

## 案例 10 张家峁煤矿智能化综合生态巨系统

主要完成单位：陕煤集团神木张家峁矿业有限公司

### 一、主要建设内容

神木张家峁煤矿作为投产多年、年产千万吨煤矿，亟需智能化改造提升企业竞争力，而改造面临子系统众多、架构不一致、协议不统一、数据不集中、生产工艺装备无法满足智能化建设和运营需求等问题。为解决这些问题，本项目以“全矿井信息全面感知、数据融合及分析”和“关键装备智能化改造”两类问题为出发点，以智能化煤矿巨系统顶层规划设计方案为核心，以全矿井跨域融合智能综合管控平台为手段，以开采、掘进、安全保障等系统智能化改造为基础，形成以“1+3+8”为基本架构、覆盖生产生活办公各个环节的智慧便捷高效的全矿井智能化综合生态巨系统。

#### （一）智能化煤矿复杂巨系统顶层规划设计

国内首次面向全矿井提出了智能化煤矿复杂巨系统“矿山即平台”顶层规划设计理念。搭建了全矿井跨域融合智能综合管控平台，构建了全矿井地面井下空间信息虚拟化服务体系和采掘全时空孪生再现技术，实现了全矿井 92 个在用系统的数据服务集成和运营决策优化。

#### （二）智能化少人生产系统管理

研发出支架压力、位姿及视频等智能监测传感器，提出了工作面“感知-决策-执行”一体化生产系统，实现了综采装备协同控制、故障诊断、智能预警干预，工作面内无人操作，设备开机率提升 20%，整体生产效率提高 30%。

#### （三）智能化巷道快速掘进系统

研发了“掘锚一体机-锚破运一体机-过渡运输”的智能化快速掘进系统。实现了掘进工作面装备成套化、监测数字化和控制自动化，提高了掘进装备掘进效率，最高日进尺 120m，月进尺达到 2702m。

#### （四）开发了全矿井网络化智能防灭火监测预警系统

提出了矿井通风系统装备的智能化策略，搭建了集巡检机器人多点移动式测风、风量远程定量智能化调节、风门联动灾变应急响应等功能的智能通风综合管控系统，实现了 120s 内智能辅助决策控风方案，主要井巷控风精度 >95%；构建了防尘、防瓦斯、防灭火智能化架构。

#### （五）创新和规范了智能化煤矿管理体系

首次实现矿区级全域多源数据深度融合，构建需求动态预测、生产精准组织、自适应控制、信息实时反馈、全员核算与智能分析为一体的智能系统，构建了业务横向协同、流程纵向贯通的智能化运行管控模式。

## 二、技术特点及先进性

### （一）数字煤矿智慧逻辑模型研究

1.分析解构了煤矿复杂巨系统结构，提出了基于系统数据流向和功能逻辑的系统架构拓扑图，为构建具有多特征、层次化的数字煤矿智慧逻辑模型奠定基础，智慧煤矿各系统及其功能关联关系如图 1 所示。



图 1 智慧煤矿各系统及其功能关联关系

2.构建了基于 BIM+GIS 融合的全矿井地面井下空间信息虚拟化服务体系 and 全时空孪生再现技术。采用二维、三维数据共享技术，实现三维地质模型的动态快速精准更新；采用激光点云连续化全景扫描，实现对开采空间、设备快速建模与动态更新。

3.建成全矿井跨域融合智能综合管控平台。综合管控平台由智能化感知控制系统（操作层）、大数据支撑系统（管理层）、智慧矿山应用系统（决策层）构成，彻底打通信息孤岛，实现了全矿井 92 个在用系统的集成和优化，为全矿管理提供数据服务，运营决策依据，跨域融合智能综合管控平台总体架构如图 2 所示。



图2 跨域融合智能综合管控平台总体架构图

(二) 智能化生产工艺和装备研发

1.研发了液压支架三轴倾角位姿监测传感器、液压支架推移行程高精度监测传感器和 AI 摄像头，构建了综采面压力、位姿、行程及视频等多传感器综合感知体系，实现了对综采设备群空间位姿关系、自身状态的全面感知，综采装备全位姿测量方案如图 3 所示。

