

2022 中国碳中和产业合作 发展报告

摘要版

中国能源研究会碳中和产业合作中心

中国科学院科技战略咨询研究院产业科技创新研究中心

中国能源网研究中心

2022 年 12 月



CARBON NEUTRALITY

编委会

主 编：黄少中

副主编：王晓明 冯丽雯

顾问组：史玉波 周孝信

专家组：孙贤胜 李若梅 陈孙蛟 董秀成 孙正运 段洁仪

编写组

组 长：王晓明

副组长：张葵叶

成 员：许金华 于立东 汤 泰

合作单位简介



中国能源研究会直属机构，2021 年 11 月正式成立

宗旨：推动落实国家双碳战略目标，以促进碳中和产业广泛深度合作为己任

基本定位：碳中和产业领域的合作交流服务平台，发挥桥梁纽带作用



中心正式成立于 2020 年 4 月，使命定位：

一个目标：服务党中央、国务院重大决策

二大促进：科技产业双促进

三大机制：重大任务牵引机制、专家决策咨询机制、专业研究组织机制

四大特色：DIIS-MIPS、前沿科技、软硬结合、平台组织



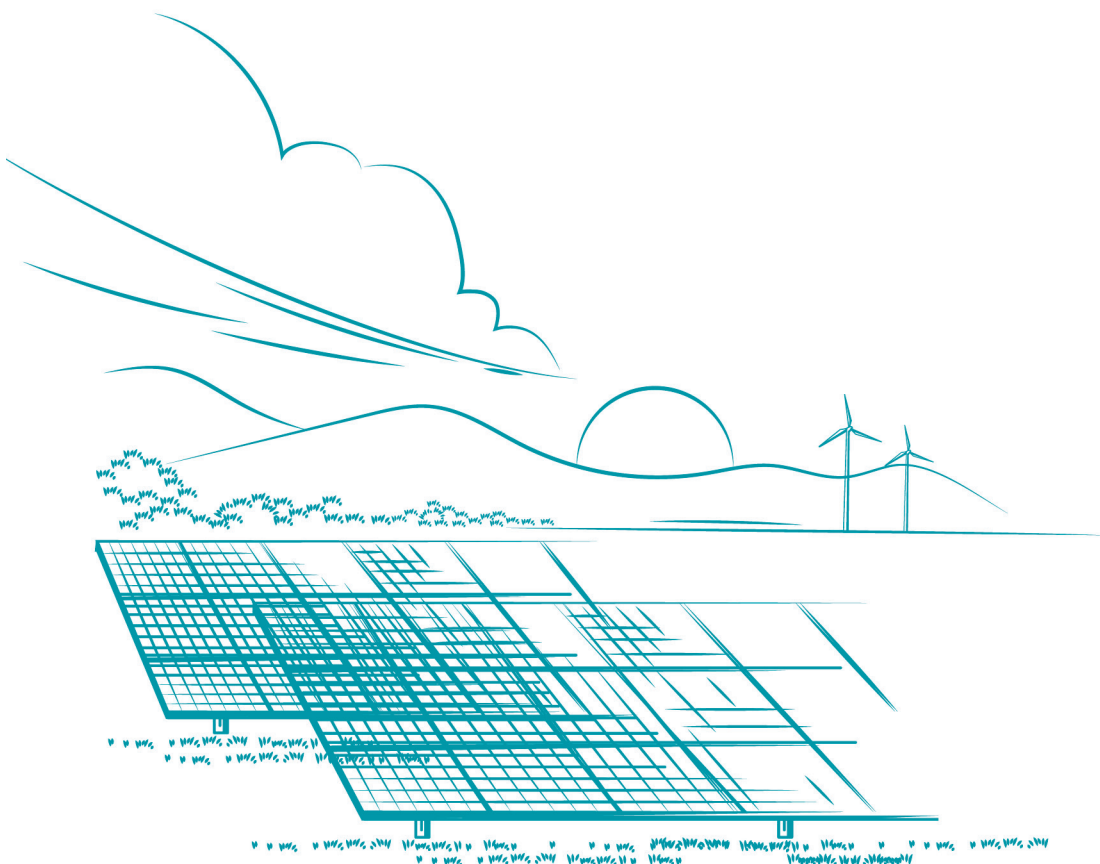
创立于 2000 年，是专注于能源行业信息和咨询服务的独立第三方机构

中心四大业务类型：政策咨询、市场调研、项目开发、投融资服务

丰富的能源客户资源：政府部门、能源企业、投资机构等

广泛的能源专家资源：煤炭、油气、分布式能源、光伏、风电、氢能等

一、碳中和产业合作的时代背景



(一) 适应“双碳”目标的大转型，为碳中和产业合作提供了广阔的发展前景 / 空间

1. 应对气候变化的全球大趋势

应对气候变化已成为全球共识。工业化以来，随着化石能源的大规模消耗造成以二氧化碳为主的温室气体排放量迅速增加，形成温室效应导致全球气候升温，极端气候灾害日益频发，给各国经济和社会发展造成较大的伤害。

全球为应对气候危机，通过历次气候大会形成了阶段性的减排原则和减排目标，“碳中和”即为本世纪中叶的目标。

世界各国提出碳中和目标。截至目前，全球已有 137 个国家做出了碳中和承诺，占全球碳排放总量 70% 以上。中国已于 2020 年提出，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。德国计划在 2045 年实现碳中和，美国、欧盟、英国、日本等提出要在 2050 年实现碳中和，印度提出要在 2070 年实现净零排放。

2. 低碳科技创新趋势

我国碳排放基数大、碳达峰到碳中和时间短，现有绿色低碳技术不足以支撑我国以高质量、可持续发展方式在 2060 年实现碳中和目标，需加强碳中和产业链的前端、中端和后端的低碳科技创新。未来低碳科技创新将围绕以下几方面开展：

前端加强源头减碳技术研发：调整能源结构，提升绿色低碳能源比例是强化源头减碳的重要路径，要实现源头减碳，采用低碳能源替代高碳能源、可再生能源替代化石能源十分关键。未来我国将狠抓新能源、先进核能、新型储能、氢能尤其是绿氢等新兴能源技术研发，加快迭代低碳能源技术，突破革命性绿色低碳能源技术，推动能源转型。同时，各类新模式新业态将不断创新，让低碳零碳能源技术成为推动我国碳中和产业合作的核心驱动力。

中端突破节能降碳工艺技术：一方面开发并推广极致能效应用技术，不断优化完善工业、建筑、交通等领域终端能源高效利用与节能技术。

另一方面研发革命性的生产工艺技术。工艺技术革新是实现碳中和目标的主要方向之一，并将引领科技革命和产业变革，发展以技术、产品、服务为主要内容的节能产业。

后端开发负碳技术：经济社会发展必然会消耗部分能源并产生碳排放，要完全实现碳中和，除了大力发展碳汇，负碳技术的开发和应用必不可少。碳捕集、封存及再利用技术（CCUS）可以将 CO₂ 从工业过程、能源利用或大气中分离出来，直接加以利用或注入地层以实现 CO₂ 永久减排，具有大规模减排潜力，是实现碳中和的关键技术之一。IEA 预计，CCUS 的碳减排贡献度将占全球总减排量的 19%。目前，我国已建设多个 CCUS 示范项目，但 CCUS 商业化仍存在高成本、额外能耗高等难点。因此，研发低成本、低能耗的 CCUS 技术是势在必行。

