

案例 24 金凤煤矿透明化综采工作面

主要完成单位：国家能源集团宁夏煤业有限责任公司

一、主要建设内容

《煤矿智能化建设指南（2021 年版）》中智能采煤系统架设内容为根据煤层赋存条件、工作面设计参数、产能指标等要求，建设不同模式的智能化采煤工作面：薄煤层和中厚煤层智能化少人开采模式、大采高工作面人一机一环智能耦合高效综采模式、放顶煤工作面智能化操控制割煤+人工干预辅助放煤模式、复杂条件智能化+机械化开采模式。其中，条件适宜的薄及中厚煤层实现智能化少人开采，逐步推广应用采煤机自适应截割、液压支架自适应支护、智能放顶煤、刮板输送机智能运输、智能供液、综采设备群智能协同控制等技术。鼓励条件适宜的工作面应用基于地质模型的智能化开采实践。

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司金凤煤矿在建设透明开采工作面之前，所有自动化工作面采用采煤机记忆截割+液压支架自动跟机移架模式，工作面采用 SAM 综采自动化控制系统，通过融合采煤机智能记忆割煤控制，液压支架跟随采煤机自动移架支护、推移刮板输送机控制，工作面设备可视化视频监控，无线以太网数据传输，基于惯性导航技术的工作面自动找直控制、综采设备集中控制等功能，建立综采成套装备自动化控制系统，实现在工作面监控中心和地面调度中心对工作面设备进行自动化监测控制。

金凤煤矿 011815 工作面位于金凤煤矿一分区，回采煤层为 18 煤，采用综合机械化一次采全高，走向长壁后退式采煤方法，全部垮落法管理煤层顶板。工作面走向长度 838.2m，倾向长度 288.36m，煤层厚度 2.8-3.4m，平均厚度 3.1m，煤层倾角 2°~16°，平均倾角 9°，011815 工作面回风巷、机巷、切眼掘进期间共计揭露断层 9 条，全部为正断层，可采范围内为 9 条，工作面采高为 3.40m。

金凤煤矿 011815 透明化综采工作面采用钻孔雷达勘探、槽波勘探等技术进行工作面精确建模，结合矿井原有地质、钻孔、三维地震等资料，开展三维地震

数据解释。利用地震多属性数据综合解释研究区的断裂系统，精细刻画断层、裂缝及裂隙的形态和展布；利用三维地震高精度反演技术预测煤系地层包括煤岩在内的各岩层厚度及其展布状况。融合断裂系统、煤系地层解释成果数据，构建开采区地质模型，为智能开采的透明工作面构建提供参考和基础数据。011815 工作面建模全局视角如图 1。

