

文章编号:1671-251X(2024)S2-0041-03

基于物联网的煤层气自动化监控管理系统

余樊, 胡涛, 赵晓乐, 李丁

(中石油煤层气有限责任公司临汾采气管理区, 山西 临汾 041000)

摘要:煤层气开采时受到多种因素限制,原始的以电缆测量方式已无法对煤层气进行持续监测,且对源数据利用不充分,优质监测数据利用效率不高,数据之间的互通性差。针对上述问题,提出了基于物联网的煤层气自动化监控管理系统。该系统对周围状态参量(如环境温湿度、定位及外部信号和姿态等)进行采集,通过感知标签进行煤层气相关数据采集的身份标志;对于感知标签收集到的数据进行显示,可进行历史数据查询,也可对相关监测数据的台账、维护等信息进行记录,实现监测全周期管理;感知标签能结合手持机完成对数据的录入和传递,也能利用 NB-IoT 模块上传数据,完成与监测管理平台的交互通信,实时显示煤层气排采状态;通过煤层气排采设施专家故障诊断系统分析故障原因,即时确定故障所处坐标;结合价值密度强弱对数据进行合理分级,便于监测数据的统一化管理。

关键词:煤层气; 监控系统; 物联网; 故障诊断; 数据分级

中图分类号:TD712/67 文献标志码:A

Automated monitoring and management system for coalbed methane based on Internet of things

YU Fan, HU Tao, ZHAO Xiaole, LI Ding

(PetroChina Coalbed Methane Co., Ltd. Linfen Gas Production Management Area,
Linfen 041000, China)

0 引言

煤层气的主要成分是甲烷,作为一种气体资源可以和煤炭这一固体共生,在煤层中通过吸附态、游离态等多种形式存在^[1-2]。大多数的煤层气是以吸附态的形式嵌于煤基质表层部位,占总量的 2/3~4/5^[3],开发煤层气时需要先将储层压力降低,解吸后经由基质孔隙向裂隙中扩散,最后渗至井筒^[4]。当前,受限于井筒条件,煤层气储层动态监测受到影响,原始的以电缆测量方式已无法对煤层气进行持续监测,不能利用油套环空开展监测,且在动态生产过程中源数据利用不充分^[5],导致对于煤层的动态监测性能不高,缺少监测资料,不能准确得到不同层段的开采情况,在一定程度上不利于进行煤层气动态分析并制定调整方案^[6-7]。因此,需要探究一种全新的自动化监控系统实现对煤层气的实时巡检。

目前煤层气监测存在以下问题:① 受限于地形条件的变化,煤层气位于不同分层,其特点不一,尚未形成统一的智能抽采技术。② 煤层气开采涉及

大量数据,但对于数据并没有统一的标签化管理。

③ 往往很难采集优质数据,预处理难度增大。

④ 监测信息支撑平台规范性不足,数据之间的互通性差,很多信息数据交互时标准不统一,重合度高。为解决上述问题,本文提出了基于物联网的煤层气自动化监控管理系统。

1 系统整体架构

本文依托现有煤层气排采硬件设备,结合智能感知配件,利用大数据、物联网、人工智能和自动化通信等技术,建立煤层气自动化监控管理系统,整体架构如图 1 所示。该系统硬件部分主要用于对周围状态参量(如周围环境温湿度、定位及外部信号和姿态等)进行采集,以感知标签(包括射频识别模块、NB-IoT 模块、STM32RCT6、供电单元和相关位置传感器)为主,进行煤层气相关采集的身份标志。系统软件部分为监测管理平台,对于标签收集到的信号进行采集显示,可进行历史数据查询,也可对相关监测数据的台账、维护等信息进行记录,显示监测全

