

# 中华人民共和国国家标准

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

Fire safety engineering—

Part 4: Selection of design fire scenarios and design fires

(ISO/TS 16733:2006, Fire safety engineering—

Selection of design fire scenarios and design fires, MOD)

2015-06-02 发布

2015-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号 .....	1
5 概述 .....	2
6 设定火灾场景 .....	3
7 设定火灾 .....	7
附录 A (资料性附录) 本部分与 ISO/TS 16733:2006 的章条编号对照 .....	14
附录 B (资料性附录) 本部分与 ISO/TS 16733:2006 的技术性差异及其原因 .....	15
附录 C (资料性附录) 设定火灾场景的选择应用示例(多功能室内体育馆火灾) .....	16
附录 D (资料性附录) 设定火灾场景的选择示例(日用品仓库火灾) .....	23
附录 E (资料性附录) 典型的火灾增长类型 .....	29
参考文献 .....	30

## 前 言

GB/T 31593《消防安全工程》分为以下九个部分：

- 第 1 部分：计算方法的评估、验证和确认；
- 第 2 部分：所需数据类型与信息；
- 第 3 部分：火灾风险评估指南；
- 第 4 部分：设定火灾场景和设定火灾的选择；
- 第 5 部分：火羽流的计算要求；
- 第 6 部分：烟气层的计算要求；
- 第 7 部分：顶棚射流的计算要求；
- 第 8 部分：开口气流的计算要求；
- 第 9 部分：人员疏散评估指南。

本部分为 GB/T 31593 的第 4 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分采用重新起草法修改采用 ISO/TS 16733:2006《消防安全工程 设定火灾场景和设定火灾的选择》(英文版)。

本部分与 ISO/TS 16733:2006 相比在结构上有较多调整,附录 A 中列出了本部分与 ISO/TS 16733:2006 的章条编号对照一览表。

本部分与 ISO/TS 16733:2006 相比存在技术性差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示,附录 B 中给出了相应技术性差异及其原因的一览表。

为了方便使用和符合我国相关标准编写要求,本部分还对 ISO/TS 16733:2006 做了下列编辑性修改：

- 删除了国际标准的前言,重新起草了前言；
- 修改了国际标准的引言,将其作为本部分的引言；
- 将国际标准的“本国际标准”一词改为“本部分”；
- 将国际标准中某些标点符号修改为符合汉语习惯的标点符号；
- 增加了附录 A(资料性附录),给出了本部分与国际标准的章条编号对照情况；
- 增加了附录 B(资料性附录),给出了本部分与国际标准的相应技术性差异及其原因说明。

本部分由中华人民共和国公安部提出。

本部分由全国消防标准化技术委员会建筑消防安全工程分技术委员会(SAC/TC 113/SC 13)归口。

本部分起草单位：公安部天津消防研究所、公安部四川消防研究所、中国科学技术大学、中国建筑科学研究院。

本部分主要起草人：智会强、姚松经、韩伟平、毕少颖、阚强、张玉贤、陆守香、胡忠日、张向阳、邓松华、郑巍、张彰。

## 引 言

消防安全评估需要分析设定火灾场景,并通过分析结果判断试设计方案与所设定的性能化判据的符合程度。设定火灾场景的选择是消防安全评估的基础。为使建筑工程满足消防安全目标,火灾场景的设定至关重要。

消防安全目标包括生命安全、财产安全、使用连续性和环境保护,对于每个目标,可用一系列不同的设定火灾场景来评估试设计方案的合理性。

设定火灾场景选定后,需要描述火灾的假定特征,火灾场景将以此为基础进行量化。这些假定的火灾特征称为“设定火灾”。设定火灾需要和消防安全工程的分析目标相适应,并需要产生保守的设计方案。

火灾可能从引燃发展到完全发展阶段,最后衰减直至熄灭。在火灾发展的整个过程中,通常用随时间变化的变量来描述设定火灾,如热释放速率和烟气生成率等。

本部分提供了设定火灾场景和设定火灾的选择方法,可用于建筑工程的确定性消防安全分析,通过本方法所选的设定火灾场景和设定火灾是可信且保守的。

选择的设定火灾场景要与消防安全设计目标相适应,且能说明潜在火灾场景的发生可能性和后果。选择的设定火灾也要与消防安全设计目标相适应,且保证可燃物受火条件可信而严格。

# 消防安全工程

## 第 4 部分:设定火灾场景和设定火灾的选择

### 1 范围

GB/T 31593 的本部分提供了选择设定火灾场景和设定火灾的方法。  
本部分适用于建筑工程的确定性消防安全分析。

### 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。

GB/T 5907(所有部分) 消防词汇

GB/T 31592 消防安全工程 总则(GB/T 31592—2015,ISO 23932:2009,MOD)

GB/T 31593.3—2015 消防安全工程 第 3 部分:火灾风险评估指南(ISO/TS 16732:2005,MOD)

### 3 术语和定义

GB/T 5907 和 GB/T 31592 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 设定火灾 design fire

对一个设定火灾场景假定火灾特征的定量描述。

注:典型的情况就是对重要的火灾参数随时间的变化进行描述,如热释放速率和毒性组分的生成量,同时描述其他重要的模型输入数据,如火灾荷载密度。

#### 3.2

##### 设定火灾场景 design fire scenario

一次确定性消防安全工程分析所采用的特定火灾场景。

注:因为可能的火灾场景非常多,所以,有必要选择最重要的场景进行分析。选择的设定火灾场景是和消防安全设计目标相适应的,并且能说明潜在火灾场景的可能性和后果。

#### 3.3

##### 火灾场景 fire scenario

对一次火灾整个发展过程的定性描述,该描述确定了反映该次火灾特征并区别于其他可能发生火灾的关键事件。

注:火灾场景通常要定义火灾发生、增长、完全发展和衰减等阶段,以及影响火灾发展过程的各种系统和环境条件。

### 4 符号

本部分所用的符号见表 1。

表 1 符号

符号	说 明	单 位
$A$	开口面积	$\text{m}^2$
$h$	开口高度	$\text{m}$
$\dot{m}_f$	可燃物的质量损失速率	$\text{kg/s}$
$\dot{m}_{\text{air}}$	空气进入室内的速率	$\text{kg/s}$
$\dot{Q}$	热释放速率	$\text{kW}$
$\dot{Q}_0$	参考热释放速率	$\text{kW}$
$r$	可燃物完全燃烧所需的当量空气质量	$\text{kg 空气/kg 燃料}$
$t$	时间	$\text{s}$
$t_g$	达到参考热释放速率 $\dot{Q}_0$ 所需的时间	$\text{s}$

## 5 概述

### 5.1 设定火灾场景的应用

5.1.1 设定火灾场景包括在设定条件下,对火灾的发生、发展和衰减,以及伴随整个过程的烟气和火焰蔓延路径的描述。设定火灾场景的可能后果包括烟气和火灾对人员、财产、结构和环境的影响。

5.1.2 建筑工程中可能存在无穷多个火灾场景,工程分析时,需要将大量的火灾场景缩减至易于处理且对分析起重要作用的有限数量的设定火灾场景。所选的设定火灾场景应与消防安全目标相适应,且具有代表性,能够影响到工程设计的有效性。

5.1.3 工程分析时,所选的每一个设定火灾场景都代表一个高风险的火灾场景组。火灾场景组的风险用场景组的发生概率及其可能导致的后果来表征,典型的情况就是用概率和后果的乘积来表征。基于本部分标准的目的,对于风险的确定性评估,仅对概率和后果进行定性估计就足够了。对于 GB/T 31593.3—2015 描述的一个完整的风险评估,则需要定量评估。

5.1.4 设定火灾场景选定后,应不断修改建筑设计,直到分析表明设计方案的火灾风险降低到可接受的程度,并且设计方案满足相应消防安全目标的性能标准。

5.1.5 若把直接分析时没有选择的火灾场景和相关的火灾场景组也进行分析,应确保不会改变已有的分析结论。

5.1.6 确定设定火灾场景时,应注意后果不严重但发生概率高或者后果严重但发生概率低的场景可能具有高风险,也可能具有低风险,这主要取决于后果和发生概率哪一个占支配地位。概率或后果不应单独用于评价风险。

### 5.2 设定火灾的应用

设定火灾应与相应的消防安全目标相适应。比如,若设计目标是评估烟控系统,则应选择能够威胁烟控系统的设定火灾。若低估了设定火灾的严重性,则应用工程方法预测火灾影响时,预测结果将不能准确反映火灾的真正影响,且可能低估火灾风险。相反,若高估了火灾的严重性,则会导致不必要的花费。

### 5.3 设定火灾场景和设定火灾的选择

本部分所描述的设定火灾场景和设定火灾的选择方法见图 1。

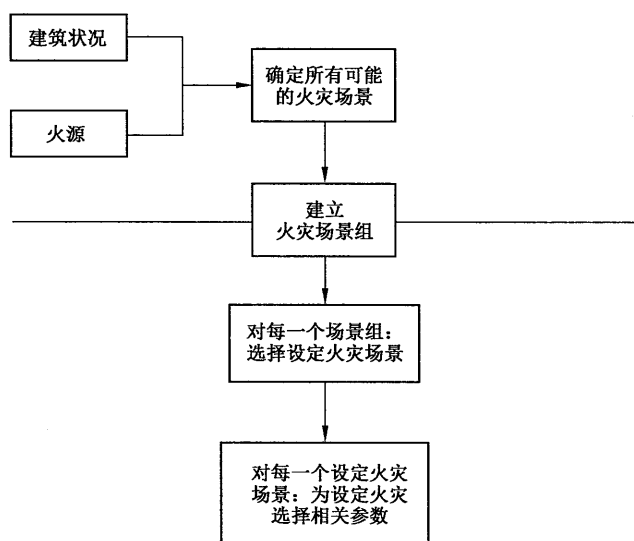


图 1 设定火灾场景和设定火灾的选择流程图

## 6 设定火灾场景

### 6.1 火灾场景的特征

每个火灾场景可由特定火灾事件及其环境状况,以及一系列相关消防设施情况来描述。有关特定火灾事件及其环境状况的描述是火灾场景特征描述必需的内容,而相关消防设施的情况可由消防安全设计给出。因此,一个火灾场景描述的是火灾事件本身情况以及与非设计要素相关的环境状况,如:

- 火灾类型(阴燃火灾、局部火灾、轰然后火灾等);
- 内部通风条件;
- 外部环境条件;
- 每种消防设施的状态,包括主动系统和被动系统;
- 点火源的类型、尺寸及位置;
- 可燃材料的类型和分布;
- 火灾荷载密度;
- 探测、报警和手动灭火设施;
- 门的状态;
- 窗户的破损,若在消防设计中没有考虑,则在此处应予以考虑。

某些与消防安全设计相关的要素,若在设计时没有考虑,则应将这些要素视为非设计要素,如:

- 建筑内部物品和家具、建筑材料和施工方法及装修材料等的选择,这些均可影响可燃物的类型和分布或火灾荷载密度;
- 火灾自动探测和报警系统;
- 火灾扑救;
- 自闭门或其他分隔设施;
- 建筑空调系统和烟控系统。

其他一些要素常认为是设计要素,如:

- 各种消防设施的性能;
- 各种消防设施的可靠性。

## 6.2 火灾场景分析

为辨识重要的火灾场景,不同的分析者宜采用一种统一的方法。

风险分级程序同时考虑场景发生的概率和后果,可为选择火灾场景提供了必要的基础。对于确定性分析,火灾风险评估技术可用于设定火灾场景的选择。风险分级程序的主要步骤如下:

- 确定一组可能的火灾场景;
- 估计场景发生的概率;
- 估计场景的后果;
- 估计场景的风险(反映场景发生的概率和后果);
- 按照风险对火灾场景进行分级。

## 6.3 选择设定火灾场景的系统方法

### 6.3.1 概述

选择设定火灾场景的一种系统方法见 6.3.2~6.3.11。

第一步到第五步是确定大量的潜在火灾场景组的方法,从这些场景组中,可以选择并确定一组设定火灾场景。

第六步到第十步所列出的事件树方法是采用风险分级程序来选择火灾场景的一种方法。风险分级程序可以采用其他简化方法,如利用工程判断、易得到的数据和对场景组的概率和后果的估计等。当无法使用简化方法时,则应遵循事件树方法,以构成场景个体事件的概率为基础来计算场景的概率。

### 6.3.2 第一步——火灾位置

本步骤主要确定发生火灾的空间位置。

利用火灾统计可以辨识最有可能起火的火灾位置。若无统计资料可用,则可通过建筑内的热源、可燃物和使用情况来估计可能的火灾位置。

利用工程判断可以辨识最不利的或最有威胁的火灾位置。最有威胁的火灾位置是指那些发生火灾时可能严重影响消防安全设施性能的位置,如:

- 发生火灾时,消防设施可能没有足够的时间和空间进行有效动作的位置,包括人员密集场所、洁净室、着火点附近有高密度易受伤害人群或有易受损失财产的场所,以及具有裸露结构构件的场所等;
- 发生火灾时,可能延迟或阻碍人员安全疏散的位置,包括疏散系统的入口处、入口内部等位置;
- 消防安全系统作用范围之外的房间或空间,包括隐蔽空间和外部表面。

设定火灾场景可能需要考虑的其他起火位置包括:

- a) 内部空间:
  - 建筑结构制品火灾(夹心板等);
  - 室内火灾(墙角、顶棚、地板、墙壁);
  - 楼梯间火灾;
  - 电缆槽或管道火灾;
  - 屋顶火灾(屋顶下);
  - 洞孔火灾(墙洞、通风系统)。
- b) 外部空间:
  - 相邻建筑或植被火灾;
  - 屋顶火灾。



### 6.3.3 第二步——火灾类型

火灾类型涉及火灾的初始强度和增长速率,与初始火源、首先被引燃的物体、首先被引燃的大尺寸物体以及引燃大尺寸物体之前被引燃的任何物体等情况相关。

可以利用火灾统计来确定设定火灾场景的初始引燃条件及其发生概率。通过合适的火灾统计资料,依据火灾发生的概率和相关后果的评判标准,对火灾的初始火源和初始燃烧物进行合并分级,可得到以下火灾类型:

- a) 人员伤亡占最大份额的火灾;
- b) 用货币衡量的财产损失占最大份额的火灾;
- c) 在具有确定的最小尺度火灾范围内,最有可能的火灾是:
  - 蔓延出起火房间的火灾;
  - 大小超过一定面积的火灾;
  - 死亡 5 人或 5 人以上的火灾;
  - 损失超过了以货币衡量的损失阈值的火灾(超过此阈值的损失是重大损失)。

设定火灾场景可能需要考虑的其他火灾类型包括:

- a) 内部火灾:
  - 单个物体燃烧的火灾(家具,废纸篓,设备);
  - 发展中的火灾(排烟)。
- b) 外部火灾:
  - 外部燃料包火灾;
  - 建筑立面火灾。

火灾统计数据宜从从事火灾统计工作的有关行政主管部门获得。若国内无合适的火灾统计数据,则可利用具有相似火灾情况的其他国家的统计数据。火灾统计数据应谨慎使用,要确保数据适用于所考虑的建筑工程。

若包含很小的初始引燃物的火灾类型在后果权重级别上定为高级别,则这种火灾至少还应包含一个附加的大尺寸的可燃物。通常,工程判断能够确定与所定义的火灾类型相接近的可燃物。

### 6.3.4 第三步——潜在的火灾危害

本步骤考虑可能在定性设计复查阶段所确定的潜在火灾危害中产生的火灾场景。除第二步(见 6.3.3)所述的高危险场景外,还有:

- a) 突发公共事件(如地震或恐怖事件)的危害,这些事件可能引发多处严重火灾或者导致多个消防设施同时失效;
- b) 非火灾事件的危害,这些事件会削弱建筑结构并降低可引起结构坍塌的火灾条件;
- c) 其他导致火灾异常严重的情况,能够加重火灾的情况:
  - 使用易自燃、火灾蔓延快、易爆炸的高危险材料;
  - 使用能产生剧烈火灾和剧毒性烟气的高危险材料;
  - 使用燃烧产物对环境有严重危害的高危险材料;
  - 使用被污染的灭火介质;使用某些通常手段(如采用含氯消毒剂的游泳池水)扑救火灾具有很大危险或难度的情况;
- d) 存在高危险操作的情况,包括在易燃材料附近使用明火;
- e) 在建设或维护阶段存在特殊危险的情况。

如果这些场景中包含比以前所确定的场景具有更高概率和更严重后果的场景,则需要将它们纳入分析之中,以取代性质与其类似但具有较小风险的场景。

### 6.3.5 第四步——系统对火灾的影响

本步骤确定那些可能对火灾过程或不可接受条件的发展产生重要影响的系统。对每个系统,在场景特征中要包括其初始状态。需要考虑的典型系统及其相关状态包括:

- a) 被动系统:
  - 内部物品和室内陈设品(状态:由于老化或人为原因导致的新旧状态);
  - 起火房间和与其相关房间的门、窗户或其他开口(状态:开启或关闭);
  - 材料控制(状态:由于老化或人为原因导致的新旧状态);
  - 墙体和顶棚/地板的联合体以及其他的防火分隔物体(状态:良好的或受损的);
  - 结构构件(状态:良好的或受损的);
  - 防火隔间。
- b) 主动系统:
  - 主动灭火系统(状态:是否全部运行,是否定位适当);
  - 烟控系统(状态:是否全部运行,是否定位适当);
  - 火灾探测系统(状态:是否全部运行,是否定位适当);
  - 报警和通信系统(状态:是否全部运行,是否定位适当);
  - 疏散系统(状态:是否全部运行,是否定位适当);
  - 消防安全管理;
  - 消防队员的行动。

### 6.3.6 第五步——人员响应

火灾中人员采取的行动,对火灾过程和烟气运动会产生重大影响,这是本步骤应予以考虑的场景。对于由人员疏忽或故意纵火引发火灾的行为,通常已包含在第二步(见 6.3.3)所述的火灾统计数据中,本步骤不再考虑,而对火灾发生后的人员反应行为则应加以考虑。

受过培训的员工或内部的专职消防队员的行为对早期火灾的发展有重要影响。以保护财产或商业建筑的使用连续性为目的时,还应考虑市政消防队员的积极行为。重要的门窗被缺乏培训的员工或临时访问人员打开后,会导致火灾的快速发展和烟气蔓延。这些行为会产生新的潜在火灾场景。

### 6.3.7 第六步——事件树

创建的事件树应能代表与火灾场景相关的从火灾引燃到火灾熄灭全过程中可供选择的事件序列。创建事件树从一个初始事件开始,如与消防安全系统及人员的初始状态相关的火灾引燃;然后,创建一个分叉,并在分叉上增加分支来反映每个可能的连续事件。重复这个过程,直到表征出所有可能的状态。每个分叉的创建都以前面事件的发生为基础,贯穿整个事件树的一条路径代表应考虑的一个火灾场景。附录 C 和附录 D 中给出了创建事件树的示例。

事件详细说明了火灾特征的变化、系统的状态、人员的响应以及火灾的最终结果。与建筑系统相关的事件包括:

- 火灾引燃第二个可燃物;
- 火灾受限于门或其他障碍物;
- 系统按照设计要求发挥作用或不能满足性能要求;
- 窗户玻璃的破碎。

也可用故障树来替代事件树。故障树和事件树一样,也是逻辑树,但它的每个分支中的事件都依赖于条件或状态,而不是一个实时事件。因为可能有大量的因素,每个因素的初始状态有多种可能性。因此,在本步骤中先建立一个初始故障树,以建立可供选择的初始状态,然后相应于初始条件,在故障树的

每一个结束点附加普通格式的事件树,这样可以较简单地完成本步骤。一个场景就是这个混合树的一条路径。

### 6.3.8 第七步——概率

使用现有统计数据或 GB/T 31593.3—2015 中 6.3 推荐的工程判断估计每个事件的发生概率。对于某些分支,初始火灾特征是主要考虑的问题,且火灾事故数据是概率估计的合适数据源;而对于另外一些分支,系统的状态是主要考虑的问题,且可靠性数据是概率估计的合适数据源;其他一些分支,建筑内的人员或物体的特征或状态是主要考虑的问题,而人员数量和可利用的数据是概率估计的合适数据源。所有这些都可以在事件树上标出。

将场景路径上的所有概率相乘即可得到每个场景的相对概率。

### 6.3.9 第八步——后果

使用现有的统计数据或 GB/T 31593.3—2015 中 6.4 推荐的工程判断估计每个场景的后果。后果应采用合适的度量来表达,如可能的死亡人数、可能的受伤人数或预期的火灾损失。

当估计火灾人员伤亡时,应注意确保此过程采用的数据与所考虑的建筑工程是相关的。关于人员行为与建筑工程的关系参见 GB/T 31593.9。

### 6.3.10 第九步——风险分级

依据相关风险对场景进行分级,风险可以由场景的发生概率(第七步)乘以后果(第八步)得到。

### 6.3.11 第十步——最终选择和说明文件

对于每个消防安全目标,选择风险最大的火灾场景进行定量分析。选择的场景应能代表累积风险(所有场景的风险之和)的主要部分。在选择场景的过程中宜考虑业主的意见。

编制所选择的火灾场景的说明文件。所选场景即为“设定火灾场景”。同时也要说明未选择的火灾场景并说明不选择的原因。

最终选择时,需避免以下易犯的错误:

