清华大学产业发展与环境治理研究中心
Center for Industrial Development and Environmental Governance
Tsinghua University

# CIDEG 研究通讯

## 第 16 期

（“碳中和”研究专题）

清华大学产业发展与环境治理研究中心编　　2021 年 6 月

## 本期目录

**【编者按】** ..... **1**
**【研究专题】** ..... **2**
- “碳中和”系列之一：“碳中和”愿景、行动方案及路径选择 ..... 2
- “碳中和”系列之二：行业巨头纷纷发声“碳中和”，为何“种树”成团宠 ..... 7
- “碳中和”系列之三：固碳增汇的下一个“风口”在哪？海洋碳库不容小觑！ 11
- “碳中和”系列之四：碳边境调节机制 CBAM ..... 15
- “碳中和”系列之五：气候、社区和生物多样性标准 CCB ..... 21

**【学术活动】** ..... **27**
- CIDEG｜圆桌讨论：“碳中和目标下的中国氢能发展” ..... 27
- CIDEG｜2021 学术年会：“迈向‘双碳’——潜心、敦行、致远” ..... 28
- “人文清华”讲坛｜贺克斌：碳中和，未来之变 ..... 29

**【出版•发表】** ..... **30**
- 出版｜《中国 2050 低排放发展战略研究：模型方法及应用》 ..... 30
- *Nature*｜朱俊明、薛澜：《中国碳排放交易引发的低碳创新》 ..... 31
- 《中国人口•资源与环境》｜薛澜、杨越、陈玲等：《黄河流域生态保护和高质量发展战略立法的策略》 ..... 32
- 《中国人口•资源与环境》｜杨越、陈玲、薛澜：《寻找全球问题的中国方案——海洋塑料垃圾及微塑料污染治理体系的问题与对策》 ..... 33

**【媒体声音】** ..... **34**
- 《中新经纬》｜周大地：碳中和要求能源消费进行重大调整 ..... 34
- 《新京报》｜贺克斌：大气污染防治，减排降碳要协同 ..... 35
- 《财新网》｜高世辑：绿色低碳发展的根本出路 ..... 36

## 【编者按】

2020 年 9 月 22 日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话，向全世界宣布："中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。"并在 2020 年 12 月的中央经济工作会议中强调，将"做好碳达峰、碳中和工作"作为 2021 年要抓好的八大重点任务之一。力争在"2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和"，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，也是实现生态文明建设和高质量发展的内在要求，事关中华民族的永续发展和人类命运共同体的构建。

清华大学产业发展与环境治理研究中心（CIDEG）一直开展"碳中和"相关研究，围绕"双碳目标"邀请专家学者共同讨论，设立"碳中和"专项研究，通过官方微信平台和大众传媒进行科普传播、举办专题研讨会和学术年会，深入探讨实现路径。中心研究人员的系列相关成果已在 *Nature* 等顶刊发表。

2020 年 12 月，CIDEG 召集了环境领域、能源领域、汽车领域的专家学者共同探讨"碳中和目标下的中国氢能发展"，并围绕绿氢、氢能的应用前景等分别作了专题演讲，一致认为氢能使用是实现碳中和目标的重要途径，2060 年的碳中和承诺将倒逼氢能产业加快发展。2021 年 5 月，由 CIDEG 主办的"中国能源模型论坛"正式出版了《中国 2050 低排放发展战略研究：模型方法及应用》，为"碳中和"的研究提供了具体的技术参考。2021 年 2 月，CIDEG 设立"碳中和"专项研究，介绍关于碳中和愿景、林业碳汇交易机制、CCB 标准、CBAM 机制等内容，通过 CIDEG 微信公众号平台对社会公众进行知识科普与传播，同时通过征集"碳中和"研究相关的文章和观点，进行学术分享。截至 2021 年 6 月，已连续刊登六篇文章。2021 年 5 月，CIDEG 召开"2021 学术年会"，以"迈向'双碳'——潜心、敦行、致远"为主题，邀请了国内外高校的专家学者对碳排放、减碳案例、蓝碳市场等展开深入的研讨。

本期研究通讯梳理了 CIDEG 近期与"碳中和"相关的专题研究、会议活动，以及专家学者在各平台发表的核心观点和研究成果，供读者参考。

## 【研究专题】

- **“碳中和”系列之一：“碳中和”愿景、行动方案及路径选择**

2020 年 9 月 22 日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话。习主席提出：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。”时隔三个月，2020 年 12 月 12 日，国家主席习近平又一次在气候雄心峰会上通过视频发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话，宣布中国国家自主贡献一系列新举措。进一步作出“到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右，森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上”的庄严承诺。党的十九届五中全会将“碳排放达峰后稳中有降”列入我国 2035 年远景目标，要求制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。2020 年底的中央经济工作会议第一次将做好碳达峰、碳中和工作列为了全年的重点任务之一，充分体现了党中央、国务院对应对气候变化前所未有的高度重视。

“30・60 目标”及承诺不仅彰显了我国在应对气候变化问题上的决心和雄心，而且明确了全社会各经济部门去碳化转型的长期政策信号，国内各领域相关政策制定和策略行动正积极有序向前推进。

**1、什么是“碳中和”？**

根据 IPCC 特别报告《全球变暖 1.5℃》的定义，当人为二氧化碳移除在全球范围抵消人为二氧化碳排放时，可称作碳中和（Carbon-Neutral）或二氧化碳的净零排放。即当一个国家、组织、企业、团体或个人，若想实现碳中和或二氧化碳的净零排放，就必须将规定时期内测算出的二氧化碳排放总量全部抵消，使得总二氧化碳排放量与总去除量达到平衡。

**2、各国“碳中和”愿景及行动方案**

目前越来越多的国家和地区将实现碳中和作为长期发展战略和愿景，包括中国在内的至少 30 个国家或地区对实现目标的日期做出了明确的承诺。根据 ECIU 发布的报告显示，瑞典、丹麦、法国、德国、新西兰、英国、匈牙利、西班牙六个国家目前已经通过或正在审议“碳中和”相关法案，美国加州、加拿大、苏格

兰、爱尔兰也通过了具有法律效力的行政命令、碳预算或执政党联盟协议，斐济、马绍尔群岛、哥斯达黎加、欧盟、不丹、新加坡、斯洛伐克等国家已将承诺有关的长期战略提交联合国。尽管近半数承诺时间表的国家或地区仍处于政策性宣示阶段，但不少国家或地区已经提出优先发展的重点领域和相关资金支持计划，亦或有序地在国家、区域、行业等多个层面展开行动方案的制定和相关制度的建设。笔者在 ECIU 发布的报告基础上，搜集官方报道、媒体新闻、机构观点，依据承诺时间表的先后、承诺性质的法律效力、是否出台相应行动方案、有无资金安排以及是否明确提出优先发展领域对目前已明确承诺碳中和目标的国家和地区进行了梳理，如表 1 所示。

表 1 部分国家碳中和行动方案、资金承诺与优先领域

| | 国家/地区 | 时间 | 承诺性质 | 行动方案 | 资金承诺 | 优先领域 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 不丹 | 已实现 | 提交联合国 | 《国家适应行动方案》 | | 水电开发，工业增长和农业集约化是不丹可持续发展的三个主要途径 |
| 2 | 乌拉圭 | 2030 | 提交联合国 | 三次国家信息通报 | | 减少牛肉养殖、废弃物和能源排放 |
| 3 | 埃塞俄比亚 | 2030 | 政策宣示 | 《发展和变革计划》<br>《十五年国家气候变化适应规划》<br>国家行动纲领（NAPA） | | “绿色遗产”倡议，四年内种植 200 亿棵树 |
| 4 | 新加坡 | 2030 | 政策宣示 | 长期低排放发展战略<br>《气候行动计划》 | 1 千亿新元用于城市解决方案和可持续发展的研究 | 约有 95％电力来自天然气，限制车辆增长和管理车辆的排放 |
| 5 | 挪威 | 2030 | 政策宣示 | 《气候变化法》 | 数十亿欧协助贫穷国减少碳足迹 | 全面淘汰汽油燃料汽车，深入北极海探索更多石油天然气 |
| 6 | 芬兰 | 2035 | 执政党联盟协议 | 《欧洲绿色新政》<br>城市战略系列提案<br>长期低排放发展战略 | 见注 1 | 见注 2 |
| 7 | 冰岛 | 2040 | 政策宣示 | 《气候行动计划》 | | 到 2050 年完全摆脱对化石能源的依赖 |
| 8 | 瑞典 | 2045 | 法律规定 | 《欧洲绿色新政》<br>《气候法案》 | 见注 1 | 可再生能源 |
| 9 | 美国加州 | 2045 | 行政命令 | 《气候行动计划》 | 未来 10 年，每年 60 亿美元 | 植被修复等除碳技术 |

| | 国家/地区 | 时间 | 承诺性质 | 行动方案 | 资金承诺 | 优先领域 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 丹麦 | 2050 | 法律规定 | 《欧洲绿色新政》、《2025 年碳中和首都计划》<br>首个气候法案 | 见注 1 | 化石能源转型，电动汽车 |
| 11 | 法国 | 2050 | 法律规定 | 《欧洲绿色新政》<br>《国家低碳战略》 | 见注 3 | 化石燃料转型，到 2040 年停止油气生产 |
| 12 | 德国 | 2050 | 法律规定 | 《欧洲绿色新政》<br>《欧洲气候法》 | 补贴使用可再生能源的企业 | 增加电动汽车份额 |
| 13 | 新西兰 | 2050 | 法律规定 | 12 月 2 日通过的议案 | 1.41 亿美元支持 | 农业除生物甲烷 |
| 14 | 英国 | 2050 | 法律规定 | 《气候变化法案》修订 | 带动 120 亿英镑的政府投资，并拉动约三倍私人投资 | “绿色工业革命”计划、海上风能、核能研发与电动车 |
| 15 | 匈牙利 | 2050 | 法律规定 | 《欧洲绿色新政》 | 见注 1 | 核能技术 |
| 16 | 西班牙 | 2050 | 法律草案 | 《欧洲绿色新政》 | 见注 1 | 禁止煤炭等许可证 |
| 17 | 爱尔兰 | 2050 | 执政党联盟协议 | 2015 年《气候行动与低碳发展法》、2017 年《国家减缓计划》 | | |
| 18 | 欧盟 | 2050 | 提交联合国 | 长期低排放发展战略<br>《欧洲绿色新政》<br>可持续欧洲投资计划 | 见注 1 | 清洁能源、循环经济、高能效建筑、可持续智慧出行、从农场到餐桌战略、生物多样性 |
| 19 | 斐济 | 2050 | 提交联合国 | 2018-2050 低碳排放发展战略 | | |
| 20 | 马绍尔群岛 | 2050 | 提交联合国 | 温室气体排放清单 | | |
| 21 | 哥斯达黎加 | 2050 | 提交联合国 | 《国家脱碳计划》 | | 水力发电站为主，辅以风力发电，太阳能发电以及地热发电 |
| 22 | 葡萄牙 | 2050 | 政策宣示 | 《国家氢战略》、《2030 年国家能源和气候行动计划》 | 大约 70 亿欧元投入绿氢能源 | 氢能使用与能源转型 |
| 23 | 加拿大 | 2050 | 政策宣示 | 五年一次碳预算、中长期低排放发展战略 | | 能源转型 |
| 24 | 智利 | 2050 | 政策宣示 | 《气候变化框架法》 | | 植树造林、发展电动汽车、改善废弃物处理、推广可再生能源、规定采矿等部门减排要求。 |
| 25 | 日本 | 2050 | 政策宣示 | 《绿色增长战略》 | 动员约 2.33 万亿美元私营绿色投资,成立约 192 亿美元绿色基金 | 14 个产业的发展目标和重点发展任务，见注 4 |

| | 国家/地区 | 时间 | 承诺性质 | 行动方案 | 资金承诺 | 优先领域 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 韩国 | 2050 | 政策宣示 | 2050 碳中和宣言 | 见注 5 | 结束煤炭融资，可再生能源、氢能、能源 IT 产业、低碳产业生态系统 |
| 27 | 瑞士 | 2050 | 政策宣示 | 气候变化立法《CO2 法案》修改阶段、《 2050 年能源战略》 | 对化石燃料征收碳税，每吨 CO2 的价格为 96 瑞士法郎（106 美元） | 实施缺乏绿色重点的个别行动 |
| 28 | 南非 | 2050 | 政策宣示 | 国家气候变化报告 | | 国家可再生能源独立发电商采购计划（REI4P）、碳捕集与封存、电动汽车和混合动力电动汽车、实行碳税的长期计划 |

