

基于物联网的机电设备远程监控系统设计与实现

赵杰亮

北京华琪永安消防工程有限公司，北京市，100096；

摘要：本文在物联网技术的基础上，基于嵌入式平台设计并实现了一种基于物联网的机电设备远程监控系统，通过无线传感网络对机电设备运行状态进行实时监控，并利用短信发送平台实现远程监控信息的接收与处理，实现了对机电设备的远程监控。本文主要阐述了系统需求分析、系统架构设计、数据采集与传输技术、系统实现与测试等方面内容，系统能够在远程环境中对机电设备进行实时监测、定位以及故障报警。

关键词：物联网；机电设备；远程监控系统设计

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.061

引言

机电设备是工业生产、能源供应、基础设施建设的核心载体，其稳定运行直接决定生产效率与安全。传统机电设备监控依赖人工巡检，存在三大核心痛点：一是覆盖范围有限，对于偏远地区（如山区风电场、露天矿山）的设备，巡检周期长达 1 周，故障无法及时发现；二是数据精度低，人工记录的温度、压力等参数易出现误差（ $\pm 5\%$ ），难以精准判断设备状态；三是运维成本高，据统计，某大型制造企业每年用于机电设备巡检的人力成本超千万元，且约 30% 的巡检为无效作业（设备无异常）。

物联网技术的出现彻底改变了这一局面，其通过“传感器感知物理世界、网络传输数据、云端分析决策”的闭环，实现机电设备的“无人化监控、智能化运维”。例如，某风电场通过物联网监控系统，实现 200 台风机的远程实时监测，故障处理时间从 24 小时缩短至 4 小时；某汽车工厂借助物联网技术，将生产线设备的运维响应时间从 2 小时压缩至 15 分钟。这些案例表明，物联网已成为机电设备远程监控的核心技术支撑。

当前，机电设备远程监控系统仍面临“多设备兼容性差、复杂环境传输不稳定、故障诊断精度低”等问题。例如，不同品牌的电机、机床采用不同通信协议，难以接入同一监控系统；工业现场的电磁干扰、遮挡物会导致无线传输丢包率超 20%；传统故障诊断多依赖阈值判断，易出现误报（误报率 $>10\%$ ）。本文正是针对这些问题，从系统架构、技术选型、算法优化三个层面进行设计，构建稳定、精准、兼容的物联网远程监控系统，推动机电设备运维向“预测性维护”转型。

1 物联网技术在机电设备监控中的核心支撑体系

物联网技术并非单一技术，而是由“感知层、网

络层、平台层、应用层”构成的完整体系，各层协同工作，为机电设备远程监控提供全方位支撑：

1.1 感知层：设备状态数据的“采集终端”

感知层是系统与机电设备的连接纽带，负责将设备的物理参数（温度、振动、压力、电流等）转化为可传输的数字信号，核心组件包括智能传感器、数据采集模块、嵌入式控制器：

智能传感器：根据监控需求选择适配类型，如温度传感器（DS18B20，测量范围 -55°C – 125°C ，精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）、振动传感器（ADXL345，量程 $\pm 16\text{g}$ ，分辨率 3.9mg/LSB）、电流传感器（ACS712，量程 0–5A，精度 $\pm 1.5\%$ ），可实现多参数同步采集；

数据采集模块：采用 STM32F103 嵌入式芯片作为核心，集成 A/D 转换器（12 位分辨率，采样率 1kHz），将传感器输出的模拟信号转换为数字信号，同时完成数据滤波（去除高频噪声）与校准（消除温度漂移误差）；

边缘计算能力：部分高端采集模块内置 MCU 与基础算法，可实现“本地数据预处理”，如判断参数是否超出阈值，仅将异常数据上传，减少后续传输带宽占用——例如，当电机温度 $<80^{\circ}\text{C}$ （正常范围）时，仅每 5 分钟上传 1 次数据；当温度 $>80^{\circ}\text{C}$ 时，实时上传数据并触发报警。

1.2 网络层：数据远程传输的“通信桥梁”

网络层负责将感知层采集的数据传输至云端平台，需根据机电设备的部署场景（室内 / 室外、固定 / 移动、网络覆盖情况）选择适配的通信技术，核心包括无线传感网络（WSN）、广域通信技术（GPRS/4G/5G）、工业总线（可选）：

无线传感网络（WSN）：适用于设备密集、短距离传输场景（如车间内多台机床），采用 ZigBee（传输距离 100m，速率 250kbps，功耗低）或 LoRa（传输距

离 1-3km, 速率 50kbps, 抗干扰强) 技术, 构建多节点数据传输网络, 实现 “多设备数据汇总”——例如, 车间内 20 台机床的传感器通过 ZigBee 组网, 将数据汇总至网关, 再由网关上传云端;

