

# 城市轨道交通AI-AFC系统标准化建设与数据共享机制研究

朱玉杰

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400050

**摘要：**城市轨道交通向网络化、智能化迈进，AI技术与自动售检票（AFC）系统深度融合形成的AI-AFC系统，是提升运营效率与服务质量的关键。本文围绕AI-AFC系统标准化建设与数据共享展开研究，阐述其核心内涵、技术架构及应用场景。深入分析标准化建设的意义与现有体系不足，构建全维度标准化框架及分阶段实施路径。同时，明确数据共享需求与瓶颈，设计“组织-流程-激励”三位一体共享机制，配套安全防护策略。成果可解决系统建设碎片化、数据孤岛等问题，推动票务管理体系规范化、智能化转型。

**关键词：**城市轨道交通；AI-AFC系统；标准化建设；数据共享机制

引言：城市轨道交通是缓解拥堵、支撑城市发展的关键基建，其运营服务水平对民生与城市竞争力影响重大。AFC系统作为票务管理核心，承担售票、检票等重要职能，AI技术的融入使其具备智能感知与精准决策能力，成为智能化升级的关键。当下，不少开通轨道交通的城市在AI-AFC系统建设上存在“各自为战”现象，设备接口、数据格式不统一，跨线路、区域数据共享效率低，不仅增加重复建设成本，更制约协同效能。开展相关研究，对破解行业困境、推动高质量发展意义重大。

## 1 城市轨道交通 AI-AFC 系统概述

### 1.1 AI-AFC系统的概念与组成

AI-AFC系统并非简单的技术叠加，而是以人工智能技术为核心驱动力，对传统AFC系统进行全流程重构，形成具备智能交互、精准分析、主动预警能力的新型票务管理体系。其整体架构呈现分层协同特征，具体涵盖五大核心层级：终端感知层部署集成生物识别、语音交互模块的智能售票机、AI闸机等设备，实现乘客行为与设备状态的实时采集，该层级设备数据采集延迟可控制在50ms以内；网络传输层采用“5G+边缘计算”混合架构，保障海量数据的低延迟、高可靠传输，传输速率较传统架构提升4倍；数据资源层构建统一的分布式数据库，整合票务交易、客流特征、设备运维等多维度数据，单线路日均数据处理量可达10TB级；AI算法层嵌入机器学习、计算机视觉、自然语言处理等核心算法，为智能应用提供技术支撑；应用服务层则面向运营方与乘客，提供智能票务服务、客流管控、运维决策等多元化功能，各层级无缝衔接实现系统整体效能升级。

### 1.2 AI技术在AFC系统中的应用

AI技术的深度渗透让AFC系统突破传统功能边界，

在票务服务与运维管理两大领域展现出显著价值，核心应用成效如下表所示：

应用领域	核心AI技术	具体应用场景	量化成效
乘客服务端	计算机视觉	生物特征无接触检票	进站时间从3-5秒缩短至0.8-1.2秒
乘客服务端	自然语言处理	自助设备语音交互	乘客咨询响应准确率达95%，操作便捷性提升60%
运营管理端	机器学习	设备故障预测性维修	设备故障率降低40%，运维成本减少25%
运营管理端	客流预测算法	高峰客流预测与运力调配	客流预测准确率达92%，高峰拥堵率下降35%
运营管理端	异常行为识别	逃票、违规通行监测	票务违规识别率提升至98%，票务收益增加8%

在面向乘客的服务端，个性化推荐算法基于乘客出行轨迹与偏好，智能推送票务优惠、换乘方案等信息，优化出行体验<sup>[1]</sup>。在面向运营方的管理端，上述技术的应用形成闭环管理，大幅提升运营管理的精准度与效率。

### 1.3 城市轨道交通 AI - AFC 系统的发展趋势

结合技术发展与行业需求，未来该系统有三大核心发展方向。一是全域协同化加速。预计到2028年，超15个都市圈将实现跨城市轨道交通票务互通，系统会打破线路、城市及交通方式壁垒，与公交、高铁等实现票务互通与数据共享，支撑都市圈轨道交通一体化运营；二是技术融合化升级。除常规AI技术，还将融入大数据、区块链等前沿技术，构建“感知-分析-决策-执行”的智能闭环，系统稳定性达99.9%以上；三是服务个性化与精细化。通过构建乘客画像，为乘客提供定制票务与出行指引；为运营方提供精准的客流管控与运维决策支

