

区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的应用与挑战

殷金龙, 赵江涛

江苏大学管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2025年3月4日; 录用日期: 2025年3月19日; 发布日期: 2025年4月15日

摘要

建筑业是国民经济的重要支柱, 但由于数字化转型程度不足, 建筑供应链协作效率低下等问题仍未得到解决。区块链技术因其数字化优势, 为建筑企业克服转型挑战提供了数字化解决方案。本文通过文献分析, 系统探讨了区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的应用与挑战, 分析了其在材料采购、物流运输、质量控制、合同管理及项目进度监管等方面的潜力。此外, 本文还分析了区块链技术实施过程中在技术复杂性、法律合规性、行业接受度、人才缺乏和实施成本等方面面临的主要挑战, 并提出了相应的对策建议, 包括推动行业技术标准化、制定完善的法律法规和加大人才培养力度等等。本文为进一步推动建筑行业的数字化转型提供了参考, 增强了对区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的应用理解。

关键词

区块链技术, 建筑企业, 供应链管理, 数字化

Application and Challenges of Blockchain Technology in Digital Management of Construction Enterprise Supply Chains

Jinlong Yin, Jiangtao Zhao

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Mar. 4th, 2025; accepted: Mar. 19th, 2025; published: Apr. 15th, 2025

Abstract

The construction industry is a vital pillar of the national economy, but due to the insufficient degree of digital transformation, the construction supply chain collaboration efficiency is still not solved. Blockchain technology, with its digital advantages, offers a digital solution for construction enterprises to overcome transformation challenges. Through literature analysis, this paper systematically discusses the application and challenges of blockchain technology in the digital supply chain management of construction enterprises, and analyzes its potential in areas such as material procurement, logistics transportation, quality control, contract management, and project schedule supervision. Additionally, this paper also analyzes the main challenges faced in the implementation process of blockchain technology in terms of technical complexity, legal compliance, industry acceptance, talent shortages, and implementation costs. It proposes corresponding countermeasures, including promoting industry technology standardization, developing comprehensive legal regulations, and enhancing talent cultivation. This paper provides a reference for further advancing the digital transformation of the construction industry, and enhances the understanding of blockchain technology's application in the digital management of construction enterprise supply chains.

Keywords

Blockchain Technology, Construction Enterprises, Supply Chain Management, Digitalization

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

建筑业是国民经济的重要支柱产业,但其供应链管理长期以来面临着诸多挑战。在传统的供应链管理模式下,建筑企业常常面临着信息不对称、数据孤岛、合同执行难度大等问题,致使工程项目成本升高,工期延误,施工质量也难以得到良好保障。随着信息技术的飞速发展,数字化转型已成为各行各业提升管理水平、优化资源配置的重要手段。建筑企业需要新的技术手段来实现供应链的数字化管理,通过提高效率、降低成本来增强其竞争力。区块链作为一种新兴的分布式账本技术,由于具有去中心化、不可篡改、智能合约、透明性和追溯性等特性[1],为建筑企业供应链管理的数字化转型提供了创新解决方案。加快区块链技术与各领域的融合,将是区块链落地的一个重要方向,该技术改变了许多企业的商业模式,尤其是在物流和供应链管理领域,其应用对新技术革新和产业结构调整具有重要作用。目前,区块链技术已被一些企业应用于供应链领域,例如:IBM与多个食品企业合作运用区块链技术帮助企业监控供应链;京东构建区块链技术追溯系统,对产品实行全程监控策略。通过区块链技术的应用可以使许多供应链问题得以缓解,首先,区块链技术可以有效解决链上成员信息不对称问题,有利于实现供应链协调,以提高链上各参与者的利润[2]。其次,该技术可以进行实时通信,确保合作伙伴之间的信任,建立安全的关系,降低交易费用以及产品成本,同时可以缩短交货期,有利于资源节约和回收等。此外,它还能够帮助企业缓解渠道冲突,解决消费者要求产品可溯源的问题[3]。

通过区块链技术,建筑企业可以实现供应链的全过程数字化管理,从采购到支付、从施工进度监管到质量控制,所有信息都可以在区块链上进行实时记录和追溯,大大提高了工程项目的透明度和安全性,

