

如何实现碳中和

一、 什么叫碳中和

所谓碳中和，就是人类活动排放的温室气体（主要是二氧化碳）与大自然吸收的温室气体相平衡，或称“净零排放”，目的是维持大气层中温室气体的浓度相对平衡，平均气温不再发生变化。碳中和并不是指零排放，可以排放一部分，只不过排放量与大自然能够吸收的温室气体相当。首先是减少碳排放，主要是发展非化石能源，逐步减少对化石能源的依赖，其次是发展可以实现净零排放的工艺过程和技术，取代传统的工业过程，把温室气体排放减少到最低限度，实在无法减排的部分通过碳汇、碳捕集和封存加以中和。

二、 国家提出碳中和愿景

在 2020 年 10 月末发布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》一文中，也提出持续改善环境质量。增强全社会生态环保意识，深入打好污染防治攻坚战。强化多污染物协同控制和区域协同治理，加强细颗粒物和臭氧协同控制，基本消除重污染天气。降低碳排放强度，支持有条件的地方率先达到碳排放峰值，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。

2020 年第七十五届联合国大会一般性辩论上，宣布“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有利的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。随后，在第三届巴黎和平论坛、金砖国家领导人第十二次会晤、二十国集团领导人利雅得峰会以及气候雄心峰会等场合发表的重要讲话中，多次重申中国将提高国家自主贡献力度，采取更有力的政策和举措，努力实现碳达峰目标及碳中和远景，并进一步提出了到 2030 年，中国单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 65%以上的目标。面对中国未来 40 年的低碳发展趋势和要求，生态环境部提出，“十四五”期间要达里推进绿色低碳经济，进一步加快碳排放交易市场建设，加快把钢铁、水泥、化工、电解铝、造纸等重点行业企业纳入全国碳市场。

三、 MRV 是实现碳中和的基础

（一） MRV 制度是碳交易体系的实施基础

MRV 制度是碳交易体系对数据控制的关键环节，是配额分配、交易的基础。温室气体排放的监测（Monitoring）、报告（Report）、核查（Verification）制度简称 MRV，MRV 是国际社会对温室气体排放监测的基本要求，是《联合国气候变化框架公约》下国家温室气体排放清单和《巴黎协定》中国家自主贡献的实施基础。

从市场角度来看，一个完整的 MRV 监管体系，可以实现利益相关方对数据的认可，从而增强整个碳交易体系的可信度，是碳市场平稳运行的基石，也是企业低碳转型、区域低碳宏观决策的重要依据。对于控排企业、新能源企业、地方政府和核查机构等碳市场的各个重要参与方来讲，掌握基本工作流程和正确的量化及核算方法，制定合理的监测计划，建设规范的 MRV 体系，是确保自身碳排放数据准确性和更有效的参与全国碳市场的重要保障。

MRV 体系中，碳排放统计监测系统尤为重要。与环境监测相比，碳排放监测系统更为复杂，其核心是二氧化碳的核算，包括二氧化碳的直接排放和间接排放。直接排放即排放源直接排放出二氧化碳，而间接排放则指使用外购的电力和热力等所导致的温室气体排放。二氧化碳的核算有基于计算的方法和基于测量的方法。直接排放产生的二氧化碳可以通过相关仪器设备对温室气体的浓度或体积等进行连续测量，也可以利用公式计算，而间接排放的碳排放量则只能通过计算得到。

基于测量的方法通过监测设备进行监测。不同的场合使用的仪器设备也有所区别，一般可以利用连续排放监测系统（CEMS）监测碳排放，在欧盟已经得到广泛应用。目前我国虽然已经大规模应用连续排放监测系统监测大气污染物，但是在 CO₂ 监测方面的应用依然不多。随着我国碳中和工作的开始，CEMS 的需求也将快速扩大，相关标准也亟待制定。此外 CO₂ 分析仪、颗粒物分析仪等也可以在碳排放监测中发挥重要作用。

基于计算的方法也需要仪器仪表的配合。监测排放主体的活动水平数据和相关参数。活动水平数据包括能源消耗量、原材料消耗量、产品或半成品产出量的监测等，相关参数有低位热值、单位热值含碳量、氧化率和过程排放因子等。例如交通运输业的碳排放监测通常需要监测燃油的消耗量。

