

碳 桥

环保桥季刊-2025第一季度

本期观点

实现2°C升温目标：CCUS前景探究与应用



Climate
Bridge

引言

2025年第一季度，中国在“双碳”征程上迈出坚实步伐，制度与市场协同发力，绿色转型图景更加清晰。全国碳市场迎来里程碑式突破——钢铁、水泥、铝冶炼三大高排放行业正式纳入，实现首次重大扩围。两项新CCER方法学发布，首批CCER签发，自愿碳市场增量可期。新能源上网电价改革深化、能源工作指导意见印发，以及绿证市场高质量发展、清洁能源专项资金等新政，共同助力开拓绿电消纳场景，也为构建新型能源体系保驾护航。

本期《碳桥》将深度探讨与当前纳入全国碳市场的四大行业脱碳密切相关的碳捕集、利用与封存技术（CCUS），分析其在碳减排、能源系统优化以及社会经济价值转化等方面展现的显著优势，并解读CCUS产业化发展进程中遭遇四重关键性制约因素。

索引

□ 国家政策	P3	□ 市场动态	P17
□ 地方动态	P9	□ 低碳前沿	P19
□ 国际关注	P15	□ 环保桥观察	P20

国内聚焦-国家政策



两项新CCER方法学发布

2025/01/03



生态环境部等部门发布《温室气体自愿减排项目方法学 公路隧道照明系统节能（CCER-07-001-V01）》《温室气体自愿减排项目方法学 甲烷体积浓度低于8%的煤矿低浓度瓦斯和风排瓦斯利用（CCER-10-001-V01）》。符合条件的公路隧道照明系统节能项目、甲烷体积浓度低于 8%的煤矿低浓度瓦斯和风排瓦斯利用项目可按照方法学的要求，设计和审定温室气体自愿减排项目，以及核算和核查温室气体自愿减排项目的减排量。

各地方生态环境、交通运输主管部门应鼓励支持符合条件的公路隧道照明系统节能项目积极参与全国温室气体自愿减排交易市场并获得减排量收益；各地方生态环境、能源等主管部门和驻地矿山安全监察机构应鼓励支持符合条件的煤矿低浓度瓦斯和风排瓦斯利用项目积极参与全国温室气体自愿减排交易市场并获得减排量收益；指导有关项目业主按照《管理办法》规定，对项目唯一性以及所提供材料的真实性、完整性和有效性作出承诺，并加强能力建设。（来源：生态环境部）

产品碳足迹核算标准编制工作指引印发

2025/01/06



近日，生态环境部等五部门联合印发《产品碳足迹核算标准编制工作指引》明确产品碳足迹核算标准编制的工作目标和实现路径，旨在加快建立统一规范的产品碳足迹核算标准体系，积极推动团标、行标和国标互相衔接、同向发力。

《工作指引》提出四方面20条重点工作任务。一是明确碳足迹核算标准制定路线与技术要求。内容包括明确碳足迹核算标准制定路线，统一碳足迹核算标准文本、核算边界、活动数据获取和因子数据质量要求，加强碳足迹核算数据质量管控工作等内容。

二是协调各类碳足迹核算标准协同发力。包括稳步推进碳足迹国家标准制定，明确碳足迹行业标准制定重点，规范碳足迹地方标准，探索制定新兴领域碳足迹团体标准，鼓励链主企业研制碳足迹企业标准，定期开展碳足迹核算标准的后评估工作。

三是促进碳足迹核算标准有序衔接和实施应用。包括完善碳足迹核算标准协调机制，加强碳足迹行业标准跨部门协调，完善碳足迹团体标准评价采信机制，促进碳足迹核算标准有效应用，加强碳足迹核算标准宣贯培训。

四是加强碳足迹核算标准国际交流衔接。包括加强国内外碳足迹标准协调衔接，积极参与碳足迹国际标准制定，推动碳足迹标准国际交流合作。（来源：生态环境部）

国内聚焦-国家政策



国家温室气体排放因子数据库上线

2025/01/10



为贯彻落实《关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案》《完善碳排放统计核算体系工作方案》要求，生态环境部与国家统计局联合牵头建设的“国家温室气体排放因子数据库”第一版现已正式上线运行。该数据库作为我国碳排放统计核算体系的重要组成部分，将为社会各界提供温室气体排放因子基础数据支持，推动碳排放统计核算工作，助力国家碳达峰碳中和目标。社会各界可登陆国家温室气体排放因子数据库网站，查询相关行业温室气体排放因子并参考使用。（来源：生态环境部）

绿色技术推广目录（2024年版）印发

2025/01/20



国家发展改革委等八部委印发了《绿色技术推广目录（2024年版）》，包括节能降碳产业技术37项、环境保护产业技术21项、资源循环利用产业技术20项、能源绿色低碳转型技术17项、生态保护修复和利用技术3项、基础设施绿色升级技术12项、绿色服务技术2项。《目录》列明了每项技术的工艺技术内容、主要技术参数和应用案例，便于更好了解技术的主要原理、路径方向以及应用场景和实施效果。

为进一步强化《目录》应用实施，国家发展改革委将会同有关部门结合全国生态日、全国节能宣传周等，组织开展技术路演等活动，加大《目录》宣传推广力度。充分发挥国家绿色技术交易中心等平台作用，组织开展“绿色技术服务企业”等绿色技术成果推介活动，促进供需对接。支持各行业协会和中央企业加强示范应用，加快绿色技术产业化应用。鼓励金融机构通过绿色信贷、绿色债券、碳减排支持工具等，加强对《目录》内绿色技术应用的融资支持。（来源：国家发改委）

2023年电力碳足迹因子数据发布

2025/01/23



生态环境部联合国家统计局、国家能源局印发了《关于发布2023年电力碳足迹因子数据的公告》，其中2023年全国电力平均碳足迹因子为0.6205kgCO2e/kWh。据介绍，碳足迹因子是我国产品碳足迹管理体系建设的“重要基石”，电力碳足迹因子具有基础能源属性，是核算各类中下游产品碳足迹的必要前提。

此次发布的电力碳足迹因子研究方法与国际衔接，具备因子互认基础。测算过程基于大量典型代表案例调研，大部分采用国内企业实测数据，形成的数据小于Ecoinvent、GaBi等国际数据库的中国电力碳足迹因子数值，更加符合我国电力发展客观实际，充分体现了我国电力结构优化和技术进步水平。（来源：生态环境部）

国内聚焦-国家政策



证监会推动丰富资本市场绿色金融产品

2025/02/07



证监会发布《关于资本市场做好金融“五篇大文章”的实施意见》，就提升资本市场做好金融“五篇大文章”的合力等方面提出18条政策举措。《实施意见》提出丰富资本市场绿色金融产品。支持符合条件的绿色产业企业发行上市、融资并购及发行绿色债券、绿色资产支持证券等。进一步提升绿色债券申报受理及审核注册便利度。推出更多绿色主题公募基金。鼓励绿色私募股权投资基金发展。稳妥有序推进碳期货市场建设和碳排放权期货研发上市，支持符合条件的金融机构在依法合规、风险可控前提下参与碳排放权交易。研发更多符合实体经济发展需求的绿色低碳期货期权品种。支持广州期货交易所打造绿色期货交易所。丰富绿色指数体系及其衍生品。持续深化绿色国际合作，推动绿色证券市场双向开放。（来源：证监会）

碳排放权交易适用6%增值税税率

2025/02/07



国家税务总局货物和劳务税司答复关于碳排放权交易等适用增值税政策的执行口径：《财政部 国家税务总局关于全面推开营业税改征增值税试点的通知》（财税〔2016〕36号）规定，无形资产，是指不具实物形态，但能带来经济利益的资产，包括技术、商标、著作权、商誉、自然资源使用权和其他权益性无形资产。其他权益性无形资产，包括基础设施资产经营权、公共事业特许权、配额、经营权等。

纳税人发生碳排放权交易、核证自愿减排量交易，应按销售“无形资产-其他权益性无形资产--配额”计算缴纳增值税，适用6%税率。（来源：国家税务总局）

两部门深化新能源上网电价市场化改革

2025/02/09



国家发展改革委、国家能源局联合印发《关于深化新能源上网电价市场化改革 促进新能源高质量发展的通知》，提出按照价格市场形成、责任公平承担、区分存量增量、政策统筹协调的总体思路，深化新能源上网电价市场化改革，推动风电、太阳能发电等新能源上网电量全部进入电力市场，上网电价通过市场交易形成；同步建立支持新能源可持续发展的价格结算机制，区分存量和增量项目分类施策，促进行业高质量发展。《通知》明确，创新建立新能源可持续发展价格结算机制，对存量项目，纳入机制的电量、电价等与现行政策妥善衔接；对增量项目，纳入机制的电量规模由各地按国家要求合理确定，机制电价通过市场化竞价方式确定。通过建立可持续发展价格结算机制，既妥善衔接新老政策，又稳定行业发展预期，有利于促进新能源可持续发展，助力经济社会绿色低碳转型。（来源：国家发改委）

国内聚焦-国家政策



国家能源局印发2025年能源工作指导意见

2025/02/27



国家能源局印发《2025年能源工作指导意见》提出2025年能源工作的主要目标和21项年度重点任务。2025年目标包括全国发电总装机达到36亿千瓦以上，新增新能源发电装机规模2亿千瓦以上，发电量达到10.6万亿千瓦时左右，非化石能源发电装机占比提高到60%左右，非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。

