

5G 技术在广西特色农产品冷藏环节的可视化与数字化研究

罗燕

广西国际商务职业技术学院, 广西 南宁 530001

DOI:10.61369/ECE.2025150016

摘 要 : 随着乡村振兴建设与现代物流发展规划, 农产品冷链物流正在向智慧化、数字化、高效化发展。广西作为“南菜北运”的重要基地, 其特色农产品冷链物流产业发展成为影响本土经济的重要因素。与此同时, 5G 技术基于其高带宽、低时延、广连接等特性, 成为解决传统冷链物流问题的重要手段, 尤其为冷藏环节的可视化与数字化升级提供了基础工具。本文即以此为研究背景, 通过阐释未来农产品冷链物流特征, 提出广西特色农产品冷藏环节面临的现实问题, 进而总结基于 5G 技术的广西特色农产品冷藏环节可视化与数字化转型策略, 以此为广西特色农产品智慧冷链物流体系的构建与服务创新提供关键技术支撑, 助力乡村产业振兴。

关 键 词 : 5G 技术; 广西特色农产品; 冷链物流; 冷藏环节; 可视化; 数字化

Research on Visualization and Digitalization in the Refrigeration Process of Guangxi's Characteristic Agricultural Products Driven by 5G Technology

Luo Yan

Guangxi International Business Vocational College, Nanning, Guangxi 530001

Abstract : Against the backdrop of the advancement of rural revitalization and the formulation of modern logistics development plans, the cold chain logistics for agricultural products is moving towards the development of intellectualization, digitalization and high efficiency. As a pivotal base for the "South-to-North Vegetable Transportation" initiative, the development of the cold chain logistics industry for Guangxi's characteristic agricultural products has become a crucial factor influencing the local economy. Meanwhile, 5G technology, boasting the features of high bandwidth, low latency and massive connectivity, has become an important technical solution to the drawbacks of traditional cold chain logistics, and in particular, it provides a fundamental technical tool for the upgrading of visualization and digitalization in the refrigeration process. Taking this as the research background, this paper first elaborates on the characteristics of the future cold chain logistics for agricultural products, then points out the practical challenges faced by the refrigeration process of Guangxi's characteristic agricultural products, and further summarizes the transformation strategies for visualization and digitalization in the refrigeration process of Guangxi's characteristic agricultural products based on 5G technology. This research is intended to provide key technical support for the construction and service innovation of the intelligent cold chain logistics system for Guangxi's characteristic agricultural products, and thus boost the vitalization of rural industries.

Keywords : 5G technology; Guangxi's characteristic agricultural products; cold chain logistics; refrigeration process; visualization; digitalization

引言

随着冷链物流发展规划的深入实施, 智慧、绿色、安全、高效成为智慧冷链物流产业转型升级的核心关键词, 也为广西特色农产品产业的壮大提供了核心动力。传统冷链物流在冷藏环节往往存在信息不透明、监管滞后、损耗率高等问题, 这就需要整合 5G、物联网、大数据等新一代信息技术, 以此构建数字化冷链物流全链条系统。其中 5G 技术作为核心支撑, 可以为冷藏环节提供设备实时互联、高清视频远程监控、数据毫秒级传输等服务, 因而实现了可视化与数字化效果。因此, 本文研究旨在厘清 5G 技术的赋能路径, 全方位解决广西特色农产品冷藏环节的质量管控难题, 并由此推动 5G 技术的应用推广, 进而为广西特色农产品智慧冷链物流的实践创新与乡村振兴提供帮助。

项目信息: 2023 年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目《5G 技术在广西特色农产品智慧冷链物流中的应用研究》(项目编号: 2023KY1272)。

一、未来农产品冷链物流特征分析

在政策与技术发展引导下，未来农产品冷链物流将主要呈现“四新”特征，以此为广西特色农产品冷链物流产业发展明确了转型方向。

第一，新常态：安全与韧性成为生命线。食品安全问题是农产品产业与冷链物流体系构建中必须关注的首要问题。冷链物流体系既是保障民生的重要链条，同时也面临着食品安全挑战，这就要求其必须建立完善的可追溯系统，以此加强过程控制，更好地应对公共卫生事件，确保流通的安全性^[1]。

第二，新消费：需求驱动供应链变革。随着生鲜电商、社区团购、直播带货等多元消费模式兴起，消费者对农产品的要求不断提升，并提出了“新鲜、安全、可溯源”的基本诉求^[2]。这就要求农产品冷链物流向数字化、可视化、服务化转型，建立从产地到餐桌的全程信息透明体系。

第三，新技术：智能化与自动化深度融合。5G、北斗、物联网、区块链、人工智能等技术为冷链物流系统的优化升级提供了技术支撑^[3]，尤其在数据驱动下实现了环境自动感知、路径自主优化、设备智能调控、决策智能支持等升级。

