

区块链在食品接触用塑料包装溯源系统的应用

刘金鹏¹, 赵红², 刘新星¹, 刘博¹, 王青¹

(1.河北省环保产品质量监督检验研究院(国家环保产品质量监督检验中心), 石家庄 050091;

2.齐齐哈尔大学 轻工与纺织学院(亚麻加工技术教育部工程中心), 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: **目的** 为了解决食品接触用塑料包装在整个流通过程中信息不全面、不及时、易篡改、追溯数据真实性和完整性无法保证等问题, 提出一种基于区块链的二维码技术, 应用于食品接触用塑料包装溯源管理系统。**方法** 从目前区块链的应用分析, 对区块链技术在食品接触用塑料包装溯源管理相结合的可行性和必要性进行分析。**结果** 解决了传统食品接触用塑料包装数据容易被篡改、盗用和真实性不足等问题, 实现了食品接触材料全过程数据溯源, 保证了食品质量安全。**结论** 可将区块链技术应用用于追溯系统的数据存储、信息传递及验证模式。

关键词: 区块链; 食品接触用塑料包装; 典型应用; 互联网

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)17-0165-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.17.023

Application of Blockchain in Plastic Packaging Traceability System for Food Contact

LIU Jin-peng¹, ZHAO Hong², LIU Xin-xing¹, LIU Bo¹, WANG Qing¹

(1.Hebei Research Institute of Environmental Products Quality Supervision and Inspection (China National center for Quality Supervision and Test of Environmental Protection Products), Shijiazhuang 050091, China;

2.College of Light Industry and Textile (Engineering Center of Flax Processing Technology, Ministry of Education), Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

ABSTRACT: This paper aims to present a blockchain-based traceability management system for plastic packaging for food contact to solve the problems of incomplete, untimely, easy-to-tamper, and unguaranteed authenticity and integrity of tracing data in the whole circulation process of plastic packaging for food contact. This paper analyzed the feasibility and necessity of combining the blockchain technology with traceability management of plastic packaging for food contact from the application of blockchain at present and from the aspects of technical principle. It made up for the problems of traditional plastic packaging data easy to be tampered, embezzled and lack of authenticity, released whole-process traceability of materials for food contact and guaranteed food safety. The blockchain technology can be applied to the data storage, information transfer, and verification modes of traceability systems.

KEY WORDS: blockchain; plastic packaging for food contact; typical application; Internet

中共中央政治局2019年10月24日就区块链技术发展现状和趋势进行了第十八次集体学习,会上总书记习近平强调,要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口,明确主攻方向,加大投入力度,着力

攻克一批关键核心技术,加快推动区块链技术和产业创新发展。

当前,食品安全是民生重中之重,而影响食品安全的因素除食品本身外,与食品接触的食品接触材料

收稿日期: 2020-03-16

基金项目: 黑龙江省优势特色学科专项项目(YSTSXK201857); 黑龙江省科技厅基本业务费科研项目(135309513)

作者简介: 刘金鹏(1985—),男,高级工程师,主要研究方向为食品接触材料。

同等重要,因此,建立食品接触材料的可追溯体系至关重要。

在近几年,食品事件层出不穷,除食品本身因素外,食品接触材料也发生了个别案例,食品接触材料的安全性和可追溯性关联甚大。在食品接触材料质量安全问题上,整个生产、流通、使用(消费)全流程都很重要,如信息传递不对等,传递不畅,交易双方之间的信任发生问题等,这也是食品接触材料及其安全问题发生的部分根源所在。

食品接触材料的追溯系统是解决信息不对称的关键技术手段。GB 4806.1—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求》^[1]中第8部分产品信息中规定了食品接触材料标识的相关要求,对食品接触材料的信息传递、可溯源性有了规范性要求。在实际使用过程中,仍存在许多问题,如数据在存储、传递及展示过程中存在一些信息被篡改的可能性,信息传递不及时,重要信息缺失等问题;同时,在整个流程中的诸多环节中,存在人工作业的状态,对于信息提供者而言,其可以选择性地屏蔽对自己不利信息。

