doi:10.14089/j.cnki.cn11-3664/f.2017.11.005
引用格式:李晓,刘正刚.基于区块链技术的供应链智能治理机制[J].中国流通经济,2017(11):34-44.

基于区块链技术的供应链智能治理机制

李 晓[1],刘 正 刚[1、2]
(1.杭州电子科技大学管理学院,浙江 杭州 310018;2.西安交通大学管理学院,陕西 西安 710049)

摘 要: 当今,依托IT技术的区块链和物联网驱动产品与社会接入一个庞大的智能网络。为解决新环境中供应链治理的机会主义风险和信任问题,可借鉴去中心且去信任的区块链互联网治理机制体系(含智能合约机制、共识机制、奖励机制、安全透明机制、共享机制、协作机制、自治机制和分层结构机制),发展供应链智能治理机制。因供应链治理和区块链都有集成使用价值和交换价值的趋势,并且供应链治理研究有交易成本、资源主义和社会关系多视角集成趋势,智慧型社会急需发展以行为观为主、制度观和结构观为辅的供应链智能治理。基于区块链的供应链智能治理框架体系追求多种匹配(如治理相关因素与治理结构的匹配)的适度化以及匹配适度化的智能实现,最终以良好匹配达成良好绩效。基于区块链的供应链智能治理机制,关键在于以耦合匹配有效衔接主观治理层和不涉人因因素的客观运作层,并分层次、分视角地研究使用价值与交换价值的协调以及可持续规模/结构、效率和公平之间两两或三方矛盾的协调。立足区块链治理机制体系的(事前)契约协调、治理结构与绩效评价、匹配机制与耦合机理、(事后)协调机制的研究,有机衔接供应链治理多种智能机制。

关键词: 供应链治理;区块链;智能治理;治理机制;耦合;匹配
中图分类号: F274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-8266(2017)11-0034-11

一、引言

在21世纪供应链竞争时代,供应链失败率高的原因既源于利益独立的企业之间存在信息不对称,又源于决策者有限理性导致的不完全契约,这可能引发参与者机会主义行为,即信任问题[1]。鉴于治理机制存在着缓解机会主义风险的可行性和效能[2],供应链治理(Supply Chain Governance,SCG)研究逐渐兴起,以期更好解决事后"敲竹杠"与相应再谈判和利益分配问题[1]。随着互联网信息传输的加速和共享理念的普及,供应链治理问题既因信息不对称消减而有所缓解,又因技术双刃剑所致新的机会主义风险和信任问题而有所加剧,如电商相关刷单和假货产业链问题。

为促进信息互联网向价值互联网进化,伴随基于点对点(Peer-to-Peer,P2P)比特币等虚拟货币(亦区块链1.0)的快速发展,支撑其后的区块链技术凭借机器制造信任的机制和可自动执行的智能合约等特性,得到了全球各类组织的高度关注与积极探索,形成在货币领域外(如金融、数字版

收稿日期: 2017-09-28
基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题"面向O2O的零售商主导型供应链的企业产品服务系统共生机制研究"(15NDJC033YB);浙江省自然科学基金项目"零售商主导型供应链的产品服务系统共生机制研究"(LQ14G010009);教育部人文社会科学研究青年项目"基于企业产品服务系统共生结构演化的企业规模边界研究"(14YJC630088)
作者简介: 李晓(1977—),女,浙江省永嘉县人,杭州电子科技大学管理学院副教授,博士,主要研究方向为供应链管理、产品服务系统;刘正刚(1976—),男,江苏省镇江市人,杭州电子科技大学管理学院教师,西安交通大学管理学院博士生,主要研究方向为企业信息化、产品服务系统。

权、物联网、供应链管理、公共管理领域)的广阔应用(亦区块链2.0/3.0)[3-5]。区块链的去中心化和去信任(Trustless)的技术特点,为互联网环境中供应链治理塑造了全新环境,尤其是物联网中智能合约的智能设备/代理者为原有关注人/组织之间信任的供应链治理开辟了一个与人无涉的智能运作新层次,并映射出供应链智能治理研究新课题。基于博弈多智能体关注行业标准联盟运作的企业标准联盟治理研究[6],为供应链智能治理的研究提供了范例。区块链首先在点对点的价值交换上发力,若扩展至社会即可形成新型的全自动智慧型契约社会[7]。鉴于现有供应链治理研究中制度观和结构观多强于行为观[8],应发展智慧型互联网,并加强社会急需的以行为观为主、制度观和结构观为辅的基于区块链的供应链智能治理研究。

二、区块链相关互联网治理机制体系及其与供应链治理的集成

狭义的区块链(Blockchain)是一种按照时间顺序将数据区块以链条的方式组合成特定数据结构,并以密码学方式保证的不可篡改和不可伪造的去中心化共享总账,能够安全存储简单的、有先后关系的、可在系统内验证的数据;广义的区块链技术则是利用加密链式区块结构来验证与存储数据,利用分布式节点共识算法来生成和更新数据,利用自动化脚本代码(智能合约)来编程和操作数据的一种全新的去中心化基础架构与分布式计算范式[9]。在去中心化/去中介的结构下如何达成信任和共识是关键,而由中本聪首创的比特币结合博弈论、分布式IT以及密码技术并以工作量证明链(亦最长链)解决了“拜占庭将军问题”(亦分布式数据的全局一致性/共识问题)和“双重支付问题”(亦数字货币的双花问题),建立了一整套基于密码学而去信任的互联网治理机制体系[10]。表1总结了斯万、唐塔普斯科特、穆贾雅和纳拉亚南的区块链书籍中区块链相关治理机制,[3-4,11-12]形成一个较为完整的互联网治理机制体系。

