

保密等级

公开

Q/DX

青岛鼎信通讯股份有限公司技术文档

Q/DX D121.019-2020

产品结构静电防护设计指南

V1.0

2020 - 07-22 发布

2020 - 08 - 01

青岛鼎信通讯股份有限公司 发布

目 次

1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 相关术语和定义	3
3.1 静电放电	3
3.2 电气间隙	3
3.3 爬电间隙	3
3.4 微观环境	3
3.5 污染等级	3
3.6 绝缘材料组别	4
4 要求及确定尺寸的规则	4
4.1 影响电气间隙的因素	4
4.2 影响爬电距离的因素	4
4.2.1 污染	4
4.2.2 爬电距离的方向和位置	4
4.2.3 绝缘表面的形状	4
4.3 爬电距离和电气间隙的关系	5
4.4 使用筋增加爬电距离	5
5 验证电气间隙和爬电距离	5
5.1 电气间隙和爬电距离的测量	5
5.2 电气间隙和爬电距离的测量示例	5
6 产品结构静电放电防护设计	8
6.1 静电防护设计的基本方法	8
6.2 产品结构里的静电放电防护设计	9
附 录 A 电气间隙耐受特性参数	10
附 录 B 电气间隙耐受特性参数（续）	11
附 录 C 海拔修正系数	12
附 录 D 避免由于电痕化故障的爬电距离	13
附 录 E 避免由于电痕化故障的爬电距离（续）	14
附 录 F 防止电化学腐蚀的金属或镀层的组合	15

前 言

本规范定义了青岛鼎信通讯股份有限公司、青岛鼎信通讯消防安全有限公司、青岛鼎信通讯科技有限公司及相关公司产品结构静电防护设计指南。

本标准由青岛鼎信通讯股份有限公司工程技术本部起草。



产品结构静电防护设计指南

1 范围

本规范定义了青岛鼎信通讯股份有限公司、青岛鼎信通讯消防安全有限公司、青岛鼎信通讯科技有限公司及相关公司产品结构静电防护设计指南。

本规范仅用于指导产品结构的设计，不涉及相关电场部分参数。

2 规范性引用文件

下列标准所包含的条文，通过在本规范中引用而构成本规范的条文。本规范在发布时，所示版本均为有效，其最新版本适用于本规范。

- GB/T 31842-2015 电工电子设备机械结构电磁屏蔽和静电防护设计指南
- GB 16935.1-2008 低压系统内设备的绝缘配合第1部分原理、要求和试验
- GB/T 4207-2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

3 相关术语和定义

3.1 静电放电

具有不同静电电位的物体相互靠近或直接接触引起的电荷转移。

3.2 电气间隙

两导电部件在空气中的最短距离，即在保证电气性能稳定和安全的条件下，通过空气能实现绝缘的最短距离。

3.3 爬电间隙

两导电部件之间在绝缘材料表面最短距离。

3.4 微观环境

会影响爬电距离尺寸的绝缘附近的环境，外壳、加热、通风、灰尘等外部环境可能会影响微观环境。

3.5 污染等级

为了计算电气间隙和爬电距离，电器所处微观环境的污染等级可分为四级，用数字1、2、3、4表征微观环境受预期污染的程度。

污染等级1：无污染或仅有干燥的，非导电性的污染，该污染物任何影响。如：灌封的PCB板、完全密封防水的内部空间。

污染等级2：一般仅有非导电污染，然而必须预期到凝露会偶然发生短暂的导电性污染。如普通PCB板、封装后使用过程中不会打开但不防水的外壳内变压器、闭合的接线端子等。

污染等级3: 有导电性污染或由于预期的凝露是干燥的非导电性污染变为预期导电性污染。如：预期在粉尘环境中使用的非防水设备、插头/耦合器/数据传输接口/裸露的接线端子、开孔下的PCB板、连接器及其它元器件、使用中会被打开的部分等。

