

# 大数据技术在城市轨道交通标准化运营管理中的应用研究

徐 健

(东南大学, 江苏 南京 211189)

**摘 要** 在城市轨道交通网络迅速扩展的背景下, 传统运营管理模式存在效率偏低与响应滞缓等挑战。本研究聚焦大数据技术于标准化运营管理中的应用路径, 目标指向系统运行效率与服务质量提升, 剖析轨道交通大数据特征及应用原则, 侧重阐释数据共享、实时传输、智能预警、规划优化维度实际应用场景, 通过构建统一平台完成多源数据融合以提升决策科学性, 依托实时监测与预测模型强化应急响应能力, 凭借智能分析优化线路布局及资源配置。研究结果表明, 大数据技术可提升运营管理智能化程度, 为行业标准化建设提供支撑, 助推城市轨道交通向数字化与智慧化方向发展。

**关键词** 大数据技术; 城市轨道交通; 标准化管理; 运营效率; 智能决策

**中图分类号**: TP311.13; U29-39

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.35.026

## 0 引言

城市轨道交通是现代城市公共交通的核心构成部分, 承担着缓解交通拥堵与推动城市可持续发展的使命。随着线路网络快速扩张与客流量持续提升, 运营管理面临前所未有的复杂挑战, 传统经验式管理模式在突发事件应对、资源配置优化、服务质量提升等方面存在局限性。大数据技术的兴起为解决上述问题提供全新思路与方法, 其强大数据处理及智能分析功能能为运营管理提供科学依据支撑。将大数据技术引入城市轨道交通标准化运营管理体系, 不仅是技术创新的必然诉求, 更是提升行业管理水平、保障运营安全、优化乘客体验的关键举措, 还兼具广阔应用前景与发展空间。

## 1 城市轨道交通大数据的特点

城市轨道交通系统运行时持续生成海量数据, 这些数据具有高速生成特征且具备时效性与动态变化特性, 同时因关联运营管理、设备监测和乘客服务等层面, 数据更新频率高, 推动系统对信息处理实时性的需求提升。在此背景下, 数据不仅数量庞大, 种类也很丰富, 包含不同子系统的结构化与非结构化内容, 包含设备状态记录、视频监控资料、运行日志等信息。同时各来源数据联系紧密, 构成复杂关联网络, 给数据整合与分析带来挑战, 系统内多种类数据的异构特性突出, 采集频率高时短时间内会积累大量信息, 造成存储压力增加。技术人员要在保障数据安全性的前提下, 完

成多源信息的有效管理, 部分数据安全等级较高, 特别是涉及运营机密和公共安全的内容, 必须执行严格保护措施。此外, 数据分析过程需要高效数据挖掘能力, 才能从庞杂信息中提取有价值的内容, 在数据处理环节操作时, 要同时关注速度与结果准确可靠。整个流程中数据质量问题可能在多个阶段出现, 因此要持续监控并及时调整策略, 相关人员运用先进技术手段能够实时掌握现场状况, 也能为后续决策提供支撑。城市轨道交通大数据体系的运转依赖各环节协同配合, 任何环节出现问题都可能影响整体效率。

## 2 城市轨道交通标准化运营管理中大数据技术的应用原则

### 2.1 智慧城市原则

城市轨道交通系统运行过程中持续生成庞大数据量, 这些数据覆盖乘客流动、设备状态、运营调度等多维度信息, 将这类数据与城市整体信息系统整合后能够为城市管理者提供决策依据, 以此推动城市基础设施向智能化方向升级。引入大数据技术后, 交通调度、客流预测及应急响应等工作精准度得到提升, 通过对历史客流数据的分析, 系统可以在节假日前提前调节列车运行间隔以规避站点拥堵状况, 同时交通管理部门能够凭借数据分析平台实时掌握各线路运行状态, 提升公共交通服务水平。城市轨道交通作为城市公共设施的关键构成部分, 运行效率直接关系到市民出行

质量,在推进智慧城市建设时,交通系统的数字化转型成为关键环节。有效利用数据资源不但能优化资源配置,还能提升城市治理能力,通过搭建统一数据接口标准,不同部门间的信息壁垒被打破,实现资源共享与业务协同。城市轨道交通运营管理正逐步向数据驱动模式转变,为城市公共服务体系完善提供支撑。

