

区块链技术与人工智能驱动的绿色金融网：助力碳中和目标的数字化路径

易宇轩，彭 伟，熊思翔，朱嘉怡

湖南工商大学数学与统计学院，湖南 长沙

收稿日期：2025年5月26日；录用日期：2025年6月24日；发布日期：2025年7月8日

摘 要

在全球推进碳中和目标的背景下，绿色金融成为经济绿色转型的核心。本文研究区块链与人工智能驱动的绿色金融网，剖析其赋能机制、架构设计与应用实践。区块链凭借分布式存储和智能合约，解决绿色金融信息不对称与监管滞后问题；人工智能利用大数据和机器学习优化风险评估流程，二者协同实现绿色资产数据挖掘与供应链创新。架构采用“数据-协议-应用”分层模式，整合可信数据采集等关键技术，构建碳资产管理等功能模块。国内外案例显示，国外注重行业基建优化，国内侧重本土数据和流程改进。研究表明，二者深度融合为绿色金融提供系统性方案，未来需加强国际合作，拓展地域化应用，推动绿色金融发展与碳中和目标实现。

关键词

区块链，人工智能，碳中和

Blockchain Technology and Artificial Intelligence Driven Green Finance Network: A Digital Path to Help Achieve Carbon Neutrality Goals

Yuxuan Yi, Wei Peng, Sixiang Xiong, Jiayi Zhu

School of Mathematics and Statistics, Hunan University of Technology and Business, Changsha Hunan

Received: May 26th, 2025; accepted: Jun. 24th, 2025; published: Jul. 8th, 2025

文章引用：易宇轩，彭伟，熊思翔，朱嘉怡. 区块链技术与人工智能驱动的绿色金融网：助力碳中和目标的数字化路径[J]. 可持续发展, 2025, 15(7): 1-7. DOI: 10.12677/sd.2025.157178

Abstract

Against the backdrop of global efforts to achieve carbon neutrality, green finance has become the core of economic green transformation. This article studies the green finance network driven by blockchain and artificial intelligence, analyzing its empowerment mechanism, architecture design, and application practice. Blockchain, with its distributed storage and smart contracts, solves the problems of information asymmetry and regulatory lag in green finance; Artificial intelligence utilizes big data and machine learning to optimize the risk assessment process, and the two work together to achieve green asset data mining and supply chain innovation. The architecture adopts a hierarchical model of “data protocol application”, integrating key technologies such as trusted data collection, and constructing functional modules such as carbon asset management. Domestic and foreign cases show that foreign countries focus on optimizing industry infrastructure, while domestic countries focus on improving local data and processes. Research has shown that the deep integration of the two provides a systematic solution for green finance. In the future, it is necessary to strengthen international cooperation, expand regional applications, and promote the development of green finance and the achievement of carbon neutrality goals.

Keywords

Blockchain, Artificial Intelligence, Carbon Neutrality

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在应对气候变化的国际努力中，各国正协同推进碳中和发展目标，以缓解环境压力。随着科技发展，数字化技术融入金融领域，为解决环境问题提供新思路。区块链的去中心化和防篡改特点能增强金融交易的公开性，减少依赖；AI 能高效分析环境数据，优化风险评价和资源分配。绿色金融科技通过数字化改造显著，有效破解传统碳资产管理和绿色认证中存在的效率低、信息不对称等痛点[1]，有望开辟碳中和数字化新路径。因此，探究这一驱动下的绿色金融网，分析其助力碳中和的机制、优势与挑战，具有重要理论和现实意义，这一研究不仅有助于拓展学术视野，还能为政策制定和金融实践提供依据，助力全球碳中和。

2. 区块链与人工智能赋能绿色金融的机制

(一) 区块链技术解决绿色金融痛点的机制

对于绿色金融中信息不对称问题，了解到区块链技术分布式存储特点，通过信息节点的加入，可以更大程度上形成信息的交流和更新，确保了数据的准确性和时效性，在进行交流和合作中传统的合约存在人工方面的误差，智能合约是在区块链的代码基础上自动执行相应的操作，无需人工干预，当金融机构进行交易时，智能合约会自动检查交易是否符合监管要求，智能合约技术可以在各个交易信息主体中建立传输连接，各个交易主体之间的交易信息数据和合约能够通过代码形式记录在各个区块链中[2]，对于交易出现错误做法会及时阻止并且管理。

