

信息技术设备-安全-第一部分：通用要求

Information Technology Equipment – Safety – Part 1:General Requirements
GB 4943-1:2011
(IEC 60950-1:2005,MODIFY)

-----开关电源安规设计参考-----

(初稿)

目录

1、安全标准的目的.....	4
2、产品资料的安规设计要求.....	4
2.1 产品规格书.....	4
2.1.1 产品外形及主要规格.....	4
2.1.2 使用环境.....	4
2.1.3 电气特性.....	5
2.1.4 机械特性.....	5
2.1.5 标签.....	5
2.1.6 强制风冷环境模拟.....	5
2.2 变压器规格书.....	5
2.3 电感规格书.....	6
3、安规元器件.....	6
3.1 与安全有关的元器件的确定原则.....	6
3.2 与安全有关的元器件.....	6
3.3 判定标准.....	6
4、安规标识.....	6
4.1 铭牌标签.....	6
4.2 PCB 板的标识.....	7
4.3 整机的标识.....	7
5、产品的安规设计要求.....	8
5.1 绝缘的分类.....	8
5.2 安全距离.....	11
5.2.1 术语解释.....	11
5.2.2 元件及 PCB 的电气隔离距离.....	18
5.2.3 变压器内部的电气隔离距离.....	18
5.2.4 其他距离要求.....	19
5.3 接地方法.....	19
5.4 结构设计.....	20
5.5 开孔方式.....	21
5.6 防火要求.....	23
6、测试要求.....	23
6.1 最大输出电压,电流,功率(1.2.2.1) Maximum Output Voltage,Current,And Volt-Ampere Measurement Test	23
6.2 跨加强绝缘的器件测试(1.5.7.4, 2.4.2, Annex D) Double or Reinforced Insulation Bridged By Components	24
6.3 输入电流测试(1.6.2)Input Current Test	24
6.4 标记耐久性测试(1.7.11)Durability of Marking Test.....	24
6.5 可接触性测试(2.1.1.1, 2.8.2)Access To Energized Parts Test.....	25
6.6 能量危险(2.1.1.5, 2.1.2)Energy Hazard In Operator Access Area.....	26
6.7 电容放电测试(2.1.1.7)Capacitance Discharge Test	27
6.8 正常条件下的 SELV 限值(2.2.2) SELV Limits For Normal Conditions.....	28
6.9 异常条件下的 SELV 限值(2.2.3) SELV Limits For Abnormal Conditions	29

6.10 限流电路测试(2.4.1, 2.4.2) Limited Current Circuit Measurements	30
6.11 受限制电源测试(2.5) Limited Power Sources Measurements	30
6.12 接地电阻测试(2.6.3.4) Earthing Test	32
6.13 接地导体故障电流测试(2.6.3.4)	33
6.14 潮态测试(2.9.2,5.2.2) Humidity Conditioning Test	33
6.15 工作电压测试(2.10.2) Working Voltage Measurement Test	34
6.16 危险电压测试(2.10.2) Hazardous Voltage (Circuit) Measurement Test	35
6.17 变压器绝缘抗电强度测试(2.10.5.2,2.9.5) Transformer Insulation Electric Strength Test	35
6.18 10N 推力测试(4.2.1,4.2.2)	36
6.19 30N 稳定性应力测试(4.2.1,4.2.3)	36
6.20 冲击测试(4.2.1,4.2.5) Impact Test	36
6.21 应力释放测试(4.2.1,4.2.7) Stress Relief Test (主要正对塑料外壳, 导轨卡扣)	37
6.22 温升测试(4.5.2) Temperature Rises Test (Heating Test)	38
6.23 球压测试 (4.5.5) Ball Pressure Test	42
6.24 接触电流和接地测试(5.1 & Annex D) Touch Current and PE current	42
6.25 抗电强度测试(5.2.2) Electric Strength Test	43
6.26 单一故障条件测试(5.3.1 & 5.3.4 & 5.3.6) Component Failure Test	44
6.27 变压器非正常测试(5.3.3 & 5.3.6b & Annex C.1) Transformer Abnormal Operation Test	45
6.28 电源输出过载试验(5.3.6) Power Supply Output Overload	46
6.29 电源输出短路试验(5.3.6) Power Supply Output Short-Circuit	47