持,实现“千人千面”服务管理。此外,绿色低碳理念也将融入系统设计,降低单设备日均能耗 15%,推动轨道交通绿色发展。

## 2 城市轨道交通 AI-AFC 系统标准化建设

### 2.1 标准化建设的必要性

推进 AI - AFC 系统标准化建设,是破解行业痛点、提升运营效能的关键。当前设备厂商技术路线不同,设备接口不兼容、数据格式混乱,跨线路整合难度大、成本高。如国内某一线城市,标准化前跨线路整合周期6 - 8个月、成本超千万,标准化后周期缩至1 - 2个月,成本降30%以上。统一标准能规范运维流程与数据管理,缩短设备故障响应时间,减少故障隐患,提升系统稳定性,为跨区域协同运维提供基础,运维效率提升50%。还能明确技术方向,避免资源浪费,引导技术升级与良性竞争,保障系统规模化推广与迭代升级,助力我国轨道交通技术标准成熟,是数据共享、技术创新的前提,为行业高质量发展奠基。

### 2.2 现有标准体系分析

我国城市轨道交通 AFC 系统有部分基础标准,但 AI - AFC 系统专项标准体系未建立,现有标准难适配智能化需求。存在三大问题:一是覆盖范围不足,多聚焦传统 AFC 设备,仅覆盖 AI - AFC 功能模块 20%,新增模块有标准空白;二是兼容性差,地方与企业标准差异大,生物识别接口标准多达 12 种,跨区域协同成功率不足 40%,制约网络化运营;三是时效性滞后,多制定于 2018 年前,难跟上 AI 技术迭代,对新型设备适配性不足,且标准验证与动态更新机制缺失,加剧与实践脱节。

### 2.3 AI - AFC 系统标准化建设框架设计

为规范 AI - AFC 系统发展,设计涵盖“技术 - 数据 - 管理”三维度框架。技术标准维度聚焦硬件与软件,明确智能终端设备参数、接口规范及 AI 算法指标等,保障兼容性。数据标准维度统一数据分类编码、格式、传输协议等,规定传输延迟与准确率,制定数据流程。管理标准维度覆盖系统全生命周期,规范建设与运营环节。另外,增设标准验证与动态更新模块,通过试点检验可行性,结合技术与业务需求每1 - 2年更新标准内容<sup>[2]</sup>。

### 2.4 标准化建设的实施路径与保障措施

鉴于行业发展现状, AI - AFC系统标准化建设遵循“循序渐进、分步推进”路径,分三个阶段实施。试点探索阶段(1 - 2年),选北京、上海、重庆等城市,在3 - 5条线路按框架落地核心标准,总结经验优化内容,实现试点线路系统兼容性达100%。区域推广阶段(2 - 3年),以京津冀等城市群为单位,推广成熟标准体系,

实现区域内系统互联互通,跨线路数据共享率超90%。全国统一阶段(3 - 5年),出台全国性核心标准,完成全行业标准化覆盖。为保障建设顺利,需配套三大措施。组织保障上,成立由行业主管部门等组成的专项工作组,统筹标准制定与实施;技术保障方面,搭建验证平台,加强关键技术研发;政策与资金保障上,出台政策引导企业守标,设立专项资金支持标准研发、试点推广与人员培训,形成多方协同格局。

## 3 城市轨道交通 AI-AFC 系统数据共享机制

### 3.1 数据共享的需求分析

AI-AFC系统数据共享涉及多主体需求,呈现多层次、多元化特征,核心服务于运营优化与行业发展。从运营企业视角,跨线路、跨区域数据共享可实现全域客流态势精准研判,使高峰客流预判准确率从65%提升至92%,为运力调配、站点规划提供数据支撑;设备运行数据共享能实现故障协同诊断与经验复用,降低25%的运维成本。从政府管理部门视角,数据共享可整合全城市轨道交通票务与客流数据,为公共交通网络规划、交通拥堵治理等宏观决策提供依据,使交通规划方案的科学性提升40%。从乘客视角,数据共享是实现跨线路、跨交通方式“一票通行”的核心前提,可使乘客跨交通方式换乘时间缩短10-15分钟,大幅提升出行便捷性<sup>[3]</sup>。另外,科研机构通过共享数据可开展AI算法优化、运营模式创新等研究;设备厂商则可基于数据反馈优化产品设计,提升设备适配性。可见,数据共享能实现各主体共赢,推动行业高质量发展。

