城市轨道交通智能安防系统建设与应用探析

雷方舟
天津轨道交通咨询有限公司　天津　300000

摘　要：为提升城市轨道交通运营安全管控水平，本文依托物联网、人工智能、大数据等技术，阐释智能安防系统的核心内涵、架构体系与关键技术，梳理其在安检防控、设备运维、应急处置等场景的应用现状与建设成效。针对系统集成度低、技术适配不足、运维体系欠缺、行业标准不全等核心问题，提出一体化集成、技术迭代、规范完善、运维优化等对策，同时预判技术融合、全域防控、智慧管控的行业发展趋势，为城轨智能安防建设提供参考。

关键词：城市轨道交通；智能安防系统；建设；应用

引言：城市轨道交通作为城市公共交通核心载体，具备客流密集、场景封闭、运营连续的特点，安全稳定运营是保障城市交通有序运转的关键。传统安防依赖人工值守，存在响应滞后、管控片面、风险预判不足等短板，难以适配现代化城轨高密度运营需求。在此背景下，智能安防系统成为城轨安全升级的核心方向。本文系统探析其建设架构、应用现状与现存问题，针对性给出优化策略，助力城轨安防向数字化、智慧化转型。

1 城市轨道交通智能安防系统核心概述与技术架构

1.1 城市轨道交通智能安防系统核心内涵

（1）基本定义：系统以物联网、AI、大数据为核心，整合车站、隧道、列车及机房等场景安防资源，构建风险主动感知、智能预警与联动处置的一体化体系，实现从被动防御向主动防控转型。（2）核心特征：具备智能化识别、自动化监测、数据化分析、联动化处置及可视化管理五大特征。可自动识别异常行为与设备状态，实时监测环境参数，深度挖掘数据价值，联动多子系统协同响应，并通过可视化界面实现全局态势掌控。（3）建设原则：遵循安全可靠、兼容互通、高效便捷、适度超前、运维可控五项原则。确保系统稳定与数据安全，实现新旧设备互联互通，响应速度满足高密度运营需求，技术选型兼顾前瞻性与经济性，运维管理简洁高效。

1.2 智能安防系统总体架构

（1）感知层：部署智能摄像头、主动式太赫兹人体安检仪、环境传感器、入侵探测器及人员定位终端，实现全场景、多维度的安全数据实时采集。（2）传输层：依托5G、工业以太网及边缘传输技术，构建高带宽、低延迟、高安全性的数据传输通道，保障海量数据实时上传与控制指令精准下达。（3）平台层：搭建大数据安防管理平台，集成数据存储、清洗、分析及可视化展示功能，统一管控视频监控、安检报警、门禁控制等子系统，消除信息孤岛。（4）应用层：面向安检防控、人员管控、设备监测、环境预警及应急处置等业务场景，开发智能化应用，提供风险识别、趋势预测与辅助决策支持[1]。

1.3 系统核心关键技术

（1）智能图像识别技术：基于深度学习，高精度检测违禁品、人员异常行为及设备故障，提升预警。（2）大数据分析与可视化技术：多维度分析安防、客流及设备运行数据，生成可视化报告，辅助决策。（3）边缘计算技术：前端完成数据预处理与风险预判，降低云端负载，缩短响应时延，保障快速处置。（4）物联网联动技术：实现安检、监控、报警、门禁等子系统协议互通与联动触发，构建闭环防控。（5）主动式太赫兹技术：利用太赫兹波穿透力强、无电离辐射，实现非接触、快速精准安检。（6）多能X射线技术：通过多能谱分析提高物质识别精度，有效区分违禁品与日常物品。

2 城市轨道交通智能安防系统建设与应用现状

2.1 智能安防系统主要建设内容

（1）智能安检子系统：部署智能安检机、人脸识别门禁及主动式太赫兹人体安检仪，实现随身行李与人体同步快速安检。基于图像识别技术自动检出管制刀具、易燃液体及压力罐体等违禁品，减少人工开包复检，缓解早晚高峰乘客排队滞留问题。（2）智能视频监控子系统：升级AI高清监控设备，覆盖车站公共区、轨行区及设备机房等关键区域。支持异常行为自动抓拍、人员轨迹追踪及遗留物告警，实现24小时不间断智能值守，弥补传统监控依赖人工盯屏导致的响应延迟与盲区。（3）安全风险监测子系统：集成轨道入侵监测、隧道环境监测、设备运行状态监测及客流拥堵监测模块，对轨行区异物侵入、温湿度异常、核心设备过热及站台拥挤度等隐患进行多维度数据采集与交叉分析，构建覆盖全部运营场景的风险排查网络。（4）智能应急处置子系统：整

