

附件 1

# 广州市建设工程特殊消防设计文件 编制指南及示范文本

## 目 录

1 总 则 .....	2
2 术语和符号 .....	3
3 基本规定 .....	8
4 项目概况 .....	12
5 消防安全目标与策略 .....	13
6 规范对比与工程案例分析 .....	14
7 火灾危险源辨识与火灾危险性分析 .....	15
8 本质安全分析 .....	16
9 特殊消防设计方案 .....	18
10 实体火灾试验 .....	20
11 火灾数值模拟分析 .....	22
12 火灾仿真模拟分析 .....	27
13 人员疏散模拟分析 .....	30
14 火灾风险评估 .....	33
附 录 A A类特殊建设工程特殊消防设计示范文本 .....	39
附 录 B B类特殊建设工程特殊消防设计示范文本 .....	55
附 录 C C类特殊建设工程特殊消防设计示范文本 .....	68
附 录 D 部分建筑火灾荷载密度示例 .....	83
本指南用词说明 .....	85
引用标准名录 .....	86

## 1 总 则

1.0.1 本指南规定了特殊建设工程特殊消防设计的术语和符号、基本规定、项目概况、消防安全目标与策略、规范对比与工程案例分析、火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾数值模拟分析、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估、特殊消防设计示范文本、部分建筑火灾荷载密度示例。

1.0.2 为指导和规范特殊建设工程特殊消防设计文件的编制工作，保证文件的质量和完整性，制定本指南。

1.0.3 本指南适用于新建、改扩建公共特殊建设工程的特殊消防设计。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 消防安全目标 Fire Safety Objectives

是由保障生命安全、财产安全、商业连续性、保护环境组成。

#### 2.1.2 特殊消防设计 Performance-based Design

是指基于消防安全目标，对火灾场景的确定性和（或）概率分析，并使用可靠、适用的工程工具、方法和技术标准，对消防工程设计替代方案进行定性和定量评估的消防工程设计方法<sup>1</sup>。

#### 2.1.3 重大建设项目 Major Construction Project

是指由政府审批或核准的，对经济社会发展、民生改善有直接、广泛和重要影响的固定资产投资项<sup>2</sup>目。

#### 2.1.4 危险源 Hazard

是指可能导致人身伤害、健康损害、财产损失、环境影响的根源、状态或行为，或它们的组合。分为第一类危险源、第二类危险源。

第一类危险源是指生产、生活过程中固有的各种能量或有害物质，即根源、源头类危害因素。

第二类危险源是指导致约束、限制能量或有害物质措施或屏障失效或破坏的各种不安全因素。

#### 2.1.5 危险源辨识 Hazard Identification

是指发现、识别潜在的危险源，并确定其特性的过程<sup>3</sup>。

#### 2.1.6 本质安全分析 Inherent Safety Analysis

是指利用物质或过程本身所固有的属性，消除或降低危险发生及事故后果的手段方法<sup>4</sup>。

#### 2.1.7 火灾数值模拟 Fire Numerical Simulation

是指基于有限元法，利用计算机构建虚拟火场环境和假定火源，计算火灾烟气扩散分布数据和图像显示，得到烟气蔓延的空间和时间分布、防排烟系统性能。

#### 2.1.8 火灾仿真模拟 Fire Analogue Simulation

是指基于有限元法，利用计算机构建高度仿真的火场环境和燃烧对象，对复杂材料组分热解数学模型进行求解，计算可燃物燃烧数量、火灾烟气流动、火焰蔓延、火灾温度、热辐射和有毒有害气体浓度分布数据和图像显示，得到过火面积、烟气蔓延、钢结构抗火能力、消防设施性能，探究火灾发生、发展及演变规律。

#### 2.1.9 全尺寸火灾试验 Full-Scale Fire Test

是指用与实际火灾场景或真实物品等比的模型，研究火灾燃烧机理和发展规律、特点、现象、影响、过程，或验证消防设施功能和性能。

#### 2.1.10 缩尺寸火灾试验 Reduced-Scale Fire Test

是指基于相似理论，用与实际火灾场景等比缩小的简化模型进行模拟，以预测实际火灾场景可能发生的现象，或验证消防设施功能和性能。

---

<sup>1</sup> SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection, National Fire Protection Association, Quincy, MA(2006).

<sup>2</sup> 《关于推进重大建设项目批准和实施领域政府信息公开的意见》国办发〔2017〕94号。

<sup>3</sup> 执业健康安全管理体系 GB/T 28001-2011.

<sup>4</sup> Center For Chemical Process Safety And The American Institute Of Chemical Engineers. Final Report: Definition for Inherently Safer Technology in Production, Transportation, Storage, and Use[R]. 2010.

### 2.1.11 新技术 New Technology

是指新出现的能够提高生产、服务的效率和效益、保障使用功能的方法。

### 2.1.12 新工艺 New Process

是指新出现的能够提高生产、服务的效率和效益、保障使用功能的流程。

### 2.1.13 新材料 New Materials

是指新出现的具有优异性能和特殊功能的材料,及传统材料改进后性能明显提高或产生新功能的材料<sup>5</sup>。

## 2.2 符号

下列符号适用于本指南。

$f_i^s$ ——初始事件*i*造成的后果*S*的频率;

$f_i^l$ ——初始事件*i*的发生频率;

$PFD_{ij}$ ——初始事件*i*中第*j*个阻止后果*C*的独立保护层要求时危险失效概率;

$t$ ——计算时间;

$\rho_f$ ——热烟气密度;

$u_f$ ——热烟气流速;

$D_f$ ——热烟气体积分数;

$\nabla$ ——散度;

$\dot{m}_f'''$ ——热烟气质量损失率;

$Y_f$ ——热烟气质量分数。

$uu$ ——流速的二阶张量;

$\tau_{ij}$ ——应力张量;

$f$ ——热烟气所受总力;

$h_f$ ——热烟气焓值;

$p_f$ ——热烟气所受压力;

$\dot{q}$ ——单位体积热烟气的热释放速率;

$\nabla \cdot \dot{q}$ ——热烟气传热时的热通量;

$\phi$ ——耗散系数;

$\lambda_f$ ——热烟气导热系数;

$c_f$ ——热烟气比热容;

$T_f$ ——热烟气温度;

$C_c$ ——自然对流的经验系数;

$L$ ——与物理障碍物大小有关的特征长度;

$k$ ——气体的传热系数;

$N_u$ ——努塞尔数;

$T_g$ ——第一个离壁网格单元的气体温度;

$T_w$ ——第二个离壁网格单元的气体温度;

<sup>5</sup> 新材料技术成熟度等级划分及定义,GB/T 37264-2018.

$h$ ——对流换热系数；  
 $\dot{q}_c$ ——热流密度；  
 $T^+$ ——无因次温度；  
 $\rho_w$ ——壁面气体密度；  
 $C_p$ ——定压比热容；  
 $u_\tau$ ——壁面烟气流动速度；  
 $\dot{q}_w$ ——壁面热流密度；  
 $E$ ——辐射热；  
 $\varepsilon$ ——辐射率；  
 $\sigma$ ——玻尔兹曼常数；  
 $D^*$ ——火源特性直径；  
 $Q$ ——火源热释放速率；  
 $\rho_\infty$ ——常温下的空气密度；  
 $T_\infty$ ——环境绝对温度；  
 $c_n$ ——空气的定压比热容；  
 $g$ ——重力加速度；  
 $m_D$ ——水滴的质量；  
 $A_D$ ——水滴的截面积；  
 $h_m$ ——传质系数；  
 $Y_D$ ——水滴质量分数；  
 $Y_g$ ——气体蒸汽质量分数；  
 $c_D$ ——水滴的比热容；  
 $T_D$ ——第一个离壁网格单元的水滴温度；  
 $\dot{q}_r$ ——水滴的热辐射率；  
 $h_v$ ——水滴的汽化潜热；  
 $u_D$ ——水滴流速；  
 $\rho_g$ ——水滴周围的烟气密度；  
 $C_D$ ——水滴阻力系数；  
 $r_D$ ——水滴半径；  
 $\overline{u_{rel}}$ ——水滴相对周围烟气的速度；  
 $Y_{s,t}$ ——材料残留率；  
 $r_{i,j}$ ——反应速率；  
 $\nu_{s,i} r_{i,j}$ ——新物质生成率；  
 $ASET$ ——危险来临时间；  
 $RSET$ ——必需疏散时间；

$P_d$ ——人员密度；

$t_W$ ——探测时间；

$t_A$ ——报警时间；

$t_R$ ——预动作时间；

$t_M$ ——运动时间；

$\beta$ ——安全系数；

$\omega$ ——人员疏散安全度判定指标；

$P_i$ ——各致灾因子先验火灾概率；

$n_i$ ——本地区该类型建筑的致灾因子为  $i$  的火灾起数；

$N$ ——本地区该类型建筑的建筑数量；

$P_{xz}$ ——待评估建筑的火灾概率修正值；

$z_1$ ——起火隐患火灾概率修正系数；

$z_2$ ——消防安全管理隐患火灾概率修正系数；

$P_{ph2}$ ——火灾发展超出阶段 2 的概率；

$P_f$ ——建筑物某场所起火的概率；

$P_{de}$ ——自动报警成功的概率；

$P_{fe}$ ——灭火器灭火成功的概率；

$P_{ph4}$ ——火灾发展超出阶段 4 的概率；

$P_{sp}$ ——为自动喷水灭火成功的概率；

$P_{hy}$ ——室内消火栓灭火成功的概率；

$P_{p/h6}$ ——灭火救援失败的概率；

$P_{fs}$ ——防火间隔设施有效的概率；

$P_{ff}$ ——火灾得到消防队及时扑救的概率；

$\tau$ ——企业财务损失占税前利润的百分比；

$\varphi$ ——溢油量；

$R$ ——火灾风险；

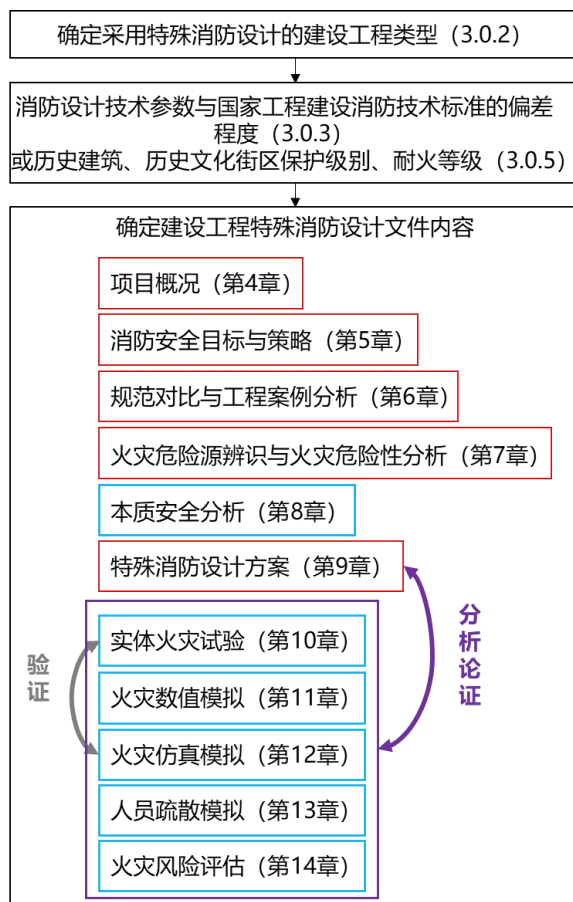
$P$ ——火灾事件的发生概率；

$S$ ——火灾事件产生的预期后果。



### 3 基本规定

3.0.1 特殊消防设计文件的内容宜由项目概况、消防安全目标与策略、规范对比与工程案例分析、火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾数值模拟分析、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估等组成，文件编制流程见图3.0.1，并应根据本指南第3.0.2~3.0.7条的规定确定。



注：红色边框内容为必选，蓝色边框内容为根据特殊建设工程具体情况选择。

图 3.0.1 建设工程特殊消防设计文件编制流程图

3.0.2 特殊建设工程的特殊消防设计类型宜划分为A、B、C类，并应符合表3.0.2的规定。

表 3.0.2 特殊建设工程的特殊消防设计类型

类型	建设工程情况
A	消防设计参数在现行国家工程建设消防技术标准中没有规定的特殊建设工程
B	拟采用的新技术、新工艺、新材料不符合现行国家工程建设消防技术标准规定的特殊建设工程
C	因保护利用历史建筑、历史文化街区需要，其消防设计参数采用现行国家工程建设消防技术标准的规定确有困难的特殊建设工程

3.0.3 应对特殊建设工程的消防设计参数与现行国家工程建设消防技术标准进行偏差分析，根据偏差程度划分为轻度、中等和严重等级，并应符合表3.0.3的规定。

表 3.0.3 偏差程度划分

判定指标		偏差程度划分			
		轻度	中等 I	中等 II	严重
防火间距	防火间距是国家工程建设消防技术标准规定值的百分比	[90%,100%)	[80%,90%)	[60%,80%)	[0,60%)
防火分区	面积是国家工程建设消防技术标准规定值的百分比	(100%,125%]	(125%,150%]	(150%,175%]	(175%,∞)
疏散距离	距离是国家工程建设消防技术标准规定值的百分比	(100%,110%]	(110%,125%]	(125%,140%]	(140%,∞)
疏散宽度	宽度是国家工程建设消防技术标准规定值的百分比	[95%,100%)	[90%,95%)	[80%,90%)	(0,80%)
安全出口		——	——	——	数量不足
消防给水及灭火设施		——	——	——	未按规定设置
防排烟设施		——	——	未按规定设置	——
消防供电		——	——	——	未按规定设置
火灾自动报警系统		——	——	——	未按规定设置
灭火救援设施		——	——	未按规定设置	——

注：1 当特殊建设工程的消防设计存在多个偏差程度等级时，取最高等级。

2 表中与现行国家工程建设消防技术标准的偏差参考《重大火灾隐患判定方法》（GB 35181）的有关规定。

3.0.4 A、B类特殊建设工程的特殊消防设计应根据其偏差程度确定，并应符合表 3.0.4 的规定。

A类特殊建设工程的消防设计参数偏差程度宜根据类似建筑类型的消防设计规范确定。

表 3.0.4 A、B类特殊建设工程的特殊消防设计

类型	特殊消防设计											
	项目概况	消防安全目标与策略	特殊消防设计必要性	规范对比分析	危险源辨识与危险性分析	本质安全分析	特殊消防设计方案及比选	实体火灾试验	火灾数值模拟分析	火灾仿真模拟分析	人员疏散模拟分析	火灾风险评估

类型	特殊消防设计											
	项目概况	消防安全目标与策略	特殊消防设计必要性	规范对比分析	危险源辨识与危险性分析	本质安全分析	特殊消防设计方案及比选	实体火灾试验	火灾数值模拟分析	火灾仿真模拟分析	人员疏散模拟分析	火灾风险评估
A-轻度	●	●	●	●	□	□	●	/	□	/	□	□
A-中等 I	●	●	●	●	▲	□	●	/	●	□	●	▲
A-中等 II	●	●	●	●	●	▲	●	/	●	▲	●	●
A-严重	●	●	●	●	●	▲	●	/	/	●	●	●
B-轻度	●	●	●	●	□	▲	●	★	□	/	□	▲
B-中等 I	●	●	●	●	▲	●	●	★	●	□	●	●
B-中等 II	●	●	●	●	●	●	●	★	●	▲	●	●
B-严重	●	●	●	●	●	●	●	★	/	●	●	●

注：1 ●——应；▲——宜；□——可；/——不要求；★——若新技术、新工艺中含有使用新材料的，则为应，若不含，则不要求。

2 新材料应提供产品燃烧性能检测报告、防火性能检测报告或耐火性能检测报告。

3 当特殊建设工程为重大建设项目时，其特殊消防设计的实体火灾试验的选择要求应符合第3.0.6条的规定。

3.0.5 C类特殊建设工程的特殊消防设计应根据其保护级别和耐火等级确定，并应符合表 3.0.5 的规定。

表 3.0.5 C类特殊建设工程的特殊消防设计

保护级别	耐火等级	特殊消防设计										
		项目概况	消防安全目标与策略	特殊消防设计必要性	规范对比分析	危险源辨识与危险性分析	本质安全分析	特殊消防设计方案及比选	火灾数值模拟分析	火灾仿真模拟分析	人员疏散模拟分析	火灾风险评估
国家级	一、二级	●	●	●	●	□	□	●	□	/	□	□
	三、四级	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●
	木结构	●	●	●	●	●	●	●	/	●	●	●
省级	一、二级	●	●	●	●	□	/	●	□	/	□	□
	三、四级	●	●	●	●	▲	▲	●	●	/	●	▲
	木结构	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	●	●
市级	一、二级	●	●	●	●	□	/	●	□	/	□	/

三、四级	●	●	●	●	▲	□	●	▲	/	▲	□
木结构	●	●	●	●	●	▲	●	●	□	●	▲

注：1 国家级历史建筑、历史文化街区是由国家文物局批准的；省级历史建筑、历史文化街区是由省人民政府批准的；市级历史建筑、历史文化街区是由市人民政府批准的。

2 ●——应；▲——宜；□——可；/——不要求。

3.0.6 重大建设项目特殊消防设计的实体火灾试验宜根据其偏差程度确定，并应符合表 3.0.6 的规定。

表 3.0.6 重大建设项目特殊消防设计的实体火灾试验

偏差程度	选择要求
轻度	/
中等I	□
中等II	▲
严重	●

注：1 ●——应；▲——宜；□——可；/——不要求。

2 偏差程度应按本指南表 3.0.3 的规定确定。

3.0.7 特殊建设工程原设计方案的火灾风险为高风险时，其特殊消防设计应包括实体火灾试验。火灾风险宜根据本指南第 14 章确定。

3.0.8 根据本指南的特殊消防设计文件编制要求给出 A、B、C 类特殊建设工程的特殊消防设计示范文本，见附录 A~附录 C。

## 4 项目概况

4.0.1 特殊消防设计文件中的项目概况宜包括生产工艺、消防设计概况、消防设计技术难题、特殊消防设计必要性等。

4.0.2 生产工艺宜包括完善的生产工艺流程、所需要的特殊环境、主要工艺设施、重要工艺房间、针对该工艺的特殊消防措施等。

4.0.3 消防设计概况宜包括总平面布局、建筑防火、安全疏散和避难、灭火救援设施、消防给水及灭火设施、防烟和排烟系统、火灾自动报警系统、电气安全、装饰装修等，并宜符合下列规定：

- 1 总平面布局宜包括建筑位置、防火间距等；
- 2 建筑防火宜包括建筑分类和耐火等级、防火分区和层数、平面布置等；
- 3 安全疏散和避难宜包括疏散距离、疏散宽度等；
- 4 灭火救援设施宜包括消防车道、救援场地和入口、消防电梯、直升机停机坪等；
- 5 消防给水及灭火设施宜包括市政消防给水、室外消火栓系统、室内消火栓系统、自动灭火系统、灭火器等；
- 6 防烟和排烟系统宜包括自然通风设施、机械加压送风系统、防烟分区、自然排烟设施、机械排烟系统、补风系统等；
- 7 火灾自动报警系统宜包括火灾自动报警及消防联动控制系统、消防应急广播系统、消防专用电话系统、电气火灾监控系统、消防电源监控系统、防火门监控系统、气体灭火系统、可燃气体探测系统、余压监控系统、消防应急照明和疏散指示系统等；
- 8 电气安全宜包括消防电源及其配电、电力线路及电器装置、消防应急照明和疏散指示标志等；
- 9 装饰装修宜包括装饰装修材料的燃烧性能等级、类型等。

4.0.3 应论述特殊建设工程的消防设计技术难题具体内容。

4.0.4 特殊消防设计必要性论证应符合下列规定：

- 1 论证特殊建设工程的消防设计参数在现行国家工程建设消防技术标准中是否有具体规定；
- 2 论证特殊建设工程是否采用了新技术、新工艺、新材料，再论证其消防设计参数是否满足现行国家工程建设消防技术标准的规定；
- 3 论证特殊建设工程是否保护利用历史建筑、历史文化街区，再论证其消防设计参数是否满足现行国家工程建设消防技术标准的规定。

## 5 消防安全目标与策略

5.0.1 宜根据特殊建设工程的建筑类型、使用功能等具体情况确定其消防安全目标。

5.0.2 消防安全目标应根据特殊消防设计方案的火灾风险等级判定其安全性，低风险为可接受的，中风险宜根据成本与效益计算确定，高风险为不可接受的。

5.0.3 特殊建设工程的消防设计技术难题解决策略应基于消防安全目标，首先从控制火灾危险源、限制火灾规模、减少火灾损失等方面提出措施，并宜符合下列规定：

1 宜从提高疏散与避难安全性、防止或减少烟气扩散、提高消防设施可靠性等方面提出措施保障生命安全；

2 宜从保障建筑结构完整性、防止或减少火灾在防火分区与建筑之间的蔓延、提高消防设施可靠性、强化安全管理等方面提出措施保障财产安全；

3 宜从提高工艺流程和设施设备的安全可靠性、保障建筑结构完整性、强化安全管理等方面提出措施保障商业连续性和保护环境。

## 6 规范对比与工程案例分析

6.0.1 特殊建设工程消防设计规范对比分析的资料来源宜包括下列内容：

- 1 法律、行政法规、部门规章中的技术性规定；
- 2 全文强制性工程建设规范；
- 3 国家标准；
- 4 行业标准；
- 5 地方标准；
- 6 团体标准；
- 7 国内外研究论文；
- 8 国际标准；
- 9 境外工程建设消防技术标准。

6.0.2 A、B类特殊建设工程应根据其使用功能，按照《建筑防火通用规范》(GB 55037)中相同或类似使用功能的建筑防火的目标、功能、性能要求，对比分析建筑防火、安全疏散和避难、灭火救援、消防设施、电气安全等内容，并应根据本指南第3.0.3条的规定确定偏差程度，第3.0.4条的规定确定特殊消防设计文件内容。

6.0.3 C类特殊建设工程应对比分析建造时采用标准和现行标准中技术要求的差异，并应根据本指南第3.0.5条的规定确定特殊消防设计文件内容。

6.0.4 采用国际标准或境外工程建设消防技术标准的特殊建设工程应提供原文及相应的中文文本。

6.0.5 对于A、B、C类特殊建设工程的特殊消防设计应至少提供2个国内或国外类似工程案例，工程案例资料除应包括工程概况、消防设计方案外，尚应符合下列规定：

- 1 A类特殊建设工程案例资料宜包括国家工程建设消防技术标准没有具体规定的内容等；
- 2 B类特殊建设工程案例资料宜包括采用的新技术、新工艺、新材料后，其消防设计参数不符合国家工程建设消防技术标准规定的内容，新技术、新工艺说明，新材料的中试或生产试验研究情况、性能参数等；
- 3 C类特殊建设工程案例资料宜包括因保护利用历史建筑、历史文化街区需要，无法满足国家工程建设消防技术标准要求的内容等。

## 7 火灾危险源辨识与火灾危险性分析

7.0.1 火灾危险源辨识应包括第一类危险源和第二类危险源。

7.0.2 第一类危险源辨识应包括下列内容：

1 固定可燃物，宜包括建筑结构材料、建筑构件材料，装修材料、外墙及保温材料，门窗、固定家具、固定装置设备等的种类、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率等；

2 移动可燃物，宜包括建筑内存放的可燃、易燃易爆等气体、液体、固体物质等的种类、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率、火灾荷载密度等。

7.0.3 建筑火灾荷载密度可采用调研法、文献法等确定：

1 当采用调研法时，调研数据应包括建筑面积、可燃物的种类、数量、质量或体积、热值、分布等，建筑火灾荷载密度计算应符合《建筑火灾荷载调查与统计分析方法》（GA/T 1427）的有关规定；

2 当采用文献法时，文献资料应权威、准确，可按附录 D 取值。

7.0.4 第二类危险源可根据相同使用功能建筑近 5 年的火灾统计数据中致灾因子进行辨识，宜包括下列内容：

1 人的因素，建筑内生产作业用火不慎、生活用火不慎、玩火等；

2 物的因素，机械设备故障、电气线路故障、电器设备故障等；

3 环境因素，温度、湿度、粉尘等。

7.0.5 可根据火灾危险源辨识、人员状态、建筑使用功能等定性分析公共建筑火灾预风险，并应符合表 7.0.5 的规定。

表 7.0.5 民用建筑火灾预风险等级定性划分

人员状态	火灾增长系数	预风险等级	建筑使用功能示例
清醒且熟悉建筑物的住户	慢速	低	办公场所
	中速	中	
	快速	中高	
	超快速	高	
醒着且不熟悉建筑物的居住者	慢速	低	商店、展览馆、博物馆、休闲中心、其他集会建筑等
	中速	中	
	快速	中高	
	超快速	高	
可能睡着的居住者	慢速	低	个人公寓、服务式公寓、宿舍、寄宿学校的睡眠区、酒店、医院、疗养院
	中速	中高	
	快速、超快速	高	

