

# 综采工作面智能化开采技术分析

王海<sup>1</sup> 李韩林<sup>2</sup>

1. 陕煤集团神木张家峁矿业有限公司 陕西神木 719300
2. 陕西高速电子工程有限公司 陕西西安 710061

**摘要:** 随着研发水平的提高; 随着我国煤炭工业装备水平的提高和制造水平的提高, 形成了以电液控制技术、采煤机自主定位和记忆切割技术为核心的多个智能综采设备系统。由于煤矿智能开采技术能有效减少工作面工人数量, 提高工作面生产效率, 改善工人的工作环境, 降低工人的劳动强度, 因此在全国各大矿业集团掀起了智能化改造的热潮。目前, 全国有300多个智能采煤工作面。然而, 目前我国大多数智能采煤工作面地质条件相对简单, 现有智能综采系统在复杂地质条件下的适用性尚未得到应用。由于瓦斯含量高、地压高、地质条件复杂, 智能开采的实施缺乏现成的经验和借鉴。因此本文为复杂地质条件下关键技术提供了建议和思路。

**关键词:** 综采工作面; 智能化开采; 技术分析

## Analysis of Intelligent Mining Technology in Fully Mechanized Mining Face

Hai Wang<sup>1</sup>, Hanlin Li<sup>2</sup>

1. Shaanxi Coal Group Shenmu Zhangjiamao Mining Co., Ltd., Shenmu, Shaanxi 719300
2. Shaanxi Express Electronic Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710061

**Abstract:** With the improvement of research and development level; With the improvement of equipment level and manufacturing level in China's coal industry, a number of intelligent fully mechanized mining equipment systems with electro-hydraulic control technology, shearer self-positioning and memory cutting technology as the core have been formed. Because the intelligent mining technology of coal mine can effectively reduce the number of working face workers, improve the working efficiency of working face, improve the working environment of workers and reduce the labor intensity of workers, the upsurge of intelligent transformation has been set off in major mining groups all over the country. At present, there are more than 300 intelligent coal mining faces in China. However, at present, the geological conditions of most intelligent coal mining faces in China are relatively simple, and the applicability of the existing intelligent fully mechanized mining system in complex geological conditions has not been applied. Due to the high gas content, high ground pressure and complex geological conditions, the implementation of intelligent mining lacks ready-made experience and reference. Therefore, this paper provides suggestions and ideas for key technologies under complex geological conditions.

**Keywords:** Fully mechanized mining face; Intelligent mining; Technical analysis

### 1 智能综采系统存在的问题及原因分析

#### 1.1 监控视频画面卡顿问题

监控视频干扰的主要原因是工作面视频监控带宽不能完全满足所有监控摄像机的工作需要。目前, 所有井下监控系统均按100M局域网标准建设。工作面现有摄像机: 60台; 1080p传输速率: 4-5Mbit/s, 60台摄像机需要带宽: 240~300M; 720p传输速率: 2-3Mbit/s, 60台摄像机需要120-180M的带宽。由此可见, 100M带宽的局

域网不能完全满足集控中心的通信网络要求, 如果未来需求继续增加, 将100M网络升级为千兆或10G网络可以缓解网络运营压力。

#### 1.2 传感器数据阻塞问题

传感器数据阻塞和通信网络质量下降主要有两个原因: ①CAN总线的带宽有限; ②CAN总线通信延迟。1) CAN总线带宽。每个机架控制器需要发送或接收14个数据通道: 5个行程传感器、3个压力传感器、2个红外传

感器、2个无线传感器和2个左右机架传感器。支持之间的通信开销、数据验证、握手响应等需要根据每个支持的30个数据点进行计算。如果进一步增加姿态传感器或其他类型的传感器,则基本达到CAN总线的极限负载。未来要进一步提高工作面的智能化,如电磁先导阀的状态监测和故障预测,各种传感器的故障预测,需要采集大量的电气数据,采样频率必须远高于1Hz,所需的通信带宽将远远超过CAN总线提供的带宽。2) CAN总线通信延迟。信号隔离耦合器的传输延迟通常为几US到几MS。每四个支架一个耦合器,共有28个信号隔离耦合器。通信延迟不可忽视,这可能导致数据阻塞。CAN总线中没有主从划分。通信顺序取决于每个节点的优先级。传输延迟可能导致占用低优先级的数据通道和数据阻塞。

### 1.3 三机协调控制问题

在无人采煤过程中,会出现三机控制不协调的问题,影响工作效率,或造成设备损坏,严重影响正常工作。通过对三机控制不协调现象的分析,发现造成这种现象的主要原因是三机控制信息传输的数据阻塞和滞后。三台机器的协调控制主要由井下槽集中控制中心完成。液压支架采用CAN总线连接和CAN以太网服务器,将CAN总线格式的数据转换为以太网格式的数据,并发送至井下集中控制中心。采煤机、刮板输送机等其他设备通过RS485总线与485以太网服务器连接,485以太网服务器通过以太网与井下集中控制中心连接。分析了三机控制信息传输的数据阻塞和滞后,主要受两个因素的限制。一方面,使用CAN以太网服务器和RS485以太网服务器在信息转换过程中不可避免地会增加一些网络延迟,导致控制指令传输缓慢;另一方面,使用以太网传输实时控制指令有一些固有的缺点。以太网是一种通信“非确定性”网络,不能同时满足实时性、稳定性和可扩展性的要求可靠性和安全要求。

