

基于大数据的城市轨道交通高效精准安检新模式^{*}

林晓波¹ 任生祥² 周左鹰¹ 李维姣¹

(1. 公安部第三研究所, 200031, 上海; 2. 上海城市公共安全研究中心, 201210, 上海)

摘要 [目的] 随着城市轨道交通的快速发展, 公共安全問題日益凸显, 需建立先进、规范的标准体系, 开展公共安全系统技术研究。探索城市轨道交通精准安检新模式, 以提升出行的安全性和便捷性。[方法] 通过推进城市轨道交通公共安全技术防范标准化工作, 组织调研, 探讨安检技术发展新方向。基于精准安检技术和智能联动平台, 研究高效精准的安检新模式, 解决当前安检模式下遇到的问题和困难, 并通过开展安检新模式及系统的应用示范工程, 验证新确立的标准化设施设备及其系统功能。[结果及结论] 基于乘客诚信智能评估、实人快速认证、违禁品精准识别、智能联动处置等关键技术, 建立高效精准安检系统, 重塑安检流程, 开展效能评估和应用示范, 可为构建安全便捷的城市轨道交通出行服务体系提供技术支持, 并为相关标准的修订与新技术的探索提供重要参考, 从而进一步提升我国城市轨道交通的公共安全防范能力。

关键词 城市轨道交通; 安全防范; 精准安检

中图分类号 U293.2

DOI:10.16037/j.1007-869x.20241151

A New Mode for Efficient and Precise Security Screening in Urban Rail Transit Based on Big Data

LIN Xiaobo¹, REN Shengxiang², ZHOU Zuoying¹, LI Weijiao¹

(1. The Third Research Institute of the Ministry of Public Security, 200031, Shanghai, China; 2. Shanghai Urban Public Safety Research Center, 201210, Shanghai, China)

Abstract [Objective] With the rapid development of urban rail transit, public safety issues are becoming increasingly prominent. It is essential to establish an advanced and standardized system framework and conduct research on public safety system technologies. A new mode for precise security screening in urban rail transit is explored for the travel safety and convenience enhancement. [Method] By advancing the standardization of public safety technology and prevention in urban rail transit, field research is organized to explore new directions in the development of security screening technologies. Based

on precise screening technologies and an intelligent interactive platform, a new mode for efficient and precise screening is studied to address existing problems and challenges in current security screening practices. Additionally, application demonstration projects for the new security screening mode and system are carried out to verify the newly established standardized equipment and their system functionalities. [Result & Conclusion] By leveraging key technologies such as intelligent passenger credit evaluation, real-time identity verification, precise identification of prohibited items, and intelligent coordinated response, an efficient and precise security screening system is established. This system reshapes the screening process, supports performance evaluation and application demonstration, and provides technical support for building a safe and convenient urban rail transit service system. It also offers important references for revising related standards and exploring new technologies, thereby further enhancing the public safety prevention capabilities of urban rail transit in China.

Key words urban rail transit; safety prevention; precision security check

上海轨道交通全网日均客流量已超过千万人次, 而且上海轨道交通承载了近60%的城市公共交通客运量, 其安全运行对保障人民群众生命财产安全、维护社会安全稳定具有重要意义。因此, 如何标准化开展安检工作, 是现实热点难题。国办发〔2018〕13号《国务院办公厅关于保障城市轨道交通安全运行的意见》明确要求: “鼓励推广应用智能、快速的安检新技术、新产品, 逐步建立与城市轨道交通客流特点相适应的安检新模式。”

开展城市轨道交通公共安全系统技术研究, 建立先进、规范的标准体系, 有利于提升城市轨道交通出行的安全性和便捷性。重点研究智能、精准、快速的新技术和新应用, 积极探索城市轨道交通精准安检新模式, 可促进我国城市轨道交通公共安全防范达到更高水平。

^{*} 上海市科技创新行动计划项目(21DZ1200700)

