



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16840.8—2021

---

## 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法 第 8 部分：热分析法

Technical determination methods for electrical fire evidence—  
Part 8: Method of thermal analysis

2021-08-20 发布

2021-08-20 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 原理 .....	2
5 仪器设备 .....	2
5.1 热重分析仪 .....	2
5.2 微型量热仪 .....	2
6 样品提取 .....	3
7 样品制备 .....	3
7.1 样品截取 .....	3
7.2 截取的注意事项 .....	3
8 样品装填 .....	3
9 试验方法 .....	3
9.1 概述 .....	3
9.2 热重分析 .....	4
9.3 微型量热分析 .....	4
9.4 试验步骤 .....	4
9.5 谱图分析 .....	4
10 判定依据 .....	6
10.1 绝缘层烧损内层重于外层判定依据 .....	6
10.2 绝缘层烧损外层重于内层判定依据 .....	6
10.3 绝缘层烧损内、外层一致判定依据 .....	6
11 判定结果 .....	6
附录 A (资料性) 热重天平温度校正标准物质 .....	7
附录 B (资料性) 微型量热仪氧气传感器的校正方法 .....	8

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 16840《电气火灾痕迹物证技术鉴定方法》的第8部分。GB/T 16840 已经发布了以下部分：

- 第1部分：宏观法；
- 第2部分：剩磁检测法；
- 第3部分：俄歇分析法；
- 第4部分：金相分析法；
- 第5部分：电气火灾物证识别和提取方法；
- 第6部分：SEM 微观形貌分析法；
- 第7部分：EDS 成分分析法；
- 第8部分：热分析法。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出。

本文件由全国消防标准化技术委员会(SAC/TC 113)归口。

本文件起草单位：应急管理部沈阳消防研究所、应急管理部上海消防研究所、应急管理部天津消防研究所、应急管理部四川消防研究所。

本文件主要起草人：刘术军、王柏、于丽丽、高伟、赵长征、邸曼、包任烈、邓震宇、张怡。

## 引 言

电气火灾物证鉴定是应急救援消防机构进行火灾原因调查工作的重要组成部分，特别是伴随着国家法制建设的完善，公民法制意识的增强，物证鉴定已作为火灾原因认定的有力证据，为消防救援机构认定火灾原因提供了科学、快速、准确的技术支持。在这方面，我国已经建立了电气火灾痕迹物证技术鉴定方法的国家标准体系。在该标准体系中，GB/T 16840《电气火灾痕迹物证技术鉴定方法》是指导我国相关机构从事电气火灾物证鉴定活动的方法和依据，拟由八个部分构成，目的在于确立对电气火灾痕迹物证进行宏观分析、剩磁分析、俄歇分析、金相分析、物证识别和提取、SEM 微观形貌分析、成分分析和热分析时的方法和依据。

- 第 1 部分：宏观法；
- 第 2 部分：剩磁检测法；
- 第 3 部分：俄歇分析法；
- 第 4 部分：金相分析法；
- 第 5 部分：电气火灾物证识别和提取方法；
- 第 6 部分：SEM 微观形貌分析法；
- 第 7 部分：EDS 成分分析法；
- 第 8 部分：热分析法。

导线绝缘层是火场中较常见的一类物证，对导线绝缘层残留物内层和外层烧损轻重进行分析可以为火灾调查人员提供更多有价值的信息。本文件的制定重点参考了 GB/T 16840 的前七个部分，对热分析法的操作过程、判定依据和判定结果进行了详细的规定，确保本文件的编写符合要求，内容实用、可靠。

# 电气火灾痕迹物证技术鉴定方法

## 第 8 部分:热分析法

### 1 范围

本文件规定了电气火灾痕迹物证技术鉴定方法中热分析法的原理、仪器设备、样品提取、样品制备、样品装填、试验方法、判定依据和判定结果。

本文件适用于火灾现场导线绝缘层残留物内层和外层烧损轻重的鉴定。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1844.1 塑料 符号和缩略语 第 1 部分:基础聚合物及其特征性能

GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法

GB/T 13966 分析仪器术语

GB/T 19267.12 刑事技术微量物证的理化检验 第 12 部分:热分析法

### 3 术语和定义

GB/T 13464、GB/T 13966、GB/T 1844.1、GB/T 19267.12 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**热分析法** **method of thermal analysis**

在程序控温下,测量物质的物理性质与温度关系的方法。

#### 3.2

**热重法** **thermogravimetry; TG**

在程序控温和一定气氛下,测量试样的质量与温度或时间关系的方法。

#### 3.3

**微型量热法** **microscale combustion calorimeter; MCC**

在程序升温 and 一定气氛下,测量试样气态分解产物完全氧化燃烧性能的方法。

#### 3.4

**绝缘层内层** **inner side of insulation layer**

导线绝缘层与金属导体相接触的表面层。

#### 3.5

**绝缘层外层** **outer side of insulation layer**

导线绝缘层直接暴露在空气中的表面层。

3.6

**内热 internal heat**

热量由绝缘层内层向外层传递。

3.7

**外热 external heat**

热量由绝缘层外层向内层传递。

3.8

**比热释放速率 specific heat release rate**

$Q$

在受控热分解过程中,每单位试样初始质量所释放的燃烧热的速率。

3.9

**最大比热释放速率 maximum specific heat release rate**

$Q_{\max}$

试验过程比热释放率曲线的最大峰值。

3.10

**热释放能力 heat release capacity**

$\eta_c$

在受控热分解过程中的最大比热释放率除以测试中的升温速率。

## 4 原理

金属导线绝缘层是热的不良导体,因内热或外热作用烧损时,内、外层之间存在一定的温差,导致内层、外层的热力学特征存在差异。由于导线绝缘层的热分解是不可逆过程,因此绝缘层在受热并冷却后,内层、外层之间的热力学特征能够反映其经历最高温度时的受热状态。金属导线绝缘层的热分解过程可以通过热分析实验来考察:采用热重分析检测绝缘层在分解过程中的质量损失,采用微型量热分析检测分解过程中的热释放能力。通过对比内层和外层的质量损失和热释放能力,可判定导线绝缘层内、外层烧损的轻重。

## 5 仪器设备

### 5.1 热重分析仪

5.1.1 热重天平:量程大于或等于 50 mg,精度大于或等于 5  $\mu\text{g}$ 。

5.1.2 加热炉:温度范围从室温到 700  $^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.3 合适的密封装置:能够保持样品在规定的氣氛中。

5.1.4 样品盘或坩埚:大小合适,应尽量小以减少样品晃动影响,且不能与样品和参比物反应。

5.1.5 控温系统:能够控制温度在 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ~30  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  之间程序升温。

5.1.6 气体流速控制设备:能够精确控制气体流速。

5.1.7 气源:可采用氮气、氧气、空气等作为气源,气体纯度应大约等于 99.9%。

5.1.8 数据采集和处理系统。

### 5.2 微型量热仪

5.2.1 样品室:温度调控在 0.2  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ~2  $^{\circ}\text{C}/\text{s}$  范围内以恒定到标称值 5%的速率在室温到 900  $^{\circ}\text{C}$  之间

调控。

5.2.2 温度传感器:可以 $\pm 0.5$  °C的精度显示样品温度。

5.2.3 内置天平:量程不低于 250 mg,灵敏度为 $\pm 0.01$  mg。

5.2.4 气源:可采用氮气、氧气等作为气源,气体纯度应大约等于 99.9%。

5.2.5 氧气以  $0\text{ cm}^3/\text{min}\sim 50\text{ cm}^3/\text{min}$  恒定流速引入混合段,以使燃烧室内氧气体积分数可在 20%~50%( $\pm 0.1\%$ )范围内调整。