合应急报警、智能广播、疏散引导及联动调度功能。突发事件发生时，自动触发预设预案，同步推送疏散指令至广播、显示屏及移动终端，实现警力、医护与救援资源可视化调度，提升多部门协同应急效率。

2.2 智能安防系统典型应用场景

（1）日常安防防控场景：常态化开展违禁品智能排查、人员异常行为监测及客流智能疏导。系统依据实时客流密度动态调整安检通道开放数量与巡防路线，有效降低乘客冲突、拥挤踩踏等日常运营风险。（2）设备安全运维场景：实时监测电梯、信号设备及供电设备的核心运行参数，通过趋势分析与阈值预警提前预判部件异常，自动生成预防性维护工单并推送至维修班组，有效避免突发设备故障影响行车安全。（3）突发事件处置场景：针对火灾、客流踩踏、轨道异物入侵及突发险情，系统自动识别触发条件并发出多级警报，同步联动视频、广播、门禁及照明系统切换至应急模式，为现场指挥提供全流程可视化处置方案与动态态势图[2]。（4）重大活动保障场景：结合节假日或大型活动期间的客流预测数据，提前生成差异化安防布控方案，动态调整安检等级、人员值守点位与应急物资储备，实现高密度客流下的精准风险管控与资源弹性调度。

2.3 行业建设应用现有成效

（1）安防防控效率显著提升：通过智能化设备替代传统人工值守，实现全天候、无死角安防监测，视频巡更效率较人工模式提升数倍，同时有效降低一线安检人员劳动强度与运营用人成本，推动岗位配置向高价值分析工作转移。（2）风险预判能力有效增强：系统从传统事后追溯转变为事前预警与事中主动干预，通过对客流超限、设备异响、温度异常等前兆信号的自动捕捉与分析，已成功将多起潜在安全事故遏制在萌芽阶段，显著降低运营中断事件发生概率。（3）安防管理标准化升级：推动设备台账、人员操作、隐患排查及处置流程全部实现信息化闭环管理，各项安防数据可追溯、可对比、可考核，有力促进城轨企业安防管理向精细化、规范化、数字化方向持续提升。

3 城市轨道交通智能安防系统建设应用问题与优化对策

3.1 系统建设与应用现存核心问题

（1）系统集成度不足：各安防子系统由不同厂商独立建设，缺乏统一的数据接口、通信协议和平台架构，视频监控、安检报警、门禁控制、应急广播等系统各自为政，数据壁垒严重，形成“信息孤岛”，制约一体化安防效能。突发事件时各系统响应不同步、信息传递滞后，影响指挥调度效率。（2）技术适配性有待提升：部分智能识别算法在客流密集、光照剧变、严重遮挡等复杂场景下准确率下降，误报漏报频现；前端硬件在高温、高湿、强电磁干扰等极端环境中稳定性不足，故障率偏高。现有技术体系难以满足高密度、高动态、大客流场景全天候可靠运行要求，影响实用性与可信度。（3）运维管理体系不完善：智能安防设备技术跨度大，但一线运维人员多沿用传统机电经验，对AI调优、数据平台运维等新技能掌握不足，专业人才短缺。加之设备老化更新滞后、故障排查响应不及时，缺乏全生命周期管理与常态化性能评估机制，部分已建系统因运维缺位功能衰减，造成投资浪费与效能下降。（4）标准规范体系不健全：各城市轨交安防系统在设备选型、功能配置、数据格式、安全等级等方面缺乏统一技术标准和规范指引，部分场景标准空白。数据共享格式与接口协议不统一，跨线路、跨区域对接困难，信息交换成本高昂。运维标准、验收评估参差不齐，制约行业规范化、规模化发展，并为后续升级改造和互联互通埋下隐患。

3.2 系统建设优化策略

（1）推进系统一体化集成建设：以顶层设计为牵引，搭建统一的智能安防综合管理平台，制定标准化数据接口与通信协议规范，全面打通各子系统数据通道。建立统一的数据中台，实现安防数据的统一采集、清洗、存储、分析及可视化展示，通过统一的联动策略引擎实现跨系统自动协同处置，从根本上消除信息孤岛，真正构建起"一个平台、一套数据、一体联动"的安防管控新格局，全面提升跨系统协同响应能力[3]。（2）强化核心技术迭代升级：建立算法持续优化机制，通过扩大真实场景训练样本库、引入对抗训练与迁移学习等手段，持续提升低照度、高密度、遮挡严重等复杂场景下的识别精度与鲁棒性。升级前端智能硬件性能，增强设备在极端温度、强电磁干扰等恶劣环境下的自适应与抗干扰能力。积极引入多模态融合感知、数字孪生、知识图谱等前沿安防技术，构建多层次、多维度感知分析体系，全面提升系统整体技术韧性与复杂环境应对能力。（3）统一行业建设标准规范：紧密依据国家轨道交通安防相关技术标准与政策要求，结合各城市线路运营实际，加快制定覆盖设备配置选型、数据采集传输格式、系统接口规范、安全防护等级、运维管理要求及验收评估方法等全流程的行业统一标准体系。建立标准动态更新机制，定期评审和修订已有规范，为规范化建设、跨系统互联互通以及行业健康有序发展提供坚实的制度保障与技术指引。

