

中国工程院院士王国法：

煤矿智能化进入攻坚阶段，七大问题待解

■本报记者 李玲

从最初的炮采到后来的普通机械化开采、综合机械化开采，再到如今的智能化开采，历经几十年的迭代发展，我国煤炭开采方式正加快迎来新一轮变革。

2020年2月，国家发改委等八部门联合发布《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》(以下简称《指导意见》)，按下我国煤矿智能化建设“快进键”。

中国工程院院士、中国煤炭科工集团首席科学家王国法日前表示，当前我国煤矿智能化建设成效显著，形成了一批可推广、可复制的经验，但若要进一步推动全面、更高水平的智能化建设，仍有七大共性问题需要解决。

■ 智能化建设成效显著

在王国法看来，煤矿智能化是由新一代信息技术引发的煤炭生产方式变革与价值体系重构，推动煤炭行业实现以安全、高效、绿色、智能为特征的高质量发展。

近年来，煤矿智能化建设越来越受到重视。2020年2月，国家发改委等八部门联合发布《指导意见》，要求加快工业互联网和车联网、现代通信技术、云计算、大数据、人工智能、虚拟现实等现代信息技术在煤炭工业领域的推广应用。今年6月，国家能源局印发《关于进一步加快煤矿智能化建设促进煤炭高质量发展的通知》，提出大型煤矿要加快智能化改造，到2025年年底前建成单个或多个系统智能化，具备条



王国法

件的要实现采掘系统智能化。

国家能源局公布的数据显示，截至今年4月底，全国累计建成智能化采煤工作面1922个，智能化掘进工作面2154个。煤矿智能化建设已完成投资1080亿元。

“自2020年八部委发布《指导意见》以来，我国煤矿智能化进入快速发展阶段。由大型煤炭企业带头，建设了一批智能化示范煤矿。目前，国家首批70处智能化示范煤矿已通过验收，大部分是一类和二类煤矿，多数煤矿的验收结果达到中级智能化水平，这基本反映了我国煤矿智能化建设的现状。”王国法表示，首批70处智能化煤矿建设示范企业走在全国煤矿智能化建设的第一方阵，验收过程中发现智能化建设任务中的基本项目(中级智能化)已经完成，形成了一批成功的可推广、可复制的经验、技术与装备。

具体来看，王国法指出，我国煤矿智能化建设与技术创新相互推进，煤矿高可靠融合通信系统、工业互联网平台、智能化综合管控平台等先进技术得到广泛推广应用，供配电系统、主煤流运输系统、供排水系统等实现了常态化无人值守作业，智能采掘系统、智能辅助运输系统，煤矿机器人、露天矿卡无人驾驶系统等取得了积极进展，煤矿智能化技术装备国产化、成套化水平明显提升，初步形成了适用于不同煤层赋存条件的智能化煤矿建设模式，减人、增安、提效成果显著。

■ 攻坚阶段仍存技术难题

“当前，煤矿智能化高质量建设进入攻坚阶段，要推进向全面的、更高水平的智能化建设迈进，还有很多技术难题要解决。我们已经对井工煤矿10大系统、露天煤矿系统、选煤厂系统共12大系统各自梳理出存在的100项技术难题，对这些难题逐一进行攻关，是下一阶段的任务，需要下大力气。”王国法指出。

王国法表示，新形势下能源安全与矿山智能化建设面临新要求、新挑战，重大技术变革中认识和理念仍存在冲突，智能矿山数字化生态脆弱，技术装备短板和产业链瓶颈仍存，还有智能化效率和效益问题、发展不平衡问题，数字通信标准统一与市场公平竞争问题、环保硬约束问题、高端人才匮乏问题、政策与机制问题等，都是目前

智能化建设面临的挑战。

基于当前发展现状，王国法指出煤矿智能化建设需要解决七大共性问题：一是如何加快培育智能矿山数字化生态；二是如何实现薄煤层智能化高效开采；三是如何实现冲击压等复杂煤层安全高效智能开采；四是如何实现智能化建设高质量上水平；五是如何提高智能安全保障；六是如何提高露天煤矿大型化、智能化水平；七是如何适应低碳要求。

以智能矿山数字化建设为例，王国法称：“智能矿山数字化现状偏重矿山生产运营阶段，对设计建设阶段、运销市场两端融合不够，正向设计缺失，导致矿山全生命周期数字化不连续、不一致、不充分，全生命周期数据积累不足。此外，现有智能矿山数字化主要按业务域条块分割，系统各自为政，未从矿山智能化建设全要素技术链、技术发展图谱进行系统布局，导致智能矿山建设中重硬件轻软件、重系统轻数据、持续规模迭代进化后劲不足等问题。”

