

基于区块链技术的建筑材料供应链透明化管理

张海帆

西安科技大学高新学院，陕西西安，710109；

摘要：在当今建筑行业蓬勃发展的背景下，建筑材料的供应链管理至关重要。从原材料的开采、采购，到运输、加工、存储以及最终交付到建筑工地，涉及众多环节和参与方，其复杂性不言而喻。区块链技术作为一种分布式账本技术，区块链以其不可篡改、去中心化、可追溯等特性，能够记录建筑材料供应链上每一个环节的详细信息，确保数据的真实性和完整性。本文将深入探讨基于区块链技术如何构建建筑材料供应链透明化管理体系，旨在为推动建筑材料供应链的现代化转型提供理论依据与实践参考。

关键词：区块链技术；建筑材料；供应链；透明化管理

DOI：10.69979/3029-2727.24.06.008

引言

在现代建筑行业中，建筑材料的质量、成本和供应的及时性直接关系到项目的进度、安全性和经济效益。传统建筑材料供应链面临着信息不对称、追踪困难、效率低下以及欺诈行为等问题，这些问题不仅增加了项目的风险和不确定性，也阻碍了行业的健康发展。将区块链技术应用於建筑材料供应链中，不仅可以实现原材料来源、生产过程、物流运输等环节的透明化管理，还可以建立一个可信的数据共享平台，让参与各方都能够实时获取准确的信息，做出更明智的决策。

1 建筑材料供应链的重要性与复杂性

从重要性角度分析而言，建筑材料是构建建筑物的物质基石。优质且充足的建筑材料供应直接决定了建筑工程的质量与进度。稳定的供应链能够确保建筑项目按时开工并顺利推进，避免因材料短缺导致的工期延误，从而减少额外的成本支出，如人工闲置费用、设备租赁延期费用等。例如，在大型商业综合体建设中，若钢材、水泥等关键材料供应中断，不仅会使主体结构施工停滞，还可能引发一系列连锁反应，影响后续的装修、机电安装等工序，严重时甚至可能导致项目违约，损害企业声誉与经济效益。材料的质量对于建筑的安全性和耐久性至关重要。合格的建筑材料能够经受住时间与环境的考验，保障使用者的生命财产安全，减少后期维修与加固成本，延长建筑使用寿命。

从复杂性角度分析而言，复杂性涉及众多环节，从原材料的开采与生产，如矿山开采矿石用于生产钢材、烧制石灰用于水泥制造，到中间的加工、运输、仓储，再到最终的配送至建筑工地。每个环节都有其独特的运

作流程与技术要求，且环环相扣，任何一个环节出现问题都可能波及整个供应链。供应链中的参与主体丰富多样，包括材料供应商、生产商、物流企业、建筑施工企业、经销商以及监管部门等。不同主体有着不同的利益诉求和运营模式，这使得协调与沟通变得异常困难。例如，供应商追求利润最大化，可能在价格与交货期上与建筑商产生矛盾；物流企业则需平衡运输成本与效率，在运输过程中面临道路状况、天气变化等诸多不确定因素。建筑材料种类繁多，不同材料的特性、存储条件、运输要求等差异巨大，进一步加剧了供应链管理的复杂性，需要精细化的管理策略与先进的技术手段才能确保整个供应链的高效、稳定运行。

2 建筑材料供应链管理现状分析

2.1 信息孤岛现象

在建筑材料供应链中，信息孤岛现象极为普遍，各环节的企业多使用独立的信息管理系统，彼此之间缺乏有效的信息共享与交互机制。例如，材料供应商的库存管理系统往往与生产商的采购系统无法直接对接，导致生产商难以实时获取原材料的准确库存信息，只能依靠人工沟通或定期报表来了解情况，这不仅效率低下，还容易出现信息滞后与偏差。物流企业的运输管理系统也与其他环节相对隔离，建筑施工企业无法及时知晓材料在运输途中的位置、状态等详细信息，难以合理安排施工进度与接货计划。这种信息孤岛使得供应链整体的协同性大打折扣，各环节之间犹如各自为政的“孤岛”，无法形成有机的整体。信息在不同系统间传递时，需要经过多次人工转换与处理，极易产生错误与遗漏，进而增加了运营成本，降低了供应链的响应速度与灵活性，

在面对市场需求变化或突发状况时,难以迅速做出有效的调整与应对。

2.2 数据真实性与可靠性问题

当前建筑材料供应链的数据真实性与可靠性面临严峻挑战,在利益驱动下,部分企业可能会篡改或伪造数据。一些材料供应商为了获取更多订单,可能虚报产品质量参数、夸大产能等数据,使建筑商在采购决策时受到误导。而在物流环节,为了逃避责任或获取不当利益,物流企业可能会修改运输时间、货物损耗等记录。由于缺乏有效的监管与验证机制,这些虚假数据能够在供应链中传播,给后续环节带来极大风险。例如,若建筑商依据虚假的材料质量数据进行施工,可能导致建筑质量不达标,引发安全隐患。数据在采集与传输过程中也容易出现错误,因人工录入失误、系统故障等原因导致数据不准确,这些不可靠的数据使得建筑材料供应链难以实现精准管理与科学决策,增加了企业的运营成本与风险,也损害了整个行业的信誉与形象。

