

冷链物流中的“绿色精准温控 + 监测”体系设计

李俊衡, 徐冯乐, 韩明轩, 梁玲滢, 徐如飞, 崔斯佳*

安徽新华学院商学院, 安徽 合肥

收稿日期: 2023年11月20日; 录用日期: 2024年1月19日; 发布日期: 2024年1月31日

摘要

随着对生鲜产品需求的增加, 冷链运输的保护和监测变得越来越重要。本文从绿色冷链运输的角度出发, 调研了现有的冷链运输情况, 并针对存在的问题, 设计了“绿色精准温控 + 监测”体系。为实现绿色精准温控, 提出了变频温控、货物预冷和保温效果三个模型, 分别从温度精准控制、货物预冷时间和保温材料选择等方面给出思路。在车辆货物状态监测方面, 利用物联网、区块链等技术对车厢状态信息进行监测, 并通过车载终端控制制冷机, 同时对运输中的货物进行监测, 以确保整个运输过程中的冷链质量。

关键词

冷链物流, 绿色物流, 精准温控检测

Design of “Green Precision Temperature Control + Monitoring” System in Cold Chain Logistics

Junheng Li, Fengle Xu, Mingxuan Han, Linghui Liang, Rufei Xu, Sijia Cui*

School of Business, Anhui Xinhua University, Hefei Anhui

Received: Nov. 20th, 2023; accepted: Jan. 19th, 2024; published: Jan. 31st, 2024

Abstract

With the increasing demand for fresh products, the protection and monitoring of cold chain transportation have become increasingly important. This article starts from the perspective of

*通讯作者。

文章引用: 李俊衡, 徐冯乐, 韩明轩, 梁玲滢, 徐如飞, 崔斯佳. 冷链物流中的“绿色精准温控 + 监测”体系设计[J]. 管理科学与工程, 2024, 13(1): 264-268. DOI: 10.12677/mse.2024.131026

green cold chain transportation, investigates the current situation of cold chain transportation, and designs a “green precise temperature control + monitoring” system to address the existing issues. To achieve green precise temperature control, three models are proposed: variable frequency temperature control, pre-cooling of goods, and selection of insulation materials, providing ideas for temperature control accuracy, pre-cooling time, and insulation material selection. In terms of monitoring the status of vehicle and goods, technologies such as the Internet of Things and blockchain are utilized to monitor the status information of the vehicle compartment. The refrigeration unit is controlled through the onboard terminal, and the goods are monitored during transportation to ensure the quality of the entire cold chain process.

Keywords

Cold Chain Logistics, Green Logistics, Precise Temperature Control Detection

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

人们对新鲜食材的喜爱，自古至今从来没有中断，但碍于条件限制，只有皇室高官才能享受快马传递的食材。随着冷藏技术的发展，满足人们需求的可能性增加，冷链物流应运而生。现代社会生活品质提高，人们对食品质量的要求不断提高，冷链物流业崭露出商机。我国冷链物流业因此发展空间空前巨大，从政策环境、经济环境、社会环境、技术环境等方面研究来看，冷链物流运输正朝着信息化、自动化、智能化发展，适应电子商务模式的要求。但在高速发展过程中，冷链物流运输也面临着许多问题和挑战，如不稳定的冷链物流体系、高损耗率、高成本、不完善的货物追踪系统和低透明度的冷链信息。经过分析问题的原因在于：温度控制不精确、缺乏实时温度监测机制和运输产品信息监测平台。

因此，根据冷链物流运输发展中存在的问题，提出了“绿色精准温控 + 监测”方案，采用精准化 + 自动化相结合，设计了车厢内变频温控系统。通过车载智能终端接收和分析传感器采集的车厢内温度信息，控制制冷机的工作，实现冷链运输过程中制冷操作的自动化。利用 5G、物联网和区块链技术，设计了运输监测系统，解决冷链运输过程中货物信息不全面和不透明的问题。

