



碳桥

为您提供新兴碳市场的形势政策和深度解读

环保桥季刊—2023第一季度

Climate Bridge Quarterly – Q1 2023

本期导览

政策聚焦	1
市场动态	9
低碳前沿	12
国际洞见	16

环保桥观察

- 关于近期绿证政策的解读、思考与建议 22
- 双碳背景下绿色低碳产业发展要点探讨—以光伏产业为例... 29

国家

中共中央、国务院印发《质量强国建设纲要》 2023.02.06

中共中央、国务院近日印发《质量强国建设纲要》，《纲要》提出树立质量发展绿色导向，开展重点行业 and 重点产品资源效率对标提升行动，加快低碳零碳负碳关键核心技术攻关，推动高耗能行业低碳转型。全面推行绿色设计、绿色制造、绿色建造，健全统一的绿色产品标准、认证、标识体系，大力发展绿色供应链。建立健全碳达峰、碳中和标准计量体系，推动建立国际互认的碳计量基标准、碳监测及效果评估机制。建立绿色产品消费促进制度，推广绿色生活方式。完善绿色建材产品标准和认证评价体系，倡导选用绿色建材。大力发展绿色建筑，深入推进可再生能源、资源建筑应用，实现工程建设全过程低碳环保、节能减排。

政策聚焦

国家能源局积极推动完善绿证制度 2023.02.13

2月13日，国家能源局召开例行新闻发布会，新能源和可再生能源司副司长王大鹏介绍，国家能源局正积极推动完善可再生能源绿色电力证书制度，提升绿色电力消费水平。主要通过以下方式：

一是完善《关于促进可再生能源电力消费的通知》，明确绿证的权威性、唯一性、通用性和主导性，扩大绿证核发和交易范围，拓展绿证交易平台，推动绿证核发全覆盖，做好与碳市场的衔接。二是制订交易规则，明确绿证核发机构、交易平台、交易主体等市场主要成员权利义务，规定核发、交易操作方式。三是同步完善基于绿证的可再生能源电力消纳保障机制。目前，相关政策制度正在加紧完善，并将适时向全社会公开征求意见。

三部门联合发文鼓励市场进行绿电交易 2023.02.15

2023年2月15日，国家发展和改革委员会、财政部、国家能源局下发《关于享受中央政府补贴的绿电项目参与绿电交易有关事项的通知》（发改体改〔2023〕75号）。本《通知》明确指出：享受国家可再生能源补贴的绿色电力，参与绿电交易时高于项目所执行的煤电基准电价的溢价收益等额冲抵国家可再生能源补贴或归国家所有；发电企业放弃补贴的，参与绿电交易的全部收益归发电企业所有。享受国家可再生能源补贴并参与绿电交易的绿电优先兑付补贴。绿电交易结算电量占上网电量比例

超过50%且不低于本地区绿电结算电量平均水平的绿电项目，由电网企业审核后可优先兑付中央可再生能源补贴。

该《通知》推进了享受国家可再生能源补贴的绿电项目参与绿电交易，是更好满足市场对绿电需求的现实需要，和推动能源绿色低碳转型的重要举措，也是有效减轻国家可再生能源补贴发放压力的重要途径。

最高院深化环境司法改革，推进碳达峰碳中和司法服务

2023.02.17

为推动绿色发展，促进人与自然和谐共生，进一步发挥人民法院审判职能作用，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供司法服务，最高人民法院发布《最高人民法院关于完整准确全面贯彻新发展理念为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供司法服务的意见》。

《意见》全文分为六个部分24条，第一部分是司法服务“双碳”工作的原则要求，第二至五部分重点对人民法院审理的涉碳案件提出具体的指导意见，第六部分是持续深化环境司法改革创新。《意见》指出，要依法服务经济社会发展全面绿色转型；依法保障产业结构深度调整；依法助推构建清洁低碳安全高效能源体系；依法推进完善碳市场交易机制。

碳达峰碳中和领域列入推荐性国家标准

2023.02.23

近日，国家标准化管理委员会印发《2023年国家标准立项指南》，以加快构建推动高质量发展的国家标准体系，更好服务经济社会发展大局。

《指南》明确了立项重点，分为强制性国家标准、推荐性国家标准、国家标准样品。

在推荐性国家标准方面，将重点支持14个领域和方向推荐性国家标准制定。其中，碳达峰碳中和领域包括碳排放核算报告、化石能源清洁低碳利用、新能源与可再生能源、资源循环利用、工业农业交通节能低碳技术、公共机构节能低碳、碳捕集利用与封存、碳汇等标准。风力发电、冷冻空调、压缩机、钢铁、有色、建材等重点领域节能标准。

林草局发文推动全国开展森林可持续经营试点

2023.03.02

2023年3月2日，国家林业和草原局发布《全国森林可持续经营试点实施方案（2023—2025年）》，计划用3年时间，在全国开展森林可持续经营试点，并以试点示范引领带动各地提高森林质量、调整林分结构、创新管理机制，促进科学绿化提质量、上水平、见实效。

《实施方案》包括试点工作的总体要求、重点任务、政策创新、实施步骤和保障措施等内容，旨在建立以森林经营方案制度为核心的管理、政策、投入、技术和保障等制度体系。提出2023~2025年，打造一批森林可持续经营的试点示范单位。到2025年，试点单位初步形成以森林经营方案为核心的森林可持续经营决策机制，区域性主要类型的林分结构更加优化，促进天然林正向演替，森林生态系统服务功能和固碳能力得以增强。

发改委：大力推进大型风电光伏基地建设

2023.03.06

3月6日，国家发展改革委副主任李春临在新闻发布会上介绍，继续加强能源产供储销体系建设，综合施策保障能源安全稳定供应。增加能源生产供应。持续提升电力供给能力，大力推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设，配套建设必要的调峰电源，统筹增加发电有效出力。加大国内油气勘探开发投入，推动油气增储上产。稳定煤炭生产供应，加强清洁高效利用。保障能源进口多元稳定。持续夯实能源储备。建立健全能源储备体系，加强煤炭储备能力建设，构建稳定高效的油气储备系统，持续提升全国应急备用和调峰电源能力。密切关注能源市场供需和价格变化，以煤炭为“锚”，做好能源保供稳价工作，多措并举抓好煤炭价格调控监管，通过稳煤价进而稳电价，努力稳住国内能源价格“大盘”。推动发电供热用煤、民生用气中长期合同实现全覆盖。统筹做好煤炭、天然气、电力、成品油等能源互济互保，加快提升能源顶峰保供能力。

四部门联合发布关于组织开展农村能源革命试点县建设的通知

2023.03.15

为深入贯彻落实党中央、国务院决策部署，加大乡村清洁能源建设力度，助力全面推进乡村振兴，国家能源局、生态环境部、农业农村部、国家乡村振兴局决定联合组织开展农村能源革命试点县建设。

到2025年，试点县可再生能源在一次能源消费总量占比超过30%，在一次能源消费增量中占比超过60%。可再生能源新模式新业态广泛发展，就地消纳能力明显提升，新型电力系统配电网建设成效显著，非电利用多元化、成规模。国家大气污染防治重点区域试点县平原地区实现炊事、取暖和农业散煤基本清零，其它区域试点县制订平原地区炊事、取暖和农业散煤清零规划并有序组织实施。以可再生能源产业经济带动农民增收，基本形成以清洁能源为主、安全可靠的农村能源供给、消费、技术体系和管理体制。

地方

四川：《四川省碳达峰实施方案》正式印发

2023.01.05

为加快发展战略性新兴产业，支持宜宾建设“动力电池之都”、遂宁建设“锂电之都”、成都建设“绿氢之都”，打造德阳“世界级清洁能源装备制造基地”、乐山“中国绿色硅谷”，立足水多气丰煤少油缺和部分地区风光资源较好的省情实际，近日四川省人民政府印发的《四川省碳达峰实施方案》提出碳达峰时间表、路线图、施工图，避免“一刀切”限电限产或运动式“减碳”。方案提出，到2025年，全省非化石能源消费比重达41.5%左右，到2030年，全省非化石能源消费比重达43.5%左右。

四川：省内首个温室气体排放管理体系地方标准出台

2023.01.19

四川省市场监督管理局公告发布四川省首个温室气体排放管理体系地方标准《企业温室气体排放管理规范》。《规范》主要内容包括企业温室气体排放管理的术语和定义、总体要求、职责权限、监测与报告、碳排放配额管理、碳信用开发与消纳、信息披露、能力建设和评价改进等。《规范》适用于四川省行政区域内工业企业温室气体排放管理活动，非工业企业可参照实施。

落实积极应对气候变化国家战略，积极稳妥推进碳达峰碳中和，亟需建立健全企业温室气体排放管理体系规范。《规范》旨在引导工业企业规范开展温室气体排放管理活动，提高温室气体排放监测统计、核算报告、资产管理和信息披露水平能力，主动适应和积极参与碳排放权、温室气体自愿减排交易，助推实现低碳高质量发展。

山西：《山西省碳达峰实施方案》正式印发

2023.01.28

近日，山西省人民政府印发《山西省碳达峰实施方案》。根据文件，“十四五”期间，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，电力、煤炭、钢铁、焦化、化工、有色金属、建材等重点行业能源利用效率大幅提升，煤炭清洁高效利用积极推进，煤炭消费增长得到严格控制，新型电力系统加快构建，绿色低碳技术研发和推广取得新进展，绿色生产生活方式得到普遍推行，有利于绿色低碳发展的政策保障制度体系进一步完善。

到2025年，非化石能源消费比重达到12%，新能源和清洁能源装机占比达到50%、发电量占比达到30%，单位地区生产总值能源消耗和二氧化碳排放下降确保完成国家下达目标，为实现碳达峰奠定坚实基础。

广州：《广州市碳普惠自愿减排实施办法》正式印发

2023.01.31

为贯彻习近平生态文明思想，推广绿色低碳生活方式，助力碳达峰、碳中和目标实现，深化广州市碳普惠工作，广州市生态环境局印发《广州市碳普惠自愿减排实施办法》，在《广东省碳普惠交易管理办法》的基础上，提出广州市碳普惠方法学、减排量的申报和备案，规范使用自愿减排量抵消碳排放的要求，并提出鼓励政策。规定广州市碳普惠方法学开发、自愿减排量申请和登记的流程和要求，规定使用自愿减排量抵消碳排放的有关要求。

河南：制造业绿色低碳三年行动计划出台

2023.02.16

为助力实现碳达峰、碳中和目标，省政府办公厅日前印发《河南省制造业绿色低碳高质量发展三年行动计划（2023—2025年）》（以下简称《行动计划》）。《行动计划》聚焦推动传统产业绿色提质发展和壮大绿色低碳产业规模。在化工、建材、钢铁等优势传统行业，严把“两高”项目准入关口，支持重点行业进行产能置换、装备大型化改造、重组整合，积

极化解过剩产能，实施节能降碳、科技赋能增效，加快制造模式新变革和“材料+装备+品牌”提升，推动传统产业绿色提质发展。在新一代信息技术、高端装备、新材料、新能源、节能环保等绿色低碳产业，建链延链补链强链，培育绿色低碳产品供给体系。加快开辟氢能与储能、量子信息、类脑智能、前沿新材料、碳捕集与封存等未来产业新赛道，壮大绿色低碳产业规模，提升产业绿色化水平。

有了“路线图”，还得有“施工图”。《行动计划》提出，实施绿色低碳产品创新、绿色供应链协同、资源循环利用提升、数字化赋能、绿色制造服务供应商引育等十大行动。到2025年，培育100个绿色设计产品和节能节水技术装备产品、培育500个绿色工厂、建设20个左右循环再生工业园、建设100家数字化能碳管理中心等。

重庆：修订碳排放权交易管理办法，完善地方碳市场

2023.02.20

碳排放权交易是推动碳达峰碳中和重要的政策工具。2023年2月，重庆市政府出台了《重庆市碳排放权交易管理办法(试行)》(渝府发[2023]6号)(以下简称《管理办法(试行)》)，对《重庆市碳排放权交易管理暂行办法》(以下简称《暂行办法》)进行了修订完善。

《管理办法(试行)》共7章、34条，包括总则、温室气体重点排放单位、分配与登记、排放交易、排放核查与配额清缴、监督管理和附则。管理办法(试行)》总体架构及条款表述参照全国《碳排放权交易管理办法(试行)》，坚持问题导向，聚焦解决我市碳市场运行中存在的突出问题。与现行《暂行办法》相比，在衔接全国碳市场、调整职责分工、完善名录管理、优化分配方式、强化监督管理等方面做出了重要修订。

海南：《海南省碳普惠管理办法(试行)》正式印发

2023.02.27

2月27日，海南省国家生态文明试验区建设领导小组办公室印发《海南省碳普惠管理办法(试行)》(以下简称《办法》)。本《办法》明确，公众参加碳普惠获得的回馈权益——碳积分，可用于兑换普惠商品或服务。

上述碳积分值由个人减排量按照一定兑换规则进行换算得出。碳积分不具有货币属性，不得用于市场交易，已兑换的碳积分将自动扣减。《办法》提出，探索将碳积分纳入金椰分平台信用指标，公众持有的碳积分转换为金椰分，享受金椰分平台各项优惠福利或便捷服务。

除了碳积分管理，《办法》还包括低碳场景管理、碳普惠方法学管理、项目减排量管理、碳普惠交易管理、监督与管理等方面内容，明确具体要求，以规范碳普惠机制建设与推广应用，创新绿色低碳发展模式。

山东：出台产品碳足迹评价工作方案

2023.02.28

近日，山东省生态环境厅、省发展改革委、省财政厅、省商务厅联合印发《山东省产品碳足迹评价工作方案(2023—2025年)》，开展重点工业产品碳足迹评价工作，提升产品绿