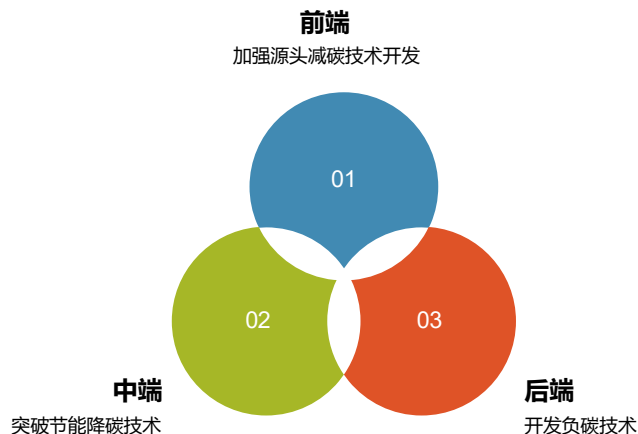


图 1 低碳科技创新趋势

（二）我国“1+N”的碳达峰碳中和政策推进体系，为碳中和产业合作提供了明确的政策遵循

“1”是中国实现碳达峰碳中和的指导思想和顶层设计。由 2021 年发布的《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》（中发〔2021〕36 号）和《2030 年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23 号）这两个文件共同构成，明确了碳达峰碳中和工作的时间表、路线图、施工图。“N”是重点领域、重点行业实施方案及相关支撑保障方案，包括能源、工业、交通运输、城乡建设、农业农村、减污降碳等重点领域实施方案，煤炭、石油天然气、钢铁、有色金属、石化化工、

建材等重点行业实施方案，以及科技支撑、财政支持、统计核算等支撑保障方案。

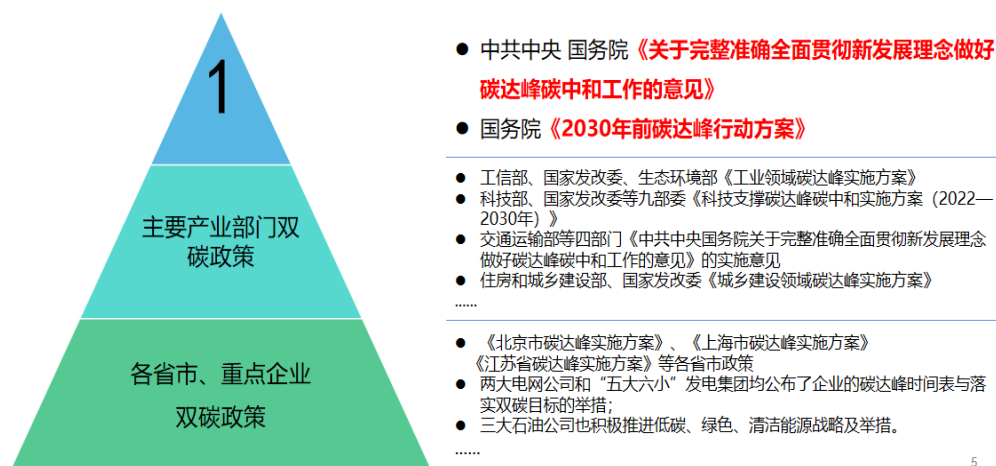


图 2 我国“1+N”政策体系示意图

目前，我国碳达峰碳中和“1+N”政策体系基本构建完成，明确了重点领域和重点行业的目标、减碳路径及保障措施，为经济社会发展全面绿色转型提供政策指导，增强高质量发展驱动力。我国正进入双碳目标的实践阶段，“1+N”政策体系相关政策的逐渐落地，将带动相关碳中和产业的快速发展，尤其是重点领域和重点行业的节能降碳技术和产业，也为碳中和产业合作提供了明确的政策遵循。

（三）双控目标和双转型为碳中和产业合作提供了清晰的方向指引

2021年12月，中央经济会议提出推动我国能耗“双控”向碳排放“双控”转变，更加鲜明地突出控制化石能源消费的政策导向，有利于鼓励和推动可再生能源更进一步地加快发展，加快能源结构转型。同时，这一政策使得控碳举措更加精准，有利于实现经济发展与碳中和的有机统一。

推动实现碳中和目标将深刻影响产业链的重构、重组，碳中和产业合作可以运用新的技术、模式等，培育形成绿色低碳发展新动能，有力促进我国能源与产业结构绿色低碳转型升级。



图 3 我国“双控”和“双转型”示意图

我国双碳工作已由战略规划阶段逐渐进入实践阶段，碳中和产业相关的重点领域和行业亟需技术、资金、市场等相关的服务，碳中和产业合作前景可期、大有可为。

（四）“政策法规标准”与“碳市场体系建设”为碳中和产业合作提供了有效的激励机制

1. 政策保障，激励碳中和产业合作快速发展

碳中和产业是一项复杂的系统工程，需要技术合作、产业链协作和系统协作，更需要政策力量，激励碳中和产业快速发展。我国构建的碳达峰碳中和“1+N”政策体系，各重点领域和行业不仅提出了实施路径，还提出了财政、金融等保障措施，支持我国碳达峰碳中和目标的实现。

2. 标准引领，助推碳中和产业合作高质量发展

标准在推进碳中和目标实现过程中发挥着基础性、引领性作用。双碳标准体系可推动绿色低碳科技创新、推广应用，促进低碳技术成果转化，提高碳中和产业市场竞争力，充分显现碳中和产业的经济效益、社会效益、生态效益等，助推碳中和产业高质量发展。同时，相关双碳标准可为贯彻落实“遏制‘两高’项目盲目发展、能耗双控向碳排放双控转变”等政策的重要依据，为产业结构调整、能源结构优化、能效和碳汇能力提升提供有力支撑，促进我国产业结构绿色低碳转型升级。

3. 市场机制，激发碳中和产业合作内生动力

碳市场是以较低成本实现特定减排目标的政策工具，与传统行政管理手段相比，既能够将温室气体控排责任压实到企业，又能够为碳减排提供相应的经济激励机制。用市场机制的“无形之手”激发碳中和产业合作内生动力，引导资源合理配置、撬动资源向绿色低碳项目倾斜，既能以较低成本实现减排任务，又能带动绿色低碳技术创新、产业升级、引导气候投融资等，是处理好经济发展和碳减排关系的有效工具，对实现双碳目标意义重大。

