

压气储能：挺进能源市场新蓝海

◎本报记者 吴纯新
通讯员 余健兵 张碧云 甘依依

5月4日上午9时，在湖北孝感应城市，国网孝感供电公司变电运检分公司作业人员正对220千伏彭湾变电站开展线路、设备巡视，护航应城300兆瓦级压气储能电站并网运行。

应城300兆瓦级压气储能电站可有效应对新能源发电的波动性、间歇性、随机性。其并网发电标志着全球压气储能电站迈入300兆瓦级单机时代。同时，电站在单机功率、储能规模、转换效率方面世界领先。目前，应城300兆瓦级压气储能电站机组各系统参数正常，设备运行平稳，运行质量优良。技术团队成员正在开展机组带负荷参数精细化调整，力争早日实现机组7次连续充放电试运行。

与光伏、风力等新能源发电和抽水蓄能相比，压气储能优势明显，正全力挺进能源市场新蓝海。

“绿色超级充电宝”优势明显

国网湖北综合能源服务有限公司总工程师、湖北楚韵储能科技有限责任公司总经理王俊介绍，压气储能系统是一种新型大规模电力储能系统。在电网负荷低谷期，压气储能电站通过压缩机将空气压缩成高压状态，储存至盐穴储气库，同时将压缩热储存在热水中；在用电高峰期，释放盐穴储气库内高压空气，吸收储存的压缩热，驱动空气透平机组发电。

早在1975年，德国开始建造压气储能电站，并在1978年实现商用，整体运行效率42%。1991年，美国建造压气储能电站，同样利用盐穴作为储气库。但因其增加了压缩热收集利用装置，整体运行效率增长至54%。

应城300兆瓦级压气储能电站由中能建数字科技集团有限公司与国网湖北综合能源服务有限公司联合投建，是国家新型储能试点示范项目。它利用湖北应城地区废弃盐矿作为储气库，打造一个巨大的“绿色超级充电宝”。项目一期入选国家第三批能源领域首台(套)重大技术装备名单，单机功率达300兆瓦级，储能容量达1500兆瓦时。

“电站投入使用后，每天储能8小时、释能5小时，系统转换效率近70%，全年发电约5亿千瓦时，可供75万居民一年生活使用。”国网应城市供电公司营销部副主任夏胜平介绍，电站预计今年6月投运，可减轻电网调峰压力，增加供电可靠性。

过去，抽水蓄能是实现电能大规模存储的普遍方案，但面临投资大、建设周期长等问题。

王俊介绍，压气储能电站运行原理与抽水蓄能电站类似。随着储能需求不断增长，压气储能作为储能量级唯一可与抽水蓄能相媲美的大规模物理储能，有启动时间快、能量密度和功率密度较高、系统效率较高、环境友好等优点。此外，用于发电的空气取之不尽，且压气储能电站大多选址在废弃盐穴、矿井等，能有效降低开发成本，实现资源循环再利用。

技术不断取得新突破

2023年底，国家能源局公布新一批新型储能试点示范项目，共56个入选。其中，压气储能项目达11个(不含二氧化碳储能)，成为最亮眼的新型储能技术路线之一。据不完全统计，目前山东、河南、河北、江苏、青海等12省规划、在建压气储能项目超30个，合计规模达8吉瓦。

王俊介绍，2021年9月，江苏金坛盐穴压气储能国家示范项目并网试验成功，一期工程发电装机60兆瓦。这是全球第一个非补燃压气储能电站，标志着我国新型储能技术的研发和应用取得重大突破。2022年5月，该压气储能电站正式投产。

2021年12月，河北张家口首套100兆瓦压气储能项目送电成功，系统设计效率达70.4%。项目有利于推动大规模压气储能技术产业化进程。

2022年7月，应城压气储能电站示范工程开工。它



图为湖北应城300兆瓦级压气储能电站。 新华社记者 程敏摄

采用非补燃高压热水储热中温绝热压缩技术，核心技术指标能源转换效率达近70%。2024年4月，项目首次并网成功，创造了6个行业示范及数十项国际首创、全球首次突破。为有效提升区域电网调峰能力、促进长时储能技术发展，国网湖北电科院精益化调试技术团队历时两年，攻克了压气储能系统高精度建模、启动调试、并网性能验证等核心技术，实现300兆瓦级压气储能系统网源协调技术国际领先。“我们创新研发了压气储能电站热力学性能分析平台和国际首个300兆瓦级压气储能电站仿真平台。”国网湖北电科院双碳中心主任负责人李阳海说，平台大幅提升了压气储能系统电网友好性，实现储能电站全工艺流程全工况动态模拟。

