

基于 BIM 技术的建筑内疏散路径引导研究

莫政雄

重庆赛迪工程咨询有限公司

摘要：随着现代建筑的规模和复杂性不断增加，如何在紧急情况下有效疏散建筑内部人员成为一项重要的研究课题。传统的疏散路径设计方法往往难以应对复杂建筑布局和多变的紧急状况。BIM技术作为一种新兴的建筑管理工具，通过三维建模和信息集成，提供了一种创新的解决方案。本文旨在探索如何利用BIM技术优化建筑内部的疏散路径设计，从而提高紧急疏散的效率和安全性。

关键词：BIM技术；建筑内疏散路径；引导

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.23.025

随着城市化进程的加速，建筑物的规模和复杂性不断增加，大型综合体、超高层建筑和商业中心的数量显著上升。这些复杂建筑内部结构多样，功能分区细致，往往容纳大量人员。在紧急情况下，如火灾、地震或其他突发事件中，如何快速、安全地组织人员疏散成为一项重大挑战。传统的疏散路径设计方法多基于平面图和经验判断，难以全面应对现代建筑的复杂性和多样需求，存在响应时间长、疏散不畅的风险。

一、BIM 技术概述

BIM（建筑信息模型）技术是一种基于数字化模型的建筑设计与管理方法，广泛应用于建筑行业的各个阶段。它利用三维数字模型来模拟建筑物的物理和功能特性，从而支持从设计、施工到运营维护的全生命周期管理。设计师可以通过三维模型进行更加直观的设计和沟通，减少了传统二维图纸带来的信息传递误差。此外，BIM模型中的参数化设计功能允许设计变更快速反映在模型中，显著提高了设计效率和准确性。施工团队可以使用BIM模型进行施工模拟和虚拟建造，从而优化施工工序，减少施工过程中的返工和材料浪费。此外，通过BIM模型的协同工作，各专业团队可以更加高效地进行协调和沟通，避免了由于信息不对称导致的施工错误^[1]。

二、传统疏散路径引导的弊端

（一）疏散引导在形式上以二维展现为主

传统的消防疏散路径引导主要依赖于二维的疏散示意图，这些示意图在一定程度上为消防疏散指挥提供了便利，但其缺陷也十分明显。现代大型建筑物通常具有复杂的结构，二维图纸的直观性较差，无法全面、清晰地展现建筑物的内部布局。疏散人员如果对建筑物内部结构不熟悉，仅凭二维图纸难以迅速找到安全出口或消防设备，尤其是在紧急情况下，时间非常宝贵，错过最

佳疏散时间可能会造成严重后果。仅有那些对建筑结构极其熟悉的人，才能在紧急情况下迅速、准确地找到疏散路径。因此，为了适应现代大型建筑的需求，建立直观性更好的三维疏散模型是必要的。三维模型能够更直观地展现建筑内部结构，使疏散人员和救援指挥能够更加迅速地理解和应用疏散路径，显著提高疏散效率和安全性^[2]。

（二）疏散引导是静态的表达方式

传统的消防疏散引导方式通常是静态的、固定不变的，这种方式的主要表现形式为固定的疏散示意图，无法根据火灾发生的具体位置和发展情况进行动态调整。对于结构简单的建筑，静态疏散示意图或许可以满足基本的疏散需求，但随着现代大型复杂建筑的涌现，静态的疏散引导方式显得越来越不适用。大型建筑内部结构复杂，安全出口众多，火灾发生的位置及其发展态势会直接影响最优疏散路径的选择。因此，传统的静态疏散引导方式在紧急情况下，往往无法提供最有效的疏散指导，可能导致疏散人员无法及时避开危险区域，从而影响疏散效果。