色低碳水平和服务供给能力。山东省鼓励重点工业产品开展碳足迹评价，选取钢铁、电解铝、水醇、合成氨、橡胶轮胎、烧碱等产品和制造业龙头企业，带动各行业重点工业产品全生命周期碳足迹评价。今年山东省将完成100家重点企业产品碳足迹核算，到2025年基本完成600家重点企业产品碳足迹核算，初步建立碳足迹核算评价体系、排放因子数据集及核算模型、碳足迹公共服务平台，初步实现碳足迹标识国内国际互认，国际合作交流进一步拓展。建立碳足迹公共服务平台，更好地支持和服务企业积极实施碳减排。

国际

欧盟批准11亿欧元的丹麦碳捕获和储存计划

2023.01.16

欧盟委员会已经批准了一项11亿欧元的计划，以支持碳捕集与封存 (CCS) 技术在丹麦的推广。该援助将通过竞争性招标程序授予活跃在任何工业部门的公司，包括废物和能源部门，并将在今年完成。最高金额将相当于每年5,490万欧元，并根据通货膨胀进行调整。根据20年的合同，受益人将从2026年起每年至少捕获和储存40万吨的二氧化碳。该援助将涵盖在合同有效期内捕获和储存一吨二氧化碳的估计总成本与受益人预期回报之间的差异。

根据欧盟委员会的说法，丹麦承诺确保该援助能够实现整体的二氧化碳减排，而不仅仅是将排放从一个部门转移到另一个部门。该措施预计将增加投资者对CCS技术的信心，降低未来CCS技术应用的成本，并促进丹麦CCS商业市场的发展。

欧盟委员会发布“绿色协议产业计划”

2023.02.02

欧盟委员会2月1日发布“绿色协议产业计划”，打算未来几年通过采取一系列扶持措施提高欧洲零碳产业竞争力。“计划”核心内容主要有四个：一是建设可预测和简洁高效的管理体系，二是加快获取欧盟及欧盟各国资金的速度，三是提升适用于绿色转型的技能，四是推进有助于供应链韧性额度开放性贸易举措。

为使零碳产业更便捷、更快速得到国家自主，欧委会计划放宽对国家援助的限制，鼓励私人资金流向欧盟清洁技术。欧委会将与欧盟国家代表协商，修订目前的国家援助框架。

英国政府成立新部门——能源安全与净零排放部

2023.02.07

英国政府成立了新的能源安全和零排放部门，由以前的商业、能源和工业战略部 (BEIS) 拆分重组而来，其使命是“专注于提供能源供应安全，确保市场正常运行，提高能源效率，抓住零排放的机会，引领世界新型绿色产业。”该部门近期目标侧重于降低能源账单以降低生活成本，该部门还负责审批与推进《能源法案》中工业碳捕获和储存、氢气生产以及海上风电项目等提案。

欧洲“碳关税”关键委员会投票通过

2023.02.09

当地时间2月9日，欧洲议会环境、公共卫生和食品安全委员会（ENVI）投票赞成欧盟修订后的排放交易体系（ETS）和碳边境调整机制（CBAM），标志着使该法案距离正式通过又进一步。所谓碳边境调整机制，是指随着免费配额的逐步退场，预防碳泄漏的新机制。根据规定，只要是生产地碳定价（可能是碳税、碳费、或被认可的碳交易制度的碳价）低于欧盟ETS碳价的产品，一旦进口到欧盟关税区，就要购买CBAM凭证，补足其间的差额，因此CBAM也被称为是“碳关税”。

ENVI批准这些关键改革措施后，欧洲碳价格立即大幅上涨。预计欧洲议会2023年第二季度举行全体投票。CBAM只需在欧洲议会全体会议上获得通过，并获欧洲理事会批准，就能最终通过。

日本政府通过更重视核电的能源新方针

2023.02.10

日本内阁会议10日通过“以实现绿色转型为目标的基本方针”（简称“基本方针”），明确了要最大限度利用可再生能源与核能。针对核电站在一定前提下服役可超过60年、以及研发和建设新一代核反应堆等内容，媒体称这是日本能源政策的重大转变。

日本经济产业省当天发布的资料显示，“基本方针”重提了日本政府2021年发布的第六版能源基本计划目标——到2030年可再生能源与核能发电占比分别达到总发电量的36%至38%和20%至22%。

“基本方针”保留了福岛核事故后“原则上40年，最长60年”的核电站服役期限规定，但同时允许在严格安全审查的前提下，核电站停运接受审查的时间可以从中扣除，这实际上使核电站服役超过60年成为可能。“基本方针”还提出致力于研发和建设采用新安全机制的新一代核反应堆，但仅限于替代已决定报废的原有反应堆。

欧盟公布可再生氢气规则，将允许核能制氢

2023.02.13

2月13日，欧盟通过了可再生能源指令（RED II）要求的两项授权法案，并提出了详细的规则来定义欧盟可再生氢的构成。这两项法案是欧盟广泛的氢监管框架的一部分，将为氢气生产商和投资人提供监管确定性，促使欧盟可再生氢大规模投资和应用的新时代到来。

两个法案互相关联：第一项授权法案定义了在何种条件下氢、氢基燃料或其他能源载体可以被视作非生物来源的可再生燃料（也称为RFNBOs）；第二项授权法案提供了计算RFNBO生命周期温室气体排放的方法。

两项法案旨在激励投资者和行业从化石燃料生产氢转向由可再生电力生产氢。授权法案规定了三种可以被计入可再生能源的氢气。这意味着欧盟允许核能系统中生产的部分氢气计入可再生能源目标。不过这些法案将被转交给欧洲议会和理事会决定是否通过。

欧盟：2035年禁止生产和销售燃油车

2023.02.14

当地时间2月14日，欧洲议会正式通过了《2035年欧洲新售燃油乘用车和小货车零排放协议》。这意味着，欧洲不仅将履行此前通过的到2035年禁止生产燃油车政策，届时燃油车的销售也将终结。

按照协议内容所示，该政策将覆盖欧盟所有27个成员国。如果按一辆汽车15年生命周期计算，到2050年欧洲最后一批燃油车也将淘汰，这项禁令确保了欧洲在2050年达到乘用车和小货车方面的零排放。根据《汽车海外并购》和《智能电动汽车》的统计，目前在欧盟范围销售的新车中约有12%是电动汽车，汽车行业排放目前约占欧盟所有二氧化碳排放量的15%，而交通运输总量约占所有二氧化碳排放量的25%。要在2035年实现零排放，代表眼下占据汽车制造商新能源汽车很大比重的混动、插电混动、增程式都将退出历史舞台。

韩国设立低碳基金帮助国内钢铁行业脱碳

2023.02.16

2月16日，韩国贸易、工业和能源部表示，韩国将设立一个金额为1,500亿韩元（约合1.169亿美元）的基金，以支持韩国国内钢铁制造商在钢铁生产过程中脱碳。包括浦项、现代制铁、东国制钢在内的韩国国内7家钢铁生产企业签订了“促进低碳钢生产的备忘录”。根据该备忘录，2023年3月，各签订企业将成立一个合作与政策协调联盟，并启动该基金。

韩国贸易、工业和能源部认为，随着世界各国推动碳中和，电炉炼钢产能预计将扩大，废钢作为电炉炼钢的基本原料，其全球需求量也将大幅增加，并计划到2050年，国内11座煤基高炉将被14座氢基高炉取代。据悉，目前主要国家已经开始采取措施限制废钢出口，而世界钢铁协会数据显示，2022年韩国粗钢产量为6,590万吨，比2021年下降6.5%。

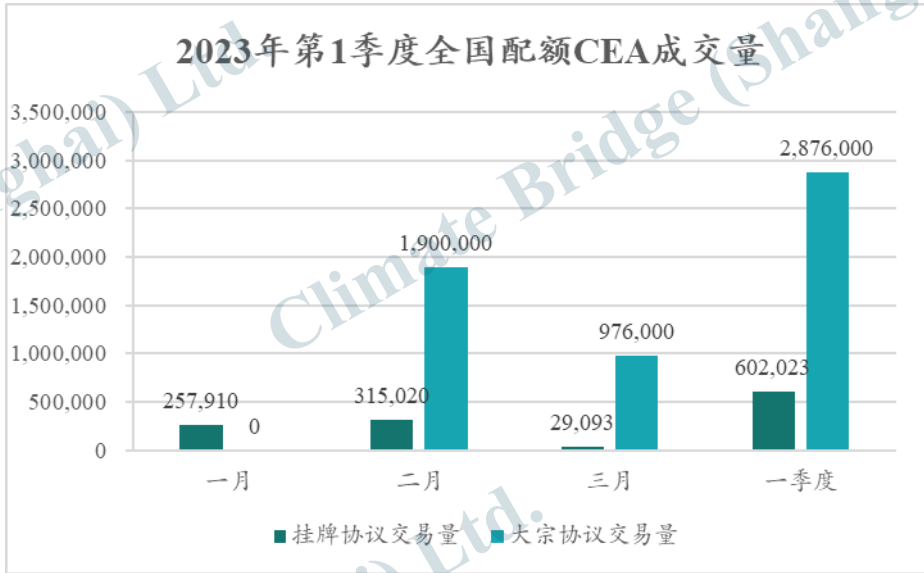
韩国政府发布碳中和方案，计划投入90万亿韩元研发预算

2023.03.21

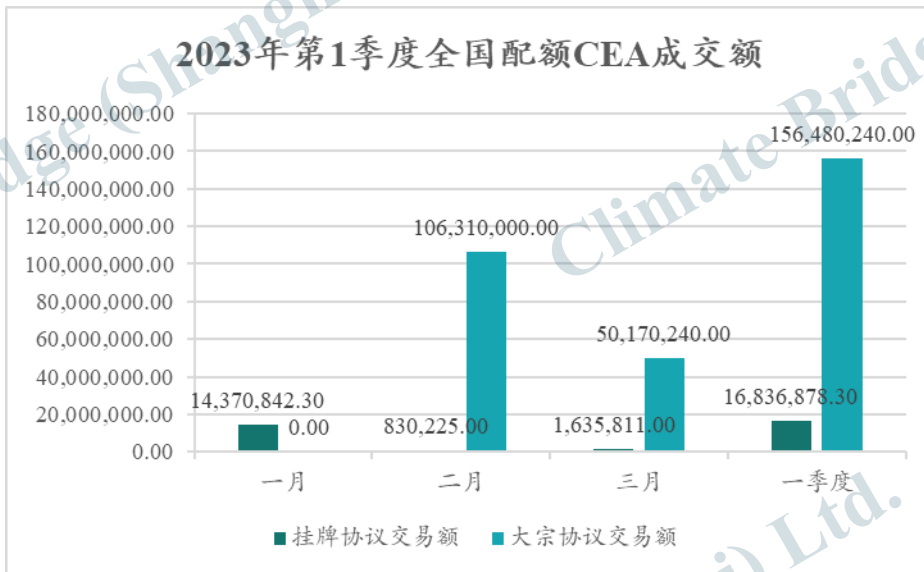
韩国环境部和2050碳中和绿色发展委员会（下称委员会）21日发布“第一次国家碳中和·绿色发展基本规划”（2023—2042年）政府方案。产业部门争取到2030年较2018年减排11.4%，较前政府提出的14.5%放宽3.1个百分点。根据方案，政府力争到2030年将碳排放量较2018年减少40%。这与文在寅政府提出的目标相同，但各部门的具体目标略有调整。

具体来看，产业部门的碳排放量将到2030年较2018年减少11.4%，为2.307亿吨。该目标较2021年提出的14.5%下降3.1个百分点。委员会就此解释称，这主要考虑到原材料供给情况、技术展望等国内条件因素。能源结构转型升级部门的减排量较2018年减少45.9%，这比2021年的目标值44.4%有所增加。碳捕集利用与封存（CCUS）部门的吸碳量目标从-10.3吨上调至-11.2吨。此外，政府今后五年将在碳中和产业核心技术研发、零碳能源发展与绿色转型升级、电动汽车和氢能汽车补贴等领域投入89.9万亿韩元（约合人民币4,735亿元）的预算。

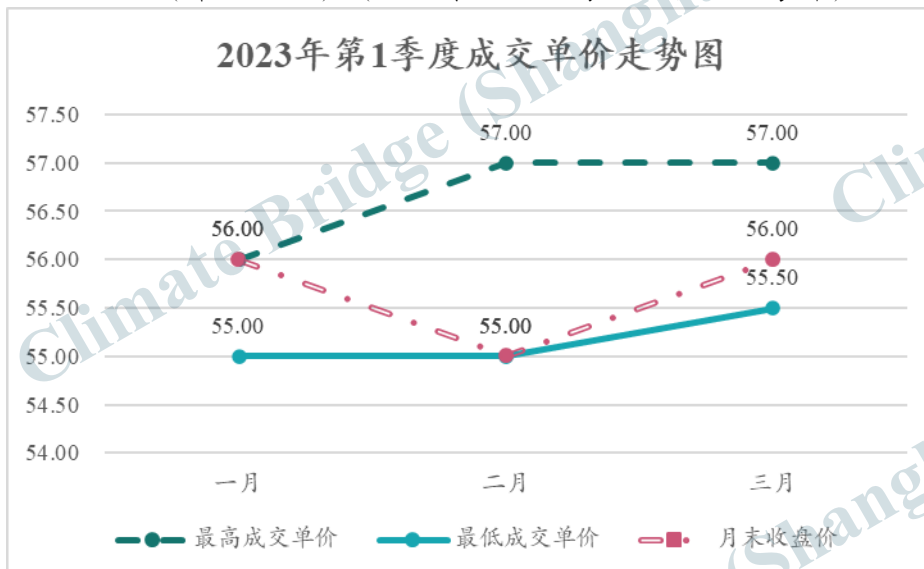
市场动态



(单位: 吨) (数据来源: 上海环境能源交易所)



(单位: 元) (数据来源: 上海环境能源交易所)