注：1 火灾增长率根据建筑内主要可燃物燃烧特性确定，可参考《消防工程 第 4 部分：设定火灾场景和设定火灾的选择》（GB/T 31593.4）的相关规定，或参考科学、权威的文献资料。

2 建设工程设置有效的自动灭火系统时，预风险等级可降低一级。



## 8 本质安全分析

8.0.1 本质安全分析应包括火灾场景辨识、火灾场景选择、可能造成火灾的初始事件、独立保护层分析、原方案场景频率分析与设置独立保护层场景频率分析、风险评估等，分析流程见图 8.0.1<sup>6</sup>。

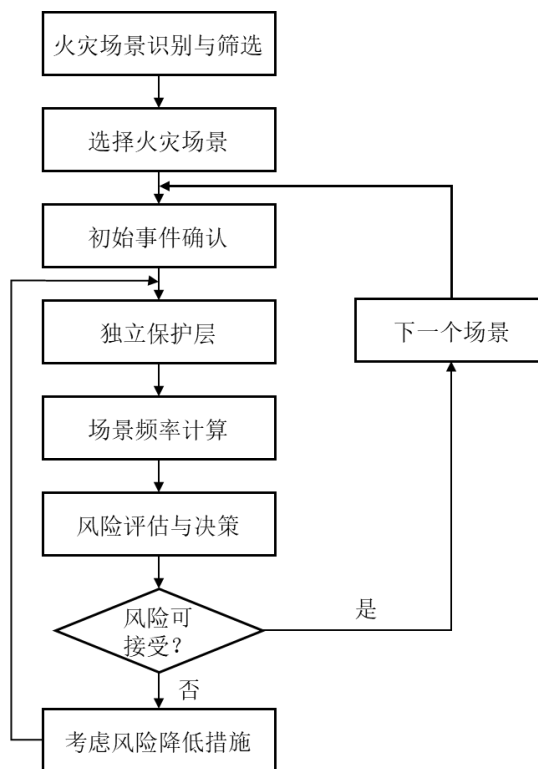


图 8.0.1 本质安全分析流程图

8.0.2 应辨识特殊建设工程内主要的工艺流程、设备、系统等本身及其工作过程中可能发生火灾的场景，选择不同火灾场景。

8.0.3 设备故障、人为操作失误、环境宜作为特殊建设工程特殊消防设计火灾发生的初始事件，并宜将每个致灾因子细分为独立的初始事件，宜包括下列致灾因子：

- 1 元件、软件等控制系统失效；
- 2 设备磨损、高温等；
- 3 电气设备发生故障电弧等；
- 4 不规范切割、焊接等；
- 5 环境高温、雷击等。

8.0.4 民用建筑独立保护层可从基本过程控制系统、报警与人员干预、减轻装置、物理防护、应急响应 5 个层级提出保护措施，并宜符合下列规定：

- 1 基本过程控制系统宜包括故障电弧、短路等监测控制；
- 2 报警与人员干预宜包括火灾自动报警系统、消防联动设备响应及人员初期使用灭火器或消火栓灭火等；

<sup>6</sup> 《保护层分析（LOPA）应用指南》GB/T 32857-2016

- 3 减轻装置宜包括自动灭火设施、防排烟设施等；
- 4 物理防护措施宜包括防火间距、防火分区、防火分隔等；
- 5 应急响应宜包括消防队第一出动时间、到达时间等。

8.0.5 工业建筑保护层分析应符合《保护层分析（LOPA）应用指南》（GB 32857）的相关规定。

8.0.6 场景发生的频率可按下式计算：

$$f_i^S = f_i^1 \times \prod_{j=1}^J PFD_{ij} \tag{8.0.6}$$

式中：

$f_i^S$ ——初始事件*i*造成的后果*S*的频率，次/年；

$f_i^1$ ——初始事件*i*的发生频率，次/年；

$PFD_{ij}$ ——初始事件*i*中第*j*个阻止后果*S*的独立保护层要求时危险失效概率(PFD)。

表8.0.6 典型独立保护层PFD（示意）

独立保护层		说明	失效概率（PFD）
基本过程控制系统		如果与初始事件无关，基本过程控制系统重的控制回路可确认为一种独立保护层	$1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-1}$
报警与人员干预	减少人员伤亡	火灾自动报警系统响应，人员采用灭火器灭火	$5.8 \times 10^{-17}$
减轻装置		防排烟设施	$2.8 \times 10^{-8}$
		自动灭火设施	$4.8 \times 10^{-1}$
物理防护措施	减少财产损失 降低环境污染 提升商业连续性	常闭防火门	$2.7 \times 10^{-1}$
应急响应		消防救援到达并扑灭火灾	根据各地消防统计数据确定第一出动时间超过15min的概率

注：1 本表数据仅为示意，应以相关统计数据为准。

2 当失效概率无法获取时，可适当进行定性分析。

8.0.6 火灾的频率分级、后果等级及风险矩阵应符合本指南第 14 章的规定。

<sup>7</sup> 統計調査に基づく防火対策の信頼度に関する研究[J] 日本建築学会計画系論文集 第 525 号, 1-7, 1999 年 11 月

<sup>8</sup> 李国强,陆立新,王卫永. 概率性火灾损失分析 [J]. 消防科学与技术, 2008, (03): 163-166.

## 9 特殊消防设计方案

### 9.1 一般规定

9.1.1 应基于消防安全目标，从保障生命安全、财产安全、商业连续性、保护环境等方面根据本指南第6~8章的规定分析提出特殊消防设计方案。

9.1.2 工业建设工程和原消防设计方案的预风险等级为中风险、中高风险或高风险的民用建设工程，宜根据本指南第9.2、9.3、9.4节的规定提出措施。

### 9.2 控制火灾危险源

9.2.1 控制火灾危险源可从控制可燃物、控制点火能量、控制可燃物与点火能量的接触提出技术措施。

9.2.2 控制可燃物可采取下列措施：

- 1 对易燃易爆场所可采取加强通风、泄爆，正确设置通风口位置，合理选择通风方式等；
- 2 对具有可燃气体的场所可采取防止泄露和空气渗入，保障管线、设备的气密性，选择合理的密封垫圈，设置相关检测及报警仪器设备等；
- 3 对具有易燃易爆液体和固体的场所可采取控制可燃物总量，设置单独的房间，设置相关检测及报警仪器设备等；
- 4 对具有易燃易爆气体和液体的场所可采取严格控制清洗或置换，保证惰性介质保护等。

9.2.3 控制点火能量可采取下列措施：

- 1 控制或消除明火，可采取禁止携带火种、设置故障电弧、短路等监控设施等；
- 2 减少撞击或摩擦，可采取减少压力，使接触面光滑，合理使用润滑措施等；
- 3 防止电火花和静电火花，可采取确保绝缘层良好，确保绝缘距离，确保设备保持良好的接地状态，使用防静电工具等；
- 4 避免日光照射与聚焦，可采取禁止露天堆放可燃物，设置合理的遮阳措施，存放可燃物的房间玻璃应采用白色或毛玻璃等。

9.2.4 控制可燃物与点火能量的接触可采取限制可燃物或限制可燃物与明火的距离，设置防火间距、防火隔离带、防火隔间等措施。

### 9.3 限制火灾规模

限制火灾规模可采取下列措施：

- 1 设置防火隔离带等；
- 2 设置防火分区、防火隔间、防火门窗等；
- 3 装饰装修采用不燃或难燃材料等；
- 4 提高灭火设施可靠性，包括优化系统设计方案、选取机械可靠性高的设备、选取高冗余度的设计参数等；
- 5 提高火灾报警可靠性，包括设置极早期火灾探测器、设置不同类型探测器等；
- 6 提高供电可靠性，包括采用燃烧性能、产烟毒性、燃烧滴落物/微粒等级较优的线缆，设置电气火灾监控、消防电源监控、故障电弧探测器等；
- 7 设置微型消防站、专职消防站等。

### 9.4 减少火灾损失

减少火灾损失除可采取下列措施外，尚可采取本指南第 9.3 节的措施：

- 1 提高疏散和避难设施可靠性，包括设施避难隔间、避难走道、扩大前室等；
- 2 提高排烟设施可靠性，包括设置双风机排烟等；
- 3 提高结构耐火等级，包括包裹防火板、涂抹防火涂料等；
- 4 对重要设备应设置单独的设备房间等。

## 9.5 方案比选与论证

9.5.1 特殊消防设计方案不应少于 2 种。在满足安全性要求的基础上，宜综合分析各方案的经济性、可实施性后确定待论证方案。

9.5.2 待论证特殊消防设计方案的论证应符合下列规定：

- 1 可通过实体火灾试验、火灾模拟、疏散模拟等论证建筑防火、安全疏散与避难设施的安全性，并提出优化措施；
- 2 可通过实体火灾试验、火灾模拟、疏散模拟等论证自动喷水灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警系统等的功能和性能，并提出优化措施。

## 10 实体火灾试验

10.0.1 可根据试验目的将实体火灾试验分为下列几类：

- 1 物体、材料的燃烧性能试验，研究物体、材料在火灾条件下的燃烧特性；
- 2 物体、材料、结构的耐火性能试验，研究标准火灾条件下物体、材料、结构能够保持其结构完整性和功能的时间；
- 3 实体场景火灾燃烧试验，研究火灾发展规律、特点、现象、影响、过程等；
- 4 自动灭火系统功能和性能试验，研究火灾发生时自动灭火系统的控火、灭火能力及作业过程；
- 5 防排烟系统功能和性能试验，研究火灾发生时防排烟系统的烟气控制能力及作业过程。

10.0.2 实体火灾试验方法应符合下列规定：

- 1 进行试验前，首先应制定试验方案，并宜包括试验场所（试验台）、试验对象、试验方法、试验装置、试验步骤、试验工况、试验数据分析方法等内容；
- 2 当物体、材料的燃烧性能试验、物体、材料、结构的耐火性能试验、防排烟系统性能试验等确实无法采用全尺寸试验时，可采用缩尺寸试验，其他试验宜采用全尺寸试验；
- 3 试验方案应符合国家现行有关标准的规定；若无相关标准要求，试验方案应通过专家论证会论证其可行性后，方可开展试验。

10.0.3 试验结果应作为火灾模拟的数据支撑。

10.0.4 试验时应采取防护措施保障试验人员和试验设备的安全。

10.0.5 试验前记录的数据应符合国家现行有关标准的规定，并应包含下列数据：

- 1 试验日期、参加人员等；
- 2 试验区域描述，包括长、宽、高、开口位置等；
- 3 试验可燃物描述，包括材料类型、尺寸、重量等；
- 4 试验当日环境温度、风速、相对湿度等；
- 5 当进行自动灭火系统功能和性能试验时，还应记录试验自动灭火系统参数，包括水泵的设计流量和压力、喷头动作温度、响应时间指数、设计流量、布置形式等；
- 6 当进行防排烟系统功能和性能试验时，还应记录试验防排烟系统参数，包括风机的设计风量和压力，防排烟阀（口）的布置形式和位置、尺寸、设计风速等。

11.0.6 火灾试验结果分析应符合国家现行有关标准的规定，并应包括下列内容：

- 1 热释放速率-时间曲线；
- 2 热释放总量-时间曲线；
- 3 二氧化碳浓度-时间曲线；
- 4 一氧化碳浓度-时间曲线；
- 5 烟密度-时间曲线；
- 6 燃料质量损失率-时间曲线；
- 7 热释放速率峰值和达到峰值的时间；
- 8 烟羽流温度-时间曲线；
- 9 重点位置的温度-时间曲线；
- 10 火灾的发展情况说明；
- 11 火灾烟气蔓延范围；

12 当进行自动灭火系统功能和性能试验时,尚应记录消防泵运行状态参数,包括启动时间、压力、流量等,喷头启动参数,包括启动时间、位置、数量、顺序等;

13 当进行防排烟系统功能和性能试验时,尚应记录防排烟系统运行状态参数,包括风机启动时间、压力、风量等,排烟口、补风口参数,包括启动时间、位置、数量、顺序、风量、风速等。

## 11 火灾数值模拟分析

### 11.1 火灾场景及参数设定

11.1.1 火灾场景和火灾位置的确定应符合《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）的相关规定。

11.1.2 火灾增长系数应根据模拟区域主要可燃物的燃烧特性确定， $t^2$ 火灾类型的部分可燃物的火灾增长系数除可参照表 11.1.2 的规定确定外，尚可根据燃烧试验、查找权威的文献资料等方法确定。

表 11.1.2 典型可燃材料火灾增长系数（示意）

典型的可燃材料	火灾类别	火灾增长系数( $Kw/s^2$ )	热释放速率达到 1Mw 的时间 (s)
木垛 (4 张)	慢速火	0.00117	926
小型电动轿车 (1 辆)	快速火与超快速火之间	0.1197	91
涤纶沙发 (1 张)	慢速火与中速火之间	0.0061	405
笔记本电脑 (1 台)	慢速火	0.00152	810
汽油(50g)	超快速火	0.1876	73
纸张(1 公斤)	快速火与超快速火之间	0.1132	94
木床 (1 张)	快速火与中速火之间	0.0184	234
装满聚苯乙烯杯的纸板箱 (1 个)	快速火与中速火之间	0.0157	252
棉衣服(悬挂 23 件)	中速火与慢速火之间	0.0104	310
聚酯床垫 (1 张)	中速火与慢速火之间	0.0114	296
木制办公桌(3 张)	快速火与中速火之间	0.0128	280
货架商品阵列(3 列 4 层)	快速火与超快速火之间	0.064	125
装满纸的纸板箱(1 个)	快速火与中速火之间	0.0335	174
聚丙烯座椅 (6 个)	快速火与中速火之间	0.0211	218

11.1.3 火灾热释放速率应按下式计算，且不应小于《建筑防烟排烟系统技术标准》（GB51251）规定的值。

$$Q = \alpha t^2 \quad (11.1.3)$$

式中：

$Q$ ——热释放速率，kW；  
 $\alpha$ ——火灾增长系数， $kw/s^2$ ；  
 $t$ ——火灾增长时间，s。

11.1.4 火灾初始及边界条件的确定应符合下列规定：

1 部分燃烧物烟气生成率除可参照表11.1.4的规定确定外，尚可根据燃烧试验、查找权威的文献资料等方法确定。

表 11.1.4 材料烟气生成率(示意)

材料类别	烟气生成率 (kg/kg)
木垛 (4 张)	0.00155
小型电动轿车 (1 辆)	0.00133

材料类别	烟气生成率 (kg/kg)
涤纶沙发 (1 张)	0.0244
笔记本电脑 (1 台)	0.0484
汽油(50g)	0.075
纸张(1 公斤)	0.00245
木床 (1 张)	0.00124
装满聚苯乙烯杯的纸板箱 (1 个)	0.096
棉衣服(悬挂 23 件)	0.053
聚酯床垫 (1 张)	0.01971
木制办公桌(3 张)	0.00132
货架商品阵列(3 列 4 层)	0.0423
装满纸的纸板箱(1 个)	0.00227
聚丙烯座椅 (6 个)	0.02124

2 在已知可燃物分布的情况下,火灾增长类型可根据权威、准确的文献资料或采用适当的火焰传播模型确定;

3 火源单位面积热释放速率应为火灾热释放速率和火源面积的比值;

4 防排烟系统的排烟、补风口的位置、尺寸,风速风量等技术参数应根据建设工程实际设计方案确定;

5 火灾探测器位置、响应阈值、联动控制等应根据建设工程实际设计方案确定。

6 环境初始温度应为建设工程所在地近10年历史同季节的干球温度平均值;

7 环境大气压力应为建设工程所在地大气压;

8 环境初始风速、风向应为建设工程所在地近10年历史同季节的风速、风向数据的平均值;

9 火灾模拟运行时间可根据人员疏散时间或建设工程所在地消防队到达时间确定。

## 11.2 模拟工况设定

应以火灾案例和问题为导向,设定火灾工况,并宜符合下列规定:

1 防火分隔设施有效、失效,如防火门、防火卷帘、管道井和电缆井的防火封堵等;

2 自动灭火系统有效、失效;

3 防烟排烟系统有效、失效;

4 火灾自动报警系统有效、失效。

## 11.3 模型建立

### 11.3.1 流动数学模型的建立应符合下列规定:

1 火灾场景热烟气的传质过程可按下列式计算:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_f Y_f) + \nabla \cdot \rho_f Y_f u = \nabla \cdot \rho_f D_f \nabla Y_f + \dot{m}_f''' \quad (11.3.1-1)$$

式中:

$t$ ——计算时间, s;

$\rho_f$ ——热烟气密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$u_f$ ——热烟气流速,  $\text{m}/\text{s}$ ;



$D_f$ ——热烟气体积分数;

$\nabla$ ——散度;

$\dot{m}_f'''$ ——热烟气质量损失率;

$Y_f$ ——热烟气质量分数。

2 火灾场景热烟气的动量交换过程可按下式计算:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_f u) + \nabla \cdot (\rho_f uu) + \nabla p_f = \nabla \cdot \tau_{ij} + \rho_f f \quad (11.3.1-2)$$

式中:

$uu$ ——流速的二阶张量,  $m^2/s^2$ ;

$\tau_{ij}$ ——应力张量,  $N/m^2$ ;

$f$ ——热烟气所受总力,  $N$ 。

3 火灾场景热烟气的能量交换过程可按下式计算:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_f h_f) + \nabla \cdot \rho_f h_f u = \frac{Dp_f}{Dt} + \dot{q}''' - \nabla \cdot \dot{q}'' + \phi \quad (11.3.1-3)$$

式中:

$h_f$ ——热烟气焓值,  $J/kg$ ;

$p_f$ ——热烟气所受压力,  $Pa$ ;

$\dot{q}'''$ ——单位体积热烟气的热释放速率,  $J/s$ ;

$\nabla \cdot \dot{q}''$ ——热烟气传热时的热通量,  $W/m^2$ ;

$\phi$ ——耗散系数。

11.3.2 火灾场景热烟气自身导热过程可按下式计算:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda_f}{\rho_f c_f} \nabla^2 T_f \quad (11.3.2)$$

式中:

$\lambda_f$ ——热烟气导热系数,  $W/(m \cdot K)$ ;

$c_f$ ——热烟气比热容,  $J/(kg \cdot K)$ ;

$T_f$ ——热烟气温度,  $K$ 。

11.3.3 对流传热数学模型的建立应符合下列规定:

1 火灾场景自由空间内热烟气的对流传热过程可按下式计算:

$$\dot{q}_c'' = h(T_g - T_w); \quad h = \max [C_c |T_g - T_w|^{\frac{1}{3}}, \frac{k}{L} Nu] \quad (11.3.3-1)$$

式中:

$C_c$ ——自然对流的经验系数;

$L$ ——与物理障碍物大小有关的特征长度,  $m$ ;

$k$ ——气体的传热系数,  $W/(m \cdot K)$ ;  
 $N_u$ ——努塞尔数;

$T_g$ ——第一个离壁网格单元的气体温度,  $K$ ;

$T_w$ ——第二个离壁网格单元的气体温度,  $K$ ;

$h$ ——对流换热系数,  $W/(m^2 \cdot K)$ ;

$\dot{q}_c$ ——热流密度,  $W/m^2$ 。

2 火灾场景热烟气与壁面的对流传热过程可按下式计算:

$$h = \frac{\dot{q}_w}{T_g - T_w} = \frac{\rho_w c_p u_\tau}{T^+} \quad (11.3.3-2)$$

式中:

$T^+$ ——无因次温度,  $K$ ;

$\rho_w$ ——壁面气体密度,  $kg/m^3$ ;

$c_p$ ——定压比热容,  $J/(kg \cdot K)$ ;

$u_\tau$ ——壁面烟气流速,  $m/s$ ;

$\dot{q}_w$ ——壁面热流密度,  $W/m^2$ 。

11.3.4 火灾场景热烟气与环境间的辐射传热过程可按下式计算:

$$E = \varepsilon \sigma T^4 \quad (11.3.4)$$

式中:

$E$ ——辐射热,  $W/m^2$ ;

$\varepsilon$ ——辐射率;

$\sigma$ ——玻尔兹曼常数, 取  $5.667 \times 10^{-8}$ 。

11.3.5 网格模型的建立应符合下列规定:

1 网格尺寸可根据火灾规模计算确定, 火源区域的网格尺寸宜为火源特性直径的  $1/4 \sim 1/15$ , 火源特性直径可按下式计算:

$$D^* = \left( \frac{Q}{\rho_\infty T_\infty c_p \sqrt{g}} \right)^{2/5} \quad (11.3.5)$$

式中:

$D^*$ ——火源特性直径,  $m$ ;

$Q$ ——火源热释放速率,  $kW$ ;

$\rho_\infty$ ——常温下的空气密度,  $kg/m^3$ ;

$T_\infty$ ——环境绝对温度,  $K$ ;

$c_p$ ——空气的定压比热容,  $J/kg \cdot K$ ;

$g$ ——重力加速度,  $m/s^2$ 。

2 应优先定义精细度高的网格区域。

11.3.6 应根据建筑规模、复杂程度、设计图纸等确定建模软件, 并建立建筑物火灾物理模型。

11.3.7 火灾模型应设置火灾数据采集测点与切片, 采集烟气层高度、温度、CO 浓度、能见度等数据。

## 11.4 数值模拟结果分析

11.4.1 宜采用可视化后处理软件对模拟数据进行后处理，分析温度、CO 浓度、能见度等指标随时间变化的云图。

11.4.2 宜分析温度、CO 浓度、能见度等指标达到危险临界值的时间，危险临界值除可参照表 11.4.2 的规定确定外，尚可查找权威的标准、文献资料确定。

表 11.4.2 火灾指标的危险临界值

指标	危险临界值
温度 (°C)	60
CO 浓度 (ppm)	500
能见度 (m)	5, 10 (高大空间)
辐射热 (kW/m <sup>2</sup> )	2.5

## 12 火灾仿真模拟分析

### 12.1 火灾场景设定及参数设定

12.1.1 火灾场景和火灾位置的设定应符合本指南第 11.1.1 条的规定。

12.1.2 火灾初始及边界条件的设定除应符合本指南第 11.1.4 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 不同种类材料的燃烧学属性参数，包括密度、比热容、导热系数、吸收系数、燃烧热值等，部分材料的燃烧学属性参数除可参照表 12.1.2 的规定外，尚可根据传热学试验、权威的文献资料等方法确定。

表 12.1.2 燃烧学属性参数（示意）

材料类别	密度 (kg/cm <sup>3</sup> )	比热容 (kJ/(kg·K))	导热系数 (W/(m·K))	吸收系数 (1/m)	燃烧热值 (MJ/kg)
纸板	1270	1.9	0.06	$5 \times 10^4$	15
实木木条	250	2.51	0.2	$5 \times 10^4$	18
尼龙	1130	1.55	0.247	$5 \times 10^4$	29.8
棉	1500	1.27	0.461	$5 \times 10^4$	18.4
羊毛	1300	1.5	0.193	$5 \times 10^4$	20.5
玻璃棉	2470	0.66	0.038	$5 \times 10^4$	18.3
人造丝	1520	1.25	0.289	$5 \times 10^4$	16.3
聚酯纤维	1380	1.3	0.141	$5 \times 10^4$	22.1
天然橡胶	1395	1.1	0.11	$5 \times 10^4$	25.4
丁苯橡胶	1100	1.88	0.17	$5 \times 10^4$	42
丁腈橡胶	2345	1.33	0.25	$5 \times 10^4$	33.3
顺丁橡胶	920	1.96	0.13	$5 \times 10^4$	42.7
PE 薄膜	925	1.55	0.38	$5 \times 10^4$	41.6
PET 薄膜	1345	1.15	0.2	$5 \times 10^4$	22.2
PP 薄膜	880	1.88	0.15	$5 \times 10^4$	43.1
PVDC 薄膜	1700	1.07	0.13	$5 \times 10^4$	13.1

2 建立与真实可燃物尺寸、材料组分、燃烧学属性参数等属性相符的仿真模块，其火灾热释放速率峰值及达到峰值的时间、总热值等模拟结果与实体火灾试验结果的相似度应大于 90%。

