

基于区块链技术的宁夏肉牛产业溯源管理研究

石於鑫

宁夏工商职业技术大学 宁夏 银川 750000

摘要：本文系2024年宁夏工商职业技术大学校级科研项目“基于区块链技术的宁夏肉牛产业溯源管理研究”研究成果（项目编号为NXGS2024RW13），聚焦区块链技术在宁夏肉牛产业溯源管理中的应用，梳理了区块链技术产业应用概况，分析了宁夏肉牛产业现状，并结合国内外农产品溯源案例，构建了基于区块链技术的宁夏肉牛产业溯源模式。研究发现，区块链技术能够有效解决宁夏肉牛产业溯源中存在的篡改数据、信息孤岛等问题，显著提升溯源效率与可信度，为产业高质量发展提供了新的路径。研究还提出了政策支持、技术融合、人才培养等对策建议，为区块链技术在农业领域的应用提供了理论参考与实践指导。

关键词：区块链技术；宁夏肉牛产业；溯源管理；模式构建；产业升级

1 引言

宁夏作为我国西北地区重要的畜牧业基地，肉牛产业在促进农民增收和乡村振兴中发挥着支柱作用。预计到2025年，宁夏肉牛饲养量将达到260万头，全产业链产值突破600亿元，并形成“六盘山牛肉”等国家地理标志品牌。然而，随着产业规模的扩大，传统溯源体系面临数据篡改风险高、信息孤岛严重、消费者信任度低等挑战。区块链技术以其去中心化、不可篡改、可追溯等特性，为农产品溯源提供了创新解决方案。本文通过系统分析区块链技术在宁夏肉牛产业溯源中的应用路径，旨在构建高效、可信的溯源管理模式，推动产业数字化转型。

2 区块链技术产业应用概况

2.1 区块链技术核心特征与分类

区块链是一种将区块数据按时间顺序链式连接的分布式账本技术，通过密码学、共识机制和智能合约实现数据的安全存储、更新和操作。其核心特征包括去中心化、不可篡改、可追溯性和智能合约。去中心化意味着无需中心化机构协调，参与者共同维护账本；不可篡改性通过哈希指针连接数据区块，修改任一区块将导致链式断裂；可追溯性支持所有交易记录追溯至创世区块，实现全生命周期监控；智能合约则通过代码自动执行预设规则，降低人为干预风险。根据访问权限，区块链可分为公有链（如比特币、以太坊）、联盟链（如Hyperledger Fabric）和私有链。公有链完全开放，联盟链需权限准入，私有链仅限组织内部使用。在农业溯源领域，联盟链因其平衡了开放性与隐私保护需求，成为主流选择。

2.2 区块链技术发展现状与趋势

自2008年中本聪提出比特币以来，区块链技术已从

数字货币底层技术演变为全球数字化转型的核心驱动力。工信部数据显示，2023年中国区块链产业规模达83亿元，同比增长46%，全球区块链解决方案支出预计2025年突破190亿美元。应用领域覆盖供应链金融、司法存证、政务服务、医疗健康等，其中农产品溯源成为重点方向^[1]。技术层面，区块链正突破性能瓶颈：扩容方案如以太坊转向PoS后，ZK-Rollup技术（如StarkNet、zkSync）实现20,000 TPS，远超传统公链；跨链互操作方面，Cosmos、Polkadot生态崛起，央行数字货币研究所“多边央行数字货币桥”项目完成首期测试；隐私计算融合方面，零知识证明（ZKP）、安全多方计算（MPC）技术应用于跨境数据交易，深圳数据交易所落地国内首笔基于隐私计算的交易。

2.3 区块链在农业溯源中的应用价值

农业溯源需记录种植、养殖、加工、流通等全环节数据，传统中心化系统存在数据易篡改、透明度低等问题。区块链技术通过以下方式提升溯源效能：分布式存储与加密技术确保数据不可篡改，解决“信息造假”痛点；消费者扫码即可查询产品全生命周期信息，增强信任；政府可通过统一平台实时监控生产、流通数据，快速定位疫病源头；溯源数据支撑地理标志认证，提升产品溢价能力。

3 宁夏肉牛产业现状分析

3.1 产业基础与资源禀赋

宁夏地处中温带季风气候区，日照充足、水源丰富，拥有优质饲草资源。年种植青贮玉米120万亩、高产苜蓿30万亩，苜蓿草粗蛋白含量达18%-20%，优于全国平均水平。品种方面，以西门塔尔、安格斯牛为主，良种化率达87%，六盘山牛肉谷氨酸含量为全国平均水平的