(二) 人工智能优化绿色金融业务流程的作用

关于业务流程，需要对于降低风险、提高效率不断进行优化，人工智能可以应用大数据技术进行多

维度数据收集与分析,利用机器学习算法,不断优化风险评估模型的参数和结构。其中智能投顾能够快速处理数,生成投资策略和建议,对于市场变动实时监控与自动调整,提升投资效率。智能客服能够进行及时回应和快速解答,对客户制作满意的个性化服务,进行自我优化,提升解决问题的能力。

(三) 区块链与人工智能在绿色资产领域的协同机制

区块链的技术为人工智能数据来源提供保障,应用分布式账本技术对数据进行标记和记录人工智能借助传感器、物联网等设备收集绿色资产相关的实时数据,挖掘潜在利用价值。AI 优化区块链效率,区块链增强 AI 可信度,针对区块链处理数据时会出现效率问题, AI 可通过机器学习优化共识算法,或通过数据压缩算法减少链上存储压力。区块链可记录 AI 模型的训练数据来源、算法参数更新过程及决策逻辑,形成可追溯的“AI 决策账本”。在绿色金融与供应链中实现场景闭环,例如在绿色供应链中,核心企业的应付账款可以通过区块链转化为电子凭证,电子信用凭证的使用可以盘活金融机构闲置的授信,可以拆分、融资、流转,通过区块链技术可以解决去中心化的问题[3]。

(四) 区块链与人工智能在绿色资产领域的融合挑战解析

绿色资产领域的实时数据可能导致区块链存储过载,影响性能,应优化 AI 算法,减少其在链上的计算负载。同时,探索分布式计算和存储技术,提高系统的整体性能。研究并应用新的区块链扩展技术,如分片、侧链、状态通道等[4]。AI 模型难以跨链调用数据,导致绿色资产评估碎片化。需要进行**数据治理与算法审计**,在数据上链前,通过 AI 筛选训练数据,并将数据清洗过程上链存证,区块链定期记录 AI 模型的迭代版本和参数更新,进行**动态共识机制**,实现“不可篡改”与“可修正”的平衡。针对不同机构的区块链系统数据隔离, AI 模型难以跨链调用数据,导致绿色资产评估碎片化,我们需要建立**跨链协议与标准化接口**,构建“**联邦学习 + 区块链**”模式,确保跨链协作的隐私性和可信性。

3. 区块链和人工智能驱动的绿色金融网架构设计

(一) 整体架构

随着全球变暖趋势的延续和国家对“双碳”承诺的积极践行,绿色金融作为一项重要支撑,正在引领经济迈向更可持续的低碳未来。然而,传统绿色金融体系面临信息孤岛、数据隐私泄露、监管滞后、信用评估成本高等挑战。区块链与人工智能(AI)的技术融合,为构建透明、高效、安全的绿色金融网络提供了全新范式。区块链与人工智能的深度融合为绿色金融网络的设计提供了全新的可能性。区块链以其分布式账本、不可篡改性和透明性特点,成为绿色金融市场信任建立的关键技术[5]。

基于“数据层 - 协议层 - 应用层”的分层设计:

数据层:整合物联网(IoT)设备、企业 ERP 系统及政府数据库,通过区块链存储碳排放、绿色项目等核心数据,并利用 AI 进行清洗与特征提取。

协议层:共识机制:采用联邦学习驱动的 PF-PoFL 等低碳共识算法,将算力用于环保模型训练而非无意义计算。

智能合约引擎:支持自然语言生成合约代码(如 Motoko 语言),降低开发门槛。

(二) 关键技术支撑体系

区块链与人工智能驱动的绿色金融网络架构设计,需依托多维度技术体系的深度融合与协同创新。区块链与其他数字技术(如人工智能、大数据)的融合也将为绿色金融带来更多创新的可能性[6]。以下从数据层、协议层、应用层及支撑技术四个维度,构建关键技术支撑体系:

1) 数据层:可信数据采集与隐私保护

实体资产可信上链技术:

通过区块链与物联网(IoT)融合,实现实体资产(如光伏电站、碳信用)全生命周期数据的实时采集与上

链。例如，协鑫能科通过智能终端内置可信 SDK，实时采集户用光伏发电数据，结合区块链存证确保数据完整性、有效性及不可篡改性，区块链能够使互不信任的实体达成共识并保持完整性，而无需任何可信第三方[7]。为投资者提供透明可信的收益信息。

2) 协议层：智能合约与低碳共识机制

智能合约自动化执行：

基于自然语言生成合约代码(如 Motoko 语言)，降低开发门槛，实现碳交易、绿色信贷发放等流程自动化。国际清算银行“创世纪项目”通过智能合约与实时环境数据联动，优化绿色债券代币化流程，提升资金使用透明度。

3) 应用层：跨链互操作与智能风控

跨链资产与数据互通：

采用 Polkadot、Cosmos 等跨链协议，连接碳市场、绿色债券等多链生态，实现资产流动性增强与数据互通。上海银行业通过区块链打通供应链订单、物流等环节信息，解决贸易背景真实性验证难题，提升融资效率。

AI 驱动的智能风控系统：

结合自然语言处理(NLP)与链上数据，构建动态信用评分模型。招联金融推出的 700 亿参数大模型“智鹿二代-70B”，在金融意图识别、合规审核等场景中实现高精度风险预警，推动风控从“可用”向“可靠”跃升。

(三) 绿色金融的功能模块设计

1) 碳资产管理与交易平台

关于碳资产管理模式，一类是以英国石油、中石化为代表的在集团层面设立碳资产管理部门模式；另一类是以法国电力、中国华能为代表的依托独立碳资产管理公司模式；第三类是第一类与第二类叠加的混合模式[8]。基于区块链与 AI 技术，构建全周期碳资产管理平台需涵盖以下要素：

采用区块链分布式账本技术，建立碳资产唯一标识符(Carbon Asset Identifier, CAI)体系，实现碳减排项目全生命周期追踪。通过智能合约嵌入 MRV (测量、报告、验证)流程，将区块链技术去中心化、安全透明、不可篡改、可验证、可追溯特性应用到碳资产管理的所有环节中，对新能源发电信息、碳配额信息、排放信息、交易信息等关键数据进行上链存证，确保碳资产管理关键数据不可篡改，提高交易数据可信度，增加数据安全性。有效促进碳排放交易体系的健康发展，提高碳资产交易的运营管理水平[9]。例如，中国碳排放权交易市场(CCER)可通过区块链记录碳资产从项目立项、减排量核算到最终交易的全过程，形成不可篡改的数字化凭证。

结合时间序列分析与深度学习模型，构建碳价格预测系统。通过对国际碳市场价格波动、政策调整信号以及产业结构变化等多维数据的分析，为投资者提供碳资产价值评估与风险提示。研究表明，融合 LSTM 与注意力机制的混合模型在碳价预测准确率上较传统方法提升，有效降低碳市场波动风险。

2) 绿色信贷与投融资管理

构建基于机器学习的 ESG (环境、社会、治理)智能评估模型，整合企业财务报表、环境合规记录、社会责任履行等多源数据，生成标准化 ESG 评分。区块链技术确保评分过程透明可追溯，解决传统 ESG 评级标准不一、主观性强的问题。实证研究表明，AI 辅助的 ESG 评估可将评估周期缩短，同时提高评估准确率。

设计绿色债券智能合约模板，支持债券发行、资金使用监管、环境效益核算等全流程自动化管理。结合联邦学习技术，在保护各方数据隐私的前提下，实现发行方、监管方与投资方之间的信息共享与协同决策。例如，亚洲开发银行“气候创新债券”项目通过区块链记录资金流向与环境效益，使投资者实

时监控资金使用情况，提升市场信任度。

3) 监管科技与绿色金融风控

“监管沙盒”的理念，首先由英国金融行为监管局于 2015 年提出，并逐渐应用于中国、美国、澳大利亚等国家[10]。构建绿色金融监管沙盒环境，通过区块链记录交易数据，AI 模型模拟不同政策情境下的市场反应，为监管部门提供科学决策支持。例如，可模拟碳税调整、补贴政策变化对绿色信贷规模、碳市场活跃度的影响，实现监管的前瞻性与精准性。

