

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.04.053

基于阿里云物联网的抽油机智能监控系统

黄立华, 商宇璠, 高国刚, 刘浩

(中国石油大学(北京)克拉玛依校区, 新疆 克拉玛依 834099)

摘 要:因目前抽油机 SCADA 系统不同节点采集数据的数据库引擎不同,数据表结构不一致,无法构成石油开采工艺数据挖掘所需的数据源。利用阿里云物联网平台开发基于 Web 浏览器和手机 APP 的抽油机智能监控系统。该系统采用自动化技术与工业物联网技术深度融合,以 PLC 作为感知层控制器,实时采集抽油机运行参数。将采集的数据以变量标签形式上传至阿里云服务器,实现不同传输协议数据的融合、清洗、存储和管理,可为采油工艺数据挖掘提供基础数据,实现多区块抽油机采油集中监控。

关键词:工业物联网;数据挖掘;抽油机;云平台;智能监控

中图分类号:TP277 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2025)04-0294-04

Intelligent Monitoring System of Pumpjack Based on AliCloud IOT

HUANG Lihua, SHANG Yufan, GAO Guogang, LIU Hao

(Karamay Campus, China University of Petroleum(Beijing), Karamay 834099, China)

Abstract:To address the inability of constituting the data source needed for oil extraction process data mining by traditional pumpjack SCADA system due to its different database engines and different data table structures, an intelligent monitoring system of pumpjack is developed using AliCloud IOT and based on Web browser and mobile APP. The system adopts the deep integration of automation technology and industrial Internet of things technology, and uses PLC as the perception layer controller to collect operation parameters of pumpjacks in real-time. The collected data is uploaded to Ali cloud server in the form of variable tags, which achieves the fusion, cleaning, storage and management of data with different transmission protocols, and provides basic data for oil process data mining, realizing the centralized monitoring of multi-zone pumpjack production.

Keywords: industrial internet of things; data mining; pumpjack; cloud platform; intelligent monitoring

0 引言

随着大数据和人工智能等技术在抽油机生产效率提升和智能故障诊断方面应用的深入^[1-4],其有效地提高了油田采收率和抽油机的无故障运行率^[5-6]。机器学习、深度学习等人工智能算法的应用离不开工业大数据的支持^[7-9],而传统的数据监控系统(SCADA, supervisory control and data acquisition)采集抽油机运行过程参数,采用 ModBus、Profibus、ControlNet 等控制协议传输数据并存储到本地服务器,带宽开销大,无效数据多,传输效率低^[10]。不同井场抽油机数据采集系统往往采用不同的数据传输协议、数据库驱动和数据表结构也不同^[11],数据融合难度大,无法获取大数据分析所需的数据源^[12-14]。本项目将自动化技术与物联网技术进行深度融合,在阿里云物联网平台上开发了一套抽油机远程监测系统。获

取多源异构采集系统数据,搭建了抽油机大数据平台。系统由可编程逻辑控制器(PLC)、传感器、物联网网关、阿里云云平台、智能监控程序等构成。物联网网关从控制器获取井场风速、风向、抽油机游梁姿态和电机运行参数等数据,发布到阿里云服务器。抽油机智能监控系统从云服务器获取数据,通过机器学习等算法实现对抽油机运行过程进行优化和故障诊断。

1 系统总体方案

抽油机监测系统由感知层、网络层、平台层和应用层构成^[15-17],如图 1 所示。PLC 采集抽油机运行过程中电机的运行参数、减速器的运动状态参数、四杆机构(曲柄、连杆、游梁、支架)的动力学参数、油田井场风力参数。物联网网关建立抽油机与云平台之间的连接,网关使用 ModBus TCP 通信协议从 PLC 控制器实时获取抽油机运行参

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目(2022D01A251);克拉玛依市-创新人才专项项目(20212022HJCXRC0005);中国石油大学(北京)克拉玛依校区青年人才项目(XQZX20230038)

第一作者简介:黄立华(1984—),男,湖北武汉人,高级工程师,硕士,研究方向为石油装备智能化、智能诊断,269855214@qq.com。

数,利用 4G 网络采用 MQTT 协议^[18]将相关数据发布至阿里云服务器。监控系统与抽油机采用“一对多”的连接方式,每台抽油机数据采集系统作为一个独立节点,实现了不同区域抽油机运行数据在云服务器的统一存储和管理。在阿里云 IoT Studio^[19]开发平台搭建基于 Web 浏览器和手机 APP 的抽油机智能监控系统,实现多区域抽油机运行过程集中监控,并根据不同油井工况设计独立的故障诊断系统,对抽油机停机、姿态超限、阀尔脱落等异常状态进行报警。

