

# 区块链赋能 “碳达峰碳中和”白皮书

(2022版)



2022年3月



·

# **区块链赋能 “碳达峰碳中和”白皮书**

**（2022 版）**

**2022年3月**

## 编写单位

中国移动通信有限公司研究院

中国质量认证中心

中化创新（北京）科技研究院有限公司

中国信息通信研究院

深圳壹账通智能科技有限公司

中国移动通信集团北京有限公司

中国远洋海运集团有限公司

中国移动紫金（江苏）创新研究院有限公司

四川长虹电子控股集团有限公司

网络通信与安全紫金山实验室

北京国星基金管理有限公司

## 前 言

“碳达峰碳中和”，可简称“双碳”，是党和国家高瞻远瞩的战略部署，已经连续两年写入中央政府工作报告。“碳达峰碳中和”不仅体现大国担当、协同应对全球气候变化的要求，更是为国家民族利益的长远考虑。而区块链作为新型信息处理技术，在信任建立、价值表示和信任传递方面有不可取代的优势，目前已经在跨行业协作、社会经济发展中展现出其价值和生命力。

本白皮书聚焦讨论区块链在碳达峰碳中和治理过程中的重要作用，特别是基于区块链纠正碳排放活动的负外部性。基于区块链构建广泛、有效、具有公信力的基础设施和治理体系，服务于碳减排、碳交易、碳监管等多种场景。

参与本白皮书撰写的主要专家包括：

中国移动通信有限公司研究院 何申、董宁、张雯、董文字、郭忆帆

中国质量认证中心 徐少山、杨辉、云瑶、王锋、陈瑜

中化创新（北京）科技研究院有限公司 辛思海、彭圣

中国信息通信研究院 魏凯、张奕卉、刘宾

深圳壹账通智能科技有限公司 顾青山、安立、袁卫兵、赵桐

中国移动通信集团北京有限公司 付莉、杜建凤、莫韦蓬

中国远洋海运集团有限公司 蓝春海、郭晓毅

中国移动紫金（江苏）创新研究院有限公司 赵丹怀、包岩、周晓阳

四川长虹电子控股集团有限公司 唐博、李努锲

网络通信与安全紫金山实验室 谢人超、赖华尧、贾庆民、彭开来

•

北京国星基金管理有限公司 李敬、王建晗、王世明

（排名不分先后）

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 前 言 .....                       | 5  |
| 1. 背景.....                      | 1  |
| 1.1. 碳达峰碳中和的必要性 .....           | 1  |
| 1.2. 碳达峰碳中和所面临的挑战 .....         | 2  |
| 1.3. 我国碳达峰碳中和的路线 .....          | 4  |
| 2. 区块链赋能碳达峰碳中和 .....            | 6  |
| 2.1. 纠正碳排放的负外部性 .....           | 6  |
| 2.2. 区块链的赋能作用 .....             | 7  |
| 2.3. 生态体系 .....                 | 8  |
| 2.4. 市场前景 .....                 | 10 |
| 2.5. 应用场景 .....                 | 10 |
| 2.5.1. 面向经济活动部门的应用场景 .....      | 10 |
| 2.5.2. 面向公共服务的应用场景 .....        | 11 |
| 3. 行业实践.....                    | 12 |
| 3.1. 能源行业 .....                 | 12 |
| 3.1.1. 解决方案.....                | 12 |
| 3.1.2. 案例：基于区块链的冬奥绿电溯源平台 .....  | 14 |
| 3.2. 工业制造行业 .....               | 14 |
| 3.2.1. 解决方案.....                | 15 |
| 3.2.2. 案例：正泰物联网园区碳检测平台 .....    | 16 |
| 3.3. 交通物流行业 .....               | 16 |
| 3.3.1. 解决方案.....                | 16 |
| 3.3.2. 案例：5G+AI+区块链赋能共享停车 ..... | 17 |
| 3.4. 信息科技行业 .....               | 17 |
| 3.4.1. 解决方案.....                | 18 |
| 3.4.2. 案例：智能无线基站节能系统 .....      | 19 |
| 4. 区块链赋能碳达峰碳中和治理技术解决方案 .....    | 20 |
| 4.1. 技术需求 .....                 | 20 |
| 4.1.1. 双碳数字化治理现状 .....          | 20 |
| 4.1.2. 由点到线的技术改造路径 .....        | 21 |
| 4.1.3. 关键技术点 .....              | 23 |
| 4.2. 技术方案 .....                 | 24 |
| 4.2.1. 技术方案体系架构 .....           | 24 |
| 4.2.2. 技术方案兼具区块链及双碳业务特色 .....   | 26 |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 4.2.3. 技术拓展：物联网采集系统助力碳排放数据采集上链 .....     | 27 |
| 5. 发展展望 .....                            | 29 |
| 5.1. 新蓝海市场空间广阔、赛道众多 .....                | 29 |
| 5.1.1. 绿色低碳发展是我国经济高质量发展的驱动力 .....        | 29 |
| 5.1.2. 市场前景广阔，行业赋能潜力大 .....              | 29 |
| 5.2. 规划发展路径并完善技术解决方案 .....               | 29 |
| 5.2.1. 按碳中和、碳达峰两个阶段开展区块链应用探索 .....       | 30 |
| 5.2.2. 在重点行业领域开展区块链赋能“碳中和、碳达峰”试点示范 ..... | 30 |
| 5.2.3. 不断完善政策协调联动及宣传推广 .....             | 30 |
| 5.3. 汇聚禀赋优势合作伙伴，共同构建产业新生态 .....          | 30 |
| 5.3.1. 多方参与，优势互补，跨界协同 .....              | 30 |
| 5.3.2. 构建可持续发展的产业生态 .....                | 31 |
| 5.3.3. 构建人才培养体系 .....                    | 31 |
| 缩略语列表 .....                              | 32 |
| 参考文献 .....                               | 33 |

## 1. 背景

“碳达峰碳中和”，简称“双碳”。“碳达峰”是指二氧化碳排放量达到峰值，“碳中和”是指通过产业结构调整和能源体系优化，调控二氧化碳排放总量，最终实现二氧化碳在人类社会与自然环境内的产销平衡。

由二氧化碳等温室气体排放引起的全球气候变化已经成为本世纪人类面临的巨大挑战之一。在《巴黎协议》的框架下，到本世纪中叶实现碳中和是全球应对气候变化的最根本的举措。

根据世界银行统计，我国自 2005 年起始终保持碳排放量世界第一大国，2020 年我国碳排放量约占全球 30%。2020 年 9 月 22 日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和，即所谓“双碳”目标或“30•60”目标。我国的这一承诺是全球应对气候变化进程中的一项有里程碑意义的事件，也开启了我国以碳中和目标驱动整个能源系统、经济系统和科技创新系统全面向绿色转型的新时代。在达成“双碳”目标的过程中将面临艰巨挑战，同时也会迎来科技创新、能源优化和经济转型的重大机遇。

### 1.1. 碳达峰碳中和的必要性

碳达峰碳中和是党和国家高瞻远瞩的战略部署，也是国家民族的长远利益所在。

一是体现大国担当，协同应对全球气候变化。应对全球气候变化是全人类的责任。在当前“百年未有之大变局”，世界领导结构变化背景下，我国宣布碳达峰、碳中和目标和愿景，体现我国作为大国的责任担当，将极大程度改变外国意识形态的一些刻板印象和负面看法，也证明我国有能力、有义务、也有决心站上世界的舞台并发挥自己的作用。

二是优化能源结构，改善国家能源安全。碳达峰碳中和对国家安全有利，符合国家核心利益。2019 年我国原油对外依存度突破 70%<sup>[2]</sup>，2020 年增长到 73.5%<sup>[3]</sup>，

石油资源及其生产、运输对于我国是影响极大且不可控的因素，随时可能因为某些极端事件导致中断，影响能源供应，进而危害国家安全。碳减排过程中对能源结构持续优化，可以减少我国对石油、天然气等化石能源的依赖，进而削弱相关海域以及全球石油市场对我国国家安全的影响。

