

基于 BIM 技术的地铁车站火灾模拟分析

孙少楠 吴家伟 邢义龙 张 航

(华北水利水电大学, 郑州 450046)

【摘要】随着城市化建设的快速推进,地铁迅速且大量地在城市中投入使用。地铁客运量大、客流量大、空间封闭的特点,给应急管理带来巨大的挑战,特别是火灾应急管理。本文对郑州货栈街地铁站进行 Revit 建模,将 Revit 中导出的 DXF 文件导入 Pyrosim 软件进行火灾烟气模拟、火灾设定切面温度模拟、能见度模拟、火源烟雾探测模拟、火灾燃烧模拟,根据模拟结果,进行数据分析,得出地铁车站关键节点的最大疏散时间。基于 BIM 技术 + Pyrosim 对地铁火灾全过程进行预演以及对相关指标进行分析,为地铁车站的设计和消防设施的布置以及火灾发生时的应急处置提供了依据。同时本文对 BIM 技术与专业火灾模拟软件的结合进行了理论探索与实例验证,表明将 BIM 技术的数据共享及仿真预演的优势向火灾模拟方向赋能,是具有潜力的。

【关键词】地铁车站; 应急管理; 火灾模拟; BIM; Pyrosim

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

火灾模拟是项目运维阶段应急管理中一种重要的灾变管理手段,可以在灾前较为真实地仿真出灾情发生的整个变化过程,以便针对性、合理性地对应急准备工作做出部署。传统地铁车站火灾模拟存在缺少乘客参与、日常演练区域只限经验易起火区域、消耗人物资源过多等客观原因以及人员本身缺少积极性等主观原因,致使火灾模拟在传统应急管理中并没有发挥很好的作用。陈柯成等^[1]使用火灾动力学模拟软件(FDS)对广州大学城北地铁站站台进行了火灾烟气扩散规律进行了研究;唐飞等^[2]运用人员疏散模拟软件 Pathfinder 对某高铁换乘站在高峰时期和列车满载两种状态进行了人群疏散特性研究;徐伟^[3]使用 REVIT 建立地铁车站模型,导入 Pyrosim 软件对火灾防排烟的风机组合进行了分析;蓝杰等^[4]通过利用 FDS 模拟软件,对郑州某地铁车站站厅进行不同工况的排烟模式进行模拟,对排烟口的数量和位置进行了优化;张检让等^[5]使用 PyroSim 软件对地铁车厢进行数值模拟,通过比较不同火灾场景下,红紫外火焰探测器

不同数量、不同位置时的报警时间,对火灾探测器的分布进行优化;钟茂华等^[6]采用火灾动力学软件 FDS 对地铁“T”形换乘车站的假定的通道起火进行模拟,对两侧站厅通风系统和防火门的联动模式进行分析。

近年来,BIM 技术的全过程全寿命周期管理与数据共享^[7-8]的优势日渐突出,BIM 与专业的应急管理软件结合变的尤为重要。基于 BIM 技术的应急管理,火灾模拟就可以依托于“BIM +”体系中的模拟方法得以实现,即设定初始模拟信息,借助计算机程序算法,以可视化的方法仿真并展示模拟过程与模拟结果。这样不仅能极大地避免传统火灾模拟方法的弊端,而且可以对不同地区、不同时间、不同起火种类、不同人数的火灾进行模拟。因此本文将结合 BIM 技术,对地铁火灾的各个维度进行仿真模拟,得出各关键节点的最大疏散时间。

1 适用于地铁的 BIM 软件与火灾模拟软件

1.1 BIM 软件

Revit 是目前主流的 BIM 建模软件,除了能够从单一基础数据库提供明细表、图纸、二维视图与三

【作者简介】孙少楠(1974-),男,博士,副教授,主要研究方向:BIM 技术研究、施工组织与管理;吴家伟(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:BIM 技术研究。

维视图等基本能力外,在整个项目进程中,也具有项目管理的作用,设计变更会在所有数据及演示中更新。另外 Revit 概念设计功能使用方便,可以对建筑图元进行自由形状建模及参数化设计,能够通过族的形式和利用 API 二次开发的插件(如可视化编程插件 Dynamo)满足各专业的建模需求。同时 Revit 模型能够包含多种建筑属性^[9],在 Revit 中可以对各种材质属性信息进行有效、快速、准确的存储与提取,为火灾模拟分析的数据来源提供了基础。Revit 是专门针对 BIM 设计的软件,可提供建筑设计和文件管理支持,可以通过多种数据格式进行分享传输,进行全过程、全方位的建筑管理,对进度、质量、安全、日照、能耗等模拟分析提供模型支撑,包括本文的火灾模拟所需要的模型数据信息,则本文选用 Revit 进行地铁模型的建立。

1.2 火灾模拟软件

基于 BIM 技术火灾模拟呈现效果的真实性关键在于模拟程序算法,不同模拟软件程序也对应着不同灾变情况,而软件程序也是依托于 BIM 技术中最为基础的三维模型,因此当前火灾模拟仿真的基础就是在于灾变模型^[10-11]的选择。目前主流灾变模型见表 1。

表 1 主流灾变模型

网络模型	区域模型	场模型	场区网复合模型
	HARVARD	FLUENT	
	CFAST	PHOENICS	
ASCOS	FIRST	JASMINE	
	BRI2	FDS	