污染等级4: 造成持久性的导电性污染，利于由于导电尘埃或雨、雪所引起。通常不做电气绝缘。

固体微粒、尘埃和水能完全桥接小的电气间隙和爬电距离，因此凡微观环境可存在污染之处都要规定最小电气间隙和爬电距离。

3.6 绝缘材料组别

将绝缘材料按其相比电痕化指数（CTI值）可划分成四组，CTI值是根据GB/T 4207使用溶液A所测得的，其分组如下：

绝缘材料组别 I： $CTI \geq 600$

绝缘材料组别 II： $400 \leq CTI \leq 600$

绝缘材料组别 IIIa： $175 \leq CTI \leq 400$

绝缘材料组别 IIIb： $100 \leq CTI < 175$

对于玻璃、陶瓷或其它无机绝缘材料，不会发生电痕化，爬电距离无须大于其相应的为实现绝缘配合而要求的电气间隙。

4 要求及确定尺寸的规则

4.1 影响电气间隙的因素

确定电气间隙需考虑以下因素：冲击耐受电压、电场条件、海拔、微观环境等，机械影响如振动和外施力等也要求有较大的电气间隙。

附录A、B中规定的电气间隙对于海平面至海拔2000m之处是有效的，附表C规定的海拔修正系数适用于海拔高于2000m以上的电气间隙。

4.2 影响爬电距离的因素

影响爬电距离的因素：电压、微观环境、爬电距离的方向和位置、绝缘表面的形状、电压作用时间等。

4.2.1 污染

微观环境的污染等级对确定爬电距离尺寸的影响在附录D、E中考虑。

4.2.2 爬电距离的方向和位置

设计时需明确设备或元件预期使用的方位，以便在设计时考虑污染的积累对爬电距离的不利影响。

4.2.3 绝缘表面的形状

绝缘表面的形状仅在污染等级3情况下对确定爬电距离有影响。

固体绝缘表面应尽可能设置横向的筋槽，用来阻断污染引起连续性的漏电路径，同时，筋也可以在受电压作用的绝缘上用来引水，应避免在导电部件间插入槽和接缝，因为它们可能使污染累积或积水。

4.3 爬电距离和电气间隙的关系

爬电距离不能小于相关的电气间隙，因此最小的爬电距离有可能等于要求的电气间隙。然而，除此选定的尺寸极限外，空气中的最小电气间隙与容许的最小爬电距离之间并无物理联系。

4.4 使用筋增加爬电距离

在污染等级3情况下，当所需的爬电距离等于或大于8mm时，可以使用筋增加爬电距离。筋的最小宽度（W）和最小高度（H）分别为所需爬电距离（包括筋）的20%和25%。

使用多根筋的情况下，爬电距离应分成与所需筋相同数量的几个部分，每部分爬电距离均应符合上述要求，各根筋之间的最小爬电距离应等于用于每个部分的筋从底部测得的最小宽度。