1 前期工作基础

1.1 努力推进城市轨道交通公共安全技术防范标准化

2005 年起,GB/T 26718—2011《城市轨道交通安全防范系统技术要求》立项启动,这是我国城市轨道交通安全防范领域第一部国家标准,全面规范了城市轨道交通公共安全技术防范 5 大系统的技术要求,严格规定了相关产品的功能及性能要求,成为设计、制造和验收城市轨道交通安全防范系统产品的基本依据。表 1 为城市轨道交通公共安全防范标准体系中的各项标准。

表 1 城市轨道交通公共安全防范标准体系

Tab. 1 Standard system for public security and protection system of urban rail transit

序号	标准	状态
1	GB/T 26718—2011《城市轨道交通安全防范系统技术要求》	2011 年发布,修订中
2	GB 51151—2016《城市轨道交通公共安全防范系统工程技术规范》	2016 年发布,英文版翻译中
3	GB 38311—2019《城市轨道交通安全防范通信协议与接口》	2019 年发布
4	20221467-T-333《城市轨道交通网络信息系统安全基本要求》	已立项,正在起草

截至目前,城市轨道交通公共安全防范系列国标编制组已发布 4 项国标,其中 2 项国标在修订/编制中(见表 1),从城市轨道交通工程可行性研究阶段开始,贯穿于整个运营周期,已逐步形成体系化;引入了风险评估工作机制,系列标准为城市轨道交通安防产品和系统的研发、生产、使用、检测,以及工程设计、建设、检验和验收等提供依据,对资源投入的可行性、必要性提供技术支撑,以保障资源利用最大化,实现减员增效。

1.2 积极组织调研,探讨安检技术发展新方向

2020 年 7 月开展了以上海轨道交通运营站线安全检查及探测系统为重点的全面调研。通过实地走访、现场测试、座谈讨论等形式,对照国家标准 GB/T 26718—2011 和 GB 51151—2016,调研安检系统及设备在技术指标、实施程序等方面是否满足标准规定,应用现状能否满足公共安全管理需求,同时找准当前业务难点和痛点问题,如客流高峰期易拥堵、易燃易爆物识别难等,为该系列国家标准的修订和新技术的探索夯实基础。

2 重点解决的问题

2.1 当前安检模式下安检率不高,存在一定的安全隐患

安检流程可分为引导检查、值机检查、应急处置三个部分,全程采用音视频取证系统,保证操作的规范性。该流程较为完备,但 X 光机传送带速度偏慢,读图全部依赖人工,若人人必检,在高峰期由于排队势必造成拥挤。为应对城市轨道交通的大客流,上海轨道交通安检采用“大包必查、小包抽查、逢疑必查”的安检策略,虽一定程度上加快了通行效率,但仍存在漏检的安全隐患。

2.2 设备智能化水平尚待提高,安检精准度不高

上海轨道交通按照有关标准和法规的规定,根据各站点的地理位置、人流量等因素,配置不同的安检装备,以 X 光安检设备为主。老设备多为单视角 X 射线,图像依靠安检员人工判读,对安检员的经验值依赖较高。

新线设备的招投标中,增加了 X 射线智能识别的内容,人工智能技术可辅助判别一些常见类别且有固定形状的危险物品,但该技术尚处于探索期。根据现场调研和测试,智能识别类别和准确度等关键指标都有待提升,尤其是易燃液体、易爆物品等危险品没有固定形状,识别困难且量大,是安全风险防范预警的难点和痛点。

此外设备大多不具备联网功能。设备单体运行造成信息相互割裂,不仅不能发挥不同设备协同作战的效能,单个设备的使用效能也无法评估。

2.3 人、包检测相互隔离,发现违禁品后追溯到人较困难

安检通道若实行人、包分离,目前的人体安检技术仍存在虚警率过高、抗干扰能力差等问题,包裹的安检数据也与人无法形成关联,且乘客进站非实名,一方面容易发生物品被误拿,另一方面若可疑包裹无人认领,或出现安全事件,追溯难度较高,因此在上海轨道交通并没有被广泛使用。随着城市轨道交通向网络化发展,依靠传统的人力、物力叠加投入,安全与效率、质量与成本之间的矛盾日益显现,难以通过单一技术或增加安检设备和通道的方法来解决,安检模式创新势在必行。基于乘客诚信安全评估机制的高效精准实名制乘车安检是未来的发展趋势,综合违禁品精准识别、大数据等技术,构建分类精准安检新机制,实现检人与检物

