

# 基于物联网技术的智能与物理防护一体化消防栓系统

李浩 姜文鹏 宋世豪 朱金艳 张思佳

安徽理工大学 安全科学与工程学院 安徽淮南 232001

DOI:10.32629/ems.v8i3.18764

**[摘要]** 随着城市化进程加快和消防安全需求升级,传统消防栓在管理效率、实时监测、应急响应及防护性能等方面的不足日益凸显。本文结合物联网技术、水压传感器、倾角传感器、5G 通信技术及机械防护技术,围绕智能消防栓的智能系统设计、软硬件改进、防护结构优化展开研究<sup>[1]</sup>。构建了涵盖数据采集、传输、处理与终端应用的智能消防系统架构;优化了消防栓硬件结构与防护设计,实现水压、倾角等参数实时感知与杂质侵入防护<sup>[2]</sup>。

**[关键词]** 智能消防栓;物联网;数据采集;状态监测;火灾预警;防护结构

## 引言

随着科技的发展与进步,城市火灾频繁发生,造成很大的人员伤亡和经济损失,传统的城市消防栓存在很多问题,比如当发生火灾时需要用到消防栓,但消防栓内存在水压不足问题,耽误灭火时间。目前,消防栓的巡检方式主要是人工巡检,这种巡检方式效率低,还需要投入大量人力与物资成本,并且消防栓栓杆与栓帽间存在向上敞开的空隙,外界杂质易进入,影响后续操作<sup>[3]</sup>。本文所提到的消防栓采用多种传感器、数据传输、物联网技术、5G 定位技术等,目的是实现实时监测,减少人员巡检以及数据共享,极大程度上减少损失。

## 1 智能消防栓的总体设计

智能消防栓总体是“智能监测+物理防护”的一体化设计<sup>[4]</sup>。智能系统设计分为感知识别层、数据传输层、系统服务层及综合应用层四个层级,其体系架构如图 1 所示。

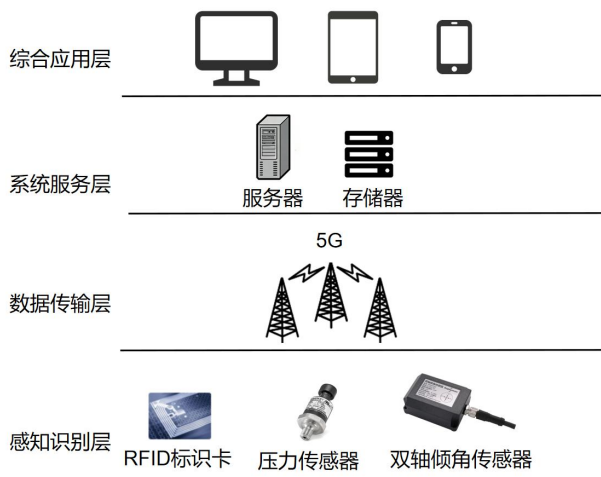


图 1 消防栓系统整体架构

## 1.1 智能消防栓的系统设计

**感知识别层:** 感知层是采集信息的主要结构,运用压力传感器和栓体倾角传感器,实现对数据的精准采集。并对城市每个消防栓采用 RFID 射频技术进行标识。将采集信息传递给数据传输层。本文压力传感器采用 MPT570 低功耗数字压力传感器,传感器的供电范围在 2.7-3.6V,静态电流小于 2mA,功耗小于 4mW。内置 MCU+ADC/DAC,支持远程校准。倾角传感器采用双轴倾角传感器,该传感器采用双轴同步检测,静态精度多达  $0.01^\circ - 0.1^\circ$ ,该传感器安装灵活,适用于户外消防栓的垂直结构,具有温度补偿,长期稳定性强。

**数据传输层:** 数据传输层主要收集各传感器的信息,经过模数转化,将感知层采集的模块化信息转化成数字信息<sup>[5]</sup>,并利用 5G 技术高带宽、低时延、广连接、高可靠等特点,实现感知数据向系统服务层的准确、高效传输。

**系统服务层:** 系统服务层作为系统的中心站。实现数据的收集,将数据进行分类、统计,经过处理后的数据呈现给平台,给综合应用层发送下一步指令提供依据。每天接收的数据无论是正常还是异常,都会进行存储,以实现消防工作人员清楚地查询消防栓的状态。

**综合应用层:** 综合应用层主要面向消防工作人员,工作人员根据传输的数据进行判断,给出下一步指令。工作人员根据监控平台查看城市每个消防栓的状况,及时发现数据异常和问题所在,然后进行检修,减少系统的故障率。

## 1.2 消防栓防护结构设计

防护结构设计防护机构包括防护板、延伸筒、转动环与限位框,防护板转动套设于顶盖表面,延伸筒与防护板一体

成型并开设空腔, 可对顶盖和栓杆本体进行全面笼罩, 阻挡杂质侵入。转动环焊接于防护板表面, 与消防栓本体顶部的限位框转动连接, 既为防护板转动提供导向, 又加固连接稳定性。

