

地铁信号系统智能化监测技术的应用

董洋洋

徐州轨道交通运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘要: 地铁信号系统智能化监测融合先进技术, 构建综合性体系, 旨在实现设备状态可知、故障风险可控、运维决策可依。其技术体系架构涵盖感知采集、数据传输与处理层; 智能分析诊断技术包括设备状态评估、故障智能诊断及趋势预测预警; 运维支持与优化有决策支持、性能评估、知识管理及可视化展示技术, 全方位保障地铁信号系统安全、高效、稳定运行。

关键词: 地铁信号系统; 智能化监测; 技术应用

引言: 在城市轨道交通蓬勃发展的当下, 地铁信号系统的稳定运行至关重要。地铁信号系统智能化监测与运维技术成为保障其可靠运行的核心。该技术融合先进传感、智能分析等手段, 构建起涵盖智能监测技术体系架构、智能分析与诊断技术应用、运维支持与系统优化等多方面的综合性体系。从设备状态感知到故障精准诊断, 从科学运维决策到系统性能提升, 全方位为地铁运营安全、高效、稳定提供坚实技术支撑。

1 地铁信号系统智能化监测的内涵与目标

地铁信号系统智能化监测是融合先进传感、数据采集及智能分析技术, 构建起的对信号设备运行状态进行全面、实时监控、深度分析与精准评估的综合性技术体系。(1) 该技术体系内涵丰富, 借助高精度、高可靠性的传感器, 广泛分布于信号系统的各个关键部位, 实时采集设备运行过程中的各类物理量、电信号等数据, 如电压、电流、温度、振动等。数据采集技术则确保这些海量数据能够准确、稳定地传输至数据处理中心, 为后续分析提供坚实基础。智能分析方法运用先进的算法模型, 如机器学习、深度学习等, 对采集到的数据进行深度挖掘, 识别设备运行的正常模式与异常特征。(2) 其核心目标明确且关键。实现设备状态可知, 即通过智能监测网络, 清晰掌握信号系统每一台设备的实时运行状况, 包括设备的工作参数、性能指标等, 让设备状态“透明化”。故障风险可控, 借助智能分析提前发现设备潜在的故障隐患, 对故障风险进行量化评估, 采取针对性措施将故障风险控制在可接受范围内。运维决策可依, 为运维人员提供全面、准确的数据支撑, 依据数据分析结果制定科学合理的运维计划, 如设备维护周期、维修方案等。通过构建覆盖全系统的智能监测网络, 达成对关键设备运行状态的精准感知、故障早期预警与精准定位, 有效提升信号系统的可靠性和可用性, 保障地

铁运营的安全、高效与稳定^[1]。

2 智能监测技术体系架构

2.1 感知采集层技术

在智能监测技术体系架构中, 感知采集层技术是整个体系的数据源头与基础支撑, 发挥着至关重要的作用。(1) 该层通过精心部署多种类型的智能传感器, 构建起一个全面且细致的信息采集网络。针对信号设备, 能够实时、精准地采集各类关键信息。其中, 电流电压传感器可精确测量设备运行过程中的电流与电压数值, 反映其电气性能状态; 温度传感器能实时感知设备各部位的温度变化, 及时发现因过热可能引发的故障隐患; 振动传感器则可捕捉设备运行时的振动特征, 判断其机械结构是否稳定; 图像采集设备可对设备的外观、连接状态等进行可视化监测。(2) 这些传感器协同工作, 形成了一个覆盖轨旁设备、车载设备以及机房设备的全方位监测网络。无论是轨道旁的信号机、转辙机, 还是列车上的信号控制单元, 亦或是机房内的通信设备、电源设备等, 都在该监测网络的覆盖范围内, 确保了信号系统运行状态的全面感知与数据采集。

2.2 数据传输层技术

在智能监测技术体系架构里, 数据传输层技术是连接感知采集层与数据处理中心的关键纽带, 承担着数据可靠、高效传递的重要使命。(1) 此层采用工业以太网与无线通信网络等多种成熟且先进的传输技术。工业以太网凭借其高带宽、低延迟、抗干扰能力强的特性, 在有线传输场景中发挥着主力作用, 能够稳定地将大量监测数据从感知设备快速传输出去。无线通信网络则弥补了有线传输的局限性, 在一些布线困难或需要灵活部署的区域, 如移动的车载设备监测场景, 可实现数据的实时传输。(2) 为确保数据传输的质量, 该层会进行通信协议转换与数据标准化处理。不同设备采集的数据可能

采用不同的通信协议,通过协议转换,使各类数据能够在统一的传输框架下流通。同时,数据标准化处理对数据的格式、精度等进行规范统一,消除数据差异,从而保障监测数据能够高效、准确地传输至数据处理中心,为后续的数据分析与决策提供可靠依据^[2]。