5.2.6 燃烧室温度在  $800\text{ }^\circ\text{C}\sim 900\text{ }^\circ\text{C}$  内保持恒定,通常样品气体在燃烧室中停留的时间为 10 s,燃烧室温度为  $900\text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.2.7 能够测量  $50\text{ cm}^3/\text{min}\sim 200\text{ cm}^3/\text{min}$  的气体流量,响应时间小于 0.1 s,灵敏度为满刻度的 0.1%,重复性为满刻度的 $\pm 0.2\%$ ,准确度为满刻度的 $\pm 1\%$ 。

5.2.8 能够测量 0%~100%(体积分数)范围内的氧气,在 90%的挠度下响应时间小于 6 s,灵敏度小于 0.1%  $\text{O}_2$ (体积分数),在恒定的温度和压力下,线性度为 $\pm 1\%$ 。

5.2.9 样品室通气速率为  $50\text{ cm}^3/\text{min}\sim 100\text{ cm}^3/\text{min}$ ,准确性 $\pm 1\%$ 。

## 6 样品提取

应提取现场中未受火灾作用或受火灾作用较小的同一回路、相同线径、相同材质的导线绝缘层样品作为分析样品。

## 7 样品制备

### 7.1 样品截取

7.1.1 根据残留导线绝缘层的长度,选取间距相同的三个点进行内、外层取样分析。

7.1.2 在绝缘层内层和外层上分别切取小于绝缘层整体厚度的 1/4 作为绝缘层的内层样品和外层样品,且样品质量不宜小于 3 mg。

### 7.2 截取的注意事项

7.2.1 烧损的绝缘层样品较脆、易碎,切取时应小心,避免损坏。

7.2.2 分层切取绝缘层样品时不要将绝缘层中间部分切穿。

7.2.3 切取绝缘层内、外层样品时应在绝缘层同一对应位置分别切取。

7.2.4 样品在测试前应充分干燥至恒重。

## 8 样品装填

每次样品应尽量装填一致、松紧适宜。

## 9 试验方法

### 9.1 概述

热重分析适合对 PVC 导线绝缘层样品进行测试,微型量热分析适合对所有导线绝缘层样品进行测试。对于复杂的样品应使用两种方法同时测试或制备比对样品进行综合分析。

## 9.2 热重分析

试验条件宜为：

- 温度范围：室温到 700 ℃；
- 升温速率：10 ℃/min；
- 炉内气氛：动态空气；
- 坩埚：氧化铝坩埚或铂金坩埚。

## 9.3 微型量热分析

试验条件宜为：

- 温度范围：室温到 900 ℃；
- 升温速率：1 ℃/s；
- 炉内气氛：混合流速在 100 cm<sup>3</sup>/min，燃烧室中的氧气的体积分数为 20%；
- 坩埚：氧化铝坩埚。

