



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5169.2—2002/IEC 60695-1-1:1999  
代替 GB/T 5169.2—1985

---

## 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

**Fire hazard testing for electric and electronic  
products—Part 2: Guidance for  
assessing the fire hazard—General guidelines**

(IEC 60695-1-1:1999, Fire hazard testing—Part 1-1: Guidance for  
assessing the fire hazard of electrotechnical products—General  
guidelines, IDT)

2002-08-05 发布

2003-04-01 实施

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 前 言

GB/T 5169.2 是 GB/T 5169《电工电子产品着火危险试验》系列标准的第 2 部分。

GB/T 5169 已发布实施的部分有：

- GB/T 5169.1—1997 电工电子产品着火危险试验 第 4 部分：着火试验术语
- 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
- GB/T 5169.3—1985 电工电子产品着火危险试验 电子元件着火危险评定技术要求和试验规范制订导则
- GB/T 5169.5—1997 电工电子产品着火危险试验 第 2 部分：试验方法 第 2 篇：针焰试验
- GB/T 5169.6—1985 电工电子产品着火危险试验 用发热器的不良接触试验方法
- 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
- GB/T 5169.8—2000 电工电子产品着火危险试验 评定试验规程举例和试验结果解释 燃烧特性及其试验方法的评述
- GB/T 5169.9—1993 电工电子产品着火危险试验 着火危险评定技术要求和试验规范制订导则 预选规程使用导则
- GB/T 5169.10—1997 电工电子产品着火危险试验 试验方法 灼热丝试验方法 总则
- GB/T 5169.11—1997 电工电子产品着火危险试验 试验方法 成品的灼热丝试验和导则
- GB/T 5169.12—1999 电工电子产品着火危险试验 试验方法 材料的灼热丝可燃性试验
- GB/T 5169.13—1999 电工电子产品着火危险试验 试验方法 材料的灼热丝起燃性试验
- GB/T 5169.14—2001 电工电子产品着火危险试验 试验方法 1 kW 标称预混合型试验火焰和导则
- GB/Z 5169.15—2001 电工电子产品着火危险试验 试验方法 500 W 标称试验火焰和导则
- GB/T 5169.16—2002 电工电子产品着火危险试验 第 16 部分：50 W 水平与垂直火焰试验方法
- GB/T 5169.17—2002 电工电子产品着火危险试验 第 17 部分：500 W 火焰试验方法

本部分等同采用 IEC 60695-1-1:1999《着火危险试验 第 1-1 部分：电工电子产品着火危险评定导则 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》的 4.2b)和 5.2 的规定作了少量编辑性修改。

本部分流程图 2E 中判断图到行动图的判断字 IEC 60695-1-1 中为“否”，可能有误，本标准中改为“是”。

本部分的附录 A、附录 B 均为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国电工电子产品环境技术标准化技术委员会归口。

本部分由广州电器科学研究所负责起草。

本部分主要起草人：谢建华、陈灵。

本部分于 1985 年首次发布，本次修订为第一次修订。

## 引 言

任何电路都需要考虑着火的危险。对于这种危险,组成电路、设备设计和材料选择的任务是,即使在发生可预见到的非正常使用、不正常工作或故障的情况下,也要减少着火的可能性,而首要目的是防止带电零件起燃,如被引燃而起火,则最好要把火势控制在电工电子产品的壳体内。如果电工电子产品的表面与外部火源相接触,则要求确保这些外表不会助长火灾波及周围邻近的建筑材料或建筑结构。

# 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

### 1 范围

GB/T 5169的本部分规定了电工电子产品着火危险评定导则(见第4章)和对人、畜及财物有直接危险的着火危险试验方法的制定导则(见第5章)。本部分所说的产品是指材料、元件或完整的最终用途产品。

GB/T 5169《电工电子产品着火危险试验》标准供各标准化技术委员会作导则使用。同时要注意IEC指南104的有关原则,并注意那些具有安全引导职能和安全团体职能的各委员会的作用。

标准化技术委员会的任务之一就是在编写自己的出版物时,凡是适用之处都要利用这些基本安全出版物。

### 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,但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—1997 电工电子产品着火危险试验 第4部分：着火试验术语(idt IEC 60695-4:1993)

ISO/IEC指南52:1990 着火的术语和定义汇编

IEC指南104:1997 安全出版物的编写和基本安全出版物与团体安全出版物的使用

IEC指南109:1995 电工电子产品标准中环境内容编写指南

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于GB/T 5169的本部分。

#### 3.1

**着火危险 fire hazard**

火灾伤害生命和(或)毁坏财物的潜在能力。

#### 3.2

**着火风险 fire risk**

着火的概率。

注：风险用概率一词表述,兼有下列两种意思：

a) 在给定的技术操作或技术状态下,可预期的不希望事件出现的频率,以及

b) 在该事件出现后可预期的损害程度。

### 4 着火危险评定

#### 4.1 概述

重要的是要理解并坚持“着火危险”和“着火风险”之间的差别。危险评定的第一要事是要把电工电

子产品内部因用电而产生的着火风险降至最低,一开始着火就要限制火的蔓延,此外,还应在较小程度上作为次要问题,考虑某些外部事件,如在该环境中突然发生火灾,但对故意误用电工电子产品的情況一般应忽略不计。

还应对燃烧生成物中烟的放热和阻光度、毒性和腐蚀性以及需要在着火情况下工作的能力予以考虑。这些全与起燃和火的扩展有关。在某些情况下,散发出的气体还可能有爆炸的危险。

事实上,某些电工电子产品如大型外壳、绝缘电缆和绝缘导管可能覆盖着建筑物的大部分表面和大部分装饰材料,或者穿过了防火墙。在这些情况下,当电工电子产品与外部火源接触时,就要把它们在着火危险中所起的作用与缺少电工电子产品的建筑材料或建筑物加以比较,以评价这些电工电子产品。

在详细评述了与火情有关的所有各种危险之后,最终的产品标准宜包括处理规定特殊危险的一系列试验或单项试验。

## 4.2 着火危险评定的开展

### 4.2.1 着火危险诸要素的概述

电工电子产品的着火危险取决于该产品的特性、维修条件和使用环境,包括暴露在由那台产品引发的火灾中的人数和人的类型、财物的价值及财物易受损坏的程度。因此,对一台特定产品来说,着火危险评定程序就应该描述这台产品的特性及其运行条件和其使用环境。

### 4.2.2 基本步骤

开展着火危险评定要遵循的基本步骤是:

- a) 界定范围和背景材料,前者例如有关的电工电子产品种类,后者如这些产品的使用地点及使用方式方法(参见 4.2.2.1);
- b) 确认最重要的评定方案(见 4.2.2.2);
- c) 选定要使用的判断标准(见 4.2.2.3);
- d) 试验结果的分析(见 4.2.2.4)。

#### 4.2.2.1 界定范围和背景材料

第一步是明确要进行着火危险评定的电工电子产品的种类、检查这些产品及其用途的共同点和不同点,确定着火危险评定程序的各项参数。通过回答下述几个问题可以做到这一点:

##### a) 电工电子产品的范围

确定被评定产品的定义,该产品是否被描述得十分准确,因而完全能确定该产品就在这一范围内,是否能用适用的国家标准描述;是否描述得太宽泛,以致还可将能代替被评定产品的其他产品包括在内;如涉及一给定产品,则该范围是否包括了该产品。

##### b) 使用情况

该电工电子产品是连续运行或是间断运行;该产品在工作期间有人照管还是无人照管;环境温度是否受控;

由于该电工电子产品与该环境中的其他物体相互影响,请说明该产品的位置在生成火灾或使火灾蔓延中的作用;

该产品一直处在封闭的空间内还是处在敞开的空间内;

使用该产品的人数及能力;

暴露的人群或关键设备离火源有多近。

##### c) 检查规定的范围和背景材料

利用回答上述问题的方式,编写产品的试用说明及其使用情况。然后就能对照产品清单,利用附录 A 给出的程序即流程图 1,检查试用说明,其中有些内容可能选作范围和背景材料的部分内容。

#### 4.2.2.2 确认有重要关系的火情

火情就是对一场真实火灾从起燃前到燃烧完毕后很少几种燃烧状态的详细描述。能使电工电子产品陷入其中的火情往往不止一种,原则上,可以假定,该产品在每种火情的着火危险中起不同的作用,因

而,对被确认的每种重要火情需要单独进行危险评定。

不论评定重点是一种产品还是一个系统,通常,最重要的火情特征都会是:或者规定使产品陷入火灾的燃烧状态,或者指出会引起最大危险后果的产品起火时间。

#### a) 陷入火灾中的电工电子产品

就电工电子产品来说,引燃源的知识头等重要。如果该产品本身就是引燃源,则根据电气运行状态详细地分析能发生燃烧的条件(见表1)。是短路(这种情况很少见)、局部过热还是全面过热,起燃前电气故障延续了多久,对每种火情都宜准确说明起火的详细情况(包括有些气体可能聚集在封闭空间内)。

如果该电工电子产品本身不是引燃源,则说明它往往在何时、怎样易于陷入火中:

- 该产品是否是被引燃的第一件物品;
- 该产品可能是重要的燃料源,即使它不是第1件被引燃的物品;
- 该产品是否是火灾蔓延的潜在原因。

如果这些情况中有一种情况被认为是最令人担心的,则意味着这一着火性能特征就是最重要的,例如产品迅速发生重大危险的能力、在用产品的数量或在灭火期间和灭火之后该危险的存留状态。然后,利用这类判定,定出试验方法或计算程序,衡量该产品在火灾各阶段对着火危险所起的作用。

#### b) 与火势有关的几个问题

这个标题不仅适用于电工电子产品,而且适用于在该环境中可能参与起燃和助长火势的其他物体。明确所提问题的目的在于说明着火危险各个方面的特征(参见附录A的流程图2,2A~2F):

- 成为引燃源的可能性;
- 易燃性;
- 火焰蔓延的速率;
- 灼热、阴燃、熔化;
- 最大放热率、燃烧率、总放热量;
- 质量损失率、即燃烧产品的生成率;
- 烟的阻光度;
- 燃烧产物的腐蚀性;
- 产生有毒(刺激性、窒息性)物质的概况:发生率、总毒效;
- 在着火状态下各种功能(如结构的完整性、服务的持续性、机械响应)的保持情况;
- 不同大小、不同种类产品的拥有量。

