

doi: 10.3969/j.issn.1672-6073.2024.05.019

# 城市轨道交通运营安全管理 智慧平台建设研究

李志刚<sup>1</sup>, 王敬儒<sup>2</sup>, 刘杰<sup>2</sup>, 王亚群<sup>3</sup>, 周波<sup>2</sup>

(1. 乌鲁木齐城市轨道交通集团有限公司, 乌鲁木齐 830022; 2. 北京泰策科技有限公司, 北京 100080;  
3. 乌鲁木齐市城市综合交通项目研究中心, 乌鲁木齐 830018)

**摘要:** 为提高城市轨道交通运营企业的安全管理水平, 设计了安全管理智慧平台, 并在乌鲁木齐地铁1号线进行了实践验证。平台以双重预防机制为核心, 构建了10个功能模块, 实现了风险预测预警、整体安全态势评估、安全监督检查、应急辅助决策和资源共享等功能。分析结果以可视化图形在平台界面展现, 提高了安全生产管理效率, 研究成果可以为其他城市轨道交通企业的安全管理数字化建设工作, 提供借鉴和参考。

**关键词:** 城市轨道交通; 安全管理; 智慧平台; 数字化建设

中图分类号: U491.51

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2024)05-0130-06

## Development of an Intelligent Platform for Enhancing Urban Rail Transit Operation Safety Management

LI Zhigang<sup>1</sup>, WANG Jingru<sup>2</sup>, LIU Jie<sup>2</sup>, WANG Yaqun<sup>3</sup>, ZHOU Bo<sup>2</sup>

(1. Urumqi Urban Rail Group Co., Ltd., Urumqi 830022; 2. Beijing Taitze Technology Co., Ltd., Beijing 100080;  
3. Urumqi Urban Comprehensive Transportation Project Research Center, Urumqi 830018)

**Abstract:** This study aims to enhance the safety management capabilities of urban rail transit operators by designing and implementing an intelligent safety management platform, which has been validated in practice on Urumqi Metro Line 1. Centered around a dual prevention mechanism, the platform integrates 10 functional modules to achieve risk prediction and early warning, comprehensive safety assessment, safety supervision and inspection, as well as emergency decision-making support and resource sharing. The analysis results are presented on the platform interface in a visually graphic format, thereby increasing the efficiency of safety production management. The findings of this research can serve as a reference for the digital transformation of safety management in other urban rail transit enterprises.

**Keywords:** urban rail transit; safety management; intelligent platform; digital transformation

随着城市轨道交通行业的迅猛发展<sup>[1]</sup>, 很多运营企业都开展了安全管理数字化建设, 建设了运营管理平台, 但仍存在缺乏宏观层面的设计规划, 对企业运营需求把握不足, 所建平台功能单一, 平台各系统之间相互独立, 未形成一个全面的安全管理生态系统等问题。因此如何使安全管理平台更智能、更高效, 是

现在亟需解决的重要问题。

目前国家和一些企业也开展了相应的工作, 制定发展规划<sup>[2-3]</sup>, 并取得了一定的研究成果。王潇骁等<sup>[4]</sup>探讨了全自动智能化运行平台的安全开发与实施流程, 分析了运营场景特性并提出了风险管控策略; 陈文<sup>[5]</sup>深入分析了城市轨道交通运营过程中面临的安全

收稿日期: 2023-12-05 修回日期: 2024-04-11

第一作者: 李志刚, 男, 本科, 工程师, 主要从事城市轨道交通运营安全管理工作, 58113513@qq.com

引用格式: 李志刚, 王敬儒, 刘杰, 等. 城市轨道交通运营安全管理智慧平台建设研究[J]. 都市轨道交通, 2024, 37(5): 130-135.

LI Zhigang, WANG Jingru, LIU Jie, et al. Development of an intelligent platform for enhancing urban rail transit operation safety management[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(5): 130-135.

