

某重大火灾隐患单位整改措施的确定性研究^{*}

吴立志^{1,2}, 郭子东², 姜立平², 曾林水²

(1. 清华大学 防灾减灾研究所, 北京 100084; 2. 中国人民武装警察部队学院, 河北 廊坊 065000)

摘要: 如何科学合理地判定建筑重大火灾隐患并提出可行的整改措施是目前消防工作中遇到的一个难题。利用以性能为基础的重大火灾隐患判定及整改方法, 对某市一重大火灾隐患单位进行了实地调查并提出了整改方案, 首先根据火灾模拟结果论证了防火卷帘未直通到顶的危险性, 接下来模拟了中间防火分区北侧开两个疏散通道的情况, 证明其不满足安全疏散要求。最后根据现场情况及模拟结果提出了符合防火安全的整改措施。结果表明, 基于性能化评估思想的重大火灾隐患判定方法能够对重大火灾隐患单位进行合理的判定, 并且提出的整改方案是以达到防火目标为目的, 具有科学性、经济性及合理性。

关键词: 重大火灾隐患; 性能化设计; 风险评估; 整改措施

中图分类号: X932 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2009)03-0093-05

建筑重大火灾隐患的判定及整改是各级政府、公安消防机构和消防安全责任主体单位致力解决的重大社会问题。火灾隐患的存在每年都会导致一定数量火灾的发生, 从而造成人员伤亡和财产损失。为了解决这个问题, 国家每年都组织开展大规模的火灾隐患排查整治活动, 如何科学合理进行重大火灾隐患的判定和整改是摆在我们面前的一个重大技术问题。

国内大量文献论述了重大火灾隐患的定义^[1], 从表现层次上探讨了重大火灾隐患的认定和解决办法^[2-6]。但提出的这些认定和解决办法多是经验性的。本文在建立的以性能为基础的重大火灾隐患判定与整改方法的基础上, 对某市一重大火灾隐患单位进行了实证研究, 探讨了该方法在实际应用中的可行性和应用前景。

1 以性能为基础的建筑重大火灾隐患判定及整改的方法

性能化防火设计方法是一种先进、有效、科学、合理的防火设计方法, 特别是在解决大型复杂建筑的防火设计问题方面, 弥补了传统设计方法的不足^[7]。近几年, 我国也将这一先进防火设计理念应用于大量超大超规范的建筑设计中, 取

得了很好的效果。

性能化防火设计基本思想是首先要对建筑物的火灾安全状况做出全面客观的分析, 进而根据分析结果对建筑物的消防安全设计做出评价, 然后对设计方案提出改进意见^[8]。在火灾风险评估的基础上进行的建筑火灾隐患的判定及整改, 无疑是符合火灾安全工程学原理的, 与传统的处方式防火方法相比具有很大的优势。运用性能化防火设计方法, 判定结果更为科学, 隐患整改方案设计更为合理, 并且防止重复滋生火灾隐患^[9]。

将性能化防火设计方法应用于重大火灾隐患单位的判定与整改时, 方法的基本框架与性能化防火设计方法相类似。但针对某一具体重大火灾隐患单位, 消防设施的基本情况、内部人员分布情况、可燃物分布状况等都是确定的, 因此应对火灾场景设计情况仔细研究以确保得到相对准确的结果。

2 某重大火灾隐患单位基本情况

2.1 单位基本情况

所研究的重大火灾隐患单位为一装饰装潢超市。该建筑为两层钢框排架结构, 每层面积 10 920 m², 每层划分为 3 个防火分区, 使用无机防火卷帘进行分隔。该超市主要经营木地板、家具家

^{*} 收稿日期: 2008-12-08

基金项目: 国家科技支撑计划“城市火灾危险性评估技术研究及应用示范”(2006BAK06B01-1)

