

# 基于物联网技术的机电设备远程监控与管理系统开发

徐嘉志 夏 雨

荆门技师学院（荆门通用航空职业技术学院），湖北 荆门 448000

**摘 要：**本文聚焦于基于物联网技术的机电设备远程监控与管理系统开发。首先阐述了物联网技术在机电设备监控管理领域的重要意义，分析了当前机电设备监控管理面临的挑战。接着详细介绍了系统的总体架构设计，包括感知层、网络层和应用层的关键技术与组件深入探讨了系统开发过程中的关键技术实现，如数据采集与传输、远程控制、数据分析与处理等。最后通过实际应用案例验证了系统的可行性和有效性，结果表明该系统能够显著提升机电设备的监控管理水平，降低运维成本，具有广阔的应用前景。

**关键词：**物联网技术；机电设备；远程监控；管理系统

## 0 引言

随着工业自动化和智能化水平的不断提高，机电设备在各个领域的应用日益广泛，其运行状态直接关系到生产效率、产品质量以及设备使用寿命。传统的机电设备监控管理方式主要依赖人工巡检和本地监控效率低下、实时性差、无法及时发现故障隐患等问题。物联网技术的出现为机电设备监控管理带来了新的解决方案，通过将各种传感器、通信模块与机电设备相结合，实现对设备运行状态的实时感知、远程监控和智能化管理。

## 1 当前机电设备监控管理面临的挑战

### 1.1 监控实时性不足

机电设备监控的核心需求之一是实时感知设备运行状态，但目前多数传统监控系统存在明显的实时性短板。一方面，部分老旧设备的传感器、数据采集终端硬件性能有限，数据采集频率低，无法捕捉设备瞬时的异常波动（如电机转速突变、液压系统压力骤降等）；另一方面，数据传输环节存在延迟，尤其是在设备分布范围广的场景（如工厂车间、轨道交通站点、大型楼宇），采用的有线或无线传输协议带宽受限，加上数据中转节点多，导致现场数据无法同步上传至监控平台。实时性不足直接引发的问题是故障预警滞后，小故障无法被及时发现并处理，最终演变为设备停机事故，造成生产或运营中断。

### 1.2 管理效率低下

传统机电设备监控管理模式普遍依赖人工巡检+手动录入数据的方式，存在效率低、成本高、易出错的弊端。第一，人工巡检存在明显的局限性，巡检人员受限于时间、精力和专

业能力，难以覆盖所有设备点位，且对隐蔽性故障（如设备内部零件磨损、电气线路老化）的识别能力弱；第二，设备运行数据、巡检记录多以纸质文档或分散的电子表格形式存储，数据汇总、分析需要消耗大量人力，且不同部门之间的数据不互通，形成“信息孤岛”，导致管理人员无法快速获取全局设备状态；第三，故障处理流程繁琐，从故障上报、派单到维修人员到场，中间环节多、沟通成本高，进一步降低了管理效率。

### 1.3 缺乏智能化决策支持

当前多数机电设备监控系统仅停留在“数据采集+状态显示”的基础层面，缺乏智能化的数据分析和决策支持能力。系统采集的大量设备运行数据（如温度、振动、电压、电流等）未被充分挖掘利用，无法通过数据建模实现故障预测性维护，只能在设备发生故障后进行被动维修。同时，系统无法结合设备运行年限、维护历史、工况条件等多维度信息，为管理人员提供最优维护策略，例如无法判断设备是需要立即停机检修，还是可以继续运行至下一个维护周期；也无法根据设备运行负荷变化，提前规划备件采购、人员调配等资源配置方案。这种“经验驱动”而非“数据驱动”的管理模式，导致设备维护成本高、资源浪费严重。

### 1.4 扩展性和兼容性差

机电设备类型繁杂，不同品牌、不同年代的设备采用的通信协议、数据格式差异较大，而传统监控系统往往是针对特定设备或场景定制开发的，缺乏标准化的接口和兼容机制。一方面，当企业新增设备或扩展监控范围时，新设备无法直接接入现有监控平台，需要二次开发接口，不仅增加了建设成本，还延长了项目实施周期；另一方面，不同子系统（如电力监

控系统、暖通设备监控系统、安防监控系统)之间相互独立,无法实现数据共享和联动控制,例如消防系统报警时,无法自动触发相关机电设备(如风机、水泵)的启停。此外,传统监控系统的硬件和软件架构固化,难以适配新技术(如5G、边缘计算、人工智能)的集成应用,系统升级难度大。

