

GB4793.1 - 2007 标准中电气间隙和爬电距离

邓振进

(湖南省医疗器械与药用包装材料(容器)检测所, 湖南长沙 410001)

中图分类号] TH77 文献标识码] A 文章编号] 1002-2376(2011)01-0009-04

摘要] 本文介绍了 GB4793.1 中电气间隙和爬电距离定义、影响因素以及测量方法。

关键词] 电气间隙; 爬电距离; 瞬态过电压; 绝缘类型; 基本绝缘; 辅助绝缘; 加强绝缘; 漏电起痕指数。

爬电距离和电气间隙是考核电气产品安全的重要指标。如果爬电距离过小, 电源两极之间、电气产品中的带电部件和外壳之间容易短路, 使电源短路、外壳带电, 危及人身安全; 如果电源短路、带电部件之间的电气间隙过小, 容易产生极间短路或 / 和极间漏电, 可能使电气产品泄漏电流增加, 电气强度下降, 降低产品的安全性能。

1 爬电距离和电气间隙的定义

爬电距离是指两个导电零部件沿绝缘材料表面的最短距离, 它考核绝缘在给定的工作电压和污染等级下的耐受能力; 电气间隙是指两个导电零部件在空气中的最短距离, 它防范的是跨接于绝缘上的瞬态过电压或重复峰值电压, 可以看出爬电距离和电气间隙考核的目的和防范的对象不同的。

2 影响爬电距离和电气间隙的因素

爬电距离除了与绝缘类型(基本绝缘、双重绝缘、加强绝缘三种)有关外, 还与微环境污染等级(污染等级 1、污染等级 2、污染等级 3)、材料的绝缘性能(即 CTI 值)、工作电压密切相关。

绝缘材料因污染、泄漏电流和闪烁放电的综合

作用, 其表面受到损伤, 并逐步形成导电通道, 即所谓的“漏电起痕”。材料按其 CTI(相比漏电起痕指数)值被分为四个组别, 如下: 材料组别 600

CTI; 材料组别 400 CTI<600; 材料组别 a 175 CTI<400; 材料组别 b 100 CTI<175。上面的 CTI 值是指按 GB/T 4207 的规定, 在为此目的专门制备的样品上, 用溶液 A 来试验所获得的数值(材料表面能经受住 50 滴电解液而没有形成漏电起痕的最高电压值)。对玻璃、陶瓷或其他不产生漏电起痕的无机绝缘材料, 爬电距离无需大于其相关的电气间隙。这就是输变电设备选用这类绝缘材料的原因之一。在设计爬电距离时, 应在固体绝缘表面尽可能设置一些横的筋和槽, 以阻断漏电流途径, 延缓漏电起痕的进程。

电气间隙除了与绝缘类型有关外, 还与微环境污染等级、海拔高度、电场条件、工作频率电压等因素有关。

(1) 污染等级

污染是由外来物质, 包括固体、液体和气体造成的, 其结果是桥接小的电气间隙, 降低绝缘材料的表面电阻, 使之承受不了电路中可能出现最大瞬态过电压, 因此使用外壳, 包括密封可以有效减少

收稿日期: 2010-11-16

Discussion about the Verification and Effect Factor of Determination of Resistance of Protective Clothing Materials to Penetration by Blood Borne Pathogens —Test Method Using Phi- X174 Bacteriophage

Pan Sichun, Wang Zhengqi, Yue Weihua, Liu Simin

(Beijing institute of medical device testing, Beijing 100120, China)

Abstract: The standard of YY/T 0689 - 2008 determination of resistance of protective clothing materials to penetration by blood-borne pathogens—test method using phi- X174 bacteriophage is based on the ISO 16604: 2004 international standard. Combined with some years' practical experiences of product testing with protective material, we did the feasibility study of this standard's applicability.