1、安全标准的目的

应用安全标准的目的在于减少由于下列危险造成伤害或危害的可能性。

- 电击；
- 与能量有关的危险；
- 着火；
- 与热有关的危险；
- 机械危险；
- 辐射；
- 化学危险。

设计者不仅要考虑设备的正常工作条件，还要考虑可能的故障条件以及随之引起的故障，可预见的误用以及诸如温度、海拔、污染、湿度、电网电源的过电压和通信线路的过电压等外界影响。还应当考虑由于制造误差或在制造、运输和正常使用中由于搬运、冲击和震动引起的变形而可能发生的绝缘间距的减小。

2、产品资料的安规设计要求

2.1 产品规格书

产品规格书应包括：

- 抗电强度的描述；
- 输入输出线与端子的描述；
- 冷却条件的说明（如为强迫风冷且又未自带风扇，则要详细说明风扇的规格和安装位置）；
- 完整的标签等；
- 额定输入电压（范围）[例如交流电源应标为:200-240VAC 或 100-240VAC]；
- 额定输入频率（范围）[50/60Hz]；
- 额定输出、入电流（范围）；
- 最大输入、出电流；
- 工作环境温度；
- 额定输出功率（不在安规要求范围内）应与额定输出电压、电流乘积之和相对应；
- 产品规格书应对产品的安装方式或条件、保护接地方式以及安全性警告予以说明，以使公司对于用户的不规范操作带来的危害可以免除责任；
- 另外产品规格书中的中英文应分开、独立。

关于产品规格书的制作和内容的具体要求如下：

2.1.1 产品外形及主要规格

- 型号应为产品在市场销售的名称，而不能写成公司内部的型号。
- 表示范围的符号应用“-”，而不能用“~”。这个要求也同样适用于整份规格书。

2.1.2 使用环境

- 散热方式的自然风冷或强制风冷的条件要写清楚。
- 如果是强制风冷且未自带风扇，则应规定风扇的规格（型号、尺寸大小、电气额定值、风扇转速等）和安装位置以及其它说明，此信息可在“强制风冷环境”一节中详细描述。
- 另外，环境温度要注明清楚。注：环境温度的最大温度会影响到安规的一些测试（如温升、异常测试等），所以在客户的要求内应尽量将环境温度的上限值取低一些。

2.1.3 电气特性

➢ 如果产品的初级为危险电压的二次电路（例如 DC-48V 输入。如果难以判断是否为危险电压的二次电路，可询问安规工程师），且产品本身不能承受加强绝缘的抗电强度，则应在电压输入的备注栏增加说明：“本产品应由加强绝缘隔离的变压器或电池供电”。

注：安规上的危险电压指的是高于 42.4VAC 峰值或 60VDC 的电压。

➢ 额定输入电压（范围）、额定输入频率（范围）、额定输入和输出电流（范围）、最大输出电流要清楚无误。

➢ 如果自然风冷、强制风冷和不同环境温度时输出带载有所差异，则要详细说明，同样带载跟环境温度有关的也应详细说明，带载情况比较多的话建议用表格在铭牌标签中描述。

➢ 额定电压和额定电压范围的问题：对于 AC 输入，额定电压应标明为 100-240VAC 或 200-240VAC，额定电压范围则可以是客户指定的输入电压范围，如“85-285VAC”等。对于 DC 输入，额定电压可标明为“36-76VDC”、“40-60VDC”等形式，额定电压范围也可标明为客户指定的范围。

2.1.4 机械特性

➢ 应对输入、输出连接器进行详细说明。

➢ 如果输出有软线，则应写明各路输出和软线颜色一一对应关系，并同时在铭牌标签中描述。如果输入有地线（指接地地输入端子到PCB焊接处的连接线），则此输入地线必须用黄绿线，且如果产品的额定电流小于等于16A，需要使用18AWG 规格的黄绿线。如果产品的额定电流大于16A，黄绿线的规格请按标准2.6.3.3表2D。