注 1：根据《欧洲绿色新政》，欧盟所有项目预算 25%必须用于气候；至少 30%的“投资欧洲”基金会用于应对气候变化；约 5500 亿欧元将用于支持受绿色转型影响严重的成员国、地区和部门；欧洲投资银行到 2025 年使自身的气候融资从 25%提高至 50%，成为欧洲的气候银行。

注 2：放弃煤炭和天然气、提高可再生能源比例、加大回收废热利用、提升能源利用效率、减少运输和通信行业排放、减少土地利用部门排放、增加碳汇

注 3：8 亿欧元用于援建法国 38 个地区 50 个公共交通项目，创建零利率生态贷款，污染废弃物税率改变，碳税从 2010 年的 17 磅将会增长至 2030 年的 100 磅

注 4：战略针对包括海上风电、氨燃料、氢能、核能、汽车和蓄电池、半导体和通信、船舶、交通物流、食品农林水产、航空、碳循环、智能建筑、资源循环、生活方式在内 14 个产业的发展目标和重点发展任务。

注 5：设置碳中和相关财政项目、绿色金融和基金；投入 71 亿美元，用于可再生能源取代对煤炭的依赖，创造就业机会，帮助经济从疫情中复苏。

### 3、实现“碳中和”的技术领域与路径选择

碳中和的行动逻辑基本可以归纳为两个思路，一是要尽可能控制和减少二氧化碳排放使得碳排放“净零”，二是要大力发展和应用碳移除技术（carbon dioxide removal，CDR）用以“抵消”更多的碳排放。因而，从控制排放途径努力实现“净零”和排放移除视角努力实现“抵消”两个角度出发，高能效循环利用技术、零碳能源技术和负排放技术就形成了实现碳中和目标的三大关键技术领域，对应的路径及技术选择如图 1 所示。

在实际的生产生活中，即使大规模应用可再生能源、储能等关键技术瓶颈得到突破、实现能源供给体系的全部电力化，仍有部分能源消费及碳排放是无法替代的，即无法真正做到“净零”排放，这就凸显了大规模发展应用 CDR 技术的重要性。国内外主流气候模型团队将我国碳中和愿景下的排放路径划分为四个阶段，即 2020-2030 年的达峰期、2030-2035 年的平台期，2035-2050 年的下降期和

2050-2060 年的中和期。他们综合考虑各类减排措施的成本效益与实施难易度将现有减排技术路径的先后做了一个相对的排序，但无论是何种情景设置，“碳中和”目标的实现都离不开关键 CDR 技术的大规模应用。

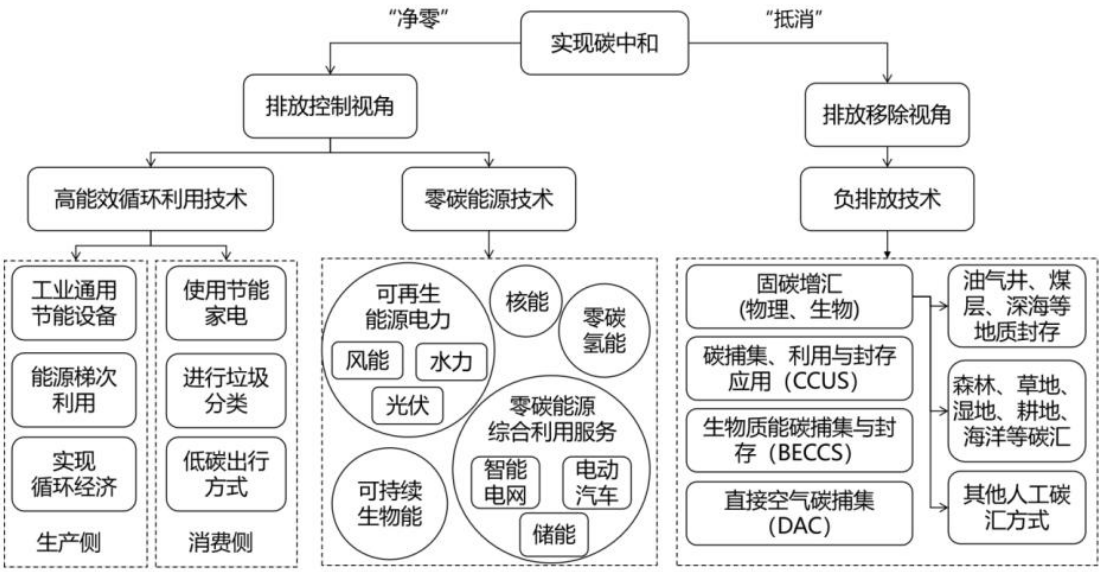



图 1 双重视角下实现“碳中和”的技术领域路径选择

IPCC 第五次评估报告认为，以固碳增汇和生物质能加碳捕集与封存（BECCS）为代表的 CDR 技术是未来有望将全球升温稳定在低水平的关键技术。其中，固碳增汇，也叫碳封存（Carbon sequestration），指的是以捕获并安全封存的方式增加除大气之外碳库的碳含量，以减缓全球变暖趋势的措施，包括物理固碳和生物固碳。物理固碳一般是将二氧化碳长期储存在开采过的油气井、煤层和深海里的过程；而生物固碳则是指自养生物吸收无机碳并转化成为有机物的过程，常见的生物固碳包括森林、草原、农业、海洋等碳封存过程。而被寄予厚望的 BECCS 仍具有较大的不确定性，其应用和普及受到来自生物质可供应量、BECCS 技术成熟度、 大规模实施 BECCS 的经济性以及 BECCS 技术社会和生态影响的不确定等方面的因素制约。

查看原文请扫微信二维码

- **“碳中和”系列之二：行业巨头纷纷发声“碳中和”，为何“种树”成团宠**

近日，17 家石油和化工企业、化工园区以及中国石油和化学工业联合会在京联合签署并共同发布《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》，国内能源石化电力行业巨头也纷纷发声，承诺落实相关行动，积极响应“碳中和”：

2020 年 11 月 11 日，中国石油第一个碳中和林——大庆油田马鞍山碳中和林揭牌；2020 年 11 月 23 日，中国石化与国家发改委能源研究所、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、清华大学签订“碳排放达峰和碳中和战略合作”意向书；2020 年 12 月 15 日，国家能源集团启动碳达峰碳中和战略，积极通过生态林助力能源低碳转型，十四五期间计划新增造林 10 万亩以上；2020 年 12 月 28 日，国家电网有限公司召开专题会议，研究“碳达峰、碳中和”行动方案；2021 年 1 月 15 日，中海油宣布正式启动碳中和规划……

笔者梳理了明确提出碳中和目标，并将植树造林、林业碳汇纳入行动方案的国内能源、石化、电力企业，如表 1 所示。为何“种树”成了这些行业大佬承诺中备受青睐的行动方案？

表 1　明确提出通过造林辅助实现碳中和的企业及其行动

| | 企业名称 | 承诺目标 | 行动方案 | 标志性事件 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 中国石油 | 推动集团绿色转型发展，全面加强森林碳汇业务。 | 每年投入资金人力支持地方绿化建设。 | 大庆油田马鞍山碳中和林揭牌。 |
| 2 | 国家能源集团 | 生态林助力能源低碳转型。 | “国家能源集团生态林”建设，计划新增造林 10 万亩以上，矿区生态与碳汇减排协同发展。 | 累计种植乔木 1793.4 万株、灌木 1.37 亿穴，森林面积约 11.5 万亩。 |
| 3 | 中国华电 | 积极贯彻绿色发展新理念，为坚决打赢环境保护攻坚战贡献华电力量。 | 积极推进风电及光伏项目；推进大容量机组改造工作；持续推进长江大保护工作。 | 完成长江大堤 1400 段外滩涂地平整修复，并对 250 亩长江大堤责任段植树绿化。 |

| | 企业名称 | 承诺目标 | 行动方案 | 标志性事件 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 中交集团 | 全面贯彻落实国家碳中和总体目标要求，为国家 2060 年全面实现碳中和目标做出积极贡献。 | 大力参与建设植树造林、绿化美化工程，切实通过林业碳汇业务，投身国土绿化事业和美丽中国建设。 | “千年秀林”计划，承建的第 2 标段造林面积约 1 万亩，预计种植树木达 33 万株。 |
| 5 | 中煤能源 | 坚定不移地落实碳减排达峰、碳中和行动计划。 | 支持 ccs、森林碳汇和碳交易。 | —— |
| 6 | 鞍钢集团 | 推动绿色发展，建设美丽矿山，制定新时期发展战略。 | 完成生态恢复面积 2220 万平，种植乔木 1100 万株，灌木 1580 万株，尾矿库绿化成活率 95%。 | 利用铁尾矿改造盐碱地，造万亩良田。 |

**1、“碳中和”为什么要“种树”？**

在实现碳中和的众多技术领域和路径选择中，相较于 BECCS 在技术、经济和社会等方面的不确定性，基于森林、草地、湿地、耕地、海洋等自然生态系统保护和修复的固碳增汇方案无论是进入门槛还是综合效益都更具成本收益可行性。与此同时，极端天气、冰盖消融、病毒流行等灾难在凸显气候治理紧迫性，也迫使人们逐渐意识到尊重自然规律，以及依靠自然的力量应对气候风险，提升经济社会气候韧性的重要性。

