

智能化技术在铁路供电接触网管理中的应用

樊文轩 李旭日 张寿康

国能朔黄铁路发展有限责任公司原平分公司 山西 忻州 036100

摘要：随着科技的进步，智能化技术在铁路供电接触网管理中发挥重要作用。本文概述了智能化监控系统、机器人巡检与维护技术，以及大数据与物联网技术的融合应用。这些技术提高了铁路运行的安全性与可靠性，提升了检修效率并降低了运营成本。然而，技术稳定性、人员培训及法规政策等挑战仍需克服。通过持续创新和完善管理体系，智能化技术将为铁路供电接触网管理带来更多便利与效益。

关键词：智能化技术；铁路供电接触网管理；应用

引言：随着铁路交通的快速发展，供电接触网的稳定运行成为确保列车安全、高效运行的关键。传统的人工管理方式已难以满足现代铁路系统对供电接触网管理的需求。智能化技术的崛起，为铁路供电接触网管理提供了新的解决方案。本文旨在探讨智能化技术在铁路供电接触网管理中的应用，分析其对提高管理效率、降低运维成本及保障铁路安全运行的积极作用，为铁路供电系统的智能化管理提供参考。

1 铁路供电接触网概述

1.1 接触网的基本组成与功能

(1) 接触网的结构与工作原理。接触网是电气化铁路的供电主线，其基本结构包括接触悬挂、支持装置、定位装置、支柱与基础等几部分。接触悬挂主要由接触线、吊弦、承力索等组成，通过支持装置架设在支柱上。其工作原理在于，接触线与电力机车的受电弓直接接触，将从牵引变电所获取的电能输送给电力机车，确保列车的正常运行。接触悬挂通过承力索和吊弦保持张力和位置稳定，接触线则直接与受电弓接触，传递电能。定位装置则确保接触线在受电弓运行轨迹范围内，避免脱离。支柱与基础装置作为接触网的支撑结构，承受整个悬挂系统的负荷，并固定其位置。(2) 接触网在铁路供电系统中的地位与作用。接触网是铁路电气化工程的主构架，是向电力机车供电的特殊形式的输电线路。它担负着把从牵引变电所获得的电能直接输送给电力机车使用的重要任务，其质量和工作状态直接影响着电气化铁道的运输能力。可以说，接触网是铁路供电系统的“生命线”，其可靠性和稳定性至关重要。

1.2 接触网管理的现状与挑战

(1) 传统接触网管理方式及其局限性。传统接触网管理方式主要依赖人工巡检和维护，工作效率低，且难以做到实时监控和快速响应。此外，由于接触网架设在

空中，受自然环境和气候影响较大，传统管理方式难以及时发现和处理潜在问题，存在一定的安全隐患。(2) 当前铁路供电接触网管理面临的主要问题。当前，铁路供电接触网管理面临的主要问题包括：一是设备老化问题日益突出，需要加大更新改造力度；二是自然灾害对接触网的破坏严重，如强风、暴雨等极端天气可能导致接触网受损；三是人为破坏和盗窃现象时有发生，给铁路供电安全带来威胁；四是随着铁路运量的不断增加，对接触网的供电能力和可靠性提出了更高的要求。因此，加强接触网管理，提高智能化水平，已成为当前铁路供电系统的重要任务。

2 智能化技术在铁路供电接触网管理中的应用

2.1 智能化监控系统的应用

2.1.1 远程监控与自动化运维技术

随着信息技术的飞速发展，远程监控与自动化运维技术在铁路供电接触网管理中得到了广泛应用。这些技术通过构建高效的数据采集、传输和处理系统，实现了对接触网运行状态的实时监测和远程控制。远程监控系统能够实时收集接触网的电压、电流、温度等关键参数，并通过网络传输至中心服务器进行存储和分析。一旦检测到异常数据或潜在故障，系统会自动触发报警机制，通知运维人员进行处理。同时，自动化运维技术还能够根据预设的规则和算法，自动执行部分维护任务，如调整电压、切换电源等，从而提高了运维效率和响应速度。

2.1.2 传感器与数据传输技术在实时监测中的深度应用

传感器，这一智能化监控系统的基石，在铁路供电接触网的实时监测中发挥着无可替代的作用。它们被精心部署于接触悬挂、支持装置、支柱与基础等关键节点，实时监测温度等关键参数，确保供电系统的安全稳

