

“人工智能+”背景下物流配送末端整合智能低碳化研究

缪克峻

苏州信息职业技术学院

DOI:10.32629/acair.v4i3.21363

[摘要] 物流末端配送存在资源分散、运力冗余、碳排放管控粗放等问题,是物流行业低碳转型的关键短板。在“人工智能+”与“双碳”目标协同推进背景下,智能技术为末端资源整合、低碳运营升级提供了核心支撑。本文结合2023—2025年行业数据,剖析我国物流末端配送发展现状与低碳困境,厘清人工智能赋能末端资源整合、驱动低碳转型的内在机理,从资源整合、流程重塑、业态升级、碳控体系四维构建实操路径与长效保障机制。

[关键词] 人工智能; 物流末端配送; 资源整合; 智能低碳; 绿色物流

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Research on Intelligent and Low-Carbon Integration of Logistics Distribution Endpoints under the Background of "Artificial Intelligence +"

Kejun Miao

Suzhou College of Information Technology

[Abstract] There are problems such as scattered resources, redundant transportation capacity, and loose carbon emission control in logistics end-point distribution, which are the key weaknesses in the low-carbon transformation of the logistics industry. Under the coordinated promotion of the "Artificial Intelligence +" and the "Carbon Neutrality" goals, intelligent technologies provide core support for the integration of end-point resources and the upgrading of low-carbon operations. This paper, based on industry data from 2023 to 2025, analyzes the current development status and low-carbon predicament of logistics end-point distribution in China, clarifies the internal mechanism of artificial intelligence enabling the integration of end-point resources and driving low-carbon transformation, and constructs practical paths and long-term guarantee mechanisms from four dimensions: resource integration, process reconfiguration, business model upgrade, and carbon control system.

[Key words] Artificial Intelligence; Logistics End-point Distribution; Resource Integration; Intelligent Low-Carbon; Green Logistics

1 引言

近三年末端配送市场快速扩张,但行业碎片化问题突出,现有低碳改造仅更换新能源车、推广环保包装,治标不治本,减排持续性不足。“人工智能+”相关技术逐步应用于末端物流,可统筹资源、动态调度、全程管控能耗,从底层优化配送模式。现有研究多关注干线或全行业低碳转型,缺少末端资源整合与智能降碳协同的系统性分析,成熟落地路径不足。

本文结合近年来的行业现状,剖析人工智能推动末端整合低碳化的作用机制,搭建可行转型路径与配套保障体系,缓解末端分散高碳难题,为城市绿色末端物流建设提供理论与实践参考。

2 人工智能+背景下物流末端配送发展现状与低碳困境

2.1 行业发展现状

一是末端配送网络全域覆盖,业务规模持续扩容。2023—2025年,我国物流末端配送体系持续完善,城市形成“前置仓+驿站+社区网点”的多元配送格局,乡村实现“乡镇配送中心+村级服务点”的全覆盖布局,即时零售、社区团购、农产品上行等新业态持续带动末端配送需求增长,末端配送已成为流通体系不可或缺的核心环节。

二是智能技术加速落地,基础赋能能力凸显。近三年智慧末端物流技术普及率持续提升,2025年头部物流企业末端智能调度系统覆盖率超93%,智能快递柜、无人配送设备、能耗监测终端等智能装备规模化落地。

三是绿色低碳政策持续加码,转型导向明确。国家层面持续

出台《智慧物流高质量发展实施方案》等政策,明确要求推进末端配送集约化、智能化、绿色化发展,鼓励依托智能技术整合末端运力资源、降低配送碳排放。各地方城市陆续出台末端绿色配送扶持政策,对新能源配送车辆推广、智能共配模式应用给予专项补贴,末端智能低碳转型成为行业发展必然趋势。

2. 末端配送核心低碳困境

一是资源碎片化、集约化不足。末端配送主体分散,各业态运力、网点相互割裂,跨主体资源共享机制缺失,运力闲置、订单分散,是末端高碳排放的核心根源。

二是智能应用重效轻碳,适配性薄弱。当前AI技术多以提效降本为核心目标,低碳导向缺失;2025年调研显示仅少数企业将碳排、能耗纳入调度算法,未考量路况、载重等低碳变量,技术降碳潜力未充分释放。

三是运营流程粗放,无效碳排偏高。传统末端多依赖人工派单,折返、怠速等低效作业频发;逆向物流体系不完善,正逆向配送无法协同,无效碳排放占总量25%以上。

四是碳管控体系缺失,转型动力不足。行业尚无统一的末端碳核算标准,中小主体普遍缺乏碳监测能力;同时智能改造成本高、行业利润率低,低碳价值难以变现,企业转型内生动力不足。

