

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.S0.059

基于区块链技术的现代农产品供应链

于丽娜^{1,2} 张国锋^{3,4} 贾敬敦^{3,4} 高万林^{3,4} 张港红^{3,4} 陶莎^{3,4}

(1. 中国科学院半导体研究所, 北京 100083; 2. 中国科学院大学微电子学院, 北京 100049;

3. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 4. 农业部农业信息化标准化重点实验室, 北京 100083)

摘要: 区块链技术具有去中心化、分布式存储、开放透明、共识机制、安全性、信息加密、匿名性等特点, 为实现现代农产品供应链价值增值提供了重要途径。通过解析农产品、物流、农产品物流、供应链、农产品供应链的概念和内涵, 进一步明确了农产品供应链及其业务逻辑, 指出了目前农产品流通中存在的问题, 并通过分析区块链技术的概念、技术特点和架构, 面向农产品供应链需求, 提出了基于区块链的农产品供应链逻辑架构, 讨论了架构中的信息流和资金流, 为基于区块链的农产品供应链相关研究提供有益的启发与借鉴。

关键词: 农产品; 供应链; 区块链; 去中心化; 信息安全

中图分类号: O657.3; S123 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)S0-0387-07

Modern Agricultural Product Supply Chain Based on Block Chain Technology

YU Li'na^{1,2} ZHANG Guofeng^{3,4} JIA Jingdun^{3,4} GAO Wanlin^{3,4} ZHANG Ganghong^{3,4} TAO Sha^{3,4}

(1. Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China

2. School of Microelectronics, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

4. Key Laboratory of Information and Standardization, Ministry of Agriculture, Beijing 100083, China)

Abstract: The features of block chain technology, including decentralization, distributed storage, open, transparent, consensus mechanism, security, information encryption and anonymity, which provides an important way to improve the value of modern agricultural products supply chain. Through analyzing the concepts and connotations of agricultural products, logistics, agricultural products logistics, supply chain and agricultural product supply chain, this paper further defines the supply chain of agricultural products and its business logic. The problems existing in the circulation of agricultural products were analyzed and pointed out. With the demand of agricultural product supply chain, this paper analyzes the concept, technical characteristics and structure of block chain technology, and put forward the logic structure of agricultural product supply chain based on block chain. Furthermore, the information flow and capital flow in the processed architecture were discussed. This study provides useful inspiration and reference for the study of supply chain of agricultural products based on block chain.

Key words: agricultural products; supply chain; block chain; decentralization; information security

引言

2009年至今,区块链技术从区块链1.0时代发展到区块链3.0时代,从数字货币的专用技术到社会领域的开放技术,呈现出了跨越式发展,技术的成熟带来了应用的不断扩展,为现代农产品流通创造了新的契机。在探究基于区块链技术的现代农产品

供应链之前,首先分析农产品、物流、农产品物流、供应链、农产品供应链的有关概念和内涵。

农产品一般是指农业生产过程中产生的,未经加工或经过初级加工的,人类日常生活所需的粮食、蔬果、畜禽、奶类、蛋类、菌类、水产品等^[1]。物流是商品在买卖过程中使用价值的转移,具体表现为商品运输、储存、加工、整理、分级和质量检验、包装、装

收稿日期: 2017-07-20 修回日期: 2017-11-20

基金项目: 国家星火计划项目(2015GA60002)

作者简介: 于丽娜(1983—),女,博士后,主要从事智慧农业相关技术研究,E-mail: yulina@semi.ac.cn

通信作者: 高万林(1965—),男,教授,博士生导师,主要从事农业信息化技术研究,E-mail: cau_szmyjs@163.com

卸等商品的实体转移,它改变了商品的空间位置和外表形态,是生产过程在流通过程的继续。农产品物流是指为了满足消费者需求而进行的农产品物质实体及相关信息从生产者到消费者之间的物流性流动,包括农产品收购、运输、装卸、搬运、包装、配送、流通加工、信息处理一系列环节,并在这一过程中实现农产品的增值^[2]。供应链没有一个明确的概念,供应链是企业从原材料的采购、生产、运输、加工、分销直到最终送达消费者手中的业务流程^[3-5]。农产品供应链也没有统一的定义,一般定义为:从田间到餐桌的整个过程^[2]。