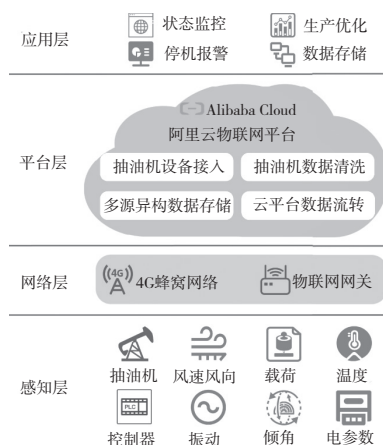


图1 抽油机智能监控系统网络架构

2 系统硬件

系统硬件由西门子 S7-200 Smart PLC、PDM-803H 型智能电表、载荷检测器、温度变送器、物联网网关及各类传感器构成。系统硬件连接如图 2 所示。PLC 主模块扩展了两个 4 通道模拟量输入模块 EM AE04,采集抽油机减速箱振动、润滑油

压力、轴承温度、游梁倾角、悬点载荷、井场风速、风向等运行参数。PLC 控制器与 PDM-803H 型智能电表采用 RS485 串行通信接口连接。

采用风速和风向传感器对井场风力状态进行检测,完成抽油机作业过程节能优化。游梁顶部倾角传感器检测驴头俯仰角度,结合抽油机几何尺寸计算得到抽油机悬点位移。由 PT100 热电阻、温度变送器与振动传感器共同完成抽油机减速箱运行状态监测。系统采用拉压双向称重传感器检测抽油机悬点载荷,量程为 0~10t。利用悬点载荷与悬点位移软测量得到抽油机示功图。智能电表采用丹东华通 PDM-803DH 抽油机专用电表,通过内置电流互感器(CT)和电压互感器(PT)对电机三相电流、电压的测量并计算得到抽油机电机电量、电能、功率等参数,利用电机电流与悬点位移获取抽油机电功图。工业物联网网关采用钡铍 BL102Pro 型网关,网关下行通过 LAN 局域网口与 PLC 控制器连接,其边缘计算能力可以对采集数据进行预处理,在设备端完成部分数据的清洗、校验,以减小平台数据传输压力。网关上行以 4G 网络连接互联网,采用 MQTT 协议连接云服务器,将抽油机的运行参数虚化为标签变量,在云服务器上对抽油机数据采集系统获得的多源异构数据进行融合、存储和管理。MQTT 协议实现了监控程序与抽油机控制器之间的解耦。与传统 SCADA 数据监控系统相比较,工业物联网数据流转模式网络流量开销更小、连接更稳定,提高了抽油机运行数据传输效率和可靠性^[20]。同时物联网操作系统支持大规模设备的连接和管理,使系统节点容量提升了多个数量级,实现了多区块油田抽油机运行过程的集中监控。

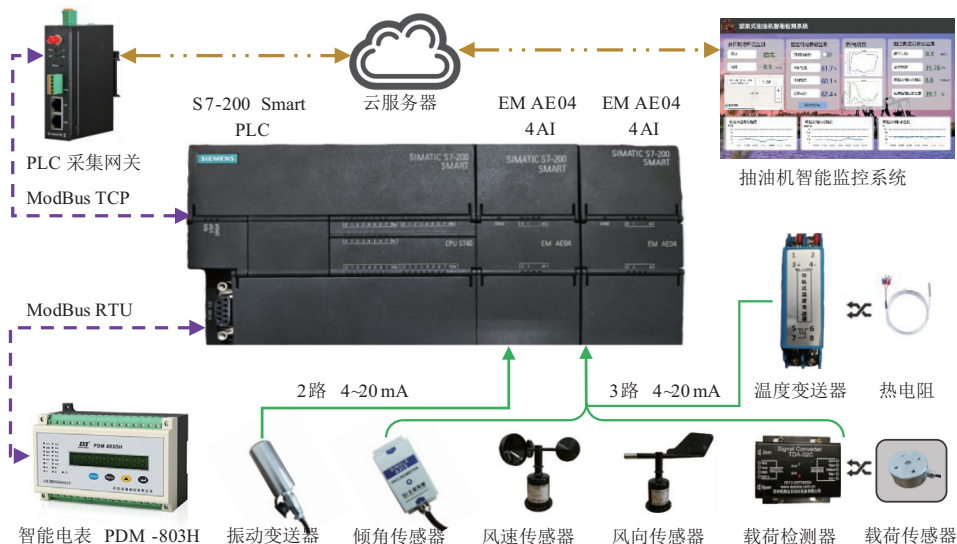


图2 系统硬件连接图

3 控制器程序

通过编写 PLC 模拟量转换程序,实现抽油机载荷、振动、温度、倾角、风速、风向等参数的采集。PLC 与智能电表通信采用 ModBus RTU 协议,PLC 作为主站,智能电表作为从站。PLC 主程序调用 MBUS_CTRL 完成 ModBus 通信参数初始化。从站智能电表电压、电流、功率参数数据长度均为 6 个字节。正/反向总无功、正/反向总有功数据长度均为 8 个字节。PLC 作为主站向智能电表发送读寄存器指令,智能电表收到 PLC 查询指令后返回对应的寄存器值。智能电表三相电流数据读取帧格式如表 1、表 2 所示。