作者简介: 吴立志(1968-), 男, 浙江金华人, 教授, 博士, 主要从事火灾风险评估和安全系统工程的研究。

E-mail: wulizhi119@sohu.com

饰、窗帘布艺等。建筑结构基本情况如图 1 所示。

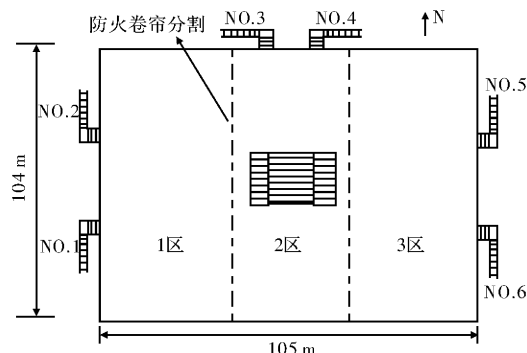


图 1 盛烨装饰广场幸福家居超市建筑结构简图

通过对该市盛烨装饰广场进行多次实地调查，发现存在的火灾隐患有以下几个方面：

(1) 由于该建筑为钢框排架结构，二楼作为防火分区分隔的防火卷帘不能直通到顶，起不到防火分隔作用，违反了《建筑设计防火规范》(GB50016-2006) 5.1.11、7.5.3 的规定^[10]。

(2) 二楼防火分区二区无直通室外出口，火灾情况下二区人员不能安全疏散；该建筑在设计阶段设计了 3、4 号室外楼梯，但是实际并未设置。违反了《民用建筑防火规范》5.3.1、5.3.2 的规定。

(3) 虽按规范在设计中设置了自动喷水设施，但该系统处于瘫痪状态。

2.2 该市消防支队提出的整改措施

(1) 家居超市二楼防火分区二区北面加设两个室外钢梯作为安全疏散出口；

(2) 划分防火分区用的防火卷帘全部拆除，从一楼至二楼屋顶砌实体墙作为防火分区分隔；

(3) 完善自动喷水设施。

该市消防支队所提出的整改措施能满足规范要求，但从实际情况考虑，为使消防安全与使用功能统一，使用防火墙进行防火分区的分隔在一定程度上破坏了原有的使用功能，整改过程中需要业主停业，拆除原有的无机卷帘并用防火墙来替代成本过高。因此本文以性能为基础的重大火灾隐患判定及整改方法，研究确定更合理的隐患整改措施。

3 重大火灾隐患的判定及整改措施有效性分析

根据公安部标准《重大火灾隐患判定方法》(GA653-2006)^[11]进行综合判定，本建筑已构成重大火灾隐患。在本示范工程中，使用课题研究中提出的方法进行再次判定，并且本着合理性、经济性的原则提出整改措施，并论证整改措施的有效性。

3.1 计算对象的选择及描述

由于存在的重大火灾隐患集中于二层，所以选取二层为研究对象。该层主要经营壁纸、窗帘、地板等。该建筑每层划分为 3 个防火分区，并在设计中设置了自动喷水灭火设施。

在模拟计算中共选取 3 种情况，分别为：

(1) 建筑目前的状况为研究对象，防火分区二区未设置直通室外安全疏散出口，防火卷帘未直通到顶，选取整个超市二层为研究对象，论证此种情况下烟气蔓延情况和火灾危险性；

(2) 将防火卷帘上方进行封堵，使其满足划分防火分区的要求，在防火分区二区北侧设置两个室外钢梯，论证此种情况是否符合安全疏散要求；

(3) 将防火卷帘上方进行封堵，划分防火分区的南侧防火卷帘拆除 25 m，使用防火墙进行分割，并在从南至北 23 m 至 24.5 m 设置甲级防火门，防火门宽 1.5 m，高 2 m，同时保留二区北侧设置的两个室外钢梯，论证此种情况是否符合安全疏散要求。

3.2 重大火灾隐患标准的确定

由于各地经济发展的不平衡性及社会性差异，各地在制定可接受的火灾风险的判定标准时各有不同。本文在考虑可接受火灾风险标准时认为，各地对可接受的人员死亡数目是一致的。这与“以人为本”的理念是相同的。经过论证认为火灾情况下，经过模拟计算后构成人员死亡则认为存在重大火灾隐患。