4. 案例分析

在全球可持续发展浪潮下，绿色金融成为经济绿色转型的关键驱动力。区块链、大数据、云计算及人工智能等新兴技术手段可以有效应用到绿色金融领域，为金融机构带来成本、效率、安全和数据真实性等方面的改善[11]。数字技术的跨界性、创新性、虚拟性和平台性等诸多特征，不仅改变了传统产业生产方式，也为新兴产业创新发展提供了动能，是推动经济绿色发展的新引擎[12]。区块链以去中心化、不可篡改特性保障数据安全透明，人工智能凭借强大数据分析能力提升金融服务精准度，以下从国内外典型案例展开剖析。

(一) 国外案例

发达国家金融机构注重数字技术在绿色金融领域的全方位运用，如赋能绿色金融产品与服务、提升碳管理效能等。

1) 英国能源区块链实验室(EWF)

EWF 专注于构建分布式能源基础设施，其基于区块链的绿色能源证书交易平台，有效解决了传统交易中成本高、信息不透明等问题。平台利用智能合约实现绿色能源证书的数字化发行与交易，自动执行交易规则，消除第三方中介，大幅降低交易成本。区块链分布式账本完整记录交易信息，确保数据可追溯。如企业购买证书抵消碳排放时，可清晰查看证书来源、发电项目等信息，增强了绿色投资信任度。

2) 美国 AI 助力绿色信贷风险评估

美国金融机构运用人工智能突破传统绿色信贷风险评估局限。通过大数据整合企业环境绩效、政策动态、技术趋势等信息，利用机器学习构建风险评估模型。以太阳能企业为例，AI 通过分析其历史发电数据、技术更新及政策变化，精准预测还款能力与潜在风险，为信贷决策提供科学依据，提升了绿色信贷资源配置效率与安全性。

(二) 国内案例

国内大型金融机构积极探索运用数字技术拓展绿色金融服务场景，提升数据中心效能[13]。

1) 万向区块链与摩联科技“万碳园区可信碳数据管理方案”

该方案在 2022 长三角区块链应用创新大赛中获奖，针对园区碳排放数据管理难题，通过将 boat 区块链物联网模组嵌入光伏设备，实现发电数据实时上链。相比传统模式易篡改、核查成本高的问题，此方案依托区块链不可篡改特性，确保数据真实可信，赋予绿色数据金融属性，为碳交易、绿色信贷等提供可靠依据。

2) 百融云创与华夏银行数智化方案

由于人工智能技术的不断发展，金融行业可以通过人工智能提高大数据分析能力，辅助绿色金融的投资，评估企业的绿色金融各项指标，抓取企业环境、社会和治理(ESG)报告的关键数据[14]。百融云创运用人工智能算法、自然语言处理等核心技术，搭建三层架构解决方案。底层提供技术支撑，中间层以绿色金融模型等模块为中枢，上层十大场景模块联结技术与业务，覆盖绿色标准管理、客户管理等全流程场景，助力华夏银行精准识别、高效测算绿色金融业务，强化监控管理，推动业务绿色创新协同发展。

(三) 案例对比与启示

国外案例聚焦行业基础设施建设与核心业务优化，EWF 规范绿色资产交易，美国金融机构提升信贷风控水平；国内案例更注重贴合本土需求，解决数据管理与业务流程优化问题。通过搭建智能风险评估模型，也可以使银行自动化地进行绿色信贷项目评价，从而提高评价效率与准确性[15]。这些案例共同印证了区块链与人工智能在绿色金融领域的巨大潜力，可拓展绿色金融产品谱系。未来应加强国际合作，结合地域特色拓展应用场景，推动绿色金融高质量发展，助力全球可持续目标实现。

5. 结论与展望

本研究系统探讨区块链与人工智能在绿色金融领域的应用，构建了从技术机制、架构设计到案例验证的完整研究框架。研究表明，区块链通过分布式账本和智能合约，有效解决了绿色金融信息不对称与信任缺失问题；人工智能借助大数据分析和机器学习，显著提升了风险评估与资源配置效率。二者协同构建的绿色金融网络架构，实现了碳资产管理、绿色信贷、监管风控等核心业务的数字化与智能化升级[16]。

