



微信扫码看作者独家介绍本论文

基于区块链技术的互信共赢型供应链信息平台构建

杨慧琴¹, 孙磊¹, 赵西超²

(1. 北京大学 光华管理学院; 2. 北京大学 流通经济与管理研究中心, 北京 100871)

摘 要:在传统供应链信息系统中信息孤岛现象普遍存在, 导致信息交互的及时性及真实性难以保障。区块链技术是一种去中心化的高信任度分布式数据库账本技术, 具有可溯源、信息无法篡改等特点, 能够有效化解供应链信息系统难题。建立以区块链技术为核心的供应链信息平台, 能够有效连接供应链联盟、金融机构及政府监管部门, 促使供应链中商流、物流、资金流、信息流四流合一, 从而构建互信共赢的供应链生态体系。探讨了区块链智能合约在供应链上的应用, 提出了适用于供应链联盟的随机动态股权证明(SDPoS)共识机制, 并以汽车供应链为应用场景, 分析了区块链技术在供应链信息系统中的适用性及优越性, 为区块链技术在供应链及其它领域的应用提供了新思路。

关键词:供应链信息平台; 区块链技术; 信任生态

DOI: 10.6049/kjbydc.201708X269

中图分类号: F274

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2018)05-0021-11

Build Mutual Trust Supply Chain Information System based on Blockchain

Yang Huiqin¹, Sun Lei¹, Zhao Xichao²

(1. Guanghua School of Management, Beijing University, Beijing 100871, China;

2. Research Center on Distribution Economy & Management, Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: In the traditional supply chain information system, the information silos phenomenon is common and the authenticity of information is difficult to be guaranteed. The blockchain technology is decentralized, traceable and the information can hardly be tampered with which can effectively solve the above problems. This paper proposes an equal and trustworthy supply chain information platform based on the blockchain technology. The cooperation platform efficiently connects the supply chain alliance, financial institutions and government supervision departments that integrates goods flow, logistics, capital flow and information flow in the supply chain to build a mutual trust and win-win supply chain ecosystem. Furthermore, this paper discusses the application of the blockchain intelligent contract in the supply chain and designs a new consensus mechanism named Stochastic Delegate Proof of Stake (SDPoS) for the supply chain alliance. This paper analyzes the practicality and superiority of the information platform applied in the automobile supply chain which provides new ideas for the application of blockchain technology in supply chain management and other fields.

Key Words: Supply Chain Information System; Blockchain; Trust Ecosystem

0 引言

近年来,随着社会分工的日益明确,消费者需求多样化的提升,越来越多的企业开始放眼全球寻找供应链合作伙伴,集结多方优势组建供应链联盟,以提升产品市场竞争力。供应链上企业数量越多,企业合作范围越大,供应链结构就越复杂。供应链联盟中不同主体间的频繁交互对供应链信息系统提出了更高要求,但当前供应链运行中信息孤岛现象普遍存在^[1],供应链信息离散储存在不同企业内,信息共享程度低、交互速度慢,信息的真实性与可靠性均得不到保障^[2]。研究

表明,供应链信息透明度低会导致供应链上各参与主体难以相互信任,阻碍产品信息流通,从而影响供应链整体决策效率和效果^[3];供应链交易信息的可靠性过低,会导致金融机构难以精准评估企业信用风险,阻碍了供应链上中小型企业获取资金支持,从而限制供应链金融的发展^[4];产品生产流通信息缺失会导致政府监管部门在解决供应链主体纠纷和维护消费者权益时,需要耗费大量的人力物力进行举证和追责,最终导致举证时间长、信息可靠性差、供应链监管困难重重^[5]。传统供应链信息系统存在的上述问题,迫切需要依靠新技术新思路加以解决。

收稿日期: 2017-10-26

作者简介: 杨慧琴(1993—),女,四川西昌人,北京大学光华管理学院博士研究生,研究方向为供应链管理、区块链技术、信息系统;孙磊(1993—),男,湖南邵阳人,北京大学光华管理学院博士研究生,研究方向为区块链技术、供应链管理、退换货策略;赵西超(1989—),男,山东临沂人,北京大学流通经济与管理研究中心助理研究员,研究方向为供应链管理、物流工程。

大数据、云计算、物联网、人工智能、区块链等技术的不断出现,为供应链信息系统发展提供了新机遇。其中,由日本学者中本聪提出的区块链技术,近年来得到了国内外学者的广泛关注。区块链是一种基于互联网的分布式账本技术,通过加密账本分布式存储和集体维护建立交易主体间的信任网络,具有去中心化、可溯源、集体维护和信息无法篡改等特点^[6]。2017 年 4 月,在澳大利亚召开的区块链标准技术委员会会议中,中国代表团介绍了《中国区块链技术和应用发展白皮书》及《区块链和分布式账本参考架构》标准。同年 5 月,中国信息通信研究院在数博会上发布《全球区块链应用发展十大趋势》,指出各国政府已经从国家战略层面高度重视和积极推动区块链发展,力求在未来信息技术发展中处于领先地位。同时,学者们在金融、能源、医疗、教育等领域积极探索区块链应用,并取得了丰富成果。而在供应链领域,区块链技术的应用尚处于起步阶段且主要集中在供应链产品与供应链金融两个方面。本文将结合区块链技术在产品及金融方面的应用,针对传统供应链信息系统中的难题,提出基于区块链技术的供应链信息平台。该平台吸收了区块链的核心优势,联接供应链联盟、金融机构及政府监管部门,具有高效、平等、信任等鲜明特征。在提出供应链信息平台概念模型与技术架构的基础上,本文进一步探讨智能合约在供应链上的应用,提出适用于供应链的区块链共识机制,并以汽车供应链为例,对区块链信息平台的具体应用进行分析。

1 国内外研究现状

1.1 区块链技术应用

区块链技术作为比特币系统的底层技术,为比特币的发行与交易、信息验证与存储提供了保障,对比特币等数字加密货币的出现起到了至关重要的作用。比特币既是流通货币又是支付工具,既是资产又是数字账本。区块链技术通过比特币改变了人们的交易支付方式,缩短了社会距离^[7]。政府应该理性看待比特币的发展与应用,科学管理以比特币为代表且与数字加密货币相关的企业及组织^[8]。近年来,比特币系统高效稳定的运行吸引了更多学者参与到区块链技术研究及应用前景讨论中,试图将区块链技术应用在数字加密货币系统之外的其它行业^[9]。

在金融领域,区块链技术作为金融体系的重要基础设施,不仅能够重塑信用机制、降低交易成本,而且能防范道德风险,对整个金融行业产生重大影响^[10]。国内外学者讨论了区块链技术在金融领域的应用,例如银行可以利用区块链技术实现智能支付清算和信用信息管理系统升级,通过多中心化和弱化中介机构来

优化银行业管理^[11];政府、科技公司、投资机构可以通过区块链技术实现有效链接,匹配投融资,为科技金融发展提供良好的生态环境^[12];区块链技术在互联网保险行业的应用可以有效保护客户隐私信息、降低信息不对称风险,同时,还能降低互联网保险成本^[13]。除此之外,区块链技术在审计^[14]和会计^[15]等传统金融业务中也具有重要的应用价值与发展前景。