风险,制定了相应的风险防控措施,并提出了基于大数据和人工智能的风险预警系统;王蕾<sup>[6]</sup>从安全管理体系的角度,研究了安全系统工程及分析技术的理论依据和基本方法与技术,探讨了运营安全的管理策略和综合管理体系;张旭东<sup>[7]</sup>以现有信息技术为依托,对信息系统进行分析,研究了系统框架、结构、模块、显示和安全保护等内容;王艳辉等<sup>[8]</sup>以北京市地铁路网为背景,根据风险主动防控理念设计了风险主动防控平台,明确了平台的逻辑架构、功能架构、业务流程和数据关系,并采用端-边-云一体化的架构进行部署,以防范故障和事故的发生;胡鹰等<sup>[9]</sup>以深圳地铁安全管理平台为例,探讨安全管理平台的关键技术和主要功能;何雄<sup>[10]</sup>以昆明地铁4号线为例,基于云平台的综合自动化系统,开展数字化转型变革,实现数字化运营,展示了运营数字化转型成果,为同行从业者提供了数字化运营解决方案。刘新科等<sup>[11]</sup>以宁波地铁为例,综合考虑企业信息化需求,探讨智慧化应急管理系统的关键技术、设计原则、系统架构和功能模块。

上述这些研究虽然可以在一定程度上为城市轨道交通运营安全管理平台的智能化、高效化建设,提供理论支持和实践案例,但是它们大多聚焦于特定技术、系统或区域的解决方案,缺乏一个全面、系统性的宏观设计框架,同时也未能充分整合各系统间的数据资源,实现真正的信息共享与协同工作。此外,不同研究之间在方法论、技术选型及实施路径上存在差异,导致在实际应用中难以形成统一的标准和规范,限制了安全管理平台整体效能的发挥。因此,需构建一个基于大数据、人工智能等先进技术的综合安全管理生态系统。该系统应能够全面覆盖运营安全管理的各个环节,实现数据的深度挖掘与智能分析,促

进各系统间的无缝对接与高效协同,显著提升城市轨道交通运营的安全性和效率。

基于此,本文研究了大数据和人工智能等技术在城市轨道交通运营安全管理平台中的应用,设计了一个以数据驱动为核心、智能分析为手段、实时预警为特色,全面的安全管理生态,并且在乌鲁木齐地铁1号线进行了试验验证,研究成果可为其他城市轨道交通运营安全管理平台的建设提供参考。

## 1 平台架构设计

乌鲁木齐地铁安全管理平台架构设计,遵循了模块化、可扩展性、可靠性、安全性、可维护性及统一标准等原则,平台既能满足当前需求,又能应对未来变化。在设计时将平台功能划分为独立的模块设计,便于平台管理和维护;同时,预留扩展空间,确保平台能够随业务发展升级。

### 1.1 整体架构

平台整体采用自下而上的方式进行设计,包括数据源、人工智能大数据平台、业务应用、门户层。平台整体架构如图1所示。

1) 门户层。将所有操作入口集成在一起,进行门户集成,对接统一账号,只要登录一次,就能访问平



图1 平台整体架构

Figure 1 Overall architecture of the platform

台所汇聚的所有操作入口，支持 PC、移动端、大屏、企业微信等多种形式。为不同层级、不同场景的管理层和作业层提供便捷操作。

2) 业务应用。可根据地区、组织架构、设备设施等实际情况和需求，建立具有企业特色的业务模块。乌鲁木齐地铁 1 号线设计了风险分级管控、隐患排查治理、安全监督检查等多个模块，这些模块帮助企业完成日常的安管理工作。

3) 人工智能大数据平台。在安全管理平台的建设中，起到整体支撑性作用，搭建基于 Hadoop 技术的大数据基础平台，通过专业产品将分散在企业不同位置的数据，统一采集汇聚到大数据平台，利用算法分析处理这些数据。安全管理平台整合安全生产业务，提供操作界面；大数据平台实现预测预警，前者依赖后者的大数据分析，后者则通过前者落地应用，共同构建安全管理体系。

4) 数据源。是平台的“数据仓库”，把企业里各种系统数据都收集起来，进行融合建设，整合成一个统一的数据平台。经过大数据平台的处理，变成有价值的信息，从而使企业能够更全面地了解运营状况，及时发现并解决问题，确保运营更加平稳、安全。

### 1.2 功能架构

本平台功能架构逐层构建，从基础支撑层出发，逐步过渡到系统管理模块，终于应用功能层，形成一套完整的安全管理体系。平台功能架构如图 2 所示。

1) 基础支撑层。依托服务器、虚拟化技术及大数据平台，为系统提供资源保障与数据支持。

2) 系统管理模块。集成权限管理、用户管理等功能，确保平台操作的安全性及便捷性。

3) 业务功能层。涵盖风险分级管控、隐患排查治理、安全监督检查等多项功能，打造智能化安全管理生态。

4) 集成与接口平台。支持多系统无缝对接，降低交互成本，提升整体运营效率。

## 2 数据中台构建

数据中台是企业数字化转型的关键，可以帮助企业实现数字化到智能化的转变，集成了数据管理、治理和服务。通过数据中台，可以提高数据利用率，打破数据孤岛，通过数据驱动的运营模式，实现精细化管理，支持业务创新和快速迭代，提高运营效率和决策质量，降低运营成本<sup>[12]</sup>。数据中台架构如图 3 所示。本数据中台包含了 5 个模块：数据资产管理、数据质量管理、数据治理流程制度、元数据管理和数据标准/规范。