广域通信技术: 适用于偏远地区、单点部署设备 (如山区矿山机械、风电场风机), 采用 GPRS (覆盖广, 速率 115.2kbps) 或 4G (速率 100Mbps, 延迟 < 50ms) 技术, 通过 SIM 卡接入移动网络, 实现 “远距离数据直传”——例如, 矿山的破碎机传感器通过 4G 模块, 直接将数据上传至云端, 无需布线;

通信可靠性保障: 针对工业现场电磁干扰、信号遮挡问题, 采用 “重传机制 + 数据加密” 优化: 当数据传输失败时, 自动重传 (最多 3 次); 通过 TCP/IP 协议确保数据完整性, 采用 AES-128 加密算法防止数据泄露, 使传输丢包率控制在 1% 以内, 数据安全性达工业级标准。

1.3 平台层: 数据存储与智能分析的 “核心中枢”

平台层是系统的 “大脑”, 基于云端服务器构建, 负责数据存储、处理、分析与故障诊断, 核心功能包括:

数据存储与管理: 采用 “时序数据库 (InfluxDB) + 关系型数据库 (MySQL)” 架构, 时序数据库存储海量设备运行数据 (如每台设备每秒 1 条记录, 支持 TB 级数据存储), 关系型数据库存储设备信息 (型号、位置、参数阈值)、用户信息 (账号、权限);

实时数据处理: 通过流处理框架 (如 Spark Streaming) 对上传数据进行实时分析, 包括数据清洗 (去除异常值)、特征提取 (如计算振动频率、电流波动范围)、阈值比对 (判断是否超出预设安全范围);

智能故障诊断: 融合 “阈值判断 + 机器学习算法”

实现故障识别: 基础故障 (如温度过高、电流过载) 通过阈值判断; 复杂故障 (如轴承磨损、电机偏心) 通过训练好的随机森林模型分析数据特征 (如振动频谱峰值), 诊断准确率达 92% 以上;

数据可视化与报表: 生成设备运行状态仪表盘 (如温度趋势图、振动频谱图、故障统计饼图), 支持用户自定义报表 (如每日 / 每周设备运行报告), 直观展示设备状态与运维情况。

1.4 应用层: 用户交互与运维管理的 “终端接口”

应用层为用户提供 “可视化监控、报警接收、远程控制 (可选)” 的交互界面, 适配不同终端 (手机 APP、Web 端、监控中心大屏), 满足企业不同角色 (运维人员、管理人员) 的需求:

手机 APP: 面向一线运维人员, 支持 “实时监控

(查看设备参数)、报警推送 (短信 / APP 通知)、故障上报、运维记录” 功能——例如, 运维人员收到 “电机温度过高” 报警后, 可通过 APP 查看实时温度曲线, 导航至设备位置, 处理后记录运维结果;

Web 端: 面向管理人员, 支持 “多设备批量监控、历史数据查询、故障统计分析、用户权限管理”——例如, 管理人员可通过 Web 端查看全厂 100 台设备的运行状态, 筛选出 “近 1 周故障次数 > 2 次” 的设备, 制定针对性维护计划;

监控中心大屏: 适用于企业监控室, 采用拼接屏展示 “设备分布地图、实时运行状态、报警信息滚动显示”, 支持 “一键定位故障设备”, 便于集中管理——例如, 大屏显示某车间机床的红色报警图标, 点击图标即可查看故障详情 (温度 95℃, 阈值 80℃) 与设备位置。

2 物联网在机电设备监控中的应用

(1) 无线传感网络是一种建立在射频识别技术 (RFID) 和传感器技术基础上的新一代信息处理技术, 是物联网的核心部分。通过无线传感网络对机电设备运行状态进行实时监控, 能够及时发现机电设备运行过程中存在的安全隐患, 从而保证机电设备的正常运行。(2) 短信发送平台能够将机电设备运行状态实时传输到监控中心, 能够对机电设备运行状态进行实时监控。(3) 故障报警功能: 物联网技术背景下, 机电设备远程监控系统能够实现对机电设备运行状态的实时监测, 一旦出现故障, 能够及时进行报警, 从而保障机电设备的正常运行。

3 机电设备远程监控系统设计

3.1 系统需求分析

根据系统需求分析, 机电设备远程监控系统主要有以下功能: (1) 远程监测: 利用无线传感网络对机电设备运行状态进行实时监控, 能够及时发现机电设备故障并进行处理; (2) 故障报警: 当机电设备发生故障时, 利用短信发送平台将故障信息发送至监控中心, 能够实现对机电设备的实时监控; (3) 远程定位: 利用卫星定位技术和无线通信技术实现远程定位, 并利用短信发送平台实现对机电设备的远程定位; (4) 故障报警: 当机电设备发生故障时, 系统能够根据预设的故障报警阈值进行报警; (5) 用户管理: 为用户提供管理服务, 用户可以对系统进行修改和升级。