由清华大学、法国 LSCE 实验室、中科院、全球碳项目(Global Carbon Project, GCP)等数十家科研机构的研究小组建立的全球实时碳数据组织(Carbon Monitor), 提供了以国家为单位的碳排放数据体系。该组织披露的数据统计范围涵盖中国、印度、美国、欧洲(欧盟 27 国和英国)、俄罗斯、日本、巴西等, 具体统计的碳排放项目包括电力和热力、工业、交通运输(地面、航空、船运)和居民消费。定期更新的碳监测数据可以充分反映政策、经济、能源价格、假期和天气等因素与 CO₂ 排放量的相关性, 为实现碳中和愿景提供技术支持。

(二) 中国 MRV 体系现状

MRV 体系有助于更高效地建设与实施全国统一碳市场。我国在管理机制、数据基础、政策实施背景与需求方面与欧盟、美国等存在差异, 因此, 我国在参考国际先进经验的同时需要考虑本国特殊国情。自 2011 年启动低碳试点以来, 国内相继设立了 8 个省(市)碳排放权交易试点地区, 经过了 10 年以上的实践, 各试点地区已建立各自相对完善的 MRV 体系, 为构建全国统一碳市场的 MRV 体系提供了丰富有益经验。

重点行业已有相关温室气体核算方法不报告指南。早在“十二五”期间, 我国就提出了建立完善温室气体统计核算制度, 逐步建立碳排放交易市场, 加快构建国家、地方、企业三级温室气体排放核算工作体系, 支持实施重点企业直接报送温室气体排放数据制度, 确保完成建立全国碳排放权交易市场等重点工作目标。2013 至 2015 年间, 国家发改委分三批发布了 24 个重点行业企业温室气体排放核算方法与报告指南, 为我国 MRV 体系建设提供初步的指引。

发电企业温室气体排放标准更新, 碳排放管理纳入核心工作范畴。2020 年 12 月 3 日, 生态环境部发布了国家环境保护标准《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施(征求意见稿)》。这份新指南的前身是 2013 年发改委发布的《中国发电企业和温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》, 从政策规格上来看, 2013 版的是国家发改委组织编写的参考性文件, 而 2020 版的新指南将成为正式的国家环境保护标准, 在监测计划、数据报送等多个方面也提出了细化要求, 预计未来几年, 发改委发布的 24 个行业的参考性指南也将逐步更替成更系统、更正式的环境保护标准。

碳排放监测领域迎来发展良机。碳中和关系到产业链的方方面面, 从原材料

和能源的开采到产品进入市场，每一个环节都需要控制碳排放，这也让碳排放监测仪器有了广阔的市场。“十四五”规划提出了新的远景目标，对碳中和的重视也将让碳排放监测仪器获得前所未有的发展时机。

四、 碳交易市场是实现碳中和的有效路径

中国碳市场运行情况

我国碳交易试点已经走过了 10 年的历程。在国际上，碳市场作为重要的市场化减排工具，对助力碳减排、低碳发展发挥着重要的作用。自 2011 年以来，我国在北京、天津、上海、重庆、湖北、广东及深圳开展了碳排放权交易试点工作，共覆盖电力、钢铁、水泥等 20 余个行业近 3000 家重点排放单位。截至 2020 年底，碳交易试点累计成交量超过 4 亿吨，累计成交额超过 90 亿元，为全国碳市场建设积累了宝贵经验。

碳中和愿景下，我国碳市场建设从试点先行过渡到全国统一市场的新阶段。2020 年 12 月，生态环境部以部门规章形式出台《碳排放权交易管理办法（试行）》，同时公布了包括 2225 家发电企业和自备电厂在内的重点排放单位名单，至此我国全国碳市场第一个履约周期正式启动。根据草案修改稿，全国碳排放权交易市场的交易产品主要是碳排放配额，经国务院批准可以适时增加其他交易产品。本条例施行后，不再建设地方碳排放权交易市场。条例施行前已经存在的地方碳排放权交易市场，应当逐步纳入全国碳排放权交易市场。

