适当的绝缘。导电屏蔽层及其引出线具有足够的截面积,以保证在绝缘击穿时,过载保护装置能在屏蔽层受到损坏之前先行切断电路。过载保护装置可以是变压器的一个组成部分。

如果变压器装有益于保护目的的接地屏蔽层,则该变压器在接地屏蔽层和变压器的接地端子之间应通过 5.6.6 的试验。

如果铁芯或屏蔽层是全封闭或密封的,且没有连接到铁芯或屏蔽层的电气连接,则任何绕组和铁芯或屏蔽层之间的绝缘不进行抗电强度试验。但是,对具有端接点的绕组之间的绝缘仍应进行抗电强度试验。

G.5.3.2.2 合格判据

通过检查、测量,以及适用时,通过试验来检验是否合格。

G.5.3.3 变压器过载试验

G.5.3.3.1 试验条件

如果试验在工作台上按模拟条件进行,则这些条件应包括在整机中保护变压器的任何保护装置。

开关型电源单元的变压器要在完整的电源单元中或完整的设备中进行试验。试验负载要施加到电源单元的输出上。

对线性变压器或铁磁谐振变压器,依次对与电网电源隔离的每一个绕组加载,并对与电网电源隔离的任何一个其他绕组,加载从零至规定的最大负载,以达到能造成最大发热效应。

对开关型电源单元的输出,加载到能在变压器中造成最大发热效应。

如果过载条件不会出现,或者不可能导致安全防护失效,则本试验不需要进行。

G.5.3.3.2 合格判据

当按 B.1.5 的规定进行测量并按下列的规定来确定温度时,绕组的最高温度不得超过表 G.3 的规定值。

- 装有外部过流保护装置:动作时立即确定温度。为了确定过流保护装置动作为止的时间,可以参考给出过流保护装置的动作时间与电流关系特性的数据表。
- 装有自动复位的热断路器:按表 G.3 的规定并在 400h 后确定温度。
- 装有手动复位的热断路器:动作时立即确定温度。
- 限流变压器:在温度稳定后确定温度。

对具有铁氧体磁芯的变压器,如果按 B.1.5 的规定测得的绕组的温度超过 180 °C,则应在规定的最大环境温度($T_{amb} = T_{max}$)下重新测量,而不是按 B.2.6.3 的规定进行计算。

当与电网电源隔离的绕组温度超过温度限值,但是已发生开路,或者由于出现其他原因需要更换变压器,则只要变压器继续符合 B.4.8 的要求,就不认为本试验不合格。

试验期间,变压器不得冒出火焰或熔融金属。试验后,变压器应按适用情况承受 5.4.9.1 的抗电强度试验。

表 G.3 变压器绕组和电动机绕组的温度限值
(电动机运行过载试验除外)

保护方法	最高温度 ℃							
	105级 (A)	120级 (E)	130级 (B)	155级 (F)	180级 (H)	200级 (N)	220级 (R)	250级 —
无保护装置或由内部或外部阻抗保护	150	165	175	200	225	245	265	295
由保护装置保护,在第 1h 期间动作	200	215	225	250	275	295	315	345
由任何保护装置保护:								
— 在第 1h 后,最大值	175	190	200	225	250	270	290	320
— 在第 2h 期间、第 72h 期间以及第 400h 期间,温度算术平均值(t_A) ^a	150	165	175	200	225	245	265	295
各温度等级是基于 GB/T 11021 对电气绝缘材料和 IEC 规定的耐热性分级。括号中给出了各耐热性分级指定的字母代号								
^a 确定算术平均值温度的方法如下: 当变压器的供电电源在循环通、断时,按所考虑的试验周期,绘制温度随时间变化的关系曲线(见图 G.1)。算术平均值温度(t_A)用下式来确定: $t_A = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2}$ 式中: $t_{\max}$ —各最大值的平均值; $t_{\min}$ —各最小值的平均值。								

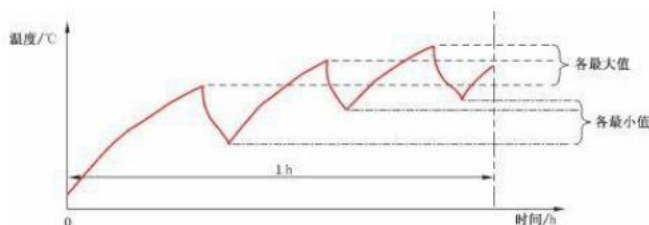


图 G.1 算术平均值温度的确定

G.5.3.3.3 替代试验方法

将变压器放置在铺有一层包装用薄纸的木板上,变压器覆盖一层纱布,然后对变压器逐渐加载,直到发生下列任何一种情况:

- 过载保护装置动作;
- 绕组发生开路;或
- 未达到短路或结束条件就已无法再进一步增加负载。

变压器加载到以上任何情况刚好未发生并且工作 7h。

试验期间,变压器不得冒出火焰或熔融金属。纱布或包装用薄纸不得被烧焦或着火。

如果变压器电压超过 ES1,则在变压器冷却到室温后,变压器中所提供的基本安全防护或加强安全防护,应按适用的情况,承受 5.4.9.1 的抗电强度试验。

G.5.3.4 使用完全绝缘绕组线(FIW)的变压器

G.5.3.4.1 基本要求

G.5.3.4的要求仅适用于预定用在过电压类别 I 和过电压类别 II 场合的设备。

如果在变压器内部使用 FIW,则 FIW 应符合 IEC60851-5:2008,IEC60317-0-7:2017 和 IEC60317-56。ES2 或 ES3 能级的 FIW 应是一般人员或受过培训的人员不可触及的。

如果绕组线的标称直径不在表 G.5 定义的范围内(FIW3-9),则可以根据表 G.5 下面的公式计算最小抗电强度值。

使用 FIW 的变压器应符合 GB/T11021,并且仅用于绝缘等级小于或等于 155(F) 级。

在下面要求机械分离的情况下,机械分离应按照 5.4.9.1 符合对基本绝缘的抗电强度试验,但应用表 G.4 替代表 26。

表 G.4 基于工作电压的峰值的抗电强度试验的试验电压

电压(峰值) V 小于或等于	基本绝缘或附加绝缘的试验电压 (峰值或直流) kV(Vrms)	加强绝缘的试验电压 (峰值或直流) kV(Vrms)
<70.5	0.35(0.25)	0.7(0.5)
212	2(1.41)	4(2.82)
423	3(2.12)	6(4.24)
846	3.5(2.47)	7(4.95)
1410	3.9(2.76)	7.8(5.52)
允许在最近的两点之间使用线性内插法 本表格基于 IEC61558-1:2017 的表 14		

G.5.3.4.2 仅有基本绝缘的变压器

用作基本绝缘的 FIW 的结构应具有表 G.5 的最小试验电压,该最小试验电压超过基于 5.4.9.1 的抗电强度试验电压,但应用表 G.4 替代表 26。

FIW 和漆包线之间要求机械分离。

FIW 和漆包线之间不要求电气间隙和爬电距离。

注 1: 这种结构的示例是变压器中一个绕组为 FIW,另一个绕组为漆包线。

注 2: 表 G.5 中规定的数值是有效值。

G.5.3.4.3 带有双重绝缘或者加强绝缘的变压器

由以下绕组构成的带有双重绝缘或者加强绝缘的变压器。

— 2 个或多个 FIW 绕组,用基本绝缘和附加绝缘进行绝缘,应符合以下所有要求:

- 用作基本绝缘的 FIW 和用作附加绝缘的 FIW,应分别具有表 G.5 的最小试验电压,该最小试验电压超过基于 5.4.9.1 的抗电强度试验电压,但应用表 G.4 替代表 26;
- 两个 FIW 绕组之间均要求具有满足基本绝缘抗电强度试验的机械分离;和
- FIW 之间不要求电气间隙和爬电距离。

— 具有加强绝缘的单个 FIW 绕组应符合以下所有要求:

- 用作加强绝缘的 FIW,应具有表 G.5 的最小试验电压,该最小试验电压超过基于 5.4.9.1 的抗电强度试验电压,但应用表 G.4 替代表 26;

- FIW 绕组和漆包线绕组之间要求具有满足基本绝缘抗电强度试验的机械分离;和
 - FIW 和漆包线之间不要求电气间隙和爬电距离。
- 一个具有基本绝缘的 FIW 绕组与用作附加绝缘的固体绝缘或薄层绝缘一起使用,应符合以下所有要求:
- 用作基本绝缘的 FIW,应具有表 G.5 的最小试验电压,该最小试验电压超过基于 5.4.9.1 的抗电强度试验电压,但应用表 G.4 替代表 26;
 - 用作附加绝缘的固体绝缘或薄层绝缘应符合第 5 章,包括固体绝缘;和
 - FIW 和漆包线之间要求电气间隙和爬电距离。

G.5.3.4.4 FIW 绕在金属或铁氧体磁芯上的变压器

FIW 应基于工作电压的峰值指定基本绝缘。

用作基本绝缘的 FIW 的结构,应具有表 G.5 的最小试验电压,该最小试验电压超过基于 5.4.9.1 的抗电强度试验电压,但应用表 G.4 替代表 26。

FIW 和金属或铁氧体磁芯之间要求机械分离。

G.5.3.4.5 热循环试验和合格判据

带有 FIW 的变压器要进行以下试验:

应使用 3 个变压器样品。样品应承受 10 次以下顺序的温度循环:

- 在正常工作下测得绕组的最高温度基础上加 10K,偏差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,但不低于 85°C ,68h;
- $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,1h;
- $0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,2h;
- $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,1h。

在每个热循环试验中,应在样品的绕组间施加 2 倍工作电压值、50 Hz 或 60 Hz 的电压。

3 个样品经过上述处理后:

- 3 个样品中的 2 个承受 5.4.8 的湿热处理(48h 处理)和 5.4.9.1 的抗电强度试验,但用表 G.4 替代表 26;和
- 剩下的样品应在热循环试验最后一个周期最高温度结束时,立即承受 5.4.9.1 的抗电强度试验,但用表 G.4 替代表 26。

试验期间不得出现绝缘击穿。

G.5.3.4.6 局部放电试验

如果使用了 FIW 并且跨接绝缘的重复性峰值电压 U_i 大于 750V,则应依据 GB/T16935.1—2008 (补充试验的描述详见本条第 2 段~第 4 段)进行局部放电试验。局部放电试验应在正常室温下对 G.5.3.4.5 的热循环试验后 2 个进行了湿热处理的样品进行。相关重复性峰值电压是在输入端和变压器及关联电路(如果次级侧接地)之间测得的最大电压。

应在设备最大额定电压下进行测量。

应用测量到的重复性峰值电压 U_i 对变压器进行局部放电试验,其中:

- U_i 为工作电压的最大峰值;
- t_1 为 5 s;
- t_2 为 15 s。

在时间 t_2 时局部放电应小于或等于 10pC。试验应依据图 G.2 进行。对其他情况,可能要求更高的值(例如,GB/T12668.501)。

G.5.3.4.7 例行试验

完成的组件要按照 5.4.9.2 进行抗电强度例行试验(绕组之间以及绕组和磁芯之间,见 G.5.3.2.1)。

表 G.5 根据翻质增加 最小外径和最小试验电压的 FIW 线的值

标称号 线直径 d_{so}/mm	最小特定 击穿电压 ^a $u_k (V/\mu m)$	FIW 最小外径 d_k/mm									外径下每条线的基本绝缘或加强绝缘最小抗电强度试验电压 u_a/V (持续60s)				
		FIW3级	FIW4级	FIW5级	FIW6级	FIW7级	FIW8级	FIW9级	FIW3级	FIW4级	FIW5级	FIW6级	FIW7级	FIW8级	FIW9级
0.04	56	0.055	0.059	0.070	0.080	0.090	0.100		714	904	1428	1904	2380	2856	
0.045	56	0.062	0.067	0.079	0.090	0.101	0.112		809	1047	1618	2142	2666	3189	
0.05	56	0.067	0.073	0.084	0.095	0.106	0.117		809	1095	1618	2142	2666	3189	
0.056	56	0.075	0.082	0.093	0.105	0.117	0.129		904	1238	1761	2332	2904	3475	
0.063	56	0.084	0.090	0.103	0.116	0.129	0.142		1000	1285	1904	2523	3142	3760	
0.071	56	0.092	0.098	0.111	0.124	0.137	0.150	0.163	1000	1285	1904	2523	3142	3760	4379
0.08	56	0.102	0.109	0.123	0.137	0.151	0.165	0.179	1047	1380	2047	2713	3380	4046	4712
0.09	56	0.114	0.121	0.135	0.149	0.163	0.177	0.191	1142	1476	2142	2808	3475	4141	4808
0.1	56	0.126	0.133	0.149	0.165	0.181	0.197	0.213	1238	1571	2332	3094	3856	4617	5379
0.112	53	0.140	0.148	0.165	0.182	0.199	0.216	0.233	1261	1622	2388	3154	3919	4685	5451
0.125	53	0.155	0.164	0.182	0.200	0.218	0.236	0.254	1352	1757	2568	3379	4190	5001	5811
0.14	53	0.172	0.182	0.202	0.222	0.242	0.262	0.282	1442	1892	2793	3694	4595	5496	6397
0.16	53	0.195	0.206	0.228	0.250	0.272	0.294	0.316	1577	2072	3063	4055	5046	6037	7028
0.18	53	0.218	0.230	0.254	0.278	0.302	0.326	0.350	1712	2253	3334	4415	5496	6577	7659
0.2	53	0.240	0.253	0.278	0.303	0.328	0.353	0.378	1802	2388	3514	4640	5766	6893	8019
0.224	53	0.267	0.281	0.308	0.335	0.362	0.389	0.416	1937	2568	3784	5001	6217	7433	8650
0.25	53	0.298	0.313	0.343	0.373	0.403	0.433	0.463	2162	2838	4190	5541	6893	8244	9596
0.28	53	0.330	0.346	0.377	0.408	0.439	0.470	0.501	2253	2973	4370	5766	7163	8560	9956
0.315	53	0.368	0.385	0.416	0.447	0.478	0.509	0.540	2388	3154	4550	5947	7343	8740	10136
0.355	53	0.412	0.429	0.460	0.491	0.522	0.553	0.584	2568	3334	4730	6127	7523	8920	10316
0.4	49	0.460	0.479	0.510	0.541	0.572	0.603		2499	3290	4582	5873	7164	8455	

表 G.5 根据翻质增加 最小外径和最小试验电压的 FIW 线的值 (续)

标称号	最小特定 线直径 击穿电压 ^a d_{50}/mm $U_k (\text{V}/\mu\text{m})$	FIW 最小外径 d_k/mm							外径下每条线的基本绝缘或加强绝缘最小抗电强度试验电压 U_k/V (持续60s)						
		FIW3级	FIW4级	FIW5级	FIW6级	FIW7级	FIW8级	FIW9级	FIW3级	FIW4级	FIW5级	FIW6级	FIW7级	FIW8级	FIW9级
0.45	49	0.514	0.534	0.565	0.596	0.627	0.658		2666	3499	4790	6081	7372		
0.5	49	0.567	0.588	0.629	0.670	0.711			2791	3665	5373	7081	8788		
0.56	37	0.631	0.654	0.695	0.736	0.777			2233	2956	4246	5535	6825		
0.63	37	0.705	0.729	0.770	0.811	0.852			2359	3114	4403	5692	6982		
0.71	37	0.790	0.815	0.856	0.897	0.938			2516	3302	4592	5881	7171		
0.8	37	0.885	0.912	0.963	1.014				2673	3522	5126	6730			
0.9	37	0.990	1.019	1.070	1.121				2831	3743	5347	6950			
1	37	1.095	1.125	1.176	1.227				2988	3931	5535	7139			
1.12	33	1.218	1.249	1.310					2749	3618	5330				
1.25	33	1.350	1.382	1.443					2805	3703	5414				
1.4	33	1.503	1.536	1.597					2889	3815	5526				
1.6	33	1.707	1.741	1.802					3001	3955	5666				

^a 根据IEC60317-0-7：2017中表 7的数值。

^a 根据IEC60317-0-7:2017中表7的数值。

除表 G.5 中指定的 FIW 允许的抗电强度值外,还可以依据公式(G.1)进行计算:

$$V = \frac{d_s - d_{cu}}{2} \times U \times 10^3 \quad \dots \dots \dots (G.1)$$

式中:

d_s —最大外径,单位为毫米(mm);

d_{cu} —标称铜线直径,单位为毫米(mm);

U —根据 IEC60317-0-7:2017 中表 7(见第 2 列)的电压值,单位为伏每微米(V/μm);

V —FIW 线允许的抗电强度,单位为伏(V)。

基于 IEC60317-0-7:2017 中表 6 的“釉质增加”对应的更高电压值正在考虑中。

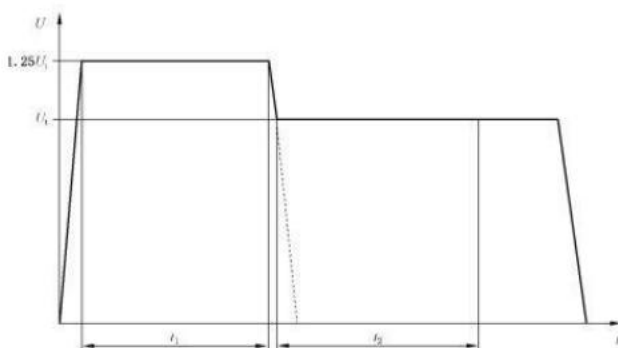


图 G.2 试验电压

G.5.4 电动机

G.5.4.1 基本要求

由与交流电网电源隔离的 PS2 或 PS3 电路供电的直流电动机,应符合 G.5.4.5、G.5.4.6 和 G.5.4.9 的试验。按原设计的工作方式,通常是在堵转条件下工作的直流电动机,例如步进电动机,不需要进行试验,而对仅作为通风用,且风扇组件直接连接在电动机转轴上的直流电动机,不需要通过 G.5.4.5 的试验。

其他所有由 PS2 或 PS3 电路供电的电动机应符合 G.5.4.3 和 G.5.4.4 的过载试验,以及如果适用,也应符合 G.5.4.7、G.5.4.8 和 G.5.4.9 的试验。

但是,对下列电动机免除 G.5.4.3 的试验:

- 仅作为通风用,且风扇组件直接连接在电动机转轴上的电动机;和
- 堵转电流与空载电流之差大于 1A,且两者之比不大于 2/1 的罩极电动机。

G.5.4.2 电动机过载试验条件

除非另有规定,试验时,设备在额定电压下,或在额定电压范围中的最高电压下工作。

试验在设备中进行,或在工作台上按模拟条件进行。在工作台上试验时,可以使用单独的样品。模拟条件包括:

- 在整机中用来保护电动机的任何保护装置,和

—使用可以对电动机壳起到散热作用的任何安装装置。

绕组的温度按 B.1.5 的规定进行测量。如果使用热电偶,则热电偶要安装在电动机绕组的表面。如果规定了试验周期,则要在试验周期结束时测量温度;否则,在温度达到稳定时,或在熔断器、热断路器、电动机保护装置等动作的瞬间测量温度。

对全封闭的阻抗保护电动机,要将热电偶安装在电动机壳上来测量温度。

对不具备固有热保护的电动机,当在工作台上按模拟条件进行试验时,要考虑该电动机在设备内正常所处的环境温度,对所测得的绕组温度进行修正。

G.5.4.3 运转过载试验和合格判据

进行运转过载试验时,要使电动机在正常工作条件下工作。然后增加负载,使得电动机的电流以适当的步距逐级增加,电动机的供电电压要保持在原有的电压值。当达到稳定状态时再增加负载。如此以适当的步距逐级增加负载,但不要达到堵转状态(见 G.5.4.4),直到过载保护装置动作。

通过测量电动机绕组在每次处于稳定状态时的温度来检查其是否合格,所测得的温度不得超过表 G.6 的规定值。

表 G.6 运转过载试验的温度限值

最高温度 ℃							
105级 (A)	120级 (E)	130级 (B)	155级 (F)	180级 (H)	200级 (N)	220级 (R)	250级 —
140	155	165	190	215	235	255	275
各温度等级是基于 GB/T11021 对电气绝缘材料和 EIS 规定的分级。括号中给出了各耐热性分级指定的字母代号							

