

5.4.1.10.1 要求

如果塑料软化会导致安全防护失效，则直接安装导电金属零部件的热塑性零部件应当能充分耐热。

通过检查材料制造商的维卡或球压试验数据来检验是否合格。如果不能提供试验数据，则要通过5.4.1.10.2的维卡试验或5.4.1.10.3的球压试验来检验是否合格。

5.4.1.10.2 维卡试验

在按B.2规定的正常工作条件期间测得的温度，应当低于GB/T 1633中维卡试验B50法规定的维卡软化温度至少15K。

在B.3规定的异常工作条件期间测得的温度，应当低于维卡软化温度。

支撑由电网电源供电的电路中的零部件的非金属零部件，其维卡软化温度不得低于125℃。

5.4.1.10.3 球压试验

通过对零部件按GB/T 5169.21的规定进行球压试验来检验是否合格。试验在温度为 $(T - T_{\text{amb}} + T_{\text{ma}} + 15^{\circ}\text{C}) \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的加热箱内进行（ T 、 T_{ma} 和 T_{amb} 的含义见B.2.6.1.）。但是，支撑由电网电源供电的电路中的零部件的热塑性零部件要在至少125℃的温度下进行试验。

试验后，尺寸 d （压痕的直径）不得超过2mm。

如果根据对材料物理特性的检查清楚地表明，该材料能满足本试验的要求，则不进行本试验。

5.4.2 电气间隙

5.4.2.1 基本要求

电气间隙的尺寸应当使得由于以下原因造成击穿的可能性降低：

- 暂态过电压；和
- 可能进入设备的瞬态电压；和
- 设备内产生的重复性峰值电压和其相关频率。

所有要求的电气间隙和试验电压适用于海拔2000m及以下。对更高的海拔高度，在线性内插后适用5.4.2.5的倍增系数，然后再进位以及应用表10、表11、表14和表15中规定的任何其他倍增系数。

注：对安全联锁触点间的空气间隙，见附录K。对断开装置触点间的空气间隙，见附录L。

对元器件触点间的空气间隙，见附录G。对连接器，见G.4.1。

对扬声器的音圈及其邻近处的导电零部件，除非制造商另有规定，并通过措施能确保所有正常工作模式期间的最小电气间隙，否则认为它们是导电连接的。

为了确定电气间隙，应当使用以下两种程序中的最高值：

- 程序1：按照5.4.2.2确定电气间隙。
- 程序2：按照5.4.2.3确定电气间隙。或者，可以按照5.4.2.4的抗电强度试验确定电气间隙是否足够，此时电气间隙应当至少保持按照程序1确定的值。

作为替代，对过电压类别II，可以按照附录X确定与不超过420V峰值（300V有效值）的交流电网电源连接的电路中的电气间隙。

5.4.2.2 确定电气间隙的程序1

为了确定用于表10和表11的电压，要按适用情况，使用以下电压的最高值：

- 跨在电气间隙上的工作电压的峰值；
- 跨在电气间隙上的重复性峰值电压（如果有）；

——与交流电网电源连接的电路：暂态过电压。如果标称交流电网电源系统电压不超过 250V，则认为暂态过电压值是 2000V 峰值，如果标称电网电源系统电压超过 250V 但不超过 600V，则认为暂态过电压值是 2500V 峰值。

或者，由制造商选择，可以按照 GB/T 16935.1-2008 的 5.3.3.2.3 确定暂态过电压值。在这种情况下，GB/T 16935.1-2008 的 5.3.3.2.3 中所述的“固体绝缘”用“电气间隙”代替。另外，用短期暂时过电压值 $U_n+1200\text{ V}$ 作为表 10 中使用的电压。

注： U_n 是中线接地的供电系统中相线到中线的标称电压。

应当按以下方法使用上述电压确定电气间隙：

- 对基频不超过 30kHz 的电路，按表 10 确定电气间隙值；或
- 对基频高于 30kHz 的电路，按表 11 确定电气间隙值；或
- 电路中既存在高于 30kHz 的频率，也有低于 30kHz 的频率，则选表 10 和表 11 中电气间隙值的最高值。

表 10 电压频率不超过 30kHz 对应的最小电气间隙

电压/小于和等于 V(峰值)	基本绝缘或附加绝缘			加强绝缘		
	mm			mm		
	污染等级			污染等级		
	1 ^a	2	3	1 ^a	2	3
330	0.01	0.2	0.8	0.02	0.4	1.5
400	0.02			0.04		
500	0.04			0.08		
600	0.06			0.12		
800	0.13			0.26		
1000	0.26	0.26		0.52	0.52	
1200	0.42			0.84		
1500	0.76			1.52		1.6
2000	1.27			2.54		
2500	1.8			3.6		
3000	2.4			4.8		
4000	3.8			7.6		
5000	5.7			11.0		
6000	7.9			15.8		
8000	11.0			20		
10000	15.2			27		
12000	19			33		
15000	25			42		
20000	34			59		
25000	44			77		
30000	55			95		

40000	77	131
50000	100	175
60000	120	219
80000	175	307
100000	230	395
允许在最接近的两点间使用线性内插法，计算得到的最小电气间隙按指定的增量进位。对数值： ——不超过 0.5mm，指定的增量是 0.01mm；和 ——超过 0.5mm，指定的增量是 0.1mm。		
^a 如果样品通过 5.4.1.5.2 的试验，则可以使用污染等级 1 的数值。		

表 11 电压频率超过 30kHz 对应的最小电气间隙

电压/小于和等于 V(峰值)	基本绝缘或附加绝缘 mm	加强绝缘 mm
600	0.07	0.14
800	0.22	0.44
1000	0.6	1.2
1200	1.68	3.36
1400	2.82	5.64
1600	4.8	9.6
1800	8.04	16.08
2000	13.2	26.4
允许在最接近的两点间使用线性内插法，计算得到的最小电气间隙按指定的增量进位。对数值： ——不超过 0.5mm，指定的增量是 0.01mm；和 ——超过 0.5mm，指定的增量是 0.1mm。 对污染等级 1，使用倍增系数 0.8。 对污染等级 3，使用倍增系数 1.4。		

5.4.2.3 确定电气间隙的程序 2

5.4.2.3.1 基本要求

承受来自电网电源或外部电路的瞬态电压的电气间隙的尺寸要根据对该电气间隙的要求的耐压来确定。

应当使用下述步骤来确定电气间隙：

- 按 5.4.2.3.2 确定瞬态电压；和
- 按 5.4.2.3.3 确定要求的耐压；和
- 按 5.4.2.3.4 确定最小电气间隙。

5.4.2.3.2 确定瞬态电压

5.4.2.3.2.1 基本要求

可以基于来源确定瞬态电压，或按照5.4.2.3.2.5测量瞬态电压。
如果不同的瞬态电压影响同一个电气间隙，则使用最大的电压，而不是把电压值相加。

与电网电源连接的室外设备应当与预期安装场所的最高过电压类别相适应。

应当考虑下述情况：

- 室外设备供电电源的预期故障电流可能高于室内设备，见 GB/T 16895.5；和
- 对室外设备的电网电源瞬态电压可能高于室内设备。

室外设备内部用于降低电网电源瞬态电压或预期故障电流的元器件应当符合GB/T 18802系列标准的要求。

注1：室外设备的过电压类别通常被认为是下述情况之一：

- 如果通过普通的建筑设施布线供电，过电压类别为Ⅱ类；
- 如果直接从电网电源分配系统供电，过电压类别为Ⅲ类；
- 如果位于或接近于电力装置源，过电压类别为Ⅳ类。

