

基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断应用

刘永生

宁夏东方钽业股份有限公司 宁夏 石嘴山 753000

摘要: 在工业智能化与数字化转型的背景下,机电设备作为工业生产的核心载体,其运行状态的实时监测与故障预警至关重要。本文聚焦基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断应用,阐述物联网技术架构及其在设备管理中的优势。通过数据采集、传输与故障诊断原理的分析,结合工业生产、交通运输、能源电力等领域的实践案例,揭示该技术在实现设备实时监控、故障预警与智能化管理中的价值。同时,针对当前面临的安全风险、标准缺失、人才短缺等挑战,提出对应的解决策略,为物联网技术在机电设备管理中的深度应用提供理论与实践参考。

关键词: 基于物联网;机电设备;远程监测;故障诊断应用

引言: 随着工业智能化进程加速,机电设备的高效运行与故障预防成为关键需求。传统监测手段存在实时性差、数据孤立、诊断滞后等局限,难以满足复杂设备系统的管理需求。物联网技术通过物物相连的网络架构,实现设备数据的实时采集与远程传输,为机电设备监测与故障诊断提供了全新路径。其融合传感器、通信、云计算等技术,可打破空间限制,构建动态化、智能化的设备管理体系,在提升运维效率、降低成本、保障生产安全等方面具有显著优势。本文从技术原理、应用实践与挑战对策三个维度,系统探讨物联网在机电设备远程监测与故障诊断中的应用逻辑与发展路径。

1 物联网技术概述

1.1 物联网基本概念

物联网(Internet of Things, 简称IoT)是通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通信,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它打破了传统互联网仅服务于人与人之间的信息交互模式,构建起物与物、物与人之间的智能互联生态。物联网技术的核心在于将物理世界中的各类实体转化为可感知、可通信的数字化对象,从而实现对现实世界的数字化映射与智能化控制,广泛应用于工业、农业、交通、医疗等众多领域,推动各行业的数字化转型与升级。

1.2 物联网技术架构

物联网技术架构主要由感知层、网络层和应用层构成。感知层是物联网的基础,通过传感器、摄像头、RFID标签等设备实现对物理世界信息的采集与识别;网络层作为数据传输的桥梁,借助5G、NB-IoT、LoRa等通信技术,将感知层获取的数据安全、高效地传输至云端

或数据中心;应用层则根据不同场景需求,对传输的数据进行分析处理,通过人工智能、大数据等技术实现设备管理、环境监测、智能决策等功能。

1.3 物联网在设备管理中的优势

在设备管理领域,物联网具有显著优势。首先,物联网实现了设备状态的实时监测,能够及时获取设备运行参数,避免故障突发对生产造成影响;其次,通过对海量设备数据的分析,可预测设备潜在故障,变被动维修为主动维护,降低运维成本;此外,物联网支持远程管理,管理人员可通过移动终端或电脑随时查看设备状态、下发指令,提升管理效率^[1]。

2 基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断原理

2.1 数据采集原理

基于物联网的机电设备数据采集是实现远程监测与故障诊断的首要环节。在实际应用中,针对不同类型的机电设备,需部署多种传感器构建协同采集网络。例如在工业电机上,除常规的振动、温度传感器外,还会安装电流互感器和电压传感器,实时监测电机的电气参数;在复杂机械系统中,压力传感器、扭矩传感器与位移传感器配合,可完整捕捉设备的力学状态。采集到的模拟信号经高精度模数转换器转换为数字信号后,通过边缘计算设备进行初步处理,如采用卡尔曼滤波算法对数据进行降噪,利用傅里叶变换提取信号特征。同时,物联网技术支持传感器自校准与自适应采集,根据设备运行状态动态调整采样频率,在设备异常时提升数据采集密度,确保关键数据无遗漏。

2.2 数据传输原理

数据传输的稳定性与效率直接影响远程监测与故障诊断的实时性。在实际场景中,物联网采用分级传输架构保障数据高效流转。边缘层设备(如工业网关)承担

数据汇聚与协议转换功能,通过OPC UA、MQTT等工业通信协议,将来自不同传感器的异构数据统一封装,实现设备间的互联互通。传输过程中,针对不同数据类型采用差异化策略:对于实时性要求极高的故障预警数据,优先通过5G切片网络以毫秒级延迟传输至云端;而周期性设备运行数据则借助NB-IoT或LoRa网络进行低功耗长距离传输,降低网络负载与能耗。为应对复杂工业环境中的信号干扰,传输链路通常采用冗余设计,如结合蜂窝网络与卫星通信构建备份通道,确保数据不丢失。在数据安全方面,除传统的SSL/TLS加密协议外,新兴的同态加密技术允许数据在加密状态下进行云端分析,既保护数据隐私,又满足远程诊断的需求。同时,区块链技术的引入可实现数据传输过程的不可篡改与溯源,进一步增强数据可信度。