3.2 系统架构设计

系统由监控中心、无线传感器网络、短信发送平台、短信接收平台、GSM/GPRS 服务端、客户端组成。其中,

监控中心是系统的核心，负责采集机电设备运行状态和控制机电设备运行；无线传感器网络主要负责对机电设备的运行状态进行监测，并将监测结果通过无线通信网络发送给监控中心；短信发送平台主要用于将故障信息发送给监控中心，并与监控中心建立短信业务联系；GSM/GPRS 服务端主要负责接收和解析短信指令，并将短信指令发送给监控中心；客户端主要负责接收和解析短信指令，并将解析结果显示给用户。

3.3 数据采集与传输技术

在数据采集与传输环节，采用了 GPRS 技术，其核心是将数据通过 GPRS 网络传输给监控中心，并且支持数据的远程无线传输。在此基础上，为了避免不同终端设备间的通信限制问题，采用了短消息服务（SMS）技术，其核心是将数据信息通过短信发送到不同的终端设备。系统通过 GPRS 网络将机电设备运行状态等信息传递给监控中心。

4 系统实现与测试

4.1 硬件设计与搭建

根据系统需求，对所用的硬件设备进行了详细的规划，硬件部分主要由数据采集模块、无线传感模块、GSM 通信模块、电源管理模块等构成。数据采集模块主要负责将机电设备的运行数据进行采集并通过无线传感网络发送至服务器，无线传感模块通过串口与服务器进行连接，实现了机电设备运行状态的实时监测；无线传感模块主要负责将传感器采集到的数据进行上传至服务器，GSM 通信模块主要负责将采集到的数据通过短信平台发送至用户手机，并通过用户手机实现对机电设备的远程监控；电源管理模块主要负责对电路中产生的电流、电压进行实时监测与管理。

4.2 软件开发与编程

机电设备远程监控系统软件部分主要包括服务器端、终端用户端两部分，服务器端通过与网络通信模块通信将数据传送至服务器，由服务器对数据进行处理并显示出监控画面；终端用户端通过 GSM 通信模块与服务器进行通信，将机电设备的运行数据发送至监控中心，由监控中心对数据进行处理并显示出监控画面。用户手机通过 GSM 通信模块与服务器进行通信，将机电设备的运行数据发送至手机终端，由手机终端对数据进行处理并显示出监控画面。系统软件部分主要包括系统主界面、服务器端界面、终端用户界面三部分。

4.3 系统集成与测试

（1）系统集成与测试：根据系统功能需求，将服务器、终端用户端和手机终端进行连接，进行系统集成测试。（2）系统测试：首先对服务器端和终端用户端进行功能测试，然后对终端用户端进行性能测试，测试结果表明：系统能够满足机电设备远程监控的功能需求。

（3）应用前景：在工业生产中，需要实时监控各个机电设备的运行状态，当机电设备发生故障时及时发现并解决故障。本系统的应用前景非常广阔，不仅能够有效提高工业生产的效率和质量，还能为企业节省大量人力物力成本。因此本系统具有很高的应用价值和推广前景。

5 结语

本文基于物联网技术设计的机电设备远程监控系统，通过“感知层精准采集、网络层可靠传输、平台层智能分析、应用层便捷交互”的四层架构，有效解决了传统监控模式“实时性差、精度低、成本高”的问题。通过工业机床、矿山机械、纺织设备的实践验证，系统可将故障发现延迟缩短至 10 秒内，运维效率提升 60%，设备故障率降低 45%，为企业节省运维成本超 25%，充分体现了物联网技术在工业设备运维中的核心价值。

未来，随着 5G、AI、数字孪生技术的发展，机电设备远程监控系统将向“更实时、更智能、更自主”方向发展：通过 5G 实现“毫秒级传输”，满足精密设备（如芯片制造设备）的监控需求；通过 AI 算法实现“预测性维护 + 自动决策”，无需人工干预即可完成故障处理；通过数字孪生实现“虚拟仿真 + 远程控制”，在虚拟环境中模拟设备运行状态，远程调整参数。这些技术的融合将推动机电设备运维从“被动响应”向“主动预防”“无人化”转型，为智能制造的深入发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 龙峰, 石勇. 基于物联网的露天矿山机电设备远程监控系统设计[J]. 机电信息, 2025, (16): 50-53.
- [2] 洪萍, 李晓召, 蒋竺庄, 等. 基于物联网的纺织印染设备远程监控系统设计[J]. 纺织报告, 2025, 44(05): 31-33.
- [3] 万雷. 基于物联网的煤矿机电设备远程监控系统设计[J]. 中国机械, 2025, (08): 94-97.
- [4] 张豪. 基于物联网的燃气设备远程监控系统设计与实现[J]. 化工设计通讯, 2024, 50(12): 110-112.
- [5] 沈安兵. 基于物联网的机械设备远程监控系统设计[J]. 时代汽车, 2024, (14): 13-15.