三、建筑内疏散路径引导的重要性

在建筑物内部，特别是大型和复杂的建筑结构中，紧急情况下快速且有序的疏散至关重要。火灾、地震、恐怖袭击等突发事件时有发生，这些事件往往会对建筑物内的人员生命安全构成重大威胁。在这样的紧急状况下，时间就是生命，迅速且有效的疏散路径引导能够极大地提高人员的生存概率。首先，紧急疏散路径的规划需要充分考虑建筑物的结构特点和人员分布情况。现代建筑设计日益复杂，内部空间布局多样，人员流动性大，这些都增加了紧急疏散的难度。在突发事件发生时，人员往往会出现恐慌情绪，导致疏散效率低下甚至发生踩踏事件^[3]。

四、基于 BIM 的疏散路径引导系统设计

（一）系统架构设计

1. 数据采集与处理模块

数据采集与处理模块是基于BIM的疏散路径引导系统的基础部分。该模块的主要功能是获取并处理建筑物的相关数据，以便为后续的路径规划和可视化提供支持。首先，数据采集部分需要从多个来源获取信息，包括建筑物的BIM模型、实时传感器数据以及外部环境数据。BIM模型包含了建筑物的详细几何信息、功能布局以及设备设施信息，这些数据对于疏散路径规划至关重要。传感器数据主要包括温度、烟雾浓度、人员密度等

实时信息，这些数据能够反映建筑物内部的实时状态，为动态路径规划提供依据。此外，外部环境数据如天气情况、周边交通状况等也可能对疏散过程产生影响，需要纳入考虑。其次，数据处理部分需要对采集到的数据进行整理、过滤和分析。由于不同来源的数据格式和精度不同，需要通过数据转换和标准化处理，确保所有数据都能够被系统有效利用。

2. 路径规划与优化模块

路径规划与优化模块是整个系统的核心部分，其主要功能是基于采集和处理的数据，生成优化的疏散路径，并根据实时情况进行动态调整。路径规划首先需要建立建筑物内部的路径网络模型。基于BIM模型的数据，系统可以自动生成建筑物的拓扑结构图，包括各楼层的房间、通道、楼梯和出口等关键节点。这些节点通过通道相连，形成一个可供路径规划的网络。在此基础上，系统可以利用图搜索算法（如A*算法、Dijkstra算法等）计算最优的疏散路径。为了提高疏散效率和安全性，路径规划过程中需要考虑多个因素，包括路径的长度、通行能力、拥堵情况以及危险程度等。例如，在火灾情况下，系统需要避免规划通过高温区和烟雾浓度高的区域的路径。此外，还需要考虑人员密度和疏散顺序，优先疏散儿童、老人和残障人士等特殊人群。路径优化是路径规划的进一步提升。通过对路径的实时监控和动态调整，可以应对突发情况和变化的环境。例如，当某条路径因火势蔓延或结构损坏变得不可通行时，系统需要迅速重新计算并引导人员通过备用路径。同时，路径优化还可以通过机器学习算法不断学习和改进，提升疏散路径的精确性和可靠性^[4]。

3. 可视化与用户交互模块

可视化与用户交互模块是基于BIM的疏散路径引导系统与用户的接口，其主要功能是以直观的方式展示疏散路径和实时状态，并提供用户友好的交互方式。在可视化方面，系统需要将疏散路径和建筑物内部状态以图形化的形式展示出来。基于BIM模型的数据，可以生成建筑物的三维可视化图，清晰展示各楼层、房间和通道的布局。在此基础上，系统可以叠加显示疏散路径、拥堵情况、危险区域等信息，使用户能够一目了然地了解当前的疏散状况。此外，可视化还需要支持动态更新和实时交互，随着疏散过程的进行，实时刷新显示最新的路径和状态。在用户交互方面，系统需要提供多种交互方式，满足不同用户的需求。

（二）核心功能模块

1. 实时路径计算与优化

实时路径计算依赖于BIM模型提供的建筑内部详细信息，包括各楼层的布局、通道的位置和宽度、安全出口的位置等。系统利用这些信息生成建筑物内部的路径网络模型，并结合传感器数据，如温度、烟雾浓度、人