## 2 系统硬件设计

系统硬件由水压传感器检测模块、栓体倾角传感模块、RFID 标识模块、主控模块、通信模块及电源模块共同构成。

**电源模块:** 由于消防栓在城市分布广泛, 不仅城市中心部署消防栓多, 远离城市中心的地方往往各种大型厂区分布在此, 厂区亦是火灾高频发生区。因此本文选择电源模块时, 要兼顾高效能耗管理、远程供电适应和低功耗运行 3 项要求, 以确保系统长期稳定运行。本文采用高效能低功耗的 MP2315S 同步降压转换器作为核心电源管理芯片<sup>[6]</sup>, 该芯片支持宽范围输入电压 (4.5V~24V), 可以适配太阳能供电、锂电池供电和市电供电等多种供电方式, 还可以满足不同水利设施环境下的电源需求。MP2315S 具有高达 95% 的转换效率, 能够有效降低能量损耗, 并增强系统的整体续航能力。

**水压传感器模块:** 依据《消防给水及消防栓系统技术规范》, 消防栓水压标准范围为 0.15 - 0.2MPa。本系统设计可拆卸式水压传感器装置, 在消防管网连接管上开设 3-5 个均匀分布的检测孔, 内置 MPT570 低功耗数字压力传感器<sup>[7]</sup>, 通过电路安装腔实现传感器模块与无线传输模块的集成布置, 该传感器基于进口扩散硅感压芯片, 采用全不锈钢密封焊接工艺, 具备优良的防潮性能。其技术参数包括: 量程覆盖是从 -0.1MPa 至 100MPa, 综合精度可以达到  $\pm 0.5\%FS$ , 过载能力可以实现 1.5 倍满量程, 供电电压为 2.7 - 3.6V DC, 静态电流低于 2mA。该传感器可以输出 0 - 3V DC 模拟信号, 经过内置的 12 位 ADC 转换后, 由处理程序计算出实时水压值, 一旦检测到异常就立即通过消防检测 APP 向监管人员发送告警信息。

**栓体倾角传感器模块:** 由于室外传感器自身存在一定重力, 所以本文采用双轴倾角传感器, 该传感器可同时测量 X/Y 两方向倾角<sup>[8]</sup>, 无需单轴链接将重力分量转化, 依靠重力加速度, 双轴 (X/Y) 敏感元件感知重力在轴向上的分量, 经过内部电路转化成倾斜角度。该传感器量程: 0~360° 全角度, 静态精度:  $\pm 0.01^\circ \sim \pm 0.1^\circ$ , 供电电压: 9~36V DV, 工作温度: -40°C~+85°C, 模拟输出信号: 4-20mA。该传感器极强

的抗震抗电磁干扰, 在夏天高温条件下亦能正常工作, 保持测量精度。

**RFID 标识卡模块:** 系统通过 RFID 射频标识卡对每个消防栓进行身份标识。RFID 系统由读写器 (含传送器、接收器与微处理器)、天线及电子标签组成。读写器经由天线与标签进行射频通信, 标签进入识别区域后获取能量并将存储的电子编码发回。同时, 系统结合北斗混合星座的高精度、抗遮挡特性, 对消防栓进行精确定位, 并将位置信息实时上传至监控平台。主控模块, 本模块以 STM32L496 单片机为控制核心, 外接北斗定位、储存模块。通过 Cortex-M4 内核+FPU 同时支持 6 种低功耗模式, 对所收集的数据进行处理, 分析水压传感器、倾角传感器的数值变化是否在允许范围内, 将分析结果传输至用户 APP 上。

**通信模块:** 通信模块采用 5G 通信技术<sup>[9]</sup>, 将终端数据经过基带调制、射频转换, 转为 5G 空口信号发送。基站接收信号解调, 经过核心网路由转发, 实现端到端数据交互。空闲时模组进入休眠状态, 自身切换 STOP2 模式, 需要传输时, 同步唤醒, 这样做到高的传输速率于长续航兼顾。

## 3 系统软件设计

### 3.1 云平台搭建

云平台作为软件系统的核心, 可以实现远程集中监控和信息可视化。本文采用中国移动开发的 OneNET 物联网开放平台, 构建了高效的消防栓数据管理与应用体系。该平台核心是“云-网-边-端”一体化架构, 支持城市大量消防栓终端通过 5G 网络稳定连接, 并消防栓的远程数据采集与状态监控。通过定义标准数据模型, 平台能够实时接收并存储来自每个消防栓的水压、倾角等工况数据。系统按照规定的临界值, 对数据进行实时分析, 自动识别异常状态并触发分级预警。