## 9.4 试验步骤

### 9.4.1 热重分析

9.4.1.1 热重天平温度校正标准物质见附录 A。

9.4.1.2 按照 7.1 规定的方法制备样品，称量样品质量，然后将样品装入坩埚中。

9.4.1.3 启动气氛单元，按照 9.2 规定的试验条件设定气氛和气体流量，编辑温度测量范围和升温速率。

9.4.1.4 启动 TG 分析程序，进行测量，得到 TG 曲线。

9.4.1.5 测试结束后，待加热炉冷却到室温，打开，清理坩埚。

### 9.4.2 微型量热分析

9.4.2.1 微型量热仪氧气传感器的校正方法见附录 B。

9.4.2.2 打开吹扫气体和氧气，使流速和氧气信号稳定在基线值。

9.4.2.3 在控制程序中输入试样升温速率，升温范围的起始、结束温度，氧气体积分数和总流速。

9.4.2.4 按照 7.1 规定的方法制备样品，称量样品质量，将样品放入坩埚中。

9.4.2.5 将装有样品的坩埚装载到样品平台上，确保坩埚与温度传感器之间有良好的热接触。

9.4.2.6 将样品台升至样品室中心，并确保密封。

9.4.2.7 待流速和氧气信号重新稳定在基线值后启动加热，进行测试。

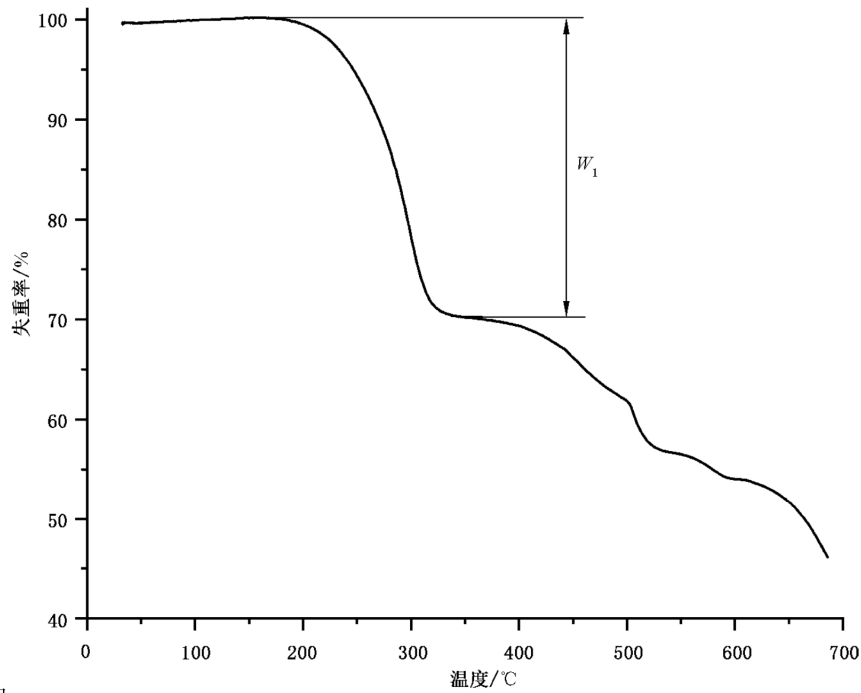
9.4.2.8 将样品温度降低到起始温度，取出坩埚，得到 MCC 曲线及相关数据。

