

能源最深度

我国煤炭开采迈入高端智能化

■本报记者 苏南 人民日报记者 邓剑洋

穿好橙黄色煤矿井下作业服,坐上防爆柴油机无轨胶轮车,驶入辅运平洞,下坡、直行、转弯,深入地层腹地,两侧巷道管线排布有序,40分钟左右即平稳抵达位于陕西省榆林市的锦界煤矿采煤工作面。随着作业人员按下一键启动按钮,采煤机瞬间启动,巨大的滚筒开始旋转,沿着煤壁切割,乌黑的煤炭如流水般落下。这是现代煤矿井下作业的生动场景。

曾经靠人力挖掘的煤矿开采,如今已迈向智能化、高端化。站在“十五五”新起点,我国煤炭开采从粗放经营迈入高端生产,煤炭行业正经历一场深刻的生产力蜕变。

智能化产能超65%

国家发展改革委、国家能源局近日公布的《煤炭工业发展“十五五”规划》提出,安全绿色开发和清洁高效利用水平明显提高,全系统智能化建设深入推进,智能化煤矿产能比例提升至75%。

中国煤炭工业协会日前发布的《2025煤炭行业发展年度报告》(以下简称《报告》)显示,截至2025年底,全国已建成智能化煤矿1066处,智能化产能占比超过65%。全国煤炭采选业固定资产投资累计完成2.73万亿元、年均增速达到12.6%,以曹家滩煤矿、首山焦化选煤厂为代表的一大批安全高效智能化煤矿和选煤厂建成投产,煤炭先进产能持续增长。

目前,煤矿智能化建设实现由示范引领到规模推广的阶段。煤炭行业人工智能技术应用正快速推进,广泛应用于煤矿生产经营、安全监管、设备运维等各领域。露天矿无人驾驶技术应用也在快速推广。据不完全统计,截至2025年末,国内在运无人驾驶矿卡数量突破4000台,基本实现年均倍速增长。

据中国煤炭工业协会调查数据,“十四五”时期,煤炭行业信息技术产业蓬勃发展,累计营收规模达到千亿元,年均增速达到16%,研发投入年均增速达到18%。

智能化、信息化,是“十五五”时期我国煤炭转型升级的核心方向。

走进国内首个煤矿万亿级工业生产数据仓库——锦界煤矿调度集控中心,巨幅屏幕实时显示井下各项生产数据。“我们依托企业级5G专网,打通井上下的‘信息高速公路’。规模化、智能化、集约化开采在31416超长综采工作面表现得淋漓尽致。这个工作面长444.1米、推进距离1541米、平均采高3.2米,配套使用大功率国产采煤机、变频三机及高性能液压支架。”锦界煤矿原矿长、国能神东煤炭集团生产管理部经理高登云告诉《中国能源报》记者,“百米深的井下,采煤机左右滚筒深切入煤壁割煤,单次截深0.865米,该工作面为超长工作面,它有效减少割三角煤次数,大幅提升采煤效率。过去,薄煤层机械化程度低、开采成本高、产出效率低,采厚弃薄现象普



图为国能神东煤炭上湾煤矿智能大采高综采工作面,液压支架撑起的钢铁脊梁,可通过定位系统实现自动跟机移架、推溜动作、压力控制等协同作业功能,让矿工采煤更安全、更高效。 肖勇/摄

图为国能神东煤炭大柳塔煤矿智能“太空舱”通过5G网络和数字孪生技术,可在地面内实现远程操控,操作员只需轻点按钮即可精准指令采煤机进行自主割煤、自动移架等动作,适配薄煤层工作面等特殊地质条件下的无人化开采。 肖勇/摄

遍,如今技术进步改写了这类‘沉睡’资源的命运。”

锦界煤矿是国能神东煤炭集团智能化全景图的缩影。目前,神东煤矿智能化技术已实现100%覆盖。其中,大柳塔煤矿通过国家首批智能化示范煤矿验收,公司13个矿、14井均通过陕西、内蒙古、山西省组织的智能化验收。神东累计建成29个智能化综采工作面。

