

老旧线路乘客信息系统升级改造的经济性与可持续性分析

杨 宾 张 栋

郑州交通发展投资集团有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 老旧线路乘客信息系统存在设备老化、功能滞后等问题, 升级改造迫在眉睫。本文分析其经济性与可持续性, 经济性涵盖成本构成与优化路径, 包括硬件、软件等成本及前期规划、运维控制等优化方式; 可持续性涉及技术、运营、发展层面, 如技术兼容、与运营体系融合等。提出经济性与可持续性协同推进措施, 通过升级方案协同优化、全生命周期统筹管理等, 构建高效、智能、可持续的乘客信息服务体系, 提升服务品质。

关键词: 老旧线路; 乘客信息系统; 经济性; 可持续性; 升级改造

引言: 城市轨道交通中, 老旧线路乘客信息系统因建设年代早, 面临设备老化、功能滞后、维护成本高、无法满足乘客新需求等困境。在激烈的城市交通竞争下, 升级改造成为必然。经济性与可持续性为升级改造的关键考量因素, 经济性关乎成本投入与效益产出, 可持续性决定系统长期发展能力。深入分析二者, 有助于制定科学合理的升级方案, 构建高效、智能、可持续的乘客信息服务体系, 提升城市轨道交通服务水平。

1 老旧线路乘客信息系统核心认知

1.1 乘客信息系统的核心功能与运行逻辑

乘客信息系统作为城市轨道交通的重要组成部分, 承担着信息传递与服务支持的关键角色。其核心功能涵盖信息发布、动态导航、应急管理三大方面^[1]。信息发布功能通过多渠道整合, 将列车运行时刻、站点信息、换乘指引等内容实时推送至乘客终端, 确保在1秒内完成信息推送, 保证信息获取的及时性与准确性。动态导航功能则基于乘客位置与出行需求, 提供个性化路径规划, 平均为每位乘客节省2-3分钟的出行规划时间, 优化出行体验。应急管理功能在突发状况下迅速启动, 通过广播、显示屏等媒介传递安全指引, 在10秒内将应急信息传达至各个终端, 协助乘客有序疏散。系统运行逻辑以数据驱动为核心, 通过传感器网络采集列车运行状态、客流密度等基础数据, 经中央处理单元分析后生成指令, 驱动前端设备执行信息展示或服务响应。这一过程依赖稳定的通信网络与高效的计算能力, 通信网络带宽需达到1000Mbps以上, 计算能力每秒可处理10万条数据, 确保信息传递的实时性与系统响应的敏捷性。数据交互的闭环设计使系统能够根据乘客反馈动态调整服务策略, 形成“采集-分析-响应-优化”的持续迭代机制。

1.2 老旧线路乘客信息系统的现存问题与升级必要性

老旧线路乘客信息系统因建设年代较早, 普遍存在

设备老化、功能滞后等问题。硬件层面, 显示屏分辨率不足、通信模块带宽受限导致信息展示模糊、更新延迟; 软件层面, 系统架构封闭难以集成新技术, 功能扩展受制于原有代码框架。此外, 老旧系统维护成本高昂, 频繁出现故障, 不仅耗费大量人力物力进行维修, 还进一步降低了系统的可用性。这些问题直接削弱了信息传递效率, 增加乘客出行不确定性, 甚至在紧急情况下影响安全疏散效果。随着城市发展, 乘客对信息服务的需求从基础信息获取转向智能化、个性化体验。老旧系统已无法满足多模态交互、实时动态调整等新要求, 升级改造成为提升服务品质、适应城市交通现代化发展的必然选择, 否则将在激烈的城市交通竞争中逐渐被淘汰。

1.3 升级改造的核心目标与核心方向

升级改造的核心目标在于构建高效、智能、可持续的乘客信息服务体系。通过技术迭代提升系统稳定性与响应速度, 确保信息传递零延迟; 通过功能扩展支持多语言服务、无障碍交互等差异化需求, 增强服务包容性。升级改造要着眼于长远发展, 使系统具备良好的兼容性和可扩展性, 能够轻松应对未来可能出现的新技术和新需求。核心方向聚焦于硬件更新与软件重构。硬件层面采用高分辨率显示屏、5G通信模块等新型设备, 提升信息展示清晰度与传输效率; 软件层面引入微服务架构与云计算技术, 实现系统模块化部署与弹性扩展, 为未来功能升级预留空间, 从而打造一个适应时代发展、满足乘客多样化需求的先进乘客信息系统。

2 老旧线路乘客信息系统升级改造的经济性分析维度

2.1 升级改造的成本构成维度

硬件设备投入是升级改造的基础成本, 涵盖新型显示屏、通信模块、服务器等核心组件的采购费用^[2]。此类成本受技术迭代速度影响显著, 需在性能需求与预算约束间寻求平衡。软件研发与适配成本涉及系统架构重

