

## • 供应链 •

文章编号: 1002-3100 (2020) 04-0132-04

# 基于区块链技术的垃圾逆向供应链信息平台构建

**Construction of Information Platform of Garbage Reverse Supply Chain Based on Blockchain Technology**

孙冬石, 郭 笛 (大连东软信息学院, 辽宁 大连 116023)

SUN Dongshi, GUO Di (Dalian Neusoft University of Information, Dalian 116023, China)

**摘 要:** 国内在垃圾治理工作中具有普遍问题, 即垃圾逆向供应链构建中由于信息不对称导致的供应链上下游协调失灵的问题。文章通过应用区块链技术, 构建垃圾逆向供应链信息平台。对信息平台上的主体接入、区块链类型选择进行分析, 设计概念模型和技术框架。信息平台的应用对加强废弃物再利用系统各主体的信息共享, 提升产品的标准化水平和公众认可度有重要价值。

**关键词:** 信息不对称; 垃圾逆向供应链; 区块链; 信息平台

**中图分类号:** F713.2 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.13714/j.cnki.1002-3100.2020.04.034

**Abstract:** There is a common problem in domestic waste management, that is the upstream and downstream coordination failure of waste reverse supply chain caused by information asymmetry. In this paper, through the application of blockchain technology, garbage reverse supply chain information platform is constructed. The paper analyzes the main access and blockchain type selection on the information platform, designs the conceptual model and technical framework. The application of information platform is of great value to strengthen the information sharing among the main bodies of the waste reuse system, and to improve the standardization level and public recognition of products.

**Key words:** information asymmetry; garbage reverse supply chain; blockchain; information platform

## 0 引 言

目前, 国内的垃圾分类运动开展得如火如荼, 通过垃圾分类管理, 从源头上保证对垃圾产生的污染进行限制, 改善居民生活环境质量。垃圾分类的另一个作用是减少垃圾处置量, 为垃圾的处理和再利用提供便利条件。但在实践中, 垃圾分类后的后续工作还有较大的提升空间, 现有的垃圾处理方式以焚烧和掩埋为主, 大量可再利用资源被浪费。

针对该问题, 比较理想的解决方案是构建垃圾分类驱动的废弃物逆向供应链 (以下简称垃圾逆向供应链), 源头减量、资源化利用、无害化处理并举, 实现前端分类、中间转运和终端处理环节的联动才可以在根源上形成垃圾处理的良性循环<sup>[1]</sup>。

构建垃圾逆向供应链的构建步骤如图 1 所示。由于垃圾逆向供应链的公益属性, 所以设计有效的激励机制, 使供应链的运作由垃圾分类驱动, 又能被市场需求拉动, 是供应链构建的重点和难点。另外, 垃圾分类的多样性使加工处理阶段的业务流程可能非常复杂, 需要供应链成员之间的高效协同, 并积极进行绿色技术创新和应用<sup>[2]</sup>。

但目前, 垃圾逆向供应链的成员之间存在着“信息孤岛”现象。

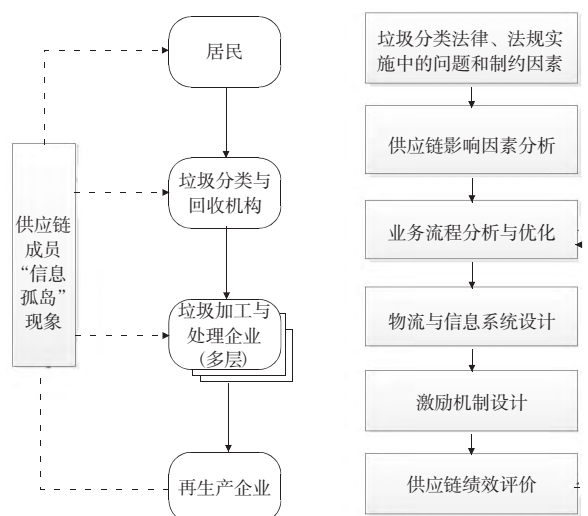


图 1 垃圾逆向供应链构建流程

收稿日期: 2020-02-04

基金项目: 大连市科协产业发展报告项目“大连市绿色技术发展优势与路径研究” (2019dlkx104)

