

智慧冷链信息一体化平台构建与全流程追溯验证技术研究

张玲玲

杭州多协信息技术有限公司 310000

【摘要】针对当前冷链物流各环节信息割裂、追溯精度不足、验证体系不完善等问题,本文聚焦智慧冷链信息一体化平台构建与全流程追溯验证技术展开研究。通过整合物联网、大数据、区块链等技术,构建涵盖冷链全链条的信息一体化架构,设计多维度追溯验证机制,实现冷链数据的实时采集、高效传输与可信验证。

【关键词】智慧冷链;信息一体化;全流程追溯;验证技术

Research on the Construction of a Smart Cold Chain Information Integration Platform and Full-Process Traceability Verification Technology

Zhang Lingling

Hangzhou Duoxie Information Technology Co., Ltd. 310000

【Abstract】 Addressing current challenges in cold chain logistics—including fragmented information across operational stages, insufficient traceability accuracy, and inadequate verification systems—this study focuses on developing a smart cold chain information integration platform and corresponding full-process traceability verification technologies. By integrating IoT, big data, and blockchain technologies, the research establishes an integrated information architecture covering the entire cold chain process, implements multi-dimensional traceability verification mechanisms, and enables real-time data collection, efficient data transmission, and reliable data validation.

【Key words】 Smart cold chain; Information integration; Full-process traceability; Verification technology;

冷链物流作为保障生鲜农产品、医药产品等特殊物品质量安全的核心载体,其发展水平直接关系到民生保障与产业升级。当前,我国冷链物流行业虽实现快速发展,但仍面临信息碎片化、追溯不连贯、验证标准不统一等突出问题,导致物品损耗率偏高、质量安全隐患突出^[1]。在此背景下,构建智慧冷链信息一体化平台,研发科学高效的全流程追溯验证技术,成为破解行业痛点、推动冷链物流向智能化、精细化转型的关键路径,具有重要的理论价值与实践意义。

1 智慧冷链信息一体化平台的核心内涵与构建基础

1.1 智慧冷链信息一体化的核心内涵

智慧冷链信息一体化是依托现代信息技术,将冷链物流各环节的信息资源进行整合、协同与优化,实现冷链全链条信息的无缝衔接、实时共享与高效利用的一种新型冷链发展模式。其核心要义在于打破传统冷链各环节各自为政的信息壁垒,构建“采集-传输-存储-分析-应用”的闭环信息体系,使冷链物流的仓储、运输、配送、终端等各环节形成有

机整体,提升冷链运营的智能化水平与质量管控能力。与传统冷链信息管理相比,智慧冷链信息一体化更强调技术集成性、信息协同性与管理精细化,能够实现对冷链物品全生命周期的动态监控与精准管理。

1.2 平台构建的技术基础

智慧冷链信息一体化平台的创建无法缺少多学科技术的支撑,物联网、大数据、区块链、云计算是主要的支撑技术。物联网技术依靠各种传感器、RFID 标签等终端设备对冷链物品的温度、湿度、位置等关键参数实施实时采集,给平台赋予精确、完备的基础数据,是信息一体化的前提和根基。大数据技术可以对冷链全链条产生的海量数据进行清洗、分析、挖掘,从中提取出有价值的信息,为冷链运营决策提供数据支持,提高平台的智能化决策能力。区块链技术凭借去中心化、不可篡改、可追溯的特点,保证冷链信息的真实性、完整性、可信性,给全流程追溯验证提供技术保障。云计算技术给平台提供高效的存储和计算能力,实现海量冷链数据的安全存储和快速处理,支撑平台的稳定运行和功能拓展^[2-3]。

2 智慧冷链信息一体化平台的整体架构设计

2.1 平台架构设计原则

智慧冷链信息一体化平台架构设计需遵循系统性、实用性、安全性、可扩展性、协同性五个原则。系统性原则即平台架构要覆盖冷链全链条,实现各个环节信息的无缝衔接、协同运作,形成完整的闭环。实用性原则认为平台的功能要符合冷链行业实际需求,操作简便、运行高效,可以解决冷链行业的痛点问题,提高冷链运营和管理水平。安全性原则指的是平台要建立完备的安全防护体系,保证冷链数据采集、传输、存储、应用全过程的安全,防止数据泄露、篡改、丢失。可扩展性原则保证平台随着行业的发展、技术的更新,灵活地增加功能模块和服务范围,满足不同规模企业、不同种类冷链物品的管理需求。协同性原则重视平台同冷链各个主体、各个系统之间的协同对接,达成信息共享、资源优化配置,从而提高整个冷链产业链的协同效率^[4]。

