



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5169.31—2008/IEC 60695-9-1:2005

---

## 电工电子产品着火危险试验 第31部分：火焰表面蔓延 总则

Fire hazard testing for electric and electronic products—  
Part 31: Surface spread of flame—General guidance

(IEC 60695-9-1:2005, Fire hazard testing—  
Part 9-1: Surface spread of flame—General guidance, IDT)

2008-12-30 发布

2009-10-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 火焰蔓延的原理 .....	4
5 选择试验方法的考虑因素 .....	5
6 试验结果的应用和说明 .....	6
参考文献 .....	7

## 前 言

GB/T 5169《电工电子产品着火危险试验》分为以下部分：

- GB/T 5169.1—2007 电工电子产品着火危险试验 第1部分：着火试验术语(IEC 60695-4:2005, IDT)
- GB/T 5169.2—2002 电工电子产品着火危险试验 第2部分：着火危险评定导则 总则(IEC 60695-1-1:1999, IDT)
- GB/T 5169.3—2005 电工电子产品着火危险试验 第3部分：电子元件着火危险评定技术要求 and 试验规范制订导则(IEC 60695-1-2:1982, IDT)
- GB/T 5169.5—2008 电工电子产品着火危险试验 第5部分：试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则(IEC 60695-11-5:2004, IDT)
- GB/T 5169.7—2001 电工电子产品着火危险试验 试验方法 扩散型和预混合型火焰试验方法(idt IEC 60695-2-4/0:1991)
- GB/T 5169.9—2006 电工电子产品着火危险试验 第9部分：着火危险评定导则 预选试验规程的使用(IEC 60695-1-30:2002, IDT)
- GB/T 5169.10—2006 电工电子产品着火危险试验 第10部分：灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法(IEC 60695-2-10:2000, IDT)
- GB/T 5169.11—2006 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(IEC 60695-2-11:2000, IDT)
- GB/T 5169.12—2006 电工电子产品着火危险试验 第12部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性试验方法(IEC 60695-2-12:2000, IDT)
- GB/T 5169.13—2006 电工电子产品着火危险试验 第13部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝起燃性试验方法(IEC 60695-2-13:2000, IDT)
- GB/T 5169.14—2007 电工电子产品着火危险试验 第14部分：试验火焰 1 kW 标称预混合型火焰 装置、确认试验方法和导则(IEC 60695-11-2:2003, IDT)
- GB/T 5169.15—2008 电工电子产品着火危险试验 第15部分：试验火焰 500 W 火焰 装置和确认试验方法(IEC/TS 60695-11-3:2004, IDT)
- GB/T 5169.16—2008 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50 W 水平与垂直火焰试验方法(IEC 60695-11-10:2003, IDT)
- GB/T 5169.17—2008 电工电子产品着火危险试验 第17部分：试验火焰 500 W 火焰试验方法(IEC 60695-11-20:2003, IDT)
- GB/T 5169.18—2005 电工电子产品着火危险试验 第18部分：将电工电子产品的火灾中毒危险减至最小的导则 总则(IEC 60695-7-1:1993, IDT)
- GB/T 5169.19—2006 电工电子产品着火危险试验 第19部分：非正常热 模压应力释放 变形试验(IEC 60695-10-3:2002, IDT)
- GB/T 5169.20—2006 电工电子产品着火危险试验 第20部分：火焰表面蔓延 试验方法 概要和相关性(IEC/TS 60695-9-2:2001, IDT)
- GB/T 5169.21—2006 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验(IEC 60695-10-2:2003, IDT)
- GB/T 5169.22—2008 电工电子产品着火危险试验 第22部分：试验火焰 50 W 火焰 装

- 置和确认试验方法(IEC/TS 60695-11-4:2004,IDT)
- GB/T 5169.23—2008 电工电子产品着火危险试验 第23部分:试验火焰 管形聚合材料 500 W 垂直火焰试验方法(IEC/TS 60695-11-21:2005,IDT)
  - GB/T 5169.24—2008 电工电子产品着火危险试验 第24部分:着火危险评定导则 绝缘液体(IEC/TS 60695-1-40:2002,IDT)
  - GB/T 5169.25—2008 电工电子产品着火危险试验 第25部分:烟模糊 总则(IEC 60695-6-1:2005,IDT)
  - GB/T 5169.26—2008 电工电子产品着火危险试验 第26部分:烟模糊 试验方法概要和相关性(IEC/TS 60695-6-2:2005,IDT)
  - GB/T 5169.27—2008 电工电子产品着火危险试验 第27部分:烟模糊 小规模静态试验方法 仪器说明(IEC/TR 60695-6-30:1996,IDT)
  - GB/T 5169.28—2008 电工电子产品着火危险试验 第28部分:烟模糊 小规模静态试验方法 材料(IEC/TS 60695-6-31:1999,IDT)
  - GB/T 5169.29—2008 电工电子产品着火危险试验 第29部分:热释放 总则(IEC 60695-8-1:2001,IDT)
  - GB/T 5169.30—2008 电工电子产品着火危险试验 第30部分:热释放 试验方法概要和相关性(IEC/TS 60695-8-2:2000,IDT)
  - GB/T 5169.31—2008 电工电子产品着火危险试验 第31部分:火焰表面蔓延 总则(IEC 60695-9-1:2006,IDT)