### 1.4 采煤机定位问题

采煤机的精确定位是智能工作面长期无人作业的基础。经生产实践检验,发现采煤机定位不准确,机架跳架,影响正常生产工作和三机协调控制。智能化工作面采用采煤机编码器为主定位装置,支架传感器为检测定位方式。然而,在使用红外传感器时,必须确保红外发射器和红外接收器尽可能处于同一水平,以确保红外接收效果。因此红外传感器的使用条件对工作面底板的平整度有很高的要求。采煤机牵引机构在牵引过程中,可能会受到地形或机械磨损、打滑或空转的影响,导致编码器计数增加。此外,在采煤机运行期间,编码器将继续累积误差,这将导致采煤机的定位偏差。

## 2 综采工作面智能化具体开采技术

### 2.1 基于透明地质的综采工作面三维煤层建模技术

#### 2.1.1 工作面静态三维煤层模型构建

工作面静态三维煤层模型的构建方法如下:工作面形成后,首先利用钻探技术、三维地震重新解释技术、地质勘探技术等物探技术获取煤层地质资料,槽波地震勘探技术和无线电波透视技术。然后,利用三维激光雷达扫描等测量技术,获得了运输巷道和回风巷道的地质数据以及工作面切割孔数据。最后,根据以上采集的煤层透明地质信息,得到三维煤层顶底板高程值,利用DSI算法预测煤层顶底板高程,并用软件拟合三维煤层顶底板高程值,构建工作面静态三维煤层模型。

#### 2.1.2 工作面三维煤层模型动态修正

由于钻探和物探技术获取的煤层地质资料较少,在静态三维煤层建模中,利用DSI算法预测煤层顶底板高程的精度不高。为了提高三维煤层模型建模的精度,有必要利用已开采煤层的地质数据不断更新三维煤层模型。因此,需要对三维煤层模型进行动态修改,在工作面开采过程中,利用设备感知或激光雷达扫描数据获取已开采煤层的新地质信息,并通过已开采煤层的新揭露地质信息和DSI算法动态更新静态三维煤层模型,从而获得更准确的工作面动态三维煤层模型。基于更新后的三维煤层模型,动态规划采煤机截割曲线,指导采煤机自动调高控制,实现自适应截割。

#### 2.1.3 工作面三维煤层实体建模及展示

(1) 输入数据。将获得的透明地质数据导入建模系统,数据形式通常为点数据、线数据、面数据和CAD数据格式。(2) 确定边界。边界的确定对模型的建立非常重要。工作面切割曲线的获取对应于边界。由于工作面范围小于测点范围,因此通过已知数据截取工作面三维煤层模型,获得煤层边界。(3) 建立故障网格。将输入的断层数据连接并插值到一个平面中,对另一侧进行网格划分,以便于切割后一个断层面和地平面。(4) 建立地面标高。通过输入的地层层位数据和断层数据进行插值计算。在中部,应考虑断层性质和地层之间的接触关系,以产生地层层。(5) 建立线框模型。根据地平面、边界、断层等要素建立了三维煤层模型的线框模型,为以后的网格划分奠定了基础。(6) 网眼布。所获得的层线框用于网格剖分,为后续的属性建模打下基础,便于切割断面的生成。(7) 三维煤层模型显示。利用该软件对网格化的三维煤层模型进行实体建模,实现煤层模型的动态三维显示。

### 2.2 远程供液技术

#### 2.2.1 远程供液设备配置

为实现采煤工作面3000m远距离供液,泵站供液系统设备需布置在采煤工作面外的稳定硐室内。主供液管道和主回液管道需要增加3000m,管道长度的增加将导致供液系统的压力损失。为满足采煤工作面设备的要求,额定泵压为40MPa,流量为600L/min,喷淋泵为16MPa,

流量为800L/min。远程供液泵站的整个系统配备三台乳化液泵,其中两台工作,一台备用。液体供应系统的原理如下:井下清洁水→水处理装置→清洁水箱→乳化液罐→乳化液泵→高压反冲洗过滤站→超高压供液管道→累加器→液压支架→返液反冲洗过滤站→乳化液罐。乳化液泵站自动控制系统由1套4台矿用隔爆兼本安型组合式交流变频器 and 1套乳化液电控箱组成。控制系统实现了乳化液泵站和喷淋泵站的集中分布式智能控制,实现无人值守运行。多泵组合根据编程自动启动和停止,以满足大流量的要求。当运行模式设置为自动时,电控箱可根据工作面液压支架的液体消耗量自动增加或减少泵的运行量:当一台泵的流量不能满足时,另一台泵将自动启动。当工作面液压支架的液体消耗量减少时,运行的泵可以逐个自动停止,并且只能有一台泵保持运行。同时,运行的泵可以自动切换,使每台泵的运行时间接近相同。当操作模式设置为手动时,可以手动启动一台或多台乳化液泵。