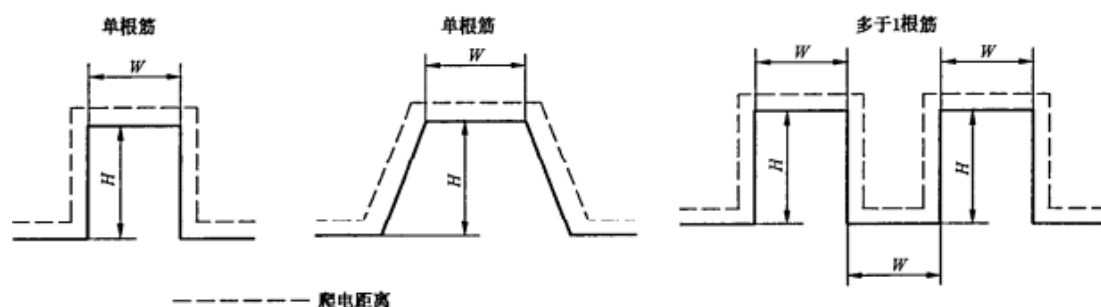


图1使用筋增加爬电距离

5 验证电气间隙和爬电距离

验证电气间隙和爬电距离的方法有测量和试验两种，试验方法本规范不涉及。

5.1 电气间隙和爬电距离的测量

下列距离中尺寸X是根据相应污染等级规定的最小值。

〈表1〉 污染等级与最小开槽宽度

污染等级	开槽宽度最小值Xmm
1	0.25
2	1
3	1.5

若有关电气间隙小于3mm，则尺寸X的最小值可减少至该电气间隙的1/3。

测量爬电距离和电气间隙的方法参见5.2测量示例。

5.2 电气间隙和爬电距离的测量示例

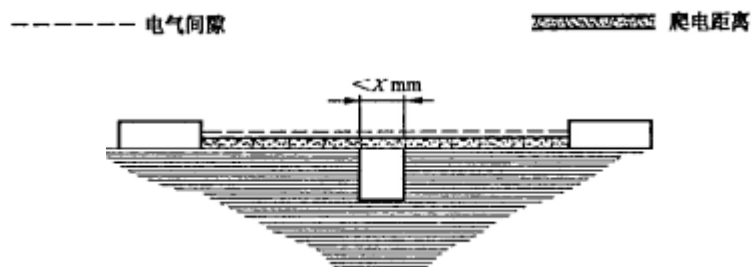


图2 电气间隙、爬电距离测量示例1

说明：路径包括宽度小于Xmm深度任意的槽。爬电距离和电气间隙如图所示，直接跨过槽测量。

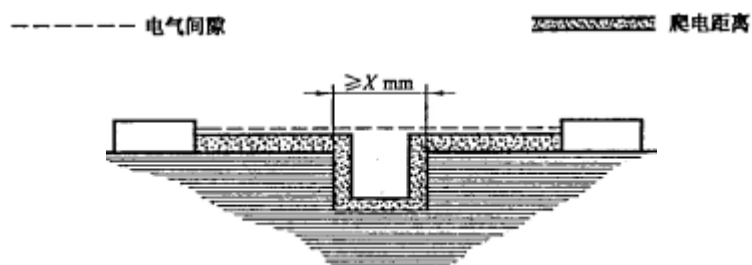


图3 电气间隙、爬电距离测量示例2

说明：路径包括任意深度而宽度 $\geq X$ mm的槽。

电气间隙是虚线所示距离，爬电路径沿着槽的轮廓。

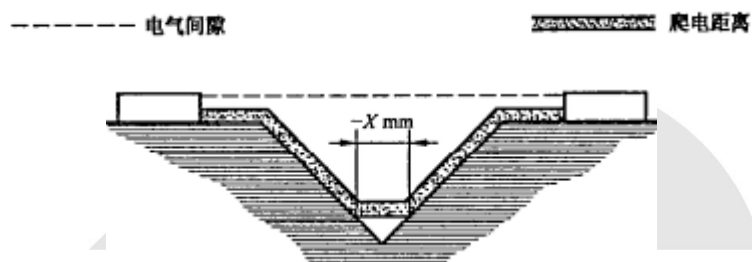


图4 电气间隙、爬电距离测量示例3

说明：路径包括一个宽度大于 X mm的V形槽。

电气间隙是虚线所示的距离，爬电距离沿着槽的轮廓但被 X mm接线把槽底“短路”。

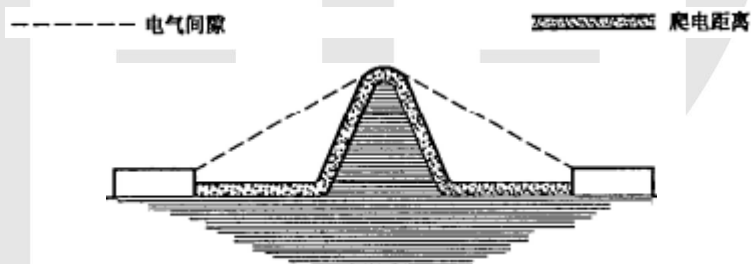


图5 电气间隙、爬电距离测量示例4

说明：路径包括一条筋。

电气间隙是通过筋顶端的最短直接空气路径，爬电距离验证筋的轮廓。

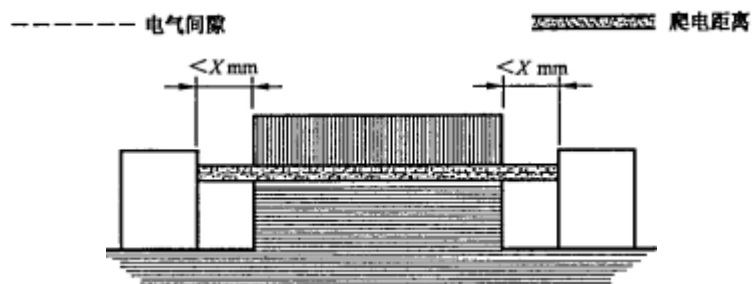


图6 电气间隙、爬电距离测量示例5