## 2.2 数据集成原则

城市轨道交通运营涉及多种数据来源,包含自动售检票系统记录的进出站信息、移动终端上传的位置数据与视频监控设备采集的图像资料,这类数据在格式、结构和更新频率方面存在明显差异,需要依靠统一数据集成机制处理。客流数据主要源自闸机刷卡记录,这类数据具有时间戳明确、数据量大的特点,可用于分析不同时段客流量变化趋势,移动终端数据反映乘客出行偏好与路径选择,挖掘后运营才能优化线路规划和服务时间安排,视频监控数据尽管信息密度较低却覆盖范围广,能用于识别异常事件和评估车站运营秩序。为提升数据可用性,需要对上述三类数据进行清洗、转换与融合处理,例如在高峰时段,系统可以借助对比闸机数据和视频监控画面,判断是否存在客流积压情况。数据集成的目标是搭建统一数据视图,让管理者能在单一平台获取全面运营信息,基于此,系统能生成辅助决策的信息产品,如客流热力图、设备健康指数等,这类多层次数据整合方式有助于提升运输组织的灵活性与响应速度<sup>[1]</sup>。

## 2.3 科学规划原则

城市轨道交通系统运营管理包含列车调度、设备维护、物资调配与应急预案制定等业务模块,应用大数据技术时需要遵循科学规划原则以保障工作有序推进。运营组织的合理性决定系统运行效率,分析历史运营数据能够识别潜在风险点并前置应对策略,如某线路早晚高峰列车满载率超过 90% 时,系统可依据数据分析建议增加上线列车数或调整发车间隔。设备维护环节中,运营团队基于传感器采集的运行参数搭建预测性维护模型,能够提前捕捉设备故障隐患并降低突发停运风险,物资管理需要结合库存数据与使用频率优化采购计划及仓储布局。科学规划既要求深度分析现有数据,也需要搭建动态调整机制,如大型活动引发局部客流激增等外部环境变化时,系统需要快速调整运营方案以适配新需求。规划中还要考虑数据采集的完整性与准确性以保障后续分析结果可靠,构建指标体系量化运营管理关键绩效指标,为持续改进提

供依据,科学规划的核心是实现数据与业务流程深度融合,以提升系统整体运行效能。

## 3 大数据技术在城市轨道交通标准化运营管理中的应用

### 3.1 数据共享,提升数据完整性与真实性

城市轨道交通系统中各子系统分别采集设备状态、列车运行参数与车站客流等数据,传统模式下这些数据由不同部门独立管理,因缺乏统一平台,信息更新存在时间差,数据整合易出现断层或偏差,导致运营分析依赖不完整数据源且影响决策准确性<sup>[2]</sup>。大数据平台建设将机车信号、供电状态、轨道检测及乘客流量等多维度数据集中处理以实现跨部门信息同步,平台构建标准化数据接口与传输协议,对原始数据开展清洗、校验与归档,有效减少人工干预或系统延迟带来的误差。实际运行阶段,某线路供电系统故障记录与车辆制动反馈数据能够在同一时间轴完成比对分析以提供故障成因判定依据,平台采用分布式存储架构保障数据安全,依托权限分级机制确保敏感信息仅授权人员访问。数据共享机制的建立既提升了信息透明度,也增强了各业务模块协同能力,为后续智能化分析筑牢基础。

### 3.2 实时传输数据,使数据发挥更高价值

轨道交通设备每日运行时长超 16 小时,部分关键部件在持续高负荷运转时易出现性能衰减或突发性故障,传统依赖定期巡检与人工上报的监测手段难以及时捕捉设备瞬时异常状态,致使维修响应存在滞后性。大数据技术引入轨道交通运维场景后,系统可以针对列车牵引电机温度、制动闸片磨损程度、轨道几何尺寸变化等参数开展秒级采集与上传作业。例如:运营时监测系统监测到一节车厢空调机组电流波动频率偏离正常范围,平台随即触发预警机制并将信息推送至维护终端,技术人员依此提前安排停运检修以规避故障扩大化风险。实时数据在边缘计算节点完成初步筛选后传入中心服务器,结合历史数据库资源开展趋势预测建模,模型运算显示特定区段钢轨裂纹扩展速率,基于该数据制定的钢轨更换计划将断轨风险降低。这类以动态数据为驱动核心的运维模式一改过往依赖经验判断的工作模式,有效提升设备全生命周期管理环节运行效率,平台同步搭载移动端实时查看功能,调度员在应急处置场景中能获取第一手运行参数,使故障处置周期缩短。高频次数据交互支撑形成的闭环管理体系为运营单位精准识别潜在隐患、执行针对性措施提供路径,进一步强化整体服务可靠性。

### 3.3 大数据管理简化了工作

传统管理模式在运输网络复杂度持续提升的背景下暴露出运转效率低下的缺陷。例如：某城市 2010 年至 2023 年线路从 5 条增长到 18 条、设备种类增至 300 余种时，人工统计与纸质记录结合的管理模式便难以适配当下需求。管理人员单日需要处理的故障报告和维修申请超 200 份，其中重复性内容占比达总量 37%。大数据平台依托统一数据采集标准建立完成信号、供电、车辆等子系统分散信息整合，每日自动抓取并分类处理约 50 万条运行参数，还依托算法识别异常数据点并把误报率控制在 3.2% 以内。工作人员无需逐一对照纸质报表核对，转而通过可视化界面直接查看筛选后的关键指标<sup>[3]</sup>。某运营企业引入该系统后月度报表后编制时长从原 8 小时压缩至 2 小时，数据录入错误率降低 68%，平台内置智能分析模块还能自动生成包含磨损程度、维护周期预测的设备健康评估报告。技术人员基于这些信息制定预防性维修计划，让突发故障频次降低 22%，这类自动化处理机制可减少人为干预环节，有效提升整体工作推进效率。

