

案例 23 保德煤矿基于 F5G 网络的采放协同工作面

主要完成单位：国能神东煤炭集团有限责任公司

一、主要建设内容

结合国能神东煤炭公司保德煤矿 81309 综放工作面地质条件、装备进行研究，以智能煤矿为依托，建设智能控制平台、网络平台（F5G 网络、5G 网络），融合采放协同工艺、煤矸识别、智能放煤、自动找直、人员定位、机架安全联动、瓦斯安全联动等技术，最终为 81309 综放工作面提供一个智能化综放解决方案及应用实现。首先，在矿井规模部署 F5G 工业光网络，颠覆网络架构、将逐级汇聚的传统三级网络简化为一跳上井的新型二级网络。井上设备 ORH（Optical Ring Head，光环网头端设备）提供多个万兆接口，井下设备 ORE（Optical Ring End，光环网末端设备）支持上行万兆/下行千兆，ORH 和 ORE 之间连接采用 ORP（Optical Ring Passive，光环网无源设备），实现井下业务一跳到井上。创新性的与现有井下综合分站相融合，ORE 安装在综合分站，满足综合分站里人员定位、语音广播、温度及振动传感、视频监控等业务接入综合承载需求。此外，利用井下光缆资源，同一个光缆不同光纤，实现 1+1 芯（主备）光纤从井上机房直达综采面，通过 F5G 网络实现综采面的万兆视频专线。

其次，通过搭载防爆视觉传感器，建设具有视觉巡检扫描与工作面建模功能的巡检机器人，实现回采工作面高精度三维动态地质模型实时调整；提出煤矸图像高效预处理与精准识别算法，开发适用于综放工作面高粉尘环境的长效防尘、主动除尘的智能摄像头；研究煤矿煤矸的视频图像数据特点，通过卷积神经网络对样本图像数据进行半监督学习，提取煤、矸目标的视觉特征，建立起煤、矸目标对象的检测、识别模型；研究基于煤矿煤矸特点的振动传感频率与时域能量分布特点，通过试验给出合理的煤矸识别频率区间；形成基于振动、视频信号的煤矸识别，实现综放开采智能化控制；最后在胶带输送机机尾

安设灰分仪，实现放煤效果的实时检验。在上述智能化项目建设的基础上，建立自动化放煤模式下的多放煤口协同冒放理论，建立采放协调智能放煤算法及工艺模型，开发采放协调综放工作面的智能放煤决策算法，开发透明开采智能综放控制系统软件，形成透明开采智能综放控制系统，最终实现“智能采放、远程干预”。

二、技术特点及先进性

1.F5G 工业光网络采用两层网络架构，全光工业网终端万兆上联，一跳上井，支持视频传输网、远程控制网、安全监控网、人员定位网等系统的业务统一接入的智能化传输高速低时延通道。

2.采用先进的 LASC 高精度三维惯导系统对采煤机进行定位，不受粉尘、光照等因素干扰，能够自主全天候获取采煤机实时姿态，全工作面通过推移控制逻辑阀基于提出的“一刀检测、一刀找直”的方案实现支架自动高精度找直控制。

3.应用智能煤矿云网融合技术，建设井下 5G 移动网络、高速固网快速接入云平台，实现策略统一调度，资源高效访问，提升综放系统调度和指挥的效率。

4.通过研究磁探伤技术，实时对刮板机的断链情况进行监测，同时融合工作面三机设备的健康状态监测、采煤机及三机的集中定点润滑系统，为工作面设备健康运行保驾护航。

5.巡检装置具备搭载高清摄像仪、红外热成像摄像仪、三维激光扫描雷达、位置检测系统、通讯系统的功能，结合轨道系统实现跟机同行走、同步高清视频和高清红外视频拍摄、工作面三维激光扫描建模，为构建三维透明工作面提供基础数据。

6.开发适用于综放工作面高粉尘环境的采集频率大于 20 帧/s, COMS 传感器靶面尺寸 2/3 英寸的智能摄像头，开发煤矸图像高效预处理与精准识别算法，同时基于煤矸灰度图像特征实现煤矸识别。

7.开发高频采集振动传感器，通过研究煤矸冲击振动信号的预处理与分析方法，获得能够表征放煤过程的特征参量及其识别算法。

8.解决智能化采放协调控制机理与方法的科学问题，建立自动化放煤模式下

的多放煤口协同冒放理论，建立采放协调智能放煤算法及工艺模型，开发采放协调综放工作面的智能放煤决策算法。通过创造性的结合多种智能控制算法，实现对采煤机智能放煤控制，实现综放工作面的“智能采放、少人干预”，最终将保德煤矿 81309 工作面建成高级智能化综放工作面，并在行业内推广应用。

三、智能化建设成效

通过一年多的系统建设，保德煤矿 F5G 网络优势初步显现，在行业内首次将现有综合分站和 ORE 设备融合集成，实现了矿井现有通信网络的平滑升级，为矿井生产数据上传、视频流等数据提供了高可靠、大链接、低延时的重要保障。81309 综放工作面已实现采煤机记忆割煤、自主导航、自动喷雾，液压支架实现了自动跟机拉架、自动收打互帮、自动推溜和采煤机的协同作业，三机已实现远程控制 and 一键启动，地面和井下监控中心已具备实时监控和远程操作，工作面已实现 5G 网络全覆盖；初步实现了自动放煤，已完成按时间放煤和记忆放煤的控制逻辑，并且达到放煤与后部刮板运输机的智能联动；完成了自动找直功能验证，lasc 系统的调试，实现每刀后的数据准确生成率；完成工作面三维智能巡检机器人的安装与调试，为透明开采和采煤机远程控制奠定了坚实基础；实现了前、后部运输机机头大块煤的视频识别、采煤机滚筒、护帮板回收状态的视频识别、人员进入危险区域的视频识别和预警；采用 UWB 的定位系统，实现人员接近防护、人员轨迹、采煤机轨迹的数据查询。目前 81309 智能化综放工作面单班作业人数由原来的 13 人减少为单班 7 人常态化作业。