

长时储能：护航新型电力系统长期稳定

◎本报记者 操秀英

在日前举行的2023世界储能大会上，中关村储能产业技术联盟常务副理事长、中国能源研究会储能专委会秘书长兼副主任委员俞振华指出，储能产业的一大赛道就是包括新型液流、压缩空气、高温储热等技术手段在内的长时储能。此外，在第五届未来能源大会期间，中国科学院院士、南方科技大学碳中和能源研究院院长赵天寿也表示，构建面向碳中和的新型电力系统，需要大规模、高安全以及不同时间的储能技术，其中最缺的就是长时储能技术。

记者经过梳理发现，关于长时储能的报道近期频频见诸报端：青海液态空气储能示范项目开工，张家口300兆瓦先进压缩空气储能示范电站通过可行性研究审查……业内人士认为，在储能市场快速发展的当下，兼具安全性与调节灵活性的长时储能也将迎来战略发展期。

那么，什么是长时储能？它的发展有何重要意义？我国长时储能发展现状如何？记者就这些问题采访了相关专家。

持续时长尚无统一定义

“长时储能目前正处于发展初期，国内外尚未对长时储能的持续时长进行统一定义。”电力规划设计总院副总工程师、能源科技创新研究院院长徐东杰告诉记者。

2021年，全球长时储能委员会在其首份报告《净零电力——可再生电网长时储能》中对长时储能的概念进行了定义。在该报告中，长时储能系统被定义为任何可以长期进行电能存储的技术，该技术同时能以较低成本扩大规模，并能维持数小时、数天甚至数周的电力供应。

2021年美国桑迪亚国家实验室发布的《长时储能简报》认为，长时储能是持续放电时间不低于4小时的储能技术。美国能源部2021年发布的有关长时储能的报告，则将长时储能定义为额定功率下持续放电时间不低于10小时的储能技术。

2021年美国国家可再生能源实验室发布《未来储能研究——定义长时储能面临的挑战》报告，该报告认为，规定长时储能的持续时长存在挑战。“该报告在定义储能持续时长对相关文献综述进行了统计，结果表明，储能时长在数量定义上主要有三个阈值，分别为不短于4小时、不短于10小时，以及长于24小时。”徐东杰说，但由于不同区域电力需求、可再生能源分布、储能规模布局以及储能政策支持力度的不同，因此不能简单地以持续时长来定义长时储能。

在国内，为了区分大规模建设的2小时储能系统，一般把长时储能定义为4小时以上的储能技术。

提升清洁能源消纳能力

近年来，长时储能市场越来越火。据咨询机构伍德麦肯兹统计，全球投运及在建的长时储能项目，价值已超过300亿美元。近三年投资的项目若全部建成投运，长时储能装机总量预计新增5700万千瓦，这相当于2022年全球长时储能总装机规模的3倍左右。

为什么全世界都在发展长时储能？

徐东杰分析，为了实现“双碳”目标，火电装机占



图为工人组装电化学储能装置。电化学储能是可满足长时储能技术需求的储能技术之一。视觉中国供图

比将逐渐下降。当这类稳定的基础负载发电资源日益减少，“长时储能+大型风光项目”大概率将替代化石能源，成为新一代基础负载发电资源。这对零碳电力系统的中后期建设意义重大。

同时，随着风能、光伏占比逐渐上升，其发电的间歇性对电网影响将越来越大，要解决这个问题，光靠建造更多输电线路远远不够。长时储能可凭借其长周期、大容量的特性，在更长尺度上调节新能源发电波动，在清洁能源过剩时避免电网拥堵现象，并在电网负荷高峰时提高清洁能源消纳能力。

