

工程消防智能化系统：设计、应用与挑战应对

陈桥

江苏泰屹科技有限公司，江苏省南京市，210000；

摘要：本文深入探讨了工程消防智能化系统的设计理念与原则，详细剖析了系统架构及各层功能，并着重探讨了物联网、人工智能、大数据、云计算、地理信息系统等关键技术在系统中的应用。结合高层建筑、工业园区、大型商业综合体等典型应用场景，分析了系统在提升火灾预警能力、优化应急响应、提高管理效率等方面带来的显著效益。同时，指出系统面临的技术兼容性、数据安全与隐私保护、系统可靠性与稳定性等挑战，并提出了相应的应对策略，旨在为工程消防智能化系统的发展提供更为全面、深入的理论支持与实践指导。

关键词：工程消防；智能化系统；系统设计；技术应用

DOI：10.69979/3029-2727.26.03.073

引言

随着城市化进程的加速推进和建筑规模的不断扩大，工程消防面临着日益复杂的挑战。传统消防系统在早期预警、快速响应、精准处置及全局管控等方面逐渐显现出局限性，难以满足现代建筑对消防安全的高要求。在此背景下，工程消防智能化系统应运而生，成为提升消防安全水平的关键手段。它深度融合了物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现了消防系统的智能化升级，为保障人民生命财产安全提供了更为坚实有力的支撑。

1 工程消防智能化系统设计

1.1 设计理念与原则

工程消防智能化系统以“预防为主、防消结合”为根本方针，深度融合现代科技与消防安全管理实践，致力于构建一个以数据为核心、以智能为驱动、以安全为底线的综合管理平台。通过全面感知、智能分析、精准联动和高效管理，提升火灾防控的预见性、精准性和协同性，最大限度地降低火灾风险，减少火灾损失。

设计需遵循可靠性优先，确保火灾探测、报警等核心功能高度可靠。先进性与实用性结合，采用成熟可靠技术并考虑实际需求。全面感知与精准识别通过多类型传感器和智能算法提高火灾早期识别准确率。开放互联与协同联动支持与其他系统及远程监控系统互通。可扩展性与易维护性适应未来升级需求并降低运维成本。安全性与合规性严格遵守消防安全和数据安全法规。

1.2 系统架构设计

工程消防智能化系统通常采用分层架构设计，包括感知层、网络层、数据层和应用层，各层协同工作，共同实现消防系统的智能化功能。

感知层是系统的神经末梢，负责全面监测建筑消防安全要素。采用智能探测设备替代传统设备，如多传感融合的火灾探测器，并监测电气火灾、消防系统状态等参数。网络层是数据传输血管，将数据稳定传输至上层。采用有线与无线混合组网，有线保障重要数据可靠性，无线适用于不便布线场景。

数据层是消防系统核心，负责汇聚、存储和分析消防数据。它构建统一采集平台，接收各类感知设备数据，采用高性能数据库管理结构化和非结构化数据。通过大数据分析和人工智能技术挖掘历史与实时数据，建立风险评估、故障预测等模型，为消防安全提供决策依据。

应用层是智能消防系统的价值体现，通过构建面向各类用户的功能模块，实现消防业务的智能管理与高效处置，包括智能报警研判、联动控制、可视化监控指挥和消防安全管理等功能。

2 工程消防智能化系统关键技术应用

2.1 物联网感知技术

物联网技术是工程消防智能化系统的基础。通过部署大量低成本、低功耗、高可靠性的智能传感器节点，实现对消防环境参数和设备状态的全面感知。例如，智能水压传感器、液位传感器可实时监测消防水池、水箱的水位和管网压力，确保消防水源的可靠供应；在电气线路中安装电气火灾传感器，可实时监测电气参数，及时发现电气火灾隐患。