注2：关于过电压保护的进一步信息，见GB/T 16895.22。

通过对设备和安装说明书进行检查，以及必要时通过进行GB/T 18802系列标准中适当的元器件试验来检验是否合格。

5.4.2.3.2.2 交流电网电源瞬态电压的确定

对由交流电网电源供电的设备，电网电源瞬态电压值取决于过电压类别和交流电网电源电压，如表12所示。通常，预定要与交流电网电源连接的设备的电气间隙应当按Ⅱ类过电压来设计。

注：确定过电压类别的进一步指南见附录 I。

对安装后可能要承受超过设计的过电压类别所对应的瞬态电压值的设备，需要在设备的外部提供附加的保护。在这种情况下，安装说明书应当说明需要这种外部保护。

表 12 电网电源瞬态电压

交流电网电源电压 ^a 小于或等于 V(有效值)	电网电源瞬态电压 ^b V(峰值)			
	过电压类别			
	I	II	III	IV
50	330	500	800	1500
100 ^c	500	800	1500	2500
150 ^d	800	1500	2500	4000
300 ^e	1500	2500	4000	6000
600 ^f	2500	4000	6000	8000

^a 设计预定与没有中线的三相三线制电源连接的设备，交流电网电源电压是指相线对相线的电压。对所有其他有中线的情况，交流电网电源电压是相线对中线的电压。

^b 电网电源瞬态电压始终是表中的一个值，不允许使用内插法。

^c 在日本，标称交流电网电源电压为 100V，电网电源瞬态电压值由适用于标称交流电网电源电压 150V 的栏确定。

^d 包括 120/208V 和 120/240V。

^e 包括 230/400V 和 277/480V。

^f 包括 400/690V。

5.4.2.3.2.3 直流电网电源瞬态电压的确定

如果接地的直流电源分配系统完全处在一个单独的建筑物中，则瞬态电压按下列规定来选择：

- 如果直流电源分配系统是单点接地，则假定瞬态电压是 500V（峰值）；或
- 如果直流电源分配系统是在电源和设备处接地，则假定瞬态电压是 350V（峰值）；或

注：与保护接地的连接可以在直流电源分配系统的电源端，也可以在设备端，或同时在这两端都连接（见ITU-T建议K.27）。

- 如果与直流电源分配系统配套的电缆的长度小于 4m，或电缆完全安装在不间断的金属导管内，则假定瞬态电压是 150V（峰值）。

如果直流电源分配系统不接地或不在同一个建筑物内，则对地的瞬态电压应当假定等于给该直流电源供电的电网电源的电网电源瞬态电压。

如果直流电源分配系统不在同一个建筑物内，并且在结构配置上使用类似对外部电路的安装和保护技术，则应当使用 5.4.2.3.2.4 的相关分类来确定瞬态电压。

如果设备由专用电池供电，该电池在不从设备中取出的情况下不能由电网电源充电，则不需要考虑瞬态电压。

在确定直流电网电源电压时，应当考虑直流电网电源的安装和电源。如果这些是未知的，则认为对室外设备供电的直流电网电源的直流瞬态电压是 1.5kV。

如果直流电源分配系统不在同一个建筑物内，则制造商应当在安装说明书中声明直流电网电源的电网电源瞬态电压。

5.4.2.3.2.4 外部电路瞬态电压的确定

应当使用表13来确定可能在外部电路上产生的瞬态电压的适用值。如果表中有一种以上的配置或条件适用，则采用最高的瞬态电压值。如果振铃或其他间歇信号的电压小于外部电路瞬态电压值，则不得考虑这种信号。

如果瞬态电压小于短时信号（例如电话振铃信号）的峰值电压，则应当使用短时信号的峰值电压作为瞬态电压。

如果已知外部电路瞬态电压比表13中的值高，则应当使用已知的电压值。

注 1：澳大利亚已在 AS/ACIF G624:2005 规定了该国的过电压限值。

注 2：假定已采取了充足的措施来减小设备中出现超过表 13 规定值的瞬态电压的可能性。在安装时，如果出现在设备上的瞬态电压预计会超过表 13 的规定值，则可能需要附加措施，例如使用电涌抑制器。

注 3：在欧洲，与外部电路互连的要求在 EN 50491-3:2009（家庭和建筑电气系统(HBES)和建筑自动化和控制系统(BACS)的通用要求——第 3 部分：电气安全要求）中给出。

表 13 外部电路瞬态电压

ID (识别号)	电缆类型	附加条件	瞬态电压
1	双导体 ^a 屏蔽或未屏蔽	建筑物或构件可以有或没有等电位连接	1500V 10/700 μs 当一个导体在设备内接地时只有差模电压
2	任何其他导体	外部电路不在任何一端接地，但有一个参考地（例如：来自电网电源的连接）	电网电源瞬态电压，或为所考虑的电路供电的电路的外部电路瞬态电压，其中较高者
3	电缆分配网络中的同轴电缆	除馈电同轴中继器以外的设备。电缆屏蔽层在设备端接地	4000V 10/700 μs 中心导体到屏蔽层
4	电缆分配网络中的同轴电缆	馈电同轴中继器（同轴电缆不超过 4.4mm）。电缆屏蔽层在设备端接地	5000V 10/700 μs 中心导体到屏蔽层
5	电缆分配网络中的同轴电缆	除馈电同轴中继器以外的设备。电缆屏蔽层在设备端不接地。电缆屏蔽层在建筑物入口接地	4000V 10/700 μs 中心导体到屏蔽层 1500V 1.2/50 μs 屏蔽层到地
6	同轴电缆	电缆连接到室外天线	无瞬态值，见 ^b
7	双导体 ^a	电缆连接到室外天线	无瞬态值，见 ^b
8	建筑物内的同轴电缆	来自建筑物外部的电缆通过转接点进行连接。来自建筑物外部的同轴电缆的屏蔽层和在建筑物内的电缆中的同轴电缆的屏蔽层连接在一起并接地	不适用
通常，对完全安装在同一建筑物结构中的外部电路不考虑瞬态值。但是，如果导体端接的设备在不同的接地网络上接地，则认为该导体离开了建筑物。 设备外部产生的多余的稳态电压的影响（例如，接地电位差和电力机车系统在通信网络上感应的电压）由实际安装行为来控制。这种行为是与应用相关的，本部分不涉及。 对可以降低瞬态影响的屏蔽电缆，其屏蔽层应当是连续的，在两端接地，并且最大传输阻抗为 20 Ω/km（对 f<1MHz）。 注 1：家用设备，如音频、视频和多媒体产品按 ID 号 6，7 和 8 定位。 注 2：在挪威和瑞典，同轴电缆的电缆屏蔽层通常不在建筑物入口端接地（见 5.7.7 的注释）。对于安装条件，见 IEC 60728-11。			
^a 双导体包括双绞合导体。 ^b 这些电缆不承受任何瞬态值，但可能承受 10kV 静电放电电压（来自 1nF 的电容器）的影响。在确定电气间隙时不考虑这种静电放电电压的影响。按 G.10.4 的试验来检查是否合格。			