1 区块链相关知识介绍

区块链(Blockchain)是指通过去中心化和去信任方式集体维护一个可靠数据库的技术方案^[2]。该方案特点是在一个区间时间内全部事务通过密码学算法计算出来并记录到一个数据块中,生成该数据块的Hash用于链接下个数据块,整个系统节点共同检验数据真伪,并且每个区块内容由后续区块保证内容不可被篡改^[2]。各个参与节点可以在新区块确认及奖励分配上达成共识,从而逐渐形成的一个庞大、去中心化的公开账本^[3]。

1.1 区块链特点

结合区块链概念及相关网络介绍,总结出区块链有4个特点:开放、共识;去中心、去信任(认可);交易透明、双方匿名;不可篡改、可追溯^[2]。

1.2 区块链分类

目前,区块链分为3类:公有区块链(public Blockchain)、联盟区块链(consortium Blockchain)、私有区块链(private Blockchain)^[3]。

2.3 区块链的技术架构

通过对特征和分类的分析,可以得出区块链的技术架构见图1。

从图1可看出,整个技术构架共分5层:应用层、激励层、共识层、网络层、数据层。每层功能:应用层为用户完成相关交易功能;激励层提出发行机制和分配机制;共识层用于共识机制的达成;网络层为完

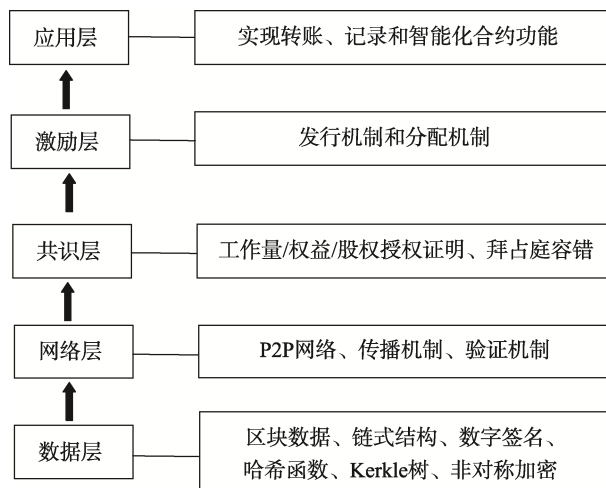


图1 区块链的技术构架

Fig.1 Technical framework of blockchain

成共识算法、加密签名、数据存储等工作;数据层为储存所有数据和信息。

2 相关工作

区块链技术自2008年因一个名为“中本聪”的学者发表的一篇有关比特币的文章开始出现至今^[4],经历了区块链1.0“可编程货币”、区块链2.0“可编程金融”、区块链3.0“可编程社会”3个发展阶段^[5],其应用场景也从最初的数字货币扩展到医疗、金融、教育、物流供应链等更多的领域^[6]。

2018年Miguel Pincheira Caro等^[7]提出一种集成区块链技术和物联网的可用于农产品供应链管理的完全分散式可追溯系统AgriBlockIoT,此系统设计并部署一个“从农场到餐桌”的经典食品可追溯场景,分别使用Ethereum和Hyperledger Sawtooth 2种不同的区块链平台实现,并根据延迟、CPU负载和网络的使用情况对2种系统性能进行分析评估和比较。此系统将整个农产品供应链中物联网设备产生的有效数据信息存储到底层的区块链中,利用区块链技术保证交易记录的容错性、不变性、透明性和可追溯性。2019年QILIN等^[8]提出并在以太坊上开发了一种基于区块链和EPC信息服务的食品溯源系统,此系统利用区块链技术可追溯、时间戳及防篡改的特点结合智能合约和共识机制对整个食品供应链中的有效数据进行准确记录、共享及特定追踪,防止信息交互过程发生数据篡改和信息泄露等问题,用于有效检测和预防食品安全问题并追究责任。

相比较以上对食品溯源的重视,食品接触用塑料包装领域也同等重要。随着发展,信息型智能包装的发展可实现包装本身的出厂、运输、食品储存、运输、使用等全环节的质量安全、环境、参数信息进行追踪,为食品的安全提供更高强度保障^[9]。

