

地铁设备维修信息系统的数字化转型与优化研究

朱 凯

常州地铁集团有限公司 江苏 常州 213000

摘 要：随着城市化进程的加速和地铁网络的不断扩展，城市轨道交通运行与维护面临着越来越大的挑战。为提升地铁维修效率、保障运营安全，设备维修管理信息系统显得尤为重要。本研究旨在探讨常州地铁数字化转型在设备维修系统中的应用，包括物联网、大数据分析和人工智能等技术的引入，并提出优化策略，如数据管理、系统功能完善、安全性提升等，以实现设备的数字化维护，降低维修成本，提高整体运营效率。

关键词：地铁；设备维修；信息系统；数字化

引言：随着地铁交通系统的快速发展，地铁设备的运行安全与维修效率成为保障乘客出行体验和城市轨道交通服务质量的关键因素。传统地铁设备维修信息系统在数据采集、处理及维修管理等方面存在诸多不足，无法满足现代地铁运营的数字化、智能化需求。因此，本研究致力于探讨地铁设备维修信息系统的数字化转型与优化路径，通过引入先进技术和管理理念，提升系统的数字化水平，为地铁设备的安全、高效运行提供有力支持。

1 常州设备维修信息系统的现状分析

1.1 设备维修信息系统概况

设备维修信息系统是常州地铁运营管理的关键环节，负责监测、分析和维护地铁设备状态，确保地铁系统的安全、高效运行。（1）系统的基本组成与功能模块，如图1。该系统主要由数据采集层、数据处理与分析层、应用服务层以及用户交互界面四个层次构成。数据采集层通过传感器网络、RFID等技术手段，实时收集地铁设备的运行数据；数据处理与分析层则运用大数据、人工智能等技术，对数据进行清洗、整合和分析，生成设备状态报告；应用服务层提供设备维修计划、故障诊断、资源调配等功能；用户交互界面则让维修人员能够方便地查看设备状态、接收维修任务等。功能模块方面，系统通常包含设备状态监测、故障预警与诊断、维修计划制定与执行、备品备件管理等关键模块。这些模块协同工作，实现对地铁设备的全生命周期管理。（2）系统在地铁运营中的作用与地位。它直接关系到地铁系统的安全稳定与乘客体验。通过综合监控能实时监测设备状态，能够及时发现潜在故障，减少因设备故障导致的运营中断，提高地铁的准时率和可靠性。同时，通过智能制定维修计划，系统能够优化资源配置，降低维修成本，提升运营效益。

1.2 现有系统的不足

（1）信息采集不及时、不准确的问题。例如由于地铁通信设备的传感器和数据采集器的性能和精度有限，加之环境因素和人为干扰，导致系统采集到的数据往往存在延迟和误差，影响了信息的准确性和时效性。这不仅给故障预警和维修计划的制定带来了不便，还可能引发安全风险。（2）数据信息分散、兼容性一般。设备维修信息往往分散在多个部门和系统中，缺乏统一的整合与管理。在数据存储和管理方面，数据结构复杂、存储格式不统一，导致数据难以有效整合和分析。例如地铁运营日报系统、票务系统等无法实现数据的无缝对接和共享，出现了信息孤岛。同时，数据在不同硬件设备和操作系统上难以有效兼容。（3）系统功能不完善，缺乏智能化支持。功能方面仍存在一定的局限性，例如，地铁设备种类繁多，车辆、供电、工务、机电等专业的计划修报表成千上万种类型，缺乏标准化和个性化统筹的功能；用户界面和操作流程设计不够人性化，影响了用户体验和效率。这些问题限制了系统在地铁设备维修管理中的深入应用和拓展空间。

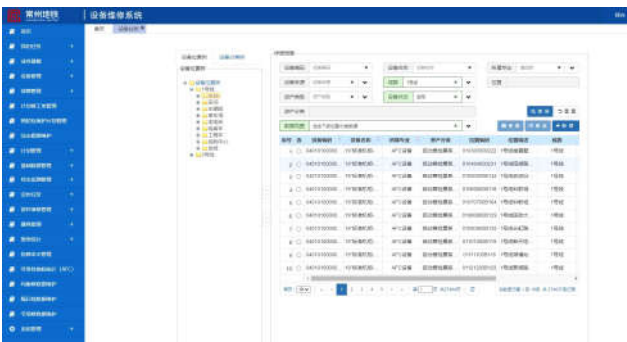


图1 常州地铁设备维修系统功能展示图

2 常州地铁数字化转型路径与措施

2.1 新技术应用

（1）引入物联网技术。利用物联网技术，将地铁机电、通信、车辆等设备与传感器连接，实时采集设备的

运行数据,如温度、压力、振动等。通过对这些数据的分析和处理,系统可以实时监测设备的运行状态,及时发现设备的异常情况,并发出预警信号,为数字化运维提供坚实基础。同时维修人员可以实时掌握设备状况,提前发现潜在故障,从而优化维修计划,降低故障率。

(2) 大数据分析在故障预测与决策支持中的作用。大数据分析能够挖掘设备运行状态数据中规律,实现故障预测。通过对历史故障数据的深度分析,可以识别故障发生的模式和趋势,为维修人员提供准确的预警信息。同时,还能为管理层提供决策支持,帮助优化运营策略,提升地铁运营效率^[1]。(3) 人工智能在故障诊断与维修计划优化中的潜力。人工智能技术能够对复杂数据进行深度学习和分析,提高故障诊断的准确性和效率。系统可以自动识别故障类型,提供维修建议,优化维修计划。此外,人工智能还能根据设备运行数据,预测设备的剩余寿命,为设备更新和升级提供科学依据。

2.2 系统架构与功能优化

(1) 引入微服务架构。为了应对设备维修信息系统日益复杂的业务需求,引入微服务架构成为了一种可行的解决方案。微服务架构将系统拆分成多个小型、独立的服务模块,每个模块都可以独立开发、部署和运维。这不仅提高了系统的可维护性和可扩展性,还降低了系统升级和变更的风险。(2) 建立统一的集成平台。建立一个涵盖设备全生命周期管理的统一平台。该平台应包括设备台账管理、故障报修、维修计划制定、维修工单执行、备件管理等功能模块。同时应具备强大的数据集成和处理能力,能够将来自不同系统的数据进行清洗、整合和转换,为上层应用提供统一的数据接口。通过集成平台,可以实现设备维修信息系统与运营系统、乘客信息系统等其他系统之间的无缝对接。(3) 引入知识库与故障诊断系统。知识库包含了设备的详细信息、维修经验、故障案例等有价值的信息,可以为维修人员提供及时的参考和支持。故障诊断系统则利用人工智能技术自动识别并分类设备故障,为维修人员提供有针对性的维修建议。

2.3 数据管理优化

(1) 建立地铁运营数据采集平台。为了获取准确、实时的设备运行数据,需建立高效的数据采集系统。该系统应具备数字化的特点,依托硬件能够实时采集设备的运行数据,并通过网络自动传输至中央监控中心。这不仅减少人工干预,提高工作效率,还能确保数据的准确性和完整性。(2) 数据存储与备份策略。随着地铁线路扩增和设备数据的快速增长,数据存储与备份策略变得至关重要。为了确保数据的持久性和可用性,需建

立一个高效、可靠的数据存储平台。应具备以下特点:首先,高可用性,即使发生故障也能快速恢复数据服务;其次,可扩展性,能够随着数据量的增长而平滑扩展;最后,安全性,能够保护数据免受未经授权的访问和篡改。(3) 数据处理与分析。为了从海量数据中提取有价值的信息,需要运用先进的数据处理和分析技术。这包括数据清洗、数据整合、数据挖掘和数据分析等步骤。通过这些步骤,可以识别出设备运行数据中的异常模式,预测设备故障的发生,为维修人员提供及时的维修建议。同时,还应利用可视化技术将处理和分析结果以直观的方式呈现出来,使维修人员能够更容易地理解和利用这些数据^[2]。

2.4 人才培养与团队建设

(1) 加强对技术人才的培养与引进。数字化转型需要一支具备先进技术知识和实践经验的人才队伍。因此,应加强对技术人才的培养和引进工作,提高技术人员的专业素养和创新能力。可以通过开展培训、参与行业交流、引进外部专家等方式来提升技术人员的技能水平。(2) 培养具备管理能力的人才。除了技术人才外,还需要培养具备管理能力的人才来推动数字化转型工作的顺利开展。这些人才应具备丰富的管理经验和出色的组织协调能力,能够带领团队共同完成任务。可以通过选拔内部优秀员工、引进外部管理专家等方式来培养这些人才。

3 常州地铁设备维修信息系统的优化方案

3.1 系统功能优化

依据“中国城市轨道交通协会数字化转型”专项工作和《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》,结合常州地铁设备管理需求和数字化建设方案,对设备维修系统功能进行优化,如图2。优化方案如下(1) 实时设备状态监测与预测。借助物联网技术和大数据分析,例如可以实现地铁车辆的实时状态监测。通过在车辆上安装传感器,实时采集关键部件的运行数据,如温度、振动、电流等,并传输至后台系统进行实时监测和分析。利用机器学习算法,对这些数据进行深度挖掘,构建故障预测模型,实现对车辆潜在故障的提前预警。这不仅可以降低故障发生率,还能减少因故障导致的停运时间,提高地铁运营效率。(2) 移动端应用拓展。开发移动端并集成在常州地铁企业微信应用端,使维修人员能够在现场通过手机实时访问设备维修信息系统。维修人员可以通过企业微信接收维修任务、查看设备信息、填写维修记录等,能实现随时随地的维修工作管理。不仅提高了维修工作的灵活性,还能加快信息的传递速度。(3) 对维修人员的排班和任务分配进行优化。维修人员