3.3 人员疏散模拟计算分析

3.3.1 计算人数的确定

建筑内人数的确定根据实际调查的结果。人员调查采取抽样采集的方案，从 9:30 到 17:00 每半小时采集一次，每次采集时长为 5 min。调查时间为本超市搞活动期间，使用计数器进行人数统计。在实测统计过程中发现 17:00 场内人数明显减少，同时考虑到人们的购物习惯，所以调查统计只进行到 17:00。调查结果显示在调查时间内二层最多人数为 125 人，考虑到这是一个新建的装饰广场，随着影响力的增加会导致购物人员的增加，结合其它同类商场的情况，设定二层人数为 450 人，3 个防火分区人数平均分布。

3.3.2 人员疏散时间的确定

人员疏散时间按火灾报警时间、人员的疏散预动时间和人员从开始疏散到到达安全地点的行动时间之和计算^[12-13]：

$$PSET = T_d + T_{pre} + T_t,$$

式中： T_d 为报警时间； T_{pre} 为人员的疏散预动时间； T_t 为人员疏散行动时间。根据相关资料研究

最终确定本建筑中 $T_d = 30$ s, $T_{pre} = 90$ s。

3.3.3 人员疏散行动时间 T_t 的计算

采用 buildingEXODUX 疏散软件模拟建筑内的人员疏散情况。

在二层防火分区二区北侧设置两个室外钢梯做为安全疏散出口,通过 buildingEXODUX 模拟软件,根据疏散时间(elapsed time)与疏散人员数量(total people out)坐标图,得出最后一个人离开防火分区的疏散时间 T_t 为 140 s(图 2)。

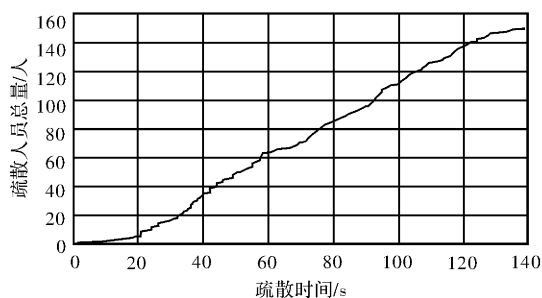


图2 2个安全出口情况下疏散人员随时间变化关系

在二层防火卷帘划分的防火分区中,在部分防火卷帘用防火墙替代的情况下,并在两边防火卷帘各开设一扇防火门,在火灾紧急情况下,防火门可以用来作为疏散出口,即防火分区内有4个安全出口的情况下,通过 buildingEXODUX 模拟软件,根据疏散时间(Elapsed time)与疏散人员数量(Total people out)关系图,得出最后一个人离开防火分区的时间也就是疏散时间 T_t 为 72 s(图 3)。

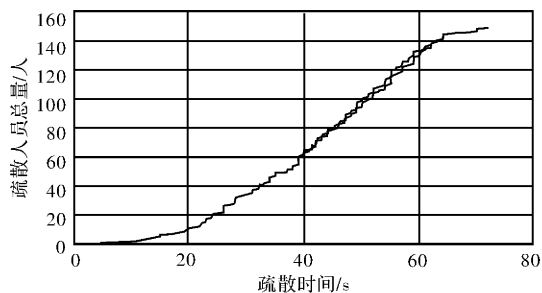


图3 4个安全出口情况下疏散人员随时间变化关系

由此作出疏散总时间(RSET)统计(表 1)。

表 1 人员安全疏散时间统计表

计算对象	计算疏散 人数/人	报警时间 T_d/s	疏散预动 时间 T_{pre}/s	疏散时间 T_t/s	避难总时 间 RSET/s
仅有北侧两个室外钢梯做为安全出口	150	30	90	140	260
二层防火卷帘加防火墙划分的防火分区,共有 4 个安全出口	150	30	90	72	192

3.4 烟气蔓延模拟计算分析

3.4.1 参数确定

本部分主要是对家具城的烟气蔓延特性进行分析,采用 FDS 火灾模拟软件对建筑物内特定的火灾场景进行分析。通过烟气模拟计算结果与人员疏散模拟计算结果对照分析,可以判断火灾时建筑物内人员是否可以实现安全疏散。

