

大型超市火灾危险性数值模拟

朱磊

(郑州市公安消防支队, 河南 郑州 450000)

摘要:以某大型超市为例,运用 CFAST 软件,针对有无喷淋 2 种工况,研究了影响人员安全疏散的烟气层温度和高度.结果表明:自动喷水灭火系统可以有效地降低烟气层的温度和高度,在无喷淋的情况下,可用安全疏散时间小于必需安全疏散时间,人员无法正常安全疏散;在有喷淋的情况下,烟气层的温度和高度没有达到影响人员安全疏散的危险状态,可用安全疏散时间大于必需安全疏散时间,人员能够正常安全疏散.

关键词:超市火灾;性能化防火;数值模拟;可用安全疏散时间

中图分类号:X928.7 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2013.03.020

Numerical simulation of fire risk of large-scale supermarket

ZHU Lei

(Zhengzhou Fire Detachment, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Taking a supermarket as example, the temperature and height of smoke were studied according to whether the sprinkler was functioning using CFAST software. The results showed that the automatic sprinkler system could effectively reduce the smoke layer temperature and height, the *ASET* (available safety egress time) was less than *RSET* (required safety egress time) when the sprinkler was not functioning, occupants can not evacuate safely. When the the sprinkler was functioning, smoke layer temperature and height did not meet the dangerous state of the occupant safe evacuation, the *ASET* was greater than *RSET*, hence, occupants could evacuate safely from the supermarket.

Key words: supermarket fire; performance-based fire; numerical simulation; *ASET*

0 引言

近年来,随着我国经济的快速发展和人民生活水平的提高,大型超市的数量不断增多,这些大型超市普遍特点是:1)经营面积大,可燃物品数量多,火灾荷载大,一旦着火,燃烧速度快,火焰温度高,且有些物品具有一定的毒性;2)建筑物外墙开口面积小、数量少,火灾发生时烟气不易排出,烟气层下降速度较快;3)安全出口数量少,人员密度比较大,疏散条件差,不利于人员安全疏散;4)空间比较高,

货物集中,火灾一旦发生会迅速过渡到全面发展阶段^[1].基于大型超市的这些特点,火灾一旦发生,若没有有效的防火措施,易造成重大的人员伤亡和财产损失,因此,研究大型超市的火灾危险性及其防护措施非常重要.

近年来,搜集大量真实的火灾案例并将其作为评估建筑物火灾安全疏散设计方案优劣的方法被普遍采用,但此种方法工作繁琐、统计量巨大,受其他因素的影响较大.因此,需要寻求一种更为简便有效的评估方法,于是借助经验公式、数值模拟的

性能化防火设计方法应运而生^[2-4]. 性能化防火设计方法是以火灾安全工程学的思想为指导,以火灾危险分析为中心的建筑防火设计方法,在国内外得到了广泛的应用. 目前我国消防部门也在积极开展这方面的研究. 鉴于此,本文拟以某大型超市为例,运用性能化防火设计方法来研究超市火灾危险性,分析火灾中烟气和温度的变化情况,以确保有较多的可用安全疏散时间,从而使火灾发生时人员可安全疏散.

1 模拟场景设置

1.1 人员安全疏散准则

人员安全疏散时间是评估是否达到防火安全目标的主要判据之一. 本文采用一种能满足充分必要条件的安全疏散时间判据,如图1所示. 可用安全疏散时间(ASET)是指从起火时刻到火灾对人员构成危险状态的时间,必需安全疏散时间(RSET)是指从起火时刻到人员疏散至安全区域的时间(包括探测报警时间、人员准备时间和人员运动时间),保证建筑物内人员安全疏散的关键是 $RSET < ASET$ ^[5-6].

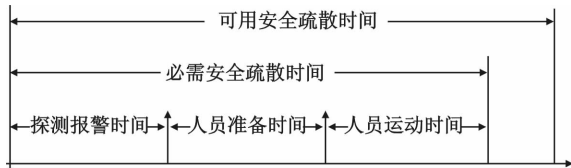


图1 人员安全疏散时间判据

1.2 火灾参数设定

本文采用美国国家标准研究所(NIST)建筑火灾研究实验室(BFRL)开发的区域模型软件 CFAST 模拟某大型超市的火灾情况. 火灾区域模拟方法通常是:将火灾房间分为上下2个区域,即上部的热烟气区和下部的冷空气区,并且假设2个区域内的参数是均匀的;针对2个区域分别列出质量守恒方程和能量守恒方程,每个方程式都可以依据质量流量和能量流量来表达.

