ICS 19.080;71.040.10
CCS N 20;N 61

中华人民共和国国家标准

GB 4793—2024
部分代替 GB 4793.1—2007

测量、控制和实验室用电气设备安全技术规范

Safety technical specification for electrical equipment for measurement, control and laboratory use

2024-10-28 发布　　2026-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅴ
引言 …… Ⅵ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　环境条件 …… 1
4.1　正常的环境条件 …… 1
4.2　扩展的环境条件 …… 2
5　标志和文件 …… 2
5.1　标志 …… 2
5.2　警告标志 …… 4
5.3　标志耐久性 …… 5
5.4　文件 …… 5
6　防电击 …… 7
6.1　通则 …… 7
6.2　例外 …… 7
6.3　可触及零部件的限值 …… 8
6.4　初级防护措施 …… 10
6.5　单一故障条件下的附加防护措施 …… 10
6.6　绝缘要求 …… 13
7　防机械危险 …… 20
7.1　通则 …… 20
7.2　锋利边缘 …… 20
7.3　运动零部件 …… 20
7.4　稳定性 …… 23
7.5　提起和搬运用装置 …… 23
7.6　墙壁安装 …… 24
7.7　飞散的零部件 …… 24
8　耐机械应力 …… 24
9　防止火焰蔓延 …… 24
9.1　通则 …… 24
9.2　消除或减少设备的引燃源 …… 25
9.3　一旦出现着火，将火焰控制在设备内 …… 26

9.4 限能电路 …… 27
9.5 对装有或使用可燃液体设备的要求 …… 28
9.6 过流保护 …… 29
10 设备的温度限值和耐热 …… 29
10.1 对防灼伤的表面温度限值 …… 29
10.2 绕组的温度 …… 30
10.3 耐热 …… 30
11 防止流体和固体异物的危险 …… 30
11.1 通则 …… 30
11.2 清洗 …… 30
11.3 洒落 …… 31
11.4 溢出 …… 31
11.5 电池电解液 …… 31
11.6 具有额定防护等级的设备(IP 代码) …… 31
11.7 流体压力和泄漏 …… 31
12 防辐射(包括激光源)、声压和超声压 …… 32
12.1 通则 …… 32
12.2 产生电离辐射的设备 …… 32
12.3 光辐射 …… 32
12.4 微波辐射 …… 32
12.5 声压和超声压 …… 33
12.6 激光源 …… 33
13 对释放的气体和物质、爆炸和内爆的防护 …… 33
13.1 有毒和有害气体和物质 …… 33
13.2 爆炸和内爆 …… 33
14 元器件和组件 …… 34
14.1 通则 …… 34
14.2 电动机 …… 34
14.3 过温保护装置 …… 34
14.4 熔断器座 …… 35
14.5 电网电源电压选择装置 …… 35
14.6 印制线路板 …… 35
14.7 用于限制瞬态过电压的电路 …… 35
15 利用联锁装置的保护 …… 35
15.1 通则 …… 35
15.2 防止重新启动 …… 35
15.3 可靠性 …… 35

16　试验方法 …… 35
附录 A（规范性）6.6 中未涵盖的绝缘要求 …… 37
A.1　电网电源电路的绝缘 …… 37
A.2　二次电路中的绝缘 …… 42
A.3　6.6、A.1 或 A.2 中未涉及的电路绝缘 …… 48
参考文献 …… 53

图 1　电击防护措施可接受的方案 …… 7
图 2　正常条件和单一故障条件下电容限值对应电压 …… 9
图 3　连接螺钉组件示例 …… 11
图 4　两层间界面上的导体的间距 …… 15
图 5　沿着两个内层界面的相邻导体的间距 …… 15
图 6　相同层之间的相邻导体的间距 …… 16
图 7　防止火焰蔓延要求的流程图 …… 25
图 8　挡板 …… 27
图 9　结构符合 9.3.2 c）1)规定的外壳底部的区域 …… 27
图 A.1　两层间界面上的导体的间距 …… 39
图 A.2　沿着两个内层界面的相邻导体的间距 …… 40
图 A.3　相同两层之间相邻导体的间距 …… 41
图 A.4　重复峰值电压的示例 …… 50

表 1　符号 …… 4
表 2　海拔 5 000 m 内的电气间隙倍增系数 …… 13
表 3　不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离 …… 14
表 4　不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路的固体绝缘的试验电压 …… 15
表 5　不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的由电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压 … 17
表 6　二次电路的爬电距离 …… 18
表 7　距离或厚度最小值(见 6.6.3.4.2～6.6.3.4.4)…… 19
表 8　对身体部位构成机械危险的防护措施 …… 21
表 9　防止不同身体部位挤压的最小保持间隙 …… 22
表 10　防止不同身体部位进入的最大间隙 …… 23
表 11　外壳底部允许的开孔 …… 26
表 12　最大可获得电流值的限值 …… 28
表 13　过流保护装置的值 …… 28
表 14　正常条件下表面温度限值 …… 29
表 15　绕组绝缘材料的最高温度 …… 30
表 16　试验方法 …… 35

表 A.1　额定在不超过 5 000 m 海拔下工作设备的电气间隙倍增系数 …… 37
表 A.2　超过 300 V 过电压类别Ⅱ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离 …… 38
表 A.3　过电压类别Ⅲ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离 …… 38
表 A.4　过电压类别Ⅳ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离 …… 38
表 A.5　固体绝缘间距或厚度最小值 …… 40
表 A.6　超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路固体绝缘的试验电压 …… 40
表 A.7　过电压类别Ⅲ的电网电源电路固体绝缘的试验电压 …… 41
表 A.8　过电压类别Ⅳ的电网电源电路固体绝缘的试验电压 …… 41
表 A.9　超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压 …… 43
表 A.10　由过电压类别Ⅲ的电网电源电路产生的二次电路的电气间隙和试验电压 …… 44
表 A.11　过电压类别Ⅳ的电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压 …… 45
表 A.12　二次电路的爬电距离 …… 46
表 A.13　距离或厚度最小值(见 A.2.4.2～A.2.4.4) …… 47
表 A.14　A.3.2 计算的电气间隙值 …… 49
表 A.15　有重复峰值电压或工作电压的频率高于 30 kHz 的电路中基本绝缘的电气间隙 …… 50
表 A.16　基于电气间隙的试验电压 …… 52

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件部分代替GB 4793.1—2007《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求　第1部分：通用要求》。本文件与GB 4793.1—2007相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——删除了各章节中的试验方法，增加了试验方法（见第16章）；

——删除了原第4章试验的内容（见2007年版的第4章）；

——增加了固体绝缘防电击的要求（见第6章）；

——防机械危险中增加了对机械危险风险评定的要求，运动零部件之间的间隙限值增加了新的技术要求（见第7章）；

——删除了原第16章试验和测量设备的内容（见2007年版的第16章）；

——增加了6.7中未涵盖的绝缘要求（见附录A）；

——删除了原附录A～附录G的内容（见2007年版的附录A～附录G）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出并归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1995年首次发布为GB 4793.1—1995，2007年第一次修订；

——本次为第二次修订。

引　言

本文件的目的是为测量、控制和实验室用电气设备的产品安全提供保障，实现兜住安全底线的作用。

本文件是测量、控制和实验室用电气设备符合的基本安全要求。

本文件与GB/T 42125系列标准配套使用。GB/T 42125系列标准包含了本文件技术要求及对应的试验方法。

测量、控制和实验室用电气设备
安全技术规范

1 范围

本文件规定了测量、控制和实验室用电气设备的标志和文件、防电击、防机械危险、耐机械应力、防止火焰蔓延、设备的温度限值和耐热、防止流体和固体异物的危险、防辐射(包括激光源)和声压以及超声压、对释放的气体和物质以及爆炸和内爆的防护、元器件和组件、利用联锁装置的保护等安全要求。

本文件适用于测量、控制和实验室用电气设备(包括工业自动化设备)的设计、生产、检验和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4025 人机界面标志标识的基本和安全规则 指示器和操作器件的编码规则

GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分:试验火焰 50 W 水平与垂直火焰试验方法

GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类和要求

GB/T 19661(所有部分) 核仪器及系统安全要求

GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)

GB/T 42125.1—2024 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分:通用要求

IEC 60027(所有部分) 电工技术用字母符号(Letter symbols to be used in electrical technology)

3 术语和定义

GB/T 42125.1—2024 界定的术语和定义适用于本文件。

4 环境条件

4.1 正常的环境条件

设备要设计成至少在下述条件下使用是安全的:

a) 室内使用;

b) 海拔不超过 2 000 m;

c) 温度在 5 ℃～40 ℃;

d) 温度低于 31 ℃时最大相对湿度为 80%,线性降到温度为 40 ℃时相对湿度 50%;

e) 电网电源电压波动不超过标称电压的±10%;

f) 瞬态过电压不超过过电压类别Ⅱ的等级；

g) 发生在电网电源上的暂态过电压；

h) 预定环境适用的污染等级(大多数情况下是污染等级 2)。

4.2 扩展的环境条件

设备要设计成不仅在 4.1 规定的环境条件下使用是安全的，而且在设备制造商规定的下列额定条件下使用仍是安全的：

a) 室外使用；

b) 海拔超过 2 000 m；

c) 环境温度低于 5 ℃或高于 40 ℃；

d) 相对湿度高于 4.1 的规定；

e) 电网电源的电压波动超过标称电压的±10%；

f) 潮湿场所；

g) 瞬态过电压不超过过电压类别Ⅲ或Ⅳ的等级(按附录 A)。

5 标志和文件

5.1 标志

5.1.1 通则

设备上应标有符合 5.1.2～5.2 规定的标志。除了内部零部件的标志外，这些标志应从外部就能看见，或者，如果盖子或门是预定要由操作人员来拆下或打开的，则在不用工具拆下盖子或打开门后，这些标志应从外部就能看见。适用于整台设备的标志不应标在操作人员不用工具就能拆卸的零部件上。

对机柜安装或面板安装的设备，标志允许标在设备从机柜或面板上卸下之后能看见的表面上。

量和单位的字母符号应符合 IEC 60027(所有部分)的规定，如果适用，图形符号应符合表 1 的规定。图形符号应在文件中进行解释。

注：文件包括安装手册、操作手册、维护说明书等。

5.1.2 标识

设备应至少标有下列内容。

a) 制造商或供应商的名称或商标。

b) 型号、名称或能识别设备的其他方法。如果标有相同识别标志(型号)的设备是在一个以上的生产场地制造的，则对每一个生产场地制造的设备，其标志应能识别出设备的生产场地。

5.1.3 电源

设备应标有以下信息。

a) 电源性质：

1) 交流：额定电网电源频率或频率范围；

2) 直流：表 1 序号 1 的符号。

b) 额定电源电压或额定电源电压范围。

c) 连接上所有附件或插件模块时的最大额定功率，单位为瓦(W)(有功功率)或单位为伏安(VA)(视在功率)，或者最大额定输入电流。如果设备可使用一个以上的电压范围，则应对应每个电

压范围分别标出，除非最大值与最小值相差不大于平均值的 20%。标志值不应小于最大值的 90%。

d) 对于操作人员能设置成使用不同额定电源电压的设备，应装有设置设备电压的指示装置。对于便携式设备，该电压指示应从外部就能看见。如果设备在结构上做成不用工具就能改变电源电压的设置，则在改变电压设置的操作时应能同时改变电压的指示。

e) 对能插入标准电源插头的辅助电源插座，如果其供电与电网电源电压不同，则应标出该供电电压。如果该插座仅供特定的设备使用，则该插座的标志应能识别预定与其使用的设备，如果不标这种标志，则应标出最大额定电流或功率，或者在插座旁标上表 1 序号 13 的符号，并将全部细节在文件中作出说明。

5.1.4 熔断器

对可由操作人员更换的任何熔断器应在其熔断器座旁标上使操作人员能识别正确更换熔断器的标志。

5.1.5 端子、连接件和操作装置

5.1.5.1 通则

如果对安全有必要，应对端子、连接器、控制件以及指示器，包括供流体，如气体、水和供排放用的任何连接件应给出其用途的指示。如果没有足够的空间，可使用表 1 序号 13 的符号。

急停装置的按钮和执行器以及仅用于指示危险警告或需要紧急行动的指示器应标为红色，并按照 GB/T 4025 的规定编码。如果颜色的意义与人员或环境的安全相关，则应提供附加的编码方法（按 GB/T 4025）。

5.1.5.2 端子

与电网电源相连的端子应是能识别的。下列端子应按下面规定进行标识。

a) 功能接地端子用表 1 序号 5 的符号。

b) 保护导体端子用表 1 序号 6 的符号，但当保护导体端子是经认可的电网电源器具输入插座的一部分时除外。该符号应标在靠近端子处或标在端子上。

c) 对允许与可触及导电零部件相连的控制电路端子，如果该端子的这种连接不是显而易见的，则用表 1 序号 7 的符号。

d) 从设备内部获得供电的而且是危险带电的端子应标上电压、电流、电荷或能量的值或量程，或者标上表 1 序号 13 的符号。本要求不适用于使用标准电源插座的电源插座。

5.1.6 开关和断路器

如果电源开关或断路器被用来作为断开装置，则应清楚地标出其“断”位。

在某些情况下，表 1 序号 8 和序号 9 的符号也能作为该装置的标识。仅有指示灯不认为是符合要求的标志。

如果按钮开关被用来作为电源开关，则可用表 1 序号 8 和序号 14 的符号来表示“通”位，或可用表 1 序号 9 和序号 15 的符号来表示“断”位，并将这一对符号（序号 8 和序号 14，或序号 9 和序号 15）靠近在一起。

5.1.7 用双重绝缘或加强绝缘保护的设备

只有局部用双重绝缘或加强绝缘保护的设备不应标上表 1 序号 10 的符号。

5.1.8 现场接线端子盒

正常条件下，在环境温度为 40 ℃时，或在最高额定的环境温度（如果高于 40 ℃时）下，如果现场接线盒或接线箱的端子或外壳的温度超过 60 ℃，则应有标志警示安装者在决定连接到端子电缆的温度额定值时要参考安装说明书。该标志应在连接前或连接时就能看见，或者将该标志标在端子的近旁。表 1 序号 13 的符号是可接受的标志。

