

智能化技术驱动下重庆轨道交通运营模式创新研究

艾志

身份证号码: 500112199012263669

DOI:10.12238/ems.v7i12.16456

[摘要] 智能化技术正在重塑城市轨道交通的运营逻辑。重庆作为中国西部核心城市,在轨道交通领域率先探索“智能调度+商业模式协同”双路径创新,推动轨道系统从封闭运行走向系统协同与价值复用。依托数据中枢建设、调度平台重构、互联互通优化及产业链协同整合,重庆构建起以乘客体验、资源集约与生态盈利为导向的智能化运营体系,带动从基础设施智能化到多元盈利模式融合的转型升级,为中国城市轨道交通系统的效率提升与产业创新提供了现实样本和战略参照。

[关键词] 城市轨道交通;智能化技术;运营模式创新

随着城市化进程的加速,城市轨道交通已成为城市公共交通的重要组成部分。在路网规模不断扩展、多线路交织运行的背景下,传统运营模式面临调度效率低、资源利用率不高、应急响应滞后等问题,亟需借助新技术实现系统重构与治理提效。近年来,人工智能、大数据、物联网等技术加速嵌入轨道交通系统,促使运营逻辑从“运力主导”转向“需求响应”、从“单一票务”转向“复合盈利”,推动管理范式和商业模式双重重塑。重庆作为山地城市代表,在地形复杂与人口密集双重条件下,开展了覆盖调度中枢、产业协同、服务生态等多个层面的智能化探索,形成了具有城市特色与外部借鉴价值的轨道交通智能运营图景。

一、智能化技术驱动下重庆轨道交通运营模式创新的新态势

(一) 从线性运营向平台化统筹转型

重庆轨道交通在迈向网络化运营阶段后,打破以往各线路独立调度、各自为政的运行模式,转向以COCC(线网级调度指挥中心)为核心的统一平台调控体系。通过整合10余条线路的控制数据及设备运行信息,实现了列车调度、客运组织、防灾预警、应急处置等业务的一体化指挥调度,构建出“统一中枢—分级响应”的运行管理架构。在此基础上,重庆构建了以“互联互通+跨线直达”为特征的多线协同机制,显著提升了换乘效率和应急响应能力。尤其在节假日、高峰时段,平台化调度能根据客流热度实时调整列车运行计划,最大化发挥线网整体运力。平台化运营不仅提高了运营效率,更实现了轨道交通系统从“分段运营”向“城市级智能交通

基础设施平台”的战略跃升。

(二) 从资源消耗型向效能集约型演进

智能化技术的嵌入,使重庆轨道交通逐步摆脱高能耗、低效能的传统资源调配模式。在调度层面,通过“客流—运力”动态匹配模型,实现了不同区段、不同时间段列车资源的弹性配置,避免空驶与资源冗余^[1]。例如,三线互联互通运营减少列车重复购置和走行里程,每日降低运营成本逾1.5万车公里,有效缓解了高峰压力与低峰浪费的结构性矛盾。在线网管理层面,依托智能维保系统和状态监测算法,对车辆、信号、桥梁等设备实施预测性检修,延长设备寿命并优化维修资源投放。重庆的经验表明,轨道交通的智能化路径并非一味“加码投放”,而是在算力支持下实现精确控制与集约利用,推动轨道交通系统向“轻资产、高效能”方向稳步演化。

(三) 从单一出行服务向复合生态运营拓展

随着城市生活节奏加快与场景需求多样化发展,城市轨道交通系统正从“运输工具”逐步演化为“城市流量平台”。在智能化驱动下,轨道交通的功能边界不断被重构,其价值体系也从以票务为核心的单一收益模型,扩展为融合消费引导、数据沉淀与生活服务于一体的复合生态。轨道空间逐渐具备了内容聚合、场景承载与品牌接入的能力,使得站点从“通达节点”升级为“多元服务终端”,实现从物理位移到行为参与的跃迁。同时,轨道系统与用户的连接关系不再止于出行本身,而是延伸至其通勤、消费、娱乐等多维日常行为轨迹,形成围绕轨道交通为中心的数字化生活生态。运营模

