

促进风力发电高质量发展

近年来,我国加快构建清洁低碳能源体系,清洁能源和非化石能源消费比重逐步提高。风电作为清洁能源,在我国能源结构调整中扮演着越来越重要的角色。“十四五”规划和2035年远景目标纲要提出,大力提升风力发电规模、有序发展海上风电。本期邀请专家围绕相关问题进行研讨。

风电将成推进能源革命的主体电源

风能是能源体系中处于怎样的地位?近年来,我国风电发展取得哪些成就?

时璟丽(国家发展改革委能源研究所研究员):风能是重要的清洁、绿色、低碳能源,资源丰富、分布广泛。风电技术成熟,有经济竞争力,除可提供电能外,其全天候发电特性还可提供一定的容量支撑,是构建新型电力系统不可或缺的电源。到2060年,我国非化石能源在能源消费中的比例将超80%,按此目标,国内一些未来能源发展情景研究的结果显示,2060年我国风电装机有望超30亿千瓦,届时在所有电源品种中,风电贡献的发电量将最大,将成为推进碳中和及能源革命的主体电源。国际社会也看好风电发展前景和应用潜力。国际可再生能源署提出,如果在未来三四十年来实现全球净零排放,各类可再生能源都需发挥重要作用,净零排放情景下预测全球风电累计装机将由2022年底的9.1亿千瓦升至2030年的33亿千瓦。持续有效的政策支持是我国风电产业发展壮大的动力。2006年以前,通过乘风计划、双加工程等支持风电市场起步发展;2006年可再生能源法实施后,电价补贴和全额保障性收购是推进风电项目开发和利用的关键机制。“双碳”目标提出后,风电政策从原来的电源侧

各项消纳措施保证了风电场建成并网后电量发得出、用得着,尤其近两年在电力紧张的时段和地区,风电为电力保供发挥了应有的作用。近10年来,我国风电技术进步、成本下降、市场规模增加,都超过国内外诸多机构的预期。2006年前后,国产兆瓦级大型风电整机以购买许可证引进为主,2016年,国内多家企业就开发出适合我国风资源和气候条件的低风速、高纬度、高海拔、抗台风等多种类型的大型风机和智慧风电场技术。“十四五”时期,在风电进入无补贴平价上网阶段后,技术更新提速,目前新增陆上风电招标机型以5兆瓦及以上为主。2022年下半年以来,海上风电多家龙头企业推出15兆瓦及以上机型,今年7月单机16兆瓦机组并网发电,风电在大容量机组方面赶超国际先进水平。技术进步带来的直接效果是风能利用率不断提升。之前在风资源方面不具备开发条件的广大东中部和南方平原地区,年等效利用小时数普遍在2000小时左右,超过2012年全国风电平均等效利用小时数1959小时。同时,技术进步还带来成本下降。自2021年开始新核准风电全面实施无补贴平价上网,部分省份通过竞争性配置开发的风电项目实现了低价上网。按照2023年风机价格、风电场初始投资水平和贷款条件测算,在不配置电化学储能的情况下,“三北”地区陆上风电的平准化成本和合理收益率综合应用电价收益电价需求分别约0.15和0.18元/千瓦时,东中部和南方地区分别约0.28和0.35元/千瓦时,无论对标各地燃煤基准价,还是市场交易电价,风电已是具有经济竞争力的电源。

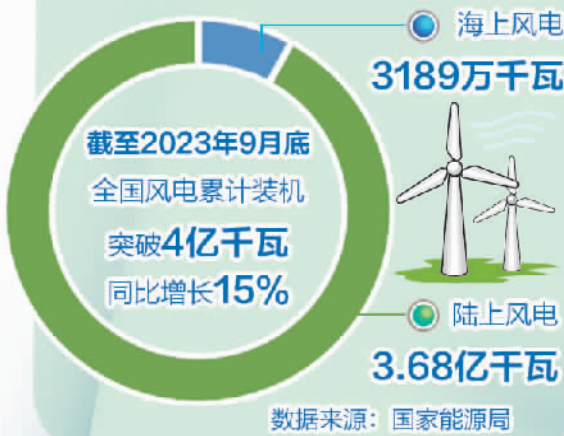
截至2023年9月底,全国风电累计装机突破4亿千瓦,同比增长15%。海上风电3189万千瓦,陆上风电3.68亿千瓦。数据来源:国家能源局

风电新增装机容量占全球市场过半

我国风电产业链供应链发展状况如何,在国际上具备哪些优势?