3 自动喷水灭火系统的喷头布置、响应时间指数、喷水强度、喷头公称动作温度等应根据建设工程的设计方案确定，其喷头启动时间、喷头启动数量等模拟结果与实体火灾试验结果的相似度应大于 85%。

### 12.2 模拟工况设定

火灾模拟工况的设定应符合本指南第 11.2 条的规定。

### 12.3 模型建立

12.3.1 流动数学模型的建立除应符合本指南第 11.3.1 条的规定外，当设置自动喷水灭火系统时，热烟气和水滴的流动数学模型的建立尚应符合下列规定：

1 热烟气和水滴间的传质过程可按下式计算：

$$\frac{dm_D}{dt} = -A_D h_m \rho (Y_D - Y_g) \quad (12.3.1-1)$$

式中:

$m_D$ ——水滴的质量, kg;  
 $A_D$ ——水滴的截面积,  $m^2$ ;  
 $h_m$ ——传质系数;  
 $Y_D$ ——水滴质量分数;  
 $Y_g$ ——气体蒸汽质量分数。

2 热烟气和水滴间的能量交换过程可按下式计算:

$$m_D c_D \frac{dT_D}{dt} = A_D h (T_g - T_D) + \dot{q}_r + \frac{dm_D}{dt} h_v \quad (12.3.1-2)$$

式中:

$c_D$ ——水滴的比热容,  $J/kg \cdot K$ ;  
 $T_D$ ——第一个离壁网格单元的水滴温度,  $K$ ;

$\dot{q}_r$ ——水滴的热辐射率;

$h_v$ ——水滴的汽化潜热,  $kJ/kg$ 。

3 水滴的运动过程可按下式计算:

$$\frac{dm_D \overline{u_D}}{dt} = m_D \overline{g} - \frac{1}{2} \rho_g C_D \pi r_D^2 \|\overline{u_{rel}}\| \overline{u_{rel}} \quad (12.3.1-3)$$

式中:

$u_D$ ——水滴流速,  $m/s$ ;  
 $\rho_g$ ——水滴周围的烟气密度,  $kg/m^3$ ;  
 $C_D$ ——水滴阻力系数;

$r_D$ ——水滴半径,  $m$ ;

$\overline{u_{rel}}$ ——水滴相对周围烟气的速度,  $m/s$ 。

4 材料组分的燃烧过程可按下式计算:

$$\frac{dY_{s,i}}{dt} = -\sum_{j=1}^{N_{r,i}} r_{i,j} + \sum_{i=1}^{N_m} \sum_{j=1}^{N_{r,i}} \nu_{s,i,j} r_{i,j} \quad (12.3.1-4)$$

式中:

$Y_{s,i}$ ——材料残留率;  
 $r_{i,j}$ ——反应速率,  $kg/s$ ;

$\nu_{s,i,j} r_{i,j}$ ——新物质生成率。

12.3.2 网格模型的建立应符合本指南第 11.3.5 条的规定。

12.3.3 建筑物火灾物理模型的建立应符合本指南第 11.3.6 条的规定。

12.3.4 火灾仿真模型的数据采集测点、切片的设置应符合本指南第 11.3.7 条的规定。

#### 12.4 仿真模拟结果分析

火灾仿真模拟结果分析除应符合本指南第 11.4 节的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 应分析火灾蔓延过程中过火面积、钢结构周边温度、目标物品表面的热辐射率等情况；
- 2 自动灭火系统功能和性能模拟应分析喷头动作数量、喷头动作时间、喷头动作时周围烟气温度等。

## 13 人员疏散模拟分析

### 13.1 疏散场景及参数设定

13.1.1 疏散场景的设定应符合《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定。

13.1.2 人员疏散模型应设定下列参数：

- 1 疏散人数；
- 2 疏散人员占据空间，包括肩宽、背厚、身高等；
- 3 疏散人员行走速度，包括平地、楼梯、坡道的行走速度等；
- 4 疏散人员类型组成，包括性别、年龄等；
- 5 疏散人员分布；
- 6 辅助疏散人员、设施等。

13.1.3 疏散人数的确定应符合下列规定：

- 1 有固定座位的场所，其疏散人数可按实际座位数的 1.1 倍计算；
- 2 无固定座位的场所，其疏散人数可根据建筑面积和人员密度计算，人员密度应符合《建筑设计防火规范》（GB50016）、《办公建筑设计标准》（JGJ/T67）、《宿舍建筑设计规范》（JGJ36）等的有关规定；
- 3 无固定座位的场所，当无人员密度规定时，可根据建筑实际使用情况、调研、权威的文献资料等方法确定疏散人数。

13.1.4 人员占据空间除可参考表 13.1.4 的规定外，尚可依据调研、权威的文献资料等方法确定。

表 13.1.4 人员体型尺寸取值（示意）

人员类型	形体尺寸（肩宽 m×背厚 m×身高 m）
成年男士	0.48×0.3×1.75
成年女士	0.43×0.28×1.65
儿童	0.40×0.25×1.4
老人	0.48×0.25×1.6
坐轮椅人员	0.76×1.32×1.0

13.1.5 人员行走速度除可按下式计算外，尚可依据《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定、调研、权威的文献资料等方法确定。

$$v_r = d(1 - 0.266P_d) \dots\dots\dots (13.1.5)$$

式中：

- $v_r$ ——人员行走速度，m/s；
- $d$ ——常数，可按下表取值；
- $P_d$ ——人员密度，人/m<sup>2</sup>。

表 13.1.5 公式 (13.1.5) 中常数 d 的取值 (示意)

疏散路径因素		d
走道、走廊、斜坡、门口 (水平)		1.40
楼梯 (下行)		
梯级高度 (cm)	梯级宽度 (cm)	
19	25	1.00
18	28	1.08
17	30	1.16
17	33	1.23

注：1 人员上行楼梯速度为水平速度的0.4倍。

2 人员下行楼梯速度为水平速度的0.6倍。

3 成年女士、儿童和老者，其水平和沿坡道、楼梯上下行疏散速度分别为成年男士的85%、66%和59%。

13.1.6 人员类型组成可根据建筑类型、使用功能等通过调研、权威的文献资料等方法确定。

表13.1.6 人员类型组成取值 (示意)

人员种类	成年男士	成年女士	儿童	老人
商业场所	35%	40%	15%	10%
办公场所、厂房、仓库	50%	50%	0	0

13.1.7 人员分布可根据实际使用情况、调研、权威的文献资料等方法确定。

## 13.2 模拟工况设定

应以火灾模拟结果和问题为导向，设定人员疏散最不利工况，并宜符合下列规定：

1 人员疏散模拟工况宜选取发生火灾时，可能延迟人员疏散的场景，火灾自动报警系统失效，影响火灾探测时间、报警时间，火灾时建筑内人员处于睡眠状态，影响人员预动作时间等；

2 人员疏散模拟工况宜选取发生火灾时，可能阻碍人员疏散的场景，疏散门、疏散通道、疏散楼梯间等安全疏散和避难设施附近火灾时危险而无法使用，影响人员运动时间等。

## 13.3 疏散模型建立

13.3.1 应根据建筑规模、复杂程度等确定模拟软件，并应根据建筑设计图纸建立疏散模型。

13.3.2 建立疏散模型时应考虑各通道的有效宽度折减值，除可按表 13.3.2 的规定确定外，尚可根据《消防安全工程 第 9 部分：人员疏散评估指南》(GB/T 31593.9) 的有关规定、调研、权威的文献资料等方法确定。

表 13.3.2 各种通道的有效宽度折减值取值 (示意)

通道类型	有效宽度折减值 (cm)
楼梯、墙壁	15
扶手	9
座椅、长凳	0
走廊、坡道	20



广阔走廊、行人走道	46
大门、拱门	15

### 13.4 疏散模拟结果分析

13.4.1 人员疏散模拟结果应分析必需疏散时间 $REST$ ，宜包括探测时间、报警时间、预动作时间、运动时间，并按下式计算：

$$REST = t_W + t_A + t_R + \beta t_M \dots \dots \dots (13.4.1)$$

式中：

$t_W$ ——探测时间，s；

$t_A$ ——报警时间，s；

$t_R$ ——预动作时间，s；

$t_M$ ——运动时间，s；

$\beta$ ——安全系数。

13.4.2 探测时间、报警时间、预动作时间的确定宜符合《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定。

13.4.3 运动时间应根据人员疏散模拟得到，并根据人员清醒或睡眠状态、警惕性、对建筑物的熟悉程度等考虑一定的安全裕量。

13.4.4 人员疏散的安全性应根据危险来临时间 AEST 与必需疏散时间 REST 的比较分析确定。

## 14 火灾风险评估

### 14.1 一般规定

14.1.1 应对待评估特殊建设工程原消防设计方案、特殊消防设计方案进行火灾风险评估。

14.1.2 应根据特殊消防设计方案的火灾风险等级，优化特殊消防设计方案，并确定最终方案。

### 14.2 概率估计

14.2.1 宜根据待评估建筑所在地区相同或相似建筑类型的火灾统计数据、采用科学计算模型确定火灾概率，当采用贝叶斯网络模型时，宜符合下列规定：

- 1 根据火灾统计数据、建筑数量可按下式计算先验概率：

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (14.2.1)$$

式中：

$P_i$ ——各致灾因子先验火灾概率；

$n_i$ ——本地区该类型建筑的致灾因子为  $i$  的火灾起数，起；

$N$ ——本地区该类型建筑的建筑数量，栋。

- 2 根据致灾因子构建指标体系，并可计算各指标的条件概率。

- 3 根据贝叶斯网络建立模型，计算初始火灾概率。

14.2.2 当缺乏火灾统计数据时，可按表 14.2.1 取值。

表 14.2.1 不同建筑类型火灾概率表（示意）

场所	住宅	车库	商业	办公
初始概率	$0.92 \times 10^{-4}$	$2.85 \times 10^{-6}$	$1.3 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$

14.2.3 宜基于初始火灾概率，并结合待评估建筑起火隐患和消防安全管理隐患确定待评估建筑火灾概率修正值，应按下式计算：

$$P_{xz} = P_{cs} z_1 z_2 \quad (14.2.3)$$

式中：

$P_{xz}$ ——待评估建筑的火灾概率修正值；

$P_{cs}$ ——待评估建筑的火灾初始概率；

$z_1$ ——起火隐患火灾概率修正系数，宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定；

$z_2$ ——消防安全管理隐患火灾概率修正系数，宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定。

14.2.4 可基于火灾概率修正值确定待评估建筑起火概率等级：

表 14.2.4 起火概率分级（示意）

分类	几乎可忽略	可能	偶尔	频繁
起火概率	[0, 10E-6]	[10E-6, 10E-4]	[10E-4, 10E-2]	>10E-2

### 14.3 后果估计

14.3.1 可采用过火面积表示火灾财产损失后果，并应符合下列规定：

- 1 当采用火灾仿真模拟方法时，宜根据仿真模拟结果确定过火面积；
- 2 当未采用仿真模拟方法时，可根据火灾统计数据 and 消防设施可靠性确定过火面积，并应符合下列规定：

- 1) 当自动喷水灭火系统有效时，过火面积为 10m<sup>2</sup>；
- 2) 当自动喷水灭火系统失效时，可基于事件树确定火灾成长概率，建立模型确定不同火灾成长阶段的过火面积，并应符合下列要求：

阶段 1-2：火灾处于初期阶段，火灾发生且被自动报警系统识别、可以使用灭火器扑灭火灾。超出阶段 2 的概率按下式计算：

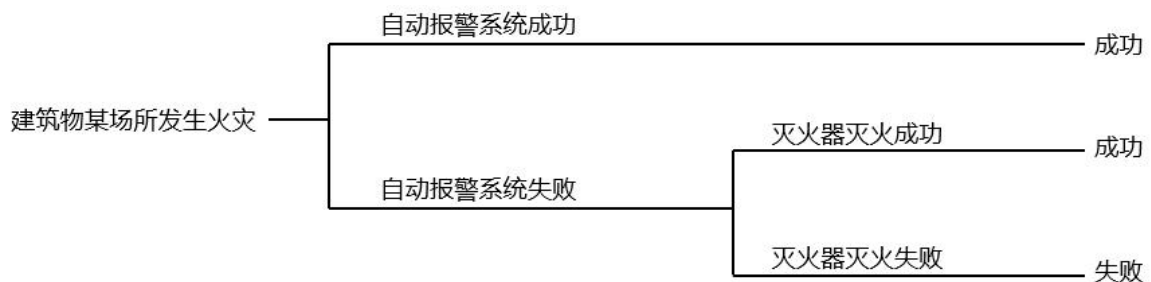


图 14.3.1- 1 阶段 1-2 的事件树

$$P_{ph2} = P_f [P_{de}(1 - P_{fe}) + (1 - P_{de})] \quad (14.3.1-1)$$

式中：

$P_{ph2}$ ——火灾发展超出阶段 2 的概率；

$P_f$ ——建筑物某场所起火的概率；

$P_{de}$ ——自动报警成功的概率；

$P_{fe}$ ——灭火器灭火成功的概率。

阶段 3-4：灭火器灭火失败时，火灾超过阶段 2 而发展到阶段 3，当自动喷水灭火系统启动成功时，扑灭火灾成功；自动喷水灭火系统启动失败时，火灾超过阶段 3 而发展到阶段 4，需要人员使用室内消火栓进行灭火。超出阶段 4 的概率按下式计算：

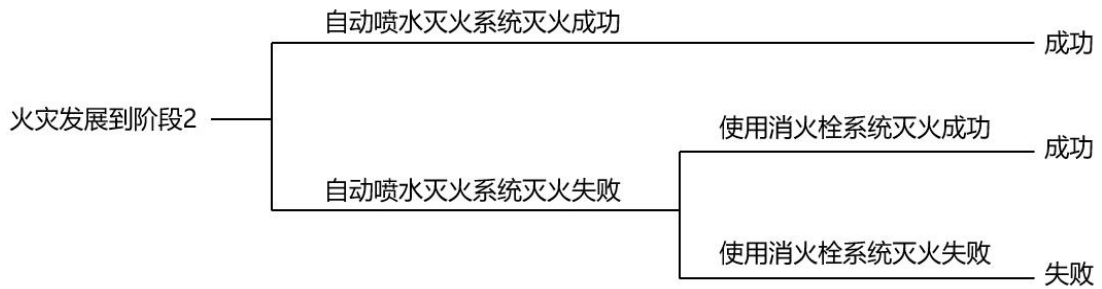


图 14.3.1- 2 阶段 3-4 的事件树

$$P_{p/h4} = P_{p/h2} [(1 - P_{sp})(1 - P_{hy})]$$

(14.3.1-2)

式中：

$P_{p/h4}$ ——火灾发展超出阶段 4 的概率；

$P_{sp}$ ——为自动喷水灭火成功的概率；

$P_{hy}$ ——室内消火栓灭火成功的概率。

阶段 5-6：现场人员使用消火栓系统灭火失效时，火灾超过阶段 4 而发展到阶段 5，当防火分隔设施（防火门、防火卷帘等）有效时，火灾可限制在一个防火分区或防火隔间内；当防火分隔设施失效时，火灾超过阶段 5 而发展到阶段 6，须依靠消防队现场救援。火灾未得到消防队及时扑救的概率按下式计算：

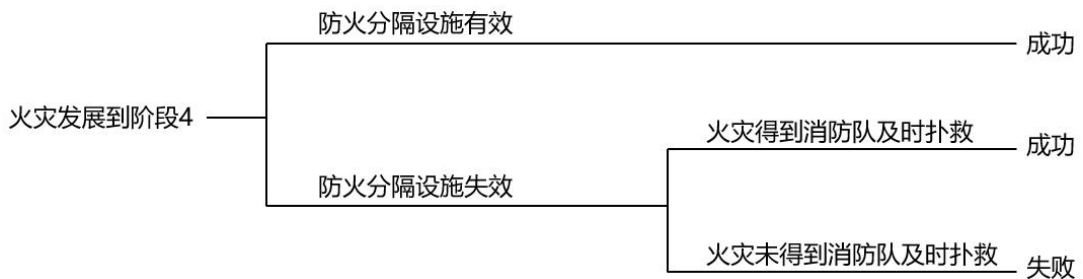


图 14.3.1- 3 阶段 5-6 的事件树

$$P_{p/h6} = P_{p/h4} [(1 - P_{fs})(1 - P_{ff})] \quad (14.3.1-3)$$

式中：

$P_{p/h6}$ ——灭火救援失败的概率；

$P_{fs}$ ——防火间隔设施有效的概率；

$P_{ff}$ ——火灾得到消防队及时扑救的概率。

表 14.3.1-1 消防设施完好率 (示意)

消防给水系统	完好率 (%)
感烟探测器	75.02
自动喷水灭火系统	52.50
室内消火栓给水系统	77.36
室外消火栓给水系统	89.52

3 当未采用仿真模拟且缺少统计数据时,可采用模型法估计,并应符合《消防安全工程第 3 部分:火灾风险评估指南》(GB/T 31593.3)的相关规定。

4 当未采用仿真模拟和模型法且缺少统计数据时,可采用定性分析方法估计火灾后果,可按表 14.3.1-2 的规定。

表 14.3.1-2 火灾后果严重程度分类 (示意)

严重程度	影响
可忽略	损失非常小,不会对设施、运营或环境产生明显影响。
一般	对设施造成影响,可能暂停操作,为恢复设施操作需要一些资金;涉及轻微的人身伤害;导致局部环境破坏。
较严重	对该设施产生重大影响,设施中止运行,为恢复全面运营,需要投入大量资金;涉及人身伤害和死亡;造成环境的可逆破坏。
灾难性	导致死亡或多人死亡或受伤;火灾发生后设施立即停止运行,对运营的影响是灾难性的,导致长期或永久关闭;造成不可逆转的环境破坏。

14.3.2 可根据过火面积计算结果确定火灾后果严重程度等级。

表 14.3.2 基于过火面积的火灾后果严重程度分级 (示意)

分级 建筑类型	一级 (极轻微)	二级 (轻微)	三级 (中等)	四级 (重大)	五级 (灾难性)
住宅	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
车库	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
商业	≤10 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-200 m <sup>2</sup>	200-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>
办公	≤10 m <sup>2</sup>	10-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	100-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>

14.3.3 火灾人员损失后果可根据本指南第 11 章、第 12 章和第 13 章分析人员疏散安全度确定,安全度指标应按下式计算,并根据表 14.3.3 确定人员疏散安全度分级:

$$\omega = \frac{AEST - t_W - t_A - t_R}{t_M} \quad (14.3.3)$$

式中：

$AEST$ ——危险来临时间，s；

$t_W$ ——探测时间，s；

$t_A$ ——报警时间，s；

$t_R$ ——预作用时间，s；

$t_M$ ——运动时间，s。

表 14.3.3 人员疏散安全度分级（示意）

指标	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\omega$	$\omega > 2.0$	$1.5 < \omega \leq 2.0$	$1.0 < \omega \leq 1.5$	$0.8 < \omega \leq 1.0$	$\omega < 0.8$

14.3.4 影响商业连续性的火灾损失后果可按《风险管理 风险评估技术》（GB/T27921）的相关规定，并可按表 14.3.4 确定：

表 14.3.4 影响商业连续性的火灾损失后果分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\tau$	$\tau < 1\%$	$1\% \leq \tau \leq 5\%$	$5\% < \tau \leq 10\%$	$10\% < \tau \leq 20\%$	$\tau > 20\%$

注： $\tau$ ——企业财务损失占税前利润的百分比（%）。

14.3.5 影响环境的火灾损失后果可按《保护层分析(LOPA)应用指南》（GB/T 32857）的相关规定，并可按表 14.3.5 确定：

表 14.3.5 影响环境的火灾损失后果分级（示意）

指标	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\varphi$	$\varphi < 0.01$	$0.01 \leq \varphi < 0.1$	$0.1 \leq \varphi < 1.0$	$1.0 \leq \varphi < 10$	$\tau \geq 10$

注： $\varphi$ ——溢油量，m<sup>3</sup>。

## 14.4 火灾风险计算

14.4.1 火灾风险应按下式计算：

$$R = P \times S \dots \dots \dots (14.4.1)$$

式中：

$R$ ——火灾风险；

P——火灾事件的发生概率；

S——火灾事件产生的预期后果。

14.4.2 宜根据火灾概率和火灾后果严重程度确定建筑火灾风险等级，可按表 14.4.2 确定：

14.4.2 建筑风险等级矩阵（示意）

起火概率	火灾损失后果				
	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
几乎可忽略	Ⅲ级	Ⅲ级	Ⅲ级	Ⅱ级	Ⅱ级
可能	Ⅲ级	Ⅲ级	Ⅱ级	Ⅱ级	Ⅰ级
偶尔	Ⅲ级	Ⅱ级	Ⅱ级	Ⅰ级	Ⅰ级
频繁	Ⅱ级	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅰ级

注：1 表中Ⅰ级高风险、Ⅱ级中风险、Ⅲ级低风险。

## 附录 A A类特殊建设工程特殊消防设计示范文本

A类特殊建设工程的消防设计参数与现行国家工程建设消防技术标准的偏差程度等级为中等Ⅱ，根据本指南表4.0.4的规定，特殊消防设计文件内容包括项目概况、消防安全目标与策略、现行规范对比与工程案例分析、火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、火灾数值模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估，示范文本参见下文。

### A.1 项目概况

#### A.1.1 消防设计概况

介绍项目的基本情况，包括建筑占地面积、总面积、高度、层数、建筑类型等信息。

介绍项目的原消防设计方案：建筑总平面布局、耐火等级、防火分区于平面布置、建筑构造与装修、安全疏散、消防设施（消防给水及灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警系统等）、电气安全等。

#### A.1.2 消防设计技术难题

以体育馆为例，观众厅防火分区面积8500m<sup>2</sup>。防火分区面积大。

#### A.1.3 特殊消防设计必要性

论证特殊建设工程的消防工程技术参数在现行国家工程建设消防技术标准中是否有具体规定，例如体育馆观众厅防火分区面积8500m<sup>2</sup>，《建规》表5.3.1中提到体育馆的观众厅防火分区的最大允许建筑面积可适当增加，但未明确具体值。根据《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》住建部令第58号中第17条第1款的规定，应当提交特殊消防设计技术资料，因此，有必要进行特殊消防设计。

### A.2 消防安全目标与策略

#### A.2.1 评估依据

甲方提供的全套设计图纸及资料。

执行的主要设计规范与标准本工程执行国家、地方、行业现行建筑设计法规、规范及规定，企业设计标准等。

#### A.2.2 消防目标

从保障人员生命安全、保护财产安全、商业连续性、保护环境方面论述。

#### A.2.3 消防安全策略

针对本项目所存在的消防设计技术难题，基于消防安全目标，论述拟采用的论证方法，例如：

控制火灾危险源，从控制可燃物、控制点火能量、控制可燃物与点火能量之间的接触等方面提出；

限制火灾规模，从防火间距、防火分隔、耐火等级、灭火救援、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；

减少火灾损失，针对减少人员损失可从安全疏散和避难、防排烟系统、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；针对减少财产损失可从防火分隔、耐火等级、消防自动灭火系统等方面提出；针对保障商业连续性可从提高重要工艺流程和设施设备安全可靠等方面提出；针对保护环境可从加强危险品泄漏、强化防护措施等方面提出。

### A.3 现行规范对比与工程案例分析

#### A.3.1 现行规范对比

应根据项目所存在的消防设计技术难题，列举国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、国外标准中直接相关和间接相关的条文，分类对比分析。

如果涉及采用国际标准或者境外工程建设消防技术标准的，还应提供相应的中文文本，中文文本可列在附录中。

#### A.3.2 特殊消防设计方法选取



对于A类特殊建设工程应根据其使用功能，按照《建筑防火通用规范》(GB 55037)中相同或类似使用功能的建筑防火的目标、功能、性能要求，对比分析防火间距、防火分区、疏散距离、消防设施等，并应根据《广州市建设工程特殊消防设计编制指南与示范文本》（征求意见稿）中第4.0.3条确定项目的消防设计技术参数与现行国家工程建设消防技术标准的偏差程度，以及第4.0.4条确定特殊消防设计方法。本文件按照中等Ⅱ给出特殊消防设计方法，包括火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、火灾数值模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估等方法论证。

### A.3.3 工程案例分

应提供两个以上国内或国外采用类似的工程案例。

## A.4 火灾危险源辨识与火灾危险性分析

### A.4.1 火灾危险源辨识

燃烧必须具备三个条件，即火灾三角形——可燃物、助燃物、点火源。在燃烧过程中，此三要素缺一不可。可燃物、点火源即为火灾危险源。火灾危险源辨识与火灾防控是防灾的重要措施。

