

基于仿真模拟的商业综合体疏散优化策略 ——以成都SKP项目为例

尹一然¹, 李百毅¹, 郑敏², 龙雨娇², 张颖², 朱磊¹, 林鹏¹

(1. 西南交通大学; 2. 四川轻化工大学)

【摘要】文章通过仿真模拟的方法, 以成都SKP项目为例进行了疏散和烟气模拟分析, 通过对比发现了一些问题, 并从建筑的功能、空间尺度和设备等切入提出了一些优化建议, 以期商业综合体建筑的消防疏散设计提供参考。

【关键词】建筑消防设计; 疏散优化策略; Pathfinder; Pyrosim; 商业综合体

中图分类号: TU247.2

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.11.043

Optimization Strategy for Evacuation of Commercial Complex Based on Analogue Simulation

——Taking the Chengdu SKP Project as an Example

YIN Yi-ran¹, LI Bai-yi¹, ZHENG Min², LONG Yu-jiao², ZHANG Ying², ZHU Lei¹, LIN Peng¹

(1. Southwest Jiaotong University; 2. Sichuan University of Science & Engineering)

【Abstract】Through the method of analogue simulation, this paper takes Chengdu SKP project as an example for evacuation and smoke simulation analysis. Through comparison, some problems are found, and some optimization suggestions are put forward from the building function, spatial scale and equipment, in order to provide reference for the fire evacuation design of commercial complex buildings.

【Keywords】building fire protection design; evacuation optimization strategy; Pathfinder; Pyrosim; commercial complex

1 引言

在建筑设计方面, 现有成果对商业综合体的建筑空间、形式、功能、流线等已有了较多的研究, 但少有通过疏散模拟的数据结果来指导其空间设计。而多数建筑在全生命周期中存在较多消防疏散安全隐患, 需要在设计之初通过数值模拟等科学方法进行验证和评估。因此, 本研究拟通过Pathfinder和Pyrosim等消防模拟软件, 对典型的商业综合体建筑空间进行分析, 并针对其不足提出相应的优化策略。

2 研究方法

Pathfinder是一款用于模拟应急疏散的软件, 它能够根据人员的位置和疏散目标, 自主选择就近的疏散路径, 并实现火灾情况下人群的应急疏散模拟, 该软件既能很好地模拟实际的疏散情况, 也可以帮助研究者更直观地观察火场环境下的人群行为。软件的运动模拟模式分为SFPP和Steering两种^[1]。本研究借助Steering模式选取建筑内的典型空间, 以不同位置的出入口作为疏散口模拟火灾环境下顾客的流线疏散情况, 以此探究疏散流线与空间的关系。

Pyrosim是由美国标准技术研究院(NIST)基于FDS进行开发, 并以流体动力学为依据, 可模拟预测火灾中的烟气温度以及浓度等情况的软件。本研究将设定某典型空间的火灾场景进行烟气模拟分析空间的可见度, 探究相应空间及其烟气蔓延的关系。

3 案例研究

3.1 项目概况

本研究选择项目为成都SKP。该项目建筑面积约32.4万m², 由四大区域组成, 商业面积约15.1万m², 下沉建筑共5层。该建筑为大型商业综合体, 其功能的综合性和体量大的特点决定了其人员数量众多且构成复杂, 不同人员的疏散能力决定了疏散效率的不同, 因此模拟的疏散参数选取具有特殊性。

3.2 选取空间

本研究主要针对SKP商业综合体的一处典型空间进行讨论。其中北区L1(地下一层)为商业大空间, 在营业的过程中汇集了较大人流量, 疏散流线的组织较为多样, 其作为研究对象具有一定的代表性, 遂选取该层为疏散观察对象。

4 Pathfinder疏散模拟

4.1 人员参数设计

根据仿真模拟软件的需要,将人员类型、占比、体积、疏散速度等数值设置如表1所示。

表1 人员参数设计

人员种类	人员占比	人员体积/(宽/厚/高)	疏散速度/(m/s)
成年男性	0.32	0.5m/0.32m/1.75m	1.1
成年女性	0.32	0.46m/0.28m/1.65m	1.0
儿童	0.27	0.38m/0.24m/1.00m	0.8
老人	0.09	0.48m/0.30m/1.60m	0.6

人员类型方面,本项目为商业场所,建筑内的大部分人员为顾客和管理人员。人员类型为成年男性、成年女性、儿童、老人。根据Simulex建议,并结合《中国成年人人体尺寸》^[2]规定,人员体积采用保守数据。疏散速度根据SFPE Hand2ook及Simulex的建议,结合四川消防研究所在国家“973”课题研究过程中进行的人员疏散演习实验计算所得^[3]。