区块链技术为供应链治理奠定了新的基础和方向。高效、可靠的全球信息传输系统必然要求与之匹配的高效、可靠的价值传输系统,这是区块链兴盛之根本[3-5]。货币作为流动性过滤掉或忽略掉了价值的使用特征(即认知上具体的、空间上本地的、时间上当下的、进而必定分布式的特征);区块链1.0抓住了货币流动性之分布式特征,虽然早期会用作一般等价物的记账簿,但是最终必然需要发展出一种情境化使用的估值功能[13]。实际上区块链1.0至3.0的发展过程就是不断在实现点对点交换价值的基础上更多融合使用特点及其使用价值的考量,如可编程脚本技术支持的智能合约在相关系统的后期运行中,可根据使用情况来自动调整利益分配,而协作机制时常采用按使用量(次)计费法。当前,针对立足产业供应链(包括各方商流、物流和信息流的运营集成)的供应链金融,区块链基于其技术优势改进了互联网供应链金融中的支付清算、数字票据等金融活动以及权益证明、物流运作证明等产业活动[14-17],从而实现对业务情境化的融合[15,18]。这种区块链与供应链治理在网络上借助信息系统集成实现的集成还有数字供应链[19]、供应链动态多中心协同认证[20]和以智能合约程序研发促进多方的商务合作[21]。该集成继续借助物联网深化集成智能,如结合物联网技术形成“数字智能资产”以实现灵活的供应链治理[9],并且区块链与物联网的集成和共享经济结合越来越紧密[22],而点对点的共享经济(如Uber和Airbnb)正是侧重集成使用价值和交换价值[23-24]。总之,区块链为供应链治理奠定了新的互联网基础,为集成使用价值和交换价值提供了新的发展方向。

虽然区块链为供应链治理奠定了新网络基础和集成方向,但相关集成研究急待深入,其原因有两方面。在区块链方面,现有研究过于推崇互联网技术而轻视其他科学,如过于推崇区块链算法信任[25]是否合适,尤其在区块链存在51%攻击隐患[9]情况下仅立足此种算法信任存在巨大风险。在供应链治理研究方面,虽然综述已指明集成交易属性、主体属性、结构属性和环境属性分析的体系以及融合交易成本、资源主义和社会关系三大学派的发展路径[1],但是当前集成使用价值与交换价值的分析还不深入,缺乏更好应对情境化的供应链治理尤其是智能治理研究。鉴于区块链和物联网凭去中心、去信任、易共享且含智能的治理机制体系为供应链治理提供了全新互联网环境、组织形式和治理工具,本文围绕供应链治理(尤其

表1 区块链相关互联网治理机制体系

区块链范畴			机制	子机制/技术/原理	子机制/技术/原理的内涵
区块链3.0	区块链2.0是合约	区块链1.0是货币与支付，聚焦分布式系统中广义共识与（算法式）信任机制	共享机制	公开透明点对点链接	无需第三方中介、无需中心的点对点直接链接与全网广播（有助于以货易货）
				分布式账本的一致性	全网只有一个总账本，各节点均有相同备份并有相同的记账权利
			狭义共识机制	工作量证明机制POW（Proof-of-Work）	确保正确答案很难被获取但又很容易被验证的哈希算法计算证明；各节点每次根据计算工作量的大小（挖矿）抢夺唯一的记账权和比特币奖励
				最长链原理	只要诚实节点群（矿工/矿池）控制过半（超51%）计算能力，最长链就是真实结果；节点可随时离开或重入网络，最长链是离线期间所有交易的证明
			奖励机制	区块/代币奖励制度	赢者将区块记入链中并获一定比特币（总量呈S型分布且有限）
				交易费奖励制度	创建区块的赢者可获交易制造者提供的交易输入与输出之差值
			狭义安全透明信任机制	网络加密技术	公/私钥匙加密和数字签名对个人隐私信息进行匿名加密保护
				透明技术	账号全网公开但户名匿藏，公匙全网公开但私匙仅由用户保管
				时间戳溯源技术	依时间戳忠实记录每笔交易至首尾衔接区块链中，各节点可查
				基于哈希算法的不可篡改技术	忠实记录每笔交易；除非欺诈节点群控制过半计算能力（亦称为51%攻击），否则结果不可能被篡改；随记录的变长，篡改成本呈指数激增而不值得
		合约将区块链1.0拓至金融和市场的全面应用	狭义新型共识机制	权益证明机制POS（Proof-of-Stake）	类似“股权证明”，以节点持有比特币的比例和币龄等比例地降低证明难度，以便加快答对速度并激励用户持续供给解题计算力
				储量/可恢复性证明	需要存储大量数据被运算的解谜算法，以便存储有价值的大文件
				混合机制	多种证明混合（如POS+POW的活动证明）以应对矿池的负面效应
			智能合约机制	可编程脚本技术	用一种特定描述性语言编写的可自主执行代码（含可编程货币）
				多重签名技术	由签名的多方全体或部分同时签名或延时签名以便生效的技术，两人同签可对应担保交易，三人中任意两人同签可对应联名账户
				图灵完备技术	完善脚本而能计算图灵可计算（Turing-computable）函数的技术
	区块链3.0深化区块链2.0并同时向更广领域推广应用，如政府、健康、科学、文学、文化和艺术领域		共享机制	三式记账法（第一个狭义公司治理创新）	在复式账基础上增加第三项，以便让需做检查的内外利益相关者及监管者根据不同权限即时访问账本（可审计、可搜索和可验证的分类账）
			分层结构机制	侧链技术（解决必要隐私问题）	与主链双向锲入满足个性化应用的侧链，在公有区块链外衍生私有区块链，如私有或半公开账本（机密交易可以保密交易的金额）
				闪电网络技术	解决比特币的交易规模、实时性和小额支付问题的微支付渠道
			自治机制	自主运作代理人技术（亦智能预言机）	可分析环境并有能力独立做决定（含收/支决定）的智能设备/系统，为物联网和分布式自治企业/组织的智能运作提供智能代理者
			协作机制	更正式声誉度机制	与代币衔接的声誉度机制提升社会生产（如Linux商业生态系统）协同质量
				按量（次）计费机制	不涉产权而按（使用）量计费的去中心化的分享/共享协作经济，如中心化Uber/Airbnb对应去中心化版Uber/Airbnb，将依智能激励更好协调节点用户
				产销者一体的机制	产销者一体的节点以更充分的互动/博弈而发展更好协作的平台
				新范式/层次的云机制	点对点范式下与传统云并行的新层次上的政府公有云和私有应用云

是与信息技术相关的治理）研究现状的剖析，分析基于区块链技术的供应链智能治理，并为发展全自动智慧型契约社会探索可行路径。

三、与信息技术相关的供应链治理研究现状

基于区块链技术的供应链治理研究需要借鉴供应链治理研究尤其是与信息技术相关的供应链治理研究。本文参照李维安从交易成本、资源主义和社会关系三大学派对供应链治理研究综述的路径[1]，简要分析如下。

（一）单一视角的供应链治理研究

与最初的治理研究以交易成本理论为基础并以双方的“交易”作为分析单元[2]略有不同，交易成本视角的供应链治理研究大多扩展至三方以上并包含更多运作环节（尤其是信息及其技术相关运作环节）的使用特点/使用价值分析。如供应链上游中的两种治理机制（即供应商的资质认证和基于抵押品/专用资产的激励设计）对制造商在与下游客户关系中适应不确定性这一治理程序的影响[26]；三类因素（即交易复杂程度、对交易编码的能力和