收稿日期:2024-12-02;责任编辑:盛男。

作者简介:余樊(1987—),男,四川南充人,现主要从事油气田自动化方面的工作,E-mail:yufan@petrochina.com.cn。

周期管理。感知标签能结合手持机完成对数据的录入和传递,也能利用 NB-IoT 模块上传数据,完成与监测管理平台的交互通信,感知实时数据,显示煤层气排采状态。

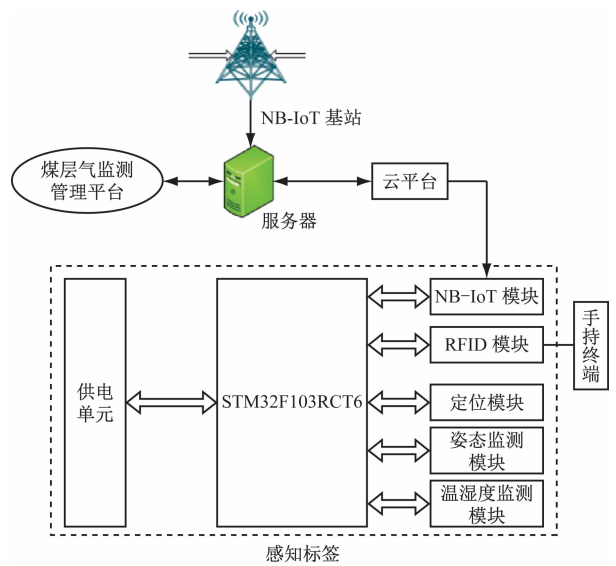


图 1 煤层气自动化监控管理系统整体架构

物联网技术以约定协议为框架,结合信息采集、RFID 识别、多种信号传感器、故障诊断技术,将实物(煤层气运行)信息传至互联网,进行监控管理和识别。本文采用 TCP/IP 协议搭载 RFID 与 NB-IoT 通信网络进行煤层气运行情况监测。针对煤层气排采过程中设备运行情况,为保证实时稳定运行,本文设计了自动化远程控制故障诊断系统,结构如图 2 所示。系统的控制核心为 STM32F103RCT6,使用多层集散式结构对安置于煤层气排采设备上的传感器采集信号进行分析处理,视频和数据信号经过以太网模块发送至上位机,友好的人机界面上可显示现场运行的各项参数,完成对煤层气设备的动态控制。同时构建了煤层气排采设施专家故障诊断系统,能进行自动化远程遥控,借助诊断规则,判断分析故障原因,能即时确定故障所处坐标,为安全运行提供保障。

在故障智能诊断模块,利用 T-S 模型的模糊控制,完成将专家语言向模糊控制规则的转换,局部进行智能诊断,增添模糊预测控制模块,可实现对煤层气采集时的有害气体浓度进行监测,消除潜在危险。煤层气排采异常状态诊断可汇集实时解算技术与多传感器融合技术的优势,及时得到设备故障时的特征响应情况,结合专家系统监测到的数据与网络异常的模拟过程,推断故障源头,在诊断程序中完成同一监测过程的定位与诊断,识别异常数据,及时预警。

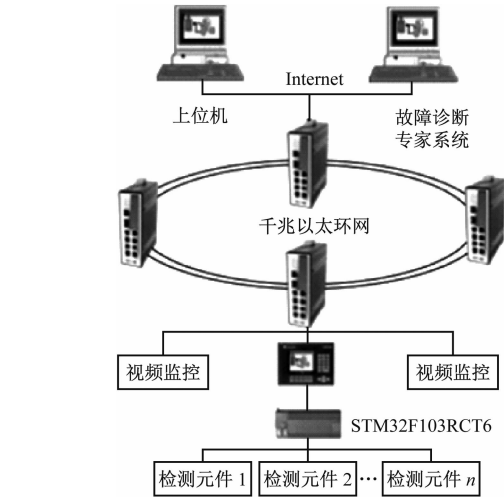


图 2 自动化远程控制故障诊断系统

2 系统关键技术

1) 由于煤层结构复杂,不同传感器在工作时会受到煤料、碎渣等杂质的影响而使采集数据不准确,所以本文加入了针对障碍物的检测。在控制领域,针对障碍物的检测有非接触式和接触式 2 种。考虑到若采用接触式检测障碍物,则会使得系统尺寸扩大,不利于开展系统性监测和诊断,因此宜采用非接触式检测方式。常用的非接触式检测方式有激光、超声、红外传感器,考虑到激光传感器容易受煤粉灰尘影响、红外传感器易受光源的影响,本文选用超声波传感器,其波长短且频率高,可应用于障碍物测距。本文使用型号为 HC-SR04 的超声波模块,基本参数见表 1。

表 1 HC-SR04 超声波模块基本参数

参数	值
电流/mA	15
电压/V	5
工作频率/kHz	40
探测距离/m	0.02~4.50
感应角度/(°)	≤15

2) 报警装置决定着系统采集数据的效率,本文报警装置选用有源蜂鸣器模块。蜂鸣器自身有震荡源,使用 S8050 型号的三极管驱动,主控板与 I/O 端口外接,VCC 脚外接 3.5~5 V 电压,端口出现高电平状态则进行语音报警。