- 若多个具有严重后果、低概率的场景被排除,应注意被排除的场景不具有中等或高等的累积概率。如果可能,最好合并类似的场景;与排除这些场景相比,这样能够使更多的场景得到直接体现和分析。
- 不能因为某场景决定了某个特殊的消防安全系统或设计的取舍,就不考虑其对风险的贡献而排除该场景。
- 对于某场景,不能因为产生可接受结果的最佳设计需要付出很大代价,就不考虑其对风险的贡献而排除该场景。因为消除或降低这些特殊场景的风险具有很高的代价,因此应该在更多的细节分析后,才做出是否接受这些风险的决定。
- 若没有确定的设计可降低或消除风险,则可以不考虑相关场景对风险的贡献而将其排除,如应排除接近起火点的人员、由于过量使用酒精或毒品而失控的人员的风险。

## 7 设定火灾

### 7.1 概述

7.1.1 最初选择设定火灾时,可根据设定火灾场景来定义设定火灾。例如,可用单个物体的热释放速率来定义设定火灾。根据分析结果可对设定火灾进行修改。例如,若单个物体的火灾发展足够猛烈以至于可能在房间内发生轰燃,则需要修改设定火灾,以反映通风控制或燃料控制的轰燃后火灾的特征。

类似的,喷头动作或窗户破碎等事件都会对设定火灾产生影响。但是,应确保设定火灾和消防安全分析目标相适应,并能产生保守的设计方案。

7.1.2 一个特定的设定火灾场景可能不止有一个设定火灾。例如,当火灾从着火房间蔓延至另一房间时,就需要一个新的设定火灾来描述第二个房间的火灾。

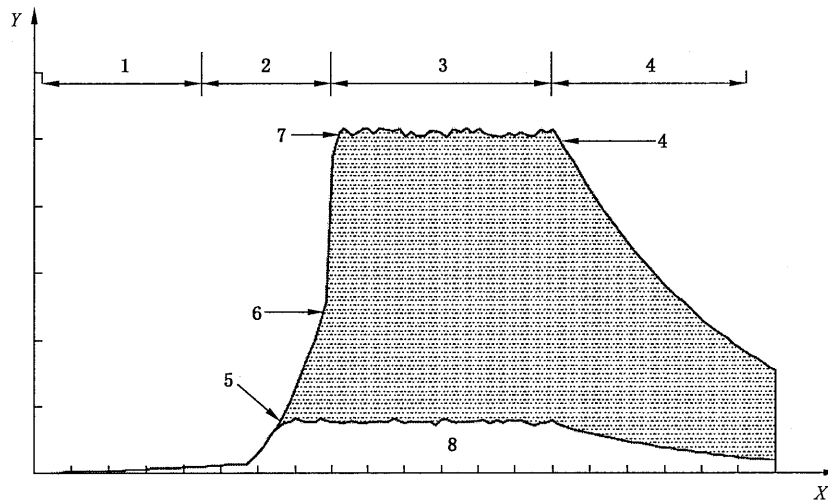
7.1.3 火灾可能经历从发生到完全发展、最后衰减直至熄灭的过程。设定火灾由有关变量的值来描述,如整个火灾过程的热释放速率。

7.1.4 设定火灾(见图 2)包括以下几个阶段:

- 发生阶段:以多种热源为特征,如阴燃、明火或热辐射;
- 增长阶段:包括从火焰传播阶段发展到轰燃或全部可燃物参与燃烧的阶段;
- 完全发展阶段:以充分稳定的燃烧速率为特征,可能出现通风控制型或燃料控制型火灾;
- 衰减阶段:火灾剧烈程度降低的阶段;
- 熄灭:不再产生能量。

因此,应将设定火灾理解为对整个火灾过程的描述。此描述包括:

- 设定火灾场景所提供的参数(房间尺寸,火灾位置,考虑的易燃材料等);
- 评估火灾发展所必需的参数(热释放速率和根据所用评估模型确定的参数);
- 能导致上述参数发生变化的事件。



说明:

- |              |            |
|--------------|------------|
| X —— 时间;     | 4 —— 衰减阶段; |
| Y —— 热释放速率;  | 5 —— 喷头动作; |
| 1 —— 发生阶段;   | 6 —— 轰燃;   |
| 2 —— 增长阶段;   | 7 —— 通风控制; |
| 3 —— 完全发展阶段; | 8 —— 喷淋控制。 |

图 2 设定火灾示例

## 7.2 基本特征

### 7.2.1 设定火灾的特征

设定火灾通常以下列随时间变化的变量为特征:

- 热释放速率;
- 毒性组分的生成率;
- 烟气生成率;

- 火灾范围(包括随时间的变化);
- 温度/热通量随时间的变化。

### 7.2.2 决定火灾增长速率的因素

决定火灾增长速率的因素包括:

- 可燃物的特性;
- 可燃物的空间分布;
- 室内空间的几何形状;
- 可燃物的着火特性;
- 热释放速率的特征;
- 通风状况;
- 外部热通量;
- 暴露表面的面积。

### 7.2.3 火灾增长的初始速率

设定火灾场景中出现的会改变火灾增长的初始速率。典型的事件及其效应有:

- 轰燃:转变为全部表面参与燃烧的状态;
- 烟气层下降:加速火灾发展;
- 喷淋启动:稳定或减小火灾;
- 人工灭火:稳定或减小火灾;
- 燃料耗尽:火灾衰减;
- 通风条件变化:改变火灾特征;
- 燃烧碎屑:引燃其他物体。

确定火灾初期增长速率需要考虑以上因素。对于设定条件下具有简单几何分布的可燃物火灾,可根据火灾模型预测其火灾发展速率。对于典型的可燃物也可使用实验数据确定其火灾增长速率(参见参考文献[4])。

### 7.2.4 轰燃

轰燃是局部火灾向房间内可燃物的所有暴露表面全部参与燃烧的状态的快速转变过程。较小或中等大小的房间较易发生轰燃。

轰燃会改变设定火灾的热释放速率和完全发展火灾的其他参数。完全发展火灾是通风控制型或燃料控制型的。

一般假定在室内空间内发生轰燃的条件为(参见参考文献[5]):

- 上部烟气层的温度达到 500 °C~600 °C;
- 上部烟气层对地面的热辐射达到 20 kW/m<sup>2</sup>。

### 7.2.5 完全发展火灾

轰燃后,火灾快速进入完全发展阶段,此阶段的燃烧速率受可燃物或通风条件的限制。轰燃后的热释放速率峰值可认为是通风控制型火灾和燃料控制型火灾的热释放速率的较小者。当满足式(1)时燃料控制型火灾会向通风控制型火灾转变:

$$\dot{m}_f \approx \frac{\dot{m}_{\text{air}}}{r} \dots\dots\dots (1)$$

对于特殊的可燃物,如木垛,有更为详细的判定标准(参见参考文献[6])。



在分析结构响应时,应以火焰的温度来描述轰燃后的火灾。环境的热对流和热辐射也可能对结构构件和室内空间各部分的温升产生重要影响。因此,应谨慎选择。

### 7.2.6 通风控制型火灾

通风控制型火灾的燃烧速率可根据流入房间内的空气量来确定。研究表明(参见参考文献[5]),空气流入起火房间的速率与通风因子  $A\sqrt{h}$  有关。考虑到通风控制条件下,可燃物/空气比大于化学当量比,因而可用燃烧反应估计可燃物的质量燃烧速率,利用可燃物的有效燃烧热来确定热释放速率(参见参考文献[6])。

当室内地面和顶棚有单独通风口时,上述基于通风因子的预测方法会低估火灾的严重性。上述方法不适用于大空间。

### 7.2.7 燃料控制型火灾

燃料控制型火灾的发生概率要比通风控制型火灾小,一般只发生于像储藏空间那样有良好通风条件的特殊环境中。

燃料控制型火灾的燃烧速率取决于燃料的性质和表面积。在大多数实际应用中,这些因素很难确定。但对于简化后具有规整几何形状的物体,比较容易确定基本参数,如木垛,已经建立了热分解速率和单位面积初始燃料质量及剩余燃料质量的关系式。

### 7.2.8 自动灭火系统的作用

自动灭火系统可能在火灾过程中的任何时间启动,但一般期望其在轰燃前启动。在自动喷淋系统启动后,热释放速率可视为恒定,除非可以证实喷淋系统能够在特定时间内扑灭火灾。若系统在特定时间内可以扑灭火灾,则可假设热释放率在指定时间内线性减小,更多信息参见 GB/T 31593.4。

符合标准要求的全淹没气体灭火系统启动后,可以假设灭火剂浓度达到设计值时,会很快控制火灾。

### 7.2.9 消防部门的干预

消防部门可以在火灾发展过程中的任何时间进行干预,但只有当火灾的发展情况处于所用消防设备的可控制范围内时才能控制火灾。除非使用适当的消防队干预模型(有关示例参见参考文献[7]、[8]),否则不考虑这些干预对设定火灾的影响。

### 7.2.10 火灾衰减

当房间内大部分可燃物耗尽,或火灾不能蔓延到相邻物体时,燃烧速率由于炭化层的形成会逐渐减小。衰减的开始时刻没有明确的定义,且其精确预测尚待进一步研究。

在缺乏有效资料时,可认为 80% 的可燃物耗尽时,设定火灾的热释放速率开始衰减。可以认为衰减速率在一段时间内呈线性减小,热释放速率在衰减期内的积分应等于可燃物中 20% 的剩余能量。

## 7.3 设定火灾场景提供的参数

对于每个场景,火灾位置应选择房间内的特定位置或场景所确定的主要位置。最有可能的火灾位置可以通过工程判断,从已经确定的初始可燃物的典型位置确定。最具威胁性的火灾位置是在特定情况下能严重影响消防安全设施性能的位置。例如:

- 与房间内人员特别接近的位置(有时被称为“接近点火源”),有易损财产的场所或具有裸露结构的场所(例如在停车场内)及其他消防安全设施没有足够的时间和空间有效动作的场所;
- 墙角位置或局部围护结构能引起火灾快速发展的其他空间;

- 消防安全系统未覆盖的位置；
- 接近出口或与其他空间相连的开口位置，火灾在防火分隔设施有效响应之前会通过开口蔓延至其他多个空间。

## 7.4 需要确定的参数

### 7.4.1 一般应用中需要确定的参数

#### 7.4.1.1 火灾增长时的热释放速率

除易燃液体、气体或诸如泡沫塑料类轻质可燃物等材料的火灾外，大多数火灾的增长速率相对较慢。火灾增长速率通常用热释放速率来表示。出于设计目的，经常采用指数函数或幂函数形式的热释放速率。 $t^2$  火灾是最常用的形式，可用式(2)表示：

$$\dot{Q} = \dot{Q}_0 \left( \frac{t}{t_g} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$t_g$ ——到达设定热释放速率  $\dot{Q}_0$  所用的时间。

$t^2$  火灾可导致  $\dot{Q}$  值超过所考虑可燃物可能具有的最大热释放速率。另外，在存在大量可燃物的情况下，第一个被引燃的物体可能在最后一个物体被引燃之前已经燃尽。这些因素都应加以考虑。

