

区块链在我国出口食品溯源的应用探索研究

王伟¹, 赵海军^{1*}, 王紫娟², 杨志龙¹, 陈奕恺¹, 李志佳¹, 邝留奎¹

(1. 湛江海关, 湛江 524022; 2. 江门海关, 江门 529071)

摘要: 食品安全关系国计民生。近年来食品安全问题频发, 加强出口食品安全监管特别是加强溯源体系建设愈发重要。本文首先对区块链技术的概念、特点和应用情况进行分析, 结合出口食品溯源现状, 对追踪信息及程序烦琐、信息易篡改易造假及缺乏统一平台进行有效监管等目前存在的问题进行研究, 通过论证区块链技术在食品追溯应用的技术可行性及现实应用成功实例, 足以证明以区块链技术为基础来构建出口食品溯源监管体系完全可行, 最后提出相关应用探索方案, 建立海关、地方监管部门、种养殖户、生产加工企业、消费者等各方参与, 由国内生产源头到国外分销的出口食品全链条质量安全溯源体系, 以期对提高我国出口食品质量和完善我国出口食品安全溯源管理体系建设提供一定参考。

关键词: 区块链; 出口食品; 溯源; 探索

Exploratory research on application exploration of blockchain in traceability of export food in China

WANG Wei¹, ZHAO Hai-Jun^{1*}, WANG Zi-Juan², YANG Zhi-Long¹, CHEN Yi-Kai¹,
LI Zhi-Jia¹, KUANG Liu-Kui¹

(1. Zhanjiang Customs, Zhanjiang 524022, China; 2. Jiangmen Customs, Jiangmen 529071, China)

ABSTRACT: Food safety is related to the national economy and people's livelihood. In recent years, food safety problems occur frequently, and it is more and more important to strengthen the supervision of export food safety, especially the construction of traceability system. This article first analyzed the concept, characteristics and application of blockchain technology, combined the status quo of export food traceability, and conducts research on current problems such as cumbersome tracking information and procedures, easy information tampering and fraud, and lack of a unified platform for effective supervision. By demonstrating the technical feasibility of the application of blockchain technology in food traceability and successful practical applications, it was sufficient to prove that it was completely feasible to build an export food traceability supervision system based on blockchain technology. Finally, a relevant application exploration plan was proposed to establish a quality and safety traceability system for the entire chain of export food from domestic production sources to foreign distribution with the participation of customs, local regulatory authorities, farmers, production and processing enterprises, consumers and other parties, and it was expected to provide some reference for improving China's export food quality and perfecting the construction of China's export food safety traceability management system.

基金项目: 海关总署 2019 年科技项目(2019HK117)

Fund: Supported by the Science and Technology Project of the General Administration of Customs in 2019 (2019HK117)

*通信作者: 赵海军, 硕士, 主要研究方向为水产品、食品质量管理体系研究和药物残留分析及海关政策研究。E-mail: eastnavy84@163.com

*Corresponding author: ZHAO Hai-Jun, Master, Zhanjiang Customs, 43 Haibang Street, Pengjiang District, Zhanjiang 524022, China. E-mail: eastnavy84@163.com

KEY WORDS: blockchain; export food; tracing back to the source; exploratory

0 引 言

随着全球食品贸易迅猛发展, 全球食品安全问题频发。中国作为全球最大的食品出口国, 目前对 210 多个国家和地区出口食品, 保障出口食品安全是我们必须承担起的责任, 有助于在国际上树立负责任大国形象, 有利于满足人民对美好生活的向往。出口食品安全溯源作为重要监管手段, 不仅对保障国家利益和食品安全具有重要意义^[1], 也有利于提高我国出口食品产业链监管能力, 可有效减少食品安全问题的发生, 增加各产业链责任心, 增强各企业的法律意识。

传统食品溯源方式一直存在中心化程度高、运行程序烦琐、信息易篡改等弊端与问题, 而区块链作为一种革新技术, 它的出现颠覆了网络架构传统模式, 其“去中心化”可有效避免中心网络系统故障导致的系列问题。在出口食品安全溯源方面, 利用区块链技术使信息具有匿名、分布式、不可篡改、可追溯等特性^[2], 可以完美解决传统食品溯源存在的问题。本文提出充分运用区块链技术, 建立将海关、地方监管部门、港口经营单位、货代公司、报关行、境外生产企业、境外出口商、国内生产企业、国内销售商、检测认证机构、物流企业、仓储企业、银行、保险企业等纳入, 由国外生产源头到国内生产销售的全过程进口食品质量安全追溯体系, 创新监管手段及模式, 以期提升监管和通关效率, 提高进出口食品的质量安全管理能力, 保障消费者的食品安全, 促进食品行业的健康发展。

