

基于 BIM 的建筑火灾疏散仿真研究综述

尹 强,王立晓

新疆大学建筑工程学院

摘要:建筑火灾威胁到人民生命财产安全,因此研究建筑火灾中人员快速有效安全疏散具有重要意义。BIM (Building Information Modeling) 技术因其具有可视性、协调性及可模拟性等优点,广泛应用于建筑火灾疏散仿真领域。本文以 BIM 技术为基础,以建筑火灾下人员应急疏散为角度,从火灾仿真、疏散仿真两个方面进行综述,归纳 BIM 技术在国内外火灾疏散仿真研究成果的基础上,分析其不完善之处,为后续学者在关于 BIM 的建筑火灾疏散仿真领域的研究提供一定的借鉴。

关键词:建筑信息模型;综述;火灾仿真;疏散仿真;应急疏散

引言

随着城市化的日益发展,建筑火灾发生的频率不断上升,严重威胁着人民的生命财产安全。据应急管理部消防救援局数据显示,2021 年共接报火灾 74.8 万起,死亡 1987 人,受伤 2225 人,直接财产损失 67.5 亿元^[1]。因此,在建筑火灾发生时如何能够及时有效疏散现场人员,减少生命财产的损失尤为重要^[2]。计算机仿真可以进行火灾仿真和疏散仿真,直观地模拟火灾下人员疏散行为,有助于制定有效的疏散方案^[3],但以往研究仍存在建模过程复杂和建筑模型不够精确等问题,降低了仿真的效率。随着 BIM 技术的发展,研究者逐渐将 BIM 应用于火灾仿真和疏散仿真,利用 BIM 建立完整、精确的建筑模型等优势,解决以往火灾仿真和疏散仿真存在的问题,提高了仿真的效率。BIM 作为建筑信息模型,因其具有模拟性、可视化、可协调性等优势^[4],被研究人员广泛应用于火灾仿真和疏散仿真。其模拟性特点可以为疏散救援提供模拟场景,使人们能在电脑上进行消防疏散演习,既能给没有参与过实际演习的人们带来火灾场景的真实感受,也能降低消防演习的成本;可视化特点为救援疏散提供空间视觉体验;可协调性特点可以将实际建

筑物整合成三维可视化模型,便于漫游体验,使消防救援人员可以直观、迅速地掌握火灾建筑周边情况及建筑内部信息^[5-6]。

一、BIM 技术应用于火灾仿真

20 世纪 70 年代,美国火灾科学之父 H. W Emmons 教授将能量守恒、动量守恒和质量守恒原理与建筑火灾研究相结合,开创建筑火灾过程机制研究先河,并为火灾科学的理论研究奠定基础。20 世纪 80 年代,随着计算机应用技术的发展与崛起,计算机数值模拟技术开始被引入火灾发生后的事故分析,并在第一届国际火灾会议后确定其对于火灾人员疏散问题研究的应用价值,标志着计算机数值模拟技术与火灾科学研究领域的结合开始进入全面发展阶段^[7]。最初学者仅仅利用火灾软件对疏散者在火灾中疏散的效率进行研究。张志魁^[8]、齐珈^[9]等学者利用火灾仿真软件 Pyrosim 建立建筑模型,并模拟火灾发生过程烟气蔓延情况,但是由于对建筑建模时进行了简化,无法全面反映建筑环境,且简化后建筑构件细节的丢失会使模型不够精确,因此准确性有待进一步提升。后续逐渐有学者将 BIM 技术与火灾仿真相结合,解决了

作者简介:尹强(1995 -),男,汉族,湖北咸宁人,硕士研究生,研究方向:应急疏散。

由于火灾仿真软件无法建立完整、精确的建筑信息模型的问题,提升了火灾仿真的准确性。邓朗妮^[10]、NafisehLotfi^[11]、吴梦轩^[12]、黄丽蒂^[13]等学者利用 BIM 软件建立建筑信息模型,导入火灾模拟软件 Pyrosim 分析烟气扩散、温度分布及能见度对人员疏散逃生的影响。研究发现,BIM 结合火灾仿真软件,既实现了快速、准确、详细地建立建筑模型,又提高了模拟结果的准确性。但以上研究在 BIM 模型与火灾仿真软件之间的数据传输依靠的是 DWG、DXF 等中间文件,在传输和存储的过程中重要信息会丢失,而构件的材质信息会对火灾的发展趋势有重要影响,火灾发展的趋势可能直接影响疏散者的疏散行为^[14-16],并直接影响到模拟结果的准确性和符合实际情况的程度^[17]。后续有学者使用二次开发技术,优化 BIM 与火灾仿真软件之间的数据交流^[18],但火灾软件仍需单独创建网格、障碍物等繁琐流程,且 BIM 平台与火灾仿真软件的交互还不够便利^[17]。

