

案例 28 转龙湾煤矿中厚超长千万吨级智能综采工作面

主要完成单位：山东能源兖矿能源集团股份有限公司

一、主要建设内容

（一）项目背景及目标

1.项目背景

煤矿产业的快速发展引进了越来越多的现代化技术，而本身的开采技术也在不断开发与完善，在“十三五”期间，我国的煤矿行业成功攻克了智能化开采技术难关，研发出综采成套智能控制系统，实现了无人现场操作的智能化开采作业。山东能源集团、兖矿能源集团和鄂尔多斯公司根据转龙湾煤矿中厚煤层占整个资源储量的 38% 的实际情况，明确了实施中厚煤层智能高效开采战略思路，要求矿井在实现均衡生产、延长矿井年产 1000 万吨服务年限和中厚煤层智能化开采、提升矿井核心竞争力上“走在前、做表率”。

2.项目目标

- （1）建设一个高产高效的中厚煤层超长智能化综采工作面。
- （2）培养一支能够熟练应用自动化采煤工艺、熟练掌握自动化系统设备使用标准的专业队伍。
- （3）培养一批素质高、能力强、精通自动化工作面系统的专业技术人员。
- （4）探索一条可复制、可推广的高产高效中厚煤层自动化采煤工作面创建模式。

（二）研究内容

本项目的研究重点包括液压支架自动跟机移架技术应用，采煤机程序化割煤技术应用，高链速刮板输送机、转载机技术应用，高链速刮板输送机自动张紧技术应用，工作面直线度检测及自动找直功能技术应用。完成综采智能化工作面工程示范应用，实现超长中厚煤层综采工作面高产高效及智能装备的稳定可靠。

2022 年 4 月在转龙湾煤矿 23301 工作面建设完成（图 1），实现工作面设备

远程集控、视频监控功能，采煤机实现全工作面程序化自动割煤，割煤速度平均15m/min，液压支架全面实现中部及三角煤自动跟机移架功能，跟机率达到100%。



图1 智能采煤工作面

（三）工作经验

1.人员培训问题。重点解决矿管理人员认知问题，区队及技术人员认识问题，现场操作人员的熟练程度问题。一是根据自动化工作面建设工作的推进进度，适时组织相关专业理论培训，按层级分别对矿层面的管理技术人员、区队管理技术人员、区队岗位人员进行培训；二是根据不同层级制定培训内容，分别从自动化系统架构设计、自动化工作面各子系统功能原理、具体设备构成、设备安装标准、设备使用标准、设备检维修标准等方面进行不同层级管理和操作人员培训。进一步提高人员对系统的认识程度；三是培训以现场实际操作为重点，开展系统维护、故障判断分析、维护重点培训，培训人员明确学习重点，逐步提高人员操作熟练性。

2.人员协调问题。统筹协调矿管理人员、技术人员及区队实操人员，一方面解决由于安装调试期间两面正常生产，一面安装调试带来的人员短缺问题，另一方面确保管理、技术和实操人员不间断全流程参与自动化工作面建设，避免带来培训实践盲区，确保投产后三班连续性自动化生产。

3.过程管控问题。每天组织自动化建设推进协调会，统计每天工作计划落实情况，研究解决自动化推进过程中遇到的问题，制定下一步工作计划，确保问题

得到及时有效解决。

二、技术特点及先进性

根据中厚煤层高产高效自动化采煤工作面总体工作要求，矿井从技术论证、工作面设计、装备配套、设备改造等各个方面开展创新研究。

（一）液压支架方面

一是供液系统方面，为保障工作面液压系统整体供液压力和流量，泵站至工作面分别建立 3 路供液管路和回液管路，同时在工作面内布置 7 路供回液分支，形成“三进三回、五路分支”的供液系统，有效保障供液质量稳定可靠；二是程序优化方面，通过优化阻尼阀介入距离（由 300mm 改为 350mm），有效提高了液压支架自动找直的精准度；三是参数设置方面，通过优化液压支架自动跟机 61 个关键参数，调整抬底和降抬底延迟时间等方法，实现支架动作的快准稳，单架移架时间全部控制在 9s 以内，完全满足采煤机 15m/min 的截割速度，无丢架现象，图 2 所示。