1) 数据资产管理。负责全面梳理和整合来自各系统的数据资源。通过构建统一的数据资产目录，实现对数据的分类、标签化及权限管理，确保每位用户都

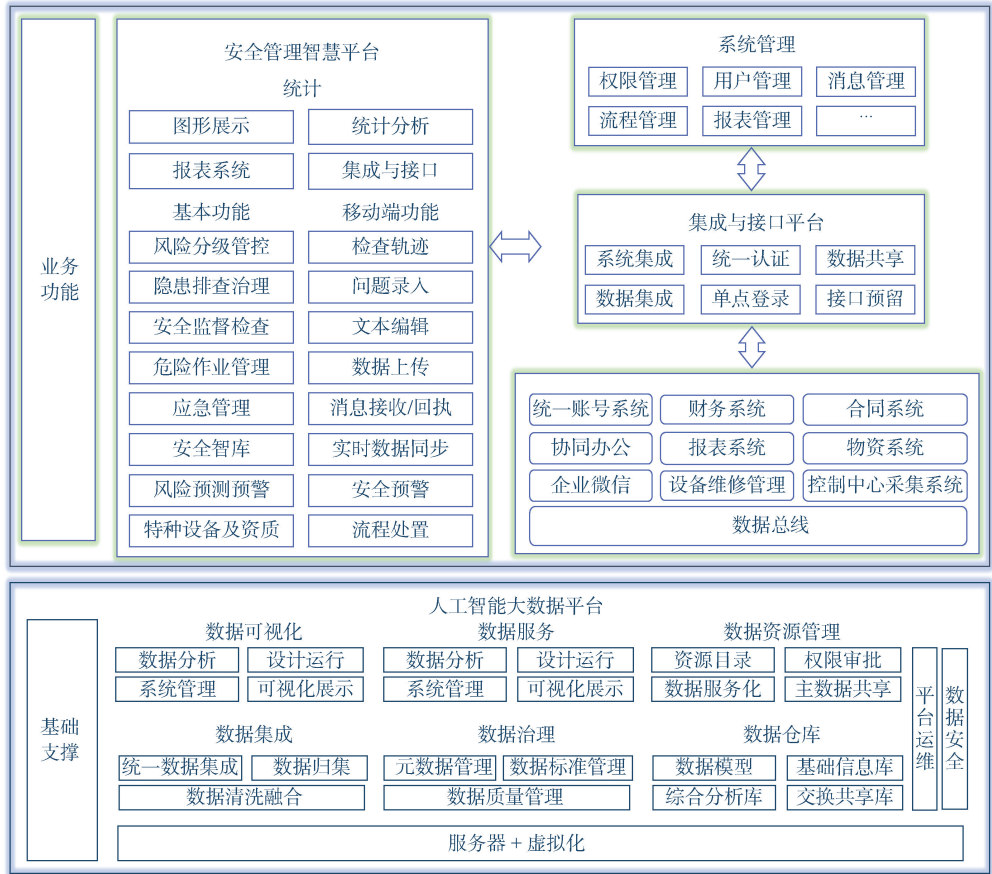


图 2 平台功能架构

Figure 2 Functional architecture of the platform

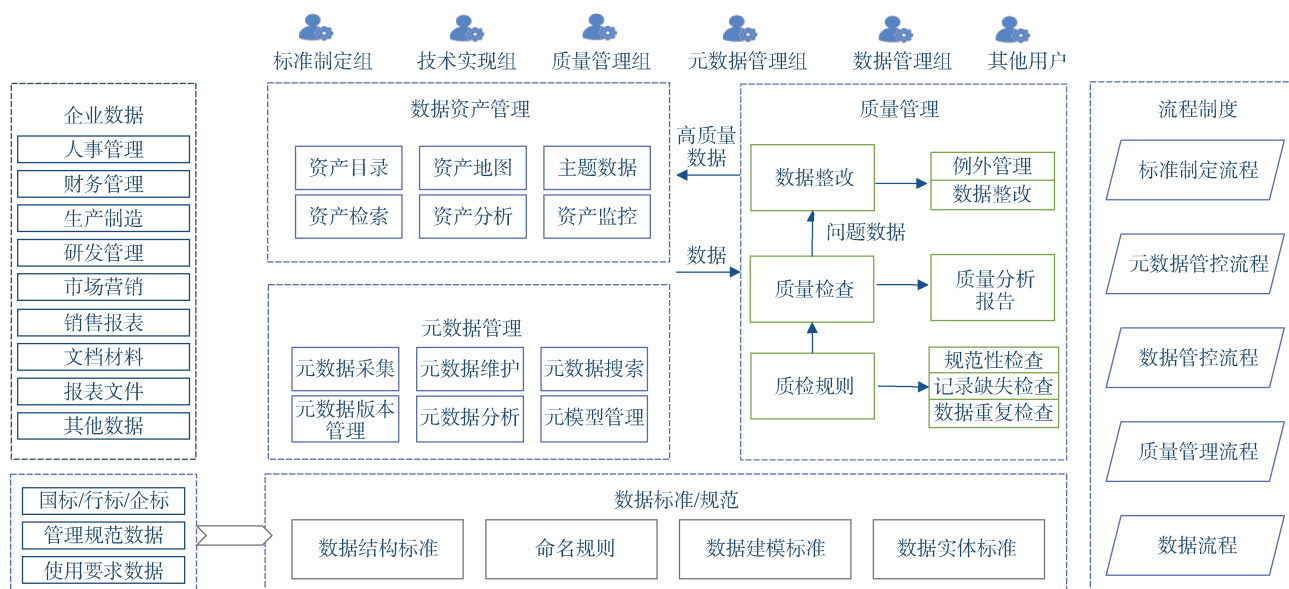


图3 数据中台架构

Figure 3 Data middle platform architecture

能快速找到所需数据。同时，该模块还提供数据检索功能，支持多维度查询，为安全管理提供决策。

2) 数据质量管理。在安全管理平台中，设立了数据质量监控体系。通过设定数据完整性、准确性、一致性等关键指标，该模块能够自动检测并预警数据质量问题，及时通知相关人员进行处理。

3) 数据治理流程制度。该制度覆盖了数据收集、处理、存储、分析及应用的全生命周期，明确了各环节的责任人、操作规范及审核机制。通过实施这一制度，降低了数据治理的复杂性和风险，确保了数据治理工作的有序进行。

4) 元数据管理。元数据是理解数据的钥匙，通过构建元数据管理系统，实现了对数据结构、属性、关系等信息的全面记录与更新。方便了用户对数据的理解和使用，还为数据质量监控、数据流向追踪等高级功能提供了基础。