5.4.2.3.2.5 通过测量确定瞬态电压等级

使用以下程序测量跨在电气间隙上的瞬态电压。

在测量期间，设备不与电网电源或任何外部电路连接。仅断开设备内与电网电源连接的电路中的电涌抑制器。如果设备预定由单独的电源供电，则在测量期间连接该电源。

为了测量跨在电气间隙上的瞬态电压，要使用附录D中适当的脉冲试验发生器来产生脉冲。每个极性至少3个脉冲，脉冲间隔至少1s，脉冲施加在每对相关的点之间。

a) 来自交流电网电源的瞬态电压

使用表D.1电路2的脉冲试验发生器产生等于交流电网电源瞬态电压的 $1.2/50\mu\text{s}$ 的脉冲，施加在下列点之间：

- 相线对相线；
- 所有相线导体连在一起和中线；
- 所有相线导体连在一起和保护地；和
- 中线和保护地。

b) 来自直流电网电源的瞬态电压

使用表D.1电路2的脉冲试验发生器产生等于直流电网电源瞬态电压的 $1.2/50\mu\text{s}$ 的脉冲，施加在下列点之间：

- 正极和负极电源连接点；和
- 所有电源连接端连在一起和保护地。

c) 来自外部电路的瞬态电压

使用附录D的相应的试验发生器产生适当的并且由表13规定的脉冲，施加在下列外部电路的每一单一接口类型的连接点之间：

- 接口中的每一对端子（例如，A和B或触点和环路）；和
- 单一接口型的所有端子连在一起和地之间。

电压测量装置跨接在所考虑的电气间隙上。

如果有若干个相同的电路，则只对一个电路进行试验。

5.4.2.3.3 要求的耐压的确定

除了以下几种情况外，要求的耐压等于5.4.2.3.2中确定的瞬态电压：

- 如果与电网电源隔离的电路通过保护连接导体与主保护接地端子连接，则要求的耐压可以比表12的过电压类别或交流电网电源电压低一个类别。对不高于50V有效值的交流电网电源，不进行修正。
- 如果与电网电源隔离的电路由带容性滤波的直流电源供电，并且与保护地连接，则要求的耐压应当假设等于该直流电源的直流电压的峰值，或等于与电网电源隔离的电路的工作电压的峰值，选其中较高者。
- 如果设备由专用电池供电，该电池在不从设备中取出的情况下不能由电网电源充电，则瞬态电压为零，要求的耐压等于工作电压的峰值。

5.4.2.3.4 使用要求的耐压确定电气间隙

每个电气间隙应当符合表14中相应的值。

表 14 使用要求的耐压的最小电气间隙

要求的耐压 小于和等于 V（峰值）或 V（直流）	基本绝缘或附加绝缘 mm			加强绝缘 mm		
	污染等级			污染等级		
	1 ^a	2	3	1 ^a	2	3
330	0.01	0.2	0.8	0.02	0.4	1.5
400	0.02			0.04		
500	0.04			0.08		
600	0.06			0.12		
800	0.10			0.2		
1000	0.15			0.3		
1200	0.25			0.5		
1500	0.5			1.0		
2000	1.0			2.0		
2500	1.5			3.0		
3000	2.0			3.8		
4000	3.0			5.5		
5000	4.0			8.0		
6000	5.5			8.0		
8000	8.0			14		
10000	11			19		
12000	14			24		
15000	18			31		
20000	25			44		
25000	33			60		
30000	40			72		
40000	60			98		
50000	75			130		
60000	90			162		
80000	130			226		
100000	170			290		
允许在最接近的两点间使用线性内插法，计算得到的最小电气间隙应当按指定的增量进位。对数值： ——不超过 0.5mm，指定的增量是 0.01mm；和 ——超过 0.5mm，指定的增量是 0.1mm。						
a 如果样品通过 5.4.1.5.2 的试验，则可以使用污染等级 1 的数值。						

5.4.2.4 使用抗电强度试验确定电气间隙是否满足要求

电气间隙应当能承受抗电强度试验。试验可以使用脉冲电压或交流电压或直流电压来进行。要求的耐压按5.4.2.3确定。

脉冲电压试验用具有相应的波形（见附录D）和表15规定的电压值的电压来进行。每个极性施加5个脉冲，脉冲间隔至少1s。

交流电压试验用具有表15规定的峰值电压的正弦电压来进行，持续5s。

直流电压试验使用表15规定的直流电压来进行，在一个极性下施加5s，然后在相反极性下施加5s。

表 15 抗电强度试验电压

要求的耐压 小于和等于 kV(峰值)	基本绝缘或附加绝缘的电气间隙的抗电强度试验电压/kV(峰值) (脉冲或交流或直流)
0.33	0.36
0.5	0.54
0.8	0.93
1.5	1.75
2.5	2.92
4.0	4.92
6.0	7.39
8.0	9.85
12.0	14.77
U^a	$1.23 \times U^a$
在最近的两点之间允许使用线性内插法，计算所得的最小试验电压进位到小数点后 2 位。 对加强绝缘，抗电强度试验电压为基本绝缘试验电压值的 160%，然后这个计算得到的试验电压值进位到小数点后 2 位。 如果被测设备未能通过交流或直流试验，则使用脉冲试验。 如果在 200m 或更高的海拔高度进行试验，可以使用 GB/T 16935.1-2008 的表 F.5，在这种情况下，在海拔 200m 和 500m 之间以及在相应的 GB/T 16935.1-2008 中表 F.5 的冲击试验电压之间可以使用线性内插法。	
^a U 是高于 12.0kV 的任何要求的耐压。	

5.4.2.5 海拔高度高于 2000m 的倍增系数

预定和设计在海拔2000m以上至5000m使用的设备，按表10、表11和表14要求的最小电气间隙，以及按表15要求的抗电强度试验电压，应当符合海拔5000m的要求，即乘以表16规定的对应海拔5000m的倍增系数。对预定仅在海拔2000m及以下使用的设备，按表10、表11和表14要求的最小电气间隙，以及按表15要求的抗电强度试验电压，应当符合海拔2000m的要求，即乘以表16规定的对应海拔2000m的倍增系数。

注：可以在真空箱内模拟较高海拔。

表 16 电气间隙和试验电压的倍增系数

海拔高度 m	正常气压 kPa	电气间隙的 倍增系数	抗电强度试验电压的倍增系数		
			<1mm	≥1mm~ <10mm	≥10mm~ <100mm
2000	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00
3000	70.0	1.14	1.05	1.07	1.10
4000	62.0	1.29	1.10	1.15	1.20
5000	54.0	1.48	1.16	1.24	1.33
在最近的两点之间允许使用线性内插法，计算所得的最小倍增系数进位到小数点后 2 位。					

5.4.2.6 合格判据

通过测量和试验来检查是否合格，考虑附录O和附录T的相关条款。

下列条件适用：

- 使活动的零部件处在其最不利的位置；
- 按图 0.13，从点 X 起测量绝缘材料外壳通过槽或开孔的电气间隙；
- 在作用力试验期间，金属外壳不得与下列电路的裸露导电零部件相接触：
 - ES2 电路，除非设备在受限制接触区内，或
 - ES3 电路；
- 在附录 T 的试验后：
 - 进行电气间隙尺寸的测量，和
 - 进行相关的抗电强度试验，和
 - 对 T.9 的玻璃冲击试验，表面材料的损坏、不使电气间隙减小到规定值以下的小凹坑、表面裂纹等忽略不计。如果出现穿通裂纹，则不得使电气间隙减小。对肉眼不可见的裂纹，应当进行抗电强度试验；和
- 除了外壳以外的元器件和部件承受 T.2 的试验。在施加力后，电气间隙不得减小到要求值以下。