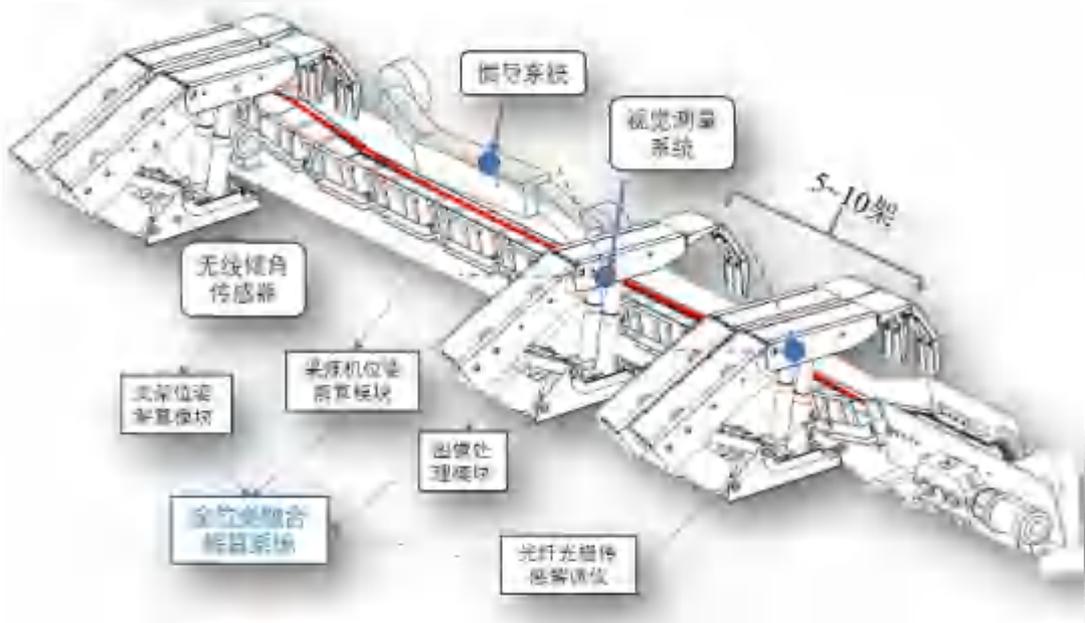


图3 综采装备全位姿测量方案

2.搭建了综采工作面数据采集-监控中心-数据中心的三层平台软件体系，研发了基于区域协同与数据共享的综采智能化控制系统，构建了综采设备群智能化分析决策技术体系，实现了综采装备协同控制、故障诊断、智能预警干预。

3.探究了巷道掘进“激光-传感器”融合高精度导航机理，充分发挥激光制

导误差稳定，双轴倾角仪实时在线监测的特点，形成一种全新掘进装备导航系统集成体，实现了最大 500 m 以上超长距离导航。

4.首次开发了基于 GIS 的智能掘进工作面三维数字化远程操控平台。建立多机精准定位体系及协同控制算法，实现掘锚一体机等自动运行；开发掘进作业装备的数字化孪生驱动模型和三维可视化远程集控平台，实现掘进工作面“全息”实时感知与场景再现，智能化掘进系统远程操控平台如图 4 所示。



图 4 智能化掘进系统远程操控平台

### （三）安全保障和智能化管理系统建设

1.研发了集巡检机器人多点移动式测风、风量远程定量智能化调节、风门联动灾变应急响应、全矿井反风智能化调节等功能的智能通风综合管控系统，实现了矿井“一键测风、一键调风、一键反风”等八大功能，提升了矿井安全等级，风量远程定量智能化调节系统如图 5 所示。

2.构建了防尘、防瓦斯、防灭火智能化架构，提出了适用于张家岭煤矿 5<sup>-2</sup> 煤层煤自燃分级预警体系，建立了分级预警模型，开发了全矿井网络化智能防灭火监测预警系统。



图 5 风量远程定量智能化调节系统

3.创新和规范了智能化煤矿岗位设置、关联关系和行为规范，构建了安全管理智能双重预防机制，率先在行业内落地 AI+煤矿人员作业行为智能辨识安全管理系统，形成矿区智能化网络管理、高效协同运行新生态，全矿井智能化管理总体架构如图 6 所示。



图 6 全矿井智能化管理总体架构

4.矿区采用乏风余热利用、光伏发电、热泵供热、发电地砖、智能逆变器、智慧灌溉、智慧灯杆等绿色能源供给，以及先进的储能技术，通过通讯闭环控制，实现矿区能源的互补。

### 三、智能化建设成效

建设的智能化综合管控平台具备了信息实时反馈、生产精准组织、装备自适应控制、安全智能分析、趋势动态预测功能。综采生产链系统每班生产人员由 69

人减至 26 人，减员 43 人；首次开发了智能化掘进工作面三维数字化远程操控平台，实现了掘进作业流程自动化、监测数字化和掘进少人化，月进尺可达到 2702m。构建了防尘、防瓦斯、防灭火智能协同安全保障系统，全方位提升了矿井智能化水平。