分类号：　　密　　级：公开

学　号：20222108036　　单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文

基于区块链和物联网的农机零件溯源系统设计与实现

学位申请人　王梦飞

指导教师　周杰 教授

申请学位门类级别　专业硕士

学科、专业名称　电子信息

研究方向　计算机技术

所在学院　信息科学与技术学院

中国·新疆·石河子

2025 年 6 月

分类号：　　密　　级：公开
学　号：20222108036　　单位代码：10759

石河子大学
硕士学位论文

基于区块链和物联网的农机零件溯源系统设计与实现

学位申请人	王梦飞
指导教师	周杰 教授
申请学位门类级别	专业硕士
学科、专业名称	电子信息
研究方向	计算机技术
所在学院	信息科学与技术学院

中国·新疆·石河子
2025 年 6 月

Design and Implementation of Agricultural Machinery Parts Traceability System Based on Blockchain and Internet of Things

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

By

Wang Mengfei

Electronic Information

Dissertation Supervisor: Prof. Zhou Jie

June, 2025

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：王梦飞　　时间：　2025 年 5 月 27 日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：王梦飞　　时间：　2025 年 5 月 27 日

导师签名：周杰　　时间：　2025 年 5 月 27 日

摘要

随着农业机械化的深入发展，农机零件的质量监管与供应链溯源问题日益突出，尤其是仿冒和翻新零件的泛滥严重影响了零件的质量和安全。传统的溯源系统存在数据集中化、信息可靠性低等问题，难以满足现代农机零件供应链的复杂需求。因此，本文提出了一种基于区块链和物联网的农机零件溯源系统，通过区块链的去中心化保障数据不可篡改，结合物联网的实时数据采集能力实现农机零件全流程追踪，最终构建高效、透明且安全的农机零件溯源体系，本文主要研究内容如下：

（1）在农机零件的全生命周期管理中，数据隐私保护和存储效率是两大关键挑战。首先，本文提出了数据分层加密方案和优化的混合加密技术，确保数据的隐私性和安全性。将农机零件溯源数据分为公开和敏感数据两类。对公开数据采用 SHA256 算法进行完整性保护，对隐私数据采用优化的 AES 和 ECC 混合加密算法，通过对 AES 密钥扩展机制进行改进，引入动态加权异或与渐进式增强策略，降低密钥间的相关性，同时优化加密轮次的计算流程有效平衡了数据安全性和系统性能。其次，提出了一种适用于农机零件溯源系统的“区块链+IPFS+数据库”链上链下结合存储模型，为进一步优化存储效率，分离区块数据的块头和块体，将块头存储在区块链上，块体包含的大量溯源信息上传至 IPFS。实验结果表明，本文提出的优化混合加密算法在加解密时间上较传统的 ECC 和 AES+RSA 分别平均降低了 62.5%和 24.0%，适用于农机零件溯源系统中大规模数据的高效处理。

（2）针对农机零件溯源系统中共识效率低、通信开销大等问题，本文提出了一种基于信誉积分和双层并行架构的高效区块链拜占庭容错共识算法（CT-PBFT）。该算法通过节点分层结构设计将节点分为上层和下层，实现交易验证与区块生成的并行处理，显著降低系统时延；通过信誉值评价模型动态评估节点表现，优先选择高信誉节点参与共识，有效隔离恶意节点并提升系统容错性；通过主节点自适应选取机制，结合信誉值与加权随机算法动态选举主节点，避免恶意节点操控并提高选举公平性；通过三阶段共识流程优化，将准备和提交阶段的全节点广播简化为主节点与从节点之间的单向交互，降低了通信开销。实验结果表明，CT-PBFT 共识算法相较于 PBFT 和 CD-PBFT 共识时延平均降低了 64.4%、48.3%，吞吐量平均提高了 63.1%、34.2%，具有更低的共识时延和更高的吞吐量，为农机零件溯源系统的性能优化和实际应用提供了支持。