面对碳中和目标下的负排放缺口、生态保护下的居民生计冲突、疫情防控下的经济复苏需求，之所以基于自然生态系统的固碳增汇方案和行动愈发受到国际社会的关注和认可，并逐渐成为各国应对气候变化方案的题中之义和有效路径，无外乎两层原因。一是，森林等自然生态系统的固碳增汇方案更加强调人与自然的和谐共处，更注重自然资源整体协调管理和综合规划设计，能够释放更多生态-经济-社会综合效益；二是，森林等自然生态系统固碳增汇方案为整个能源系统低碳转型提供了更多的灵活性，从而使得碳中和目标的刚性约束下，可以同时兼顾经济发展与减排目标的实现，这也一定程度上解释了为何能源巨头们纷纷跑去“种树”！

**2、林业碳汇开发的潜力与瓶颈**

根据 IPCC 的报告，森林是陆地上最大的碳储库，约 1.15 万亿吨碳储存在森林生态系统中，约占总陆地碳库的 46%，林木每生长 1 立方米，平均约吸收 1.83 吨 $CO_2$，释放 1.62 吨氧气，被认为是最经济的吸碳器。森林等陆地生态系统的保护和修复为我国碳中和目标的实现是贡献斐然。根据国家林草局的统计，“十三五”以来，中央不断加大对天然林保护的政策支持和资金投入力度，天然林保护资金投入达 2400 亿元，天然林面积净增 8895 万亩，蓄积量净增 13.75 亿立方米，平均每年增加的森林碳储量都在 2 亿吨以上，折合碳汇大约 7 亿到 8 亿吨。截至 2019 年，全国森林蓄积量为 175.60 亿立方米，已完成承诺的 60 亿立方米增加量的 60%以上。

2020 年 12 月 25 日，生态环境部部务会议正式审议通过并公布了《碳排放权交易管理办法（试行）》（以下简称“管理办法”），在排放核查与配额清缴部分明确提出，重点排放单位每年可以使用可再生能源、林业碳汇、甲烷利用等国家核证自愿减排量（CCER）抵销碳排放配额的清缴，1 单位 CCER 可抵消 1 吨二氧化碳当量的排放量。尽管相关细则仍在制定当中，但已经明确释放了 CCER 项目核证减排量参与全国碳市场交易的政策利好，随着初始配额的不断趋紧，碳市场也将释放大量抵消缺口。可以预见的是，为了适应全国碳市场政策调整完善市场规范性暂停近四年的 CCER 业务重启后，酝酿多时的可再生能源、林业碳汇、甲烷利用等重点 CCER 项目必将以更成熟稳健的姿态涌向市场。

值得我们关注的是，“管理办法”中有关抵消机制的设置，在保留灵活履约空间的同时限定了比例不得超过应清缴碳排放配额 5%的抵消上限。这样的制度安排在需要通过切实的能源结构改革和生产生活方式改变的达峰期和平台期无疑是十分必要的。但伴随着低碳能源系统改革的基本完成以及交通系统电气化的大范围普及，深度减排的碳中和后期势必需要通过相应的政策引导，鼓励更多具有经济社会生态多重效益的碳汇项目的开发与市场参与。然而，由于不同地区土地资源承载植被的能力有限且存在差异，作物耕种、城市建设、工业发展等刚性用地条件的限制，无形中给通过植树造林进行固碳增汇的路径设置了“天花板”，单纯依靠陆地生态系统的固碳增汇定然无法弥补碳中和所需的负排放缺口。

**3、挖掘自然生态系统潜能，探索更多碳汇形式**

我们迫切需要了解更多林业碳汇以外的碳汇形式，挖掘更多的以自然为基础的生物碳汇潜力，助力碳中和目标的实现。作为全球气候变化的敏感区和影响显著区，中国始终遵循尊重自然、顺应自然、保护自然的发展理念，积极引导包括森林、草原、湿地等自然生态系统为基础的行动方案在气候治理机制方面的主流化。据生态环境部应对气候变化司司长李高介绍称，作为应对气候变化的主管部门，未来生态环境部将突出以降碳为源头治理的“牛鼻子”，重点推进包括进一步努力提升生态系统碳汇能力的九大方面工作。积极开展植树造林、实施天然林保护、沙漠化综合治理、水土保护等生态环境工程，增强森林、草原、湿地、农业用地、海洋的储碳能力，促进和推动碳达峰、碳中和。

因此，有必要在已经积累的林业碳汇开发、运营、交易的经验基础上，掌握更多自然生态系统的固碳增汇机制，开发与之相适应匹配的减排核证方法学，同时建立起完整的市场运营模式和稳健的融资交易渠道，吸引更多的社会资本进入生态资源保护和修复领域，缓解现有自然生态保护和修复工作面临的资金短缺、生态与经济权衡、保护与生计冲突等现实挑战。

**查看原文请扫微信二维码**

- **“碳中和”系列之三：固碳增汇的下一个“风口”在哪？海洋碳库不容小觑！**

前两期我们介绍了“碳中和”目标愿景和基于排放“控制”和“移除”的两种路径选择，充分认识到基于自然的负排放技术发展潜力。在此基础上了解到国内林业碳汇的开发现状与瓶颈，呼吁更多的碳汇形式能够得到政策的支持和引导，充分挖掘以自然为基础的负排放潜力，为能源系统改革、交通系统电气化等去碳化转型保有更多灵活性的同时，提高经济社会的气候韧性，释放更多生态-经济-社会综合效益，助力碳中和目标的实现。

而作为地球生态系统中最大的碳库，以海洋为基础的减缓行动为限制全球变暖和实现温控目标提供了巨大的动能。尽管这些行动在科学认知、技术方法、制度体系等方面仍存一系列的挑战，但可以预见的是，在碳中和目标背景下，挖掘海洋碳库的固碳增汇潜力势必将成为基于自然的负排放技术以及碳汇市场资本追逐的下一个“风口”！

**1、海洋碳库的固碳增汇机制**

碳库是指在碳循环过程中地球系统存储碳的各个部分，海洋作为地球生态系统中最大的碳库，是维持全球碳收支平衡及物质能量循环的关键，每年可吸收全球排放量的近 30%，固定全球近 55 %的碳。相较于森林、草地、农业等陆地生态系统参与碳循环形成的“绿色碳库”，海洋碳库又被形象地称作“蓝色碳库”（Blue carbon pool）。

蓝色碳库的形成主要依赖海-气界面交换、沉积作用、陆源输入和与邻近大洋的碳迁移等重要过程，碳库中的碳元素主要以溶解无机碳（DIC）、溶解有机碳（DOC）、颗粒有机碳（POC）、生物量等多种形态存在。但并非所有参与海洋碳循环，被吸收转化的碳元素都能长久封存在碳库中，形成海洋碳汇。学界普遍接受的海洋固碳增汇机制包括：水体溶解泵（Solubility pump，SP）、碳酸盐泵（Carbonate pump，CP）、生物碳泵（Biological pump，BP）和微型生物碳泵（Microbial carbon pump，MCP）（Jiao 等，2010；Legendre 等，2015）。

具体而言，当大气中 $CO_2$ 的分压大于海水的 $CO_2$ 分压时，$CO_2$ 将通过物理溶解泵（SP）被动的从大气中进入海洋，并以溶解无机碳（DIC）的形式从海洋表层传输到海洋体系中，直到海水的分压大于大气时，海洋会再次向大气释放 $CO_2$；海洋中的浮游生物通过光合作用消耗海水表层的 DIC，利用生物碳泵（BP）

形成有机碳，这部分有机碳多以溶解有机碳（DOC）的形式存在，部分被细菌滤食再次转化为 $CO_2$ 释放，部分以颗粒有机碳（POC）形式通过浮游动物的排泄物、死掉的浮游动植物残体等从上层海水向下沉降封存，这个过程会造成海水的 $CO_2$ 分压减小，从而使 $CO_2$ 继续从大气转移到海水；贝类、珊瑚礁等海洋生物则会通过海洋碳酸盐泵（CP）将海水中的碳元素吸收、转化并固定；水体中的 DOC 还可以通过海洋微生物碳泵（MCP）从可被利用的活性态转化为不可利用的惰性溶解有机碳（recalcitrant DOC，RDOC），从而长期封存。可见，被吸收溶解于水体的无机碳、被部分细菌滤食再次转化为 $CO_2$ 的那部分溶解有机碳都无法看作海洋的碳汇。也就是说，只有那些能够以某种稳定态长久存储于碳库，或者以生物体形式移除海洋的那部分才真正实现了“海洋碳汇”。

**2、海洋碳库的固碳增汇潜力**

碳汇的开发实际上就是通过人为干预的方式提升碳库固碳能力的过程。利用森林竹林等储碳功能，通过植树造林、加强经营管理、减少毁林、保护和恢复植被等人为活动，吸收和固定大气中 $CO_2$ 的过程叫做林业碳汇（又叫做绿色碳汇）。随着人们对地球碳库及其固碳机制认知的增加，又衍生出草原碳汇、湿地碳汇、土壤碳汇、海洋碳汇等概念。

海洋碳汇又称蓝碳（Blue carbon），根据联合国环境规划署、粮农组织和教科文组织、政府间海洋学委员会联合发布的《蓝碳：健康海洋固碳作用的评估报告》，海洋固碳增汇能力和效率远高于其他生态系统，仅以滨海蓝碳生态系统为例，已探明的红树林、滨海盐沼、海草床覆盖面积虽然仅有陆地生态系统的 1.5%，但其固碳增汇能力和效率却是陆地生态系统的 10 倍以上，而这一比例将随着大型藻类和珊瑚礁等碳汇潜力相关研究的深入进一步扩大（WRI，2018）。

除了海洋碳库的固碳增汇外，以海洋为基础的其他减缓行动也为限制全球变暖和实现温控目标提供了巨大的动能。据 IPCC 预测，到 2050 年，包括海洋可再生能源、海运交通、蓝碳生态系统、可持续渔业、海底碳封存等多个应用场景的减排行动将为缩减 2℃温升减排差距贡献超 25%的减排量，为限制全球变暖和实现《巴黎协定》的目标提供超 110 亿吨的减排贡献。

**3、基于海洋碳库的气候行动方案与中国实践**

基于海洋碳库的气候应对行动与方案的底层逻辑应该遵循两条基本路径：一是增加海洋“汇”的能力，二是降低海洋“源”的风险。

对于前者，一个思路是利用微生物泵的原理，通过向既定海域添加矿物，促进浮游动植物的生长，用以提升海洋对大气二氧化碳的吸收能力；第二个思路是充分利用海洋生态系统内部调节功能，通过改变不同海水层营养盐、无机碳、溶解氧供需错位问题，延长进入海洋碳循环的生命周期，提高海洋碳库自身的生产力。目前，国际上已经先后多次在不同海域进行了加铁实验，实验表明海洋加铁只是在短期内提升海洋对大气二氧化碳的吸收能力，随着加铁实验的结束，实验海区的碳吸收情况又恢复原平衡状态，有限的加铁实验并不能持久地增加海洋固碳的能力。而我国科学家在此基础上提出了通过建立基于微生物碳泵、生物泵和碳酸盐泵原理的综合负排放途径，其主要原理是在缺氧、酸化的环境里，通过施加矿物、增加碱度，提高自生碳酸盐产量，并与有机碳一起埋葬，实现综合储碳增量的效果，可望在实现增汇的同时，缓解环境问题。由我国科学家提出的人工上升流解决措施也已被纳入 IPCC 最近发布的《气候变化中的海洋与冰冻圈特别报告》中。其原理主要通过太阳能等清洁能源驱动的人工上升流可把养殖海区底部富营养盐的水带到上层水体，供给养殖海藻光合作用所需营养盐，从而提高海洋碳库的固碳增汇能力。

