

粤港澳大湾区冷链物流网络优化研究

戴昀弟, 谭 钧, 卓俊亦, 马晓童, 陈铭熙, 蔡梓聪, 郭沐穹

珠海科技学院 广东珠海

【摘要】粤港澳大湾区是我国关键的经济与物流核心区域, 冷链物流在食品流通、医药运输等领域的作用愈发关键。当前区域内冷链物流网络却面临运转效能不足、运营开支偏高、供需信息失衡等现实难题, 对区域经济长效发展形成制约、为有效化解上述困境, 可通过科学规划冷链物流网络架构、优化运输路径设计与库存调控模式等关键环节, 融合大数据分析、物联网技术等现代科技手段, 达成物流资源的合理调配与精准投递目标、经过优化的冷链物流网络既能提升整体运转效率、压缩运营成本, 又能强化系统自身的抗风险能力与应急响应水平, 助力大湾区冷链物流行业朝着智能化、数字化的高质量发展方向迈进。

【关键词】粤港澳大湾区; 冷链物流; 网络优化; 智能化; 物流效率

【基金项目】珠海科技学院第七批“三个层次”人才建设工程; 珠海科技学院质量工程项目“物流产教融合专业”(项目编号 ZLGC20250101)

【收稿日期】2025 年 11 月 19 日

【出刊日期】2025 年 12 月 3 日

【DOI】10.12208/j.ssr.20250486

Research on optimization of cold chain logistics network in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Yundi Dai, Jun Tan, Junyi Zhuo, Xiaotong Ma, Mingxi Chen, Zicong Cai, Muqiong Guo
Zhuhai College of Science and Technology, Zhuhai, Guangdong

【Abstract】 The Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area serves as a pivotal economic and logistics hub in China, where cold chain logistics has become increasingly vital for sectors like food distribution and pharmaceutical transportation. However, the region's cold chain network currently faces operational challenges including inefficient efficiency, high costs, and supply-demand information gaps, which hinder sustainable regional economic growth. To address these issues, implementing strategic planning for cold chain infrastructure, optimizing transportation routes and inventory management systems, and integrating modern technologies like big data analytics and IoT can achieve efficient resource allocation and precise delivery. An optimized cold chain network not only enhances operational efficiency and reduces costs but also strengthens risk resilience and emergency response capabilities, propelling the region's logistics sector toward intelligent, digitalized, and high-quality development.

【Keywords】 Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area; Cold chain logistics; Network optimization; Intelligent; Logistics efficiency

引言

粤港澳大湾区是国家经济高质量发展的核心引擎, 冷链物流在维护食品质量安全、支撑医疗健康保障等领域发挥着不可替代的关键作用、伴随市场需求的持续扩容, 现有冷链物流网络逐渐凸显运输开支偏高、配送时效不足、管理模式分散等突出问题、通过网络体系优化提升冷链物流运转效能、压缩综合成本, 已成为支

撑区域经济持续健康发展的重要研究方向。

1 粤港澳大湾区冷链物流现状分析

1.1 粤港澳大湾区冷链物流产业概况

粤港澳大湾区冷链物流的发展起步于 2010 年代初, 得益于区域经济一体化进程的持续深化, 以及社会对食品安全、医药温控产品的需求稳步攀升, 冷链物流产业逐步成长为区域重点发展领域。相关行业数据显

作者简介: 戴昀弟 (1963-), 管理学博士, 教授, 研究方向: 物流管理与工程方向。

示, 2025 年全国冷链物流市场规模已成功突破 5000 亿元, 作为湾区核心枢纽的广州市成功入选国家骨干冷链物流基地建设名录, 其冷库总库容规划指标达 184 万立方米、市场发展维度上, “互联网赋能冷链” “多温区精准配送” “预制菜专项冷链” 等方向呈现高速增长态势^[1]。

基础设施建设层面, 湾区冷链物流网络已实现冷藏仓储、冷链运输、末端配送三大核心环节的全面覆盖、以广州市为例, 统计数据表明其冷库总容量约 211 万立方米, 在全省冷库总量中占比达 18.54%, 其中容积 3000 立方米以上的规模化冷库共计 99 座、与此同时, 公路冷链运输专线、铁路冷链固定班列、港口冷链专用集装箱、航空冷链快捷通道等多元化运输体系正加速构建, 旨在进一步强化对港澳地区及东南亚市场的辐射与服务能力^[2]。

1.2 冷链物流网络中的问题与挑战

冷链物流网络实际运转过程中, 信息流受阻是亟待解决的突出矛盾、部分冷链经营主体尚未建立温湿度实时监测与定位轨迹全程追踪体系, 数据采集存在滞后性、传输效率偏低且标准化程度欠缺, 这一状况直接导致温控环节风险系数升高, 货物损耗率同步上升、运输效能不足同样构成行业发展瓶颈: 受城市道路拥堵、配送时段管控、冷藏车辆进城限制等因素影响, 末端配送耗时显著增加, 冷链产品的有效保鲜周期被大幅压缩^[3]。