3 人工智能+赋能末端配送整合智能低碳化的内在机理

人工智能技术凭借数据赋能、动态决策、集群协同的核心优势,突破传统末端配送资源分散、流程固化、管控粗放的瓶颈,通过资源集约整合、运营流程重塑、全链路碳效管控三重机理,实现末端配送整合升级与低碳化发展的深度耦合,构建“集约高效、智能精准、绿色低碳”的新型末端配送体系。

3.1 资源整合机理—全域统筹破解碎片化高碳痛点

传统末端配送的高碳本质是资源错配与资源浪费,人工智能可通过大数据全域统筹能力,打破企业、业态、区域之间的资源壁垒,实现末端网点、运力、订单三类核心资源的集约化整合。基于海量历史订单、区域客流、交通路况、网点布局数据,AI大数据模型可精准预判区域配送需求分布,动态优化末端网点布局,撤销冗余重复网点,整合零散配送点位,实现网点资源最优配置。

3.2 流程重塑机理—智能调度实现降碳增效协同

人工智能多目标优化算法重构末端配送全流程作业逻辑,改变传统人工经验式派单、无序化配送模式,构建“低碳优先、时效兼顾”的智能作业体系。区别于传统单目标路径优化算法,低碳智能调度模型融合路况拥堵系数、车辆能耗参数、载重能耗差异、气象影响等多维度变量,构建“时效-成本-碳排放”多目标优化体系,自动完成零散订单合并、同路线订单归集、返程货源匹配,规划能耗最优配送路径。

3.3 碳效管控机理—闭环管控构建长效降碳机制

依托人工智能与物联网、数字孪生技术的融合应用,搭建末端配送全链路智能碳管控体系,实现碳排放从“被动治理”向“主

动预判、精准管控”转型。通过在末端配送车辆、分拣设备、网点设施部署智能传感终端,实时采集油耗、电耗、行驶轨迹、作业时长等核心数据,结合标准化碳排放核算模型,自动完成单车、单线路、单网点的碳排放量精准核算,精准定位高碳作业环节与低效流程。基于持续的数据积累与算法迭代,持续优化末端运营模式,实现碳排放的常态化、精细化管控,筑牢末端长效低碳运营基础。

4 人工智能+背景下末端配送整合智能低碳化实施路径

4.1 全域资源智能整合,构建集约化低碳配送格局

以人工智能平台为核心载体,推进末端配送网点、运力、订单资源的全域整合,破解碎片化运营痛点。一是优化末端网点智能布局,依托AI需求预测模型,结合社区人口密度、消费频次、配送半径等数据,科学布局综合配送服务站点,整合快递、即时零售、生鲜配送等多业态配送需求,替代传统分散的小型网点,实现“一点多用、集约配送”,减少网点重复建设带来的资源浪费与间接碳排放。二是搭建区域末端运力共享平台,统筹整合区域内各类配送运力,建立标准化运力数据库,通过智能算法实现订单与运力的精准匹配,推行“集中派单、批量配送、顺路返程”模式,最大化提升运力利用率。三是推进跨业态资源协同,打破不同配送平台的信息壁垒,实现区域订单资源互通共享,开展跨企业共同配送,杜绝同区域、同方向重复派单现象,从源头降低无效运输碳排放。

4.2 低碳算法迭代升级,重塑全流程智能作业模式

聚焦低碳核心目标,迭代优化智能调度算法,扭转“重时效、轻低碳”的技术应用偏差。优化末端专属多目标调度算法,将碳排放权重纳入算法核心参数,平衡配送时效与低碳目标,针对城市拥堵路段、高峰时段优化配送策略,优先规划低能耗、低拥堵配送路线。针对末端零散订单特征,强化小批量、多频次订单的智能合并能力,提升同城同区域订单归集效率,减少短途零散配送的能耗损耗。同时,依托物流大模型实现末端需求精准预判,提前布局运力与库存资源,减少临时加急配送、跨区调运带来的高碳损耗。

4.3 推进业态智能升级,培育末端低碳配送新场景

依托人工智能技术创新末端配送业态,拓展低碳转型新空间。一是推广智能无人低碳配送场景,在社区、校园、园区等封闭场景规模化应用无人配送车、智能配送机器人,替代传统燃油配送车辆,依托集群智能调度技术实现无人设备协同作业,大幅降低末端人力与能耗成本。二是优化新能源车辆智能运营模式,通过AI算法动态规划新能源车辆充电时段、行驶路线与续航方案,结合谷电充电、错峰配送模式,最大化发挥新能源车辆的低碳优势,降低电力消耗与间接碳排放。三是搭建智能循环包装管理体系,依托人工智能技术对循环快递箱、周转筐的投放、使用、回收、复用全流程智能调度,结合末端配送顺路回收模式,提升循环包装复用率,减少一次性包装废弃物产生的碳排放。

