

上海轨道交通智慧消防物联网系统搭建

李景虎¹ 杨 骥² 刘 悦¹

(1. 上海申通地铁集团有限公司, 201103, 上海; 2. 上海市消防救援总队, 200051, 上海)

摘 要 [目的]为推进城市轨道交通行业数字化赋能,有必要建设上海轨道交通智慧消防物联网系统,以加强消防安全的运行态势感知和智能分析,同时提升安全风险识别和预报预警能力。[方法]通过采集涉消防系统重要设备的运行指标、警情事件、业务数据等信息,设计了上海轨道交通智慧消防物联网系统。利用物联网技术对消防业务各项数据进行采集和传输;利用大数据技术建设统一的技术架构,对所采集的数据进行存储、分析、管理;利用数字孪生技术将处理后的数据转化为实际应用,实现消防管理的可视化呈现。[结果及结论]通过搭建上海轨道交通消防物联网系统,将地铁网络各线路、站点业务、数据集成在一个平台,将日常涉及消防安全管理工作流程化、电子化、标准化。利用云计算、大数据等技术实现信息化与消防业务工作的深度融合,在很大程度上提升了上海轨道交通的消防管理水平。

关键词 城市轨道交通; 智慧消防; 物联网

中图分类号 U231.96

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.05.043

Construction of Smart Fire Protection IoT System for Shanghai Rail Transit

LI Jinghu¹, YANG Ji², LIU Yue¹

(1. Shanghai Shentong Metro Co., Ltd., 201103, Shanghai, China; 2. Shanghai Fire and Rescue, 200051, Shanghai, China)

Abstract [Objective] In order to promote the digital empowerment of the urban rail transit industry, it is necessary to construct a Smart Fire Protection IoT (Internet of Things) System for Shanghai Rail Transit, aiming to strengthen the perception and awareness of the operation status and intelligent analysis of fire safety, while enhancing the capability of risk identification, forecasting and early warning. [Method] By collecting information such as the operation indicators of important equipment in the fire protection-related systems, incident alerts, and business data, a Smart Fire Protection IoT System for Shanghai Rail Transit is designed, in which, the IoT technology is used to collect and transmit various data of fire protection business; the big data technology is utilized to build a unified technical architecture for storing, analyzing, and managing the collected data; and the digital twin technology is applied to

transform the processed data into practical applications, achieving a visual presentation of fire protection management as the result. [Result & Conclusion] Through the construction of the Smart Fire Protection IoT System for Shanghai Rail Transit, the businesses and data of various lines and stations in the metro network are integrated on one platform, and the workflows for daily fire safety management is thereby streamlined, digitized, and standardized. By using technologies such as cloud computing and big data, a deep integration of informatization and fire protection is achieved, significantly improving the fire protection management level of Shanghai Rail Transit.

Key words urban rail transit; smart fire protection; IoT

随着我国城市化进程的加快,城市轨道交通作为一种高效、环保的城市公共交通工具,越来越受到人们的青睐^[1]。然而,随着城市轨道交通线路长度的增长和客运量的不断增大,防范火灾事故风险也成为了城市轨道交通运营中重点关注的管理事项^[2]。2017年,由公安部消防局发布的《关于全面推进“智慧消防”建设的指导意见》中明确指出,要综合利用RFID(射频识别技术)、无线传感、大数据等技术,完善系统报警、设施巡检、消防监督等功能。2020年,上海市人民政府发布的《上海市消防条例》也提出了推动智慧消防建设的要求。在此背景下,信息化、智能化、科技化是消防管理未来最重要的发展趋势。

本文主要针对上海轨道交通消防管理现状,通过采集涉消防系统重要设备的运行指标、警情事件、业务数据等信息,综合运用物联网技术、大数据技术和数字孪生技术,设计了上海轨道交通消防物联网系统(以下简称“消防物联网系统”)。本文研究可为轨道交通新建线路消防物联网的搭建提供理论基础与技术指导。

