



中华人民共和国国家标准

GB/T 5169.45—2019/IEC 60695-1-12:2015

电工电子产品着火危险试验 第 45 部分：着火危险评定导则 防火安全工程

**Fire hazard testing for electric and electronic products—Part 45: Guidance for
assessing the fire hazard—Fire safety engineering**

(IEC 60695-1-12:2015, Fire hazard testing—Part 1-12: Guidance for
assessing the fire hazard of electrotechnical products—Fire safety
engineering, IDT)

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局
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	2
4 防火安全工程流程	7
4.1 概述	7
4.2 防火安全工程的计算	7
4.3 方法的有效性	8
5 防火安全工程的益处	8
6 目标、要求和性能	9
6.1 防火安全工程的目标	9
6.2 功能方面的要求	10
6.3 性能标准	10
7 火情设计和着火设计	10
7.1 火情设计	10
7.2 着火设计	11
8 防火安全工程的数据	11
9 电工电子产品的试验	12
9.1 概述	12
9.2 火灾试验评估的条件	12
9.3 电工电子产品的评估	13
9.4 试验的选择和/或开发	14
附录 A (资料性附录) 火灾风险的概率评估	15
参考文献	19

前 言

GB/T 5169《电工电子产品着火危险试验》分为以下部分：

- 第 1 部分：着火试验术语；
- 第 2 部分：着火危险评定导则 总则；
- 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；
- 第 9 部分：着火危险评定导则 预选试验程序 总则；
- 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；
- 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(GWEPT)；
- 第 12 部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性指数(GWFI)试验方法；
- 第 13 部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝起燃温度(GWIT)试验方法；
- 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；
- 第 15 部分：试验火焰 500 W 火焰 装置和确认试验方法；
- 第 16 部分：试验火焰 50 W 水平与垂直火焰试验方法；
- 第 17 部分：试验火焰 500 W 火焰试验方法；
- 第 18 部分：燃烧流的毒性 总则；
- 第 19 部分：非正常热 模压应力释放变形试验；
- 第 20 部分：火焰表面蔓延 试验方法概要和相关性；
- 第 21 部分：非正常热 球压试验方法；
- 第 22 部分：试验火焰 50 W 火焰 装置和确认试验方法；
- 第 23 部分：试验火焰 管形聚合材料 500 W 垂直火焰试验方法；
- 第 24 部分：着火危险评定导则 绝缘液体；
- 第 25 部分：烟模糊 总则；
- 第 26 部分：烟模糊 试验方法概要和相关性；
- 第 29 部分：热释放 总则；
- 第 30 部分：热释放 试验方法概要和相关性；
- 第 31 部分：火焰表面蔓延 总则；
- 第 32 部分：热释放 绝缘液体的热释放；
- 第 33 部分：着火危险评定导则 起燃性 总则；
- 第 34 部分：着火危险评定导则 起燃性 试验方法概要和相关性；
- 第 35 部分：燃烧流的腐蚀危害 总则；
- 第 36 部分：燃烧流的腐蚀危害 试验方法概要和相关性；
- 第 38 部分：燃烧流的毒性 试验方法概要和相关性；
- 第 39 部分：燃烧流的毒性 试验结果的使用和说明；
- 第 40 部分：燃烧流的毒性 毒效评定 装置和试验方法；
- 第 41 部分：燃烧流的毒性 毒效评定 试验结果的计算和说明；
- 第 42 部分：试验火焰 确认试验 导则；
- 第 44 部分：着火危险评定导则 着火危险评定；
- 第 45 部分：着火危险评定导则 防火安全工程。

本部分为 GB/T 5169 的第 45 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用 IEC 60695-1-12:2015《着火危险试验 第 1-12 部分:电工产品着火危险评定导则 防火安全工程》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 5169.2—2013 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 60695-1-10:2009, IDT)
- GB/T 5169.44—2013 电工电子产品着火危险试验 第 44 部分:着火危险评定导则 着火危险评定 (IEC 60695-1-11:2010, IDT)
- GB/T 5169.1—2015 电工电子产品着火危险试验 第 1 部分:着火试验术语 (IEC 60695-4:2012, IDT)
- GB/T 31593.4—2015 消防安全工程 第 4 部分:设定火灾场景和设定火灾的选择 (ISO/TS 16733:2006, MOD)
- GB/T 31593.9—2015 消防安全工程 第 9 部分:人员疏散评估指南 (ISO/TR 16738:2009, MOD)
- GB/T 31592—2015 消防安全工程 总则 (ISO 23932:2009, MOD)
- GB/T 16499—2017 电工电子安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业共用安全出版物的应用导则 (IEC 指南 104:2010, NEQ)
- GB/T 20002.4—2015 标准中特定内容的起草 第 4 部分:标准中涉及安全的内容 (ISO/IEC 指南 51:2014, MOD)

本部分做了下列编辑性修改:

- 标准名称修改为《电工电子产品着火危险试验 第 45 部分:着火危险评定导则 防火安全工程》。

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着火危险试验标准化技术委员会 (SAC/TC 300) 归口。

本部分起草单位:中国电器科学研究院有限公司、深圳市检验检疫科学研究院、东莞市越铎电子科技有限公司、福建省新能海上风电研发中心有限公司、广东出入境检验检疫局检验检疫技术中心、威凯检测技术有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、跃华控股集团有限公司、中国电子技术标准化研究院、东莞出入境检验检疫局检验检疫综合技术中心、深圳出入境检验检疫局工业品检测技术中心。

本部分主要起草人:揭敢新、黄开云、赵兴方、李广斌、黄祥声、刘秀珍、武政、刘岩、张元钦、王朝圣、李玉祯、郑少锋、牛凤雷、罗时明、张颖、钟茗秋。

引 言

所有电工电子产品的设计都需考虑着火风险和潜在的着火危险。对元件、电路和零部件的设计以及材料的筛选目的在于,即使发生了可预见的异常使用、故障和失效,也能将潜在的着火风险降低到可以接受的水平。本部分与 GB/T 5169.2 和 GB/T 5169.44 一起为如何达到这一目的提供了指导。

首要目的是防止带电部件引发起燃,如果发生起燃,也要将着火限制在电工电子产品外壳内。

次要目的是将火焰蔓延至产品外的范围降到最低,以及将包括热、烟、毒性或腐蚀性的燃烧产物的有害影响降到最低。

涉及电工电子产品的火灾也可能因非电的外部引燃源引发。总体风险评估宜考虑这一因素。

防火安全工程是指通过分析特定火情或量化一组火情风险,将基于科学原理的工程方法来改进或评定建筑环境方面设计的一种应用,从而达到防火安全工程的目的。

本部分为产品委员会提供了防火安全工程方法和性能试验信息,技术内容涉及防火安全工程的原理和使用说明,防火安全工程在电工电子产品设计方面的使用导则,防火安全工程的术语和定义,防火安全工程评定所需的性能、数据和试验指引等。