在2016年11月18日,国家卫健委发布了食品

接触材料的 53 项食品安全国家标准。GB 4806.1—2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求》^[1]和 GB 31603—2015《食品安全国家标准 食品接触材料及制品生产通用卫生规范》^[10]中均强调了产品追溯和召回要求^[11]。

一个安全可靠的溯源系统是必不可少的。目前在食品接触用塑料包装领域的溯源系统研究较少, 仅仅为人工管理, 人工溯源, 虽说成本较低, 但是不能满足全程数据存储去中心化、信息全面且防篡改这些要求。区块链技术在食品接触用塑料包装管理和溯源领域的应用具有独特优势: 区块链技术的去中心化和分布式存储特性可保证数据信息的公开透明性和数据流的完整可靠性; 区块链技术可追溯和数据防篡改的特点可以有效解决供应链中的假冒伪劣问题; 区块链技术数据防篡改和时间戳的特点可以实现举证和追责, 解决各参与方的纠纷^[12]。结合区块链的技术优势和目前食品接触用塑料包装溯源系统的不足, 文中意在设想提出一种基于区块链的食品接触用塑料包装管理和溯源系统。

此系统与传统管理和溯源系统相比有如下创新: 解决了在全过程管理中数据存储易篡改问题, 保证数据准确性; 结合区块链的链码功能加入包装产品的流通信息和使用信息; 保证数据的私密性。

区块链的食品接触用塑料包装管理和溯源系统与传统管理和溯源系统相比, 有着费用相对较高的缺点。虽然塑料包装行业单个成品价格较低, 但是由于包装行业出厂时以批为计量单位, 而每批都以万个为基础, 平均到单个样品成本较低, 同时, 从安全成本

角度、更易管理等方面, 反而提升了产品质量安全, 降低了人工成本, 企业更愿意接受此模式的溯源管理系统。

3 系统模型

3.1 系统流程

参考了区块链在其他领域的设计流程见图 2。设计的整体设想流程, 包括 Fabric 网络环境搭建、链码开发、客户端开发及食品接触用塑料包装的信息上传和查询。

1) Fabric 环境多机部署及链码开发。根据系统需求, 部署 Fabric 环境, 根据使用环境, 系统环境配置有 2 个组织, 分别对应食品接触用塑料包装生产厂家、食品厂 2 个场景, 如果需求中间需要加入经销商一个现实场景, 3 个组织共用一个通道, 每个组织安装不同的链码以实现不同的组织对塑料包装产品的不同功能操作。

2) 塑料包装出厂信息上传。塑料包装在塑料包装厂被生产和包装后, 出厂时塑料包装的外包装上会有唯一的产品信息溯源码。在塑料包装流通到经销商和食品厂这 2 个组织时, 根据各组织节点上安装链码的功能, 以包装溯源码为键, 在终端或客户端用各个组织内经过认证的用户账号分别将包装的生产信息、流通信息及使用信息上传到 Fabric 区块链。