G.5.4.4 堵转过载试验

G.5.4.4.1 试验方法

进行堵转试验应在室温条件下开始。

试验持续时间如下:

- 对由固有阻抗或外部阻抗保护的电动机应以堵转方式工作 15 d,除非当电动机绕组温度达到稳定,且该电动机的稳定温度就所采用的绝缘结构而言,不超过表 9 规定的温度,则试验可以结束;
- 对具有自动复位保护装置的电动机,以堵转方式循环工作 18 d;
- 对具有手动复位保护装置的电动机,以堵转方式循环工作 60 次,保护装置在每次动作应尽快复位使其保持闭合,但不少于 30 s 后;
- 对具有不可复位的保护装置的电动机,一直工作到保护装置动作为止。

G.5.4.4.2 合格判据

对具备固有限制保护或外部阻抗保护的电动机,或者对具有自动复位的保护装置的电动机,在前3d期间定时测量温度;对具有手动复位保护装置的电动机,在前10次循环期间定时测量温度;对具有不可复位的保护装置的电动机,在保护装置动作时测量温度。温度不得超过表G.3的规定。

试验期间,保护装置应可靠动作,电动机不出现永久性损坏,包括:

- 出现严重的或长时间的冒烟或火焰;
- 任何有关的元器件部分,例如电容器或启动继电器,出现电气击穿或机械损坏;
- 绝缘出现脱落、脆裂或焦化;或
- 绝缘变劣。

允许绝缘出现变色,但焦化或脆裂的程度达到用拇指搓一下绕组,绝缘就剥落或材料即被搓掉则判为不合格。

电动机在完成规定周期的温度测量、绝缘已冷却到室温后,应承受5.4.9.1规定的抗电强度试验,但试验电压减小到规定值的60%。

注:自动复位保护装置超过72h的连续试验,以及手动复位保护装置超过10次循环的连续试验,其目的只是为了确定该保护装置在延长的这段时间是否仍具有接通和切断堵转电流的能力。

G.5.4.5 直流电动机的运转过载试验

G.5.4.5.1 要求

只有通过检查或对设计进行审查,确定有可能发生过载时,才进行G.5.4.5.2的试验。例如,如果电子驱动电路保持基本恒定的驱动电流,则无需进行本试验。

如果因尺寸太小,或属于非常规设计的电动机,要获得准确的温度测量值确有困难,则可以采用G.5.4.5.3的方法来代替温度测量。

G.5.4.5.2 试验方法和合格判据

使电动机在正常工作条件下工作。然后增加负载,使得电动机的电流以适当的步距逐级增加,电动机的供电电压要保持在原有的电压值。当达到稳定状态时再增加负载。如此以适当的步距逐级增加负载,直到过载保护装置动作、绕组发生开路,或不使电动机达到堵转状态负载就无法再进一步增加。

电动机绕组温度应在每次处于稳定状态时测定,所测得的温度不得超过表G.6的规定值。

以上试验后,如果电动机的电压超过ES1,则在电动机冷却到室温后,电动机中所提供的基本安全防护或加强安全防护应承受5.4.9.1的抗电强度试验,但试验电压减小到规定值的0.6倍。

G.5.4.5.3 替代试验方法

将电动机放置在铺有一层包装用薄纸的木板上,电动机覆盖一层纱布,然后对电动机逐渐加载,直到发生下列任何一种情况:

- 过载保护装置动作;
- 绕组发生开路;或
- 电动机不堵转就无法再进一步增加负载。

试验期间,电动机不得冒出火焰或熔融金属。纱布或包装用薄纸不得被烧焦或着火。

以上试验后,如果电动机的电压超过ES1,则在电动机冷却到室温后,电动机中所提供的基本安全防护或加强安全防护应承受5.4.9.1的抗电强度试验,但试验电压减小到规定值的0.6倍。

G.5.4.6 直流电动机的堵转过载试验

G.5.4.6.1 要求

电动机应通过 G.5.4.6.2 的试验。

如果因尺寸太小,或属于非常规设计的电动机,要获得准确的温度测量值确有困难,则可以采用 G.5.4.6.3 的方法来代替温度测量。

G.5.4.6.2 试验方法和合格判据

电动机在其应用时所使用的电压下工作,并使其堵转 7h 或直到建立稳定状态,取其中时间较长者。但是如果电动机绕组开路,或电动机不能再次通电,则停止试验。

试验期间,通过测量电动机绕组的温度来检验是否合格。温度的测量值不得超过表 G.3 的规定。

试验后,如果电动机的电压超过 ES1,则在电动机冷却到室温后,电动机应承受 5.4.9.1 的抗电强度试验,但试验电压减小到规定值的 0.6 倍。

G.5.4.6.3 替代试验方法

将电动机放置在铺有一层包装用薄纸的木板上,电动机覆盖一层纱布。

电动机要在其应用时所使用的电压下工作,并使其堵转 7h 或直到建立稳定状态,取其中时间较长者。但是如果电动机绕组开路,或电动机不能再次通电,则停止试验。

试验期间,电动机不得冒出火焰或熔融金属。纱布或包装用薄纸不得被烧焦或引燃。

以上试验后,如果电动机的电压超过 ES1,则在电动机冷却到室温后,电动机应承受 5.4.9.1 的抗电强度试验,但试验电压减小到规定值的 60%。

G.5.4.7 带有电容器的电动机的试验方法和合格判据

对带有移相电容器的电动机,要在堵转条件下,使电容器短路或开路(取其中较为不利的情况)来进行试验。

如果电容器的设计能使该电容器在失效时不会持续短路,则不进行电容器短路的试验。

试验期间,通过测量电动机绕组的温度来检验是否合格。温度的测量值不得超过表 G.3 的规定。

G.5.4.8 三相电动机的试验方法和合格判据

三相电动机要在正常工作条件下使一相断开来进行试验,除非电路控制装置在电源缺掉一相或多相时能防止电压加到电动机上。

由于设备中的其他负载和电路的影响,可能需要将电动机放在设备内,三相电源一次断开一相进行试验。

试验期间,通过测量电动机绕组的温度来检验是否合格。温度的测量值不得超过表 G.3 的规定。

G.5.4.9 串激电动机的试验方法和合格判据

串激电动机在该电动机电压额定值的 1.3 倍的电压下,并在可能的最小负载下工作 1 min。

试验后,绕组和连接点不得出现松动,所有相应的安全防护仍应保持有效。

G.6 导线绝缘

G.6.1 基本要求

除了漆包绕组绝缘,下列要求适用于所有的导线,包括绕组组件(也见 G.5)中的导线,引出线以及

类似导线,其绝缘提供基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘。

注 1: 对除绕组线的绝缘外所提供的绝缘,见 5.4.4。

如果工作电压的峰值不超过 ES2,则没有尺寸和结构上的要求。

如果工作电压的峰值超过 ES2,则采用下列要求之一。

- a) 对承受机械应力(例如,来自绕组线的张力)的基本绝缘,没有尺寸或结构上的要求。对承受这种机械应力的基本绝缘,b)或 c)的要求适用。

注 2: 这种例外对附加绝缘或加强绝缘不适用。

- b) 对基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘,导线的绝缘应符合下列之一的要求:

- 如果使用单层绝缘,则厚度至少为 0.4mm;或
- 如果导线不是绕组线,符合 5.4.4.6的要求;
- 如果导线是绕组线,符合附录 J的要求。

- c) 绕组线应符合附录 J的要求。螺旋绕包带叠包层或绝缘挤包层的最少层数应符合下列要求:

- 对基本绝缘:1层;
- 对附加绝缘:2层;
- 对加强绝缘:3层。

- d) FIW 在变压器中用作安全防护应符合 G.5.3.4。

对两根相邻的绕组线之间的绝缘,认为每一根导体上的一层提供附加绝缘。

若螺旋绕包带重叠不大于 50%,认为构成一层。若螺旋绕包带重叠大于 50%,则认为构成两层。

螺旋绕包带应加以密封,并应通过 5.4.4.5a)、b)或 c)的试验。

注 3: 对采用挤包工艺绝缘的导线,该工艺本身就已固化密封。

该绕组线应通过 J.3.2规定的抗电强度例行试验。

G.6.2 漆包绕组线绝缘

除非漆包绕组线符合 G.5.3.4中规定的 FIW 的要求,否则不认为漆包绕组线提供附加安全防护或加强安全防护。

用作基本绝缘的其他漆包绕组线应符合以下所有条件:

- 该绝缘在外部电路与 ES1和 ES2内部电路之间的绕组组件中提供基本绝缘;
- 所有导线上的绝缘由溶剂型漆构成,符合 GB/T6109(所有部分)2级绕组线的要求,并在表 25和表 26中最高的电压下进行例行试验;
- 该成品组件按 5.4.9.1 的规定承受抗电强度型式试验(在绕组之间以及绕组与铁芯之间,见 G.5.3.2.1);
- 该成品组件按 5.4.9.2 的规定承受抗电强度例行试验(在绕组之间以及绕组与铁芯之间,见 G.5.3.2.1)。

G.7 电源软线

G.7.1 基本要求

电源软线应是护套型软线,并按适用的情况,符合下列要求。

- 如果是橡胶护套软线,应是合成橡胶绝缘软线,并且应不轻于 GB/T5013.1规定的普通强度橡胶软线(代号 60245IEC53)。
- 如果是聚氯乙烯护套软线:
 - 对装有不可拆卸电源软线且质量不超过 3kg的设备,该电源软线应不轻于 GB/T5023.1规定的轻型聚氯乙烯护套软线(代号 60227IEC52);
 - 对装有不可拆卸电源软线且质量超过 3kg的设备,该电源软线应不轻于 GB/T5023.1规

定的普通聚氯乙烯护套软线(代号 60227IEC53)；

注 1：如果设备使用可拆卸的电源软线，则对设备重量没有限制。

- 对装有可拆卸电源软线的设备，该电源软线应不轻于 GB/T5023.1 规定的轻型聚氯乙烯护套软线(代号 60227IEC52)；
- 对于可移动式设备的屏蔽线，进行 GB/T5023.2—2008 中 3.1 的弯曲试验。

注 2：尽管 GB/T5023.2—2008 的范围不包括屏蔽线缆，但 GB/T5023.2—2008 的相关弯曲试验适用。如果其他类型的软线具有和上述的软线相类似的机电特性和防火安全特性，则也可以使用。

注 3：如果有相关国家标准或行业标准，也可以用来验证上述要求的符合性。

对具有保护接地的 A 型可插式设备或 B 型可插式设备，电网电源软线中应包含保护接地导体。对所有其他的设备，如果电网电源软线中没有保护接地导体，则还应提供保护接地导体线缆。

预定要由音乐家在表演时使用的设备(例如，乐器和放大器)应具有：

- 符合 GB/T17465.1 的器具输入插座，以使用可拆卸的电线组件与电网电源相连；或
- 收起电源软线的装置(例如，收线仓、挂线钩或栓线柱)，以便在不使用时保护电源软线。

通过检查来检验是否合格。对于屏蔽软线，如果符合以下要求，则允许屏蔽层出现损伤：

- 在曲绕试验期间，屏蔽层没有接触任何导线，和
- 在曲绕试验后，样品的屏蔽层与所有其他导线之间能承受相应的抗电强度试验。

G.7.2 横截面积

电源软线的导体截面积应不小于表 G.7 的规定值(也见 5.6.3)。

表 G.7 导体的尺寸

设备的额定电流 ^a A 小于或等于	最小导体尺寸		
	标称截面积 mm ²	AWG [横截面积, mm ²] ^e	kcmil [横截面积, mm ²] ^e
3	0.50 ^b	20[0.5]	—
6	0.75	18[0.8]	—
10	1.00(0.75) ^c	16[1.3]	—
16	1.50(1.0) ^d	14[2]	—
25	2.50	12[3]	—
32	4.00	10[5]	—
40	6.00	8[8]	—
63	10.00	6[13]	—
80	16.00	4[21]	—
100	25.00	2[33]	—
125	35.00	1[42]	—
160	50.00	0[53]	—
190	70.00	000[85]	—
230	95.00	0000[107]	—
260	120.00	—	250[126]

表 G.7 导体的尺寸 (续)

设备的额定电流 ^a A 小于或等于	最小导体尺寸		
	标称截面积 mm ²	AWG [横截面积, mm ²] ^e	kcmil [横截面积, mm ²] ^e
300	150.00	—	300[152]
340	185.00	—	400[202]
400	240.00	—	500[253]
460	300.00	—	600[304]
注 1: GB/T17465.1 规定了器具耦合器与软线可接受的组合,包括脚注 b、c 和 d 所包括的那些组合。需要注意的是,有些国家不接受本表所列的所有数值,特别是脚注 b、c 和 d 所包括的那些数值。 注 2: 更高的电流值参见 GB/T16895(所有部分)。			
^a 额定电流包括能为其他设备提供电网电源的输出插座所输出的电流。如果制造商未声明设备的额定电流,则采用额定功率除以额定电压的计算值。 ^b 额定电流小于 3A 时,如果软线的长度不超过 2 m,在有些国家允许使用标称截面积为 0.5 mm ² 的软线。 ^c 如果电源软线的长度不超过 2 m,则括号中的数值适用于装有符合 GB/T17465.1 的额定值为 10 A 的连接器 (C13、C15、C15A 和 C17 型) 的可拆卸电源软线。 ^d 如果电源软线的长度不超过 2 m,则括号中的数值适用于装有符合 GB/T17465.1 的额定值为 16 A 的连接器 (C19、C21 和 C23 型) 的可拆卸电源软线。 ^e AWG 和 kcmil 的规格尺寸仅供参考。方括号中给出的相关的横截面积已经圆整到只显示有效数字。AWG 是美国线规,术语“cmil”是指圆密耳,1cmil 是直径为 1 mil(千分之一英寸)的圆面积单位,这些术语通常在北美常用来说明导线的尺寸规格。			

通过检查来检验是否合格。

G.7.3 不可拆卸电源软线的软线固定装置和应力消除

G.7.3.1 基本要求

本条规定了防止连接 ES2、ES3 或 PS3 电路的软线或互连电缆导线上的应力传递到设备接线端子的安全防护。

G.7.3.2 软线应力消除

G.7.3.2.1 要求

不得利用打结来作为应力消除装置。

直接施压在软线或电缆上的螺钉不得用来作为应力消除装置,除非软线固定装置,包括螺钉,由绝缘材料制成,而且螺钉的尺寸与要夹紧的软线的直径尺寸相匹配。

当对不可拆卸的电源软线或电缆施加线性力和力矩时,基本安全防护应能尽可能减小传递到软线或电缆的接线端子上的应力。

对软线或电缆施加的线性力在表 G.8 中做出规定。以最不利的方向施加作用力,持续 1s 并重复 25 次。

表 G.8 应力消除试验的力

设备质量 kg	力 N
≤ 1	30
$> 1 \sim \leq 4$	60
> 4	100

施加线性力后,立即对线或电缆施加 $0.25\text{N} \cdot \text{m}$ 的力矩,持续 1 min。力矩在尽可能靠近应力消除装置处施加,并以相反方向重复施加。

通过施加规定的力和力矩,以及测量和外观检查来检验是否合格。软线或导体不得有损伤,导体的位移不得大于 2 mm。软线外部套管的拉伸而没有导体的位移不认为发生了位移。

G.7.3.2.2 应力消除装置的失效

如果基本安全防护(应力消除装置)失效,而且应力传递到不可拆卸电源软线或电缆的接线端子上,则附加安全防护应能确保接地接线端子最后承受应力。

通过检查,以及如果有必要,通过使得基本防护失效,在施加表 G.8 中对应的力时,检查导体的松弛程度来检验是否合格。

G.7.3.2.3 软线护套或套管位置

软线或电缆的护套或套管应从基本安全防护(应力消除装置)处延伸到进入设备至少有软线或电缆直径的一半的距离。

通过检查来检验是否合格。

G.7.3.2.4 应力消除和软线固定装置的材料

软线固定装置应由绝缘材料制成或具有符合基本绝缘要求的绝缘材料的衬套。但是,如果软线固定装置是一个电气连接到屏蔽电源软线的屏蔽层上的衬套,则该要求应不适用。

如果基本安全防护(应力消除装置)是由聚合物材料制成的,则该基本安全防护在按 T.8 规定的模压应力消除试验后,仍应保持其结构特性。

在基本安全防护处于室温后,通过检查和按 G.7.3.2.1 施加力和力矩试验来确定是否合格。

G.7.4 软线入口

本条规定了防止由连接到 ES2、ES3 或 PS3 电路的软线或电缆引起电击和电引起着火的安全防护。

软线或电缆进入设备的入口应具有第 5 章规定的防电击的安全防护。如果软线套管通过 5.4.9.1 对应附加安全防护的抗电强度试验,则可以认为该软线套管是附加安全防护。

软线或电缆入口应具有符合下列防护功能的附加安全防护:

- 防止软线或电缆表面的磨损;和
- 防止将软线或电缆推入设备,导致软线或其导体或两者被损坏,或者设备内部零部件的移位;

在 G.7.3.2.1 的试验后,通过在软线或电缆导体与可触及导电零部件之间进行抗电强度试验来确定是否合格。试验电压应是 5.4.9.1 中对加强绝缘的试验电压。

G.7.5 不可拆卸软线的弯曲保护

G.7.5.1 要求

对手持式设备或预定在工作时要移动的设备的不可拆卸电源软线,应具有防止由于护套、绝缘或导体在设备入口处弯曲而引起损坏的安全防护。

另一种可供选择的防护是,进线口或套管应具有经过光滑倒圆的喇叭口状开孔,喇叭口的曲率半径至少等于所要连接的最大截面积的软线的外径的 1.5 倍。

软线弯曲安全防护应符合下列要求:

- 其设计能防止软线在进入设备的入口处过分弯曲;和
- 由绝缘材料制成;和
- 采用可靠的方法固定;和
- 伸出设备外超过进线开口处的距离至少为软线外径的 5 倍,或对扁平软线,至少为软线外形截面长边尺寸的 5 倍。

G.7.5.2 试验方法和合格判据

将设备这样放置,使软线在伸出的情况下,在不受应力时,软线安全防护装置的轴线以 45° 伸出。然后将等于 $10 \times D^2$ g 的质量加到软线的自由端,其中 D 是软线外径,或对扁平软线,是软线外形尺寸的短边尺寸(以毫米为单位)。

如果软线保护装置是由温度敏感的材料制成的,则试验要在 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 下进行。

扁平软线要在抗弯力最小的平面内弯曲。

重物一经挂好,软线任何一处的曲率半径不得小于 $1.5D$ 。

通过检查、测量,以及如果需要时,通过对随设备一起提供的软线进行试验来检验是否合格。

G.7.6 电源线布线空间

G.7.6.1 基本要求

在永久连接式设备或连接普通不可拆卸电源软线的设备内部提供的、或作为设备的一个部分提供的电源线布线空间应设计成符合下列要求:

- 使导体能容易引入和连接;和
- 使导体的无绝缘端不可能从接线端子中脱开,或如果脱开,也不可能接触到下列零部件:
 - 不与保护导体连接的可触及导电零部件;或
 - 手持式设备的可触及导电零部件;和
- 装上盖子(如果有)前,能检查导体的连接和位置是否正确;和
- 安装盖子(如果有)时,导线或其绝缘不会有受到损坏的危险;和
- 要打开盖子(如果有)才能进入去操作端子时,盖子用工具就能卸下。

通过检查,以及用表 G.9 规定的相应范围内的最大截面积的软线进行安装试验来检验是否合格。

表 G.9 接线端子能连接的导线的规格范围

设备的额定电流 A	标称截面积 mm ²	
	软线	其他电缆
≤ 3	0.5~0.75	1~2.5
> 3~6	0.75~1	1~2.5
> 6~10	1~1.5	1~2.5
> 10~13	1.25~1.5	1.5~4
> 13~16	1.5~2.5	1.5~4
> 16~25	2.5~4	2.5~6
> 25~32	4~6	4~10
> 32~40	6~10	6~16
> 40~63	10~16	10~25

G.7.6.2 多股导线

G.7.6.2.1 要求

多股导线的端部不得在导线要承受接触压力的部位用软焊料焊接固紧,除非所设计的夹紧方法能减小由于焊锡的冷变形而造成接触不良的可能性。

能补偿冷变形的弹簧端子被认为符合本要求。

防止夹紧螺钉转动不能认为符合本要求。

接线端子的配置位置、隔离保护或绝缘应使得在安装多股导线后,万一软导线中的一股导线脱开,这一股导线也不可能与下列零部件之间发生意外接触:

- 可触及的导电零部件;或
- 仅用附加绝缘与可触及的导电零部件隔离的不接地的导电零部件。

G.7.6.2.2 试验方法和合格判据

通过检查,以及下列试验来检验是否合格,除非采用防止线束脱开的方法制备专用软线。

从具有相应标称截面积的软导线端部剥去约 8 mm 长的绝缘层。使该多股导线中的一根导线悬空,而将其余导线全部嵌入并夹紧在接线端子上。在不向后撕裂绝缘层的条件下,将这根悬空的线沿每一个可能的方向弯曲,但不要围绕隔离保护物锐弯。

如果导线是 ES3 能量源,则这根悬空导线不得接触到任何可触及的导电零部件,或与可触及导电零部件连接的任何导电零部件,或者如果是双重绝缘的设备,这根悬空导线不得接触到仅用附加绝缘与可触及导电零部件隔离的任何导电零部件。

如果导线接在接地端子上,则这根悬空导线不得接触到任何 ES3 能量源。

G.8 压敏电阻器

G.8.1 基本要求

压敏电阻器应符合 IEC61051-2:1991+Amd1:2009 或 IEC61643-331:2017,不论其是否具有防火

防护外壳,都要考虑下列所有要求。

—优先气候类别(GB/T10194—1997的 2.1.1):

- 下限类别温度: -10 °C;
- 上限类别温度: +85 °C;
- 稳态湿热试验的持续时间: 21d;

或者

优先气候类别(IEC61643-331:2017的 4.1):

- 下限类别温度: -40 °C;
- 上限类别温度: +85 °C;
- 相对湿度: 25%~75%。

—最大连续电压:

- 至少为设备额定电压的 1.25倍,或
- 至少为设备额定电压范围的上限电压的 1.25倍。

注 1: 最大连续电压不限于 GB/T10194—1997的 2.1.2的规定或 IEC61643-331:2017中表 1或表 2的值,可以采用其他电压。

—组合脉冲(IEC61051-2:1991+Amd1:2009的表 I:组别 1或 IEC61643-331:2017中 8.1.1的图 4)。

对该项试验,按照 IEC61051-2:1991+Amd1:2009的 2.3.6或 IEC61643-331:2017中 8.1.1的图 4选择组合脉冲。试验由 10个正极性脉冲或 10个负极性脉冲组成,每个脉冲的电压波形为 1.2/50 μ s,电流波形为 8/20 μ s。

选择组合脉冲时,交流电网电源电压和过电压类别见表 12。

电网电源电压低于 300V时按 300V考虑。

对于表 12中的过电压类别 IV,除 600 V 采用 8kV/4kA 的组合脉冲外,对其他电压应采用 6kV/3kA 的组合脉冲。作为替换的方法,在考虑标称电网电源电压和过电压类别的情况下,可以接受 IEC61051-2:1991+Amd1:2009的组合脉冲试验(IEC61051-2:1991+Amd1:2009中 2.3.6,表 1的组别 1和附录 A)或 IEC61643-331:2017中 8.1.1的图 4的组合脉冲试验。

试验后,压敏电阻器采用制造商规定的电流测量,其压敏电压与试验前相比变化不得大于 10%。

浪涌抑制用压敏电阻器的本体材料应通过 GB/T5169.5—2020的针焰试验,严酷等级如下:

—试验火焰施加持续时间:10 s;

—余焰燃烧时间:5 s。

如果浪涌抑制用压敏电阻器的本体材料符合 V-1级材料,则不需要进行针焰试验。

注 2: 压敏电阻器有时指 MOV或 VDR。

注 3: 标称压敏电压是指在规定的直流电流下,用作元器件特性中的参考点的电压(见 GB/T10193)。

G.8.2 着火的安全防护

G.8.2.1 基本要求

本条适用于如下用作防火安全防护的压敏电阻器:

- 当选择 6.4.1的“减小引燃的可能性”的方法时;或
- 当选择 6.4.1的“控制火焰蔓延”的方法,并且外壳由可燃材料制成且距离压敏电阻器小于 13 mm时。

本条中的安全防护不适用于在抑制电路中使用、其按照 GB/T10193规定的标称压敏电压高于电网电源瞬态电压的压敏电阻器。

压敏电阻器应被认为是 PIS。

G.8.2.2的压敏电阻器过载试验和 G.8.2.3的暂态过电压试验应按照表 G.10根据最大连续交流电压进行。

表 G.10 压敏电阻器的过载和瞬时过电压试验

压敏电阻器最大连续交流电压	连接点		
	L到 N或 L到 L	L到 PE	N到 PE
$1.25 \times V_r \sim 2 \times V_r$	G.8.2.2	G.8.2.2和 G.8.2.3	G.8.2.2和 G.8.2.3
$2 \times V_r \sim 1200 + 1.1 \times V_r$	不进行试验	G.8.2.3	G.8.2.3
大于 $1200 + 1.1 \times V_r$	不进行试验	不进行试验	不进行试验
V_r 为设备额定电压或者额定电压范围的上限值			

G.8.2.2 压敏电阻器过载试验

对于跨接在电网电源间(L到 L或 L到 N)、相线到保护地(L到 PE)或中线到保护地(N到 PE)的压敏电阻器或者包含压敏电阻器的浪涌抑制电路,按表 G.10的要求进行如下模拟试验。

应采用以下的试验模拟电路:

- 电压为交流的 $2 \times V_r$;
- 电流按串联到交流电源的试验电阻 R_x 计算;
- V_r 为设备额定电压或者额定电压范围的上限值。

试验应使用初始测试电阻 $R_1 = 16 \times V_r$ 来进行。

如果开始施加试验电流时电阻没有立即断开,试验应持续到温度稳定(见 B.1.5)。

随后,试验应换用新的 R_x (R_2 、 R_3 、 R_4 等)重复试验直到电路断开,其中:

- $R_2 = 8 \times V_r \Omega$;
- $R_3 = 4 \times V_r \Omega$;
- $R_4 = 2 \times V_r \Omega$;
- $R_x = 0.5 \times (R_{x-1}) \times V_r \Omega$ 。

可能受此试验影响的与压敏电阻器并联的元器件应断开。

试验期间和试验后,应无着火的危险,除试验中的压敏电阻器外,设备的安全防护应保持有效。

试验期间,电路可以:

- 由于保护装置,例如熔断器、热熔断体的动作而开路;或
- 由于 GDT动作而闭合。

G.8.2.3 暂态过电压试验

暂态过电压试验采用如下适用的试验方式模拟:

对于连接在电网电源导体和地之间包含压敏电阻器的浪涌抑制电路,按照 GB/T18802.11—2020 的 8.3.8.1和 8.3.8.2进行试验。可以用 B.4.8的合格判据作为 GB/T18802.11—2020的合格判据的替代。

如果是浪涌抑制电路,试验前要进行 G.8.1规定的组合脉冲试验。

试验期间,电路可以:

- 由于保护装置,例如热熔断体的动作而开路;或

— 由于 GDT 的动作而闭合。

注：对不同的配电系统，暂态过电压的定义见 GB/T18802.11—2020 的附录 B。
可能受此试验影响的与压敏电阻器并联的元器件应断开。

G.9 IC 限流器

G.9.1 要求

为限制功率源中的电流，以便使可获得的输出功率成为 PS1 或 PS2 而使用的 IC 限流器，如果满足下列所有条件，则不用对其输入到输出进行短路：

- 在正常工作条件下，并考虑了任何规定的漂移，IC 限流器能将电流限制在制造商规定的电流值（不大于 5A）；
- IC 限流器是全电子的，且不能手动操作或复位；
- IC 限流器的输出电流被限制在 5A 或以下（规定的最大负载）；
- 在每项条件试验后，IC 限流器将电流或电压限制在要求值以内，按适用情况考虑制造商规定的漂移值；和
- G.9.2 规定的试验程序。

G.9.2 试验程序

试验程序由表 G.11 中列出的性能试验组成。

由制造商提供下列规格用于试验：

- 电源限制/规格（如果小于 250VA）；
- 最大输入电压（伏）；
- 最大输出负载（安）。

使用 6 个样品进行试验如下：

- 样品 1：第 1 行；
- 样品 2：第 2 行和第 3 行；
- 样品 3：第 4 行和第 5 行；
- 样品 4：第 6 行；
- 样品 5：第 7 行；
- 样品 6：第 8 行。

试验用电源要至少能提供 250 VA 的容量，除非 IC 限流器具有较低的规格或在最终产品中进行试验。

表 G.11 IC 限流器性能试验程序

行号	试验类别	试验条件	循环次数	器件预处理 温度/°C ^{a, b, c}	器件使能 电压	器件输入电压	器件输出负载 (安培) 到 RTN ^{d, e}
1	启动	使能端循环	10000	25	关闭然后 打开	最大值(额定)	最大值(额定)
2	启动	使能端循环	50	70	关闭然后 打开	最大值(额定)	0Ω 470 μF
3	启动	使能端循环	50	-30	关闭然后 打开	最大值(额定)	0Ω 470 μF

表 G.11 IC限流器性能试验程序 (续)

行号	试验类别	试验条件	循环次数	器件预处理 温度/°C ^{a, b, c}	器件使能 电压	器件输入电压	器件输出负载 (安培) 到 RTN ^{d, e}
4	启动	功率输入端循环	50	70	打开	最大值(额定)	0Ω 470 μF
5	启动	功率输入端循环	50	-30	打开	最大值(额定)	0Ω 470 μF
6	短路	功率输出端短路	50	70	打开	最大值(额定)	开路至 0Ω (开路至短路)
7	过载	使能端循环	50	25	关闭然后 打开	最大值(额定)	150%最大值
8	过载	功率输入端循环	50	25	打开	最大值(额定)	150%最大值
RTN: 回路 : 并联 ^a T _{ms} 不适用。 ^b 偏差为 ±2 °C。 ^c 试验前样品预处理 3h。 ^d 偏差为 ±20%。 ^e 负载由适当额定值的电容器和导线并联实现, 以提供与短路 0Ω阻性负载相似的特性。电容器电压额定值不 低于被测试元器件的最大电压额定值。							

G.9.3 合格判据

在试验程序后,器件应能按其适用的规格限制电流或器件开路。器件开路时,用新的样品替换并继续进行适用的试验。

G.10 电阻器

G.10.1 基本要求

本条中的每项试验要用 10个样品。样品是单独使用的单个电阻器或是在设备中使用的一个电阻器组。在每项试验前,测量样品的电阻值,然后进行 G.10.2的预处理。

G.10.2 预处理

样品应承受 GB/T2423.3规定的湿热试验,并采用下列的规定:

- 温度:40 °C±2 °C;
- 相对湿度:(93±3) %;
- 试验时间:21d。

G.10.3 电阻器试验

然后每个样品承受 10个交替极性的脉冲,试验使用表 D.1中电路 2的脉冲试验发生器。连续脉冲之间的间隔时间为 60s,U_c等于适用的要求的耐压。

试验后,每个样品的电阻值的变化不得超过 10%。不允许失效。
当确定是否符合表 4 的规定时,用 10 个已试验的样品中最低电阻值的样品来测量电流。

G.10.4 电压浪涌试验

每个样品承受由表 D.1 中电路 3 的脉冲试验发生器产生的 50 次放电,每分钟不大于 12 次, U_c 等于 10 kV。

试验后,每个样品的电阻值变化量不得超过 20%。不允许失效。

G.10.5 脉冲试验

每个样品承受由表 D.1 中电路 1 的脉冲试验发生器产生的 10 个交替极性的脉冲, U_c 按适用的情况,等于 4 kV 或 5 kV(见表 13),各脉冲之间的间隔时间最小为 60 s。

试验后,每个样品的电阻值变化量不得超过 20%。不允许失效。

G.10.6 过载试验

每个样品承受这样一个电压,该电压值为:在设备内接一个电阻器,其电阻值等于规定的额定值,当设备在故障条件下工作时,测量该电阻器上流过的电流值。把通过受试电阻器的电流加到所测得的电流值的 1.5 倍。试验期间使该电压保持不变。试验持续直到达到热稳定状态。

试验后,每个样品的电阻值变化量不得超过 20%。不允许失效。

G.11 电容器和 RC 单元

G.11.1 基本要求

本条规定了用作安全防护的电容器和 RC 单元或分立元器件组成的 RC 单元试验时的处理要求,并规定了符合 GB/T 6346.14 的电容器和 RC 单元的选用规则。

G.11.2 电容器和 RC 单元的预处理

当 5.5.2.1 有要求时,在按 GB/T 6346.14 的要求评定电容器或 RC 单元时,采用下列的预处理。

GB/T 6346.14—2015 中 4.12 规定的稳态湿热试验的时间应为 21 d,温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 $(93 \pm 3)\%$ 。

在上述试验时,电容器承受试验的时间大于 21 d 认为是可以接受的。

G.11.3 电容器的选用规则

按照表中应用规则,从表 G.12 所列的分类别中选择适当的电容器类别。

表 G.12 GB/T6346.14中电容器的额定值

GB/T6346.14中电容器的分类	电容器的额定电压 (有效值) V	电容器型式试验的 脉冲电压(峰值) kV	电容器型式试验的 电压(有效值) kV
Y1	≤ 500	8	4
Y2	$150 > \sim \leq 300$	5 ^a	1.5
Y4	≤ 150	2.5	0.9
X1	≤ 760	4 ^a	—
X2	≤ 760	2.5 ^a	—
本表的应用规则如下。 1) 电容器的电压额定值应至少等于按 5.4.1.8.2确定的该被桥接的绝缘上的有效值工作电压。作为表中要求的例外,可以使用 1个 Y2电容器用于要求 2.5kV的情况。 2) 对用作功能绝缘的单个电容器(X类),该电容器失效不得导致安全防护的失效,型式试验脉冲电压应至少等于要求的耐压。 3) 允许使用如下比规定等级更高的电容器: — 如果规定使用 Y2类,则允许使用 Y1类; — 如果规定使用 Y4类,则允许使用 Y1类或 Y2类; — 如果规定使用 X1类,则允许使用 Y1类或 Y2类; — 如果规定使用 X2类,则允许使用 X1类,Y1类或 Y2类。 4) 允许使用如下的两个或更多的电容器串联代替规定的单个电容器: — 如果规定使用 Y1类,则允许使用 Y1类或 Y2类; — 如果规定使用 Y2类,则允许使用 Y2类或 Y4类; — 如果规定使用 X1类,则允许使用 X1类或 X2类。 5) 如果两个或多个电容器串联使用,则它们应符合 5.5.2.1,和按适用的情况,符合上述其他规则			
^a 对电容量大于 1 μ F的电容器,这个试验电压用因数 C来减小,其中 C是以 μ F为单位的电容量值。			

G.12 光电耦合器

光电耦合器应符合 IEC60747-5-5:2007的要求。在适用 IEC60747-5-5:2007时:

- 按 IEC60747-5-5:2007中 7.4.3的规定进行型式试验时,其电压 V_{ma} 应至少等于本文件 5.4.9.1中相应的试验电压值;和
- 按 IEC60747-5-5:2007中 7.4.1的规定进行例行试验时,其电压 V_{mb} 应至少等于本文件 5.4.9.2中相应的试验电压值。

G.13 印制板

G.13.1 基本要求

对于印制板上的基本绝缘,附加绝缘,加强绝缘或双重绝缘应符合下列规定。
本要求也适用于平面变压器的绕组。

G.13.2 未涂覆的印制板

未涂覆的印制板的外表面上的导体之间的绝缘应符合 5.4.2的最小电气间隙和 5.4.3的最小爬电距离的要求。

通过检查和测量来检验是否合格。

G.13.3 涂覆的印制板

以下规定了印制板在涂覆涂层前的间隔距离的要求。

评定有涂层印制板的替代方法在 GB/T16935.3 中做出规定。

对外表面涂覆有适当涂层材料的印制板,表 G.13 的最小间隔距离适用于印制板涂覆前的导电部分。

双重绝缘和加强绝缘应通过 5.4.9.2 的抗电强度例行试验。

两个导电部分任意一个或两个,以及该导电部分之间的沿表面的整个间隔应有涂层。

5.4.2 的最小电气间隙和 5.4.3 的最小爬电距离适用于下述情况:

- 当不满足上述条件时;
- 在任意两个未涂覆的导体之间;
- 在涂层外面。

通过检查和测量,并考虑图 O.11 和图 O.12,以及通过 G.13.6 的试验来检验是否合格。

表 G.13 涂覆印制板的最小间隔距离

工作电压的峰值 V 小于或等于	基本绝缘或附加绝缘 mm	加强绝缘 mm
71°	0.025	0.05
89°	0.04	0.08
113°	0.063	0.125
141°	0.1	0.2
177°	0.16	0.32
227°	0.25	0.5
283°	0.4	0.8
354°	0.56	1.12
455°	0.75	1.5
570	1.0	2.0
710	1.3	2.6
895	1.8	3.6
1135	2.4	3.8
1450	2.8	4.0
1770	3.4	4.2
2260	4.1	4.6
2830	5.0	5.0
3540	6.3	6.3
4520	8.2	8.2
5660	10	10
7070	13	13

表 G.13 涂覆印制板的最小间隔距离 (续)

工作电压的峰值 V 小于或等于	基本绝缘或附加绝缘 mm	加强绝缘 mm
8910	16	16
11310	20	20
14140	26	26
17700	33	33
22600	43	43
28300	55	55
35400	70	70
45200	86	86
允许在最邻近的两点间使用线性内插法,所计算的最小间隔距离值进位到小数点后 1 位		
a 不需要进行 G.13.6 的试验。		

G.13.4 在印制板相同内表面上的导体间的绝缘

以下规定了在多层板的同一个内层的绝缘的要求。

在多层印制板的同一个内表面上(见图 O.14),任意两个导体之间的路径应符合 5.4.4.5 对黏合接缝的要求。

G.13.5 在印制板不同表面上的导体间的绝缘

以下规定了在多层板的不同层的绝缘的要求。

对基本绝缘,没有厚度要求。

对双面单层印制板、多层印制板和金属线芯印制板,在不同表面上的导电部分之间的附加绝缘或加强绝缘,应具有由单层提供的至少 0.4mm 的厚度,或符合表 G.14 的绝缘规格之一并通过相关的试验。

表 G.14 印制板的绝缘

绝缘规格	型式试验 ^a	抗电强度例行试验 ^c
包括预浸材料在内的两层薄层绝缘材料 ^b	不要求	要求
包括预浸材料在内的三层或三层以上的薄层绝缘材料 ^b	不要求	不要求
在 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 的温度下在金属基板上固化陶瓷涂层的绝缘结构	不要求	要求
在 $< 500^{\circ}\text{C}$ 的温度下在金属基板上固化的具有 2 层或 2 层以上涂层的绝缘结构	要求	要求
注 1: 预浸材料这一术语指的是浸渍半固化树脂的单层玻璃纤维材料。 注 2: 对陶瓷的定义,见 GB/T2900.5—2013,212-15-25。		
^a G.13.6.2 的热处理后立即进行 5.4.9.1 的抗电强度试验。		
^b 层数在固化之前计数。		
^c 抗电强度试验在成品印制线路板上进行。		

G.13.6 涂覆印制板的试验

G.13.6.1 样品制备和预备检查

需要取三块印制板样品(或者对 G.14 的涂覆元器件而言,取两个元器件和一块印制板),样品上标上 1 号、2 号和 3 号。既可以使用实际的印制板,也可以采用专门制作的、有代表性涂层和最小间隔的样品板。每一个样品板应代表实际使用的最小间隔距离和涂层。每一个样品都要承受通常在设备组装过程中要承受的全部制造工序,包括在设备组装过程中要进行的焊接和清洗工序。

在目测检查时,印制板上的涂层不得有针孔或气泡,在拐角处不能有导电通路裸露的痕迹。

G.13.6.2 试验方法和合格判据

1 号样品要承受 5.4.1.5.3 的热循环顺序。

2 号样品要放在鼓风烘箱内进行老化,老化温度和时间从图 G.3 中对应涂覆印制板最高工作温度所对应的温度指数线来选定。烘箱的温度要保持在规定温度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 范围以内。确定温度指数线所使用的温度为该印制板上与安全有关的部位的最高温度值。