2. 冷链运输的现状与问题

冷链运输的现状

根据中国物流与采购联合会的统计数据，2021 年我国物流需求规模再创新高，社会物流总额增速恢复至疫情前的平均水平。全年社会物流总额达到 335.2 万亿元，同比增长 9.2%，年均增长 6.2%。下半年受疫情多点散发和上年同期基数较高等因素的影响，导致 2021 年社会物流总额增速呈现前高后低的趋势。第一季度同比增长 24.2%，上半年增长 15.7%，前三季度增长 10.5%。与疫情前的 2018 年、2019 年不同，2020 年以来社会物流总额增速持续高于 GDP 增速，物流需求系数持续提升[1]。这表明在疫情压力持续存在的情况下，实物物流的恢复与实体经济的生产、出口和消费保持良好势头，成为物流需求复苏的主要支撑。

3. 冷链运输中存在的问题

首先，制冷成本高的问题较为突出。冷链物流涵盖冷冻加工，冷藏贮藏，冷链运输和冷链销售全过

程, 从制冷设备制造、冷库建设, 向后延伸至预冷、运输、储藏、分销、配送、消费展示等环节, 涉及冷藏车、冷库、商业冷柜等多种设备, 其成本较普通物流要高出 40%~60%。根据国际标准, 食品的物流成本最大不能超过食品总成本的 50%。但是由于我国大部分冷链运输的物流企业运输设备和冷库设施落后, 运输过程中的食物损耗较大, 导致我国食品运输物流成本已经超过了食品总成本的 70% [2]。这不仅会增加农产品的成本价格, 也会降低商家的市场竞争力。

其次, 冷链运输的货损率较高。我国很多保鲜食品冷链物流运输还在使用冰袋保温, 甚至是使用传统的棉被保温的方式, 这会大大增加食品在运输过程中的损失率。相关数据显示, 我国农产品在运输过程中的损失率非常高。肉类的损失率达 12%, 水产品的损失率高达 15%, 而蔬菜和水果的损失率竟高达 20%~30% [3]。我国每年食品冷链运输过程中, 光蔬菜水果的损失就能达到 1000 亿元以上。这不仅会给物流企业带来非常大的损失, 也造成了大量的食物浪费。

最后, 食品冷链运输缺乏有效监控手段。我国很多冷链运输车辆的温度和位置监控存在空缺[4] [5], 物流企业只能知道食物在运输开始时的保鲜状态, 对运输过程中食品发生的温度变化一无所知, 对货物运输期间的所有情况无法查询、无法跟踪。这就没有办法很好的把控运输过程中食物的安全问题, 也给保鲜食物运输中的损耗带来了较多的隐患。一旦食物腐坏, 消费者又没有很好的辨别能力, 就会给消费者的生命安全带来较大的隐患。

4. “绿色精准温控 + 监测” 体系设计

4.1. 解决方案概述

针对冷链物流中制冷成本高、货损率高和缺乏有效监控手段的问题, 可以采取一系列解决方案, 包括建立“精准温控”和“精准监测”体系, 引入先进的监控技术和数据管理系统, 以及优化运输过程和预冷措施。这些措施将有助于提高冷链物流的效率、降低成本, 并确保货物在运输过程中的安全和质量。

首先, 建立“精准温控”体系, 可以通过引入温度和位置的监控系统来实现对货物的实时监测和跟踪。这可以包括在冷藏车辆和货物上安装温度传感器和 GPS 定位设备, 以便实时监测温度和位置信息。通过与区域监控中心的数据传输和分析, 可以及时发现温度异常和货物位置偏移, 并采取相应的措施进行调整和纠正, 确保货物在整个运输过程中保持适宜的温度条件[6]。

其次, 建立“精准监测”体系, 可以利用先进的技术手段对冷链运输进行全面监控和管理。这可以包括建立区域监控中心, 利用 GPS 数据采集系统、GIS 地理信息系统和 RFID 电子标签等技术, 对冷藏车辆进行远程监控和管理。通过实时监测车辆位置、运输路径和温度数据, 可以及时发现潜在的问题和风险, 并采取相应的措施进行预警和处理。此外, 还可以利用预冷检测技术, 提前对货物进行温度预冷, 避免因预冷不准确而引起的质量问题。

另外, 优化运输过程和预冷措施也是提高冷链物流效率和降低成本的重要手段。通过合理规划运输路线、优化车辆调度和货物装载, 可以减少运输时间和能源消耗, 降低运输成本。同时, 采用先进的预冷设备和技术, 可以在货物装载前对其进行充分预冷, 确保货物在运输过程中能够保持稳定的温度条件, 减少温度波动和质量损失[7]。