3) 通信模块选用 Xbee S2C,可由自定义可编程 R/C 控制器或遥感连接,获取煤层气采集时的周边环境信息。若进行远距离信息传输,需要调节不同的功率电平。通信模块基本参数见表 2。

表 2 通信模块基本参数

参数	值
电流/mA	50
最大传输距离/m	120
发射功率输出/mW	1
灵敏度/dBm	-92
供电电压/V	3.3

4) 作为定位巡航系统软件框架的最基础层,硬件接口层可以读取传感器的数据,能即时获取当前所处位置、动作和周边环境数据,以指令形式调控执行机构放大故障区域内的运行状态视图。软件框架的中间层是传感器数据处理层,主要经由激光雷达获取动态,然后在经过一系列的滤波降噪后提取特征数据并建模分析。路径规划层和环境地图构建是

核心层,首先由环境地图构建层指引系统做出周围环境数据,结合扫描的手段将环境信息转为地图,而路径规划层则结合当前地图信息,求解最优执行路径。

5) 针对监测数据量大、有效数据使用效率低的问题,本文结合分级存储技术思路(图 3),按照数据类型合理选用时序库、关系库进行混搭存储,按监测数据的价值密度强弱进行合理分级,同时针对环境、组织架构及测点位置等对模型标准化管理维护,将一致有效性数据与传输同步进行,有效发挥对流式数据的优势,将矿井设备与煤层气相关的数据统计汇总,建立交互查询服务,对核心指标的数据业务进行承载,借助云服务技术,将历史故障数据、处理规程和报告等非数据性信息进行共享。

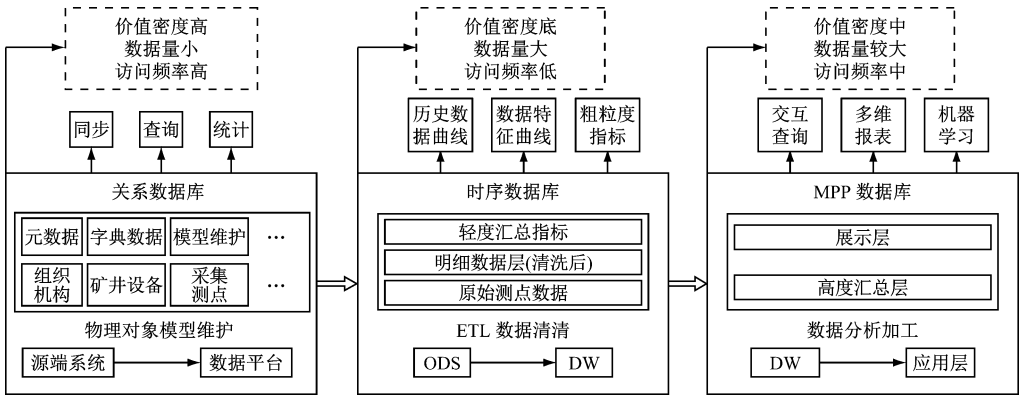


图 3 监测数据分级存储技术思路

3 结语

为进一步优化煤层气监测管理水平,结合智能感知配件,利用大数据、物联网、人工智能和自动化通信等技术,建立了一种基于物联网的煤层气自动化监控管理系统,实现了集监测-感知-决策-控制于一体的煤层气自动化管理。

参考文献:

[1] 张浩亮,顾根堂,薛志亮,等.煤层气集输管网积液在线监测及处理技术[J].中国煤层气,2023,20(6):22-25.
[2] 刘子雄.基于微地震向量扫描的煤层气井天然裂缝监

测[J].煤田地质与勘探,2020,48(5):204-210.

[3] 张伟.基于注入/压降法的煤层气试井监测系统研究[D].太原:太原理工大学,2020.
[4] 段建华,汤红伟,王云宏.基于微震和瞬变电磁法的煤层气井水力压裂监测技术[J].煤炭科学技术,2018,46(6):160-166.
[5] 吴川.煤层气合层排采井下工况参数实时探测技术研究[D].武汉:中国地质大学,2016.
[6] 邹宇清,赵凤坤,黄勇,等.煤层气井排采自动化监测与控制关键仪器设计[J].煤田地质与勘探,2015,43(6):49-53.
[7] 徐莎莎.煤层气水平井井壁坍塌实时监测诊断系统研究与设计[D].成都:西南石油大学,2014.