

| 2021年低碳科技白皮书

阿里云 FORWARD 前瞻

2021年10月

目录

CONTENT

- 01 低碳科技相关概述
- 02 “碳中和”愿景下的低碳科技发展现状
- 03 “碳中和”愿景下的低碳科技发展动向及趋势

01

1.1 低碳科技的定义

1.2 低碳科技发展环境

1.3 低碳科技发展机遇

1.1 低碳科技的定义

低碳技术是指能够有效降低碳能源消耗、减少温室气体排放、防止气候变暖而采取的技术手段。根据减排机理，低碳技术可分为零碳技术、减碳技术和储碳技术；根据技术特征，可分为非化石能源类技术等五大类。根据《国家重点推广的低碳技术目录》低碳技术的评价的温室气体主要为二氧化碳（CO₂），同时也适当考虑甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）和六氟化硫（SF₆）等其他种类温室气体。

低碳技术的分类

按减排机理



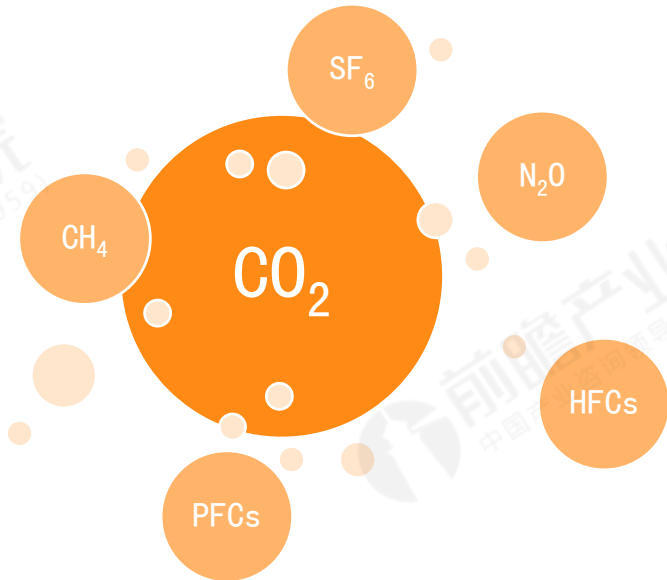
- ☐ 零碳技术
- ☐ 减碳技术
- ☐ 储碳技术

按技术特征



- ☐ 非化石能源类技术
- ☐ 燃料及原材料替代类技术
- ☐ 工艺过程等非二氧化碳减排类技术
- ☐ 碳捕集、利用与封存类技术
- ☐ 碳汇类技术

低碳技术针对的温室气体类别

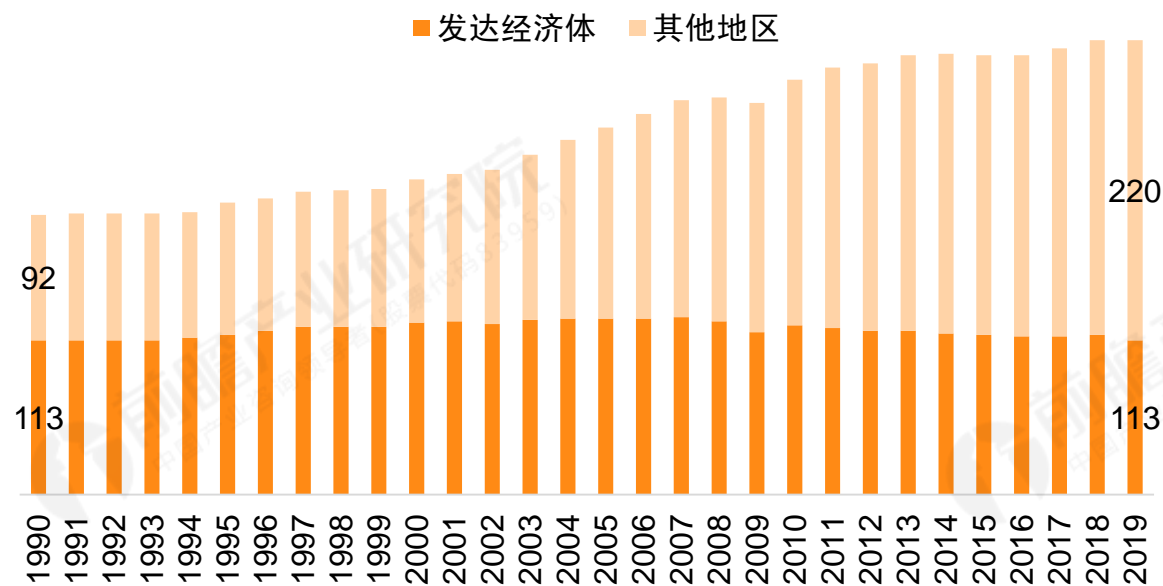


资料来源：《国家重点推广的低碳技术目录》等 前瞻产业研究院整理

1.2.1 低碳科技发展环境：二氧化碳排放量总体增长

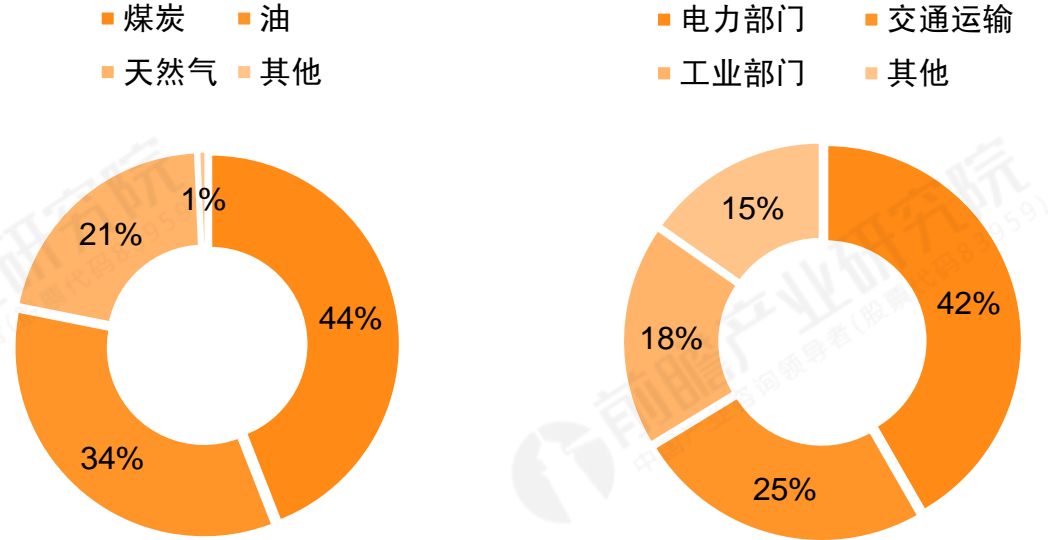
目前，全球约73%的碳排放来源于能源领域。2019年，全球能源相关的CO₂排放量约为330亿吨，其中，发达经济体的排放量约占三分之一。从能源相关的CO₂排放量来源来看，目前煤炭和石油的燃烧是CO₂排放量的主要来源，合计占比在75%左右；从排放部门来看，电力部门、交通运输和工业部门的排放量排名前三。

1990-2019年全球能源相关的CO₂排放量（单位：亿吨）



注：发达经济体：澳大利亚、加拿大、智利、欧盟、冰岛、以色列、日本、韩国、墨西哥、挪威、新西兰、瑞士、土耳其和美国。

2018年全球能源相关的CO₂排放量来源（单位：%）



资料来源：Our World in Data；国际能源署（IEA） 前瞻产业研究院整理

1.2.2 低碳科技发展环境：“碳达峰、碳中和”已成为全球议题

随着温室气体浓度的不断增加，气候变化已成为21世纪全人类共同面对的严峻挑战之一。对此，全球各国纷纷采取气候变化应对行动、制定碳减排目标，“碳达峰、碳中和”已逐渐成为全球议题。

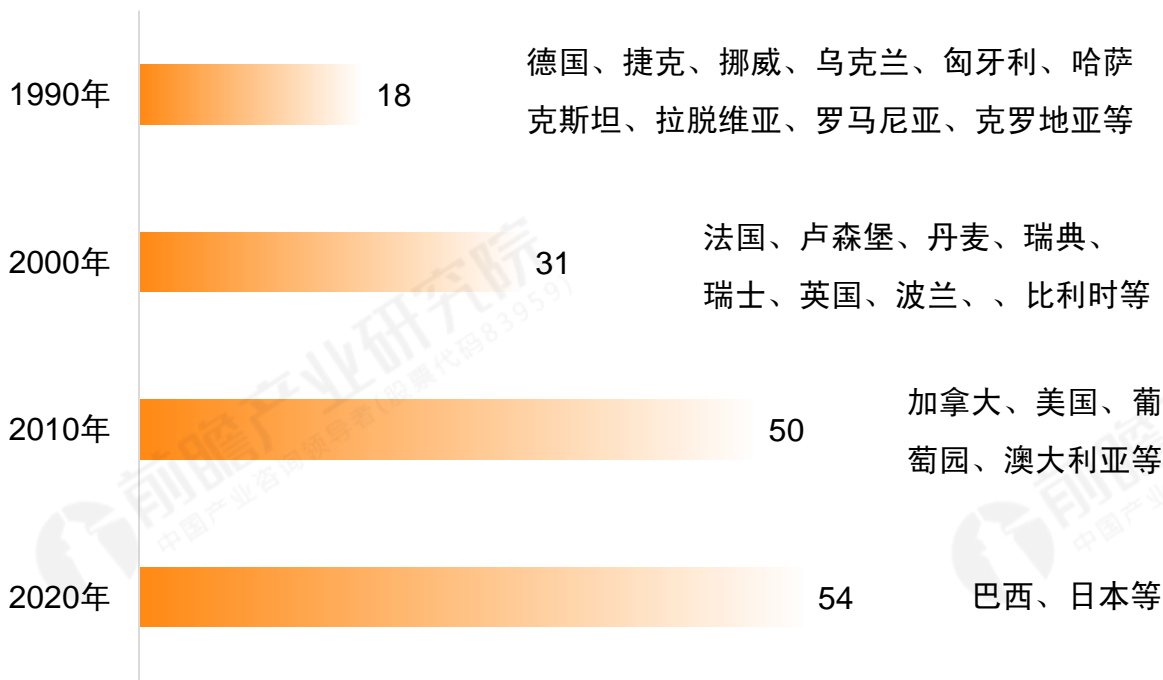


资料来源：根据公开资料整理 前瞻产业研究院整理

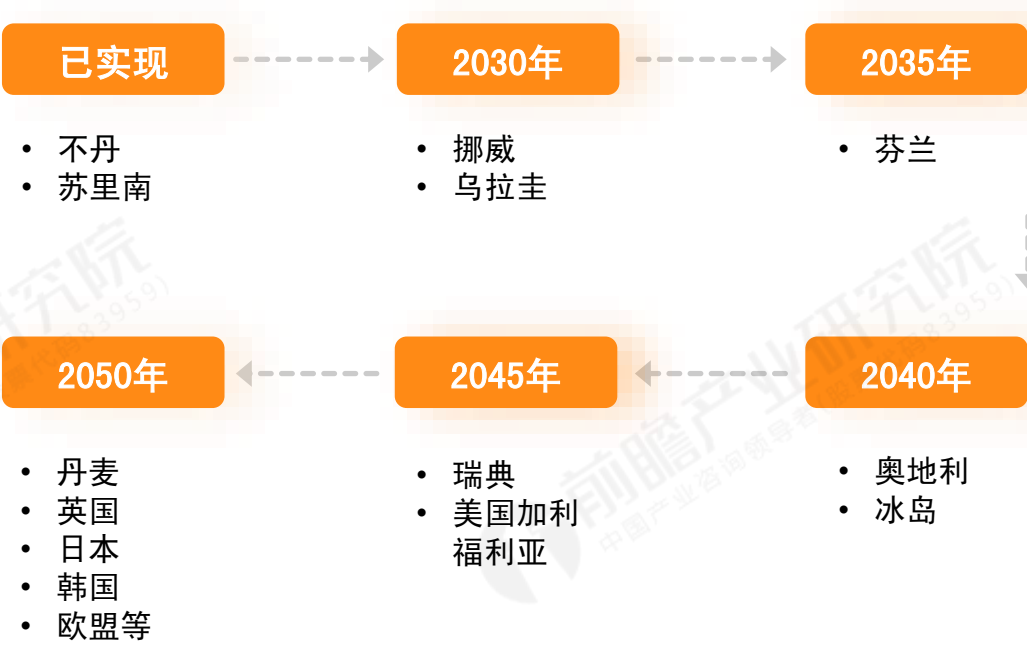
1.2.3 低碳科技发展环境：多国做出“碳中和”承诺

“碳达峰”方面，截至2020年，全球已有54个国家的碳排放实现达峰，占全球碳排放总量的40%；“碳中和”方面，不丹和苏里南已实现了“碳中和”，同时已有29个国家和地区通过颁布政策或立法的方式做出了“碳中和”承诺。预计2021年末，占全球碳排放量65%以上、占全球经济总量70%以上的国家将作出“碳中和”承诺。

截至2020年全球已实现“碳达峰”的国家数量（单位：家）



全球主要国家（地区）“碳中和”目标时间表



资料来源：江苏省碳中和联合研究中心；联合国等 前瞻产业研究院整理

1.2.4 低碳科技发展环境：中国承诺将于2060年实现“碳中和”

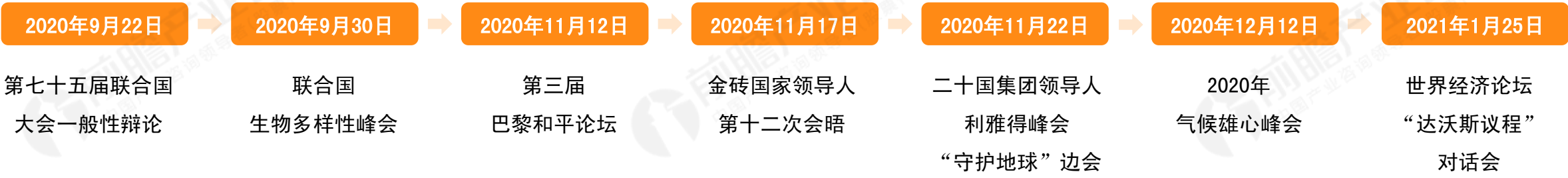
在“碳中和”大背景下，我国首次明确提出碳达峰、碳中和是在2020年9月份的第七十五届联合国大会一般性辩论上。国家主席习近平向全世界承诺：力争于2030年前达到峰值，2060年前实现“碳中和”的宏远目标。

“3060”碳中和目标已经上升到国家战略和行动方案

习主席在第七十五届联合国大会发言：

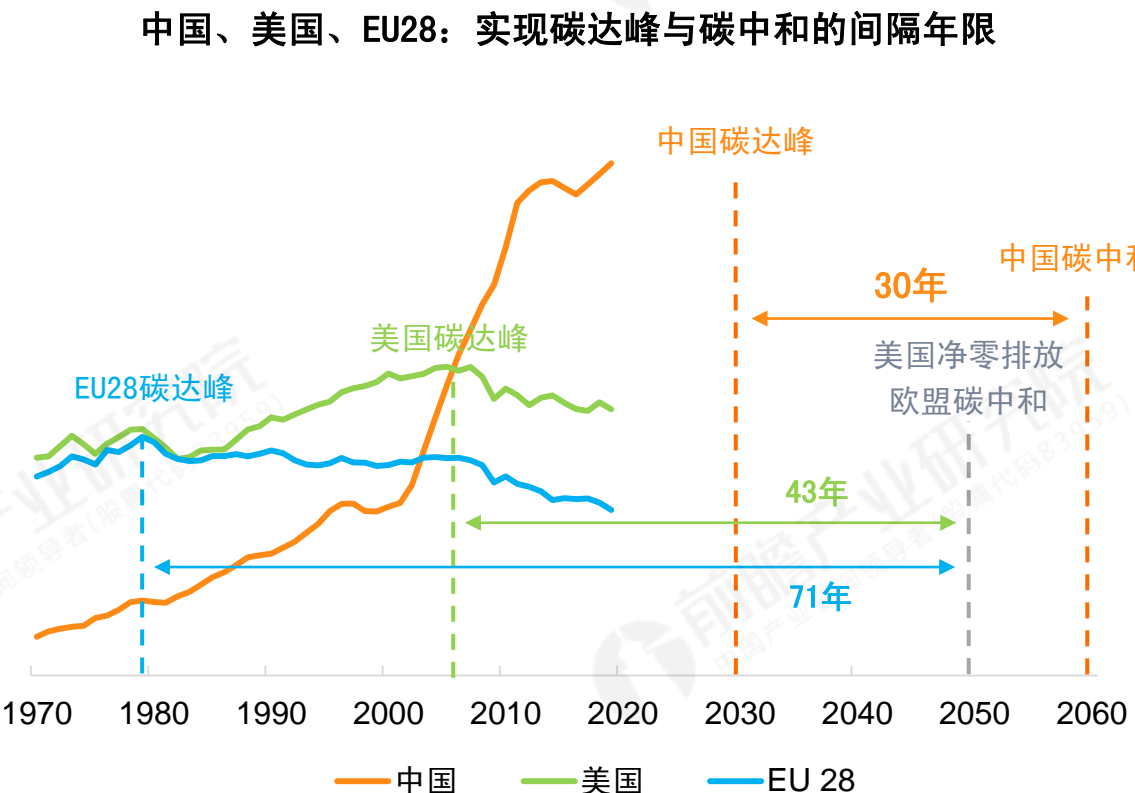
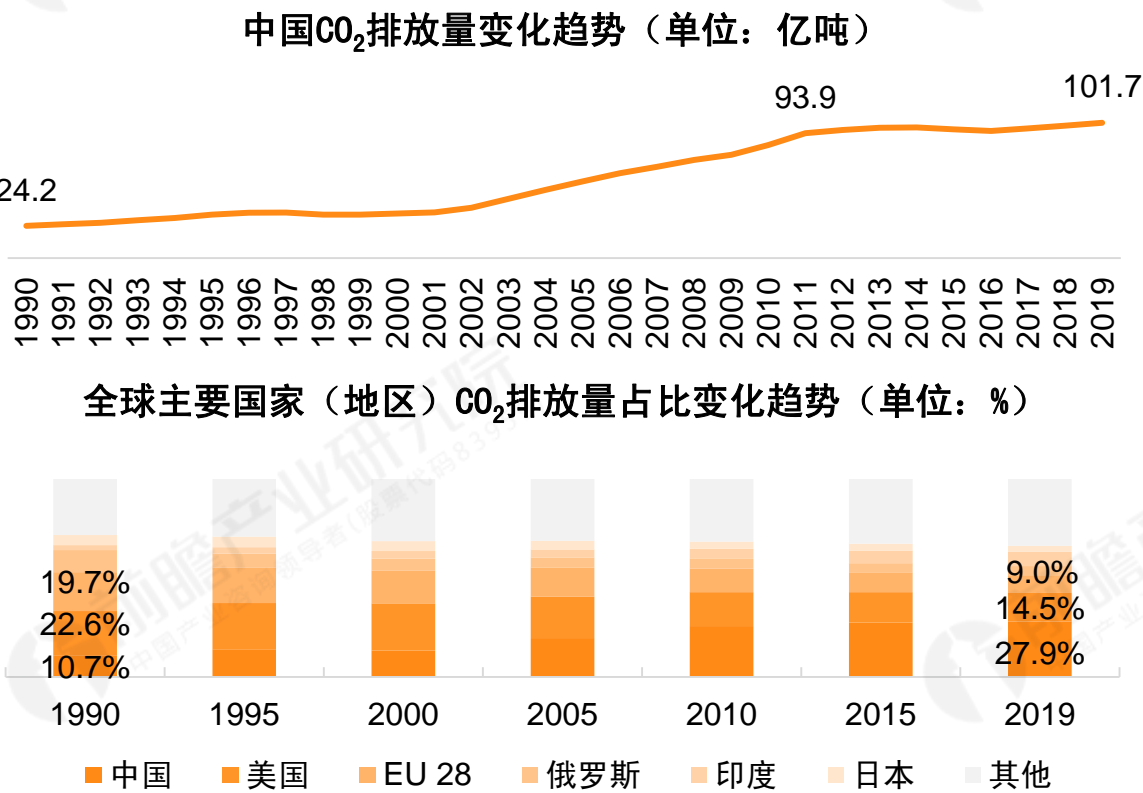
“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”