表 1 PLC 主站读电流帧格式

从站地址	功能码	寄存器地址	数据长度	CRC 校验
01	03	0010	0003	040E

表 2 智能电表数据返回帧格式

从站地址	功能码	数据长度	寄存器 1	寄存器 2	寄存器 3	CRC 校验
01	03	06	089D	08A0	089A	4808

因智能电表数据寄存器地址不连续,且数据块存储地址间隔较大,PLC 采用轮询方式利用 4 个 MBUS_MSG 功能块发送不同电参数读取指令。通过对 MBUS_MSG 功能块 First 端按顺序使能,完成抽油机电机电流、电压、电能、电功率的先后读取。

物联网平台对抽油机的三元组信息(ProductKey、DeviceName、DeviceSecret)进行校验,确保不同区块油田抽油机具有唯一的身份识别码。阿里云物联网平台采用产品、设备、物模型的树状结构,实现对多区块油田大量抽油机运行数据的在云服务器的集中存储和管理。

4 抽油机智能监控程序开发

抽油机与阿里云平台设备认证成功后,在控制台设置抽油机运行参数在 PLC 中的存储地址,并添加参数对应的变量标签,完成载荷、振动等参数的物模型建立。通过获取抽油机运行参数的物模型属性值,实现不同抽油机运行参数在云平台实时显示,抽油机运行参数在云平台数字化显示如图 3 所示。

风速 查看数据 查看日志 9.7 m/s 2023/09/23 00:02:01.624	风向 查看数据 查看日志 265.3° 2023/09/23 00:02:01.624	驴头倾角 查看数据 查看日志 27.0° 2023/09/23 00:02:01.624
载荷 查看数据 查看日志 70 110.0 N 2023/09/23 00:02:01.624	振动 查看数据 查看日志 8.3 m/s 2023/09/23 00:02:01.624	正向无功总电能 查看数据 查看日志 32 735.9 kW·h 2023/09/23 00:02:01.624

图 3 抽油机运行参数物模型属性值

在阿里云 IoTStudio 平台开发抽油机智能监控系统,通过订阅的方式从云服务器获取抽油机倾角、温度、压力、电流和电压等数据。抽油机智能监控系统由实时数据、历史数据、故障报警、运行状态检测、运行参数优化模块组成。实现了抽油机位置信息、井场风速、风向、抽油机游梁姿态、减速器振动幅度、减速器轴承温度、载荷数据、电机电参数、抽油机示功图(位移-载荷曲线)、电功图(位移-电流曲线)实时显示。本项目中开发了 Web 浏览器和手机 APP 两种客户端。利用阿里云移动可视化开发工具,将抽油机云端数据与移动端组件进行动态连接,结合抽油机业务逻辑开发交互界面,应用程序发布后可实现手机端访问。目前系统手机客户端应用程序仅实现单个抽油机运行数据实时显示和历史数据查询功能。抽油机智能监控系统应用程序如图 4 所示。

钉钉应用程序提供了与第三方通信的接口,阿里云使用 HTTPS 协议将数据推送至钉钉应用程序。通过添加钉钉机器人得到与其通信连接的 Webhook 地址,修改云平台函数计算脚本完成通信配置,实现阿里云物联网平台与钉钉应用程序通信。利用阿里云 IoTStudio 引擎规则模块设置抽油机异常工况相关参数报警阈值、不同异常工况触发逻辑以及对应的推送消息内容。当异常工况发生时,云平台调用相应的服务函数,完成异常工况对应消息的推送,其流程如图 5 所示。在钉钉消息推送的基础上,配置抽油机运行状态报警短信推送参数。当抽油机出现异常工况时,相关人员的钉钉应用程序和手机短信将同步接收到报警提示信息。系统实现了对抽油机设备离线、停井、电能消耗异常、轴承温度过高、减速器振动大等异常工况报警。抽油机异常报警系统提高了工作人员对抽油机运行故障的响应速度,确保采油设备长周期安全稳定运行。

