

城市轨道交通信号智能运维探讨

张 健

四川众合智控科技有限公司 四川 成都 610000

摘要：随着城市化进程的加速，城市轨道交通系统作为缓解城市交通拥堵、提升公众出行效率的重要基础设施，其安全性、可靠性和运营效率日益成为社会各界关注的焦点。信号系统作为城市轨道交通的“大脑”与“神经”，负责指挥列车运行、确保行车安全、提升运营效率，其运维管理水平直接影响到整个系统的性能和乘客的出行体验。因此，探索并实施城市轨道交通信号系统的智能运维，不仅是技术发展的必然趋势，也是提升轨道交通服务质量、保障公共安全、促进城市可持续发展的必然要求。

关键词：城市轨道交通；交通信号；智能运维

引言：为保证日常列车安全稳定运行，各大城市必须采取相应措施，不断完善运输体系，确保同一线路不同列车之间有足够的距离，避免发生列车碰撞和重伤事故，损害人民生命财产安全，这样可有效规范列车行驶速度，防止列车日常超速运行，提高城市轨道交通的经济效益。轨道交通信号系统合理应用，可为城市发展创造有利条件，有利于实现列车自动化管理。基于此，论文将对城市轨道交通信号智能运维展开深入探讨和研究。

1 城市轨道交通信号智能运维的必要性探析

1.1 提升运维效率，降低人力成本

传统信号系统运维高度因依赖人工巡检与故障排查，不仅耗时耗力，且难以做到全面覆盖和即时响应。智能运维则通过集成物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术，实现对信号设备状态的实时监测、数据分析与预测性维护。其系统能自动识别潜在故障风险，提前安排维修计划，减少非计划停机时间，显著提升运维效率^[1]。与此同时，智能运维系统能够自动化处理大量重复性、低价值的运维任务，减轻运维人员的工作负担，降低对专业人员的依赖，从而有效控制人力成本。

1.2 增强系统安全性，保障行车安全

在城市轨道交通运营中安全的重要性不言而喻。而信号系统作为保障列车运行安全的核心，其稳定性与可靠性更是重中之重。为此，智能运维系统应运而生。城市轨道交通智能运维系统通过引入高级数据分析与故障诊断技术，能够更精准地识别信号系统中的安全隐患和故障根源，实现故障的快速定位与隔离，减少故障对运营的影响。而且，还能基于历史数据与实时数据，构建安全风险评估模型，提前预警潜在的安全风险，为运营决策提供科学依据，进一步筑牢轨道交通的安全防线。

1.3 优化资源配置，提升运营效率

城市轨道交通系统的运营效率关系着乘客的出行体验和社会经济效益。所以，舒适的出行体验和良好的社会经济效益离不开高效的智能运维。城市轨道交通智能运维系统可以精准掌握信号设备的运行状态和性能趋势，能够科学规划维修资源的使用，避免维修资源的浪费和过度投入。在动态调整信号控制策略，优化列车运行图方面，智能运维同样能根据实时客流变化，来实现此目标。这样一来，使得列车运行速度和准点率得以提高，也减少了乘客等待时间，提升了整体运营效率。

1.4 促进技术创新，推动产业升级

智能运维是城市轨道交通领域技术创新的重要方向之一。智能运维的应用，激发了行业对新技术、新方法的探索和应用，进而推动了轨道交通信号系统向数字化、网络化、智能化方向发展^[2]。智能运维的实施过程中，将不断积累宝贵的数据资源和运维经验，为行业标准的制定、新技术的研发提供有力支撑。另一方面，智能运维还能促进轨道交通与其他行业的深度融合，如智慧城市、大数据产业等，共同推动城市产业结构的优化升级。

1.5 提升乘客体验，增强服务品质

首先，城市轨道交通智能运维通过提升信号系统的稳定性和可靠性，能够减少因故障导致的列车延误和停运，直接改善了乘客的出行体验。其次，智能运维在经过严密的数据分析后，可精准把握乘客出行需求的变化趋势，为轨道交通运营部门提供更加科学、合理的服务方案。例如，根据乘客流量分布调整列车班次、优化换乘流程等，进一步提升服务品质和乘客满意度。

2 城市轨道交通信号智能运维中现状

2.1 数据集成与标准化问题

在城市轨道交通信号智能运维中，数据集成是一个

核心挑战。不同信号系统、设备制造商之间的数据格式、传输协议往往不兼容，导致数据孤岛现象严重。这要求运维系统具备强大的数据解析与转换能力，以实现跨平台、跨系统的数据集成。此外，数据标准化缺失也是一大难题，缺乏统一的数据标准使得数据质量参差不齐，影响智能分析模型的准确性和效率。