区块链技术在其它领域也有广泛应用。例如区块链技术可以为物联网中人与机、机与机的交互提供可信度高的平台和安全的共享账本^[16];在能源领域,李彬等^[17]从工作量证明机制、互联共识、智能合约及信息安全等方面剖析了区块链在自动需求响应系统中的关键作用;区块链技术在教育领域同样具有较大应用潜力,如在互联网+教育的生态构建上发挥重要作用,推动教育体系变革^[18];另外,还有学者讨论了区块链技术在医药^[19]、政务^[20]和信息安全^[21]等领域的应用前景。

1.2 区块链技术在供应链领域的应用

国内外学者对区块链在供应链领域的应用也进行了积极探索。Abeyratne 和 Monfared^[22]利用区块链技术构建了制造业供应链管理的概念模型,保障了信息的透明性和可溯源性,降低了供应链管理成本和运营风险,并基于纸盒供应链管理场景阐述区块链各节点权限和作用;Weber 等^[23]设计了自带翻译器的智能合约,利用区块链的基础设施通过触发器连接智能合约,搭建了一个新的去中心化信任的新型供应链协作流程模型,促进了供应链各节点之间的交流与合作;朱建明和付永贵^[24]提出了基于区块链的 B2B+B2C 供应链各主体交易结构及动态的多中心协同认证模型,最后结合大型煤炭企业实证分析了电子交易流程及认证过程。

在供应链金融方面,Chris^[6]认为区块链的信息可溯源性可以解决购买方在寻找上游供应链及二级供应商过程中的供应链担保问题;周立群和李智华^[25]认为区块链技术可以促进供应链金融业务的推广,帮助银行突破现有业务瓶颈。随着供应链产业生态的日益成熟,供应链金融创新的趋势逐渐显现,突出体现在供应链金融与物联网、大数据以及区块链的融合应用方面^[26]。

在供应链产品方面,Rerjers 和 Coeckelbergh^[7]提出区块链技术能够提高药品供应链的检验速度,同时,检验信息的分布式存储使得信息更加稳定可靠;Feng Tian^[27]利用 RFID 和区块链技术构建了针对中国农产品供应链的可溯源系统,保证了农产品的可追溯性、可靠性、防伪性和信息时效性,实现从供应、仓储、分销到最终零售端的透明化管理。

然而,与其它领域相比,区块链技术在供应链领域的应用研究尚不丰富,现有文献大多从供应链金融或供应链产品的单一角度去探讨区块链技术应用,以此

构建的供应链概念模型或供应链协作流程模式较为单薄,没有综合考虑政府监管机构对供应链企业的集成管理以及金融机构与供应链企业间的金融业务往来,没有讨论区块链技术如何保障供应链管理中资金流和信息流的真实性问题,也没有深入技术层面探讨区块链共识机制与智能合约在供应链领域的具体应用。本文旨在利用区块链技术构建连接供应链联盟、金融机构及监管部门且高度集成的自治化联盟信息系统模型,调整区块链共识机制及智能合约的固有模式,为区块链技术在供应链信息系统的应用提供新思路。

2 区块链技术介绍

2.1 区块链技术概念

区块链技术是一种去中心化和高信任度的分布式数据库账本技术,网络节点能够点对点直接发生交易,并对一段时间内交易数据的记账权达成共识,独立存储和集体维护。该技术利用非对称加密技术保证数据

安全可信,利用时间戳技术实现数据的可溯源性和可验证性,通过分布式存储使得数据公开透明,在非法算力不足 50% 时,数据无法伪造或篡改^[6]。区块链的自动化脚本代码系统支持用户创建高级的智能合约、货币或其它去中心化应用^[9]。

2.2 区块链技术原理

区块链是以比特币为代表的数字加密货币体系的核心支撑技术,是包含交易信息的区块按照时间顺序连接起来的数据结构,由单个带有版本号的区块(包括区块头及区块体)构成,如图 1 所示。区块头包含三组区块元数据。第一组元数据是前区块哈希值,用于区块连接。第二组元数据与挖矿竞争相关,包含难度目标、时间戳和 Nonce 值。其中,难度目标是该区块工作量证明算法的难度值,时间戳是记录该区块产生的时间,按照 Unix 纪元的标准——精确到秒,Nonce 值是用于工作量证明算法的计数器。第三组元数据是由交易数据通过哈希算法生成的 Merkle 树根,是一串 32 字节的哈希值。

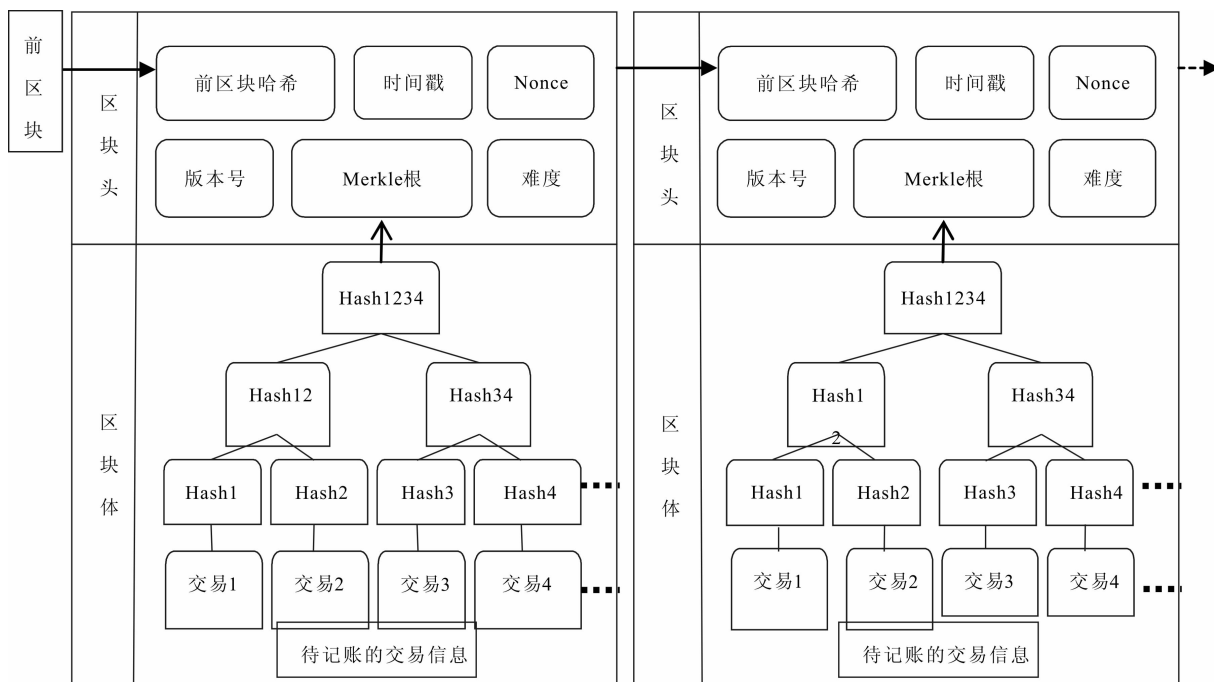


图 1 交易区块结构

在比特币系统中,单个区块的生成过程主要分为 3 步,即交易发生、认证过程和挖矿记账过程。以 A 与 B 的比特币交易为例,如 2 图所示,从 A 和 B 发生交易开始,产生交易数据,比特币系统通过非对称加密技术对交易数据明文进行加密,最终生成交易数据密文。参与认证的节点使用 A 和 B 公开的公钥解开密文得到交易数据明文,检验交易数据的语法、结构、字节大小、输入地址和输出地址、输入金额与输出金额等信息,若检验通过,则该笔交易数据加入待记账的交易池中,等待节