定。为了实现数据的高效传输，传感器通常采用有线或无线方式与监控系统相连。有线传输如光纤通信，以其高带宽、低衰减的特点，确保了数据的长距离、高速传输，适用于铁路沿线的长距离监测。而无线通信技术，如4G/5G和Wi-Fi，则以其灵活性和便捷性，在铁路站点或局部区域提供了稳定的数据传输解决方案。具体应用中，传感器通过内置的通信模块，将采集到的数据编码为数字信号，然后依据所选的传输方式，将数据发送至监控系统。光纤通信通过光缆将数据传输至远处的接收器，而无线通信技术则利用电磁波将数据传输至附近的基站或路由器，再进一步转发至监控系统^[1]。通过这些先进的数据传输技术，传感器采集的数据得以实时、准确地传至监控系统，为运维人员提供了宝贵的实时信息，为铁路供电系统的安全运行提供了有力保障。

2.2 机器人巡检与维护技术

2.2.1 机器人技术在接触网巡检中的应用

机器人巡检技术以其高效、精准、安全的特点，在铁路供电接触网管理中展现出巨大的应用潜力。这些机器人通常配备有高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等传感器，能够实时监测接触网的外观、温度、振动等状态。机器人按照预设的路线和速度，在接触网上进行巡检，并将采集到的数据传输至中心服务器进行分析和处理。这种巡检方式不仅提高了巡检效率，还降低了人员安全风险^[2]。

2.2.2 高清摄像头与传感器在数据采集与分析中的作用

高清摄像头和传感器是机器人巡检技术的关键设备。高清摄像头能够捕捉接触网的细节信息，如螺栓松动、锈蚀、断裂等；而传感器则能够实时监测接触网的温度、振动等参数。这些数据通过机器人的数据传输系统实时传输至中心服务器，为运维人员提供了丰富的现场信息。通过数据分析和挖掘技术，运维人员可以及时发现潜在故障，并采取相应的维护措施。

2.2.3 自动化辅助维修技术的应用及其效果评估

自动化辅助维修技术融合了机器人巡检与智能维护理念，旨在提升铁路接触网的运维效率与安全性。机器人配备的检测工具能精准识别故障，随后运维人员依据机器人的指引，使用其携带的维修设备迅速处理，如紧固松动部件或更换损坏元件。此方式虽未实现完全自动化维修，但显著提升了作业精度与速度，降低了人力风险。为验证其成效，运维团队会对修复区域进行持续监测，收集数据以评估技术的稳定性和可靠性，为后续优化提供实证基础。

2.3 大数据与物联网技术的融合应用

2.3.1 基于大数据的接触网设备状态分析与预测

大数据技术在铁路供电接触网管理中发挥着重要作用。通过对接触网设备的历史数据和实时监测数据进行整合和分析，运维人员可以了解设备的运行状态、性能变化趋势以及潜在故障风险。基于这些数据，运维人员可以构建预测模型，对设备的未来状态进行预测和预警。这种预测和预警机制有助于运维人员提前采取措施，防止设备故障的发生，确保铁路供电系统的稳定运行。

2.3.2 物联网技术在设备实时监控与智能识别中的应用

物联网技术通过将智能设备与网络连接，实现了对设备状态的实时监控和智能识别。在接触网管理中，物联网技术可以应用于设备的状态监测、故障诊断、位置追踪等方面。通过在设备上安装物联网传感器和标签，可以实时采集设备的运行数据，并通过网络传输至监控中心。监控中心通过对这些数据的分析和处理，可以实时监测设备的状态，及时发现和处理异常情况。此外，物联网技术还可以结合图像识别和机器学习算法，实现对设备的智能识别。通过对采集的图像数据进行分析 and 处理，可以自动识别设备的类型、型号、状态等信息，为运维人员提供准确、可靠的设备信息支持^[3]。

2.3.3 案例分析：郑徐高铁基于大数据、物联网的接触网现场巡视检修系统

郑徐高铁是我国高速铁路网中的重要组成部分，其供电接触网的管理和运维对于保障列车运行安全至关重要。为了提升接触网的管理水平和运维效率，郑徐高铁引入了基于大数据、物联网的接触网现场巡视检修系统。该系统通过物联网传感器实时采集接触网的运行数据，并利用大数据技术对这些数据进行分析 and 处理。系统能够自动识别接触网的异常状态和潜在故障，并生成相应的报警信息和维修建议。运维人员可以通过手机或电脑等终端设备实时查看这些信息和建议，并根据实际情况制定维修计划。此外，该系统还支持现场巡视检修工作的数字化管理。运维人员可以通过手机等终端设备记录巡视检修过程中的各项数据和信息，如设备状态、维修措施、维修结果等，并将这些数据实时上传至系统平台。平台通过对这些数据的整合和分析，可以生成详细的巡视检修报告和统计图表，为运维人员提供科学的决策依据。