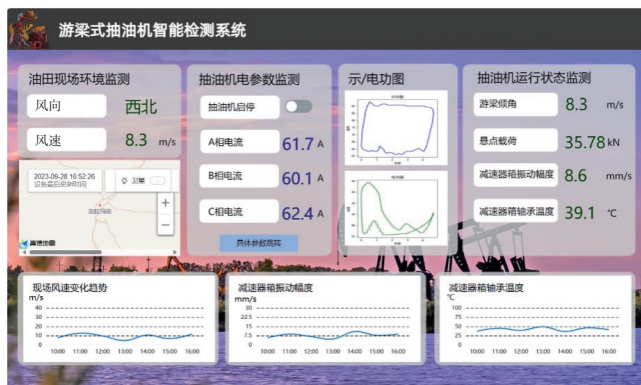


图4 抽油机智能监控系统



图5 抽油机故障报警钉钉应用程序

5 结语

基于阿里云的抽油机智能监测系统融合传感器技术、自动化技术和工业物联网技术,实现了大规模油气机采作业过程集中监控,异常工况警报功能。系统将不同抽油机运行数据在云服务器上按统一格式存储、管理,解除了抽油机应用程序与数据采集系统的耦合,消除了抽油机数据信息孤岛,实现抽油机多源异构数据整合,同时能为油气开采、储运、炼制、销售各环节数据融合提供平台。为人工智能技术探寻油气开采深层规律提供基础数据,并将运行数据转变为油田企业新的效益增长点。

参考文献:

- [1] 杨勇. 胜利油田勘探开发大数据及人工智能技术应用进展[J]. 油气地质与采收率, 2022, 29(1): 1-10.
- [2] ABDURAKIPOV S S, DUSHKIN M, DELTSOV D, et al. Diagnostics of oil well pumping equipment by using machine learning [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2024, 33(1): 39-54.
- [3] YE Z W, YI Q J. Working-condition diagnosis of a beam pumping unit based on a deep-learning convolutional neural network [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2022, 236(5): 2559-2573.
- [4] 张通. 基于边缘计算的抽油机井智能诊断与调控技术研究[J]. 石油石化节能与计量, 2024, 14(7): 15-20.
- [5] 李国荣, 赵金龙, 周敏, 等. 实时数据云平台在石西油田的应用[J]. 计算机仿真, 2020, 37(10): 361-364.
- [6] 郭子悦. 采油井场智能测控系统提效技术研究与应用[J]. 石油石化节能与计量, 2025, 15(1): 21-25.
- [7] 杨春雷. 基于 LoRa 技术的物联网智能监控系统设计[J]. 机械制造与自动化, 2023, 52(1): 215-218.
- [8] 熊惠. 基于 AI 的油气集输管道安全管控平台构建探究[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2023,

38(4): 81-87.

- [9] 聂晓炜. 智能油田关键技术研究现状与发展趋势[J]. 油气地质与采收率, 2022, 29(3): 68-79.
- [10] 吴泽枫, 李成刚, 宋勇, 等. 基于 NB-IoT 模块的机器人监控系统移动应用开发[J]. 机械制造与自动化, 2021, 50(1): 161-163, 197.
- [11] 梁现华. 天然气长输管道 SCADA 系统建设与改进[J]. 油气储运, 2014, 33(10): 1113-1116.
- [12] 刁洪涛, 虞维超, 王凯鸿, 等. 天然气管网运行数据应用平台建设[J]. 油气储运, 2024, 43(10): 1129-1137.
- [13] 吴虞, 冯子明, 蒋国斌, 等. 抽油机井六维度效率因数评价方法[J]. 石油钻采工艺, 2023, 45(3): 325-331, 392.
- [14] 徐绘宏, 贾占军, 余春昊, 等. 基于测井大数据平台的图版管理分析应用软件设计及实现[C]//西安石油大学, 陕西省石油学会. 2024 油气田勘探与开发国际会议论文集 I. 西安: 中国石油测井有限公司测井技术研究院, 2024: 424-435.
- [15] 秦宏伟, 党瑞荣, 党博, 等. 基于物联网的油田井口数据检测传输方法研究[J]. 仪表技术与传感器, 2022(11): 96-100, 112.
- [16] SONG C H, LIU S, HAN G J, et al. Edge-intelligence-based condition monitoring of beam pumping units under heavy noise in industrial Internet of Things for industry 4.0 [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2023, 10(4): 3037-3046.
- [17] MANSOUR M, GAMAL A, AHMED A I, et al. Internet of Things: a comprehensive overview on protocols, architectures, technologies, simulation tools, and future directions[J]. Energies, 2023, 16(8): 3465.
- [18] 齐兵, 秦宇, 李敏虹, 等. 基于 MQTT 协议扩展的 IoT 设备完整性监控[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(11): 68-78.
- [19] 韩存地, 刘安强, 张碧川, 等. 基于物联网平台的智慧园区设计与应用[J]. 微电子学, 2021, 51(1): 146-150.
- [20] 柴浩轩, 金曦, 许驰, 等. 面向工业物联网的 5G 机器学习研究综述[J]. 信息与控制, 2023, 52(3): 257-276.

收稿日期: 2023-10-11