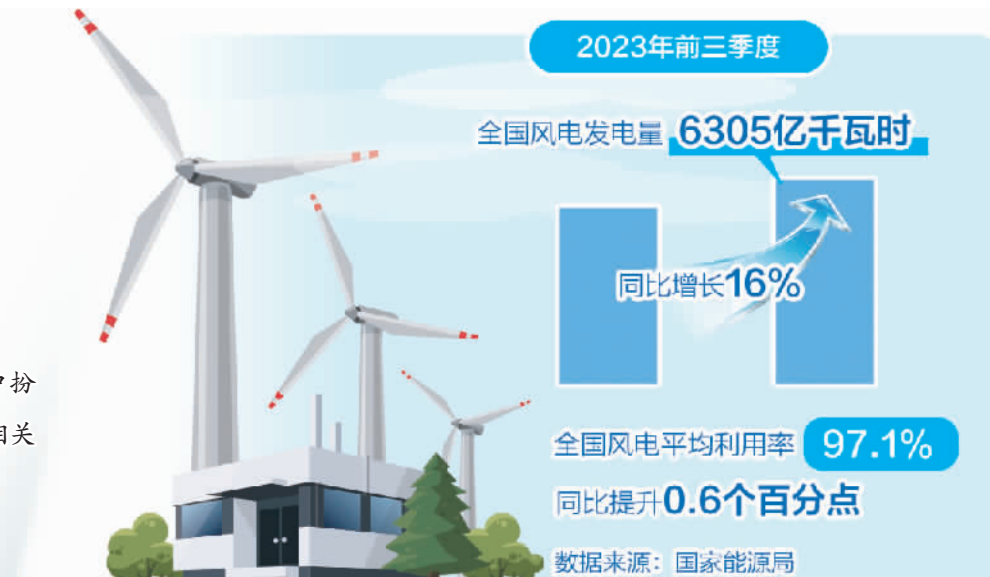
秦海岩(中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长):在政策支持下,依托规模化开发和持续创新,我国培育出一条具有全球竞争力的风电产业链供应链,覆盖项目开发建设、设备制造、技术研发、检测认证、配套服务,较好地支撑了风电装机规模的扩大及度电成本的下降。我国是全球风电产业规模最大的单一市场。2022年,风电新增装机4983万千瓦,累计装机容量超过3.9亿千瓦;风电新增装机容量连续14年、累计装机容量连续13年稳居全球首位,占全球市场的一半以上。2020年至2022年,这条产业链供应链足以支撑年新增装机5000万千瓦以上的开发规模。我国是全球最大的风电装备制造基地。我国生产的风电机组(包括国际品牌在中国的产量)占全球市场的三分之二以上,铸锻件及关键零部件产量占全球市场70%以上。风电设备在满足国内市场的同时,出口到49个国家和地区。截至2022年底,风电机组累计出口容量达1193万千瓦,遍布五大洲。除风电机组外,我国制造的叶片、齿轮箱、发电机、塔架等关键部件出口至美洲、非洲、欧洲、东南亚等地区。风电设备和服务正成为带动我国出口贸易的重要新生力量。国内风电制造企业形成的丰富风电机组产品谱系,能够满足沙漠、海洋、低温、高海拔、低风速、台风等全球各种环境气候区域的需求。叠加价格优势明显,我国风电企业可以为全球提供极具技术、质量、价格竞争力的机组产品组合,帮助更多地区以经济高效的方式利用风能资源。我国风电技术处于国际领先水平。大容量机型加速迭代,10兆瓦陆上风电机组已完成吊装及并网调试工作,16兆瓦海上风电机组已并网发电,18兆瓦机型已下线并将于今年下半年

