

近年来，山东全力推进新旧能源转化，大力发展风电、光伏发电等绿色能源，清洁能源发电始终保持高速增长态势。

山东：齐鲁大地“风”“光”好

文 / 侯婷

9月12日16时31分，距离山东烟台海阳海岸线30千米，山东半岛南4号海上风电项目第10回路的5台风机开始旋转。山东省首座海上风电场成功并网发电，山东海上风电实现“零”的突破。

今天，山东光伏、风电装机容量已突破4500万千瓦，分别位列全国第一、第五，占山东省电网装机容量的1/3还多。“十四五”装机容量将迎来新一轮爆发式增长，2025年将达到8300万千瓦。

在新能源、微电网、互动式设备大量接入的形势下，“十三五”期间，山东风电、光伏发电利用率保持在

97.8%以上，交出了一份亮眼的答卷。

电网发展夯实绿电基础

近年来，山东全力推进新旧能源转化，大力发展风电、光伏发电等绿色能源，清洁能源发电始终保持高速增长态势。其中，增速最快的是光伏发电。截至2020年年底，山东电网并网光伏发电容量为2272万千瓦，占全省清洁能源发电容量的47.7%，发电容量在2020年首次超过风电，成为山东电网清洁能源的龙头。没有西部广阔的空间和光照时长，山东光伏装机容量居全国第一，这令很多人感到意外。

不仅是光伏，山东的生物质能发电装机也是全国第一。截至2020年年底，山东并网生物质发电厂164座，装机容量347万千瓦，是2015年的3倍。这些电厂2020年为全省提供了157.17亿千瓦时电能，是2015年的2.5倍。

“山东的用电需求和电网整体规模位居全国前列，为新能源发展提供了广阔空间。”国网山东省电力公司（以下简称“国网山东电力”）发展部副主任张松说。2021年1~7月份，山东全社会用电量达到4264亿千瓦时，位居全国第二。经过多年持续发展，山东电网已经成为国内最大的省域特高压交直



截至2020年年底，山东电网并网光伏发电容量为2272万千瓦，占全省清洁能源发电容量的47.7%，发电容量在2020年首次超过风电，成为山东电网清洁能源的龙头。

▲ 风电夕照，临沭县山里村北风力发电。摄影 / 邹曙光

流混联电网，通过六回1000千伏交流线路、两条±800千伏直流线路、一条±660千伏直流线路和四回500千伏线路，与华北、西北、东北电网联网。强大的电网，既为山东经济社会发展提供了坚强保障，更是新能源发展的基础。

山东把可再生能源接入全面纳入电网规划管理，加快配套电网工程建设，“十三五”以来，山东累计投资51.9亿元，建成投产500千伏临朐、220千伏潍坊温泉站等配套电网工程，以及220千伏滨州海丰站等风电、光伏项目集中接入点站和汇集站，为可再生能源发展集中区域项目科学、合理接入

电网创造了良好条件。

优化接网服务畅通绿电通道

9月14日，国家能源局公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单，全国676个县（市、区）成为试点。山东济南市莱芜区、邹城市、惠民县等70个县（市、区）入选，数量居全国首位。服务整县（市、区）屋顶分布式光伏开发，国网山东电力按照业扩报装管理模式，开展分布式光伏接网服务。

在优化接网服务方面，山东出台可再生能源并网服务流程及实施细

则，将10千伏接入权限由市级下放至县级，办理流程由串行调整为并行，实行优先接入、全额消纳。目前，可再生资源项目从报装到并网，累计办理时长由68个工作日压减至43个工作日。他们创新电费结算方式，实行按月抄表、按月结算，购电费用及补贴月结算率均达到100%；广泛推广“光e宝”产品应用，实现费用补贴线上查收，进一步提高可再生资源发电结算效率和用户体验。

国网山东电力印发了集中式和分布式可再生资源全流程管理两个细则，横向协同各部门，纵向贯通省市县公司，全面优化并网管理流程，规范新能源并网管理机制，明确了“省为总体、市为主体、市县一体”的管理原则，坚持“用户优先”的原则，对用户光伏项目，公司代备案次数由每月1次调整为每月3次，备案效率提高66%。通过线上线下服务渠道，公示分布式新能源并网服务信息，公开服务标准、服务流程和服务时限，统一印制分布式新能源并网业务办理指导书和“温馨提示”16.12万份，切实保障客户知情权。

强化运行管理促进绿电消纳

“有了光伏智能开关，全市光伏运行数据一键查看、随时调控，有效解决了光伏发电影响电力平衡的问题。”9月14日，国网山东淄博供电公司电网调度员王讯通过调控系统“一键顺控”远程操作，将光伏上网电量较高