点确认交易。从上个区块产生之时,下个区块的挖矿过程就开始启动,根据初始设定的难度值,整个挖矿过程大约 10Min。参与挖矿的节点通过哈希算法找到符合条件的 Nonce 数,使得区块头哈希值小于目标哈希,并将该 Nonce 值率先全网广播。所有节点进行验证,若区块哈希值的确小于目标哈希且区块的数据结构、时间戳、字节大小等全部有效,则达成共识,该挖矿节点获得记账权且赢得交易费和比特币的奖励。至此,A 与 B 的交易完成,而该区块分布式存储在各节点处。

3 基于区块链技术的供应链信息平台构建

本文以区块链为底层技术,链接供应链联盟、金融机构与政府监管部门,构建高度集成的自治化供应链

信息平台,促使供应链各环节的商流、物流、资金流、信息流四流合一,保障供应链各环节的信息高效、自主地流转,提高供应链各环节信息的透明度,在不确定环境下建立互信共赢的供应链生态系统。

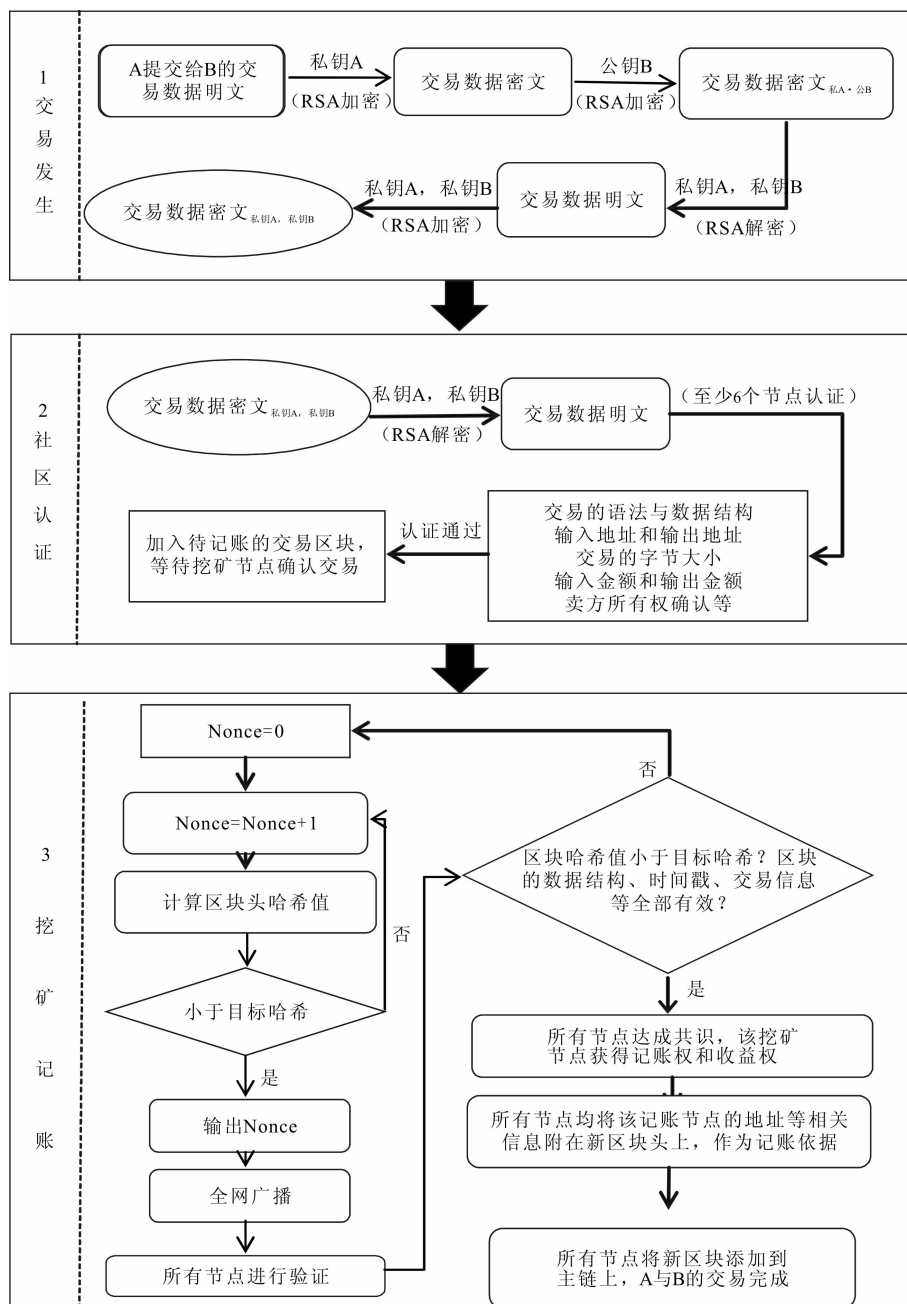


图 2 比特币交易流程

3.1 区块链类型选择

供应链信息系统是为供应链各参与主体提供服务的,因此需要根据供应链结构特点选择合适的区块链。区块链的类型可分为公有链、私有链两种,私有链能够进一步细分为全封闭私有链(也称为纯私有链)和半公开私有链(也称为联盟链)。

公有链是一个开放系统,任何人都能自由成为区块链上的节点并平等享有获取链上全部信息、链上交

易、参与共识、参与记账、进行系统维护等权利。私有链具有一定封闭性,通常需要依赖线下的实体组织。因此,节点需要经过组织认可、系统认证后才能加入区块链。联盟链中的节点并不完全平等,只有按照规则筛选过的部分节点才能够获得验证新区块及记账的权利,参与链上的共识机制。因此,相对于公有链,联盟链的控制权更容易设定,扩展性也较好。纯私有链又被称为内部链。在纯私有链中,网络通常围绕一个中

心组织建立,该区块链上的共识、验证、记账等权利被严格控制,只有特定的内部主体才能够进行交易,其余节点通常只具备部分读取的权利。纯私有链具有容易部署、便于控制的特点。

然而,公有链交易速度过慢、节点加入门槛过低;纯私有链则过于封闭,节点不具备平等性。相较而言,联盟链的适用范围更广,在保证交易速度的情况下能够实现网络的部分去中心化,保证数据的不可更改性。基于供应链组织的结构特点,供应链信息系统应该选择基于区块链技术的联盟链形式构建信息平台。