2.2 人工智能与机器学习

人工智能技术赋予了消防系统“智慧大脑”。在火灾识别方面,基于深度学习的图像识别算法能够从监控视频中准确识别火焰、烟雾等特征,并区分出水蒸气、灰尘等传统探测器无法识别的干扰信息,有效弥补传统感烟、感温探测器的不足,这类系统尤其适用于高大空间、开放区域等复杂环境。在风险预测方面,通过对历史火灾数据、设备故障数据、环境因素数据等多维度数据的学习,可构建火灾风险预测模型,对高风险区域和时段进行提前预警。在辅助决策方面,应用 AI 技术,可根据火场态势自动生成最优疏散路径和灭火救援方案,结合三维建模技术的应用,辅助指挥人员直观、快速决策。

2.3 结合大数据分析技术

海量的感知数据为消防安全管理提供了全新的视角和更多层次的应用。通过对这些数据的分析、整合和深度挖掘,可以针对不同类型建筑、不同区域的火灾风险等级和高发时段评估消防设施的健康状况和使用效率,优化维护方案;总结火灾发生、发展的规律和特点,为消防法规的制定和消防产品的改进提供数据依据。

2.4 云计算与边缘计算

云计算为工程消防智能化系统提供了强大的算力和支持和灵活的资源扩展能力。通过将数据存储和处理任务交给云端服务器,可以集中管理和分析大量的消防数据,提高数据处理的效率和准确性。同时,云计算的弹性扩展能力可以根据系统需求动态调整资源,满足不同规模和复杂度的消防应用场景。而边缘计算则将部分数据处理能力下沉到感知设备或本地网关,实现数据的就近处理和快速响应,减少了数据传输带宽压力和云端计算负荷,尤其适用于对实时性要求较高的场景。例如,火灾发生时,边缘计算设备可快速处理本地传感器数据,及时触发报警和联动控制,无需上传云端,提高应急响应速度。云边协同架构满足消防智能化系统多样化需求,实现高效数据处理和智能决策。

2.5 地理信息系统(GIS)与三维可视化技术

传统的疏散指示系统一般采用 CAD 地图或者转化的各类二维平面图作为基图,火灾发生时采用动态标志引导。由于二维图不能直观显示高度等信息,具有一定的局限性。而采用平面 GIS 技术与建筑信息模型(BIM)相结合,能够构建高精度的三维建筑模型,将消防设施、

报警点位、疏散通道等信息直观地呈现出来。在火灾发生时,可快速定位报警点,规划疏散路线,并模拟火势蔓延趋势,为应急指挥提供强有力的可视化支持。例如,消防指挥人员可通过三维平台实时掌握火灾位置、规模、蔓延方向和设施人员状态,以制定科学救援方案,提升应急效率。

3 工程消防智能化系统应用场景与效益

3.1 应用场景

3.1.1 高层、超高层建筑

伴随着我国经济的高速增长,国内高层、超高层建筑的数量和高度不断刷新,由于楼层越来越高、结构更复杂,导致火灾防控难度不断增大。工程消防智能化系统通过安装智能烟雾探测器和自动喷水装置,能够实时监测火情并及时报警,有效降低火灾发生的可能性。同时,利用三维建模与 GIS 地理信息系统,构建建筑数字孪生体,直观展示消防设施分布、报警位置、疏散路径等信息,辅助指挥人员快速掌握现场态势,提升应急响应效率。在火灾确认后,系统能自动启动声光报警和应急广播系统、启动排烟、正压风机、关闭防火卷帘、迫降电梯至首层、切断非消防电源、启动消防泵、喷淋泵、启动应急照明和疏散指示系统等,为人员疏散和灭火救援创造有利条件。