重点任务包括：夯实能源安全保障基础、提高区域能源协同保障能力、强化能源安全重大风险管控；保持非化石能源良好发展态势、统筹推进新型电力系统建设、持续深化能源开发利用方式变革；持续完善能源体制机制、深化全国统一电力市场建设、不断健全能源法治体系；持续完善能源科技创新体系、强化能源关键核心技术攻关、培育发展壮大能源新产业新业态；提升民生用能服务保障水平、推动县域能源高质量发展；切实维护公平公正市场秩序、持续加强电力安全监管工作；持续增强海外资源供应保障能力、统筹做好重点国家和地区能源合作、积极参与全球能源治理；加力完成“十四五”能源规划目标任务、科学谋划“十五五”能源规划。（来源：国家能源局）

四部门发文促进企业温室气体信息自愿披露

2025/03/03



生态环境部等四部门联合印发《关于促进企业温室气体信息自愿披露的意见》提出到2027年，企业温室气体信息自愿披露政策体系与技术标准基本建立，企业披露信息的积极性、披露质量和披露能力有效提升。重点行业和先行地区的企业温室气体信息自愿披露探索示范稳步推进，披露信息的应用场景更加丰富。

到2030年，企业温室气体信息自愿披露的通用框架与技术标准体系进一步完善，企业披露意愿、披露能力和披露质量显著提升，披露信息得到广泛应用，形成与国际接轨、互通互认、服务企业高质量发展的温室气体信息自愿披露模式。

《意见》提出六项主要任务：构建企业温室气体信息披露的配套技术规范体系、丰富和拓展企业温室气体信息披露形式和渠道、丰富企业温室气体信息披露的应用场景、引导第三方机构参与企业温室气体信息披露的市场化服务、鼓励企业温室气体信息自愿披露先行先试、加强企业温室气体信息披露国际合作。

（来源：生态环境部）

国内聚焦-国家政策



政府工作报告：协同推进降碳减污扩绿增长

2025/03/05



国务院总理李强在政府工作报告中介绍今年政府工作任务时提出，协同推进降碳减污扩绿增长，加快经济社会发展全面绿色转型。进一步深化生态文明体制改革，统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。

加快发展绿色低碳经济。完善支持绿色低碳发展的政策和标准体系，营造绿色低碳产业健康发展生态。深入实施绿色低碳先进技术示范工程，培育绿色建筑等新增长点。完善资源总量管理和全面节约制度，加强重点用能用水单位节能节水管理，有力有效管控高耗能项目。加强废弃物循环利用，大力推广再生材料使用。健全绿色消费激励机制，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。

积极稳妥推进碳达峰碳中和。扎实开展国家碳达峰第二批试点，建立一批零碳园区、零碳工厂。加快构建碳排放双控制度体系，扩大全国碳排放权交易市场行业覆盖范围。开展碳排放统计核算，建立产品碳足迹管理体系、碳标识认证制度，积极应对绿色贸易壁垒。加快建设“沙戈荒”新能源基地，发展海上风电，统筹就地消纳和外送通道建设。开展煤电低碳化改造试点示范。规划应对气候变化一揽子重大工程，积极参与和引领全球环境与气候治理。（来源：新华网）

清洁能源发展专项资金管理办法发布

2025/03/12



为促进清洁能源开发利用，推进能源清洁低碳转型，保障国家能源安全，财政部制定了《清洁能源发展专项资金管理办法》，自发布之日起施行。

办法规定，清洁能源发展专项资金是指通过中央一般公共预算安排，用于支持可再生能源、清洁能源以及化石能源清洁化利用等能源清洁开发利用的专项资金。专项资金实行专款专用，专项管理。

办法介绍，专项资金支持范围包括下列事项：清洁能源重点关键技术示范推广和产业化示范；清洁能源规模化开发利用及能力建设；清洁能源公共平台建设；清洁能源综合应用示范；党中央、国务院交办的关于清洁能源发展的其他重要事项。

办法表示，专项资金分配结合清洁能源相关工作性质、目标、投资成本以及能源资源综合利用水平等因素，可以采用竞争性分配、以奖代补和据实结算等方式。使用专项资金对煤层气（煤矿瓦斯）、页岩气、致密气等非常规天然气开发利用给予奖补，奖补资金按照“多增多补”的原则分配。（来源：中国新闻网）

国内聚焦-国家政策



促进绿证市场高质量发展的意见发布

2025/03/17



国家发展改革委、国家能源局、工业和信息化部、商务部和国家数据局等5部门联合印发《关于促进可再生能源绿色电力证书市场高质量发展的意见》，在提出2027年、2030年绿证市场建设目标基础上，从市场供给、消费需求、交易机制、应用场景、绿证走出去等方面提出十七条可操作可落地的具体措施。

在激发绿证消费需求的具体举措上，构建强制消费与自愿消费相结合的绿证消费机制为核心，加快推进绿证消费。一方面明确绿证强制消费要求，另一方面健全绿证自愿消费机制，还明确完善金融财政相关支持政策，将绿色电力消费要求纳入绿色产品评价标准，研究制定政府采购支持绿色产品政策。《意见》从灵活满足用户多样化绿色电力消费需求角度出发，提出了完善绿证交易和绿色电力交易机制的具体举措，包括健全绿证市场价格机制、优化绿证交易机制，以及完善绿色电力交易机制。（来源：国家能源局）

产品碳足迹标识认证通用实施规则发布

2025/03/20



国家认监委正式发布《产品碳足迹标识认证通用实施规则（试行）》和中国产品碳足迹标识，这是我国首个系统性产品碳标识认证制度文件。该文件的发布，标志着构建全国统一的产品碳标识认证制度工作取得关键突破。《通用实施规则》是开展产品碳足迹标识认证活动的重要技术文件，该文件明确了认证的适用范围、认证模式、认证流程、标识样式及管理要求等关键内容，对于规范开展产品碳足迹标识认证活动具有重要的指导作用。中国产品碳足迹标识主体采用绿色调，通过“脚印”图案巧妙展现碳足迹概念，以数字格式清晰呈现产品碳足迹量化结果，使消费者能够直观、便捷地从中获取产品的碳排放信息。建立实施统一的产品碳足迹标识认证制度对于推动经济社会发展绿色化、低碳化意义重大。（来源：市场监管总局）

钢铁、水泥、铝冶炼行业纳入全国碳市场

2025/03/26



生态环境部发布《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》，标志着碳排放权交易市场首次扩围工作进入操作实施阶段。钢铁、水泥、铝冶炼行业中年度温室气体排放量达到2.6万吨二氧化碳当量的单位作为重点排放单位，纳入全国碳排放权交易市场管理，管控化石燃料燃烧、工业过程等产生的温室气体直接排放。钢铁、水泥行业管控温室气体种类为二氧化碳（CO₂），铝冶炼行业管控温室气体种类为二氧化碳、四氟化碳（CF₄）和六氟化二碳（C₂F₆）。扩围新增重点排放单位约1,500家，覆盖排放量新增加约30亿吨二氧化碳当量，覆盖全国二氧化碳排放总量占比达到60%以上。（来源：生态环境部）

国内聚焦-地方动态



南方区域绿证绿电交易量突破1,000亿KWh

2025/01/02



据广州电力交易中心，截至2024年12月31日，南方区域绿证绿电交易量累计突破1,000亿千瓦时，达到1,047.5亿千瓦时，同比增长超8.5倍。2024年南方区域绿证交易规模达到6,829万张（折合电量682.9亿千瓦时），同比增长72倍，参与市场交易的主体数量超9,000家；绿电交易电量达到220.7亿千瓦时，同比增长157%。广州电力交易中心绿电发展中心负责人表示，目前南方区域的绿证绿电交易范围已覆盖香港、澳门、台湾，实现全国34个省级行政区全覆盖，为全国统一大市场建设作出了重要贡献。

南方电网公司相关负责人表示，下一步将提高电网对可再生能源的接纳、配置和调控能力，健全新能源更高比例参与市场机制，完善跨省跨区绿电交易机制，推动完善港澳用户参与绿证绿电市场机制，探索适应分布式光伏等新型主体交易机制，扩大绿色电力供给，强化绿证、绿电交易与碳排放权交易的有效衔接。

（来源：中国能源新闻网）

福建首个碳足迹数字化认证平台在厦启动

2025/01/07



在厦门市发改委的指导下，厦门产权交易中心（厦门市碳和排污权交易中心）承建的厦门市碳足迹公共服务平台正式启动。作为福建省首个碳足迹数字化认证平台，该平台最核心的特点在于形成了“产业化+绿色化+数字化”三合一的碳足迹认证体系，将为企业产品提供碳足迹核算、认证等“一站式”服务。经平台备案的产品碳足迹报告及核查声明，可成为国际贸易和上下游供应链的绿色通行证，为厦门产业链绿色转型提供数字化支撑，助力企业解决产品出口碳关税壁垒及上下游产业链绿色采购的需求。（来源：厦门日报）