对与同轴电缆分配系统或室外天线连接的电路，通过5.5.8的试验来检验是否合格。

5.4.3 爬电距离

5.4.3.1 基本要求

爬电距离应当具有这样的尺寸，使得在给定的有效值工作电压、污染等级和材料组别下，不会发生绝缘闪络或击穿（例如，由于电痕化引起的）。

频率小于等于30kHz时，基本绝缘和附加绝缘的爬电距离应当符合表17。频率超过30kHz但小于等于400kHz时，基本绝缘和附加绝缘的爬电距离应当符合表18。

频率超过400kHz时，在未得到另外的数据之前，可以使用频率400kHz及以下的爬电距离的要求。

注：频率高于400kHz时爬电距离的要求正在考虑中。

连接器的外部绝缘表面（见5.4.3.2）（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爬电距离应当符合基本绝缘的要求。

连接器的外部绝缘表面（见5.4.3.2）（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爬电距离应当符合加强绝缘的要求。

作为例外，如果连接器符合下列要求，则爬电距离可以符合基本绝缘的要求：

- 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。

对连接器，包括不固定在设备上的连接器的所有其他爬电距离，使用按5.4.3确定的最小爬电距离。

上述对连接器的最小爬电距离要求不适用于在G.4列出的连接器。

如果从表17或表18中得到的最小爬电距离小于相应的最小电气间隙，则应当使用最小电气间隙作为最小爬电距离。

对于玻璃、云母、上釉陶瓷或类似的无机材料，如果最小爬电距离大于相应的最小电气间隙，允许把最小电气间隙的数值作为最小爬电距离的数值。

对加强绝缘，爬电距离的值是表17或表18中对基本绝缘要求值的两倍。

5.4.3.2 试验方法

下列条件适用：

- 使可活动的零部件处在其最不利的位置；
- 对装有普通不可拆卸电源软线的设备，在装有G.7规定的最大横截面积的电源导线时，以及在不装导线时进行爬电距离的测量；
- 在测量绝缘材料外壳可触及外表面通过外壳的槽口或开孔、或者通过可触及连接器开孔的爬电距离时，应当认为外壳的可触及外表面是导电的，就像在进行V.1.2试验时不施加明显作用力覆盖上一层金属箔那样。（见图0.13，点X）；
- 用作基本绝缘、附加绝缘和加强绝缘的爬电距离的尺寸，按4.4.3，在附录T的试验后进行测量；
- 对T.9的玻璃冲击试验，表面材料的损坏、不使爬电距离减小到规定值以下的小凹坑、表面裂纹等忽略不计。如果出现穿通裂纹，则不得使爬电距离减小；
- 除了外壳以外的元器件和部件承受T.2的试验。在施加力后，爬电距离不得减小到要求值以下。

5.4.3.3 材料组别和CTI

材料组别取决于CTI，并按下列规定分类：

材料组别 I	$600 \leq \text{CTI}$
材料组别 II	$400 \leq \text{CTI} < 600$
材料组别 IIIa	$175 \leq \text{CTI} < 400$
材料组别 IIIb	$100 \leq \text{CTI} < 175$

材料组别可通过按照GB/T 4207使用溶液A对材料进行50滴的试验获得的试验数据来评价。

如果材料组别是未知的，则应当假定材料组别为IIIb。

如果需要CTI为175或更大，且材料数据不可获得，则可以用GB/T 4207规定的耐电痕化指数（PTI）试验来确定材料组别。如果通过试验确定的材料的PTI等于或大于对应组别CTI的下限值，则可以将该材料列入对应的组别内。

5.4.3.4 合格判据

通过附录O、附录T和附录V的测量来检验是否合格。

表 17 基本绝缘和附加绝缘的最小爬电距离

单位为毫米

有效值工 作电压/小 于和等于 V	污染等级						
	1 ^a	2			3		
	材料组别						
	I、II、 IIIa、IIIb	I	II	IIIa、IIIb	I	II	IIIa、IIIb ^b 见注
10	0.08	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0
12.5	0.09	0.42	0.42	0.42	1.05	1.05	1.05
16	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.125	0.5	0.5	0.5	1.25	1.25	1.25
32	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2.0
80	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.25	0.71	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2
125	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.32	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.5
200	0.42	1.0	1.4	2.0	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4.0
320	0.75	1.6	2.2	3.2	4.0	4.5	5.0
400	1.0	2.0	2.8	4.0	5.0	5.6	6.3
500	1.3	2.5	3.6	5.0	6.3	7.1	8.0
630	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0	9.0	10
800	2.4	4.0	5.6	8.0	10	11	12.5
1000	3.2	5.0	7.1	10	12.5	14	16
1250	4.2	6.3	9.0	12.5	16	18	20
1600	5.6	8.0	11	16	20	22	25
2000	7.5	10	14	20	25	28	32
2500	10	12.5	18	25	32	36	40
3200	12.5	16	22	32	40	45	50
4000	16	20	28	40	50	56	63
5000	20	25	36	50	63	71	80
6300	25	32	45	63	80	90	100
8000	32	40	56	80	100	110	125
10000	40	50	71	100	125	140	160
12500	50	63	90	125			
16000	63	80	110	160			
20000	80	100	140	200			
25000	100	125	180	250			
32000	125	160	220	320			
40000	160	200	280	400			
50000	200	250	360	500			
63000	250	320	450	600			
允许在最近的两点之间使用线性内插法，计算所得的最小爬电距离进位到小数点后 1 位，或下一行的数值，取其中较小者。							
对加强绝缘，对计算所得的基本绝缘的数值加倍后，再进位到到小数点后 1 位，或将下一行的数值加倍。							
^a 如果样品通过 5.4.1.5.2 的试验，则可以使用污染等级 1 的数值。							
^b 对污染等级 3 且有效值工作电压高于 630V 的应用场合不推荐材料组别 IIIb。							

表 18 频率高于 30kHz 小于等于 400kHz 时爬电距离的最小值

单位为毫米

电压 kV	$30\text{kHz} < f \leq 100\text{kHz}$	$100\text{kHz} < f \leq 200\text{kHz}$	$200\text{kHz} < f \leq 400\text{kHz}$
0.1	0.0167	0.02	0.025
0.2	0.042	0.043	0.05
0.3	0.083	0.09	0.1
0.4	0.125	0.13	0.15
0.55	0.183	0.23	0.25
0.6	0.267	0.38	0.4
0.7	0.358	0.55	0.68
0.8	0.45	0.8	1.1
0.9	0.525	1.0	1.9
1	0.6	1.15	3

表格中的爬电距离值适用于污染等级 1。对污染等级 2，应当使用倍增系数 1.2，对污染等级 3，应当使用倍增系数 1.4。

允许使用线性内插法，所得结果进位到前一位有效数字。

表 18 中给出的数据（来自 GB/T 16935.4-2011 表 2）未考虑电痕化现象的影响。如果考虑这点，需要考虑表 17。因此，如果表 18 的数值小于表 17 的数值，则使用表 17 的数值。

