 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i6.10814

From "Passive Response" to "Active Prevention": The Architectural Design and Implementation of the AFC Intelligent Operation and Maintenance System for Urban Rail Transit

Pengpeng Qiu Shuai Liu

Zhejiang Zhonghe Rail Transit Intelligent Systems Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

Promoting the intelligent and modern development of urban rail transit operation and maintenance, and shifting from scheduled maintenance to condition-based maintenance, can enhance the ability to anticipate various risk issues and ensure that maintenance decisions are scientific, appropriate, and targeted. The implementation of the AFC Intelligent Operation and Maintenance System effectively achieves this objective. It requires optimizing the organizational structure according to the specific needs of intelligent O&M in urban rail transit, incorporating modules such as equipment monitoring and fault early warning, work order dispatching, full lifecycle management, and performance analysis, while fully leveraging the technical advantages of modern technologies like multi-sensor fusion and deep learning algorithms to improve the overall efficiency of urban rail transit system operation and maintenance.

Keywords

urban rail transit; AFC; intelligent operation and maintenance; service quality improvement

从"被动响应"到"主动预防"——城市轨道交通 AFC 智能运维系统的架构设计与实践

仇朋朋 刘帅

浙江众合轨道交通智能系统有限公司，中国 · 浙江 杭州 310000

摘 要

推动城市轨道运维工作智慧化、现代化建设，促进计划维修向状态维修转变，可以提高各类风险问题的预见相应能力，保障维修决策制定的科学性、适切性与针对性。而AFC智能运维系统构建则可以较好的达成这一目标，需要根据城市轨道交通智能运维需求优化组织架构，开设设备监测故障预警、工单派发、全生命周期管理、效能分析等相应模块，充分发挥多传感器融合技术、深度学习算法等相应现代化技术的技术优势，提高城市轨道交通系统运维成效。

关键词

城市轨道交通；AFC；智能运维；服务质量提升

1 引言

经济社会的迅速发展带动了交通事业的发展，现阶段城市轨道交通线路在不断完善，为人们的生产生活提供了极大的便捷，而在轨道交通运维工作落实的过程中传统的运维工作存在盲目性、滞后性、经验依赖性相对较强等相应弊端，大大影响了运维工作成效，AFC 智能运维系统构建则可以较好的解决这一问题。

2 城市轨道交通传统运维模式的存在的问题

首先，传统运维模式存在盲目性较强的特质，在运维方案调整的过程中往往是依赖于工作人员的实践工作经验和掌握的专业知识，对于设施设备购入时间、老化程度等相应真实情况的了解相对而言较为欠缺，这种一刀切、模板化的运维方案制定很容易会带来检测维修过度或故障遗漏等相应问题，大大影响了运维的实际效益。

其次，传统运营模式存在滞后性相对较强的特征。即在传统运维中工作人员往往是在问题已经出现以后开启维修流程。这就导致了设备维护的滞后性相对较强，很多突发性故障无法在第一时间进行处理，影响了城市轨道交通的正常运营，也会给乘客的出行带来不便。

最后，为经验依赖性相对较强。在城市轨道交通设备故障维修中工作人员往往会根据自己的工作经验进行故障分析，例如故障定位、故障解决策略制定往往缺乏足够的数

【作者简介】仇朋朋（1988–），男，中国安徽宿州人，本科，工程师，从事轨道交通建设与应用研究。

据支撑。这一方面意味着在故障处理解决乃至于运维工作落实的过程中很有可能会因主观因素影响导致决策制定失误。另外一方面，若经验较为丰富的员工离职。新员工培训上所需要付出的成本也是相对较高的。而 AFC 智能运维系统的构建则可以从传统的计划修转向状态修，提高各类风险问题故障的预见、响应、处理能力，可从如下几点着手进行系统设计 [1]。

3 城市轨道交通 AFC 智能运维系统设计

3.1 基础框架设计

确定整体架构可以为系统优化设计提供明确导向。而在系统设计中可根据城市轨道交通运行需求具体的问题具体分析，对其基础架构作出有效优化和调整。以上海地铁为例，可以从终端设备层、车站边缘层和线网中心层三个层级来对系统架构做出有效优化。终端设备层需要借助各种传感器、设备完成数据信息的采集。需注意，在这个过程中单独传感器往往无法有效反馈设施设备的运行状态，这时则需要通过多类型传感器的有效应用，配合大数据技术等相应现代化技术完成多源异构数据的整合，例如快速整合电流、振动、温度、通信状态等相应的数据信息并共享至云端平台，进而有效反馈设置设备的实际情况 [2]。