而采用什么样的模拟软件则需要考虑到模型的空间应用性。本文是主要针对于火灾这种边界不固定、形状不定的连续现象的模拟仿真,而场模型是常用于具有连续性的空间变化发展趋势情形的模拟模型,因此在火灾情形下的灾变模型应选择为场模型,而场模型中应用较为广泛的 FDS 程序进行地铁车站火灾模拟,而软件选择为以 FDS 为基础的 Pyrosim2018 火灾模拟软件。

Thunderhead Engineering Pyrosim (Pyrosim), 是 NIST 是针对 FDS 的可视化改造成果,使其模拟过程拥有了一个图像展示界面,从而产品用户更能与软件进行互动与编辑,Pyrosim 软件操作流程如图 1 所示。

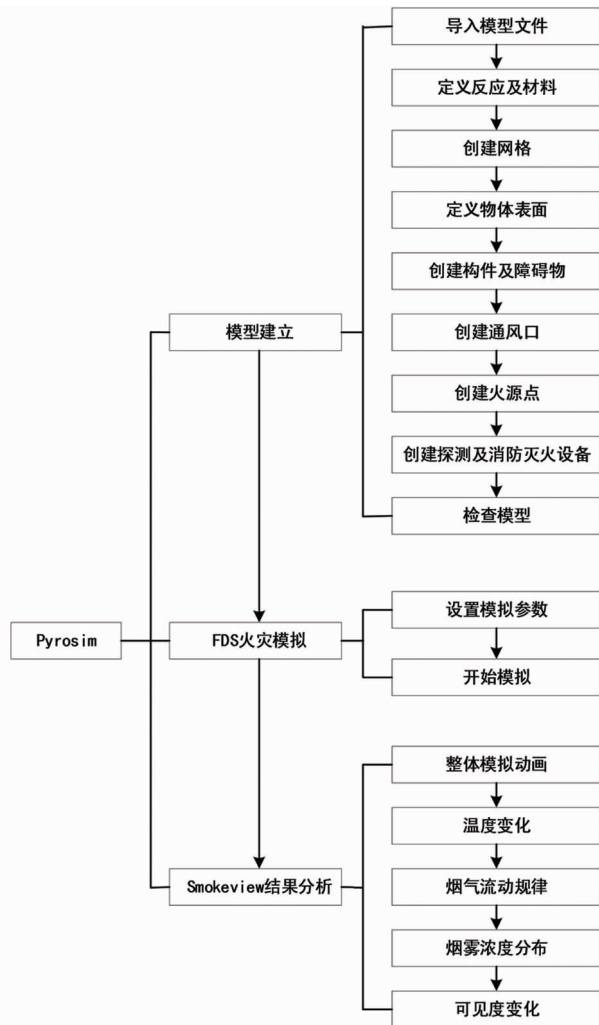


图 1 基于 Pyrosim 软件火灾模拟流程

2 火灾模型的交互与信息管理

2.1 BIM 应急管理模型与火灾模型的交互研究

BIM 技术涉及的相关软件中,Revit 是重要的基础软件,则本文以 Revit 与 Pyrosim 的数据交互进行研究。Revit 的软件输入格式与 Pyrosim 输出格式见表 2,即两者的数据流通格式选择为 DXF^[12]。

表 2 REVIT 与 Pyrosim 输入格式

REVIT 输入格式	Pyrosim 输入格式
本身的格式 Rvt/Rfa	Psm
DWG/DXF/DGN/ACIS	DXF
IFC	FDS
绿色建筑数据标准 GbXML	
FBX	

Revit 建立的模型属性信息保存到 DXF 数据格式的文件中,然后 Pyrosim 从 DXF 文件读取需要的数据,如图 2 所示。

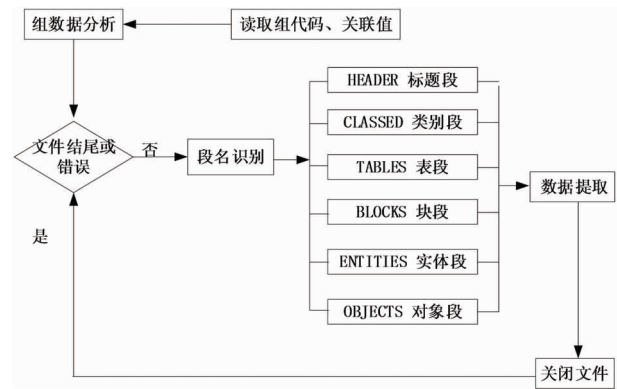


图 2 DXF 数据读取流程

对于地铁车站的火灾模拟,其研究的起火点、起火过程通常是在站厅与站台层之中,更注重灾变过程中火源发展趋势对于人员生命安全与逃生疏散的影响,因此地铁车站其他结构并不需要建立或详细展示,如车轨底层结构、地上风室结构、盾构结构等,根据火灾模拟的需求和特点,对原有的 REVIT 模型进行修改,建立基于火灾模拟的 REVIT 模型。

Revit 地铁车站模型导出 DXF 类型文件后,导入 Pyrosim2018 软件,对部分材料进行重新定义与编辑,如材质的比热、热传递速率等消防参数。

2.2 基于火灾模型的灾变应急信息管理

基于 BIM 技术的火灾模拟工作中,信息管理一直是其中非常重要的环节。信息的合理化设置与管理不仅保证了模拟的顺利进行,也便于实际管理

人员的分享与控制,体现出 BIM 的信息化优势。而火灾模拟中的信息基础依然是火灾模型,Pyrosim 提供了多种相关灾变信息的管理系统,这也是本文选择该软件的原因之一。大体来说火灾模型中的灾变应急管理相关信息如图 3 所示。

