

前景报告

# 中国生物炭 碳资产开发

REPORT ON THE DEVELOPMENT PROSPECTS OF  
BIOCHAR CARBON ASSETS IN CHINA



# 关于气候未来

我们的使命

关注气候的未来，共创未来的气候！

气候未来主要从事气候变化应对业务，基于丰富的从业经验、对行业的深度研究、企业的广泛合作、高校机构的密切往来，整合行业资源。以智库咨询为基石，以数字技术为载体，以产业落地为支撑，以绿色投融资服务为助力，以专业能力与创新思维，携手各界伙伴共建零碳未来。

团队成员将数十年来在政府制定双碳政策、在企业搭建碳管理体系、在自愿减排市场开发碳信用产品、在供应链做双碳咨询等各类双碳经验引入气候治理工作。专注于包括以生物炭、DACCS 为代表的碳清除类项目，以节能灶、净水器为代表的社区类可持续发展项目，以造林、森林经营为代表的林业类项目以及中国 CCER 项目的开发。开发的项目覆盖中国、韩国、尼泊尔、印度尼西亚、老挝等国家及地区，涉及的碳信用标准包括 Puro.earth、GS、VCS、CCER、KOC 等。共计服务 1000+ 客户，涵盖能源、制造、建筑、化工、农林业等重点行业，向自愿减排市场供应了万吨高质量碳信用，管理数百万美元的绿色金融投资。



联系方式：

中国四川省成都市高新区吉泰路 566 号莱普敦中心 3 栋 2 单元 2901 室

网站：<http://www.climatefuture.cn>

邮箱：[cdr@climatefuture.cn](mailto:cdr@climatefuture.cn)

本报告可以通过公司官网下载

1000+  
服务客户



**本报告  
联合编制  
单位**

本报告主要由气候未来科技（成都）有限公司牵头编写，其它共同参与报告编制的机构包括：

国家生物炭科技创新联盟/沈阳农业大学国家生物炭研究院  
广州绿石碳科技股份有限公司

Puro.earth

ClimeFi



**特别鸣谢**

本报告的编制过程中，诸多机构的先前研究提供了重要的数据支撑，在此特别鸣谢：

CDR.fyi

Abatable

Verra

AlliedOffset

Isometric

Supercritical

C-Sink

上海气候周主委会

Quantum



**免责声明**

本报告基于公开数据、学术成果及当前碳信用机制规则编制，旨在为生物炭碳资产开发相关实践、决策提供参考，仅代表编制机构专业判断，不构成投资建议、交易承诺或法律意见。报告中市场规模、减排潜力等测算数据及对碳信用机制的解读，可能因技术迭代、政策调整、市场波动或机制规则更新发生偏差，编制机构不对其未来准确性做保证。任何机构或个人依据本报告开展活动前，应结合自身实际进行尽职调查，自行承担相关风险与责任，未经授权不得擅自复制、传播或用于商业盈利目的。

# 目录 CONTENTS

## 前言 01

### 第一章 中国生物炭市场现状及前景

- 03-05 生物炭产业现状
- 06-07 生物炭产业当前存在的问题
- 08-10 生物炭产业前景

### 第二章 基于生物炭的碳信用市场介绍

- 11-15 碳清除（CDR）介绍及生物炭在碳清除领域的地位
- 16-19 全球各国关于 CDR 相关的政策分析及需求分析
- 20-22 全球生物炭碳清除项目的现状及发展趋势
- 23-33 生物炭碳市场要素分析

### 第三章 主要碳信用机制下生物炭的碳资产开发

- 34-36 Puro.earth
- 37-39 Verra
- 40-44 C-Sink
- 45-48 Isometric
- 49-51 数据收集与清除量计算

### 第四章 基于碳信用的生物炭项目开发分析

- 52-55 基于碳信用的生物炭项目商业模式及投资回报
- 56-57 国内典型场景的生物炭项目可行性分析
- 58-61 项目风险分析

### 第五章 结论及建议

- 62 核心结论
- 63 产业发展建议
- 64 企业项目开发建议
- 65 国家政策建议

### 附录 66

### 参考文献 69

## 表目录 LIST OF TABLES

04	表 1：不同生物炭生产技术对比
05	表 2：生物炭产业政策及支持方向
13	表 3：各类工程碳清除技术准备水平
17	表 4：全球碳清除信用购买联盟核心信息表
19	表 5：谷歌的碳清除信用承购情况
35	表 6：Puro.earth生物炭项目下生物质分类
37	表 7：Verra项目开发流程
38	表 8：Verra生物炭项目对生物质的要求
42	表 9：C-Sink生物炭项目对生物质原料的要求
46	表10：Isometric生物炭项目对于生物质原料的要求
52	表11：生物炭项目价值链
58	表12：生物炭项目风险点及应对策略

## 图目录 LIST OF FIGURES

11	图 1：一系列基于自然和工程的碳清除方法
12	图 2：不同类型碳资产的价格
13	图 3：2024年供应量最大的十大耐久性碳清除信用供应商
14	图 4：2025年上半年碳清除信用签发量分布
14	图 5：Puro.earth生物炭碳信用签发增长情况
15	图 6：Puro.earth生物炭碳信用历年市场建议价格（欧元/吨）
15	图 7：碳清除供给能力与潜在需求
16	图 8：Puro.earth生物炭碳信用签发增长情况
19	图 9：谷歌2030目标
19	图10：历史碳清除信用十大买家
20	图11：碳清除信用供应商及服务机构的全球分布
21	图12：各洲碳清除项目数量及服务组织机构的数量
21	图13：碳清除项目各洲分布情况
22	图14：碳清除信用十大供应商
23	图15：生物炭碳市场各参与方地图
24	图16：全球农作物生物质资源分布
25	图17：2022-2025年上半年全球前十碳清除信用供应商
26	图18：2022-2025上半年生物炭主要买家
27	图19：2021-2025年CDR累计投资分布
34	图20：Puro.earth项目开发流程
40	图21：C-Sink全球生物炭开发流程
41	图22：C-Sink全球手工生物炭项目开发流程
45	图23：Isometric项目开发流程

# 缩略词

缩略词	英文全称	中文释义
ACCU	Australian Carbon Credit Unit	澳大利亚碳信用单位
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use	农业、林业和其他土地利用
ARR	Afforestation, Reforestation and Revegetation	造林、再造林和植被恢复
BAT	Best Available Technology	最佳可行技术
BiCRS	Biomass Carbon Removal and Storage	生物质碳清除与封存
BECCS	Bioenergy with Carbon Capture and Storage	生物能源碳捕集与封存
BVCM	Beyond Value Chain Mitigation	价值链外缓解气候变化措施
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism	碳边境调节机制
CCP	Core Carbon Principles	核心碳原则
CDM	Clean Development Mechanism	清洁发展机制
CDR	Carbon Dioxide Removal	二氧化碳清除
CMM	Coal Mine Methane	煤矿瓦斯
CORCs	CO <sub>2</sub> Removal Certificates	二氧化碳清除证书
CRCF	Carbon Removals and Carbon Farming Certification Framework	碳清除和碳农业认证框架
CSI	Carbon Standards International	国际碳标准
CCER	Chinese Certified Emission Reduction	国家核证自愿减排量
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation	国际航空碳抵消与减排计划
DACCS	Direct Air Carbon Capture and Storage	直接空气捕集与封存
dMRV	digital Monitoring, Reporting and Verification	数字化监测、报告与核证
EBC	European Biochar Certificate	欧洲生物炭证书
ERW	Enhanced Rock Weathering	增强岩石风化
FMC	First Movers Coalition	先行者联盟
FSC	Forest Stewardship Council	森林管理委员会
HFCs	Hydrofluorocarbons	氢氟碳化物

缩略词	英文全称	中文释义
IBI	International Biochar Initiative	国际生物炭倡议
ICROA	International Carbon Reduction and Offset Alliance	国际碳减排与抵消联盟
IC-VCM	Integrity Council for the Voluntary Carbon Market	自愿碳市场诚信委员会
IFM	Improved Forest Management	改善森林管理
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
IRR	Internal Rate of Return	内部收益率
ICS	Improved Cooking Stoves	节能灶
LCA	Life Cycle Assessment	生命周期评估
LFG	Landfill Gas	垃圾填埋气
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry	土地利用、土地利用变化和林业
MRV	Monitoring, Reporting and Verification	监测、报告与核证
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides	氮氧化物
OBBBA	One Big Beautiful Bill Act	特朗普 2025 年 7 月 4 日签署的《美丽大法案》
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification	森林认证认可计划
REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation plus	减少森林砍伐和森林退化造成的排放及相关活动
SBTi	Science Based Targets initiative	科学碳目标倡议
SDG	Sustainable Development Goals	可持续发展目标
T-VER	Thailand Voluntary Emission Reduction	泰国自愿减排计划
VCS	Verified Carbon Standard	经核证碳标准 (Verra 旗下核心标准)
VCU	Verified Carbon Unit	经核证碳单位
VVB	Validation/Verification Body	审定 / 核查机构
VOCs	Volatile Organic Compounds	挥发性有机化合物
WBC	World Biochar Certificate	世界生物炭证书

# 前言

在全球气候危机加剧、各国推进碳中和战略的背景下，碳清除技术成为实现《巴黎协定》温控目标的关键路径，标志着气候治理从“减少排放”向“大气清除”的思维升级。

生物炭作为生物质废弃物热解/气化产生的富碳材料，凭借稳定的化学性质、多元环境应用价值及成熟技术路线，在碳清除方案中脱颖而出。它既能将农林及城市有机废弃物转化为持久碳封存载体，又能实现土壤改良、污染修复、农业增产等协同效益，契合“资源循环”与“气候韧性”双重目标。

中国作为全球最大农业国和碳排放大国，在“双碳”

目标引领下，丰富的秸秆、畜禽粪便等生物质资源为生物炭碳资产规模化开发奠定基础。同时，国际自愿碳市场对高质量碳清除信用的需求攀升，为中国生物炭产业对接全球气候投融资体系创造了历史机遇。

本报告从中国生物炭市场现状切入，解析其在全球碳信用市场的定位与机遇，详解主流注册机构开发规则，结合国内典型场景给出项目实操方案，提出体系化发展建议，为项目开发者、投资者、政策制定者提供全景式参考，助力中国生物炭碳清除行动纳入国家气候战略。

## 报告核心价值包括：

**趋势洞察：**解析全球碳清除政策与市场动态，明确生物炭在国际碳信用体系中的定位与价格走势。

**路径清晰：**详解主流碳标准下的生物炭项目开发流程、方法学要求与成本收益模型。

**本土适配：**聚焦中国典型废弃物场景，评估各类原料路线的经济性与操作性。

**风险预警：**系统识别项目全周期关键风险，提供应对策略。

**策略建议：**为项目开发、资本进入与政策设计提供可行动建议，推动行业健康发展。

# 01

## 中国生物炭 市场现状及前景

- 1.1 生物炭产业现状
- 1.2 生物炭产业当前存在的问题
- 1.3 生物炭产业前景

中国生物炭产业已构建涵盖原料供给、技术研发、生产制造、应用推广及碳资产探索的完整产业链，深度契合国家生态文明建设与“双碳”战略。当前产业处于从产业化初期向规模化、高质量发展转型的关键阶段，呈现“政策驱动与市场探索并存、技术潜力与成本约束同在”的特征。

# 1.1 生物炭产业现状

## 生物炭生产技术现状



在生物炭生产技术与装备方面，我国已具备热解炭化、水热炭化、气化热解、微波热解等多种技术储备，可提供从小型试验炉到每小时处理数吨原料的中大型连续式热解炉等多种装备，技术路线以慢速热解（固定床、回转窑）和炭气联产技术为主。这些设备能够实现生物炭的规模化生产，满足不同原料和应用需求。

相对而言，慢速热解技术以其较高的生物炭产率和产物稳定性，是目前碳封存与土壤应用的主流选择；快速热解和气化侧重于能源产品，生物炭产出率较低；新兴技术如水热炭化、微波热解等，在能源转化效率上相对于热解技术具有优势，但目前尚未产业化实践。同时，化学改性、生物改性和纳米复合材料制备等技术等日趋成为生物炭高附加值利用技术发展的新方向。

生物炭应用技术与产品开发方面，自沈阳农业大学陈温福院士提出农林废弃物“炭化还田”理念以来，经过 20 多年的发展，我国已经走出了一条以农业应用为主的特色鲜明的发展道路，以生物炭为核心，以制炭技术为基础，以炭基肥和土壤改良剂为主要发展方向，兼顾农林碳汇，同步实现农林废弃物综合利用、耕地质量提升、农田固碳减排等多重目标 (Chen 等, 2019)。

目前，以生物炭为载体制备生物炭基肥料在化肥减量增效方面的积极作用已经得到学界和产业界的高度关注。生物炭基农业投入品已较为丰富，包括生物炭基复合肥料、生物炭基有机肥料、生物炭基有机无机复混肥料、生物炭基微生物肥料、炭基土壤改良剂、栽培基质等多个品类，涉及水稻、玉米、大豆、花生、马铃薯等大田作物，在水果、蔬菜和烟草等经济作物中也有应用。此外，生物炭在农田土壤重金属污染治理中的应用效果得到普遍认可，我国已初步建立了生物炭标准体系。现已发布实施生物炭农业应用相关国家标准和农业行业标准 8 项，包括《秸秆热解制备生物炭技术规程》《生物炭》《生物炭基肥料》《生物炭基有机肥料》《生物炭基肥料田间试验技术规范》《生物炭还田固碳减排量核算与报告指南》等，覆盖生物炭生产、产品化、应用等关键环节，部分已被农业农村部 and 发改委联合发布的“秸秆综合利用技术目录（2021）”采纳。

表1: 不同生物炭生产技术对比

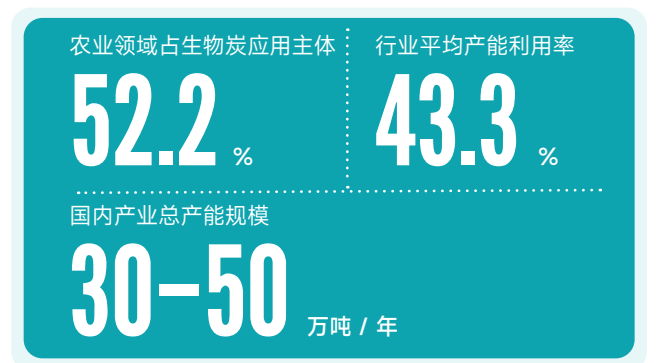
技术类型	核心用途	生物炭产率 (干基)	产物稳定性	碳封存适配性	土壤应用适配性	产业化程度	核心优势	主要局限性
慢速热解	碳封存、土壤改良	25%-40%	高	优	优	成熟	生物炭产率高、碳含量高 (75%-85%)、稳定性强	生产设施技术水平差异较大, 高技术设施产投比偏低
快速热解	能源回收(生物油)	10%-20%	中	中	中	半成熟	能源转化效率高、生产周期短	生物炭产率低、碳封存潜力有限
气化	能源回收(生物气)	5%-15%	低	差	差	成熟	能源产出密度高、适配大规模能源项目	生物炭品质差 (碳含量 < 30%)、仅为副产品
水热炭化 (新兴)	湿基原料转化、特种炭制备	20%-30%	低	差	中	实验室阶段	无需原料干燥、适配高含水率原料 (如污泥)	尚未产业化、设备投资高
微波热解 (新兴)	精准控温、高效能源转化	15%-25%	中	中	中	实验室阶段	加热均匀、能源转化效率高、反应速度快	规模化困难、能耗成本高
化学改性	高附加值应用 (吸附、催化)	- (基于原炭改性)	高	- (非碳封存)	特定场景优	小批量应用	针对性提升吸附性能、催化活性等	化学试剂污染风险、成本较高
生物改性	高附加值应用 (土壤修复)	- (基于原炭改性)	高	- (非碳封存)	优	实验室 - 中试	环境友好、适配土壤微生态优化	改性周期长、效果稳定性待提升
纳米复合材料制备	高端功能材料 (电子、医药)	- (基于原炭改性)	高	- (非碳封存)	无	实验室阶段	附加值极高、拓展生物炭功能边界	技术门槛高、规模化生产难度大

## 生物炭市场现状

农业应用是现阶段生物炭最核心的市场领域，驱动力来自可持续农业发展、耕地质量提升、化肥减量政策及碳汇收益预期。市场主体以中小型民营企业为主，年产能多在数百至数千吨区间，商业模式分为产品型（生产销售生物炭及炭基产品）和服务型（提供技术解决方案、设备销售及项目运营）两类，另有部分机构专注功能化生物炭材料研发。

2019 年行业调研显示，22 家受访企业产能范围为 1500-50000 吨 / 年，平均产能利用率 43.3%，生物炭及炭基产品年销售总量分别为 4.78 万吨和 10.39 万吨，其中炭基肥和土壤改良占生物炭应用的 52.2%。企业普遍反映成本高、技术不成熟、市场推广难、管理经验不足等问题。

据国家生物炭科技创新联盟秘书处推测，国内相关产业总产能约 30-50 万吨 / 年，实际产销量难以精准估测。



## 政策环境

在十三五以来，国家层面密集出台政策支持生物炭产业发展，《全国农业可持续发展规划(2015-2030年)》明确将“生物炭改良土壤”纳入扶持范畴，后续多项政策进一步强调耕地质量提升与农业碳汇的重要性。行业部门和地方政府积极跟进，形成了全方位的政策支持体系。近年来，政策立足点开始逐渐向生物炭的环境效益转变。

表2: 生物炭产业政策及支持方向 来源: 各政府网站

发布时间	政策名称	核心支持内容
2009/9/30	宁夏回族自治区实施《中华人民共和国节约能源法》办法	重点推广应用秸秆等生物质气化、炭化技术
2015/7/30	国务院办公厅关于加快转变农业发展方式的意见(国办发〔2015〕59号)	推进农业废物资源化利用,支持秸秆炭化等新技术示范
2018/1/2	国家发展改革委办公厅 农业部办公厅 国家能源局综合司关于开展秸秆气化清洁能源利用工程建设的指导意见(发改办环资〔2017〕2143号)	支持生物质炭化和炭基肥生产作为煤电生物质能源耦合联产的新模式
2018/7/2	农业农村部关于印发《农业绿色发展技术导则(2018-2030年)》的通知(农科教发〔2018〕3号)	集成示范生物炭基肥料等新产品及其生产工艺,集成示范农业废弃物高效炭化技术
2021/10/29	农业农村部办公厅 国家发展改革委办公厅关于印发《秸秆综合利用技术目录(2021)》的通知(农办科〔2021〕28号)	收录“秸秆炭基肥生产技术”“秸秆炭化技术”
2020/7/24	山东省农村可再生能源条例(2020年修订)	鼓励科研机构、企业和个人研发秸秆炭化等生物质资源转化技术,给予政策及财政支持
2020/12/14	河北省人民政府办公厅关于印发河北省秸秆综合利用实施方案(2021-2023年)的通知(冀政办字〔2020〕211号)	稳步发展秸秆肥料化利用,着眼炭化还田等技术;支持“秸秆+畜禽粪污”生产商品有机肥
2022/6/2	甘肃省农村能源条例(修订)(甘肃省人民代表大会常务委员会公告(第107号))	鼓励开发利用秸秆等生物质炭化农村能源技术、产品;制定扶持政策推广炭化技术;炭化相关设备可享受农机具购置补贴
2022/6/29	农业农村部 国家发展改革委关于印发《农业农村减排固碳实施方案》的通知(农科教发〔2022〕2号)	重点推广应用秸秆等生物质气化、炭化技术
2023/6/29	辽宁省科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2023—2030年)	推进生物炭土壤固碳等技术研发应用,形成适合辽宁实际的农业农村减排固碳综合技术体系

## 阶段特征

总体而言,中国生物炭产业已迈过从“0到1”的初创阶段,实现了“从1到N”的产业化布局,但整体仍处于产业化发展初级阶段。市场已存在真实的供给与需求,产业链各环节均有企业参与,但产业规模总量仍较小,尚未形成具有全国性影响力的龙头企业。生产企业布局分散,区域性特征明显,市场集中度低。产品应用以粗放的土壤改良为主,高附加值、功能化的细分市场尚待开拓。碳资产价值虽被普遍视为未来重要的收入支柱,但其变现渠道还未畅通。产业发展呈现出“政策驱动与市场探索并存、技术潜力与成本约束同在”的典型初级市场特征。



## 1.2 生物炭产业当前存在的问题

中国在生物炭领域的学术研究非常活跃，基础研究与国际同步甚至领先。近三年研究前沿集中在：针对特定污染物吸附或催化需求的生物炭定向改性技术；不同原料和工艺路径下生物炭系统的全生命周期碳足迹评估；长期定位试验中生物炭对土壤碳库稳定性、微生物群落和温室气体排放的持续效应观测等。这些研究为产业应用提供了重要科学依据。

然而，产学研结合与工程化转化仍是薄弱环节。实验室的优异性能如何转化为规模化、低成本、稳定化的产品，是普遍面临的挑战。

国家生物炭科技创新联盟在 2025 年底进行的产业调查反馈显示，企业当前迫切的技术需求包括：适应多样化原料（尤其是高含水率、高粘性原料）的智能化预处理与高效稳定炭化成套装备；焦油、木醋液等副产物的高值化、安全化利用技术；以及针对不同土壤类型和作物体系的产品标准化配方与施用技术规范。装备的可靠性、自动化水平及与农业生产场景的适配性，是制约产业降本增效和规模化扩张的关键工程技术瓶颈。

### ◉ 生物质原料

“炭化还田”理念的出发点之一是服务我国秸秆综合利用。彼时，我国秸秆焚烧屡禁不止，影响正常生产生活秩序，被认为是导致空气质量下降的主要原因之一。

为此，国家大力支持秸秆综合利用工作。目前，我国的秸秆综合利用率已稳定在 88% 以上，尤其是肥料化、饲料化利用等方式迅速发展，在部分地区大宗农作物秸秆已不再是需要处置的废弃物，而是价值明确的另一半农业——生物质资源。



因此，生物炭产业的发展面临着秸秆资源限制。即便在可以获得秸秆的地区，生物质原料供应的季节波动、较高的收储成本、收储范围和产品消纳范围也是生物炭产业选址和规模的重要限制因素。

### ◉ 炭化技术

经过不断探索、创新、发展与实践，我国已在炭化技术和设备开发方面取得重要进展。农林废弃生物质种类多样、来源广泛、理化性质差异大，对炭化技术装备的要求各有不同。

与此同时，生物炭应用技术研究的发展更为迅速，针对土壤增碳培肥、水土污染治理、作物促生抗逆等具体应用场景的生物炭指标要求越来越具体、细化。相对而言，现有技术装备可以实现生物炭的规模化生产，但技术水平难以满足生物炭高效规模化靶向制备需求，亟需在工艺稳定性、工控精度等方面进一步提升。



未来，国内生物炭技术的发展方向将聚焦于提高能源转化效率、降低生产成本、增强环保性能以及提升产品市场竞争力。

## 应用技术与产品

生物炭在农业领域的应用成为优先发展方向，但面临诸多现实问题。生物炭基复合肥料、有机肥料技术相对成熟，但生产成本高、推广难度大，与传统肥料相比优势偏弱，用户接受度低。生物炭基土壤调理剂虽能充分发挥生物炭功能，但因成本高于传统改良剂、缺乏标准化施用指南、农民认知不足、长期间数据不足等原因，产品稀缺。



还田改土是生物炭实现持久碳封存的重要途径，此外，废弃生物炭的梯级持久性应用、生物炭用作水泥填料等方向也具有广阔前景，但目前相关工作进展有限。

## 产业链与商业模式

成本问题是制约市场推广的首要障碍，全链条成本高企：原料收集、运输、干燥预处理成本占比可观；热解设备投资大，能耗较高；环保达标处理增加额外支出。

目前，生物炭作为土壤改良剂的产品价格，在缺乏碳收益补贴的情况下，仍显著高于传统有机肥或土壤调理剂，导致农民用户接受度低。在环境修复市场，需与成本不断优化的成熟技术竞争。联盟产业调查中企业普遍反映“生产成本高”“市场认可度低”是主要困难。因此，通过技术创新和模式优化实现全过程降本，突破技术经济性瓶颈，是产业生存和发展的基础。



现阶段我国生物炭产业存在的主要问题是产业链协同薄弱、商业模式不成熟。原料供应分散性与生产连续性矛盾突出、生产企业与下游用户（农户、修复工程方）脱节、产品研发与终端需求错配，尚未形成可大规模复制、风险共担、利益共享的成熟商业模式。如何将潜在的碳汇收益、环境效益和社会效益进行量化并有效反馈至原料收集者、生产者和使用者的，构建一个可持续的商业闭环，是当前产业模式创新的核心难题。

# 1.3 生物炭产业前景

## ◆ 发展潜力

党的二十大报告指出，必须要加快发展方式绿色转型，实施全面节约战略，发展绿色低碳产业，倡导绿色消费，推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。生物炭技术是目前唯一以输入稳定性碳源，进而改变陆地生态系统中土壤碳库自然平衡、提高土壤碳库容量的绿色发展技术。充分管理和利用农林残余生物质生产生物炭，发展极具潜力的“生物炭产业”，对推进美丽中国建设具有十分重大的现实意义。

中国已提出 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的目标，并逐步建立全国碳市场。对于能产生碳汇或碳信用的负排放技术，未来有望获得更多的政策倾斜和金融支持，预期碳资产价格将逐渐走高，并与国际同类资产接轨。

我国幅员辽阔、生物质资源丰富，同时也面临土壤酸化、板结、污染以及农业面源污染等严峻挑战，对土壤改良、修复技术和材料有持续需求；工业废水、场地修复等领域也存在巨大环境治理市场。生物炭市场潜力巨大，尤其在农业低碳、绿色发展中拥有广阔前景。

### 负排放潜力突出

**9.2** 亿吨 CO<sub>2</sub>e  
年负排放潜力高达

**90** 美元 / 吨 CO<sub>2</sub>e  
平均净成本

生物炭每年可产生高达 9.2 亿吨二氧化碳当量的负排放潜力，以可持续方式每吨二氧化碳当量的平均净成本为 90 美元 (Deng 等, 2024)，足以满足大多数与中国 2060 年碳中和目标相兼容的减排情景下的负排放需求。

