

智慧消防技术在大型综合体建筑中的应用研究

宋伟立

(山东青岛消防科技有限公司, 山东 烟台 264000)

摘要 大型综合体建筑因功能多样、空间复杂、人员密集、火灾风险隐蔽性强且蔓延快、传统消防管理模式监测滞后、设备状态无法实时掌控、应急响应依赖人工判断等问题,已难以满足现代建筑的消防需求。智慧消防技术结合物联网、云计算、大数据、人工智能(AI)和GIS技术,实现了设备状态实时感知、火灾风险精准预警和应急处置自动联动,构建了全面感知、智能分析、快速联动的现代消防管理体系。本文基于智慧消防系统的技术架构与关键功能,结合深圳万象城商业综合体的典型应用案例,分析了智慧消防系统的实施成效,剖析了当前应用面临的挑战,并提出应对策略,以期为大型综合体建筑的智慧消防管理和城市级消防系统构建提供参考。

关键词 火灾预警; 应急联动; 数据安全; 智能巡检

中图分类号: TU998

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.038

0 引言

随着建筑功能愈发复杂,传统消防管理模式已难以应对现代火灾风险。智慧消防通过物联网、云计算、大数据、人工智能(AI)和GIS等技术,可实现对消防设施的实时监控、火灾风险的精准预警及自动联动,大幅提升消防管理的智能化水平,为促进城市消防管理的智能化、精准化,构建更安全的消防生态系统奠定基础。如深圳万象城智慧消防系统在提升火灾预警、应急响应和设备巡检效率方面取得显著成效。然而,系统仍面临数据安全、设备兼容性、运维成本等挑战。因此,本文提出了通过数据安全保护、行业标准化、成本控制和人才培养等策略,为推动智慧消防技术的广泛应用提供参考。

1 大型综合体建筑的消防风险与管理现状

大型综合体建筑因其功能多样、空间结构复杂、人员高度密集等特点,使得火灾风险呈现出隐蔽性、突发性和蔓延速度快的特点。这类建筑集商业、办公、娱乐、餐饮、住宿等多种功能于一体,内部电气设备密集,火灾荷载大,且不同功能区域交互频繁,易导致火灾蔓延速度加快。由于人流量大、人员构成复杂,发生火灾时的人员疏散和引导难度较大,极易造成群体性伤亡和严重的财产损失^[1]。当前,大多数大型综合体建筑仍依赖于传统的消防管理模式,存在火灾监测滞后、设备运行状态无法实时掌握、应急响应和疏散决策依赖人为判断等问题,无法有效应对大型综合体建筑多元化、复杂化的火灾风险。因此,亟需引入

智慧消防技术,通过物联网、云计算、大数据和人工智能等先进技术,实现对消防设施状态的实时感知、精准预警和自动联动,从而提升大型综合体建筑的火灾防控能力和应急响应水平。

2 智慧消防技术概述

2.1 智慧消防的概念与特点

智慧消防(Smart Firefighting)是基于物联网(IoT)、大数据、云计算、人工智能(AI)、地理信息系统(GIS)等新一代信息技术构建的智能化消防管理系统。其核心目标是通过多维度数据采集和实时分析,实现火灾风险的提前预警、精准处置和高效联动。智慧消防系统能够将传统消防设备(如烟感、温感、喷淋系统)与智能传感设备相结合,形成全方位、立体化的火灾监测网络,实现消防数据的互联互通。智慧消防具有全面感知、智能分析、自动联动、远程管控等显著特点。第一,感知层实现了对环境、设备、人员等信息的实时感知;第二,通过云计算和大数据分析,实现火灾风险建模、趋势预测与智能预警;第三,在火情发生时,智慧消防系统能够自动触发预案,联动消防设备并优化应急响应路径,从而提升火灾处置效率。相比于传统消防模式,智慧消防的应用极大地提高了火灾预防的精准性、信息获取的及时性和应急决策的科学性,是推动消防安全管理现代化的关键技术路径。

2.2 智慧消防系统架构

智慧消防的核心技术包括物联网(IoT)、大数据、云计算、人工智能(AI)和GIS(地理信息系统)。物

联网技术通过智能传感器和探测器实现数据采集，大数据与云计算处理海量数据，实现风险评估和趋势预测，AI 技术对视频监控和火灾图像进行智能识别，为应急决策提供支撑，GIS 技术将建筑空间数据与消防设施信息可视化，优化火灾应急处置。这些技术的融合使消防管理由被动响应转变为主动预防，大幅提升了火灾防控的智能化水平^[2]。