本部分为 GB/T 5169 的第 31 部分。

本部分等同采用 IEC 60695-9-1:2005《着火危险试验 第 9-1 部分:火焰表面蔓延 总则》(英文版),但按 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第 2 部分:采用国际标准的规则》中 4.2b)和 5.2 的规定作了少量编辑性修改,删除了 3.7 的注和 3.18 的注。

本部分由全国电工电子产品着火危险试验标准化技术委员会(SAC/TC 300)提出并归口。

本部分由中国电器科学研究院负责起草,广东出入境检验检疫局检验检疫技术中心、广州威凯检测技术研究所、武汉计算机外部设备研究所、深圳市出入境检验检疫局、深圳市计量质量检测研究院、中国电子技术标准化研究所等参加起草。

本部分主要起草人:陈灵、黄成柏、陈兰娟、武政、张效忠、毕凯军、李保军、姜华、王忠义。

本部分是首次发布。

## 引 言

由于火灾会产生热量(热效危险)、毒性和腐蚀性气体、烟雾(非热效危险),因此对生命和财产构成严重威胁。着火危险随着燃烧区域的增大而增加,在有些情况下导致轰燃和形成完全着火。这是建筑物火灾中典型的火情。

由于火焰和外部热源产生的热量使材料表面产生热解前沿,导致在火焰前沿的前面发生超出起燃区域的火焰表面蔓延。热解前沿是材料表面热解材料和非热解材料的分界线。易燃蒸气产生于混合了空气的热解材料区域,起燃后产生火焰前沿。

火焰表面蔓延的速率是火焰前沿通过的距离除以经过该距离所用的时间。火焰表面蔓延的速率取决于这样一些因素:例如外部供给的热量,和/或超出起燃区域的燃烧材料的火焰产生的热量,及易燃程度(包括最低起燃温度、厚度、密度、比热、材料的导热率)。火焰提供的热量取决于放热率、样品方位、空气流速以及相对于火焰表面蔓延方向的气流方向。一般来说,材料表现出以下火焰表面蔓延特征之一:

- a) 无传播:起燃区域之外无火焰传播;
- b) 减速传播:火焰传播在到达材料表面的末端之前停止;
- c) 传播:火焰传播超出起燃区域并最终覆盖了材料的整个表面。

用于描述燃烧特性中火焰表面蔓延的材料性质,与表面预热和热解、蒸气的产生、蒸气和空气的混合、起燃、混合物的燃烧、热量的产生和燃烧的产物有关。阻燃剂和表面处理应用于降低火焰表面蔓延。评估材料的火焰表面蔓延特征需要考虑的因素是:

- a) 火情(表面方向、通风、起燃源等);
- b) 测量方法;
- c) 所得结果的使用和解释。

# 电工电子产品着火危险试验

## 第 31 部分:火焰表面蔓延 总则

### 1 范围

GB/T 5169 的本部分给出了评定电工电子产品及所用材料表面火焰蔓延的导则。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 5169 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 5169.1—2007 电工电子产品着火危险试验 第 1 部分:着火试验术语(IEC 60695-4:2005,IDT)

ISO/IEC 13943:2000 消防安全 术语

ISO 2592:2000 闪点和燃点测定方法 (克利夫兰开口杯法)

### 3 术语和定义

以下术语和定义适用于本部分。部分定义采用了 GB/T 5169.1—2007 和 ISO 2592:2000 中的定义。

#### 3.1

##### 燃烧 **combustion**

物质和氧化剂发生的放热反应。

注:通常燃烧发出伴有火焰和/或可见光的烟气。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 23]

#### 3.2

##### 损坏面积 **damaged area**

在规定的条件下,因着火而受到永久损伤的表面积的和。

注 1:用  $m^2$  表示。

注 2:本术语的使用者应说明所考虑的损坏类型。可包括例如:材料损失、变形、软化、熔化、炭化、燃烧、热解或化学侵蚀。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 27]