3倍, 硒含量达0.07mg/100g。产业布局上, 形成以中南部地区为核心的优质肉牛产区, 规模化养殖比例达46%, 培育万头以上示范乡镇46个。

3.2 产业发展成就与挑战

3.2.1 产业规模与效益

2025年, 宁夏肉牛产业目标实现饲养量260万头、屠宰加工率46%、全产业链产值600亿元。政策扶持力度持续加大: 统筹资金1100万元实施补栏补贴, 单头牛利润突破2000元; 原源乳品精加工项目投资超5亿元, 涵盖液体乳、奶酪等多条生产线, 年产值达30亿元; “六盘山牛肉”获国家地理标志保护, 培育“穆和春”“泾河源”等企业品牌, 线上销售额占比超30%。

3.2.2 核心挑战

疫病防控压力方面, 年均处理动物疫情超30起, 传统人工记录方式存在数据滞后问题; 流通监管难度方面, 跨区域交易占比达65%, 信息孤岛导致溯源链条断裂; 市场风险方面, 牛肉价格受国内外市场供求影响波动大, 近两年鲜牛肉零售价下跌, 养殖户盈利空间压缩; 加工短板方面, 屠宰加工企业利润率不足6%, 低温制品占比低, 副产物综合利用率不足30%^[2]。

3.3 现有溯源体系问题

宁夏已建成“宁夏牧运通”系统, 实现动物检疫证明无纸化, 但存在以下局限: 中心化存储风险, 数据集于单一平台, 易遭攻击或篡改; 信息碎片化, 养殖、屠宰、流通环节数据未打通, 消费者仅能查询部分信息; 监管滞后性, 疫病预警响应时间长达数小时, 难以满足快速处置需求。

4 基于区块链技术的农产品溯源案例分析

4.1 国内案例: 河北冀州现代农业示范园“净菜进京”

京东全链溯源平台采用联盟链架构, 联合农业部门、质检机构、物流企业共建数据联盟链。实施效果显著: 消费者扫码可查询果蔬种植、采摘、加工、物流全环节信息, 溯源时间缩短至10秒; 溯源体系助力产品销量增长30%, 溢价率提高15%; 政府通过统一平台实时监控生产数据, 疫病响应效率提升300%。

4.2 国际案例: 沃尔玛中国鲜肉溯源系统

沃尔玛与IBM合作, 基于Hyperledger Fabric构建溯源网络, 覆盖50%鲜肉和40%蔬菜。实施效果包括: 产品信息上链后, 10秒内完成全链条追溯; 通过减少人工核查, 单次溯源成本下降50%; 调查显示, 85%消费者表示更愿意购买可溯源产品。

4.3 区域案例: 宁夏动物溯源管理系统

宁夏动物溯源系统集成RFID双频识别、区块链

存证和AI行为分析, 覆盖23个重点区县, 生成1.2亿条溯源数据。实施效果包括: 精准饲喂系统减少饲料浪费, 养殖成本下降15%-20%; 溯源数据支撑品牌价值建设, 溢价率提高25%以上; AI预警响应时间缩短至2小时, 年度疫病发生率下降68%。

4.4 案例启示

区块链技术需与物联网、大数据、AI等技术结合, 实现数据自动采集与智能分析; 政府、企业、消费者需共同参与, 构建可信数据生态; 政府补贴降低中小企业参与门槛, 标准制定规范技术应用。

5 基于区块链技术的宁夏肉牛产业溯源模式分析

5.1 溯源模式设计原则

溯源模式设计需遵循全链条覆盖、数据可信性、隐私保护和监管协同原则。全链条覆盖涵盖养殖、饲料、防疫、屠宰、加工、流通、销售全环节; 数据可信性通过区块链不可篡改特性确保; 隐私保护采用零知识证明技术, 在保护商业秘密的同时实现数据共享; 监管协同通过政府、企业、消费者多方共治, 提升监管效能。

5.2 溯源系统架构

5.2.1 数据层

数据层涵盖养殖、屠宰、加工、流通、销售全环节信息。养殖环节通过电子耳标记录肉牛出生日期、品种、饲喂记录、疫苗接种等信息; 屠宰环节记录屠宰时间、检疫证明、肉品品质检验结果; 加工环节记录加工工艺、添加剂使用、包装日期; 流通环节通过GPS定位记录运输轨迹、温度湿度数据; 销售环节记录销售渠道、价格、消费者反馈。

5.2.2 网络层

网络层由联盟链节点、数据共享机制和跨链互操作组成^[3]。联盟链节点由农业农村厅、养殖企业、屠宰场、加工厂、物流企业、零售商组成; 数据共享机制采用PBFT共识算法, 确保数据一致性; 跨链互操作与国家农产品溯源平台对接, 实现数据互通。