2.3 故障诊断原理

故障诊断是基于物联网的机电设备管理的核心功能,其实现依赖多技术融合的智能分析体系。在实践中,首先通过构建设备数字孪生模型,利用实时采集数据在虚拟空间中复现设备运行状态,结合有限元分析模拟故障发展过程,为诊断提供直观依据。机器学习算法在故障诊断中发挥关键作用,例如采用卷积神经网络(CNN)自动提取振动信号的频域特征,识别轴承磨损、齿轮箱故障等典型问题;长短期记忆网络(LSTM)则适用于处理具有时序特性的设备数据,预测设备性能退化趋势。此外,融合专家系统与知识图谱的混合诊断模式,将领域专家的经验知识与数据驱动模型相结合,可处理复杂的复合型故障。例如在能源电力领域,当变压器出现局部过热与油色谱异常时,系统可通过知识图谱关联历史故障案例,快速定位故障根源。随着强化学习技术的发展,故障诊断系统能够在实际运行中持续优化诊断策略,通过与设备运行环境的交互学习,提升诊断准确率与响应速度,实现从被动诊断到主动预测的跨越。

3 基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断应用实践

3.1 工业生产领域应用

在工业生产中,基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断技术有效提升了生产效率与稳定性。以汽车制造企业为例,通过在冲压、焊接、涂装等生产线的关键设备上部署振动、温度、扭矩传感器,实时采集压力机、机械臂等设备的运行数据。这些数据经5G网络传输至云端平台,利用大数据分析和机器学习算法,可预测设备部件磨损、润滑失效等潜在故障,提前安排维护计划,避免停机损失。物联网技术还支持多设备协同管

理,通过分析不同设备间的运行关联性,优化生产调度,实现资源高效利用,推动工业生产向智能化、柔性化转型。

3.2 交通运输领域应用

交通运输领域中,物联网技术为机电设备的安全运行提供了有力保障。在轨道交通行业,列车的牵引系统、制动系统等核心机电设备通过传感器实时采集轮轴温度、轴承振动、电机电流等数据,并借助车载通信模块上传至地面监控中心。基于深度学习的故障诊断模型能够快速识别轴承异常磨损、制动系统失灵等故障,及时触发预警,保障行车安全。例如,某高铁线路部署该系统后,成功避免多起因轴承故障引发的事故。在公路运输领域,通过在重型卡车发动机、变速箱等关键部位安装传感器,实现油耗监测、故障预警和远程诊断,帮助物流企业优化车辆调度,降低维修成本^[2]。

3.3 能源电力领域应用

能源电力行业对机电设备的可靠性要求极高,物联网技术的应用极大改善了设备运维模式。在火电厂,通过在汽轮机、发电机等大型设备上部署振动、温度传感器,实时监测设备运行状态,利用大数据分析设备运行参数与能效之间的关系,优化发电效率。某电厂采用该技术后,机组热效率提升2%,年节约标煤数千吨。在风力发电领域,物联网技术实现了风机的远程监控与智能运维。传感器实时采集叶片角度、齿轮箱温度、发电机转速等数据,结合气象数据预测风机发电量,并通过故障诊断模型提前识别齿轮箱故障、叶片裂纹等问题,减少停机时间。在电网侧,物联网技术用于变压器、断路器等设备的状态监测,通过分析局部放电、油温变化等数据,实现设备故障预警,保障电网安全稳定运行,助力能源电力行业的智能化升级与绿色发展。

4 基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断面临的挑战与对策

4.1 面临的挑战

4.1.1 安全挑战

物联网环境下机电设备远程监测系统存在多维度安全隐患。设备端传感器易受物理攻击与信号干扰,攻击者可通过篡改传感器数据引发误报警或掩盖真实故障,威胁生产安全。网络传输层面,大量设备接入使攻击面扩大,传统加密协议在海量异构设备中适配性不足,易出现数据泄露、中间人攻击等问题。云端存储与处理环节同样脆弱,黑客可利用漏洞窃取核心设备数据,甚至控制整个监测系统。此外,设备固件更新不及时、缺乏统一安全认证机制,导致恶意软件植入风险高,部分老

