

前 言

《电气火灾原因技术鉴定方法》系列标准分为 4 部分：第 1 部分宏观法；第 2 部分剩磁法；第 3 部分成分分析法；第 4 部分金相法。本标准是《电气火灾原因技术鉴定方法》系列标准的第 3 部分：成分分析法。

成分分析法是在火灾现场中，依据铜导线短路熔珠空洞内所含不同元素成分，从而根据各种元素的不同含量来鉴别火灾原因的一种方法。

本标准查阅并参照了瑞士《短路熔痕外表面成分分析》、日本《线芯对绝缘层放电着火现象的研究》及《一、二次短路熔痕的鉴别》等论文和资料。

本标准由全国消防标准化技术委员会提出。

本标准由全国消防标准化技术委员会第六分委员会归口。

本标准起草单位：公安部沈阳消防科学研究所。

本标准主要起草人：王希庆、韩宝玉、邸曼、高伟。

电气火灾原因技术鉴定方法

第3部分：成分分析法

Technical determination methods for electrical fire cause

Part 3 : Component analytic method

1 范围

本标准规定了定义、原理、设备器材、方法步骤、判定和送检及鉴定时应履行的书面程序。本标准适用于在调查电气火灾原因时，从铜导线上的短路熔珠空洞内表面所含不同元素成分的特征上，鉴别其熔化原因与火灾起因的关系。即：是一次短路熔珠还是二次短路熔珠。

2 定义

本标准采用下列定义：

2.1 短路熔痕 melted mark caused by short circuit

铜铝导线在短路电弧高温作用下，在导线的端部形成的圆珠状熔化痕迹。

2.2 一次短路熔痕 primary short circuited melted mark

铜铝导线因自身故障于火灾发生之前形成的短路熔化痕迹。

2.3 二次短路熔痕 secondary short circuited melted mark

铜铝导线带电，在外界火焰或高温作用下，导致绝缘层失效发生短路后残留的痕迹。

2.4 短路熔珠内部空洞 inside cavity caused by short circuited melted mark

凡因短路在导线端部形成熔珠的，其内部均有空洞，空洞内表面具有形成短路当时环境条件特征。

3 原理

短路熔珠内部空洞形成的机理复杂，但主要是金属在熔化时所吸收的氧气等还没来得及与金属充分反应或逸出时，就被截留在内部组织中而形成空洞。

由于一次短路熔珠和二次短路熔珠形成的环境条件不同，不同的环境条件在导线熔化瞬间，必然会进入熔化的金属中，从而在短路熔珠空洞内表面保留下不同短路环境条件的某些特征。

4 设备与器材

4.1 俄歇电子能谱仪（可扫描成像）亦可用其他类型的能谱仪。

俄歇电子能谱仪的具体部件、设备及操作应按仪器说明书上的规定进行；观察试样时，依据所需的放大倍数去选择。

4.2 分析条件

分析条件包括内容

- 分析室真空：小于 7×10^{-7} Pa；
- 初级电子能量：3 keV；
- 初级电子束流：0.5 μ A；
- 初级电子束直径： $< 2 \mu$ m；
- 开机前确定电源电压稳定在 220V；
- 电气柜接通电源前，灯丝电流和电压旋钮应置于零；
- 灯丝电流的控制方式应置于 I_f 。最大电流接近 2.6A 左右（旋钮读数为 5.2）；
- 测量弹性峰时， E_p 2000eV，倍增器高压用 1 kV；
- 测量俄歇信号时， E_p 可用 3 keV、5 keV、或 10 keV，倍增器高压用 1.5 kV 以上，脉冲计数方式，倍增器高压可用到 2.5 kV；
- 锁定放大器的灵敏度档应由低到高调节，开关电源前，都应置于最低档（250 mV）。

5 方法步骤

5.1 试样提取

5.1.1 试样处理

——在整个试样处理过程中要保证试样原有状态不受破坏，不引进污染，以免干扰测试结果；

——在提取短路熔珠时，切记不要用手直接接触，要用镊子持取，将选取的熔珠用钳子夹住杆部，用另一把钳子把熔珠掰开。所用的钳子夹持部位事先要用丙酮、酒精清洗干净。亦不要接触其他能引进污染的物质，干扰分析结果；