5.2.3 合约层

合约层通过智能合约规则实现自动化管理。养殖环节自动触发饲料投放、疫苗接种提醒; 屠宰环节检疫不合格肉牛自动锁定, 禁止流通; 加工环节添加剂超标自动报警; 流通环节温度异常自动通知物流企业调整。

5.2.4 应用层

应用层包括政府监管平台、企业管理系统和消费者查询端。政府监管平台实时查看肉牛存栏量、跨区域运输记录, 10分钟内锁定疫病源头; 企业管理系统优化生产流程, 降低运营成本; 消费者查询端通过扫码查询肉

牛全生命周期信息,包括饲料来源、检疫证明、加工工艺等。

5.3 关键技术实现

5.3.1 数据上链与存证

数据上链与存证通过哈希指针、默克尔树和时间戳实现。哈希指针使每个区块包含前块哈希,形成不可篡改的链式结构;默克尔树组织块内交易数据,通过对比根哈希验证数据完整性;时间戳为每个数据记录生成唯一时间标识,确保时序不可逆。

5.3.2 隐私保护技术

隐私保护技术采用CP-ABE加密和零知识证明。CP-ABE加密基于属性的加密方案,实现数据细粒度访问控制;零知识证明验证数据真实性而不泄露具体内容,保护企业商业秘密。

5.3.3 跨链互操作

跨链互操作通过中继链技术和原子交换实现^[4]。中继链技术通过中继节点实现不同区块链网络间的数据传输;原子交换支持跨链资产交换,促进数据价值流通。

5.4 实施路径与保障措施

5.4.1 分阶段推进

为确保宁夏肉牛区块链溯源体系稳步构建,可以分试点阶段(2025-2026年)、推广阶段(2027-2028年)和优化阶段(2029-2030年)有序推进。试点阶段选取灵武市、原州区等3个区县及50家养殖企业先行先试,验证技术可行性并积累经验;推广阶段在全区范围内接入200家屠宰加工企业,形成完整溯源链条并生成5亿条数据,提升市场信任度;优化阶段则探索与“一带一路”沿线国家合作,实现跨境溯源,同时持续优化技术,降低成本,为产业可持续发展提供支撑。

5.4.2 保障措施

为保障分阶段推进计划能够顺利实施、达成预期目标,需要采取一系列全面且具有针对性的保障措施。在政策支持方面,积极与政府部门沟通协调,争取将区块链溯源纳入农业补贴范围,对积极参与的企业给予税

收优惠、资金补助等政策激励,降低企业参与成本,充分调动企业的积极性与主动性。标准制定上,联合行业协会、科研机构以及企业代表,共同制定《宁夏肉牛区块链溯源技术规范》,明确数据采集、上链、存储、查询等各个环节的技术要求和操作流程,确保溯源体系的规范性和统一性。人才培养环节,依托宁夏大学、北方民族大学等高校资源,开设区块链相关课程,培养既懂农业又精通区块链技术的复合型人才。同时,加强高校与企业的深度合作,建立实习实训基地,为学生提供丰富的实践机会,促进产学研用的深度融合。宣传推广方面,充分利用短视频、线下活动等多样化渠道,广泛普及区块链溯源的优势和重要意义,提升消费者对溯源产品的认知度和接受度,激发市场需求,为宁夏肉牛区块链溯源体系的长期发展营造良好的市场环境。

结语

区块链技术为宁夏肉牛产业溯源管理提供了创新解决方案,通过构建全链条可信数据生态,有效解决了传统溯源体系中的数据篡改、信息孤岛等问题,提升了产业透明度与监管效能。研究提出的“数据层-网络层-合约层-应用层”四层架构,结合CP-ABE加密、零知识证明等关键技术,设计出符合宁夏产业特色的溯源模式。未来需加强政策支持、技术融合与人才培养,推动区块链技术在农业领域的规模化应用,助力乡村振兴与数字经济高质量发展。

参考文献

- [1]王晓静,赵子丹,田建文,等.宁夏牛肉梯次加工科技现状与发展路径研究[J].宁夏农林科技,2025,66(04):57-61.
- [2]咎林森.宁夏肉牛产业发展现状及纾困建议[J].中国牛业科学,2024,50(06):1-3.
- [3]艾琦,张坤,蒋秋斐,等.宁夏肉牛产业高质量发展对策研究[J].畜牧业环境,2024,(10):147-149.
- [4]王迎霞.宁夏:科技创新盘活肉牛产业[N].科技日报,2024-05-04(003).