#### c) 利用火情确定关键参数

一项试验方法或计算程序需要许多规格数据或输入值,例如,一项燃烧产物的放热率的试验,就需要起燃种类的规范(如小规模起燃)、伴生热流量的水平和控制燃烧气氛中氧和湿度水平的要求。在该产品不是首先被引燃的物品之处,在测定该产品被暴露在其中的热状态时,产品附近的易燃物就是重要因素。

应根据选定的火情特征确定试验方法或计算程序所要求的每一个规格值和输入值。这可能需要利用有关火灾的统计资料和某些由专家利用文献资料提出的意见。在完成这些步骤后,着火危险评定的研究人员就须要确定适当的能说明危险特征的测量方法和计算程序。

### 4.2.2.3 选择要使用的判断标准

这一步的目的是选择一种会提供正确技术资料的计量危险的方法,利用这些资料就完全能够估计并确定该产品在这种火灾危险中所起作用大小。

对人和财物的实际损害始终是着火危险评定工作最关心的问题,但是,如果可以证明,较简单的程序会产生同样的结论,就不必直接测量造成的损害。

#### a) 直接的生命财产损失

如果对该产品在造成这种着火危险中所起的作用能用术语表示,这当然是最理想的,然而大家肯定

知道,由于居住者们或建筑物内的设备能定量预报火情后果的性能极其罕见,因而能做到这一点是极难的。

b) 间接表述着火危险特征的方法

很有可能建立起测得的(算得的)产品参数与该着火危险某种特性之间的关系式。例如,该产品的热释放率决定了该房间的温度,从而影响设备的运转和(或)继续住人。产品的烟释放率则可能影响居住者用来逃生的时间。以这种方式确定着火危险与产品参数之间的数量关系,以便能追踪危险程度的变化,找出性能改变的原因。

c) 比较法

即使不能定量表示这些关系,但在被试产品的性能与基准值之间建立一定的关系或许还是可能的。例如,已知放热的电缆,只要温度上升相当缓慢,即使并不知道精确的关系,也可认为该电缆的放热量是已知的。另一个有关危险的度量法就是将产品的放热率与基准值相比较。

#### 4.2.2.4 试验结果分析

在本条,将确定着火危险评定程序,即要使用的危险测度和怎样计算测量结果,同时,还对试验结果的分析提出几个附加技术问题。

- a) 评定着火危险时,宜规定比较产品之间的全面着火危险或与一个基线比较时要使用的计算程序。这个程序可能是几个全面危险度量中的一个危险测度的计算公式。在这种情况下,就要为该公式提出科学理论。该程序可能是一套决策规则,例如:一个产品只有在所有危险计量都比其他产品好时才是一个好产品的规则。然而在只有两个产品的特殊情况下,这个规则不可能足以提供明确的比较结果。
- b) 如果使用了一种以上的火情,则必须规定计算全面着火危险所用的程序。该程序可能是一项公式或是一套规则,例如,如能指定该火情发生的相对概率,就像在着火危险评定中一样,那么,这一程序就是根据几种火情推算全部火灾危险的根据。
- c) 如果不用死亡、受伤或金钱损失等词语直接表示该危险,则宜提供其他量的单位和测量方法(即逃脱时间、火焰蔓延的速度、火的大小等)的指南。
- d) 评定工作宜规定达到安全要求所需要的所有步骤,或规定能由该负责人确定的合格/不合格标准。
- e) 上述各点都与全部着火危险的评定和电工电子产品在该评定范围内所起的作用有关。

## 5 着火危险试验

### 5.1 概述

任何一种能量的传递、分配、贮存和利用都有可能使大部分建筑物失火。

最常见的起火原因是过热和飞弧,起火的次数则取决于该系统结构所用材料的种类。

在电工电子领域里所用的设备,在运行时放热,在某些情况下有电火花和电弧。但是,如果在最初设计阶段及随后的安装、使用和维护期间都考虑到了这些问题,那么这些潜在的风险都不会发展到危险状态。

不是因使用电工电子设备而引起的一些危险情况确与过热有关,在全部危险评定中也要处理这类必须考虑的因素。

与通常持有的看法相反,大部分电气火灾不是由短路引起的,而是由多种情况(包括若干外部的非电能源)联合引起的(见表1)。

这些情况可能包括不正确的安装、使用或维护保养,例如,短时或超期过载运行、未在制造厂或承包商规定的条件下工作、散热不良、通风系统阻塞等。

### 5.2 危险的评定

在着火危险评定中可加以利用的数据可以是下述三种中的任何一种:

- a) 应用小规模试验方法或大规模试验方案为基础的试验或结果；
- b) 历史上各次火灾的特征量或统计资料；
- c) 有文件证明的专家意见。

这些数据可直接用作危险的量度,或可用作输入数据,输入到能得出最终危险评价的计算程序中。

### 5.3 着火危险试验的种类

如能做得到,制成品试验通常是最可靠的试验方法,因为这种试验方法通常精确地再现实际发生的各种情况。在制定有关防火和电工电子产品的技术要求和试验规范时,要分清下面给出的各种试验之间的不同。

#### 5.3.1 着火模拟试验

这类试验检查电工电子产品对着火的反应,目的在于尽量表示出产品的实际使用情况。由于所模拟产品的使用条件非常接近该产品的真实使用条件(包括可以预见到的非正常使用或失效),试验程序的设计和现实的风险又有必然联系,因而,这类试验只用于评定与该产品的使用有联系的有关着火危险的某些方面。在改变了试验程序的设计或使用条件与试验模拟的条件不同时,这类试验的试验结果就可能不再有效。

#### 5.3.2 耐火试验

这类试验用于评定产品或零件在暴露于火的规定条件下,在规定的一段时间内保持各种使用性能的能力。

这类试验还用于提供产品或最终组件在特定的热暴露条件下的性能和运行情况的数据。

新近的研究表明,为了将此类试验结果与实际火情特性联系起来,需要对试验条件与实际火情的对比结论和未受控可变因素如放置产品的环境可能产生的影响给予非常认真的考虑。

#### 5.3.3 着火反应试验

这类试验检查在规定条件下标准试样对着火的反应,在大多数情况下用来给出与燃烧状态有关的性能数据和用于比较评价,如有焰燃烧性、易燃性、火焰蔓延速率、烟密度、燃烧生成物和热释放率。

利用这类燃烧试验提供的数据通常不代表试验样品可能遇到的其他条件。当被用来模拟材料和零件在检验整台产品将会遇到的情况时,燃烧特性试验会相当有用,但是,试验样品对着火的反应可能与制成品对火的反应因环境差异而非常不同。

#### 5.3.4 基本性能试验

这类试验用于确保在测量材料的物理或化学性质时给出至少能近似地在技术上被限定并与该试验方法无关的信息,这种性能如净热值(燃烧热)、导热性、熔点、汽化热,还有诸如闪点、燃点和自燃温度等。

根据热质交换理论,一场真实火灾的燃烧状态是由许多这样的性质共同规定的,而单项性质的大小将只与一系统的着火风险或着火危险的一个方面有关。然而最后,在消防工程师具有较坚实的技术基础之后,就可以利用这类试验结果评定防火安全范围大小。

### 5.4 技术要求和试验规范的制定

在制定电工电子产品着火危险试验的技术要求和试验规范时,建议各技术委员会遵循下述程序。

如果一个有特定任务的标准化技术委员会尚未制定着火试验规范,或需要开发或修改着火试验方法,建议与本技术委员会密切联系,做好这一工作。

程序:

- a) 检查为类似目的制定的某些现有试验程序和被推荐的试验程序,并考虑它们的适用性和局限性。
- b) 收集尽可能多的与该试验着火情况有关的背景资料,并考虑现有试验程序相应的适用范围和重要性。
- c) 如果一项现有试验程序似乎可用,则要对下列各点检查该试验程序的各项条款。

