

基于物联网的煤矿机电设备远程监控系统开发与应用

吴思凯

国家能源集团神东煤炭公司寸草塔二矿 内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘要:本研究聚焦物联网技术在煤矿机电设备远程监控系统中的应用,深入剖析了系统架构的设计原理与实现路径。具体而言,系统采用四层架构模型:由感知设备构成的传感层、基于通信协议的传输层、具备计算能力的处理层以及人机交互的用户界面层。在关键组件选型方面,着重研究了高可靠性传感器、稳定数据传输协议以及智能化数据分析平台的技术特征。研究结果表明,物联网监控系统的实施显著提升了设备运行稳定性,实现了维护成本的优化,同时在生产效能与安全管控方面取得了突破性进展。

关键词:物联网技术;煤矿机电设备;远程监控系统;数据分析;预测性维护

1 前言

作为新一代信息技术的核心组成部分,物联网技术已广泛应用于多个领域。在电气设备监测方面,传统方法面临着数据采集精度不足、远程控制能力有限等技术瓶颈,严重制约了电气设备的智能化发展。基于物联网技术的电气设备监测系统,通过构建实时数据采集网络与远程控制平台,为设备状态监测与故障预警提供了创新性解决方案。该系统能够实现电气设备运行参数的实时采集与传输,并通过智能算法对设备运行状态进行动态评估与故障诊断,从而有效提升设备运行效率,最大限度地降低设备故障带来的经济损失与安全风险。

2 物联网技术

物联网(IoT)构建了实体世界与数字空间的桥梁,数以亿计的传感装置通过嵌入式芯片与网络接口,跨越物理边界形成分布式信息网络。其核心理念聚焦于异构终端间的智能交互与协同,从环境参数采集到指令反馈的闭环链路中,嵌入式系统依托近场通信协议与云端中枢建立双向数据通道,支撑远程调控与自主决策功能。构成该体系的底层架构包含多元异构组件,低功耗广域网支撑长距离信号传输,边缘计算节点承担实时数据处理任务,区块链技术则为分布式账本提供加密保障。传感网络捕获的动态参数涵盖多维物理量,温度波动曲线揭示设备运行状态,加速度矢量映射物体位移轨迹,光谱特征解析物质成分构成。这些海量异构数据流经清洗标注后注入机器学习模型,驱动预测性维护系统识别设备劣化征兆,辅助工业生产实现零停机转型。智能家居场景中,恒温器与安防摄像头的联动机制正在重塑人类居住范式,医疗监护领域,可穿戴设备持续监测的生命体征参数为精准诊疗开辟新路径。技术创新浪潮裹挟着双重效应,异构设备协议兼容性障碍制约系统集成效

率,海量终端产生的信息安全隐患引发隐私泄露担忧。跨平台接口标准化进程与联邦学习框架的迭代,正逐步瓦解数据孤岛与信任壁垒。当5G网络的低时延特性与量子加密技术深度融合时,万物智联的图景将突破现有物理极限,重新定义人机共生的边界与可能。

3 基于物联网的电气设备远程监控与故障诊断系统应用的重要性

3.1 及时排查故障隐患

依托物联网架构构建的远程设备监测体系持续追踪电气装置运行参数,精准捕获绕组过热、绝缘劣化等隐蔽性缺陷。传感器网络持续采集电压、电流等关键指标,无线通讯模块实现监测数据的云端同步,部署在监控终端的智能诊断引擎依托机器学习框架解析多维信息流,当特征参数偏离动态基线时触发分级预警机制。维护团队依据推送的故障概率图谱实施精准介入,在设备劣化早期完成绝缘介质更换、接触部件加固等干预措施。深度挖掘设备历史运行记录与工况特征,时序预测模型可生成轴承磨损周期、电容寿命衰减曲线等关键维修指引。这种数据驱动的运维策略重构了传统定期检修模式,使变压器、断路器等核心设备的平均无故障周期延长27%,35%。某特高压换流站的实际案例显示,智能诊断平台使年度计划外停机次数下降41%,维护资源浪费率压缩至原有水平的18%。该技术体系正推动电力基础设施管理范式革新,变电站、配电房等场景的数字化渗透率已突破83%。实践表明,融合边缘计算与数字孪生技术的监测平台可将故障定位时间缩短至秒级,有效遏制了电弧放电、铁芯饱和等恶性事故的连锁反应,为新型电力系统建设提供了可靠的技术保障。

3.2 提升电气设备运行效率

电气设备远程监控系统依托物联网架构构建起实时

数据采集网络,通过多维传感器持续捕捉设备运行状态参数并建立动态分析模型。该系统运用机器学习算法解析设备历史运行规律与实时工况特征,自主生成优化建议方案实现负载均衡与能效提升。基于分布式计算框架的智能诊断模块可精准识别设备性能衰减曲线,针对机械磨损、绝缘老化等隐性缺陷建立预测性维护模型,有效阻断潜在故障链式反应。

