

新型采油井物联网采集终端的设计与试验

母建飞,李广青,张 鑫,刘嘉兴,杨泽渊

(延长油田股份有限公司志丹采油厂,陕西 延安 717500)

摘要:当前,大多数数字油田建设中数据采集均采用工业控制模式。随着信息化技术的发展,工控模式层级多、设备多、承载数据量低、数据传输慢等问题突显。针对以上问题,该文次研究设计了一种基于 MQTT 协议的新型采油井物联网采集终端,以达到生产数据高效采集、降低运维管理难度的目的。采集终端包括硬件和嵌入式软件两个部分,其中硬件设计主要包括数据采集、通信、联网、存储、供电及调试等模块;软件设计主要在嵌入式实时多线程操作系统的基础上进行二次开发,通过周期计算、电参和压力采集、远程启停及参数配置等线程来实现数据自动采集、耗电量统计、油井远程启停和变频控制等功能。同时,在操作系统中添加 OTA 组件,可实现采集终端系统的远程升级。

关键词:MQTT;采集终端;线程;远程升级

中图分类号:TP391

文章编号:1000-0682(2025)01-0074-05

文献标识码:A

DOI: 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2025.01.013

Design and test of a new type of Internet of Things acquisition terminal for oil wells

MU Jianfei, LI Guangqing, ZHANG Xin, LIU Jiaxing, YANG Zeyuan

(Zhidan oil production plant, Yanchang Oilfield Co., LTD., Shaanxi Yan'an 717500, China)

Abstract: At present, most digital oil field construction data acquisition adopts industrial control mode. With the development of information technology, the problems of multi-level industrial control mode, multi-equipment, low data load and slow data transmission are prominent. To solve the above problems, this study designed a new type of Internet of Things acquisition terminal for oil wells based on MQTT protocol, in order to achieve efficient collection of production data and reduce the difficulty of operation and maintenance management. The acquisition terminal includes two parts: hardware and embedded software. The hardware design mainly includes data acquisition, communication, networking, storage, power supply and debugging modules. The software design is mainly developed on the basis of embedded real-time multi-threaded operating system, and realizes the functions of data automatic collection, power consumption statistics, remote start and stop of oil well and frequency conversion control through the threads of cycle calculation, electrical parameters and pressure acquisition, remote start and stop and parameter configuration. At the same time, adding OTA components to the operating system can realize the remote upgrade of the acquisition terminal system.

Keywords: MQTT; acquisition terminal; threads; remote upgrade

0 引言

随着信息技术的快速发展,数字化转型已成为各行业的必然趋势,石油行业也不例外。作为石油行业的核心环节,油气生产领域的数字化创新对提

高生产效率、降低成本、优化运营管理至关重要。鉴于油田生产区域的油水井分布存在点多、面广、分散等特点,物联网技术在油田领域的应用也变得越来越重要。而采集终端设备作为油田物联网系统中的入口和智慧化的关键组成部分,承担着数据采集和传输的任务,更是发挥着举足轻重的作用。

当前,大多数国内油田在数字化建设方面都采用传统工控模式,在实际运行中暴露出采集硬件种

收稿日期:2024-05-15

第一作者:母建飞(1990—),男,学士,工程师,主要研究方向为油田数字化建设。

3.3.4 油井远程启停线程

远程启停线程等待服务器 MQTT 指令唤醒,执行喇叭、抽油机启停操作。

3.3.5 油井参数配置线程

参数配置程序分网络及串口配置 2 种形式,物联网终端通过订阅 MQTT 配置参数主题,等待服务器或客户端下发对应主题的消息包;通过配置串口命令线程,不断监听串口数据,等待消息。一旦收到串口或者 MQTT 配置参数主题的对消息,程序进入中断,串口监听函数或者主题回调函数根据 JSON 消息包数据名称及类型解析数据,配置,配置位移、载荷、压力表设备参数,设定频率、功图/电能采集周期、MQTT 连接等参数。待参数配置完成后,恢复主程序。(如图 5)

