

案例 29 黄陵一矿基于透明地质规划截割的智能开采系统

主要完成单位：陕西陕煤黄陵矿业有限公司

一、主要建设内容

黄陵矿业公司在实现传统记忆截割智能开采的基础上，另辟蹊径从基于透明地质模型建立、大数据精准决策平台、装备精准控制这个新思路进行探索攻关，开展透明地质规划截割智能开采技术研究与实践。

（一）关键技术及建设情况

1. 关键技术

（1）综采工作面动态三维地质模型构建技术。利用多源数据融合系统，实现钻探、物探、测量数据的耦合分析。基于隐式迭代三维建模技术构建高精度多属性动态地质模型。通过规划截割系统对三维模型进行“CT”剖切，提供规划截割曲线。通过数字孪生系统，搭建三维虚拟场景配准地质与设备模型，将真实开采工况映射至赛博空间。

（2）智能精准开采控制技术。通过流程管控、精准开采控制、自动化控制、规划参数控制等系统，根据规划截割模型控制采煤机自主完成截割高度、运行方向、运行速度、折返换向点的精准执行；液压支架自主完成中部与三角煤部分的规划控制精确跟机、拉架、推溜，实现全工作面设备根据规划截割模型生产循环的自主执行。

（3）综采大数据智能分析决策技术。根据透明地质模型“CT”切片、开采工艺、设备工况等数据分析决策出最优的生产信息，建立规划截割模型并传递至智能精准控制系统。通过大数据运营、地质数据分析、采煤工艺决策、采煤机规划、电液控规划等系统指导全工作面设备自主规划截割。

2. 建设情况

2020 年 3 月在黄陵矿业一号煤矿 810 工作面实施，4 月完成巷道测量、槽波地震勘探、钻孔探测，构建了工作面三级静态模型。2020 年 5 月进入工业性试

验阶段，8月项目通过陕煤股份公司组织的专家验收。

二、技术特点及先进性

（一）技术特点

1.研发了隐式迭代算法的三维建模技术，构建了综采工作面高精度地质模型。

（1）提出了以综采工作面为研究对象的综合探测与分析方法，包括煤层厚度统计分析、煤层厚度变异系数分析、煤层倾角变化分析、煤层厚度变化趋势分析、地质异常体分析，准确预测工作面内异常构造体，为智能开采提供地质保障。

（2）基于地质写实、钻孔雷达探测、槽波地震勘探收集数据，进行数据分析，构建综采工作面静态地质模型（图1）。



图1 建模数据来源

（3）研发了隐式迭代建模、动态更新算法，通过开采过程中采煤机采高、惯性导航俯仰角等监测数据，实现对静态地质模型的动态更新，更新后模型精度误差150mm以内（图2、图3）。