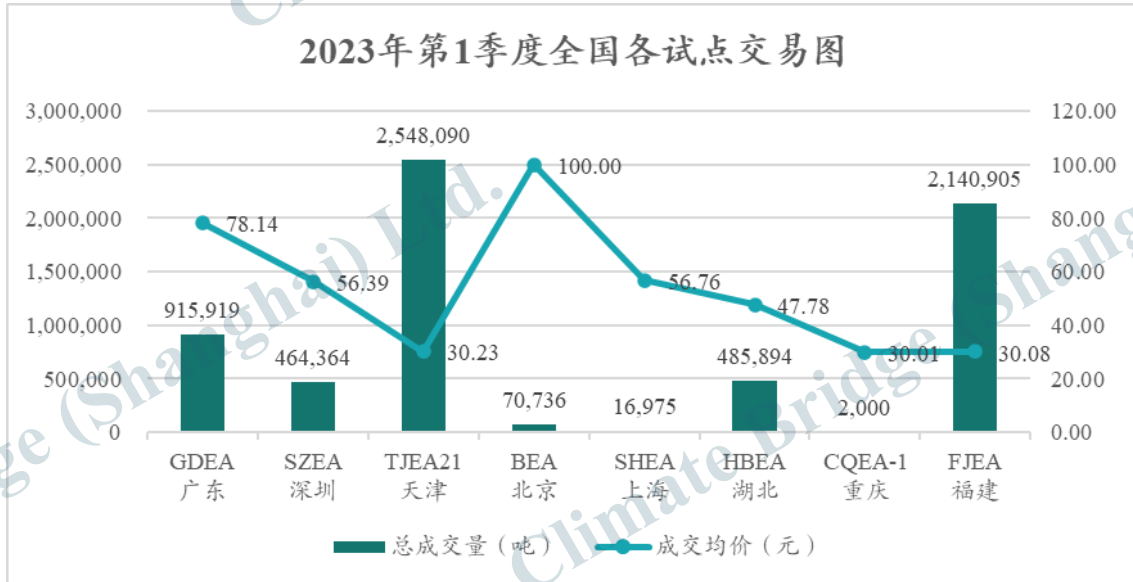
(单位: 元/吨) (数据来源: 上海环境能源交易所)



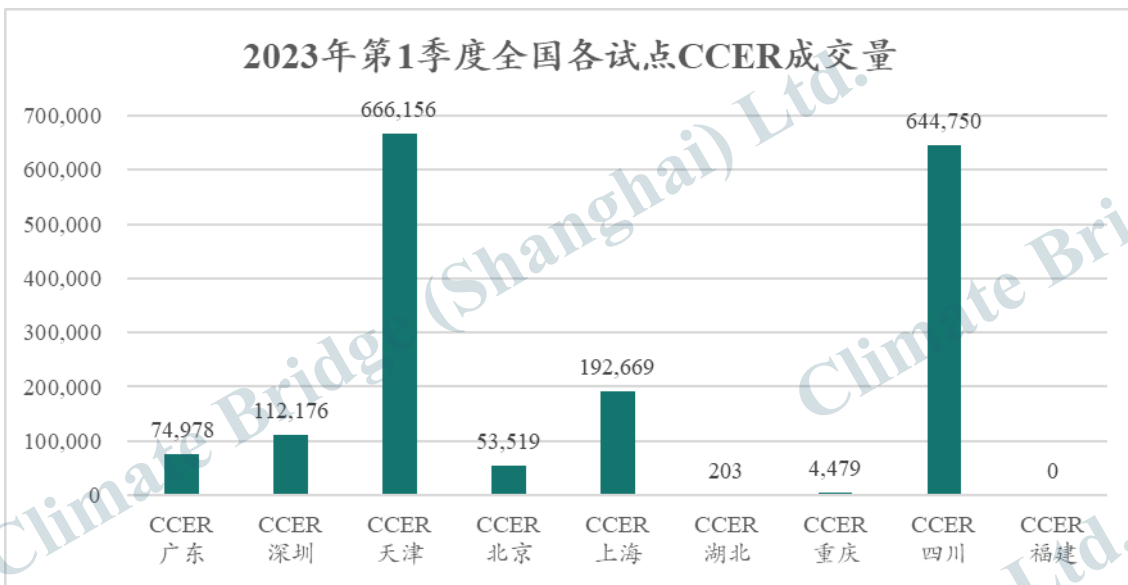
市场动态

2023年第1季度全国碳市场碳排放配额（CEA）挂牌协议交易成交量602,023吨，总成交额16,836,878.30元，最高成交价57.00元/吨，最低成交价55.00元/吨。第一季度季末收盘价为56.00元/吨，环比增长1.82%，同比下跌4.36%。大宗协议交易成交量2,876,000吨，总成交额156,480,240.00元。

截至2023年3月31日，全国碳市场碳排放配额（CEA）累计成交量233,098,152吨，累计成交额10,662,127,691.34元。2023年第1季度全国碳市场碳排放配额（CEA）累计成交量增长3,419,309吨，累计成交额增长186,892,974.07元。

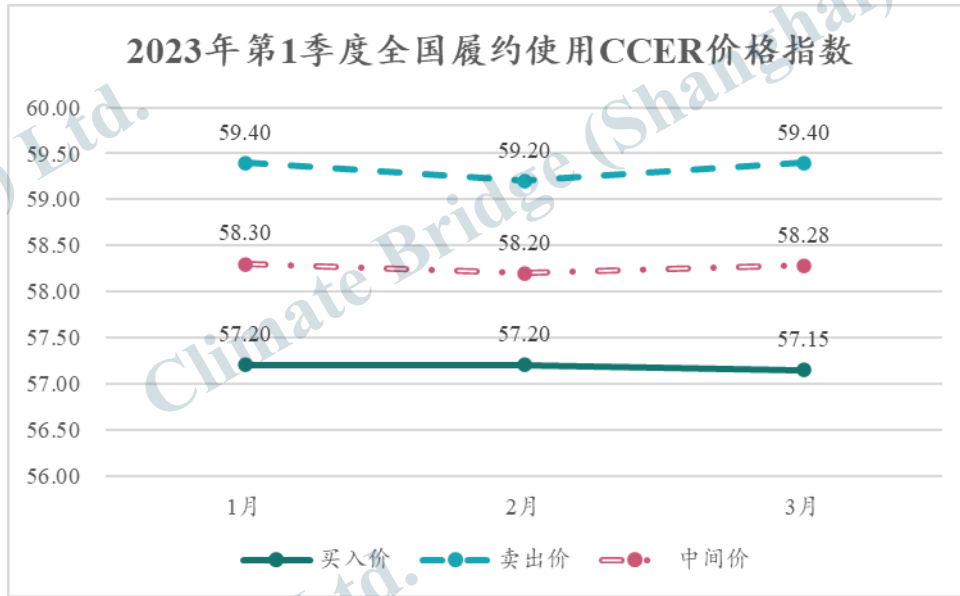


（数据来源：北京绿色交易所、天津排放权交易所、上海环境能源交易所、重庆碳排放权交易中心、湖北碳排放权交易中心、福建海峡交易中心、广州碳排放权交易中心、深圳碳排放权交易中心）



（单位：吨）

（数据来源：北京绿色交易所、天津排放权交易所、上海环境能源交易所、重庆碳排放权交易中心、湖北碳排放权交易中心、福建海峡交易中心、广州碳排放权交易中心、深圳碳排放权交易中心）



2023年第1季度全国8个碳排放权交易试点的碳排放配额总成交量为665万吨，配额成交额为2.60亿元；

CCER交易活跃度较上季度有所回升，第一季度CCER总成交量为175万吨，较上季度上涨4.89%。

CCER累计公示已通过审定项目2,871个，已获批备案项目总数1,315个，已签发项目总数为391个，签发CCER总量约7,700万吨。

2023年第1季度全国CEA平均成交单价浮动区间在55~60元/吨，价格浮动较小，国内碳价与成交量受履约期影响依旧较大。

以氨气作燃料，陶瓷烧制迈向零碳排放

2023.01.19

全球首块零碳氨燃料烧制的绿色瓷砖在广东省佛山市成功出炉，标志着我国建筑陶瓷行业向碳中和目标迈出了重要一步。经项目改造的中试窑炉使用100%氨气燃料，通过窑炉冷态点火升温，现场调控温度、压力等烧成制度后，成功烧制了首块零碳氨燃料绿色瓷砖。纯氨燃烧窑炉烟气由具有相关资质的第三方现场采样检测，检验结果显示，其烟气污染物等均低于国家标准限值。

浙江景宁绿电100%泛微网工程正式投运

2023.01.30

1月30日，浙江景宁绿电100%泛微网工程正式投运。该工程在国内首次应用了主配微网协同的分层分级县域电网模型，实现对清洁能源的统一管控，保障清洁能源的最大化利用。该项目建成后，预计景宁县域100%绿电供应时长将提高30%，电网损耗减少0.5%，新增新能源消纳能力11万千瓦，可为电网节省投资约1亿元。

该模型通过建设能量管理系统、应用储能装置等手段，逐步构建起“县域级—平衡区级—线路级—台区级”的泛微网架构，以实现景宁全域100%的清洁能源使用。该工程可以解决清洁能源“看天吃饭”的特性，即在汛期时大量绿电外送，枯水期又要向大电网购电的困境。

清华大学研发新型高效钙钛矿太阳能电池材料

2023.02.16

清华大学电机系易陈谊副教授课题组基于三苯胺取代的吡咯设计合成了一类新型低成本空穴传输材料T3，并且可以高效地对其空穴传输等性能进行调控，基于该材料的钙钛矿太阳能电池获得了24.85%的高光电转化效率。

以T3-F为空穴传输材料的钙钛矿太阳能电池表现出优异的光电性能， 0.10cm^2 和 1cm^2 的电池效率分别可达24.85%和24.03%（认证效率为23.46%），该效率是目前报道的 1cm^2 电池的最高效率之一。此外，用该材料制备的电池表现出良好的稳定性，在连续光照下运行1,350小时或在空气中保存3,000小时后仍然可以维持其初始效率的80%以上。T3的结构可拓展性为进一步优化材料的综合性能提供了可能性，在有机光电器件和高性能钙钛矿太阳能电池等应用中有着巨大的发展潜力。该成果已在国际学术期刊《德国应用化学》上发表。



低碳前沿

麻省理工团队提出从海水捕碳的新方法

2023.02.20

海洋吸收了大量的二氧化碳，麻省理工学院的研究人员称已经开发出一种释放和捕获二氧化碳的方法，其能耗远远低于直接的空气捕获，同时有一些其他的环境效益。

该方法首先酸化水，将溶解的无机重碳酸盐转化为二氧化碳分子，在真空环境下将之作为气体收集。然后，水被输送到第二组具有反向电压的电池，以恢复质子，并将酸性水转化为碱性，最后将水放回海中，再开始循环这一流程。当一组电极的质子被耗尽时，另一组电极会在碱化过程中被再生，这样两个电池的作用就会定期地进行交换。专家表示，这种方法可能比从空气中清除温室气体的现有方式更为有效。

该团队初步的设想是将该流程与海水淡化厂的工作相结合，以减少处理海水的成本，或者在水产养殖场等容易产生酸性水的地方进行。哈顿教授表示，研究团队已取得重大进展，该碳清除流程可以在两年内进行完整展示。

2°C温升目标无法扭转全球海平面加速上升

2023.02.20

来自韩国釜山基础科学研究所气候物理中心、韩国釜山国立大学和夏威夷大学国际太平洋研究中心等机构的科学家团队近日在《自然—通讯》杂志上发表研究称，气候模型显示，在温室气体高排放情景即SSP5-8.5情景下，到2150年，南极和格陵兰的冰盖对全球海平面升高的贡献达到约1.4米。此前《巴黎协定》提出的2摄氏度温控目标不足以阻止全球海平面在下个世纪的加速上升，只有将温升控制在较工业化前水平增加1.5摄氏度以内，才能缓解这一趋势。

南京大学在光催化还原二氧化碳产碳氢化合物方面取得进展

2023.03.02

南京大学物理学院环境材料与再生能源研究中心邹志刚院士和周勇教授研究团队在原子级厚度的单层 $\text{Ti}_{0.91}\text{O}_2$ 纳米片上植入了Cu单原子，实现了高效、高选择性光催化二氧化碳(CO_2)还原至丙烷(C_3H_8)。研究表明，得益于双金属的电子效应和 V_O 的几何效应，Cu-Ti-VO单元能够有效稳定 $^*\text{CHOCO}$ 和 $^*\text{CH}_2\text{OCOCO}$ 这两种关键反应中间体，降低其相对能级，从而将热力学困难的C-C耦合步骤转变为热力学有利的放热反应，从而促进 C_3H_8 的生成。

此项工作已在《Nature Communications》发表，为利用单原子和二维材料进行人工光合成制备多碳产物提供了新的见解，标志着效仿自然光合成的一项阶段性进展。

南方电网公司成功研制浸没式液冷电池储能系统

2023.03.10

3月6日，南方电网梅州宝湖储能电站在广东省梅州市五华县正式投运。该储能电站规模为70兆瓦/140兆瓦时，按照每天1.75次充放测算，每年可发电近8,100万千瓦时，相当于用电高峰时350万用户一天所需的电能，可减少二氧化碳排放超过4.5万吨。这也是全球首个浸没式

液冷储能电站，标志着浸没式液冷这一前沿技术在新型储能工程领域的成功应用，为我国统筹能源安全稳定和绿色低碳发展发挥积极促进作用。梅州宝湖储能电站于去年10月开工建设，今年2月完成全部设备并网调试，进入试运行。