表 1 符号

序号	符号	标准	说明
1	⎓	GB/T 5465.2-5031 (2002-10)	直流
2	~	GB/T 5465.2-5032 (2002-10)	交流
3	≂	GB/T 5465.2-5033 (2002-10)	交直流
4	3~	GB/T 5465.2-5032 (2002-10)	三相交流
5	⏚	GB/T 5465.2-5017 (2006-08)	地（大地）端子
6	⏚	GB/T 5465.2-5019 (2006-08)	保护导体端子
7	⏚	GB/T 5465.2-5020 (2002-10)	机箱或机架端子
8	|	GB/T 5465.2-5007 (2009-02)	通（电源）
9	○	GB/T 5465.2-5008 (2009-02)	断（电源）
10	▣	GB/T 5465.2-5172 (2003-02)	全部由双重绝缘或加强绝缘保护的设备
11	⚠		小心，电击危险
12	⚠	GB/T 5465.2-5041 (2002-10)	小心，热表面
13	⚠	ISO 7000-0434B (2004-01)	小心
14	⊓	GB/T 5465.2-5268 (2002-10)	双位按钮控制的“按入”状态
15	⊔	GB/T 5465.2-5269 (2002-10)	双位按钮控制的“弹出”状态
16	☢	ISO 361	电离辐射

5.2 警告标志

警告标志在正常使用设备时就能看见。如果某个警告标志适用于设备的某个特定部分，则该标志应标在该特定部分上或标在其附近。

警告标志的尺寸应按如下规定。

a） 符号高度至少应为 2.75 mm，文字高度至少应为 1.5 mm，文字在颜色上应与背景颜色形成

反差。

b) 在材料上模注、模压或蚀刻的符号或文字的高度至少应为 2.0 mm。如果不打算在颜色上形成反差，则这些符号或文字至少应具有 0.5 mm 的凹陷深度或凸起高度。

如果为了保持设备提供的防护而需要责任者或操作人员去查阅说明书，则设备应标有表 1 序号 13 的符号。如果已经使用了其他针对安全方面的符号，且在文件中有解释，则不要求使用表 1 序号 13 的符号。

如果使用说明，允许操作者使用工具触及在正常使用中可能会造成危险的零件或位置，则应有警告标志，指示在触及之前应将设备置于安全状态。

5.3 标志耐久性

要求的标志应在正常使用条件下保持清晰可辨，并能耐受由制造商规定的清洁剂的影响。

5.4 文件

5.4.1 通则

出于安全目的，基于操作人员和责任者的需要，应将下述文件随设备一起提供。应保证由制造商授权的服务人员能获得他们所需要的与安全有关的文件：

a) 设备的预定用途；

b) 技术规范；

c) 可从其获得技术支持的制造商或供货商的名称和地址；

d) 5.4.2～5.4.6 规定的信息；

e) 对于出于安全原因要求使用具有规定特性的专用附件(如探头组件)的设备，文件中应指出只能使用满足制造商规格要求的附件；

f) 如测量、指示或检测危险性或腐蚀性物质时的错误读数或危险带电电量可能导致危险时，则说明书应提供有关如何确认设备功能正常的指南；

g) 提起和搬运说明。

标志在设备上的警告符号和警告语句应在文件中给出解释。特别是应给出一段叙述，说明在标有表 1 序号 13 的符号的所有的情况下均需要查阅文件，以便弄清潜在危险的性质以及应采取的任何应对措施。

提供的文件可是纸质的或电子的，但是当安全必需的所有信息在需要时可能不能通过电子形式获取时，应有纸质文件。文件应与设备一起交付。

5.4.2 设备额定

文件应包含以下内容：

a) 电源电压或电压范围，频率或频率范围，以及功率或电流额定值；

b) 所有输入和输出连接的说明；

c) 为设备设计给定的环境条件范围的说明；

d) 如果设备有符合 GB/T 4208 的标识，设备防护等级(IP)的说明。

5.4.3 设备安装

文件应包括安装和特定的调试说明，以及如果对安全是必要的话，还应包括在设备安装和调试过程中或由于设备安装或调试不当而引起的危险警告。此类信息(如果适用)包括：

a) 装配、定位和安装要求；
b) 保护接地说明；
c) 与电源的连接；
d) 对永久性连接式设备：
   1) 电源布线要求；
   2) 对任何外部开关或断路器和外部过流保护装置的要求，以及将这些开关或电路断路器设置在设备近旁的建议；
e) 通风要求；
f) 特殊外部服务的要求和安全特性；
g) 与声级有关的说明。

5.4.4 设备操作

如果适用，使用说明应包括：
a) 操作控制件及其用于各种操作方式的标识和描述；
b) 不要将设备放在难以操作断开装置的位置的说明；
c) 与附件和其他设备互连的说明，包括指出适用的附件、可拆卸的零部件和任何专用的材料；
d) 间歇工作限值的规范；
e) 在设备上使用的与安全有关的符号的解释；
f) 消耗材料更换的说明；
g) 清洗和去污的说明；
h) 列出设备中能释放的任何潜在的有毒或有害的物质及其可能的释放量的说明；
i) 关于可燃液体风险降低的程序的详细说明；
j) 降低来自允许超过 10.1 温度限值表面的灼伤风险的方法细节。

说明书中应声明，如果不按制造商规定的方法来使用设备，则可能会损害设备所提供的防护。

5.4.5 设备维护和维修

应向责任者提供足够详细的说明，以确保对设备进行安全的维护、检查和测试，并确保在维护、检查和测试程序之后设备的持续安全。

如果适用，制造商的文件应说明不能用额定值不适当的线缆来替换可拆卸的电网电源线。

对于使用可更换电池的设备，应说明该特定电池的型号。

制造商应规定只能由制造商或其代理机构才能检查或提供的任何零部件。

对可更换的熔断器的额定值和特性应作出说明。

如果设备能够维修，应保证安全维修和维修后设备仍然安全，因此应为维修人员提供如下内容的说明：

a) 可能对维修人员安全产生影响的产品特定风险；
b) 对这些风险的防护措施；
c) 设备修理后对其安全状态的验证。

5.4.6 系统集成或由于特定条件的影响

由系统集成产生的情况或由特定环境或应用条件所导致的影响应在文件中加以描述。

6 防电击

6.1 通则

设备在正常条件和单一故障条件下均应保持防电击，可触及零部件不应出现危险带电。可触及零部件和地之间或设备同一部分上距离在 1.8 m 内(沿表面或通过空气)的任何两个可触及零部件之间的电压、电流、电荷或能量不应超过 6.3.1 中正常条件下的限值，也不能超过 6.3.2 中单一故障条件下的限值。

电击防护措施可接受的方案见图 1。应提供 a)、b)、c)或 d)中的一种作为初级防护措施的附加防护。另一种方法是应采用 e)或 f)中一种单一的防护措施：

a) 保护连接(见 6.5.1)；

b) 附加绝缘(见 6.5.2)；

c) 自动断开电源(见 6.5.5)；

d) 限流或限压装置(见 6.5.6)；

e) 加强绝缘(见 6.5.3)；

f) 保护阻抗(见 6.5.4)。

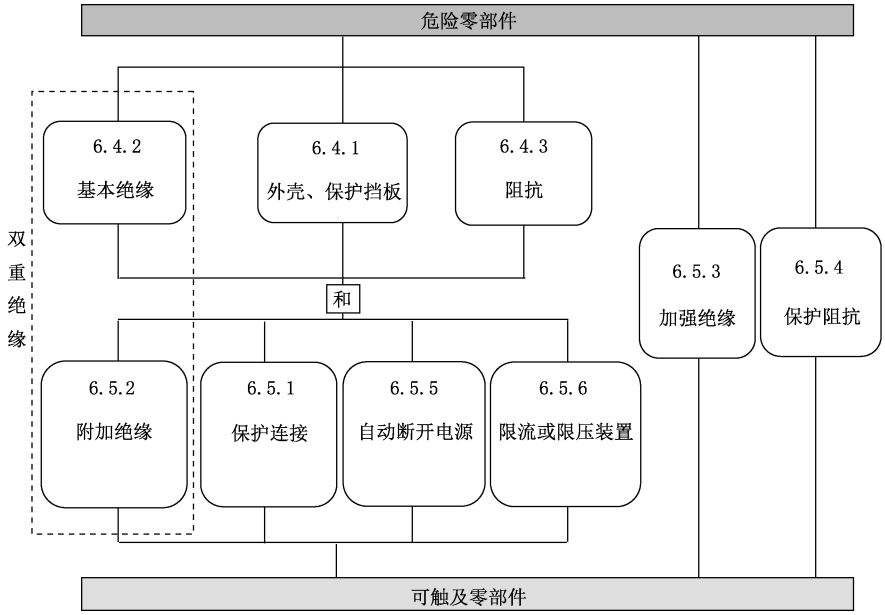


图 1 电击防护措施可接受的方案

6.2 例外

如果因操作原因，对下列零部件不可能做到既要防止可触及又要防止危险带电，则允许这些零部件在危险带电时，操作人员在正常使用中是可触及的：

a) 灯泡拆开之后的灯泡零部件和灯座；

b) 预定要由操作人员更换的零部件(如电池)，它们在更换时或在操作人员的其他操作行为时可能是危险带电的，但只有在仅用工具才能可触及，而且标有警告标志。

如果 a)和 b)中的任何零部件从内部电容器接受电荷，则在断开电源 10 s 后，这些零部件不应危险

带电。

6.3 可触及零部件的限值

6.3.1 正常条件下的限值

如果测量电压值超过a)的限值，同时其他测量值大于下列b)或c)中的限值，则被认为是危险带电。

a) 交流电压限值为有效值30 V和峰值42.4 V，直流电压限值为60 V。对预定在潮湿场所使用的设备，交流电压限值为有效值16 V和峰值22.6 V，直流电压限值为35 V。

b) 电流限值为：

1) 对正弦波电流为有效值0.5 mA，对非正弦波或混合频率电流为峰值0.7 mA，或者直流值2 mA；

2) 涉及较高频率下可能的灼伤时，使用特殊测量电路，有效值70 mA。

c) 电容的电荷或能量限值为：

1) 对电压不大于峰值15 kV或直流15 kV，电荷45 μC；

2) 对电压大于峰值15 kV或直流15 kV，贮存能量350 mJ。

6.3.2 单一故障条件下的限值

如果测量电压值超过a)的限值，同时其他测量值大于下列b)或c)中的限值，则被认为是危险带电。

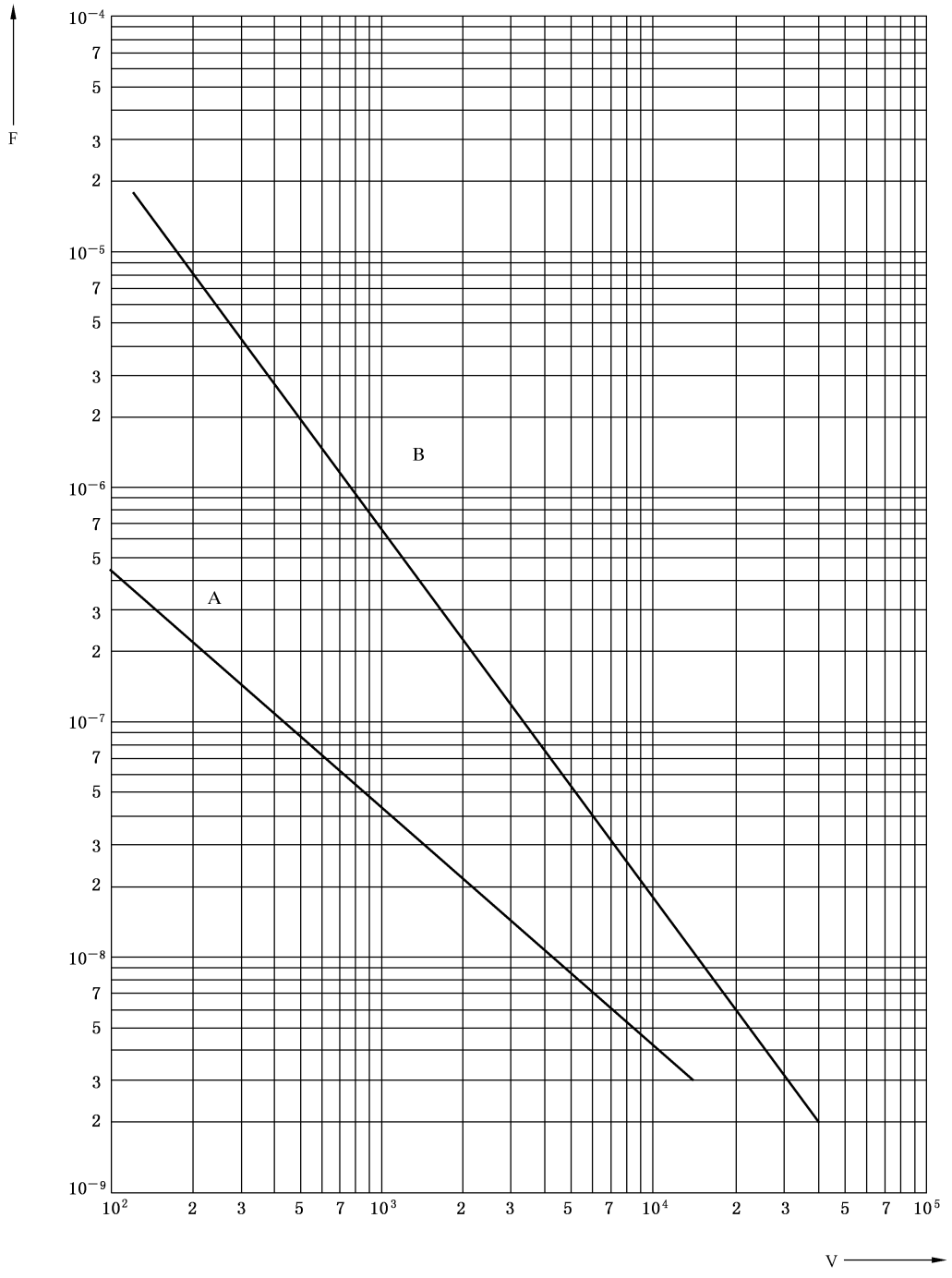
a) 交流电压限值为有效值50 V和峰值70 V，直流电压限值为120 V。对预定在潮湿场所使用的设备，交流电压限值为有效值33 V和峰值46.7 V，直流电压限值为70 V。

b) 电流限值为：

1) 对正弦波电流为有效值3.5 mA，对非正弦波或混合频率电流为峰值5 mA，或者直流值15 mA；

2) 涉及较高频率下可能的灼伤时，使用特殊测量电路，有效值500 mA。

c) 电容限值见图2中线B。



标引符号说明：

A ——正常条件；

B ——单一故障条件。

图 2　正常条件和单一故障条件下电容限值对应电压

6.4 初级防护措施

6.4.1 外壳和保护挡板

如果外壳或保护挡板用绝缘来提供防护，则它们应满足基本绝缘的要求。

如果外壳或保护挡板用限制接触来提供防护，则可触及零部件和危险带电零部件之间的电气间隙和爬电距离应满足 6.6 的要求和基本绝缘适用的要求。

6.4.2 基本绝缘

形成基本绝缘的电气间隙、爬电距离以及固体绝缘应满足 6.6 的要求。

6.4.3 阻抗

用于初级防护措施的阻抗满足下列所有要求：

a) 应限制电流或电压至不超过 6.3.2 中适用的限值；

b) 额定值应符合最大工作电压和消耗功率；

c) 阻抗端子之间的电气间隙和爬电距离应满足 6.6 中基本绝缘适用的要求。

6.5 单一故障条件下的附加防护措施

6.5.1 保护连接

6.5.1.1 通则

如果可触及导电零部件在 6.4 规定的初级防护措施出现单一故障时可能变为危险带电，则可触及导电零部件应连接到保护导体端子，另一种方法是应采用与保护导体端子相连的导电保护屏蔽层将这些可触及零部件与危险带电零部件隔离。

