

# 进入“无人区”，风电未来之路怎么走

◎本报记者 何亮

63层楼高的全球最大风电机组、总容量达16.6兆瓦的双主机漂浮式风电平台、相当于两架空客A380客机长度的风机叶片……在不久前举行的2024北京国际风能大会暨展览会上，一系列风电行业的创新成果让人目不暇接。火热的展览现场，传递出我国风电产业发展强劲的信号，也展现了产业未来的发展方向。

## 装机容量约占全球一半

随着全球能源转型进程加速，风电产业正驶入发展“快车道”。

全球风能理事会最新报告显示，2023年全球风电新增装机容量达到117吉瓦，同比增长50%，创历史新高。其中，中国以75吉瓦的新增装机容量，占据全球新增装机容量近65%。此外，国家能源局统计数据显示，今年1至9月，我国风电装机容量约4.8亿千瓦，同比增长19.8%。

中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩介绍，全球风电累计装机容量超10亿千瓦，其中我国累计装机容量超5亿千瓦，约占全球装机容量的一半。我国风电在推进全球能源转型、应对气候变化方面发挥着越来越重要的作用。

当前，我国已建起完备的风电产业体系，风电装备制造能力稳居世界前列，一批原创性、突破性技术成果集中涌现。中国产业发展促进会副会长史立山说，这不仅是量的积累，更是整个产业的飞跃。如今，我国已经通过风电规模化开发带动了整个产业的发展。今后，要着力解决风电光伏的波动性问题，形成独立提供新能源电力的能力，这需要进一步加强风电与储能、微电网的配合。

“今年以来，我国风电装机规模持续增长，发电量持续提升，海上风电平稳推进。”国家能源局新能源和可再生能源司综合处副处长崔广胜表示，下一步相关部门将及时研究解决项目建设中面临的

问题，确保大型风电光伏基地按期投产；加紧落实“十四五”规划明确的海上风电基地建设重点任务，稳步推进深远海海上风电开发建设。

## 海上机组突破常规环境

创新与突破，是此次展览会海上风电领域的关键词。

展览会现场，中国东方电气集团有限公司自主研发的26兆瓦级海上风电机组成为一大焦点。该产品是目前全球单机容量最大、叶轮直径最长的海上全国产化风电机组。值得一提的是，机组的发电机、叶片、轴承、电控系统等关键部件技术均达到世界领先水平，是我国风电装备全产业链技术快速进步的最新成果。

风机大型化离不开更大的验证平台。在会场附近的工业园区里，由三一重能股份有限公司自主研发设计的、全球最大的35兆瓦级六自由度风电整机试验台近日投运。作为风电产业中当之无愧的“重器”，该试验台实现100%国产供应链建设，是目前全球可承载功率最大、还原度最高、验证最全面的风电整机传动试验台。三一重能测试工程师冯时介绍，它能够模拟35兆瓦级整机全生命周期的验证需求，为风电大型化的未来发展创造更多可能。

除了迈向大型化，风电机组还在向深远海不断挺进。明阳新能源投资控股集团有限公司展台前，全球单体容量最大的漂浮式风电平台“明阳天成号”模型引人注目。它搭载两个8.3兆瓦海上风机，呈“V”字形排列，是全球首台在一个浮式基础上安装两座塔筒的海上风电平台。整座风电平台排水总量约1.5万吨，整体拖航设计吃水5.5米，可应用于水深35米以上的全球广泛海域。

风电技术的进步，为风电产业发展打开了更广阔空间。金风科技股份有限公司总裁曹志刚说，随着适应性技术持续创新，风电机组已能突破常规应用环境，包括超常规温度、超高速环境等。