广东碳市场配额交易量和交易额继续领跑试点碳市场。在配额成交量和成交额方面，广东碳市场继去年领先其余试点碳市场后，2020 年继续占据领先地位。在成交量方面，广东碳市场 2020 年共约成交 3154.73 万吨配额，占试点总成交量约 56%；成交额方面，广东碳市场 2020 年共计完成 80377.74 万元成交额，占试点总额的半数以上。重庆碳市场虽在成交量和成交额方面虽比去年均有了倍数级增长，但整体成交规模仍位于试点碳市场之末。

2020 年各试点碳价差距进一步拉大。2020 年北京碳市场平均碳价为 91.81 元/吨，仍处 试点价格最高；2020 年试点碳市场平均碳价最低为福建省，17.34 元/吨，而其余 6 省市的碳价则落在 20-40 元/吨区间内。从试点碳市场 2020 年碳价走势看，各试点碳价的波动性较大，如北京市场最高值可超百元每吨，而最低值也曾下探到 63.5 元/吨，而深圳碳市场价格也从年初的个位数最高涨到

42.27 元/吨。较大的波动性给市场带来挑战和机遇，也对市场的有效性带来挑战。

五、 新能源技术是实现碳中和的必然路径

“当前，世界主要国家和地区高度重视新能源技术发展，不断加大投入力度。新能源技术创新与颠覆性能源技术突破已经成为持续改变世界能源格局、开启全球各国碳中和行动的关键手段。”4月12日，在《新能源技术研究的机遇与挑战》报告（以下简称报告）发布会上，中国科学院科技战略咨询研究院院长潘教峰指出。

低碳、零碳能源转型和现代能源体系重塑是实现联合国可持续发展目标、应对全球气候变化、推动后疫情时代全球经济“绿色复苏”的必然选择。作为实现碳达峰、碳中和的必然路径，新能源与可再生能源势必加快进入能源体系主流，而这种变革性的能源转型将引导能源知识和技术体系的重大创新，促进基础理论、技术链条和产业形态等环节有所突破。

报告对2000年至2019年全球太阳能、风能、生物质能、地热能、核能、氢能、储能、能源互联网等8个不同新能源技术领域整体及其20项代表性技术主题进行系统分析，从全球高度重点关注了中国新能源技术的发展和特点，并与其他主要国家或地区的研究竞争力进行了比较分析，为全球和中国新能源技术的研发和部署提供科学依据。

研究结果显示，全球新能源领域研究正进入加速发展期，太阳能、储能和氢能三个领域受到全球广泛关注，电池储能技术、太阳能光伏技术、太阳能燃料技术则是最具发展前景的技术主题。从新能源技术研究的趋势来看，政府部门应进一步加大对新能源技术研发创新的资金投入，积极引导和支持科研界和产业界共同参与，对新能源技术进行联合创新，推动新能源技术快速突破。从全球来看，中国可以作为推动该领域合作研究的重要支点和纽带。

在支撑中国能源战略布局方面，报告指出，大规模储能技术的突破和普及是发展可再生能源的有力支撑。中国应进一步完善促进储能产业发展的政策机制，通过金融和市场化手段引导长期资金投入，构建储能科技创新与技术储备体系，加强新能源与储能集成应用研究，推动大规模储能技术突破和商业化应用。

同时，氢能将是打造未来能源体系、实现能源变革的重要媒介。全球多个国家

家和地区已经出台了氢能发展战略路线图,将氢能规划上升到国家战略高度。“因此,建议我国要明确氢基产业发展方向,合理提出不同场景下氢基产业发展路线图,并制定相应的标准规范,加速绿氢制取、储运和应用等产业链发展。”中国科学院科技战略咨询研究院可持续发展战略研究所副所长谭显春说道。

报告还指出,太阳能燃料技术的突破及其成本的降低将有助于降低石油依赖。中国应继续加大太阳能燃料技术的研发力度,强化太阳能发电技术与建筑等基础设施一体化应用技术的研发和应用,选择阳光资源丰富的地区开展典型示范工程,推进太阳能技术的工业化生产进程。

更重要的是,未来能源互联网将发挥“互联网+”智慧能源双重优势,实现能源统筹优化配置。谭显春表示,建议中国积极推动能源互联网关键技术研发,加强不同能源网络间的互联互通,推进综合能源网络基础设施建设,完善能源互联网服务和管理运行机制。