人员数目则根据《建筑设计防火规范》^[4]及特殊消防设计方案要求为0.43×商业防火分区面积确定^[5],即疏散人数=0.43(取值参数)人/m²×23277.48(商业防火分区面积)m²=10009人。

4.2 软件模拟

通过Pathfinder软件进行模拟分析得到了人员分布及疏散过程,其结果如图1所示。

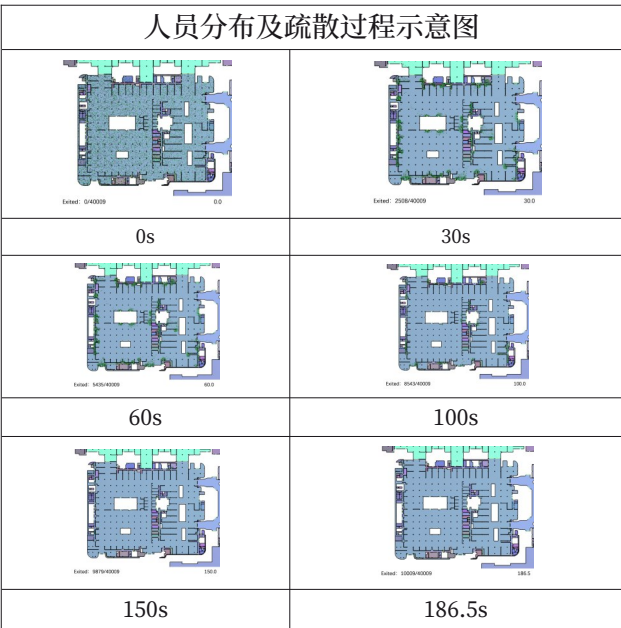


图1 人群疏散情况变化图(图片来源:模拟过程截取)

4.3 疏散分析

疏散开始时人员在区域内均匀密集分布,疏散开始后30s,大部分人员开始聚集在周边楼梯间等交通枢纽开始排队疏散;在60s时,部分楼梯拥堵现象严重,并且能观察到一部分人重新选择了疏散路径;第186.5s时,人员疏散完毕。在疏散过程中有部分人因楼梯拥堵而及时更换疏散路径,提高了疏散效率。

疏散模拟表明,在楼梯间均匀布置在建筑的前提下,会有部分人群会出现原路返回和重新规划路径的现象,且人员会向楼梯间入口聚集,在疏散口和走廊的交会处形成瓶颈效应。图2为该空间人员疏散随时间变化图。

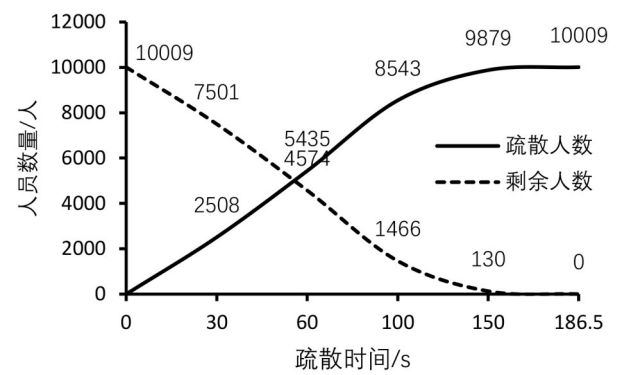


图2 北区L1人员疏散数量图(图片来源:数据整理自绘)

4.4 疏散时间

本研究人员疏散所需的安全疏散时间计算公式为: $RSET=T_d+T_p+T_i\times 1.5$ 。其中 T_d 为消防设备的探测和火灾报警时间,根据我国相关规定并结合实际情况,取值为60s。 T_p 为人员的火灾识别与响应时间,根据本项目的消防系统配置按照规范取120s。 T_i 为人员疏散时间,基于美国消防工程师协会SFPE的消防工程手册并结合模拟误差,实际疏散时间需乘以1.5的安全系数。综上,本研究人员疏散所需的安全疏散时间计算公式为: $RSET=T_d+T_p+T_i\times 1.5$ 。结合图1的仿真模拟结果,安全疏散时间 $RSET=60+120+186.5\times 1.5=460s$,满足一级公建的消防疏散时间。

5 Pyrosim烟气模拟

5.1 火灾场景选择

在进行火灾场景模拟之前需要选择火灾场景,场景选择遵循三个规则^[6]。①客观反映真实火灾。②突出火源特性,具有代表性。③充分考虑建筑结

构,使用功能以及环境等因素的影响。综合上述条件结合实际情况,场景位置设定为北馆L1的某公共区域开放式柜台,根据设施状况分为两个火灾场景。场景一自动喷水灭火和排烟系统均正常工作,火灾规模为3.0mw;场景二是场景一的对照试验,设定为排烟系统失效,火灾规模和场景一相同。