在减少中间环节的同时降低了交易成本。综上所述, 本文的研究目的在于深入探讨区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中应用, 分析其在提升建筑企业供应链效率方面的潜力, 探讨实施过程中面临的挑战及相应的解决方案。通过文献分析, 本研究对国内外相关研究成果进行归纳总结, 为建筑企业的供应链数字化转型提供理论支持和实践指导。

2. 建筑企业供应链管理的特点与挑战

建筑企业供应链可定义为利益相关者网络, 利益相关主体通过上下游的联系参与到不同的流程和活动当中。相比于制造业供应链, 建筑业供应链具有临时性和高度分散的组织特征[4], 使得建筑企业的供应链管理具有显著的复杂性特征。首先, 建筑项目的实施涉及到多个环节和参与主体。建筑供应链流程包括设计、采购、生产(即订购材料的制造)、物流和库存、现场组装以及建筑运营和维护[5], 相关参与主体包括原材料供应商、设备供应商、设计公司、承包商、监理公司、分包商以及最终业主等, 以上环节相互依赖, 导致供应链管理的复杂性增加。其次, 建筑项目具有一次性特点, 建设项目的独特性使得管理和维护难以标准化。最后, 建筑企业供应链具有高时效性和高风险性的特征。工程项目往往具有严格的时间限制, 任何环节的延误都可能导致整个项目的延期, 并且工程项目涉及到的资金投入是巨大的, 供应链中的任何问题都可能显著影响到项目的完成与否。

传统的建筑企业供应链管理模式存在诸多问题。其一, 建筑项目中的各利益主体往往掌握不对称的信息, 使得决策效率低下、信息滞后。其二, 各参与方通常独立管理己方数据, 有效共享平台的缺乏会造成合作困难和资源浪费。其三, 建筑项目涉及到大量的合同, 复杂的合同履行监管模式加大了合同执行的难度, 实际项目中常常出现恶意违约的现象。其四, 传统的供应链系统常常依赖人工检查实施质量控制, 难以实现对原材料、设备的质量追溯。随着信息技术的不断发展, 建筑行业的数字化转型已成为提升供应链管理效率的重要途径, 数字化管理不仅能提高信息流通的效率, 还能确保资源的有效利用, 保障项目进度和质量。

3. 区块链技术及其在建筑行业中的应用

3.1. 区块链技术内涵

3.1.1. 区块链技术概念

区块链是一种融合了分布式数据存储、点对点传输、共识机制和加密算法等前沿计算机技术的创新应用模式。其核心特征包括数据不可篡改、信息透明公开以及去中心化运作[6]。区块链网络由众多节点构成, 这些节点共同维护一组共享状态, 并负责执行状态变更的事务, 完整记录并共享网络内的所有交易活动。每笔交易需经过网络中多数节点的验证, 随后按时间顺序被打包成带有时间戳的块。

在区块链系统中, 用户通过系统分配的特定账户进行交易操作, 确保了交易信息的完全匿名性。随着新区块的不断添加, 区块链持续延伸。若出现链分叉情况, 系统将自动选择区块数量最长的链作为主链, 以维护网络中的有效交易记录。区块链的独特之处在于其无需中心化机构管理, 整个系统的运行主要依赖于加密算法、P2P 网络和分布式共识算法等技术的协同作用[7]。

3.1.2. 区块链技术类型

(1) 公共区块链

公共区块链(Public Blockchain)是一种开放且透明的分布式账本技术, 允许任何人自由参与和访问。它秉承去中心化的核心理念, 赋予所有参与者平等的权利与责任, 共同保障网络的安全与稳定运行。公共区块链具备广泛的应用场景, 包括但不限于数字货币、智能合约以及去中心化应用程序。公共区块链

以其开放性、透明性、去中心化和安全性著称,但同时也面临着性能瓶颈和隐私保护不足等挑战。相较于私有区块链,公共区块链在透明度方面更具优势,且由于其开放参与性和无中心控制的特点,分散化程度更高。

