

全国碳市场 2022 年回顾与 2023 年展望

为碳减排提供低成本高效率工具

■本报记者 朱妍

记者从生态环境部获悉，今年1月1日起，《企业温室气体排放核算与报告指南发电设施》《企业温室气体排放核查技术指南发电设施》正式施行。两份指南旨在进一步增强排放核算、报告、核查等工作的规范性、有效性、透明度，全方位、全链条强化数据质量管理，建立健全碳市场数据管理长效机制。由此，为全国碳市场扩容、增强市场活力，奠定全面准确真实的数据基础。

作为全球最大碳市场，全国碳市场覆盖了全球约12%的二氧化碳排放，其发展长期受到瞩目。刚刚过去的一年，市场表现整体平稳，管理效能持续提升，同时却也出现排放数据质量欠佳、核查不够专业等典型问题。前期积累了哪些经验，后期走势又将如何？我们就此进行回顾与展望。

■整体运行有序，实现预期目标

截至2022年7月16日启动一周年，累计成交量1.94亿吨，成交额近85亿元，已成为全球最大的碳配额现货二级市场；11月24日第330个交易日，累计成交量首破2亿吨，超过半数的重点排放单位参与交易；12月22日，累计成交额突破百亿元大关，达到101.21亿元，11月以来更有6个交易日成交量突破100万吨……近一年来，全国碳市场捷报频传。截至2022年12月30日收盘，全国碳市场碳排放配额（CEA）累计成交量229678843吨，累计成交额10475234717.27元。

“量”创新高，“质”也有提升。中电联在长期追踪的基础上，于近期组织完成了《发电企业在全国碳市场运行情况调研报告》（以下简称《报告》）。“碳排放管理效能进一步提升。制定碳交易管理制度，明确



各级单位碳交易工作职责，加强统筹管理，理顺工作流程。企业认真执行数据质量控制计划，加强碳排放数据体系化、标准化、信息化管理。”《报告》显示，本次调查的五大发电集团和九家地方电力集团企业，碳元素实测率已从2018年的50%左右提高到2021年的100%；调研涉及的100多家电厂案例，2021年单位火电发电量平均二氧化碳排放量862克/千瓦时，同比下降了1.3%。

“总体来看，全国碳市场基本框架初步建立，价格发现机制作用初步显现，企业减排意识和能力水平得到有效提高。”中电联副秘书长许松林在发布《报告》时称。

生态环境部应对气候变化司司长李高也予以肯定：“全国碳市场打通了各关键流程环节，初步发挥了碳价发现机制作用，有效提升了企业减排温室气体和加快

绿色低碳转型的意识和能力，实现了预期目标。”

■保持对碳排放数据造假零容忍

市场大了、运转快了，其间难免出现波动。生态环境部相关负责人透露，在日常监管中，发现部分核查机构仍存在对部分问题的理解不统一、工作程序不符合规定、核查报告质量差、核查履职不到位、核查结论失实，以及核查程序不合规等问题。另据核查数据评审，2021年度完成核查的发电企业，约80%出现经核查后的排放量与初始报告不一致的情况，不一致的主要参数包括元素碳含量、供热比、供电量、燃煤消耗量等。

许松林提出，在监测、报告与核查机制方面，基于碳实测的核算法难以应对我国

燃煤电厂煤质不稳定等客观情况，核查环节未充分发挥应有作用，企业数据质量管理有待加强。例如，据企业反映，第三方核查机构缺乏专业性，核查存在走过场现象，增加了管理环节，但数据质量并未得到有效提升。

“针对碳市场运行初期的数据质量问题，我们已向社会公开了四家机构碳排放报告数据弄虚作假典型案例。”李高直言，数据质量是全国碳市场的生命线。“我部将一手抓严控严查严罚，保持对碳排放数据造假零容忍的高压态势，另一手抓政策制度体系完善，加大对违法违规行为的惩处力度。”

北京绿色交易所总经理梅德文还提醒，由于碳资产是建立在碳排放数据基础之上的虚拟资产，相较于其他市场更加抽象，数据真实性、完整性和准确性是市场公信力

的基石，完善可测量、可核查、可报告的市场体系很关键。“当前，全国碳市场只纳入电力行业。可以预见，未来从一个行业拓展到石化、钢铁等8个行业，能源使用更多元、生产流程更复杂、排放过程更复杂，市场体系建设是需要攻克的重大难题。”

