



亿欧智库 <https://www.iyiou.com/research>

Copyright reserved to EqualOcean Intelligence, May 2022

# 2022全球低碳创新应用研究报告

2022 Global Low Carbon Innovation Application Research



研究报告

# 序言

## INTRODUCTION

受COVID-19疫情相关限制措施的影响，2020年全球化石燃料二氧化碳排放量下降5.6%，但二氧化碳、甲烷和一氧化氮在大气中的浓度在2020-2021年继续增加。据世界气象组织测算，2021年（1月至9月）全球平均温度比1850-1900年前的平均温度高出约 $1.08 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$ 。受温室气体浓度上升影响，全球海平面在过去的8年中，以每年4.4毫米的速度加速上升，在2021年达到历史新高。此外，冰川和冰盖的损失也不容乐观，整个北极地区海冰范围在2021年7月上旬已经达到历史最低点。

这些触目惊心的数据都表明：降碳已是刻不容缓。2021年10月11日，联合国《生物多样性公约》第十五次缔约方大会（COP15）在昆明召开。同年11月1日，《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会（COP26）在英国格拉斯哥召开。从昆明到格拉斯哥，从COP15到COP26，国际社会日益意识到，地球生态系统是一个不可分割的整体，应对气候变化、生物多样性丧失等挑战，需要国际社会携手同行，共同应对。在COP26会议期间，俄罗斯、印度也相继宣布了碳中和的明确时间。无论是应对气候变化还是碳中和，中国都展示了面对问题的决心和具体的行动路线，彰显推进全球气候治理的中国担当。

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向国际社会作出碳达峰、碳中和的郑重承诺。随后，这一“3060目标”被纳入“十四五”规划建议，中央经济工作会议也首次将做好碳达峰、碳中和工作列为年度重点任务之一。实现碳中和亟需发展以新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，加快技术与经济社会各领域融合发展。

本报告整理了迈向碳中和的八项关键低碳新兴技术目前的在各人类生产生活场景（低碳建筑、低碳能源、低碳园区、低碳工业、低碳消费）落地情况，这些技术包括：人工智能(AI)、物联网(IoT)、区块链、清洁能源技术、数字孪生、大数据以及机器人技术。这些技术潜力巨大，不仅是实现碳中和的钥匙，同时也帮助地球建设了一个通往未来的数字生态系统。

# 目录

## CONTENTS

气候变化与全球碳中和行动	4
中国碳中和提出背景与意义	6
中国实现碳中和承诺的机遇与挑战	8
全球碳中和思路框架	9
中国碳中和思路框架	10
六大重点减碳场景	14
中国碳中和核心突破-八大低碳前沿技术	15
低碳前沿技术产业图谱	16
低碳前沿技术在碳循环中的作用	17
低碳前沿技术应用场景之低碳交通	18
低碳前沿技术应用场景之低碳建筑	20
低碳前沿技术应用场景之低碳能源	22
低碳前沿技术应用场景之低碳园区	24
低碳前沿技术应用场景之低碳工业	26
低碳前沿技术应用场景之低碳消费	28
低碳前沿科技未来发展洞察	30

## 由温室气体导致的自然灾害频发，严重威胁到人类生存环境，造成大量人员伤亡与财产损失



据世界气象组织测算，2021年（1月至9月）全球平均温度比1850-1900年前的平均温度高出约 $1.08 \pm 0.13^{\circ}\text{C}$ 。由温室气体导致的自然灾害频发。

### 极寒

从2020年末开始的La Niña现象，一直覆盖到2021年年初，一场极寒由北到南覆盖中国。

2021年7月，位于热带的巴西出现了零下 $10^{\circ}\text{C}$ 的低温，令不少巴西国民冻死冻伤。

### 暴雨

2021年7月，据中央气象台数据公布，河南郑州降雨量最高达到一小时200毫米。遇难292人，失踪47人。

同月，欧洲的法国、德国、比利时、荷兰、卢森堡等地大范围降雨，德国已经报告至少133人死亡、仍有大量人员失踪；比利时27人死亡、多人失踪。

### 干旱

2021年5月，湖面面积四百多平方公里的墨西哥第二大湖泊因为干旱而干涸殆尽。

同年6月，美国加利福尼亚的旧金山湾区大部分地区处于极端干旱状态，总面积超过3.7万平方公里。

非洲岛国马达加斯加南部遭遇了40年来最严重的干旱。

### 极热

由于强劲的El Niño现象，2021年是有记录以来最热的一年。

俄罗斯首都莫斯科在该年5月18日经历了历史性的高温，当天该市最高温度为 $30.4^{\circ}\text{C}$  ( $85.7^{\circ}\text{F}$ )。次日，北极圈内多处温度超过 $30^{\circ}\text{C}$ 。

美国加州死亡谷地区创新记录，最高气温突破 $50^{\circ}\text{C}$ ，地表温度高达 $81^{\circ}\text{C}$ 。

### 台风

2021年前三季度台风灾害共造成567万人次受灾，直接经济损失280.8亿元。

2021年9月8日，飓风“艾达”已在全美多个州造成82人死亡，美国灾后恢复工作“无从下手”。

同年5月14日，中国苏州和武汉遭受强龙卷风袭击，局地最大风力17级。

### 山火

2021年7月，加拿大西部近期遭遇破纪录高温天气导致山火，已造成上百人死亡，形势逐渐恶化。在不列颠哥伦比亚省，共有168起山火正在燃烧。

同年8月，美国全境内有93处大规模山火在燃烧，分布在13个州，过火面积超过10131平方公里。

注：La Niña现象指太平洋中东部海水异常变冷的情况；El Niño是发生在热带太平洋海温异常增暖的一种气候现象。

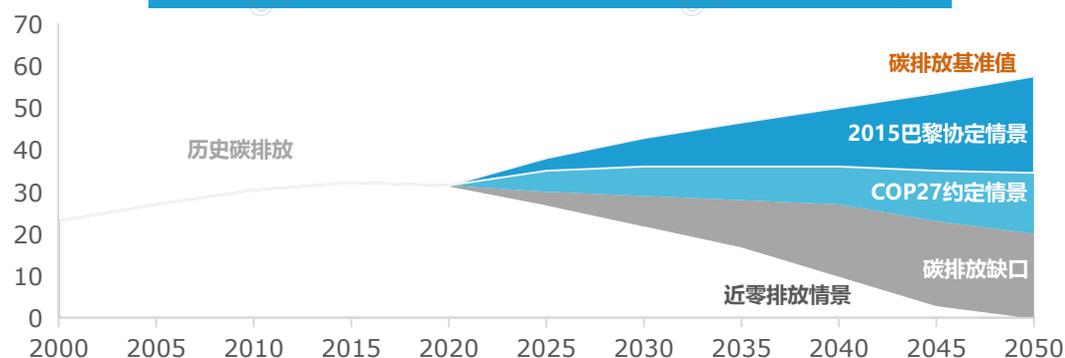
全球GDP Top10国家的碳中和承诺		
国家	净零目标	承诺性质
美国	2050	政策宣示
中国	2060	政策宣示
日本	2050	政策宣示
德国	2045	法律规定
印度	2070	政策宣示
英国	2050	法律规定
法国	2050	法律规定
意大利	2050	政策宣示
巴西	2050	政策宣示
加拿大	2050	政策宣示

来源：公开资料、亿欧智库整理

- 全球范围内目前已有数十个国家提出了碳中和的目标，14个国家完成相关立法，33个国家在政策文件中宣誓，19个国家发表了公开声明或承诺，57个国家将碳中和纳入提案当中。
- 全球GDP前10的国家皆以政策宣誓或法律规定的形式明确提出了明确的净零目标。其中中国、印度、美国、日

本、德国五国是全球煤电Top10生产国家，确立国家层面的碳中和决心对全球碳中和进程将产生决定性的影响。

亿欧智库：2000-2050年各情景下碳排放对比 (GTCO<sub>2</sub>-eq)

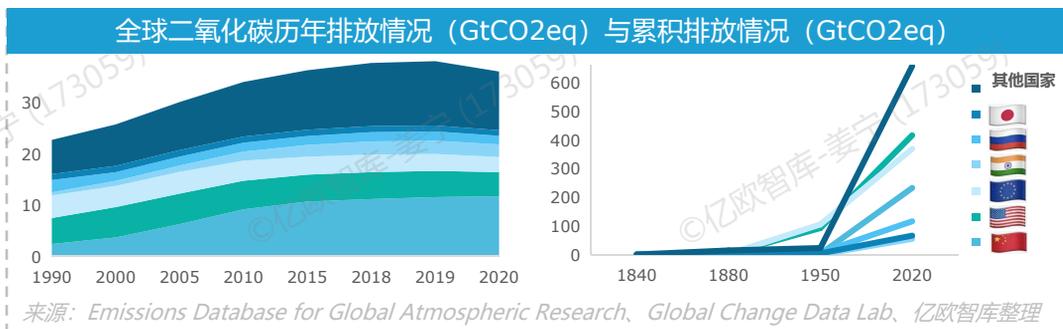


来源：国际能源署、亿欧智库整理

- 根据政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 数据，若想实现21世纪内控制温升1.5℃，2020-2100年全球碳排放总量控制在5000亿吨二氧化碳当量之内。
- 但按照目前的碳排放增长趋势，控制温升1.5℃是不可实现的，仅2020年全球碳排放约340亿吨。

➢ 各行业零碳转型亟需提速。应对气候变化、生物多样性丧失等挑战，需要国际社会携手同行。

## 中国碳中和提出背景与意义



### 中国碳排放全球占比逐年增长，实现全球碳中和需要中国发挥领导力

自1990年，中国、印度等发展中国家的历年碳排放量增长较快。中国作为世界上最大、综合实力最强的发展中经济体，积极应对全球气候问题，发挥全球领导作用。

### 中国积极承担“碳中和”责任，彰显了中国担当

中国在2020年9月22日召开的联合国大会气候雄心峰会上第一次向国际社会表示：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，争取在2060年前实现碳中和。

## 2021年中国碳中和相关政策梳理

《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》	旨在加快推进应对气候变化与生态环境保护相关职能协同、工作协同和机制协同，加强源头治理、系统治理、整体治理，以更大力度推进应对气候变化工作，实现减污降碳协同效应，为实现碳达峰目标与碳中和愿景提供支撑保障，助力美丽中国建设。
《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》	《纲要》主要阐明国家战略意图，明确政府工作重点，引导规范市场主体行为，提出我国到2035年基本实现社会主义现代化的远景目标。
《关于加强自由贸易试验区生态环境保护推动高质量发展的指导意见》	旨在推动贸易、投资与生态环境和谐发展，将自贸试验区打造为协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护的示范样板。《指导意见》明确了到2025年，实现自贸试验区生态环境保护推动高质量发展的架构基本形成，能耗强度和二氧化碳排放强度明显降低，在推动绿色低碳发展、生态环境治理、国际合作等方面形成一批可复制可推广的管理和制度创新成果等主要目标。
《“十四五”循环经济发展规划》	旨在深入推进循环经济发展，推动实现碳达峰、碳中和。《规划》遵循“减量化、再利用、资源化”原则，提出到2025年，资源循环型产业体系基本建立、覆盖全社会的资源循环利用体系基本建成等主要目标。
《关于新时代推动中部地区高质量发展的意见》	旨在推动中部地区高质量发展。《意见》提出了2025年和2035年中东部地区高质量发展的具体目标。
《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》	旨在加快推动绿色低碳发展和生态文明制度体系建设。《意见》明确了深化生态保护补偿制度改革的2025年和2035年目标及重点任务，提出加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，健全以国家温室气体自愿减排交易机制为基础的碳排放权抵消机制，将林业、可再生能源、甲烷利用等领域温室气体自愿减排项目纳入全国碳排放权交易市场等内容。
《国家标准化发展纲要》	旨在优化标准化治理结构，增强标准化治理效能，提升标准国际化水平。《发展纲要》明确了2025年和2035年发展目标，以及完善绿色发展标准化保障、加快城乡建设和社会建设标准化进程等内容。

来源: 公开资料、亿欧智库整理

注: GtCO<sub>2</sub>eq为吉吨二氧化碳当量, 1Gt=1\*10<sup>9</sup>t

## 中国碳中和提出背景与意义

2021年中国碳中和相关政策梳理	
《关于推动城乡建设绿色发展的意见》【新】	旨在扭转我国高排放的建设方式，推动城乡建设绿色发展。明确了推动城乡建设绿色发展的2025年和2035年目标，以及推进城乡建设一体化发展、转变城乡建设发展方式等四方面17项具体任务。
《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》【新】	旨在完整、准确、全面贯彻新发展理念，做好碳达峰、碳中和工作。《意见》明确了绿色低碳循环发展、经济社会发展全面绿色转型等方面的具体目标。
《2030年前碳达峰行动方案》【新】	旨在扎实推进碳达峰行动。明确了“十四五”与“十五五”期间推进碳达峰行动的主要目标。

### “碳中和”元年开启，政策在路上

中国积极应对气候变化的相关政策，涵盖国家战略规划、政策制度体系和社会共建行动的重要指导文件，产业、能源、交通、建筑和土地利用五大重点领域协同政策，以及区域发展规划和地方行动计划的典型政策。

### 碳达峰碳中和是高质量发展的内在要求

“双碳”规划为中国经济社会发展全面绿色转型指明了方向。“十四五”提出到2025年，单位产值能源消耗较2020年降低13.5%、单位产值碳排放较2020年降低18%以及大宗固废综合利用体系基本建成等具体目标，扎实做好减碳

步骤。遵循“减量化、再利用、资源化”等原则，将粗放型、高碳排放型企业转型升级为精细型、低碳排放型，坚定不移推动企业高质量发展。

### 中国实现碳中和的意义

通过停止年度温室气体排放量的增长，与世界各国联手合作遏制住全球气候变暖的大趋势，提高国际话语权，主导制定全球零碳发展政策。

作为后疫情时代唯一实现经济正增长的主要经济体，贯彻“双碳”目标下绿色经济增长模式有利于中国模式引领世界经济“绿色复苏”。

## 中国实现碳中和承诺的机遇与挑战

### 挑战一：“双碳”时间短，任务重

发达国家大多已在1990年左右达峰，而中国在2030年左右才能达峰。到2060年实现碳中和，中国必须用30年时间完成发达经济体60年完成的任务。

### 挑战二：以煤为主的能源结构难改变

以煤为主的能源结构导致的高碳锁定效应是中国实现碳达峰目标的主要障碍。中国能源总消耗的57.7%来源于煤炭，以煤炭为主的能源结构无法在短时间内发生根本转变。

### 挑战三：伴随工业化与城市化进程的减排压力

工业化和城市化持续推进将带来较大减排压力。当前中国工业部门能耗占全国总能耗的65%，且单位能耗与国际先进水平相比仍有差距。碳捕获和利用技术建设成本昂贵。

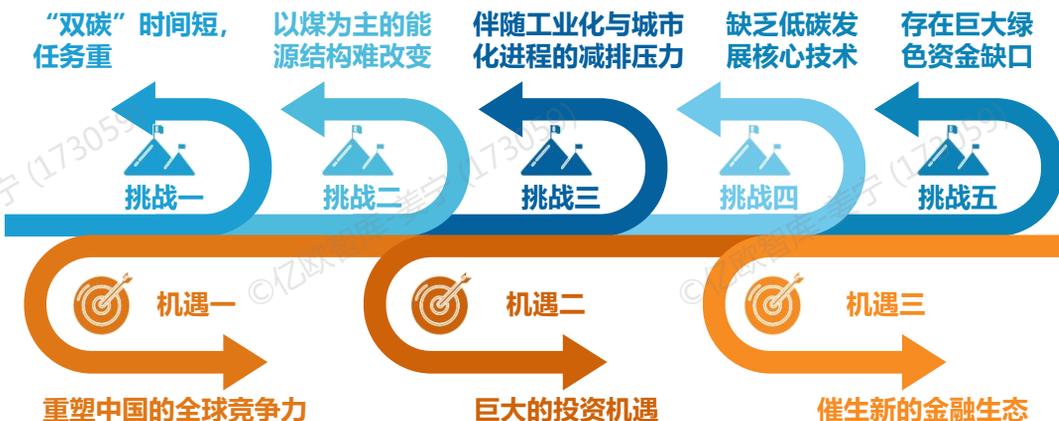
中国城镇化率相较于发达国家仍有差距，未来城镇化的加速必然带来大量基础设施建设需求和碳排放压力。

### 挑战四：缺乏低碳发展核心技术

核心技术缺乏也是中国必须面对的重要挑战。一些低碳技术还存在“卡脖子”现象。中国在高性能电池材料、电池标准及生产、氢动力和生物燃料、绿色船舶领域等前瞻性技术方面也落后于发达国家。

### 挑战五：存在巨大绿色资金缺口

碳中和进程还将面临巨大资金缺口挑战。据亿欧智库测算，实现碳中和目标，未来30年需要新增投资在170万亿上下。政府预算只能满足很小部分需求，必须以市场化方式动员公共和私人部门资金。绿色金融和碳排放交易可以弥补资金缺口，但目前绿色金融存在试点范围小、融资成本偏高等问题。



### 重塑中国的全球竞争力

#### 机遇一：重塑中国的全球竞争力

清洁和低碳技术有望重塑中国的全球竞争力。近年来，中国凭借低成本和规模化创新优势，建立起具有较强竞争力的风电、光伏产业链，已是全球可再生能源领域最大投资国、最大多晶硅生产国、最大锂电池材料和电池生产基地，也是全球最大的电动车市场之一。抓住新一轮低碳科技革命历史机遇，在资源再生利用、提升能效、电气化、清洁发电技术等领域取得突破性进展，将极大提升国家核心竞争力。

#### 机遇二：巨大的投资机遇

向碳中和经济过渡将给低碳产业带来巨大投资机遇。提升可再生能源比例，最大限度利用核能、氢能等清洁能源，推动工业领域节能减排等，这些都是中国产业转型的方向。在这一进程中，风电、

### 巨大的投资机遇

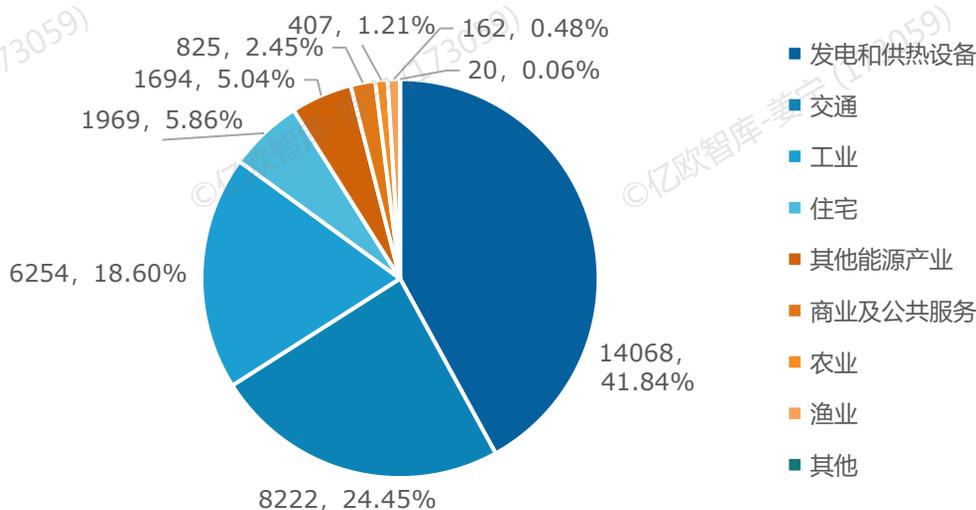
氢能等产业及相关装备制造、大数据平台等将迎来重大发展。要发挥好国有企业特别是中央企业引领作用，鼓励企业根据自身情况制定碳达峰实施方案，带头压减落后产能、推广低碳零碳负碳技术。

#### 机遇三：催生新的金融生态

碳中和也将催生新的金融业态，为金融业开展绿色低碳业务提供广阔空间。2020年10月我国出台《关于促进应对气候变化投融资的指导意见》，特别提出要扩大绿色金融区域试点工作。绿色信贷、绿色债券、ESG投资基金等都是受政策扶持和市场青睐的金融产品，气候债券、蓝色海洋债券将迎来发展契机，碳金融空间也会被逐渐打开。

## 全球碳中和思路框架

亿欧智库：全球2019年各部门碳排放量及占比 (Mt CO<sub>2</sub>)



来源: IEA Greenhouse Gas Emissions from Energy, 亿欧智库整理

### 发展清洁能源，逐步淘汰煤炭

欧洲：快速开发商用清洁能源，其中包括光伏、风能、氢能与生物质能。北美：制定可再生能源补贴与相关政策，逐步淘汰煤炭，鼓励技术创新。日韩：大力发展清洁能源，推动氢能产业发展。

### 减少交通运输业碳排放，完成新能源汽车替代

交通运输行业产生的碳排放可分为直接碳排放和间接碳排放。

直接碳排放来源于车辆的燃料燃烧，为主要排放源；间接碳排放包含热力和制冷所产生温室气体。

提高新能源汽车替代率可以大幅度降低直接排放量。

### 减少工业碳排放，发展碳捕集，封存及利用

到2050年全球二氧化碳减排必须达到80%以上。碳捕集利用与封存 (CCUS) 是实现这一目标的必要技术手段，预计到2050年CCUS将抵消当前全球碳排放量的10%-20%。过去十年间，CCUS产能规模翻了一番。当前全球产能达到4000万吨，约半数集中在美国。未来将有约35个CCUS项目计划在2030年前建成。如能按期建成达产，CCUS产能将较当前增加两倍。

### 减少建筑碳排放，打造绿色建筑

在评价体系方面，英国出台了世界上第一个绿色建筑评估方法BREEAM，全球

已有超过27万幢建筑完成了BREEAM认证；德国推出了第二代绿色建筑评价体系DGNB，涵盖了生态保护和经济价值；新加坡在《建筑控制法》中加入了最低绿色标准，出台了Green Mark评价体系，对新建建筑、既有建筑及社区的节能标准做出了规定。

### 减轻农业生产碳排放，加强植树造林

当前，各国农业碳中和的主要途径是加强自然碳汇，通过增强二氧化碳等温室气体的吸收能力来完成增汇，例如新西兰、阿根廷以法律形式提出增加本国碳汇和碳封存能力的目标，英国发布的“25年环境计划”和“林地创造资助计划”提出了关于增加林地面积的规划，秘鲁等南美国家签署的灾害反应网络协议要求增强雨林卫星监测以做好禁止砍伐、重新造林等工作，墨西哥以国家战略明确2030年前实现森林零砍伐的目标。

### 鼓励低碳技术创新，推动技术落地应用

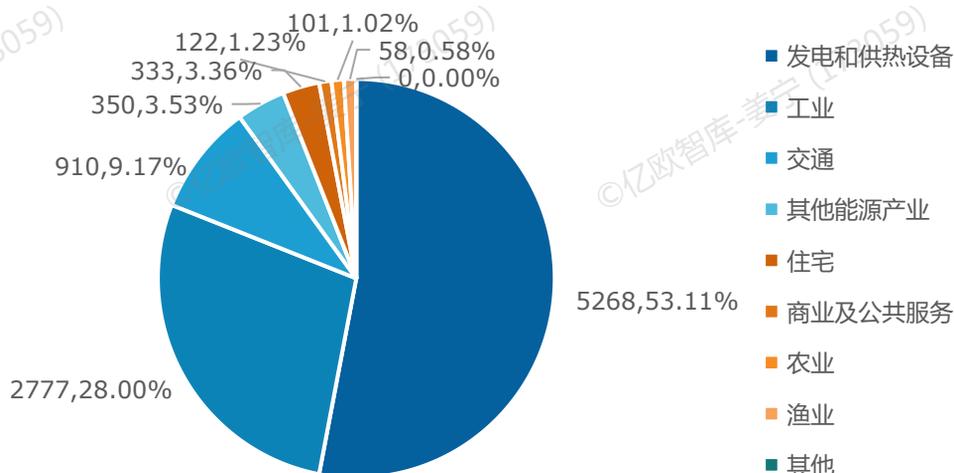
各国都在发展分布式能源、物联网、区块链以及大数据等数字化低碳技术实现数字化生态系统。

### 促进国际合作，形成统一的碳交易市场机制

发达国家引领绿色变革，推动制定协调的气候变化政策，完善全球碳交易机制。同心协力开发新能源产业，例如绿氢。加速全球技术共享与合作、加速清洁能源应用落地。

## 中国碳中和思路框架

亿欧智库：中国2019年各部门碳排放量及占比 (Mt CO<sub>2</sub>)



来源: IEA Greenhouse Gas Emissions from Energy, 亿欧智库整理

### 能源系统转型优化

逐步与化石能源脱钩，2030年非化石能源占一次能源消费达到25%左右，“十四五”严控煤炭消费增长，“十五五”逐步减少。

构建以新能源为主体的新型电力系统，2025年风、光伏发电量占全社会用电量约16.5%；2030年风、光总装机量达到12亿千瓦以上。

推进全面电气化和单位能源利用率，2030年单位产值二氧化碳排放较2005年下降65%以上。推动煤电行业清洁高效高质量发展，大力推动煤炭消费减量替代和散煤综合治理，推进终端用能领域以电代煤、以电代油。

### 工业系统转型升级

发展新一代信息技术高端装备、新材

料、生物、新能源等产业，构建绿色制造体系。

主要工业产品资源、能源资源利用率在2035年左右达到国际先进水平。

重点碳排行业按计划有序达峰，2025年前钢铁行业碳排放达峰，2030年较峰值降低30%，水泥行业可能在2023年前实现碳达峰；在未来十五年推动智能制造。

### 构建绿色低碳交通体系

推进氢能、电能汽车产业发展，2025年新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的20%，2030年达到40%以上；氢燃料汽车2025年约10万辆，2030年建设100万辆以上。

升级建设充电站、加氢站等绿色基础设施。

### 零碳产业与绿色



## 中国碳中和思路框架

调整运输结构，减少大宗货物公路运输量，增加铁路和水路运输量。提升铁路电气化水平，推广天然气车船，完善充换电和加氢基础设施，鼓励靠港船舶和民航飞机停靠期间使用岸电。

### 园区低碳化改造

加快零碳产业园区建设顶层设计，以绿色、低碳、循环发展理念为原则，研究制定2030年前园区碳排放达峰行动方案，按照“摸清碳排放家底、制定碳排放路径、根据园区特色科学实施”的基本思路，分时有序推进零碳产业园区建设，强化园区低碳发展顶层设计。

构建低碳绿色循环产业体系，园区以“产业集聚、结构调整”为主要抓手，通过退出一批低端产业，淘汰一批落后产能，提升一批低效企业，集约利用一批低效土地的方式，全力推进淘汰关停落后产能和高污染企业，推动传统产业和产品结构从低端向高端、产权结构从单一向多元化的提升。从生产源头减少碳排放。按照“横向耦合、纵向延伸、循环链接”的原则，合理延伸园区相关产业链，实现项目间、企业间、产业间物料闭路循环，促进原料投入和废物排放的减量化、资源化、无害化，积极发展产业横向联接与资源精深加工纵向延伸相结合的循环型工业模式。

### 建筑系统能效提升

推动既有居住建筑节能改造，提升公共建筑能效水平，加强可再生能源建筑应用。根据最新发布的《绿色建筑创建行动方案》中提出的目标，到2022年，当年城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到70%。预计到2030年，绿色建筑面积将占到新建面积的90%以上，有效支持建筑行业节能减排，助力碳达峰和碳中和目标的实现。

发展超低能耗、净零能耗建筑，推进绿色智慧城市建设。实现工程建设全过程绿色建造。开展绿色建造示范工程创建行动，推广绿色化、工业化、信息化、集约化、产业化建造方式，加强技术创新和集成，利用新技术实现精细化设计和施工。大力发展装配式建筑，重点推动钢结构装配式住宅建设。

### 负碳技术开发利用

加快CCUS技术开发速度以及投资力度，到2050年，CCUS年减排量要达到约14亿吨二氧化碳，而当前产能仅100万吨，

应加快探索大规模应用手段。

增加自然碳汇，2030年相对2005年森林储积量增加60亿立方米。2025年全国森林覆盖率达到24.1%，森林积蓄量达到190亿立方米，草原综合植被盖度达到57%，湿地保护率达到55%，60%可治理沙化土地得到治理。

### 政策

贯彻落实碳达峰、碳中和的重大战略决策，坚持“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”的原则。

以政策引导地区、行业、企业的双碳转型思路，落实相关激励补贴制度，加强企业践行双碳措施的积极性和主观能动性。

部分产业和地区应争取早于3060的目标年限，提现实现内部碳循环，起到示范和引导的作用，为降碳难度高的产业和地区提供转型经验。

### 金融

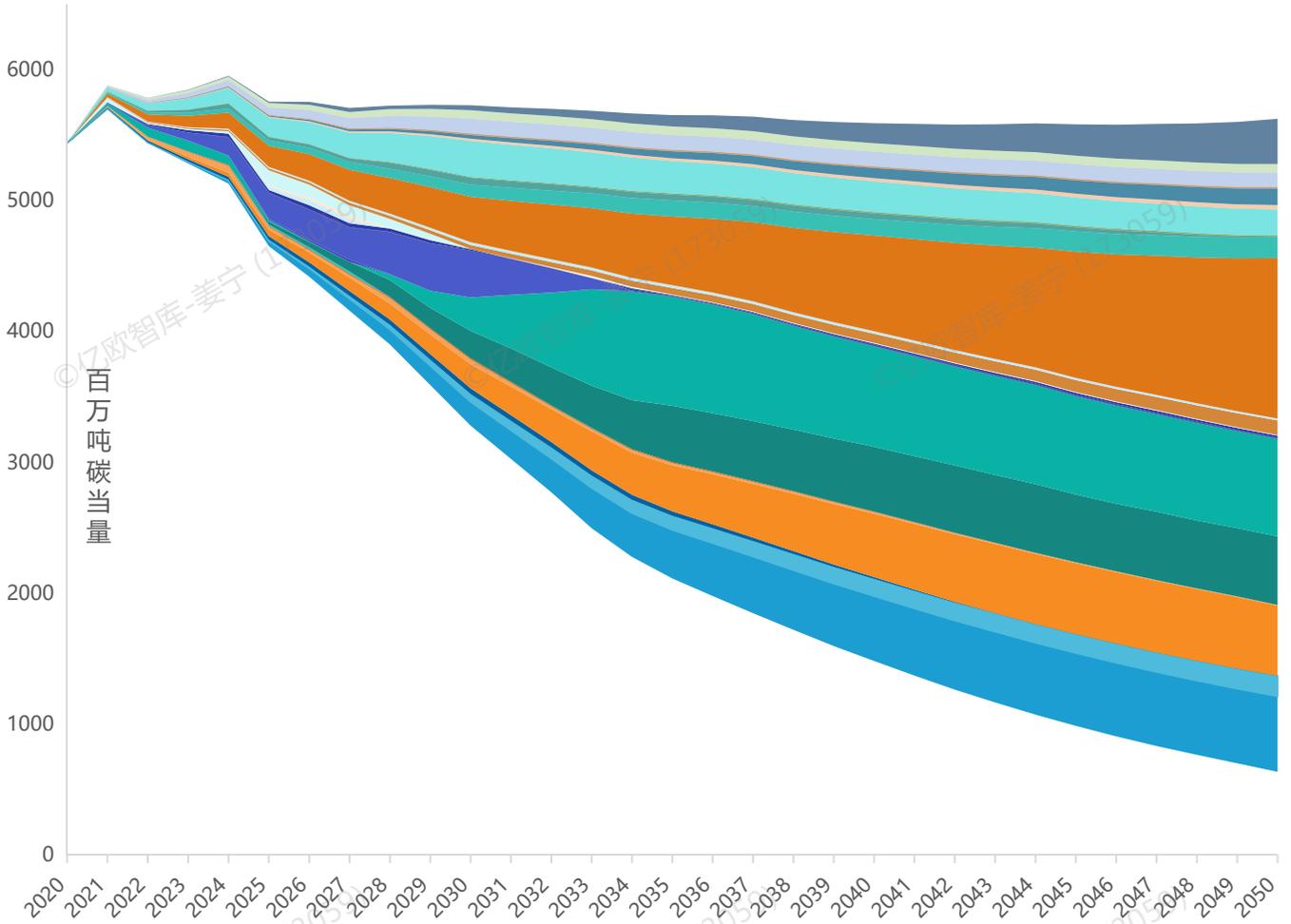
加强绿色金融支持。截至2020年末，中国绿色贷款余额11.95万亿元，其中清洁能源贷款余额为3.2万亿元，绿色债券市场累计发行约1.2万亿元，存量规模达8000亿元，居世界第二。

自2011年开始，我国七个省市开展碳交易试点，全国碳排放权交易市场建设至今已积累近十年的发展经验，碳排放权市场交易机制进入培育和探索阶段。随着《碳排放权交易管理暂行条例》的生效，我国全国范围内统一的碳排放市场建设将提速加快，今年6月底前有望启动线上交易。

### 技术

加快绿色低碳技术研发应用，建设新能源建筑集成研究中心，推进低碳研究。一方面，产业园区加快构建碳捕获、石油和储存技术（CCUS）价值链，适时发展林业碳汇、加强生态环境保护与修复，提升生态系统弹回能力；另一方面，加大和院校、科研院所等机构的合作和交流，重点解决印染行业污水处理、达标排放、中水回用的新工艺、新技术、关键设备以及清洁生产技术的研发，减少全生命周期生产过程碳排放。

# 基于NDC(国家自主贡献目标) 的美国政策减排效应2020-2050年

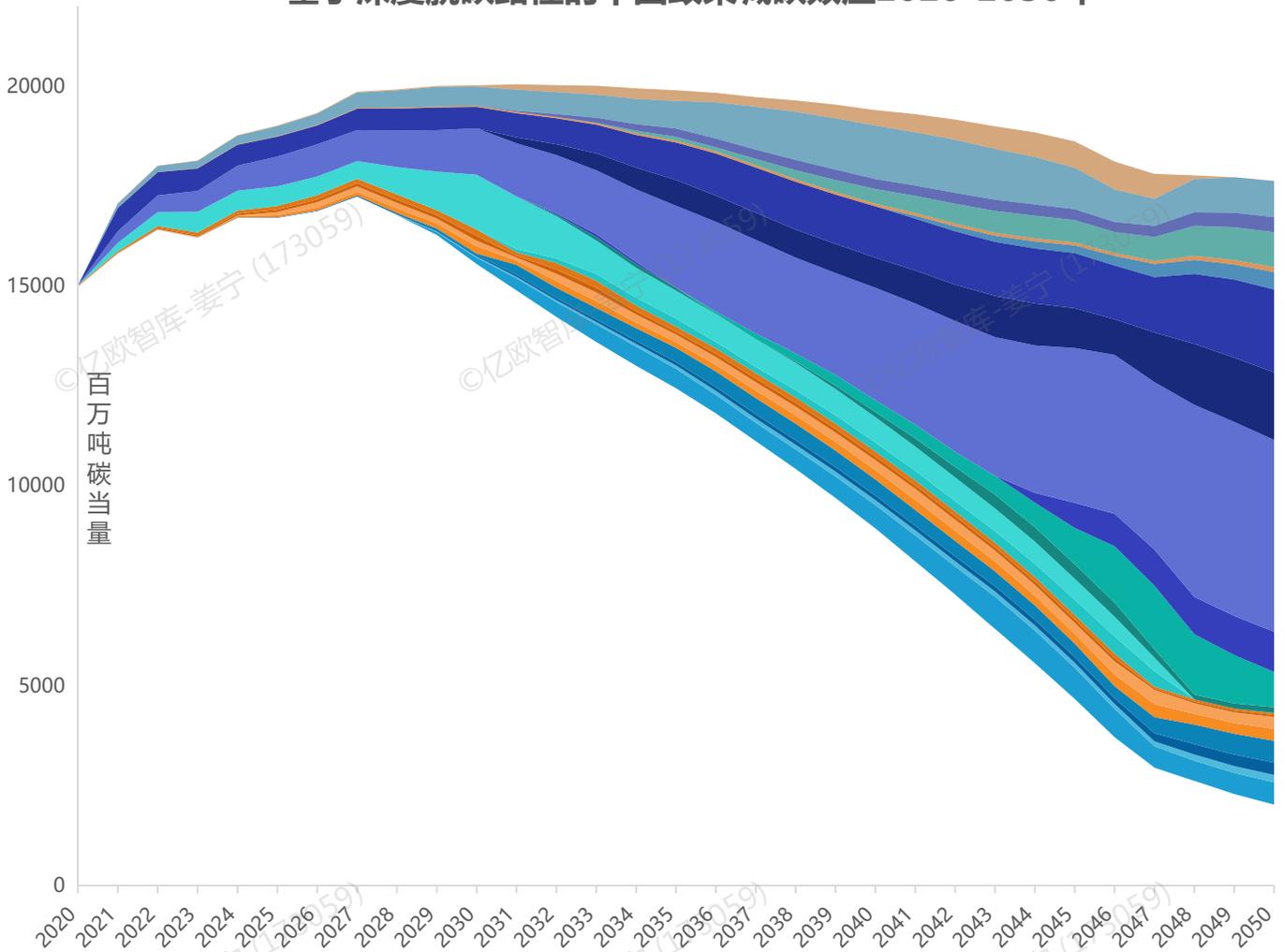


NDC pathway

- 车用燃油经济性提升 (Vehicle Fuel Economy Standards)
- 建筑电气化改造 (Building Component Electrification)
- 存量建筑更新 (Increased Retrofitting)
- 电力行业CCS (Electricity Sector CCS)
- 需求响应 (Demand Response, DR)
- 电网电力存储量 (Grid-Scale Electricity Storage)
- 禁止紧急情况建设 (Non BAU Mandated Capacity Construction)
- 分布式电力新装机容量补贴 (Subsidy for Electricity Production)
- 水泥熟料替代 (Cement Clinker Substitution)
- 含氟气体测量 (F-gas Measures)
- 材料效率, 寿命, 和再利用 (Material Efficiency, Longevity, & Re-Use)
- 一氧化二氮减排 (N2O Abatement)
- 农田和水稻生产 (Cropland and Rice Measures)
- 畜牧业减排措施 (Livestock Measures)
- 电动车市占率 (EV Sales Standard)
- 出行模式低碳化 (Mode Shifting)
- 建筑能源效率标准 (Building Energy Efficiency Standards)
- 禁止新建发电厂 (Ban New Power Plants)
- 清洁能源发电比例 (Clean Electricity Standard)
- 提早淘汰发电厂 (Early Retirement of Power Plants)
- 增加电网传输力 (Increase Transmission)
- 公共事业电力新装机容量补贴 (Subsidy for Capacity Construction)
- 各产业CCS (Industry CCS)
- 电气化+氢能 (Electrification + Hydrogen)
- 提高工业燃料单位产值 (Industry Energy Efficiency Standards)
- 甲烷捕获与封存 (Methane Capture and Destruction)
- 增加森林面积 (Afforestation and Reforestation)
- 提高林地管理 (Improved Forest Management)
- 电解氢 (Hydrogen Electrolysis)

来源: 亿欧智库

# 基于深度脱碳路径的中国政策减碳效应2020-2050年



## Deep Decarbonization

- 车用燃油经济性提升 (Vehicle Fuel Economy Standards)
- 建筑电气化改造 (Building Component Electrification)
- 分布式广发铺设 (Distributed Solar Promotion)
- 存量建筑更新 (Increased Retrofitting)
- 新能源装机占比 (Renewable Portfolio Standard)
- 提前淘汰发电厂 (Early Retirement of Power Plants)
- 提高工业燃料单位产值 (Industry Energy Efficiency Standards)
- 含氟气体测量 (F-gas Measures)
- 增加森林面积 (Afforestation and Reforestation)
- 电解氢 (Hydrogen Electrolysis)
- 碳税 (Carbon Tax)
- 电动车市占率 (EV Sales Standard)
- 氢能车市占率 (Hydrogen Veh Sales Mandate)
- 建筑能源效率标准 (Building Energy Efficiency Standards)
- 建筑系统节能标签化 (Improved Labeling)
- 禁止新建发电厂 (Ban New Power Plants)
- 需求响应 (Demand Response, DR)
- 电网电力存储量 (Grid-Scale Electricity Storage)
- 工业去燃油化 (Industrial Fuel Use Shift)
- 材料效率, 寿命, 和再利用 (Material Efficiency, Longevity, & Re-Use)
- 电气化供暖 (District Heat Fuel Switching)
- 碳捕捉、封存 (Carbon Capture and Sequestration)

来源: 亿欧智库

## 中美六大共同重点减碳场景

美国政策减碳效应TOP5	
电气化+氢能	钢铁、水泥和化工等高耗能工业燃料发电用氢能替代。
电动汽车市占率	上市新车全部采用纯电动汽车或者燃料电池汽车。
清洁能源发电比例	逐步淘汰煤炭，提高可再生能源占比。
电力行业CCS	在燃油和天然气调峰发电厂产生的排放全部用CCS进行处理。
建筑电气化改造	淘汰供暖锅炉，全部用能电气化改造。

中国政策减碳效应TOP5	
提高工业单位燃料产值	对标国际先进水平，提高高能耗行业和制造业能效水平。
工业去燃油化	加速工业能源向电能和氢能转型。
含氟气体管控	严格管理企业污染气体排放，加强含氟气体管控。
电网电力储存量	发展零碳电力，提高电网灵活性。
碳捕集、利用和封存	发展碳捕集、利用和封存技术，降低单位减碳成本。

### 交通

中美不约而同的将减碳重心放在了交通领域。两国都在积极推动新能源汽车销售和市场占有率提升，加大充电桩基础设施的建设，构建绿色交通网络，倡导绿色出行理念以及提高电动车和燃料电池汽车技术。

### 建筑

建筑减排在双方的气候战略以及经济发展这均占有重要地位。中美两国都在积极推动城市更新、建筑电气化改造以及智慧楼宇，淘汰锅炉等高碳排放设备。发展超低能耗，净零能耗建筑，推进绿色智慧城市建设。

### 工业

工业领域在中美都是核心领域，碳排放强度高，污染重，但同时具有巨大减排潜力，是双方实现气候目标的重要一环。通过技术手段节能提效是两国都在努力的方向，发展方向包括提高工业领域的电气化水平，用能从燃油向氢能过度，零碳工业生产过程和产品的开发，数字化转型以及通过工业二氧化碳捕获和封存（CCS）技术发展来处理工业过程排放等。

### 能源

中美都在构建以新能源为主体的新型电力系统，推进工业、交通电气化和能源利用率提升。

发展储能技术，提升电网灵活性，以便于接入新能源上网，发展分布式电网。

### 园区

近年来，园区的低碳改造也在中美政策下逐步实施。综合利用节能、减排、固碳、碳汇等多种手段，通过产业绿色化转型、设施集聚化共享、资源循环化利用，在园区内部基本实现碳排放与吸收自我平衡，生产生态生活深度融合的新型产业园区。

### 消费

中美终端消费碳排放比重逐年增长，消费者缺乏环保意识。需要建立并完善低碳消费的治理机制，注重低碳与绿色的协同，为低碳消费提供动能。

从消费端推动低碳管理，可以重塑整个产业链，推动产业链低碳转型。

## 中国碳中和核心突破-八大低碳前沿技术



### 物联网

- 可以让企业实时掌握能源、损耗、碳排放数据，有效地侦测浪费情况的发生。与人工智能相结合可以根据企业当前的工作过程、减排方法和需求，预测未来的碳排放量，有利于帮助企业更加准确地制定、调整和实现碳排放目标。

### 人工智能

- 人工智能在生产制造环节可优化各流程效率，提供建议，实现生产过程、运维、仓储自主优化。

### 区块链

- 跟踪碳排放，增强数据透明度，避免重复计算。减少碳排放透明度的加强，必然有利于更好融资，利用区块链开发众筹和点对点金融交易，实现环保融资资金的透明分配。

### 清洁能源技术

- “清洁能源技术”通常指生产或利用可再生能源的技术，如风力发电场、电动汽车电池技术和生物燃料技术等。

### 数字孪生

- 数字技术通过将能耗相关数据映射到数字孪生城市中，模拟仿真各场景碳排放情况，有利于实现能耗的实时监测、精准管控，最大效能地利用能源，减少浪费。

### 大数据

- 大数据有助于建立温室气体排放清单，高效掌控庞大的碳排放数据。与人工智能相结合，建立场景碳中和“大脑”，实现“碳数据”深度分析。

### 机器人技术

- 机器人技术是研究机器人的设计、制造、操作和应用的技术分支，目前在各细分场景中可以进行少人化或无人化施工作业，产品和技术的先进性在场景实际应用中得到充分验证。

### 生物科技与生物工程

- “生物科技和生物工程”是建立在生物科学基础上地应用性研究，分支包括发酵工程、酶工程等。

# 低碳前沿技术产业图谱



## 低碳前沿技术在碳循环中的作用

亿欧智库：低碳技术与各场景要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

		物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物科技与生物工程
低碳交通	人								
	车								
	燃料								
	交通系统								
	道路								
低碳建筑	建筑规划								
	建筑设计								
	建筑建设								
	建筑运营								
	建筑拆除								
低碳能源	发								
	输								
	变								
	配								
	用								
	储								
低碳工业	设计研发								
	生产								
	物流								
	销售								
	服务								
低碳园区	规划布局								
	能源利用								
	循环经济								
	园区管理								
低碳消费	原材料								
	供应链								
	生产加工								
	零售终端								
	回收及再利用								

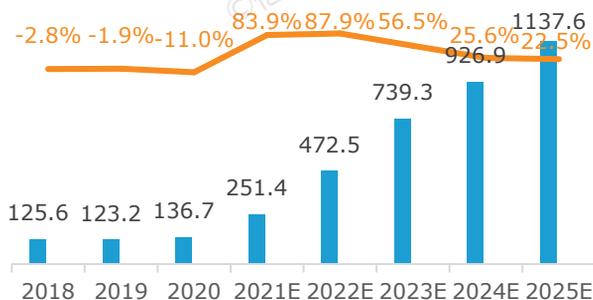
来源：各搜索引擎（Google、Bing、Yahoo、Baidu）信息量按权重配比，亿欧智库整理

## 低碳前沿技术应用场景之低碳交通

低碳交通

指以降低交通运输行为的温室气体排放为目标的低能耗、低排放的交通运输方式，是低碳经济在交通领域的一种实现方式。

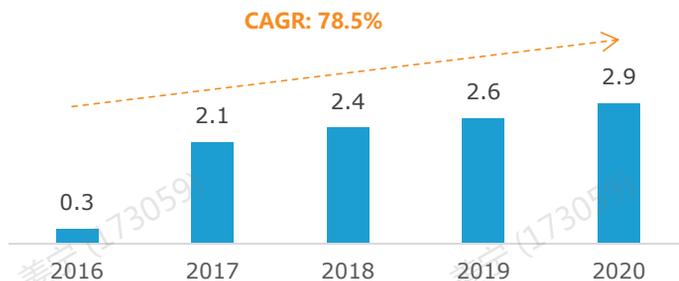
亿欧智库：2018-2025年中国新能源汽车销量（万辆）



来源：亿欧智库

2020年，中国市场新能源汽车销量达到136.7万辆。亿欧智库预测，2021年中国新能源销量可达251.4万辆，同比增长83.9%。由此可见新能源汽车的销量已从政策驱动转型为市场驱动。用户对于新能源汽车的接受程度逐渐提高，将推动新能源汽车产业发展。

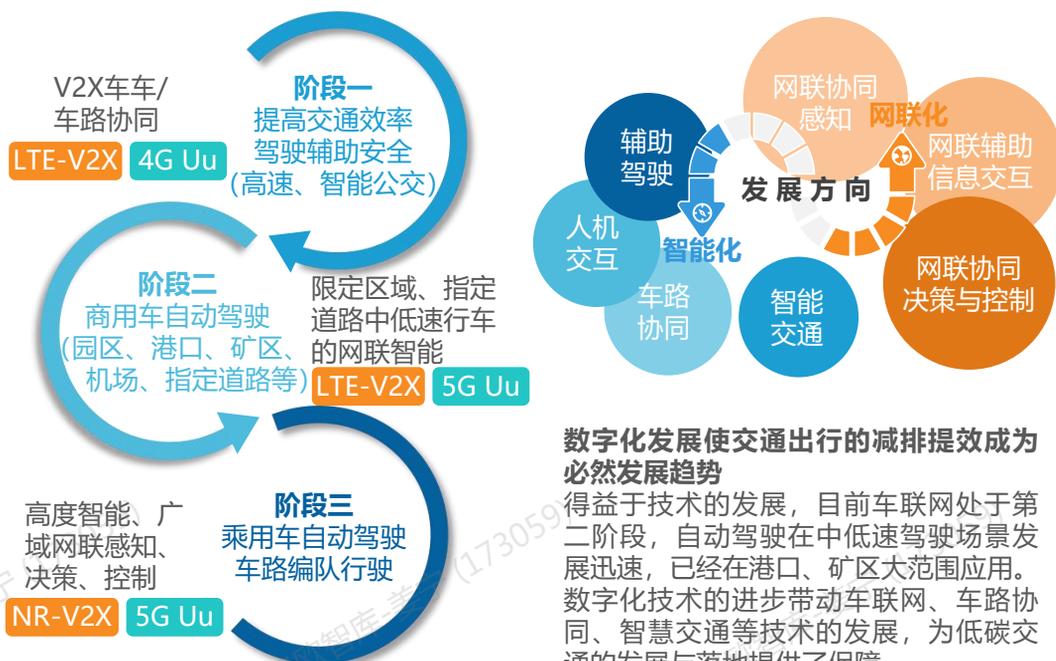
亿欧智库：2016-2020年中国两轮共享出行用户规模（亿人）



来源：亿欧智库

2016年至2020年，仅两轮共享出行用户规模年复合增长率便高达78.5%，绿色共享出行的渗透率正在逐步上升。绿色出行的理念深入人心，为践行低碳交通做出极大贡献。

亿欧智库：车联网发展阶段历程及发展方向



### 数字化发展使交通出行的减排提效成为必然发展趋势

得益于技术的发展，目前车联网处于第二阶段，自动驾驶在中低速驾驶场景发展迅速，已经在港口、矿区大范围应用。数字化技术的进步带动车联网、车路协同、智慧交通等技术的发展，为低碳交通的发展与落地提供了保障。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳交通

亿欧智库：低碳技术与交通要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物技术与生物工程
人								
车								
燃料								
交通系统								
道路								

### 物联网

以物联网技术为核心所搭建的车联网可以通过路侧单元、车载终端获取和交互车路信息进行预判，智慧协同，可以实现加快路口通行速度、降低车辆燃油消耗等目标。

基于RFID的ETC可以提升道口通行能力，减少燃油使用量。

在绿色出行领域，物联网支撑起了海量的单车与云平台的连接，方便车辆回收与投放。

### 人工智能

人工智能与卫星导航、计算机视觉、知识图谱融合产生的交通出行一体化信息服务云平台具备路线规划、换乘引导、下车提醒等功能，提升了市民绿色出行体验和满意度、降低私家车出行率，减少汽车尾气排放。

人工智能为私家车出行提供的智能导航、智能避堵等功能，以及为新能源用户提供精准、高效、智能的充电方案，极大的降低了私家车出行产生的碳排放。

在中低速场景例如码头、矿区、园区，基于人工智能的自动驾驶的节能效果也非常显著。根据密歇根大学的一项测算，相较于非自动驾驶车辆，搭载车间通信系统的自动驾驶车辆通过地图线路优化及刹车制动优化，节能效率达到19%。

### 清洁能源技术

目前的交通行业主要包括道路、铁路、航空和航运四种，需依托多种清洁能源实现净零碳发展：以清洁电力为基础的动力电池应用于以道路交通为主的小型、轻型交通和铁路；氢能应用于重型道路交通和海运等；生物质能应用于远程航空领域。

### 区块链

区块链技术的去中心化、不可篡改的特性可以确保上传的交通信息的唯一性，提升了信息可信度，对低碳交通的应用提供了技术支撑和保障。

在交通工程项目实施管理中，为建设单位、设计单位、施工单位提供共享信息平台，对改扩建施工进行动态监管，保证施工工序按顺序完成并监督施工质量，节省资源与人力。

交通工具使用者可通过区块链采集并兑换其低碳出行活动数据，当地政府或企业据此给予经济补偿，推动绿色出行的渗透率。

### 数字孪生

在道路交通中应用，数字孪生技术可实现物理实体的虚拟化映射，利用多种传感器和网络通信技术，实现道路基础设施生命周期的动态监测，以及路面上交通参与者的精准还原，并预测和分析道路交通通行状况，为道路通行诊断和交通管理决策提供精确依据。

### 大数据

通过对交通大数据的处理和分析，快速完成城市交通能耗、污染物排放和碳排放的计量、统计以及监测，可以辅助交通部门对轨道交通、公共交通以及私家车能耗的精细化管理，决策分析以及政策制定。

### 机器人技术

交通物联网、大数据、人工智能等技术融合的最终产物及落地方案便是无人驾驶交通机器人。它解放了传统人为操控模式，结合路况信息实现车辆能源消耗的深度优化，改善道路交通路况，全面减少碳排放。

### 生物技术与生物工程

生物技术与生物工程在交通领域的应用主要集中在燃料领域。

目前大规模应用的产品为氨气与甲醇，主要排放物是水和氮气。可以提升交通工具的动力系统效率，极大的降低了燃料使用成本。

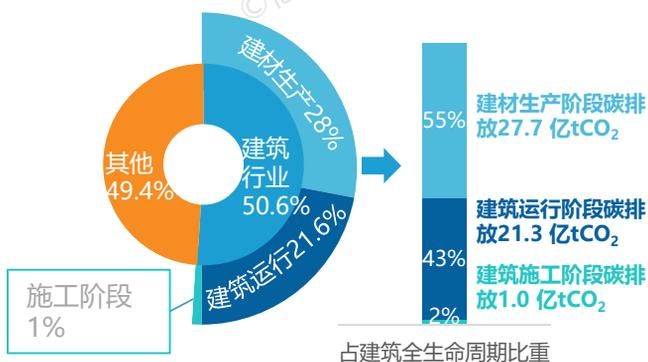
此外，美国、巴西等国家利用生物技术与生物工程技术研究生物燃油，有望在未来商业化落地使用。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳建筑

### 低碳建筑

低碳建筑是指在建筑材料与设备制造、施工建造和建筑物使用的整个生命周期内，减少化石能源的使用，提高能效，降低二氧化碳排放量。

亿欧智库：2019年建筑行业全生命周期碳排放占比

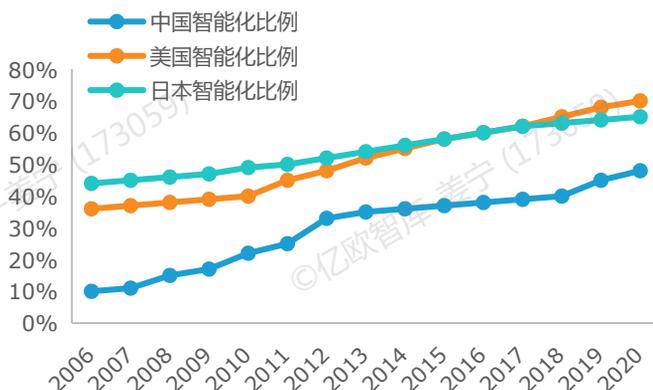


来源：中国建筑节能协会、亿欧智库整理

中国建筑领域碳排放的总量庞大，2019年，建筑行业全生命周期碳排放占全国碳排放总量的50.6%。其中，建材生产和建筑运行阶段所占比例较大，分别为28%和21.6%，施工阶段占1%。

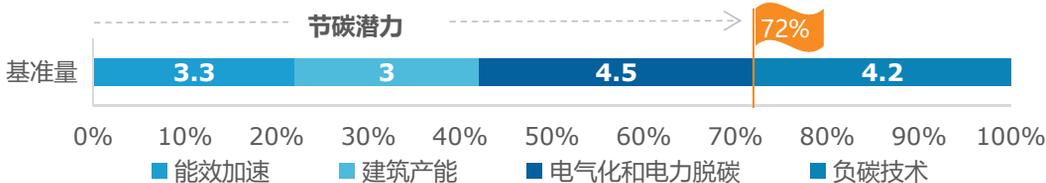
亿欧智库：2009-2020年中美日楼宇智能化在新建楼宇中占比

美国与日本商业建筑智能化占新建商业建筑的比例分别超过70%和60%，相较于这两个已经步入商业建筑智能化产业成熟期的国家，中国商业建筑智能化市场起步较晚，现仍处于快速发展阶段。



来源：亿欧智库

亿欧智库：基于2060年建筑基准碳排放量碳中和分析



#### 能效加速

是指单位能效提升，节约用能。

#### 建筑产能

是指安装在建筑内外部的能源生产装备，例如BIPV。



#### 电气化和电力脱碳

是指通过电力化进行统一管控，调配以及接入绿电。

#### 负碳技术

是指碳捕集、回收及利用等技术。

来源：亿欧智库

## 低碳前沿技术应用场景之低碳建筑

亿欧智库：低碳技术与建筑全生命周期结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物科技与生物工程
建筑规划								
建筑设计								
建筑建设								
建筑运营								
建筑拆除								

### 物联网

通过物联网系统对智能建筑进行全生命周期管理，赋能建筑楼宇向智能、健康、安全、高效、可持续发展的方向发展。物联网系统作为整个楼宇智能化控制的“大脑”，可以对各个分离的智能化系统进行全面集中管理和控制，包括空调系统、新风系统、照明系统、能源计量监测和PM 2.5浓度监测等。基于采集到的数据，可以进一步对建筑物中所有能耗进行综合、全面的精细化管理，及时洞察建筑中用能设备和区域的能效异常，通过优化设备操作流程，提高人员管理效率来实现建筑的持续节能。

### 人工智能

在建筑工程建造阶段，将工程项目所产生的自来水消耗、废弃排放、污水排放等数据汇集起来，综合进行分析和统计，并在此基础上提出具体的优化能源消耗的建议和控制手段，从而能够将项目的能耗降到最低点20%。

在建筑运营阶段，用人工智能监测运维过程，提高商业建筑运维单位能效。此外，人工智能可以准确的分析建筑空间内的负荷需求，及时发现运维管理的弱项和盲区，通过空间模型的数据分析，实现能耗的精细化管理。

### 清洁能源技术

目前分布式电源朝着多能源互补、集成优化和智慧管控的方向发展。太阳能、风能、水利和核能等可再生能源能量密度低，具有分散性、清洁性和可持续性等特点，为搭建新能源分布式电网创造了可能性。

目前光伏由于发电成本低，技术路线成熟（BIPV、BAPV），在建筑领域得到广泛应用。分布式光伏发电并网系统与建筑结合，能降低建筑用电成本，提高电力利用率，甚至实现商业建筑电力“自产自消”、“余电上网”。

### 区块链

区块链在低碳建筑中主要体现为智能合

约与工程材料追踪，使建筑项目自动依据数字化工作、合同条款和智能合同行动启动付款操作以及可持续采购，加速工程建造速度，节省材料与人力资源。

### 数字孪生

通过流程化、数字化和参数化的方式建立、表达和呈现工程模型，以实现指导项目全生命周期历程、优化工程项目资源、提升工程施工效率等目的，打造“BIM+”模式。在商业建筑低碳建设中，通过信息化技术在设计端实现对碳排放的监测管理、数据共享等优化，减少浪费和碳排放。

### 大数据

在建筑规划阶段，大数据帮助建筑从业人员进行建筑成本的估算、用料的统计，杜绝资源浪费的情况。

在建筑设计阶段，大数据用于建筑碰撞监测，确定机械、电器等解决办法的可行性，帮助提高项目质量与速度。

在建筑建造阶段，通过大数据严控安全、施工周期、劳动生产率、资源配置等项目环境。

在建筑运营阶段：通过大数据进行能耗诊断。

### 机器人技术

机器人依据产品线划分，按项目全周期施工进行穿插，其中包括土建类混凝土产线机器人、修整类机器人、装修类机器人、辅助类机器人等，不仅增强了工人的安全保障，更实现了绿色、环保、优质的综合效果。

### 生物科技与生物工程

生物科技在绿色建材具有巨大潜力，例如汉麻混凝土可以用生物纤维等绿色环保材料替代石灰石原料，降低水泥熟料系数；菌丝砖可以捕捉空气中的二氧化碳，降低建筑碳排放。

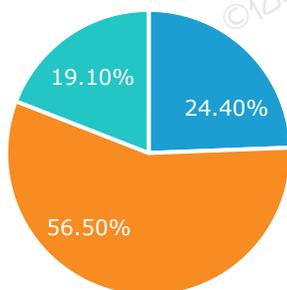
生物质能供热可利用本地生物质资源，构建城镇分布式清洁能源供热体系，对替代燃煤具有重要意义。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳能源

低碳能源

通过不断技术创新和制度变革，建立和完善符合生态文明和可持续发展要求的能源技术和能源制度体系，从而呈现出的一种全新能源形式。

亿欧智库：2020年中国能源消费结构



- 天然气、水电、核电、风电等清洁能源消费比重
- 煤炭消费比重
- 石油等消费比重

据国家统计局发布，2020年中国煤炭能源消费居能源消费总量最高占比，达到56.50%；其次为天然气、水电、核电、风电等清洁能源，占比为24.40%；石油消费比重占总比的19.10%。

来源：国家统计局、亿欧智库整理

根据国家统计局统计，2020全年天然气、水电、核电、风电等清洁能源占能源消费总量比重较上年提升了约1%，煤炭消费量降低至57%以下。清洁能源的比重正在逐年提高，我国能源消费结构正在持续优化调整。

亿欧智库：2012-2020年煤炭、清洁能源消费比重对比图



来源：国家统计局、亿欧智库整理

亿欧智库：“发-输-变-配-用-储”智慧电网示意图



## 低碳前沿技术应用场景之低碳能源

亿欧智库：低碳技术与能源各要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物技术与生物工程
发								
输								
变								
配								
用								
储								

### 物联网

物联网在电厂发电和配电的所有阶段，都扮演着重要的角色。在发电过程中，物联网帮助用户跟踪电流、电压等所有电气参数，从而提高发电效率和功率。在电力分配方面，智能电表可以用来帮助电厂有效地分配电力。然后，智能电表将用户消耗的数据发送到云上。此外，通过使用这些不同区域的用电数据，这有助于优化能源分配。

### 人工智能

人工智能技术主要应用于电力系统的概率预测研究领域，尤其针对目前高新能源占比的电力系统。随着电网系统融合要素越发多元化，智能电网正逐步向更为复杂的能源互联网转型。人工智能技术深度学习、跨界融合、自主操控等特点是驾驭复杂系统的关键，能有效提高电网系统运行的安全性以及经济性。

### 清洁能源技术

发展新能源技术，开发风能、太阳能、水力发电等可再生及核能等非化石能源，搭建分布式可再生能源网络。结合大规模储能系统，实现可再生能源在区域供应链中灵活流动。

### 区块链

区块链技术是保障能源互联网信息流动与搭建能源交易平台的关键技术。区块链与能源互联网中分布式能源与微电网都体现出了去中心化的特点，强调了能源互联网系统的自调度和生态化运行，实现能源主链与侧链间的自治协同。区块链数据的加密特性以及可追溯性是建立扁平化能源交易平台的基础；合约执行的自动化和智能化保证一系列智能合约执行的高效性与准确性。

### 数字孪生

目前数字孪生技术在能源领域处于验证

探索阶段，需结合多项数字化技术构建能源系统的虚拟模型。

数字孪生体使用全景自校准数字孪生建模方法，结合理论微分代数模型以及传感网络获取的状态数据，构建区域内多能源系统“信息-能量-环境”的动态模型。模型的建立对于接入大量新能源装备的电网，具有高保真模拟物理世界电网状态、提前规避不确定因素带来的巨大损失、进行自适应动态规划等重要意义。

### 大数据

能源领域中大数据技术以内外数据构成的大数据系统为数据集作为研究对象，包含内部的能源的生产、配送、消费，到外部反映经济、社会、政策等影响电网规划和运行的数据。通过结合云平台技术、分布式计算技术、数据可视化技术等数据分析技术，深入挖掘能源消耗带来的碳排放数据，从供给端减少生产及输配送的能源损耗；结合需求端使用习惯调整能源供给结构，优先使用清洁可再生能源。

### 机器人技术

机器人技术在能源领域主要应用于输电、变电流程当中。采用智能运检机器人可以减少大量传统巡检模式中的人力消耗，降低设备停机次数，提高设备使用率。利用太阳能为机器人提供能源可以保证全流程低碳工作。

### 生物技术与生物工程

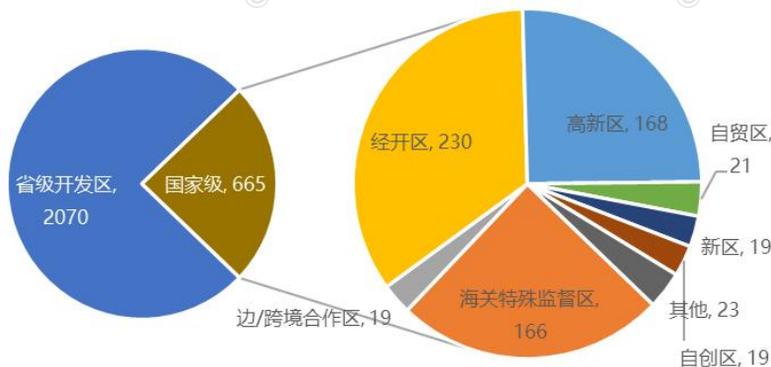
生物质能是另一种自然界中可循环可再生的清洁能源，可通过对农林废弃物、生活垃圾及畜禽粪便进行物理、化学、生物转换为各形态燃料，典型代表便是乙醇。此外，生物质能还是太阳能、氢能等重要清洁能源的媒介。作为唯一一种可再生碳源，在能源系统中可实现进一步碳吸收利用。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳园区

**低碳园区**

以降低碳排放强度为目标，以产业低碳化、能源低碳化、基础设施低碳化和  
管理低碳化为发展路径，以低碳技术创新与推广应用为支撑的一种可持续的  
园区发展模式

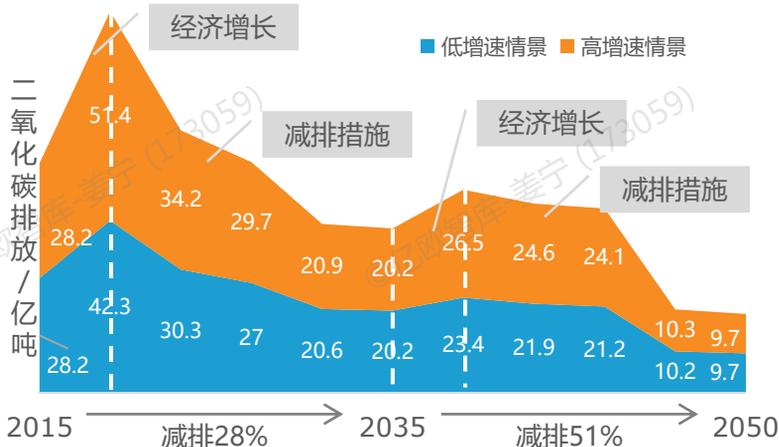
亿欧智库：2022年中国开发区数量



园区是中国工业化和城市化的重要载体，是经济发展的重要支撑。据最新统计，中国共有国家及省级开发区共2735家，省级开发区占多数。开发区的设立为工业园和产业园的搭建奠定了良好的发展基础。

来源：中国开发区网、亿欧智库整理

亿欧智库：2015-2050年中国工业园区减排情况



园区经济的高速增长也制造了大量的二氧化碳排放，各类工业园区的碳排放占到了全国总量的31%。

工业园区的低碳转型成为实现双碳目标的关键。通过科学的减排措施，目标实现2015-2035年和2035-2050年分别减排28%和51%。

来源：清华大学环境学院、亿欧智库整理

亿欧智库：零碳园区建设路径

### 阶段一：低碳阶段

以人工智能、物联网、大数据等科技手段实时感知园区碳排放情况，促进减排工作开展。



### 阶段三：净零碳阶段

构建智慧能源管理平台，实现能源综合协调优化。通过碳捕集和负碳技术及碳交易平台，实现园区碳回收、利用，成为净零碳智慧园区。

### 阶段二：近零碳阶段

搭配清洁能源、分布式能源等多元化功能形式，大幅降低园区能源消耗产生的直接和间接碳排，达到近乎零碳排。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳园区

亿欧智库：低碳技术与园区各要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物技术与生物工程
规划布局								
能源利用								
循环经济								
园区管理								

### 物联网

园区实现低碳发展离不开智能化改造，物联网技术是搭建智慧园区的核心技术之一。通过各类IoT设备对园区内的耗能状况、人员流动、温度、湿度、光照等生产活动和环境状态进行全方位的感知，辅助减碳方案优化的决策。

物联网技术作用范围覆盖园区业务系统、管理系统和运营系统三大核心系统，通过统一的数据接口，既疏通了系统间信息的交互屏障，又减轻了系统运行负担。

### 人工智能

人工智能技术的首要功能是帮助园区构建“智慧大脑”，实现智慧化节能化管理运营，是各类数字化技术的决策核心。较多采用随机森林作为决策分类算法，具有准确度高、输入变量维度多、学习过程快速等特点。通过快速有效的调整策略，可实现园区内企业用电降低20-30%，提升用能设施运维效率20%。

### 清洁能源技术

园区通过构建多元化清洁能源供给体系，实现耗能零碳排。依托分布式光伏电站、共建屋顶光伏、光储充一体化停车棚以及风光储氢、电储能、热储能、冷蓄能等综合智慧能源示范项目，重点使用太阳能、风能、地热能、空气能等可再生能源。

配合数字化基础设施推动电解铝、绿氢制钢、绿色化工等技术的发展和应用。

### 区块链

基于区块链技术搭建的去中心化平台，能够整合园区管网设备能源监控、自动化办公、通讯网络、安防等10多个系统，保证了各系统运行的独立性以及权限范围内的互通。

作为区域微电网的主体之一，园区凭借区块链信息透明、加密的特征，促进电力交易平台扁平化发展，实现园区自发余电上网并网，充分挖掘新能源发电减碳带来的经济效益。

### 数字孪生

基于数字孪生底座打造的园区3D数字化模型，将园区分散的系统和设备连接在一个平台上。通过对园区空间全局的掌控，精细化监控园区实时动态，发掘园区发展规律，推演未来趋势。

数字孪生技术从园区规划建设初期便可介入，后期延伸至运营阶段，实现全生命周期的低碳可持续化发展。

### 大数据

园区作为区域经济综合体，区域内流动信息种类繁多，数据量大，数据存储任务重，通过建立大数据中心可以实现管理的高效化、集约化。

大数据中心纳入的数据包含影响数据、多时相数据、多源异构数据等数据集，对园区整体安全防控、楼宇自动化控制、车辆管理、生产管理、办公等起到了数据联合、优化数据结构的重要作用。

多元数据的精细化处理是AI深度学习优化算法的关键，园区减碳减排是一个实时的、动态的过程，从根源上对数据的采集、存储逻辑等优化调整能加快整体数字化、智能化进程。

### 机器人技术

机器人技术赋能于园区产业发展的低碳转型，在生产环节中解放大量人力，提高生产效率，根据不同产业调整生产各环节合作协同方案，实现每单位能耗的产能最大化。

作为半封闭区域，自动物流机器人、自动清洁机器人等具有服务功能的机器人可以采用清洁能源为电源实现低碳运行。

### 生物技术与生物工程

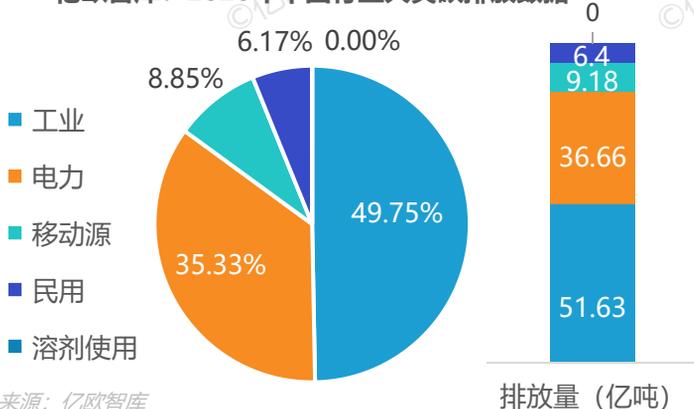
生物科技主要从两个方面减少园区碳排放。首先，生物质能是一种传统能源替代方案，以生物基聚酰胺系列为例，类比化石原料生产减少50%以上碳排。其次，利用生物科技可降解有机固废，减少生活垃圾生产垃圾堆积产生的有害气体和二氧化碳。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳工业

**低碳工业**

是以低能耗、低污染、低排放为基础的工业生产模式，其核心是能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变。

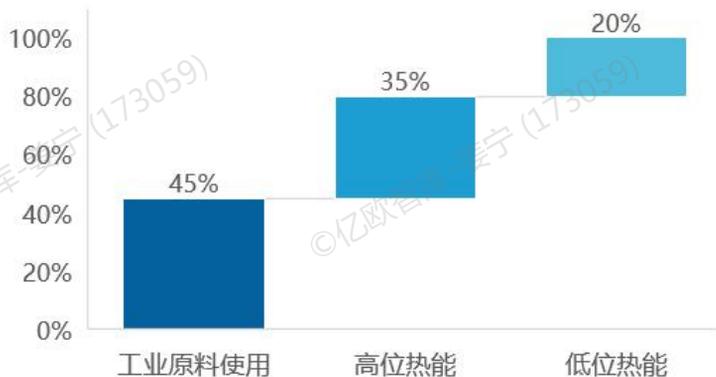
亿欧智库：2020年中国行业大类碳排放数据



来源：亿欧智库

2020年中国工业碳排放占比全国最高，共排放51.63亿吨二氧化碳，占比49.75%。其中以钢铁、水泥、石油化工等重工业为主要排放源，燃煤供热、燃煤锅炉、有色金属冶炼等细分行业占总工业碳排放的36.90%。

亿欧智库：高耗能产业碳排占比

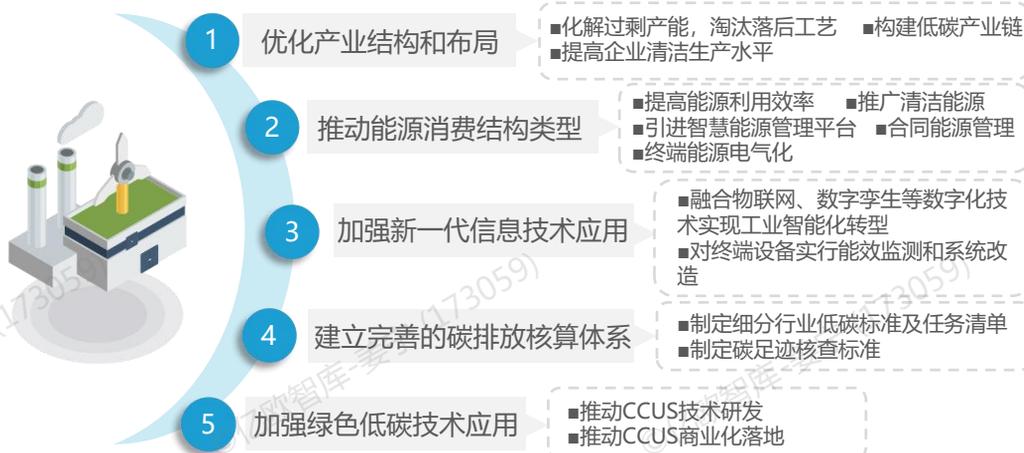


来源：中国能源网、亿欧智库整理

工业领域当中，钢铁、冶金、水泥等高能耗产业都是碳排放大户，减排空间潜力大，但是难度也较高。

高能耗工业产业碳排放45%来源于工业原料的使用，35%来自生产高位热能，20%来自生产低位热能。针对不同排放源可采取针对性减排措施。

亿欧智库：工业低碳转型措施



## 低碳前沿技术应用场景之低碳工业

亿欧智库：低碳技术与工业各要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物科技与生物工程
设计								
生产								
物流								
销售								
服务								

### 物联网

工业低碳发展与“工业4.0”智能化转型目标有密不可分的关系。物联网技术作为智能工程的基础技术架构之一，将工业设备、智能产品、软件系统等多源异构数据接入网络，形成工业全流程的数据采集体系。

采集的数据用于制造业供应链管理、生产过程工艺优化、生产设备监控管理、环保监测及能源管理以及工业安全生产管理，通过精细化管理有效控制能耗，提高产能效率，降低单位产能碳排放。

### 人工智能

人工智能技术可通过嵌入产品组合的方式，利用生产活动中产生的数据建立更精准的模型，从而更好地预测产能，进行生产风险评估、分析，提出对应的低碳减排智慧解决方案。

应用形式是与视觉、语音识别、知识图谱等技术结合，帮助机器实现深度学习，以低碳生产为前提，持续调整优化生产方案。

### 清洁能源技术

大力开发风能、水能、太阳能等一次能源，用以替代传统煤电已经成为工业领域深度脱碳的重要措施。

此外，使用以绿电为源，经电解水制取的“绿氢”对工业生产的减碳效果尤为显著。绿氢作为二次能源，更容易耦合电能、热能等多种能源，能满足工业生产对不同能源灵活配置的需求。

### 区块链

在工业场景中，区块链技术通过分布式网络数据管理，实现企业内设备数字身份可信互联，促进了数据共享，在业务流程层面实现全面优化，减少过程碳排放。

根据区块链网络中信息可追溯的特性，在物流环节，若前期使用区块链技术快速构建流程系统，可以帮助各参与主体及时共享订单处理状态，进行溯源统计，

得到物流全生命周期数据；针对销售环节，区块链技术的应用能充分发挥生产管理运作效能，降低因供需关系不一致造成的资源浪费。

### 数字孪生

数字孪生技术为工业资产构建高保真的数字世界，进行资产全生命周期管理。

技术落地是基于产线的真实数据，将生产过程各种物理属性精准映射到孪生空间当中，实现工业物理工厂与孪生虚拟工厂的虚实交融。

通过建立可靠性预测模型、物理仿真模型、优化调度模型，动态响应模型用于产品早期研发及后期制造阶段，大幅降低人力物力的耗费，缩短产品验证工作周期，降低碳排放。

### 大数据

工业数据具有数据容量大、多样、快速、价值密度低、时序性、强关联性、准确性、闭环性的特征，大数据技术是人工智能、物联网技术的底层支撑，工业应用大数据技术，可以将整个产业链整合起来，从过去的要素驱动向创新驱动转型，降低单位生产的碳排放量。

### 机器人技术

工业机器人在近十年当中已经得到了广泛的应用，结合了最新的运动控制、智能视觉、集群作业的先进算法，具有可靠性高、精准度高、适用性强的特点，广泛应用于汽车、机械、电子等制造场景当中。

应用工业机器人不仅大幅减少了生产过程中的传统人口劳动的碳排放，也通过提升产线的自动化水平，减少能耗耗损。机器人技术是工业实现智能化、低碳化的核心技术。

### 生物科技与生物工程

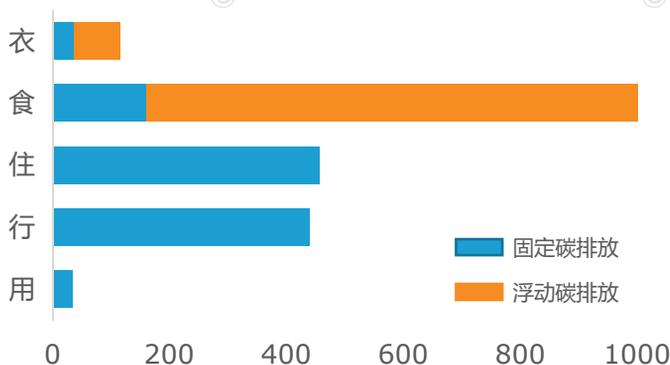
固体生物质燃料在工业生产当中可以提供稳定的能源输出。作为可再生电力之一，生物质能是继风光水电之后的重要低碳能源。

## 低碳前沿技术应用场景之低碳消费

低碳消费

低碳消费是一种由价值理念转化成切实减碳举措的行为模式。从消费者角度减少非生产性消费产生的碳排放；从企业角度通过各类数字化、智能化技术减少生产过程中生产资料、生产劳动消耗产生的生产性消费碳排放。

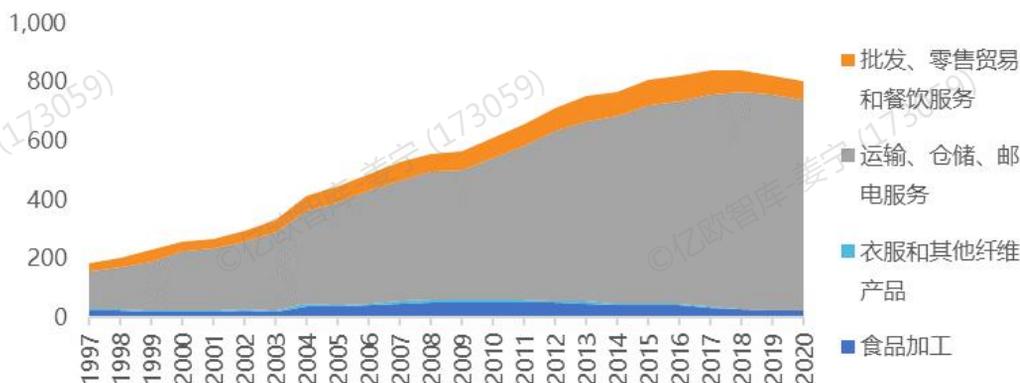
亿欧智库：2030年人口超1000万一二线城市人均减排潜力范围(kgCO<sub>2</sub>e/人·年)



低碳消费与其他行业的低碳模式不同点在于，低碳消费是由消费者自发的低碳环保意识引起的低碳行为，当消费者意识到个人消费行为模式具有极大的减排空间时，会倒逼企业进行绿色生产、低碳生产，进而实现消费全产业链的低碳化转型。

来源：公开资料、亿欧智库整理

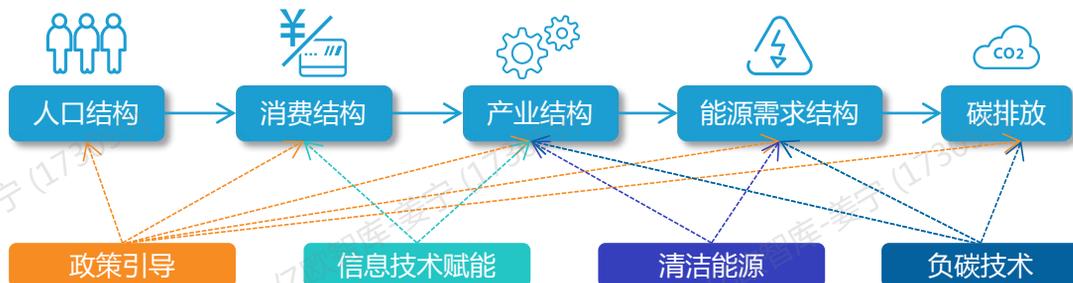
亿欧智库：1997-2020年四大生产性消费代表行业碳排放 (百万吨CO<sub>2</sub>)



来源：Wind、亿欧智库整理

根据统计，食品加工、衣服制品加工、纺织工业、烟草加工等具有加工生产性质的生产性消费碳排放量在2015年后都表现出较为明显的下降趋势，得益于企业在低碳生产上采取了有效解决方案。而具有服务性质的运输、仓储、邮电服务以及批发、零售贸易和餐饮服务，业务量与碳排放随着人民消费水平的提升而显著增长，但自2017年后随着信息技术手段的应用，碳排放也呈现出负增长的趋势。

亿欧智库：消费结构对碳排放影响传导机制及解决方向示意图



## 低碳前沿技术应用场景之低碳消费

亿欧智库：低碳技术与消费各要素结合强弱示意图（越深表示结合度越强）

	物联网	人工智能	区块链	清洁能源	数字孪生	大数据	机器人	生物科技与生物工程
原材料								
供应链								
生产加工								
零售终端								
回收及再利用								

### 物联网

物联网技术主要应用于消费品生产加工及零售环节。物联网能实现产品状态的实时监测，帮助企业挖掘消费者在产品使用过程中的衍生需求并针对性地提供服务，通过产品与服务的创新结合跨越“微笑曲线”，呈现“硬件+软件+服务”模式。

消费物联网现阶段正处于连接设备增量环节当中，未来将覆盖到消费更多的场景当中。

### 人工智能

新一代人工智能会促进产品的智能化、生产管理流程的智能化、企业制造流程智能化以及研发设计与生产制造的协同化。满足消费者多元化需求的同时，降低因货不对口引起的退单退货情况，降低产品从研发、生产、使用、报废全流程中产生的直接和间接碳排放。

在人工智能技术的驱动下，传统零售也在逐渐向新零售智能化转变，对新零售支付方式、零售环境及业态结构等多方面进行重构和优化。

### 清洁能源技术

从消费品的全生命周期管理角度出发，清洁能源在原材料开采、供应、生产加工过程中实现的低碳化与工业制造领域类似，通过替代传统高碳排能源结构，从源头降低温室气体的排放。

### 区块链

利用区块链技术构建“数字化供应链”，是一项消费行业的延伸性技术创新，尤其针对全球跨境的供应链管理和流通。

区块链技术具有的分布式记账功能和不可篡改性从根本上杜绝了供应链过程中因为多环节的信息孤岛带来的不确定风险，加速了商品从汇集生产、仓储、运输、通关、报检到第三方检验的全过程，新零售环境下、区块链的核心特点解决

了商品溯源所面临的问题，促进各个产品找到合适的客户，以低成本、低碳排的服务体现新零售的价值。

### 数字孪生

数字孪生将行业数字化从新销售1.0的销售环节和交易环节，拓展到了覆盖生产、物流环节的新零售2.0，从消费者、门店、供应链多个层面重塑行业的发展。

消费者层面，搭建AR/VR/MR技术实现三维的商品可视化；门店运营层面，消费者层面的数据通过系统反馈能辅助需求预测、品类规划，进一步倒推供应链的精细化、智能化管理，提供供应链效率，降低供应链成本。让全流程的碳排放“看得见”、“摸得着”，是搭建精细化碳排管理架构的核心要素。

### 大数据

大数据技术是连接商品制造企业消费者的关键，将有关消费者需求的多维信息收集并及时反馈给商品生产者，解决产能与需求不匹配的问题，更进一步地从整体上优化供给侧，实现按需供应、按需生产，减少不必要的原材料耗损，增强制造业的柔性制造能力，实现生产线从刚性自动化向柔性自动化转变的持续调整。

### 机器人技术

工业机器人所属范畴下的物流机器人，从生产制造流程到仓储配送流程大幅减少人力的支出，实现货品的精准分拣及分类。未来将会进一步结合到末端配送环节，实现全流程的无人化、低碳化。

### 生物科技与生物工程

生物科技技术将商品生产的原材料废品、加工边角料、报废商品实现进一步的回收利用，转化成为可利用的、可循环的能源体系。

## 低碳前沿科技未来发展洞察



### 全球发展趋势洞察

#### 洞察一：全球技术创新竞争加剧

2022年3月15日欧盟理事会就碳边境调整机制（CBAM）相关规则达成协议。根据这一机制，欧盟将根据进口商品（水泥、电力、化肥、钢铁和铝）隐含的温室气体排放量对其征收关税或采取其他的价格调节措施。

同时，美国与盟友合作主导推动的气候变

化政策纳入贸易政策和标准体系中，实施贸易限制。美国和欧盟运用国际贸易手段推动全球制造业脱碳，将对发展中国家的绿色转型造成压力，国际绿色低碳技术竞争将进一步加剧，具备高水准低碳技术的国家将掌握未来全球市场的主导地位。

#### 洞察二：技术兼具社会效益与经济效益

实现减排的社会效益成为了全球发展的共识，但是企业应用低碳技术的最大驱动力来自于技术带来的经济效益。目前大多低碳技术还是处于实验示范阶段。未来能够

广泛使用的低碳技术将是跨入成熟应用阶段的技术，具备技术可行性和经济可行性。

#### 洞察三：零碳能源技术研发为重点

主要国家在清洁能源领域正逐年加大投入，重点发展CCUS、储能和氢能等关键技术。2021年全球清洁能源投资达到7540亿美元，以德国、日本、英国为代表的发达国

家对请氢能和燃料电池的投入研发增长超过130%。能源的低碳化对全球产业的碳中和目标实现起到决定性作用，将是研发的重点领域。



### 中国发展趋势洞察

#### 洞察一：低碳技术理论支撑强化

低碳技术的发展离不开理论化的支撑。中国已明确提出加快“绿色低碳科技革命”，但是现有的理论支撑尚且不足，对低碳技术的概念没有清晰界定。2060年碳中和

的规划周期长，随着战略的不断推进，低碳技术的理论化不仅明确了技术发展思路，也为其发挥作用提供了动力保障。

#### 洞察二：创新水平与创新质量双提升

中国当前对低碳技术创新的研究更多关注于技术的采用、扩散、转移、政策的指定或实施以及其减排效应，相对忽视了低碳创新技术的开发与提升。目前中国在低碳专利数量上排名全球第五但仅占7%，与

美国的23%占比仍有不小差距，在创新质量上也有待提高。这与国家的经济水平和政策环境都有关联，我国虽低碳规划起步较晚，经济发展上具有很好的优势，未来将快速实现低碳技术的双指标提升。

#### 洞察三：国企私企结合，加速创新进程

国有企业在资金、技术及产业上具有优势，可以形成针对能源、钢铁、化工、水泥和有色等相关行业的低碳技术创新路径，并实施大规模实验和示范项目，以规模化效应提升部署低碳技术的经济效益，用于孵化更多的创新型技术；私有企业在数字化、

信息化、智能化低碳技术的研发上有更高的灵活性和创造性，可以根据市场发展的需求进行技术的更新迭代。结合国有企业与私有企业的优势，能在资金扶持、创新强度等方面齐头并进，加速低碳技术创新进程。

## 团队介绍

亿欧智库 (EqualOcean Intelligence) 是亿欧EqualOcean旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。

亿欧智库长期深耕科技、消费、大健康、汽车、产业互联网、金融、传媒、房产新居住等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。

以专业为本，借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧EqualOcean内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。

## 报告作者



**孙航**

亿欧智库 分析师

Email:

sunhang@iyiou.com



**俞斌**

亿欧智库 分析师

Email:

yubin@iyiou.com

## 报告审核



**王辉**

亿欧智库副院长

Email:

wanghui@iyiou.com



**孙毅颂**

亿欧智库 研究总监

Email:

sunyisong@iyiou.com

## 版权声明

本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的获取但不作任何保证。

本报告版权归亿欧智库所有，欢迎因研究需要引用本报告部分内容，引用时需注明出处为“亿欧智库”。对于未注明来源的引用、盗用、篡改以及其他侵犯亿欧智库著作权的商业行为，亿欧智库将保留追究其法律责任的权利。

## 关于我们

亿欧EqualOcean是一家专注科技+产业+投资的信息平台和智库；成立于2014年2月，总部位于北京，在上海、深圳、南京、纽约有分公司。亿欧EqualOcean立足中国、影响全球，用户/客户覆盖超过50个国家或地区。

亿欧EqualOcean旗下的产品和服务包括：信息平台亿欧网（iyiou.com）、亿欧国际站（EqualOcean.com），研究和咨询服务亿欧智库（EqualOcean Intelligence），产业和投融资数据产品亿欧数据（EqualOcean Data）；行业垂直子公司亿欧大健康（EqualOcean Healthcare）和亿欧汽车（EqualOcean Auto）等。

基于对中国科技、产业和投资的深刻理解，同时凭借国际化视角和高度，亿欧EqualOcean为中外客户提供行业研究、投资分析、创新咨询、数据产品、品牌公关、国际化落地等服务。已经服务过的客户包括华为、阿里集团、腾讯公司、Intel、美团、SAP、拼多多、京东健康、恒大集团、贝壳找房、GSK、富士康、上汽集团、蔚来汽车、一汽解放等。

## 亿欧服务

基于自身的研究和咨询能力，同时借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势；亿欧EqualOcean为创业公司、大型企业、政府机构、机构投资者等客户类型提供有针对性的服务。

### 创业公司

亿欧EqualOcean旗下的亿欧网和亿欧国际站是创业创新领域的知名信息平台，是各类VC机构、产业基金、创业者和政府产业部门重点关注的平台。创业公司被亿欧网和亿欧国际站报道后，能获得巨大的品牌曝光，有利于降低融资过程中的解释成本；同时，对于吸引上下游合作伙伴及招募人才有积极作用。对于优质的创业公司，还可以作为案例纳入亿欧智库的相关报告，树立权威的行业地位。

### 大型企业

凭借对科技+产业+投资的深刻理解，亿欧EqualOcean除了为一些大型企业提供品牌服务外，更多地基于自身的研究能力和第三方视角，为大型企业提供行业研究、用户研究、投资分析和创新咨询等服务。同时，亿欧EqualOcean有实时更新的产业数据库和广泛的链接能力，能为大型企业进行产品落地和布局生态提供支持。

### 政府机构

针对政府类客户，亿欧EqualOcean提供四类服务：一是针对政府重点关注的领域提供产业情报，梳理特定产业在国内外的动态和前沿趋势，为相关政府领导提供智库外脑。二是根据政府的要求，组织相关产业的代表性企业和政府机构沟通交流，探讨合作机会；三是针对政府机构和旗下的产业园区，提供有针对性的产业培训，提升行业认知、提高招商和服务域内企业的水平；四是辅助政府机构做产业规划。

### 机构投资者

亿欧EqualOcean除了有强大的分析师团队外，另外有一个超过15000名专家的资源库；能为机构投资者提供专家咨询、和标的调研服务，减少投资过程中的信息不对称，做出正确的投资决策。

欢迎合作需求方联系我们，一起携手进步；电话 010-57293241，邮箱 hezuo@iyiou.com

查看更多研究报告请访问亿欧网

[www.iyiou.com](http://www.iyiou.com)

— 更有超多垂直领域研究报告免费下载 —



扫码添加小助手  
加入行业交流群