1 区块链概念及应用情况

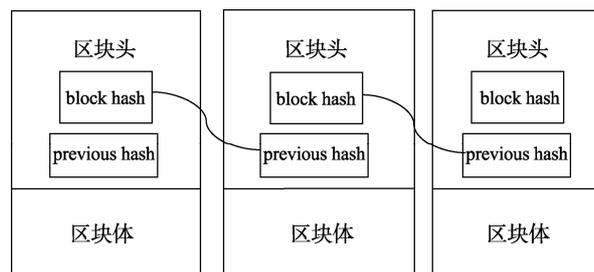
1.1 区块链定义

区块链是一个信息技术领域的术语, 最初起源于比特币。究其本质而言, 区块链是一个去中心化的、无需信任的共享账本和数据库, 由区块链网络中的所有节点共同参与及维护, 涉及到数学、密码学、互联网和计算机编程等众多科学技术^[3]。从数据结构(图 1)上, 区块链由若干有时间顺序、包含信息的区块依次有序链接起来, 其中每个区块包含当前区块构成时间内的所有信息, 前后区块通过 Hash 值(哈希值, 一般指哈希函数)链接。区块链作为比特币的核心底层技术, 日益受到重视^[4]。

1.2 区块链特点及作用

区块链的出现颠覆了网络架构传统模式, 其“去中心化”可有效避免中心网络系统故障导致的系列问题, 造就了其去中心化、不可篡改、全程留痕、可以追溯、集体维护、公开透明等特点^[5], 使区块链“透明”与“可信任”, 从而完美解决了“拜占庭将军”问题, 即信息不对称问题,

可实现多个主体之间的协作信任与一致行动, 构建起人人参与、共同信任的区块链开放共识机制^[6]。正是由于种种优点, 区块链可被应用于金融领域、物联网和物流领域、公共服务领域、数字版权领域、保险领域、公益领域以及食品安全领域等。尤其是在食品安全溯源方面, 区块链技术可以完美解决传统食品溯源的中心化、易篡改等弊端与问题^[7]。



注: block hash: 区块哈希; previous has: 前一区块哈希。

图 1 区块链结构图

Fig.1 Blockchain structure diagram

1.3 区块链应用情况

目前, 全球主要国家都在加快布局区块链技术发展, 我国更是将区块链提升到核心技术自主创新重要突破口的战略高度。从区块链发展历程看, 国内外几乎处于同一起跑线, 随着全球区块链发展趋势从全面否定与全面推崇的感性认识渐渐转为理性认知, 国内外愈加专注于探索区块链潜在的应用价值和商业模式。为了实现区块链技术在食品溯源领域的更好应用, 国内外均已开展了众多研究, 在理论和应用层面取得了很大进展^[8]。如: 2017 年, 互联网保险第一股众安保险旗下众安科技推出基于“区块链+物联网+智能防伪技术”的科技养殖项目——“步步鸡”, 系国内首次将区块链技术应用用于养鸡业, 在国内外的区块链落地实施项目中备受瞩目。该项目基于区块链不可篡改、物联网设备自动采集等特点, 通过智能设备自动采集鸡的位置、运动数据, 并实时上传到区块链, 从而保证每只鸡从鸡苗到餐桌全过程产生的数据都得到真实记录, 实现防伪溯源。追溯信息包括鸡苗品种、环境传感器数据、体重、健康、生长周期、屠宰数据、检疫、销售信息等, 这些信息都被存储在区块链中; 2020 年, 挪威海鲜协会与国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM), 创建了基于区块链的鲑鱼溯源系统, 从而对鲑鱼进行溯源。通过摄像机跟踪鲑鱼在生命周期内的环境信息以及物流信息, 并将其存储进入区块链中, 可追溯鱼捕捞时间地点、饲料等精确信息^[9]。此外, 海关机构将能够访问有关货物数量和位置的数据, 以加

快通关速度。通过整个供应链中的信息共享,海产品生产商也将能够收取额外费用,从而为捕鱼人增加报酬。

2 出口食品溯源现状及存在的问题

食品安全溯源由制度设计与技术设计相结合,它的本质是对食品的全流程监管以及在此基础上实现对食品信息和企业责任的追溯。相对于国外发达国家,我国食品安全溯源体系建设与起步较晚。在我国食品安全可追溯体系的构建和实施进程中,国家和各大部委相继出台法律法规,同时制定了相关标准。目前,全国开展的食物可追溯系统已覆盖大部分行业,可追溯系统的试点在乳品、水果、蔬菜、畜禽产品和水产品等多个产业展开,而且着重建设了肉菜、婴幼儿奶粉和白酒的可追溯系统^[10]。当前食品安全溯源监管主要依赖于权威政府中心数据库^[11],在实际落实过程中往往存在以下主要问题:

2.1 追踪信息及程序烦琐

出口食品从源头到餐桌要经历种养殖、生产加工、运输、销售等多个环节^[12],在整个流程中需要多个场景转换,造成利用传统溯源程序较为烦琐,需要耗费更多的人力物力去监管。比如:在出口食品检验检疫监管中,海关要求企业建立原料、辅料、食品添加剂、包装材料容器等进货查验记录制度,且企业按照相关规定要求对出口食品检验合格后方可向海关进行出口申报,需准备大量文件来记录处理原产地、检疫、质量、关税等等信息,大大降低通关效率,增加了监管成本及负担。另外,各环节的生产经营者互不相通,各个环节基本处于互不关联的现状,每一环节形成的数据都是独立存在,无法环环相扣形成一个关联整体,造成监管部门较难追溯相关信息^[13]。