设备智能化水平仍有较大提升空间、多数冷库与冷藏运输车辆缺乏自动识别功能、实时预警系统及智能调度平台, 库存管理的精准性指标 (包括库存周转效率、冷库单位存储成本) 尚未达到行业先进标准、区域间产业协同机制也需进一步完善, 港澳地区与广东内地在冷链网络接入标准、通关检验通道衔接及行业规范统一性方面, 存在制度同步性不足的问题^[4]。

2 粤港澳大湾区冷链物流网络优化模型与方法

2.1 网络优化的基本理论与方法

冷链物流网络优化工作需融合多领域理论与技术方法, 其中运输优化是保障整体效率的基础环节、运输优化的核心目标是降低运输开支并提升运转效率, 该领域常用的算法包含针对运输问题的线性规划 (Linear Programming, LP) 方法、库存控制是另一关键研究方向, 通过精准把控库存规模, 可有效减少过度存储与货物短缺现象, 该领域经典的库存管理模型如经济订货量 (EOQ) 模型及多目标库存优化模型, 能够为确定最优订货数量与再订货节点提供科学依据^[5]。供

应链协同聚焦于优化信息传递、货物流转与资金流动的配合机制, 构建高效稳定的合作关系, 最终实现供应链整体效能提升, 在供应链协同控制方法体系中, 基于博弈论与合同理论的协作机制正逐步得到推广应用。

在数学建模实践中, 网络流优化算法 (例如最短路径算法、最小费用最大流算法) 被广泛应用于冷链物流网络运输路线规划与货物流向调整、此外, 模拟退火算法 (Simulated Annealing, SA) 等启发式算法也常用于解决复杂的组合优化问题, 在面临多重约束条件的场景下, 能够为网络优化提供切实可行的解决方案^[6]。

2.2 适用于大湾区的冷链物流网络优化模型

针对粤港澳大湾区的独特需求, 冷链物流网络优化模型需充分纳入该区域的地理特性、交通基础条件与市场需求特点、湾区内公路、铁路、水运、航空等多元化交通模式并存, 这一特点使得多式联运成为冷链物流网络优化设计中的重要考量维度、模型构建过程中需重点纳入的要素包括区域交通流量分布、不同运输方式的耗时差异、冷链基础设施的空间布局, 以及各大城市市场需求的动态变化情况^[7]。

本文提出多目标优化模型, 将运输成本最小化、库存管理精细化、配送时效提升作为核心目标。该模型的数学表达式如下:

$$\text{Minimize } C = \sum_{i,j} (C_{ij} \cdot x_{ij}) + \sum_k (h_k \cdot S_k)$$

其中, C_{ij} 为从节点 i 到节点 j 的运输成本, x_{ij} 为流量, h_k 为库存成本, S_k 为库存量、该模型通过综合考虑运输费用、库存周转成本及服务质量等因素, 优化冷链物流网络布局, 确保系统的全面协调。

2.3 优化方法与技术实现

在冷链物流网络优化实践中, 现代信息技术的深度应用具有不可替代的作用、大数据分析技术为冷链物流运营提供了强有力的数据支撑, 通过对历史交易数据、实时交通动态数据、气象信息等多维度数据的挖掘分析, 能够精准预测市场需求波动趋势, 科学规划配送路线, 实现物流资源的高效调度。

物联网 (IoT) 技术与人工智能 (AI) 技术的融合应用, 在冷链物流优化中展现出显著价值、在冷链运输全流程中, 借助物联网技术可实现对货物温湿度、实时位置等关键信息的持续监测, 为管理人员提供精准、实时的数据参考^[8]。与此同时, 人工智能算法 (如机器学习算法) 能够对海量运营数据进行智能化分析与趋势预测, 进一步提升运输环节的运转效率、库存管理的精

准程度, 以及整个物流网络的调度协同水平。

3 案例分析与优化方案设计

3.1 粤港澳大湾区冷链物流现有案例分析

选取粤港澳大湾区民生保障冷链物流园区作为典型案例展开分析, 该园区坐落于佛山市禅城区南庄镇, 项目总投资额约 8.6 亿元, 规划冷库库容达 10 万吨, 总建筑面积约 10.2981 万平方米, 属于集冷链仓储、展示交易、流通加工、集散分拨、大数据服务于一体的智慧冷链综合载体。

该项目运营过程中, 着重强调全程温控、自动化操作及多模式联运, 依托公路、铁路、港口等多种运输方式的衔接配合, 实现全链条服务覆盖, 保障冷链货物在最短时间内完成运输与配送流程、同时, 园区引入大数据技术, 对温控数据、库存信息及运输状态进行全程监控, 通过优化运输线路设计, 提升服务质量与响应速度。