(2) 私有区块链

私有区块链(Private Blockchain)是一种封闭式的区块链网络,其参与节点均需经过授权,且仅限特定用户访问和使用。与公共区块链不同,私有区块链无需采用竞争性共识算法,而是可以采用更高效的常规共识机制,例如委员会投票或基于权限的共识模型。私有区块链主要适用于企业或组织内部的数据存储与管理场景,能够为特定用户群体提供更高的安全性、隐私性以及运行效率,同时有效降低运营成本。以供应链管理为例,企业可以利用私有区块链技术构建一个可信的数据共享平台,用于记录和追踪原材料来源、生产过程、物流运输及交付等关键信息。这些数据仅对授权参与者开放,确保信息的安全性和隐私性。通过私有区块链,企业能够实现供应链各环节的透明化管理,减少欺诈行为和人为错误,同时提升整体运营效率。这种集中式管理与分布式技术相结合的模式,为组织内部协作提供了高效、可靠的解决方案。

(3) 联盟区块链

联盟区块链(Consortium Blockchain)是一种由多个组织或机构共同管理的区块链网络。与公共区块链的完全开放不同,联盟区块链采用准入机制,参与者需通过身份验证和授权才能加入网络[8]。这种模式允许参与组织根据实际需求灵活控制区块链的访问权限和数据共享范围,在保障安全性的同时实现高效协作。联盟区块链特别适用于多组织间的协同场景,例如企业合作、供应链管理、贸易金融等领域。

3.1.3. 区块链技术特征

(1) 去中心化

区块链技术采用分布式核算与存储机制,网络中的每个节点均享有平等的权利并承担相同的义务,均可参与数据的验证与更新过程。去中心化是区块链的核心特征之一,但在不同应用场景下其实现程度有所差异:公有链通常采用完全去中心化架构,而联盟链则表现为部分去中心化或多中心化模式[9]。这种独特的去中心化特性使区块链技术具备了显著的优势,包括更高的安全性、透明度、可靠性和运行效率。

(2) 可透明化

区块链技术的透明性源于其分布式数据库的设计,所有交易和数据都被永久记录在一个公开且不可篡改的账本中。这种机制使得任何参与者都能随时查看和验证链上信息,从而实现了高度的透明度。与此同时,区块链通过先进的加密技术确保数据的安全性和隐私性,只有经过授权的用户才能访问或修改相关信息。

(3) 不可篡改性

区块链的不可篡改性是其核心特征之一,指的是数据一旦被写入区块链,便无法被删除或修改[10]。这一特性源于区块链的去中心化架构和分布式存储机制:网络中的每个节点都保存着完整的区块链数据副本,任何数据的变更都需要获得网络中多数节点的共识才能生效。单个节点对数据的修改不仅无效,还会被网络自动识别并拒绝。此外,区块链通过密码学算法对数据进行加密保护,进一步增强了数据的安全性。

(4) 可追溯性

区块链技术具备卓越的可追溯性,这得益于其能够在全网范围内完整记录并追踪每笔交易的来源与流向。在区块链系统中,所有交易都被永久记录在相互链接的区块中,每个区块都包含一个指向前一区块的唯一哈希值,从而形成一个不可篡改、线性且有序的交易历史链条[11]。这种设计确保了数据一旦被

写入区块链, 便无法被修改或删除, 为交易记录提供了极高的可靠性和完整性。

3.2. 区块链技术在建筑行业中的应用

3.2.1. 公共区块链在建筑行业中的应用

在建筑行业中, 公共区块链的应用主要集中在需要高度透明和公开的场景。公共区块链可以用于记录建筑项目的公开信息, 如项目进度、资金使用情况、材料采购等, 确保数据的透明性和不可篡改性, 便于公众或监管机构监督。同时, 建筑师、承包商和供应商的资质信息可以存储在公共区块链上, 供所有相关方查询和验证, 减少资质造假问题。最后, 公共区块链可以记录建筑项目的环保数据和可持续性指标, 帮助实现绿色建筑认证的透明化。但是, 其隐私性较差, 不适合处理敏感数据; 性能较低, 可能无法满足高频交易需求。

3.2.2. 私有区块链在建筑行业中的应用

在建筑行业中, 私有链适合用于企业内部数据管理和流程优化。建筑企业可以使用私有链记录项目进度、成本核算、合同执行等内部数据, 提高管理效率和透明度。私有链还可以用于跟踪建筑材料的采购、运输和库存情况, 确保材料的真实性和可追溯性。其缺点在于去中心化程度低, 可能存在单点故障风险; 适用范围有限, 不适合跨组织协作。