在调配室配备监控平台, 实现消防栓工作状态可视化。基于此, 我们构建了集 GIS 地图、数据看板、报警列表于一体的 Web 监控大屏, 实现城市内所有消防栓状态的全景掌握。同时, 利用消防专用移动 APP, 使巡检人员能够实时接收任务。当发生异常可以及时上报, 并做出下一步指令<sup>[10]</sup>。

### 3.2 软件设计流程

软件流程设计如图 2 所示, 再接入电源后, 主控模块开始发出指令, 感知层传感器开始采集数据, 服务层对数据进行处理, 与标准值进行对比, 当超出标准值会发出警报, 在

正常范围内,系统会对这次采集的数据进行存储,最后在消防 APP 上展示。

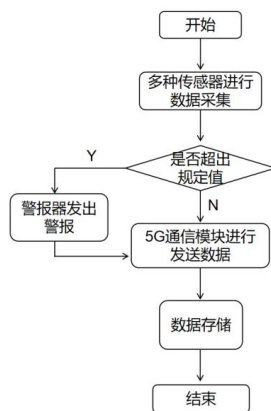


图2 软件流程设计图

### 3.3 系统功能实现

**数据分析:** 本文采用水压传感器和倾角传感器,将 MPT570 低功耗数字压力传感器内置于消防栓内,对城市消防栓进行数据采集。针对消防栓偏移的问题,本文采用双轴倾角传感器,该传感器可同时测量 X/Y 两方向倾角,实时掌握消防栓状态,为数据分析提供依据。

**实时监控:** 系统搭建监控平台,实现数据信息的可视化。对每个消防栓采用 RFID 电子标签进行唯一标识,通过点击屏幕可以查看每个消防栓的水压、倾角。系统配备强大的存储系统,将每天的数据进行储存,随时可以查看历史数据。将数据信息同步到消防工作人员的移动 APP 上,实现总部对工作人员的灵活调度。

**智能报警:** 系统可以实现智能报警,在终端设置了标准值区间,当传感器采集的数据传输到终端时,系统会对数据进行分析,一旦超出标准区间,就会发出警报。监控平台就会发现,同时巡检人员也会收到报警信息。系统将会分析出最近的巡检人员进行维修。

**物理防护:** 系统通过防护板、延伸筒、转动环与限位框的组合设计,实现对杆杆与顶盖的全面封闭保护。有效防止消防栓附近的落叶或者杂草将消防栓堵塞,减少维系数,降低维护成本。

### 4 结语

本文设计并阐述了一套基于物联网技术的智能与物理防护一体化消防栓系统,能够对消防栓设备状态及周边环境数据进行持续实时监控。通过集成多类传感器实现关键运行参

数的采集,并运用 5G 通信技术将数据传输。运用云端数据处理与分析能力,搭建监控平台,可以实现监管人员对巡检人员的集中调度,解决人工巡检耗时的问题,可实现及时发现及时处理。本系统还改进物理防护结构,防止户外消防栓因掉落的树叶而堵塞。对构建智慧城市的消防体系现代化建设具有积极的推进意义。

### [参考文献]

[1] 吕海波. 基于物联网技术的智能消防栓在线监控系统[J]. 长江信息通信, 2023, 36(11): 96-98.

[2] 郑彦龙. 基于移动终端的公共建筑物智能消防疏散系统研究[D]. 福建师范大学, 2019. DOI: 10.27019/d.cnki.gfjsu.2019.001112.

[3] 王海涛, 涂正沁, 张坤, 等. 基于智能消防栓的供水管网爆管监测试验[J]. 中国给水排水, 2021, 37(21): 33-40. DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.21.006.

[4] 刘松. 天然气集输站智能消防物联网系统研究及应用[D]. 重庆科技学院, 2018.

[5] 陈海峰. NB-IoT 技术在智能消防栓系统中的应用研究[J]. 长江信息通信, 2021, 34(09): 108-110.

[6] 林必忠, 余华春, 富兴波. 基于 STC15W204S 的电子式速度继电器设计与实现[J]. 机电信息, 2026, (01): 13-17. DOI: 10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2026.01.004.

[7] 杨昊坤. 基于物联网的室外消防栓数据智能采集系统设计[D]. 宁夏大学, 2020. DOI: 10.27257/d.cnki.gnxhc.2020.000075.

[8] 郑荫钦. 基于双轴倾角传感器及角度变化量的智能测距技术[J]. 大众标准化, 2025, (19): 54-56.

[9] 王杰, 刘俊杰, 吕品, 等. 基于 5G 通信技术的智能消防栓系统设计[J]. 电子制作, 2023, 31(15): 44-47. DOI: 10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2023.15.014.

[10] 刘西阁. 北斗智能消防栓系统设计[J]. 电子制作, 2021, (23): 39-41. DOI: 10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2021.23.011.

作者简介: 李浩(2005-), 男, 安徽理工大学安全科学与工程学院, 本科在读。

基金资助: 安徽省大学生创新创业训练计划项目(S202410361011)。