供应端供应能力)对五种全球价值链治理结构(即层级型、被俘型、关系型、模块型和市场型)的影响[27];两类质量标签(即私有商标和原产地/地理标志保护)及其质量增强机制(即声誉自增强和公共第三方认证)与供应链治理结构的一致性/匹配性[28];不同生命周期阶段中生产及投资成本(即固定投资、可变生产成本和规模经济)和交易成本节约对超市生鲜采购模式的影响[29];结合逆向物流特征编码的供应链治理结构的演化[30]。这些研究的核心观点可总结为:集成供应链运作的交易虽各有特点,但匹配不同供应链治理结构,即聚焦供应链运作方法、供应链交易特征及供应链结构三者间的匹配,实质是集成使用价值与交换价值的供应链治理研究。

社会关系视角的供应链治理研究主要关注供应链中的正式和非正式社会关系及其网络结构对供应链治理的影响以及相应复杂系统/复杂网络的动态演化。如不同事后风险等级下三种关系保障措施(即双边特定资产投资、目标一致性和人际间信任)对保护跨组织绩效和持续合作的功效[31];三种企业关系导向(即长期导向、资产专用性和交互程序)对致力于供应链协调的信息流集成/信息共享的影响[32];契约与议价能力对信任的影响和四种信任(即计算型、能力型、诚实型和可预见型)对信息共享/协调所致供应链协调的影响[33];从行为心理学的平衡理论和结构洞理论出发研究买家—供应商—供应商三方之间关系[34];不确定环境中非正式治理机制(包括增加信任的关系质量治理)和正式治理机制在供应链网络形成初期和后期的互动[35];利益相关者效用视角的全球供应链自愿治理机制研究(涉及行为规范和社会标准),尤其是对发展中国家供应商及后续多级分包商阶段中传统自愿治理机制的逐渐崩坍等的研究[36]。

资源主义视角供应链治理研究实为管理视角(另含能力视角、运作视角、战略视角等)供应链治理研究的一部分,侧重分析供应链信息技术及相关运作方式/方法的直接影响和间接影响。如多层网络(物流层—信息层—财务层)视角中供应链各环节企业以及整体网络均衡的动态演化研究[37];供应链中企业管理控制系统与供应链治理结构的互动[38];影响电子化合作工具的供应链三大因素(即信任、产品复杂度及产品规模与交易频率)[39];三驱动因素、供应链治理结构以及协调机制(含信息与IT设施的资源共享结构、决策风格、控制等级和风险/奖励共享机制等)的互动[40];供应链价值集成之基础框架及流程对有效供应链关系和供应链绩效的影响[41];内部成本管理、信息系统集成和吸收能力对供应链组织间成本管理的影响[42];依据生命周期评价的供应链治理工具[43];支持农业供应链治理的平衡供应链透明信息之细节与规模的折中方案/方法[44]。

(二)集成视角的供应链治理研究

鉴于供应链治理问题的复杂性,供应链治理研究更多采用集成视角。第一,在集成交易成本和社会关系视角方面,有网络治理适用的交易条件和力求协调与保护交易的社会机制研究[45];边界交易者之亲密度和中介变量“契约治理/关系治理”对企业间服务绩效的影响研究[46];不同类型信息技术投资与交易类或关系类供应链治理的关系[47]。第二,在集成社会关系和管理运作视角方面,有从结构化理论(从矛盾的动态平衡着手聚焦结构及形成结构进程的迭代互动)出发,研究企业间网络的效益与网络进程的互动匹配[48];整体网络之网络结构、网络治理、网络演化和网络结果的互动[49];全球供应链软、硬属性两层网络(关注信息流、物流和财务流的硬属性企业网络和关注态度、行为等个人互动的软属性个人及社会关系网络)间的互动匹配研究[50];可持续发展供应链治理在不同演化阶段不同类型政府介入对治理的影响研究[51]。第三,在集成交易成本和管理运作视角方面,有集成了交易成本理论和学习/行动相关组织理论,以便考察供应商使用供应链管理信息系统对供应链关系的成效研究[52]。

近期出现了集成三个或更多视角(如可持续发展视角)的供应链治理研究,如强调企业网络之多视角间的平衡(如差异化与集成的平衡)以及相关协调机制与网络形式(包括社会网络、官僚网络和产权网络)的匹配研究[53];集成了交易成本视角、关系视角、管理运作视角供应网络治理五大驱动因素的研究[54];集成战略管理中的波特价值链分析、新经济社会学之嵌入型网络社会关系分析、行动者—网络分析以及交易成本视角全球商品链/全球价值链分析的全球生产网络治理研究[55];组织间/组织内横向关系(以知识/信息共享及合作与

竞争共存等为特征）的最小治理包（涉及经济、制度、社会和技术四类结构），该最小治理结构还留点空间给应对新情况的策略以便平衡稳定性和弹性[56]；环境不确定情况下契约治理（含市场契约和生产契约）和关系治理（涉合作规范和信任）集成的供应链治理及其对供应链绩效的影响[57]；集成多视角和环境分析，并依据供应链密度和焦点组织中心度两类网络结构影响因素之高低组合的四类可持续发展供应链治理模型（即交易型、默认型、独裁型和参与型）的研究[58]；三种三方结构（即桥角色、边缘角色或全联通）和三种管理机制（即集成三种视角的协调机制、信任机制和市场机制）对合作绩效的影响[59]；面向可持续发展的闭环供应链中社会层/治理层、供应链和个人行动者三层之间的互动[60]；供应网络治理“情境—介入（治理工具）—机制—产出”的逻辑集成框架强调正式治理工具（含契约、标准、进程和正式结构）和非正式治理工具（含规范、价值、社会结构和信息共享）对情境的适用问题和对产出（涉及创造力、生存力、控制、协调、绩效和合法性）的不同侧重效果[61]；集成了目标、利益体、六种供应链治理结构、四种可持续发展供应链治理模型、七种因素（即利益相关者相关因素）和两类机制（即效率机制和合法性机制）的可持续治理框架[62]；不同供应链成熟阶段最小治理结构（涉及经济、制度、社会、技术结构）的演化[63]。

