

物联网技术在高层消防设备设施维护管理中的应用

吕东强

(国能朔黄铁路发展有限责任公司综合服务分公司, 河北 沧州 062350)

摘要 随着城市化进程加速, 高层建筑数量激增, 其消防设备设施的维护管理成为保障建筑消防安全的核心环节。传统维护模式较为依赖人工周期性巡检, 存在巡检效率低、隐患发现滞后、数据碎片化、应急响应慢等痛点问题, 难以适配高层建筑垂直空间广、设备分布散、风险等级高的特性。因此, 在今后高层建筑消防设施维护管理中, 需尽可能应用物联网技术, 构建高层消防设备维护管理工作体系。本文在这一需求基础上讨论物联网技术在高层消防设备设施维护管理中的应用方式, 以期为相关人员提供参考。

关键词 物联网技术; 高层建筑; 消防设备; 运维管理

中图分类号: TU998.39

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.30.034

0 引言

城市化作为现代社会发展的核心趋势, 根据国家统计局 2025 年 1 月 17 日发布的《2024 年国民经济和社会发展统计公报》, 截至 2024 年, 我国城镇化率已经突破 66%, 高层建筑开始走向规模化应用。然而, 高层建筑的物理特性导致消防设备的维护管理面临较大的挑战, 人工开展高层建筑巡检容易导致漏检、误判等问题。同时, 传统维护以定期维修为核心, 缺乏对设备实时状态的监测。物联网技术的成熟与普及, 为改善高层建筑消防设备维护难题提供新的技术路径, 物联网的核心价值在于万物互联与数据驱动, 打破传统维护的时空限制。

1 物联网技术在高层消防设备设施维护管理中的价值

1.1 实时动态监测

在高层建筑消防设备维护期间, 传统人工巡检难以突破时空限制, 经常由于设备分布零散、垂直空间阻碍较多而导致巡检滞后。物联网技术通过部署烟感、温感、水压、电流、电池、电量等多类型智能传感器, 可以实现对消防设备运行状态的全天候、无死角动态监测。例如: 针对自动喷淋系统, 压力传感器可以采集管网的水压数据, 一旦低于安全阈值立刻触发预警。对于火灾探测器, 灵敏度监测传感器可以动态捕捉其响应性能变化, 避免由于设备老化而导致误报或者漏报等问题。同时, 依据低功耗广域网技术, 传感器数

据可以穿透高层建筑的墙体影响, 稳定传输到管理平台, 通过可视化界面直观地呈现出各个楼层、各个设备的实时状态^[1]。

1.2 智能预测运维

传统维护将定期检修作为核心, 存在过度维护或者维护不足的问题, 尤其不适用于高层建筑当中数量庞大、功能关键的消防设备。物联网技术通过数据驱动实现事后维修向预测性维护的转型升级。一方面, 管理平台可以持续积累设备运行数据, 结合大数据分析模型构建设备的健康档案, 从而准确识别设备老化、部件损耗的规律。另一方面, 通过人工智能算法针对数据进行深度挖掘, 可以精准地提前识别到故障风险。例如: 通过分析消防水泵的电流波动趋势, 能够准确判断电机轴承的磨损情况, 提前安排维保人员更换部件。除此之外, 平台可以根据设备重要性、故障影响范围来智能调度资源, 优先处理高风险设备, 避免盲目巡检。这种模式不仅可以减少设备停机时间、降低维护成本, 还可以最大限度避免由于突发故障导致的消防功能失效^[2]。

1.3 应急协同管理

高层建筑火灾具有蔓延速度较快、救援难度较大的特点, 传统应急响应经常由于数据孤岛而导致协同效率降低。消防控制室、维保团队、消防救援机构之间的数据传递速度滞后, 影响救援决策。物联网技术通过打破技术壁垒, 可以构建多方协同的应急协同机制, 一旦设备出现故障, 管理平台就会立即将故障位置、

设备类型、影响范围等信息同步到消防控制室当中,实现一秒级信息收集。同时,平台可以联合建筑内其他的应急设施,根据故障或者火灾的位置,自动调整疏散路线,指导人员及时撤离。除此之外,救援人员抵达现场之前,可以通过平台获取实时设备状态数据,避免由于信息不足而导致救援延误。