表 1 各类区块链特点对比

区块链特点	公有链	联盟链	纯私有链
服务对象	任何人	特定的组织	单独的个人或实体
中心化程度	去中心化	多中心	中心化
激励机制	需要	可选	不需要
记账人	任何人	参与者协商	自拟
交易速度	3—20 笔/s	1 000—10 000 笔/s	1 000—100 000 笔/s
网络	P2P 网络	高速网络	高速网络
节点存储	个人计算机	特定的服务器	特定的服务器
进入壁垒	低	较高	非常高
适用领域	数字货币交易、组织内的交易、金融资产交易、易、银行或国家清算、结算存在性证明等		
			公司、政府、医院等实体组织,作为内部信息系统使用

3.2 三位一体供应链信息平台概念模型

基于区块链技术的三位一体供应链信息平台概念模型如图 3 所示。其中,三位是指供应链联盟、金融机构及政府监管机构,一体是指该信息平台具有的集成化特性能够连接三类组织,并且平台上任意节点之间能够直接点对点进行信息交互,实现信息共享、协同共治,同时,能够通过智能合约实现供应链上产品供应智能化、金融服务智能化及政府监管智能化,在不确定环境下构建一个互信共赢的供应链生态体系。

3.3 供应链信息平台参与主体

(1)供应链联盟。供应链联盟通常包含供应商、制造商、分销商、零售商及回收商,它们是信息平台的主要发起者,同时,也是平台的主要服务对象。联盟成员可以通过区块链信息平台与供应链上下游企业直接交易,交易信息记录打包为区块并记录在平台中,并以分布式方式存储。系统成员可根据信息共享约定随时查看供应链数据,为供应链管理决策提供真实可靠的数据支持。在产品流通层面,每个产品对应唯一的电子

ID,从原材料获取到成品输出,包括产品分销、零售到回收等供应链环节,所有产品信息都能通过该电子 ID 存储在供应链信息平台上,而成员和终端消费者能够根据约定权限,查阅供应链上该产品的流转信息,从而保证了产品的可溯源性。在资金流通层面,嵌入到平台中的智能合约能够实现交易资金自动转账、赔付合约自动执行,显著提高了支付效率,简化了清算流程。区块链数字签名和非对称加密技术保证了供应链信息的可靠性,分布式存储方式保证了信息无法被篡改,提高了供应链信息的透明度,提升了供应链的整体信任度和竞争力。与此同时,区块链技术以加密算法为基础,保证了运作流程的标准化,并能够打破地域限制,有效消除不同国家与组织在文化、货币上的隔阂,减少节点摩擦,促进跨文化信用体系建立。

(2)金融机构。在产品生产和消费过程中,供应链企业和消费者会产生许多依附供应链的金融需求,例如供应链企业通常都有融资贷款、股票发行、众筹、保险、会计审计等需求,而消费者也会有购买产品保险、参与众筹及购买供应链企业股票等需求。传统的金融机构在为供应链企业和消费者提供金融服务时,由于缺乏可靠的供应链交易信息,需要耗费大量人力物力去实地调研,获取的信息也未必如实反映客户信用。为了控制风险,金融机构对供应链上需要资金支持的弱小企业往往视而不见,不仅给金融机构带来了较大损失,而且阻碍了供应链上中小企业的发展。区块链信息平台能够真实完备地记录供应链商流、物流、资金流信息,有效解决金融机构与供应链企业之间的信息不对称问题,为金融企业的征信调查带来极大便利。区块链技术在促进各类供应链金融服务时,有助于形成创新型供应链金融业务。

(3)政府监管。在当前监管机制下,监管组织无法实时掌握监管对象的情况,只能在特定时间点或者供应链上某环节出现问题后,再组织人力进行调查。因此,监管成本高、操作效率低、信息质量差等问题层出不穷。如果将工商管理局、税务管理局、交通管理局等政府监管机构接入信息平台,并向监管部门开放特定信息查阅权限,监管部门就能够通过智能合约技术,把监管条例直接写入区块链代码,动态监管供应链上的商流、物流与资金流,将传统的政府单一监管转变为供应链参与主体以及消费者的共同监管。如此,不仅能够提高法律的约束力,做到防范于未然,而且在供应链出现问题时,监管机构也能通过信息追溯,迅速查找问题源头,实现取证便捷、问责可靠。

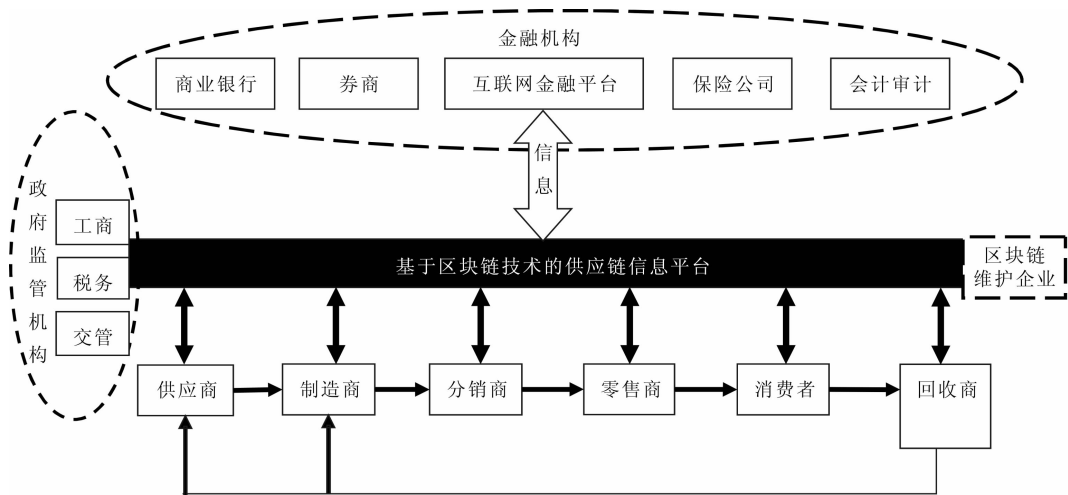


图3 三位一体供应链信息平台概念模型

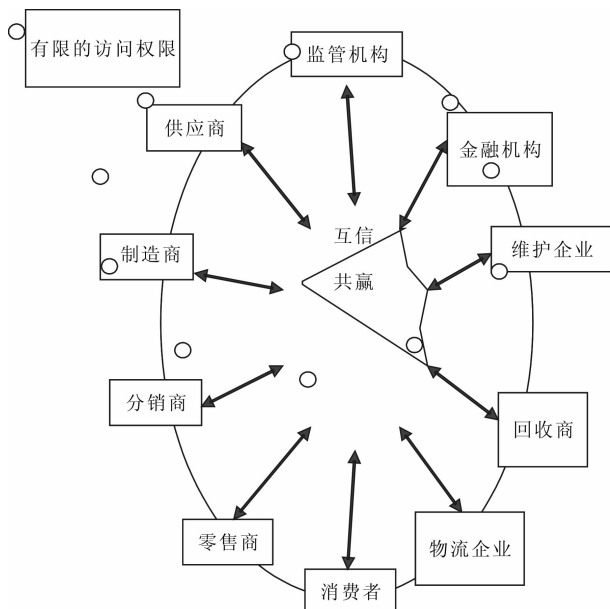


图4 基于区块链技术的点对点信息交互

(4)区块链维护企业。供应链信息平台的搭建虽然由供应链联盟牵头,但是仍然需要专业技术公司如Google、IBM等作为区块链维护企业,提供技术支持、物理设施、系统建设和日常维护,而供应链联盟需要定期缴纳相应的维护费用。区块链维护企业作为区块链信息系统的服务方,没有访问信息的权限,相应地,也就没有打开信息的密钥,只能查看系统基本配置数据和加密处理后的供应链数据,大大降低了其泄露供应链相关信息的风险。