——环境条件:在实践中,需要简化,但最终采用的环境条件要尽量与正在模拟的环境有密切的关系。

——可行性检查:试验数据的有效性和该产品的安装和使用方法有关,也和该产品与其他产品的联结情况有关。

——鉴别力:针对所关注产品和试验程序的特征检查其灵敏度、再现性和重复性。

——试验结果的表示:应以易于理解的词语、参数和单位,完全客观地描述所给出的试验结果,要避免含糊、主观、抽象的措辞。

d) 如要开发一项新试验程序,则要对上述各基本特点予以量化。更重要的几个特点是该试验的目的、试验的局限性,试验所得资料的用途和易于操作。

e) 规定适于被试产品耐燃和耐火焰蔓延的验收标准。

f) 对被推荐的试验程序进行调查,并研究其满足试验目的的能力。

g) 制定试验方法标准,包括其适用范围,不适用领域和某些保留意见等有关信息及关于使用试验结果的信息。

只要有可能,就要在该标准中提及被推荐的试验程序。

表 1 电工电子产品常见的起燃现象

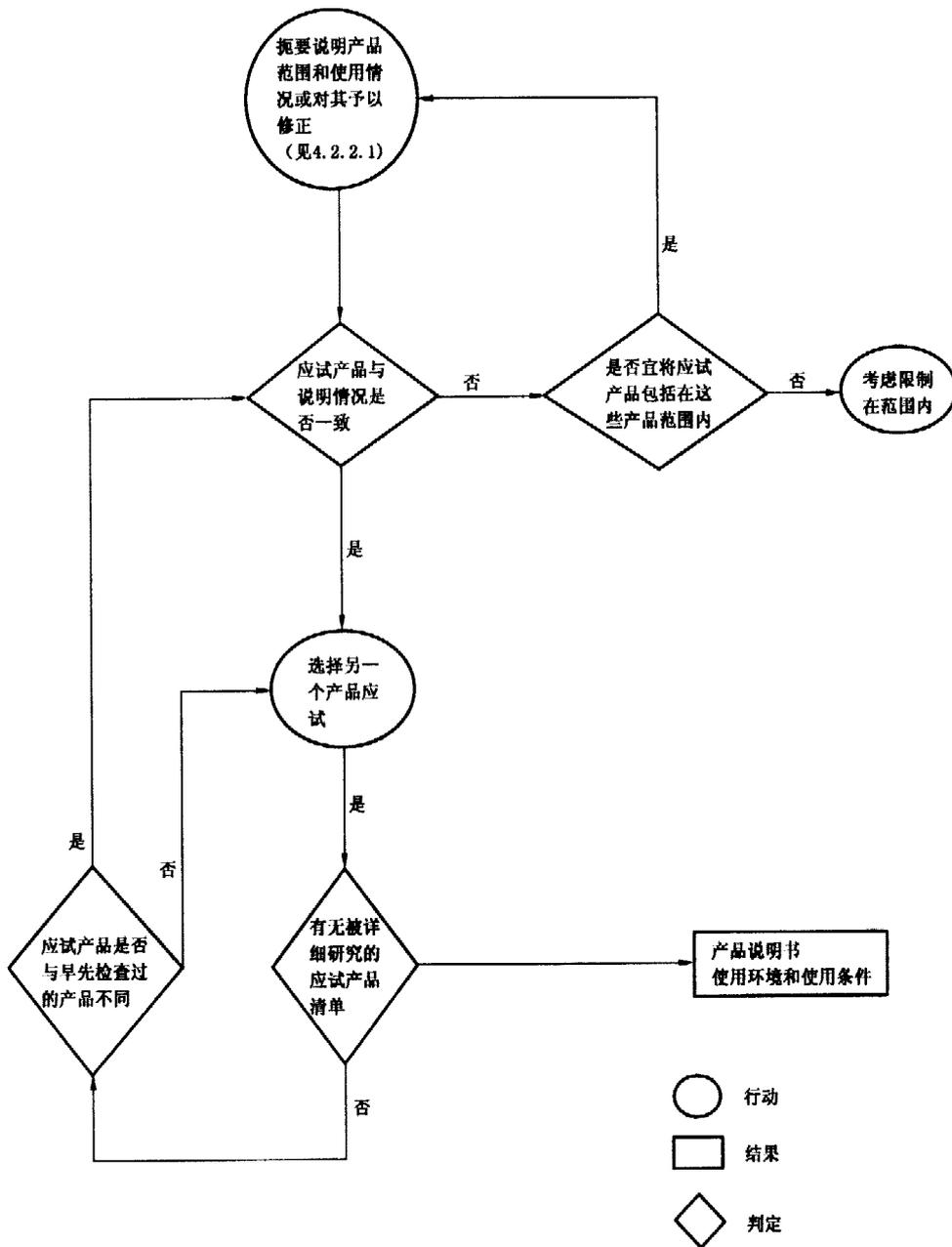
现象 <sup>1)</sup>	起 因 <sup>2)</sup>	继 发 效 应
<p>温升异常</p> <p>注:有些产品在正常运行时发热。</p>	<p>a) 导线过载;</p> <p>b) 接头有缺陷(不良连结);</p> <p>c) 泄漏电流(绝缘损坏并发热);</p> <p>d) 元件、内部零件或关联系统(例如通风)失效;</p> <p>e) 机械变形导致电接点或绝缘结构失效;</p> <p>f) 过早热老化。</p>	<p>a) 开始时,保护装置<sup>3)</sup>不动作(特殊保护对象除外)。经过不稳定的一段时间后,保护装置可能动作;</p> <p>b) 温度逐渐升高,有时非常缓慢;在产品附近聚集大量热量和排放物,因而,一起燃就形成火灾;</p> <p>c) 易燃气体在空气中的聚集和扩散可以导致起火或爆炸,尤其是在气密性设备内。</p>
<p>短路</p>	<p>a) 不同电位的带电零件直接接触(端子松脱、导电体松脱、导电的外来物体进入等等);</p> <p>b) 有些元件因其绝缘阻抗改变逐渐劣化;</p> <p>c) 元件或内部零件突然失效。</p>	<p>a) 保护装置<sup>3)</sup>动作;</p> <p>b) 局部地方的温度经过极短的时间显著升高;</p> <p>c) 可能发光、冒烟、散发易燃气体;</p> <p>d) 放出多种灼热物质。</p>
<p>偶然的电火花和电弧</p> <p>注:某些产品在正常运行时产生电弧和电火花。</p>	<p>a) 设备外部原因(系统电网过电压、偶然的机械作用使带电零件外露或碰在一起,等等);</p> <p>b) 内部原因(通断开关的某些元件逐渐劣化和进入湿气);</p> <p>c) 元件或内部零件意外失效。</p>	<p>a) 保护装置<sup>3)</sup>不一定动作;</p> <p>b) 可能发光、发出易燃气体和冒出火舌;在爆炸性气氛中起燃风险相当大;</p> <p>c) 周围的组件或气体可能局部起燃。</p>
<p>1) 三种现象中的任何一种所产生的机械变形和结构变化都可以导致发生另外两种事故。</p> <p>2) 列入表内的起因均是最常遇到的情况,排列的顺序与重要性和发生的频率无关。</p> <p>3) 保护装置可以是温度类、机械类、电工类或电子类的。</p>		

表 2 仅限于本部分所用电工电子产品的术语

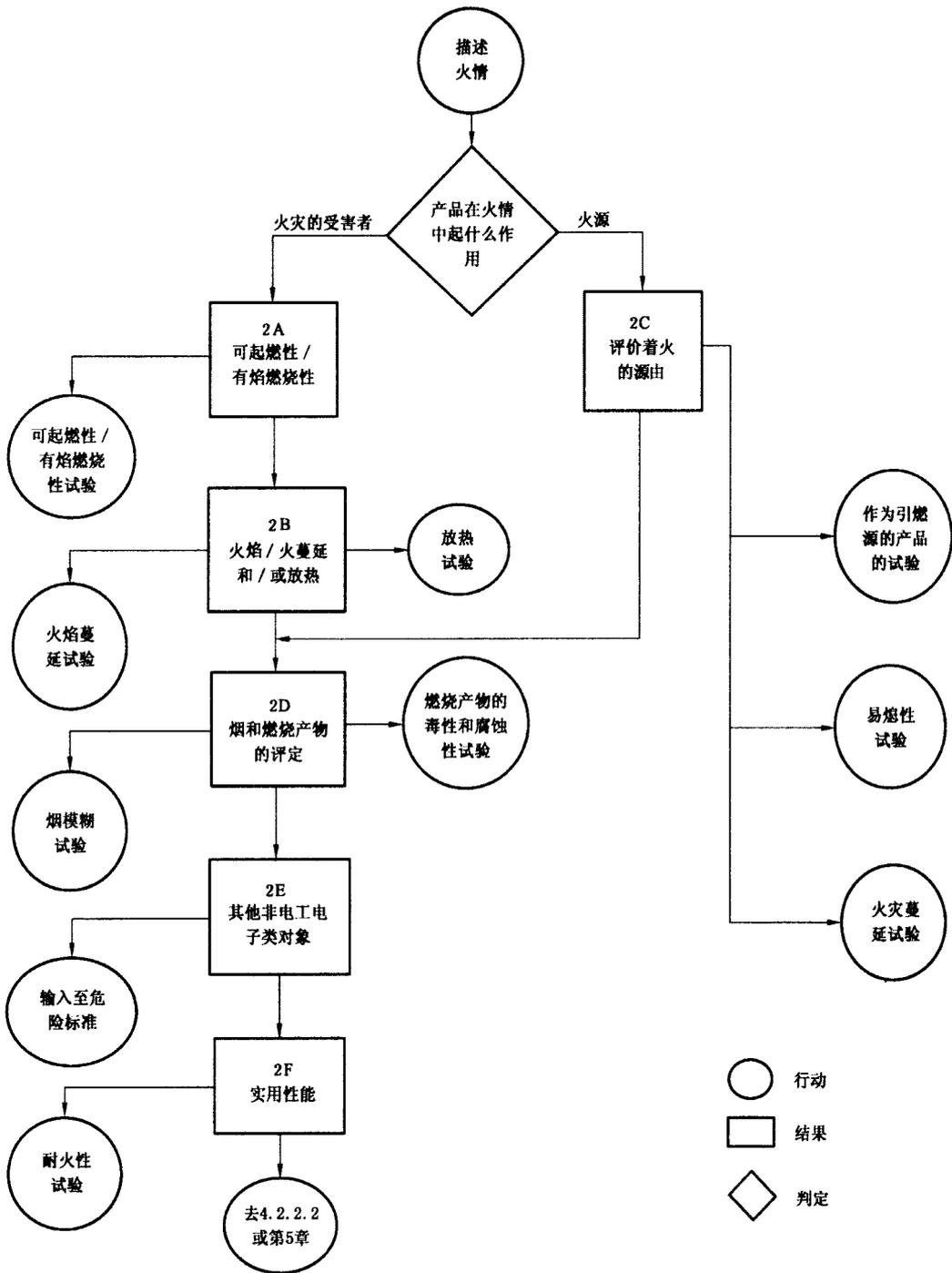
基本术语	定义	等效术语	举 例	由一种状态转变到另一种状态的方式	注
物质 Substance	物质是天然的或人造的、通常不能使用的基本产物	原料 Raw material	二氧化硅	× × × × ×	
材料 Material	形状适合作一般用途使用的物质(或物质群、几种物质的混合物或化合物)	半加工品 Semi-manufactured product	金属或塑料膜 金属丝、玻璃布 敷铜箔的环氧玻璃层压板	通过化学的、热学的或力学变化可能影响形状、状态或性质的改变 ×	
零件 Part	外形有一定功用的材料	备件 Spare-part unit	绝缘套管 开关操纵杆 场磁极 印制电路板	× × × 通过组合操作和/或手动操作或自动操作改变位置	
组件 Component	用来执行特定功能的成套零件	部件 Constituent	微电路 玻璃介质电容器 电磁体	× × × × ×	在极个别情况下,组件可能就是一个零件
装置 Apparatus	用来完成复杂任务的多种组件的总成	附件 Accessories	开关 无线电话机 接触器	× × × × ×	一套装置可能由多种分总成组成,分总成本身又由多种组件组成
设备 Equipment	多种装置通过互相连接、互相作用,以确保给定用途所需要的所有功能的结合体	装备 Installation	建筑物内和电气 布线系统 雷达	× × × × ×	