的统一、技术与场景的统一,实现系统智能联动,从而提升安检的有效性、准确性。

3 主要研究内容

针对城市轨道交通安检“全覆盖、高通量、非接触”的需求,研究乘客诚信智能评估、实人快速认证、违禁品精准识别、智能联动处置等关键技术,形成高效精准安检系统,完成安检流程重塑,开展效能评估和应用示范,推动城市轨道交通安检体系化创新,为打造安全便捷的城市轨道交通出行服务体系提供技术支撑。

3.1 高效精准的安检新模式

基于多源大数据,构建隐私保护下的乘客诚信评价体系,将乘客群体分为授信群体和其他群体;通过对接智能联动处置平台,推送认证资格至授信乘客前端应用,引导授信乘客至非接触实人认证专用通道;引导其他乘客至精准安检通道,实现不停留、少开包的违禁品精准识别,有效减轻高峰期安检压力。安检新模式业务流程如图1所示。

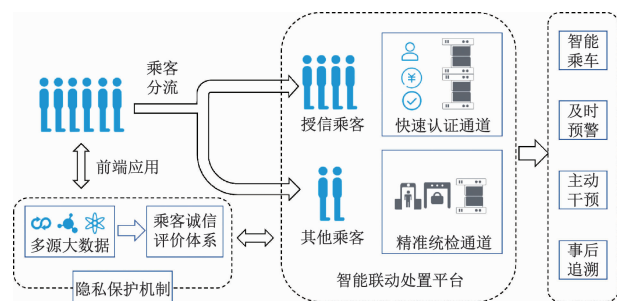


图1 安检新模式业务流程图

Fig. 1 Business process flowchart of new security screening mode

3.2 精准安检技术

研究基于X射线探测数据,研究待检物有效原子序数、密度等特征属性精确测量技术,突破外观一致、成分不同的危险液体识别难题,结合图像区域特征和物体空间遮挡关系,构建物质分析模型,精准识别隐藏于行李包裹内的汽油、酒精等危险液体。同时构建多维度、可持续优化的违禁品智能精准识别^[3]模型,通过匹配关键物和待检物特征相似度,实现包裹内易燃液体、枪支刀具、烟花爆竹等各类违禁品在不开包情况下的全面、精准识别。

3.3 智能联动平台

该平台集成了安检机、实人认证等设备,对接“Metro 大都会”等业务系统,对数据源进行统一接

入、处理、建库等;搭建预警事件处置、禁限物品管理等应用,可基于乘客诚信评估、认证信息、危险品等异常信息、异常动作的事前预警模型,建立可疑事件的分检以及联动处置平台与安检设备、事中干预机制,生成应急处置预案,在发现可疑人或物的情况下及时推送相关责任人进行处置并留存处置过程和结果,形成基于时空关联的事后数据追溯链。

3.4 乘客隐私保护和数据安全防护

从数据安全和传输安全等多方面开展数据安全防护,在数据层面采用匿名映射隐私保护方法,构建假名签名认证的乘客多源数据包加密机制,隐藏数据包的用户真实身份信息,实现数据传输、处理等过程隐私保护;建立多假名映射的隐私保护机制,并构建隐私保护的管理权限,由信任机构掌握假名的生成、更换机制以及乘客数据和真实身份的映射关系,有效避免基于数据关联、轨迹追踪等方法的隐私窃取风险;在平台服务上构建生产系统与联网系统的安全数据传输机制,确保非授权数据不被非法访问和完整性,在充分保护乘客隐私的情况下,保障信任机构的实时追责及事后追溯能力。