## 9.5 谱图分析

### 9.5.1 TG 曲线

从 TG 曲线上可以确定升温过程中各阶段失重率，如图 1 所示。





标引序号说明：

$W_1$ ——第一阶段失重率。

第一阶段失重主要是 PVC 导线绝缘层受热分解释放出氯化氢气体导致的。

图 1 典型 TG 曲线

### 9.5.2 MCC 曲线

从 MCC 曲线上可以确定测试样品的最大比热释放速率( $Q_{max}$ )，如图 2 所示。

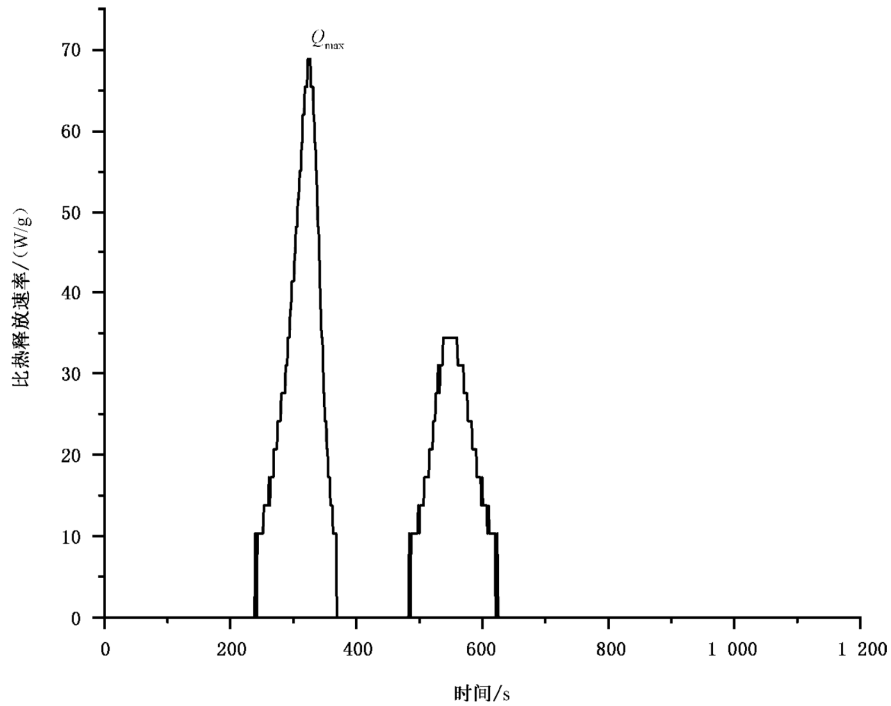


图 2 典型 MCC 曲线

热释放能力  $\eta_c$  按公式(1)计算:

$$\eta_c = Q_{\max} / \beta \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$\eta_c$  ——热释放能力,单位为焦耳每克开尔文[J/(g·K)];

$Q_{\max}$  ——最大比热释放速率,单位为瓦特每克(W/g);

$\beta$  ——测试范围内的平均加热速率,单位为开尔文每秒(K/s)。

## 10 判定依据

### 10.1 绝缘层烧损内层重于外层判定依据

10.1.1 内层样品第一阶段失重率小于外层样品第一阶段失重率,且内、外层样品失重率的差值应大于2.0%。

10.1.2 内层样品的热释放能力小于外层样品的热释放能力,且内、外层样品热释放能力之差的绝对值与热释放能力较大的数值之比应大于2.0%。

### 10.2 绝缘层烧损外层重于内层判定依据

10.2.1 内层样品第一阶段失重率大于外层样品第一阶段失重率,且内、外层样品失重率的差值应大于2.0%。

10.2.2 内层样品的热释放能力大于外层样品的热释放能力,且内、外层样品热释放能力之差的绝对值与热释放能力较大的数值之比应大于2.0%。

### 10.3 绝缘层烧损内、外层一致判定依据

10.3.1 内层和外层样品第一阶段失重率的差值应小于2.0%。

10.3.2 内层和外层样品热释放能力之差的绝对值与热释放能力较大的数值之比应小于2.0%。

## 11 判定结果

11.1 如果三个点的测试结果一致,且符合10.1,则给出绝缘层的受热烧损程度为内层重于外层的判定结果。

11.2 如果三个点的测试结果一致,且符合10.2,则给出绝缘层的受热烧损程度为外层重于内层的判定结果。

11.3 如果三个点的测试结果一致,且符合10.3,则给出绝缘层的受热烧损程度为内、外层一致的判定结果。

11.4 如果三个点的测试结果不一致,则给出绝缘层的受热烧损程度为不能确定的判定结果。

## 附 录 A

(资料性)

## 热重天平温度校正标准物质

热重天平的温度校正一般采用标准物质的熔点温度,见表 A.1。

表 A.1 热重天平温度校正标准物质

标准物质	理论熔点/°C
铜	156.6
锡	231.9
铋	271.4
锌	419.5
铝	660.3
银	961.8(N <sub>2</sub> , Ar)
铜	1 064.2
镍	1 455.0

## 附 录 B

(资料性)

### 微型量热仪氧气传感器的校正方法

**B.1** 微型量热仪氧气传感器的校正方法为：

——选取校正样品室，当仅通入氮气且气流稳定时，氧气传感器读数标为 0；

——选取校正样品室，当仅通入氧气且气流稳定时，氧气传感器读数标为 100%。

**B.2** 在初始校正后，只有当仪器配置或气体流量二者之一发生改变，或两者同时改变时，才需要重新校正。

---

中华人民共和国  
国家标准  
电气火灾痕迹物证技术鉴定方法  
第8部分：热分析法  
GB/T 16840.8—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年8月第一版

\*

书号: 155066·1-68096

版权专有 侵权必究



GB/T 16840.8—2021