作者简介: 孙冬石(1982-), 男, 辽宁锦州人, 大连东软信息学院, 副教授, 硕士, 研究方向: 供应链服务创新、智慧物流、博弈分析; 郭 笛(1990-), 女, 山东滨州人, 大连东软信息学院, 讲师, 硕士, 研究方向: 物流管理、系统仿真。

首先,没有有效的信息交流途径,受垃圾处理加工的复杂性影响,垃圾逆向供应链层次复杂,终端的市场需求如不能有效的传递,供应链上会出现严重的“牛鞭效应”。其次,逆向过程可追溯性差。随着在垃圾逆向供应链上各个层级之间的流转,垃圾的形态功能改变可能很大,如果对供应链中间各层垃圾处理商和粗精加工商的生产标准和加工流程不了解,末端的生产企业无法信任从逆向供应链中获得的生产原材料,消费者也可能对产品的质量担忧。可追溯性差会导致信任缺乏,使生产企业失去参与垃圾逆向供应链运营的动力<sup>[3]</sup>。最后,垃圾逆向供应链中每个环节都有自己的管理信息系统,但却缺乏统一的数据交换标准,在产品交接上将出现阻碍,深层次的技术共享、联合研发合作上更是困难重重。

实践经验证明,搭建一个供应链信息平台是有效的解决方式<sup>[4]</sup>,但垃圾逆向供应链的复杂性,使平台需要耗费巨大的成本,而垃圾处理的公益性又使供应链各环节都缺乏投资意愿,完全由政府主导又无法保证市场机制的有效运作,这也是阻碍垃圾逆向供应链发展的瓶颈因素之一。本文利用区块链技术,探讨构建新型供应链信息平台的可行性和方法,为垃圾逆向供应链协调提供解决方案。

## 1 文献研究

区块链技术在近几年得到了迅猛的发展<sup>[5]</sup>,我国在2019年发布了《区块链信息服务管理规定》,并将区块链列入战略性前沿技术超前布局,要求加快推动区块链技术和产业创新发展。区块链作为共享数据库,存储于其中的数据或信息,具有不可伪造、全程留痕、可以追溯、公开透明、集体维护等特征。基于这些特征,区块链技术奠定了坚实的信任基础,创造了可靠的合作机制,具有广阔的运用前景。

区块链在供应链领域已经有很多的研究成果。企业层面,沃尔玛、中兴云链、京东、中粮我买网应用区块链在供应链产品溯源方面进行了实践,并取得了很好的效果。在学术研究层面,Kshetri<sup>[6]</sup>通过11个案例探究区块链如何在不同阶段实现供应链管理的关键目标,如成本、质量、可靠性、风险降低和可持续性;Hackius和Petersen在线调查物流专家,据此介绍区块链在物流和供应链管理中的应用示范、阻力、推动因素和前景等;Kinra等以农产品供应链为例,研究何种类型的供应链更能从区块链中受益;Abeyratne和Monfared<sup>[7]</sup>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。

朱建明、付永贵<sup>[8]</sup>证明了区块链与供应链的结合可以借助信息系统集成实现,通过数字供应链、供应链多中心协同认证和智能合约等促进多方的商务合作;曾小青等<sup>[9]</sup>认为将区块链技术和无线射频RFID技术、物联网技术等新技术融合使用,能够实现农产品冷链、医药冷链的实时监控和安全溯源;汪传雷等<sup>[10]</sup>构建了以区块链为基础的供应链物流信息生态圈,认为区块链的去中心化特征可以使供应链中每个节点平等地进行信息的交换和储存工作,共识机制可以有效消除获取供应链信息的机会成本,基于区块链的智能合约记录并监督供应链的业务实施,并能够有效追溯产品运输的各类问题。