参观者在2024北京国际风能大会暨展览会上观看全球单体容量最大的漂浮式风电平台“明阳天成号”的模型。

在抗台风技术的支持下，很多风电机组已经可以“与台风共舞”，将风资源的可利用范围显著扩大，也为深远海风电发展提供了坚实经验支撑。

## 陆上机组提升质量安全

反思与变革，是此次展览会陆上风电领域的高频词。

大会期间，12家整机企业共同签署了《中国风电行业维护市场公平竞争环境自律公约》，表示将共同规范市场竞争中的各类行为，重点解决低价恶性竞争等问题。这表明，风电行业将更加注重寻求发展速度与质量的平衡。

在提高风电机组质量方面，“确保全生命周期安全可靠”是整机厂发力的重要方向。近年来，我国陆上风电机组大型化的速度加快，但与此同时，风电机组意外停机、发生故障等事故的频率也有所提升。这不会直接造成财产损失，还会对风电产业的声誉造成难以挽回的消极影响。

“曾经站在巨人肩膀上快速成长的中国风电已踏入‘无人区’，接下来的

每一步都是全新探索，这意味着风机将从‘制造’进入‘创造’阶段。”远景能源有限公司高级副总裁姜民表示，整机商、核心供应链、认证机构、标准制定机构要共同努力，充分认识大兆瓦风电机组在开发、测试、验证等方面的价值，持续进行投入，进一步提升我国风机质量。

近年来，整机商纷纷加力提升产品测试验证能力。比如，金风科技升级了其原有的16兆瓦六自由度测试台，达到20兆瓦以上水平；远景能源全面升级江阴智慧风电测试验证中心，建设包括26兆瓦弯扭耦合传动链系统测试台、五自由度整机加载测试台、高低温实验室等。

此外，一些风机整机厂商正转变风机“以大为美”的理念，致力于优化风机性能，降低全生命周期的供电成本。例如，金风科技与远景能源推出的新一代陆上旗舰机型，与去年相比，叶轮直径不升反降，但发电性能却有所提升。正如金风科技产品与解决方案中心总经理赵树椿所说，单纯加长叶片带来的发电性能提升并不显著，成本却呈指数级增长。提升综合效率的最优解应该是设计制造高性能、长度合理的叶片，充分测试验证机组的长周期性能，以实现陆上风机的革命性突破和多场景覆盖。

性。无线充电设备还可嵌入道路，使电动汽车实现“边开边充”，尤其适合长途卡车和公交车。

江朝强说，随着自动驾驶技术的普及，未来无人驾驶汽车自动驶入充电区域，无需人工干预，即可实现充电，将大大提高电动汽车的运行效率，有利于推动智能交通网络建设。

在未来的智慧城市中，电动汽车不仅是交通工具，更是智能电网的重要组成部分。无线充电技术可与智能电网相结合，优化能源管理，实现智能调度和负载均衡，确保电网稳定性，并提高能源利用效率。

随着技术不断成熟和成本降低，无线充电技术还有望在无人机、机器人等更多领域得到广泛应用。

# 电动汽车无线充电有了更多可能 有望实现“即泊即充”“边开边充”

◎本报记者 姜靖

手机无线充电已经实现，电动汽车是否也能无线充电？

香港城市大学工学院电机工程系助理教授江朝强团队研发出的新型高功率22千瓦纳米晶智能无线充电技术，为此提供了一种方案。该技术让无线充电效率达到96%，充电系统体积减小20%、重量降低14%，为无线充电技术在电动汽车大面积推广带来了新的可能。

无线充电技术，又称为感应充电，是通过电磁场将电能从充电器无线传输到电池的一种方法。其核心优势在于无需插拔充电线，只需将电动汽车停放在充电区域即可完成充电，大大提高充电便捷

性，降低充电接口的故障率。“无线充电技术现已在一些高端电动汽车中得到应用。随着技术的成熟和成本的降低，未来无线充电技术有望成为主流。”江朝强说。

目前，电动汽车无线充电技术通常采用铁氧体磁芯，但铁氧体热稳定性差、磁性损耗大。为了突破材料限制，无线充电器增加了很多冗余设计，导致其功率密度低、重量和成本高昂，进而影响无线充电技术的普及。