$\dot{Q}_0$  值可以任意选取，但通常取 1 MW。表 2 中列出了在消防安全工程中四种常用的火灾增长速率。

表 2  $t^2$  火灾的类型

增长速率类型	特征时间 $t_g/s$
慢速火	600
中速火	300
快速火	150
超快速火	75

为特定的场景选择合适的火灾增长类型时应考虑上述因素，火灾增长类型的选择可考虑使用工程判断。对已确定的设定火灾场景，在已知可燃物分布的情况下，火灾增长类型可以参照试验数据或者采用适当的火焰传播模型通过数值模拟来选择。

有关储藏物品火灾的增长类型可参照有关文献数据选取(参见参考文献[4]、[9])，在缺少更多精确的数据时，可参考附录 E。

#### 7.4.1.2 阴燃火灾

一般情况下，阴燃火灾产生的热量少，但若阴燃时间足够长，未燃烧的可燃气体、有毒燃烧产物如一氧化碳和烟灰等可充满整个空间。因参与阴燃的空气量少，致使烟气和有毒燃烧产物的生成率较高。

下列因素可影响阴燃火灾的发生(参见参考文献[10])：

- 可燃物的特性；
- 通风条件；
- 点火源强度。

当通风量增加时，阴燃火灾很容易转变为明火火灾。

不完全燃烧产生的一氧化碳是阴燃火灾的主要危害。因能见度低而造成的人员疏散失控状态,也是分析中需要考虑的重要内容,尤其在居民区内。

目前没有预测阴燃的定量方法。分析时需要考虑建筑内物体发生阴燃的可能性,如沙发、被褥和纤维材料(尤其是通过化学加工的材料)等物体易于阴燃,还需要考虑能产生阴燃的潜在点火源,如香烟、高温物体或电火花等。

#### 7.4.1.3 可燃物

当确定了设定火灾场景的可燃物,且在整个建筑设计中不再发生改变时,可利用可燃物的实际燃烧特性确定设定火灾。

很多实验室使用家具量热仪或基于氧消耗法,确定了一系列常见物体的热释放特性(参见参考文献[11]、[12]、[13])。这些实验数据都是在良好通风条件下,将可燃物置于燃烧罩下进行燃烧得到的。应注意在实际的室内火灾中,可燃物(如装有软垫的家具等)的火灾增长速率容易超过在开放环境内自由燃烧情况下所确定的增长速率。预热和热烟气层的辐射反馈可以提高火灾增长速率,并使通风控制型火灾产生更多的烟气和毒性组分。

墙体和顶棚内衬材料的燃烧特性可采用实体房间火实验确定,参见 GB/T 25207。

若可证明以下几点,则可以根据参考可燃物的实际燃烧特性来确定设定火灾:

- 火灾特性是保守的,且在建筑设计使用年限内,其值不可能被实际可燃物超过;
- 分析设定火灾场景过程中,在可能存在的条件下,确定其特性的条件是具有代表性的;
- 火灾不会蔓延到其他未被考虑的可燃物。

#### 7.4.2 应用简单计算模型时需确定的参数

大多数计算模型都需要将火灾热释放速率作为计算房间温度或其他火灾特性的输入参数,而对于简单的计算模型则需要较简单的输入数据即可,如 7.5.3.1 讨论的、适用于轰燃后火灾的曲线就不需要用热释放速率作为其输入参数。另外,可以根据更简单的信息,如房间几何形状及其通风口、房间内衬材料的热性能和火灾载荷等来直接预测温度。

### 7.5 火灾发展评估

#### 7.5.1 概述

对于一个给定的设定火灾场景,通过使用计算模型或特殊的试验结果,可以采用 7.3 和 7.4 确定的参数来预测温度/热通量随时间的变化以及其他相关参数。另外,某些特殊情况所描述的火灾并不需要代表真实风险,但应在设定火灾场景中使用。

#### 7.5.2 指定火灾

监管机构或消防安全工程设计复查组织可以指定其他设定火灾的特征,具有代表性是指定火灾中温度/热通量随时间的变化关系。

#### 7.5.3 简单计算模型

##### 7.5.3.1 参量火灾

通风控制型火灾的温度取决于热释放速率(热释放速率又取决于通风条件)、房间热特性和火灾持续时间(取决于火灾载荷密度)(参见参考文献[5])。针对不同的通风因子和火灾载荷密度得到的一系列火灾温度曲线一般称为“参量火灾”。当流入和流出房间的热气流由房间墙体的开口(通风口)控制时,参量火灾是适用的。而对于通过地板或顶棚上的开口有气流流动的房间,参量火灾不适用。



有关温度-时间曲线的描述可参见参考文献[14]和[15]。温度-时间曲线可用于计算结构的热响应和轰燃后的火灾蔓延。轰燃前的温度和火灾持续时间与轰燃后的值相比通常比较小,一般可以忽略,发生轰燃的时间可作为设定火灾的起始点。反映火灾特性的对流和辐射传热系数,可用于将温度关系转变为热通量关系。

### 7.5.3.2 外部设定火灾

建筑工程内部的火灾和建筑工程外部的火灾都可能危害建筑工程的外表面。如建筑内部发生火灾时,火焰从开口处向外传播并传递热量至外表面;或者与建筑相邻的物体发生火灾,其火焰传递热量至建筑工程的外表面。对于这两种情况,火源传递的热量都会引燃建筑工程外表面的可燃物,并使火焰继续传播。这可能会引起外表面的严重损坏,同时火灾还可能通过位于外表面且远离火源位置的开口再次传播至建筑内部。

上述两类外部设定火灾特性描述方法如下:

- a) 从建筑工程外表面开口传出的火焰,可以用火焰外表面上沿着火焰长度方向的热通量分布来描述;从全面着火房间的窗口传出的火焰射流,可用火焰长度和沿射流方向的温度来描述;这些参数之间的关系已有诸多数学公式表述,且得到了应用(参见参考文献[16]);
- b) 与建筑工程外表面相邻的燃烧物体产生的火焰,应用沿火焰长度方向的热通量分布来描述。

接近外表面的外部火源可向外表面施加最大的热通量,并可导致最大的损坏风险或持续的火焰传播。应选择一个外部火灾,以准确地再现设定火灾场景对建筑外表面所产生的最大热通量。

### 7.5.4 试验

在估计复杂材料系统的火灾增长速率或防火系统(如喷淋系统)对设定火灾的反应时,由于相互作用的复杂性,不能应用工程计算方法。对于这些情况,预测给定场景结果的方法是采用一种或多种标准尺度的实体火灾试验,也可采用专门开发的火灾试验方法进行试验预测。

标准尺度火灾试验方法可直接用于评估特定的试设计方案,也可间接用于评估特定工程计算方法的准确性;若实践证明该应用方法可行,则可将其进一步应用到一系列设计方案的评估中。每个应用案例,标准尺度试验的结果都应有合理解释,以保证特定设计方案应用的有效性。例如,使用标准尺度试验评估仓库的喷淋系统时,应分析试验结果,以确认防火成功不受诸如氧气损耗等因素的影响,虽然这些因素可能在实际火灾中并不会出现。

在某些特殊情况下,应将试验方法和计算方法结合应用。通过评估试验结果可验证计算方法的有效性。在对真实场景进行计算时,可考虑用安全系数来处理计算数据与试验结果之间的差异。

附录 A  
(资料性附录)

本部分与 ISO/TS 16733:2006 的章条编号对照

本部分与 ISO/TS 16733:2006 相比在结构上有较多调整,具体章条编号对照见表 A.1。

表 A.1 本部分与 ISO/TS 16733:2006 的章条编号对照

本部分章条编号	对应的 ISO 16733:2006 的章条编号
3.1	3.2
3.2	3.3
3.3	3.4
5.1.1~5.1.6	5.1
6.2	6.2.1
6.3.1	6.3 与 6.3.1 之间的悬置段
6.3.2	6.2.2
6.3.3	6.2.3
6.3.4	6.2.4
6.3.5	6.2.5
6.3.6	6.2.6
6.3.7	6.3.1
6.3.8	6.3.2
6.3.9	6.3.3
6.3.10	6.3.4
6.3.11	6.3.5
7.1.1~7.1.4	7.1.1
7.5.1	7.5 与 7.5.1 之间的悬置段
7.5.2	7.5.1
7.5.3	7.5.2
7.5.3.1	7.5.2.1
7.5.3.2	7.5.2.2
7.5.4	7.5.3

注:表中的章条以外的本部分其他章条编号与 ISO/TS 16733:2006 其他章条编号均相同且内容一致。

**附 录 B**  
(资料性附录)

**本部分与 ISO/TS 16733:2006 的技术性差异及其原因**

表 B.1 给出了本部分与 ISO/TS 16733:2006 的技术性差异及其原因。

**表 B.1 本部分与 ISO/TS 16733:2006 的技术性差异及其原因**

本部分的章条编号	技术性差异	原因
1	删除了第一段中的“交通工具”；删除了第四段“本部分提供了比 ISO/TR 13387-2 更多的关于设定火灾场景和设定火灾选择的信息,但并不意味着会取代ISO/TR 13387-2”	与我国的消防管理模式不相适应或与本部分内容无关
2	关于规范性引用文件,本部分做了具有技术性差异的调整,调整情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ——用 GB/T 5907 的所有部分代替 ISO 13943(见第 3 章); ——用 GB/T 31592 代替 ISO 23932:2009(见第 3 章); ——用 GB/T 31593.3—2015(消防安全工程 第 3 部分:火灾风险评估指南)代替 ISO/TS 16732:2005(见 5.1.3、6.3.8、6.3.9)	引用了采用国际标准的国家标准和我国现行的术语标准,以适合我国国情并保持本标准各部分的协调统一,便于使用
3.1	删除了国际标准的 3.1	与我国的消防管理模式不相适应

## 附录 C

## (资料性附录)

## 设定火灾场景的选择应用示例(多功能室内体育馆火灾)

## C.1 目的

本附录举例示范如何应用本部分所提供的“十步法”来选择设定火灾场景。示例是一个具有烟控系统的多功能室内体育馆,其消防安全目标是保障生命安全。

## C.2 建筑特征及使用功能

本建筑为室内体育馆,在竞技场及观众区设有烟控系统。本建筑主要用于举办体育赛事,也可用于其他用途,如举办音乐会、宗教或非宗教的仪式、大会、商品交易会,甚至是卡车展览会。为实现这些功能,低层设有可移动座椅。其他功能区域也会有火灾危险,如售货亭或者具有高火灾荷载的储藏室。

## C.3 十步程序

## C.3.1 第一步:火灾位置

选择建筑中能产生最不利火灾场景的位置。

## C.3.2 第二步:火灾类型

从相关火灾统计数据中分析最可能的火灾场景类型和最可能具有严重后果的火灾场景。

本例中,第一步和第二步是同时进行的。此过程并未收集火灾事故统计数据,但通过对设计者和消防安全人员进行咨询,获得了可能的火灾场景和起火位置。它们是:

## a) 场景 1:举办体育赛事时,竞技场内发生火灾。

此场景存在大量使用人员。观众位于阶梯座位上,相对于火源逐层升高的同时增加了暴露于烟气层的危险。可能使用或不使用可移动座椅,可能有或者没有专职消防值班人员。此场景的火灾荷载、火灾的增长和热释放速率的峰值都是受限的。

## b) 场景 2:体育馆用于其他用途时,竞技场内发生火灾。但是,此时观众仍在阶梯座位上。如举办摇滚音乐会。

对于本场景,观众的情况和场景 1 相似,但火灾荷载和火灾的增长速率是比较大的。另外,在进行摇滚音乐会时会使用影视烟雾,感烟探测系统可能关闭。可能有或者没有专职消防值班人员。

## c) 场景 3:有观众存在时,阶梯座椅区域发生火灾。

此场景和场景 1 或场景 2 具有相同的人员分布,只是火灾位置不同。座椅可能是或者不是由阻燃材料制成。也可以考虑座椅下的废弃物参与燃烧。

## d) 场景 4:竞技场内发生火灾,竞技场用于其他用途,且观众没有在阶梯座位上。比如一次商品交易会。

此时的人员荷载较低。和前面的场景相比,此场景的人员具有较大的流动性。寻找路径比较困难。人们可能专注于展览,而看不见出口标志。此场景的火灾荷载、火灾增长速率和 HRR

峰值要高于场景 1。

- e) 场景 5:火灾发生在人员聚集区域而不是竞技场和观众席。比如商店或宾客休息区。这里的设定火灾可能具有或者不具有快速的增长速率,但火灾荷载和 HRR 峰值通常低于竞技场场景。由于商场和宾客休息区经常位于临近观众席出口的阶梯座位下面的地下室里。因此,会增加竞技场区域紧急出口堵塞的可能性。
- f) 场景 6:火灾发生在储藏区。此类建筑一般会在竞技场附近存储大量的可燃材料。可燃材料的热释放速率增长很快,并具有很高的热释放速率峰值,会导致严重的火灾。储藏区通常会有大门,其和用于大量货物存取的升降机区域相连接。这可能会证明大入口比较小的人口更倾向于发生阻塞。在此阶段,上面所确定的一些场景可能会被其他场景取代。像许多国家规范所要求的那样,若座椅采用阻燃材料,则场景 3 的后果严重度将比场景 1 和场景 2 低。若摇滚音乐会和体育赛事的人员荷载相同,而摇滚音乐会的危害会更大一些,则可假定场景 2 可取代场景 1。

### C.3.3 第三步:潜在的火灾危害

确定其他需要考虑的具有严重后果的重要场景。如果这些场景中的任一场景有可能比前面确定的场景具有更严重的后果,则需要将其纳入所需分析的场景组之中。他们可以替代在性质上相似但具有较轻危害的场景。

这样有代表性的增加火灾场景并不能通过查阅统计数据来实现,而应通过和专家讨论来实现。因为在第一步和第二步中并没有使用火灾统计数据,而是通过咨询设计者和消防安全人员得到了可能的火灾场景和位置,但并没有进一步确认具有较严重后果的场景。

### C.3.4 第四步:系统对火灾的影响

确定建筑和消防安全系统的特征,其有可能对火灾发展过程产生重要影响。

假定本体育馆具有主动系统、被动系统和疏散系统。如果缺少任何一个系统,则在事件树中,该系统成功的概率应置零。

- 主动系统。假定整个区域具有自动喷水灭火系统、感烟探测系统(除厨房、厕所外)和自动烟控系统。火灾报警系统会触发烟控系统和自闭门等设备。
- 被动系统。假设区域进行了如下防火分隔:观众区和竞技区是一个主要的防火分区,大厅/接待区是一个防火分区,商业区和顾客区是一个分区,专用的逃生路线(水平的和垂直的)是一个分区,储藏区是一个分区。
- 疏散系统。假定本建筑内有合理的疏散指示标志、应急照明、疏散管理员和语音广播系统。

### C.3.5 第五步:人员响应

确定有可能对火灾过程产生重要影响的人员特点及其响应特性。

在特定的区域内,人员可能会实施灭火(在下面的事件树中首先协助灭火)。假定消防管理员会在现场协助疏散。当然,使用人员也会察觉火灾、打开房门等。

### C.3.6 第六步:事件树

构建一个代表各因素可能状态的事件树,这些因素是被辨识出的重要因素。事件树的一条路径就代表一个需要考虑的火灾场景。构建事件树由一个初始状态开始,比如从引燃开始,然后构建一个分叉,再在分叉上添加反映下一因素可能状态的分支。重复这一过程直到所有可能状态都被表示出来。每一分叉的构建都是以前面事件的发生为基础的。图 C.1 描述了一个事件树。

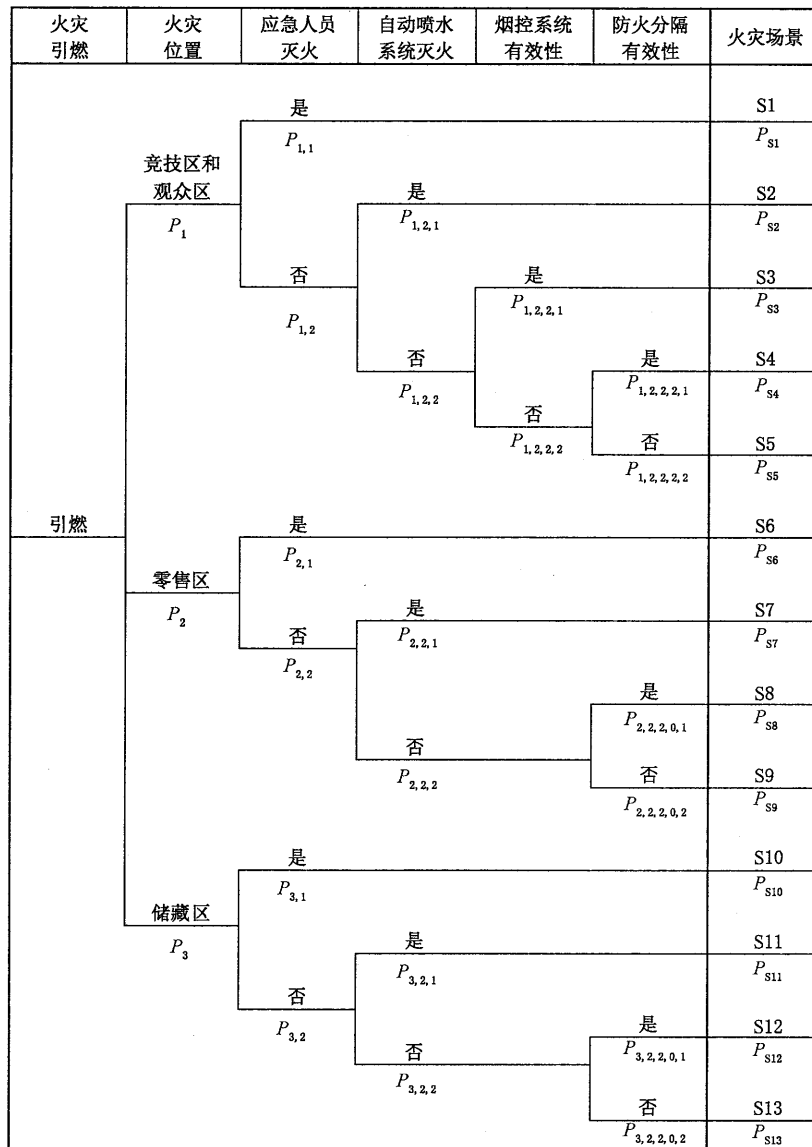


图 C.1 多功能室内体育馆火灾事件树

所考虑的第一个事件就是明火火灾的引燃。因此,在这里暗含着假定:本例中阴燃火灾并不像明火火灾那样重要。

火灾发生在竞技区和观众区的概率是  $P_1$ , 发生在零售区的概率是  $P_2$ , 发生在存储区域的概率是  $P_3$ 。假定火灾只在这些位置发生, 因此  $P_1 + P_2 + P_3 = 1$ 。

在初始阶段, 应急人员可能会将火灾扑灭。假定火灾发生在竞技区和观众区时, 此事件发生的条件概率是  $P_{1,1}$ , 火灾未被扑灭的概率是  $P_{1,2} = 1 - P_{1,1}$ 。假设在零售区和存储区内应急人员起作用的条件概率是相同的。若应急响应是起作用的, 则场景的更深一步的细节就不须讨论(所关心的生命安全的后果将会相当低)。

若火灾没有被应急人员扑灭, 而被稍后启动的自动喷水灭火系统扑灭。在竞技区和观众区, 应急人员没有扑灭火灾的条件下, 自动喷水灭火系统扑灭火灾的条件概率是  $P_{1,2,1}$ 。自动喷水灭火系统未扑灭火灾的概率是  $P_{1,2,2} = 1 - P_{1,2,1}$ 。假设在零售区和存储区, 自动喷水灭火系统起作用的条件概率是相同的。若自动喷水灭火系统是有效的, 场景的更深一步的细节就不须讨论(所关心的生命安全的后果将



会相当低)。

在竞技区和观众区,若应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾,则室内的可维持条件由烟控系统确定。在应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾的条件下,烟控系统起作用的条件概率是 $P_{1,2,2,1}$ ,烟控系统不起作用的概率是 $P_{1,2,2,2}=1-P_{1,2,2,1}$ 。若烟控系统是有效的,场景的更深一步的细节就不须讨论(所关心的生命安全的后果将会相当轻微)。若火灾发生在零售区或存储区,就没有可能再期望烟控系统动作了。

在竞技区和观众区,若应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾,且烟控系统也没有起作用,此区域的人员将会受到威胁。但是,若防火分隔阻止了烟气向零售区域的蔓延,则零售区域的人员仍是安全的。在应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾,且烟控系统也没有起到作用,防火分隔起作用的条件概率是 $P_{1,2,2,2,1}$ ,防火分隔失效的概率是 $P_{1,2,2,2,2}=1-P_{1,2,2,2,1}$ 。

在零售区域,若应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾,此区域的人员将会受到威胁,若防火分隔阻止了烟气向竞技区和观众区的蔓延,并且竞技区和观众区的人员逃生不需要穿过零售区时,竞技区和观众区的人员仍是安全的。在应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾的情况下,防火分隔起作用的条件概率是 $P_{2,2,2,0,1}$ ,防火分隔失效的概率是 $P_{2,2,2,0,2}=1-P_{2,2,2,0,1}$ 。