综上,区块链可以有效解决供应链运营中的问题,能够创建一个开放标准,成本低且易于采用,可以减少供应链结构复杂性,推动供应链重组与模式创新。与此同时,也应该看到区块链的应用会导致供应链上核心企业控制捆绑、供应链隔离和隐私安全等问题,且目前区块链在供应链上的应用也主要集中于农业及食品行业、医药行业和国际贸易领域上,在电子废旧商品的回收物流中有少量涉及,在全品类垃圾逆向供应链中还存在理论空白。但学者们的理论研究成果已经证明了区块链的优势对解决垃圾逆向供应链的痛点具有高度耦合性。如何扬长避短,在区块链视角下进行垃圾分类驱动的逆向供应链的构建与协调,是本文的研究目标。

## 2 基于区块链的垃圾逆向供应链信息平台构建

### 2.1 平台主体接入

要实现平台信息共享、数据可追溯、有效激励等功能,平台需要以下四类主体的接入。且由于平台接入的企业和机构数量庞大,为保证数据处理的高效,需要对各主体上链的信息进行筛选。

#### (1) 供应链运营主体

该主体包括垃圾逆向供应链的各级机构和企业。按照废弃品的处理流程梳理,包括:垃圾分类机构、驳运企业、废弃物处理机构(主要进行焚烧与掩埋等业务)、废弃物加工企业(包含预处理、粗加工、精加工等企业)、资源再利用企业(利用废弃物加工后的产品作为原材料的企业,其产品与市场对接)。

第一,垃圾分类机构。垃圾分类机构是垃圾逆向供应链的前端起点,其上链的信息关系到信息平台全域的有效性。其必须上链的信息包括:各类型垃圾的数量和状态信息、处理情况信息、暂存地信息、与驳运企业的交接信息。

第二,驳运企业。目前垃圾逆向供应链中的一个主要问题是,垃圾的精细化和驳运的粗糙之间的矛盾。所以驳运企业要上链的信息包括:与垃圾分类机构交接信息、与垃圾处理和加工企业交接信息、车辆信息、运输状态、驳运起止时间。

第三,废弃物处理机构。处理机构是废弃品的处理流程终点之一,直接关系到生态保护效果。上链的信息既要有助于政府进行环保监督,又要与其他主体对接,使绿色技术可以提升废弃物转化率,应包括:与驳运交接信息、处理数量、处理方法、残余物处理、污染物排放信息。

第四,废弃物加工企业。各级加工企业是废弃物循环转化的直接机构,关系到废弃物转入再利用渠道的比例。上链信息涉及到最终产品的质量,是垃圾供应链参与市场机制的基础,应包括:与驳运企业交接信息、业务流程上下游企业的交接信息、产品的数量质量信息、销售信息、库存管理信息、生产加工记录、产品质量检测证明、待研发技术信息。

第五,资源再利用企业。产品直接进入市场,与消费者直接接触,经营情况是供应链良性发展的基础。上链信息应对产品的质量进行保障,同时公开利润,便于供应链契约的设计,应包括:与加工企业交接信息、生产信息、出入库记录、质量证明、销售信息、产品存储要求、消费者评价、政府征信记录。

#### (2) 政府部门

政府部门的主要作用有两点:一是进行质量监管,由于垃圾逆向供应链终端产品的原材料来源是废弃物,供应链上的企业以次充好或产品不完全达标的门槛极低,政府部门必须参与监管;二是垃圾供应链前端的垃圾处理业务公益属性比例大,要保证供应链各环节协同,有蓬勃的生命力,政府部分必须参与激励机制的设计。上链信息要体现上述两方面的内容,应包括:监管审批流程结果信息、激励政策发布、投诉渠道、相关公报、奖惩通告。

#### (3) 科研机构

科研机构的作用是对垃圾逆向供应链上的关键技术进行研发,与企业构建产学研一体化合作联盟,其上链信息主要保证研发合作信息共享,应包括:合作企业信息、合作协议信息、技术研发进度信息、技术应用反馈。

#### (4) 中介机构

中介机构对垃圾逆向供应链的作用是提供第三方质量检测和信用评估机构,其上链信息应包括:检测报告、信用评价信息、企业经营情况、消费者评价。

### 2.2 区块链类型选择

信息平台上需要根据各主体的连接关系和供应链特点选择不同的区块链<sup>[2]</sup>。区块链的类型分为:封闭私有链、半公开私有链和公开链。其中,封闭私有链准入门槛最高,且必须有核心机构进行主导,节点的权限不平等,区块链上的识别、记账、信息共享等严格控制,通常是实体连接的主体内部或之间进行使用。而公开链是去中心化的区块链,任何人都可以加入节点,需要一定的激励机制才可保证运营,且信息交互速度较低。半公开私有链的特征介于封闭私有链和公开链之间。三种类型的区块链各有使用环境,根据垃圾逆向供应链的特点和主体的责任界定,本文构建的信息平台采用三种区块链联合使用的模式。