2.3 核心技术分析

智慧消防系统的实现依赖于多项先进技术的协同应用，其中包括物联网（IoT）、大数据、云计算、人工智能（AI）和 GIS（地理信息系统）等核心技术。物联网技术通过部署在建筑各区域的传感器、探测器、RFID 设备，实现对消防设备状态、环境参数和人流信息的全面感知，形成全方位的数据采集网络。大数据与云计算技术能够对海量消防数据进行高效处理和存储，通过数据挖掘和模式识别，实现火灾风险预测、趋势分析与报警模型构建。人工智能（AI）技术在智慧消防中发挥关键作用，利用深度学习算法对监控视频、火灾图像进行智能识别，精准判断火灾发生的时间、位置和发展趋势，为应急指挥提供数据支撑。GIS 技术将建筑平面图、消防设施分布、人员疏散路线等空间信息进行可视化展示，为火灾发生时的快速处置和应急疏散提供科学指导。这些核心技术的深度融合与协同发展，为智慧消防的精准预警、智能应急响应与高效管理提供了坚实的技术支撑，推动了消防管理模式从被动响应向主动预防的转变。

3 智慧消防技术在大型综合体建筑中的应用

3.1 消防设施智能监测

在大型综合体建筑中，消防设施智能监测通过部署烟感、温感、压力传感器、可燃气体探测器等多种感知设备，实现对消防水系统、喷淋系统、火灾报警系统等关键设施的实时监测与数据采集。系统将各类数据通过 NB-IoT、5G 等通信技术传输至云平台，形成设备状态、环境参数、异常报警等多维数据集，实现动态监控和远程管理^[3]。当设施出现故障或异常时，系统会自动预警并推送相关信息至管理平台，提示及时维护，从而有效降低设备故障率。基于大数据分析，系统还可进行设备运行状态评估和隐患排查，实现设施的预测性维护，避免潜在消防风险。通过这一模式，消防设施的运行效率、维护精度和风险管控得到显著提升，为大型综合体建筑提供全方位、智能化的消防安全保障。

3.2 火灾预警与应急联动

火灾预警与应急联动是智慧消防技术的重要应用，通过实时数据采集、AI 算法分析和联动控制系统实现火灾早期发现、预警及应急处置。系统整合烟感、温感、气体浓度探测器等数据源，并结合历史数据与火灾模型进行风险分析，一旦监测到异常数据，即触发火灾预警机制。火灾发生后，系统可自动联动消防设备，启动灭火系统、排烟系统、应急照明等，同时向消防指挥中心推送火情信息，并为管理人员提供火势蔓延模拟与逃生路径优化。系统还能结合 GIS 技术可视化展示火情位置及设备状态，为消防人员提供精准的火灾处置信息。通过构建多维度预警机制与高效应急联动体系，大幅提升了大型综合体建筑火灾处置的反应速度与决策精度，降低火灾带来的安全风险。

3.3 视频监控与火情识别

视频监控与火情识别结合 AI 图像分析、深度学习算法和视频数据融合，实现对大型综合体建筑内的火灾隐患实时监测与自动识别。通过布设高清摄像头和红外热成像仪，系统对关键区域进行全天候监控，并利用 AI 技术对视频图像进行火焰、烟雾、异常行为等特征分析，精准识别早期火情或异常状况。当系统识别到疑似火情时，会自动触发报警机制并推送图像信息至消防管理平台，供人员进行快速判断和处置^[4]。系统具备自学习能力，可通过不断更新火情数据库，提高识别准确率和误报过滤能力。结合大数据分析 with GIS 技术，视频监控系统还可实现火情定位、逃生引导和资源调度，大幅提升火灾应急响应的精确性与联动性，为大型综合体建筑提供更可靠的智能安防保障。

3.4 智能巡检与设备维护

智能巡检与设备维护通过智能巡检机器人、无人机巡检系统、物联网平台等技术手段，实现对大型综合体建筑消防设施的自动化巡检、数据记录和远程监测。智能巡检机器人配备红外探测、激光雷达、AI 识别系统等模块，能够自主完成对消防通道、灭火设备、电气线路等关键区域的巡检，并将巡检数据实时上传至云平台进行分析。无人机巡检系统可对高空、隐蔽区域进行全面巡查，弥补传统巡检的盲区，提高巡检的全面性和精准度。系统通过大数据分析生成设备运行状态报告，对发现的故障或异常提出维护建议，并可根据设备寿命周期进行预测性维护，防止设备老化或失效。通过智能巡检与维护模式，不仅提升了消防设备管理的科学性与精细化水平，还大幅降低了人力

