

电商物流数字化转型与低碳化融合路径探析

廖 晶

南京林业大学经济管理学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年4月10日; 录用日期: 2025年4月24日; 发布日期: 2025年5月31日

摘 要

在“双碳”战略引领下, 电商物流正站上绿色转型与高质量发展的交汇点。物流作为高能耗、高碳排的支柱行业, 面临着前所未有的减排压力, 而数字技术迅猛发展, 为其注入了转型升级的新动能。在快递业务量持续攀升、人力成本高企的背景下, 电商物流行业依靠数字化手段提升效率、降低能耗, 才能实现从“做大”到“做强”的跨越。基于此, 本文将探讨电商物流在“双碳”目标下实现数字化与低碳化的协同融合, 旨在助力电商行业走出一条可持续发展的创新之路。

关键词

电商, 物流, 数字化转型, 低碳化金融

Exploration into the Path of Digital Transformation and Low Carbon Integration in E-Commerce Logistics

Jing Liao

School of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing Jiangsu

Received: Apr. 10th, 2025; accepted: Apr. 24th, 2025; published: May 31st, 2025

Abstract

Under the guidance of the “dual carbon” strategy, e-commerce logistics is standing at the intersection of green transformation and high-quality development. As a pillar industry with high energy consumption and carbon emissions, logistics is facing unprecedented pressure to reduce emissions, and the rapid development of digital technology has injected new impetus for its transformation and upgrading. Against the backdrop of the continuous increase in express delivery volume and high labor costs, the e-commerce logistics industry relies on digital means to improve efficiency and reduce energy

consumption in order to achieve a leap from “expanding” to “strengthening”. Based on this, this article will explore the collaborative integration of digitalization and low-carbon in e-commerce logistics under the “dual carbon” goal, aiming to help the e-commerce industry embark on a sustainable and innovative path.

Keywords

E-Commerce, Logistics, Digital Transformation, Low-Carbon Finance

Copyright © 2025 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

国务院《“十四五”现代物流发展规划》明确提出加快物流业数字化、网络化、智慧化发展，指明了物流系统智能升级的方向。同时，“碳达峰、碳中和”目标日益成为企业发展考核的新标尺，物流行业作为能源消耗和碳排放的重要领域，必须直面转型压力与绿色责任。面对高强度的市场竞争和持续攀升的社会预期，数字化既是技术选择，更是重构物流效率与环境绩效的关键支点。从 AGV 自动搬运、智能仓储，到大数据驱动的跨链路协同，数字技术正以前所未有的速度渗透到物流各个环节，为低碳运营注入新动能。电商物流要在数字化与低碳化之间找到融合路径，才能在提质增效的同时，实现绿色发展与智能升级的双赢。

2. 电商物流数字化转型的现状与趋势

2.1. 数字化基础设施建设

当前，电商物流数字化转型已成为行业共识。随着企业对数字化的重视不断提升，据调研显示，约 39% 的物流企业已制定并积极推进全面的数字化转型计划。数字化基础设施建设既涉及硬件层面，如服务器、网络设备、移动终端等的升级，也涵盖数据中心、云平台 and 边缘计算等软件与平台层面的配套完善。企业开始注重建设智能仓储系统、自动化分拣设备、机器人搬运与 AGV 自动导引车等，打造智能化的操作环境与流程管理体系[1]。

在此过程中，云计算正成为物流企业数字化基础设施的重要支撑，“上云”方式可大幅降低硬件成本和运维压力，并灵活应对业务波动与需求变化。物联网(IoT)技术也在仓储和运输环节中发挥关键作用，传感器、GPS 以及各种实时监测设备使得物流流程更可视化、更可监控，为后续的数据分析和运营优化提供了数据来源。

此外，传统物流系统往往存在“烟囱式”应用或三方开发的历史遗留问题，安全隐患较多，数据库故障、权限管理不足、跨部门协调障碍也时常出现。企业引入基础设施即服务(IaaS)和平台即服务(PaaS)等云解决方案，得以从底层实现更高水平的安全控制与数据治理。同时，物流企业也越来越重视网络架构的弹性和可扩展性，为日后快速集成更多技术模块(如区块链、人工智能)奠定基础[2]。

2.2. 关键技术应用进展

企业的 CRM 客户管理系统普及度持续走高，有调研显示，其使用占比已达到 69.8%，这反映出物流企业关注传统的运输、仓储等硬件设施建设，更在意对客户体验、销售流程和跨部门协作的数字化管理

