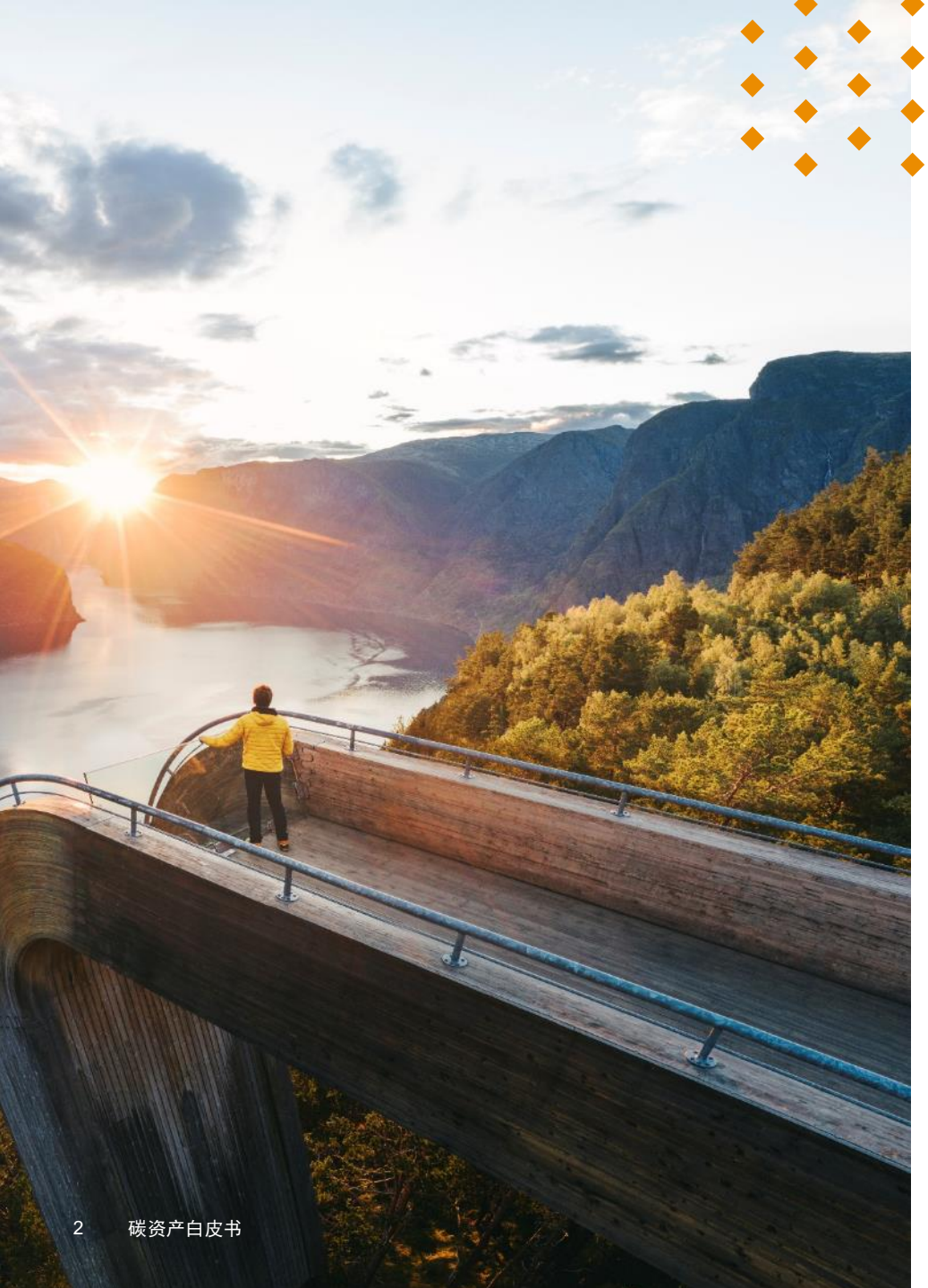


普华永道

碳资产白皮书



致辞

碳中和是应对全球气候变化的必然选择。中国已明确提出“2030年碳达峰、2060年碳中和”的目标，将加速各行各业围绕低碳转型在战略、业务及产品等维度做出调整和能力提升。实现碳中和，不能单纯依靠现有技术和模式，需要通过市场机制鼓励持续开发低碳技术。

碳资产将成为企业发展和国际竞争的重要元素。投资开发前瞻性减排技术、布局综合效益高的优质自愿减排项目，是企业重塑核心竞争力的历史机遇。同时，企业还应当及时洞悉低碳发展的趋势，充分借助碳交易机制等市场化工具，有效管理和提升碳资产价值。

碳中和国际研究院由国际、国内生态环保、经济金融、实业科技等各界专家智库组成，致力于为环境权益定价、为低碳发展赋能，推动应对气候变化的国际合作。未来，我们愿与全球专家、企业深入交流、密切合作，持续创新低碳发展技术与模式，促进碳资产定价，助力全球碳中和。



傅成玉

中国石油化工集团公司原董事长、党组书记

碳中和国际研究院创始院长

致辞

全球气候治理进程不断推进，企业亟需建立绿色、韧性的发展模式。碳资产，即减碳增汇活动的价值发现过程将改变国家、企业乃至个体的发展模式，也是实现碳中和的重要途径之一。各市场主体对减排量的需求增加，碳资产价值将得到显著提升，进而对企业的减排策略、总资产价值等产生重要影响。

碳资产有望成为继数字资产之后另一个重要的资本，但目前，企业开发管理碳资产仍有诸多挑战。为扩大有效碳资产规模、促进企业低碳转型，我们提出碳资产三要素的框架，即提高碳资产底层数据质量、高标准开发减排技术，以及培育多层次的碳交易机制。

普华永道是最早提出绿色金融的机构，自2014年以来连续开展国际碳排放贸易协会（IETA）温室气体市场情况调研。作为“碳中和”的研究者、践行者，普华永道希望通过此白皮书倡导市场关注碳资产的长期价值，围绕数据、技术、交易三维度，提前部署，充分发挥碳资产在企业、区域乃至国家净零排放中的作用。未来，普华永道中国将继续携手广大碳资产合作伙伴，共同促进碳资产在企业、区域乃至国家碳中和中的作用。



张立钧

普华永道中国区域经济主管合伙人



目录



第1章 “碳中和”背景下的碳资产

1.1 应对气候变化，推进低碳发展成为全球共识

1.2 “碳中和”影响深远，任务艰巨

1.3 碳交易是重要的市场化减排工具

1.4 欧盟碳交易市场：目前发展最成熟的碳交易市场

1.5a 中国碳市场：强制市场平稳运行

1.5b 中国碳市场：自愿市场空间广阔

第2章 碳资产的三要素模型

2.1 碳资产模型构建

2.1a 数据：高质量的碳排放数据是基础，MRV体系是碳市场平稳运行的基本要素

2.1b 技术：大力发展减排潜力高的低碳技术，开发标准决定碳资产估值

2.1c 交易：完善交易规则提升碳资产价值，激发市场活力

2.2 “碳中和”加速企业“净零碳”，凸显碳资产稀缺性

2.3 随着“脱碳”进程加速，减排量需求增加，碳资产规模增加

第3章 碳资产管理的现状问题和破局之道

3.1 数据：应当加强管理高质量碳数据，保障减排量可测量可核查

3.2 技术：发展高成本低碳技术，扩大全社会整体减排量

3.3 交易：提高碳交易市场流动性，优化交易规则，提升碳资产金融属性

结束语

附录

附录1： 全球自愿减排交易量持续走高，2019年再次突破1亿吨，是有效的补充市场

附录2： 新能源、森林和土地利用类项目成为全球范围内交易项目的主力

附录3： 全球自愿减排交易需求量将在未来10至30年内陡增，最高将达到每年7-13Gt

附录4： 未来自愿市场有效供应不足，企业应挖掘与培养优质项目，投资开发低碳清洁技术

附录5： 基于自然解决方案项目案例：亿利资源集团库布其沙漠造林自愿减排项目

附录6： 减排技术所处发展阶段概览

附录7a：主要自愿市场机制概览 – 官方机制

附录7b：主要自愿市场机制概览 – 非官方交易平台

附录8： 缩写词表

附录9： 引文列表

一

“碳中和”背景下的碳资产





1.1 应对气候变化，推进低碳发展成为全球共识

自上世纪90年代至今，人类对气候变化逐渐形成了科学的认知和系统性的治理架构。1992年《联合国气候变化框架公约》首次承认地球气候的变化及其不利影响是人类共同关心的问题，1997年《京都议定书》首次为39个发达国家规定了明确减排目标， 2005年欧盟建立了第一个多成员国参与的排放交易体系（EU-ETS），2008年英国成为世界上第一个针对气候变化问题拥有法律约束力的长期构架的国家。

2015年，186个国家和地区签署《巴黎协议》，明确了气温控制的“硬指标”：本世纪末温升不超过2℃，才能尽可能避免大面积的物种灭绝，以及饥饿和水短缺等风险[1]。然而，科学研究表明[2]，为了避免灾难性气候事件发生概率，应该将温升控制在1.5℃以内。2021年8月，政府间气候变化专门委员会（IPCC）第一工作组报告《气候变化 2021：自然科学基础》对未来几十年内超过1.5℃的全球升温水平的可能性进行了新的估计，指出除非立即、迅速和大规模地减少温室气体排放，否则将升温限制在接近1.5℃或甚至是2℃将是无法实现的[3]。

截至2021年3月，58个国家已承诺到2050年实现碳中和（或称为净零排放）[4]，占全球温室气体排放量一半以上。中国提出2060年碳中和目标，并将该目标纳入“十四五”规划建议当中。

2021年11月，英国格拉斯哥将举行第26届联合国气候变化大会（COP26）[5]，缔约国将对目前气候治理做出评估和总结，在加大减排力度和速度上做出承诺，同时探讨碳交易机制、欠发达地区补助金、基于自然的解决方案，以及新能源等议题。

[1] Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability，IPCC
[2] Climate Change 2021: The Physical Science Basis，IPCC
[3] How Do Countries' New Emissions-reduction Plans Stack Up? World Resources Institute
[4] 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话，中国政府网
[5] Climate Change: What is COP26, and why is it happening in Glasgow in 2021? BBC

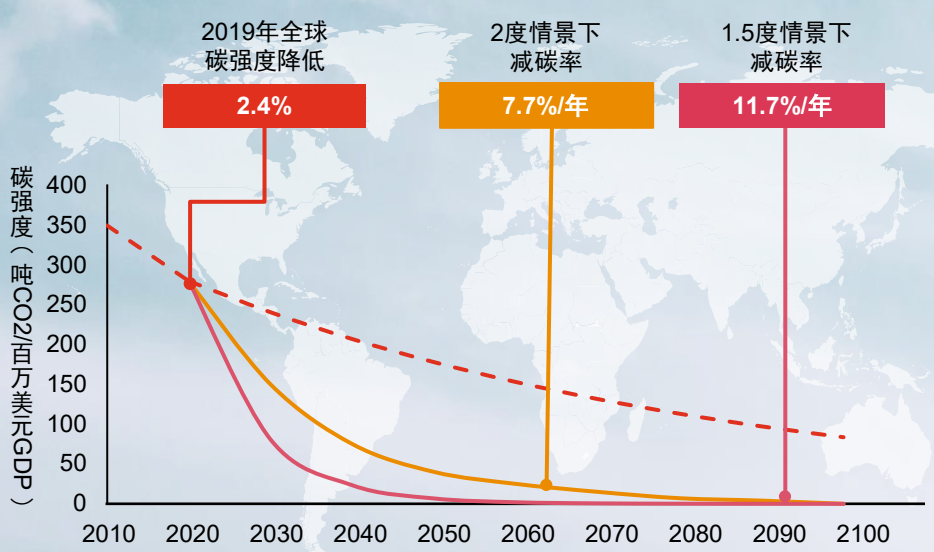
1.2 “碳中和”影响深远，任务艰巨

碳中和目标的推进和实施将对能源体系、金融系统以及企业发展模式产生深远影响。能源、工业、交通、建筑等重点部门，钢铁、建材、有色、化工、石化、电力、煤炭等重点行业将面临更严格的排放约束[6]，减排任务艰巨且紧迫。金融业也面临新的挑战，监管合规压力上升，金融机构在满足信息披露、压力测试等方面难度加大，亟需提升气候变化相关风险管理能力、创新可持续金融产品和服务。

普华永道 2020年12月发布的“2020净零排放经济发展指数”（Net Zero Economy Index 2020）指出[7]，实现1.5℃的目标亟需提高投资规模，即碳强度平均每年下降11.7%，大约是2019年（2.4%）的五倍（图1）。受疫情影响，2020年碳强度下降率超过7%[8]。然而，伴随经济复苏活动，全球温室气体排放量逐渐反弹，低碳转型道路依旧任重道远。

部分国家已经实现在减少碳排放的同时保持经济增长，例如英国、德国、日本、美国等[9]。众多企业提出了自身碳中和目标和路线图。截至2021年8月，超过1700家企业公开加入科学碳目标倡议，其中715家设定了实现1.5℃目标的减排目标[10]。

图1 普华永道《2020净零排放经济发展指数》



来源：普华永道分析



6 《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》，生态环境部

7 Net Zero Economy Index 2020，普华永道

8 Emissions Gap Report 2020，United Nations Environment Programme

9 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP，Ecosystem Marketplace

10 Science Based Targets

1.3 碳交易是重要的市场化减排工具

在应对气候变化问题上，政府普遍使用节能减排、新能源补贴和碳定价等政策组合。碳定价政策主要包括财税政策（如碳税、能源税）以及市场化手段（如碳交易机制）。

碳定价机制旨在纠正具有负外部性的经济行为，把温室气体排放造成的破坏或损失转回给有责任有能力减排的相关方，使得社会效益最大化。**通过政策工具赋予单位温室气体排放权或减少的单位温室气体排放量经济价值，使其成为一种有价资产**。

碳定价不仅有助于提升清洁能源的利润率，使得通过更高的能效赚取更大回报成为可能，赋予低碳产品更高竞争优势，还有助于引导社会关注森林等吸碳、固碳能力。碳定价本身无法应对气候变化的所有复杂驱动因素，还需整合法规、标准、激励机制和教育计划，并制定和实施其他措施。新冠疫情加速全球可持续韧性发展的需求，通过市场化手段来约束温室气体排放变得至关重要。

碳交易机制有很多类型，其中最主要的是基于总量控制与交易的强制碳市场（Compliance Market）交易和基于碳信用的自愿碳市场（Voluntary Market）交易。

总量控制与交易（强制碳交易）— 政府设定一定时期内的排放限额分配给控排企业，并允许其在确保履约的前提下，通过竞价的方式获取或转让配额。总量控制包括绝对排放量控制和碳强度控制，分配方案分有偿和无偿，不同行业的分配方案有所不同。欧盟的EU-ETS是这类机制的典型。

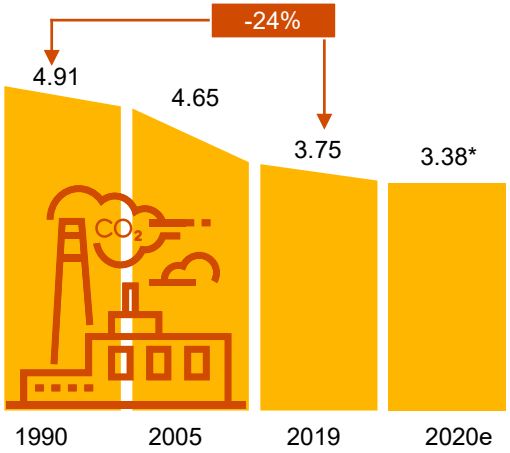
碳信用（自愿碳交易）— 符合条件的自愿减排量（或称为：自愿交易碳信用额）可出售给企业、机构或个人用以抵消其温室气体排放。自愿减排量需经主管部门审批和专业机构核证才可签发。联合国清洁发展机制（CDM）是最主要的自愿交易机制，也是总量控制与交易机制的补充（参见附录7主要自愿市场机制概览）。

“碳市场向重点排放企业和全社会发出了明确的碳价信号，直接促进利益相关方的低碳选择，是我国实现碳达峰碳中和目标的关键政策工具。对于企业而言，碳市场既是挑战，也是机遇，更是减排的动力。企业要充分利用碳市场所提供的低碳发展机遇，需要提升自身对碳市场的认识和技术能力，而这需要企业的最高决策者、管理层和技术人员的共同努力，需要企业内部建立合理的体制机制。”

段茂盛，
清华大学中国碳市场研究中心主任

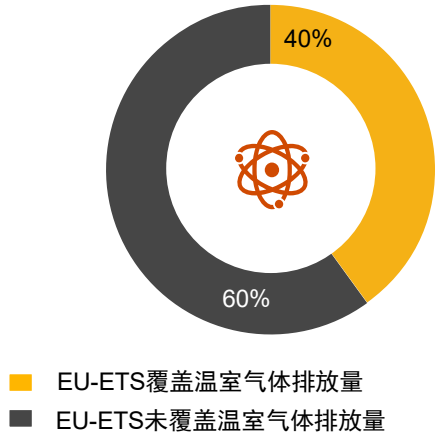
1.4 欧盟碳交易市场：目前发展最成熟的碳交易市场

图2 欧盟-27温室气体排放总量（GtCO2e）[11]



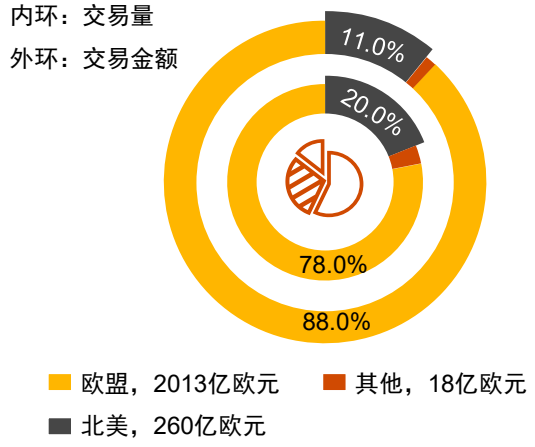
欧盟制定了20%温室气体减排目标，目标年为2020年基准年为1990年，截止2019年已经减排24%（图2），欧盟气候行动发展报告[11]显示，欧盟排放权交易机制（EU-ETS）对减排贡献突出，其涵盖部门中下降幅度最大为25%，非EU-ETS覆盖部门排放基本不变。

图3 EU-ETS 涵盖约40%的欧盟温室气体排放[12]



EU-ETS覆盖30个国家和地区，14个行业，超过10000 个大型能源的设施（主要包括发电站和工厂）以及航空公司的碳排放[11]，涵盖欧盟约40%的温室气体排放（图3），显著高于全球16%[12]的整体覆盖水平。

图4 全球碳市场交易规模[13]



2020年EU-ETS的碳交易额达到2013亿欧元，占全球碳市场份额的88%[13]（见图4）。目前 EU-ETS 的碳价有效性、碳价稳定性、碳价权威性均较为成熟完善。衍生产品主要有碳远期、碳期货、碳期权和碳互换，极大地提高了欧盟碳市场的流动性。

[11] European Environment Agency
[12] ICAP Status Report 2021，ICAP
[13] Carbon Market Year in Review 2020，Refinitiv

1.5a 中国碳市场：强制市场平稳运行

中国强制碳交易市场试点已有十余年。2011年国家发改委宣布北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳等两省五市设立碳交易试点，2013-2014年7省市试点相继启动，2016年福建碳市场启动。

2021年7月16日，中国正式开启全国碳排放权市场交易。首批纳入2000多家发电企业，覆盖碳排放量超过40亿吨。之后将按照成熟一个纳入一个的原则，石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、航空等高排放行业将逐步纳入。

在碳市场规模上，8省市的试点市场交易并不活跃。根据统计，8省市的碳交易试点覆盖了电力、钢铁、水泥等20多个行业、近3000家重点排放单位，每年发放配额约14亿吨[12]。生态环境部数据显示[14]，截至2021年6月，试点碳市场累计配额成交量仅4.8亿吨，年均成交量不到7000万吨，低于配额发放量的6%。

碳交易价格上，各试点市场分割，价格相差较大，最低不到10元/吨，最高可达70-80元/吨。截至2021年6月，各省市平均成交价格约为23.75元/吨，近两年加权平均碳价约为40元/吨[14]。

未来全国碳市场扩大行业范围后，预计年覆盖碳排放量将超过50亿吨[15]。到2025年交易价格在60-75元/吨[16]之间浮动，按照交易量占配额5%-10%，现货市场交易规模可达到150亿至375亿元。在4到8倍杠杆的情景下，交易金额将大幅提升，有望达到3000亿元。

[12] ICAP Status Report 2021，ICAP
[14] 中国碳市场为国际合作增添动力，中国政府网
[15] 中国八大重点行业碳排放量占全国一半，中国企业报
[16] 中国碳论坛，清华大学能源环境经济研究所，普华永道分析



1.5b 中国碳市场：自愿市场空间广阔

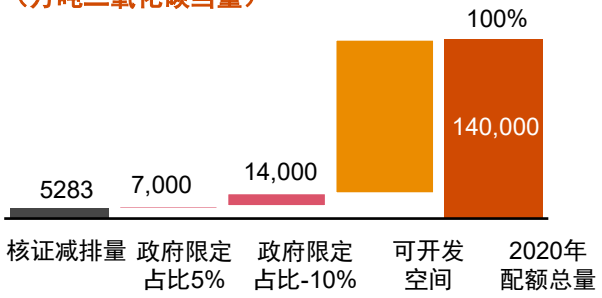
自愿碳交易市场主要服务企业购买用以抵消超过国家控制的排放量，或者满足有意识的企业兑现资源减排承诺。

中国先后在九个省市成立环境交易所或排放权交易所（八省市以及仅开展自愿交易的四川省），并制定审核机构批准注册自愿减排项目（简称CCER项目）。据公开数据[12]，2020年中国试点市场的配额总量为14亿吨，若按照政策限定的自愿碳交易抵消比例不超过5%-10%，当年核发的配额量来看，理论可供抵消的自愿交易量应当在0.7亿- 1.4亿之间。现阶段，CCER签发量仅0.5亿吨，不足实际核发配额量的4%（图5），自愿市场核证减排量预计拥有巨大市场空间。

中国已经核证减排量的自愿减排项目主要集中在新能源板块，如风电、光伏发电、水电，以及农村户用沼气类（图6）。

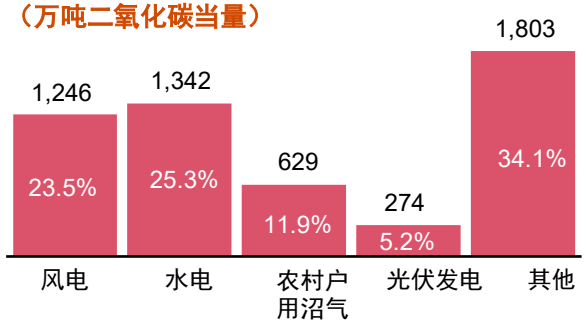
在国际市场，2019年新能源及森林和土地利用的总交易量占自愿市场交易量的80%（附录1），基于自然的解决方案的森林和土地利用的平均价格是新能源的三倍多[17]，市场对于林业、土地，以及基于自然的解决方案项目（NBS）的需求旺盛，中国自愿减排项目可以在这些领域探索并提供解决方案。

图5 2020年自愿碳交易市场实际减排总量（万吨二氧化碳当量）



来源：普华永道分析

图6 中国自愿碳减排项目已获备案的碳减排量（万吨二氧化碳当量）



来源：普华永道分析



[12] ICAP Status Report 2021，ICAP

[17] Ecosystem Marketplace

三

碳资产的三要素模型

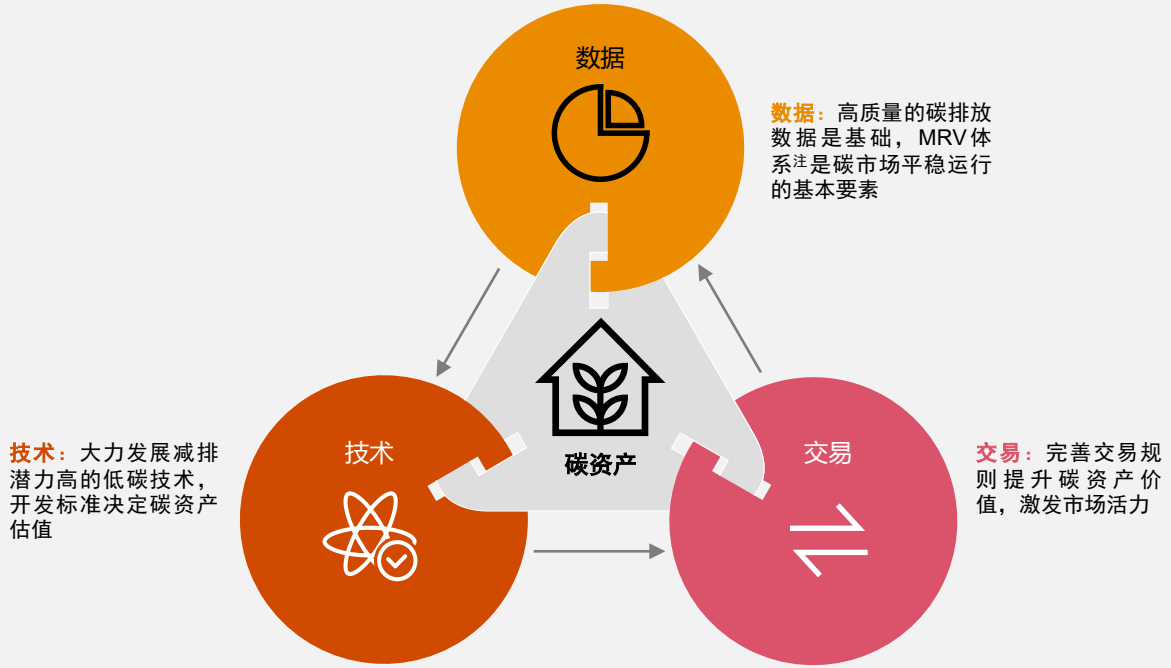


2.1 碳资产模型构建

不同利益相关方对碳资产有不同的解读和定义，如政府[18]定义，碳资产是指碳排放单位所有在低碳领域可能适用于储存、流通或财富转化的有形和无形资产。国际机构认为，碳资产所涵盖的范围应当包括任何能在碳交易市场中转化为价值或利益的有形或无形财产[19]。围绕估值和建模的学者指出，碳资产可归为配额碳排放权，自愿碳减排量以及其他衍生品[20]。以碳排放权为出发点进行扩展外延，碳资产的衍生品可进一步细化包括碳期权、碳期货、碳保理、碳债券等[21]。

本报告中，将碳资产界定为**以碳排放权益为核心的所有资产，既包括在强制碳交易、自愿碳交易机制下产生的可直接或间接影响组织温室气体排放的碳配额、碳信用及其衍生品，也包括通过节能减排、固碳增汇等各类活动减少的碳排放量，及其带来的经济和社会效益为碳资产的价值**。进而，碳资产价值影响因素可主要归为三大方面，构建碳资产三要素模型（图7）。

图7 碳资产三要素模型



注 MRV是Monitoring（监测）、Reporting（报告）、Verification（核查）的缩写。

来源：普华永道分析

18 碳排放管理体系实施指南（DB11/T 1559-2018），北京政府网
19 Carbon as an Emerging Asset Class，CFA Institute
20 《基于影子价格模型的碳资产评估》，王豫，东北林业大学
21 《碳资产价值评估研究》，宋国乾，云南财经大学



2.1a 数据：高质量的碳排放数据是基础，MRV体系是碳市场平稳运行的基本要素

碳量永恒的理论“one tone of CO2 equals one tone”，碳排放核算是一切有关碳减排策略的基础。

通过收集历史碳排放数据，确定基准值，结合未来发展计划（例如产量、投资）能够预测未来碳排放路径，并开展成本收益分析。碳排放数据的准确性不仅关乎一家企业的碳交易行为、所持有的碳资产价值，甚至关乎企业价值。

碳交易机制的重要工作之一便是**建立MRV体系，强调依据“可测量、可报告、可核查”的原则和技术体系进行管理、报送和核验，保证碳配额发放与清缴的合理有效。**

监测是指企业按照统一的方法监测与核算自身的碳排放量，不同行业具有不同的技术工艺及设备水平，能源消耗计量方式和统计口径；报告不仅支撑碳市场配额分配与履约，其精细程度的提升也有利于企业挖掘减排潜力；第三方独立机构的专业核查则确保了实际排放数据的真实、准确、完整。

随着全国碳市场的展开，生态环境部等主管部门也将构建“国家-省级-市级”三级监管体系[22]，持续加强对于碳数据质量管理的保障。基于精确的碳排放数据，企业能够先行识别自身生产经营过程中的重点碳排放环节、评估和分析减排潜力，也能够预判碳市场履约和碳资产交易需求，从而更好地部署减排目标、提高碳资产管理质量，为企业低碳转型决策提供依据。

[22] 生态环境部，《碳排放权交易管理办法（试行）》

2.1b 技术：大力发展减排潜力高的低碳技术，开发标准决定碳资产估值

中国3060目标意味着在未来的40年间采取快速且坚定的转型措施，这也意味着规定的减排量要通过低碳技术和生产工艺的进步和普及来完成[23]。**当减排需求增大时，技术成本不变的前提下，代表边际减排成本的碳价则预期升高，气候资本即投入有更高减排潜力的技术**。

无论是国家、区域还是企业，碳中和实现路径都可以归为减排控制和排放移除两个视角。其中，减排控制涉及减少、替代两类技术，即通过高能效循环利用等减少碳排放，以及使用可再生能源、绿氢等零碳能源。排放移除包含工业上的物理捕集和自然方式的固碳增汇两类技术。

在节能减排和可再生能源发展上，中国投入较早并已取得显著成就，可再生能源和节能项目减排量也已成为自愿碳市场主要类型。目前，排放移除技术潜力有待进一步挖掘，需要市场化机制提升此类碳资产价值，包括将此类技术纳入碳资产开发标准。

工业手段：据研究[24]，2060碳中和目标下中国对碳捕集、利用和封存技术（CCUS）需求为：至2030年0.2亿~4.08亿吨/年、至2050年6亿~14.5亿吨/年、至2060年10亿~18.2亿吨/年。但据不完全统计，中国已投运或建设中的CCUS示范项目总捕集能力300万吨/年。未来CCUS技术用于碳中和还要依赖于技术的逐渐成熟和成本的不断下降，包括将CCUS纳入碳市场，通过碳资产收益弥补当前成本较高的痛点。

自然手段：国际组织报告分析表明[25]，到2030年，全球NBS减碳潜力高达238亿吨/年，其中约一半（113亿吨/年）的成本低于100美元/吨，且具有良好的吸碳固汇效果，但此类项目的尚未完全被现有碳市场机制所覆盖。目前林业碳汇项目签发率低，海洋和湿地碳汇方法学有待开发和完善。因此，需要支持NBS项目方法学的开发应用，通过完善开发标准提升自然碳汇的估值，激励气候资本投入该领域。



[23] China 2050: A fully developed rich zero-carbon economy，落基山研究所

[24] 光大证券， CCUS行业跟踪报告：碳中和背景下CCUS赛道优势显著，我国已具备大规模CCUS工程能力

[25] 解锁自然的力量|减缓气候变化，大自然保护协会（TNC）



2.1c 交易：完善交易规则提升碳资产价值，激发市场活力

有效的碳交易市场将释放统一的价格信号，一方面激励企业开展节能减排，另一方面引导企业参与碳市场交易，从而达到优化企业碳排放资源配置、降低全社会减排成本的目的。**碳资产的价格随着市场供需的变化而变化，同时，也受到政策预期稳定性、政策干预措施、市场交易制度、交易产品丰富性及企业内部决策机制等不同因素的影响**[26]。

政策是影响碳市场供需的重要因素。一级碳市场决定着碳资产的供给。在强制碳市场，碳配额由政府发放，其纳入门槛设置（纳入行业与控排企业的多少）、总量设定（配额发放的宽或严）、配额分配方式（免费或拍卖）、配额有效期（是否允许结转）等都直接决定了市场的供给以及初始成本。如欧盟EU-ETS的前两个阶段，由于不合理的配额发放设计导致配额大量盈余，市场碳价格始终在低位。此外，价格控制（如设置价格下限、采取市场稳定储备机制稳定价格）也将直接影响市场价格。在自愿碳市场，减排量签发的数量、速度以及类型直接影响供给。过去一年中国碳市场CCER价格持续上升就与CCER暂缓密不可分。

经济是影响碳市场供需的另一大因素。经济形势上升时，工业、电力等高排放领域生产需求上升，必然导致碳排放增加、碳价上涨。反之，如欧盟在EU-ETS第二阶段（2008-2012）出现的欧债爆发碳价暴跌近零，以及2020年碳价受疫情影响暴跌，都与经济疲软、碳资产需求减弱密切相关。

市场交易制度上，抵消机制作为强制碳市场的灵活履约机制，其比例设置的高低影响市场供需进而影响碳价。市场主体尤其是投资者的准入规则及管理方式也将影响碳市场流动性，市场开放程度越高、交易产品尤其是衍生品（如远期、期货）越多元，碳市场就越活跃。交易机构竞价方式（单向或集合）、日涨跌幅设置等具体交易制度也将影响价格波动。

此外，企业内部决策也影响市场活跃度。中国碳市场试点时期很多区域碳交易不活跃、集中在履约期附近就与诸多控排企业没有将碳资产视为可以主动管理的资产密切相关。

[26] 《2021国内碳价格形成机制研究报告》，EDF

2.2 “碳中和”加速企业“净零碳”，凸显碳资产稀缺性

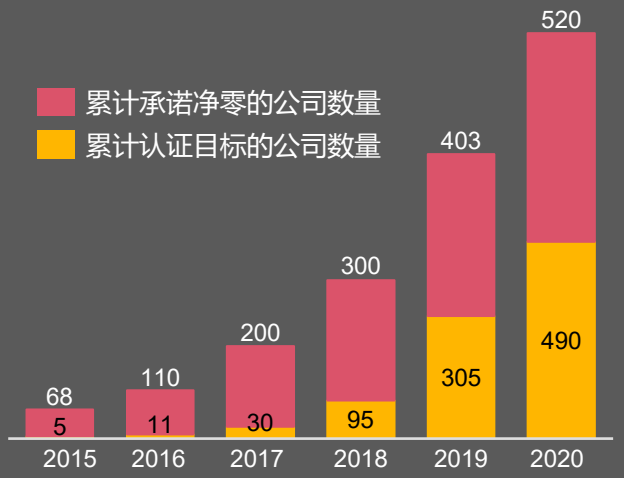
2018年以来，超过130个国家和地区提出了“碳中和”的目标或愿景，其中大部分计划在2050年实现[27]。

随着国家和地区碳中和承诺的推进，领先企业也积极参与碳中和以及净零行动中。近两年，加入SBTi（科学碳目标倡议）和承诺净零的公司飞速上涨（图8）[28]。根据统计，加入联合国“奔向零碳(Race to Zero)”倡议、做出净零碳承诺的公司到2030年碳减排目标量达到825MtCO2e，到2050年碳减排承诺达到4064MtCO2e，企业净零碳承诺贡献减排量累计可达5Gt[29]。

企业在选定减碳目标实践路径后，将通过各种技术手段减少碳排放。对于正常运营过程中实在无法避免的碳排放，只能通过移除或抵消手段解决，即借助物理捕集或生物固碳手段移除碳量，或购买自愿减排量进行抵消。

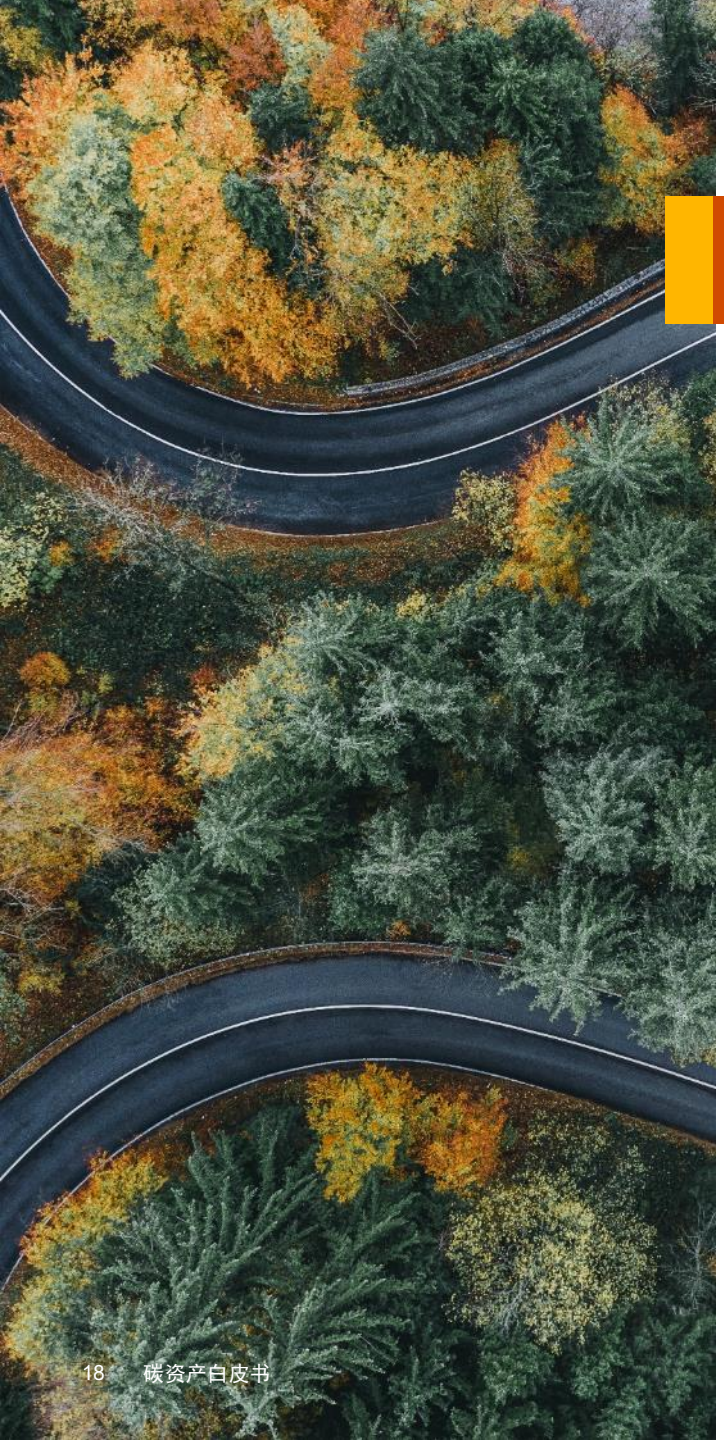
自愿减排市场所分析（详见附录1-4），“净零碳”驱动下，未来10至30年内，全球自愿减排交易需求量有望大幅增长，到2050年最多可增加到100倍，达到每年 7-13Gt。但是，预测未来自然气候解决方案（NCS）和碳减排项目能提供的碳抵消量却相对有限，且考虑到大部分基于自然气候解决方案项目所处地区碳市场体系不成熟，科技相关碳清除类项目的成本高昂等因素，其中可能只有不到一半的减排量能够最终进入碳供应市场，碳市场可能面临有效供给不足的局面。

图8 参与SBTi的公司逐年增多，近两年来势头高涨



来源：普华永道分析

[27] Net Zero Tracker，Energy and Climate Intelligence Unit
[28] Science Based Targets initiative Annual Progress Report 2020，SBTi
[29] 2020 breakthrough year for climate action，Race to Zero



2.3 随着“脱碳”进程加速，减排量需求增加，碳资产规模增加

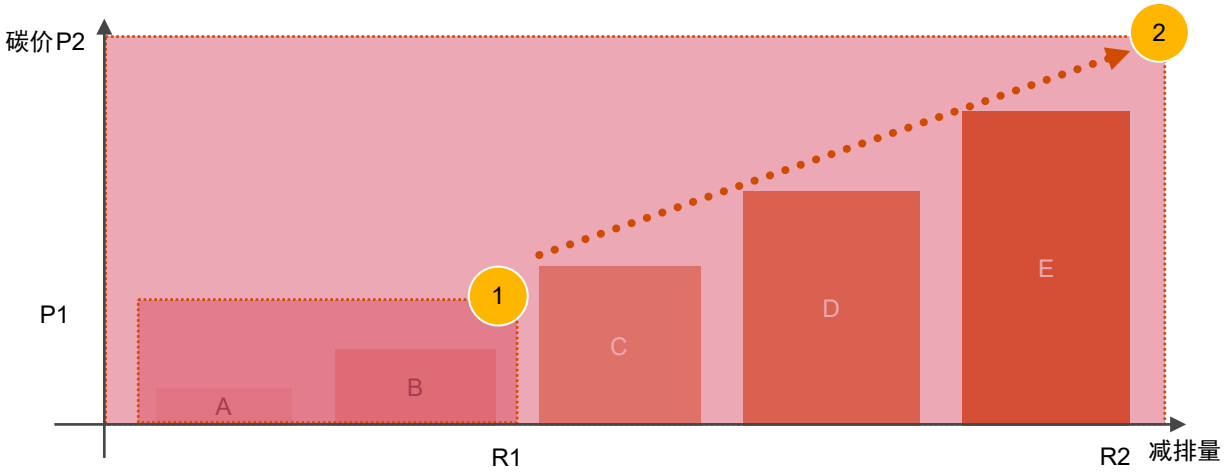
随着“脱碳”进程的加速，相关行业、产业以及企业主体对碳减排的需求增加，既有的减排技术无法满足需求，只能通过更低碳的技术、更先进的生产工艺来实现。

如图9所示，A、B、C、 D、E分别代表不同的减排技术（参见附录6减排技术阶段分析），横轴代表其各自的减排量R，纵轴代表其各自的边际减排成本。

当社会的减排需求从R1扩展至R2，对应的碳价格也从P1上升至P2，使得高成本的减排技术获得支持，整个经济层面的碳资产规模从面积1扩展到面积2。

碳资产由面积1到面积2的过程尚面临诸多挑战，尤其体现在碳资产的三大影响要素上，即数据、技术和交易。

图9 碳减排技术边际减排成本示意图



来源：普华永道分析

三

碳资产管理的现状问题和破局之道





3.1 数据：应当加强管理高质量碳数据，保障减排量可测量可核查

现状问题

碳排放数据盘点能力欠缺

- **披露数量少**：2019年中国沪深股市3939家上市公司中，超过7成企业未发布环境信息披露相关报告[30]。现阶段企业距离准确统计碳数据的愿景还相距甚远。
- **企业指引缺**：碳排放计算指引往往从行业角度出发，如：温室气体排放核算方法与报告指南包括24 个行业指南，但缺乏落到企业具体执行层面的指引。这将导致问题，如，深圳市生态环境局在 2019 年的企业抽样碳排放报告核查中，发现报告中出现了排放源识别不清、数据处理有误等问题[31]。
- **盘点人才无**：鲜有企业能够结合企业具体生产工艺流程，在设施层面配置专业人才支持 MRV 流程来保证数据可靠性[32]。

碳排放数据核查基础薄弱

- **核查比例低**：根据 CDP 2020 年中国供应链报告，60% 供应商提供直接运营活动碳排放数据，但仅 9% 会披露经过第三方独立核证的碳排放数据[33]。碳数据可信度低会影响企业的排放目标制定。
- **核查范围小**：不到 37% 的企业披露的碳排放数据中会涵盖供应链上下游碳排放（范围 3）的数据[34]。
- **时间序列短**：企业缺乏长时间序列的碳数据管理意识。根据 CDP 官网，从 2018 到 2020 年全球范围内进行碳披露的企业新增了 2601 家，占所有披露企业的近 30%[35]。这些企业大多相对缺少长期碳数据管理意识与经验。

碳数据管理与日常业务融合低

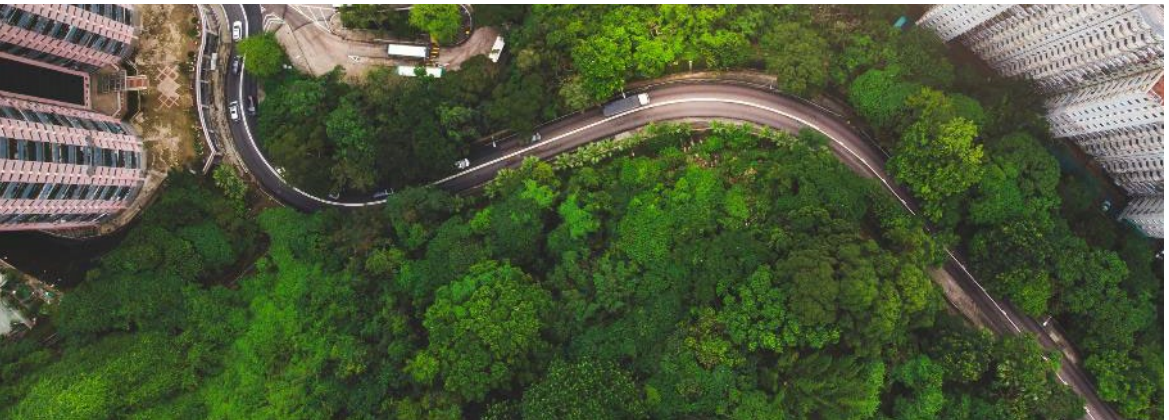
- **融合程度低**：碳排放活动涉及到企业经营管理的各个环节。根据范围1-3碳排放的来源差异，涉及碳排放的生产经营活动数据往往归于企业不同部门进行管理，如：电费、外购能源电力使用情况往往交由财务、物业、采购等多个部门，纸张笔墨等办公用品则交由采购、秘书等部门。这大大增加了碳信息归整和统计的难度。
- **协作机制缺**：一旦企业内部形成统一的汇总报送机制，应当确定每个数据的统一口径和报送频次，如：电费统一转换成用电量，每月报送一次等。

[30]《中国上市公司环境责任信息披露评价报告（2019年）》，中国环境新闻工作者协会，北京化工大学
[31]《深圳市生态环境局关于2019年度碳排放报告及核查报告抽样检查和重点检查结果的通知》，深圳政府在线
[32] 在公司内部，哪个部门（或处室）应当参与到MRV相关工作中，中国碳论坛
[33]《2020年中国供应链报告》，CDP
[34] Global Supply Chain Report 2020，CDP
[35] Companies scores: The A List 2020，CDP

3.1 数据：应当加强管理高质量碳数据，保障减排量可测量可核查

破局之道

- 外部监管机构加强监督管理
  - 进一步构建完整、统一的MRV技术指南和标准体系，逐步在企业内部实施细化到设施、工序乃至产品层级的数据监测体系，提高核查指南的可操作性及核查工具的标准化。
  - 强化MRV培训、指导和管理，对包括重点企业工作人员在内的相关节点人员开展多元化能力建设；加强平台建设、提升运行效率。
  - 进一步规范对第三方机构的监管，加强约束。
- 企业内部构建数字化管理系统
  - 数字化碳管理系统可以将碳排放指标分解成小块的组成部分，以便于后续数据整理及分析。这不仅能够优化后续的碳配额管理，还能够让企业拥有自身完整的碳资产信息，便于结合碳资产管理开展业务策略的制定。



▲ 实践案例

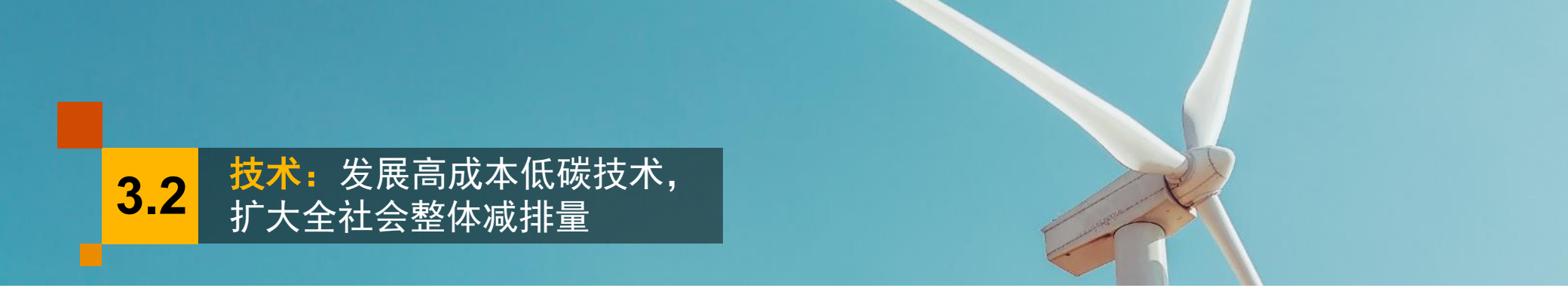
华为推行智慧零碳园区解决方案

自2015年《巴黎协定》签订后，华为便坚持利用信息技术和新型系统减少自身产品的碳足迹，并努力联合上下游进行节能减排，形成绿色供应链。从华为自身来看，以 2012 年为基准线，华为 2020 年单位销售收入碳排放量下降 33.2% 并达到 2.56 吨 / 百万人民币，超额完成 2016 年制定的 30% 目标[36]。

华为积极尝试利用云平台和基础设施推动行业低碳发展。华为与普华永道共同设计了一套完整的智慧零碳园区解决方案。结合自主开发的“沃土数字平台”中人工智能、统计分析、融合通信等技术，华为和普华永道致力于结合大数据推行数据科技在园区业务场景的具体应用，包括设施管理、资产管理、能效管理、环境空间及高效办公等。

该智慧零碳园区低碳解决方案能够实现从源头控制、过程管理、结果闭环三方面进行把控，在保障业务正常进行的情况下节能减排、高效用能并同时降低运作成本。

[36] 华为2020年可持续发展报告



3.2 技术：发展高成本低碳技术，扩大全社会整体减排量

现状问题

深度脱碳技术成本高或配套体系尚不成熟

- **技术成本高**：如绿氢在助力交通、工业、建筑领域深度脱碳上将发挥重要价值。但目前不考虑CCUS成本时，国内煤气化制氢成本普遍低于每公斤10元、天然气制氢成本约每公斤10-20元，而光伏和风电制氢平均成本在每公斤25-30元，因此成本成为发展绿氢首要解决的问题[37]。
- **配套体系不完善**：尤其是风电、光伏等可再生能源发电，其技术本身已经进入成熟期，但产业化应用仍然面临诸如调峰、远距离输送、储能等技术问题，以及电网体制机制问题等[38]，亟需系统性的技术创新和配套协调。

投资高成本低碳技术的引导与魄力不足

- **政府引导缺失**：美国政府修正1986年国内税收法典的45Q部分[39]降低了CCUS科研税收，并在近几年对其进行了数十亿美元的投资[40]。相比之下，中国当前对于CCUS技术的投资全部由政府驱动且规模仅有十亿美元左右[41]，二者相差甚远。
- **企业魄力不足**：截至2019年，高成本碳移除技术仅占所有风险投资的约12%[42]。多数企业缺失动力优先布局高成本的减排方案，仅有少数企业重视低碳技术研发，如：埃隆马斯克从国际能源组织（IEA）和美国能源部对碳固汇科技的鼓励中看到其发展前景，并在2021年宣布以奖金形式投资十亿美元到CCUS科技研发中[43]。

缺乏针对最新和深度减排技术的标准

- **方法学发展滞后**：截至目前，我国已累计备案CCER方法学200种，但大部分由CDM机制翻译而来，适用范围不大，不少存在有方法学但无签发项目的情形，部分方法学需要更新基准线才能适应最新政策和技术发展现状。
- **缺乏移除固碳相关标准**：随着脱碳的深入推进，包括造林和再造林、土壤固碳、蓝碳、生物质能和碳捕集和封存（BECCS）等的需求有望加强，对应的碳资产标准也有待进一步开发和完善。

[37] 氢能行业研究：到2030年可再生绿氢或将实现与灰氢平价，国联证券
[38] 我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策，庄贵阳
[39] US tax credit encourages investment in carbon capture and storage，White & Case
[40] U.S. Department of Energy Announces $131 Million for CCUS Technologies，美国能源部
[41] CCUS发展现状及趋势，碳排放交易网
[42] The State of Climate Tech 2020，普华永道
[43] Elon Musk is donating a $100 million prize for carbon capture technology，CNBC

3.2 技术：发展高成本低碳技术，扩大全社会整体减排量

破局之道

- 政府引导和推动高成本低碳、零碳、负碳技术研发，给予多种形式的激励
  - 对于技术难度大、投入成本高、对国家和区域低碳发展影响重大的减排技术，政府可直接主导研发、加强投资或给予激励，如开展国家重点研发计划项目，定向组织实施关键技术攻关和重大示范工程，对效果明显的给予后补助奖励等。
  - 为发挥企业活力，增加绿色低碳科技供给，也可以加强与高校、科研院所和企业的合作，如吸引行业龙头企业成立联合基金开展低碳技术研究。
  - 此外，还可以通过发挥绿色金融的资源配置作用提供引导和支持，如央行通过优惠利率融资、绿色专项再贷款、差异化的资本充足率要求等政策工具，引导银行等金融机构支持碳减排技术和碳减排项目的发展[44]。
- 企业选择符合自身业务战略发展的低碳技术进行合理布局和投资
  - 不同企业可根据自身设定的低碳发展路径灵活调整和配置低碳技术，如：尽管企业承诺2050年碳中和，但往往会设置2030年阶段性目标，而2030年较同一基准线减排20%和30%的低碳技术配置情况显然不同，越早实现越多的减排量也意味着尽早开始配置碳抵消和碳移除项目。
  - 企业也应当结合所处行业的特点进行低碳技术研发，如：能源行业内的高碳排企业已掌握较强的碳数据管理基础，可更多关注投入和研发碳封存、碳捕获等碳移除技术；互联网企业可加大研发碳数字信息化管理系统帮助零售、金融企业管理碳足迹，赋能C端行业降低碳排放；风景园林行业内企业则可以优先研究增碳固汇类项目技术手段，赋能其他企业采纳基于自然解决方案的自愿碳抵消项目。

[44] 央行将设立碳减排支持工具 引导金融资源流向绿色低碳产业，新华社

▲ 实践案例

壳牌重点投研更为清洁的新能源技术

2020年，壳牌宣布计划在2050年或更早成为净零排放企业，实现三个目标：解决范围一、二的碳排放问题；减少旗下产品碳足迹；以及调整中长期减碳计划，紧跟《巴黎协定》制定的1.5℃目标。

为实现上述低碳发展承诺，壳牌积极减少传统能源的使用。在传统上游业务中，壳牌将大力发展天然气，预计2030年天然气产量达到总产量占比的55%。

且，壳牌承诺在2019年达到石油产量峰值，预计未来到2023年石油产量每年减少1%-2%。

除此之外，壳牌还加大对发展更为清洁低碳能源的成本投入和科技研发，积极使用作为零排放燃料的绿氢，累计在全球拥有50多个加氢站。如：壳牌通过海上风电和太阳能与电解制氢工厂相连以生产绿氢，来加速绿色电力和清洁能源的生产。其预计建设的荷兰一风电场发电容量在2040年会增加到10GW。

3.3 交易：提高碳交易市场流动性，优化交易规则，提升碳资产金融属性

现状问题

碳市场交易规则有效性不足

- **强制碳市场约束力欠缺：**《碳排放权交易管理暂行条例》尚未正式发布。已生效的《碳排放权交易管理办法（试行）》为部门规章，法律位阶较低，且其规定的处罚力度低，无法形成有效约束。
- **碳配额发放免费为主：**一级碳市场配额发放免费为主。配额拍卖作为一种更有效率的初始分配手段为“适时引入”，无法形成有效市场激励和预期。

碳市场流动性低

- **市场主体单一：**目前全国碳市场仅覆盖电力行业，钢铁等其他七大重点行业尚未纳入；履约企业之外的其他主体入市所需规则不明确。
- **碳市场活跃度弱：**控排企业尚未建立完善的碳资产管理体系，交易主要出于履约目的；自愿企业的“碳中和”为长期规划，尚未形成规模化需求。

碳资产金融属性未真正激发

- **碳金融产品单一：**市场以现货交易为主，缺乏碳远期、碳互换、碳期货等价格发现和风险管理工具。在欧盟碳市场中，碳期货已成为主流交易产品，在EU-ETS第二阶段执行期，碳期货交易量占EUA总交易量的85%[45]。
- **碳金融规模小：**碳金融产品创新往往停留在首单效应上，零星试点居多，规模化程度低。

[45] 碳期货，碳排放交易网

3.3 交易：提高碳交易市场流动性，优化交易规则，提升碳资产金融属性

破局之道

- **政府相关主管部门逐渐完善交易规则，扩大市场主体**
  - 尽快出台《碳排放权交易管理暂行条例》，提升碳交易市场立法层级，增强威慑和约束力。适度从紧发放配额，尽快引入有偿发放配额机制，扩大允许的自愿减排量抵扣比例。扩大市场开放程度，建立和完善市场投资者管理制度、允许投资机构等各类市场主体参与。通过碳配额储备、碳市场平准基金等类似机制，平衡市场供需，形成相对合理的碳价预期。
- **企业明确规划自身的碳资产管理方案，组建及聘请专业团队**
  - 无论是有履约义务的高碳企业，还是开展节能减排具有自愿碳资产的低碳企业，都需要积极开展碳资产管理，明确规划和实施路径，充分发掘和实现企业碳资产的价值。碳资产管理的对象除了碳配额、自愿减排量，也包括尚未被纳入交易机制的减排量；既包括碳资产一级市场和二级市场的签发、交易管理，也包括和金融机构合作开展的各类碳融资业务，如碳资产抵质押融资、碳资产回购、碳减排挂钩贷款等。未来，随着碳市场和碳金融活跃度的提升，企业有必要部署专业人员、团队或者外包专业人员开展碳资产管理，包括处理碳资产交易所涉及的复杂财务及税率问题等，实现碳资产的精细化管理。

“在交易层面， 要系统应对短期内两大挑战：首先，过往CCER交易不够市场化；行政干预过多。未来应该让基层市场参与主体（包括金融机构）尝试各类受监管的、专业化的、机构主导的CCER价格发现机制，通过竞争，促进CCER交易流动性持续提升。其次，通过机构主导的场外市场，打造受监管的、金融属性的三至五年的CCER远期价格曲线。没有这样的曲线，机构投资者很难将资金部署到高标准的CCER减排项目中。”

Jeff Huang，香港AEX公司CEO

结束语



应对气候变化挑战，人类命运与共。全球碳市场空间广阔，在多个地区被验证是重要的市场化减排工具，通过价格机制引导碳减排技术和资金的优化配置，降低全社会减排成本，提高政策效率。

低碳发展成为新时代可持续发展的引擎，碳资产规模化可期，因其价值背后是低碳、清洁、智慧科技所带来的经济和社会效益。现阶段，减碳增汇活动特别是基于自然的解决方案（NBS）仍然存在数据、标准等价值核算方面的挑战。

普华永道建议企业和各类市场主体充分认识到“碳资产”的重要性，从长期、综合价值管理的角度出发，开发、应用和评估低碳技术；科学高效管理碳排放数据，不断夯实和提升数据质量；要充分利用碳交易机制所提供的机会，培养碳资产管理和服务能力。

普华永道希望借助碳中和国际研究院的网络，继续与广大企业、机构、专家携手，深入研究碳资产估值模型，探索技术创新、金融创新，以及切实可行的碳中和发展路径，共同推动企业、区域以及国家的低碳转型发展。



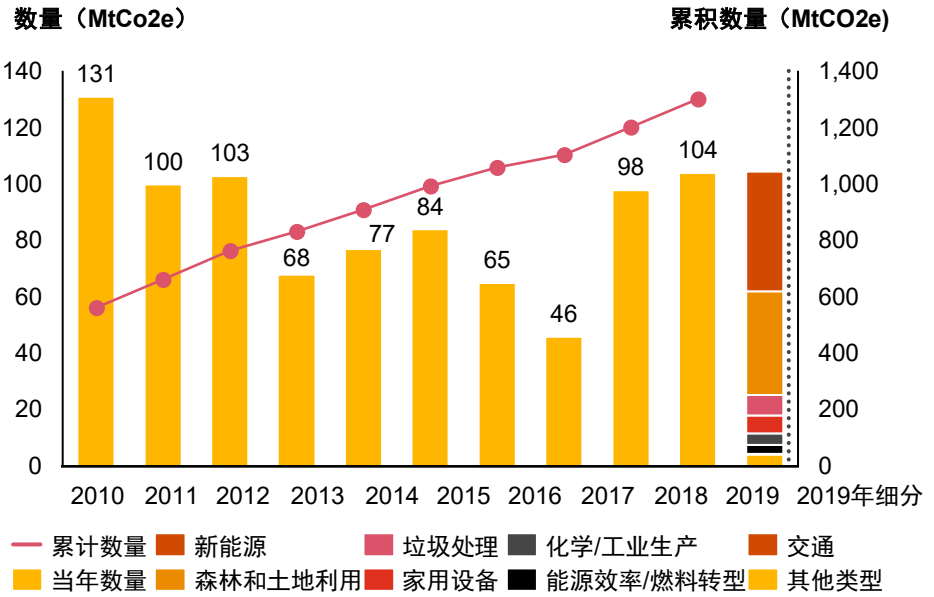
附录





附录1 全球自愿减排交易量持续走高，2019年再次突破1亿吨，是有效的补充市场

图10 全球自愿市场交易量（2010-2019）



来源：Ecosystem Marketplace

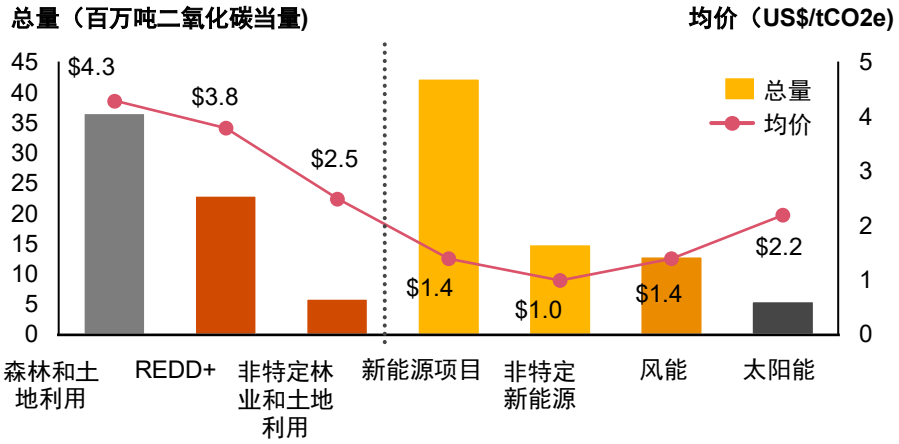
截至目前，自愿碳减排市场累积成交量已突破13亿吨，总价值超过55亿美元[46]。从历史数据来看，2015年签订《巴黎协议》后，强制碳交易范围覆盖了部分自愿市场交易额，各国和企业也针对协议调整发展方案，导致2015-2017年间自愿碳市场的交易量的明显回落。尽管自愿碳市场上卖方提供指标相对固定，买方的购买意愿直接影响了市场交易额的震荡。而后，随着买方交易意愿再次逐渐趋近稳定，自愿碳市场成功在随后几年恢复交易额上涨趋势。在2019年全球核证自愿碳减排量交易量中，新能源及森林和土地利用项目占比达到80%。

[46] Ecosystem Marketplace

附录2

新能源、森林和土地利用类项目成为全球范围内交易项目的主力

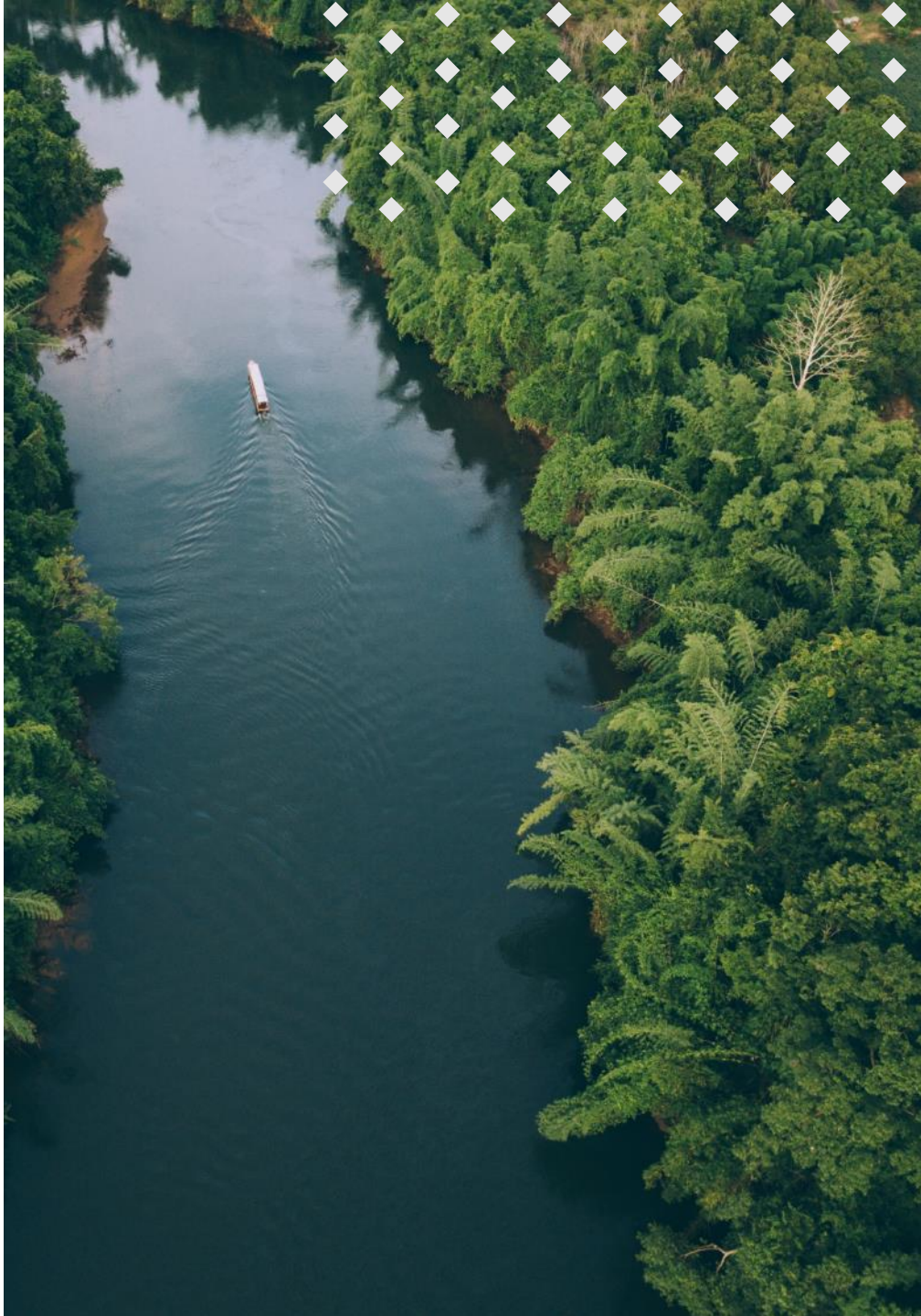
图11 2019年不同项目的自愿碳抵消交易量和平均价格



来源：Ecosystem Marketplace

在2019年，新能源及森林和土地利用的总交易量占七大类自愿项目的80%[46]。新能源交易量超过了基于自然解决方案的森林和土地利用，尽管新能源作为一个类别在总交易量上占主导地位，但基于自然的解决方案的森林和土地利用的平均价格是新能源的三倍多。同时，在森林和土地利用类别中，占主导地位的项目类型是 REDD+，它涵盖了发展中国家广泛的森林管理活动。但 REDD+ 是所有类别中最受欢迎的项目类型。 REDD+ 通常会带来共同利益，例如提供就业机会以及可持续发展目标（SDGs）中倡导的其他活动。

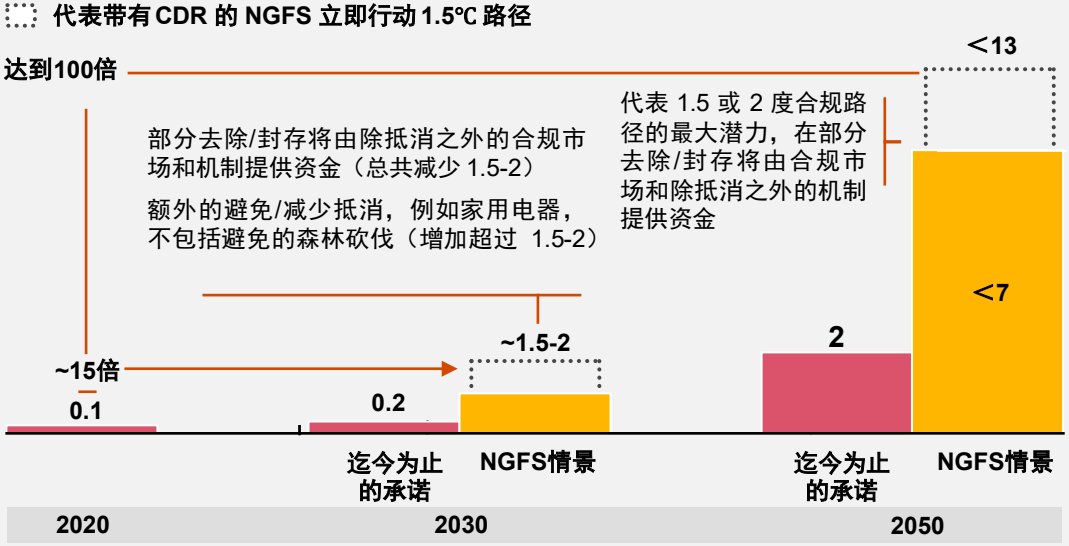
[46] Ecosystem Marketplace



附录3

全球自愿减排交易需求量将在未来10至30年内陡增，最高将达到每年7-13Gt

图12 2030年和2050年的自愿需求情景，GtCO2/年



来源：扩大自愿碳市场工作小组2020年年报

扩大自愿碳市场工作小组（Task force on voluntary carbon market，TFVCM）[注i]是一项由私营部门主导的倡议，旨在扩大有效和高效的自愿碳市场，以帮助实现《巴黎协定》的目标。

根据TFVCM工作小组的预测，在符合1.5℃路径的排放情景中[注ii]，到2030年碳市场可能会增长到15倍左右，从每年0.1 GtCO2增长到1.5-2 GtCO2的碳信用额。假设供应不受限制，到2050年最多可增加到100倍，达到每年7-13 GtCO2的碳信用额度。

然而，在2050年储备如此大规模的去除/封存项目极具挑战性，因此在现阶段也应当尽可能加速减排实施。

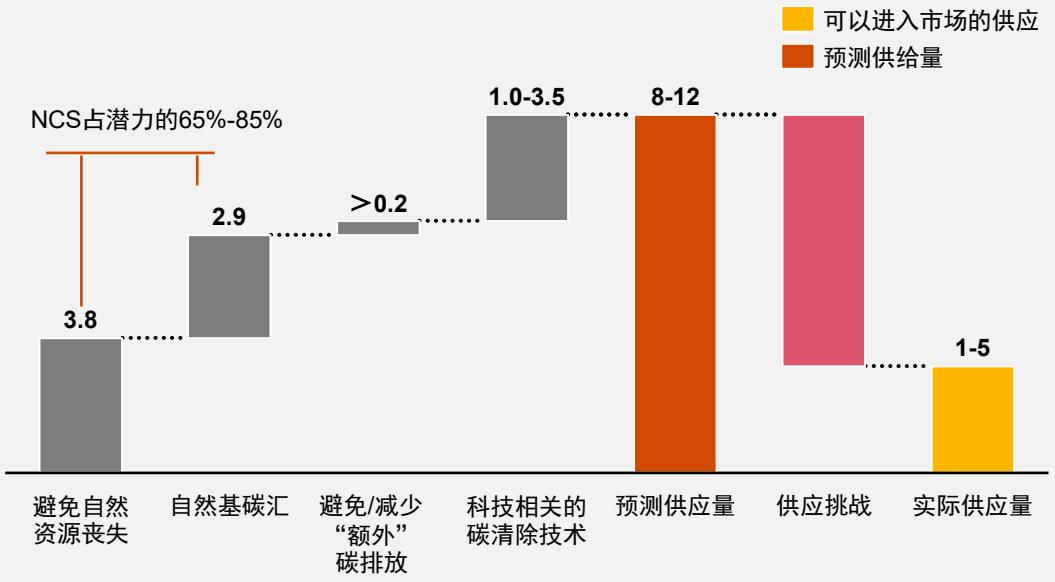
注i 该工作小组组由联合国气候行动和金融特使，前英国央行行长Mark Carney发起。

注ii 此分析(i)未考虑将在合规市场与自愿市场交易的碳信用；(ii)建立在世界符合 1.5 ℃ 或 2 ℃路径的初始假设之上。且现阶段的预测值都是2050 年的上限，1.5 ℃情景定义了导致排放减少的技术途径。通常包括提高能源效率、电源脱碳（通过逐步淘汰化石发电和增加可再生能源等低碳技术）、增加电气化、更有效的土地利用和一些直接的二氧化碳去除从大气中通过生物能源与碳捕获和储存或与土地相关的封存（例如植树造林）。情景假设这些技术随着时间的推移而发展，以及预测未来的投资水平和部署率如何发展。



附录4 未来自愿市场有效供应不足，企业应挖掘与培养优质项目，投资开发低碳清洁技术

图13 2030年和2050年的自愿需求情景，GtCO2/年



来源：扩大自愿碳市场工作小组2020年年报

扩大自愿碳市场工作小组[47]也测算了自然气候解决方案（NCS）和碳减排项目及技术在未来十年能提供的年碳抵消量，其中自然气候解决方案供给潜力可达65%-85%，整体预测可供给8-12GtCO2/年，然而仅不到一半的预测值能够最终进入供应市场。

这主要是由于未来大部分基于自然气候解决方案的项目将来自南半球经济发展相对落后的地区，相关地区围绕碳交易市场的机制体制尚不成熟，项目建设和核证管理尚不规范，同时，全球范围内的自愿减排项目交易市场也相对不够活跃。

科技相关的碳清除类项目现阶段占比达13%-27%，若企业愿意优先负担成本相对较高的此类项目，或许能进一步提高实际供应量，并持续刺激相应科学技术的发展。

[47] 扩大自愿碳市场工作小组2020年年报

附录5

基于自然解决方案项目案例：亿利资源集团库布其沙漠造林自愿减排项目

亿利资源集团创立于1988年，是从内蒙古库布其沙漠成长起来的致力于从沙漠到城市生态修复的中国百强民营企业。在30多年的发展历程中，探索出了“治沙、光能、生态、产业”平衡驱动可持续发展的库布其模式。2017年12月，联合国环境署授予亿利库布其治沙人“地球卫士终身成就奖”。

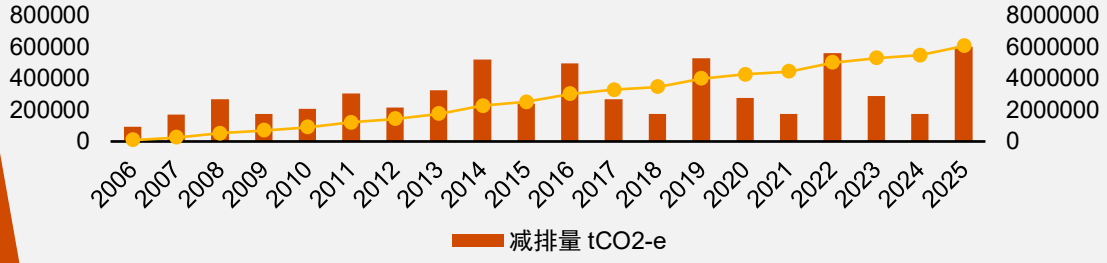
- 通过沙漠治理、生态修复，以及产业导入的可持续模式修复了退化土地6000多平方公里，让沙漠变为绿洲。
- 带动10.2万当地农牧民脱贫致富。

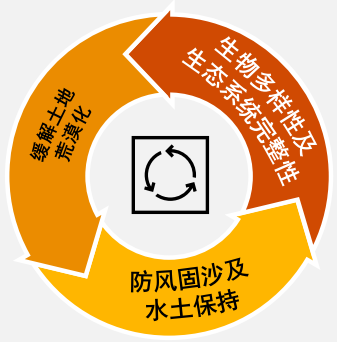
亿利资源2005年将目标指向京津冀三大风沙资源之一的库布其沙漠，实施具有多重效益的造林计划。

- 项目2005年-2014年累计完成造林136,123.19公顷，并在20年计入期间（2005年3月至2025年2月）预计能够产生6,078,526 tCO2e的减排量，年均减排量经预计约为303,926 tCO2e。
- 同时，项目能够改善当地生态环境和自然景观、保护该区域生物多样性及生态稳定性，保障黄河流域的生态安全。

图14 库布其沙漠自愿减排项目的主要成果、环境影响及评价

自2005年项目开始起，项目区域减排量逐步稳定上升，减排效果显著：





根据沙漠造林项目文件，除大量增加碳汇量并形成减排意外的，环境影响包括以下方面：

- **缓解土地荒漠化：**耐干旱、耐盐碱的乡土灌木及乔木树种有效防治土地荒漠化。
- **防风固沙及水土保持：**项目极大地提高了项目区的植被覆盖率，有助于加强防风固沙及水土保持。
- **生物多样性及生态系统完整性：**森林面积的增加极度增加了当地生物多样性，有助于改善当地生态系统完整性。

如图所示，三种正面影响还将互相促进，形成良性循环

来源：亿利资源集团内蒙古库布其沙漠造林项目文件

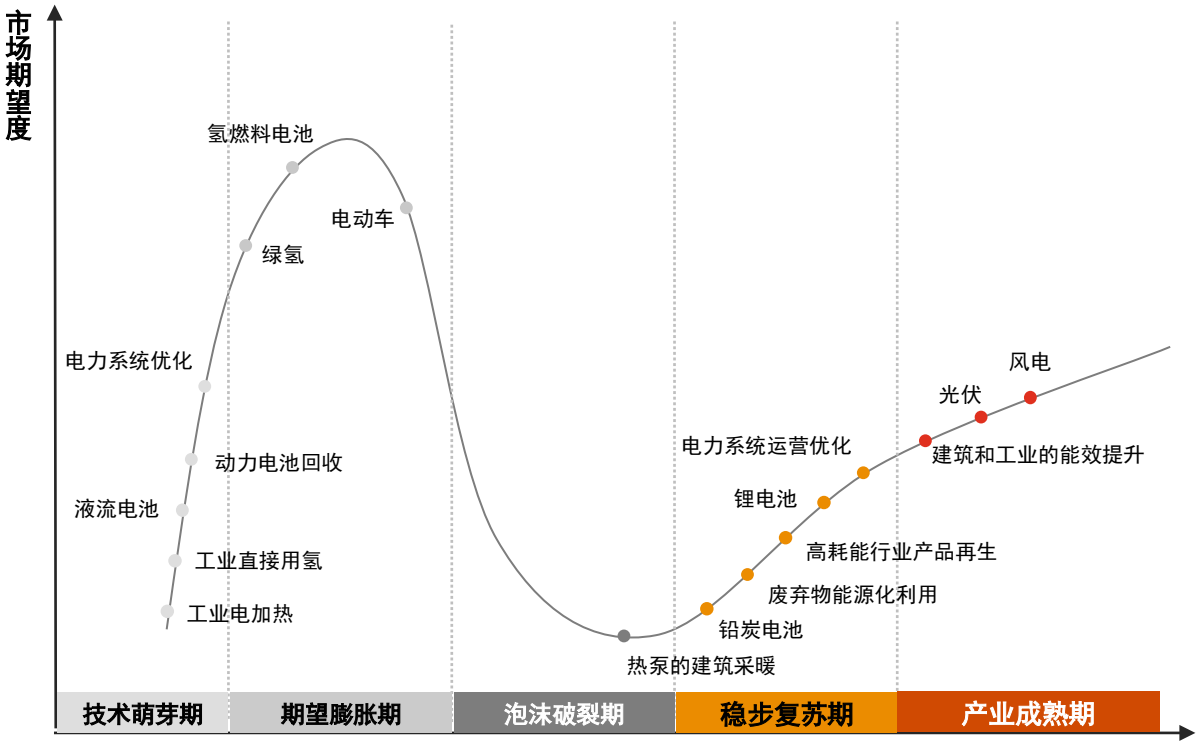


附录6 减排技术所处发展阶段概览[45]

创新技术的发展通常需要经历五个关键阶段，分别是：技术萌芽期、期望膨胀期、泡沫破裂期、稳步复苏期和产业成熟期，最终形成核心优势。

- **可再生能源发电方面**，光伏、风电等零碳发电技术已经相对成熟，在成本上可以逐渐与传统化石能源形成竞争优势。未来，随着发电成本的持续降低，风光发电经济性显著提高，发展空间广阔。
- **氢能**，处于早期增长阶段。其在交通领域的应用带动了市场关注，在钢铁、化工等重工业领域则还处于技术萌芽期。未来，需要通过制氢设备生产的规模效应和日益降低的发电成本，逐步缩小绿氢和灰氢的成本差距。
- **能效领域**，建筑和工业的能效提升已形成较为成熟的市场，包括工业部门余热余压利用、通过建筑围护结构和供暖制冷系统实现的能效提升等。
- **再生资源利用方面**，高耗能行业产品再生，废弃物能源化利用以及电动车动力电池回收是主要的再生资源利用减排方式，其中前两者已经进入稳步复苏期，动力电池回收用于储能则还处在技术萌芽期，需要技术上突破电池一致性问题，并建立行业规范。

图15 中国零碳转型产业发展阶段 [48]



[48] 《零碳中国，绿色投资》，中国投资协会，落基山研究所

附录7a

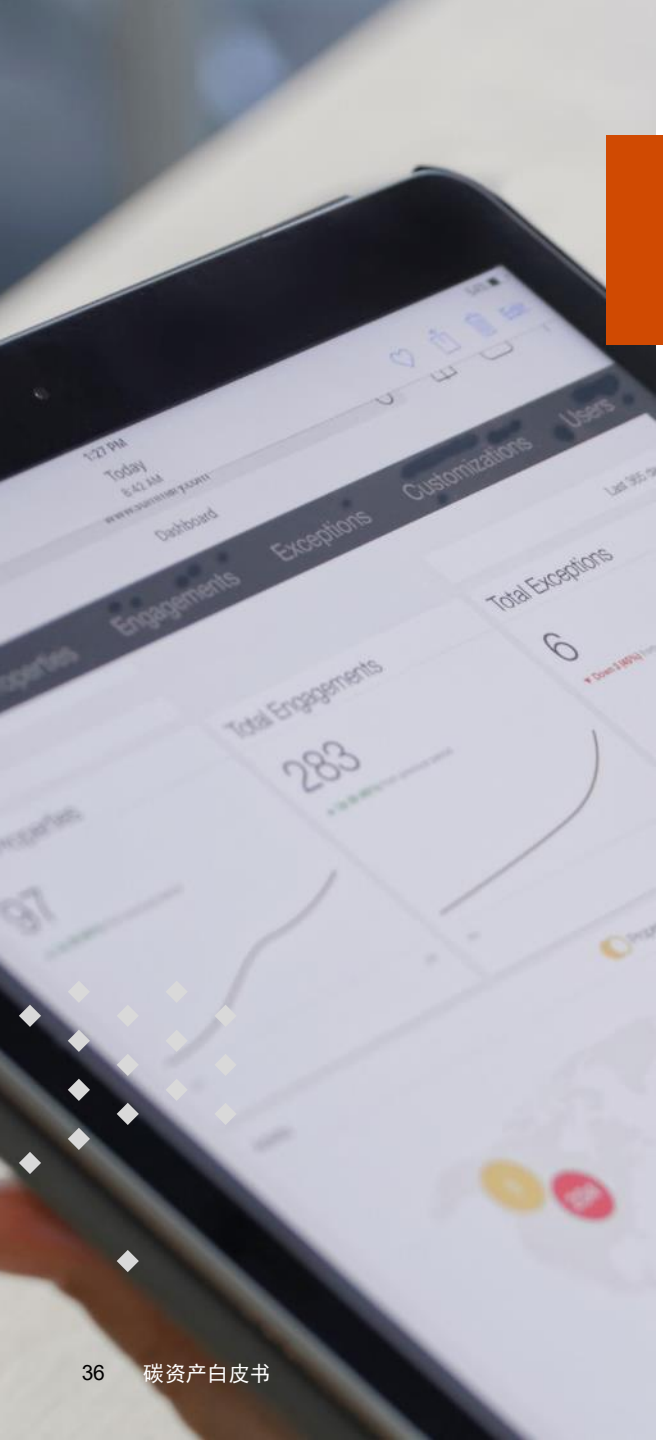
主要自愿市场机制概览 — 官方机制[49]



独立碳信用机制　国际碳信用机制　区域、国家和碳信用机制

自愿碳机制名称	地理范围	覆盖行业类型
美国碳注册登记处（ACR）	全球	
清洁空气法案（CAR）	全球	
黄金标准（Gloden standard）	全球	
自愿碳减排核证标注（VCS）	全球	
清洁发展机制（CDM）	所有非《京都议定书》附件一上的国家	
联合履约机制 (JI)	所有非《京都议定书》附件一上的国家	
艾伯塔排放抵消体系	加拿大艾伯塔省	
不列颠哥伦比亚抵消信用计划	加拿大不列颠哥伦比亚省	
魁北克抵消信用计划	加拿大魁北克省	
澳大利亚减排基金（ERF）	澳大利亚	
北京林业碳汇抵消机制	中国北京市	
中国温室气体自愿减排计划（CCER）	中国	
福建林业碳汇抵消机制	中国福建省	
广东碳普惠机制	中国广东省	
韩国抵消信用机制	全球-项目必须由韩国企业所有并在 CDM 下注册	
加州履约抵消计划	美国	
区域温室气体倡议（RGGI）二氧化碳抵消机制	美国康涅狄格州、特拉华州、缅因州、马里兰州、新泽西州、纽约州、佛蒙特州	
J-Credit 计划	日本	
埼玉森林碳汇认证系统	日本埼玉县	
埼玉目标设定排放交易体系	日本埼玉县	
东京总量控制与交易体系（东京 CaT）	日本东京	
泰国自愿减排计划	泰国	
瑞士二氧化碳碳信用认证机制	瑞士	
联合信用签发机制（JCM）	蒙古、孟加拉国、埃塞俄比亚、肯尼亚、马尔代夫、越南、老挝、印度尼西亚、哥斯达黎加、帕劳、柬埔寨、墨西哥、沙特阿拉伯、智利、缅甸、泰国、菲律宾	

[49] State and Trends of Carbon Pricing 2020，World Bank Group



附录7b 主要自愿市场机制概览 — 非官方交易平台

项目名称	具体简介
Puro.earth	全球首个自愿碳清除项目，为全球的企业提供以科学基准的碳市场交易。Puro earth的二氧化碳清除证书（CORCs）为碳清除项目提供认证，并提供此类项目的交易。目前与6国的22个公司合作交易碳清除，其中包括2020年微软购买的三个项目：Carbofex、ECHO2、Carbon Cycle。 https://puro.earth
Natural Capital Partners	自然资本伙伴 — 所有项目经过独立性验证，通过了额外性测试，保证减排进行。Natural Capital Partners被Environmental Finance认为是10年来最佳的碳抵消销售平台，拥有超过300个客户，与32国的350多个项目合作。 https://www.naturalcapitalpartners.com
Xpansiv	2020年推出全球排放补偿产品（GEO），在自愿碳市场建立可信的、标准化的价格。由数据驱动，深入对能源、碳和水资源等科技相关的可持续项目进行定价。偏向于科技相关的可持续项目。 https://xpansiv.com
South Pole	气候顾问公司南极新推出的CCS+ Initiative致力于扩大全球脱碳和碳消除，推进碳捕获、利用、储存和碳消除的核算机制。合作伙伴包括Notrthern Lights、Total Energies、Oxy Low Carbon Ventures等。CCS+ 未来会在VCS旗下开发一个模块化方法论来解决独立性和环境完整性（environmental integrity），该核证碳标准由NGO Verra管理。CCS所设想的方法框架将覆盖点源排放碳捕获技术、技术性碳清除解决方案、不同的CO2运输方式，以及碳利用和储存解决方案。 http://www.southpole.com

附录8 缩写词表

缩写	全称	缩写	全称	缩写	全称
ACR	美国碳注册登记处	CO2e	二氧化碳当量	MSR	市场稳定储备机制
AI	人工智能	COP	缔约方大会	MtCO2e	百万吨二氧化碳当量
BFCER	北京林业碳汇核证减排量	CORSIA	国际航空碳抵消与减排计划	NBS	基于自然的解决方法
℃	摄氏度	EU	欧盟	NCS	自然气候解决方案
CAR	清洁空气法案	EUA	欧盟排放配额	NGFS	央行和监管机构绿色金融网络
CCER	中国核证自愿减排量	EU-ETS	欧盟碳排放权交易机制	ppm	百万分之
CCS	碳捕集与封存	FFCER	福建林业碳汇核证减排量	REDD+	减少毁林和森林退化所致减排量及森林保护、可持续管理和增加森林碳汇
CCU	碳捕集与利用	GDP	国内生产总值	SBTi	科学碳目标倡议
CCUS	碳捕获、利用与封存	GEP	生态系统生产总值	SDG	可持续发展目标
CDM	清洁发展机制	Golden Standard	黄金标注	t	吨
CDP	全球环境信息研究中心	Gt	十亿吨	tCO2	吨二氧化碳
CDR	二氧化碳移除	GtCO2	十亿吨二氧化碳	tCO2e	吨二氧化碳当量
CER	核证减排量	IPCC	政府间气候变化专门委员会	TFVCM	扩大自愿碳市场工作小组
CO2	二氧化碳	JI	联合履约机制	VCS	自愿碳减排核证标注

附录9 引文列表

1. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability，IPCC，https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_en-1.pdf
2. Climate Change 2021: The Physical Science Basis，IPCC，https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
3. How Do Countries' New Emissions-reduction Plans Stack Up? World Resources Institute，https://www.wri.org/insights/how-do-countries-new-emissions-reduction-plans-stack
4. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话，中国政府网，http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/22/content_5546168.htm
5. Climate Change: What is COP26, and why is it happening in Glasgow in 2021? BBC，https://www.bbc.co.uk/newsround/51372486
6. 《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》，生态环境部，http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202101/t20210113_817221.html
7. Net Zero Economy Index 2020，普华永道，https://www.pwc.co.uk/services/sustainability-climate-change/insights/net-zero-economy-index.html
8. Emissions Gap Report 2020，United Nations Environment Programme，https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/34426/EGR20.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP，Ecosystem Marketplace，https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/21-countries-reducing-carbon-emissions-growing-gdp/
10. Science Based Targets，https://sciencebasedtargets.org/
11. European Environment Agency
12. ICAP Status Report 2021，ICAP，https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_attach&task=download&id=723
13. Carbon Market Year in Review 2020，Refinitiv
14. 中国碳市场为国际合作增添动力，中国政府网，http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/19/content_5625846.htm
15. 中国八大重点行业碳排放量占全国一半，中国企业报，http://epaper.zqcn.com.cn/content/2016-11/08/content_34529.htm
16. 中国碳论坛，清华大学能源环境经济研究所，普华永道分析
17. Ecosystem Marketplace，https://www.ecosystemmarketplace.com/carbon-markets/
18. 碳排放管理体系实施指南（DB11/T 1559-2018），北京政府网，http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/resource/cms/article/679767/10930574/20210128163656464 53.pdf
19. Carbon as an Emerging Asset Class，CFA Institute
20. 《基于影子价格模型的碳资产评估》，王豫，东北林业大学
21. 《碳资产价值评估研究》，宋国乾，云南财经大学
22. 生态环境部，《碳排放权交易管理办法（试行）》
23. China 2050: A fully developed rich zero-carbon economy，落基山研究所，https://www.energy-transitions.org/publications/china-2050-a-fully-developed-rich-zero-carbon-economy/
24. 光大证券， CCUS行业跟踪报告：碳中和背景下CCUS赛道优势显著，我国已具备大规模CCUS工程能力

附录9 引文列表（续）

25. 解锁自然的力量|减缓气候变化，大自然保护协会（TNC），https://mp.weixin.qq.com/s/Da3J5NoZ1nvDME165tgnaA
26. 《2021国内碳价格形成机制研究报告》，EDF
27. Net Zero Tracker，Energy and Climate Intelligence Unit，https://eciu.net/netzerotracker
28. Science Based Targets initiative Annual Progress Report 2020，SBTi，https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTiProgressReport2020.pdf
29. 2020 breakthrough year for climate action，Race to Zero，https://racetozero.unfccc.int/2020-breakthrough-year/
30. 《中国上市公司环境责任信息披露评价报告（2019年）》，中国环境新闻工作者协会，北京化工大学
31. 《深圳市生态环境局关于2019年度碳排放报告及核查报告抽样检查和重点检查结果的通知》，深圳政府在线，http://www.sz.gov.cn/cn/xxgk/zfxxgj/tzgg/content/post_8709460.html
32. “在公司内部，哪个部门（或处室）应当参与到MRV相关工作中”，中国碳论坛，http://www.tanjiaoyi.com/article-29843-1.html
33. 《2020年中国供应链报告》，CDP，https://www.cdp.net
34. Global Supply Chain Report 2020， CDP，https://www.cdp.net/en/research/global-reports/transparency-to-transformation
35. Companies scores: The A List 2020，CDP，https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores
36. 华为2020年可持续发展报告，https://www.huawei.com/cn/sustainability/sustainability-report/
37. 氢能行业研究：到2030年可再生绿氢或将实现与灰氢平价, 国联证券，https://cj.sina.com.cn/articles/view/7426890874/1baad5c7a00100xpp5
38. 我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策，庄贵阳，https://www.gmw.cn/xueshu/2021-07/07/content_34976788.htm
39. US tax credit encourages investment in carbon capture and storage，White & Case，https://www.whitecase.com/publications/insight/carbon-capture/us-tax-credit-encourages-investment
40. U.S. Department of Energy Announces $131 Million for CCUS Technologies，美国能源部，https://www.energy.gov/articles/us-department-energy-announces-131-million-ccus-technologies
41. CCUS发展现状及趋势，碳排放交易网，http://www.tanpaifang.com/ccus/202007/0972312.html
42. The State of Climate Tech 2020，普华永道，https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/publications/state-of-climate-tech-2020.html
43. Elon Musk is donating a $100 million prize for carbon capture technology，CNBC，https://www.cnbc.com/2021/01/22/elon-musk-tweets-donating-prize-for-carbon-capture.html
44. 央行将设立碳减排支持工具 引导金融资源流向绿色低碳产业，新华社，http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/25/content_5595754.htm
45. 碳期货，碳排放交易网，http://www.tanpaifang.com/tanqihuo/2020/0520/70874_5.html
46. Ecosystem Marketplace，https://www.ecosystemmarketplace.com/
47. 扩大自愿碳市场工作小组（TFVCM）2020年年报，https://www.iif.com/tsvcm
48. 《零碳中国，绿色投资》，中国投资协会，落基山研究所
49. State and Trends of Carbon Pricing 2020，World Bank Group，https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33809/9781464815867.pdf?sequence=4&isAllowed=y

联系我们



张立钧

普华永道中国区域经济主管合伙人

+86 (755) 8261 8882

james.chang@cn.pwc.com

倪清

普华永道中国ESG可持续发展市场主管合伙人

普华永道中国气候变化与可持续发展主管合伙人

+86 (10) 6533 2599

qing.ni@cn.pwc.com

吴倩

普华永道中国气候变化与可持续发展合伙人

+86 (10) 6533 7987

qian.wu@strategyand.cn.pwc.com

王莹

普华永道中国气候变化与可持续发展合伙人

+86 (21) 2323 2887

mendy.wang@cn.pwc.com

本文仅为提供一般性信息之目的，不应用于替代专业咨询者提供的咨询意见。
© 2021 普华永道。版权所有。普华永道系指普华永道网络及/或普华永道网络中各自独立的成员机构。详情请进入www.pwc.com/structure。
本报告使用FSC认证环保纸张