

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2005104

# 电气产品电气间隙和爬电距离测试技术分析

高丽 杨杰 刘必圆 刘淋

(重庆海关技术中心 重庆 400020)

**摘要:** 电气产品电气间隙和爬电距离项目是电气安全检测中一项重要的测试,针对检测人员对标准理解不到位,无法找准最短路径及测量结果不准确的问题。通过对具体实例进行技术分析,介绍了运用跨接、平面翻折、作最短直线或垂直连线等方法技巧,合理选取电气间隙和爬电距离最优路径;再采用直接测量法和计算法两种方法相结合的方式精准计算测量结果。结果表明,该方法对于解决电气间隙和爬电距离测试中两大难点:如何选取最优路径和准确计算测量值非常精准高效,具有较强的实用性和借鉴意义。

**关键词:** 电气间隙;爬电距离;路径

**中图分类号:** TM930.3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1010

## Technical analysis of clearance and creepage distance test

Gao Li Yang Jie Liu Biyuan Liu Lin

(Chongqing Customs Technical Center, Chongqing 400020, China)

**Abstract:** The electrical clearance and creepage distance of electrical products is an important test in electrical safety testing, aiming at the problems that the testing personnel do not understand the standard in place, can not find the shortest path and the measurement results are not accurate. Based on the technical analysis of specific examples, introduce the methods and skills of bridging, plane folding, making the shortest straight line or vertical connection, reasonably selecting the optimal path of electrical clearance and creepage distance, and then using the combination of direct measurement method and calculation method to accurately calculate the measurement results. The results show that this method is very accurate and efficient for solving the two difficulties in the test of electrical clearance and creepage distance: selecting the optimal path and accurately calculating the measured value, which has strong practicability and reference significance.

**Keywords:** clearance; creepage distance; path

## 0 引言

电气产品电气间隙和爬电距离测试是电气安全检测领域的一个重要项目<sup>[1]</sup>,其目的主要是考核被测器具的爬电距离和电气间隙是否能够达到标准规定值,避免固体绝缘失效造成的短路和过电压击穿的危险<sup>[2]</sup>。该项目检测是否合格直接关系到电器产品是否安全,是否对人体造成伤害<sup>[3]</sup>。

在具体测试中,由于PCB板电路结构不一定很规则,有可能存在槽和缝隙<sup>[4]</sup>,导致电气间隙和爬电距离可能会有多条路径。如何进行最优路径<sup>[5]</sup>的选取,常常依靠检测人员的个人经验,容易出现路径选取错误。即使路径选择正确,由于电气间隙和爬电距离测试值以mm为单位,且需要保留到小数点后两位,要精准测量具体数值也需要注

意方法和工具的选取。通常测试需要用到数显游标卡尺<sup>[6]</sup>,但是仅凭肉眼和卡尺测量也容易出现较大误差。

为解决电气间隙和爬电距离测试中如何进行最优路径选取以及如何精准计算测量值两大关键难点,本文结合实例进行分析,介绍了运用跨接、平面翻折、作最短直线或垂直连线等方法技巧,合理选取电气间隙和爬电距离最优路径;再利用游标卡尺、投影仪<sup>[7]</sup>和读数显微镜等多种工具,采用直接测量法和计算法<sup>[8]</sup>两种方法相结合的方式精准计算测量结果。结果表明,该方法准确高效,可操作性强。

## 1 理论原理及方法

电气间隙和爬电距离在标准GB 4943.1-2011中有详细定义。电气间隙:在两个导电零部件之间或导电零部件

收稿日期:2020-09-17

与设备防护界面之间测得的最短空间距离。爬电距离:沿绝缘表面测得的两个导电零部件之间或导电零部件与设备防护界面之间的最短路径。防护界面:认为就象压入金属箔那样,能与绝缘材料可触及表面接触的电气防护外壳的外表面<sup>[9-10]</sup>。

标准 GB 4943.1-2011 附录 F 中, X 值如表 1 所示,当所示距离小于 X 值时,则测量爬电距离缝和槽的深度忽略不计<sup>[11]</sup>。只有当所规定的最小电气间隙大于或等于 3 mm 时,表 1 才有效。如果要求最小电气间隙小于 3 mm 时,则 X 值为下述值中较小者:表 1 中相应值;或所规定最小电气间隙值的 1/3。

表 1 X 值

污染等级	X/mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5

如何正确理解和合理运用标准也是能否选取电气间隙和爬电距离最优路径的基础。接下来通过实例进一步分析。

## 2 实例说明

本文以实例进行分析。如图 1 所示,样品为等边三角形 PCB 板,分为 A、B 两面,样品厚度为 1.55 mm。

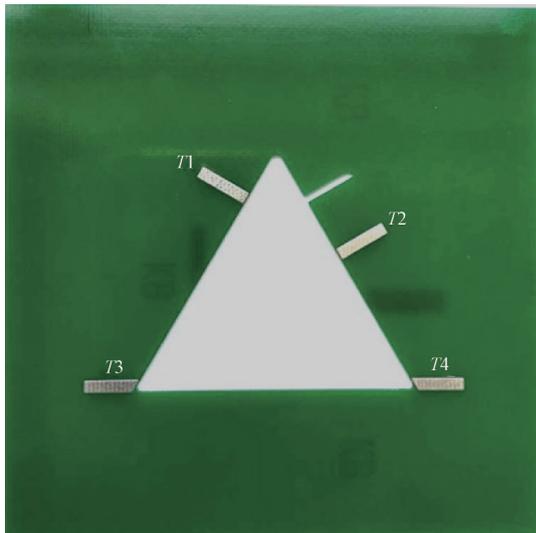
试验条件:

在进行试验之前,试验的场所保持恒定温度在  $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[12]</sup>;

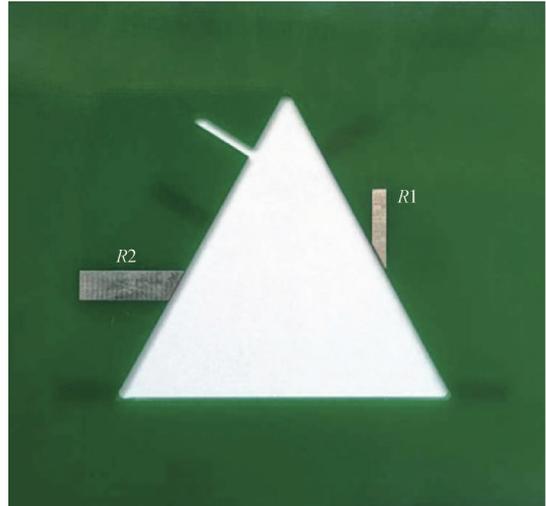
设定样品污染等级为 2<sup>[13]</sup>;

样片中的角全部按“尖角”考虑,不视为圆角;槽的底部为“直角”;

试验要求:



(a) PCB板A面



(b) PCB板B面

图 1 PCB 板样品

- 1) T1 到 T2 的爬电距离,请绘制路径图;
- 2) T2 到 T4 的爬电距离和电气间隙,请绘制路径图;
- 3) T1 到 R1 的电气间隙,请绘制路径图并测量数值,单位 mm,结果保留 2 位小数。注:认为 T1、R1 紧贴镂空边缘。

## 3 最优路径选取方法分析

### 3.1 T1 到 T2 的爬电距离路径分析

对实例具体分析如下, T1 到 T2 的爬电距离需要灵活运用跨接技巧,样品为污染等级 2 级,根据标准要求,参照附表 1,那么对应的最小跨接距离 X 为 1 mm。其中 BC 距离取 1 mm,而槽的宽度 DE 实测大于 1 mm,所以槽宽不能忽略。故 T1 到 T2 的爬电距离路径如图 2 所示为  $AB + BC + CD + DE + EF$ , 其中  $BC = 1 \text{ mm}$ 。

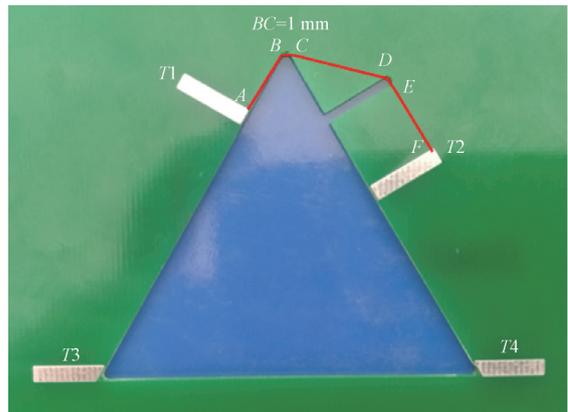


图 2 T1 到 T2 的爬电距离路径:  $AB + BC + CD + DE + EF$

### 3.2 T2 到 T4 的爬电距离和电气间隙路径分析

T2 到 T4 的爬电距离和电气间隙路径如图 3 所示,由

于  $T_2$  和  $T_4$  的背面是  $R_2$ ,  $T_2$  到  $R_2$  最短爬电距离电气间隙为  $AB$ 。难点在于  $R_2$  到  $T_4$  的爬电距离和电气间隙路径选取。这里运用到平面翻折和作垂直线的技巧,可以把  $R_2$  所在平面翻折至和  $T_4$  在同一平面,从  $C$  点对  $R_2$  的边画一条垂线,与印制板棱边交点为  $D$ ,与  $R_2$  的边交点为  $E$ ,  $CE$  即是  $T_4$  到  $R_2$  的最短路径。故  $T_2$  到  $T_4$  的爬电距离电气间隙最短路径为  $AB + CD + DE$ 。