■ 煤炭行业发展的必由之路

王国法认为，新一轮煤矿智能化变革是新时代煤炭行业发展的必由之路，最首要的是需要煤炭行业统一认识，形成内生动力。

“煤矿智能化是一个迭代发展进步的过程，不是一次性工程，而是一项复杂的系统工程。”王国法表示，需构建矿山全生命

周期、全产业链、全要素的数字化生态，打通从矿山智能化建设到全产业链数字化转型发展路径，形成以“数据驱动”为核心的系统智能化柔性生产供给运行模式。

在推动煤矿智能化建设高质量上水平方面，王国法指出，要攻克井下智能化共性关键技术，实现协同发展，提高多系统耦合可靠性，形成模块化、系统化、标准化的智能化系统模式，推进系统智能与人文智慧融合的智慧生态建设。在薄煤层无人化高效智能开采方面，要创新总体解决方案，研发应用关键设备和技术，由“可视远程干预模式”向“智能自适应模式”迈进。在露天煤矿大型化、智能化建设方面，要扩大半连续、连续化智能开采工艺应用范围、解决露天矿传统设计与卡车无人驾驶作业的“五个不适应”，推动露天矿智能化常态化运行。

“煤矿智能化建设的方向就是向着产业的高端化、绿色化、智能化发展，最基本的目标是实现减人、增安、提效，为企业创造价值，为煤矿职工创造福祉。要改变煤炭传统的生产方式，使煤矿职工能够像IT等新技术行业一样，穿着西装扎着领带上班，这是煤炭职工的梦想，也是智能化建设的目标之一。从技术方向上，不断完善智能化技术体系和保障能力，最大限度减少一线作业人员数量，把工人从繁重、危险的劳动场景中解放出来。另外，用智能化支撑绿色开采，解决绿色开采中效率低、效益差的问题，使煤炭的开发更高效、更绿色。”王国法说。

内蒙古煤矿智能化建设走在全国前列

本报讯 记者卢奇秀报道：10月9日，内蒙古自治区煤矿智能化建设工作现场推进会在鄂尔多斯市召开。会议指出，全区煤炭产业经过几十年的发展，煤矿生产技术水平显著提高，采煤工艺经历了人工挖煤、炮采、机械化开采、智能化采煤。目前，全区煤炭开采机械化率达到100%。智能化建设走在全国前列，约60%的在产煤矿完成智能化建设，占在产煤矿产能84%，智能化煤矿数量、产能均居全国第一，正在运行的智能化采掘工作面255个，43处露天煤矿开展无人驾驶试验，无人驾驶车辆达到344台。在智能化建设过程中，产生了一批技术领先、安全可靠、可复制的智能化建设先进经验。

国能准能集团党委委员、副总经理杨胜利介绍，国家能源集团是中央骨干能源企业，煤炭产销量、发电量、供热量、煤炭运量分别占全国的1/6、1/7、1/8、1/9。准能集团作为国家能源煤炭板块主力生产单位，年生产能力6900万吨，是单坑产量位于行业前列的大型露天煤炭企业。近年来，准能集团深入推进矿山智能化建设，推动矿山安全治理模式向事前预防转型。在智能穿爆方面，利用数字化采矿设计软件、爆破综合处理系统，以及远程操控钻机、炮孔智能测量机器人、智能装药车等设备，实现了自动布孔、精准装药、微差爆破等智能穿爆功能，减少验孔工16人，提高生产效率30%，保证穿、爆全过程少人、安全、精准作业；在智能洗选方面，建立国内首个千万吨级选煤厂成套数据标准，填补选煤行业空白。首次实现千万吨级跳汰洗选系统全流程智能控制，跳汰机故障报警准确率达到99%以上，现场巡视工作量减少50%以上。

龙王沟煤矿是大唐集团第一个千万吨级现代化矿井，矿井年生产能力1500万吨，是国家特级安全高效矿井、国家首批智能化示范煤矿。龙王沟煤矿相关人士介绍，龙王沟煤矿聚焦“建设全国一流智慧矿山”总体目标，大力推进数字化智能化科技创新工作，先后建成智能综放、智能掘进等十大类98个智能化子系统，主要机电硐室实现无人值守，主要生产经营环节实现减人提效，主要危重作业实现机器替代，矿井劳动定员减少56%，产能增加50%，成为全国第一批47处智能化中级示范煤矿。