2.3 数据处理层技术

在智能监测技术体系架构中,数据处理层技术是衔接数据传输层与分析应用层的关键环节,对提升数据质量与利用效率至关重要。(1)该层首先运用数据清洗技术,对采集到的原始数据进行全面审查与校验,剔除其中的噪声数据、重复数据以及错误数据,保证数据的准确性与完整性。接着采用特征提取技术,从清洗后的数据中挖掘出能够反映信号设备运行状态的关键特征,如设备振动频率的特定区间值、温度变化的异常波动点等,为后续分析提供精简且有价值的信息。(2)运用数据融合技术,将来自不同传感器、不同监测点的数据进行整合,消除数据间的冗余与冲突,形成全面、一致的数据视图。在此基础上,建立统一的数据存储与管理平台,采用分布式存储、数据库优化等技术,实现海量监测数据的有序存储,并能根据分析应用的需求,快速、高效地检索与调用数据,为上层分析应用提供坚实的数据支撑。

3 智能分析与诊断技术应用

3.1 设备状态评估技术

在智能分析与诊断技术应用领域,设备状态评估技术是保障地铁信号系统稳定运行、实现科学运维的关键一环。(1)该技术依托于实时采集的丰富监测数据,这些数据涵盖了信号设备电气、机械、环境等多方面的信息。采用多参数融合分析方法,并非孤立地看待单个参数,而是将多个相关参数进行综合考量。例如,在评估转辙机状态时,不仅关注其电流、电压等电气参数,还结合振动、温度等机械与环境参数,通过复杂的算法模型挖掘参数间的内在关联与潜在规律。(2)在此基础上,建立设备健康状态评估模型,该模型经过大量历史数据训练与优化,能够准确模拟设备的正常运行状态与故障发展趋势。通过状态指标量化,将设备运行状态转化为具体的数值指标,再依据预设的健康度评估标准,对设备健康程度进行分级评定。根据不同的健康等级,实现分级预警,如一级预警表示设备存在严重故障风险,需立即处理;二级预警则提示设备有潜在问题,需加强监控。这为运维人员制定差异化运维策略提供了精准依据,有助于提高运维效率、降低运维成本^[3]。

3.2 故障智能诊断技术

在智能分析与诊断技术体系中,故障智能诊断技术是保障地铁信号系统可靠运行、快速恢复功能的核心手段。(1)该技术深度应用机器学习、深度学习等前沿人工智能算法,构建高度精准的信号设备故障诊断模型。这些算法具备强大的数据处理与模式识别能力,能够对海量的设备运行数据进行深度挖掘与分析。在实际应用中,先对正常与故障状态下的设备运行数据进行广泛收集与标注,形成丰富的训练数据集。利用这些数据集对诊断模型进行反复训练与优化,使其能够准确捕捉设备运行数据中的细微特征变化。(2)当信号设备出现故障时,系统迅速采集实时运行数据并输入诊断模型。模型通过对比分析数据特征与预设的故障模式,快速定位故障发生的具体位置,如确定是轨旁信号机的某个发光元件故障,还是车载信号控制单元的特定电路板出现问题。同时,深入识别故障产生的根本原因,例如是由于设备老化、环境干扰还是外部物理损伤导致。这一过程大幅缩短了故障排查时间,显著提升了故障处理效率,为地铁的安全、高效运营提供了坚实保障。

3.3 趋势预测与预警技术

在智能分析与诊断技术的范畴内,趋势预测与预警技术是助力地铁信号系统从被动维修转向主动维护、提升系统可靠性的关键一环。(1)该技术主要采用时间序列分析、回归预测等成熟且先进的算法,构建精准的设备性能退化预测模型。时间序列分析算法能够对设备历史运行数据按时间顺序进行细致剖析,挖掘数据随时间变化的规律与趋势,捕捉设备性能逐渐衰退的潜在迹象。回归预测算法则通过建立设备运行参数与性能指标之间的数学关系模型,依据当前及过往的参数数据,预测设备未来性能的变化走向。(2)基于这些模型,系统对设备运行趋势展开深度分析。一方面,实现故障的早期预警,在设备性能尚未出现明显故障特征,但已呈现异常退化趋势时,及时发出预警信号,提醒运维人员提前关注并采取相应措施,避免故障的突然发生。另一方面,进行剩余寿命预测,准确估算设备在当前运行状态下还能持续正常工作的时间,为运维部门制定预防性维护决策提供科学依据,合理安排设备维护与更换计划,有效降低设备突发故障对地铁运营造成的影响。