构、功能模块开发及与既有系统的兼容性调试,需投入专业团队进行定制化设计,确保新系统满足多样化服务需求。施工安装与调试成本贯穿于硬件部署与软件集成的全过程,包括设备运输、现场布线、系统联调等环节。此类成本受工程复杂度与场地条件制约,需通过精细化施工管理降低额外支出。后期运维成本涵盖设备维护、软件更新、数据备份等持续性投入,需建立长效机制确保系统稳定运行,避免因故障中断导致额外损失。

2.2 经济性优化的核心路径

成本优化的前期规划路径强调需求分析与技术选型的精准匹配。通过梳理老旧系统痛点,明确升级优先级,避免过度投入非核心功能。例如,若老旧系统故障率最高的设备是显示屏,那么在升级时应优先更换显示屏,同时采用模块化设计理念,选择可扩展性强的硬件与软件架构,为未来功能升级预留空间,降低二次改造成本。投入与产出的平衡路径需建立量化评估模型,将系统升级带来的运营效率提升、乘客满意度改善等隐性收益转化为可衡量的经济指标。通过对比不同方案的成本回收周期,筛选出兼具性价比与长期价值的实施路径。运维成本的长效控制路径依托智能化管理工具实现。引入自动化监控系统实时追踪设备状态,提前预警潜在故障,减少人工巡检频次;采用云服务模式分散数据存储压力,降低本地服务器维护成本;通过标准化操作流程培训运维人员,提升问题处理效率,形成“预防-监测-响应”的闭环管理体系。

3 老旧线路乘客信息系统升级改造的可持续性分析维度

3.1 技术层面的可持续性

技术兼容性与扩展性路径聚焦于系统架构的开放性与模块化设计^[3]。升级后的系统需支持多协议通信接口,确保与既有设备及未来新增技术的无缝对接,避免因技术标准差异导致重复建设。例如,系统应支持至少3种常见通信协议,模块化设计允许功能单元独立升级,如将信息发布、应急管理模块解耦,降低局部优化对整体系统的影响,延长技术生命周期。技术迭代的适配路径强调对新兴技术的动态吸收能力。系统应预留人工智能、大数据分析等技术的接入接口,通过标准化数据接口实现功能扩展。例如,利用机器学习优化客流预测模型,可使客流预测准确率提高20%;通过边缘计算提升实时信息处理效率,将信息处理时间缩短至1秒以内,技术适配需平衡创新投入与风险控制,避免因过度追求前沿技术而忽视系统稳定性。

3.2 运营层面的可持续性

与现有运营体系的融合路径需从流程再造与数据互通两方面切入。升级后的系统应深度嵌入列车调度、票务管理等核心业务环节,通过统一数据平台实现信息共享。例如,将乘客信息系统与智能运维平台对接,实时同步设备状态数据,支撑预防性维护决策,融合过程需兼顾既有操作习惯,通过渐进式培训降低员工适应成本,培训周期可控制在1个月以内。运维体系的长效搭建路径依赖标准化与智能化双重支撑。建立覆盖设备全生命周期的运维规范,明确巡检周期、故障响应标准等操作细则,减少人为因素导致的服务中断。例如,规定设备巡检周期为每周1次,故障响应时间不超过30分钟,同时,部署智能运维工具,如基于物联网的远程监控系统,自动采集设备运行数据并生成维护建议,将被动维修转变为主动预防,降低长期运维成本30%以上。

3.3 发展层面的可持续性

适配城市公共交通发展的路径需立足长远规划,预留与城市轨道交通线网、综合交通枢纽的对接能力。系统设计应支持多制式线路的信息统一管理,例如兼容地铁、轻轨、市域铁路等不同制式的运行数据,为未来线网扩展提供技术基础。此外,需考虑与共享单车、公交等地面交通的信息交互,构建“门到门”出行服务生态。满足乘客需求升级的路径需建立动态需求响应机制。通过乘客行为数据分析挖掘潜在服务需求,例如识别高频查询信息类型并优化展示优先级,或针对特殊群体开发无障碍交互功能。系统应支持个性化服务配置,允许乘客自定义信息推送内容与频率,从“标准化服务”向“精准化服务”演进,持续提升乘客出行体验。