Key words: resistance of penetration by blood-borne pathogens; phi- X174 bacteriophage (ATTC13706 - B1); dedicated colibacillus (ATTC13706)

医疗装备 2011 第 1 期

9

污染。GB4793.1中按微观环境的污染程度分为：污染等级 1、污染等级 2、污染等级 3，就测量、控制和实验室用设备而言，因为使用环境比较好，仅有非导电性污染，偶尔也会由于凝聚作用而短时导电，若设备和组件采用全封闭的外壳，所以一般采用污染等级 2。

(2) 海拔高度

因为大气压力（密度）不同，同一电气间隙在不同的海拔高度所承受的冲击电压值也不同。如果设备被规定成能在高于 2000m 的海拔高度上工作，则其电气间隙要乘以从表 1 查得的系数，该系数不适用于爬电距离，但是爬电距离始终应当至少等于电气间隙的规定值。

(3) 电场条件

导电零部件的形状和配置会影响电场强度的均匀性，所以分为均匀电场和非均匀电场两种。非均匀电场要求的电气间隙比均匀电场大。测量、控制和实验室用设备电网电源电路很难达到均匀电场的条件，表 2 列出非均匀电场的数值。

表 1 海拔 5000m 内的电气间隙倍增系数

额定工作海拔高度 m	倍增系数
2000	1.00
2001 ~ 3000	1.14
3001 ~ 4000	1.29
4001 ~ 5000	1.48

(4) 工作频率电压

表 2 列出的电气间隙适用于工频电网电源电路。

(5) 绝缘类型

表 2 所列数值适用于基本绝缘和附加绝缘（即辅助绝缘），对于加强绝缘和双重绝缘的数值是两倍基本绝缘的数值。

3 爬电距离和电气间隙的测量

3.1 近似测量法（适合路径为平面）

忽略一些不确定因素的影响，如台阶、弧面等，分段路径用游标卡尺和专用测试规直接测量的结果简单相加得出数据，例如在圆柱 + 台阶阶跃结构中，直接用带电部件和易触及部件之间的水平投影距离的测试数据加上台阶高度和圆柱高度得出的最终结果。

或借助于软细线、铜线、焊锡丝等，将这些细线贴近电气设备表面，对凹槽、圆柱（坑）、不规则曲面等结构进行路径拟合，然后抽出细线，拉直测量细线长度得出最终结果。

下面具体讨论采用游标卡尺和测试规测量爬电距离和电气间隙：

爬电距离和电气间隙的测量随测试的部位、使用的测量工具、测试部位的状况的不同要求而不同。经过归纳总结和分析，不外乎测量直线和折线两种情况，直线中又可分为用卡尺直接测量（可能含有沟槽，但尺寸小于规定值，见 GB4793.1 附录 C 的例 1）和用测试规的“止端”和“过端”进行判断，折线的情况可参考 GB4793.1 附录 C 的例 2 至例 11。例 1 至例 11 中规定的、适用于各种实例的沟槽宽度 X 按不同的污染等级规定如下。

表 2 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值 V	电气间隙数值 (见注 1) mm	爬电距离数值								
		污染等级 1		污染等级 2			污染等级 3			
		印制线路板 CTI 100 mm	所有材料组别 CTI 100 mm	印制线路板 CTI 100 mm	材料组别 I CTI 600 mm	材料组别 II CTI 400 mm	材料组别 III CTI 100 mm	材料组别 I CTI 600 mm	材料组别 II CTI 400 mm	材料组别 III CTI 100 mm
>50 ~ 100	0.1	0.1	0.25	0.16	0.71	1.0	1.4	1.8	2.0	2.2
>100 ~ 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
>300 ~ 600	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.3	6.0	7.5	8.3	9.4

注 1: 不同污染等级的最小电气间隙数值是：
 污染等级 2: 0.2mm;
 污染等级 3: 0.8mm。
 注 2: 所规定的数值是针对基本绝缘或附加绝缘的，对加强绝缘的数值是两倍基本绝缘的数值。

表 1 C.1

污染等级	尺寸 X 最小值 mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5

如果所涉及的电气间隙小于 3mm, 则最小尺寸 X 可减小到该电气间隙的三分之一。

测量电气间隙和爬电距离的方法在下面例 1 至例 11 中说明。这些例子不区分裂缝和沟槽, 也不区分绝缘的类型。

需要做出以下一些假定:

(1) 如果跨越沟槽的宽度大于等于 X, 爬电距离要沿沟槽的轮廓线进行测量 (见例 3)。

(2) 假定任何凹槽桥接有一段长度等于 X 的绝缘连杆, 而且桥接在最不利的位置 (见例 4)。

(3) 在相互间能处于不同位置的零部件之间测量电气间隙和爬电距离时, 要在这些零部件处于最不利的位置测量。

由于 GB4793.1 标准是基础性标准, 而且在该标准中引入污染等级的概念, 爬电距离和电气间隙的测量方法有比较清晰和全面的说明。其测量的方法和步骤如下:

例 1: 用测试规测量带电部件和越过基本绝缘的其他金属部件之间的爬电距离和电气间隙 (图 1 电气间隙、爬电距离为直线, 且带电部件和金属部件之间的间隙小于 2 级污染等级所要求的最小尺寸 1 mm)。

带电部件和越过基本绝缘的其他金属部件的电气间隙, 使用专用测试规进行测量, d_r 为爬电距离, x_1 和 x_2 分别为测试规中相邻的两个尺寸, 其中 x_1 为最大的“过端”, x_2 为最小的“止端”, 则 $x_2 > d_r > x_1$; d_l 为电气间隙, y_1 和 y_2 分别为测试规中相邻的两个尺寸, 其中 y_1 为最大的“过端”, y_2 为最小的“止端”, 则 $y_2 > d_l > y_1$ 。

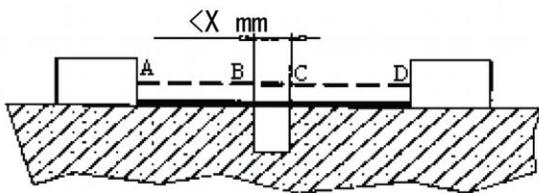


图 1

图 1 所测量的路径包含一条任意深度, 宽度小于 X、槽壁平行或收敛的沟槽。

直接跨沟槽测量爬电距离 $d_r = AB + BC + CD$ 和电气间隙 $d_l = AB + BC + CD$ 。

例 2: 用游标卡尺和测试规测量螺钉头和凹槽外部件的爬电距离和电气间隙 (图 2 爬电距离和

电气间隙为折线, 且螺钉头和凹槽壁之间的间隙小于 2 级污染等级所要求的最小尺寸 1 mm)。

测量爬电距离和电气间隙是折线 (见图 2), 螺钉头到凹槽外部件的爬电距离路径如图 2, 该爬电距离的测量方法是首先用尺寸为 1 mm 测试规先测螺钉和凹槽壁之间的沟槽, 由于螺钉头与沟槽内壁之间的距离 $> 1 \text{ mm}$, 用该测试规在沟槽的内壁定位为 B 点, B 点为凹槽壁到螺钉头的空间距离为刚好等于 1 mm 的位置点, 选取 B 点为“跨接”位置点, 从螺钉头 A 点到凹槽壁上 B 点之间的距离 AB 为 1 mm, 因此认为其爬电距离是 1 mm, 从 B 点到拐角 C 点的距离和拐角 C 点到凹槽外部 D 点的距离分别用游标卡尺进行测量, 将其测量值相加得到 $BC + CD + 1$ 就是螺钉头 A 点到凹槽外部件 D 点的爬电距离长度; 而电气间隙值则是从 A 点到拐角 C 点的空气最短距离和拐角 C 点到凹槽外部 D 点的距离分别用游标卡尺进行测量, 将其测量值相加得到 $AC + CD$ 就是螺钉头 A 点到凹槽外部件 D 点的电气间隙了。



图 2

图 2 由于螺钉头与凹槽槽壁之间的空隙太小, 所以不必考虑该空隙。

测量爬电距离 $d_r = AB + BC + CD$ (其中 $AB = 1 \text{ mm}$) 和电气间隙 $d_l = AC + CD$ 。

例 3: 见图 3。

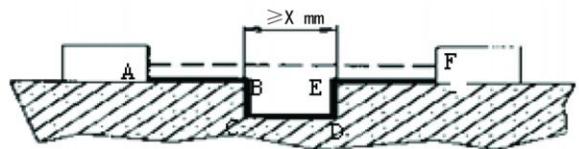


图 3

图 3 所测量的路径包含一条任意深度, 宽度大于或等于 X、槽壁平行的沟槽。

电气间隙就是“视线”距离, $d_l = AB + BE + EF$ 。爬电距离是沿沟槽轮廓线伸展的通路, $d_r = AB + BC + CD + DE + EF$ 。