2.2 智能化水平参差不齐

当前，城市轨道交通信号系统的智能化运维水平存在明显差异。部分线路已采用先进的AI算法和大数据分析技术，实现了故障预警和自动诊断，显著提升了运维效率。然而，仍有不少线路仍依赖于传统的人工巡检和事后维修模式，智能化程度较低。这种差异不仅影响了整体运维效率，也增加了运营成本。因此，需加大技术投入和人才培养力度，推动全行业智能化水平的均衡发展。

2.3 信息安全与隐私保护风险

智能运维系统涉及大量敏感数据，如列车运行数据、乘客信息等，信息安全与隐私保护成为不可忽视的问题。随着网络攻击手段的不断升级，如何确保数据传输、存储、处理过程中的安全性，防止数据泄露、篡改等风险，是智能运维必须面临的挑战^[3]。此外，还需关注隐私保护法规的遵循，确保在利用数据进行智能分析的同时，不侵犯个人隐私权。

2.4 应急响应与故障恢复机制不足

智能运维虽能提前预测并减少故障发生，但在面对突发故障时，其应急响应与故障恢复机制的完善程度直接影响运营安全和服务质量。当前，部分智能运维系统在故障检测、定位、隔离及恢复方面仍存在不足，可能导致故障处理时间较长，影响乘客出行体验。

2.5 设备老化与兼容性不足

随着城市轨道交通系统的不断扩展和升级，部分老旧设备逐渐暴露出性能下降、兼容性差等问题。老旧设备在智能运维体系中可能成为瓶颈，影响整体运维效率。而新旧设备之间的接口不统一、协议不兼容也增加了运维难度。

3 城市轨道交通信号智能运维措施

3.1 强化数据集成与标准化，打破信息壁垒

数据集成与标准化推动城市轨道交通信号智能运维的基石，更是行业生态重构的关键。为了实现这一目标，需从以下几个角度入手：

3.1.1 从源头抓起，促进产业链上下游企业的紧密合作，共同制定一套广泛认可的数据标准体系。该体系应涵盖数据采集、处理、存储、交换的各个环节，确保不同厂家、不同系统间的数据能够像“通用语言”一样顺

畅交流。

3.1.2 构建一个高效、灵活的数据集成平台。平台应集数据清洗、转换、整合于一体，利用先进的数据处理技术，自动解析复杂多样的数据源，消除数据格式差异，实现数据的无缝集成。在此基础上，强化数据质量监控机制，通过设立数据质量指标、实施定期审计等方式，确保数据的准确性、完整性和时效性，为智能运维提供可靠的数据支撑。

3.1.3 需注重数据的价值挖掘与利用。深度分析运维数据，揭示设备运行的内在规律，为预测性维护、故障预警等提供科学依据。并且，建立数据共享机制，鼓励跨部门、跨行业的数据合作，打破信息孤岛，促进知识交流与资源共享，推动整个轨道交通行业的智能化升级。

3.2 优化智能算法，构建持续学习机制

智能算法是智能运维系统的“大脑”，其性能好坏直接关系到运维的智能化水平和决策的准确性，也是智能运维系统科学运行的最基本措施和保证。首先，想要不断提升算法的效能，就需紧跟技术前沿，深入研究机器学习、深度学习等先进算法，探索其在轨道交通信号运维领域的创新应用。通过构建复杂的算法模型，模拟设备运行的实际情况，以实现了对设备状态的精准预测和故障的早期发现。其次，在算法优化方面，应建立一种自我进化的学习机制^[4]。这意味着算法模型应具备从运维数据中自动学习、自我完善的能力。系统在不断收集和分析新的运维数据后，算法能够自动调整参数、优化策略，以适应设备状态的动态变化。这种持续学习的能力，将使算法更加灵活、智能，能够更好地应对复杂多变的运维环境。此外，注重算法的可解释性和可靠性。在追求算法性能的同时，确保算法决策过程透明、可追溯，避免“黑箱操作”带来的风险。引入专家知识、构建规则库等方式，可增强算法的可解释性；而通过严格的测试验证、部署监控等措施，确保算法的可靠性和稳定性。最后，为了促进算法技术的持续进步，还应构建开放的数据共享和算法交流平台。鼓励行业内外专家、学者、企业共同参与算法的研发与优化工作，分享最新的研究成果和技术经验。先进的协同创新的方式，使智能算法技术不断得到突破和升级，为城市轨道交通信号智能运维提供更加智能、高效的解决方案。