火灾危险源主要分为两类，第一类危险源是指生产过程中固有的各种能量或有害物质，也就是根源、源头类危害因素，火灾中主要指可燃物；第二类危险源是指导致约束、限制能量或有害物质措施/屏障失效或破坏的各种不安全因素，火灾中主要指点火能量。

#### 1 第一类危险源

辨识固定可燃物，宜包括建筑结构材料、建筑构件材料的耐火等级，装修材料、外墙及保温材料，门窗、固定家具、固定装置设备等的种类、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率及火灾荷载密度等。

辨识移动可燃物，宜包括可燃气体、可燃液体、易燃固体、可燃粉尘、易爆化合物、自燃性物质、忌水性物质、混合危险性物质等的类别、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率、火灾荷载密度等。

并已根据可燃物辨识确定建筑的火灾荷载密度。

#### 2 第二类危险源

根据建设工程的类型、使用功能等，分析其主要点火能量，主要包括物的因素、人的因素、环境因素。

物的因素，主要包括机械设备故障产生的点火能量、电气线路故障（过载、电火花、短路等）产生的点火能量、电器设备故障产生的点火能量等。

人的因素，主要包括生产作业用火不慎、生活用火不慎、玩火等。

环境因素，主要包括温度、湿度、照明、粉尘、通风换气等。

### A.4.2 火灾危险性分析

对于民用建筑，可根据火灾危险源辨识、建筑使用功能、人员状态等定性分析确定火灾预风险等级。

对于工业建筑，可根据建筑内生产、储存物品类型确定火灾危险性。

### A.4.3 小结

根据危险源辨识和危险性提出初步控制或减少危险源的初步解决措施。

## A.5 本质安全分析

保护层是借助控制、预防或减轻以降低风险的任何独立机制。它可能是一个过程工程机制，也可能是一个机械工程机制，或者一个安全仪表系统，或者是应对紧急危险的一个应急计划这样的管理规程。可以自动启动或手动启动这些响应机制。

### A.5.1 工艺本质安全分析

针对建设工程的实际情况，辨识建设工程内主要的工艺流程、设备、系统等本身及其工作过程中可能发生火灾的场景

例如，元件、软件等控制系统失效，设备磨损、高温，电气设备发生故障电弧，切割、焊接，环境高温等均有可能导致火灾发生。

分析工艺流程、设备、系统等的各个环节，提出主要致灾因子。

#### A.5.2 保护层

民用建筑可基本过程控制系统、报警与人员干预、减轻装置、物理防护、应急响应5个层级提出保护措施。

工业建筑保护层分析应符合《保护层分析（LOPA）应用指南》（GB 32857）的相关规定。

下面以民用建筑为例：

##### 1 基本过程控制系统

基本过程控制系统是对来自过程的、系统相关设备的、其他可编程系统的和/或某个操作员的输入信号进行响应，并产生使过程和系统相关设备按要求方式运行的系统。

可从故障电弧、短路等致灾因子的监测措施，以防止发生火灾初始事件。

##### 2 报警和操作员

宜从火灾自动报警系统、火灾自动报警相关消防联动设备响应及人员初期使用灭火器或消火栓灭火等方面分析提出。

##### 3 减轻措施

宜从自动灭火系统、防排烟设施等消防设施分析提出。

##### 4 物理防护

宜从防火间距、防火分隔、防火分区等方面提出。

##### 5 应急响应

宜从消防应急预案、预案演练、微型消防站、消防站等方面提出。

#### A.5.3 小结

基于本质安全分析，提出能够保障工艺流程、设备、系统等本身及其保护层消防安全性的初步解决措施。

### A.6 特殊消防设计方案

#### A.6.1 特殊消防设计方案

基于消防安全目标，从保障生命安全、财产安全、商业连续性、保护环境等方面提出特殊消防设计方案。规范对比分析，提出各专业的消防技术整改或加强措施，使建设工程满足国家工程建设消防技术标准所要达到的消防安全水平。

图 A.6.1 特殊消防设计方案

方案	控制火灾危险源	建筑防火	消防给水及灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统	电气安全	...
一	不燃、难燃或阻燃材料	防火隔离带	快速响应喷头	双风机	极早期火灾探测	低烟无卤阻燃电缆	
二	XXXX	防火隔间	XXXX	XXXX	XXXX	故障电弧探测器	
N	XXXX	防火门窗	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	

#### A.6.2 方案比选与论证

特殊消防设计方案应当对两种以上方案进行比选。在满足安全性要求的基础上，宜综合分析各方案的经济性与可实施性后确定待论证方案。

#### 1 安全性比较

从火灾危险性、火灾模拟、疏散模拟、火灾风险等级等角度来比较方案的安全性，采取XXX措施后火灾风险降为低风险。因此，方案二和方案三的安全性相当。

#### 2 经济性比较

可以从设备材料成本、施工成本，后期管理成本、维护保养成本和改造成本等分析特殊消防设计方案的经济合理性。

#### 3 可实施性比较

可以从设施设备、材料的可获取程度、产品的成熟度和市场认可度、施工难以程度、使用管理难以程度等方面来分析比较特殊消防设计方案的可实施性。

### A.6.3 小结

经过多目标、多方案比选，确定最优特殊消防设计方案。

## A.7 火灾数值模拟分析

### A.7.1 分析方法及判定标准

#### 1 分析工具

对于火灾蔓延控制目标，主要利用火灾发展分析工具，根据本项目的使用功能和空间特性等，采用计算机模拟软件，设定最不利的火灾场景，模拟火灾蔓延、烟气的运动规律，模拟预测火灾蔓延、温度场、一氧化碳浓度、能见度等，并以此判断能否将火灾控制在设定的防火区域内。

#### 2 判定标准

表 A.7.1 影响人员安全的性能参数的极限值

指标	本报告采取值
温度	$\leq 60^{\circ}\text{C}$
辐射热	$2.5\text{kW}/\text{m}^2$
能见度	$>10\text{m}$
CO 浓度	$\leq 500\text{ppm}$

### A.7.2 火灾场景和参数设定

#### 1 火灾场景设定

根据建筑物平面布局、火灾荷载及分布、火灾位置、人员状态及分布、火灾发生时的环境因素设定火灾场景，并应符合《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）的相关规定。

#### 2 火源位置确定

可根据相同类型建筑物的火灾统计数据，辨识可能起火的位置，或者通过火灾危险源辨识、火灾危险性分析和人员活动情况来确定可能起火的位置，根据最不利原则选择火灾位置：火灾时，可能延迟或阻碍人员疏散的位置，如疏散出入口附近；火灾时，容易造成人员伤亡或财产损失的位置；或者消防设施作用范围之外的位置。

#### 3 火灾参数确定

根据火灾统计数据确定设定火灾场景的初始引燃条件，包括初始火源和可燃物；根据建筑类型、火灾荷载密度、可燃物类型及其燃烧性能以及空间尺寸、自动灭火系统状态等合理确定火灾规模——热释放速率；根据可燃物类型、空间分布、燃烧性能及通风条件等合理确定火灾增长速率。

##### 1) 火灾增长系数

根据主要可燃物种类、燃烧特性等，结合实体试验，确定火灾增长系数。

例如：1、床铺。XX学者对双层木床、床垫进行了实体燃烧实验，床垫的火灾热释放速率增长系数略小于t2快速火（火灾增长系数 $\alpha=0.0469\text{kW/s}^2$ ）。根据最不利原则，床铺火灾按t2快速火发展，其火灾增长系数 $\alpha=0.0469\text{kW/s}^2$ 。2、沙发。XX研究机构对沙发进行了实体火灾实验，可认为软垫沙发火灾为快速发展火，其火灾增长系数 $\alpha=0.0469\text{kW/s}^2$ 。

#### 2) 热释放速率

根据主要可燃物种类、荷载密度、燃烧特性等，结合火灾试验，确定火灾规模——热释放速率。

### A.7.3 火灾工况确定

以火灾案例和问题为导向，设定火灾工况：

表 A.7.3 火灾工况汇总

火灾场景	火源位置	防火分隔措施	灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统
A0	XXX	失效	失效	失效	失效
A1	XXX	有效	有效	有效	有效
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

### A.7.4 火灾模型建立

#### 1 模型输入条件

针对本报告确定的设定火灾场景，本报告将运用场模拟软件对建筑内烟气运动情况进行模拟预测，在模拟计算时采用如下假设：

- 1) 火源位置：xx；
- 2) 建筑模型：以建筑实际尺寸建模；
- 3) 环境条件：环境初始温度xx，初始风速xx；
- 4) 湍流模型：大涡模拟模型；
- 5) 燃烧模型：混合分数模型；
- 6) 假设火源：对可燃物进行引燃；
- 7) 模拟时间：xxx。

#### 2 模型建立

基于图纸资料建立1:1比例的火灾模型，将模拟参数输入火灾模型中，建立火灾数值模型。

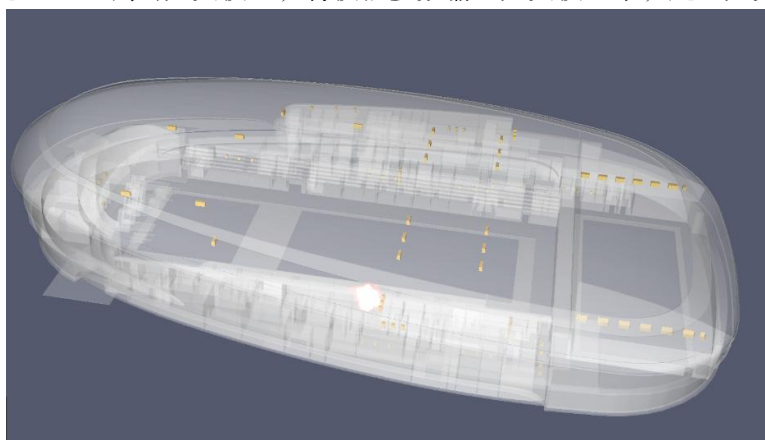


图 A.7.4 火灾数值模型示意图

### A.7.5 火灾模拟结果分析

模拟结果应与现行设计标准、实体试验结果进行对比分析。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

表 A.7.5 各场景火灾模拟结果

火灾场景	区域	各指标危险来临时间					
		温度	能见度	CO 浓度	辐射热	烟气层高度	危险来临时间
A1	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
A0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

### 1 火灾场景XX模拟结果分析

火灾场景XX是火源点位于xxx，火灾按t2火发展，火灾增长系数XXXXkW/s<sup>2</sup>，火灾最大热释放速率为XXMW，将初始环境条件输入火灾模拟软件FDS中进行模拟计算，结果如下图所示，由下图可知：

- (1) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。
- (2) 在模拟的XXXs时，XXXX。
- (3) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。

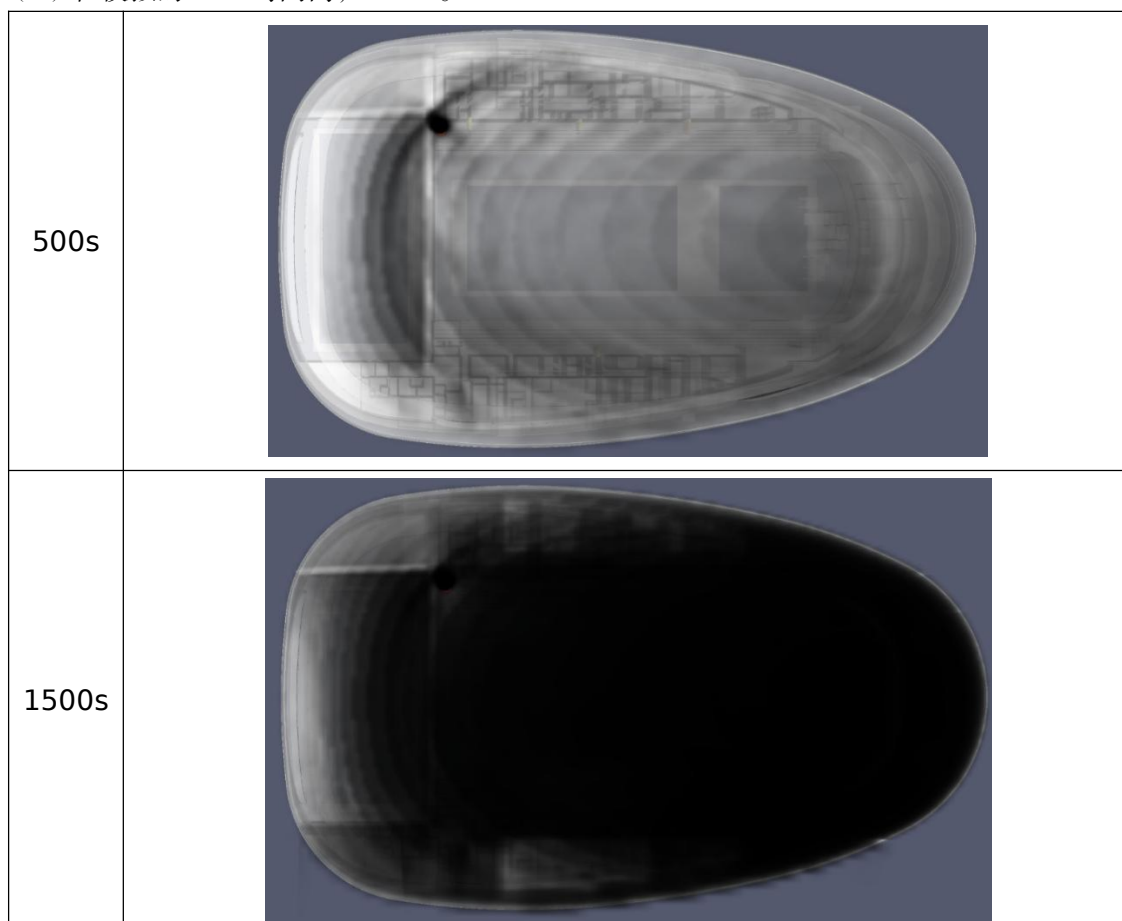


图 A.7.5-1 烟气蔓延情况

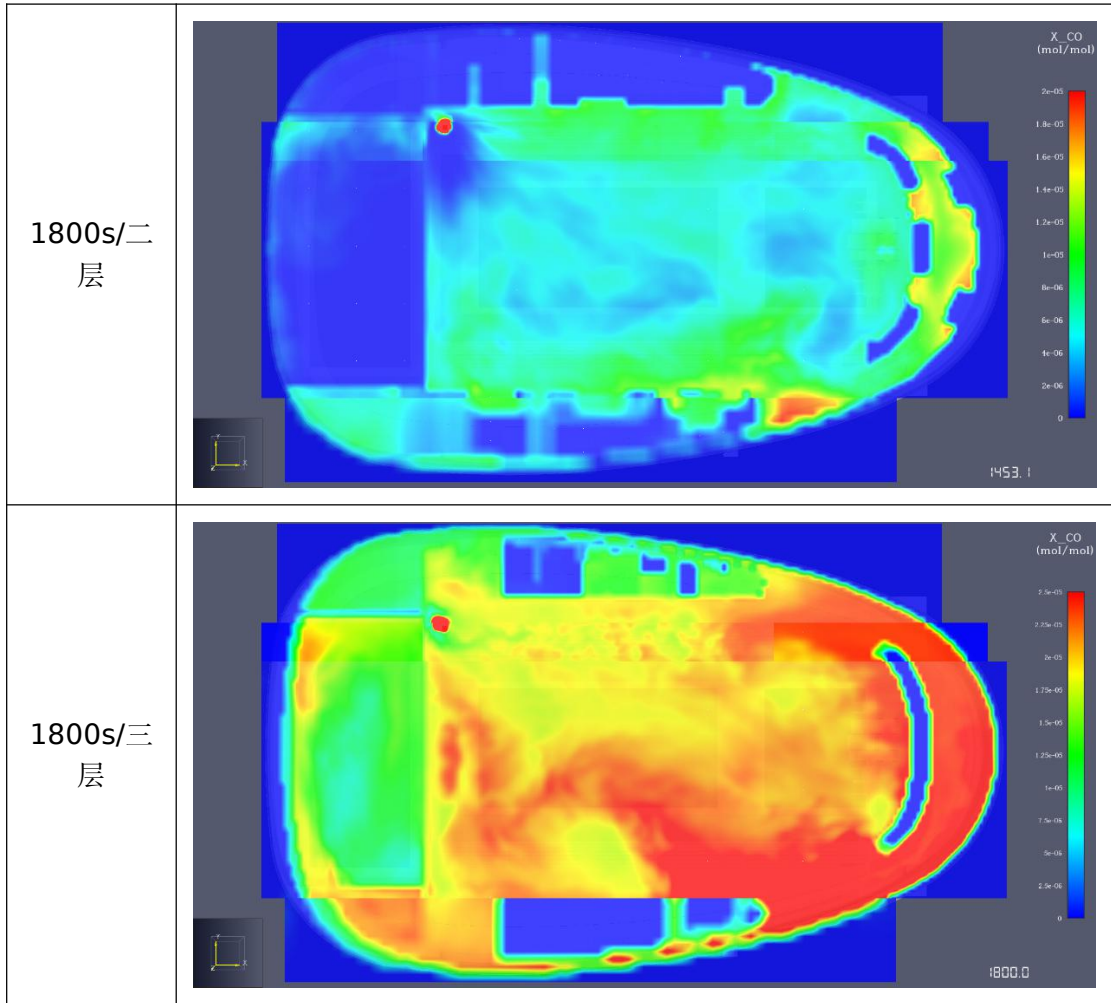
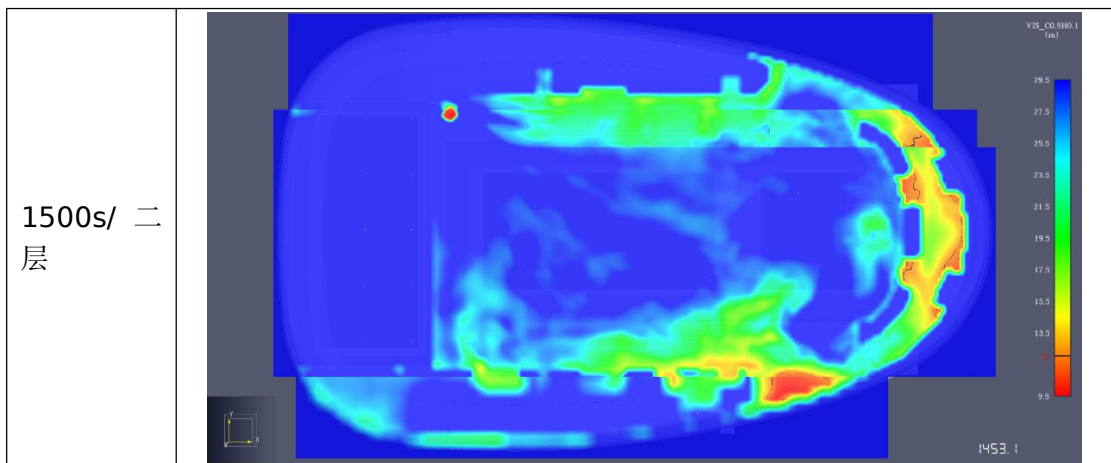
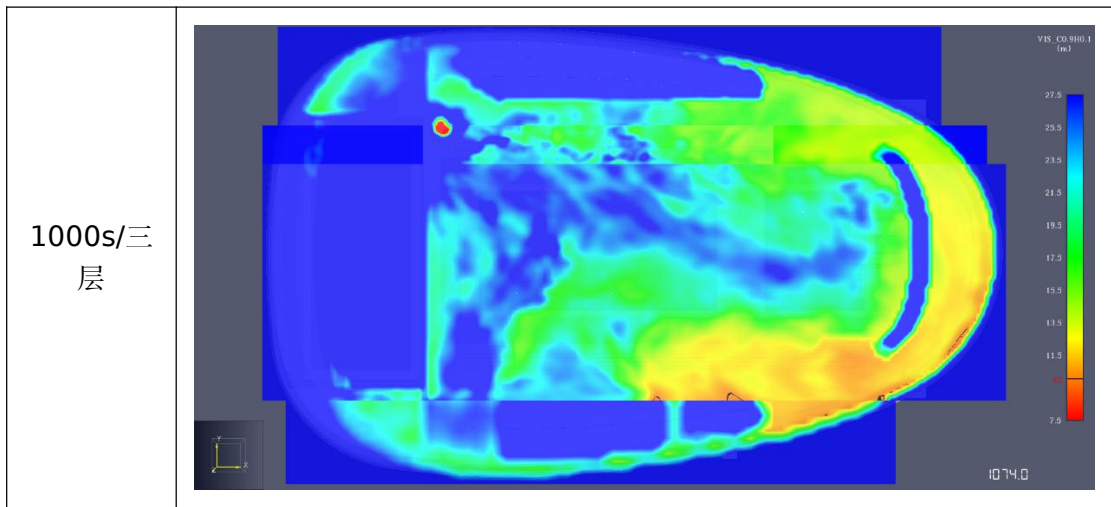
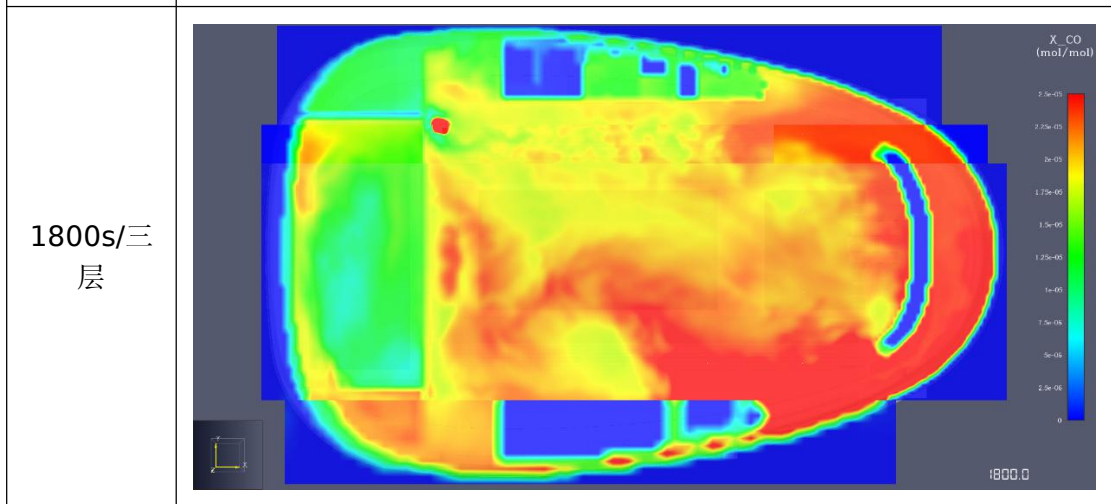
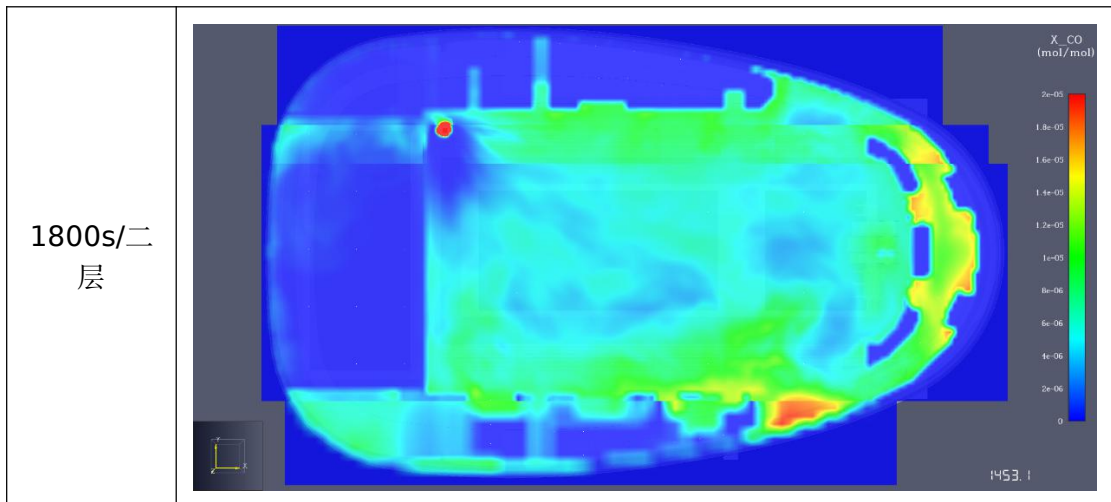