说明：路径包括未黏合的接缝以及每边宽度小于 X mm的槽。

爬电距离和电气间隙是所示虚线的距离。

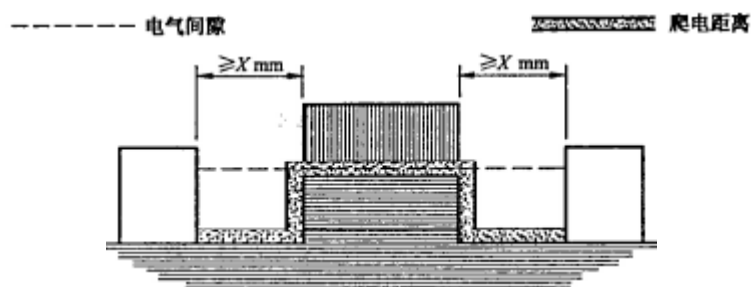


图7 电气间隙、爬电距离测量示例6

说明：径包括一未黏合的接缝以及每边的宽度等于或大于Xmm的槽。

电气间隙为虚线所示距离，爬电距离沿着槽的轮廓。

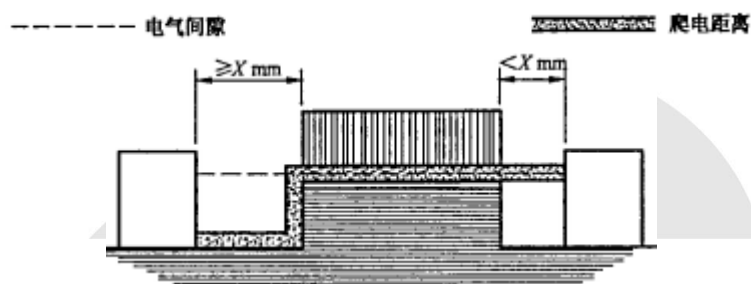


图8 电气间隙、爬电距离测量示例7

说明：路径包括一未黏合的接缝以及一边的宽度<Xmm，另一边的宽度≥Xmm的槽。

电气间隙为虚线所示距离，爬电路径如图所示。

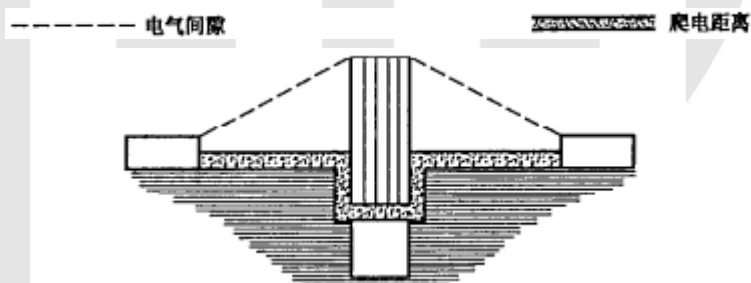


图9 电气间隙、爬电距离测量示例8

说明：穿过未黏合的接缝的爬电距离<跨过隔栏的爬电距离。

电气间隙是通过隔栏顶端的最短直接空气路径。

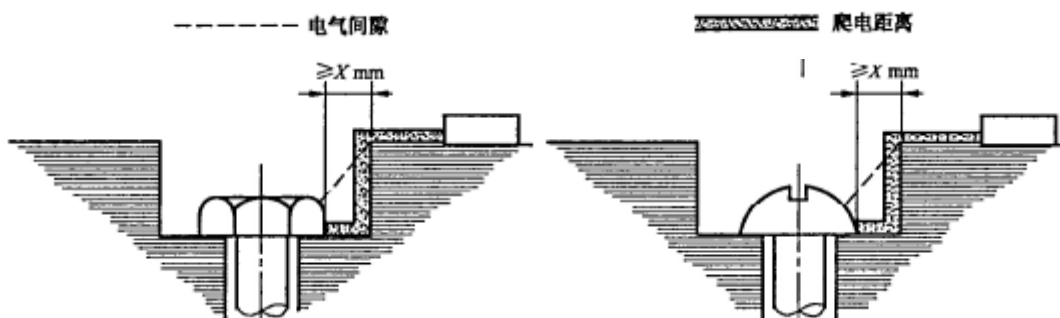


图10 电气间隙、爬电距离测量示例9

说明：螺钉头与凹壁之间的间隙足够宽应加以考虑。

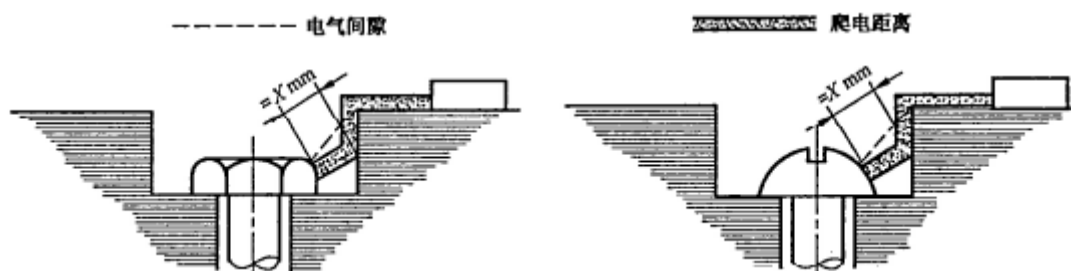


图11 电气间隙、爬电距离测量示例10

说明：螺钉头与凹壁之间的间隙过分窄小而不被考虑。

当距离等于Xmm时，测量从螺钉至壁的爬电距离。

6 产品结构静电放电防护设计

6.1 静电防护设计的基本方法

a)、隔离。

塑料外壳、空气路径和绝缘体可以隔离射向电子设备的ESD电弧。

b)屏蔽。

使用静电屏蔽材料和屏蔽容器。

选用绝缘材料和阻隔结构屏蔽静电。

使用不产生或少产生静电的抗静电材料、添加抗静电剂减少静电。光洁材料表面可减少静电。

静电序列应用。

对接触起电的物体，尽量选用在带电序列中位置相邻近的，减少静电的产生。