通过上述分析可知,农产品需要物流来实现空间的转换,农产品在生产过程中既是原材料又需其他原材料,物流需要供应商、制造商、分销商、零售商共同参与,整个过程同时要实现使用价值的转移和经济价值的增值。农产品供应链是通过前端和末端反馈的信息流、物流、资金流进行农产品生产、采购、原材料加工、运输和分销,从而把生产者、供应商、批发商、销售商和最终顾客连载一起的整合性的网络结构模式^[6]。如何使得农产品供应链进入良

性循环,实现供应链整体价值最大化已成为现代农产品流通领域研究的重要课题。

本文详细分析农产品供应链现状,深入剖析区块链技术的概念、技术特点和技术架构,并在此基础上,面向农产品供应链需求,提出基于区块链的农产品供应链逻辑架构,以期采用区块链技术建设农产品供应链平台提供支撑。

1 农产品供应链现状分析

农产品供应链是在农业产前、产中、产后所有阶段,参与者以生产者和消费者不同角色参与,实现农产品(包含农资等所需原材料)在农业生产者(如农户、生产基地等)、农资/农服企业、批零销售市场(如超市、零售商、农贸市场)、监管机构、终端消费者之间的供应流通,衔接农产品生产、加工、运输、销售等多环节,整合物流、资金流、信息流为一体,建立由农产品供应商、制造商、分销商、零售商直到终端消费者构成的链式结构网络,强调参与者之间信息共享、风险共担、业务整合,实现价值的增值并最终实现供应链“多赢”,如图1所示。

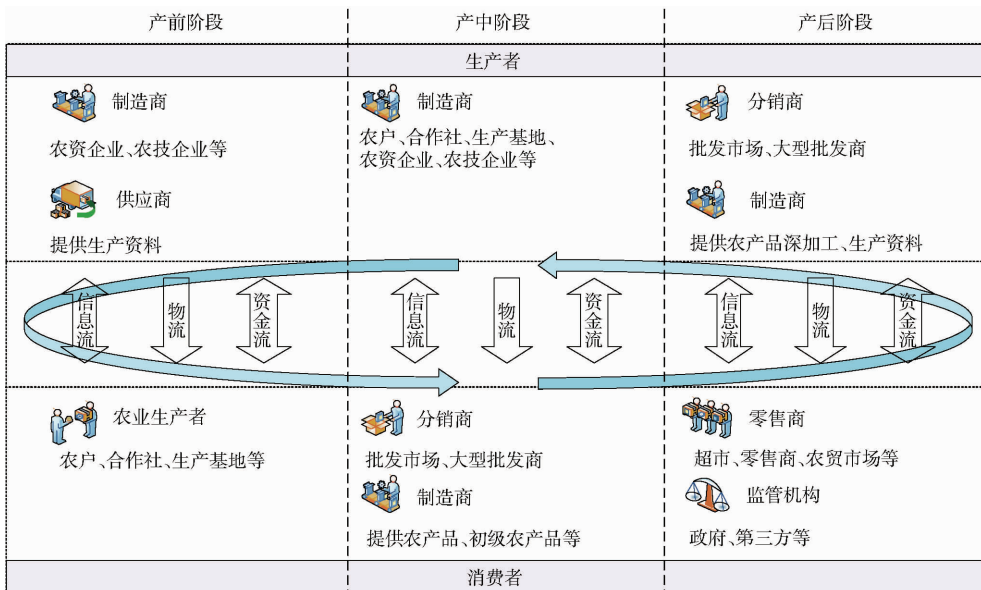


图1 农产品供应链逻辑示意图

Fig. 1 Logic diagram of agricultural product supply chain

传统的农产品供应链参与者内部主要采用物联网技术实现信息采集、传输、加工、处理等业务^[7],但是由于物联网系统分别建设在不同的参与者系统内部,分属于不同的平台,看似相互链接的一个网络,其实业务相对独立,无法快速有效完成信息交换,真正实现全流程的共享、展现等难度很大。