例 4: 见图 4。

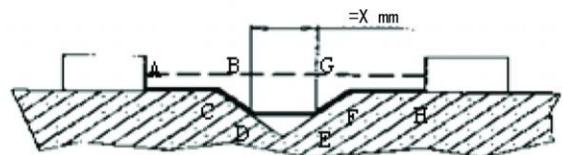


图 4

图 4 所测量的路径包含一条宽度大于 X 的 V 形沟槽。

电气间隙就是“视线”距离， $d_l = AB + BG + GH$ 。爬电距离是沿沟槽轮廓线伸展的通路，但沟槽底部用长度为 X 的连杆“短接”， $d_r = AC + CD + DE + EF + FH$ （其中 $DE = 1mm$ ）。

例 5: 见图 5。



图 5

图 5 所测量的路径包含一根肋条。

电气间隙是越过肋条顶部最短直达空间通路， $d_l = AC + CD + DF$ 。爬电距离是沿肋条轮廓线伸展的通路， $d_r = AB + BC + CD + DE + EF$ 。

例 6: 见图 6。



图 6

图 6 所测量的路径包含一条未粘合的接缝，该接缝的两侧各有一条宽度小于 X 的沟槽。

爬电距离和电气间隙是如图所示的“视线”的距离， $d_l = d_r = AB + BC + CD$ 。

例 7: 见图 7。

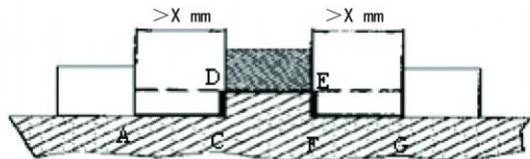


图 7

图 7 所测量的路径包含一条未粘合的接缝，该接缝的两侧各有一条宽度大于或等于 X 的沟槽。

电气间隙是“视线”的距离， $d_l = AD + DE + EG$ 。爬电距离是沿沟槽轮廓线伸展的通路， $d_r = AC + CD + DE + EF + FG$ 。

例 8: 见图 8。

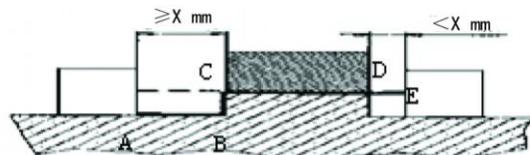


图 8

图 8 所测量的路径包含一条未粘合的接缝，该接缝的一侧有一条宽度小于 X 的沟槽，另一侧有一条宽度等于或大于 X 的沟槽。

爬电距离 ($d_r = AB + BC + CD + DE$) 和电气间隙 ($d_l = AC + CD + DE$) 如图 8 所示。

例 9: 见图 9。

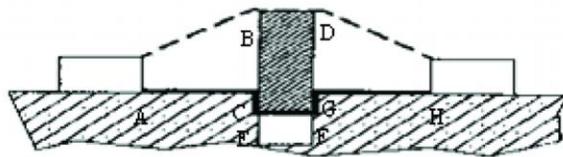


图 9

图 9 通过未粘合接缝的爬电距离小于越过挡板的爬电距离， $d_r = AC + CF + EF + FG + GH$ 。

电气间隙是越过挡板顶部最短直达空间距离， $d_l = AB + BD + DH$ 。

例 10: 见图 10。

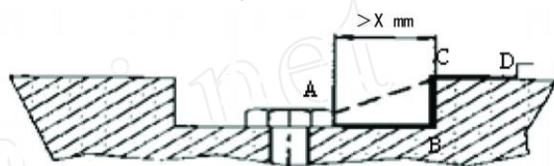


图 10

图 10 由于螺钉头与凹槽槽壁之间的空隙足够宽，所以必须考虑该空隙， $d_l = AC + CD$ 。

当该空隙的距离大于或等于 X 时，爬电距离的测量值就是从螺钉到槽壁的距离， $d_r = AB + BC + CD$ 。

例 11: 见图 11。

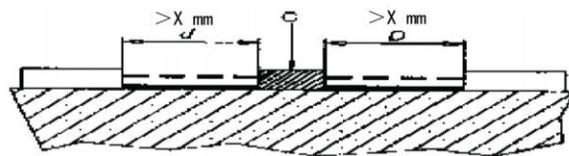


图 11

图 11 C 为一浮地零部件。

电气间隙和爬电距离 $d + D$ 。

——爬电距离

- - - - 电气间隙

3.2 扫描方法 (适合路径为曲面)

借助三维扫描仪进行曲面各点的坐标扫描，然后对路径进行工程计算得出结果。

3.3 计算机辅助测量方法 (适合路径为平面、弧面、曲面等的组合)

在三维测量的基础上，建立物理模型，进行计算分析，找出最短路径。