3.2.3. 联盟区块链在建筑行业中的应用

在建筑行业中, 联盟链非常适合用于跨企业协作和数据共享在大型建筑项目中, 开发商、承包商、供应商和监理方可以通过联盟链共享项目数据, 如设计图纸、施工进度、质量检测报告等, 提高协作效率。联盟链还可以用于建筑供应链金融场景, 记录供应商的应收账款、合同信息和交易记录, 帮助金融机构评估风险并提供融资服务。另外, 联盟链可以记录建筑材料的来源、检测报告和使用情况, 实现建筑质量的全程追溯, 确保工程安全。联盟链上的智能合约可以自动执行合同条款, 例如根据工程进度自动支付款项, 减少纠纷和人为干预。但是, 联盟链的应用需要参与方之间建立信任和协作机制, 管理和维护成本较高。

4. 区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的应用

建筑企业的生产活动涉及到材料采购、运输、项目实施、验收、结算等多个环节, 传统的供应链管理依赖多方协调, 信息流动的复杂和不透明特性使得信息滞后、错误或被篡改的情况时常发生。区块链技术最初被应用于比特币的交易中, 随着技术的发展, 其具有的去中心化、不可篡改、透明性和追溯性等特征使得其得到关注。区块链技术已经逐渐从金融领域向其他行业渗透, 成为提升效率、增加透明度和安全性的重要工具。在建筑行业, 区块链技术可以帮助建筑企业实现供应链的数字化管理。

4.1. 材料采购与供应商管理

原材料采购和供应商管理是工程项目建设过程中的关键环节, 借助区块链技术, 建筑企业可以建立一个透明的供应商管理平台, 通过平台记录供应商的信用记录、历史交付情况和产品质量等信息, 帮助企业提升采购决策的合理性。区块链技术还可以为每一批原材料建立唯一的数字身份, 记录供应商信息、生产批次、质检报告、物流信息等详细数据, 相关数据会在区块链上进行加密存储, 写入后便无法更改, 从而实现对材料的全程追溯[12], 减少了劣质材料进入供应链的风险。

4.2. 物流运输与实时追踪

建筑项目的建设过程中需要用到大量的建筑材料和机械设备, 因物流运输导致的延误或损坏会直接

引发项目进度的延迟, 带来名誉和经济损失。区块链技术的实时数据记录功能可以帮助企业实现运输过程的全程追踪, 发货时间、运输路线、承运商信息等物流信息都会被记录在区块链中, 随着运输的进行, 运输状态也会实时更新在区块链上。借助区块链技术, 建筑企业不仅可以实时监控物流状态, 更可以实现材料和设备物流环节的透明和可追溯。

4.3. 质量控制与验收

材料采购和施工环节的质量问题一直是建筑企业关注的主要问题之一, 区块链技术可以帮助企业实现项目相关数据在共享平台上的实时更新, 并通过智能合约进行自动化控制, 避免了人为干预所导致的延误情况[13]。在传统供应链中, 质量监控通常依靠人工检查和记录的方式来实现, 使得关于质量的溯源困难。而区块链可以将每个产品的质量信息记录在链上, 使得企业对于每个环节质量的追溯都变得简单。在供应商交付材料之前, 相关的质检报告和生产日期等数据都已经被记录在区块链上, 由于这些数据无法被篡改, 并且项目经理和质量管理人员可以随时通过区块链查询材料的质量信息, 这一优点大大减少了因质量问题导致项目返工的可能性。此外, 项目施工过程中与质量检查和安全检查相关的检验结果和验收数据都能够通过区块链技术记录下来, 确保了施工检验的严格执行, 也极大地提高了工程验收的透明度。

4.4. 合同管理与支付结算

建筑项目的完整实施通常涉及到大量的合同, 在传统的合同管理中, 合同履行的效率和透明度存在较大的问题。智能合约是一种运行在区块链上的程序代码, 可以在满足预设条件时自动执行相关操作, 是区块链技术的一大重要特征。建筑企业可以设定项目的付款条约, 在工程进度款的支付过程中, 智能合约可以根据工程进度和质量验收结果自动触发付款操作, 大大提高了合同的执行效率, 避免了资金拖延和结款争议情况的出现[14]。此外, 区块链还可以记录合同变更、索赔等不确定信息, 通过区块链平台, 建筑企业可以实现与供应商、分包商之间的直接支付, 减少了交易成本。同时, 区块链的不可篡改特性也增强了支付过程的安全性, 降低了交易风险。