4 供应链信息平台技术架构

区块链基础架构自上而下一般可以分为七层:应用层、合约层、激励层、共识层、网络层、数据层和数据基础设施层。其中,数据层、网络层、共识层属于协议层,是构成区块链技术的必要层级,以及实现区块链技

术的基本保障,缺一不可;合约层属于扩展层,区块链的编程主要通过该层实现。本文提出的供应链信息平台的技术模型主要有三大模块:包含应用层的交互模块,包含合约层、共识层及网络层的核心模块,以及包含数据层和数据基础设施层的基础模块。激励层通常发生在公有链中,具体包括发行机制和激励机制两个部分,在供应链联盟中,共同维护平台正常运行是每个成员的责任,由此产生的利益分配可以按照成员需求,通过产品流或者资金流实现,因此本文不涉及激励层的讨论。该信息平台为服务供应链而设计,其适合供应链网络的特点主要体现在应用层、合约层、共识层和数据层4个方面。

4.1 应用层

应用层封装了供应链的应用场景,是供应链成员与信息平台交互的媒介,也是用户直接进行信息交互的载体。供应链成员通过应用层实现物流、商流、资金流的全程记录;金融机构围绕供应链三流为供应链企业提供融资、保险、审计等金融服务,形成供应链金融信息流;监管机构通过智能合约智能监管平台中的供应链企业与金融机构,保障供应链网络的健康发展。区块链技术能够实现供应链信息流、金融信息流及监管信息流在应用层上高效自由的流动。

4.2 合约层

合约层由各类脚本代码、算法机制以及智能合约构成。其中,智能合约是合约层的核心,通过嵌入区块链的合约代码实现。参与方事先拟定合约内容和触发机制,以代码形式嵌入系统,一旦满足触发条件,合约自动执行,外界无法干扰。在供应链管理中,如果以智能合约形式执行供应链合约,可以节约大量人力,提高处理效率。表2整理了适合嵌入系统的供应链智能合约类型。

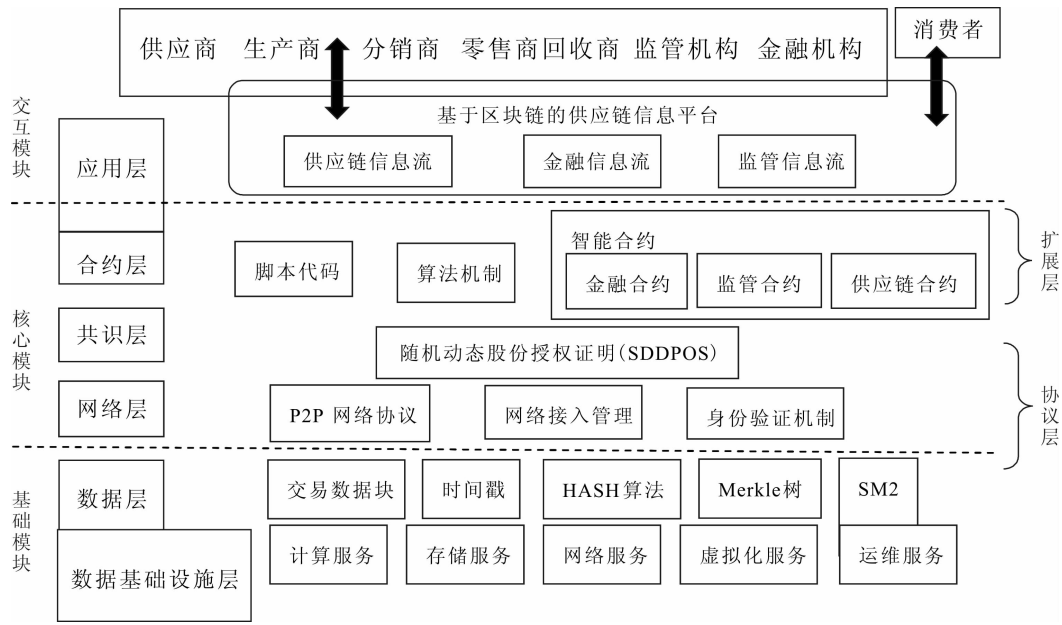


图 5 三位一体供应链信息平台技术架构
表 2 供应链智能合约

合约主体	合约类型	合约内容
供应链联盟成员	供应链采购智能合约	将供应链回购合约、利润共享合约、数量折扣合约等采购合同嵌入平台后,系统每周期按照销售数额自动分配收益或补偿损失
	货到付款智能合约	当供应链下游收到货物时,扫码入库以确认收货,通过智能合约实现自动结账
	到货延迟智能合约	产品配送时,发生到货延迟时自动触发惩罚合约
	缺货损失智能合约	当供应链上游供应不足、缺货时自动履行缺货损失智能合约,上游自动转账赔付下游或给予下次订单优惠
	运输控制智能合约	在运输过程中,实时监控配送温度、时间、路线等环节,如发生温度超标、配送超时等现象,自动触发惩罚合约
消费者	仓储控制智能合约	在仓储过程中,实时监控产品出入库时间、仓库温度湿度、货物状态。如发生库内环境不符合要求、存储超时等现象,自动触发惩罚合约
	到货延迟智能合约	产品配送时,如发生送货延迟时自动触发惩罚合约
	退换货智能合约	在退换货环节,自动实现商家与消费者财货两清的智能合约
	折扣智能合约	当消费者购买一定数量产品后,可以通过折扣智能合约实现自动折扣
	积分智能合约	消费者因购买产品获得的积分可以通过智能合约进行记录和兑换
金融机构	融资借贷智能合约	通过平台实现仓单质押融资、应收账款融资、票据托管贴现、股票购买、众筹等金融服务,降低风险、提高效率
	保险智能合约	产品自动理赔、到货延迟赔付、正品保障等保险智能合约
	会计审计智能合约	供应链企业的代理记账、代理报税、报表审计、资产清算审计等智能合约
监管机构	税收智能合约	供应链联盟成员的税收缴付可以通过税收智能合约自动实现
	商品质检智能合约	当供应链出现产品不合格,可通过商品质检智能合约实现自动处罚
	货运违章智能合约	当供应链运输过程出现违章违规,可通过货运违章智能合约实现自动处罚