随着人类对海洋资源的掠夺式开发与抢占式利用，全球约 60%的海洋生态系统遭到破坏或正在退化，不仅造成了可预见的经济、环境和生态损失，更重要的是使得海洋的碳汇能力持续衰退，甚至开始出现向碳源转化的风险，这也给全球气候治理带来难以预估的挑战。因此，相较于“增汇”的思路，降低海洋“源”风险的行动基本上围绕如何改善和修复人类活动对海洋生态环境的破坏展开。一是通过减少陆地施肥及营养盐入海，阻止近海水体富营养化导致的呼吸作用加剧，减少陆源输入，防止营养盐刺激海洋微生物降解更多有机质，转化为二氧化碳重新释放到大气。二是禁止破坏现存的蓝碳生态系统，针对已遭破坏的蓝碳生态系统开展有效的保护和修复工作，包括土壤和相关生物的恢复，从而恢复他们的固碳能力。有研究表明，全球 20%-50%的蓝碳生态系统已经遭到破坏或正在退化，而恢复这些蓝碳生态系统可以为控制 2℃温升提供约 14%的减排潜力。

**4、未来研究展望**

蓝碳生态系统的保护和修复除了增加海洋碳库的固碳增汇能力外，还能够提供资源养护、灾害防范、发展生态产业以及改善人居环境等重要生态服务价值，而且相较于绿碳的开发利用，具有周期合理、安全高效、经济可行和额外收益显

著等开发优势。因而以蓝碳生态系统为代表的海洋碳库也被认为是有助于实现气候变化应对、生物多样性保护和可持续发展等多目标，最值得挖掘的生态资源之一。

目前，我国正积极参与国际蓝碳议程，扎实推进自然科学领域有关蓝碳固碳机制、生物量监测、碳汇方法学等方面的科研攻关，已将蓝碳纳入应对气候变化及经济社会发展政策规划体系，并在国内开展“蓝色海湾”整治、渤海综合治理生态修复、“南红北柳”湿地保护恢复、红树林保护修复等专项行动计划。在实践的过程中，蓝碳保护和修复领域也遭遇包括资源产权、生计冲突、过度开发和投资不足等一系列制约因素和现实瓶颈。因而，接下来有必要在社会科学领域针对蓝碳生态系统价值核算、产权确权、人地关系、融资渠道、经济社会效益等多个层面深入探讨。并尝试通过开发适当的金融和监管工具、创新融资方式（保险、债务互换、税收和信贷）和可持续经营等公私伙伴关系，增加对蓝碳生态系统保护和恢复领域的投资，激发更为切实有效的行动积极性，并取得更为显著的综合效益。

相信有关全球气候变化应对的中国雄心、全球经济发展与环境治理的中国贡献、疫情后的绿色复苏以及“一带一路”倡议的中国引领，都将为实现包含海陆统筹、减排增汇、沿海经济和社会可持续发展的“中国蓝碳计划”提供了强劲的国力支持和国际合作基础。

**查看原文请扫微信二维码**

- **“碳中和”系列之四：碳边境调节机制 CBAM**

**1、碳边境税的前世今生**

碳边境调节机制（CBAM）是一种基于气候变化调节的多边贸易和环境政策工具，通过对进口产品的碳强度来征收边境调节税。目前欧盟境内的公司需要购买许可证来获取产品生产过程中产生的碳排放量，这笔额外的费用提高了产品价格，而欧盟境外的国家和地区如果没有受到同等排放法规的约束，在向欧盟出售产品时极大可能存在价格优势。这种对欧盟地区产品竞争力的担心引发了欧盟对碳边境税的考虑。欧盟委员会主席 Ursula 在 2019 年 7 月首次提出了碳边境税这一概念，随后发展为碳边境调节税，也被称为碳边境调节机制（Carbon Border Adjustment Mechanism，以下简称 CBAM）。2019 年 12 月 11 日，CBAM 被写入了《欧洲绿色协议》，2020 年 7 月欧盟进一步提出了制定 CBAM 的详细方案，并计划 2023 年前开始征收，这项提案也在今年 3 月 10 日获得了欧洲议会的高度支持——该提案旨在通过让非欧盟国家进口企业与欧盟国家生产的产品相同的企业一样，对自己的温室气体排放负责，为欧洲公司创造公平的竞争环境。

**2、相关概念**

**“碳税”和“碳关税”：**碳税和碳关税是两个不同的概念, 在中文的语境下 ,经常可以发现对两个概念误用、混用的情况。“碳税”（二氧化碳排放税）是指对使用化石能源（如石油、煤和天然气等排放二氧化碳）的企业和个人所进行的一种征税，这是一种国内税收。“碳关税”则强调与气候变化相关的碳边境调节措施，最初是欧盟对不参加《京都议定书》的美国等国而征收的“京都关税”，2012 年后新的国际气候合作协定谈判时,“碳关税”取代“京都关税”成为更加流行的词汇。

**“京都关税”：**京都关税的前身是“碳边境税收调节”（Carbon Motivated Border Tax Adjustments，BTAs），主要形式为进口税和税收等价物，对国外生产的进口产品，以碳排放权方式向进口商收取进口产品的碳含量费用，2009 年美国参议院通过的 BTA 排放配额就属于关税等价物方案，大多数关于 BTA 的辩论都集中在世贸组织对此类措施的兼容性上。

**“边境碳调节”：**边境碳调节（Border Carbon Adjustments，BCAs）是近些年学术界广泛使用的概念，由加拿大经济学家 Aaron Cosbey 在 2008 年提出，

旨在防止温室气体排放泄漏，平衡欧洲和欧洲外部排放者之间的竞争环境。这项提议于 2019 年在欧洲委员会通过。

**“碳边境调节机制”：**碳边境调节机制（Carbon Related Border Adjustment Measures，or Carbon Motivated Border Adjustment Measures）的提法则是当前各国在气候变化领域的政策讨论中最广泛认可的。从本质上看, 碳边境调节机制的“保持竞争力”和“防治碳泄漏”两个目的中, 其主要侧重点还是在调节国内外企业的成本差异, 解决竞争力问题, 而不是调节本国企业和国外企业的排放差异。

**3、有关 CBAM 的讨论焦点**

欧盟外国家关注的主要问题是碳边境税是否能解决碳遗漏、对发展中国家工业化的影响、以及与世贸条款冲突的博弈是否能达成纳什均衡。

关于 CBAM 的性质：欧洲议会表示，碳边境税会从能源消费密集型产业逐步扩展到所有进口产业，并进一步解决 ETS 交易系统的碳遗漏问题，而这也是碳市场带来排放密集型产业向宽松政策环境转移，导致国内工业竞争力丧失的共同问题。目前讨论中的 CBAM 尚未定性为关税、国内税或者相关费用，因此业界的讨论也主要基于这三种情况展开。对外经济贸易大学法学院陈卫东教授在 3 月 31 日召开的 CBAM 研讨会中强调，CBAM 的定性将直接影响世贸法律框架的适用条款。如果作为关税，碳税的规则设计也会与世贸组织的《关税及贸易总协定》GATT 第一条非歧视性原则和最惠国待遇产生冲突，实施这一措施需要同时考虑技术性和法律性问题。

关于 CBAM 的资金：欧盟委员会估计，碳边境调节税所带来的资金将从每年 50 亿欧元（60 亿美元）增至 140 亿欧元，这笔资金是欧盟预算收入的新潜在来源。欧洲议会还表示，CBAM 的试点将包括发电厂、水泥、钢铁、化工、化肥、造纸、玻璃等碳排放总占比超过 90%的能源消费密集型产业，随后扩大到所有进口商品。对此，欧盟前高级委员会官员 Jos Delbeke 和 Peter Vis 警告说，这笔收入的使用会引起如十年前欧盟将国际航班纳入碳市场类似的极大争议。他们在 2020 年 12 月为欧洲大学研究所撰写的政策摘要中写道：“应该将任何收入用于发展中国家，以用于气候目的，或用于帮助全球工业脱碳。”

关于 CBAM 的影响：2020 年 3 月，全球产业总工会（IndustriAll）警告称，

《欧洲绿色协议》将威胁采矿业、能源密集型产业和汽车产业的 1100 万个就业岗位，导致单一产业的东欧国家劳动力迁移，为东西欧的经济社会发展带来新的问题和挑战。一些学者也为 CBAM 将对出口比较优势减弱的非欧盟国家所可能引发的的政治冲突和贸易报复感到担忧。浙江财经大学刘勇教授分析了 CBAM 可能的三种实施方案，其中一种方案就是扩展已有 ETS 适用范围，即由进口商在欧盟市场购买特定数量排放配额来承担减排成本，如若实施这一方案显然会提高欧盟碳市场的碳价，减弱我国和其他出口密集型国家的贸易优势。

关于 CBAM 能否解决碳泄露问题：许多研究人员已使用经济模型预测有无碳边境税的碳泄露可能性，Branger（2014）分析表明，由于存在碳泄漏，制定了温室气体排放政策（但没有边境税）的国家将放弃其总减排量的 5%至 25%。因此，由于公司将高碳生产转移到其他国家，各国可能损失多达四分之一的气候变化收益。芝加哥能源政策所（EPIC）和耶鲁的最新研究表明，碳税加上边境调节措施可以减少泄漏并适度减少碳排放。但是，边境调节也带来了严重的法律和行政问题，存在难以进行计算、容易避税并可能构成非法贸易壁垒的情况。不过在有效减少排放方面有另一种方法，即对国内化石燃料的开采而不是对国内排放征收碳税，同时对能源的进出口进行边境调整，并以较低的税率实施。与传统方法相比，这种对国内开采和生产排放结合的税收组合可以有效、合法地控制碳泄漏，并更有效地减少排放（见图 1）。

