

工序繁 痛点多 需求大

我国煤炭智能掘进亟待换挡提速

■本报记者 仲蕊

山西省人民政府办公厅日前印发《全面推进煤矿智能化和煤炭工业互联网平台建设实施方案》，明确提出加快煤矿智能化建设，构建煤炭工业智能化生态体系，到2027年，全省各类煤矿基本实现智能化。

以煤炭大省山西为代表，我国煤矿智能化建设近年来全面提速，但煤矿掘进呈现地质条件复杂多变、掘进技术发展极不平衡、机械化和自动化程度低、用人多、事故多、环境差等特点，巷道掘进与支护成为煤矿自动化、智能化建设的短板。业内专家一致认为，我国煤炭掘进工作面设备智能化水平虽逐步提升，但整体智能化水平要达到像综采一样少人无人，道阻且长。

■ 掘进与采煤技术发展不同步

我国煤矿每年新掘巷道1.3万公里，居世界第一，但条件复杂，岩层、煤层厚度和发育各不相同，断层、陷落柱等不确定因素多。“相比采煤工作面，巷道掘进与支护已成为煤矿自动化、智能化建设的短板。”中国工程院院士、中煤科工开采研究院有限公司党委书记、董事长康红普近日在煤炭技术装备院士论坛上指出。

据《中国能源报》记者了解，我国煤炭以井工开采为主，井工煤矿数量占比92%，产能占比82%，需要在井下开掘大量巷道，每年掘进巷道长度相当于地球直径。同时，我国煤矿巷道还具有软岩、强震动、大变形的特点，煤系沉积岩地层强度低、围岩破碎、开采深度大。

“与综采相比，掘进更是难点，掘进工序繁多，包含截割、支护、运输、通风除尘、安全管控等工序，需要地质、安全、采矿、机电等多学科支撑。”国家能源集团神东煤炭公司智能技术中心主任崔亚仲指出，目前煤矿掘进面临掘进不能平行作业、自动化程度低、装备能力不足、缺乏协同控制、安全保障薄弱、作业环境恶劣等六大痛点。

“目前，我国煤矿采煤、掘进机械化程度分别为85%、65%，全国虽已建成1000多个智能化采掘工作面，但智能综采发展迅速、快速迭代，事实上，掘进事实仍处于机械化阶段，综掘和综采技术差距越来越大。”中国煤炭科工集团一级



资料图

首席科学家王虹表示，综掘平均月进尺仅180米，每个综采面平均月消耗巷道超过600米，全国煤矿掘进队与综采队平均配比3.1:1，仍满足不了综采需求，严重制约煤炭安全高效生产。

■ 掘进智能化需求迫切

“煤矿智能化发展对掘进和支护提出更高要求。”中国工程院院士、中国煤炭科工集团首席科学家王国法表示，智能快速掘进是煤矿智能化发展首先要突破的技术。

“我国煤矿井下掘进面约有1.6万个，掘进人员近100万人，工作面水、瓦斯、顶板、粉尘、冲击地压严重威胁人员安全。”王虹强调，智能快速掘进技术亟待与综采智能化并驾齐驱，同时提高智能化快速掘进的常态化率。

王虹进一步解释，掘进智能化为智慧矿山建设提供不可或缺的支撑，装备能力保障是智能化的前提和基础，装备须具备足够的能量储备，根据生产要求和智能系统决策提供相应匹配的执行力，如此智能化才能高效平稳推进。

“因此，掘进装备应用场景要求其必须具有高可靠性，研究需从强基、固本、健康管理、决策维护四方面突破，统筹装备效能和可靠性指标，推动掘进装备向高功率密度、高可靠性、智能化方向发展。同时，煤炭行业必须在掘进领域投入更大科研、制造、生产等力量，产学研用紧密结合。”

值得关注的是，当前我国智能掘进技术应用已取得部分成果。据崔亚仲介绍，神东煤炭集团已建成国内首套基于5G技术的连采机智能掘进系统，利用惯性导航、激光引导、光学测距等技术，实现采机自主行走、自动截割、远程干预控制等，在52个掘进工作面建成5G网络，实现全覆盖。

■ 分条件分步骤推进智能掘进

“面对巷道掘进与支护自动化、智能化发展短板，必须针对我国不同地质条件，开展有针对性的集中攻关研究，形成不同形式的快速掘进、支护技术与装备，使掘进与支护作业由依靠人工到全面机械化，再到自动化、智能化，减人提效，保

障安全。”康红普指出。

王国法认为，发展智能快速掘进，要推进掘进工作面掘支运工序全部机器人化，强化精细化自动喷涂临时支护，全流程锚索自动支护，实现锚索支护自动连续钻孔、自动喷药，锚索推入、切断和张拉等全工序自动化。

“我国煤矿巷道围岩条件复杂多变，掘进技术装备发展不平衡，巷道掘进与支护技术要实现支得住、支得快、支得省、少人化、环境好，应根据围岩稳定性、可掘性、可钻性、可锚性，分条件、分区域、分步骤发展掘进自动化、智能化。”康红普表示。