[2]。CRM 系统能够有效整合客户资源、跟踪订单动态,并实时互动反馈,为企业获取数据沉淀,推动后续挖掘客户需求、优化服务模式打下坚实基础。

同时,企业在大数据、云计算以及 AI 领域的应用加速落地。一方面,大数据技术帮助物流企业整合跨平台、跨区域的运输与库存信息,借助智能分析进行动态调度与运营优化,在降低空驶率、提升车辆装载率方面成效显著。另一方面,AI 算法的引入可实现货物分拣、路径规划、需求预测的自动化与智能化,从而减少人工干预并提高准确度。同时,基于云计算平台的 DevOps 模式也逐渐在物流行业普及,企业借助华为云等服务商提供的全生命周期开发运维工具,加快业务迭代,强化系统的稳定性与安全性[3]。

此外,区块链技术以其去中心化和难以篡改的特性,在供应链溯源、货物实时状态追踪及物流金融等领域展现出巨大潜力,为构建高透明、高信任的电商物流生态提供了新思路。物联网与 5G 则在实时监测和高速数据传输上提供基础支持,通过在仓库、运输车辆及末端配送装备中布设传感器,可实现对温度、湿度、位置等多维度信息的精准采集和即时反馈,助力企业做出更灵活、精细化的决策,实现运营模式从“经验驱动”向“数据驱动”的质变。

2.3. 数字转型带来的运营效率变革与管理范式重构

物流企业在效率层面,使用智能调度与数据分析,能够更精准地分配运输路线与仓储资源,降低空驶率和库存积压。管理范式正从“科层式指令驱动”逐步转向“平台式数据驱动”。在这一过程中,企业内部的组织架构与流程设计也发生了剧烈变革。以“研发-测试-部署-运维”四大关键环节为例,传统模式往往需要多轮手动审批与纸质流程,存在信息不透明、部门壁垒和沟通延迟等问题。企业借助上云与 DevOps 工具链,已实现自动化测试、跨部门协同与快速迭代部署,使得需求的接收与方案的落地能够在更短周期内完成[4]。

此外,数字化带来的精细化管理模式有助于企业深入挖掘营收增长点。如 CRM、ERP 等业务系统的协同,让仓储与配送环节的成本信息、服务质量与客户满意度能够被量化和可视化,从而有利于企业精准营销与差异化竞争。面对疫情催化下的行业洗牌和消费者对高效物流服务的需求飙升,数字化正成为电商物流企业的“必修课”。从成本角度看,数字化可以显著提高人均效率,缩减人工投入。

3. 数字化与低碳化的融合逻辑与协同机制

3.1. 数智赋能绿色转型

在“双碳”背景下,物流行业的低碳化趋势愈发凸显,而数字化与智能技术正成为实现绿色转型的核心动力。在仓储环节,引入数字化能耗管理平台和分布式能源系统,结合绿色能源的接入,可助力企业在园区层面实现能耗的精准管控。例如,感应器与物联网技术对仓库温湿度、照明、设备运行时长等关键数据进行采集和分析,可以实时调整设备的运行参数,从而降低不必要的电力消耗[5]。

从行业生态角度看,“数智化+低碳化”并非独立的两条路径,而是相互促进、相互支撑的双轮驱动。数智技术为低碳化提供决策依据与执行工具,使得低碳运营更加可量化和可落地。同时,绿色转型的需求也推动数字化应用的纵深发展与技术创新,激发了更多针对节能减排场景的智能化升级方案。双向赋能使得电商物流企业能够在降低环境成本的同时,增强竞争力和社会美誉度,从而走出一条以高质量和可持续发展为核心的转型之路。

3.2. 数字化如何驱动低碳化

数字化在驱动电商物流低碳化的过程中,主要体现为信息透明化、决策智能化和资源协同化三个方面。信息透明化是实现减碳的基础。借助物联网设备和大数据平台,物流企业可以实时采集车辆油耗、

能耗状态、货物周转和仓储能耗等多维度数据，并借助数据治理和可视化平台进行集成管理[6]。

决策智能化则借助大数据分析和 AI 建模，为企业提供动态优化方案。例如，根据实时路况、气象信息和订单需求量，系统可自动计算能耗最低或碳排放最优的运输路线，并对装载方案进行智能匹配。在仓储端，利用自动化设施与传感器设备的深度结合，可以实现能耗的按需调度，如在峰谷电价之间灵活切换，并结合天气预报与历史运营数据进行能耗的智能调配。