#### 3.3

##### 损坏长度 **damaged length**

在规定的试验条件下,材料损坏面积在一规定方向的最大长度。(见燃烧长度)

注:用  $m$  表示。

#### 3.4

##### 燃烧长度 **extent of combustion**

在规定的试验条件下,材料因燃烧或热解而损坏的最大长度,不包括仅是变形的损坏部分。(见损坏长度)

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.16]

3.5

**着火 fire**

- a) 以放热和生成废水废气为特征的燃烧过程,同时伴有烟雾和/或火焰和/或灼热现象;
- b) 在时间和空间方面均失控的快速燃烧蔓延。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.19]

3.6

**着火危险 fire hazard**

着火造成生命伤害或损失和/或财产损失的可能性。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.26]

3.7

**燃点 fire point**

在标准试验条件下,在小火焰施加至产品表面后,产品起燃且持续燃烧至规定的时间的最低温度。

3.8

**火情 fire scenario**

对特定场所真实火灾或大规模模拟试验,从起燃前到燃烧结束的一个或多个阶段条件(包括环境条件)的详细描述。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.32]

3.9

**火焰(名词) flame (noun)**

通常有发光的气相燃烧区域。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 60]

3.10

**火焰前沿 flame front**

在气相状态下,材料表面燃烧区域的边界。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.34]

3.11

**阻燃(名词) flame retardant (noun)**

为了抑制或延迟火焰的出现和/或减小火焰传播(蔓延)速率,在材料中添加一种物质或对材料进行的一种处理。

注:使用阻燃剂并非必然抑制着火。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 65]

3.12

**火焰蔓延 flame spread**

火焰前沿的传播。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.36]

3.13

**轰燃 flash-over**

在封闭的空间内可燃材料的整个表面突然转入着火状态。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.42]

3.14

**闪点 flashpoint**

在规定的试验条件下,产品受热产生的蒸气遇火即燃时,该产品的最低温度。

注:用℃表示。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.43]

## 3.15

**完全着火 fully developed fire**

可燃材料全部转化为着火的状态。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 80]

## 3.16

**热通量 heat flux**

单位面积、单位时间内发出、传递或接收的热能的总和。

注：用  $W \cdot m^{-2}$  表示。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 85]

## 3.17

**热释放速率 heat release rate**

在着火或着火试验时,单位时间释放出的热能。

注：标准单位是 W。

## 3.18

**起燃 ignition**

燃烧的开始。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 96]

## 3.19

**引燃源 ignition source**

引起燃烧的能量源。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 97]

## 3.20

**起燃温度(最低) ignition temperature (minimum)**

按试验方法的规定,材料或引燃源在规定的试验条件下可以开始持续燃烧时的(最低)温度。

注：起燃需要足够的可燃气体和氧化剂(空气)。维持燃烧需要足够的可燃气体产生速度。最低起燃温度包含无限长时间地施加热应力的条件。就实际用途而言,标准应规定合适的最低起燃温度。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.51]

## 3.21

**热解 pyrolysis**

材料受热产生的不可逆的化学分解。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.70]

## 3.22

**热解前沿 pyrolysis front**

材料表面热解的边界。

[GB/T 5169.1—2007,定义 3.71]

## 3.23

**火焰表面蔓延 surface spread of flame**

移开引燃源后火焰通过液体或固体表面的传播。

[ISO/IEC 13943:2000,定义 160]

## 3.24

**火焰表面蔓延速率 surface spread of flame rate**

在规定的试验条件下,单位时间火焰表面蔓延的距离。



## 3.25

**热惯量 thermal inertia**

导热系数、密度和比热的乘积。

注1：当材料暴露于热通量时，表面温度上升的速率主要取决于材料的热惯量值。材料被加热时，热惯量低的材料其表面温度迅速升高，反之亦然。

注2：标准单位是  $J^2 \cdot s^{-1} \cdot m^{-4} \cdot K^{-2}$ 。

## 4 火焰蔓延的原理

## 4.1 液体

液体表面的火焰表面蔓延受液体闪点和燃点的影响。闪点是液体在规定试验条件下被加热至产生的蒸气遇火即燃时的最低温度。在这种情况下，按 ISO 2592:2000(克利夫兰开口杯法)测量闪点。

注：重要的是确定试验方法，因为所描述的在开放的液体表面上的火焰蔓延，ISO 2592:2000 是适用的。另一个可选的闪点测试方法在 ISO 2719(宾斯基-马丁闭口杯法)中列明，测量在一个受限空间的闪点，且用于探测挥发性材料的微小数量，该标准被引用用于绝缘液体的 IEC 标准。这种方法所测得的闪点明显低于 ISO 2592:2000 的方法。