4.5. 项目进度管理

项目进度控制是确保工程项目按时交付的重要管理手段之一。由于区块链平台提供了实时、准确的项目数据, 各参与方都能看到项目的最新进度, 在一定程度上避免了信息的不对称。通过构建基于区块链技术的 BIM 信息集成系统[15]等手段, 每个环节的数据都可以实时记录在区块链上, 项目经理等相关人员可以随时查阅材料到位、施工进度和质量检查等信息, 深入了解到项目的具体施工情况, 在整体视角上研判潜在的施工问题, 以便及时采取应对措施。

5. 区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的挑战与对策

5.1. 技术复杂性

企业应用区块链技术需要解决智能合约编写、链上数据安全存储和跨平台系统对接等多技术层面的挑战, 首先, 建筑行业传统的信息系统通常是独立的, 由于缺乏统一的标准, 在涉及到与现有系统的集成时, 技术实现的难度较大。其次, 区块链技术的实施涉及到大量实时数据的记录与交换, 要想顺利完成项目, 要求系统需要具有较高的可扩展性。如果区块链系统无法满足高并发的处理需求, 或是在扩展时存在性能瓶颈, 都可能导致系统故障或数据处理滞后等问题的产生。最后, 尽管区块链技术的透明性和不可篡改性给企业的供应链管理带来了巨大优势, 但这些特性也同样可能带来数据隐私的问题。

针对技术复杂性, 第一, 建筑企业需要选择具体环节进行小范围试点实施, 逐步扩展区块链技术的应用范围, 以降低技术复杂性。具体实施路径: ①选择试点场景: 优先选择数据透明度要求高、协作复杂度低的场景进行试点, 例如建筑材料溯源、施工进度跟踪或合同支付管理。②明确试点目标: 设定具体的试点目标, 如提高供应链透明度、减少合同纠纷或优化支付流程。③分阶段实施: 先在小范围内完成技术验证, 逐步扩展到更多业务环节。例如, 先从材料采购环节开始, 再扩展到施工管理和竣工验收。④评估与优化: 在试点过程中定期评估技术效果, 收集用户反馈, 优化系统设计和实施策略。同时, 建筑企业可以与区块链技术提供商合作, 利用其成熟的解决方案快速启动试点; 建立内部区块链技术团队, 培养技术能力, 为后续扩展奠定基础。

第二, 建筑行业需要推动行业统一数据格式与接口标准工作的进行, 确保不同区块链系统间的数据可以互联互通, 以降低技术整合难度。具体实施路径: ①组建行业联盟: 联合建筑行业的主要企业、行业协会和技术提供商, 共同制定区块链数据格式和接口标准。②参考现有标准: 借鉴国际通用的数据标准(如 ISO 19650)和区块链行业标准(如 Hyperledger 的接口规范), 结合建筑行业特点进行本地化适配。③开发标准化工具: 开发支持统一数据格式的转换工具和接口适配器, 降低系统集成技术难度。④推广与培训: 通过行业会议、培训课程等方式推广标准, 提高行业参与者的认知和接受度。建筑企业可以与标准化组织合作, 推动行业标准的制定和认证; 开发开源工具或插件, 帮助企业快速实现数据格式转换和接口对接。

第三, 企业需要根据需求在私有链、联盟链和公有链中做出合理选择, 要兼顾系统的安全性和可扩展性。具体实施路径: ①需求分析: 根据业务需求确定区块链类型。例如, 企业内部管理适合私有链, 跨企业协作适合联盟链, 公开数据管理适合公有链。②技术选型: 选择适合的区块链平台。例如, Hyperledger Fabric 适合联盟链场景, 以太坊适合公有链场景。③性能优化: 采用分层架构(如 Layer 2 解决方案)或分片技术, 提高系统的可扩展性和并发处理能力。