5.2 烟气模拟可见度分析

根据上述条件对火灾场景可见度进行模拟,不同场景的能见度随时间变化如图3所示。

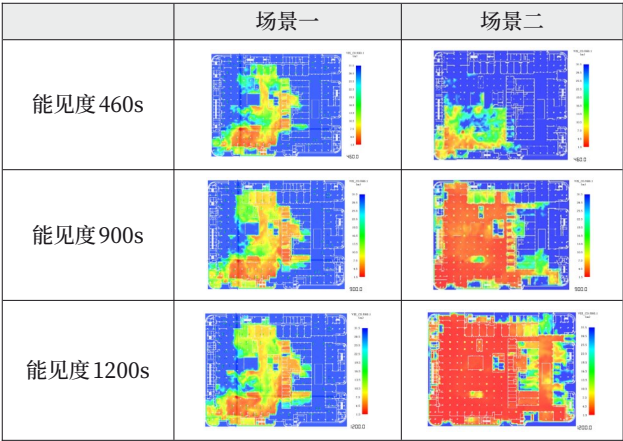


图3 火灾场景能见度变化图(图片来源:模拟过程截取)

通过模拟可以看出,楼梯等竖向疏散节点易发生烟囱效应,能见度相较于其他区域偏低,且不同房间的进深比也和烟气造成的能见度衰减有关。

6 问题分析及优化策略

6.1 问题分析

在疏散过程中出现了在疏散走廊和楼梯处的人群聚集和堵塞现象,原因有:①建筑的辅助用房与休息区的布局邻近交通枢纽,在人群交会处缺少缓冲空间,导致顾客在疏散过程中路线相互干扰;②商业空间的疏散流线采用集中疏散的方式,在疏散过程中,由于疏散路径较长,且疏散出口分布点的位置不同,在交通枢纽部位易发生羊群效应的时间点,部分人群进行了重新规划疏散路线的情况,此行为需要一定的时间和缓冲空间;③实验中模拟的环境为理想环境,火场环境下引导人员疏散的指示标志在路线重新规划过程中具有重要作用。

6.2 优化策略

6.2.1 功能布局

建筑在布局上应避免在主要的疏散节点设置人

群密集的功能房间。此外还应结合疏散流线的组织综合考虑,避免功能布局混乱导致的流线组织交叉汇集而对商业运营产生干扰。

6.2.2 空间尺度

仅从疏散角度考虑,当辅助用房面积相同时,应尽可能选择进深大、开间小的比例缩小疏散通道的长度,而通过Pyrosim模拟对房间进行观察得出,辅助用房的开间和进深对能见度大小也有影响,因此应综合以上两点得出房间开间进深的最佳优化比。

6.2.3 设备设施

结合模拟情况对疏散标志进行设计优化,例如根据Pathfinder的人群疏散仿真模拟来判断疏散的关键节点,并在节点处增加必要的疏散引导,利于顾客进行疏散路线的选择以及疏散口的寻找,从而节约疏散时间。此外商场中设置了三部自动扶梯,根据规定,自动扶梯不可作为疏散通道,但根据现有研究,灵活运用自动扶梯疏散也可较好提高疏散效率。

7 结语

本研究以成都SKP项目为例,通过Pathfinder及Pyrosim软件进行疏散研究发现了一些问题,并重点讨论了建筑空间、功能布局、流线组织、消防设备等与疏散的关系,但是在具体的火灾环境中,影响疏散的因素是多方面的。未来,可以结合更多人群行为及心理等因素的相关研究加以完善,多方位考虑并利用相关技术进行模拟验证,以此保障建筑疏散设计的合理性、实用性、安全性。

参考文献

[1] 汤煜, 表秀峰, 马福生. 基于Pathfinder的商场建筑防火疏散研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2019, 35(5): 858-866.

[2] GB/T 10000-1988. 中国成年人人体尺寸[S].

[3] 杨建博. 基于Pathfinder的商业综合体安全疏散仿真研究[J]. 中国安全生产, 2021, 16(4): 54-55.

[4] GB 50016-2014(2018年版). 建筑设计防火规范(2018年版)[S].

[5] 李百毅, 史杨华, 南颖道, 等. 基于大型商业建筑的应急安全疏散研究[J]. 建材与装饰, 2022, 18(28): 99-101.

[6] 杨昀, 曹丽英. 地铁火灾场景设计探讨[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(4): 121-125.