5.4.4 固体绝缘

5.4.4.1 基本要求

本条的要求适用于固体绝缘，包括用作绝缘的化合物和凝胶材料。

固体绝缘不得由于下列原因而造成击穿：

- 由于进入设备的过电压，包括瞬态电压，以及设备内可能产生的峰值电压；和
- 由于薄层绝缘的针孔。

除 G.6.2 规定外，漆涂层不得作为基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘来使用。

除印制板外，固体绝缘应当：

- 符合 5.4.4.2 规定的最小绝缘穿透距离；或
- 按适用的情况，满足 5.4.4.3 至 5.4.4.7 的要求并通过试验。

作为固体绝缘使用的玻璃应当符合 T.9 规定的玻璃冲击试验。表面材料的损坏、不使电气间隙减小到规定值以下的小凹坑、表面裂纹等忽略不计。如果出现穿通裂纹，则不得使电气间隙和爬电距离减小到规定值以下。

对印制板，见 G.13。对天线端子，见 5.4.5。对内部布线的固体绝缘，见 5.4.6。

5.4.4.2 最小绝缘穿透距离

除非第 5 章的其他条款适用，否则应当根据绝缘的应用场合和下列规定（见图 0.15 和图 0.16）来确定绝缘穿透距离的尺寸：

- 如果工作电压不超过 ES2 的电压限值，则对绝缘穿透距离没有要求；
- 如果工作电压超过 ES2 的电压限值，则采用下列规则：

- 对基本绝缘，不规定最小绝缘穿透距离；
- 对由单层构成的附加绝缘或加强绝缘，最小绝缘穿透距离应当为 0.4mm；
- 对由多层构成的附加绝缘或加强绝缘，最小绝缘穿透距离应当符合 5.4.4.6。

5.4.4.3 构成固体绝缘的绝缘化合物

如果满足以下要求，则没有最小内部电气间隙或爬电距离的要求：

- 绝缘化合物完全填满元器件或组件，包括半导体器件（例如，光电耦合器）的壳体；和
- 该元器件或组件满足 5.4.4.2 的最小绝缘穿透距离；和
- 其中一个样品通过 5.4.1.5.2 的试验。

注：这种处理的一些例子就是众所周知的各种密封、封装和真空灌注。

这种结构如果包含粘合接缝，也应当符合 5.4.4.5。

对半导体器件的替代要求在 5.4.4.4 中给出。

对印制板，见 G.13，对绕组元器件，见 5.4.4.7。

通过切开样品来检查是否合格。在绝缘材料上不得有可见的孔隙。

5.4.4.4 半导体器件的固体绝缘

对由绝缘化合物完全填满半导体器件（例如，光电耦合器）的壳体构成的附加绝缘或加强绝缘，如果该元器件满足下列要求，则没有最小内部电气间隙或爬电距离的要求，也没有最小绝缘穿透距离的要求：

- 通过 5.4.7 的型式试验和检查合格；以及按 5.4.9.2 的适当试验通过制造期间的抗电强度例行试验；或
- 符合 G.12。

这种结构如果包含粘合接缝，也应当符合 5.4.4.5。

作为替代，可以按 5.4.4.3 来评定半导体器件。

5.4.4.5 构成粘合接缝的绝缘化合物

以下规定了绝缘化合物在两个非导电零部件之间，或在另一个非导电零部件和绝缘化合物本身之间构成粘合接缝时的要求。这些要求不适用于符合 IEC 60747-5-5 要求的光电耦合器。

如果导电零部件之间的路径填有绝缘化合物，且该绝缘化合物在两个非导电零部件之间，或在一个非导电零部件和绝缘化合物本身之间构成粘合接缝（见图 0.14、图 0.15 和图 0.16），则采用下列 a)、b) 或 c) 之一的要求：

- 沿两个导电零部件之间的路径距离应当不小于对污染等级 2 的最小电气间隙和爬电距离。
5.4.4.2 的绝缘穿透距离的要求不适用于沿粘合接缝的方向。
- 沿两个导电零部件之间的路径距离应当不小于对污染等级 1 的最小电气间隙和爬电距离。此外，一个样品应当通过 5.4.1.5.2 的试验。5.4.4.2 的绝缘穿透距离的要求不适用于沿粘合接缝的方向。
- 5.4.4.2 的绝缘穿透距离的要求适用于沿接缝方向的导电零部件之间。此外，三个样品应当通过 5.4.7 的试验。

对上述 a) 和 b)，如果所涉及的绝缘材料具有不同的材料组别，则使用最不利的情况。如果材料组别是未知的，则应当认为是材料组别 IIIb。

对上述 b) 和 c)，如果在 5.4.1.4 的温度试验期间测得的印制板的温度不超过 90℃，则 5.4.1.5.2 和 5.4.7 的试验不适用于用预浸材料制成的印制板的内部各层。

注：粘合接缝的一些例子如下：

- 两个非导电的零部件胶合在一起（例如，多层板中的两层，见图 0.14），或由粘合剂固定中部隔板的变压器的分隔式骨架（见图 0.16）；

- 绕组线上的绕包绝缘，用粘合性绝缘化合物封接就是 PD1 的例子；或
- 在光电耦合器非导电零部件（外壳）和绝缘化合物本身之间的接缝（见图 0.15）。

5.4.4.6 薄层材料

5.4.4.6.1 基本要求

对用作基本绝缘的薄层材料绝缘，没有尺寸和结构要求。

注：对薄层材料进行抗电强度试验的装置在图29中规定。

如果符合下列要求，薄层材料绝缘可以用作附加绝缘和加强绝缘，无需考虑绝缘穿透距离：

- 使用两层或更多层；和
 - 绝缘在设备外壳的内部；和
 - 在一般人员或受过培训的人员维修期间，绝缘不会受到触碰或磨损；和
 - 满足 5.4.4.6.2（对各层是可分离的）或 5.4.4.6.3（对各层是不可分离的）的要求和试验。
- 不要求两层或更多层全都固定在同一个导电零部件上。两层或更多层可按下列方式固定：
- 固定在要求隔离的各导电零部件中的一个导电零部件上；或
 - 在两个导电零部件之间均分；或
 - 不固定在任一导电零部件上。

对三层或更多层不可分离的薄层材料的绝缘：

- 不要求最小绝缘穿透距离；和
- 绝缘的每一层不一定是相同的材料。

5.4.4.6.2 可分离的薄层材料

除了5.4.4.6.1的要求外，还需满足：

- 由两层材料构成的附加绝缘，每一层应当通过附加绝缘的抗电强度试验；或
- 由三层材料构成的附加绝缘，任意两层的组合都应当通过附加绝缘的抗电强度试验；或
- 由两层材料构成的加强绝缘，每一层应当通过加强绝缘的抗电强度试验；或
- 由三层材料构成的加强绝缘，任意两层的组合都应当通过加强绝缘的抗电强度试验。