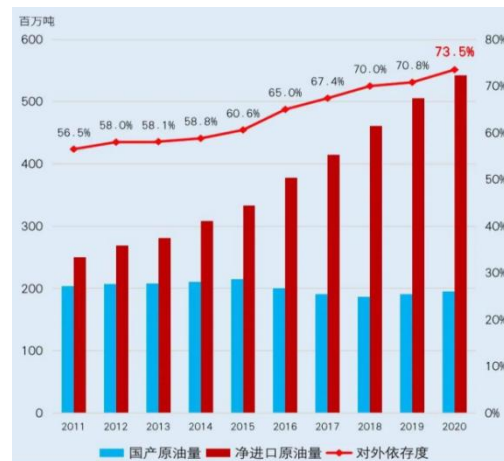


图 1 我国原油对外依存度（来源：国家统计局、海关总署）

**三是化解碳关税冲击，应对潜在贸易壁垒。**欧美等发达国家纷纷制定碳边境调节税方案，包括欧盟碳边境调节机制草案，美国的《清洁能源安全法案》、《美国碳费法案》等。在当前全球陷入低增长、孤立主义抬头、贸易摩擦不断升级的形势下，碳边境调节税可能被异化成贸易壁垒的工具。我国作为全球最大的进出口贸易国，碳边境调节税的冲击不容忽视。根据世界银行和美国彼得森研究所《协调气候变化与贸易政策》研究报告，发达国家碳关税可能导致我国制造业出口规模削减 20%。我国主动推进碳达峰碳中和战略，完善碳税等治理体系，提高绿色技术含量，提升在国际贸易的主动地位，减少贸易壁垒的冲击。

**四是发挥制造业优势，塑造全球领先地位。**碳达峰碳中和技术往往具有突出的制造业属性，光伏发电、电化学储能、氢能同时具备规模效应、材料替换和效率提升三个成本下降路径。我国作为制造业大国，推动低碳、零碳技术极大利好中国制造业，在新能源领域塑造全球性竞争优势，甚至从某种意义上将我国从化石能源时代的能源进口国转化为“双碳”时代的能源出口国。

## 1.2. 碳达峰碳中和所面临的挑战

在碳达峰碳中和目标下，要求各领域进行用能结构、能源供需体系以及基础

设施的升级与优化调整。目前，我国是世界第一大能源消费国，能源消费量仍将持续增长，化石能源占比高，化石能源基础设施存量、新度高，能源转型发展面临任务重、时间短、成本高等多重挑战。主要体现在以下三点：

第一，碳排放体系规模大、减排任务重。联合国环境规划署的数据显示，2018年我国碳排放当量达 137 亿吨<sup>[1]</sup>，占全球 26%，远超其后的美国 13%，欧盟 8%，印度 7%和俄罗斯 5%。我国能源结构优化调整和碳减排任务艰巨且繁重。

第二，能源结构转型时间短。欧盟在 20 世纪 90 年代已实现碳达峰，美、日、韩等国也已在 2010 年左右实现碳达峰。按照全球 2050 年净零排放目标计算，碳达峰与碳中和的时间间隔多在 40~70 年，平均周期约为 50 年。我国碳达峰、碳中和的时间间隔仅为 30 年，在经济持续发展、用能持续增长的情况下推动实现碳达峰、碳中和目标将面临发展与减排的双重压力。

表 1 不同国家及地区碳达峰和碳中和时间表

| 国家和地区 | 碳达峰时间 | 碳中和时间 |
|-------|-------|-------|
| 美国    | 2007  | 2050  |
| 欧盟    | 1990  | 2050  |
| 加拿大   | 2007  | 2050  |
| 韩国    | 2013  | 2050  |
| 日本    | 2013  | 2050  |
| 澳大利亚  | 2006  | 2040  |
| 南非    | —     | 2050  |
| 巴西    | 2012  | —     |

第三，能源转型成本高。根据国家发改委数据，我国实现碳达峰碳中和目标的总投入约为 136~300 万亿元，占到 2030 年前全球实现净零排放总投资成本的 1/3。能源转型成本高昂，特别需要妥善解决好化石能源基础设施搁浅带来的成本浪费问题。欧洲、美国、日本等国家和地区的煤电机组平均服役年限约为 40 年，目前正处于规模退役期，煤炭发展周期与低碳转型趋势具有一致性；我国由于工业发展起步较晚，煤电机组平均投运年限仅有 12 年，“一刀切”式的煤电机组退出机制会带来极大的资产搁浅成本。

为此，在实现碳达峰碳中和目标的过程中，既要防范以现实问题为借口的转型迟滞，更要防范不顾实际的转型冒进；应按照自身节奏有序推进碳达峰碳中和行动，稳妥处理好发展和减排、近期和中长期的关系，兼顾不同阶段、不同领域、不同地区的发展需要，因地制宜，探索整体转型背景下碳达峰碳中和转型路径的

最优方案。

### 1.3. 我国碳达峰碳中和的路线

中金研究院将实现碳中和路径概括为“碳中和之路=碳定价+技术进步+社会治理”<sup>[4]</sup>，量化模型测算表明，该公式可兼顾 2030 碳达峰、2060 碳中和以及经济平稳增长的目标。在该公式的三个元素中：

第一，碳定价有两种执行形式：碳税和碳交易。碳税是政府通过税收直接设定一个碳价，把碳排放的长期损害折现成当下的成本。碳交易是政府创造一个交易市场，在政策设定碳排放总量限制下，由双方交易形成价格。

第二，碳达峰碳中和技术进步工具箱有碳减排技术、碳中和技术两大类。碳减排技术主要包括降低能源消费、切换到更低排放的能源技术。碳中和技术是可以实现零碳和负碳的技术。

第三，社会治理则主要包括价格型、命令型和宣传型三类政策。碳定价和社会治理依赖于企业、政府、其他职能机构等多个主体之间的广泛、高效率协作；而实施技术进步的过程往往需要与绿色金融、公共政策等发生联动，进而也需要企业与政府、其他职能机构建立协作。在现有的社会治理框架下，碳达峰碳中和相关的治理和协作能力还存在空白，需要通过必要的信息技术手段构建双碳场景下的多方协作体系。

在操作层面，我国实现碳中和的路径可概括为：**两个轮子驱动，两大领域发力，一个核心抓手**<sup>[5]</sup>。

**“两个轮子驱动”**是指政府和市场协同作用。政府主要起导向作用，在起步阶段尤为重要。市场作为主体，从长远看一定要发挥市场这“无形之手”的作用。

**“两大领域发力”**是指减排与消纳并举发展。在减排方面，要调整能源结构，降低化石能源比例，预计 2060 年化石能源占比从现在的 84%调整到 20%；还要调整钢铁、交通、建筑等用能结构，实现再电气化，预计 2060 年电气消费比例将从现在的 24%增加到 80%。在消纳方面主要着眼于开发陆地与海洋生态系统的碳汇潜力，同时发展 CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage，碳捕捉、利用和封存）/CCS（Carbon Capture and Storage，碳捕捉和封存）技术和 CO<sub>2</sub> 直接利用技术。

**“一个核心抓手”是指以碳价格、碳交易与碳税等政策为抓手。**当前全球已有 61 项碳定价机制正在实施或计划实施中，其中 31 项属于碳排放交易体系，30 项属于碳税，共覆盖约 120 亿吨 CO<sub>2</sub>，占全球温室气体排放量的约 22%<sup>[6]</sup>。2021 年，随着生态环境部印发的《碳排放权交易管理办法(试行)》启动施行，我国全国碳排放权交易市场已全面启动。

## 2. 区块链赋能碳达峰碳中和

碳排放活动具有时间尺度和空间尺度的负外部性，需要构建广泛、有效、有公信力的治理体系，将外部性内部化，以推动碳排放企业、个人实施减碳、零碳乃至负碳等技术改进和行为升级。

碳排放治理过程需要具备普遍公信力、可扩展、普遍服务的信息技术基础设施，支撑政府、行业组织、排放企业乃至个人，支撑与国内外组织、机构互操作。在该需求框架下，区块链是可以发挥核心、基础、关键作用的信息技术，可以服务于碳减排、碳交易、碳监管等多种场景，促进参与主体之间的可信协作，为我国碳达峰碳中和目标的顺利实现提供有力支撑。

### 2.1. 纠正碳排放的负外部性

碳排放活动具有超时空负外部性。私人组织的碳排放活动使其从生产经营中受益，但由此带来的气候变化和空气污染等损害由全体社会承担。特别是，这种负外部性在空间尺度和时间尺度都达到了空前的规模。从空间尺度看，碳排放进入大气循环，会对全球气候产生影响。从时间尺度看，碳排放导致气候变化进而产生严重后果，这一过程将持续数十年甚至数百年并将日渐显著。

要解决碳排放的负外部性问题，就必须把外部性内部化，即将碳排放的社会成本转移到碳排放的实施组织，将碳排放的远期成本转移到当下的碳排放活动中。自由市场无法为私人组织赋予足够的动力，需要公共政策的干预和介入。

碳排放的治理体系需要广泛、有效、有公信力的治理体系，需要相应的信息技术和基础设施，支撑政府、行业组织、排放企业、审核认证机构、交易市场乃至个人大规模协同。在强调国内、国外双循环互动的大环境下，纠正负外部性还需要国际视角，信息技术和基础设施还需要具备与国外组织、机构互操作的能力。