电工电子产品着火危险试验

第 45 部分：着火危险评定导则

防火安全工程

1 范围

GB/T 5169 的本部分旨在为产品委员会提供一个通用指南,涉及内容包括:

- 防火安全工程的原理和使用说明;
- 防火安全工程在电工电子产品设计方面的使用导则;
- 防火安全工程的术语和概念;
- 防火安全工程评估所需的性能、数据和试验指引;
- 参考文献。

本部分并不作为详细的技术设计指南,而是旨在为产品委员会提供有关防火安全工程方法和基于性能的试验信息的指导,以用于基于性能的设计和电工材料、部件、成品和系统的着火危险评定。更多关于防火安全工程的信息参见 ISO/TR 13387 系列标准(见第 2 章及参考文献[1-6])和 ISO 23932。

注:关于 FSE 进一步的说明在 ISO 16730^[7]、ISO/TS 16732^[8]、ISO/TS 16733、ISO 16734^[9]、ISO 16735^[10]、ISO 16736^[11]、ISO 16737^[12]和 ISO/TR 16738 中有阐述。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

IEC 60695-1-10 着火危险试验 第 1-10 部分:电工产品着火危险评定导则 总则(Fire hazard testing—Part 1-10:Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products—General guidelines)

IEC 60695-1-11 着火危险试验 第 1-11 部分:电工产品着火危险评定导则 着火危险评定(Fire hazard testing—Part 1-11:Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products—Fire hazard assessment)

IEC 60695-4 着火危险试验 第 4 部分:与电工产品着火试验相关的术语(Fire hazard testing—Part 4:Terminology concerning fire tests for electrotechnical products)

ISO/TR 13387-2 消防安全工程 第 2 部分:设定火灾场景和设定火灾(Fire safety engineering—Part 2:Design fire scenarios and design fires)

ISO/TR 13387-8 消防安全工程 第 8 部分:生命安全 居住者的行为、位置和条件(Fire safety engineering—Part 8:Life safety—Occupant behaviour,location and condition)

ISO 13943:2008 消防安全 词汇(Fire safety—Vocabulary)

ISO/TS 16733 消防安全工程 设定火灾场景和设定火灾的选择(Fire safety engineering—Selection of design scenarios and design fires)

ISO/TR 16738 消防安全工程 人员疏散评估方法的技术信息(Fire safety engineering—Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people)

ISO/TR 17252:2008 火灾试验 火灾试验反应在火灾建模和防火安全工程中的适用性(Fire

tests—Applicability of reaction to fire tests to fire modelling and fire safety engineering)

ISO 23932:2009 消防安全工程 总则(Fire safety engineering—General principles)

IEC 指南 104 安全出版物的编写及基础安全出版物和多专业公用安全出版物的应用导则(The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications)

ISO/IEC 指南 51 安全方面 标准中涉及安全内容的导则(Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards)

3 术语和定义

ISO 13943:2008 和 IEC 60695-4:2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了 ISO 13943:2008 和 IEC 60695-4:2012 中的一些术语和定义。

3.1

吸收率 absorptivity

投射到物体表面被吸收的辐射与投射到物体表面的总辐射之比。

注:吸收率是无单位的。

3.2

主动防火措施 active fire protection

探测到着火后,所采取的用以减少或阻止火势蔓延和影响的措施。

注:案例包括将试剂(如哈龙气体或喷雾水)施加到火上或通风控制。

3.3

可用安全逃生时间 available safe escape time;ASET

对于一个室内人员而言,其可用逃生时间为起燃时间点至估计室内人员已无能力逃生时间点之间的时间间隔,室内人员无能力逃生即指其不能采取有效逃生行为而到达安全避难所或其他安全的地方。

另参见所需安全逃生时间(3.40)

注1:起燃时间可为已知的,例如在某些着火模型或着火试验中;该时间亦可被假设,例如它可能是基于从检测时间开始的估算。基本上,起燃时间的测定都是被规定的。

注2:该定义将无能力等同于逃生失败。其他的 ASET 衡量标准也可用。如果选择其他替代标准,有必要进行说明。

注3:每个室内人员可能有不同的 ASET 值,这取决于室内人员的个人特征。

[ISO 13943:2008,定义 4.20]

3.4

建筑环境 built environment

建筑物或其他构造。

示例:(1)海上平台;(2)土木工程建筑(如:隧道、桥梁和矿井);(3)交通工具(如:汽车和船舶)。

注:ISO 6707-1^[13]包含大量与建筑环境相关的术语和定义。

[ISO 13943:2008,定义 4.26]

3.5

抗压强度 compressive strength

材料在破裂时承受的最大轴向压缩应力。

3.6

密度 density

单位体积质量。

3.7

着火设计 design fire

在设计火情中对假定着火特征的定量描述。

注：它通常是对重要火灾变量(如放热速率、火焰蔓延速率、烟气排放速率、有毒气体产量和温度)随时间变化的一种理想描述。

[ISO 13943:2008,定义 4.64]

3.8

火情设计 design fire scenario

在特定的火灾场景下进行确定性防火安全工程分析。

[ISO 13943:2008,定义 4.65]

3.9

辐射率 emissivity

辐射源发出的辐射能量与在相同温度下黑体辐射源发出的辐射能量的比值。

注：辐射率是无单位的。

[ISO 13943:2008,定义 4.75]

3.10

周围环境 environment

当暴露于火灾中时,可能对事物或人造成影响的条件和周围情况。

[ISO 13943:2008,定义 4.80]

3.11

逃生 escape

能达避难所或安全场所而采取的有效行为。

[ISO 13943:2008,定义 4.82]

3.12

火势衰减 fire decay

火灾发展到最大程度之后,热释放速率和温度都在逐渐下降的时间阶段。

[ISO 13943:2008,定义 4.104]

3.13

燃烧流 fire effluent

在着火情况下,由燃烧或热解产生的所有气体和气溶胶,包括悬浮颗粒。

[ISO 13943:2008,定义 4.105]

3.14

火势的发展 fire growth

热释放速率和温度增加的着火发展阶段。

[ISO 13943:2008,定义 4.111]

3.15

着火危险 fire hazard

由着火引起的不期望的潜在性物质或条件。

[ISO 13943:2008,定义 4.112]

3.16

着火危险评定 fire hazard assessment

对火灾起因、后续火势发展的可能性和类型,以及火灾可能造成的结果的评估。

[IEC 60695-4:2012,定义 3.2.10]

3.17

着火模型 fire model

着火模拟 fire simulation

描述与火势发展有关的系统或过程的计算方法,包括着火动态和火灾的影响。

[ISO 13943:2008,定义 4.116]