综上所述,目前研究者大多数利用 BIM 具有完整的、精确的建筑信息模型这一优势与火灾仿真软件结合,研究中仍存在 BIM 软件与火灾仿真软件数据传输的问题。

二、BIM 技术应用于疏散仿真

由于 BIM 可以建立完整、精确的建筑模型,研究人员将 BIM 与疏散仿真软件、GIS 和 VR 等结合进行了研究,BIM 不仅解决了疏散仿真软件中疏散场景不够真实的问题,而且与 GIS 相结合,实现了室内外联合疏散研究。通过与 VR 的结合实现了动态的疏散路径规划,并应用于疏散演练,有利于对疏散行为的分析和对疏散效率的评估。

将 BIM 和疏散仿真软件相结合,不仅可以减少疏散仿真软件建立建筑模型的工作量,还能为疏散仿真提供更符合实际的疏散场景^[6]。虽然比以往使用仿真软件建立建筑模型工作量更小,建筑模型更精确^[19],但由于目前 BIM 与火灾仿真软件的文件传输过程中存在数据丢失的问题,导致 BIM 的建筑信息不能得到充分利用。

肖木峰^[20]、阎卫东^[21]、马亚娜^[22]、何欣^[23]、张蒙^[24]、Rania Wehbe^[25]、Hui Zhang^[26]等学者利用 BIM 建立建筑模型,进行简化后导入疏散仿真软件 Pathfinder 进行疏散仿真研究,研究可知使用 BIM 建立建筑模型工作量更小,比仿真软件建立的建筑模型更加符合实际。王婷^[27]利用

BIM 建立建筑模型,简化后导入疏散仿真软件 Building Exodus 中进行人员安全疏散分析。Yuchun Tang^[28]利用 BIM 的二次开发技术,将 BIM 建筑模型导入到疏散仿真软件 Anylogic 中进行疏散仿真研究,研究结果有利于对疏散效率的评估,但在 BIM 建筑模型导入到疏散仿真软件的过程中,还是会存在建筑材质、门和楼梯构件等丢失的情况,需要自己手动建模来完成。

由以上研究可知,BIM 可以使建立建筑模型的工作量减少,但如何充分利用 BIM 的建筑信息,保证 BIM 建立的建筑信息模型完整地导入疏散仿真软件中而不丢失数据,仍值得进一步研究,未来可以研究将疏散仿真软件和火灾仿真软件整合进 BIM 平台,形成基于 BIM 的火灾疏散仿真平台。

结语

由于建筑火灾对人民的生命财产造成重大威胁,建筑火灾疏散领域备受国内外学者关注,BIM 因其具有模拟性、可视化、可协调性等特点,被研究者广泛应用于建筑火灾疏散仿真,也取得了大量的成果。通过对相关文献的综述,得到的结论如下:

第一,BIM 模型与火灾仿真软件和疏散仿真软件之间的数据传输存在数据丢失的问题,影响仿真的精度,未来研究者可以将火灾仿真和疏散仿真与 BIM 集成,实现 BIM 与火灾疏散仿真一体化,形成基于 BIM 的火灾疏散仿真平台。

第二,可以充分利用 BIM 和 GIS 的优点,实现室内外一体化疏散仿真,大力增强 BIM 信息技术的应用能力,但 BIM 和 GIS 的结合仍处于起步和探索阶段,值得我们进一步研究。

第三,现有基于 BIM 和 VR 的火灾疏散演练研究中,缺乏对火灾情境下疏散者心理的研究,未来研究可通过基于 BIM 与 VR 的沉浸式疏散演练,研究行人在疏散时的心理特征对疏散行为的影响。

参考文献

- [1] 应急管理部消防救援局. 2021 年消防接处警创新高,扑救火灾 74.5 万起[EB/OL]. (2022-01-20) [2022-9-17]. <https://www.119.gov.cn/article/>