4 经济性与可持续性协同推进的关键措施

4.1 升级方案的协同优化策略

升级方案的制定需以经济性与可持续性为双重导向,通过功能整合与资源复用实现协同增效^[4]。在需求分析阶段,需精准识别老旧系统核心痛点,区分基础功能升级与增值服务拓展,避免功能冗余导致的成本浪费。例如,将信息发布、应急指挥、客流分析等模块进行集成化设计,通过这种集成化方式,不仅能实现各模块间的数据高效交互,还能进一步强化系统整体功能协同性,通过共享数据接口与计算资源降低系统复杂度。同时采用渐进式升级路径,优先实施影响范围广、效益显著的功能模块,如替换高故障率硬件、优化关键软件算法,后续逐步扩展智能化服务,平衡短期投入与长期收益。引入模块化架构设计理念,将系统拆分为独立功能单元,支持按需组合与灵活扩展,既满足当前运营需求,又为未来技术迭代预留空间,减少重复建设成本。

4.2 全生命周期的统筹管理策略

全生命周期管理需贯穿规划、建设、运维各阶段，形成经济性与可持续性动态平衡机制。规划阶段，建立包含成本预测、效益评估、风险分析的决策模型，通过量化指标对比不同方案的经济性与环境影响，为方案选择提供科学依据。建设阶段推行标准化施工流程，采用预制化组件与装配式安装技术，缩短工期并降低现场作业对运营的干扰，通过集中采购与批量部署降低硬件成本。运维阶段构建智能化监控体系，实时采集设备运行数据与能耗指标，结合机器学习算法预测故障趋势，优化备件库存与维护计划，将被动维修转变为主动预防，延长设备使用寿命并降低全周期运维成本。此外，建立全生命周期成本数据库，跟踪记录各阶段投入与产出，为后续项目提供经验参考，形成持续改进的管理闭环。

4.3 技术选型与成本控制的协同策略

技术选型需在性能需求与成本约束间寻求最优解，通过多维度评估实现技术经济性最大化。硬件层面，优先选择开放标准协议的设备，避免技术封闭导致的兼容性成本与后期维护成本；同时，要综合考量设备的采购成本、维护成本以及更新换代成本等全生命周期成本因素，确保硬件选型在长期使用中具备经济优势；同时关注设备能效指标，选用低功耗组件降低长期运营能耗。软件层面，采用开源框架与商业组件混合开发模式，在核心功能自主可控的前提下，利用成熟商业模块缩短研发周期并降低测试成本。技术迭代阶段建立成本预警机制，对新技术的引入进行成本增量分析，评估是否通过提升效率或创造新价值抵消额外投入，确保技术升级不会对整体经济性产生显著冲击。通过技术复用策略，将已验证的模块或算法应用于其他场景，扩大技术投入产出比，提升资源利用效率。

4.4 长效保障机制的搭建策略

长效保障机制需从制度、技术、人才三方面构建支撑体系。制度层面，制定涵盖设备更新、软件升级、数据管理的标准化规范，明确各环节责任主体与操作流

程，减少因管理缺位导致的资源浪费；同时建立经济性与可持续性协同的考核指标，将成本节约、能效提升等目标纳入绩效评估体系。技术层面，部署自动化运维平台，通过数字孪生技术模拟系统运行状态，提前识别潜在风险并优化维护策略；利用区块链技术实现设备全生命周期数据不可篡改存储，为成本追溯与效益评估提供可信依据^[5]。人才层面，培养跨学科复合型团队，融合通信技术、数据分析、工程管理等专业能力，提升系统全生命周期管理能力；同时建立知识共享机制，通过内部培训与外部合作持续更新团队技能，为经济性与可持续性协同推进提供持续动力。

结束语

老旧线路乘客信息系统升级改造，经济性与可持续性协同推进至关重要。通过升级方案协同优化、全生命周期统筹管理、技术选型与成本控制协同以及长效保障机制搭建等措施，可实现经济性与可持续性的动态平衡。这不仅有助于解决老旧系统现存问题，提升信息传递效率与服务品质，还能使系统适应未来技术和需求变化，为城市轨道交通稳定运行和乘客便捷出行提供有力保障，推动城市交通现代化发展。

参考文献

- [1]卢小军,张志勃.城市轨道交通既有线路闭路电视监控系统智能化升级[J].中国新通信,2022,24(22):45-47.
- [2]赵红斌.上海轨道交通既有线路存车线新增列车记忆定位功能信号系统改造方案研究[J].城市轨道交通研究,2025,28(6):188-192.
- [3]陈文昊.城市轨道交通主变电站信号集中控制设备升级改造[J].城市轨道交通研究,2024,27(3):193-195,201.
- [4]邓俊.广州地铁7号线改造升级为全自动运行线路的信号系统关键技术[J].城市轨道交通研究,2022,25(8):89-92.
- [5]叶富智,牟宗元,陈柱月,等.城市轨道交通信号系统改造过渡切换工程技术分析[J].城市轨道交通研究,2025,28(3):280-285.