3.18

耐火性 fire resistance

试样在一定时间内能够承受火灾或提供保护的能力。

注 1: 在标准的着火试验中,用于评估耐火性的典型标准是整体着火性、耐火稳定性和隔热材料。

注 2: “耐火的”(形容词)仅指这个能力。

[ISO 13943:2008,定义 4.121]

3.19

防火安全设计 fire safety design

为满足消防安全目的而建造的建筑环境的定量描述。

3.20

防火安全工程 fire safety engineering

通过分析特定火情或量化一组火情风险,以基于科学原理的工程方法来改进或评定建筑环境方面设计的一种应用。

[ISO 13943:2008,定义 4.126]

3.21

防火安全目标 fire-safety objective

涉及建筑环境的基本方面,关于意外着火可能性的期望结果。

注: 基本方面通常涉及生命安全问题、财产保护、操作连续性、环境保护和文化遗产保护。

[ISO 13943:2008,定义 4.128]

3.22

火情 fire scenario

通过识别研究所用的火的特性以及与其他可能发生的着火之间的区别的关键事物,来对着火在时间方面的进程的一种定性描述。

注: 其代表性定义了起燃和火势发展进程、完全着火阶段、着火衰退阶段,以及影响着火进程的环境和体系。

[ISO 13943:2008,定义 4.129]

3.23

着火试验 fire test

测定着火性能或将事物暴露于火灾影响范围内的试验。

注: 着火试验的结果可用于定量试样着火的严重性或测定其耐火性或着火反应。

[ISO 13943:2008,定义 4.132]

3.24

火焰蔓延 flame spread

火焰前沿的传播。

[ISO 13943:2008,定义 4.142]

3.25

完全着火 fully developed fire

火灾中可燃材料全部转化为着火的状态。

[ISO 13943:2008,定义 4.164]

3.26

燃烧热 **heat of combustion**

潜热能 calorific potential(不推荐)

热值 calorific value(不推荐)

给定物质单位质量燃烧时产生的热能。

注：其代表性单位为千焦每克($\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.174]

3.27

气化热 **heat of gasification**

给定温度下,单位质量的物质由凝固相转为气相所需的热能。

注：其代表性单位为千焦每克($\text{kJ} \cdot \text{g}^{-1}$)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.175]

3.28

热释放 **heat release**

燃烧产生的热能量。

注：其代表性单位为焦耳(J)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.176]

3.29

热释放速率 **heat release rate**

燃烧速率 burning rate(不推荐)

燃烧速率 rate of burning(不推荐)

燃烧产生热能量的速率。

注：其代表性单位为瓦特(W)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.177]

3.30

起燃 **ignition**

〈通常〉燃烧的开始。

[ISO 13943:2008, 定义 4.187]

3.31

弹性模量 **modulus of elasticity**

材料在弹性变形阶段,其应力和应变成比例关系,即符合胡克定律。

3.32

被动防火措施 **passive fire protection**

不需要通过采取行动的方式减少或防止火灾蔓延和影响的措施。

示例:(1)用具有防火性能的材料制造墙壁、地板、门和其他障碍物,将空间划分成隔间。(2)使用具有良好防火性能的材料。

3.33

性能标准 **performance criteria**

已获建筑审批机关批准,并为评估建筑环境设计的安全性提供可接受的基础的定量标准。

3.34

基于性能的设计 **performance-based design**

为达到特定目标和性能标准而进行的设计。

3.35

基于性能的管理 performance-based regulation

根据性能标准规定进行的合规性管理。

注：基于性能的管理比描述性规定更灵活，因为基于性能的管理关注的是需要达到的整体效果而不是组件的危险。

3.36

规范性规定 prescriptive regulation

其手段和方法完全或大部分是遵循法规的规定。

注1：规范性规定不如基于性能的管理灵活，因为规范性规定关注的是组件的危险而不是要达到的整体效果。

注2：很多着火试验最初被研发为规范性规定提供输入的。它们经常是基于单一的合格/不合格的标准，并且经常不能为防火安全工程提供合适的数据输入。

3.37

定性着火试验 qualitative fire test

下列着火试验中的任一种：

- a) 合格或不合格试验；或者
- b) 通过测定试样在一种性能分类顺序中的定位对其性能进行分类的试验。

[IEC 60695-4:2012, 定义 3.2.22]

3.38

定量着火试验 quantitative fire test

需考虑产品的使用环境，测试条件基于或类似于测试试验的环境，来测量一个或多个参数，用非常精确的术语和合理科学的单位表达，且可用于着火风险定量评定的着火试验。

[IEC 60695-4:2012, 定义 3.2.23]

3.39

着火反应 reaction to fire

在着火试验中，试样在规定条件下暴露在火中的反应。

注：阻燃被认为是一种特殊情况，一般不被认为它是“着火反应”的性能。

[ISO 13943:2008, 定义 4.272]

3.40

所需安全逃生时间 required safe escape time; RSET

一个室内人员在起燃时从其所在地前往安全避难所或安全地点之间的间隔时间。

另参见可用安全逃生时间(3.3)

[ISO 13943:2008, 定义 4.277]

3.41

烟 smoke

燃烧流的可见部分。

[ISO 13943:2008, 定义 4.293]

3.42

比热容 specific heat capacity

单位质量的热容量。

[ISO 13943:2008, 定义 4.302]

3.43

热导率 thermal conductivity

与热量通过材料的速率有关的参数。

注1：热导率 $K = (Q \cdot d) / (A \cdot t \cdot \theta)$ ，其中 Q 为在时间 t 通过厚度为 d ，截面面积为 A 材料的热量，温差为 θ 并且

与周围环境没有热量交换。

注 2: 其代表性单位为瓦每米开($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.322]

3.44

热惯性 **thermal inertia**

热导率、密度和比热容的乘积。

示例:(1)钢的热惯性是 $2.3 \times 10^8 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$; (2)聚苯乙烯泡沫的热惯性为 $1.4 \times 10^3 \text{ J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$ 。

注 1: 当材料暴露于热流量, 表面温度的增长率很大程度上取决于材料的热惯性。热惯性低的材料在被加热时, 表面温度上升相对较快, 反之亦然。

注 2: 其代表性单位为二次方焦每秒四次方米二次方开($\text{J}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{K}^{-2}$)。

[ISO 13943:2008, 定义 4.326]

3.45

横向弯曲强度 **transverse flexural strength**

用三点试验技术测量材料在断裂时的最大应力。

3.46

极限抗拉强度 **ultimate tensile strength**

材料在轴向拉伸试验中的最大拉伸应力。

4 防火安全工程流程

4.1 概述

防火安全工程的发展是应用科学原理, 确保建筑环境里物体和结构的设计、安装启用和维护能达到防火安全工程的目标。为了达到此目标, 采用定量着火试验为必要的计算提供输入数据。