2.2 平台整体架构组成

基于上述设计原则,本文构建的智慧冷链信息一体化平台采用分层架构设计,自上而下分为感知层、传输层、数据层、平台层与应用层,各层相互支撑、协同运作,形成完整的信息一体化体系。感知层作为平台的数据采集终端,主要由温度传感器、湿度传感器、RFID读写器、GPS定位模块等设备组成,负责对冷链物品的状态参数、位置信息等进行实时采集,将物理世界的冷链信息转化为可处理的数字信息,为平台运行提供基础数据支撑。传输层承担着数据传输的核心功能,通过5G、物联网、卫星通信等多种通信技术,将感知层采集的数据实时、高效、稳定地传输至数据层,实现数据的无缝传递,解决传统冷链数据传输延迟、不稳定等问题^[5]。

数据层是平台的核心数据存储和处理中心,主要对传输层传输的海量冷链数据进行存储、清洗、整合和加密处理。该层采用分布式存储技术和区块链存储技术相结合的方式,保证海量数据高效存储、快速访问,保证数据的真实性、不可篡改性。数据层还通过数据标准化处理,统一数据格式和编码规则,解决不同主体、不同设备之间的数据异构问题,实现数据的互联互通。平台层是数据层和应用层之间的纽带,集成了数据管理、智能分析、权限管理、接口管理等核心功能模块,给应用层提供技术支撑和保障。该层依靠智能分析算法对数据层海量数据展开深入挖掘,产出有价值分析结果,给应用层各类应用赋予决策支撑。

2.3 平台核心功能模块设计

仓储管理模块属于平台的核心应用模块之一,主要对冷链仓储环节的全流程智能化管理。该模块可以实时采集仓储环境的温度、湿度等参数,对仓储环境进行动态监控,当参数超过预设阈值时,自动发出预警信号,提醒工作人员及时处理,保证仓储物品质量。该模块还具有库存管理、入库管理、出库管理、库位管理等功能,对仓储物品进行精准的管理,优化仓储流程,提高仓储效率,降低仓储成本。

运输管理模块主要针对冷链运输环节的智能化控制,利用GPS定位技术以及温度、湿度实时采集技术,对运输车辆实施实时跟踪,对运输环境展开动态监测。工作人员可以实时查看运输车辆的位置、速度、运输路线、车厢内的温度、湿度等参数,及时掌握运输状态。运输过程中出现参数异常或者路线偏离等情况时,模块会发出预警并给出优化建议,保证运输过程的安全性、稳定性,减少物品运输损耗。

追溯查询模块是冷链全流程追溯的载体,该模块利用区块链技术,把冷链物品从源头采购、仓储、运输、配送到终端销售的全过程信息进行记录和存储,形成不可篡改的追溯档案。消费者、企业、监管部门都可以通过扫码、输入追溯码等方式,快速查询物品的全流程信息,实现来源可查、去向可追、责任可究。质量管控模块就是对冷链全链条质量数据进行实时采集和分析,建立完善的质量评价体系,对冷链物品质量进行动态评价,及时发现质量隐患,采取针对性的管控措施,提高冷链物品质量安全水平。

3 冷链全流程追溯验证技术研究

3.1 全流程追溯验证的核心目标与要求

冷链全流程追溯验证的核心目的就是实现冷链物品从源头到终端的全生命周期可追溯、可验证,保证物品质量安全,明确各个环节的责任主体,提高冷链行业的规范化水平。其主要要求有三个方面,即追溯的全面性,即冷链物品的采购、仓储、运输、配送、终端销售等各个环节的信息都要被准确记录和追溯;验证的准确性,即用科学的技术手段验证追溯信息的真实性、完整性、有效性,防止信息被篡改、虚假记录;追溯的高效性,即实现追溯信息的快速查询、调取,当出现质量问题时,可以快速定位问题环节,追溯责任主体,降低质量安全风险。

3.2 全流程追溯数据采集技术

追溯数据的精准采集是实现全流程追溯验证的基础,本

文结合冷链各环节的特点,采用多技术融合的采集方式,确保追溯数据的全面性与准确性。在源头采购环节,通过 RFID 标签对物品进行唯一标识,记录物品的产地、供应商、采购时间、质量参数等基础信息,实现物品源头信息的精准采集。在仓储环节,利用温度、湿度传感器等设备,实时采集仓储环境参数与物品存储状态信息,同步记录入库时间、库位信息、出库时间等仓储相关数据,形成完整的仓储追溯档案。