3 智能化技术在铁路供电接触网管理中的优势与挑战

3.1 优势分析

3.1.1 提高铁路运行的安全性与可靠性

智能化技术在铁路供电接触网管理中的应用,首要优势在于显著提升了铁路运行的安全性和可靠性。传统管理方式依赖于人工巡检和定期维护,难以做到实时监测和快速响应。而智能化技术,如远程监控、大数据分析、机器人巡检等,能够实现对接触网的全方位、全天候监控,及时发现并预警潜在故障,从而大大降低故障发生率,确保铁路供电系统的稳定运行。这不仅减少了因供电故障导致的列车停运和延误,还提高了乘客的出行体验和铁路系统的整体运营效率。

3.1.2 提升检修效率与降低运营成本

智能化技术的应用还带来了检修效率的大幅提升和运营成本的显著降低。通过数据分析,可以精准定位故障点,减少不必要的巡检范围,提高维修的针对性和效率。同时,自动化维修机器人的应用,能够在保证安全的前提下,快速执行维修任务,缩短维修周期,降低人力成本。此外,智能化系统还能根据历史数据和实时监测数据,预测设备寿命和维护周期,实现预防性维护,进一步减少突发故障和紧急维修的频率,从而降低整体运营成本^[4]。

3.1.3 优化资源配置与提高管理水平

智能化技术还促进了铁路供电接触网管理资源的优化配置和管理水平的提升。通过实时数据采集和分析,管理层可以清晰了解设备的运行状态、维护需求以及人员的工作效率,从而做出更加科学合理的决策。这不仅有助于实现资源的高效利用,避免资源浪费,还能提升管理团队的协作效率和决策准确性。此外,智能化系统还能实现数据的可追溯性和可视化展示,为管理层的决策提供直观、准确的数据支持。

3.2 挑战与对策

3.2.1 技术稳定性与可靠性的问题及其解决方案

尽管智能化技术带来了诸多优势,但其技术稳定性和可靠性仍是面临的主要挑战之一。由于铁路供电接触网环境的复杂性和特殊性,智能化系统需要具备高度的适应性和鲁棒性。为解决这一问题,需要加强对系统硬件和软件的质量控制和测试,确保其能够在各种恶劣环境下稳定运行。同时,建立完善的故障预警和应急处理机制,一旦发现异常,能够迅速定位并采取措施,保障系统的正常运行。

3.2.2 人员培训与技术管理的需求与挑战

智能化技术的应用对运维人员的技术水平提出了更高的要求。传统的运维方式主要依赖于人工经验和技能,而智能化技术则需要运维人员具备一定的计算机、网络 and 数据分析能力。为解决这一挑战,需要加强运维人员的培训和技术支持,通过定期的培训课程、实践操作和技术交流,提升他们的技术水平和专业素养。同时,建立完善的技术管理体系,包括技术文档、操作规范、故障处理流程等,确保智能化系统的稳定运行和持续优化。

3.2.3 法规政策与标准制定对智能化技术推广的影响

法规政策和标准制定对智能化技术的推广和应用具有重要影响。一方面,相关法规政策的出台和完善可以为智能化技术的发展提供指导和保障;另一方面,标准的制定和实施可以确保智能化系统的安全性和可靠性,促进技术的规范化和标准化发展。为解决这一挑战,需要加强与相关部门的沟通和协作,共同推动法规政策和标准的制定和完善。同时,积极参与国际标准和行业标准的制定工作,提升我国铁路供电接触网管理的智能化水平,为智能化技术的推广和应用创造更加有利的环境。

结束语

综上所述,智能化技术在铁路供电接触网管理中的应用,不仅革新了传统管理方式,提高了运维效率,还显著增强了铁路运行的安全性和可靠性。通过远程监控、机器人巡检及大数据分析等手段,实现了对接触网的实时监测和预防性维护。尽管面临技术挑战与人员培训需求,但随着技术的不断进步和管理体系的完善,智能化技术将在铁路供电接触网管理中发挥越来越重要的作用,推动铁路交通向更高效、更安全、更智能的方向发展。

参考文献

- [1]黄建平.市域铁路供电系统互联互通研究[J].城市轨道交通研究,2023,(12):155-156.
- [2]张强,张明,李冰.面向铁路供电调度管理的数智化技术应用研究[J].中国铁路,2024,(07):62-63.
- [3]张寿康,姜尚炎,陶凯,等.重载铁路供电智能运维移动应用的设计与实现[J].铁路计算机应用,2024,(04):59-60.
- [4]杨轶杰,许翔,谢涛,等.铁路供电信息系统安全资源池研究[J].铁路计算机应用,2023,(07):73-74.