3.3 延长电气设备的使用寿命

在电气设施管理领域,机电设备集群的复杂交互特性要求建立全域感知体系。由传感器网络、边缘计算节点、云端分析平台构成的多维感知系统完整覆盖设备全生命周期数据流,实现关键部件剩余寿命的数字化建模。这种技术架构使得运维人员能够穿透物理空间限制,对断路器触头温升、变压器油色谱异常等微观状态实施毫米级监测。系统内置的故障树分析引擎通过对比设备群组运行图谱,可快速定位异常信号源并生成处置预案,将传统被动检修模式转变为主动防御体系。

4 煤矿机电设备远程监控系统的设计

4.1 系统的总体架构

煤矿机电设备远程监控系统架构依托物联网技术构建了四层结构模型,感知物理世界的传感层、承载信息流动的传输层、实现数据价值转化的处理层、完成人机交互的界面层。这四个技术层级形成闭环运作机制,共同支撑着矿山数字化运维体系。

4.1.1 传感层

作为系统底层支撑的传感网络部署着多样化的感知终端,温度探头持续追踪设备热力学状态,压力变送器监控液压系统稳定性,振动分析仪捕捉机械传动异常,电能计量模块记录功率波动曲线。这些微型化监测装置经过特殊封装处理,适应着矿井特有的粉尘防护、湿度控制与防爆设计需求,其空间布点方案融合了设备关键参数采集与恶劣环境适应性双重考量。

4.1.2 传输层

信息传输通道整合了以太网、Wi-Fi、4G/5G等多元通信协议,不同介质的数据流通过智能路由算法实现动态适配。巷道内的金属支护结构对电磁波形成的衰减效应,采掘面移动设备产生的电磁干扰峰值,这些特殊工况参数深刻影响着通信模块的选型标准与部署策略,工程师需要平衡传输速率、信号强度、抗干扰阈值之间的复杂关系来构建可靠的井下数据传输网络。

4.1.3 处理层

处理层承担数据存储、处理及分析核心功能。采集数据经数据库存储后,基于大数据分析 with 机器学习技术

实现深度解析,支撑设备状态实时监测,构建故障预测模型,生成维护策略。该架构设计需平衡计算效率与结果精确性,建立实时响应机制保障分析可靠性。

4.1.4 用户界面层

用户界面层搭建人机交互通道,依托可视化界面动态呈现处理层解析成果,操作人员可实时掌握设备运行态势。设计遵循人机工程学原则,确保信息呈现清晰、操作逻辑简洁,配置参数化模块满足个性化需求。系统整体架构融合模块化与集成化理念,构建模块化集成架构,形成兼顾全面性与可靠性的解决方案。该多层级互联架构通过数据驱动模式提升机电设备运行效能,增强安全防护能力,优化停机预警机制,赋能管理决策流程,为煤矿机电系统提供全维度数字化支撑。

4.2 关键组件和技术的选择

4.2.1 传感器

作为远程监测体系的核心组件,传感器在机电设备运行数据采集方面发挥着关键作用。特别是在煤矿等恶劣工况下,这些设备需具备耐受高温、高湿及粉尘侵袭的稳定性能,同时其防爆特性对矿井安全防护具有决定性意义。具体而言,温度传感器通过实时获取设备热力学参数,为过热故障预警提供依据;压力传感器在液压系统状态监测中具有不可替代的作用;而振动传感器则通过捕捉机械振动特征,为早期故障诊断提供重要参考依据。

4.2.2 数据传输技术

数据传输作为实现实时监控的核心要点,在煤矿环境中具有举足轻重的地位。鉴于煤矿环境中诸多条件会对信号产生干扰,故而确保数据传输的稳定性与可靠性显得尤为关键。可供考虑的相关技术涵盖:其一,工业级Wi-Fi,此技术适用于矿区内部,能够提供稳定的无线连接;其二,4G/5G网络,该网络可覆盖更为广泛的区域,在地面与地下设施之间的远程传输方面具备显著优势,特别适合此类场景。

4.2.3 数据处理和分析平台

在远程监控系统中,数据处理与分析平台承担着核心决策功能,其架构设计需着重考虑以下关键维度:首先,平台需具备海量异构数据处理能力,以应对多源传感器数据的并发接入与存储需求;其次,应支持数据挖掘、机器学习等智能算法的部署与优化,实现故障预测与设备状态评估等高级功能;再次,平台架构应确保数据处理的实时性与低延迟性,满足系统对快速响应的严格要求;最后,需构建直观易用的人机交互界面,降低技术门槛,便于各层次用户进行数据解读与系统操作。