（五）“科技创新”与“商业模式创新”为碳中和产业合作提供了丰富的合作手段

1. 科技创新：帮助实现减碳、零碳、负碳等技术手段

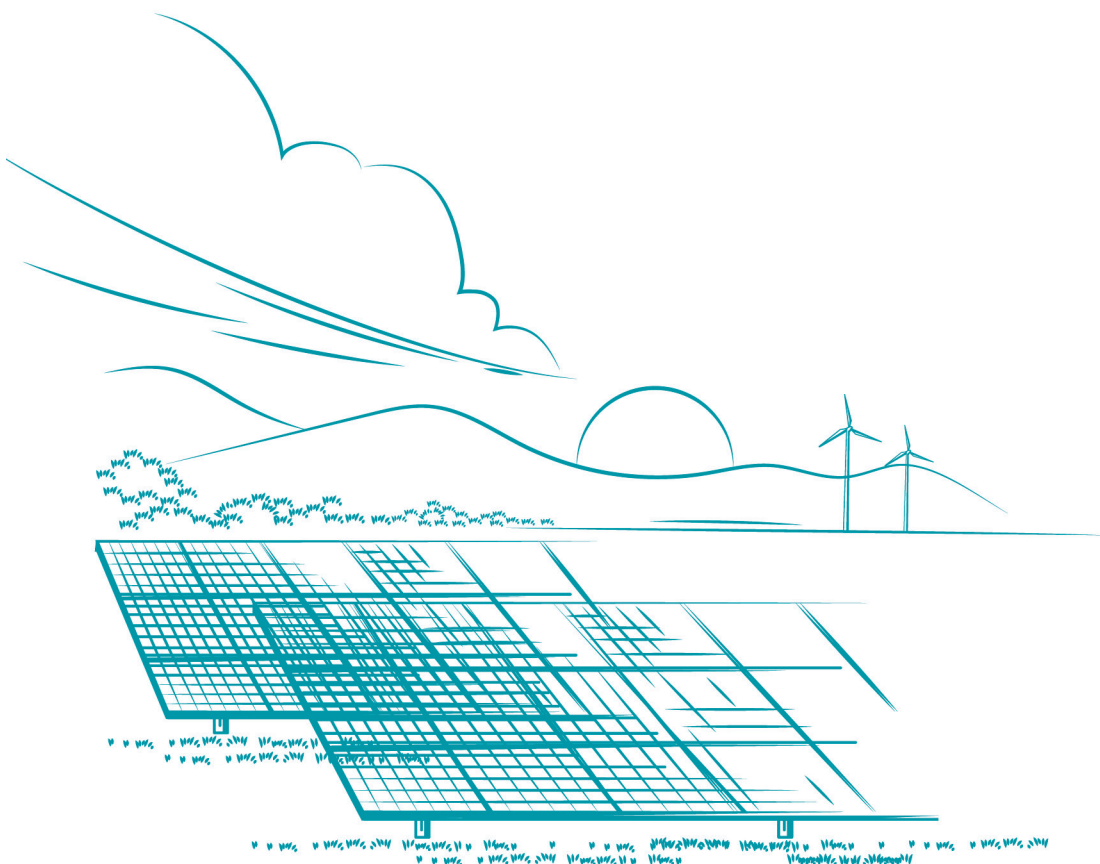
科技创新是实现“碳中和”目标的关键要素。通过科技创新，能够帮助实现减碳、零碳、负碳等技术手段，降低碳排放总量和强度下，平衡减碳与经济增长的矛盾。通过科技创新，一是可突破化石能源利用中的高能耗、高排放等技术瓶颈，实现化石能源高效清洁利用；二是可突破若干支撑碳达峰的关键工艺技术，探索支撑碳中和的颠覆性、变革性技术；三是可突破低成本高效率的风能、太阳能等可再生能源关键技术，以及智能电网、靠储能等核心技术；四是可大幅降低 CCUS 等负碳技术的成本。

2. 商业模式探索：低碳价值化设计，促使产业 / 企业拥有自驱动力

以低碳价值化设计助力企业业务增长，提高产品市场占有率。通过碳中和产业合作方式，将企业的低碳发展目标与业务增长有机结合，帮助企业融资，解决应用节能低碳技术的难题，生产低碳产品，提升其市场竞争力。

此外，以低碳价值化设计可以帮助企业发掘碳资产价值，制定低碳发展品牌战略等。通过创新碳资产管理模式，充分应用碳金融工具等方式，帮助企业利用碳市场获取经济效益、拓宽融资渠道。通过低碳发展品牌战略，提升企业品牌知名度和影响力，进而提升企业低碳竞争力。

二、碳中和产业合作的内涵及外延



（一）碳中和产业合作的内涵及外延

1. 碳中和产业合作的概念

碳中和产业是指对实现我国 2060 年前碳中和目标起到关键支撑作用的重点产业，包括碳中和牵引产业和转型产业，碳中和牵引产业包括可再生能源与清洁能源、新型储能、绿氢制备与多元应用、新型电力系统、负碳产业。碳中和转型产业是指传统产业绿色低碳转型升级，推进传统能源产业、高耗能产业向绿色低碳转型升级，包括传统能源、工业、交通、城市建筑等。

碳中和产业合作就是运用新的技术、模式等来帮助传统的能源产业实现绿色低碳转型，帮助生产、生活方式转型，帮助社会各方面主体合作共同推动转型。本身也是一种新的服务方式，是一种新的商业模式；同时又是一种新的产业业态。

2. 碳中和产业合作的核心要点

为了实现双碳目标，加强产业内部协同及合作是产业良性发展和有序实现产业碳中和的基础和必然要求，而加强产业外部协同及合作往往能够突破产业自身的局限性，打破行业瓶颈，这也是近年来跨界融合使行业的界限变得模糊，引发更加激烈的市场竞争，进而可能使得未来行业发生颠覆性变化的根本原因。

表 1 碳中和产业合作的内涵及外延

要点	概念	释义
目标	碳中和	2060 年前碳中和
主体	产业	转型产业：传统能源产业和高耗能产业； 牵引产业：战略新兴产业、绿色产业、环保产业等。
途径	产业碳中和	能源碳中和、工业碳中和、建筑碳中和、交通碳中和、其他生产及消费碳中和

关键词	碳中和产业合作	碳中和产业合作就是运用新的技术、生产方式、商业模式来帮助传统的能源及相关产业实现绿色低碳转型，推动生产、生活方式转变，带动社会各方面主体积极主动合作实现低碳发展这一共同目标；通过产业合作开辟一种新的以低碳技术为主导的新型生产力，结合与之相适应的商业模式，升级为新的未来产业业态。其本身也是一种新的服务方式，是一种新的商业模式和产业业态。
模式	应用解决方案	落实双碳目标的相关体制、机制、技术、服务等能够落地应用的解决方案，可理解为促进碳中和产业合作的政策工具和技术工具。例如，绿电交易、分布式综合能源服务、数字技术应用、碳市场、贸易、金融、供应链等。

（二）碳中和产业合作的“四化”理论基础

产业碳中和的“四化”是指低碳产业化、产业低碳化、低碳价值化和低碳国际化，以此作为实现能源和产业双转型的理论基础。产业碳中和的“四化”既需要发挥政策顶层设计作用，又需要发挥市场价值驱动作用，形成合力来助推能源和产业双转型。



图4 “四化”理论示意图

1. 低碳产业化

低碳产业化是指通过大力发展低碳技术、产品与装备，加快重点产业领域布局，打造全生命周期绿色低碳产业发展体系。其中涉及技术、装备、产品，及产业布局等多方面内容。

2. 产业低碳化

产业低碳化是指基于“双碳”核算,制定不同产业面向双碳目标的战略,包括目标、路径、阶段性任务、企业社会责任等等。从碳源分布来看,有效降低生产端碳排放是实现碳减排目标的当务之急。

从碳排放行业结构来看,电力、工业和制造业占比最大。根据《中国能源统计年鉴 2020》数据显示,我国具体行业碳排放量中,能源(电力)和工业碳排放占比约 74%,交通占比约 11%,建筑占比约 7%,以上四大领域合计超过了 90% 的碳排放份额。

3. 低碳价值化

低碳价值化主要体现在碳市场活动中,以价值标准和价值增值标准来衡量并引导经济活动。低碳价值化主要是以货币计量、利润导向,为碳交易、碳配额、碳税等围绕碳的市场活动开展奠定基础。

低碳价值化将直接赋予碳市场强大的内生发展动力,并推动传统产业向低碳化发展转型。

4. 低碳国际化

低碳国际化是指低碳转型已经成为全球各个国家共识的背景下,以低碳经济革命为核心的世界低碳经济活动超越国界,通过对外贸易、资本流动、技术转移、提供服务、相互依存、相互联系而形成的全球范围的有机低碳经济整体。低碳国际化是未来世界经济的重要特征之一,也是世界经济低碳化发展的重要趋势。低碳国际是经济全球化低碳转型的重要标志和最终表现形式。

■ (三) 碳中和产业合作的重要意义

落实双碳目标不仅是全社会、全领域、各部门、各地区需要考虑的问题,而且是各行各业必须加强横向交流协作,促进纵向融合发展的问題,只有加强碳中和产业合作才能发挥出跨部门、跨产业的聚集效应,才能高效推进双碳目标实现。

1. 实现双碳目标的复杂性决定必须加强产业横向交流合作与纵向融合发展

双碳是以习近平总书记为核心的党中央，统筹国内国际两大局势作出的重大战略部署，是着力解决资源环境约束突出问题，实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺，实现双碳目标也将是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。可见，实现双碳既是一项宏伟远大的战略目标，更是一项复杂的系统工程，具有涵盖领域宽、包含产业多、时间跨度长、涉及主体多等特点，必须要打破行业壁垒、消除体制桎梏，加强横向交流协作，促进纵向融合发展，才能发挥出跨部门、跨产业的聚集效应。

2. 能源转型和产业转型升级相辅相成保障高质量发展

实现碳达峰碳中和，既是我国积极应对气候变化、推动构建人类命运共同体的责任担当，也是我国贯彻新发展理念、推动高质量发展的必然要求。目前我国正处在转变经济发展方式、调整能源结构、促进产业转型升级的关键期，能源转型与产业转型必须结合起来，相辅相成才能使得双碳目标落到实处。要实现双碳目标，须倒逼调整优化现有产业结构，一方面及时抑制发展高耗能产业的冲动，另一方面要推动战略性新兴产业、高技术产业、现代服务业的发展，拉动巨量的绿色金融投资，带来新经济增长点和新的就业的机会，支撑高质量发展。

3. 新技术新业态能为产业碳中和提供共性技术和工具支撑

第一，能源产业和数字经济深度融合是大势所趋。人工智能、云计算、物联网为代表的新一代信息技术在加速融入经济社会的发展，催生新业态、新模式和新产业，数字经济成为世界主要国家经济的重要增长点。能源产业是工业经济的基础，为推动人类社会工业化进程做出了重要的积极作用。

数字经济也为能源产业发展带来了新机遇，能源产业逐步呈现出绿色化、智能化、数字化的属性，实现绿色可持续发展是能源产业和数字经济融合的一个核心任务和目标。国内外能源企业正在以数字要素为驱动，数字技术应用融合为主线，加速转型升级和发展。

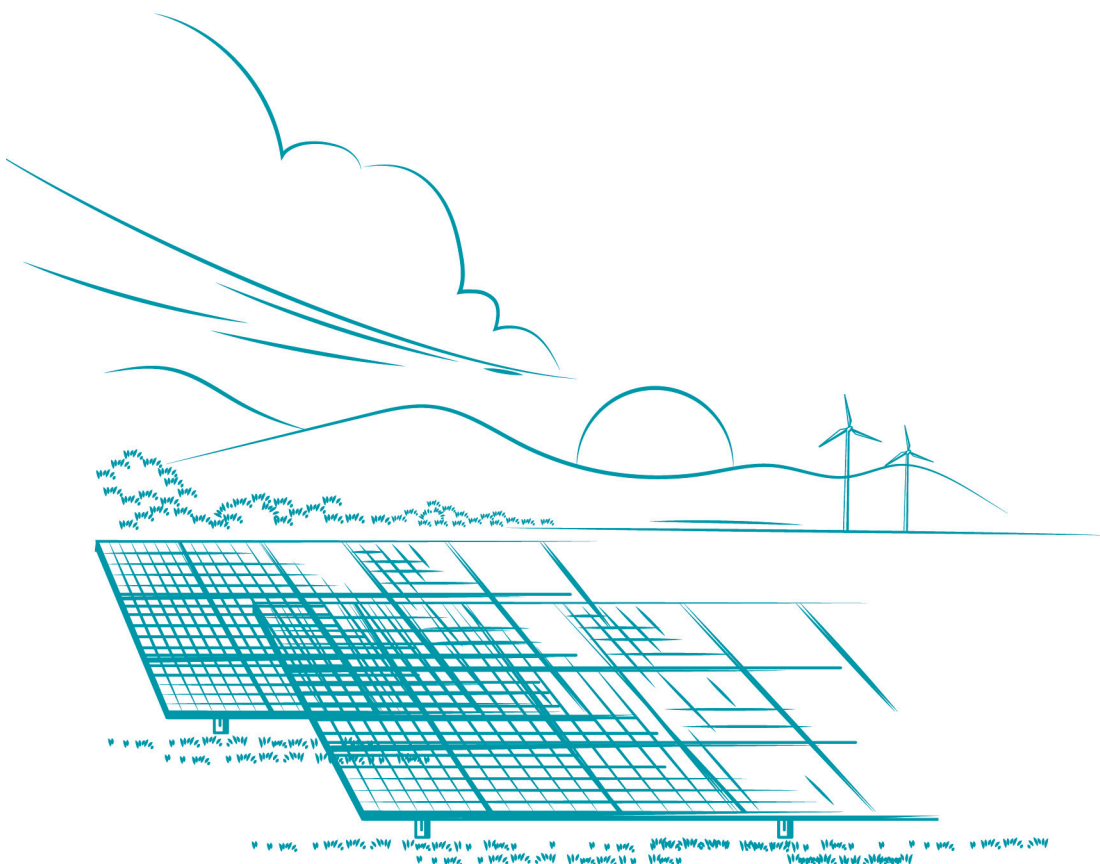
第二，产业融合的关键是加速提升协同创新能力。产业融合是伴随着技术变革

和技术扩散衍生出的一种新的经济形态。新一轮科技革命深入发展，多学科知识交叉会聚，多领域技术融合集成的特点日益突显，科技创新，产业融合的关系更加鲜明，一方面通过建立战略联盟和创新投资的模式，构建合作伙伴创新的生态，破除能源各个种类，能源行业之间的壁垒，重构能源和相关产业体系。

第三，推动能源革命，需要加快能源融合的发展。推动能源革命，加快绿色低碳科技革命需要推动多种能源协同互补，加快能源与建筑、交通、工业等领域的协同发展。能源融合发展要以能源绿色低碳发展为核心，突出跨界融合、要素融合、产业融合与区域融合，从技术层面发挥传统能源和新能源禀赋优势，融合成为稳定可靠安全的能源，将供需互动融合在一起形成能源流、信息流、价值流等多流融合的模式。

全球双碳背景下，我们应立足当前能源发展的现状和能源产业融合发展的总体趋势，准确把握能源格局重构、能源产业链重塑、能源产业链转型、能源技术创新革命，积极应对煤炭清洁化利用，油气对外依存度的攀升，还有新能源未来支柱产业不明朗的三大挑战，聚焦减煤、稳油、增气，大力发展新能源两大方向，布局煤炭、油气、新能源三大战略，开展能源供给侧、能源消费侧、能源技术侧、能源体制的四大革命，推动向高价值链的延伸和升级。

三、碳中和产业合作遵循的基本思路



实现双碳目标既是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，也是一项宏伟远大的战略目标，更是一项复杂的系统工程，具有涵盖领域宽、包含产业多、时间跨度长、涉及主体多等特点，必须要打破行业壁垒、消除体制桎梏，加强横向交流协作，促进纵向融合发展，才能发挥出跨部门、跨产业的聚集效应。

（一）碳中和产业合作要契合“四化”的特征

产业低碳化的实质是高能源利用效率和清洁能源高占比，核心是低碳技术通过不断创新形成产业化、价值化，低碳产业化才能真正实施。碳中和产业合作的理论基础就是产业低碳化、低碳产业化、低碳价值化和低碳国际化。能源、工业、交通、建筑等主要领域不断交叉融合，并利用国际化、科技创新、金融支持、数字化革新、市场推动、供应链体系等合作模式，推动低碳产业化和价值化，最终实现产业低碳化。

（二）碳中和产业合作要以能源低碳化为基础

当前我国的能源资源禀赋仍以煤为主。从长远来看，加快形成清洁低碳、安全高效、多元互补的现代能源供给体系，不仅能增强能源保供的底气，也是助力“双碳”目标实现的必由之路。

能源是全社会实现双碳转型的基础，能源贯穿工业、交通、建筑、农业等社会的各个领域，相关数据显示，我国能源碳排放占碳排放总量达到 80%，碳中和产业合作要以能源低碳化为基础，辅以 CCUS、产品循环利用、碳交易、碳金融等合作模式，逐步实现双碳目标。

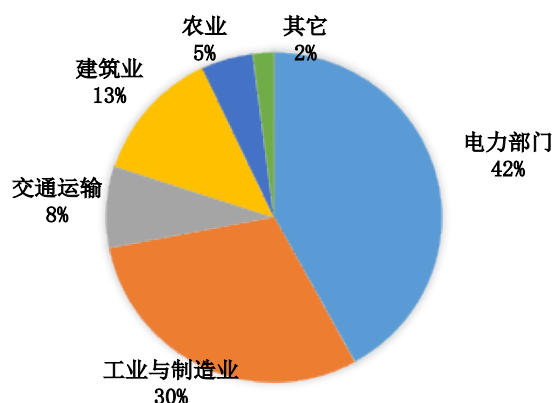


图 5 2020 年我国碳排放行业结构

（三）碳中和产业合作要重视商业模式的开发创新

2021年双碳目标提出以来，“1+N”顶层设计逐步完善，社会各界对于低碳转型的投入大幅提高，新思想、新技术层出不穷，包括新能源的开发、新型储能、新能源汽车以及充电设施的成规模投建迅速颠覆传统的能源产业，随着补贴的退坡，在“后补贴”时代，能源低碳技术能否实现价值化制约着能源低碳转型的进程。

未来伴随中国碳达峰、碳中和目标任务的推进，将撬动规模庞大的绿色低碳产业投资，也将带来相关领域的长足发展。海量的资金、人力和物力的投入将对各个产业产生深远的影响，碳中和产业合作的商业模式必须要适应这种变化。

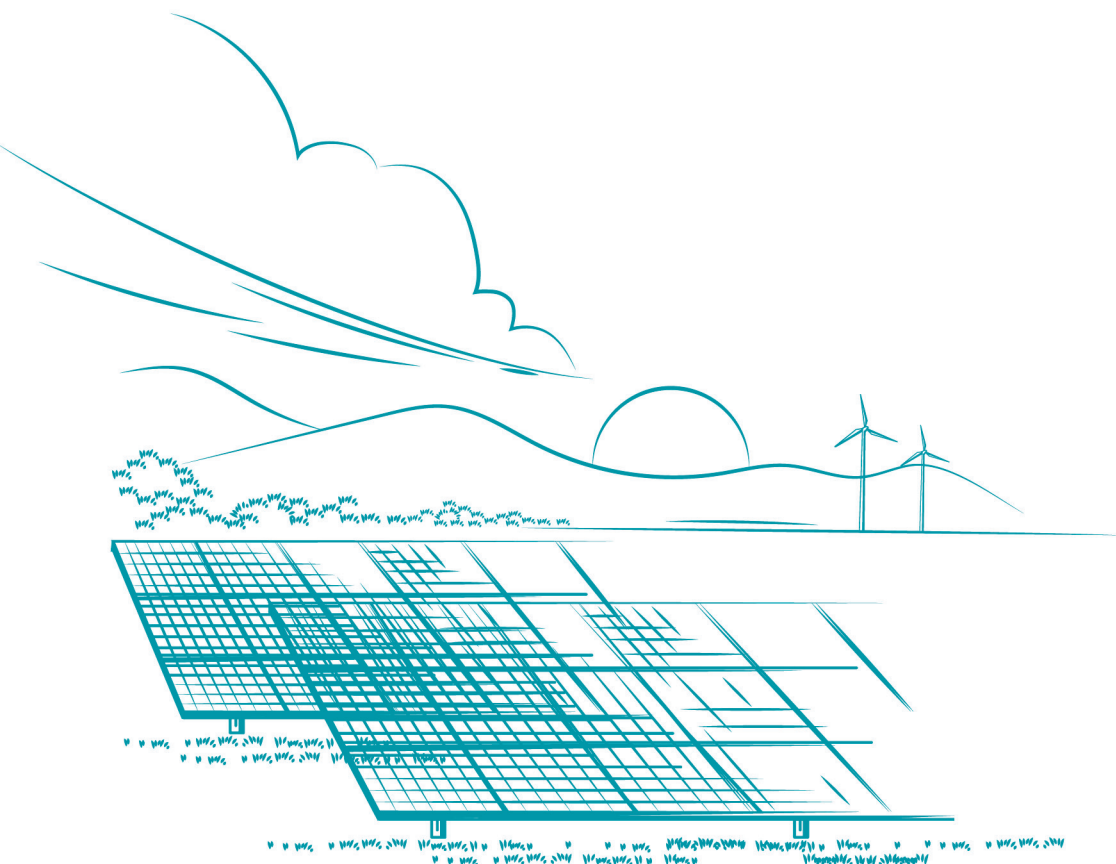
（四）碳中和产业合作要推动相关政策落地

碳中和产业合作要打破产业间的界限成为一种新的产业业态、新的商业模式，由于“1+N”政策体系是自上而下逐步完善的，因此产业合作的具体政策尚未完全落地，造成新的商业模式难以持续、新的产业业态难以完善，后续建议政策制定者逐步推动碳中和产业合作相关政策落地，为合作方提供政策及激励支持，从而实现商业模式的可持续发展。



图 6 碳中和产业合作的基本思路

四、碳中和产业合作的典型模式



基于“四化”理论，结合四大领域（能源、工业、交通、建筑）的特征，提出能源、科技、数字化技术、金融、消费、碳市场、供应链、国际交流合作的碳中和产业合作八大模式。

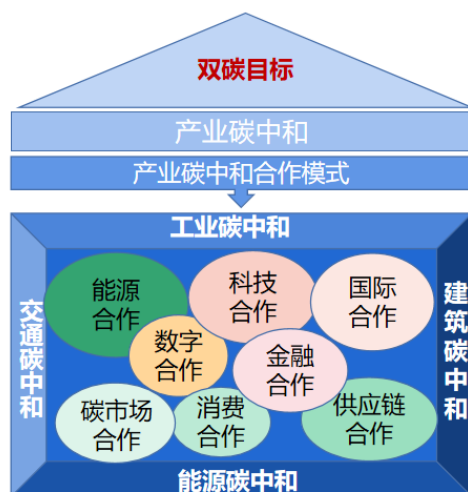


图 7 中国碳中和产业合作概念及服务体系

	能源领域	工业领域	交通领域	建筑领域
国际合作	碳边境调节机制、碳关税、国际交流、国际标准和技術合作等			
金融合作	碳资产管理、碳资产、绿色金融、ESG 等			
供应链合作	绿色原材料采购、绿色原材料供应、绿色供应链、绿色物流等			
消费合作	碳普惠、绿色消费、绿色包装、绿色出行、消费品循环利用等			
碳市场合作	碳排放权交易市场、碳核查、碳标准、碳审计、碳计量等			
数字合作	数字技术应用：数字孪生、碳大数据、物联网、人工智能、区块链等			
科技合作	低碳与零碳工艺流程再造、CCS/CCUS、低碳技术研发、碳中和管理体系合作等			
能源合作	节能服务、多能融合、能源平台、储能、分布式能源等			

图 8 重点产业碳中和合作模式

（一）能源合作是推动双碳发展的主战场

能源领域是推动双碳发展的主战场，加快能源绿色低碳发展，是推动经济社会

发展全面绿色转型的关键。二十大报告提到要加快规划建设新型能源体系，推动能源清洁低碳高效利用，逐步将从工业革命以来建立的以化石能源（如煤炭、石油、天然气）为主导的能源体系，转变为以非化石能源为主导的绿色能源体系。

能源合作典型模式：

1、节能降碳与能源效率提升

节能具有贯穿经济社会发展全过程和各领域的功能优势，其减排降碳的作用更为显著和直接，通过节能工作持续提高能效、降低碳排放量，是实现碳达峰、碳中和目标的重要手段之一。

节能服务合作主体为两方，一方是节能服务企业；另一方是从事能源生产（产品包括电力、热力等）或消费企业。

从事能源生产或者使用能源消费从事其他生产的企业，生产流程中会产生大量的能源浪费现象（主要为电力或热力的损耗），因此接受节能服务的目的是减少能源消耗，提高能源使用效率，降低污染排放等问题。

2、构建多能融合体系

双碳战略目标下，能源融合是实现能源低碳发展的重要路径、有效途径，也是必由之路。

各能源产业必须深度融合、优化组合。风电、光伏等新能源具有间歇性、波动性、随机性等问题，水电也具有季节性，而供能系统和电力系统需要的是稳定供应、可控可调。因此新能源只有融合传统能源，才能够提供稳定的电力供应，与此相反煤电这样的高碳能源，也只有融合了新能源才能够实现降碳的目标。

3、能源交易与云平台搭建

常见能源包括煤炭、石油、天然气、电能以及热能等，通常可以作为商品进行贸易，能源价格的波动对于全社会各个领域均会产生较大的影响，因此建立全国或区域性的

能源交易中心（平台），可以最大程度地优化资源配置，提高能源利用率，更好地落实国家对于能源类大宗商品保供稳价的决策部署，为实现“双碳”目标打下坚实基础。

4、储能技术及应用

随着双碳目标的持续推进，可再生能源的开发得到高度重视，在高比例不稳定的可再生能源消纳压力下，储能作为新型电力系统构建的重要基础，不断获得政策加持。

国务院印发的《2030年前碳中和行动方案》以及国家发改委和国家能源局印发的《关于加快推动新型储能发展的指导意见》均提出到2025年实现新型储能装机规模30GW以上的发展目标，到2030年，抽水蓄能电站装机容量达到120GW。

5、分布式能源技术及应用

国家出台的关于双碳的“1+N”政策体系中，发展新型能源体系至关重要，其中分布式能源将承担重要角色。国务院总理李克强在国家能源委员会会议上强调“完善鼓励分布式能源发展的机制和政策，理顺能源价格体系，还原能源商品属性，充分发挥市场配置资源的决定性作用和更好发挥政府作用，构建公平竞争的能源市场体系”。《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》以及《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》均提到要引导分布式能源、微电网、储能和负荷聚合商等新兴市场主体独立参与电力交易。

■ | （二）科技合作是推动双碳发展的核心驱动力

碳达峰碳中和是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，事关中华民族永续发展和构建人类命运共同体，科技创新是实现碳达峰碳中和的关键。2022年8月18日，科技部、国家发展改革委、工业和信息化部等9部门联合发布《科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）》（以下简称《方案》），提出支撑2030年前实现碳达峰目标的科技创新行动和保障举措，并为2060年前实现碳中和目标做好技术研发储备。在企业或产业层面，碳中和科技合作形式主要有：低碳与零碳工业流程再造、低碳零碳技术联合研发和转化、碳捕集封存与利用（CCUS）、新能源绿色低碳科技创新、管理体系合作、创新平台合作共建和国际合作等方面。

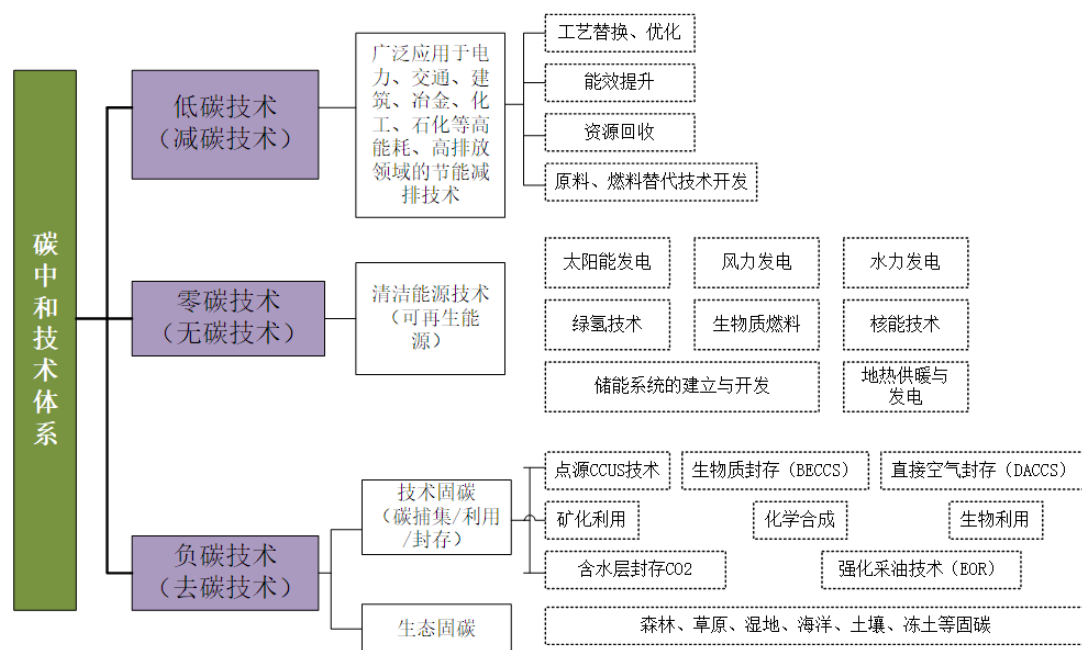


图 9 碳中和技术体系

科技合作典型模式：

1、低碳与零碳工业流程再造

面向传统工业部门开展低碳与零碳工业流程再造技术创新与推广应用，聚焦低碳零碳钢铁、水泥、化工、有色等资源循环利用与再制造等方面技术应用开展广泛的合作。

2、城乡建设与交通低碳技术联合研发与示范转化

在建筑和交通领域大力推动绿色低碳技术研发与示范转化，包括光储直柔供配电、建筑高效电气化、热电协同、低碳建筑材料与规划设计、新能源载运装备、绿色智慧交通等方面科技合作。

3、碳捕集利用与封存技术能力提升

围绕碳中和愿景下对负碳技术的研发需求，开展负碳技术研发合作，包括碳捕集利用与封存（CCUS）技术、碳汇核算与监测技术、生态系统固碳增汇技术、非

二氧化碳温室气体减排与替代技术。聚焦碳捕集利用与封存（CCUS）技术的全生命周期能效提升和成本降低，当前以二氧化碳捕集和利用技术为重点，开展 CCUS 与工业过程的全流程深度耦合技术研发及示范；着眼长远加大 CCUS 与清洁能源融合的工程技术研发，开展矿化封存、陆上和海洋地质封存技术研究，实现捕集成本大幅下降。

4、能源与新能源技术研发与标准化合作

不同创新主体要大力推进非化石能源标准化、加强新型电力系统标准体系建设、加快完善新型储能技术标准、加快完善氢能技术标准、进一步提升能效相关标准、健全完善能源产业链碳减排标准。

5、前沿颠覆性技术研发合作

围绕前沿颠覆性低碳技术创新行动，聚焦新能源开发、二氧化碳捕集利用、前沿储能等重点方向基础研究最新突破，加快培育颠覆性技术创新路径，建立前沿和颠覆性技术的预测、发现和评估预警机制，定期更新碳中和前沿颠覆性技术研究部署。聚焦碳捕集利用与封存（CCUS）技术，开展全生命周期能效提升和成本降低，聚焦 CCUS 与清洁能源融合的工程技术研发，开展矿化封存、陆上和海洋地质封存技术研究。

6、碳达峰碳中和管理体系合作

加强科技创新对碳排放监测、计量、核查、核算、认证、评估、监管以及碳汇的技术体系和标准体系建设的支撑保障等内容，开展双碳管理体系合作。

7、碳达峰碳中和平台共建

在碳达峰碳中和创新平台建设方面，“十四五”时期，我国将继续建立健全碳达峰碳中和技术实验室体系、碳达峰碳中和国家技术创新中心和低碳技术新型研发机构。

在碳达峰碳中和人才建设方面，我国将持续加强碳达峰碳中和战略科学家、科技领军和创业人才培养。

■ （三）数字合作是推动双碳发展的加速器

数字化是促成“双碳”目标的技术推动力。从微观层面看，助力企业数字化转型，可实现降本增效；从中观层面看，推动农业、工业、服务业等传统产业数字化转型，可赋能千行百业，提高全要素生产率。在数字经济强有力地驱动下，实体经济各领域正以前所未有的速度向绿色化、低碳化方向发展，以智能、节能、绿色、低碳为特征的新产品、新服务快速涌现，成为实现“双碳”目标的重要引擎。

数字合作典型模式：

1、物联网和碳大数据

在实现双碳目标的过程中，物联网将发挥重要作用。由物联网构成的各种系统，能够有效监测、分析和管理碳排放。各类物联网企业更是碳中和的重要参与者和引领者，利用科技的力量，致力于提高能源利用效率，进一步加强节能减排。

物联网与 5G、人工智能、区块链等技术相结合，能够从环境中采集大量的数据，辨识和分析其中存在的能效改进机会点，并且给出合理的行动建议。

2、数字孪生与新基建

充分依靠云计算、区块链、人工智能等新兴技术的数字孪生技术，可以全面赋能智慧电网、智慧电厂，实现电力生产、电网运维全过程全覆盖实时监测，使电网“可观、可控、可测”。

3、人工智能

人工智能通过用电、电价、天气数据，可识别其中的数据模式，基于模式预测未来概率；可识别图像或视频中的实体与条件；可利用设备、装置及其传感器数据，实现物理资产的智能协调与能源系统的自动化。

人工智能可更好地预测太阳能和风电场的电力产量，最大限度地可将再生电力入网。

4、区块链

能源大宗交易引入区块链技术可以按照预先设置的触发条件自动执行买卖条款，推进电子文件、智能合同和认证转让，不仅能够帮助企业实现前所未有的效率，同时降低交易成本和风险。

（四）碳市场合作是推动双碳发展的重要政策工具

2021年7月16日，全国碳排放权交易市场正式开启。碳排放交易市场，是指将碳排放的权利作为一种资产标的，来进行公开交易的市场。碳市场的主要参与者包括：政府（制定政策制度、确定配额分配）、控排企业（市场配额及CCER的需求方）、减排企业（卖出多余配额）、自愿减排企业（生产CCER）、中间商（倒卖配额及CCER）、第三方核证机构（盘查控排企业、核证CCER减排量）、咨询公司（帮助业主方开发CCER及提供相关服务）。



31

图 10 碳市场大事件记

碳市场合作典型模式：

1、碳标准

完善碳排放基础通用标准体系、加强重点领域碳减排标准体系建设、加快布局碳清除标准体系、健全市场化机制标准体系、完善计量技术体系等。

2、碳中介：碳核查、碳审计、碳计量

碳中介为碳排放企业提供碳核查、碳审计以及碳计量等服务。例如碳核查涉及到排放单位、核查机构和监管部门等多方参与，建立起各方之间的信任机制和业务协同体系至关重要。

3、碳排放权交易

碳排放权交易是实现碳达峰、碳中和目标的重要政策工具，可以激励新能源产业或非化石能源产业，以解决减排的正外部性问题，同时约束抑制化石能源产业，解决碳排放的负外部性问题。

■ | （五）消费合作是推动双碳发展的需求牵引力

建立健全绿色低碳循环发展经济体系，加快形成绿色生产和绿色消费至关重要。以绿色消费推动绿色低碳循环发展，不仅要在消费各领域全周期全链条全体系深度融入绿色理念，而且要以更加宽广的视野谋划促进绿色消费，并以此推动绿色低碳循环发展。

消费合作典型模式：

1、碳普惠

碳普惠制是为市民和小微企业的节能减碳行为赋予价值而建立的激励机制。相比全国碳交易市场，碳普惠最大的优势在于减排量认定和交易的门槛低、成本低，所有有意愿的企业或个人都能够自愿参与碳交易，通过‘零售’模式基本实现碳交易零门槛。

目前包括上海、重庆、广东、深圳等地方出台了个人碳普惠的相关政策及规划。部分企业也开发了碳普惠平台，包括国电投碳普惠平台、腾讯碳 LIVE 等。

2、绿色消费：绿色出行、绿标产品

绿色消费，是指一种以适度节制消费，避免或减少对环境的破坏，崇尚自然和

保护生态等为特征的新型消费行为和过程。《促进绿色消费实施方案》明确到 2025 年，绿色消费理念深入人心，奢侈浪费得到有效遏制，绿色低碳产品市场占有率大幅提升，重点领域消费绿色转型取得明显成效，绿色消费方式得到普遍推行，绿色低碳循环发展的消费体系初步形成。

3、绿色消费品回收利用

通过建立激励机制促进企业和个人提升绿色消费品回收利用行为。

（六）金融合作是推动双碳发展的资金保障

实现碳达峰、碳中和是我国向世界作出的庄严承诺，也是一场广泛而深刻的经济社会变革。资本市场作为优化金融资源配置的重要平台，具有多元化全周期融资功能，在引导资金持续支持实体经济绿色低碳转型方面具有重要意义。

金融合作典型模式：

1、碳资产管理

碳资产管理则主要发生在“金融机构—碳控排企业”以及“碳控排企业—碳资产服务机构”之间，这一职能主要依托碳资产管理工具而产生，因此碳资产管理天然地较接近碳控排企业，有望成为控排企业用来管理、盘活碳资产的重要手段或途径。

2、ESG

建立中国 ESG 体系是建立绿色金融体系、规范可持续投资行为、企业绿色高质量发展、实现碳达峰碳中和路径的需要。

3、绿色金融：绿色信贷

加大对清洁能源、绿色制造、绿色建筑、绿色交通、绿色消费等领域的信贷支持，推出针对碳资产、排放权等相关权益的信贷创新产品，支持节能减排、减缓气候变化相关项目的技术创新与推广。

■ | （七）供应链合作是推动双碳发展的循环动力

气候变化是事关人类命运的重大挑战，2020年9月中国提出“努力争取2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和”的应对气候变化的新目标，习近平总书记在2020年12月的气候雄心峰会上大力倡导绿色低碳的生产生活方式。为了更好地实现碳达峰碳中和的双碳目标，作为承担应对气候变化目标的重要主体，企业在降低自身碳排放的同时，还要促进供应链成员共同实现碳减排。在利益相关者的共同参与下，供应链各主体碳减排管理的协同变得更加重要。

供应链合作典型模式：

1、绿色采购

多家能源类央企、国企接连推出自己的电商平台。这些平台多在结合企业主营业务的同时，根据企业物资采购经验，依托互联网做大商业规模，一方面可以大量减少人力、物力，降低了成本，另一方面突破了时间和空间的限制，使得交易活动可以在任何时间、任何地点进行，从而大大提高了效率。

2、绿色包装

我国包装产生的废弃物约6650万吨，其中约50%不能回收再利用，约带来大于7000万吨的碳排放。绿色包装能重复使用和再生，可以有效降低碳排放。

3、绿色供应链

《工业领域碳达峰实施方案》提出构建绿色低碳供应链，支持汽车、机械、电子、纺织、通信等行业龙头企业，在供应链整合、创新低碳管理等关键领域发挥引领作用，将绿色低碳理念贯穿于产品设计、原料采购、生产、运输、储存、使用、回收处理的全过程，加快推进构建统一的绿色产品认证与标识体系，推动供应链全链条绿色低碳发展，鼓励“一链一策”制定低碳发展方案。