为此，江朝强带领团队对磁材料和磁路设计进行优化，将厚度小于18微米的纳米晶合薄带混合式层叠在磁耦合机构上，以替代传统铁氧体。纳米晶合金材料饱和磁感应强度更高，可达1.2特斯拉，远高于传统铁氧体的0.45特斯拉，具有热稳定性强、磁芯损耗低等优点。因

此，可将无线充电器尺寸设计得更小，并有效减少环境温度对充电效率的影响。

江朝强介绍，纳米晶材料能在更宽的温度范围内保持高效运作，但其电导率较高，在高频磁场中会导致较高的涡流损耗，直接简单替代铁氧体不能充分发挥其材料优势。对此，团队通过精确设计磁芯的几何形状和磁属性配置，对磁耦合机构进行优化，使其能量传输更加直接和高效，减少不必要能量损耗。团队还利用纳米晶材料的高灵活性，设计出多种磁率组合，可根据不同的应用需求，实现电、磁、热性能之间的最佳平衡。

该无线充电技术可应用于停车场、购物中心、家庭车位等场所，车主只需将车辆停放在指定位置，无需插拔电缆，就能实现“即泊即充”，大大提高充电便捷

# 项目密集落地 产业蓄势发力

## ——氢能行业发展观察

◎本报记者 王禹涵

氢能是实现清洁能源转型的重要载体，近年来呈快速发展势头。国际能源署10月发布的《全球氢能评论(2024)》显示，截至2023年末，中国已有超300家企业布局制氢设备领域，中国电解水制氢设备厂商总产能达38吉瓦，占全球产能近七成。

“这不仅展现出中国在氢能领域的快速发展态势，也反映了氢能市场的变革趋势。”中国产业发展促进会副会长史立山说。

## 数转智改提效益

随着数字化、智能化浪潮加速推进，氢能设备行业迎来转型。

前不久，国内规模最大的制氢装备智能制造中心——阳光氢能智能制造中心在安徽投产运营，该中心集合工业物

联网、5G、大数据、虚拟仿真等技术，配备了关键零部件自动化加工产线、电解槽机器人装配产线，使生产效率大幅提升；国富氢能装备产业基地三期项目智能化工厂日前投产，成为全国最大智能化氢能装备生产基地；全球产能最大的电解水制氢设备生产基地——天合元氢扬州生产研发基地近日正式投产，项目一期建设1吉瓦碱性电解水制氢装备生产线，产线可实现100%自动化、100%质量自判定、100%产品数字化、100%信息共享化……

在天合元氢总裁段顺伟看来，数字化、智能化是此轮制氢设备生产加工工艺“上新”的最大特点。

走进天合元氢扬州基地，只见机械臂有条不紊地抓起极板半成品放入自动焊接产线内，桁架式高速机器人自动开展上下料……段顺伟告诉记者，这条自动化生产线融合自动控制、声光电检测、大数据、云平台等多种技术，由极板自动焊接线、流道自动加工线、板网电

极自动焊接线、电解槽组装线等4部分组成。

焊缝是电解槽核心部件极板的关键质量因素，对电解槽的性能安全和制氢效率有较大影响。段顺伟介绍，极板自动焊接线同时整合了焊缝质量检测系统，焊接完毕的极板可以自动完成缺陷检测与质量监控。“我们开发的智能焊缝追踪系统，可以实现焊缝实时识别、自动纠偏，并通过场景自适应学习功能实现新产品导入，使整体焊接效率提升30%。”他说。

## 产业体系待完善

电解槽是电解水制氢的核心设备，现阶段国内大多数企业聚焦碱性电解槽。氢能市场研究机构高工氢能产业研究所发布的报告显示，从技术路线上看，碱性制氢占据国内主流。根据相关厂商规划，到2025年国内电解水制氢设备总产能有望超65吉瓦。