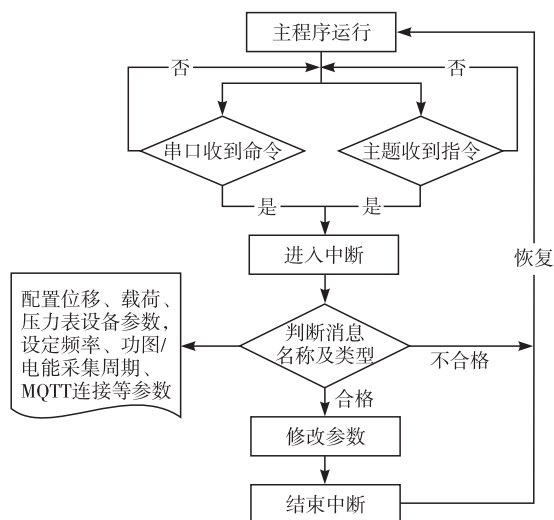


图 5 参数配置线程流程图

3.4 终端软件远程升级

rt_ota 是 RT-Thread 开发的跨 OS、跨芯片平台的固件空中升级技术,已在嵌入式设备中被广泛应用,可在不需要任何物理连接的情况下实现对设备端固件进行软件更新与升级。在该终端中,首先将需要升级的软件包上传至服务器中,再采用无线网络方式将升级数据包下载到 Flash,然后通过 boot-loader 对 OTA 固件进行校验、解密并将下载得到的数据包搬运到 MCU 的 APP 区域进行覆盖,完成终端软件的升级更新功能。

4 试验效果

自 2022 年 6 月开始,采油井物联网终端在试验区已安装 49 套,经终端程序的修复完善,现场试验已稳定运行至今,数据采集无误。为方便跟踪运行状态,油井数据上报间隔为 60 s。45 套采用光纤接入方式,未出现掉线情况,平稳运行;4 套采用 4G 网络接入,因野外信号原因,时有掉线情况,针对掉线情况进行了程序逻辑修正,近一个月内出现掉线情况 2 次。采油井终端已实现功图、电参等数据的采集,抽油机远程启停及变频器调参功能(如图 6)。该终端具有主控芯片国产化、联网模式自由、远程升级、轻量化、低功耗、低成本的优势,可适合不同区域不同油田的生产管理需求,在国内油田行业具备良好的推广应用价值。

—双E7-14-3井信息—



双E7-14-33

采集数据

采集时间	2023-03-15 10:57:44	
冲程	1.72	冲次 4.67
最大载荷	50.52	最小载荷 20.86
频率	50%	三相平均功率因数 0.31
油压		套压

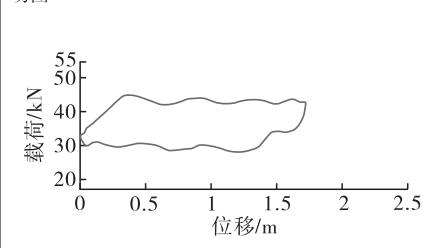
损耗数据

有功功率	131021.99	无功功率	1514
平稳度		耗电量	
正向有功电度	823.81	正向无功电度	27993.18
A相电压	395.84	A相电流	5.42
B相电压	0	B相电流	6.47
C相电压	394.44	C相电流	6.09
运行频率	50	本地/远程标志	0
工频标志	0	变频标志	1
工频运行标志	0	变频运行标志	1

电参

	A相电流	B相电流	C相电流
上行最大电流	12.21	12.66	12.24
下行最大电流	6.21	6.55	6.32
平稳率	196.62%	193.28%	193.67%

功图



电参

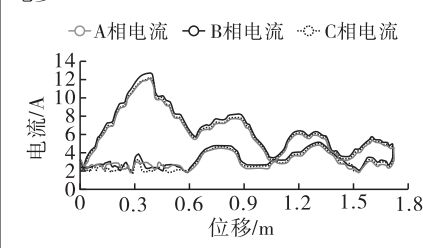


图 6 采油井功图、电参等数据展示

5 结论

该次研究的基于 MQTT 协议的采油井物联网采集端在国内油田数字化建设领域具有首创性和创新性。在硬件上开发了基于国产 GD32F103Z 为主控芯片的物联网采集终端,集成了 RS485 通信、联网、存储以及供电和程序下载模块。在 RT-Thread 实时嵌入式操作系统的基础上进行软件开发,按模块进行设计,实现数据采集、远程控制、参数配置等功能。同时,OTA 固件更新功能可对物联网设备进行远程软件升级,无需进行现场升级,从而降低设备维护成本。通过 1 年多的现场试验与实践表明,该终端具有以下特点:

(1) 采用国产高性能工业级 GD32F103ZET6,实现主控芯片国产化;

(2) 联网模式自由,可通过局域网、Wi-Fi、4G 等多种模式接入内网;

(3) 采用主动上报代替轮询问答模式,降低服务器负担,提高采集效率;

(4) 可通过 OTA 实现网络远程下发配置与固件升级。

参考文献:

[1] 栗克国,李志飞,倪文军,等. 基于 GD32F103 的多参数

码头安全监控终端设计[J]. 自动化与仪表,2018,33(05):61-64.