2.1.5 标签

参考本资料的 4.1 铭牌标签。

2.1.6 强制风冷环境模拟

应详细规定风扇的规格（型号、尺寸大小、电气额定值、风扇转速）和安装位置以及其它说明。

2.2 变压器规格书

变压器规格书中应包括变压器外形尺寸，电气原理图，绕制结构图，绕制顺序表，电气特性，材料明细表等：

- 所用物料的清单（包含名称、规格、制造商、认证编号的信息）；
- 对于安全性隔离变压器，其初、次级绕组出线都需套上绝缘套管并穿过挡墙 1~2mm；
- 如果产品需要申请 UL 认证，则变压器须有变压器绝缘系统认证，且变压器所用的材料及其供应商（磁芯除外）须为其绝缘系统内的材料及其供应商。
- 变压器的尺寸标注不应写为“XX MAX”的格式，而应为“XX±XX”的格式。
- 安全性隔离变压器要有抗电强度的描述，具体耐压值与产品规格书中的相对应变压器应包括型号名称，如果双重绝缘绕组之间至少用三层绝缘胶带，基本绝缘之间至少用两层绝缘胶带。
- 规格书中应包括所有绕组的铜阻阻值；

变压器中的关键零部件：

- Bobbin, 塑料骨架
- Insulation Tape, 绝缘胶带
- Margin Tape / Barrier Tape / Spacer, 挡墙(端空)胶带
- Insulation (Teflon) Tubing, 绝缘套管
- Triple Insulated Wire, 三层绝缘线

- Magnet Wire, 漆包线
- Varnish, 浸漆
- Thermal cutoff (fuse) 热熔断保险丝

2.3 电感规格书

电感规格书中应包括电感器外形尺寸, 电气原理图, 绕制结构图, 绕制顺序表, 电气特性, 材料明细表等:

- 如果产品需要申请 TUV 认证, 则需要提供各电感的铜阻阻值。
- 同样, 电感的尺寸标注也不应写为“XX MAX”的格式, 而应为“XX±XX”的格式。
- 如果产品需要申请 UL 认证, 绕组材料应提供名称、规格、制造商、UL 认证编号。

3、安规元器件

3.1 与安全有关的元器件的确定原则

- 1) 工作在危险电压中的元器件 (如一次侧电路中的元器件);
- 2) 跨接在危险电压与安全电压之间的元器件;
- 3) 失效后能产品危险的元器件。

3.2 与安全有关的元器件

安规关键性元器件应标注其厂商、规格、型号和参考位号, 对于本公司的产品来说, 安规关键性元器件大体上指:

- 塑胶外壳、铭牌;
- PCB 板、保险丝、保险丝座 (如果是塑胶的);
- 压敏电阻、放电管;
- 电感、变压器 (包括 bobbin、线材、胶纸、挡墙、套管、清漆等);
- 光耦、X 电容、Y 电容;
- 插座、开关、输入塑胶端子、各种软线;
- 热缩管、套管、PVC 片、硅胶片、绝缘片;
- 风扇、继电器、温度开关; 可恢复保险;
- Bulk 电容、泄放电阻、整流桥、开关管。

3.3 判定标准

产品中与安全有关的元器件 (不是所有元器件, 对于具体机型和具体所用的场合, 关键元器件的判定有所不同) 必须符合相关的 IEC/UL 标准, 并且应按照额定值使用, 标准的器件要求有黄卡或 UL 档案。除 Bulk 电容、泄放电阻、整流桥、开关管外, 其它关键性元器件一般需与认证相对应的认证书。(如, 产品做 UL 认证, 则需 UL 证书, 做 TUV 认证, 则需 VDE 证书或 TUV 证书。)

4、安规标识

4.1 铭牌标签

铭牌标签通常应包括:

- 额定电压或额定电压范围。以 V 为单位, 电压范围用“-”隔开, 多个额定电压和多种额定电压范围用“/”分开, 如 100-120V/200-240V, 交流供电还应用“~”指明。直流供电应用“—”指明。

- 额定频率或额定频率范围，频率范围用“-”隔开，多个额定频度和多种额定频率范围用“/”分开，一般为 50/60Hz。（直流供电除外）。
- 额定输入电流或额定输入电流范围。以 mA 或 A 为单位，电流范围用“-”隔开。
- 制造商名称或商标。
- 产品型号。
- 如果是 II 类（Class II）设备，应有 II 类设备符号“回”。
- 如果已通过了认证，则应有相应的认证标志。