——掰开之前熔珠表面已受到污染时，用丙酮、酒精彻底清洗干净，待溶剂干燥后再掰开熔珠；

——为保持短路熔珠所携带的当时环境气氛的信息不被破坏，不要用溶剂浸泡，特别是已掰开的熔珠，避免空洞受到污染，尽可能缩短在空气中放置停留的时间，暂不用的熔珠可放在清洁的容器中。

5.1.2 试样成分的检验

——用清洗过的清洁钳子把熔珠和杆相接处掰开，并用导电胶把打开的熔珠粘到样品托上，在粘样品时，熔珠的空洞要向上，尽可能使熔珠剖面与样品托平面平行；

——用导电胶粘样品时要粘牢，导电胶不能太多，切记不要让导电胶浸没熔珠断面，最好把几个熔珠紧紧挤在一起多粘几个，以便分析时选用；

——样品粘好待导电胶干后（约 10min 即可），把试样装入系统中待分析；从掰开熔珠到装入仪器中应越快越好，尽量减少在空气中停留的时间；

——分析前试样不用 Ar^+ 离子溅射清洗，以保证空洞内表面所保留短路时环境条件特征不被破坏；

——分析时用电子束扫描成像，确定要分析的空洞内表面位置，放大倍数一般在100~200倍即可；

——选好分析点后，即可进行定点分析，但要注意的，空洞深浅不同，分析时要及时调整分析点到分析器间的距离，以保证有足够大的信号。

5.1.3 分析样品注意

——熔珠有些空洞过深，难以接收到足够大的信号；

——熔珠空洞都很小，大多数空洞直径都小于1mm，空洞内表面的成分主要是C、N、O等，都属于超轻元素，表面聚集非常薄，其厚度只有原子厚，常用的电子显微镜、电子探针、扫描电镜、X光能谱等都无法完成这样的分析，只有扫描俄歇电子能谱仪能满足这些特殊要求；

——熔珠空洞较小，在空洞内产生的俄歇电子难以全部射出，只有少量的俄歇电子被接收，最终的信号很小，甚至有接收不到的俄歇信号，在使用筒镜分析器的俄歇谱仪中，要随时调节被分析的空洞位置，以确保分析点处于分析器的最佳工作点上，以获得尽可能大的俄歇信号；

——为保证结果可靠，减少统计误差，在有限的试样中，应分析尽可能多的空洞。

6 判定

6.1 导线一、二次短路熔珠内表面元素含量

导线短路熔珠空洞内表面含有S、Cl、C、N、O、Cu等元素，在不同环境条件下形成的短路熔珠其空洞内表面所含的不同元素的量也不同；在大量试样中所测的不同元素成分含量的平均值如下表可做判定用；最具代表性的元素是C、N。因为在燃烧的气氛中，C、N元素来自大气中。

6.1.1 重量百分含量

熔痕部位		成分					
		S	Cl	C	N	O	Cu
一次熔痕	空洞内表面	0.013	0.003	0.094	0.032	0.037	0.815
二次熔痕	空洞内表面	0.009	0.021	0.40	0.009	0.033	0.510

6.1.2 原子浓度百分比

熔痕部位		成分					
		S	Cl	C	N	O	Cu
一次熔痕	空洞内表面	1.6	0.3	30.4	8.9	9.0	49.8
二次熔痕	空洞内表面	0.6	1.3	74.2	1.4	4.6	17.9

7 送检及鉴定时应履行的书面程序

7.1 送检单位在送检时，应先填写电气火灾原因技术鉴定申请单，其内容包括申请鉴定单位名称、地址、联系人；失火单位名称、样品名称、数量，取样地点、取样人、鉴定目的。

7.2 鉴定单位在接受鉴定任务后应填写收样单、任务单、接待记录、原始记录。

7.3 鉴定结束后，将鉴定结论填写在鉴定报告审批表中，经试验室负责人签字，质量审查无误后报领导审批。

7.4 将审批后的鉴定报告原件交送检单位，复印件留档存查。
