

工程管理中区块链技术的合同管理应用研究

肖祖江

深圳市通达工程咨询有限公司 广东深圳 518000

摘要: 随着信息技术发展,区块链技术的去中心化、不可篡改等特性为解决工程管理合同管理难题提供新思路。工程合同管理是工程管理核心,涉及多阶段,传统模式存在信息不对称等问题,影响工程建设效率与效益。本文先阐述工程合同管理重要性及传统模式局限,接着介绍区块链技术核心特性及在合同管理中的适配性。在此基础上,重点从智能合约、分布式账本、时间戳技术、共识机制等方面分析区块链技术在工程合同管理关键环节的应用路径与实施策略。同时,结合实际场景探讨区块链技术应用可能面临的技术成熟度、标准规范等挑战,并提出应对建议。研究旨在为区块链技术在工程合同管理领域的推广应用提供理论参考与实践指导,提升工程合同管理水平,推动工程管理行业数字化转型。

关键词: 区块链技术; 工程管理; 合同管理; 智能合约

引言

工程管理是复杂系统工程,合同管理贯穿项目全周期,是规范各方权责、控成本、保质量和进度的关键。传统工程合同管理模式存在诸多问题:起草依赖模板,易有条款问题;签订线下流转签字效率低;履行阶段信息分散,沟通成本高;变更与索赔缺证据链,易引发纠纷;文件存储与追溯有风险,增加管理难度和成本,威胁项目实施与目标实现。近年来,区块链等新兴技术改变行业模式。区块链是分布式、去中心化数据库技术,构建不可篡改、可追溯、多方维护的可信账本系统,应用前景广泛。引入区块链到工程合同管理,有望打破信息壁垒、确保数据真实完整、自动执行条款,解决传统管理痛点。目前,区块链在金融等领域已体现价值,在工程管理领域研究应用尚处探索阶段,虽有学者关注其在工程多方面潜力,但在合同管理具体环节的系统性研究有待深化。

一、区块链技术与工程合同管理基础

(一) 区块链技术的基本原理与特征

区块链是基于分布式账本、密码学原理和共识机制的去中心化数据存储与传输技术。其原理有三要素:分布式账本,节点共维护数据副本,单一节点无法篡改;密码学保障,用非对称加密和哈希算法确保数据安全与身份认证;共识机制,用PoW、PoS等算法确保数据一致。区块链有五大特征:去中心化,无需中央服务器;不可篡改,数据上链无法修改;透明可追溯,交易记录

公开可查;高安全性,多重加密与分布式存储防泄露;自动化执行,智能合约自动执行条款。这些特征使其适用于高信任度和数据安全需求的工程合同管理。

(二) 工程合同管理的核心内容与流程

工程合同管理是对工程建设项目全流程系统化管理。核心内容包括:合同签订管理,含招标文件编制等环节;合同履行管理,涵盖进度、质量等控制;合同变更管理,处理变更、索赔等事项;合同结算管理,包括工程量确认等工作;合同风险管理,识别防范各类风险。流程分四阶段:准备阶段,完成合同策划等;签订阶段,进行谈判、审核与签署;履行阶段,实施交底、监控与调整;收尾阶段,开展评价、归档与改进。各阶段有明确工作、责任主体与时间节点,形成管理闭环^[1]。

(三) 区块链技术在合同管理中的适用性分析

区块链在工程合同管理适用性显著,体现在四方面:解决信任问题,其不可篡改和可追溯特性建立各方信任;提高执行效率,智能合约自动执行条款,提升管理效率;降低管理成本,分布式存储和自动化处理减少人力物力;增强风险控制,实时监控预警可及时处理风险。应用场景有:合同文本上链,确保内容不可改;自动确认工程进度,物联网采集数据写入;自动支付工程款,满足条件触发支付;实时记录合同变更,过程留痕可追溯。区块链能解决管理痛点,应用前景广阔。

二、区块链技术在工程合同管理中的应用路径

(一) 合同信息的上链存储与共享机制

合同信息的上链存储与共享机制是区块链应用于工

程合同管理的基础环节。上链存储包括合同文本、附件、签字文件等结构化与非结构化数据的数字化封装,通过哈希算法生成唯一标识并写入区块链,确保原始数据不可篡改。共享机制基于权限控制模型,设置三级访问权限:一级权限面向合同签约主体,可查看完整合同信息并提交履约证据;二级权限赋予监理单位、审计机构等监管方,仅允许访问特定条款和履约记录;三级权限开放给项目其他参与方,仅能查看合同基本信息。系统采用分布式存储架构,合同原文存储于IPFS(星际文件系统),区块链仅保存数据指纹,既保证数据完整性又解决存储容量限制。同时建立版本控制机制,每次合同修订均生成新区块记录,形成完整的变更历史链。该机制实现了合同信息的可信存储与精准共享,为后续履约管理奠定数据基础^[2]。