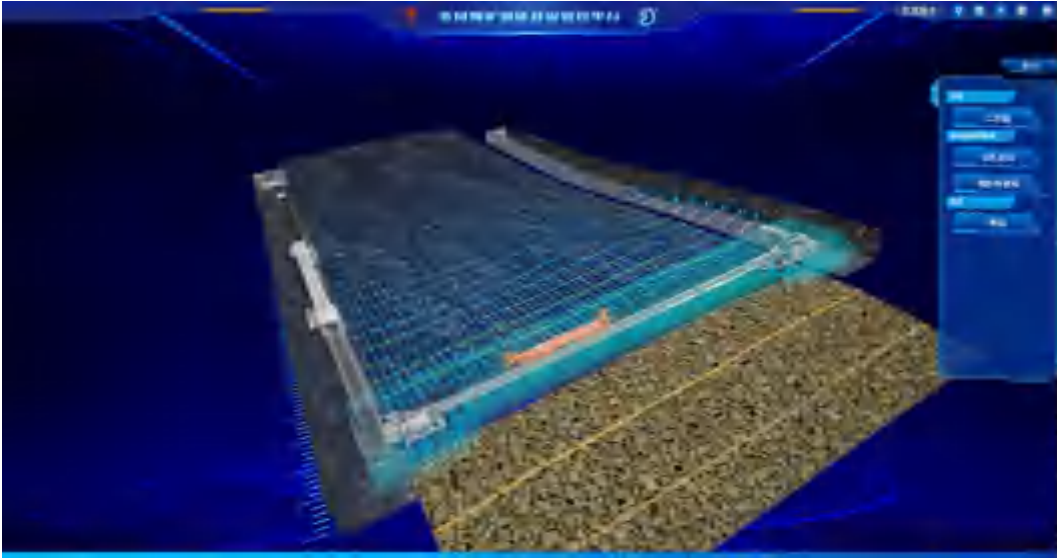


图 1 011815 工作面建模全局视角

金凤煤矿 011815 透明化工作面是构建面向煤矿智能开采的综采工作面高精度三维动态地质模型，建立数字孪生工作面，并实现模型的动态修正。研究面向智能开采的工作面及巷道成套开采装备实时数据驱动的三维模型构建技术，在开采工作面复杂条件下，实现移动设备的空间绝对位置快速测定方法。研究基于“透明工作面”地质模型的割煤基线实时生成技术、基于“透明工作面”地质模型的工作面直线度基线实时生成技术研究、基于“透明工作面”地质模型的工作面俯仰采控制基线实时生成技术，提供给控制系统下一刀截割模板数据，指导采煤机、液压支架等设备的自适应开采。最终形成三维可视乎智能开采管控平台，实现对综采设备及地质模型的动态可视化管控功能。数字孪生控制界面如图 2。



图 2 数字孪生控制界面

通过项目的研究，形成透明化工作面核心技术和主要平台实现国产化，形成了透明化自适应智能开采成套技术，初步实现“基于大地坐标的自适应智能采煤”目标，确保在装备智能化的基础上，实现智能开采的地表或远程“决策在线化，控制协同化”，为煤矿工人变为采矿员，最终实现少人或无人采煤奠定坚实的高科技基础。

二、技术特点及先进性

金凤煤矿 011815 工作面构建工作面模型的过程中采用法国斯伦贝谢 Petrel 地震解释与测井软件技术，开展三维地震数据精细解释工作，技术包括三维地震数据的叠前偏移处理、三维地震数据的加密解释，同时利用地震波运动学和动力学信息进行三维地震数据的动态解释。该方法的核心技术就是基于贝叶斯判别的马尔可夫链蒙特卡洛地质统计学反演。这种反演方法有别于一般的确定性反演和普通地质统计学反演，充分利用了地质信息、地震信息、岩石物理信息，通过对其进行充分融合，得到高分辨率地质模型。具体工作如下：

- 1.开展三维地震数据和钻孔数据的质量控制分析工作，进行该煤层解释的可行性分析，主要包括钻孔数据评价和地震数据频谱分析；
- 2.以岩石物理分析为基础，利用钻孔与地震标定建立三维地震数据与钻孔数据的联系，进而开展叠后反演工作；
- 3.结合反演成果和地震相干、曲率等属性，开展煤层三维立体精细解释；

4.结合区域内煤层以及顶底板岩性和厚度特点，开展高分辨的叠后地质统计学反演。该反演可以精细的刻画煤层厚度及顶底板厚度与岩性，对于煤系地层解释构造成果分辨率远高于常规地震解释；

5.分析钻孔、地震、地质资料对地质模型精度的影响，利用断裂系统、煤系地层岩性及厚度等成果数据，对开采区内煤系地层进行精细地质建模，重点解决开采区内各种类型断层和煤层、地层的一体化快速建模。

金凤煤矿透明开采工作面率先提出基于三维透明化工作面的智能开采控制技术，基于历史和最新的钻探、地震、生产、煤岩层探测等数据，自动构建“透明工作面”地质模型；综合采用数字化、信息化、网络技术构建工作面的智能开采系统，与“透明工作面”的三维信息充分融合，实现自适应的割煤和设备的连续推进，保障工作面的连续生产。平台配套复杂煤层条件的智能化开采成套装备，引领该领域研究发展方向，项目整体达到国际领先技术水平，形成煤矿智能开采的成套技术体系，适用于同等煤矿煤层赋存条件，全面提升煤炭行业开采水平和安全保障能力。

三、智能化建设成效

金凤煤矿在建设 011815 透明开采工作面过程中构建了基于 GIS 的透明化工作面智能开采与安全管控平台，建立了高精度的透明化工作面地质模型，利用 5G 技术集成工作面成套装备和人员的实时数据、惯导系统定位信息，利用人工测量及传感器实时数据动态修正工作面地质体和煤岩层数据模型，为工作面控制系统提供采煤截割线、直线度基线、俯仰采基线，指导工作面装备在复杂地质条件下的少人或无人自适应开采，为工作面实现煤矿智能开采的提供了必要的基础条件。

本工作面研究最终实现少人或无人开采，建立了基于网络技术的远程可视化管控，构建了透明化工作面和数字孪生系统，提供可视化的三维交互式操作平台，实现对井上下工作环境、机电设备和矿体的实时控制和决策，为操作人员提供了重要的辅助决策依据。