完成吊装。长叶片、高塔架应用领跑全球,最长叶片达126米,最高轮毂高度达170米。产业链基本实现国产化,零部件国产化率已达95%以上。主轴承的国产化替代取得重大突破,轴研科技研制的国产首台18兆瓦海上风电主轴承于今年8月顺利下线。同时,依托一批重点公共实验、测试平台和设施等,已形成较为完善的风电创新基础设施体系,为全产业链创新提供了关键支撑,并加紧建设可以支撑前瞻性、引领性创新的配套基础设施。其中,广东阳江的国家海上风电装备质量检验检测中心,建有全球最大、检测能力最强的叶片全尺寸实验室,可以按照国际标准开展150米叶片全尺寸试验。海上风电产业链建设成效显著。我国推出的海上风电机组最大单机容量达到18兆瓦,即将进入20兆瓦级别,已具备大容量海上风电机组自主设计、研发、制造、安装、调试、运行能力。施工安装、运维船舶等装备环节不断补强。风电机组安装船方面,最大起吊高度达170米,最大起吊重量达2000吨,最大作业水深达70米。打桩船方面,打桩锤的最大打击能力达到3600千焦,最大打击频次为40次/分钟,桩架高度突破140米。风电企业竞争力明显提升。全球风能理事会数据显示,2022年全球新增装机排名前15的整机企业中,中国企业有10家,包括金风科技、远景能源、明阳智能等,合计约占全球风电新增装机容量的56.4%。截至2022年底,在全球风电累计装机排名前15的整机企业中,中国企业有8家,合计约占全球风电累计装机容量的31.6%。接下来,为推进我国风电产业链供应链建设,一方面,需通过创新保持技术引领,包括风电机组大型化、定制化和智能化开发,大功率齿轮箱和百米级叶片等部件技术的持续突破,以漂浮式为代表的海上风电前沿技术研发等。另一方面,需致力于深化国际合作,在全球范围内打造具有韧性、互信的风电产业链供应链,通过整合各国优质资源高效开发风能资源。



农村地区风电发展情况怎样?还面临哪些挑战?

韩雷(国务院发展研究中心资源与环境政策研究所副研究员):分散式风电是风电早期开发的主要形式之一,也是农村地区提高能源自给率的重要方式。丹麦、德国的分散式风电项目占其全部陆上风电装机容量的80%以上。我国早在2009年提出分散式风电概念,2011年出台相关产业政策推动分散式风电发展,“十二五”时期启动了18个分散式风电示范项目。但受制于低风速风电机组成本偏高、项目选址困难、审批手续复杂等因素,分散式风电发展比较缓慢。“十三五”中后期,随着风电机组成本大幅降低和“免于参加竞争性配置”的程序简化,分散式风电发展进入规模开发阶段。进入“十四五”时期,分散式风电已成为推动农村能源革命、丰富风电发展场景,实现“风光富民”的一项重要举措。“十四五”可再生能源发展规划提出,创新风电投资建设模式和土地利用机制,实施“千乡万村驭风行动”,大力推进乡村风电开发。《农村能源革命试点建设方案》提出,充分利用农村地区空间资源,积极推进风电分散式开发。据统计,截至2022年底,全国分散式风电累计装机容量达1344万千瓦,同比增长34.9%,主要集中在河南、陕西、山西等省份。按照每10个自然村建设2台3兆瓦的风电机组预估,全国可建设约3亿千瓦的分散式风电,发展空间亟待进一步释放。尽管分散式风电投资规模和开发运营技术难度均大于分布式光伏,但其对电网的消纳能力要求更低、单位发电量对土地占用面积小的特点使其在农村地区具有与光伏差异化的应用场景,可布局在田间地头、厂区角落、国道省道边坡等。不同于大型风电场的开发模式,



我国发展海上风电具备哪些基础条件?未来趋势如何?