4、工业品循环回收利用

大力发展再制造产业,加强再制造产品认证与推广应用。建设资源综合利用基地,促进工业固体废物综合利用。

■ | (八) 国际合作是推动双碳发展的重要渠道

国际合作是推动双碳发展的重要渠道。碳达峰碳中和国际合作体现在深度参与全球绿色低碳创新合作,构建与有关国家的双边和多边机制,组织实施碳中和国际科技创新合作计划,支持建设区域性低碳国际组织和绿色低碳技术国际合作平台,深入开展“一带一路”科技创新行动计划框架下碳达峰碳中和技术研发与示范国际合作,适时启动相关领域国际大科学计划。

国际合作典型模式:

1、碳边境调节机制：碳关税

碳边境调节机制也被称作碳关税或碳边境调节税,在国际贸易中,进出口国的一方要求进口或出口的高碳产品缴纳或退还一定税率的税费或者碳配额的行为。自从我国 2021 年成立统一碳市场以来,国内碳平均价格在 2021 年为每吨二氧化碳 40-50 元,相比于 100 美元的碳边境调节税要低得多,我国企业在国内碳市场中直接购买碳配额要比缴纳碳边境调节税更加经济,更加有利于中国企业发展。

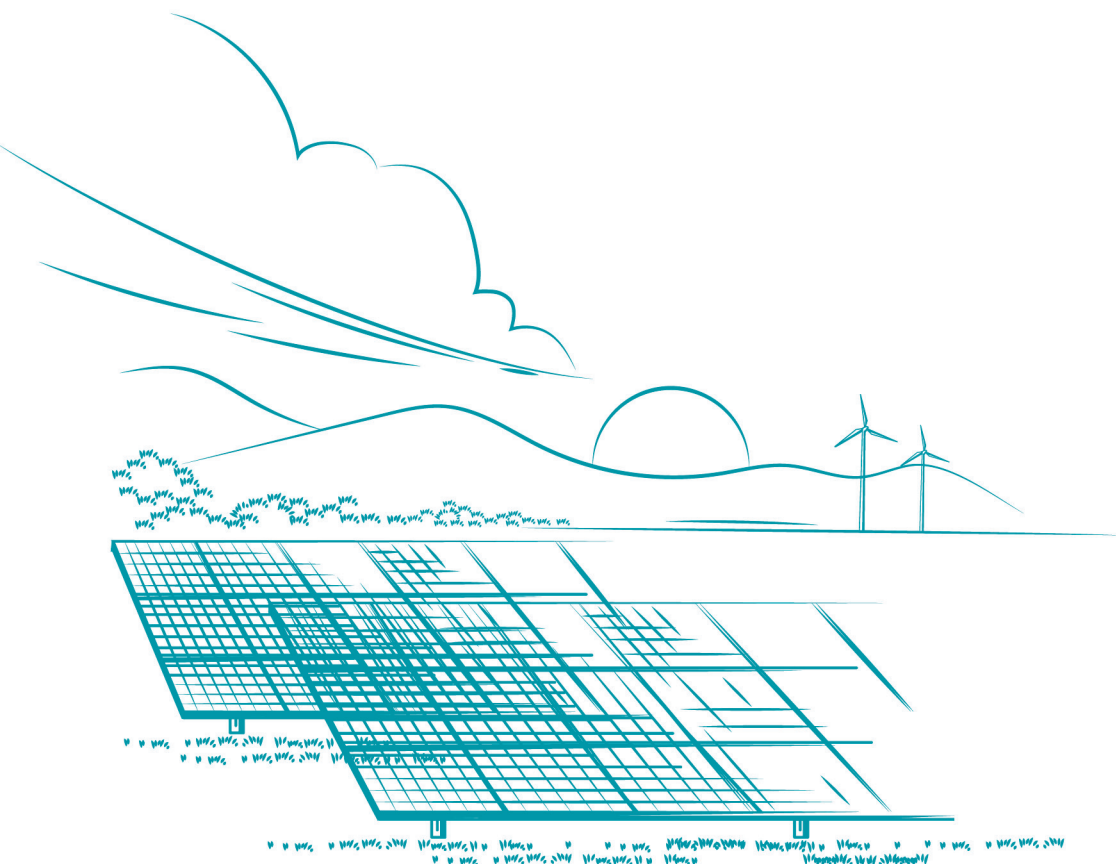
2、国际交流

深度参与全球绿色低碳创新合作,构建与有关国家的双边和多边机制,组织实施碳中和国际科技创新合作计划,支持建设区域性低碳国际组织和绿色低碳技术国际合作平台等。

3、国际标准和技術合作

各类绿色低碳标准是实现碳达峰、碳中和不可或缺的技术基础,是各个共同应对气候变化国际挑战的重要途径,对实现碳达峰碳中和目标起到重要的支撑和引领作用。

五、碳中和产业合作结论及展望



（一）碳中和产业合作结论

1、碳中和产业合作的本质是产业升级，实现路径需要满足“四化”要求，即产业低碳化、低碳产业化、低碳价值化和低碳国际化，“四化”是能源和各个产业转型的基础；碳中和产业合作要通过各产业、各部门间协同创新，打造全生命周期绿色低碳产业发展体系，加强国际间的交流合作，引导并赋予碳市场经济活动价值化，共同推动产业转型升级，实现低碳化，最终达成全社会碳中和的目标。

2、碳中和产业合作是在双碳背景下诞生的一种新的产业服务方式，也是一种新的商业模式和产业业态，就是运用新的技术、模式等来帮助传统的高碳产业实现绿色低碳转型，帮助生产、生活方式转型，能够帮助社会各方面主体合作共同推动转型。

3、碳中和产业合作模式可归纳为能源合作、科技合作、数字合作、碳市场合作、消费合作、金融合作、供应链合作、国际合作等八大合作模式，这八大模式涵盖了能源、工业、交通、建筑等行业，阐述了碳中和产业合作的类型、模式、作用、价值等内容，希望为碳中和产业各方面主体提供指导帮助。

（二）碳中和产业合作展望

碳中和产业合作未来大有可为。在国际双碳转型背景及我国“1+N”政策体系的指导下，碳中和产业合作具备广阔的发展前景、清晰的发展方向、良好的政策激励及丰富的合作手段。

中国是一个以煤炭等化石能源为主体的高碳排放国家，虽然新能源等低碳技术发展迅速，但是短时间内仍然难以彻底改变煤炭为主的能源结构，可以说实现碳中和的挑战依然艰巨，但同时也为碳中和产业合作带来了三大机遇，未来可期。

战略机遇：中共二十大报告明确提出，积极稳妥推进碳达峰碳中和。自2020年9月以来，中国坚定不移推进碳达峰碳中和工作，建立了统筹协调机制，推动能源清洁低碳高效利用，推动产业优化升级，巩固提升生态系统碳汇能力，完善绿色低碳政策体制，同时积极参与和应对全球气候变化全球治理，积极履行应对气候变化国际义务。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，这也为

碳中和产业合作提供了战略机遇。

政策机遇：2022 年，“1+N”政策体系已经建立，包括能源、工业、城乡建设、交通运输、农业农村等重点领域实施方案以及煤炭、石油天然气、钢铁、有色金属、石化化工、建材等重点行业实施方案均已发布，科技支撑、财政支持、统计核算、人才培养等支撑保障方案也在逐步落地。碳中和产业合作要把握政策机遇，研究政策、用好政策。

发展机遇：中国是世界上第二大经济体、第一大货物贸易国、拥有十四亿人口的超大市场，同时中国也是世界第一大碳排放国家，根据中国碳排放数据库 CEADs 数据显示，2019 年碳排放量接近 100 亿吨，实现碳达峰以及碳中和的任务无比艰巨，但是中国庞大的经济规模以及巨大的市场为碳中和产业提供了巨大的发展空间，未来碳中和产业合作大有可为。