1 上海轨道交通消防系统建设背景

随着城市轨道交通线路长度的增长和客流量的不断增加,对轨道交通消防系统的技术要求更

高,管理节点更多。随之而来的火灾事故也日益增多,造成了巨大的人员伤亡和财产损失。城市轨道交通消防管理是一个复杂的系统工程。传统的消防管理模式数据电子化薄弱,信息化建设不足,导致在日常消防管理工作中存在人工投入较大、信息缺失、关键数据滞后、执行监管困难等问题。针对上海轨道交通消防管理业务需求,通过消防物联监测、早早期预警等技防手段,建立了消防物联网系统,将地铁网络各线路、站点业务、数据集成在一个平台。该消防物联网系统能实现日夜不间断实时在线监测预警,当出现异常情况时,通过手机 App、微信等多种途径,将报警信息持续分级推送给各级管理人员,以便于人员及时响应。同时,利用消防物联网系统的智能巡检、隐患整改等功能,统一标准流程、标准动作,做到技管适配,提升上海轨道交通消防管理业务的工作效率。

2 消防物联网系统介绍

2.1 系统架构

根据上海轨道交通消防日常运行、维护和管理的要求,设计了消防物联网系统。系统架构可分为感知层、网络层、数据层、应用层、管理层^[3]。消防物联网系统架构示意图如图 1 所示。

1) 感知层。感知层是集中平台所有接口的通道,通过标准接口及协议,实现平台与源系统之间的信息交换。同时,通过数据感知设备采集设备实体空间信息,实现对烟、温、水、电、火、视频等设施设备运行状态的全面感知。

2) 网络层。网络层包括传输网络、传输协议和传输安全。通过各种传输网络传输前端感知设备所采集的数据。城市轨道交通网络复杂,涉及区域广泛,通过对网络架构进行安全域的规划,明确区域之间的整体访问控制原则及终端隔离原则。平台与源系统接口时,通过采取安全访问控制操作来保障各自系统的安全。

3) 数据层。数据层主要对信息进行存储、管理及分析。首先,对前端感知设备采集的原始数据进行初步的清洗和整理,按规则进行分类。然后,接入结构化数据,通过数据清洗、数据转换、数据计算等方式对存储的数据进行处理和加工,以提供更高层次的数据分析功能和数据挖掘功能。

4) 应用层。应用层可将处理后的数据转化为实际应用提供给业务用户,也可对通用功能的软件



注: B/S—浏览器/服务器模式; IP—互联网协议; FAS—火灾自动报警系统; EMCS—设备监控系统; WEB—全球广域网。

图 1 消防物联网系统架构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the fire protection IoT system architecture

组件、基础功能的应用软件进行汇总,为业务系统的调用提供统一的资源池。应用层预留了数据接口,能够实现数据的共享和应用。

5) 管理层。管理层对所采集的数据进行集中统计分析,形成可视化的综合业务管理平台,提供前端应用软件和用户交互的人机界面,包括计算机、移动端等终端。

2.2 关键技术

2.2.1 物联网技术

由于城市轨道交通消防系统组成的复杂性,以及建筑形式和布置的差异性,其消防设施系统的组成特点也不尽相同。上海轨道交通当前的 FAS 及 EMCS 已经集成了大部分消防系统设备的报警及运行数据,但对于上海市 DG/TJ 08-2251—2018《消防设施物联网系统技术标准》中要求必须监测的消防泵出水总管、消火栓管网最不利点压力监测等缺少在线监测设备。因此在系统建设的数据采集阶段,本文充分参考了 DG/TJ 08-2251—2018《消防设施物联网系统技术标准》,确保数据采集的完整性和准确性。利用物联网技术,将地下车站、地面及高架车站、停车场、变电站、商业等各部分消防系统数据集中汇总到 FAS、EMCS 中,并对部分消防设施设备运行数据加装物联设备进行采集。