当应用于建筑环境中的重大项目时, 防火安全工程流程具有复杂性和综合性。防火安全工程的流程图见图 1。

该流程包含很多不同的项目, 例如, 建筑设计、结构设计、通风条件、管道工程和电气基础设施。电工电子产品的防火安全只是这个较大的流程中的一个方面。

当规定性要求不能充分满足安全目的时, 应使用防火安全工程, 同时也可与规定性要求并行使用。例如, 从科学的角度证明这些规范是有效的, 或进一步提高产品的防火安全性。

4.2 防火安全工程的计算

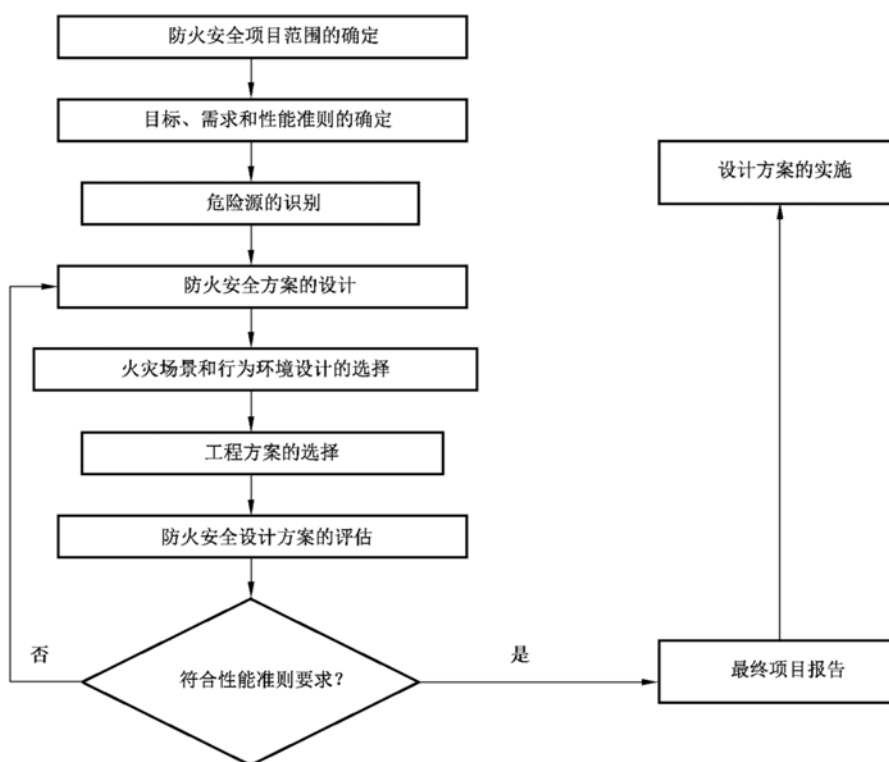
这些计算包含从简单公式到非常复杂的计算机模型。例如, 它们可以根据高温时材料的性能、火灾中预计达到的温度以及外界应力, 计算喷洒灭火系统管道尺寸, 或承载建筑构件如梁或柱的结构响应。

在另一个层面, 使用一个完整的计算机程序, 其计算结果可应用于特定火灾的生命安全结果评估, 涉及环境的定义、产品设计、结构、火情, 及其产生危害的计算。

例如, 通过电工电缆的火势发展、火焰蔓延、烟气和毒性气体产生及人类活动预测的定量数据来评定建筑环境中与电缆着火相关的风险。

注: 隆德大学所做的一个研究^[14]模拟了在布满家具的建筑中的逃生场景, 考虑了两种不同的电缆布置和多种火情和疏散方式。试验时可选择不同材质的电缆, 不一定代表实际安装的电缆。该研究旨在阐明模型工具(模拟和 FSE 方法)的作用, 而不研究实际选材问题。

在更高的战略水平上, 可通过一系列试验和测试, 将防火安全工程应用到各种不同火情。计算机火灾模型已经发展出四维(时间和空间)动画技术, 以模拟一系列火灾场景中的复杂火灾动力学和相应结构(见示例^[15])。



(改编自 ISO 23932:2009 的图 1)

图 1 应用于建筑环境大型工程项目的防火安全工程流程示例图

4.3 方法的有效性

防火安全工程流程应以可靠的消防科学和工程实践为基础,结合工程教科书和技术文献中所包含的广泛可接受的方法、经验数据、计算、相关性和计算机模型。在特定的防火安全设计中,有许多技术资源是可用的。因此,设计组的防火安全工程师和其他成员判定所采用的特殊应用,确认其来源和方法的可接受性是很重要的工作。

了解一项方法的开发、评审和验证过程,有利于确定该方法的有效性。例如,很多法规和标准是被公认的专业协会、法规制定组织或政府部门在开放、协商一致的过程中制定的。其他技术参考文件需接受同行评审程序,如现有的许多技术和工程期刊。工程手册和操作规程也提供广泛被认知的和技术可行的信息及计算方法。

一些有用的参考资料(参见参考文献[14-24])已经列出。

5 防火安全工程的益处

防火安全工程的益处包括:

- 基于定量和科学的原理提供设计决策,以制造出更安全的产品;
- 基于性能的大型工程设计项目(如机场航站楼、火车站、运输车、体育场馆、会议中心、高层建筑、桥梁、发电厂和大型中庭结构建筑)规模庞大而复杂,不能使用现行的规范性试验和技术导则进行优化设计,防火安全工程可构成性能化设计的一个重要因素;
- 规范设计者遵循防火安全设计的结构化方法;
- 确定如何从构筑物、建筑物、空间和维护结构对各种设计的安全水平进行比较;

- e) 使规章和规范的起草者能够提高信息的一致性,并为其消除过时的措施提供依据;
- f) 为建筑改造和保护提供相应的规则;
- g) 在维持同等安全水平下,允许在主动防火和被动防火的平衡中做出调整;
- h) 为基于规范性规则/条例的设计决策提供数据支持;
- i) 在保持安全水平的同时,促进更符合成本效益的复杂结构设计;
- j) 使保险承保合理化;
- k) 确定进一步研究火灾对生命安全、财产和商业损失有重大影响的主题;
- l) 为电工电子产品、建筑产品、建筑设计、交通系统、建筑使用和建筑内容的创新扫清障碍;
- m) 使专业人员在防火安全设计方面获取并保持领先的专业知识;
- n) 协助开发新的火灾测试和获取火灾数据的新方法;
- o) 协助管理从规范要求和规定到基于性能的要求和规定的变化;
- p) 协助管理构筑物、建筑物、空间和维护结构整个生命周期内的防火安全,包括建筑期,考虑预期功能和用途的未来变化。

在更详细的层面上,防火安全工程有很多益处。例如,实施良好的防火安全管理和训练,可减少火灾数量,提高逃生率。此外,可确定哪些主动的和被动的防火措施对生命安全、减少火灾损失和功能连续性的影响最大,并且可以通过成本/效益评估来获得收益。