虽然供应链治理多采用集成视角，但如何有效集成还未达成共识，目前更多从集成相关供应链绩效角度展开研究，其基本理念是治理相关因素之间越匹配，供应链绩效就越好。如电子商务能力（分别侧重于需求方、供应方或协作）经由生产信息集成（供应商集成或客户集成）对供应链运作绩效（涉及成本、质量、弹性和交货）的影响[64]；基于以匹配为核心的结构权变理论和依赖于族群分类的构型理论考察供应链集成（含客户集成、供应商集成和内部集成）对供应链绩效（包括运作绩效和商业绩效）的影响，并考察供应链模式（依据集成执行力度和平衡性划分的两类非平衡模式和三类平衡模式）对绩效的影响[65]；供应链集成促进因素（涉及协调、交流、结构、定量和相互依赖）和障碍因素（即单向性、不一致和内化）对供应链绩效（涉及服务有效性和成本效率）的影响[66]；组织间治理机制（关系专用资产、信任等社会关系增强器、输出控制和行为控制）对组织学习进而对供应链绩效（含有效性和效率）的影响[67]；供应链协调一致/匹配（包括工作效率的股东一致和业务效益的客户一致）对供应链商业绩效的显著影响[68]；信息技术如何实现契约治理与关系治理的平衡研究，该平衡既指以技术灵活性弥补契约治理的不完备，并且以技术规范性弥补关系治理的过度灵活，又包括契约与关系两种治理模式在信息技术作用下实现互补和替代的动态演化过程[69]。

纵观上述研究，供应链治理研究虽比较全面，但集成多种视角的匹配/协调一致研究仍有待深化，尤其是要研究多种对立/矛盾因素共存的情况。如多种匹配与供应链绩效和与供应链之整体均衡或整体优化的衔接均有待发展，均衡结构如何协同系统整体价值结构演化的动态分析亦有待深化。区块链凭借技术上去中心/去中介、去信任且易共享的全新互联网运作环境和一整套治理机制，既为互联网环境下的供应链治理研究提供了全新机遇，亦带来更多的挑战，如个人和组织信任、效用无关的物联网层次的智能自治与注重信任、效用的社会层次供应链治理的衔接难题，又如为避免区块链51%攻击而与社会关系视角乃至集成供应链治理研究的衔接挑战。

四、基于区块链技术的供应链智能治理研究框架体系

在供应链治理研究的使用价值与交换价值集成趋势引导下，在李维安等[1]区分供应链管理和供应链治理基础上，供应链治理尤其是智能治理研究更需强调与供应链管理的有效集成。在区块链与物联网紧密结合构造出一个无人因因素涉及的客观运作层次网络的实践情况下，鉴于（智慧型）物联网在供应链管理中应用越来越广泛，基于区块链技术的供应链智能治理需在区分无人因因素涉及的“去信任”客观运作层次和涉及人因因素的主观治理层次的基础上，实现两个层次的有效衔接。此外，顺应供应链治理研究中多学科视角的集成趋势，基于区块链技术的供应链智能治理研究还需探明多学科视角集成的有效路径以便指导实践。最后，上述供应链治理研究综述明确了

供应链治理相关因素与结构等之间的匹配(进而有良好绩效)是研究的关键,而与可控的供应链管理追求各类最大或最小的极值不同,立足各方协调的供应链治理研究追求匹配的适度化(进而良好绩效),其智能治理则追求匹配适度化的智能实现。

图1是基于区块链技术的供应链智能治理研究的框架体系,其中的关键是左边应对供应链治理复杂根源的两层次、多视角的耦合匹配。为应对不确定性环境的挑战(如因果链模糊、整体性割裂威胁及需求快速多变等)和知识经济中存在的高度复杂管理的现象,和谐管理理论提出"优化设计"与"人的能动作用"双规则的互动耦合机制,即借助"和则"(力求不确定性的消减/利用)与"谐则"(力求确定性情况下的理性优化设计)的耦合,体现目的导向下的适应性演化[70]。传统经济管理理论中许多关键悖论的破解急需关注矛盾统一体中双方耦合机制的研究[71-72]。和谐管理理论因对"人的因素"的考察而只接受过程取向而非变异取向的组织研究策略,相应多采用仿真研究而较少采用以操作化变量和精细变量间关系为主的实证方式[73]。然而,当前关注"优化设计"的管理耦合机制研究既有仿真研究,又有统计实证研究,并聚焦结构及相关绩效影响[74]。源自物理和生物耦合的复杂系统科学发展多种耦合机制研究,如与计量经济学中格兰杰(Granger)因果分析相似的转移熵可解析格兰杰因果分析无法捕捉的高阶非线性因果关系/因果结构[75];多变量转移熵[76]和符号转移熵[77-78]均可定量分析因果耦合,联合符号转移熵可分析多尺度时间数据间的因果互动[79],符号转移熵亦成功用于经管研究[80]。当前企业价值创造已从要素型发展到关系型再发展至结构型[81],故供应链智能治理的问题聚焦于各层次相应核心矛盾的耦合匹配,除效率与公平矛盾外,还有可持续规模/结构与效率的矛盾以及三方间矛盾。事实上,为了弥补罗宾斯仅聚焦主观效用的缺陷,出现了同时关注特定情境中物质稀缺性相关规模/结构议题的新经济科学,并据此确立了暂不考虑主观因素的客观运作层次网络研究科学议题[82];相关立足客观成本与收益的企业产品服务系统内外共生定量管理模型研究[83-85],为耦合的各方利益互动及其互利/偏利/偏害共生状态提供了定量分析基础(尤其适用于无人涉及之物联网的利益决策);相应云模式相关ERP管理信息系统(含商务智能系统和决策支持系统)[86],为众多利益体间智能治理提供了所需信息系统框架。如此可在客观运作层次和主观运作/治理层次中围绕多视角各种矛盾因素展开的复杂耦合匹配研究,为供应链智能治理指明了关键问题与分层治理目标,并且指明了分析非线性因果关系/结构的有力工具,一种借助结构尤其是价值结构分析集成"优化设计"与"人的能动作用"的工具。

图1中基于区块链技术的供应链智能治理研究的主要内容需按(事前)契约协调机制与事后协调机制、治理结构、相关绩效评价、治理匹配机制和耦合机制几个方面展开细化,形成图2所示的智能治理机制体系。