目前从农产品流通模式来看,主要存在3种典型类型的模式:产地直销模式、多级批零模式、加工商主导模式^[1]。产地直销具有直达消费者的优势,

多级批零是现在最主流的流通模式,加工商主导可以适当引导农业生产,以上3种模式分别具有自身的优点,对农产品的流通产业的发展都可以发挥重要的作用,但都存在不足之处,主要包括以下5个方面:

(1) 上下游用户缺乏信任。上下游用户主要以简单的买卖关系为主,彼此间缺乏信任,未形成利益共同体,稳定性差。

(2) 信息不对称严重。不同阶段用户以不同的

角色参与过程,各方掌握的信息具有典型的不对称性,为了维护自身利益信息壁垒严重,导致产供销脱节。

(3)信息安全难以保障。随着信息技术的不断应用,农业生产过程每个环节都积累了大量数据,成为每个参与者的重要资产,但是用户隐私及商业机密等无法得到保障,也进一步限制了信息的共享。

(4)协调效率低。农业生产主要依赖生产者个人意志,缺乏统一的调度协调,用户资源利用率低、未形成优势互补以增强竞争力的优势。

(5)质量安全追溯难。农产品质量安全已经成为一个全球热点问题^[8],但现有的追溯系统仍然多以中心化方式建设,由中心机构提供信任担保,但民众对中心机构的公信力仍存在很大质疑^[9-10]。

传统的信息技术虽然可以针对上述问题提供部分解决方案,却无法解决全部问题,因此必须引入新思维、采用新技术、建立新方案来破解产品发展难题。区块链技术的产生为建设现代农产品供应链提供了技术支撑。

2 区块链技术

2.1 概念

区块链起源于比特币^[11]。文献[12]阐述了基于P2P网络技术、加密技术、时间戳技术、区块链技术等电子现金系统的架构理念,标志着比特币的诞生。在比特币的形成过程中,区块是一个个的存储单元,记录了一定时间内各个区块节点全部的交流信息。如图2所示,各个区块之间通过随机散列(也称哈希算法)实现链接,后一个区块包含前一个区块的哈希值,随着信息交流的扩大,一个区块与一个区块相继接续,就构成了区块链^[13-14]。

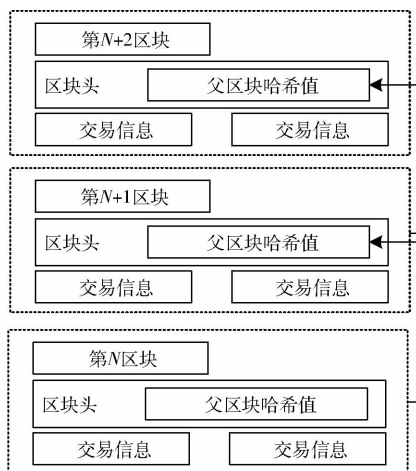


图2 区块链之间的链接示意图

Fig. 2 Link between block chains

有交易信息的公开账本,是一种去中心化、无需信任的新型数据架构,它由网络中所有的节点共同拥有、管理和监督,不接受单一方面的控制^[12],其去中心化存储、信息高度透明、不易篡改等特点不同于传统互联网模式^[15]。传统互联网化的意义在于减少中间环节、降低交易成本、扩大服务范围、提高服务质量等,而区块链技术的嵌入则可能会将互联网的意义深化,其中一个重要方面是:可通过程序化记录、储存、传递、核实、分析信息数据,从而形成信用。相较于传统的信用形成方式,区块链可省去大量人力成本、中介成本,所记录的信用信息更为完整、难以造假^[15-16]。

2.2 技术特点

从区块链的形成过程看,区块链技术具有以下特点:

(1)去中心化。传统的数据库技术架构都是私密且中心化的,在这个架构上解决价值转移重点就是解决互信问题^[16-17]。而区块链技术不依赖于第三方管理机构或硬件设施,没有中心管制,通过分布式核算和存储,各个节点实现了信息自我验证、传递和管理,这是区块链技术最突出和本质的特征^[13]。

(2)分布式存储、开放透明。区块链技术基础是开源的,除了交易各方的私有信息被加密外,区块链的数据对所有人开放,任何人都可以通过公开的接口查询区块链数据和开发相关应用,整个系统信息高度透明^[13,18]。这种做法解决了传统信息系统中的信息孤岛问题。同时,与平台无关,可以在任意平台部署计算节点^[17,19]。