6.5.1.2 保护连接的完整性

按照如下规定来保证保护连接的完整性。

a) 保护连接应由直接的结构件，或独立的导体或者这二者组成。

b) 对承受机械应力的焊接连接应采用与焊接无关的方法进行机械固定。这种连接不应用于其他目的，例如固定结构件。

c) 螺丝连接件应紧固防止松动。

d) 如果设备的某一部分可由操作人员来拆除，则不应使设备剩余部分的保护连接断开。

e) 可移动的导电的连接件，不应成为唯一的保护连接通道，除非将它们专门设计成供电气互连用。

f) 电缆的外部金属编织物即使与保护导体端子连接也不应认为是保护连接。

g) 如果由电网电源供电的电源通过设备供其他设备使用，则还应采取措施，使保护导体通过该设备来保护其他设备。通过该设备的保护导体通路的阻抗不应超过 6.5.1.4 的规定值。

h) 保护导体可是裸导体也可是绝缘导体，绝缘的颜色应是黄绿色，但下列情况除外：

   1) 对接地编织线，可是黄绿色的也可是无色透明的；

   2) 对内部保护导体以及和组件中的保护导体端子连接的其他导体，如果不可能因保护导体无标识而引起危险，则可使用任何颜色。

使用保护连接的设备应提供满足 6.5.1.3 要求的端子并应能适用于保护导体的连接。

6.5.1.3 保护导体端子

保护导体端子满足如下要求。

a) 接触表面应为金属表面。

b) 器具输入插座的整体式保护导体连接端应认为是保护导体端子。

c) 对装有可拆卸软线的设备以及对永久性连接式设备，其保护导体端子应位于电网电源端子的近旁。

d) 如果设备不需要与电网电源相连，但仍然具有需要保护接地的电路或零部件，则保护导体端子应位于需保护接地的该电路端子的附近。如果该电路有外部端子，则保护导体端子也应位于外部。

e) 电网电源电路的保护导体端子其载流能力至少应与电网电源供电端子的载流能力相当。

f) 组合有其他端子的以及预定不使用工具连接和断开的插入式保护导体端子应设计成使保护导体连接相对于其他连接最先接通和最后断开。

g) 如果保护导体端子还要用于其他连接目的，则应首先用于连接保护导体，而且固定保护导体应与其他连接无关。保护导体的连接方式应确保不可能由于进行不涉及保护导体的维修而将保护导体拆除。

h) 对需要用保护导体来对测量电路的单一故障提供防护的设备，应采用下列要求：

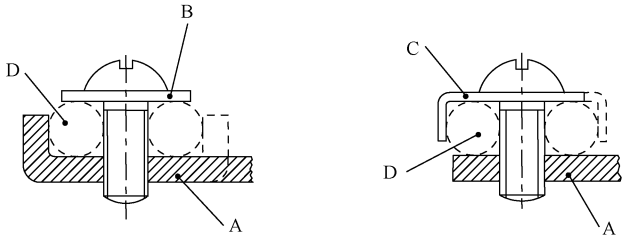
1) 保护导体端子和保护导体至少应具有测量端子的电流额定值；

2) 所装有的任何开关或断路装置不应断开保护连接。

i) 功能接地端子(例如测量接地端子)应提供独立于保护导体连接的连接。

j) 如果保护接地端子是一种连接螺钉组件(见图 3)，则该螺钉应适合连接导体的尺寸，但其螺纹尺寸不小于 4 mm，并且至少应能啮合 3 圈螺纹。

k) 保护连接所需的接触压力应不会由于构成连接部分的材料变形而减小。



标引符号说明：

A——固定的零部件；

B——垫圈或夹板；

C——防伸展装置；

D——导体空间。

图 3 连接螺钉组件示例

6.5.1.4 插头连接设备的保护连接阻抗

保护导体端子与规定要采用保护连接的每一个可触及零部件之间的阻抗不应超过 0.1 Ω。如果设备有不可拆卸的电源线，则电源线保护导体插头引脚与保护连接的每一个可触及零部件之间的阻抗不应超过 0.2 Ω。

6.5.1.5 永久性连接式设备的保护连接阻抗

永久性连接式设备的保护连接应是低阻抗连接。

如果设备在电源的所有极上装有过流保护装置，以及如果在单一故障条件下过流保护装置电源一侧的导线不可能变成与可触及导电零部件相连，则试验电流不必大于内部过流保护装置额定电流的2倍。

6.5.1.6 变压器保护连接屏蔽层

如果变压器配有保护连接作用的屏蔽层，并且屏蔽层与连接到危险带电电路的绕组之间仅通过基本绝缘分隔开，则屏蔽层应满足6.5.1.2 a)和b)的要求，而且具有低阻抗。

6.5.2 附加绝缘

电气间隙、爬电距离以及形成附加绝缘的固体绝缘应满足6.6中适用的要求。

6.5.3 加强绝缘

电气间隙、爬电距离和组成加强绝缘的固体绝缘应满足6.6中适用的要求。

6.5.4 保护阻抗

保护阻抗应在正常条件下将电流和电压限制在6.3.1的限值内，在单一故障条件下将电流和电压限制在6.3.2的限值内。

保护阻抗端子之间的绝缘应满足6.6中双重绝缘或加强绝缘的要求。

保护阻抗是下列规定的一种或一种以上的类型。

a) 合适的单一元器件，其结构、选取和测试应能保证防电击的安全性和可靠性。特别地，元器件应：
   1) 额定值为最大工作电压的2倍；
   2) 如果是电阻，则额定功率为最大工作电压下消耗功率的2倍。
b) 应是元器件的组合。

保护阻抗不应是在真空、气体或半导体内使用电子导电的单一电子装置。

6.5.5 自动断开电源

自动断开装置满足下列两个要求：

a) 自动断开装置的额定特性应规定成能在规定的时间范围内断开负载；
b) 自动断开装置的额定值应与设备的最大额定负载条件相适应。

6.5.6 限流或限压装置

限流或限压装置满足下列所有要求：

a) 限流或限压装置的额定特性应能限制电流或电压不超过6.3.2的限值；
b) 限流或限压装置的额定值应与最大工作电压和(如果适用)最大工作电流相适应；
c) 限流或限压装置端子间的电气间隙和爬电距离应满足6.6中附加绝缘适用的要求。

6.6 绝缘要求

6.6.1 绝缘的性质

6.6.1.1 通则

电路和可触及零部件间或者单独的电路之间的绝缘由电气间隙、爬电距离和固体绝缘的组合构成。当被用来提供防危险的保护时，绝缘应能承受由出现在电网电源或者设备里可能出现的电压造成的电应力。

6.6.1.2 电气间隙

如果设备被规定能在超过 2 000 m 的海拔工作，则其电气间隙要乘以表 2 适用的系数。

表 2 海拔 5 000 m 内的电气间隙倍增系数

额定工作海拔 m	倍增系数
≤2 000	1.00
2 001～3 000	1.14
3 001～4 000	1.29
4 001～5 000	1.48

6.6.1.3 爬电距离

根据漏电起痕指数(CTI)值，材料被分成如下四组：

——材料组别Ⅰ　　600≤CTI；

——材料组别Ⅱ　　400≤CTI＜600；

——材料组别Ⅲa　　175≤CTI＜400；

——材料组别Ⅲb　　100≤CTI＜175。

对于不知道 CTI 值的材料，假定为Ⅲb。

对玻璃、陶瓷或其他不产生漏电起痕的无机绝缘材料，没有爬电距离的要求。

6.6.1.4 固体绝缘

固体绝缘是不可恢复的介质，损坏会在设备的生命周期里累积。固体绝缘同样会在重复的高压测试中老化和降级。

6.6.1.5 基于电路类型的绝缘要求

特殊类型电路的绝缘要求规定如下。

a) 标称电源电压不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路见 6.6.2。

b) 仅通过变压器的方式与 a)中电路隔离的二次电路见 6.6.3。

c) 过电压类别Ⅲ或Ⅳ或者超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路按附录 A 中 A.1。

d) 仅通过变压器的方式与 c)中电路隔离的二次电路按 A.2。

e) 具有一个或者多个下列特征的电路按 A.3：

1) 最大可能瞬态过电压受供电电源限制或者在设备内限制到低于电网电源电路的规定值的

已知值；

2） 最大可能瞬态过电压超过电网电源电路规定值；

3） 工作电压是超过一个电路的电压的总和，或者是一个混合电压；

4） 工作电压包括一个重复峰值电压，该重复峰值电压包括一个周期性非正弦波形或者规律性发生的非周期波形；

5） 工作电压的频率超过 30 kHz。

6.6.2 标称电源电压不高于 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路的绝缘

6.6.2.1 电气间隙和爬电距离

电网电源电路的电气间隙和爬电距离应满足表 3 中的值，同时考虑：

a） 表 3 是基本绝缘和附加绝缘的值，对于加强绝缘，其值是基本绝缘的 2 倍；

b） 对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，污染等级 3 时的最小电气间隙是 0.8 mm；

c） 如果设备的额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙乘以表 2 的倍增系数。

表 3 不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离

相线-中线电压交流有效值或直流	电气间隙值	爬电距离值								
		印制线路板材料		其他绝缘材料						
		污染等级 1	污染等级 2	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
		所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲa	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤150	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
＞150～300	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.1	3.0	3.8	4.1	4.7

允许对爬电距离进行线性插值法。

6.6.2.2 固体绝缘

6.6.2.2.1 通则

在设备的预期寿命期间，在额定的环境条件下（见第 4 章），电网电源电路的固体绝缘应能承受可能在正常使用中出现的电应力和机械应力。

固体绝缘还应满足如下的要求，如适用：

a） 对于用作外壳或者保护挡板的固体绝缘，按第 8 章的要求；

b） 对于模制和模压零部件，按 6.6.2.2.2 的要求；

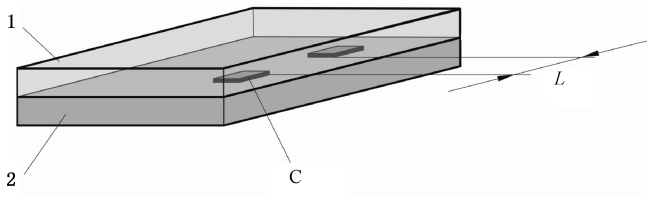
c） 对于印制线路板的内绝缘层，按 6.6.2.2.3 的要求；

d） 对于薄膜绝缘，按 6.6.2.2.4 的要求。

6.6.2.2.2 模制和模压零部件

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于模压在一起的相同的两个层的界面上的导体，在模制完

成后应至少隔开 0.4 mm(见图 4,L)。



标引说明:

1 ——层 1;

2 ——层 2;

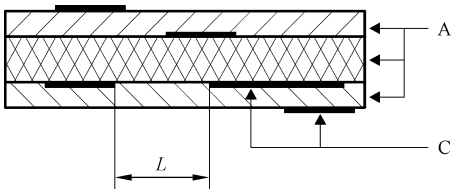
C ——导体;

L ——导体间距。

图 4　两层间界面上的导体的间距

6.6.2.2.3　印制线路板的内绝缘层

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘,位于相同的两个层上的导体至少隔离 0.4 mm(见图 5,L)。



标引符号说明:

L ——相邻导体的间距;

A ——层;

C ——导体。

图 5　沿着两个内层界面的相邻导体的间距

印制线路板的内绝缘层的加强绝缘也应使各层有足够的介电强度。应使用下面的方法之一。

a)　绝缘的厚度至少是 0.4 mm。

b)　绝缘至少由印制线路板材料的两个独立的层组成,任一层的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 4 中基本绝缘的试验电压值。

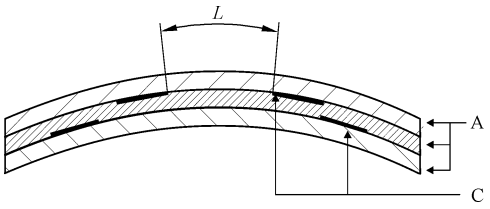
c)　绝缘至少由印制线路板材料的两个独立的层组成,并且各层组合的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 4 中加强绝缘的试验电压值。

表 4　不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路的固体绝缘的试验电压

相线-中线电压交流有效值或直流	1 min 交流试验电压		1 min 直流试验电压	
	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘
V	V	V	V	V
≤150	1 350	2 700	1 900	3 800
>150～300	1 500	3 000	2 100	4 200

6.6.2.2.4 薄膜绝缘

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层(见图 6，L)之间的导体应被隔离开，间距应至少是 6.6.2.1 中的适用的电气间隙和爬电距离。