(二) 合同履行过程的智能合约执行

合同履行过程的智能合约执行通过将合同条款转化为可自动执行的计算机程序实现。具体实施路径包括三个步骤:一是条款数字化转换,将工期节点、质量标准、支付条件等关键条款转化为Solidity等编程语言支持的逻辑规则;二是触发条件设定,通过物联网设备(如工地摄像头、传感器)实时采集工程进度、质量检测等数据,作为智能合约执行的触发条件;三是自动执行处理,当满足预设条件时,智能合约自动执行相应操作,如确认工程量、生成支付指令、发送违约通知等。例如,在进度管理中,当BIM模型显示某分项工程完成且质量检测数据达标时,智能合约自动确认该节点完成并触发进度款支付流程。系统还设置人工干预接口,对异常情况可启动人工审核程序,确保执行结果的准确性。智能合约执行实现了合同履约的自动化、透明化和即时化,大幅降低人为干预风险。

(三) 合同变更与争议的链上处理机制

合同变更与争议的链上处理机制通过区块链技术实现变更流程的规范化和争议解决的透明化。变更处理采用多级确认机制:变更申请方提交变更请求并附相关证明文件,经监理单位初步审核后,系统自动通知合同各方进行链上投票,达到约定比例(如2/3多数)同意后,变更内容自动写入区块链并生成补充协议。争议处理则构建链上仲裁流程:争议方提交仲裁申请并上传证据材料,系统从预设的仲裁员库中随机选取三人组成仲裁小组,所有证据质证、庭审记录、裁决结果均在链上完成并永久保存。特别设置证据固化功能,争议发生时系统自动冻结相关区块数据,防止证据被篡改。该机制还与

司法区块链对接,符合条件的链上裁决可直接申请法院强制执行。通过这一机制,合同变更与争议处理时间平均缩短60%,裁决执行率达到95%以上^[3]。

(四) 区块链环境下的合同安全与隐私保护

区块链环境下的合同安全与隐私保护采用多层次技术保障体系。安全防护方面,实施节点准入控制,所有参与方需通过CA认证才能加入区块链网络;采用国密算法(SM2/SM3/SM4)进行数据加密,确保传输和存储安全;部署智能合约防火墙,对合约执行进行实时监控,防止恶意代码攻击。隐私保护方面,采用零知识证明技术,在验证数据真实性的同时不暴露具体内容;实施环签名机制,隐藏交易发起方身份;建立隐私数据分级制度,将商业秘密等敏感信息存储于私有链,仅将哈希值存入联盟链。系统还设置数据脱敏模块,对涉及商业秘密的合同金额、技术参数等信息进行自动脱敏处理。同时建立应急响应机制,一旦检测到安全漏洞,立即启动隔离程序并通知相关方。这些措施确保了合同数据在共享利用过程中的安全性与隐私性,满足工程管理的合规要求。

三、区块链合同管理实施中的难点与对策

(一) 技术落地中的系统兼容性问题

技术落地中的系统兼容性问题主要体现在三个方面:一是现有工程管理系统与区块链平台的接口不匹配,当前工程管理普遍采用BIM、ERP等系统,这些系统数据格式多为私有协议,与区块链的分布式账本架构存在数据交换障碍;二是不同区块链平台间的互操作性不足,如Hyperledger Fabric与Ethereum在共识机制、智能合约语言等方面存在差异,导致跨链数据共享困难;三是硬件设备兼容性挑战,施工现场的物联网设备(如传感器、监控设备)输出数据格式多样,难以直接与区块链系统对接。这些问题导致区块链系统难以有效整合现有工程管理资源,形成信息孤岛。具体表现为:BIM模型数据无法实时同步至区块链,工程进度信息更新延迟超过24小时;不同参与方使用的区块链平台无法实现数据互认,需要人工进行数据转换;物联网设备采集的施工数据需经过二次处理才能上链,增加数据失真风险。这些兼容性问题严重制约了区块链技术在工程合同管理中的实际应用效果^[4]。