■立法要严、量化要准、强化监管

记者了解到，2023年起实施的两份指南，正是为了进一步提升碳排放数据质量，完善全国碳市场制度机制，增强技术规范的科学性、合理性和可操作性。与之相伴，生态环境部将建立健全数据质量的日常监管机制，加强技术服务机构的监督管理，完善全国碳市场监管平台的服务功能，建立健全信息公开和征信惩戒的管理机制等。

生态环境部相关负责人举例，指南完善了数据质量控制计划内容，对企业的确定方式进行了补充，包括关键参数、测量设备、负责部门和数据缺失处理等要求；对企业数据内部质量控制和质量保证内容进行了细化，包括建立制度、明确职责、指导监测和健全记录等内容。“我部正在研究制定全国碳市场的温室气体排放数据质量管理规定，强化对纳入全国碳市场报告管理的排放单位数据质量控制计划、数据及信息存证、存证数据及信息的缺失与异常处理、排放核算与报告、排放报告核查等温室气体排放相关活动的数据质量监督，并通过完善信息化平台和强化数据分析支撑日常监管。”

《报告》还建议，在企业层面，强化碳资产管理，提高企业精细化管理水平和碳排放数据质量，并通过多层次、分区域、分职责的培训，提高碳管理能力。在行业层面，制定有关规范，组织企业开展碳排放数据自查和互查，预判数据风险，加强交叉检验，提升数据质量。

“碳市场最重要的功能，就是为我国碳减排提供低成本、高效率的价格工具，对此立法要严、量化要准。”梅德文表示，预计到“十四五”末，全国碳市场将逐步建成碳监测评估体系，届时碳监测网络范围和监测要素基本覆盖，碳汇、碳源的评估技术方法基本成熟。

更深远更融合，海上风能开发正当时

■本报记者 李丽冕

2022年是我国海上风电产业平价元年，经历了短期低谷后海上风电市场已逐步回暖。有数据显示，截至2022年末，全球海上风电并网装机规模达到6850万千瓦，同比增长26%，其中我国海上风电累计并网装机容量预计将达到3250万千瓦，占到全球近一半左右。

经过了数十年的发展，海上风电产业正逐步突破“舒适圈”，开始探寻与制氢、制氨等多产业维度的结合，即将走得更深更远。

海上风电重要性进一步凸显

近年来，针对海上风电产业的支持政策不断出台，《2030年前碳达峰行动方案》就曾指出，要坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地。2022年，广东、山东、浙江等沿海省份陆续发布了海上风电项目开发相关支持政策，提出将针对符合条件的海上风电项目给予补贴，有效助力海上风电产业向平价时代平稳过渡。

面向未来，各沿海省份更是发布了最新海上风电装机发展规划，不仅有广东、福建、浙江等海上风电传统开发大省，更有海南、广西等海上风电刚起步的新兴市场。据市场研究机构中信建投统计预测，到2025年我国海上风电累计并网量有望达到7250万千瓦。

业界普遍认为，海上风电在加快推动能源结构调整优化过程中的作用已愈加凸显。据中国海油集团能源经济研究院近期发布的《中国海洋能源发展报告2022》数据，截至2022年末，海上风电装机约占全球可再生能源发电装机总量的2%，未来这一比例将稳步提升。其中，我国海上风电产业呈现出集聚发展特点，初步形成了环渤海、长三角、珠三角等产业集群，据预测海上风电在沿海省份的发电量占比更是有望从目前的2%提升至2050年的近20%。

风电市场技术创新储备充足

面对日益成熟的海上风电市场和增大的发展空间，我国本土风电制造企业早已“摩拳擦掌”，2022年纷纷推出了最新款的海上风电机型以及配套设施，更不断积极拓宽海上风电技术边界。