标引符号说明：

L ——相邻导体的间距；

A ——薄膜材料层，比如带子和聚酯薄膜；

C ——导体。

注：层与层之间可能有空气存在。

图 6 相同层之间的相邻导体的间距

通过薄膜绝缘层的加强绝缘应有足够的介电强度。可使用下述方法之一。

a) 绝缘的厚度至少是 0.4 mm。

b) 绝缘至少由薄膜材料的两个独立的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 4 中基本绝缘的试验电压值。

c) 绝缘至少由薄膜材料的三个独立的层组成，任意两层已经过试验，具有足够的电气强度。

6.6.3 由不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路供电的二次电路的绝缘

6.6.3.1 通则

本文件中，二次电路和电网电源电路的隔离是通过变压器实现的。在变压器内部，初级线圈和次级线圈被加强绝缘、双重绝缘或者连接到保护导体端子的屏蔽层隔离。

6.6.3.2 电气间隙

二次电路的电气间隙应满足 a)或 b)。

a) 对于基本绝缘和附加绝缘，满足表 5 的值，或者对于加强绝缘，满足表 5 值的 2 倍。

b) 使用表 5 中适用的试验电压，通过电压试验。如下调整适用：

1) 加强绝缘的试验电压值是基本绝缘的 1.6 倍；

2) 如果设备的额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙的值应乘以表 2 中适用的系数；

3) 污染等级 2 的最小电气间隙是 0.2 mm，污染等级 3 的最小电气间隙是 0.8 mm。

表 5　不超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的由电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压

二次电路工作电压		电网电压，相线-中线，过电压类别Ⅱ			
		≤150 V 交流有效值		>150 V～300 V 交流有效值	
交流有效值 V	直流或交流峰值 V	电气间隙 mm	试验电压 （交流有效值） V	电气间隙 mm	试验电压 （交流有效值） V
16	22.6	0.10	500	0.48	830
30	42.4	0.11	510	0.50	840
50	70	0.12	520	0.53	860
100	140	0.13	540	0.61	900
150	210	0.16	580	0.69	940
300	420	0.39	770	0.94	1 040
600	840	1.01	1 070	1.61	1 450
1 000	1 400	1.92	1 630	2.52	1 970
1 250	1 750	2.50	1 960	3.16	2 280
1 600	2 240	3.39	2 390	4.11	2 730
2 000	2 800	4.49	2 890	5.30	3 230
2 500	3 500	6.02	3 520	6.91	3 850
3 200	4 480	8.37	4 390	9.16	4 660
4 000	5 600	10.9	5 320	11.6	5 610
5 000	7 000	14.0	6 590	14.9	6 960
6 300	8 820	18.2	8 270	19.1	8 620
8 000	11 200	23.9	10 400	24.7	10 700
10 000	14 000	30.7	12 900	31.6	13 300
12 500	17 500	39.6	16 100	40.5	16 400
16 000	22 400	52.5	20 400	53.5	20 700
20 000	28 000	67.9	25 300	68.9	25 600
25 000	35 000	87.9	31 600	89.0	32 000
32 000	44 800	117	40 400	118	40 700
40 000	56 000	151	50 300	153	50 800
50 000	70 000	196	62 800	198	63 400
63 000	88 200	258	79 400	260	80 000
允许线性内插值法					

6.6.3.3　爬电距离

二次电路的基本绝缘或附加绝缘的爬电距离，应依据加在绝缘上的工作电压来满足表 6 中相应的值。加强绝缘的值为基本绝缘的 2 倍。

表 6　二次电路的爬电距离

二次电路工作电压交流有效值或直流	印制线路板的材料		其他绝缘材料						
	污染等级 1	污染等级 2	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
	所有材料组	材料组别Ⅰ，Ⅱ，或Ⅲa	所有材料组	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲb
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	0.025	0.04	0.08	0.40	0.40	0.40	1.00	1.00	1.00
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.05	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.10	0.45	0.45	0.45	1.10	1.10	1.10
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.20	1.20	1.20
25	0.025	0.04	0.125	0.50	0.50	0.50	1.25	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.80	1.10	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.60	0.85	1.20	1.5	1.7	1.9
63	0.040	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.6	1.8	2.0
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.10	0.16	0.25	0.71	1.00	1.4	1.8	2.0	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.40	0.32	0.80	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
200	0.40	0.63	0.42	1.00	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1.0	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0
320	0.75	1.6	0.75	1.60	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10.0
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0	11	12.5
1 000	3.2[a]	5.0[a]	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5	14	16
1 250			4.2	6.3	9,0	12.5	16	18	20
1 600			5.6	8.0	11	16	20	22	25
2 000			7.5	10.0	14	20	25	28	32
2 500			10.0	12.5	18	25	32	36	40
3 200			12.5	16	22	32	40	45	50
4 000			16	20	28	40	50	56	63
5 000			20	25	36	50	63	71	80
6 300			25	32	45	63	80	90	100
8 000			32	40	56	80	100	110	125
10 000			40	50	71	100	125	140	160
12 500			50	63	90	125			
16 000			63	80	110	160			
20 000			80	100	140	200			
25 000			100	125	180	250			
32 000			125	160	220	320			
40 000			160	200	280	400			
50 000			200	250	360	500			
63 000			250	320	450	600			
允许线性内插值法									

[a] 电压超过 1 000 V，对同样材料组别，在印制线路板材料上的爬电距离和在其他绝缘材料上的爬电距离是相同的。

[b] 对于电压超过 630 V，污染等级 3，不推荐使用材料组别Ⅲb。

6.6.3.4 固体绝缘

6.6.3.4.1 通则

在设备预期寿命期间，在所有额定环境条件(见第4章)下，二次电路的固体绝缘应能承受可能发生在正常使用中出现的电应力和机械应力。

如果适用，固体绝缘还应满足以下要求：

a) 对固体绝缘作为外壳或保护挡板，按第8章的要求；

b) 对模制和模压零部件，按6.6.3.4.2的要求；

c) 对印制线路板的内绝缘层，按6.6.3.4.3的要求；

d) 对薄膜绝缘，按6.6.3.4.4的要求。

6.6.3.4.2 模制和模压零部件

对基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层之间的导体隔离(见图4，L)不小于表7中适用的最小距离。

表7 距离或厚度最小值(见6.6.3.4.2～6.6.3.4.4)

交流峰值或直流 工作电压或重复峰值电压 kV	最小值 mm	交流峰值电压或直流 工作电压或重复峰值电压 kV	最小值 mm
＞0.0467～0.33	0.05	＞8.0～10	3.5
＞0.33～0.8	0.1	＞10～12	4.5
＞0.8～1.0	0.15	＞12～15	5.5
＞1.0～1.2	0.2	＞15～20	8
＞1.2～1.5	0.3	＞20～25	10
＞1.5～2.0	0.45	＞25～30	12.5
＞2.0～2.5	0.6	＞30～40	17
＞2.5～3.0	0.8	＞40～50	22
＞3.0～4.0	1.2	＞50～60	27
＞4.0～5.0	1.5	＞60～80	35
＞5.0～6.0	2	＞80～100	45
＞6.0～8.0	3		

6.6.3.4.3 印制线路板的内绝缘层

对基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层之间的导体隔离(见图5，L)不小于表7中适用的最小距离。

印制线路板内绝缘层的加强绝缘，对各个单独的层也应有足够的介电强度。应使用下列方法之一：

a) 绝缘厚度至少是表7规定的最小距离；

b) 绝缘至少由印制线路板材料的两个独立的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规

定为不小于表 5 中基本绝缘的试验电压值；

c) 绝缘至少由印制线路板材料的两个独立的层组成，由材料制造商规定的组合层的介电强度至少满足表 5 试验电压的 1.6 倍。

6.6.3.4.4 薄膜绝缘

对基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层之间的导体隔离(见图 6，L)不小于 6.6.3.2 和 6.6.3.3 中适用的电气间隙和爬电距离。

使用薄膜绝缘层的加强绝缘也应有足够的介电强度。应使用下列方法之一：

a) 绝缘厚度达到表 7 适用的最小值；

b) 至少由两层分离的薄膜材料组成的绝缘，每层都由材料制造商规定为不小于表 5 中基本绝缘的试验电压值；

c) 至少由三层分离的薄膜材料组成的绝缘，任何两层之间都需要试验且要有足够的介电强度。

7 防机械危险

7.1 通则

在正常条件下或不易被察觉的单一故障条件下操作不应导致机械危险。机械危险包括但不仅限于：

a) 可能导致割伤的锋利边缘(见 7.2)；

b) 可能挤压身体部位或刺穿皮肤的运动零部件(见 7.3)；

c) 可能在使用中或移动中跌落到人身上的不稳定的设备(见 7.4)；

d) 由于搬运装置(见 7.5)、墙壁安装支架(见 7.6)或其他支撑零部件(见 7.5)毁坏而导致的设备跌落；

e) 从设备飞散的零部件(见 7.7)。

7.2 锋利边缘

设备所有易接触的零部件应光滑无棱角，以免在正常使用设备时造成伤害。

除非故障表现出明显的危险，设备上易接触的零部件在单一故障条件下不应造成任何伤害。

7.3 运动零部件

7.3.1 通则

运动零部件导致的危险不应超过除 7.3.2 规定外的可容许水平。7.3.4 和 7.3.5 中规定的条件被认为是可容许的限值。

7.3.2 例外

如果由于操作原因不可能防止某些运动零部件引起潜在危险，则在下述情况下接触是允许的。

a) 明显预定用于对设备外部零部件或材料进行加工的易接触的运动零部件的设备，例如：钻孔设备和搅拌设备。这类设备应设计成能使无意中接触这种运动零部件的可能性减小到最低的限度(如安装防护装置或提手等)。

b) 除正常使用外，在进行常规维护时，如果由于技术上无法避免的原因，操作人员需接触可能会引起危险的运动零部件才能完成某种操作，则如果采取了下列的所有措施，接触是允许的。

1） 不用工具就不可能接触运动零部件。

2） 给责任者的说明要包括一项声明，即操作人员应经过培训才能允许进行带有危险性的操作。

3） 在接触运动零部件之前应先行拆除的任何盖子或零部件上要有警告标志，标明操作人员未经培训，禁止接触设备。作为替代方法，在盖子或零部件上标志表 1 序号 13 的符号，并且在文件中给出警告说明。

7.3.3 对身体部位构成机械危险的风险评定

综合考虑危险严重程度、暴露可能性和避免危险的可能性，应按照表 8 中描述最低防护措施将风险降低到可容许水平。

表 8 对身体部位构成机械危险的防护措施

机械危险条件			最低防护措施[d]
严重程度[a]	暴露的可能性[b]	避免危险的可能性[c]	
S	E_2	P_2	C
S	E_2	P_1	C
S	E_1	P_2	C
S	E_1	P_1	B
M	E_2	P_2	B
M	E_2	P_1	A
M	E_1	P_2	A
M	E_1	P_1	无

[a] 严重程度：

M——中度危害，足以碰伤或划伤身体某部位；

S——严重危害，足以使身体某部位骨折或伤残。

[b] 暴露的可能性：

E_1——在正常使用过程中无意暴露；

E_2——在正常使用过程中有意暴露。

[c] 避免危险的可能性：

P_1——可能避免

运动是可视的且速度足够低使身体部位远离且不被困住；

或在身体部位被困住之前启动可视或声音报警。

P_2——不可避免

除 P_1 之外的条件。

[d] 最低防护措施：

A——低级措施：警示标志、可听或可视信号、使用说明；

B——中等措施：紧急开关、仅用工具才能移除的保护挡板或盖子、距离（见 ISO 13857）或隔离（见 ISO 13854 或 EN 349）；

C——严格措施：联锁、仅用工具才能移除的保护挡板或盖子，和从电源处切断的说明。

7.3.4 压力和压强的限制

在正常条件和单一故障条件下应满足下面的限值。

最大允许的连续接触压强是 50 N/cm^2，最大压力是 150 N。

至少 3 cm^2 的身体接触面积上的最大允许的短时压力是 250 N，最大持续时间是 0.75 s。

7.3.5 运动零部件之间的间隙限制

7.3.5.1 运动零部件之间的间隙限制——正常允许进入

如果身体部位能够插入到运动零部件之间，且运动零部件的力和压力超出了 7.3.4 的限值，在正常条件和单一故障条件下，间隙的宽度不应从大于表 9 对于身体部位的最小间隙值减小到小于最小间隙值。

7.3.5.2 运动零部件之间的间隙限制——正常防止进入

在正常条件和单一故障条件下，当零部件运动时，身体部位能插入进去的运动零部件之间的间隙不应增加到超过表 10 的可接受的间隙。

表 9 防止不同身体部位挤压的最小保持间隙

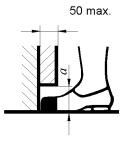
身体部位	避免挤压的最小间隙 a mm	图例
躯干	500	
头	300	
腿	180	
脚	120	
脚趾	50	
手臂	120	

表 9　防止不同身体部位挤压的最小保持间隙（续）

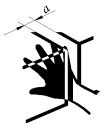
身体部位	避免挤压的最小间隙 a mm	图例
手、腕、拳	100	
手指	25	
本表中的值是对于成年人的。对于儿童或者青少年操作的设备，要考虑更小的间隙		

表 10　防止不同身体部位进入的最大间隙

身体部位	防止接近的最大间隙 a[a] mm
头	120
脚	35
手指	4
本表中的值是对于成年人的。对于可能被儿童或者青少年操作的设备，要考虑更小的间隙	
[a] 间隙 a 的示例见表 9。	

7.4　稳定性

在操作前不固定在建筑物结构上的设备和设备的组件，在正常使用时物理上应是稳定的。

如果提供措施来确保操作人员在拉开抽屉等操作后使设备仍能保持稳定性，则这些措施应是自动的或者应标有利用措施的警告标志。

7.5　提起和搬运用装置

7.5.1　通则

质量大于或等于 18 kg 的设备或零部件应装有供提起和搬运用的装置，或在制造商文件中作出说明。

7.5.2　提手和把手

如果供搬运用的提手或把手是装在设备上或随同设备一起提供的，则它们应能承受设备重量 4 倍的力。

7.5.3　提起装置和支撑零部件

提起装置的零部件和支撑重物的零部件应有额定最大承载，或试验通过 4 倍于最大静态承载。

7.6 墙壁安装

对预定要安装在墙上或天花板上的设备，其支架应能承受设备重量4倍的力。

7.7 飞散的零部件

一旦零部件失效飞散开来，设备应能控制或者限制可能会引起危险的零部件的能量。

对飞散的零部件所采用的防护装置不借助工具应不能拆除。

8 耐机械应力

当设备承受在正常使用时可能遇到的机械应力时不应引起危险。正常要求的能量防护等级为5 J，在满足以下判据的时候，小于5 J但不低于1 J也是允许的。

a) 经制造商风险评定后证明较低等级是合理的。

b) 当设备按照预定的应用方式安装完成后，不会轻易被未经授权的人员或者无关人员触碰。

c) 在正常使用状态下，设备仅在偶尔的操作，如调整、编程或维护时，才会被触及。

d) 设备上标识了对应于GB/T 20138的IK代码或者表1序号13的符号，并且在附带的文件中阐明额定能量等级及其试验方法。对于最低额定环境温度小于2 ℃的非金属外壳，规定的限值应适用于最低额定环境温度，如果撞击能量在GB/T 20138的IK值之间，任何IK标识都应选择离其最近的较低值。