湖南出台湘林碳票管理办法

2025/01/10



湖南省林业局等四部门印发《湘林碳票管理办法（试行）》规范了湘林碳票的制发、登记、交易、抵消、抵（质）押、融资、管理和监督等制度内容。《办法》明确适用范围为湖南全省行政区域范围内，提出湘林碳票定义为全省行政区域内权属清晰的林地、林木所产生的碳汇量，依据相应方法学，经计量、监测、审核、登记、签发等程序而制发的温室气体自愿减排量凭证，赋予交易、抵（质）押、融资、抵消碳排放等权能，单位为吨（以二氧化碳当量衡量）。《办法》明确湘林碳票登记条件为单次申报规模不小于100亩，林地林木权属清晰的乔木林地、竹林地、油茶林地，核算期最早可从2006年开始，但不得与其他已开发的林业碳汇项目范围重叠。（来源：湖南省林业局）

国内聚焦-地方动态



贵州出台林业碳汇资源管理办法

2025/01/15



贵州省林业局印发《贵州省林业碳汇资源管理办法（试行）》切实加强贵州省林业碳汇资源管理，科学规范项目开发，保障林农权益。《管理办法》共25条，包括编制的目的和依据、林业碳汇资源范围、适用范围、林业碳汇资源管理原则等内容；明确了省市县三级林业主管部门在林业碳汇资源中的管理职责、林业碳汇项目开发要求、林业碳汇资源项目库管理方式、提供林业碳汇档案资料的内容和档案资料的管理范围；明确权属不清晰的林业碳汇资源不得开发林业碳汇项目、市县两级林业主管部门应指导督促项目业主认真履行项目开发收益分配方案、应对行政区域内的林业碳汇项目开发情况定期跟踪了解并上报等内容。贵州省各级林业主管部门开展林业碳汇资源培育、指导实施林业碳汇项目等方面的工作，应遵循本办法。草地、湿地等涉林碳汇资源管理参照本办法执行。（来源：贵州省林业局）

南京351座充电站实现100%绿电供应

2025/01/26



据国网南京供电公司消息，自今年1月开始，国家电网公司在南京地区投建运营的351座充电站、2,573台充电桩已实现100%绿电供应，并将持续全年。预计全年将消纳7,200万千瓦时绿电，服务超过280万辆次新能源车，“绿色”出行里程达3.6亿公里，减少二氧化碳排放约4.1万吨。1月24日，全市国网24座高速服务区充电站总充电量达9.63万千瓦时、同比增长55.44%，预计25日突破10万千瓦时。据介绍，国网南京供电公司联合相关单位，通过绿电绿证交易形式将绿色电能引入新能源汽车充电领域，从而达到节能减排的效果，还通过推广建设包含光伏、储能、充电桩的智能微电网，实现绿电就地消纳。（来源：南京日报）

内蒙古低碳/零碳产业园11项地标通过审查

2025/02/05



据内蒙古自治区市场监管局，内蒙古《低碳/零碳产业园运行管理规范》等6项园区管理类地方标准和《温室气体产品碳足迹量化方法与要求光伏硅片》等5项产品碳足迹评价类地方标准，日前通过了内蒙古自治区工业和信息化厅、中国环境科学研究院、清华大学等单位的专家审查。

据悉，本次审查的6项园区管理类地方标准包括企业（项目）准入、运行管理、能源管控系统、固体废物处置利用4项管理要求和清洁能源供暖、多元固废协同制备保水型土壤改良剂2项技术规范，有利于指导园区从初期项目引入、全过程运行管理、能源管控优化升级、固废循环高值化再利用。5项产品碳足迹评价类地方标准聚焦减排贡献突出、国内外市场需求迫切、产业链关联性强三类产品制定，为下一步产品碳足迹标识认证等相关工作奠定了基础。（来源：内蒙古日报）

国内聚焦-地方动态



张掖市首个造林碳汇CCER项目公示

2025/02/13



近日，张掖市在林业碳汇领域迎来重大突破，首个造林碳汇国家核证自愿减排量(CCER)项目取得阶段性成果，进入公示阶段。该项目涵盖张掖市五县一区，预计在40年的计入期内，年均产生碳减排量1.36万吨二氧化碳当量，累计产生碳减排量54.3万吨二氧化碳当量，总共可实现碳汇收益上亿元。

近年来，张掖市高效推进林业碳汇CCER项目开发，率先实现了项目部分减排量预售，预售金额200万元。下一步，张掖市将致力于打造全国优质生态产品供给区和绿水青山向金山银山双向转化样板区，紧盯“开创张掖造林碳汇CCER项目先河”这一目标，加快造林碳汇CCER项目开发进度。（来源：张掖市林草局）

北京加快建设国际绿色经济标杆城市

2025/02/19



北京市发改委印发《北京市加快建设国际绿色经济标杆城市2025年工作要点》，围绕五个标杆引领工程和强化工作统筹协调推进，共六个方面20余项任务措施。

在打造绿色技术创新标杆引领工程领域，将支持氢能、新型储能、合成生物等领域技术创新中心、产业创新中心和中试验证平台建设，培育全市综合性绿色产业中试验证平台。在培育壮大绿色产业标杆工程方面，北京将支持未来科学城“能源谷”、中关村科学城氢能储能产业园、房山新型储能示范产业园和氢能产业低碳园区、大兴国际氢能示范区建设。加快新能源汽车推广应用和生产，建成超级充电站1,000座。

此外，北京还将实施绿色宜居城市建设标杆工程、绿色文化涵育标杆工程、绿色合作共建共享标杆工程。

《工作要点》指出，国际绿色经济标杆城市建设中，北京市将推动各区结合资源禀赋，实施“一区一策”，因地制宜制定出台本区绿色经济发展方案或专项政策。（来源：新京报）

广东省适应气候变化行动方案发布

2025/02/19



广东省生态环境厅等19部门联合印发《广东省适应气候变化行动方案（2025-2035年）》，计划到2035年，广东适应气候变化的监测预警体系、政策管理体系、风险防范体系基本健全，适应气候变化标准和先进技术得到有效推广应用，重（特）大气候灾害风险得到有效防控，自然生态系统和经济社会系统的气候脆弱性明显降低，全社会适应气候变化能力显著提升，适应气候变化理念深入人心，气候适应型社会基本建成。方案提出加强气候变化监测预警和风险管理、提升自然生态系统适应气候变化能力、提升经济社会系统适应气候变化能力、提升关键脆弱区域适应气候变化能力四方面14项重点任务。（来源：广东省生态环境厅）

国内聚焦-地方动态



天津碳市场扩容

2025/02/25



天津市生态环境局近日印发《关于扩大天津市碳排放权交易市场覆盖范围的通知》调整3项内容：1) 调整纳入标准，将天津碳市场工业和航空（机场）行业企业纳入标准，由年碳排放2万吨以上调整为1万吨以上，年碳排放1-2万吨的工业和航空（机场）企业纳入天津碳市场管理。2) 新增年碳排放1万吨以上的货运港口行业企业纳入天津碳市场管理。3) 新增年碳排放1万吨以上的水上及航空货物运输行业企业纳入天津碳市场管理。天津市将对新纳入行业企业制定年度碳排放配额分配方案，主要采用历史强度法和历史排放法向纳入碳市场企业免费发放配额。纳入企业需在天津排放权交易所开户，天津市生态环境局根据配额分配方案确定纳入企业配额后，发放至纳入企业账户，纳入企业据此开展碳排放权交易与配额清缴等工作。

(来源：天津生态环境)

浙江出台推动碳排放双控工作若干举措

2025/02/27



浙江省政府办公厅印发《浙江省推动碳排放双控工作若干举措》，为进一步实现能耗双控向碳排放双控全面转型提供制度支撑。《若干举措》明确三个阶段主要目标：“十四五”期间，碳排放双控先行先试取得积极成效，深入推进能源、工业等重点领域绿色低碳发展。“十五五”时期，实施以强度控制为主、总量控制为辅的碳排放双控制度，确保如期实现碳达峰目标。碳达峰后，实施以总量控制为主、强度控制为辅的碳排放双控制度，推动碳排放总量稳中有降。《若干举措》包括4方面13条举措，从地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹多个维度，研究提出建立固定资产投资项目碳排放评价制度、构建产品碳足迹管理体系等系列举措，以高质量政策支撑高质量发展，助力浙江省发展方式全面绿色转型、打造国家生态文明建设先行省。（来源：浙江省人民政府）

四川出台零碳工业园区试点建设工作方案

2025/03/06



四川省经济和信息化厅、生态环境厅联合印发《四川省零碳工业园区试点建设工作方案》，提出到2027年，力争打造一批零碳工业园区，在零碳路径探索、场景打造、统计核算、管理机制和发展模式等方面形成一批可复制可推广的经验。以资源加工型、绿色高载能型、外向出口型、优势产业主导型园区作为重点领域，规划清洁能源规模利用、绿色低碳产业培育、绿色低碳技术支撑、智慧能碳系统建设、碳捕集利用与封存、生态固碳和碳汇开发六方面实施路径，明确省级工业发展资金将零碳工业园区纳入支持范围，对通过验收的零碳工业园区符合条件的项目给予后补助支持。（来源：四川省经济和信息化厅）

国内聚焦-地方动态



深圳首笔签发碳普惠项目1,008吨减排量

2025/03/09



深圳市生态环境局近日签发了深圳市达实大厦高效制冷机房碳普惠减排项目于2022年8月20日至2024年8月19日期间产生的1,008吨碳普惠减排量。此次签发项目不仅是首个高效制冷机房碳普惠减排量签发项目，同时也是深圳市签发的首笔节能减排项目碳普惠减排量，代表着深圳碳普惠体系实现了从居民低碳生活至项目节能减排的扩展与覆盖。深圳碳普惠体系通过将无形低碳行为转化为有形的绿色价值，助力全社会形成绿色低碳生活方式。截至目前，深圳市已发布6个用于科学量化公众低碳行为的碳普惠方法学，覆盖方向包括低碳出行、共享单车、居民用电、森林经营、奶盒回收利用和高效制冷机房。其中，包括低碳出行在内的多笔面向公众的绿色生活减碳类碳普惠减排量已经过市生态环境局签发备案。（来源：深圳商报）