为满足碳排放治理需要广泛、有效、有公信力、对接国外的需求框架，区块链就是恰当的信息技术。

## 2.2. 区块链的赋能作用

区块链是新一代信息技术的重要成员，是分布式网络、加密技术、智能合约等多种技术集成的分布式账本系统，具有高可靠性、不可伪造、全程留痕、可以追溯、公开透明、集体维护等特征。相比传统的中心化信息技术，由于多方共同见证记账，区块链特别适合于支撑由多方协同实现的行政监管、商务合作等场景，例如双碳治理。

区块链技术特征可以服务于双碳场景下的生产过程改造、管理模式创新、供应链和产业链多环节优化，促进参与主体之间的可信协作，特别是以下两方面：

**一是区块链可以构建及时、可信的碳监管环境。**2021年1月，生态环境部发布《全国碳排放权交易管理办法（试行）》，明确了全国碳市场国家-省-市三级管理体系，并明确各级主管部门责任。区块链技术在碳排放权登记、交易、结算、碳排放报告与核查等管理和监管应用中可以增强信息透明度、时效性，降低信息管理和监督成本，构建各环节、全流程可追溯的交易监管环境，提升政府碳排放监管和社会服务的现代化水平。

**二是区块链赋能产业转型升级，优化生产流程，促进碳减排，提升能源效率。**

目前我国碳排放主要集中在工业、电力、能源等高耗能行业。区块链是传统产业数字化转型的重要突破口。区块链去中心化、可验证性以及不可篡改等特点，可有效增加供应链环节中的透明度，减少供应链环节中的文书流程，极大提高供应链的效率。区块链技术可以构建信任、多方协作的去中心化基础设施，有助于打破行业中的数据孤岛，通过智能合约等技术构建新型协作生产体系和产能共享平台，提高多方协作效率，推动降低社会总体的能耗水平和碳排放水平。

**三是区块链可以构建可信、高效的碳交易平台和市场。**区块链技术应用用于碳交易市场，可实现对高碳排放企业和节能企业的碳资产和碳排放权进行实时、透明、不可篡改的资产管理，增强碳交易市场的活跃性，促进统一碳价的市场化机制，打造碳交易主体、交易机构、政府等多方共建、灵活互动的碳资产交易模式，实现从排放权获取、交易、流通，到交易核消、统计的全流程数据上链存储与可信共享应用，让碳排放配额在“有目共睹”的情况下进行交易，实现流转过程透明化和全生命周期的追踪溯源。

## 2.3. 生态体系

区块链赋能碳达峰碳中和的产业生态包括多方参与者，包括政府部门、园区、排放企业、金融机构、三方核查机构以及区块链技术/服务提供商等六方。总体视图如下图所示。

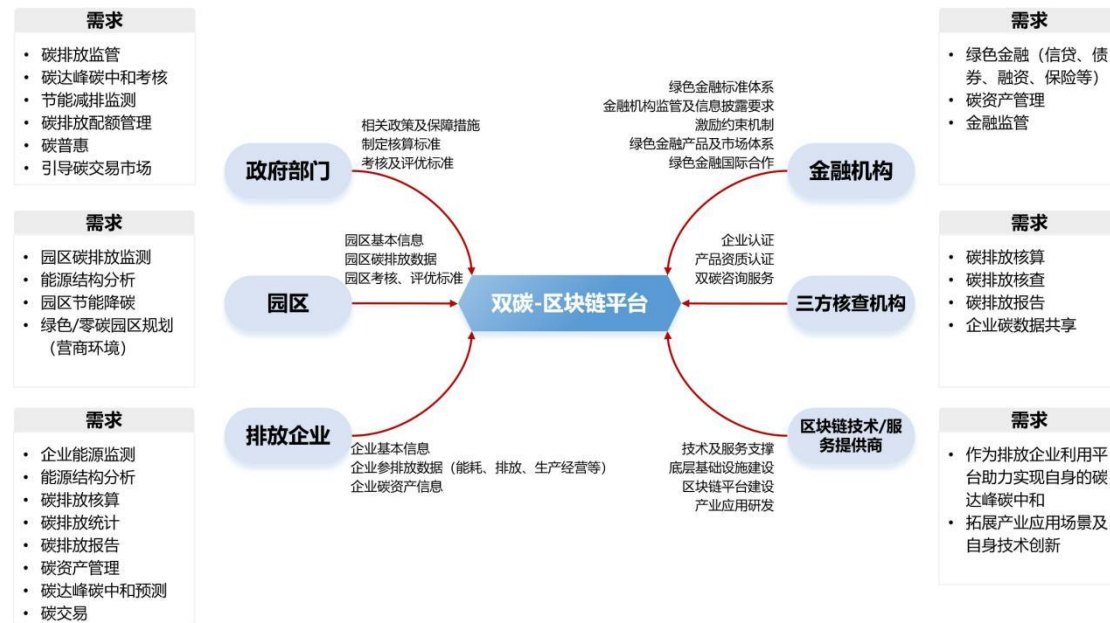


图 2 区块链赋能碳达峰碳中和生态角色总体视图

各生态角色说明如下：

### 1. 政府部门

政府部门主要包括双碳工作相关各级政府主管部门及机构，如中央双碳工作领导小组、各行业主管部门以及省市县政府等。政府部门是区块链-双碳技术和服务的主要潜在客户。

作为双碳工作主导部门，各政府部门的主要职责包括：主导制定科技、碳汇、财税、金融等保障措施，形成碳达峰碳中和的政策体系；推进能源绿色低碳转型，清洁能源快速发展；全国统筹，纠正运动式“减碳”，遏制“两高”（高耗能、高排放）项目盲目发展；开展大规模国土绿化行动，提升生态系统碳汇能力；启动碳排放权交易市场。

### 2. 园区

园区作为双碳工作中承上启下的主体，一方面接受上级政府的领导和督查，对碳排放等进行总量控制，另一方面引导园区内企业进行技术升级和统筹治理，

在保障园区生产的同时，实现有序节能减排；同时，也要与第三方机构合作，完成咨询、核查、测评认证、审计等工作，是区块链-双碳技术和服务的潜在客户。

### 3. 排放企业

几乎所有企业都会参与双碳活动中，是碳排放的责任主体或主要参与方，而实现双碳达标，一方面国家法律法规的要求，另一方面也是企业社会责任感的体现。企业的碳排放数据是企业接受行政监管、参与碳交易市场、申报公共政策等的基础依据，因此需要通过区块链技术手段证明其真实、可信。企业是区块链-双碳技术和服务的潜在客户。

### 4. 金融机构

人民银行及大商业银行推出碳减排支持工具等绿色金融服务。人民银行将推出碳减排支持工具，为碳减排提供一部分低成本资金。同时，通过商业信用评级、存款保险费率、公开市场操作抵押品框架等渠道加大对绿色金融的支持力度。金融机构是区块链-双碳技术和服务的潜在客户，直接或间接使用政府、企业等的碳排放监管等服务。

### 5. 第三方核查机构

在双碳活动中，需第三方核查机构对碳排放企业提交的温室气体排放报告进行核查，以确定提交的排放数据有效。基于区块链的数字化手段，能够保证企业原始数据以及排放报告的真实性、有效性，能提升核查效率，改进核查报告的时效性，因此有意愿参与区块链双碳平台的构建和运营。

### 6. 区块链技术/服务提供商

面向双碳提供的区块链技术/服务可包括如下形式。

第一类是区块链云服务平台，即区块链即服务（Blockchain as a Service, BaaS）。区块链框架嵌入云计算平台，利用云服务基础设施的部署和管理优势，为开发者提供便捷、高性能的区块链生态环境和生态配套服务，支持开发者的业务拓展及运营。中国移动“中移链”、金融壹账通以及区块链服务网络（Blockchain-based Service Network, BSN）等是区块链开放平台典型代表。

第二类是区块链应用。碳达峰碳中和领域涉及的区块链应用包括两种。一是通用类，如区块链存证，区块链溯源等，几乎所有双碳-区块链系统中都需要的共性基础能力。二是领域应用，如区块链+政务，区块链+能源，区块链+金融等，

利用区块链智能合约等自动执行碳排放核算、合规审核、第三方核查等更多特定领域的功能和服务。

## 2.4. 市场前景

我国区块链行业保持高速增长，前瞻产业研究院认为 2021~2026 年市场规模年复合增速达 73%<sup>[7]</sup>。而随着碳达峰碳中和战略的施行，我国针对碳减排的投入也会持续增长，跨域融合的“区块链赋能双碳”也具有广阔的市场前景。