王震(中国海油集团能源经济研究院党委书记、院长):在国家“双碳”目标和积极产业政策引导下,海上风电呈蓬勃发展趋势。海上风电等海洋电力产业呈现快速增长势头,“十三五”时期年均增长率达13%。这得益于我国优良的基础条件。一是自然资源条件优越。我国拥有长度超过1.8万千米的大陆海岸线,管辖海域面积约300万平方千米,为海上风电提供了广阔的地理空间。我国是全球海上风资源富集的区域之一,据中国风能协会数据,海上风资源技术可开发量超25亿千瓦。福建、粤东风资源最佳,已建设海上风电项目的最高发电小时数超过5500小时,是陆上的2倍多。二是政策引导有力。国家和地方政策相互衔接,从发展规划到资源获取、科研支持、金融服务等,构建了“目标牵引—配套支持—落地实施”多层次立体政策框架。依托政策支持,海上风电建立了具有全球竞争优势的产业链,初步形成环渤海、长三角、珠三角三大集群,以及“产业集群—产业园/产业基地—生产基地”多层次产业格局,产业园在23个地市已建成或在建28个,山东、浙江、福建等地提出深远海浮式风电产业园建设规划。三是电力供需高度匹配。沿海地区经济发展较快,目前用电量占全社会用电量的比重在52%至56%之间,电力需求增速快,上海、江苏、浙江、广东等地电力缺口逐年增大,为海上风电消纳提供了充足的市场空间。根据咨询公司伍德麦肯兹数据,海上风电在沿海省份用电量中占比将稳步提升,预计到2050年,海上风电发电量占沿海各省比例将由目前的1%上升到17%。四是工程技术实力强劲。我国海洋工程装备与技术快速发展,具备大型风电安装船、海缆敷设船等船舶装备研制能力,具有高效的运输、沉桩、吊装等施工作业能力。此外,海上油气勘探开发等为海上风电提供了良好的技术基础,基础建造、系泊系统、安装施工、运维救援等产业链环节与海上油气重合。“十四五”可再生能源发展规划提出规划建设山东半岛、长三角、闽南、粤东和北部湾五大海上风电基地,优化近海风电布局,启动深远海风电规划和开发示范。从目前并网规模看,我国基地建设进程略有差异。江苏、广东保持领先,江苏累计装机容量达1200万千瓦,带动长三角大基地建设进程

海上风电呈蓬勃发展态势

在全国领先,广东2022年新增装机容量居全国第一。山东半岛南V等项目实现当年核准、当年开工、当年并网。多家机构预测,“十四五”时期我国海上风电年均新增装机容量可达900万千瓦,大基地项目将是增量发展的主力。“十五”时期,年均新增装机容量预计保持在500万千瓦至700万千瓦之间,2030年累计装机容量预计将超1亿千瓦,五大基地将完成全部近海6000万千瓦建设。海上风电加速走向深远海,浮式风电更加适合更大更深的场址。目前,“三峡引领号”、中国海装“扶摇号”、“海油观澜号”项目完成建设,海南万宁百万千瓦级漂浮式风电示范项目开工。浮式风电从工程化加速向商业化推进,2026年累计装机容量有望突破50万千瓦。未来海上风电发展趋势主要包括以下几个方面。第一,融合发展形式多样。近期,支持海上风电与其他能源融合发展的政策相继出台,《加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案(2023—2025年)》等要求开展海上风电与海洋油气田深度融合示范。融合发展模式创新活跃,海上风电与海洋牧场、海水淡化、制氢等模式正在从试验探索走向产业化规模化发展,综合能源岛、油气平台供电、风浪联合等试验项目陆续推出,如“海油观澜号”实现为油气平台直接供电,海上风光同场项目首期建设完成。融合发展将成为普遍共识,引领构建新场景,建立新业态。第二,技术突破超乎预期。浮式风电技术路线百花齐放,示范验证项目如雨后春笋。未来可能取得新突破的方向包括致力于提升风资源利用效率的风机与浮式基础一体化耦合技术,以及数字化、智能化技术创新运维模式等。第三,建设成本持续下降。从2010年至2022年,我国海上风电建设成本下降超过40%,目前为9000至13000元/千瓦。大机组应用、规模化建设、融合发展等助力持续快速降本。到2030年主流风机单机容量为15兆瓦至20兆瓦,更大机组可减少桩基与安装工作量,降低造价。通过吊装施工优化、基础设施共用、运维资源整合等可进一步降本。2030年前,浮式风电成本有望进一步降低50%以上,实现平价上网。第四,产融结合更加紧密。目前,优惠贷款利率、绿色和蓝色债券等一系列金融支持政策相继推出。央行推出“碳减排支持工具”,沪深交易所支持海上风电相关企业发行蓝色债券融资,2023年首只海上风电项目为底层资产的REITs成功发行。海上风电大规模发展需要万亿元级资金,未来产融结合方式将更加多样。