广东省2024年度碳排放配额分配方案印发

2025/03/10



广东省政府批准并印发《广东省2024年度碳排放配额分配方案》。方案内容包括进一步收紧免费配额，上调新建项目配额比例，完善纳入及拟纳入全国碳市场剩余免费配额的处理方式等。方案确定2024年度广东省配额总量为9,400万吨，其中控排企业配额8,750万吨，储备配额650万吨，储备配额包括新建项目企业有偿配额和市场调节配额。有偿配额总量50万吨，分两期竞价。2024年度纳入广东省（深圳市除外）碳排放管理和交易范围的行业企业为石化、造纸、民航、陶瓷（建筑、卫生）、交通（港口）和数据中心六个行业中年排放1万吨CO₂（或年综合能源消费量5,000吨标准煤，或达到1,000标准运行机架）及以上的企业共258家。纺织、机场和公共建筑等行业年排放1万吨CO₂（或年综合能源消费量5,000吨标准煤）及以上的企业可自愿申请纳入碳排放管理和交易。钢铁、水泥行业退出广东碳市场。（来源：广东省生态环境厅）

上海市碳排放管理办法公布

2025/03/14



上海市政府第80次常务会议审议通过《上海市碳排放管理办法》，于2025年4月1日起施行。《办法》适用于上海市地方碳排放配额管理、温室气体自愿减排和相关交易活动及其监督管理；纳入全国市场的碳排放权交易、温室气体自愿减排交易及相关活动的监督管理，按照国家有关规定执行。针对地方碳排放配额管理，《办法》一是明确交易产品为碳排放配额，并推进碳普惠减排量等地方温室气体自愿减排交易；二是明确上海市碳排放权交易机构组织开展碳排放权集中统一交易；三是明确参与碳排放权交易的主体、交易方式和市场调控措施。（来源：上海市人民政府）

国内聚焦-地方动态

深圳发布ESG三年工作方案

2025/03/18



深圳市发展改革委印发了《深圳市推动环境社会治理（ESG）体系建设 助力打造可持续发展先锋城市工作方案（2025–2027年）》。该方案围绕构建深圳特色ESG标准体系、分类施策提升ESG实践水平、促进ESG投融资体系发展、数智化赋能ESG高质量发展和加强ESG对外合作交流这五大维度展开，明确提出以构建ESG生态体系为核心抓手，推动企业向绿色转型，助力打造“可持续发展先锋城市”。《方案》提出到2027年，市属直管企业和国企控股上市公司ESG披露全覆盖，在新一代电子信息、绿色低碳、数字与时尚、高端装备、新材料、生物医药与健康等重点领域，深圳A股上市公司披露率力争达60%；制定不少于10项ESG标准指南；培育或引进不少于10家ESG披露、鉴证、评级知名服务机构，培育不少于30家具有国际影响力的ESG实践先锋企业。（来源：深圳商报）

浙江出台2025年碳达峰碳中和工作要点

2025/03/19



浙江省发展和改革委员会印发《浙江省2025年碳达峰碳中和工作要点》，提出建立健全碳排放双控制度、持续推动重点领域绿色低碳转型、强化“双碳”工作载体三方面19条内容，包括编制浙江省“十五五”碳排放分析展望报告，探索建立设区市碳排放目标评价考核制度；实施固定资产投资项目碳排放评价技术导则，力争完成200个左右项目碳排放试评价；制定重点产品碳足迹核算评价标准10个左右，省产品碳足迹服务平台归集产品碳足迹数据300个以上，新增培育“双碳”认证企业100家，完成产品碳标识认证应用10个；制定“双碳”相关国内国际标准、技术规范、认证细则等40项以上；新增可再生能源装机1,000万千瓦以上，完成年度7,500万张绿证消纳；实施营造林面积100万亩以上、全国可持续经营试点示范林4万亩；指导衢州、丽水、安吉3个国家林业碳汇试点建设；打造减污降碳协同园区6个以上，标杆项目累计400个以上等。（来源：浙江省发改委）

新疆年内绿电交易电量突破50亿千瓦时

2025/03/25



新疆电力交易中心有限公司最新数据，截至3月24日，新疆2025年绿电交易电量达52.6亿千瓦时，同比增长74.7%，较2024年提前8个月突破50亿千瓦时，有力促进新能源消纳。在省（区、市）间市场，新疆利用与其他省份时差特性，创新采用月内市场“平段+谷段”双批次交易模式。在区内市场，新疆创新开展月内绿电交易，并实现按周连续开市，建立了“年度+月度+月内”绿电交易体系。截至目前，新疆年内区内绿电交易成交电量13.91亿千瓦时，为去年同期交易规模的2倍。（来源：新华网）

|| 国际关注



新马合作发展碳捕集和碳信用交易项目

2025/01/07



新加坡与马来西亚举行领袖峰会，宣布设立“柔佛-新加坡经济特区”并签署谅解备忘录，讨论推进跨境碳信用交易和碳捕集封存项目。通过签署合作谅解备忘录，新马两国将携手落实双边碳捕集和封存项目，并根据《巴黎协议》第六条签订具法律约束力的执行协定，以建立允许双方转让经相应调整碳信用的双边框架。同时，新马两国也会合力制定一套具公信力的框架，来验证适用于跨境电力贸易的可再生能源证书。后续双方会各派代表成立联合委员会，加速落实这项备忘录，共享最佳实践方式、互换信息和推动由业界主导的研究项目。（来源：联合早报）

印尼向国际投资者开放碳交易

2025/01/20



印尼碳交易所（IDX carbon）宣布正式启动国际碳信用交易。印尼证券交易所（IDX）表示，国际碳排放交易是印尼准备为实现全球碳减排目标做出重大贡献的基石，国际实体在购买后可以申请国家自主贡献（NDC）规定的减排量。

IDX指出，印尼碳交易所的用户数量已从2023年9月推出时的16名增加至2024年底时的104名。截至2025年1月10日，印尼碳单位交易总量达113万吨二氧化碳当量，价值588.6亿印尼盾（约合2,622万人民币）。2025年，交易所预计碳单位交易量达50万至75万吨，累计服务用户达200名。（来源：印尼商报）

泰国制定新的温室气体减排目标

2025/01/24



据泰国政府网站和当地新闻报道，泰国自然资源和环境部部长察猜·斯里昂近日表示，作为受气候变化影响最严重的国家之一，泰国在国家自主贡献（NDC）方面作出了积极努力，其中包括温室气体减排目标的制定。该部长表示，虽然泰国的温室气体排放量占全球排放量不足1%，但应坚持《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的基本原则，并体现在当前NDC设定的目标，即减少2.22亿吨二氧化碳当量的温室气体排放量中，涉及领域包括能源、交通、废弃物、工业过程和其他产品利用以及农业等5个部门。

该部长还提到泰国正在制定下一个国家自主贡献（NDC3.0），计划到2035年将温室气体排放量降至2.7亿吨二氧化碳当量及以下；到2037年，土地利用、土地利用变化和林业部门的温室气体吸收量将增至1.2亿吨二氧化碳当量。（来源：中国石化报）

|| 国际关注



日本政府修订绿色转型推进法

2025/02/25



日本内阁会议通过《关于部分修改《促进向脱碳经济结构顺利过渡的法律》（绿色转型推进法）法案决议，修订的主要内容包括排放交易体系合法化，即从2026财年起，直接二氧化碳排放量达到一定规模以上（10万吨）的企业将被要求参与排放交易计划。政府将根据各行业特点的政府指导方针免费分配排放许可（配额）。纳管企业必须在分配排放许可的次年财政年度报告其实际排放量，并持有与实际排放量相等的排放许可。为此，日本政府将建立企业排放配额交易市场，通过设定排放配额的上限和下限以稳定交易价格。此外，法案还明确了2028财年起对化石燃料附加征收费用的实施办法。（来源：日本经济产业省）

法国推出第三版国家气候变化适应计划

2025/03/11



法国政府10日发布该国第三版《国家气候变化适应计划》，将通过政策杠杆和一系列措施来应对到本世纪末法国本土气温上升4摄氏度的可能性。这项计划由法国国土整治和权力下放部以及生态转型、生物多样性、森林、海洋和渔业部联合发布。该计划指出，按照目前的升温趋势，若不采取措施，气候变化将对法国的经济和社会等产生严重影响：到2100年，法国当年国内生产总值可能损失10个百分点；到2050年，法国农业部门每年可能损失10亿欧元；到2100年，法国可能有多达50万套住房因海平面上涨而受到威胁。

为此，该计划聚焦两个政策杠杆：承诺不再资助未能适应气候变化或对气候变化适应不足的投资项目；承诺到2030年，所有公共政策的制定都将符合到本世纪末升温4摄氏度这一气候情景。此外，该计划还提出52条措施，包括加强风险防范与保护民众、加强环境保护、提升基础设施韧性建设、强化经济与产业的适应能力、保护自然与文化遗产，推动公共部门转型等方面。（来源：新华网）

