

基于物联网的电气自动化远程监控系统设计与实现

彭磊 赵震 闫鹏

滕州中联水泥有限公司 山东滕州 277500

摘要: 物联网技术与电气自动化的深度融合,使生产现场的远程监控与智能运维成为可能。以工业现场典型用电设备为对象,构建基于物联网的电气自动化远程监控系统,有助于实现多点分布设备的统一管理、状态实时感知与故障智能预警。文章在分析工业现场监控需求的基础上,提出了一种由现场感知层、边缘网关层、网络传输层与云端监控平台构成的系统总体架构;从硬件与软件两个维度,对传感器与执行机构选型、边缘采集终端设计、通信协议选取以及监控平台功能模块进行了系统阐述;结合典型应用场景,对系统在实时性、可靠性与可扩展性方面的性能进行分析与讨论。研究表明,该系统在保障电气设备安全稳定运行、降低运维成本、提升信息化管理水平等方面具有良好应用价值,可为相关行业的物联网改造提供参考。

关键词: 物联网; 电气自动化; 远程监控; 边缘计算; 通信协议

引言

伴随智能制造与工业互联网的发展,传统电气自动化系统里“点对点”“人巡检”的管理方式已无法契合多站点、强实时、高可靠的生产要求,众多电动机、配电柜、变频器、输配电线路等关键设备分布范围广、所处环境复杂、运行状态更迭迅速,现场故障往往带有隐蔽性与突发性,给安全生产增添较大不确定性。物联网技术依靠将传感器、控制器、通信网络与云平台合理集成,让现场状态数据得以实现实时采集、传输与解析,为远程监控与智能决策奠定技术根基,在这样的情形下,针对“如何构建一套结构清晰、稳定可靠、易于扩展的电气自动化远程监控系统”,成了工程实践里的关键议题。

一、基于物联网的电气自动化远程监控系统总体架构

1. 系统功能需求分析

在工业生产现场,电气自动化远程监控系统的关键目的是达成设备运行状况的即时可视化、安全隐患的预先告警以及运维工作的精准化管理,系统首先要拥有对关键电参量的采集能力,包含电压、电流、有功功率、功率因数、频率与谐波含量等,与此同时对设备温度、振动、环境湿度等状态参量开展监测,以便全面判断设备健康状态。系统应拥有远程操控与协同运作功能,达成对电动机启动和停止、变频器频率设定值调整、故障复位操作等的远程下达,还支持报警触发情况下的自动停机或跨设备联合控制,在实际开展的项目里,用户通

常期望借助统一平台查看不同车间、不同站点的运行状况,故而系统还应具备多站点接入、分级权限管理、运行报表生成、历史数据查询与统计分析等功能,为生产管理和能耗优化给出决策参考,整合这些需求,能够看出系统不单单是“看得见”的监控平台,更是“管得住”“算得清”的综合信息系统。

2. 系统整体结构设计

按照上述需求,系统在构造上可划分成现场感知层、边缘网关层、网络传输层与云端监控平台四个层次,现场感知层主要包含电力参数采集模组、温度与振动感应器件、开关量采集和控制模组以及可编程控制器(PLC)等部分,担负着将物理量转化成可开展数字化处理的信号的职责。边缘网关层担负着协议转换、数据前期处理与本地数据暂存的职责,一般选用工业网关或者嵌入式工控机,达成Modbus、Profibus、CAN等现场总线向以太网或蜂窝网络的转化,与此同时对数据开展滤波、聚合以及异常初步筛选,缓解云端压力。网络传输层根据现场情形选定有线以太网、4G/5G蜂窝网络或Wi-Fi等办法,联合VPN与加密隧道维护数据安全,云端监控平台层达成数据保存、即时监控界面呈现、告警管理、报表分析以及基于规则或简易模型的故障判定功能,通过四层结构的合理分工,既保障了系统架构明晰、维护便捷,又为后续功能扩充与设备接入预留了充足余地^[1]。

二、关键硬件平台与现场层设计

1. 现场设备与传感器选型

适宜的传感器与设备挑选是保证监控数据精准性

与系统稳固性的要件，面向配电柜、母线与大功率电机，可挑选导轨式多功能电力仪表或者分体式电流互感器模块，达成对三相电压、电流和电能的精准采集；对于那些对温度较为敏感的变压器、功率模块以及电缆接头，可搭配热电偶或NTC温度传感器实施分布式布点工作，达成过热风险的预先察觉；针对电机及旋转设备而言，增添振动传感器可助力判别轴承磨损与不平衡情形。在开关量采集期间，利用继电器反馈触点采集断路器的合分闸状态、保护动作的相关信息以及门禁开关的状态，有利于构建完备的安全防护链路，鉴于工业现场干扰信号强度高、环境温度变动大，挑选所有传感器时需留意防护等级、电磁兼容性和长期稳定性，并且按照现场标准选取适配的安装方式与接线方式^[2]。