第四，新流通：效率与成本优化是关键。为进一步提升农产品的“鲜度”即产品竞争力，冷链物流体系还需进一步加快周转并减少冗余，进而通过仓储动态管理、库存精准预测、干支线高效衔接等手段^[4]，全面优化供应链结构。

二、广西特色农产品冷藏环节面临的现实问题

（一）信息不透明

信息数据的不透明是影响当前冷链物流冷藏环节的核心问题。其一在于造成纵向数据链断裂，导致农产品从田间采摘、预冷处理、干线运输到仓储管理的数据流无法采集、呈现与精准预测。其二在于横向管理层面，工作人员无法实时明确冷库内部环境与库存状态，包括温湿度分布情况、库存货物具体位置、货物批次与入库时间、货物剩余保质期等信息。人工信息采集不仅滞后，而且还容易出错，使得冷藏环节质量管控具有被动性与粗放化特征。

（二）监管滞后

过程管控和应急响应是农产品冷藏环节监管滞后的两个主要维度。一方面，过程监管主要依靠人工与经验。传统的冷库环境调控需要以时间表与工作经验为基础，但无法根据货物类型、库存量、外部环境变化等因素动态调整，进而造成能耗浪费或局部温控不达标。另一方面，质量追溯与应急响应迟缓。当市场端反馈产品质量问题时，无法快速追溯问题来源。同时，在出现设备故障、电力中断等突发情况时，又缺少完善的预警机制，进而难以防止损失扩大。

（三）损耗率高

信息不透明与监管滞后等问题引发损耗率高的后果，也是影响产业利润的关键因素。影响损耗的原因主要表现在以下三个节

点：第一，源头预冷不当损耗。由于缺乏科学的数据支撑，导致农产品未能选择最佳采收期，甚至缺少预冷工艺或预冷措施不当，使得农产品入库前就出现受损问题。第二，运输过程品质衰减。由于长途运输环节无法监控车厢温度与货物堆码状态，同样容易出现品质下降问题。第三，仓储管理静态损耗。冷库内部管理系统落后，存在环境不均、管理混乱、参数设置不合格等问题，也会造成农产品的干耗、衰老、冻害或局部腐烂等问题。

三、基于5G技术的广西特色农产品冷藏环节可视化与数字化转型策略

（一）构建基于“5G+物联网”的全链路数据采集与传输底座

物联网系统与5G技术的集成建设是实现冷藏环节可视化与数字化转型目标的基础所在，可以满足冷藏环节的全链路数据采集与信息传输。具体来说，第一，应全面部署连接5G网络的物联网传感器，一方面要覆盖田间、运输车辆、冷库内部等各个环节的生产链路与空间场景，另一方面要采集多元数据，涵盖温度、湿度、光照、乙烯浓度、货物图像等，以此为可视化提供基础信息。第二，应建立以5G网络为基础的大规模机器类通信（mMTC）设备，其一可以满足海量传感器设备低功率接入，尽可能压缩成本；其二可以利用增强型移动宽带优势，实现实时回传高清监控视频、3D点云数据的目的。第三，建立数据云端处理平台，依托5G网络将“第一公里”“运输途中”“冷库静态贮藏”三个环节的传感器信息进行整合汇聚^[5]，以此既可以将信息全维度整合分析后进行可视化处理，又可以打破信息孤岛问题，建立农产品从采摘到出库的全程数字孪生系统。

（二）实现“5G+边缘计算”的采摘预冷决策与精准执行

5G边缘计算网关的建设则是实现精准决策的核心载体，因此需要在广西特色农产品产地田间部署5G边缘计算网关系统，以此为采摘预冷与精准执行提供决策依据，提高农产品入库冷藏前的质量标准。第一，应建立产地检测系统，通过固定监测点与无人机巡飞系统，搭载高清摄像头，并借助5G网络实时回传拍摄信息，并利用AI大模型分析产物生长图像特征，通过边缘端分析果实成熟度，并由算法智能推荐最佳的采摘时间^[6]。第二，应建立预冷车间农产品实时监测系统，通过传感器网络采集农产品在预冷车间环节的中心温度，并绘制下降曲线，通过边缘计算节点构建符合不同农产品预冷需求的特性模型，能够动态调节预冷设备的运行参数，进而通过水温、真空度、风速等参数调节提高预冷效率，并避免出现冷害问题。此外，处理完成后还可以将农产品品种、时间节点、预冷参数、初始品质状态等数据整合为标准数据包^[7]，通过5G网络同步至云端平台，以此为后续环节提供精准且完善的初始数据。