### 2.2.2 远程供液管路配置

目前,煤矿远程供液管道主要采用超高压无缝钢管和高压橡胶管。其中,高压胶管具有柔软、便于无轨胶轮车运输、铺设和悬挂方式灵活、对巷道围岩变化等条件适应性强、价格相对低廉等诸多优点。但目前国内最大的高压胶管直径为DN63mm,压力为42MPa。由于供液管直径较小,沿途阻力较大,高压橡胶软管存在安全系数低、使用寿命短的缺点。27SiMn无缝钢管直径可达 $\phi 109$ ,沿途阻力低,公称压力可达40MPa,最大实验压力可达70MPa,管道使用寿命可达10a,总成本低于高压胶管,可保证长距离供液的稳定性。因此,远程供液管道选用 $\phi 99 \times 8.5\text{mm}$ 超高压无缝钢管输送乳化液,回流管道选用 $\phi 109 \times 8.5\text{mm}$ 超高压无缝钢管,喷淋水输送选用 $\phi 88 \times 7\text{mm}$ 超高压无缝钢管。超高压管道敷设在采煤工作面转载机头部,超高压管道与现有供液钢丝网(管)对接,在管道末端安装蓄能器进行压力调节,形成远距离供液系统。

## 2.3 采充协调覆岩控制技术

### 2.3.1 管道堵塞防治技术

充填浆在地面充填搅拌站搅拌均匀,输送至超高水充填工作面。长输管道由大量无缝钢管组成。在管道铺设过程中,辅助运输巷道、采矿巷道、三通搅拌机等管道的方向发生变化时,很难保持管道的平整度。长期大流量输浆会导致管道不均匀位置的沉积和凝结,降低管道的有效输送效率,严重时会导致管道堵塞,限制充浆的高效输送。灌装系统正常运行时,管道内部压力变化均匀,短距离内压力变化均匀且小。管道输送受阻时,阻塞位置前后压力变化显著,阻塞位置前压力升高,阻塞位置后压力降低。因此,在管道容易发生堵塞的位置

安装压力传感器,监测上述位置前后的压力变化,及时获取管道堵塞信息,防止管道堵塞。目前,清除堵塞物一般采用人工方法,这要求工人拆除所有管道,检查堵塞物,并用机械方式清除。存在一些不足,如无法准确检测管道堵塞的位置,清除效率低,无法一次性解决问题。为此,研制了一种超高注水管道堵塞防治装置,包括振动传感器、振动发生器和共振碎石机。振动发生器和振动传感器靠近堵塞管道时,振动发生器产生振动,并将振动传输至灌装管道。振动传感器记录管道另一端的振动信号,根据振动损失判断管道是否堵塞。在发生堵塞的位置,振动能量通过管道壁传递到固结体。根据填料固结体的固有频率,通过高频、低振幅的运动产生相应的共振破坏,使附着在管道内壁的填料固结体从外向内均匀破碎。

### 2.3.2 二次充填技术

超高充水开采对控制上覆岩层移动的效果受充水率的显著影响。随着充填工作面的推进,液压支架自动向前移动,保护顶梁不受超高水袋充填体的影响,充填体上方出现30~40cm的空顶区域,相当于降低采空区的有效充填率。为了进一步提高灌装体的高度,设计了一种带骨架、上下伸缩的柔性灌装袋进行二次灌装。充填工作面框架移动后,由弹簧控制的串联二次充填柔性袋在压缩状态下被放入充填支架拆除引起的空间,柔性袋的弹簧被释放。二次填充袋膨胀并填充待填充的空间。二次充填后,采空区充填率进一步提高,有效充填率超过95%,提高了充填体的承载能力,显著提高了覆岩运移和地表沉降变形的控制效果。

## 3 结束语

综采智能化采煤作为煤矿开采中的一种常用方法,能够保证所采煤炭的质量不受损害,因此综采智能化采煤技术得到了广泛的应用。在社会主义现代化建设的新时期,随着市场经济的快速发展,如果沿用旧的煤炭开采技术,煤炭开采效率将受到限制。因此,应深入探讨综采工作面的智能开采技术和实际应用,为煤矿企业的发展奠定坚实的基础。

### 参考文献:

- [1]张科学.综掘工作面智能化开采技术研究[J].煤炭科学技术,2017,45(07):106-111.
- [2]王国法,庞义辉,任怀伟.煤矿智能化开采模式与技术路径[J].采矿与岩层控制工程学报,2020,2(01):5-19.
- [3]李磊.综采工作面智能化开采技术分析[J].矿业装备,2022(01):158-159.
- [4]李首滨.智能化开采研究进展与发展趋势[J].煤炭科学技术,2019,47(10):102-110.
- [5]王国法,张德生.煤炭智能化综采技术创新实践与发展展望[J].中国矿业大学学报,2018,47(03):459-467.