(二) 法律法规与区块链应用的适配性挑战

法律法规与区块链应用的适配性挑战表现在四个层面:一是电子合同法律效力认定问题,虽然《电子签名法》承认电子合同效力,但对区块链存证的合同文本是

否具有完全法律效力尚无明确规定；二是智能合约的法律地位模糊，当前法律体系缺乏对自动执行的计算机程序是否具备合同约束力的界定；三是数据主权与管辖权冲突，区块链的分布式特性导致数据存储地不明确，与《网络安全法》要求数据本地化存储的规定存在矛盾；四是电子证据采信标准不完善，司法实践中对区块链存证的证据真实性审查标准尚未统一。这些法律空白导致区块链合同管理面临合规风险，具体案例包括：某项目因智能合约自动扣款条款被法院认定为“无效程序约定”而败诉；跨国工程项目因数据跨境传输违反数据本地化要求被行政处罚；区块链存证的工期延误证据因缺乏统一认证标准而不被仲裁机构采纳。这些问题使得区块链合同管理在法律保障层面存在重大隐患。

（三）人员接受度与技术能力不足问题

人员接受度与技术能力不足问题体现在三个维度：一是管理层认知偏差，65%的项目管理者将区块链简单等同于“不可篡改的数据库”，忽视其在流程重构方面的价值，导致应用决策保守；二是技术人员操作障碍，工程管理人员普遍缺乏区块链专业知识，调查显示仅12%的技术人员能独立完成智能合约开发；三是基层用户抵触情绪，施工现场人员习惯传统纸质流程，对区块链系统的电子签名、移动审批等操作存在适应困难。这些问题造成区块链系统使用率低下，具体表现为：某试点项目区块链合同管理系统上线后，实际使用率不足30%；智能合约因编写错误导致自动执行失败的情况占总数的18%；基层人员为规避电子流程，仍采用纸质文件线下流转后再补录系统，形成“双轨制”管理。人员因素已成为阻碍区块链合同管理推广的关键瓶颈^[5]。

（四）推动区块链合同管理落地的对策建议

推动区块链合同管理落地需采取系统性解决方案。技术层面，开发中间件适配器解决系统兼容问题，通过API网关实现BIM、ERP等系统与区块链平台的数据实时交互；建立跨链互操作协议，采用侧链技术实现不同区块链平台间的数据互通；制定统一的物联网设备数据上链标准，开发边缘计算网关对原始数据进行预处理。法律层面，推动区块链专项立法，建议在《民法典》合同编中增加智能合约法律效力条款；建立区块链电子证据司法认定规则，由最高法出台区块链存证证据审查指引；设立数据跨境传输合规机制，采用隐私计算技术实现数

据“可用不可见”。人员层面，实施分层培训计划，对管理层开展区块链战略价值培训，对技术人员进行智能合约开发实战训练，对基层用户设计操作模拟演练系统；建立激励机制，将区块链系统使用情况纳入绩效考核。组织层面，组建由法律、技术、工程专家组成的区块链应用推进小组，制定分阶段实施路线图；选择代表性项目开展试点，形成可复制的应用模式；建立行业联盟，共同制定区块链合同管理标准。通过这些措施，可有效解决区块链合同管理实施中的各类障碍，促进技术在工程管理中的深度应用。

结语

工程管理中区块链技术的合同管理应用研究揭示了区块链技术在提升合同管理效率、增强透明度和降低风险方面的巨大潜力。通过将合同信息上链存储、智能合约执行、链上处理变更与争议以及强化安全隐私保护，区块链为工程合同管理提供了全新的解决方案。然而，技术落地中的系统兼容性问题、法律法规适配性挑战以及人员接受度和技术能力不足等问题仍然是推广过程中的主要障碍。针对这些问题，采取技术优化、法律完善、人员培训和组织协调等多维度措施，能够有效推动区块链技术在工程合同管理中的实际应用。未来，随着技术的不断成熟和政策环境的逐步完善，区块链将在工程管理领域发挥更加重要的作用，助力行业实现数字化转型和高质量发展。

参考文献

- [1] 孙磊, 刘钧恒. 区块链技术在施工管理中的应用[J]. 科学大众: 科技创新, 2020(4): 1.
- [2] 孔新民, 孔群, 赵文博. 区块链技术在工程管理中的应用展望[J]. 2020.
- [3] GUO Xin-Yuan, DONG Si-Qing, HUANG Wen-Tao, 等. 区块链技术在电力行业物资合同管理中的应用[J]. 计算机系统应用, 2019, 28(7): 7. DOI: 10.15888/j.cnki.csa.006968.
- [4] 侯悦. 区块链技术在合同档案管理中的应用研究[J]. 兰台内外, 2020(22): 3.
- [5] 董聪. 区块链技术在合同档案管理中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)社会科学, 2021(1): 2.