中法发布关于气候变化的联合声明

2025/03/27



中国和法国在《巴黎协定》达成十周年之际发布关于气候变化的联合声明。双方重申加强气候变化国际合作的坚定承诺，维护多边主义，坚定支持《巴黎协定》及其温控目标，强调《巴黎协定》代表了全球绿色低碳转型大方向。双方承诺：参考首次全球盘点的结果，全面完整有效地执行《巴黎协定》；在多边框架内为当今时代重大挑战提供合适的应对方案；在COP30召开前加强协调，支持巴西作为主席国成功举办一届具有决定性意义的大会；支持气候行动；推动落实《联合国气候变化框架公约》第二十九次缔约方大会通过的关于气候资金新的集体量化目标的决定；保护生物多样性和生态系统；根据《中法关于就生物多样性与海洋加强合作的联合声明：昆明 - 蒙特利尔到尼斯》，加强全球海洋保护。（来源：外交部）

/// 市场动态

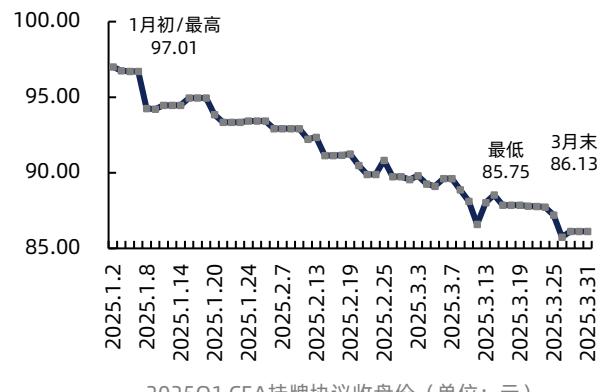
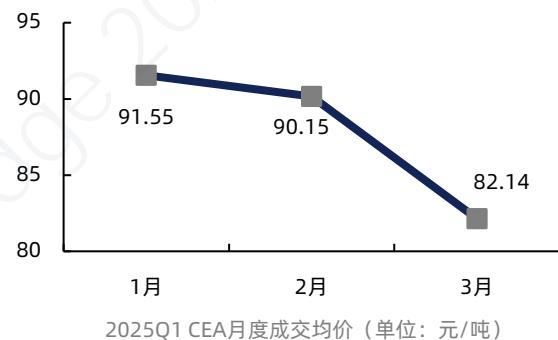
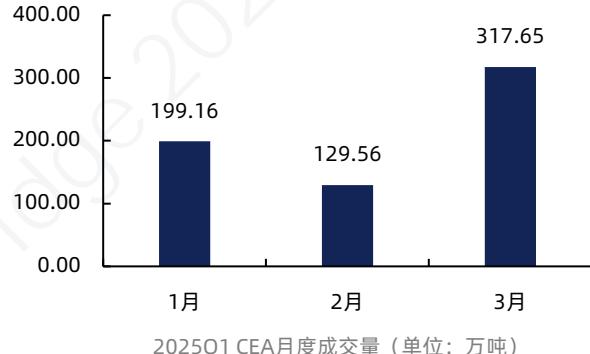
季度总览

2025年第一季度全国碳市场碳排放配额 (CEA) 总成交量646.36万吨，同比（2024年第一季度）下降24.98%，环比（2024年第四季度）下降95.68%；本季度总成交额56,004.21万元，同比下降16.82%，环比下降96.17%。

其中，挂牌协议成交量199.46万吨，成交额17,605.82万元；大宗协议成交量446.89万吨，成交额38,398.40万元。

本季度最高成交价97.01元/吨，最低成交价85.75元/吨。本季度最后一个交易日收盘价为86.13元/吨，同比下降5%，环比下降11.65%。

截至2025年3月31日，全国碳市场碳排放配额累计成交量超6.36亿吨，累计成交额超435.92亿元。



数据来源：上海环境能源交易所

/// 市场动态

试点碳市场

2025年第一季度全国八个碳排放权交易试点碳排放配额总成交量为430.86万吨，配额总成交额为14,301.68万元。其中福建碳市场成交量最大，合计达到2,018,318吨，其中1月份单月成交量达到1,215,878吨，大幅领先其他试点。主要原因在于福建省对于履约存在缺口且需通过交易市场购买的重点排放单位完成履约清缴工作的截至时间为2025年2月28日，导致大规模交易段延后至1-2月。

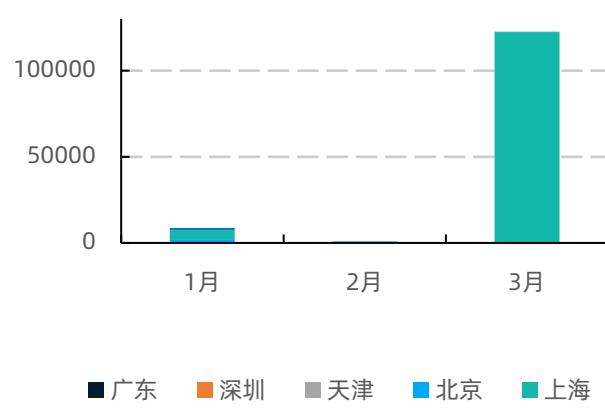
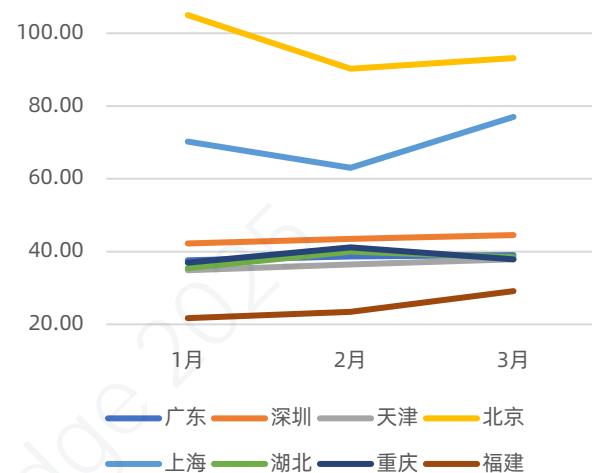
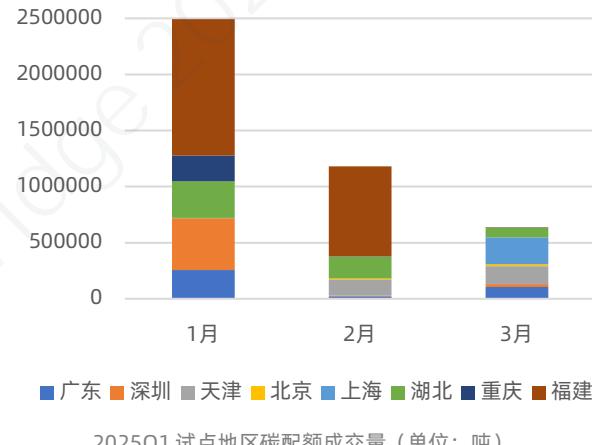
在政策方面，2月天津宣布将扩大碳市场覆盖范围，包括调整工业和航空（机场）行业纳入门槛、新增货运港口行业和水上及航空货物运输行业。3月上海发布《上海市碳排放管理办法》，明确上海市地方碳排放配额管理、温室气体自愿减排和相关交易活动及其监督管理；广东发布《广东省2024年度碳排放配额分配方案》，确定2024年度配额总量为9,400万吨，并实行部分免费发放和部分有偿发的分配方式。

CCER市场

2025年3月6日首批CCER项目完成签发登记，总减排量达948万吨二氧化碳当量。3月7日开始交易后，到4月7日“满月”时累计成交量超139万吨，成交额超1.11亿元。3月中旬，CCER市场出现了“双破百”，价格超过100元/吨，成交总量突破百万吨，与CEA出现了历史性的价格倒挂现象。

与此同时，随着各试点碳市场出台或更新履约相关政策，2017年3月14日前已获得国家备案的“老CCER”将逐步退出地方碳市场，不再用于地方碳排放权交易市场配额抵销。第一季度结束后，地方碳市场的CCER交易将进入沉寂期。

数据来源：各试点交易所



低碳前沿

南方电网引入DeepSeek大模型

2025/02/12



南方电网人工智能创新平台完成了开源大模型DeepSeek的本地部署，电力大模型体系全面引入、适配了DeepSeek系列模型，并已正式开放使用。平台基于“大瓦特”模型体系开放技术路线，实现了自然语言（NLP）基础模型快速升级迭代为千亿参数级；同时通过深度整合DeepSeek的算法优化等创新能力，将进一步提升南方电网各业务领域人工智能应用效果。“大瓦特”模型体系已接入南网电力知识库，具备电力生产、营销等各业务域专业知识，满足不同业务域的专业需求。未来南方电网公司将积极与各AI新兴企业开展合作，探索前沿AI技术在电力业务上的落地应用方案，共建电力行业AI开放生态。（来源：南网50Hz）

科学家成功开发新型制氢技术

2025/02/14



由北京大学主导的国际科研团队成功开发出一种全新的氢气生产方法，通过新型催化剂可从源头上消除二氧化碳排放，实现高产率氢气生产。这项突破性成果14日发表于国际学术期刊《科学》。

氢能作为有发展潜力的清洁能源，是当前全球加速开发利用的重点之一。然而，包括乙醇制氢法在内的传统的化石燃料制氢方法一般耗能巨大，通常需300至1200摄氏度的高温，且会产生大量二氧化碳。