生态系统GPP模拟准确性提升，助力提升全球碳收支估算精确度 2023.03.18

植被总初级生产力(GPP)是表征陆地生态系统“碳汇”能力的重要生态学指标，在全球碳收支估算中发挥着举足轻重的作用，GPP的准确评估为“双碳”目标提供科学支持。但现有的GPP计算方法存在着巨大的不确定性，如何准确模拟生态系统GPP动态变化对全球生态系统的优化计算至关重要。针对这一问题，东北林业大学工程技术学院邢艳秋教授团队提出了基于光能利用率模型中的变量与随机森林模型相结合的方法，构建了RFR-LUE模型，应用到中国区域典型的森林、农田、草地、灌丛和湿地等生态系统。基于ChinaFLUX通量网的9个观测站点数据，该研究表明RFR-LUE模型在不同站点的表现差异较大，能够解释52%-97%的GPP变化。通过进一步比较变量的重要性，研究发现相较于森林生态系统，水分变量在非森林生态系统的重要性要高，且基于遥感数据的植被指数和温度是生产力估算的重要变量。研究指出，RFR-LUE模型在准确估算区域GPP变化方面有很大潜力。该研究成果为定量评估中国陆地生态系统的固碳能力提供新思路，为实现我国的“双碳”战略提供了有力的科学依据。

大连化物所提出电催化二氧化碳到多碳产物新策略 2023.03.18

近日，大连化物所催化基础国家重点实验室理论催化创新特区研究组(05T8组)肖建平研究员团队和南京大学钟苗研究员团队合作，在二氧化碳转化研究方面取得新进展，通过合金化策略增加电催化还原 CO_2 反应中关键中间体的不对称吸附从而改善C-C耦合活性，最终实现 C_{2+} 产物法拉第效率达 $91\pm 2\%$ ，其中乙烯为 $73\pm 2\%$ 。

电催化还原 CO_2 制备高附加值化学品或燃料，是解决环境和能源可持续性问题的前景方法。但 CO_2 利用效率和还原选择性控制仍然具有挑战性。

肖建平团队基于自主开发的图论和反应相图分析算法，根据全局能量最优准则筛选出活性曲线顶点的CuZn合金催化剂，并预测其具有增加 C_{2+} 产物选择性的潜力。实验制备的纳米多孔 $\text{Cu}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}$ 高选择性催化剂在弱酸性($\text{pH}=4$)电解质中 C_{2+} 单程产率为 $31\pm 2\%$ ， CO_2 单程利用率超过80%。该催化剂提供了丰富的 CuZn_{Zn} 和 CuZn_{Cu} 位点，具有不对称的CO吸附能，对于提高 CO_2 的电催化转化至关重要。研究发现，CO在锌上的吸附比铜弱，将CuZn合金化可使表面二元位点具备不对称的CO吸附能力，从而提高C-C偶联反应活性，有效促进 CO_2 到 C_{2+} 的还原。

上述研究成果已在《自然—通讯》上发表，研究提出的催化剂设计策略有助于推动电催化还原 CO_2 制备高附加值化学品或燃料技术发展，是解决环境和能源可持续性问题的前景方法。

秸秆上做文章，找到农业减碳新路

2023.03.22

中国科学院南京土壤研究所颜晓元研究员团队联合中国农业大学、清华大学、澳大利亚昆士兰大学、美国康奈尔大学等国内外十余家研究单位，结合生命周期法和大数据分析，评估了我国三大主粮作物生产过程的固碳减排潜力以及碳中和实现路径。研究发现传统固碳减排措施的集成，比如增加秸秆还田比例+氮肥优化管理+稻田间歇灌溉，或将秸秆碳化为生物炭还田+氮肥优化管理+稻田间歇灌溉，其降碳能力有限，无法实现碳中和。

研究人员创新性地提出了一套“生物质热解多联产物”系统，将生物炭生产过程中的生物油和生物气纯化后发电，进行能源替代减排。在生物炭集合的基础上耦合能源捕获效应，我国主粮作物生产碳排放可以进一步实现从源到汇的转变，也能够提高作物产量，降低活性氮和大气污染物排放。相关研究已刊发于国际学术期刊《自然·食品》。

兰州化物所二氧化碳催化转化研究获进展

2023.04.10

中国科学院兰州化学物理研究所羰基合成与选择氧化国家重点实验室研究员崔新江和德国莱布尼茨催化研究所博士Jabor Rabeah合作，通过精细调控还原温度构筑出对CO₂加氢制HCOOH具有高活性，同时能有效促进甲酰胺产物脱附的双功能Cu₂O/Cu界面位点，实现了脂肪族伯胺和CO₂/H₂反应制备甲酰胺。

在清洁还原剂氢气(H₂)存在下，CO₂和胺类化合物还原耦合制备甲酰胺是当前CO₂高值化利用的重要途径之一。但现有的催化体系主要使用均相和多相贵金属催化剂，对脂肪族伯胺和CO₂/H₂还原耦合制备甲酰胺具有高活性的非贵金属多相催化剂尚未见报道。该研究制备了具有优异催化性能的CuAlO_x-350-3h，并取得了相对已报道的贵金属催化体系相当甚至更好的催化效率。该研究首次阐明了界面氧位点对胺和CO₂/H₂还原耦合制备甲酰胺反应的影响，是第一例对脂肪族伯胺和CO₂/H₂制备甲酰胺具有高活性、高选择性的非贵金属多相催化剂。

隆基氢能以科技创新助推“中国智造”

2023.04.13

2023年4月13~15日，易派客工业品展览会、石油石化工业展览会、第七届中国石油和化工行业采购年会在苏州国际博览中心举办。本次展览会集中展示工业企业创新技术、产品、应用与服务，旨在通过放大平台的集聚效应，为与会各方衔接供需、共享商机、共促发展提供平台。隆基氢能携LONGi ALK Hi1系列新品及“绿电+绿氢”系统性解决方案亮相，吸引了众多参展观众的围观咨询。

LONGi ALK Hi1系列产品已得到第三方机构权威认证，在2,500mA直流电耗下，电耗可低至4.0kWh/Nm³，是基于降低直流电耗打造的一款具有里程碑意义的产品，也是隆基氢能面向全球不同应用场景最优LCOH的标杆产品。该系列产品联合Hi-MO 5组件产品构成“绿电+绿氢”体系，形成了支撑全球零碳发展的产品和解决方案。

可再生能源与地缘政治外文解读与分析

作者：骆士心

当前，全球正在经历一场能源与科技革命。为应对气候变化、加强国家能源安全、提升国家经济可持续性和推进能源的前沿技术和核心装备研发与生产，可再生能源已成为全球能源转型的核心战略发展方向。随着可再生能源的发展对世界的影响与日俱增，多国政府、学者与研究机构已经对相关变革的地缘政治影响进行了深入的研究。

本文将对三篇相关的国际文章与新闻报道进行分析与解读，为读者提供西方国家在可再生能源发展与转型的观点并分析我国在可再生能源发展道路上的挑战与机遇。

国际洞见

一、《Renewable energy and geopolitics: A review》解读

《Renewable energy and geopolitics: A review》在五个议题上分析了可再生能源发展为全球地缘政治带来的影响。这些议题分别为：

- (1) 可再生能源带来和平的潜力；
- (2) 能源转型过程中潜在的地缘政治不平等；
- (3) 可再生能源对国际关系的影响；
- (4) 可再生能源相关的关键原材料；
- (5) 其发电和储能设施的网络安全问题。

有关可再生能源带来和平的潜力这一问题，该文章引用多方观点，主流分为“可再生能源将引发新冲突”和“减少冲突”两个阵营，前者认为能源转型不太可能减少与能源有关的冲突，甚至会引发更多新的冲突；而后者认为，通过减少国家之间的能源依赖可以减少相关的冲突。对于可再生能源将引发新冲突的观点，主要认为可再生能源的生产、分配或储存技术所需的关键材料可能引起部分国家对材料和技术拥有国的依赖，从而增加国际的不稳定性。另外，部分拥有可再生能源中转潜力的国家（如阿尔及利亚、墨西哥、摩洛哥等）可以利用自身的地理位置与可再生能源资源优势提高国际影响力，甚至以威胁中断电力供应的方式达到该目的。反观可再生能源可以减少冲突的观点，主要认为国家通过提高自身的可再生能源占比可减少化石能源进口的依赖，从而减少地缘政治风险。

有关能源转型过程中潜在的地缘政治不平等与可再生能源带来的国际关系影响，该文章认为可再生能源的转型将增加化石能源资产的搁浅风险，从而削弱化石能源出口国的经济与地缘政治实力（如俄罗斯、卡塔尔等）。反观对于化石能源进口国（如中国、部分欧盟国家、日本等），可通过加速可再生能源转型减少对化石能源进口的依赖。另外，拥有可再

生能源中转潜力的国家（如阿尔及利亚、墨西哥、摩洛哥等）与掌握可再生能源核心材料与技术的国家（如中国、美国）将在这次全球能源转型过程中获得更多的优势。

该文章也提出全球范围的可再生能源转型可能会加强国际能源体系的区域化进程。其中，部分地区可能会建立“区域能源中心”并组建可再生能源联盟，加大对区域内可再生能源传输与贸易的相关投资。因此，可再生能源设施与技术将可能成为国家的重点区域战略资源。

有关可再生能源的关键原材料，该文章指出对用于可再生能源设备生产的各种矿物和金属需求不断增长，可能会对部分国家产生严重的安全影响，进而导致地缘政治不稳定。其中，该文章表示中国和美国之间可能会在11种可再生能源设备生产所需要的矿物上展开竞争，并提出中国在稀土供应与加工能力的垄断将会为美国与其他西方国家带来国家安全隐患。

最后，该文章指出可再生能源基建可能会面临更多网络安全问题。随着能源系统的电子化与信息化推进，该文章认为能源系统与基建在未来将面临更多的网络安全挑战。

二、《The geopolitics of the European Green Deal》解读

《The geopolitics of the European Green Deal》是一篇由欧洲外交关系委员会（The European Council on Foreign Relations）、布鲁盖尔研究所（Bruegel）、欧洲大学学院（European University Institute）联合发布的政策指导文章。该文章针对欧洲绿色协议（The European Green Deal）探讨了欧洲绿色协议潜在的地缘政治影响，并提出了多项欧洲国家在欧洲绿色协议进程中可以采纳的建议与政策指导。

针对欧洲绿色协议潜在的地缘政治影响，文章指出欧洲能源体系的改革将对欧洲邻近的化石能源生产国、世界能源市场、欧洲能源安全、全球贸易产生深远的影响。该文章指出实现欧洲绿色协议的主要驱动力之一将是电气化。为了满足对可再生电力日益增长的需求，欧洲在未来几十年内很可能依赖从邻近地区进口太阳能和风能。部分中东与北非国家因拥有丰富的光资源，且地理位置邻近欧洲，将可能成为对欧洲的重要可再生电力出口国。

除电气化改革外，该文章也指出未来欧洲对绿色氢能（绿氢）的需求也会逐渐增长。因此，欧洲国家也将逐步增加与邻国在氢能上的合作。例如，德国与摩洛哥在2020年已签署了开发和推广绿色氢能技术的联合意向声明。而对欧洲的化石能源出口国将会因欧洲国家减少化石能源需求而受到负面影响，其中尼日尼亚、委内瑞拉、俄罗斯等石油生产盈亏平衡较高的国家影响可能尤其严重（图1）。

有关欧洲绿色协议对欧洲能源安全的影响，该文章指出减少使用化石能源将有效降低欧洲国家对化石能源出口国的依赖，同时将大幅减少欧洲国家进口化石能源的支出。另外，文章也指出，由于欧洲大多国家和地区并没有制造太阳能电池板、风力涡轮机、锂离子电池、燃料电池和电动汽车所需的矿物和金属的矿产资源和加工能力，《欧洲绿色新政》将增加欧洲对上述关键原材料的进口依赖。图2展示了欧盟重点原材料的主要供应国家。

根据该文章分析，随着欧洲对绿色科技与重点原材料的需求增加，欧洲国家对中国的依赖将进一步增加。例如联合研究中心（JRC）预测在2020到2050年间，欧盟对风力涡轮机的关

键原材料（如稀土永磁）的需求将增加2至15倍。

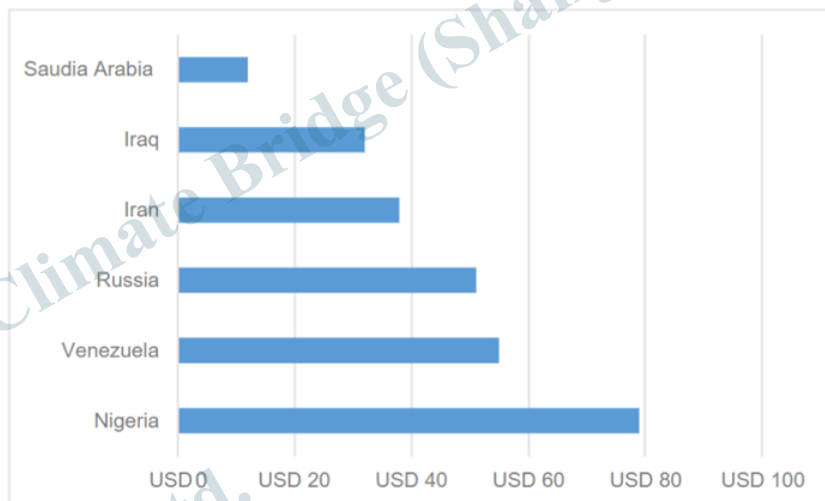


图1.不同国家的石油生产盈亏平衡价（2015年数据）

有关欧洲绿色协议对于全球贸易的影响，该文章指出欧盟推出的边境碳调节机制（CBAM）有助于避免碳泄漏，确保在欧盟境内的所有商品都得到同等对待并激励其他国家积极推进脱碳。同时，碳关税也将增加高碳排生产的国家/企业出口欧盟的成本。因此，别国将需要推进经济全面脱碳，以确保产品出口的竞争力。