(3)共识机制。基于协商一致的规范和协议(类似比特币采用的哈希算法等各种数据算法),整个区块链系统不依赖第三方,所有节点能够在系统内自动安全地验证、交换数据,不需要任何人为的干预^[13]。区块链理论最大的颠覆性在于新的信用形成机制^[16]。

(4)安全性。通过分布式数据库的形式让每个参与节点都获得一份完整数据库的拷贝,只要不能掌握全部数据节点的51%,就无法肆意操控修改网络数据,这使区块链本身变得相对安全,避免了人为的数据变更^[13,18]。区块链基于时间戳形成不可篡改、不可伪造的数据库。区块(完整历史)与链(完整验证)相加便形成了时间戳(可追溯完整历史)。时间戳存储了网络中所执行的所有交易历史,可为每一笔数据提供检索和查找功能,并可借助区块链结构实现追溯功能^[16]。

(5)信息加密、匿名性。除非有法律规范要求,

区块链是利用计算机程序实现的在全网记录所

单从技术上来讲,各区块节点的身份信息不需要公开或验证,信息传递匿名进行^[13,20],只有掌握了私钥的人才能开启自己的“钱包”^[18,21]。区块链在网络上公开的,可以在每一个离线比特币钱包数据中查询。轻量级比特币钱包使用在线确认,即不会下载区块链数据到设备存储中^[15]。

2.3 技术架构

区块链的技术架构整体划分为5层^[22-23]:数据层、网络层、共识层、激励层、应用层。数据层主要对链式结构、区块结构、数字签名、加解密等进行管理;网络层实现点对点传输;共识层主要用于建立共识机制(工作量证明/权益证明/股权授权证明);激励层用来确定整个网络的分配机制、发行机制;应用层可以实现转账、记录和智能化合约功能。整体的技术架构如图3所示。

区块链技术分为:公有链、联盟链、私有链3种类型^[24-26],技术特点如表1所示。公有链以比特币

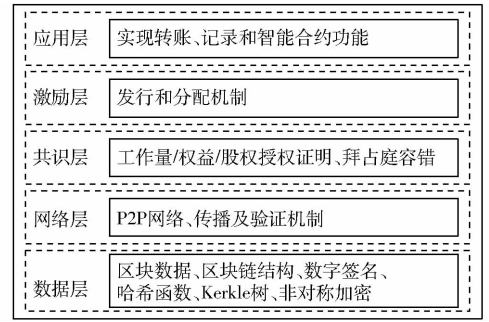


图3 区块链整体技术架构

Fig. 3 Technology architecture of block chain

为代表;联盟链技术只允许预设的节点进行记账,加入的节点都需要申请和身份验证,这种区块链技术实质上是在确保安全和效率的基础上进行的“部分去中心化”或“多中心化”;私有链技术的区块建立则掌握在一个实体手中,且区块的读取权限可以选择性开放,它为了安全和效率已经演化成为一种“中心化”的技术^[27-28]。

表1 不同类型区块链技术特点

Tab. 1 Characteristics of different block chain technology

类型	公有链	联盟链	私有链
权限要求	任何人都能发送交易且交易能获得有效确认、任何人都能参与其中共识过程	在联盟共识下,写入权限受预选节点控制	写入权限仅受一个组织控制
参与方式	任何人、自由进出	特定人群、签订协议	个体或组织内部
信任机制	POW/POS/DPOS	集体背书	自行背书
激励机制	需要	可选	不需要
中心化程度	无中心	多中心	中心化
典型特点	信任的自建立	效率高、成本低	透明、可追溯
应用代表	比特币、以太坊	R3 银行联盟	德勤审计、招商银行全球现金管理
承载能力	3~20 笔/s	1 000~10 000 笔/s	1 000~1 000 000 笔/s

3 基于区块链的农产品供应链

3.1 需求分析

数据开放共享是必然趋势,信息使用的边际收益是递增的,信息流动和分享的范围越大,创造的价值就越高,而线上、线下数据化和数据开放正是信息大范围流动的两大前提^[29]。根据上文相关分析可知,利用区块链去中心化、去信任的方式集体维护一个可靠的公开透明的分布式数据库,同时利用区块链自身的密码学算法将数据进行加密存储以保证信息安全,对于农产品供应链是一个切实可行的技术方案。