**区块链-双碳领域的潜在政企客户规模巨大。**在企业方面，几乎所有行业企业都需要实施碳达峰碳中和行动。据国家统计局数据，2017 年，我国二氧化碳排放量分行业占比从高到低依次是电力 44%（煤电为主）、钢铁 18%，建材 13%、交通运输 8%、化工 3%、石化 2%、有色 1%，以及造纸 0.3%，涉及规模以上企业 37 万家以上。在监管部门方面，国家部委、省、市、县乃至园区，都需要构建碳排放监管能力。此外，碳达峰碳中和还需要有第三方核查认证、碳交易市场、绿色金融等多个行业或机构提供配套和支撑服务。区块链技术在赋能传统高耗能行业产业转型升级，减少碳排放，提升能源效率方面具有广阔的市场前景。

## 2.5. 应用场景

### 2.5.1. 面向经济活动部门的应用场景

依托投入产出模型<sup>[14]</sup>建立的区块链-双碳信息系统通常服务于企业、园区、各级政府、行业管理机构等经济活动部门，信息系统的功能及服务范围以经济活动部门为边界，通常由该部门主导实施建设和运营。鉴于双碳活动的负外部性特征，非常适合区块链发挥分布式账本、可追溯防篡改的独特优势，构建数字化产品和解决方案。

典型应用场景包括两类。

**第一，企业碳排放核查场景。**碳排放核查涉及行政监管、征缴碳税、碳交易、宏观监测等业务，需要保证基础性数据（直接排放数据、间接排放数据等）的真实、可信、有效，而基于区块链的分布式账本技术，为不同部门（企业、行政主

管部门、第三方机构、协同单位等）之间进行申报、测评、核查、审计等协同操作提供了技术手段。

**第二，碳交易场景。**基于区块链的交易平台可实现高效率交易、安全支付和遍历统计，推动碳交易供需关系升级。基于区块链的交易市场，可支持点对点、端到端、企业对企业的交易服务，在供需双方之间快速、可信、自动的达成交易，有效提升业务流转和结算过程中数据的可靠性和可信度；同时基于智能合约的共识处理机制，可以支撑灵活的交易结算规则。

### 2.5.2. 面向公共服务的应用场景

依托生命周期评价模型<sup>[4]</sup>建立的区块链系统通常服务于特定的产品或服务，聚焦于产品或服务的生产、运输、仓储、销售、使用、丢弃、再利用或降解的生命周期。由于区块链系统的服务范围超出了单一经济活动部门如企业、园区的边界，这类系统往往需要由政府、甚至政府联合体主导建设和运营，再面向广大企业、群众提供公共服务。

典型应用场景包括两类。

**一类典型的应用场景是国际贸易或跨地域协作。**以关税、法案的形式减少碳泄露，即防止企业将高排放生产制造过程转移到欠发达国家。针对跨国跨境商品碳排放核算基础是跟踪商品各个阶段（原材料、生产加工、运输、仓储、再加工等）的碳排放数据，需要融合不同企业或组织记录。区块链作为分布式账本，恰好满足多个组织主体相互协作的场景，在跨国跨境贸易中，区块链以其去中心化特性，增进跨国跨境的多方信任，减少贸易摩擦，比传统的中心化信息系统发挥更大的价值。当进口国滥用碳关税、用于贸易保护时，区块链信息系统提供相关产品的完整证据链，可以成为贸易纠纷的有力证据。

**另一类典型的应用场景是调动公众的绿色生活意识。**随着生活水平的日益提升，居民生活相关的碳排放量及占比会进一步提升。基于区块链构建公众碳足迹应用系统，记录公众低碳生活实践，帮助公众了解生活中碳排放构成，倡导绿色生活方式，培养绿色消费、拒绝浪费的习惯，改善消费行为，推广低碳饮食、推广低碳家居、节能环保等，提升全社会的责任意识。同时，基于区块链系统的可信记录，能够为政府实行鼓励政策提供第一手的可信数据资料。

### 3. 行业实践

本章介绍典型行业基于区块链实施碳达峰碳中和治理的解决方案和案例，基于区块链实现溯源、检测、共享、智能调度等多种治理措施。在本章介绍的能源（主要是电力）、工业、交通、信息等四个行业中，能源（主要是电力）、工业、交通都是碳排放占比较高的行业，因此是碳排放治理的重点行业；信息行业的碳排放占比较低，但面临另一个典型情况：人们对于算力、存储、网络的需求量和使用量将持续上涨，因此碳排放治理更加困难。

#### 3.1. 能源行业

能源是国家的产业基础，能源中的电力行业是目前我国碳排放的最大单一来源。通过区块链以及其他数字化手段，可以强化行业内生产环节的数字化监控能力，助力产业转型升级，推动减碳及逐步推进碳中和。

##### 3.1.1. 解决方案

对电力行业来说，区块链存在较好的技术适配性和业务可延展性。生产力方面，区块链去中心化特性可有效解决高比例可再生能源系统运行带来的系列安全性问题；点对点特征可助力分散式与分布式发电的运行、消纳和交易；智能合约等技术提升电网管理和系统运行水平，提高对储能、电动汽车等灵活调节资源品质等；分布式数据存储和防篡改特性将覆盖电力大数据确权、交易等各环节，促进数据资产的保护与开发。

典型的解决方案包括：

##### 1. 区块链助力可再生能源消纳

以新能源为主体的新型电力系统中，可再生能源的消纳能力与消纳方式，将直接影响电网韧性。区块链技术可将自身多方协作、数据可追溯性和不可篡改的特点与消纳责任权重计算公式、消纳责任权重、凭证等信息相融合，提升市场主体消纳积极性；凭证的发行和交易通过智能合约自动执行也将降低成本，提高消纳；凭证上链存证可以实现全程溯源，解决凭证核发流程繁琐问题，防止虚假交

易和重复交易，促进可再生能源消纳。

## 2. 区块链助力电力需求侧响应

在新型电力系统中，需求侧响应依旧作为实现调峰的重要手段，区块链可参与需求响应的各方共同部署平台建设，实现数据共享，将策略发布、响应确认、即时执行、成效评估、补贴发放等业务数据上链，结合数据挖掘技术做出需求侧响应的策略制定。通过将可追溯、实时共享的特点与智能合约技术深度融合，区块链技术可以在协议签订、事件发布、负荷分配、响应反馈、实施与检测、核证与认定中实现响应发布、响应分配、响应执行、响应监管，达到调峰提效，提升新型电力系统的调峰韧性。

## 3. 区块链助力输配电网智能化

随着未来我国电气化率进一步提升，社会用电量将持续增长，输配电网损耗将成为不容忽视的能源浪费。借助区块链技术助力实现输配电网的智能运维、状态监测、故障诊断等，提升电网管理水平，降低输配电网损耗，达到节能降碳效果。

## 4. 利用区块链构建新能源云

光伏发电、风电等新能源具有参与主体多、产业链条长等特点，各环节间信任传递困难，导致信息孤岛明显。基于区块链的新能源云平台，联接政府监管部门、电网企业、新能源供给方及需求方、金融机构等各方主体，打破数据壁垒，实现全产业链的能源流、数据流、价值流贯通共享，降低电力供需双方的信用成本，并为政府监管提供可信依据。

## 5. 基于区块链的分布式电力交易

随着新型电力系统中分布式新能源电力机组占比提高，电力交易的类型也由传统按计划需求统一组织的计划式向直接交易、就近消纳转变的分布式转变，区块链技术的去中心化特性能够与电力交易的适应性转变契合，基于区块链的分布式交易中各节点地位平等，以报价加密传输、智能合约和共识机制达到电力自动交易、自动结算和良性竞争，实现交易安全透明、产销利益最大化和交易均衡竞争，有效支撑电力交易的市场化运作，提高市场效率，有利于交易市场的长期稳定发展。

### 3.1.2. 案例：基于区块链的冬奥绿电溯源平台

平台面向有关政府主管部门、监管机构及相关企业，有效支撑冬奥绿电从生产到消纳关键流程链上监控，降低数据传递丢失、被篡改的风险，为冬奥场馆百分百绿电全覆盖提供可信证明，实现绿色冬奥的实时、可视化、多维度感知，提高社会公众乃至全世界对低碳冬奥的可信度。

平台整体包括基础层、平台层、数据层、服务层和展示层，通过与外部系统集成完成业务数据的获取，通过算法分析进行数据计算，通过图形、实时数据在可视化界面进行结果的输出。

平台层基于国网链服务，封装了数据交换服务。国网链主要提供基础从链接口调用以及冬奥绿电数据上链存证服务；在数据交换平台，完成对冬奥绿电数据的集成、抽取和质量管理等；

数据层包含对数据的建模、清洗和数据资产的形成，向服务层输送标准数据；服务层主要包含数据上链、数据统计、数据分析、数据开发、数据接口等服务；

展示层以城市沙盘的形式，展示冬奥绿电发-输-交易结算-消纳的全过程，完成冬奥绿电信息的前端展示，实现民众、奥组委对冬奥会绿色能源生产、传输、消纳全链条的动态实时感知。