3.1.2 工业园区

工业园区内企业众多,生产过程中存在大量的易燃易爆物质,火灾事故风险较高。工程消防智能化系统针对工业园区的特点,在厂房(尤其是防爆区域)部署防爆型传感器,在危化品仓库部署有毒气体探测器(如 H₂S),结合红外热成像仪监测设备过热。实时监测电气线路、消防水源、疏散通道等关键要素的状态,及时发现并控制火源,避免事故扩大,降低对人员、环境和财产的损失。另外,一些除尘系统的管道是易燃易爆的重灾区,传统的感烟探测器的国标规定是在烟雾达到规定浓度后 30S 内发出报警信号,所以即使安装的管道探测器(抗粉尘),由于粉尘爆炸的时间远低于 30S,基本不能预防和避免此类事故的发生。一种特殊的探测器场-----“火花探测器”,由于其报警反应时间往往在 30MS 以内,同时与高压喷淋系统联动,是解决除尘系统管道爆炸隐患的首选。

3.1.3 大型商业综合体

大型商业综合体人流密集、空间复杂，火灾发生几率大，防控难度大。工程消防智能化系统通过实时监测、预警和自动处置，提高安全管理水平。对消防设施进行全面联网监控和智能分析，实时掌握消防水泵、防排烟系统等关键设备的运行状态；通过视频智能分析，及时发现初期火灾和违规用火用电行为；在火灾发生时，三维可视化指挥平台能清晰展示火场情况，引导人员有序疏散，并为消防救援力量提供精准指引，有效提升整体消防安全等级。

3.2 应用效益

3.2.1 提升火灾预警能力

通过多类型传感器的协同感知和智能算法的分析，工程消防智能化系统能够实时监测火灾隐患，及时发现并处理火情，有效降低火灾发生的概率。如深度学习图像识别算法可准确识别火焰烟雾特征，弥补传统探测器不足。系统能分析历史与实时数据，预测火灾可能性并提前预警，为消防管理争取时间。

3.2.2 优化应急响应

在火灾发生时，系统能够自动报警，快速通知相关人员处理火情，并智能调度消防资源。根据火场态势自动生成最优疏散路径和灭火救援方案，辅助指挥人员快速决策，缩短应急响应时间，提高灭火效率，最大限度减少人员伤亡和财产损失。例如，广州地铁18号线全线应用智能疏散系统，通过AI算法实时生成最优逃生路径，火灾情况下疏散效率提升50%，为人员疏散提供了更加科学合理的指引。

3.2.3 提高管理效率

工程消防智能化系统实现了消防管理的数字化和智能化。通过可视化监控与指挥模块，消防管理人员可以实时掌握消防设施的运行状态和火灾隐患情况，及时发现并解决问题。同时，系统提供的运维管理与决策支持模块，能够对消防设施设备进行实时监测和故障预警，实现设备维护保养的智能化管理，为消防安全管理制度的优化和消防资源的合理配置提供决策建议。

4 工程消防智能化系统面临的挑战与应对策略

4.1 挑战

4.1.1 技术兼容性问题

不同厂商的工程消防智能化系统可能存在兼容性问题，导致信息互通和共享存在障碍。此外，各类传感

器和监控设备的技术标准不统一，也影响系统的整体性能和互操作性。例如，不同品牌的火灾探测器可能采用不同的通信协议和数据格式，难以实现与其他系统的无缝对接和数据共享，限制了系统的功能扩展和应用效果。

4.1.2 数据安全与隐私保护

工程消防智能化系统在收集、传输和处理数据的过程中，涉及大量的敏感信息，如建筑结构信息、人员位置信息等。数据安全与隐私保护面临严峻挑战，数据泄露和被非法获取的风险较高。一旦这些敏感信息被泄露，可能会给建筑内的人员和财产安全带来严重威胁，同时也可能引发法律纠纷和社会问题。

4.1.3 系统可靠性与稳定性

工程消防智能化系统需要24小时不间断运行，对系统的可靠性和稳定性要求极高。在极端天气或自然灾害条件下，系统可能面临运行中断的风险。同时，系统维护和升级过程中，也需要确保系统的连续性和稳定性。例如，在暴雨、台风等恶劣天气下，传感器和通信设备可能会出现故障，导致数据传输中断或数据不准确，影响系统的正常运行和消防决策的准确性。