在使用图 G.3 时,可以在相邻的温度指数线之间使用内插法。

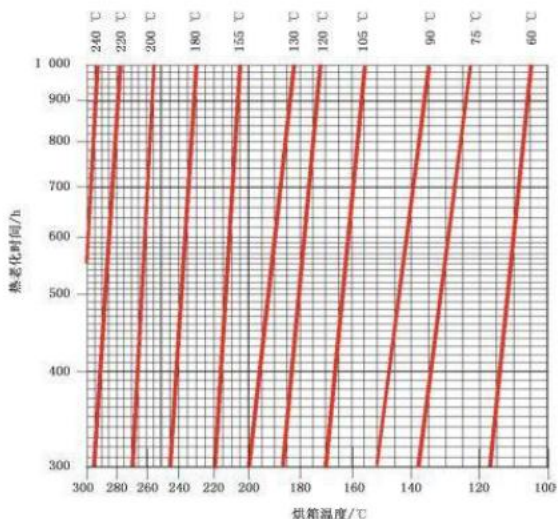


图 G.3 热老化时间

然后 1 号和 2 号样品承受 5.4.8 的湿热处理,并应在导体之间承受 5.4.9.1 的抗电强度试验。

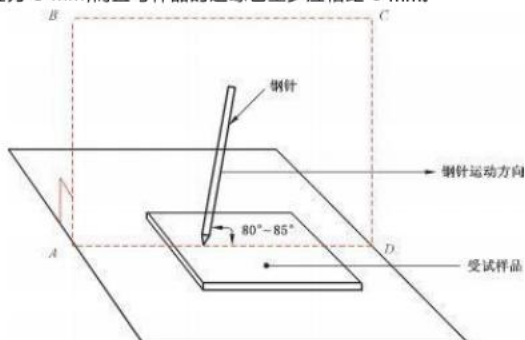
3 号样品板应承受下列试验:

进行划痕试验时,划痕应划过五对导电部分,包括其中间间隔,中间间隔应是试验时承受电位梯度最大的部位。

进行划痕试验时,使用淬硬的钢针来进行划痕,钢针的端部应是呈锥形,顶角为 40° ,其尖端应倒圆抛光,倒圆半径为 $0.25\text{ mm} \pm 0.02\text{ mm}$ 。

进行划痕试验时,应如图 G.4 所示,在垂直于导体边缘的平面内,沿样品表面以 $20\text{ mm/s} \pm 5\text{ mm/s}$

的速度进行划痕。对钢针应加上适当的负载,以使该钢针沿其轴线方向能施加 $10\text{N} \pm 0.5\text{N}$ 的作用力,各道划痕间隔至少应为 5mm ,而且与样品的边缘也至少应相距 5mm 。



注:钢针处在与受试样品垂直的 ABCD 平面内。

图 G.4 涂层耐划痕试验

试验后,涂层不得松脱,也不得被刺透,并且在导体之间应能承受 5.4.9.1 规定的抗电强度试验。在金属芯印制板中,衬底应为其中一个导体。

如果要对印制板施加机械应力或弯曲力时,则可能需要附加试验,以证明是否出现开裂(见 GB/T16935.3)。

G.14 元器件端子的涂覆

G.14.1 要求

本条规定了元器件端子涂覆和类似情况的要求。采用涂覆减小电气间隙和爬电距离的要求如下。

在元器件的外部端子上可以使用涂层,以增加有效电气间隙和爬电距离(见图 O.11)。表 G.13 的最小间隔距离适用于涂覆前的元器件,且涂层应满足 G.13.3 的所有要求。端子的机械排列和刚性应确保在正常处置、装入设备和后续使用时,端子不会发生变形而使涂层开裂,或使导电部分之间的间隔距离减少到小于表 G.13 的规定值(见 G.13.3)。

G.14.2 试验方法和合格判据

通过检查并考虑图 O.11,以及通过进行 G.13.6 规定的顺序试验来检验是否合格。这些试验要在包含元器件的一个完整的组件上进行。

G.13.6.2 的耐划痕试验应采用按 G.13.6.1 对 3 号样品的规定而专门制备的印制板样品进行试验。只是该印制板样品的导电部分之间的间隔距离应是组件中所使用的有代表性的最小间隔和最大电位差。

G.15 加压充液的元器件

G.15.1 要求

位于设备内部的充液的元器件(LFC)应符合下列所有要求:

- 可燃或导电液体应储存在容器内,且 LFC 应通过 G.15.2.3、G.15.2.4、G.15.2.5 和 G.15.2.6 的试验;

- 对这种液体应提供符合第 7 章(有害物质)的保护;
- 容器系统的非金属部分应承受 G.15.2.1 和 G.15.2.2 的试验;
- LFC 安装在设备内的安装方式,应使其管道不会接触到尖锐的边缘或可能会损坏该管道的任何其他表面,且如果该 LFC 爆裂或释放其压力,则其液体不能使安全防护失效。

试验的顺序不做规定。这些试验可以在单独的样品上进行,除了 G.15.2.1 的试验要在 G.15.2.2 的试验后进行。

G.15.2 试验方法和合格判据

G.15.2.1 静水压力试验

通过评定所提供的数据或通过下列的试验来检验是否合格。和大气相通的或非压力型 LFC(例如墨盒)不承受本试验。

1 个 LFC 样品在室温下和下列的最大压力下承受 2 min 静水压试验:

- 由制造商规定的在正常工作条件期间达到最高温度时的最大工作压力的 3 倍;和
- 在施加 B.3 的异常工作条件和 B.4 的单一故障工作条件下达到最高温度时测得的最大工作压力的 2 倍。

G.15.2.2 抗蠕变试验

2 个 LFC 样品,其中一个或多个部分由非金属材料制成,应放置在气流充分循环、温度为 87 °C 的烘箱内处理 14d。在该处理后,LFC 系统应符合 G.15.2.1 的试验,且非金属部分应无劣变的迹象,例如裂痕和脆化。

G.15.2.3 管道和配件的兼容性试验

用管道和相关配件的材料制成的 10 个 LFC 样品,其中一个或多个部分由非金属材料制成,应按 GB/T1040(所有部分)进行拉伸强度试验。5 个样品按接收的状态进行试验,另外 5 个样品应在充满规定液体并保持在 38 °C 的水槽内处理 40d 后进行试验。这些组件的内部压强和大气压保持一致。处理后的拉伸强度不得低于处理前的拉伸强度的 60%。

另一种方法是,在被测试的组件适合于拉伸强度试验的情况下,对成品 LFC 组件的 5 个样品进行测试。用预定液体填充且内部压强和大气压保持一致的成品组件的样品,在气流充分循环、温度为 38 °C 的烘箱内处理 40d。

G.15.2.4 振动试验

1 个 LFC 或含有 LFC 的设备的样品,应用螺纹件、夹紧件或绑带缠绕住该样品元器件,按 GB/T2423.10 的规定,以其正常使用的位置固定在振动台上。振动方向为垂直,且严酷度为:

- 持续时间:30 min;
- 振幅:0.35 mm;
- 频率范围:10 Hz, 55 Hz, 10 Hz;
- 扫频速率:约每分钟一个倍频程。

G.15.2.5 热循环试验

1 个 LFC 样品承受 3 次这样的循环:在正常工作条件、B.3 的异常工作条件和 B.4 的单一故障条件下所获得的最高温度高 10 °C 的温度下处理 7h,接着在室温下保持 1h。

注:LFC 在上述试验期间不通电。

G.15.2.6 作用力的试验

1个 LFC样品承受 T.2(对熟练技术人员可触及的相关部件,施加 10 N 的力)和 T.3(对受过培训的人员或对一般人员可触及的相关部件,施加 30N的力)的试验。

G.15.3 合格判据

通过检查和评定所提供的数据,或通过 G.15.2的试验来检验是否合格。在这些试验期间和试验后,应无破裂、无泄露和无任何连接点或部件松动。

G.16 含有电容器放电功能的 ICX(ICX)

G.16.1 要求

ICX以及任何与电容器到可触及零部件的放电功能相关的关键元器件(例如电网电源电容器),如果满足以下任一条件,则不需要进行故障测试:

- 设备中带有相关电路的 ICX符合 G.16.2的试验。断开能衰减加到 ICX及其关联电路上的脉冲的任何脉冲衰减元器件(如压敏电阻器和 GDT);或
- 单独试验的 ICX满足 G.16.2的要求。如果需要 ICX的外部放电元器件,则:
 - 这些元器件应包含在 G.16.2试验中,和
 - 设备中使用的放电元器件应在测试范围内。

G.16.2 试验

如果对 ICX本体进行试验,应按 ICX制造商推荐的试验设置。

- 进行 5.4.8的湿热处理 120h。
- 在相线和中线之间施加 100个正极性脉冲和 100个负极性脉冲,使用 ICX制造商规定的最小电容量的电容器和最小电阻值的电阻。任意两个脉冲之间的时间间隔不得小于 1s。脉冲应是表 D.1电路 2规定的脉冲, U_c 等于按 5.4.2.3.2.2确定的瞬态电压;脉冲需叠加在电网电源电压上。电网电源电压为以下最大值:
 - 设备的额定电压范围,当在设备内测试时,或
 - ICX制造商规定的最大电网电源电压,单独测试时。
- 施加等于 120%额定电压的交流电网电源电压 2.5 min。
- 进行 10000次电源的通断循环。如果 ICX单独测试,应使用 ICX制造商规定的最大电容量的电容器和最小电阻值的电阻。电源的通断循环时间不得小于 2 s。

除了放电功能关键元器件外,如果关联电路中的任何元器件失效,可以用新的元器件替代。

G.16.3 合格判据

通过评定可用数据,或进行以上试验来检验是否合格。以上试验后要进行电容器的放电试验,以确保 ICX或者包含 ICX的 EUT持续提供安全防护的功能。

注:可用数据评定应包括能使放电功能保持在开启/保持状态的任何关联电路元器件的故障信息。

附录 H (规范性) 电话振铃信号准则

H.1 基本要求

本附录规定的两种可供选择的方法反映了世界不同地区所取得的令人满意的经验。方法 A 是欧洲典型的模拟电话网络,而方法 B 是北美典型的模拟电话网络。这两种方法形成了大体上相同的电气安全标准。

H.2 方法 A

本方法要求,在任意两个导体之间或在一个导体和保护地之间,通过 5000Ω 电阻器的电流 I_{TS1} 和 I_{TS2} 不超过如下所规定的限值。

- a) 对正常工作条件,在任何单个工作振铃周期 t_1 (如图 H.1 的定义) 内,由计算的或测量的电流来确定的电流 I_{TS1} 不超过:

一对韵律振铃($t_1 < \infty$),由图 H.2 的曲线在 t_1 处给出的电流值;

一对连续振铃($t_1 = \infty$),16 mA。

I_{TS1} ,单位为毫安(mA),由式(H.1)、式(H.2)及式(H.3)给出:

$$I_{TS1} = \frac{I_p}{2} \quad (t_1 \leq 600 \text{ ms}) \quad \dots \dots \dots \text{(H.1)}$$

$$I_{TS1} = \frac{t_1 - 600}{600} \times \frac{I_{pp}}{2} + \frac{1200 - t_1}{600} \times \frac{I_p}{2} \quad (600 \text{ ms} < t_1 < 1200 \text{ ms}) \quad \dots \dots \text{(H.2)}$$

$$I_{TS1} = \frac{I_{rr}}{2} \quad (t_1 \geq 1200 \text{ ms}) \quad \dots \dots \dots \text{(H.3)}$$

式中:

I_p —图 H.3 给出的相关波形的峰值电流,单位为毫安(mA);

I_{pp} —图 H.3 给出的相关波形的峰-峰值电流,单位为毫安(mA);

t_1 —单位为毫秒(ms)。

- b) 对正常工作条件,在一个振铃韵律周期 t_2 (如图 H.1 的定义) 内,所计算的韵律振铃信号的重叠脉冲串的平均电流 I_{TS2} 不超过 16 mA 有效值。

I_{TS2} ,单位为毫安(mA),由式(H.4)给出:

$$I_{TS2} = \left[\frac{t_1}{t_1} \times I_{TS1} + \frac{t_2 - t_1}{t_2} \times \frac{I_{dc}}{3 \sqrt{5}} \right]^{1/2} \quad \dots \dots \dots \text{(H.4)}$$

式中:

I_{TS1} —按 H.2 a) 给出,单位为毫安(mA);

I_{dc} —在韵律周期的非工作周期的期间内,流过 5000Ω 电阻器的直流电流,单位为毫安(mA);

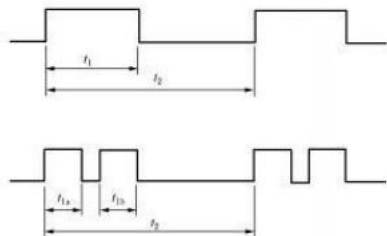
t_1 和 t_2 —单位为毫秒(ms)。

注:电话振铃电压的频率通常在 14 Hz~50 Hz 的范围内。

- c) 在单一故障条件下,包括韵律振铃变成连续的情况下:

— I_{TS1} 不得超过图 H.2 的曲线给出的电流值,或 20 mA,取其较大者;和

— I_{TS2} 不得超过 20 mA 的限值。



注： t_1 是，

—单个振铃周期的持续时间。在该单个振铃周期的全部时间内，振铃工作。

—在单个振铃周期内，振铃工作周期的总和。在这里，单个振铃周期包括两个或多个不连续的振铃工作周期， $t_1 = t_{1a} + t_{1b}$ 。

t_2 是一个完整韵律周期的持续时间。

图 H.1 振铃期间和韵律周期的定义

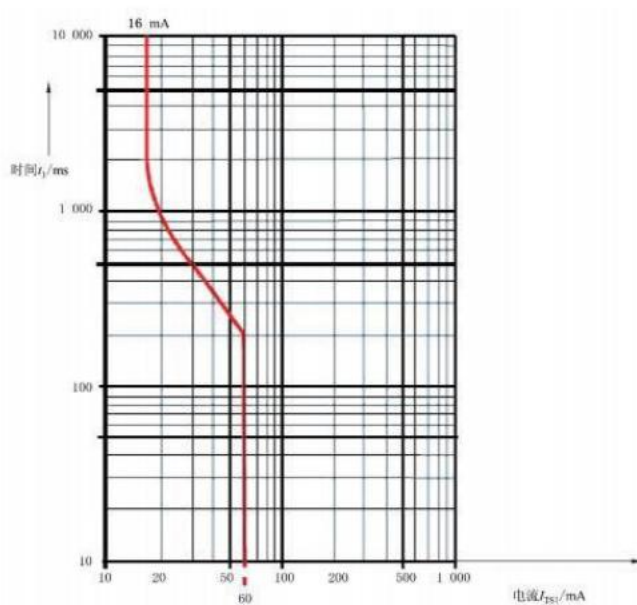


图 H.2 韵律振铃信号的 I_{TSI} 限值曲线

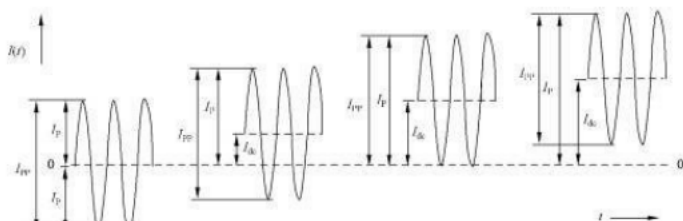


图 H.3 峰值和峰-峰值电流

H.3 方法 B

H.3.1 振铃信号

H.3.1.1 频率

振铃信号的频率仅应使用其基频分量等于或低于 70 Hz 的频率。

H.3.1.2 电压

在跨接至少 1 MΩ 的电阻上测得的振铃电压应小于 300 V 峰-峰值, 和对地电压应小于 200 V 峰值。

H.3.1.3 韵律

在不大于 5 s 的间隔期间, 振铃电压应中断, 以产生至少 1 s 的静音间隔时间。在该静音间隔时间期间, 对地电压不得超过 60 V 直流值。

H.3.1.4 单一故障电流

如果因单一故障的结果, 使韵律振铃变成了连续, 则流过连接在任意两个导体之间, 或一个输出导体和地之间的 5000 Ω 电阻的电流, 不得超过 56.5 mA 峰-峰值, 如图 H.3 所示。

H.3.2 脱开装置和监视电压

H.3.2.1 使用脱开装置或监视电压的条件

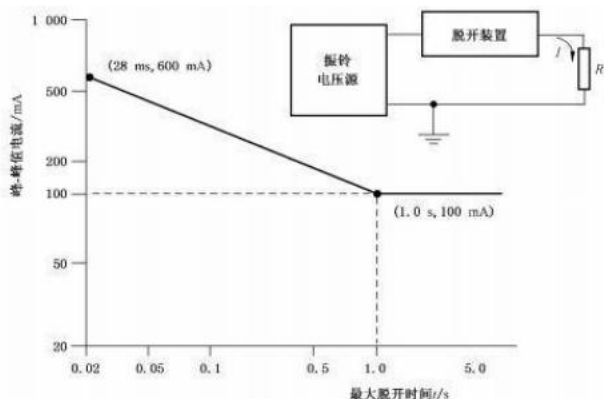
振铃信号电路应含有 H.3.2.2 规定的脱开装置, 或提供 H.3.2.3 规定的监视电压, 或者同时包含这两者, 取决于流过连接在振铃信号发生器和地之间的规定电阻的电流, 举例如下。

- 如果流过 500 Ω 或更大的电阻器的电流不超过 100 mA 峰-峰值, 则既不需要脱开装置, 也不需要监视电压。
- 如果流过 1500 Ω 或更大的电阻器的电流超过 100 mA 峰-峰值, 则振铃源应含有脱开装置。如果在 $R \geq 500 \Omega$ 时, 脱开装置满足图 H.4 规定的脱开特性, 则不需要监视电压。但是, 如果只有在 $R \geq 1500 \Omega$ 时, 脱开装置才能满足该规定的脱开特性, 则振铃源还需提供监视电压。
- 如果流过 500 Ω 或更大的电阻器的电流超过 100 mA 峰-峰值, 但流过 1500 Ω 或更大的电阻的电流不超过该值, 则:
 - 应提供一个脱开装置, 在 $R \geq 500 \Omega$ 时具有满足图 H.4 规定的脱开特性; 或
 - 应提供监视电压。

注 1: 一般情况下, 脱开装置是电流敏感型的, 且由于其设计上电阻/电流特性和时间延迟/响应的原因, 脱开装置不

具有线性响应。

注 2: 为缩短试验时间, 通常使用可变电阻器箱。



注 1: t 是从电阻 R 接到电路时起测量的脱开时间。

注 2: 曲线的倾斜部分按 $I = \frac{100}{t}$ 来规定。

图 H.4 振铃电压脱开特性

H.3.2.2 脱开装置

一种串联在振铃导线中的、将会按图 H.4 的规定脱开振铃信号的电流敏感型脱开装置。

H.3.2.3 监视电压

每当振铃电压不出现(空闲状态)时, 触头或振铃导线上的对地电压, 其大小至少为 19V 峰值, 但不超过 60V 直流值。

附录 I

(资料性)

过电压类别

(见 GB/T16895.10—2010)

对直接由交流电网电源供电的设备要使用过电压类别的概念。

对连接到电网电源的设备,在其电源输入接口处可能承受的最大瞬态电压就通称为电网电源瞬态电压。在本文件中,连接到电网电源的电路中绝缘的最小电气间隙就是基于该电网电源瞬态电压。

按 GB/T16935.1—2008的规定,电网电源瞬态电压值取决于电网电源电压和过电压类别 I ~ IV (见表 12)。

因此,对预定要连接到电网电源的每个设备需要确定其过电压类别(见表 I.1)。

过电压类别是具有概率统计的含义,而并非是设施中瞬态电压下降的实际衰减的含义。

注 1: 在 GB/T16895.10—2010第 443章中使用了过电压类别的这一概念。

注 2: 本文件中的过电压类别术语是在 GB/T16895.10—2010第 443章中使用的脉冲耐压类别的同义语。

在本文件中的有关直流配电系统不使用过电压类别的术语。

表 I.1 过电压类别

过电压类别	设备及设备连接在交流电网电源的位置	设备的例子
IV	连接在交流电网电源进入建筑物端的设备	- 电表 - 用于远程电测量的通信信息技术设备
III	和建筑物配线形成一个整体部分的设备	- 器具输出插座、熔断器板和开关板 - 电源监视设备
II	由建筑物配线供电的可插式或永久性连接式设备	- 家用电器、便携式工具、家庭用电子设备 - 在建筑物内使用的大多数信息技术设备
I	连接到已采取减小瞬态电压措施的专用电网电源的设备	通过外部滤波器或发动机驱动的发电机供电的信息技术设备