2.2 信息易篡改易造假

当前溯源技术采用中心化架构,主要分为系统集成和标签两大类技术方案。现实中,食品原料、生产、加工、运输等多个环节的系统数据库多为企业自行建设,食品上下游的参与者都各自维护自己的账本,信息数据管理权限也由企业自己掌握。在巨大的利益驱使下,企业很可能通过篡改商品生产时间、原料供应、产地等溯源数据信息以规避食品安全问题发生带来的责任及风险。另外,溯源数据信息同时受到来自外部的威胁,不法分子通过盗窃篡改信息造假从而获取不法利益,致使食品消费市场混乱、商品信息真假难辨。

2.3 缺乏统一平台进行有效监管

当前国内食品安全治理主要面临“政府监管对于快速发展的食品交易市场明显缺位”“监管体制改革中的监管困境”“利益相关者合力共治的挑战”三大难点^[14]。根据《食品安全法》《进出口食品安全管理办法》及相关法律、法规、规章及规范性文件的规定,除市场监管部门外,海关、农业、

卫生、工商、粮食、环保等部门仍承担着食品安全监管的相关职能,其中海关负责进出口食品安全监管,对进出口食品的进口商、出口商和出口食品生产企业实施信用管理,建立信用记录。总体来说,我国食品安全领域为多部门监管模式。虽然相关部门建立了诸如国家食品(产品)安全追溯平台等相关监管平台,但各平台信息没有得到有效整合及信息共享,出现信息参差不齐、内容交叉等情况,导致多个溯源体系相互独立无法有效传递信息,缺乏统一平台对进出口食品溯源进行有效管理。

3 区块链在出口食品溯源的可行性分析

3.1 技术层面可行性分析

区块链是分布式数据存储、共识机制、加密算法、点对点传输等技术的集成,其通过共识算法将传输到各个节点的数据进行同步,通过链式结构串连起各个区块,使信息具有匿名、分布式、不可篡改、可追溯等特性^[15],可以完美解决传统食品溯源的中心化、易篡改等弊端与问题。区块链技术也叫分布账本技术,由于区块链的特殊架构,当一个区块中数据发生改变,则 Hash 值随之改变,计算机将根据前后的 Hash 值计算出原来的数据来保证数据的不可篡改,同样庞大的节点数目也保证同时更改每一个节点的数据是基本不可能的^[16]。因此,区块链网络的参与者(节点)可以在没有中继或第三方的情况下进行直接交易,并且由于该区块经过验证,因此仅添加网络中节点共识后的区块,从而确保了可靠性。以上可以看出区块链对食品安全溯源体系的构建具有天然的优势。

3.2 应用实例可行性分析

在实际应用上,区块链技术在食品溯源管理中被广泛应用,并有许多成功案例:

新冠疫情发生后,国内一些地区陆续在进口冷链食品外包装上检测出新冠病毒核酸阳性,为进一步强化新冠病毒输入风险“物防”措施,国家市场监督管理总局推出全国进口冷链食品追溯管理平台,并于2020年12月2日正式上线运行。该平台基本实现从海关入关到生产加工、批发零售、餐饮服务的全链条信息化追溯,可在线上排查、精准管控、现场处置等方面发挥重要作用。

首先该平台利用区块链技术其自身具有可追溯、不可篡改等特性,在溯源方面具有先天优势。利用区块链技术可使冷链食品全链条信息可追溯,且不可串篡改,使得冷链食品全链条信息公开可查,确保“来源可查、去向可追”,出现异常情况时,能够“一键排查、迅速定位”,为疫情防控争取宝贵时间。其次利用区块链去中心化的特点,助力食品进口商、生产经营企业、食用农产品批发市场、商场超市、生鲜电商、餐饮企业等全链条各参与方信息上链,且上链数据不易被黑客或者个别企业恶意篡改。此外,通过

区块链技术构建冷链物流智能交易体系, 构建由供应商、制造商、经销商、消费者组成的去中心化冷链物流体系。无需借助第三方, 链上的参与方信息数据对称, 公共数据对所有节点开放, 加密数据授权查看。信息交换与交易操作平等进行^[16]。利用区块链智能合约, 完成冷链契约与存证, 经参与方验证后, 完成冷链物流虚拟智能交易系统的构建。监控合约执行情况, 自动判定各节点执行合约的条件与履约状态, 自动执行合约, 完成结算。交易数据永久记录且不可篡改, 有效解决拖欠费用与违约行为。该平台还可以联合物联网, 追踪交易记录, 识别欺诈数据, 保障整体交易信息的真实与完整。如生鲜产地、捕捞时间与运输方式、温度、湿度及水分含量等指标, 全程相关数据存档可验证, 进一步确保生鲜品质与安全。

基于上述论证, 区块链在出口食品追溯中的应用是可行的。区块链可分为 3 种类型: 公有链、联盟链、私有链(三者性质对比见表 1)。目前常用的区块链技术框架包括比特币、以太坊、Fabric(超级账本联盟推出的核心区区块链框架, 适合在复杂的企业内和企业间搭建联盟链)和 FISCO BCOS(金链盟开发的联盟区块链缓慢技术平台)等。Fabric 和 FISCO BCOS 属于联盟链, 结合中国出口食品安全现状, 考虑到出口食品安全溯源由海关负责监管(非“无中心”管理体系), 又要兼顾溯源效率, 因此采用联盟链的形式构建出口食品的追溯系统, 贴合中国的国情, 既能降低中心化程度又能保证效率。

表 1 公有链、联盟链、私有链性质对比表

Table 1 Comparison table of the nature of public chain, alliance chain, and private chain