4 运维支持与系统优化

4.1 运维决策支持技术

在运维支持与系统优化板块中,运维决策支持技术是提升地铁信号系统运维科学性、高效性的关键支撑。(1)该技术以设备状态评估结果和故障预测信息作为核心数据基础。设备状态评估结果能清晰呈现设备当前的

健康程度与运行状态,故障预测信息则可提前揭示设备未来可能出现的故障风险及时间节点。基于这些关键信息,构建智能运维决策模型,此模型综合运用多种先进算法。(2)维修策略优化算法根据设备状态和故障预测情况,权衡维修成本与收益,制定出最适宜的维修方式与时机,避免过度维修或维修不足。资源配置优化算法则依据运维任务需求,合理调配人力、物力等资源,确保资源的高效利用。通过这些算法的综合作用,为运维计划的制定提供精准、科学的依据,同时实现资源的合理调配,进而提升整个地铁信号系统的运维水平和运行可靠性。

4.2 系统性能评估技术

在运维支持与系统优化工作中,系统性能评估技术是精准把握地铁信号系统运行状况、推动系统持续完善的关键手段。(1)该技术依托对海量监测数据的综合分析,构建起一套全面且科学的信号系统性能评估指标体系。此体系涵盖多个关键维度,从可用性维度,考量系统在规定时间内和条件下,完成规定功能的能力,如信号设备正常工作的时长占比等;可靠性维度聚焦系统在规定时间内、规定条件下无故障工作的概率,通过分析设备故障发生频率等数据来衡量;安全性维度则评估系统保障运营安全的能力,涉及对安全相关功能执行情况、故障对安全影响程度等方面的分析。(2)基于这些维度的评估指标,对系统整体性能进行客观、准确的评估,清晰呈现系统存在的优势与不足,为后续系统优化和改进指明方向,提供坚实的数据支持,助力地铁信号系统不断提升运行质量^[4]。

4.3 知识管理技术

在地铁信号系统运维领域,知识管理技术是提升运维质量与效率的关键支撑。(1)此技术聚焦于构建信号系统故障知识库和维护案例库。故障知识库详细记录各类信号设备故障的表现、成因及解决办法,涵盖从轨旁设备到车载设备的全方位故障信息。维护案例库则整理实际运维中的典型案例,包括处理流程、遇到的问题及解决方式等。(2)通过这两个库的搭建,实现了运维知识的有效积累与广泛共享,打破信息壁垒。同时,借助知识挖掘技术,从海量数据中提炼出关键规律与经验。

智能检索功能让运维人员能快速精准地获取所需知识,在面对故障时,可参考过往案例,为故障诊断和维修决策提供有力依据,提升运维工作的科学性与专业性。

4.4 可视化展示技术

在地铁信号系统运维支持与优化进程中,可视化展示技术发挥着不可或缺的作用。其核心在于开发智能监测可视化平台,该平台具备强大的数据集成与处理能力,能将设备状态、故障信息、性能指标等多维度数据有机整合并综合展示。(1)在设备状态展示上,可实时呈现各类信号设备的运行参数,如电压、电流、温度等,让运维人员及时掌握设备健康状况。故障信息展示模块会精准定位故障位置,清晰标注故障类型与发生时间。性能指标展示则通过直观的图表,呈现系统响应时间、吞吐量等关键指标的变化趋势。(2)平台配备的人机交互界面简洁易用,运维人员可通过简单操作,快速查询所需信息,还能利用内置的分析工具对数据进行深度挖掘,为故障排查、运维决策等提供有力支持,有效提升运维工作的效率与质量。

结束语

地铁信号系统智能化监测与智能分析诊断、运维支持优化技术相辅相成,共同构建起保障地铁安全高效运营的坚实体系。从全面精准的监测感知,到深入细致的智能分析诊断,再到科学合理的运维决策与优化,各环节紧密衔接、协同运作。未来,随着技术的持续创新发展,该体系将不断完善升级,进一步提升地铁信号系统的可靠性与可用性,为城市轨道交通的蓬勃发展提供更为强大的技术支撑与保障。

参考文献

- [1]王磊,贺昌寿,尤刚.互联互通框架下的地铁信号集中监测系统设计[J].电子设计工程,2022,30(04):129-133.
- [2]熊振兴,陈漾,李长霖,王小敏.地铁多专业在线监测系统研究现状及趋势分析[J].铁道通信信号,2020,56(10):70-74.
- [3]弓彤.地铁信号系统大数据智能分析平台的开发及应用[J].中国设备工程,2022(11):28-31.
- [4]柴娟.基于射频识别技术的地铁信号系统备品备件管理系统研究[J].城市轨道交通研究,2020,23(S2):79-83.