4.3 共识层

共识层封装了整个系统的共识算法,是实现区块链去中心化特性、保证网络不被恶意节点攻击的关键。从比特币成立至今,根据使用环境的不同,人们已经设计出十余种共识机制,其中,使用较广泛的共识机制如表 3 所示。

不同共识机制有各自的特点及应用场景:PoW 每次达成共识要求全网共同参与,会产生很大的资源消耗;PoS 共识虽然可以解决 PoW 中的资源损耗问题,但需要依靠币龄进行挖矿,额外的代币需求对系统要求较高;DPoS 共识算法在 PoS 的基础上通过股东投票给

某个受托人,由系统根据股东所持股权在系统中占比计算出票数较高的一定数量受托人,由受托人按照事先规定顺序轮流负责生成区块。相较而言,该共识算法比较适合供应链联盟,但该机制仍然存在委托人固定、记账顺序不随机、单一记账等问题。除此之外,还有 Casper 投注共识、实用拜占庭容错(PBET)、消逝时间量证明(PoET)等适用于特定应用场景的共识机制。

本文根据供应链联盟的多中心特点,提出新的适用于供应链信息平台的共识机制——随机动态 DPoS(SDPoS)共识机制。在 SDPoS 中,系统每间隔时间 t 举行一次投票,选出供应链网络的受托记账人,节点发起

交易后,系统通过随机指派两个受托人进行交易的双向验证,其中一人进行交易记录并生成新区块。该机制在传统的 DPoS 共识基础上增加了随机性,具有动态性和多重验证的特点。动态性是指受托人并不固定,一段时间(t)后需要重新投票选择。如此可以剔除有问题的受托人,为供应链上发展较好的中小企业提供记

账的权利,同时,缓解投票者冷漠的问题,提高各参与者对系统工作状况的关注程度。而随机性体现在记账人的产生机制上,由于不是按照约定顺序,防止了记账人提前作弊。多重验证改变了单一记账人的验证模式,改为 2~3 个记账人同时验证,提升了交易信息的可靠性。

表 3 常见共识机制对比

共识机制	中文名称	性能	去中心化	最大作恶节点	代币	类型	技术成熟度	专用硬件	应用
PoW(Proof of work)	工作量证明	高	完全	0.51	需要	公有链	成熟	不需要	比特币
PoS(Proof of Stake)	股份证明	较高	完全	0.51	需要	公有链	成熟	不需要	点点币、未来币
DPoS(Delegate Proof of Stake)	股份授权证明	高	完全	0.51	需要	公有链	成熟	不需要	比特股
Casper	投注共识	较高	完全	0.51	需要	公有链	未成熟	不需要	以太坊
PBFT(Practical Byzantine Fault Tolerance)	实用拜占庭容错	高	半中心化	0.33	不需要	联盟链	成熟	不需要	央行区块链数字票据交易平台
PoET(Proof of Elapsed Time)	消逝时间量证明	高	半中心化	0.51	需要	联盟链	未成熟	需要	“锯齿湖”信息平台

4.4 数据层

大部分信息平台在使用密码学算法时会采用 AES、ECDSA、SHA2 等国际标准,但考虑到系统的安全性和政策性风险,供应链信息系统数据层的密码算法应当与国内金融机构选用的密码学算法保持一致,即选择国密算法,采用 SM2 加密技术进行加密。

5 区块链技术在汽车供应链领域的应用

区块链的特点决定了基于区块链技术的供应链信息系统非常适用于汽车、奢侈品、医药等结构复杂、产品价值高或产品质量要求严格的供应链。本文将以汽车供应链为例,分析供应链信息平台如何利用区块链技术打破当前信息系统的应用瓶颈,构建出高度自治、高度信任的供应链信息网络体系。

汽车行业是一个多方参与的复杂生态系统,涵盖了设计、生产、分销、市场营销、销售、金融和车辆服务等多个环节,参与方不仅包括汽车厂商、汽车贸易商,而且还涉及政府、第三方物流组织等众多机构。当前,汽车企业供应链不断延伸,出现了零碎化、复杂化、地理分散化等趋势,给供应链管理带来了很大挑战。如一家汽车制造工厂就有上万个零部件,其中大部分零部件由外包供应商提供,供应商数量巨大且分布在全球各地,加之信息透明度低,摩擦成本高昂,导致汽车供应链协调非常困难。

基于区块链技术的供应链一体化信息平台将汽车供应链网络中的企业以联盟链形式连接起来,如图 6 所示,通过 SDPoS 共识机制打造出一个多中心、高效率的供应链信息系统。该供应链的最终产品是汽车,而每部汽车都拥有一个与区块链系统相通的智能芯片,该芯片包含汽车身份 ID,并完整记录了汽车零部件来

源、生产流程、销售渠道、维修记录等重要信息。汽车制造过程中产生的信息会自动触发相应智能合约,实现供应链上下游企业交易信息的自动记录及货款的自动转移,最终形成以汽车产品信息流为主体,商流、物流、资金流共同支撑的信息结构,使得高效准确地存储与溯源产品信息成为现实。

在汽车供应链中,利用区块链技术将汽车供应商、制造商、分销商及消费者串联在一起,形成一个联合信任模式,减少了人为操作环节,简化了供应链上下游交易流程,保障了各环节交易信息的准确性和可靠性。零部件制造商无论规模大小,都能平等获得准确的汽车销售信息,从而制定合理的供应计划。汽车制造商也能够完全掌握上游供应商和下游经销商的真实信息,严格把控零部件质量,控制库存水平,提升供应链运营效率,降低供应链管理风险和管理成本。

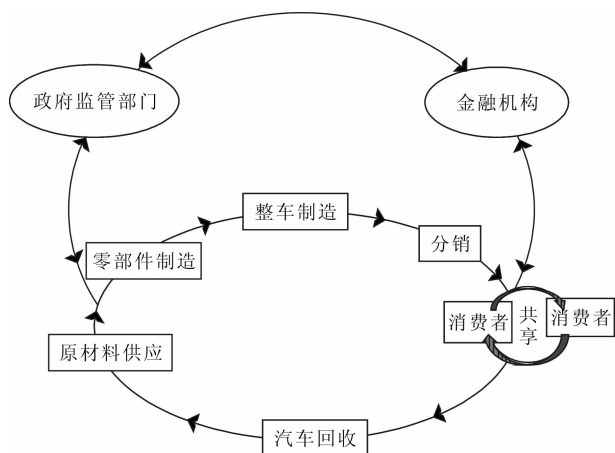


图 6 汽车供应链三位一体信息结构

5.1 汽车供应链金融

区块链技术信息不可篡改的特点能防止资产被复制仿冒、造假或者双花,使得数字资产在区块链上可以

确权 and 交易。在汽车供应链中把上下游企业、金融机构及监管结构等组织关联起来,将应收账款、票据、合同及仓单都放置于信息平台上,进行数字化确权,变成不可篡改的信用媒介,使汽车及相关零部件在信息平台上实现交易流转。该信息平台还能够促进汽车供应链金融发展,降低金融企业风险与供应链联盟中小企业融资难度。当汽车供应链中小型企业发出融资申请时,相应的金融机构将获得查阅该企业供应链数据的权限,并通过区块链信息平台直接获取该企业与上下游企业的交易信息。金融机构不再需要供应链核心企业为该中小企业担保,而是根据获得的交易信息对企业进行信用评估,决定是否放贷。这一方面使金融企业的风险得到了有效控制,提升了交易效率,另一方面也使供应链中小企业获得更多的自主权和融资机会。