6 目标、要求和性能

6.1 防火安全工程的目标

6.1.1 概述

有必要使用所有相关方/受影响方都能够理解的术语来定义防火安全特定的目标。

在 6.1.2~6.1.6 中有详述。

6.1.2 生命的安全

生命安全的目标通常是减少或避免对可能受到影响的人或动物的某种程度的伤害的要求来进行陈述的。从火灾中疏散人员时,一般通过计算“可用安全逃生时间,ASET(3.3)”和“所需安全逃生时间,REST(3.40)”来评估生命安全。ASET 应大于 RSET 加上一个安全阈值。

目标通常是,根据设计要求和设备或其他产品的要求,减少和/或延迟火灾发生的可能性;且如果发生火灾,则减少和/或延迟火灾的影响。

6.1.3 财产的保护

财产保护的目标通常是减少或避免对建筑环境及其内部物品的损害。

6.1.4 操作的连续性

操作连续性的目标通常是力求缩短操作中断时间,但也可以陈述为:

- a) 特定过程安全性方面所需的功能连续性;和
- b) 这些中断造成的经济成本(包括市场占有率和人员流失)。

6.1.5 自然环境的保护

保护自然环境的目标通常是旨在减少或避免火灾对自然环境产生直接的和长期的影响。火灾直接对自然环境产生严重的、长期的影响比较罕见,但也有例外,如:引起大面积海洋污染的油轮或近海火

灾,或电力变电站着火,可能会从大功率变压器及其绝缘液体产生大量气态和液态的燃烧流。更常见的是来自消防灭火产生的污水。

6.1.6 文化遗产的保护

文化遗产保护的目标通常是为了避免损失或改变物品的价值,这些物品的价值并不主要是经济上的。这些物品通常古老而罕见,不可替代,具有文化或其他象征性意义。

6.2 功能方面的要求

每个防火安全工程的目标应与一个或多个功能要求相关联,这些要求对于满足这个目标非常必要。部分示例如下:

- 明确阻止火焰蔓延的火源隔间;
- 明确通风系统对烟气产生和烟气流动的控制;
- 明确可用安全逃生时间(ASET);
- 通过规定关键电路的耐火时间,确保在完成人员疏散之前不会断电;
- 维持公共安全通信服务,直至人员疏散完毕。

6.3 性能标准

6.3.1 概述

性能标准是定量的工程度量,既可以是直接的也可是间接的。它们应兼顾可靠性和有效性。

6.3.2 直接的性能标准

直接的性能标准比如:在一定时间内暴露于特定火灾场景的能见度,或窒息性有毒燃烧流的暴露剂量。再比如:电工设备在暴露于特定的火灾场景一定时间后,是否继续按照设计运行。

定量着火试验用于提供直接的性能标准。定量着火试验应具备以下特征:

- a) 试验需要考虑产品的使用环境,例如:预期的最终使用条件以及可预测的异常使用。这是因为在一组情况下可能会有危险的火灾条件在另一组情况下不一定造成同样的威胁。
- b) 应可以将试验结果与上述燃烧流(如热和气流)对相关的终端使用环境中的人员和/或财产产生的有害影响相互关联。这样可避免人为的(有时是扭曲的),与防火安全没有明显关系的判别标准的产生。
- c) 认识到实际的火灾影响通常有多方面原因。试验结果应使用定义明确的术语和合理的科学单位来表示,从而可以定量评估产品对于整个火灾影响的作用,并与其他产品的作用进行对比。

IEC 60695-1-10 给出了定量和定性着火试验的适当使用导则。

6.3.3 间接的性能标准

间接的性能标准是基于规范的要求,依赖于已知性能的统计数据,或根据已知性能推断出的预测。

7 火情设计和着火设计

7.1 火情设计

火情设计以确定是否满足需求。这类火情设定通常涉及危险的识别,对引发火灾的危险性事件以及防止、控制或限制火灾影响的保护措施的有效性和火灾物理后果的描述。

ISO/TR 17252(见表 1)给出了一系列火情设计示例,更详细的火情设计参见 ISO/TS 16733 和

ISO/TR 13387-2。

表 1 火情设计的示例
(基于 ISO/TR 17252:2008)

火情设定
室内着火(角落、天花板、墙面、地板)
楼梯间着火
单个物品着火(家具废纸篓、电子配件)
发展中的火
电缆管理系统中的电缆着火
屋顶着火(底面)
凹处着火(墙、立面、充满物质的空间)
地下交通系统着火
纵火(内外)
临近建筑着火
外部燃料包着火
屋顶着火
立面着火
地下室着火
森林着火或野火
隧道着火

在电缆着火的案例中,电缆着火性能(FIPEC)研究项目^[24]使用防火安全工程原理对多种电缆进行评估。通过考察欧洲进行的实践,明确研究的主要设定火灾场景为电站、车辆(火车、轮船和飞机)、隧道和建筑物。设定了多种火情来代表主要安装场景,分为水平和垂直结构,并根据是否存在相邻表面(墙、地板或天花板)热反馈而做进一步细分。

7.2 着火设计

根据设定火情的鉴别,有必要对火灾的性质进行描述,并以此为计算的依据。这些假定的着火特征被称作“着火设计”。

着火设计可以是非常简单的,例如指定功率为 3 kW,指定时间为 5 min,但也可能很复杂。火势增长通常被假定为“时间的平方”的形式(如热释放速率就与逃生时间的平方成正比例),同时,有必要对其他着火阶段(如完全着火阶段及火势衰退阶段)的影响也建立模型。

着火设计的详细内容参见 ISO/TS 16733 和 ISO/TR 13387-2。

8 防火安全工程的数据

火情设计应尽可能描述得准确。这些描述应包含所需的所有信息,如:可能发生火灾场所的空间容积,是否存在可燃物(燃料)、是否有火情监测和灭火装置,以及是否有火灾处置预案。

获得必要计算所需的数据后,应对数据进行审查,以检查其精确度、偏差及置信度,从而确定防火安

全工程研究的水平是否符合最终目标。

一些直接涉及火灾科学的数据：

- 所有潜在可燃物的燃烧热；
- 火灾反应特性；
- 耐火性；
- 受火灾影响的产品与火灾探测系统、灭火系统及通风系统的相互作用；
- 燃烧流的产生、传输、沉积及扩散；
- 对安全设备、结构、人员(包括现场救急员、消防员)及环境的影响。

按照 IEC 和 ISO 的规程,可在非火灾条件下测量一些与防火安全工程相关的物理-化学参数。一些重要的参数如下：

- 密度；
- 热容；
- 比热容；
- 热导率；
- 吸收率和辐射率；
- 气化热；
- 热惯量；
- 弹性模量；
- 横向弯曲强度；
- 抗压强度；
- 极限抗拉强度。