9 防止火焰蔓延

9.1 通则

在正常条件下或单一故障条件下，火焰不应蔓延到设备的外面。防止火焰蔓延要求的流程图见图7。

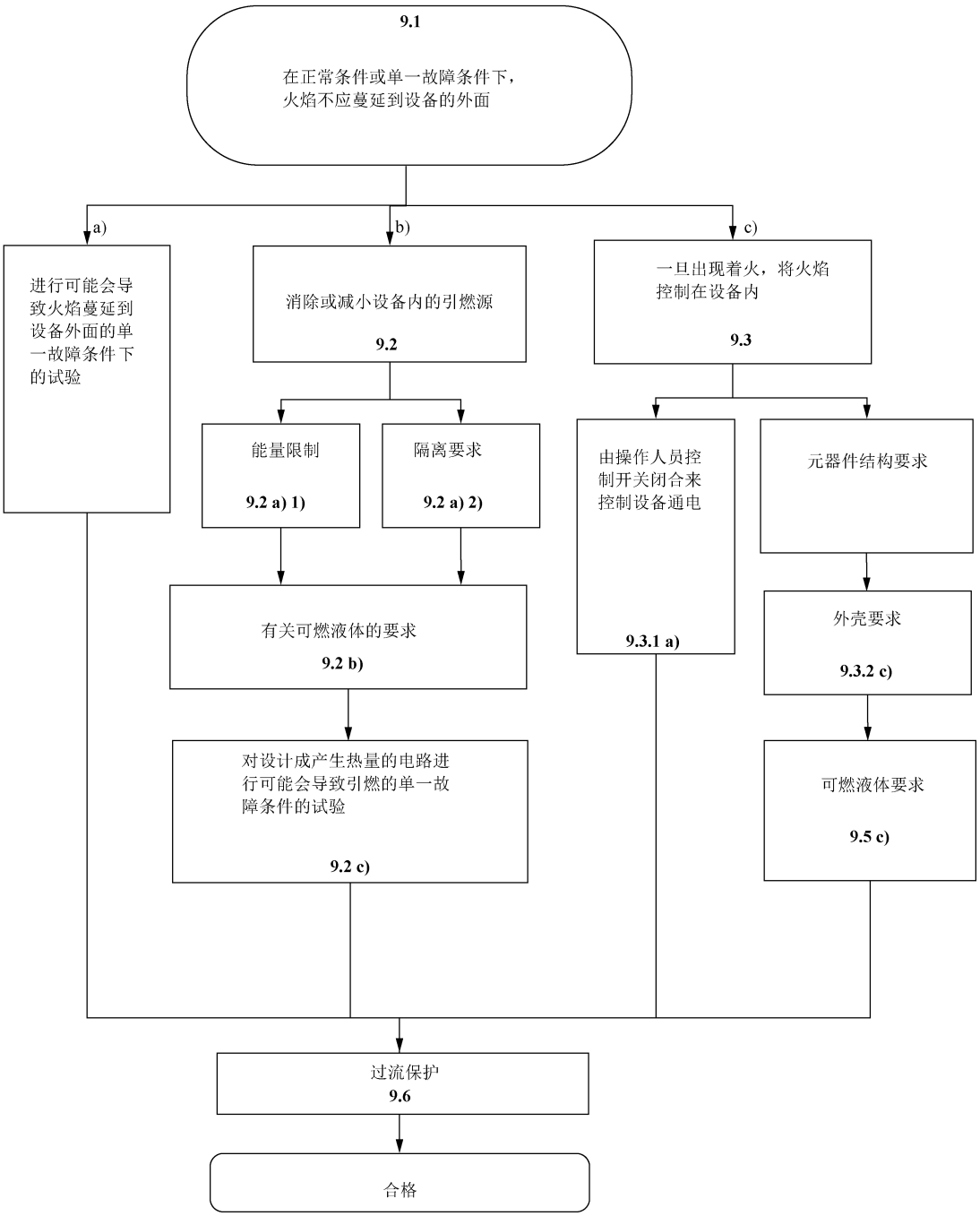


图 7　防止火焰蔓延要求的流程图

9.2　消除或减少设备的引燃源

如果满足下列所有要求，则认为引燃的可能性和着火发生率已被减小到可容许的水平。

a)　1)或 2)：

1)　按 9.4 的规定，限制设备的电路或零部件可获得的电压、电流和功率；

2)　不同电位的零部件之间的绝缘满足基本绝缘的要求，或能证明桥接绝缘不会导致引燃。

b)　将有关可燃液体的任何引燃危险减小到 9.5 规定的可容许水平。

c) 对设计产生热量的电路，进行单一故障条件下的试验未出现引燃。

9.3 一旦出现着火，将火焰控制在设备内

9.3.1 通则

如果设备满足下列之一的结构要求，则认为火焰蔓延到设备外面的可能性已被减小到可容许的水平。

a) 需由操作人员持续维持开关激活状态，以控制设备通电。

b) 设备和设备的外壳符合 9.3.2 的结构要求，而且符合 9.5 适用的要求。

9.3.2 结构要求

符合下列结构要求。

a) 连接器和安装元器件的绝缘材料应具有 GB/T 5169.16 规定的 V-2 或更优的可燃性等级，对印制线路板的要求见 14.6。

b) 绝缘的导线和电缆应能阻止火焰的蔓延。

c) 外壳应符合下列要求。

1) 对不符合 9.4 限能电路要求的电路，如图 9 所示，其成 5°夹角范围内外壳的底部和侧面应符合下列要求之一：

——没有开孔；

——由金属材料制成，且开孔符合表 11 的规定；

——由金属隔离网制成，其网眼中心距离不超过 2 mm×2 mm，金属丝的直径至少为 0.45 mm；

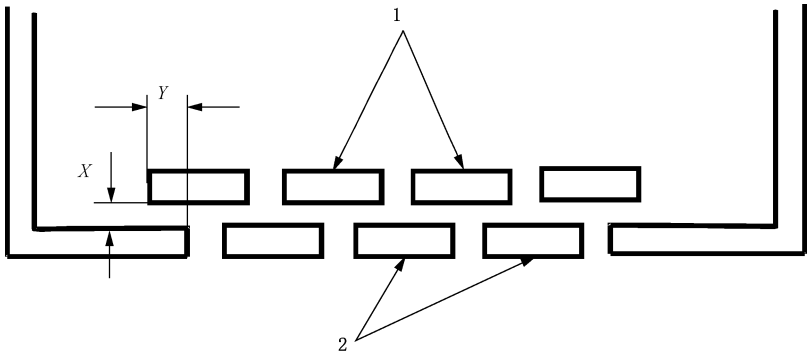
——挡板开孔符合图 8 的规定。

2) 外壳及任何挡板或挡火板应用金属（镁除外）材料制成，或者用可燃性等级为 GB/T 5169.16 规定的 V-1 或更优的非金属材料制成。

3) 外壳以及任何挡板或挡火板应具有足够的刚性。

表 11 外壳底部允许的开孔

最小厚度 mm	开孔的最大直径 mm	开孔的最小中心距 mm
0.66	1.14	1.70（233 个孔/645 mm^2）
0.66	1.19	2.36
0.76	1.15	1.70
0.76	1.19	2.36
0.81	1.91	3.18（72 个孔/645 mm^2）
0.89	1.90	3.18
0.91	1.60	2.77
0.91	1.98	3.18
1.00	1.60	2.77
1.00	2.00	3.00



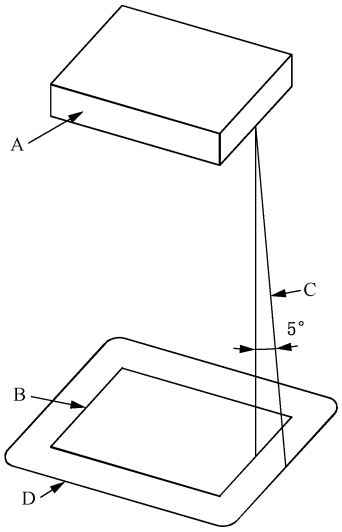
标引序号说明：

1——挡板(可位于外壳底部的下面)；

2——外壳底部。

$Y \geqslant 2X$ 但不小于 25 mm。

图 8　挡板



标引符号说明：

A ——被认为是危险着火源的设备的零部件或元器件。如果它是未另外防护的，则是指整个零部件或元器件；如果它是被外罩局部防护的元器件，则是指未防护的部分。

B ——A 的轮廓线在水平面上的投影。

C ——斜线，用来划出结构符合 9.3.2 c) 1) 和 9.3.2 c) 2)规定的外壳底部和侧面的最小区域。该斜线围绕 A 的周边的每一个点，以及相对于垂线呈 5°夹角投射，其取向要确保能划出最大的面积。

D ——结构符合 9.3.2 c) 1)规定的底部的最小区域。

图 9　结构符合 9.3.2 c) 1)规定的外壳底部的区域

9.4　限能电路

限能电路是符合下列所有判据的电路。

a)　出现在电路中的电压不大于交流有效值 30 V 和峰值 42.4 V，或者直流 60 V。

b)　用下列之一的方法来限制出现在电路中的电流：

1） 由自身限制或用阻抗限制最大可获得电流，使其不会超过表 12 的适用值；

2） 过流保护装置限制电流，使其不会超过表 13 的适用值；

3） 用调节网络限制最大可获得电流，使其在正常条件下或在调节网络中出现的一个故障的情况下不会超过表 12 的相关规定值。

c） 至少采用基本绝缘与能量值超过上述判据 a)或 b)的其他电路隔离。

如果使用过流保护装置，则该过流保护装置应是某种熔断器或某种不可调的非自复位机电装置。

表 12 最大可获得电流值的限值

开路输出电压(U 或 $\hat{U}$) V			最大可获得电流 A
交流有效值	直流	峰值[a]	交流有效值或直流
$U\leqslant 2$	$U\leqslant 2$	$\hat{U}\leqslant 2.8$	50
$2<U\leqslant 12.5$	$2<U\leqslant 12.5$	$2.8<\hat{U}\leqslant 17.6$	$100/U$
$12.5<U\leqslant 18.7$	$12.5<U\leqslant 18.7$	$17.6<\hat{U}\leqslant 26.4$	8
$18.7<U\leqslant 30$	$18.7<U\leqslant 60$	$26.4<\hat{U}\leqslant 42.4$	$150/U$

[a] 峰值($\hat{U}$) 是为方便使用而提供，适用于非正弦波形的交流电和纹波超过 10 %的直流电。由于电流的有效值与发热相关，故应确定最大可获得电流的有效值。

表 13 过流保护装置的值

出现在电路中的电位(U 或 $\hat{U}$) V			过流保护装置在不大于 120 s 后断开的电流[b,c] A
交流有效值	直流	峰值[a]	交流有效值或直流
$U\leqslant 2$	$U\leqslant 2$	$\hat{U}\leqslant 2.8$	62.5
$2<U\leqslant 12.5$	$2<U\leqslant 12.5$	$2.8<\hat{U}\leqslant 17.6$	$125/U$
$12.5<U\leqslant 18.7$	$12.5<U\leqslant 18.7$	$17.6<\hat{U}\leqslant 26.4$	10
$18.7<U\leqslant 30$	$18.7<U\leqslant 60$	$26.4<\hat{U}\leqslant 42.4$	$200/U$

[a] 峰值($\hat{U}$) 是为方便使用而提供，适用于非正弦波形的交流电和纹波超过 10%的直流电。由于电流的有效值与发热相关，故应确定最大可获得电流的有效值。

[b] 该评估值是基于所规定的保护装置的时间-电流分断特性，与额定分断电流是有区别的。(例如 ANSI/UL 248-14 的 5 A 熔断器，规定为 10 A 在 120 s 或更短时间熔断，而 IEC 60127 的 T 型 4 A 熔断器，规定为 8.4 A 在 120 s 或更短时间熔断。)

[c] 熔断器的分断电流与温度有关，如果熔断器邻近的周围温度明显高于室温，则温度的影响需加以考虑。

9.5 对装有或使用可燃液体设备的要求

装在设备内的或规定与设备一起使用的可燃液体在正常使用条件下或单一故障条件下不应导致火焰蔓延。

如果满足下列之一的要求，则认为由可燃液体导致的危险已减小到可容许的水平。

a) 在正常条件或单一故障条件下，可燃液体表面的温度和与可燃液体表面接触的零部件的温度要限制在不超过 $t-25$ ℃的温度下，其中 t 为可燃液体的燃点。

注：燃点是指将某种液体加热(按规定的条件)到使其表面的蒸汽和(或)空气混合物在施加和撤离外部火焰时能使火焰维持至少 5 s 的温度。

b) 要将液体的量限制在不可能导致火焰蔓延的程度。

c) 如果液体能被引燃，则火焰要受到控制，以防止火焰蔓延到设备的外面。应提供详细的使用说明，规定足以减小危险的程序。

9.6 过流保护

9.6.1 通则

预定要由电网电源供电的设备应用熔断器、断路器、热切断器、阻抗限制电路或类似装置来保护，防止设备出现故障时从电网获得过大的能量。

过电流保护装置供电侧相反极性的电网连接的零部件至少需要具有基本绝缘。

过电流保护装置不应安装在保护导体上，熔断器或单级断路器不应装在多相设备的中线上。

9.6.2 永久性连接式设备

永久性连接式设备中的过流保护装置是可选的，如果设备不带有过流保护装置，则设备安装说明书中应规定在建筑物设施中需要的过流保护装置的特性。

9.6.3 其他设备

如果采用过流保护装置，则应装在设备内部。

10 设备的温度限值和耐热

10.1 对防灼伤的表面温度限值

在 40 ℃的环境温度下，易接触表面的温度在正常条件下不应超过表 14 规定的值，在单一故障条件下不应超过 105 ℃。

设备的最高额定环境温度高于 40 ℃时，其易接触表面的温度在正常条件下允许超过表 14 规定的值，在单一故障条件下允许超过 105 ℃，但是超过部分不能大于最高额定环境温度与 40 ℃的差值。