如果使用三层以上的绝缘材料，则可将层数分为两组或三组。每一组应当通过相应绝缘的抗电强度试验。

在一层或一组上进行的试验不需要在同样的层或组上重复。

不要求所有的绝缘层都使用相同的材料和厚度。

5.4.4.6.3 不可分离的薄层材料

对由不可分离的薄层材料构成的绝缘，除了5.4.4.6.1的要求外，还要采用表19的试验程序。不要求所有的绝缘层都使用相同的材料和厚度。

通过检查以及通过表19规定的试验来检验是否合格。

表 19 不可分离的绝缘层的试验

层数	试验程序
附加绝缘	
两层或更多层:	采用 5.4.4.6.4 的试验程序
加强绝缘	
两层:	采用 5.4.4.6.4 的试验程序
三层或更多层:	采用 5.4.4.6.4 和 5.4.4.6.5 ^a 的试验程序
注: 5.4.4.6.5 试验的目的是要确保不可分离的薄层材料隐藏在内层绝缘时具有足够的抗损坏强度。因此, 该试验对采用两层的绝缘不适用。5.4.4.6.5 的试验不适用于附加绝缘。	
^a 如果绝缘和绕组线是一个整体, 则该试验不适用。	

5.4.4.6.4 不可分离的薄层材料的标准试验程序

对不可分离的层, 所有层一起按5.4.9.1的规定进行抗电强度试验。试验电压为:

- 如果使用两层, 200%的 $U_{\text{试验}}$; 或
- 如果使用三层或更多层, 150%的 $U_{\text{试验}}$ 。

其中 $U_{\text{试验}}$ 是 5.4.9.1 中按适用的情况规定的对附加绝缘或加强绝缘的试验电压。

注: 除非所有层使用相同的材料和具有相同的厚度, 否则试验电压有可能不能平均分配在各层, 导致单层绝缘击穿, 而该单层绝缘如果单独试验有可能通过抗电强度试验。

5.4.4.6.5 卷轴试验

以下规定了由不可分离的三层或更多层薄层绝缘材料构成的加强绝缘的试验要求。

注: 本试验是以GB/T 19212.1为依据, 并能给出同样的试验结果。

使用三个试验样品, 每一个单独的样品由构成加强绝缘的三层或更多层不可分离的薄层材料构成。将一个样品固定到图25给出的试验夹具的卷轴上, 应当按图26所示固定。

单位为毫米

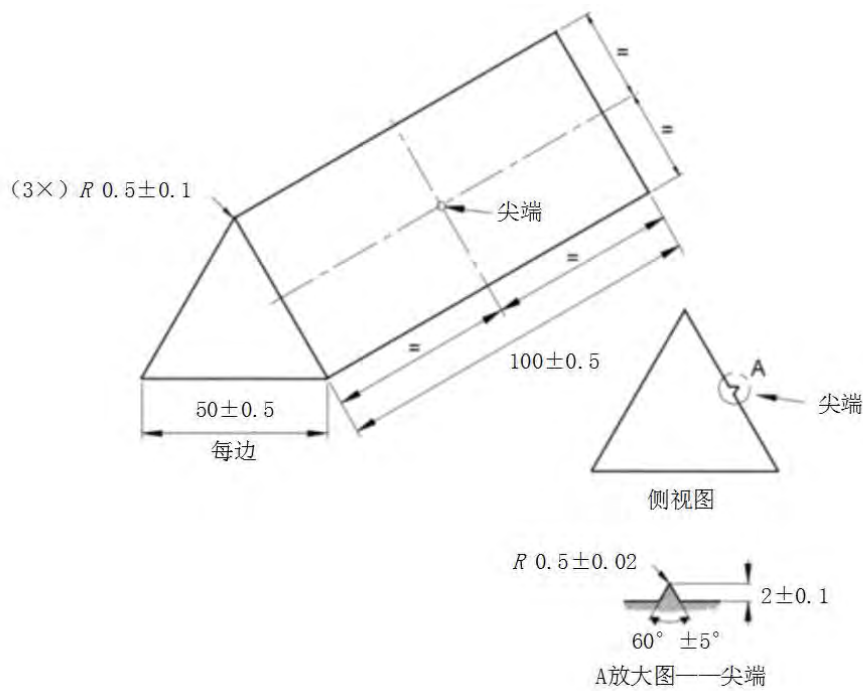
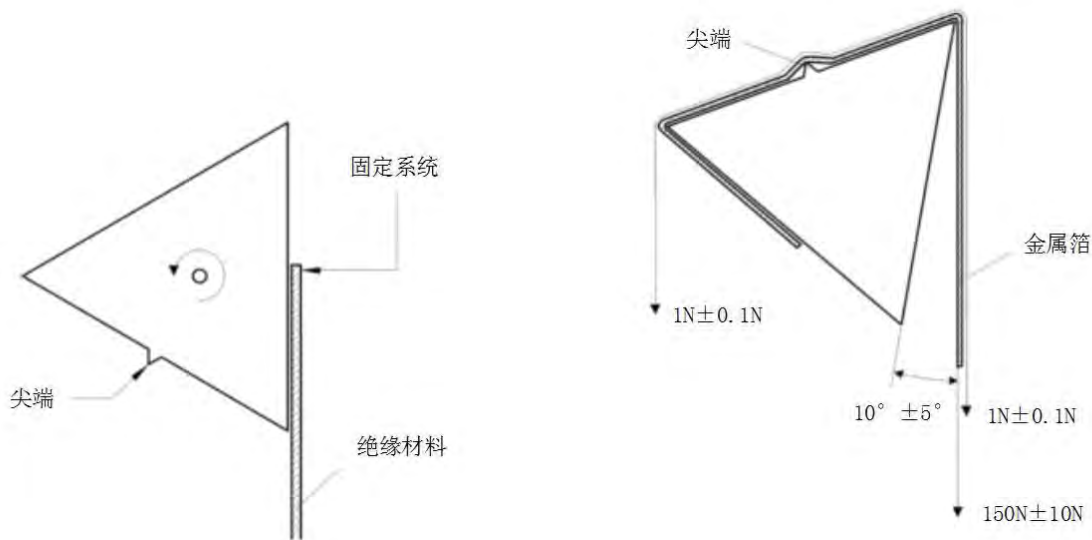


图 25 卷轴



卷轴的最终位置是从起始位置旋转 $230^\circ \pm 5^\circ$

图 26 卷轴的起始位置

图 27 卷轴的最终位置

使用适当的夹紧装置，将拉力施加在样品的自由端。按下列规定旋转卷轴：

- 从起始位置（图 26）旋转到最终位置（图 27）然后返回；
- 第二次从起始位置旋转到最终位置；

如果在旋转过程中，样品在卷轴或夹紧装置的固定处出现了破裂，不认为试验不合格。如果样品在任何其他地方出现破裂，则认为试验不合格。

在上述试验后，沿样品表面放置一片 $0.035\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$ 厚、至少 200 mm 长的金属箔，使其在卷轴的每一边悬挂下来（见图27）。金属箔与样品接触的表面应当是导电的，不得带有氧化层或其他绝缘层。金属箔放置的位置要使其边缘距离样品的边缘不小于 18mm （见图28）。然后将两个相等重量的重物，在金属箔的每一端分别用适当的夹紧装置夹紧，使金属箔拉紧。