（3）根据上述技术方案，本文设计并实现了一个基于区块链和物联网的可信农机零件溯源系统。系统涵盖了多项核心功能，包括链上数据记录与存证、链下大数据的高效管理、零件身份的唯一标识生成、防伪验证机制以及用户友好的查询与追踪界面，实现了对农机零件全生命周期数据的高效存储、信息防伪及溯源。将该系统应用于某拖拉机企业发动机等关键零件的溯源工作，应用效果良好，验证了全流程数据的可追溯性与防伪能力。系统能够稳定运行并提供高效的农机零件溯源服务，为供应链透明化与可信化管理提供了可靠的技术保障。

关键词：区块链；溯源；隐私保护；IPFS；共识算法

Abstract

With the deepening development of agricultural mechanization, the quality supervision and supply chain traceability of agricultural machinery parts have become increasingly prominent, especially the proliferation of counterfeit and refurbished parts, which seriously affects the quality and safety of parts. Traditional traceability systems suffer from problems such as data centralization and low information reliability, making it difficult to meet the complex demands of modern agricultural machinery parts supply chains. Therefore, this thesis proposes a blockchain and IoT based agricultural machinery parts traceability system, which guarantees data immutability through the decentralization of blockchain, and combines the real-time data collection capability of IoT to achieve full process tracking of agricultural machinery parts. Ultimately, an efficient, transparent, and secure agricultural machinery parts traceability system is constructed. The main research contents of this thesis are as follows:

(1) In the full lifecycle management of agricultural machinery parts, data privacy protection and storage efficiency are two key challenges. Firstly, this thesis proposes a data layered encryption scheme and optimized hybrid encryption technology to ensure the privacy and security of data. Classify the traceability data of agricultural machinery parts into two categories: public and sensitive data. SHA256 algorithm is used for integrity protection of public data, and optimized AES and ECC hybrid encryption algorithm is used for private data. The AES key extension mechanism is improved by introducing dynamic weighted XOR and progressive enhancement strategies to reduce the correlation between keys. At the same time, the calculation process of encryption rounds is optimized to effectively balance data security and system performance. Secondly, a "blockchain+IPFS+database" on chain and off chain storage model suitable for agricultural machinery parts traceability system is proposed. To further optimize storage efficiency, the block header and block of block data are separated and stored on the blockchain, and the large amount of traceability information contained in the block is uploaded to IPFS. The experimental results show that the optimized hybrid encryption algorithm proposed in this thesis reduces encryption and decryption time by an average of 62.5% and 24.0% compared to traditional ECC and AES+RSA, respectively, and is suitable for efficient processing of large-scale data in agricultural machinery parts traceability systems.

(2) This thesis proposes an efficient blockchain Byzantine fault-tolerant consensus algorithm (CT-PBFT) based on reputation integration and dual layer parallel architecture to address the problems of low consensus efficiency and high communication overhead in the traceability system of agricultural machinery parts. This algorithm divides nodes into upper and lower layers through a hierarchical structure design, achieving parallel processing of transaction verification and block generation, significantly reducing system

latency; Dynamically evaluate node performance through a reputation value evaluation model, prioritize high reputation nodes to participate in consensus, effectively isolate malicious nodes, and improve system fault tolerance; By using an adaptive selection mechanism for the main node, combined with reputation value and weighted random algorithm, the main node is dynamically elected to avoid malicious node manipulation and improve election fairness; By optimizing the three-stage consensus process, the full node broadcast in the preparation and submission stages has been simplified to one-way interaction between the master and slave nodes, reducing communication overhead. The experimental results show that the CT-PBFT consensus algorithm reduces the average latency by 64.4% and 48.3% compared to PBFT and CD-PBFT consensus, and increases the average throughput by 63.1% and 34.2%, respectively. It has lower consensus latency and higher throughput, providing support for the performance optimization and practical application of agricultural machinery parts traceability systems.

