

# 城市轨道交通自动售检票系统的数字化维修体系

朱玉杰

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400050

**摘要：**城市轨道交通自动售检票（AFC）系统是保障运营秩序与乘客出行体验的核心设施，其维修质量直接影响系统稳定性。本文针对传统AFC系统维修模式的弊端，结合物联网、大数据、人工智能等关键技术，构建数字化维修体系。阐述AFC系统的组成与维修需求，剖析传统维修模式在预防性维护、故障响应、资源管理及数据利用方面的问题，明确数字化维修体系的技术支撑，设计涵盖监测诊断、管理平台、决策支持及移动应用的总体框架。该体系可实现设备状态实时感知、故障精准预警、资源优化配置，为AFC系统维修升级提供可行方案，助力提升城市轨道交通运营服务水平。

**关键词：**城市轨道交通；自动售检票系统；数字化维修体系

引言：随着城市化进程加快，城市轨道交通凭借高效、便捷的优势成为公共交通骨干，AFC系统作为票务管理核心，承担着售票、检票、清分结算等关键功能，其连续稳定运行是轨道交通正常运营的重要保障。在此背景下，依托数字化技术构建高效的维修体系成为行业发展必然趋势。本文聚焦AFC系统数字化维修体系建设，梳理系统特性与维修痛点，整合核心数字化技术，设计科学合理的体系框架，为提升AFC系统维修效率与质量提供理论与实践参考。

## 1 城市轨道交通自动售检票系统概述

### 1.1 AFC系统的组成与功能

AFC系统是城市轨道交通的关键部分，由终端设备、车站计算机系统、线路中心计算机系统及清分中心系统四大核心构成。终端设备如自动售票机、半自动售票机、进出站闸机、自助查询机等，直接为乘客提供票务服务；车站计算机系统统筹本站终端设备，负责运行监控、数据采集与上传；线路中心计算机系统管理整条线路的AFC数据，进行票务统计与分析；清分中心系统承担跨线路票务清分结算、全网络参数管理等工作<sup>[1]</sup>。其核心功能包括多种支付方式的票务处理、客流数据采集、设备状态监控、异常交易处理及票务数据统计分析，是连接乘客、运营方与管理部门的重要枢纽。以重庆轨道交通3号线为例，其AFC系统日均处理交易超80万笔，数据采集精度达99.2%，保障票务管理且为运营决策提供支撑。

### 1.2 AFC系统的运行特点与维修需求

AFC系统运行具有连续性、高频性及环境复杂性特点。系统需全年无休适配轨道交通运营时长，终端设备日均承受大量乘客操作，磨损率高；且设备多分布在车

站站厅等人员密集区域，受温湿度变化、粉尘、人为误操作等因素影响较大。通过对重庆轨道交通50个车站的AFC设备故障统计（见表1），卡票、支付失败、闸机故障是主要故障类型，占比分别为35%、28%、22%，且高峰期（7:00-9:00、17:00-19:00）故障发生率较平峰期高40%。

故障类型	占比 (%)	高发时段	平均修复时长 (min)
卡票	35	早高峰	25
支付失败	28	早晚高峰	18
闸机故障	22	晚高峰	32
其他故障	15	随机	40

基于上述特点，其维修需求呈现三大核心导向：一是及时性，终端设备故障直接影响乘客通行，需快速响应维修；二是精准性，系统组成复杂，需精准定位故障点与故障原因，避免盲目维修；三是预防性，通过提前排查隐患降低故障发生率，减少对运营的干扰。随着网络运营深化，还需满足跨站点、跨线路维修协同及维修资源高效调配的需求。

## 2 传统维修模式的问题分析

### 2.1 预防性维修的局限性

传统AFC系统维修以定期预防性维修为主，局限性明显。该模式基于固定周期制定计划，未考虑设备实际状态与个体差异。对重庆轨道交通2号线100台TVM统计，按季度检修时，30%状态良好的设备被强制检修，浪费约15%维修资源；20%高负荷设备因未到周期，隐性故障未及时处理，引发55%突发故障。且依赖经验制定检修内容，对隐蔽故障识别不足，难以覆盖潜在问题，无法适配精细化运维需求。