2 物联网技术体系在消防设备维护中的架构

2.1 感知层

感知层作为物联网消防设备维护体系的数据入口,核心功能在于实时采集消防设备运行状态、环境参数以及故障信息,将物理设备的隐性状态转化成为可量化的数据,为后续管理提供基础支撑。感知层将多类型智能传感器与执行器作为核心组件,需要针对消防设备特性与高层建筑环境适配设计,在设备监测端,部署烟感传感器、温度传感器、水压传感器、电流传感器,以及电池电量传感器。在控制执行端,配置智能电磁阀、继电器等设备,可以接收上层指令实现故障设备的临时关停或者紧急启动。在使用期间考虑到高层建筑设备分散的传感器可以达到 3~5 年,无需频繁更换电池。另外,外壳具备防火、防潮的设计,适配潮湿的水泵房或高温的配电间环境,确保数据采集的连续性与准确性,避免由于环境因素导致监测中断^[3]。

2.2 网络层

网络层承担数据传输桥梁的功能,主要负责将感知层采集的海量数据安全、稳定传输到平台层,需要解决高层建筑垂直空间阻隔、设备分布分散导致的通信难题。这一层级使用广域网+局域网+边缘节点的混合组网架构模式,根据数据类型与传输需求选择更加合适的技术。对于低带宽、低时延需求的常规状态数据,可以使用 NB-IoT 或者 LoRa 等低功耗广域网技术,其信号穿透力比较强,可以覆盖高层建筑从地下三层到顶楼的全区域,并且单基站可以连接数千个设备,降低组网的成本。对于高带宽、高实时性的应急数据,使用 5G 专网或者 WiFi6 技术,确保数据传输时延控制在 100 ms 之内,满足应急响应的需求。同时,在高层建筑每 5~10 层设置边缘计算节点,针对本地数据进行预处理,减少向云端传输的数据量,避免网络拥堵。此外,网络层需要内置数据加密与身份认证机制,使用 SSL/TLS 协议对传输数据加密,避免数据被篡改或者泄密。

2.3 平台层

平台层属于物联网消防维护体系的数据中枢与智能大脑,通过整合数据、算力、算法,实现对消防设

备的数字化管理与智能化分析。平台层核心由数据中台、算力支撑模块、智能算法库三部分共同组成,数据中台主要负责接收网络层传输的异构数据,通过数据清洗、格式转换、关联整合,构建统一的消防设备数据模型。例如:将喷淋系统的水压数据与水泵运行电流数据关联,从而形成设备运行状态画像,建立全生命周期数据库,记录设备安装时间、维护记录、故障历史,方便追溯管理。算力支撑模块使用云计算+边缘计算协同的模式,云端负责存储海量历史数据与复杂的算法运算,边缘节点负责实时数据的快速处理,平衡算力成本与响应速率。智能算法库则是针对消防设备维护场景开发出专属的模型。例如:基于回归分析的设备健康度评估模型,通过分析设备运行参数波动趋势,量化健康分值^[4]。

2.4 应用层

应用层是物联网技术落地的最终载体,面向消防维保人员、消防值班人员、消防救援机构等不同用户,提供场景化、可视化的操作功能,将平台层的智能分析结果转化成为实际管理动作。这一层级使用 Web 端+移动端+大屏端的多终端适配设计方案,针对不同用户需求开发出专属的功能模块。对于维保人员,移动端 APP 提供故障工单管理功能,接收平台推送的故障预警之后,自动生成工单,其中包括故障设备位置、故障类型、处理建议,支持导航到现场,完成维护之后上传照片与记录,闭环工单流程。对于消防人员,Web 端提供设备可视化监控功能,通过 3D 建筑模型直观展示各个楼层消防设备分布,点击设备图标即可查看实时状态、历史维护记录,支持导出设备健康报告,从而辅助制定出年度维保计划。对于消防救援机构,大屏端提供应急协同管理功能,火灾发生之后,实时同步着火层设备状态、人员疏散路线,支持与救援队伍端联动,积极推送现场数据,辅助制定出救援方案^[5]。

3 物联网技术在高层消防设备设施维护管理中的应用

3.1 核心感知对象与技术方案

高层消防设备维护的核心感知对象需要聚焦火灾预警—灭火—疏散全链条关键设备,覆盖火灾探测类、灭火系统类、应急保障类三大类别。火灾探测类将烟感/温感探测器、电气火灾监测器作为核心,需要实时捕捉探测器灵敏度衰减、电路过载等隐患。灭火系统类重点监测自动喷淋管网、消火栓、消防水泵,避免灭火功能失效。应急保障类则是需要针对应急照明、防排烟风机、疏散指示标志等开展监测。在技术方案上,

使用专用传感器+适配设计,针对喷淋管网,使用耐高压、防潮的超声波水压传感器,嵌入管网关键节点。对于火灾探测器,加装灵敏度校准传感器,通过定期发射模拟延误信号探测响应性能,对无源设备使用低功耗蓝牙传感器,续航可达5年以上,适配高层设备分散、难更换电池的场景。同时,传感器外壳使用防火ABS材质,耐受 $-20\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温差,确保在高层地下车库、顶楼机房等极端环境下稳定工作。