基于区块链的农产品供应链方案设计应该注重以下原则:数据共享流通渠道开放,数据交易流程合法、严密,交易数据公开透明,数据加密存储安全可靠,交易记录可追溯、可查询、可申诉,隐私数据归属各成员所有。

由于农产品的种类繁多,农业生产具有典型的地域性和周期性的特点,根据农产品供应链的实际应用需求,系统建设可以按照地区、农产品种类、市场定位等进行分别建设。结合区块链技术架构和类型特点的分析,区块链技术中的联盟链比较适宜农产品供应链,主要原因如下:

(1)精准定位。联盟链的参与者要求“特定人群、签订协议”,参与者围绕同一个目标,从事同样的生产,从管理、流程、服务等各层面都能够更好地满足农产品供应链各方的实际情况。

(2)技术可行性高。联盟链是一个典型的“多中心”架构,不管参与者规模大小、内部系统建设程度如何,只需要作为一个接入中心,将区块链需要的标准交易数据上传至区块链即可,不影响系统内部业务处理,同时实现与其它节点的数据共享。

(3)承载能力恰当。农产品供应链的目标是通过信息的共享实现价值的增值,信息的共享不要求

实时性太强,1 000 ~ 10 000 笔/s 的承载能力,完全能满足农产品供应链的需求。

(4)数据存储合适。多品类多用户参与的公有链包含庞大的业务量,区块占用的空间过大,对数据的存储要求过高;私有链专注于内部业务,虽然数据量小但不利于不同的用户共享信息;联盟链专注于某一个特定的群体,数据恰当的满足所有用户的需求,

存储容量合适。

(5)模式可复制。将系统应用到不同的地区或场景,只需要改动共享数据的格式即可实现系统的复用。

3.2 逻辑架构

根据以上分析,构建基于区块链的农产品供应链逻辑架构,如图4所示。

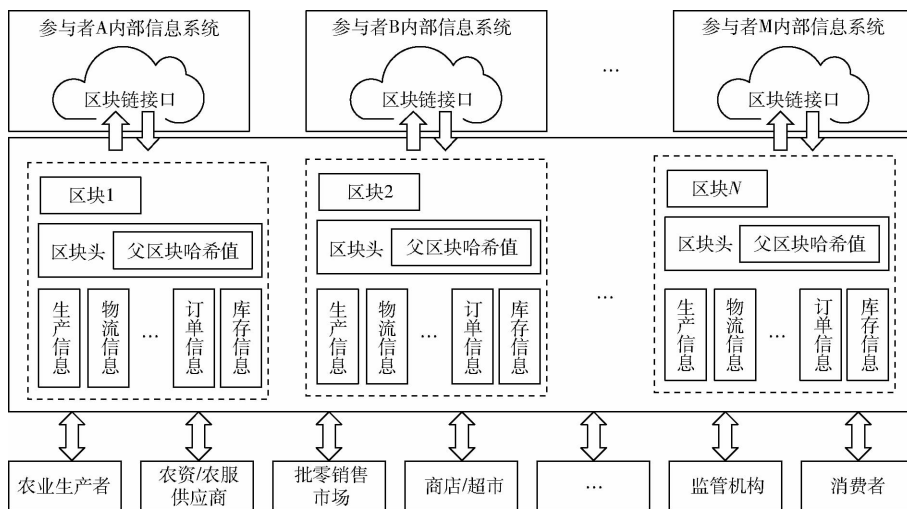


图4 区块链农产品供应链逻辑架构

Fig. 4 Logical structure of agricultural product supply chain based on block chain

其中,区块中存储的信息为:生产信息,包括原材料、生产过程、产地等信息;物流信息,包括地址、物流企业、时间等信息;订单信息,包括订购、产品、数量、金额等信息;库存信息,包括产品、库房、存量、剩余空间等信息;以及其他联盟成员认为需要的信息。