2022年11月，金风科技与三峡集团合作研发的16兆瓦GWH252海上风电机组下线，叶轮直径达到252米，创下当时全球最大单机容



2021年12月7日，明阳智能全球首台抗台风型漂浮式海上风电机组在三峡阳江沙扒海上风电场投运。



2022年10月13日，明阳智能能源集团股份公司全球最大单体碱性水电解制氢装备在广东成功下线。

量纪录。随后的12月，明阳智能宣布在广东汕尾海洋能源装备制造智能制造中心正式下线海上抗台风型叶片MySE260，该款叶轮直径达到了260米，再度刷新了全球海上风电最长叶片纪录。今年数据更是显示，机组大兆瓦趋势已十分凸显，新中标项目的单机容量普遍在8兆瓦以上，较往年已有了较大幅度提升。

受到海上风电发展的影响，我国轴承产业也取得了长足进步，目前国产海上风电主轴轴承已经可以做到16MW平台，困扰中国海上风电多年的“卡脖子”难题得到初步解决。

品的研制和布局，为海上风电挺进深远海做好了准备。值得一提的是，2022年9月，明阳智能发布的16.6MW双转子漂浮式海上风电平台“OceanX”就开创了当时全球双转子抗台风漂浮式风机容量纪录之最，“V”字型排列的漂浮式风机可应用于水深35米及以上海域，并计划在2023年下水安装。这也是明阳智能继去年和三峡集团合作投运全球首台抗台风5.5MW漂浮式风机之后，在深耕深远海漂浮式风机领域的又一大动作。2022年11月，明阳智能又在海南东方海洋能源高端装备制造基地下线了全球首台7.25MW深远海抗台风漂浮式风机。明阳智慧能源集团股份有限公司党委书记、董事长张传卫曾指出，放眼可再生能源的未来，其发展最终离不开创新。一方面，通过技术创新，推动清洁能源智能化和高质量发展，另一方面，通过模式创新，使新能源应用端成本进一步降低，以

更低价格惠及人民。

融合立体开发成为大趋势

在世界风能协会副主席、中国可再生能源学会风能专委会秘书长秦海岩看来，满足海洋的立体开发，大力发展绿色能源，增加海洋能源发展融合模式是实现未来城市经济发展融合与环保共利的当务之急。探索低碳环保与新能源互利共存的“相处模式”，是解决当今人类生存环境恶化的重要课题。未来海洋立体开发是必然的。

东方CZ9海上风电场便是海洋立体融合开发模式创新的一大范例。今年11月底，明阳智能宣布东方CZ9海上风电场示范项目正式动工，将建成“海上风电+海洋牧场+海水制氢”创新开发示范项目，成为了海南首个海洋能源立体融合开发示范项目。而在今年1月，明阳已经在广东阳江沙扒深海渔业养殖实验区完成了首次收鱼，全国首次成功实践了“海上风电+海洋牧场”的立体融合开发。

实际上，放眼全球，“海上风电+”模式的应用已十分广泛，相对更早开始海上风电商业化发展的欧洲国家早在数年前就开始了海上风电融合储能、制氢、制氨等领域的尝试，但业界普遍认为，即使在全球范围内，海上风电融合其他产业的创新模式目前仍面临着高昂成本、基础设施不足等发展瓶颈，如何从这一新兴赛道上脱颖而出，成为了目前能源企业关注的一大重点。

从目前国内企业布局来看，风电企业“跨界”制氢已然成为了一股风潮，在业界看来，风电企业参与制氢有望通过产业链一体化推动氢能规模化发展，进而推动氢能进入平价时代。不久前，上海电气旗下制氢装备公司正式揭牌，同时下线包括单吨产氢量1500Nm³/h碱性电解装备在内的两款制氢装备，氢能业务布局渐渐显露。今年10月，明阳智能更是在广东下线了全球最大单体碱性水电解制氢装备，与同等级设备相比，产氢能损更低，在大规模制氢项目的应用中，单位产能设备投资可以减少30%。

明阳智能指出，依托领先于行业的风电、光伏、储能技术一体化融合发展优势和“三超”碱性水电解制氢装备，该款设备的问世可以解决大规模氢能应用的氢源问题，将在推动绿氢大规模应用、促进“电氢融合”快速迭代发展方面起到重要作用。