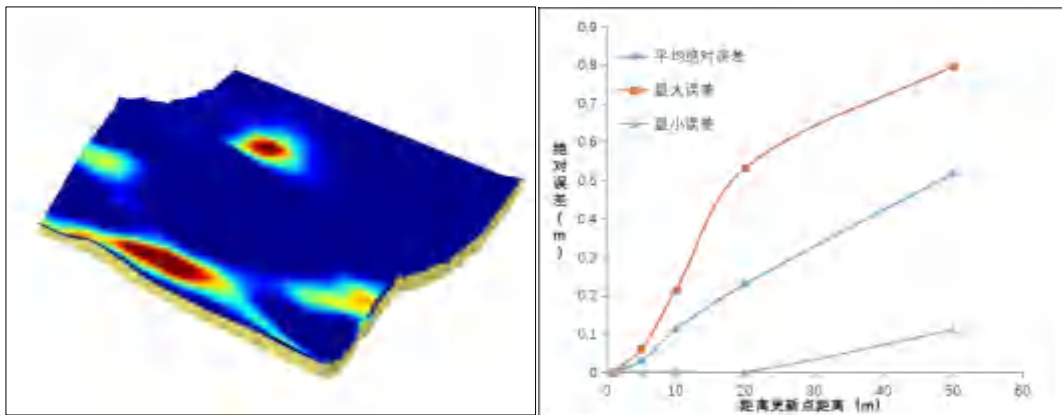


图2 更新后的模型图

图3 更新后的模型分析结果图

2.首创了一套可“预测、预判、预控”的综采大数据智能决策平台，实现大数据技术在生产决策中的应用。

（1）研发了基于地质模型对综采设备智能精准控制和空间感知的大数据分

析、决策应用平台（图 4）。搭建高性能大数据集群设备，构建针对综采工作面地质、设备和感知数据的高可靠、高通量、高运算量、高精度的大数据分析决策平台。开展大数据融合、模型数字化、分析决策、机器学习等技术研究，实现对地质模型、综采设备、空间感知的海量数据融合应用、自主分析和精准决策。



图 4 大数据智能分析决策平台

(2) 开发了 IMS-P 智慧矿山综采智能化管控系统平台（图 5），对透明地质模型与综采设备进行坐标统一和相对坐标传递。应用惯性导航技术，实时测量刮板输送机的直线度和采煤机在三轴方向的位移变化，为工作面自动找直和精准定位提供技术依据。应用激光雷达测距技术，实时监测运输机机头和机尾距两巷煤帮的距离，得出工作面整体姿态（进尺、上窜下滑量），为工作面调整的精准控制提供决策依据。扫描识别两巷安装的雷达反射板，实时监测工作面推进度，实现综采设备在透明地质模型中的精准导航和定位。