3) 塑料包装溯源系统查询。中间商、食品厂在采购、使用塑料包装时, 使用经过组织 2 认证或者组

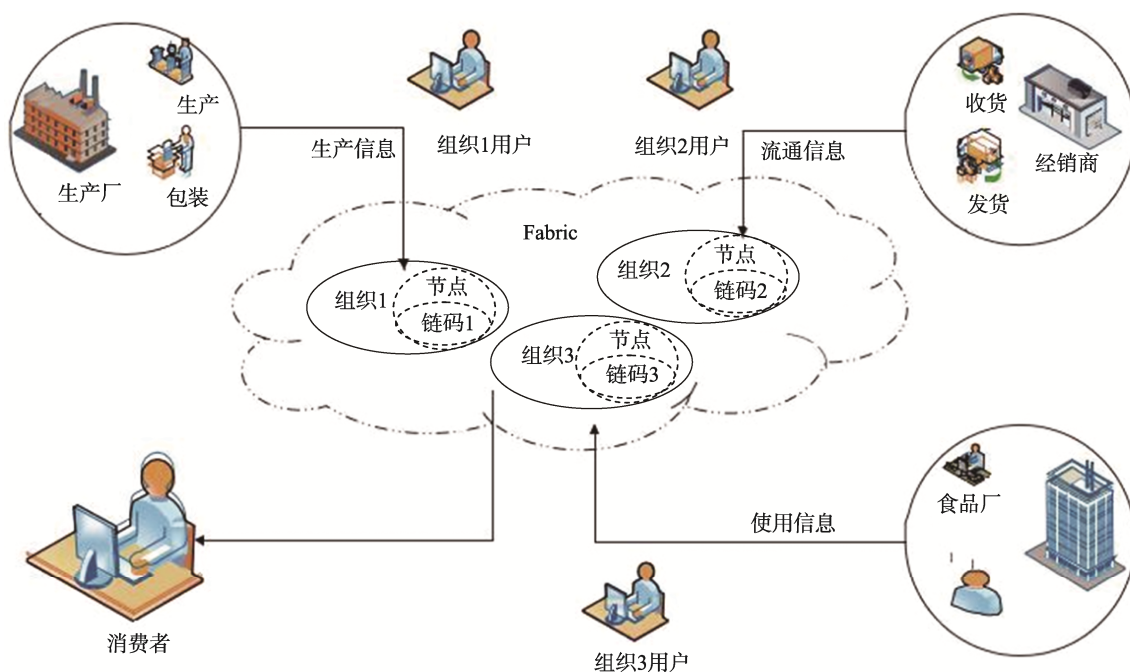


图 2 系统流程

Fig.2 System flow chart

织 3 认证的用户账户登录塑料包装区块链防伪溯源平台,输入包装溯源码,即可根据页面信息查询所使用的批包装的从生产到使用各个阶段的溯源信息,此过程可通过链码 2 和 3 实现。

3.2 系统框架

此次设想系统框架模型包括 Fabric 网络环境模块、智能合约模块和 WEB 服务和客户端开发模块 3 个部分^[13]。具体架构设计见图 3。

Fabric 网络环境模块包括数据层和网络层,它的功能是对数据采集部分采集到的包装数据进行存储。其中数据层是区块链的核心部分,用于将包装流通过程中产生的数据加密后上传到区块链^[14];网络层是 Fabric 区块链平台信息传输的基础,包括共识机制、P2P 网络及网络中的数据验证机制^[15];数据采集部分需要采集的数据包括包装的生产信息、物流信息及使用信息,其采集数据的具体分类见图 4。此处显示的塑料包装信息即为系统需要上传和查询所得的信息。

4 系统功能实现

整个包装溯源系统实现需要三大功能模块:网络环境、智能合约、Web 服务及客户端开发 3 个模块功能的合作实现,以下将会对 3 个模块详细介绍其功能。

4.1 Fabric 网络环境模块

网络环境模块主要功能为创建全流程所需组织节点,将食品用塑料包装的各种数据信息上传至区块

链。根据图 2 所示的系统流程图部署 Fabric 环境,使用配置文件的方法创建组织节点,并通过 Fabric 的模块生成证书和数据文件以及系统和通道的创始块,最后开启 orderer 节点和 peer 节点,创建通道并将节点加入通道,完成包装防伪溯源系统的 Fabric 网络环境多机部署,以便用来实现包装数据的存储及查询,确保数据的真实性及完整性。根据系统需求,其配置信息中的组织标识符和组织 ID 及后续所安装的链码名字^[12],见表 1。

4.2 智能合约模块

基于区块链的包装防伪溯源系统的智能合约模块封装的是塑料包装数据存储和查询的链码。一段完整的链码包含链码代码和链码管理命令 2 部分。链码代码是功能业务的承载体,负责具体的业务逻辑与身份认证。链码管理命令负责链码的部署、安装、调用等工作,命令中包含操作对象的数据信息;通过整体分析,运用在塑料包装防伪溯源系统上的链码具体结构见图 4^[16]。

信息管理主要作用为与同一通道中的其他节点上的链码进行通信,命令交互;功能实现是实现包装信息的上传和查询。

管理命令层包含每一个操作对象的数据信息,链码名和通道名是此次操作命令需要指定的链码和通道;身份证明是指验证此次操作的用户身份,保证发起此次命令的用户是经过组织证书认证的;关键溯源信息则包括此包装从生产到使用的所有上传到区块链上的信息,或者是查询所需要提交的包装溯源码^[12]。