在车站边缘层设计中需要紧抓数据整合分析这一关键要点，剔除无效、冗余、错漏数据，确保数据信息的参考价值，为后续数据分析、故障预测提供保障。

在线网中心层可利用大数据分析技术、深度学习算法建立故障预测模型。将收集到的信息数据整合分析，提取故障特征，明确不同设施设备的运行状态，预测不同故障的出现概率、构成原因及解决对策。深度学习算法可以通过历史数据、实时数据的整合分析精准锁定故障问题，且会随着投入时间的延长不断的优化模型。根据历史记录调整故障识别算法，不断的提高故障识别的准确率。

终端设备层、车站边缘层和线网中心层，共同构成了 AFC 智能运维系统的主体框架，形成了层次清晰、作用连贯的系统运行逻辑，为智能运维工作的开展提供保障，如表 1 所示。

表 1：城市轨道交通 AFC 智能运维系统不同层级侧重点

终端设备层	数据收集
车站边缘层	数据整合
线网中心层	数据分析应用

3.2 功能板块设计

为更好地满足城市轨道交通设备运维管理的实践需求，在系统设计结束以后还需要根据工作需要设计不同的功能模块，确保 AFC 智能运维系统能够有效覆盖运维工作流程，为城市轨道交通设备运维的智能化、现代化建设提供必要支撑。而从运维工作流程来看模块设计可抓住如下几个关键要点。

首先，设备监测模块。借助传感器技术收集完整的数据信息，并利用大数据技术及人工智能技术和数字孪生技术，对信息加工处理，生成图表、数字模型，以更加具象化、可视化的形式呈现出不同设施设备的实际运行状态。工作人员可以通过平台点击模块的方式一键浏览不同设施设备的运行信息，掌握设施设备的运行动态 [3]。

其次，故障预警模块。大数据技术和人工智能技术会自动完成数据分析，对比故障库和历史信息提取不同故障的规律特性，在传感器实时监测并共享着云端平台的同时大数据技术和人工智能技术会实时完成监测数据的分析，并借助故障预测模型判断不同监测数据的异常程度，分析是否存在故障。若监测数值超过安全阈值范围则会自动触发警报，并将报警信息发送给相关工作人员。为了更好的提高设施设备维护保养的效率和质量，避免设备维护管理滞后性过强给城市轨道交通带来较大的损失，影响人们的出行体验。在故障预警方面还可以通过历史数据和实时数据明确数据发展趋势，预测接下来一段时间内不同设备可能发生的故障，可设定时间限制，如果两天内该设备可能出现故障则可以触发警报，将故障处理从事后维护向事前预防转换。

再次，人员调动模块。在识别故障风险以后系统则需派发工单，根据不同维修工作人员所处位置、故障类别、设备位置精准锁定适宜的维修工作人员，并向维修工作人员发送维修任务，明确设施设备维修、工作要求、整改时限、处置标准，帮助维修工作人员更好的明确设备故障的实际情况，为后续快速维护管理提供必要支撑。为了进一步提高维修工作效率，避免无效时间浪费影响维修工作质量及城市轨道交通的正常运行 [4]。在派发维修工单的同时系统可对接数据库，智能分析维修方案，并借助语言分析系统明确在设备维护过程中需要应用到的仪器设备及备用零件，借助物联网技术的相应现代化技术明确零件位置。而在仓储管理上也可借助物联网技术对备用零件进行动态管控，避免出现零件不足影响设备维修保养工作正常开展的情况 [5]。维修工作人员在设施设备维修工作落实结束以后还需要通过手机拍照，确认维修进度。而系统则可以借助图片分析技术及物联网技术分析维修工作是否有效落实及时的发现问题，确保维修成效。