(3) Based on the above technical solution, this thesis designs and implements a trusted agricultural machinery parts traceability system based on blockchain and the Internet of Things. The system covers multiple core functions, including on chain data recording and authentication, efficient management of off chain big data, generation of unique identification for parts, anti-counterfeiting verification mechanism, and user-friendly query and tracking interface, achieving efficient storage, information anti-counterfeiting, and traceability of agricultural machinery parts throughout their lifecycle data. The system was applied to the traceability of key components such as engines in a tractor enterprise, and the application effect was good, verifying the traceability and anti-counterfeiting ability of the entire process data. The system can operate stably and provide efficient traceability services for agricultural machinery parts, providing reliable technical support for transparent and trustworthy management of the supply chain.

Key words: blockchain; Traceability; Privacy protection; IPFS; Consensus algorithm

目录

第 1 章 绪论

1.1 研究背景及意义

农业机械化是现代农业的核心驱动力[1]，通过引入机械设备和自动化技术[2]，大幅提升了生产效率[3]。然而，随着农业机械化的不断深入，新的挑战也随之而来。例如，机械设备的维护和管理变得愈加复杂，设备故障和零部件的管理问题会对生产造成严重影响[4]。因此，研究和开发新的技术来优化农业机械的管理和维护，确保设备的高效运行，成为农业机械化领域的重要课题。

虽然农机零件市场前景广阔，但是也面临不少挑战。特别是仿冒品和翻新零件的泛滥，严重影响了零件的质量和安全。仿冒零件往往以低成本制造，并试图模仿正品的外观，但由于其来源不明，用户不仅无法享受正规厂家的保修服务，还可能面临维修困难和额外的费用负担。而且，随着各种防伪技术的快速发展，传统防伪技术的局限性和简易性导致原有防伪手段逐渐失效，已经无法满足实际需求[5]，这不仅削弱了企业的市场竞争力，更导致假冒伪劣产品大量涌现[6]。

在农机零件溯源领域，传统的溯源体系面临着许多挑战[7]。供应链信息通常由权威机构进行集中式管理与存储，易受人为因素的影响，导致数据安全性和可信度减弱。近些年来，农机零件的质量问题频繁出现，对于设备的安全性和性能造成了严重影响。虽然现代溯源系统尝试通过物联网和互联网等手段来实现各节点信息的全面对接，但是，数据集中化以及信息可靠程度低的问题依旧存在[8]。所以，需要研发另一种去中心化且具备高度可靠性的追溯系统，以保障数据的完整性和可靠性，从而有效应对农机零件质量监管问题。

区块链是一种分布式账本技术，凭借其去中心化、透明性强以及数据不可篡改等优势，已经广泛应用于各种溯源场景中，有效解决了信任问题[9]。由于农机零件供应链节点结构复杂且数量繁多，在这些节点中，可能包含故障或恶意节点，从而引发错误信息的传输。区块链的共识制度允许分布式网络中的多个节点共同参与决策过程并达成一致，从而完成交易验证，并确保各节点之间数据的同步和一致性，进而提升系统的可靠性[10]。

本文结合“基于区块链的 XXX 质量追溯关键技术研究与应用”科技攻关项目，提出了一种基于区块链和物联网的新型防伪溯源方案。通过在某拖拉机企业的实际部署，该系统已成功应用于发动机、变速箱等高价值零件的全生命周期管理，实现了生产、物流、维修等环节数据的实时上链存证与防伪查询，能够稳定运行并提供高效的溯源