注：一些参数与温度有关；因此,通常要知道参数随温度的变化。

有关人类行为的数据在 ISO/TR 16738 和 ISO/TR 13387-8 中进行了讨论。

9 电工电子产品的试验

9.1 概述

在防火安全工程中,对任何电工电子产品的物理或化学试验,都应提供适当数据,使能够通过预测方法对服役状态下的电工电子产品的性能进行评估。

试验需遵循以下原则：

- 在连续时间间隔内必须以已知的、受控的和不同的暴露条件的定量方式提供火灾试验(或试验)中的电工电子产品性能；
- 暴露条件必须以定量形式提供,且必须能代表火情,实际安装和使用状况；
- 在试验中,必须对主要的热、化学和物理过程有充分的理解和规定,以便这些过程在理论上可被验证和建模;同时,
- 试验中特定条件下的性能必须能通过预测方法可实现,以设计代表实际使用中行为的环境。

9.2 火灾试验评估的条件

暴露条件应参考火情设计和着火设计来确定。防火安全工程的一个关键概念是,即使处于设定着火演变过程中不同时期,所有的产品都应在相同的设定着火条件和火情中以同样的方式进行评估。与规范中经常使用的单一通过/不通过标准相比,防火安全工程的评估理论上应收集包括电工电子产品着火设计整个持续时间中连续或多点火灾响应的数据。

9.3 电工电子产品的评估

9.3.1 电工电子产品作为火灾的起燃源

关于电工电子产品的起燃,防火安全工程计算的数据是在历史统计数据的基础上,结合有关后续初始火灾增长性质的数据,以起燃概率的形式输入。目前,尚无从电工电子产品作为起燃源的火情中获得的火势增长定量数据。IEC 鼓励产品委员会整理并提供此类数据。

有一项俄罗斯国家标准^[38],其中包含对电工电子产品引起火灾概率的评估。参见附录 A。

电工电子产品的起燃可能是由电气元件引起的,而起燃的条件有四种:温升异常、短路、意外电火花和电弧及高瞬态峰值电流。表 2 列举了这类现象可能的起因和可能的继发效应。

表 2 电工电子产品常见的起燃现象

现象 ^a	起因	继发效应
温升异常 注 1: 一些产品在正常操作中散热。	载流线路或载流元件过载; 接触不良; 泄漏电流(绝缘损坏和发热); 元件、内部零件或关联系统(例如,通风设备)的失效; 机械变形导致电连接点或绝缘系统的改变; 电机轴卡住(堵转); 过早的热老化	开始时,保护装置 ^b 不动作(特殊保护情况除外)。经过不确定的一段时间后,保护装置可能动作; 温度逐渐升高,有时会非常缓慢。在产品周围积聚大量热量和排出物,以至只要一起燃就会形成火灾。 可燃性气体在空气中的聚集和扩散可以导致起燃或爆炸,尤其是在气密性设备里。 锁定的电机轴(堵转)因电动机绕组引起过热从而导致焖燃或起火
短路	不同电位的带电零件直接接触(端子松动、导电体松脱、导电异物进入等); 有些元件因其绝缘阻抗改变而逐渐劣化; 元件或内部零件突然失效	保护装置 ^b 动作; 局部地方的温度极短时间内显著上升; 可能发光、冒烟、散发易燃气体; 释放灼热物体或材料
意外电火花和电弧 注 2: 有些产品在正常操作时会产生火花或电弧。	产品外部原因(系统电网过电压、意外的机械作用使带电零件外露或碰在一起等); 内部原因(通断开关的某些元件逐渐退化和进入湿气); 元件或内部零件突然失效	保护装置 ^b 不一定动作; 可能散发可见光、易燃气体和冒出火舌,在爆炸性环境中具有相当大的起燃风险; 周围的组件或气体可能局部起燃
高瞬态峰值电流	电路缺陷	保护装置 ^b 不一定动作
^a 四种现象中的任何一种现象引起的机械变形和结构变化都可能导致其他三种事故中的一种或更多事故。 ^b 保护装置可以是热力类、机械类、电工类或电子类的。		

后续的防火安全工程计算可以考虑一个电工材料或电工电子产品作为产品组件在一个较大产品中的火势增长,也可以考虑从电工电子产品到周围环境中的火势增长,比如计算机、电视或洗衣机等家用或办公设备。

9.3.2 电工电子产品作为火灾的受害者

当电工电子产品是火灾的受害者时,任何材料或产品的防火安全工程程序都是相同的。外部火焰

可能造成电气故障,从而导致额外的能量输入到不断增长的火势中,需要考虑这种可能性。

评估涉及的电工电子产品可能是其他建筑物、交通工具或系统、计算机网络,或建筑环境中的其他大型结构的组件。例如电缆槽、服务空间中的隐秘仓、通信室、数据中心、变压器外壳,或电力电缆保险丝面板中的电力或通信电缆。

9.4 试验的选择和/或开发

很多现行的 ISO 和 IEC 着火危险试验最初是为规范和标准提供输入而制定的,且都属于定性着火试验。有些可能适用于为防火安全工程提供数据。ISO 和 IEC 未来的工作是不不断调整现行试验,或开发一些新的试验,以满足防火安全工程和基于性能的规范数据输入的需求。基于性能的规范重点关注火势发展、阻燃性和逃生时间评定,而不是单一的合格/不合格判断。防火安全工程的输入数据集通常是连续或多点的,具有时间依存性,并直接与所选的设计火情相关。

ISO 已经研发了许多定量着火试验。

注 1: 这类试验的示例: ISO 5658^[25]、ISO 5660^[26]、ISO 9239^[27]、ISO 9705^[28]、ISO 12136^[29]、ISO 12949^[30]、ISO 14696^[31]、ISO/TS 17431^[32] 和 ISO 24473^[33]。

同样也研发了基于火灾场景的定量着火性能试验。

注 2: 这类试验的示例见 ISO 13784^[34]、ISO 13785^[35]、ISO 20632^[36] 和 ISO 22269^[37]。

注 3: 在 ISO 17252 中,对 14 项 ISO 着火反应试验就其在火灾建模和防火安全工程中的应用进行了评估。

附 录 A
(资料性附录)
火灾风险的概率评估

A.1 根据俄罗斯国家标准 GOST 12.1.004-91^[38]对火灾风险概率进行评估

A.1.1 简介

根据 GOST 12.1.004-91,对火灾风险评估采用了一套综合性方法,包括概率法。这些方法基于导致起燃的随机物理化学现象,基于直接测量的确定性方法以及从标准试验方法中得出的比较结果。

GOST 12.1.004-91 规定了允许的火灾概率(Q_f)为 10^{-6} 每年。在概率大于 10^{-6} 的情况下,则需决定是改进电工产品还是改变其安装方式。