习近平主席多次在国际会议上宣誓：中国2030年前碳达峰，2060年前碳中和



1.2.4 低碳科技发展环境：中国实现“碳中和”任务艰巨

数据显示，自2011年以后，中国每年的CO₂排放量在90亿吨以上的，2019年达到了100亿吨，占全球总排放量的27.9%，排名全球第一，是美国的2倍、欧盟28国的3倍。而与美欧国家相比，我国尚处于经济上升期，且实现碳达峰与碳中和的间隔年限较短，实现“碳中和”愿景可谓是“时间紧、难度大”。



资料来源：Our World in Data; EDGAR 前瞻产业研究院整理

1.3.1 “碳中和”愿景下科技创新的重要性

科技创新是实现“碳中和”目标的重要保障。从短期看，处理好经济转型发展、疫后复苏与碳约束的矛盾亟需科技支撑；从中期看，推动经济保持低碳、脱碳发展最终要依靠科技；从长期看，提升我国在国际低碳市场的竞争力关键在于科技创新。目前，世界主要国家、国际组织已均将科技创新作为碳中和目标实现的重要保障。

主体类型	国家（地区）	相关政策、规划、报告	要点归纳
国家（地区）	欧盟 	2019年《欧洲绿色新政》	围绕需重点突破与推广的核心技术，通过加大“地平线”项目投入等方式支持技术创新
	美国 	2020年《清洁能源革命和环境正义计划》	
	日本 	2020年《绿色增长战略》	提出了海上风力发电、电动车、氢能源、航运业、航空业、住宅建筑等14个重点领域深度减排的详细技术路线图、技术发展目标 and 主要措施等
	英国 	发布了系列报告	围绕实现碳中和的技术需求，提出了供热、工业、交通等领域的技术发展和路径，为英国整体实现净零排放提供技术支持
国际组织		可持续发展解决方案（SDSN）	2019年，共同发布了针对各国到21 世纪中叶脱碳的路径研究，梳理了电力、交通、建筑与工业的主要技术以及2025年、2050 年的发展目标
		网络意大利马特艾基金会（FEEM）	
		能源转型委员会（ETC）	发布相关报告对实现零碳经济各领域主要技术的发展时间节点进行了综述与规划
		国际能源署（IEA）	长期开展减排技术评估，发布了一系列技术路线图

资料来源：张贤、郭偲悦等《碳中和愿景的科技需求与技术路径》 前瞻产业研究院整理

1.3.2 中国实现“碳中和”愿景的政策体系

自2020年10月我国首次明确碳达峰、碳中和目标以来，国务院、国家发展改革委等部门抓紧研究出台相关政策措施，积极推动经济绿色低碳转型和可持续发展；地方层面，全国各省市陆续表示将落实中央部署要求、制定实施碳排放达峰行动方案；企业层面，部分大型国企、民企、科技企业纷纷表态，其中，国家电网于2021年3月发布了《碳达峰碳中和行动方案》。

1

国家层面

2020年12月：《绿色技术推广目录（2020年）》

2021年1月：《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》

2021年6月：《国务院办公厅关于科学绿化的指导意见》

2

地方层面

2021年6月：《浙江省碳达峰碳中和科技创新行动方案》

2021年：上海市、福建省、江苏省、广东省、天津市、北京市、河北省等省市，均在其《十四五规划纲要》或《2021年政府工作报告》中提出了将制定实施碳排放达峰行动方案

3

企业层面

大型企业：央企国企如中石化、中石油、中海油、国电投、华能、大唐、国家电网、南方电网、能源集团、晋能控股、中国宝武等；民营企业如伊利、大众、比亚迪等表态在研或已有碳中和规划。

互联网科技企业：阿里、腾讯、百度、华为均已发声，纷纷响应碳中和国家战略

4

科技部 即将出台

2021年，科技部正抓紧研究制定《科技支撑碳达峰碳中和行动方案》。

《方案》立足于科技创新，充分发挥科技创新对碳达峰碳中和目标实现的支撑引领作用

02

2.1 “碳中和”愿景的技术支撑体系

2.2 “碳减排”关键技术应用现状

2.3 “零碳”关键技术应用现状

2.4 “负碳”关键技术应用现状

2.5 “碳中和”愿景的技术实践路径总结

2.1 “碳中和”愿景的技术支撑体系

根据减排原理，实现“碳中和”愿景将遵循“减碳-零碳-负碳”的技术路线。具体包括：节能减排技术、新能源技术、CCUS技术等。



2.2.1 “碳减排”技术：主要应用于高排放领域

“碳减排”技术是指利用节能减排技术实现生产、消费、使用过程的低碳，达至高效能、低排放、低能耗、低污染。重点领域主要涵盖钢铁、电力、石油化工、黑色金属冶炼及压延加工业、非金属矿物制品业等二氧化碳高排放量工业行业。

电力节能减排技术

- 火电厂凝汽器真空保持节能系统技术
- 配电网全网无功优化及协调控制技术
- 可控自动调容调压配电变压器技术

钢铁节能减排技术

- 矿热炉烟气余热利用技术
- 钢铁行业能源管控技术
- 高炉鼓风除湿节能技术

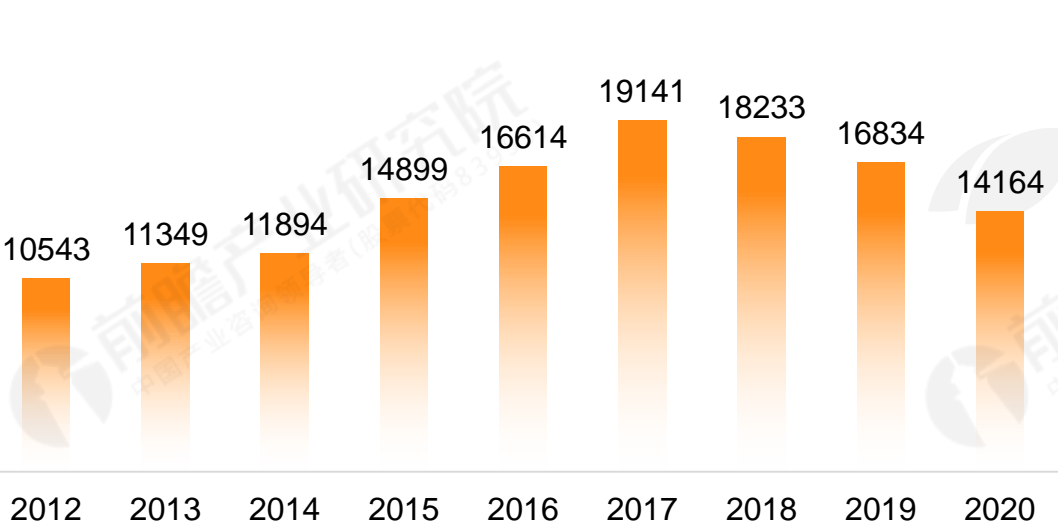
有色金属节能减排技术

- 粗铜自氧化还原精炼技术
- 复式反应新型原镁冶炼技术
- 高电流密度锌电解节能技术

石化节能减排技术

- 火电厂降低煤耗技术
- 油田采油污水余热综合利用技术
- 变换气制碱及其清洗新工艺技术

2012-2020年中国节能减排技术专利申请情况（单位：项）



截至2021年7月中国节能减排技术分类TOP 8（单位：项）

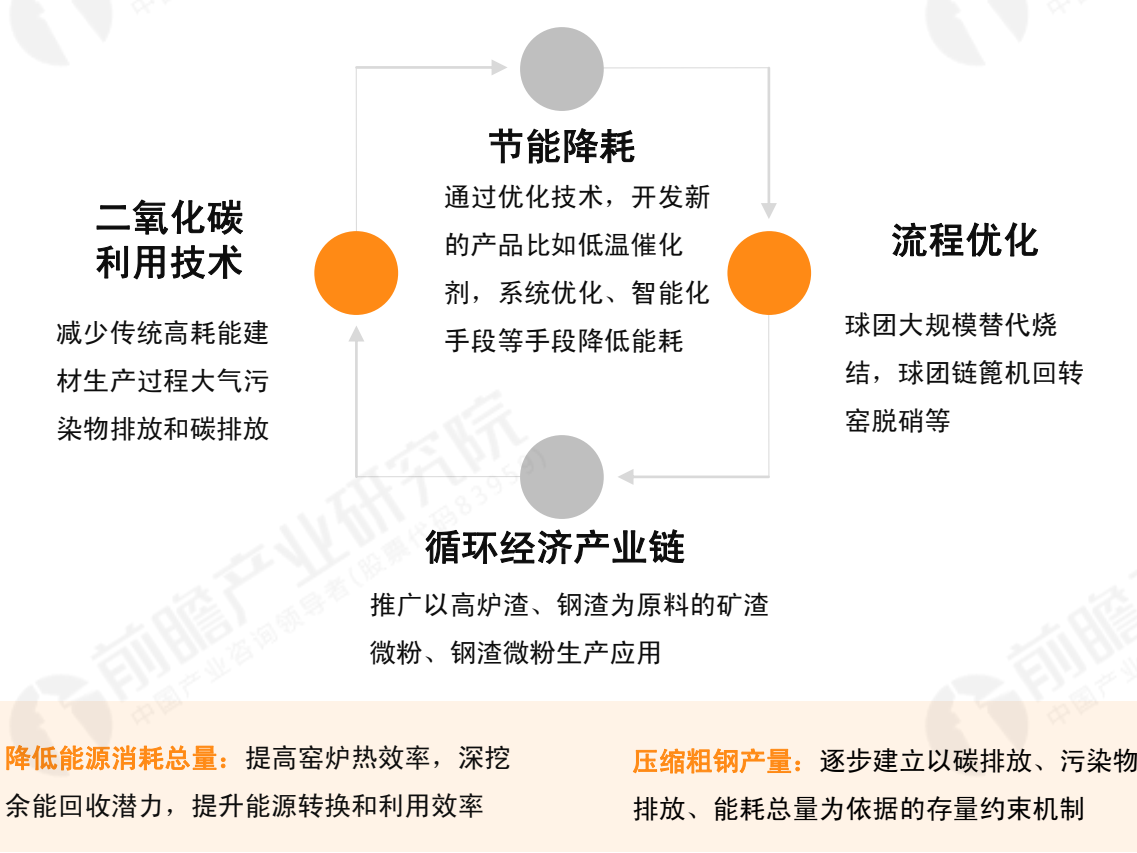
CPC分类	专利数	
Y02T10/12	传统内燃机指示效率的改进技术	1862
Y02T10/70	用于电动车辆的储能	1795
Y02E60/10	储能器	1784
Y02E10/50	光伏[PV]能源	1762
Y02P10/25	通过提高工艺的能效	1581
Y02P20/10	造成温室气体排放的生产工艺的改进	1552
Y02T10/7072	电动车辆用于电池，超大容量电容器等	1281
Y02E20/34	通过作用于过程中非CO ₂ 直接相关的事项	1192

资料来源：智慧芽等 前瞻产业研究院整理

2.2.2 “碳减排”技术：钢铁企业新近突破的冶炼技术较多

钢铁行业是我国碳排放最多的行业，国内钢铁厂从本世纪初开始实践钢铁低碳生产技术，这些技术在原理上主要包括三大类：提高能量利用效率、提高副产品利用效率、新近的突破性冶炼技术。

钢铁产业“碳减排”技术路径



代表性钢铁企业“碳减排”技术实践

减排类型	钢铁企业	减排技术
提高能量利用效率	鞍钢鲅鱼圈	高炉喷吹焦炉煤气
	山钢莱钢	氧气高炉炼铁基础研究
	八一钢铁	富氧冶铁
提高副产品利用效率	首钢京唐	转炉煤气制燃料乙醇
	山钢日钢、达钢	焦炉煤气制天然气
	沙钢、马钢	转底炉处理固废生产金属化球团
	首钢、莱钢	钢铁尾气制乙醇
	中晋太行	焦炉煤气直接还原铁
突破性冶炼技术	宝武集团	核能制氢与氢能炼钢
	河钢集团	富氧气体直接还原铁
	酒钢集团	煤基氢冶金
	日照钢铁	氢冶金及高端钢材制造
	宝钢湛江	钢铁工业CCUS（碳捕获、利用与封存）

资料来源：德勤 冶金规划院 公司公告等 前瞻产业研究院整理

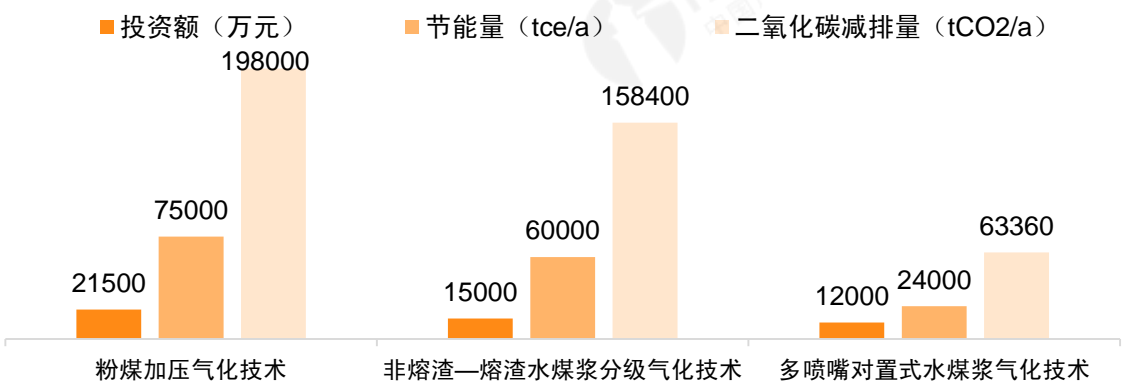
2.2.2 “碳减排”技术：技术推动煤气化节能

煤炭是我国主要能源消费需求。先进煤气化技术是大幅提升合成氨等传统煤化工产业水平的基础技术之一，在节能环保、煤种适应性等方面具有十分突出的优势。

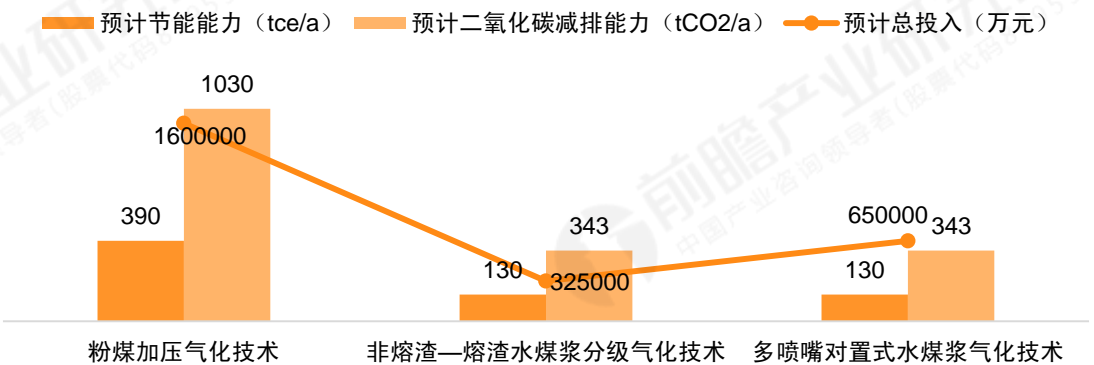
先进煤气化节能技术主要内容

主要技术	粉煤加压气化技术	非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术	多喷嘴对置式水煤浆气化技术
技术条件	采用先进的HT-L 粉煤加压煤气化技术改造原有的 常压固定床煤气化装置	采用常压固定床间歇式气化技术、20万t总氨能力的化工企业	
建设规模	18万t/a合成氨或甲醇	20万t/a甲醇气化装置	1台日处理1150t煤多喷嘴对置式气化炉
适用范围	化工行业 煤制烯烃、煤制天然气、煤制油等现代煤化工行业，电力行业（IGCC），城市煤气等	化工行业 煤制合成气	
目前推广比例/该技术在行业内的推广潜力	<div><div>15%</div><div>60%</div></div> <div>目前推广潜力</div>	<div><div>15%</div><div>30%</div></div> <div>目前推广潜力</div>	

先进煤气化节能技术典型项目



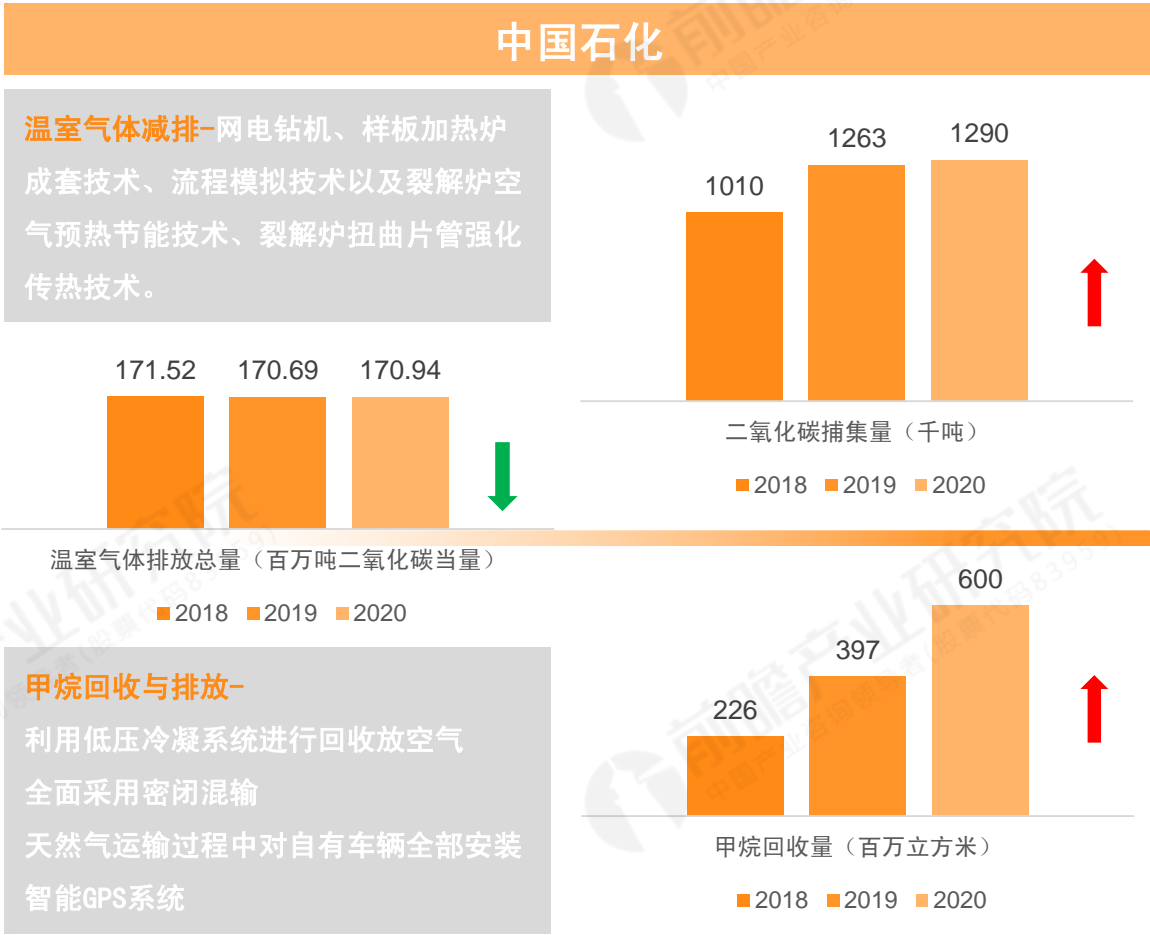
先进煤气化节能技术节能减碳潜力



资料来源：《国家重点节能低碳技术推广目录》 前瞻产业研究院整理

2.2.2 “碳减排”技术：龙头石化企业低碳技术应用

为控制温室气体排放，中国石油开展了二氧化碳驱油与埋存、咸水层和油藏碳封存潜力评估、自备电厂烟道气二氧化碳捕集等重要碳减排技术研究；中国石化针对性地采取减排措施，并借助CCUS和林业碳汇等碳移除技术，减少自身的碳足迹。



资料来源：各公司公告、官网等 前瞻产业研究院整理

2.2.2 “碳减排”技术：科技企业技术实践及应用梳理

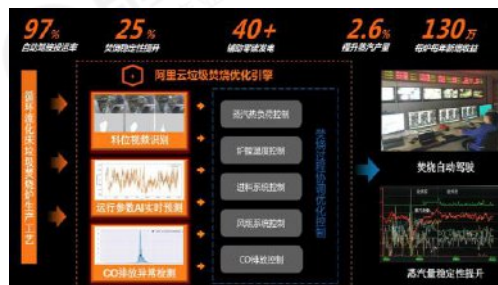
目前，我国代表性科技企业在运用技术优势实现自身低碳发展的同时，将新技术与传统破密集型产业结合，辅助碳密集型产业低碳发展。部分代表性企业低碳技术类型及应用如下：

企业名称	企业类型	代表性低碳技术	技术应用领域	技术应用案例
阿里云计算有限公司（阿里云）	新兴科技企业	机器学习技术，视频识别技术等	能源电力、智慧环保、远程教育/办公/医疗等	钉钉、远程医疗云服务等
北京市商汤科技开发有限公司（商汤科技）	新兴科技企业	图像识别、视频分析等人工智能技术、商汤科技SenseMARS等	能源电力行业数字化转型	AI+AR巡检系统、新一代人工智能计算与赋能平台等
上海箱箱智能科技有限公司（箱箱共用）	低碳服务企业	物联网技术	智能包装	“数智+”Saas循环管理平台
碳足迹北京科技有限公司（碳足迹）	低碳技术企业	碳排放管理软件等	企业绿色可持续发展	助力阿里巴巴绿色物流、助力百度碳减排核算等
北京碧水源科技股份有限公司（碧水源）	低碳技术企业	微滤膜、超滤膜、智能一体化污水净化系统等膜集成城镇污水深度净化技术	污水及废水处理、海水淡化等	振动膜生物反应器污水深度处理集成装备、碳排放监测监管平台等
深圳市裕同包装科技股份有限公司（裕同科技）	低碳技术企业	EB固化、无溶剂复合技术等	绿色包装	生物可降解包装、纸塑环保包装解决方案等
远大芯建数字科技有限公司（远大芯建）	初创科技企业	BIM，MMO、碳数据等信息化高科技技术	绿色建筑	远大不锈钢芯板、5D建筑等

2.2.2 “碳减排”技术：阿里云助力社会减碳

数字技术的创新与产业发展模式的变革，是构建新型生产方式的必经之路，阿里云在助力行业减排、支撑政府碳排放管理、低碳学习及工作方式等方面已有了很好的探索。

运用数字技术助力社会减碳



工业大脑运用大数据、人工智能等数字技术，结合工业生产控制机理及传统控制技术，提升化石燃料的高效利用，实现降本增效，进而降低生产环节产生的碳排放量。



绿色制造降低工业生产碳排放

案例：浙能锦江集团下属云南绿色能源有限公司日焚烧1300吨固废垃圾；瀚蓝环境一期项目

首先利用数字化技术帮助政府做好碳监管；其次完成碳足迹追踪分析，利用AI算法分析预测碳趋势；研究碳排放预测模型，通过沙盘推演帮助政府定目标、做决策；最后为碳交易服务做好支撑保障。



服务政府，支撑碳排干预

基于阿里云城市大脑的数据技术和经验积累，与环境规划院合作打造“碳大脑”



智慧交通实时监测道路车流量和拥堵排队等参数，对全域的路口信号灯实现区域实时自适应控制，减少交通拥堵和相应的能源消耗和碳排放。



交通大脑支撑政府交通疏导

案例：杭州单路口交通拥堵减少近20%，通过提升通行速度和减少车辆排队时间降低碳排放



- 1) 钉钉通过推广无纸化绿色办公、电子审批、电话会议、视频会议等在线办公方式，可以一点一滴累积降低碳排。
- 2) 基于多元数据融合的数据中枢、AI中台、和业务中台的数字政务平台让老百姓和企业办事少跑路进而降低碳排。



人人减排，低碳工作和生活

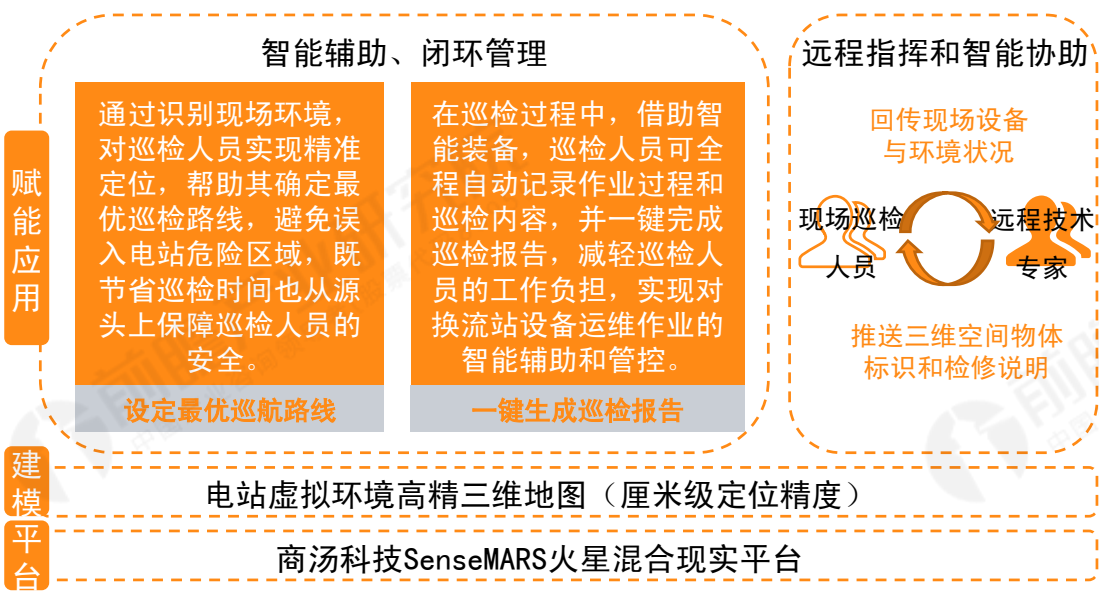
阿里钉钉的无纸化办公截至2020年底，已累计降低碳排放1100万吨

2.2.2 “碳减排”技术：商汤科技AI及遥感技术

推动能源电力行业数字化转型

商汤以AI+AR技术助力电网智能巡检，从而提高电力运维效率、节省时间和人力成本，有效保障在新能源大规模并网后的电网运行安全。基于工业级AR技术试点，商汤科技SenseMARS可提供标准化的端到端解决方案。未来将在更多换流站及其他工业场景中规模化应用，加快能源电力行业的数字化转型。

商汤科技AI+AR巡检系统技术应用示意



“智能遥感”擎画立体环境治理体系

商汤科技基于自身的技术基础，打造了AI+遥感的立体环境监测治理体系。商汤科技基于AI+遥感技术建立支撑服务国家大气、水、生态、土壤和环境监察/督查的遥感监测业务体系，推动构建全天时、全天候、全尺度、全谱段、全要素的卫星遥感观测网络体系，强化遥感技术在生态状况、环境质量、污染源监测与评估中的应用。

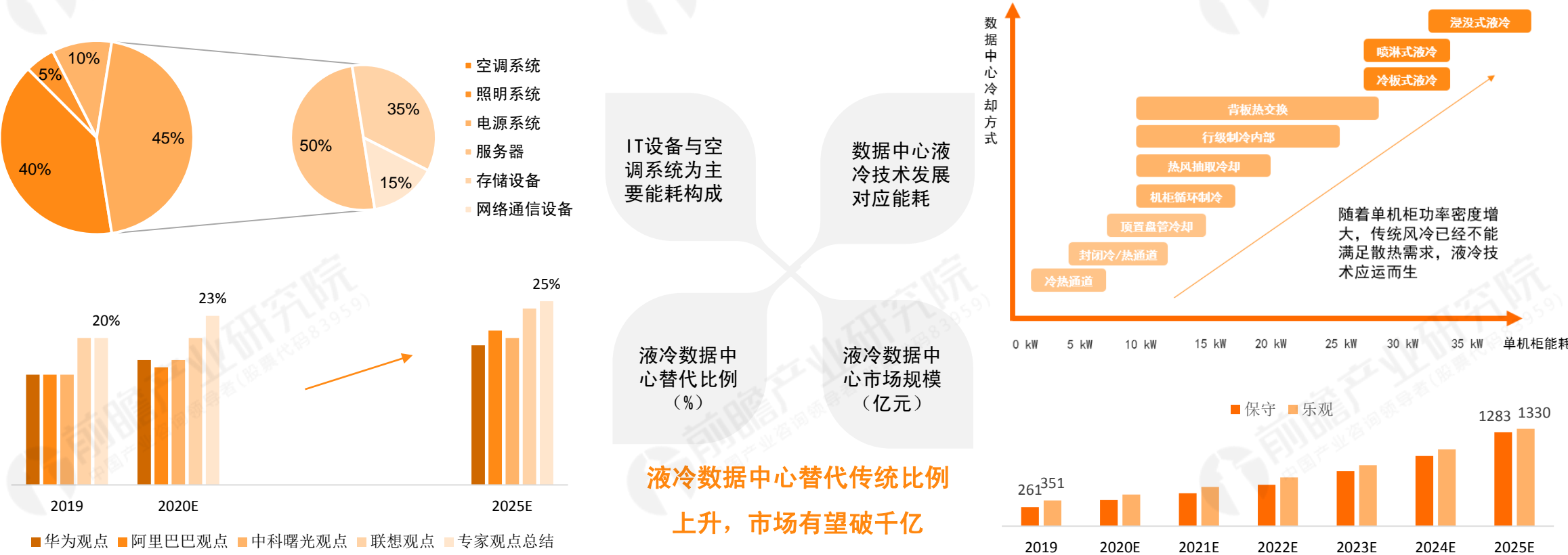
商汤科技遥感技术应用案例



资料来源：商汤科技 前瞻产业研究院整理

2.2.3 互联网科技企业“碳减排”技术：液冷技术推动数据中心减排

互联网科技企业碳排放的最大来源是电力消费，其中以数据中心等大型互联网基础设施的耗电量为主。数据中心托管的服务器需要全年不间断运行以向互联网用户提供服务，同时需要空调等辅助制冷设备实时供应冷能以维持其可靠运行，因此电能消耗量巨大，约占全社会用电量的2.71%。在数据中心绿色节能、高密度、超大规模的发展趋势下，液冷技术逐渐发展。



资料来源：中国数据中心节能技术委员会；CCID等 前瞻产业研究院整理

2.2.3 互联网科技企业“碳减排”技术：致力于降低数据中心PUE

浸没式液冷服务器，利用绝缘冷却液取代传统风冷。阿里云还采用了**湖水冷却**和**自然风冷**等多种冷却技术。

组合式空调箱（AHU）风墙技术、高压直流供电系统（HVDC）降低电力消耗。

■ 设计年均PUE



阿里巴巴浙江云计算仁和液冷数据中心



阿里云

Tencent 腾讯



天津滨海数据中心3号楼微模块机房

T-block模块化数据中心节能技术：间接蒸发冷却利用水蒸发降温，使空气温度逼近湿球，延长自然冷却时间。

余热回收：腾讯天津数据中心试点采用余热回收，并重新用于办公楼办公区域冬季供暖，每年减少约1600吨标煤。

TMDC（微模块数据中心）：在节省冷量损耗的同时达成精准送风，最大化制冷效果。

飞浆AI控制系统：建立数据中心深度学习模型，实现智能供电、智能散热，确保数据中心低能耗高性能运行。

水平送风AHU冷却技术：与传统精密空调相比，可节约约20%。约600台机架采用该技术，PUE为1.21。

市电+UPS（不间断电源）等多种供电方案：整体供电效率达95%-97%。



百度云计算（阳泉）中心二期

Baidu 百度

HUAWEI



华为云廊坊数据中心

iCooling智能算法：智能协同IT与制冷系统，调节制冷系统运行在最佳状态，年均节能超过5%，每年节省电费近千万元。

不间断模块化电源：全生命周期可节省耗电量500万kWh（10MW数据中心，负载率40%，温控COP为3）。

间接蒸发冷却技术：高效利用自然冷源，让制冷系统能耗下降40%-60%。

数据中心机房相关技术：机房末端水冷空调选配、EC风机采用冷冻主机自动控制系统、密闭冷池供冷、空调系统自然冷却系统与变频技术、闭式冷却塔运用等，推动节能减排工作。

通过**水平送风AHU冷却技术、高效模块化UPS技术、智能微模块数据中心技术、整机柜服务器技术、数据中心能耗监测及智能节能控制技术**实现节能率提升与碳排放降低。

浪潮液冷AI服务器



inspur 浪潮

注：PUE是衡量数据中心运行效率的指标，其越接近于1，代表数据中心对于电能的利用越有效率。

资料来源：各公司公告 《绿色云端2021》等 前瞻产业研究院整理

2.2.3 互联网科技企业“碳减排”技术：阿里云云数据中心节能减碳

阿里云秉承“科技驱动世界创新发展，为社会创造价值，让生活更美好”理念，高度重视绿色可持续发展，在各级政府指导下开展了大量的实践探索，成立之初便设立专门的数据中心节能部门，大力推进数据中心节能减排。

技术创新与应用，降低数据中心能耗

液冷IDC年均PUE<1.10



浸没液体冷却

- 部署全球最大规模30千瓦以上浸没式液冷数据中心，实现100%无机械制冷，年均PUE<1.10。
- 北京冬奥云数据中心：全球互联网行业第一个浸没式液冷生产集群。



AHU 组合式空调风墙技术

行业内首次大面积应用组合式空调箱（AHU）风墙技术，将室外温度适宜的新风输送至机房，实现设备自然冷却，降低空调电力消耗。



高效电源

大规模使用HVDC高压直流供电系统，减少了传统交-直-交电源转换中的电气损耗，提高整体效率。

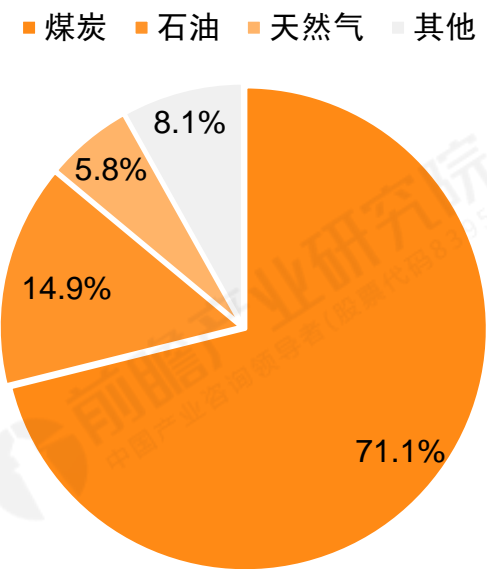


资料来源：阿里云 前瞻产业研究院整理

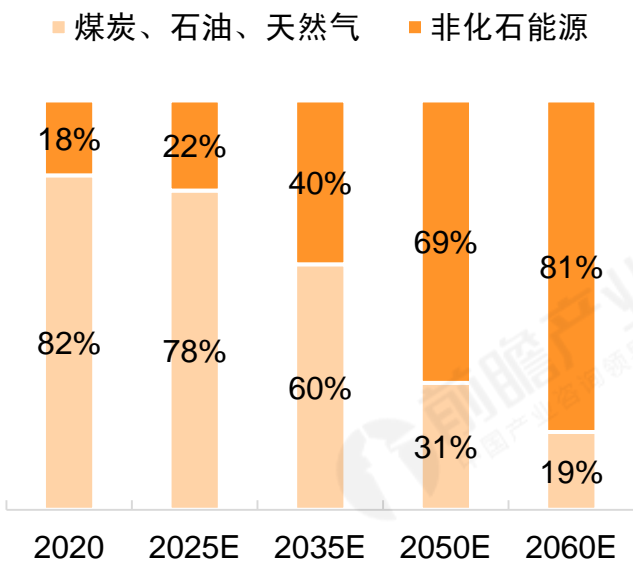
2.3.1 新能源发电技术：有潜力实现50%的“碳减排”

新能源发电技术包括：风力发电、太阳能发电、核能发电、海洋能发电、生物质能发电、地热能发电等技术。由于化石能源消耗是我国碳排放的主要来源，随着清洁能源发电技术的不断成熟和发电成本的下降，据高盛预测，新能源及可再生能源技术将有潜力促进中国约50%的人为温室气体排放“去碳化”，是中国实现“碳中和”目标中最重要的技术。

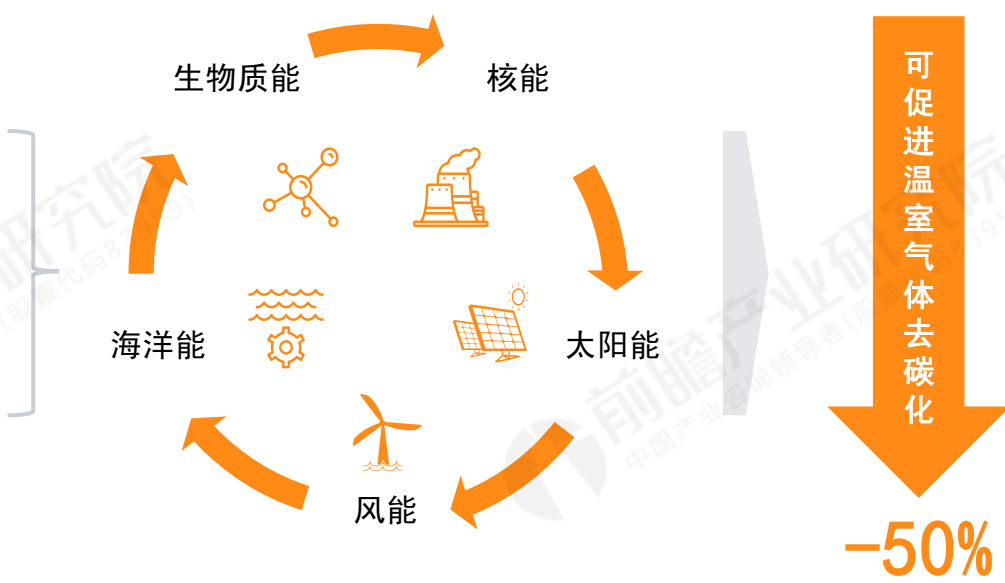
2019年中国CO₂排放量来源



中国能源消费结构及预测



新能源的分类及碳减排贡献度



注：非化石能源包括新能源及可再生能源。

资料来源：国网能源研究院；德勤；高盛 前瞻产业研究院整理

2.3.1 新能源发电技术：重点推广风能、太阳能发电技术

根据《绿色技术推广目录（2020年）》及相关规划，风能、太阳能发电技术是“零碳”技术的发展重点。

绿色技术推广目录（2020年）－ 新能源发电领域

技术名称	适用范围	综合效益		技术申报企业
10MW海上风电机组设计技术	新能源装备制造	单台机组每年： <div><div></div><div>13000</div><div>减少能源消耗</div></div> <div><div></div><div>29770</div><div>碳减排</div></div>		东方风电
高效PERC单晶太阳能电池及组件应用技术		1GW光伏装机每年： <div><div></div><div>52.5</div><div>发电量</div></div> <div><div></div><div>120</div><div>碳减排</div></div>		晶澳太阳能
太阳能热发电关键技术		每kW装机： <div><div></div><div>300</div><div>节能</div></div> <div><div></div><div>687</div><div>碳减排</div></div>		/
太阳能PERC+P型单晶电池技术		每GW光伏电站年均： <div><div></div><div>34.2</div><div>节能</div></div> <div><div></div><div>78.3</div><div>碳减排</div></div>		正泰新能源
复杂工况下直驱永磁风力发电机组技术	风力发电	与传统风力发电技术相比，发电效率提升2%–3%		/

“十四五”期间重大技术方向

在新能源发电技术中，风电和光伏技术是中国能源消费转型的重点。

“十四五”时期，我国新能源发电及利用技术的重点如下：

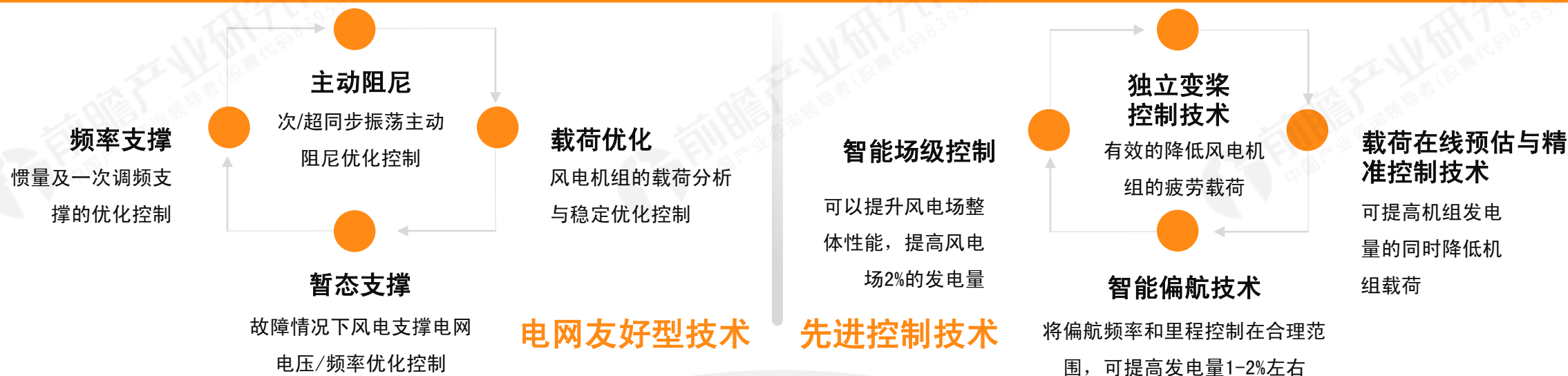
- ✓ 海上风电规模化开发和智能运维技术
- ✓ 新能源发电并网主动支撑控制技术
- ✓ 海量分布式新能源自主运行与智能控制技术
- ✓ 先进太阳能热发电技术
- ✓ 新一代核能发电技术

资料来源：《绿色技术推广目录（2020年）》；中国电机工程学会 前瞻产业研究院整理

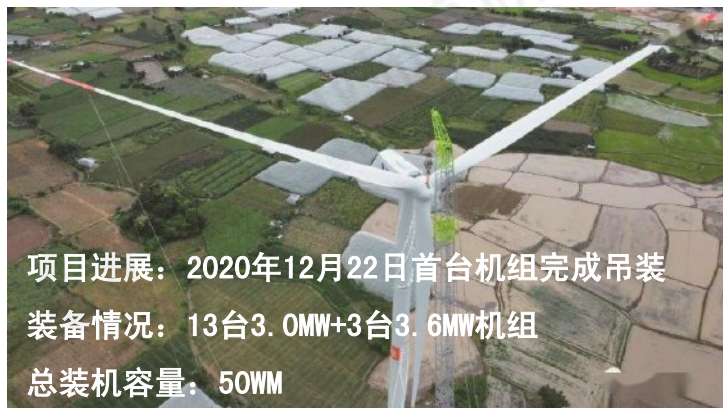
2.3.1 新能源发电技术：科技企业技术实践及应用梳理

企业名称	企业类型	代表性新能源技术	技术应用领域	技术应用案例
通威太阳能有限公司	科技型企业	PERC电池制造技术	太阳能发电	高效电池及其封装组件
上海爱旭新能源股份有限公司	科技型企业	管式双面PERC技术、双面双测双分档技术	太阳能发电	太阳能电池产品
晶澳太阳能科技股份有限公司	科技型企业	高效PERC单晶太阳能电池及组件应用技术	太阳能发电	太阳能电池产品
新疆金风科技股份有限公司	科技型企业	1.5MW、2S、3S/4S和6S/8S 永磁直驱系列化机组	风力发电	福建三峡海上风电产业园等
东方电气风电有限公司	科技型企业	10MW海上风电机组设计技术、 DEW-D5.5SMW-172型永磁直驱风电机组设计技术	风力发电	中广核兴安盟300万千瓦风电项目、 福建兴化湾二期海上风电场项目等
北京乾源风电科技有限公司	科技型企业	风电场综合防雷技术	风力发电及维运	广东省能源集团阳江风电项目等
浙江正泰新能源开发有限公司	科技型企业	太阳能PERC+P型单晶电池技术	太阳能发电	拜城20MW光伏电站、 慈溪340MW海上滩涂项目等
浙江运达风电股份有限公司	科技型企业	风电机组控制技术、电网友好性技术等	风力发电及维运	4.5MW的三电平风机、 越南宁顺正胜50MW风电项目
昆山协鑫光电材料有限公司	初创科技企业	大面积钙钛矿光伏组件技术	太阳能发电	钙钛矿太阳能电池，目前未量产
无锡极电光能科技有限公司	初创科技企业	无甲胺的钙钛矿材料体系、 原位固膜技术、先进的纳米晶导电墨水	太阳能发电	钙钛矿太阳能电池
协鑫集成科技股份有限公司	技术服务企业	风电、太阳能技术服务（认证、检测等）	风能、太阳能领域	广东省能源集团阳江风电项目等

2.3.1 新能源发电技术：风电技术-运达股份实践项目展示



越南宁顺正胜50MW风电项目



运达股份：开发了风电机组适应弱电网、抵御电网扰动/故障、提供频率/电压主动支撑和改善系统动态特性的控制能力，主动参与电网运行控制，实现风电友好并网。

山东苇河一期50MW风电项目



资料来源：公司官网 前瞻产业研究院整理

2.3.1 新能源发电技术：新兴光伏技术-钙钛矿技术实践情况

在太阳能发电领域，钙钛矿技术是当前最受瞩目的新兴光伏技术，相关的专利申请数量也快速上升。根据Nature杂志于2019年发布的信息显示，全球领先的钙钛矿商业机构分布主要分布于中国、美国、日本、韩国和欧洲，中国企业主要有杭州纤纳光电科技、万度光能等企业。



2015年成立

- 2017年：首次打破了国外对钙钛矿半导体光伏新材料的技术垄断
- 2019年12月，攻克了钙钛矿电池组件稳定性的世界级难题
- 2021年1月，公司的钙钛矿组件稳定性再次取得重大进展



2020年成立

- 截至目前，公司自主研发的
- 1cm²钙钛矿太阳能电池效率超过22.7%
 - 10cmx10cm组件效率达19.41%
 - 30cmx30cm组件效率超过15%



2016年8月成立

- 2021年6月，公司投资60亿元建设钙钛矿太阳能电池生产基地项目落户湖北鄂州，项目建成投产后，年生产太阳能电池将超过10GW，实现年产值100亿元



2019年成立

- 2019年2月：率先建成10MW级别大面积钙钛矿组件中试生产线
- 2019年8月：大面积钙钛矿光伏组件完成了德国莱茵TüV集团的功率测试
- 2021年3月：完成新一轮过亿元融资，将打造全球第一条钙钛矿太阳能电池组件100MW量产



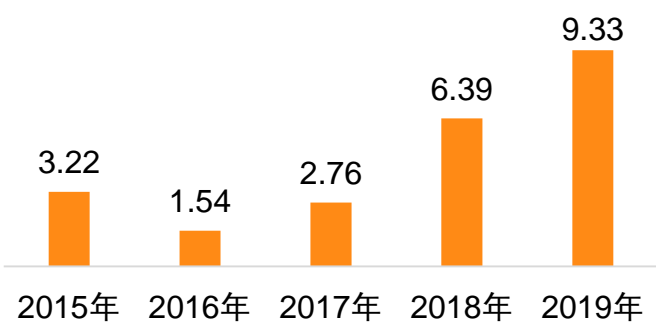
2.3.1 新能源发电技术：国外科技巨头投资可再生能源项目

在新能源领域，除了能源型企业在发电、输配和需求端不断创新实践，互联网科技巨头也通过购买可再生能源电力、投资可再生能源项目涉足新能源领域、推动实现“碳中和”目标，在国外企业中，主要通过购买可再生能源电力及投资/自建可再生能源项目来实践。

美国最大的企业可再生能源买家群体，由谷歌、Facebook、通用汽车和沃尔玛以及其他300多家公司联合成立，**2019年，排名前五的买家中有3家属于互联网公司。**

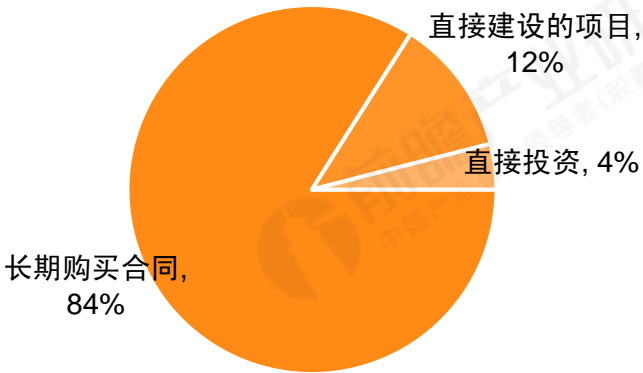
根据苹果公司发布的数据显示，截至2020年1月，苹果公司已100%使用可再生能源运行，其中有12%是来自于公司自建的可再生能源项目。

美国可再生能源采购量



美国可再生能源采购量、2019年排名前十的卖家

排名	公司名称	购买规模	排名	公司名称	购买规模
1	facebook	1.546GW	6	沃尔玛	541MW
2	谷歌	1.107GW	7	亚马逊	487MW
3	AT&T	960MW	8	Ball	388MW
4	微软	624MW	9	麦当劳	380MW
5	T-Mobile	581MW	10	本田	320MW



2020年

苹果公司宣布了对世界上最大的陆上风力涡轮机的投资，该项目预计每年能产生620亿瓦时的电力：足以为近2万个家庭提供电力

资料来源：可再生能源买家联盟（REBA）；苹果公司 前瞻产业研究院整理

2.3.1 新能源发电技术：国内互联网科技企业助力新能源消纳

此外，我国互联网科技企业也利用其数字技术与创新优势，聚焦于新能源产业发展痛点，服务“双碳”目标。例如，腾讯呼吁完善绿电采购途径，鼓励企业投资可再生能源项目、分布式能源项目等；百度2020年签约风电数量较上年增长50%，达到4500万kWh；阿里云通过“电网数智大脑”，完成可再生新能源动态消纳等。



2.3.2 制氢技术：当前以化石能源为主要制氢原料

氢气属于二次能源，可以采用化石能源、可再生能源等多种原料制取，因此成为推动传统能源清洁利用、扩大可再生能源利用规模的理想媒介。目前，我国的氢气制取原料以化石能源为主，但在“碳中和”愿景下，可再生能源将逐步替代化石能源成为氢气制取的主要原料，低碳清洁类制氢技术也将成为研发应用重点。

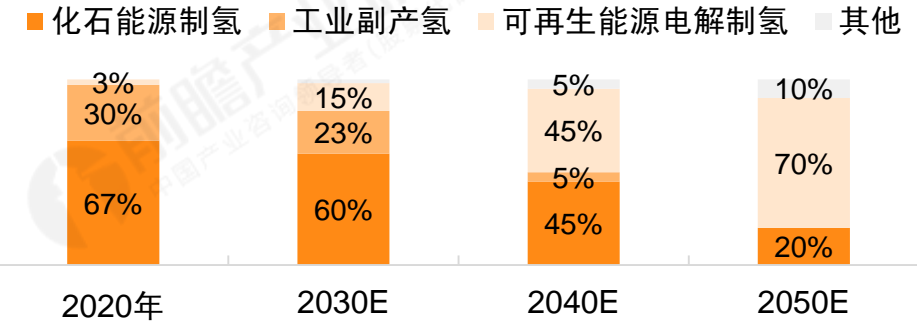
中国低碳氢、清洁氢及可再生氢标准

项目名称	指标		
	低碳氢	清洁氢	可再生氢
单位氢气碳排放量（kgCO2e/kgH2）≤	14.51	4.9	4.9
制氢所消耗的能源必须为可再生能源	×	×	√

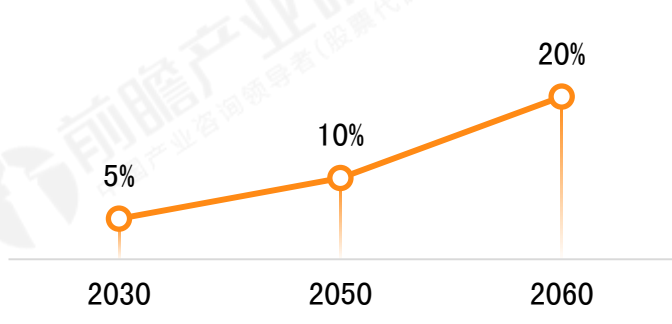
主要制氢技术的优劣势分析

制氢方式	原料	优点	缺点
化石能源制氢	煤炭、天然气	技术成熟、成本较低	储量有限、环保性较差
工业副产氢	焦炉煤气、氯碱等	成本低	无法规模化集中供应等
电解水制氢	水、电	工艺简单、碳排放小	耗电量大

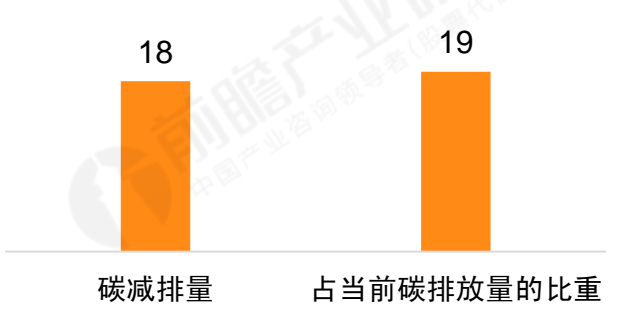
2020–2050年中国制氢技术结构



中国氢气占终端能源体系比重预测



2060年低碳清洁氢供氢体系碳减排贡献度



资料来源：中国氢能联盟研究院 前瞻产业研究院整理

2.3.2 制氢技术：低碳清洁氢技术是发展重点及趋势



“十四五”国家“氢能技术”重点专项：氢能绿色制取与规模转存体系

01

基础研究类

- 光伏/风电等波动性电源电解制氢材料和过程基础

02

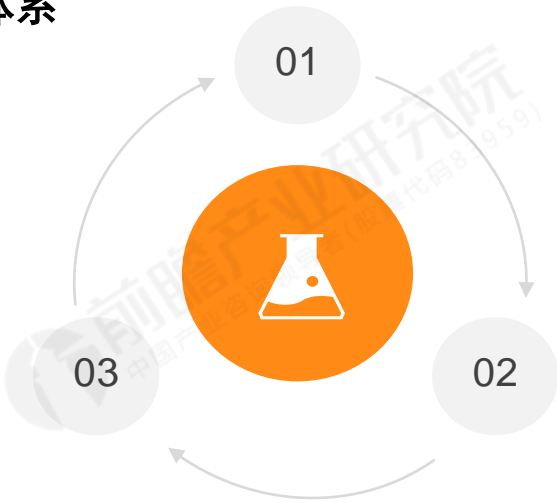
共性关键技术类

- 低成本PEM水电解制氢电堆关键材料制备技术
- 电解制氢加CO₂ 制甲醇工程技术及中试装备开发
- 高效大功率碱水电解槽关键技术开发与装备研制
- 电解制氢-低温低压合成氨关键技术及应用

03

应用示范类

- 十万吨级可再生能源电解水制氢合成氨示范工程



注：P2G，即电转气

资料来源：中国氢能联盟研究院；科技部 前瞻产业研究院整理

2.3.2 制氢技术：科技企业技术实践及应用梳理

目前，国内传统能源或新能源企业已涉足电解水制氢技术的研发应用，同时也有不少初创科技企业通过自主研发，开发了“绿氢”、“低碳氢”技术路线，并逐步商业化。

企业名称	企业类型	代表性制氢技术	技术应用领域	技术实践案例
宝丰能源、隆基股份、阳光电源等	能源企业	光伏发电及电解水制氢技术	自用、出售	太阳能电解水制氢储能及综合应用示范项目
北京久安通氢能科技有限公司	科技型企业	专注于氢能源技术的开发	工业用氢、氢内燃机和燃料电池汽车用氢、供氢市场	客户包括中国移动、国家电网、有研总院、银泰科技、蓝吉氢动力等
武汉中极氢能发展有限公司	初创科技企业	绿色氢能制造技术	汽车行业等	国家能源集团&武汉中极氢能项目
北京佳安氢源科技股份有限公司	初创科技企业	模块化定向除杂技术（MDP） HOGE含氢屈气消纳技术	氢源端的充装站、加氢站领域	为淄博的80多辆公交车提供燃料氢
浙江本德新能源科技有限公司	初创科技企业	氢气发生器技术	就地制氢、移动（车载）制氢	氢气发生器、氢气净化器等产品
广东亚氢科技有限公司	初创科技企业	小型化甲醇制氢技术 燃料电池系统技术	通信备电、工业电力、交通动力、家用消费领域等	甲醇制氢燃料电池发电机产品

2.3.2 制氢技术：光伏制氢技术实践情况



绿氢SEP50 PEM电解槽



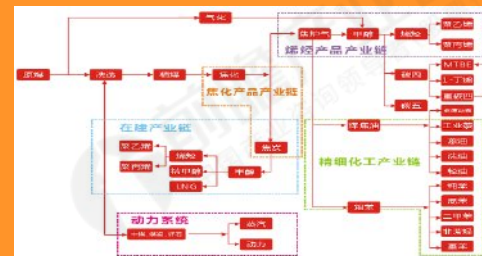
- 2019年：签约首个光伏制氢项目，并与中科院大连化学物理研究所签约**攻关大功率PEM电解制氢技能**
- 2021年3月，发布国内首款绿氢SEP50PEM电解槽，功率250kW，是现在**国内可量产功率最大的PEM电解槽**。



隆基制氢配备项目签约



- 2021年5月，**年产1.5GW**隆基新式氢能配备项目落户无锡高新区
- 2021年6月，与同济大学签署合作协议，宣布**校企共建氢能联合实验室**；同时，将在西安高新区建氢能总部，项目规划面积约1.5万平方米，初期到达**年产500MW，100台1000Nm³/h**碱式电解设备的产能，经过5-10年产能扩大到1万台



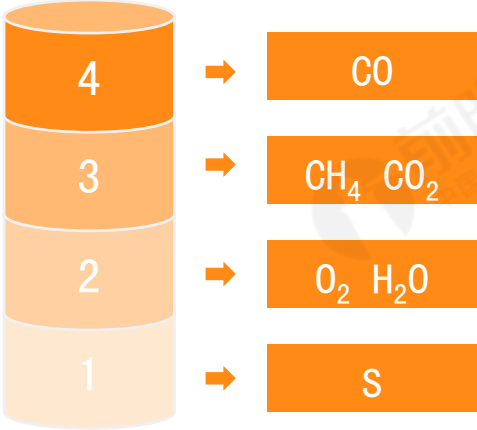
宝丰能源循环经济产业链



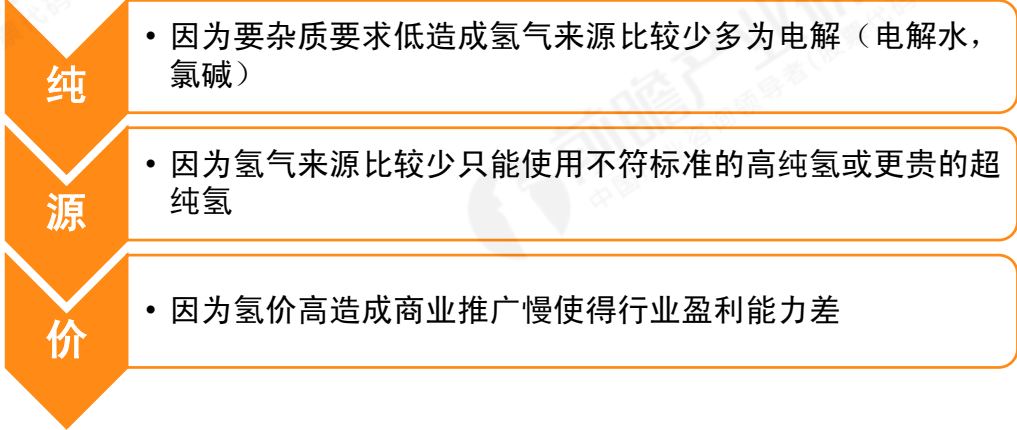
- 2019年，启动200MW光伏发电及2万标方/小时电解水制氢储能及综合应用示范项目，该项目采用“**新能源发电+电解水制取绿氢绿氧直供煤化工**”的新模式
- 2021年初，项目已部分建成并已投入生产，建成后将**年产氢气1.6亿标方/年，副产氧气0.8亿标方/年**。

2.3.2 制氢技术：佳安氢源-燃料氢气纯化专家

公司核心技术团队源自北大先锋，其自主研发模块化定向除杂技术（MDP），可适用于氢源端、充装站和加氢站，通过催化、吸附、过滤等方式，依托三十余种自有吸附剂和催化剂，定向脱除原料氢气中的各种杂质，满足各种品质氢气的要求。



解决氢源三大问题



MDP技术主要模块



- 主要工艺：催化、吸收、变温吸附
- 一般用于：气体的预处理、末端处理

净化模块



- 主要工艺：变压吸附PSA和真空变压吸附VPSA
- 一般用于：氢气提纯

变压吸附模块



- 主要工艺：变温吸附TSA
- 一般用于：燃料氢痕量除杂终端保护

变温吸附模块

氢源端方案-已原有PSA工业氢装置为基础进行升级改造



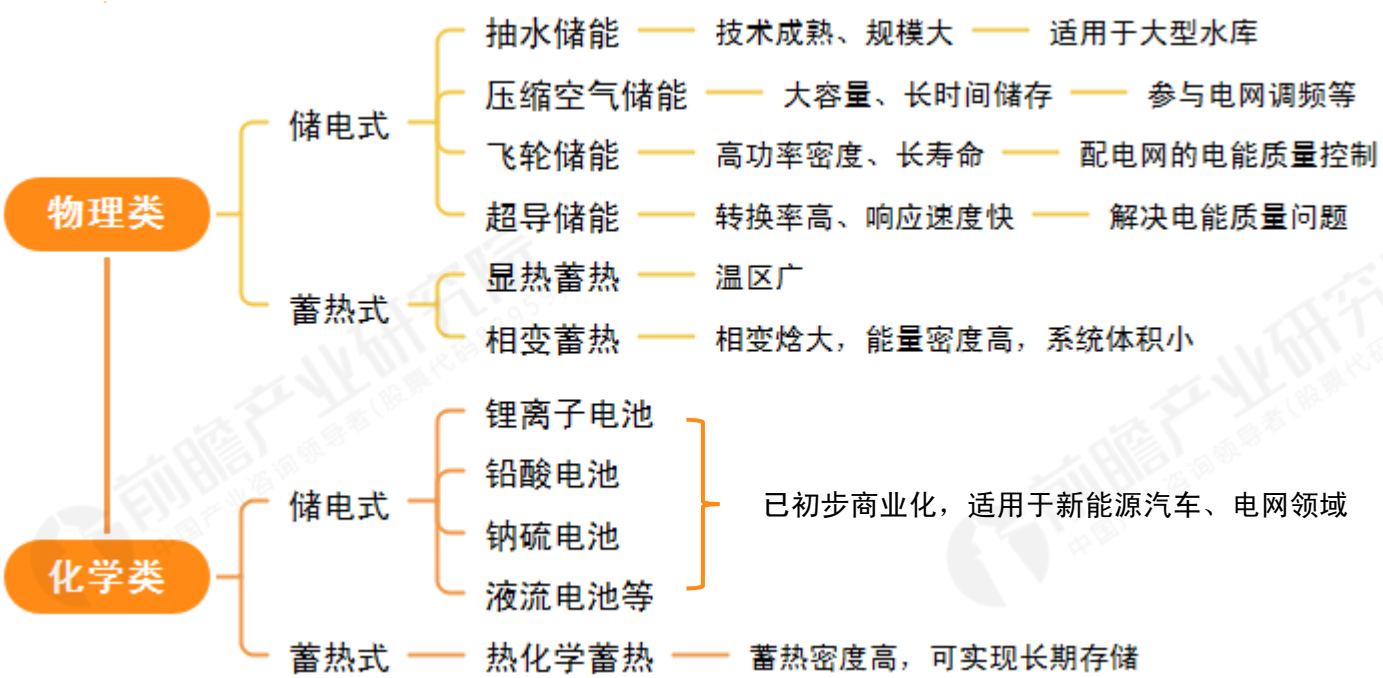
- “MDP-T500” 目前为淄博的80多辆公交车提供燃料氢；
- 处理能力：日加工1000KG+

- 用原PSA+ “MDP” 方式技改
- 原有设备改动小，完全兼容老项目
- 新增设备投资低，设备交期短
- 杂质适应性好，杂质脱除能力强
- 已累积供应80+吨氢气


2.3.3 储能技术：抽水储能技术最成熟、电化学储能初步商业化

储能技术是支撑我国大规模发展新能源、保障能源安全的关键技术之一。储能技术可分为物理类和化学类，其中又可细分为储电式和蓄热式。目前，抽水储能技术是发展最成熟、建设规模最大的蓄能方式；以锂电池为代表的电化学储能技术已经初步进入商业化、规模化应用。


储能技术的分类



储能技术主要应用领域



01. 智能电网



02. 新能源汽车



03. 发电站



04. 氢领域

资料来源：中国科学院工程热物理研究所；董舟、王宁等《储能技术分类及市场需求分析》 前瞻产业研究院整理

2.3.3 储能技术：“十四五”将推动新型储能技术发展

储能技术的应用成本因技术成熟度而有所差异，由于抽水蓄能技术是目前最成熟、建设最广的储能技术，其应用成本相对更低。而根据“十四五”国家“储能与电网技术”重点专项，应用在可再生能源、智慧电网领域的新型储能技术将成为研发、应用重点。

2020年中国储能技术市场应用格局



主要储能技术关键性能指标对比（单位：元/kWh/年）

项目名称	寿命	投资成本
锂电池组（1kW-10MW）	5-8年	509
液流电池（5kW-100MW）	5-10年	435
抽水蓄能（100-2000MW）	30-40年	31
先进绝热压缩空气储能（示范60MW级）	30-40年	58
深冷压缩空气储能（示范10MW级）	20-40年	402

“十四五”国家“储能与电网技术”重点专项-技术方向

	基础研究类	共性关键技术类
短时高频储能技术	/	1项
高比例可再生能源主动支撑技术	/	3项
特大型交直流混联电网安全高效运行技术	/	5项
多元用户供需互动与能效提升技术	/	2项
中长时间尺度储能技术	1项	2项
基础支撑技术	4项	3项

资料来源： CNESA；董舟、王宁等《储能技术分类及市场需求分析》；科技部 前瞻产业研究院整理

2.3.3 储能技术：科技企业技术研发及应用梳理

企业名称	企业类型	代表性储能技术	技术应用领域	技术应用案例
宁德时代	科技型企业	电化学储能技术	新能源汽车、电网、通信基站等	发电侧分散式百兆瓦时级锂电储能项目、光伏电站配置交流储能项目等
北京联动天翼科技股份有限公司	科技型企业	锂电池储能技术	通讯、金融、航空航天、电力电子、汽车动力等行业	主要客户有中国电信、中国移动、中国铁塔等
恩力能源科技有限公司	科技型企业	水系离子电池技术	微电网、光储充、动力电池领域	德国内卡苏尔姆储能项目 马鞍山长山工业园光伏储能项目等
深圳库博能源科技有限公司	能源互联网企业	锂电池储能技术	工商业用户侧、新能源、充电桩和配电网变压器侧	广州南沙珠江啤酒、 江苏镇江德国汉高等项目
沃太能源股份有限公司	能源互联网企业	电化学储能技术	工商业用户侧储能领域等	50kW/567kWh泰国大山音乐节并离网项目等
北京海博思创科技股份有限公司	科技型企业	电化学储能技术	新能源汽车、智能电网等	山东10MW光伏电站、北京15MW变电站项目等
沈阳微控新能源技术有限公司	初创科技企业	飞轮储能技术	轨道交通制动能量回收、 数据中心电力保障等领域	沈阳地铁九号线胜利南街站、 国家电网项目等
长兴太湖能谷科技有限公司	初创科技企业	铅酸蓄电池储能技术	储能电站、叉车电池及 通信基站风光储系统领域	铁鹰电气储能电站、昆山之奇美储能项目等
深圳市远信储能技术有限公司	初创科技企业	电化学储能技术	新能源电站、微电网、工业园区等	西藏岗巴40MW/200MWh光储示范项目、用户 侧2MW/8.8MWh化工厂储能项目

注：以上排名不分先后

资料来源：各公司官网、年报等 前瞻产业研究院整理

2.3.3 储能技术：科技企业、初创企业的技术实践情况



2014年成立



广州南沙珠江啤酒

成功上线运营1套1.8MWh分布式储能系统，运行预期为珠江啤酒南沙基地每年节约10%的总体电力运营成本。



深圳瑞华泰薄膜有限公司

在瑞华泰生产基地部署一套1MW/2MWh分布式储能系统，系统上线之后将实现“两充两放策略”，每天提供4000kWh的吞吐量。

2012年成立



50kW/567kWh泰国大山音乐节并离网项目

此次音乐盛典要尽可能减少柴油设备的使用，最终商讨决定采用48kW光伏+沃太能源Storion-T50储能系统配置200kWh锂电池，柴油机作为后备电源



缅甸公益项目

在缅甸首都内比都南部约100公里处名为DeeDoke的村庄，沃太能源一套50kW配置200kWh的光储柴微电网系统可为该村200多户家庭共600多人提供电力来源。



2019年成立



西藏岗巴40MW/200MWh光储示范项目

该项目为全球最高海拔光伏配套储能示范项目。项目介质：磷酸铁锂；项目输出：并网电池容量：200MWh；项目功率：40MW



安徽中机10MW风储示范项目

该项目为国内首批风电场配套储能示范项目。项目介质：磷酸铁锂；电池容量：10MWH；项目功率：10MW；项目地址：安徽

2018年成立



沈阳微控新能源技术有限公司

中国联通香港香港九龙数据中心

在中国联通香港香港九龙数据中心，公司共部署了6台VYCON VDC XE飞轮储能产品与2台Eaton 500KVA UPS配合，提供36s的后备时间



美国洛杉矶地铁红线（Red Line）

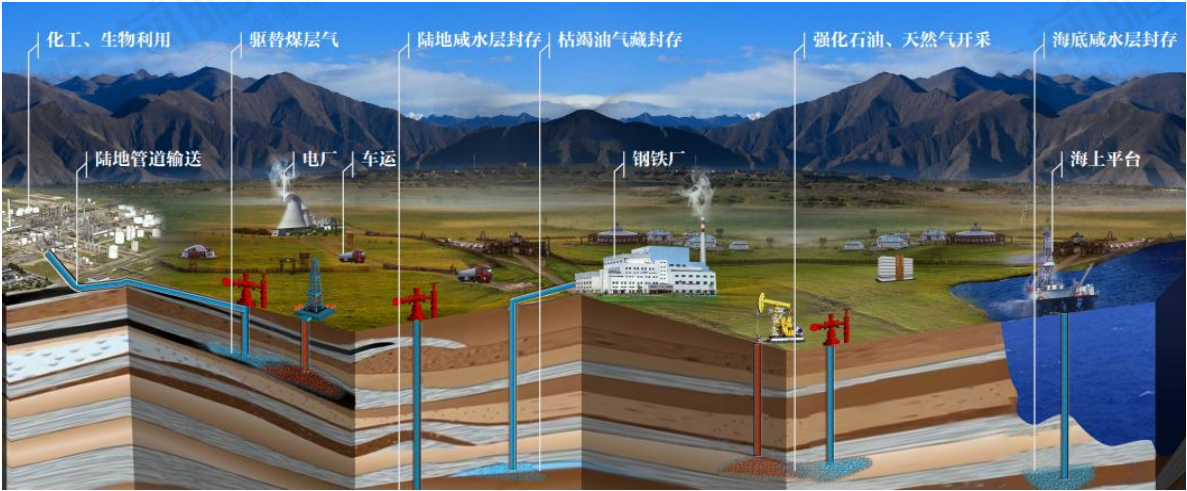
REGEN飞轮储能系统自2014年起在美国洛杉矶地铁红线（Red Line）投入使用，已连续运转多年，充放电次数超过60万次，单牵引变电站每天可以节约1600-1800度电，节能效果显著。



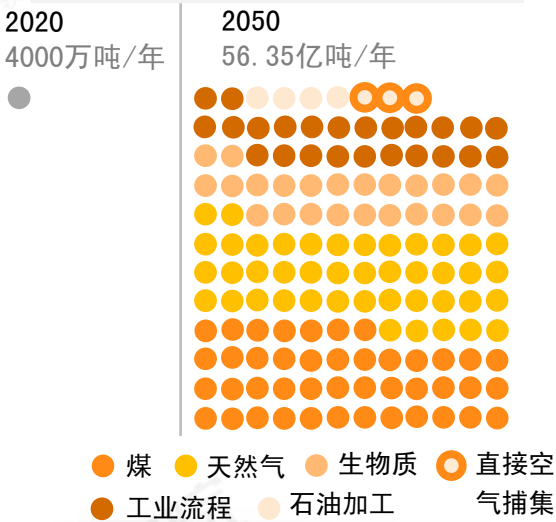
资料来源：各公司官网、年报等 前瞻产业研究院整理

2.4.1 碳捕集、利用与封存（CCUS）技术：捕集技术推动CO₂减排

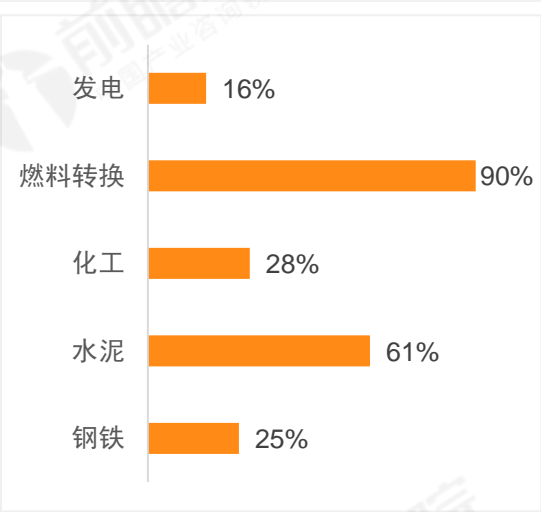
碳捕集、利用与封存（Carbon Capture, Utilization and Storage, 简称CCUS），即把生产过程中排放的二氧化碳进行提纯，继而投入到新的生产过程中进行循环再利用或封存。



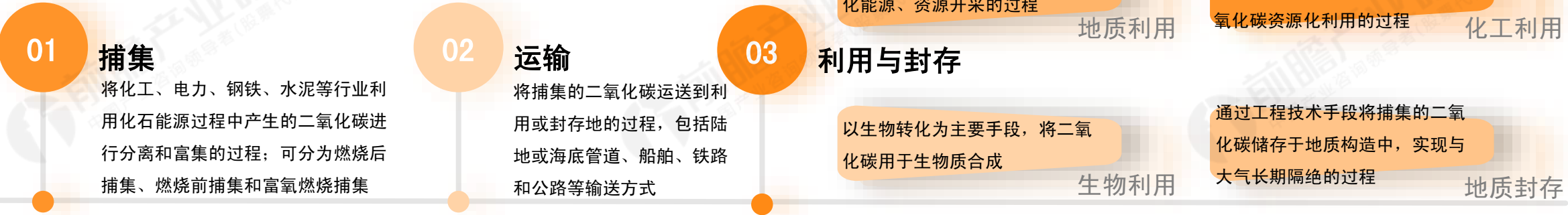
按能源类型和行业部门分类的二氧化碳捕集量



到2070年CCUS对不同行业中减少二氧化碳排放量所作的贡献



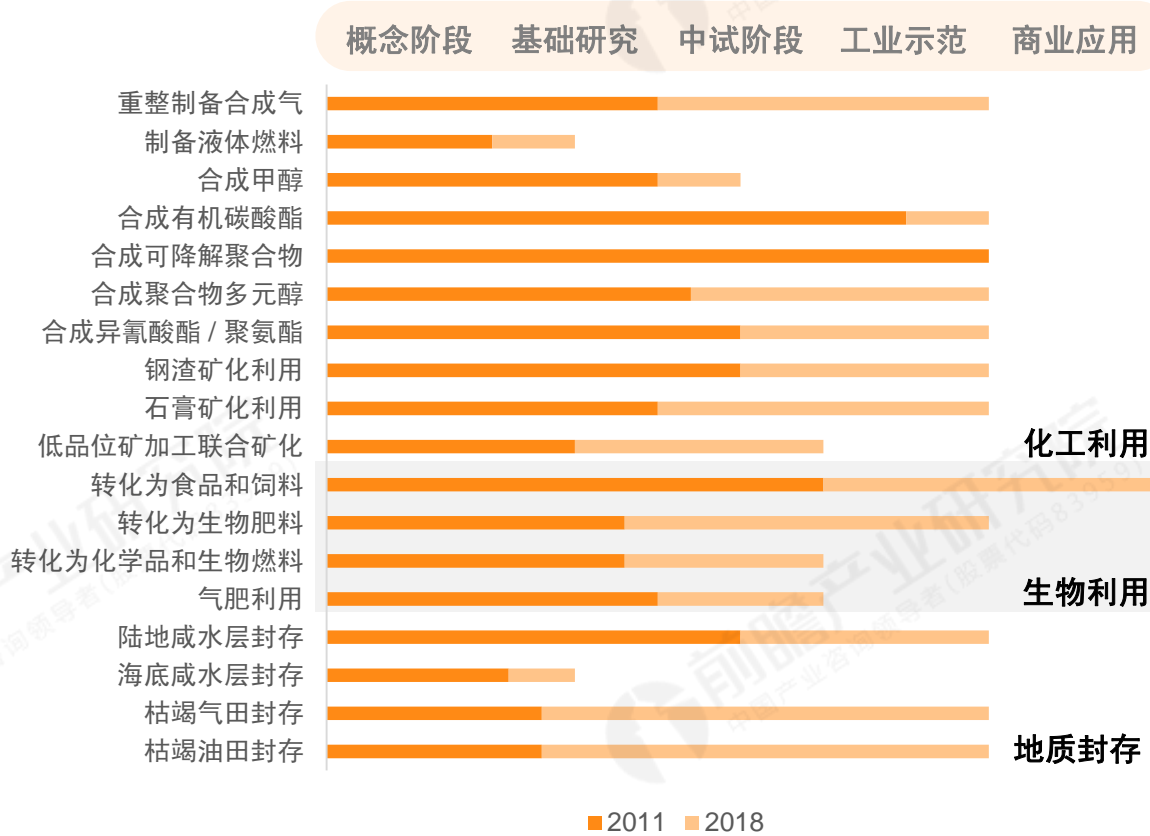
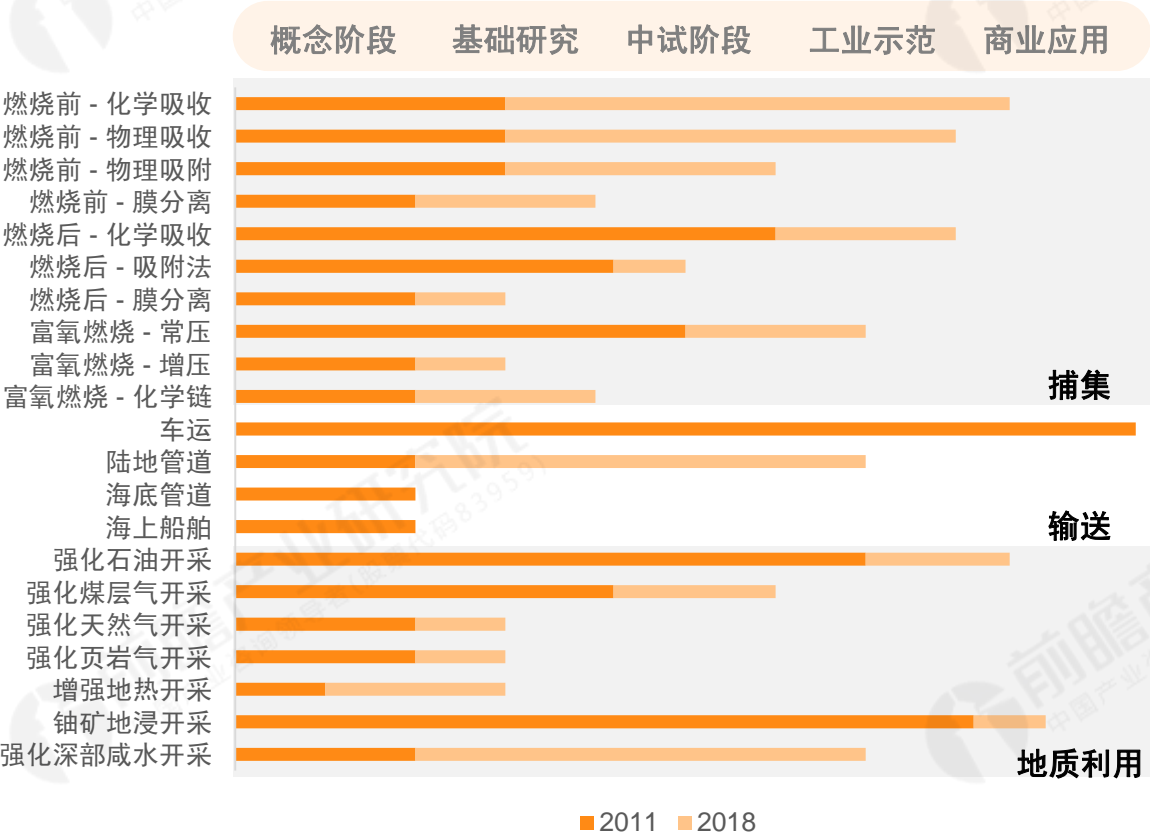
CCUS 主要过程和技术环节



资料来源：IEA 全球碳捕集与封存研究院等 前瞻产业研究院整理

2.4.1 碳捕集、利用与封存（CCUS）技术：各环节进展速度加快

从**捕集**环节来看，部分技术已达到或接近达到商业化应用阶段；从**运输**环节来看，二氧化碳陆路车载运输和内陆船舶运输技术已成熟；从**利用**环节来看，化工利用取得较大进展，整体处于中试阶段；从**封存**环节来看，中国已完成了全国二氧化碳理论封存潜力评估。



资料来源：中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019）前瞻产业研究院整理

2.4.1 碳捕集、利用与封存（CCUS）技术：科技企业技术及应用梳理

<p>变压吸附分离合成氨厂变换气中二氧化碳技术、浓缩回收高纯度食品级二氧化碳的成熟工业化技术等</p>	<p>创新研发CO₂捕捉材料</p>	<p>二氧化碳捕捉的自主知识产权技术</p>	<p>二氧化碳捕捉工艺包、高效节能节水设备切入碳捕捉工艺流程等</p>	<p>通过碳捕捉，将工业和有关能源产业所产生的二氧化碳分离出来净化再利用的相关技术</p>	<p>超高纯CO₂（固态、液态）提纯技术、二氧化碳动态减压提纯工艺技术等</p>
<p>已与中石油、中石化和中国神华在二氧化碳捕集和封存领域真开了深入的合作</p>	<p>通过与欧洲大型化学品公司合作向欧洲市场提供CO₂捕捉的吸附材料，形成数百万美元订单</p>	<p>在重庆合川有国内首台套万吨级碳捕捉装置</p>	<p>配合相关设计院参与了二氧化碳捕捉工艺包的设计</p>	<p>在手多个CCUS项目，广泛运用于石油化工、燃煤电厂等行业</p>	<p>食品级液体二氧化碳产品已通过可口可乐和百事可乐的认证</p>
<p>昊华科技</p>	<p>蓝晓科技</p>	<p>远达环保</p>	<p>双良节能</p>	<p>冰轮环境</p>	<p>凯美特气</p>
<p>膜分离法二氧化碳捕捉技术</p>	<p>捕捉工艺系统中的蒸汽供应（余热回收方式）</p>	<p>湿式静电除尘烟气深度净化技术等</p>	<p>二氧化碳气体采集、液化、提纯、注入等工艺技术</p>	<p>CO₂天然工质制冷技术、热泵技术、工业余热回收等碳捕捉技术</p>	<p>二氧化碳捕集（CCUS）应用技术</p>
<p>有机蒸气膜、富氧膜、富氮膜、二氧化碳分离膜等膜产品在资源回收、节能减排领域得到广泛应用</p>	<p>与加拿大CCS签定CO₂捕集与封存技术设计咨询合同</p>	<p>目前已完成烟气治理项目共计149台套，其中超低排放工程业绩54台套</p>	<p>中海油伊拉克米桑油田天然气脱酸项目等</p>	<p>客户有凯美特气、山东京博集团、中石油辽阳石化、新疆阿克莫气田等</p>	<p>成立广汇碳科技公司，旨在专项负责二氧化碳捕集（CCUS）及驱油项目的前期准备等相关工作</p>
<p>天邦膜技术</p>	<p>中材节能</p>	<p>永清环保</p>	<p>惠博普</p>	<p>雪人股份</p>	<p>广汇能源</p>

2.4.1 碳捕集、利用与封存（CCUS）技术：远达环保等具有技术优势

目前，远达环保CCUS技术和装置业内领先，可以将CO₂从排放源中分离后直接加以利用或进行封存。昊华科技下属西南化工研究设计院长期从事含碳（CO₂、CO、CH₄）工业尾气净化、分离与资源化利用技术研发与成果推广，技术优势明显。惠博普拥有碳捕集，液化、提纯、净化，注入，封存，零排放等工艺技术和订单合同。

华油惠博普科技股份有限公司
大庆油田三次采油二氧化碳驱工程项目



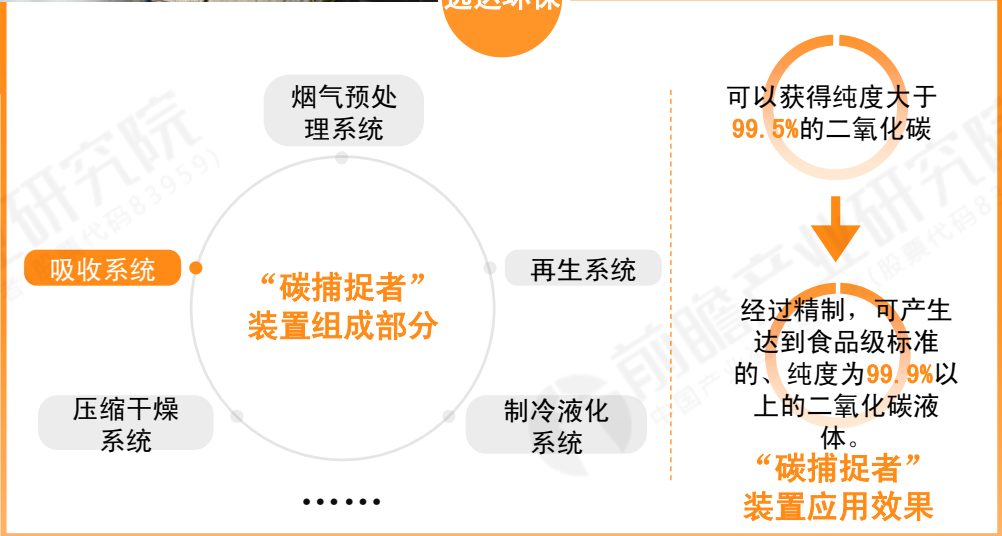
惠博普

项目名称	金额	涉及二氧化碳处理技术
中海油伊拉克米桑油田天然气脱酸项目	3143.17 万美元	二氧化碳捕集
阿特劳天然气脱硫服碳项目	2217.6 万美元	二氧化碳捕集
哈萨克斯坦阿克纠宾州卡让萨油田天然气综合处理项目	3889.5 万美元	二氧化碳捕集
阿克莫木气田分子筛脱水、乙二醇再生注入装置、燃料气撬项目	1900 万元	二氧化碳气体脱水、液化、回注

国家电投集团远达环保股份有限公司
重庆合川双槐电厂二氧化碳捕集装置



远达环保



资料来源：各公司公告 公司官网等 前瞻产业研究院整理

2.4.2 碳汇类技术：森林、耕地碳汇扮演重要角色

碳汇是指通过植树造林、植被恢复等措施，吸收大气中的二氧化碳，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动或机制。

森林碳汇

人工林小林窗疏伐经营技术



技术原理

基于林木群体稀疏理论与森林林窗镶嵌演替理论，模拟林窗形成，采取有限的人为疏伐措施，消减冠层乔木间的竞争自耗（碳排放），去激活乔木活力，进而提高乔木净生产力。



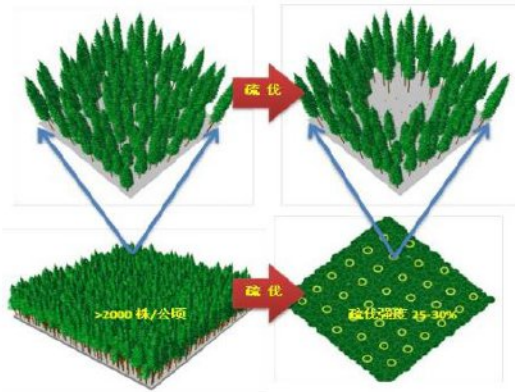
关键技术

- ✓ 总体疏伐强度控制技术
- ✓ 林窗大小组合与布局应用技术



工艺流程

主要包括林分结构特征调研与评估、林窗大小、数量与布局的确定和设计、疏伐对象的确定与标记、疏伐时间选择、疏伐作业操作与采伐剩余物处理、补充操作与完善等过程



典型案例

凤仪林场云杉人工林疏伐技术示范项目、凤仪林场油松人工林疏伐技术示范项目



典型用户

四川茂县林业局、四川壤塘林业局等

耕地碳汇

秸秆清洁制浆及其废液肥料资源化利用技术



技术原理

通过锤式备料、亚氨法置换蒸煮、机械疏解-氧脱木素工艺，实现木素高效脱除、降低黑液粘度并提高黑液提取率，形成适于秸秆的本色纸浆及纸制品制造技术

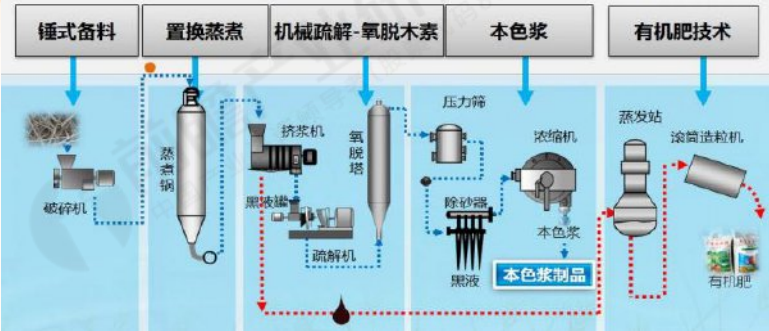


关键技术

- ✓ 锤式备料技术
- ✓ 草浆置换蒸煮技术
- ✓ 机械疏解-氧脱木素技术
- ✓ 本色浆技术
- ✓ 制浆黑液制有机肥技术



工艺流程



典型案例

山东泉林纸业有限责任公司年处理 150 万吨秸秆综合利用项目



典型用户

山东泉林纸业有限责任公司、吉林泉德秸秆综合利用有限公司、黑龙江泉林生态农业有限公司、山东和润浆纸有限公司等

2.4.2 碳汇类技术：森林碳汇科技企业成为风口

森林碳汇作为最经济的“碳吸收”手段具有较大开发价值，领域内风口企业包括拥有森林碳汇资产的岳阳林纸等公司、在生态修复领域拥有特色技术的公司：如冠中生态、山东泉林等。

青岛冠中生态股份有限公司

核心工艺不可替代、关键装备自主研发

公司实施生态修复业务所用的设备装置均为自主研发及制造，研制了“大功率基质搅拌站”、“团粒发生器”、“土壤喷制机”、“纤维搓丝机”、“喷播机械手”等专用设备。



主要技术

- 团粒喷播植被恢复技术
- 工厂化乡土树种育苗及造林技术
- 土壤改良、植物配置和工艺与装备等

依托先进的技术手段，实现生态修复效果



山东泉林纸业有限责任公司

公司已累计申报专利249项，授权专利200项（发明专利154项，国际专利6项），覆盖秸秆收储、备料、制浆、造纸、肥料制造、环境保护、装备制造等产业链全领域。

自主构建原创性秸秆高值化深度利用“泉林模式”，创新开发秸秆源黄腐酸和秸秆本色浆制品

“泉林模式”主要内容

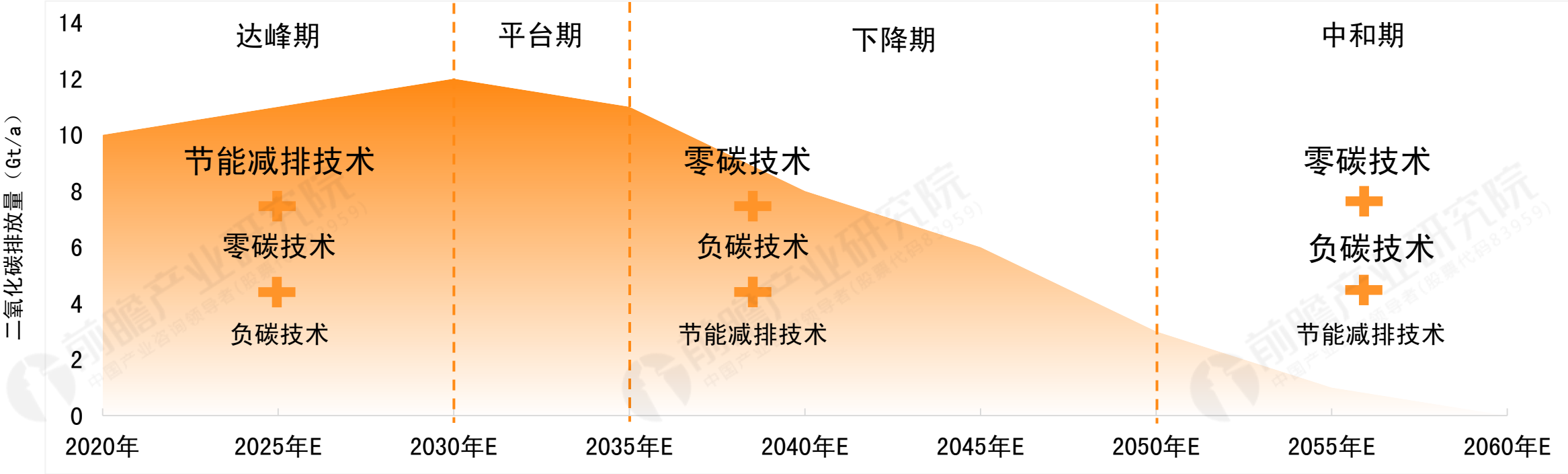


流程图展示了“泉林模式”的完整产业链。从左侧的“农田”开始，经过“秸秆”和“秸秆收储体系”，进入“泉林工艺秸秆处理”环节。该环节包含“环保系统”、“装备制造”、“热电站”和“供水系统”等“公共工程”。处理后的产物分为“纤维素/半纤维素”和“木质素”两条路径。纤维素/半纤维素进一步加工成“乙醇”、“文化用纸”、“生活用纸”、“食品包装纸”和“纸质地膜”，分别对应“化工原料市场”、“清洁能源市场”和“环保纸及纸制品市场”。木质素则加工成“黄腐酸肥料（秸秆精制肥料）”，并有一个箭头指向“农田”，形成闭环。

资料来源：各公司公告及官网 前瞻产业研究院整理

2.5 “碳中和”愿景的技术实践路径总结

在“碳中和”愿景下，我国碳排放趋势可分为达峰期、平台期、下降期和中和期。在达峰期，将集中于节能减排技术的推广应用，并推动零碳技术、负碳技术进一步发展；在平台期和下降期，碳排放量显著下降，零碳技术将实现规模化应用，而负碳技术将广泛示范；在中和期，我国将实现低碳转型，而零碳、负碳技术将进一步推广应用，以支撑“碳中和”愿景的实现。



资料来源：王灿、张雅欣《碳中和愿景的实现路径与政策体系》；张贤、郭偲悦等《碳中和愿景的科技需求与技术路径》前瞻产业研究院整理

03

3.1 “碳中和”愿景下的前沿/颠覆性技术发展动向

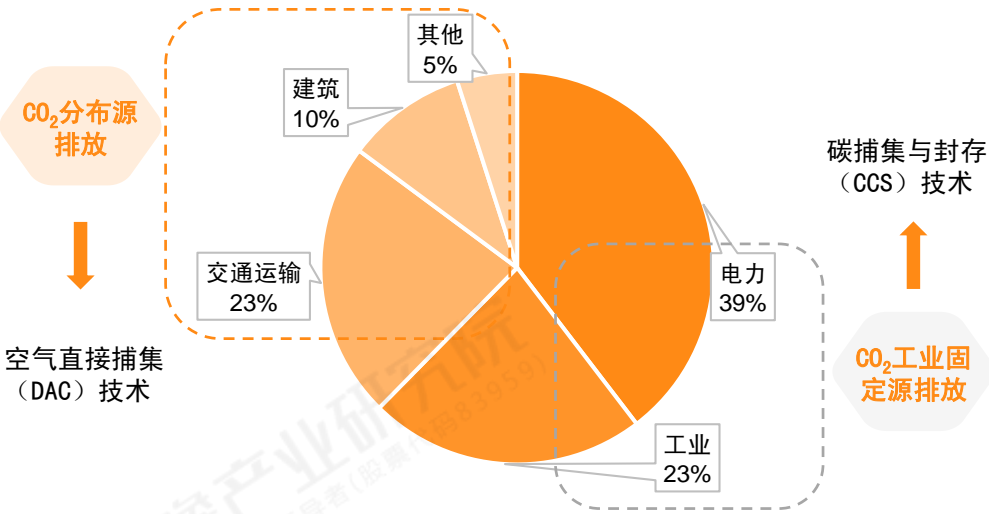
3.2 “碳中和”愿景下的低碳科技发展趋势

3.3 “碳中和”愿景下的低碳科技发展建议

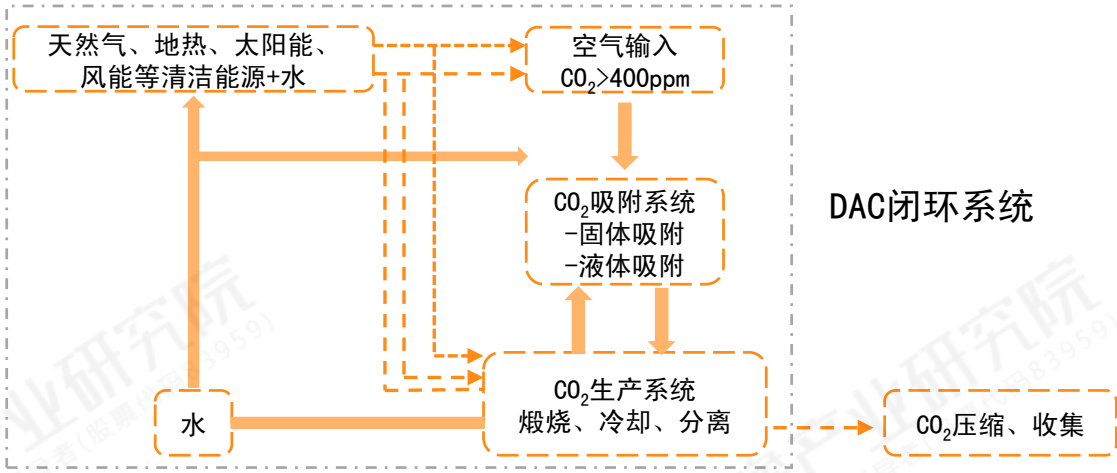
3.1.1 空气直接捕集CO₂技术：捕集分布源排放CO₂

空气直接捕集CO₂（Direct air capture , DAC）技术指利用化学吸附剂，以空气作为CO₂的运输媒介，直接从低浓度的气体分压（40Pa）下富集CO₂的技术。目前有固体吸附、液体吸附、水分波动吸附和电化学溶液四种方式，其中固体/液体吸附方式最为先进，产生的二氧化碳可用于地下封存、农业生产、食品加工、化工原料、燃料合成等。

2020年全球二氧化碳排放源分布及对应捕集技术（%）



DAC技术流程示意图



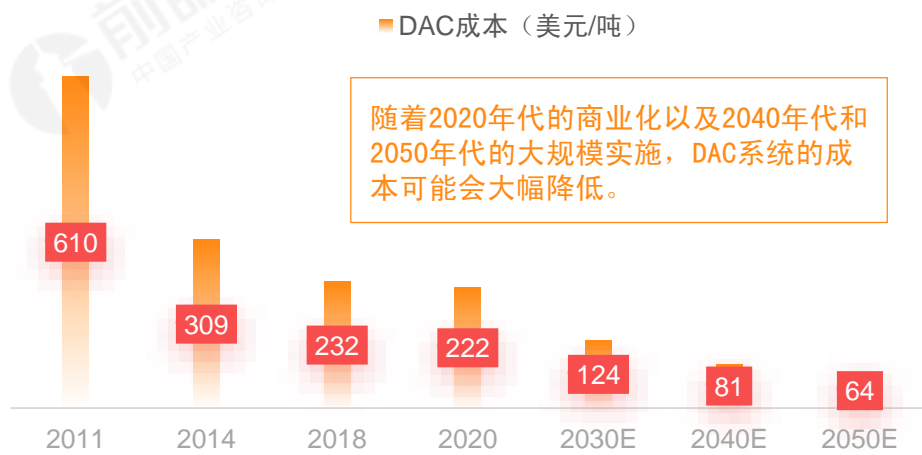
DAC可对小型化石燃料燃烧装置以及交通工具等分布源排放的CO₂进行捕集处理，并有效降低大气中CO₂浓度。2019年DAC技术被《麻省理工科技评论》评选为“十大突破性技术”之一。

空气中CO₂通过吸附剂进行捕集，完成捕集后的吸附剂通过改变热量、压力或温度进行吸附剂再生，再生后的吸附剂再次用于CO₂捕集，而纯CO₂则被储存起来。

3.1.1 空气直接捕集CO₂技术：成本高昂催生高级吸附材料

DAC技术2011年平均捕获成本在610-780美元/吨二氧化碳，2020年平均222-463美元/吨二氧化碳。

2010-2050年DAC成本评估及预测



不同来源CO₂捕集成本对比

CO ₂ 来源	捕集技术	捕集成本（美元/吨）
石油产业	CCS	121.8
钢铁产业	CCS	78.5
水泥产业	CCS	40.6
燃煤电厂	CCS	25-37
空气/移动源	DAC	222-463

目前DAC技术成本不断下降，但依旧高昂。

如何开发兼具高吸附容量和高选择性的吸附材料是DAC技术未来商业化应用的关键。

部分物理吸附材料对CO₂的吸附容量

吸附剂	温度/℃	CO ₂ 浓度/10 ⁻⁶	最大吸附量/(mmol*g ⁻¹)
13X	23.4	400	0.034
Mg-MOF-74	23.4	400	0.140
K-LSX	25.0	395	0.670
Na-LSX	25.0	395	0.870
SIFSIX-3-Zn	25.0	400	0.130
HKUST-1	23.4	400	0.050

大气中的CO₂浓度远低于固定点源CO₂排放量

燃煤电厂等固定点源的CO₂排放浓度



大气中CO₂浓度

410 * 10⁻⁶

资料来源：陕西省能源化工过程强化重点实验室；Fasihi等 前瞻产业研究院整理

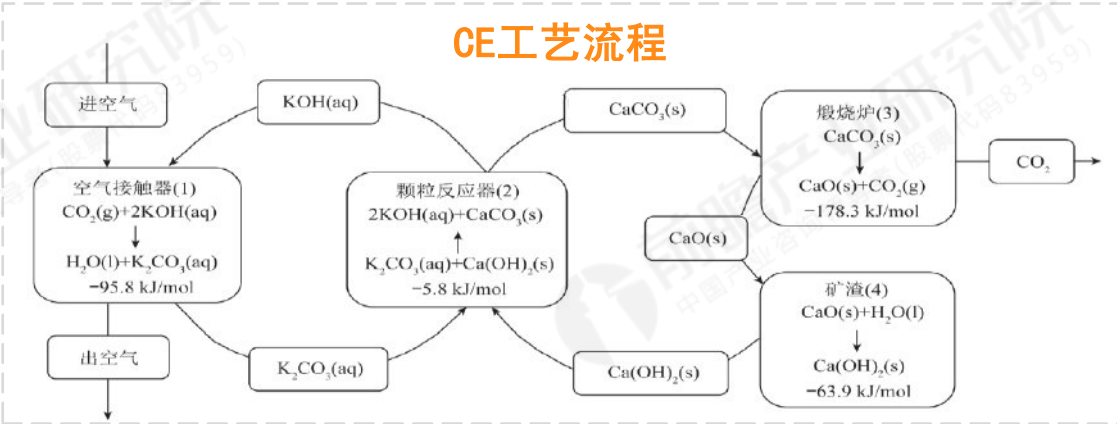
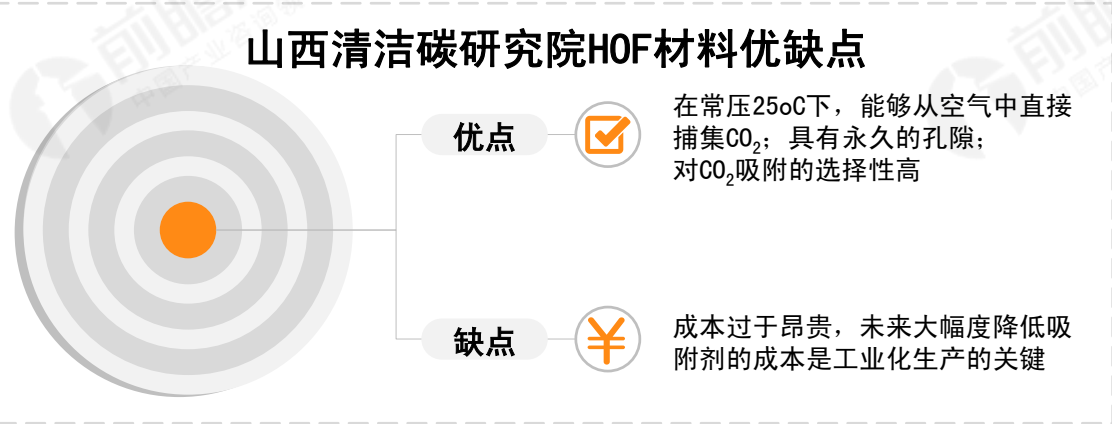
3.1.1 空气直接捕集CO₂技术：初创公司投资研发活动活跃

目前，全球有30余家初创公司、科研机构、研发联合体正在对DAC技术进行研究，初创公司建立了19个试验场为研究提供试验数据，修正研发方向。其中Climeworks公司、Global Thermostat公司、Carbon Engineering公司技术领先，拥有自己的试验场，已经初步商业化。

公司	地点	吸附原理	捕获CO ₂ 循环用水量/吨	消耗能量/吨CO ₂	项目	投资		
Cimeworks	瑞士	固体吸附	0.8-2吨	加热：1800-2500k Wh/t 电力（地热）：350-450kWh/t	拥有16家工厂，初步进行了商业运营，总产能为2000吨/年CO2	2009年至今获得1.7亿美元投资，2021年4月进行了第五轮融资	Zurich Cantonal Bank、Horizon 2020，瑞士企业家基金会、微软等	
Global Thermostat	美国	固体吸附	1.6吨	加热：4.4GJ/t 无碳电力：160kWh/t	Idahome和Colorado	建设试验场，募集4200万美元	ExxonMobil，NRG BASF，Zeor-CarbonPartners，Goldman Sachs等	
Carbon Engineering	加拿大	液体吸附	2-7吨	天然气：4/GJ 无碳电力：200-300kWh/t	加拿大Squamish的空气收集系统工厂	政府初期投资0.3亿、Bill Gates投资0.68亿建造工厂，2020年底获得0.6亿用于研发	必和必拓、微软、Oxy低碳风投、Chevron技术风投、微软等	
公司	试验工厂CO ₂ 捕获量		2025年CO ₂ 捕获量	CO ₂ 收集率	产出二氧化碳纯度	预计使用年限	当前成本	最终预计成本
Cimeworks	瑞士Zurich工厂，900吨/年CO ₂		预计4000吨/年CO ₂	90%	98%-99%	25年	222美元/吨CO ₂	200美元（2021年） >100美元（2030年）
Global Thermostat	1000吨/年CO ₂		1百万吨/年CO ₂	97%	99%	25年	223-800美元/吨CO ₂	18-35美元
Carbon Engineering	400吨/年CO ₂		1百万吨/年CO ₂	99%	99%	20年	136美元/吨CO ₂	94-232美元