服务。为企业解决了传统中心化系统中数据孤岛、信息滞后等问题，验证了该方案在复杂工业场景下的可行性与实用性。

本研究的意义主要体现在以下几个方面：首先，本文结合区块链和物联网技术的优势，提出了一套针对农机零件产业特性及消费者需求的溯源系统模型。其次，本文针对传统农机零件溯源系统存在的数据隐私保护问题，提出了分层加密方案和优化的混合加密技术，确保溯源数据的安全性；同时，为了优化存储结构，提出“区块链+IPFS+数据库”链上链下结合存储模型，解决了传统区块链存储性能瓶颈。此外，针对实用拜占庭容错（Practical Byzantine Fault Tolerance，PBFT）协议共识效率和主节点安全的问题，提出了改进的共识算法，提升了系统的共识效率和安全性。基于上述技术创新，本文设计并实现了一套完整的农机零件溯源系统，并通过在某拖拉机企业的实际部署验证了系统功能。应用结果表明，该系统能够稳定运行并高效完成生产、物流、销售等核心环节的数据存证与防伪查询任务，为农机零件供应链提供了切实可行的可信溯源服务，具有重要的应用价值和推广意义。

1.2 国内外研究现状

在产品溯源研究领域，学术界已经进行了系统性研究，积累了丰富的研究成果。本节将分别阐述物联网技术与溯源技术的研究现状。

1.2.1 物联网技术研究现状

近年来，物联网技术的快速发展为各个领域的数字化转型带来了深远的影响，尤其是在供应链管理和溯源系统的应用中得到了广泛关注。物联网技术能够通过传感器、无线射频识别（Radio Frequency Identification，RFID）和其他智能设备的部署，实现数据的自动采集、传输和处理，从而为商品的生产、运输、储存等环节提供全面、实时的监控。这不仅提高了供应链的透明度，还增强了对商品安全性的保障，尤其是在食品安全、农业、医疗等领域的溯源管理中得到了积极的研究和应用。

刘恩泽等人[11]使用 RFID 技术设计了一个食品安全溯源平台，通过掌机对商品进行信息录入，使用 RFID 射频识别来扫描商品标签以进行商品信息溯源。郭振军等人[12]有效融合有源 RFID、5G 通信、北斗以及区块链等相关技术设计了一款可实时获取车辆信息的物联网电子车牌，可有效实现车辆车证的智能化管理。张雅倩等人[13]使用传感器设备采集农产品信息，应用 RFID、条码识别技术追踪加工仓储和物流信息，为区块链溯源系统提供主要数据来源，提升了原始数据的可靠性和科学性。殷文杰等人[14]采用基于物联网的数据自动采集和追踪方案，实现全生命周期数据的自动采集，在产品上印刷溯源码和防伪标签进行防伪设计。王延海等人[15]通过建立实物“ID”并将其

与 RFID 物联网标签进行绑定，对实物进行 RFID 物联网标签安装，以此实现线上数据与线下实物的关联溯源。晏珠峰等人[16]使用了窄带物联网（Narrowband Internet of Things，NB-IoT）以及 RFID 技术，无线感知园区环境信息并结合葡萄园 RFID 溯源管理系统，促进了葡萄产业发展，保障了生产安全。王仕勋等人[17]结合物联网和区块链技术设计了一个农产品溯源系统，通过物联网设备采集数据，并将数据上传至区块链，利用区块链的去中心化以及不可篡改等特性，有效保障数据的安全性、真实性。刘同娟等人[18]将区块链以及物联网技术进行合理结合，设计了一个农产品信息溯源系统。物联网用于数据采集，区块链确保数据的透明性和不可篡改性，提升了溯源信息的可信度。舒渝钦等人[19]设计了一个基于物联网和区块链的航空食品运输系统，使用物联网传感器采集食品运输过程中的环境数据，确保数据的实时监控；使用区块链记录和存储数据，并通过智能合约机制确保数据的完整性和安全性，从而实现数据的不可篡改性。林化琛等人[20]提出利用区块链和物联网技术构建去中心化的大宗商品仓单管理系统。物联网实时采集商品的库存和流转信息，区块链则用于确保这些数据的不可篡改性与透明性，实现全周期追踪，从而提高仓单的可信度和流转效率，解决传统管理中的数据造假和信任问题。张晓蓉等人[21]探讨了物联网和区块链技术在供应链管理中的融合应用，提出将两者结合优化物流管理。物联网用于实时收集和监控物流产品信息，而区块链技术则确保数据的不可篡改性和可追溯性。此融合应用可提升产品质量溯源、优化库存预测、减少供应链中的牛鞭效应，并促进物流金融模式的创新。文玲等人[22]提出了一种基于物联网与区块链的农产品溯源体系设计。物联网技术用于收集农产品生产、运输、加工等环节的实时数据，区块链技术则确保数据的安全存储、不可篡改和共享性，从而提高数据的可信度和追溯效率。该系统包括数据采集、处理、监控预警和公共信息平台等模块，有助于提升农产品安全监管和消费者信任。黄嬿亦等人[23]探讨了物联网技术在中药溯源与质量监管中的应用。物联网通过传感器技术实时监控中药材的生长、加工、运输等环节，确保数据的准确性和完整性。结合 RFID 标签和区块链技术，确保数据的不可篡改性和透明性，提高中药材供应链的可追溯性，进而提升产品质量和安全性。