3.3 架构中的信息流

通过区块链技术中的区块、分布式数据存储打通了供应链中的信息流,完成数据的共享,主要包含以下业务流程:

(1)注册加入。在用户注册加入时为每个用户生成一对基于 ECDSA 椭圆曲线算法的公钥和私钥地址。由于私钥地址无法由公钥计算推出,所以只要不泄露机器人的私钥地址,即无法伪造节点来发起攻击,危害系统的安全性和完整性。

(2)共享数据。所有参与者按照联盟成员约定的共享数据格式将数据上传至区块链共享存储,其他私有数据仍然存储在对应的业务系统数据库中。参与者将待上传的数据进行封装,使用自己的私钥地址对这些数据进行签名,然后生成区块信息。

(3)认证及存储数据至区块链。存储数据之前,先根据上传用户的公钥进行解密以验证数据的有效性。如果验证通过则生成交易的时间戳,将数据永久保存在区块链中。

(4)获取数据。当需要获取供应链上下游成员的信息时,按照约定的协议查询区块链的数据即可,

不需要额外的第三方通讯,技术实现简单、网络结构层次清晰。

(5)维护数据。此种方案中利用区块链本身的数据安全机制,必须全网达成共识,以“少数服从多数”的方式进行修改,解决了“中心化”强制更改和非法篡改数据的问题。

3.4 架构中的资金流

供应链金融,是商业银行信贷业务的一个专业领域,也是企业尤其是中小企业的一种融资渠道。银行向客户提供融资和其他结算、理财服务,同时向这些客户的供应商提供贷款及时收达的便利,或者向其分销商提供预付款代付及存货融资服务。简单地说,就是银行将核心企业和上下游企业联系在一起提供灵活的金融产品和服务的一种融资模式。

区块链技术产生于比特币,比特币作为一种数字货币已经作为支付货币实现了真实的交易。国际上许多大型银行以各种形式在区块链领域开展了一系列探索^[30],区块链技术也引起了国内的广泛关注^[31]。2016年1月20日,中国人民银行提出争取早日推出央行发行的数字货币^[16]。由此可见,基于区块链的农产品供应链需支持以数字货币为基础的金融服务。

4 结束语

区块链技术的去中心化、分布式存储、开放透

明、共识机制、安全性、信息加密、匿名性等特点,使其在现代农产品流通中具有广泛的应用前景。本文系统梳理了农产品供应链以及区域链技术的相关概念、现状和技术方法,并提出了基于区块链的农产品