4.2 PCB 板的标识

- PCB 板应丝印其厂商名称（或商标）、规格、防火级别、安规认证号等。
- PCB 板上还应丝印输入、输出（输出公共端不能用“GND”表示，而应用“COM”表示）的标识，火线（L）、零线（N）、地线（G）的标识、接地的标识，保险管的标识、机型号及版本、各元器件的标识等。所有的标识应丝印在显著的位置上，不应被遮挡住，还应清楚无误。

- 保护接地端子（Protective earthing terminals）附近必须标识“⊕”

- 保护连接端子（Protective bonding terminals）附近必须标识“⊥”

- 保险管的标识必须包括：额定电压、额定电流、位号。如果客户或工程师有其它特性的要求（如慢熔‘T’、快熔‘F’、高分断率‘H’、低分断率‘L’等），也可标上，但工程师必须确定保险管的特性与所标特性一致。保险丝旁须有下述标示：

- a. 额定电流
- b. 额定电压
- c. 熔断特性，（例如：fast, slow, time lag）
- d. 防爆特性，（例如：Low-breaking, High-breaking）

注：标示范例为

T2.5AL, 250V

F3.15AH, 250V

如果电源外壳上有保险管座，操作者可直接更换，则此保险管的标识也必须包括快慢熔及高低分断率的特性。

4.3 整机的标识

- 开关上应标识其开/关状态（on/off），电感、变压器上应标识其规格、制造商的商标或名称。
- 产品外壳上各种按钮、输出端子的功能应进行标识。

5、产品的安规设计要求

5.1 绝缘的分类

功能绝缘

仅使设备完成正常功能所需要的绝缘。

注：所定义的功能绝缘并不起防电击作用。但是，它可以用来减小引燃和着火危险的可能。

基本绝缘

对防电击提供基本保护的绝缘。

附加绝缘

除基本绝缘以外施加的独立的绝缘，用以在基本绝缘一旦失效时减小电击的危险。

双重绝缘

由基本绝缘加上附加绝缘构成的绝缘。

加强绝缘

一种单一的绝缘结构，在标准(GB4943,UL60950,EN60950)规定的条件下，其所提供的防电击的保护等级相当于双重绝缘。

注：“绝缘结构”这一术语并不是指该绝缘必须是一块质地均匀的整体，这种绝缘结构可以由几个不能像附加绝缘或基本绝缘那样单独来试验的绝缘层组成。

绝缘应当考虑是用作功能绝缘、基本绝缘、附加绝缘、加强绝缘还是双重绝缘。具体参考标准 2.9.3 节，表 2H（绝缘应用示例）和图 2H（绝缘应用示例）。

表 2H 绝缘应用示例

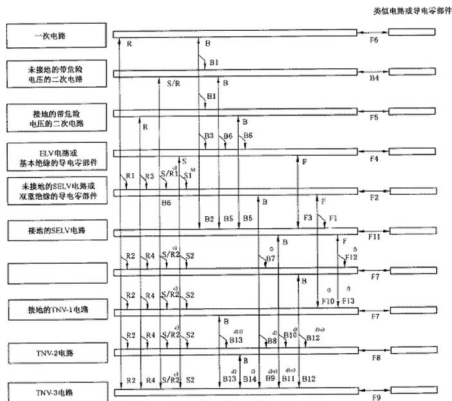
绝缘等级	绝缘位置 (在下列部分之间)		见图 2H
功能绝缘*	未接地的 SELV 电路或双重绝缘的导电零部件	- 接地的导电零部件	F1
		- 双重绝缘的导电零部件	F2
	接地的 SELV 电路	- 未接地的 SELV 电路	F2
- 接地的 SELV 电路		F1	
- 接地的 TNV-1 电路		F10 ¹	
ELV 电路或基本绝缘导电零部件	- 接地的 SELV 电路	F11	
	- 接地的导电零部件	F11	
	- 未接地的 TNV-1 电路	F12 ²	
ELV 电路或基本绝缘导电零部件	- 接地的 TNV-1 电路	F13 ¹	
	- 接地的导电零部件	F3	
	- 接地的 SELV 电路	F3	
	- 基本绝缘的导电零部件	F4	
		- ELV 电路	F4