注:严格地说,样品、试件和样本应是专供描述各种试验的术语,不应含有被试件的确定种类或自然状态等意义。

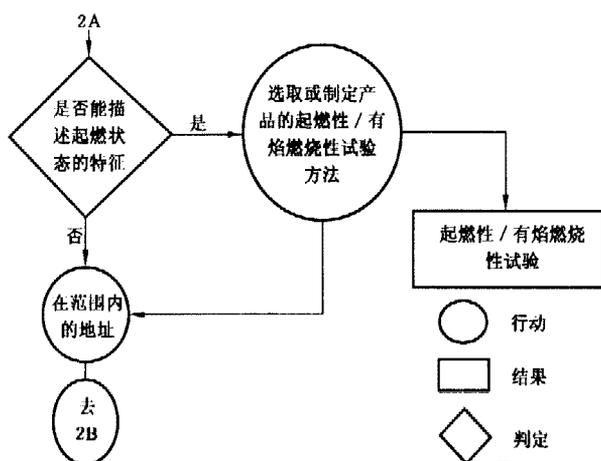
附录 A  
(资料性附录)  
流程图



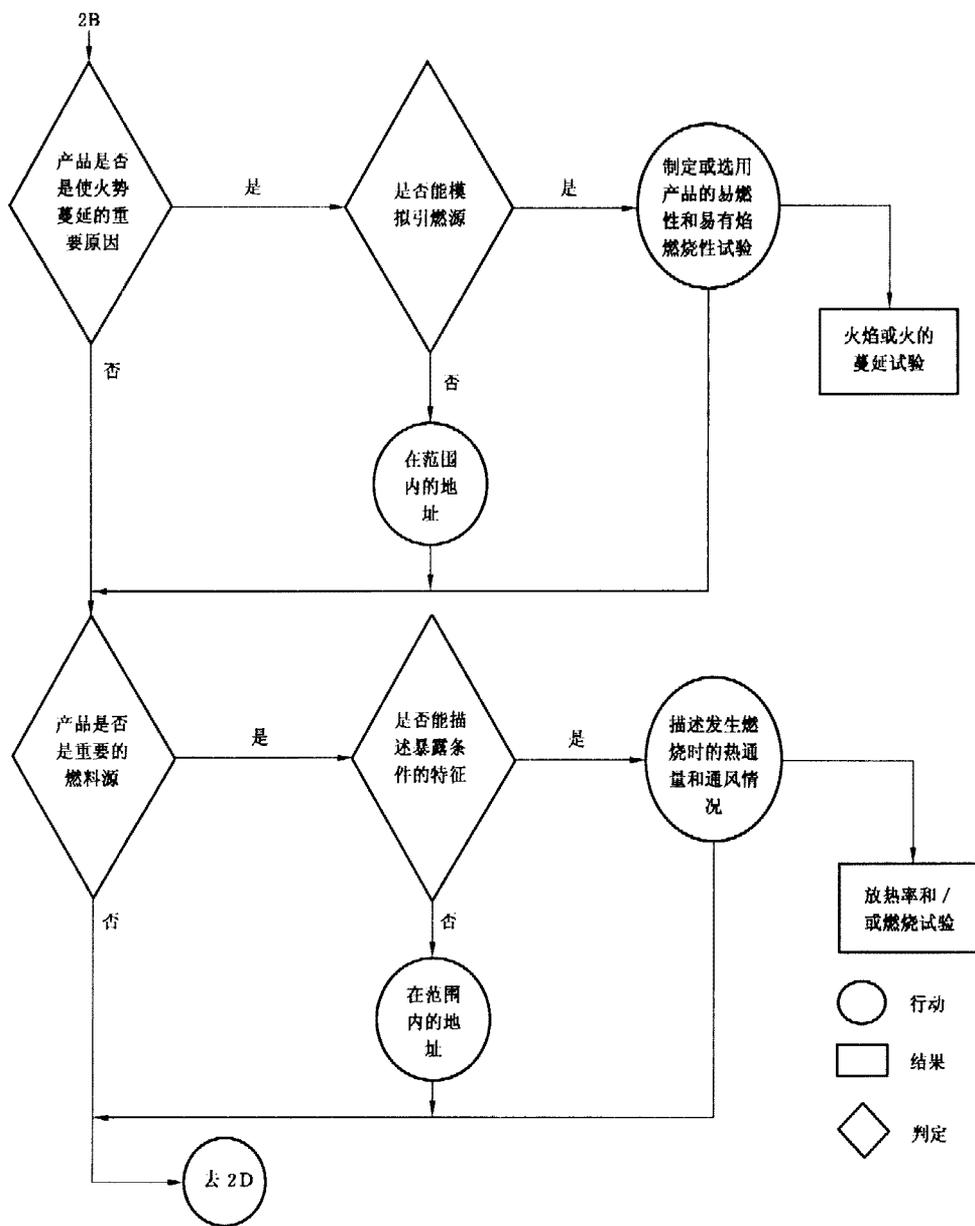
流程图 1 电工电子产品的范围和使用情况(见 4.2.2.1)



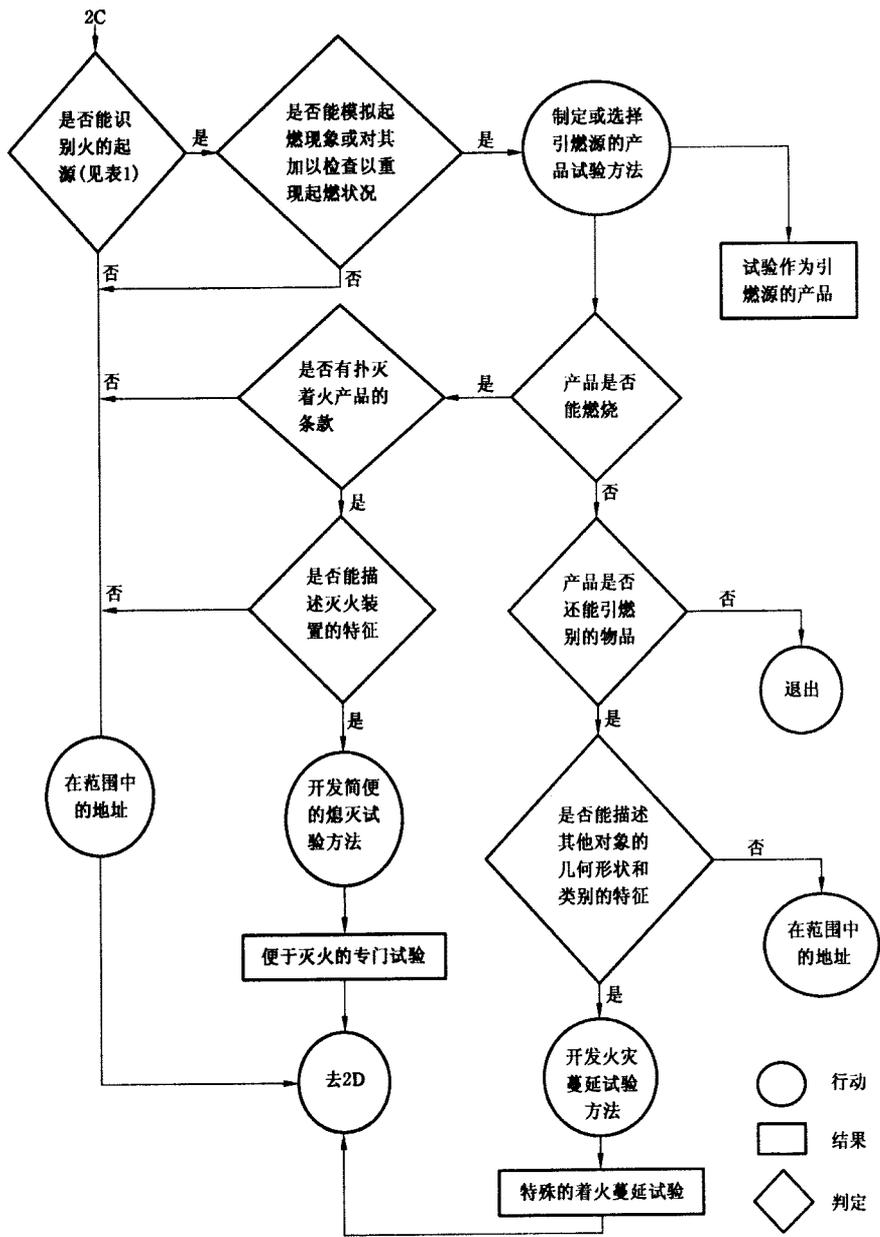
流程图 2 描述火情(4.2.2.2)