3.2 数据传输与互联

针对高层建筑垂直空间阻隔多、设备分布零散、数据类型复杂的传输痛点,构建出分类组网+协议适配+边缘预处理的传输体系。底层使用LoRa/NB-IoT低功耗广域网,覆盖地下3层到顶楼全区域,传输常规状态数据,例如水压、电量,单基站可以连接2 000+设备,解决高层信号穿透力不足的问题。中层可以通过5G专网传输高实时性数据,时延控制在50 ms之内,从而满足应急场景的需求。顶层在每10层当中设置1个边缘计算节点,针对本地数据做好过滤、聚合,从而减少向云端传输的数据量,避免网络拥堵。在互联层面,统一使用MQTT物联网通信协议,实现传感器、边缘节点、云端平台的互联互通,解决不同品牌设备的数据格式差异问题。同时,内置SSL/TLS加密传输与设备身份认证机制,每台传感器分配唯一ID,避免数据被篡改或者非法接入,确保从感知端到云端的数据通道安全可靠,适配高层建筑多部门共享数据的需求。

3.3 智能分析与运维管理

依托云端大数据平台与人工智能算法,构建数据驱动+闭环管理的智能运维体系。首先,打造全生命周期数据库,积极整合感知数据、静态数据、运维数据,形成每台设备的健康档案,通过可视化界面更加直观地展示各个楼层设备的状态,例如正常、预警、故障。智能分析环节,可以使用多算法协同,通过回归分析模型计算设备健康度分值,低于60分时自动触发预警。通过LSTM神经网络预测故障,例如基于消防水泵近3个月的电流波动数据,提前10~15天预判电机轴承磨损的风险与影响。通过聚类算法分类设备故障类型,例如电路故障、机械损耗、环境干扰,推送针对性处理建议。在运维管理方面,实现工单的自动流转,平台生成预警工单之后,自动分配到就近维保人员移动端,包括故障设备精确位置、故障原因、所需工具清单。维保人员完成维修之后,上传现场照片与验收记录,工单闭环归档,同时详细更新设备健康档案,形成监测、分析、预警、维护、归档的全流程智能化管理,进一步减少人工巡检工作量与故障处理时间。

3.4 应急协同与指挥支持

针对高层建筑火灾蔓延快、救援难的特点,构建多方联动+数据赋能的应急协同体系。当感知层检测到火灾报警之后,平台将会立即启动应急响应,1秒内同步数据到三大主体当中。物业消防控制室、维保团队、属地消防救援站,彼此分数不同的工作内容,物业消防控制室主要展示着火层位置、火势蔓延趋势,维保团队负责推送故障设备清单,属地消防救援站负责传输建筑结构图纸、着火层消防栓水压、疏散通道占用情况。在指挥支持层面,提供动态数据支撑与帮助,消防救援人员抵达之前,可以通过移动端查看现场数据,例如着火层温度分布、是否有人员被困,提前制定救援路线。救援期间,平台联动建筑内应急设施,例如自动关闭着火层上下层防火门、调整应急广播内容,启动备用消防水泵保障水压。同时,构建应急数据回溯机制,火灾发生之后自动生成应急响应报告,记录报警时间、设备联动情况、救援步骤、数据传输节点,为后续优化应急方案、改进设备布局提供依据,从而形成应急—复盘—优化的闭环模式,提升高层建筑火灾应急指挥的精准性与效率。

4 结束语

物联网技术为高层消防设备设施维护注入了新的活力与支持,这不仅是一种技术手段的革新与优化,也是一种安全理念的升级与提升。在城市化持续推进、高层建筑不断增多的背景下,只有持续深化技术应用、完善管理体系,才可以为高层建筑筑牢坚实的消防安全防线,为人民群众的生命财产安全提供更好的保障,为建设更加安全、更加智能的现代化城市贡献力量。

参考文献:

- [1] 张盛楠.浅析消防监督技术在高层建筑火灾防控中的作用[J].中国减灾,2025(13):48-49.
- [2] 段立超.浅谈高层民用建筑消防安全现状及对策[J].森林防火,2025,43(03):135-139.
- [3] 马超.高层建筑消防安全管理系统设计[J].今日消防,2025,10(04):80-82.
- [4] 罗洪波,张英,王佳宁.基于物联网技术的超高层建筑火灾风险动态评估方法[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2025,47(01):31-37.
- [5] 武彦明.超高层建筑智慧消防给排水系统设计方案研究[J].江西建材,2024(12):213-215.