3 实例研究

以货栈街地铁车站为例进行火灾模拟,货栈街地铁车站为郑州 4 号线工程第 22 座车站,总长约 240m,车站标准段宽度为 19.7m,站台宽 11m,共设 4 个出入口通道(其中 4 号出入口预留)、2 组风亭。

车站站厅层位于地下一层,与一至四号出入口及 1、2 号风亭相连接。车站两个端头分别布置设备用房,站厅层非公共区设置车控室、交接班室、通信信号设备室、照明配电室、气瓶间、通风空调机房、AFC、卫生间等房间。中间为车站站厅公共区,公共区分为付费区与非付费区,站厅层付费区设置 2 组扶梯、一组电梯及一部 3.6m 宽 T 型楼梯与站台层连通。

车站站台层位于地下二层,为岛式车站,站台宽度 11m,有效站台位于车站中部,两端布置设备用房。站台层非公共区布置污水泵房、照明配电室、站台门设备室、气瓶间、0.4KV 开关柜室、35KV 开关柜室、控制室、检修储藏室、车站备品库、排热风室及废水池等房间。

车站分为公共区与非公共区两大分区,站台与站厅公共区主要由 1 号楼梯、1 至 4 号扶梯与公共楼梯相连接,站台与站厅非公共区主要由 2、3 号楼梯相连接,如图 4-5 所示。

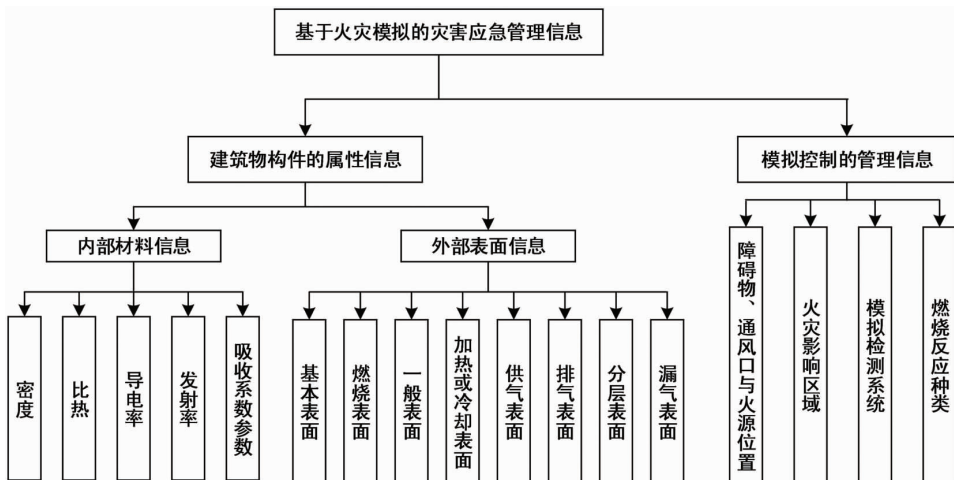


图 3 灾变应急管理相关信息

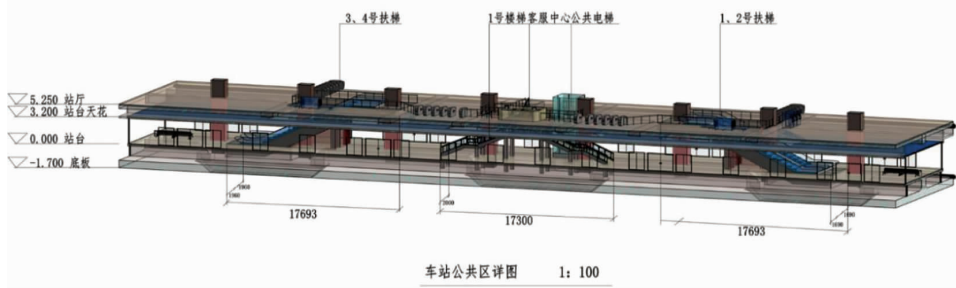


图4 车站公共区详图

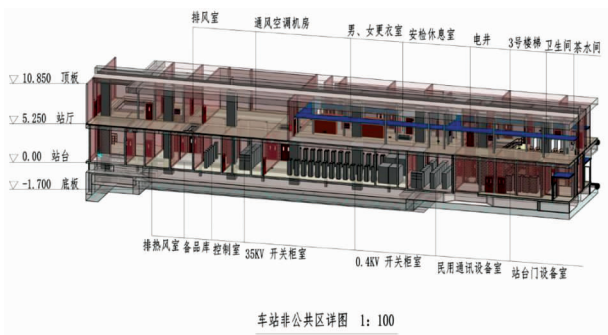


图5 车站非公共区详图

3.1 火灾模拟参数设置

3.1.1 燃烧的反应种类

本文选择较为经典的火灾状况,即站台层公共区起火,来观察车站内燃烧反应的发展,而燃烧反应种类选择与实际较为相近的 POLYURETHANE 燃烧反应。

3.1.2 火灾影响区域

本次火灾模拟的影响范围,包括了站台与站厅层内部整体空间结构,因此三维立体网格长、宽、高尺寸约为 $239.2\text{m} \times 18.5\text{m} \times 11.1\text{m}$ 。Pyrosim 软件定义 X、Y、Z 轴的网格数量比最好为 1:1:1,并且网格总数越多,最终模拟效果也会越精确,但网格增加到一定程度时,对计算结果无明显影响^[13]。所以设置网格数量时应考虑后合理设置,保证模拟效果。本文结合建筑模型的主要构件尺寸,计算机设备和计算时间的客观条件,分别以网格体积为 0.10m^3 、 0.15m^3 、 0.2m^3 、 0.25m^3 、 0.3m^3 五种网格精度进行粗略模拟,结果表明,网格精度为 0.15m^3 、 0.2m^3 、 0.25m^3 、 0.3m^3 时模拟结果差异不明显,则本次模拟选择 0.2m^3 的网格精度,即 X、Y、Z 轴网格数为 $30 \times 400 \times 20$ 个,网格总数为 240 000 个。

