

基于无线通信网络的矿井监测系统研究

郑毛亲（山西省晋中市灵石县能源局，山西 灵石 031300）

摘要：为提高矿井无线监测系统适应性以及安全监测速度，在分析矿井安全监控需求基础上，提出一种基于 ZigBee 网络的无线传输监控系统。对监控系统结构、无线传输网络等进行分析。现场工业实践表明，在矿井构建无线网络监测系统即可满足安全监控需要，而且具有监测信号传输效率高、速度快、适应性强等优点，表现出显著的技术优势。

关键词：无线通信；监控系统；ZigBee 网络；安全监控

在矿井下存在瓦斯、粉尘、涌水等各类有害物质，在煤炭开采期间存在诸多不安全因素，从而给矿井回采安全带来较大威胁，而安全监控是提高矿井生产安全保障能力的重要措施^[1-3]。但是矿井下巷道断面狭小、长度较长，采用传统总线布置方式存在拓展性差、布置困难、故障排差难度高等问题^[4-7]。为此，文中基于 ZigBee 网络构建一种无线监测系统，该系统具备信号传输稳定、可靠性强以及组网便捷等优点，可满足矿井复杂条件监控系统组网需要。

1 监控系统总体方案设计

具体基于无线网络构建的监控系统方案见图 1 所示，系统结构由地面、井下两部分构成，其中井下部分由信号传输模块、网络协调器、视频监控装置、传感器模块、CPU 以及矿用路由器等构成，可实现井下环境参数、实时画面等采集、传输。传感模块结构由 CC2530 芯片（构建 ZigBee 网络）、甲烷、风速以及烟雾等各类传感器构成。

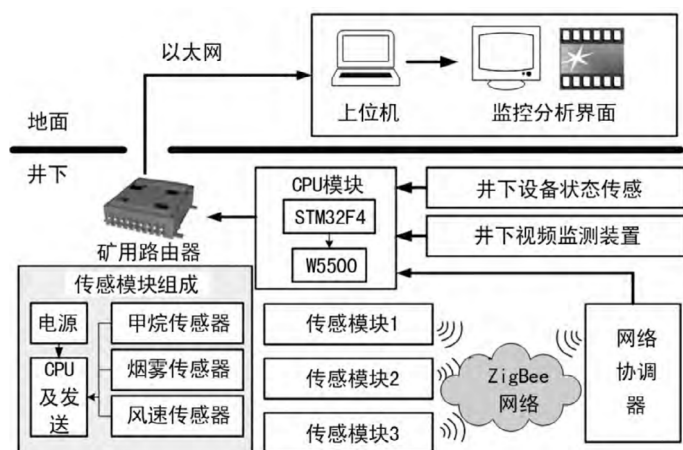


图 1 无线网络监控系统结构图

具体各类传感器规格为：甲烷传感器型号为 GJC4，用以井下各个位置环境中瓦斯浓度监测，并具备自动报警功能；烟雾传感器型号为 GQQ5，用以对绝缘设备老化、带式输送机异常摩擦等导致的烟雾监测；风速传感器型号为 GFY15，用以井下关键点（回风巷、风站、局部风机等位置）风速测定。同时传感器模块还可以接入水位、温度等传感器监测信息，支持 RS485 总线、电流

（4~20mA）、电压（0~5V）等各类信号传输方式。在完成数据采集后，传感器通过 ZigBee 网孔将数据传输给汇集节点，后通过井下已有的工业以太网传输给地面监控中心上位机，上位机可实现数据筛分以及视频解码等功能。

2 监控系统硬件设计

2.1 CPU 及以太网传输

为便于井下数据集中采集，选用的 CPU 为 STM32F407（基于 Cortex-M4 内核构建），可实现传感器监测数据以及视频信息处理。为提高以太网数据传输的精准度以及可靠性，以太网芯片采用 W5500，其中主控 CPU 可实现与芯片内置的 SPI 接口完成数据交互功能。当监测数据需要上传时，主控 CPU 控制芯片进行 IP 配置以及 TCP 协议初始化，构建 TCP 连接网络，并将数据传输给 W5500 芯片。芯片完成监控数据封装后，经主站设备、以太网等将监测数据传输给地面监控中心。当接收到地面监控中心指令后，W5500 芯片首先完成指令数据解包，并将数据传输给主控 CPU，以便实现监控参数调整以及紧急情况处置等功能。

2.2 无线网络结构



图 2 ZigBee 技术协议组成

现阶段矿井监控系统常用的无线传输方式包括有蓝牙、WIFI、ZigBee 网络等，文中就基于 ZigBee 网络构建无线通信系统。ZigBee 网络技术协议包括物理层、控制层、应用连接成、网络/安全层、应用/组件层，网络协议基础为 IEEE802.15.4，并通过 ZigBee 联盟开发的

安全层及应用框架,具体见图2所示。通过在井下构建 ZigBee 无线网络系统可实现井下监控范围全覆盖,实现监控信息采集、打包、传输以及处理等功能。

2.3 数据汇集节点

井下布置的传感数据汇集节点对为实现井下传感器监控数据的采集、传输效率、速度等有较大影响,具体数据汇集节点工作流程见图3所示。系统开始工作时,首先需要对相关设备进行初始化处理,随后依据 ZigBee 端口获取各个设备通信协议地址,进而实现风速、甲烷、烟雾等各类传感器监测数据以及当前设备启停状态参数等采集、分析及判断。当发现获取到的数据超过预先设定阈值时,则汇集节点发出声光报警信号并提示异常信息,以便现场人员及时处理,同时异常数据会实时传输给地面监控中心;当各数据均正常时,则对数据帧打包,完成以太网数据传输。