运输环节采用 GPS 定位模块和车载传感器相结合的方式,实时采集运输车辆的位置、速度、运输路线、车厢内温度、湿度、振动等参数,全程记录运输过程信息,保证运输环节的可追溯。配送环节使用手持终端设备记录配送人员、配送时间、接收人员、配送地点等信息,实现配送环节的精准追溯。终端销售环节用扫码录入等方式记录物品销售时间、销售地点、销售人员等信息,完成全链条追溯数据的采集,形成完整的追溯数据闭环。同时为了保证采集到的数据准确,使用数据校验技术,对采集到的数据进行实时校验,剔除异常数据,保证追溯数据的可靠性。

3.3 追溯信息传输与存储验证技术

追溯信息的传输和存储验证是保证追溯信息真实性、完整性的重要环节。在信息传输过程中使用加密传输技术,对追溯数据进行端到端加密,防止数据在传输过程中被泄露、篡改或者被窃取。同时利用物联网、5G 技术高带宽、低延迟的特点,保证追溯数据的实时传输,防止由于数据传输延迟造成追溯不及时的问题。在信息存储上采用区块链和分布式存储相结合的方式,创建起可信的追溯信息存储体系。区块链技术的去中心化特性,使追溯信息不再依靠单一服务器,有效地避免了信息被篡改或者丢失的风险,分布式存储技术实现了追溯信息的多节点备份,保证了信息的可访问性以及安全性^[6]。

为了保证追溯信息的真实性、完整性,设计了多维验证

机制。一方面,用数据签名技术对各个环节采集的追溯数据进行签名确认,保证数据来源的真实性,每个环节的责任主体对上传的追溯信息进行签名,一旦出现信息篡改,可以快速追溯责任主体。另一方面,用哈希算法对追溯数据进行加密,生成唯一的哈希值,将哈希值存入区块链中,当需要验证信息时,通过比对哈希值,就可以判断追溯信息是否被篡改,保证信息的完整性。另外建立追溯信息交叉验证机制,对不同环节、不同主体上传的追溯信息进行比对,发现信息不一致的问题及时进行核实修正,提高追溯信息的准确性。

4 结论

本文主要研究智慧冷链信息一体化平台的构建以及全流程追溯验证技术,得出如下结论:

(1) 智慧冷链信息一体化平台利用物联网、大数据、区块链等技术,采用分层架构设计,可以实现冷链全链条信息的无缝衔接、实时共享、高效利用,打破传统冷链各环节信息壁垒。平台包含感知层、传输层、数据层、平台层、应用层,具有仓储管理、运输管理、追溯查询、质量管控等功能,可以满足冷链各主体的实际需求。

(2) 采用多技术融合的数据采集方式、加密传输与可信存储技术、多维度验证机制,实现了冷链物品全生命周期的可追溯、可验证,保证了追溯信息的真实性、完整性、准确性。

(3) 智慧冷链信息一体化平台同全流程追溯验证技术的融合,可以明显改善冷链运作效率,缩减物品损耗率,保证物品质量安全,促使冷链行业朝着智能化,精细化,规范化方向前进,给冷链行业高质量发展赋予了技术支撑和理论参照。

参考文献

- [1]黄宁宇,崔宇航. “双碳”背景下河南省农产品冷链物流发展研究 [J]. 河南农业, 2026, (03): 11-13.
- [2]赵红杰. “村播+冷链”融合模式下鱼台龙虾销售网络优化路径研究 [J]. 现代商业, 2026, (04): 63-66.
- [3]徐雨逢,梁毅. 基于联盟链的体外诊断试剂冷链全流程智慧追溯方法研究 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2025, 22 (06): 899-906.
- [4]黄玉坤,张鹏飞,黄建权. 医院智慧冷链全流程追溯系统构建与运行效果分析 [J]. 医院管理论坛, 2025, 42 (12): 85-88.
- [5]孙颖菀. 基于大数据技术的农产品冷链物流智慧平台信息规划研究 [J]. 中国物流与采购, 2025, (24): 105-106.
- [6]董晓璇. 智慧物流背景下电商生鲜冷链运输体系优化研究 [J]. 中国物流与采购, 2025, (19): 175-176.

作者简介: 张玲玲, 出生年月: 1976 年 4 月, 女, 汉族, 籍贯: 浙江省杭州市, 学历: 本科, 研究方向: 冷链信息一体化与验证平台服务。