单位为毫米

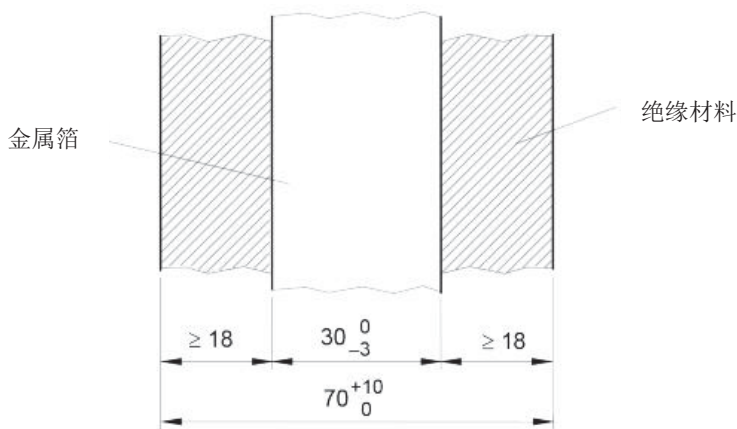


图 28 金属箔在绝缘材料上的位置

当卷轴处在其最终位置时，而且是在到达最终位置后 60s 内，在卷轴和金属箔之间按5.4.9.1的规定进行抗电强度试验。试验电压值是 $150\%U_{\text{试验}}$ ，但不小于 5kV （有效值）。 $U_{\text{试验}}$ 是5.4.9.1规定的按适用情况对应加强绝缘的试验电压。

该试验在其他两个样品上重复进行。

5.4.4.7 绕组组件中的固体绝缘

绕组组件中的基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘可以由下列绝缘来提供：

- 在绕组组件上的绝缘（见 G.5）；或
- 在其他线上的绝缘（见 G.6）；或
- 上面这两种绝缘的组合。

包含粘合接缝的绕组组件也应当符合5.4.4.5。

平面变压器应当符合G.5.3的要求。

5.4.4.8 合格判据

通过检查和测量，考虑附录0，并通过5.4.9.1的抗电强度试验，以及按适用的情况，通过5.4.4.2至5.4.4.7要求的附加试验，来检验固体绝缘是否充分满足5.4.4.2至5.4.4.7的要求。

5.4.4.9 频率高于 30kHz 时的固体绝缘的要求

固体绝缘是否适当应当按下列规定来确定：

- 确定该绝缘材料在电网电源供电频率下的击穿电场强度值 E_p ，单位为 kV/mm （有效值）。可以使用如下之一的方法确定 E_p ：
 - 由制造商基于材料制造商的数据声明的数值；或
 - 表 20 中所列的数值；
 - 进行 IEC 60243-1 规定的试验所得到的数值；由制造商负责确定该数值。

- 确定绝缘材料在表 21 或表 22 的适用的频率下，击穿电场强度的减小系数 K_R 。如果该种材料不是表 21 或表 22 所列材料，则按适用的情况，使用表 21 或表 22 最后一行的平均减小系数。
- 用 E_p 值乘以减小系数 K_R ，确定在适用频率下的击穿电场强度值 E_F 。

$$E_F = E_p \times K_R$$

- 用 E_F 值乘以绝缘材料的总厚度 d （单位为 mm），确定绝缘材料的实际抗电强度 V_W 。

$$V_W = E_F \times d$$

- 对基本绝缘或附加绝缘， V_W 应当超过所测得的高频工作电压的峰值 20% V_{PW} 。

$$V_W > 1.2 \times V_{PW} / 1.41$$

- 对加强绝缘， V_W 应当超过 2 倍所测得的高频工作电压的峰值 20% V_{PW} 。

$$V_W > 1.2 \times 2 \times V_{PW} / 1.41$$

作为以上的替代，可以按照 5.4.9.1 进行抗电强度试验，以电网电源频率进行试验的电压应当按以下规定：

- 对基本绝缘： $1.2 \times V_{PW} / K_R$
 - 对加强绝缘： $1.2 \times 2 \times V_{PW} / K_R$
- 不得出现击穿。

表 20 一些常用材料的击穿电场强度 E_p

材料	击穿电场强度 E_p				
	kV/mm				
	材料厚度				
	mm				
	0.75	0.08	0.06	0.05	0.03
瓷 ^a	9.2	—	—	—	—
硅玻璃 ^a	14	—	—	—	—
酚醛 ^a	17	—	—	—	—
陶瓷 ^a	19	—	—	—	—
聚四氟乙烯 ^{a 1)}	27	—	—	—	—
三聚氰胺玻璃 ^a	27	—	—	—	—
云母 ^a	29	—	—	—	—
纸质酚醛树脂 ^a	38	—	—		—
聚乙烯 ^b	49	—	—	52	—
聚苯乙烯 ^c	55	65	—	—	—
玻璃 ^a	60	—	—	—	—
聚酰亚胺 ^{a 2)}	303	—	—	—	—
FR530L ^a	33	—	—	—	—
云母填料的酚醛	28	—	—	—	—
玻璃硅层压板 ^a	18	—	—	—	—
乙酰丁酸酯纤维素 ^d	—	—	120	—	210
聚碳酸酯 ^d	—	—	160	—	270
三醋酸基纤维素 ^d	—	—	120	—	210
注：表中没有的数据和表中未列的其他材料的数据正在考虑中。					
^a 对特定材料的击穿电场强度，0.75mm 厚度的 E_p 值可以用于所有厚度。 ^b 0.05mm 厚度的 E_p 值用于等于或小于 0.05mm 厚度的绝缘。0.75mm 厚度的 E_p 值用于其他厚度的绝缘。 ^c 0.08mm 厚度的 E_p 值用于等于或小于 0.08mm 厚度的绝缘。0.75mm 厚度的 E_p 值用于其他厚度的绝缘。 ^d 0.03mm 厚度的 E_p 值用于等于或小于 0.03mm 厚度的绝缘。0.06mm 厚度的 E_p 值用于大于 0.03mm，且小于或等于 0.06mm 厚度的绝缘。					

1) 这里给出此信息是为了方便本部分的使用人员，并不构成IEC对命名产品的认可。如果能证明其他等效产品可以达到相同的结果，则也可以使用。

2) 这里给出此信息是为了方便本部分的使用人员，并不构成IEC对命名产品的认可。如果能证明其他等效产品可以达到相同的结果，则也可以使用。

表 21 在较高频率下击穿电场强度 E_b 值的减小系数

材料 ^a	频率 kHz										
	30	100	200	300	400	500	1000	2000	3000	5000	10000
	减小系数/ K_g										
瓷	0.52	0.42	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.34	0.30
硅玻璃	0.79	0.65	0.57	0.53	0.49	0.46	0.39	0.33	0.31	0.29	0.26
酚醛	0.82	0.71	0.53	0.42	0.36	0.34	0.24	0.16	0.14	0.13	0.12
陶瓷	0.78	0.64	0.62	0.56	0.54	0.51	0.46	0.42	0.37	0.35	0.29
聚四氟乙烯	0.57	0.54	0.52	0.51	0.48	0.46	0.45	0.44	0.41	0.37	0.22
三聚氰胺玻璃	0.48	0.41	0.31	0.27	0.24	0.22	0.16	0.12	0.10	0.09	0.06
云母	0.69	0.55	0.48	0.45	0.41	0.38	0.34	0.28	0.26	0.24	0.20
纸质酚醛树脂	0.58	0.47	0.40	0.32	0.26	0.23	0.16	0.11	0.08	0.06	0.05
聚乙烯	0.36	0.28	0.22	0.21	0.20	0.19	0.16	0.13	0.12	0.12	0.11
聚苯乙烯	0.35	0.22	0.15	0.13	0.13	0.11	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06
玻璃	0.37	0.21	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04
其他材料	0.43	0.35	0.30	0.27	0.25	0.24	0.20	0.17	0.16	0.14	0.12
如果频率在任意两列之间，则应当使用下一列减小系数的值或者可以在邻近的两列间使用对数内插法，计算得到的值四舍五入到小数点后两位。											
^a 本数据是对应 0.75mm 厚的材料。											