类型	公有链	联盟链	私有链
公开程度	完全公开	公开或限制	公开或限制
效率	较低	高	高
中心化程度	低	中	高
产块节点	完全开放	授权	私有

4 区块链在出口食品溯源的应用探索

通过论证区块链技术在食品追溯应用的技术可行性及现实应用成功实例, 足以证明以区块链技术为基础来构建出口食品溯源监管体系完全可行。通过分析研究应用区块链技术, 结合出口食品监管实际, 最终建立海关、地方监管部门为管理主体, 纳入种养殖户、生产加工企业、第三方检测认证机构、银行、保险企业、仓储企业、物流企业、行业协会、国外进口商、消费者等参与方, 由国内生产源头到国外分销的出口食品全链条质量安全溯源体系。体系的建立将大大提升出口食品监管效能, 对于加强出口食品质量安全管理、促进国家食品产业优化、提升国际竞争力具有重要实际意义。

4.1 出口食品溯源平台架构

以区块链技术构建的出口食品溯源管理平台应囊括出口食品的各个环节, 并涵盖涉及出口食品的所有利益相关方, 并且所有参与方均为信息采集方和信息需求方。平台中, 由种养殖户、生产加工企业、第三方检测认证机构、银行、保险企业、仓储企业、物流企业、行业协会、国外进口商、消费者等共同组建“区块链共同体”^[17], 通过管理主体授权验证上链, 最终实现全链条信息可追溯, 提高溯源效率和管理效能, 具体详见图 2。

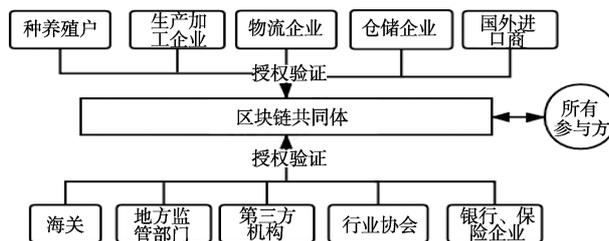


图 2 溯源平台主体参与情况

Fig.2 Participation of all parties on the traceability platform

4.2 平台框架

鉴于公有链、私有链和联盟链在链上各节点写入网络和读取信息的自由化程度, 结合出口食品溯源平台上各参与方的性质, 平台可划分为由“联盟链+私有链”组合方式建成主要面对监管部门的“溯源管理系统(监管模块)”, 由“联盟链+私有链”组合方式建成主要面对企业信息管理的“企业生产信息系统(企业模块)”, 由“公有链”方式建成主要面对消费者及社会大众的“公众查询系统(公共模块)”, 具体平台框架见图 3。

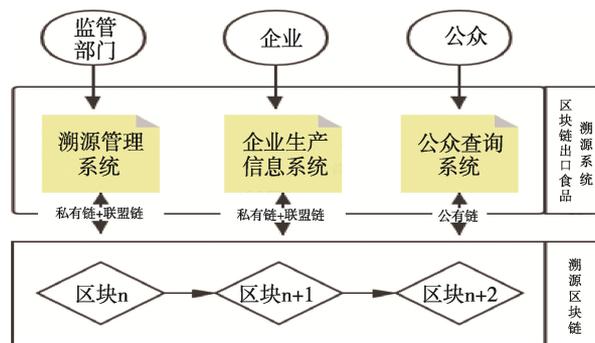


图 3 平台总体框架

Fig.3 Framework of the platform

监管部门作为“监管模块”的主要开发使用管理者, 拥有查询审计溯源区块链中种养殖户、生产加工企业等各参与方的上链信息的权限, 同时配置链条节点供内部服务器接入, 从而实现对出口食品溯源各环节的有效监管。值得注意的是, 此模块中参与方的商业机密信息由“私链”的方式记录, 其他方没有访问权限, 从而既达到有效监管的目的。