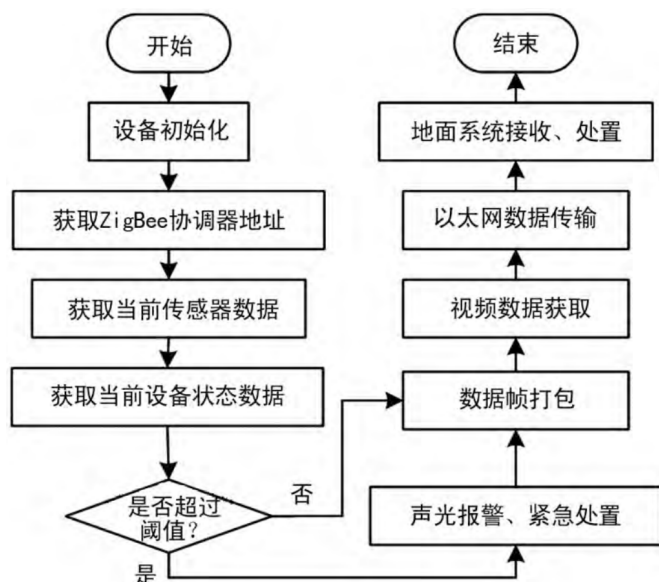


图3 数据汇集节点工作流程

3 监控系统界面

为实现井下监控系统获取参数的实时显示,并实现故障预警等功能,采用上位机软件构建安全监控界面,具体见图4所示。

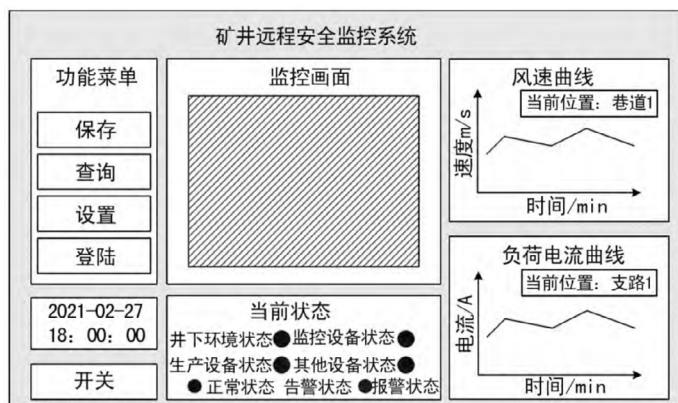


图4 远程安全监控系统上位机画面
安全监控系统显示界面包括功能菜单、数据曲线、

监控画面以及当前状态等4大功能。其中功能菜单具备当前监测支路、监测时间以及监测画面等显示,并具备数据存储、历史数据查询、传输参数设置等功能;数据曲线可用以显示特定时间、位置以及各类监控设备等运行监测数据曲线,以便直观获取井下各类设备、各位置环境监测数据变化情况;当前状态部分主要用以对井下各类传感器设备、机电设备、环境参数、生产设备以及其他相关的设备的运行状态判定,状态类型可显示有正常(绿灯)、警报(红灯)以及报警(闪烁及发出报警声音)等。采用功能菜单内的设置按钮可实现监控参数设置,以便应对井下各种环境,实现井下环境参数的全方位监测。

4 总结

传统的铺设线缆方式对井下环境以及设备运行状态进行监测存在布线工作量大、故障排除困难等问题,为解决上述问题,文中提出采用无线传输技术、传感器监测技术以及计算机技术等,构建基于无线网络的矿井监测系统。构建的无线监测系统以数据汇集节点(CPU STM32F407)为核心,通过工业以太网将地面监控中心设备与井下传感器等相连,充分发挥无线网络铺设便捷、适应性强等以及工业以太网传输能力大、距离远等优点,提高地面监控中心上位机监控能力。采用的无线监测系统可实现井下环境参数监测,且通过地面监控中心上位机对井下设备运行参数远程调整,监控系统可实现远程报警功能。

在井下工业应用后,井下构建的无线网络表现出较强的稳定性以及可靠性,各传感器监测数据均可通过汇集节点、工业以太网等快速的传输至地面监控中心,现场应用取得较好成果。

参考文献:

- [1] 李贵仁. 基于无线传感网络的矿井监测系统关键技术研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2020.
- [2] 张可. 基于WSN的矿井安全监测系统三个关键技术研究[D]. 衡阳: 南华大学, 2019.
- [3] 皇雪丽. 煤矿井下无线透地定位技术研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [4] 姚炳军. 矿井无线通信技术及其发展趋势分析[J]. 技术与市场, 2016, 23(10): 55-56.
- [5] 明立娟, 刘浩. 基于ZigBee的无线传感器网络在矿井安全监控中的应用[J]. 科技创新与应用, 2016(21): 119-120.
- [6] 吴畏, 唐丽均. 一种矿用无线传输网络的设计[J]. 自动化应用, 2016(02): 31-33.
- [7] 杨松, 何青. 基于ZigBee无线传感网络的矿井监测系统[J]. 黑龙江科技信息, 2015(28): 122-123.

作者简介:

郑毛亲(1982-), 女, 山西灵石人, 2011年7月毕业于中央广播电视大学, 本科, 计算机科学与技术专业, 现为工程师。