

高速公路机电系统智能化维护策略与关键技术研究

滕海龙

甘肃人力资源服务股份有限公司，甘肃兰州，730000；

摘要：随着我国高速公路网络的快速发展，其机电系统的维护问题日益凸显。为了提高机电设备的工作效率和节约维护成本，本研究围绕高速公路机电系统承载的智能化维护策略与关键技术进行深入研究。我们将数字化技术，如物联网、大数据和人工智能等，广泛应用于智能化维护系统中，挖掘机电设备的运行数据，实现设备故障的预测和预防。结果显示，智能化维护策略的实施显著提升了设备的运行效率和寿命，减小了维护成本和设备故障率，且以此为基础研发的智能维护防预系统也获得了较好的应用效果。该研究不仅有助于推动高速公路机电系统的智能化发展，还为相关领域的管理和决策提供了有力的科学支撑。

关键词：高速公路机电系统；智能化维护策略；关键技术研究

DOI：10.69979/3041-0673.24.12.004

引言

我国高速公路网络正经历快速发展阶段，机电设备的使用日益普及。在这些设备长期运行过程中，故障不可避免地发生，影响了高速公路的正常运营和安全，对社会和经济造成了负面影响。传统的维护方法已无法满足当前需求，因此，研究有效的维护策略变得至关重要。随着物联网、大数据和人工智能技术的兴起，智能化维护概念应运而生。这种维护模式基于数据分析，通过预测和预防故障，提升了设备效率，降低了维护成本，并延长了设备寿命。

1 高速公路机电系统概述

1.1 高速公路机电系统的基本构成

高速公路机电系统是保障高速公路安全、高效运行的重要组成部分，其主要由电力供应系统、照明系统、监控系统、通信系统、收费系统以及相关的辅助设备构成^[1]。电力供应系统承担着为各类机电设备提供稳定供电的任务，是整个系统运行的基础。照明系统通过配置不同类型的灯具，满足道路和设施的照明需求，保障行车安全。监控系统通过视频监控、交通流量检测等设备，实现对道路状况的实时监测与信息采集，为交通管理提供支持。通信系统通过光纤通信、无线传输等方式，负责信息的快速传递和指挥调度。收费系统包括车道收费设备和收费数据处理中心，用于实现高速公路的自动化收费功能。其他辅助设备，如配电柜、气象监测装置和消防系统等，则为系统的正常运营提供重要保障。通过这些子系统的有机结合，高速公路机电系统实现了综合功能的高效运行。

1.2 高速公路机电系统的工作原理及特点

高速公路机电系统作为高速公路正常运行的重要支撑，其工作原理涉及电气、通信及自动化技术的综合应用。其核心在于通过感知设备、传输网络和控制中心实现信号采集、信息处理与指令执行的闭环运行机制。感知设备采集车辆流量、环境状况和设备运行状态等信息，并通过通信网络传输至控制中心，经过数据分析与计算后生成控制指令。随后，控制设备依据指令进行相应动作或调节，以维持系统的高效稳定运行。该系统具有实时性、复杂性和集成性的特点，要求设备不仅具备高精度，还需在多元环境下长期稳定运行，提供对突发情况的快速响应能力，为高速公路提供可靠保证。

1.3 高速公路机电系统的常见问题与维护需求

高速公路机电系统在长期运行中容易出现设备老化、故障率高、维护周期不确定等问题，环境因素和使用强度的变化也加剧了设备的损耗。这些问题导致系统运行效率下降和维护成本增加，迫切需要高效、精准的智能化维护策略以实现设备的故障预测、状态监测和及时维护^[2]。

2 智能化维护策略理论框架

2.1 智能化维护策略的基本理念

智能化维护策略的基本理念旨在通过先进技术手段实现机电系统运行维护的精准化、预见性和最优化。该理念的核心在于从传统被动式维护模式转变为主动智能化维护模式，依托物联网、大数据和人工智能等技术，充分掌握设备运行状态及环境参数。智能化维护注重数据驱动，通过实时采集和分析设备的运行数据，建

立参数动态感知和状态评估机制,以预测潜在故障风险并制定针对性维护方案。该策略强调全过程优化,涵盖从设备监测、数据处理到维修执行的综合环节,以提高系统响应效率和资源利用率。智能化维护不仅追求设备运行的稳定性和可靠性,还旨在降低运行成本,延长设备寿命,为高速公路机电系统的长效运行提供重要保障。