### 农业减碳增产效益显著

主粮作物  
全生命周期排放可从

**6.67** 亿吨 CO<sub>2</sub>e  
降至

**-0.38** 亿吨 CO<sub>2</sub>e

**8.3** %  
作物增产

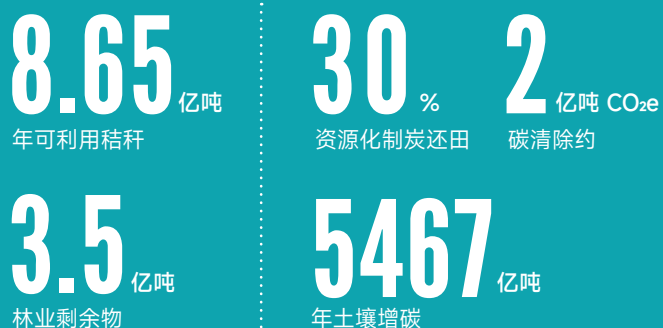
**25.5** %  
活性氮流失减少

**12.5 - 248.3** 万吨  
空气污染物年减排

**36** %  
净环境经济效益提升

尤其在农业领域，我国耕地面积有限，酸化、盐渍化、板结等障碍问题突出，“保数量、提质量、强生态”，千方百计“增碳培肥”提高耕地质量，是支撑农业可持续发展、保障国家粮食安全的必由之路。采用生物质热解发电系统并结合常规甲烷和氮减排措施，可将主粮作物的生命周期温室气体排放量从当前的约 6.67 亿吨二氧化碳当量 / 年降至 -0.38 亿吨二氧化碳当量 / 年。减排效果主要来自生物炭施用于土壤的碳封存作用，以及热解产生的生物能源替代化石燃料的双重效应。同时，生物炭技术可使作物产量提升 8.3%，减少 25.5% 的活性氮流失，降低 12.5-248.3 万吨 / 年的空气污染物排放，并使净环境与经济效益提升 36.2%(Xia 等, 2023)。这些结果表明，综合生物炭解决方案既能助力中国实现 2060 年碳中和目标，又能增强粮食安全与环境可持续性。

### 生物质资源基础雄厚



▶ 减排规模相当于我国近十年土地利用净碳汇总量 ◀

我国农业秸秆年产量约 8.65 亿吨 (赵, 2025), 可利用的林业剩余物总量 3.5 亿吨 (中国产业发展促进会生物质能产业分会, 2021)。若将其中的 30% 制成生物炭归还土壤, 保守预期可直接实现土壤增碳 5467 万余吨 / 年, 折合碳清除约 2 亿余吨二氧化碳当量, 与 2014-2023 年间中国土地利用变化导致的净碳汇量 (约为 2 亿吨二氧化碳当量) 相当 (Friedlingstein 等, 2025)。

### 发展方向

#### (一) 提升多元生物质原料利用能力



饲料化利用后的畜禽粪便、基料化利用后的菌渣, 以及蔬菜藤蔓、果园剪枝、蔗渣等生物质废弃物, 集中度高、成本低、资源化需求迫切。此外, 结合生态修复, 利用边际土地种植高生物量植物, 可在改良土壤的同时获取生物质资源。与种植业衔接, 发展标准化原料预处理技术, 保障原料稳定可持续供应, 是首要解决的问题。

#### (二) 研发可控高效生物质炭化装备与靶向制备技术



针对秸秆炭化生产中工况稳定性差、工控能力弱等问题, 需研究生物质炭化固气产物生成规律, 建立多相产物数据库; 研发基于大数据和机器学习的智能控制方法, 开发热解炭化工艺模型; 强化核心装备结构鲁棒性和原料容差能力, 开发智能精控技术装备; 构建生物炭材料规模化靶向制备技术体系。

#### (三) 开发新型生物炭农用材料与农业投入品



生物炭技术正从粗加工泛化应用向专炭专用方向发展。需在靶向制备基础上, 建立理化性质调控技术体系, 开发系列生物炭基新材料; 针对不同生态区的作物生产与土壤改良需求, 开发绿色、高效、高值的新型生物炭基肥料、土壤改良剂等农业投入品, 增强市场竞争力。

#### (四) 拓展应用场景和梯级利用技术链条



生物炭用途广泛, 除直接还田和深加工为农业投入品外, 还可用于饲料添加剂、水体净化剂、建材产品等。通过梯级利用, 如饲料添加生物炭随粪便堆肥还田、污水处理用生物炭无害化后还田或用作水泥填料, 可提升附加值, 开辟更广阔的应用场景。

#### (五) 建设“炭基农业”标杆项目



以应用为导向, 开展生物炭新材料靶向制备技术装备中试示范; 针对养分资源高效利用、水土环境污染治理等典型场景, 进行技术集成示范, 建立耕地质量提升与作物生产系统减污降碳协同技术体系; 开展生产示范, 系统评价项目绿色效益, 建立以生物炭为核心的绿色化高值农业模式。

# 02

## 基于生物炭的碳信用 市场介绍

- 2.1 碳清除（CDR）介绍及生物炭在碳清除领域的地位
- 2.2 全球各国关于CDR相关的政策分析及需求分析
- 2.3 全球生物炭碳清除项目的现状及发展趋势
- 2.4 生物炭碳市场要素分析



## 2.1 碳清除 (CDR) 介绍及生物炭在碳清除领域的地位

### 碳清除介绍

控制大气中温室气体浓度的方式主要有三种：碳避免、碳减排、碳清除。碳避免是避免潜在的温室气体排放，这种方式常见于一些能源替代类项目，比如风力、光伏等新能源发电方式替代传统的煤电，避免烧煤产生二氧化碳排放。

碳减排则是指通过新技术的引入或技术改进减少已经存在并将继续存在的排放，常见的如煤矿瓦斯回收利用项目，煤矿开采不可避免伴有瓦斯析出，瓦斯的主要成分就是甲烷，甲烷 100 年尺度上的全球增温潜势 (GWP) 是二氧化碳的 28 倍，即排放一吨甲烷相当于排放 28 吨二氧化碳，通过技术设备，常见的如 RTO 设备，在高温下将甲烷氧化为二氧化碳，每氧化一吨甲烷，相当于减少 27 吨二氧化碳排放。

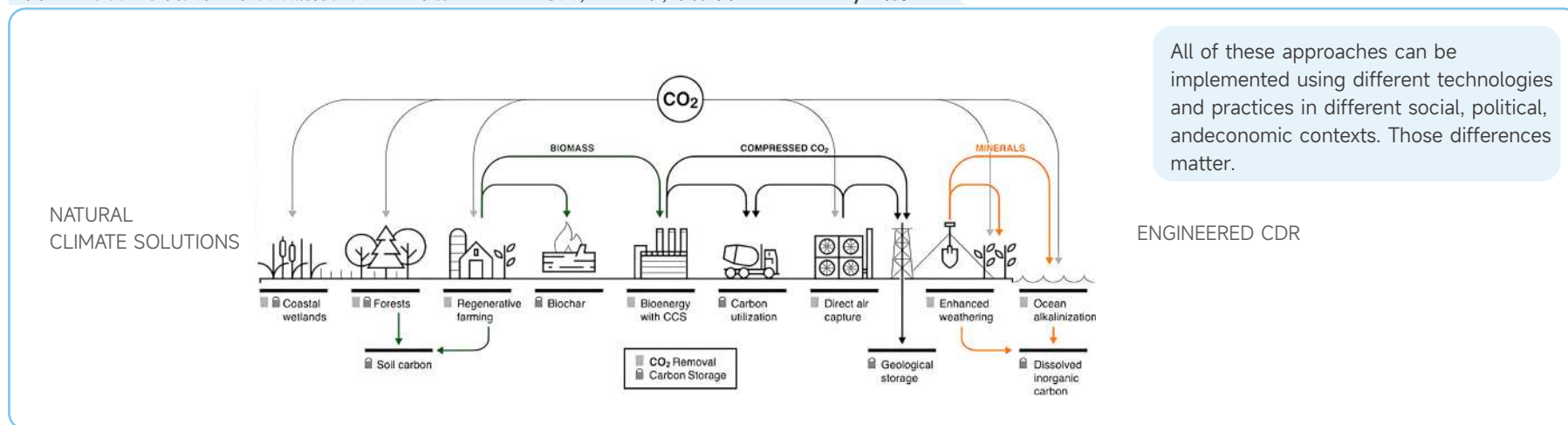
第三种方式是碳清除，根据 IPCC 的定义，二氧化碳清除 (Carbon Dioxide Removal, CDR, 在本文中简称为“碳清除”)，是指一系列技术、实践和方法，这些技术、实践和方法从大气中去除和封存二氧化碳，并将碳持久地储存在地质、陆地或海洋储库或产品中 (Climate Change 2022, 2022)。这是控制大气温室气体浓度最直接的一种方式，目前也是国际碳市场投资增长最快的一种方式。自 2021 年以来，各

国政府、品牌企业陆续自发成立多个碳清除信用购买联盟，从需求端入手推动市场上碳清除信用的供给，并以此实现气候目标。

根据技术路径的不同，碳清除可以分为基于自然的碳清除和基于工程的碳清除两类 (Bonnieux & Weber, 2025)，基于自然的碳清除包括造林、再造林、生态农林、改善森林管理等方式，因自然类的碳清除都基于植物的生长，气候变迁、火灾、病虫害等原因随时可能导致清除的二氧化碳回到大气中去，可逆的风险较大，所以基于自然类的碳清除又被称为短期类碳清除 (Temporary Carbon Removal)。

基于工程的碳清除包括生物炭、增强岩石风化 (ERW)、含碳捕集与封存的生物能源 (BECCS)、直接空气捕集与封存 (DACCS)、二氧化碳矿化以及生物质的地质与海洋封存等方式。基于工程的碳清除方式一旦实施，其清除的二氧化碳就很难再回到大气中去，所以通常又被称为耐久性碳清除 (Durable/Permanent Carbon Removal)。

图1：一系列基于自然和工程的碳清除方法 来源：Morrow等人，2020年，图表由Matt Twombly绘制。





在自愿碳市场中，避免 / 减排类碳信用近年来面临额外性、泄露和永久性的严格质疑。

例如，一个森林保护项目如何证明在没有项目的情况即基线情景下这片森林真的会被砍伐，而清除类碳信用，特别是基于地质封存（如 DACCS）或生物质碳封存（如

生物炭、BECCS）的项目，其碳封存的持久性（可达数百年至上千年）和可测量性更容易被验证，因此被视为更高质量、更具长期价值的碳资产。买家，尤其是追求长期净零承诺的大企业，更愿意为真正的“清除”付费。

图2：不同类型碳资产的价格 数据来源：Quantum, Abatable, CDR.fyi 网站



上图所示的价格梯度反映了市场对不同类型的碳信用的未来预期。节能、新能源发电等碳避免类的碳信用基本处于市场底端，市场价格基本在每吨1美元以下，这类项目曾经是碳市场的主流，但随着项目成本的降低逐渐失去了额外性，大部分国际标准已经停止了此类项目的注册，随着新规则的成熟，将会彻底退出历史舞台。甲烷及其他烈性温室气体的减排或避免类项目以及储能类项目属于额外性相对于避免类强，价格一般在1-10美元左右，借助其价格优势与项目的多样性，是目前碳市场接受度较为普遍的产品。

真正的高端乃至顶级市场属于碳清除。基于自然的碳清除即森林、土壤类项目大致在10-100美元/吨的价格区间，两个特例是社区类的项目节能灶和净水器，这类项目因在可持续发展（SDG）方面表现优异，也备受市场青睐，工程类碳清除则无一例外价格在100美元以上，像直接空气捕集这种难度较高的前沿技术更是碳市场上的“奢侈品”，碳信用价格常在500美元/吨以上。由此可见碳清除是众多类型碳信用项目中最具有价值的碳信用。

## 生物炭在 CDR 中的地位

在所有的碳清除方式中，生物炭以其在开发吸引力、签发数量、市场活跃度等方面的独特优势走在整个行业的前列。

上文提到，大部分新兴的碳清除技术都处于早期阶段，距离规模化应用还有一段路程，但有一个例外就是生物炭。根据 Puro.earth 的技术准备水平评估，生物炭技术是当前工程类碳清除中成熟度最高的技术 (Puro.earth, 2024)。

表3: 各类工程碳清除技术准备水平 来源: Puro.earth 《额外性评估要求》

方法学	技术准备水平
DACCS	6
增强岩石风化	3-4
BECCS	5-6
生物炭	6-7
矿化	5-6
生物质地质储存	3-4

相对成熟的技术降低了开发成本，而多元协同效益进一步提升了项目吸引力。

生物炭项目可同时实现多项联合国可持续发展目标，如解决废弃物处理问题、改善土壤质量、助力农业增产、增加农民收入等，因此更受市场欢迎。2024 年，碳清除信用最大的 10 个开发方中，有 7 个为生物炭开发方。

图3: 2024年供应量最大的十大耐久性碳清除信用供应商 来源: CDR.fyi 网站

### Top 10 Durable CDR Suppliers | 2024

	Name	Method	Total Sales
1	Stockholm Exergi	BECCS	3,330,000
2	Ørsted	BECCS	1,330,000
3	1PointFive	DACCS	566,177
4	Exomad Green	BCR	331,831
5	Terradot	Enhanced Weathering	290,000
6	CO280	BECCS	224,500
7	Gigablue	mCDR	200,000
8	Vaulted Deep	Other BiCRS	162,405
9	Charm Industrial	BCR & Other BiCRS	139,866
10	Varaha	BCR	119,378

Source: cdr.fyi • Created with Datawrapper

从碳信用签发来看，最直接的表现就是针对碳清除的碳信用平台不断涌入，最早的工程类碳清除碳信用平台为 2019 年成立的 Puro.earth。短短几年内，随着国际各方对于碳清除越来越重视，碳信用平台迅速增加，生物炭借助其较为成熟的技术，成为介入碳清除领域的各机构的首选，现在发布了或准备发布生物炭方法学的机构已多达十余家，相关内容会在本章第 4 部分详细介绍。

除了签发机构的激增，生物炭碳信用的签发量在整个碳清除领域也是首屈一指。2024 年，生物炭签发数量占有所有碳清除签发数量的 86%，2025 年上半年，该比例为 83.2%，仍然占据主导地位 (AlliedOffsets, 2025)，2025 年 1-8 月，生物炭项目实现了超过 70 万吨的碳清除，占碳清除总量的 90%(QCI, 2025)。以 Puro.earth 为例，从 2023 年到 2024 年，生物炭碳信用签发量增长了 166%(Puro.earth, 2025)。

图4：2025年上半年碳清除信用签发量分布 来源：AlliedOffset《CDR市场现状》报告

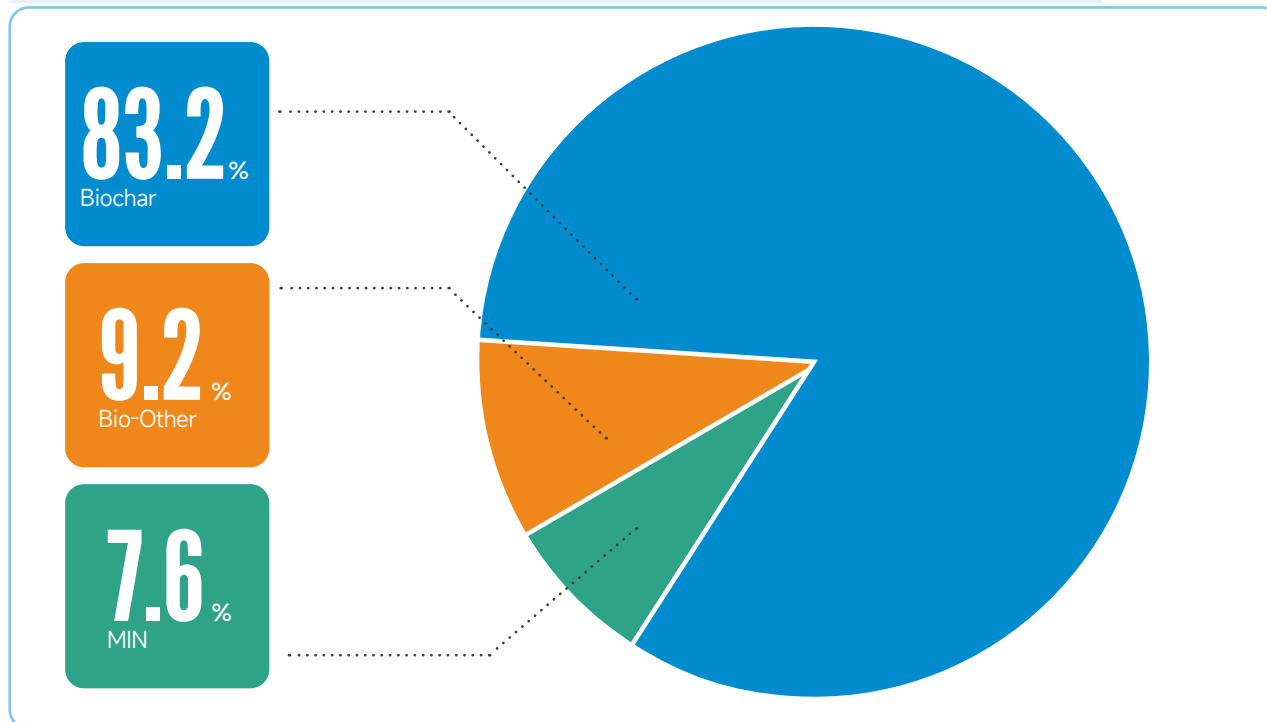
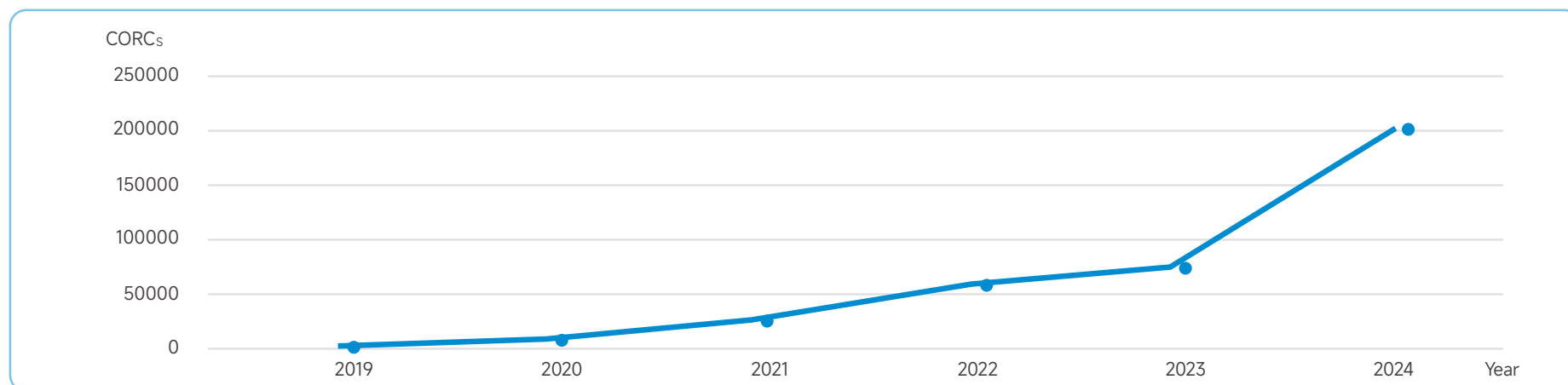


图5：Puro.earth生物炭碳信用签发增长情况 来源：Puro.earth《生物炭增长势头：引领碳清除革命》报告



买家选择生物炭

80 %

年复合增长

29.2 %

从市场交易来看，作为最易规模化、最具成本效益的工程类碳清除方式，生物炭碳信用在购买意愿、交易价格、市场潜力方面表现良好。现在生物炭已经成为 80% 买家的选择 (Supercritical, 2025)。2026 年 40% 的生物炭碳信用已经通过承购协议的方式预售 (QCI, 2025)。交易价格方面，过去四年，生物炭碳信用的年复合增长率为 29.2%，这一增长趋势与 Puro.earth 过去几年的市场建议价格一致。

购买量 VS 供给量

4 倍

未满足的需求缺口

33 %

市场前景良好的另一个表现就是市场潜力巨大。交易价格的稳步上升从根本上来讲取决于供需之间的差距。2024 年，生物炭碳信用的购买量为供给量的 4 倍，即使在最低需求情景中，到 2030 年，仍然有 33% 的需求无法满足 (Supercritical, 2025)。由此可见，未来生物炭的价格会继续上升，越早进入市场则会越早抢占先机。

2050 年碳清除需求需增长至目前倍数

14,000 倍

图6: Puro.earth生物炭碳信用历年市场建议价格 (欧元/吨) 来源: Supercritical《锁定先机还是落后于人: 2025年生物炭承购报告》

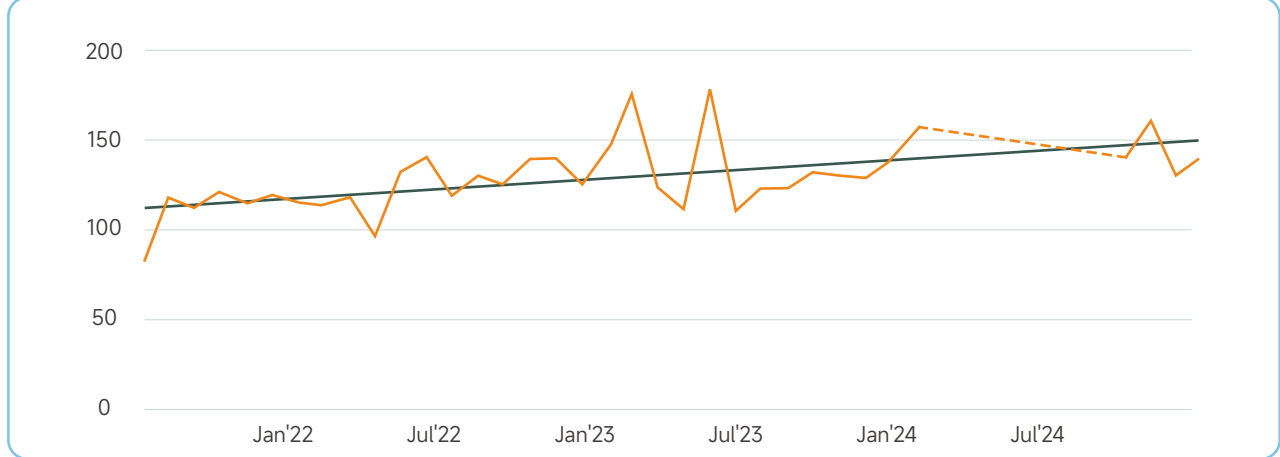
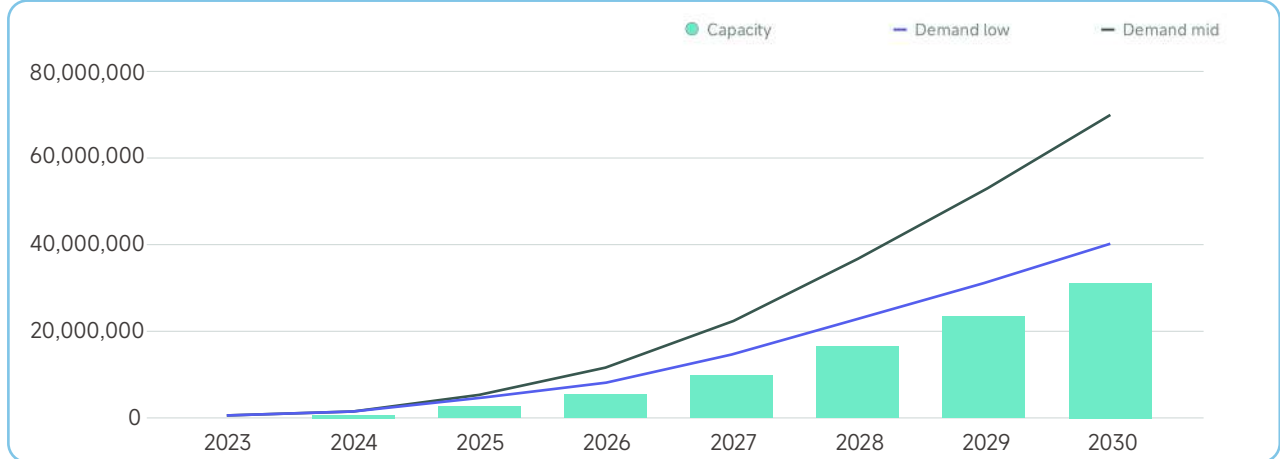


图7: 碳清除供给能力与潜在需求 来源: Supercritical《锁定先机还是落后于人: 2025年生物炭承购报告》



需求来自于各企业的自身承诺或加入的国际组织的要求。以 SBTi 为例，SBTi 要求企业通过自身技术改造后仍存在的剩余排放只能用碳清除抵消，据统计，有超过一万家企业设定了科学碳目标，但只有 537 家积极参与了碳清除市场，未来市场空间广阔。国际社会普遍认为，碳中和的实现离不开碳清除，据分析，到 2050 年实现碳中和，共需碳清除信用约 100 亿吨，而市场上到现在的碳清除供给总共约 32 万吨，约占全部潜力的 0.003%，IPCC 也曾表明，到 2050，碳清除信用需要增长至目前的 14,000 倍 (Supercritical, 2025)。碳清除的市场潜力巨大，作为碳清除主力军的生物炭，在市场扩张中也会大有可为。

## 2.2 全球各国关于 CDR 相关的政策分析及需求分析

当今世界已经形成了碳清除信用是实现碳中和的重要力量的共识，各国政府相继颁布政策、各种联盟组织相继成立、各大企业迅速部署碳清除购买计划，积极推动碳清除信用的购买，以实现巴黎协定下 2 度乃至 1.5 度的目标。

### 各国政府关于 CDR 的政策与需求分析

#### 欧盟：碳清除框架

欧盟碳清除框架，全称碳清除和碳农业认证框架，Carbon Removals and Carbon Farming Certification Framework, 英文缩写为 CRCF。此框架是首个欧盟范围内自愿认证产品中碳清除、碳农业和碳储存的框架，旨在通过建立欧盟质量标准并制定监测和报告流程，促进对创新碳去除技术及可持续碳农业解决方案的投资，同时应对漂绿问题。涵盖的活动包括直接空气捕集、生物炭等永久性碳清除活动，泥炭地湿地恢复、可持续森林管理等碳农业和土壤减排活动，以及木材等长效产品中的碳储存活动。

截至 2026 年 2 月，CRCF 已完成框架搭建，落地框架条例，确定了框架关键要素，并通过了首批三个方法学，分别是直接空气捕集与封存、生物质二氧化碳捕集与封存、生物炭。

#### 美国：45Q 条款

美国政府层面对于碳清除的关注主要体现在 45Q 中，45Q 是指美国国税法 (Internal Revenue Code) 中的 45Q 部分，该条款允许纳税人按捕集和封存的合格二氧化碳数量进行税收抵免，旨在激励对碳捕集和碳封存的投资。具体来说，允许抵免的碳信用类型是指在合格设施中使用某些碳捕获设备捕获的合格碳氧化物，这些碳氧化物被安全地地质储存起来，或被用作合格的强化石油或天然气采收项目的三次注入剂，并被安全地地质储存起来，或用于某些特定用途。

45Q 条款经过多次修订，特别是 2022 年《通胀削减法案》和 2025 年特朗普签署的《美丽大法案》(One Big Beautiful Bill Act, OBBBA) 的强化，已经成为推动美国 CCUS 和直接空气捕集产业发展的核心政策。具体适用条件包括：

图8: Puro.earth生物炭碳信用签发增长情况 来源：根据欧盟官方网站整理



1. 仅考虑在美国或其属地内捕获、处置、使用或使用的合格二氧化碳。
2. 合格设施是指任何在2033年1月1日之前开始建设的工业设施或直接空气捕获设施，且碳捕集设备的建设在该日期之前开始，或设施的原始规划和设计包含了碳捕集设备的安装。
3. 直接空气捕捉设施必须在纳税年度内捕获不少于1000公吨合格的二氧化碳。发电设施在纳税年度内必须捕获不少于18,750公吨合格的二氧化碳，且该发电单元的碳捕获设备设计能力不得低于该单元基准二氧化碳产量的75%。
4. 任何其他设施在应税年度内必须捕获不少于12,500公吨合格的二氧化碳。

## 碳清除信用主要买家

现阶段 CDR 行业真正的瓶颈并不在于技术突破，而在于“需求信号不足”和“缺乏一个能够获得市场信任的统一标准”。项目方担心卖不出去，投资方担心风险过高，企业担心信用质量不一致，导致整个市场长期停留在“小型试点—难以规模化”的循环中。目前市面上的各类碳信用采购联盟创造了现在和未来的需求空间，增加了开发方和项目方的信心。

表4：全球碳清除信用购买联盟核心信息表 来源：各联盟官方网站

	LEAF Coalition	Restore Fund	Frontier	Symbiosis	Next Gen CDR
<b>成立时间</b>	2021 年	2021 年	2022 年	2023 年	2023 年
<b>成员</b>	主权国家：美国、英国、韩国、挪威 私营部门：包括亚马逊、联合利华、思爱普、大众等 25 家企业	创始成员：苹果、Cibervation International 苹果供应链合作伙伴：台积电、株式会社	创始成员：Stripe, Google, Shopify, Meta, McKinsey 其他成员：Autodesk, H&M, JP Morgan, Workday, Salesforce	创始成员：谷歌、麦肯锡、Meta、微软、Salesforce	创始买家成员：Boston Consulting Group, LGT, Mitsubishi, O.S.K. Lines, Swiss Re, UBS, Mizuho
<b>目标</b>	到 2030 年结束热带雨林砍伐，通过 REDD+ 机制向政府提供资金支持	2030 苹果实现价值链碳中和	2030 年前购买 10 亿美元的碳清除	2030 年前， 采购两千万吨碳清除量	到 2025 年采购 耐用碳清除量百万吨
<b>采购要求</b>	ART TREES 标准下的 Jurisdictional REDD+ 机制	基于自然的碳清除	基于工程的碳清除	基于自然的碳清除	符合 ICROA 标准的 基于工程的碳清除
<b>成果</b>	与政府达成超 2.7 亿美元协议	投入 2.9 亿美元， 到 2025 年实现 100 万吨碳清除	截至 2025 年 12 月， 已签约 7.12 亿美元，189 万吨， 已交付 3.72 万吨	2025 年 1 月发布首次联合招标， 尚未签署买家协议	2023 年签约 19.3 万吨

## 科学碳目标 SBTi 参与组织

科学碳目标倡议 (Science Based Targets initiative) 由 CDP、联合国全球契约组织、WRI 和 WWF 于 2015 年联合发起，旨在帮助企业设定符合《巴黎协定》要求的减排目标，将全球升温控制在 1.5° C 以内。

在指导企业设定净零目标时，SBTi 关于 CDR 的使用仍存在争议，这也是今年最值得关注的议题之一。目前其要求为：

价值链内 (within-value-chain) 碳清除信用仅可用于抵消难减排剩余排放，而非企业全部剩余排放，这部分信用是企业达成净零目标的合规路径之一；价值链外缓解 (Beyond Value Chain Mitigation, BVCM) 虽被鼓励推进，其范畴包含采购自愿碳清除 (CDR) 信用，但在技术层面并非强制要求，且相关信用不计入企业经 SBTi 验证的核心目标。

关于 CDR 信用是否应纳入目标核算、以及如何设定核算规则，SBTi 内部仍存在持续未决的争议，尚未形成统一共识。SBTi 计划于 2026 年发布新版 BVCM 指南，该指南有望显著重塑企业参与自愿 CDR 市场的模式与路径，是本年度碳市场领域最值得关注的政策动态之一。截至 2025 年，全球超 10,000 家企业承诺遵循 SBTi 框架，8,300 多家企业的目标通过验证。新版指南若调整 CDR 信用的认定规则，将直接影响企业对生物炭等优质 CDR 资产的采购意愿与布局策略。

全球承诺遵循 SBTi 框架

10,000+  
家企业

目标已通过 SBTi 验证

8,300+  
家企业

## 微软

微软是目前在碳中和目标设定上最具雄心的企业，也是碳清除信用采购量最大的企业。微软承诺到 2030 年实现负排放，到 2050 年清除历史排放 (Smith, 2020)。截至 2025 年 6 月，微软已经签订了高达 3000 万吨的长期碳清除购买合同 (Microsoft, 2025)。他们的采购策略是先进行广泛的少量试购，找到可靠的供应来源后就锚定规模。2024 年，微软的供应商数量为 22 家 (CDR.fyi, 2024b)。

为筛选高质量项目，微软联合 Carbon Direct 与 2021 年一起发布了《高质量碳清除标准》并在 2025 年进行了第四次更新，阐述了社会影响、环境效益、额外性与基准线、MRV、耐久性、泄漏等原则，明确了 9 类项目在开发时应如何符合上述原则，分别是：ARR、红树林、IFM、土壤碳汇、农田中增强岩石风化、生物质类碳清除与封存、非生物海洋碳清除、碳矿化、直接空气捕集 (Carbon Direct & Microsoft, 2025)。

微软长期碳清除采购合同量

3000  
万吨

## Meta

Meta 设定了 2030 年实现价值链净零排放的目标，为实现该目标采取的主要策略包括：在商业决策中优先考虑效率和循环型；在运营中积极采纳低碳技术以降低碳足迹；敦促三分之二的供应商在 2026 年前设定科学的减排目标。

对于在 2030 年前无法消除的剩余排放，通过碳清除信用抵消。2024 年，Meta 通过碳清除信用抵消了 5 万吨范围一和范围二的排放 (Meta, 2025)。截至 2024 年 6 月，Meta 已公开宣布购买 650 万吨碳清除信用，计划用于 2030 年及以后交付 (Johns 等, 2024)。Meta 在项目选择上既包括基于自然的碳信用项目，如造林、红树林，也关注工程类碳清除，如 DAC。2024 年 10 月，Meta 紧上半年谷歌的步伐，响应美国能源部碳清除采购挑战，承诺在 2025 年签约至少 3500 万美元碳清除信用。

Meta 长期碳清除采购规模

650  
万吨

## 谷歌

谷歌的目标是到 2030 年实现所有运营和价值链净零排放，为实现这一目标，谷歌一方面计划将绝对排放量在 2019 年基础上降低 50%，另一方面就是投资碳清除。

2024 年，谷歌极大扩张碳清除信用部署，签订了 16 份承购协议，价值 1000 万美元，包括 72.83 万吨碳清除信用，这使得谷歌承购的总碳清除信用量达 78.24 万吨 (Google, 2025)。2024 年 3 月发布声明，将在接下来一年中向美国联邦政府看齐，采购 3500 万美元的碳清除信用 (Spock, 2024)。2025 年的数据尚未披露，根据已发布数据，在 2025 年 3 月前达成这个目标可能有较大难度，但是该声明发布本身彰显了谷歌的雄心，向碳清除市场释放了积极信号。

当前阶段谷歌只是每年披露采购数量，并没有进行注销，据谷歌 2025 环境报告中称，采购的碳清除信用将于 2030 年进行注销。

谷歌累计碳清除承购总量

**78.24** 万吨

图10: 历史碳清除信用十大买家 来源: CDR.fyi 网站

Name	Tonnes Purchased
Microsoft	35,813,157
Frontier Buyers	1,841,384
Altitude	1,025,030
Google	833,643
JPMorgan Chase	577,022
Airbus	400,000
Equinor	330,000
Amazon	250,000
BCG	222,020
NextGen CDR	212,000

图9: 谷歌2030目标 来源: 《谷歌2025年环境报告》

Figure 16. Expected carbon reductions from key reduction areas and additional carbon reduction initiatives in 2030

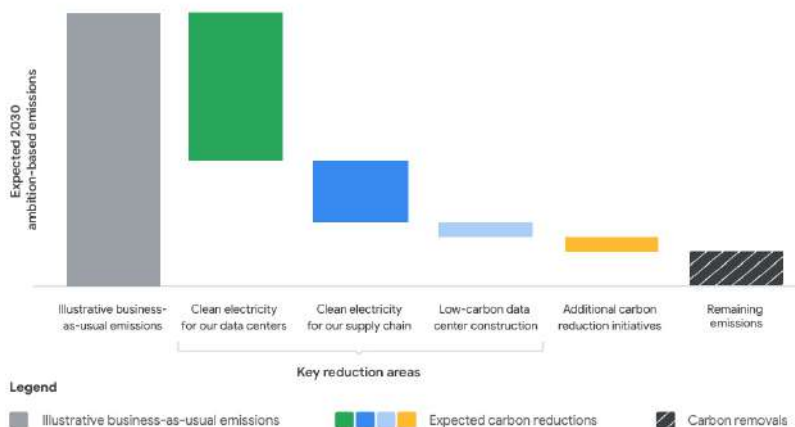


表5: 谷歌的碳清除信用承购情况 来源: 《谷歌2025年环境报告》

Project type	Company	Estimated contracted credits (tCO <sub>2</sub> e)	Project location	Year deal was signed	Expected timeframe for delivery	Credit type	Market commitment
Biomass carbon removal and storage (BICRS)	Varaha	100,000	India	2024	2026–2030	Removal	Bilateral
	Charm Industrial	100,000	United States	2024	2026–2030	Removal	Bilateral
	CO280	61,226	United States	2024	2028–2030	Removal	Frontier
	Stockholm Exergit	41,636	Sweden	2024	2028–2030	Removal	Frontier
	Charm Industrial	22,635	United States	2023	2025–2030	Removal	Frontier
	Yaulted Deep	18,786	United States	2024	2024–2027	Removal	Frontier
Direct air capture (DAC)	NULIFE	78	Canada	2024	2025	Removal	Frontier
	Holocene	100,000	United States	2024	Early 2030's	Removal	Bilateral
	280 Earth	13,301	United States	2024	2026–2030	Removal	Frontier
Enhanced rock weathering (ERW)	Terradot	200,000	Brazil	2024	2029–2030	Removal	Bilateral
	Lithos Carbon	31,514	United States	2023	2025–2029	Removal	Frontier
	Terradot	17,324	Brazil	2024	2025–2029	Removal	Frontier
	CREW	12,851	United States	2024	2025–2030	Removal	Frontier
	Alt Carbon	185	India	2024	2028	Removal	Frontier
Restoring natural carbon sinks	Flux	114	Kenya	2024	2026	Removal	Frontier
	Silica	127	Mexico	2024	2030	Removal	Frontier
	Mombak	50,000	Brazil	2024	2029–2030	Removal	Bilateral
	CarbonRun	12,695	Canada	2024	2025–2029	Removal	Frontier
<b>Total</b>		<b>782,472</b>					

## 2.3 全球生物炭碳清除项目的现状及发展趋势

随着国际社会对碳清除信用在应对气候变化中作用的认可和倡导，越来越多的公司和机构参与其中。不仅项目数量逐年增多，签发机构、交易场所、中间商等服务性机构也是水涨船高。

### 各国政府关于 CDR 的政策与需求分析

根据全球 CDR 碳信用信息追踪平台 CDR.fyi 的信息，从地域来看，目前欧洲和北美是全球碳清除项目最活跃的两个大洲，项目供应商和服务机构都处于领先地位。就国家而言，美国是碳清除信用供应商和服务组织最多的国家，有 129 家供应商，47 家服务机构；其次是英国，有 38 家供应商和 26 家服务机构。

#### 美国

碳清除信用供应商

129 家

服务机构

38 家

#### 英国

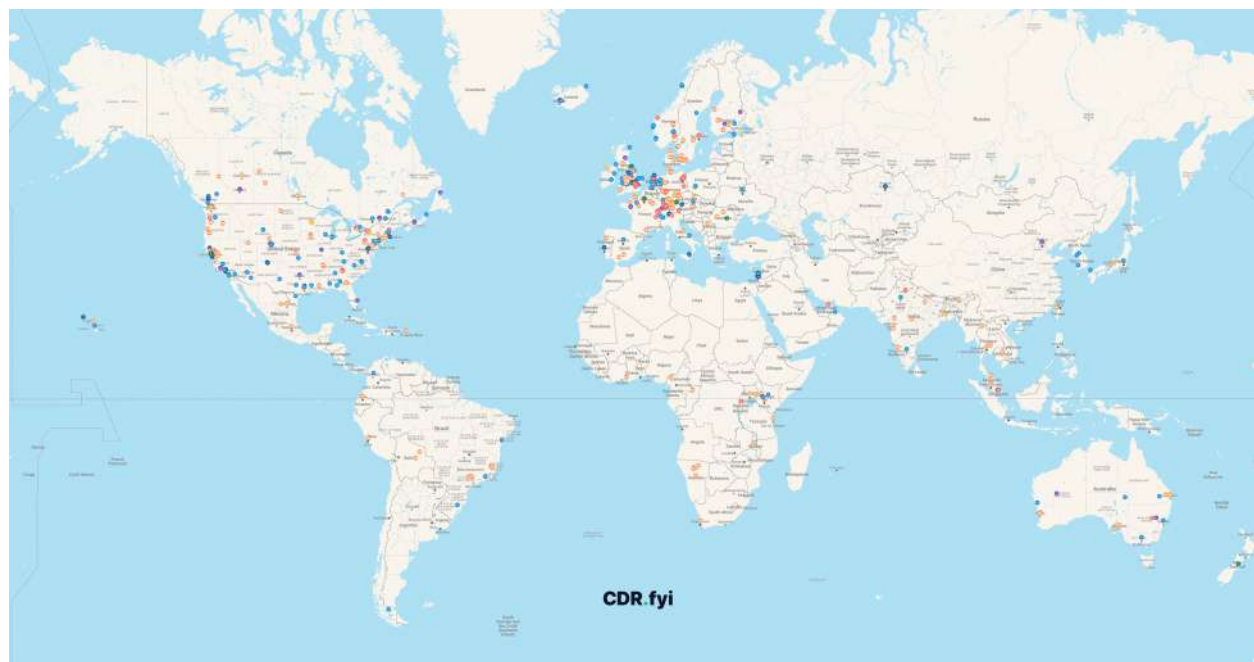
碳清除信用供应商

38 家

服务机构

26 家

图11: 碳清除信用供应商及服务机构的全球分布 来源: CDR.fyi 《全球碳清除全景: 碳清除地图核心解读》



美国服务机构总量最多，英国和德国虽不及美国数量多，但服务机构占比超过三分之一，比例可观，供应商与支持基础设施的平衡可以共同促进碳清除市场的良好发展。

根据不完全统计，碳清除项目分布在超过 49 个国家中，其中欧洲和北美处于领先地位，分别有 179 家和 166 家供应商。就国家而言，供应商数量最多的是美国，有 129 个供应商，占全部供应商数量的 31%，其次是英国、法国、加拿大和德国 (CDR.fyi, 2025a)。



从右图可以看出，欧洲的生物炭项目最多，高达 98 个，其次是北美，有 56 个项目



图12: 各洲碳清除项目数量及服务组织机构的数量 来源: CDR.fyi《全球碳清除全景: 碳清除地图核心解读》

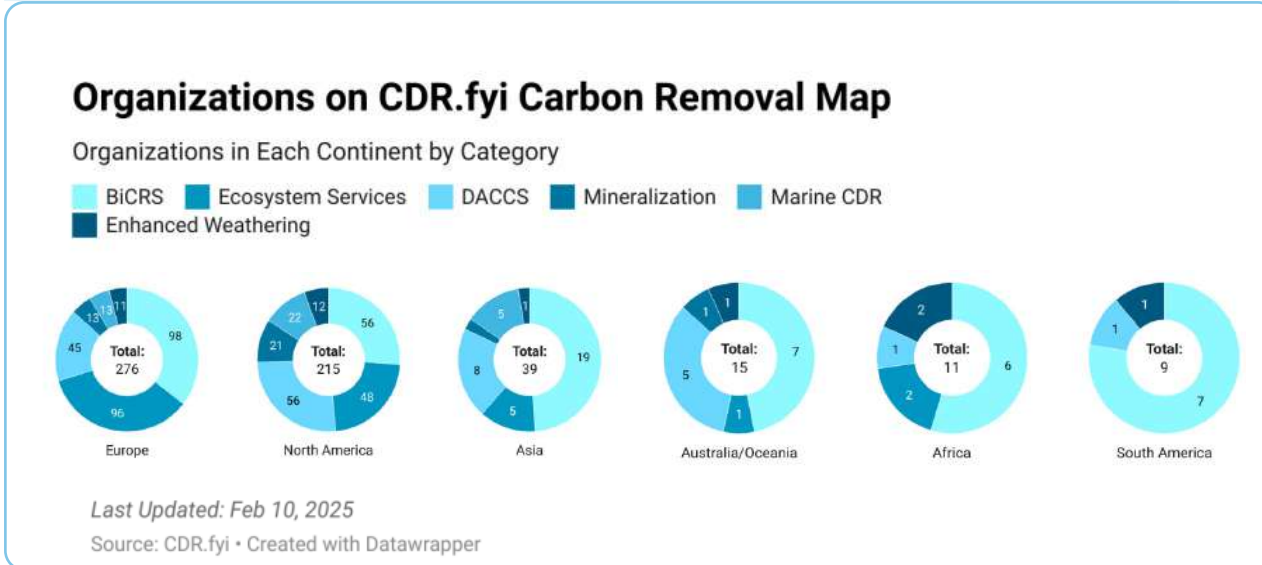
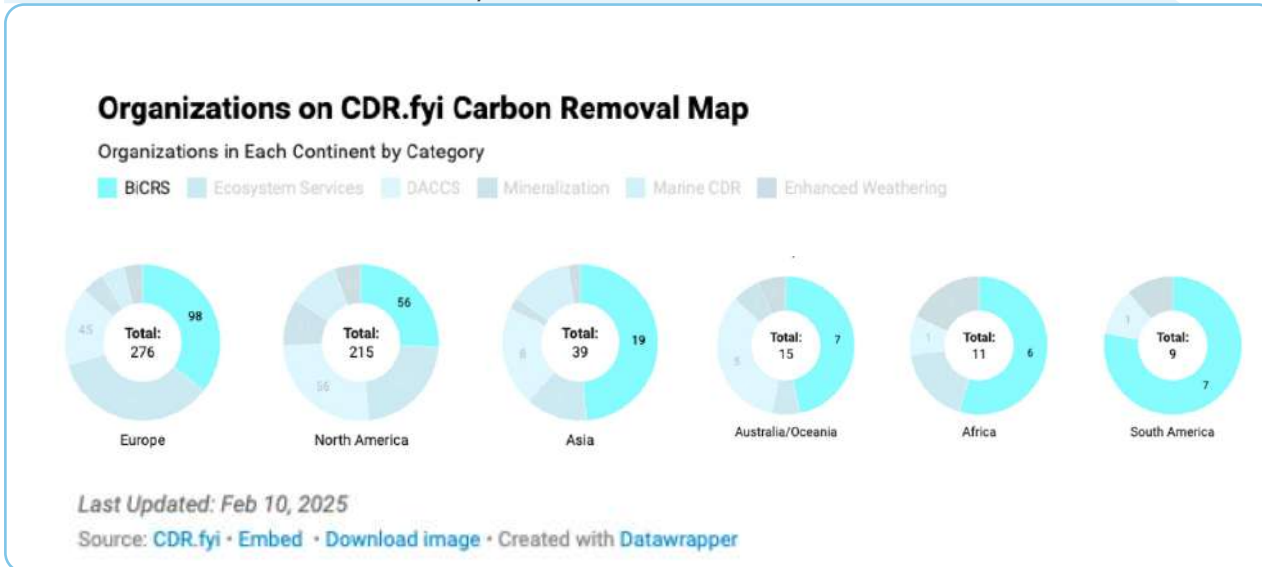


图13: 碳清除项目各洲分布情况 来源: CDR.fyi《全球碳清除全景: 碳清除地图核心解读》



## 生物炭项目分布

中国目前注册的项目有三个，均已获得签发，分别是 Eversink 的年达生物炭项目、气候未来开发的嘉兴桐奥生物炭项目以及环保桥开发的上海时科生物炭项目。从国家层面来看，生物炭项目目前分布在 39 个国家中，其中美国是生物炭项目最多的国家，其次是德国、英国、瑞士、加拿大。在所有碳清除项目中，生物炭和 DAC 呈现断层式领先，分别占碳清除项目总数量的 36.3% 和 28.6%。



图14: 碳清除信用十大供应商 来源: CDR.fyi 《全球碳清除全景: 碳清除地图核心解读》

### Suppliers on CDR.fyi Carbon Removal Map

Number of Suppliers by CDR Method

	Method	▼ CDR Suppliers	Percentage
1	Biochar Carbon Removal (BCR)	147	36.3%
2	Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS)	116	28.6%
3	Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)	31	7.7%
4	Enhanced Weathering	28	6.9%
5	Ex-situ Mineralization	23	5.7%
6	Biomass Direct Storage	11	2.7%
7	Ocean Alkalinity Enhancement	10	2.5%
8	Direct Ocean Removal (DOR)	10	2.5%
9	Marine Biomass Sinking	9	2.2%
10	Microalgal Capture and Storage	7	1.7%

Additional 6 rows not shown.

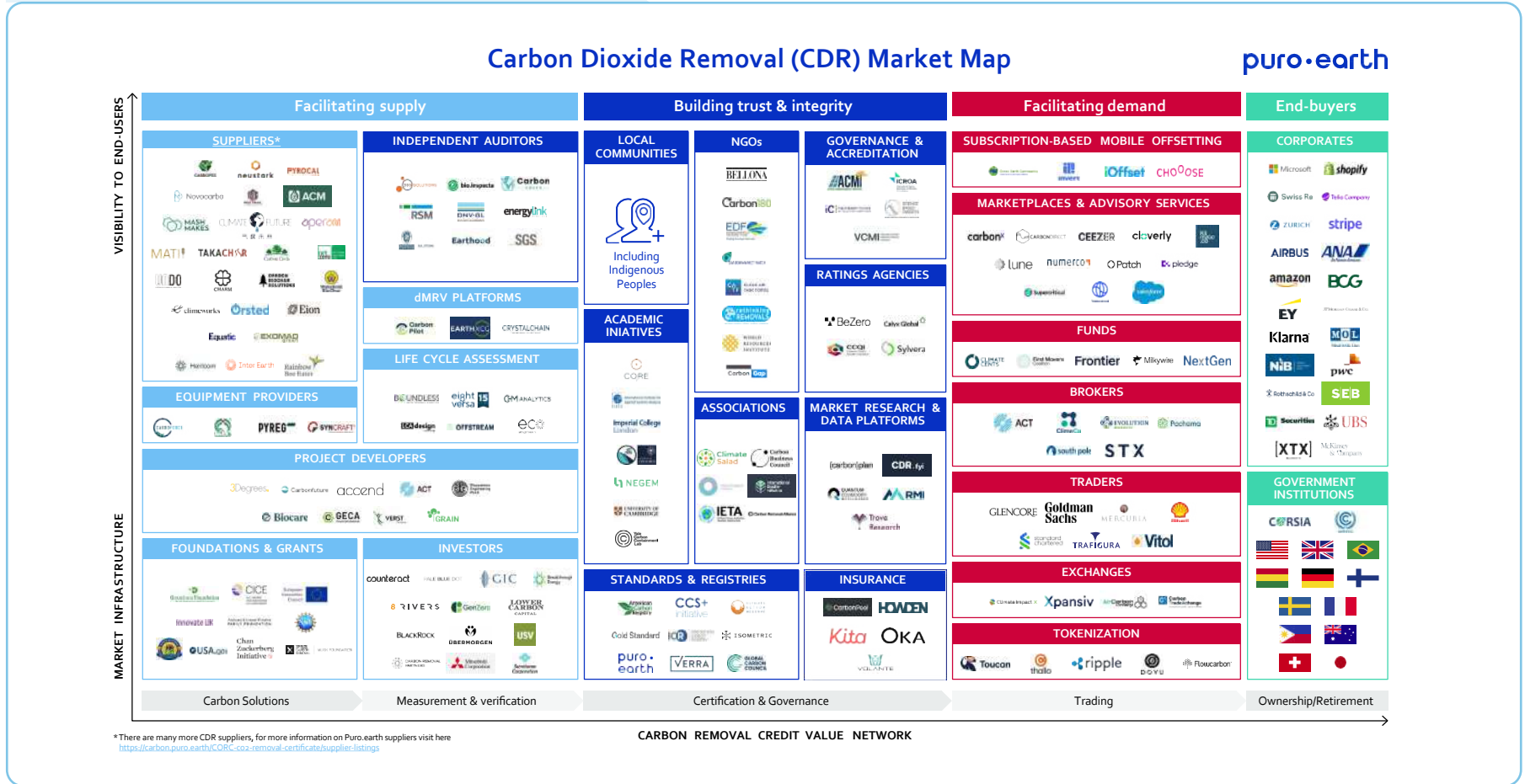
Last Updated - Feb 10, 2025

Source: CDR.fyi • Created with Datawrapper

# 2.4 生物炭碳市场要素分析

基于生物炭的碳信用市场的关键要素包括：生物质资源、碳信用供应者（业主方 / 开发方）、生物炭设备方、投资方、签发机构、中间商、碳信用最终使用者。根据碳信用机构发布的 CDR 市场全景图，生物炭产业的主要参与者如下图所示：

图15: 生物炭碳市场各参与方地图 来源: Puro.earth

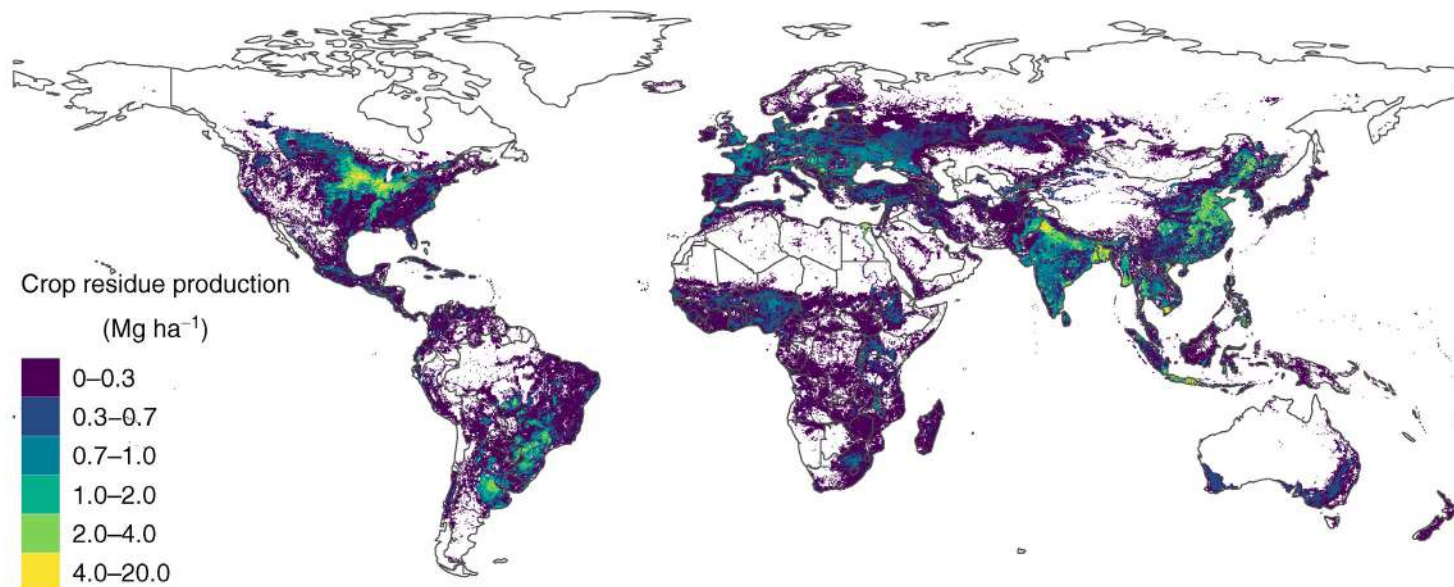


## ● 生物质资源

在可以开发生物炭的生物质资源多种多样，如农林废弃物、畜禽粪便、分类垃圾、废水、绿化垃圾、河道入侵物种等，其中农林废弃物是目前应用最多的生物炭原料。根据 Karan 等人的研究，每年全球仅作物残余中大约包含 24 亿吨碳，主要分布在一些农业大国，排名前 5 位为：中国 4.1 亿吨，美国 3.3 亿吨，印度 3 亿吨，巴西 1.7 亿吨，阿根廷 0.8 亿吨，如果用来生产生物炭，则每年可以通过生物炭固定 100 年以上的碳可达 3.6-7.2 亿吨 (Karan 等, 2023)，当然这只是理论数据，实际情况肯定做不到这个利用率，但这表明通过农业废弃物生产生物炭这种方式进行二氧化碳固定和封存的潜力巨大。



图16: 全球农作物生物质资源分布 来源: Karan等人“利用农作物残余生产生物炭进行碳封存的潜力: 全球空间评估”



Spatial distribution of annual crop residue production per unit area of total land in agricultural (Mg C ha<sup>-1</sup>). Note: high-resolution (5×5 min of arc) spatial rasters of these data (both totals and also disaggregated by crop) are available in the Data Availability Statement).

## 碳信用供应商

在就项目数量而言，生物炭项目分布在欧洲和北美，排名前5的国家分别为美国、德国、英国、瑞士、加拿大。从项目体量来看，情况有些变化，可以看到美国依然稳居首位。从2022年到2025年上半年，排名前10位的供应商分别来自玻利维亚、印度、荷兰、巴西、美国、新加坡和加拿大 (CDR.fyi, 2025b)。

Exomad 是全球最大的生物炭碳信用供应商，自2022年以来约占所有签发碳信用的60%。即使不包括与Microsoft签订的碳信用数量，Exomad的销量仍将超过全球其他供应商。它在订单数量和交付吨数以及平均订单量方面均位居榜首。值得注意的是，平均每单吨位较低但订单数量较多的供应商，交付量远超平均订单量较高且订单数较少的供应商。全球南方在生物炭生产和交付中扮演重要角色，按销售吨数排名前四的供应商均为全球南方项目供应商，占总销售吨数的74%(CDR.fyi, 2024a)。这些供应商在交付吨数上也处于领先地位。

### 全球生物炭项目数量排名前5的国家

美国 | 德国 | 英国 | 瑞士 | 加拿大

### Exomad 市场份额

自2022年以来，占全球所有签发碳信用的约

60%











### 全球前四的供应商

占全球总销售吨数

74%

图17: 2022-2025年上半年全球前十碳清除信用供应商  
来源: CDR.fyi 《2025年生物炭碳清除市场简报: 价格、规模与趋势》

### BCR Suppliers Leaderboard | 2022 - 2025H1

	Name	Tonnes Sold	Tonnes Delivered	Orders	Avg Order Size	Fulfillment
1	 Exomad Green	1.8M	172K	236	7K	10%
2	 Varaha	195.4K	83.6K	40	5K	43%
3	 Carboneers	123.2K	50.5K	84	1K	41%
4	 Aperam BioEnergia	121.2K	89.3K	78	2K	74%
5	 Charm Industrial	100K	0	1	100K	0%
6	 Applied Carbon	82.5K	0	4	21K	0%
7	 Wakefield Biochar	58K	58K	150	387	100%
8	 Arukah	56.6K	0	3	19K	0%
9	 Pacific Biochar	42.2K	39.7K	54	781	94%
10	 Carbonity	36K	0	1	36K	0%

Additional 10 rows not shown.

See [CDR.fyi Portal](#) for Complete List

Source: CDR.fyi • Created with Datawrapper

## 生物炭碳信用买方

### 生物炭碳清除信用均迅速增长

自 2022 年以来  
购买

300<sup>+</sup>  
万吨

交付

68.3  
万吨

注销

33  
万吨  
(CDR.fyi, 2025b)

在自 2019 年以来，生物炭碳清除信用一直主导交易市场，从 2022 年第一季度开始到 2024 年第四季度末，生物炭碳信用的采购、交付和注销数量均迅速增长。合同总量增长了三倍，交货和退役数量按年计算也大致翻了一番。自 2022 年以来，已购买超过 300 万吨生物炭碳清除信用，交付 68.3 万吨，注销 33 万吨 (CDR.fyi, 2025b)。采购、交付和注销这三大主要指标都呈现快速增长趋势。

### 微软是迄今为止最大单一买家

已购买了总生物炭碳信用合同的 46%。尽管如此，自 2022 年以来，共有 290 个生物炭碳信用额度的购买者，是迄今为止所有碳清除方法中客户数量最多的。这表明生物炭市场比较分散，由许多低量购买者组成——比信用市场中其他碳清除方法，这些方法拥有购买体量小但数量多的买家。

图18：2022-2025上半年生物炭主要买家

来源：CDR.fyi 《2025年生物炭碳清除市场简报：价格、规模与趋势》

### BCR Purchaser Leaderboard | 2022 - 2025H1

	Purchaser	Tonnes Contracted	% in CDR Portfolio
1	 Microsoft	1.4M	5%
2	 Google	200K	35%
3	 Swiss Re	84.4K	99%
4	 BCG	44.2K	21%
5	 Zurich Insurance Group	22.6K	56%
6	 JPMorgan Chase	20.7K	4%
7	 Skandinaviska Enskilda Banken	19.3K	100%

在主要买家群体中，交易理由一致：生物炭碳信用被视为即时且成本效益高的选择，这使得未来的大规模采购成为可能。不过目前大多数采购都是小规模——只有一笔非常重要的交易 (>1 万吨)，超过 10 万吨的很少。这表明大多数其他交易都是公司在尝试生物炭作为起点。

## 投资方

当前，全球生物炭碳资产市场的投融资活动日趋活跃，资本构成呈现多元化格局，形成了战略投资、影响力投资与风险投资、公共资金协同并进的局面。各类资本基于不同的逻辑积极参与，共同推动着市场从研发示范向规模化商业运营过渡。

2021至2025年，全球耐久性碳清除领域累计投资规模达36.1亿美元，投资分布呈现出高度集中与多元探索并存的特征。直接空气碳捕集与封存（DACCS）以61%的占比成为绝对主导，反映出市场对这一技术路线商业化落地的高度关注与资本偏好。矿化（Mineralization）以14%的占比位居第二，成为仅次于DACCS的重要投资方向。在各类基于生物质的碳清除技术中，生物炭（Biochar）以5%的投资占比位列第三，超过了BECCS（3.9%）和生物质地质封存（3.9%），凸显了其在持久性碳封存与协同效益方面的独特价值。其余技术路线如直接海洋碳移除（3.6%）、强化风化（3.4%）、海洋生物碳封存（MBCCS，2%）、生物质直接储存（1.7%）及碱度增强（0.7%）等，虽占比较小，但共同构成了多元化的技术探索格局，体现了行业对不同路径实现大规模、持久性碳清除的持续投入与验证。

2021至2025年，  
全球耐久性碳清除领域累计投资规模达

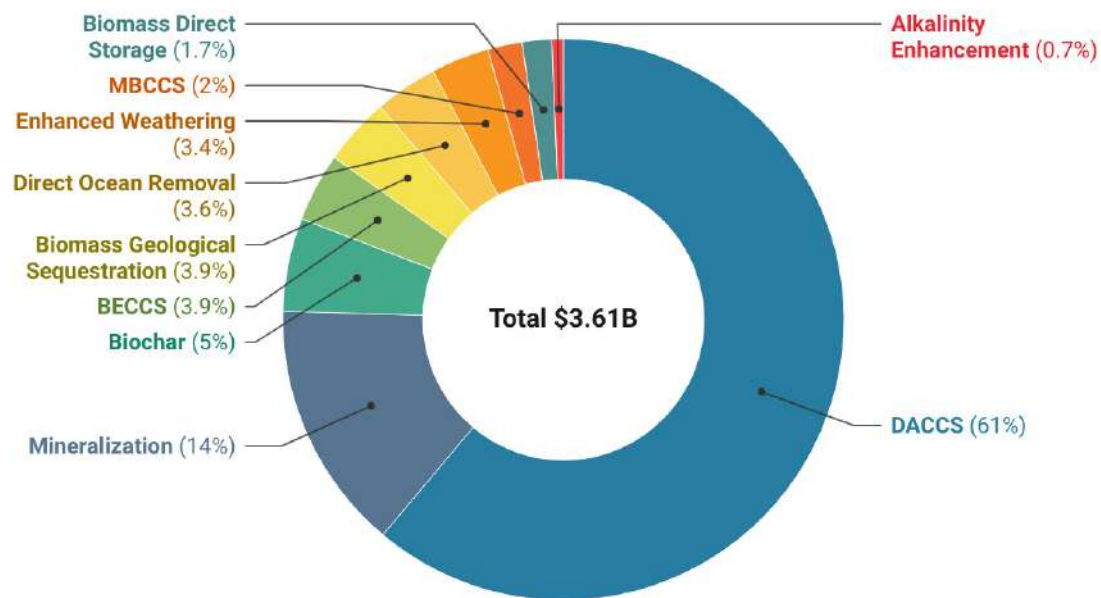
**36.1** 亿美元

图19：2021-2025年CDR累计投资分布

来源：CDR.fyi 《2026年碳清除投资格局报告：2021-2025年私人资本投资分析》

### Cumulative Investment in Durable CDR | 2021-2025

Dollar percentage by CDR method



Data as of January 8, 2026

Source: CDR.fyi • Created with Datawrapper

从资本动机来看，战略投资者（主要为寻求碳中和解决方案的跨国企业）是市场重要的驱动力量。它们通过签订长期承购协议，不仅为项目提供了关键的远期收入担保，降低了早期商业风险，更以此锁定优质的碳信用供应，服务于自身的净零目标。例如，科技巨头微软与美国开发商 Carba 签订的 44,000 吨 CO<sub>2</sub>e 清除协议 (Quantum, 2025b)，已成为该领域里程碑式的交易，显著增强了项目对财务投资者的吸引力。与此同时，影响力投资和 ESG 基金则更看重项目带来的环境与社会协同效益。例如，肯尼亚公司 Biosorra 获得德国非营利组织 Atmosfair 及墨西哥影响力基金 Fondo Nimbus 的投资 (Quantum, 2025a)，正是因为其“生物炭生产 + 再生农业 + 社区赋能”的模式，实现了碳清除、土壤改良与小农生计改善的多重目标。



政府与公共资金在市场中扮演着“启动器”与“催化剂”的关键角色。通过赠款、低息贷款及政策性基金，政府旨在推动本土绿色技术创新、创造就业并实现气候承诺。英国 Black Bull Biochar 获得地方发展基金及 Innovate UK 的创新贷款 (Quantum, 2025c)，以及美国多家公司获得能源部资助，都是公共资本降低私人投资门槛、引导市场发展的典型案例。此外，传统的风险投资与私募股权也正积极布局，它们主要押注于拥有专有技术、清晰规模化路径及已验证商业模式的企业，寻求碳资产价值增长带来的财务回报。

在地域分布上，融资活动高度集中于北美和欧洲的成熟市场，这些地区的项目融资规模较大，资金来源以风险投资、战略资本和政府基金为主。而在非洲、东南亚等新兴市场，项目虽然单体融资规模较小，但正快速吸引国际影响力资本和发展机构的关注，其项目模式更强调本地适应性与社区共益。

综合观察，投资方的决策逻辑呈现清晰的优先级。首要考量是项目是否获得了来自信用资质优良企业的长期承购协议，这是对冲市场风险的核心。其次，技术路径的可扩展性、成本效益及碳封存的持久性至关重要。此外，具备技术、工程与碳市场复合经验的团队，稳定且低成本的原料供应链，以及对国际碳信用标准的熟悉程度，均是影响投资决策的关键因素。

总体而言，生物炭碳资产市场已进入由实质需求与多元资本共同驱动的新阶段。对于潜在的项目开发方而言，理解并精准对接不同背景资本的核心诉求——无论是战略协同、财务回报还是影响力实现，是成功融资并实现规模化发展的关键。



## 设备方

生物炭生产设备是衔接上游生物质资源与下游碳资产开发的核心实体环节，其技术成熟度、标准化水平及与核证体系的兼容性，直接决定了碳信用项目的基线数据质量、开发成本与市场可信度。当前，全球生物炭设备市场正伴随碳清除需求的爆发而快速增长。据 Global Growth Insights 数据，2024 年全球生物炭机械市场规模已达 6.7 亿美元，预计到 2025 年将增至 7.4 亿美元，并在 2034 年达到 16.4 亿美元，年复合增长率超过 9%(Global Growth Insights, 2025)。这一增长背后，是设备方角色从传统的机械制造商，向碳标准载体和数据基础设施提供商的深刻转型。

在碳信用开发领域，获得主流标准机构的预先认证已成为设备商的核心竞争力。以 Puro.earth 为例，其对特定设备型号（如德国 PYREG 的 P 系列、中国海琦 HaiQi 的 CNBC 系列、百特 Beston 的 BST-50S 等）的认证 (Puro.earth, 2026)，实质上是对该设备工艺稳定性、碳转化率及监测系统可靠性的背书。项目方采用经认证的设备，能大幅简化其在项目设计文件中关于“技术额外性”和“基准线情景”的论证，显著降低开发门槛与时间成本。因此，获取并维持此类认证，已成为领先设备商服务全球碳资产项目的“技术护照”。

下一代领先的生物炭设备，其价值将远超热解反应器本身。它将必然是集成了物联网传感器、实时数据边缘计算与标准化数据输出接口的“dMRV（数字化监测、报告与核证）终端”。设备将自动、持续地记录从原料特性、运行参数到生物炭产出与封存的全链路数据，并直接对接核证平台，从而从根本上保障碳信用的真实性、透明性与价值。能否提前布局并深度融合这一数字化生态，将成为设备商在未来市场中确立领导地位的关键。

未来的趋势是智能化、数字化

全球生物炭设备  
市场高速增长

2024 年市场规模

6.7 亿美元

2034 年全球市场预计规模

市场年复合增长率

16.4 亿美元

> 9 %



## 签发方

### 全球通用、区域适配、 场景专精的 多元认证格局

在生物炭碳信用的签发依赖于一系列专门的标准与认证体系，这些体系是连接生物炭碳清除实践与碳市场交易的核心桥梁，为项目全生命周期的计量、监测、核查与信用签发提供标准化方法学框架、合规规则保障及质量背书。随着全球净零目标推进与碳清除需求激增，生物炭作为技术成熟、协同效益显著的 CDR 路径，已成为国际

碳信用体系的重点布局领域——既有传统主流碳信用机构通过更新方法学纳入生物炭品类，也涌现出一批聚焦碳清除场景的专业签发机构，形成了“全球通用型 + 区域适配型 + 场景专精型”的多元格局。

主要生物炭碳信用签发机构及标准解析：

#### Puro.earth

累计签发碳清除信用量

162 万吨

Puro.earth 是全球领先的工程化碳清除信用认证平台，2019 年在全球范围内率先引入生物炭碳清除方法学，总部位于芬兰赫尔辛基，核心使命是推动全球经济向奖励碳净负排放转型，助力企业通过科学路径实现净零目标。作为专注于碳清除领域的先驱者，该平台打破了传统碳抵消市场以减排为核心的模式，独家聚焦于经验证的碳净负技术，构建了连接碳清除技术供应商与气候意识型企业的专业交易生态。Puro.earth 已经被 ICVCM 批准为符合其核心碳原则 (CCP) 的碳信用平台并且被国际碳减排与抵消联盟 (ICROA) 认可，其下的生物炭方法学 (2022 版 V3 和 2025 版 V2) 也正在进行 CCP 评估。

自成立以来，Puro.earth 不断进行改革和完善，首先是方法学更新，以生物炭方法学为例，随着科技进步并从之前项目中总结经验，方法学从 2022 版 v2 的 14 页到 2025 版 v2 的 145 页，对于诸多问题做了更明确和科学的界定与说明，以确保项目实施和量化方式与

环境效益真实相符，其认证的碳清除信用也从 100 年提高至 200 年。除了方法学更新，Puro.earth 的资料提交系统也有了更新，从上传文件夹升级为 MyPuro2.0 系统提交，更新后的系统支持 Puro.earth 团队和审定核查团队双线审定资料，缩短资料审定时间，提高碳信用签发效率，在可视化方面也进行了升级，开发方可随时查看资料审查进度及 Puro.earth 或者审定核查机构反馈的意见。在碳信用的签发频率上，Puro.earth 也在进行探索和尝试，符合条件的大型项目可以获得更高频次的签发，以缓解项目实施过程中的资金压力。

截至 2026 年 4 月，Puro.earth 已累计签发 162 万吨 CORCs，其中超半数证书已完成注销，彰显了强劲的市场需求与真实的气候影响。平台通过 Puro Connect API、承购框架等数字化工具，以及与纳斯达克、CIX 等机构的战略合作，持续完善碳清除资产的交易机制，为包括生物炭在内的工程化碳清除技术规模化发展注入核心动力，成为全球高可信度碳清除资产开发与交易的核心枢纽。

#### Isometric

Isometric 是全球领先的碳信用登记与标准制定机构，以推动高质量碳清除与减排项目的市场化、合规化发展为核心使命。该机构成立于 2022 年，但成长非常迅速，短短几年内先后通过 ICVCM 核心碳原则 (CCPs) 全面批准、ICROA 有条件认可及 ICAO CORSIA

2024-2026 年合规资质，成为全球首个同时获得三重国际顶级认证的碳信用平台。其方法学体系覆盖生物质地质封存、生物油地质封存、地下生物质碳清除与封存、生物源碳捕获和封存、直接空气捕获 (DAC) 等前沿技术路径。

累计签发碳清除信用量

4.5 万吨

区别于传统按签发量计费的模式，Isometric 创新性采用与碳信用数量脱钩的固定服务费制度，通过独立审核成本核算与长期储存保障设计，消除增发激励与利益冲突，确保每笔碳信用的科学性、可追溯性与环境完整性。截至 2026 年 4 月，Isometric 签发碳清除信用超 4.5 万吨，其中 1.3 万吨已被注销。

Isometric 的一个亮点是它在 dMRV 系统部署方面的快速行动。dMRV 系统是大势所趋，它能够将登记系统与项目设备与传感器直

接相连，数据不可篡改，大大提高数据的透明度和可信度，而且自动化处理大大简化了数据报送程序，为碳信用的高频签发提供了保证。2024 年 12 月，Isometric 公布与 7 家领先的 dMRV 系统进行合作，为其实现月度签发提供了技术保证。2025 年 11 月签发了首批 291 个通过 dMRV 系统自动共享数据，经核查后签发的碳信用。Isometric 在 dMRV 系统方面的领先也是其能够在短时间内获得三大国际顶级认证平台认证的原因之一。

Verra

累计推动的温室气体减排与移除量

>10 亿吨

Verra 是全球领先的气候行动与可持续发展标准制定非营利机构，核心围绕温室气体减排、碳清除及可持续发展目标搭建高公信力的认证框架，其旗舰项目经核证碳标准（VCS）是全球应用最广泛的温室气体核证计划，累计推动全球碳项目实现超 10 亿吨温室气体的减排与移除，同时还管理着气候社区与生物多样性标准（CCB）、范围 3 标准（S3S）等多个专项框架，覆盖林业、农业、塑料减废等多个领域。该机构以科学严谨性和透明度为核心，通过制定标准化的方法学、第三方核证机制及全球统一的注册体系，为政府、企业、项目开发方搭建对接自愿碳市场的桥梁，推动气候项目的资金落地与可持续发展效益的落地，其制定的标准也获得了全球自愿碳市场诚信委员会（ICVCM）等权威机构认可，成为国际碳信用认证的重要标杆。

Verra 的生物炭方法学以 VM0044 v1.2 为核心版本，是经 ICVCM 核证符合核心碳原则（CCP）的高完整性碳清除方法学，适

用于全球范围内以废弃生物质为原料的生物炭碳汇项目开发，也是目前自愿碳市场中极具权威性的生物炭项目认证框架。该方法学明确要求项目需依托新建生物炭生产设施，仅允许将原本会自然降解或非能源利用焚烧的纯生物基废弃生物质作为原料，禁止使用人工种植的专用原料，同时限定热解、气化等为合规生产工艺，排除烘焙、水热碳化等方式，并按环保与能效标准将生产设施划分为高低技术两类，对高技术设施提出温室气体回收、70% 余热利用等硬性要求。方法学聚焦废弃生物质转化为生物炭后，在土壤（农田、草地）及非土壤场景（生物炭改性混凝土等建材）中的碳封存量化核算，新增投资分析要求以论证项目额外性，同时对生物炭原料的重金属等污染物含量、碳封存的长期性与监测方式制定了标准化规范，通过全流程的量化、核证与注册要求，确保生物炭项目实现真实、可测量、额外的碳清除效益，也为生物炭碳汇项目对接全球自愿碳市场提供了标准化的认证路径。

Carbon Standards International (CSI)

CSI 是一个聚焦于生物炭碳汇价值的国际标准体系，致力于通过科学严谨的核算规则、标准化的核证流程，为全球生物炭项目提供可信的碳汇量化与价值转化路径。它不仅保障了生物炭项目在碳减排、土壤改良等方面的环境效益真实可追溯，也为碳信用交易、企业可持续发展目标落地提供了关键的技术支撑，推动生物炭从生态实践走向市场化的价值闭环。

在 CSI 体系下，针对不同规模、模式及所在经济体发展水平的

生物炭项目，衍生出两大核心方法学。

Global Biochar C-Sink Standard 是面向规模化、工业化生物炭项目的核心框架，其“认可、验证与核证流程”以严谨性和规模化适配为核心。项目方需提交详尽的生产工艺设计、原料供应链溯源和碳核算模型，经技术委员会评审通过后，再由第三方机构对项目额外性、减排潜力及长期环境影响进行现场验证，后续还需通过年度核证确保碳汇量的精准核算与合规性。该方法学适用于机械化、

连续化的生产场景，强调数据的可测量、可报告与可核证（MRV），以满足大规模碳信用交易的严谨性要求，无论项目所在经济体的收入水平如何，只要属于规模化工业化生产模式，均可采用此标准。

与之相对，Global Artisan C-Sink Standard 是专门为小型手工、社区型生物炭项目设计的轻量化框架，其适用范围有着明确的经济体限定：仅允许世界银行划定的高收入经济体以下的中低收入经济体项目采用。在认可阶段，它简化了技术文档要求，允许采用符合

当地实践的传统工艺；验证环节则将重点转向社区生计改善、本地废弃物资源化利用等社会效益，通过简化的原料溯源机制保障可持续性；核证也采用更灵活的周期和抽样核查方式，在控制成本的同时，平衡数据可信度与社区参与度，适配分散式、低技术门槛的生产场景。值得注意的是，即使项目位于中低收入经济体，若其采用规模化、工业化的生产模式，仍需遵循 Global Biochar C-Sink Standard，而非本方法学。

### BioCarbon Standard

总部位于南美，BRC0011 方法学具有鲜明的“南南合作”适配特征，借鉴 CDM 成熟工具与 ISO 14064 碳核算标准，与发展中国家项目开发流程兼容性强。拓展了非土壤活动监测细则，将“可持续发展效益”纳入核证指标，与 SDGs 高度契合。

### Climate Action Reserve (CAR)

美国本土权威碳信用登记机构，《美国与加拿大生物炭协议》1.0 版是北美地区生物炭项目的核心合规依据，2024 年 8 月获得 CCP 标签认证。覆盖六大类最终用途，针对本土高频场景制定细化监测方案，正在修订至 1.1 版，优化寒冷地区土壤稳定性核算模型及与国内碳市场的对接机制。

### Rainbow

法国标准，以“模块化设计 + 技术前瞻性”为核心特色，将生物炭作为核心品类纳入“生物质碳去除与封存”方法学，已落地“土壤施用”模块，正在开发“混凝土应用”模块。与欧盟 CBAM 兼容性强，核证碳信用未来有望用于欧盟相关产业碳成本抵消。

## 主流碳信用体系 加速布局 生物炭标准化

除上述已落地方法学的机构外，全球多个主流碳信用体系正加速布局生物炭领域，进一步推动行业标准化进程：中国 CCER 机制在重启后已发布 18 项新版方法学，据悉也在考虑纳入生物炭方法学，重点适配国内农林废弃物资源特征与碳市场交易需求；黄金标准（Gold Standard）作为全球规模最大的碳信用框架之一，其生物炭方法学研发将延续“环境 + 社会”双重效益的核心定位，计划将社

区收益、生物多样性保护等指标纳入核证体系，预计 2026 年完成公开征求意见；澳大利亚碳信用单位（ACCU）机制、泰国 T-VER 计划则聚焦区域生物质资源特点，分别针对桉树废弃物、棕榈壳制生物炭的场景开展方法学设计，旨在构建本土化的碳信用闭环。

# 03

## 主要碳信用机制下 生物炭的碳资产开发

- 3.1 Puro.earth
- 3.2 Verra (VCS)
- 3.3 CSI (C-Sink)
- 3.4 Isometric
- 3.5 数据收集与清除量计算

生物炭想要获得碳信用，需要在特定的碳信用机制的平台上进行申报，并根据平台的相关要求提供相应的资料以证明生物炭的生产及使用是真实存在，且确实起到了固碳的作用。不同的碳信用机制对项目申报的要求不尽相同，同时，不同的机制下签发出的碳信用在市场的价格表现也不一致，本章将重点介绍全球可申报生物炭碳信用的几大主流碳信用机制，以及在这些机制下申报生物炭项目的申报条件和主要流程。



# 3.1 Puro.earth

## 项目开发流程



Puro.earth 的碳清除资产开发流程主要分为三个核心阶段，各环节由不同主体协作推进，以确保碳清除量的合规性与可信度：

首先是项目开发阶段，由 CO<sub>2</sub> 清除供应商主导完成“项目概念细化”，明确生物炭等碳清除技术的应用方案后，确定“启动日期”这一里程碑节点，随即进入“项目实施”环节，完成生产设施搭建、技术落地等前期筹备工作。

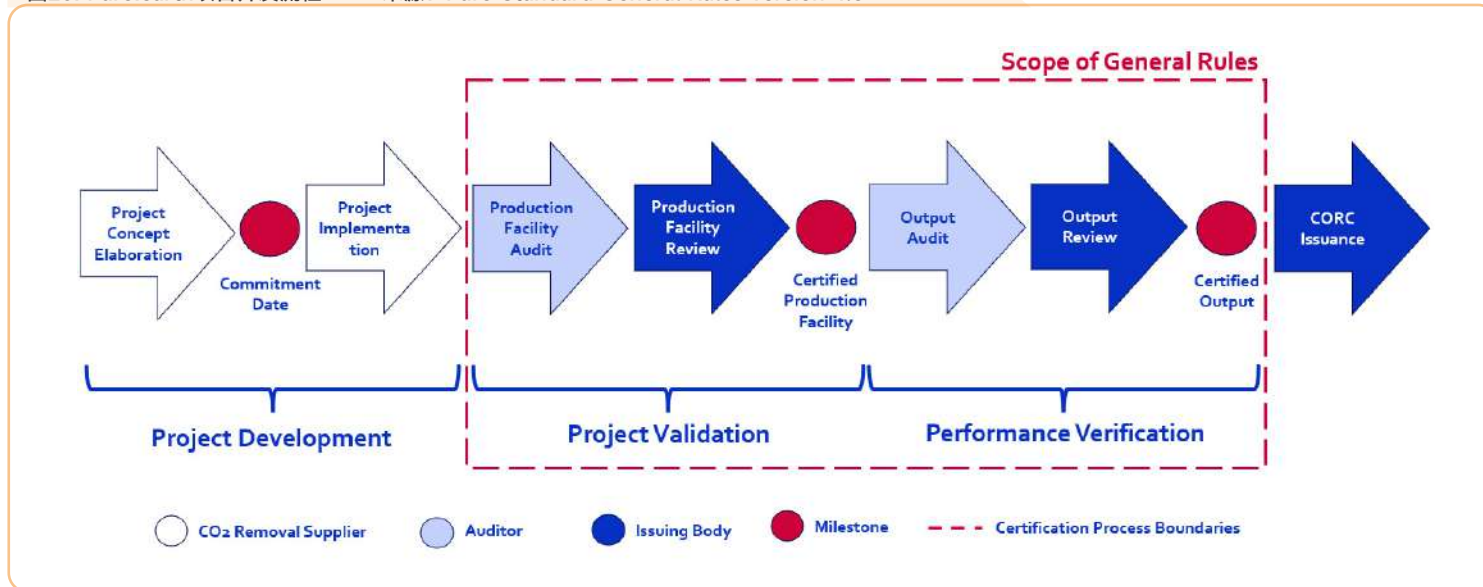
当项目实施完成后，流程进入项目审定阶段：先由第三方审核机构开展“生产设施审核”，审核通过后交由签发机构进行“生产设施复核”，通过后达成“认证生产设施”的里程碑，标志着项目硬件

与技术条件符合 Puro.earth 标准。

最后是清除量核查阶段，同样由第三方审核机构实施清除量核查，对生物炭的碳清除量等实际产出数据进行核查，再由签发机构开展清除量复核，通过后达成清除量认证，最终由签发机构完成“CORC 签发”，对应经验证的碳清除量转化为可交易的二氧化碳清除证书。

整个流程通过供应商、审核机构、签发机构的分工协作，以及多轮审核 - 复核的机制，保障了碳清除资产从项目落地到证书签发的规范性与可追溯性。

图20: Puro.earth项目开发流程 来源: Puro Standard General Rules version 4.3



## ● Puro.earth 生物炭项目的开发条件

Puro.earth 对生物质原料的开发实施严格的分类管理体系，依据原料来源、属性及应用场景，将所有生物质原料划分为允许使用、允许使用但不产生 CORCs、不允许使用三大类别，各类别均明确界定了准入标准与核心边界，为生物质原料的合规筛选提供清晰依据。

为便于快速判定各类原料的归属及适用范围，现将三大类别的具体要求梳理如下表所示。该表涵盖类别层级、代码、核心定义、类别解释、典型原料及易混淆点说明等关键信息，可直观区分不同原料的准入属性，有效规避分类判定偏差。

表6: Puro.earth生物炭项目下生物质分类 来源: Puro.earth Biochar Methodology for CO2 Removal Edition 2025 V1 Section 3.4.5

类别代码	核心定义	类别解释	典型原料	易混淆点说明
允许使用				
<b>B</b>	消费后 / 加工后食品废弃物	食品产业链各环节产生的、无法再用于人类食用的废料	过期食品、食品加工下脚料、废弃食用油、糖蜜	与 K 类区分: B 类是食品加工 / 消费端废料, K 类是农业种植 / 初级加工的非食品性残留物
<b>C</b>	除食品外的已分类城市固体废弃物	城市生活、商业及工业活动产生的, 经分类筛选的非食品类固体废料	废纸、废纺织品、废旧木材(木皮、木屑)	与 G 类区分: C 类是工业 / 商业加工废料, G 类是林地采伐 / 原生加工废料; 木皮若来自家具厂 / 板材厂归 C 类, 若来自原木材场加工归 G 类
<b>D</b>	非市政来源的绿色垃圾	城市、农村绿化养护或自然清理产生的天然植物废弃物	公园修剪树枝、杂草、落叶、河道漂浮植物	与 N 类区分: D 类是常规绿化维护废料, N 类是生态保护目的的清理物(如入侵物种、防火隔离带清理物)
<b>E</b>	动物废弃物	畜禽养殖、屠宰加工环节产生的动物源性废料	屠宰场下脚料、动物粪便、禽畜加工副产物	与 B 类区分: E 类是纯动物源性废料, B 类含动物源性成分时需归为食品废弃物
<b>F</b>	城市污泥与生物固体	城市污水处理过程中沉降、分离产生的固体物质	污水处理厂污泥、污水衍生物固体	与其他类别无交叉, 核心判断依据是来源为城市污水处理系统
<b>G</b>	林业生物质(初级 / 次级)	林地直接采伐的原料, 或原木初级加工产生的次级废料	林地问伐材、原木剥皮的树皮、锯木厂锯末	与 C 类区分: G 类原料源头是林地, C 类原料源头是城市工业 / 商业加工环节
<b>H</b>	纸浆和造纸废弃物	纸浆生产、纸张制造及再生纸加工过程中产生的废料	造纸黑液、纸浆污泥、再生纸加工残渣	与 C 类(废纸)区分: H 类是造纸生产过程废料, C 类废纸是消费后回收的成品废纸
<b>I</b>	非食用农业作物	人工种植的、不以人类食用或动物饲料为目的的农业植物	能源草、工业用麻、生物材料专用作物	与 J 类区分: I 类完全不用于食用 / 饲料, J 类是直接用于食用或饲料的作物
<b>K</b>	非食用农业种植残留物	粮食、饲料作物种植过程中, 田间产生的非收获主产物	小麦秸秆、玉米芯、稻壳、果树修剪枝	与 L 类区分: K 类是田间种植环节残留物, L 类是工厂初级加工环节残留物

L	非食用农业加工残留物	粮食、饲料作物进入工厂初级加工后产生的废料	甘蔗渣、咖啡壳、果核、棕榈空果串	与 K 类区分：L 类是加工环节产生，K 类是田间环节产生
M	棕榈油相关生物质	棕榈种植园及棕榈油加工过程中产生的特有残留物	棕榈果壳、棕榈油加工残渣	与 L 类区分：M 类是棕榈产业专属，L 类是通用农业加工残留物
N	保护性景观管理生物质	为生态保护、灾害防控等目的清理产生的植物废料	人工养殖藻类、芦苇、水葫芦	与 D 类区分：N 类有明确生态保护 / 防灾目的，D 类是常规绿化维护
O	水生生物质	人工栽培或天然收获的水生植物、藻类及其衍生物	公园修剪树枝、杂草、落叶、河道漂浮植物	与其他类别无交叉，核心判断依据是生长环境为水生
允许使用但不产生CORCs				
P	土地清理生物质（非保护 / 非高价值生态系统）	因土地用途变更清理的植被，且清理区域不属于生态保护区或高价值生态系统	城市扩张清理的树木、管道建设清理的植被	与 N 类区分：P 类是土地用途变更导致的清理，N 类是生态保护目的的清理
不允许使用				
A	混合城市固体废弃物（未分类）	未经过分类筛选的城市生活垃圾，或从混合垃圾中提取的有机部分	未分类生活垃圾、混合垃圾提取的有机废料	与 C 类区分：A 类未分类，C 类已分类；混合垃圾提取的有机部分即使看似纯净也归 A 类
J	食用农业作物	人工种植的、直接用于人类食用或动物饲料的作物	玉米、小麦、大豆（用于燃料 / 饲料）、发酵用谷物	与 I 类区分：J 类核心用途是食用 / 饲料，I 类无此用途



Puro.earth 生物质原料准入的核心原则为优先利用废弃物资源、严格规避与粮食 / 饲料争地风险、坚守生态保护底线，这一分类逻辑既保障了生物质开发的可持续性，也为碳资产核算提供了合规基础。

## 3.2 Verra

### ◉ Verra 项目的开发流程

表7: Verra项目开发流程 来源: Verra网站

流程阶段	核心步骤	关键说明
1. 开设 Verra 注册账户	1. 市场参与者提交账户申请 2. Verra 审核申请材料 3. 审核通过后完成账户开通	所有参与 VCS 项目的市场主体必备前置步骤; 可随时申请, 无需提前具备审定 / 核查项目或签署 VCU 交易协议
2. 项目挂网 (开发中路径)	1. 提交项目草案 + 列名声明 → Verra 审核记录, 列为开发中 2. 升级为审定中: 提交完整材料 + 审定合同证明 → Verra 审核 3. 启动 30 天公众咨询	适用于未签约审定 / 核查机构的早期项目; 升级为审定中阶段时无需重复缴纳挂网费用
3. 项目挂网 (审定中路径)	1. 提交完整项目材料 + 列名声明 + 审定合同证明 2. Verra 审核合规性后创建项目记录 3. 直接启动 30 天公众咨询	适用于已签约审定 / 核查机构的项目; 可跳过开发中阶段, 缩短挂网周期
4. 项目审定与减排量核查	1. 向审定 / 核查机构提交项目材料、所有权证明等 2. 完成项目合规性审定 + 减排量移除量核查 3. 获取审定核查报告及官方声明	注册的核心技术前置环节; 核查周期跨年度时需按自然年拆分 VCU vintages
5. 注册与核查审批申请	1. 向 Verra 提交全套材料 (含项目描述、审定 / 核查报告等) 2. 缴纳项目注册评审费	可单独申请注册, 或合并申请“注册 + 核查审批”; 材料需区分公开版与商业敏感信息版
6. Verra 合规审核	1. 材料完整性与合规性检查 2. 识别问题并要求整改 (最多 3 轮整改机会) 3. 审核通过驳回申请	驳回后需等待 90 天才能重新提交; 1 年内未提交新申请则项目被标记为“管理员驳回”
7. 项目注册与首次 VCU 签发	1. Verra 创建项目与 VCU 记录, 生成唯一序列号 2. 项目方缴纳 VCU 签发费 3. VCU 存入项目方注册账户	需核查项目地理唯一性 (5 公里内无重复项目); 支持增量签发, 按实际需求申请部分减排量对应 VCU
8. 定期 VCU 签发	1. 提交监测报告、核查报告等材料 2. Verra 审核通过后生成新批次 VCU 3. 缴纳签发费后完成 VCU 入账	由项目方或其授权代表发起; 需按周期提交材料, AFOLU 等有逆转风险的项目需连续提交监测报告
9. VCU 处置	注销: 账户持有人操作 → Verra 记录取消: 提交申请 → 确认信息 → 执行取消 → Verra 记录	注销用于抵消碳排放; 取消适用于违规整改、信用转换等场景
10. 项目维护	1. 项目方提交信息变更通知 2. Verra 审核后更新项目注册记录	涵盖信息更新、状态变更 (延期 / 退出 / 重新激活); AFOLU 项目需按要求维护缓冲信用, 未按时提交核查报告将触发缓冲信用冻结

## ● Verra 生物炭项目的开发条件

在 Verra 生物炭方法学中的开发与应用中，原料的可持续性确保项目环境效益与合规性的核心前提。本章节所附的原料类别与标准表，系统梳理了方法学对生物质原料的准入要求，为项目开发者提供了明确的合规路径。

表8: Verra生物炭项目对生物质的要求 来源: VM0044 Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications, v1.2

原材料类别	可持续性标准	废弃生物质示例（包括但不限于）
农业废弃生物质	<ol style="list-style-type: none"> <li>若项目直接从农田获取农业废弃物，而非从食品加工厂等生物质处理环节获取，必须提供文件证明：该活动不会导致土壤有机碳储量下降或生产力降低，且基线场景为无能源生产时的废弃物露天焚烧。</li> <li>在无特殊文件支撑的情况下，原料去除量不得超过总残留物的 50%，以防止土壤退化。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>树木、藤蔓和灌木修剪物</li> <li>收获残留物，如稻草、树叶、茎秆、果壳、果渣、果仁</li> <li>水果和蔬菜残留物</li> </ol>
食品加工残留物	<ol style="list-style-type: none"> <li>残留物必须来自食品加工设施。</li> <li>设施产出的残留物产量，不得因专门用于生产生物炭而额外增加。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>洗涤、清洁、去皮、离心和分离过程中产生的材料</li> <li>过期食品残留物</li> <li>食品工业加工产生的残留物（如咖啡、茶、可可、烟草）</li> </ol>
林业和其他木材加工	<ol style="list-style-type: none"> <li>来自森林的木质原料（非工厂加工的副产品），必须证明其来自可持续来源，且不会导致森林砍伐或退化。可持续利用的证明包括：经相关州或地区主管部门批准的可持续管理计划、森林认证体系认证计划（如 PEFC/FSC），或符合清洁发展机制（CDM）定义的可再生生物质要求。</li> <li>当加工木材用作土壤改良原料时，出于健康和原因，不得含有任何油漆、溶剂或其他污染物，包括潜在有毒物质。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>森林管理或采伐作业产生的边角料、锯末和其他副产品</li> <li>来自林业的副产品，例如木托盘和木材废料</li> <li>为减少野火风险而按州或当局指定，对过度砍伐区域进行清理产生的间伐材</li> <li>修剪或疏伐产生的物料（不含商品木材），如遮荫树、果园、防风林、溪流缓冲区、农林复合系统或牧场的侵入性清除物</li> <li>种植园或林地管理期间砍伐的病树</li> <li>燃烧后的木质生物质</li> <li>废纸和纸板</li> </ol>
循环经济	<ol style="list-style-type: none"> <li>原料必须符合项目相关的最新材料标准或指南（例如 IBI 生物炭测试指南或 EBC 生产指南）中关于重金属和其他污染物的限值，且生物炭原料为工业或城市废弃物中的非化石燃料部分。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>城市 / 农村绿化碎料、无害城市绿化垃圾</li> <li>废水处理产生的生物固体</li> <li>造纸厂污泥</li> </ol>

<p><b>水产养殖植物</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 废物必须是水产养殖的副产品。</li> <li>2. 项目方必须证明，入侵物种（如风眼蓝）并非为了作为生物炭原料而特意引入的。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 海藻、藻类废弃物、水生生物入侵物种（仅限植物界）</li> </ol>
<p><b>动物粪便</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 废物必须是畜牧业的副产品。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 猪、牛、马和家禽养殖场的废弃物</li> </ol>
<p><b>生物质高碳粉煤灰</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 高碳粉煤灰 (HCFA) 不得超过生物能源设施年度废弃生物质总产量的 5%。</li> <li>2. 项目方必须提供证据，证明在废弃生物质完全燃烧前，已采用“肯定”技术提取生物炭。</li> <li>3. 项目方还需证明，当材料转移至生物炭项目时，生物质设施未使用化石燃料来弥补生物质热值的损失。</li> <li>4. 最终材料需符合 IBI 生物炭测试指南。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 热电联产设施的副产品</li> </ol>



Verra 方法学首先从原料来源的合法性与可持续性出发，对农业废弃生物质、林业加工残余物等不同类别原料设置了差异化约束。例如，对于农业废弃物，要求项目不得因移除残留物导致土壤碳库流失或生产力下降，且原料移除比例需控制在总残留量的 50% 以内，以此避免对农田生态系统的长期损害；对于林业木质原料，则强制要求提供可持续森林管理证明或第三方认证，从源头杜绝森林砍伐风险。

其次，方法学强调废弃属性的严格界定，以确保生物炭项目真正实现废弃物的资源化利用。例如，食品加工残留物需证明其为生产环节的固有副产品，而非为生物炭生产刻意增加的产出；循环经济类原料则需符合重金属与污染物阈值标准，避免将工业或城市废弃物中的化石燃料成分纳入生物炭原料体系。这种界定不仅保障了项目的额外性，也强化了生物炭在碳汇与生态修复中的真实效益。

此外，针对高碳粉煤灰等特殊原料，方法学通过量化比例限制（不超过年度生物质总产量的 5%）与技术验证要求，进一步降低了项目的环境风险。通过本章节的原料标准框架，项目开发者可清晰识别合规原料、规避潜在争议，为生物炭项目的全生命周期合规性奠定坚实基础。

## 3.3 C-Sink

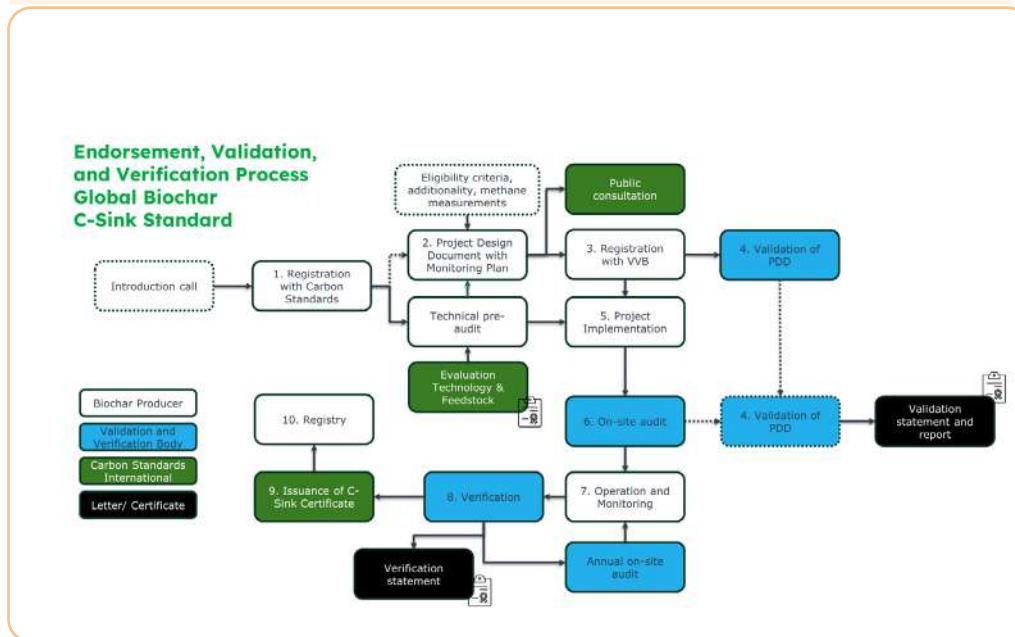
### ◆ C-Sink 两类方法学的开发流程

C-Sink 体系针对规模化工业化与小型手工两类生物炭项目，设计了差异化的开发流程，以适配其不同的项目定位与合规需求。

#### Global Biochar C-Sink Standard 开发流程

Global Biochar C-Sink Standard 的开发流程以严谨性、全流程可追溯为核心，完整覆盖了从项目启动到碳汇核证的全生命周期，具体如下：项目方首先通过启动会（Introduction call）与碳标准机构对接，完成初始注册（Registration with Carbon Standards）。随后，需同步推进两项核心准备工作：一是编制包含监测计划的《项目设计文件》（Project Design Document with Monitoring Plan），明确资格标准、额外性论证及甲烷测量等关键内容；二是开展技术预审核（Technical pre-audit），同步完成对生产技术与原料的评估（Evaluation Technology & Feedstock）。《项目设计文件》需通过公示（Public consultation）接受公众监督，之后提交至审定核查机构（VVB）注册，再进入文件审定环节（Validation of PDD）。通过审定后，项目方可启动实施（Project Implementation），期间审定核查机构机构会进行现场审核（On-site audit），并再次对项目设计文件进行复核。项目进入运营阶段后，需持续开展运营监测（Operation and Monitoring），核证机构每年进行年度现场审核（Annual on-site audit），并定期完成核查（Verification），最终由碳标准机构签发 C-Sink 证书（Issuance of C-Sink Certificate），项目信息同步录入注册系统（Registry）。

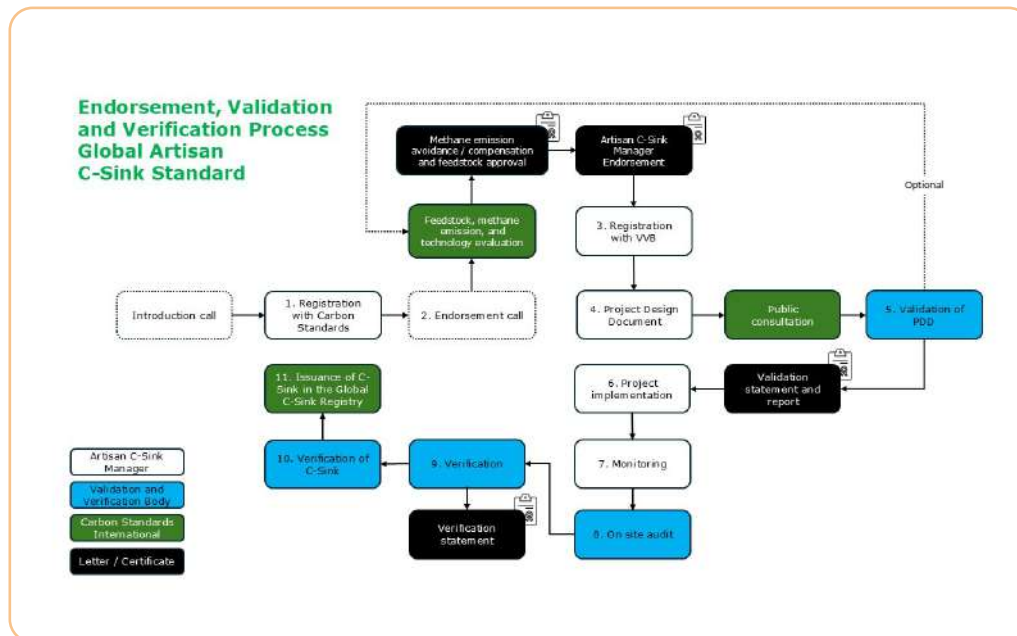
图21: C-Sink全球生物炭开发流程 来源：Global Biochar C-Sink Standard



## Global Artisan C-Sink Standard 开发流程

Global Artisan C-Sink Standard 的开发流程更强调灵活性与低成本适配性，在保障合规性的同时降低了小型社区项目的准入门槛，具体如下：项目方同样以启动会（Introduction call）与初始注册（Registration with Carbon Standards）为起点，随后需召开专项认可会议（Endorsement call），同步完成原料、甲烷排放与技术的评估（Feedstock, methane emission, and technology evaluation），并获得甲烷排放规避/补偿方案与原料的审批（Methane emission avoidance/compensation and feedstock approval），最终取得手工项目的认可（Artisan C-Sink Endorsement）。完成认可后，项目方提交至审定核查机构注册（Registration with VVB），并编制《项目设计文件》（Project Design Document），经公示（Public consultation）后进入文件审定环节（Validation of PDD）。通过验证后，项目方可启动实施（Project Implementation），并持续开展监测（Monitoring）与现场审核（On-site audit），最终完成核查（Verification），由碳标准机构在全球 C-Sink 注册系统中签发证书（Issuance of C-Sink in the Global C-Sink Registry）。

图22: C-Sink全球手工生物炭项目开发流程 来源: Global Artisan C-Sink Standard



### ◆ C-sink 生物炭方法学的开发条件

在《全球生物炭碳汇标准》（Global Biochar C-Sink Standard）框架下，生物质原料作为 C-Sink 开发的基础前置条件，其合规性直接决定碳汇的科学性、有效性及后续认证通过率，所有原料开发活动需严格遵循以下核心要求：所有用于 C-Sink 开发的生物质原料，必须满足“碳中和”定义，即原料需为生物质加工过程中产生的残余物（如木材加工废料、食品加工废料等），或其

采收行为在基准周期内不会导致生长系统（如农田、森林、景观植被区等）的总碳储量减少。不同类别生物质的碳中和判定需结合来源属性、生长周期及相关认证体系佐证：森林生物质需通过所在国家 LULUCF（土地利用、土地利用变化和林业）官方报告、PEFC/FSC 森林可持续认证或 ISO 16064 标准碳通量评估；人工种植生物质需确保采收量不超过年度生长量，且不破坏土壤有机碳储存功能。

需对生物质从生长、采收、运输、储存至热解前的全流程开展碳消耗核算，所有直接与间接产生的温室气体排放均需统一转换为二氧化碳当量，纳入排放清单并完全抵消后，方可进入后续碳汇开发环节。具体的生物质类别、碳中性判定依据、碳消耗核算要点及专项合规要求详见下表：

表9: C-Sink生物炭项目对生物质原料的要求 来源：C-Sink网站

生物质类别	碳中性要求	碳消耗核算要点	额外要求
1. 一年生作物生物质	以1年为基准周期，主作物、作物残料（秸秆、番茄秆等）及伴生植物均认定为碳中性；专门为生物炭生产种植的生物质，需符合“采收不减少生长系统总碳储量”的碳中性定义。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氮肥排放：每100千克氮素折算为1吨CO<sub>2</sub>e；</li> <li>2. 农药排放：每公顷固定核算94千克CO<sub>2</sub>e；</li> <li>3. 柴油消耗：每吨柴油折算3.2吨CO<sub>2</sub>e，或每立方米柴油折算2.7吨CO<sub>2</sub>e；</li> <li>4. 种植、收割环节的低量排放，统一纳入安全边际核算。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 严禁完全移除田间作物残料，需保留部分残料以维持土壤覆盖和有机质循环功能；</li> <li>2. 采收残料的行为，不得导致土壤有机碳储量下降；</li> <li>3. 作物干物质碳含量约为50%，热解后需固定半数以上碳形成长期碳汇。</li> </ol>
2. 多年生作物生物质 (含短轮伐期人工林)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 年度采收：碳中性要求与一年生作物一致；</li> <li>2. 非年度采收（隔年、每5年/20年采收）：需核算全生长周期的碳平衡，确保采收未减少生长系统总碳储量，方可认定为碳中性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 年度采收：氮肥、农药产生的排放按年度单独核算；</li> <li>2. 非年度采收：化肥、燃料消耗产生的排放，需覆盖整个生长周期，全面核算后纳入排放清单；</li> <li>3. 相关种植排放均需通过已登记的长期碳汇抵消。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 年度采收：氮肥、农药产生的排放按年度单独核算；</li> <li>2. 非年度采收：化肥、燃料消耗产生的排放，需覆盖整个生长周期，全面核算后纳入排放清单；</li> <li>3. 相关种植排放均需通过已登记的长期碳汇抵消。</li> </ol>
3. 森林生物质	<p>需通过所在国家LULUCF官方报告、PEFC/FSC（国际主流森林可持续认证体系）认证，或近20年ISO 16064标准碳通量评估，证明森林气候中性；</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 间伐木材：因可促进留存树木生长、增加森林总碳储量，认定为碳中性；</li> <li>2. 灾害受损林木（风灾、火灾等）：提交经碳标准组织批准的造林更新方案后，可认定为碳中性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 森林维护、木材采伐环节产生的排放，纳入范围3排放的安全边际核算；</li> <li>2. 默认森林培育不施用化肥，若实际施用氮肥，需按“100kg N=1t CO<sub>2</sub>e”的标准核算排放，并从碳汇潜力中扣除对应碳消耗。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 单块森林地块面积≤100公顷，郁闭度（森林树冠覆盖度）≥50%，严禁采伐后郁闭度低于50%；</li> <li>2. 年度采伐量≤年度生长量，从森林中移出的生物质总量≤采伐量的80%，维持森林养分循环和生物多样性；</li> <li>3. 森林木材优先用于生产长效材料，木材加工残料可用于生物炭热解。</li> </ol>

<p><b>4. 景观保育、农林复合经营、森林菜园、农田边界及城市区域产生的木质生物质</b></p>	<p>1. 修剪生物质：树木仅修剪、不砍伐，且修剪后可从根部重新生长，其修剪残料为碳中和性；</p> <p>2. 生态维护残体：自然保育、景观管理（灾害残体清理、道路绿化）及城市区域产生的生物质，为碳中和性；</p> <p>3. 新植植被采收物：为获取生态服务功能新种植的树木、树篱等，其采收的生物质（附带效益）为碳中和性。</p>	<p>无额外专项碳消耗核算，相关生产、维护环节产生的低量排放，统一纳入安全边际核算，无需单独量化。</p>	<p>1. 树木管理需保证：单位面积内每年移除的木材量≤年均生长量，监测工作在农场层面开展；</p> <p>2. 若树木被砍伐且木材未用于材料生产，全部用于热解、焚烧或分解，需按《全球树木碳汇标准》，依据树木各生长年份的 CO<sub>2</sub> 吸收曲线，登记 CO<sub>2</sub> 移除时间。</p>
<p><b>5. 木材加工废料及废弃木质材料</b></p>	<p>1. 初级木质废料（锯木厂锯末、树皮、边角料等，及森林预处理、运输途中产生的废料）：需符合第3类“森林生物质”的认证要求，方可认定为碳中和性；</p> <p>2. 次级木质废料（再生木质产品，如再生建筑用材、废弃托盘、家具等）：直接认定为碳中和性。</p>	<p>1. 初级木质废料：遵循“森林生物质”的碳消耗核算要求，按对应标准核算；</p> <p>2. 次级木质废料：无额外碳消耗核算，相关排放纳入安全边际。</p>	<p>1. 初级木质废料需做好溯源管理，确保其来源于符合要求的森林；</p> <p>2. 次级木质废料的 CO<sub>2</sub> 移除时间，统一登记为生物炭热解年份；</p> <p>3. 初级木质废料需视为原料（非废弃物），推动林业管理者采取气候友好型经营措施。</p>
<p><b>6. 食品及其他生物质加工产生的有机残余物</b></p>	<p>1. 食品加工残料：果渣、坚果壳、果核、咖啡渣等，因主产品（葡萄酒、果汁、咖啡等）的碳足迹已单独核算，残料认定为碳中和性；</p> <p>2. 工业生物质加工残料：造纸污泥、生物纤维洗涤残渣、新鲜棕榈果串等，直接认定为碳中和性。</p>	<p>无特殊碳消耗核算，加工、储存环节产生的排放，统一纳入安全边际，无需单独量化。</p>	<p>此类生物质的 CO<sub>2</sub> 移除时间，统一登记为生物炭热解年份；需确保残料未被污染，符合生物炭生产基础标准。</p>
<p><b>7. 城市废弃物及城市废弃物消化残渣</b></p>	<p>属于纯废弃物，生产过程无需核算排放，认定为碳中和性；注意：生物炭中仅来自有机碳组分的部分，有资格进行碳汇认证，需与废弃物中的化石碳（塑料、复合材料等）严格区分。</p>	<p>1. 区分有机碳与化石碳：采用放射性碳分析（化石碳不含碳-14），取样需收集1个月周期的生物炭样品，确保代表性；</p> <p>2. 塑料污染物≤5%时，其化石碳影响纳入安全边际核算，无需额外扣除；</p> <p>3. 热解处理的排放需单独核算，确保优于填埋处理的气候效益。</p>	<p>1. 热解处理需显著降低垃圾填埋场对土壤的污染风险，相比填埋、焚烧，实现资源高效利用；</p> <p>2. 混合废弃物制成的生物炭，需按规范完成取样、分析，明确有机碳占比，方可进行碳汇认证。</p>
<p><b>8. 粪肥及农业废弃物消化残渣</b></p>	<p>作为畜牧业生产的副产品，动物粪肥及其消化残渣的碳源自大气 CO<sub>2</sub>（饲料吸收），且饲料生产的碳足迹已纳入畜产品核算，因此认定为气候中性；仅核算运输环节的排放。</p>	<p>1. 运输环节排放：单独量化并纳入碳消耗，需通过已登记的长期碳汇抵消；</p> <p>2. 储存、预处理环节排放无需单独核算，热解可有效减少粪肥储存、施用过程中的甲烷排放。</p>	<p>1. 粪肥、消化残渣热解前，若掺入生物炭，该部分掺入的生物炭不得计入碳汇；</p> <p>2. 若生物炭用作动物饲料，需提供证明文件，证实由此产生的粪肥最终用于土壤施用，且不进行热解处理；</p> <p>3. 饲料中添加的弥散型碳汇生物炭，其产生的粪肥不得再进行碳汇登记。</p>
<p><b>9. 生物固体及生物固体消化残渣</b></p>	<p>与粪肥碳中和性核算逻辑一致：生物固体主要原料为食品（多来源于一年生作物），认定为碳中和性；</p> <p>1. 市政污水处理厂生物固体：非有机聚合物、化石碳分子的影响，纳入安全边际；</p> <p>2. 工业污水处理厂生物固体：需提供碳源证明，逐案判定是否符合碳中和性要求。</p>	<p>1. 市政污水处理厂生物固体：相关排放纳入安全边际，无需单独核算；</p> <p>2. 工业污水处理厂生物固体：碳消耗按具体碳源类型，参照同类生物质核算标准，逐案量化。</p>	<p>此类生物质的 CO<sub>2</sub> 移除时间，统一登记为生物炭热解年份；工业污水处理厂产生的污泥，需在碳汇认证技术审核阶段，完成逐案核验。</p>

## 10. 其他生物质残余物

原则上，需在欧洲生物炭证书（EBC）、世界生物炭证书（WBC）的生物质原料阳性清单内，方可认定为碳中和；具体是否符合碳汇认证要求，需根据原料具体类型，在认证过程中逐案评估。

无统一的碳消耗核算标准，按原料具体类型，参照表格中同类生物质的核算要求，逐案核算。

1. CO<sub>2</sub> 移除时间默认登记为热解年份，最终以碳汇认证过程中的核验结果为准；
2. 随着碳汇认证需求增加，此类生物质的具体类别将逐步扩充、完善。

### 森林生物质 采收核心量化红线

面积上限

≤ 100 公顷

郁闭度

≥ 50 %

移出量

≤ 80 %

专项合规管理需强化原料全流程管控，确保碳汇开发与生态保护协同推进。原料溯源方面，初级木质废料、森林生物质等需建立完整溯源链条，明确来源地、采收时间及相关合规证明，确保符合森林可持续经营与生态保护规定；城市废弃物、工业污泥等混合原料需通过放射性碳分析等技术手段，精准区分有机碳与化石碳组分，严禁化石碳混入碳汇原料体系。采收与利用环节需严格遵守量化限制：森林生物质需控制单块地块面积不超过 100 公顷、郁闭度不低于 50%，年度采收量不得超过生长量，且从森林移出的生物质总量不超过采收量的 80%，以维持森林养分循环与生物多样性；作物生物质不得完全移除田间残料，需保留部分残料以维持土壤覆盖功能与有机质循环；景观植被、城市区域生物质的采收需以生态维护为前提，不得破坏原有生态系统功能。原料适配性方面，所有生物质需纳入欧洲生物炭证书（EBC）或世界生物炭证书（WBC）的生物质阳性清单，工业污水处理厂产生的污泥需逐案核验碳源合法性，确保无化石碳污染与有毒有害物质；用于动物饲料的生物炭需额外提供证明文件，证实由此产生的粪肥最终用于土壤施用且不进行热解处理，避免碳汇重复登记或失效。

在 Global Artisan C-Sink Standard 框架下，其生物质原料的合规范畴具有明确的限定性：该标准规定，生物炭原料优先来源于工匠农场自产的生物质，同时也涵盖可磨坊、咖啡去皮、稻谷脱粒、锯木厂等加工环节产生的残余物；此外，灾害残骸、休耕地维护过程中产生的物料，以及竹子、柳枝稷等专门种植的生物质，也属于准许使用的原料类型。

该标准对原料的使用设置了严格的禁止与例外规则：明确禁止

将森林木材及砍伐森林所得物料作为原料，唯一的例外是森林残木，且此类残木仅可用于 C-Sink 村庄内 TLUDs（高效炉灶）的烹饪用途；而森林菜园、农林复合系统、短轮伐期矮林以及休耕轮作体系产生的生物质，则被纳入合规原料范畴，其中休耕地产生的木质残余物需满足休耕周期不超过 10 年的前置条件。

对于入侵植物的原料化利用，该标准设定了附加约束：尽管入侵植物的移除与固碳可实现大气碳的移除与储存，但将其作为原料时，Artisan C-Sink 管理者需证明入侵物种采收区域的生物碳能够得到恢复，且需向 Carbon Standards 提交对应的生物碳恢复计划，并获得该机构的批准后方可使用。

在食品与饲料类物料的使用上，该标准也作出了明确限制：食品或饲料产品原则上不得用于热解处理，仅当此类产品已过期时可例外；而干草仅在其产量超过当地动物饲料需求的前提下，方可作为热解原料。

上述对合格生物质的限制，核心出发点是避免为追求碳汇最大化而过度开发生态系统，同时防止损害粮食安全，确保碳汇开发与生态保护、民生需求保持平衡。

在原料的管理与管控层面，该标准要求 Artisan C-Sink 农场需如实报告其农场规模及可用生物质量；对于作物加工单位，则需估算每个加工单元每年的可用生物质总量，基于这些申报数据，可明确特定农场或企业的最大生物炭产量，从而有效规避生物质的过度使用及虚报行为。

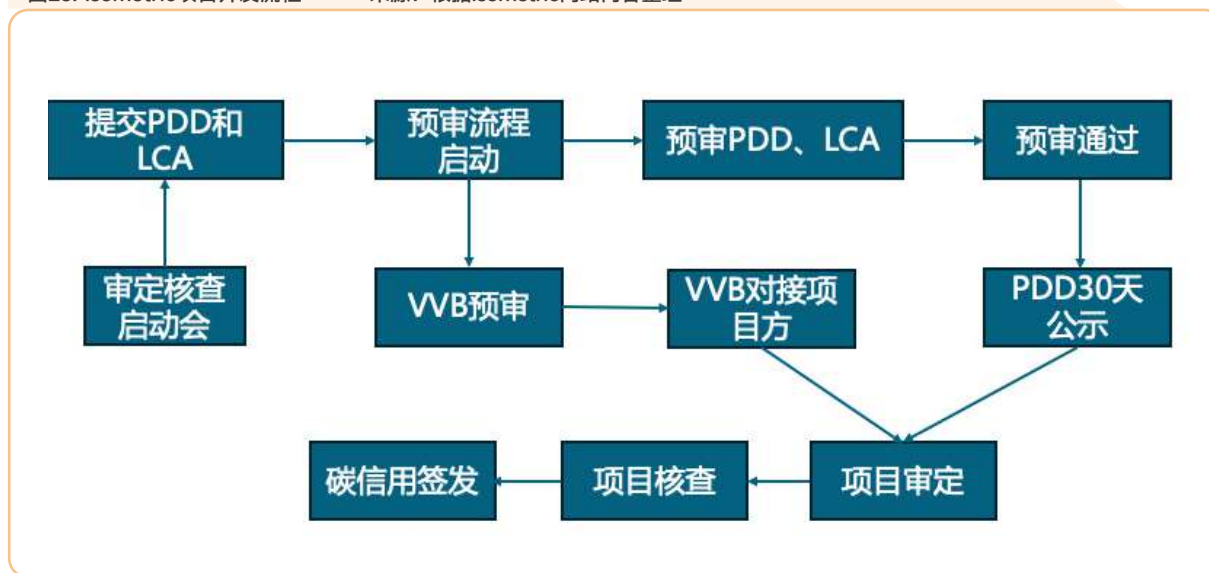
## 3.4 Isometric

### Isometric 的开发流程

Isometric 碳信用项目的开发遵循一套严谨、透明的全生命周期管理流程，从项目启动到最终信用签发环环相扣，以确保每个环节的科学性与合规性。整个流程始于审定与核查启动会议，项目发起方与 Isometric 团队同步项目背景与目标后，需提交项目设计文件草案与生命周期评估两份核心文件，它们是后续所有审核工作的基础，详细说明了项目的技术路径、碳清除机制和环境影响分析。

在收到上述文件后，Isometric 随即启动预审流程，对 PDD 和 LCA 分别进行专项评审。这一阶段的核心是快速评估项目是否符合 Isometric 方法学的基本要求，只有通过预审项目才能继续推进，否则将返回发起方进行修改。

图23: Isometric项目开发流程 来源: 根据Isometric网站内容整理



#### 预审通过后，项目将同步推进两项关键工作

一方面进入项目设计文件 30 天公众意见征询期，面向公众开放意见征集以保障项目的透明度和利益相关方参与。

另一方面 Isometric 启动核查机构选择流程，选定符合资质的第三方核查机构（VVB）并向项目发起方完成对接。

当公众意见期结束且核查机构到位后，项目进入正式的审定阶段，由第三方机构对项目设计、数据和方法学的合规性进行全面审核；审定通过并实施一段时间后，项目进入核查阶段，对项目实际运行数据和碳清除效果进行现场或远程核查；最终，所有审核通过的项目将完成碳信用签发，生成可在市场流通的高质量碳清除信用。

## Isometric 的开发条件

在 Isometric 方法学的框架下，生物质原料的合规性开发条件构成了项目环境完整性与额外性的核心基础。为确保原料供应链不会引致系统性的温室气体排放增加，方法学确立了三大维度的强制性准入要求，即：市场泄漏控制、反事实储存情景与非能源专用原料性质。其中，市场泄漏控制作为首要准入维度，旨在识别并规避因原料采购行为可能诱发的直接与间接排放风险。具体而言，间接市场泄漏指原料采购行为通过市场信号机制（如价格变动）导致土地利用变化或其他关联经济活

动调整，进而产生额外的温室气体排放；直接市场泄漏则指因项目方向供应商支付费用，直接激励其采取导致排放增加的行为模式。

为系统化评估与缓解上述泄漏风险，Isometric 设立了一套结构化的资格准则（Eligibility Criteria, EC），项目方须依据原料类型、采购模式及供应链特征，选择相应的合规路径进行论证。相关准则的逻辑结构与对应关系如下所示：

表10: Isometric生物炭项目对于生物质原料的要求 来源: Isometric网站

编号	资格准则（符合市场渗透要求）	所需文件	符合条件
EC1	项目无需为所用原料支付任何费用。	项目发起人与原料供应商签订的原料采购记录，需包含价格、金额、买卖双方及日期信息。	符合其一即可
EC2	项目方通过移除原料获得收入。	项目发起人与原料供应商签订的原料移除记录，需包含价格、金额、买卖双方及日期信息。	
EC3	项目方支付了原料费用，但支付金额低于该原料在基线情景下的总回收与转换成本。基线成本包括但不限于：1. 额外收集、运输、转移原料产生的人工与运输成本；2. 原料所有者因更换原有原料而产生的成本。	1. 项目发起人与原料供应商签订的原料移除记录，需包含价格、金额、买卖双方及日期信息；2. 原料回收与转换成本完整记录（含替代用途成本、运输费、技术服务费等）；3. 成本数据佐证材料（发票、提单、公开文献等，自行编制需经独立机构审核）；4. 总回收转换成本与实际支付金额的对比分析报告。	
EC4	项目方向第三方支付原料费用，且该第三方未向生物质生产 / 收集方支付超出总回收与转换成本的款项。	第三方及 / 或原料供应商签署的声明，证明第三方未向原料供应方支付额外费用。	

EC5	原料为森林残余物。	项目方需证明原料为不可销售的木制品（如虫害致死木、树枝、树桩、加工边角料等）。	符合其一 + 下列一个
EC6	原料为农作物残余物或动物粪便。	项目方需证明原料为农业生产的副产品，其生产依附于主要可销售农产品。	
EC7	原料为工业生产过程中的不可销售废物，是森林生物质转化为其他材料时的副产品。	项目方需证明该原料在无项目情景下将被处置，可通过当前处置现状或同类设施处置惯例佐证。	
EC8	原料为森林残余物或下游木材生物质，且来源于受惠于森林管理计划的区域。	项目方需提供证据，证明原料来源区域具备经联邦 / 省级政府资助或管理的积极森林管理计划，并接受核查机构合规性审查。	子条件
EC9	原料为森林残余物或下游木材生物质，且来源于历史上碳储量稳定或增长的森林管理区域。	满足以下任一条件：1. 原料来源区域通过《生物碳减排标准 3》认可的认证计划（如 FSC/PEFC）或等效认证；2. 基于公开省级数据的独立基线评估报告，证明区域森林碳储量稳定或增长。	
EC10	原料为工业生产过程中的不可销售废物，是森林生物质转化为其他材料时的副产品。	1. 区域 / 州 / 省林业部门近 10 年 LULUCF 净排放量为零或负值（依据国家温室气体清单），采伐面积超 500 万平方千米的国家可豁免额外碳核算；2. 原料来源区域通过《生物碳减排标准 3》认可的认证计划或等效认证；3. 认证性质及相关法规要求的证明文件。	
EC11	原料为农作物残余物或动物粪便，项目方与供应商的采购合同约定：不得连续多年从同一地块收集超出基线情景可获得量的原料；若地块为连续 3 年单一种植，则可连续采购。	项目发起人与原料供应商签订的原料采购合同。	
EC12	原料为动物粪便，项目方虽支付费用，但能证明区域存在原料过剩，并提供采购日期前两年的生物质年产量 / 利用系数数据。需将过去两年采购总额与同期总产量对比，证明短期增产在经济上不可行，避免刺激额外生产。	1. 项目发起人与原料供应商签订的原料采购合同；2. 生物质来源的历史产量 / 利用系数数据；3. 区域可持续使用率数据。	

该准则体系呈现三层递进合规逻辑：

首先，EC1-EC4 属于综合性合规路径，满足其中任一准则即可视为同时满足直接与间接市场泄漏的全部要求。该类准则的核心机制在于通过财务流向设计与成本覆盖关系的约束，消除因经济激励

引发额外排放的可能性。例如，项目方未支付原料费用、收取处理费，或所支付金额低于原料的回收与替代成本等情形，均从源头上避免了采购行为对供应商生产或管理决策产生扭曲性激励。

若无法满足上述综合路径，项目方可依据泄漏类型进行分项论证。

#### 间接市场泄漏

针对间接市场泄漏，可通过 EC5-EC7 予以论证。该类准则适用于本身不具备商品市场价值的残留物或废物，如森林采伐剩余物、农作物秸秆、动物粪便或工业加工过程产生的生物质废料。由于该类原料的获取不介入主流商品市场交易体系，因而天然具备较低的间接泄漏风险。

#### 直接市场泄漏

针对直接市场泄漏，则需符合 EC8-EC12 中与原料类型相匹配的特定管理要求。例如，森林来源原料须产自受监管的森林经营项目或碳储量呈稳定或增长趋势的区域（EC8-EC10）；农业残留物的采购需遵循避免连年从同一地块获取的轮作约束（EC11）；动物粪便类原料则须证明区域供应存在盈余且采购行为不会激励产能扩张（EC12）。

通过上述多路径、分类型的准则设计，Isometric 在确保生态严谨性的同时，为多元化生物质原料的可持续利用提供了结构清晰、可操作性强且具备证据支持的合规准入框架。

## 3.5 数据收集与清除量计算

生物炭碳清除项目的碳核算准确性，核心依赖于科学规范的数据收集体系与严谨的清除量计算逻辑。数据收集环节决定了碳足迹核算的覆盖范围与数据可靠性，清除量计算则直接影响碳信用额度的有效性与公信力，二者共同构成项目认证与合规性审核的核心基础。本小节内容围绕 Puro.earth、

Verra、C-Sink 及 Isometric 四大主流碳信用平台下的生物炭方法学，系统阐述其在数据收集与清除量计算环节的核心要求与差异特征，为项目方法学选择及碳核算实施提供支撑，各方法学的详细差异对比详见附录。

### Puro.earth

- 全链条边界（生产→应用）
- 覆盖 CO<sub>2</sub> / CH<sub>4</sub> / N<sub>2</sub>O
- 强制 LCA 生命周期分析

### Verra

- 边界：采购→应用
- 排除种植阶段 & N<sub>2</sub>O
- 仅限废弃生物质，禁止专用种植

### C-Sink

- Global 版：至工厂大门 + dMRV
- Artisan 版：简化边界，无需上游追踪
- 甲烷 20 年内补偿

### Isometric

- 废弃物原料：采购起算
- 种植原料：生产起算
- 传感器监测气体泄漏

在数据收集环节，四大方法学均以 ISO 碳核算原则为基础，聚焦生命周期全流程数据的可追溯性与完整性，但在生命周期边界界定、数据收集范围及监测验证机制上呈现显著差异化设计，以适配不同项目场景与应用需求。生命周期边界界定作为数据收集的前提，直接决定了核算范围的完整性：Puro.earth 采用全链条边界设计，覆盖从生物质生产到生物炭应用的完整流程，全面纳入 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 三类温室气体排放核算，且强制要求开展完整生命周期分析（LCA），确保各环节碳足迹无遗漏；Verra 则将边界限定为生物质采购至应用阶段，明确排除生物质种植阶段的排放核算及 N<sub>2</sub>O 排放量化，同时严格限定原料为废弃物生物质，禁止使用特意种植的生物质，这一设定与该方法学聚焦碳金融新增投资项目的定位高度契合。

C-Sink 针对不同规模项目设计了差异化边界方案，其中 Global Biochar C-Sink 需配合 EBC/WBC 认证，通过 CSI Biochar Tool 核算至工厂大门，后续环节依赖数字化监测、报告与核查（dMRV）系统实现全流程追踪，无需第三方 LCA 但需确保甲烷排放在 20 年内完成补偿；Global Artisan C-Sink 则专为低收入、中低收入国家的小规模生产者设计，进一步简化边界核算要求，无需上游生物质追踪与第三方 LCA，仅依赖 CSI 认可的 dMRV 应用收集数据，允许使用低技术生产设备，但需证明无未燃烧热解气体排放。Isometric 方法学的边界设计更具灵活性，按原料类型区分核算范围：废弃物生物质从采购阶段起算，特意种植的生物质则从生产阶段纳入，同时额外覆盖低氧环境存储场景的数据追踪，要求反应器安装传感器监测气体泄漏，兼顾不同原料来源与存储模式的适配性。

## 净 CO<sub>2</sub> 清除量 = 生物炭固存碳 - 全生命 周期排放

基线排放 = 0，仅核算已进入大气的碳，不含替代高碳产品潜在碳避免效益。

### 永久性因子

- Puro.earth: 200 年 (H/C<sub>org</sub> 比)
- Verra: 按热解温度, 无固定年限
- C-Sink: PAC>1000 年 / SPC 双指数模型
- Isometric: 200 年 / 1000 年 / 最高≈1 亿年

### 安全边际

- C-Sink: 固定 20kg CO<sub>2</sub>e / 干吨
- Puro.earth/ Isometric: 无固定值, 据实扣除泄漏
- Verra: 无, 纳入运输环节核算

### 泄漏处理

- Puro.earth/ Isometric: 三类泄漏全核算
- Verra: 简化为运输环节
- C-Sink: 安全边际覆盖, 无需额外计算

全流程数据收集要求与监测验证机制的差异, 进一步凸显了各方法学的场景适配性。在数据收集细节上, Puro.earth、Verra 与 Isometric 均强制要求上游生物质全流程追踪, 森林生物质需提供 FSC/PEFC 可持续认证文件, 生产过程需详细记录热解温度、转化率、副产物利用等参数; 而 C-Sink Artisan 版仅需确认原料来源合法性, 无需上游追踪, 生产数据记录简化为原料消耗量、生物炭产量等核心指标, 降低小规模生产者的操作门槛。监测与审定核查机制方面, 各方法学均强调第三方参与的重要性, 但在检测频率、费用承担与工具选择上存在差异: Puro.earth 要求生产设施每 5 年开展一次第三方审计, 样本检测频率与产量、监测模式挂钩; Verra 每批次信用发行前需完成第三方验证, 项目方需承担验证费用与审查费用; Isometric 依托 Certify 数字平台实现实时监测, 验证费用由买家承担, 且支持按统计显著批次抽样检测, 提升核算效率; C-Sink 则按版本区分, Global 版每年开展一次现场审计, Artisan 版由 C-Sink Manager 年度实地核查, 平衡合规性与操作便捷性。

清除量计算环节, 四大方法学遵循统一核心逻辑, 即净 CO<sub>2</sub> 清除量 = 生物炭中存储的碳 - 全生命周期各环节排放 (生物质生产 / 采购、生物炭生产、应用), 且均将基线排放设定为 0, 仅核算“已进入大气的碳”的实际封存量, 不包含生物炭替代高碳产品的潜在碳避免效益。但在永久性因子核算、安全边际设定与泄漏处理三大核心维度, 各方法学的计算规则差异显著, 直接影响碳清除量的量化结果。

永久性因子核算 (即碳存储持续时间的量化) 是清除量计算的关键环节, 各方法学采用的核算依据与年限存在明显区别: Puro.earth 基于实验室测定的 H/C<sub>org</sub> 摩

尔比与应用区域平均土壤温度, 统一按 200 年周期核算碳永久性, H/C 比越低则碳存储稳定性越强; Verra 按生产技术等级区分, 高科技生产以热解温度为核算依据, 低技术生产则采用热解温度 (如有) 或默认值 0.56, 无固定核算年限, 热解温度越高永久性越强; C-Sink 两类版本均仅基于 H/C<sub>org</sub> 摩尔比核算, 将碳分为持久碳清除 (PAC, 稳定期超 1000 年) 与半持久碳清除 (SPC, 1000 年内分解), 按比例采用双指数衰减模型计算分解速率; Isometric 则提供更灵活的核算方案, 农业土壤应用可选择 H/C<sub>org</sub> 比 (200 年) 或随机反射法 (R<sub>o</sub>, 1000 年), 低氧环境存储需结合两种方法核算 1000 年永久性, 且 R<sub>o</sub> > 2% 时碳稳定期可达约 1 亿年, 可选择更有利的核算方式优化结果。

在安全边际与泄漏处理上, 各方法学的设计思路差异体现了对核算不确定性的管控策略: C-Sink 两类版本均设定固定安全边际 (20kg CO<sub>2</sub>e/ 干吨生物炭), 已覆盖运输、粉碎、混合等环节的潜在排放, 无需额外量化泄漏; Puro.earth 与 Isometric 无固定安全边际, 需全面核算生态、市场、活动转移三类间接泄漏, 将泄漏量直接从清除量中扣除, 其中 Isometric 还需核算基线中储存的生物碳, 进一步降低核算不确定性; Verra 则将泄漏主要归因于运输环节, 直接纳入净温室气体量化核算, 无额外安全边际设定, 简化了泄漏处理流程。

综上, 四大方法学在数据收集与清除量计算环节的差异, 本质是对项目规模、技术水平、应用场景及风险管控需求的适配性设计。为清晰呈现各方法学的具体差异, 便于项目方精准选择与实施核算, 本文将各维度详细对比内容整理为表格, 详见附录。

# 04

## 基于碳信用的生物炭项目开发分析

- 4.1 基于碳信用的生物炭项目商业模型及投资回报
- 4.2 国内典型场景的生物炭项目可行性分析
- 4.3 项目风险分析



# 4.1 基于碳信用的生物炭项目商业模式及投资回报

## 项目价值链与核心参与方收益分析



生物炭碳资产项目的成功，依赖于一条将环境效益、经济效益与社会效益紧密联结的价值链。该链条始于废弃生物质的收集，终于高质量碳信用在国际市场的销售与注销，期间创造并分配多重价值，吸引多元主体参与，形成可持续的商业闭环。

在原材料收集阶段，作物秸秆、园林枯枝、加工木屑等原本为低价值废弃物，生物炭项目开展之后，农林废弃物的收集主要有两种方式，一是农民/市政工作人员将废弃物堆放至集中处理点，政府向生物炭厂支付处理费，满足了农田/市政废弃物的处置需求；另一种是生物炭厂从农民手中采购废弃生物质，直接增加了农民的收入。

在生物炭生产阶段，有机废弃物被加工成生物炭，实现了产品转化这个最关键的步骤，将热解过程的余热进行出售或利用，则可以实现能源增值。

在生物炭使用阶段，可以同时实现环境效益、农业效益和经济效益，既能通过生物炭的封存实现大气中二氧化碳的清除，清除量经过认证后，转化为可以交易的碳信用资产。生物炭本身的多孔结构、弱碱性等物理化学特点，能够改善土壤品质，吸附土壤中的重金属，提高水土保持能力，提高农作物及果蔬的品质和产量，间接增加农民收入。将生物炭与有机肥掺混生产炭基肥，可以有效降低生物炭的使用成本。

在碳信用交易阶段，碳信用资产变现，实现成本回收及项目收益。

整个价值链中涉及到的核心参与方如下：

表11: 生物炭项目价值链

阶段	核心环节	关键产出 / 收益
原料供给	农户收集 » 合作社集中 » 企业预处理 (除杂 / 破碎 / 干燥)	合格生物质原料 (含水率≤ 20%)
生产运营	热解炭化 (400-600°C) » 产物分离 » 副产物回收	生物炭 (主产物)、蒸汽 / 生物气 / 木醋液
价值变现	生物炭 » 炭基肥 / 土壤调理剂   蒸汽 » 工业供热   碳清除量 » 碳信用 (Puro.earth/Verra)	产品收益 + 能源收益 + 碳资产收益
支撑保障	技术 (认证设备 / dMRV) » 政策 + 金融 (绿色信贷)	降低风险、保障项目可持续运营

## 生物炭项目的成功运作

生物质供应方、项目开发方、项目业主、技术与设备提供商、投资方、碳信用购买方。生物炭项目的成功运作，依赖于各参与方给予自身诉求的深度参与和利益共享，不同的参与方所获收益各不相同，除了经济收益，还有更广泛的影响力和社会责任。

### 生物质供应方

生物质供应方的常见代表如农户、农场、林场、食品加工厂、木材加工厂、政府市政部门等，他们的主要诉求就是高效、低成本地处理废弃物并获得额外收入，在生物炭项目中，他们的收益来源为秸秆、果园枝条等农林废弃物的出售或者低成本地处理。



### 项目开发方和项目业主

项目开发方和项目业主可以共同看作碳信用提供方，主要收入来源为碳信用的销售，此外还有生物炭、炭基肥的销售以及余热利用的收益。成功的项目经验以及以验证的碳资产产出能力也可以显著提升公司估值，有利于后续融资与扩张。



### 技术与设备提供商

技术与设备提供商除了通过向碳信用供应商提供热解设备，dMRV 系统等技术支持外，还可以通过申请成为国际标准认证的技术提供方进一步增加自己的知名度，在要求严苛的国际碳清除市场中获得更多订单。



### 投资方

投资方的主要收益为项目成功带来的股权增值、分红或债券利息，此外，投资此类项目也是投资机构实现自身碳中和战略的一种方式，对于环境效益和多重可持续发展目标的实现也有利于扩大公司影响力及 ESG 表现。

广义上来讲，碳信用的购买方也属于项目投资方的一个类别。现在比较典型的高质量碳信用的购买方多为一些大型跨国企业，通过购买注入生物炭这类认可度高的碳清除信用实现自己的气候目标，可以增强其气候行动的公信力。此外，通过前文所述的长期承购协议，提前锁定未来数十年的碳信用供应，能够有效规避碳市场价格波动的风险。



## 生物炭项目商业模式及成本收益分析

### 生物炭项目商业模式

#### 理想的商业模式

低价收购生物质



建厂生产



余热产蒸汽 / 热水外销 + 生物炭  
制炭基肥外销 + 开发碳资产



形成【碳信用 + 炭基肥 + 热蒸汽】  
三重均衡收益



效益最大化

生物炭项目理想的商业模式是：低价收购生物质，投资建厂买设备生产，余热生产蒸汽 / 热水卖给附近有热需求的工厂，生物炭做成炭基肥销售给附近经济作物工业公司，通过碳信用平台开发出碳资产，获得碳信用、炭基肥、热蒸汽三部分收入。在此模式下，生物炭项目能够获得最大化的效益产出，三部分的收入占总收入的比例相对均衡。

虽然该商业模式是可以实现项目最大化收入的模式，但中国目前无论是生物炭产业本身，还是基于生物炭的碳信用产业都处于早期阶段，在实际项目的商业模式设计中，投资方往往只关注其中的一个或者两个收益来源。如以供热为核心盈利方式的项目，这类项目通常以生物质气化技术路径，在最大化产出生物燃气的同时，也可以产生少量的生物炭。但生物质气化技术路径下产

生的生物炭其碳元素含量通常较低（低于 30%），其固碳及对土壤的修复作用相对有限，通常以极低甚至免费价格处理掉。另一类商业模式是以废弃物处理为核心盈利方式的项目，其主要目的是对农林废弃物进行无害化处理。这类项目通常规模较小甚至是移动式的小型设备，故余热得不到有效的回收利用。其主要收益来源是政府的废弃物处理补贴以及生物炭的销售收入。近年来随着生物炭碳信用的价值逐渐被中国投资者所熟悉，另一种纯粹以碳信用收入为目的的项目也逐渐被采纳。该模式下以最大化生产生物炭为技术路线，不考虑余热回收，生产出来的生物炭也不作为商品销售，而是直接无偿赠送农户施于田里。这类项目的商业模式相对简单，可操作性强，但唯一收益来自于碳信用收入，其盈利模式存在较大风险。



## 生物炭项目的成本及收益分析

对生物炭碳资产项目进行详尽的经济性评估，是投资决策与项目设计的核心。本节内容将系统拆解项目的成本构成与收入来源，并构建一个基础的财务分析框架，以量化其商业可行性。

### 成本结构分析

项目总成本可分为一次性的资本支出、持续性的运营支出、以及碳资产开发成本。资本性支出主要是指项目建设期的固定资产投资，针对国内主流的年处理1-3万吨农林废弃物的生物炭项目，该部分总支出约800万-2500万元，具体包括进料系统、炭化炉、烟气处理系统、控制系统等主体设备，厂房、仓库、堆场、供电、供水、消防等基础设施建设，生物质粉碎机、干燥机、运输车辆、实验室检测仪器等辅助设备，以及前期的开发与设计包括可研、环评等项目建设必要文件的准备与报告，其中主体设备与基础设施占比超70%。

运营成本为项目投产后的持续性支出，以单位生物炭产量核算，国内主流项目的单位运营成本约1500-2800元/吨生物炭，具体包括原料收购、能耗、设备维护、工作人员的工资与福利、办公支出、市场营销费用、税费等，其中原料收购储运成本占比最高，达运营成本的30%-50%。

碳资产开发成本一般包括碳信用平台开户、项目审定、清除量核查、清除量签发、额外标签、清除量交易、注销等各环节产生的费用以及开发人员的工资、差旅费等，该部分成本按核证碳清除量核算约80-150元/吨CO<sub>2</sub>e，且开发成本因所选平台、核证规模不同会有所差别，头部国际平台的核证与签发费用通常高于区域型平台。

年处理农林废弃物

1-3  
万吨

碳资产开发成本

80-150  
元/吨 CO<sub>2</sub>e

### 收入来源分析

主要收入来源为碳信用的销售，现在市场上生物炭碳信用的价格大约在150-200美元/吨之间，折合人民币1000-1400元不等，如果签了长期承购协议则可能会适当调整。

另外一个收入来源就是生物炭产品的销售，目前市面上用于土壤的生物炭价格在2000-3000元/吨左右，因为价格太高，市场接受度有限，所有大部分生物炭通过加工成炭基肥的形式再出售。

如果生物炭项目具有一定规模，且周边有热需求，那么将生物炭生产过程中产生的余热制成蒸汽进行销售，那么项目将获得较为稳定的蒸汽销售收入。通常情况下，每吨蒸汽的销售价格在150-300元不等，如果选择的技术路线为绝氧热解，一吨生物质可产生2-3吨蒸汽，按照4吨生物质产1吨生物炭来计算，那么每生产一吨生物炭则可以通过蒸汽销售获得1200-3600元的收益。

蒸汽销售价格

150-300  
元/吨

生物质

1  
吨

蒸汽

产生 2-3  
吨

生物质

4  
吨

生物炭

生产 1  
吨

每生产一吨生物炭对应蒸汽收益

1200-3600  
元

## 4.2 国内典型场景的生物炭项目可行性分析

国内生物炭项目的可行性需结合不同场景的资源禀赋、技术适配性、经济性及政策环境综合判断。本章内容结合国内生物质资源分布特点，重点分析农林废弃物资源化、畜禽粪便无害化与资源化、市政与工业有机废弃物资源化三大典型场景，为项目落地提供针对性参考。

### 场景一：农林废弃物资源化（秸秆等）

农林废弃物资源化以秸秆等为核心原料，是国内生物炭项目最具普遍性的应用场景。我国农林废弃物年产量超 10 亿吨，其中农作物秸秆占比约 65%，主要集中分布在东北、华北、长江中下游等农业主产区，秸秆具有显著的季节性产出特征，集中于夏收、秋收两季，且空间分布分散，平均收集半径 15-25 公里，初始含水率处于 25%-50% 之间，这些特性直接决定了其收储运体系的设计逻辑与运营模式。

从技术可行性来看，该场景具备多重优势，农业生产的规律性使得秸秆年产量可提前预测，能够为项目长期稳定运行提供充足原料保障；针对秸秆的破碎、干燥、热解等关键环节，国产化设备已实现规模化应用，连续式热解工艺稳定可靠；同时，Puro.earth、Verra 等国际主流碳信用标准均已出台成熟的秸秆生物炭方法学，碳信用开发路径清晰，可有效降低项目合规风险。

但该场景也存在明显挑战，秸秆的分散性导致收集半径较大，物流成本显著压缩项目利润空间；秸秆收获期集中，单次收获周期仅 20-30 天，为保障

全年连续生产，需投入大量资金建设仓储设施，资金占用率较高；随着秸秆在饲料、造纸、生物质燃料等领域的多元化利用需求日益增长，原料收购竞争不断加剧，部分地区出现“抢秸秆”现象；此外，项目对政策依赖性较强，秸秆禁烧政策为项目创造了刚性处理需求，但地方政府提供的秸秆处理补贴存在不稳定风险，直接影响项目经济性。

我国农林废弃物年产量

10<sup>+</sup>  
亿吨

农作物秸秆占比

≈ 65%



## ● 场景二：畜禽粪便无害化与资源化

畜禽粪便无害化与资源化是兼具环保与收益的特色场景，该场景的技术可行性优势显著，《畜禽粪污资源化利用行动方案》等环保政策强制要求养殖场进行粪污无害化处理，项目可同步解决畜禽粪污污染问题、生产高附加值炭基肥、产出碳信用，实现“污染治理 + 资源利用 + 碳封存”三重目标；养殖场为降低污染治理成本，常愿免费提供粪污或支付处理费，部分项目可获得“处理费 + 产品销售”双重收入。

该场景的挑战主要集中在生物炭品质、预处理成本、技术难度及碳信用开发等方面，畜禽粪便灰分含量高，生产的生物炭碳含量较低，碳封存潜力相对较低；粪便高含水率导致脱水、干燥能耗成本显著；粪便中高氮含量使得热解过程中氨气排放控制难度大，需配套高效尾气净化设备；部分碳信用标准对粪便生物炭的碳封存率要求更为严格，可能导致碳信用签发量受到影响。

该场景适宜布局在大型规模化养殖场配套项目及区域性粪污集中处理中心，技术路线推荐采用“高效脱水 + 热解炭化 + 尾气净化”一体化工艺，优先考虑将余热回用于干燥工序降低能耗成本，适用于中大型项目，规模效应显著。



## ● 场景三：市政与工业有机废弃物（污泥、果渣、中药渣等）

市政与工业有机废弃物资源化主要涵盖污泥、果渣、中药渣等原料，此类废弃物主要集中在城市、工业园区、加工厂周边，具有“点源分布、品质相对稳定、产生连续”的特点，但单点供应量有限。

该场景的技术可行性优势体现在原料获取成本低、空间分布集中、产品附加值高及社会效益显著等方面，多数市政与工业有机废弃物处理需求迫切，原料常免费提供或低价供应，部分项目可获得污泥处理费，转化为项目直接收入；废弃物集中分布在城市或工业园区内，可显著减少收储运成本，适合建设分布式中小型项目；特定原料可生产特种生物炭，如中药渣炭可用于保健品领域，污泥炭可用于土壤重金属钝化修复，进一步提升项目收益空间；同时，项目可有效解决城市 / 工业园区固废处理难题，契合“无废城市”建设政策导向，易获得地方政府支持。

该场景的挑战主要包括原料供应不稳定、成分复杂多变、单点规模有限及监管要求严格，污水处理厂改造、食品厂搬迁、企业生产工艺调整等因素

可能导致原料供应中断，影响项目连续运营；市政污泥含重金属、果渣含糖量高易黏结、中药渣药性残留等问题，导致生产工艺需频繁调整，影响生产稳定性；市政污泥属于特殊监管废物，项目立项审批需经过住建、环保等多部门审核，流程复杂，建设周期长。

该场景的最佳应用场景需结合原料类型区分，市政污泥适宜布局地级市污水厂配套项目；食品加工废弃物适宜布局产业园区集中处理项目，采用多厂联合供应模式；中药渣适宜布局医药产业园配套项目，重点生产高附加值功能性生物炭。技术路线选择需贴合原料特性，污泥推荐采用“深度脱水 + 低温热解”组合工艺，有效控制重金属迁移；果渣、糖渣等高含糖量原料需进行预处理，如发酵或添加辅料防黏结；中药渣采用低温慢速热解工艺，保留原料活性成分。

商业模式可探索创新，采用 BOT（建设 - 运营 - 移交）模式为工业园区提供固废处理服务，收取长期处理费；采用产品定制模式，针对药企、环保企业等客户需求生产专用生物炭，获取溢价；采用城市合作模式，将项目纳入“无废城市”建设体系，获取政策、资金等综合支持。

## 4.3 项目风险分析

生物炭碳资产项目的全生命周期面临多重风险，涵盖技术与运营、市场与信用、政策与监管、监测报告与核证等多个维度，各类风险相互关联、相互影响，直接决定项目的可行性与可持续性，需系统识别风险特征、分析风险影响，并制定针对性应对策略，保障项目稳定运营与收益实现。

表12: 生物炭项目风险点及应对策略

风险类别	核心风险点	风险等级	应对策略
技术与运营风险	原料供应波动 设备故障 产品滞销	高	1. 多元原料结构 2. 认证设备 + 预防性维保 3. 订单驱动生产
市场与信用风险	碳价波动 签发延迟 买家违约	高	1. 签订 5-10 年承购协议 2. 多平台销售 3. 买家财务尽调 + 预付款机制
政策与监管风险	补贴退坡 环保标准升级 政策不确定性	中	1. 财务模型不含补贴 2. 环保设施超前投入 3. 长期处理服务合同
MRV 风险	数据质量不达标 核证成本高 碳逆转	中	1. 数字化 dMRV 系统 2. 权威核证机构 3. 产品编码追溯 + 碳逆转保险

## 技术与运营风险

技术与运营风险聚焦原料供应、热解工艺设备、产品市场三大核心环节，是项目落地与持续运营的关键制约。

### 原料供应风险

原料供应风险主要体现在农林废弃物供应季节性，需配套仓储设施且存在变质风险；畜禽粪便受养殖周期、疫病影响供应波动；工业/市政废弃物依赖单一供应方，易因上游变动导致断供；原料价格受多元利用需求推高，品质波动还可能影响碳信用核证。应对需采用柔性生产工艺适配 2-3 种原料，签订 5-10 年保量保价协议，建立分布式收储体系与价格监测机制，共享原料资源应对短期短缺。

### 热解工艺与设备风险

热解工艺与设备风险包括关键部件易磨损腐蚀导致非计划停机，工艺参数控制不当影响碳封存量，余热及副产物利用不充分降低效益，污染物排放超标可能引发环保处罚。应对需优先选用国际认证设备，签订性能保证合同，建立预防性维护体系，配套高效尾气净化设备，针对含重金属原料采用低温热解工艺。

### 产品市场风险

产品市场风险表现为生物炭及炭基肥市场认知度低、销售渠道整合不足，与传统农资竞争溢价能力弱，碳信用价格波动剧烈。应对需坚持订单驱动，签订长期销售与碳信用承购协议，开展肥效试验与技术培训，开发专用产品并拓展副产品收益渠道。

## 市场与信用风险

市场与信用风险贯穿碳信用交易全流程，核心包括三类风险：

### 碳信用价格波动风险

碳信用价格波动风险受政策、供需、国际舆论等多重因素影响，可能因供给过剩或信任危机导致价格暴跌。应对需签订 5-10 年固定价或底价承购协议，多元化销售渠道，申请 SDG 标签、CCP 认证进入高质量细分市场，条件成熟时采用金融工具套期保值。

### 碳信用签发与注销风险

碳信用签发与注销风险体现在方法学更新可能导致项目不合规，第三方核查可能否定部分清除量，签发周期长且存在延迟风险，买卖双方对注销权的诉求可能冲突。应对需跟踪方法学修订动态，选择稳定且认可度高的注册机构，建立规范可追溯的 MRV 体系，在合同中明确签发时限、注销条件及付款节点。

### 买家信用与付款风险

买家信用与付款风险包括中间商或小型买家可能因财务困难违约，部分买家以质量争议延迟付款。应对需优先与优质跨国企业或聚合商交易，开展财务尽调，大额交易收取 30%-50% 预付款，通过正规平台交易利用资金托管机制。

## 政策与监管风险

政策与监管风险源于政策不确定性与标准提升，涵盖三大层面：

### 气候政策与碳市场风险

气候政策与碳市场风险包括生物炭项目纳入 CCER 的准入规则、时间尚不明确，跨境交易限制政策可能影响国际碳信用销售，区域政策差异可能造成执行混乱。应对需采用双轨布局适配国际与国内标准，参与 CCER 方法学研讨，优先选择政策支持力度大的区域落地。

### 环保与产业监管风险

环保与产业监管风险包括污染物排放标准日趋严格，原料与产品的固废属性界定影响行政许可，项目存在安全生产与能耗超标风险。应对需采用最佳可行技术超前配置环保安全设施，项目设计阶段对接监管部门，申请纳入地方重点项目清单，建立完善的管理制度与监测上报机制。

### 补贴与财政政策风险

补贴与财政政策风险包括生物质处理、设备购置等补贴可能退坡或发放不及时，影响项目收益与现金流。应对需在财务模型中排除新增补贴假设，签订 10 年以上废弃物处理服务协议锁定收入，提升主营产品竞争力降低补贴依赖。

## 监测、报告与核证风险

监测、报告与核证（MRV）是碳信用有效签发的关键，核心风险包括三类：

### 监测数据质量风险

监测数据质量风险：人工填报数据可信度低，记录存储分散，计量仪表未定期校准，数据造假可能导致项目注销。应对需投资数字化 MRV 系统，部署物联网传感器实现数据自动采集与追溯，规范计量仪表管理，加强人员培训与责任追究。

#### 核心风险：

- 人工填报可信度低
- 记录存储分散
- 计量仪表未定期校准
- 数据造假导致项目注销

### 审定核查成本与不确定性风险

审定核查成本与不确定性风险：核证费用持续发生，不同机构对方法学理解存在差异，审核效率低可能导致签发延迟。应对需全面预算核证相关费用，选择有生物炭项目经验的核证机构，签订详细服务协议，提前组织内部预审。

#### 核心风险：

- 核证费用持续发生
- 机构方法学理解差异
- 审核效率低导致签发延迟

### 长期监测与永久性风险

长期监测与永久性风险：生物炭最终去向难以持续追踪，百年尺度下存在碳释放风险，项目需承担长期监测责任。应对需建立产品编码追溯体系，要求用户留存施用记录，关注碳逆转风险保险，通过技术研发提升生物炭稳定性并指导科学施用。

#### 核心风险：

- 生物炭去向难追踪
- 百年尺度下存在碳释放风险
- 项目需承担长期监测责任

# 05

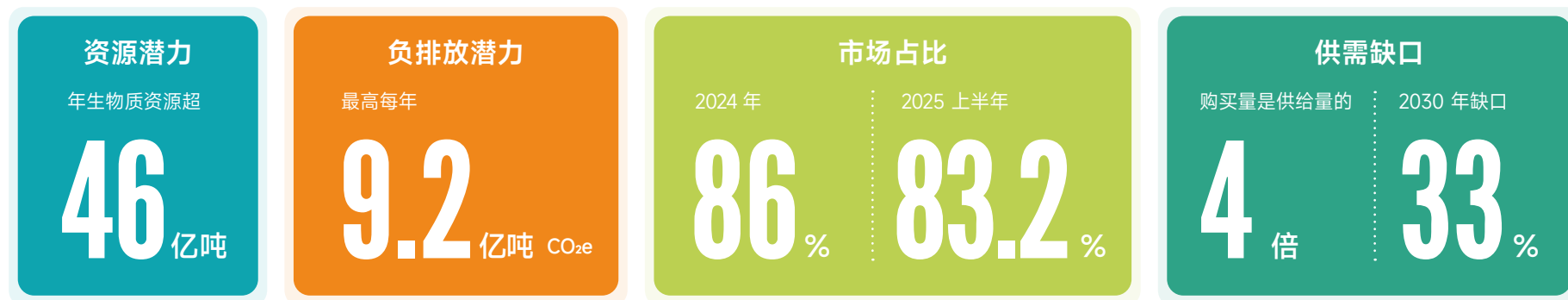
## 结论及建议

- 5.1 核心结论
- 5.2 产业发展建议
- 5.3 企业项目开发建议
- 5.4 国家政策建议



## 5.1 核心结论

中国生物炭产业已迈入产业化初级阶段，政策驱动与市场探索并存，原料丰富但收储体系薄弱。我国秸秆、畜禽粪便、市政污泥等生物质资源年总产量超 46 亿吨，生物炭未来碳清除潜力巨大，每年可产生高 9.2 亿吨二氧化碳当量的负排放，但原料分散导致的高收储成本与生物炭价格高导致的低市场需求，是产业规模化发展的主要瓶颈。



关于利用生物质资源生产生物炭的政策支持正在逐渐从农业废弃物资源化利用向固碳过渡，随着更多专项政策的出台，生物炭的应用场景也会随之丰富。

从碳资产项目开发角度来看，生物炭是技术成熟度最高的工程类碳清除方式，深受买家青睐，市场需求缺口大。2024 年生物炭碳信用签发量占所有碳清除签发量的 86%，2025 年上半年占比 83.2%，且全球生物炭碳信用购买量为供给量的 4 倍，即使在最低需求情景下，2030 年仍有 33% 的需求无法满足。

在原材料准入条件上，Puro.earth, Verra, Isometric 以及 C-Sink 这几大主流碳信用平台差距不大，农林废弃物、畜禽粪便、市政污泥等常见场景均具备可行性，但在一些特殊生物质的要求上有一些区别，比如对于森林生物质可持续证书的追溯

是到原材料还是原材料加工，是否允许能源作物、生物材料作物等。

成本方面，各碳信用平台计算方式各不相同，但基本都会有固定费用支出和碳信用签发及注销时按比例向平台缴纳的费用。Puro.earth 的特点是平台指定 VVB，开发方不承担审定核查费用，而 Isometric 的全部费用均由由碳信用买方承担，这在前期可以减轻开发方压力，但是否会影响买方在市场上的积极性也是值得考虑的问题。

开发方面的一个趋势是碳信用平台对数据质量的要求越来越高，越来越多的碳信用平台接入 dMRV 系统或与巴黎协定第 6 条对齐，以确保环境效益的真实可靠。

## 5.2 产业发展建议

构建全链条、规模化、可持续的生物炭产业体系



全产业链构建

构建

“生物质收储 - 生物炭生产 - 碳信用开发 - 产品应用”全产业链体系

推动“企业+合作社+农户”三级收储模式，在原料富集区建立初级收集点和中转站，降低收储成本；鼓励企业延伸产业链，开发炭基肥、土壤修复剂等高附加值产品，同时对接国际碳信用市场实现价值闭环。



培育龙头企业

培育龙头企业，引导产业规模化集聚

支持具备技术优势和资金实力的企业通过兼并重组扩大规模，形成1-2家全国性龙头企业；在东北、华北等原料密集区规划生物炭产业园区，实现原料集中处理、设备共享、副产品协同利用，降低单位生产成本。



产学研技术突破

加强产学研协同，突破核心技术瓶颈

重点支持适应多样化原料的智能化预处理装备、焦油和木醋液高值化利用技术、生物炭靶向改性技术研发；建立“高校-科研院所-企业”联合实验室，加速实验室技术向产业化转化，推动热解设备自动化、标准化升级。



原料收储体系完善

完善原料收储体系，降低供应链风险

鼓励地方政府出台生物质收储补贴政策，对原料收集、运输、仓储给予专项支持；建立原料价格联动机制，稳定原料供应价格；支持企业建立多元化原料结构，避免单一原料依赖导致的供应波动风险。

## 5.3 企业项目开发建议

### 场景选择



#### 根据区域原料禀赋精准定位

东北、华北地区优先布局农林废弃物项目，山东、河南等养殖密集区重点开发畜禽粪便项目，长三角、珠三角等城市密集区聚焦市政污泥项目；同时结合地方政策差异选择落地区域，如甘肃因农机具补贴高可优先布局小型项目，山东因原料丰富可布局规模化项目。



### 商业模式



#### 推荐“原料收储+生产+碳信用开发+产品应用”一体化模式

原料端与村集体、养殖场、污水厂签订10年以上长期供应协议；生产端优先选择经国际标准认证的设备，降低核证风险；产品端开发专用炭基肥（如果树、大棚菜专用），拓展余热、木醋液等副产品收益；碳信用端签订5-10年长期承购协议，锁定最低保护价。



### 风险防控



#### 重点防控三大核心风险

碳信用价格波动风险：通过长期承购协议、多元化销售平台对冲；原料供应风险：建立多源原料渠道、配套仓储设施；MRV数据质量风险：搭建符合国际标准的MRV系统，选择权威第三方核证机构，定期开展内部审计。



## 5.4 国家政策建议



### 加快制定国内生物炭方法学

参照《温室气体自愿减排交易管理办法（试行）》，制定自愿减排生物炭农业碳汇项目开发操作流程，建立统一的碳汇核算标准；推动生物炭项目纳入CCER方法学目录，明确项目准入条件、核算边界、监测要求。

### 完善MRV体系建设

出台生物炭项目MRV技术指南，规范传感器选型、数据管理系统、核证流程；支持国内核证机构开展生物炭项目核证能力建设，鼓励国际核证机构与国内机构联合核证，降低核证成本。

### 出台专项补贴与绿色金融政策

对生物炭生产设备购置及原料收储给予一定补贴；将生物炭项目纳入绿色信贷、绿色债券支持范围，给予低息贷款；设立生物炭产业发展基金，支持技术研发和规模化项目落地。

### 加强国际碳市场对接与国内市场培育

支持企业参与国际碳清除联盟，对接Frontier、Nextgen等购买联盟；培育国内碳信用买方市场，鼓励国企、上市公司将生物炭碳信用纳入碳中和履约方案；建立生物炭碳信用国内交易平台，实现“国内+国际”双轨变现。

### 强化标准体系建设与宣传推广

组建生物炭标准化委员会，完善生物炭生产、产品、应用等环节的国家标准；在省级农业部门备案中明确生物炭基肥料分类，给予专项政策扶持；通过田间示范、技术培训等方式，提高农民对生物炭产品的认知和接受度。

# 附录

## 各碳信用平台生物炭方法学对比

### 一、生命周期边界界定

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
	核心边界范围	覆盖“生物质生产→生物炭应用”全链条，包含生物质从种植/生成到最终应用的所有环节，无环节遗漏	边界为“生物质采购→生物炭应用”，仅涵盖原料采购后至应用的流程，不包含生物质种植阶段的排放核算	边界为“生物质采购→生物炭应用”，需配合EBC/WBC认证，通过CSI Biochar Tool核算至工厂大门，后续环节依赖dMRV系统全程追踪	边界为“生物质采购→生物炭应用”，专为低收入/中低收入/中高收入国家小规模生产者设计，无需第三方生命周期评估(LCA)，完全依赖CSI认可的dMRV系统进行全流程排放核算	按原料类型区分边界：废弃物生物质为“采购→应用”，特意种植的生物质为“生产→应用”，额外覆盖低氧环境存储场景的全流程数据追踪
	涵盖温室气体	全面纳入CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O三类温室气体排放数据，无遗漏核算项	仅核算CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 排放，明确排除N <sub>2</sub> O排放的量化与核算	需核算CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O三类温室气体，要求生产过程中产生的甲烷排放必须在20年内通过合规方式完成补偿	需核算CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O三类温室气体，生产阶段甲烷排放需在20年内通过种植额外生物质等方式全额补偿	全面核算CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O三类温室气体，覆盖存储、运输等各环节潜在排放
	LCA要求	强制要求完整的生命周期分析(LCA)，需量化各环节碳足迹并从总碳存储量中扣除	强制要求完整的生命周期分析(LCA)，重点核算采购后各环节的碳足迹	无需第三方LCA，通过CSI Biochar Tool核算工厂大门前排放，后续环节依赖dMRV系统完成碳足迹追踪	无需第三方LCA，完全依赖CSI认可的dMRV应用收集全流程数据，自动完成排放核算	强制要求完整的生命周期分析(LCA)，需纳入低氧存储环境的碳足迹专项核算

### 二、数据收集要求

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
	上游生物质数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：原料类型、具体数量、水分含量、预处理工艺（干燥、粉碎、造粒等）、运输路线及运输阶段排放数据；</li> <li>原料限制：需符合EBC/WBC阳性清单，森林生物质需提供FSC/PEFC可持续认证文件；</li> <li>追踪要求：强制上游生物质全流程追踪，确保原料可追溯</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：仅接收废弃物生物质，需提供原料类型、数量、预处理方式、运输路径及排放明细；</li> <li>原料限制：严禁使用特意种植的生物质，仅允许纯生物源性废弃物原料；</li> <li>追踪要求：强制上游生物质追踪，需提供完整的采购及运输记录</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：原料类型、数量、水分含量、预处理过程、运输排放，森林生物质需搭配官方LULUCF报告或FSC/PEFC认证；</li> <li>原料限制：仅限碳中性生物质（农业生物质、森林管理废弃物等），需符合EBC/WBC阳性清单；</li> <li>追踪要求：强制上游生物质追踪，数据需纳入EBC/WBC认证流程</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：原料类型（农场自有残渣、加工行业废料、灾害残骸等）、数量、水分含量、简单预处理记录；</li> <li>原料限制：禁止使用森林木材（C-Sink炊具除外），可使用竹子、柳枝稷等专用生物质；</li> <li>追踪要求：无需上游生物质追踪，仅需确认原料来源合法性</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：原料类型、数量、水分含量、预处理工艺、运输路径及排放，需提供市场泄漏影响评估报告；</li> <li>原料限制：按类型满足可持续要求，禁止能源用途生物质，需避免市场泄漏；</li> <li>追踪要求：强制上游生物质追踪，需核算基线中储存的生物炭</li> </ol>
	生产过程数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：热解温度、停留时间、生物质转化率、生物油/合成气等副产物产量及能源利用效率，反应器运行参数；</li> <li>设施要求：允许现有设施，反应器设计需经审核（已知技术合作方除外），需通过生产设施审计；</li> <li>特殊要求：合成气/生物油燃烧需最大限度减少CH<sub>4</sub>排放，残余排放需纳入LCA核算</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：热解温度、转化率、副产物产量及利用情况，各阶段温室气体排放数据；</li> <li>设施要求：生产设施必须为新建（需证明是碳金融支持下的新增投资），旧设施不可用；</li> <li>特殊要求：需提交完整的生产工艺流程图，明确各环节排放控制点</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：热解温度、停留时间、转化率、甲烷排放量，副产物利用方式及能源回收效率；</li> <li>设施要求：允许现有设施，无技术等级限制；</li> <li>特殊要求：生产过程中产生的甲烷排放需在20年内补偿，热解无需碳中和但排放需全额抵消</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：热解温度（通过照片等简易方式记录）、原料消耗量、生物炭产量，无复杂参数要求；</li> <li>设施要求：仅允许低技术设备（如Kon-Tiki火焰幕窑、TLUD微型气化炉），需提供技术培训证明；</li> <li>特殊要求：禁止未燃烧的热解气体排放，传统木炭堆/蒸馏器生产的生物炭不具备认证资格</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：热解温度、压力、停留时间、转化率，副产物产量及利用效率，泄漏气体排放量；</li> <li>设施要求：允许现有设施，需提供反应器设计图（可简化以保护IP），反应器需安装传感器监测热解气体泄漏；</li> <li>特殊要求：高压反应器需额外提供压力控制、容器尺寸、进出口位置等安全设计说明</li> </ol>
	应用阶段数据	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：应用场景（土壤/非土壤）、应用量、存储矩阵类型、最终地理位置，碳封存稳定性证明；</li> <li>应用限制：需用于合规应用矩阵，需提供无用途转移风险的证明文件；</li> <li>存储要求：碳封存持续时间≥100年，需提交长期稳定性评估报告</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：应用场景（土壤/非土壤）、应用量、混合底物类型（土壤应用）、最终地理位置；</li> <li>应用限制：生物炭需在生产后1年内完成应用，土壤表面应用时必须混合其他底物；</li> <li>存储要求：碳封存持续时间≥100年，非土壤应用需证明生物炭是长期稳定的碳汇</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：应用场景、应用量、存储矩阵类型，需匹配EBC/WBC认证类别；</li> <li>应用限制：仅允许EBC/WBC认证清单中的应用场景，需提交应用合规性证明；</li> <li>存储要求：碳封存持续时间&gt;100年，区分地质碳汇（长期）和临时碳汇（短期）</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：应用场景、应用量、最终地理位置（自有农场/外销）；</li> <li>应用限制：优先在生产者自有农场应用，外销需通过认证贸易商继续追踪，禁止能源用途；</li> <li>存储要求：碳封存持续时间&gt;100年，需通过dMRV工具记录存储状态</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心数据：应用场景（土壤/低氧环境）、应用量、存储矩阵参数，作物产量变化数据；</li> <li>应用限制：禁止可能影响存储稳定性的土地管理行为，不得降低作物产量，推荐遵循IBI撒布最佳实践；</li> <li>存储要求：碳封存持续时间≥100年，低氧环境存储需额外提交稳定性监测数据</li> </ol>

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
三、 监测与 验证 机制	监测工具	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心工具：数字数据收集系统+内部文档（发票、生产协议、运输记录）；</li> <li>辅助工具：实验室检测报告（碳含量、H/C比等），生产设施运行日志；</li> <li>数据要求：所有数据需可追溯、可核验，支持第三方审计调取</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心工具：人工记录台账+第三方跟踪软件；</li> <li>辅助工具：生产日志、运输单据、检测报告；</li> <li>数据要求：需按监测周期整理数据，形成完整的证据链，支持Verra核查</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心工具：CSI Biochar Tool + dMRV系统，实现从工厂到应用端的全流程数据追踪；</li> <li>辅助工具：EBC/WBC认证检测报告，年度审计记录；</li> <li>数据要求：数据需实时上传至Global C-Sink Registry，支持在线核查</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心工具：CSI认可的dMRV移动应用，生产者直接录入数据；</li> <li>辅助工具：照片记录（原料、生产过程、应用场景），简单生产台账；</li> <li>数据要求：数据需经C-Sink Manager审核，支持年度实地核查</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核心工具：Certify数字平台，支持实时监测、混合原料跟踪、客户及应用站点数字认证；</li> <li>辅助工具：传感器数据（泄漏、温度等）、实验室检测报告、API数据接口；</li> <li>数据要求：支持连续数据提交和近实时验证，数据完整性纳入信用发行考核</li> </ol>
	样本检测频率	<ol style="list-style-type: none"> <li>检测频率：非连续监测时，每1000干吨或每季度检测1次；连续监测时，每5000干吨或每半年检测1次；</li> <li>检测要求：不同类型生物炭需单独抽样检测，检测参数含碳含量、H/C比、重金属等；</li> <li>实验室要求：需由合规第三方实验室执行检测</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>检测频率：每年至少检测1次，原料类型或生产参数发生重大变化时需增加检测频次；</li> <li>检测要求：检测参数含碳含量、H/C比、污染物含量，需提交完整检测报告；</li> <li>实验室要求：实验室需具备相关资质，检测方法符合ISO标准</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>检测频率：每年检测1次，作为EBC/WBC认证的必要环节；</li> <li>检测要求：检测参数需覆盖EBC/WBC认证指标（碳含量、H/C比、重金属等）；</li> <li>实验室要求：需由EBC/WBC认可的实验室执行检测</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>检测频率：C-Sink Farmer Network无需强制检测，生物质不在数据库时需补充分析；Artisan Pro生产者每年检测1次；</li> <li>检测要求：重点检测碳含量、重金属含量，确保应用安全性；</li> <li>实验室要求：需由Artisan认可的实验室执行检测</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>检测频率：每批次或统计显著批次抽样，未逐批次抽样时每月至少1次随机抽样；</li> <li>检测要求：检测参数含碳含量、H/C比、随机反射率（Ro）、重金属等；</li> <li>实验室要求：实验室需具备Ro检测资质（如需核算1000年永久性）</li> </ol>
	第三方审计	<ol style="list-style-type: none"> <li>审计周期：生产设施每5年审计1次，产出审计频率由项目方决定（CORC &gt; 1000时优先审计）；</li> <li>审计内容：生产设施合规性、数据真实性、排放核算准确性；</li> <li>费用与责任：强制第三方审计，费用由项目方承担，审计结果需提交Puro.earth审核</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>审计周期：每批次信用发行前需完成第三方验证，年度需提交检测报告；</li> <li>审计内容：项目设计合规性、监测数据完整性、排放核算准确性；</li> <li>费用与责任：需支付验证费，审计机构需经Verra认可</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>审计周期：每年1次现场审计，PDD提交后需完成一次性验证；</li> <li>审计内容：生产过程合规性、数据真实性、甲烷排放补偿情况；</li> <li>费用与责任：强制第三方验证，费用由项目方承担，审计机构需为VVB（验证/核查机构）</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>审计周期：C-Sink Manager每年实地核查1次，第三方VVB每年度验证1次；</li> <li>审计内容：生产工艺合规性、dMRV数据真实性、应用场景合规性；</li> <li>费用与责任：验证费用由项目方承担，C-Sink Manager需经CSI认可</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>审计周期：项目 listing后3个月内完成首次验证，后续按批次滚动验证；</li> <li>审计内容：数据完整性、排放核算准确性、存储稳定性；</li> <li>费用与责任：强制第三方验证，费用由买家承担，审计机构需经Isometric认可</li> </ol>

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
四、 清除量 计算 逻辑	通用公式	净CO <sub>2</sub> 清除量 (tCO <sub>2</sub> e) = 生物炭中存储的碳-生物质生产/供应阶段排放-生物炭生产阶段排放-生物炭应用(转化+运输)阶段排放	净CO <sub>2</sub> 清除量 (tCO <sub>2</sub> e) = 生物炭中存储的碳-生物质采购/运输阶段排放-生物炭生产阶段排放-生物炭应用(转化+运输)阶段排放-泄漏排放	净CO <sub>2</sub> 清除量 (tCO <sub>2</sub> e) = 生物炭中存储的碳-生物质采购/供应阶段排放-生物炭生产阶段排放-生物炭应用(转化+运输)阶段排放-20kg CO <sub>2</sub> e/干吨生物炭(安全边际)	净CO <sub>2</sub> 清除量 (tCO <sub>2</sub> e) = 生物炭中存储的碳-生物质采购/供应阶段排放-生物炭生产阶段排放-生物炭应用(转化+运输)阶段排放-20kg CO <sub>2</sub> e/干吨生物炭(安全边际)	净CO <sub>2</sub> 清除量 (tCO <sub>2</sub> e) = 生物炭中存储的碳-生物质生产/采购阶段排放-生物炭生产阶段排放-生物炭应用(转化+运输)阶段排放-泄漏排放
	基线排放设定	基线排放设定为0，仅核算“已进入大气的碳”的封存量，不包含生物炭替代高碳产品的“潜在碳避免”量	基线排放设定为0，仅认可“已进入大气的碳”的封存，不支持“碳避免”相关信用核算	基线排放设定为0，仅核算实际封存的碳量，不包含潜在碳避免效益	基线排放设定为0，聚焦实际碳封存，不涉及碳避免相关核算	基线排放设定为0，仅认可“已进入大气的碳”的封存，需核算基线中储存的生物炭

### 五、清除量计算核心差异

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
	永久性因子核算	<ol style="list-style-type: none"> <li>核算依据：基于实验室测定的H/C<sub>org</sub>摩尔比+应用区域平均土壤温度；</li> <li>核算年限：统一按200年永久性计算，H/C比越低，永久性越强；</li> <li>特殊规则：无替代核算方法，严格按照上述双因素计算</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核算依据：高科技生产按热解温度；低技术生产按热解温度（如有）或默认值0.56；</li> <li>核算年限：按永久性调整因子推算，无固定年限，热解温度越高，永久性越强；</li> <li>特殊规则：无其他替代核算方法，依赖温度或默认值</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核算依据：仅基于H/C<sub>org</sub>摩尔比；</li> <li>核算年限：按碳类型区分——PAC（持久芳香碳）稳定期超1000年，SPC（半持久碳）1000年内分解；</li> <li>特殊规则：H/C<sub>org</sub> &lt; 0.40时，75% PAC+25% SPC；0.40 &lt; H/C<sub>org</sub> &lt; 0.70时，100% SPC，采用双指数衰减模型核算SPC分解速率</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核算依据：仅基于H/C<sub>org</sub>摩尔比；</li> <li>核算年限：同Global版，PAC稳定期超1000年，SPC 1000年内分解；</li> <li>特殊规则：H/C<sub>org</sub> &lt; 0.40时，75% PAC+25% SPC，无其他核算方式</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>核算依据：农业土壤应用——H/C<sub>org</sub>比（200年）或随机反射法（R<sub>0</sub>, 1000年）；低氧环境存储——H/C<sub>org</sub>比+随机反射法（1000年）；</li> <li>核算年限：支持200年、1000年两类年限核算，R<sub>0</sub> &gt; 2%时碳稳定期约1亿年；</li> <li>特殊规则：R<sub>0</sub>核算结果比H/C比高51-71%（1000年尺度），可选择更有利的核算方式</li> </ol>
	泄漏处理	需全面量化三类间接泄漏：生态泄漏（如原料采集对生态的影响）、市场泄漏（如原料价格波动引发的替代行为）、活动转移泄漏（如项目导致其他区域排放增加），所有泄漏量均需从清除量中扣除	泄漏主要归因于各阶段运输环节，直接纳入净GHG清除量核算，无额外泄漏类型要求	安全边际已覆盖运输、混合、应用等环节的潜在泄漏，无需额外量化其他泄漏类型	安全边际已包含常规环节潜在泄漏，小规模生产场景下无额外泄漏量化要求	需全面核算三类泄漏：活动转移泄漏（如原料转移导致其他项目排放）、市场泄漏（如物质供应短缺引发的市场波动）、生态泄漏（如原料采集破坏生态），所有泄漏量均需纳入核算并扣除

### 六、其他关键要求

对比维度	子维度	Puro.earth	Verra	Global Biochar C-Sink	Global Artisan C-Sink	Isometric
	生产设施要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>技术等级：无限制，高低技术均可，反应器设计需经审核（已知合作方除外）；</li> <li>设施状态：允许现有设施，需通过生产设施审计（每5年1次）；</li> <li>副产物处理：合成气/生物油需回收利用，残余排放纳入LCA</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>技术等级：无明确限制，需符合ISO相关标准；</li> <li>设施状态：必须为新建设施，需证明是碳金融支持的新增投资；</li> <li>副产物处理：副产物利用需记录，排放纳入核算</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>技术等级：无限制，高低技术均可；</li> <li>设施状态：允许现有设施，无新建要求；</li> <li>副产物处理：副产物可自由利用，排放需纳入核算并补偿</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>技术等级：仅允许低技术设备（Kon-Tiki窑、TLUD微型气化炉等）；</li> <li>设施状态：允许现有设施，需提供技术培训证明；</li> <li>副产物处理：无强制回收利用要求，需确保无未燃烧气体排放</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>技术等级：无限制，需提供反应器设计图及传感器配置方案；</li> <li>设施状态：允许现有设施，高压反应器需提供安全设计说明；</li> <li>副产物处理：副产物利用需记录，排放纳入核算</li> </ol>
	地理限制	无地理限制，全球范围内的生物炭项目均可申请认证	无地理限制，全球范围内的生物炭项目均可申请认证	无地理限制，全球范围内符合条件的工业规模项目均可申请	仅适用于低收入、中低收入、中高收入国家（按世界银行分类），聚焦小规模农户项目	无地理限制，全球范围内的生物炭项目均可申请认证

# 主要参考文献

赵立欣. (2025). 加快推进农业废弃物资源化利用. [http://jhs.moa.gov.cn/lsfz/202501/t20250117\\_6469257.htm](http://jhs.moa.gov.cn/lsfz/202501/t20250117_6469257.htm)

中国产业发展促进会生物质能产业分会. (2021). 3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书 [R]. 国家能源局. <https://www.beipa.org.cn/productinfo/945230.html#>

AlliedOffsets. (2025). CDR: State of the Market (页 34).

Bonnieux, G., & Weber, M. (2025). The Crucial Role of Carbon Removal in Net Zero Targets. Nature-Based and Tech-Based Carbon Removals Are on the Rise: A New Era for Climate Action. <https://www.southpole.com/blog/nature-based-and-tech-based-carbon-removals-are-on-the-rise>

Carbon Direct, & Microsoft. (2025). Criteria for High-Quality Carbon Dioxide Removal | 2025 Edition. <https://www.carbon-direct.com/criteria/2025-edition>

CDR.fyi. (2024a). The Global South Takes the Lead in Biochar Carbon Credits. <https://www.cdr.fyi/blog/global-south-takes-the-lead-in-biochar-carbon-credits>

CDR.fyi. (2024b). CDR.fyi Insight—Microsoft. <https://www.cdr.fyi/blog/cdr-fyi-insight-microsoft>

CDR.fyi. (2025a). A Global View of CDR - Insights from the Carbon Removal Map. <https://www.cdr.fyi/blog/carbon-removal-map-insight>

CDR.fyi. (2025b). Biochar Carbon Removal Market Snapshot | 2025. <https://www.cdr.fyi/blog/biochar-carbon-removal-market-snapshot-2025>

Chen, W., Meng, J., Han, X., Lan, Y., & Zhang, W. (2019). Past, present, and future of biochar. *Biochar*, 1(1), 75 ~ 87. <https://doi.org/10.1007/s42773-019-00008-3>

Climate change 2022: Mitigation of climate change. (2022). IPCC.

Deng, X., Teng, F., Chen, M., Du, Z., Wang, B., Li, R., & Wang, P. (2024). Exploring negative emission potential of biochar to achieve carbon neutrality goal in China. *Nature Communications*, 15, 1085. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45314-y>

Friedlingstein, P., Sitch, S., & O'Sullivan, M. (2025). China's land carbon budget in the context of the Global Carbon Budget. *National Science Review*, 12(4), nwaf073. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf073>

Google. (2025). Google Environmental Report 2025.

Johns, T., Nease, P., & Sasaki Tsien, S. (2024). Reflections on Three Years of Supporting Carbon Removal. *Meta Sustainability*. <https://sustainability.atmeta.com/blog/2024/06/17/reflections-on-three-years-of-supporting-carbon-removal/>

Karan, S. K., Woolf, D., Azzi, E. S., Sundberg, C., & Wood, S. A. (2023). Potential for biochar carbon sequestration from crop residues: A global spatially explicit assessment. *GCB Bioenergy*, 15(12), 1424 ~ 1436. <https://doi.org/10.1111/gcbb.13102>

Microsoft. (2025). 2025 Environmental Sustainability Report: Accelerating progress to 2030.

Puro.earth. (2024). Puro Additionality Assessment Requirements (version 2.0).

Puro.earth. (2025). Biochar's Market Momentum: Leading the Carbon Removal Revolution.

QCI. (2025). ITMOs: The next frontier for carbon markets. *QCI Carbon Insights* 2025, (41), 16.

Smith, B. (2020). Microsoft will be carbon negative by 2030. The Official Microsoft Blog. <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/>

Spock, R. (2024). Our pledge to support carbon removal solutions. Google. <https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/pledge-to-support-carbon-removal-solutions/>

Supercritical. (2025). Locked in or left behind? Biochar offtakes in 2025.



邮箱

[wenjing@climatefuture.cn](mailto:wenjing@climatefuture.cn)

地址

成都 中国四川省成都市高新区吉泰路566号莱普敦中心3栋2单元2901室