用挡板来防护的，防止受到意外接触的表面不认为是易接触表面，只要该挡板不用工具不能被拆除即可。

表 14 正常条件下表面温度限值

零部件	限值 ℃
1.外壳的外表面(意外接触)	
a)无涂层或阳极化处理的金属	65
b)有涂层(油漆，非金属)的金属	80
c)塑料	85
d)玻璃和陶瓷	80

表 14　正常条件下表面温度限值（续）

零部件	限值 ℃
e)正常使用条件下不太可能接触的小区域(＜2 cm^2)	100
2.旋钮和手柄(正常使用时会接触)	
a)金属	55
b)塑料	70
c)玻璃和陶瓷	65
d)在正常使用时仅被短时间(1 s～4 s)抓握的非金属部件	70

10.2　绕组的温度

如果因温度过高可能会导致危险，则绕组绝缘材料的温度在正常条件下和单一故障条件下不应超过表 15 的规定值。

表 15　绕组绝缘材料的最高温度

绝缘等级 (见 GB/T 11021)	正常条件 ℃	单一故障条件 ℃
A	105	150
B	130	175
E	120	165
F	155	190
H	180	210

10.3　耐热

当设备在环境温度 40 ℃或最高额定环境温度(如果温度更高)下工作时，其电气间隙和爬电距离应符合 6.6 的要求。

非金属材料的外壳应能耐高温。绝缘材料应有足够的耐热能力。

11　防止流体和固体异物的危险

11.1　通则

设备的设计应能保护操作人员和周围区域免受正常使用中遇到的流体和固体异物的危害。

注：可能会遇到的流体分为三类：

a)　持续接触的流体，如盛于容器中的流体；

b)　偶然接触的流体，例如清洗用流体；

c)　无意中(非预期)接触的液体，制造商无法对此类情况采取防护措施。

考虑制造商规定的流体，包括清洗和去污染流体。不考虑其他流体。

11.2　清洗

如果制造商规定了清洗或去污处理流程，则该流程不应导致直接的危险、电气危险或者因腐蚀原因

或其他原因导致使保证安全的结构件强度降低的危险。

11.3 洒落

如果正常使用时液体可能会洒落到设备中，则设备在设计上应确保不会发生危险，例如由于绝缘或危险带电的内部无绝缘的零部件受潮带来的危险，或是由于设备零部件接触到潜在侵蚀性物质（如腐蚀性的、有毒性的或者可燃的液体）所引起的危险。

11.4 溢出

在正常使用时，从能过量注入液体的设备内任何容器中溢出的液体不应导致危险，例如由于绝缘或危险带电的内部无绝缘的零部件受潮带来的危险。

在容器注满液体后可能要移动的设备应防止液体从容器中荡出。

11.5 电池电解液

电池的安装应确保使电池电解液的泄漏不会损害安全。

11.6 具有额定防护等级的设备（IP 代码）

如果制造商规定设备符合 GB/T 4208 定义的一种防护等级，设备防护固体异物和水的侵入的等级应与对应的防护等级相适应。

11.7 流体压力和泄漏

11.7.1 最大压力

在正常使用或单一故障条件下，设备的零部件能承受的最大压力不应超过该零部件的额定最大工作压力。

最大压力被认为是下列的最大值：

a） 对外部压力源规定的额定最大供应压力；

b） 作为设备一部分提供的过压安全装置的压力设定值；

c） 除非压力已被过压安全装置限制，作为设备一部分的压力发生装置所产生的最大压力。

11.7.2 高压泄漏和破裂

在正常使用时同时具有下列两个特性的、装有流体的零部件不应由于破裂或泄漏而导致危险。

a） 压力和容积的乘积大于 200 kPa·L。

b） 压力大于 50 kPa。

11.7.3 低压单元的泄漏

装有流体的零部件在压力低于 11.7.2 条件下发生泄漏不应导致危险。

11.7.4 过压安全装置

过压安全装置在正常使用时不应动作，它应符合下列要求：

a） 连接在靠近预定要保护的系统中装有液体的零部件的附近；

b） 容易接近，以便进行检查、维护和修理；

c） 在不使用工具的条件下就不能对其进行调节；

d) 压力释放孔的位置和方向应确保释放的物质不朝向任何人员；
e) 压力释放孔的位置和方向应确保过压安全装置的动作不会在可能导致危险的零部件上沉积释放的物质；
f) 具有足够的释放能力，以确保压力不会超过系统的额定最大工作压力。

在过压安全装置和预定要保护的零部件之间不应装有截止阀。

12 防辐射(包括激光源)、声压和超声压

12.1 通则

设备应提供防内部产生的紫外线、电离辐射和微波辐射、激光源，以及声压和超声压效应的保护。

12.2 产生电离辐射的设备

12.2.1 电离辐射

12.2.1.1 通则

包含或产生电离辐射(来自放射源或X射线)的设备应满足以下要求。

a) 如果以释放辐射为目的，则应满足12.2.1.2中的要求。或者，如果在GB/T 19661(所有部分)的范围中，则应根据GB/T 19661(所有部分)来试验、分类和标识。
b) 如果是使用或产生辐射，但仅释放杂散辐射，则应满足12.2.1.3的要求。

12.2.1.2 预定释放辐射的设备

包含放射性物质或产生X射线的设备，以及以向设备外释放电离辐射为目的的设备，如果在距离外表面50 mm的任何易于到达的点的有效剂量率超过5 μSv/h，设备应标志如下所有的标记：

a) 表1序号16的符号；
b) 对于含有一种或多种放射性物质的设备，放射性元素的缩写；
c) 1 m处的最大剂量率的值，或当剂量率的值在1 μSv/h和5 μSv/h之间以米(m)为单位适当的距离。

示例："1 m处2.5 μSv/h"；"0.3 m处3 μSv/h"。

12.2.1.3 预定不释放辐射的设备

非预定杂散辐射在距离设备外表面100 mm的任何易于到达的点的有效辐射剂量率应不超过1 μSv/h。

12.2.2 加速电子

设备的结构应保证用超过5 kV的电压来加速电子的隔离室不用工具就不能打开。

12.3 光辐射

带有发射紫外线、可见光或红外辐射的灯和灯系统的设备(包括发光二极管)，不应使可能造成危险的辐射意外泄漏。

12.4 微波辐射

在正常条件和单一故障条件下，在距离设备50 mm的任意一点，其频率在1 GHz～100 GHz之间

的杂散微波辐射的功率密度不应超过 10 W/m^2。本要求不适用于预定传送微波辐射的设备的零部件，例如位于波导输出端口。

12.5 声压和超声压

12.5.1 声压级

如果设备产生的噪声达到可能导致危害的等级，则制造商应测量设备能产生的最大声压级（但报警产生的和位于远程的零部件产生的声音不包括在内）。

安装说明书应规定，在设备安装完后位于使用的位置上，责任者如何能确保设备产生的声压级不会达到可能导致危害的值。这些说明应明确能迅速得到和切实可行的防护材料，或可能采用的一些措施，包括安装隔音板或消声罩。

12.5.2 超声压

如果不预定释放超声的设备产生的超声达到可能会引起危险的等级，则制造商应测量设备能产生的最大超声压级。

如果以预定释放超声的设备产生的超声达到可能会引起危险的等级，则制造商应测量设备能产生的最大超声压级。

外部的有用波束，超声压在频率 20 kHz～100 kHz 的范围内，不应超过 20 μPa 基准压力值以上 110 dB。

如果有用波束内部的超声压在频率 20 kHz～100 kHz 的范围内超过 110 dB，则设备应使用表 1 序号 13 的符号加以标识；并且其文件中应包含以下内容：

a) 有用波束的尺寸；

b) 有用波束超声压超过 110 dB 的区域；

c) 在波束区域内部的最大声压值。

12.6 激光源

使用激光源的设备应满足 GB/T 7247.1 的要求。

13 对释放的气体和物质、爆炸和内爆的防护

13.1 有毒和有害气体和物质

设备不应在正常条件和单一故障条件下释放有害量的危险物质。

如果释放出潜在危险物质，则操作人员不应直接暴露于一定量的可能造成伤害的物质中。

如果设备的正常运行需要排放有害物质，并且如果排放意图由责任者按照制造商的说明进行管理，则这种排放不被视为释放有害物质。

13.2 爆炸和内爆

13.2.1 元器件

如果因过热或过载易于引起爆炸的元器件，未装有压力释放装置，则在设备中应装有保护操作人员的防护装置。

压力释放装置的位置应确保在卸荷时不会给操作人员造成危险。其结构应确保任何压力释放装置

不会被阻塞。

13.2.2 电池和电池的充电

电池不应由于过度充电、放电或由于电池安装时极性不正确而引起爆炸或出现着火危险。如果有必要，设备中应提供防护，除非制造商的说明书规定，该设备只能使用具有内部保护的电池。

如果由于装上错误型号的电池（例如，如果规定要装具有内部保护的电池）可能会引起爆炸或着火危险，则应在电池舱、安装支架上或在其近旁标上警告标志，而且还应在制造商说明书中给出警告语句。可接受的标志是表 1 序号 13 的符号。

如果设备具有能对可充电电池充电的装置，且如果不可充电电池有可能被安装和连接在电池舱内，则应在电池舱内或其近旁标上警告标志。该标志应给出警告，防止对不可充电电池充电，同时还应标出能与充电电路一起使用的可充电电池的型号。可接受的标志是表 1 序号 13 的符号。

电池舱的设计应做到不可能因可燃性气体的积聚而引起爆炸和着火。

13.2.3 阴极射线管的内爆

对最大屏面尺寸超过 160 mm 的阴极射线管，其自身应能防内爆影响和防机械撞击，除非其外壳提供足够的防护。

自身无防护的阴极射线管应装有不用工具就不能拆卸的有效防护屏。如果使用玻璃的隔离屏，则它不应与阴极射线管的表面接触。

当阴极射线管正确安装时无需再作附加防护，则认为这种阴极射线管自身具有对内爆影响的防护能力。

14 元器件和组件

14.1 通则

如果涉及安全，则元器件和组件，应按其规定的额定值使用，除非已作出特定的例外规定。

14.2 电动机

14.2.1 电动机温度

当电动机堵转或阻止启动时出现电击危险、温度危险或燃烧危险，则应采用符合 14.3 要求的过温保护装置或热保护装置对电动机进行保护。

14.2.2 串激电动机

如果串激电动机转速过高会引起危险，则它应直接接到由该串激电动机驱动的装置上。

14.3 过温保护装置

过温保护装置是在单一故障条件下动作的装置，应符合下列所有要求：

a） 在结构上做到能保证功能可靠；

b） 额定值能满足切断使用它们的电路中最大的电压和电流；

c） 在正常条件下不动作。

如果在温度控制系统（如温控器）失效的情况下，使用自行复位的过温保护装置来防止危险发生，则设备被保护的部分在再次运行之前应干预。

14.4 熔断器座

对装有预定要由操作人员来更换熔断器的熔断器座在更换熔断器时应不能触及到危险带电零部件。

14.5 电网电源电压选择装置

电网电源电压选择装置在结构上应做到不会意外发生将一个电压或一种类型电源转换到另一个电压或另一种类型电源。见 5.1.3 d)的规定。

14.6 印制线路板

印制线路板应采用可燃性等级为 GB/T 5169.16 的 V-1 或更优的材料。

14.7 用于限制瞬态过电压的电路

构成设备一部分的任何过压限制电路应具有足够的强度,以限制可能出现的瞬态过电压。

15 利用联锁装置的保护

15.1 通则

用来防止操作人员遭受危险的联锁装置应在危险消除之前防止操作人暴露在危险中,并应符合 15.2 和 15.3 的要求。

15.2 防止重新启动

对保护操作人员的联锁装置,在引起联锁装置起作用的动作返回或取消之前,应能防止由于操作人员不使用工具重新启动而再次引起危险。

15.3 可靠性

保护操作人员的联锁装置应保证在设备的预期寿命期间不可能出现单一故障,或者不会引起危险。

16 试验方法

第 5 章～第 15 章的技术要求对应的试验方法见表 16。

表 16 试验方法

序号	章条	试验方法
1	第 5 章 标志和文件	按 GB/T 42125.1—2024 第 5 章规定的试验方法进行试验
2	第 6 章 防电击	按 GB/T 42125.1—2024 第 6 章规定的试验方法进行试验
3	第 7 章 防机械危险	按 GB/T 42125.1—2024 第 7 章规定的试验方法进行试验
4	第 8 章 耐机械应力	按 GB/T 42125.1—2024 第 8 章规定的试验方法进行试验
5	第 9 章 防止火焰蔓延	按 GB/T 42125.1—2024 第 9 章规定的试验方法进行试验

表 16　试验方法（续）

序号	章条	试验方法
6	第 10 章　设备的温度限值和耐热	按 GB/T 42125.1—2024 第 10 章规定的试验方法进行试验
7	第 11 章　防止流体和固体异物的危险	按 GB/T 42125.1—2024 第 11 章规定的试验方法进行试验
8	第 12 章　防辐射（包括激光源）、声压和超声压	按 GB/T 42125.1—2024 第 12 章规定的试验方法进行试验
9	第 13 章　对释放的气体和物质、爆炸和内爆的防护	按 GB/T 42125.1—2024 第 13 章规定的试验方法进行试验
10	第 14 章　元器件和组件	按 GB/T 42125.1—2024 第 14 章规定的试验方法进行试验
11	第 15 章　利用联锁装置的保护	按 GB/T 42125.1—2024 第 15 章规定的试验方法进行试验

附 录 A
（规范性）
6.6 中未涵盖的绝缘要求

A.1 电网电源电路的绝缘

A.1.1 通则

如果制造商将设备的额定过电压类别定为Ⅲ或Ⅳ，则应适用本附录的相关要求。

过电压类别Ⅱ适用于预定由建筑物布线供电的设备。它适用于插头连接式设备及永久性连接式设备。6.6 仅包含了对标称电源电压不超过 300 V 时过电压类别Ⅱ的要求。对更高过电压类别和标称电源电压超过 300 V 时过电压类别Ⅱ的要求见本附录。

过电压类别Ⅲ用于预定构成建筑物布线装置部分的设备。此类设备包括插座插孔、熔断器座和某些电网电源设施控制设备。如果要求更高程度的可靠性和可用性，制造商也可设计过电压类别Ⅲ的设备。

过电压类别Ⅳ用于安装在建筑物供电电源源头或其附近，在建筑物入口和主配电盘之间的设备。此类设备可能包括电表和初级过电流保护装置。如果要求更高程度的可靠性和可用性，制造商也可设计过电压类别Ⅳ的设备。