根据地质条件，康红普提出智能化掘进技术可分类发展。例如，在陕北、神东等具备稳定条件的矿区，可基本实现机械化，部分实现自动化，向智能化迈进，掘进月进尺速度在1500米至2000米，下一步发展方向是锚杆、锚索自动化施工技术，然后再提升自动化、智能化水平。在山东、淮南、平顶山条件较差的矿区，目前可主要以人工和机械施工为主，同时突破超前预测和加固技术、锚注一体化锚杆锚索自动化施工技术。

国内首台特高压直流高速开关研制成功

护航特高压多端直流工程建设运行

本报讯 5月14日，南方电网超高压公司牵头研发的±800kV直流高速开关科技成果通过中国机械工业联合会组织的产品鉴定。鉴定专家一致认为，产品整体达到国际领先水平，标志着我国首台特高压直流高速开关研制成功，比进口产品性能更优，填补了我国直流高速开关设备系列产业空白，为我国特高压多端直流工程建设运行提供坚强保障。

直流高速开关是多端直流系统的关键设备，由近千个零部件组成，是十分精密的开关电气设备。在以往两端直流工程中，普遍采用常规的隔离开关，但在多端直流工程中，直流高速开关不可或缺。

“多端直流采用直流高速开关，可提升直流系统运行的灵活性与可靠性，相较隔离开关开断时间极短。”南方电网超高压公司电力科研院领军级技术专家兼攻关项目组成员张长虹说，“隔离开关动作一次时间约24秒，无法实现第三站在线投退和故障线路快速隔离。直流高速开关动作一次仅需21毫秒，在我们不经意的起心动念间早已完成动作到位。”

据了解，目前国内使用的±800kV直流高速开关完全依赖进口，进口产品陆续出现断口湿耐受绝缘不足、小直流电流开断能力较小、操动机构动作振动大、均压环电晕明显等问题，暴露出设备在绝缘裕度、机械传动链、电弧控制等方面的不足，不仅维修成本高昂，而且维修时间不可控，是多端直流工程建设“卡脖子”的设备之一。

为啃下“硬骨头”，南方电网超高压公司联合设备厂家、科研院所等科研力量，组建跨产学研用科研攻关团队，对特高压直流高速开关开展攻关。

“我们的目标不仅是实现国产化，还要性能更优、更有竞争力。”南方电网超高压公司创新部副总经理兼攻关项目负责人吕金壮介绍，攻关团队系统分析了目前运行的高速直流开关运行工况，结合后续工程的通用性要求，对新研制的设备结构、尺寸、性能等提出了要求——性能指标全覆盖，现有工程可直接替代，后续工程留有裕度。

吕金壮介绍，研发过程十分艰辛，不仅要重点攻克内外绝缘配合、机械传动链优化、直流小电流开断、长时直流燃弧耐受等性能提升的技术难题，还要克服研发基础薄弱、考核标准缺失、疫情反复等一系列困难和挑战。

根据项目计划拟定实施方案，攻关团队制定了绝缘及开断性能、整体结构及设计定型、国产化样机研制等里程碑节点。经过22个月连续奋战，终于攻克灭弧室长时燃弧耐受能力、无震荡回路直流电流开断能力等世界级难题，最终成功研制出特高压直流高速开关设备样机并一次性通过全套试验验证。

据张长虹介绍，国内研制的±800kV直流高速开关实现多项技术突破：在提升开关断口内、外绝缘裕度方面，首次设计出用于双断口灭弧室中间悬浮电位的球形屏蔽结构，将电场强度降低70%，绝缘性能提高至1224kV/h；在直流小电流开断能力方面，研制出一种无辅助电路、直接开断直流小电流的灭弧室，开断小直流性能为50A/2kV，相较进口产品大幅提升；在提升长时直流燃弧耐受性能方面，满足4000A/400ms烧蚀5次能力要求，较进口产品提升30%。

以中国科学院院士陈维江和中国工程院院士邱爱慈领衔的产品技术鉴定专家组一致认为，国内首台±800kV直流高速开关，填补了国内特高压多端直流工程用±800kV直流高速开关空白，提高了高端电工装备自主可控性。

“±800kV直流高速开关的成功研制，摆脱了国外技术封锁，实现了特高压直流高速开关国产化关键技术突破，提升了公司在该领域的话语权和影响力，巩固了公司直流领域核心竞争力，为国内高压直流装备产业升级积累了宝贵的经验。”南方电网超高压公司副总经理刘相枪说：“这是公司实现科技自立自强道路上的重要里程碑事件，后续将围绕先进电工材料及新型装备、大规模新能源直送送出工程安全稳定运行等关键领域，持续布局战略性、引领性技术创新。”（李品 谷裕 黎卫国）

（张思雨）

广东用电负荷快速增长 闽电送粤创新高

本报讯 5月以来，广东用电负荷快速增长，电力供应趋紧。南方电网与国家电网加大电力跨省互济力度，自5月13日起，闽粤联网工程按当前通道最大能力，由福建向广东送电100万千瓦，持续时间19天，预计最大送电量可达4.56亿千瓦时，将为广东经济企稳回升提供有力支撑。