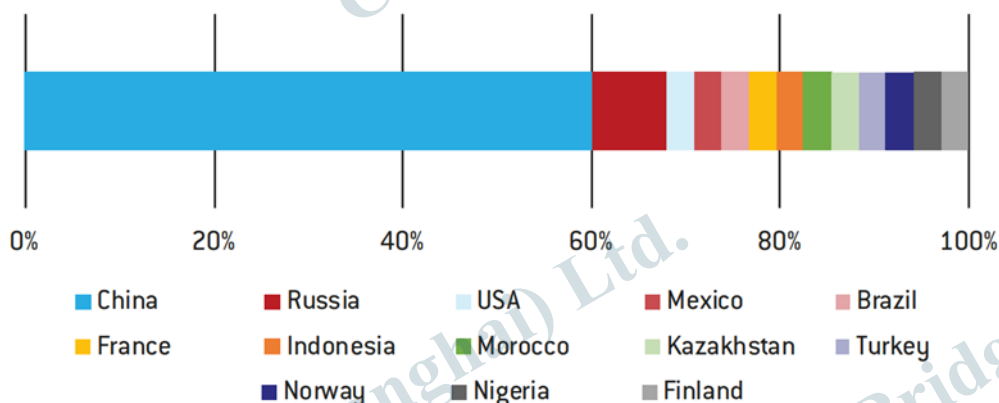


图2. 欧盟重点原材料的主要供应国家（2010-2014）

针对欧洲影响力较大的国家，该文章逐一分析了欧盟在推动欧洲绿色协议所需要注意的事项。该文章指出应对气候变化已成为欧洲与中国合作议程中最重要议题之一。随着欧盟绿色协议的逐步推进，欧洲将增加对我国的重点原材料（如稀土出口）的依赖。但我国针对稀土开采与加工相关的环境问题专项整治，也将增加我国稀土生产的成本。因此，该文章指出中国利用欧洲对重点原材料的依赖性作为战略杠杆的操作空间也相对有限，国际上的稀土供应的竞争将更加剧烈。

在边境碳调节机制（CBAM）方面，文章指出该关税给我国众多产业带来了较大的挑战。特别是在利润率较低的价值链低端产业，中国制品可能会失去相对低价优势（从而在市场失

去吸引力)，从而使得欧洲将转向其他“更环保”的合作伙伴采购产品。文章也指出中国近年在气候方面的承诺正在向欧洲的做法靠拢，同时试图争取尽可能多的时间进行绿色转型和绿色或清洁技术的投资。现阶段中国已经在电动汽车方面处于领先，并且在太阳能与风能市场以占据领导地位。清洁技术现处于一个增长型市场，中欧有巨大的合作潜力，但同时也存在在中国通过边缘化欧洲工业实现技术主导的可能性。因此，文章提出欧洲可以利用欧洲绿色协议的新政框架向其他国家提供可持续发展策略，并与中国的“一带一路”倡议进行竞争。

最后，为加强欧洲绿色协议的影响力，该文章提出了欧洲绿色协议的外交政策行动计划并建议采取两项行动，即采取行动管理欧洲绿色协议的直接地缘政治影响，以及促进欧盟在绿色领域的全球领导地位行动。其中，文章针对这两种行动提出了七项建议：

(1) 采取行动管理《欧洲绿色协议》的直接地缘政治影响；

(2) 提高关键原材料供应的安全性，减少对中国的依赖：欧洲国家可通过供应多样化、高分拣和回收技术以增加回收量和替代关键材料来实现减少对中国的原材料依赖；

(3) 与美国建立共同碳边境调节机制；

(4) 成为能源转型的全球标准制定者：欧盟可制定相关环境标准增加进口产品的门槛从而推动出口国的绿色生产发展，欧盟国家也应在氢能与绿色债券两方面推进标准制定工作并加快发展氢能的欧元交易，为欧盟在国际氢能市场的领导地位奠定基础；

(5) 欧洲绿色协议国际化：欧盟可以利用2020年的疫情复苏基金（下一代欧盟计划 NGEU）拨款部分资金以提供贷款、补助金、担保方式推动欧洲绿色协议国际化。文章认为该举措可帮助推动邻国与发展中国家的绿色转型、提高欧盟在发展中国家的影响力、加强欧洲工业的绿色发展并推动欧洲经济发展与确保欧盟国家合作伙伴多元化。另外，欧盟应建立气候相关的大型机构（如欧洲气候与可持续发展银行），以整合目前较零碎的气候政策。该类的大型机构可成为向发展中国家出口欧洲绿色协议的主要工具；

(6) 建立促进减缓气候变化的全球联盟（如永久冻土联盟、消除二氧化碳排放联盟）；

(7) 推动气候行动新经济学的全球平台。

三、路透社文章《Reuters - Don't let China control clean energy supply chain, US officials warn》解读

《Don't let China control clean energy supply chain, US officials warn》是一篇由路透社发布的新闻。文章报道了在标普全球（S&P Global）的全球能源会议上，美国白宫能源顾问John Podesta发出警告：中国在重要矿产、加工和上游技术以及太阳能方面拥有过多的控制权，美国应避免中国控制清洁能源的供应链。John Podesta引用2022年发生的俄罗斯乌克兰冲突表示美国应确保自身的能源供应链安全，避免发生类似俄罗斯利用化石能源出口加强自身控制权的事件，并获得多名与会企业高管的赞同。但文章也指出目前中国已经是重要矿物和组件的主要供应商，因此美国必须寻找更多的方法来确保国内供应，避免引发与世界第二大经济体的贸易战。

四、外文分析

从上述的三篇外文可见国际社会高度关注可再生能源的地缘政治影响。其中，三篇文章都讨论了可再生能源发展将对不同国家带来重大的挑战与机遇。对于我国而言，可再生能源的发展将推动我国高端制造业发展、助力一带一路倡议、提高能源安全、维持国家可持续发展、帮助我国应对气候变化、推进我国科研创新等带来一系列的机遇与帮助。但同时，因可再生能源的发展对于地缘政治的影响深远，随着竞争日趋激烈，他国将加大对我国可再生能源及上下游供应链相关产业的打压。

从以上的三篇文章可见，欧美国家已对我国在稀土与其他重要矿产的生产与加工能力以及清洁能源技术的飞速发展感受到威胁。未来我国在相关领域的发展在国际上将无可避免地面对更多的挑战与竞争。早在2017年，美国政府已就重点矿物供应制定了国家战略规划。在确保关键矿物安全可靠供应的联邦战略《A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals (Executive Order 13817)》文件中，美国政府提出了六点行动呼吁包括：

- (1) 推进关键矿物供应链的转型研究、开发和部署；
- (2) 加强美国的关键矿产供应链和国防工业基础；
- (3) 加强与关键矿产有关的国际贸易与合作；
- (4) 提高对美国国内关键矿产资源的了解；
- (5) 优化联邦土地上对国内关键矿产资源的获取途径，并缩短获取开发该资源的许可证时间；
- (6) 增加美国关键矿产产业相关的劳动力。

由此可见，欧美国家为了巩固自身能源地位，会着力提升重要矿产的生产与加工能力，未来国际上的可再生能源相关产业将进一步分化。我国作为全球最大的稀土资源供给和消费国与全球最大锂资源消费国，未来势必面临更多挑战。为避免相关资源遭受进口封锁与出口打压，我国应推动矿产来源/销路多元化，并持续提高该产业的发展与创新，以维持我国在重点矿产与可再生能源的领导地位。

另外，以上的美国政府文件也体现了美国当前的新冷战思维。未来我国除了在重要矿产产业上将遇到更多的挑战，其他可持续发展相关的产业如光伏、风能、核能、氢能、新能源汽车、电池与储能产业、特高压输电、碳捕捉与利用等领域也将面临类似的挑战。但同时该保护政策也可以为我国能源安全规划提供借鉴，提前规避风险。

在区域地缘政治方面，欧盟将通过搭建新的能源转型和碳排放标准与法规，以及通过推动欧洲绿色协议国际化，逐步扩大自身所在区域与国际贸易的主导权。《欧洲绿色协议的地缘政治》一文中提出的七项建议，将为我国推进一带一路倡议与我国企业在国际贸易上带来一定的挑战。例如，欧盟所推出的边境碳调节机制（CBAM）将给我国对欧盟出口型企业带来额外的成本。另外，推动欧洲绿色协议国际化以及制定全球能源转型标准将对我国在推进一带一路倡议带来更多的竞争与挑战。

根据以上所讨论的观点与分析，本文将提出以下的建议与观点以供参考：

- (1) 为避免我国的重要矿产产业受到打压并保持我国在该产业的领导地位，我国应确保矿产来源多元化并增加勘查相关矿产的投资；
- (2) 加大对可再生能源装备、锂电池、电子产品等产品的回收利用技术研发，以增加相关产业的可持续性与减少因上游原材料受打压而导致的成本上升风险；
- (3) 研究利用特高压输电技术，推进与邻国搭建区域电网，从而增加能源来源的多样性，同时助力我国可再生能源企业在区域内的业务发展；
- (4) 持续推进我国可再生能源产业标准的搭建并逐步推动相关标准国际化；
- (5) 加大对能源以及储能相关的网络安全技术与科技投资力度；
- (6) 推动我国在可再生能源、能源设备交易的人民币结算体系，增加我国可再生能源产业在国际上的影响力；
- (7) 加大与国际社会在应对气候变化领域的沟通与合作，积极推动构建“人类命运共同体”，以应对“单边主义”和新冷战思维；
- (8) 加强与主要化石能源生产国的合作，助力此类国家的低碳转型与可持续发展；
- (9) 加强我国在可再生能源以及可持续发展领域的人才发展与教育，提高未来我国在该领域的竞争力。

参考文献

- [1] Roman Vakulchuk, Indra Overland, Daniel Scholten. Renewable energy and geopolitics : A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020, 122.
- [2] Jean Pisani-Ferry Guntram B. Wolff Simone Tagliapietra Jeremy Shapiro Mark Leonard. The geopolitics of the European Green Deal[EB/OL]. (2021-02).
- [3] Richard Valdmanis and Ernest Scheyder. Don't let China control clean energy supply chain, US officials warn [EB/OL]. (2023-03).
- [4] Catherine ANDERSON, Rebecca ENGBRETSSEN. The impact of Coronavirus(COVID-19) and the global oil price shock on the fiscal position of oil-exporting developing countries [EB/OL]. (2020-09).
- [5] U.S. Department of Commerce . A Federal Strategy to Ensure Secure and Reliable Supplies of Critical Minerals [EB/OL]. (2019-06).

文章翻译免责声明：本专栏摘录所引用的原文为英语文章，文章已采取翻译服务、技术在英文版本的基础上翻译成目标中文版本，环保桥及其相关机构不作出任何保证，不为由翻译不准确、不完整所导致的全部或部分直接或间接损失承担任何责任。此外，浏览者同意应保护环保桥免受由语言翻译而带来的伤害。

关于近期绿证政策的解读、思考与建议

作者：杨希

一、前言

2017年2月，国家发改委、财政部、能源局三部委联合发布了《关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知（发改能源〔2017〕132号）》（以下简称《绿证通知〔2017〕》），标志着我国可再生能源绿色电力证书（以下简称“绿证”）制度正式施行。

在进一步推动“双碳”目标的大背景下，我国提出了要建设以新能源为主体的新型电力系统。2021年10月24日，国务院颁布的《2030年前碳达峰行动方案》中提出，到2025年，非化石能源消费比重达到20%左右；到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右。“十四五”期间，我国可再生能源进入了全新的发展阶段，可再生能源发电增量将成为增量主体，占比超过50%。

2021年底，我国的中央经济工作会议提出，要正确认识和把握碳达峰碳中和，要科学考核，新增可再生能源和原料用能不纳入能源消费总量控制，创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变。同时期，国务院印发了《“十四五”节能减排综合工作方案》，进一步明确各地区“十四五”时期新增可再生能源电力消费量不纳入地方能源消费总量考核。

为构建绿色电力环境价值体系，促进可再生能源开发利用，引导全社会消费绿电，同时贯彻中央经济工作会议的有关精神和相关政策要求，完善能耗双控制度，增强能源消费总量管理弹性，我国的绿证制度即将“再次出发”。这从近几月以来绿证相关政策的接连出台可见一斑。

2022年9月15日，国家发改委、国家能源局发布《关于推动电力交易机构开展绿色电力证书交易的通知》（发改办体改〔2022〕797号）（以下简称797号文），提到要积极稳妥扩大绿电和绿证交易范围，更好体现可再生能源的环境价值，推动电力交易机构开展绿色电力证书交易。

2022年10月下旬，国家能源局在一定范围内下发了《关于完善可再生能源绿色电力证书制度的通知（征求意见稿）》（以下简称《绿证制度征求意见稿》），提出要进一步完善可再生能源电力证书制度，明确绿证定义，规范绿证核发，完善绿证交易，强化绿证应用等。

2022年11月16日，国家发改委、国家统计局、国家能源局公开发布《关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知》（以下简称《新增可再生能源消费通知》），明确以绿证作为可再

环保桥观察

生能源电力消费量认定的基本凭证。

本文将主要围绕以上三个政策文件，结合对绿证市场现状与趋势的分析，为我国绿证制度的完善方向提出几点思考与建议。

二、绿证市场现状与发展趋势

1. 绿证市场现状

我国绿证制度启动之初，是为缓解国家可再生能源电价财政补贴的缺口，同时培育国内的绿色电力消费市场。当时，补贴绿证是市场的唯一选择。经批准获得补贴的可再生能源发电商可在中国绿色电力证书认购交易平台上获发中国绿证，将其出售给认购者，即放弃相应兆瓦时的电力补贴。

因此绿证价格与新能源发电项目补贴收益息息相关，每张（以1,000度电，即1兆瓦时计）绿证的价格均在三位数以上。尽管无补贴绿证于2021年进入了绿证市场中，其价格也受到了一定的调控限制，相比常见的国际绿证（如I-REC, International Renewable Energy Certificate）仍偏高。

2020年1月，《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》（财建〔2020〕4号）提出，自2021年起我国将实行配额制下的绿证交易，绿证作为一项辅助手段进入了消纳的考核范畴。其考核责任主体分为市场主体和两地方政府两级，市场主体直接承担消纳责任，地方政府承担落实责任。从配额制履约的角度来看，绿证交易并非是必要选择。实际消纳量达不到目标消纳量的市场主体，可通过超额消纳量交易和自愿绿证交易两种市场化的手段辅助完成消纳任务。然而，在实际执行过程电网组织的省间超额消纳量交易占据了主导；且大部分省份未将消纳责任权重分解落实和考核到市场主体，迄今为止，市场主体尚无完成考核的实例。实质上，配额制对绿证交易的推动作用甚微。