段顺伟对记者说，其中碱性水

(ALK)技术比较成熟、设备成本也相对较低，比较匹配国内市场规模化制氢应用需求。而另一种技术路线——质子交换膜(PEM)技术难度、成本相对较高，但有电解槽体积小、电流密度高、环保等明显优势，是众多企业的关注热点。“天合元氢已经对PEM技术路线进行了布局，此次在扬州基地也配备了PEM相关测试平台，后续会根据市场需求逐步配套建设PEM产线。”段顺伟说。

总体来看，当前电解水制氢成本仍然较高。在现有技术和新能源发电价格条件下，ALK电解槽制氢成本接近每公斤30元、PEM电解槽制氢成本为每公斤40—15元的成本。

“氢能工业领域的应用十分广泛，但绿氢占比不足1%，且成本较高。氢能产业链，尤其是绿氢产业链体系有待进一步完善。”史立山分析，目前整体产业仍处于起步阶段，需要强有力的支持政策。

## 新看点

# 山西出台 能源领域节能降碳行动计划

科技日报讯(记者赵向南)11月14日，记者从山西省能源局获悉，该局日前印发《山西省能源领域2024—2025年节能降碳行动计划》(以下简称《行动计划》)，加大能源领域节能降碳工作推进力度，推动能源领域绿色低碳转型，确保完成“十四五”节能约束性指标。

《行动计划》提出，2024年，山西省单位地区生产总值能耗同比下降2.0%，能源消费总量约2.12亿吨标准煤，非化石能源消费占比超过11.5%；2025年，全省单位地区生产总值能耗较2020年降低14.5%，力争降低16.5%，能源消费总量约2.18亿吨标准煤，非化石能源消费占比达到12%。

《行动计划》鼓励提升非化石能源消费。山西将加强非化石能源供给，到2025年底，力争全省新能源和清洁能源装机占比达到50%，发电量占比达到30%；提高可再生能源消纳水平，持续提升电力系统接纳新能源的能力，力争2024—2025年全省绿电消纳率保持在95%以上；提升非化石能源消费比重，鼓励各市实行新上项目非化石能源消费承诺，强化绿电消费责任，提升绿电

消费水平。

《行动计划》明确，深入实施能源领域节能降碳行动。山西将加快煤炭清洁高效利用，推动煤炭绿色开发和绿色智能开采，推进燃煤发电提效降碳；加强充电基础设施建设，继续加密优化高速公路网充电基础设施，加快补齐城市之间路网充电基础设施，打造有效满足电动汽车中长途出行需求的城际充电网络，力争2025年底，建设形成城市面状、公路线状、乡村点状布局的充电网络布局；严格控制煤炭消费，严格实施大气污染防治重点区域煤炭消费总量控制，重点削减非电力用煤；强化科技标准引领，集成企业、高校、科研院所、社会资本等优质科研资源，协同攻坚能源领域重大技术装备“卡脖子”难题；推进大规模设备更新升级，强化银企对接，引导金融机构加强对相关设备更新和技术改造的支持。

《行动计划》还对强化节能目标责任和评价考核作出部署，提出到2024年底，各市完成80%以上重点用能单位节能监察；到2025年底，实现重点用能单位节能监察全覆盖。

## 大湾区最大车网互动示范站投运

科技日报讯(记者罗云鹏 通讯员胡美施 倪昌 陈榕)11月15日，记者从南方电网深圳供电局获悉，全国首个“光储超充+车网互动+虚拟电厂+电力魔方+电力鸿蒙”多元综合超充示范站日前在广东省深圳市莲花山超充站完成为期1个月的试运行，正式开放运营。