图 A.7.5-2 温度变化情况





图A.7.5-3 能见度变化情况



图A.7.5-3 CO浓度变化情况

A.8 人员疏散模拟分析  
A.8.1安全疏散判定方法

人员安全疏散分析的目的是通过计算可用疏散时间 $T_{ASET}$ 和必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，从而判定人员在建筑物内的疏散过程是否安全。

根据研究，人员的疏散时间一般包括几段离散的时间间隔，大致可简化为报警时间、响应时间和疏散行走时间三个阶段，即：

$$T_{RSET} = T_A + T_R + T_M \quad (A.8.1-1)$$

式中： $T_A$ —报警时间（s）；  
 $T_R$ —响应时间（s）；  
 $T_M$ —疏散行走时间（s）。

在消防设计和分析论证中，为判定人员能否安全疏散，要证明人员能否在火灾危险来临之前疏散到安全地点。安全疏散的判定标准即为：可用疏散时间 $T_{ASET}$ 应不小于必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，可用下式表述。

$$T_{ASET} \geq T_{RSET} \quad (A.8.1-2)$$

$T_{ASET}$ 可通过火灾模拟得到，本节将对必需疏散时间 $T_{RSET}$ 进行计算。

## A.8.2 疏散场景和参数设定

### 1 疏散场景设定

应根据建筑物平面布局、安全疏散和避难设施情况、人员数量、人员分布、人员行动能力和行动受限情况、人员清醒/睡眠状态等设定疏散场景，并应符合《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定。

表 A.8.2-1 疏散场景

疏散场景	对应火源位置	疏散人数	疏散出口情况
1	A	人员整体疏散	XXX 不可用
2	B	人员整体疏散	无安全出口被堵塞
X	XXX	XXX	XXX

### 2 疏散人数及分布

根据不同建筑的使用功能，按人员密度、或按照建筑设计容量、或根据设计资料及统计数据。对综合枢纽类建设项目应充分考虑各功能区域间的人流影响。

人员密度可参考《建筑设计防火规范》（GB50016）、《办公建筑设计标准》（JGJ/T67）、《宿舍建筑设计规范》（JGJ36）的有关规定。

如果没有人员密度数据值，可根据项目的规划使用人数，或调研人数，或查阅文献资料等方法确定人数。

人员分布可实际使用情况、调研、权威的文献资料等方法确定。

### 3 人员占据空间

根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员占据空间。

表 A.8.2-2 人员体型尺寸取值（示意）

人员类型	形体尺寸（肩宽 m × 背厚 m × 身高 m）
成年男士	0.48 × 0.3 × 1.75
成年女士	0.43 × 0.28 × 1.65
儿童	0.40 × 0.25 × 1.4



老人	$0.48 \times 0.25 \times 1.6$
坐轮椅人员	$0.76 \times 1.32 \times 1.0$

#### 4 人员行走速度

根据人员密度计算确定人员行走速度，或者根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员的行走速度。

表 A.8.2-3 人员行走速度（示意）

人员类型	步行速度（m/s）		
	坡道和楼梯间		水平走廊、出入口
	上行	下行	
成年男士	0.80	0.9	1.3
成年女士	0.69	0.75	1.1
未成年人	0.70	0.84	1.1
老人	0.54	0.68	1.0

#### 5 人员类型组成

根据建筑类型、各功能区并参照PathFinder疏散模型建议的数值确定人员类型组成及比例。

表 A.8.2-4 人员类型组成取值（示意）

人员种类	成年男士	成年女士	儿童	老人
商业场所	35%	40%	15%	10%
办公场所、厂房、仓库	50%	50%	0	0

#### A.8.3 疏散工况设定

应以火灾模拟结果和问题为导向，设定人员疏散最不利工况：

- 1 发生火灾时，可能延迟人员疏散的情况，如火灾自动报警系统失效，影响火灾探测时间、报警时间，火灾时建筑内人员处于睡眠状态，影响人员预动作时间等；
- 2 发生火灾时，可能阻碍人员疏散的情况，如疏散门、疏散通道、疏散楼梯间等安全疏散和避难设施附近火灾时危险，无法使用，影响人员运动时间。

#### A.8.4 疏散模型建立

根据建筑设计图纸，建立疏散模型，并输入模拟参数。

#### A.8.5 疏散模拟结果分析

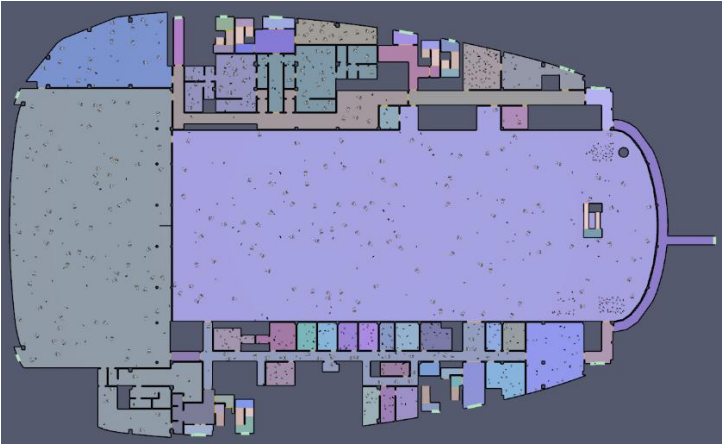
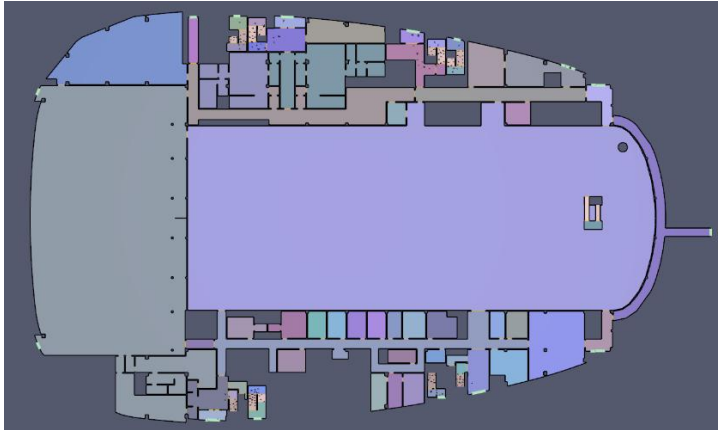
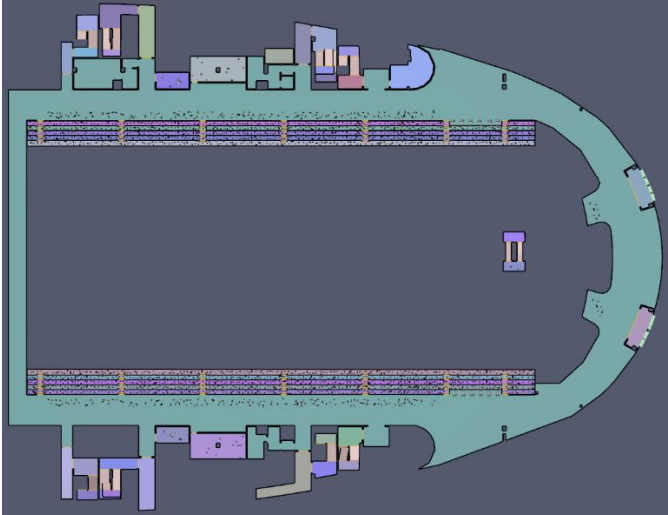
开展各火灾场景的疏散模拟，并将疏散模拟得到的必需疏散时间与火灾模拟可用疏散时间进行对比。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

表 A.8.5 安全疏散判定

火灾场景	对应疏散场景	区域	危险来临时间 $T_{ASET}$	必需疏散时间 $T_{RSET}$	疏散安全性判定
A1	1	XXX	XXX	XXX	XXX
A0		XXX	XXX	XXX	XXX
XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX

##### 1 疏散场景XX模拟结果分析

(1) A区域人员全部疏散至设备层的行走时间为XXs，xxx人员全部疏散至楼梯间（安全区域）的行走时间为XXs，以最不利情况考虑行动时间的1.5倍安全系数，A区域人员全部疏散至安全区域的保守时间为XXs。

<p>0s/s 首层</p>	 <p>疏散初始，一层区域人员共计 XXX 人，人员随机分布。</p>
<p>250s/首层</p>	 <p>250s 后，一层所有人员均疏散至安全区域。</p>
<p>0s/二层</p>	 <p>疏散初始，二层区域人员共计 XXX 人，人员随机分布。</p>

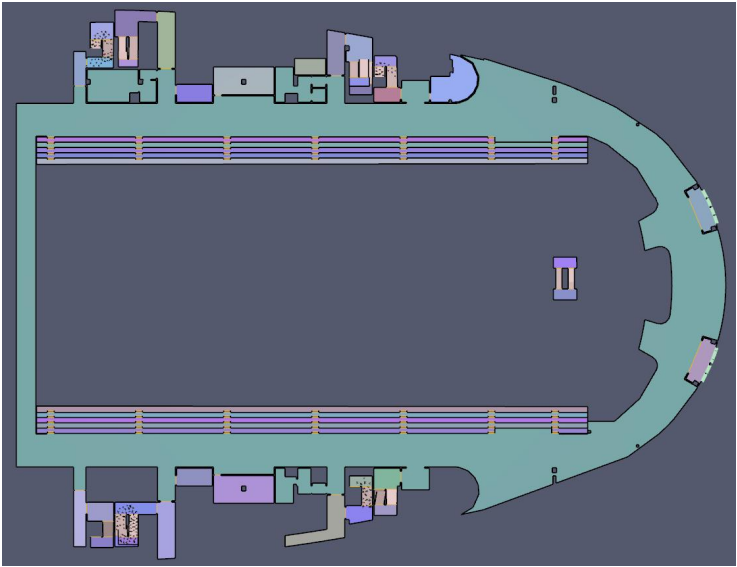

<p>450s/二层</p>	 <p>450s 后，二层所有人员均疏散至安全区域。</p>
<p>0s/三层</p>	 <p>疏散初始，三层区域人员共计 XXX 人，人员随机分布。</p>



图 A.8.5 体育馆疏散场景XX人员疏散过程图

#### A.9 火灾风险评估

应对建设工程原消防设计方案、特殊消防设计方案进行风险评估。

##### A.9.1 概率估计

1 根据火灾统计数据、建筑数量可按下式计算先验概率：

$$P_{xy} = \frac{n}{N} \quad (\text{A.9.1-1})$$

式中：

$P_{xy}$ ——各致灾因子先验火灾概率；

$n$ ——本地区该类型建筑的火灾起数，起；

$N$ ——本地区该类型建筑的建筑数量，栋。

2 根据致灾因子构建指标体系，并可按相关数学方法计算各指标的条件概率。

火灾风险因素权重图				
火灾因素		火灾起数	权重	
合计		263	0.327	0.5513 0.11787
电气	小计	117	0.02281	0.42205
	电气线路故障	62	—	0.23574
	电器设备故障	45	—	0.1711
	电加热器具火灾	2	0.0076	—
	其他	8	0.01521	0.01521
生产作业	小计	2	—	0.0076
	机械设备故障	2	—	0.0076
生活用火不慎	小计	73	0.17871	0.09886
	油锅起火	3	0.01141	—
	烟道过热飞火	2	—	0.0076
	照明不慎	6	0.02281	—
	使用蚊香不慎	5	0.01901	—
	烧荒、野外生火不慎	3	0.01141	—
	燃油燃气炉具故障及使用不当	15	0.02852	0.02852
	其他炉具故障及使用不当	6	0.01141	0.01141
	烘烤不慎	5	0.01901	—
	敬神祭祖	1	0.0038	—
	其他	27	0.05133	0.05133
	吸烟	2	0.0076	—
	玩火放火	13	0.04943	—
自然	23	—	0.08745	
静电	1	—	0.0038	
不明原因	5	0.00634	0.00634 0.00634	
其他	小计	27	0.0621	0.02028 0.02028
	遗留火种	3	0.01141	—
	外来火源	8	0.03042	—
	其他	16	0.02028	0.02028 0.02028

图 A.9.1-1 条件概率计算 (示意)

3 根据贝叶斯网络建立模型, 计算初始火灾概率。

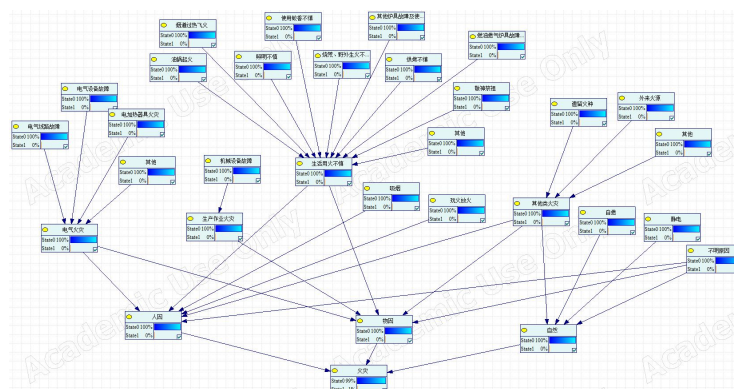


图 A.9.1-2 贝叶斯网络模型 (示意)

4 基于初始火灾概率并结合待评估建筑火灾隐患确定待评估建筑火灾概率修正值, 应按下式计算:

$$P_{xz} = P_{cs} z_1 z_2 \quad (A.9.1-2)$$

式中:

$P_{xz}$ ——待评估建筑的火灾概率修正值;

$P_{cs}$ ——待评估建筑的火灾初始概率;

$z_1$ ——起火隐患火灾概率修正系数, 宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定;

$z_2$ ——消防安全管理隐患火灾概率修正系数, 宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定。

5 应基于火灾概率修正值确定待评估建筑起火概率等级：

表 A.9.1 起火概率分级（示意）

分类	几乎可忽略	可能	偶尔	频繁
起火概率	[0, 10E-6]	[10E-6, 10E-4]	[10E-4, 10E-2]	>10E-2

A.9.2 损失估计

1 过火面积表征财产损失后果，根据采用火灾仿真模拟结果确定过火面积；

表 A.9.2-1 基于过火面积的火灾后果严重程度分级（示意）

分级 建筑类型	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
住宅	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
车库	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
商业	≤10 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-200 m <sup>2</sup>	200-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>
办公	≤10 m <sup>2</sup>	10-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	100-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>

2 人员疏散模拟和火灾模拟结果评估人员损失后果

$$\omega = \frac{AEST - t_W - t_A - t_R}{t_M} \quad (A.9.2)$$

式中：

AEST——危险来临时间，s；

$t_W$ ——探测时间，s；

$t_A$ ——报警时间，s；

$t_R$ ——预动作时间，s；

$t_M$ ——运动时间，s。

表 A.9.2-2 人员疏散安全度分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\omega$	$\omega > 2.0$	$1.5 < \omega \leq 2.0$	$1.0 < \omega \leq 1.5$	$0.8 < \omega \leq 1.0$	$\omega < 0.8$

3 商业连续性的火灾损失后果可按《风险管理 风险评估技术》（GB/T27921）的相关规定。

表 A.9.2-3 影响商业连续性的火灾损失后果分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\tau$	$\tau < 1\%$	$1\% \leq \tau \leq 5\%$	$5\% < \tau \leq 10\%$	$10\% < \tau \leq 20\%$	$\tau > 20\%$

注：τ——企业财务损失占税前利润的百分比（%）。

4 环境的火灾损失后果可按《保护层分析(LOPA)应用指南》（GB/T 32857）的相关规定。

表 A.9.2-4 影响商业连续性的火灾损失后果分级（示意）

指标	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
φ	φ < 0.01	0.01 ≤ φ < 0.1	0.1 ≤ φ < 1.0	1.0 ≤ φ < 10	τ ≥ 10

注：φ——溢油量，m<sup>3</sup>。

### A.9.3 火灾风险评估

$$R = P \times S \dots\dots\dots (A.9.3)$$

式中：

R——火灾风险；

P——火灾事件的发生概率；

S——火灾事件产生的预期后果。

根据火灾概率和火灾后果严重程度确定建筑火灾风险等级。

表 A.9.3 建筑风险等级矩阵（示意）

起火概率	火灾损失后果				
	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
几乎可忽略	III级	III级	III级	II级	II级
可能	III级	III级	II级	II级	I级
偶尔	III级	II级	II级	I级	I级
频繁	II级	I级	I级	I级	I级

注：表中I级高风险、II级中风险、III级低风险。

## 附录 B B类特殊建设工程特殊消防设计示范文本

B类特殊建设工程的消防设计参数与现行国家工程建设消防技术标准的偏差程度等级为严重，根据本指南表4.0.4的规定，特殊消防设计文件内容包括项目概况、消防安全目标与策略、现行规范对比与工程案例、火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估，示范文本参见下文。

### B.1 项目概况

#### B.1.1 消防设计概况

介绍项目的基本情况，包括建筑占地面积、总面积、高度、层数、建筑类型等信息。

介绍项目采用的新技术、新工艺、新材料的概况。

介绍项目的原消防设计方案：建筑总平面布局、耐火等级、防火分区于平面布置、建筑构造与装修、安全疏散、消防设施（消防给水及灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警系统等）、电气安全等。

#### B.1.2 消防设计技术难题

应列举采用新技术、新工艺或新材料后，建设工程各专业的设计技术难题。

以某肿瘤医院为例，新型肿瘤治疗设备为新技术、新工艺，其要求空间较大，且要求空间连续，因此，设置新型肿瘤治疗设备的设备区和治疗区为一个防火分区，面积为3000m<sup>2</sup>，超过了《建规》中第5.3.1条表5.3.1中地下建筑防火分区面积的规定。

因新型肿瘤治疗设备的在接触水的情况下会损坏，影响设备的安全，不能设置水基灭火系统；设备区2000m<sup>2</sup>，体积53000m<sup>3</sup>，室内净高23m，不符合《气体灭火系统设计规范》GB 50370-2005第3.2.4条第3款的防护区面积和体积要求。

#### B.1.3 特殊消防设计必要性

论证特殊建设工程采用了新技术、新工艺或新材料，论证采用新技术、新工艺或新材料后，建设工程的消防设计参数不满足现行国家工程建设消防技术标准的规定，根据《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》住建部令第58号中第17条第2款的规定，应当提交特殊消防设计技术资料，因此，有必要进行特殊消防设计。

### B.2 消防安全目标与策略

#### B.2.1 评估依据

甲方提供的全套设计图纸及资料。

执行的主要设计规范与标准本工程执行国家、地方、行业现行建筑设计法规、规范及规定，企业设计标准等。

#### B.2.2 消防目标

从保障人员生命安全、保护财产安全、商业连续性、保护环境方面论述。

#### B.2.3 消防安全策略

针对本项目所存在的消防设计技术难题，基于消防安全目标，论述拟采用的论证方法，例如：

控制火灾危险源，从控制可燃物、控制点火能量、控制可燃物与点火能量之间的接触等方面提出；

限制火灾规模，从防火间距、防火分隔、耐火等级、灭火救援、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；

减少火灾损失，针对减少人员损失可从安全疏散和避难、防排烟系统、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；针对减少财产损失可从防火分隔、耐火等级、消防自动灭火系统等方面提出；针对保障商业连续性可从提高重要工艺流程和设施设备安全可靠等方面提出；针对保护环境可从加强危险品泄漏、强化防护措施等方面提出。



## B.3 现行规范对比与工程案例分

### B.3.1 现行规范对比

#### 1 规范对比

应根据项目所存在的消防设计技术难题，列举国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、国外标准中直接相关和间接相关的条文，分类对比分析。

如果涉及采用国际标准或者境外工程建设消防技术标准的，还应提供相应的中文文本，中文文本可列在附录中。

#### 2 特殊消防设计方法选取

对于B类特殊建设工程应根据其使用功能，按照《建筑防火通用规范》(GB 55037)中相同或类似使用功能的建筑防火的目标、功能、性能要求，对比分析防火间距、防火分区、疏散距离、消防设施等，并应根据《广州市建设工程特殊消防设计编制指南与示范文本》(征求意见稿)中第4.0.3条确定项目的消防设计技术参数与现行国家工程建设消防技术标准的偏差程度，以及第4.0.4条确定特殊消防设计方法。本文件按照严重等级给出特殊消防设计方法，包括火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估等方法论证。

### B.3.2 工程案例分

应提供两个以上国内或国外采用类似新技术、新工艺或新材料的工程案例,案例资料应包括新技术、新工艺说明、新材料的中试(生产)试验研究情况或产品标准文本(包括性能参数等)。

## B.4 火灾危险源辨识与火灾危险性分析

### B.4.1 火灾危险源辨识

燃烧必须具备三个条件，即火灾三角形——可燃物、助燃物、点火源。在燃烧过程中，此三要素缺一不可。可燃物、点火源即为火灾危险源。火灾危险源辨识与火灾防控是防灾的重要措施。

火灾危险源主要分为两类,第一类危险源是指生产过程中固有的各种能量或有害物质,也就是根源、源头类危害因素,火灾中主要指可燃物;第二类危险源是指导致约束、限制能量或有害物质措施/屏障失效或破坏的各种不安全因素,火灾中主要指点火能量。

#### 1 第一类危险源

辨识固定可燃物,宜包括建筑结构材料、建筑构件材料的耐火等级,装修材料、外墙及保温材料,门窗、固定家具、固定装置设备等的种类、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率及火灾荷载密度等。

辨识移动可燃物,宜包括可燃气体、可燃液体、易燃固体、可燃粉尘、易爆化合物、自燃性物质、忌水性物质、混合危险性物质等的类别、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率、火灾荷载密度等。

并已根据可燃物辨识确定建筑的火灾荷载密度。

#### 2 第二类危险源

根据建设工程的类型、使用功能等,分析其主要点火能量,主要包括物的因素、人的因素、环境因素。

物的因素,主要包括机械设备故障产生的点火能量、电气线路故障(过载、电火花、短路等)产生的点火能量、电器设备故障产生的点火能量等。

人的因素,主要包括生产作业用火不慎、生活用火不慎、玩火等。

环境因素,主要包括温度、湿度、粉尘、通风换气等。

### B.4.2 火灾危险性分析

对于民用建筑,可根据火灾危险源辨识、建筑使用功能、人员状态等定性分析确定火灾预风险等级。

对于工业建筑，可根据建筑内生产、储存物品类型确定火灾危险性。

#### B.4.3 小结

根据危险源辨识和危险性提出初步控制或减少危险源的初步解决措施。

#### B.5 本质安全分析

保护层是借助控制、预防或减轻以降低风险的任何独立机制。它可能是一个过程工程机制，也可能是一个机械工程机制，或者一个安全仪表系统，或者是应对紧急危险的一个应急计划这样的管理规程。可以自动启动或手动启动这些响应机制。

##### B.5.1 工艺本质安全分析

针对建设工程的实际情况，辨识建设工程内主要的工艺流程、设备、系统等本身及其工作过程中可能发生火灾的场景

例如，元件、软件等控制系统失效，设备磨损、高温，电气设备发生故障电弧，切割、焊接，环境高温等均有可能导致火灾发生。

分析工艺流程、设备、系统等各个环节，提出主要致灾因子。

##### B.5.2 保护层

民用建筑可基本过程控制系统、报警与人员干预、减轻装置、物理防护、应急响应5个层级提出保护措施。

工业建筑保护层分析应符合《保护层分析（LOPA）应用指南》（GB 32857）的相关规定。

下面以民用建筑为例：

###### 1 基本过程控制系统

基本过程控制系统是对来自过程的、系统相关设备的、其他可编程系统的和/或某个操作员的输入信号进行响应，并产生使过程和系统相关设备按要求方式运行的系统。

可从故障电弧、短路等致灾因子的监测措施，以防止发生火灾初始事件。

###### 2 报警和操作员

宜从火灾自动报警系统、火灾自动报警相关消防联动设备响应及人员初期使用灭火器或消火栓灭火等方面分析提出。

###### 3 减轻措施

宜从自动灭火系统、防排烟设施等消防设施分析提出。

###### 4 物理防护

宜从防火间距、防火分隔、防火分区等方面提出。

###### 5 应急响应

宜从消防应急预案、预案演练、微型消防站、消防站等方面提出。

##### B.5.3 小结

基于本质安全分析，提出能够保障工艺流程、设备、系统等本身及其保护层消防安全性的初步解决措施。

#### B.6 特殊消防设计方案

##### B.6.1 特殊消防设计方案

基于消防安全目标，从保障生命安全、财产安全、商业连续性、保护环境等方面提出特殊消防设计方案。规范对比分析，提出各专业的消防技术整改或加强措施，使建设工程满足国家工程建设消防技术标准所要达到的消防安全水平。