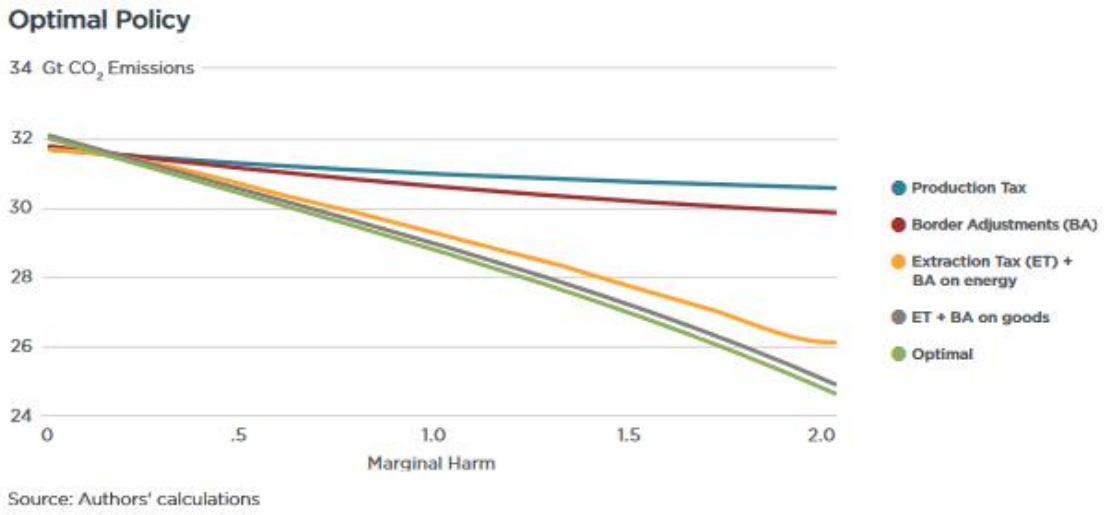



图 1 有效减少碳排放的最优政策（来源：EPIC 报告）

关于CBAM的范围：EPIC研究者认为扩大碳边境征税联盟可以减少碳泄露，提高税收效果。当在模拟边境税影响的模型中加入中国，税收的表现比只有经合组织作为征税地区的表现好得多，原因是作为世界工厂的中国提供了其他国家大部分的消费量，加入中国后税收基础的生产量将大于消费量，对商品增加边境调整的收益更少。

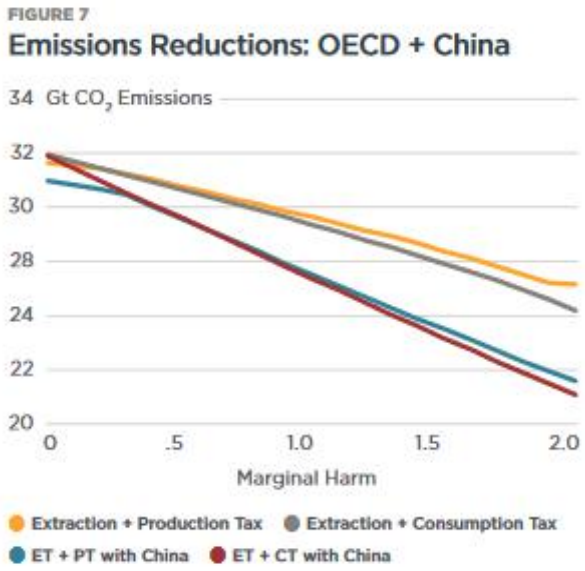



图 2 减排：OECD 国家+中国

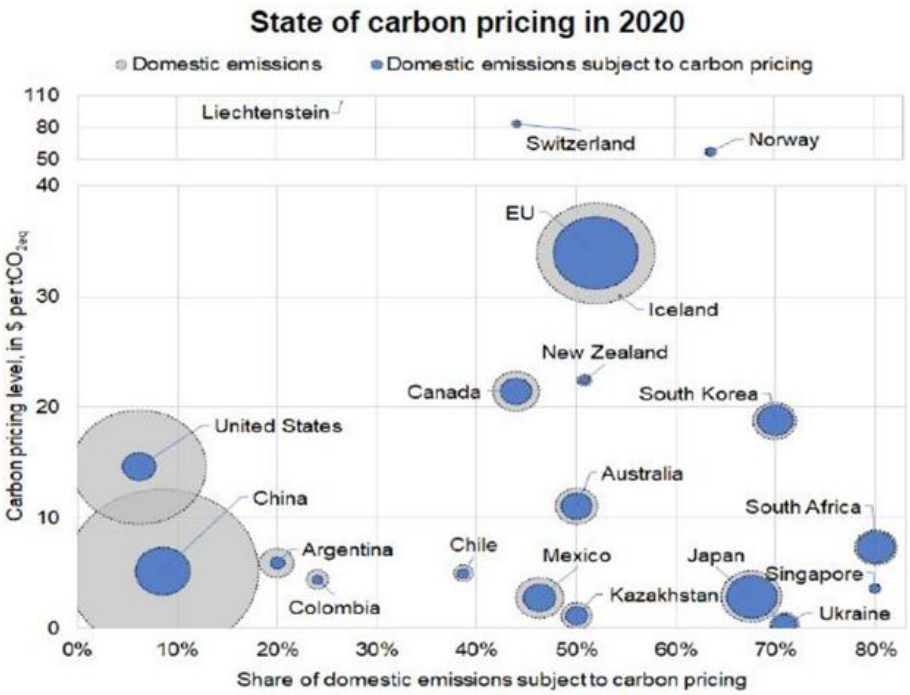
**4、CBAM 给我们带来的影响**

CBAM 涉及气候变化、国际贸易、疫后复苏、地缘政治等多个重要议题，CBAM 的落地对于贸易往来国家的高耗能高排放产业产品出口将产生较大影响，尤其是金属冶炼、化工、纺织业等，以至于对这些国家的产业结构和证券市场都将带来深远影响。作为排放和出口大国，中国无疑是美国、欧盟碳边境调节措施提议和针对的最主要潜在目标国。

2020 年中国对欧盟贸易额持续增长，中国超过美国成为欧盟最大的贸易伙伴，但高碳行业的对欧出口却出现滑落。根据《中国贸易外经统计年鉴 2020》和欧洲委员会贸易总局发布的《欧盟与中国商品贸易 2020》，2020 年中国钢铁和有色金属对欧盟出口额 46.68 亿欧元（按照 2020 年 1 欧元=1.2147 美元折合 56.7 亿美元），与前年相比分别下降 39%和 17%。有专家指出，短期而言，欧美碳

边境调节机制预计会在一定程度下增加中国的出口成本，冲击出口贸易，形成一定的不利影响。但随着贸易结构优化及出口产品结构调整，中国出口产品内涵碳排放量得到了显著改善。长期而言，碳排放费用的影响会随着中国能源转型进程的加速而减弱（安琪，2020；顾阿伦，何建坤，2020）。目前，对其他行业的影响分析主要为一般均衡或局部均衡分析，尚未发现有证据充分的研究表明CBAM会对我国长期发展带来不利影响。

2020 年欧盟的碳价区间远高于大部分欧美发达国家和亚洲、拉美发展中国家。截至 4 月 16 日，欧盟的碳交易系统显示碳价已超过 44 欧元/吨，达到自 2008 年以来的峰值。清华大学核能与新能源技术研究院段茂盛教授指出，中国是欧盟进口产品的最主要隐含碳排放国家，CBAM 的实施对中国尤其是机电、化工等高碳排放产业会形成巨大掣肘。如果中国的碳市场价格提升至欧盟水平，可以间接解决欧盟对中国的碳排放费用征收。碳价高于欧盟的瑞士就是一个连接碳市场的成功案例，但是中方与欧盟连接碳市场的可能性较小。




*Source: DG Trésor using World Bank data (2020). Carbon Pricing Dashboard.*
Note: Carbon price levels and domestic emissions coverage are given as at 1 November 2020. For the EU, the ETS is included on a weighted basis, as well as carbon taxes in effect in Member States, including France. Carbon price levels and domestic emissions coverage for China, Canada, United States and Japan take account of local and regional initiatives.

图 3　2020 年全球碳价交易情况

**5、CBAM 的应对策略**

在 4 月 22 日刚刚结束的 2021 年领导人气候峰会上，中国做出表率，将在“十四五”期间严控煤炭消费增长，并决定接受《<蒙特利尔议定书>基加利修正案》，加强温室气体管控，启动全国碳市场。德国在会议中表示，愿意每年出 40 亿欧元帮助发展中国家减排减碳，并提倡发达国家一同为发展中国家的减碳筹集资金，争取每年一起提供至少 1000 亿美元的发展中国家减排基金。

2021 年 4 月，外交事务（Foreign Affairs）上刊登了一篇名为《与中国竞争可以拯救地球：压力而不是伙伴关系，将推动气候变化取得进展》的文章，文中认可了中国在过去十年为实现 2060 年碳中和目标所做出的努力，并且强调当前气候行动中的两位王牌选手——中国和美国，应该保持良好竞争关系，发挥各自优势，才能达成全球整体的低碳发展最优化效果。

碳边境税既是挑战也是机遇。面对不同类型国家和利益集团复杂的博弈局面，我国要坚持《巴黎协定》所确立的长期目标和原则，坚定在国际合作公平竞争中发展，维护发展中国家权益，同时在国内推进节能减排等低碳行业技术发展，扩大碳定价范围和加快引入碳泄露机制来完善国内碳交易市场机制。这样才有望在欧盟 CBAM 实施条例中创造有利条件，获得更多话语权，推动低碳行业发展，争取为发展中国家提供更多经验借鉴和技术援助。

查看原文请扫微信二维码

- **“碳中和”系列之五：气候、社区和生物多样性标准 CCB**

**1、前言：气候、社区和生物多样性的国际讨论**

联合国政府间气候变化委员会（IPCC）2007 年发布的评估报告指出，气候变化导致全球变暖、海平面上升、物种灭绝，将影响社区和生物多样性的可持续发展。与此同时，随着生物多样性在基因和物种水平的改变，生态系统的结构和功能也会发生变化，当森林系统、泥滩地和湿地等生态系统遭到破坏时，储存在其中的碳又将释放到大气中，进一步对气候变化和传统社区的生计造成影响。气候、社区和生物多样性三者始终存在着不可割裂的联系，这一点从有关气候、社区和生物多样性的国际讨论中可见一斑。

1992 年通过的《联合国气候变化框架公约》（以下简称《气候公约》）与《生物多样性公约》（以下简称《生多公约》）是国际环境谈判的两个重要公约，分别以减缓和适应气候变化、保护濒危动植物为主要目标。

**《气候公约》中关于生物多样性的讨论：**1998 年，《气候公约》第四次缔约方大会(COP4)首次出现了与生物多样性相关的议题；2007 年，COP13 在减少毁林和森林退化的碳排放机制（Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation，REDD）基础上加入保护和可持续管理森林以增加森林碳汇（即 REDD+）；2009 年，COP15 将 REDD+的激励机制和行动机制，以及气候、生物多样性和社区方面的多重效益加入谈判讨论；随后的气候 COP17，对 REDD+行动的政策激励机制和技术方法正式达成协议（王敏等，2014）。

**《生多公约》中关于气候变化的讨论：**从 2000 年《生多公约》COP5 首次关注气候变化风险，到 COP7 设立相关议题开展工作，随后 COP9 上对《气候公约》REDD+条款考虑和制定各公约协同增效指标，再到 2012 年的 COP11 上，《生多公约》鼓励发展中国家制定和应用保护实现生物多样性与土著及地方社区效益的措施，《生多公约》下的气候变化机制成型用了整整十二年。直到现在，REDD+机制也一直是《生多公约》有关气候变化的主要谈判焦点，缔约方大会多次强调要基于各环境公约增进对生物多样性的保护和可持续利用，与减缓和适应气候变化活动之间的作用。