的,又减小了信息泄露的风险。

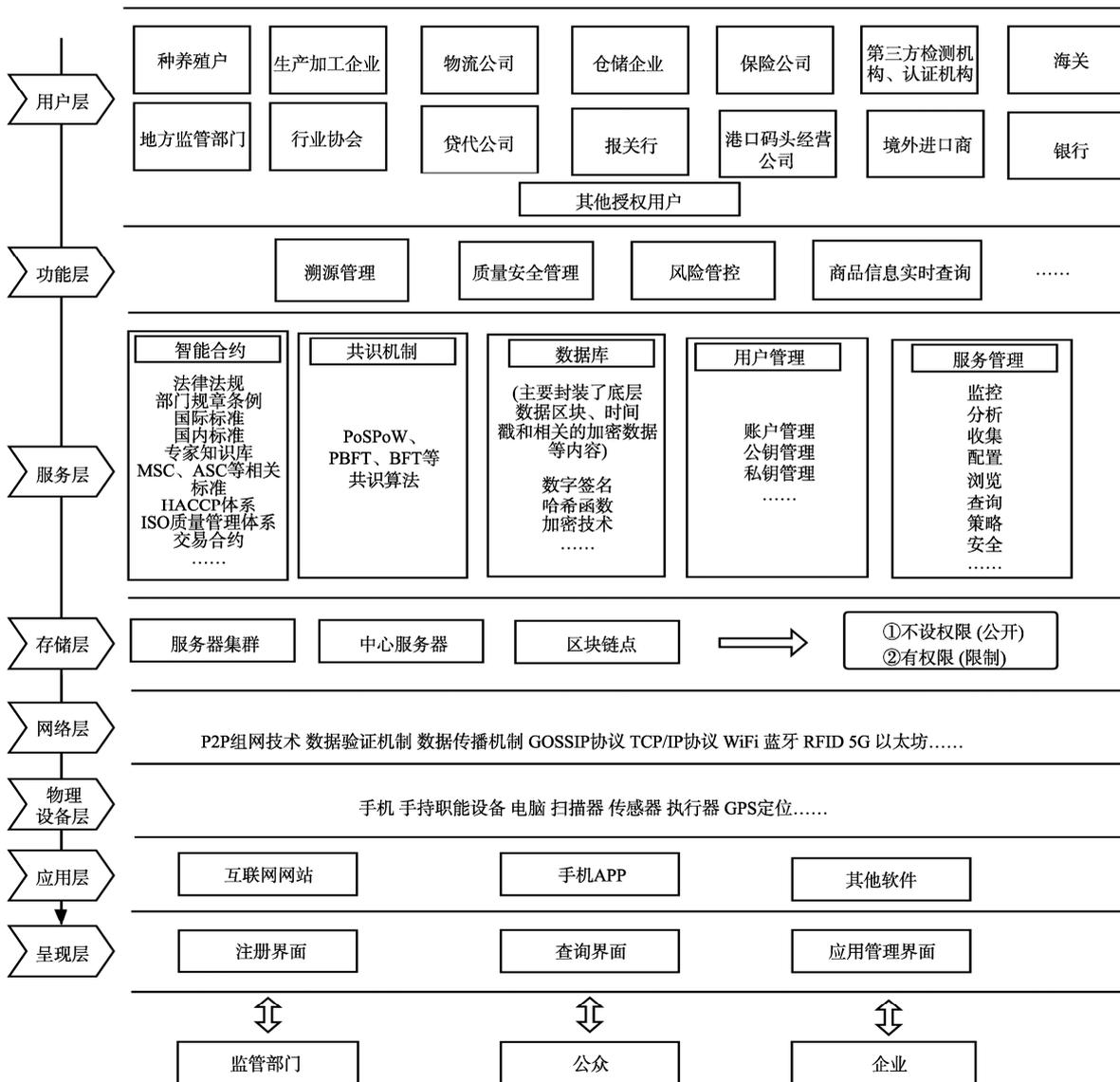
企业模块纳入了出口食品环节中生产加工、物流、仓储、金融、保险、报关等各环节,由经过验证授权的企业参与方进行标准信息的上链,上链信息通过区块链分布式账本技术储存在网络上,从而被真实有效的记录。相对应的企业方可通过配置链条节点介入自身服务器,从而使系统进一步完善^[18]。

公共模块作为消费者等社会大众查询食品信息的主要溯源途径,可以将商品的生产全过程信息透明展示。社会大众可通过手机应用程序(application, APP)、网页客户端等方式进行查询,另外也可进行相关信息反馈,溯源

过程不受任何参与方限制,完全达到去中心化的全过程信息追溯体验。

4.3 平台架构具体方案

出口食品产业链包含众多环节,涉及利益相关主体众多,为信息追溯造成不小的难度。利用区块链技术的优势构建出口食品溯源平台,从源头上解决虚假信息写入网络等问题,提供了解决数据存储、信息溯源的优选方案^[19]。基于区块链技术建立的出口食品溯源平台设计方案,总体上根据功能可划分为用户层、功能层、服务层、存储层、网络层、物理设备层、应用层和呈现层等^[20](详见图 4)。



注: MSC: 海洋管理委员会; ASC: 水产养殖管理委员会; HACCP: 危害分析的临界控制点; ISO: 国际标准化组织; POS: 股权证明; POW: 工作量证明; PBFT: 共识算法; BFT: 拜占庭容错; P2P: 点对点; GOSSIP: 疫情传播算法; TCP/IP: 传输控制协议/网际协议; WiFi: 无线通讯技术; 5G: 第五代移动通信技术; GPS: 全球定位系统。

图 4 平台架构分层

Fig.4 Platform architecture hierarchy diagram

用户层纳入出口食品全链条的各相关利益主体, 通过部署智能合约, 结合主体在平台内的分配角色特性决定其信息调用或管理的权限; 功能层作为平台运转的直观应用展现, 可实现信息溯源、风险管控、质量安全监管等功能; 服务层作为平台最核心的层级, 整合智能合约、共识机制、数据库、用户管理和服务等区块链技术, 支撑起溯源平台的运转。其包含的职能合约将法律法规、部门规范、标准、专家知识库及 HACCP 体系等内容编程后嵌入区块链中, 实现标准化、规范化管理。共识机制通过设计区块链节点接收到信息后进行算法验证, 达到不同节点存储信息一致的目的^[21]; 存储层作为平台的基础层级, 参与方将涉及食品的生产、交易等信息通过服务器群、中心服务器、区块链节点上链后, 实现数据采集上传至平台; 物理设备层作为信息采集及平台信息溯源管理的终端, 包含手机、电脑、射频识别技术(radio frequency identification, RFID)等; 应用层作为平台最终的应用形式展现, 可通过手机 APP、互联网门户网站等方式实现应用。具体设计中包含基于区块链技术的网络应用, 具有模型-视图-控制器模式(model-view-controller, MVC)、模块化、自动数据绑定等特点的页面应用, 为用户提供界面操作; 呈现层作为平台操作的实际界面, 各参与方通过授权验证后实现平台信息的交互, 最终实现出口食品全流程信息的真实有效和完全信任。