4.1.4 安装质量影响产品功能

绝大部分先进的设备和技术的应用，都与安装质量息息相关。消防设备的安装除了满足相关规范的设计要求，有些设备需要关注角度、位置的精准，如各类红外探测器，智能消防水炮；有的要求线路的绝缘值高、抗干扰性强，如特殊场所的探测器线路。高、精、尖的设备 and 系统，需要一批高水平高素质的安装工人来做好基础工作。

4.2 应对策略

4.2.1 推动标准制定与统一

政府和行业协会应积极推动制定统一的工程消防智能化系统接口标准和技术规范，确保设备间的兼容性和互操作性。鼓励企业研发符合国家标准和行业规范的产品，加强行业合作，建立设备制造商、系统集成商和政府部门之间的沟通机制。通过制定统一的标准，规范市场秩序，促进不同厂商之间的产品互联互通和数据共享，提高系统的整体性能和应用效果。

4.2.2 加强数据安全保护

建立健全数据安全管理制度，明确数据保护责任和流程。采用加密技术，保障数据传输和存储的安全性。定期进行安全审计和风险评估，及时发现和修复安全隐

患。在数据采集和使用过程中,严格遵守隐私保护的相关法律法规,对个人信息进行匿名化处理,限制数据使用范围。通过与数据安全的专业公司合作,开发并形成标准类数据安全产品,提高系统的数据安全防护能力。

4.2.3 提高系统可靠性与稳定性

在系统设计和选型阶段,选择高质量的硬件设备和可靠的软件系统。采用冗余设计和容错机制,提高系统的抗干扰能力和故障恢复能力。例如,采用双电源供电、双通信链路等方式,确保系统在部分设备或链路出现故障时仍能正常运行。建立完善的系统维护和升级机制,定期对系统进行检查和维护,及时更新软件版本和修复漏洞,确保系统长期稳定运行。

4.2.4 选择和培训高水平工人

在设备装前对拟选定的工人或班组做充分考察,优先选择具有类似施工经验的工人和班组,制定专项的项目培训方案,提出明确的安装标准而非笼统地按照规范施工,强调满足规范只是最基本的要求,这样才能保障最终实现设计功能及应用。

5 结论

工程消防智能化系统融合物联网、大数据和人工智能,实现消防系统智能升级,提升安全水平。设计应用需遵循可靠、先进与实用结合原则,优化架构,发挥关键技术作用。在不同应用场景中,工程消防智能化系统

能够显著提升火灾预警能力、优化应急响应、提高管理效率,带来良好的应用效益。然而,系统面临技术兼容性、数据安全与隐私保护、可靠性与稳定性等挑战,需通过推动标准制定、加强安全防护、提高系统可靠性来应对。未来,随着技术的不断进步,工程消防智能化系统将不断完善和发展,为保障人民生命财产安全发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 卢方旭. 消防报警系统的智能化设计与实际应用分析[J]. 消防界(电子版), 2024, 10(17): 47-49.
- [2] 张照阳. 浅谈消防物联网对建筑消防系统的提升[J]. 现代建筑电气, 2023, 14(05): 33-38.
- [3] 钦王成. 建筑物智能消防系统的研究与实现[J]. 消防界(电子版), 2022, 8(08): 55-57.
- [4] 林秀国, 李纯姣. 消防系统在建筑智能化中的优化设计探讨[J]. 居业, 2021, (10): 9-10.
- [5] 王鑫. 消防安防云智慧技术在建筑消防系统中的应用[J]. 居舍, 2020, (30): 157-158.

作者简介: 陈桥(1971 0405), 男, 汉族, 籍贯: 南京市江宁区, 学历: 本科研究方向: 工程消防, 文章关键字, 房建、变电站、音乐厅、电气工程等项目的分项消防工程。