A.1.2 电网电源电路电气间隙和爬电距离

电网电源电路的电气间隙和爬电距离应满足下述表格中的适用数值：

a） 标称电源电压超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路见表 A.2；

b） 过电压类别Ⅲ的电网电源电路见表 A.3；

c） 过电压类别Ⅳ的电网电源电路见表 A.4。

表 A.2～表 A.4 中的数值针对基本绝缘和附加绝缘。加强绝缘的数值应是基本绝缘数值的 2 倍。

如果设备的额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙应乘以表 A.1 中适用的倍增系数。

表 A.1 额定在不超过 5 000 m 海拔下工作设备的电气间隙倍增系数

额定工作海拔 m	倍增系数
≤2 000	1.00
2 001～3 000	1.14
3 001～4 000	1.29
4 001～5 000	1.48

表 A.2　超过 300 V 过电压类别Ⅱ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离

相线-中线电压交流有效值或直流	电气间隙	爬电距离								
		印制线路板材料		其他绝缘材料						
		污染等级1	污染等级2	污染等级1	污染等级2			污染等级3		
		所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
＞300～600	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.3	6.0	7.5	8.3	9.4
＞600～1 000	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	7.2	10.0	12.5	14.0	16.0

表 A.3　过电压类别Ⅲ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离

相线-中线电压交流有效值或直流	电气间隙	爬电距离								
		印制线路板材料		其他绝缘材料						
		污染等级1	污染等级2	污染等级1	污染等级2			污染等级3		
		所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤150	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	2.0	2.2	2.5
＞150～300	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.8	4.1	4.7
＞300～600	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0	7.5	8.3	9.4
＞600～1 000	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	12.5	14.0	16

表 A.4　过电压类别Ⅳ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离

相线-中线电压交流有效值或直流	电气间隙	爬电距离								
		印制线路板材料		其他绝缘材料						
		污染等级1	污染等级2	污染等级1	污染等级2			污染等级3		
		所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
≤150	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

表 A.4　过电压类别Ⅳ的电网电源电路的电气间隙和爬电距离（续）

相线-中线电压交流有效值或直流	电气间隙	爬电距离								
		印制线路板材料		其他绝缘材料						
		污染等级 1	污染等级 2	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
		所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
＞150～300	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
＞300～600	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.3	9.4
＞600～1 000	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	16.0

A.1.3　电网电源电路的固体绝缘

A.1.3.1　通则

在设备的预期寿命期间，在所有额定的环境条件（见第 4 章）下，电网电源电路的固体绝缘应能承受在正常使用时可能出现的电应力和机械应力。

如适用，固体绝缘还应满足以下要求：

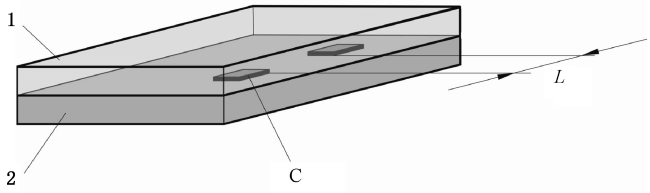
1）　对模制和模压零部件，A.1.3.2 的要求；

2）　对印制线路板的内绝缘层，A.1.3.3 的要求；

3）　对薄膜绝缘，A.1.3.4 的要求。

A.1.3.2　模制和模压零部件

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，完成模压后，位于模压在一起的两个相同层之间的导体（见图 A.1，L）应至少间隔表 A.5 中规定适用的最小距离。



标引说明：

1 ——层 1；

2 ——层 2；

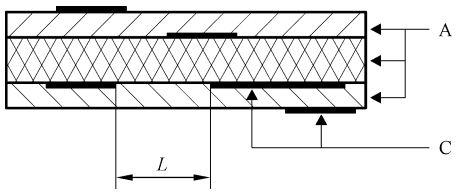
C ——导体；

L ——导体间距。

图 A.1　两层间界面上的导体的间距

A.1.3.3 印制线路板内绝缘层

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于相同的两个层上的导体（见图 A.2，L）应至少间隔表 A.5 中规定的适用的最小距离。



标引符号说明：

L ——相邻导体的间距；

A ——层；

C ——导体。

图 A.2 沿着两个内层界面的相邻导体的间距

表 A.5 固体绝缘间距或厚度最小值

相线-中线电压交流有效值或直流 V	最小厚度[a] mm	最小间距 L[a,b]（见图 A.2） mm
≤300	0.4	0.4
>300～600	0.6	0.6
>600～1 000	1.0	1.0
[a] 这些数值独立于过电压类别。 [b] 这些数值适用于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘。		

印制线路板内绝缘层各层的加强绝缘应具有足够的介电强度，应采用下列方法之一：

a) 绝缘厚度至少是表 A.5 中的规定数值；

b) 绝缘至少由印制线路板材料的两个分离的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 A.6、表 A.7 和表 A.8 中基本绝缘的试验电压值；

c) 绝缘至少由印制线路板材料的两个分离的层组成，并且各层组合的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 A.6、表 A.7 和表 A.8 中加强绝缘的试验电压值。

表 A.6 超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路固体绝缘的试验电压

相线-中线电压交流有效值或直流 V	试验电压			
	5 s 交流试验 V		脉冲试验 V	
	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘
>300～600	2 210	3 510	4 000	6 400
>600～1 000	3 310	5 400	6 000	9 600

表 A.7　过电压类别Ⅲ的电网电源电路固体绝缘的试验电压

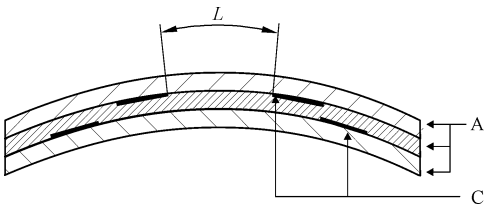
相线-中线电压交流有效值或直流 V	试验电压			
	5 s 交流试验 V		脉冲试验 V	
	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘
≤150	1 390	2 210	2 500	4 000
>150～300	2 210	3 510	4 000	6 400
>300～600	3 310	5 400	6 000	9 600
>600～1 000	4 260	7 400	8 000	12 800

表 A.8　过电压类别Ⅳ的电网电源电路固体绝缘的试验电压

相线-中线电压交流有效值或直流 V	试验电压			
	5 s 交流试验 V		脉冲试验 V	
	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘	基本绝缘和附加绝缘	加强绝缘
≤150	2 210	3 510	4 000	6 400
>150～300	3 310	5 400	6 000	9 600
>300～600	4 260	7 400	8 000	12 800
>600～1 000	6 600	11 940	12 000	19 200

A.1.3.4　薄膜绝缘

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层（见图 A.3，L）之间的导体应被隔离开，间距应至少是 A.1.2 中的适用的电气间隙和爬电距离。



标引符号说明：

L ——相邻导体的间距；

A ——薄膜材料层，比如带子和聚酯薄膜；

C ——导体。

层与层之间可能有空气存在。

图 A.3　相同两层之间相邻导体的间距

通过薄膜绝缘层的加强绝缘应具有足够的介电强度。应使用下列方法之一。

a) 绝缘厚度至少应为表 A.5 的数值。

b) 绝缘至少由薄膜材料的两个分离的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 A.6、表 A.7 和表 A.8 中基本绝缘的试验电压值。

c) 绝缘至少由薄膜材料的三个独立层组成，任意两层都要通过测试来证明拥有合适的介电强度。

A.2 二次电路中的绝缘

A.2.1 通则

本文件中，二次电路和电网电源电路的隔离是通过变压器实现的。在变压器内部，初级线圈和次级线圈被加强绝缘、双重绝缘或者连接到保护导体端子的屏蔽层隔离。

A.2.2 电气间隙

二次电路的电气间隙应满足 a)或 b)：

a) 对于基本绝缘或附加绝缘，满足表 A.9、表 A.10 和表 A.11 的值，或对于加强绝缘，满足该数值的 2 倍；

b) 采用表 A.9、表 A.10 和表 A.11 中的适用数值，通过电压试验。

对于表 A.9～表 A.11 的应用，需满足如下要求：

1) 加强绝缘的试验电压值是基本绝缘的 1.6 倍；

2) 如果设备的额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙数值应乘以表 A.1 中适用的系数；

3) 污染等级 2 的最小电气间隙为 0.2 mm，污染等级 3 的最小电气间隙为 0.8 mm。

表 A.9　超过 300 V 的过电压类别Ⅱ的电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压

二次电路 工作电压		电网电源电压 ＞300～600 V 交流有效值		电网电源电压 ＞600～1 000 V 交流有效值	
交流有效值	直流或交流峰值	电气间隙	试验电压 交流有效值	电气间隙	试验电压 交流有效值
V	V	mm	V	mm	V
16	22.6	1.5	1 390	2.9	1 590
33	46.7	1.5	1 390	3.0	2 210
50	70	1.5	1 390	3.0	2 210
100	140	1.6	1 450	3.1	2 260
150	210	1.6	1 450	3.2	2 300
300	420	1.8	1 540	3.4	2 400
600	840	2.4	1 620	3.9	2 630
1 000	1 400	3.5	2 450	5.0	3 110
1 250	1 750	4.2	2 770	5.8	3 430
1 600	2 240	5.2	3 190	6.9	3 850
2 000	2 800	6.5	3 700	8.2	4 330
2 500	3 500	8.1	4 300	9.8	4 920
3 200	4 480	10	4 950	12	5 780
4 000	5 600	12	5 780	15	7 000
5 000	7 000	16	7 400	18	8 200
6 300	8 820	20	8 980	22	9 700
8 000	11 200	26	11 200	28	11 900
10 000	14 000	33	13 800	35	14 500
12 500	17 500	42	16 900	44	17 600
16 000	22 400	55	21 200	57	21 900
20 000	28 000	71	26 300	73	27 000
25 000	35 000	91	32 600	93	33 200
32 000	44 800	120	41 600	122	42 200
40 000	56 000	154	52 200	157	53 100
50 000	70 000	199	66 100	202	67 000
63 000	88 200	261	85 300	262	85 600
允许线性内插值法					

表 A.10　由过电压类别Ⅲ的电网电源电路产生的二次电路的电气间隙和试验电压

二次电路工作电压		电网电源电压≤150 V 交流有效值		电网电源电压>150～300 V 交流有效值		电网电源电压>300～600 V 交流有效值		电网电源电压>600～1 000 V 交流有效值	
交流有效值	直流或交流峰值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值
V	V	mm	V	mm	V	mm	V	mm	V
16	22.6	0.48	1 100	1.5	1 800	2.9	2 820	5.4	4 240
33	46.7	0.50	1 100	1.5	1 800	3.0	2 900	5.4	4 240
50	70	0.53	1 120	1.5	1 800	3.0	2 900	5.5	4 300
100	140	0.61	1 170	1.6	1 880	3.1	2 960	5.6	4 360
150	210	0.69	1 200	1.6	1 880	3.2	3 020	5.7	4 420
300	420	0.94	1 360	1.8	2 040	3.4	3 140	6.0	4 600
600	840	1.6	1 880	2.4	2 440	3.9	3 440	6.6	4 860
1 000	1 400	2.5	2 500	3.5	3 200	5.0	4 000	7.4	5 240
1 250	1 750	3.2	3 020	4.2	3 620	5.8	4 480	8.1	5 560
1 600	2 240	4.1	3 560	5.2	4 120	6.9	5 040	9.3	6 120
2 000	2 800	5.3	4 180	6.5	4 800	8.2	5 620	11	7 000
2 500	3 500	6.9	5 040	8.1	5 560	9.8	6 320	12	7 500
3 200	4 480	9.2	6 080	10	6 400	12	7 500	15	9 100
4 000	5 600	12	7 500	12	7 500	15	9 100	17	10 100
5 000	7 000	15	9 100	16	9 600	18	10 600	20	11 600
6 300	8 820	19	11 200	20	11 600	22	12 600	25	14 100
8 000	11 200	25	14 100	26	14 600	28	15 500	31	16 900
10 000	14 000	32	17 400	33	17 800	35	18 700	38	20 000
12 500	17 500	41	21 500	42	21 900	44	22 800	47	24 200
16 000	22 400	54	27 200	55	27 600	57	28 400	60	29 700
20 000	28 000	69	33 500	71	34 300	73	35 200	76	36 400
25 000	35 000	89	41 600	91	42 400	93	43 200	96	44 400
32 000	44 800	118	53 000	120	53 700	122	54 500	125	55 600
40 000	56 000	153	66 100	154	66 500	157	67 600	160	68 700
50 000	70 000	198	82 400	199	82 700	202	83 800	205	84 900
63 000	88 200	260	104 000	261	104 400	262	104 700	265	105 700
允许线性内插值法									

表 A.11　过电压类别Ⅳ的电网电源电路供电的二次电路的电气间隙和试验电压

二次电路工作电压		电网电源电压≤150 V交流有效值		电网电源电压>150～300 V交流有效值		电网电源电压>300～600 V交流有效值		电网电源电压>600～1 000 V交流有效值	
交流有效值	直流或交流峰值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值	电气间隙	试验电压交流有效值
V	V	mm	V	mm	V	mm	V	mm	V
16	22.6	1.5	1 800	2.9	2 820	5.4	4 240	8.3	5 680
33	46.7	1.5	1 800	3.0	2 900	5.4	4 240	8.3	5 680
50	70	1.5	1 800	3.0	2 900	5.5	4 300	8.4	5 740
100	140	1.6	1 880	3.1	2 960	5.6	4 360	8.5	5 800
150	210	1.6	1 880	3.2	3 020	5.7	4 420	8.6	5 860
300	420	1.8	2 040	3.4	3 140	6.0	4 600	8.9	5 960
600	840	2.4	2 440	3.9	3 440	6.6	4 860	9.6	6 240
1 000	1 400	3.5	3 200	5.0	4 000	7.4	5 240	10	6 400
1 250	1 750	4.2	3 620	5.8	4 480	8.1	5 560	11	7 000
1 600	2 240	5.2	4 120	6.9	5 040	9.3	6 120	12	7 500
2 000	2 800	6.5	4 800	8.2	5 620	11	7 000	13	8 100
2 500	3 500	8.1	5 560	9.8	6 320	12	7 500	15	9 100
3 200	4 480	10	6 400	12	7 500	15	9 100	17	10 100
4 000	5 600	12	7 500	15	9 100	17	10 100	19	11 200
5 000	7 000	16	9 600	18	10 600	20	11 600	23	13 100
6 300	8 820	20	11 600	22	12 600	25	14 100	27	15 100
8 000	11 200	26	14 600	28	15 500	31	16 900	33	17 800
10 000	14 000	33	17 800	35	18 700	38	20 000	40	21 000
12 500	17 500	42	21 900	44	22 800	47	24 200	50	25 500
16 000	22 400	55	27 600	57	28 400	60	29 700	63	31 000
20 000	28 000	71	34 300	73	35 200	76	36 400	79	37 600
25 000	35 000	91	42 400	93	43 200	96	44 400	99	45 400
32 000	44 800	120	53 700	122	54 500	125	55 600	129	57 100
40 000	56 000	154	66 500	157	67 600	160	68 700	164	70 100
50 000	70 000	199	82 700	202	83 800	205	84 900	209	86 300
63 000	88 200	261	104 400	262	104 700	265	105 700	268	106 800
允许线性内插值法									