Wisessing 等人[24]提出了一种基于物联网设备和区块链技术的冷链系统应用，利用设备实时收集温度和地理位置数据，并通过 Hyperledger Sawtooth 区块链平台进行传输和存储。该系统允许消费者追踪产品在供应链中的流转，确保运输过程中温控的透明性和产品安全，并通过区块链保证数据的完整性、信任性和可追溯性。Bhat 等人[25]探讨了物联网和区块链技术如何结合以简化和提升现代供应链，提出通过使用 Ping Asset 设备和 Chainlink，结合物联网基础设施与区块链技术，可以提升供应链的可扩展性、安全性、不变性、审计性、信息流动、可追溯性、互操作性以及质量。该研究展示了这种技术整合如何推动工业 4.0 的实施，并为未来的研究奠定基础。Bhutta 等人[26]提出

了一种集合物联网、RFID 和无线传感器网络的安全监控与报告系统，该系统旨在实时更新易腐食品的质量，并实现自动化的供应链管理，从而在运输过程中无需人为干预。Tagarakis 等人[27]在供应链管理中应用了传感器与通信技术，设计了一种结合物联网和安卓平台的系统，通过可追溯性系统的监控，确保新鲜产品的质量得到有效保障。Patra 等人[28]提出了 QIoTAgriChain，这是一个利用排队模型在智能农业中实现物联网区块链追溯性的方案。Zhang 等人[29]则提出了一种面向应用的区块生成方案，用于具有动态设备管理和条件追溯性的联盟区块链的物联网系统。Nawale 等人[30]研究了基于区块链和物联网的药品追溯性，特别是针对制药行业。Liang 等人[31]探讨了基于区块链的物联网取证模型，旨在充分利用追溯性和防篡改性的自然优势。Qi 等人[32]提出了 Cpds，一个压缩和私密数据共享框架，用于提供产品数据在区块链上的高效和私密数据管理。Lee 等人[33]研究了基于区块链技术的可信食品履历追溯系统，旨在构建一个可靠的食品追溯系统，消除对中心化第三方的依赖。Mao 等人[34]总结了新鲜农产品质量监测和追溯系统的主要阶段，介绍了物联网技术、区块链技术及其整合的技术特点和应用性能。Khan 等人[35]提出了一种基于区块链与物联网的电子废物追踪系统，通过集成智能合约和分布式存储技术，实现了电子设备从生产到回收的全生命周期透明化管理。其研究成果通过声誉评估机制和数据销毁认证，为智能城市的电子废物治理提供了安全、可追溯且高效的解决方案，有效遏制了黑市流通与数据泄露风险。Pincheira 等人[36]对整合物联网和区块链技术以支持农业食品追溯系统的资源进行了特征化，并提供了一个支持基于区块链的追溯系统的区块链基础设施的货币成本模型。Basudan 等人[37]提出了一种可扩展的区块链框架，用于物联网动态应用中的安全交易，旨在创建一个去中心化的物联网框架并增强安全性。Balamurugan 等人[38]描述了一种解决食品产品安全、质量和追溯问题的解决方案，通过基于区块链和物联网技术的健康电子食品网络，实现了供应链任何阶段的数据交换和存储，以确保数据可用、可追溯和完整，这种框架为食品供应链的安全性提供了新的保障。Roberto 等人[39]提出了一种信息追溯平台，利用物联网技术自动化工作流程，从而支持从战略定义到生命周期结束的信息追溯。这种方法通过整合不同技术、方法和平台，在单一环境中支持信息的追溯，为新工作流程的应用提供了绝佳机会。Wu 等人[40]提出了一种基于物联网技术的创新方法，融合了区块链与机器学习技术，旨在提升区块链溯源数据的真实性和可靠性。他们的研究成果为农业产品追溯系统的安全性、可靠性和运行效率奠定了坚实基础。Wang 等人[41]设计了基于区块链和物联网的农产品追溯框架，并通过开源分布式账本 Hyperledger Fabric 完成了区块链的部署。最终，他们通过 Spring Boot 框架进行了 Web 应用程序开发，实现了农产品追溯系统，这一研究为农产品追溯系统的安全性、可靠性和效率提供了基础。

