

低空经济视角下电商末端配送的模式创新与质量优化研究

蒋恩录, 江浩清*

盐城工学院经济管理学院, 江苏 盐城

收稿日期: 2025年11月5日; 录用日期: 2025年11月20日; 发布日期: 2025年12月15日

摘要

2024年低空经济被写入国务院政府工作报告。文章以低空经济与电商末端配送的融合为核心, 通过文献研究法梳理国内外相关实践, 结合案例分析法剖析当前低空配送的典型模式, 运用SWOT-PEST模型分析政策、经济、社会、技术维度的影响因素。研究发现, 现有低空电商配送存在成本结构不合理、技术适配性不足、用户体验待提升等问题。据此, 文章提出“无人机+社区云仓”“低空物流舱+智能自提柜”“eVTOL+前置仓”三类创新模式, 并从政策协同、技术突破、成本控制和用户体验四个维度设计质量优化路径。文章可为电商企业布局低空配送、提升末端服务质量提供参考, 同时为低空经济在商务领域的落地提供理论支撑。

关键词

低空经济, 电商, 末端配送, SWOT-PEST模型

Study on Model Innovation and Quality Optimization of E-Commerce Terminal Distribution from the Perspective of Low-Altitude Economy

Enlu Jiang, Haoqing Jiang*

School of Economics and Management, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu

Received: November 5, 2025; accepted: November 20, 2025; published: December 15, 2025

*通讯作者。

文章引用: 蒋恩录, 江浩清. 低空经济视角下电商末端配送的模式创新与质量优化研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 2215-2224. DOI: 10.12677/ecl.2025.14124105

Abstract

In 2024, the low-altitude economy was included in the report on the work of the state council. Focusing on the integration of the low-altitude economy and e-commerce terminal distribution, this paper sorts out relevant domestic and international practices through the literature research method, analyzes typical models of current low-altitude distribution using the case study method, and examines influencing factors in the policy, economic, social, and technological dimensions with the SWOT-PEST model. The study finds that existing low-altitude e-commerce distribution faces issues such as unreasonable cost structure, insufficient technical adaptability, and room for improvement in user experience. Based on this, the paper proposes three innovative models, namely "UAV + community cloud warehouse", "low-altitude logistics cabin + intelligent self-pickup cabinet", and "electric Vertical Take-Off and Landing (eVTOL) + forward warehouse", and designs quality optimization paths from four dimensions: policy coordination, technological breakthroughs, cost control, and user experience. This paper can provide references for e-commerce enterprises to deploy low-altitude distribution and improve terminal service quality, while also offering theoretical support for the implementation of the low-altitude economy in the business field.

Keywords

Low-Altitude Economy, E-Commerce, Terminal Distribution, SWOT-PEST Model

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

近年来,中国电商市场规模持续扩张。国家邮政局和行业数据¹显示,2024年全国快递业务量突破1500亿件,其中电商件占比超80%。末端配送作为连接电商与消费者的关键环节,其效率与质量直接影响用户体验。然而,传统末端配送模式面临多重挑战:一是城市交通拥堵导致配送时效波动,2024年一线城市“最后一公里”平均配送时长达4.2小时,较2020年增加18%;二是人力成本占比攀升,部分电商企业末端配送成本占总物流成本的35%以上;三是偏远地区与农村市场覆盖不足,县域以下地区配送网点密度仅为城市的1/3,存在“配送盲区”。与此同时,低空经济作为国家战略性新兴产业,被纳入《“十四五”现代物流发展规划》等政策文件。低空经济以“离地1000米以下空域”为核心,依托无人机、垂直起降飞行器、低空物流系统等技术,具备“灵活、高效、低成本覆盖”的优势,可有效弥补传统配送的短板。截至2024年底,国内已有12个省份开展低空物流试点,京东、顺丰等电商企业累计完成低空配送订单超500万单,低空经济与电商末端配送的融合已从概念探索进入实践落地阶段,但仍面临模式不清晰、质量不稳定等问题,亟需系统性研究与优化。

现有研究多聚焦低空经济的政策框架或电商末端配送的单一模式,缺乏对二者融合机制的深入探讨。本文基于低空经济视角,对电商末端配送的模式创新与质量优化进行研究,丰富低空经济在商务领域应用的理论研究,同时拓宽电商物流创新的研究维度,为后续相关研究提供理论参考。研究成果可服务于电商企业的低空配送布局:一方面,明确创新模式的适用场景,帮助企业降低试错成本;另一方面,提

¹数据来源:国家邮政局《2024年中国快递发展指数报告》、中国物流与采购联合会《电商物流末端配送成本分析报告》。

出的质量优化路径可针对性解决政策协同、技术适配、成本控制等实操问题, 推动低空配送从试点示范走向规模化应用, 最终提升电商末端服务效率与用户满意度。

2. 文献回顾与述评

2.1. 文献回顾

随着低空经济被纳入国家战略, 其与电商末端配送的融合成为破解“最后一公里”效率与成本难题的核心方向, 现有研究从赋能机制、模式创新、运营优化及技术融合四个维度形成了丰富成果。

在赋能机制层面, 数字新质生产力是关键纽带。钟成林和胡雪萍(2024) [1]指出, 数字新质生产力通过刺激低空经济的制度、技术与产品创新, 推动电商物流流程再造与绿色转型, 但当前存在赋能范围窄、信息安全风险高等问题, 需通过“数-低”融合突破瓶颈。针对跨境电商场景, 黄信毅和刘文昌(2025) [2]基于“技术势能-中介转导-政策阈值”框架, 证实低空经济可通过强化跨境运营整合与降低技术依赖双路径提升供应链效率, 且政策协同度会显著影响赋能强度。乔莉等(2025) [3]则以“昆明→杭州→西安→北京”跨境航线为案例, 结合蚁群优化、A*等算法构建无人机路径规划模型, 为跨境电商综试区的低空配送场景适配提供了技术方案。