材料的静电序列排列：（+）玻璃、有机玻璃、尼龙、羊毛、丝绸、赛璐珞、棉织品、纸、金属、黑橡胶、涤纶、维尼纶、聚苯乙烯、聚丙烯、聚乙烯、聚氯乙烯、聚四氯乙烯（-）

c)、泄放。

使用静电导电材料，建立静电接地系统，将产生的静电通过接地线或接地装置泄放到大地上。

d)、标识。

对敏感器件、敏感区域、接地点等进行标识。



图12 静电放电防护标志

6.2 产品结构里的静电放电防护设计

a)金属外壳的各部件之间应实现良好的接地连续性以及低的接触电阻，各搭接处宜采用面接触，避免点接触。

b)相互搭接的金属之间的电化学电位差不大于0.5V，超过时可选择过渡金属或镀层，以降低原来两种金属接触的电化学腐蚀（见附录F）。

c)可触及的键盘、控制面板、手动控制器、钥匙锁等金属部件，应直接通过金属外壳接地。如果不能接地，外壳与内部电路走线的绝缘距离应满足以下要求：

空气间隙 $\geq 4\text{mm}$ 。

爬电距离 $\geq 6\text{mm}$ 。

金属外壳与电子器件的间距 $\geq 2.5\text{mm}$ 。

d)各接地点在外壳（机柜）接地点汇接或在外部接地网上汇接，以形成良好的静电泄放通路。

e)机柜的接地点与外部接地点之间保持可靠的电气连接，以防连接意外失效对安全造成影响，特别是地线的固定。电气连接的连接压力不应加在绝缘材料上，以防由于绝缘材料的变形而造成连接失效。电气连接的螺钉如拧入金属至少要拧入三圈的螺纹。塑料螺钉不能用作电气连接。

f)增加外壳到电路板之间的距离，一般1mm塑料厚度能保护约4KV的ESD，空气崩溃电压大约是1kV/mm，故12kV静电枪的尖端到产品的脆弱部分的放电间隙距离至少是10mm（其中1mm厚塑料，12mm更佳），爬电距离 $\geq 15\text{mm}$ ，则ESD火花不能发生。