式的演进不再以“人次计价”为终点,而是以“用户关系价值”为增长引擎,推动轨道系统从基础设施向综合服务平台转型,拓展了其在城市治理与产业联动中的战略角色^[2]。

二、智能化技术驱动下重庆轨道交通运营模式转型的现实图景

(一) 调度系统割裂影响整体运行效能

在城市轨道交通网络日益复杂的背景下,调度系统作为统筹运行的核心枢纽,其系统割裂问题已成为制约整体运营效率的重要瓶颈。重庆早期多线路建设由不同技术提供商主导,导致信号系统、通信协议、控制平台等存在较大差异,缺乏统一标准和互操作机制。各线路调度中心之间信息传输滞后,联动响应受限,致使突发事件常需人工判断与手工协调,延缓处置效率。尤其在跨线运营、互联互通场景中,单线路的调度视角难以支撑线网级运行态势感知,进而形成调度盲区和响应断层。一旦某一节点发生故障,极易产生级联反应,加重整体运行压力。这种“线内最优、线间失配”的结构性割裂,背后反映的是轨道交通系统长期缺乏系统集成思维与前置协同设计能力。

(二) 系统数据壁垒制约资源优化配置

尽管轨道交通系统在技术层面已具备大量数据采集能力,但由于标准不统一、接口不贯通,重庆当前各线路间仍普遍存在数据壁垒现象,严重制约了智能化运营水平的进一步提升。不同线路的客流数据、车辆运行状态、能耗信息等分散存储、异构管理,缺乏可交互性,导致调度系统难以实现跨线资源的动态匹配与优化配置。在实际运营中,客流波动与列车编组调整之间缺乏及时响应机制,形成“感知滞后—调度迟缓—效率下降”的链式失效。更为关键的是,当前数据治理体系尚未形成闭环,从采集、清洗、融合到应用,仍存在多个断点,无法支撑高频、高精度的智能分析需求。根本原因在于数据资产缺乏一体化管理框架,相关系统建设中“采而不用”“采而难用”的现象仍广泛存在^[3]。

(三) 盈利结构单一限制持续发展能力

城市轨道交通作为重资产、长周期项目,其高昂的建设和运营成本决定了其必须具备可持续的盈利结构。然而现实中,重庆轨道交通的收入体系仍以票务收入为核心,占比过

高,导致在客流波动、政策调价或突发事件影响下极易出现现金流紧张问题。同时,智能化系统的研发、部署与维护投入巨大,若缺乏稳定的多元收益补位,将对后续扩展形成压制。尽管轨道沿线具备大量可开发的商业空间和客流数据资源,但当前物业开发、广告投放、数据变现等渠道依然零散,未形成统一的运营逻辑与收益闭环。此外,由于资产权属划分不明、开发机制僵化,部分商业资源虽已招商落地,却未真正融入轨道交通的系统运营中。本质上,这种盈利结构的单一性反映出运营机制缺乏市场导向、资产运营能力与产业协同意识仍有明显滞后。

三、智能化技术驱动下重庆轨道交通运营模式创新实践路径

(一) 打造智能调度中枢,重构调度体系

重庆轨道交通在建设 COCC 线网级调度中心过程中,将分散在各线路的控制、信号、客流、设备、气象等十余类系统数据全部接入同一底座,建立统一接口和数据标准,保证跨线实时更新与可视化呈现。调度员不再通过电话、纸质时刻表沟通,而是直接在平台上调用“列车运行图自动编制模块”,按客流曲线一键生成加开或调整计划;系统自动分配列车、调换车底、调整停站时间,并将新运行图同步推送至司机、车站大屏和广播系统,实现指令秒级下发。节假日或突发客流出现时,平台能在数秒内完成“增发直快车—调整区间停靠—动态换乘导引”三步操作,避免人工协调延迟;在设备故障或天气异常情况下,系统依据预设规则自动推荐绕行方案,并生成电子调度命令传送至相关岗位执行,调度员只需确认即可生效。整个过程形成“实时感知—智能编排—自动下发—反馈监控”的连续动作链,日常调度和应急处置都按同一套流程运行,大幅缩短了各环节衔接时间并提高现场执行的一致性。

(二) 构建技术协同产业链,推动装备国产化

为打破智能化核心装备长期依赖进口的局面,重庆轨道交通依托轨道集团主导,联合中车长客、通号城轨、轨道产投公司等主体,逐步形成“研发—制造—运维—升级”四位一体的轨道交通装备协同体系。在信号系统领域,通号(重庆)智能交通科技有限公司作为央地合资企业,建立了基于

