

## 案例 26 纳林河二号煤矿基于地质融合惯导的智能综采系统

主要完成单位：中煤西北能源化工集团有限公司

### 一、主要建设内容

#### （一）煤机路径规划

实现目标数据的刀数根据目标数据与现工作面数据对比确定，通过路径规划可实现工作面的平稳推进，当路径规划完毕后，艾柯夫采煤机在固定位置或启机位置向 IFC 系统发出数据请求，IFC 系统会将系统规划好的每一刀数据通过 Ethernet/IP 协议下发给煤机，至此便完成了煤机的路径规划割煤。在割煤过程中，煤机根据各支架处的规划数据结合煤机数据状态表，驱动煤机在工作面的各触发点执行相应指令，完成对煤层的路径规划切割。为了使割煤顺利进行，煤机在运动过程中会根据复杂的地质条件使用相应的传感器对煤机本身的动作和姿态作相应调整。割煤过程中，煤机因底板的变化产生横向或纵向倾斜时，煤机通过自身的倾角传感器进行倾角补偿，防止卧刀或漂刀，使煤机保持在合理状态。由于地质条件复杂多变，煤机运行的速度也会受到影响，集控台岗位工通过视频观察截割摇臂的抖动情况，在不影响自动化情况下对采煤机进行远程降速，实现煤机自动截割。

#### （二）三维建模

工控平台上位机可根据陀螺仪获取的当前工作面数据与目标刀数据进行三维建模，从而形成“三维数据模型”，在割煤过程中，marco 可通过读取煤机实时数据和陀螺仪反馈的煤机实时数据进行割煤。所有卧底量、提刀量、采高可通过 marcoifc 平台算法结合规划路径实现；在煤机司机跟机过程中，可根据实际割煤情况，通过支架控制器适当调整下一刀或后几刀的局部数据，从而生成新的三维模型。并且三维模型具有纠错功能，以保证工作面平稳推进。

#### （三）两巷超前支架自移

滑移支架自移：工作面胶运顺槽使用两组滑移支架进行超前支护，当工作面

推移机头完毕后，触发推移支架自动推移程序，第一组推移支架控制器报警并进行自移，自移时，第一组支架 1、3 组立柱作降移升动作向前移动一个步距，之后，2、4 组立柱做出同样动作完成自移。当第一组移动完毕后，第二组推移支架控制器开始报警并按照第一组推移支架移动步骤完成自移。回风超前支架自移：工作面回风顺槽使用 4 台垛式支架进行超前支护，当工作面推移机尾完毕后，自动触发垛式支架自移程序第一台推移支架控制器开始报警并进行自移，当第二次推移机尾完毕后，第二台垛式支架开始自移，然后第一台垛式支架再进行自移，以此类推。

#### （四）皮带自移机尾

当推移转载机触发推移油缸接近传感器后，皮带机尾自移系统通过配置电液控制器、跑偏传感器、立缸行程传感器、水平缸行程传感器、倾角传感器、实现自移机尾自动向前推移，并进行自动调平。

#### （五）设备列车自移

设备列车自移包括轨道自移、板车自移、全自动自移，通过时间参数控制抱闸、驱动、推移等动作。该系统具备：就地控制、遥控器控制、集控室远程控制三种控制模式，同时在设备列车上配备视频监控系统，将实时画面传输至及集控室、地面调度中心进行整体监控，结合语音报警功能实现设备列车的智能自移。

## 二、技术特点及先进性

### （一）“以架调溜”的自动调直方法

在回采时，上位机根据惯导与里程计的位姿检测系统形成刮板输送机曲线和根据液压支架推移杆信息形成液压支架曲线，并根据刮板输送机曲线与液压支架曲线对比计算下一刀的液压支架推移补偿量，从而实现工作面自动调直，井下试验结果为工作面自动调直的最大直线度误差为 30cm，攻克了因少推溜导致采煤机割支架顶梁而无法上刀的难题，如图 1 所示。