表 22 在较高频率下薄片材料击穿电场强度 E_b 值的减小系数

材料	频率 kHz										
	30	100	200	300	400	500	1000	2000	3000	5000	10000
	减小系数/ K_g										
乙酰丁酸酯纤维素 (0.03mm)	0.67	0.43	0.32	0.27	0.24	0.20	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06
乙酰丁酸酯纤维素 (0.06mm)	0.69	0.49	0.36	0.30	0.26	0.23	0.17	0.13	0.11	0.08	0.06
聚碳酸酯 (0.03mm)	0.61	0.39	0.31	0.25	0.23	0.20	0.14	0.10	0.08	0.06	0.05
聚碳酸酯 (0.06mm)	0.70	0.49	0.39	0.33	0.28	0.25	0.19	0.13	0.11	0.08	0.06
三醋酸基纤维素 (0.03mm)	0.67	0.43	0.31	0.26	0.23	0.20	0.14	0.10	0.09	0.07	0.06
三醋酸基纤维素 (0.06mm)	0.72	0.50	0.36	0.31	0.27	0.23	0.17	0.13	0.10	0.10	0.06
其他薄膜材料	0.68	0.46	0.34	0.29	0.25	0.22	0.16	0.12	0.10	0.08	0.06
如果频率在任意两列之间，则应当使用下一列减小系数的值或者可以在邻近的两列间使用对数内插法，计算得到的值四舍五入到小数点后两位。											

5.4.5 天线端子绝缘

5.4.5.1 基本要求

下列部位之间的绝缘应当能承受在天线端子上的静电放电：

- 电网电源端子与天线端子之间，以及
- 电网电源端子与给其他带有天线端子的设备提供非电网电源供电电压的外部电路端子之间。

上述试验不适用于设备上的一个天线端子按照5.6.7连接到地的设备。

使用同轴电缆的有线网络天线同轴插座与设备的保护接地电路之间应当满足基本绝缘的绝缘电阻要求。如果带有有线网络天线同轴插座的II类设备可以通过其他端子与I类设备的地连接，则该天线同轴插座与任何其他连接端子之间也应当满足基本绝缘的绝缘电阻要求。

如果有线网络天线在接入到设备前已经与设备的保护地隔离，那么设备的有线网络天线同轴插座与设备的保护接地电路之间没有绝缘要求，但应当满足F.4的要求。

5.4.5.2 试验方法

样品应当承受来自D.2的天线接口试验发生器(电路3)的50次放电，每分钟不超过12次， U_c 等于10kV。设备应当放置在绝缘的表面上。天线接口试验发生器的输出应当与连接在一起的天线端子和连接在一起的电网电源端子相连。如果设备具有给其他带有天线端子的设备提供非电网电源供电电压的外部电路，则试验发生器要与连接在一起的电网电源端子和连接在一起的外部电路端子相连，重复进行试验。试验期间设备不通电。

注：试验人员要注意，在试验期间不要接触设备。

5.4.5.3 合格判据

通过用直流500V测量绝缘电阻来检验是否合格。

如果在1min后测得的绝缘电阻不小于表23的规定值，则认为设备符合要求。

表 23 绝缘电阻值

零部件之间的绝缘要求	绝缘电阻 MΩ
用基本绝缘或附加绝缘隔离的零部件之间	2
用双重绝缘或加强绝缘隔离的零部件之间	4

作为上述的替代，可以根据适用情况，通过按照5.4.9.1对基本绝缘或加强绝缘的抗电强度试验来检验是否合格。试验电压应当是按方法1，2和3确定的试验电压中的最高值。不得出现绝缘击穿。

5.4.6 作为附加安全防护一部分的内部导线的绝缘

本条的要求适用于内部导线的绝缘单独能满足基本绝缘要求，但不满足附加绝缘要求的应用场合。如果导线绝缘是用作附加绝缘系统的一部分，而且该导线绝缘是一般人员可触及的，则：

- 该导线绝缘是不需要一般人员来处理的；和
- 导线所处的位置使一般人员不可能对它进行拉扯，或对导线所做的固定应当使其连接点不承受应力；和
- 导线的走线路径和所做的固定应当使其不接触未接地的可触及导电零部件；和
- 导线绝缘能通过 5.4.9.1 对附加绝缘的抗电强度试验；和
- 导线绝缘穿透距离应当至少为表 24 的规定值。

表 24 内部导线的绝缘穿透距离

工作电压 如果基本绝缘失效		最小绝缘穿透距离 mm
V (峰值或直流)	V (正弦波形有效值)	
>71~≤350	>50~≤250	0.17
>350	>250	0.31

通过检查和测量，以及通过5.4.9.1的试验来检验是否合格。

5.4.7 半导体元器件和粘合接缝的试验

3个样品承受5.4.1.5.3的热循环试验。在对一个粘合的接缝进行试验前，元器件中使用的任何漆包绕组线可用金属箔或用少量裸导线的线匝代替，并靠近粘合的接缝放置。

然后3个样品按下列规定进行试验：

- 其中1个样品在热循环期间的最后一个周期($T1 \pm 2$)℃的温度后，立即承受5.4.9.1的抗电强度试验，但试验电压要乘以1.6倍；和
- 另外两个样品在5.4.8的湿热处理后承受5.4.9.1的相关的抗电强度试验，但试验电压要乘以1.6倍。

通过试验和以下检查来检验是否合格。

除了在印制板同一内表面的粘合的接缝外，通过检查横截面来检验是否合格，绝缘材料上应当无可见的孔隙、裂口或裂缝。

对印制板同一内表面的导体间的绝缘以及多层印制板不同表面的导体间的绝缘，通过外部目视检查来检验是否合格。不得出现分层。

5.4.8 湿热处理

湿热处理应当在空气温度为 (40 ± 2) ℃，相对湿度为 $(93 \pm 3)\%$ 的湿热箱或室内进行120h。在湿热处理期间，元器件或组件不通电。

对预定不在热带气候条件下使用的设备，湿热处理应当在空气相对湿度为 $(93 \pm 3)\%$ 的湿热箱或室内进行48h。在能放置样品的所有位置上，空气温度应当保持在20℃~30℃之间不会产生凝露的任一方便的温度值 $(t \pm 2)$ ℃范围内。

在湿热处理前，要使样品的温度达到规定的温度 t 和 $(t + 4)$ ℃之间的温度。

注：预定在海拔2000m以上至5000m使用的设备，考核其绝缘材料特性所需要进行的预处理的条件和要求正在考虑中。在未得到另外的数据之前，可以使用2000m以下的预处理的条件和要求。

5.4.9 抗电强度试验

5.4.9.1 固体绝缘型式试验的试验程序

除非另有规定，符合性要按如下之一的规定来检验：

- 在5.4.1.4的温度试验后立即进行，或
- 如果元器件或组件在设备外单独进行试验，则在抗电强度试验前，要使元器件或部件的温度达到在5.4.1.4的温度试验期间该零部件达到的温度（例如，将元器件或部件放在烘箱内）。

作为一种替代方法，对附加绝缘或加强绝缘的薄层材料允许在室温下进行试验。