封闭私有链需要作为信息平台的基础数据来源。垃圾逆向供应链上的企业内部的基础数据识别、记账涉及到企业的机密和隐私。信息平台的主要功能是信息溯源、质量监督和技术共享,对于企业运营层面的信息不需要其他主体共享,所以,企业内部的区块链采用封闭私有链,便于内部控制。

企业与科研机构的技术合作、企业与中介机构的质量检测和信用评估需要企业提供筛选后的特定信息,需要企业与外部主体进行交互,并保证信息的不可篡改和可溯源性,且由于交互的频率需要一定的信息传输速度,适合应用半公开私有链。

政府与其他主体之间的关系主要是监管和激励,其交互的频率是最低的,是间断性、随机性的交互,其应用的信息范围和信息量也是最小的,但涉及的主体数量确是最多的,所以,这部分应用公开链是最适合的。

图2显示了各主体之间选择不同类型区块链的示意图。

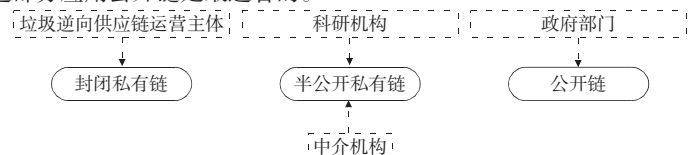


图2 不同主体选择区块链类型示意图

### 2.3 平台概念模型设计

由于信息平台的参与者众多,废弃物在供应链中的流转过程可能非常复杂,所以,不仅要利用区块链技术保证信息的可溯源、不可篡改,还要保证上链信息的客观性、准确性。物联网技术与垃圾逆向供应链的特性匹配性强,可以利用传感器、监视器等物联网设备在废弃物流转的重要节点进行信息的采集和与信息平台的接入,保证信息的及时、可靠。

利用物联网和区块链技术进行信息溯源的理论模型如下所示:

$$MIT = F_p(EN, G, QU, IOT, BC, O)$$

其中,MIT代表产品溯源信息, $F_p$ 为产品溯源信息影响函数,EN为供应链上各级企业,G为政府部门,QU为质量检测部门,IOT为物联网技术记录的数据,BC为区块链算法,O为其他人工溯源路径。利用该理论模型,构建垃圾逆向供应链信息平台概念模型如图3所示。

### 3 信息平台技术架构设计

本部分应用区块链的体系构架和关键技术,结合垃圾逆向供应链信息平台的功能需求进行平台技术架构设计。区块链的体系构架从上至下共7层<sup>[13]</sup>。

应用层是各主体之间按照信息逻辑连接进行信息自由交流的区域。信息平台通过该层实现物流、商流、资金流的信息记录,由于具体内容在平台主体接入部分已经描述,在此不再赘述。

合约层的核心是智能合约,通过嵌入的合约脚本和算法机制等实现。智能合约发生在不同主体之间,由脚本代码写入,具有智能触发的功能,防止环境干扰。智能合约大大提高主体间合作的效率,且规则公开,在半公开私有链中大量使用具体到本文研究的垃圾逆向供应链信息平台中,各主体之间应根据业务内涵构建的合适智能合约。供应链运营主体之间应构建智能采购合约、运输控制合约、仓储管理合约、延迟交货合约、智能退款和赔偿合约等提升业务流程的规范性和衔接流畅度;企业与科研机构之间应构建联合研发合约、智能投资合约、收益分享合约等保证双方的收益、减少企业投资风险、保护研发成果;企业与中介机构之间应构建信息保密合约、智能检测合约等保证质量认证等业务的顺利开展;主体与政府之间构建智能处罚合约、