2. 边缘采集终端与通信接口设计

边缘采集终端一般依托PLC或者工业网关达成，既需兼容多种现场总线协议，又要拥有较强的运算与存储能力，对于小规模的系统而言，可选用一台PLC作为中心控制单元，借助模拟量与数字量扩展模块连接各类传感器，进而通过以太网模块和上位监控平台进行通信；当处于多站点或者多协议混合的情形中，采用工业网关会更为适宜，达成对Modbus RTU/TCP、CAN、Profibus等的统一接入，进而完成协议的解析与映射。在通信接口设计工作里，要依据实际的布线状况与距离，恰当组合RS485、以太网以及无线通信模块；在电磁干扰剧烈的区域，要采用屏蔽电缆与光电隔离技术，减小误码率与通信中断的风险，边缘终端可设置简单的本地逻辑，比如在网络中断之际依据预设阈值达成独立的过载防护与紧急关停，确保系统在“失联”状况下依然具备基础的安全防护能力。

三、软件平台与通信协议实现

1. 物联网通信协议与数据传输设计

在通信协议抉择阶段，需兼顾工业现场对于高可靠、高实时的要求以及物联网系统的开放性与可扩展性，现场层依旧可以采用成熟稳定的Modbus RTU/TCP等工业协议，达成对仪表与PLC寄存器的统一读写，方便在既有系统基础上平稳接入；针对新建设备而言，同样能够借助标准化寄存器映射，降低后续接入与维护的工作量。边缘网关跟云平台之间适合运用MQTT、HTTP或者自定义的TCP协议来进行数据传送，其中MQTT具备轻量级、持久连接、发布/订阅机制、对带宽需求小等长处，支持QoS等级设定与消息留存机制，可用于多站点、大量终端同时接入的情形^[3]。借助在云端搭建MQTT Broker，并

且对不同主题与客户端权限进行划分，可达成不同网关的数据统一接入、分层次分区域管理与灵活的消息传送，在数据传输设计环节，要综合考量监控目标的重要程度和变化特性，恰当规划采样周期与上传策略：对于电流、电压、频率这类需高实时监测的参量采用较短的采样周期，对于温度、能耗、运行小时数这类变化迟缓的指标，采用较长周期或者按事件触发的方式上传，同时可在边缘侧开展数据滤波、压缩以及阈值筛选工作，降低无效数据的上行流量。为增强传输安全性，需在公共网络通信里运用TLS加密与身份认证手段，配合终端唯一ID、证书或密钥管理，达成数据加密传输与设备合法接入的双重保障；同时部署心跳检测、再次连接机制与本地离线缓冲办法，在网络不稳定或短暂中断时自动补传缓存数据，保障关键监测数据“不断链、不失真”。

2. 监控平台软件架构与功能模块

监控平台身为系统的“中枢大脑”，软件架构一般采用“前端展示+后端服务+数据库”的分层架构，某些项目还可以结合微服务架构与容器部署，提升系统的灵活性与可维护性，依托Web技术实现具备跨平台特性的人机操作界面，借助设备拓扑图、配电一次图、实时曲线、大屏可视化等多种途径展现现场运行状况，同时提供报警列表、工单处理界面和报表查询入口，支持PC端和移动端浏览器、APP等多终端的访问。在后端服务范畴，凭借数据采集服务、消息订阅服务、报警处理服务、用户与权限管理服务、报表与统计分析服务等模块的联合运作，达成对采集数据的解析、存储、告警判定与业务逻辑处置；针对有必要和企业MES、ERP等系统实现对接的场景，也能够配置接口服务或者API网关，贯通生产管理数据链。一般运用关系型数据库和时序数据库相融合的方法：前者用于存储设备档案、点位布局、用户资讯、权限角色、操作履历与报表范本等结构化数据，后者用于存放高频率采集的时序监测数据，并且借助合理的索引、分区与归档策略提高查询效率、减少存储成本。在功能构建环节，一方面应达成实时监控、报警推送、历史数据查询与趋势分析等基本需求，准许按设备、按回路、按车间多维度查看运行曲线与能耗状况；另一方面可凭借规则引擎实现基础的智能诊断与策略联合，譬如设定多条件组合警报、逻辑演算与时间延迟，自动辨别“过载运行”“接触不良”“长期轻载”等典型问题，并且协同发送短信、APP推送或者触发联锁管控。凭借合理的软件构架与模块区分，不仅增强了系统开发与维护成效，还为后续嵌入大数据分析、故障预测模型以及

