



煤矿智能化的先行者

——记中煤大海则煤业有限公司机电管理部智能化副经理郭刚



郭刚

现任中煤陕西榆林大海则煤业有限公司机电管理部智能化副经理

荣获2017年度中煤陕西榆林能源化工有限公司先进工作者，2021年度陕西公司优秀中层干部，2022年度煤矿智能化卓越人物等称号。获得中国中煤能源集团科技进步奖二等奖1项，三等奖1项，优秀“五小”科技成果三等奖1项，获得发明专利7项、实用新型专利2项，发表Ei检索论文1篇，省部级一等奖1项、二等奖2项。

大海则煤矿“智能化关键技术研究与应用工程示范”重大科技专项建设项目，涵盖智能综采、智能掘进、智能化选煤厂、智能煤流、智能辅运、智能机器人、5G无线通信、透明地质信息系统、工业互联网平台等关键技术研究。作为“陕北地区深埋藏大采高煤层精准开采技术研究与工程应用”项目的主要参与人员，郭刚带领团队准确运用“设备+环境+人员”精准定位融合、透明工作面三维地质建模、工作面数字孪生综合展示、地面集控中心远程开采等关键技术，解决了精准开采过程中的动态建模、实时更新、模型与设备联动等诸多技术难题，为智能开采的常态化应用奠定坚实基础，该项目被中国煤炭工业协会鉴定为国际先进水平，获中煤集团科学技术进步二等奖。郭刚作为“5G在煤矿深部复杂环境下的智慧安全开采研究与工程应用”项目的主要参与人员，首次提出“5G 700MHz+2.6GHz”融合组网方案，解决了5G通信系统覆盖范围小，组网成本高、绕射穿透能力弱、传输效率低的问题，实现5G 700MHz频段在国内乃至全球首次在煤炭领域成功应用，有力促进煤矿高质量发展，助力构建矿井智能化应用系统集群，该项目获第四届“绽放杯”5G应用征集大赛智慧矿山专题赛一等奖。作为“大海则煤矿选煤厂智能化研究与工程应用”项目主要参与人员，郭刚提出重介分选过程精确智能控制方法，实现重介浅槽分选机的精准分选。首次采用3D扫描智能感知技术+智能抓斗的形式，实现介质准确、自动添加。大海则煤矿选煤厂建成智能一体化平台、CPIM三维可视化全生命周期管理平台、智能重介、智能加介、智能浓缩、智能压滤、智能装车、智能配电、智能视频、智能采制化等智能化系统，实现自动运行、自主调节和智能决策。作为“大海则煤矿透明矿井地质信息系统研究”项目主要参与人员，郭刚首次构建了复杂沉积地质环境条件下的高分辨率层序地层格架和三维地质信息数据库，首次利用TIN和似直三棱柱(ARTP)混合模型技术构建了井田全地层透明地质模型，通过三维可视化和地质模拟等技术，将井工矿井变得“像玻璃一样

的透明”，该项目被中国煤炭工业协会鉴定为国际先进水平。

敢于“挑担子”的排头兵

2020年4月“大海则智能化煤矿示范工程”项目被中国中煤能源集团(以下简称中煤集团)公司列入2020年科技创新项目计划，大海则煤矿智能化建设如火如荼拉开序幕，郭刚作为项目的主要参与人员，全程参与项目整体实施方案编制、审核，秉承“顶层设计”思想理念，深入了解新技术、新装备，坚持“前瞻性、先进性、可靠性、实用性、开放性”的设计原则，打造安全、高效、绿色、智能现代化矿山，将物联网、云计算、大数据、人工智能、自动控制、移动互联网、智能机器人等与现代矿山开发技术相融合，开发大海则煤矿感知、互联、分析、自学习、预测、决策、控制的完整智能系统，建设开拓、采掘、运通、洗选、安全保障、生态保护、生产管理、经营决策等全过程智能化运行的智能煤矿，开创煤矿行业完整智能系统、全面智能运行、科学绿色发展的全产业链运行的新模式、新标杆。

