

井下支护安全监测系统与预警关键技术的研发

卫晓军 (汾西矿业集团贺西煤矿, 山西 柳林 033300)

摘要: 随着我国社会经济的不断向前发展, 人们在日常生活和工作过程中, 对于矿产资源的需求量正在不断上涨, 因此我国矿山开采工作正在不断朝着更深程度上前进, 进一步加大矿山资源的开采总量和开采效率, 同时需要有效保证矿井下开采工作的安全稳定工作和运行。基于此, 本文重点针对矿井下支护安全监测系统进行分析, 并且对监测工作过程中的预警关键性技术进行深入探索, 充分发挥出矿井下支护安全监测系统的使用优势, 保证井下作业的危险性降到最低, 为后续类似工作开展提供有效参考和借鉴。

关键词: 井下支护; 安全检测; 预警; 应用

由于我国煤矿资源分布广泛, 矿产储量相对较大, 大部分的井下工作面支护施工设备, 通常使用的是单体液压支柱结构, 主要用于井下回采工作面的顶板支护施工、综采工作面的端头支护施工, 以及回采工作面巷道的超前支护与临时性支护施工。我国煤炭资源的总产量占到世界总矿产量的一半以上, 在矿山开采工作过程中提供井下煤炭开采支护施工设备, 主要是以单体液压支柱和液压支架结构为主, 大部分使用的是单体液压支柱形式。因此, 单体液压支柱的支护安全性, 为矿井下工作人员以及相关矿井下运输的设备, 提供出更加安全稳定的工作环境, 避免产生矿井坍塌等严重事故。以下针对矿井下支护安全监测系统及其相关预警关键性技术研发工作展开分析和研究, 有效保证矿井下支护工作的安全稳定开展。

1 井下支护安全监测系统分析

在本次研发工作过程中, 基于无线传感网络技术开展井下支护信息无线监测、抗干扰无线信息传输以及矿井下支护安全预警结构模型、针对上述三个关键性技术进行重点分析, 有效设计出监测精度更高、抗外部环境干扰能力更强的无线监测节点, 有效建立起井下无线传感网络体系结构模型, 以及矿井下支护安全预警结构模型, 全面实现更加精确可靠以及科学的井下支护安全监测预警工作。

1.1 井下支护状态信息无线监测节点设计

对于矿井下巷道支护工作状态信息、无限监测节点位置, 对于整个井下支护工作状态信息监测的精确性产生直接性影响, 同时也直接关系到整个矿井支护工作的可靠性以及支护安全预警工作效果。对此, 在实际研究工作过程中, 通过使用无线传感网络技术的合理应用, 对各种不同类型矿井下复杂环境条件的支护状态进行全面监控和了解, 建立起信息无限监测节点, 主要包含单体液压支柱控制节点, 无线监测路由节点以及无线监测网关节点等。无线监测网关节点当中包含协议转化功能, 可以实现对无线传感网络协议 Zig Bee 和 Wi-Fi 传输协议。通过无线监测点和路由节点之间的有效衔接, 可以将矿井下支护检测信息, 实时性传输到终端网关节点当

中, 并且基于无线网络连接到接入点位, 有效传输到监控中心内部, 完成支护节点的在线监测工作目标。

1.2 井下支护网络拓扑结构分析

无线拓扑网络结构的构成直接影响到整个无线传感器网络之间的联动效果, 如果拓扑结构的构成太过简单很容易出现网络中断问题, 如果拓扑结构的构成比较复杂, 则大量的网络结构节点会造成节点资源浪费情况。无线井下环境当中的传输工作介质不均匀, 各种金属设备投入量过大, 很容易造成无线电传输衍射、信号衰减、路径分散以及信息散射等各种问题, 对此有效结合矿井下支柱支护设备的分布条件情况, 重点提出 LBC-TO 算法, 通过采取相应簇首节点间的负载均衡条件, 有效解决网络当中簇首节点能量所产生的消耗问题^[1]。

1.3 井下支护安全监测和预警体系模型分析

矿井下支护安全工作预测, 直接影响到整个矿井安全生产工作质量, 如果预测工作不及时, 很容易造成矿山支护设备出现严重的破坏性问题, 严重的情况下甚至会造成整个开采工作面坍塌, 对工作人员的人身安全造成巨大威胁。通过使用信息化技术的使用, 对矿井下支护工作展开在线诊断和分析, 有效使用模型预测工作方法, 对矿井下支护工作的安全性和稳定性进行判断和分析, 及时作出正确的支护安全预警工作。根据矿井支护结构的分布条件情况, 合理设计出对应的无线网络拓扑结构。在矿井下支柱结构受力分布模型的条件基础之上, 需要结合支护结构的无线监测状态信息, 以及对应矿井下的支护模型参数信息, 获取巷道支护结构的变形速率、分布状态, 对矿井下巷道的围岩应变率和承载性能进行分析, 将最终的监测工作结果合理使用在矿井下支护安全监测内容当中, 以此可以全面实现矿井下支护工作的安全稳定开展。

2 井下支护安全监测系统框架

矿井下支护安全监测系统, 主要是基于先进的无线传感网络为基础, 将其分为井上、井下两大组成部分, 其中井上部分主要包含服务器监控系统, 以及对应的系统控制软件所构成井。下部分主要是通过压力无限检测工作节点、无线监测路由节点以及无线监测网关节点和