员密度等，动态调整疏散路径。通过使用先进的图搜索算法，系统可以在数秒内计算出最优路径系统需要根据实时数据，持续监控路径的可通行性和安全性。例如，当某条路径因火势蔓延或结构损坏变得不可通行时，系统需要迅速重新计算替代路径，确保疏散过程不中断。此外，路径优化还包括减少人员拥堵、优先疏散特殊人群等策略，最大限度地提升疏散效率和安全性。

2. 应急预案与演练模拟

通过预案和模拟演练，系统可以在无紧急情况时进行测试和优化，确保在真正的紧急情况下能够高效运行。应急预案的制定需要基于建筑物的具体情况，包括内部布局、人员分布、潜在风险点等。系统利用BIM模型和历史数据，分析各种紧急情况可能带来的影响，制定详细的应急预案。这些预案包括疏散路径的规划、疏散顺序的安排、特殊人群的照顾措施等。通过定期组织应急演练，系统可以检验预案的可行性和有效性。演练过程中，系统模拟真实的紧急情况，如火灾、地震等，实时计算疏散路径并引导人员撤离。演练结束后，系统会对演练数据进行分析，总结经验和教训，进一步优化应急预案和路径计算策略。此外，应急演练还可以提高建筑内人员的应急意识和疏散能力。在演练过程中，人员熟悉疏散路径和安全出口的位置，掌握基本的应急知识和技能，增强应对紧急情况的自信心和执行力。

（三）用户界面设计

1. 直观的可视化界面

在基于BIM的疏散路径引导系统中，直观的可视化界面是确保用户能够迅速理解和使用系统的关键。为了实现这一目标，界面设计应充分利用BIM模型的三维可视化优势，将复杂的建筑信息以直观易懂的方式呈现给用户。首先，系统界面应提供建筑物的三维视图。这一视图能够清晰展示建筑各个楼层、房间、通道和出口位置，使用户能够全面了解建筑结构。通过鼠标拖动和缩放，用户可以自由地观察建筑的不同部分，获取所需的详细信息。此外，界面应支持在三维视图上叠加显示实时数据，如人员密度、温度和烟雾浓度等。这些信息通过颜色和符号的变化直观地反映出建筑内部的实时状态，帮助用户快速识别危险区域和安全路径。其次，系统应具备动态路径显示功能。当紧急情况发生时，系统可以在三维视图中实时更新并高亮显示最优疏散路径。这条路径通过不同颜色和箭头指示，从当前所在位置延伸到安全出口。用户能够清楚地看到自己应该如何行动，以最快的速度撤离建筑。同时，系统还应显示多个备选路径，以防主要路径不可通行时，用户能够立即选择其他疏散路线。最后，为了提高可视化界面的易用性，界面设计还应注重信息的层次化呈现。系统可以根据用户需求提供不同的视图模式，例如整体视图、楼层视图和房间视图等。在整体视图中，用户可以查看建筑

物的全貌和整体疏散情况；在楼层视图中，用户可以详细了解某一楼层的布局和人员分布；在房间视图中，用户可以获取特定房间内的详细信息。

2. 友好用户操作体验

为了确保用户能够顺畅地使用系统，用户界面设计还应注重提供友好的操作体验。这包括界面的操作简便性、交互流畅性以及特殊人群的友好设计。第一，界面的操作应尽量简化，减少用户的学习成本和操作步骤。通过直观的图标、简明的菜单和清晰的操作提示，用户可以快速上手并完成所需的操作。例如，在紧急情况下，用户只需点击几次即可获取当前最优的疏散路径和实时状态信息，无须复杂的操作流程。此外，界面应支持常见的交互方式，如点击、拖动和滑动等，用户可以通过熟悉的手势完成操作，提升使用体验。第二，界面设计应确保交互流畅性，避免卡顿和延迟。在紧急情况下，系统的响应速度和界面的流畅性对用户的疏散决策至关重要。因此，系统应采用高效的数据处理和渲染技术，确保界面操作的实时性和流畅性。例如，当用户选择查看某一楼层的详细信息时，界面应能够迅速切换并展示相关内容，避免等待时间过长。