[2] 马后权,施华君. 实时操作系统 RT-Thread Smart 在 STM32MP1 上的移植[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2021,21(8):14-18.

[3] 罗玉海,王椿曦,熊正烨. 基于鸿蒙系统和 OTA 技术的农业大棚测控系统[J]. 现代农业装备,2023,06:52-55.

[4] 吴征,喻支乾. 基于 Modbus 通讯协议变频器速度给定系统的改造及设计[J]. 山东化工,2020,49(11):157-161.

[5] 方舟. 油田数字化建设中物联网技术的应用[J]. 化工设计通讯,2021,47(06):11-12.

[6] 孙国宝,周继伟. 物联网技术在智能油气田井场数字化建设中的应用[J]. 信息系统工程,2021,10:16-18.

[7] 任燕芝,郑隽鹏,张勇,等. 基于 GD32F103 单片机非接触红外测温仪的设计[J]. 山西电子技术,2020,04:30-32.

[8] 石宝山. 基于物联网技术的油田数字化建设研究[J]. 中国化工贸易,2019,11(35):95.

[9] 赵慧娟. 物联网与嵌入式系统开发研究[J]. 电子技术与软件工程,2021(18):2.

[10] 杨栋翔. 用电信息采集终端的时间同步方法研究[D]. 重庆:重庆大学,2019.

(上接第 17 页)

[10] 高永锋,李艺江,孙林,等. 基于光电转换模块的光纤以太网通信设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2022(3):23-26+45.

[11] 郭佳欣,单彦虎,任勇峰. 基于 CH378 的通用大容量数据记录器的设计与实现[J]. 电子器件,2016,39(6):1429-1434.

(上接第 28 页)

[5] 王付军,宋妮俐,杨长青. 基于 Modbus RTU 协议的 DeltaV 系统与西门子 S7-200 SMART PLC 串行通信[J]. 工业控制计算机,2023(8):38-39.

[6] 朱晓洁. 基于矿用监控分站的断线数据传输技术[J]. 煤矿安全,2023,54(12):227-232.

[7] 陈航,严帅,刘胜,等. 基于 RS485 总线的分布式高精度数据采集系统[J]. 仪表技术与传感器,2021(2):71-75.

[8] 陈熙,何璇. 基于 Modbus/TCP 协议的远程控制系统的设计与实现[J]. 创新引用,2022,39(7):84-86

[9] 肖宇,刘荆飞,瞿斌梅. 基于 MODBUS 通讯协议拓展装置新功能的设计[J]. 中国科技信息,2022(2):73-

[12] 叶东坤. 大容量存储在示波功率分析仪中的应用[D]. 成都:电子科技大学,2020.

[13] 洪方磊,薛萌,郭汉明. 基于 FPGA 的大数据缓存与高速传输系统设计[J]. 软件导刊,2023,22(8):156-163.

[14] 辛艳. 基于千兆以太网传输的多通道采集设备的设计[D]. 太原:中北大学,2023.

75.

[10] 张海龙,朱海龙,姜明远,等. 基于 Modbus 的多功能通信系统的设计与实现[J]. 汽车电器,2023(11):56-58.

[11] 史亚平. Modbus TCP/IP 协议的客户端与服务器实现[J]. 工业控制计算机,2023,36(2):54-56.

[12] 王银龙,樊旻,任远. DCS 远程监控软件在石化行业的应用[J]. 工业控制计算机,2023,36(11):73-77.

[13] 闫秀芳,王志国,高晓辉. PLC 基于 Modbus 通讯的控制系统研究[J]. 制造业自动化,2018(2):127-130.

[14] 王文波. 基于计算机通信技术的 DCS 控制系统在工业自动化中的应用[J]. 现代工业经济和信息化,2023(11):58-60.