“长时储能的另一大应用就是能够在极端天气下保障电力供应，降低社会用电成本。”徐东杰说。

在我国，为实现“双碳”目标，新型电力系统需要不同规模的规模化、高安全性储能技术，因此，储能，尤其是长时储能将成为保障能源安全的核心技术之一。

徐东杰分析，“十四五”“十五五”期间，火电仍将发挥重要“压舱石”作用，在此阶段新能源装机规模将持续增加，但新能源电量占比预计不会超过30%。在此阶段，电力系统的主要需求为2—4小时的储能设备，部分地区需要4—10小时的储能设备，对于10小时及以上时长的储能设备需求有限。

“这一阶段是重要的战略储备期，国内相关单位需要积极开展研究工作推进技术储备，一方面为中长期电源结构调整储备技术方案，另一方面可以拓展海外长时储能市场。”徐东杰说。

他进一步阐述道，在实现碳达峰及其以后的时期，新能源发电电量将接近甚至突破总发电量的50%，新能源会逐渐成为主体电源。而新能源由于其随机性、波动性等特点，并不足以支撑电力系统的安全稳定运行，这就需要10小时及以上时长的储能技术进行顶峰保供。长远来看，长时储能将在电力系统长时间处于顶峰状态、应对极端天气、缓解新能源季节性不平衡方面发挥重要作用。比如，在风电占比较高的东南沿海地区，当遇到台风或其他极端气象灾害时，风电机组处于高风速切出状态，局部区域面临3—5天的电量缺口。为保障电力供应，需要进一步增加储能时长至100小时左右，以满足调节需求。

重构压裂思路、持续优化施工参数及工艺……

系列创新将深部煤层气储量变产量

◎本报记者 操秀英

中国海洋石油集团有限公司(以下简称中国海油)近日发布消息，在鄂尔多斯盆地东缘2000米地层发现我国首个十亿方深部煤层气田——神府深部煤层气田，探明地质储量超1100亿立方米。该气田位于陕西省榆林市，煤层主要埋深2000米左右，单层厚度在6.2米至23.3米之间，吨煤平均含气量达15立方米。

煤层气是指储存在煤层中的天然气，俗称“瓦斯”。业内通常将埋深超过1500米的煤层气称为深部煤层气。据统计，我国埋深在2000米以内的煤层气资源量超过30万亿立方米，其中，深部煤层气资源量约占1/3。

随着煤层气埋深的增加，地层温度、压力和应力等指标都会大幅增加，加之煤层气复杂的成藏机制及富集规



图为神府深部煤层气田。中国海油供图

律，勘探开发深部煤层气难度很大。一直以来，我国煤层气勘探开发大多集中在埋深小于1000米的浅煤层。由于缺乏配套的工艺技术，超过1500米的深部煤层气长期以来都被视为勘探禁区。

中国海油中联煤层气有限责任公司(以下简称中国海油中联公司)副总经理朱光辉介绍道，中国海油通过加强深部煤层气成藏机理研究，创新提出致密气与煤层气“互补式”“立体式”勘探理念，并加强储层改造和排采工艺研究。这不仅大幅降低了作业成本，更有效地加快了深煤层的勘探进程。

具体来说，在勘探方面，中国海油“一井两用”，即通过新钻探井同时对致密气、煤层气目的层进行取样，落实含气性；同时，利用致密气低产低效井开展深部煤层气试验，实现“老井新用”，有效盘活低效资产，形成了致密气与煤层气“双气合采”新理念。

在开发方面，中国海油从选井入手，构建深煤层甜点区评价指标体系；在深煤层储层改造上，重构压裂思路，由中浅煤层压裂技术转向应用页岩气压裂技术，采用超大规模压裂技术进行作业，同时持续优化压裂施工参数及压裂工艺，总结形成了适用于神府区块深煤层开发的技术体系。此外，通过跨专业、跨区域协同作战，实现“勘探—开发—生产—销售”全系统联动，打造全业务链条协同工作模式，成功把储量变成了产量。