3.1.1 空气直接捕集CO2技术：科技初创公司致力于研发CO2吸附剂

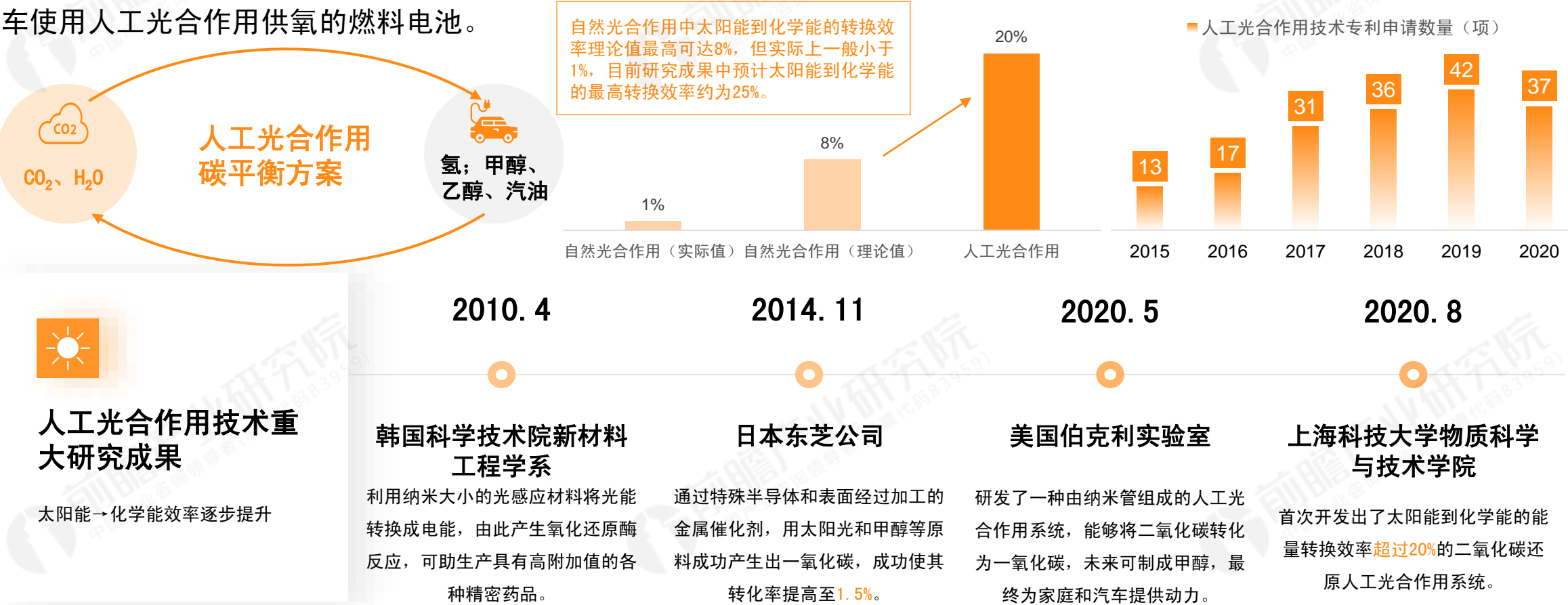
哈佛大学Keith教授创办的碳工程公司（Carbon Engineering, CE）构建了以KOH和Ca(OH)₂为核心吸收溶液的工艺，并在加拿大进行了中试。国内最新的进展是山西清洁碳研究院正在进行固体吸附HOF材料的产业化开发。



资料来源：公司公告；宋维宁等 前瞻产业研究院整理

3.1.2 人工光合作用技术：可提升能量转换效率

人工光合作用（artificial photosynthesis, AP）是模仿生物自然光合作用的一类化学过程，将阳光、水及二氧化碳转化为碳水化合物与氧气。其中，将水转化为氢气和氧气的**光催化水分解技术**是人工光合作用的主要研究方向。目前已有电动汽车使用人工光合作用供氧的燃料电池。



3.1.2 人工光合作用技术：初创企业致力于纳米科技等技术研发

目前，我国科技企业在人工光合作用技术中的探索仍处于初步阶段，技术领域主要包含纳米科技（利用纳米大小的光感应材料将光能转换为电能）、太阳能制氢、水分解催化剂等，致力于研究出人工光合作用相关技术。部分初创企业及科技企业人工光合作用相关技术专利情况如下：

北京八度阳光科技有限公司

成立日期：2015年4月

一种基于太阳能发电的电解水制氢的氢气收集设备

可给压缩机压缩氢气时一个缓冲量，提高压缩机输出的稳定性。



光电转换高达22.09%

八度阳光柔性晶硅太阳能电池板

上海纳米技术及应用国家工程研究中心有限公司

成立日期：2004年8月

一种锌铟硫纳米片阵列薄膜的制备方法

在光催化制氢，光催化降解有机污染物和人工光合作用等领域具有巨大的应用前景。

用于光电化学分解水制氢的基底的制备方法及其产品和应用
制备出的复合光阳极结构在500W模拟太阳光的照射下比纯In2S3光阳极结构的光电流提高3倍。

一种三维花片状硫铟锌微-纳米线阵列及其制备方法和应用
在光催化制氢，光催化降解有机污染物，人工光合作用，光催化杀菌，太阳能电池等领域具有巨大的应用前景。

柳州紫荆八度阳光新能源有限责任公司

成立日期：2018年1月

一种太阳能制氢用槽型太阳能集热器

提高槽式太阳能集热器的稳定性和抗风等级。

一种太阳能制氢用的聚光器
增加聚光器本体的使用稳固性。

一种用于太阳能制氢的补水箱结构
便于清理箱体内部的水垢和杂质，提高水质质量。

一种用于太阳能制氢的冷却设备
同时通过导热棒可以更好地将处于内部的热媒的热量传递至第二导热板进行换热，继而可以提高冷却效果和效率。

北京福纳康生物技术有限公司

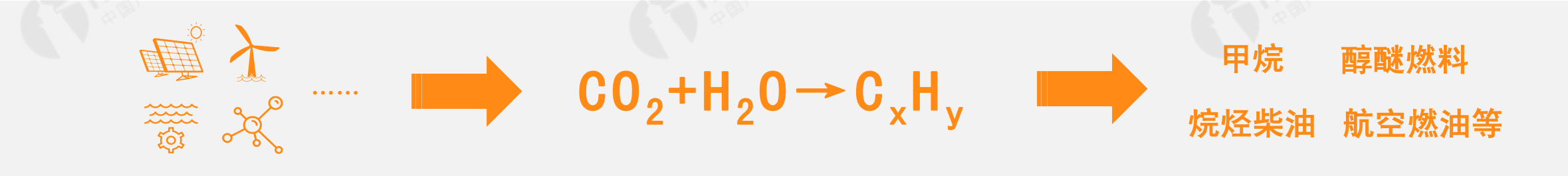
成立日期：2015年2月

金属富勒烯衍生物及其制法和能量存储与转换的方法

采用紫外光照射金属富勒烯衍生物，然后参与催化氧化反应，能量存储率高，能量转化率高，实现了系统对紫外光能的存储以及光能向化学能的转化

3.1.3 可再生合成燃料技术：提升能源利用率、助力碳减排

可再生合成燃料技术（e-fuel），是指利用太阳能、风能、生物质能等可再生能源，转化利用CO₂设计出适合高效清洁燃烧的合成燃料分子结构，以生产合成甲烷、醇醚燃料、烷烃柴油、航空燃油等可再生合成燃料。



可再生合成燃料不同制备方法比较

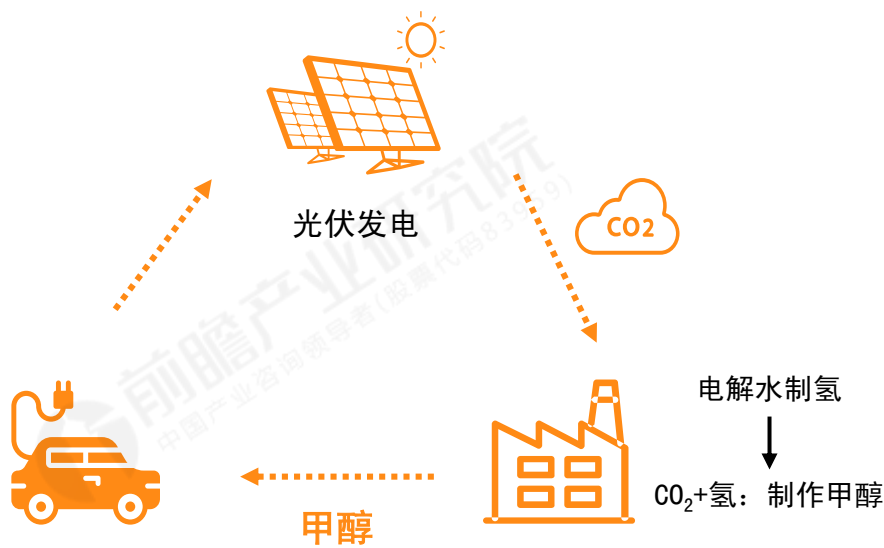
分类	制取路线	可再生能源	催化剂种类	优势	劣势
直接合成	电化学合成	风能、太阳能	铂、铜等金属；碳基材料	富余电力转化、系统简单	能耗高、法拉第效率低、电流密度低
	光催化转化	太阳能	半导体材料	条件温和、系统简单、操作方便	光能利用率低、反应速率慢
间接合成	热化学转化	生物质能、太阳能	可不添加催化剂； 镍、钴等金属氧化物；HZSM-5等分子筛	生产周期短、反应速率快、转化率高	能耗高、产物组分复杂、 燃料品质低、污染物排放
	微生物转化	生物质能	细菌、真菌、古菌等微生物；生物酶	条件温和、能耗低、环境友好	反应速率慢、生产周期长、占地面积大

资料来源：夏鼻、陈蓉、付乾、朱贤青等《可再生合成燃料研究进展》 前瞻产业研究院整理

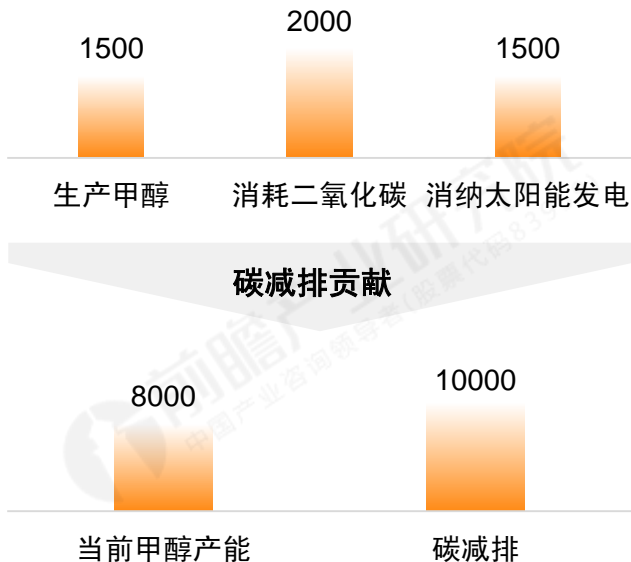
3.1.3 可再生合成燃料技术：我国已迈出工业化第一步

目前，世界各国都在积极研发可再生合成燃料技术路线。在我国，“液态阳光”示范项目于2020年1月投料试车，进料3个小时后生产出液体甲醇产品，标志着中国利用可再生能源制备液体燃料迈出了工业化的第一步，也是全球范围内直接太阳燃料规模化合成的最早尝试之一。同时，国际车企在“碳中和”背景下也不断研发新型燃料，在“e-fuel”领域不断涉足。

“液态阳光”技术制备甲醇的路径



“液态阳光”项目满负荷运行年效益

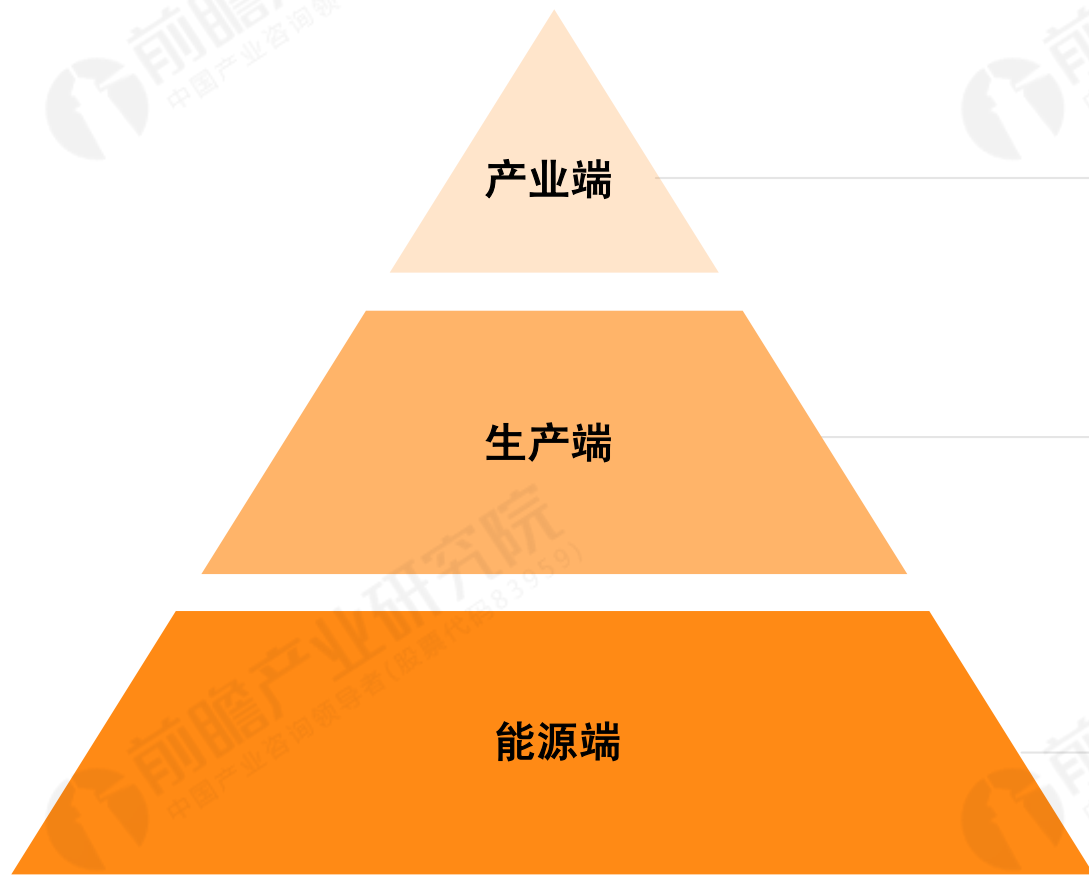


2011年	奥迪在汉堡发布了e-gas项目
2014年	奥迪生产出“e-diesel”的乙醇柴油燃料
2017年	奥迪在德国建立e-fuel的研究设施
2020年	保时捷首次宣布投资合成燃料研发计划
2022年	保时捷、西门子共建的合成燃料试验场 将完成第一阶段试点

资料来源：中国新闻网；中国科学院大连化学物理研究所 前瞻产业研究院整理

3.2 “碳中和”愿景下的低碳科技发展趋势

从应用领域来看，低碳科技的发展趋势将围绕“能源低碳化、生产去碳化和产业低碳化”三个方向创新发展。



01

产业低碳化

低碳技术将引导产业结构转向低碳产业为主体，新兴绿色产业、现代服务业将快速发展；而应用于传统产业的低碳技术，将着眼于节能减排、提升资源利用效率，以助力传统行业低碳化发展。

02

生产去碳化

生产端低碳技术将朝着“低成本化、低风险化”趋势发展。以CCUS技术为例，当前碳捕捉技术成本高、碳封存技术存在较大的碳泄漏风险，制约了它的广泛应用，未来技术发展将以实现CO₂捕捉的低成本化和碳封存的低风险化为方向。

03

能源低碳化

一方面，为提升化石能源利用效率，低碳技术将在现有技术基础上不断革新；另一方面，技术发展将着眼于新能源开发与利用，新能源种类不断被扩展，新能源的利用渠道不断拓宽、利用规模不断扩大。

3.3 “碳中和”愿景下的低碳科技发展建议

持续发展节能节材、循环利用技术等

升级现有节能技术和设备，持续挖掘节能潜力提升能效；
推动钢铁、水泥等基础材料的绿色化转型；重点推进电能
替代、氢基工业、生物燃料等工艺革新技术并推广应用

加快推进零碳非电能源技术的发展

加快推进“蓝氢”、“绿氢”等低碳制氢技术的研发，超前部署前沿制氢技术；推动生物质能、氢能等其他零碳非电能源技术发展

重点突破零碳技术

在能源供给端，逐渐转变以“化石能源”为主的供给结构，构建水、风、光等资源利用—可再生发电—终端用能优化匹配技术体系，发展可再生能源规模化运用相关技术等。



超前部署增汇技术和负排放技术

发展CCUS 关键技术，重点部署 BECCS 以及直接空气捕集（DAC）技术；发展农业、林业草原减排增汇技术，研究海洋、土壤等碳储技术，发展以红树林、海草床、盐藻为代表的海洋蓝碳等技术

推动耦合集成与优化技术发展

及时评估脱碳、零碳和负排放技术发展进程，促进不同技术单元集成耦合，最大限度地挖掘相应技术的减排潜力；融合人工智能、互联网、信息通讯等系统优化技术，开展技术融合优化的工程示范。

资料来源：低碳经济专业委员会 前瞻产业研究院整理

中国产业咨询领导者



产业研究

持续聚焦细分产业研究22年



产业规划

复合型专业团队
1300余项目案例



园区规划

首创「招商前置规划法」
+ 独有「园区招商大数据」



产业地产

全产业链一站式服务
精准产业资源导入



特色小镇

领先申报经验
90+小镇项目案例



田园综合体

规划+申报+融资+运营一体服务

- 政府产业规划资深智库
- 企业产业投资专业顾问



扫码获取更多免费报告

全球产业分析与行业深度问答聚合平台



10000+

行业报告 免费下载



100000+

资讯干货 一手掌控



1000000+

行业数据 精准把握



500+

资深研究员 有问必答



10000+

全球产业研究 全面覆盖



365+

每日产经动态 实时更新

- 解读全球产业变迁趋势
- 深度把握全球经济脉动



扫码下载APP




前瞻产业研究院


前瞻产业研究院是中国产业咨询领导者！隶属于深圳前瞻资讯股份有限公司，于1998年成立于北京清华园，主要致力于为企业、政府、科研院所提供产业咨询、产业规划、产业升级转型咨询与解决方案。





前瞻经济学人 让你成为更懂趋势的人

前瞻经济学人APP是依托前瞻产业研究院优势建立的产经数据+前沿科技的产经资讯聚合平台。主要针对各行业公司中高管、金融业工作者、经济学家、互联网科技行业等人群，提供全球产业热点、大数据分析、行研报告、项目投资剖析和智库、研究员文章。

 报告制作：前瞻产业研究院

 联系方式：400-068-7188

 产业规划咨询：0755-33015070

 主创人员：郑晨 / 蔡雨晴 / 李灵卉

 更多报告：<https://bg.qianzhan.com>