3.1.3 障碍物、通风口与火源位置

车站模型整体依照 4 个车站出入口为通风条

件,在三位网格表面建立 4 个总通风点,一号出入口宽 * 高尺寸为 $4.6 \times 3.2\text{m}^2$, 2 号出入口为 $6.1 \times 3.2\text{m}^2$,还建过街通道人行出入口为 $5.6 \times 5.1\text{m}^2$,市政过街通道出入口为 $6 \times 3.2\text{m}^2$ 。

火源的创建直接影响到火灾场景的设置,而车站站台位于车站的底层,具有人流量大、空间小、密闭性强等特点,更容易发生火灾,造成的危害和影响大,处理难度也高,是地铁火灾应急管理重点和难点区域,则本次模拟设定的基本火灾场景就设定为车站站台层公共区起火,如图 6 所示。站内无地铁车辆通过,屏蔽门并未打开,车站公共区与非公共区的连接门、公共区自动扶梯并无故障,公共电梯暂停使用。因地铁列车不宜行驶通过的火灾规模为 5MW,依据地铁通过的最不利原则,则本次的火源的热释放速率设定为 5MW,单位面积放热速率(Heat Release Rate PerArea, HRRPUA)为 $1\ 000\text{kW}/\text{m}^2$ 。

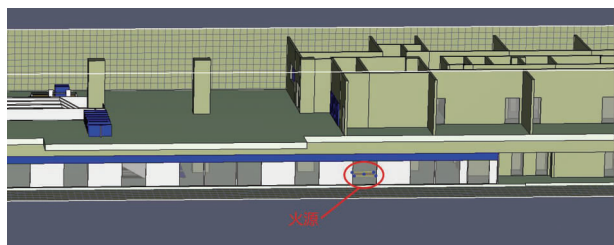


图6 火灾场景设定的火源位置

3.1.4 模拟监测系统

本次模拟的地铁车站项目选取了切片、热电偶、烟雾探测器来构成模拟监测系统。

切片平面(Slices Plane)或切片(Slices)分别设在站台层与站厅层离板 1.5m ($Z = 1.5\text{m}$ 、 6.75m) (人眼高度)设置横向切面,并在火源中心处($X = 2.2\text{m}$)设置竖向切面,以观测地下两层及整体空间的温度、烟雾浓度与能见度等灾变数据。如图 7 所示,粉色平面即为切片平面;

热电偶(thermocouple)是温度测量仪表中常用的测温元件,选择测点时需要考虑准确反映火灾中人员疏散安全标准的最佳位置^[14]。本文在站厅层的四个出入口与站台层火源处设置 5 个热电偶探测设备,用来监测灾情发生过程中安全出口与火源温度的变化情形。如图 8 所示,绿色点即为热电偶位置点。

烟雾探测器是一种应用于消防的报警系统,可在火灾初期,即燃烧温度较低但烟雾浓度异常时进行感知报警。本文将烟雾探测器设置于火源上方天花位置,对火灾整个过程进行记录,用来观察系统感烟报警的实时数据。

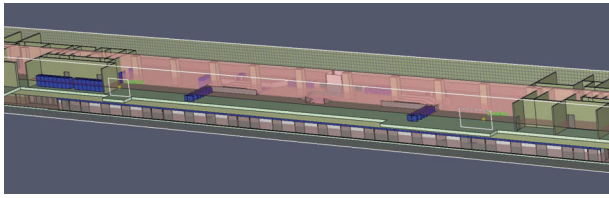


图 7 切片位置

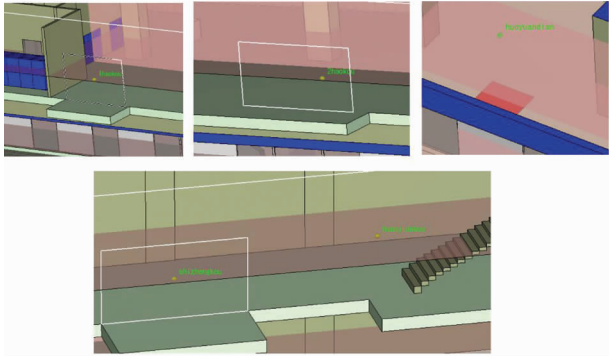


图 8 热电偶位置

3.1.5 火灾模拟初始参数设定

根据上文所设置的模拟参数与郑州地铁车站的室内环境特点,再结合车站火灾实际常见案例与软件自定的基本参数情况结合分析,本次模拟初始基本参数如表 3。

3.2 火灾模拟分析

基于火灾模拟的 Revit 地铁车站模型导出 DXF 类型文件后,导入 Pyrosim 软件,如图 9 所示。参数设置完成后,即可开始相应火灾模拟计算,从而进行此次货栈街车站项目火灾模拟的全面分析,为应急管理提供可视、真实的灾变数据,从而以 BIM 的角度对应应急管理的相关工作提出新的管理办法。