3.3 深化运维人员培训，促进技能转型

智能运维的推广和应用对运维人员的技能提出了更高要求。针对促进运维人员的技能转型，城市轨道交通运营单位应做好运行几个方面的工作：第一，制定全面的培训计划，包括线上课程、实操演练、案例分析等多

种形式的学习资源。培训内容应涵盖智能运维系统的基本原理、操作流程、故障排查及应急处理等方面,帮助运维人员快速掌握新技能。第二,建立导师制度,由经验丰富的老员工指导新员工,加速技能传承。第三,鼓励运维人员积极参与行业交流和实践活动,拓宽视野,提升综合素质。以上这一系列的措施,可以打造一支适应智能运维时代要求的高素质运维队伍,为城市轨道交通的可持续发展提供人才保障。

3.4 加强信息安全防护,保障隐私安全

基于城市轨道交通智能运维系统的安全与稳定的角度考虑,为了保障数据和隐私的安全,应采取一系列有效的信息安全防护措施。首先,建立完善的信息安全管理制度和流程是基础。这不仅要求明确各级人员的安全职责与权限,确保信息安全工作的责任到人、有章可循,还需持续更新和完善制度,以适应不断变化的安全威胁。其次,采用先进的安全技术手段是核心。通过部署数据加密技术,对敏感数据进行加密存储和传输,防止数据在传输过程中被窃取或篡改。利用防火墙技术,构建网络边界的安全屏障,过滤掉潜在的恶意流量和攻击。引入入侵检测系统,实时监控网络活动,及时发现并阻止潜在的安全威胁。其次,定期进行信息安全风险评估和漏洞扫描是保障系统安全的重要手段。引入专业的安全评估机构或工具,对系统进行全面的安全风险评估,识别潜在的安全漏洞和弱点。针对发现的问题,及时制定修复计划并付诸实施,确保系统的安全性得到持续提升。

3.5 完善应急响应机制,提升故障恢复能力

面对城市轨道交通的各种突发事件和故障情况,建立完善的应急响应机制必不可少。首先,城市轨道交通运营单位应制定详细的应急预案和处置流程,明确各级人员的应急职责和应对措施,确保在故障发生时能够迅速响应、有序处置^[5]。其次,加强与调度、维护等部门的沟通与协作,建立跨部门协作机制,实现信息共享和资源调度。其次,提升故障处理的自动化水平,利用智能运维系统的自动化功能实现故障的快速定位、隔离和恢

复。最后,建立故障案例库和经验教训总结机制,对历次故障进行深入分析和总结,为未来的故障处理提供借鉴和参考。有了这些措施,可以显著提升城市轨道交通信号系统的应急响应能力和故障恢复能力,确保运营的连续性和安全性。

3.6 优化设备更新与兼容性管理

优化设备更新与兼容性管理的关键在于实施全面而系统的管理措施。第一,需制定详细的设备更新计划,通过科学评估老旧设备性能,合理安排淘汰与引入新设备的时间表,确保运维体系始终保持高效能状态。但仅仅更新设备计划远远不够,在此基础上,还要强化兼容性测试与标准统一工作,确保新设备能够无缝融入现有系统,减少因接口、协议不一致引发的运维难题。第二,需建立设备健康管理,依托物联网、大数据分析等先进技术,实现对设备状态的实时监测与故障预测,提前介入维护,有效延缓设备老化,降低故障风险。

结语:综上所述,城市轨道交通信号智能运维的必要性体现在提升运维效率、增强系统安全性、优化资源配置、促进技术创新、提升乘客体验以及实现可持续发展等多个方面。随着技术的不断进步和应用的不断深化,智能运维必将在城市轨道交通领域发挥越来越重要的作用,为构建更加智慧、安全、高效的现代城市轨道交通体系贡献力量。

参考文献

- [1]陆人杰.信息安全技术在轨道交通信号系统中的应用[J].科技创新导报,2020,17(16):140+154.
- [2]姜长海.城市轨道交通信号系统新技术发展前景[J].四川建材,2020,46(09):167+191.
- [3]黎婧娴.城市轨道交通信号系统云技术应用研究及发展[J].网络安全技术与应用,2020(07):127-128.
- [4]郑傲醒.城市轨道交通信号专业智能运维的应用[J].电子技术与软件工程,2021(15):175-178.
- [5]陆鑫源,朱莉,张郁,张志倜.城市轨道交通信号智能运维系统应用与实践[J].铁道通信信号,2020,56(03):82-86.