REDD+的谈判争论主要在于资金和技术难题，一些发展中国家担心虽然 REDD+机制能为其带来融资机会，但发展中国家融资后的资金和技术远达不到

履行《生多公约》中关于REDD+生物多样性安全保障相关义务的要求。例如巴西是REDD+参与国际碳市场筹集资金的主要潜在受益者，其对基于市场的森林计划碳交易项目争论历经了数十年才达到折中，最终巴西联邦政府同意以REDD+项目获得避免毁林方面的技术保证为条件进入碳市场（Xue等，2013；王敏等，2014；Schulz，2020）。

同时实现包括缓解气候变化、生物多样性以及社会和经济利益等多方共同利益并非易事。一项针对分别在《气候公约》和《生多公约》下REDD+制定政策评估的研究，估算了16个发展中国家为实现生物多样性目标减缓气候变化和保护天然林的收益，发现许多获得REDD+融资的发展中国家虽已提交给《生多公约》生物多样性计划的国家义务（NBSAP），却未提交《气候公约》开发的REDD+森林标准（FRL）。研究倡导努力获得REDD+资金的国家同时关注《气候公约》和《生多公约》的FRL和NBT方案分析，而不是只关注一方（Johnson B等，2018）。2020年2月*Nature*发表的文章评论也强调，许多国家需要技术支持来指导和监督森林碳汇投资，应同时遵守公认的全球质量认证标准：核证碳标准（VCS）和气候、社区、生物多样性标准（CCB）。前者是全球使用最广泛的减少温室气体排放的自愿性计划，后者是验证同时解决气候变化、支持当地社区和小农及保护生物多样性的项目的重要标准（Melo等，2013；Edward等，2020）。

**2、气候、社区和生物多样性标准的演变**

气候、社区和生物多样性标准（Climate，Community and Biodiversity Standards，以下简称CCB标准）由气候、共同体和生物多样性联盟（The Climate，Community & Biodiversity Alliance，以下简称CCBA）经过两年在亚洲、非洲、欧洲和美洲的项目测试，基于社区和环境团体、公司、学者等专业人士意见，于**2005年5月发布第一版**。该标准通过了国际林业研究中心（CIFOR）、热带农业研究和哥斯达黎加高等教育中心（CATIE）和世界农林业中心（ICRAF）同行评审，旨在评估和证明陆上碳项目在减缓和适应气候变化方面的表现，以及它们对促进当地社区和生物多样性共同受益的影响，作为对使用自愿碳市场中可用的其他碳标准开发碳项目的额外验证。CCB标准可以在项目开发阶段评估基于土地利用的碳减缓项目，鼓励在项目设计和开发中同时结合最优操作方法和多重效益原则,识别能够同时减缓气候变化、支持当地社区和保护生物多样性的项目，推

动项目设计的优化和创新，降低投资者的风险，增加项目开发者获得融资的机会（Goldstein，2015；碳排放交易网，2013；CCBA官网，2021）。

**CCB标准第二版：**2008年12月，CCBA根据项目开发商和当地社区参与者等CCB标准使用者的反馈意见对标准进行了修订，来适应不断发展的陆地碳基环境。针对关于项目支持人员培训方式的评论，CCB标准第二版删除了缺乏明确指标和难度较大的可选条件G7（即可持续发展的适应性管理，指标包括：1）演示如何设计管理措施和监管流程以生成可靠的反馈来用于改善项目成果；2）制定管理计划，以记录决策、行动和结果，并与项目团队中的成员建立共享信息库，避免个人离开项目带来经验缺失；3）演示适应潜在变化的灵活性项目设计，以及该项目具有适当的过程来根据需要调整项目活动；4）一旦初始项目资金期满，就应尽早对项目的长期可持续性收益做出承诺），加入了对新项目成员进行当地适应性管理和培训的要求。除此之外，CCBA还回应了气候、社区、生物多样性三个维度条款的争议，加入了相关条款应对土地使用权规范来避免冲突、限制项目开发人员碳权利用、二氧化碳温室气体排放净变化估算，以及加入了对社区影响、监控评估和对全球入侵物种数据库的关注。

2010年6月，CCBA发布了《CCB标准使用规程》作为标准补充。2012年10月，**《CCB小农倡议标准文件》**出版,该标准旨在加强原标准，利用小农户和社区主导项目向潜在投资者和碳抵消买家提供质量保证文件，并为项目制定指南。小农户和社区主导的土地碳项目旨在小农单独所有、社区集团所有土地上，让拥有管理权的小农和/或社区积极参与项目活动的设计和实施，减少项目实施障碍。随后，CCBA与加纳自然保护研究中心（NCRC）和雨林联盟合作，领导了这项倡议。这一倡议得到了洛克菲勒基金会的支持。

**CCB标准第三版：**2013年12月，CCB标准第三版（现行标准）发布，同时发布了《CCB标准使用规则》的修订版。第三部标准的修订根据用户反馈意见，以确保CCB标准保持稳定实用性，并为小农户和社区主导的项目获得碳融资提供便利。截至2013年11月，全球共有78个项目进行了验证过程，15个项目实现了验证，有超过130个项目正在使用或计划使用该标准，这意味着可以实现1100万公顷的碳汇保护和48万公顷的原生林恢复，估计每年减少的温室气体（GHG）总排放量超过3000万吨。其中造林、在造林和植被重建项目类型最多，为52%，改

善森林管理（IFM）最少（13%），其余主要为减少毁林或森林退化所致排放量（34%）。这些项目在联合国清洁发展机制项目注册的较少，这表明CCB标准正在发挥刺激项目和市场发展的作用，将碳市场投资引导到可持续发展、改善生计和生物多样性保护最需要资金的领域。同时通过CCB标准认证的核证减排标准(VCS) 项目平均每吨二氧化碳增加了0.5美元，平均交易价格为9.1美元/Tco2当量（CCBA，2013）。

**CCB标准项目文件公开征求意见：**参与CCB标准的项目会由CCBA在网站公开，邀请公众对项目是否符合CCB标准的要求提出意见。VCS收到的评论将公布在CCB网站的项目页面上，并由审核员在审定和/或核查过程中考虑。

CCBA还发布了一系列文件作为CCB标准的支持和补充，包括《CCB标准的使用指南》，《REDD+项目的社会和生物多样性影响评估手册》和《CCB标准培训材料》。

**3、CCB标准工作原理**

在CCB标准下开发的项目必须遵循严格的评估程序来获得认证，流程包括CCB标准审核、独立审计、碳核算、登记系统四方面（见图1）。

图 1　CCB 标准评估内容

**CCB 标准审核：**CCB 标准规定了所有项目必须遵守的规则和要求，以便获得认证。

**独立审计：**所有 CCB 项目都要接受符合资历的独立第三方和国际核证减排标准管理（以下简称 VERRA）的工作人员书面和现场审计，以确保符合标准和

正确应用其方法。

**碳核算：**项目可以选择适当方法来量化项目收益，以满足 CCB 标准要求。VERRA 和 CCBA 提供适当方法的指导。

**登记系统：**VERRA 跟踪所有 CCB 项目的所有数据。登记系统追踪所有带有 CCB 标签的核证碳单位的产生、退役和注销情况。这是为了确保温室气体减排单位都是在 CCB 核证期间产生的。

CCB 标准由 VERRA 管理，与凯尔国际（CARE）、保护国际、大自然保护协会、雨林联盟和野生动物保护协会合作。CCB 标准的认证体系被认为是以市场为导向的，在 CCBA 网站上项目的核心假设之一是：可以同时实现减缓气候变化、可持续发展和生物多样性保护，从而形成双赢局面。此外，CCB 的标准和指标明确包括市场策略，并假定碳信用额交易和环境服务付款有助于认证项目的长期可持续性，这对在潜在投资者之间建立信任和信誉尤为重要。例如，2012 年的“本地树种”项目旨在以健康财务的方式创造高质量碳信用额，2011 年丹麦岛项目明确相关碳减排资金支持用于公园或保护区指定位置或指定状态土地（VERRA，2021；Melo 等，2013）。

**4、CCB 的应用**

根据 VERRA 官网公布的最新数据显示，近 200 个项目已经按照 CCB 标准进行了验证，其中 50 多个项目已经实现了完全验证。CCB 项目跨越了除南极洲以外各大洲的 60 多个国家。按照 CCB 标准验证和核实的项目涵盖了超过 1000 万公顷的面积（相当于冰岛的面积）。CCB 标准是与 VCS 在农业、林业和土地利用（AFOLU）项目一起使用的主要标准，获得了优惠的市场准入。该标准可应用于所有类型的土地管理项目，包括重新造林、植树造林、重新植被、森林恢复、农林业、可持续农业和其他土地管理。

发表于 *Climate Policy* 的一篇《森林碳信用的自愿碳市场交易特性》文章（Lee D., Kim D., & Kim S., 2018)针对森林碳项目对自愿碳市场中森林碳信用交易的特征进行了分析，研究发现碳市场交易最广泛的核证碳标准（VCS）项目认证，是使用事后核算对项目进行验证和核证后颁发，其中不包括社区共同利益项目。而作为 VCS 补充的 CCB 标准的项目和使用基于社区共同效益的标准的项目具有更高的交易比例，作者强调发展气候、生物多样性和改善社区贫困的共同效益对

于加强森林碳信用在自愿碳市场的市场竞争力具有重要意义。对碳市场森林碳项目交易的研究表明，自愿碳市场中 82%的林业和土地项目都具有 VCS 认证，通过 VCS 认证的项目有 73%符合 CCB 标准。VCS+CCB 认证的项目价格通常高于只通过 VCS 认证的项目，但是 2016 年 VCS+CCB 的价格为 4.1 美元/Tco2 当量，VCS 项目为 4.6 美元/Tco2 当量，这是因为该年交易的 VCS+CCB 项目主要集中在低收入国家和地区，碳抵消成本更低。需要注意的是，CCB 认证和可持续发展目标一样不具有法律约束力，政府需要自愿支持目标，并根据目标动员政策和实践，监督进度（TOKSOY，2020；Milbank C，Coomes D & Vira B，2018）。

**5、我国的 CCB 实践**

2010 年的诺华川西南碳汇项目，是中国第一个与外资企业直接合作的造林减碳项目，于 2013 年 3 月通过 CCBA 的 CCB 标准金牌项目认证。2013 年 10 月，联合国气候变化框架公约秘书处（UNFCCC Secretariat）宣布“诺华川西南碳汇项目”成功注册为联合国清洁发展机制项目。该项目包含上世纪 50 年代和 80 年代间被采伐尚未恢复的退化土地，以大熊猫等珍稀濒危物种为主要保护对象，旨在恢复森林生态系统，缓解水土流失，增加四川省西南部凉山彝族自治州的甘洛、越西、昭觉、美姑、雷波五个县当地贫困社区的收入（人民网，2017 年）。