发展分散式风电提高农村能源自给率

分散式风电主要利用低风速的风资源和零散的土地资源,不以大规模远距离输送电力为目的,所产生的电力就近接入当地电网,并在当地消纳。由于分散式风电安装相对稀疏,对当地电网不会造成较大消纳压力。如配置得当,不仅不需要大幅增加电网投资,还可降低电网送电损耗,提高供电效率。随着技术条件的成熟,低风速机组、降噪叶片、节地塔筒、智慧运维等技术的应用为挖掘农村地区分散式风电的开发潜力提供了支撑。分散式风电市场不断扩大,其上下游产业链也不断完善,创新商业模式不断涌现,为农村地区开发分散式风电创造了更加友好的市场环境。“十三五”时期,湖南省桂东县牛郎山项目等分散式风电项目通过多种方式使村民实现了持续稳定增收,仅牛郎山项目就使当地约1.2万人受益。2019年开始运行的河南省平顶山凤凰岭项目通过引入农村集体经济,整合闲散土地,实现风电开发和农民致富并举。2021年,该项目6台2兆瓦机组发电量共3184万千瓦时,全年盈利逾500万元,乡镇成立的企业通过股比收益分红实现稳定创收,村民也积极参与到项目建设和运行维护中。其他一些分散式项目的开发还带动了农村地区道路等基础设施建设,打造了风电特色旅游新场景,在建设期为村民提供了工作岗位,并通过搭建运维团队为农村地区创造了高质量的技术就业岗位。与分布式光伏相比,农村地区分散式风电开发仍存在一些难题,应着力破解。首先,风电项目开发涉及机械、土建、电气等多领域,对专业技术能力要求较高,中小投资者能力不足、大型企业开发效率低下是影响分散式风电发展的较大阻碍。可通过以县域、

乡镇为单元组织分散式风电开发,由地方政府统筹资源,有能力的开发企业统筹建设运营,并为当地村民提供股份,充分调动企业、地方政府和农民参与项目的积极性。结合当地产业项目、农机等农机设备、通信基站等基础设施,构建乡村场景下的“源网荷储一体化”开发模式,在发展乡村经济的同时,提高电网对新能源的消纳水平。此外,针对农村分散式风电开发规模小、主体多元的特征,进一步畅通融资渠道、创新金融服务模式。其次,分散式风电尽管使用了节地模式的塔筒,仍需实际占用一定规模土地,且在建设期需临时占用更大范围的土地。实际开发中,由于项目规模小且数量多,相较于集中式风电项目,分散式项目土地资源审批周期长、协调难度大。可考虑结合当地分散式风电发展规划预留部分用地指标,通过打捆统一配置、设置专门审批通道等方式优化分散式风电项目获取建设用地指标的流程。结合当地农作物耕种周期,统筹优化分散式风电项目的建设周期,降低建设临时用地对农业活动的影响。再次,噪声和光影影响、风电机组倒塌等安全问题是风电建设必须考虑的因素,尤其是在人口聚集区周围。相较于集中式开发中使用的风电机组,农村分散式风电机组建设要求噪声影响更低、运行质量更高,机组选址的规划也需严格避让居住点、重要安全设施。在规划选址、机组选型、运行维护、生态修复等环节要严守底线,通过提升技术标准,加强质量检测、监督管理等降低风电项目对环境的影响。加强叶片降噪、运行方式优化等技术创新,通过故障预判、远程管理等方式实现运维能力智能化和高效化。