综上所述，物联网技术在全球供应链和溯源系统中的应用正日益广泛和深入，尤

其是与 RFID、传感器、区块链等技术的结合，显著提升了信息的透明度、数据的可靠性和溯源系统的安全性。无论是在食品安全、车辆管理、农产品追踪，还是在医疗供应链的管理中，物联网都发挥了至关重要的作用。这些研究表明，物联网与区块链的结合，能够有效提升溯源系统的效率和安全性，为追踪产品的全生命周期提供了可靠的技术保障。

1.2.2 溯源技术研究现状

随着区块链技术的不断发展，越来越多的行业开始将其应用于供应链和溯源管理领域。区块链的去中心化、不可篡改性和透明性，使其成为保障数据安全、提高信息可信度的重要技术之一。在溯源系统中，区块链能够有效解决信息不对称、数据造假等问题，增强消费者对产品源头的信任感。

在区块链溯源研究方面，史爱武等人[42]采用双链架构结合 Schnorr 门限签名技术，打造了一款纺织服装溯源系统。该系统通过智能合约实现了私有链与联盟链的对应映射，从而简化了信息交换流程，显著提升了溯源信息检索的效率。高琪娟等人[43]基于 Fisco-Bcos 联盟链开发了新型农产品溯源系统，实时上传关键质量图片至区块链，增强数据可信度，提升消费者监督与知情权，系统大幅提升了溯源信息的真实性和信任度。同时，仅上传关键认证图片，既保障了消费者权益，又减轻了区块链存储负担。张净等人[44]利用星际文件系统（InterPlanetary File System，IPFS）的去重和分布式存储优势，优化存储资源使用，解决中心化存储、数据单一性和过载问题。结合区块链多链与 IPFS 私有网络，采用密码块链接模式（Cipher Block Chaining，CBC）和椭圆曲线加密技术（Elliptic Curve Cryptography，ECC），实现全面市场监控的同时保障企业数据隐私安全。刘伊然等人[45]提出了改进的 A-RAFT 算法与查询算法，运用于药物溯源系统，可以查询药物的生产、运输等一系列信息，保证人们可以通过正规渠道买到药品进行治疗。刘卫春等人[46]构建了以太坊智能合约驱动的农业供应链追踪体系，融合非同质化代币（Non-Fungible Token，NFT）技术提升了区块链在农产品溯源中的应用。实验结果证实，该供应链架构在成本效益和追踪效率上超越了现行区块链溯源标准技术。张艳飞等人[47]基于区块链技术，设计了一个用于计量管理与溯源的可信系统。该系统通过应用非对称加密技术和区块链的固有特性，确保计量数据及溯源信息的安全。同时，利用分布式共识算法确保交易过程的一致性与正确性，有效提升了计量数据的安全性和可信度。岳红卫等人[48]探讨了区块链技术在食品溯源中的典型应用及问题，区块链技术凭借其去中心化、不可篡改以及高度透明的特点，成为了食品信息溯源问题的有效解决方案，同时指出了其在实际应用中面临的挑战。文瑶等人[49]研究了大数据赋能区块链农产品溯源应用，提出区块链技术与大数据结合可以提高追溯体系的精确性、可信性和透明性，为农产品信息化转型与升级提供支持。臧昱言等人[50]提出了基