从国家到地方,均在引导煤炭开采向智能化领域转型。以内蒙古鄂尔多斯市为例,截至目前,该市已累计建成智能化煤矿158座,智能化产能占比达87%,露天煤矿应用无人驾驶车辆195台;累计建成智能化采掘工作面511处,建成国家智能化示范煤矿9座。

开采技术实现领跑

《报告》显示,全国原煤产量连续跨越41亿吨、45亿吨、47亿吨台阶,2025年再创历史新高,达到48.5亿吨,比2020年增加9.5亿吨。5年来,全国累计生产原煤约230亿吨,约占全国一次能源生产总量的65%,煤炭消费约占能源消费总量的54%。

产量不断创新高,离不开煤炭开采技术的持续创新。《报告》显示,煤机装备制造加速向高端化、智能化、绿色化跃升。其中,智能综采工作面成套装备技术不断刷新世界纪录,超大功率智能采煤机功率全球领先,“煤海蛟龙”开创智能掘进新模式,极薄煤层智能采煤机填补国内空白,国产矿用卡车载重突破300吨级大关,大功率长运距智能刮板输送机全部实现国产化。

以陕西老矿区资源枯竭后的接续矿

井——曹家滩煤矿为例,从2012年谋划、2018年投产至今,仅用短短数年时间便重新定义现代煤炭开采极限——全矿不到1100人,年产煤炭高达2500万吨,人均效率高达2万吨/年,远超全国平均水平。

“煤炭开采,讲究‘天人合一’,地质条件决定开采方式。曹家滩煤矿的主采煤层平均厚度是惊人的10米,而且近水平、埋深浅、瓦斯含量极低,堪称极品煤矿,但这份‘厚礼’也曾让我们陷入两难。”陕煤集团曹家滩煤矿董事长李增林对《中国能源报》记者坦言,过去开采10米的特厚煤层,传统做法围绕分层开采和放顶煤开采两大体系,分层开采效率低下,工序繁琐;放顶煤开采,虽然效率稍高,但煤炭回收率只能达到85%左右。“这意味着10米的煤层中,大约有1.5米的优质煤炭被当作煤矸石遗弃在采空区。”

曹家滩煤发热量在5800大卡以上,洗选后高达6200大卡,是珍贵的化工用煤。煤扔到采空区,是巨大的经济浪费。面对优质资源的流失,曹家滩煤矿决定,必须攻克10米一次采全高的世界级难题。

在此之前,国内一次采全高的极限是8.8米,10米在全球范围内尚属空白。每增加1米,矿压管理、装备制造等难度指数级增加。“从0到1”,曹家滩煤矿联合中科工及院士团队,成功打造出煤炭工作阻力29900千牛、中心距2.4米的全球最大液压支架,实现全套装备100%国产化。这一突破,带来震撼的经济与资源效益——工作面回采率直接提升10%以上,单面多回收煤炭225万吨,直接增加营收12亿元。

在小保当煤矿二号矿井,“全国产化”革命也在悄然上演。

“我们二号矿井用采煤机、支架、运输机

都是全国产制造。”陕西小保当矿业有限公司党委副书记、总经理薛晓强告诉《中国能源报》记者,“最初国产设备确实经历了阵痛期,稳定性不及进口品牌。但我们与国内制造商深度磨合,不断迭代升级,投资20亿元蹚出一条我国煤矿装备自主可控的道路。如今,连快速掘进设备也从过去依赖进口,换成了国产盾构机,月进尺从不到100米飙升到600米。”

从8.8米到10米,从进口到国产,煤炭科技已实现从跟踪、模仿到部分领域并跑、领跑的转变,而且并跑、领跑范围逐渐扩大。

如今,煤炭行业科技创新资源布局持续优化。截至2025年年底,煤炭行业共建成全国重点实验室17家、国家工程研究中心18家,建成一批行业和省部级研发平台。千米深井围岩控制理论、煤矿灾害防治基础理论、煤矿区生态修复理论研究取得重要进展,超大采高智能综采、露天煤矿机器人化高效采运、干湿法联合动力煤分选、深部冻结法凿井等一批技术达到国际领先水平。

实现“穿着西装采煤”

随着大力建设智能化煤矿,推进“机械化换人、自动化减人”,加快煤矿安全改造升级,煤炭行业安全基础设施条件大幅改善,煤矿安全治理体系和治理能力现代化显著提升。2025年,全国煤矿百万吨死亡率下降至0.045。

