

案例 27 王家岭煤矿智能化综放工作面

主要完成单位：中煤华晋集团有限公司

一、主要建设内容

以“智能放煤机理-智能放煤方法与工艺智能放煤控制技术-智能放煤系统装备-工程示范”为主线，基于厚煤层综放开采顶煤体破碎与冒放机理、采放协调控制机理与方法和放煤过程控制原理，研究了厚煤层协同智能放煤工艺决策、多模式融合的智能放煤控制机理，并研发了智能协调控制关键技术与装备，建立智能综放工作面示范工程。先后经历 12309、12302、12313、12303、12315 和 12316 六个工作面应用，提高综放工作面智能化水平，达到减人提效增安的目的。主要建设内容如下所示：

（一）采放机理研究

基于有限差分及颗粒流耦合数值方法，利用 FLAC3D 及 PFC3D 数值模拟平台，借助 Fish 语言编程，开发了以“随机自由落体-逐步伺服夯实”的耦合建模方法、“实时压力监控-支架自动增阻”的放煤支架全历程模拟方法、“煤矸动态识别-自主关窗判别”的放煤控制数值模拟方法为核心的采、放动态全历程一体化模拟技术，为后续综放开采基础理论的研究提供了技术支撑。依据采放协调工艺原理，确定了智能综放面割煤速度、放煤时间、不同位置放煤口数目，获得了综放工作面产能、时间协调关系。

（二）大数据专家决策系统建设

鉴于设备采集的数据来自不同系统，且不同系统间无论是结构还是数据收发方式都存在一定区别，数据结构也未有统一标准，因此大数据健康管理平台采集过程中需要对多元、多系统数据进行异构处理，形成统一的数据源和数据格式，便于系统分析和调用。案例采用 StreamSets 实现数据交换平台，外出系统外部数据源到结构化数据库的数据交换和同步。建立的大数据专家决策系统（如图 1 所示），实现对工作面设备数据的价值挖掘，系统具有故障诊断、预警、自学习等

功能，构建设备全生命周期健康监测模型，减少生产过程设备故障率，间接提高生产效率。



图1 大数据专家决策系统

（三）井上下协同控制系统建设

通过大量实践，综放工作面智能化开采技术研究与应用将采煤机控制系统、支架电液控制系统、工作面运输控制系统、三机通信控制系统、泵站控制系统及供电系统有机结合，实现对综合机械化综放工作面设备的协调管理与集中控制，如图2所示。采煤机以记忆割煤为主，人工远程干预为辅；液压支架以跟随采煤机自动序列（前端跟机开采、后端跟机放煤）动作为主，记忆放煤、多轮放煤、远程放煤控制为辅；综采运输设备实现集中自动化控制。本案例实现了集视频、语音、远程集中控制为一体综采工作面装备远程控制，实现工作面采煤机、刮板运输机和自动化放煤等设备的联动控制和关联闭锁等功能。



图2 井上下协同控制系统

主要工作经验如下所示：

1.建立“产-学-研”闭环技术发展模式。软硬件设备依托中煤集团装备制造优势保障设备稳定运行，各项技术依托中煤集团研究院技术支持推动生产工艺的

革新，“采放机理”、“自动放煤”等技术依托国内采矿智能院校重难点攻关。以生产应用为导向，推动智能化技术落地生根。

2.建立以主要领导为核心的工作组，倒排时间节点，下发管理制度，稳步推定工作面智能化建设。制定《智能化常态作业推进方案》，针对使用率、应用效果等指标设置进阶性奖惩机制和后评价机制，持续提升智能化设备及系统的可靠、适用，把减员、提效、增安落到实处。

3.建立技术反馈优化机制，依据生产过程优化各项技术。例：惯性导航系统加装减振装置与后备电源，并增加数据维度，提高惯性导航系统精度与稳定性。

二、技术特点及先进性

1.顶煤破碎及运移全历程模拟技术

传统的放顶煤模拟技术采用采、放单独工况进行计算，无法实现支架与围岩的耦合作用过程，本案例基于有限差分程序，开发了放顶煤液压支架工作阻力全历程模拟方法，获得了高水平应力条件下顶煤主应力驱动路径；结合工业 CT 扫描数据为基础，运用 Sobel 均值滤波及空域锐化算法，采用 Matlab 程序开发了原生裂隙三维重构方法，借助 PFC3D 程序，建立了裂隙煤体三维数值模型，基于顶煤应力边界条件，反演了其裂隙演化过程。

2.采放协调智能放煤工艺及方法方面

国内外关于采放协调工艺的研究多依据采放协调工艺原理，确定了智能综放面割煤速度、放煤时间、不同位置放煤口数目，获得了综放工作面产能、工序间的协调关系，而本案例在此基础上，建立了综放工作面煤机不同运行阶段割煤、移架、放煤等主要工序位置协调关系，为智能化综放工艺参数设计提供了依据。

3.智能化放煤控制关键技术与装备方面

本案例基于煤矸振动信息特征，研制了煤矸识别传感器，设计了多元放煤控制功能模块；构建了高仿真度工作面三维虚拟现实与人员智能定位感知的智能化放煤辅助系统，实现了综放工作面智能化放煤全景展示。研发了顶煤精准预探测空间扫描技术、支架放煤机构尾梁、插板精准测量与整体姿态三维展示技术，建立了支架放煤机构防碰撞模型，实现了厚煤层综放工作面放煤机构精准监测。研

发了一套基于放顶煤开采技术的惯性导航系统，实现了横滚、水平、俯仰三个方向精度均小于 50mm；基于 SparK 技术的 SVM 算法，有效解决了工作面综采设备无效数据的过滤和有效数据的提取，实现了对综采设备的工况数据的有效采集和分析。

三、智能化建设成效

1.采煤工作面实现减人 30%，工效达 181 吨/工，达到了矿井减员提效的目的，同时将职工从操作工变为巡视工，并从危险的工作采场解放到相对安全的监控中心，在进一步节约了人工投入的同时，全面提高生产作业安全性。

2.采用智能化综放技术后，生产能力较之前有明显的提升，年生产能力提高了 96 万 t/a。

3.综放智能化综采技术的成功应用，标志着智能化技术在除薄煤层、中厚煤层以外，厚煤层综放工作面的全方面的应用，形成了覆盖智能化开采完备的示范工程体系，为行业、国家和煤炭行业推广智能化少人开采技术扫清了障碍。