当前，能源技术正以前所未有的速度更新迭代，推动煤矿智能化建设、促进煤炭产业转型升级升级，既是煤矿稳产增供、提质增效的现实所需，更是煤炭工业高质量发展的长远之计。会议强调，要深刻认识煤矿智能化建设重大意义，在国家“减人、提效、增安”的总要求基础上，坚持问题导向、目标导向，重点抓好四方面任务：一是明确建设目标，推动煤矿智能化向更大范围、更深层次、更高质量发展；二是加快提档升级，2025年底，I类井工煤矿和服务年限超10年的大型露天煤矿要完成智能化提档升级；三是创新建设模式，因地制宜探索适合本地区、本企业的智能化建设模式；四是强化研发运用，运用好“揭榜挂帅”等方式，引导煤矿企业和社会力量联合开展技术攻关。

杨胜利介绍，下一步，准能集团将全面推进无人作业模式、打通智能爆破、智能采剥、无人驾驶、智能辅助等工艺链，建立完整的智能化露天煤矿生产作业体系，力争建成露天矿“423”生产模式(即：穿采运排4工艺环节、采剥2亿立方、坑下作业300人的模式)，推动煤矿智能化建设再上新台阶，为露天矿山行业发展提供“准能方案”。

龙王沟煤矿相关人士表示，龙王沟煤矿将坚持“实际、实用、实效”原则，加强智能化系统提档升级和常态化运行动态达标，打造国内一流智能化系统常态化运行标杆矿井，围绕网络安全、大数据分析、人工智能识别、机器人应用、数据治理、智能控制等六大领域开展技术攻关，全面打造少人无人、安全可靠的智慧矿山，持续提升矿井本质安全水平，为内蒙古煤炭行业高质量发展贡献积极力量。

全面推进绿色矿山建设——

煤矿向“绿”而行展新颜

■本报记者 李玲 实习记者 杨沐岩



图为国家电投内蒙古公司北露天煤矿。

自然资源部相关负责人近日表示，当前我国绿色矿山建设稳步推进，累计建成1000多家国家级绿色矿山、3100多家省级绿色矿山。

作为矿业领域推进生态文明建设的重要实践，绿色矿山建设在促进资源节约和高效利用、生态修复治理等方面意义重大。对于煤炭行业来说，绿色矿山建设更是推动行业绿色、高质量、可持续发展的重要抓手。

经过十余年的努力，我国绿色矿山建设从“试点探索”到“全面推进”，“单点矿山”到“面状示范区”，在矿区生态修复、节能减排、提升资源利用效率、协调资源开发与生态保护等方面取得了显著成效。

■ 矿区“变身”生态示范园

2010年8月，原国土资源部印发《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见》后，我国绿色矿山建设步伐加快。2017年5月，原国土资源部等六部门联合印发《关于加快建设绿色矿山的实施意见》，要求新建矿山全部达到绿色矿山建设要求，生产矿山加快改造升级，逐步达到要求。今年4月，自然资源部等部门联合印发《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》，要求全面推进绿色矿山建设，加快矿业绿色低碳转型发展。

“上世纪七八十年代，煤层埋藏较浅、采高较小、工作面推进较慢。本世纪以来，采矿技术主要为超长面高强度综采，其采高大、推进快、采面大，高效开采矿井面临采场矿压大、覆岩保水难、瓦斯灾害多、生态破坏重等新问题。”国际矿山测量协会主席、中国矿业大学教授黄乐亭表示。

一系列顶层设计推动下，我国煤炭企业在绿色矿山建设方面取得一定成就，塌陷地复垦、推广节能减排技术、提高资源利用率、减少污染物排放等具体措施正逐步推广。

金灿灿的日光菊、清浅优雅的紫花苜蓿、肆意绽放的格桑花、翠绿欲滴的松树，摇曳着红色枝条的荆条……这是初秋时节国家电投内蒙古公司北露天煤矿排土场上的色彩斑斓之景。“修复后的矿山如同一座城市后花园，在露天矿和城区之间形成一道绿色屏障，附近居民推窗见绿，走出家门不远就是矿山的花草树木，北露天煤矿已经成为工业旅游的一个景点，不少游客慕名而来。”北露天煤矿矿长、党委副书记贺希格图表示。

在江苏省徐州市，矿地融合的“贾汪模式”依托矿产开发与土地利用统筹规划，实现城、矿、乡三位一体协同发展。徐州市潘安湖、安国湿地等煤矿塌陷区生态修复正是矿地融合模式的典型案例。