### 3.4 大数据规划使布局更加合理

城市轨道交通网络扩展需要依托准确客流预测数据，规划部门分析过去 5 年每日超 120 万人次出行记录后，发现工作日早高峰时段核心区站点客流量集中度达 45%，还运用聚类分析识别出通勤、商务、休闲等 6 类典型出行模式以匹配不同特征群体行为倾向。地铁线路设计时技术人员以站点间平均换乘时间不超 3 分钟为原则优化间距，不仅让新建线路每公里设置 1.3 个车站且密度较旧线路提升 18%，大数据分析还显示发车间隔超 6 分钟时乘客等待焦虑指数上升 31%，新规划线路因此将最小发车间隔设定为 4 分钟，高峰时段进一步压缩至 2 分 30 秒<sup>[4]</sup>。例如：某城市建设 6 号线时参考历史 OD 数据，发现连通住宅区与工业园区的直达线路能减少 30% 换乘需求，线路开通后日均客流达 28 万人次且超预期目标 12%。规划人员分析沿线土地利用性质变化趋势后，确定未来 10 年商业开发热点区域向北迁移约 2.5 公里，据此调整的线路走向能覆盖更多潜在客流聚集点，预计建成后客流量增长幅度可达 15%，大数据支撑下的规划决策让资源配置更精准，还规避了盲目建设与资源浪费现象。

### 3.5 交通路况实时预警和预测

日常运行时，城市道路监控系统每日采集超 200 万条交通流数据，结合近 3 年历史记录构建仿真模型

以开展路况分析。针对不同程度拥堵状况，系统设置三级预警机制，路段平均车速低于 15 公里 / 小时且持续时间超过 10 分钟时即启动黄色预警，进入黄色预警状态后监控中心会调取周边摄像头识别事故点位，同时向指挥调度平台发送异常事件报告。若拥堵范围扩大至 3 个以上路口或平均延误时间达 18 分钟，系统会自动升级为橙色预警并向辖区交警 PDA 终端推送处置指令，橙色预警期间巡逻警力需要在 5 分钟内抵达现场开展交通疏导，力争 30 分钟内恢复道路正常通行能力<sup>[5]</sup>。单向车道饱和度超过 0.85 且排队长度突破 2 公里时，系统发出红色预警，此时需要启动应急预案协调多部门联合处置。早高峰时段某市中心区域曾出现连续 45 分钟严重拥堵，系统提前 15 分钟发出红色预警，成功引导周边车流绕行，避免交通瘫痪范围扩大。平台运用机器学习算法关联分析历史拥堵成因，发现 76% 的严重拥堵事件和交通事故存在直接因果关系，系统随即优化事故快速响应流程，将平均处置时间从 22 分钟压缩至 14 分钟。数据统计显示，实施智能预警机制后城市主干道通行效率提升 19%，高峰时段平均车速提高 3.2 公里 / 小时。

## 4 结束语

大数据技术深度应用于城市轨道交通标准化运营管理，标志着传统交通管理模式向智能化、精细化方向发生重大转变。构建完善的数据采集、处理、分析与应用体系，不仅能提升运营管理效率与服务水平，还能为行业标准化建设提供更强的技术支撑。未来，人工智能与物联网等新兴技术持续融合发展，大数据技术在轨道交通领域的应用将更广泛深入，推动运营管理向全面数字化、智能化方向发展，为建设安全、高效、便捷的现代化城市轨道交通系统奠定坚实的基础。

### 参考文献：

- [1] 王静,刘剑锋,马毅林,等.北京市轨道交通车站客流时空分布特征[J].城市交通,2013,11(06):18-27.
- [2] 张洁,汪俊亮,吕佑龙,等.大数据驱动的智能制造[J].我国机械工程,2019,30(02):127-133.
- [3] 李得伟,张天宇,周玮腾,等.轨道交通大数据运用现状及发展趋势研究[J].都市快轨交通,2016,29(06):1-7.
- [4] 刘芳军,景子轩,马明,等.基于大数据的交通客流分布多维特征挖掘与客流预测[J].南方农机,2021,52(05):188-190.
- [5] 杨建功.铁路运输组织工作中大数据的应用研究[J].科学大众(科技创新),2021(11):256.