对于图2中的事前契约协调研究解释如下。第一,协调使用价值与交换价值的供应链治理智能契约协调机制研究,主要是依托区块链的智能

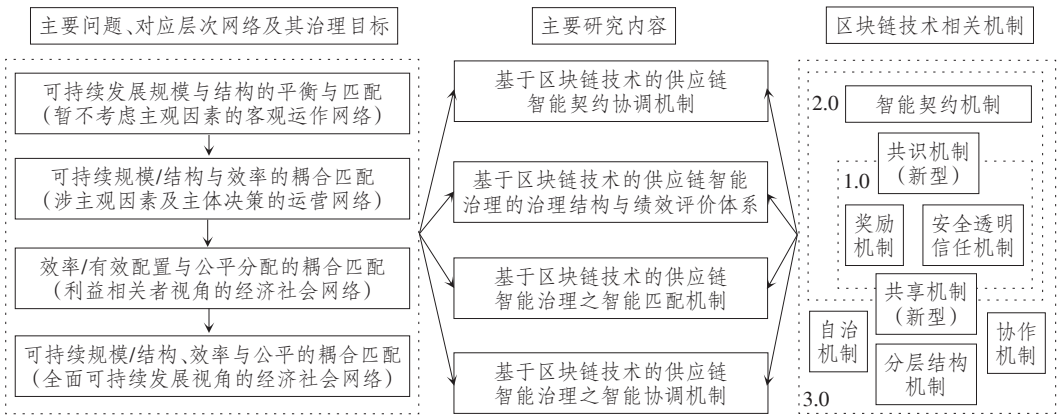

图1 基于区块链技术的供应链智能治理的框架体系

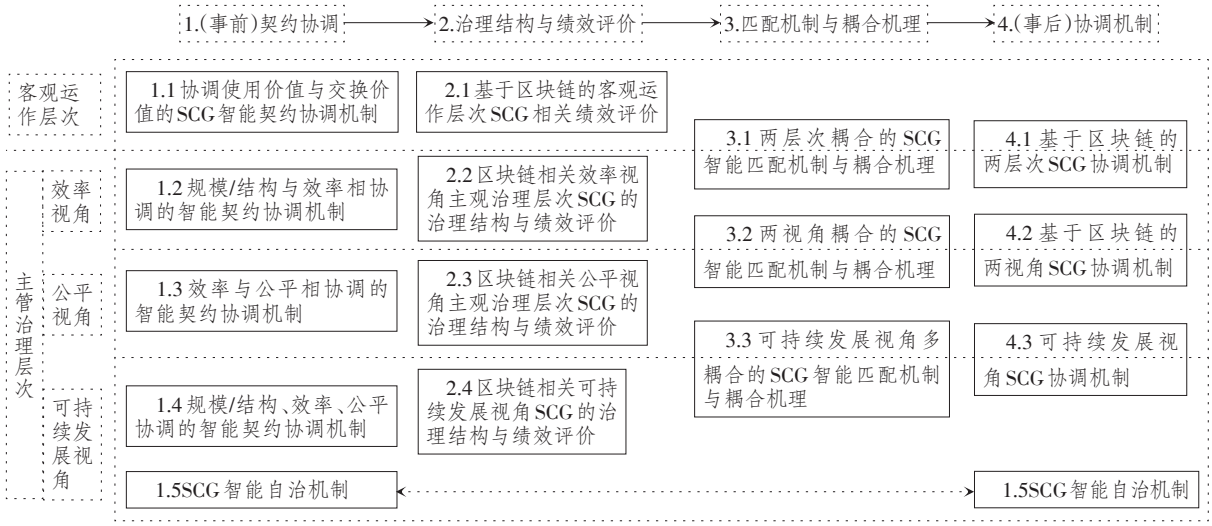

图2 基于区块链技术的供应链智能治理机制体系

合约契约机制和协作机制，研究以交易价值所致价值结构为约束条件的使用价值优化，并且依托供应链/网之价值结构演化规律来探明智能契约协调机制。鉴于立足货币价值流规律的企业产品服务系统外共生定量管理模型包括按量/次计费机制（无论购买或租赁）且属于产销者一体模型[83-84]、相应内外共生价值流管理适应云制造/云服务特性[86]以及供需链/网的价值结构具有产品服务系统粒度的定量维度，并有相应定量结构演化规律[84,87]，发展立足企业产品服务系统价值流管理的区块链协作机制可与交易所致价值结构有机关联；若进一步结合区块链智能合约契约机制，可以发展集成供应链管理客观运作层次的智能契约协调机制研究。第二，以面向可持续发展的两层次且三视角目标的智能协调优化模型为例，参见公式（1）至公式（4），阐明相应智能契约协调机制。

$$F(W)=\{F_1(W),\ F_2(W),\ F_3(W)\} \tag{1}$$

$$\max F_1(W)=\sum_{j=1}^{n} f_{j1}(W_j)$$

$$=\max\sum_{j=1}^{n} f_{j1}(\alpha_j W_{j1}+\beta_j W_{j2}+\cdots+\lambda_j W_{jk}) \tag{2}$$

$$\max F_2(W)=n\cdot\left(\prod_{j=1}^{n} F_{j2}(W_j)\right)^{1/n} \tag{3}$$

$$\min F_3(W)=\sum_{j=1}^{n} f_{j3}(W_j)=\sum_{j=1}^{n} R_j\leqslant R_0 \tag{4}$$

其中，$F(W)$为第一层次目标函数，涉及经济、社会和生态环境效益3个子目标（效率、公平和可持续规模/结构）；$F_1(W)$为供应链整体经济效益，由链内n个企业的k种经济效益汇总而来并力求最大化；$F_2(W)$为供应链整体社会效益，目的是实现链内各企业之间耦合协调度最大化，公式（3）右边是多个子系统的耦合协调度计算模型；$F_3(W)$为供应链整体生态环境效益，目的是控制整体最大使用量$\leqslant R_0$；$f_{j3}(W_j)$表示链内第j个企业最大允许使用量R_j。

对于图2中基于区块链技术的供应链智能治理的治理结构及绩效评价需明确两点。第一，在客观运作层次无治理结构的分析，而其相关绩效评价建议采用德瓦拉吉（Devaraj）等[64]仅出于客观视角的供应链运作类绩效评价指标。第二，不同视角主观治理层次的供应链治理结构及其绩效评价研究的侧重点不同，如效率视角需研究区块链技术对信息集成、运作成本、交易成本（如谈判和监控相关成本）、机会主义行为（如资产专用性和风险相关行为）和治理结构的影响，进而对效率视角供应链绩效（如弗林（Flynn）[65]的供应链运作类和商业绩效类评价指标）的影响；又如公平视角还需研究区块链技术对信任相关资产/行为（如声誉/质量保证/能力信任等）及社会网络结构（如中心性等）的影响，进而对公平视角供应链绩效的影响；而可持续发展视角还需研究区块链对整体结构（弹性/成熟度等）和相关政策（含不确定性）的影响。