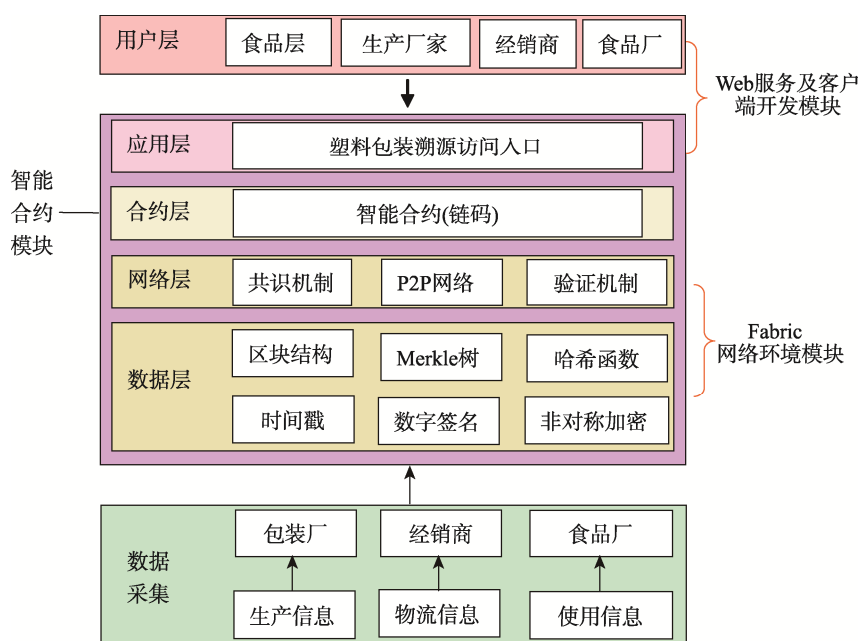


图 3 系统框架模型

Fig.3 System framework model

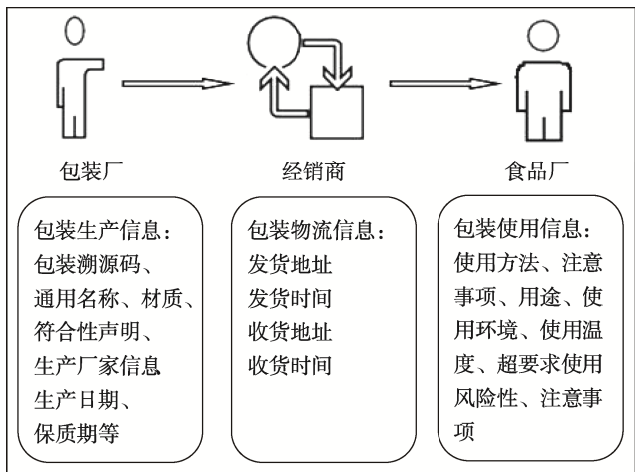


图 4 数据分类
Fig.4 Data classification

表 1 包装防伪溯源系统组织信息
Tab.1 Organization information of packaging anti-counterfeiting traceability system

机构名称	组织标识符	组织 ID	链码名称
包装厂	Org1	Org1 MSP	c_factory_cc
经销商	Org2	Org2 MSP	c_dealer_cc
食品厂	Org3	Org3 MSP	cc_food factpry_cc