2.3 追溯困难

传统管理模式下,材料的来源信息、生产过程数据、物流轨迹等往往分散在各个环节的不同记录中,且缺乏统一的标识与整合。当出现质量问题或安全事故时,很难快速准确地追溯到问题的源头。例如,在建筑工程中发现某批次钢材存在质量缺陷,由于缺乏完整的追溯链条,很难确定是原材料质量问题、生产加工环节失误还是运输存储不当导致的。各环节之间的信息衔接不畅,使得追溯过程繁琐且耗时,需要耗费大量人力物力去逐一排查不同环节的记录,这不仅影响了问题的及时解决,还可能导致责任推诿现象的发生,无法有效追究相关方的责任。对于一些复杂的建筑材料,如含有多种成分或经过多道加工工序的产品,追溯其详细的成分来源与加工过程更是难上加难,给质量管控与风险防范带来了巨大障碍,严重制约了建筑材料供应链的健康发展。

3 基于区块链技术的建筑材料供应链透明化管理实施路径

3.1 区块链平台选型与搭建

在区块链平台选型方面,需要深入对比公有链、私有链与联盟链的特性。公有链虽具有高度的开放性与去中心化,但交易处理速度相对较慢且能耗较高,在建筑材料供应链场景中可能因大量交易数据而面临性能瓶颈,同时其开放性可能导致企业敏感信息过度暴露。私有链则由单个组织完全控制,数据隐私性强且交易速度

快,但去中心化程度低,难以满足建筑材料供应链多主体间的信任构建需求。而联盟链较为契合建筑材料供应链管理,它由多个行业内的组织或机构共同维护,兼具一定的去中心化特性,能保障各参与主体间的平等协作与数据共享,又可通过准入机制控制成员权限,保护企业隐私信息,同时其交易处理速度能满足供应链的业务需求。在确定选择联盟链后,搭建区块链平台的技术架构与硬件设施要求不容忽视。技术架构上,应设计合理的数据存储结构,以高效存储建筑材料的各类信息,如材料规格、供应商信息、物流轨迹等。构建稳定的网络通信协议,确保各节点间信息传输的及时性与准确性。在智能合约开发方面,要依据建筑材料供应链的业务流程,如采购、运输、质量检测等环节,编写严谨的智能合约代码,实现业务规则的自动化执行。硬件设施方面,需配备足够的服务器资源来应对大量数据的存储与处理。考虑到建筑材料供应链的业务范围可能覆盖广泛区域,应构建分布式的数据中心,以保障数据的就近存储与快速访问,减少网络延迟,还需建立完善的安全防护体系,包括防火墙、加密技术等,防止外部恶意攻击与数据泄露,为建筑材料供应链的透明化管理奠定坚实、安全且高效的区块链平台基础,促进各环节信息的准确记录、实时共享与可信追溯。

3.2 数据采集与上链机制

数据采集的源头广泛且多样,涵盖了建筑材料供应链的各个环节。在原材料获取阶段,可通过传感器采集矿山或原材料产地的信息,如矿石的质量数据、开采量、开采时间等;在生产加工环节,利用生产设备上的传感器记录材料的生产工艺参数、生产日期、批次号以及质量检测结果等信息;对于物流环节,借助 GPS 定位设备、温湿度传感器等采集运输车辆的位置、运输路线、运输过程中的环境条件以及货物的装卸情况等数据;在仓储阶段,则记录材料的入库时间、库存数量、存储条件等信息。部分数据还需人工录入,如合同信息、供应商资质文件等,但需建立严格的审核机制确保人工录入数据的准确性。采集到的数据可能存在噪声、错误或不完整的情况,因此需要进行数据清洗,去除重复、错误的数据记录,补充缺失的数据字段。例如,对传感器采集的异常数据进行识别与修正,对格式不统一的文本数据进行标准化处理。数据上链的触发条件与技术实现需要精心设计,一般可设定基于时间间隔或特定事件的触发条件,如每隔一定时间将新采集和处理的数据上链,或者在材料完成一次交易、运输节点发生变更、质量检测结果更新等重要事件发生时自动触发上链操作。在技术实