“神府深部煤层气田的发现显示出鄂尔多斯盆地东缘深部煤层气藏勘探

链接

薄煤层勘探开发难题亦被攻克

经过近40年的艰难探索与发展，我国煤层气勘探开发理论与技术取得明显进展。近年来，除了深部煤层气勘探开发难题，薄煤层勘探开发难题也已被攻克。

薄煤层一般指地下开采厚度小于1.3米的煤层。有统计数据显示，我国薄煤层的可采储量约占全部煤层可采储量的20%。中国海油中联公司副总经理米洪刚表示，与主力煤层相比，薄煤层如同“千层饼”，含气量差异大，资源丰度相对差，长期被视为煤层气开发中的“边际资源”。但是经过多年开

发的广阔前景，对我国类似盆地资源勘探和非常规油气增储上产具有重要指导意义。”中国海油勘探副总师徐长贵表示。

中国地质大学(北京)教授唐书恒介绍道，面对巨大的资源潜力，我国持续加大深部煤层气勘探开发力度，此次发现神府十亿方深煤层气田就是一个重大突破。通过前期开发致密气，后期开发深部煤层气，可在实现产层转换的同时有效降低开发成本。此外，一系列创新技术的采用，为未来煤层气行业高效勘探开发深部煤层气打下基础，对保障国家能源安全具有重要意义。

近年来，河北省光伏、风力发电等新能源发展加速。河北电力最新调度数据显示，截至9月底，河北南部电网仅光伏发电装机容量就已达到2700万千瓦，占总装机容量的44%。高比例新能源接入电网，随之带来了电力系统惯量和抗扰动水平不断下降等问题。

针对该问题，国网河北电科院在电力电子化设备并网系统惯量支撑和模拟控制技术上新找到了新突破方向。自2022年以来，该院科研团队联合天津大学等高校，首创可变惯量时间常

新看点

富满油田富源联合站投产

我最大超深油田实现规模效益开发

科技日报讯(通讯员王成凯 张帆 刘继勇 记者朱彤)中国石油塔里木油田传来好消息。记者11月18日获悉，位于新疆阿克苏地区沙雅县境内的富满油田富源联合站近日成功投产，这标志着我国最大超深油田——富满油田地下8000—9000米超深层油气实现规模效益开发，塔克拉玛干沙漠最大原油生产基地建成。

富满油田位于塔克拉玛干沙漠腹地，是我国最大超深油田，油气资源量超10亿吨。富源联合站是富满油田500万吨产能建设的重要组成部分，也是塔里木油田超深层油气规模效益上产工程之一。

塔里木油田于今年2月启动富源联合站建设，新建年处理原油200万吨、日处理天然气200万立方米的油气处理装置，并配套建成220余公里的输油气管线及相关辅助生产装置。富源联合站的建设，将有效缓解现有油气场站负荷过高等难题，推动富满油田油气处理能力翻倍，充分释放油气产能。

“富源联合站实现了当年开工、当年建成、当年投产，是塔里木油田有史

以来建设用时最短的200万吨级大型油气地面工程。建成投产后，富源联合站推动富满油田形成以4条油气外输主干管网、两座油气处理中心枢纽为主的“两横两纵两中心”地面骨架格局，进一步加速了油气产能释放。”塔里木油田油气田产能建设事业部地面工程企业高级专家王朝晖表示。

“目前，富满油田井口日产量已突破9600吨，占塔里木油田原油产量的近五成。今年油气产量继续保持高位增长态势，将突破400万吨，创历史新高，进一步提升原油供应和冬季天然气保障能力。”塔里木油田哈密采油气管理区执行董事、党委书记王小鹏表示。

富满油田的油藏普遍埋藏在7500—10000米的超深层，传统的油气地质理论在这里基本不适用。塔里木油田创新超深海相控碳酸盐岩成藏地质理论，攻克了超深复杂钻完井及效益建产技术，先后打成9口千吨井和一批百吨井，并实现深地油气规模上产、效益开发。现在，富满油田是我国8000米级超深井最多的油田。