2021年4月3日，中煤集团批复同意“大海则煤矿智能化建设关键技术研究与应用工程示范”实施方案，郭刚勇于挑起重担，谨记“高质量完成国家首批智能化示范煤矿”建设目标，坚守使命，尽职尽责，全身心投入项目建设。针对每个智能化系统的技术规格书、实施方案进行严格审查，对标行业先进技术、先进应用案例，以高标准、严要求不断优化、完善系统建设，开展技术调研60余次、项目对标30余次，组织评审技术规格书、技术方案400余次。

精益求精 开拓创新的智能化先锋

郭刚作为项目的实施负责人，精益求精、开拓创新就是他的工作态度，历时528天，他带领团队完成92项智能化系统建设，其中25项智能化建



图1 20101智能综采工作面集控系统测试

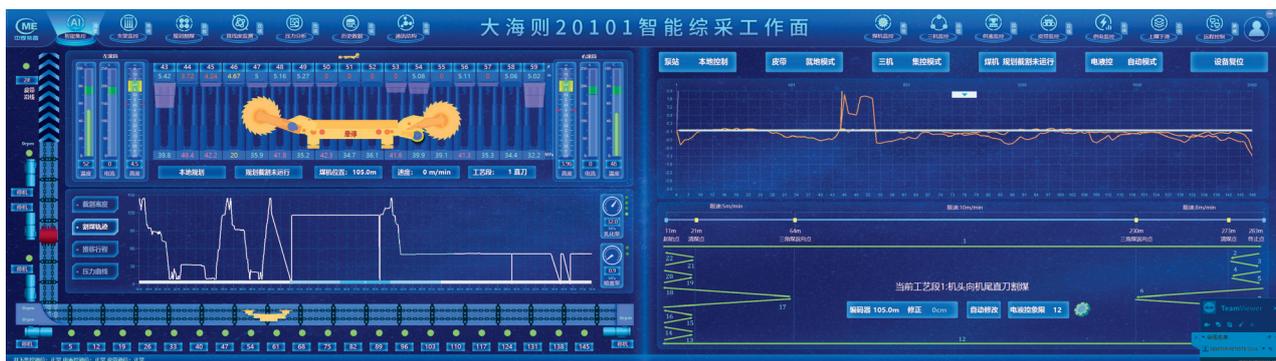


图2 20101智能综采工作面集控画面

设成果达到行业领先，大海则煤矿智能化水平跻身行业领先地位。

采煤工作面的智能化建设是煤矿智能化的核心部分，“十三五”期间，国家重点研发计划项目“煤矿智能开采安全技术与装备研发”对透明工作面智能开采技术进行了研究，智能化采煤已是煤矿发展趋势，作为智能综采项目建设的实施负责人，郭刚深知自己肩上的责任、时间紧、任务重，每日带领团队进行智能化采煤调试、测试，历时4个月，攻破工作面透明开采技术、直线度监测技术、视频智能识别技术、设备空间绝对定位及智能感知技术、人员精确定位及主动防护技术、精细模型地质

工程探测等技术，实现基于透明工作面常态化自动规划截割控制采煤，工作面地质模型误差 $\leq 15\text{ cm}$ ，工作面刮板输送机上窜下滑测量误差 $< 5\text{ cm}$ ，工作面直线度精准监测误差 $< 5\text{ cm}$ ，单架控制调直误差 $< 5\text{ cm}$ ，人员定位精度 $\leq 20\text{ cm}$ ，采煤机自动开采速度达到 $6\sim 10\text{ m/min}$ ，煤机规划截割控制误差 $< 10\text{ cm}$ ，自适应规划割煤误差率小于 5% ，自动跟机误差小于 10% ，为大海则煤矿实现高效安全的开采模式提供有力保障。