对应的供电电源所组成, 矿井下部分形成比较典型的无线传感网络系统^[2]。

2.1 支柱点压力参数收集系统

在矿井下的监控系统当中, 主要是通过无线传感网络实现信息的交互和输送, 通过使用无线检测工作节点, 对支柱点压力参数进行实时性收集。在矿井下开采工作面 and 矿井巷道工作面当中, 由于液压支柱之间的间距相对较小, 液压支柱结构的布局情况整体呈比较狭长的带状, 最大长度可以达到数百米以上, 宽度相对较小, 有效考虑到矿井下能量消耗方面问题, 在监测网络拓扑结构设置工作方面不适合使用平面网络结构, 簇状网络结构形式在使用过程中的优势比较明显。为了进一步延长节点的生存时间, 同时保证信息传输工作的稳定性, 通过采取 LBC-TO 算法, 可以有效提高信息的传输工作效率, 同时使用多信道负载均衡工作策略, 可以最大限度上降低能量的消耗量^[3]。

2.2 LBC-TO 算法与设计

对于纯发节点所形成的无线传感工作网络, LBC-TO 计算工作方法是解决簇首节点功能消耗的主要方式, 通过该计算工作方法有效输入和输出相应的数据信息, 同时合理计算出系统数据结构模型, 有效推导出对应节点的负载均衡条件信息。在计算工作方法方面要求触手节点之间的交换需要覆盖到整个节点列表当中, 并且使用负载均衡条件, 有效建立起信息的接收控制工作节点。通过该工作算法可以有效实现数据信息相互之间的交换, 最大限度上保证所选择的节点科学性与合理性, 通过该计算工作方法整体呈线型分布状态, 在分布型网络当中的使用效果最为明显。

3 预警关键技术研发

通过压力无限检测节点实现数据信息的终端采集, 在工作过程中直接决定数据信息收集的精确性和稳定性, 在工作过程中主要是通过压力传感器, 有效调节电路同时以矿用本安型防爆电池、嵌入式系统以及矿用防爆外壳等相关部分所构成。

第一, PC10 型压力传感器设备, 主要是通过前端承压弹片与后端调理电路系统部分所构成, 量程大小范围在 0~80MPa, 非线性参数范围在 -0.11%FS, 每一个传感器控制电路在正式出厂时都经过精密的仪器设备, 以及所对应的承压弹片进行调整。

第二, 嵌入式最小系统, 使用的是 TI 公司的 CC2530, 内部设置 51 内核与无线通信转换工作模块通信协议, IEEE802.15.4, 工作频率大小为 2.4GHz, 系统可使用通信通道数量为 16 个, 数据传输过程中速率大小为 250Kbps。选用矿用本安型防爆电池单节电池电压量大小为 3.6V, 电量为 3400mAh^[4]。

第三, 在不改变原有液压支柱及其对应三用阀结构条件为基础, 在现有的三用阀节目当中, 通过重新设计

出新型的三用阀电压控制接口, 采取螺旋安装的方式进行直接连接。在三用阀门位置进行注油, 通过使用顶针将顶开阀内部设置成单向调节阀, 保证柱体结构当中的液体压力, 可以直接通过接口部分输送。在压力传感器当中, 通过压力传感器及其所对应的调节电压电路, 可以实现将所收集到的压力信息, 直接输送到嵌入式最小控制系统内部。

对于压力无线检测以及系统运行过程中的功耗量进行计算和分析, 压力测量值是否准确直接关系到整个系统的工作稳定性, 支撑柱安装完成之后不能对电池进行随意更换。在运行工作当中的能耗量大小, 直接关系整个系统的监测工作时长。测量数据的精确性主要是通过现场测试, 在液压支柱的生产车间内部, 通过使用打压机设备对液压支柱进行加压到 40~50MPa, 然后拆除打压机设备的注液枪更换压力, 无限检测工作节点通过使用专用的液压柱压力仪器, 有效测量内部环境的压力参数数值, 同时和压力无限检测工作节点之间进行关联, 保证最终所测量的压力参数值的精确性^[5]。最后, 通过使用三用阀的卸载阀, 进行进一步降压控制, 有效记录压力传感器的参数数据, 以及压力无限检测节点的数值变化大小, 通过数据对比分析观察参数大小是否一致, 以此来有效测定压力无限检测节点的数据精确性。

4 结语

综上所述, 在不改变改变液压支柱结构与现有的三用阀结构基础之上, 通过设计出新型的三用阀接口和液压支柱, 无线检测节点之间进行衔接, 可以有效实现液压支柱承压状态信息的准确检测。与此同时, 结合井下液压支柱的分布结构情况, 设计出含纯发节点的 LBC-TO 算法解决负载均衡问题, 并且降低簇首节点的实际能耗量, 提高采集信息的交付工作效率。通过现场测试工作之后得出, 该系统信息检测工作的精确性和传输工作的可靠性相对较高, 为后续的井下支护安全监测以及预警工作开展提供有效保障。

参考文献:

- [1] 赵学, 武智超, 田子栋. 无人智能化综采面开采技术及其安全评价 [J]. 能源与节能, 2020(07):156-157.
- [2] 张雅彬. 浅述巷道支护技术在井下掘进中的应用研究 [J]. 当代化工研究, 2019(16):40-41.
- [3] 仲建平, 冯友良, 何杰. 掘采叠加扰动下综放沿空巷道围岩高预应力强力支护技术研究 [J]. 煤炭工程, 2019, 51(12):66-71.
- [4] 程桦, 唐彬, 唐永志. 深井巷道全断面硬岩掘进机及其快速施工关键技术 [J]. 煤炭学报, 2020, 45(09):3314-3324.
- [5] 杨轩, 唐翔, 田传耕. 井下支护监测节点与无线传感网络系统设计 [J]. 煤炭技术, 2018, 37(11):282-285.