4.4 溯源流程

出口食品种类繁多, 围绕食品出口的各相关利益方众多, 包括种养殖户、生产加工企业、仓储物流企业、第三方检测认证机构、监管部门、报关行、货代公司等。为保证信息的真实有效性, 企业参与方需在监管部门的审核验证后, 通过颁发数字证书及公钥和私钥授权入链, 且鉴于企业角色特性, 采取“联盟链+私链”的方式参与, 企业参与方在平台中可按照标准上传相关信息, 但没有权限对信息进行修改^[22]。出口食品的各环节信息自动采集并标准采集上传, 保证信息在各节点均可储存读取, 实现源头种养殖信息、生产加工信息、检测认证信息、物流仓储信息、保险信息等相关重要信息在区块链后台数据库内的储存, 监管部门、企业、消费者可根据权限查询、使用、管理相关信息, 从而实现出口食品信息全流程溯源^[23-24], 流程详见图 5。

例如: 养殖场在养殖期间通过 RFID 等智能设备自动上传苗种来源养殖信息、用药信息等质量安全信息, 信息上传到区块链各节点存储, 通过加密技术生成唯一的哈希值存入数据库, 而无法存储。其他涉及食品出口的生产加工信息、检测认证信息、物流仓储信息、保险信息等重要信息通过相同模式由各参与方上传至平台, 从而

实现信息全透明可追溯, 使监管效能大大提升。

4.5 区块链技术应用存在的主要风险分析及建议

4.5.1 源信息真实性及可信度问题

出口食品溯源平台参与方众多, 其中作为关键环节的源头生产加工企业收集上传的信息, 主要依靠 RFID 标签或条形码等传感器来扫描、传递食物溯源相关数据, 并通过数据收集传感器上传到区块链网络。虽然区块链技术的应用能确保数据不变, 但其本身也没有验证机制。此时在建设出口食品溯源平台时, 可从两方面解决: 一是推动食品供应链溯源体系中区块链与各项新技术的深度融合, 比如加强与物联网结合, 利用物联网能够实时记录关键信息的特点, 进一步提升信息真实可信度。加强人工智能(artificial intelligence, AI)的应用, 实现漏洞挖掘和修复的自动化, 加强信息异常的预警及处理水平。二是加强与其他参与方的上链信息对碰, 通过大数据比对查找不一致信息, 进而提高企业源信息透明度, 消灭可能存在的信息孤岛。

4.5.2 各参与方态度及维护成本问题

出口食品溯源平台的建设及实施成本较高, 部分企业可能不愿承担初期建设成本及出于保密不愿共享数据源信息, 从而产生抵触心理。另外, 当前食品供应链系统已经运作了很长时间, 各环节利益分配及成本已稳定, 成本的凭空增加会增加供应链中的参与者的负担。建议从两方面解决: 一是海关及其他部门作为平台推出构建者, 可向国家申请加大扶持投资力度, 作为主要出资方。其余参与方及主要使用机构应承担其余成本。二是平台应作为强制使用系统, 与海关“互联网+平台”等管理平台绑定, 另外应积极引导企业及消费者观念, 形成系统使用惯力。

5 结束语

建立完善的出口食品安全追溯体系, 不仅需要可靠的平台构建, 也需要社会各方的积极参与以及国家政府的大力扶持, 对整个食品行业的发展具有重要意义。值得注意的是现阶段我国食品安全问题依然呈多发态势, 出口食品产业链中的某些环节仍需加强管理, 如果没有一个对出口食品全程进行管理的机制, 没有有效的预警、报警机制, 出口食品安全的信息获取将受到限制, 出口食品安全信息的真实性也无法保障, 这些都成为影响出口食品安全溯源的重要问题。只有对溯源信息结构和出口食品全流程进行切合生产实际研究, 才能使区块链更好地融入产业链, 解决溯源过程中数据断层, 流转低效、信息易篡改等问题, 因此利用区块链技术建立出口食品安全溯源体系意义十分重大。