在5G科研项目建设期间，针对煤矿不同的应用场景、不同需求，郭刚带领团队不断开展井下现场测试、试验，攻破技术难关，构建异构无线通信

网络结构，搭建可容纳多种异构无线局域网，融合5G、4G、WiFi、UWB等无线网络，利用5G大带宽、低延时等特性，以5G传输作为数据总线传输，实现将人员精确定位、视频监控、远程控制等业务报文上传或下发，满足多种系统不同设备的接入要求。首次提出“5G 700MHz + 2.6GHz”融合组网方案，解决了5G通信系统覆盖范围小、组网成本高、绕射穿透能力弱、传输效率低的问题，700 M下行带宽平均达到300 Mbit/s、上行带宽平均达到160 Mbit/s，在距离信号基站400 m时，700 M下行带宽平均达到140 Mbit/s、上行带宽平均达到100 Mbit/s，在距离信号基站1 000 m距离时，仍可正常语音通话和视频通话；2.6 G下行带宽平均达到750 Mbit/s、上行带宽平均达到185 Mbit/s，在距离信号基站150 m时，2.6 G下行带宽平均达到465 Mbit/s、上行带宽平均达到110 Mbit/s，在距离信号基站300 m时，仍可正常语音通话和视频通话。5G通信网络的建设为大海则煤矿井下构建智能化应用系统集群提供有力保障，有力促进煤矿的

高质量发展。

随着煤炭生产能力的不断提升，对安全高效掘进要求也在不断提高，煤矿智能化掘进应用已经迫在眉睫，大海则煤矿从优化施工工艺、降低劳动强度、提高单进水平、提升安全系数出发，向着“科技化减人、自动化换人、智能化无人”的方向不断迈进，力求实现掘进施工的安全高效。郭刚带领团队，针对大海则煤矿复杂地质条件下大断面煤巷，围绕掘锚系统与围岩多体耦合机理，多感知元件融合的精确定位定向算法，面向多任务的掘支运输多机协同控制方法等科学问题，攻克巷道分步分级支护施工技术、掘锚一体机位姿精确检测与导航技术、多机协同控制技术、远程集中操控、故障自诊断与寿命预测等关键技术，经过42天的连续日夜奋战，以工作面整体为控制对象，打造中煤智掘集控平台，构建“以工作面自动控制为主，集控远程干预为辅”的智能化掘进模式，实现自动截割、远程可视化操控、一键式自动钻孔，截割滚筒相对于掘锚机机身定位精度 $\leq 0.03^\circ$ ，掘锚机机身定位精度每20 m相对误差