5) 数据标准/规范。为确保平台内数据的统一性和规范性，制定了一系列数据标准与规范。这些标准涵盖了数据格式、编码、命名等多个方面，为数据的采集、处理、存储及应用提供了明确的指导。通过执行这些标准与规范，消除数据孤岛，实现了数据的无缝对接与共享。

综上，数据中台通过集成数据资产管理、数据质量管理、数据治理流程制度、元数据管理以及数据标准/规范等多个功能模块，构建了一个数据治理体系。

通过数据中台的构建，企业能够打破数据孤岛，实现数据驱动的运营模式，推动企业的数字化转型和智能化升级。

### 3 技术路线

本平台应用随机森林、卷积神经网络(visual geometry group 16, VGG-16)和长短期记忆网络(long short-term memory networks, LSTM)等算法，对各项安全生产数据进行深度分析和挖掘，构建一个全面的技术路线来智能识别轨道交通行业运营潜在的风险和异常行为。通过整合随机森林、VGG-16 和 LSTM 等算法，构建的平台不仅能够提高运营的安全性，还能提升运营效率和服务质量。

#### 3.1 随机森林算法的应用

在平台中，针对综合安全分析决策，随机森林算法能够处理多维度的安全数据，构建多个“安全风险决策树”，以集成学习的方式，实现准确的风险识别并提供可靠的防控策略。随机森林算法具有较高的预测准确率，并且能够通过其特征重要性评估能力，识别出关键的风险因素。这一特性有助于我们识别可能存在的安全风险和漏洞，制定安全措施，从而提高平台的整体安全性。