于区块链技术的电力企业应急物资供应链溯源方法，通过构建完善的系统实现应急物资供应链的快速、准确溯源，提高了供应链的透明度和响应速度。袁鑫等人[51]设计了基于区块链的宁乡花猪肉冷链物流溯源系统，通过多链共存的主体链和八层框架结构，实现了对宁乡花猪肉从养殖到销售全过程的追溯与监管，增强了消费者对产品质量安全的信任度。章丰田等人[52]提出了一种主要基于区块链技术的航空货运物流在线溯源方法，该方法通过应用加密存储与索引机制，显著提升了航空货运物流数据在在线溯源过程中的安全性和效率。谢路等人[53]开发了应用区块链技术的农产品生产溯源系统，通过系统架构的分层设计，实现了农产品全过程、全生命周期的信息化管理，提高了农产品溯源的准确性和可靠性。吴三斌等人[54]研究并实现了基于区块链的榆林市农产品溯源系统，通过区块链的不可篡改性和高安全性，实现了对农产品全链条信息的实时记录与追溯，有效提升了农产品溯源的准确性和可靠性。

Hang 等人[55]开发了一种基于区块链的养鱼场管理系统，该系统利用智能合约自动化处理各个环节的业务流程，有效减少了操作失误与风险，确保养鱼者的个人信息得到安全存储，同时维护了大量不可篡改的农业数据记录。Saurabh 等人[56]使用区块链技术去面对葡萄酒供应链的溯源考验，设计了一个成本效益高的供应链整合框架，并确保其可持续性。Khan 等人[57]设计了一个基于区块链的公私混合框架，解决了孟加拉国虾类出口中的追溯性、透明度和认证问题。该框架通过移动网页应用和物联网设备将每个生产阶段的数据输入区块链网络，并采用社区共识和机器数据时间戳方法进行数据验证。Prashar 等人[58]提出了一种基于区块链的改造方案，避免了传统的安全集中系统架构、中介和信息交换的基础需求，借助智能合约实现对供应链交易与通信的实时监控，增强了食品安全追溯的保证和完整性。Cao 等人[59]研究了区块链如何在食品供应链中得到合适的应用，以提升消费者对需要跨境牛肉供应链的认可。Vangala 等人[60]在智能农业领域进行了探索，研发出来了一种使用智能合约的区块链密钥认证协议，以提高数据储存的安全性。Masudin 等人[61]研究了在 Covid-19 疫情期间，印尼食品冷链系统中溯源技术的作用，研究表明，电子数据交换、RFID 和区块链的采用显著影响了溯源系统的有效性，其中区块链对溯源系统的影响最为显著。此外，溯源系统也显著提升了食品冷链的表现。Xu 等人[62]则建立了基于智能合约的城市水果质量溯源模型，以减少城市水果的伪劣风险。Carrières 等人[63]探讨了区块链溯源数据在可持续性生产背景下对环境影响评估的显著作用。Elmay 等人[64]提出了利用 NFT 和区块链技术进行航运业货柜和货物拍卖的溯源解决方案。Jia 等人[65]提出了一种效率高且具备可追溯性的去中心化区块链解决方案，该方案还支持编辑功能，解决了区块链不可篡改性带来的挑战，通过提出去中心化的变色龙哈希函数，确保每次编辑都需得到多个区块链节点的批准，并设计了一个结构来记录所有区块编辑历史，同时使用 RSA（Rivest-Shamir-Adleman）累加器进行编码。实验表明，该方案在实践中比现有的去中心化可