北京大学联合中国科学院大学、英国卡迪夫大学等机构历时十年研发了一种新型的铂-铱双金属催化剂，成功破解了传统乙醇制氢的技术瓶颈。通过此催化剂，在仅270摄氏度条件下，就可将农林废弃物转化的生物乙醇与水分子反应直接转化为清洁氢气，实现高产率氢气生产。除具有可观环境效益外，该技术还兼具经济可行性，可从生物质中同时生产氢气和高价值化学品，特别是具有重要工业价值的乙酸，有助于未来开创一种新的循环经济模式，不仅减少碳排放，还能实现资源的高效利用。（来源：新华网）

工信部推动建设数字化能碳管理中心

2025/03/18



工业和信息化部近日《工业企业和园区数字化能碳管理中心建设指南》，提出通过数字化能碳管理中心的建设运行，实现对能耗和碳排放的精准化计量、精细化管控、智能化决策与可视化呈现，提升工业企业和园区节能降碳管理能力，支撑能源利用效率提升和碳排放降低。《指南》明确数字化能碳管理中心具备能耗查询、计算、分析、能效对标、优化、用能与碳排放预算管理、碳足迹核算等功能。工业企业和园区可结合自身行业特点、实际需求等，确定开发建设的具体功能。根据《指南》，数字化能碳管理中心系统架构包括基础设施、数据采集、数据架构、模型组件、业务应用和互动展示。工业企业和园区需依据节能降碳及信息系统建设相关国家、行业标准和政策要求等，开展系统架构建设并持续更新。（来源：新华网）

实现2°C升温目标： CCUS前景探究与应用



王宇辰
技术经理

摘要：

- 在化石能源短期内无法完全退出能源体系的现实中，CCUS技术成为实现《巴黎协定》目标不可或缺的关键手段，也是确保温控目标达成的托底技术保障。
- CCUS技术在推进产业化发展进程中遭遇四重关键性制约因素。这些挑战已构成阻碍该技术实现规模化应用、市场化推广的主要瓶颈，亟待系统性解决方案以突破发展困局。
- 要实现CCUS技术的规模化应用，需重点突破制度建设和商业机制两大核心领域。美国和欧洲通过多元化的政策工具和市场机制支持CCUS发展的经验值得我国借鉴。

一、引言

气候变化正对全球产生深远而持久的影响。在2022年举行的《联合国气候变化框架公约》第二十七次缔约方大会（COP27）上，各国通过了“沙姆沙伊赫实施计划”，再次强调了《巴黎协定》的核心目标——将全球平均气温升幅控制在2°C以内，并呼吁各国加速淘汰未采用碳捕集、利用与封存技术（CCUS）的煤电。

根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告第三工作组的研究，要实现2°C温控目标，全球剩余的二氧化碳排放预算仅剩约11,500亿吨^[1]。然而，2010年至2019年间，全球已消耗了其中约三分之一的预算。在化石能源短期内无法完全退出能源体系的现实中，CCUS技术成为实现《巴黎协定》目标不可或缺的关键手段，也是确保温控目标达成的托底技术保障。

近年来，我国CCUS技术和示范取得长足进展。例如，2022年中国石化宣布，我国最大的碳捕集利用与封存全产业链示范基地、国内首个百万吨级CCUS项目——“齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目”正式注气运行；包钢（集团）200万吨级CCUS一期50万吨示范项目开工建设^[2]；中海油推行首个海上二氧化碳封存示范工程项目正式投用。总体来看，我国CCUS从技术研发水平、示范工程数量到规模都实现了较大提升。

阶段	时间	IPCC 报告	评语结论
第一阶段	1992年	FAR补充报告	CO ₂ 的分离和地质或海洋处置是一种中长期温室气体减排方案
	1995年	SAR	碳捕集与处置是将能源转换过程中产生的CO ₂ 还原、收集并隔绝于大气的过程
	2001年	TAR	捕集CO ₂ 并将其长期封存作为一种切实可行的温室气体减排方案被纳入多个减排情景中
第二阶段	2005年	TAR特别报告 SRCCS	正式提出CCS的定义，是指把CO ₂ 从工业或能源相关的排放源分离出来，输送到适宜封存的地点，并长期与大气隔绝的过程
	2014年	AR5	如果不考虑生物能源、CCS机器组合BECCS，大多气候评估模式评估结论先是，21世纪末升温难以控制在2°C以内
第三阶段	2018年	AR6特别报告 SR1.5	包括CCS、BECCS在内的技术手段将能够实现全球温控1.5°C目标所需要的减排量
	2021 - 2022年	AR6第一、第三工作组报告	CCS是化石能源系统和工业部门大规模减排的技术选择，BECCS、DACCs等碳移除技术是实现净零排放的重要工具

表1：IPCC历次报告中CCUS技术定位演变^[3]

二、CCUS技术体系

1. 什么是CCUS？

二氧化碳（CO₂）的捕集、利用与封存（CCUS）是指将CO₂从工业过程、能源利用或者大气中分离出来，通过工程手段实现其减排并/或获得附带效益的过程。它由三个主要部分组成：

- (a) 从各种固定排放源捕获二氧化碳，例如发电厂、水泥厂、钢铁生产设施和化学工业；
- (b) 通过管道、船舶和公路/铁路油罐车密封运输捕获的二氧化碳；
- (c) 将二氧化碳长期注入各种地质储层，例如盐水层、枯竭的油气田和不可开采的煤层。



图1. CCUS技术体系^[2]

2. CCUS发展阶段

CO₂捕集技术在发展阶段呈现出明显的代际演进特征，目前正处于从第一阶段向第二阶段过渡，第三阶段技术也开始崭露头角。

第一阶段CO₂捕集技术作为当前的主流技术，已经完成了工程示范并实现了商业化应用。该技术体系主要包括传统的燃烧后化学吸收技术和燃烧前物理吸收技术等成熟工艺，在现有工业体系中发挥着重要作用。

第二阶段CO₂捕集技术预计将在2025年前后实现商业化部署。这一代技术以创新性吸收材料为核心，重点发展基于新型吸收剂的化学吸收技术和化学吸附技术等先进工艺，在捕集效率和能耗方面较第一代技术都有显著提升。

第三阶段CO₂捕集技术作为具有革命性的新一代技术，计划于2035年投入商业运行。该技术体系突破了传统技术路线，采用化学链燃烧等创新性技术路径，在捕集成本、能耗水平和系统集成度等方面将实现质的飞跃，代表着未来CO₂捕集技术的发展方向。

根据《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2023）》，综合分析CCUS技术在全行业应用及其未来减排需求，预测碳达峰碳中和目标下中国CCUS减排需求为：2030年约为近1亿吨/年（0.58~1.47亿吨/年），2040年预计达到10亿吨/年左右（8.85~11.96亿吨/年），2050年将超过20亿吨/年（18.7~22.45亿吨/年），2060年约为23.5亿吨/年（21.1~25.3亿吨/年）。

如果没有CCUS技术，传统化石燃料发电厂的碳排放量将高于其他脱碳能源，不符合我国的碳中和愿景。通过捕获、运输和储存二氧化碳排放，CCUS技术可以减少化石燃料发电厂的排放，同时保持可灵活调度的电力输出。

三、中国CCUS发展的现状和挑战

1. 中国CCUS发展的现状

目前中国CCUS示范项目的CO₂捕集源涵盖电力、油气、化工、水泥、钢铁等多个行业，如下图所示：

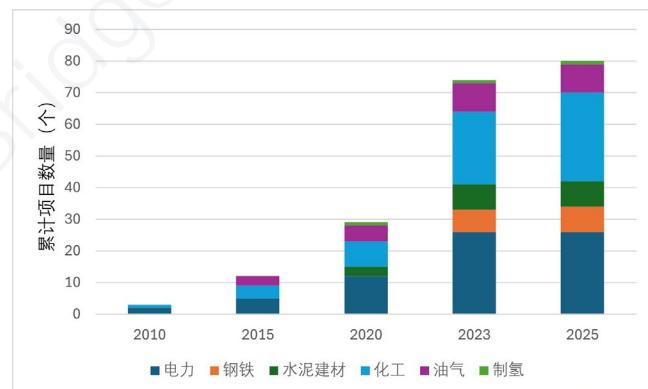


图2：中国CCUS示范项目捕集源分布

国家能源集团建成并投运了泰州电厂CCUS项目，每年可捕集50万吨CO₂，成为目前亚洲最大的煤电厂CCUS项目^[4]。

2022年10月，中建材（合肥）新能源光伏电池封装材料二期暨CO₂捕集提纯项目正式建成投产，成为世界首套玻璃熔窑CO₂捕集示范项目，年产5万吨液态CO₂^[5]。

2024年7月，中国能建建筑集团承建的华能陇东能源基地百万吨级二氧化碳捕集利用与封存研究及示范项目进入安装阶段，该项目采用燃烧后化学吸收二氧化碳捕集工艺路线，年捕集二氧化碳150万吨，捕集率大于90%，二氧化碳纯度大于99.5%^[6]。

据测算，我国电力、水泥行业的二氧化碳捕集成本约为300~600元/吨和180~730元/吨^[7]，低于国外的350~977元/吨和686~1,280元/吨。

基于已投运的示范项目捕集成本分析，尽管CCUS技术的示范成本目前仍处于较高水平，但是中国在该领域具有一定的成本优势。

因此，当前CCUS技术相较于其他减排技术仍缺乏显著的竞争优势，预计短期内其发展将面临较大阻力。特别是在煤电、钢铁、水泥、化工等高碳排放行业，CCUS工程应用的边际减排成本依然高于陆上风电、光伏发电和水力发电等可再生能源利用技术，在一定程度上限制了其在这些行业的广泛应用。