表 2H (续)

绝缘等级	绝缘位置 (在下列部分之间)		见图 2H
功能绝缘 ¹	接地的危险电压二次电路	—另一个接地的危险电压二次电路	F5
	TNV-1 电路	TNV-1 电路	F7
	TNV-2 电路	TNV-2 电路	F8
	TNV-3 电路	TNV-3 电路	F9
	变压器绕组的串/并联各部分之间		F6
基本绝缘	一次电路	—接地的或不接地的危险电压二次电路	B1
		—接地的导电零部件	B2
		—接地的 SELV 电路	B2
	接地或不接地的危险电压二次电路	—基本绝缘的导电零部件	B3
		—ELV 电路	B3
		—不接地的危险电压二次电路	B4
		—接地的导电零部件	B5
未接地的 SELV 电路或以双重绝缘的导电零部件	—接地的 SELV 电路	B5	
	—基本绝缘的导电零部件	B6	
	—ELV 电路	B6	
	接地的 SELV 电路	—未接地的 TNV-1 电路	B7 ²
		—TNV-2 电路	B8 ⁴
	TNV-2 电路	—TNV-3 电路	B9 ^{4, 5}
—未接地的 TNV-1 电路		B10 ⁴	
TNV-3 电路	—接地的 TNV-1 电路	B11 ^{4, 5}	
	—TNV-3 电路	B11 ^{4, 5}	
附加绝缘	基本绝缘的导电零部件或 ELV 电路	—未接地的 TNV-1 电路	B12 ^{4, 5}
		—接地的 TNV-1 电路	B13 ^{4, 5}
附加绝缘或加强绝缘	未接地的危险电压二次电路	—未接地的 TNV-1 电路	B12
		—接地的 TNV-1 电路	B13 ⁴
附加绝缘	基本绝缘的导电零部件或 ELV 电路	—双重绝缘的导电零部件	S1 ⁵
		—未接地 SELV 电路	S1 ⁵
附加绝缘或加强绝缘	未接地的危险电压二次电路	—基本绝缘的导电零部件	S2
		—ELV 电路	S2
附加绝缘或加强绝缘	未接地的危险电压二次电路	—双重绝缘的导电零部件	S/R1 ⁵
		—未接地的 SELV 电路	S/R1 ⁵
		—TNV 电路	S/R2 ⁵

表 2H (续)

绝缘等级	绝缘位置 (在下列部分之间)		见图 2H
加强绝缘	一次电路	—双重绝缘的导电零部件 —未接地 SELV 电路 —TNV 电路	R1 R1 R2
	接地的危险电压二次电路	—双重绝缘的导电零部件 —未接地 SELV 电路 —TNV 电路	R3 R3 R4
<p>术语“导电零部件”指这样的电气导电零部件：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 正常情况下不带电；和 — 不连接到如下的任何电路上， <ul style="list-style-type: none"> ● 危险电压电路；或 ● ELV 电路；或 ● TNV 电路；或 ● SELV 电路；或 ● 限流电路 <p>这些导电零部件的示例如设备的机壳，变压器的铁心以及某些情况下的变压器等电屏蔽层。</p> <p>如果这些导电零部件与带危险电压的零部件的保护是：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 通过双重绝缘或加强绝缘，则被称为“双重绝缘的导电零部件”； — 通过基本绝缘和保护接地，则被称为“接地的导电零部件”； — 通过基本绝缘但不接地(即无第二级保护)，则称为“基本绝缘的导电零部件”。 <p>如果电路或导电零部件与保护接地端子或接插件的连接方式能满足 2.6 的要求(尽管它不一定处于地电位)，则认为是“接地的”电路或导电零部件，否则认为是“不接地的”电路或导电零部件。</p>			
<p>^a 功能绝缘要求见 5.3.4。</p> <p>^b 对 ELV 电路或基本绝缘的导电零部件与未接地的可触及导电零部件之间的附加绝缘，其工作电压等于基本绝缘上最严酷的工作电压。最严酷的工作电压可能是由于一次电路或二次电路产生的，并依此规定绝缘。</p> <p>^c 带危险电压的未接地的二次电路和未接地的可触及导电零部件或电路(见图 2H 中的 S/R、S/R) 或 S/R2) 之间的绝缘应当满足如下要求中较严酷的一个：</p> <ul style="list-style-type: none"> — 工作电压等于危险电压的加强绝缘；或 — 工作电压等于带危险电压的二次电路有如下电路之间的电压的附加绝缘： <ul style="list-style-type: none"> ● 另一个带危险电压的二次电路，或 ● 一次电路。 <p>如果满足以下条件，则这些例子适用，</p> <ul style="list-style-type: none"> — 二次电路与一次电路之间只有基本绝缘；和 — 二次电路与地之间只有基本绝缘。 <p>^d 并不始终要求为基本绝缘(见 2.3.2.1 和 2.10.5.13)。</p> <p>^e 2.10 的要求适用，见 6.2.1。</p> <p>^f 2.10 的要求不适用，见 6.2.1。</p>			