网易新闻和碳道 2021 年 4 月报道，广东湛江红树林造林项目成功注册为我国首个符合核证碳标准（VCS）和 CCB 的红树林碳汇项目，也是我国开发的首个蓝碳交易项目。该项目由自然资源部第三海洋研究所与广东湛江红树林国家级自然保护区管理局合作，按照 VCS 和 CCB 标准对保护区范围内 2015 年至 2019 年种植的 380 公顷红树林进行开发，预计在 2055 年前产生总计 16 万吨二氧化碳减排量。报道认为，红树林造林项目的开发，为相关碳汇修复项目和生态价值市场化提供了范本，对于红树林等蓝碳资源保护、完善碳汇市场交易、助力实现碳中和具有积极意义。

**查看原文请扫微信二维码**

## 【学术活动】

- **CIDEG｜圆桌讨论：“碳中和目标下的中国氢能发展”**

**1、绿氢**

绿氢是由可再生能源或核能通过电解水、或高温热解水等手段获得的氢气。要实现我国 2060 年“碳中和”目标，绿氢替碳，不可或缺。绿氢发电的方式有如下几种：一是燃气轮机，大规模发电。二是氢冶金，代替焦炭炼钢。三是绿色化工，替代天然气化工、煤炭化工。

绿氢未来的生产更多集中在可再生能源资源制氢较好的地区，如内蒙古、新疆；从需求来讲，目前绿氢的消费集中在车用领域，例如广东、上海等地的氢气消费相对较多。如果未来的工业格局不会发生大的变化，则未来华北区域氢能发展潜力比较大，一方面绿氢供应资源量比较大，另一方面新增氢气需求比较明显。

**2、氢能在交通领域应用前景较大**

卡车、公交车、轮船和火车在中国近期内应用潜力比较大。王贺武老师的调研发现，在张家口运行的公交车氢耗中，冬天氢耗为 8 公斤每百公里，夏天为 6 公斤每百公里，相比纯电动汽车，寒冷地区使用氢能燃料电池有一定的优势。

在交通领域如果要实现中国碳中和目标，在 2060 年或者 2070 年达到碳中和零排放，相关的交通技术，包括燃料都要做颠覆性的改进。欧训民老师预计，到 2050 年，能源结构会发生大幅度变化，2050 年电力作为交通能源的占比将超过 50%，氢能占比大概 5%-10%。

**3、碳中和目标将倒逼氢能加速发展**

碳中和目标的实现必须在能源结构上进行调整，增加清洁能源比重，加快向清洁能源转型。氢能使用环节是 100%的清洁能源，是实现碳中和目标的重要途径，国家层面的碳中和承诺将倒逼氢能产业加快发展。

……

查看原文请扫微信二维码

- **CIDEG｜2021 学术年会：“迈向‘双碳’——潜心、敦行、致远”**

会议围绕实现碳达峰、碳中和的目标过程，以“迈向‘双碳’——潜心、敦行、致远”为主题，邀请了伦敦大学气候变化经济学副教授米志付，清华大学公共管理学院副教授、华宇冠名副教授朱俊明，伦敦大学学院可持续金融与基建转型教授、曾任爱丁堡大学商学院能源金融副教授和商业与气候变化中心主任梁希，清华大学产业发展与环境治理研究中心博士后杨越分别做了年会引导发言。学术年会由薛澜主席主持，贺克斌、胡鞍钢、隆国强、秦晓、查道炯、八田达夫、德地立人、津上俊哉等学术委员和特聘研究员参与圆桌讨论，年会还特邀了清华大学公共管理学院副教授、华宇冠名副教授高宇宁，中央财经大学政府管理学院副教授范世炜，复旦大学经济系教授陈硕等共同参与讨论。学术年会通过四位青年学者的前沿研究，引发在“双碳”治理过程中的学界思考及客观分析，展开深入研究和探讨，为政策制定提供科学的依据。

米志付提出，首先能源效率的提升是拉动碳排放下降最主要的因素，但是随着碳强度的下降和能源强度的下降，能源效率能够拉动碳排放下降的空间其实是在缩小的；从碳流动的方面，我们国内的碳流动是从中西部流向东部，但是绝对值从 2007 年到 2012 年有所下降，在国际贸易上我们国家出口产品中隐含的碳在 2008 年达到了峰值，并且中国出口产品当中隐含碳的主要目的地从发达国家开始逐渐转向发展中国家。另外，在家庭层面，碳足迹的分配平等性，随着经济的发展和增长，碳足迹会趋于更加平等。

朱俊明认为“30 •60”这个目标其实需要我们去考虑在减排之外的集体行动，全球的多边合作和适应。碳市场从经济学的角度来看并不是很高效的手段，但是它可能是集体行动和路径依赖的形成的手段，从现在的角度看，这个设计看上去并不是特别美好，但是效果还不错。梁希重点介绍了各行业实施碳中和的路径，大的排放行业包括电力、建筑、工业、交通、农业，同时分享了华润集团、富士康、壳牌、苹果等一些公司的具体实践案例。杨越分别从这四个部分介绍我国蓝碳市场建设的需求、基础、问题以及应对策略，并且尝试对照现在制度基础的不足提出一些政策建议和我们下一步的工作计划。

- **“人文清华”讲坛丨贺克斌：碳中和，未来之变**

实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，将带领我们高质量实现“美丽中国”目标，并带来观念重塑、价值重估、产业重构、广泛影响等根本性变化，深刻影响政府、企业、个人的行为。

贺克斌教授表示，在全球推进碳中和的进程中，世界经济发展观念会发生根本性变革，将从资源依赖型向技术依赖型转变。目前，煤炭储量最多的前五个国家占了全球煤炭 75%的储藏量；石油储量，前五个国家占了 62%；天然气储量，前五个国家占了 64%，传统化石能源资源分布明显不均匀。而全球风光资源分布则相对更均匀，未来风电光电等新能源比例逐渐上升后，谁的新能源技术领先，谁有效利用的能源就更多，经济发展走向技术依赖型。

在价值重估上，风电光电的发电成本目前已经与火电成本接近，但并网成本还较高，随着技术的进步，未来这一成本大大降低，因此风电光电的价值和竞争力会被重新认识。

产业重构上，大家熟悉的加油站将变成加能站，如中石化规划到 2025 年，利用原有 3 万座加油站、870 座加气站的布局优势，建设 1000 座加氢站或油氢合建站，5000 座充换电站，7000 座分布式光伏发电站点。

碳中和也将在衣食住行等方面带来广泛影响，据估计，2040 年中国电动汽车保有量将达到 3 亿辆，每辆车平均 65 千瓦时，车载储能容量约达 200 亿千瓦时，将与中国每天消费总电量基本相当。

最后，贺克斌教授表示，碳中和可能是改革开放四十年后的下一个大事件，要实现这一目标需要政策引导、科技创新，并建立全新的人才培养体系。人文科学、自然科学、社会科学各学科要一起协同创新，培养面向碳中和时代的人才。

**（文章为部分节选）**

**查看原文请扫微信二维码**

## 【出版•发表】

- **出版｜《中国 2050 低排放发展战略研究：模型方法及应用》**

气候变化是全球公共危机，需要各国通力合作，共同应对。应对全球气候变化，不仅要在有限的碳排放空间约束下制定适合各国国情和发展阶段特征的碳减排目标和可行的低碳发展战略，同时还要全面平衡好社会进步、经济发展、环境保护与可持续发展之间的内在关系。不同领域模型工作者之间的交流与合作，可从不同的维度和视角刻画宏观经济、能源系统、环境质量等各个领域实现低碳转型的路径及“多赢”目标，为相应的政策措施制定提供技术支撑。

目前，国际上已经针对温室气体减排目标、低碳转型路径、气候变化的影响与损失、减排的成本与效益、国际治理制度建设等内容进行了广泛的研究和探讨，并基于传统经济学理论发展形成了以西方发达国家为主导的模型理论和方法体系。由于各研究机构所属国的国情不同，思想观念和价值取向差异较大，尽管采用相似的方法学和分析模型体系，但各自对不同类型国家发展现状和规律的理解、把握和判断差异较大，在模型运转机理、参数选择、政策设计等主观因素中的参数设置有很大不同，往往所得到的研究结果和结论会产生较大差别。

为了进一步促进我国模型发展，2015 年清华大学公共管理学院、清华大学产业发展与环境治理研究中心与美国环保协会北京代表处共同发起成立了中国能源模型论坛，本书是中国能源模型论坛组织编写的以 2050 年中长期气候战略为主题的模型方法及应用的专著，以期能为各界人士了解掌握国内外应对气候变化模型方法学的最新前沿动态，启发思路，开拓视野，为我国积极应对气候变化工作提供理论、模型方法学和分析工具的参考与借鉴。早在 2015 年，中国能源模型论坛（CEMF）便组织国内外专家开展了 2030 年碳达峰和 2050 年低排放发展战略的研究工作，从不同维度探索了中国实现 1.5 度目标的可行路径及其技术，专著《中国 2050 低排放发展战略研究：模型方法及应用》也是在此基础上发表，汇集了中国能源模型论坛第二主题研究（CEMF02）中国 2050 低排放发展战略研究的成果，综合了国内主要模型团队在 2050 低排放发展战略研究过程中的模型方法和实际应用案例。下一步，中国能源模型论坛将以 2035 年作为衔接短期目标与中长期目标的关键节点，制定碳中和/温室气体净零排放战略目标，力争助力中国在 21 世纪 30 年代持续加强减排力度。

- ***Nature*｜朱俊明、薛澜：《中国碳排放交易引发的低碳创新》**

2019 年 9 月 9 日，清华大学公共管理学院副教授、CIDEG 研究员朱俊明，清华大学文科资深教授、苏世民书院院长、CIDEG 主任薛澜在国际学术期刊《自然·通讯》（Nature Communications）在线发表了题为“中国碳排放交易引发的低碳创新”（Low-carbon innovation induced by emissions trading in China）的研究论文，评估了中国碳排放权交易试点政策对促进企业创新的效果及政策作用机制。

碳排放权交易是一项受到广泛关注的市场型碳减排政策，被世界多个国家及地区所采用，可以为减缓气候变化发挥重要作用。目前对碳排放权交易政策效果的经验知识主要来自于对欧盟碳市场的研究。而人们对这一市场型政策的作用范围、与其它政策交互的影响以及政策设计所带来的作用机制变化了解仍很少，限制了政策的进一步推广与发挥更大的作用。

针对这一问题，本文章基于我国 2013 年开始的碳排放权交易试点政策，利用企业层面数据与专利申请信息，使用匹配与双重差分的方法，实证检验了政策对企业低碳创新的影响与潜在作用机制。低碳创新有助于摆脱对碳密集型经济和能源基础设施的路径依赖，缓解碳减排趋势不确定所造成的负面影响，对实现稳定减排至关重要。

研究发现，在节能减排、低碳试点等政策影响的基础上，碳排放权交易在实施的两年内促进交易企业额外增加 1.75 个低碳专利申请，接近欧盟碳市场五年内 2 个低碳专利申请的政策效应，且同时增加了这些企业其它类型专利、特别是其它绿色技术专利的申请。政策的影响范围超出了碳排放权交易企业，对于尚未纳入碳交易而未来可能被纳入企业的影响也十分显著。研究还发现企业创新行为并没有受到碳交易价格的影响，而是受到了配额分配方式的显著影响。