## 3.2. 工业制造行业

工业制造是我国第一大终端能源消费与碳排放领域，也是我国能源消费、温室气体排放的大户。区块链技术的去中心化、不可篡改、全程留痕、可追溯、多方维护、公开透明等技术特点，一方面可以为工业制造参与各业务活动中的主体提供信任基础，打通业务流程，另一方面可对工业制造中的温室气体排放构建实时、穿透的监管新模式。现阶段，工业制造领域实现减排管控，达成“双碳”目标需要重点解决碳排放数据不一致、准确性和可信性不高以及不易追本溯源三个主要问题。

### 3.2.1. 解决方案

基于区块链的工业制造碳排放解决方案基于分布式网络重构底层信任基础，汇聚工厂、产线生产制造全流程碳排放数据，通过智能合约实时准确监测碳排放，自动完成各项数据申报，打通碳交易闭环，构建监管新模式。主要包括数据采集、数据预处理、系统服务、业务应用等模块。

#### 1. 数据采集

全面梳理工厂、产线生产制造过程中涉及碳排放的生产设施，确定核算边界及排放源进行数据采集。生产设施包括工业设备、物联网设备等硬件设备以及操作技术系统、信息技术系统等软件系统。

碳排放包括化石燃料燃烧排放、工业生产过程排放以及净购入电力、热力所产生的排放。

支持工业制造行业不同场景下生产设施碳排放数据采集，提供多种数据采集方式，主要功能包括：通过区块链模组在边缘端实时采集排放数据；通过区块链客户端对接现有系统接口的形式采集排放数据；根据业务场景对单排放源进行多渠道数据采集，利用多维度交叉核验，提升采集数据的准确性和可信性。

#### 2. 数据预处理

通过对各生产设施采集的碳排放数据进行预处理，得到结构化可用数据。主要包括通过身份标识进行数据确权、设计标准统一的数据结构、数据转换与清洗、数据加密及脱敏等处理措施。

#### 3. 系统服务

提供一站式碳排放数据服务，实时核算碳排放数据，跟踪企业碳减排项目完成进度、目标完成情况及成本费用使用情况，实现精细化的过程控制及生产运营管控。引入区块链技术，提升数据真实性和安全性，满足监管需求，支撑碳交易。

#### 4. 业务应用

通过监控大屏、碳排报告的形式实时或定期地输出碳排放总体情况，减排管控指标的对标成果。对接碳排放监管平台和碳交易市场，配合监管部门节能管控，参与碳资产交易。

该解决方案为制造产业链各参与主体重构了信任机制，并为碳排放监管、碳资产交易等应用奠定了基础。制造企业与加工企业可以统计实际生产过程中碳排

放数据，制定减排管控计划，统一进行生产管理和供应管理；监管部门可以实时、穿透的监管碳排放行为、核查企业碳排放额度；碳交易平台可以查询碳资产全生命周期数据，支撑资产尽调工作。

### 3.2.2. 案例：正泰物联网园区碳检测平台

打造连接“政府、企业、核查机构、咨询机构、监管机构”的碳数据监测分析平台，通过碳排放数据的监测、汇总、分析和报告，帮助政府掌握园区碳排放数据和碳排放结构，为区域实现低碳发展战略提供量化决策依据及管理措施，通过碳资产交易服务，盘活园区企业碳资产，助力实现园区碳中和。

平台提供数据接入、数据加密、数据清洗、数据上链、数据统计分析等功能，支持将碳资产数据进行清洗、处理和挖掘，突出重要指标数据，形成领导驾驶舱，使碳管理工作的进度和成果更为直观的全面展示，并可配合数据大屏，进行总体碳排信息的息实时展示。

## 3.3. 交通物流行业

交通领域产生的碳排放占全球碳排放总量的 16%。在能源、工业等部门碳排放增速趋缓甚至下降时，交通物流行业的碳排放却在继续增加。从运输方式来看，根据国际能源署数据，2017 年中国公路交通所产生的碳排放为 7.3 亿吨，占交通部门总碳排放的 82%，是减排的重点；航空、船舶和铁路交通产生的碳排放占比虽小却是减排的难点。

### 3.3.1. 解决方案

交通运输行业是人流、货流、资金流、信息流、商务流“五流合一”的行业<sup>[8]</sup>，区块链技术在交通行业的应用，可以有效促进行业数据共享、提升安全水平、降本提质增效，通过在交通大数据、多式联运等领域有较为成熟的应用场景和解决方案，可以助力交通运输行业降本增效，进而达成节能减碳的效果。

#### 1、区块链赋能交通大数据

交通行业数据主要包括两类：第一类是交通基础设施数据，例如公路、铁路、港口、机场等基础设施数据以及基础设施运营使用过程中产生的数据；第二类为

与交通运输相关的行业数据，例如土地资源、规划用途、气象数据、环境数据等。交通行业数据规模已达到 PB 级，面临着开放共享程度不足、安全防护手段单一等问题。基于区块链和云计算的技术特点，利用区块链+云计算的模式是当前交通大数据系统建设以及数据应用的有效解决方案。一方面，可利用区块链不可篡改的特性保证数据的安全性；另一方面，还可在保证隐私的前提下实现数据的可信、授权共享（包括交通行业内以及跨部门跨行业的数据共享）。

## 2、多式联运电子提单

多式联运是一种整合多种运输方式的运输组织形式，通过无缝衔接各种运输方式，提高整体运输效率与质量。提单是多式联运货物运输的重要部分，对多式联运的运行效率和服务质量影响较大。随着交通运输行业数字化发展，电子提单的使用愈加广泛，迫切需要解决流转过程中的质押、交易双方权益保护、当事人责任合理分配等难题。通过引入区块链技术，支持承运人、金融机构、托运人、海关、商检等多个参与方在线协作完成电子提单签发、电子提单转让、货款支付、货物检查等事项。在区块链网络中存证的每笔记录可以保障承运人和托运人双方安全透明、公平公正的完成交易，最大程度的发挥电子提单的价值。

### 3.3.2. 案例：5G+AI+区块链赋能共享停车

利用区块链的去中心化、共识机制、资产数字化、智能合约、信用管理等特性，融合 5G 技术的高速率、低功耗、海量连接等优势，综合采用 AI 视频识别、实时查询、车位导航等停车管理技术，实现智能缴费停车、预约停车、信用停车管理、车位资产数字化等城市新型共享停车的应用场景。

新型城市智慧共享停车体系作为静态交通的治理新模式，对于缓解交通拥堵、提高资源有效利用率、动态盘活停车资源、降低能源消耗、减少环境污染有着积极的意义，还能提升运输系统的质效，加强交通资讯的整合，从而更好地配合交通管理与监控。

## 3.4. 信息科技行业

由于社会对于计算、通信、存储等需求持续增长，信息科技行业的碳排放总量呈现持续增长的趋势。为了实现碳达峰碳中和的战略目标，首先是优化能源结

构，其次是产业结构升级，最后是增加碳汇能力。我国尚未完成工业化进程，城镇化仍在加快发展，双碳发展不是简单地关闭一些高耗能工厂，再新开一些战略性新兴产业，更重要的是依托信息技术，完成传统产业数字化、电气化、绿色化升级改造，促进传统产业节能减排、优化管理，降低单位 GDP 二氧化碳排放量。随着数字化进程推进，将会有更多的信息基础设施投入使用，信息产业自身的能耗问题成为了一个不可忽视的问题，下面以基站节能为代表来分析碳达峰碳中和路径及其解决方案。

### 3.4.1. 解决方案

5G 基站能耗是 4G 基站的 3-4 倍，目前基站节能都是采用传统手段，存在缺乏可持续演进性、各节能算法相互独立且难以兼容、4/5G 协同节能难度大等问题。通过引入 AI 能力，实现无线基站的智能调度，降低 4/5G 基站设备能耗，实现降本增效作用并落实可持续发展战略。为了进一步保障上报能耗数据的安全性、协同性、以及摸清“碳家底”合规性等要求，结合区块链技术开展碳排放数据源的盘查，实施碳排放数据监测、统计、核算、核查，通过分析排放来源，追踪能耗数据碳足迹，利于针对碳排放能耗数据的有效分析及未来碳中和未来发展预测工作，制定科学有效的碳排放规划建设意见。系统架构如下图所示。