（三）打造“5G+北斗+区块链”的运输过程透明化监控与追溯体系

5G车联网终端与智能货柜则是冷链运输环节实现可视化与数字化冷藏的基础，其中智能货柜通过集成多类传感器可以实时采

集农产品状态数据与冷藏环境信息，5G 车联网终端则可以根据信息反馈实时调整冷藏运输车的参数，以此建立透明化监控与追溯体系。第一，应通过传感器系统实时采集车厢内多维环境数据，同时整合北斗定位数据，将相关信息依托5G 网络低时延上传至云平台。相关管理人员可以通过平台实时了解车辆的运行状态、空间位置、路径轨迹，甚至可以实时调用摄像头查看车厢内全景视频，并将相关环境数据生成参数曲线。当参数信息出现温度超阈值、车门异常开启、路径偏离等各类异常时^[8]，系统会即刻向司机与管理人员发出警报。第二，应依托5G 技术与区块链技术，将各个环节的时间、位置、温度、操作人等关键数据上链存证，以此形成不可篡改的追溯链条，从而达到增强消费信任，简化纠纷处理的效果。

（四）建设“5G+ 数字孪生 +AI” 的智慧冷库可视化智能管理平台

5G 技术、数字孪生以及人工智能系统的集成则是农产品冷藏环节数字化转型的核心所在。第一，应建立立体可视化系统。在冷库内部，需部署高密度的5G 无线温湿度传感器与高清网络摄像头，同时结合回传的数据信息，在云端构建冷库空间的三维数字孪生模型，以此真实再现仓库内每一个货位与每一批货物的存储状态，确保管理人员可以“一屏观全库”。第二，应建立智能库存数字化管理系统。农产品入库前应为每箱货物附加5G RFID 或二维码标签，一方面可以通过5G 连接 AGV 智能叉车或手持 PDA

的方式，将货物进行智能识别，进而完成定位与盘点工作^[9]；另一方面，系统可以根据相关操作行为自动记录货物的入库时间、保质期、空间位置等信息，并且在出库时可以智能推荐出库批次选择与最优拣货路径，从而实现库存的精准、动态、数字化管理。第三，应建立自适应智能调控系统。以数字孪生模型与人工智能算法为基础，智慧冷库可视化智能管理平台系统可以实时分析库内环境状态，并预测其温度、湿度等条件信息变化趋势，进而自动生成最优的风机转速、阀门开度调节等制冷设备调控参数^[10]，以此达到精准控温、节能降耗的目的。此外，该系统还可以对相关设备进行预测性维护，确保可以提前发现隐性的故障风险。

四、结语

综上所述，在乡村振兴与智慧物流发展的大背景下，广西特色农产品产业的发展离不开高品质的冷链物流系统。在5G 技术应用背景下，可以通过构建以5G 网络为基座的“感知—传输—分析—决策”一体化系统，并充分发挥传感器系统、物联网、人工智能、大数据、云计算、区块链等技术优势，由此破解从田间预冷适配、运输过程透明到冷库智能管理的系列难题，将传统的“黑箱”式冷藏环节升级为全程可视、数据驱动、智能管控的“透明仓”与“智慧脑”，从而为广西特色农产品的优异品质、降低物流损耗、提升供应链效率提供保障。

参考文献

[1] 唐建华, 杨士涓. 广西特色农产品冷链物流信息系统建设与优化策略研究 [J]. 中国商论, 2024, 34(24): 109-112.
[2] 沈倩. 基于区块链技术的农产品冷链物流优化策略研究 [J]. 科技创新与应用, 2024, 14(28): 18-22.
[3] 薛文, 陈艺璇, 陈瑞. 数字经济背景下广西农产品冷链物流路径研究 [J]. 商展经济, 2024, (11): 116-119.
[4] 姚源果, 王力锋, 劳子悦. 基于生鲜农产品产量及冷链物流市场的冷库布局规划研究——以广西为例 [J]. 百色学院学报, 2024, 37(02): 76-89.
[5] 王伟. 基于5G 与北斗定位的动态冷链物流路径优化研究及系统实现 [D]. 华东交通大学, 2024.
[6] 覃珺. 浅析广西农产品冷链物流运营效率提升策略及保障机制 [J]. 物流科技, 2024, 48(05): 148-150.
[7] 李彤, 周叶. 数字经济驱动农产品冷链物流高质量发展的路径研究 [J]. 中国储运, 2024, (01): 198-200.
[8] 何朝聪, 唐凤范. 基于补短板、强弱项的广西生鲜农产品冷链物流体系构建关键要素研究 [J]. 物流科技, 2024, 47(23): 136-139.
[9] 杨士涓. 乡村振兴背景下广西农产品冷链物流数字化发展路径研究 [J]. 商业经济, 2024, (12): 41-44.
[10] 栗慧, 杨士涓. 大数据技术在广西农产品冷链物流中的应用与实施探究 [J]. 全国流通经济, 2024, (19): 12-15.