本文按照美国消防协会标准 NFPA204M^[14] 中的定义,选取 t^2 增长火,火灾增长系数通过 Moc's Notification 1441(2000)中的公式进行计算。根据实际调查结果及所进行的锥形量热仪实验,同时参考日本火灾载荷密度设计中数据,家居超市内窗帘布艺卖场火灾载荷密度取 960 MJ/m^2 ,木地板卖场火灾荷载密度取 800 MJ/m^2 ,这两者也是二层超市内火灾荷载密度最大的卖场。根据家具城内墙面及顶棚装饰材料火焰增长速率,计算得到此场景两种火灾增长速率为:

$$\alpha_1 = a_m + a_{f1} = 0.2429 + 0.014 = 0.2569 \text{ kW/s}^2,$$

$$\alpha_2 = a_m + a_{f2} = 0.1792 + 0.014 = 0.1932 \text{ kW/s}^2.$$

对于本家居超市,虽然设计了自动喷淋系统,但根据现场检查情况,自动喷淋系统不起作用,因此根据现场火灾荷载调查情况确定其为无喷淋的公共场所,并设置火灾规模为 8 MW,两种情况根据计算其达到最大火灾规模时间分别为 176 s 和 203 s,火灾场景模拟时间为 900 s。

3.4.2 烟气蔓延特性模拟计算

(1) 防火卷帘未直通至顶情况

研究此场景的目的在于论证防火卷帘未通到顶情况下烟气的蔓延情况,选取 180 s 时烟粒子分布情况来观察对周围两个防火分区的影响。根据现场调查情况,防火卷帘距顶棚 0.3 m,以整个二层为研究对象,研究火灾探测报警后防火卷帘全部落下,防火分区二区发生火灾,通过顶部缝隙烟气的蔓延情况。起火地点设置于二区靠南部的窗帘店内,如图 4 所示。窗帘燃烧造成的 CO 、 CO_2 释放,其量根据锥形量热仪的实验结果进行设置。火灾发生后 180 s 时烟粒子分布情况如图 5 所示。

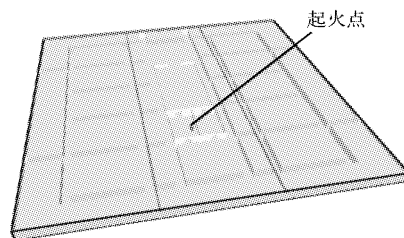


图4 起火点位置示意图

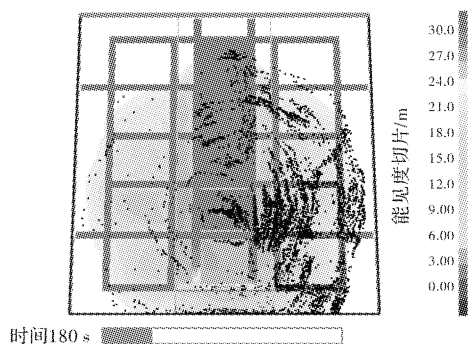


图5 180 s时烟粒子分布情况

从图5中可以看出,火灾发展到180 s时烟气已经扩散到了相邻的两个防火分区,虽然走道内能见度比较大,但家居装饰材料火灾会产生大量的有毒有害气体,人吸入之后丧失行动能力。因此防火卷帘未直通到顶起不到防火分隔的作用,是必须整改的。

(2) 防火分区二区北侧设置2个室外钢梯的情况

在北侧设置2个安全疏散出口情况下,防火分区二区属于袋形走道,最大允许疏散距离为22 m,而本工程中疏散距离长达104 m。考虑到本建筑的实际情况,论证在防火卷帘上方使用防火材料进行封堵情况下,北侧设置两个室外钢梯是否符合安全疏散要求。本部分以防火分区二区为研究对象。起火点的设置分为两种情况。一是起火点位于南侧窗帘布艺店内,火灾荷载 960 MJ/m^2 ,最大火灾规模8 MW,达到最大火灾规模需176 s,称之为场景A。二是起火点位于南侧木地板卖场内,火灾荷载 800 MJ/m^2 ,最大火灾规模8 MW,达到最大火灾规模需203 s,称之为场景B。

