

# 区块链技术在金融工程交易清算中的应用前景分析

仲希瑞

伊利诺伊大学香槟分校, 中国·江苏 南京 210000

**摘要:** 随着金融科技的深度发展, 区块链技术凭借其去中心化、不可篡改和智能合约等特性, 为金融工程交易清算带来了革命性变革。本文聚焦国内区块链技术在交易清算领域的应用实践, 通过分析大宗商品清算、跨境支付、证券结算等典型场景的技术架构与案例成效, 探讨区块链对清算效率、风险控制和成本优化的实际影响。研究发现, 国内已形成“联盟链为主、政策驱动为辅”的应用模式, 在数字人民币融合、跨链协同等方面取得突破, 但仍面临技术标准不统一、监管适配性不足等挑战。未来需通过技术创新、生态构建和制度完善, 推动区块链清算技术从试点走向规模化应用, 为金融基础设施升级提供支撑。

**关键词:** 区块链; 金融工程; 交易清算; 联盟链; 数字人民币

## Analysis of the Application Prospects of Blockchain Technology in Financial Engineering Trading and Clearing

Zhong Xirui

University of Illinois at Urbana-Champaign, China Jiangsu Nanjing 210000

**Abstract:** With the deep development of financial technology, blockchain technology, leveraging its features of decentralization, immutability, and smart contracts, has brought revolutionary changes to financial engineering transaction clearing. This article focuses on the application practices of blockchain technology in the domestic transaction clearing field. By analyzing the technical architectures and case outcomes of typical scenarios such as bulk commodity clearing, cross-border payments, and securities settlement, it explores the actual impact of blockchain on clearing efficiency, risk control, and cost optimization. The study finds that a domestic application model of "consortium blockchain as the main, policy-driven as a supplement" has already been formed, with breakthroughs achieved in areas such as digital RMB integration and cross-chain collaboration. However, challenges such as non-unified technical standards and inadequate regulatory adaptability remain. In the future, it is necessary to promote the transition of blockchain clearing technology from pilot projects to large-scale applications through technological innovation, ecosystem construction, and institutional improvement, providing support for the upgrading of financial infrastructure.

**Keywords:** Block chain; Financial engineering; Trade clearing; Consortium chain; Digital renminbi

### 1 区块链在金融清算中的技术适配原理

区块链技术在金融清算场景的有效应用, 源于其独特的技术架构与金融清算需求的高度契合。国内金融机构主要采用联盟链架构, 通过权限管理、智能合约和加密算法三大核心技术组件, 实现清算流程的重构与优化。

联盟链架构采用“多节点共同维护、有限权限访问”的模式, 既保留了区块链的分布式特性, 又满足了金融监管对可追溯性和控制权的要求。在清算系统中, 联盟链节点通常包括清算所、参与银行、核心企业和监管机构等, 各节点通过共识机制(如实用拜占庭容错协议 PBFT)对交易进行验证, 确保账本一致性。上海票据交易所的数字

票据平台就是典型的联盟链应用, 通过票交所、银行、企业和监控四个子系统的节点部署, 实现了票据全生命周期的可信流转。

智能合约作为自动执行的可编程协议, 是实现清算自动化的核心技术。在交易达成后, 智能合约可根据预设条件(如货权转移确认、时间触发等)自动执行资金冻结、划转和对账等操作, 消除人工干预带来的延迟与错误。保税科技的清算通平台开发了预授权冻结智能合约, 在货物交割完成后(通过物联网设备确认)自动触发资金解冻, 实现“款货对付”(DVP)的秒级结算。这种自动化机制将传统 1-2 个工作日的结算周期压缩至实时完成, 显著提升

了清算效率。

加密算法与隐私保护技术为清算安全提供底层支撑。国内清算系统普遍采用国家密码管理局发布的 SM2 椭圆曲线公钥密码算法进行数字签名，确保交易的真实性和不可篡改性。同时，通过零知识证明（ZKP）和同态加密等技术，在实现交易信息可追溯的同时保护商业隐私。蚂蚁链在跨境清算项目中应用零知识证明技术，使交易双方在不披露账户余额的前提下完成合规验证，兼顾了透明度与隐私保护需求。