表 3 地铁火灾模拟初始参数

初始参数	参数值
模拟时间	360s
火源地点	站台公共区
相对湿度	40%
环境初始温度	20℃
环境初始压强	1.01325E5Pa
初始最大能见度	30m
网格表面属性	混凝土
火灾规模	5MW
火源单位面积放热速率	1000kW/m ²

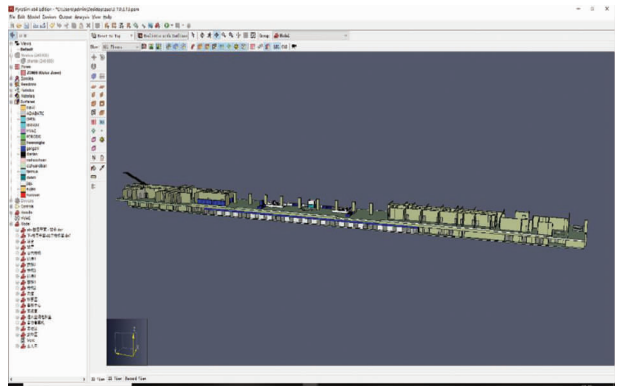


图 9 地铁车站的 Pyrosim 模型

3.2.1 火灾烟气模拟

地铁车站火灾模拟动画进程图,如图 10 所示。

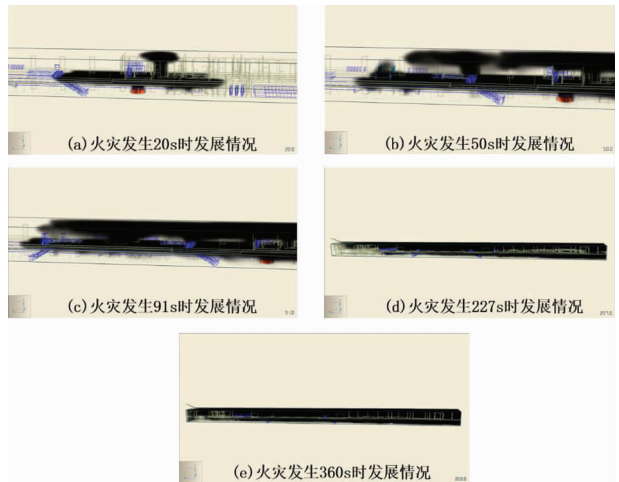


图 10 火灾模拟动画

火源位于站台公共区中 3、4 号扶梯入口前 10m 左右的位置,其上方对应站厅层处为车控室与 AFC 票务室间的走道位置,附近有两处风室孔洞联通地下两层。由图 9 可知,在火灾发生 20s 左右时,火源

迅速燃烧并放出大量烟气,烟气通过最近处的风室孔洞进入站厅层非公共区,而烟气在站台层开始蔓延至 3、4 号扶梯处;在火灾发生 50s 左右时,站台层中烟气已蔓延至公共区 1 号楼梯处,3、4 号扶梯上方处已充满烟雾,但左侧 1、2 号扶梯并未受到烟气影响,站厅层中烟气已从 3、4 号扶梯出口处蔓延至站厅公共区内,而非公共区与公共区联通口附近烟雾密度越来越大;在火灾发生 91s 左右时,站台层烟气已扩散至 1、2 号扶梯口处,基本覆盖了整个站台公共区,站厅层烟气已从 1 号楼梯口扩散至公共区付费区域,而 2 号车站出入口即 3、4 号扶梯出口南侧已基本被烟气充满;火灾发生 227s 左右时,整个站台层已被烟气充满,而站厅层整个公共区即北从还建过街通道人行出入口、南至 2 号出入口区域均有烟气覆盖;而火灾发生至 360s 时烟气已将整个车站空间充满。

3.2.2 火灾设定切面温度模拟

温度切面将分为横向面层与竖向整体两部分展示,其中面层温度切面为站台层与站厅层,坐标为两者距楼板 1.5m 处($Z = 1.5m$ 、 $Z = 6.75m$)。图 11 中的切面颜色由蓝、绿、黄至红发展代表温度由常温 20℃ 逐步上升。(红色代表温度已达到 35℃ 以上)

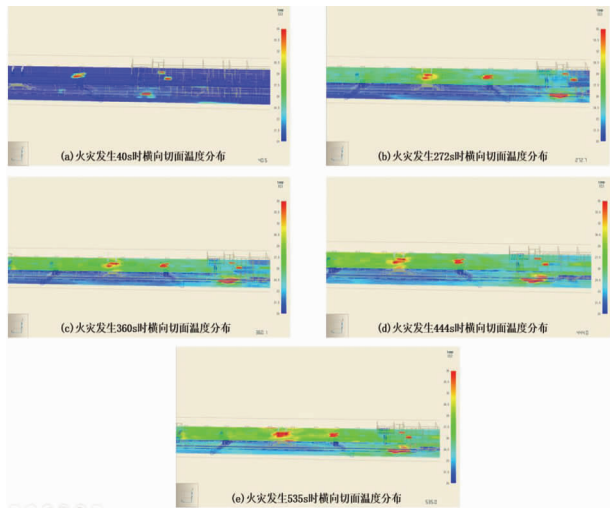


图 11 面层温度切面温度变化图

由图 11 所示,在火灾发生 40s 左右时,除火源处温度较高,3、4 号扶梯出口与站厅附近两处风室口也均已呈红色高温状态;在火灾发生 272s 左右时,火源附近温度逐步升高,1 号楼梯出口也出现高温现象;火灾发生至 360s 时,站厅层公共付费区