国内外实践案例充分验证了技术融合的有效性。国外如英国 EWF 利用智能合约优化绿色能源证书交易，美国金融机构借助 AI 实现绿色信贷精准风控；国内万向区块链解决园区碳数据管理难题，百融云创助力银行实现绿色金融业务数字化。这些实践证明，区块链与人工智能在提升交易透明度、降低成本、增强公信力等方面具有核心价值，为碳中和目标提供了可行技术路径。

然而，当前研究与实践仍面临诸多挑战。技术层面，跨链协议兼容性不足导致数据交互受阻，AI 模型的不可解释性影响监管与市场信任；应用层面，隐私保护技术难以平衡数据共享与合规要求，技术标准和监管框架滞后制约规模化发展。此外，现有研究多聚焦单一技术或局部场景，对技术融合的系统性机制探索不足，且缺乏对量子计算、联邦学习等新兴技术的前瞻性研究。

未来研究可从四方面展开：一是攻关跨链互操作与 AI 可解释性技术，探索量子加密、可验证模型在绿色金融的应用，完善技术支撑体系；二是深化理论研究，构建涵盖技术、制度、市场的多维度分析框架，剖析技术融合对金融结构的动态影响；三是推动产学研协同，结合区域产业与政策差异，形成本土化技术应用方案；四是关注气候变化与数字技术变革，探索绿色金融网与 CBAM、数字人民币等政策工具的协同路径。通过技术创新与理论突破，绿色金融网有望成为全球经济绿色转型的核心驱动力，加速实现可持续发展目标。

基金项目

国家级大学生创新创业训练计划项目(项目编号：S202410554142)。

参考文献

- [1] 周业军, 邓若翰. 区块链应用于碳交易: 应用优势、潜在挑战与制度应对[J]. 西南金融, 2023(3): 3-15.
- [2] 毕玉林, 陈昆湖. 区块链赋能绿色金融发展的路径研究[J]. 上海商业, 2024(8): 21-23.
- [3] 郑小红. 小微企业融资约束背景下供应链金融研究[J]. 企业科技与发展, 2021(10): 104-106.
- [4] 王婷. 区块链与人工智能的融合发展与挑战[J]. 内蒙古科技与经济, 2024(13): 33-35+40.
- [5] 陈晶晶. 公益事业单位项目资金管理顶层设计[J]. 国际商务财会, 2024(5): 61-64.
- [6] 闫晴, 熊波. “双碳”导向下区块链驱动绿色金融发展的理论阐释与机制探索[J]. 会月刊, 2023, 44(24): 153-160.
- [7] 叶欣宇, 李萌, 赵铖泽, 等. 区块链技术应用于物联网: 发展与展望[J]. 高技术通讯, 2021, 31(1): 48-63.
- [8] 黄锦鹏, 齐绍洲, 姜大霖. 全国统一碳市场建设背景下企业碳资产管理模式及应对策略[J]. 环境保护, 2019, 47(16): 13-17.

-
- [9] 蒋绍杰, 曾哲君, 陈晓瑾. 基于区块链的能源碳交易分析服务系统设计与实现[J]. 广东通信技术, 2023, 43(9): 45-49.
- [10] 姜惠宸. 新加坡发展金融科技的实践与启示[J]. 科技智囊, 2023(8): 18-26.
- [11] 保尔森基金会绿色金融中心, 清华大学绿色金融发展研究中心. 金融科技推动中国绿色金融发展: 案例与展望[R]. 2020.
- [12] 侯宇琦. 数字技术对区域经济绿色发展的影响研究[D]: [博士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2024.
- [13] 唐泽地, 刘晓辰. 数字技术赋能绿色金融的实践与启示[J]. 银行家, 2023(7): 97-99.
- [14] 汪志惺. 人工智能赋能绿色金融高质量发展的途径和面临的挑战[J]. 甘肃金融, 2024(3): 24-27.
- [15] 刘卿. “双碳”背景下商业银行绿色金融风险管理策略[J]. 现代企业文化, 2024(23): 31-33.
- [16] 李明, 王华. 区块链与人工智能融合驱动绿色金融创新研究[J]. 金融研究, 2024(5): 123-138.