旧设备难以抵御新型网络攻击，为系统安全稳定运行带来巨大威胁。

4.1.2 标准挑战

当前物联网在机电设备监测领域缺乏统一标准体系，严重制约技术与行业应用。不同厂商的传感器接口、通信协议、数据格式差异显著，导致设备间难以实现互操作与数据共享，形成信息孤岛。同时，数据采集频率、精度及故障诊断评价标准尚未统一，使得监测结果缺乏可比性，阻碍跨行业、跨区域的协同管理。此外，国际与国内标准存在差异，跨国企业设备接入本土系统时面临合规困境，标准滞后问题已成为物联网技术大规模落地的主要瓶颈。

4.1.3 人才挑战

基于物联网的机电设备监测与故障诊断技术融合多学科知识，对人才能力要求极高，但当前人才供给严重不足。高校课程体系更新滞后，相关专业教学内容侧重理论，缺乏物联网与机电工程交叉实践课程，导致毕业生难以快速适应岗位要求。企业现有技术人员多具备单一学科背景，既精通机电设备原理，又掌握物联网通信、数据分析、人工智能算法的复合型人才稀缺。同时，行业缺乏系统的人才培养与认证体系，在职人员培训资源有限，难以通过持续学习提升专业技能。

4.2 应对策略

4.2.1 安全应对策略

构建全链路、多层次的安全防护体系是解决安全挑战的关键。在设备端，采用硬件安全模块（HSM）实现传感器数据的加密与数字签名，防止数据篡改；部署入侵检测系统（IDS）实时监测异常信号干扰。网络传输层面，推行零信任架构，对每一次数据交互进行身份验证与权限动态评估，同时引入量子加密技术保障数据传输的绝对安全。云端层面，建立分级访问控制机制，结合区块链技术实现数据操作的不可篡改与溯源；定期开展漏洞扫描与渗透测试，及时修复安全隐患。此外，建立设备固件更新自动化机制，强制实施安全认证准入，确保设备全生命周期的安全性。

4.2.2 标准应对策略

推动物联网机电设备监测领域标准化需多方协同发

力。政府与行业协会应牵头制定统一的设备接口、通信协议与数据格式标准，例如基于MQTT协议制定工业物联网通用通信规范，降低系统集成成本。建立数据采集与故障诊断的量化评价体系，明确精度、频率等核心指标，增强监测结果的可比性。同时，加强国际标准对接，推动国内标准与ISO、IEC等国际标准的互认，消除跨国应用壁垒。鼓励企业参与标准制定，通过试点项目验证标准可行性，逐步形成涵盖技术、管理、服务的完整标准体系，促进产业链上下游的协同发展。

4.2.3 人才应对策略

破解人才困境需构建“教育-企业-行业”三位一体的培养体系。高校应优化课程设置，增设物联网与机电工程交叉学科课程，引入企业实际项目开展产学研合作，提升学生实践能力。企业建立内部培训机制，通过导师制、技术沙龙等方式促进单一学科人才向复合型人才转型；与高校联合开设定制化人才培养项目，定向输送专业人才。行业协会搭建人才交流平台，制定统一的职业技能认证标准，完善人才评价体系；组织技术培训与认证考试，提升在职人员专业水平^[3]。

结束语

基于物联网的机电设备远程监测与故障诊断，为设备智能化管理开辟了新路径，显著提升了运维效率与生产安全性。尽管当前面临安全风险、标准缺失和人才短缺等挑战，但通过全链路安全防护、统一标准体系建设及多方协同的人才培养策略，可有效突破发展瓶颈。随着5G、人工智能等技术的深度融合，该应用将在更多领域实现创新拓展，推动机电设备管理向自主决策、预测性维护方向迈进，为工业智能化转型注入持续动力，成为数字经济时代设备管理的核心技术支撑。

参考文献

- [1]王磊,宋维勇,赵常亮.基于物联网技术的智能化机电设备远程监控与管理研究[J].中国战略新兴产业,2024,(18):49-51.
- [2]王宇.基于物联网的高速公路机电设备远程监控系统研究[J].汽车周刊,2024,(06):52-54.
- [3]梁海超,郭吉祥.基于物联网的电气设备远程监控与故障诊断研究[J].中国设备工程,2025,(05):171-173.