2022年9月，全球最大规模350兆瓦盐穴压气储能项目——山东泰安2×300兆瓦级压气储能创新示范工程开工。项目采用全球首创低塔点塔融盐高温绝热压缩技术，建成后在压缩空气储能领域将实现单机功率、转换效率及储能规模全球第一。

有望实现大规模商业应用

“压气储能技术应用前景广阔，将对未来电网起到一

定支撑作用。”王俊表示。

伴随压气储能技术进步以及国内相应支持政策的出台，压气储能成本不断降低，产业规模持续扩大，未来有望实现大规模商业应用。

据介绍，中能建数字科技集团有限公司已明确压气储能产业化发展路径。具体来说，这一路径包括“0到1”起步示范阶段，聚焦新型长时物理储能技术，提出大容量、高参数、长寿命、零排放的压气储能系统解决方案；“1到100”推广布局阶段，开展压气储能电站在全国布局；“100到+”产业发展阶段，实施工程化系统解决方案，建设协同创新生态圈，推动全产业链融合性发展、高质量发展和数字化发展。

同时，我国盐穴资源丰富、废弃矿洞多、枯竭油气田地下空间大，枯竭油气田地质资料齐全。如能利用这些天然地下洞穴，也有望建设大规模，乃至超大规模的压气储能电站。

目前，我国已成功实现以地下盐穴作为储气库的非补燃式绝热压缩空气电站发电。建设中的压气储能电站发电规模不断扩大，发展潜力巨大。

储能是构建新型电力系统实现碳达峰碳中和目标的重要支撑，也是新能源下半场的主角。王俊认为，压气储能将成为深入推进能源革命的重要领域。

相关新闻

国际首套300兆瓦先进压缩空气储能电站并网发电

科技日报讯(记者陆成宽)记者5月6日获悉，山东肥城国际首套300兆瓦先进压缩空气储能电站近日首次并网发电成功。电站是目前国际上规模最大、效率最高、性能最优、成本最低的新型压缩空气储能电站，由中国科学院工程热物理所提供技术支持、中储国能(北京)技术有限公司投资建设。

中国科学院工程热物理所研发团队攻克300兆瓦级压缩空气储能系统全套关键核心技术，先后攻克多级宽负荷压缩机和多级高负荷透平膨胀机技术、高效超临界蓄热换热器技术、系统全工况优化设计与集成控制技术，创造性研制出300兆瓦多级高负荷透平膨胀机、多级宽负荷压缩机和高效紧凑型蓄热换热器等核心装备。

值得一提的是，300兆瓦级压缩空气储能系统的单位

造价成本较100兆瓦级压缩空气储能系统下降30%以上，同时装备实现了完全自主可控。

电站建设规模为300兆瓦/1800兆瓦时。工程总投资14.96亿元，系统额定设计效率72.1%，可实现连续放电6小时，年发电约6亿度。在用电高峰期，电站可为20万—30万户居民提供电力保障，每年可节约标准煤约18.9万吨，减少二氧化碳排放约49万吨。

同时，电站还能够为电网提供调峰、调频、调相、备用、黑启动等电力调控功能，有效支撑电力系统平稳高效运行。

中国科学院工程热物理研究所所长陈海生表示，电站的并网发电可有效推动压缩空气储能技术及产业快速发展，进一步巩固我国在压缩空气储能领域的国际领先地位，为该技术的大规模推广应用打下了坚实基础。

新看点

中国能源模型论坛年会上专家热议—— 以创新科技构建新型能源体系

◎本报记者 李禾

在构建新型能源体系的过程中，如何更好地发挥科技的作用？在近日召开的第八届中国能源模型论坛年会上，相关专家对此建言献策。

中国工程院院士、清华大学建筑学院教授江亿在年会上指出，构建未来新型能源体系的关键在于实现零碳电力、零碳热力和零碳燃料的供应。要想实现零碳能源体系，我国应在电力、工业等领域进行改革和技术创新，同时优化清洁能源的布局和调节机制。