经评估发现, 尽管该园区冷库库容规模较大, 但冷链运输车辆调配与末端配送环节仍存在瓶颈, 尤其在跨城市配送与“最后一公里”配送场景中面临明显挑战、受城市交通拥堵、冷藏车进城管控及跨境通关流程限制等因素影响, 配送时效出现延误情况、此外, 园区虽已投入使用智能化温控系统与信息管理系统, 但在多模式联运衔接效率、实时预警机制响应速度等方面, 仍有进一步优化的空间。

3.2 优化方案设计与实施路径

以前文构建的优化模型为基础, 提出在粤港澳大湾区搭建“1 中心+N 节点+M 配送圈”的冷链物流网络布局、具体以佛山或江门作为核心冷链集散中心, 搭配珠海、东莞、惠州等城市的节点仓库, 借助多式联运方式提升整体物流运转效率, 实现冷链运输网络的优化升级^[9]。

库存管理层面, 建议推行“动态库存+安全库存”的双重管理策略, 通过实时监控库存水平、销售数据及市场需求变化, 优化仓储资源配置、依据市场需求波动情况, 提前开展资源调配工作, 确保库存规模保持合理水平, 避免出现货物积压过多或库存短缺的问题、此外, 引入先进的仓储管理系统 (WMS) 与运输管理系统 (TMS), 实现货物位置的实时追踪, 优化货物存储与运输流程, 进一步提升冷链物流网络的运营精度与整体效率。

3.3 优化效果与评价

从预期效果来看, 优化方案实施后, 大湾区冷链物流领域有望实现显著提升、其中, 运输成本预计降低 10%, 配送时效将缩短至 2 小时以内, 冷库使用率将从

当前的 72%提升至 80%以上、具体而言, 通过运输路径优化与智能化调度系统的应用, 冷链物流成本得到有效管控, 服务时效明显改善; 库存管理优化则大幅提高仓储资源利用效率, 如表 1 所示。

表 1 效果评估

指标	优化前 (基准)	优化后目标
运输成本	100%	≤ 90%
配送时效	平均 2.5 小时	≤ 2 小时
冷库使用率	72%	≥ 80%

基于上述效果, 建议进一步加强冷链物流智能化建设力度, 尤其在实时监控技术升级、数据分析深度挖掘及 AI 优化调度算法研发等方面开展更多探索、未来, 大湾区冷链物流需进一步整合跨境运输资源, 提升区域内外物流协同效率。

4 结语

粤港澳大湾区冷链物流网络优化工作具备重要的经济意义与实际应用价值、通过优化冷链物流网络布局、运输路线规划、库存管理模式等关键环节, 融合先进的数字化技术与智能化手段, 不仅能够有效提升物流运转效率, 降低企业运营成本, 还能增强冷链物流系统的韧性与应急响应速度, 为区域经济可持续发展提供有力支撑、未来, 随着技术水平的持续进步, 粤港澳大湾区有望发展成为全球范围内重要的冷链物流枢纽, 进一步提升其在国际市场中的竞争优势。

参考文献

[1] 连军. 粤港澳大湾区冷链物流对人才需求与分析研究[J]. 中国储运, 2024, (02): 97-98.

[2] 花开太, 卓宗祥, 梁飞. 湖南省农产品冷链物流全面对接粤港澳大湾区发展探讨[J]. 南方农业, 2024, 18(19): 169-172.

[3] 张思敏, 黄灏然, 方凯. 粤港澳大湾区农产品冷链物流高质量发展路径研究[J]. 南方农村, 2024, 40(02): 24-28.

[4] 李萌萌. 粤港澳大湾区生鲜农产品冷链物流需求预测与发展对策[D]. 仲恺农业工程学院, 2024.

[5] 严雪晴, 曹智清, 毛克宁. 粤港澳大湾区复合型冷链物流人才高地建设的困境及破解路径[J]. 阜阳职业技术学院学报, 2024, 35(03): 93-97.

- [6] 鲁罗兰. 粤港澳大湾区冷链物流供需现状分析及对策研究[J]. 价值工程, 2024, 43(33): 69-71.
- [7] 唐翰翎. 粤港澳大湾区背景下广东生鲜农产品冷链物流发展研究[J]. 科技风, 2022, (34): 124-126.
- [8] 崔忠付. 冷链物流赋能粤港澳大湾区融合协同发展[J]. 中国食品工业, 2021, (09): 64-66.

- [9] 林雨珊, 黄灏然, 陈恒南. 粤港澳大湾区水产品冷链物流发展困境与对策研究[J]. 山西农经, 2024, (16): 1-3+10.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS