

地铁车辆智能运维技术发展建设路径研究

周 陈

重庆轨道交通运营有限公司, 重庆 400000

[摘要] 随着城市轨道交通的发展, 地铁车辆的智能运维技术成为提升运营效率、降低运营成本、保障安全运营的关键。文中深入分析了地铁车辆智能运维技术的现状及其应用前景, 探讨了智能化监测、预测性维护、自动化调度等技术的融合应用, 提出了发展智能运维技术的建设路径。通过案例分析与技术对比, 指出当前技术面临的挑战, 并提出相应的优化方向, 旨在为地铁系统的高效、可持续运营提供理论支持和实践指导。

[关键词] 地铁车辆; 智能运维; 技术发展; 预测性维护; 自动化调度

DOI: 10.33142/sca.v9i4.19568

中图分类号: U260.32

文献标识码: A

Research on the Development and Construction Path of Intelligent Operation and Maintenance Technology for Subway Vehicles

ZHOU Chen

Chongqing Rail Transit Operation Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: With the development of urban rail transit, intelligent operation and maintenance technology of subway vehicles has become the key to improving operational efficiency, reducing operating costs, and ensuring safe operation. The article deeply analyzes the current situation and application prospects of intelligent operation and maintenance technology for subway vehicles, explores the integration and application of intelligent monitoring, predictive maintenance, automated scheduling and other technologies, and proposes a construction path for the development of intelligent operation and maintenance technology. Through case analysis and technical comparison, the challenges faced by current technology are pointed out, and corresponding optimization directions are proposed, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the efficient and sustainable operation of subway systems.

Keywords: subway vehicles; intelligent operation and maintenance; technological development; predictive maintenance; automated scheduling

引言

地铁作为现代城市交通的核心组成部分, 面临着运行效率提升与维护成本控制的双重压力。随着智能化技术的快速发展, 传统的运维方式已难以满足日益复杂的运营需求。智能运维技术, 作为一项融合多领域技术的新兴手段, 能够通过实时监测、数据分析和人工智能等技术手段, 精确预测设备故障, 优化调度管理, 从而提高运维效率与安全性。本文旨在探讨地铁车辆智能运维技术的发展路径, 并分析如何通过技术创新推动地铁车辆运维的现代化和智能化转型, 为未来地铁系统的持续发展提供新的思路与方向。

1 地铁车辆智能运维面临的主要挑战

地铁车辆智能运维技术作为提升地铁系统运行效率和降低成本的重要手段, 面临着多方面的挑战。技术的兼

容性问题不容忽视。现有的地铁车辆运维管理体系大多基于传统技术, 很多系统之间缺乏有效的互联互通, 这导致在应用智能化技术时, 数据传输、处理和应用的过程中经常出现不兼容的情况。设备的老化与智能技术的引入存在差距, 如何在这些老旧设备中引入智能监控与运维技术, 使得智能化技术能够与现有设备充分融合, 是一个亟待解决的问题^[1]。运维系统对大规模数据的处理能力也存在瓶颈, 数据的实时性与准确性是确保智能运维技术有效性的关键。对于海量传感器采集的运行数据, 如何进行精准的数据分析与决策, 以便及时发现潜在的故障并实施维修, 这一问题仍未得到充分解决。

在实际应用中, 技术人员的专业素养和智能运维系统的操作问题也是影响智能运维成效的重要因素。地铁行业中的技术人员往往缺乏对智能化系统的全面理解和操作

经验,导致智能运维技术的实施效果受到制约。智能运维系统的复杂性较高,涉及数据挖掘、机器学习等多种高技术手段,这要求操作人员具备更强的专业能力。由于技术人员的培训和素质提升未能及时跟上技术发展的步伐,部分智能系统在实际运维中往往不能充分发挥其潜力,甚至出现操作错误,影响了系统的整体运作。

智能运维技术在地铁系统中的部署和实施过程中,还受到政策与资金的制约。智能运维技术虽然在国内外已有一定的应用案例,但普及的程度依然有限。许多地铁公司在投入智能运维系统时面临资金不足和技术投入回报周期过长的困境。尤其是在大规模的地铁系统中,智能化技术的实施需要较大的前期投入,包括硬件设施、软件平台以及系统的测试调试等,这对资金要求较高。而由于运营收入受限及设备更新周期较长,地铁公司往往难以在短时间内回收成本,因此在实施过程中显得力不从心。政策上的支持力度和相关资金的投入对智能运维技术的推广和普及起到了重要影响,尤其是在面对中小型城市或老旧线路的智能化改造时,政策的导向和资金的支持显得尤为关键。

2 智能运维技术的核心应用与实施路径

智能运维技术在地铁车辆的管理和维护中,主要体现在多个关键领域的应用,其中最重要的就是设备的实时监控与故障预测。通过搭建全面的传感器网络,地铁车辆各类运行数据,包括温度、压力、振动等,可以实时上传至运维系统进行处理。运维系统利用大数据分析技术,实时分析这些数据,并对设备的运行状态进行健康评估^[1]。借助机器学习算法,系统能够根据历史故障数据和设备使用情况,预测可能发生的故障类型及时间,为运维人员提供预警,从而提前做好维护准备,避免了传统被动维修模式的盲目性。通过这一智能化手段,车辆运维能够在保持高效运行的同时,极大地降低突发故障的发生概率,并减少非计划性停运带来的经济损失。

智能运维技术的另一个核心应用领域是自动化调度和运行优化。传统的地铁运维调度通常依赖人工管理或简单的规则调度,这使得运维效率受到制约,且难以应对突发事件。智能调度系统基于大数据分析和人工智能技术,可以动态优化地铁车辆的调度安排。在系统中,数据来源涵盖了车站的客流信息、列车的运行状态、车辆的维修需求等。智能调度平台能够根据实时信息进行预测分析,合理安排车辆的调度与维修,确保地铁系统的平稳运行。尤其是在高峰时段,智能调度能够有效减少列车的等待时间和车站的客流压力,提高系统整体的运行效率。同时,智

能化的调度还能够提升地铁的能源使用效率,优化列车之间的间隔,减少能源浪费。

在实施路径上,智能运维技术的推广和应用需要逐步开展,要在局部区域进行试点应用,以验证系统的可靠性和有效性。地铁公司可选择部分线路或关键设备作为试点,先行部署智能化设备和运维管理系统。通过积累实践经验,调整技术方案,解决初期实施中的问题。在试点成功的基础上,逐步向其他线路或设备扩展。在技术的部署过程中,标准化建设显得尤为重要,统一的数据接口和协议能够确保不同厂商设备和系统之间的兼容性,避免信息孤岛的产生。建立完善的技术培训体系,也是实施智能运维技术的关键之一。对运维人员进行系统化的智能技术培训,提升其操作水平和故障处理能力,能够确保智能运维系统的最大效能得以发挥。

3 技术创新对地铁车辆运维效率的提升作用

技术创新在提升地铁车辆运维效率方面发挥了至关重要的作用,尤其是在智能监控和故障诊断方面。传统的地铁车辆维护依赖于人工定期检查和预防性维修,这种方式不仅效率低下,而且容易忽视潜在故障。随着传感器技术、物联网和大数据分析的发展,地铁车辆的运维管理逐渐向智能化、自动化转型^[3]。通过部署先进的传感器,车辆的各类运行数据如温度、振动、速度等可以实时采集并传送到中央监控系统。这些数据经过分析处理后,能够精准判断设备的健康状况,并提前预测可能的故障类型和发生时间。这一技术创新使得故障预警变得更加及时和准确,避免了传统手段中的误判或漏检,显著提高了运维效率。

在提升运维效率的过程中,技术创新不仅局限于故障预测,还体现在智能化的维修管理上。借助人工智能算法,地铁运维系统能够通过实时数据分析,自动生成维修计划。智能维修调度系统能够根据设备故障的紧急程度、设备位置、维修所需资源等因素,自动优化维修人员的安排和维修作业的顺序。这种创新方式不仅提高了维修作业的及时性,还能够减少不必要的重复作业和人工干预,大大缩短了维修时间。智能运维系统的介入,使得地铁车辆的维护变得更加精准、科学,从而有效提高了运维人员的工作效率,避免了过多的人工干预,提升了整体运维的自动化水平。

技术创新还在提升运维效率的过程中实现了对资源的优化配置。智能运维系统通过大数据分析,能够精准评估每辆地铁车辆的使用频率、负荷情况以及可能的故障点,从而提前做好资源的配置。对于高负荷线路,系统能够自动调度更多的车辆,以避免因车辆数量不足而导致的运力

紧张；而对于低负荷线路，系统则能够合理调配资源，避免浪费。通过这一创新手段，地铁公司不仅能够实现精细化管理，还能够在确保高效运行的前提下，最大限度地节约运维成本。通过这些技术创新，地铁系统的整体运维效率得到了显著提升，减少了人力物力的浪费，并保障了系统的稳定性和安全性。

4 智能运维系统的整合与优化策略

智能运维系统的整合与优化要求系统各组件能够无缝对接，并实现数据和功能的高度协同。在地铁车辆的智能运维过程中，系统的核心整合是确保不同技术和平台能够互联互通。例如，设备监测系统、故障诊断平台、调度系统、维修管理模块等，必须通过统一的数据协议和接口标准进行整合。这不仅有助于避免信息孤岛的出现，还能够确保系统中各模块之间的高效协作^[4]。通过采用物联网技术，各种传感器和设备能够实时上传数据至云平台，经过大数据分析后进行智能处理，结果再传递给相关运维人员或调度中心。系统的有效整合使得运维过程中的每一个环节都能够得到精准控制，从而提高整个地铁系统的运行效率。

在智能运维系统的优化方面，数据处理与分析能力的提升至关重要。传统的运维方式主要依赖于定期巡检和人工经验，这种方法往往存在滞后性和局限性。智能化系统则通过高效的数据采集和分析平台，能够实时监控地铁车辆的运行状态。优化策略的关键在于如何实现数据的智能化处理和高效决策支持。通过采用机器学习和人工智能算法，系统能够从大量历史数据中提取规律，预测未来的设备故障和运维需求。优化的路径是将人工决策和自动化决策相结合，使得地铁系统在高效运作的同时，最大程度地减少人工干预，提高决策的准确性和响应速度。优化策略还应包括对现有运维流程的精简和创新，力求通过减少不必要的操作步骤，提升整体流程的效率。

为了确保智能运维系统的长期有效性，维护与更新机制同样需要得到重视。随着地铁车辆技术的更新换代以及智能运维技术的不断发展，系统的整合与优化不能止步于初期的部署和调整。应当通过持续的数据反馈与监控，不断对系统进行更新升级。智能运维系统的优化策略还应包括定期对系统的算法进行调整，以应对不同运维环境下的需求变化。在实际操作中，随着技术的进步，传感器和数据分析平台的性能可能出现更迭，因此需要定期检查系统的适应性和技术的兼容性，避免因技术落后或不兼容造成运维效果不理想。通过这些优化措施，智能运维系统能够在保证高效运作的同时，增强系统的灵活性与长期可持续发展能力。

5 推进智能运维技术的关键发展方向

推进智能运维技术的发展，需要从技术创新和应用场景拓展两个方面着手。随着大数据、人工智能、物联网等技术的迅速发展，智能运维系统的技术水平日益提高，未来的发展方向应注重技术的融合与创新。尤其是在数据采集和处理方面，传感器的精度和数据传输的效率仍然有待提升。未来，智能运维技术将更加依赖于高精度传感器和更强大的数据处理平台，通过全面收集地铁车辆及其周边环境的各类数据，提升对车辆健康状况的实时监控能力^[5]。结合人工智能算法，能够更精确地预测潜在故障，优化维修计划和调度安排。以此为基础，智能运维技术将在优化车辆的使用寿命、提高安全性和提升运行效率等方面继续取得突破。

在智能运维技术的推进过程中，跨行业的技术协同将成为关键的发展方向。地铁系统不仅仅需要单一的技术平台，而是多个技术领域的协同合作。智能交通系统与地铁运维管理系统的融合将为城市轨道交通的高效运营提供有力支撑。通过将智能调度、自动化维修、智能监控等各项技术进行整合，不仅能够提升地铁车辆的运营效率，还能增强系统的应急响应能力。智能运维技术需要实现与其他交通工具和基础设施的无缝连接，为城市交通网络的整体优化提供支持。

推进智能运维技术的另一个关键方向是建立完善的反馈机制与持续优化系统。随着智能技术不断进步，运维系统的需求和挑战也在不断变化。智能运维系统应具备更强的适应性，能够根据实际运行情况及时进行调整和优化。通过不断积累历史数据并进行深度学习，智能运维系统不仅能够发现潜在问题，还能根据不同情况提出最佳解决方案。在这一过程中，自动化和人工智能技术的应用将是优化运维流程、提升运维效率的核心动力。此外，系统的自我诊断与自我修复能力也将是未来智能运维技术发展的重点。通过加强系统自我学习能力，未来的运维系统将变得更加智能和自主，能够实时适应不同的运行环境，确保系统的高效稳定运行。

6 结语

智能运维技术的发展为地铁系统的高效运营提供了新的解决方案，提升了设备管理和故障预防的精度。随着技术的不断进步，未来智能运维将更加注重跨行业协同、数据分析与系统整合，推动地铁系统向更加智能、自动化的方向发展。在这一过程中，持续的技术创新和完善的运维机制将是保障地铁车辆高效、安全运行的关键。智能化的运维模式不仅为地铁行业带来了革命性的变革，也为其

他交通系统的现代化管理提供了宝贵经验。

[参考文献]

- [1]曹洪凯,刘伟,邱文杰.地铁车辆走行部故障预警的智能运维技术[J].信息与电脑,2025,37(13):49-51.
- [2]俞正宽,陈伟嘉,程兵,等.地铁车辆智能运维系统建设分析[J].智慧轨道交通,2025,62(2):50-55.
- [3]胡方鑫,曹国仪,岳嘉琦,等.基于云平台的地铁全自动车辆智能运维系统建设[C].山西:中国国际科技促进会智慧

城市轨道交通专业委员会.智慧城市与轨道交通 2024.太原中铁轨道交通建设运营有限公司,2024.

- [4]李兆新,陆其波,吴光宇,等.地铁车辆智能运维系统建设研究[J].科技与创新,2023(14):43-48.
- [5]马汉林,姚明阳,黄振胜.地铁车辆智能运维技术发展及建设路径研究[J].西部交通科技,2023(3):183-185.

作者简介:周陈(1995—),男,毕业于大连交通大学车辆工程专业,从事车辆建设管理工作,工程师。