江亿说，火力发电具有可靠性强、安全性高等特点，能保证电力系统稳定运行。因此，可保留部分火电用于季节性调峰。火力发电虽会集中排放二氧化碳，但新技术可回收其中的七八成。同时，也可采用生物质燃料等，实现火力发电的碳中和。

国家能源局数据显示，2023年，我国可再生能源装机在全国发电总装机中比重已突破50%，历史性超过火力发电装机，可再生能源发电量约占全社会用电量1/3。

构建零碳能源体系，可再生能源是不可或缺的一部分，但风电、太阳能发电的生产、传输、调度、运行等对气象条件依赖度较高。

国家气候中心副主任袁佳双说，国家气象中心已构建中国新能源资源评估和开发利用大数据平台，初步建立了新能源气候预测业务系统。这将为支撑构建新型能源体系发挥重要作用。

中国电力科学研究院新能源研究中心高级工程师宋宗朋认为，还应进一步推动可再生能源气象预报智能化。传统预报模式面临计算量巨大、时效性偏低的瓶颈。如今通过人工智能模型，可再生能源气候预测、气象预报水平有了质的飞跃。

据悉，我国正积极发展分布式新能源，组织开展“千乡万村驭风行动”“千家万户沐光行动”，推进农村能源清洁低碳转型，助力构建零碳能源体系。

中国能源研究会双碳产业合作分会副秘书长张葵叶建议，应加强技术创新，提升分布式新能源供给能力和稳定性，不断降低分布式新能源生产成本，提高能源利用效率；推动分布式新能源及其基础设施智能化建设，加速数字化技术在分布式新能源领域落地和应用。

数字电网 保障达沃斯论坛供电安全

科技日报讯(记者郝晓明)记者5月6日从国网辽宁省电力有限公司大连供电公司(以下简称大连供电公司)获悉，为保障世界经济论坛第十五届新领军者年会(2024夏季达沃斯论坛)顺利召开，大连供电公司正在加紧对相关区域变电站进行智能化和数字化改造。今年6月，世界经济论坛第十五届新领军者年会(2024夏季达沃斯论坛)将在辽宁省大连市举行。为保障电力供应，大连供电公司春检期间对66千伏明泽变电站开展智能化升级改造，使其具备远程智能巡视和设备状态实时监控功能。

承担改造任务的大连供电公司相关技术人员介绍，66千伏明泽变电站承担着棒棰岛宾馆、良运酒店、南山花园等多家指定入驻酒店的供电任务。升级改造后，变压器的油温、油压、油质以及温度、湿度等重要数据均可实现实时监测和实时传输，从而形成“外部巡视可观、内部状态可测”的智能巡视体系。届时，这些数据将全部接入大连供电公司港东指挥中心巡检平台。

据悉，为确保夏季达沃斯用电安全，大连供电公司共对11座变电站进行了智能升级，全面建设远程智能巡视系统，形成“数字孪生+高清视频+机器人+数字化表计”的融合智慧巡检体系。

此前，大连供电公司已完成220千伏和500千伏变电站数字化改造。目前，大连明泽变电站等9个66千伏变电站已完成升级改造，预计5月下旬完成11个变电站的改造任务。这将为大连电网安全运行提供坚强保障。

山东2024年新增 海上风电装机规模150万千瓦

新华社讯(记者李志浩)今年以来，山东加速推进海上风电建设，正在建设及即将开工的海上风电项目装机规模为150万千瓦。至今年底，全省海上风电装机总规模有望突破600万千瓦。

记者近日从山东省政府新闻办公室举行的新闻发布会上获悉，今年年底前，山东将建成渤中G一期、半岛南U1二期、半岛北BW等海上风电重点项目，新增海上风电装机规模150万千瓦。同时，将稳妥推动桩基固定式海上光伏项目建设，争取建成烟台招远HG30项目，实现海上光伏“零突破”。

山东省发展改革委副厅长于明兵在发布会上介绍，山东近年加快推动绿色低碳高质量发展，海洋清洁能源增势明显，2022年、2023年新增并网海上风电规模分别达200万千瓦、211万千瓦。2023年山东沿海七地市风电装机容量、风电发电量较2020年分别增长49.4%、72.1%。