5.2 汽车智能保险

基于区块链的供应链信息平台的智能合约技术,可以有效简化汽车保险理赔流程。一直以来,核保和理赔环节的透明化与快捷化问题令车险公司非常头疼。如今,通过区块链技术,投保、出险及理赔过程等信息都将在平台上存证。这一方面使消费者可随时查询、随时反馈;另一方面,利用区块链可追溯的特性,提升了骗保的风险和成本。另外,区块链可为客户定制化设计智能合约,无需投保人申请理赔,也无需保险公司批准理赔,只要触发理赔条件,保单自动理赔与支付理赔金额。智能车险合约的触发可以通过网络与车相连,通过区块链技术储存,一旦汽车发生事故、合约触发,就开始进入理赔程序。智能合约可以指定车主修车地点,避开投保人选择昂贵的维修厂,从而控制理赔费用的支出。

5.3 汽车二次销售与汽车共享

针对汽车产品多次买卖的情况,供应链联盟可以通过平台向消费者开放零部件来源、汽车经销与维修等关键信息,从而有效控制逆向选择和道德风险,提高消费者的产品信任度,提高供应链竞争力。在汽车共享经济中,区块链技术可以消除网约车平台这个调度中心,使乘客和司机直接点对点沟通匹配,找到相同出行路线,并通过交换数字货币(例如比特币)完成交易。在基于区块链技术的共享汽车服务中,只要汽车的数字芯片与区块链信息系统相通,拥有区块链数字钥匙的车主就可以跟需要使用汽车的用户确定共享服务交易,然后将该数字钥匙通过链放提供给用户,用户通过链发获得钥匙,经汽车认证后方可使用。中途停车时,数字钥匙返回车主并等待用户继续使用。可以将使用时间和驾驶条件作为智能合约,同时放入区块链,若用户违反了合约,汽车则熄火拒绝服务。服务完成或中断后,数字钥匙自动转移回车主。客户租赁行为通过

区块链信息平台进行认证并实时更新,简化了租赁流程,从而达到真正意义上的共享经济。

5.4 汽车供应链监管

区块链信息平台上存储了供应链交易与供应链金融的全流程信息,使监管机构能够依据相关法律法规设定法律智能监管合约,对信息系统上的数据流实时监控,自动验证交易和用户的合规性,实现汽车供应链的智能监管。智能监管能帮助监管部门实时监管汽车生产、汽车运输安全,供应链金融洗钱、欺诈,供应链企业偷税漏税等问题,其监管重心也从传统的事后追溯逐渐转向事前预警和事中控制,将各方损失降到最低。由于区块链信息平台具有多方共识、节点共同维护等特点,汽车供应链成员及金融机构能够通过平台实现自我监管并与广大顾客进行信息交互,最终实现社会共同监管。区块链技术能够提升政府监管深度,拓展社会监管广度,对汽车供应链起到有效的规范作用。

6 基于区块链技术的供应链信息平台优势

实践与理论研究均表明,供应链上下游信息的高效流转是提高供应链竞争力的重要手段,也是实现供应链协调的基本前提^[28]。如果供应链上下游信息能够及时共享,供应链企业就能够从容应对市场需求的不确定性,从而缓解牛鞭效应,降低企业库存^[29]。在成本节约方面,信息共享不仅能够降低供应链生产成本,而且能够降低供应链的环境成本和社会成本^[30]。虽然信息共享在供应链管理中具有非常重要的作用,但在实际运营中由于信息系统运转尚存在很多问题,给信息共享带来很大挑战。

为了高效整合物流、信息流和资金流,提升供应链整体效率,供应链信息系统需与供应链组织结构和业务流程保持高度一致^[31],而当前的供应链信息系统都是中心化体系,企业各自为阵,信息单向流转,供应链成员之间的不信任影响了信息共享程度和信息质量^[32],加之各方利益不一致,为谋取私利,供应链成员有动机传递虚假信息给供应链上下游,导致供应链信息的真实性难以保证^[33]。当前的供应链信息系统普遍缺乏标准的运作流程和完备的过程监管体系^[34],不利于供应链全流程控制。除此之外,供应链成员之间的信息交互都是通过开放的网络系统来实现,这种网络系统的信息安全性不高、抗风险能力弱,不能有效保护供应链内部资金流动、产品生产、销售等核心信息^[35]。而区块链技术所具有的高度自治、分布式对等、去中心化、可溯源、集体维护和无法篡改等特点,为解决当前供应链信息系统的痛点提供了新思路和方向。本文提出的基于区块链技术的供应链信息平台具有以下优势:

(1)供应链网络信息一体化。区块链去中心化和集体维护的特点,使得信息平台上的企业地位平等,信息流通高效、顺畅,能够有效杜绝传统信息系统在信息交互过程中出现的信息孤岛、信息单向流转及信息出自多门等问题,打破了信息围栏,真正实现供应链网络信息一体化。

(2)供应链网络成员动态化。面对高度不确定的市场,供应链企业需要构建动态联盟,调整联盟成员,实现柔性生产以响应顾客的个性化需求。为了提高供应链竞争力,联盟应及时剔除绩效差或者具有欺诈行为的联盟成员。基于区块链技术的供应链信息平台具有良好的灵活性和移植性,无需高昂的成本即可快速实现供应链网络成员的动态化调整。

(3)供应链网络信息灵活、透明化。该平台能够结合企业的访问权限调整供应链信息的公开度,分享供应链的必要信息,保留企业核心机密,使供应链参与主体既相互支持又相互独立。供应链联盟可以根据外部市场和内部合作情况调整信息的公开度,进行供应链信息共享的帕累托改进,最终实现共赢。

(4)供应链企业信息交互的电子化。当前纷繁复杂的票据单据是供应链企业间信息交互、供应链企业与金融企业间信息沟通以及供应链联盟与政府监管部门之间信息往来的主要凭证,票据单据的流通与复核不仅耗时长、流程繁琐、出错率高,而且会耗费大量人力。区块链技术有助于各类票据单据电子化,通过数字签名和加密技术,实现数据的安全传输与高效交换。信息交互的电子化在提高工作效率、降低人工成本、减少暗箱操作、保障信息安全等方面有着突出优势。

(5)供应链资产数字化。区块链信息平台能够将供应链企业的制造工具、运输工具、仓库、产品等供应链资产数字化。资产数字化不仅能够促进供应链资产共享经济的发展,而且能够促进创新型金融服务,使得供应链资产的共享、交易、追踪、融资等方面的管理更加灵活便捷。

(6)供应链产品信息可视化。通过电子芯片,平台能够记录供应链联盟所有成员的生产信息,包含原材料采购、产品制造、分销、配送、消费者购买、售后维护、产品转让、废品回收等信息,打造覆盖产品全生命周期的信息网络,保障消费者基本权益,同时,为金融机构的融资决策、监管部门事后追责提供依据。