g)使用导电油漆，如EMI油漆，涂在壳体内侧，形成一个金属的覆盖层，并通过这个屏蔽层将静电释放。

h)设置静电放电插孔，以便把静电释放。

i)需注意外壳的接地、接头、通风孔,塑料外壳的接缝或接头处不要有连接线或PCB敏感部分。

j)外壳和装饰件，金属以及可导电的电镀材料，属于容易吸引和聚集静电的材料，ESD要求很高的项目要尽可能避免使用这些材料。

k)必须使用导体材料时，结构上要事先预留有效而布局均匀的接地点，一般来说，顶针或金属弹片的接地效果要好于导电泡棉和导电布。

l)避免器件裸露于孔、缝，如果无法避免的话，可以粘贴高温胶带或防静电胶带或聚酯薄膜来覆盖接缝及孔，进行阻隔。

m)利用金属机壳和屏蔽罩阻止ESD，并且保护设备免受间接ESD的影响。

附 录 A
电气间隙耐受特性参数

电气间隙	情况 A 非均匀电场			情况 B 均匀电场	
	交流 (50/60 Hz)		冲击 (1.2/50)	交流 (50/60 Hz)	交流(50/60 Hz) 和冲击(1.2/50)
mm	$U_{r.m.s}$	\hat{U}	\hat{U}	$U_{r.m.s}$	\hat{U}
0.001	0.028	0.040	0.040	0.028	0.04
0.002	0.053	0.075	0.075	0.053	0.07
0.003	0.078	0.110	0.110	0.078	0.11
0.004	0.102	0.145	0.145	0.102	0.14
0.005	0.124	0.175	0.175	0.124	0.17
0.006 25	0.152	0.215	0.215	0.152	0.21
0.008	0.191	0.270	0.270	0.191	0.27
0.010	0.23	0.33+	0.33+	0.23	0.33
0.012	0.25	0.35	0.35	0.25	0.35
0.015	0.26	0.37	0.37	0.26	0.37
0.020	0.28	0.40	0.40	0.28	0.40
0.025	0.31	0.44	0.44	0.31	0.44
0.030	0.33	0.47	0.47	0.33	0.47
0.040	0.37	0.52	0.52	0.37	0.52
0.050	0.40	0.56	0.56	0.40	0.56
0.062 5	0.42	0.60+	0.60+	0.42	0.60
0.080	0.46	0.65	0.70	0.50	0.70
0.10	0.50	0.70	0.81	0.57	0.81
0.12	0.52	0.74	0.91	0.64	0.91
0.15	0.57	0.80	1.04+	0.74	1.04
0.20	0.62	0.88	1.15	0.89	1.26
0.25	0.67	0.95	1.23	1.03	1.45
0.30	0.71	1.01	1.31	1.15	1.62
0.40	0.78	1.11	1.44	1.38	1.95
0.50	0.84	1.19	1.55	1.59	2.25
0.60	0.90	1.27	1.65	1.79	2.53
0.80	0.98	1.39	1.81	2.15	3.04
1.0	1.06	1.50+	1.95	2.47	3.50
1.2	1.20	1.70	2.20	2.89	4.09
1.5	1.39	1.97	2.56	3.50	4.95
2.0	1.68	2.38	3.09	4.48	6.33
2.5	1.96	2.77	3.60	5.41	7.65
3.0	2.21	3.13	4.07	6.32	8.94
4.0	2.68	3.79	4.93	8.06	11.4
5.0	3.11	4.40	5.72	9.76	13.8
6.0	3.51	4.97	6.46	11.5	16.2
8.0	4.26	6.03	7.84	14.6	20.7

附录 B

电气间隙耐受特性参数（续）

电气间隙	情况 A 非均匀电场			情况 B 均匀电场	
	交流 (50/60 Hz)		冲击 (1.2/50)	交流 (50/60 Hz)	交流(50/60 Hz) 和冲击(1.2/50)
mm	$U_{r.m.s}$	\hat{U}	\hat{U}	$U_{r.m.s}$	\hat{U}
10.0	4.95	7.00+	9.10	17.7	25.0+
12.0	5.78	8.18	10.6	20.9	29.6
15.0	7.00	9.90	12.9	25.7	36.4
20.0	8.98	12.7	16.4	33.5	47.4
25.0	10.8	15.3	19.9	41.2	58.3
30.0	12.7	17.9	23.3	48.8	69.0
40.0	16.2	22.9	29.8	63.6	90.0
50.0	19.6	27.7	36.0	78.5	111.0
60.0	22.8	32.3	42.0	92.6	131.0
80.0	29.2	41.3	53.7	120.9	171.0
100.0	35.4	50.0+	65.0	148.5	210.0+

注：0.001 mm 至 0.008 mm 的电气间隙资料来源于 P. Hartherz, Ken Yahia, L. Muller, R. pfendtner 和 W. Pfeiffer 的文献《大气中各种气压下对微米级气隙的电击穿实验》，该文献在 2001 年美国马里兰州 Ellicott 城举行的有关气体介电的国际学术会上发表，并被收集在同名的论文集的第 333~338 页。
更详细的资料可参见 P. Hartherz 论文《用于在周期冲击电压负载下固体绝缘故障分析的局部放电测量技术》，该论文刊载于 Shaker 出版社 2002 年出版的达姆施塔特工业大学论文集中。

附 录 C
海拔修正系数

海拔/ m	正常气压/ kPa	电气间隙的倍增系数
2 000	80.0	1.00
3 000	70.0	1.14
4 000	62.0	1.29
5 000	54.0	1.48
6 000	47.0	1.70
7 000	41.0	1.95
8 000	35.5	2.25
9 000	30.5	2.62
10 000	26.5	3.02
15 000	12.0	6.67
20 000	5.5	14.5