对于图2中基于区块链技术的供应链治理之智能机制需明确一点。两层次/多视角供应链治理中因果关系/因果结构的耦合机理研究，既需要两个或多个子系统间的耦合协调度计算，又需要转移熵的测度来深化研究，如效率视角主观治理层次的供应链治理（设为第2个子系统Y）对客观运作层次的供应链治理（设为第1个子系统X）的转移熵测度模型为：

$$T_{Y\to X}\equiv I\left(X;\ Y^{-}|X^{-}\right)$$
$$=H\left(X|X^{-}\right)-H\left(X|X^{-},\ Y^{-}\right)$$

其中，X是客观运作层供应链治理时序数据，Y是效率视角供应链治理时序数据，X^{-}是X的历史数据，Y^{-}是Y的历史数据；效率视角主观治理层次SCG（Y）对客观运作层次SCG（X）在社会网络结构（Z）条件下的转移熵测度模型为：

$$T_{Y\to X|Z}\equiv I\left(X;\ Y^{-}|X^{-},\ Z^{-}\right)$$
$$=H\left(X|X^{-},\ Z^{-}\right)-H\left(X|X^{-},\ Y^{-},\ Z^{-}\right)$$

其中，Z是社会网络结构的时序数据；Z^{-}是社会网络结构的历史数据。

对于图2中基于区块链技术的供应链治理之智能协调机制需明确四点。第一，基于区块链的两层次供应链治理智能协调机制研究可持续发展规模/结构与效率两层次的协调及其与供应链治理结构的动态匹配，依据其成果可进一步研究区块链中风险、成本/收益和效用均相关的共识机制（如耗能的计算工作量证明机制）与奖励机制（如区块/代币奖励制度和交易费奖励制度）之间的协调难题。第二，基于区块链的两视角供应链治理智能协调机制研究效率和公平两视角的协调及其与供应链治理结构的动态匹配，并研究区块链中信任相关共享机制（如分布式账本技术采用三式记账法等）、隐私/运作相关的分层结构（如解决隐私问题的侧链技术和解决小额支付的闪电网络技术）与协作机制（如更正式声誉度机制、按使用量/次计费法等）之间的协调难题。第三，区块链相关可持续发展视角供应链治理智能协调机制研究两层次中可持续规模/结构、效率和公平三类目标的协调及其与供应链治理结构的动态匹配，协调得好就可以指导区块链系统避免51%攻击问题，有望以可持续发展视角破解代币总量固定有限的潜在根本性问题。第四，上述（事后）协调机制研究与（事前）契约协调机制研究以及区块链自治机制结合起来，才有望真正发展供应链治理智能自治机制。

参考文献：

[1]李维安，李勇建，石丹.供应链治理理论研究：概念、内涵与规范性分析框架[J].南开管理评论，2016（1）：4-15.

[2]奥利佛·威廉姆森.治理机制[M].北京：中国社会科学出版社，2001：IX-XII，11-18.

[3]梅兰妮·斯万.区块链：新经济蓝图及导读[M].北京：新星出版社，2016：27-81，100-105，125-127.

[4]唐塔普斯科特，亚力克斯·塔普斯科特.区块链革命：比特币底层技术如何改变货币、商业和世界[M].北京：中信出版集团，2016：26-49，72-76，97-138.

[5]赵刚.区块链：价值互联网的基石[M].北京：电子工业出版社，2016：167-223.

[6]章文，李代平.基于博弈多智能体的企业标准联盟治理研究[J].中国科技论坛，2014（9）：58-62.

[7]杨学成.区块链：全自动智慧型契约时代来临[J].通信世界，2016（29）：11.

[8]王影，张纯.供应链治理模式及其演化[J].中国流通经济，2017（2）：64-72.

[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]NAKAMOTO S. Bitcoin：a peer-to-peer electronic cash system[EB/OL].（2008-10-31）[2017-09-20].http://nakamotoinstitute.org/bitcoin/.

[11]威廉·穆贾雅.商业区块链：开启加密经济新时代[M].北京：中信出版集团，2016：18-26，41-59.

[12]阿尔文德·纳拉亚南，约什·贝劳，爱德华·菲尔顿，等.区块链技术驱动金融数字货币与智能合约技术[M].北京：中信出版集团，2016：1-218，345-358.

[13]姜奇平.区块链与货币哲学的发展[J].互联网周刊，2016（4）：70-71.

[14]CHRIS SKINNER. Blockchain is Fintech´s real game-changer[J].American banker，2016（55）：1.

[15]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.

[16]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.

[17]高凡雅，王喜."块状"中小企业集群供应链融资模式之创新——基于"三流一池"融合[J].财会月刊，2016（20）：96-99.

[18]曹月佳，承安.要积极而理性地看待区块链技术[J].国际融资，2016（11）：18-19.

[19]KARI KORPELA，JUKKA HALLIKAS，TOMI DAHLBERG.Digital supply chain transformation toward blockchain integration[EB/OL].（2017-01-04）[2017-09-20].