该站有27个具备车网互动(V2G)等功能的充电桩，可同时满足46辆车充放电需求，是大湾区规模最大的车网互动示范站。

值得一提的是，站内配有单桩最大放电功率达600千瓦的超充桩，其放电速度较普通桩提升10至20倍。“未来，随着能进行大功率放电的车型越来越多，局部用电高峰的压力有望得到进一步缓解。”南方电网深圳供电局新兴产业部业务拓展专员邱凯翔介绍，站点目前已全量接入深圳虚拟电厂管理平台，负荷高峰期最大可调节能力为2760千瓦。

此外，作为南方电网电力鸿蒙物联操作系统在充电设施应用的示范站，该站5台120千瓦快充桩均搭载了这一系统。“新能源汽车充电技术更新迭代速度快，同时新能源汽车保有量快速增长。未来，如果要

进一步提高电网对大量不同类型车、桩的管理效率和质量，三者之间就需要‘说同一种语言’。”南方电网深圳福田供电局高级客户经理张佳森说，“电力鸿蒙就是这样一套国产自主可控的通用系统，能使电力设备间实现即插即用、数据互联互通。”

数据显示，深圳新能源汽车保有量已达116.2万辆，占机动车总保有量超1/4。新能源汽车的快速发展和普及，对充电基础设施和配电网承载力提出了更高要求。据了解，该示范站试运行1个月来，日均服务近600车次，日均充电量超2万千瓦时，较2023年同期增长142%。这在一定程度上反映出，该站改造升级后可更快更好地满足车主的充电需求，具备开展大规模车网互动应用的潜力。

南方电网深圳供电局新兴产业部总经理冯悦波表示，光储充一体化示范项目是新能源汽车与可再生能源深度融合的切入点，南方电网深圳供电局将继续推进该项目的建设运营，推动开展规模化车网互动应用，以新模式、新业态助力加快构建新型电力系统，为深圳打造全球数字经济先锋城市贡献力量。

## 大电网调控平台关键技术获突破

科技日报讯(记者张晔)11月15日，记者从中国电力科学研究院有限公司(以下简称“中国电科院”)获悉，由该院牵头完成的“‘物理分布、逻辑统一’的大电网调控平台关键技术及应用”项目，获2024年度电力科学技术进步奖一等奖。该成果将为保障大电网安全稳定运行提供强有力的技术支撑。

大电网是现代经济社会发展的基石。随着我国特高压交直流混联大电网加快建设，电网规模不断扩大，一体化运行特性突出，电力平衡和安全保障难度不断加大。原有调控平台由各级调度独立建设，难以满足一体化发展需求，电网调控支撑能力面临挑战。

中国电科院电力自动化研究所研究员高级工程师杨胜春说，电网规模的扩大，要求电网必须提高全局态势同步感知能力，须有新特征要求提升大电网全局平衡能力。同时，局部故障将对大电网安全产生连锁影响，迫切要求加强跨区一体化安全防护能力。

为此，中国电科院联合南瑞集团、浙江大学、国网江苏省电力有

限公司等多家单位组成专项团队，攻克大电网调控多项关键技术，成功构建起“物理分布、逻辑统一”的大电网调控平台，使各项关键技术指标得到数量级提升。通过信息立体感知、资源全网优化、风险全局防控三大功能，平台有效提升了新能源消纳能力，降低了负荷谷差。尤其在风险防控方面，平台基于全网信息实现了超前评估和预控策略制定，大幅提升了电网安全保障水平。

据介绍，这一平台整合了分散于各调控中心的分析和决策功能，通过一体化系统架构提升了电网的监控、优化调度和风险防控能力。这就好比给大电网装上了“高清监控”，电网运行得怎么样、哪里有问题，一看便知。

杨胜春进一步解释，这一平台还能让电网自己“思考”和“调整”。以前，如果电网出了问题，需要人工查找并修复，但现在电网不仅可以自己发现问题，还能采取措施防止问题变得更严重。

据悉，该成果目前已在国家电网实际应用中取得显著成效，推动新一代调度自动化系统升级。