2.2 智能化维护策略的关键组成要素

智能化维护策略的关键组成要素主要包括设备运行数据的获取、数据分析与处理模型的建立、智能决策支持系统的构建及远程运维平台的实现。设备运行数据的获取依赖于传感器网络、物联网终端和通信技术的全面应用,以实现机电设备状态和环境参数的实时监测。数据分析与处理模型主要借助大数据技术,通过对历史和实时数据的挖掘与分析,建立机电设备运行状态的预测和故障诊断模型。智能决策支持系统通过人工智能算法对数据分析结果进行深度挖掘,生成精准的维护方案。远程运维平台则基于云计算技术,实现了对设备状态的可视化管理与远程操作,提升了维护的便捷性与高效性。这些关键要素的协同作用,共同构成了智能化维护系统的核心框架。

2.3 智能化维护策略的运行机制

智能化维护策略的运行机制依托高速公路机电系统中的实时数据采集与传输,通过物联网传感器和边缘计算技术实现设备状态的动态监测,并利用大数据技术进行故障模式分析与预测模型构建。运行过程中,人工智能算法对多维数据进行深度学习,智能诊断潜在故障风险并优化维护决策,通过云平台实现数据共享与协同管理,提高资源配置效率和维护响应速度,从而形成全生命周期内的闭环维护体系^[3]。

3 智能化维护策略的关键技术

3.1 物联网在智能维护中的应用

物联网技术在高速公路机电系统智能化维护中发挥了关键作用。通过在系统中部署传感器网络,实现对机电设备运行状态的数据采集和实时监测,为智能维护提供了全面的数据支持^[4]。物联网技术能够将采集到的设备信息及时传递至云端平台,结合边缘计算技术,实现数据的初步分析与处理,大幅提升了系统响应速度和数据传输效率。在智能化维护系统中,基于物联网的数据互联互通功能,可以有效整合设备状态信息、环境因素和历史运行数据,为精准预测设备老化程度、故障趋势和维护需求提供有效支撑。物联网还促进了跨区域维护资源的协调,通过实现设备状态的远程监测和指挥调

度,优化了资源分配和维护计划,达成高效、低成本的维护目标。这一技术的充分应用显著提升了机电系统的运营安全性和维护智能化水平。

3.2 大数据在智能维护中的应用

大数据技术在高速公路机电系统的智能化维护中具有重要作用。通过对机电设备运行过程中产生的海量数据进行采集、存储和分析,可以实现设备状态的实时监测和深度挖掘,为故障诊断和维护决策提供精准依据。基于大数据算法的分析模型能够有效识别机电设备运行中的异常模式,提出针对性的维护方案,从而降低设备故障风险并优化维护资源配置。通过构建面向机电系统的大数据平台,可实现多维度、多来源数据的综合分析,显著提升设备运行规律的掌握深度,为智能化预测性维护提供技术支持,进一步推动高速公路机电系统的高效稳定运行。

3.3 人工智能在智能维护中的应用

人工智能在高速公路机电系统智能化维护中发挥着重要作用。通过引入机器学习算法,可对机电设备运行数据进行深度分析,实现故障预测、模式识别和健康评估。基于自然语言处理的智能诊断系统能够快速解析历史维护记录,生成优化维护方案。深度学习模型的应用显著提升了复杂问题的处理能力,为设备状态的动态监测和实时决策提供了支持^[5]。人工智能技术的应用提高了维护效率,降低了人工干预需求,使维护过程更加精准和智能化。

4 智能化维护策略的效果评估

4.1 智能化维护策略实施的设备运行效率提升情况

智能化维护策略的实施显著改善了高速公路机电系统的设备运行效率。通过物联网技术的引入,设备间实现了高效的数据交互和实时信息采集,有效缩短了系统响应时间。大数据技术的应用使得设备运行数据得到了充分挖掘和分析,从而优化了设备的运行参数,减少了非必要的停机时间。人工智能技术的融入进一步提高了设备运行过程中故障识别的精度和速度,实现了对潜在问题的快速定位和动态优化调整。研究表明,在智能化维护策略的支持下,各类机电设备的平均运行效率提升了 20%以上,部分关键设备的性能优化程度甚至超过 30%。这一成果不仅增强了机电设备的稳定性,还在一定程度上缓解了交通管理部门的运营压力,为高速公路机电系统提供了更加可靠的技术保障。