http://hdl.handle.net/1025/41666.
[20]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.
[21]RICHARD HULL, VISHAL S BATRA, CHEN Y M, et al. Towards a shared ledger business collaboration language based on data-aware processes[J].Lecture notes in computer science,2016(9936):18-36.
[22]STEVE HUCKLE, RITUPARNA BHATTACHARYA, MARTIN WHITE, et al. Internet of things, blockchain and shared economy applications[J].Procedia computer science, 2016(98):461-466.
[23]雷切尔·博茨曼,路·罗杰斯.共享经济时代:互联网思维下的协同消费商业模式[M].上海:上海交通大学出版社,2015:13-15,111-135.
[24]倪云华,虞仲轶.共享经济大趋势[M].北京:机械工业出版社,2015:7-10.
[25]郭彬,于飞,陈劲.区块链技术与信任世界的构建[J].企业管理,2016(11):110-113.
[26]WATHNE K H, HEIDE J B. Relationship governance in a supply chain network[J].Journal of marketing, 2004 (1): 73-89.
[27]GEREFFI G, HUMPHREY J, STURGEON T. The governance of global value chains[J].Review of international political economy,2005(1):78-104.
[28]RAYNAUD E, SAUVEE L, VALCESCHINI E. Alignment between quality enforcement devices and governance structures in the agro-food vertical chains[J].Journal of management and governance,2005(7):1-31.
[29]RUERD RUBEN, DAVE BOSELIE, HUALIANG LU. Vegetables procurement by Asian supermarkets: a transaction cost approach[J].Supply chain management-an international journal,2007(1):60-68.
[30]JAMES AITKEN, ALAN HARRISON. Supply governance structures for reverse logistics systems[J].International journal of operations & production management, 2013 (6): 745-764.
[31]JAP S D, ANDERSON E. Safeguarding interorganizational performance and continuity under ex post opportunism[J]. Management science,2003(12):1684-1701.
[32]RAVI PATNAYAKUNI, ARUN RAI, NAINIKA SETH. Relational antecedents of information flow integration for supply chain coordination[J].Journal of management information systems,2006(1):13-49.
[33]ANUPAM GHOSH, JANE FEDOROWICZ. The role of trust in supply chain governance[J].Business process management journal,2008(4):453-470.
[34]THOMAS Y CHOI, WU Z H. Triads in supply networks: theorizing buyer-supplier-supplier relationships[J].Journal of supply chain management,2009(1):8-25.
[35]GABRIELA ALVAREZ, COLIN PILBEAM, RICHARD WILDING. Nestle Nespresso AAA sustainable quality program: an investigation into the governance dynamics in a multi- stakeholder supply chain network[J].Supply chain management-an international journal,2010(2):165-182.
[36]VIVEK SOUNDARARAJAN, JILL A BROWN. Voluntary governance mechanisms in global supply chains: beyond CSR to a stakeholder utility perspective[J].Journal of business ethics,2016(1):83-102.
[37]ANNA NAGURNEY, KE KE, JOSE CRUZ, et al. Dynamics of supply chains: a multilevel (logistical/informational/financial) network perspective[J].Environment and planning B: planning and design,2002(29):795-818.
[38]PAULA M G, VAN VEEN-DIRKS, PETER J A VERDAASDONK. The dynamic relation between management control and governance structure in a supply chain context[J].Supply chain management-an international journal,2009(6): 466-478.
[39]ALAIN YEE-LOONG CHONG, KENG-BOON OOI, AMRIK SOHAL. The relationship between supply chain factors and adoption of e-collaboration tools: an empirical examination[J].International journal of production economics, 2009(1):150-160.
[40]JONG-DAE KIM, SANG-CHUN LEE. Dynamics of coordination mechanism in supply chain : exploratory study on a flat-glass company case[J].The journal of Korea research society for customs,2010(3):417-432.
[41]TERESA M, McCarthy-Byrne, JOHN T. Mentzer. Integrating supply chain infrastructure and process to create joint value[J].International journal of physical distribution & logistics management,2011(2):135-161.
[42]DUTCH FAYARD, LORRAINE S LEE, ROBERT A LEITCH, et al. Effect of internal cost management, information systems integration, and absorptive capacity on inter-organizational cost management in supply chains[J].Accounting organizations and society,2012(3):168-187.
[43]SUSANNE FREIDBERG. Calculating sustainability in supply chain capitalism[J].Economy and society, 2013 (4): 571-596.
[44]JAVIER GODAR, CLEMENT SUAVET, TOBY A GARDNER, et al. Balancing detail and scale in assessing transparency to improve the governance of agricultural commodity supply chains[J]. Environmental research letters, 2016 (3):035015-1~035015-12.
[45]CANDACE JONES, WILLIAM S HESTERLY, STEPHEN

P BORGATTI. A general theory of network governance: exchange conditions and social mechanisms[J].The academy of management review,1997(4):911-945.

[46]FERGUSON R J, PAULIN M, BERGERON J. Contractual governance, relational governance, and the performance of interfirm service exchanges: the influence of boundary-spanner closeness[J].Journal of the academy of marketing science,2005(2):217-234.

[47]PIETRO CUNHA DOLCI, ANTONIO CARLOS, GASTAUD MACADA, GERALD G GRANT. Exploring information technology and supply chain governance: case studies in two Brazilian supply chains[J].Journal of global information management,2015(3):72-91.

[48]JÖRG SYDOW, ARNOLD WINDELER. Organizing and evaluating interfirm networks: a structurationist perspective on network processes and effectiveness[J].Organization science,1998(3):265-284.

[49]KEITH G PROVAN, AMY FISH, JOERG SYDOW. Interorganizational networks at the network level: a review of the empirical literature on whole networks[J].Journal of management,2007(3):479-516.

[50]JAEHNE D M, LI M, RIEDEL R, et al. Configuring and operating global production networks[J].International journal of production research,2009(8):2013-2030.

[51]VERMEULEN W J V, METSELAAR J A. Improving sustainability in global supply chains with private certification standards: testing an approach for assessing their performance and impact potential[J].International journal of business and globalisation,2015(2):226-250.

[52]SUBRAMANI M. How do suppliers benefit from information technology use in supply chain relationships?[J].MIS quarterly,2004(1):45-73.

[53]GRANDORI A, SODA G. Interfirm networks - antecedents, mechanisms and forms[J].Organization studies, 1995(2):183-214.

[54]ERNST VERWAALA, MAURICE HESSELMANSA. Drivers of supply network governance: an explorative study of the dutch chemical industry[J].European management journal,2004(4):442-451.

[55]JENNIFER BAIR. Analysing global economic organization: embedded networks and global chains compared[J]. Economy and society,2008(3):339-364.

[56]JELTJE VAN DER MEER- KOOISTRA, ROBERT W SCAPENS. The governance of lateral relations between and within organisations[J].Management accounting research, 2008(4):365-384.

[57]ZHANG X Y, LUSINE H ARAMYAN. A conceptual framework for supply chain governance: an application to agri-food chains in China[J].China agricultural economic review,2009(2):136-154.

[58]CLODIA VURRO, ANGELOANTONIO RUSSO, FRANCESCO PERRINI. Shaping sustainable value chains: network determinants of supply chain governance models[J]. Journal of business ethics,2009(4):607-621.

[59]TZU-JU ANN PENG, NAN-JUH LIN, VERONICA MARTINEZ. Managing triads in a military avionics service maintenance network in Taiwan[J].International journal of operations & production management,2010(3-4):398-422.

[60]ROMY MORANA, STEFAN SEURING. A three level framework for closed-loop supply chain management-linking society, chain and actor level[J].Sustainability, 2011(4):678-691.