性能优化技术突破是区块链大规模应用的关键。传统区块链存在吞吐量低、延迟高等问题，难以满足高频金融交易需求。国内技术企业通过创新共识算法和架构设计实现了性能跃升，如长安链开发的专用芯片和开源引擎将交易吞吐量提升至每秒百万级，蚂蚁链通过“两链一桥”架构支持高并发清算场景，为大规模商业应用奠定了技术基础。

## 2 国内区块链清算的典型案例分析

### 2.1 大宗商品交易清算：保税科技清算通平台

保税科技开发的“清算通”平台是区块链与数字人民币融合应用的典型案例，聚焦大宗商品交易中的清算痛点，通过技术架构创新实现了全流程的数字化与自动化。该平台采用联盟链技术，由上海清算所、保税科技及合作银行共同维护，将数字人民币钱包地址与区块链账户绑定，确保交易信息的实时上链与不可篡改。

在技术实现上，清算通平台通过三项核心机制重构清算流程：一是币串染色技术，由工商银行加载智能合约将数字人民币流向与交易订单唯一关联，解决资金挪用风险；二是预授权冻结机制，交易达成后自动冻结付款方约定金额，待物联网设备确认货权转移后实时解冻划转；三是三流合一闭环，将商流（电子合同）、物流（仓储数据）和资金流（数字人民币支付）上链交叉验证。张家港库区的物联网设备可实时监测储罐液位变化，作为货权转移的关键依据，确保清算触发条件的客观可信。

平台的业务成效显著，截至 2025 年第一季度已接入 8 家银行，服务近万家企业，2024 年累计清算金额突破 2 万亿元，其中数字人民币结算占比超 60%。在跨境场景中，2025 年 6 月完成海南国际能源交易中心首单原油跨境数字人民币结算，将传统 3 天的结算时间缩短至实时，并通过区块链实现全流程溯源。此外，平台还通过沉淀的 10 万+企业交易数据构建风控模型，将坏账率控制在 0.3% 以内，同时开发碳资产质押融资产品，2024 年相关业务规模较上

年扩大 37 倍。

### 2.2 跨境支付清算：mBridge 项目与 CIPS + 体系

中国人民银行数字货币研究所参与发起的 mBridge 多边央行数字货币桥项目，用区块链技术重构跨境支付清算基础设施，实现多国央行数字货币实时兑换结算。该项目采用私有许可区块链，基于“大圣共识”算法支持原子化交易和外汇同步交收，规避“Herstatt 风险”。

其技术创新有三：一是异构链互操作性，支持多币种无损跨链转移；二是动态流动性管理，通过智能合约调配储备减少资金占用；三是隐私保护机制，计划 2025 年上线零知识证明技术完成合规验证。应用成效显著，跨境支付时间从 1-5 天压缩至 6-9 秒，成本降超 50%，2024 年某银行首笔交易 7 秒到账。

国家级清算体系层面，CIPS + 合并公链项目依托 CIPS 系统，引入区块链账本和智能合约，打造“直联全球、实时可控”清算网络，以“规则 + 共识”模式提升效率，保持金融主权控制力。2025 年上海国际运营中心对接后，中企对东盟贸易结算时间从 3 天缩至 8 分钟，成本降至 1 美元内。CIPS + 与 mBridge 互补，推动人民币跨境清算应用份额提升，2024 年 mBridge 交易中 46.6% 使用数字人民币。

### 2.3 证券与债券清算：中央结算公司数字债券平台

中央结算公司 2022 年推出区块链数字债券公用平台，是国内证券清算重要实践，采用联盟链架构支持债券全生命周期管理，自主开发，截至 2023 年末支持多类债券发行并形成两项企业标准规范。技术特点：用 SM2 国密算法保安全；以智能合约实现发行参数校验和利息支付；与传统系统互联。