在存储区域,若应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾,此区域的人员将会受到威胁,若防火分隔阻止了烟气向竞技区和观众区或零售区的蔓延,则这些区域的人员仍是安全的。在应急人员和自动喷水灭火系统均没有扑灭火灾的情况下,防火分隔起作用的条件概率是 $P_{3,2,2,0,1}$ ,防火分隔失效的概率是 $P_{3,2,2,0,2}=1-P_{3,2,2,0,1}$ 。

### C.3.7 第七步:概率

利用现有的可靠数据或工程判断,估计每种状态发生的概率。可以将发生概率标到事件树上。通过将场景路径上的所有概率相乘,估计每个场景的相对概率。

在设定火灾场景的选择中,仅估计每个事件发生的概率就足够了。可以利用统计数据或工程判断(经常利用统计数据)来进行估计。事件树中的各项的构建以工程判断为基础。

为说明此过程,假定各条件概率的值如下:

火灾发生在三个位置的概率分别是:

—— $P_1=0.20$ (竞技区和观众区);

—— $P_2=0.60$ (零售区);

—— $P_3=0.20$ (存储区)。

设定火灾场景的选择并不依赖于这些值的选择,因为在本例中,每个位置火灾场景的选择是独立进行的。

应急人员灭火成功的概率是:

—— $P_{1,1}=0.5$ (中等的,在竞技区和观众区);

—— $P_{2,1}=0.8$ (相当好,在零售区,此区域的职员多);

—— $P_{3,1}=0.1$ (相当弱,在存储区,此区域是典型的无人区)。

应急人员没有灭火的概率分别为 $P_{1,2}=0.5$ , $P_{2,2}=0.2$ 和 $P_{3,2}=0.9$ 。

自动喷水灭火系统灭火的概率如下:

—— $P_{1,2,1}=0.5$ (竞技区和观众区顶棚高,会有大量的潜在火灾不能触发自动喷水灭火系统)。

—— $P_{2,2,1}=0.95$ [此值是自动喷水灭火系统在低顶棚区域(如零售区)的一个典型值]。

—— $P_{3,2,1}=0.95$ (同上)。

自动喷水灭火系统没有扑灭火灾的概率分别为 $P_{1,2,2}=0.5$ , $P_{2,2,2}=0.05$ 和 $P_{3,2,2}=0.05$ 。

在竞技区和观众区,烟控系统起作用的概率  $P_{1,2,2,1}=0.7$ (基于工程判断)。

烟控系统失效的概率为:  $P_{1,2,2,2}=0.3$ 。

假设在竞技区及观众区和零售区之间有自闭门,则防火分隔起作用的概率是  $P_{1,2,2,2,1}=0.9$ (假定门阻止了烟气的蔓延,且如此大的空间不可能发生轰燃)。

防火分隔失效的概率(没能阻止烟气向零售区域蔓延)为  $P_{1,2,2,2,2}=0.1$ (若在竞技区及观众区和零售区之间没有门,则  $P_{1,2,2,2,1}=0, P_{1,2,2,2,2}=1.0$ )。

假设在竞技区及观众区和零售区之间有自闭门,防火分隔起作用的概率是  $P_{2,2,2,0,1}=0.8$ (门阻止了烟气的蔓延,并且零售区域的火灾发生轰燃后将会对门有威胁。假定会威胁一段时间)。

防火分隔失效的概率为  $P_{2,2,2,0,2}=0.2$ 。

假设在存储区和竞技区及观众区以及零售区之间有自闭门,防火分隔起作用的概率是  $P_{3,2,2,0,1}=0.8$ 。

防火分隔失效的概率为  $P_{3,2,2,0,2}=0.2$ 。

将场景路径上所有的概率相乘可以得到每个场景的相对概率。比如,场景 S5 的条件概率为:

$$P_{S5} = P_1 \times P_{1,2} \times P_{1,2,2} \times P_{1,2,2,2} \times P_{1,2,2,2,2} = 0.2 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.1 = 0.0015$$

### C.3.8 第八步:后果

利用工程判断估计每个场景的后果。后果应当用合适的量度来表示,如伤亡人数或火灾损失。估计应当是保守的,且要考虑时间影响。

在选择设定火灾场景时,应采用工程判断估计每个场景的后果。本例中,后果采用受威胁的人员数量来表示。数字并没有明确表明时间性,比如相对于人员逃生时间,出现非稳定条件的相对时间。

假定竞技区和观众区的人员荷载为 2 000 人,零售区为 400 人,存储区为 10 人。

#### a) 火灾发生在竞技区和观众区:场景 S1 到 S5。

场景 S1 的后果:火灾很快被应急人员扑灭,以至于没有接触火灾的人员只受到很小威胁。场景 1 的后果很轻。因此,设置  $C_{S1}=0$ ,其意味着后果是可接受的并且几乎可以避免。

场景 S2 的后果:火灾没有被应急人员扑灭,但被后来启动的自动喷水灭火系统扑灭。同样,没有接触火灾的人员只受到很小的威胁。场景 2 的后果很轻。因此,设置  $C_{S2}=0$

场景 S3 的后果:火灾没有被应急人员或自动喷水灭火系统扑灭。然而,烟控系统正常启动,以至于没有接触火灾的人员只受到很小的威胁。虽然如此,但还是假定场景 3 中在竞技区和观众区内有 1% 的人员受到威胁,因此,  $C_{S3}=0.01 \times 2\ 000=20$ 。

场景 S4 的后果:火灾没有被应急人员和自动喷水灭火系统扑灭,烟控系统没有正常起作用。然而,防火分隔阻止了烟气向零售区域的蔓延。假定竞技区和观众区内 50% 的人员受到威胁,场景 4 的后果是  $C_{S4}=0.5 \times 2\ 000=1\ 000$ 。

场景 S5 的后果:火灾没有被应急人员和自动喷水灭火系统扑灭,烟控系统也没有正常起作用,且防火分隔没能阻止烟气向零售区域蔓延。假定竞技区和观众区有 50% 的人员受到威胁,零售区有 10% 的人员受到威胁。场景 5 的后果是  $C_{S5}=0.5 \times 2\ 000 + 0.10 \times 400=1\ 040$ 。

#### b) 零售区域发生火灾:场景 S6 至 S9。

场景 S6 的后果:火灾很快被应急人员扑灭,以至于没有接触火灾的人员只受到很小的威胁。场景 6 的后果很轻。因此,设置  $C_{S6}=0$ 。

场景 S7 的后果:火灾没有被应急人员扑灭,但被后来的自动喷水灭火系统扑灭。同样,没有接触火灾的人员只受到很小的威胁。假定零售区域有 0.5% 的人员受到威胁。因此,场景 7 的后果是  $C_{S7}=0.005 \times 400=2$ 。

场景 S8 的后果:火灾没有被应急人员和自动喷水灭火系统扑灭。然而,防火分隔阻止了火灾



和烟气从零售区域向竞技区和观众区的蔓延。若此区域内的人员逃生不需要通过零售区域,则可假定竞技区和观众区内没有人员受到威胁,零售区域有 50% 的人员受到威胁。场景 8 的后果是  $C_{S8} = 0.50 \times 400 = 200$ 。

场景 S9 的后果:火灾没有被应急人员和自动喷水灭火系统扑灭,并且,防火分隔没能阻止火灾和烟气从零售区域向竞技区和观众区的蔓延。假定竞技区和观众区有 25% 的人员受到威胁,零售区有 50% 的人员受到威胁。场景 9 的后果是  $C_{S9} = 0.25 \times 2\,000 + 0.50 \times 400 = 700$ 。

c) 存储区域发生火灾:场景 S10 至 S13。

场景 S10 的后果:火灾很快被应急人员扑灭,以至于没有接触火灾的人员只受到很小威胁。场景 10 的后果很轻。因此,设置  $C_{S10} = 0$ 。

场景 S11 的后果。火灾没有被应急人员扑灭,但被后来启动的自动喷水灭火系统扑灭。同样,没有接触火灾的人员只受到很小的威胁。场景 11 的后果很轻。因此,设置  $C_{S11} = 0$  (后果是可接受的并且几乎可以避免)。

场景 S12 的后果:火灾没有被应急人员或自动喷水灭火系统扑灭。然而,防火分隔阻止了火灾和烟气从存储区域向零售区域或竞技区和观众区的蔓延。场景 12 的后果很轻。因此,设置  $C_{S12} = 0$  (后果是可接受的并且几乎可以避免)。

场景 S13 的后果:火灾没有被应急人员或自动喷水灭火系统扑灭。并且,防火分隔没能阻止火灾和烟气从存储区域向竞技区和观众区或零售区域的蔓延。假定竞技区和观众区有 25% 的人员受到威胁,零售区有 25% 的人员受到威胁。场景 13 的后果是  $C_{S13} = 0.25 \times 2\,000 + 0.25 \times 400 = 600$ 。

### C.3.9 第九步:风险分级

将场景以相对风险为序进行分级。相对风险为场景发生概率(第七步)和场景后果的量度(第八步)的乘积。

计算每个场景的风险,并进行风险分级。结果见表 C.1。

表 C.1 场景的风险分级

火灾场景	概率	后果	风险	等级
S1	0.10	0(低)	0(低)	4
S2	0.05	0(低)	0(低)	4
S3	0.035	20	0.70	3
S4	0.013 5	1 000	13.5	1
S5	0.001 5	1 040	1.56	2
S6	0.48	0(低)	0(低)	3
S7	0.114	2	0.228	2
S8	0.004 8	200	0.96	1
S9	0.001 2	700	0.84	1
S10	0.02	0(低)	0(低)	2
S11	0.171	0(低)	0(低)	2
S12	0.007 2	0(低)	0(低)	2
S13	0.001 8	600	1.08	1

### C.3.10 第十步:最终选择和说明文件

选择风险等级最高的场景进行量化分析。选择的场景应当能够代表累积风险(所有场景的风险之和)的主要部分。对于一个严格的分析来说,事件树中的所有场景可能都需要分析。将所选的火灾场景进行详细说明。所选场景即为“设定火灾场景”,举例如下:

a) 火灾发生在竞技区和观众区。

场景 S4 具有最大的风险,会产生相当严重的后果。设计应当考虑这些具有潜在严重后果的火灾。或许应当考虑两个设定火灾场景:

——火灾增长直到喷头动作,这要保证具有有效的自动喷水灭火系统;

——火灾增长而喷头没有动作(意即:喷头失效),这要保证具有有效的烟控系统。

b) 火灾发生在零售区:场景 S9。

场景 S8 和 S9 风险基本相当,都会产生相当严重的后果。设计应当考虑这些具有潜在严重后果的火灾。或许应当考虑两个设定火灾场景:

——一个是火灾增长直到喷头动作,这要保证具有有效的自动喷水灭火系统;