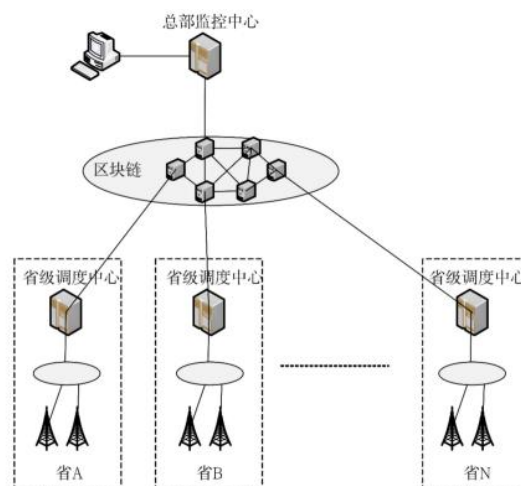


图 3 基站节能数据上链及双碳发展智能化预测

主要功能包括：

#### 1、数据上报与采集

通过部署边缘节点完成能耗数据上报，上报数据包括分钟级性能数据、小时

级能耗数据、基站流量数据。各省级调度中心与区块链中心节点打通区块链通道，控制通道内数据安全和隐私，实现标准化数据采集。

## 2、数据预处理

通过 AI 或具备边缘计算能力的可信物联网设备进行数据转换与清洗，获得结构化的可用数据。

## 3、数据分析

对历史碳排放数据进行趋势判断，预测基站未来碳排放走势，并根据碳达峰、碳中和时间点，进行建议反馈。

## 4、模型确认

基于网络结构、训练参数等因素调整，完成模型选型及评估方案。

## 5、算法预测

内置深度学习、模式识别、神经网络等算法模型，在实际业务场景下对采集的碳排放数据进行训练、学习和分析。通过 AI 算法针对与碳排放相关的业务量数据进行回归趋势预测，结合历史实际值对估计值进行参数调整及模型优化，通过短期目标值及长期目标值不断更新预测方案，输出短期及长期碳排放目标及告警阈值，自动提前预警配额履约风险。

## 6、规划建议

结合碳排放估算模型的输出结果及企业阶段性碳排放实际值，进行数据分析，给与优化建议输出解决方案，支撑协助完成碳排放优化管理。

### 3.4.2. 案例：智能无线基站节能系统

2021 年中国移动开启全国节能系统部署工作，当年完成多个省份规模部署，首批接入的 4G 小区达 100 万个，5G 小区达 10 万个，相较传统夜间节电模式，节电时长提升 8%左右。“智能无线基站节能系统”在典型省份每年节约耗电达千万度数量级。

“智能无线基站节能系统”将区块链、AI 能力引入 5G 基站智能调度，可实现绿色环保的可持续发展战略，降低 4/5G 基站设备的能耗和碳排放，促进实现降本增效。预计将于近期在全国部署。

## 4. 区块链赋能碳达峰碳中和治理技术方案

通过前述行业解决方案及案例汇总分析，可以发现区块链技术在各行业双碳治理工作中已经开始发挥作用，并产生了一定的效能。各行业的解决方案有自己行业和业务特色，但在技术层面存在一定的共通性，特别是区块链技术在整体解决方案架构中的地位存在一致性，因此，本章提出区块链赋能碳达峰碳中和的技术解决方案框架，作为各行业应用中应用区块链技术赋能双碳治理工作的架构参考和设计起点。

### 4.1. 技术需求

#### 4.1.1. 双碳数字化治理现状

当前，我国在实现碳达峰碳中和过程，数字化程度仍然不足，导致双碳治理工作依旧面临诸多挑战。

##### 1、双碳数字化治理缺乏全面规划，数据基础设施建设不完备

目前，由于碳排放数据管理基础设施能力不足，缺少准确、及时、可信、可靠的平台和技术手段，主管部门无法精细掌握各行业、各企业、各时期的碳排放资料，甚至导致近期部分地区采取了粗放拉闸限电等“运动式减碳”措施，影响了企业正常开工甚至民生保障。没有量化数据，就无法实现有效治理。企业、园区、地方政府面临双碳工作的压力和挑战时，必须采取实质性的措施予以应对，首先就要对碳排放进行量化。建设双碳数据基础设施，帮助获取碳排放状况，摸清碳家底，才能为制定碳减排策略以及实施低碳项目提供数据依据。

##### 2、碳排放监测/报告/核查（MRV）的全生命周期数据治理不到位

碳排放数据来源多种多样，比如传感器、卫星成像、民众和当地社区的照片和报告等，因此在整合数据过程中就必须验证数据真实性。当前双碳工作场景中，存在信息碳排放监测计量数据不统一、信息不透明、监督管理力度不足、MRV 全生命周期数据难于监测和管理、商业信息机密与环境信息公开存在矛盾等问题。

##### 3、对新一代数字化技术为双碳治理工作提供的价值利用不充分

部分单位缺少对自身耗能结构、产品工艺、节能流程的精细化管理，同时对能源监测、数据分析、优化处理和统一调度等管理过程数字化水平较低，根本原因在于新一代信息技术与碳排放管理缺乏深度融合。区块链、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等数字化技术手段，可以助力构建设备、车间、厂区、园区、楼宇等多层次的系统能源、资源与碳排放的优化与精益管控技术体系，赋能于构建双碳数据采集、监测、核算、管控、预测等全流程数智化治理体系，实现对碳数据全方位、多层次的透明化监测与管控的目标。

#### 4.1.2. 由点到线的技术改造路径

区块链赋能双碳系统在实施过程中，应根据所属行业特性、当地经济结构等因素进行定制化的路径建设。需参考由内至外、由点到线的实现路径进行系统建设。企业或机构根据自身信息化能力及所处行业等维度逐步建立、完善、优化碳排放数据管理系统，建议通用路径如下：

**1、碳盘查：摸排家底、满足合规。完成企业/园区/政府碳排放数据管理平台及管理驾驶舱、可信数字化碳核查、产品碳足迹等数字化系统建设。**

从业务实现角度上，企业应遵循确定边界-确定排放源-确定基准年和量化方法-碳排放核算-汇总校验的路径完成碳盘查的工作推进。典型功能包括：

**双碳管理驾驶舱：**构建企业内部碳达峰碳中和的绩效管理指标，实现碳排放总量、碳排放强度、能源消费总量、能耗强度等信息的汇总及可视化展示。

**可信数字化碳核查：**做到数据源头真实准确地采集和汇报数据，三方机构及监管部门可以便捷地查看和验证数据，以数字化形式为碳核查工作提升保真提效。

**产品碳足迹：**企业生产活动过程中的所涉及的生产要素，如用水、用电、用气、用煤等，形成清晰直观的碳足迹路线。在确保企业数据管理精细化的同时，完成数据间的交叉校验，提升数据真实性。

**2、碳规划：发展预测、减排规划。完成企业/园区/政府碳排放发展预测、碳减排规划等数字化系统建设。**

企业应考虑匹配外部的监管要求及地区性碳排规划，确保自身发展与区域相结合，发挥更大能效比。典型功能包括：

**企业碳排发展预测：**结合精细化的碳排放数据管理、碳排放预测模型管理，

企业可实时关注碳耗全流程统计，并预测自身基准年碳排总量，及时预警并调整运营策略。

**企业减排发展规划：**企业可通过技术创新、提高绿色能源占比、发展生态碳汇等手段，加强能源管理降耗减碳，并以数据为分析基础，不断优化企业减排方案。

**3、碳赋能：政策赋能、业务创新。**完成政府和园区政策建议（税收优惠或财政补贴）、企业碳排放和碳交易市场数据共享、双碳绿色/普惠金融等数字化系统建设。

企业通过业务创新与技术应用相结合的方式逐步完善碳排业务优化，并在实施过程中应充分考虑政策扶植、金融优化等市场机制扶植，典型机制及能力包括：

**政策补贴及基金：**在双碳产业发展的早期阶段，部分地区存在政府补贴、税收优惠及碳基金等市场调节机制，企业通过对自身运营情况的公开，在确保数据真实有效的基础上，可以获取更多的发展投资，用于进一步优化自身的生产研发技术与减排工艺优化。

**碳交易服务能力：**发挥区块链分布式账本优势，系统可协助企业加快建立完善碳交易管理机制，并支持有条件的企业设立专业碳交易管理机构，对接全国或区域碳排放权交易，开发碳汇项目与国家核证自愿减排量（CCER）项目。

**碳金融服务能力：**利用区块链金融属性，可对接外部金融机构便捷获取相关服务，协同推进绿色低碳金融产品和服务开发，拓展绿色保险、绿色信贷、绿色债券、绿色基金等业务范围，积极探索碳排放权抵押贷款等绿色信贷业务。

**4、碳引领：生态协同、行业引领。**完成绿色供应链、碳中和标准等相关内容建设。

致力于全面实现碳中和目标，通过对政府碳中和数字化的政策支撑及行业数字化平台融合建设，推动生态协作创新，引领整个产业实现低碳转型，构建全新的绿色产业体系和经济体系。典型功能包括：