香港金管局 2023 年启动的 Evergreen 项目测试区块链在债券清算全流程应用，采用券款对付（DVP）方式，将香港特区政府债券权益通证化，与数字港元现金代币同步结算，支持 8 亿港元代币化绿色债券发售。相比传统模式，结算时间从 5 个交易日缩至 2 个，提升资产透明度和监管效率。

蚂蚁链在资产证券化清算领域有突破，“两链一桥”架构实现实体资产数字化确权与跨链流转。在新能源设备清算场景，用区块链 + IoT 技术记录运营数据，发行绿色资产通证年化收益 7%-9%，募资效率提升数倍。腾讯区块链搭建供应链金融平台，服务超 10 万家中小微企业，融资审批周期缩至 2 小时，坏账率降 50%。

### 3 区块链清算应用面临的挑战

#### 3.1 技术层面的瓶颈制约

尽管国内区块链清算技术取得显著进展，性能与安全性仍面临实际挑战。在吞吐量方面，金融清算尤其是证券交易需要支持高频次并发处理，现有联盟链在极端场景下仍存在性能不足问题。某区块链证券平台曾出现每秒仅处理 200 笔交易的瓶颈，难以满足开盘高峰期需求。虽然长安链声称实现百万级 TPS，但实际清算场景中需同时处理复杂智能合约逻辑和跨链交互，性能往往大幅下降。

跨链互操作性是另一大技术难题。国内存在多种区块链架构（如蚂蚁链、腾讯链、长安链等），各自采用不同的共识机制和数据格式，导致清算信息难以跨平台流转。尽管蚂蚁链推出 AntChain Bridge 跨链协议，长安链参与制定跨链标准，但行业层面的互操作标准仍未统一，增加了金融机构的接入成本。此外，量子计算威胁迫在眉睫，保税科技虽已部署量子加密钱包并计划 2025 年 Q4 试点，但大规模应用的成本与兼容性问题尚未完全解决。

#### 3.2 制度与监管的适配问题

区块链清算去中心化特性与现有中心化监管框架有张力，监管滞后或引发金融风险。一是不同司法辖区反洗钱、数据隐私法规差异大，如欧盟 GDPR 与我国《数据安全法》在数据跨境流动要求上有冲突，增加 mBridge 等跨境项目合规难度；二是智能合约自动执行或规避人工审核，代码漏洞或恶意条款或致系统性风险，2025 年 Hyperliquid 平台因智能合约设计缺陷损失 400 万美元即为警示。

标准体系不完善也制约行业发展。区块链清算缺乏统一技术标准、接口规范和业务流程，各机构自建系统形成“信息孤岛”，如上海票据交易所数字票据平台与其他清算系统兼容性有限，增加跨市场清算复杂度。北京行动计划提出制定 12 项行业标准，但落地仍需时间，短期内难解决碎片化问题。

#### 3.3 生态与用户层面的障碍

区块链清算系统的推广面临传统惯性与用户接受度挑战。金融机构对现有清算系统投入巨大，切换至区块链平台需要承担迁移成本和学习成本，导致实际推广速度慢于技术研发速度。调查显示，部分银行担忧区块链系统与核心业务系统的兼容性，更倾向于采取“双轨运行”策略，这反而增加了运维复杂度。

用户认知与信任建立也是重要障碍。普通企业和个人对区块链技术的理解有限，对数字资产安全性存在顾虑，尤其在经历加密货币市场波动后，对基于区块链的清算模

式持谨慎态度。此外，区块链清算的便捷性提升往往伴随操作界面复杂度增加，如何在保证安全的前提下优化用户体验，成为技术团队面临的重要课题。京东数科的实践表明，即使技术上可行，让中小微企业熟练使用区块链票据拆分功能仍需持续培训。

### 4 应用前景展望与对策建议

#### 4.1 技术创新方向

未来区块链清算技术将沿着“性能提升、安全增强、隐私保护”三大方向发展。在性能优化方面，预计通过分片技术、侧链架构和硬件加速进一步提升吞吐量，长安链等平台有望在 2027 年前实现千万级 TPS，满足证券市场高频交易需求。跨链技术将走向标准化，蚂蚁链“两链一桥”架构可能成为行业标杆，通过资产链、交易链和可信跨链桥的协同，实现不同清算系统的无缝对接。