4.2. 技术可能性与可行性

5G 技术为物联网和区块链应用提供了优质的网络基础, 加速了物联网和区块链的发展。区块链技术在食品冷链物流监测体系中具有可追溯性、不可篡改性 and 开放性等优势, 提高了信息的可靠性和安全性。这些技术的应用将进一步推动食品冷链物流的发展, 保障食品质量和安全。

5G 是第五代移动通信网络技术, 具备高速率、低延时和大容量的特点, 为物联网和区块链应用提供

了优质的网络基础。在物联网方面, 5G 的高传输速率和大容量能够支持更多设备的连接和数据传输, 加速了物联网应用的发展。对于区块链技术而言, 5G 的高带宽和海量连接解决了其面临的延时高、交易速率慢和基础设备要求高等问题, 为区块链在物联网中的应用提供了坚实的网络基础。5G 的高速率和低时延能够加快区块链数据同步和共识算法的效率, 提高应用的稳定性。同时, 5G 支持海量连接和设备直接通信, 提升了物联网设备的处理效率和网络性能, 满足了区块链的带宽需求[8] [9]。

区块链技术在食品冷链物流监测体系中具有以下优势。首先, 区块链技术的可追溯性能够按照时间顺序追溯食品冷链相关信息, 实现正向追踪和逆向溯源。其次, 区块链技术的不可篡改性通过哈希计算和密码学方法保障了信息数据的安全可靠, 减少了篡改的风险。此外, 区块链技术的开放性使得整个冷链物流参与主体能够在保障信息私密性的前提下查询和记录信息, 提高了透明度和信任度。

5. “精准温控 + 监测” 方案设计与实施

5.1. 方案设计

为解决货物质量不易保障和信息不全面的问题, 设计了车厢变频温控和货物物联网监测方案。

车厢变频温控方案通过安装温控系统在冷链车上, 定时发送数据到中央控制系统, 确保冷藏产品在精准的温度下进行运输配送, 保障货物质量。在线监控平台向冷库发送订单信息, 冷库打包货物并派单给冷藏车[10]。冷藏车自动进行预冷, 平台实时监控车厢温度。装货后, 冷藏车读取温度, 若正常则开始运输, 若异常则立即启动变频制冷机, 直到温度恢复正常后开始运输。

货物物联网监测方案利用传感器、北斗定位技术、RFID 技术、5G 和区块链等技术, 实现货物状态的实时监测和信息的可靠传输[11]。通过车载传感器监测包装箱和货筐的状态, 并将数据实时传输到车载终端, 再通过 5G 传输到在线监测平台的数据库。货物数据经过机构签名验证和加密存储在区块链中, 实现信息的全面记录和透明可靠传输。企业可以通过在线监测平台实时监控货物状态, 用户可以使用手机小程序获取货物在途状态信息。

这两个方案共同解决了货物质量和信息不全面的问题, 保障了货物的质量和运输安全。车厢变频温控方案确保了货物在运输过程中的安全温度, 而货物物联网监测方案实现了信息的全面记录和透明可靠传输。这些方案的实施将提高冷链物流的效率和可信度, 促进行业的发展。

5.2. 方案实施

为解决货物运输过程中信息不全面的问题, 设计了物联网和区块链技术相结合的运输监测方案。该方案包括车厢内温湿度控制系统和运输过程信息监测系统。

车厢内温湿度控制系统利用车载终端和传感器等硬件设备, 通过分析车厢内传感器采集的温湿度信息, 决策是否向制冷机发送调控指令, 实现对车厢温度的控制[12]。

运输过程信息监测系统通过物联网、区块链和 5G 技术, 确保从冷库发货到客户接收货物的物流全过程信息的完整与全面。在线监控平台向冷库发送订单信息, 并实时监测车厢内温度。冷库分配分拣员进行拣货, 将相关信息通过 5G 发送给数据库。打包员根据货物需要选择包装方式, 并将相关信息通过 5G 发送给数据库。