温室气体与大气污染物协同治理见成效

《中国碳中和与清洁空气协同治理报告》显示

本报讯 记者朱妍报道：记者从2022年12月26日发布的《中国碳中和与清洁空气协同治理报告(2022)》(以下简称“报告”)获悉，在温室气体与大气污染物协同治理方面，我国已取得一定成效。2015-2020年，在全国地级及以上城市中，有105个城市实现了PM2.5年均浓度和二氧化碳排放量协同下降。2021年，全国及重点区域大气污染物浓度较2020年均有所下降，全国339个地级及以上城市PM2.5浓度平均为30微克/立方米，相比2015年下降34.8%；重度及以上污染天数比例，较2015年下降1.8个百分点。该报告是由清华大学、生态环境部环境规划院、北京大学、南京信息工程大学、中国清洁空气政策伙伴关系等单位联合发起，集结国内50余位一线学者共同编写。

温室气体与大气污染物排放同源，气候变化与大气污染之间存在明确的相互作用关系。“主要的温室气体排放和绝大多数的大气污染物排放，最主要来源都是人为活动过程中的能源消费。”报告召集人、生态环境部环境规划院大气所所长雷宇表示，当前，几乎所有的二氧化硫、氮氧化物，以及50%左右的挥发性有机物，85%左右的一次PM2.5(不含扬尘)，排放源均与二氧化碳高度一致。“基于此，我们可以考虑推进减污降碳、一体谋划、协同治理。”

实践证明，协同治理已见成效。据报告显示，2021年我国单位国内生产总值能耗同比下降2.7%，单位国内生产总值二氧化碳排放同比下降3.8%；煤炭在能源消费总量的占比降至56%，同比下降0.8%；水电装机、并网风电、并网太阳能、核电装机、生物质发电装机容量，分别占总发电装机容量的16.5%、13.8%、12.9%、2.2%和1.6%，全口径非化石能源发电装机容量首次超过煤电装机容量。推动能源绿色低碳发展，构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统，既是如期实现碳达峰碳中和目标的内在要求，也是协同推动生态环境高质量保护和高质量发展的重要支撑。

“以新能源产业为例，我国风电、光伏发电装机在世界上遥遥领先，2021年装机总量分别约占世界总装机的50%和30%。2021年全球新能源汽车销量650万辆，中国占比超过一半；在全球动力电池企业前十位、电动汽车品牌销量前十位中，中国各占6个。这些成绩，在带动我国产业和经济发展的同时，也切实减少了化石能源消费，为降低碳排放、改善空气质量发挥了重要作用。”生态环境部应对气候变化司副司长陆新明给予肯定。

不过，陆新明同时坦言，我国作为最大的发展中国家，要在推动经济社会持续高质量发展，并实现现代化的同时，用比发达国家更短的时间实现碳中和。他指出，并不是所有措施都能做到减少碳排放和改善空气质量的协同，如何通过优化技术路径、设计政策组合，通过清洁空气与碳达峰、碳中和的措施更好产生合力，还需开展更多研究。雷宇也称，实现“双碳”目标，意味着我国二氧化碳排放量要从百亿吨级降至10亿吨级；实现空气质量全面根本性改善，主要大气污染物排放量则要从千万吨级减至百万吨级。二者均需在30-40年时间里完成，难度非常大，深度低碳的能源转型是实现协同目标的关键所在。

报告预测认为，通过实施协同减排，在2030年前实现碳达峰的基础上，有望使全国主要大气污染物排放量较当前水平下降三分之一以上，推动全国PM2.5年均浓度下降至25微克/立方米，臭氧浓度年评价值有望下降至130微克/立方米左右，全国空气质量达标城市比例提升至80%以上。进一步以碳中和目标为牵引，推动能源深度低碳转型，到2060年实现碳中和目标时，PM2.5年均浓度和臭氧浓度年评价值，有望分别降至10微克/立方米和100微克/立方米左右。“随着能结构产生巨大变化，届时将极大减少化石能源使用过程中大气污染物的排放，在未来PM2.5浓度下降中贡献度可达到80%左右。”中国工程院院士、生态环境部环境规划院院长王金南表示。