图3 5G通信系统设备调试



图4 5G 700M&2.6通信测试

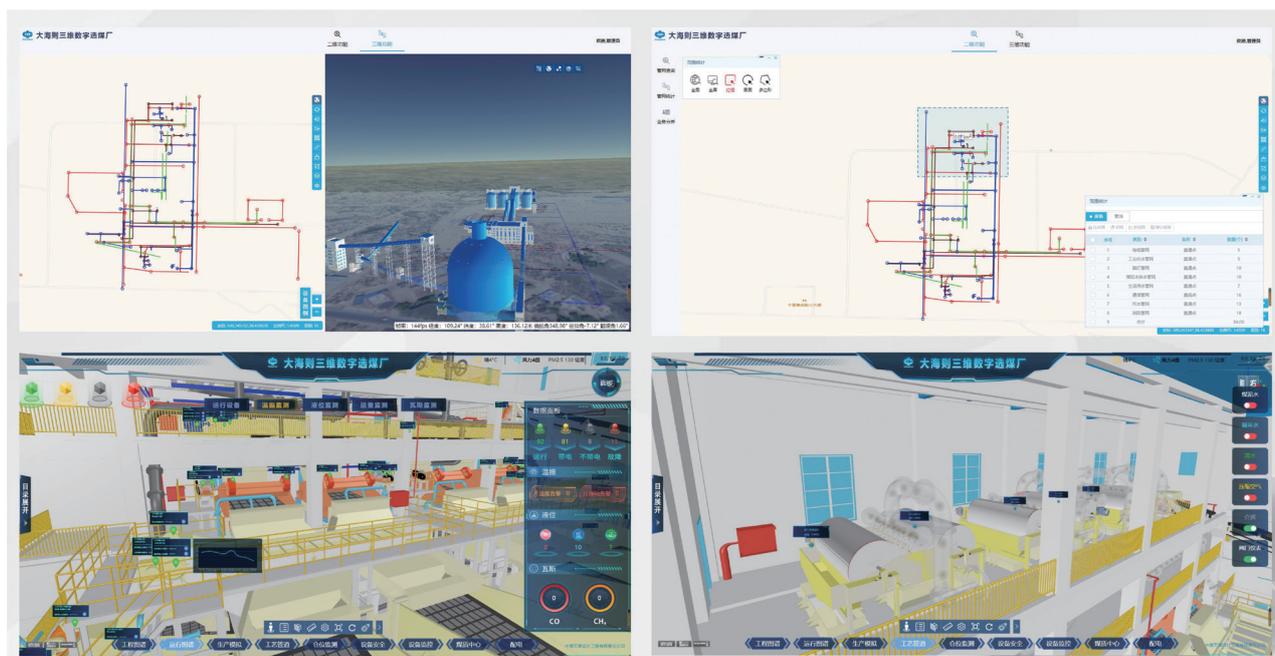


图5 智能选煤厂BIM三维可视化

不超过5 m；巷道自动截割成形边界控制精度每20 m 相对误差不超过8 m；巷道掘进月单进水平最高达到1 000 m。

2020年2月25日，国家能源局、国家矿山安全监察局等八部委联合下发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》（发改能源〔2020〕283号），标志着在国家的统一指导下，煤矿及选煤厂智能化进入高速发展实施阶段。大海则煤矿选煤厂秉承顶层

设计原则，打造选煤厂生产全流程智能化应用，郭刚深知任务艰巨、责任重大，不敢丝毫松懈，坚决要打赢选煤厂“智”造战，他带领团队深入一线，针对选煤厂生产业务，分析选煤厂生产过程中存在的生产痛点和现场岗位工工作特点，对每个环节反复测试、调试，不断优化提升，直到超过预期目标，功夫不负有心人，经过团队的日夜努力，攻克了智能选煤厂BIM三维可视化、重介分选精确控制