因此，尽管当前我国实施的是“自愿认购+配额制”二者结合的绿证交易，但绿证市场仍以自愿认购为主。出于践行企业社会责任，提升企业社会形象和影响力，或承担节能减碳责任等原因，我国绿证的认购主体通常为在华跨国企业、互联网数据中心、高耗能工业（钢铁、石化等行业）企业等。然而，由于绿证价格相对高昂，弱化的交易属性（仅能交易一次），加之重复计算风险、追踪系统不透明等导致的国际认可度欠缺的问题，许多外向型或世界五百强企业虽有认购需求，但最终却选择了国际绿证。

根据国家能源局2023年一季度新闻发布会的数据，截至2022年底，全国累计核发绿证约5,954万张，累计交易数量1,031万张，绿证的自愿认购量仅占核发量的17%左右。尽管这一比例较前几年已有所上升，但依然表明，绿证的历史核发量仍过剩，整个市场缺乏活力。

2. 绿证市场发展趋势

（1）绿证价值进一步凸显

《新增可再生能源消费通知》及《绿证制度征求意见稿》均明确了绿证将作为可再生能源电力消费量认定的基本凭证，以绿证的形式确保国内可再生能源电量环境属性证明的唯一

性，建立全国统一的绿证体系。电力消费量认定的基本凭证，以绿证的形式确保国内可再生能源电量环境属性证明的唯一性，建立全国统一的绿证体系。一方面反映出，为规避认定混乱的情形，确保绿证在认定可再生能源电力消费量时的权威效力；另一方面，采用绿证形式将确保对所有绿证项目环境属性核算的公平一致。在我国企业现行可供选择的绿电采购途径中，直接投资和场内安装分布式风光项目均存在环境权益归属不明晰的问题，因此，利益相关方通常需要通过额外的协议来对此进行确权。绿证对环境属性价值的体现，将从源头上规避潜在的环境权益双重计量的风险。

与此同时，从绿证的纯自愿性认购到纳入为配额制的辅助手段，再到以能耗双控为基础，作为可再生能源电力消费的考核依据，绿证市场的应用范畴从自愿到强制的演变趋势显著，重要性日益突出。电力用户到省级自下而上的核算，使得能耗双控考核不再是简单的数字加和，而是和绿证深度捆绑在一起，为绿证赋予了更多的应用价值。与能耗双控的有效结合，绿证的价值将有望被激活，从而改善当前市场供大于求的局面。

（2）绿证核发范围拓宽

《绿证通知〔2017〕》中明确“绿色电力证书是国家对发电企业每兆瓦时非水可再生能源上网电量颁发的具有独特标识代码的电子证书，是非水可再生能源发电量的确认和属性证明以及消费绿色电力的唯一凭证。”绿证的项目类型十分有限，仅包括列入了《国家可再生能源价格附加基金补贴目录》的非水可再生能源：陆上风电和太阳能光伏发电（不包括分布式发电）。尽管近六年来，绿证的核发范围始终如一，但自去年开始已有政策信号表明，该规则将出现变化。

2022年6月1日，由国家发展改革委、国家能源局、财政部等九部门联合发布《“十四五”可再生能源发展规划》中提出要“拓展绿证核发范围”。在《绿证制度征求意见稿》中也更进一步地明确“对全国风电（含分散式）、太阳能发电（含分布式）、常规水电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电等项目所生产的可再生能源电量核发绿证”。

可以预见的是，绿证核发范围将全面扩大。其中，除可再生能源项目类型增多以外，分布式风光项目类型也将被纳入核发范围以内。此举将有利于各类型可再生能源项目的发展利用，提升各类型可再生能源发电企业的装机积极性，同时丰富市场选择。

（3）绿证交易平台扩大

797号文着重围绕推动电力交易机构开展绿证交易展开，其规定“国家可再生能源信息中心按照核定交易规模向北京电力交易中心、广州电力交易中心及时核发与划转绿证，确保电力交易机构按照核定规模获得绿证”，意味着交易机构从此前仅有的国家可再生能源信息管理中心，两大电力交易中心仅承担了交易平台的功能。

文中还提到“在目前绿证自愿认购和绿色电力交易的基础上积极支持电力交易机构按照有关政策规定，通过双边协商、挂牌、集中竞价等多种方式组织开展绿证交易，引导更多市场主体参与绿证与绿色电力交易，促进可再生能源消费。”当前北京、广州两大电力交易中心作为政策先行先试主体，将率先引导更多市场参与方开展交易。然而，其他33个省（区、

市)的电力交易机构往往更加了解当地的绿证需求,拥有该区域内第一手的需求信息。为更好的总体统筹与系统推进,同时帮助参与方更灵活便捷的进行绿证交易,预计未来各省(区、市)电力交易中心也将逐步被纳入交易平台范畴内。

(4) 市场供需齐发力

如何突破当前绿证交易面临的供需瓶颈,解决思路可从近期政策中窥见一二。

供给方面,由于所有绿电的环境属性都将通过绿证得以证明,且《绿证制度征求意见稿》提出“风电、太阳能发电、生物质发电、地热能发电、海洋能发电以及2023年1月1日后首台机组投产的新建常规水电等项目绿证可参与交易”;加之今年2月15日,国家发改委、财政部、国家能源局又下发了《关于享受中央政府补贴的绿电项目参与绿电交易有关事项的通知(发改体委〔2023〕75号)》,声明“稳步推进享受国家可再生能源补贴的绿电项目参与绿电交易”,并为这些发电项目优先发放补贴。由于未来绿证将作为绿电环境属性的唯一证明,绿证签发量将可预期的“井喷式”增长。仅以2022年我国风电、光伏发电总量为例,其供应规模可达11.9亿兆瓦时,约为当前绿证历史签发量的20倍。按照落基山研究所在《电力增长零碳化(2020-2030):中国实现碳中和的必经之路》中的预估,我国风电、光伏发电量为例将在2030年将达到28.7亿兆瓦时。由于届时一部分绿证是证明电力用户自身自发自用绿电,绿证实际供给量虽将低于该数值,但也十分可观。

需求方面,随着“绿证原则上可转让”“做好绿证核发、交易、划转等全流程信息追踪管理”等具体通知事项推出,新的绿证核发及交易规则能够解决现有绿证的部分“痛点”。因此,由此导向到绿证市场流通性及国际国内认可度的提升后,自愿性消费的需求量无疑将持续上升。仅以世界500强企业及其在华供应链的绿色电力消费潜力估算,根据落基山研究所的初步评估,到2030年,世界500强企业及其供应链在中国市场的电力需求约为6亿兆瓦时/年。随着越来越多的此类企业加入RE100(100% Renewable Energy, 100%可再生能源组织)、SBTi(Science Based Targets initiative, 科学碳目标倡议)等国际性倡议组织,逐步迈向100%可再生电力、净零排放,其若通过采购绿证实现一部分绿电需求,也能极大促进绿证交易规模的扩张。

同样,随着能耗双控这一强制应用市场范畴的拓展,需求也将应运而生。国家统计局统计2022年全社会总用电量为8.64万亿度(86.4亿兆瓦时),而四大高耗能制造业(化工、建材、黑色、有色)用电量2.29万亿度(22.9亿兆瓦时),占总用电量接近三成。一旦开始设置这类高耗能企业的绿电使用比例的下限,强制市场的绿证需求量将显著增多。

三、思考与建议

1. 在完善自愿市场的基础上,建立健全强制市场

我国的绿证自愿市场需充分借鉴国外已有经验,不断培育市场的绿电消费意识,完善绿证相应制度的建设,发挥绿证更广泛深远的价值。

以欧美市场为例,近年来,美国自愿非捆绑绿色电力证书交易量在其总绿电消费市场中占比最大,接近一半左右;欧洲绿色证书自愿市场GO(Guarantees of Origins, 来源担保证书)

也早于2015年便达到了欧洲可再生能源发电总量的一半以上。欧美的绿证自愿交易市场加速促进了可再生能源发展，推动了社会绿色转型发展。

与此同时，推动绿证在强制市场中的应用是当下政策的趋势。不同于自愿消费市场，强制市场需要清楚明确应用范围和交易主体。在可再生能源电力消费核定基础上、能耗双控制度下讨论的绿证，由此衍生的市场交易，一方面，可促进“开源”，加快我国可再生能源项目的开发建设；另一方面，可推动“节流”，促进用能企业做好节能工作，严格控制高耗能项目建设。

我国能耗双控制度是在确定了国家目标后，对各省级行政区能源消费强度和总量双控制度的双重约束。本质上，能耗双控是将“双控”目标分解到各省级行政区域，各省级再将目标分解到各重点用能单位，推动用能单位进行节能减排，国家发改委再对省级完成情况进行考核。《新增可再生能源消费通知》中提到“各省级行政区域可再生能源消费量以本省各类型电力用户持有的当年度绿证作为相关核算工作的基准”，但如何协调能耗双控与消纳责任权重，如确定当前能耗双控制度下的消纳责任权重，重点用能单位的具体绿电使用比例，如何规定合适的惩罚制度等，有待进一步明确。

在国家发改委2021年颁布的《完善能源消费强度和总量双控制度方案》中提出要“推行用能指标市场化交易”，绿证将作为用能指标市场化交易的一项重要工具。然而，如何在涉及各省、各企业经济发展及能源调剂的复杂情况下建设一个公开的交易市场，还需得到进一步的明确。对于当前的政策信息而言，就绿证如何能在用能权交易市场中发挥作用，助力我国能耗双控目标的实现，仍待相关方拨开云雾。

最后，建议通过机制设计和调整完善符合我国国情的绿证交易体系，建立并完善强制市场和自愿消费市场两套并行的机制。强制交易可促进节能降耗、实现高质量的经济发展和可再生能源消纳目标的实现等，自愿交易则能更广泛的促进社会的可再生能源消费，二者高效的结合应用，会加速促进我国可再生能源的发展和利用。

2. 规避重复计算问题，在不同市场、政策工具中统筹协调

目前我国绿证制度尚不具备健全的核销机制，环境权益重复计算问题显现。然而，如前所述，绿证如将应用于更广范围的强制与自愿市场中，势必需要搭建统一的证书跟踪系统，或是建立强制与自愿系统的衔接体系，从而规避此类问题。

除前文提及的“非捆绑式绿证”——补贴绿证、无补贴绿证以外，2021年9月，全国绿色电力交易试点启动，“捆绑式绿证”——绿电绿证也进入了大众的视野中。根据国家发展改革委、国家能源局批复的《绿色电力交易试点工作方案》，国家能源局组织国家可再生能源信息管理中心，向北京电力交易中心、广州电力交易中心批量核发绿色电力消费证明（也即“绿电绿证”），电力交易中心依据绿电交易结算结果将此证明分配至电力用户，使其可实现“电证合一”。但此“证”非彼“证”，绿色电力证书与绿色电力消费证明在证书样式与记载信息上均有所区别。另外，一些省市的电力交易中心也正在开展绿电交易工作，并为本省市的企业出具绿电消费相关证明。随着绿证在未来市场中的“大一统”，在制度不断完

善的过程中，“绿电绿证”与“非捆绑式绿证”应迈向一致的发展方向。

再者，随着2021年全国碳市场的启动，碳交易、CCER交易对促进节能减排、控制温室气体变化的重要性逐渐凸显。“电-碳”存在着天然连接，也都服务于我国的“双碳”目标，但现阶段，绿证与CCER面临着潜在的环境权益重复签发的问题。若要从根源规避，重启后的CCER可将可再生能源项目排除在外。

此外，“十四五”期间八大控排行业陆续纳入全国强制减排市场，以上众多高耗能企业同时也需履行能耗双控的指标。但由于目前我国强制碳市场纳入了由企业外购电力所导致的间接排放，若允许这类企业采购绿证，使得由绿证而来的绿电使用量计入碳减排，不仅能规避相关的重复计量问题，也能推动绿证市场交易量的提升。

因此，建议完善覆盖发电主体必要信息（如技术类别、项目位置、所属业主、装机容量、建成时间、绿色证书电量产生时间等）的唯一可再生能源绿色电力证书编号，确保每个具备唯一编号的绿证仅能出现在一个账户中；同时，为确保所有信息均可得到有效验证，建议设置一旦消费端完成交易，注销的绿证便将显示在注销系统中的程序。如此一来，绿电的环境属性从核发、交易到划转过程中的唯一性便可得以确认，即使在不同市场中也不会出现交叉使用情况。

避免多目标导向下市场交易规则不同带来的重复计算风险，有效衔接绿证交易、绿电交易与碳交易的三者的关系，将有效促进我国可再生能源电力市场的繁荣与发展。

3. 纳入更多的市场参与主体，允许市场化价格下的多次交易

《绿证通知〔2017〕》中，规定了“绿色电力证书经认购后不得再次出售”，且在《绿色电力证书自愿认购交易实施细则》中也明确规定卖方仅为新能源发电企业。交易受限，且参与主体单一，是使得市场交易量不足的一大原因。当然，这也是绿证的收益替代财政补贴的初期定位所致。

而现如今，我国可再生能源电力已迈入平价阶段，亟需利用市场化手段推动绿证交易。最新的《新增可再生能源消费通知》里提到“绿证原则上可转让”，“转让”所指的具体对象和频次要求，例如是否允许代理商参与交易等尚未可知。建议在逐步拓展的绿证交易平台上，纳入更多的市场参与主体，如售电企业、交易代理商等，尤其是对于小规模交易主体而言，允许售电企业或代理商参与交易，能减少交易摩擦，提升交易效率。而《绿证制度征求意见稿》中提及了“现阶段绿证仅可交易一次”，表明“多次交易”可能将不被纳入最新的交易规则中。建议在市场稳定运行后，尽快放开转让的频次限制，以此提高市场流动性与交易活跃度。