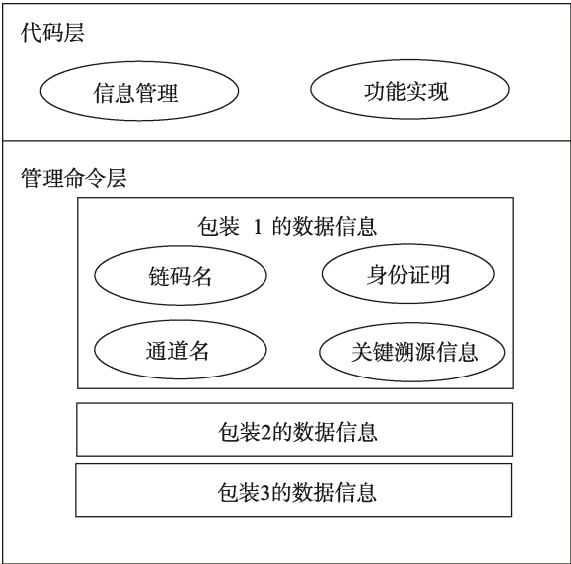


图 5 链码结构
Fig.5 Diagram of chain code structure

4.3 Web 服务及客户端开发模块

基于区块链的塑料包装防伪溯源系统的前端界面主要包括查询入口界面及信息显示界面。其中模块开发程序主作用链接食品厂在使用包装过程中发送的信息查询需求，与 Fabric 区块链进行交互。Web 服务及客户端开发模块的 2 个主要功能就是对数据进行收集、处理，以及及时地显示经过处理后的数据。

以食品厂查询一批包装材料为例，食品厂在客户终端发起信息查询要求，客户终端会根据查询需求进行服务器请求，服务器端在接收请求后会运行 Web 服务代码调用 Fabric 区块链上的链码进行查询，服务器会把塑料包装材料溯源信息数据反馈给食品厂。

5 溯源结果信息的查询与分析

在正向查询时，每种产品都有一个溯源码，当食品厂作为发起者查询时，添加包装溯源码后发送溯源请求，相对应的节点链码就会及时启动，开始查询，就可得到包装从生产到使用的全部溯源信息。以一次性餐饮具为例，假设一批一次性餐饮具对应的的溯源码为 00101，按照系统要求输入 package_id=00101 包装的查询请求，就可得到此批一次性餐饮具的溯源信息，具体情况见图 6。

产品溯源码：	00101
产品名称：	一次性塑料餐饮具
制造商：	****有限公司
生产日期/有效期：	2019 年 1 月 1 日
产品材质：	PP（两种原料组成：一种编号为 74，均聚物；一种编号 29、丙烯与 1-丁烯聚合物）
出生产厂日期：	2019.1.1
入库日期：	2019.1.10
联系方式：	0311-111111
联系方式（适用时）：	至少应该有一个
产品使用说明：	1. 食品包装用：可接触水性、酸性、油脂类食品。 2. 接触食品温度<100℃，不得重复使用。 3. 可耐微波，温度为 100℃。
符合法规：	产品符合 GB 4806.1-2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求》、GB 9685-2016《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准》和 GB 4806.6《食品安全国家标准 食品接触材料及制品用塑料树脂》、GB 4806.7-2016《食品安全国家标准 食品接触用塑料材料及制品》适用于本产品的相关要求。产品生产过程符合 GB 31603-2015《食品安全国家标准 食品接触材料及制品生产通用卫生规范》要求。
法规符合性说明：	产品对上述法规技术指标的符合情况见附件。
免责声明：	我对所提供产品试样、产品信息、测试报告的真实性和配方的变更负法律责任。产品使用者对正确使用该产品负有法律责任。

图 6 包装溯源信息查询界面
Fig.6 Query interface table for packaging traceability information

在逆向查询时，可根据已知信息内容，查询相关内容，如知道原料供应商名称时，可单独输入名称，相关信息可及时查询，如生产日期、出厂编号、自检报告等内容。

6 结语

文中从食品接触用塑料包装的实际应用情况，结合国家标准中对标签标识的信息要求，以及日常监管、监督检查中发现溯源难的问题，结合近年区块链技术的快速发展，设计了一个基于区块链的食品用塑料包装信息溯源系统。以 Fabric 区块链平台为基础，对塑料包装的生产、运输、使用全过程进行数据溯源追踪，以保证精准使用，确保产品质量安全。食品厂使用者通过客户端对包装的唯一性产品溯源码进行

信息查询,得到此塑料包装的溯源信息,结合以太网的快速网络响应,设计此方案比较可行有效。区块链技术溯源技术的结合应用,填补了食品接触用塑料包装溯源系统的空白。利用区块链技术去中心化的公共账簿技术,弥补了传统技术数据容易被篡改、盗用和真实性不足等问题,实现全过程追溯,且可追溯到链上的每一个参与者,完善了经营者的流通内容,提高了产品信息的透明度。Fabric 中基于证书认证的账号体系结合链码功能可保证数据隐私性,使信息仅为链上参与者查看,保证个人信息不被泄露,同时,结合区块链技术在食品接触用塑料包装溯源领域的应用,可增加塑料包装生产企业的信誉度,提升业务的竞争力,品牌的影响力,可带来附加效益。