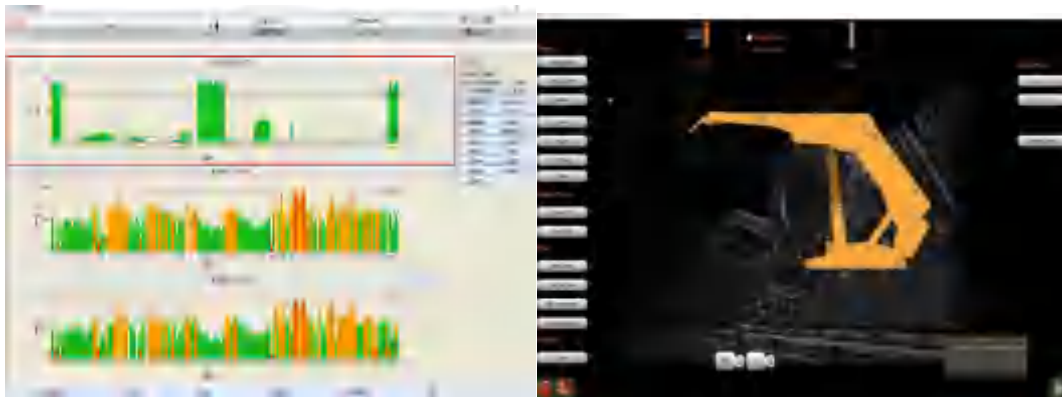


图 2 智能采煤电液控信息系统

（二）三机控制方面

一是选用高链速和大功率刮板输送机和转载机，解决运输系统运量低、转载机入料口卡堵问题；二是升级刮板输送机机尾自动张紧系统，融入自动张紧控制算法，提升了刮板的精准监测和控制能力，实现链条自动张紧基于负载信息随动控制，形成更加符合现场的自动张紧功能；三是通过增加断链保护装置，有效降低了刮板输送机断链风险；四是配备工况监测系统和健康管理系统，通过对三机减速箱进行实时数据采集和分析，实现故障报警和关键零部件维护提醒功能，如图 3 所示。

（三）采煤机方面

选用生产能力高（截割功率 610kW）、智能化功能全的采煤机，具备 8 种智能割煤工作模式。

1.采煤机

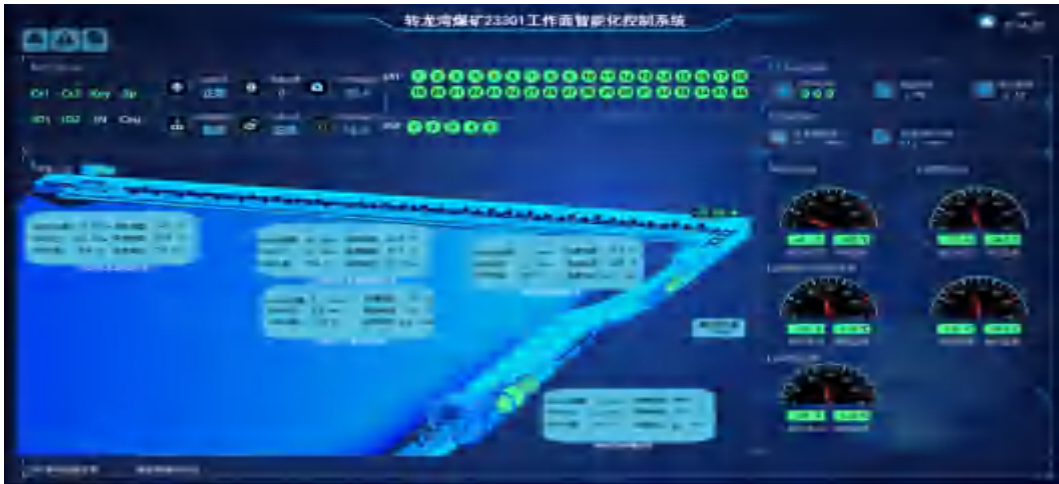


图 3 智能采煤三机控制系统

通过采集采煤机在工作面不同位置的割煤速度和刮板输送机、转载机煤流淤煤次数，制定出符合现场实际的采煤机状态表，实现了煤流运输系统平稳运行。采煤机滚筒装配弧形挡煤罩，实现在工作面不同位置自动切换状态从而有效提升采煤机装煤效果，如图 4 所示。