供应链逻辑架构。该架构既可以提供上下游企业间的金融服务、信息共享,又可以保障信息安全及隐私保护,打破传统供应链中的技术壁垒,为未来相关研究提供有益的启发与借鉴。

参 考 文 献

- 1 牛旭艳. 我国农产品供应链流通模式研究[D]. 北京:首都经济贸易大学, 2016.
NIU X Y. Research on the supply chain circulation pattern of agricultural products in China[D]. Beijing: Capital University of Economics and Business, 2016. (in Chinese)
- 2 高崇明. RFID技术在农产品供应链管理中的应用研究[D]. 大连:大连交通大学, 2014.
GAO C M. Application of RFID technology in supply chain management of agricultural products [D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2014. (in Chinese)
- 3 张敏. 基于核心企业的农产品供应链分析[J]. 物流技术, 2004(5):91-94.
- 4 徐良培, 李淑华, 陶建平. 基于时间竞争的我国农产品供应链运营模式研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(9):2320-2324.
XU L P, LI S H, TAO J P. Research on China's operation model of agricultural product supply chain based on time competition [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2010, 49(9):2320-2324. (in Chinese)
- 5 李季芳, 冷霄汉. 基于节点关系视角的我国农产品供应链研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2016, 56(1):45-53.
LI J F, LENG X H. Agricultural product supply chain in China from the perspective of node networks [J]. Jilin University Journal Social Sciences Edition, 2016, 56(1):45-53. (in Chinese)
- 6 吴孟霖. 国内外农产品供应链管理的研究综述及展望[J]. 中国商论, 2015(8):137-139.
- 7 葛文杰, 赵春江. 农业物联网研究与应用现状及发展对策研究[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(7):222-230. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20140735&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.07.035.
GE W J, ZHAO C J. State-of-the-art and developing strategies of agricultural internet of things [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(7):222-230. (in Chinese)
- 8 杨信廷, 钱建平, 孙传恒, 等. 农产品及食品质量安全追溯系统关键技术研究进展[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(11):212-222. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20141133&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.11.033.
YANG X T, QIAN J P, SUN C H, et al. Key technologies for establishment agricultural products and food quality safety traceability systems [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(11):212-222. (in Chinese)
- 9 KIM S, MOON S, JUNG S, et al. A design of EPCIS block-chain system for food safty service[C]. Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2017(6):853-854.
- 10 DABBENE F, GAY P, TORTIA C. Traceability issues in food supply chain management: a review [J]. Biosystems Engineering, 2014, 120(3):65-80.
- 11 卿苏德, 姜莹, 王秋野. 区块链的技术原理和意义[J]. 电信网技术, 2016(12):14-20.
QING S D, JIANG Y, WANG Q Y. Technology principle and significance of block chain [J]. Telecommunications Network Technology, 2016(12):14-20. (in Chinese)
- 12 NAKAMOTO S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system[J]. Consulted, 2009, 75(8):1042-1048.
- 13 蒋润祥, 魏长江. 区块链的应用进展与价值探讨[J]. 甘肃金融, 2016(2):19-21.
- 14 TSCHORSCH F, SCHEUERMANN B. Bitcoin and beyond: a technical survey on decentralized digital currencies [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2016, 18(3):2084-2123.
- 15 曹磊. 区块链,金融的另一种可能[J]. 首席财务官, 2015(24):12-13.
- 16 林晓轩. 区块链技术在金融业的应用[J]. 中国金融, 2016(8):17-18.
- 17 KISHIGAMI J, FUJIMURA S, WATANABE H, et al. The blockchain-based digital content distribution system [C]. Proceedings of the 2015 IEEE Fifth International Conference on Big Data and Cloud Computing. IEEE Computer Society, 2015:187-190.
- 18 蔡钊. 区块链技术及其在金融行业的应用初探[J]. 中国金融电脑, 2016(2):30-34.
- 19 SLEIMAN M D, LAUF A P, YAMPOLSKIY R. Bitcoin message: data insertion on a proof-of-work cryptocurrency system [C]. International Conference on Cyberworlds. IEEE, 2016:332-336.
- 20 MCCORRY P, SHAHANDASHTI S F, CLARKE D, et al. Authenticated key exchange over bitcoin [C]. International Conference on Research in Security Standardisation, 2015:3-20.
- 21 DEV J A. Bitcoin mining acceleration and performance quantification[C]. Electrical and Computer Engineering. IEEE, 2014:1-6.
- 22 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 D C, ZHAO X Y, XU Z X, et al. Developing status and prospect analysis of blockchain in energy Internet [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(13):3664 - 3671. (in Chinese)
- 23 BARKATULLAH J, HANKE T. Goldstrike 1: cointerra's first-generation cryptocurrency mining processor for bitcoin [J]. IEEE Micro, 2015, 35(2):68 - 76.
- 24 张苑. 区块链技术对我国金融业发展的影响研究[J]. 国际金融, 2016(5):41 - 45.
- 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 TEWARI H, NUALLAIN E O. Netcoin: a traceable P2P electronic cash system [C]. IEEE International Conference on Web Services. IEEE Computer Society, 2015:472 - 478.
- 27 陈一稀. 区块链技术的“不可能三角”及需要注意的问题研究[J]. 浙江金融, 2016(2):17 - 20.
CHEN Y X. Research on the “impossible trinity” of block chain technology and the problems should pay attention to [J]. Zhejiang Finance, 2016(2):17 - 20. (in Chinese)
- 28 王永利. 区块链,下一代互联网金融革新新技术[J]. 博鳌观察, 2016(2):112 - 114.
- 29 杨琪, 龚南宁. 我国大数据交易的主要问题及建议[J]. 大数据, 2015, 1(2):38 - 48.
YANG Q, GONG N N. Reflections on big data exchange of China [J]. Big Data Research, 2015, 1(2):38 - 48. (in Chinese)
- 30 缪锦春. 区块链技术的研析及其在商业银行领域的应用建议[J]. 邵阳学院学报:社会科学版, 2017, 16(3):37 - 44.
MIAO J C. A research of block chain technology and its application in commercial banks [J]. Journal of Shaoyang University: Social Science, 2017, 16(3):37 - 44. (in Chinese)
- 31 SOMPOLINSKY Y, ZOHAR A. Secure high-rate transaction processing in bitcoin [J]. 2015, 8975:507 - 527.
-