图 5 智慧矿山综采智能化管控系统平台

(3) 设计了一种集聚合、插值、补偿、无界流的机器学习算法，实现对综采工作面规划截割模型的决策优化和透明地质模型的动态更新修正（图 6）。

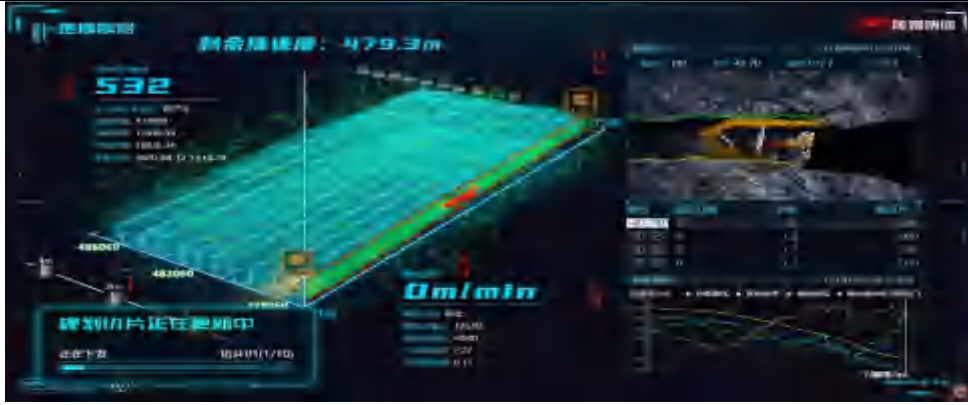


图 6 地质模型的动态更新修正

3. 首创了基于“CT”切片技术的精准控制方法，实现工作面无人开采。

(1) 构建了智能化综采工作面精准控制中心，研发了精准控制系统(图 7)。



图 7 综采工作面精准控制中心

(2) 研发了基于透明地质模型的“CT”切片技术，生成规划截割模型（图 8）。

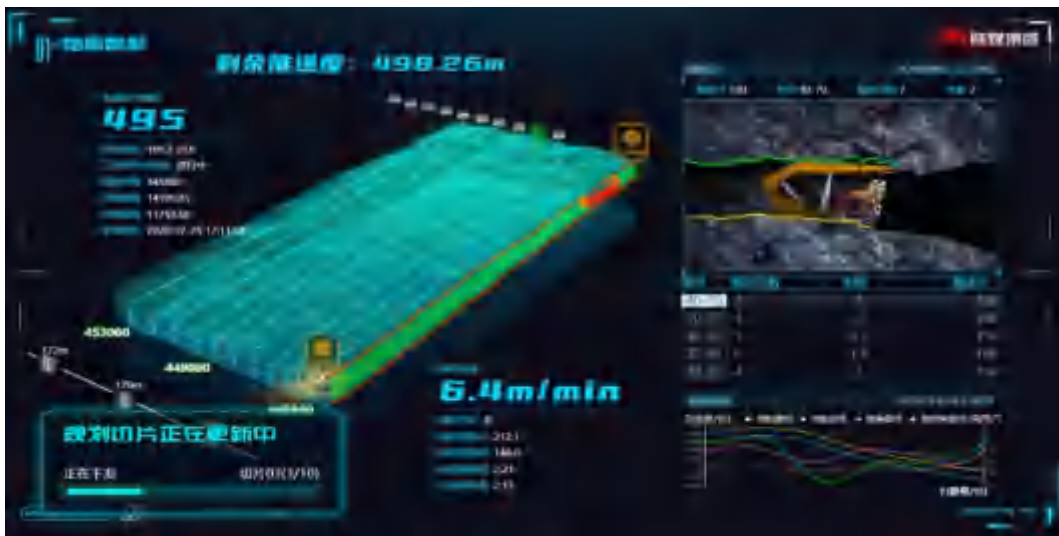


图 8 地质模型“CT”切片技术

(3) 设计了一套拟人化的自主规划截割开采工艺，形成采煤机 22 道规划截

割工艺和液压支架 14 道规划控制工艺（图 9）。



图 9 规划截割工艺和规划控制工艺

(4) 创新了全工作面无人干预规划截割的生产模式，实现了无人化开采（图 10）。



图 10 全工作面规划截割生产模式

（二）实现的主要功能

1. 实现了精准控制中心对工作面设备的工况监测与远程控制功能，并可以按照逆煤流顺序“规划”启停。

2. 实现了利用隐式迭代建模、动态更新算法等技术对工作面静态三维地质模型的动态更新。

3. 实现了利用“CT”切片技术生成规划切割曲线功能，切割曲线包括有等间距网格点的煤厚、顶底板倾角、俯仰角等信息；并根据反馈的当前工作面切眼实际位置，自动生成之后 10 刀的规划曲线。

4. 实现了根据透明地质模型和综采设备的工况监测数据和开采工艺，利用大

数据机器学习、数据聚合、插值、补偿、无界流等算法对规划截割模型进行实时修正，形成高精度的规划截割模型。

5.利用惯性导航技术、雷达测距技术和大数据算法，实现综采工作面在三维地质模型中的精准导航、定位和工作面自动找直。

6.利用雷达测距技术，可以测量运输机机头机尾距两侧巷帮的距离，大数据中心利用实时测量数据，提示进行上窜下滑控制。

7.实现了利用数字孪生系统，对工作面主要设备以及虚拟巷道进行实时展示。

（三）技术优势及推广应用情况

该技术首次实现大数据分析决策技术在煤矿综采作业中的应用，增加了智能控制系统的“自动分析、提前预测和自主控制”功能，全面提升智能开采技术在复杂地质条件下的自适应调整能力，具有很强的推广应用价值，同时也为高新技术在煤矿生产决策中的深度应用进行了有益探索。该技术的成功实践，实现了由传统的记忆截割向三维空间感知、智能规划和自主截割的技术跨越，带动了我国在煤机装备自动化、智能化方面的整体技术进步，为建设大型现代化矿井提供了保障，有力的推动了我国煤炭工业的转型升级。

三、智能化建设成效

1.该技术的成功应用后，工作面实现了无人开采，彻底将工作面巡检人员和远程监控员解放出来，减人增效成绩显著。

2.生产过程中大大减少了干预控制和调整作业时间，生产效率提升约 30%左右。

3.实现了由传统的记忆截割向三维空间感知、智能规划和自主截割的技术跨越，全面提升智能开采技术在复杂地质条件下的自适应调整能力，对推动煤炭行业智能化开采技术进步具有重要意义。