2. 面临的挑战

CCUS技术作为构建零碳能源体系、达成碳中和战略目标的核心技术支撑，在推进产业化发展进程中遭遇四重关键性制约因素。这些挑战已构成阻碍该技术实现规模化应用、市场化推广的主要瓶颈，亟待系统性解决方案以突破发展困局。

（1）政策框架不完善

2021年，CCUS技术被首次写入中国经济社会发展纲领性文件《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，标志着CCUS技术正式上升为国家战略。

随后，《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南（2022年版）》《工业领域碳达峰实施方案》《减污降碳协同增效实施方案》等均对钢铁、水泥等难减排工业行业提出了CCUS技术应用目标。

然而，目前的政策体系仍存在显著短板。当前，全球范围内尚未形成统一的碳定价机制，各国碳市场定价标准差异巨大，使得碳减排成本缺乏可比性，难以形成稳定的市场预期。

长效激励机制的缺失也让企业参与CCUS项目的动力不足，没有明确的政策引导，企业对于长期投资的收益充满不确定性。

财税补贴政策在不同区域间存在严重失衡，部分经济发达地区能够给予企业高额补贴，而欠发达地区则因财政紧张无法提供足够支持，这种不公平的政策环境导致资源配置扭曲，加剧了区域间发展的不平衡。

在政策连贯性方面，现有政策多以阶段性目标为主，缺乏从技术研发、示范推广到商业化应用的全周期系统性规划，各部门间政策协同性不足，存在政策交叉与空白并存的现象。例如，CCUS全链条监管标准体系尚未健全，从二氧化碳的捕集、运输到封存，各个环节缺乏统一、严格的规范，这不仅增加了项目运营风险，也使得市场主体因担忧合规问题而投资意愿不足。

（2）技术成本高

在CCUS实际运行的整个过程中，运行成本问题萦绕在捕获、运输、利用、封存等每一个环节。其中，碳捕集的成本最高，约占60%-80%^[8]。

以主流的有机胺法为例，其技术原理是利用有机胺溶液对二氧化碳进行吸收和解吸，然而这一过程消耗巨大。单吨CO₂捕集需消耗0.5-1kg胺液。胺液不仅价格昂贵，而且在使用过程中还会发生降解，需要不断补充，增加了持续成本。

当前CO₂捕集技术的成熟度存在显著差异：燃烧前物理吸收法已达到商业化应用水平，燃烧后化学吸附法正处于中试阶段，而大多数其他捕集技术仍处于工业示范阶段。

第一代碳捕集技术（燃烧后捕集技术、燃烧前捕集技术、富氧燃烧技术）发展渐趋成熟，主要瓶颈为成本和能耗偏高、缺乏广泛的大规模示范工程经验；而第二代技术（如新型膜分离技术、新型吸收技术、新型吸附技术、增压富氧燃烧技术等）仍处于实验室研发或小试阶段，技术成熟后其能耗和成本会比成熟的第一代技术降低30%以上，2035年前后有望大规模推广应用^[9]。

这些新技术从研发到实现产业化应用，典型研发周期长达10-15年，然而我国设定的2060碳中和目标时间紧迫，留给新技术研发和推广的时间十分有限，这种时间上的紧迫倒挂使得技术升级面临巨大压力。

此外，设备安装、土地投资等固定成本也是一笔不小的开支。以宝钢湛江工厂启动的CCUS项目为例：每年CO₂捕集能力为50万吨，封存点位于盆地内，距离工厂100公里以内，投资额为5,200万美元。

（3）技术需求紧迫

CCUS技术的发展面临显著的技术锁定风险，指的是如果高碳排放行业过早投资于特定的CCUS技术，而未来无法及时升级到更高效、更经济的新一代技术，导致企业长期被绑定在落后的技术体系中，从而面临着资产浪费、减排目的难以达成或者被迫承担高昂改造费用的风险。

当前我国现役燃煤电厂、水泥厂、钢铁厂等高排放行业的设备服役年限普遍较短，若采取强制退役措施，可能导致高达3.1万亿至7.2万亿元的资产搁浅。

为避免巨额资产损失并确保合理的资本回收周期，预计2030年后，电力与工业基础设施领域对CCUS技术改造的需求将呈现快速增长态势。

为有效规避技术锁定风险，亟需加速技术研发与迭代升级进程，确保低成本、低能耗的新一代CO₂捕集技术能够在关键窗口期内实现规模化部署与应用，从而充分发挥其减排潜力。

（4）基础设施建设不完善

建设二氧化碳运输与封存基础设施是大多数国家在CCUS部署初期面临的一大挑战，需要开发新的基础设施来支持刚刚起步的CCUS产业。

二氧化碳管道运输是将二氧化碳从排放地运输到封存地的常用方式，相比海运更经济。但我国跨区域的CO₂管道网络覆盖率不足30%，这意味着大量产生的二氧化碳无法通过管道进行高效运输，只能依赖成本更高、效率更低的公路或铁路运输方式，不仅增加了运输成本，还存在运输过程中的泄露风险。由此，在输送技术方面，长距离管道运输的核心技术仍有待突破。

在封存技术方面，国外已开展了大量的盐水封存示范，而我国仅开展了10万吨级的盐水封存示范。虽然我国已发展了大量的CCUS技术，但捕集技术总体能耗和成本较高，注油封存一体化技术有待进一步研究。我国封存监测技术成熟度仅达Technology Readiness Level 6 (TRL6) 级，表示技术处于系统原型在相关环境中的演示阶段，距离实际大规模应用仍有较大差距。

在实际封存过程中，由于监测技术不完善，难以准确掌握二氧化碳的封存状态，无法及时发现潜在的泄漏风险，给环境安全带来隐患。虽然已经开发了多种碳捕获技术，探索了多种转化路线，并展示了多种封存方法，但这些技术大多处于实验室或工业试验阶段。

此外，CCUS全链条系统涉及捕集、运输、封存等多个环节，各环节之间缺乏有效的协同配合，导致系统效率损失超过35%。例如，在一些项目中，捕集环节生产的二氧化碳无法及时被运输和封存，造成积压，不仅影响了捕集设备的正常运行，还增加了额外的存储成本，严重制约了CCUS技术产业化的整体推进。

3. 美国和欧洲CCUS现状

2021年美国通过了《基础设施投资和就业法案》，2022年通过了《通胀削减法案》。这两项立法共同促进了CCUS项目的开发。例如，在2022年至2023年期间，美国CCUS项目的数量较2020年至2021年期间实现了近一倍的增长。这一显著增长主要得益于《通胀削减法案》(IRA)的政策推动，特别是在地质封存领域。数据显示，从2022年2月到2024年2月，美国地质封存能力预计将提升至原来的三倍。

美国联邦政府对CCUS提供的财政支持包括：2021年至2023年期间，CCUS研究及相关项目的年度拨款总额为53亿美元，除常规拨款程序外，

2009年《美国复苏与再投资法案》为CCUS项目提供了34亿美元的资金支持，2021年《基础设施投资与就业法案》则为2022年至2026年期间的CCUS项目提供了82亿美元的预拨款支持^[10]，上述资金投入通过常规预算与专项法案结合的方式，体现了对CCUS技术研发及应用的持续性政策支持。

近几年，丹麦、挪威、英国以及欧盟委员会对CCUS技术的基础政策支持显著提升了企业参与CCUS项目开发的积极性，尤其是在CO₂封存领域。以英国为例，2023年9月，该国在其首轮二氧化碳封存许可中发放了21个许可证，预计到2030年将实现每年高达3,000万吨的二氧化碳封存能力。与此同时，欧盟创新基金在2023年提出将40%的资金（约14亿欧元）投向CCUS项目，重点支持水泥生产、合成燃料等工业领域的二氧化碳的捕集与利用，进一步推动CCUS技术的规模化应用。

在欧盟，污染者必须通过欧盟排放交易体系（ETS）为其温室气体排放付费。通过该体系筹集的资金将被重新投资到创新基金是全球最大的创新低碳技术资助项目之一。下表是部分针对CCUS获得创新基金补贴的项目。

项目	部门	国家	资助金额（欧元）
碳捕获与运输创新	水泥石灰	德国	157,116,975
通过首次演示突破性的烟气再循环浓缩概念以及完整的碳捕集解决方案，迈向碳负排放的大型熟料厂	水泥石灰	比利时	230,000,000
碳酸盐燃料电池试点用于碳捕获和储存	氢	荷兰	30,497,000
钢铁厂采用先进的碳捕获和利用解决方案实现脱碳	钢铁	意大利	4,150,000
德国首家内陆水泥厂 Geseke通过实施完整的碳捕集链实现净负碳排放	水泥石灰	德国	190,095,744
封存技术与储层：浮动注入与储存 Havstjerne	其他	挪威	225,000,000

表2：欧洲创新基金对CCUS项目的补贴清单^[11]