自2022年9月23日闽粤联网工程实现首次送电以来，截至今年4月底，广东送福建实际送电量达7亿千瓦时，福建送广东实际送电量突破10亿千瓦时。

“3月下旬以来，广州电力交易中心联合北京电力交易中心连续开展7次月度、月内福建送广东电力交易。”广州电力交易中心主任丁军策表示。

南方电网广东电网市场部高级经理李传健介绍，当前，在经济稳步向好的强有力支撑下，广东用电负荷需求稳中有升。为进

一步增加电力供给，闽粤两省电网公司在政府指导下充分协商，用足用满现阶段闽粤联网工程通道能力，相当于为用电高峰期的广东再添一台百万千瓦机组，供电保障能力有效提升。

闽粤联网工程是“十四五”期间规划的现代能源体系建设工程，也是南方电网和国家电网合作的首个省级电网间互联工程，对于促进能源资源在更大范围共享互济、服务粤港澳大湾区建设、服务粤港澳大湾区与海峡西岸经济区的合作发展具有重大意义。

据测算，“十四五”期间，通过闽粤联网，两地季节性送电电力可达50万千瓦至160万千瓦。此外，闽粤联网工程还可以增加两省电网的抗风险能力，将有效提高闽粤两地在遭受自然灾害时的紧急支援能力，加快事故后恢复速度。（黄勇华 黄雅熙）



图为航拍闽粤联网工程云霄换流站（广东侧）。李杰杰 陈海东/摄

山西省源网荷储一体化专题技术研讨会在太原召开

本报讯 5月12日，山西省源网荷储一体化专题技术研讨会在太原召开。来自中电联、国家电网、国家发改委能源研究所、山西地方政府部门、科研设计单位、发电企业、高校、社会团体、投资机构的200余人参会。

山西省能源局党组成员、副局长侯秉让，中电联专职副理事长魏昭峰，华能山西分公司总经理晋金平出席会议并致辞，源网荷储领域知名专家作主旨演讲。同期举行电力源网荷储一体化专家工作组山西专家聘用仪式，组织新型电力系统背景下的源网荷储一体化技术研讨圆桌交流。

侯秉让在致辞中表示，山西省能源系统建设深入贯彻落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，全力推进能源革命改革试点，融合发展，积极构建经济低碳、安全高效的能源体系，能源供应保障更加有力，绿色低碳步伐进一步加

快。“全省能源发展质量和效率取得明显成效，率先在全国建立连续试用型的电力现货市场，具有推进源网荷储一体化发展的优势和基础。在积极推进能源转型的形势下举办这次专题技术研讨会，共同探索源网荷储一体化发展路径，恰逢其时，具有十分重要的意义。”

魏昭峰在致辞中指出，为应对“双碳”目标下能源战略格局的变化和新能源快速发展，亟需加快新型电力系统建设。源网荷储一体化是新型电力系统的主要内容，被业界视为模式创新、机制创新以及技术应用创新的重要抓手。当前，电力行业正面临重大深刻变革和新的历史重任，机遇与挑战前所未有，中电联将持续贯彻新发展理念，主动融入新发展格局，重点在供给侧结构性研究、智能电网+能源互联网建设和需求侧管理领域推进源网荷储一体化和新型电力系统建设，助力能源绿色高质量发展。

晋金平在致辞中指出，加快构建现代能源体系是保障国家能源安全、力争如期实现碳达峰碳中和目标的内在要求，也是推动实现经济社会高质量发展的重要支撑。本次研讨会聚焦源网荷储一体化主题，交流认识、分享经验、探讨未来，具有十分重要的意义。他强调，推动能源清洁低碳转型需要全社会共同努力，华能山西分公司将坚决扛起构建新型电力系统的央企责任，擘画好华能“领跑中国电力争创世界一流”的山西篇章，为山西省源网荷储一体化发展、为山西省能源高质量发展作出更大贡献。

会上，专家聚焦国家政策和能源发展思考，对我国源网荷储一体化发展趋势及前沿技术应用实践等进行分析展望。国家发改委能源研究所研究员周伏秋、国家电网调度控制中心原副总工程师裴哲义、国网山西省电力公司经济技术研

究院高级科研专家李旭霞、国家能源分布式能源技术研究中心特聘研究员周锡卫、华能山西分公司运营中心高级交易员田野等作专题发言。

据悉，“电力源网荷储一体化专家工作组”由长期从事电力源网荷储一体化的60余位技术专家组成，旨在充分发挥智库专家优势，搭建电力源网荷储一体化政产学研用融技术协同交流平台，后续将聚焦行业研究、开展专题调研、征集典型案例、完善标准制定等重点工作，有效推动电力源网荷储一体化创新发展。

本次研讨会由中电联科技开发服务中心、工业领域电力需求侧管理促进中心主办，华能山西清洁能源有限公司、山西省电能服务产业协会、山西新兴电力市场研究院、江苏中清光伏科技有限公司、阳光电源股份有限公司、隆基绿能科技股份有限公司等单位承办和支持。（张思雨）