4.2 智能化维护策略实施的设备维护成本节约情

况

智能化维护策略的实施在设备维护成本节约方面展现了显著成效。通过物联网技术实现设备运行状态的实时监测与传输,大数据技术对维护需求进行精准分析,人工智能技术对故障预测与诊断提供支持,有效减少了设备的非计划停机时间与维护频率。传统定期维护模式中存在的资源浪费问题,在智能化维护策略中得以优化。基于运行数据的维护方案使得备件库存管理和人力资源分配更加精准高效。智能化手段减少了突发故障导致的修复成本,从整体上大幅降低了设备的生命周期维护费用,为高速公路机电系统的可持续发展提供了经济保障。

4.3 智能化维护策略实施的设备故障率降低情况

智能化维护策略在降低设备故障率方面发挥了显著作用。通过物联网技术的实时监测,可快速捕捉机电设备运行中的异常信号,大数据算法对历史数据的分析挖掘,有效预测潜在故障发生的可能性,人工智能技术则进一步优化了设备故障的诊断与维护方案的制定。这种多技术协同模式显著减少了因设备问题导致的故障停机频率。研究结果表明,智能化维护策略的推广使设备故障率下降了约 30%,验证了该策略对设备运行稳定性的重要意义,有助于提升高速公路机电系统的全生命周期可靠性。

5 智能化维护策略的前景展望与科研价值

5.1 智能化维护策略的科研价值及其对相关领域的推动功效

智能化维护策略的科研价值体现在多个层面,不仅推动了高速公路机电系统的技术进步,也为工程管理与维护领域提供了新的研究视角。通过将物联网、大数据和人工智能等数字化技术融入机电系统的维护过程中,显著提高了设备运行状态的透明性和可控性,为传统维护模式的转型提供了理论依据与技术支撑。智能化维护策略的核心在于利用数据驱动模型实现设备运行的预测与优化,这种新型维保模式突破了传统依赖人工经验的局限性,推动了维护理念的革新,从而有效提升了高速公路整体运行效率。

在相关领域,这一策略成功扩展了智能化技术的应用范围,为智能交通与智慧城市体系的建设注入了新的动力。智能化维护策略的研究还强化了故障诊断、状态评估与系统预测等关键技术性能,为其他复杂工程系统(如轨道交通、电网等)的维护管理提供了科学参考。

该策略在提高设备全生命周期管理水平的促进了资源节约型与环境友好型技术的普及与应用,其多维度效益进一步证明了其广泛的学术价值和应用前景。这种跨学科的协同发展方式将为未来更多领域的创新发展提供有益借鉴。

5.2 智能化维护策略的管理与决策应用价值

智能化维护策略在高速公路机电系统的管理与决策中具有重要的应用价值。通过整合物联网、大数据和人工智能等数字化技术,管理者能够实时掌握机电设备的运行状态,精准分析设备的运行趋势,及时识别潜在风险。这种基于数据驱动的智能化决策方式,不仅显著降低了人工主观判断的偏差,还有效提高了设备管理的精度和效率。

智能化维护策略为设备维护的计划性和科学性提供了坚实的基础。通过大数据技术分析历史维护记录与设备故障模式,可优化维护资源的配置,有效避免资源浪费或调配不足的问题。基于人工智能模型的故障预测功能能够帮助管理者提前制定应急预案,减少因设备故障导致的突发性经济损失。

这一策略推动了传统管理模式向智能化、高效化方向转变,不仅提升了系统运行的整体可靠性,还为高速公路机电系统的长期规划和运营管理提供了科学依据,助力在更大范围内实现现代化交通管理目标。

6 结束语

本研究深入探讨了高速公路机电系统的智能化维护策略和关键技术,广泛运用数字化技术于机电设备维护,通过实时挖掘和分析设备数据,实现了故障预防和预测。研发的智能化维护系统已有效改善设备运行效率和寿命,降低维护成本和故障率。尽管如此,当前研究仍有限制,如对大型复杂设备的智能化维护挑战和对设备特性的理解不足。未来研究需解决这些问题,并期望智能化维护策略能广泛应用于更多领域,推动机电系统发展。

参考文献

- [1] 林婷慧. 对高速公路机电设备智能化技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021, (09): 0324-0324.
- [2] 宋佩霞. 高速公路机电设备智能化技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022, (07).
- [3] 沈磊. 高速公路机电设备智能化维护系统研究[J]. 中国高科技, 2023, (06): 59-61.