温度颜色由绿转黄逐步升高;在火灾发生至 444s 左右时,站厅层公共付费区已基本成黄色状态,且 2 号车站出入口出现红色高温迹象;温度在 30 ~ 35℃ 之间;火灾发生 535s 左右时,除火源处附近温度较高外,站台层公共区蓝色逐步变浅,有上升趋势。总体来说,在火灾发生的整个过程中,火源附近 4m 左右温度较高,3、4 号扶梯与 1 号楼梯也会随事态发展温度逐渐升至高温危险状态,但北侧 1、2 号扶梯温度并未有较大改变,即站台层人员疏散时 1、2 号扶梯可一直被使用。而且站厅层公共区较高温度分布主要集中在付费区与两个楼梯出口,除 2 号出入口外,其他三个车站出入口温度并没有出现危险状态,在人员向地面安全区移动时也要注意此变化。

竖向温度切面主要体现出站厅与站台层空间整体温度的变化规律,坐标设置在火源中心处($X = 2.2m$),如图 12 所示。

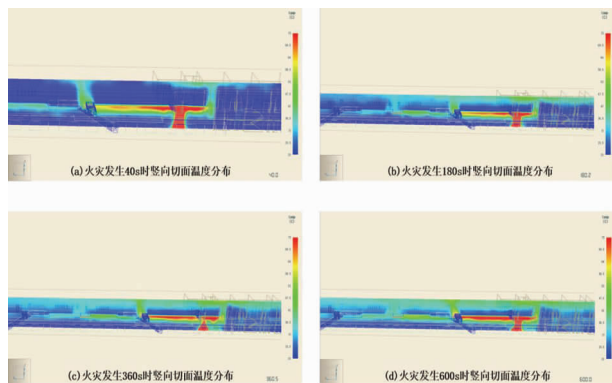


图 12 整体温度切面温度变化图

如图 12 所示,火灾发生 40s 左右时,火源燃烧产生的温度在站台层空间上方逐步传递,3、4 号扶梯附近仍呈黄色状态,火源发生至 180s 左右时,站台层上方红色危险温度逐步向被蔓延,而直到 360s 时,3、4 号扶梯至火源处的站台公共区上方空间均已达到红色高温,将对人员的疏散构成威胁。

3.2.3 能见度模拟

本文能见度分布情况借用温度切面动态观察,基础最大能见度为 30m,而影响人员疏散的能见度为 10m 以下。图 13 中的蓝色为初始能见度(30m),橘红色为危险能见度(10m 以下)。

如图 12 所示,在火灾发生 60s 左右时,除火源附近外,3、4 号扶梯与 1 号楼梯口也出现能见度下降现象;火灾发生 100s 时,站厅层 1 号楼梯出口及

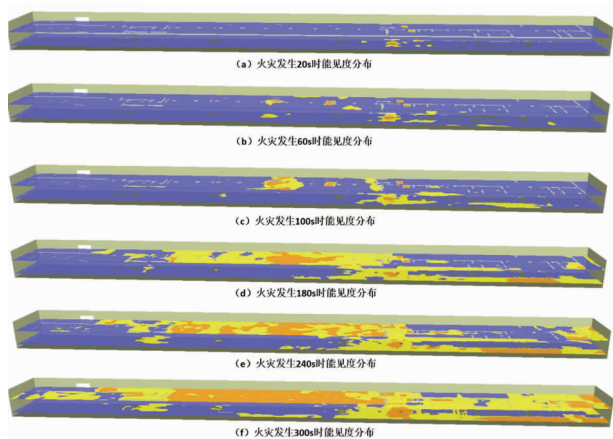


图 13 能见度分布

3、4 号扶梯口附近能见度已降至 10m 以下，人员疏散已受到影响；火灾发生 240s 左右时，站台向上连接口与站厅层公共区较大部分能见度在 10m 以下；而在火灾发展至 300s 左右时，站厅层公共区绝大部分能见度已低于 10m 以下，4 个车站出入口的疏散能力已不满足其能见度要求。

3.2.4 车站出站口温度模拟

通过对四个车站出入口分别设置了热电偶探测设备，在 FDS 模拟完成后，热电偶所监测到的出口数据在 Smokeview 程序中将以图表形式展现出来。通过这些参数可以观察各个出入口在火灾中动态温度变化对疏散能力的影响（主要关注于火灾发生 360s 内紧急疏散时间段）。

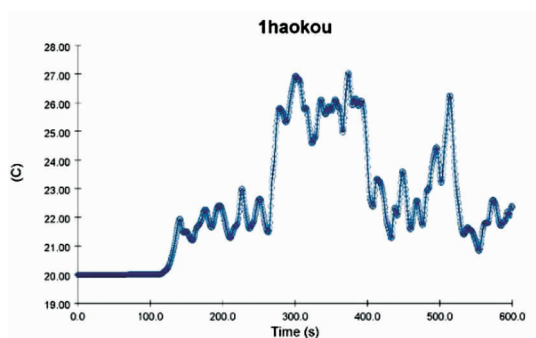


图 14 一号出入口热电偶

图 14 为一号车站出入口处热电偶所观测到的温度发展规律。可见火灾发生 100s 左右的时间内，一号口温度并未受到影响，100s 之后开始有所上升，并稳定至 22℃ 左右，一直持续到 270s，之后出口温度急剧上升，并一直到 360s 都没有下降趋势，因此以温度分析视角来说，一号车站出入口的允许疏