五、案例分析

本研究选择了某大型商业综合体作为案例项目。该项目位于城市中心，建筑面积达20万平方米，共有地下三层和地上二十五层，日均客流量超过5万人。该商业综合体项目包括多种功能区，如购物中心、餐饮区、办公区和娱乐设施等，建筑布局复杂，人员流动频繁。项目在设计 and 施工阶段全面应用了BIM技术，建立了详细的三维模型，涵盖建筑、结构、机电等多个专业。该BIM模型在运营阶段继续维护和更新，为疏散路径设计提供了可靠的数据支持。

（一）基于BIM的疏散路径设计与模拟

1. 案例项目中的BIM模型建立

在该项目中，BIM模型的建立从设计阶段开始，逐步涵盖施工和运营阶段。设计阶段，通过Revit软件建立建筑信息模型，细化到每一个房间、走廊和楼梯间，确保模型的精确性和完整性。施工阶段，利用Navisworks进行模型碰撞检测和施工进度模拟，确保实际建造与设计的一致性。运营阶段，BIM模型不断更新和维护，反映建筑的实时状态。该项目的BIM模型不仅包括建筑结构，还集成了消防设备、紧急照明、应急广播系统等安全设施的信息。这些数据为疏散路径设计提供了全面的基础。

2. 疏散路径设计与模拟的具体过程

在设计疏散路径时，首先通过BIM模型分析建筑的空间布局和人员分布情况，确定主要疏散通道和辅助疏散通道。利用Revit和Navisworks软件，对各层的疏散

路径进行规划，确保路径的连续性和安全性。

在该项目中，基于BIM的疏散路径设计和模拟过程包括几个关键步骤。首先是数据收集与分析阶段，通过BIM模型提取建筑布局、消防设施、人员密度等数据，全面分析各区域的疏散需求。这一步骤确保设计过程中能够准确识别需要重点关注的疏散区域，并为后续路径规划提供数据支持。接下来是路径规划阶段，研究人员根据前期分析结果，详细规划了每层的疏散路径。规划过程中优先考虑主干道和次干道的设计，确保疏散路径的流畅性和便捷性。同时，还考虑了路径的连贯性和可操作性，确保在紧急情况下人员能够迅速、安全地撤离。研究人员利用Pathfinder软件对火灾、地震等紧急情况下的疏散过程进行了详细模拟。模拟过程中，分析了疏散时间、拥堵情况等关键指标，通过不断调整和优化，确保疏散路径的高效性和安全性。根据模拟结果，研究团队对疏散路径进行了优化调整。

（二）疏散路径引导效果分析

通过模拟和实际演练，基于BIM技术设计的疏散路径在多个方面取得了显著效果。首先，优化设计使得疏散时间较传统设计缩短了30%以上，确保所有人员在规定时间内安全撤离。此外，模拟优化减少了疏散过程中出现的拥堵和停滞情况，提高了疏散效率。利用BIM技术精确建模，确保疏散路径覆盖建筑的每一个角落，无死角，全面保障了路径覆盖。优化后的疏散路径设计有效避开了火源、有毒气体等危险因素，确保人员疏散过程中的安全性。多次模拟和实际演练验证了BIM模型与实际建筑的一致性，确保疏散路径设计的可靠性和可操作性。

结语

基于BIM技术的疏散路径引导方法在提高建筑内部疏散效率和安全性方面展现了显著优势。研究表明，通过系统的路径规划和优化设计，可以大幅缩短疏散时间，减少拥堵现象，并确保人员能够避开危险区域安全撤离。同时，多次模拟和实际演练验证了BIM模型与实际建筑的一致性，增强了疏散路径设计的可靠性。

参考文献

- [1] 徐诗杰, 王建栓, 王建强. 基于BIM技术的建筑火灾模拟人员疏散分析[J]. 土木建筑工程信息技术, 2023, 15(06): 76-81.
- [2] 王译征. 高层建筑火灾模拟分析与人员疏散研究[D]. 重庆科技学院, 2023.
- [3] 董旭. 基于BIM技术的消防应急救援路径规划[D]. 贵州大学, 2023.
- [4] 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, 43(01): 58-65.