为了实现闭环管理。在系统构建中还可以从可持续优化的维度设计档案管理模块和运行效能分析模块。借助物联网技术自动整合设施设备购入信息、运行信息、维修信息等相应的信息数据。维修工作人员在设备维护保养及故障处理中则可以通过调取设备信息更好的明确不同设施设备的运行状态和实际情况，对维护保养及故障处理方案作出针对性调节。运维效能模块分析模块则可以从工作人员响应速度、设备平均无故障时间、平均修复时间、备件周转率等多个维度量化评估分析 AFC 智能维护系统在投入使用以后的应用成效，结合前期运维管理目标分析在系统应用及维护工作落

实过程中存在的欠缺和不足，寻找相应的优化方案和解决路径，对系统功能进行升级维护对管理制度做出有效优化和调整。通过不断实践、不断优化、不断分析提高运维效能 [6]。

4 案例分析

为了确保系统应用的实效性，以上海地铁 3 号线作为试点路线，推行 AFC 智能运维系统，该线路全长约为 40.7km，29 所车站中 AFC 设备数量达到了 600 台，日均客流量也超过了 50 万人，对于设备运维效率的要求相对较高，较具代表性。推行 AFC 智能运维系统以后其客诉率、设备运行稳定性都得到了明显改善，如表 2 所示。

表 2：AFC 系统应用效益分析

运维效率	故障维修的周期平均缩短 30%
运维成本	降低了 15%
设备运行	无故障时间提升 20%，影响运维运营事件减少 40%。
客诉率	降低 35%

从运维效率上来看。相较于传统的故障维修，推行 AFC 智能运维系统以后故障维修的周期平均缩短了 30%。这是因为 AFC 智能运维系统可以快速锁定故障位置，明确故障原因，对接数据库推送维修方案，大大降低了维修工作人员在故障锁定、处理方案分析上所需要消耗的时间。同时系统可以根据维修工作人员所处位置、维修工作需求进行人员调配，大幅提高了工单派发的效率，盘活了设备资源和人力资源。

而从运维成本的角度来看，AFC 智能运维系统推行以后有效规避了过度维护的问题，使维护工作更具有针对性。相较于过去的计划维修，以设备运行状态为核心预测故障调节维修方案，使维护成本降低了 15% 左右。

从设备运行稳定性上来看，相较于传统的事后维护，提前预测分析派发工单大大延长了设施设备正常运行的时间。平均无故障时间提升了 20%，影响运维运营事件减少了 40%。

从客诉率来看，AFC 设备无法正常运行影响了乘客的交通出行，而 AFC 智能运维系统的应用则可以有效预测各种各样的设施设备运行问题，并缩短各种设备故障的处置时长，避免了因设备故障影响城市轨道交通的正常运行，因此客诉率明显降低，降低幅度约为 35%。

5 结语

AFC 智能运维系统的应用可以大幅提高城市轨道交通设备运维管理的实效性、针对性，降低运维管理成本，其可行性和应用效益是毋庸置疑的。但是在推广应用中还需注意三大关键问题。首先，AFC 设备的数据兼容性问题。其次则是人员素养问题，即工作人员能否适用智能化技术的推广需求，应用各种现代化技术来对运维工作模式、流程做出有效优化，发挥各项现代化技术的技术优势。最后为效益评估问题。智能系统的应用需要投入大量的软硬件成本，但是其实际效益是难以量化的，例如客户服务满意度、潜在故障预防后降低的运维成本等等，这也影响了预算审批的正常开展。

参考文献

[1] 王先磊,林绍勇,覃宇. AI大模型在城市轨道交通智能运维系统中的应用研究与探索 [J]. 人民公交, 2026, (10) 124-126. D

[2] 王致友,吴荣斌,付观华,等. 城市轨道交通信号智能运维系统信创化设计与研究 [J]. 交通科技与管理, 2026, 7 (7) 28-31.

[3] 邵萍,范贵洋,董钦洋. 城市轨道交通智能运维系统的研究 [J]. 中国战略新兴产业, 2026, (9) 53-56.

[4] 伍维瑾. 城市轨道交通供电新型智能运维系统应用探讨 [J]. 电气化铁道, 2025, 36 (S1) 193-197.

[5] 冯颖. 城市轨道交通信号智能运维系统的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2025, (34) 1-3.

[6] 许常宜. 城市轨道交通设备智能运维系统设计优化 [J]. 运输经理世界, 2025, (34) 7-9.