(7)供应链金融信息真实与完备化。区块链信息不可篡改、可溯源等特点有效保证了平台上各企业信息的真实性和完备性,能够有效降低金融机构的放贷风险,催生新型供应链融资、供应链保险、供应链审计等金融业务,提升供应链中小企业融资能力,促进金融企业和供应链企业共同发展。

(8)供应链监管智能化。政府监管部门能够实时

监测平台上的数据,通过嵌入式智能合约对供应链各环节进行监控,防范于未然,做到事前预警、事中控制、事后追责,从被动管控转变为主动监管。通过建立监督机制,充分调动各参与节点的监管积极性,从政府单一监管变为全平台的共治共管。

(9)供应链生态信任化。区块链信息平台上的信息流真实可靠,使得节点间的交易不再需要第三方中介进行信任背书。随着平台的健康运行,节点间的信任链条会迅速形成并日益牢固,最终形成消费者、供应链联盟、金融机构、监管机构四方相互信任的供应链信任生态。

7 结语

随着经济全球化的快速发展,供应链参与主体多、地域分布零散、时间跨度长等特点要求供应链参与主体必须相互信任以进行高效的信息交互。本文针对传统供应链信息系统中信任度低、信息交互不及时等痛点,结合区块链技术的核心优势,提出了基于区块链技术的供应链信息系统应用构想,将供应联盟、金融机构及政府监管机构有效连接在一起,建立了三位一体的供应链信息服务体系,并在汽车领域对信息平台应用进行了分析。分析表明,该信息平台能够通过区块链技术解决供应链信息共享程度低、信息流转效率低、信息不可靠等问题,构建出信息全纪录、可溯源的供应链互信共赢生态体系。然而,区块链技术在供应链信息系统应用上还面临一些挑战,如涉及主体多、推行阻力大、资源耗费高、开发成本大等问题,伴随这些问题在实践中不断得到解决,区块链技术在供应链领域将发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 唐晓波,黄媛媛. SCM 协同管理战略及模型评价[J]. 情报杂志, 2005, 24(1): 88-90.
- [2] 和征. 基于 Web 服务的集群供应链信息集成[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(1): 107-112.
- [3] ÖZERÖ, ZHENG Y, REN Y. Trust, trustworthiness, and information sharing in supply chains bridging China and the United States[J]. Management Science, 2014, 60(10): 2435-2460.
- [4] 胡海青, 张琅, 张道宏. 供应链金融视角下的中小企业信用风险评估研究——基于 SVM 与 BP 神经网络的比较研究[J]. 管理评论, 2012(11): 70-80.
- [5] 李先国. 发达国家食品安全监管体系及其启示[J]. 财贸经济, 2011(7): 91-96.
- [6] CHRIS G. DASKALOS. Increasing supply chain assurance via the blockchain[D]. Pittsbwgh: Carnegie Mellon University, 2016.

- [7] RERJERS W, COECKELBERGH M. The blockchain as a narrative technology: investigating the social ontology and normative configurations of cryptocurrencies[J]. *Philosophy & Technology*, 2016(7):1-28.
- [8] GODSIF P. Agent and multi-agent systems: technologies and applications [M]. Springer International Publishing, 2015:191-203.
- [9] 袁勇,王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. *自动化学报*, 2016(4):481-494.
- [10] 乔海曙,谢珊珊. 区块链驱动金融创新的理论与实践分析[J]. *新金融*, 2017(1):45-50.
- [11] GUO Y, LIANG C. Blockchain application and outlook in the banking industry[J]. *Financial Innovation*, 2016, 2(1): 24.
- [12] 巩世广,郭继涛. 基于区块链的科技金融模式创新研究[J]. *科学管理研究*, 2016(4):110-113.
- [13] 赵大伟. 区块链技术在互联网保险行业的应用探讨[J]. *金融发展研究*, 2016(12):35-38.
- [14] 黄冠华. 区块链改进联网审计途径研究[J]. *财政科学*, 2016(10):84-91.
- [15] 钟玮,贾英姿. 区块链技术在会计中的应用展望[J]. *会计之友*, 2016(17):122-125.
- [16] BAHGA A, MADISSETTI V K. Blockchain platform for industrial internet of things[J]. *Journal of Software Engineering and Applications*, 2016(9):533-546.
- [17] 李彬,卢超,曹望璋,等. 基于区块链技术的自动需求响应系统应用初探[J]. *中国电机工程学报*, 2017(7):1-13.
- [18] 李青,张鑫. 区块链:以技术推动教育的开放和公信[J]. *远程教育杂志*, 2017(1):36-44.
- [19] SHIREESH APTE, NIKOLAI PETROVSKY. Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management[J]. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 2016, 7(3):76-78.
- [20] 张毅,肖聪利,宁晓静. 区块链技术对政府治理创新的影响[J]. *电子政务*, 2016(12):11-17.
- [21] 黄永刚. 基于区块链技术的电子健康档案安全建设[J]. *中华医学图书情报杂志*, 2016(10):38-46.
- [22] ABEYRATNE S A, MONFARED R P. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger[J]. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2016, 5(9):1-10.
- [23] WEBER I, XU X, RIVERET R, et al. Untrusted business process monitoring and execution using blockchain [C]. *Business Process Management: 14th International Conference*, 2016:329-347.
- [24] 朱建明,付永贵. 基于区块链的供应链动态多中心协同认证模型[J]. *网络与信息安全学报*, 2016(1):27-33.
- [25] 周立群,李智华. 区块链在供应链金融的应用[J]. *信息系统工程*, 2016(7):49-51.
- [26] 宋华. 基于产业生态的供应链金融的创新趋势[J]. *中国流通经济*, 2016(12):85-91.
- [27] FENG TIAN. An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology [C]. *13th International Conference on Service Systems and Service Management*, 2016.
- [28] BRAY R L, MENDELSON H. Information transmission and the bullwhip effect: an empirical investigation[J]. *Management Science*, 2012, 58(5):860-875.
- [29] KHAN M, HUSSAIN M, SABER H M. Information sharing in a sustainable supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 181:208-214.
- [30] ZHOU M, DAN B, MA S, et al. Supply chain coordination with information sharing: the informational advantage of GPOs[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 256(3):785-802.
- [31] WU I L, CHUANG C H, HSU C H. Information sharing and collaborative behaviors in enabling supply chain performance: a social exchange perspective[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 148(1):122-132.
- [32] FELDMANN M, MILLER S. An incentive scheme for true information providing in supply chains[J]. *Omega*, 2003, 31(2):63-73.
- [33] LI S, LIN B. Accessing information sharing and information quality in supply chain management[J]. *Decision Support Systems*, 2007, 42(3):1641-1656.
- [34] 朱礼龙. 反竞争情报技术系统视角的供应链情报泄密机理的研究[J]. *现代情报*, 2017, 37(3):26-31.
- [35] 周树华,张正洋,张艺华. 构建连锁超市生鲜农产品供应链的信息管理体系探讨[J]. *管理世界*, 2011(3):1-6.

(责任编辑:胡俊健)