的10千伏桥马线拉手转供到了用电负荷较高的10千伏笠科线。

截至8月底，淄博供电公司完成了淄博全域1.6万户光伏智能开关接入，在山东省率先实现光伏智能开关市域全覆盖，采取“智能融合终端+光伏并网断路器”等新技术，通过开关内的智能控制模块、数据采集处理器等，精准测量光伏用户发电功率、电压、电流等数据，绘制全域、线路、台区三层级光伏发电走势图，为全网电力平衡提供数据支撑。在电网检修等情况下，还能开展“群调群控”，通过远程“一键顺控”断开及恢复连接，为作业人员提供安全保障，实现分布式光伏并网、消纳的可观、可测、可控。

风电、光伏有随机性、间歇性等特点，半夜大家不用电的时候，可能风正大，中午相对用电低谷的时候，光伏发电正是高峰，这需要安全精细的电网调控运行管理。山东电网共有469座新能源场站，全网在运265种型号新能源机组，国网山东电力率先在国家电网有限公司范围内实现了全网在运新能源场站机电暂态“一场一特性”的精细化建模。他们引入3~7天新能源滚动预测，最大限度纳入电力平衡。“十三五”期间风电预测精度从91%增长到93.3%，光伏预测精度从90.5%增长到94.1%，有效提升了省内常规和非常规电网协调控制精度。

充分发挥火电机组调峰作用，山东电力调控中心科学核定供热机组最小运行方式，优化开机方式，在保障电网运



山东省“双碳”目标与任务

“十四五”发展目标与任务：

◎ 打造山东半岛“氢动走廊”，大力发展绿色建筑。降低碳排放强度，制定碳达峰碳中和实施方案。

2021年重点任务：

◎ 加快建设日照港岚山港区30万吨级原油码头三期工程。

◎ 抓好沂蒙、文登、潍坊、泰安二期抽水蓄能电站建设。

◎ 压减一批焦化产能。严格执行煤炭消费减量替代办法，深化单位能耗产出效益综合评价结果运用，倒逼能耗产出效益低的企业整合出清。

◎ 推进青岛中德氢能产业园等建设。

行安全基础上，最大限度消纳新能源。他们加快抽水蓄能电站建设，目前在建抽水蓄能电站4座、装机容量为600万千瓦，确保2021年投产沂蒙抽蓄电站3台机组90万千瓦。加强对火电企业灵活性改造督导力度，“十三五”按计划完成14台合计780万千瓦容量火电机组改造，累计提升调峰能力82.6万千瓦。

依靠市场手段探索绿电消纳路径

通过政策和市场手段解决问题是山东新能源消纳的又一探索。

2020年7月，山东印发全省电力需求响应工作方案，通过价格信号引导各类市场主体参与调节，优化负荷曲线。为充分消纳中午大发的光伏，自2021年1月1日，山东把中午12点到1点的用电价格从平段调到了谷段，中午时间负荷曲线明显上升。2020年以来先后组织填谷电力需求响应17次，最大填谷负荷60.75万千瓦，累计填谷电量822万千瓦时，有效缓解春节假期等特殊时段新能源消纳矛盾。

9月7日，全国首场绿色电力交易试点启动，山东26家市场主体参与2021年第四季度绿色电力交易申报，主要涉及精密制造、有色金属冶炼、通信、玻璃制造、红色教育基地及在鲁跨国企业等，首场绿电交易电量为346万千瓦时，以此为标志，山东正式开启绿电消费新模式。据不完全统计，山东有绿电需求的大型用电企业近100余家，分布在全省16个市，按照绿电购买需求，2022年山东绿电交易规模有

望突破2亿千瓦时。

为加快推进清洁电力消纳，山东健全完善电力交易机制，研究制定市场合同优先消纳方案，明确按照自愿参与原则，有序放开新能源发电企业进入市场，鼓励具备条件的集中式发电企业与售电公司、批发用户签订中长期交易合同，确保参与市场交易的清洁电力在电网调峰困难时段优先消纳；允许购电主体使用与新能源发电企业签订的市场合同抵扣应承担的非水可再生能源消纳责任电量，实现新能源和可再生能源市场交易与非水可再生能源消纳责任权重的有效衔接……一系列改革举措导向引领，激活了新能源交易电量市场一池春水。截至目前，已有227家新能源发电企业通过山东电力交易平台注册成为合格市场主体，其中风电企业180家，光伏企业47家。累计开展新能源双边协商交易6批次，累计成交电量为55亿千瓦时。

“新能源参与电力市场交易，为全省构建适应高比例新能源装机的新型电力系统市场机制提供了实践经验。”山东省能源局电力处负责人建议，未来，山东应继续积极探索省内新能源发电企业和购电企业参与市场交易机制，发挥市场在资源配置中的决定性作用，不断满足市场主体购买绿色电能的意愿。要通过市场手段促进新能源消纳，着力构建以新能源为主体的新型电力系统，为加快实现碳达峰、碳中和战略目标贡献力量。■