**绿色供应链：**通过双碳业务的不断深化以及企业内部的不断技术创新，将有利于碳减排成多元化发展、规模效应，如企业运营相关的绿色设计、绿色生产、绿色物流、绿色回收等，企业与供应链上下游之间的合作伙伴可达成实现环境成本合理分担、环境风险整体防控，从而获得更为稳定、长久、可持续的市场竞争

力。

**碳中和达标管理：**通过以可信的数据分析模型为科学指导手段，结合林业碳汇等传统降碳模式，并不断赋能绿色能源建设等低碳前沿技术，有利于通过产业高端化、多元化、低碳化发展的路径，维护企业经济产业的稳定建设，达到生态协同、行业引领的碳中和最终目标。

#### 4.1.3. 关键技术点

双碳数字化的提升，本质是通过数字化平台的建设和新一代信息技术的引入，解决碳核查、碳监测过程中碳排数据“难采集、难追溯、难核算”等问题，更深层次则是进一步提升双碳从数据到过程的整体聚合能力。而区块链技术具有分布式、多方协同、去中心化信任的特点，以区块链技术作为数据存证的基础设施具有防篡改和可追溯的功能，其透明可信、价值链接、不可篡改及过程可追溯等优势，完美解决碳排放计量数据不准确、碳排放核算体系不完善、信息不对称及数据不可追溯的难题。在区块链赋能双碳实践中，应确立“以区块链技术和平台作为数据存证和信任流转核心，以数字化方式升级传统的“服务器+存储+业务系统”IT建设模式，逐步建成支撑企业-机构-区域-行业-国家等多维度、高可信的碳排可信数据流转数字化基础设施”的整体建设原则。同时，还应该重点关注并解决以下三个关键问题：

**1、数字化基础设施建设。**打造可插拔模块化应用系统，匹配多行业碳排放数据管理需求。

根据行业、地区等具体业务场景，归集日月年不同颗粒度的历史数据、地方指南计算因子、区域内企业碳排放原始数据，提供链上信息作为可靠凭证，依托技术手段，在规划性存储的基础上实现数据可追溯、可分析、可预测，形成政府部门真正意义的低碳，让数据成为政府科学决策的可靠基石。对于涉及碳排分析的多类数据来源、数据类型，如业务系统接口数据、三方核查验证分析报告等，提供基础模块进行可靠对接。分类存储监测计划、碳报告、核查报告、复查报告、配额履约等信息，形成企业碳档案。

**2、多环节可信数据互联互通。**参照MRV的标准体系，确保温室气体排放数据可测量、可报告、可核查。

在双碳应用过程中，往往涉及企业的生产过程数据统计、数据存储安全可控、跨机构的可信数据传输等要求。尤其在碳排放核查、碳汇交易等场景中，数据涉及企业、三方机构、交易机构、监管机构等多方，应重点确保数据授权、加密传输和数据验真等系统支撑能力。借助 MRV 标准体系的贯彻实施，协助控排企业填报的碳报告符合核查、复查的监管需求，提高碳报告质量以及排放量审定的准确性，并为碳配额交易、绿色金融新型业务提供互联互通的基础条件。

**3、针对不同业务场景的融合解决方案构建。**系统应支持一套输入、多套输出的运行模式，可根据不同的使用场景和需要输出不同的报表。

借助基础功能模块实现从采集、核算到报告生成的无纸化、一体化、自动化的全过程核算，是双碳系统的基础能力要求。在实际落地的过程中，应充分考虑新型技术应用的兼容性、扩展性，并结合企业的实际业务需求进行解决方案的持续优化。如清洁能源领域中，除计量设备、交换机等传统设备的接入，双碳系统应同时具备储能设备、天气预报服务等光伏场景下的数据结合能力，从双碳底层的运行模式中进行能力支撑，确保新型业务的软硬件便捷拓展对接，协助企业加强低碳零碳目标的快速推进。

## 4.2. 技术方案

### 4.2.1. 技术方案体系架构

区块链赋能双碳技术架构主要包括基础设施、区块链平台、通用功能以及专题应用四层，体系架构图如下图所示。



图 4 区块链赋能双碳体系架构

详细说明如下。

#### 1、基础设施层

该层为区块链双碳系统的软硬件基础设施部分。重点实现与碳排企业的数据对接，具体可采用物联网设备 IoT 对接、业务系统接口对接、手动录入等实现手段，并通过相关加密技术及安全算法来保证数据的兼容性、安全性。

同时，系统充分考虑与第五代移动通信技术（5G）、云计算、可信存储等信息化基础设施的结合，实现双碳系统的运行时的高速率、低延时、海量接入、高安全性等运行性能。

## 2、区块链平台层

由区块链平台为双碳系统的数据控制提供底层基础，是整个架构的核心。基于区块链技术实现对数据资源的整合治理，实现结构化数据与非结构化数据的兼容运行，并配合账本管理、共识算法等手段确保分布式节点之间的数据访问控制具有一致性和真实性，实现系统稳定运行，并完成与上层应用的技术衔接。

双碳系统充分考虑国家信创要求，满足软件和硬件层面对于国产化的支持，从设计初始阶段即采用符合国家标准国产化软硬件的设计方案，包括云主机、CPU 以及操作系统等，可完整运行国产化组件。此外，作为双碳治理基础设施的定位，区块链系统还需要在数据安全、可信共享等服务功能进行功能强化和技术改进。

## 3、通用功能层

双碳系统通过数据采集、数据管理、智能合约等实现手段完成对应用层的支撑。其中业务层以碳排数据为用户提供系统运行基础模块，并提供生产运营过程中的必要功能支撑，如：碳排核算模块，可根据企业的生产过程中设计的用电、用气、用油、用热、用煤等情况，以及绿色能源占比等，自动运行企业碳排总量、区间波动、短时预测等功能，并可结合碳配额管理形成业务绩效分析。功能层以可插拔形式的形式，提供企业内部碳排管理的各业务模块。

此外，对于企业可能涉及的外部对接及业务扩展，充分考虑三方认证辅助、区域级监管、碳资产管理、绿色金融等业务场景的功能运行基础，实现外部对接。

## 4、专题应用层

专题应用层主要从用户的所在行业、行业监管要求、企业商务模式等维度进行专题归集，以多元化功能+用户自定义的形式充分满足应用场景的需求。用户通过对自身业务的识别分析、归纳总结、映射匹配、决策总等等方法，对自身业

务模块进行选择。

通过双碳平台提供三类预设场景，即：企业主体碳排数据管理、园区绿色节能业务创新、政府监管数据匹配。政府用户、企业用户、监管机构、三方认证机构可进行快速对接，高效率低成本的实现自身需求与双碳业务的结合。

#### 4.2.2. 技术方案兼具区块链及双碳业务特色

区块链赋能碳达峰碳中和数字化技术架构体系，兼具主流联盟链技术特性，如分布式、防篡改等技术特性，以及支持算法可插拔；同时充分匹配双碳业务场景，打造具有行业特性的系统运行方案。

该方案具备以下技术特色：

##### 1、针对碳排放 MRV 的多层信任与审计结构

基于区块链的碳排放 MRV 能力可匹配企业生产的组织形式，支持单一设备级、业务条线级、企业级等多角度的排放活动统计分析；同时支持企业级、园区级、地区级、行业级的多级结构，可协助用户的业务主体结合具体的碳排指标和核查标准，高效执行审计功能，实现区块链碳排系统能力的分级存证、验证、审计。

##### 2、跨链互操作

在行业/地区级、国家级碳排场景中，面临数量众多的被监管企业、审计机构、行业管理机构 and 部门，区块链节点数量可能接近甚至超过传统联盟链容量的上限，需要采用跨链等技术手段，满足同质区块链跨链、异质区块链跨链等不同需求，在确保系统可兼容各类节点运行的同时，确保数据安全性与系统稳定性。

##### 3、支持国密算法

结合国内实际情况，在双碳系统的区块链能力建设，更应重点关注电子认证系统、密钥管理系统等安全需求。要符合国家信创的要求，从软件和硬件层面支持国产化，系统中涉及到的加密部分应采用相应的国密算法，如 SM2、SM3、SM4 等；硬件应采用符合国家标准的国产化硬件，包括云主机、CPU 以及操作系统等；组件应采用国产化的组件，包括数据库，消息中间件等。