图3 垃圾逆向供应链信息平台概念模型

智能监督合约等保证政府监管和数据追溯的进行。智能合约的构建需根据平台业务的开展进行动态的调整。

激励层为资源的激励手段，以保证实现网络的去中心化，同时保证各节点可以有效地获取所需的信息。主要需要设计资源的发布机制和调节机制，保证信息查询、数据验证和交互功能的实现。本文构建的信息平台中在激励层的构建无特殊要求，参考现有区块链技术的成果即可。

共识层中的共识算法保证区块链的抗风险能力和去中心化的功能。不同的算法机制有不同的适用范围，已经有十几种主流的共识机制，如比特币应用的工作量证明（PoW）、点点币的股份证明（PoS）、央行数字票据交易平台应用的实用拜占庭容错 PBFT 等。根据本文构建的信息平台功能要求，在现有的共识算法中建议使用消逝时间量证明（PoET）。当然在投资和研发能力充足的条件下可以自主研发与信息平台完全匹配的共识算法，研发的方向主要针对体现时间戳的可靠性和主体之间的关联互验。

网络层、数据层和数据基础设施层无特别的构建要求。基于区块链技术的垃圾逆向供应链信息平台技术架构如图4所示。

#### 4 结 论

本文对垃圾逆向供应链构建中的“信息孤岛”现象，引入区块链技术构建供应链信息平台，可以增加供应链端到端的数据透明度，降低交易成本，对垃圾在供应链中运转的信息不可追溯问题和由于信息不对称导致的供应链上下游之间的信任问题及其他可能的导致供应链协调失灵的情况进行预警测评并提出解决方案。使垃圾分类、垃圾回收、垃圾处理、垃圾加工和垃圾再利用等环节更高效协同，提高垃圾逆向供应链一体化运营效率。

应用层	供应链运营主体、科研机构、政府部门、中介机构		
合约层	脚本代码	算法机制	智能合约：供应链运营主体之间的合约、企业与其他主体之间的合约
激励层	发布机制、调节机制		
共识层	PoET 或定制共识机制		
网络层	P2P 网络、验证机制、网络接入管理		
数据层	交易数据模块、时间戳、HASH 算法、Merkle 树、非对称加密、链式结构		
数据基础设施层	计算服务、存储服务、网络服务、运维服务、虚拟化服务		

图4 信息平台技术架构

#### 参考文献：

- [1] 田厚平, 刘长贤. 双重信息不对称下销售渠道双目标混合激励模型[J]. 管理科学学报, 2011,14(3):34-47.
- [2] 张汉江, 余华英, 李聪颖. 闭环供应链上的回收激励契约设计与政府补贴再制造政策的优化[J]. 中国管理科学, 2016,24(8): 71-78.
- [3] Indranil Biswas, Balram Avittathur, Ashis K Chatterjee. Impact of structure, market share and information asymmetry on supply contracts for a single supplier multiple buyer network[J]. European Journal of Operational Research, 2016,253(3):67-78.
- [4] 朱道立, 崔益明, 陈姝妮. 逆向物流系统和技术[J]. 复旦大学学报 (自然科学版), 2003(5):673-679.
- [5] 国家工信部信软司. 中国区块链技术和应用发展白皮书[Z]. 2016.
- [6] Nir Kshetri. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives[J]. International Journal of Information Management, 2018,39(6):145-161.
- [7] Abeyrane 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.
- [8] 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, 2016,2(1):27-33.
- [9] 曾小青, 彭越, 王琪. 物联网加区块链的食品安全追溯系统研究[J]. 食品与机械, 2018,34(9):100-105.
- [10] 汪传雷, 万一荻, 秦琴,等. 基于区块链的供应链物流信息生态圈模型[J]. 情报理论与实践, 2017,40(7):115-121.
- [11] 邵奇峰, 金澈清, 张召,等. 区块链技术：架构及进展[J]. 计算机学报, 2018,41(5):969-988.
- [12] 朱岩, 甘国华, 邓迪,等. 区块链关键技术中的安全性研究[J]. 信息安全研究, 2016,2(12):1090-1097.
- [13] 谢辉, 王健. 区块链技术及其应用研究[J]. 信息网络安全, 2016(9):192-195.