图 B.6.1 特殊消防设计方案

方案	控制火灾危险源	建筑防火	消防给水及灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统	电气安全	•••
一	不燃、难燃或阻燃材料	防火隔离带	快速响应喷头	双风机	极早期火灾探测	低烟无卤阻燃电缆	
二	XXXX	防火隔间	XXXX	XXXX	XXXX	故障电弧探测器	
N	XXXX	防火门窗	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	

### B.6.2 方案比选与论证

特殊消防设计方案应当对两种以上方案进行比选。在满足安全性要求的基础上，宜综合分析各方案的经济性与可实施性后确定待论证方案。

#### 1 安全性比较

从火灾危险性、火灾模拟、疏散模拟、火灾风险等级等角度来比较方案的安全性，采取XXX措施后火灾风险降为低风险。因此，方案二和方案三的安全性相当。

#### 2 经济性比较

可以从设备材料成本、施工成本，后期管理成本、维护保养成本和改造成本等分析特殊消防设计方案的经济合理性。

#### 3 可实施性比较

可以从设施设备、材料的可获取程度、产品的成熟度和市场认可度、施工难以程度、使用管理难以程度等方面来分析比较特殊消防设计方案的可实施性。

### B.6.3 小结

经过多目标、多方案比选，确定最优特殊消防设计方案。

## B.7 实体火灾试验

### B.7.1 火灾试验方案

结合建设项目规模、投资等情况，待解决的消防设计技术难题，以及试验目的和类型，确定需要采用的试验方法。如全尺寸、缩尺寸、热烟试验方法等。

试验开始前，采用现行国家有关标准制定试验方案；当无相关标准时，可以参考国外相关标准或国内类似标准制定试验方案，并通过专家论证其可行性后，方案开展试验。

### B.7.2 火灾试验前期准备

#### 1 人员安全防护措施

根据国家相关标准确定火灾试验所准备的人员安全防护措施和要求。

#### 2 设备安全防护措施

根据国家相关标准确定火灾试验所准备的试验设备安全防护措施和要求。

#### 3 火灾试验场地、设备、材料

根据火灾试验的方案，准备试验场地、试验设备、试验材料、试验人员等。

### B.7.3 火灾试验过程

记录的火灾试验过程：前期准备及前期数据记录、试验过程图片或录像及数据记录、试验结束后图片及数据记录等。

### B.7.4 火灾试验结果

对所收集、记录的试验结果，分析分析结果数据。试验结果可作为火灾模拟的数据支撑。

## B.8 火灾仿真模拟分析

### B.8.1 分析方法及判定标准

#### 1 分析工具

对于火灾蔓延控制目标，主要利用火灾发展分析工具，根据本项目的使用功能和空间特性等，采用计算机模拟软件，设定最不利的火灾场景，模拟火灾蔓延、烟气的运动规律，模拟预测火灾蔓延、温度场、一氧化碳浓度、能见度等，并以此判断能否将火灾控制在设定的防火区域内。

#### 2 判定标准

表 B.8.1 影响人员安全的性能参数的极限值

指标	本报告采取值
温度	≤60℃
辐射热	2.5kW/ m <sup>2</sup>
能见度	>10m
CO 浓度	≤500ppm

### B.8.2 火灾场景和参数设定

#### 1 火灾场景设定

根据建筑物平面布局、火灾荷载及分布、火灾位置、人员状态及分布、火灾发生时的环境因素设定火灾场景，并应符合《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）的相关规定。

#### 2 火源位置确定

可根据相同类型建筑物的火灾统计数据，辨识可能起火的位置，或者通过火灾危险源辨识、火灾危险性分析和人员活动情况来确定可能起火的位置，根据最不利原则选择火灾位置：火灾时，可能延迟或阻碍人员疏散的位置，如疏散出入口附近；火灾时，容易造成人员伤亡或财产损失的位置；或者消防设施作用范围之外的位置。

#### 3 火灾参数确定

根据所评估区域的可燃物种类、数量、分布、燃烧热值、燃烧特性等参数，结合相应可燃物的实体火灾试验数据，建立1:1比例的火灾仿真模块。在构建仿真模块时，应在计算机模拟软件中设定不同材料的燃烧学属性参数，主要包括密度、比热容、导热系数、吸收系数、燃烧热值等参数。

火灾仿真模块的尺寸、材料组分、燃烧学属性参数等属性相符的仿真模块，其火灾热释放速率峰值及达到峰值的时间、总热值等模拟结果与实体试验结果的相似度应大于90%。

灭火系统仿真模拟：自动喷水灭火系统的喷头布置、响应时间指数、喷水强度、喷头公称动作温度等应根据工程项目喷头布置方案和喷头选择型号确定，其喷头启动时间、喷头启动数量等模拟结果与实体试验结果的相似度应大于85%。

### B.8.3 火灾工况确定

以火灾案例和问题为导向，设定火灾工况：

表 B.8.3 火灾工况汇总

火灾场景	火源位置	防火分隔措施	灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统
A0	XXX	失效	失效	失效	失效
A1	XXX	有效	有效	有效	有效
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

### B.8.4 火灾模型建立

### 1 模型输入条件

针对本报告确定的设定火灾场景，本报告将运用场模拟软件对建筑内烟气运动情况进行模拟预测，在模拟计算时采用如下假设：

- 1) 火源位置：xx；
- 2) 建筑模型：以建筑实际尺寸建模；
- 3) 环境条件：环境初始温度xx，初始风速xx；
- 4) 湍流模型：大涡模拟模型；
- 5) 燃烧模型：混合分数模型；
- 6) 假设火源：对可燃物进行引燃；
- 7) 模拟时间：xxx。

### 2 模型建立

基于图纸资料建立1:1比例的火灾模型，将火灾仿真模拟输入火灾模型中，建立火灾仿真模型。

#### B.8.5 火灾模拟结果分析

模拟结果应与现行设计标准、实体试验结果进行对比分析。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

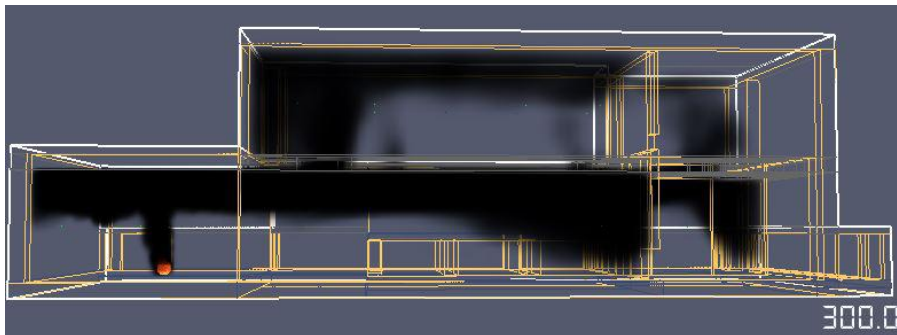
表 B.8.5 各场景火灾模拟结果

火灾场景	区域	各指标危险来临时间					
		温度	能见度	CO浓度	辐射热	烟气层高度	危险来临时间
A1	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
A0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

#### 1 火灾场景XX模拟结果分析

火灾场景XX是火源点位于xxx，火灾按t2火发展，火灾增长系数=0.01172kW/s<sup>2</sup>，火灾最大热释放速率为XXMW，将初始环境条件输入火灾模拟软件FDS中进行模拟计算，结果如下图所示，由下图可知：

- (1) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。
- (2) 在模拟的XXXs时，XXXX。
- (3) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。



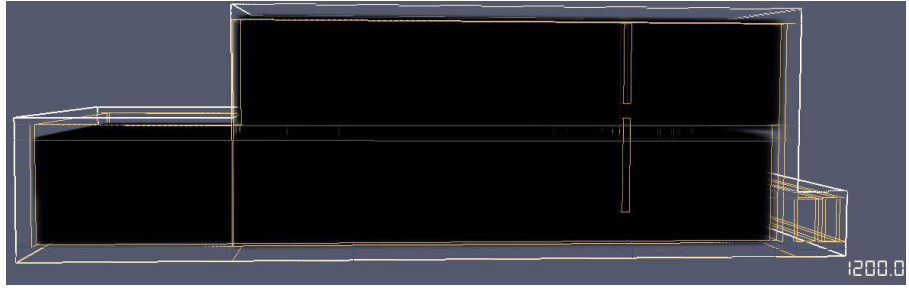


图 B.8.5-1 烟气蔓延情况

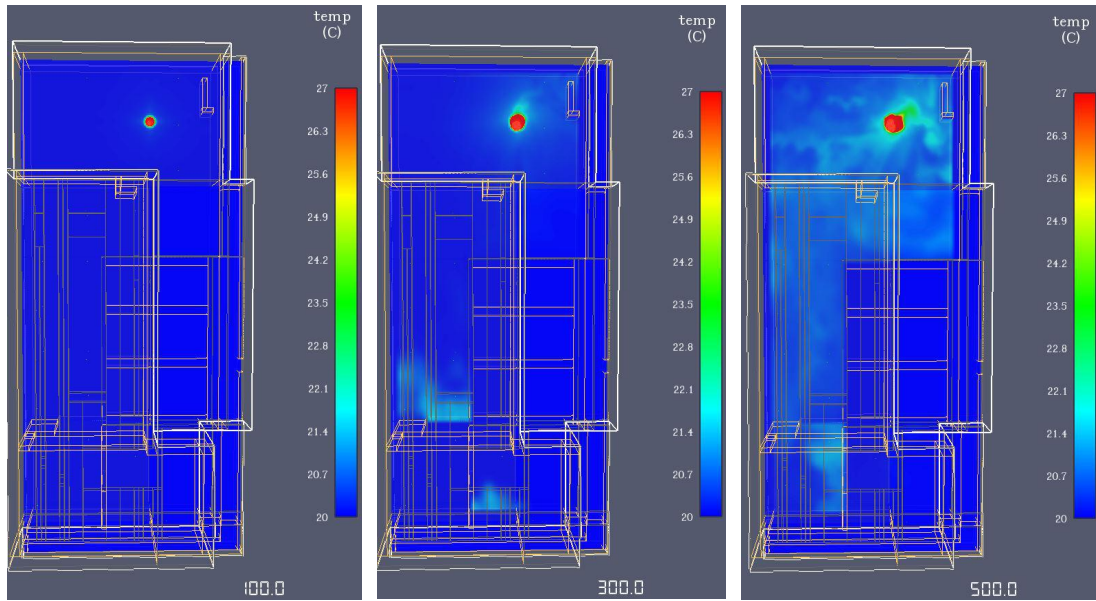


图 B.8.5-2 温度变化情况

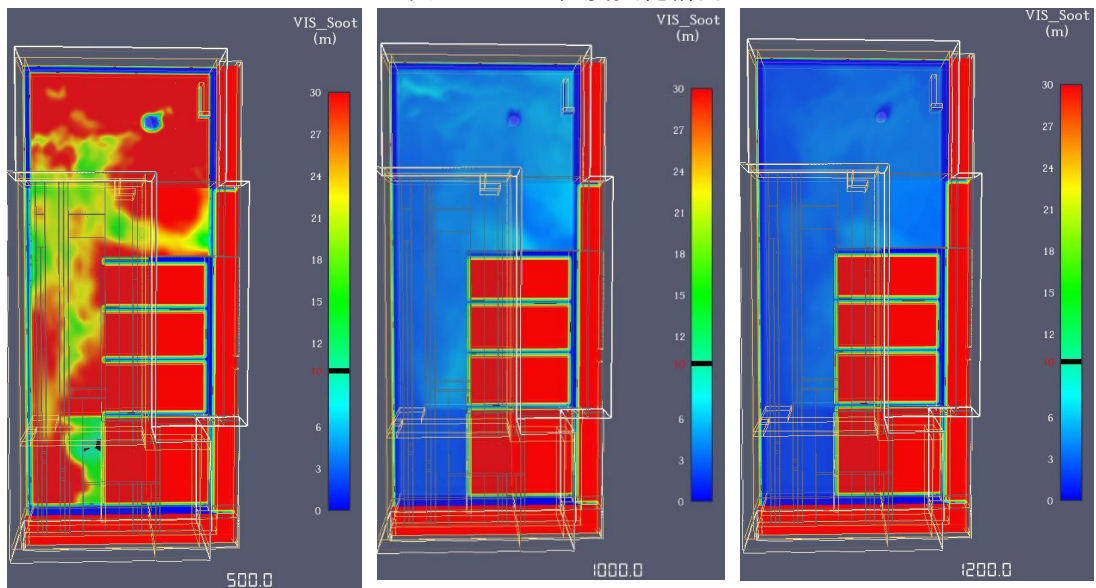


图 B.8.5-3 能见度变化情况

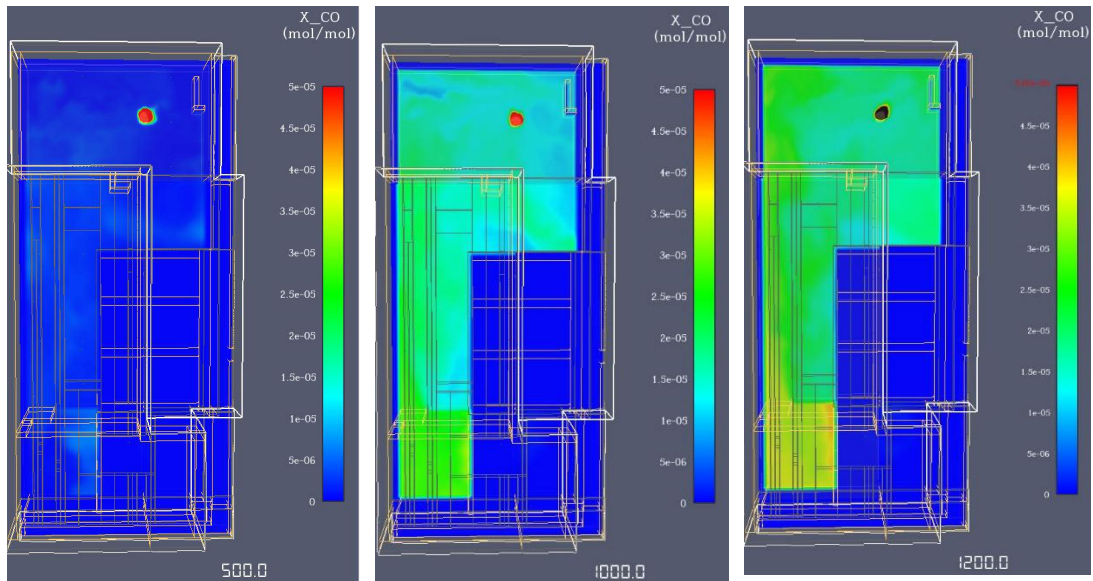


图 B.8.5-4 CO 浓度变化情况

## B.9 人员疏散模拟分析

### B.9.1 安全疏散判定方法

人员安全疏散分析的目的是通过计算可用疏散时间 $T_{ASET}$ 和必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，从而判定人员在建筑物内的疏散过程是否安全。

根据研究，人员的疏散时间一般包括几段离散的时间间隔，大致可简化为报警时间、响应时间和疏散行走时间三个阶段，即：

$$T_{RSET} = T_A + T_R + T_M \quad (B.9.1-1)$$

式中： $T_A$ —报警时间（s）；

$T_R$ —响应时间（s）；

$T_M$ —疏散行走时间（s）。

在消防设计和分析论证中，为判定人员能否安全疏散，要证明人员能否在火灾危险来临之前疏散到安全地点。安全疏散的判定标准即为：可用疏散时间 $T_{ASET}$ 应不小于必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，可用下式表述。

$$T_{ASET} \geq T_{RSET} \quad (B.9.1-2)$$

$T_{ASET}$ 可通过火灾模拟得到，本节将对必需疏散时间 $T_{RSET}$ 进行计算。

### B.9.2 疏散场景和参数设定

#### 1 疏散场景设定

应根据建筑物平面布局、安全疏散和避难设施情况、人员数量、人员分布、人员行动能力和行动受限情况、人员清醒/睡眠状态等设定疏散场景，并应符合《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定。

表 B.9.2-1 疏散场景

疏散场景	对应火源位置	疏散人数	疏散出口情况
1	A	人员整体疏散	XXX 不可用

2	B	人员整体疏散	无安全出口被堵塞
X	XXX	XXX	XXX

## 2 疏散人数及分布

根据不同建筑的使用功能，按人员密度、或按照建筑设计容量、或根据设计资料及统计数据。对综合枢纽类建设项目应充分考虑各功能区域间的人流影响。

人员密度可参考《建筑设计防火规范》（GB50016）、《办公建筑设计标准》（JGJ/T67）、《宿舍建筑设计规范》（JGJ36）的有关规定。

如果没有人员密度数据值，可根据项目的规划使用人数，或调研人数，或查阅文献资料等方法确定人数。

人员分布可实际使用情况、调研、权威的文献资料等方法确定。

## 3 人员占据空间

根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员占据空间。

表 B.9.2-2 人员体型尺寸取值（示意）

人员类型	形体尺寸（肩宽 m×背厚 m×身高 m）
成年男士	0.48×0.3×1.75
成年女士	0.43×0.28×1.65
儿童	0.40×0.25×1.4
老人	0.48×0.25×1.6
坐轮椅人员	0.76×1.32×1.0

## 4 人员行走速度

根据人员密度计算确定人员行走速度，或者根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员的行走速度。

表 B.9.2-3 人员行走速度（示意）

人员类型	步行速度（m/s）		
	坡道和楼梯间		水平走廊、出入口
	上行	下行	
成年男士	0.80	0.9	1.3
成年女士	0.69	0.75	1.1
未成年人	0.70	0.84	1.1
老人	0.54	0.68	1.0

## 5 人员类型组成

根据建筑类型、各功能区并参照PathFinder疏散模型建议的数值确定人员类型组成及比例。

表 B.9.2-4 人员类型组成取值（示意）

人员种类	成年男士	成年女士	儿童	老人
商业场所	35%	40%	15%	10%
办公场所、厂房、仓库	50%	50%	0	0

### B.9.3 疏散工况设定

应以火灾模拟结果和问题为导向，设定人员疏散最不利工况：



1 发生火灾时，可能延迟人员疏散的情况，如火灾自动报警系统失效，影响火灾探测时间、报警时间，火灾时建筑内人员处于睡眠状态，影响人员预动作时间等；

2 发生火灾时，可能阻碍人员疏散的情况，如疏散门、疏散通道、疏散楼梯间等安全疏散和避难设施附近火灾时危险，无法使用，影响人员运动时间。

#### A.9.4 疏散模型建立

根据建筑设计图纸，建立疏散模型，并输入模拟参数。

#### A.9.5 疏散模拟结果分析

开展各火灾场景的疏散模拟，并将疏散模拟得到的必需疏散时间与火灾模拟可用疏散时间进行对比。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

表 B.9.5 安全疏散判定

火灾场景	对应疏散场景	区域	危险来临时间 $T_{ASET}$	必需疏散时间 $T_{RSET}$	疏散安全性判定
A1	1	XXX	XXX	XXX	XXX
A0		XXX	XXX	XXX	XXX
XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX

##### 1 疏散场景XX模拟结果分析

(1) A区域人员全部疏散至设备层的行走时间为XXs，xxx人员全部疏散至楼梯间（安全区域）的行走时间为XXs，以最不利情况考虑行动时间的1.5倍安全系数，A区域人员全部疏散至安全区域的保守时间为XXs。

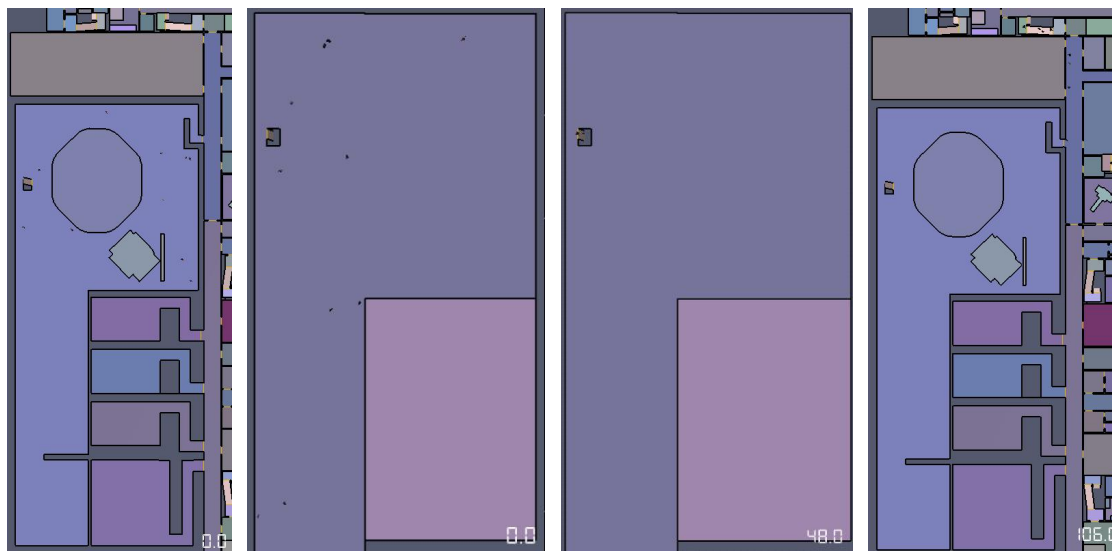


图 B.9.5 疏散场景XX人员疏散过程图

#### B.10 火灾风险评估

应对建设工程原消防设计方案、特殊消防设计方案进行风险评估。

##### B.10.1 概率估计

1 根据火灾统计数据、建筑数量可按下式计算先验概率：

$$P_{xy} = \frac{n}{N} \quad (B.10.1-1)$$

式中：

$P_{xy}$ ——各致灾因子先验火灾概率；

$n$ ——本地区该类型建筑的火灾起数，起；

$N$ ——本地区该类型建筑的建筑数量，栋。

2 根据致灾因子构建指标体系，并可按相关数学方法计算各指标的条件概率。

火灾风险因素权重图				
火灾因素		火灾起数	权重	
			人因	物因
合计		263	0.327	0.5513
电气	小计	117	0.02281	0.42205
	电气线路故障	62	—	0.23574
	电器设备故障	45	—	0.1711
	电加热器具火灾	2	0.0076	—
	其他	8	0.01521	0.01521
生产作业	小计	2	—	0.0076
	机械设备故障	2	—	0.0076
生活用火不慎	小计	73	0.17871	0.09886
	油锅起火	3	0.01141	—
	烟道过热飞火	2	—	0.0076
	照明不慎	6	0.02281	—
	使用蚊香不慎	5	0.01901	—
	烧荒、野外生火不慎	3	0.01141	—
	燃油燃气炉具故障及使用不当	15	0.02852	0.02852
	其他炉具故障及使用不当	6	0.01141	0.01141
	烘烤不慎	5	0.01901	—
	敬神祭祖	1	0.0038	—
	其他	27	0.05133	0.05133
	吸烟	2	0.0076	—
	玩火放火	13	0.04943	—
自燃	23	—	0.08745	
静电	1	—	0.0038	
不明原因	5	0.00634	0.00634	
其他	小计	27	0.0621	0.02028
	遗留火种	3	0.01141	—
	外来火源	8	0.03042	—
	其他	16	0.02028	0.02028

图 B.10.1-1 条件概率计算 (示意)

3 根据贝叶斯网络建立模型，计算初始火灾概率。

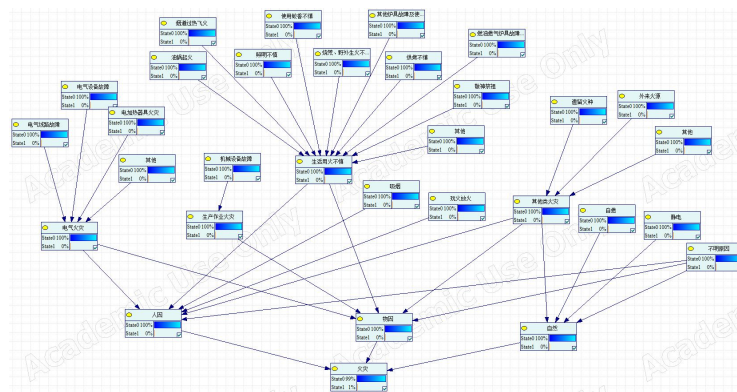


图 B.10.1-2 贝叶斯网络模型 (示意)

4 基于初始火灾概率并结合待评估建筑火灾隐患确定待评估建筑火灾概率修正值，应按下式计算：

$$P_{xz} = P_{cs} z_1 z_2 \quad (B.10.1-2)$$

式中：

$P_{xz}$ ——待评估建筑的火灾概率修正值；

$P_{cs}$ ——待评估建筑的火灾初始概率；

$z_1$ ——起火隐患火灾概率修正系数，宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定；

$z_2$ ——消防安全管理隐患火灾概率修正系数，宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定。