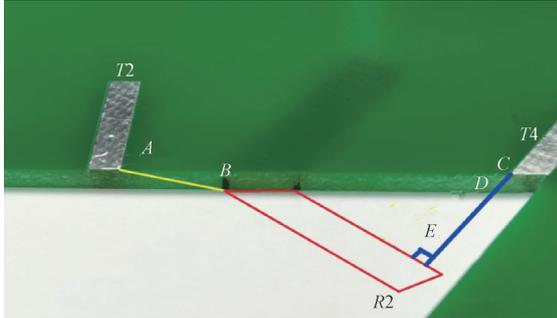


图3  $T_2$  到  $T_4$  的爬电距离电气间隙路径为  $AB + CD + DE$

### 3.3 $T_1$ 到 $R_1$ 的电气间隙路径分析

$T_1$  到  $R_1$  的电气间隙路径分析如图4所示,虚线所示部分为  $T_1$ 。

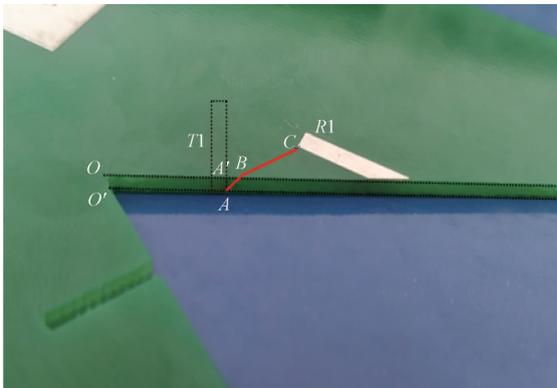


图4  $T_1$  到  $R_1$  电气间隙路径实物

如图5所示,可以灵活运用平面翻折和直线连接的技巧,将  $T_1$  所在平面从下翻折至和  $R_1$  在同一平面,如图6所示,将  $AC$  两点连一条直线,直线与棱边相交于  $B$  点。即当  $T_1$  和  $R_1$  展开在同一平面时,  $ABC$  为一条直线,也就是  $T_1$  到  $R_1$  之间电气间隙的最小值  $AB + BC = a + b$ 。

## 4 测试结果计算分析

$T_1$  到  $R_1$  的电气间隙实测分析,最优路径选取之后,接下来进行电气间隙具体测算,本文提供直接测量法和算法<sup>[14-15]</sup>共两种方法,从结果可以看出,两种方法的结果非常接近。在实际测试分析中,可以灵活选择,根据已有的条件和已有的工具,灵活选取测试方法。

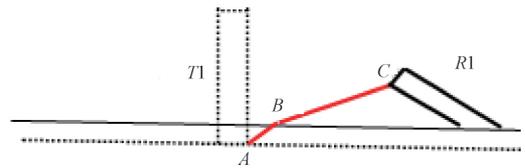


图5  $T_1$  到  $R_1$  的电气间隙路径

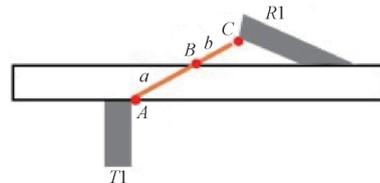


图6 路径:  $AB + BC = a + b$

### 4.1 直接测量法

如图4所示,以  $O(O')$  为原点,在  $T_1$  所在平面,测量  $O'$  点至  $A$  点的距离  $K_1$ 。回到  $R_1$  所在平面,利用投影工具,以棱边为  $X$  轴,从  $O$  点取  $K_1$  距离为  $A'$  点,在  $A'$  点位置,以垂直于  $X$  轴找到  $A$  点,使得  $AA'$  距离为 PCB 板厚度  $1.55 \text{ mm}$ 。在  $R_1$  所在投影平面找到  $A$  点后,直接测量  $A$  点到  $C$  点之间的距离,即为  $T_1$  到  $R_1$  之间最短的爬电距离值,测试结果为  $9.12 \text{ mm}$ 。

### 4.2 算法

如图7所示,以  $T_1$  和  $R_1$  对对边分别作垂线  $L_1$  和  $L_2$ ,将  $R_1$  翻折至和  $T_1$  在同一平面,如图8所示,测量值  $L_1 = 10.45 \text{ mm}$ ,  $L_2 = 22.88 \text{ mm}$ ,  $R_1$  边长  $R_1N = 8.41 \text{ mm}$ ,已知 PCB 板厚度  $MN = 1.55 \text{ mm}$ ,根据等边三角形  $\theta = 60^\circ$ ,  $T_1$  和  $R_1$  的电气间隙  $AR_1'$  可以根据直角三角形计算得到:

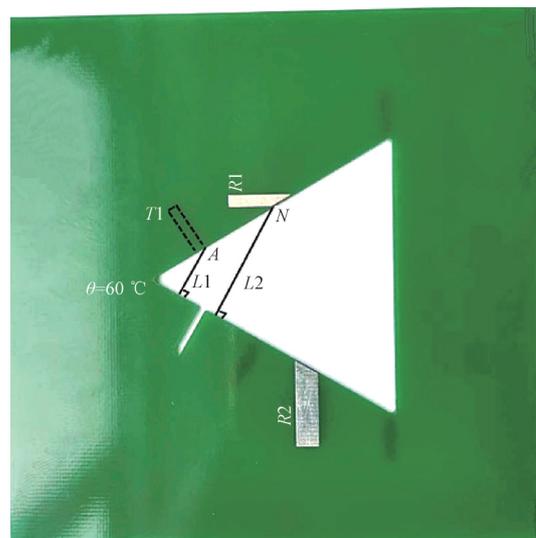


图7  $T_1$  到  $R_1$  的电气间隙计算路径图