附录 J

(规范性)

无需使用隔层绝缘的绝缘绕组线

J.1 基本要求

以下规定了其绝缘可以用来在无需隔层绝缘的绕组元件内提供基本绝缘、附加绝缘、双重绝缘或加强绝缘的绕组线的要求。

本附录适用于：

- 直径在 0.01 mm 和 5.0 mm 之间的圆形实心绕组线，以及具有等效截面积的多股绕组线；和
- 截面积在 0.03 mm² 和 19.6 mm² 之间的方形实心绕组线和扁平(平面弯曲)实心绕组线。

注：叠加层的最小数量见 G.6.1。

J.2 型式试验

J.2.1 基本要求

除非另有规定，否则绕组线应通过下列的型式试验，试验应在温度 15 °C ~ 35 °C，相对湿度 45% ~ 75%的条件下进行。

J.2.2 抗电强度

J.2.2.1 圆形实心绕组线和多股绕组线

J.2.2.1.1 导体标称直径小于或等于 0.1mm 的绕组线

按 IEC60851-5:2008 中 4.3 要求准备试验样品。然后样品承受 5.4.9.1 的抗电强度试验，绕组线导体和金属棒之间的最小试验电压应为：

- 一对加强绝缘，3kV 有效值或 4.2kV 峰值，或
- 一对基本绝缘或附加绝缘，1.5kV 有效值或 2.1kV 峰值。

J.2.2.1.2 导体标称直径大于 0.1mm 且小于或等于 2.5mm 的绕组线

按 IEC60851-5:2008 中 4.4.1 要求准备试验样品。然后样品承受 5.4.9.1 的抗电强度试验，其试验电压不小于 5.4.9.1 相应电压值的两倍，但至少为：

- 一对加强绝缘，6kV 有效值或 8.4kV 峰值，或
- 一对基本绝缘或附加绝缘，3kV 有效值或 4.2kV 峰值。

J.2.2.1.3 导体标称直径大于 2.5mm 的绕组线

按 IEC60851-5:2008 中 4.5.1 要求准备试验样品。然后样品的绕组线导体和金属珠之间承受 5.4.9.1 的抗电强度试验，其最小的试验电压为：

- 一对加强绝缘，3kV 有效值或 4.2kV 峰值，或
- 一对基本绝缘或附加绝缘，1.5kV 有效值或 2.1kV 峰值。

J.2.2.2 方形线或扁平线

按 IEC60851-5:2008 中 4.7.1 要求准备试验样品(金属珠覆盖的单芯导体)。然后样品承受 5.4.9.1 的抗电强度试验，其最小的试验电压为：

- 一对加强绝缘，3kV 有效值或 4.2kV 峰值，或

一对基本绝缘或附加绝缘,1.5kV有效值或2.1kV峰值。

J.2.3 柔韧性和附着性

使用表 J.1 规定直径的卷轴,应按照 IEC60851-3:2009 试验 8 中的 5.1.1 制备样品。

然后按 IEC60851-3:2009 的 5.1.1.4 要求对样品进行检查,紧接着进行本文件 5.4.9.1 的抗电强度试验,其最小的试验电压为:

一对加强绝缘,3kV有效值或4.2kV峰值,或

一对基本绝缘或附加绝缘,1.5kV有效值或2.1kV峰值。

试验电压要施加在导线与卷轴之间。

表 J.1 卷轴直径

标称导体直径或厚度/mm	卷轴直径/mm
<0.35	4.0±0.2
<0.50	6.0±0.2
<0.75	8.0±0.2
<2.50	10.0±0.2
<5.00	标称导体直径或厚度的4倍 ^a
^a 按 GB/T23311 的规定。	

在卷轴上缠绕导线时要对导线施加拉力,该拉力根据导线直径按相当于 $118 \times (1 \pm 10\%) \text{ MPa}$ [$118 \times (1 \pm 10\%) \text{ N/mm}^2$] 来计算。

扁平线无需按照尺寸(宽度)较小的一面缠绕。

方形线或扁平线在进行卷轴试验时,相邻两匝不需要相互接触。

J.2.4 热冲击

试验样品应按 IEC60851-3:2009 试验 8 中的 5.1.1 制备,然后样品承受本文件 5.4.9.1 的抗电强度试验,其最小的试验电压为:

一对加强绝缘,3kV有效值或4.2kV峰值,或

一对基本绝缘或附加绝缘,1.5kV有效值或2.1kV峰值。

试验电压要施加在导线与卷轴之间。烘箱的温度为表 J.2 中的绝缘耐热等级所对应的温度。卷轴直径和在卷轴上缠绕时对绕组所施加的拉力按 J.2.3 的规定。样品从烘箱中取出后,在室温条件下进行抗电强度试验。

表 J.2 烘箱温度

耐热等级	105级 (A)	120级 (E)	130级 (B)	155级 (F)	180级 (H)	200级 (N)	220级 (R)	250级 —
烘箱温度 °C	200	215	225	250	275	295	315	345
烘箱温度应保持在规定温度的 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的范围内 各温度等级是按 GB/T11021 对电气绝缘材料和 IES 规定的耐热性分级。括号中给出了各耐热性分级指定的字母代号								

扁平线无需按照尺寸(宽度)较小的一面缠绕。

J.2.5 弯曲后抗电强度的保持

按 J.2.3 要求制备五个样品并进行如下试验。每个样品从卷轴上卸下,放到一个容器中,放置的位置应能使样品被覆盖有至少 5 mm 的金属球粒,样品两端的导线应足够长,以避免发生闪络。该球粒的直径不得大于 2 mm,而且该金属球粒是由不锈钢粒、镍粒或镀镍铁粒组成,金属球粒缓慢注入容器,直到被测样品被覆盖有至少 5 mm 的金属球粒,金属球粒应用适当的溶剂定期清洗。

注:上述试验程序摘自 IEC60851-5:1996 的 4.6.1c),现已取消。在该标准的第四版(2008)中已不包括该试验程序。

样品应承受 5.4.9.1 的抗电强度试验,其最小的试验电压为:

- 对加强绝缘,3kV有效值或 4.2kV峰值;或
- 对基本绝缘或附加绝缘,1.5kV有效值或 2.1kV峰值。

卷轴直径和在卷轴上卷绕时对绕组线所施加的拉力按 J.2.3 的规定。

J.3 制造期间的试验

J.3.1 基本要求

在制造期间,绕组线制造商应按 J.3.2 和 J.3.3 的规定依据 IEC62230 对绕组线进行火花试验。

J.3.2 火花试验

火花试验的试验电压应按照 5.4.9.1 的抗电强度试验要求,但至少为:

- 对加强绝缘,3kV有效值或 4.2kV峰值;或
- 对基本绝缘或附加绝缘,1.5kV有效值或 2.1kV峰值。

J.3.3 抽样试验

抽样试验应按照 J.2.2 适用的条款进行。

附录 K (规范性) 安全联锁

K.1 概述

K.1.1 基本要求

安全联锁应做这样的设计,使得对一般人员而言,在盖、门等打开到使 2 级和 3 级能量源变为如 1 级能量源那样可触及的位置前,这些 2 级和 3 级能量源被去除。

安全联锁应做这样的设计,使得对受过培训的人员而言,在盖、门等打开到使 3 级能量源变为如 2 级或更低等级能量源那样可触及的位置前,这些 3 级能量源被去除。

联锁应:

- 需要使这样的零部件先断电,或
- 自动开始断开对这样的零部件的供电,并且使这样的零部件:
 - 对一般人员而言,在 2s 内降低到 1 级能量源;和
 - 对受过培训的人员而言,在 2s 内降低到 2 级能量源。

如果降低能量源等级的时间超过 2s,应按 F.5 的规定提供指示性安全防护,除了:

- 要素 1a 应放置在能使联锁动作启动,且其开启或取下才能进入接触的的门、盖或其他部件上;和
- 要素 3 可选。

指示性安全防护的要素应如下:

— 要素 1a:  IEC60417-6057(2011-05) 用于运动零部件,或

 GB/T5465.2-5041 用于热零部件;

- 要素 2: 不做规定;
- 要素 3: 不做规定;
- 要素 4: 能量源降低到要求级别的时间。

K.1.2 试验方法及判定

2 级或 3 级能量源的零部件的能量等级要进行监测。

通过检查、测量和使用符合附录 V 的直的非较接式试具来检验是否合格。

K.2 安全联锁的安全防护机构的元器件

构成安全联锁机构的元器件应认为是安全防护,并按适用情况符合附录 G 或附录 K.7.1。

按附录 G 或 K.7.1 的规定和通过检查来检验是否合格。

K.3 操作方式的意外改变

安全联锁应不能用图 V.1 或图 V.2 规定的试具(按适用情况)操作,从而使受控制的区域、空间或进入点范围内的能量源级别改变到 3 级能量源(对受过培训的人员),或改变到 2 级能量源或 3 级能量源(对一般人员而言)。

按附录 V 的规定和通过检查来检验是否合格。

K.4 联锁安全防护的取消

熟练技术人员可以取消安全联锁。安全联锁取消系统应符合下列要求：

- 应需要有意操作才能动作；和
- 应在维修结束后自动恢复到正常工作状态，或者除非熟练技术人员实施了重置操作，否则不能回到正常工作状态；和
- 如果是配置在一般人员可接触区，或如果适用，在受过培训的人员可接触区时，用附录 V 规定的试具应是无法进行操作，而是应需要用工具才能进行操作。

按附录 V 的规定和通过检查来检验是否合格。

K.5 失效保护

K.5.1 要求

安全联锁系统中一旦出现任何单一故障，该安全联锁所控制的区域应：

- 回复到 1 级能量源（对一般人员），或 2 级能量源（对受过培训的人员），或
- 锁定在正常工作条件下，并符合 3 级能量源的相应要求。

K.5.2 试验方法和合格判据

通过引入电气、机电和机械元器件的故障，一次一个来检验是否合格。单一故障条件在 B.4 中规定。对于每一个故障，安全联锁所控制的区域应符合对相应能量源的单一故障条件的相应要求。

作为安全防护结构的安全联锁，其元器件和部件如果按适用性符合 K.2 或 K.6，则不承受单一故障条件。

在安全联锁电路中的固定分开距离（例如与印制电路板相关的分开距离）如果符合 K.7.1 的要求，则不承受模拟的单一故障条件。

K.6 机械动作的安全联锁

K.6.1 耐久性要求

机械式和机电式的安全联锁系统中的运动零部件应具有足够的耐久性。

K.6.2 试验方法及判定

通过检查安全联锁系统、核查所提供的数据，以及有必要时，使安全联锁系统通过 10000 次动作循环来检验是否合格。在安全联锁系统的 10000 次动作循环期间和动作循环之后，一旦出现任何故障，该安全联锁所控制的区域应：

- 回到 1 级能量源（对一般人员而言），或 2 级能量源（对受过培训的人员而言），或
- 锁定在正常工作条件下，并符合 3 级能量源的相应的要求。

注：进行上述试验是为了检验除安全联锁系统、开关和继电器以外的运动零部件的耐久性。安全联锁系统、开关和继电器，如果有，要进行附录 G 或附录 K.7.1 的试验。

K.7 联锁电路的隔离

K.7.1 触点间隙和联锁电路零件的分开距离

触点间隙和联锁电路零件的分开距离应按适用情况符合下列要求。

- a) 如果开关或继电器是要断开连接到电网电源的电路的导体，则触点间隙及其相关电路的分开距离应不小于对断开装置规定的开距（按附录 L）。

- b) 如果开关或继电器是处在与电网电源隔离的电路中,则对隔离 2 级能量源而言,触点间隙的分开距离不得小于基本绝缘的相关最小电气间隙值。对联锁电路的零件,如果其失效会使联锁系统失去作用,例如安全联锁电路中的固定分开距离,则应符合 5.4.2 对基本绝缘的要求。除非电路承受暂态过电压,否则在确定用于表 10 和表 11 的电压时,不考虑暂态过电压。
- c) 如果开关或继电器是处在与电网电源隔离的电路中,则对隔离 3 级能量源而言,触点间隙的分开距离不得小于加强绝缘的相关最小电气间隙值。对联锁电路的零件,如果其失效会使联锁系统失去作用,例如安全联锁电路中的固定分开距离,则应符合 5.4.2 对基本绝缘的要求。但如果联锁空间包含危及生命的危险,固定分开距离应符合对加强绝缘的要求。除非电路承受暂态过电压,否则在确定用于表 10 和表 11 的电压时,不考虑暂态过电压。

作为上述 a)、b)、c) 的替代,在断开位置时触点间的触点间隙的分开距离应按适用情况承受 5.4.9.1 对基本绝缘或加强绝缘的抗电强度试验。在 K.7.2 的试验前和试验后触点间隙都应符合上述要求。

不需要考虑表 16 的海拔倍增系数。

除非开关或继电器分别符合 G.1 和 G.2,否则除上述要求外,开关或继电器的触点间隙的分开距离还应符合 K.7.3 和 K.7.4。耐久性试验条件应代表设备内触点要分断的正常工作条件下相关的最大电压和电流。

两个独立的联锁系统串联,使用基本绝缘可以作为提供加强绝缘的替代。

K.7.2 过载试验

安全联锁系统中的开关或继电器的触点要承受 50 次动作循环的过载试验,动作速率为每分钟 6~10 次循环,接通和断开的电流为在应用中所承受的电流的 150%,但如果开关或继电器的触点切换的是电动机负载,则试验要在电动机转子堵转的条件下进行。

试验后,安全联锁系统,包括开关或继电器,应仍能起作用。

K.7.3 耐久性试验

安全联锁系统中的开关或继电器的触点要承受耐久性试验,接通和断开的电流为在应用中所承受的电流的 100%,动作速率为每分钟 6~10 次循环。如果制造商要求时,可以采用更高的循环速率。

对在 ES1 或 ES2 的安全联锁系统中使用的簧片开关,试验为 100000 次动作循环。对安全联锁系统中的其他开关和继电器,试验为 10000 次动作循环。

试验后,安全联锁系统,包括开关或继电器,应仍能起作用。

K.7.4 抗电强度试验

除了 ES1 或 ES2 的簧片开关外,在 K.7.3 的试验后,触点之间应进行 5.4.9.1 规定的抗电强度试验。如果触点处于和电网电源连接的电路中,则试验电压为对加强绝缘所规定的试验电压。如果触点处于和电网电源隔离的电路中,则试验电压为和电网电源连接的电路中对基本绝缘所规定的试验电压。

附录 L (规范性) 断开装置

L.1 基本要求

为了使设备和电源断开,应提供断开装置。如果断开装置是要断开中性导体,则该断开装置应同时断开所有的相导体。

断开装置可以是:

- 电源软线上的插头;或
- 器具耦合器;或
- 隔离开关;或
- 断路器;或
- 任何等效的断开装置。

对预定要由过电压类别 I、过电压类别 II 或过电压类别 III 的交流电网电源供电的,或要由 ES3 的直流电网电源供电的设备,断开装置的接触件的分开距离应至少为 3 mm。对过电压类别 IV 的交流电网电源,按 GB/T14048.1。当断开装置是安装在设备内时,应尽可能将该断开装置连接在靠近电源的进线端。

对预定要由未达到 ES3 的直流电网电源供电的设备,

- 断开装置接触件的分开距离应至少等于基本绝缘的最小电气间隙值;
- 如果可拆除的熔断器仅是受过培训的人员或熟练技术人员可触及的,则可拆除的熔断器可以作为断开装置来使用。

L.2 永久连接式设备

对永久连接式设备,断开装置应装在设备中,除非设备所附的安装说明书说明,相应的断开装置应作为建筑物设施的一部分来提供。

注:外部断开装置不需要随同设备一起提供。

L.3 持续带电的零部件

如果设备内断开装置电源侧的零部件在该断开装置断开时仍然带电,则该零部件应有防护措施,以降低熟练技术人员意外接触的风险。

作为一种替代方法,在维修说明书中应提供说明。

L.4 单相设备

对单相设备,断开装置应同时断开两极,但当能识别电网电源的中性导体时,可以使用单极断开装置来断开相导体。当设备要用在不可能识别电网电源的中性导体的地方,如果仅在设备中提供单极断开装置,则应给出在建筑物设施中需另行提供双极断开装置的说明。

示例:需要双极断开装置的案例有:

- 由 IT 配电系统供电的设备;
- 通过可正反接插的器具耦合器或可正反接插的插头供电的设备(除非将该器具耦合器或插头本身用来作为断开装置);
- 由不确定极性的输出插座供电的设备。

L.5 三相设备

对于三相设备,断开装置应能同时断开电网电源的所有相线。对于需要中线与 IT 配电系统连接的设备,其断开装置应是一个四极断开装置,并且可以断开所有相线和中线。如果设备中未提供这个四极断开装置,则安装说明书中应规定,需要作为建筑物设施的一部分提供这种断开装置。

L.6 作为断开装置的开关

如果断开装置是装在设备内的开关,则其“通”位和“断”位应按 F.3.5.2 的规定进行标记。

L.7 作为断开装置的插头

如果使用电源软线上的插头作为断开装置,则安装说明书应说明,对可插式设备,其输出插座应是容易触及的。对预定要由一般人员来安装的可插式设备,应提供适用于一般人员的安装说明书。

L.8 多个电源

如果设备是从一个以上的电源(例如,不同电压/频率或作为冗余的电源)来供电的,则应在每一个断开装置附近按 F.5 的规定提供明显的指示性安全防护,就如何断开设备的所有电源作相应的说明。

只要从断开点可以清楚地看到,则一个指示性安全防护可以用于多个断开装置。

指示性安全防护的要素如下:

一要素 1a:  IEC60417-6042(2010-11),和

 IEC60417-6172(2012-09);

一要素 2: “注意”或类似文字或语句,和“电击危险”或类似的文字;

一要素 3: 可选;

一要素 4: “断开所有电源”或类似的文字。

对装有内部 UPS 的设备,应具有在维修设备前能使 UPS 可靠中断并能断开 UPS 输出的装置。应提供断开 UPS 的说明。对 UPS 的内部能量源应做出相应的标记,并应采取保护措施,防止熟练技术人员意外接触。

L.9 合格判据

通过检查来检验是否合格。

附录 M

(规范性)

带电池组及其保护电路的设备

M.1 基本要求

本附录规定了含有电池组的设备的附加要求。在设备中使用电池组可能需要本文件其他条款未规定的安全防护。本附录不包括对外部电池组、安装外部电池组或电池组维修的要求,但由一般人员或受过培训的人员更换电池组除外。

如果有电池安全标准包含了与本附录等效的要求,则认为符合该电池标准的电池满足本附录的相应要求,并且该电池安全标准已包含的试验在本附录中不必重做。

对于消费级、不可充电的碳锌电池或碱性电池,M.3和 M.10适用。

M.2 电池组及其电池的安全

M.2.1 要求

电池组及其电池应符合下面列出的相关国家标准和 IEC 标准。

GB31241、GB8897.4、GB8897.5、IEC60896-11、IEC60896-21:2004、GB/T19638.1、GB/T19639.1和 GB/T19639.2、IEC 61427(所有部分)、IEC/TS 61430、IEC 61434、GB/T 28163、GB/T 28164、IEC62133-1、IEC62133-2、GB21966、IEC62485-2、IEC62619。

注:其他标准在制定中,预计将来会包含进来。

M.2.2 合格判据

通过检查和评估基于制造商提供的数据来检验是否合格。

M.3 设备内提供的电池组保护电路

M.3.1 要求

设备内提供的并且不是电池组组成部分的电池组保护电路或结构应做如下设计:

- 安全防护应在正常工作条件、异常工作条件、单一故障条件、安装条件和运输条件下有效;和
- 电池组充电电路的输出特性与该可充电电池组相适应;和
- 对不可充电电池组,防止超过电池组制造商推荐的速率放电和意外充电;和
- 对可充电电池组,防止超过电池组制造商推荐的速率充电和放电,以及防止反向充电;和
- 在手持式设备、直插式设备和可携带式设备中的一般人员可更换的电池组应具有固有的保护功能,能避免形成 2 级能量源或 3 级能量源;和
- 一般人员可以更换的电池组,如果反极性安装可能产生 2 级能量源或 3 级能量源,则应能防止反极性安装(也见 B.3.6)。

注:当充电电路的极性反转时,可充电电池组就发生反向充电,加剧了电池组的放电。

M.3.2 试验方法

通过检查和通过评估设备制造商和电池组制造商提供的充放电速率的数据来检验电池组的保护电路。

当不能获得相应的数据时,通过试验来检验是否合格。但是,对所给出的条件本身是安全的电池组

无需按那些条件进行试验。对消费类不可充电的碳锌或碱性电池组,认为在短路条件下是安全的,因此无需进行放电试验,对这类电池组也无需进行贮存条件下的漏液试验。

用于以下试验的电池组要么是同设备一起提供的一个新的不可充电电池组或一个充满电的可充电电池组,要么是制造商推荐的同设备一起使用的电池组。设备中电池组保护电路试验可使用一个电池组模拟装置代替电池组本身来进行。温度试验在温度控制箱中进行。可以使用模拟电池组中温度传感器实际信号的控制信号来进行该试验。

- 可充电电池组的过充电。电池组在仅承受充电电路中可能发生的并能引起电池组过充电的任何单一故障条件下充电。为了使试验时间最短,选择能导致最不利过充条件的故障。然后电池组在模拟故障的情况下充电单个周期 7h。
- 过度放电。通过将受试电池组负载电路中的任何限流或限压元器件开路或短路(每次一个元器件),使电池组承受快速放电。
- 不可充电电池组的意外充电。电池组在仅承受充电电路中可能发生的并能引起电池组意外充电的任何单一元器件故障条件下充电。为了使试验时间最短,选择能导致最大充电电流的故障。然后电池组在模拟故障的情况下充电单个周期 7h。

如果电池组中具有一个以上的电池,则所有电池应作为一个单元来进行试验。

注:所规定的某些试验会对试验人员产生危险,需采取所有适当的措施防止试验人员受到可能的化学或爆炸的危险。

对于电池组可以被一般人员从设备中取出的设备,以下附加试验适用。

- 可充电电池组的反向充电。检查含有电池组的设备中是否包含有使电池组可能被以反向充电的方式放入设备的结构设计。同时也要检查是否有电气连接。如果通过检查判断可能反向充电,则进行如下试验。然而,当相关的电池组国家标准或 IEC 标准涵盖了本附录中的要求时,则认为已经对电池进行了试验。

将电池组反向安装,然后使该充电电路承受任何模拟的单一元器件故障。为了使试验时间最短,选择能导致最大反向充电电流的故障。然后电池组在模拟故障的情况下反向充电单个周期 7h。

M.3.3 合格判据

上述试验不得发生下列任何一种情况:

- 由于电池组外壳出现裂纹、破裂或爆裂而导致化学漏液,该化学漏液可能严重影响安全防护;或
- 从电池组中任何压力释放装置泄漏液体,除非设备能够容纳泄漏的液体,且不会造成损坏安全防护或危及一般人员或受过培训的人员的危险;或
- 电池爆炸,该爆炸会对一般人员或受过培训的人员造成伤害;或
- 产生的火焰或冒出的熔融金属蔓延到了设备外壳的外面。

试验期间:

- 电池组的温度不得超过电池组制造商规定的允许的电池组温度;且
- 电池组输出的最大电流应在电池组规格的范围之内。

M.4 包含便携式二次锂电池组的设备的附加安全防护

M.4.1 基本要求

设计包含一个或多个密封的便携式二次锂电池组进行工作的设备要符合本条的要求。

M.4.2 充电的安全防护

M.4.2.1 要求

在正常工作条件、异常工作条件或单一故障条件下,每个二次锂电池组的充电电压和每个二次锂电池组的充电电流不得超过规定的最大充电电压和规定的最大充电电流。

在异常工作条件下,电池组的充电电路应:

- 当电池组温度超过规定的最高充电温度时中止充电;和
- 当电池组温度低于规定的最低充电温度时将电流限制在电池组制造商规定的值以内。

M.4.2.2 合格判据

通过测量二次锂电池组中每个独立电池在正常工作条件、异常工作条件或单一故障条件下的充电电压、充电电流和温度来检验其符合性。该电池温度应在电池组制造商规定的点测量。可能影响到充电电压、充电电流或温度的单一故障条件应依照 B.4 进行。

注 1: 对于密封式组件,可以在密封之前将热电偶附于电池表面。

如果正常调节电路之外提供的保护装置或电路的动作能避免电池组的不安全状态,则在刚引入一个异常工作条件或一个单一故障条件后出现的大于规定的最大充电电压的充电电压,或大于规定的最大充电电流的充电电流可以被忽略。

适当的情况下,用于测量目的时,电池组可以用模拟电池组的负载电路来代替。

应在二次锂电池组被完全充满电时测量充电电压。应在达到规定的最大充电电压的整个充电过程中测量充电电流。

试验期间和试验后,以下适用:

- 充电电压不得超过规定的最大充电电压;
- 充电电流不得超过规定的最大充电电流;
- 当电池组温度超过规定的最高充电温度时,应停止对电池组充电;
- 当电池组温度低于规定的最低充电温度时,电池组充电电路应将电流限制在电池组制造商规定的值以内。

另外,对于电池可以被一般人员从设备中移走的设备,通过测量其充电电压和充电电流,并且评价在正常工作条件、异常工作条件或单一故障条件下设备的温度控制功能,来检验是否合格。

由保护电路控制的电池组的所有参数应在相关电池组标准的规定中,并且应包含下述内容:

- 电池组能够输出的最大电流应在电池组规格范围内;和
- 整个试验中,电池组温度不得超过电池组制造商规定的允许的电池组温度。

注 2: 控制要素是电压、电流和温度。

M.4.3 防火防护外壳

对二次锂电池组应依据 6.4.8 提供防火防护外壳。防火防护外壳可能是二次锂电池组本身的、电池的或电池的組合的或是包含二次锂电池组的设备的。

如果设备使用符合 PS1 的电池,则带电池组的设备可免除以上要求。

通过检查相关材料或对二次锂电池组的数据表进行评估来检验是否合格。

M.4.4 含有二次锂电池组的设备的跌落试验

M.4.4.1 基本要求

以下规定了包含二次锂电池组的直插式设备、手持式设备和可携带式设备的试验。规定的这些试

验用于核实机械冲击不会危及电池组或设备内部的安全防护。

M.4.4.2 跌落试验的准备工作和步骤

跌落试验按如下顺序进行：

- 步骤 1:按 M.4.4.3 中的规定,对含有电池组的设备进行跌落试验。
- 步骤 2:按 M.4.4.4 中的规定,检查跌落试验后设备的充电和放电功能。
- 步骤 3:按 M.4.4.5 中的规定,对跌落试验后的电池组进行充电和放电循环试验。

跌落试验的准备工作中,在相同充电条件对两个电池组同时充满电。测量两个电池组的开路电压来确定它们的初始电压是相同的。其中一个电池组用来做跌落试验,另一个用作参考。

M.4.4.3 跌落

装有充满电的电池组的设备应承受 T.7 的跌落试验。

在跌落试验后,从设备中取出电池组。在接下来的 24h 内定期监测跌落试验后的电池组和参考(未进行跌落)电池组的开路电压。其电压差异不得超过 5%。

M.4.4.4 检查充电/放电功能

通过检查充电/放电电路的功能(充电控制电压、充电控制电流和温度控制)来确定它们仍然能工作并且所有的安全防护是有效的。在该检查中可用代表电池组特性的虚拟电池组或适当的测量工具,以便于区分是电池损坏还是设备失灵。

如果充电/放电电路的功能不工作,则试验终止,没有必要继续进行步骤 3,并且按照 M.4.4.6 判定其符合性。

M.4.4.5 充电/放电循环试验

如果跌落试验后的设备仍然能工作,则对装有跌落电池的跌落设备进行三次完整的正常工作条件下的放电和充电循环。

M.4.4.6 合格判据

试验期间,除非提供了能容纳包含爆炸或着火的适当的安全防护,否则不得发生电池组的着火或爆炸。如果发生泄气,任何电解液漏液不得使安全防护失效。

当设备或电池组中的充电或放电保护电路检测出异常并且停止充电或放电,该结果被认为是可以接受的。

M.5 携带期间短路导致灼伤的危险

M.5.1 要求

应对电池组的接线端子采取保护措施,防止在携带(例如放在使用人员的包中携带)具有裸露导电端子的电池组期间,因金属物体,例如夹子、钥匙和项链引起的短路而可能发生对一般人员或受过培训的人员的灼伤。

M.5.2 试验方法和合格判据

如果电池组设计成带裸露导电端子的情况下携带,则该电池组应符合 P.2.3 的试验。合格判据应采用 M.3.3 的规定。

M.6 短路的安全防护

M.6.1 基本要求

储存在电池或电池组中的电能,可能由于外部短路电池端子或内部安全防护失效(例如金属污染物质桥接绝缘)而以偶然和失控的方式释放。结果,大电流所生成的相当大的能量、热量和压力就能产生熔融金属、火花、爆炸和电解液的汽化。

对提到的外部故障而言,电池组端子的主连接点应满足如下之一的要求:

- 装有足够大的过流保护装置,以防止任何意外短路诱发上述条件;或
- 在第一个过流保护装置之前的电池组连接点的结构应不可能发生短路,且连接点应设计成能承受短路期间所遭受的电磁应力。

注 1: 如果端子和导体由于设计原因或为了维修目的,是不绝缘的,则在该区域只能使用绝缘工具。

除非对电池按 M.2.1 进行符合电池组标准部分的内部故障试验,否则要求进行下面描述的内部故障试验。

注 2: 并不是 M.2.1 中的所有电池组标准都包含类似的内部故障试验。

对电池组中的每一个电池都应做故障试验,以确保每一个电池可以安全地排气,而不会导致爆炸或着火。如果电池要装到电池组或设备中,应有足够的空间使每个电池能进行正常的排气。

M.6.2 合格判据

对于外部故障,可以通过检查来检验是否合格。

在任何试验的任何时刻,样品不得发生爆炸或冒出熔融物质。

M.7 铅酸和 NiCd 电池组的爆炸风险

M.7.1 防止爆炸气体聚集的通风

如果电池组装入设备中,其排放的气体可能聚集在有限的设备空间内,则电池组的结构、空气的流动或通风应使设备内的气体环境不会达到爆炸的浓度。

在包含电池和电气部件的隔间中,应控制由相邻可操作的起弧元器件(例如靠近电池组通风口或阀门的接触器和开关)点燃局部聚集的氢气和氧气的风险。这应通过使用诸如完全密封的元器件、隔离电池隔间或充分通风来实现。

通风系统的构造应使任何潜在的故障,包括由于过热或热失控导致的电池外壳变形,不会导致通风系统不能排出爆炸性气体。

如果通风管被用于从电池壳内排送爆炸气体到外面,这不得是从壳内消除气体聚集唯一的方法。应提供独立的自然通风方法使带有电池组的外壳充分通风。

如果使用机械或强制通风,在单一故障条件下应继续提供充足的通风。

有机械或机电气闸的外壳应在气闸处于关闭状态时继续提供充足的通风。

M.7 适用于开放式电池组和阀控式电池组。具有减少气体机制的密封式电池组被认为满足本要求。

如果可以证明外壳的通风能力符合依据 M.7.2 计算的所需通风气流(Q),则设备符合 M.7。除非在充电电路中的单一故障条件下可以证明充电电压不会超过表 M.1 中的浮充电压值,或者如果电池组外壳没有内部充电能力,否则计算应是对电池类型和制造商规定并核准的最大容量的快速充电条件。如果不能充分显示通风状态,则应进行 M.7.3 中的一种通风试验,以确保充分的通风。

应使用来自电池组制造商的数据计算最大支持电池容量和支持电池类型的氢气产生(测试流量),

或使用表 M.1 中的 I_{float} 和 I_{boost} 以及支撑数据,或按公式(M.1)计算:

$$q_{Bat} = 0.45 \times 10^{-3} \times I_{gas} \times C_{rt} \times n \quad \dots \dots \dots (M.1)$$

式中 I_{gas} 、 C_{rt} 和 n 在 M.7.2 中有解释。

M.7.2 试验方法和合格判据

对电池组位置或外壳通风的目的是要使氢气体积分数保持在氢气下限爆炸限值(LEL) 阈值(4%) 以下。如果混合物靠近引燃源,则氢气浓度按体积计不得超过 1%,如果混合物不靠近引燃源,则氢气浓度按体积计不得超过 2%。

注 1: 当电池达到其充满电的状态,按照法拉第定律,水的电解就会发生。

在 $T = 273K$ 、 $p = 1.013hPa$ 的正常温度和压力的标准条件下:

— $1A \cdot h$ 将 H_2O 分解为 $0.42L H_2 + 0.21L O_2$;

— 分解 $1cm^3 (1g) H_2O$ 需要 $3A \cdot h$;

— $26.8A \cdot h$ 将 H_2O 分解为 $1gH_2 + 8gO_2$ 。

当充电停止时,电池的气体排放可以认为需要在关断充电电流后的 1h 才能结束。

电池安装位置或电池仓最小通风气流应按式(M.2)计算:

$$Q = v \times q \times s \times n \times I_{gas} \times C_{rt} \times 10^{-3} [m^3/h] \quad \dots \dots \dots (M.2)$$

式中:

Q — 通风气流,单位为立方米每小时(m^3/h);

v — 氢气所必要的稀释: $\frac{100\% - 4\%}{4\%} = 24$;

q — $20^\circ C$ 生成的氢气 $= 0.45 \times 10^{-3} [m^3/(A \cdot h)]$;

s — 基本安全系数, $s = 5$;

n — 电池的数量;

I_{gas} — 生成气体的浮充电流 I_{float} 或快充电流 I_{boost} , 以额定容量计,单位为毫安每安时 [$mA/(A \cdot h)$];

C_{rt} — 对铅酸电池为容量 C_{10} , 单位为安时 ($A \cdot h$), 对 NiCd 电池为容量 C_5 , 单位为安时 ($A \cdot h$)。

注 2: 对铅酸电池, C_{10} 是 $20^\circ C$ 时以电流 I_{10} 放电至 $U_{截止} = 1.80V$ /电池的 10h 率容量。

对 NiCd 电池, C_5 是 $20^\circ C$ 时以电流 I_5 放电至 $U_{截止} = 1.00V$ /电池的 5h 率容量。

在 $v \times q \times s = 0.05 [m^3/(A \cdot h)]$ 的情况下,通风气流的计算公式为式(M.3):

$$Q = 0.05 \times n \times I_{gas} \times C_{rt} \times 10^{-3} [m^3/h] \quad \dots \dots \dots (M.3)$$

生成气体的电流 I_{gas} (单位 mA) 由式(M.4) 或(M.5) 确定:

$$I_{gas} = I_{float} \times f_g \times f_s [mA/(A \cdot h)], \text{ 或 } \dots \dots \dots (M.4)$$

$$I_{gas} = I_{boost} \times f_g \times f_s [mA/(A \cdot h)] \quad \dots \dots \dots (M.5)$$

式中:

I_{gas} — 生成气体的浮充电流 I_{float} 或快充电流 I_{boost} , 以额定容量计,单位为毫安每安时 [$mA/(A \cdot h)$];

I_{float} — $20^\circ C$ 时,在充满电的条件下,规定的浮充电压时的浮充电流;

I_{boost} — $20^\circ C$ 时,在充满电的条件下,规定的快充电压时的快充电流;

f_g — 在充满电的状态下电流生成氢气比例的气体排放系数(见表 M.1);

f_s — 为适应电池组内的故障电池和已经老化的电池组的安全系数(见表 M.1)。

表 M.1 电流 I_{float} 和 I_{boost} 系数 f_g 和 f_s , 电压 U_{float} 和 U_{boost} 的值

参数	电池有排气孔的 铅酸电池组 $Sb < 3\%$ ^a	电池为 VRLA 型的铅酸 电池组	电池有排气孔的 NiCd 电池组 ^b
气体排放系数 f_g	1	0.2	1
气体排放安全系数 f_s (含 10% 故障电池和老化电池)	5	5	5
浮充电压 U_{float} ^c V/cell	2.23	2.27	1.40
典型的浮充电流 I_{float} mA/(A·h)	1	1	1
电流(浮动) I_{gas} mA/(A·h) (浮充条件下,与气流计算相关)	5	1	5
快充电压 U_{boost} ^c V/cell	2.40	2.40	1.55
典型的快充电流 I_{boost} mA/(A·h)	4	8	10
电流(快速) I_{gas} mA/(A·h) (快充条件下,与气流计算相关)	20	8	50
浮充和快充电流会随着温度的增加而增加。表 M.1 中的数值考虑了温度升高的后果,最高至 40 °C。如果使用气体复合通风塞,生成气体的电流 I_{gas} 可减少到通风电池数值的 50%。 例如,对于同一电池组柜中的两个 48V 串连 VRLA 电池,每个电池具有 120A·h 额定 C_{10} 容量,在浮充和快充条件下的通风风量要求是: 通风空气量要求如下,例如在同一个电池组仓里的两组 48V 且每组额定值都是 120A·h C_{10} 容量的 VRLA 电池,在浮充和快充条件下: — 仅浮充条件: $Q = 0.05 \times 24 \times 1 \times 120 \times 0.001 = 0.144 \text{ m}^3/\text{h}$ 每串,或者总共 288L/h; — 快充条件: $Q = 0.05 \times 24 \times 8 \times 120 \times 0.001 = 1.15 \text{ m}^3/\text{h}$ 每串,或者总共 2300L/h			
^a 锑(Sb)含量高于 3% 时,用于计算的电流值应加倍。 ^b 对于复合类型的 NiCd 电池应咨询制造商。 ^c 在铅酸电池中,浮充和快充电压可能会随着的电解液的比重而变化。			

对复合 NiCd 电池或者铅酸电池组,如果制造商发布了单位为电压每电池小时(每安时)的排气率,允许使用每个电池在快充电压下测量的气体排出量来确定最小气流量 Q ,除非可以证明在本文件要求的任何条件下充电电路的输出电压不会超过浮动电压。 Q 的公式变为公式(M.6):

$$Q = v \times s \times n \times r \times (C_n) \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{h}) \quad \dots \dots \dots (M.6)$$

式中:

- v — 氢气所必要的稀释, $v = 24$;
- s — 基本安全系数, $s = 5$;
- n — 电池的数量;

r —— 给定电压下每电池每小时(可能是每安时率) 出气率;

C_n ——对铅酸电池为容量 C_{10} , 单位为安时(A·h), 对 NiCd 电池为容量 C_5 , 单位为安时(A·h)。

注 3: 如果出气率 r 是以 mL/h 为单位或等效的形式提供的, 则确定 Q 时不需要提供 C_n 。

为了计算自然通风所需的通风开口面积, 假定空气流速为 0.1 m/s。

作为替代, 可用公式(M.7):

$$A = 28 \times Q \quad \dots \dots \dots (M.7)$$

式中:

Q —— 新鲜空气的通风率, 单位为立方米每小时(m³/h);

A —— 空气进出口开口的自由区域, 单位为平方厘米(cm²)。

M.7.3 通风试验

M.7.3.1 基本要求

试验应在 EUT 稳定在 25℃ 下进行。如果使用强制通风方式, 应在单一故障条件下进行。可移动的机械或者机电电气闸应处于关闭或者没有通电的状态。应尽量减少电池仓周围的空气流动, 或者应将 EUT 置于箱内以阻止试验期间 EUT 周围空气流动。

M.7.3.2 通风试验—可选 1

电池组仓里的空气样品要在工作 7h 后采集。样品要在氢气浓度可能最大的地方采集。如果混合物接近引燃源, 氢气浓度按体积计不得超过 1%; 如果混合物不接近引燃源, 氢气浓度按体积计不得超过 2%。评估可充电电池组的过充见 M.3.2。