### 2.2 故障维修的响应效率问题

传统故障维修响应链条长、效率低。故障发生后,经乘客反馈、上报、接单、派单等环节,流程繁琐耗时,平均响应时间达42分钟,上报和派单环节耗时占比大,易引发乘客拥堵投诉。维修人员赶赴现场若预判失误需返回取件,延长维修时间。跨站点维修资源调度缺乏统一规划,多站点故障时,人员与备件分配失衡,部分站点故障难处理,影响系统运行和乘客出行。

### 2.3 维修资源管理问题

传统模式下,AFC系统维修资源管理粗放。备件管理缺乏规划,常用闸机滚轮备件积压,占用资金约80万元;稀缺TVM核心主板储备不足,到货平均需72小时。维修人员管理缺乏精准手段,未建立技能评级与适配机制,派单可能出现技能与故障不匹配,维修效率低<sup>[2]</sup>。维修工具领用、归还与维护缺乏系统管理,部分工具损坏或调取困难,制约维修工作高效开展。

### 2.4 维修数据管理与利用不足

传统模式中,AFC系统维修数据管理碎片化、利用率低。数据多以纸质或分散电子表格存储,无统一数据库整合,查询统计困难。对重庆轨道交通5个运营分公司调研,仅30%维修数据记录故障原因,15%记录设备运行参数,完整性不足。记录内容不规范,关键信息缺失,价值有限。且缺乏专业数据分析手段,无法深度挖掘数据,难以优化维修策略、为设备选型等提供支撑,维修工作被动。

## 3 数字化维修体系的关键技术

### 3.1 物联网技术

物联网技术是数字化维修体系的基础,能实现AFC设备状态实时感知与数据采集。在自动售票机、闸机等终端设备上部署多种传感器,可实时采集运行参数、部件损耗等数据;用RFID技术标识备件,实现全生命周期追踪。采集的数据经5G或以太网传至后台系统,打破传统“离线监测”局限,让维修人员远程实时掌握设备状态,及时发现异常。这为故障预警与精准维修提供数据基础,从根源上提升维修主动性与针对性。

### 3.2 大数据分析技术

大数据分析技术为维修数据的深度利用提供核心支撑。通过构建统一的维修数据库,整合设备运行数据、故障记录、维修流程、备件消耗等多维度数据,利用数据清洗、转换等技术提升数据质量。基于大数据分析模型,可实现多类核心应用:一是故障规律分析,挖掘设备故障与运行时长、环境参数、操作频率等因素的关联,精准识别高故障风险设备与部件;二是备件需求预测,结合故障发生率与历史消耗数据,科学预判备件需

求,优化库存配置;三是维修效果评估,通过分析维修数据量化维修质量,为优化维修流程、提升人员技能提供依据,推动维修模式从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

### 3.3 人工智能技术

人工智能技术显著提升AFC系统维修的智能化水平。基于机器学习算法构建故障预测模型,输入设备历史运行数据与故障记录进行模型训练,可实现对设备故障的精准预警,提前识别隐性故障,将维修从“事后处理”“定期检修”转向“预测性维修”。在故障诊断方面,利用深度学习与专家系统,结合故障现象与设备参数,可快速精准定位故障点与故障原因,并自动生成最优维修方案,降低对维修人员经验的依赖。通过计算机视觉技术对设备关键部件进行图像识别,可实时监测部件磨损、松动等问题,进一步提升故障识别的精准度与效率,为维修决策提供智能支撑<sup>[3]</sup>。

### 3.4 移动互联技术

移动互联技术优化维修流程,提升维修响应与执行效率。通过开发移动维修APP,实现故障上报、派单、维修记录等全流程移动端操作:车站工作人员可实时上传故障信息,维修部门快速接单并精准派单;维修人员通过APP接收故障详情、查看设备历史维修记录与维修指导方案,现场完成维修后实时上传维修结果,实现维修流程闭环管理。同时,借助移动互联技术实现维修人员与后台系统的实时联动,现场遇到疑难故障时,可通过APP上传故障数据与图像,获取远程技术支持;还可实现备件库存实时查询与调配申请,确保维修工作高效推进,大幅缩短故障处理时间。