燃点是液体不仅起燃而且将会持续燃烧的温度。火焰表面蔓延速率持续增加到液体被加热至它的闪点。当液体温度高于它的闪点时，火焰表面蔓延速率取决于气相参数，如果液体温度低于它的闪点时则取决于液相参数。气相参数包括气流、火焰和热辐射的影响。液相参数包括对流运动，表面张力和液体粘性。

## 4.2 固体

固体表面的火焰表面蔓延总是与外界因素(风和通风)产生气流和火焰本身所产生的气流相关。与火焰表面蔓延方向相反的气流(逆流)会降低火焰表面蔓延速率，而与火焰表面蔓延方向相同的气流(助风)会提高火焰表面蔓延速率。

对于在底部起燃的垂直试验样品，火焰向顶部移动，定义为火焰表面上蔓延。而对于在顶部起燃的垂直试验样品，火焰向底部移动，这种状况定义为火焰表面下蔓延。对于水平试验样品，火焰向起燃区域侧向移动，这种状况定义为火焰表面侧蔓延。

试验样品起燃后，如果火焰传递了充分的热通量，大部分是热传导所产生的热通量，火焰传播就会出现，热解前沿的前端将持续热解，并且将以充分的速率起燃。

热解前沿前面传递的热通量的大小取决于试验样品的热释放速率，反之，耐起燃性是试验样品的最低起燃温度和表面加热速率的函数。

表面加热速率依次是若干试验样品性质的函数：

- a) 厚度；
- b) 导热系数( $k$ )；
- c) 密度( $\rho$ )；
- d) 比热( $c$ )。

就试验样品的厚度来说，表面以下的材料能够传导带走热量，因而会降低表面加热速率并提高耐起燃性。在薄的试验样品中就不会发生这种情况，因此耐起燃性较低。

$k$ 、 $\rho$ 、 $c$  的乘积为“热惯量”。如果热惯量高，例如在固态金属的状态下，表面加热的速率会相对较低，因而达到起燃温度所需要的时间也相对较长。如果热惯量低，例如一些泡沫塑料或低密度可燃材料，表面加热速率相对较高，因而达到起燃温度所需要的时间也相对较短。

在参考文献 ISO/TR 5658-1 中给出了关于固体火焰蔓延的更加详细的导则。

## 5 选择试验方法的考虑因素

### 5.1 火情

所选试验方法应与涉及的火情有关。要考虑的重要因素包括：

- a) 试验样品的几何形状,包括存在的边、角或连接部位；
- b) 表面的方向；
- c) 火焰传播方向；
- d) 气流的速度与方向；
- e) 起燃源的性质与位置；
- f) 任何外部热通量的大小和位置；
- g) 可燃材料是固体还是液体。

### 5.2 引燃源

实验室试验所用的引燃源应与涉及的火情有关。电工电子设备的着火危险涉及两种引燃源：

- a) 来自电工电子设备和系统内局部异常和内部过热源；
- b) 来自电工电子设备和系统外部的火焰源或过热源。

### 5.3 试验样品的类型

试验样品可以是产品、产品部件、模拟产品(有代表性的产品的一部分)、基本材料(固体或液体),或者是几种材料的复合物。

应限制试验样品的形状、尺寸和排列的变化。

一些试验样品可能会表现出各向异性,例如挤压成形或模压成形的热塑性材料。预期的用法和安装实际情况会导致着火的双向传播,这会带来着火安全危险,例如计算机房,那些试验样品应在“x”、“y”两个方向上进行测试。