4.4 搭建智能碳控体系,实现精细化低碳治理

构建适配末端配送场景的智能碳排放管控体系,实现降碳治理常态化、精准化。统一末端配送碳排放核算口径,依托智能监测终端搭建全链路碳足迹追溯系统,自动核算各网点、各线路、各运力的碳排放数据,形成可视化碳数据台账,解决末端碳排放核算模糊、管控粗放的问题。建立碳排放动态预警机制,通过AI算法识别高碳运力、高耗流程、低效网点,自动推送优化方案,实现问题精准整改。同时,将碳减排数据与企业运营考核、政策补贴、信用评价挂钩,倒逼配送主体主动开展低碳改造,形成“数据可测、减排可控、成效可评”的长效碳控体系。

5 末端配送智能低碳整合发展保障机制

5.1 健全行业标准规范,统一转型发展标尺

行业主管部门联合物流协会、龙头企业加快完善末端智能低碳配送行业标准,填补细分领域标准空白。统一末端配送碳排放核算方法、数据统计口径、智能系统接口规范,解决行业核算混乱、数据不通的问题。制定末端资源智能整合运营规范、低碳智能调度应用标准、无人配送作业规范,明确行业转型标准体系。建立末端智能低碳配送评价指标,从资源集约化水平、碳排放强度、智能技术渗透率等维度构建评价体系,引导行业规范化、标准化转型。

5.2 强化精准政策扶持,降低中小主体转型门槛

针对末端配送中小主体多、转型能力弱的特点,出台差异化、精准化扶持政策。财政层面,设立末端智能低碳转型专项补贴,对企业应用低碳智能调度系统、搭建运力共享平台、推广新能源智能配送设备给予资金补助,对中小配送主体免费开放普惠性智能调度、碳核算工具。税收层面,对开展末端集约配送、智能低碳改造的企业落实税费减免、研发费用加计扣除政策。金融层面,推出绿色物流小额信贷、碳资产质押等创新产品,缓解中小主体转型资金压力,降低行业整体转型成本。

5.3 深化产学研协同,强化技术人才支撑

搭建产学研协同创新平台,聚焦末端低碳调度算法、轻量化碳监测系统、无人配送协同控制等关键技术开展联合攻关,开发适配末端小微场景的低成本、轻量化智能低碳技术产品,提升技术场景适配性。优化人才培养体系,高校物流、人工智能相关专业增设末端智慧绿色物流相关课程,定向培养复合型技术人才。加强行业从业人员技能培训,开展智能系统操作、低碳运营管理

专项培训,提升一线人员智能化、低碳化作业能力,夯实行业转型人才基础。

5.4 完善市场激励机制,激发转型内生动力

构建市场驱动的低碳转型激励机制,推动末端低碳价值变现。鼓励平台企业推出低碳配送服务选项,依托AI碳足迹数据生成订单低碳标签,引导消费者选择集约配送、延时共配等低碳模式,培育绿色消费市场。探索末端配送碳减排量核算与交易机制,允许企业将末端智能改造产生的碳减排量纳入碳市场交易,将生态价值转化为经济收益。通过政策激励与市场赋能双向发力,激发企业低碳转型内生动力,形成行业主动转型的良好生态。

6 结论与展望

末端分散粗放运营是物流低碳转型核心阻碍。研究证实,人工智能依托资源统筹、流程优化、闭环碳控三条路径,从源头减少无效运输碳排放,是末端高质量发展的必由之路。现阶段行业还存在资源割裂、算法缺少低碳导向、中小商家转型意愿低、配套标准缺失等问题,需从制度、政策、技术、市场多维度搭建长效保障机制。

未来大模型、数字孪生、低空配送等技术不断迭代,末端低碳模式将走向精细化、场景化、生态化,人车空地协同配送会逐步普及。后续可分区域、分场景量化测算各类智能技术的减排效果,进一步完善末端低碳治理理论与实操方案。

备注:本文系2024年度江苏高校哲学社会科学研究一般项目(“人工智能+”背景下物流配送智能低碳转型研究,项目编号:2024SJYB1152)。

[参考文献]

- [1]江冲.电商环境下物流企业差异化营销策略研究——以末端配送服务为例[J].物流科技,2026,49(11):67-68.
- [2]田桂米.城市共同配送“最后一公里”成本控制研究[J].铁路物流,2026,44(5):7-11.
- [3]城市物流配送“十五五”产业规划[J].汽车与配件,2025,(13):58-59.

作者简介:

缪克峻(1991--),男,汉族,江苏省苏州市人,硕士研究生,讲师、经济师,主要研究方向为工商管理。