F: 功能绝缘

B: 基本绝缘

S: 附加绝缘

S/R: 见表 2H 的脚注 c

R: 加强绝缘

注: 旁注 c), d), e) 和 f) 指表 2H 中相应的脚注。

图 2H 绝缘应用示例

5.2 安全距离

设备应同时满足安规上对设备所要求的电气间隙和爬电距离。电气间隙和爬电距离的具体数值可参考标准 2.10 表 2K, 表 2L, 表 2M, 表 2N 及附录 G。下面所列出的电气间隙和爬电距离的数值仅作参考, 并不代表最后的实际情况。

5.2.1 术语解释

电气间隙: 导体间测得的最短空间距离。

爬电距离: 导体间测得的最短绝缘表面距离。

一般来说, 爬电距离要求的数值比电气间隙要求的数值要大, 布线时须同时满足这两者的要求 (即要考虑表面的距离, 还要考虑空间的距离), 开槽 (槽宽应大于 1mm) 只能增加表面距离即爬电距离而不能增加电气间隙, 所以当电气间隙不够时, 开槽是不能解决这个问题的, 开槽时要注意槽的位置、长短是否合适, 以满足爬电距离的要求。

污染等级 1 适用于被密封或能隔绝灰尘和潮气的元器件和组件。

污染等级 2 一般适用于 EN60950 适用范围所包括的设备。

污染等级 3 适用于设备的局部环境受导电物污染的地方，或受干的非导电物污染的地方，这种干的污染物在达到所预料的凝露情况下可能会导电。

表 2K 一次电路绝缘以及一次电路与二次电路之间的绝缘最小电气间隙(适用于海拔 2 000 m 以下)
单位为毫米

峰值工作电压*(小于或等于) V	电网电源瞬态电压														
	1 500 V ^a					2 500 V ^a					4 000 V ^a				
	污染等级														
	1 和 2 ^b			3			1 和 2 ^b			3			1, 2 ^b 和 3		
F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	
71	0,4 (0,5)	1,4 (1,0)	2,0 (1,0)	0,8 (0,8)	1,3 (1,4)	2,6 (1,4)	1,0 (1,5)	2,0 (3,0)	4,0 (3,0)	1,3 (1,5)	2,0 (3,0)	4,0 (3,0)	2,0 (3,0)	3,2 (6,0)	6,4 (6,0)
210	0,5 (0,5)	1,0 (1,0)	2,0 (1,0)	0,8 (0,8)	1,3 (1,6)	2,6 (1,6)	1,4 (1,5)	2,0 (3,0)	4,0 (3,0)	1,3 (1,5)	2,0 (3,0)	4,0 (3,0)	2,0 (3,0)	3,2 (6,0)	6,4 (6,0)
420	F1,5, B/S2,0(1,5) R1,0(3,0)											2,5	3,2 (3,0)	6,4 (6,0)	
840	F3,0, B/S3,2(3,0) R6,1(6,0)														
1 400	F/B/S 4,2 R 6,1														
2 800	F/B/S/R 8,1														
7 000	F/B/S/R 17,5														
9 800	F/B/S/R 25														
14 000	F/B/S/R 37														
28 000	F/B/S/R 80														
42 000	F/B/S/R 135														
<p>表中的数值适用于的功能绝缘(F)(5.3.4a)有要求时)(见 2.10.1.3)、基本绝缘(B)、附加绝缘(S)和加强绝缘(R)。</p> <p>只有在制造时执行有效的质量控制程序,以提供至少相当于加第 R.2 章中示例的可靠等级时,括号中的数值才适用于基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘。对双重绝缘或加强绝缘,应当承受例行的抗电强度试验。</p> <p>如果峰值工作电压超过交流电网电源电压的峰值,那么允许在最邻近的两点之间使用线性内插法。所计算的间隙值进位到小数点后 1 位。</p>															
<p>^a 如果峰值工作电压超过交流电网电源电压的峰值,见 2.10.3.3b)相关的附加电气间隙。</p> <p>^b 对污染等级 1 不要求通过 2.10.10 的试验。</p> <p>^c 电网电源瞬态电压和交流电网电源电压之间的关系在表 2J 中给出。</p>															