第四, 建筑企业需要进一步利用零知识证明和同态加密等技术, 在保持区块链透明性优势的同时, 更要确保敏感数据的安全性。具体实施路径: ①技术引入: 在区块链系统中集成零知识证明(ZKP)和同态加密技术, 确保敏感数据的安全性。例如, 在供应链管理中, 使用 ZKP 验证材料的真实性, 而无需公开具体数据。②数据分级管理: 根据数据敏感程度, 采用不同的加密策略。例如, 公开数据直接上链, 敏感数据加密后上链。③隐私保护协议: 设计隐私保护协议, 确保数据在传输和存储过程中的安全性。例如, 使用安全多方计算(MPC)技术实现数据共享。④合规性检查: 确保技术方案符合数据隐私保护法规(如 GDPR), 避免法律风险。

5.2. 法律与合规性问题

区块链技术的去中心化特性使得跨国项目的法律监管变得更加复杂。在建筑行业中, 项目的实施过程常常涉及到不同地区甚至是不同国家的合作伙伴的协作。现有的法律框架和监管体系并未完全适应区块链技术的特点, 尤其是在数据存储、跨境支付和智能合约等方面可能存在法律盲区, 给区块链数据的监管带来一定的难度。其次, 智能合约是区块链技术的核心应用之一, 但其在建筑行业中的法律效力仍然存在不确定性。智能合约的自动执行机制依赖于预先设定的规则, 一旦某些环节出现问题, 很有可能会引发对合同执行的争议[16], 智能合约遵守的“代码即法律”的理念在一定程度上与传统法律体系产生冲突。

针对法律与合规性问题, 第一, 建筑企业要与政府监管部门加强合作关系, 推动区块链技术应用相关的法律法规的完善工作, 确保建筑项目中使用的区块链技术合法。具体实施路径: ①建立沟通机制: 建筑企业应与政府监管部门建立定期沟通机制, 例如成立联合工作组或举办行业研讨会, 共同探讨区块

链技术的法律监管问题。②参与政策制定：积极参与政府组织的区块链相关法律法规的起草和修订工作，提供行业实践经验和建议。③试点项目合作：与监管部门合作开展区块链技术试点项目，例如在跨境支付或供应链管理中应用区块链，积累实践经验并为政策制定提供参考。④推动国际协作：在跨国项目中，推动各国监管机构之间的协作，建立统一的跨境区块链监管框架。

第二，行业协会需要进一步推动对行业内部的技术标准和规范的制定，确保企业在使用区块链技术时符合规定。具体实施路径：①成立标准委员会：由行业协会牵头，成立区块链技术标准委员会，邀请企业、技术提供商和法律专家参与。②制定行业标准：根据建筑行业的特点，制定区块链技术的应用标准，包括数据格式、接口规范、隐私保护要求等。③推广与认证：通过行业会议、培训课程等方式推广标准，并建立认证机制，确保企业使用的区块链技术符合行业规范。

第三，政府相关部门要与法律专家合作，确保智能合约条款与传统法律体系相兼容，并在合同履行中设置人工干预机制，用以解决争议问题。具体实施路径：①法律审查机制：在智能合约编写过程中，引入法律专家进行审查，确保合约条款与传统法律体系兼容。②争议解决机制：在智能合约中设置人工干预机制，例如引入仲裁条款或多签机制，以便在出现争议时能够暂停或修改合约。③合约模板化：开发符合法律要求的智能合约模板，供建筑行业使用。例如，针对工程支付、合同履行等常见场景，提供标准化的合约模板。④法律培训：为技术人员提供法律培训，使其了解智能合约的法律风险和要求。

5.3. 行业接受度与人才缺乏

建筑供应链涉及到供应商、分包商、监理公司和政府监管部门等多方利益主体，各方的接受度和参与积极性会显著影响到区块链技术的应用效果。对于中小型企业来说，新技术的采用往往会带来较大的资金投入，成本压力的增加可能会使得中小企业的积极性不高。其次，区块链技术的应用要求企业具备一定的技术储备，但目前建筑行业对区块链技术的应用尚浅，技术人才的缺乏容易导致企业在实施、运行和维护区块链时遇到较大的困难。