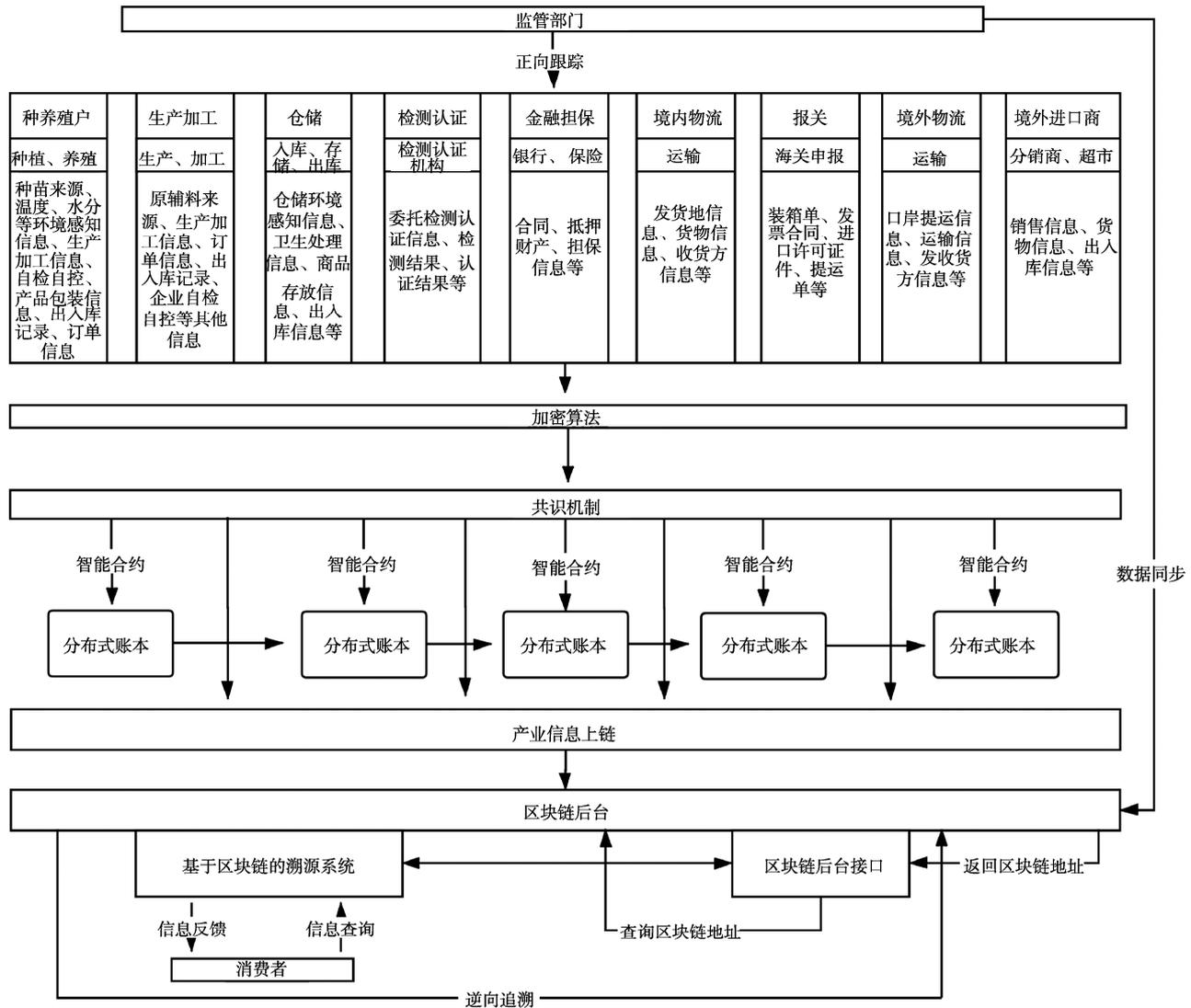


图 5 平台溯源流程图
Fig.5 Platform traceability flowchart

参考文献

[1] 黄岳新. 建立肉类安全信息追溯体系的思考[J]. 农产品加工, 2007, (4): 7-8.
HUANG YX. Thinking on the establishment of meat safety traceability system [J]. Farm Prod Process, 2007, (4): 7-8.

[2] 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 QF, JIN CQ, ZHANG Z, et al. Block chain technology: Architecture and progress [J]. Chin J Comp, 2018, 41(5): 969-988.

[3] 王亭, 王莹莹, 孔旗. 基于区块链技术的专利申请分析[J]. 数字通信世界, 2019, (1): 102-103.
WANG T, WANG YY, KONG Q. Patent application analysis based on blockchain technology [J]. Digital Commun World, 2019, (1): 102-103.

[4] 李剑峰, 孙丽萍, 杜慧江. 区块链技术在医药行业的应用及问题与对策[J]. 医学信息学杂志, 2018, 39(2): 14-17.
LI JF, SUN LP, DU HJ. Application of blockchain technology in pharmaceutical industry and its problems and countermeasures [J]. J Med Inf, 2018, 39(2): 14-17.

[5] 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.
ZHU JM, FU YG. Supply chain dynamic multicenter coordination authentication model based on block chain [J]. Chin J Network Inf Secur, 2016, 2(1): 27-33.

[6] 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.
XIE H, WANG J. Study on block chain technology and its applications [J]. Inf Network Secur, 2016, (9): 192-195.

[7] 张衍斌. 以区块链技术构建中欧跨境电子商务生态圈[J]. 中国流通经济, 2018, 32(2): 66-72.
ZHANG YB. Building China EU cross border e-commerce ecosystem with blockchain technology [J]. Chin Circul Econ, 2018, 32(2): 66-72.