该超市为单层建筑,其设计参数如下:房间进深40 m;房间开间60 m;室内净高4.5 m;墙壁、顶棚材料为石膏;地板材料为混凝土;安全出口有2个,宽度均为1.5 m,高度均为2.2 m.

燃烧是一种复杂的物理/化学过程,对其进行数值模拟需要设定的参数比较多,而合理地确定参

数非常重要. 设定火灾主要是确定火灾发展曲线,目前普遍采用2种设定方法:一是采用定常火源,即把火源功率设定为一个具体的常数,不随时间变化;另一种是把火灾设定为 t^2 增长模型,即 $Q = \alpha t^2$,其中, Q 为火源的热释放速率/kW; α 为火灾增长速率/(kW · s⁻¹); t 为时间/s. 火灾增长模型可以分为慢速、中速、快速、超速4种. 这是一种常用的火灾发展模型,用来描述火灾过程热释放速率随时间的变化趋势. 根据 NFPA(美国防火协会)的分类,超市内可燃物的热释放速率是“快速火”的增长方式,即 $\alpha = 0.0469$,并且当温度达到一定值的时候,水喷淋系统启动. 喷头采用常用的类型,响应温度为68 °C,安装位置距顶棚0.5 m,24个喷头等间距布置,即平均每个喷头的保护面积为100 m². 具体的初始条件和边界条件设置见表1.

表1 参数设定值

火源	火源位置	中心
	火焰高度	0.5 m
	燃烧热	50 000 kJ/kg
	初始可燃物温度	20 °C
喷头	火焰的辐射分数	0.3
	启动温度	68 °C
	响应时间指数	100 (m · s) ^{1/2}
	安装个数	24个

2 数值模拟

根据火灾调查的结果可知,火灾中人员死亡原因多数归结于高温的烟气,因此对烟气层的温度和高度进行分析非常重要. 本文设定了2种工况,一种为有喷淋的情况,另一种为无喷淋或喷淋无法正常工作的情況.

2.1 烟气层温度和高度对比分析

通过运用 CFAST 模拟计算可以得出,没有安装自动喷水灭火系统的烟气层温度在160 s左右就达到了80 °C,最高温度达到190 °C左右,严重影响人员的安全疏散;而安装了自动喷水灭火系统的烟气层温度最高为80 °C左右,对人员安全疏散影响不大. 这是因为在温度达到68 °C时,自动喷水灭火系统启动,能够有效地降低烟气层的温度. 2种工况下烟气层温度对比情况如图2所示.

同理,2种工况下烟气层高度对比情况如图3所示. 由图3可以看出,在没有安装自动喷水灭火系统的超市中,烟气层下降的速度比安装了自动喷水

灭火系统的超市要快很多.并且,没有安装自动喷水灭火系统的超市烟气层可以下降到1 m以下,而安装了自动喷水灭火系统的超市中,烟气层下降到2.8 m左右即不再继续下降,这是因为自动喷水灭火系统能够有效地控制烟气的产生.

