

案例 15 鲍店煤矿记忆截割掘进工作面

主要完成单位：山东能源兖矿能源集团股份有限公司

一、主要建设内容

巷道掘进是保障矿井生产接续的先决条件，传统煤巷掘进存在煤流系统复杂、岗点占用人员多、支护效率低、施工工艺落后等诸多问题；加之，鲍店煤矿已建成投产36年，迎来自然减员高峰期，传统掘进工艺难以支撑矿井高质量发展。为保障职工生命安全，实现减人提效，鲍店煤矿与中煤科工集团太原煤科院开展深入合作，以胶轮车副巷工作面智能化掘进工作面为试点，重点围绕煤巷广泛使用的纵轴掘进机开展智能化研究，探索掘进智能化新技术、新工艺，全力打造了5G+智能化掘进安全高效生产新模式。

（一）优化工作面配套装备

选用DSJ100/63/2*110kW大功率胶带输送机，配套45kW同步永磁变频自动张紧和ZY1500/1000型遥控自移机尾，实现皮带自动张紧和机尾快速延伸。安装智能机器人，代替作业人员进行智能巡检，实现胶带机重点部位温度、巷道烟雾、甲烷浓度等数据实时监控；采用CMM2-21Z型自动双臂钻车，配合机载临时支护，最大程度实现锚网支护的自动化；配备KCG-500D型干式除尘风机，大幅降低工作面粉尘浓度。

（二）升级矿用 5G 专网系统

在矿井万兆主干环网基础上，装备使用由山东能源北斗天地公司自主研发，全球首套矿用高可靠 5G 专网系统，布置 1 台 5G 基站控制器和 3 台 5G 基站，实现巷道 5G 专网全覆盖。通过掘进机电控箱内置 5G 无线信号转换器，实现掘进机运行状态数据、机载传感器数据、工作面视频数据等信息实时传输到集控中心，平均网络延时 13ms；系统还备有 UPS 后备电源，可保证 4 小时以上应急供电，确保通讯传输稳定可靠。

（三）建设掘进设备远程操控平台

远程操控平台依托矿用 5G 专网系统，实现工作面掘进设备的远程集中通讯控制。主要由控制主机、4 台宽屏显示箱、嵌入式操作面板以及各类高清摄像仪等设备组成，能够实现掘进工作面各设备的自动化控制、视频监控和远程人机智能交互；平台还具有 3D 模拟仿真显示功能，根据传感器检测数据实时显示掘进机动作工况。通过远程操控平台，可以查看、修改、设置记忆截割参数，发送轨迹并启动远程自动记忆截割程序。

（四）实施掘进机智能化改造。

机身安装高精度传感器 12 个、高清摄像仪 4 个、惯性导航仪 1 台，用于环境感知和掘进机动作检测。通过悬臂、铲板、后支撑和机身各布置 1 个倾角传感器，实现机身姿态控制；悬臂布置 1 个位移传感器，实现悬臂伸缩控制；左右履带各布置 1 个转速传感器，实现行进控制；机身布置 4 个测距传感器，实现机身与两帮距离控制；回转机构布置 1 个角度传感器，实现截割臂左右摆角控制。惯性导航仪用于检测掘进机的偏航角、俯仰角和横滚角，进而控制巷道掘进的直线度。

（五）完善全轨迹记忆截割程序

建立截割系统专用坐标系，利用位姿解算软件实现截割头位姿数据和机身姿态数据融合，经控制单元计算出截割头实时位置，在误差范围内准确的实现截割头位置轨迹监测。将轨迹定位点由 12 个增加到 24 个，能够适应复杂截割条件，真实模拟记录截割全过程，实现全轨迹模拟。当现场条件发生变化时，可重新学习新轨迹并单独存储（最多可存储 5 条轨迹），从而实现掘进机记忆割煤的连续自动化。

（六）探索自动记忆截割新工艺

创新应用纵向截割工艺，替代传统的横向截割，有效避免横向截割掘进机摆动距离长反作用力矩大导致的机身偏移；将单次大步距进尺改为小步距多循环截割，大幅提升截割质量。针对截割断面进行轨迹优化，正常截割完成后，对巷道全断面进行一次全面修边，进一步提升掘进断面成型质量。以上各项工艺的改进，可以实现自动记忆截割功能的持续有效使用，大幅减少人为干预，真正做到了全

过程自动记忆截割。

二、技术特点及先进性

（一）割煤系统

通过掘进机加装倾角、行程、转速、测距等 12 个传感器，应用纵向截割工艺，实现了掘进无人、多循环、一次成型高质量全自动记忆截割，全国首家在纵轴掘进机智能化关键技术上取得新突破。

（二）支护系统

使用智能双臂钻车进行锚网支护，具备自动钻孔、遥控行进等功能。两部钻机同时作业，仅需 3 人就可以完成原 6 人施工的永久支护作业；岩石顶板支护单根锚杆作业的时间不超过 8 分钟，提升 30%施工效率。

（三）除尘系统

干式除尘风机与压入通风构成长压短抽的除尘系统，大幅降低了工作面粉尘浓度达 98%，有效改善了现场职工作业环境。

（四）运输系统

遥控自移机尾用于掘进机转载机与带式输送机机尾的快速推移和搭接，仅需 1 人即可实现机尾自移及调偏操作；使用自移机尾替代传统掘进机拉移机尾的生产工艺，巷道支护和机尾延伸可平行作业。

（五）视频监控系统

开发智能化掘进工作面视频画面拼接系统，投入使用高清宽光谱、红外摄像机，高粉尘复杂现场环境下，可清晰展示掘进机机身和周边环境，为实现远程精准操控奠定坚实基础。

三、智能化建设成效

（一）区域示范作用较为明显

鲍店煤矿率先建成“掘进机自动记忆截割”常态化运行的智能化掘进工作面，积累了大量可推广、可借鉴的经验做法，提高了掘进行业的智能化技术水平，更好的辐射带动了省内同类矿井智能化建设工作。

（二）系统集成功能显著增强

通过掘进设备远程操控平台，运用同步采样、信息建模、智能传感等技术，地面及井下集控中心实现对掘进设备运行参数动态监测、故障智能分析诊断、远程“一键启停”等功能。

（三）通讯保障能力明显改善

通过 5G+智能掘进技术应用，实现高可靠、低时延、广连接网络传输，精准做到对掘进工作面设备的实时远程控制和准确反馈，为煤炭行业 5G+掘进设备远程控制场景提供可靠保障。

（四）安全生产水平大幅提升

该套掘进智能化技术，显著提高了掘进工作面安全性、降低了工人劳动强度、保障了掘进效率和施工质量，实现了综掘工作面少人化作业，井下作业人员由原来的 9 人减至 5 人，切实保障了矿工健康和安全。