4 新标准化设施设备及系统功能验证

4.1 精准统检装备

搭建对人体和物品实施探测技术的危险品精准识别实验平台。该平台在研发过程中,基于文献[1]首创将物质识别与基于人工智能的图像识别技术相结合,在智能识别方面走在了全国前列,并基于该算法成功研发出系列安检机和智能安检平台,可通过实战直接测试研究成果。

4.2 乘客诚信评价模型

基于历史数据,构建了乘客特征与乘客诚信度的关联关系模型,建立了属性标签下的乘客画像方法,包含乘客长期身份属性、乘客短期行为属性、乘客出行属性等,并在此基础上初步建立了标签融合的诚信评价算法设计;构建了地铁隐私泄露风险等级评价机制,形成了基于假名签名和假名管理的乘客数据隐私保护机制,完成了地铁车站隐私泄露风险等级评价、乘客假名管理机制的代码实现,并开展了仿真试验,对算法进行了验证、调整和评估。

4.3 智能安检平台

调研了危险品处置流程,梳理了可接入系统平台的数据清单,设计了系统平台的总体方案及功能模块,完成了安检全要素的信息化。平台分为三部分:一是后台系统,主要完成数据的全汇总、趋势研

判等,包括设备管理、安检人员管理和事件管理等;二是判图平台,植入智能识别算法进行辅助判图,可在本地/远程判读安检机图像,并在安防集成平台上显示包括告警定位信息在内的电子地图,在一定程度上实现了减员增效,也为后续接入更多设备打好基础;三是增设数字开包台,判图员判为需要开包的包裹信息返回到开包台上,进行现场处置,完成流程闭环。

4.4 大数据平台部署

为保障乘客隐私和加强数据安全,系统架构分前端感知、前置系统以及数据平台三部分。通行装备、安检设备、安检平台等前端感知装备部署在互联网,其数据通过防火墙接入前置系统;前置系统部署完成数据汇聚和数据分发的功能,并通过边界接入、物理隔离与互联网隔离;数据平台主要保存站点信息、安检记录、乘客注册信息、乘客乘车记录、报警信息等,并实现乘客注册时的审核比对、评估研判及结果的反馈,对乘客建档和人物画像,实现各种报表的统计与分析。

4.5 非接触认证通行装备

选定具有强隐私、非接触优势的近红外掌静脉识别技术作为认证通行手段。为解决城市轨道交通每天近千万的高通量的场景下高精度、高并发、高速认证三大问题,文献[4-5]从掌静脉识别技术的前端部件入手,研究前端图像采集技术,通过多波段光源与滤波和全局快门技术的结合,解决在移动图像采集掌静脉的准确度问题,目前已经完成了样机的研制,可以实现秒级的通行。

4.6 应用示范

对上海轨道交通安检基本流程和运行模式进行了研究,通过调研、仿真确定进站路径与安检通道设置方案,开展安检新模式及系统的应用示范工程。该示范工程主要解决:如何让乘客体验更佳,通行装备如何与现有系统对接,如何对现场闸机进行标准化改造并与安防集成平台、票务系统等联动,如何合理部署设备,行人通道如何配置,授信乘客如何引导,等等,从而在为标准化实施城市轨道交通精准安检,用新型保险托底、以寻租模式提升安检效果和节省公共安全防范成本投入等方面,进行有效、有益的推广示范。