图6 智能采制化调试



图7 井筒巡检机器人调试

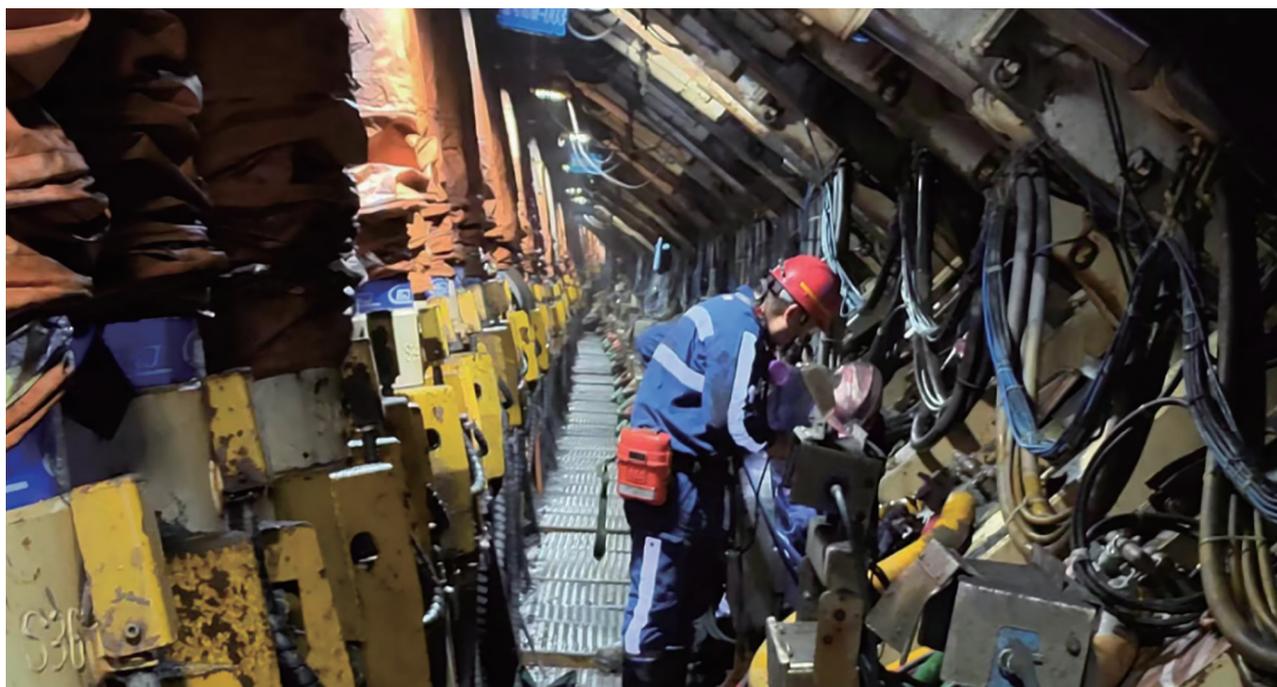


图8 郭刚在20101工作面进行智能化调试

模型、介质智能化添加、智能采制化、智能浓缩等关键技术，实现煤炭洗选加工、采制化、装车全流程“无人化”，选煤厂自动运行、自主调节、智能决策以及生产全过程三维数字孪生再造，实现24 h无间断生产运行，将大海则煤矿选煤厂打造成为安全、高效、绿色、舒适的人性化智能选煤厂。郭刚结合本次建设，形成具有中煤“特色”的一套选煤厂智能化建设架构体系和技术标准，为中煤集团的智能化选煤厂建设奠定基础。

大海则煤矿智能化系统遍地开花，业务数据量得到爆炸性增长，针对智能化业务系统较多、数据量大、数据类型多、数据间交互复杂的问题，为确保数据的质量、可用性、可集成性、安全性和易用性，郭刚带领团队进行深入梳理、研究、探讨，制定了大海则煤矿业务数据标准，通过建设数据湖软件平台，搭建数据湖存储环境实现相关业务数据的集成入湖，建立数据管控服务体系，为工业互联网平台提供数据支撑，数据平台采用数据融合、数据处理、数据赋能，最终让数据反哺业务，实现智能 workflow，打破部门壁垒，及时预警、精准预测、简化和规范数据的使用提取流程，很大程度上提升了煤矿数据交互的效率。

煤矿机器人是推动煤炭行业智能化的关键一环，为了确保机器人的先进性、实用性，郭刚组织技术团队去清华大学、中煤科工集团沈阳研究院等单位调研学习煤矿机器人先进技术，针对大海则煤矿实际应用场景，建设了一套智能机器人集群，包括智能井筒巡检机器人、智能喷浆机器人、自动化辅助接管机器人、智能无人机巡检机器人、应急侦测救援机器人，实现对井筒罐道螺栓松动、罐道间距、井筒内温度等异常情况进行实时检测；实现对井下170~370 mm管路的自动化抓取、安装、拆卸；实现井下湿式自动化喷浆作业，最大喷浆高度7 m，最大喷浆宽度10 m；实现对矿区采空区、铁路沿线、高压沿线等区域异常检测及事故预警；实现机器人超前探测，提前感知危险区域环境及有害气体情况。机器人集群的建设为煤矿安全生产、减人提效、降低工人劳动强度提供有力支撑。

郭刚同志坚信要成功一项事业，必须做细、做实、做精，敢于拼搏、敢于创新。在具体的工作中历练能成事的真本领，锻造敢担当的宽肩膀，他敬业求索、实干笃行，凝众心集众智，在大海则煤矿智能化建设的历程中，作出不可磨灭的贡献。

■ 责任编辑：李艾酥