注：本建议不适用于那些特定安装在长而薄的结构里的产品,例如电缆和管道。

### 5.4 试验程序和装置

应适当地设计试验程序,使试验结果可用于危险分析。然而在单一的试验仪是用于质量控制或调整时,可能不必要。

试验装置应能测试实际的电工电子产品、模拟产品、材料或复合物,详见 5.3。

试验装置应能将外部热源或火焰的热通量近似均衡地施加给试验样品预期发生起燃的区域。

可施加热通量的试验装置应能点燃从试验样品中释放的蒸气和空气的混合气体。电火花点火器或预混合煤气的火焰是适用的。

在良好通风条件下进行火焰表面蔓延试验时,应采用与涉及的火情相关的空气流速。

### 5.5 测量方法

#### 5.5.1 直接测量

通过视觉观察火焰前沿的位置。可按时间函数记录火焰前沿的位置或简单检查符合/不符合距离标准。

#### 5.5.2 间接测量

使用两种方法间接评定火焰蔓延速率或量值。

一种方法是记录指示材料是否已被燃烧或损坏。例如纸片、废棉或棉线。这些指示材料放置在试验样品上或靠近试验样品的规定位置。

另一种方法是记录烧焦或损坏表面的位置和/或量值。可按时间的函数测量或简单地记录是否符合/不符合距离标准和面积标准。

应该注意,直接方法和间接方法通常不会得出相同的结果。

使用这两种技术确立了火焰表面蔓延速率和蔓延长度的试验结果之间的有限相关性。

## 6 试验结果的应用和说明

火焰表面蔓延取决于热解、起燃和材料的燃烧特性。当材料的放热速率增加时,材料表面上的火焰表面蔓延就会增加,燃烧产物的生成也会增加。因此对于特定的火灾,火焰表面蔓延、放热速率、燃烧产物的生成、着火危险和灭火难度会同时增加。

通过测定火焰表面蔓延的速率(和相关的放热速率和燃烧产物生成速率),可以预测电工电子产品着火时的相对危险性。这种评定是基于火焰表面蔓延越慢,可预测的危险性就越低的原则。理想的情况是火焰表面蔓延不传播或减速传播。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 5169.1—2007 电工电子产品着火危险试验 第1部分:着火试验术语
- [2] IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*
- [3] IEC 60332-1-1:2004, Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions—Part 1-1: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable—Apparatus
- [4] IEC 60332-1-2:2004, Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions—Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable—Procedure for 1 kW premixed flame
- [5] IEC 60332-1-3:2004, Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions—Part 1-3: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable—Procedure for determination of flaming droplets/particles
- [6] IEC 61197:1993, Insulating liquids—Linear flame propagation—Test method using a glass-fibre tape
- [7] ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards*
- [8] ISO/IEC 13943:2000, *Fire safety—Vocabulary*
- [9] ISO 2719:2002, Determination of flash point—Pensky—Martens closed cup method
- [10] ISO/TR 5658-1:1997, Reaction to fire tests—Spread of flame—Part 1: Guidance on flame spread (available in English only)
- [11] Bhatnagar, S. K. , Varshney, B. S. , and Mohanty, B. , An Appraisal of Standard Methods for Determination of Surface Spread of Flame Behavior of Materials, *Fire and Materials*, 16, 141, 1992
- [12] Clarke, F. , Hoover, J. R. , Caudill, L. M. , Fine, A. , Parnell, A. and Butcher, G. , Characterizing Fire Hazard of Unprotected Cables in Over-Ceiling Voids Used for Ventilation, *Interflam 1993*
- [13] Interscience Communications Limited, London, (UK), 1993
- [14] Drysdale, D. , An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, New York, N. Y. (USA), Chapters 6 and 7, pp. 186-252, 1985
- [15] Factory Mutual, Specification Standard for Cable Fire Propagation, Class No. 3972. Research Corporation, Norwood, MA (USA) 02062, 1989
- [16] Fernandez-Pello, A. C. and Hirano, T. , Controlling Mechanisms of Surface Spread of Flame, *Combustion Science and Technology*, 32, 1, 1983
- [17] Friedman, R. , Principles of Fire Protection Chemistry, Second Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA (USA) 1989
- [18] Glassman, I. , and Hansel, J. G. , Some Thoughts and Experiments on Liquid Fuel Spreading, Steady Burning, and Ignitability in Quiescent Atmospheres. *Fire Research Abstracts and Reviews*, 10, 217-234, 1968
- [19] Hilado, C. J. , Flammability Test Methods Handbook, Technomic Publishing Co. , Inc. , Westport, Co (USA), 1973
- [20] Hirschler, M. M. , Comparison of Large-and Small-Scale Heat Release Tests with Electric

cal Cables, Fire and Materials, 18, 61, 1994

[21] Quintiere, J. G. , Surface Spread of Flame, Section 2, Chapter 14, pp. 2-205 to 2-216 in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association Press, Quincy, MA (USA), 1995

[22] Tewarson, A. , and Khan, M. M. , A New Standard Test for the Quantification of Fire Propagation Behavior of Electrical Cables Using Factory Mutual Research Corporations Small Scale Flammability Apparatus, Fire Technology, 28, 125, 1992

[23] Tewarson, A. , Surface Spread of Flame in Standard Tests for Electrical Cables, Technical Report J. I. 8 OM2E1. RC-2, September 1993. Factory Mutual Research Corporation, Norwood, MA (USA)

---