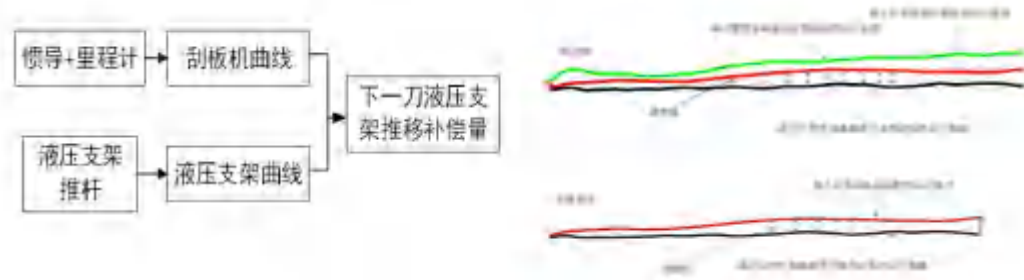


图 1 工作面自动调直流程

(二) 自动加刀和甩刀方法

针对工作面复杂煤层开采，提供一种自动化加刀和甩刀的工艺及系统，采用支架辅助的采煤系统，由采煤机、液压支架、刮板输送机组成，如图 2 所示。在割煤过程中，由于工作面的推进速度较快，出现的机头和机尾推进度不一致、输送机上窜下滑等问题，通过及时安排加刀和甩刀整工作面推进方向和推进度，保证工作面支架齐直。

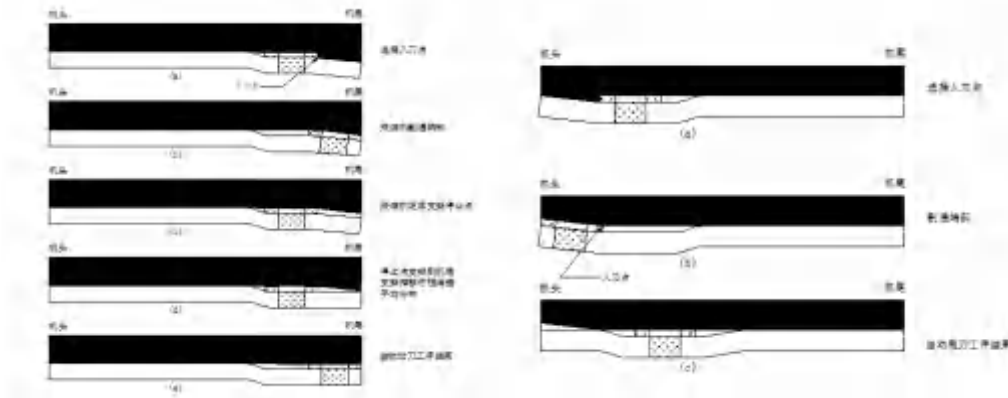


图 2 智能化采煤自动加刀和甩刀的工艺示意图

(三) 自动摆底调技术

通过人工巡视的方式掌握工作面推进时运输机的窜动、架型和架间距情况，根据采煤工作面的实际情况，在集控中心上位机合理的选择支架摆底调功能和控制模式对支架进行连续调整，直至工作面输送机、支架架型符合安全生产标准化要求。

(四) 两巷超前支架与端头支架自动跟机移架技术

根据综采工作面现场实际情况，决定自动跟机移架推溜动作的执行顺序，采用成组推溜方式，从第 16 架开始推溜。工作面煤壁和顶板条件较好时，无严重片帮和冒顶时，执行先移架后推溜；工作面煤壁和顶板条件较差，片帮和冒顶严

重时，工作面支架需全部拉超前架加强顶板和帮部支护，执行先推溜后拉架。通过工作面滑移支架和垛式支架，实现两巷支架按照预定模式向前自移。

#### （五）液压支架远程智能化控制研究

在顺槽控制中心对综采工作面液压支架进行单动作和成组动作控制，结合采煤机位置，两巷超前架、端头支架和中间支架均可实现自动跟机移架。对液压支架实施自动控制；对系统参数进行修改或程序进行升级；实时记录液压支架的运行状态参数，根据人工操作的工艺和动作，对实时运行状态进行模拟显示，历史数据查询。

#### （六）刮板输送机直线度精确检测技术

采用 RFID 射频，行程传感器实现工作面精确定位，以及辅助惯性导航技术修正的工作面精确定位技术，如图 3 所示。原理：采用 RFID 技术确定采煤机实时位置，通过编码器对由 RFID 技术确定采煤机位置校准工控平台推导出板运输机位置曲线，辅助以惯导技术对工作面刮板运输机位置曲线校准，实现工作面精确定位功能。