安全与隐私保护技术将更加成熟。后量子密码算法将逐步替代现有加密机制，保税科技的量子加密钱包试点经验可能推广至全行业。零知识证明、安全多方计算等隐私计算技术与区块链的融合应用，将在满足监管透明度要求的同时，更好保护商业秘密，预计 2026 年成为金融清算标配功能。此外，AI 与区块链的结合将优化风控模型，通过实时监测链上异常交易，提升清算系统的抗风险能力。

#### 4.2 场景拓展路径

区块链清算将从当前的大宗商品、跨境支付等场景，逐步向证券全市场、衍生品和数字货币领域渗透。在证券清算领域，预计 2027 年前实现从“T+1”向“T+0”甚至实时结算的转变，参考澳大利亚证交所经验，通过分布式清算将交割时间从 2400 分钟压缩至 10 分钟以内。衍生品清算将受益于智能合约的自动执行特性，实现保证金实时调整和风险净额自动计算，降低对手方风险。

数字人民币与区块链清算的融合将进一步深化。除现有大宗商品场景外，预计在政府债券发行、跨境电商结算等领域大规模应用，形成“支付即结算”的新范式。央行数字货币的可编程性将与智能合约结合，实现条件支付、自动缴税等创新功能，提升清算的自动化水平。香港《稳定币条例》2025 年生效后，国内机构可能探索稳定币与数字人民币的协同清算，拓展离岸市场应用。

#### 4.3 制度与生态建设

构建适配区块链的监管框架是关键，可参考“监管沙盒”模式，包容审慎监管创新清算方案，北京“三位一体”方案（基础研究基金、跨链试验床、沙盒机制）值得推广。同时，加快制定行业标准，推动清算系统互联互通，中央

结算公司数字债券平台规范经验可扩展至全行业形成统一标准。生态协同上,建立“央行-金融机构-科技企业”多方协作机制,央行主导基建,推动 CIPS+ 与 mBridge 融合;金融机构参与联盟链节点建设;科技企业聚焦底层技术创新,降低中小企业接入门槛。此外,加强用户教育与人才培养,腾讯简化操作界面、提供定制化培训的经验可提升用户接受度。

## 5 结语

区块链技术为我国金融工程交易清算带来效率革命与模式创新,国内已在大宗商品等多个领域形成标杆案例,呈现“技术自主可控、场景聚焦实体、政策驱动强”特点。实践显示,区块链可缩短清算时间、降低风险和成本,数字人民币与区块链融合开辟了清算创新新路径。

但技术性能瓶颈、标准不统一、监管适配性不足等挑战仍存,制约其规模化应用。未来需技术创新与制度建设并重,推动技术与清算深度融合。

展望未来,随着数字经济和金融开放发展,区块链清

算技术将在提升金融基础设施竞争力、支持人民币国际化等方面发挥重要作用。构建安全高效、自主可控的区块链清算体系,是金融科技发展内在要求,更是维护国家金融安全的战略选择。

## 参考文献:

- [1] 张子昊. 金融工程在金融创新中的应用[J]. 造纸装备及材料, 2020(01).
- [2] 夏诗园. 区块链技术助推金融精准扶贫[J]. 金融理论与教学, 2019(06).
- [3] 聂茂娇, 夏悦, 赖浣峰, 许芷毓, 李磊. 区块链下的金融精准扶贫研究[J]. 科技经济导刊, 2019(35).
- [4] 李虹含, 汪存华. 区块链赋能供应链金融[J]. 中国金融, 2019(23).
- [5] 刘洋, 李冲. 区块链与消费金融的融合[J]. 中国金融, 2019(23).

作者简介: 仲希瑞(1998.05-), 女, 江苏南京人, 硕士, 咨询顾问, 研究方向: 金融工程。