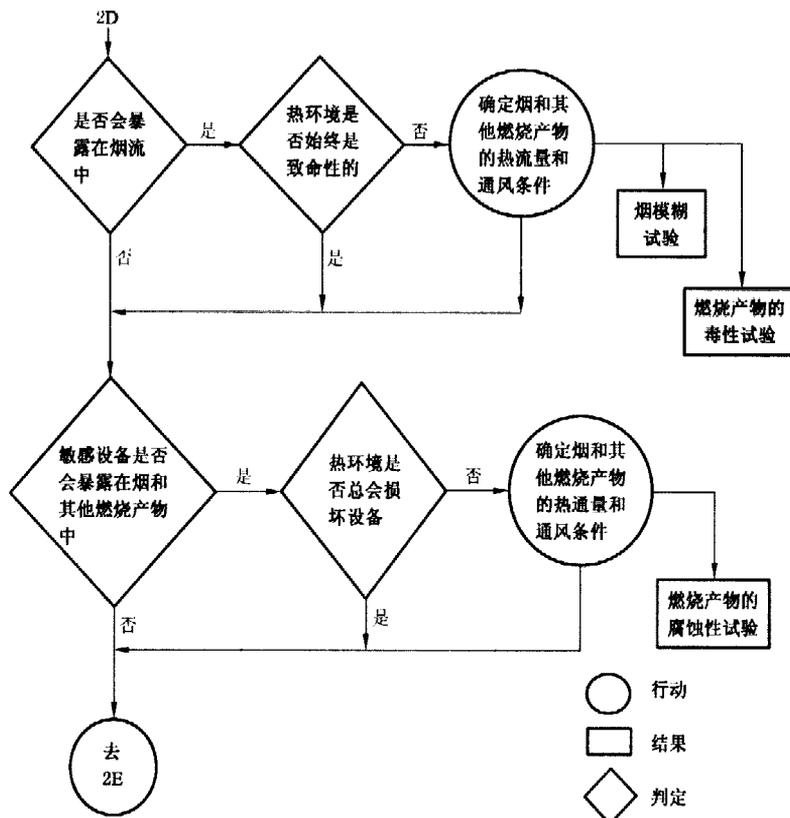
流程图 2A 起燃性/有焰燃烧性



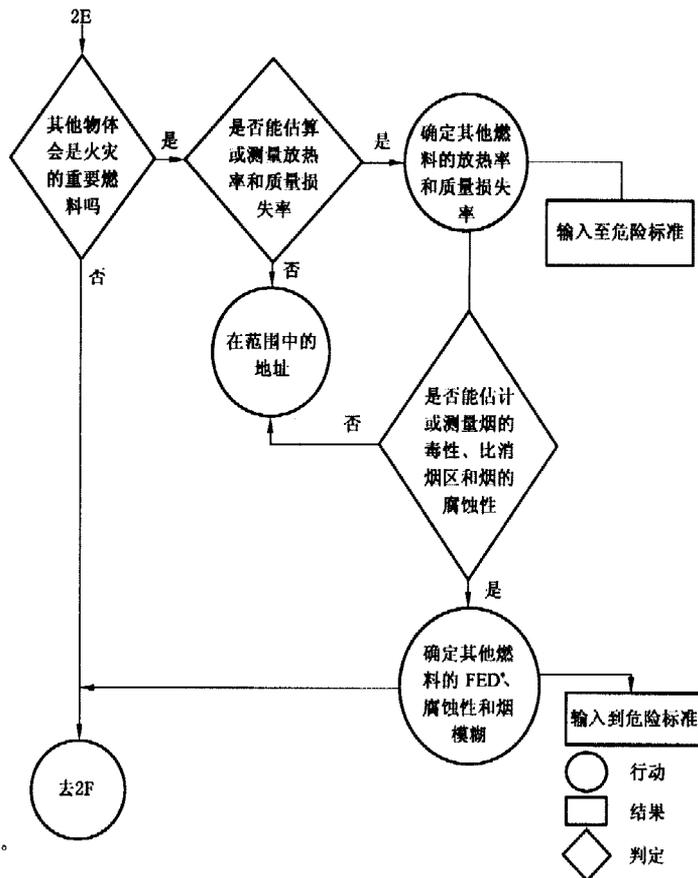
流程图 2B 火焰/火蔓延或/和放热



流程图 2C 火的起源

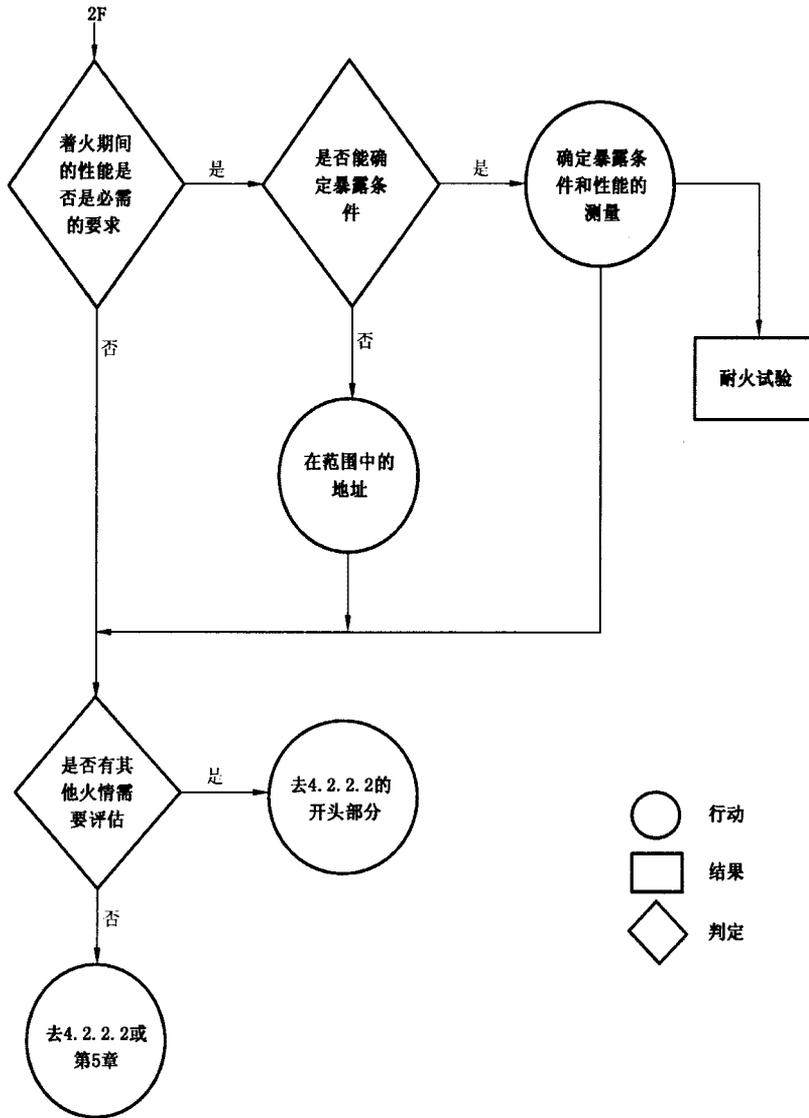


流程图 2D 烟和其他燃烧产物的评定



\* 微量有效剂量。

流程图 2E 易燃的其他非电工电子产品(供选择的)



流程图 2F 实用性能

## 附录 B

(资料性附录)

### 硬塑料导管的使用——着火危险评定

#### B.1 概述

硬塑料导管(RPC)是全世界都在公共建筑物中使用的电工产品。用于制造 RPC 的材料要具有良好的阻燃性和极小的火蔓延性,因此,与其说这类材料有助于起火倒不如说更有可能是火灾的受害者。

RPC 可能是一种热源、烟源和毒气源。本标准所描述的着火危险评定技术提供了一种用数量表示此类电工产品对全面着火危险的增大所起的促成作用的方法。

本附录是本标准所描述的着火危险评定技术应用于硬塑料导管(RPC)假想设施的说明性举例,它定量地说明在将这类塑料导管暴露在可能出现着火条件的内部走廊和凹室内时它们所起的作用。精确的房间着火模型用于预测 RPC 可能遇到的热状态。然后,就可以利用这些热状态和已公布的 RPC 的燃烧特性及建筑物内的其他物体估计它们在整个火灾危险中起着什么作用。

#### B.2 定义

有关硬塑料导管和导管内布线的定义见 IEC 60614-2-2[1]\*。

可用于本标准的其他定义可在第 3 章和 GB/T 5169.1—1997 中找到。

本附录同时使用下述定义:

##### B.2.1

**暴露着火 exposure fire**

由导管暴露于其中的热状态引起的着火(也称源着火)

##### B.2.2

**燃料 fuels**

被燃烧的任何产品或材料。

#### B.3 本评定所涉及的产品

本附录所评价的产品符合 IEC 60614-2-2 的要求,但外径仅为 25 mm。

#### B.4 使用情况

##### B.4.1 导管和布线

电路的数目,因而也是 RPC 的数目因建筑物和设施的不同而不同。

##### B.4.1.1 导管的位置和数量

本示例在一典型的建筑物平面图上使用单管 RPC。其示意图见图 B.1。图中,顺走廊布有一条 25 mm 的导管,支管从走廊进入每个房间。导管中装有一组有代表性的线路。在 30 m 长的走廊中导管和连接件的重量等于 21 kg,结果将会使危险增大。为了使这些结果得以在任何给定的设施中使用,必须将该结果相应地按比例增大。

在本分析中不考虑走廊两旁房间内的导管,因为该导管必须穿过防火墙离开走廊。反之,同样适用:在一个房间内开始的火灾必须穿过隔火墙或防火门才能进入走廊。

---

\* 方括号中的数字指参考文献编号。

### B.4.1.2 导管内的布线

对本说明性示例来说,由于塑料导管内的布线在该导管在事实上被烧完前一直受到保护,未受这场火灾的热作用(这在所考虑的那个阶段之后才出现),因而没有详细考虑布线的各种效应。

### B.4.2 建筑物的结构

本分析仅限于用不可燃材料建造的建筑物。该建筑物的墙和天花板的热性能对这场火灾的各种效应有重要影响。最常见的建筑结构是混凝土或砖石结构,但也采用石膏灰泥板结构,因而对这两种结构都要进行计算。一种典型的情况是在走廊的天花板以下采用灰泥板隔板,但在该走廊的上部采用能大量吸热的砖石、水泥或类似材料的面层。在此类情况下,火势大致就会是全水泥/砖石走廊和全灰泥板走廊之间呈现的火势。

### B.5 火情

为了将 RPC 暴露在一场发展中的火灾中,现将选作原型火情的各种条件汇总在表 B.1 中。一般来说,当一个小型引燃源如一支被丢弃的香烟或一处有缺陷的电气连接引燃大量的燃料源时,火灾就开始了。在这种情况下,选暴露着火代表家具燃烧(参见图 B.1)。当家具起火(暴露着火)迅速变大达到峰值 3.0 MW,发热的燃烧产物就充满了有凹室的走廊的上部。此时全部导管均暴露于高温层中,火附近的物体还暴露在火焰辐照之下。将导管的燃烧生成物和暴露着火的燃烧生成物混合并评定其特性。

表 B.1 火情信息概要

分 隔 间	
现场	室内走廊和内部凹室
尺寸	走廊:30.1 m×2.4 m×3.0 m;凹室:4.3 m×4.3 m×3.0 m
墙体	混凝土砌块
墙厚	100 mm
	石膏灰泥板
	16 mm
暴露着火(家具)——火源	
位置	走廊中部的凹室内
强度断面图	300 kW——100 s 时 3.0 MW——200 s 时 3.0 MW——275 s 时
	300 kW——450 s 时 100 kW——1 200 s 时
燃料的性质	软垫 质量:42 kg 有效燃烧热:20 MJ/kg 烟的毒效:27 mg/L 比消烟面积:580 m <sup>2</sup> /kg
导管*——火灾受害者	
长度	45.5 m
直径	外径 25 mm
燃料特性	未填充的热塑性塑料 质量:21.3 kg(包括连接器和接线盒的质量 2.2 kg) 有效燃烧热:16 MJ/kg 烟的毒效:28 mg/L 比消烟面积:690 m <sup>2</sup> /kg
* 不包括导线的特性(参见 B.4.1.2)。	

## B.6 相关的着火状态

### B.6.1 概述

暴露着火几乎提供了全部热能。因此可以根据暴露着火的热释放剖面图和走廊的热特性建立的着火模型估计火灾上部高温层的空间平均热状态(温度和热通量)。当把该导管暴露在走廊的热状态时就可根据该模型估计的热通量,结合导管分解率的实验室测量结果(是所施加热通量的函数)求得该导管的分解率(质量损失率)。一旦知道该导管和其他燃烧物体的质量损失率,就能评定其对燃烧产物的相对影响(不考虑该导管中导线的作用)。