针对行业接受度与人才缺乏这一挑战，第一，政府部门需要采取措施增强建筑行业和企业对区块链技术的了解，推动技术在业内的普及。具体实施路径：①举办行业研讨会：政府部门定期组织区块链技术研讨会，邀请技术专家、企业代表和学者分享区块链在建筑行业的应用案例和成功经验。②成功案例展示：选择典型的区块链应用项目(如供应链管理、工程支付等)，制作案例研究报告和宣传材料，向行业推广。③建立信息平台：搭建区块链技术信息共享平台，提供技术资料、政策解读和应用指南，帮助企业了解区块链技术的优势和实施方法。

第二，政府应当为中小型企业提供足够的资金支持，配合着技术培训来帮助它们克服技术转型的难题，通过政策激励进一步促进全行业的数字化转型。具体实施路径：①设立专项资金：政府设立区块链技术应用专项资金，为中小企业提供补贴或低息贷款，降低技术转型的成本压力。②技术培训计划：组织区块链技术培训课程，邀请技术专家为企业员工提供实操培训，涵盖区块链基础知识、智能合约编写、系统运维等内容。

第三，鼓励建筑行业成立区块链技术应用联盟，通过跨企业合作促进行业内的信息共享，实现技术标准化。具体实施路径：①组建联盟：由行业协会或龙头企业牵头，组建建筑行业区块链技术应用联盟，吸引供应商、分包商、监理公司等多方参与。②制定行业标准：联盟成员共同制定区块链技术应用的标准和规范，包括数据格式、接口协议、隐私保护要求等。③信息共享机制：建立联盟内部的信息共享平台，促进技术经验、应用案例和最佳实践的交流。④合作试点项目：联盟成员联合开展区块链技术试点项目，例如供应链管理或工程支付，积累实践经验。

第四，建筑企业需要加强与高校、科研机构的合作关系，培养和引进复合型技术人才，借此提高员

工的技术素养。具体实施路径: ①联合培养人才: 与高校合作开设区块链技术相关课程或专业方向, 培养既懂建筑行业又懂区块链技术的复合型人才。②实习与就业对接: 为高校学生提供实习机会, 帮助企业吸引和培养潜在的技术人才。③科研合作项目: 与科研机构合作开展区块链技术研究, 解决行业中的技术难题(如性能优化、隐私保护)。④内部培训计划: 在企业内部设立区块链技术培训计划, 提升现有员工的技术素养。

5.4. 实施成本与风险管理

企业实施区块链技术要求其在平台应用初期投入较高的资金, 涉及到技术开发、平台搭建、人员培训等方面的成本投入。在后续区块链技术的应用过程中, 持续的技术维护和更新也需要投入大量资源, 这对于预算有限的建筑企业来说也是一个不小的负担。

针对实施成本与风险管理的问题, 第一, 建筑企业可以通过逐步部署区块链技术的方式进行数字化转型, 先在某一特定环节或小范围内进行试点应用, 积累经验后再进行大规模推广, 降低初期投资的风险。具体实施路径: ①选择试点场景: 优先选择成本较低、见效较快的场景进行试点, 例如材料溯源、工程支付或合同管理。②分阶段实施: 将区块链技术的应用分为多个阶段, 例如: 技术验证阶段: 在小范围内测试区块链技术的可行性。③扩展阶段: 将技术应用到更多业务环节。④全面推广阶段: 在企业内部或行业内大规模推广。⑤评估与优化: 在试点过程中定期评估技术效果, 优化系统设计和实施策略。

第二, 建筑企业可以与技术供应商或区块链服务商合作, 选择现有的区块链平台, 避免从零开始开发系统, 减少开发和维护成本。具体实施路径: ①选择成熟平台: 与区块链服务商合作, 选择现有的区块链平台(如 Hyperledger Fabric、以太坊企业版), 避免从零开始开发系统。②定制化开发: 根据企业需求, 在现有平台上进行定制化开发, 降低开发成本和时间。③云服务模式: 采用区块链即服务(BaaS)模式, 利用云服务提供商(如 AWS Blockchain、Azure Blockchain)的区块链服务, 减少基础设施投入。④维护外包: 将系统的维护和更新工作外包给技术供应商, 降低企业的运维成本。