——一个是火灾增长而喷头没有动作(意即:喷头失效),并且火灾达到轰燃,这要保证具有有效的防火分隔。

c) 火灾发生在存储区:场景 S13。

场景 S13 具有最大的风险,且会产生相当严重的后果。设计应当考虑这些具有潜在严重后果的火灾。或许仍应当考虑两个设定火灾场景,尤其是希望系统具有某些冗余时:

——一个是火灾增长直到喷头动作,这要保证具有有效的自动喷水灭火系统;

——一个是火灾增长而喷头没有动作(意即:喷头失效),并且火灾达到轰燃,这要保证具有有效的防火分隔。

### C.4 说明

本附录所提供的事件树方法不仅可以用来选择设定火灾场景,而且能使设计者保证所有的消防安全设计和事件树中的概率和后果保持一致。设计者应确保以受威胁的人员数量表示的后果是可以实现的,如通过提供合理的探测和报警系统,这些系统并没有明确在事件树中反映出来。概率也应是可得到的,如喷头成功动作的概率。

事件树也可用来评估什么地方需要改进。例如,可通过采取措施而导致的概率的增加或采取有利措施而导致的后果的降低,来研究改进各种消防安全措施所带来的影响。

## 附录 D

(资料性附录)

## 设定火灾场景的选择示例(日用品仓库火灾)

## D.1 目的

本附录举例示范如何应用本部分所提供的“十步法”来选择设定火灾场景。示例是一个储存单一日用品的仓库。其消防安全目标为保护财产和仓库的使用连续性。

## D.2 建筑特征及使用功能

由于仓库内储存物品数量多、价值高,且火灾可能会造成商品销售链中断。因此,仓库火灾一般会造造成重大的损失。仓库内易燃物品的分布形式和通风状况使得其处于比较有利于燃烧的状态,因此,仓库火灾发展迅速。为此,大部分仓库都设置了自动喷水灭火系统(一般安装在顶棚或货架内)。另外,工厂的应急人员可利用消防水带进行人工灭火。火灾得到控制而未蔓延时,使用消防水带是十分有效的。

对于本例,做如下假设:

- 仓库由不燃材料建成;
- 所有存储物都是单纯日用品,货架高五层;
- 利用手动举高车可以存取日用品(即本仓库是非自动的);
- 利用控火型喷头进行保护。

## D.3 十步程序

## D.3.1 第一步:火灾类型

在分析辨识的基础上,从相关火灾统计数据中选择最可能的火灾场景类型和最可能具有严重后果的火灾场景。

- 从相关仓储损失统计数据得到的可能的火灾类型:纵火(32%);和电器相关的火灾(18%);仓库外部暴露于火灾而起火(12%);热加工(切割或焊接等)(8%);错误使用发烟材料(8%);化学反应(自燃)(7%);火花(6%);热表面(5%);
- 具有严重后果的火灾类型:易燃液体溢出(由于纵火或加工过程)有可能在多处引发火灾。

## D.3.2 第二步:火灾位置

选择建筑中可产生最危险火灾场景的位置,其中最不利的位置是:

- 货架底部,在距离消防水带或喷头最远的纵向或横向的货架空间内;
- 在过道中的某一违规存储层的底部;
- 当存在较多的违规存储层时,在货架的底部发生火灾。

## D.3.3 第三步:潜在的火灾危害

确定其他需要考虑的具有严重后果的重要场景。如果这些场景中的任一场景有可能比前面确定的

场景具有更严重的后果,则需要将其纳入所需分析的场景组之中。他们可以替代在性质上相似但危害较小的场景。

潜在的火灾危害包括无自动喷水灭火系统保护的一般类型日用品的货架存储:

- 存储的日用品含有气溶胶罐;
- 易燃液体的存储;
- 存储的日用品主要包含易溶化和易滴出的气溶胶;
- 存储的日用品包含未用硬纸板包装的(膨胀型)泡沫塑料。

#### D.3.4 第四步:系统对火灾的影响

确认建筑和消防安全系统的特征,其有可能对火灾的发展过程产生重要影响。

相关统计资料中的最可能的起作用因素:人的因素(见第五步,31%);存储分布(过道存储或存储高度,28%);保护设备未动作(水力报警器,联动装置,防火门,9%);外部暴露(8%);喷头出现问题(不适当的间距或温度等级,喷洒受到阻挡,5%);供水阀关闭(5%);建筑操作过程(4%)。

#### D.3.5 第五步:人员响应

确认可能对火灾过程产生有重要影响的人员特点及其响应特性。如工厂应急人员实施救火,消防部门响应太慢或准备不充分。

#### D.3.6 第六步:事件树

构建一个代表各因素可能状态的事件树,这些因素是被辨识出的重要因素。事件树的一条路径就代表一个需要考虑的火灾场景。构建事件树由一个初始状态开始,比如从引燃开始,然后构建一个分叉,再在分叉上添加反映下一因素可能状态的分支。重复这一过程直到所有可能状态都表示出来。每一分叉的构建都是以前面状态的发生为基础的。图 D.1 描述了一个事件树(并不是所有的场景都需要量化)。

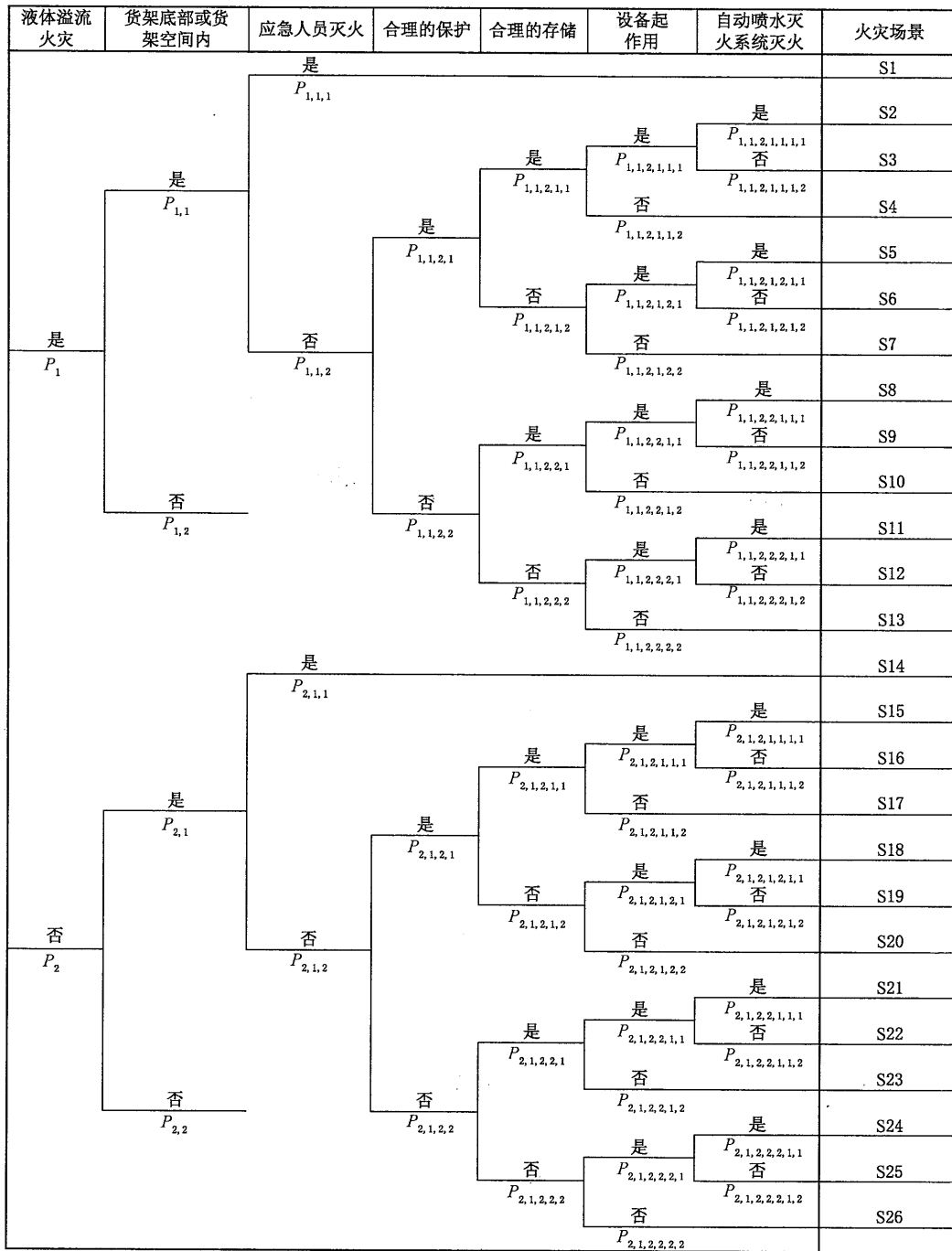


图 D.1 单一日用品仓库火灾的事件树

事件树的分支如下：

分支 1：火灾是可燃液体溢流火灾或其他类型火灾。像上面提到的一样，液体溢流火灾对自动喷水灭火系统的威胁更大。

分支 2：火灾发生在货架底部或货架空间或者其他地方。

分支 3：应急人员灭火成功或者失败。

分支 4：自动喷水系统的设计对存储的物品来说是合理的或不合理的。

分支 5：日用品的存储方式适合于或者不适于自动喷水灭火系统的设计。

分支 6：自动喷水灭火系统能够运行或不能运行，比如，在维护期间，自动喷水灭火系统可能关闭。

分支 7: 自动喷水灭火系统扑灭火灾或没有扑灭火灾。

### D.3.7 第七步: 概率

利用现有的可靠数据或工程判断, 估计每种状态发生的概率。可将这些概率标到事件树上。通过将场景路径上的所有概率相乘, 估计每个场景的相对概率。

若利用公共供水系统, 则自动喷水灭火系统的总可靠性大约是 95%。然而, 当可燃液体溢流引燃大面积的存储物时, 自动喷水灭火系统的可靠性是相当低的。

利用统计数据 and 工程判断对各个条件概率估计如下:

—— $P_1 = 0.16$  (液体溢流火灾);

—— $P_2 = 0.84$  (其他火灾);

—— $P_{1,1} = P_{2,1} = 0.5$  (火灾发生在货架底部或货架空间内);

—— $P_{1,2} = P_{2,2} = 0.5$  (火灾发生在其他地方);

—— $P_{1,1,1} = P_{2,1,1} = 0.7$  (应急人员灭火成功);

—— $P_{1,1,2} = P_{2,1,2} = 0.3$  (应急人员灭火失败);

—— $P_{1,1,2,1} = P_{2,1,2,1} = 0.9$  (自动喷水灭火系统的设计适合存储的日用品);

—— $P_{1,1,2,2} = P_{2,1,2,2} = 0.1$  (自动喷水灭火系统的设计不适合存储的日用品);

—— $P_{1,1,2,1,1} = P_{1,1,2,2,1} = P_{2,1,2,1,1} = P_{2,1,2,2,1} = 0.8$  (日用品的存储适合自动喷水灭火系统的设计);