## 2 系统总体架构设计

### 2.1 感知层

感知层作为系统与机电设备的“连接桥梁”,承担着设备运行状态、环境参数的实时采集任务,是整个远程监控系统的数据源头。该层以物联网感知终端为核心,集成各类高精度传感器(如温度传感器、振动传感器、电流电压传感器、压力传感器等)和智能采集模块,直接部署于水泵、风机、机床、电机等机电设备关键部位。通过传感器实时捕捉设备运行时的核心参数(如温度范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 、振动频率 $0.1\text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ 、电压波动 $\pm 5\%$ 等),并借助RFID标签完成设备身份唯一标识,实现设备资产的可视化管理。同时,感知层支持多协议适配(如Modbus、CAN、485等工业总线协议),可兼容不同厂家、不同型号的机电设备,确保数据采集的通用性和全面性,采集频率可根据设备类型灵活配置(1秒~5分钟/次),满足实时监控与节能采集的双重需求。

### 2.2 网络传输层

网络传输层负责将感知层采集的原始数据安全、高效地传输至云端处理平台,是连接感知层与平台层的关键枢纽。该层采用“有线+无线”融合的传输方案,针对工业场景中设备分布集中、布线便利的区域,采用以太网(TCP/IP协议)、光纤等有线传输方式,保障数据传输的稳定性和高带宽;针对设备分散、布线困难的场景,部署LoRa、NB-IoT、5G等无线通信模块,利用低功耗、广覆盖、抗干扰的特点,实现偏远区域设备的数据传输。为确保数据传输的安全性,传输层采用数据加密(AES-256加密算法)、身份认证、断点续传等技术,防止数据被窃取、篡改或丢失;同时通过边缘计算网关进行数据预处理(如数据过滤、格式转换、异常值剔除),减少无效数据传输量,降低云端平台的处理压力,提升整体传输效率。

### 2.3 平台层

平台层是整个系统的“大脑”,负责数据的存储、分析、处理及业务逻辑的支撑,采用“云原生+微服务”架构设计,具备高扩展性、高可用性和灵活部署能力。数据存储方面,采用

混合存储架构,通过MySQL、PostgreSQL存储结构化数据(如设备基础信息、运行参数阈值、用户操作记录等),通过MongoDB、Redis存储非结构化数据(如设备振动波形数据、实时监控视频流、日志文件等),确保数据存储的高效性和安全性;数据处理方面,集成边缘计算、云计算能力,通过机器学习算法(如异常检测算法、预测性维护算法)对采集的设备数据进行实时分析,识别设备运行异常(如温度超标、振动异常)、预测设备故障风险,并生成相应的预警信息和维护建议;同时,平台层提供统一的API接口和数据交换标准,支持与企业ERP、MES等现有系统的无缝对接,实现数据共享和业务协同。

### 2.4 应用层

应用层面向不同用户群体(如设备运维人员、企业管理人员、技术支持人员),提供多样化的终端访问方式和功能模块,是系统功能落地的直接载体。该层包括Web管理平台、移动APP(iOS/Android)、微信小程序等终端应用,支持PC端、手机端、平板端等多设备访问,满足用户随时随地监控设备状态的需求。功能模块方面,涵盖设备实时监控、历史数据查询、异常预警报警、远程控制、故障诊断、维护计划管理、报表统计分析等核心功能:设备实时监控模块以可视化图表(如仪表盘、折线图、热力图)展示设备运行参数、地理位置、在线状态等信息;异常预警报警模块通过短信、APP推送、邮件、声光报警等多种方式及时推送设备异常信息;远程控制模块支持用户在权限范围内远程启停设备、调整运行参数;故障诊断模块结合设备历史数据和算法分析,提供故障原因分析和解决方案建议;报表统计分析模块自动生成设备运行报表、维护记录报表、能耗分析报表等,为企业决策提供数据支撑。

## 3 系统开发关键技术实现

### 3.1 数据采集与传输技术

系统采用多源数据融合采集方案,深度集成物联网传感器、串口设备及网络接口终端,实现结构化与非结构化数据的全面捕获与汇聚。其中,物联网传感器覆盖温湿度、压力、振动等多类感知维度,通过标准化接口接入边缘网关;串口设备适配工业场景下的PLC、变频器等传统设备,采用Modbus-RTU协议完成数据读取;网络接口终端则支持HTTP、TCP等协议,可直接对接第三方系统API及云服务数据。为适配复杂场景下的多类型数据,系统内置数