5 结语

随着城市轨道交通的快速发展,精准安检的重要性日益凸显。本研究从标准化建设、技术创新、

隐私保护等多个方面提出了切实可行的解决方案并已在上海市科技创新行动计划项目中付诸实践,以对该方案作进一步检验和完善。本研究不仅为上海轨道交通安检提供了理论指导和实践参考,也为全国其他城市的轨道交通安检工作的优化提供了借鉴。未来,我国城市轨道交通安检将继续深化技术创新,推进标准化建设,以维护城市轨道交通系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 王革,李亮. X射线成像和深度学习的交叉融合[J]. CT理论与应用研究, 2022, 31(1): 1.
WANG Ge, LI Liang. X-ray imaging meets deep learning[J]. Computerized Tomography Theory and Applications, 2022, 31(1): 1.
- [2] 郭永存,何磊,刘普壮,等. 煤矸双能X射线图像多维度分析识别方法[J]. 煤炭学报, 2021, 46(1): 300.
GUO Yongcun, HE Lei, LIU Puzhuang, et al. Multi-dimensional analysis and recognition method of coal and gangue dual-energy X-ray images[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46(1): 300.
- [3] 鲁凯明. 机器学习算法在地铁安检违禁物识别中的应用研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2020.
LU Kaiming. Research on the application of machine learning algorithm in the identification of prohibited objects in metro security inspection[D]. Wuhan: Central China Normal University, 2020.
- [4] 李苑兰,张顶,黄晞. 基于2D-FFT的掌静脉图像Gabor滤波快速增强法[J]. 计算机系统应用, 2019, 28(11): 168.
LI Xianlan, ZHANG Ding, HUANG Xi. Rapid enhancement of palm vein image Gabor filtering based on 2D-FFT[J]. Computer Systems & Applications, 2019, 28(11): 168.
- [5] 陶静静,姚善化,孙熊伟,等. 基于CS的高质量掌静脉图像获取方法[J]. 传感器与微系统, 2019, 38(3): 53.
TAO Jingjing, YAO Shanhua, SUN Xiongwei, et al. High quality palm vein image acquisition method based on CS[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2019, 38(3): 53.
- [6] 沈天明,尤晓明. 非视域快速成像系统研究初探[J]. 红外, 2018, 39(12): 20.
SHEN Tianming, YOU Xiaoming. Preliminary study of non-line-of-sight imaging system[J]. Infrared, 2018, 39(12): 20.
- [7] 常青青,陈嘉敏,沈天明,等. 基于双能X射线的有效原子序数提取算法研究[J]. 计算机仿真, 2014, 31(2): 297.
CHANG Qingqing, CHEN Jiamin, SHEN Tianming, et al. An algorithm for extracting effective atomic number of materials based on dual-energy X-ray system[J]. Computer Simulation, 2014, 31(2): 297.
- [8] WU X, MA J, GU C, et al. Robust secure transmission design for IRS-assisted mmWave cognitive radio networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2022, 71(8): 8441.
- [9] WU X, MA J, XUE X. Joint beamforming for secure communica-