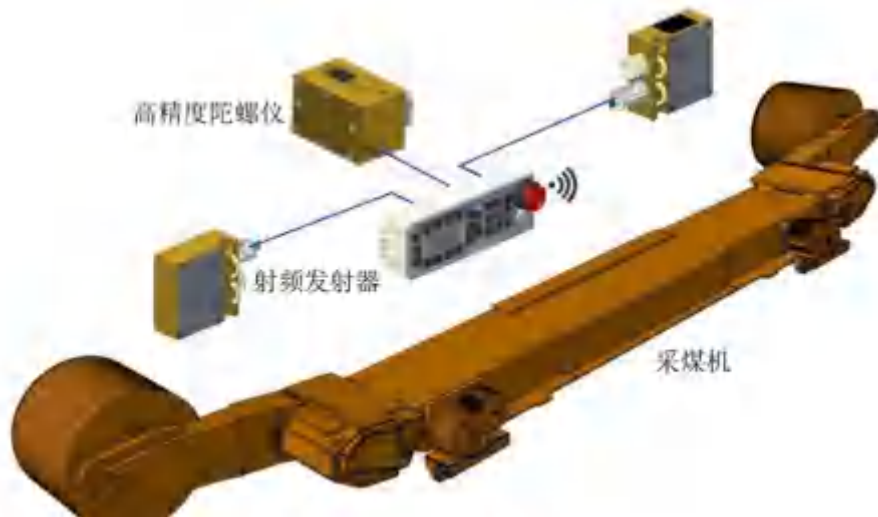


图 3 工作面精确定位技术

#### （七）工作面带式输送机自移机尾和纠偏技术

为了使皮带横向跑偏位移自动减少，防止皮带撕裂，同时提高效率和消除人员工作中的隐患和危险，提出了一种胶运顺槽皮带机尾横向跑偏自动调整方法，如图 4 所示，当跑偏传感器检测到皮带跑偏时，系统将尾端架的滑架收起，通过水平油缸将滑架沿跑偏方向推出并得到相应的补偿位移，之后将滑架落地并支

撑起尾端架，由水平缸推移滑座向偏移方向移动相应的补偿位移，皮带的跑偏位移与尾端架的补偿位移相互抵消，纠正皮带跑偏。整个过程都由系统根据传感器的反馈自动进行调节，提高效率并减少工作人员的危险程度。

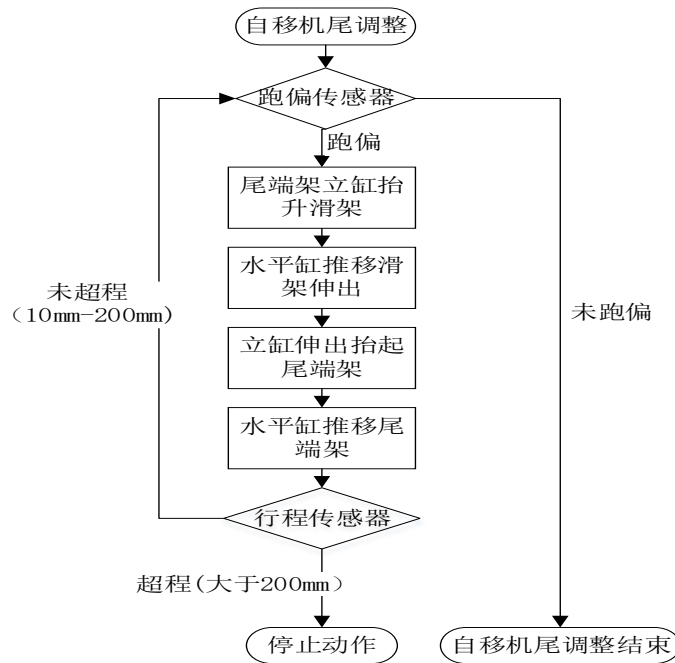


图 3 胶运顺槽皮带机尾横向跑偏自动调整方法

### 三、智能化建设成效

随着程序及工艺的进一步测试优化，从开始 3 小时 40 分钟割 2 刀煤，到稳定在 3 刀 3.5 小时完成，单班最大割煤刀数 7 刀。该智能化综采工作面实现了全工作面程序割煤和跟机自动化，普通综采工作面人工操作时，工作面正常作业人员至少需要 11 人，采用智能化回采后，工作面单班生产仅需要 5 人，煤机、支架巡视工 1 人、班长 1 人、机头、机尾巡检各 1 人、控制台需要 1 人，工作面人员主要是调整和监护设备运行，设备所有动作自动完成。项目的顺利实施，促进了煤矿开采技术的进步，探索了一条工作面智能化开采的路子，对探索中厚层工作面智能化开采的推广具有重大意义，同时也为解决蒙陕地区煤层具有冲击倾向性矿井地安全高效开采问题提供了新思路。