参考文献:

- [1] GB 4806.1—2016, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求[S].
GB 4806.1—2016, National Standards for Food Safety, General Safety Requirements for Food Contact Materials and Products[S].
- [2] 杨德昌, 赵肖余, 徐梓潇, 等. 区块链在能源互联网中应用现状分析和前景展望[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(13): 3664—3671.
YANG De-chang, ZHAO Xiao-yu, XU Zi-xiao, et al. Analysis of the Application Status and Prospect of Blockchain in Energy Internet[J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(13): 3664—3671.
- [3] 谭磊, 陈刚. 区块链 2.0[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016: 97.
TAN Lei, CHEN Gang. Blockchain 2.0[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016: 97.
- [4] NAKAMOTO S. Bitcoin: A Peer-to-peer Electronic Cash System[EB/OL]. <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [5] 何蒲, 于戈, 张岩峰, 等. 区块链技术与应用前瞻综述[J]. 计算机科学, 2017, 44(4): 1—7.
HE Pu, YU Ge, ZHANG Yan-feng, et al. A Prospective Review of Blockchain Technology and Application[J]. Computer Science, 2017, 44(4): 1—7.
- [6] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报, 2016, 42(4): 481—494.
YUAN Yong, WANG Fei-yue. Blockchain: The State of the Art and Future Trends[J]. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481—494.
- [7] CARO M P, ALI M S, VECCHIO M, et al. Blockchain-based Traceability in Agri-food Supply Chain Management: A Practical Implementation[C]// 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany(IOT Tuscany), 2018: 1—4.
- [8] LIN Q, WANG H, PEI X, et al. Food Safety Traceability System Based on Blockchain and Epcis[J]. IEEE Access, 2019, 7: 20698—20707.
- [9] 王艳娟, 王桂英, 王艺萌. 食品类智能包装技术研究进展[J]. 包装工程, 2018, 39(11): 6—12.
WANG Yan-juan, WANG Gui-ying, WANG Yi-meng. Research Progress of Food Intelligent Packaging Technology[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(11): 6—12.
- [10] GB 31603—2015, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品生产通用卫生规范[S].
GB 31603—2015, National Standards for Food Safety, General Hygienic Standard for the Production of Food Contact Materials and Products[S].
- [11] 商贵芹, 姜欢, 刘桂华, 等. 中国食品接触材料新食品安全国家标准[J]. 包装工程, 2017, 38(15): 106—110.
SHANG Gui-qin, JIANG Huan, LIU Gui-hua, et al. China's New National Food Safety Standards for Food Contact Materials[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(15): 106—110.
- [12] 禹忠, 郭畅, 谢永斌, 等. 基于区块链的医药防伪溯源系统研究[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(3): 35—41.
YU Zhong, GUO Chang, XIE Yong-bin, et al. Research on Pharmaceutical Anti-counterfeiting Traceability System Based on Blockchain[J]. Computer Engineering and Applications, 2020, 56(3): 35—41.
- [13] 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.
SHAO Qi-feng, JIN Che-qing, ZHANG Zhao, et al. Blockchain Technology: Architecture and Progress[J]. Journal of Computer Science, 2018, 41(5): 969—988.
- [14] LU Q, XU X. Adaptable Blockchain-based Systems: A Case Study for Product Traceability[J]. IEEE Software, 2017, 34(6): 21—27.
- [15] 肖丽, 谭星, 谢鹏, 等. 基于区块链技术的中药溯源体系研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(11): 2762—2764.
XIAO Li, TAN Xing, XIE Peng, et al. Research on Chinese Medicine Tracing System Based on Blockchain Technology[J]. Shi Zhen National Medicine, 2017, 28(11): 2762—2764.
- [16] WANG S, OUYANG L, YUAN Y, et al. Blockchain-enabled Smart Contracts: Architecture, Applications, and Future Trends[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2019, 49(11): 1—12.