M.7.3.3 通风试验—可选 2

EUT 电池组通风系统的性能应通过使用氢气或者用氮气代替氢气进行试验来验证。

试验将确定 EUT 是否能够排出计算出的氢气产生量。

步骤 1 氮气或氢气传感器(取决于所选气体)应放置在所有受电池仓析氢影响的机柜隔间内。

步骤 2 氮气或者氢气应被注入电池仓里直到达到以下要求的 1% 或者 2% 的浓度。应报告在稳态条件下保持浓度所需要的氮气或氢气的注入率。稳态应定义为 1h 内最大变化率不超过 $\pm 0.25\%$ 。

步骤 3 将步骤 2 中得到的氢气或氮气的注入率同 M.7.1 中计算的氢气产生率进行比较。

如果按制造商规定的最大电池组容量计算的氢气产生率在混合物靠近引燃源时以体积计超过了注入的氮气或氢气 1%, 或者在混合物不靠近引燃源时, 以体积计超过 2%, 则 EUT 电池仓的通风系统不符合本要求。

如果按制造商规定的最大电池组容量计算的氢气产生率, 小于或者等于氮气或氢气的注入率, 则 EUT 电池仓的通风系统符合本要求。

M.7.3.4 通风试验—可选 3

试验应按照 M.7.3.1 进行, 并使用氢或氢源注入 M.7.1 所述的流量。对氢气可能聚集的电池仓或其他区域内的大气样品连续监测 7h 或直到稳定状态。稳定状态应定义为在 1h 内最大变化不超过 $\pm 0.25\%$ 。以这种方法监测的气体将送回 EUT。如果混合物靠近引燃源, 则氢气浓度以体积计不得超过 1%; 如果混合物不靠近引燃源, 则氢气浓度以体积计不得超过 2%。可以使用最初试验中的取样方法, 但是, 如果使用氢气, 要注意在注入 7h 前 EUT 存在安全等级。

注: 该方法特别适用于评估混合、复杂系统或者通风模式。

M.7.4 标志要求

除非电池组随设备一起提供,否则电池仓应标记支持的电池组类型和最大容量,或标记“仅使用制造商认可的电池组”,相关信息要在安装/维修说明中规定。

M.8 外部火花源导致具有电解质溶液的电池内部引燃的防护

M.8.1 基本要求

下面规定的要求适用于有排气系统的可充电电池。

注:例如,在UPS中使用的电池。

空气通风率水平应将PIS处空气中的氢气含量(体积分数)保持在1%以下,确保不存在爆炸风险。在电池排气系统使用有效的防火装置就能防止外部爆炸波及电池。

M.8适用于开放式电池组和阀控式电池组。具有减少气体机制的密封式电池组被认为满足本要求。

M.8.2 试验方法

M.8.2.1 基本要求

试验应按IEC60896-21:2004中6.4的规定进行。

注1:设计本试验是要证实排气阀单元能够提供防止外部引燃源引燃电池内部气体的保护。试验期间,要采取适当的预防措施,保护人员和设备免受爆炸和着火伤害。

应保持通过空气延伸的最小距离 d ,在这个距离中,最高表面温度应不超过300℃(无火焰、火花、电弧或灼热装置)。

注2:当计算在靠近电池或电池组释放源的地方防止爆炸的最小距离 d 时,爆炸气体的稀释并不总是得到保证。爆炸性气体的分散取决于气体释放速率和接近释放源的通风特性。

最小距离 d 可以通过计算释放源周围潜在爆炸性气体的假设体积 V_x 的尺寸按式(M.8)来估计,在该体积以外,氢气的浓度低于LEL安全浓度。

$$d = 28.8 \times \sqrt[3]{I_{\text{gas}} \times C_{\text{R}}} \quad \text{mm} \quad \dots \dots \dots \text{(M.8)}$$

式中:

I_{gas} —生成气体的电流,单位为毫安每安时[(mA/(A·h))];

C_{R} —额定容量,单位为安时(A·h)。

注3:在电池和火花装置之间使用隔墙就能达到要求的 d 值。

当电池组构成电源系统的一个组成部分(例如在UPS系统中)时,根据设备制造商的计算或测量,可以减少距离 d ,其中 d 是电池组通风与可能释放火焰、火花、电弧或灼热装置(最高表面温度300℃)的电子设备之间的最小距离(电气间隙)。空气通风率水平要将PIS处空气中的氢气含量保持在大约1%体积以下,确保不存在爆炸风险。

M.8.2.2 假想体积 V_x 的估算

将可燃气体(氢气)稀释至低于LEL浓度的理论最小通风流量可通过公式(M.9)计算:

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} = \frac{(dG/dt)_{\max}}{k \times \text{LEL}} \times \frac{T}{293} \quad \dots \dots \dots \text{(M.9)}$$

式中:

$(dV/dt)_{\min}$ —稀释气体所需的新鲜空气的最小体积流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

$(dG/dt)_{\max}$ —最大气体释放率,单位为千克每秒(kg/s);

LEL 一下限爆炸限值,氢气 LEL 阈值是 4% 体积分数,单位为千克每立方米(kg/m^3);

k 一对 LEL 所加的系数,对氢气的稀释度取 $k=0.25$;

T 一环境温度,单位为开尔文(K) ($293\text{K}=20\text{ }^\circ\text{C}$)。

体积 V_z 表示可燃气体的平均浓度为 LEL 的 0.25 倍的体积。这意味着在假想体积的极值条件下,气体浓度将显著低于 LEL(例如,浓度高于 LEL 的假想的体积就会小于 V_z)。

注:LEL 的计算见 IEC60079-10:2002 中 B.4.2.2。

M.8.2.3 修正系数

当给定了单位时间内的换气量 c (与一般通风有关),释放源周围潜在爆炸性气体的假想体积 V_z 就可以按公式(M.10)估算:

$$V_z = \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min} / c \quad \dots \dots \dots \text{(M.10)}$$

式中:

c —单位时间的新鲜空气换气量,单位为每秒(s^{-1})。

上述公式适用于在理想的新鲜空气流动条件下,释放源处的瞬时均匀混合。在实践中,理想的条件很少存在。因此引入修正系数 f 来表示通风的有效性,见公式(M.11)。

$$V_z = f \times \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min} / c \quad \dots \dots \dots \text{(M.11)}$$

式中的 f 就是通风有效性的系数,表示通风在稀释爆炸性气体方面的有效性。 f 的范围从 1(理想的空气流动)到典型的 5(受阻的空气流动)。对电池的安装而言,通风有效性的系数为 $f=1.25$ 。

M.8.2.4 计算距离 d

$\left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min}$ 包含二次电池组所有对应通风空气流量 Q [单位为立方米每小时(m^3/h)] 的系数, Q 按公式(M.12)、公式(M.13)计算:

$$Q = f \times \left(\frac{dV}{dt} \right) \quad \dots \dots \dots \text{(M.12)}$$

$$Q = 0.05 \times N \times I_{\text{gas}} \times C_{\text{it}} \times 10^{-3} \quad \dots \dots \dots \text{(M.13)}$$

该通风空气流量 Q 可以用来确定假想的体积。假定气体呈半球状散开,则可以确定半球的体积 $V_z = 2/3\pi d^3$ 。其中 d 是离释放源的距离。

当取半球范围内每小时的空气变化量 $c=1$ 时,就得出距离 d [单位为毫米(mm)] 的计算公式(M.14)、(M.15):

$$d^3 = \frac{3}{2\pi} \times 0.05 \times 10^6 \times (N) \times I_{\text{gas}} \times C_{\text{it}} \quad \dots \dots \dots \text{(M.14)}$$

$$d = 28.8 \times \sqrt[3]{N \times I_{\text{gas}} \times C_{\text{it}}} \quad \dots \dots \dots \text{(M.15)}$$

根据气体释放源的不同,应对每个整体式电池组的电池数量(N) 或每个电池的通风口($1/N$) 予以考虑(例如,系数 $\sqrt[3]{N}$, 分别为 $\sqrt[3]{1/N}$)。

距离 d 在不同充电电流 I [mA/(A·h)] 下与额定容量的函数关系如图 M.1 所示。

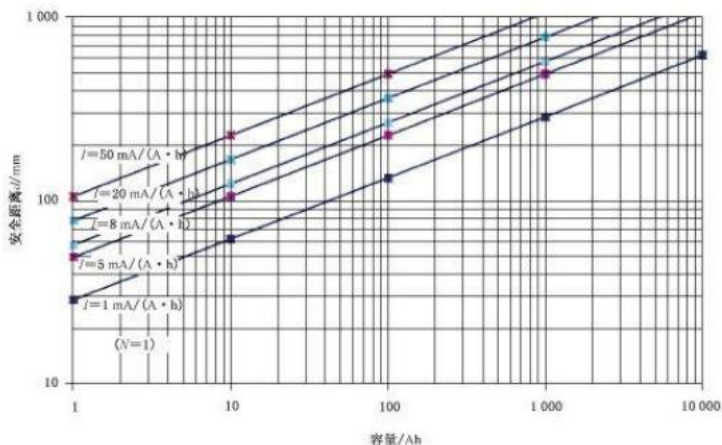


图 M.1 对应不同的充电电流 I [mA/(A·h)] 距离 d 与额定容量的关系曲线

M.9 防止电解液泄漏

M.9.1 电解液泄漏的保护

设备的结构应保证从电池组泄漏的电解液不可能对皮肤、眼睛、其他人体部位、其他安全防护或场所造成不利影响。要考虑到在维护期间所有可能的操作方式,包括更换电池组和重新填充消耗的材料。通过检查来检验是否合格。

M.9.2 防止电解液泄漏的托盘

如果电池失效可能导致电解液泄漏,则应按最大可能的泄漏量来盛装泄漏的电解液(例如,使用足够容纳电解液的固定托盘)。

本要求适用于驻立式设备,但如果电池组的结构使得电解液不可能从电池组中泄漏,或者如果电解液泄漏不会对要求的绝缘造成不利影响,则本要求不适用。

注:认为不可能泄漏电解液的电池组结构的例子是阀控型密封电池。

通过检查来检验是否合格。

M.10 防止可合理预见的误使用的说明

考虑到所有合理可预见的条件,装入设备的电池组及电池组与与其相关的元器件(包括电池和电源发生器)的结构应保证不可能发生电击或着火安全防护失效(例如,可燃的化学泄漏导致起火或绝缘损坏)。如果适用,该可预见的条件应包括制造商规定的极限条件,例如:

- 电池组在使用、贮存或运输期间可能承受的极高或极低温度;和
- 高海拔时的低气压。

如果考虑到电池组或含电池组的设备的功能特性,在电池组或设备中提供安全装置或设计不可行,则应按 F.5 提供指示性安全防护,以避免电池组承受极端条件或使用人员的误用。需要考到的例子包括:

- 用错误型号的电池组替换,可能会使安全防护失效(例如,对某些类型的锂电池组);
- 将电池组投入火中或加热炉中,或对电池组进行机械挤压或切割的处理可能导致爆炸;

- 将电池组放置在极高温度环境中,可能导致爆炸或泄漏可燃液体或气体;和
- 电池组承受极低气压,可能导致爆炸或泄漏可燃液体或气体。

包含一般人员可更换的电池组的设备,除非在说明书中提供完整的指示性安全防护,否则应按 F.5 提供指示性安全防护。

指导性安全防护的要素应如下:

- 要素 1a或 1b:不要求;
- 要素 2:“注意”或类似文字或语句;
- 要素 3:“如果用错误型号的电池组替换会有着火或爆炸的危险”或类似文字;
- 要素 4:可选。

通过检查或评估制造商提供的数据来检验是否合格。

附录 N
(规范性)
电化学电位表

表 N.1 中列出了一些常用的金属成对组合的电化学电位。

表 N.1 电化学电位(V)

镁, 镁合金	锌, 锌合金	铜 80 锡 20 铜, 铁或铜镀锌	铝	铜镀锡	铝, 镁合金	低碳钢	硬铝	铝	铜镀锌, 软焊料 铜镀锌镀锌, 铜 镀锌, 12% 铬不 锈钢	高铬不锈钢	铜, 铜合金	银焊料, 奥氏体 不锈钢	铜镀锌	银	铜镀银镀锌, 银/金合金	金, 铂		
0	0.5	0.55	0.7	0.8	0.85	0.9	1.0	1.05	1.1	1.15	1.25	1.35	1.4	1.45	1.6	1.65	1.7	1.75
0	0	0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.75	0.85	0.9	0.95	1.1	1.15	1.2	1.25
0	0	0.15	0.25	0.3	0.35	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	1.05	1.1	1.15	1.2	
0	0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.55	0.65	0.7	0.75	0.9	0.95	1.0	1.05		
	0	0.05	0.1	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	0.65	0.8	0.85	0.9	0.95			
		0	0.05	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.75	0.8	0.85	0.9			
			0	0.1	0.15	0.2	0.25	0.35	0.45	0.5	0.55	0.7	0.75	0.8	0.85			
				0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.35	0.4	0.45	0.6	0.65	0.7	0.75			
					0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.35	0.4	0.55	0.6	0.65	0.7			
						0	0.05	0.15	0.25	0.3	0.35	0.5	0.55	0.6	0.65			
							0	0.1	0.2	0.25	0.3	0.45	0.5	0.55	0.6			
								0	0.1	0.15	0.2	0.35	0.4	0.45	0.5			
									0	0.05	0.1	0.25	0.3	0.35	0.4			
										0	0.1	0.2	0.25	0.3	0.45	0.5		
											0	0.1	0.15	0.2	0.35	0.4		
												0	0.05	0.2	0.25	0.3	0.35	
													0	0.15	0.2	0.25	0.3	
														0	0.05	0.1	0.15	
															0	0.05	0.1	
																0	0.05	
																	0	
Cr=铬																		
Ni=镍																		

注：如果不同的金属组合的电化学电位约在 0.6V 以下，则在该接触的不同的金属之间，由电化学作用引起的腐蚀最小。表中列出了一些常用的金属成对组合的电化学电位；应避免使用分界线上面的组合。

附录 O (规范性)

爬电距离和电气间隙的测量

图 O.1~图 O.16 中, X 的数值在表 O.1 中给出。如果所示的距离小于 X, 则在测量爬电距离时, 缝或沟槽的深度忽略不计。

如果要求的最小电气间隙大于 3 mm, 则 X 的数值就是表 O.1 中给出的数值。

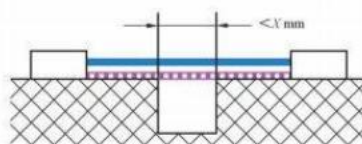
如果要求的最小电气间隙小于 3 mm, 则 X 的数值是下列数值的较小值:

- 表 O.1 中的相关数值; 或
- 要求的最小电气间隙的 1/3。

表 O.1 X 的数值

污染等级 (见 5.4.1.5)	X mm
1	0.25
2	1.00
3	1.50

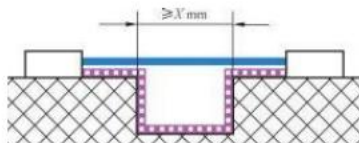
注: 本附录中全部使用下列图例:



条件: 被考虑的路径包含有一条任意深度、宽度小于 X mm、槽壁平行或收敛的沟槽。

规则: 直接跨越沟槽测量爬电距离和电气间隙。

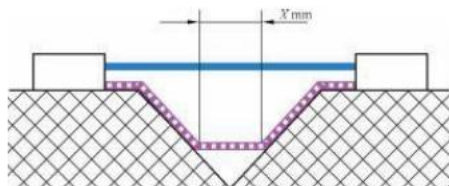
图 O.1 窄沟槽



条件: 被考虑的路径包含有一条任意深度、宽度等于或大于 X mm、槽壁平行的沟槽。

规则: 电气间隙就是“视线”距离。爬电距离的路径就是沿沟槽轮廓线伸展的通路。

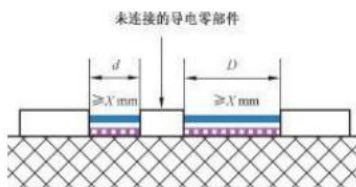
图 O.2 宽沟槽



条件：被考虑的路径有一条内角小于 80° 和宽度大于 $X\text{ mm}$ 的 V 形沟槽。

规则：电气间隙就是“视线”距离。爬电距离的路径就是沿沟槽轮廓线伸展的通路，但沟槽底部用 $X\text{ mm}$ 的连线“短接”。

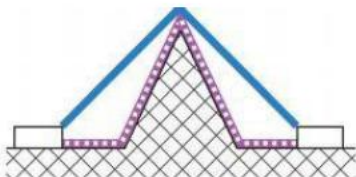
图 O.3 V 形沟槽



条件：具有插入的不连接的导电零部件的绝缘距离。

规则：电气间隙就是 $d+D$ ，爬电距离也是 $d+D$ 。¹⁾

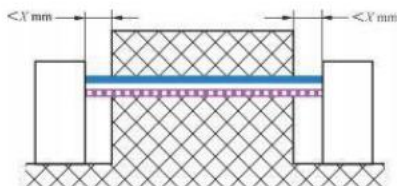
图 O.4 插入的不连接的导电零部件



条件：被考虑的路径包含有一根肋条。

规则：电气间隙就是越过肋条顶部的最短直达的空间通路。爬电距离的路径就是沿肋条轮廓线伸展的路径。

图 O.5 肋条

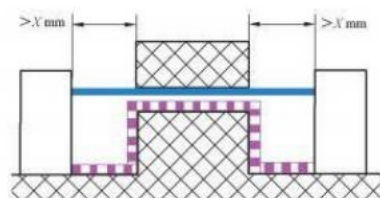


条件：被考虑的路径包含有一条未黏合的接缝，而在该接缝两侧各有一条宽度小于 $X\text{ mm}$ 的沟槽。

规则：电气间隙和爬电距离的路径就是如图所示的“视线”距离。

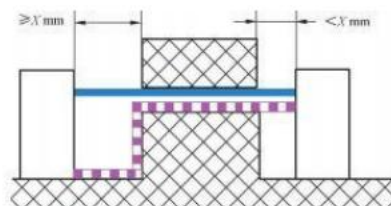
图 O.6 带窄沟槽的未黏合接缝

1) 根据国际标准的技术修订，删除原文中“如果 d 或 D 的数值小于 $X\text{ mm}$ ，则该数值应认为是零。”



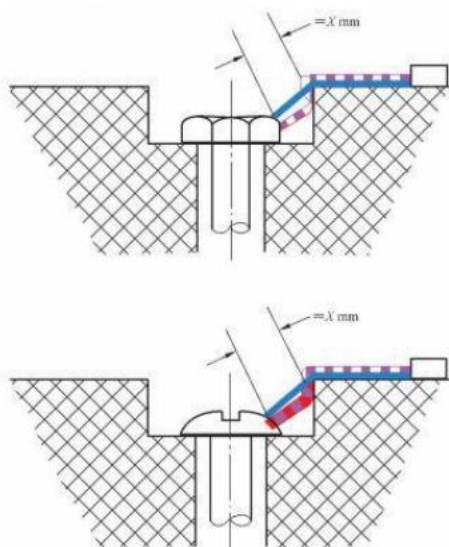
条件：被考虑的路径包含有一条未黏合的接缝，而在该接缝两侧各有一条宽度等于或大于 X mm 的沟槽。
 规则：电气间隙就是“视线”距离。爬电距离的路径就是沿沟槽轮廓线伸展的路径。

图 O.7 带宽沟槽的未黏合接缝



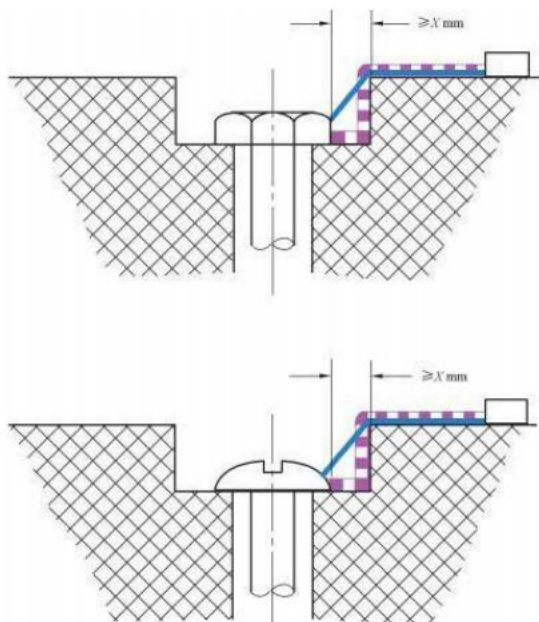
条件：被考虑的路径包含有一条未黏合的接缝，而在该接缝的一侧有一条宽度小于 X mm 的沟槽，在另一侧有一条宽度等于或大于 X mm 的沟槽。
 规则：电气间隙和爬电距离的路径如图所示。