货物装车后, 车厢内的传感器通过有线连接向车载终端实时传输温湿度、厢门状态和定位等信息。车载终端将数据通过 5G 传输给在线监控平台的数据库。

在运输过程中, 厢内温湿度、厢门状态和定位等信息将实时传输给数据库, 平台和客户可以随时访问数据库监测货物状态信息。

通过该方案, 解决了货物运输过程中信息不全面的问题, 保障了货物质量和运输安全。同时, 利用

物联网、区块链和 5G 技术, 实现了信息的全面记录和透明可靠传输, 提高了物流的效率和可信度。车厢内温湿度控制系统和运输过程信息监测系统相辅相成, 共同为货物运输提供了全面的监测和控制。

6. 结论

本方案设计冷链运输中的“绿色精准温控 + 监测”方案, 针对冷链物流运输中存在的问题和原因进行综合分析。方案包括两个关键方面: 绿色精准温控和运输监测。

在绿色精准温控方面, 通过优化保温材料的导热系数, 选择最优的保温材料, 提高包装的保温效果, 降低成本。同时, 利用物联网和区块链技术, 实现对冷藏车厢内冷链产品温度的精准监测。通过优化车厢制冷系统, 精确调控车厢内温度, 避免人员操作不当导致的温度不达标问题, 保证产品质量, 节省油耗, 降低货损成本。

在运输监测方面, 通过结合 5G 和物联网技术, 实现实时监测和信息查询。通过高速率和时效性的数据传输, 将冷链运输过程中的信息和车厢内温湿度等数据传输到数据库。利用区块链的不可篡改特性, 保证数据的安全性和可靠性, 确保冷链运输全程不断链。同时, 设计了货物查询小程序, 让消费者能随时访问数据库, 实时跟踪和查询货物, 提升消费体验。

通过本方案, 解决了冷链物流运输中的问题, 实现了绿色精准温控和运输监测。这将对冷链物流的发展产生重要影响, 提高产品质量, 降低成本, 提升消费者满意度。

基金项目

2023 年国家级大学生创新创业训练计划(202312216008)。

2022 年省级大学生创新创业训练计划(S202212216002)。

安徽新华学院 2023 年校级人文社科项目(2023rw018)。

参考文献

- [1] 中国物流与采购网. 2021 年全国物流运行情况通报[EB/OL]. <http://www.chinawuliu.com.cn>, 2023-12-19.
- [2] 未来智库. 2022 年中国冷链物流行业发展现状分析远期中国冷链物流市场规模将达到万亿[EB/OL]. <http://www.vzkoo.com>, 2023-12-19.
- [3] 王友珍. 我国冷链物流发展现状与趋势研究[J]. 物流科技, 2023, 46(13): 125-126. <https://doi.org/10.13714/j.cnki.1002-3100.2023.13.033>
- [4] 刘海. 电气自动化设备在冷链物流中的应用与优化[J]. 中国航务周刊, 2023(44): 51-53.
- [5] 姜明珠. 我国冷链物流运输现状及发展策略[J]. 长春金融高等专科学校学报, 2023(3): 59-63.
- [6] 娄英丹. 智能化机械设备电气自动化技术研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(2): 102-104.
- [7] 郭洋, 郭建川, 王倩. 5G 无线网络节能减碳技术研究[J]. 通信与信息技术, 2022(S2): 54-56.
- [8] Badia-Melis, R., Mc Carthy, U., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J. and Villalba, J.R. (2018) New Trends in Cold Chain Monitoring Applications—A Review. *Food Control*, **86**, 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.022>
- [9] 熊峻辉, 刘娟秀, 黄心怡, 等. 基于 5G 的智慧农业物联网控制管理系统设计[J]. 电子制作, 2022, 30(17): 30-32+70. <https://doi.org/10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2022.17.008>
- [10] Meneghetti, A. and Monti, L. (2015) Greening the Food Supply Chain: An Optimisation Model for Sustainable Design of Refrigerated Automated Warehouses. *International Journal of Production Research*, **53**, 6567-6587. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.985449>
- [11] 孙康, 王静秋, 冷晟, 等. 基于物联网的温室环境监控系统[J]. 测控技术, 2019, 38(9): 118-121. DOI:10.19708/j.ckjs.2019.09.023.
- [12] Saif, A. and Elhedhli, S. (2016) Cold Supply Chain Design with Environmental Considerations: A Simulation-Optimization Approach. *European Journal of Operational Research*, **251**, 274-287. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.056>