此外，资源协同化体现在打通上下游供应链，以及跨区域或跨行业间的协同减碳。如区块链技术为物流运单、仓储出入库单据等提供可追溯与不可篡改的记录，使得各方对碳数据的计算及节能措施的执行一目了然。企业可与供应链上下游协同进行整车运输资源调配、加快公铁联运或公转水等模式的落地[7]。

3.3. 双轮驱动的协同逻辑

数字化与低碳化的协同逻辑可被视作一种“双轮驱动”模型：一轮是“信息与运营效率”，另一轮是“环境与社会责任”。从业务实践角度看，双轮协同需要企业在战略层面进行统筹规划，将“降碳”指标纳入数字化改造的 KPI 当中。在跨境电商物流中，大数据平台一方面优化国际运输路径与清关时效，降低不必要的等待与空驶。企业可依据实时碳排放监测数据来选择更为环保的运输方式或匹配新能源车辆，以满足国际客户对绿色物流的期望。

在行业生态方面，“数智化 + 低碳化”的双轮协同也离不开政策、行业标准和社会共识的支持。国家层面不断推进“东数西算”、“绿色数据中心”建设及物流业的节能标准化，为企业数字化转型铺路的同时，也在强化对碳排放和能耗的监管。行业内部则逐渐形成资源共享、信息互通的氛围，头部企业通过自身实践探索，沉淀出可复制、可推广的低碳智慧运营模式，对中小物流企业起到示范与带动作用。

4. 融合转型的创新路径与实践模式

4.1. 智能仓储与绿色能效协同

智能仓储与绿色能效的协同融合，是电商物流迈向高质量与低碳发展的关键。在仓库内部采用智能化设备与系统，如超重型立体存取系统、WCS (仓库控制系统) 自动化立库，以及 AGV (自动导引小车)、智能机械臂等硬件设施，可大幅提升作业自动化和无人化水平，提高仓储运转效率。与之相配套的 WMS (仓储管理系统) 则从业务流程角度保障了仓储作业的在线化和可视化，涵盖入库、出库、调配、盘点等流程，实时追踪物资流动信息，最终实现仓储全链条的数字化管理[8]。

部分企业和园区已经开始充分利用太阳能等清洁能源，在仓库屋顶或空余场地安装光伏组件形成微电网，结合储能方舱削峰填谷，从而保障仓储设施在高峰期的用电安全与稳定。柔性供能系统与低压柔性交直流负荷系统的接入，可进一步实现电力调度的灵活性与可靠性，使仓储场景在出现突发用电需求时也能平稳过渡。

同时，监测系统通过物联网技术持续采集能耗数据及碳排放指标，结合动态分析实现能耗优化。引入智能化设备后，立体存储系统和自动分拣系统可充分利用仓库的垂直空间，提高库容利用率。AGV 与机器人可在不同作业区之间灵活调度，大幅降低人员劳动强度并减少潜在安全风险。

4.2. 智慧运输与绿色配送模式

在电商物流全链条中，运输与配送环节往往占据碳排放与运营成本的“大头”。新能源车辆的推广应用也是绿色运输的重要手段。新能源车相比传统燃油车辆碳排放更低，也能在日常运营中减少燃料成本，吸引更多中小型物流企业和司机投入到绿色运力的行列。部分城市更为新能源货车提供了交通与停

车的优惠政策，如优先通行、低费率停车甚至免费充电等，有效提升了行业对绿色运力的认可度。对于长距离与跨国运输，航运和铁路货运也在探索使用液化天然气(LNG)或其他替代能源，以进一步减少温室气体排放[9]。

在最后一公里配送领域，智慧化与绿色化的结合更为显著。无人车、无人机等自动驾驶设备开始投入城市末端物流，为商超、电商仓配及社区配送提供快捷可靠的解决方案。这种模式不仅减轻了“人力荒”和“成本高”带来的压力，也在一定程度上降低了车辆在城市道路上运转的碳排放总量。“共享仓”、城市配送中心及高密度布设的智能快递柜，则有效减少了配送车辆在城市中频繁往返的里程，让市民在家门口或楼下就能完成收取包裹的环节。