表 2L 一次电路的附加电气间隙(适用于海拔 2 000 m 以下)

单位为毫米

电网电源额定电压						
1 500 V ^a				2 500 V ^a		
污染等级 1 和 2 ^b	污染等级 3	功能绝缘 ^c 、基本绝缘或附加绝缘	加强绝缘	污染等级 1, 2 和 3 ^b	功能绝缘 ^c 、基本绝缘或附加绝缘	加强绝缘
				峰值工作电压 (小于或等于) V		
210(210)	210(210)	0	0	420(420)	0	0
298(288)	294(293)	0.1	0.2	493(497)	0.1	0.2
386(366)	379(376)	0.2	0.4	567(575)	0.2	0.4
474(444)	463(459)	0.3	0.6	640(652)	0.3	0.6
562(522)	547(541)	0.4	0.8	713(729)	0.4	0.8
650(600)	632(624)	0.5	1.0	787(807)	0.5	1.0
738(678)	715(707)	0.6	1.2	860(884)	0.6	1.2
826(756)	800(790)	0.7	1.4	933(961)	0.7	1.4
914(839)		0.8	1.6	1 006(1 039)	0.8	1.6
1 002(912)		0.9	1.8	1 080(1 116)	0.9	1.8
1 090(990)		1.0	2.0	1 153(1 193)	1.0	2.0
		1.1	2.2	1 226(1 271)	1.1	2.2
		1.2	2.4	1 300(1 348)	1.2	2.4
		1.3	2.6	(1 425)	1.3	2.6

如果 2.10.3.35) 要求, 那么表中的附加电气间隙适用。
 在下列情况下应当使用括号中的值:
 ——如果使用了表 2K 括号中的值; 和
 ——如果 5.3.4a) 有要求时的功能绝缘。
 当电压值高于表中给出的峰值工作电压时, 允许使用线性外推法。

^a 除非 5.3.4a) 要求, 否则对功能绝缘没有最小电气间隙要求, 见 2.10.1.3。
^b 对污染等级 1, 不要求通过 2.10.10 的试验。
^c 电网电源额定电压和交流电网电源之间的关系在表 2J 中给出。

表 2M 二次电路的最小电气间隙(适用于海拔 2 000 m 以下)