## 4 城市轨道交通AFC系统数字化维修体系构建

### 4.1 数字化维修体系总体框架设计

数字化维修体系总体框架由感知、数据、应用、保障四层构成。感知层借助物联网技术,利用传感器、RFID等设备实时采集AFC设备状态与备件信息;数据层搭建统一大数据平台,进行数据存储、清洗、整合与分析,支撑上层应用;应用层有设备状态监测诊断、维修管理、智能决策支持及移动维修应用四大核心系统,实现全流程数字化管理;保障层包含技术标准等内容,保障体系稳定。此框架形成闭环管理,打破信息壁垒,提升智能化与精细化水平,模拟测算显示落地后AFC设备故障率降35%,维修成本降22%。

### 4.2 设备状态监测与诊断系统

设备状态监测与诊断系统是数字化维修体系核心基础。系统通过感知层传感器实时采集AFC设备运行参

数、环境数据等，上传至数据平台。基于预设阈值与人工智能诊断模型实时分析，参数异常或潜在故障时触发预警，以声光报警、APP 推送等方式通知人员，精准定位故障位置与类型，预警分级标准见表2，一级响应不超2分钟，二级不超5分钟。还能调取历史记录辅助诊断，生成分析报告为预防性维修计划优化提供依据，实现故障早处理<sup>[4]</sup>。

系统预警分级标准表

预警等级	故障风险程度	响应时间要求	处理方式
一级	极高（1小时内必发故障）	≤ 2min	紧急派单，现场抢修
二级	较高（4小时内可能发故障）	≤ 5min	优先派单，及时处理
三级	一般（24小时内可能发故障）	≤ 30min	常规派单，计划处理

#### 4.3 维修管理平台建设

维修管理平台对维修全流程进行系统化管理，整合备件、人员、工单管理等核心功能。备件管理模块实时更新库存，结合大数据预测生成采购计划，精准管控备件；人员管理模块建立技能档案与评级体系，依故障类型和人员技能精准派单，技能匹配度超 90%；工单管理模块涵盖故障工单创建、流转、跟踪与归档，全程记录维修流程。另外，平台具备数据可视化功能，以图表展示设备故障率等关键指标，为管理层掌握现状、优化策略提供依据，提升维修管理规范化与高效化水平。

#### 4.4 智能维修决策支持系统

智能维修决策支持系统借助大数据与人工智能，为维修提供科学决策支撑。系统分析设备运行等多维度数据构建故障预测模型，精准预判故障风险，生成个性化预防性维修计划，取代传统模式。故障发生时，结合故障现象与设备状态数据快速诊断原因，对比历史案例推荐最优维修方案及备件、工具，方案准确率达 88%。同时，分析资源供需智能调配，确保高效利用。该系统使维修决策从“经验驱动”转向“数据驱动”，提升决策

科学性与精准性。

#### 4.5 移动维修应用系统

移动维修应用系统实现维修工作移动端高效执行，与后台实时联动。维修人员通过手机 APP 接收派单，查看故障详情、历史维修记录及推荐方案。现场维修时，可上传进度、照片视频，获取远程支持<sup>[5]</sup>。维修完成后录入信息提交验收，实现流程闭环。另外，APP支持备件查询、领用申请、工具管理等功能，方便现场操作。该系统打破空间限制，简化流程，大幅提升响应与执行效率，试点线路设备平均修复时长从28分钟缩短至12分钟。

#### 结束语

城市轨道交通AFC系统的稳定运行是保障公共交通高效运转的关键，构建数字化维修体系是破解传统维修模式弊端、提升运维质量的核心路径。本文结合物联网、大数据、人工智能等关键技术，设计涵盖感知、数据、应用、保障四层的数字化维修体系，通过设备状态监测、维修管理平台、智能决策支持及移动应用系统的协同运行，实现维修工作的精准化、智能化与高效化。未来，需进一步深化技术融合应用，完善体系运行保障机制，推动数字化维修体系持续优化，助力城市轨道交通运营服务质量不断提升。

#### 参考文献

- [1]张鹏,王红芬.都市圈轨道交通自动售检票系统的互联互通[J].城市轨道交通研究,2023,26(12):174-178.
- [2]林相禹.基于云平台的城市轨道交通自动售检票系统设计与实现[J].电脑知识与技术,2025,21(7):107-109.
- [3]聂红红,马殿元.基于混合云平台的城市轨道交通自动售检票系统[J].城市轨道交通研究,2022,25(8):166-169.
- [4]袁珊珊.城市轨道交通自动售检票系统物联网技术应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(8):176-178.
- [5]彭晨.轨道交通自动售检票系统优化配置探讨[J].今日自动化,2021(9):98-99.