第三, 建筑行业应当逐步建立业内共用区块链平台, 资源的共享可以降低单个企业的投资成本, 提升资金使用效率。具体实施路径: ①组建行业联盟: 由行业协会或龙头企业牵头, 组建建筑行业区块链技术应用联盟, 吸引供应商、分包商、监理公司等多方参与。②共建共享平台: 联盟成员共同投资建设区块链平台, 共享平台资源, 降低单个企业的投资成本。③制定使用规则: 制定平台的使用规则和收费标准, 确保平台的可持续运营。④推广与应用: 通过行业会议、培训课程等方式推广平台, 吸引更多企业加入。

6. 结论

本文探讨了区块链技术在建筑企业供应链数字化管理中的应用与挑战, 区块链技术能够提供实时的材料跟踪, 通过智能合约实现支付流程的自动化, 并为所有利益相关者创建单一的信息来源, 从而改善了建筑供应链业长期以来的低效率问题。然而建筑企业应用区块链技术时依然面临着技术复杂性、法律与合规性问题、行业接受度和人才缺乏以及实施成本等挑战。因此在推动区块链技术的应用时, 建筑行业需要通过加强行业培训与人才引进、制定完善的法律法规、推动行业技术标准化等一系列措施来应对可能的挑战。区块链等变革性的技术进步缓解了传统建筑供应链的缺陷, 建筑企业需要积极拥抱这一技术, 全面推进数字化转型进程。

参考文献

- [1] 李秋香, 马草原, 谢磊, 等. 区块链赋能供应链价值创造的机理与策略——质量信息不对称下的经济学分析[J].

- 管理世界, 2024, 40(8): 98-122.
- [2] 赵楠, 盛昭瀚, 严浩. 基于区块链的排污权交易创新机制研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(5): 131-140.
 - [3] 梁喜, 肖金凤. 基于区块链和消费者敏感的双渠道供应链定价与渠道选择[J]. 中国管理科学, 2023, 31(5): 29-38.
 - [4] 刘娜娜, 周国华. 重大工程多主体协同合作利益分配及创新激励机制研究[J]. 工业工程与管理, 2023, 28(4): 148-155.
 - [5] 杨玉胜, 喻兰. 基于动态贝叶斯的装配式建筑供应链稳定运作研究[J/OL]. 铁道科学与工程学报, 1-11. <https://doi.org/10.19713/j.cnki.43-1423/u.T20241306>, 2025-02-26.
 - [6] 孙中苗, 徐琪, 史保莉. 区块链技术驱动下不同消费者类型的供应链最优定价决策[J]. 管理学报, 2021, 18(9): 1382-1391.
 - [7] 沈蒙, 车征, 祝烈煌, 等. 区块链数字货币交易的匿名性: 保护与对抗[J]. 计算机学报, 2023, 46(1): 125-146.
 - [8] 冷基栋, 吕学强, 姜阳, 等. 联盟链共识机制研究综述[J]. 数据分析与知识发现, 2021, 5(1): 56-65.
 - [9] 张晓芹. 基于区块链的供应链创新机制与实现路径[J]. 供应链管理, 2022, 3(3): 22-34.
 - [10] 李婧婧. 利用区块链提高产品生态设计的透明度和可追溯性[J]. 科技管理研究, 2022, 42(19): 181-191.
 - [11] 曾之明, 孙易欣, 韩旭东. 区块链技术驱动下的供应链金融创新机制研究[J]. 科技智囊, 2022(11): 1-9.
 - [12] 陈祖煜, 雷盼, 苏岩, 等. 基于区块链技术的混凝土生产信息管理: 框架研究与安全性论证[J]. 土木工程学报, 2021, 54(9): 105-114.
 - [13] 钟波涛, 李晨希, 丁烈云, 等. 基于区块链的建筑工程质量协同治理博弈分析[J]. 科技管理研究, 2023, 43(14): 168-177.
 - [14] 陈爱飞. 区块链智能合同纠纷解决的可能性边界[J]. 比较法研究, 2024(5): 196-208.
 - [15] Ni, Y., Sun, B. and Wang, Y. (2021) Blockchain-Based BIM Digital Project Management Mechanism Research. *IEEE Access*, 9, 161342-161351. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3130270>
 - [16] 任志鑫, 闫恩华, 陈韬伟, 等. 基于零知识证明的区块链密文数据共享与访问控制方案[J/OL]. 北京邮电大学学报, 1-6. <https://doi.org/10.13190/j.jbupt.2023-216>, 2025-02-26.