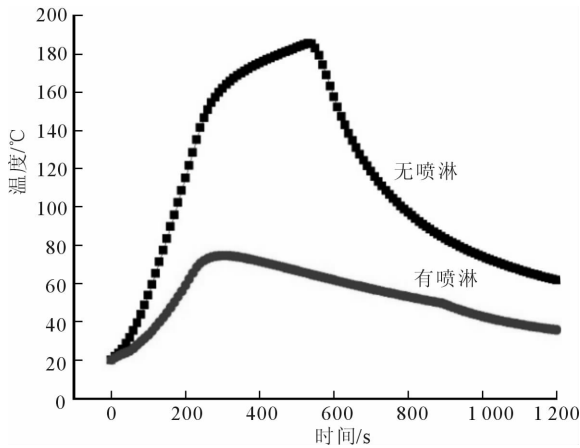


图2 2种工况下烟气层的温度对比

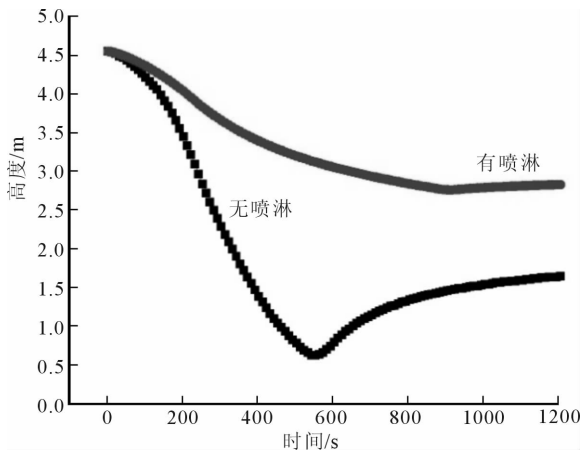


图3 2种工况下烟气层的高度对比

2.2 人员安全疏散计算

根据国内外普遍采用的火灾危险临界条件的判定依据,当上部烟气层的温度达到180℃或烟气层的高度下降到人眼高度1.6 m时,即认为会对人员造成严重的伤害,人员安全疏散失效^[7-8].根据模拟的结果,在无喷淋的情况下,温度达到180℃的时间为450 s,烟气层降到1.6 m的时间为380 s,因此,为了保守起见,设定 $ASET = 380$ s.

设超市设计可容纳人数为1 000人,假设2个安全出口疏散的人数相等,通行系数取1.2人/(s·m),则:人流速度=通行系数×有效宽度=1.2×(1.5-0.4)=1.32人/s;疏散的时间=500/1.32=379 s,探测报警时间为20 s,人员运动准备时间为

30 s,由此计算出 $RSET = 429$ s.

在有喷淋作用的情况下,烟气层的最高温度为80℃,烟气层的高度下降到2.8 m,低于火灾危险判据的180℃和1.6 m,没有达到火灾危险临界条件,即认为人员能够正常安全疏散.而在无喷淋作用的情况, $ASET = 380$ s, $RSET = 429$ s,即: $ASET$ (可用安全疏散时间) $< RSET$ (由需安全疏散时间).因此,该工况下人员无法正常安全疏散,该超市的疏散设计无法满足设定火灾条件下的安全要求.

3 结论

本文以某大型超市为例,通过CFAST数值模拟,针对有无喷淋2种工况,对影响人员安全疏散的烟气层温度和高度进行了研究,得出如下结论:自动喷水灭火系统可以有效地降低烟气层的温度和高度——在无喷淋设备的情况下,人员无法安全疏散至室外;而在有喷淋设备的情况下,烟气层的温度和高度没有达到影响人员安全疏散的危险状态,人员可以正常地进行安全疏散.由此可见,大型超市中安装自动喷水灭火系统并保证其能够正常工作,将在很大程度上保证当火灾发生时,超市人员的正常安全疏散.据调查,目前部分超市中自动喷水灭火系统不能够正常工作,这是严重的消防隐患,需引起消防部门及超市消防管理人员的重视.

参考文献:

- [1] 杨光,付燕平,田宏.大型仓储式超市火灾危险性及人员安全疏散分析[J].工业安全与环保,2006,32(1):49.
- [2] 陈劲松.仓储式超市的疏散设计和建筑防火性能化设计的必要性[J].安徽建筑,2007(5):26.
- [3] 欧明辉,叶志冬,林洁.采用疏散剩余时间计算模拟法评估建筑物火灾中人员疏散安全[J].消防技术与产品信息,2013(2):44.
- [4] 张村峰,李元洲,霍然,等.水喷淋作用下烟气层稳定性的判据研究[J].中国科学技术大学学报,2006,36(12):1325.
- [5] 王军,姚斌,张和平,等.某大型超市火灾危险性评估研究[J].火灾科学,2004,13(3):196.
- [6] 范维澄,孙金华,陆守香.火灾危险性评估方法学[M].北京:科学出版社,2004.
- [7] 霍然,胡源,李元洲.建筑火灾安全工程导论[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1999.
- [8] 李引擎.建筑防火性能化设计[M].北京:化学工业出版社,2005.