- tion in RIS-assisted cognitive radio networks[J]. Journal of Communications and Networks, 2022, 24(5): 518.
- [10] 叶建斌, 梁碧云, 张培粒. 基于大数据技术的城市轨道交通智慧票务管理研究[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(2): 153.
- YE Jianbin, LIANG Biyun, ZHANG Peili. Research on urban rail transit intelligent ticket management based on big data technology[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(2): 153.
- [11] 刘顺斋, 王莹莹, 吕新刚, 等. 城市轨道交通智慧安检多级联防系统[J]. 电脑知识与技术, 2025, 21(7): 138.
- LIU Shunzhai, WANG Yingying, LYU Xingang, et al. Multi-level defense system for intelligent security inspection of urban rail transit[J]. Computer Knowledge and Technology, 2025, 21(7): 138.
- [12] 马卫东, 张在龙. 浅析国内外主要城市地铁安检形式[J]. 湖南安全与防灾, 2021(7): 56.
- MA Weidong, ZHANG Zailong. Analysis of subway security screening forms in major cities in China and abroad[J]. Hunan Security and Disaster Prevention, 2021(7): 56.
- [13] 黄慧, 李剑剑, 甘建文. 安检智能集中判图系统在南宁城市轨道交通全自动运行线路中的应用[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(2): 146.
- HUANG Hui, LI Jianjian, GAN Jianwen. Application of security inspection intelligent centralized image judgment system in Nanjing urban rail transit FAO line[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(2): 146.
- [14] 王波, 张天然, 瞿海波, 等. 上海轨道交通通勤客流特征研究[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(6): 23.
- WANG Bo, ZHANG Tianran, ZI Haibo, et al. Research on characteristics of Shanghai rail transit commuter flow[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(6): 23.
- [15] 陆一, 刘洪义. 无锡地铁综合监控系统云改造方案[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(增刊2): 134.
- LU Yi, LIU Hongyi. Cloud transformation scheme for Wuxi Metro ISCS[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(S2): 134.
- [16] 程林, 柏杨, 都昌平, 等. 基于深度学习的X光地铁危险物品检测算法[J]. 中国体视学与图像分析, 2021, 26(3): 301.
- CHENG Lin, BAI Yang, DU Changping, et al. Deep learning-based algorithm for dangerous object detection in X-ray images for subway security check[J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2021, 26(3): 301.
- [17] 赖智平. 一种新型地铁快速安检模式研究[J]. 警察技术, 2020(4): 25.
- LAI Zhiping. Study on a new type of rapid security inspection model for subway[J]. Police Technology, 2020(4): 25.
- [18] 陈磊. 基于大型综合安检站的智慧安检研究[J]. 中国安全防范技术与应用, 2024(2): 23.
- CHEN Lei. Research on smart security screening based on large comprehensive security screening station[J]. China Security Protection Technology and Application, 2024(2): 23.
- [19] 许乃心. 基于网络化大数据的城市轨道交通安检系统[J]. 建材与装饰, 2020(21): 276, 280.
- XU Naixin. Urban rail transit security screening system based on networked big data[J]. Construction Materials & Decoration, 2020(21): 276, 280.
- [20] 杨川. 基于大数据的轨道交通网络化运营管理[J]. 中国新技术新产品, 2017(16): 120.
- YANG Chuan. Network operation management of rail transit based on big data[J]. New Technology & New Products of China, 2017(16): 120.
- [21] 张方冰, 李金龙, 曲鸣川. 基于云平台架构的城市轨道交通实时客流监测系统[J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27(12): 135.
- ZHANG Fangbing, LI Jinlong, QU Mingchuan. Real-time passenger flow monitoring system for urban rail transit based on cloud platform architecture[J]. Urban Mass Transit, 2024, 27(12): 135.
- 收稿日期:2024-12-28 修回日期:2025-03-03 出版日期:2025-07-10
Received:2024-12-28 Revised:2025-03-03 Published:2025-07-10
· 第一作者:林晓波,助理研究员,albob0@icloud.com
通信作者:李维姣,副研究员,liweijiao@gass.ac.cn
· ©《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

(上接第254页)

- ZHU Xiangjian, DU Yanxia, QIN Huimin, et al. Dynamic fluctuation characteristics of pipe-to-soil potential on buried pipelines under interference of stray current from subway[J]. Corrosion & Protection, 2019, 40(12): 878.
- [21] 刘超, 张红星, 高兴华, 等. 厦门地铁1号线辅助供电系统相电流不平衡故障分析与改进[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(1): 196.
- LIU Chao, ZHANG Hongxing, HAO Xinghua, et al. Analysis and improvement of phase current imbalance fault in auxiliary power supply system of Xiamen Metro Line 1[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(1): 196.
- [22] 齐磊, 崔翔, 李慧奇. 变电所接地网的频域有限元方法[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27(6): 62.
- QI Lei, CUI Xiang, LI Huiqi. Finite element modeling of the substation grounding grids in frequency domain[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(6): 62.
- 收稿日期:2024-11-26 修回日期:2025-04-30 出版日期:2025-07-10
Received:2024-11-26 Revised:2025-04-30 Published:2025-07-10
· 第一作者:程宏波,教授,hbcheng@ecjtu.edu.cn
通信作者:卢伟楠,硕士研究生,547682636@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