山东省烟台市，海上风电场正在建设。 视觉中国供图

陕西按下新型储能发展“快进键”

◎本报记者 王禹涵

伴随全球能源转型和碳减排的加速推进，储能产业迎来前所未有的发展机遇。全国各地纷纷抢抓良机，多个省份优化调整配储、奖补、电力交易等相关政策，落地多样化储能项目。

近期，陕西省先后出台《陕西省新型储能发展实施方案(2024—2025年)》《陕西省新型储能参与电力市场交易实施方案》，剑指储能新赛道，旨在打好新能源高质量发展“绿色牌”。那么，陕西发展新型储能有何成效，未来将如何进一步发展新型储能？

多措并举助推产业壮大

国家能源局数据显示，截至2024年一季度末，全国已建成投运新型储能项目累计装机规模达3530万千瓦/7768万千瓦时，较2023年底增长超12%，较2023年一季度末增长超210%。

“新型储能日益成为我国建设新型能源体系和新型电力系统的关键技术，培育新兴产业的重要方向及推动能源生产消费

绿色低碳转型的重要抓手。”在国家能源局近日举行的新闻发布会上，国家能源局能源节约和科技装备司副司长边广琦说。

“中国总体储能技术处于全球第一梯队。预计未来，新型储能会成为电力系统的重要支撑和主体。”中国科学院工程热物理研究所所长陈海生在2024中关村论坛年会分论坛——碳达峰碳中和科技论坛上说。

利好环境下，陕西新型储能发展取得显著成效。近日，国内规模最大的台区分布式储能项目在陕西投运。项目共部署安装149套台区分布式储能设备，合计规模约14.1兆瓦/30.0兆瓦时，覆盖陕西多个县市区近8000平方公里。

陕西省发展改革委相关人士表示，陕西明确支持电网替代性储能发展。《陕西省新型储能发展实施方案(2024—2025年)》强调，在电网关键节点布局新型储能，增强电网调节能力和稳定性。

企查查数据显示，截至2024年4月底，陕西省有约4300家储能相关企业。从新型储能产业链角度看，以储能变流器技术研发、测试设备研发和系统集成成为主营业务的企业在陕西占有相当大比重。

新型储能产业由于科技含量高、带动性强，对科技型、创新型人才的需求量大、聚合力强。

背靠西北地区国内储能发展的广阔市场，陕西已有6所高校开设了储能专业，为储能产业发展提供坚实人才支撑。其中，西安交通大学是首批国家储能技术产教融合创新平台建设高校之一，成为储能人才培养创新型高层次拔尖人才的试验田。

打造聚集发展生态圈

记者注意到，陕西发力新型储能早已有迹可循。近年来，陕西太阳能光伏、乘用车(新能源汽车)重点产业链产值规模均已突破千亿元。“新能源产业蓬勃发展，为新型储能提供了完备的制造业配套环境和供应链基础，给企业创造了良好生长环境。”陕西省太阳能行业协会会长安福成说。

搭乘行业“风口”，陕西众多企业快速崛起。

记者了解到，近日并网成功的湖北应城300兆瓦级压缩空气储能电站示范工程，采用了西安陕鼓动力股份有限公司创新研发的压缩机组。它是压缩空气储能系

统中的关键核心技术装备。

西安领充创享新能源科技有限公司聚焦新能源汽车智能充放电换电和新能源储能微网两大领域，开发了全系列交直流充电系统、分布式储能系统、充放电仿真智能测试系统和综合能源平台等多种产品。

在西安奇点能源股份有限公司营销总经理马金鹏看来，新型储能融合了人工智能、能量存储、数字孪生、大数据等多种学科。企业应更多关注优化算法、调整控制系统、高性能变流系统、主动安全系统和高效能管理系统融于单个机柜，形成一体化即插即用的智慧能量产品，让大规模储能电池簇有了“智能大脑”。

在陕西西安西成新区，深圳市汇川技术股份有限公司、深圳市盛弘电气股份有限公司、绿能慧充数字技术有限公司等一众企业纷纷布局储能产业，不断提升区域产业链供应链现代化水平。

目前，陕西正加速形成“新能源+储能”及源网荷储一体化产业体系，全力打造新能源产业聚集发展的生态圈，为我国实现“双碳”目标作出积极贡献。