是地铁设备维修工作的直接执行者，其工作效率直接影响地铁系统的安全运行。因此，需要对维修人员的排班和任务分配进行优化。可以利用智能排班系统，根据维修人员的技能水平、工作量、工作时间等因素，自动生成最优排班方案。同时，利用任务分配算法，根据故障预测结果、维修人员位置和任务优先级，动态分配维修任务，确保维修资源得到高效利用。

设备检修以设备为基础，以工单为主线，合理、优化地安排人、财、物等资源，实现设备的全生命周期管理。



图2 常州地铁设备维修系统功能（优化）架构图

3.2 数据库设计优化

(1) 对地铁车辆、机电、通号等设备状态信息进行分类存储，建立索引。地铁设备状态信息是维修决策的重要依据，对其进行有效管理和快速访问至关重要。因此，首先需要对设备状态信息进行详细分类，如各类设备基本信息、运行数据、维修记录、故障历史等，并针对不同类别信息设计合理的存储结构。在此基础上，建立高效的索引机制，如B树、哈希索引等，以加速数据的检索速度，确保维修人员能够快速获取所需信息，为故障判断和维修决策提供有力支持。(2) 采用冷热数据分离策略，提高系统性能。地铁设备状态数据中存在大量频繁访问的“热数据”和较少访问的“冷数据”。为了优化数据库性能，减少I/O开销，可以采用冷热数据分离策略。将热数据存储在性能较高的存储设备上，如SSD，而将冷数据存储在成本较低的HDD上。同时，利用数据库管理系统（DBMS）的分区或分片功能，实现数据的物理隔离，进一步提高数据访问效率^[3]。

3.3 界面与用户体验优化

(1) 设计简洁直观的用户界面，提供友好的操作体验。用户界面是用户与系统交互的桥梁，其设计直接关系到用户的使用体验。因此，需要设计简洁直观的用户界面，避免冗余信息和复杂操作。可以采用扁平化设计风格，简化界面元素，提高信息可读性。同时，提供明确的操作指引和反馈机制，如操作提示、进度条等，确保用户能够轻松上手并快速完成任务。(2) 引入响应式设计，适应不同设备的显示需求。随着移动设备的普

及，越来越多的用户希望能够在手机上随时查看地铁车辆状态信息和管理维修任务。因此，需要引入响应式设计技术，使系统界面能够自适应不同设备的屏幕尺寸和分辨率。这样，无论用户是在电脑上还是在手机上访问系统，都能获得良好的用户体验。

3.4 安全性优化

(1) 加强系统安全性设计，采用多层次的安全防护措施。设备维修信息系统涉及大量敏感数据，如车辆状态信息、维修人员信息等，因此系统安全性至关重要。为了保障系统安全，需要采用多层次的安全防护措施。首先，在数据传输层面，采用加密通信协议（如HTTPS）确保数据在传输过程中的安全性。其次，在数据存储层面，采用数据加密技术（如AES）对敏感数据进行加密存储。同时，加强访问控制管理，对不同用户设置不同的访问权限，确保数据只能被授权用户访问^[4]。(2) 定期进行安全漏洞扫描与修复，保障系统安全运行。除了采取多层次的安全防护措施外，我们还需要定期对系统进行安全漏洞扫描和修复工作。这可以及时发现并修复系统中存在的安全隐患和漏洞，从而确保系统的安全性得到持续保障。具体来说，可以利用专业的安全漏洞扫描工具定期对系统进行扫描和检测。一旦发现潜在的安全漏洞或威胁，需要立即制定修复计划并付诸实施。同时，还需要建立完善的安全事件应急响应机制，以便在发生安全事件时能够迅速应对并减少损失。

结束语

通过对地铁设备维修信息系统的数字化转型与优化研究，深刻认识到新技术、数字化在提升地铁运营效率、保障运行安全方面的重要作用。本研究提出的基于常州地铁设备维修系统的优化策略和技术应用不仅为城轨行业维修管理提供了科学依据和实践指导，也为城市轨道交通系统的数字化发展注入了新的动力。未来，将继续探索更多新技术和方法，不断完善和优化地铁设备维修信息系统，为实现更加安全、高效、数字化的城市轨道交通系统贡献力量。

参考文献

- [1]吴永刚.地铁设备维修信息系统的数字化转型研究[J].城市轨道交通研究,2021,(05):45-46.
- [2]张守建.地铁设备维修信息系统的智能化升级与优化[J].城市轨道交通,2022,(04):36-37.
- [3]李华.地铁设备维修信息系统的数字化转型路径研究[J].交通信息与安全,2021,(06):60-61.
- [4]陈晓.地铁设备维修信息系统的优化设计与实现[J].计算机应用研究,2020,(09):93-94.