近年来，煤炭企业通过加大矿区地质环境恢复和生态修复力度，创建国家矿山公园、国家湿地公园、工业遗址公园，探索构建“工业+旅游”“工业+现代农牧业”“工业+乡村振兴”等多位一体循环发展新模式，全国一大批采煤塌陷区和露天排土场环境治理工程逐渐显现

出生态效应，矿区天更蓝、地更绿、水更清、产业更繁荣。

■ 清洁生产推动降碳、减污、扩绿

绿色矿山建设不是简单的“披绿”，在“双碳”背景下，绿色节能低碳开采也是许多煤矿绿色化建设的重要内容。

中国煤炭工业协会发布的《2023煤炭行业发展年度报告》(以下简称《报告》)指出，煤炭企业大力推进清洁生产、绿色制造，协同推进降碳、减污、扩绿、增长。2023年，原煤生产综合能耗为9千克标煤/吨，同比下降7.2个百分点，充填开采、保水开采、煤气共采、煤水共采等绿色开发技术应用范围不断拓展。

在国家电投内蒙古公司北露天煤矿，30台60吨电驱矿卡繁忙奔走，这些矿用重卡使用的部分电能就来自不远处排土场上的风力发电机。通过使用绿色能源辅助煤炭资源开采、运输等环节，煤炭生产更低碳。一些世界领先的“巨无霸”陆续在内蒙古公司南露天矿诞生——世界首台120吨级纯电动矿用自卸车、全国首台/套百吨级氢燃料电池与锂电池混合动力矿用自卸车、蒙东地区首座配套换电站与换电宽体矿用自卸车。这些“最大”“首例”“首台”的不断尝试，加速了绿色矿山的建设步伐。

绿色节能低碳开采同样在准能集团上演。据准能集团相关负责人介绍，该集团高台阶抛掷爆破、吊斗铲倒堆工艺技术属国内独有，每年可节约2万多吨标准煤，减少运输剥离物超1500万方，资源回采率长期保持在98%以上。同时，准能集团也优化矿卡发动机和电控系统参数，实施矿用大马力柴油机柴油混合氢气、氧气燃烧节油减排等项目，吨煤生产综合能耗控制在3.3千克标准煤以内，低于8.2千克标准煤的露天开采行业限额。

中国矿业大学碳中和研究院副教授梁俊峰此前在接受《中国能源报》记者采访时介绍：“近几年为了充分利用采煤沉陷区的规划空间，很多高潜水位采煤沉陷区积水区还开发了水下养鱼、水上发电的‘渔光互补’产业

模式，把采煤沉陷区的‘生态包袱’转变成为‘绿色能源’。”

■ 废物资源化利用有“妙方”

煤炭开采过程中会产生大量矿井水和固体废弃物，如何减少废弃物排放，同时实现矿井水和固废资源化利用，也是近年来煤炭企业推动绿色矿山建设的重要实践。

以国家能源集团神东煤炭集团为例，通过采用煤矿地下水库技术，在大柳塔煤矿建成了世界首个井工煤矿分布式地下水库群，储水量达710万立方米；目前，神东煤炭集团在矿区累计建成35座地下水库，最大储水量约3500万立方米，为矿区生产、生活、灌溉及周边产业供水超7000万立方米/年。

据不完全统计，在鄂尔多斯和榆林等水资源匮乏的地区，煤矿地下水库技术已经在47座煤矿得到广泛应用，并成为工业用水和生活用水的主要水源。

煤矸石是煤矿行业的工业固废，如何消纳处置煤矸石，一直是我国煤矿行业绿色发展绕不开的课题。

在我国能源生产大省陕西，煤矸石利用有新解。陕西能源凉水井矿业有限责任公司的矸石井下充填项目于日前开工，项目通过将煤矸石多级破碎，智能调配矸石粉料，精确配给疏干水和胶凝材料，制成浆体，利用充填工业泵和管道输送至井下采空区。该项目首次将防堵管、免洗管、充填固结等一系列国际领先技术应用到大型矸石注浆充填系统，不仅能够有效解决矸石问题，还能实现二氧化碳的封存。

在陕煤集团小保当矿业公司，全国最大智能化矸石充填系统正在运行，一块块煤矸石经过粉碎、注水处理和长距离充填管道输送等流程，回到地层深处。

煤矿循环经济稳步发展，资源综合利用水平和效率不断提升。数据显示，2023年，我国大型煤炭企业原煤入洗率69%，矿井水综合利用率、煤矸石综合利用处置率、土地复垦率分别为74.6%、73.6%、57.9%。