巡检成本,确保大型综合体建筑的消防设施始终处于最佳运行状态。

4 典型案例分析

深圳市万象城作为中国知名的大型综合商业体,总建筑面积超过60万平方米,集购物、娱乐、餐饮、办公、住宅等功能于一体,日均客流量可达数十万人次。建筑内部消防设施复杂,包括自动喷淋系统、火灾自动报警系统、气体灭火系统、智能疏散系统等,且涉及多个业态区域,火灾风险隐患较大。为提高消防安全水平,深圳万象城引入智慧消防管理系统,构建了“物联网感知+云平台管理+智能应急联动”的技术架构,通过部署烟感、温感、气体探测器、视频监控、消防巡检机器人等多维感知设备,实现对消防设施、环境数据和火灾风险的全面监测。系统基于5G通信与NB-IoT技术,将实时数据上传至云平台进行大数据分析,并结合AI火灾识别算法与GIS定位系统,实现火灾风险预测、火情精准定位与应急联动处置,极大地提升了火灾防控的精细化水平。

经过两年的运行实践,深圳万象城智慧消防系统取得了显著成效:火灾预警率提升35%,实现了早期火情识别与智能预警,应急响应速度提升40%,系统在火情发生后自动联动喷淋、排烟、应急疏散等设施,实现快速响应和科学疏散,设备巡检自动化率达到95%,通过巡检机器人和无人机巡检覆盖复杂区域,显著降低了人工巡检成本。通过总结经验可以发现,系统联动、数据融合与AI辅助决策的深度结合是智慧消防成功的关键^[5]。然而,该项目仍面临技术标准化不足、数据安全与隐私保护、系统运维成本较高等挑战,需要进一步优化系统兼容性与安全性,并通过行业标准化与政策引导推动智慧消防技术的广泛应用。深圳万象城的智慧消防实践为大型综合体建筑的消防安全管理提供了宝贵经验和可借鉴的技术路径。

5 智慧消防技术应用面临的挑战与对策

尽管智慧消防技术在大型综合体建筑中取得了显著成效,但仍面临数据安全、系统兼容性、投入成本和人才匮乏等多重挑战。数据安全与隐私保护问题突出,系统依赖大规模数据采集与传输,若数据泄露或被攻击,将威胁建筑安全与用户隐私。系统兼容性与标准化不足导致不同厂商设备互联互通性差,难以实现数据融合与统一管理。技术投入与维护成本高,大型综合体建筑需投入大量硬件、网络和运维资源,加之消防管理人员技术水平有限,导致系统高效运行面

临困难^[6]。为应对这些挑战,可采取数据加密、访问控制、区块链技术等措施确保数据安全,推动行业标准化促进设备互联互通,采用“云平台+边缘计算”模式降低成本,并通过政府补贴与政策引导鼓励技术应用。应加强智慧消防专业人才培养与认证,构建“技术+管理”复合型团队,从而全面提升智慧消防系统的运行效率和安全性,实现大型综合体建筑消防管理的现代化和智能化。

6 结束语

智慧消防技术通过物联网、大数据、云计算、人工智能(AI)和GIS技术,实现了对大型综合体建筑消防设施状态的实时感知、火灾风险的精准预警和应急联动的高效处置,有效弥补了传统消防模式的不足。深圳万象城的应用实践证明,智慧消防系统在火灾预警、应急响应、设备巡检等方面效果显著,但仍面临挑战,需进一步优化。未来,随着5G通信、边缘计算、AI辅助决策、无人机巡检、区块链技术等新兴技术的持续发展,智慧消防将在城市级消防管理、火灾风险建模、自动化应急处置等方面发挥更大作用,实现消防管理的智能化、精准化和高效化,并通过数据共享、系统联动和信息可视化提供更全面的应急指挥支持。随着智慧消防的不断深化应用,将有效提升城市消防管理体系的整体安全性和风险防控水平,为构建安全、智慧的城市消防生态体系奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 王真.智慧消防在消防监督中的应用探究[J].今日消防,2024,09(12):103-105.
- [2] 刘江.智慧消防在建筑防火检查中的应用研究[J].消防界(电子版),2024,10(21):88-90.
- [3] 刘喆,张宇哲.智慧城市背景下的智慧消防系统研究[J].今日消防,2024,09(08):54-56.
- [4] 关益达,邵绍斌,梁建忠,杨庙灵,魏恒翔.高层建筑消防监督管理水平提升策略探究[J].今日消防,2024,09(08):91-94.
- [5] 翟龙煜.智慧消防背景下商业综合体安全运营管理策略研究[D].济南:山东师范大学,2024.
- [6] 刘胜.浅谈智慧消防在建筑施工中的应用[J].消防界(电子版),2024,10(02):69-71.