以小保当煤矿为例,5G网络如同神经网络贯穿井下始终。昔日发轫中央变电所和水泵房每班需要2人值守,如今轮式和轨道式巡检机器人替代人工,2小时自动巡检一次,发现温度异常或开关故障即时

预警,实现“无人值守、有人巡检”。6公里的顺槽排水系统,过去需要6个人三班倒,现在只需1人在地面操作即可完成。

以曹家滩煤矿井下皮带运输为例,过去一条万米皮带,需要二三十人沿线巡视检修;如今,只需3—5人坐在地面,通过摄像头和机器人即可掌控全局。在核心综采工作面,传统场景需要十几人操作,如今仅需几个人。智能化设备不仅自动完成割煤、推溜、移架,还能根据煤炭岩分布自动调整参数,实现从机械化换人到智能化少人的跨越。

“智能开采除了提效,还做到‘少人则安’。”李增林表示,井下环境复杂,少1个人下井,就多一分安全保障。目前,井下生产班单井下井人数已控制在200人以内,而在同等产能的传统矿井,这一数字至少需要五六百人。

面向未来,曹家滩煤矿已将目光投向人工智能。“硬件设备的智能化已经大同小异,未来的核心在于‘大脑’。”曹家滩煤矿相关负责人介绍,该煤矿正着手打造矿山AI大模型,配合多个垂直领域的小模型,赋能矿井全生命周期。在安全生产上,AI将承担起“电子矿长”的职责;在设备管理上,从事后维修转向预防性检修。

智能化建设,5G广泛应用,使我国煤炭生产加速向“少人则安”“无人操作”转型。“十五五”时期,煤炭行业将锚定更高水平的智能化与安全生产目标,推动煤矿由“少人则安”向“无人则安”跨越。随着人工智能大模型、数字孪生等技术与煤炭深度融合,智能化将从单一的综采面拓展至矿井全生命周期的系统级协同,未来“电子矿长”将全面接管安全监管,实现煤矿精准预测与超前治理。

新疆建成全国规模最大省级750千伏主干电网

本报讯 8月27日,随着南疆喀什2×66万千瓦煤电750千伏送出工程投运,新疆750千伏输电线路总长度达到15030.05千米,相当于乌鲁木齐至北京直线距离的6倍。新疆成为全国750千伏变电站数量最多、线路里程最长的省区,建成全国规模最大省级750千伏主干电网。

新疆能源资源与用电负荷呈现“北富南缺、东多西少”逆向分布特点,750千伏骨干电网从根本上破解区域电力供需时空矛盾,重塑全疆电力发展格局。依托坚强网架,北疆火电、东疆风光、南疆光伏实现全域互济,南北疆输电断面能力大幅提升,东疆输电断面跨入千万千瓦级,扭转了过去南疆供电能力不足、电压质量不稳的状况,全疆供电保障水平持续提高。截至目前,新疆建成750千伏变电站39座、线路120条,电网南北跨度3300千米、东西跨度

2200千米,全域能源资源配置效能持续释放。

1.5万多千米750千伏线路穿越戈壁沙漠、崇山峻岭,自然环境复杂,运维保障任务艰巨。国网新疆电力坚持科技赋能、智能运维,全面推行“立体巡检+集中监控”一体化运维模式,以数字化、智能化手段保障大电网安全稳定运行。目前,新疆750千伏输电线路实现无人机自主巡检全覆盖,依托直升机巡检、无人机自主巡航、智能在线监测、AI智能分析等多元技术,获批248条电力专用航巡航线,年均完成输电巡视里程36万千米。

据了解,依托持续完善的750千伏骨干网架,新疆已形成“内供八环网、外送五通道”的主网架格局。内部八大环网实现天山南北电网紧密互联,供需互济;外部依托三条特高压直流、两条外送交流通道,持续将新疆清洁能源输送至全国市场,成为国家能源保供和绿色低碳转