### B.6.2 建立暴露着火模型

为了根据暴露着火估算走廊的着火状态,采用了以计算机为基础的消防法规 HARVARD V[8]的修订版。该模型是用于模拟发展中的室内火灾的许多类似 V[8]方法之一,称为“区域模型”。这种模型把火灾分成了三种独立的均质层:即火舌卷流;上升的上部高温层和温度较低的下层。哈佛法规用于计算投射到标板上的辐射通量,标板则设置在上层的墙壁上。为了考虑火焰辐射对靠近火的导管的作用,将该导管分成等长的 15 段(每段约长 2 m)计算火焰投射到每段中心的热辐射量,然后将该值加到上层该导管接受的热通量中。近火的导管,即距火在 2 m 内的导管,受到显著的火焰辐射。剩余部分则几乎只受到上托架的辐射。进行两种计算:一种是墙面为 16 mm 厚的灰泥板的走廊;一种是 100 mm 厚的水泥砌块。由于是暴露着火,在图 B.2 和图 B.3 中上层的平均温度表示为时间的函数。就上层的平均温度和与导管有关的辐射热负荷两个参数来说,灰泥板衬都大大地高于混凝土砌块(见图 B.4 和图 B.5)。

### B.6.3 预估导管的质量损失

图 B.6 和图 B.7 表示在墙面分别是混凝土和灰泥板的走廊火灾中,导管和家具的比较质量损失率。利用达到该导管的热流量(如图 B.4 和图 B.5 所示)与导管的质量损失率数据,绘制在图 B.6 和图 B.7 的质量损失率曲线。靠近暴露着火的导管在这种着火的过程中完全分解,而质量损失率则随燃烧的进程稍微下降。

正如观察图 B.6 和图 B.7 所示,在所研究的整个时间间隔内,该导管将继续损失质量。仅在烧光一段时,质量损失率才下降,只在该导管全部烧光时,质量损失率才回到零。事实上,一旦家具烧光,走廊上层的热通量就会下降,随着施加的热通量减少,导管肯定就会停止燃烧,最终结果就是图 B.6 和图 B.7 中,导管的质量损失率被夸大了,尤其是在支持其分解的由外部施加的辐射热通量几乎被中止大约 800 s 之后。

## B.7 结果

### B.7.1 判断危险的准则:比较危险

前面所分析的 RPC 能被点燃,但是,为了在一旦被点燃后维持燃烧,一般需要由另外的热源如暴露着火提供热量。由于这个缘故,本分析认为,只是在暴露着火还在燃烧时, RPC 才在燃烧。这样, RPC 就不是产生着火危险的唯一因素。事实上,既然不论导管是否存在暴露着火都具有相同的发生概率,既然只在存在暴露着火的情况下导管才起火。所以,最简单的方法就是把因暴露着火加 RPC 引起的着火危险和仅由暴露着火引起的着火危险加以比较。

这种方法用于代替一种更繁琐更费力的方法,那种方法不但要估计整个布线系统,即导线加导管引起的中毒危险,还要考虑布线自身的各种反应,而危险比较法则是将使用塑料导管时布线系统和暴露着火总效应和采用其他导管如金属导管时布线系统和暴露着火的总效应加以的比较。

这种方法与上述较简单的比较方法之间的原则差别是要明确考虑布线的效应。在两种情况下这些效应是可比的,但在任何情况下,尤其在着火的初期阶段,布线的这些效应不是重要的。如果使用的是塑料导管,则布线被有效地与着火的热效应隔开,直到保护它的导管被火吞没;在导管被烧毁时或在导管被烧毁的场合,暴露的导线接着开始对燃烧产物的产生起作用,虽然金属导管完好无损,但它不能有效

地保护布线免受火灾的热效应,不使导线的绝缘发生分解。因而,在两种情况下预料布线本身都能加速产生燃烧产物,只不过要滞后相当时间。就塑料导管来说,这种滞后是由于烧穿导管并使导线暴露都需要时间。就金属导管来说,通过导管壁传导足够的热量使导线绝缘开始分解也需要时间。

### B.7.2 评定 RPC 对热危险的增强作用

导管在被引燃前根本不会助长由热造成的危险。这种热危险大约发生在 250 s 时。(参见图 B.6 和图 B.7)。到这时,燃烧产物上层的温度超过 300 C(参见 B.2 和 B.3),甚至充满了房间及其走廊。这一温度将立即置暴露的受害者于死地。

RPC 在 300 s 时的放热速率为 100 kW、150 kW,是总燃烧强度的 3%~5%,由这一小差额所产生的温差大约是 3 C,对热环境的严酷度实际不产生任何影响。

### B.7.3 评定 RPC 对烟危险的增强作用

烟的光散射和光衰减特性降低了烟的能见度。下面给出近似的关系式:

$$D(t) \approx \frac{3V}{M_i(t)\sigma_i + M_c(t)\sigma_c}$$

式中:

$D(t)$ ——在时间  $t$  时见到反射光的近似距离, m;

$V$ ——走廊和凹室的容积,  $m^3$ ;

$M_i(t)$ ——在时间  $t$  时已损失的家具的质量, kg;

$M_c(t)$ ——在时间  $t$  时损失的导管的质量, kg;

$\sigma_i$ ——家具生成的烟的比消烟面积,  $m^2/kg$ ;

$\sigma_c$ ——导管生成的烟的比消烟面积,  $m^2/kg$ 。

$M_i(t)$  和  $M_c(t)$  的值可对图 B.6 或图 B.7 的曲线由零到所希望的任意时刻  $t$  求积分得到。比消烟面积取自表 1。

计算在 250 s 时即在 RPC 刚开始冒烟之处一个着火点的  $D(t)$  值是有用的。这样得出的结果是 0.09 m。视力救援逃生要求的能见度的数量级大约是几米。这样,对于逃生来说,在 RPC 被点燃前,仅燃烧中的家具冒出的烟实际上已阻挡视线,凭视力直接逃生已经不可能。无论是 RPC 还是家具后来冒出的烟对已达不可接受的高水平的烟模糊所造成的危险的影响已微不足道。

### B.7.4 评定 RPC 对中毒危险的增强作用

为了确定在带凹室的走廊中燃烧产物的总效应,假定走廊和凹室的总容积为 270  $m^3$ ,并采用 IEC 60695-7-3[2]的 5.2.2 所规定的 FED 法(分数有效剂量法)。

总 FED 概括了各种燃烧物品在评定总毒性条件时所起的作用。

总 FED = 家具所起的作用 + 导管所起的作用:

$$\text{总 FED} = \frac{\int_0^t M_i \cdot dt}{V \cdot CtL50_i} + \frac{\int_0^t M_c \cdot dt}{V \cdot CtL50_c}$$

式中:

总 FED——在时间  $t$  时能感受到的烟致命剂量的组分。

$V$ ——走廊和凹室的容积。

$M_i$ 、 $M_c$ ——分别是到时间  $t$  时家具损失(燃烧)的质量和导管损失的质量。

$CtL50_i$ 、 $CtL50_c$ ——分别为家具和导管产生的利用毒效试验测量法测得的烟的致命剂量。

$M_i$  和  $M_c$  是对图 B.6 和图 B.7 的家具和导管的质量损失率曲线求积分求得。毒效值用 NBS 的毒性试验[7]求得。图 B.8 和图 B.9 表明,毒性剂量 FED 的增长对混凝土和石膏灰泥板墙结构来说是时间的函数。在这两种情况下,中毒剂量都达到一个统一值,即意味着在约 600 s 时暴露的生命死亡。

表 B.2 列出了出现妨碍逃生条件的的时间,即燃烧产物达到致命温度或发出致命毒性的时间。还给

出了烟完全变成不透明体从而妨碍直接凭视力逃生的时间。为了避免死于高热,居住者必须要在起火后的 190 s~220 s 内离开该走廊。事实上,可以认为,为了避免被浓烟包围,宜在 150 s 内完全撤离。

表 B.2 建筑物走廊中出现高危情况的时间

危 险	石膏灰泥墙/s	混凝土墙/s
致命的温度 <sup>1)</sup>	190	220
致命的毒性 <sup>2)</sup>	600	600
烟的能见度为零 <sup>3)</sup>	150	150
1) 上层 $\geq 1$ m 深, $\geq 300$ C。 2) $FED=1.0$ 。 3) 上层 $\geq 1$ m 深,能见度 $\leq 1.0$ m。		

从图 B.5 和图 B.6 可以看出,当在 600 s 达到致命的  $FED$  时(即: $FED$  等于 1 时),导管所起的作用仍然非常小。在 1 200 s 即 20 min 以后,导管对中毒危险所起的作用,对混凝土墙来说约为 7%,对石膏灰泥墙来说大约为 23%。因而,在整个研究阶段,导管在中毒危险中所起的作用很小,只有在暴露的生命吸收燃烧中的家具放出的燃烧产物达致命剂量之后,甚至在热状态达到了致命程度之后,才真正变得相当重要。

## B.8 试验结果的分析

### B.8.1 显著性和精密度

尽管上面所说的走廊火情有许多可能的巨大变化,本章仍将试图表明:只要合理选择前提就可能产生类似于所说的变化或产生相当于本文所提出的其中一些危险迹象。首先值得注意的一种变化是,火灾在比假设的 30 m 走廊更小的空间内发生。在这种情况下,走廊上层的温度较高,致使导管更迅速地分解。同时,燃烧着的家具发出的烟将更浓,死亡甚至比在本方案中要求的 10 min 早发生。在所讨论的走廊中,温度在起燃后大约经 200 s 即 3.5 min 达到致命的水平 300 C。温升越快(在较小的隔间内会出现)热死得更早。毒性也一样。因而,难以理解小房间怎么会在实质上改变完全暴露在这场火灾中的那些不幸的人们的死因。

如果火灾起始于走廊墙边的一个房间,而不是在走廊,则可使用同样的论据。在这种情况下,可能发生轰燃,但在该房间中附加的导管量(约 1.3 m)可忽略不计。走廊中的导管将暴露在由房间流出的高温气体中,相当于进行分解。到该房间的门道将把火灾的大小限制在与在走廊中自由燃烧家具差不多相同的规模[5],因此,走廊的热状态不会与本试验预测的热状态显著不同。显然,在室内增加的燃料负荷将使这场火灾持续的时间长于在走廊单件家具而形成的火灾,但这场火灾的毒性作用将差多了,这是因为在整个火灾持续期间,尽管室内燃料还在产生毒性物质,但维持了仅约 500 s。可以认为,导管实际上常常被墙或天花板的面层保护着。这类情况已经被文献[4]研究过,并发现防护物体延迟了导管的卷入,直到室内火灾完全吞噬该房间为止。