图 O.8 带窄沟槽和宽沟槽的未黏合接缝



由于螺钉头与凹槽槽壁之间的空隙太窄，所以不必考虑该空隙。
 爬电距离的测量值就是从螺钉到槽壁的距离等于 X mm 时的测量值。

图 O.9 窄凹槽



由于螺钉头与凹槽槽壁之间的空隙足够宽,所以应对该空隙予以考虑。

图 O.10 宽凹槽

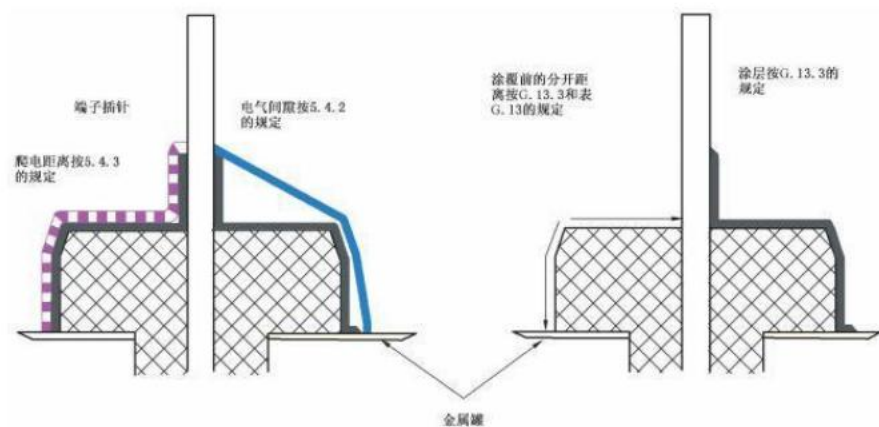


图 O.11 端子周围的涂层

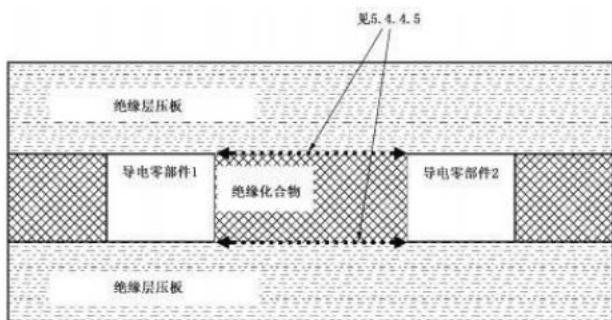


图 O.14 多层印制板中的黏合接缝

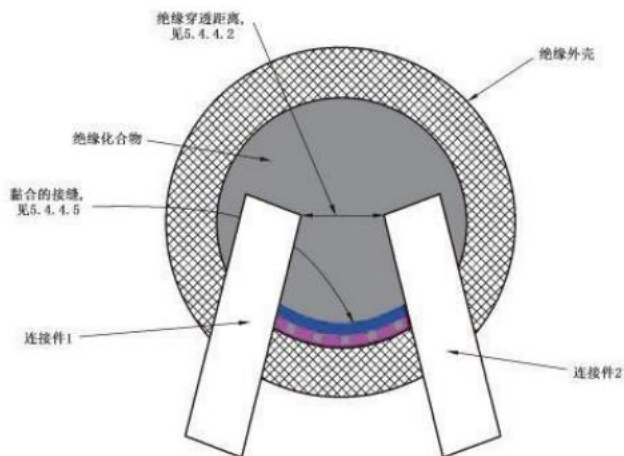


图 O.15 填充绝缘化合物的组件

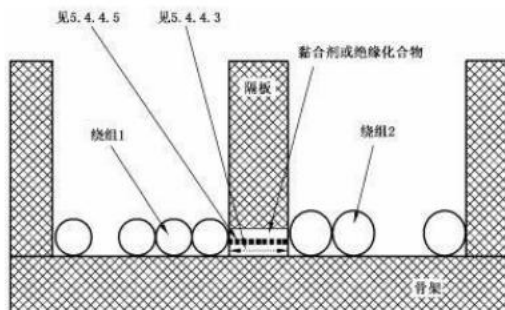


图 O.16 带隔板的骨架

附 录 P (规范性) 导电物体的安全防护

P.1 基本要求

本附录规定了减小由于异物通过设备顶部或侧面开孔进入,或由于内部液体泄漏,或由于设备内的金属涂层和黏合剂固定的导电零部件脱落导致着火、电击和严重化学反应的可能性的安全防护。

防止异物进入的基本安全防护是指人员不会将异物插入到设备内。本附录规定的安全防护是附加安全防护。

本附录不适用于作为连接器一部分的开孔。

对按制造商说明书的规定预定要在多个方向上使用的设备,安全防护应对每一个使用方向都是有效的。

对可携带式设备,安全防护应对所有方向都有效。

注:图 P.1、图 P.2和图 P.3的示例并不是要当作工程图纸来使用,而只是画出图形来说明这些要求的意图。

P.2 防止异物进入或进入后引发后果的安全防护

P.2.1 基本要求

设备应符合 P.2.2或 P.2.3的要求。

P.2.2 防止异物进入的安全防护

可触及外壳的顶部和侧面的开孔的位置或结构应能减小异物进入开孔内的可能性。

当设备的门、面板和盖等关闭或在位时,设备的开孔应符合以下要求。这些要求不适用于在门、面板、盖后面的开孔,即使这些门、面板和盖可以由一般人员打开或拆卸。

以下任何一种结构都认为符合要求:

- 任何尺寸都不超过 5 mm 的开孔;
 - 不论长度如何,宽度不超过 1 mm 的开孔;
 - 符合 IP3X的要求的开孔;
 - 防止垂直进入的顶部开孔(示例见图 P.1);
 - 设有百叶窗的侧面开孔,其形状能使外部垂直掉落物向外偏离(示例见图 P.2);
 - 未设有百叶窗的侧面开孔,开孔处的外壳厚度不小于该开孔垂直方向的尺寸;
- 通过检查来检验是否合格。

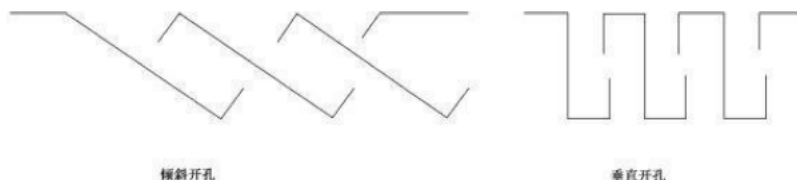


图 P.1 防止垂直进入的顶部开孔设计的横截面的示例

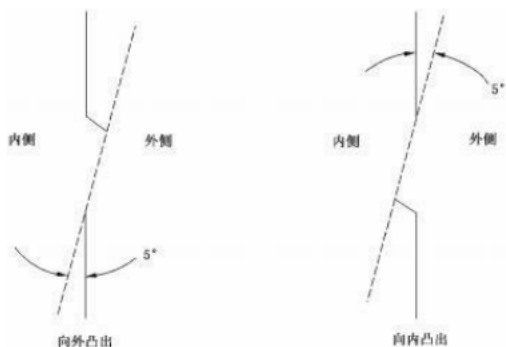


图 P.2 防止垂直进入的侧面开孔百叶窗设计的横截面的示例

P.2.3 防止异物进入产生的后果的安全防护

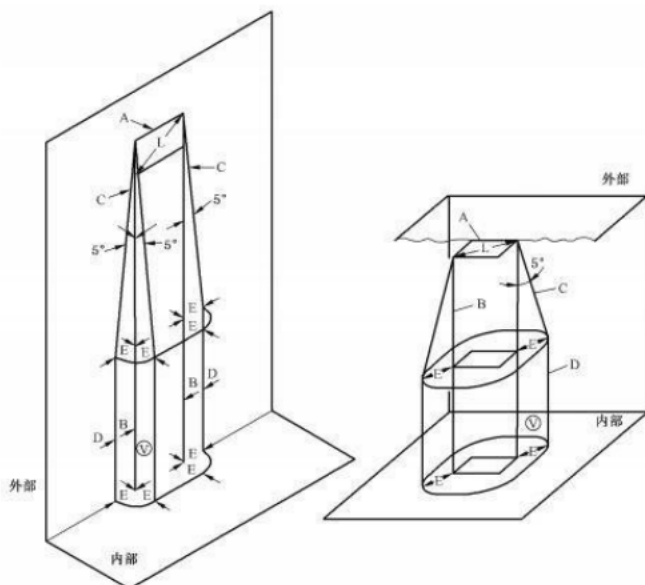
P.2.3.1 安全防护要求

异物进入不得使设备附加安全防护或设备加强安全防护失效。另外,异物不得造成 PIS。防止异物进入产生的后果的安全防护包括以下。

- 防止异物使设备级安全防护失效或造成 PIS 的内部挡板。
- 在图 P.3 所示的投射体积内,
 - 没有作为安全防护的裸露导电零部件;或
 - 没有 PIS;或
 - 没有 ES3 或 PS3 电路的裸露导电零部件;或
 - 只有涂有保形涂层或其他类似涂层的导电零部件。

注 1: 不认为涂覆有保形涂层或其他类似涂层的导电零部件是裸露导电零部件。保形涂层是一种介质材料,涂敷在印制板和元器件上以防止其受到湿气、灰尘、腐蚀和其他环境应力。

- 在图 P.3 所示的投射体积内,ES3 或 PS3 级别的裸露零部件要承受 P.2.3.2 的试验。其他结构应承受 P.2.3.2 的试验。



标引序号说明：

A—外壳开孔；

B—开孔外边缘的垂直投影；

C—倾斜线，它以偏离开孔的边缘 5° 的方向投影到距 B 为 E 的点上；

D—在与外壳侧壁为同一个平面内直接向下的投影线；

E—开孔外边缘 B 和倾斜线 C 的投影（不大于 L）；

L—外壳开孔的最大尺寸；

V—附加安全防护或加强安全防护的投影（禁止进入）体积。

图 P.3 异物进入的内部空间

对可携带式设备，如果没有防止异物进入的设计，则认为异物可以在设备内移动到任何地方。图 P.3 中的 ES3 和 PS3 禁止进入的空间对可携带式设备不适用。

对带有金属涂覆的塑料零部件或类似零部件的可携带式设备，如果没有防止异物进入的设计，则金属涂覆的零部件和所有 ES3 或 PS3 级别的裸露导电零部件之间的距离应至少有 13 mm。或者，金属涂覆的零部件和裸露的导电零部件应通过短路来进行试验。

注 2：金属涂覆的挡板或外壳的示例包括那些由导电复合材料或电镀、真空沉积、铝箔内衬或涂有金属漆的材料制成的挡板或外壳。

通过检查、测量，以及必要时通过 P.2.3.2 的试验来检验是否合格。

P.2.3.2 进入试验的结果

应试图将图 P.3 中体积 V 内的所有 ES3 或 PS3 等级的裸露导电零部件和在 13 mm 半径范围内的所有金属零部件，沿一条直通路短路。用一根直径为 1 mm，长度为 13 mm 内任意长度的直的金属物体，不施加明显的力来进行短路。

对可携带式设备，应在异物可能卡住的所有位置进行短路尝试。

在试验期间和试验后,所有附加安全防护和加强安全防护应有效,并且没有零部件成为 PIS。

P.3 防止内部液体泄漏的安全防护

P.3.1 基本要求

以下规定的要求适用于内部液体可能会使设备级安全防护失效的设备。

这些要求不适用于:

- 不导电的、不可燃的、无毒的、无腐蚀性的,以及不在承压容器内的液体;
- 电解电容器;
- 黏度为 $1\text{Pa}\cdot\text{s}$ 或更高的液体;
- 电池(按附录 M)。

注:黏度 $1\text{Pa}\cdot\text{s}$ 大致相当于 60 权重的机油。

P.3.2 漏液后果的确定

如果设备不是可携带式设备,则应将设备通电,并使液体从液体系统的管路连接件和类似接缝中泄漏。

如果设备是可携带式设备,则在引入泄漏后,应使设备的位置改变到所有可能的位置,然后通电。

P.3.3 漏液的安全防护

如果漏液可能导致 B.4 未包括的单一故障条件,则:

- 用作基本安全防护的容器在正常工作条件下不得漏液,附加安全防护(例如,挡板、滴液收集盘或附加容器等)应能有效地限制漏液的蔓延;或
- 液体被收纳在构成加强安全防护的容器中;或
- 容器安全防护应构成双重安全防护或加强安全防护。

如果液体是导电的、可燃的、有毒的或有腐蚀性的,则:

- 该液体应盛装在双重安全防护或加强安全防护的容器中;或
- 在漏液后:
 - 有毒液体应是一般人员或受过培训的人员不可触及的,和
 - 导电液体应不会桥接基本绝缘,附加绝缘或加强绝缘,和
 - 可燃性液体(或其蒸气)不得接触到任何 PIS 或温度可能引燃该液体的零部件,和
 - 腐蚀性液体不得接触到任何保护导体的连接件。

满足 G.15 相关试验要求的容器被认为构成加强安全防护。

注:通常认为以下液体是不可燃的:

- 用作润滑或用于液压系统中的油或等效液体,闪点为 $149\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更高;或
- 补充液,例如打印墨水,闪点为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或更高。

P.3.4 合格判据

通过检查或相关数据核查,以及必要时通过相关试验来检验是否合格。

在试验期间和试验后,所有附加安全防护和加强安全防护应有效,并且没有零部件成为 PIS。

P.4 金属涂层和黏合剂固定的零部件

P.4.1 基本要求

金属涂层和黏合剂在设备整个寿命期间应有适当的黏合性。

通过检查结构和对已有数据的核查来检验是否合格。如果没有可获得的数据,则通过 P.4.2 的试验来检验是否合格。

对金属涂层,应保持对污染等级 3 的电气间隙和爬电距离来代替 P.4.2 的试验。

P.4.2 试验

对一个设备样品或包含带金属涂层以及用黏合剂结合的零部件的设备的 一个组件进行评估,评估时样品的放置应使得用黏合剂固定的零部件位于样品的底部。

在温度为 T_c 的烘箱内按以下要求对样品进行规定持续时间(8周,3周或 1周)的预处理:

$$T_c = T_R + (T_A + 10 - T_S)$$

如果 $T_A + 10 - T_S$ 是负数,则用 0 代替。

式中:

T_c — 预处理温度;

T_R — 额定预处理温度,按适用情况,分别是, $82\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理时间为 8 周; $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理时间为 3 周; $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理时间为 1 周;

T_A — 正常工作条件(见 B.2.6.1)下涂层或零部件的温度;

T_S — 等于 82。

注 1:例如,对 8 周预处理,如果实际温度是 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 70 + 10 - 82 = -2$,这个 -2 被忽略。最小预处理温度仍为 $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同样,对 3 周预处理,如果实际温度是 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 70 + 10 - 82 = -2$,这个 -2 被忽略。最小预处理温度仍为 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同样,对 1 周预处理,如果实际温度是 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 70 + 10 - 82 = -2$,这个 -2 被忽略。最小预处理温度仍为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注 2:例如,对 8 周预处理,如果实际温度是 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 75 + 10 - 82 = +3$,最小预处理温度变为 $82 + 3 = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同样,对 3 周预处理,如果实际温度是 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 75 + 10 - 82 = +3$,最小预处理温度变为 $90 + 3 = 93\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。同样,对 1 周预处理,如果实际温度是 $75\text{ }^{\circ}\text{C}$,则 $T_A + 10 - T_S = 75 + 10 - 82 = +3$,最小预处理温度变为 $100 + 3 = 103\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注 3:表 P.1 给出了注 1 和注 2 中结果的汇总。

表 P.1 预处理数据汇总

T_A	T_R	T_S	$T_A + 10 - T_S$	$T_c = T_R + T_A + 10 - T_S$
70	82(8周)	82	$70 + 10 - 82 = -2$	$82 + 0 = 82$
70	90(3周)	82	$70 + 10 - 82 = -2$	$90 + 0 = 92$
70	100(1周)	82	$70 + 10 - 82 = -2$	$100 + 0 = 100$
75	82(8周)	82	$75 + 10 - 82 = +3$	$82 + 3 = 85$
75	90(3周)	82	$75 + 10 - 82 = +3$	$90 + 3 = 93$
75	100(1周)	82	$75 + 10 - 82 = +3$	$100 + 3 = 103$

预处理完成后,样品进行以下处理:

- 将样品从烘箱中取出,放置在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 任意方便的温度环境下至少 1h;
- 将样品放置在温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷冻箱内至少 4h;
- 取出样品并使其温度恢复到 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 任意方便的温度至少 8h;
- 将样品放置在相对湿度为 91%~95%、温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 任意方便的温度处理箱内 72h;
- 取出样品,放置在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 任意方便的温度环境下至少 1h;
- 将样品放置在温度为预处理温度 T_c 的烘箱内至少 4h;
- 取出样品并使其温度恢复到 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 任意方便的温度至少 8h。

然后立刻按 4.4.3 对样品进行附录 T 的试验。

制造商同意时,上述处理时间可以延长。

上述试验后:

- 金属涂层或黏合剂固定的零部件不得脱落或部分离开原位;
- 金属涂层应承受 G.13.6.2 的耐划痕试验。试验后,涂层不得松动,并且涂层上没有松动的颗粒;和
- 用作安全防护的外壳零部件应符合所有适用的对外壳的要求。

附录 Q

(规范性)

预定与建筑物配线互连的电路

Q.1 受限制电源

Q.1.1 基本要求

受限制电源应符合下列要求之一：

- 内在地限制输出,使其符合表 Q.1 的规定;或
- 使用一个线性或非线性的阻抗限制输出,使其符合表 Q.1。如果使用 PTC 装置,则该装置应：
 - 通过 IEC60730-1:2013 第 15 章、第 17 章、J.15、J.17 的试验;或
 - 符合 IEC60730-1:2013 对提供 2 型 AL 动作的装置的要求;
- 使用一个调节网络限制输出,使之在调节网络的非故障条件下和模拟单一故障条件下(开路或短路)(见 B.4)均能符合表 Q.1;或
- 使用过流保护装置并按照表 Q.2 的限值限制输出;或
- 符合 G.9 的 IC 限流器。

如果使用过流保护装置,它应是一个熔断器或是一个不能调节的非自动复位的机电装置。

Q.1.2 试验方法和合格判据

通过检查和测量以及适用时通过对制造商提供的电池组参数进行检查来检验是否合格。当依据表 Q.1 和表 Q.2 的条件对 U_{oc} 和 I_{sc} 进行测量时,电池组应充满电。应对诸如来自电池组和电网电源电路的最大功率予以考虑。

对表 Q.1 和表 Q.2 脚注 b 和脚注 c 所提到的非容性负载,要依次将其调节到产生最大电流和最大功率传输。按 Q.1.1c) 项的要求,在上述最大电流和最大功率情况下对调节网络施加单一故障条件。

表 Q.1 内在受限制电源的限值

输出电压 ^a / U_{oc}		输出电流 ^{b, d} / I_{sc}	视在功率 ^{c, d} /S
$V_{a.c.}$	$V_{d.c.}$	A	VA
≤ 30	≤ 30	≤ 8.0	≤ 100
—	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150/U_{oc}$	≤ 100

^a U_{oc} :断开所有的负载电路,按 B.2.3 的规定测得的输出电压。电压为基本正弦波形的交流电压和无纹波直流电压。对于非正弦波形的交流电压和带有纹波大于 10% 峰值的直流电压,其峰值电压不得超过 42.4V。

^b I_{sc} :带任何非容性负载(包括短路)时的最大输出电流。

^c S(VA):带任何非容性负载时的最大输出伏安。

^d 如果是通过电子电路来进行保护,则在施加负载后 5s 测量 I_{sc} 和 S。对 PTC 装置或其他情况,在 60s 后测量。