型的重要支撑。

当前,新疆跨区输电能力达3300万千瓦,绿电外送规模持续扩大。截至今年7月底,新疆累计外送电量突破1.1万亿千瓦时,新能源外送电量占比近三成。今年1—7月,疆电外送电量969.55亿千瓦时,同比增长23.12%,创历史同期新高。其中,新能源外送电量366.64亿千瓦时,同比增长41.56%,新能源外送占比达37.82%,等效节约标准煤1109万吨、减排二氧化碳2994万吨,清洁能源覆盖23个省(区)市。

立足“十五五”开局起步,依托新型电力系统建设规划指引,国网新疆电力持续加快超特高压电网提档升级,全力推动新疆由能源大区向能源强区跨越。今年将统筹推进38项超高压、特高压电网新建及续建工程,计划新开工11项,新建750千伏线路1917千米、新增变电容量2550万千瓦安。

今年6月,将军庙750千伏工程并网送电,天山东环网实现从“口字型”到“日字型”双环网升级,东疆跨区电力交换能力提升至1200万千瓦,建成千万千瓦级输电大通道,强力支撑吉泉直流外送和区域新能源规模化开发消纳。当前,伊犁—库车、和田—民丰—且末—若羌Ⅱ回750千伏工程有序开展铁塔组立工作,若羌—羚羊750千伏外送交流通道推进导线展放,三塘湖—玫瑰泉750千伏工程进入竣工验收阶段,系列重点工程将持续补强全疆主干网架。

目前,新疆已有2条特高压直流外送通道纳入规划,1条特高压直流项目开展前期论证。预计到2030年,新疆将建成“三交六直”外送主网架,疆电外送能力提升至6000万千瓦。未来,一张超特高压交直流混联、内供外送协同联动的坚强骨干电网将全面成形。

(滚滦 杨迎洲 于国康 赵明宇)



图为南疆喀什2×66万千瓦煤电750千伏送出工程。阿卜杜热扎克·吐尔逊艾力/摄

上半年煤电发电占比首降至50%以下

本报讯 记者苏南报道“今年上半年,全国煤电发电量为2.5万亿千瓦时,占总发电量的比重降至49.7%,历史上首次低于50%。”国家发展改革委政策研究室副主任、委新闻发言人李超8月28日在国家发展改革委8月份新闻发布会上表示,这是我国长期以来持续推进非化石能源替代的阶段性成果,彰显我国持续推动能源清洁低碳转型的积极成效。

李超介绍,在各类主要电源中,煤电技术相对成熟、成本相对较低、功能较为全面,在顶峰保供、极端天气等关键时刻,可以快速响应、稳定出力。“十五五”时期,煤电仍将是保障电力安全稳定供应、促进新能源消纳的重要支撑。国家发展改革委将会同有关方面,按照“增容量、控电量、促转型”的要求,合理控制煤电装机和发电量,推动煤电向支撑调节性电源转型。

谈及未来煤电发展,李超表示,国家发展改革委将重点推动三方面工作:

一是在空间上,优化煤电开发布局。新增煤电项目主要用于满足大型清洁能源基地配套电源和重点地区保供需要。比如,内蒙古库布齐沙漠送电上海工程(配套)煤电项目已于近日开工,这是“十五五”时期首个开工的“沙戈荒”基地配套煤电项目。同时,今年上半年新增投产支撑调节性电源超4000万千瓦,主要集中在今年夏天出现高温大负荷的重点省份。

二是在效率上,推动煤电节能降碳。今年上半年,在我国煤电发电量占比首次低于50%的同时,全球首台发电热效率突破50%的煤电机组也在我国正式投入运营,煤电发电量占比回落的背后,是效率水平的历史性突破。将深入实施煤电行业节能降碳改造攻坚三年行动,到2028年底,煤电行业达到能效标杆水平的产能比例力争提高15个百分点,能效基准水平以下产能基本清零。

三是在系统集成上,促进煤电与新能源融合发展。改造和新建一批具有快速变负荷能力、深度调峰能力、宽负荷高效调节能力的煤电机组。“如果把煤电看作一辆汽车,就是要让它加速减速都更快、急速稳住、高低速都更省油,推动煤电与新能源发电耦合集成,在更大范围内实现一体化调控送出。同时,完善煤电容量电价机制,让煤电的调节价值得到合理回报。”李超说。