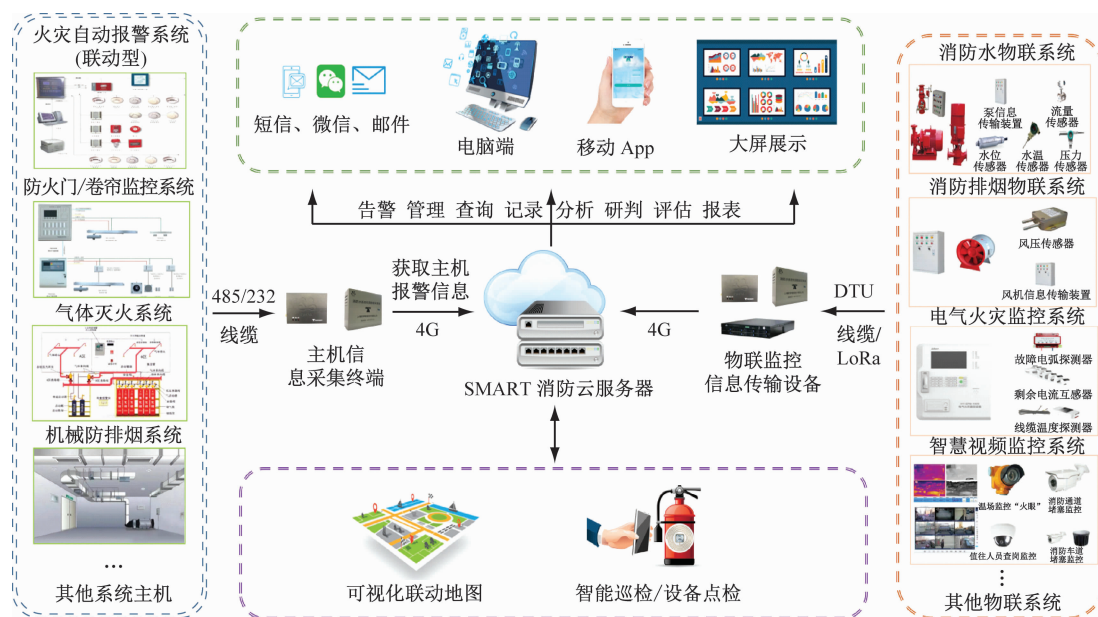
2.2.2 大数据技术

上海轨道交通现有的 FAS 系统报警机制仅为单次实时报警。以故障报警为例:通过调研观察及记录发现,上海市域铁路嘉闵线天山路站 T4/FF2-B7 防火阀在某日 12:23:00 起至 22:14:00 期间发

生了6 174次监管报警,最短持续报警时间仅1 s,但该设备点位故障报警次数为0。通过维保工程师现场确认发现,该点位设备某部件受损,频繁将监管数据发送给消防主机。由此可知,过程性报警数据的分析可以帮助管理人员判别故障是否真实修复,并能快速发现隐形故障设备,确保消防设施可以健康运行。综上所述,利用大数据技术对已接收数据进行辨析、清洗、合并及一致性检查等^[4],能够实现海量复杂结构化、半结构化和非结构化数据的储存、管理和调用,因此需建立全方位数据分析和预测预警模型,以提升消防系统的风险管控能力。

2.2.3 数字孪生技术

在消防管理中,需要了解报警点周围区域的信息,包括物理空间信息、警情类型、报警时间、周边设备联动情况等数据。通过数字孪生技术可以将公共区域的消防设施在可视化图层界面上进行撒点标记,建立图层侧的虚拟实体,然后通过虚拟数字化镜像技术,关联现实世界的设备状态与图层侧的虚拟实体。通过数据清洗、数据转换、数据对齐等操作,对来自不同来源的数据进行融合和分析,以实现实时数据的同步^[5]。最终,结合警情管控场景、设备运维场景、资产管控场景的应用,实现公共区域消防设施警情状态、运行状态的可视化呈现。消防物联网数据传输示意图如图2所示。



注:App—应用程序;SMART—智慧;DTU—数据传输单元;LoRa—远距离无线电。

图2 消防物联网数据传输示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the data transmission for fire protection IoT system

3 消防物联网系统主要功能

基于消防管理业务需求,消防物联网系统覆盖日常管理的十余项业务功能,本文就其中四项主要功能进行介绍。

3.1 早早期预警

早早期预警是通过物联网技术连接消防设施与消防管理系统的,能实时获取消防设施(如消防栓水压、喷淋系统管道压力等)的状态数据。针对重要设备机房等重点区域,根据现场采集的信息进行火灾预警,经系统综合诊断分析,发出超温预警及温升速率过快预警,在事故发生前,为人工处理

赢取充足时间,大幅降低运行故障的发生概率。同时,消防管理系统与监控系统、火灾报警系统等相连接,自动接收来自各个站点的报警信息。

3.2 智能巡检

智能巡检取代了传统的纸质检查表,检查人员使用手机App等终端接收检查任务,进行电子化填报,并完成现场检查。通过消防管理系统配置统一的检查表,列出符合要求的状态照片,实现标准化、高效、准确的防火及设施检查。同时,消防管理系统会对检查数据进行汇总和分析,生成任务统计等各类统计报表和图表,管理者可以根据这些报表了解消防设施的运行状态和存在的问题,以便制定更