单位为毫米

峰值工作电压(小于或等于)	二次电路中的最高瞬态过电压/V(峰值)																													
	≤71 V						>71 V~≤800 V						≤800 V						>800 V~≤1 500 V						>1 500 V~≤2 500 V*					
	污染等级																													
	1 和 2 ^b						3						1 和 2 ^b						3						1, 2 ^b 和 3					
V	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R	F	B/S	R									
71	0.2	0.4	0.8	0.2	0.7	1.4	0.8	1.3	2.6	0.5	1.0	2.0	0.8	1.3	2.6	1.5	2.0	4.0												
	(0.2)(0.4)			(0.2)(0.4)			(0.8)(1.6)			(0.5)(1.0)			(0.8)(1.6)			(1.5)(3.0)														
140	0.2	0.7	1.4	0.2	0.7	1.4	0.8	1.3	2.6	0.5	1.0	2.0	0.8	1.3	2.6	1.5	2.0	4.0												
	(0.2)(0.4)			(0.2)(0.4)			(0.8)(1.6)			(0.5)(1.0)			(0.8)(1.6)			(1.5)(3.0)														
210	0.2	0.7	1.4	0.2	0.9	1.8	0.8	1.3	2.6	0.5	1.0	2.0	0.8	1.3	2.6	1.5	2.0	4.0												
	(0.2)(0.4)			(0.2)(0.4)			(0.8)(1.6)			(0.5)(1.0)			(0.8)(1.6)			(1.5)(3.0)														
280	0.2	1.1	2.2	F 0.8 B/S 1.4 (0.8) R 2.8 (1.6)												1.5	2.0	4.0												
	(0.2)(0.4)																					(1.5)(3.0)								
420	0.2	1.4	2.8	F 1.0 B/S 1.9 (1.0) R 3.8 (2.0)												1.5	2.0	4.0												
	(0.2)(0.4)																					(1.5)(3.0)								
700							F/B/S 2.5			R5.0																				
840							F/B/S 3.2			R5.0																				
1 400							F/B/S 4.2			R5.0																				
2 800							F/B/S/R 8.4			见*																				
7 000							F/B/S/R 17.5			见*																				
9 800							F/B/S/R 25			见*																				
14 000							F/B/S/R 37			见*																				
28 000							F/B/S/R 80			见*																				
42 000							F/B/S/R 130			见*																				
<p>表中的数值适用于功能绝缘(F)(5.3.4e)有要求时、基本绝缘(B)、附加绝缘(S)和加强绝缘(R)。</p> <p>允许在最邻近的两点之间使用线性内插法,计算得出的最小电气间隙值进位到小数点后 1 位。</p> <p>如果电气间隙通路有一部分沿着非材料组别 I 的绝缘材料表面,仅对空气间隙和材料组别 I 的绝缘材料进行抗电强度试验,旁路沿着任何其他绝缘材料表面的电气间隙通路部分。</p> <p>只有在制造时执行有效的质量控制程序,以提供至少相当于条款 R.2 中示例的可靠等级时,括号中的数值才适用于基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘。对双重绝缘或加强绝缘,应当承受例行的抗电强度试验。</p>																														
<p>* 对高于 2 500 V 峰值的瞬态过电压,应当按表 2K 或按照附录 G 来确定最小电气间隙。</p> <p>^b 对污染等级 1 不要求通过 2.10.10 的试验。</p> <p>^c 在二次电路中,对高于 1 400 V 的峰值工作电压,如果间隙通路按 5.2.2 使用下述电压通过抗电强度试验,那么最小电气间隙值是 5 mm:</p> <p>——交流试验电压,其有效值是峰值工作电压的 106% (其峰值是峰值工作电压的 150%);或</p> <p>——直流试验电压,等于峰值工作电压的 150%。</p>																														

表 2N 最小爬电距离

单位为毫米

有效值工作电压 (小于或等于) V	污染等级								
	1*			2			3		
	材料组别								
	印制板			其他材料					
	I, II, III a, III b	I, II, III a	I, II, III a, III b	I	II	III a, III b	I	II	III a, III b (见注)
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0
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	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	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	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2.0
80	0.063	0.10	0.22	0.67	0.9	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2

表 2N (续)

单位为毫米

有效值工作电压 (小于或等于) V	污染等级								
	1'		2		1'		2		3
	材料组别								
	印刷板			其他材料					
I、II、 IIIa、 IIIb	I、II、 IIIa	I、II、 IIIa、 IIIb	I	II	IIIa、 IIIb	I	II	IIIa、 IIIb (见注)	
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	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
200	0.4	0.63	0.42	1.0	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	1.6	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
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10	11	12.5
1 000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10	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	14	20	25	28	32
2 500			10	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			

表中的数值适用于功能绝缘(5.3.4a)有要求时(见 2.10.1.3)、基本绝缘和附加绝缘。对加强绝缘,其数值是表中数值的两倍。

允许在最邻近的两点之间使用线性内插法。所计算得出的最小爬电距离值进位到小数点后 1 位。对于加强绝缘,应当将基本绝缘的计算值加倍后再进位。

注:对有效值工作电压超过 630 V 并应用在污染等级 3 时不推荐材料组别 IIIb。

* 如果一个样品通过了 2.10.10 的试验,那么允许使用污染等级 1 的数值。