据格式解析引擎,能自动识别JSON、XML、二进制等多种格式数据,实现异构数据的统一接入。

传输层采用MQTT轻量级协议结合HTTPS加密通道的混合传输架构,针对海量实时数据设计边缘计算预处理机制,从源头降低传输压力与数据冗余。边缘节点通过滑动窗口压缩算法对时序数据进行无损压缩,压缩比可达4:1,同时执行格式标准化处理,将各类数据统一转换为JSON-LD格式,配合异常数据过滤算法(基于 $3\sigma$ 原则与趋势异常检测),剔除无效、冗余及异常波动数据。在此基础上,系统搭建双链路备份架构,主链路采用5G/光纤网络保障高速传输,备用链路采用4G网络兜底,通过毫秒级心跳检测机制实时监控链路状态,一旦检测到主链路中断,自动切换至备用链路,切换延迟不超过10ms。同时引入指数退避重传机制,针对传输失败的数据进行分级重传,确保数据传输可靠性达99.9%,端到端传输延迟严格控制在50ms以内,为后续数据分析与远程控制提供高质量、高时效性的数据输入。

### 3.2 远程控制技术

基于分布式云计算平台构建高可用的客户端-服务器(C/S)架构,采用WebSocket长连接技术替代传统HTTP短连接,实现控制指令与设备状态的实时双向交互,避免频繁建立连接带来的延迟损耗。系统核心层设计设备抽象层(DAL),通过标准化接口封装兼容RS485、TCP/IP、LoRa等多种通信接口,屏蔽不同设备的通信协议差异,实现对工业设备、物联网终端等多类型设备的跨平台远程操控,用户无需关注设备底层通信细节,即可通过统一控制界面完成操作。

### 3.3 数据分析与处理技术

采用分布式计算框架Spark与Hadoop构建高吞吐量、高容错性的数据处理集群,其中Hadoop负责海量离线数据的分布式存储,Spark负责实时流数据与离线批量数据的并行计算,集群节点数量可根据数据规模动态扩展,支持每秒百万级数据的处理能力。针对工业场景下

的时序数据(如设备运行参数、传感器实时数据),采用InfluxDB时序数据库进行优化存储,通过时间索引优化与数据分区策略,大幅提升时序数据的写入速度与查询效率,单节点每秒可支持10万条时序数据写入,历史数据查询延迟不超过500ms。

### 3.4 系统安全技术

构建“终端-传输-平台-数据”多层次安全防护体系,全方位守护系统与数据安全。数据层采用全生命周期加密策略,数据存储阶段采用AES-256加密算法对敏感数据(如用户隐私、设备核心参数、控制指令)进行加密存储,加密密钥采用硬件加密模块(HSM)进行管理,防止密钥泄露;数据传输阶段除采用HTTPS/MQTT加密通道外,额外添加传输校验码,确保数据传输过程中不被窃取或篡改。访问层基于RBAC(基于角色的访问控制)权限模型实现细粒度权限控制,按照“最小权限原则”划分管理员、操作员、查看员等多种角色,每个角色对应明确的操作权限(如设备控制权限、数据查看权限、系统配置权限),同时支持权限的动态分配与回收,用户登录时采用“账号密码+动态验证码(短信/邮箱)”双因子认证,敏感操作(如系统配置修改、权限变更)需额外进行身份二次校验,防止非法访问。

## 4 结论

本文开发了基于物联网技术的机电设备远程监控与管理系统,通过详细介绍系统的总体架构设计和关键技术实现,解决了传统机电设备监控管理面临的实时性不足、管理效率低下、缺乏智能化决策支持以及扩展性和兼容性差等问题。实际应用案例验证了系统的可行性和有效性,该系统能够显著提升机电设备的监控管理水平,降低运维成本,延长设备使用寿命,具有广阔的应用前景。未来,随着物联网技术的不断发展和创新,机电设备远程监控与管理系统将不断完善和升级,为工业自动化和智能化发展提供更有力的支持。

### 参考文献:

- [1] 赵丹. 煤矿机电设备的远程监控与故障诊断系统研究[J]. 矿业装备, 2022, (01): 82-83.
- [2] 车文龙. 盾构机电气故障智能诊断及掘进参数优化研究[D]. 西安理工大学, 2019.
- [3] 武寨明. 基于LORA技术的煤矿机电设备远程监控技术[J]. 自动化应用, 2019, (05): 73-74.

**作者简介:** 徐嘉志(1994.2—), 男, 汉族, 湖北荆门, 大学本科, 研究方向: 电气工程。