#### 3.2 VGG-16 算法在图像数据中的应用

作为经典的卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)，VGG-16 在图像分类和目标检测方

面表现卓越,广泛应用于图像分类、目标检测等领域。在城市轨道交通行业,视频监控和图像数据对于识别异常行为至关重要。VGG-16能够非常有效地提取图像的局部特征,从而实现大量图像数据中风险事件的高效特征识别和事件挖掘。

### 3.3 LSTM算法在时序数据中的应用

鉴于城市轨道交通运营数据的时序特性,LSTM算法成为处理光纤测温等时序数据的首选,光纤测温数据等时序数据可以反映设备的运行状态。而且LSTM算法不仅适应各种监测需求,计算资源要求相对较低,还能在数据流到达时做出实时响应,及时预警,识别潜在风险。

综上,随机森林、VGG-16和LSTM等算法的选择,是基于其各自在数据处理、图像识别和时间序列分析方面的独特优势,与平台的需求高度匹配。这些算法的应用,不仅提升了平台的风险识别与预警能力,还增强了安全管理工作的智能化水平。

## 4 平台应用及功能

### 4.1 应用

平台已应用于乌鲁木齐地铁1号线,实现了与乌鲁木齐城市轨道交通办公网平台一期项目、列车控制中心采集系统以及各生产系统的深度集成与融合。平台应用效果界面如图4所示。



图4 平台应用效果界面

Figure 4 Platform application effect interface

该平台不仅考虑了当前地铁运行的各类安全风险,而且能够利用智能化手段实现风险的有效预测预警。通过精细化的管理策略与高效的数据处理能力,确保地铁线路在运营过程中面临的安全风险得到及时、准确的评估与管控,从而保障地铁线路运行的平稳性与安全性,为乘客提供更为安全、可靠的出行环境。

### 4.2 功能

在设计功能模块时,结合企业前期系统建设情况,衔接企业安全管理实际需求与发展。通过调研,基于企业安全管理实际状况,确立了以双重预防机制为核心框架的建设策略。这一机制旨在构建双重预防机制体系,为企业的安全管理提供坚实的支撑。

平台采用模块化设计,通过对10个模块的设计与优化,实现了企业安全管理工作的全方位覆盖。模块化设计不仅增强了平台的灵活性与可扩展性,还确保了各功能模块之间的无缝对接与数据共享,从而有效提升了安全管理工作的整体效能。

1) 安全风险分级管控。①安全风险分级管控清单,实现了风险点的批量录入和风险数据库的统一管理,与多个模块关联;②风险四色图专栏,通过绘制风险四色图,标记风险信息,辅助风险区域的直观识别;③风险统计分析:支持风险数据多维度统计分析,可视化展示。

2) 隐患排查治理。①一岗一册专栏,实现了公司各个岗位隐患排查内容的统一在线管理;②隐患排查治理专栏,实现了全周期业务在线管理,与多个模块关联;③隐患统计分析,支持隐患数据多维度统计分析,可视化展示。

3) 安全监督检查。督办工作在线管理,值班计划、现场检查统一管理,平台自动通知。安全信息多维度统计分析,支持可视化,与多模块相关联。

4) 风险监测预警。①机器学习的风险预测预警,可采集各场景监测数据,实时预测预警;②预警信息在线处置,与多模块关联;③预警信息发布,实现重要预警信息和整体安全态势评估的发布和预警,与多个模块关联;④预测预警数据多维度统计分析,可视化展示,与风险预测预警模块关联。

5) 应急管理。实现应急预案、物资、队伍、专家、演练和社会救援资源的在线管理,与多个模块关联。

6) 危险作业管理。实现线上A、B、C三级动火作业票的管理,与多个模块关联。

7) 安全智库。事故案例库结构化,与多个模

块关联,支持自定义栏目的建立、发布。

8) 特种设备及人员资质。特种设备和人员信息的全周期管理,资质逾期自动提醒,与多个模块关联。

9) 消息中心。平台消息提醒汇聚中心,与多个模块关联。

10) 移动端功能。与PC端功能一致,基于企业微信来实现,支持手机定位、语音、拍照、视频上传等功能,数据与PC端同步,接收平台推送的各类信息并录入回执。

## 5 结论

1) 本文提出的安全管理智慧平台采用大数据处理技术和随机森林、VGG-16、LSTM等人工智能算法,实现了对海量运营生产数据的实时采集、处理与分析。这些技术共同构建了一个高效的数据处理与分析体系,为平台提供强大的数据支撑能力。