另外，建议市场运行初期设置一个引导价格，逐步由市场决定交易价格。如此，发电企业的环境权益收益可得到真正的兑现，消费侧也能以更合理的价格采购绿证。以当下的平价绿证为例，若延续被“调控”的高价（相比国际上的绿证价格而言），市场需求将难以提振，这将不利于促进全社会绿色电力消费目标的实现。

4. 推动我国绿证加强国际衔接与互认的工作

如前所述，当前国内的一些外向型企业、在华跨国企业、世界五百强供应链企业等均有大量的绿证采购需求，但最终却未选择中国绿证。这是当前我国绿证的权益归属、权益声明存在重复计算的风险，加之企业认购后的使用情况无法跟踪等问题所致，因此，国际广泛认可的RE100对企业采购中国绿证以实现绿电使用声明仅为有条件认可。

随着欧美等国际市场对碳排放等准入门槛的变化，未来，尤其是外向型企业，将面临更加严苛的竞争环境。《绿证制度征求意见稿》中提到，“在不影响我国国家自主贡献目标实现的前提下，积极推动中国绿证纳入国际组织的绿色消费、碳减排体系，在国家认可的范围内支持中国绿证与国际绿证互认”。因此，我国绿证制度的更新应充分考虑国际倡议、组织、政策等的要求，做好相应的衔接与互认工作，以助力我国企业在国际市场上提升竞争力。

参考文献

- [1]国家发展改革委，财政部，国家能源局.关于试行可再生能源绿色电力证书核发及自愿认购交易制度的通知（发改能源〔2017〕132号）[EB/OL].
- [2]国家发展和改革委员会办公厅，国家能源局综合司.关于推动电力交易机构开展绿色电力证书交易的通知（发改办体改〔2022〕797号）[N]. 2022-09-15.
- [3]国家能源局新能源司.关于征求《关于完善可再生能源绿色电力证书制度的通知（征求意见稿）》意见的函[N].2022-10-24.
- [4]国家发展改革委，国家统计局，国家能源局.关于进一步做好新增可再生能源消费不纳入能源消费总量控制有关工作的通知[EB/OL].
- [5]财政部，发展改革委，能源局.关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见（财建〔2020〕4号）[EB/OL].
- [6]中华人民共和国中央人民政府.国家能源局发布2022年可再生能源发展情况并介绍完善可再生能源绿色电力证书制度有关工作进展等情况[EB/OL].
- [7]中华人民共和国国家发展和改革委员会.国家发展改革委 国家能源局 财政部 自然资源部 生态环境部 住房和城乡建设部 农业农村部 中国气象局 国家林业和草原局 关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知[EB/OL].
- [8]国家发展和改革委员会，财政部，国家能源局.关于享受中央政府补贴的绿电项目参与绿电交易有关事项的通知（发改体委〔2023〕75号）.2023-03-01.
- [9]中华人民共和国国家发展和改革委员会.关于印发《完善能源消费强度和总量双控制度方案》的通知[EB/OL].
- [10]时璟丽.对比和启示:欧洲、美国和中国三国绿证机制的优劣[J].能源,2019(11):37-40.
- [11]曹艺严，陈济，刘秉祺，Adair Turner，朱思捷，电力增长零碳化（2020-2030）：中国实现碳中和的必经之路，落基山研究所，2021年1月.

双碳背景下绿色低碳产业发展要点探讨——以光伏产业为例

作者：姜继康

一、前言

“双碳”战略已经成为二十一世纪我国的重大战略决策之一，绿色低碳产业是实现“双碳”战略的重要途径。十四届全国人大一次会议上李克强总理在政府工作报告中简述了2023年工作重点，提出要着力提升制造业高端化、智能化、绿色化水平；开展重点产业强链补链行动；统筹能源安全稳定供应和绿色低碳发展，科学有序推进碳达峰碳中和。

“双碳”纲领性文件《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中提到要以能源绿色低碳发展是关键，大力发展绿色低碳产业，推动新兴技术与绿色低碳产业深度融合。《“十四五”工业绿色发展规划》进一步指出虽然目前我国绿色低碳产业初具规模，但双碳时间窗口偏紧，技术储备不足，推动工业绿色低碳转型任务艰巨。我国的光伏产业具有产业链齐全、技术世界领先、生产成本低的特点，是国家绿色低碳产业布局中重要的一环。九部门印发的《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》中多个专栏强调了光伏在碳达峰行动中的关键作用（如表1）。本文将以光伏产业的发展历程为例，结合国内外双循环、技术驱动、清洁生产、碳市场四个方面讨论“双碳”背景下我国绿色低碳产业的发展要点。

表1.《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》光伏专栏

专栏	内容
能源绿色低碳转型支撑技术	研发高效硅基光伏电池、高效稳定钙钛矿电池等技术，漂浮式光伏系统。研发高可靠性、低成本太阳能热发电与热电联产技术。
城乡建设与交通低碳零碳技术	研究光储直柔供配电关键设备与柔性化技术，建筑光伏一体化技术体系，区域-建筑能源系统源网荷储用技术及装备。
前沿和颠覆性低碳技术	新型高效光伏电池技术。研究可突破单结光伏电池理论效率极限的光电转换新原理，研究高效薄膜电池、叠层电池等基于新材料和新结构的光伏电池新技术。
低碳零碳技术示范应用	建设大规模高效光伏示范工程；在可再生能源分布集中区域建设“风光互补”等示范工程；在典型农业县域内综合开展光伏农业、光储直柔建筑、分布式能源等技术集成示范。

二、光伏的发展历程

光伏产业兴起于欧美，后发动力在中国，平价市场在全球，其发展至今主要经历了4个阶段：

1. 萌芽阶段（1839-2000年）

1839年法国科学家贝克勒尔发现液体的光生伏特效应，正式拉开了人类的光伏开发序幕。在随后的160余年里，随着技术进步带来的光电转换效率提升，和日益严重的环境问题带来的庞大清洁能源需求，现代化光伏产业逐步形成并初现雏形。在这段期间，光伏产业发展主要以欧美国家为主导，其中1839年光生伏特效应的发现、1907年爱因斯坦的光电效应理论解释、1954年贝尔实验室和1985年新南威尔士大学的技术突破是推动光伏产业发展的重要里程碑事件；而中国的光伏产业发展相对落后，处于艰难的追赶阶段。

表2.萌芽阶段光伏产业发展重要事件表

时间	国家	事件
1839	法国	科学家贝克勒尔发现液体的光生伏特效应。
1883	美国	弗里兹发明半导体硒太阳能电池，但光电转换效率仅有1%。
1907	美国	爱因斯坦提供了光子量子假设的光电效应的理论解释。
1954	美国	贝尔实验室研究人员报道6%效率的单晶硅太阳能电池。
1958	美国	先锋1号卫星使用6个硅太阳能电池。
	中国	研制出首块单晶硅。
1968	中国	开始研发卫星太阳能电池。
1970s	法国、澳大利亚、美国	光伏开始逐渐应用于商业，1979年世界太阳能电池安装总量达到1MW。
1985	澳大利亚	新南威尔士大学马丁·格林研制单晶硅的光伏电池效率达到20%，确定硅在光伏材料中的主导地位。
1992	世界各国	联合国召开的“世界环境与发展大会”确立了可持续发展的模式，各国陆续出台与光伏有关的政策规划。
1997	中国	国家确定的“中国光明工程”已进入实施阶段，5年内将有800万无电贫困人口成为这一工程的首批受惠者。

2. 发展初期(2000-2013)

2000年，德国颁布了《可再生能源法》，确立新能源的优先权和上网电价补贴，西班牙及意大利也紧随其后公布政策计划，光伏产业进入由欧洲市场需求所驱动的上升周期（如图3所示），中国大陆也逐渐发展为全球主要的太阳能电池和组件制造中心。借助本轮需求，我国涌现出大量光伏企业，甚至于2006年将尚德电力董事长施正荣推向了中国首富的宝座，但与此同时，由地方政府主导的投资热情也导致了光伏产业“两高一剩”（即高污染、高能耗、产能过剩）。600个城市中，有300个发展光伏太阳能产业，100多个建设了光伏产业基地，重复建设倾向严重。

快速的产业发展背后往往隐藏着巨大的隐患。当时中国的光伏产业是“两头在外，大进大出”的发展模式，即原料依赖进口、产品依赖出口、同时没有掌握核心技术，整个产

业基本集中在光伏组件这一项。由于2009年上游原材料价格的强烈波动，欧洲各国大幅降低光伏补贴和2011、2012年美国、欧洲的双反调查导致的需求萎缩，中国光伏企业全面崩溃。据统计，2013年中国光伏电池对美国出口额下跌48%，对欧洲出口额下跌71%，仅2013年中国就有超过350家光伏相关企业破产。

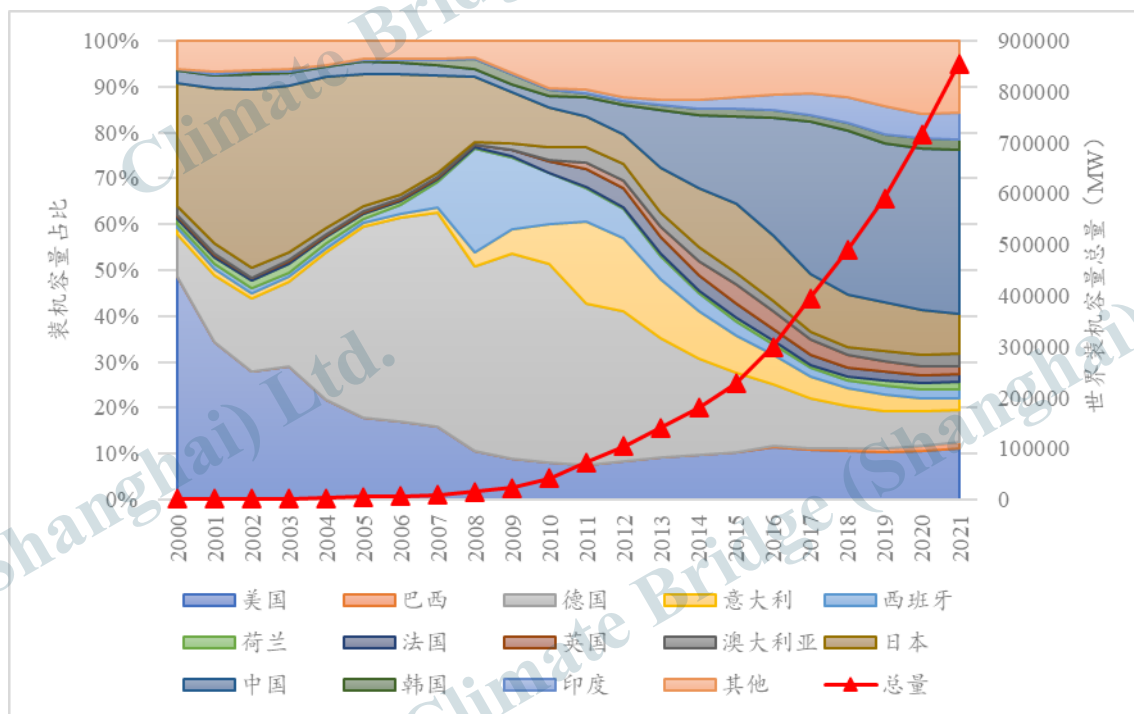


图3.世界各国光伏装机容量占比图（资料来源：IRENA）

3. 成长期(2014-2018)

2013年7月，国务院发布《关于促进光伏行业健康发展的若干意见》，认为我国光伏产品市场过度依赖外需、国内应用市场开发不足、技术创新能力不强、关键技术装备和材料发展缓慢，需要配套财政资金支持和补贴机制，并提出产业发展重点在于降低发电成本。自此，国家出台一系列行业规范、电价补贴政策、发电项目规划等文件扶持产业发展，中国光伏市场的产业结构开始进行深刻调整：硅片、电池片光伏组建产量持续增加，平均年增长率近50%，并且全产业链的技术都开始快速迭代；行业需求重心由欧洲转移到了国内，国内装机占比不断提升，2017年国内装机占比达到全球需求50%的高点；光伏的度电成本(LCOE)由2013年的0.159美元每千瓦时，降到了2018年的0.066美元每千瓦时，降幅达58%。

由于补贴带来的财政压力越来越大，2018年5月31日国家发改委、财政部、国家能源局联合发布《关于2018年光伏发电有关事项的通知》(简称“531新政”)。新政表示随着我国光伏发电建设规模不断扩大，技术进步和成本下降速度明显加快，应加快光伏发电补贴退坡、优化光伏发电新增建设规模、发挥市场配置资源决定性作用。自此，光伏发展动力由政策驱动逐步转向市场驱动。

4. 平价期(2019-至今)

双反调查并没有击溃中国光伏产业，也没有激发欧美对中国的光伏产业反超。于是欧

盟委员会2018年8月31日宣布终止对中国太阳能光伏电池和组件的双反措施，2019年7月25日美国在中国光伏组件双反税的第五次复审中将税率从最高238%下调到了4%，双反调查就此告一段落，中国企业再次重回欧美市场。随着世界各国相继制定的碳排放目标，以及光伏行业的技术进步和成本改善，当前光伏发电已然成为不少国家具备价格优势的能源形式，光伏开始进入全面平价期。截至2021年，全球光伏产业各环节上中国占比均超过65%，同时中国光伏组件相关专利数量达4,089项，世界光伏产业正式进入中国时代。但值得一提的是，随着欧盟碳关税CBAM的落地，碳排放高出政府设定的排放额度则需要到碳市场高价购买碳配额，产品的碳足迹将成为衡量产品比较优势的新指标，分布式光伏的需求量将大幅提升，同时也更加考验光伏产品自身的碳足迹控制能力。