3.3 系统应用与运维完善路径

（1）构建专业化运维团队：制定涵盖AI算法基础、数据平台管理、智能设备诊断等内容的专项培训计划，通过校企联合、厂商培训、岗位轮训等多元方式系统培养复合型运维人才。引进具备智能安防与信息化双重背景的专业力量，建立健全从日常巡检、故障分级响应到系统性能评估、版本迭代更新的全闭环运维保障机制，确保系统长期处于可靠、高效运行状态。（2）深化场景化精准应用：基于不同车站的客流特征、空间布局及时段规律，精细化配置安检通道数量、监控巡检路径、预警阈值参数及应急物资储备方案，实现高峰期与平峰期、常规日与节假日安防管控模式的智能识别与自适应切换。针对换乘站、枢纽站、社区站等不同类型站点制定差异化安防策略，提升安防资源部署的针对性与使用效率，真正实现因站施策、因时制宜的精准化安防管理[4]。（3）建立长效运营考核机制：将安防系统在线率、隐患发现及时率、误报漏报率、处置响应时长、设备完好率及用户满意度等核心指标纳入运营绩效考核体系，实行量化评分与定期通报制度。建立考核结果与资源投入、岗位激励相挂钩的联动机制，以量化评价驱动系统持续优化与迭代完善，保障安防体系在全生命周期内长效稳定发挥实际应用实效，推动安防管理水平持续提升。

3.4 行业未来发展趋势

（1）技术融合深度化：人工智能、大数据分析、物联网感知、5G通信及数字孪生等前沿技术将与轨交安防体系加速实现深层次融合创新，多模态协同感知与跨域智能决策技术日趋成熟。AI大模型、自动化机器学习等新技术的逐步引入，将极大提升系统自主学习和自适应优化能力，推动安检、监控、巡查、调度、应急全业务链条逐步向无人化、少人化、自主化智能安防新模式加速演进升级[5]。（2）防控体系全域化：未来将彻底打破车站、列车、隧道、高架桥及地面附属设施之间的安防边界壁垒，实现地上地下、车内车外、线路网络全空间一体化感知覆盖与联动响应机制。通过统一的安防数字平台，将线路、线网层面的安防数据进行跨域融合，构建立体化、全覆盖、无盲区的轨交安防防控网络，形成多点感知、全线联动、区域协同的整体防控大格局，全面提升线网级安全防护能力。（3）安全管控智慧化：系统能力将从当前以被动响应为主的运行模式，全面向主动预判、智能决策与自主处置的高级阶段持续进阶。依托数字孪生仿真推演、知识图谱推理及智能预警预测模型，实现风险的事前精准识别研判、事中科学辅助决策、事后快速复盘溯源。随着自主决策算法的不断成熟，系统将逐步具备从感知到决策、从预警到处置的闭环自主运行能力，全面推动轨道交通安防管理迈入智慧化、精细化、自动化的崭新发展阶段。

结束语

本文全面梳理城市轨道交通智能安防系统的技术架构、应用场景与建设成果，剖析当前系统集成、技术适配、运维管理、行业标准等方面的突出问题，提出全方位优化改进策略。智能安防是城轨安全发展的必然趋势，未来需持续深化技术融合、完善管控体系、统一行业标准，破除安防建设痛点，构建全域化、智慧化、精细化的安防防控体系，全面提升城市轨道交通安全运营与应急处置能力。

参考文献

[1]赫楠,张在龙.城市轨道交通智慧安检安防系统构建与应用[J].城市轨道交通研究,2022,25(4):214-220.

[2]刘懿文.基于贝叶斯网络的城轨运营安全风险防控及智能安防应用[J].都市快轨交通,2022,35(2):162-167.

[3]李德龙,刘德海.城市轨道交通枢纽智慧安检安防联防博弈模型与优化[J].系统工程理论与实践,2022,42(12):3363-3380.

[4]王思佳.城市轨道交通网络智能安防防护技术体系研究[J].铁道通信信号,2024,60(6):98-104.

[5]付保明.城市轨道交通智慧安防安检系统发展趋势与建设要点[J].铁路通信信号工程技术,2023,20(10):57-62.