2) 在功能实现上,平台整合了当前安全管理的主要工作,形成了一个全面的安全管理生态系统。每个模块均基于实际业务需求设计,确保了功能的实用性和有效性。

3) 在风险预测预警方面,通过平台实时监测与数据分析功能,可以及时发现并预警潜在的安全风险,有效降低了安全事故的发生概率。

4) 通过多维度数据统计分析,平台能够提供可视化图,更直观地了解安全态势,制定科学的决策。

5) 实现了双重预防机制、安全监督检查、风险预测预警、应急管理等工作安全管理工作全周期在线管理,提高了工作效率。

6) 实现了移动端功能,使得安全管理工作更便捷,提高了管理效率和响应速度。

综上,平台通过综合运用大数据和人工智能技术,实现了对运营安全各主要数据的分析与预测预警,提升了安全管理水平。后续将继续优化平台功能,提升技术性能,为城市轨道交通运营安全提供更加坚实的保障。

## 参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 2023年前三季度中国内地城市轨道交通线路概况[EB/OL]. (2023-10-01)[2024-01-30]. [https://www.sohu.com/a/739602465\\_121123909](https://www.sohu.com/a/739602465_121123909).
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 交通运输部关于印发《数字交通发展规划纲要》的通知[EB/OL]. (2019-07-28)[2024-01-30]. [https://www.gov.cn/xinwen/2019-07/28/content\\_5415971.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2019-07/28/content_5415971.htm).
- [3] 北京市基础设施投资有限公司. 京投公司“十四五”信息化与数字化转型的探索与实践[J]. 城市轨道交通, 2023(3): 40-45.
- [4] 王潇骁, 赵华华, 楚彭子, 等. 全自动智能化运行平台安全指南研究[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(1): 53-57. WANG Xiaoxiao, ZHAO Huahua, CHU Pengzi, et al. Research on safety guidelines for intelligent fully automatic operation platform[J]. Urban mass transit, 2022, 25(1): 53-57.
- [5] 陈文. 城市轨道交通运营安全风险管控研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2020. CHEN Wen. Research on risk management and control of urban rail transit operation safety[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2020.
- [6] 王蕾. 城市轨道交通安全管理体系研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(3): 5-9. WANG Lei. Research on safety management system of urban rail transit[J]. Urban mass transit, 2021, 24(3): 5-9.
- [7] 张旭东. 地铁安全管理信息系统的研究与开发探索[J]. 信息与电脑, 2020, 32(16): 93-95. ZHANG Xudong. Research and development of metro safety management information system[J]. China computer & communication, 2020, 32(16): 93-95.
- [8] 王艳辉, 苏宏明, 李曼, 等. 城市轨道交通运营风险主动防控平台设计与实现[J]. 中国铁道科学, 2023, 44(1): 214-222. WANG Yanhui, SU Hongming, LI Man, et al. Design and implementation of active risk prevention and control platform for urban rail transit operations[J]. China railway science, 2023, 44(1): 214-222.
- [9] 胡鹰, 段芳敏, 吕明宇, 等. 深圳地铁安全管理平台设计与应用[J]. 现代城市轨道交通, 2020(12): 137-143. HU Ying, DUAN Fangmin, LYU Mingyu, et al. Design and application of Shenzhen metro safety management platform[J]. Modern urban transit, 2020(12): 137-143.
- [10] 何雄. 城市轨道交通数字化运营实践: 以昆明地铁4号线为例[J]. 都市快轨交通, 2024, 37(3): 164-169. HE Xiong. Digital operation practice of urban rail transit: a case study of Kunming Metro Line 4[J]. Urban rapid rail transit, 2024, 37(3): 164-169.
- [11] 刘新科, 王冠琼, 庄寅, 等. 城市轨道交通智慧化综合应急管理系统建设研究[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(1): 59-64. LIU Xinke, WANG Guanqiong, ZHUANG Yin, et al. Construction of an integrated intelligent emergency management system for urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(1): 59-64.
- [12] 王义华, 张鹏, 蓝天, 等. 轨道交通线网数据中台规划设计及实现[J]. 信息技术与标准化, 2024(5): 80-83. WANG Yihua, ZHANG Peng, LAN Tian, et al. Design and implementation of the data mid-platform for urban rail transit networks[J]. Information technology & standardization, 2024(5): 80-83.

(编辑: 王艳菊)