附录 D

避免由于电痕化故障的爬电距离

电压有 效值 ¹⁾ / V	最小爬电距离								
	印制线路材料								
	污 染 等 级								
	1	2	1	2			3		
	所有材料 组别/ mm	所有材料 组别, 除Ⅲb/ mm	所有材料 组别/ mm	材料组别			材料组别		
Ⅰ mm				Ⅱ mm	Ⅲ mm	Ⅰ mm	Ⅱ mm	Ⅲ ²⁾ mm	
10	0.025	0.040	0.080	0.400	0.400	0.400	1.000	1.000	1.000
12.5	0.025	0.040	0.090	0.420	0.420	0.420	1.050	1.050	1.050
16	0.025	0.040	0.100	0.450	0.450	0.450	1.100	1.100	1.100
20	0.025	0.040	0.110	0.480	0.480	0.480	1.200	1.200	1.200
25	0.025	0.040	0.125	0.500	0.500	0.500	1.250	1.250	1.250
32	0.025	0.040	0.14	0.53	0.53	0.53	1.30	1.30	1.30
40	0.025	0.040	0.16	0.56	0.80	1.10	1.40	1.60	1.80
50	0.025	0.040	0.18	0.60	0.85	1.20	1.50	1.70	1.90
63	0.04	0.063	0.20	0.63	0.90	1.25	1.60	1.80	2.00
80	0.063	0.100	0.22	0.67	0.95	1.30	1.70	1.90	2.10
100	0.100	0.160	0.25	0.71	1.00	1.40	1.80	2.00	2.20
125	0.160	0.250	0.28	0.75	1.05	1.50	1.90	2.10	2.40
160	0.250	0.400	0.32	0.80	1.10	1.60	2.00	2.20	2.50
200	0.400	0.630	0.42	1.00	1.40	2.00	2.50	2.80	3.20
250	0.560	1.000	0.56	1.25	1.80	2.50	3.20	3.60	4.00
320	0.750	1.60	0.75	1.6	2.20	3.20	4.00	4.50	5.00
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 (7.9) ⁴⁾
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8.0 (7.9) ⁴⁾	9.0 (8.4) ⁴⁾	10.0 (9.0) ⁴⁾
800	2.4	4.0	2.4	4.0	5.6	8.0	10.0 (9.0) ⁴⁾	11.0 (9.6) ⁴⁾	12.5 (10.2) ⁴⁾
1 000	3.2	5.0	3.2	5.0	7.1	10.0	12.5 (10.2) ⁴⁾	14.0 (11.2) ⁴⁾	16.0 (12.8) ⁴⁾
1 250			4.2	6.3	9.0	12.5	16.0 (12.8) ⁴⁾	18.0 (14.4) ⁴⁾	20.0 (16.0) ⁴⁾
1 600			5.6	8.0	11.0	16.0	20.0 (16.0) ⁴⁾	22.0 (17.6) ⁴⁾	25.0 (20.0) ⁴⁾
2 000			7.5	10.0	14.0	20.0	25.0 (20.0) ⁴⁾	28.0 (22.4) ⁴⁾	32.0 (25.6) ⁴⁾
2 500			10.0	12.5	18.0	25.0	32.0 (25.6) ⁴⁾	36.0 (28.8) ⁴⁾	40.0 (32.0) ⁴⁾