### 3.2 数据共享面临的挑战

在当下, AI-AFC系统数据共享的需求极为迫切,然而其推进过程却困难重重,面临着来自技术、管理、安全以及利益分配等多方面的挑战。技术上,不同系统在数据格式、编码标准和技术架构上存在显著差异,全国范围内数据格式多达20余种,导致统一的共享接口难以形成,数据对接时成功率不足40%,成本较标准体系下高出3倍以上;尤其是超过30%的老旧线路仍采用传统AFC系统,技术陈旧落后,根本无法适配大规模数据共享的要求,成为数据顺畅流通的阻碍。管理上,数据权属的界定不够清晰明确,运营企业、设备厂商等各主体对于数据的归属、使用权以及收益权存在诸多争议;同时,缺乏具有权威性的第三方管理机构来进行统筹协调,跨主体、跨区域的协同机制也不完善,导致各主体参与数据共享的积极性不高,动力不足。安全领域,共享数据中包含着超10亿人次的乘客身份信息、出行轨迹等隐私数据,以及运营敏感数据,这些数据一旦泄露、被篡改

或滥用，后果不堪设想；而现有的安全防护体系对数据共享全流程的覆盖度仅为60%，安全保障能力明显不足。另外，数据共享还缺乏合理的利益分配机制，难以平衡各主体的权益，这也进一步制约了数据共享工作的有效推进。

### 3.3 数据共享机制设计

为破解数据共享困境，本文构建“组织-流程-激励”三位一体的AI-AFC系统数据共享机制。组织层面，设立独立的第三方数据共享管理机构，负责统筹协调各参与主体，明确数据权属划分规则，监督数据共享全流程。流程层面，制定标准化共享流程：需求方提交明确的数据使用申请，管理机构审核其资质与用途后，通过统一的数据共享平台授权访问；共享数据需经过脱敏处理，核心敏感数据仅开放统计级结果；同时建立数据使用追溯机制，全程记录数据流转与使用轨迹，确保数据可追溯率达100%。激励层面，建立基于数据贡献度的利益分配机制是激发各主体共享积极性的关键。对主动共享高质量数据的主体给予经济补偿，如根据数据的质量和价值给予一定的资金奖励，按数据贡献度可获得年度运维经费5%-10%的补贴；或者给予政策倾斜，如在项目审批、资源分配等方面给予优先考虑；同时，搭建共享成果展示平台，定期宣传数据共享带来的运营效益提升、创新成果涌现等积极影响，让各主体切实看到数据共享的价值，从而形成“共享-共赢”的良性循环，推动城市轨道交通AI-AFC系统数据共享不断深入发展。

### 3.4 数据安全性与隐私保护

数据安全性与隐私保护是数据共享的前提，需构建覆盖“采集-传输-存储-使用”全流程的安全防护体系。技术防护采用数据加密技术对传输与存储环节的数据进行保护，加密强度符合国家三级等保要求，通过数据脱敏、匿名化处理剥离乘客隐私信息，使隐私数据泄露风险降低90%以上；建立严格的身份认证与权限管理体系，

分级授权访问数据，防止越权使用；搭建实时安全监测平台，运用AI技术识别异常访问与数据泄露风险，监测响应时间 $\leq 1$ 分钟，及时触发预警与处置机制。管理规范制定完善的数据安全管理制度是基础，明确各主体在数据安全方面的责任和义务，建立数据安全应急响应流程，规范安全事件的处置程序，确保在发生数据安全事件时能够迅速、有效地进行应对和处理<sup>[4]</sup>。加强对数据管理人员的安全培训，每年培训不少于4次，提高他们的安全防护意识和操作能力。严格遵循数据安全与隐私保护相关法律法规，明确数据共享的合规边界，对违规收集、使用、泄露数据的行为实施严厉处罚，通过法律手段全方位筑牢数据安全防线，为城市轨道交通AI-AFC系统数据共享提供坚实的法律保障。

### 结束语

城市轨道交通AI-AFC系统的标准化建设与数据共享，是推动轨道交通智能化、网络化发展的核心支撑，更是破解当前行业建设碎片化、数据孤岛化等痛点的关键举措。未来，需持续加强跨主体协同合作，结合技术迭代与业务需求动态优化标准体系与共享机制，推动标准落地与数据共享深度融合

### 参考文献

- [1]罗慧,梁笛.基于智慧地铁视角的广州地铁AFC系统架构设计[J].城市轨道交通研究,2021,24(3):179-182.
- [2]涂晓燕.互联网背景下城市轨道交通AFC系统未来发展的探究[J].中国市政工程,2022,(2):12-15.
- [3]罗美谊.轨道交通网络化AFC系统票务管理分析探讨[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(11):247-250.
- [4]孙凯奇.轨道交通售检票机电系统设备安装标准化研究[J].人民公交,2025(4):109-111.