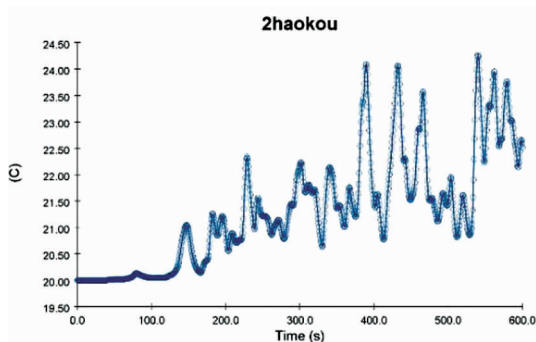


图 15 二号出入口热电偶

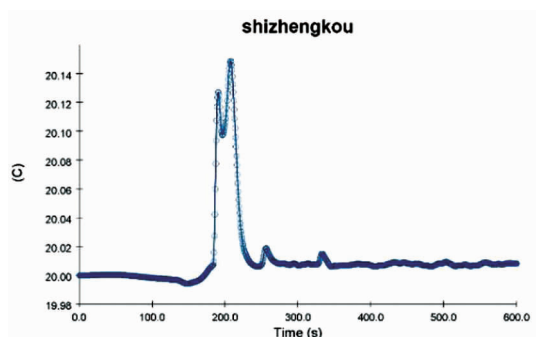


图 16 市政过街通道出入口热电偶

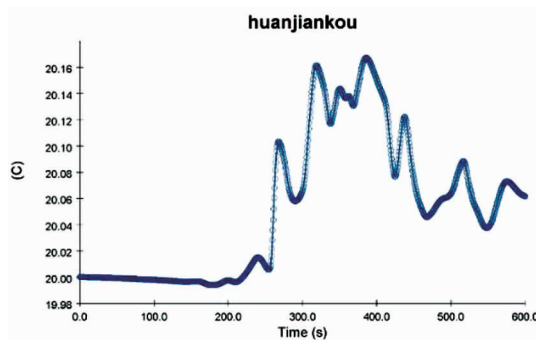


图 17 还建过街通道人行出入口热电偶

散时间为 270s。

图 15 为二号车站出入口处热电偶所观测到的温度发展规律。可见 0 - 130s 火灾发生时间段，二号出入口温度也没有较大浮动，之后 130s - 360s 期间大体上呈缓慢上升趋势，但并未达到疏散危险温度，只是 360s 之后出口温度将大幅度上升。因此以温度分析视角来说，二号车站出入口的允许疏散时间为 360s。

图 16 为市政过街通道出入口处热电偶所观测到的温度发展规律。由于该出口为车站模型最北侧出口之一，距站台层火源位置较远，因而出口在

火灾发生的 360s 内,其温度变化极小,稳定在 20℃ 初始环境温度,所以以温度分析视角来说,市政过街通道出入口的允许疏散时间为 360s。

图 17 为还建过街通道人行出入口处热电偶所观测到的温度发展规律。与市政过街通道出入口同理,其位置也处于车站最北侧,因此其温度变化均在 1℃ 以内,基本上没有变化,所以以温度分析视角来说,还建过街通道人行出入口的允许疏散时间为 360s。

3.2.5 火源烟雾探测模拟

Pyrosim 的烟雾探测器是一个集起火报警与烟雾监测为一体的探测设备,在火灾发生的短时间内发出警告的同时,也能在火灾全程提供区域烟雾的发展情况。因此本次模拟将其安置在火源上部天花板处,提供警示与生成火源点的烟雾信息,分析烟雾浓度变化规律,图 18 即为火源所生成的烟雾浓度图。

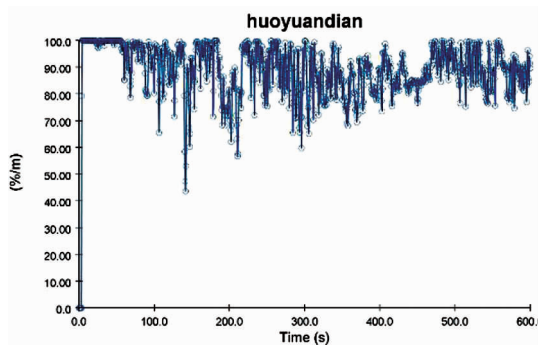


图 18 火源烟雾探测

通过图 18 可知,烟雾探测器在火灾发生的极短时间内对烟雾浓度变化产生反应并发出火灾警报。其曲线也显示在火灾发生的 0s - 50s 内,火源产生大量烟雾,其附近烟雾浓度一直为 100%,而之后由于烟雾的扩散等原因,50s - 200s 内烟雾浓度会有所下降(基本在 80% 左右),而 200s - 360s 内,烟雾浓度将逐渐发展稳定至 90% 左右。则可分析出离火源处较近的 3、4 号扶梯口烟雾浓度也大致遵循这样的发展规律,那么在火灾发生的 50s - 200s 这一时间段是人员通过 3、4 号扶梯逃生的最佳时间,之前或者之后的时间都会受到火源所产生烟雾的较大影响。

3.2.6 火灾燃烧模拟

热释放速率 (Heat Release Rate, HRR) 是指在既定燃烧参数的情况下,单位时间内材料燃烧产生

的热量,单位为焦耳/秒。Pyrosim 在模拟过程中会同步计算 HRR 值,并生成 HRR 发展图,即图 19。由此可知,本次地铁车站火灾模拟 HRR 一直持续为 2 400kW/s。