附录 E

避免由于电痕化故障的爬电距离（续）

电压有 效值 ¹⁾ / V	最小爬电距离								
	印制线路材料								
	污 染 等 级								
	1	2	1	2			3		
	所有材料 组别/ mm	所有材料 组别, 除Ⅲb/ mm	所有材料 组别/ mm	材料组别			材料组别		
I mm				Ⅱ mm	Ⅲ mm	I mm	Ⅱ mm	Ⅲ ²⁾ mm	
3 200			12.5	16.0	22.0	32.0	40.0 (32.0) ⁴⁾	45.0 (36.0) ⁴⁾	50.0 (40.0) ⁴⁾
4 000			16.0	20.0	28.0	40.0	50.0 (40.0) ⁴⁾	56.0 (44.8) ⁴⁾	63.0 (50.4) ⁴⁾
5 000			20.0	25.0	36.0	50.0	63.0 (50.4) ⁴⁾	71.0 (56.8) ⁴⁾	80.0 (64.0) ⁴⁾
6 300			25.0	32.0	45.0	63.0	80.0 (64.0) ⁴⁾	90.0 (72.2) ⁴⁾	100.0 (80.0) ⁴⁾
8 000			32.0	40.0	56.0	80.0	100.0 (80.0) ⁴⁾	110.0 (88.0) ⁴⁾	125.0 (100.0) ⁴⁾
10 000			40.0	50.0	71.0	100.0	125.0 (100.0) ⁴⁾	140.0 (112.0) ⁴⁾	160.0 (128.0) ⁴⁾
12 500			50.0 ³⁾	63.0 ³⁾	90.0 ³⁾	125.0 ³⁾			
16 000			63.0 ³⁾	80.0 ³⁾	110.0 ³⁾	160.0 ³⁾			
20 000			80.0 ³⁾	100.0 ³⁾	140.0 ³⁾	200.0 ³⁾			
25 000			100.0 ³⁾	125.0 ³⁾	180.0 ³⁾	250.0 ³⁾			
32 000			125.0 ³⁾	160.0 ³⁾	220.0 ³⁾	320.0 ³⁾			
40 000			160.0 ³⁾	200.0 ³⁾	280.0 ³⁾	400.0 ³⁾			
50 000			200.0 ³⁾	250.0 ³⁾	360.0 ³⁾	500.0 ³⁾			
63 000			250.0 ³⁾	320.0 ³⁾	450.0 ³⁾	600.0 ³⁾			
<p>1) 此电压</p> <p>——对功能绝缘是工作电压；</p> <p>——对直接由电网供电的电路的基本绝缘和附加绝缘(见 4.3.2.2.1)是设备额定电压通过表 F.3a 或表 F.3b 转化成的合理化电压或者是额定绝缘电压；</p> <p>——对非直接由电网供电的系统,设备和内部电路的基本绝缘和附加绝缘(见 4.3.2.2.2)是在设备额定值范围内运行条件的最繁重的组合情况下和外施额定电压时可能发生在系统、设备或内部电路中的最高有效值电压。</p> <p>2) 材料组别Ⅲb 不推荐用于污染等级 3、电压超过 630 V。</p> <p>3) 基于外推法获得的临时数据,各产品标准技术委员会如果有其他的经验数据也可用其自己的数据。</p> <p>4) 括号中值适合于使用筋时减小的爬电距离(见 5.2.5)。</p>									
注:本表爬电距离的高精确性并不意味着测量误差必须保持同样的精度级别。									

附录 F

防止电化学腐蚀的金属或镀层的组合

在导电连续性设计中,宜参照下表选择保护腐蚀联结的金属组合,以避免在结合面产生电化学腐蚀。

锰及其合金	锌及其合金	钢镀锌	铝	钢镀铬	铝锰合金	低碳钢	硬铝	铅	钢镀铬,软焊料	钢镀铬,钢焊锡	低铬不锈钢	铜及其合金	奥氏体高铬不锈钢	钢镀镍	银	铜镀银合金	碳	金,铂	
0	0.05	0.55	0.7	0.8	0.85	0.9	1.0	1.05	1.1	1.15	1.25	1.35	1.4	1.45	1.6	1.65	1.7	1.75	锰及其合金
—	0	0.05	0.2	0.3	0.35	0.4	0.5	0.55	0.6	0.65	0.75	0.85	0.9	0.95	1.1	1.15	1.2	1.25	锌及其合金
—	—	0	0.15	0.25	0.3	0.35	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.85	0.9	1.05	1.1	1.15	1.2	钢镀锌
—	—	—	0	0.1	0.15	0.2	0.3	0.35	0.4	0.45	0.55	0.65	0.7	0.75	0.9	0.95	1.0	1.05	铝
—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.2	0.25	0.3	0.35	0.45	0.55	0.6	0.65	0.8	0.85	0.9	0.95	钢镀铬
—	—	—	—	—	0	0.05	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.75	0.8	0.85	0.9	铝锰合金
—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.35	0.45	0.5	0.55	0.7	0.75	0.8	0.85	低碳钢
—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.15	0.25	0.35	0.4	0.45	0.6	0.65	0.7	0.75	硬铝
—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.35	0.4	0.55	0.6	0.66	0.7	铅
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.15	0.25	0.3	0.35	0.5	0.55	0.6	0.65	钢镀铬,软焊料
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.1	0.2	0.25	0.3	0.45	0.5	0.55	0.6	钢镀镍镀铬,钢焊锡
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.1	0.15	0.2	0.35	0.4	0.45	0.5	低铬不锈钢
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.25	0.3	0.35	0.4	铜及其合金
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.2	0.25	0.3	0.35	奥氏体高铬不锈钢
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.15	0.2	0.25	0.3	钢镀镍
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	0.15	银
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	0.1	铜镀银合金
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0.05	碳
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	金,铂

注:黑框中的组合应避免采用。

版本记录

版本编号/ 修改状态	拟制人/修改人	审核人	批准人	备注
V1.0	陈旭			