GOST 12.1.004-91 中引用的电工火灾风险的评定方法经历了长达 20 年的评估,现已正式被批准在俄罗斯的 13 项国家标准以及包括电加热器、电灯和电铃等 20 多项电工产品的技术规范中使用。

使用下列公式:

$$Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{pf} \times Q_{ign} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- Q_{fc} ——产品组件中电气故障发生的概率(每件产品/年)(基于历史数据统计计算得出);
- Q_{fv} ——典型的电气故障参数(如短路、过流,或瞬时阻抗)在着火危险值范围内的概率;
- Q_{pf} ——保护失效的概率(如:电气保护,或过热保护);
- Q_{ign} ——可燃材料达到临界状态或起燃(基于试验性能数据)导致火灾危险的概率。

如有根据电工产品的功能特性有 k 种不同的非正常火灾模式,则:

$$Q_f = 1 - \prod_{i=1}^k [1 - (Q_{fc} \cdot Q_{fv} \cdot Q_{pf} \cdot Q_{ign})] \dots\dots\dots (A.2)$$

注:鼓励 IEC 产品委员会、消防队和技术委员会成员为 A.1.1 中公式的相关统计计算的实施开发或提供数据。

A.1.2 概率 Q_{fc}

概率 Q_{fc} 是通过对制造商的检测实验室和维修服务的历史数据进行统计分析得出的。它可以根据产品整体故障率的比例来确定,方法是将这个故障率乘以一个适当的系数,该系数考虑到火灾危险故障率的比例。

A.1.3 概率 Q_{fv}

概率 Q_{fv} 的确定如下:产品的典型火灾危险条件可以通过一个适当的电工参数确定。例如,短路可造成火灾危险的条件,而短路电流则提供了一个典型的电工参数。只有在一定短路电流范围内,才有可能发生火灾。

在与估算 Q_{fv} 值相关联的试验研究过程中,确定了给定参数的着火危险范围。在此基础上,定义了典型电工参数的最大和最小火灾危险值。

通常情况下:

$$Q_{fv} = N_t / N_p = [X_{\text{haz}}(\text{max}) - X_{\text{haz}}(\text{min})] / [X_{\text{op}}(\text{max}) - X_{\text{op}}(\text{min})] \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- N_t ——选定的典型电工参数危险值的范围(如:电气电流或瞬态电阻);
- N_p ——运行值的范围;

$X_{\text{haz}}(\text{max})$ 和 $X_{\text{haz}}(\text{min})$ ——选定典型电工参数的最大危险值和最小危险值；
 $X_{\text{op}}(\text{max})$ 和 $X_{\text{op}}(\text{min})$ ——最大运行值和最小运行值。

A.1.4 概率 Q_{pf}

电气保护的失效概率 Q_{pf} 是根据其可靠性数据进行估算的。如果没有防止失效的保护措施,则 Q_{pf} 等于 1。

A.1.5 概率 Q_{ign}

A.1.5.1 概况

Q_{ign} 是可燃材料由于达到临界状态或起燃成为火灾危险的概率(基于性能试验数据)。
 根据电工产品的类型,可使用不同的方法定义临界状态,例如,产生一定量的烟或达到临界温度。

A.1.5.2 从离散失效准则计算 Q_{ign}

当使用离散指标(如:起燃或烟排放水平)作为火灾危险的准则,则需进行实验室试验以确定 Q_{ign} 。
 Q_{ign} 是在同等条件下达到离散失效准则的概率。

$$Q_{\text{fc}} = Q_{\text{pf}} = Q_{\text{fv}} = 1 \quad \dots\dots\dots(\text{A.4})$$

并使用下列公式计算:

$$Q_{\text{ign}} = m/n \quad \dots\dots\dots(\text{A.5})$$

式中:

- m —— 导致失效的试验次数;
- n —— 试验的总数。

A.1.5.3 根据连续函数计算 Q_{ign}

在一些根据连续函数(如温度)而不是单一通过/不通过准则测量失效概率的情况下,假定一个概率分布:

$$Q_{\text{ign}} = \varphi(h) \quad \dots\dots\dots(\text{A.6})$$

式中:

- $\varphi(h)$ —— 概率;
 - h —— 选定概率密度函数的参数。
- 例如,在温度准则的情况下:

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{N}} \quad \dots\dots\dots(\text{A.7})$$

式中:

T_m —— T_i 的算术平均数,如:

$$T_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \quad \dots\dots\dots(\text{A.8})$$

式中:

- T_i —— 试验 i 中产品的最高测量温度;
- T_c —— 试验可燃材料的临界温度;
- N —— 试验总数;
- σ —— 试验数据的标准偏差。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - T_m)^2}{N - 1}} \dots\dots\dots (A.9)$$

注：在结构绝缘材料的研究中，取临界温度 T_c 为起燃温度热力学值的 80%。

A.2 示例

A.2.1 概述

以下例子是根据俄罗斯国家标准 GOST 12.1.004-91, 对用于荧光灯的电容式电气控制装置(40 W, 220 V)的火灾概率评估。

用于荧光灯的电容式电气控制装置(CECG)发生失效而导致危险的电工故障的概率为 Q_{fc} 和 Q_{fv} 的乘积。

假设没有使用保护装置, 则 $Q_{pf} = 1$ 。

因此得到: $Q_f = Q_{fc} \times Q_{fv} \times Q_{ign}$

在这个例子中, Q_{ign} 为达到或超过临界温度 T_c 的概率。

Q_{ign} 是 CECG 表面温度最高区域达到或超过着火危险温度的概率[着火危险温度等于 CECG 绝缘材料的起燃点(自燃温度)]。它是通过测量平均失效温度和平均“热点”温度进行比较而得到的。

A.2.2 测试数据

识别出三种不同的非正常操作模式, 每一种都可能是火灾隐患。它们是:

- 1) 长启动模式;
- 2) 短电容器模式;
- 3) 带短电容器的长启动模式。

表 A.1 显示了非正常操作模式之一长启动模式下试验的 10 个温度数据。

表 A.1 长启动模式: 温度达到最热点的外壳温度

试验	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T/K	372	380	378	375	378	372	375	376	374	370

A.2.3 计算

这些温度的算术平均值 $T_m = 375$ K ($\theta_m = 102$ °C), 标准偏差 $\sigma = 3.13$ K。

注: T 表示热动力学温度, θ 表示摄氏温度。

为了计算 Q_{ign} , 首先需确定一个临界危险温度 T_c , 然后确定达到或超过该温度的概率。

T_c 的计算如下:

$$T_c = \frac{\sum_{i=1}^{10} \{(T_s)_i + (T_f)_i\}}{20}$$

式中:

T_s —— 第一次产生烟雾时的温度;