5 应基于火灾概率修正值确定待评估建筑起火概率等级：

表 B.10.1 起火概率分级（示意）

分类	几乎可忽略	可能	偶尔	频繁
起火概率	[0, 10E-6]	[10E-6, 10E-4]	[10E-4, 10E-2]	>10E-2

### B.10.2 损失估计

1 过火面积表征财产损失后果，根据采用火灾仿真模拟结果确定过火面积；

表 B.10.2-1 基于过火面积的火灾后果严重程度分级（示意）

分级 建筑类型	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
住宅	$\leq 10 \text{ m}^2$	10-20 $\text{m}^2$	20-50 $\text{m}^2$	50-100 $\text{m}^2$	> 100 $\text{m}^2$
车库	$\leq 10 \text{ m}^2$	10-20 $\text{m}^2$	20-50 $\text{m}^2$	50-100 $\text{m}^2$	> 100 $\text{m}^2$
商业	$\leq 10 \text{ m}^2$	20-50 $\text{m}^2$	50-200 $\text{m}^2$	200-500 $\text{m}^2$	> 500 $\text{m}^2$
办公	$\leq 10 \text{ m}^2$	10-50 $\text{m}^2$	50-100 $\text{m}^2$	100-500 $\text{m}^2$	> 500 $\text{m}^2$

2 人员疏散模拟和火灾模拟结果评估人员损失后果

$$\omega = \frac{AEST - t_W - t_A - t_R}{t_M} \quad (\text{B.10.2})$$

式中：

AEST——危险来临时间，s；

$t_W$ ——探测时间，s；

$t_A$ ——报警时间，s；

$t_R$ ——预动作时间，s；

$t_M$ ——运动时间，s。

表 B.10.2-2 人员疏散安全度分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\omega$	$\omega > 2.0$	$1.5 < \omega \leq 2.0$	$1.0 < \omega \leq 1.5$	$0.8 < \omega \leq 1.0$	$\omega < 0.8$

3 商业连续性的火灾损失后果可按《风险管理 风险评估技术》(GB/T27921)的相关规定。

表 B.10.2-3 影响商业连续性的火灾损失后果分级(示意)

分级	一级(极轻微)	二级(轻微)	三级(中等)	四级(重大)	五级(灾难性)
$\tau$	$\tau < 1\%$	$1\% \leq \tau \leq 5\%$	$5\% < \tau \leq 10\%$	$10\% < \tau \leq 20\%$	$\tau > 20\%$

注： $\tau$ ——企业财务损失占税前利润的百分比(%)。

4 环境的火灾损失后果可按《保护层分析(LOPA)应用指南》(GB/T 32857)的相关规定。

表 B.10.2-4 影响商业连续性的火灾损失后果分级(示意)

指标	一级(极轻微)	二级(轻微)	三级(中等)	四级(重大)	五级(灾难性)
$\varphi$	$\varphi < 0.01$	$0.01 \leq \varphi < 0.1$	$0.1 \leq \varphi < 1.0$	$1.0 \leq \varphi < 10$	$\tau \geq 10$

注： $\varphi$ ——溢油量， $m^3$ 。

### B.10.3 火灾风险评估

$$R = P \times S \dots\dots\dots (B.10.3)$$

式中：

**R**——火灾风险；

**P**——火灾事件的发生概率；

**S**——火灾事件产生的预期后果。

根据火灾概率和火灾后果严重程度确定建筑火灾风险等级。

表 B.10.3 建筑风险等级矩阵(示意)

起火概率	火灾损失后果				
	一级(极轻微)	二级(轻微)	三级(中等)	四级(重大)	五级(灾难性)
几乎可忽略	III级	III级	III级	II级	II级
可能	III级	III级	II级	II级	I级
偶尔	III级	II级	II级	I级	I级
频繁	II级	I级	I级	I级	I级

注：表中I级高风险、II级中风险、III级低风险。

## 附录 C C类特殊建设工程特殊消防设计示范文本

C类特殊建设工程按照国家级保护等级、木结构历史建筑给出特殊消防设计方法，根据本指南表4.0.5的规定，特殊消防设计文件内容包括项目概况、消防安全目标与策略、现行规范对比与工程案例分折、火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估，示范文本参见下文。

### C.1 项目概况

#### C.1.1 消防设计概况

介绍项目的基本情况，包括建筑占地面积、总面积、高度、层数、建筑类型等信息。

介绍项目的原消防设计方案：建筑总平面布局、耐火等级、防火分区于平面布置、建筑构造与装修、安全疏散、消防设施（消防给水及灭火系统、防排烟系统、火灾自动报警系统等）、电气安全等。

#### C.1.2 消防设计技术难题

在保护利用历史建筑、历史文化街区时，建设工程各专业的设计技术难题，例如某项目的消防车道宽度不足、消防扑救场地难以设置等技术难题。

#### C.1.3 特殊消防设计必要性

论证特殊建设工程保护利用历史建筑、历史文化街区时，其消防设计参数不满足现行国家工程建设消防技术标准的规定，根据《建设工程消防设计审查验收管理暂行规定》住建部令第58号中第17条第3款的规定，应当提交特殊消防设计技术资料，因此，有必要进行特殊消防设计。

### C.2 消防安全目标与策略

#### C.2.1 评估依据

甲方提供的全套设计图纸及资料。

执行的主要设计规范与标准本工程设计执行国家、地方、行业现行建筑设计法规、规范及规定，企业设计标准等。

#### C.2.2 消防目标

从保障人员生命安全、保护财产安全、商业连续性、保护环境方面论述。

#### C.2.3 消防安全策略

针对本项目所存在的消防设计技术难题，基于消防安全目标，论述拟采用的论证方法，例如：

控制火灾危险源，从控制可燃物、控制点火能量、控制可燃物与点火能量之间的接触等方面提出；

限制火灾规模，从防火间距、防火分隔、耐火等级、灭火救援、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；

减少火灾损失，针对减少人员损失可从安全疏散和避难、防排烟系统、火灾自动报警系统、消防自动灭火系统等方面提出；针对减少财产损失可从防火分隔、耐火等级、消防自动灭火系统等方面提出；针对保障商业连续性可从提高重要工艺流程和设施设备安全可靠等方面提出；针对保护环境可从加强危险品泄漏、强化防护措施等方面提出。

### C.3 现行规范对比与工程案例分折

#### C.3.1 现行规范对比

##### 1 规范对比

应根据项目所存在的消防设计技术难题，列举国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、国外标准中直接相关和间接相关的条文，分类对比分析。

如果涉及采用国际标准或者境外工程建设消防技术标准的，还应提供相应的中文文本，中文文本可列在附录中。

## 2 特殊消防设计方法选取

对于C类特殊建设工程应对比分析建造时采用标准和现行标准的差异,根据消防安全目标,宜结合新技术、新工艺、新材料,并应根据《广州市建设工程特殊消防设计编制指南与示范文本》(征求意见稿)中第4.0.5条确定特殊消防设计方法。本文件按照国家级保护等级、木结构历史建筑给出特殊消防设计方法,包括火灾危险源辨识与火灾危险性分析、本质安全分析、特殊消防设计方案、实体火灾试验、火灾仿真模拟分析、人员疏散模拟分析、火灾风险评估等方法论证。

### C.3.2 工程案例分析

应提供两个以上国内或国外采用类似新技术、新工艺或新材料的工程案例,案例资料应包括新技术、新工艺说明、新材料的中试(生产)试验研究情况或产品标准文本(包括性能参数等)。

## C.4 火灾危险源辨识与火灾危险性分析

### C.4.1 火灾危险源辨识

燃烧必须具备三个条件,即火灾三角形——可燃物、助燃物、点火源。在燃烧过程中,此三要素缺一不可。可燃物、点火源即为火灾危险源。火灾危险源辨识与火灾防控是防灾的重要措施。

火灾危险源主要分为两类,第一类危险源是指生产过程中固有的各种能量或有害物质,也就是根源、源头类危害因素,火灾中主要指可燃物;第二类危险源是指导致约束、限制能量或有害物质措施/屏障失效或破坏的各种不安全因素,火灾中主要指点火能量。

#### 1 第一类危险源

辨识固定可燃物,宜包括建筑结构材料、建筑构件材料的耐火等级,装修材料、外墙及保温材料,门窗、固定家具、固定装置设备等的种类、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率及火灾荷载密度等。

辨识移动可燃物,宜包括可燃气体、可燃液体、易燃固体、可燃粉尘、易爆化合物、自燃性物质、忌水性物质、混合危险性物质等的类别、数量、分布、燃烧性能、火灾增长速率、火灾荷载密度等。

并已根据可燃物辨识确定建筑的火灾荷载密度。

#### 2 第二类危险源

根据建设工程的类型、使用功能等,分析其主要点火能量,主要包括物的因素、人的因素、环境因素。

物的因素,主要包括机械设备故障产生的点火能量、电气线路故障(过载、电火花、短路等)产生的点火能量、电器设备故障产生的点火能量等。

人的因素,主要包括生产作业用火不慎、生活用火不慎、玩火等。

环境因素,主要包括温度、湿度、照明、粉尘、通风换气等。

### C.4.2 火灾危险性分析

对于民用建筑,可根据火灾危险源辨识、建筑使用功能、人员状态等定性分析确定火灾预风险等级。

对于工业建筑,可根据建筑内生产、储存物品类型确定火灾危险性。

### C.4.3 小结

根据危险源辨识和危险性提出初步控制或减少危险源的初步解决措施。

## C.5 本质安全分析

保护层是借助控制、预防或减轻以降低风险的任何独立机制。它可能是一个过程工程机制,也可能是一个机械工程机制,或者一个安全仪表系统,或者是应对紧急危险的一个应急计划这样的管理规程。可以自动启动或手动启动这些响应机制。

### C.5.1 工艺本质安全分析

针对建设工程的实际情况，辨识建设工程内主要的工艺流程、设备、系统等本身及其工作过程中可能发生火灾的场景

例如，元件、软件等控制系统失效，设备磨损、高温，电气设备发生故障电弧，切割、焊接，环境高温等均有可能导致火灾发生。

分析工艺流程、设备、系统等各个环节，提出主要致灾因子。

### C.5.2 保护层

民用建筑可基本过程控制系统、报警与人员干预、减轻装置、物理防护、应急响应5个层级提出保护措施。

工业建筑保护层分析应符合《保护层分析（LOPA）应用指南》（GB 32857）的相关规定。

下面以民用建筑为例：

#### 1 基本过程控制系统

基本过程控制系统是对来自过程的、系统相关设备的、其他可编程系统的和/或某个操作员的输入信号进行响应，并产生使过程和系统相关设备按要求方式运行的系统。

可从故障电弧、短路等致灾因子的监测措施，以防止发生火灾初始事件。

#### 2 报警和操作人员

宜从火灾自动报警系统、火灾自动报警相关消防联动设备响应及人员初期使用灭火器或消火栓灭火等方面分析提出。

#### 3 减轻措施

宜从自动灭火系统、防排烟设施等消防设施分析提出。

#### 4 物理防护

宜从防火间距、防火分隔、防火分区等方面提出。

#### 5 应急响应

宜从消防应急预案、预案演练、微型消防站、消防站等方面提出。

### C.5.3 小结

基于本质安全分析，提出能够保障工艺流程、设备、系统等本身及其保护层消防安全性的初步解决措施。

## C.6 特殊消防设计方案

### C.6.1 特殊消防设计方案

基于消防安全目标，从保障生命安全、财产安全、商业连续性、保护环境等方面提出特殊消防设计方案。规范对比分析，提出各专业的消防技术整改或加强措施，使建设工程满足国家工程建设消防技术标准所要达到的消防安全水平。

图 C.6.1 特殊消防设计方案

方案	控制火灾危险源	建筑防火	消防给水及灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统	电气安全	...
一	不燃、难燃或阻燃材料	防火隔离带	快速响应喷头	双风机	极早期火灾探测	低烟无卤阻燃电缆	
二	XXXX	防火隔间	XXXX	XXXX	XXXX	故障电弧探测器	
N	XXXX	防火门窗	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	

## C.6.2 方案比选与论证

特殊消防设计方案应当对两种以上方案进行比选。在满足安全性要求的基础上，宜综合分析各方案的经济性与可实施性后确定待论证方案。

### 1 安全性比较

从火灾危险性、火灾模拟、疏散模拟、火灾风险等级等角度来比较方案的安全性，采取XXX措施后火灾风险降为低风险。因此，方案二和方案三的安全性相当。

### 2 经济性比较

可以从设备材料成本、施工成本，后期管理成本、维护保养成本和改造成本等分析特殊消防设计方案的经济合理性。

### 3 可实施性比较

可以从设施设备、材料的可获取程度、产品的成熟度和市场认可度、施工难以程度、使用管理难以程度等方面来分析比较特殊消防设计方案的可实施性。

## C.6.3 小结

经过多目标、多方案比选，确定最优特殊消防设计方案。

## C.7 实体火灾试验

### C.7.1 火灾试验方案

1 进行试验前，首先应制定试验方案，并宜包括试验场所（试验台）、试验对象、试验方法、试验装置、试验步骤、试验工况、试验数据分析方法等内容；

2 当物体、材料的燃烧性能试验、物体、材料、结构的耐火性能试验、防排烟系统性能试验等确实无法采用全尺寸试验时，可采用缩尺寸试验，其他试验宜采用全尺寸试验；

3 试验方案应符合国家现行有关标准的规定；若无相关标准要求，试验方案应通过专家论证会论证其可行性后，方可开展试验。

### C.7.2 火灾试验前期准备

进行试验前，首先应制定试验方案，并宜包括试验场所（试验台）、试验对象、试验方法、试验装置、试验步骤、试验工况、试验数据分析方法等内容。

同时，根据国家相关标准确定火灾试验所准备的人员安全防护措施和要求、试验设备安全防护措施和要求。

试验前记录的数据应符合国家现行有关标准的规定，并应包含下列数据：

(1) 试验日期、参加人员等；

(2) 试验区域描述，包括长、宽、高、开口位置等；

(3) 试验可燃物描述，包括材料类型、尺寸、重量等；

(4) 试验当日环境温度、风速、相对湿度等；

(5) 当进行自动灭火系统功能和性能试验时，还应记录试验自动灭火系统参数，包括水泵的设计流量和压力、喷头动作温度、响应时间指数、设计流量、布置形式等；

(6) 当进行防排烟系统功能和性能试验时，还应记录试验防排烟系统参数，包括风机的设计风量和压力，防排烟阀（口）的布置形式和位置、尺寸、设计风速等。

### C.7.3 火灾试验结果

对所收集、记录的试验结果，分析分析结果数据。试验结果可作为火灾模拟的数据支撑。

火灾试验结果分析应符合国家现行有关标准的规定，并应包括下列内容：



- (1) 热释放速率-时间曲线；
- (2) 热释放总量-时间曲线；
- (3) 二氧化碳浓度-时间曲线；
- (4) 一氧化碳浓度-时间曲线；
- (5) 烟密度-时间曲线；
- (6) 燃料质量损失率-时间曲线；
- (7) 热释放速率峰值和达到峰值的时间；
- (8) 烟羽流温度-时间曲线；
- (9) 重点位置的温度-时间曲线；
- (10) 火灾的发展情况说明；
- (11) 火灾烟气蔓延范围；

(12) 当进行自动灭火系统功能和性能试验时，尚应记录消防泵运行状态参数，包括启动时间、压力、流量等，喷头启动参数，包括启动时间、位置、数量、顺序等；

(13) 当进行防排烟系统功能和性能试验时，尚应记录防排烟系统运行状态参数，包括风机启动时间、压力、风量等，排烟口、补风口参数，包括启动时间、位置、数量、顺序、风量、风速等。

## C.8 火灾仿真模拟分析

### C.8.1 分析方法及判定标准

#### 1 分析工具

对于火灾蔓延控制目标，主要利用火灾发展分析工具，根据本项目的使用功能和空间特性等，采用计算机模拟软件，设定最不利的火灾场景，模拟火灾蔓延、烟气的运动规律，模拟预测火灾蔓延、温度场、一氧化碳浓度、能见度等，并以此判断能否将火灾控制在设定的防火区域内。

#### 2 判定标准

表 C.8.1 影响人员安全的性能参数的极限值

指标	本报告采取值
温度	≤60℃
辐射热	2.5kW/ m <sup>2</sup>
能见度	>10m
CO 浓度	≤500ppm

### C.8.2 火灾场景和参数设定

#### 1 火灾场景设定

根据建筑物平面布局、火灾荷载及分布、火灾位置、人员状态及分布、火灾发生时的环境因素设定火灾场景，并应符合《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）的相关规定。

#### 2 火源位置确定

可根据相同类型建筑物的火灾统计数据，辨识可能起火的位置，或者通过火灾危险源辨识、火灾危险性分析和人员活动情况来确定可能起火的位置，根据最不利原则选择火灾位置：火灾时，可能延迟或阻碍人员疏散的位置，如疏散出入口附近；火灾时，容易造成人员伤亡或财产损失的位置；或者消防设施作用范围之外的位置。

#### 3 火灾参数确定

根据所评估区域的可燃物种类、数量、分布、燃烧热值、燃烧特性等参数，结合相应可燃物的实体火灾试验数据，建立1:1比例的火灾仿真模块。在构建仿真模块时，应在计算机模拟软件中设定不同材料的燃烧学属性参数，主要包括密度、比热容、导热系数、吸收系数、燃烧热值等参数。

火灾仿真模块的尺寸、材料组分、燃烧学属性参数等属性相符的仿真模块，其火灾热释放速率峰值及达到峰值的时间、总热值等模拟结果与实体试验结果的相似度应大于90%。

灭火系统仿真模拟：自动喷水灭火系统的喷头布置、响应时间指数、喷水强度、喷头公称动作温度等应根据工程项目喷头布置方案和喷头选择型号确定，其喷头启动时间、喷头启动数量等模拟结果与实体试验结果的相似度应大于85%。

### C.8.3 火灾工况确定

以火灾案例和问题为导向，设定火灾工况：

表 C.8.3 火灾工况汇总

火灾场景	火源位置	防火分隔措施	灭火系统	防排烟系统	火灾自动报警系统
A0	XXX	失效	失效	失效	失效
A1	XXX	有效	有效	有效	有效
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

### C.8.4 火灾模型建立

#### 1 模型输入条件

针对本报告确定的设定火灾场景，本报告将运用场模拟软件对建筑内烟气运动情况进行模拟预测，在模拟计算时采用如下假设：

- 1) 火源位置：xx；
- 2) 建筑模型：以建筑实际尺寸建模；
- 3) 环境条件：环境初始温度xx，初始风速xx；
- 4) 湍流模型：大涡模拟模型；
- 5) 燃烧模型：混合分数模型；
- 6) 假设火源：对可燃物进行引燃；
- 7) 模拟时间：xxx。

#### 2 模型建立

基于图纸资料建立1:1比例的火灾模型，将火灾仿真模拟输入火灾模型中，建立火灾仿真模型。

### C.8.5 火灾模拟结果分析

模拟结果应与现行设计标准、实体试验结果进行对比分析。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

表 C.8.5 各场景火灾模拟结果

火灾场景	区域	各指标危险来临时间					
		温度	能见度	CO浓度	辐射热	烟气层高度	危险来临时间
A1	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
A0	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX

#### 1 火灾场景XX模拟结果分析

火灾场景XX是火源点位于xxx，火灾按t2火发展，火灾增长系数=0.01172kW/s<sup>2</sup>，火灾最大热释放速率为XXMW，将初始环境条件输入火灾模拟软件FDS中进行模拟计算，结果如下图所示，由下图可知：

- (1) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。
- (2) 在模拟的XXXs时，XXXX。
- (3) 在模拟的XXXs时间内，XXXX。

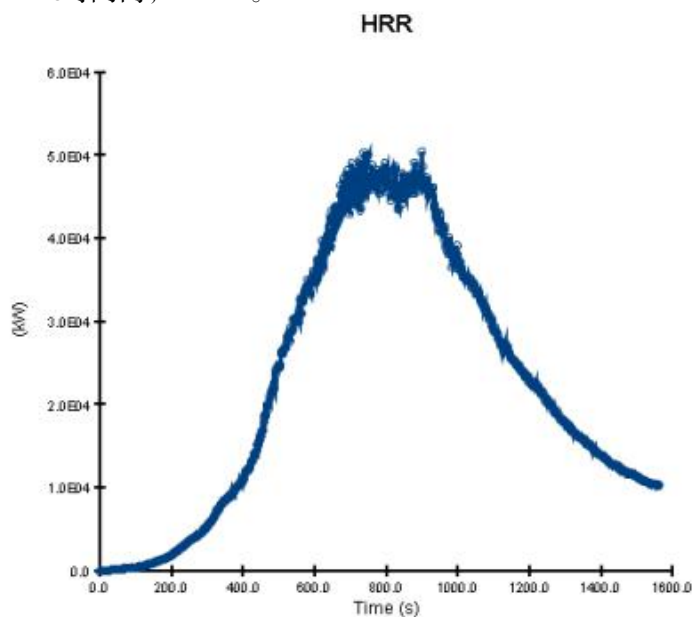
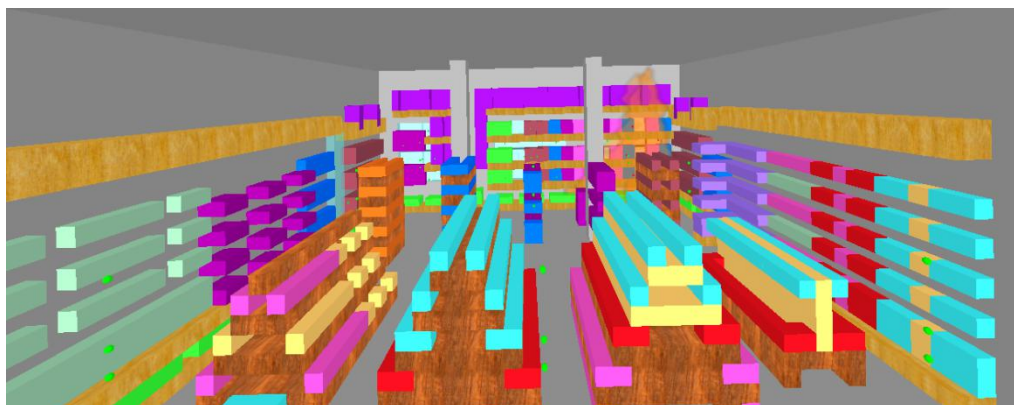


图 C.8.5-1 火灾场景 XX 热释放速率

在火灾场景 XX 中，未设置自动喷水灭火系统时火灾热释放速率随时间的变化情况见上图，可知火灾发生后，在 150s 时热释放速率达到 1MW，属于快速火，XXXs 左右热释放速率达到峰值 XXMW。XXs 左右模拟房间的玻璃开始破碎，为火场补入大量空气，燃烧剧烈，热释放速率快速增大。随着可燃物的不断消耗，热释放速率逐渐降低。