根据以上模拟结果分析可以得到最不利火灾场景为A,人员疏散时间要大于到达危险状态时间,主要判据如表2所示。因此,在防火分区二区北侧设置两个室外钢梯是不符合人员安全疏散要求的。

表2 场景A、B模拟结果统计表(取最不利情况)

判据	时间/s
上层烟气温度达到 180°C 时间	>900
下层烟气温度达到 50°C 时间	>900
地面上方2 m处的 CO^2 浓度达到1%的时间	391
地面上方2 m处的CO浓度达到2 500 ppm的时间	>900
距离地面2 m处能见度下降到10 m时间	<260
火灾发展到致使环境条件达到人体耐受极限的时间(ASET)	<260
从火灾发生到人员疏散到安全地点所用时间(RSET)	260
安全余量时间	-

(3) 设置4个疏散出口的情况

将划分防火分区的南侧防火卷帘拆除25 m,使用防火墙进行分割,并在从南至北23 m至24.5 m(走道处)设置甲级防火门,防火门宽1.5 m,高2 m。同时保留二区北侧设置的两个室外钢梯,论证此种情况是否符合安全疏散要求。起火点设置同场景A、B,记为场景C、D。

根据火灾模拟结果,最不利火灾场景为C。根据人员疏散模拟和火灾烟气蔓延模拟得到的主要判据如表3所示。结合人员疏散模拟结果,可以看到火灾发展到致使环境条件达到人体耐受极限时间为323 s,人员安全疏散时间为192 s。安全余量131 s。人员有足够得时间逃生。评估计算结果表明对评估方案能保证层内人员得安全疏散。因此,本整改方案符合人员安全要求。

表3 场景C、D模拟结果统计表(取最不利情况)

判据	时间/s
上层烟气温度达到 180°C 时间	>900
下层烟气温度达到 50°C 时间	>900
地面上方2 m处的 CO^2 浓度达到1%的时间	411
地面上方2 m处的CO浓度达到2 500 ppm的时间	>900
距离地面2 m处能见度下降到10 m时间	323
火灾发展到致使环境条件达到人体耐受极限的时间(ASET)	323
从火灾发生到人员疏散到安全地点所用时间(RSET)	192
安全余量时间	131

4 整改措施的确定及合理性分析

消防安全对策和评估主要基于以《建筑设计防火规范》为基础的处方式方法和满足消防安全目标得其他可供选择的解决办法(性能化方法)。从模拟结果来看,防火卷帘未直通至顶使得卷帘失去了防火分隔的作用,烟气会很快扩散到相邻的防火分区。因此卷帘顶部必须进行封堵。根据人员疏散和火灾烟气蔓延结果可以看出,将划分防火分区的防火卷帘拆除一部分而砌防火墙,并在墙上开防火门,也就是防火分区二区有4个疏散出口的情况下,满足人员安全疏散要求。本文所确定的重大火灾隐患整改方案,与该市消防支队提出的整改方案相比,更具合理性。首先,保留大部分防火卷帘进行防火区分隔,保证了家居超市的使用功能。防火卷帘在正常情况下置于顶部,只在火灾情况下起到防火分隔的作用,这样就使得家居超市的空间宽敞,方便顾客的购物。其次,整改措施更具经济性。如果将所有防火卷帘拆除并砌防火墙,不但防

火卷帘不能再有使用功能,还要超市内店铺停业。

结合对场景 C 人员疏散时间和烟气蔓延特性的计算结果,火灾发展到致使环境条件达到人体耐受极限时间为 323 s;人员安全疏散时间为 192 s。安全余量 131 s,人员有足够得时间逃生。评估计算结果表明对评估方案能保证层内人员得安全疏散。因此,最终确定的整改措施为将防火卷帘顶部使用防火材料进行封堵,将划分防火分区的南侧防火卷帘拆除 25 m,使用防火墙进行分割,并在从南至北 23 m 至 24.5 m(走道处)设置甲级防火门,防火门宽 1.5 m,高 2 m。同时保留二区北侧设置的两个室外钢梯。