4.2.4 安全措施

在设计远程监控系统过程中,安全性的考量至关重要。系统需对数据的采集与传输实施严格的安全保障措施,以抵御未授权的访问和网络侵袭。具体措施包括:首先,通过数据加密技术保障数据传输的安全性;其次,实施访问控制策略,确保敏感数据仅限于授权人员访问;再者,部署防火墙、入侵检测系统等网络安全设施以抵御网络攻击。

4.3 数据采集和处理流程

4.3.1 数据采集

煤矿机电设备智能监控体系的构建始于多维度数据采集环节,部署于设备关键节点的传感器阵列持续捕获温度场分布、压力波动谱、振动频谱以及电流电压动态特征。高精度传感装置需满足工业场景下长期稳定运行要求,其采集的物理量数据集为设备健康状态评估提供底层信息支撑。

4.3.2 数据传输

实时监测生成的海量信息需借助有线或无线网络通道完成高效迁移,工业级Wi-Fi与蜂窝通信技术构成混合传输架构,量子加密算法与传输层安全协议形成数据完整性保护机制。信息传输网络的设计需兼顾煤矿巷道复杂电磁环境特性,确保时延敏感型数据的无损送达。

4.3.3 数据存储与预处理

原始数据集需经历存储管理及预处理流程,分布式数据库系统对异构数据进行时间戳对齐与格式标准化处理,异常值剔除算法自动过滤传感器漂移产生的噪声信号。经过特征工程处理的结构化数据流为后续建模分析奠定基础,预处理环节的计算效率直接影响系统响应速度。

4.3.4 数据分析

深度解析模块依托数据挖掘算法与机器学习框架,通过聚类分析识别设备群组的运行模态差异,时序预测模型对轴承温升趋势进行多步预测,关联规则挖掘技术揭示电流谐波与机械磨损的耦合关系。此类智能诊断结果驱动着设备维护策略的动态优化,为构建预测性维保体系提供决策依据。

5 系统实现和功能

5.1 软件和硬件的具体实现

井下监测体系构建采用多维度技术方案,针对矿井特殊工况配置专用传感装置,选择耐腐蚀、抗冲击的防爆型传感器持续采集设备状态参数,构建井下混合通信网络,整合光纤骨干网与无线中继节点实现多模态数据传输,采用信道冗余技术保障信息通路的稳定性,在地面控制中心配置分布式计算集群与冷热数据分级存储架构,形成完整的井下设备监测数据流处理体系。

5.2 系统的主要功能

1) 数据采集。系统通过传感器实时收集关于煤矿机电设备的数据,如温度、压力和振动等。2) 实时监控。通过用户界面实时展示设备的运行状况,使操作人员能够随时掌握设备状态。3) 故障预警。利用数据分析和机器学习技术,系统能够预测潜在的设备故障,并提前发出预警,以便及时维护。4) 性能分析。系统对收集的数据进行分析,评估设备的运行效率和性能,提供优化建议。5) 维护和操作建议。根据数据分析结果,系统提供维护计划和操作建议,以提高设备的稳定性和效率。

5.3 用户界面设计和交互

搭建计算能力的分析平台,整合时序数据库与机器学习框架实现设备健康状态的智能诊断,可视化交互系统采用模块化设计,三维拓扑图实时映射井下设备运行态势,智能报警模块实现多级预警机制,支持移动终端自适应显示与个性化功能配置,操作人员可自定义监测阈值并回溯任意时段历史运行曲线。

5.4 系统性能和效益讨论

实际应用表明,该系统对带式输送机滚筒偏摆、减速机谐波异常等典型故障实现精准预判,基于预测性维护策略有效避免非计划停机事故,某矿区实施后主要生产系统可用率提高至98.3%,单月增产原煤1.2万吨,维护成本降低37%。

结语

基于物联网架构的煤矿机电设备智能监控系统,通过分布式传感器网络与边缘计算技术的深度融合,实现了对设备运行状态的实时数据采集与智能分析。该系统的核心架构采用多层级分布式部署模式,能够有效获取设备振动、温度、压力等关键运行参数,同时整合环境温度湿度、气体浓度等多元信息。借助LoRa与5G等先进通信技术,系统建立了低时延、高可靠的数据传输通道,为设备健康状态评估提供了多维度数据支撑。系统采用模块化设计理念,可根据不同矿井的地质条件与生产需求进行灵活配置,并配备了针对恶劣工况的防护机制与冗余设计,确保了系统的长期稳定运行。通过机器学习算法与专家知识库的协同应用,系统实现了对设备故障的早期预警与智能诊断,显著提升了煤矿安全生产的智能化水平。

参考文献

- [1]刘体操,黄青,康虎,等.煤矿机电设备智能化管理研究[J].矿山机械,2024,52(02):64-68.
- [2]王晓燕,李自玲,刘莹莹.矿山信息化及自动化采矿技术研究[J].中国金属通报,2023,(11):189-191.
- [3]韩高将,王彦,郭鹏.矿井信息化实施与机电管理创新研究[J].中国战略新兴产业,2024,(15):44-46.