T_f —— CECG 失效时的温度。

在这个例子中, $T_c = 442.1$ K ($\theta_c = 169.0$ °C)

假设符合 t 分布, 参数 h 的计算公式如下:

$$h = \frac{T_c - T_m}{\sigma / \sqrt{10}} = (442.1 - 375) / (3.13 \div 3.162) = 67.8$$

有 9 个自由度,当 h 为 67.8 时,根据 t 分布, $\varphi(h)$ 的有效值为 $0(8.34 \times 10^{-14})$,所以在这种情况下 $Q_{ign} = 0, Q_t = 0$ 。

表 A.2 列举了两个异常操作模型的数据,并且按照类似的方法可计算 h 值以及 Q_{ign} 值。

表 A.2 非正常情况下工作时,温度最高点的外壳温度

参数	短电容器模式	带一个短电容去的长启动模式
T_m / K	380	430
σ / K	5.16	7.38

表 A.3 概括了 3 种非正常运行模式下的失效数据。

表 A.3 非正常运行的失效数据

参数	长启动模式	短电容器模式	带一个短电容器的长启动模式
$Q_{fc} \times Q_{fv}^a$	0.06	0.1	0.006
h	67.8	38.1	5.18
Q_{ign}	8.34×10^{-14} 即有效值为零	1.47×10^{-11} 即有效值为零	0.000 290

^a 基于制造商实验室历史数据统计分析的数据。

因此,CECG 设备发生火灾的概率计算方式如下:

$$\begin{aligned} Q_f &= 1 - \{ [1 - (0.06 \times 0)] \times [1 - (0.1 \times 0)] \times [1 - (0.006 \times 0.000\ 290)] \} \\ &= 1 - (1 \times 1 \times 0.999\ 998\ 26) \\ &= 1.74 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

这个值比 10^{-6} 大,因此发生火灾的概率被认为是不可接受的。建议对设备进行改造,如增加保护系统。

参 考 文 献

- [1] ISO/TR 13387-1 Fire Safety engineering—Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives
- [2] ISO/TR 13387-3 Fire Safety engineering—Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models
- [3] ISO/TR 13387-4 Fire Safety engineering—Part 4: initiation and development of fire and generation of fire effluents
- [4] ISO/TR 13387-5 Fire Safety engineering—Part 5: Movement of fire effluents
- [5] ISO/TR 13387-6 Fire Safety engineering—Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin
- [6] ISO/TR 13387-7 Fire Safety engineering—Part 7: Detection, activation and suppression
- [7] ISO 16730 Fire Safety engineering—Assessment, verification and validation of calculation methods
- [8] ISO 16732 Fire Safety engineering—Fire risk assessment
- [9] ISO 16734 Fire Safety engineering—Requirements governing algebraic equations—Fire plumes
- [10] ISO 16735 Fire Safety engineering—Requirements governing algebraic equations—Smoke layers
- [11] ISO 16736 Fire Safety engineering—Requirements governing algebraic equations—Ceiling jet flows
- [12] ISO 16737 Fire Safety engineering—Requirements governing algebraic equations—vent flows
- [13] ISO 6707-1 Building and civil engineering—Vocabulary—Part 1: General terms
- [14] Simulation of critical evacuation conditions for a fire scenario involving cables and comparison of two different cables, Patrick van Hees, Daniel Nilsson and Emily Berggren, Department of Fire Safety Engineering and System Safety Lund University, Sweden, Report 3147, Lund 2010.
- [15] Assessment of the impact of computed and measured fire environments on building evacuation using bench and real test data, Robinson J E, Hull T R, Stec A A, Galea E R, Mahalingam A, Jia F, Patel M K, Persson H & Journeaux T, Interflam Conf. Proc., London 2007.
- [16] The SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings, 2nd Edition, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2007.
- [17] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 4th Edition, P. J. DiNenno, ed., The Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Boston, MA, 2008.
- [18] Fire Protection Handbook, 20th Edition, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2008.
- [19] Introduction to Performance-Based Fire Safety, Custer, R.L.P. and Meacham, B.j., Society of Fire Protection Engineers, USA, 1997.
- [20] NFPA 550: Guide to the Fire Safety Concepts Tree, National Fire Protection Association, 2007.
- [21] An introduction to Fire Dynamics, 2nd Edition, Drysdale, D., 1998.
- [22] The Ignition Handbook: Principles and Applications to Fire Safety Engineering, Fire Inves-

tigation, Risk Management and Forensic Science, Babrauskas, V., Fire Science Publishers, Issaquah WA, 2003.

[23] Fire behaviour of plastic parts in electrical appliances—standards versus required fire safety objectives, Babrauskas, V. and Simonson, M., *Fire & Material*, 31, 83-96, 2007.

[24] Fire Performance of Electric Cables—new test methods and measurement techniques—FIPEC, Final Report on the European Commission SMT Programme Sponsored Research Project SMT4-CT96-2059, S.J. Grayson et al., Interscience Communications Ltd., 2000.

[25] ISO 5658-1, -2 and -4 Reaction to fire tests—Spread of flame

[26] ISO 5660-1, -2 and -3 Reaction-to-fire tests—Heat release, smoke production and mass loss rate

[27] ISO 9239-1 and -2 Reaction to fire tests for floorings

[28] ISO 9075 Fire tests—Full-scale room test for surface products

[29] ISO 12136 Reaction to fire tests—Measurement of material properties using a fire propagation apparatus

[30] ISO 12949 Standard test method for measuring the heat release rate of low flammability mattresses and mattress sets

[31] ISO 14969 Reaction-to-fire tests—Determination of fire and thermal parameters of materials, products and assemblies using an intermediate-scale calorimeter (ICAL)

[32] ISO/TS 17431 Fire tests—Reduced-scale model box test

[33] ISO 24473 Fire tests—Open calorimetry—Measurement of the rate of production of heat and combustion products for fire of up to 40MW

[34] ISO 13884-1 and -2 Reaction-to-fire tests for sandwich panel building systems

[35] ISO 13785-1 and -2 Reaction-to-fire tests for facades

[36] ISO 20632 Reaction-to-fire tests—Small room test for pipe insulation products or systems

[37] ISO 22269 Reaction to fire tests—Fire growth—Full-scale test for stairs and stair coverings

[38] GOST 12.1.004-91 Occupational safety standards system—Fire Safety—General requirements, Euro-Asian Council for Standardization, Metrology and Certification (EASC), 1992.

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电 工 电 子 产 品 着 火 危 险 试 验
第 45 部 分 : 着 火 危 险 评 定 导 则
防 火 安 全 工 程

GB/T 5169.45—2019/IEC 60695-1-12:2015

*

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

服务热线: 400-168-0010

2019年6月第一版

*

书号: 155066 · 1-63064

版权专有 侵权必究



GB/T 5169.45-2019