A.2.3　爬电距离

基于施加在绝缘部分的工作电压，二次电路的基本绝缘或附加绝缘的爬电距离应满足表 A.12 中的合适数值。加强绝缘的爬电距离是基本绝缘的 2 倍。

表 A.12　二次电路的爬电距离

二次工作电压交流有效值或直流	印制线路板的材料		其他绝缘材料						
	污染等级 1	污染等级 2	污染等级 1	污染等级 2			污染等级 3		
	所有材料组别	材料组别Ⅰ，Ⅱ，或Ⅲa	所有材料组别	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲ	材料组别Ⅰ	材料组别Ⅱ	材料组别Ⅲb
V	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	0.025	0.04	0.08	0.40	0.40	0.40	1.00	1.00	1.00
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.05	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.10	0.45	0.45	0.45	1.10	1.10	1.10
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.20	1.20	1.20
25	0.025	0.04	0.125	0.50	0.50	0.50	1.25	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.80	1.10	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.60	0.85	1.20	1.5	1.7	1.9
63	0.040	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.6	1.8	2.0
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.10	0.16	0.25	0.71	1.00	1.4	1.8	2.0	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.5	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.40	0.32	0.80	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
200	0.40	0.63	0.42	1.00	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1.0	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0
320	0.75	1.6	0.75	1.60	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0
400	1.0	2.0	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10.0
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0	11	12.5
1 000	3.2[a]	5.0[a]	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5	14	16
1 250			4.2	6.3	9.0	12.5	16	18	20
1 600			5.6	8.0	11	16	20	22	25
2 000			7.5	10.0	14	20	25	28	32
2 500			10.0	12.5	18	25	32	36	40
3 200			12.5	16	22	32	40	45	50
4 000			16	20	28	40	50	56	63
5 000			20	25	36	50	63	71	80
6 300			25	32	45	63	80	90	100
8 000			32	40	56	80	100	110	125
10 000			40	50	71	100	125	140	160
12 500			50	63	90	125			
16 000			63	80	110	160			
20 000			80	100	140	200			
25 000			100	125	180	250			
32 000			125	160	220	320			
40 000			160	200	280	400			
50 000			200	250	360	500			
63 000			250	320	450	600			
允许线性内插值法									

[a] 电压超过 1 000 V，对同样材料组别，在印制线路板材料上的爬电距离和在其他绝缘材料上的爬电距离是相同的。

[b] 对于电压超过 630 V，污染等级 3，不推荐使用材料组别Ⅲb。

A.2.4 固体绝缘

A.2.4.1 通则

在设备预期寿命期间，在所有额定环境条件（见第4章）下，二次电路的固体绝缘应能承受可能发生在正常使用时的电应力和机械应力。

如果适用，固体绝缘还需满足以下要求：

a) 对固体绝缘作为外壳或保护挡板，按第8章的要求；

b) 对模制和模压零部件，按A.2.4.2的要求；

c) 对印制线路板的内绝缘层，按A.2.4.3的要求；

d) 对薄膜绝缘，按A.2.4.4的要求。

A.2.4.2 模制和模压零部件

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层之间的导体隔离（见图A.1，L）不小于表A.13中规定的适用的最小距离。

表A.13 距离或厚度最小值（见A.2.4.2～A.2.4.4）

交流峰值电压或直流 工作电压或重复峰值电压 kV	最小值 mm	交流峰值电压或直流 工作电压或重复峰值电压 kV	最小值 mm
＞0.0467～0.33	0.05	＞8.0～10	3.5
＞0.33～0.8	0.1	＞10～12	4.5
＞0.8～1.0	0.15	＞12～15	5.5
＞1.0～1.2	0.2	＞15～20	8
＞1.2～1.5	0.3	＞20～25	10
＞1.5～2.0	0.45	＞25～30	12.5
＞2.0～2.5	0.6	＞30～40	17
＞2.5～3.0	0.8	＞40～50	22
＞3.0～4.0	1.2	＞50～60	27
＞4.0～5.0	1.5	＞60～80	35
＞5.0～6.0	2	＞80～100	45
＞6.0～8.0	3		

A.2.4.3 印制线路板内绝缘层

对基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层之间的导体隔离不小于表A.13中规定的适用的最小距离（见图A.2，L）。

印制线路板内绝缘层的加强绝缘，对各个单独的层也应有足够的介电强度。应使用下列方法之一。

a) 绝缘厚度至少是表A.13规定的最小距离。

b) 绝缘至少由印制线路板材料的两个分离的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规

定成不小于表 A.9～表 A.11 中基本绝缘的试验电压值。

c) 绝缘至少由印制线路板材料的两个分离的层组成，由材料制造商规定的组合层的介电强度至少满足表 A.9、表 A.10 或表 A.11 试验电压的 1.6 倍。

A.2.4.4 薄膜绝缘

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，位于两个相同层（见图 A.3，L）之间的导体被隔离开，间距应至少是 A.2.2 和 A.2.3 中的适用的电气间隙和爬电距离。

通过薄膜绝缘层的加强绝缘应有足够的介电强度。可使用下述方法之一。

a) 绝缘厚度至少应为表 A.13 的适用数值。

b) 绝缘至少由薄膜材料的两个分离的层组成，任一层的介电强度值都会被材料制造商规定成不小于表 A.9、表 A.10 或表 A.11 中的基本绝缘的试验电压值。

c) 绝缘至少由薄膜材料的三个独立层组成，任意两层都要通过试验来证明拥有合适的介电强度。

A.3 6.6、A.1 或 A.2 中未涉及的电路绝缘

A.3.1 通则

这些电路具有一个或多个以下特性：

a) 最大的可能瞬态过电压被电源或者在设备（见 A.4）内限制在可知的值，该值低于假定的电网电源电路的值；

b) 最大的瞬态过电压高于假定的电网电源电路的值；

c) 工作电压是多个电路的电压之和或者是混合电压；

d) 工作电压包含重复峰值电压，这个重复峰值电压可能包含周期非正弦波形或者有规律的非周期波形；

e) 工作电压的频率高于 30 kHz。

如果是 a)～c)，基本绝缘和附加绝缘的电气间隙按 A.3.2 确定。

如果是 d)和 e)，电气间隙按 A.3.3 确定。

对所有情况，A.3.4 规定了爬电距离而 A.3.5 规定了固体绝缘。

A.3.2 电气间隙计算

基本绝缘和附加绝缘的电气间隙按公式（A.1）确定：

$$\text{电气间隙} = D_1 + F \times (D_2 - D_1) \qquad \cdots\cdots (A.1)$$

式中：

F ——系数，根据公式（A.2）、公式（A.3）之一确定；

D_1 和 D_2 ——从表 A.14 中为 U_m 取的值，

其中：

D_1 代表适合形状为 1.2×50 μs 脉冲的瞬态过电压的可能电气间隙；

D_2 代表适合没有任何瞬态过电压的峰值工作电压的可能电气间隙；

加强绝缘的电气间隙是基本绝缘电气间隙值的 2 倍。

$$F = (1.25 \times U_w/U_m) - 0.25 \qquad \text{如果 } U_w/U_m > 0.2 \qquad \cdots\cdots (A.2)$$

$$F = 0 \qquad \text{如果 } U_w/U_m \leqslant 0.2 \qquad \cdots\cdots (A.3)$$

公式（A.2）和公式（A.3）中：

$U_m = U_w + U_t$；

U_w＝工作电压最大峰值；

U_t＝最大附加瞬态过电压。

如果设备额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙应乘以表 A.1 中的适当系数。

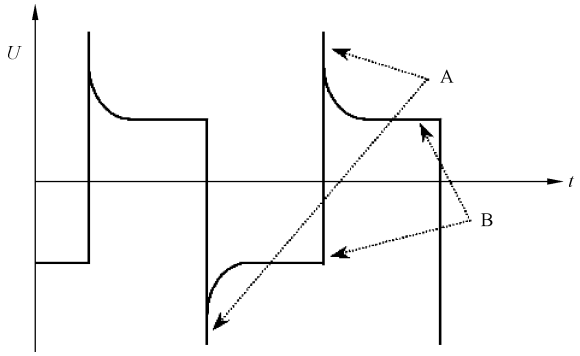
对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，污染等级 2 时最小电气间隙为 0.2 mm，污染等级 3 时最小电气间隙为 0.8 mm。

表 A.14　A.3.2 计算的电气间隙值

最大电压 U_m	电气间隙		最大电压 U_m	电气间隙	
	D_1	D_2		D_1	D_2
V	mm	mm	V	mm	mm
14.1～266	0.010	0.010	4 000	2.93	6.05
283	0.010	0.013	4 530	3.53	7.29
330	0.010	0.020	5 660	4.92	10.1
354	0.013	0.025	6 000	5.37	10.8
453	0.027	0.052	7 070	6.86	13.1
500	0.036	0.071	8 000	8.25	15.2
566	0.052	0.10	8 910	9.69	17.2
707	0.081	0.20	11 300	12.9	22.8
800	0.099	0.29	14 100	16.7	29.5
891	0.12	0.41	17 700	21.8	38.5
1 130	0.19	0.83	22 600	29.0	51.2
1 410	0.38	1.27	28 300	37.8	66.7
1 500	0.45	1.40	35 400	49.1	86.7
1 770	0.75	1.79	45 300	65.5	116
2 260	1.25	2.58	56 600	85.0	150
2 500	1.45	3.00	70 700	110	195
2 830	1.74	3.61	89 100	145	255
3 540	2.44	5.04	100 000	165	290
允许线性内插值法					

A.3.3　重复峰值电压或工作电压频率高于 30 kHz 的电路的电气间隙

有重复峰值电压但频率不高于 30 kHz 的电路的基本绝缘和附加绝缘的电气间隙应满足表 A.15 中第二列的数值，并以重复峰值电压为索引(重复峰值电压示例见图 A.4)。



标引符号说明：

A ——重复电压的峰值；

B ——工作电压值。

图 A.4　重复峰值电压的示例

当电路的频率高于 30 kHz 时，基本绝缘和附加绝缘的电气间隙应满足表 A.15 第三列中的数值，以工作电压峰值为索引。

当电路可能受到重复峰值电压且频率高于 30 kHz 时，基本绝缘和附加绝缘的电气间隙应满足上述要求中较高的要求。

加强绝缘电气间隙是基本绝缘电气间隙值的 2 倍。

如果设备的额定工作海拔高于 2 000 m，电气间隙应乘以表 A.1 中适用的系数。

对于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘，污染等级 2 的最小电气间隙是 0.2 mm，污染等级 3 的最小电气间隙是 0.8 mm。

表 A.15　有重复峰值电压或工作电压的频率高于 30 kHz 的电路中基本绝缘的电气间隙

电压峰值	电气间隙	
	频率不高于 30 kHz	频率高于 30 kHz
V	mm	mm
0～330	0.01	0.02
400	0.02	0.04
500	0.04	0.07
600	0.06	0.11
800	0.13	0.26
1 000	0.26	0.48
1 200	0.42	0.76
1 500	0.76	1.1
2 000	1.27	1.8
2 500	1.8	2.6
3 000	2.4	3.5

表 A.15　有重复峰值电压或工作电压的频率高于 30 kHz 的电路中基本绝缘的电气间隙（续）

电压峰值	电气间隙	
	频率不高于 30 kHz	频率高于 30 kHz
V	mm	mm
4 000	3.8	5.7
5 000	5.7	8
6 000	7.9	10
8 000	11	15
10 000	15.2	20
12 000	19	25
15 000	25	32
20 000	34	44
25 000	44	58
30 000	55	72
40 000	77	100
50 000	100	
允许线性内插值法		

A.3.4　爬电距离

适用 A.2.3 的要求。

A.3.5　固体绝缘

适用 A.2.4 的要求，但用表 A.16 的数值代替表 A.9、表 A.10 或表 A.11 中适用的值。

从表 A.16 中确定需要的试验电压时，应采用以下步骤。

a）　考虑 A.3.3 的要求，按照 A.3.2 计算理论上需要的电气间隙。最小电气间隙不适用于污染等级 2 和 3。

b）　利用表 A.16 得出的理论上需要的电气间隙，确定需要的试验电压。

表 A.16　基于电气间隙的试验电压

所需电气间隙 mm	试验电压	
	1.2/50 μs 脉冲 V	交流有效值 50/60 Hz V
0.010	330	230
0.025	440	310
0.040	520	370
0.063	600	420
0.1	810	500
0.2	1 150	620
0.3	1 310	710
0.5	1 550	840
1.0	1 950	1 060
1.5	2 560	1 390
2.0	3 090	1 680
2.5	3 600	1 960
3.0	4 070	2 210
4.0	4 930	2 680
4.5	5 330	2 900
5.0	5 720	3 110
6.0	6 460	3 510
8.0	7 840	4 260
10.0	9 100	4 950
12.0	10 600	5 780
15.0	12 900	7 000
20	16 400	8 980
25	19 900	10 800
30	23 300	12 700
40	29 800	16 200
50	36 000	19 600
60	42 000	22 800
80	53 700	29 200
100	65 000	35 400
允许线性内插值法		

参 考 文 献

[1] GB/T 2900.73—2008 电工术语 接地与电击防护

[2] GB/T 11021 电气绝缘 耐热性分级

[3] GB/T 5465.2 电气设备用图形符号 第2部分:图形符号

[4] ISO 361 Basic ionizing radiation symbol

[5] ISO 7000 Graphical symbols for use on equipment—Registered symbols

[6] ISO 13854 Safety of machinery—Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body

[7] ISO 13857 Safety of machinery—Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs

[8] IEC 60127(all parts) Miniature fuses

[9] ANSI/UL 248-14 Low-Voltage Fuses—Part 14:Supplemental Fuses

[10] EN 349 Safety of machinery . Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body