(上接第 352 页)

- 13 杨翠容, 庞全, 张玉清. 智能 pH 控制及在化工过程控制中的应用[J]. 自动化仪表, 1999, 20(8):34 - 36.
YANG Cuirong, PANG Quan, ZHANG Yuqing. Intelligent pH control and its application in process control of chemical industry [J]. Process Automation Instrumentation, 1999, 20(8):34 - 36. (in Chinese)
- 14 许锋, 张艺, 罗雄麟, 等. 化工过程强非线性系统的变模型自适应预测控制[J]. 化工自动化及仪表, 2004, 31(6):32 - 35.
XU Feng, ZHANG Yi, LUO Xionglin, et al. Varying model based adaptive predictive control of highly nonlinear process in chemical process [J]. Control and Instruments in Chemical Industry, 2004, 31(6):32 - 35. (in Chinese)
- 15 AI-ADWAN I, KHAWALDAH M A, ASAD S, et al. Design of an adaptive fuzzy-based control system using genetic algorithm over a pH titration process [J]. Adwan, 2013, 40(6):57 - 65.
- 16 AI-JARRAH M. Design of multiregional supervisory fuzzy PID control of pH reactors [J]. Journal of Control Science & Engineering, 2015(2):41 - 45.
- 17 GHEE N T, KUMARESAN S, FAN L C. Fuzzy PID controller to control the pH neutralization process [C] // Research and Development, 2002. SCORed 2002. Student Conference on IEEE, 2002:330 - 334.
- 18 何献忠, 刘颖慧, 彭华夏, 等. 基于 MCGS 组态软件和神经网络自适应 PID 的 pH 过程控制[J]. 电气自动化, 2009, 31(2):40 - 42.
HE Xianzhong, LIU Yinghui, PENG Huasha, et al. The pH process control based on MCGS and neural network adaptive PID [J]. Electrical Automation, 2009, 31(2):40 - 42. (in Chinese)
- 19 LI N, LI S, XI Y. Modeling pH neutralization processes using fuzzy satisfactory clustering [C] // The IEEE International Conference on Fuzzy Systems. IEEE, 2001:308 - 311.
- 20 李林欢, 苏宏业, 张晓宇, 等. 新型模糊预测 PID 控制在 pH 中和过程中的应用[J]. 化工自动化及仪表, 2003, 30(3):33 - 35.
LI Linhuan, SU Hongye, ZHANG Xiaoyu, et al. Novel fuzzy predictive PID control for pH neutralization process [J]. Control and Instruments in Chemical Industry, 2003, 30(3):33 - 35. (in Chinese)
- 21 穆永航, 李莉, 孟繁佳, 等. 复合式吸肥装置结构设计及性能试验[J]. 农业机械学报, 2016, 47(增刊):280 - 284.
MU Yonghang, LI Li, MENG Fanjia, et al. Design and performance test of combined fertilizer absorption device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(Supp.):280 - 284. (in Chinese)
- 22 刘永华, 沈明霞, 蒋小平, 等. 水肥一体化灌溉施肥机吸肥器结构优化与性能试验[J]. 农业机械学报, 2015, 46(11):76 - 81.
LIU Yonghua, SHEN Mingxia, JIANG Xiaoping, et al. Structure optimization of suction device and performance test of integrated water and fertilizer fertigation machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(11):76 - 81. (in Chinese)
- 23 韩启彪, 黄兴法, 刘洪禄, 等. 6 种文丘里施肥器吸肥性能比较分析[J]. 农业机械学报, 2013, 44(4):113 - 117.
HAN Qibiao, HUANG Xingfa, LIU Honglu, et al. Comparative analysis on fertilization performance of six venturi injectors [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(4):113 - 117. (in Chinese)