加有效的防火安全措施。

3.3 隐患整改

隐患整改是安全管理的核心环节之一,通过及时发现并消除潜在的安全隐患,可以有效预防各类事故的发生。通过设置定期的检查任务,对建筑物、设施、设备等进行全面检查。在进行隐患排查的过程中,将所发现的隐患通过手机 App 上传至平台。消防安全管理人员可查看隐患排查结果,实时跟踪整改任务进度情况,确保整改任务按时完成,完成隐患整改闭环。通过消防管理系统的数据分析功能,对隐患排查与整改工作进行分析,为后续的消防安全管理工作提供数据支持。

3.4 组织架构优化

在消防管理系统中,组织架构优化是提升消防安全管理效率和响应能力的关键环节。将组织内部的消防相关数据(如消防设施信息、人员信息、巡查记录等)集成到统一的平台上,以便不同部门实时地了解消防设施的运行状态、巡查记录等信息,明确了各部门在消防安全管理中的职责和协作方式,实现了数据的统一管理和共享,使各部门共同参与 to 消防安全管理工作中来。

4 结语

消防物联网系统通过云计算、大数据等技术,实现了信息化与消防业务工作的深度融合,将日常涉及消防的安全管理工作流程化、电子化、标准化,实现了信息互通、数据共享、联动溯源。针对上海轨道交通消防管理的业务需求,将地铁线网各线路、站点业务、相关数据集成在一个平台,统一标准流程、标准动作,做到技管适配,提升上海轨道交通消防管理业务的工作效率。消防物联网系统能够自动保存日常报警处理和巡检等工作记录,信息全面无滞后性,降低了日常消防管理和监督的复杂度和难度,减少了人工投入成本,形成了全面的安全管理动态评价体系。

对于未来新增涉消业务场景的搭建,可充分考虑人、机、环境、管理、文化在安全管理中的协同作用,全面提高设备安全管理工作的科技化、信息化、

智能化水平,利用硬件设施,提升安全管理实时监测与预警的能力。

参考文献

- [1] 宋冰晶. 城市化进程中轨道交通车站可持续发展策略探究[J]. 隧道建设(中英文), 2023, 43(增刊1): 323.
SONG Bingjing. Sustainable development strategies for rail transit stations from perspective of urban renewal[J]. Tunnel Construction, 2023, 43(S1): 323.
- [2] 王小飞. 国内外城市轨道交通应急管理状况分析[J]. 现代城市轨道交通, 2020(12): 118.
WANG Xiaofei. Analysis of urban rail transit emergency management status at home and abroad[J]. Modern Urban Transit, 2020(12): 118.
- [3] 费芹, 梅鹏, 吴蒙. 智慧消防物联网系统的设计与应用[J]. 科技与创新, 2018(18): 156.
FEI Qin, MEI Peng, WU Meng. Design and application of intelligent fire protection Internet of Things system[J]. Science and Technology & Innovation, 2018(18): 156.
- [4] 孙金超. 大数据技术在计算机信息系统中的应用[J]. 无线互联科技, 2022, 19(12): 112.
SUN Jinchao. Application of big data technology in computer information system[J]. Wireless Internet Technology, 2022, 19(12): 112.
- [5] 陶飞, 马昕, 胡天亮, 等. 数字孪生标准体系[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(10): 2405.
TAO Fei, MA Xin, HU Tianliang, et al. Research on digital twin standard system[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(10): 2405.
- [6] 卢锋. 地铁区间隧道消防应急照明与疏散指示系统设计研究[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(增刊2): 128.
LU Feng. Design and research on emergency lighting and evacuation indicating system for subway tunnel[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(S2): 128.
- [7] 郑超. 地铁车站群组消防供水模式探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(8): 243.
ZHENG Chao. Exploration of fire water supply mode for metro station cluster[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(8): 243.

· 收稿日期:2024-07-30 修回日期:2024-08-30 出版日期:2025-05-10

Received:2024-07-30 Revised:2024-08-30 Published:2025-05-10

· 通信作者:李景虎,正高级工程师,691738717@qq.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license