##### 4、动态扩展升级

在区块链平台构成的大规模系统中，区块链节点、智能合约等动态升级将成为必备需求。例如参与节点加入或更替、核算算法或参数升级、监管要求升级等，

会涉及区块链动态升级。为此，区块链-双碳平台充分研究对应的技术手段，可确保区块链升级期间的记账无损、延续和可信。

#### 4.2.3. 技术拓展：物联网采集系统助力碳排放数据采集上链

物联网采集系统可以提供基于可信硬件的数据采集手段。基于物联网设备以及部署在物联网设备上的区块链模组，实现设备的可见、可控及数据可用，为上层应用系统的具体业务提供可信的数据来源。

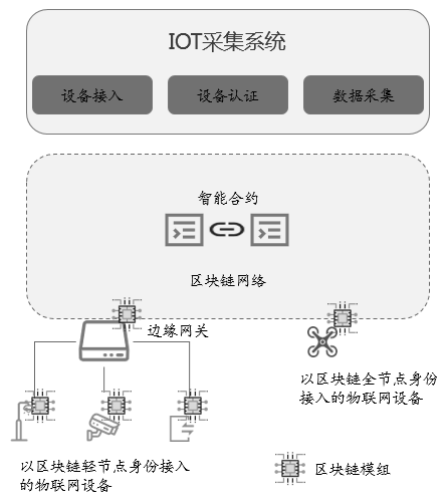


图 5 物联网采集系统架构图

物联网采集系统主要包括设备接入、设备认证、数据采集等三个功能模块。

##### 1、设备接入

支持多种物联网设备接入区块链网络，实现物联网设备及其数据在分布式架构下管理共治，从源头上保障数据真实可信。通过部署区块链模组，为物联网设备提供接入区块链网络的能力。结合业务场景及物联网设备功能，选择设备接入方式：具备边缘计算能力的物联网设备，以区块链安全节点身份接入区块链；不具备边缘计算能力的物联网设备，引入边缘网关，以区块链轻节点身份接入区块链。在系统运行过程中实时监控物联网设备工作状态和数据流量，统一管理、更新物联网设备的固件。

##### 2、设备认证

实现物联网设备唯一身份标识，支持多种认证方式对设备进行确权，通过双向认证建立可信采集通道，保证数据传输安全。赋予物联网设备唯一的区块链数字身份标识，结合业务场景，可选择基于证书、基于密码的多种认证方式。可根

据设备属性动态调整设备授权，支持对设备进行分组管理，可对设备进行批量管理，支持采集系统与采集设备之间的双向认证，防止对设备的非法访问。

### **3、数据采集**

以数据接口方式，为上层业务应用提供可信数据，支撑业务稳定运行。主要功能包括：提供数据接口适配器，进行数据格式转换、数据结构化；上层应用接口统一管理；对采集数据进行加密脱敏处理，打包计算生成区块，上链存证；基于分布式账本技术实现数据操作行为的审计。

## 5. 发展展望

碳达峰碳中和治理工作是一项大规模系统工程，涉及政府、园区、排放企业、三方机构等多方参与者。需要构建普适的新型信息基础设施及基于区块链的新型信任体系，在整体推进过程中需要充分发挥核心龙头企业的平台枢纽和技术赋能作用，整合大型国有信息通信企业及细分领域头部企事业单位的产业和资源优势，加强各方在技术、治理、标准、生态等层面的交流与合作，构建区块链赋能碳达峰碳中和数字化治理产业协同共进的新生态体系。

### 5.1. 新蓝海市场空间广阔、赛道众多

#### 5.1.1. 绿色低碳发展是我国经济高质量发展的驱动力

当前全球气候变化形势越来越严峻，全球气候变化是人类共同面临的严峻挑战，各国根据自身情况提出各自的碳达峰碳中和目标。我国已经跃居全球第二大经济体，传统行业完成数字化转型，实现绿色低碳发展是推动经济高质量发展、加强生态文明建设、维护国家能源安全、构建人类命运共同体的必然选择。以区块链为代表的数字化技术革命在助力碳达峰碳中和、应对全球气候变化进程中扮演着重要角色，可对经济转型和低碳发展起到重要促进作用。

#### 5.1.2. 市场前景广阔，行业赋能潜力大

“30·60”双碳目标践诺过程中，将会创造巨大的绿色投融资需求，政府及金融机构也会配套相关倾斜政策，将会催生百万亿级新增市场投资。同时，随着传统行业数字化转型进程加快和数字经济的快速发展，各行业的多维、交叉需求为区块链赋能碳达峰碳中和创造了广阔的应用空间，区块链技术行业的嵌入融合也为传统行业数字化转型、创新化发展提供了新驱动力及技术手段。

### 5.2. 规划发展路径并完善技术解决方案

区块链、双碳融合应用覆盖电力、工业、建筑、交通等重点碳排放领域，不

同行业规划和技术方案呈现多样化趋势。

#### 5.2.1. 按碳中和、碳达峰两个阶段开展区块链应用探索

按照当前到 2030 年（碳中和）、2030 年-2060 年（碳达峰）两个阶段制定区块链赋能双碳应用的规划和实施路径。提出具体的阶段发展目标、重要任务和具体方案,推动区块链技术双碳应用发挥区块链在优化业务流程、降低运营成本、建设可信体系等方面的作用,支撑产业数字化转型和绿色低碳发展。

#### 5.2.2. 在重点行业领域开展区块链赋能“碳中和、碳达峰”试点示范

以行业应用需求为导向,积极拓展应用场景,打造行业示范应用标杆,探索形成一批可复制、可推广的模式,并在煤炭、化工、钢铁等传统高耗能行业的应用,支撑数字化转型和产业高质量发展,加速产业数字化进程,推动产业结构调整 and 转型升级,提升企业数字化、网络化、智能化、绿色化水平。

#### 5.2.3. 不断完善政策协调联动及宣传推广

在试点示范效应显著的行业/地区,推动试点项目、建设模式与行业/区域重点工程、规划政策的衔接,充分发挥行业主管部门及政府的政策支持和引导作用。加强经验总结及宣传推广力度,以会议宣讲、案例集发布等方式对区块链技术对双碳的赋能效果进行宣传推广。

### 5.3. 汇聚禀赋优势合作伙伴,共同构建产业新生态

#### 5.3.1. 多方参与,优势互补,跨界协同

发挥区块链技术赋能重要作用,构建可信协作环境,为区块链赋能双碳工作参与方提供基础保障。充分调动各参与方的积极性及禀赋优势,包括技术供给方的可信新型信息基础设施建设、前沿及适用技术的研究及赋能,政府的政策导向、财税金融资源倾斜以及应用示范的引领效用,第三方服务机构的认证及咨询创新服务,金融机构的金融服务支撑创新及信贷资源倾斜。

### 5.3.2. 构建可持续发展的产业生态

统筹协调技术、产业、资本多方资源，共筑多方协同、开放友好、可持续的区块链技术生态和多方协同的产业生态。强化标准引领，加快区块链、双碳技术融合和应用标准化建设，积极参与国际标准制定，形成以规模化的应用带动技术产品迭代升级和产业生态的持续完善。

### 5.3.3. 构建人才培养体系

随着区块链技术在各行业应用的深度发展，其融合赋能作用愈加凸显，同时也对行业人才提出更高要求，需要统筹调动多方主体、资源，强化区块链、双碳人才体系构建。学校主体要推动融合学科建设，开设区块链、人工智能、大数据等信息技术与能源、制造、交通、物流等行业结合课程，提高专业与一线需求契合度。同时，鼓励具备区块链+双碳实践经验的企业参与人才培养，深化企校合作，创新融合人才培养模式。

## 缩略语列表

| 缩略语  | 英文全名                                    | 中文解释      |
|------|-----------------------------------------|-----------|
| BaaS | Blockchain as a Service                 | 区块链即服务    |
| BSN  | Blockchain-based Service Network        | 区块链服务网络   |
| CCER | Chinese Certified Emission Reduction    | 国家核证自愿减排量 |
| CCS  | Carbon Capture and Storage              | 碳捕捉和封存    |
| CCUS | Carbon Capture, Utilization and Storage | 碳捕捉、利用和封存 |
| IoT  | Internet of Things                      | 物联网       |

## 参考文献

- [1] 《2018 年排放差距报告》，联合国环境规划署，2018. 11
- [2] 《2019 年国内外油气行业发展报告》，中国石油集团经济技术研究院
- [3] [https://www.thepaper.cn/newsDetail\\_forward\\_13889211?ivk\\_sa=1023197a](https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_13889211?ivk_sa=1023197a)
- [4] 彭文生，《碳中和经济学》，中信出版集团有限公司，2021. 8。
- [5] 金之钧。实现碳中和面临的挑战与基本路径分析。北京论坛 2021. 11。
- [6] 《碳定价机制发展现状与未来趋势》，世界银行集团，2020. 5
- [7] 《中国区块链行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》，前瞻产业研究院，2021。
- [8] 《交通运输区块链白皮书（2020）》，中国公路学会、中国银行等。