图 4 采煤机控制系统

2.LASC 自动找直

液压支架全部安装高精度行程传感器和液压阻尼阀，通过电液控系统与 LASC 惯性导航系统无缝配合，有效实现精准的工作面自动调直功能。现场采取 4 刀循环（学习刀、下放刀、执行刀、效果刀）模式进行找直，经过不断调试，

达到了 420m 工作面最大偏差值 50mm、平直度 99.95%的找直效果，如图 5 所示。

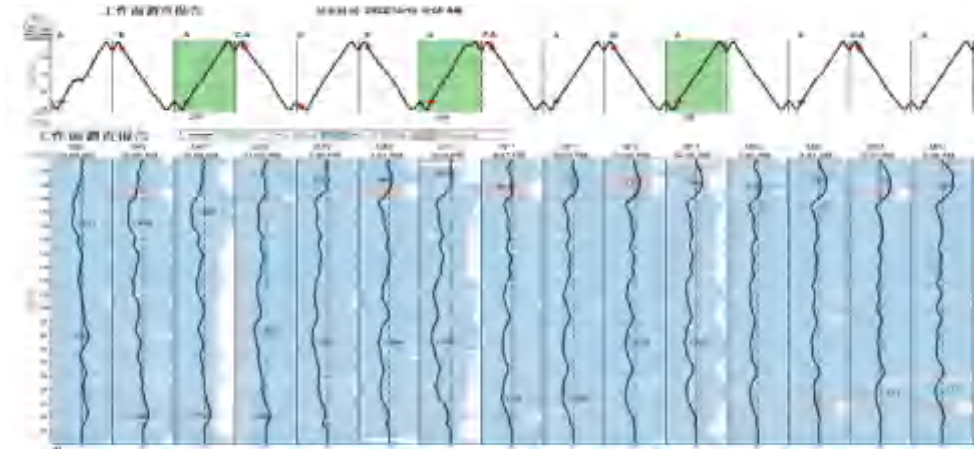


图 5 智能采煤系统自动找直

3.3D 可视化建设

利用工作面 3D 虚拟现实和实体仿真技术建立工作面模型，确定采煤机、液压支架几何尺寸，通过采煤机俯仰角度传感器及支架倾角传感器检测的数据，能够再现工作面的实际设备位置关系，实时反映工作面设备运行状态，从而辅助工作面生产管理，最终建成“面内少人巡视、顺槽远程干预”的智能化采煤工作面，实现面内 2 人生产，进一步提高了生产工效，如图 6 所示。



图 6 智能采煤系统 3D 实景仿真

三、智能化建设成效

23301 智能化工作面建设成功以来，已三班常态化运行 6 个月，工作面每天自动化割煤刀数最高 25 刀，日最高产量 4 万 t，工作面支架工由原来 4 人减为 1 人，正常生产人数不超过 2 人，达到了减人增效的目的，满足矿井中厚煤层高产高效的生产要求，智能化水平达到国内外领先水平。相比常规综采工作面产量提

升 359%以上，即每天提升产量 3.13 万吨，按照吨煤利润 400 元，累计生产 6 个月计算，创效： $3.13 \times 400 \times 30 \times 6 = 22.54$ 亿元。

本项目各项指标均已达到国内外领先水平，在支架自动跟机移架，采煤机程序化截割、端头自动化、综采设备智能协同调速运行等主要技术指标方面优势明显，实现了全工作面综采设备智能化协同运行。成套的综采智能控制技术与装备等创新成果可在更多中厚煤层综采工作面进行推广应用。