这里应用的技术是目前为文件资料完全证明了的,但着火危险的评估仍是一个比较新的领域,最终试验结果和所采用试验方法一样不成熟。不存在公认的测定毒效的正确方法,不同的方法常常给出不同的结果。在本例中采用 NBS 的烟毒性试验数据,但同一技术问题也可采用用其他试验得出的毒效数据。当使用由不同试验[3],[4]得出的  $CtL50$  数据重复制作图 B.8 和图 B.9 的同一工作时,预估的致命时间是 500 s,而不是利用原始数据得出的 600 s。另外,这是在导管陷入火灾之前得出的。鉴于在任何毒效试验中存在着重大的不确定因素,因而要观察到(尤其在火灾中)有重要意义的差别,可能性似乎不大。

进行本分析时似乎不存在各种现代消防安全设备,因而出现了比真实情况可能更严酷的环境,尤其是这种分析是在下列假设下进行的(其中有许多假设与通常的实际情况相反):

- 没有任何自动喷水灭火装置或其他灭火装置在早期阶段阻止火灾发展。
- 没有任何探测装置确保在早期预报火警。
- 没有对放热率或作为建筑物一部分使用的各种产品的燃料负载予以任何限制。
- 假定 RPC 被安装在直接暴露在火中的地方。但事实是它常被安装在石膏灰泥板墙或某些类似隔板的后面。

### B.9 结论

在把本标准的方法应用于 RPC 时,得出下列结论:

- a) 一场猛烈的火灾必然会涉及相当数量导管;
- b) 在所研究的情况下,如果任何人毫无防护地暴露在这场火灾的作用之下,则在导管本身被卷入之前,暴露着火就足以致人于死地;
- c) 即使在暴露着火熄灭之后导管不停止燃烧,但它产生的对人有害的物质却仅仅是总毒量中很小的一部分。

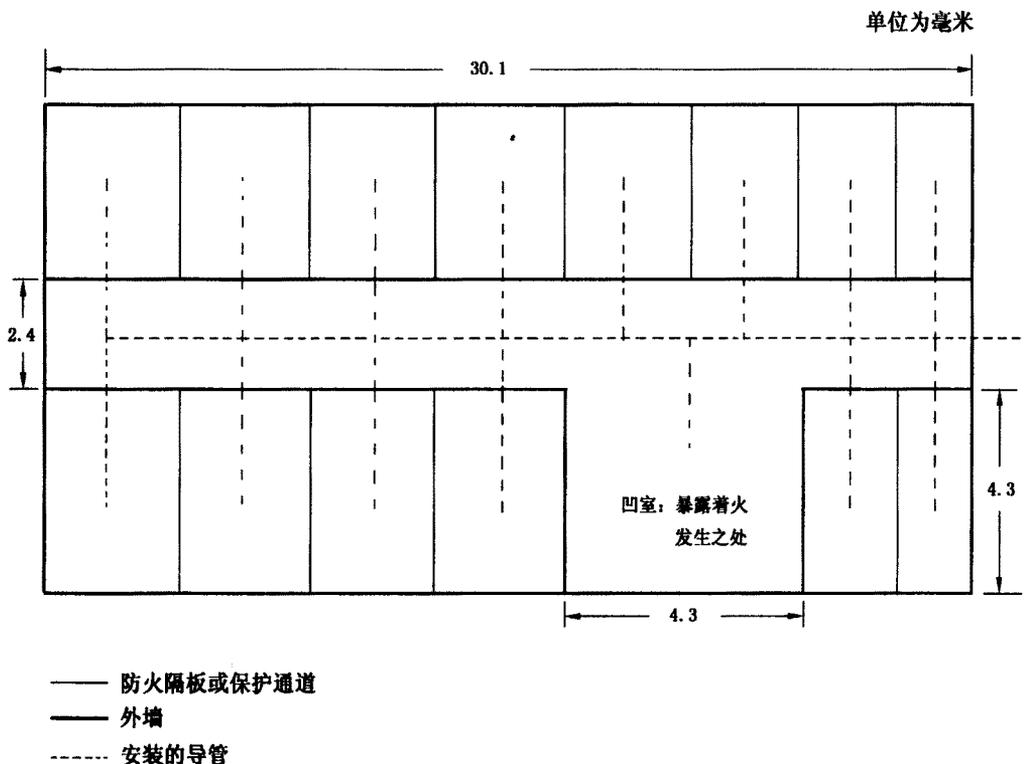


图 B.1 导管铺设简图

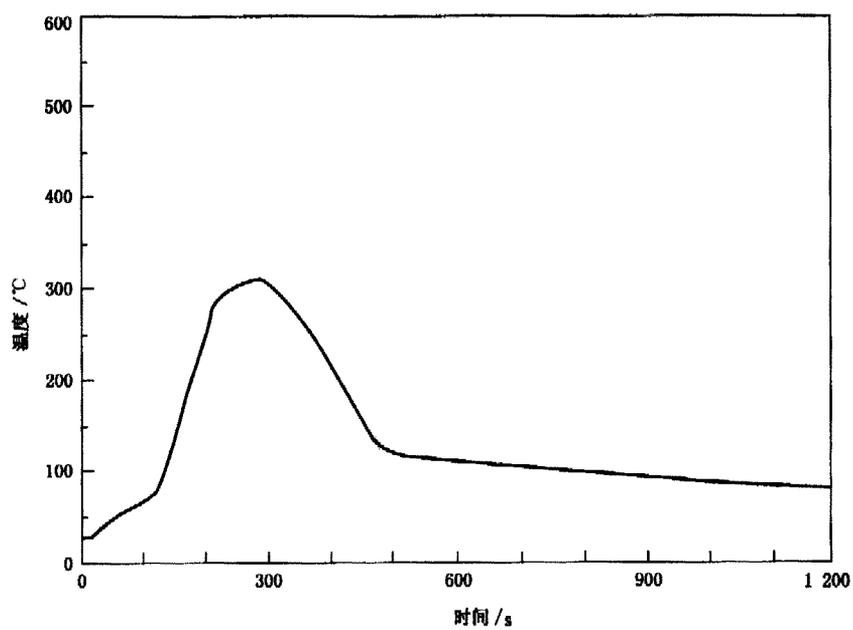


图 B.2 走廊上层温度(混凝土墙)

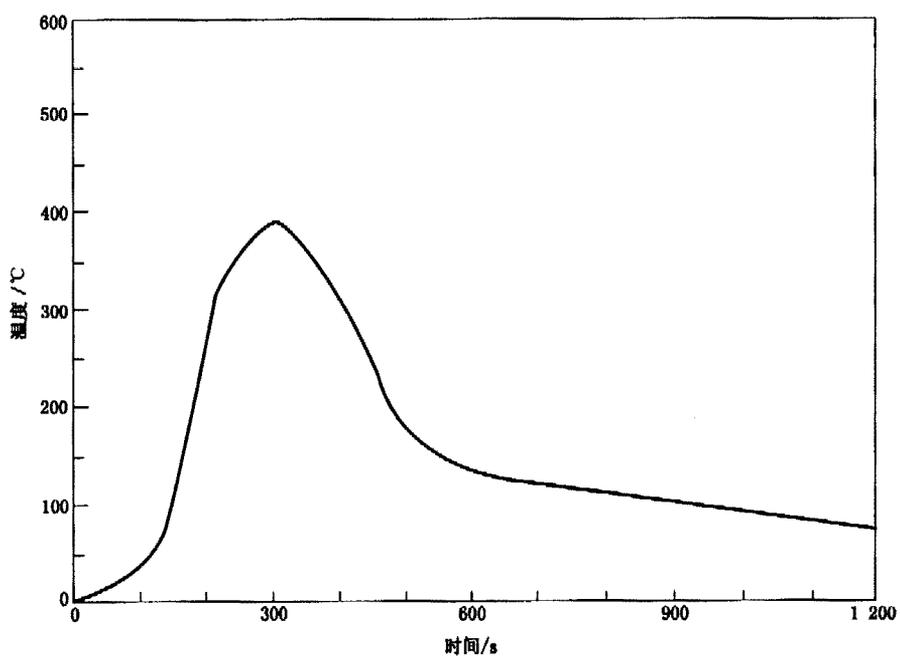


图 B.3 走廊上层的温度(石膏灰泥板)

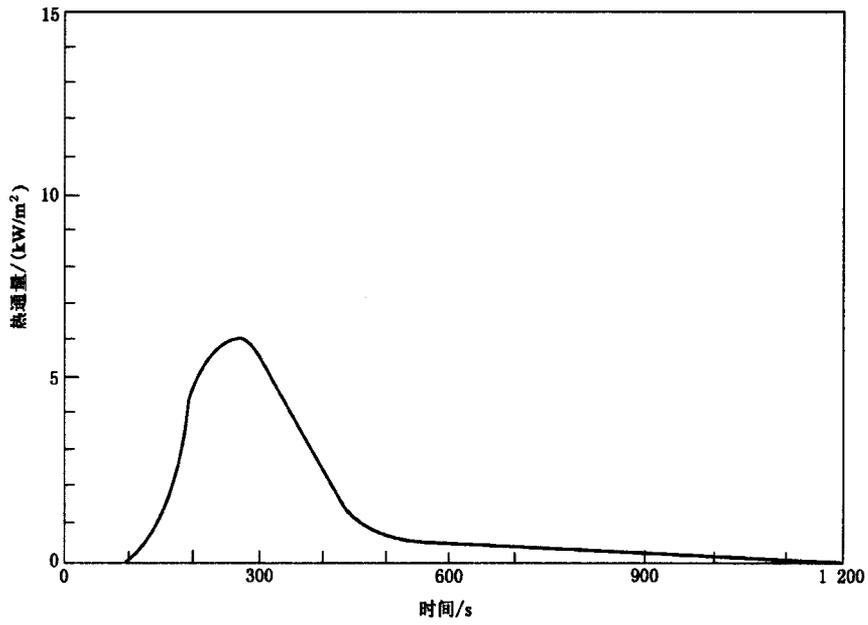


图 B.4 在离导管 2 m 处测得的热通量(混凝土墙)