- [8] 谢江涛. 基于区块链的农产品供应链追溯系统[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
XIE JT. Blockchain-based traceability system for agricultural products supply chain [D]. Xi'an: Xidian University, 2019.
- [9] 于洋, 谭峰. 基于区块链技术的农产品质量溯源系统结构设计[J]. 农业工程, 2021, 11(1): 33-39.
YU Y, TAN F. Structure design of agricultural product quality traceability system based on blockchain technology [J]. Agric Eng, 2021, 11(1): 33-39.
- [10] 孙明. 基于物联网的食品溯源系统设计及实现[D]. 北京: 中国科学院大学, 2015.
SUN M. Design and implementation of food traceability system based on Internet of things [D]. Beijing: University of Science and Technology of China, 2015.
- [11] 曹尹露. 我国食品安全信息追溯制度的完善[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2017.
CAO YL. Improvement of food safety information traceability system in China [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2017.
- [12] 李明佳, 汪登, 曾小珊, 等. 基于区块链的食品质量安全溯源体系设计[J]. 食品科学, 2019, 40(3): 279-285.
LI MJ, WANG D, ZENG XS, *et al.* Design of food safety traceability system based on blockchain [J]. Food Sci, 2019, 40(3): 279-285.
- [13] 刘文鹏, 韦伟, 刘星火, 等. 新形势下实施区域化管理推动出口食品质量提升的路径及措施研究[J]. 质量安全与检验检测, 2021, 31(1): 45-48.
LIU WP, WEI W, LIU XH, *et al.* Research on the path and measures of implementing regional management to promote export food quality under the new situation [J]. Qual Saf Inspect, 2021, 31(1): 45-48.
- [14] 戚建刚. 我国食品安全风险评估组织治理结构之重构[J]. 社会治理法治前沿, 2015, (1): 188-217.
QI JG. Reconstruction of the governance structure of China's food safety risk assessment organization [J]. Front J Soc Gov Rul Law, 2015, (1): 188-217.
- [15] 张利, 童舟. 基于区块链技术的农产品溯源体系研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(13): 245-249.
ZHANG L, TONG Z. Research on traceability system of agricultural products based on blockchain technology [J]. Jiangsu Agric Sci, 2019, 47(13): 245-249.
- [16] 黄征, 李祥学, 来学嘉, 等. 区块链技术及应用[J]. 信息安全研究, 2017, 3(3): 237-245.
HUANG Z, LI XX, LAI XJ, *et al.* Blockchain technology and its applications [J]. Res Inf Secur, 2017, 3(3): 237-245.
- [17] 陈薇伶, 黄敏, 郭燕. 基于区块链技术的生鲜农产品供应链体系构建[J]. 商业经济研究, 2021, (9): 123-126.
CHEN WL, HUANG M, GUO Y. Construction of fresh agricultural products supply chain system based on blockchain technology [J]. Res Comm Econ, 2021, (9): 123-126.
- [18] 文安兴, 闻懿帆, 唐宇笛, 等. 基于区块链的食品质量安全溯源信息系统设计[J]. 现代信息科技, 2020, 4(7): 152-155.
WEN ANX, WEN YF, TANG YD, *et al.* A food safety traceability system based on blockchain [J]. Mod Inf Technol, 2020, 4(7): 152-155.
- [19] 周雄, 郑芳. 基于区块链技术的农产品质量安全溯源体系构建探究[J]. 中共福建省委党校学报, 2019, (3): 113-117.
ZHOU X, ZHENG F. Research on the construction of agricultural product quality and safety traceability system based on blockchain technology [J]. J Party School CPC Fujian Prov Comm, 2019, (3): 113-117.
- [20] 苏庆玲, 朱晓娜, 许婷, 等. 基于区块链的水产品质量追溯体系的设计[J]. 中国渔业质量与标准, 2019, 9(4): 5-12.
SU QL, ZHU XN, XU T, *et al.* Design of the traceability system of aquatic products quality based on blockchain [J]. Chin Fish Qual Stand, 2019, 9(4): 5-12.
- [21] 洪坤明, 刘新亮, 高圣乔. 基于联盟区块链的水产养殖品质量追溯系统的设计与实现[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(35): 79-86.
HONG KM, LIU XL, GAO SQ. Design and implementation of traceability system for aquaculture products based on coalition blockchain [J]. Sci Technol Eng, 2019, 19(35): 79-86.
- [22] 吴晓彤. 基于区块链的农产品可信溯源系统研究与实现[D]. 泰安: 山东农业大学, 2020.
WU XT. Research and implementation of agricultural products trusted traceability system based on blockchain [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2020.
- [23] 魏立斐, 朱嘉英, 衡旭日, 等. 基于区块链技术和 HACCP 管理的智能化水产品质量安全溯源系统的设计与实现[J]. 渔业现代化, 2020, 47(4): 89-96.
WEI LF, ZHU JY, HENG XR, *et al.* Design and realization of intelligent quality-and-safety traceability system for aquatic products based on blockchain combined with HACCP management [J]. Fish Mod, 2020, 47(4): 89-96.
- [24] 何蕾, 马征, 王刚, 等. 基于区块链技术的茶叶质量溯源研究[J]. 合作经济与科技, 2021, (3): 114-117.
HE L, MA Z, WANG G, *et al.* Study on the traceability of tea quality based on block chain technology [J]. Coop Econ Sci Technol, 2021, (3): 114-117.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



王 伟, 硕士, 主要研究方向为动物
检疫和进出口食品安全管理研究。
E-mail: 407968277@qq.com



赵海军, 硕士, 主要研究方向为水产
品、食品质量安全管理体系研究和药物残留
分析及海关政策研究。
E-mail: eastnavy84@163.com