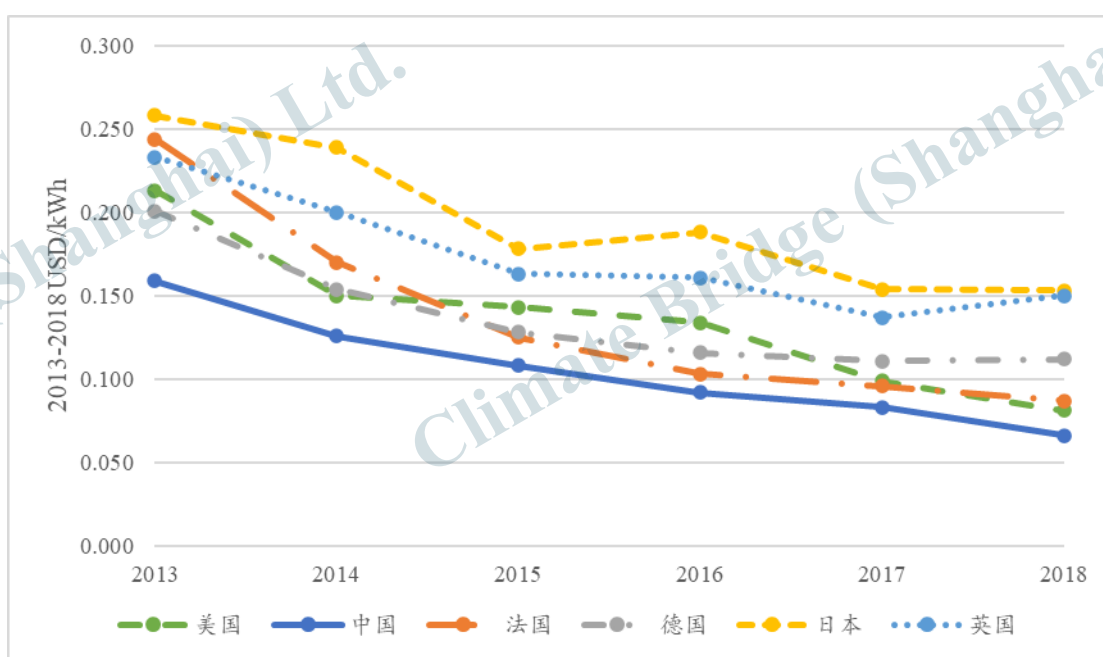


图4. 世界各国光伏度电成本（资料来源：IRENA）

三、光伏产业的发展经验

中国光伏产业从萌芽阶段的技术全面落后，到发展初期的“两头在外，大进大出”，再到后来的国内政策驱动下的快速迭代升级，最终到世界光伏产业的中国时代，历经了产能过剩、“双反调查”、国内政策剧变和欧盟碳关税落地等大事件，对我国绿色低碳产业发展有许多可借鉴之处。笔者总结为以下几个要点：

1. 应注重产业链安全，加快构建内外双循环新发展格局

我国光伏产业在二十一世纪初之所以可以快速发展，很大程度可以归因于2001年加入世贸组织后，我国凭借大规模的低成本劳动力大幅压低了全球制造业的生产成本，推动了制造业向中国的聚集，并形成了以美欧为消费市场和研发中心、东亚特别是中国为生产基地和制造中心、中东拉美为能源资源输出地的“大三角国际循环”模式，也促使中国制造业走上了“两头在外，大进大出”的道路。上述模式虽然充分发挥了我国的劳动力比较优

势，推动经济快速发展，但长期依赖设备组装这类劳动密集型产业会增大对国际市场的依存度，使得国内产业链极易受到外部原材料和产品消费市场波动的双重掣肘。另一方面，如果产品的需求仅局限于国内或国外，则容易引发类似2013年的产能过剩。

面对上述问题，我国的光伏产业在供需侧都进行了结构性调整：在需求侧国家通过光伏装机规划和价格补贴拉动国内光伏需求；在供给侧，一方面针对产能过剩的问题，国家提出“重规律、分业施策、多管齐下、标本兼治”原则，以及“四个一批”即消化一批、向海外转移一批、兼并重组一批、淘汰一批的办法加以缓解；另一方面则通过推行行业规范和鼓励产、学、研合作提升资本、技术要素的相对位势，补全硅料、光伏组件加工和逆变器等上下游产业等措施，稳定原材料供应安全和价格安全，使得我国快速完成了光伏全产业链的落地和迭代升级。供需两方面的变化，使得被针对的光伏产业不仅没有完全崩溃，反而迅速发展为国际领先水平。

近期召开的第十四届全国人民代表大会审查通过了《2023年国民经济和社会发展规划草案》，对我国2023年的发展形势做出了研判。文件提出今年应有效防范化解重大经济金融风险，在去年的计划基础上再次强调了应提升产业链供应链韧性和安全水平，可见我国产业链安全依然整体面临严峻挑战。习近平总书记曾在2020年的中央财经委员会第七次会议上提出“面向未来，要逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”，应作为国内绿色低碳产业的主要方针。内外双循环的新发展格局意味着中国不应只满足于扮演“世界工厂”的角色，应使国内市场成为最终需求的主要来源，使我国生产的绿色低碳产品带动我国自身的传统及新兴制造业产业升级，提升产业基础能力和产业链现代化水平，形成更多新的增长点、增长极，打造未来发展新优势，进而扩大我国对外贸易优势，促进外部循环的顺畅度，实现国内国际双循环的相互促进。加快构建以“内循环”带动“双循环”的新发展格局既能够减少我国绿色低碳产业对国外市场、产业链和供应链的依赖性和对内的产能过剩风险，也有利于应对类似欧盟碳关税CBAM的外部政策压力，最终可以提高我国绿色低碳产业的自主性、安全性、稳定性。

2. 应注重技术积累，推动以技术创新驱动的行业发展模式

光伏行业的快速扩容曾吸引大量外部投资者，多家上市公司房地产、乳业、制造业等多种行业的上市公司集体跨界进军光伏产业。这些跨行业进入光伏赛道的企业除了资金外并无任何业务、人才、技术储备，其投资数十亿的项目更是为这些企业的资金链带来更大负担，2011—2012年欧美的双反调查和2018年的“531新政”带来的需求萎缩使得这类企业形成大量坏账，对行业造成短期不良影响和长期风险。而以隆基绿能、晶科能源为首的技术驱动型光伏企业正是由于持续的研发投入才得以存活：隆基绿能自2012年研发投入累计超过100亿元，累计获得专利1387项并12次刷新光伏电池转换效率世界纪录；晶科能源2020年至今累计投入68.97亿元用于自主研发，22次打破世界纪录，目前电池最高转换效率达26.4%，量产平均效率超过25.1%。如今晶科能源在全球前10大市场中超过一半位列第一，更在全球27个国家保持市占率冠军；隆基绿能的市场占有率、品牌影响力均位列全球首

位，组件销量已实现从全球整体领先到目前全球主要细分市场全面领先，这些瞩目成就离不开两家公司的持续科研投入。

日益严重的逆全球化趋势已极大的影响我国制造业发展，我国传统制造业在向高端制造业转型的过程中频繁遭遇“卡脖子”的问题。习近平总书记在党的二十大报告中提出，我们要加快实施创新驱动发展战略，加快实现高水平科技自立自强，以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性引领性科技攻关，坚决打赢关键核心技术攻坚战。基于上述规划，科技部、财政部、央行对绿色低碳产业的技术创新都给予了政策支持：九部门印发的《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》对绿色低碳转型、低碳与零碳工业流程再造、建筑交通低碳零碳、负碳及非二氧化碳温室气体减排等技术都提出了支撑行动；财政部印发的《财政支持做好碳达峰碳中和工作的意见》对重点行业绿色低碳转型、绿色低碳技术创新提供财政支持；央行提出的碳减排支持工具也将至少延续实施至2024年末，配合支持煤炭清洁高效利用专项再贷款在保证能源供应安全的同时实现产业绿色低碳转型。因此新兴的绿色低碳产业应充分利用国家产业倾斜政策，以国家战略需求为导向，注重技术创新与积累，推动产业的技术进步链条，保障绿色低碳产业链和供应链的安全性，并最终实现中国绿色低碳产业从劳动密集型向技术密集型的转型升级。

3. 应注重清洁生产，实现产品全生命周期绿色低碳

光伏产业发展初期，由于行业的高利润，我国曾上马了一大批多晶硅生产项目，并由此引发了“两高一剩”问题。为此，国家在2009年出台了《关于抑制部分行业产能过剩和重复建设，引导产业健康发展若干意见的通知》，将多晶硅行业列入“产能过剩、高耗能、高污染”行业，并大幅收紧了新建多晶硅项目的核准或备案口子；同时对新建多晶硅项目的电耗、尾气中四氯化硅、氯化氢、氢气回收利用率提出了极高要求，“两高一剩”问题才得以缓解。

近期欧盟碳关税靴子落地，获欧洲议会下属委员会高票通过，钢铁、水泥等高耗能行业产品是其主要的征收对象。在未来，大概率碳足迹认证将成为进入欧洲市场的敲门砖，因此绿色低碳产业应未雨绸缪，推行清洁生产，注重产品全生命周期绿色低碳。

习近平总书记在主持中共中央政治局第二十九次集体学习时指出，“十四五”时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期；要把实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手。国家发展改革委印发的《“十四五”全国清洁生产推行方案》丰富了清洁生产的内涵，“减污降碳协同增效”取代了以往的污染物治理，提出要通过清洁生产加快形成绿色生产方式、促进经济社会发展全面绿色转型。绿色低碳产业是我国产业升级的主要抓手，更应注重自身产品生产过程中的绿色低碳。相关企业应从源头提高资源利用效率、减少或避免污染物和温室气体产生，将温室气体控排从末端治理向源头预防、过程削减和末端治理全过程控制转变，实现节约资源、降低能耗、减污降碳、提质增效等多重目标。

4. 应关注与碳市场联动，依托市场化机制实现激发产业生命力

光伏发电具有无污染、易安装、易维护等特点。今年5月，国务院办公厅转发国家发展改革委、国家能源局《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，《方案》明确提出“支持将符合条件的新能源项目温室气体核证减排量纳入全国碳排放权交易市场进行配额清缴抵销”。下一步，国家能源局将配合生态环境部等部门做好绿电交易、绿证交易与碳排放权交易之间的衔接，研究将户用光伏纳入碳排放权交易市场。目前，一些地方碳市场已采用碳普惠的交易模式，将带来额外碳交易的收益，从经济性的角度看，一个行业整体收益高了之后，有利于吸引更多的资本进入赛道，刺激光伏产业的普及和发展。

“碳达峰、碳中和”工作是整体性、系统性、全局性的工程，覆盖多行业、多部门、多领域，是推动我国经济社会高质量发展的动力源。碳排放权交易是利用市场机制进行碳排放总量控制的重要手段，既能将控排责任压实到企业，又能为减碳提供经济激励，带动技术革新和产业新增长，是落实“双碳”目标的重要政策工具。中国碳市场既承担着推动绿色低碳转型、技术升级和减缓全球气候变化的历史使命，又肩负着链接国际碳市场的时代责任。绿色低碳产业应注重相关方法学与项目开发，加深与碳市场的联动，充分利用现有市场化机制降成本、增收益，实现产业的持久健康发展。

四、展望

大力推进绿色低碳发展，既是我国产业转型的必然趋势，也是实现经济社会全面绿色转型的关键任务。基于我国制造业大国的国情，实现2030年前碳达峰和2060年前碳中和的目标，关键在于尽快形成绿色低碳的现代产业体系，将双碳目标统筹在高质量发展的目标体系内。绿色低碳产业的发展应该关注国家整体战略规划，紧紧围绕双循环、技术驱动、清洁生产、碳市场四个关键词健康发展，快速推动我国形成绿色低碳的现代产业体系落地。

参考文献

- [1]中华人民共和国中央人民政府. 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见[EB/OL]. (2021-10-24).
- [2]中华人民共和国中央人民政府. 工业和信息化部关于印发《“十四五”工业绿色发展规划》的通知[EB/OL]. (2021-11-15).
- [3]国家能源局. 太阳能光伏发电发展情况概述[EB/OL]. (2012-02-06).
- [4]中国新闻网. 尚德破产之谜：施正荣曾一夜之间成为中国首富[EB/OL]. (2013-04-15).
- [5]江苏省发展和改革委员会. “两高一剩”行业仍徘徊在十字路口[EB/OL]. (2013-08-15).
- [6]远方的青木. 中国光伏简史[EB/OL]. (2022-05-05).
- [7]IRENA. Renewable power generation costs in 2018 [EB/OL]. (2019-05).
- [8]EnergyTrend. 双反平均税率4.06%，美国第五轮调查终裁出炉！？ [EB/OL]. (2019-07-29).
- [9]中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于落实《政府工作报告》和国务院第一次全体会议精神重点工作部门分工的意见[EB/OL]. (2013-03-29).
- [10]国际金融报. 光伏坏账拖累银行？ [EB/OL]. (2023-02-25).
- [11]隆基绿能. 26.56%! 26.09%! 隆基p型及无铟HJT电池效率再获突破[EB/OL].(2022-12-15).
- [12]晶科能源. 晶科能源2022发明专利总价值高居榜首 | 第一财经智慧芽新能源行业专利TOP100发布[EB/OL]. (2023-02-24).

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

环保桥始于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，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。

公司业务范围

- 🌲 林业、农业、草原、湿地及海洋等生态系统碳汇项目开发
- 🗑️ 填埋场、煤矿瓦斯、养殖粪便、污水处理等甲烷回收利用碳减排项目开发
- ⚡ 风电、光伏、生物质、氢能、地热等可再生能源碳减排项目开发
- 🏢 重点企事业单位温室气体碳排放核查咨询
- 🏠 企业、园区、地方政府碳达峰及碳中和解决方案
- 📄 产品碳足迹核算咨询及碳中和综合服务
- 🔄 碳交易、碳资产管理、碳金融解决方案

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

Block B, Level 24, Jiangong Mansion, 33 Fushan Road,
Pudong New Area, Shanghai

邮件：business@climatebridge.com

电话：021-6246 2036