设备健康评估算法预留了接口余地，使监控平台能够在实践当中逐步从“看得见”过渡到“看得懂、用得好”^[4]。

四、系统应用案例与性能测试分析

1. 应用场景与实现过程

以某中小型制造企业的配电室与车间电机阵列作为示例，企业以往的监控手段主要依靠值班人员巡查与现场仪表查看，不能实时把控设备运行状态，故障往往在“停机后”才被发觉，于项目推进流程里，率先针对配电间的高低电压柜、车间主电机以及关键生产线开展实地勘查与需求调查，明确监控要点与布点计划；接着在主要馈线以及电机回路安装电力仪表和互感器，在变压器及电缆接头增添温度传感器，为重要电机装配振动与温度一体传感器；借助PLC与工业网关接入全部现场信号，并且在边缘终端之中实现基础的过流、过温连锁逻辑。网络层选用“配电室有线+车间无线补充”的混合形式，将所采集的数据经网关加密传至云端平台，在平台层面进行设备建模工作、变量配置操作与画面组态设计，构建以“厂区—车间—设备”为层级的拓扑视图，同时设定多级报警准则以及短信、APP推送途径，系统启动运行以后，值班人员可于监控中心或手机之上实时查看各回路负荷曲线以及设备状态，达成对多地点、跨时间段的统一治理。

2. 性能测试结果与优化策略

在系统初步运行阶段，借助对采集数据的统计剖析与人工对照测试，能从实时性、准确性与稳定性三个维度评估系统性能，从实时性角度而言，若网络维持正常状态，现场数据从采集到在平台呈现的延迟稳定维持在1~3秒，符合企业对电气设备状态监控的实时性标准；精密度层面，通过把平台显示的电参量同手持校验仪表进行对照，让误差处于可允许的范围以内，表明传感器选型与采集链路设计是合理的；就稳定性而言，系统在连续运转数月的过程中没有出现长时间通信中断和数据丢失现象，少量异常数据也能够借助边缘过滤和平台异常值处理来进行校正，在实际运作期间，系统协助值班人员提早发觉多起电缆接头发热以及电机电流异常情形，防止了设备故障蔓延与停机事故的发生，企业针对远程监控系统的应用成效反馈颇为理想^[5]。

测试也显现出一些可提升的范畴，譬如在部分边远厂区，无线信号遭遮挡后极易出现起伏，需要通过增添中继或者调整天线布置来加以改进；随着数据量的急剧

增长，平台过往数据的查询速率出现了一定程度的下滑，应当进一步对数据库索引与分区策略进行优化；针对复杂的故障情形，仅仅凭借阈值判别和简单规则引擎还显欠缺，有必要逐步引入基于长周期数据的趋势剖析与健康测评模型，以增强诊断的智能化水准，借助对测试结果的不间断分析和优化更新，系统的整体性能与用户体验可以实现进一步增进。

总结

依托物联网的电气自动化远程监控系统，把现场感知、边缘计算、网络通信和云端平台进行有效整合，为分布范围广、数量庞大、状态复杂多样的电气设备提供了高效可靠的监测手段，从总体架构谋划、关键硬件体系、通信协议构建到软件功能板块与应用范例，实践证明该系统在实时把控设备运行状况、迅速察觉安全风险、完善运维管理流程方面起到了显著效果，有利于促进企业从“经验运维”向“数据驱动运维”转变。伴随生产规模拓展与智能化水平提升，系统在网络安全防护、海量数据处理与智能诊断算法方面依旧存在进一步提升的余地，能够在现有的架构体系中引入更为健全的安全机制与边缘侧智能分析本领，并结合企业实际的业务需求逐步构建起“监控—分析—决策—执行”闭环，为智能制造与工业互联网的建设给予坚实的电气自动化支持。

参考文献

- [1] 丁燕. 基于物联网的电气自动化设备运行状态远程监控[J]. 物联网技术, 2025, 15(20): 38-40.
- [2] 杨凯, 肖卫东. 基于物联网的汽车电气自动化远程监控系统开发研究[J]. 汽车测试报告, 2025, (08): 22-24.
- [3] 姚志旺, 王灿, 路学明. 基于物联网技术的供暖系统电气自动化远程监控研究[J]. 自动化应用, 2025, 66(06): 249-251.
- [4] 闫帅. 基于物联网技术的电气自动化系统远程监控系统设计与实现[J]. 电气技术与经济, 2024, (12): 90-92.
- [5] 赵平林. 基于物联网的电气自动化仪器远程监控技术研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(11): 68-70.
- [6] 黄东旭. 基于物联网的立磨机械电气自动化远程监控系统设计[J]. 自动化应用, 2024, 65(16): 133-135.