从单井开采出的原油进入富源联合站生产装置。陈士兵摄

首套百兆瓦级压缩空气储能项目主体工程启动

科技日报讯(实习记者李绍宇)记者11月19日获悉，大唐中宁100兆瓦/400兆瓦时压缩空气储能绿色低碳技术攻关项目主体工程已于日前全面启动。该项目配套国际首套全人工地下储气库的100兆瓦压缩空气储能系统，将扩展压缩空气储能新技术、新材料、新工

技术的应用，为我国能源绿色低碳转型发展和新型电力系统建设提供了新路径。

大唐中宁100兆瓦/400兆瓦时压缩空气储能绿色低碳技术攻关项目位于宁夏回族自治区中卫市中宁县，具有储能时间长、容量大、单位成本低、安全环保、推广价值高等优势。聚焦地下储气库技术的开发应用，中国大唐集团有限公司攻克了选址受限、成本高昂、效率偏低等一系列技术难题。

该项目采用环形地下洞室，设计总储气量达10万立方米，埋深地下150米且储气介质仅为空气。通过新能源发电压缩空气，该项目可摆脱对化石燃料的依赖，不仅对环境友好，且

有助于实现零碳排放和本质安全。

据了解，该项目的压缩空气储能系统效率达70.4%，在同类型在建压缩空气储能项目中处于国际领先水平。中国大唐集团有限公司联合中国科学院工程热物理研究所、中国科学院武汉岩土力学研究所等国内一流科研机构，针对宁夏地区软岩地质条件下地层相对稳定的特点，开展全人工地下储气库技术攻关与应用，创新采用复合柔性密封层设计，通过高效的高压存储和利用，形成适用于我国大部分地质条件的压缩空气储能人工地下储气库成套技术体系。该体系的形成，对加速推动压缩空气储能技术产业化进程，有效支撑能源革命和新型电力系统的构建，具有重要意义。

记者了解到，该项目建成后，预计年发电量1.188亿度，可满足近10万个普通家庭一年的用电量，创造税收约4500万元。

新型可变惯量装置为光伏发电装上“频率稳定器”

科技日报讯(通讯员梁纪峰 李晓明 齐锦涛 记者刘康君)“惯量模拟设备开关闭合，通信和交流并网信号正常。”记者11月19日获悉，国内首套100千瓦光伏发电可变惯量装置近日在河北电力科技园一次并网成功，标志着由国网河北省电力有限公司电力科学研究院(以下简称国网河北电科院)联合天津大学共同研制的新型光伏发电可变惯量控制装置进入应用阶段。

近年来，河北省光伏、风力发电等新能源发展加速。河北电力最新调度数据显示，截至9月底，河北南部电网仅光伏发电装机容量就已达到2700万千瓦，占总装机容量的44%。高比例新能源接入电网，随之带来了电力系统惯量和抗扰动水平不断下降等问题。

针对该问题，国网河北电科院在电力电子化设备并网系统惯量支撑和模拟控制技术上新找到了新突破方向。自2022年以来，该院科研团队联合天津大学等高校，首创可变惯量时间常

数的模拟算法，并配套研发国内首套光伏发电可变惯量模拟装置。

该装置采用一对串联的超级电容模组作为能量来源，能够通过实时追踪电网频率变化率和偏移量改变惯性时间常数，具备了可变惯量调节的控制特性。经第三方机构测试，该装置可模拟的惯性时间常数变化范围在3—12秒，惯量响应时间在0.3秒以内，关键参数达到国际领先水平。研发人员利用河北省能源互联网仿真建模与控制重点实验室大量的半实物进行仿真验证和优化选型设计，最终完成了适用光伏电站的可变惯量装置的样机研制和示范应用。

据介绍，相较于传统的固定参数虚拟惯量模拟技术，此次研发的可变惯量模拟装置能够更加有效地平抑系统频率波动，大大缩短电网故障后频率恢复时间，为含高比例新能源电力系统惯量提升和频率稳定提供了新的技术方案。