此外，企业在货物运输的全程部署传感器，可实时监测温度、湿度、位置、能耗等信息，结合后台分析为调度和排线提供动态决策支持。同时，绿色运输模式还鼓励多方协同，形成覆盖生产端、流通端、消费端的一体化减碳生态。例如，头部物流企业积极与政府部门合作建设智慧物流园区或“零碳物流园”，大规模应用分布式光伏、储能、智能调度等手段，将园区打造成信息化与低碳化的示范区。

4.3. 数字包装与绿色消费引导

数字包装与绿色消费引导的核心理念依靠技术创新与理念升级，减少包装材料的使用量与不必要的装饰，尽可能提升包装使用效率和可回收性。企业利用如 RFID、二维码或条形码智能标签与包装管理系统相结合，能够在供应链多个节点精确追踪包装材料的使用情况，从而掌握包装循环与回收的全周期数据。在包装上贴附可追溯标签，消费者或回收方可以在智能终端上扫描获取产品的生产、运输、开箱及回收信息[10]。

同时，电商物流企业可借助大数据分析，从历史订单需求、产品形状与配送距离等多维度对包装进行个性化优化，减少过度包装的“上层空间”。部分可降解的生物基材料或简约化包装方案已在行业中得到推广，不仅减轻了终端消费者对“拆包垃圾”的抱怨，也切实降低了企业在仓储与运输环节的空间占用率。企业对易碎、易洒漏或特殊冷链需求的商品，可采用具有数据监测功能的包装系统，在包装内部布置传感器来监控温湿度和碰撞情况，发现异常时即可预警并提醒配送人员调整操作，以最大限度减少不必要的浪费。

数字包装与绿色消费引导的最终目标，是让包装在满足产品保护与营销需求的同时，将资源浪费和环境破坏降到最低。企业若能在包装设计、使用、回收三大环节协同数字技术与绿色理念，能够打造更具社会责任感的品牌形象。在包装层面落实“双碳”与数字化的融合，电商物流将真正实现从源头到终端的系统性减碳与可持续创新。

5. 结束语

电商物流数字化转型与低碳化的深度融合，是实现高质量发展与可持续未来的重要路径。当前，虽然技术应用不断深化，但数据标准不统一、系统碎片化仍是需要破解的关键障碍。同时，数智化转型的最终价值，在于效率提升与成本优化，更应服务于“以人为本”的发展理念。在技术赋能的同时，电商物流应关注劳动力的重塑与人机协同的实现，以规范为基、以人为本，才能走向绿色、智能、共生的未来。

参考文献

- [1] 曹雯, 姜方桃, 江春卉, 等. 基于数字化供应链农村电商物流优化改进策略[J]. 价值工程, 2025, 44(7): 52-54.
- [2] 周星. 基于乡村振兴战略的电商物流高质量人才培养策略[J]. 中国航务周刊, 2025(9): 73-75.
- [3] 王喆, 许丽娟, 黄娟, 等. 赣闽粤原中央苏区数字电商物流协同城乡融合发展——基于新质生产力的效应分析[J]. 科技和产业, 2025, 25(2): 170-177.

-
- [4] 张德会, 王喆, 许丽娟, 等. 琼崖革命老区综合运输可达性与数字乡村电商物流耦合协调研究[J]. 中国市场, 2024(34): 185-189.
 - [5] 郑晨烨. DHL 快递中国区首席执行官吴东明: 升级绿色物流与数字化为中国中小企业“出海”提速[N]. 经济观察报, 2024-11-25(024).
 - [6] 李月月, 吴英晶, 蔡晨. 京东农村电商物流流通体系研究——以京东宿迁为例[J]. 中国商论, 2024, 33(20): 104-107.
 - [7] 钟国蔚. 跨境电商物流配送模式的优化策略及其效益评估[J]. 中国经贸导刊, 2024(14): 106-108.
 - [8] 史若男. 数字经济背景下现代物流高质量发展的路径研究[J]. 物流科技, 2024, 47(20): 68-71.
 - [9] 王梦宇. 数字经济背景下电商物流企业新质生产力培育路径探索[J]. 物流工程与管理, 2024, 46(10): 40-42.
 - [10] 刘笑, 靳永翥. 数字化时代背景下农村电商物流发展的实践困境及对策研究[J]. 物流科技, 2024, 47(16): 83-85.