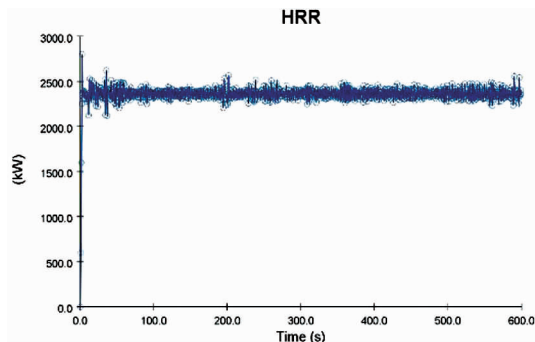


图 19 HRR

3.3 火灾模拟结论

通过以上分析,考虑到多种火灾因素对疏散的影响,可针对性地归纳出此次模拟火灾中货栈街地铁站各关键节点处允许疏散的最大时间,为本次模拟做出参数化结论,并对下步人员疏散仿真模拟相关参数的设置提供有效依据,如表 4 所示。

表 4 火灾模型车站关键节点允许疏散的最大时间

车站关键节点	允许疏散的最大时间
3、4 号扶梯口	180s
1 号楼梯口	227s
1、2 号扶梯口	240s
车站 1 号出入口	270s
车站 2 号出入口	227s
市政过街通道出入口	360s
还建过街通道人行出入口	360s

4 结语

本文将 BIM 技术运用到火灾模拟中,把 BIM 丰富的建筑信息数据传递给专业的应急管理软件进行模拟,通过对典型的火灾工况的不同方面的模拟,得到了该工况下关键节点位置的最大疏散时间,为应急管理提供了依据,更好地指导原本难预测、难控调的应急管理。验证了 BIM 与 Pyrosim 相集成的可行性,也提高了火灾模拟的效率。同时使 BIM 的全过程服务向火灾模拟迈了一步,也使火灾应急管理的数据来源不再孤立,融入到建筑信息数据流通的链条。

参考文献

- [1] 陈柯成, 谢嘉斌, 姚清河. 地铁站台火灾烟气扩散模拟与分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2019, 58(2): 15-22.
- [2] 唐飞, 何清, 朱孔金, 等. 火灾情况下某城市地铁换乘站内大规模人群疏散特征研究[J]. 安全与环境学报, 2018, 18(4): 1419-1426.
- [3] 徐伟, 赵喜祥. 基于 BIM 的地铁站台火灾防排烟模式研究[J]. 消防科学与技术, 2018, 37(8): 1065-1067.
- [4] 篮杰, 范乐乐, 余伟之, 等. 地铁站厅火灾不同排烟模式下的排烟效率研究[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(12): 148-153.
- [5] 张俭让, 许世维, 李朋慧, 等. 地铁车厢火灾探测器设置研究[J]. 消防科学与技术, 2018, 37(6): 794-795+803.
- [6] 钟茂华, 张磊, 肖衍, 等. 地铁“T”形换乘车站通道火灾通风模式数值模拟研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(9): 13-19.
- [7] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors [J]. John Wiley and Sons, 2008.
- [8] 张波, 孙希波, 霍滨, 等. 城市轨道交通工程 BIM 实施体系研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(4): 63-70.
- [9] 于鑫, 蒋绮琛, 李鑫, 等. 基于 Revit 二次开发实现三维钢筋算量[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(3): 38-43.
- [10] 邢志祥, 张莹, 钱辉, 等. 地铁车站火灾和人员疏散仿真模拟技术发展的新思路[J]. 安全与环境工程, 2018, 25(3): 130-135.
- [11] 彭磊, 徐学军, 杨磊. 大型地铁车站火灾预警机制及疏散救援模式[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(3): 104-107.
- [12] 马成, 陆小龙, 汪德江. 基于 CAD 图纸的 BIM 模型轴网生成方法研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2016, 8(1): 43-47.
- [13] C. G. Fan, J. Ji, W. Wang, J. H. Sun. Effects of vertical shaft arrangement on natural ventilation performance during tunnel fires [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014, 73.
- [14] 王滨滨, 谢飞, 严恩泽. 基于 CFD 的地铁站厅小商业排烟设计研究[J]. 消防科学与技术, 2015, 34(8): 1021-1023.

BIM-based Fire Hazard Simulation of Metro Station

Sun Shaonan, Wu Jiawei, Xing Yilong, Zhang Hang

(North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: With the rapid urbanization process, subways have been increasingly put into usage in many cities. The large load capacities, the large ridership and the closed space of subway is bringing great challenges in emergency management especially in fire emergency management. In this paper, a BIM model of Zhengzhou Huozhan street metro station was built by using Revit, and then import the DXF files into Pyrosim software to conduct fire smoke simulation, set-plane temperature simulation, visibility simulation, fire source smoke detection simulation and fire combustion simulation. Fire hazard simulation based on BIM and Pyrosim can be used to rehearse the entire process of subway fire evacuation and to analyze the relevant indicators, which could provide the guidance for metro station design and fire-fighting equipment's layout, as well as the emergency measures in the case of fire hazard. Meanwhile, this paper has explored the combination of BIM technology and professional fire hazard simulation software in a theoretical way, which verified with examples and indicated that applying those advanced BIM technologies in data sharing and rehearsal simulation is having great potentials.

Key Words: Metro Station; Emergency Management; Fire Simulation; BIM; Pyrosim