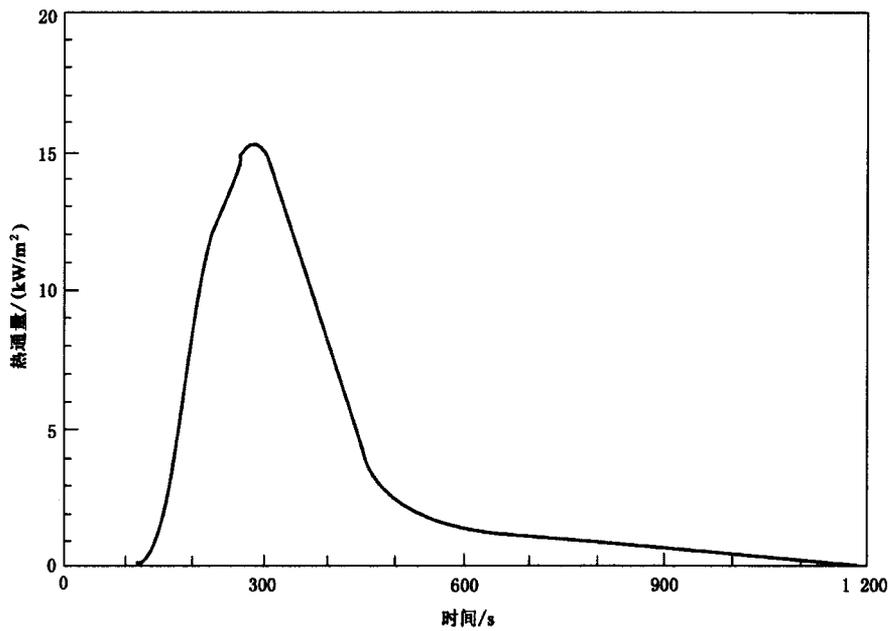


图 B.5 在离导管 2 m 处测得的热通量(石膏灰泥板)

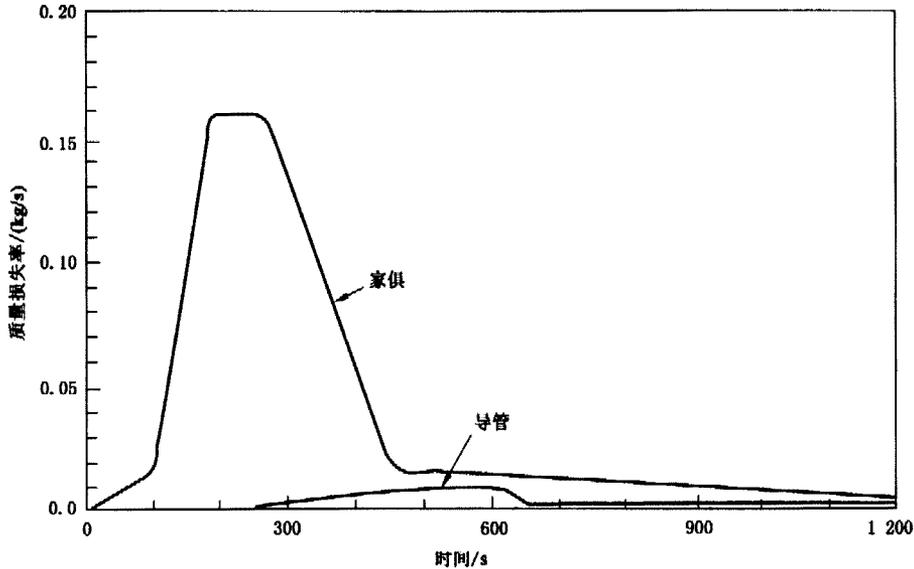


图 B.6 家具和导管的比较质量损失率(混凝土墙)

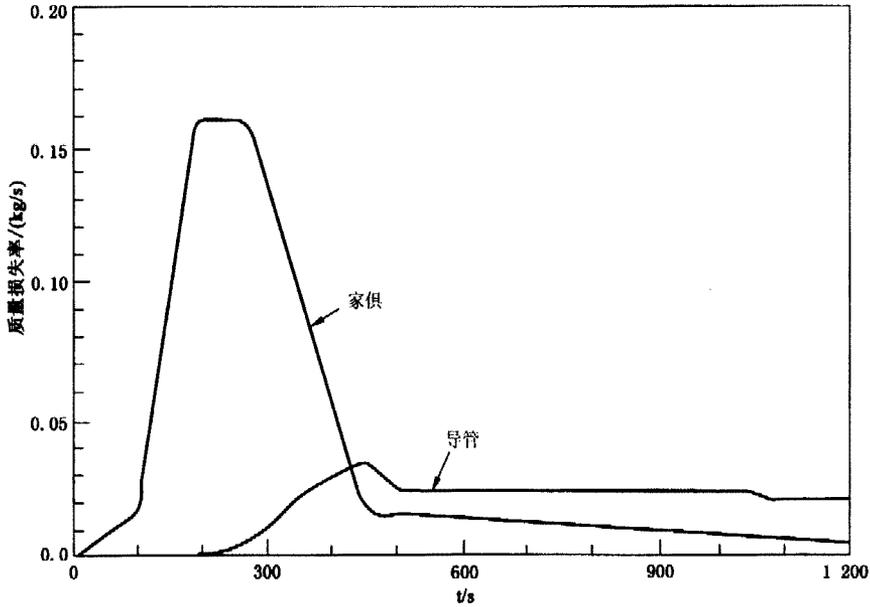


图 B.7 家具和导管的比较质量损失率(石膏灰泥板)

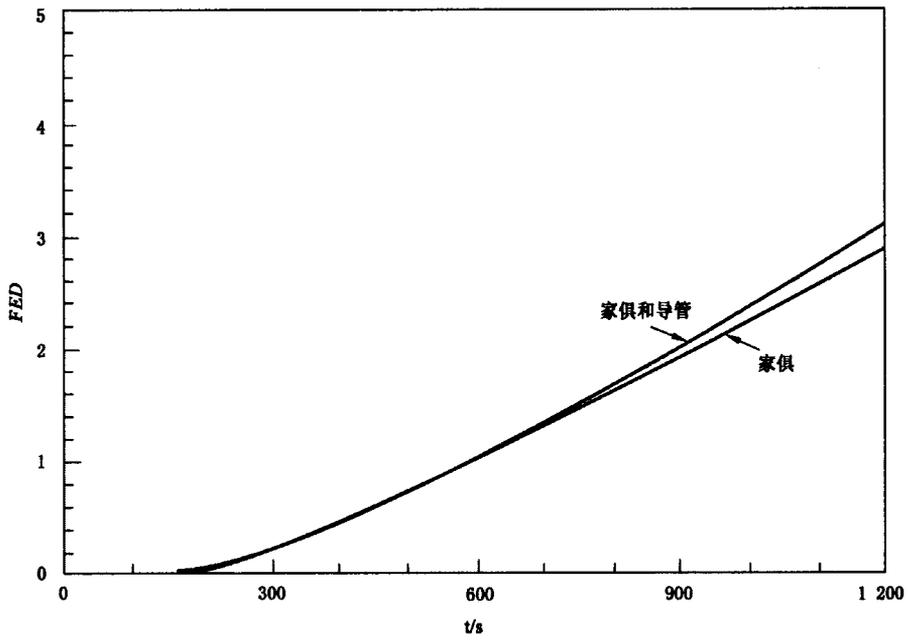


图 B.8 相对毒性因导管暴露而增强(混凝土墙)

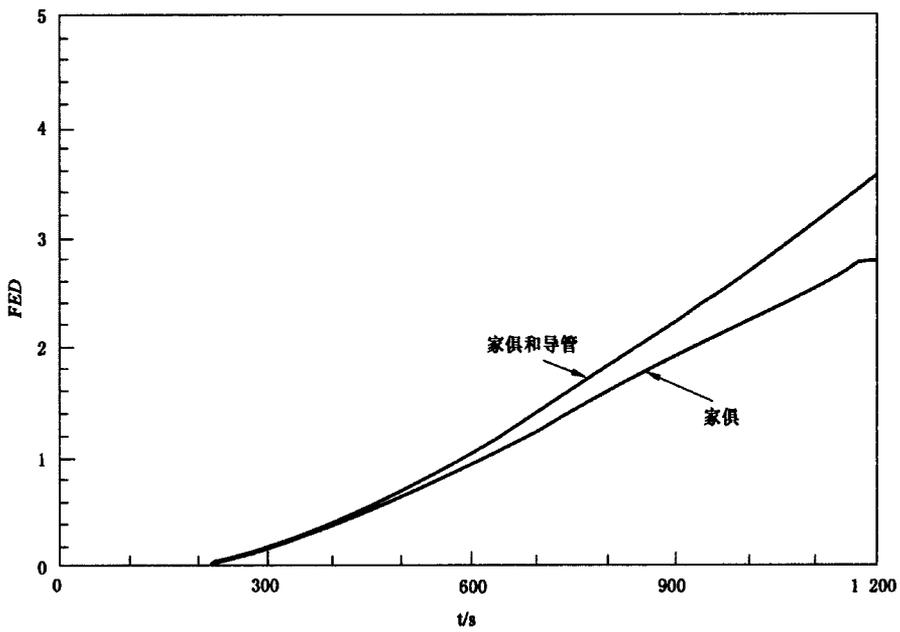


图 B.9 相对毒性因导管暴露而增强(石膏灰泥板)

参 考 文 献

- [1] IEC 60614-2-2:1980, Specification for conduits for electrical installations—Part 2-2: Particular specification for rigid plain conduits of insulating materials
- [2] IEC 60695-7-3:1998, Fire hazard testing—Part 7-3: Toxicity of fire effluent—Use and interpreting of test results
- [3] Alarie, Y., and Anderson, R., American industrial Hygiene Assn. journal, V. 40PP. 408ff
- [4] Alexeeff, G. V., and Packham, S. C., Evaluation of Smoke Toxicity, Using Concentration Time Products, journal of Fire Sciences, 2, (5)PP. 362-379 USA (1984)
- [5] Babrauskas, V., Fire Technology, V. 16, PP. 94-112 USA (1980)
- [6] Benjamin, I., journal of Fire Sciences, V. 5, PP. 25-49 USA (1987)
- [7] Levin, B., et al, National Bureau of Standards, NBSIR 82-2532 USA (June 1982); Paabo, M., and Levin, B., National Bureau of standards, NBSIR 85-3224 USA (1985)
- [8] Miter, H., Documentation of CFC-V (the Harvard Fire Code), National Bureau of Standards, NBS-GCR-81-344 USA (1987)
- [9] Mulholland, G. W., Smoke production and properties, The SFPE Handbook of Fire protection Association, Quincy, Massachusetts, USA, (1995)
-