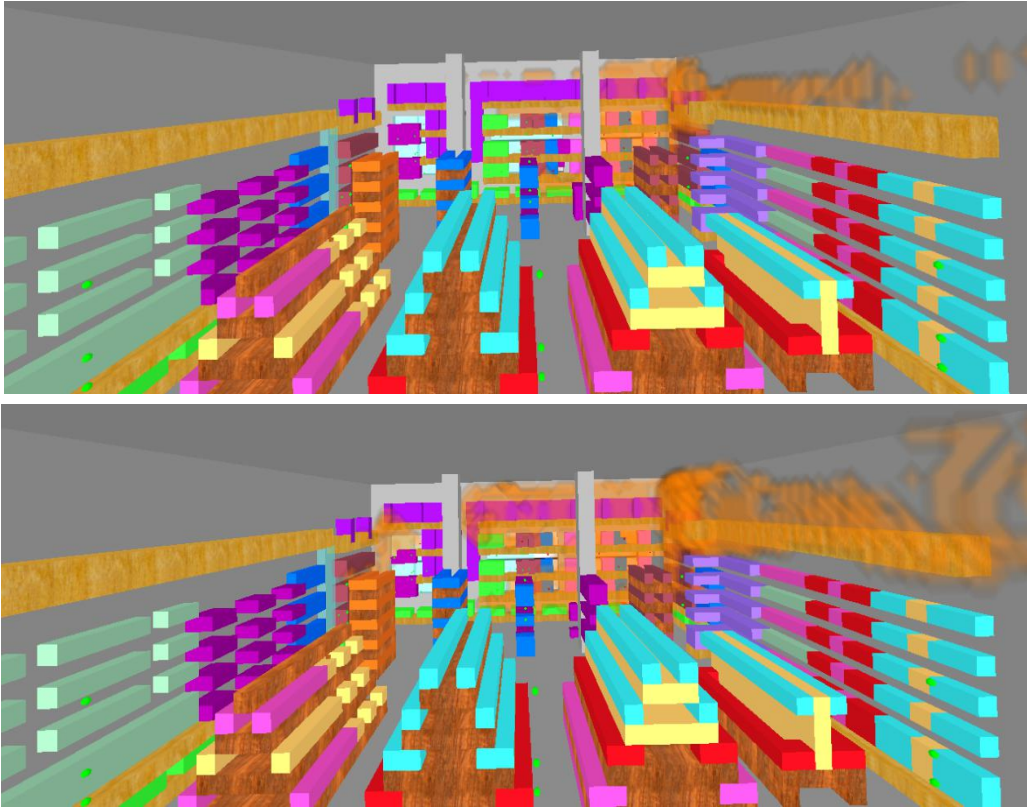


图 C.8.5-2 过火面积情况

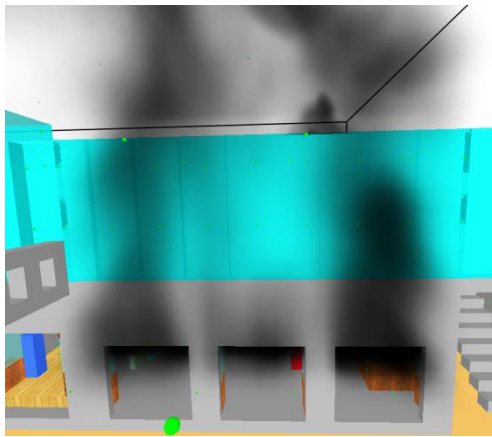


图 C.8.5-3 烟气蔓延情况

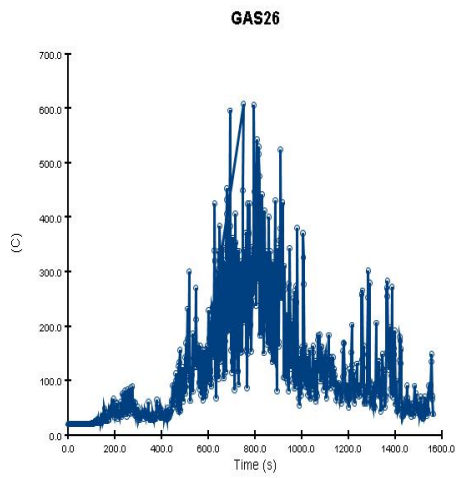


图 C.8.5-4 温度变化情况

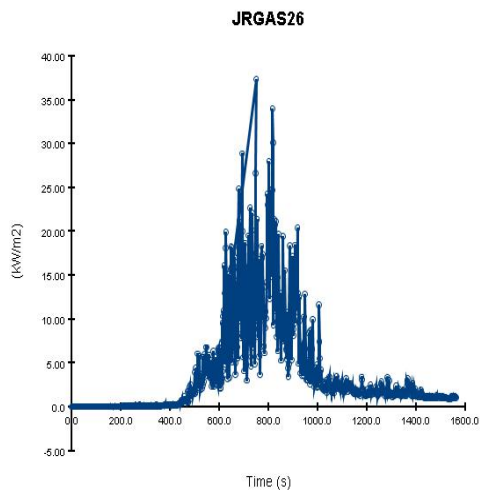


图 C.8.5-5 辐射热变化情况

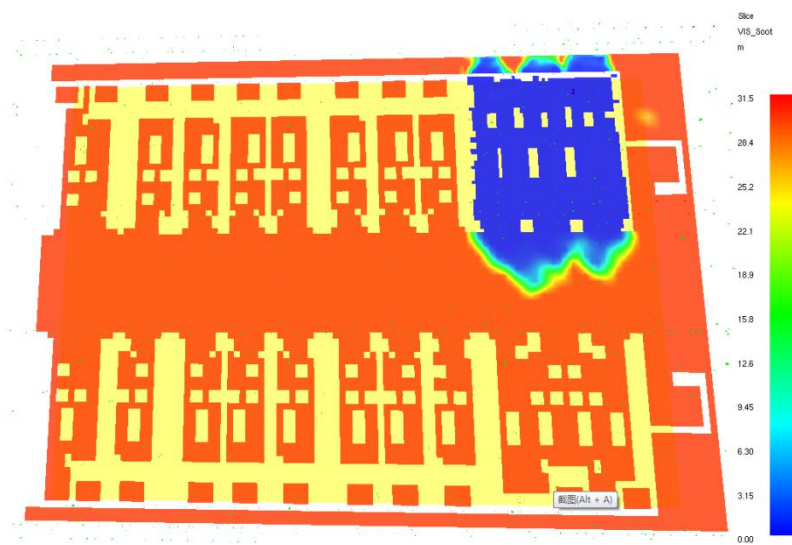


图 C.8.5-6 能见度变化情况

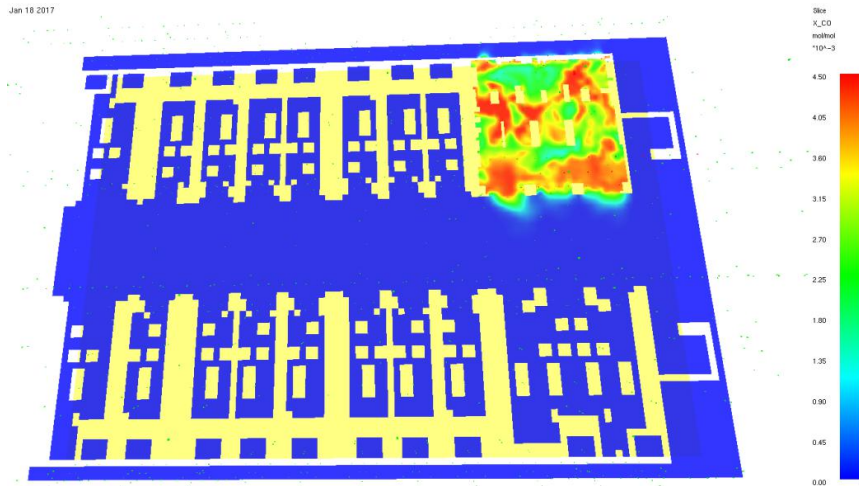


图 C.8.5-7 CO 浓度变化情况

## C.9 人员疏散模拟分析

### C.9.1 安全疏散判定方法

人员安全疏散分析的目的是通过计算可用疏散时间 $T_{ASET}$ 和必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，从而判定人员在建筑物内的疏散过程是否安全。

根据研究，人员的疏散时间一般包括几段离散的时间间隔，大致可简化为报警时间、响应时间和疏散行走时间三个阶段，即：

$$T_{RSET} = T_A + T_R + T_M \quad (C.9.1-1)$$

式中： $T_A$ —报警时间（s）；

$T_R$ —响应时间（s）；

$T_M$ —疏散行走时间（s）。

在消防设计和分析论证中，为判定人员能否安全疏散，要证明人员能否在火灾危险来临之前疏散到安全地点。安全疏散的判定标准即为：可用疏散时间 $T_{ASET}$ 应不小于必需疏散时间 $T_{RSET}$ ，可用下式表述。

$$T_{ASET} \geq T_{RSET} \quad (C.9.1-2)$$

$T_{ASET}$ 可通过火灾模拟得到，本节将对必需疏散时间 $T_{RSET}$ 进行计算。

### C.9.2 疏散场景和参数设定

#### 1 疏散场景设定

应根据建筑物平面布局、安全疏散和避难设施情况、人员数量、人员分布、人员行动能力和行动受限情况、人员清醒/睡眠状态等设定疏散场景，并应符合《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》（GB/T 31593.9）的有关规定。

表 C.9.2-1 疏散场景

疏散场景	对应火源位置	疏散人数	疏散出口情况
1	A	人员整体疏散	XXX 不可用
2	B	人员整体疏散	无安全出口被堵塞
X	XXX	XXX	XXX

## 2 疏散人数及分布

根据不同建筑的使用功能，按人员密度、或按照建筑设计容量、或根据设计资料及统计数据。对综合枢纽类建设项目应充分考虑各功能区域间的人流影响。

人员密度可参考《建筑设计防火规范》（GB50016）、《办公建筑设计标准》（JGJ/T67）、《宿舍建筑设计规范》（JGJ36）的有关规定。

如果没有人员密度数据值，可根据项目的规划使用人数，或调研人数，或查阅文献资料等方法确定人数。

人员分布可实际使用情况、调研、权威的文献资料等方法确定。

## 3 人员占据空间

根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员占据空间。

表 C.9.2-2 人员体型尺寸取值（示意）

人员类型	形体尺寸（肩宽 m×背厚 m×身高 m）
成年男士	0.48×0.3×1.75
成年女士	0.43×0.28×1.65
儿童	0.40×0.25×1.4
老人	0.48×0.25×1.6
坐轮椅人员	0.76×1.32×1.0

## 4 人员行走速度

根据人员密度计算确定人员行走速度，或者根据调研数据、查血文献资料等方法确定人员的行走速度。

表 C.9.2-3 人员行走速度（示意）

人员类型	步行速度（m/s）		
	坡道和楼梯间		水平走廊、出入口
	上行	下行	
成年男士	0.80	0.9	1.3
成年女士	0.69	0.75	1.1
未成年人	0.70	0.84	1.1
老人	0.54	0.68	1.0

## 5 人员类型组成

根据建筑类型、各功能区并参照PathFinder疏散模型建议的数值确定人员类型组成及比例。

表 C.9.2-4 人员类型组成取值（示意）

人员种类	成年男士	成年女士	儿童	老人
商业场所	35%	40%	15%	10%
办公场所、厂房、仓库	50%	50%	0	0

### C.9.3 疏散工况设定

应以火灾模拟结果和问题为导向，设定人员疏散最不利工况：

1 发生火灾时，可能延迟人员疏散的情况，如火灾自动报警系统失效，影响火灾探测时间、报警时间，火灾时建筑内人员处于睡眠状态，影响人员预动作时间等；

2 发生火灾时，可能阻碍人员疏散的情况，如疏散门、疏散通道、疏散楼梯间等安全疏散和避难设施附近火灾时危险，无法使用，影响人员运动时间。

### C.9.4 疏散模型建立

根据建筑设计图纸，建立疏散模型，并输入模拟参数。

### C.9.5 疏散模拟结果分析

开展各火灾场景的疏散模拟，并将疏散模拟得到的必需疏散时间与火灾模拟可用疏散时间进行对比。并根据模拟结果对特殊消防设计方案进行优化、细化。

表 C.9.5 安全疏散判定

火灾场景	对应疏散场景	区域	危险来临时间 $T_{ASET}$	必需疏散时间 $T_{RSET}$	疏散安全性判定
A1	1	XXX	XXX	XXX	XXX
A0		XXX	XXX	XXX	XXX
XX	XX	XXX	XXX	XXX	XXX

#### 1 疏散场景XX模拟结果分析

(1) A区域人员全部疏散至设备层的行走时间为XXs，xxx人员全部疏散至楼梯间（安全区域）的行走时间为XXs，以最不利情况考虑行动时间的1.5倍安全系数，A区域人员全部疏散至安全区域的保守时间为XXs。

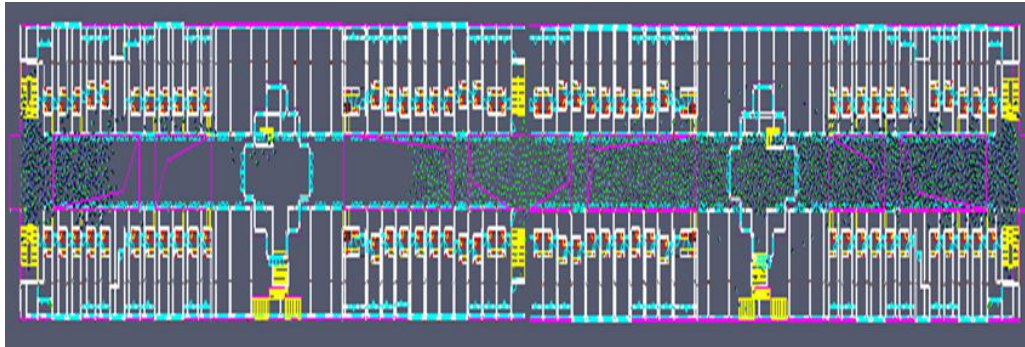


图 C.9.5 疏散场景XX人员疏散过程图

### C.10 火灾风险评估

应对建设工程原消防设计方案、特殊消防设计方案进行风险评估。

#### C.10.1 概率估计

1 根据火灾统计数据、建筑数量可按下式计算先验概率：

$$P_{xy} = \frac{n}{N} \quad (\text{C.10.1-1})$$

式中：

$P_{xy}$ ——各致灾因子先验火灾概率；

$n$ ——本地区该类型建筑的火灾起数，起；

$N$ ——本地区该类型建筑的建筑数量，栋。

2 根据致灾因子构建指标体系，并可按相关数学方法计算各指标的条件概率。



火灾风险因素权重图				
火灾因素	火灾起数	权重		
		人因	物因	自然因素
合计	263	0.327	0.5513	0.11787
电气	小计	117	0.02281	0.42205
	电气线路故障	62	—	0.23574
	电器设备故障	45	—	0.1711
	电加热器具火灾	2	0.0076	—
	其他	8	0.01521	0.01521
生产作业	小计	2	—	0.0076
	机械设备故障	2	—	0.0076
生活用火不慎	小计	73	0.17871	0.09856
	油锅起火	3	0.01141	—
	烟道过热飞火	2	—	0.0076
	照明不慎	6	0.02281	—
	使用蚊香不慎	5	0.01901	—
	烧荒、野外生火不慎	3	0.01141	—
	燃油燃气炉具故障及使用不当	15	0.02852	0.02852
	其他炉具故障及使用不当	6	0.01141	0.01141
	烘烤不慎	5	0.01901	—
	敬神祭祖	1	0.0038	—
	其他	27	0.05133	0.05133
	吸烟	2	0.0076	—
	玩火放火	13	0.04943	—
	自燃	23	—	0.08745
	静电	1	—	0.0038
	不明原因	5	0.00634	0.00634
其他	小计	27	0.0621	0.02028
	遗留火种	3	0.01141	—
	外来火源	8	0.03042	—
	其他	16	0.02028	0.02028

图 C.10.1-1 条件概率计算 (示意)

3 根据贝叶斯网络建立模型, 计算初始火灾概率。

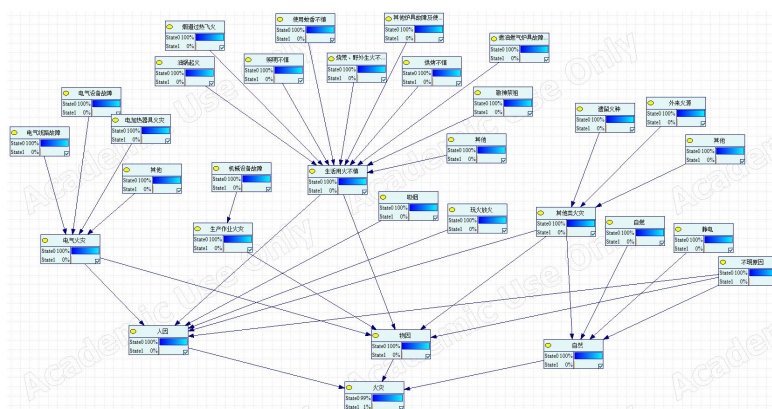


图 C.10.1-2 贝叶斯网络模型 (示意)

4 基于初始火灾概率并结合待评估建筑火灾隐患确定待评估建筑火灾概率修正值, 应按下式计算:

$$P_{xz} = P_{cs}z_1z_2 \quad (C.10.1-2)$$

式中:

$P_{xz}$ ——待评估建筑的火灾概率修正值;

$P_{cs}$ ——待评估建筑的火灾初始概率;

$z_1$ ——起火隐患火灾概率修正系数, 宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定;

$z_2$ ——消防安全管理隐患火灾概率修正系数, 宜根据火灾统计数据、重特大火灾案例确定。

5 应基于火灾概率修正值确定待评估建筑起火概率等级：

表 C.10.1 起火概率分级（示意）

分类	几乎可忽略	可能	偶尔	频繁
起火概率	[0, 10E-6]	[10E-6, 10E-4]	[10E-4, 10E-2]	>10E-2

C.10.2 损失估计

1 过火面积表征财产损失后果，根据采用火灾仿真模拟结果确定过火面积；

表 C.10.2-1 基于过火面积的火灾后果严重程度分级（示意）

分级 建筑类型	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
住宅	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
车库	≤10 m <sup>2</sup>	10-20 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	> 100 m <sup>2</sup>
商业	≤10 m <sup>2</sup>	20-50 m <sup>2</sup>	50-200 m <sup>2</sup>	200-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>
办公	≤10 m <sup>2</sup>	10-50 m <sup>2</sup>	50-100 m <sup>2</sup>	100-500 m <sup>2</sup>	> 500 m <sup>2</sup>

2 人员疏散模拟和火灾模拟结果评估人员损失后果

$$\omega = \frac{AEST - t_W - t_A - t_R}{t_M} \quad (C.10.2)$$

式中：

AEST——危险来临时间，s；

$t_W$ ——探测时间，s；

$t_A$ ——报警时间，s；

$t_R$ ——预动作时间，s；

$t_M$ ——运动时间，s。

表 C.10.2-2 人员疏散安全度分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\omega$	$\omega > 2.0$	$1.5 < \omega \leq 2.0$	$1.0 < \omega \leq 1.5$	$0.8 < \omega \leq 1.0$	$\omega < 0.8$

3 商业连续性的火灾损失后果可按《风险管理 风险评估技术》（GB/T27921）的相关规定。

表 C.10.2-3 影响商业连续性的火灾损失后果分级（示意）

分级	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
$\tau$	$\tau < 1\%$	$1\% \leq \tau \leq 5\%$	$5\% < \tau \leq 10\%$	$10\% < \tau \leq 20\%$	$\tau > 20\%$

注：τ——企业财务损失占税前利润的百分比（%）。

4 环境的火灾损失后果可按《保护层分析(LOPA)应用指南》（GB/T 32857）的相关规定。

表 A.10.2-4 影响商业连续性的火灾损失后果分级（示意）

指标	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
φ	φ < 0.01	0.01 ≤ φ < 0.1	0.1 ≤ φ < 1.0	1.0 ≤ φ < 10	τ ≥ 10

注：φ——溢油量，m<sup>3</sup>。

### C.10.3 火灾风险评估

$$R = P \times S \dots\dots\dots (C.10.3)$$

式中：

R——火灾风险；

P——火灾事件的发生概率；

S——火灾事件产生的预期后果。

根据火灾概率和火灾后果严重程度确定建筑火灾风险等级。

表 C.10.3 建筑风险等级矩阵（示意）

起火概率	火灾损失后果				
	一级（极轻微）	二级（轻微）	三级（中等）	四级（重大）	五级（灾难性）
几乎可忽略	III级	III级	III级	II级	II级
可能	III级	III级	II级	II级	I级
偶尔	III级	II级	II级	I级	I级
频繁	II级	I级	I级	I级	I级

注：表中I级高风险、II级中风险、III级低风险。

附录 D 部分建筑火灾荷载密度示例

表 D-1 我国部分建筑功能火灾荷载密度参考 (MJ/m<sup>2</sup>)

建筑类型	火灾荷载密度			
	最小值	最大值	均值	标准差
KTV 包房	484	1187	760	141
中档宾馆	358	718	516	92
宾馆	229	541	366	70
学生宿舍	380	720	481	119
服装店	140	2490	567	344
女装店	28	443	134	76
男装店	72	395	211	120
卧室	202	988	618	155
餐饮店	84	541	200	132
商铺	93	1122	543	256
汽车	150	480	282	29

表 D-2 国外部分建筑的火灾荷载密度 (示意) (MJ/m<sup>2</sup>)

建筑类型		参考 值	标准 差	分位值			备注
				80%	90%	95%	
住宅	一居室	720	104	760	780	890	$q_f = q_t \times 5.2$ 5.2=立方测量 $3.2 \times 4.3 \times 2.9$
	两居室	780	129	870	1020	950	
	三居室	670	133	760	780	830	
	五居室	540	125				
	六居室	500	180				
医院		230		350		670	
酒店		310	104	400	470	510	
办公	公司管理层办公室	270	125				
	生产管理办公室	360	170				
	行政办公室	450	260				
	员工办公室	380	46				
	特殊房间	1330	890				
	技术室	330	67				
	座谈室	170	220				
	所有房间	420	370	570	740	950	
购物中心和 百货商店	生活用品区	420					对于极低值的解释: 销售区面积 占总建筑面积的20-25%
	食品区	585					
	纺织品区	380	535				
	香水, 玩具, 文具店, 家居用品	420	560				
	家居, 地毯	585	960				

表 D-2 国外部分建筑的火灾荷载密度 (示意) (MJ/m<sup>2</sup>) (续)

建筑类型		参考 值	标准 差	分位值			备注
				80%	90%	95%	
学校	小学	295	58	340	395	400	$q_f = q_t \times 3.53$
	初中	340	58	425	445	450	
	高中	215	67	275	300	450	
	所有学校	285	79	360	415	440	
工业建筑	存储大量易燃物品小于 150kg/m <sup>2</sup>	1780	1260	2560	3490	4490	分位值计算符合对数正态分布
	存储大量易燃物品大于 150kg/m <sup>2</sup>	15360	10600	23190	33110	44330	
	制造和储存大量易燃物 品小于150kg/m <sup>2</sup>	1180	855	1820	2640	3590	
	制造和储存大量易燃物 品小于150kg/m <sup>2</sup>	9920	8530	14180	19810	26040	
	主要储存不易燃物品	130	100	190	260	350	
	汽车制造	145	105	220	310	420	
	金属制品加工	140	120	210	330	470	
	木材或塑料产品加工	305	175	420	550	670	
	金属制品制造	240	190	420	680	1010	
	电子产品 (生产、组装、 存储)	235	115	330	430	530	
	车辆开发、维修、车库	190	105	270	340	420	
	陶瓷和玻璃器皿的生产、 加工、供应	280	225	470	720	1010	

注: 1  $q_f$ ——可变火灾荷载密度, MJ/m<sup>2</sup>。

2  $q_t$ ——火灾荷载密度, MJ/m<sup>2</sup>。

## 本指南用词说明

- 1 为便于在执行本指南条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的相关规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 《消防安全工程指南 第1部分：性能化在设计中的应用》GB/T 31540.1  
《消防安全工程指南 第2部分：火灾发生、发展及烟气的生成》GB/T 31540.2  
《消防安全工程指南 第3部分：结构响应和室内火灾的对外蔓延》GB/T 31540.3  
《消防安全工程指南 第4部分：探测、启动和灭火》GB/T 31540.4  
《消防安全工程指南 第5部分：火灾烟气运动》GB/T 31540.5  
《消防安全工程 总则》GB/T 31592  
《消防安全工程 第1部分：计算方法的评估、验证和确认》GB/T 31593.1  
《消防安全工程 第2部分：所需数据类型与信息》GB/T 31593.2  
《消防安全工程 第3部分：火灾风险评估指南》GB/T 31593.3  
《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  
《消防安全工程 第5部分：火羽流的计算要求》GB/T 31593.5  
《消防安全工程 第6部分：烟气层的计算要求》GB/T 31593.6  
《消防安全工程 第7部分：顶棚射流的计算要求》GB/T 31593.7  
《消防安全工程 第8部分：开口气流的计算要求》GB/T 31593.8  
《消防安全工程 第9部分：人员疏散评估指南》GB/T 31593.9  
《重大火灾隐患判定方法》GB 35181  
《执业健康安全管理体系》GB/T 28001  
《新材料技术成熟度等级划分及定义》GB/T 37264  
《风险管理 指南》GB/T 24353  
《保护层分析(LOPA)应用指南》GB/T 32857  
《火灾试验 开放式量热计法 40MW以下火灾热释放速率及燃烧产物的测定》GB/T 41382  
《建筑材料热释放速率试验方法》GB/T 16172  
《建筑构件耐火试验方法》GB/T 9978  
《火灾试验 表面制品的实体房间火试验方法》GB/T 25207  
《细水雾灭火系统技术规范》GB 50898  
《排烟系统性能现场验证方法 热烟试验法》XF/T 999