5 结束语

本文利用理论研究成果,在对某市一家居超市实地调查的基础上提出了整改措施。根据火灾模拟结果论证了防火卷帘未直通到顶的危险性,接下来模拟了中间防火分区北侧开 2 个疏散通道的情况,结果表明不满足安全疏散要求。最后根据现场情况及模拟结果提出了符合防火安全的整改措施。该重大火灾隐患单位根据提出的整改措施进行了整改。结果表明,基于性能化评估思想的重大火灾隐患判定方法能够对盛烨装饰广场进行合理的判定,并且提出的整改方案是以达到防火目标为目的,具有科学性、经济性及合理性。此项工作能够很好的解决复杂建筑重大火灾隐患单

位的判定及整改问题,具有很大的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 王彦. 谈“火灾隐患”的定义[J]. 消防技术与产品信息, 2007, (12): 56-59.
- [2] 于忠林, 刘志强. 浅谈火灾隐患及其认定标准[J]. 安防科技, 2005, (5): 51-53.
- [3] 曾林水, 吴立志, 郭子东, 等. 重大火灾隐患的分类成因及整改对策研究[J]. 武警学院学报, 2008, 24(2): 39-42.
- [4] 白省利, 李根敬, 王荣. 重大火灾隐患存在的原因及对策[J]. 消防科学与技术, 2003, 22(2): 172-174.
- [5] 张新辉. 试论重大火灾隐患的成因与解决办法[J]. 太原理工大学学报, 2005, 36(6): 152-154.
- [6] 陈景新. 浅谈违法建筑火灾隐患排查整治工作中存在的问题及对策[J]. 中国公共安全: 学术版, 2006, 2(2): 104-108.
- [7] 霍然, 袁宏永. 性能化建筑防火分析与设计[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003: 9-11.
- [8] 倪照鹏, 阚强. 正确认识建筑物性能化消防设计与评估[J]. 消防科学与技术, 2004, 23(4): 324-327.
- [9] WU Lizhi, GUO Zidong. The Research on Hidden Fire Hazard Judgment and Modification Base on Performance-based Concept [C]//2008 International Symposium on Safety Science and Technology, Beijing: Science and Technology Press, 2008.
- [10] 中华人民共和国公安部. 建筑设计防火规范(GB50016-2006)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- [11] 中华人民共和国公安部. 重大火灾隐患判定方法(GA653-2006)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [12] 霍然, 袁宏永. 性能化建筑防火分析与设计[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003: 9-11.
- [13] 田玉敏. 火灾中人群疏散延迟时间的研究[J]. 灾害学, 2007, 22(4): 95-99.
- [14] NFPA, NFPA204M, Standard for Smoke and Heat Venting [S]. New York: NFPA, 2002.

Study on Improving Measures for a Building with Major Fire Potential

Wu Lizhi^{1,2}, Guo Zidong², Jiang Liping² and Zeng Linshui²

(1. Institute of Engineering Disaster Prevention and Mitigation, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Chinese People's Armed Police Force Academy, Langfang 065000, China)

Abstract: How to scientifically and reasonably judge major fire potential of a building and work out feasible rectification measures is a difficulty in fire prevention at present. According to performance-based judging and improving approach, an investigation is conducted and an improving plan is proposed for a building with major fire potential. First, the risk of a fire roller shutter not to the ceiling is demonstrated by a simulated fire. Then, two evacuation exits are simulatively set on the north side of the middle fire protection partition. It shows that it could not satisfy the demand of evacuation. Finally, according to investigation and simulation, improving approaches suitable to fire safety are put forward. The result indicates that the idea of performance-based major fire potential judgement can reasonably judge the fire potential. The objective of scientific, economical and reasonable improving measures proposed is fire protection.

Key words: major fire potential; performance-based design; risk assessment; improving measure