[61]COLIN PILBEAM, GABRIELA ALVAREZ, HUGH WILSON. The governance of supply networks: a systematic literature review[J].Supply chain management-an international journal,2012(4):358-376.

[62]LI Y J, ZHAO X K, SHI D, et al. Governance of sustainable supply chains in the fast fashion industry[J].European management journal,2014(5):823-836.

[63]EVANGELIA VAROUTSA, ROBERT W SCAPENS. The governance of inter-organisational relationships during different supply chain maturity phases[J].Industrial marketing management,2015(46):68-82.

[64]SARV DEVARAJ, LEE KRAJEWSKI, JELTY C WEI. Impact of eBusiness technologies on operational performance: the role of production information integration in the supply chain[J].Journal of operations management,2007(6):1199-1216.

[65]BARBARA B FLYNN, BAOFENG HUO, XIANDE ZHAO. The impact of supply chain integration on performance: a contingency and configuration approach[J].Journal of operations management,2010(1):58-71.

[66]JR R GLENN RICHEY, ANTHONY S ROATH, JUDITH M WHIPPLE, et al. Exploring a governance theory of supply chain management: barriers and facilitators to integration[J].Journal of business logistics,2010(1):237.

[67]MIGUEL HERNANDEZ-ESPALLARDO, AUGUSTO RODRIGUEZ- OREJUELA, MANUEL SANCHEZ- PEREZ. Inter- organizational governance, learning and performance in supply chains[J].Supply chain management- an international journal,2010(2):101-114.

[68]HEATHER SKIPWORTH, JANET GODSELL, CHEE YEW WONG, et al. Supply chain alignment for improved business performance: an empirical study[J].Supply chain

management-an international journal,2015(5):511-533.
[69]冉佳森,谢康,肖静华.信息技术如何实现契约治理与关系治理的平衡——基于D公司供应链治理案例[J].管理学报,2015(3):458-468.
[70]席酉民,曾宪聚,唐方成.复杂问题求解:和谐管理的大脑耦合模式[J]. 管理科学学报,2006(3):88-96.
[71]唐方成,马骏,席酉民.和谐管理的耦合机制及其复杂性的涌现[J].系统工程理论与实践,2004(11):68-75.
[72]高良谋,胡国栋.情感与计算:组织中的逻辑悖论及其耦合机制[J].中国工业经济,2013(8):96-108.
[73]席酉民,刘鹏,孔芳,等.和谐管理理论:起源、启示与前景[J].管理工程学报,2013(2):1-8.
[74]单子丹,高长元,李小雯.高技术知识转移的耦合体系与网络变迁:基于虚拟产业集群的仿真分析[J].管理评论,2015(9):29-39.
[75]张健.关于Granger因果分析的方法学研究[M].杭州:浙江大学出版社,2016:113.
[76]JAKOB RUNGE, JOBST HEITZIG, NORBERT MARWAN, et al. Quantifying causal coupling strength: a lag-specific measure for multivariate time series related to transfer entropy[J].Physical review E,2012(6):061121-1~061121-15.
[77]HENNING DICKTEN, KLAUS LEHNERTZ. Identifying delayed directional couplings with symbolic transfer entropy[J]. Physical review E,2014(6):062706-1~062706-10.
[78]吴莎,李锦,张明丽,等.基于改进的符号转移熵的心脑电信号耦合研究[J].物理学报,2013(23):439-444.
[79]INGH A,SAINI B S,SINGH D. Multiscale joint symbolic transfer entropy for quantification of causal interactions between heart rate and blood pressure variability under postural stress[J].Fluctuation and noise letters, 2015 (3): 15500313-1~15500313-15.
[80]ANGELIKI PAPANA, CATHERINE KYRTSOU, DIMITRIS KUGIUMTZIS, et al. Detecting causality in non-stationary time series using partial symbolic transfer entropy: evidence in financial data[J].Computational economics, 2016(3):341-365.
[81]赵振."互联网+"跨界经营:创造性破坏视角[J].中国工业经济,2015(10):146-160.
[82]刘正刚,李晓,田军.融合生态经济学的马克思主义经济科学初议[J].生态经济,2017(2):162-167.
[83]刘正刚,李晓,陈畴镛.企业产品服务系统外共生交易机制研究——传统按量支付交易模式和管理费机制定量对比分析[J].生态经济,2012(11):102-111.
[84]李晓,刘正刚.面向可持续发展的企业产品服务系统价值流管理[M].北京:中国社会科学出版社,2013:134-152,200-241.
[85]李晓,刘正刚,顾新建.面向可持续发展的企业产品服务系统研究[J].中国工业经济,2011(2):110-119.
[86]李晓,刘正刚.制造企业价值导向的云制造ERP研究[J].中国科技论坛,2014(4):93-98.
[87]LI X,GU X J,LIU Z J. A strategic performance measurement system for firms across supply and demand chains on the analogy of ecological succession[J]. Ecological economics,2009(12):2918-2929.

责任编辑:方程

Study on Supply Chain Intelligent Governance Mechanism Based on Blockchain Technology

LI Xiao[1] and LIU Zheng-gang[1,2]

(1.*Hangzhou Dianzi University*, *Hangzhou*, *Zhejiang*310018, *China*; 2.*Xi'an Jiaotong University*, *Xi'an*, *Shannxi*710049, *China*)

Abstract: Today, IT-based blockchain and products and society driven by Internet of Things has been integrated in a large intelligent network. To solve the problem of supply chain governance in new environment, such as the risk of opportunism and the problem of trust, we can learn from the decentralized and trustless blockchain Internet governance mechanism, which includes intelligent contract mechanism, consensus mechanism, award mechanism, safety and transparence mechanism, sharing mechanism, coordination mechanism, self-governance mechanism, and hierarchical structure mechanism, to develop the supply chain intelligent governance mechanism. Because both the supply chain governance and blockchain has the trend of integrating the value of usage and exchange, and there is the trend of multi-angle integration in the research of supply chain governance, the intelligent society is badly in need of the development of supply chain intelligent governance. The framework system of blockchain-based supply chain intelligent governance will try to reach the target of moderated matching (such as the matching between governance related factors and governance structure) and the intelligent realization of that, and the final target of perfect performance. The key of the Blockchain-based supply chain intelligent governance mechanism is the study on the coordination between the value of usage and exchange, and the coordination among the sustainable scale (structure), efficiency and fairness.

Key words: supply chain governance; blockchain; intelligent governance; governance mechanism; coupling; matching