自主 CBTC 标准的信号系统测试平台,开展核心控制设备国产替代试验与版本适配,并形成与既有线路设备的兼容型总线结构。研发团队与运营一线协作,对现网车站采样 1000 余项数据,反复模拟调度与切换过程,实现智能信号系统的“热切换”和“跨线无感识别”。在车辆装备方面,中车轨道装备检修服务有限公司承担车辆架大修及状态维保任务,通过建立“部件级健康监测—预测性检修—远程联动”流程,形成车辆全寿命管理链条,年检修能力超 500 辆。维保数据实时上传平台,经模型分析后反馈至运营调度系统,用于调整行车图与车底轮换逻辑。各企业之间通过联合开发任务包、共享检测标准、协同测试接口,形成机制稳定的横向协作模式,有效缩短装备更新周期,提高技术演化效率。不同于传统分工,这一模式强调任务共研与接口共建,推动产业链由“拼装组合”向“系统协同”升级^[4]。

(三) 拓展轨道资源运营边界,挖掘非票收入

在拓展非票收入路径上,重庆轨道交通围绕“轨道即平台、空间即资产”的逻辑,推动站点资源从静态管理向动态运营转型。轨道集团全面梳理 13 条线路下的商业可开发空间,通过空间评估模型筛选出 302 个高价值站内铺面、44 处可利用轨道空间及 34 宗核心地块,构建“站点场景—商业模型—收益结构”三维联动体系。在招商运营方式上,采取“模块联营+弹性租赁+品牌合作”组合模式,以引入麦当劳、蜜雪冰城、华润等主力品牌为核心,带动站点流量转化为稳定商业流量。针对非固定商业空间,设立“轨道市集”作为弹性经营载体,支持夜间摊位、周末市集与临时促销场景,在 7 个核心站点常态化开放 100 余个摊位点位,实现轨道流量与城市微消费的融合落地。黄金地块开发则以“轨道+地产联动”方式推进,引入城市更新专项基金,采用联营收益权置换机制,引导轨道资产反哺系统升级投资。各项非票收入统一纳入“轨道资源数字资产平台”,通过租金模型与收益预测接口,实现租售动态管理与回报率实时监控。这一系列措施打破了“物业闲置”与“票务依赖”的传统局限,推动轨道交通从基础服务转型为具备场景运营能力的复合型平台主体。

(四) 嵌入智慧服务系统,增强用户黏性

在用户交互侧,重庆轨道交通通过“渝通行 App”打造

集交通服务、生活服务与交易平台为一体的数字枢纽,构建出“出行即入口、停留即转化”的平台级运营生态。该 App 基于轨道集团与市政部门数据整合,实现扫码乘车、余额充值、发票开具、乘车记录查询等基础功能的一体化管理,并与线下闸机、站厅广播系统联动,形成用户可感知的流畅闭环。更具创新性的是,平台引入本地优质农特产品、联营商超、文化衍生品等模块,打造线上商城,用户可在等车、换乘等碎片时段完成浏览与下单,强化“出行+消费”联动体验。商户资源由轨道集团统一招商,引入积分系统与会员机制,用户乘车行为与消费行为可在 App 内互通结算,形成可量化的用户画像并支持精准营销投放。同时,App 后台嵌入 AI 推荐算法与用户行为分析模型,根据通勤频率、出行时间、购票习惯等推送换乘优化方案、商城商品及城市服务提醒,提高用户停留时长与粘性转化率^[5]。

四、结语

重庆轨道交通在智能化技术驱动下,逐步实现从运行调度逻辑、资源配置体系到商业模式结构的深层重塑,展现出由“工具型运营”向“平台型治理”的系统跃迁路径。在数字技术与城市服务深度融合背景下,轨道交通的功能边界与价值逻辑正持续拓展,释放出更强的场景连接能力与产业整合潜力。未来,随着人工智能、数据资产运营等能力的持续深化,城市轨道交通将在服务优化、运营提效与生态扩展等维度发挥更核心的引领作用,成为智能城市治理的重要底座与流量枢纽。

[参考文献]

- [1]唐涛,汪嘉琳.深耕轨道助力城市形象塑造——以“厢遇”为例[J].新闻世界,2025,(09):90-93.
- [2]王睿,刘启钢,杨晓,等.我国轨道交通“四网融合”发展战略研究[J].中国工程科学,2025,27(04):187-198.
- [3]杨瑾.“双碳”背景下城市轨道交通绿色运维研究[J].科技与创新,2025,(16):189-192.
- [4]陶涛,牟佟,马丽.城市轨道交通与公交穿梭巴士的融合发展策略研究[J].城市公共交通,2025,(08):50-54+60.
- [5]杨婧.城轨交通网络化运营与智能调度的实践及探索[J].城市轨道交通,2025,(07):50-53.