- 46TiYamnrs.
- [2] 王卫华,吴淑娟,程建. 建筑物人员疏散方案的数学模型研究[J]. 武汉理工大学学报,2010,32(11):155-158+162.
- [3] 赵一丁. 基于 BIM 的建筑火灾及疏散数值模拟方法研究[D]. 西南交通大学,2018.
- [4] 黄丽蒂,许欣欣,刘莹,等. 安全视角下的老龄化社区路网应急疏散与路径优化研究[J]. 现代城市研究,2022(08):16-23.
- [5] 秦艳慧,胡孔知. BIM 技术在建筑火灾中的应用综述[J]. 青岛理工大学学报,2022(01):58-65.
- [6] 王付宇,种法雯,陈梦凯. 基于 BIM 技术的室内火灾应急疏散路径优化问题研究综述[J]. 南阳理工学院学报,2017(06):6-14.
- [7] 李志勇. 基于 BIM 的高层公共建筑火灾仿真与人员疏散规划研究[D]. 天津理工大学,2021.
- [8] 张志魁. 基于 Pyrosim 和 Pathfinder 的建筑火灾数值模拟和安全疏散研究[D]. 天津理工大学,2015.
- [9] 齐珈. 基于 PyroSim 的火灾人员疏散模型研究[D]. 广西大学,2018.
- [10] 邓朗妮. 基于 BIM 的火灾模拟与安全疏散研究[J]. 施工技术,2017(24):79-82.
- [11] Lotfi N, Behnam B, Peyman F. A BIM - based Framework for Evacuation Assessment of High - rise Buildings Under Post - earthquake Fires [J]. Journal of Building Engineering (S2352 - 7102), 2021, 43: 102559.
- [12] 吴梦轩. 基于 BIM 的高层建筑火灾安全预警模型及仿真研究[D]. 西安建筑科技大学,2020.
- [13] 黄丽蒂. 老年公寓火灾场景人群疏散模拟[J]. 中国安全科学学报,2020,30(03):137-142.
- [14] 郝闵熙,王立晓,孙小慧. 考虑参考点异质性的出口选择行为仿真研究[J]. 交通科技与经济,2021,23(06):32-39+45.
- [15] 王立晓,于江波,孙小慧. 考虑心理异质性的地铁应急疏散行为决策建模[J]. 中国安全科学学报,2021,31(10):119-126.
- [16] 王立晓,盖筱培,孙小慧. 考虑决策规则异质性的地铁应急疏散选择行为研究[J]. 公路工程,2022,47(06):180-187.
- [17] 张博. 基于 BIM 的公共建筑火灾疏散仿真及设计优化[D]. 大连理工大学,2021.
- [18] 吕希奎,白娇娇,陈瑶. 基于建筑信息模型与 Pyrosim 软件的地铁车站火灾模拟仿真方法[J]. 城市轨道交通研究,2019(06):147-151.
- [19] 邵志国,王昕鸿,于德湖. 基于 Revit 和 Pathfinder 的地铁车站安全疏散模拟研究[J]. 青岛理工大学学报,2021,42(04):143-148.
- [20] 肖木峰,周西华,白刚,等. 基于 Pathfinder 的装配式建筑施工安全应急疏散研究[J]. 中国安全生产科学技术,2021,17(07):124-129.
- [21] 阎卫东. 基于 Pathfinder 的高校图书馆火灾疏散研究[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2021(04):627-633.
- [22] 马亚娜. 基于 BIM 技术的建筑火灾安全疏散仿真研究[D]. 兰州理工大学,2021.
- [23] 何欣. 基于 Revit 和 Pathfinder 的商场类建筑安全疏散研究[J]. 南开大学学报(自然科学版),2016(06):14-20.
- [24] 张蒙. 基于 BIM 的高层建筑消防应急疏散仿真研究[D]. 西安理工大学,2020.
- [25] Wehbe R, Shahrour I. A BIM - Based Smart System for Fire Evacuation [J]. Future Internet (S1995 - 5903), 2021, 13.
- [26] Zhang H, Long H. Simulation of Evacuation in Crowded Places Based on BIM and Pathfinder [J]. Journal of Physics (S1742 - 6596). Conference Series, 2021, 1880(01):12010.
- [27] 王婷. 基于 BIM 的火灾模拟与安全疏散分析[J]. 土木建筑工程信息技术,2014(06):102-108.
- [28] Tang Y, Xia N, Lu Y, et al. BIM - based Safety Design for Emergency Evacuation of Metro Stations [J]. Automation in Construction (S0926 - 5805), 2021, 123: 103511.