**（文章为部分节选）**

**查看原文请扫微信二维码**

- **《中国人口•资源与环境》丨薛澜、杨越、陈玲等：《黄河流域生态保护和高质量发展战略立法的策略》**

黄河流域作为确保我国生态安全、粮食安全、能源安全和防洪安全的生命线，是打赢污染防治攻坚战、建设美丽中国的关键地区，是打赢脱贫攻坚、协调区域发展的主阵地，更是延续历史文脉、展示时代价值的核心窗口。然而，伴随着城镇化、工业化进程，黄河流域经历了严重的环境污染和生态破坏，保护和治理的任务十分艰巨，流域生态系统脆弱、经济发展滞后、人地关系趋向紧张，不断形成贫困与生态环境破坏的恶性循环，严重制约了黄河流域的高质量发展。

黄河流域生态本底脆弱、系统环境超载、水沙关系失衡、水资源匮乏，其症结在于长期经济社会发展需求与粗放式发展模式下人地关系的矛盾，迫切需要将黄河流域生态保护和高质量发展目标法治化，从生态环境严格保护、经济社会布局优化调整、流域内各行政区统筹协调等多个层面对流域人类的生产生活方式进行调整和规范。文章从黄河流域生态保护和高质量发展的国家战略出发，探讨推进“黄河战略”相关立法工作的策略选择，具体分析了“黄河战略”相关立法的需求、原则、框架和关键。首先，强调流域经济社会发展需求与生态资源环境承载能力间矛盾的现实需求，指出现有体制机制难以有效解决黄河流域系统性保护和治理问题的实际障碍；其次，从系统性、整体性、协同性和适应性四个方面，阐述了此次黄河流域生态保护和高质量发展战略相关立法的根本原则；接着，构建了以实现“生态－经济－社会”效益相统一的流域高质量发展为目标，以高度价值认同的流域文化共识为牵引，以流域高水平保护和治理为手段，以流域空间管控和流域协调机构两大机制为抓手的理论框架，识别出那些区别于长江等其他流域保护立法的特色问题作为立法关键；最后，结合我国流域管理法缺位、涉水四法功能割裂、政出多门职能交叉等现实特征给出此次立法定位的思考及建议。

**（文章为部分节选）**

**查看原文请扫微信二维码**

- **《中国人口•资源与环境》丨杨越、陈玲、薛澜：《寻找全球问题的中国方案——海洋塑料垃圾及微塑料污染治理体系的问题与对策》**

**现实问题的提出：**近年来，世界范围内涌现出大量有关消减海洋垃圾与海洋微塑料污染的策略与行动，并逐步形成覆盖全球、区域、国家三层机制，聚焦陆源输入、滨海旅游业、船舶运输业和海上养殖捕捞业四大场景，包含国际组织、政府、企业、非政府组织及公众五类主体的治理体系，但仍呈现出机制约束力弱、主体合力不足、场景协调性差、措施无序化碎片化等总体特征。

我国作为全球较早认识到海洋垃圾与海洋微塑料污染危害，并积极引导全球治理的国家之一，已经组织开展大量科学研究、污染监测与防治工作，但国家层面针对海洋垃圾与海洋微塑料问题的专项政策安排和制度体系尚未形成。

**解决该问题的必要性：**我国海洋垃圾与海洋微塑料污染总体处于世界中低水平，但防治形势仍十分严峻；我国积极推进海洋垃圾与海洋微塑料污染治理工作，但对治理体系建设提出了新需求。

**解决该问题的新思路：**治理机制方面，基本形成全球引领、区域协调、国家落实的多维治理机制；治理主体方面，基本构成国际组织引领、政府主导、非政府组织积极参与的格局；治理对象方面，基本覆盖地表径流、滨海旅游业、船舶运输业和养殖捕捞业的全场景；治理措施方面，基本遵循源头减量和过程管理，增加入海防控和海上打捞的思路。

**政策建议：**制定国家层面的海洋垃圾与海洋微塑料污染防治综合行动计划，推进海洋生态文明建设；设立跨区域跨部门的协调机制，探索“陆海一体化的综合防治体系”；“从源到汇”实现废物的资源化再生，探索“全生命周期的废物管理过程”；发挥政府引导作用，强调企业社会责任，加强公众绿色消费理念，鼓励社会组织参与，探索“多元参与的海洋生态环境治理模式”。

**（文章为部分节选）**

**查看原文请扫微信二维码**

## 【媒体声音】

- **《中新经纬》｜周大地：碳中和要求能源消费进行重大调整**

2020 年中央经济会议指出，做好碳达峰、碳中和工作。我国二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值，力争 2060 年前实现碳中和。要如期实现碳中和目标，除了能源行业，还有哪些行业将遭遇大幅调整与转型？如期实现有没有困难？

围绕这个问题，国家发展和改革委员会能源研究所高级专家、CIDEG 荣誉顾问周大地接受中新经纬专访。

中国的能源领域要争取“十四五”做到能源碳达峰。在这么短的时间内，能实现能源碳达峰吗？对此，周大地说：“我觉得时间一点都不紧。因为要在 2060 年前达到碳中和，也就是能源基本低碳化，化石能源基本上退出去。如果现在还在增长，后面要多长时间才能把它减下去？而低碳转型，早日达峰，可以避免让我们在原来已经不可持续的道路上继续往下走。”

不过，“达到碳中和不完全是一个能源本身转型的问题。”周大地表示：“能源行业的能源需求是由社会生活的各方面来决定的，包括工业用能、交通快递、日常生活、建筑、办公等等，处处都会用到能源。现在全世界包括中国，化石能源所占的比例仍然很高，所以，真正要达到碳中和，不但能源供应这部分要从化石能源转为非化石能源，更重要的是我们的消费也要进行重大的调整和转型。”

周大地进一步分析说，要节约高效，合理消费。把对化石能源的浪费性消费，转化成完全用可再生能源或者非化石能源来供应。中国现在每年进口那么多石油，其最主要的还是用在交通上，如果整个交通系统实现电动化，就可以减少很多。所以，实际上不是一个生产高效的问题，而是消费要合理，同时也要高效。

**（文章为部分节选）**

**查看原文请扫微信二维码**

- **《新京报》丨贺克斌：大气污染防治，减排降碳要协同**

今年北京市政府工作报告指出，加强细颗粒物、臭氧、温室气体协同控制，突出碳排放强度和总量“双控”，明确碳中和时间表、路线图。

在今年北京两会上，北京市人大代表、清华大学环境学院教授、中国工程院院士贺克斌在接受新京报记者专访时表示，近年来 PM2.5、臭氧、二氧化硫的数据变化，都证明了北京空气质量的向好。未来，减排降碳面临越来越大的挑战，常规大气污染物和碳排放的协同治理，将是北京巩固现有蓝天成果乃至取得新成绩的关键。

**谈大气治理**

贺克斌表示近年来，北京全年平均污染物浓度一直是在降低的，今年北京市政府工作报告也提到，“十三五”期间，北京的 PM2.5（细颗粒物）年均浓度累计下降 53%。另外，北京全年出现重污染的天数也在下降。

另外，要评价北京的空气质量，还有一个不太受关注的指标——空气中的二氧化硫，北京现在已经达到 4 微克/立方米，这在全世界城市中都是处于前列的。通俗一点来讲，就是老百姓在北京闻不着煤烟味了。还有大家比较关心的夏天的臭氧，北京的臭氧浓度也是稳中有降的。

**谈减排降碳**

贺克斌表示降碳与减排是同根同源同过程的，后一阶段，北京是否能够巩固住现有的蓝天成果乃至进一步取得新成绩，常规大气污染物和碳排放治理的协同，将会非常关键。如果能够找准协同的解决路径，我们就有可能把两者都做到更好。今年北京市政府工作报告也提到要加强细颗粒物、臭氧、温室气体协同控制，就是这个意思。

**谈节能减量**

贺克斌认为最简单的，每个人都可以做到节能，比如节约用电、“光盘行动”等。拿“光盘行动”来说，你浪费掉食物，意味着也浪费了前期生产过程中的能源，还增加了后期处理过程中需要的能源。

**（文章为部分节选）**

**文章来源：《新京报》 2021 年 1 月 26 日**

- **《财新网》丨高世辑：绿色低碳发展的根本出路**

走向碳达峰、碳中和是一场广泛深刻的经济社会系统性变革，将会彻底改变我们的生产方式、生活方式，包括生产与生活活动的空间布局。人类追求美好生活权利不可剥夺，而这种美好生活是建立在对能源和物质资源大量消耗基础上的。比尔·盖茨从最终消费端对温室气体排放进行了分类，也就是从人类需求分类，工业化生产物质产品（making things）排放占 31%，土地上种养植（growing things）排放占 19%，出行（getting around）占 16%，家里取暖空调（heating and cooling）占 7%，还有发电（plugging in）占 27%。碳排放的大部分来自支撑我们现代生活必须需要的能源消费，这些能源目前主要是化石能源。**要走向零碳、低碳，要从化石能源支撑向依靠非化石能源的系统性变革，必须是靠科技突破和创新。**

我们可以把碳中和、零碳时代的技术分为低碳技术、零碳技术、负碳技术，其中负碳技术就包括 CCS、NBS、空气捕捉二氧化碳技术、地球工程等等。IEA 有一个清洁能源技术指南，是按照需求侧、供给侧、处理二氧化碳的基础设施做了分类学一样，列举了 400 多项低碳减碳技术，并对每个技术成熟度给予了打分。

走向低碳和零碳涉及到各行各业多种形式创新，这些创新在产品层面技术高度集成。所以各类低碳技术、零碳技术、负碳技术的重大突破和广泛使用，还与数字技术的深度融合。光伏发电、电动车发展虽然依靠一些关键领域的技术突破，需要产业上下游支撑，需要生产和应用的结合。但最终产品都集合了多种技术。另外，生物技术的发展也至关重要，今后有很多依靠化石资源的生产材料，可以靠生物基材料生产，目前中国在这方面有一定的基础，有创新突破的端倪。这还主要是从能源碳排放角度，还涉及到非二氧化碳温室气体排放的控制技术，以及其它非能源领域的很多技术。

我们有理由相信，虽然我们面临繁重的发展任务，但我们有比较强的产业基础、技术能力，通过创新实现绿色发展。在绿色领域的创新中，会看到中国企业、中国产业扮演越来越重要的角色。我们应该对全球绿色发展做出较大贡献。

**（文章为部分节选）**

**文章来源：《财新网》 2021 年 5 月 11 日**

## 欢迎关注

CIDEG 官方微信公众号

CIDEG 官方微信视频号

---

清华大学产业发展与环境治理研究中心　编印

责任编辑：潘莎莉　陈芸

审校：陈玲　赵静

签发：薛澜

电话：010-62772497 62772593

电子邮箱：cideg@mail.tsinghua.edu.cn

传真：010-62772497

网址：http://www.cideg.tsinghua.edu.cn/