—— $P_{1,1,2,1,2} = P_{1,1,2,2,2} = P_{2,1,2,1,2} = P_{2,1,2,2,2} = 0.2$  (日用品的存储不适合自动喷水灭火系统的设计);

—— $P_{1,1,2,1,1,1} = P_{1,1,2,2,1,1} = P_{1,1,2,2,1,1} = P_{1,1,2,2,2,1} = P_{2,1,2,1,1,1} = P_{2,1,2,1,2,1} = P_{2,1,2,2,1,1} = P_{2,1,2,2,2,1} = 0.9$  (自动喷水灭火系统动作);

—— $P_{1,1,2,1,1,2} = P_{1,1,2,2,1,2} = P_{1,1,2,2,1,2} = P_{1,1,2,2,2,2} = P_{2,1,2,1,1,2} = P_{2,1,2,1,2,2} = P_{2,1,2,2,1,2} = P_{2,1,2,2,2,2} = 0.1$  (自动喷水灭火系统没有动作)。

对于可燃液体火灾:

—— $P_{1,1,2,1,1,1,1} = 0.5$  (自动喷水灭火系统灭火成功, 但由于可燃液体溢流可能引发大面积火灾, 因此灭火的可能性较低);

—— $P_{1,1,2,1,1,1,2} = 0.5$  (自动喷水灭火系统灭火失败);

—— $P_{1,1,2,2,1,1,1} = 0.4$  (自动喷水灭火系统灭火成功, 但由于其不适合于存储的货物, 因此灭火可能性更低);

—— $P_{1,1,2,2,1,1,2} = 0.6$  (自动喷水灭火系统灭火失败);

—— $P_{1,1,2,2,1,1,1} = P_{1,1,2,2,2,1,1} = 0.1$  (自动喷水灭火系统灭火成功, 但由于日用品的存储不适合于自动喷水灭火系统的设计, 因此, 灭火可能性很低);

—— $P_{1,1,2,2,1,1,2} = P_{1,1,2,2,2,1,2} = 0.9$  (自动喷水灭火系统灭火失败)。

对于其他火灾:

—— $P_{2,1,2,1,1,1,1} = 0.95$  (自动喷水灭火系统具有典型的成功概率);

—— $P_{2,1,2,1,1,1,2} = 0.05$  (自动喷水灭火系统灭火失败);

—— $P_{2,1,2,2,1,1,1} = 0.75$  (自动喷水灭火系统灭火成功, 但由于其不适合于存储的货物, 因此, 灭火可能性较低);

—— $P_{2,1,2,2,1,1,2} = 0.25$  (自动喷水灭火系统灭火失败);

—— $P_{2,1,2,2,1,1,1} = P_{2,1,2,2,2,1,1} = 0.5$  (自动喷水灭火系统灭火成功, 但由于日用品的存储不适合于自动喷水灭火系统的设计, 因此, 灭火可能性较低);

—— $P_{2,1,2,2,2,1,1,2} = P_{2,1,2,2,2,1,1,2} = 0.5$ (自动喷水灭火系统灭火失败)。

### D.3.8 第八步:后果

利用工程判断估计每个场景的后果。后果应当用合适的量度来表示,如伤亡人数、火灾损失。估计应当是保守的,且要考虑时间影响。

本例中,人员受到伤害的风险很低。最大的后果是直接的有形破坏(5千万美元到2亿美元)和商业事务中断造成的损失(1千万美元到2亿美元,依赖于企业中类似存储设备的数量)。

场景 S1 和 S14 的后果:火灾被应急人员扑灭。因此,损失有限,尽管对可燃液体火灾来说,破坏是大范围的。假定: $C(S1) = 500\ 000$ 美元, $C(S14) = 100\ 000$ 美元。

对于自动喷水灭火系统扑灭液体溢流火灾的场景,假定损失仍是需要考虑的: $C(S2) = C(S5) = C(S8) = C(S11) = 10\ 000\ 000$ 美元。

对于自动喷水灭火系统扑灭其他类型火灾的场景,假定需要考虑的损失较小: $C(S15) = C(S18) = C(S21) = C(S24) = 1\ 000\ 000$ 美元。

对于自动喷水灭火系统灭火失败的场景,假定最大损失为: $C(S3) = C(S4) = C(S6) = C(S7) = C(S9) = C(S10) = C(S12) = C(S13) = C(S16) = C(S17) = C(S19) = C(S20) = C(S22) = C(S23) = C(S25) = C(S26) = 400\ 000\ 000$ 美元。

### D.3.9 第九步:风险分级

将场景以相对风险为序进行分级。相对风险由场景后果为场景发生概率(第七步)和场景后果的量度(第八步)的乘积。

计算每个场景的风险,并进行风险分级。结果见表 D.1。

表 D.1 场景的风险分级

火灾场景	概率	后果/美元	风险/美元	等级
S1	0.056	500 000	28 000	—
S2	0.007 776	10 000 000	77 760	—
S3	0.007 776	400 000 000	3 110 400	1
S4	0.001 728	400 000 000	691 200	3
S5	0.001 555 2	10 000 000	15 552	—
S6	0.002 332 8	400 000 000	933 120	2
S7	0.000 432	400 000 000	172 800	5
S8	0.000 172 8	10 000 000	1 728	—
S9	0.001 555 2	400 000 000	622 208	4
S10	0.000 192	400 000 000	76 800	—
S11	0.000 043 2	10 000 000	432	—
S12	0.000 388 8	400 000 000	155 520	6
S13	0.000 048	400 000 000	19 200	—
S14	0.294	100 000	29 400	—
S15	0.077 565 6	1 000 000	77 566	—



表 D.1 (续)

火灾场景	概率	后果/美元	风险/美元	等级
S16	0.004 082 4	400 000 000	1 632 960	4
S17	0.009 072	400 000 000	3 628 800	1
S18	0.015 309	1 000 000	15 309	—
S19	0.005 103	400 000 000	2 041 200	2
S20	0.002 268	400 000 000	907 200	5
S21	0.004 536	1 000 000	4 536	—
S22	0.004 536	400 000 000	1 814 400	3
S23	0.001 008	400 000 000	403 200	—
S24	0.001 134	1 000 000	1 134	—
S25	0.001 134	400 000 000	453 600	6
S26	0.000 252	400 000 000	100 800	—

#### D.3.10 第十步:最终选择和说明文件

选择风险等级最高的场景进行量化分析。选择的场景应当能够代表累积风险(所有场景的风险之和)的主要部分。对于一个严格的分析来说,事件树中的所有场景可能都需要分析。将所选的火灾场景进行详细说明。所选场景即为“设定火灾场景”。

不管是可燃液体溢流火灾还是其他类型的火灾,最严重的火灾场景是自动喷水灭火系统灭火失败的场景,因此喷淋控制是必须的。

可以设定两个火灾场景:

- 火灾为可燃液体溢流火灾,并在几个货架空间和货架底部引发火灾。至少一个被引燃的货架应当在所允许的层上存有日用品(设计目标是设计一个能够控制火灾的自动喷水灭火系统);
- 火灾为其他类型的火灾,并在一个货架空间引发火灾。至少一个被引燃的货架应当在所允许的层上存有日用品(设计目标是设计一个能够控制火灾的自动喷水灭火系统)。



附 录 E  
(资料性附录)  
典型的火灾增长类型

典型的火灾增长类型见表 E.1。

表 E.1 各种设定火灾场景的典型火灾增长类型

设定火灾场景	火灾增长类型
靠近易燃内衬材料的装有软垫的家具或堆积的家具	超快速
轻质家具	超快速
废物堆里的包装材料	超快速
非阻燃泡沫塑料	超快速
垂直堆放的纸板或塑料箱	超快速
被褥	快速
展台或装有衬垫的工作台隔断	快速
办公设备	中速
商店柜台	中速
铺地材料	慢速

参 考 文 献

- [1] GB/T 25207—2010 火灾试验 表面制品的实体房间火试验方法
- [2] GB/T 31593.4—2015 消防安全工程指南 第4部分:探测、启动和灭火
- [3] GB/T 31593.9—2015 消防安全工程 第9部分:人员疏散评估指南
- [4] Babrauskas V, Burning Rates, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd edition, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA US 1995, Section 3, Chapter 3-1.
- [5] Walton WD, Thomas, PH, Estimating Temperatures in Compartments, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 2nd edition, Society of Fire Protection Engineers, Boston, MA USA 1995, Section 3, Chapter 3-6.
- [6] Drysdale D, An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, New York, USA 1985, Chapter 10.
- [7] MARCHANT, R., NABEEL, K., WISE, S., Development and Application of the Fire Brigade Intervention Model, Fire Technology, Vol.37 (2001), pp.263-278.
- [8] BÉNICHOU, N., KASHEF, A., HADJISOPHOCLEOUS, G., Fire Department Response Model (FDRM) and Fire Department Effectiveness Model (FDEM) Theory Report, Internal Report No.842, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa 2002.
- [9] NFPA 204, Standard for Smoke and Heat Venting, National Fire Protection Assn, 2002.
- [10] OHLEMILLER, T.J., Smouldering Combustion, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd edition, National Fire Protection Assn, 2002, Section 2, Chapter 9.
- [11] Babrauskas V, Lawson JR, Walton WD, Twilley WH, "Upholstered Furniture Heat Release Rates Measured with a Furniture Calorimeter", NBSIR 82-2604, National Institute of Standards and Technology, Washington 1982.
- [12] JANSSENS, M., Calorimetry, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 3rd edition, National Fire Protection Assn, 2002, Section 3, Chapter 2.
- [13] CBUF, Fire safety of upholstered furniture—The final report on the CBUF research programme ed. Sundstrom, B., Interscience Communications Ltd, London 1996.
- [14] WICKSTROM, U., Application of the Standard Fire Curve for Expressing Natural Fires for Design Purposes, Fire Safety: Science and Engineering, ASTM STP 882 or SP-RAPP 1986:19. EN 1991-1-2:2002, EuroCode 1. Actions on structures. General Actions. Actions on structures exposed to fires, Annex A.
- [15] EN 1991-1-2: 2002, EuroCode 1. Actions on structures. General Actions. Actions on structures exposed to fires, Annex A.
- [16] EN 1991-1-2: 2002, EuroCode 1. Actions on structures. General Actions. Actions on structures exposed to fires, Annex B.

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
消 防 安 全 工 程  
第 4 部分:设定火灾场景和设定火灾的选择  
GB/T 31593.4—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.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

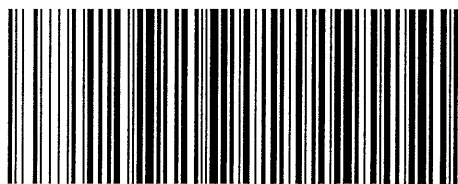
\*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 62 千字  
2015 年 7 月第一版 2015 年 7 月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-51311

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 31593.4-2015