随着全球应对气候变化的共识不断深化，跨境CCUS项目合作正成为多国携手推进绿色转型的重要实践。在这一背景下，北海区域率先发力，掀起了一场跨国协作的环保浪潮。2024年3月，丹麦与法国便已捕捉到CCUS跨境合作的战略价值，率先签署协议，为后续的跨国合作奠定基础。次月，合作态势进一步升温，丹麦、比利时、荷兰和瑞典相继与挪威达成二氧化碳跨境运输协议，旨在构建跨国二氧化碳运输与封存网络；与此同时，瑞典与丹麦也敲定同类合作意向，共同探索更高效的碳封存路径。

这些跨境合作并非无序展开，而是有着坚实的制度保障。所有合作协议均严格遵循《伦敦议定书》的规范。作为一项具有里程碑意义的国际协定，《伦敦议定书》以规范二氧化碳跨境运输及海上封存活动为核心，通过明确的标准与流程，确保各国在推进CCUS项目时既能发挥协同效应，又能验收生态安全底线。在其框架指引下，北海区域的跨境CCUS合作得以稳步推进，为全球应对气候变化贡献了智慧与协作范本。

4. 美国和欧洲的CCUS对中国的启示

要实现CCUS技术的规模化应用，需重点突破制度建设和商业机制两大核心领域：一方面，通过构建完善的法规、标准体系解决当前监管框架碎片化、长期封存责任界定不清等制度性障碍；另一方面，需探索形成可持续的商业模式，以化解项目融资难、收益周期长等市场化困境。

（1）制定完善的制度法规和标准体系

首先，需建立健全CCUS行业规范与制度法规框架，明确技术研发、项目建设、运营管理、监管监督以及终止退出等全生命周期的政策要求，为行业健康发展提供制度支撑。其次，应构建科学合理的标准体系，重点包括以下几个方面：

• 在役电厂及工业排放源改造标准

制定针对现有燃煤电厂、钢铁厂、水泥厂等工业排放源的CCUS技术改造适用性标准，明确不同行业、不同规模设施的改造技术要求、排放限值及能效指标，确保改造项目的技术可行性和经济合理性。

• 新建电厂碳排放标准

建立新建电厂的碳排放强制性标准，将CCUS技术作为高排放设施建设的必备条件，推动低碳化、近零排放电厂的规模化发展，从源头控制碳排放。

• CO₂输送管道设计及安全标准

制定CO₂输送管道的设计规范和安全运营标准，涵盖管道材料、压力等级、监测系统、泄漏应急响应等技术要求，确保CO₂运输过程的安全性和可靠性。

• CO₂利用与封存技术标准

完善CO₂地质封存的技术标准，包括封存场地选址、注入工艺、长期监测及风险评估等要求；同时，制定CO₂资源化利用的技术和工业标准，推动其在化工、建材、食品等领域的规范化应用。

• 全生命周期监管标准

建立覆盖CCUS项目全生命周期的监管标准体系，明确项目立项、建设、运营、终止等各阶段的监管要求，确保项目环境风险可控、减排效果可核查。

（2）形成有效的商业模式

形成有效的商业模式是推动CCUS技术规模化、商业化应用的核心环节。与国际上拥有丰富CCUS应用经验的国家和地区（如美国、挪威、加拿大等）相比，我国在政策支持和商业模式创新方面仍存在较大提升空间。

国际实践表明，政府通过多元化的政策工具和市场机制支持CCUS发展，结合市场化收益，以及全链条的协同作用能够显著提升企业参与积极性，加速技术商业化进程。具体而言，可以从以下方面入手：

首先，国家出台相关的监管措施，明确CCUS项目开发过程中的权、责、利划分，可通过政府前期承担大部分的基础设施投资，企业按照用量的方式，摊薄单项目的成本，提高企业长期运营的积极性。

例如，通过立法或政策文件，明确CCUS项目开发、运营、监管各方面的权利、责任和利益分配。针对CCUS项目的高成本与高风险特性，探索政府、企业、经融机构等多方参与的风险共担模式，降低企业投资的风险。

其次，可以通过优化路径的方式，降低边际运输的成本。例如，政府授予公司特许权，建设连接捕集点的区域网络，改善碳运输依靠距离、地形、规模而造成成本不可控的风险。

从我国实际国情出发，工业排放源主要集中在京津冀、长三角、珠三角等东部沿海经济带，而鄂尔多斯盆地、松辽盆地等优质封存场所分布于东北、西北地区，形成“东排西储”的空间格局。若依托现有能源输送网络，构建“沿海捕集-中部枢纽-内陆封存”三级运输体系，可显著改善地形、距离等

因素导致的成本波动。例如，在长三角地区建立区域性管网枢纽，将分散的化工、电力企业排放源串联，通过高压液态管道输送至1,500公里外的鄂尔多斯盆地。经测算，规模化运输可使单位运输成本从当前的15-20元/吨降至8-12元/吨。

最后，碳市场与CCUS技术的深度联动，能够构建起有效的激励机制，充分释放减排潜力。政府通过科学分配碳排放配额，将企业的碳减排行为与经济效益直接挂钩，企业投资CCUS技术不仅能减少配额消耗，还能通过出售剩余配额实现获利，形成良性循环。

四、结语

在全球应对气候变化的紧迫形势下，碳捕集利用与封存（CCUS）技术作为实现2°C温控目标的关键支撑，正处于重要的发展转折点。尽管面临技术成本高企、基础设施薄弱等现实挑战，但其在碳减排、能源系统优化以及社会经济价值转化等方面展现的显著优势，已然成为可持续发展版图中不可替代的组成部分。综合来看，CCUS的价值体现在以下几个方面：

- 实现减排目标：作为应对气候变化的关键技术手段，在化石能源短期内难以完全退出的现实条件下，CCUS技术已成为实现《巴黎协定》温控目标不可或缺的技术支撑，同时也是确保碳达峰碳中和目标如期达成的战略性托底保障。根据《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2023）》的研究预测，到2060年，我国CCUS技术的年减排需求将达到约23.5亿吨，这一规模凸显了CCUS技术在实现碳中和目标进程中的关键地位和重要作用。
- 提供更灵活的电力系统：CCUS与化石燃料电厂结合，可在低碳运行前提下，作为基荷或调峰电源为电力系统提供灵活性，支持可再生能源大规模接入；同时，在可再生能源发电波动时充当备用电源，快速响应需求变化，弥补间歇性，保障电力系统稳定可靠。
- 创建社会经济价值：CCUS技术兼具环境效益与社会经济价值，既能助力电力行业降低能源成本、带动经济增长，为家庭与企业创造开支节省和税收优惠等实际收益，又能通过项目全周期建设运营创造大量就业岗位，成为绿色发展与经济繁荣的双向驱动引擎。

参考资料：

- [1] IPCC. AR6 synthesis report: climate change 2023 [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2023
- [2] 张贤, 杨晓亮, 鲁玺等. 中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2023）[R]. 中国21世纪议程管理中心, 全球碳捕集与封存研究院, 清华大学. 2023
- [3] Peng X T, Lyu H D, Zhang X. Interpretation of IPCC AR6 report on carbon capture, utilization and storage (CCUS) technology development [J]. Climate Change Research, 2022, 18 (5): 580-590
- [4] 人民日报海外版. “碳捕手”让二氧化碳变好用. https://www.nea.gov.cn/2023-06/11/c_1310726491.htm
- [5] 人民网. 中建材光伏电池封装材料二期项目在合肥点火. <http://ah.people.com.cn/n2/2022/0921/c227131-40133479.html>
- [6] 高盛唯. 中国能建建筑集团承建的世界规模最大燃煤电厂碳捕集工程DCS受电一次成功 https://www.ceec.net.cn/art/2025/3/3/art_11019_2534543.html
- [7] 中国碳中和与清洁空气协同路径年度报告工作组（2022）, “中国碳中和与清洁空气协同路径 2022—减污降碳 协同增效”, 清华大学碳中和研究院, 北京, 中国
- [8] International Energy Agency. CCUS in clean energy transitions [R/OL]. Paris: International Energy Agency, 2020[2022-06-01]. <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions>
- [9] 蔡博峰, 李琦, 张贤等. 中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2021）—中国CCUS路径研究 [R].
- [10] US Congressional Budget Office. Carbon Capture and Storage in the United States. <https://www.cbo.gov/publication/59832>
- [11] European Commission. Innovation Fund projects. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects_en

环保桥（上海）环境技术有限公司

Climate Bridge (Shanghai) Ltd.

碳资产开发、交易及碳中和综合服务的领军企业

环保桥发起于2006年，是中国最早从事碳资产开发和碳中和解决方案的企业之一，也是国内和国际碳交易市场最为活跃的开发商和贸易商之一。

- 环保桥的愿景：连接东西，绿色未来；
- 环保桥的价值观：创新、专业、高效、诚信、赋能；
- 环保桥的使命：通过信息、资金、技术和碳信用的高效及低成本的交互为个人、企业和政府应对气候变化提供最优的解决方案。

联系我们

网址：www.climatebridge.com

地址：上海市浦东新区福山路33号建工大厦24楼B座

邮件：business@climatebridge.com

电话：021-6246 2036



【免责声明】

本刊转载、引用部分内容来自互联网，版权归原作者所有，引用时可能有删改。本刊“环保桥观察”栏目原创文章著作权属于环保桥（上海）环境技术有限公司，未经许可禁止转载。本刊内容仅供学习参考，不代表本公司立场，不存在任何商业利益，不构成任何投资建议。如您发现有涉及著作权的侵犯，请及时与我们联系删除，本公司将不承担任何责任。