现上,通过开发专门的数据上链接口,将处理好的数据安全地传输到区块链网络中的指定节点,并利用区块链的加密技术对数据进行签名和加密,确保数据在传输和存储过程中的安全性与完整性。只有构建科学合理的数据采集与上链机制,才能保证区块链上建筑材料供应链数据的真实性与可靠性,为后续的供应链管理与决策提供有力支持。

3.3 智能合约的开发与部署

在采购环节,智能合约能够依据预设的采购标准自动筛选符合要求的供应商,根据市场价格波动和采购量自动生成采购订单,并在订单满足特定条件(如材料交付验收合格)时触发付款流程,实现采购流程的自动化与透明化。对于物流调度,合约可以根据材料的目的地、运输要求以及物流企业的服务能力和报价,自动分配运输任务给最合适的物流商,同时实时监控运输进度,在出现运输延误等异常情况时按照预先设定的规则进行处理,如通知相关方并计算违约赔偿。在质量验收标准方面,智能合约可存储材料的质量参数阈值,当检测数据上链后,自动比对判断材料是否合格,若不合格则启动退货或换货流程,并记录相关信息便于追溯。合约的测试、验证与正式部署步骤严谨且关键,测试阶段采用多种测试方法,包括单元测试、集成测试和模拟测试等,以确保合约在各种场景下都能正确执行。例如,模拟不同供应商的材料质量数据来测试质量验收合约的准确性,模拟物流过程中的各种突发情况来验证物流调度合约的灵活性。经过充分测试验证无误后,将智能合约部署到选定的区块链网络节点上,部署过程需遵循区块链网络的部署规范和权限要求,确保合约在整个供应链网络中能够稳定运行并发挥其应有的作用,从而有效提升建筑材料供应链的管理效率和信任水平。

3.4 参与主体的接入与培训

在参与主体接入区块链平台方面,需为不同类型的主体提供清晰且便捷的技术接口与操作流程。对于材料供应商而言,要开发专门的供应商接入端口,使其能够方便地录入原材料的基本信息、库存数据、价格信息以及上传质量认证文件等资料。生产商则可通过特定的生产管理模块接入,将生产计划、生产进度、质量检测结果等数据实时上传至区块链平台。物流企业借助物流追踪接口,实时更新运输车辆的位置、货物状态、运输轨迹等信息,确保材料在运输途中的信息透明化。建筑施工企业能够通过项目管理接口查看材料供应进度、质量

情况,以便合理安排施工计划,并反馈材料使用情况及施工现场需求信息。对于传统的材料供应商和生产商,培训内容应侧重于区块链基础知识普及,包括区块链的工作原理、数据存储与共享机制等,使其理解为何要参与到区块链供应链管理体系中以及自身能从中获得的益处。同时,详细讲解其在平台上的操作要点,如数据录入规范、如何查询交易记录与材料追溯信息等,帮助他们尽快适应新的工作方式。对于物流企业,培训重点在于如何利用区块链实现精准的物流追踪与智能调度,以及在出现运输异常时如何依据智能合约进行处理。建筑施工企业则需要深入学习如何通过区块链平台优化材料采购计划、加强质量管控以及与其他主体协同作业。

4 结束语

综述,区块链技术为建筑材料供应链透明化管理带来了前所未有的变革契机,通过解决传统模式中的信息孤岛、数据真实性及追溯难题,构建起高效、可信的供应链体系,不仅提升了各环节的协同效率与管理精度,降低了成本与风险,还增强了行业整体的公信力与竞争力。尽管仍面临技术优化、标准完善等挑战,但随着不断地探索与实践,其必将推动建筑材料供应链迈向智能化、可持续发展的新高度,在建筑行业的现代化进程中持续释放巨大潜力,创造更为可观的经济与社会效益。

参考文献

- [1] 赵庆华,戚诺,孙斌.基于区块链的建筑工程项目供应链管理优化研究[J].工程管理学报,2024,38(05):100-104. DOI:10.13991/j.cnki.jem.2024.05.017.
 - [2] 李强年,王雨轩.基于区块链的建筑材料供应链质量管理研究[J].工程管理学报,2024,38(04):135-140. DOI:10.13991/j.cnki.jem.2024.04.024.
 - [3] 刘彩红,周森伟,王姝雨.基于区块链技术的建筑材料供应链质量数据安全共享方法[J].科技和产业,2023,23(21):69-72.
 - [4] 鲍宇清,陈斌,陈波,等.“放管服”背景下基于“大数据”和“区块链”技术的建筑节能和建筑材料管理模式研究[J].住宅产业,2020,(10):96-99.
 - [5] 李蒙,鲁曼,余宏亮.区块链技术下的建筑材料信息技术架构研究[J].建筑经济,2019,40(10):103-107. DOI:10.14181/j.cnki.1002-851x.201910103.
- 作者简介:张海帆(1992.3-)女,汉,陕西长武,硕士,工程师,研究方向:建设工程。