模式创新聚焦差异化场景的协同配送。针对城市末端配送上门率低的问题, 蒋丽和王洪艳等(2024) [4]提出卡车与无人机协同模式, 构建混合整数规划模型并设计改进混合蚁群算法, 算例显示中小规模场景误差低于1%, 大规模场景可优化CPLEX解。面向农村电商物流覆盖不足的痛点, 齐晓璇(2025) [5]融入无人机载重、续航约束, 构建车辆-无人机联合配送路径模型, 通过改进K-means聚类-遗传算法提升求解效率, 证实该模式较传统配送成本更低、覆盖更广。孙俊男(2024) [6]以M公司为例, 提出无人机配送企业需从单一科技型向互联网平台型转型, 结合生鲜配送、短视频直播激活生态, 为企业实践提供参考。

运营优化与技术融合进一步完善实践体系。杨洋和武志磊等(2024) [7]针对需求不确定性, 构建“0~1”整数规划选址模型, 提出需求稳定时调整网点布局、波动时差异化调配运力的策略。隋晓琪(2025) [8]以H公司为对象, 通过2.4万条用户评价构建生鲜电商服务质量体系, 用模糊层次分析与熵值法确定权重, 为服务优化提供量化依据。王艺璇和柯佳鑫(2025) [9]基于FVIKOR方法, 发现“区块链+低空经济”可通过提升透明度、降低成本赋能农产品电商, 形成技术协同效应。

2.2. 文献述评

现有研究已搭建起低空经济与电商末端配送融合的基础框架, 但其局限性亦较为明显: 一是场景覆盖不均衡, 多聚焦跨境、生鲜等细分领域及头部企业, 对中小电商的低空配送适配性研究不足; 二是技术协同深度不够, 多停留于单一技术应用, 对AI调度、大数据与低空技术的深度融合探索较少; 三是研究视角较窄, 缺乏对政策监管动态适配性、用户接受度与可持续发展的系统性分析。

鉴于此, 本文以中小电商可参与的低空配送场景为切入点, 结合SWOT-PEST模型系统分析政策、经济等多维度影响因素, 提出“无人机+社区云仓”“低空物流舱+智能自提柜”“eVTOL+前置仓”三类创新模式, 并从政策协同、技术突破等维度设计质量优化路径, 旨在弥补现有研究对中小电商适配性与多维度协同的关注缺口, 为低空经济在电商末端配送的规模化落地提供更具实践价值的参考。

3. 概念界定与理论基础

3.1. 概念界定

低空经济。根据《低空经济发展指数报告(2024)》, 低空经济是指利用低空空域资源, 通过航空器、

地面设备、信息系统等载体, 开展物流、交通、旅游等经济活动的总称。本文聚焦低空经济中的低空物流领域, 特指离地 100~500 米空域内, 通过无人机、低空物流舱等设备实现货物短途运输的经济活动, 其核心特征为低空域、短距离、高频次、小批量, 与电商末端配送的碎片化、即时化需求高度契合。

电商末端配送。电商末端配送是指电商物流链条中, 从区域配送中心到消费者手中的最后一段运输环节, 涵盖上门配送、自提服务、即时配送等形式。其核心目标是在合理成本下, 满足用户对时效、便捷性、安全性的需求, 而低空配送通过空域替代地面道路, 可突破地面交通限制, 成为末端配送的创新方向。

3.2. 理论基础

协同治理理论。协同治理理论强调多元主体通过协作实现共同目标。在低空电商配送中, 需政府、电商企业、技术厂商、用户协同发力: 政府需明确空域审批流程, 企业需设计适配场景的模式, 技术厂商需突破设备稳定性瓶颈, 用户需提升对低空配送的信任度, 四者协同才能推动低空配送落地。

技术接受模型(TAM)。技术接受模型指出, 用户对技术的感知有用性与感知易用性决定其接受度。对于低空配送, 用户的感知有用性体现在配送时效提升、偏远地区覆盖, 感知易用性体现在取件便捷性、售后保障。研究需基于 TAM 模型, 优化低空配送的用户体验, 提升市场接受度。

成本收益理论。成本收益理论是评估低空配送可行性的核心工具。低空配送的成本包括设备采购、空域申请、运维人员、电池更换等, 收益包括人力成本节约、时效提升带来的用户留存、偏远市场开拓。只有当收益大于成本时, 低空配送才能实现规模化应用, 因此模式创新需以降本增效为核目标。

4. 低空经济视角下电商末端配送的现状与问题分析

4.1. 基于典型案例的实践现状分析

本文选取京东、顺丰、美团三家企业的低空配送实践作为案例, 如表 1 所示。由案例可看出, 当前低空电商配送呈现三大特征: 一是场景差异化, 农村聚焦覆盖不足问题, 城市聚焦时效提升, 即时零售聚焦生鲜保鲜; 二是设备专业化, 无人机适配农村低复杂度空域, 物流舱适配城市批量运输, eVTOL 适配短途高频订单; 三是效果初步显现, 成本、时效、用户体验均有改善, 但尚未实现规模化复制。具体而言, 当前低空电商配送已在农村覆盖、城市时效、即时零售三大场景形成差异化布局: 京东依托无人机破解农村配送盲区, 顺丰通过低空物流舱提升城市批量配送效率, 美团借助 eVTOL 优化生鲜即时配送体验, 且均实现成本、时效或用户满意度的局部改善。

Table 1. Practical cases of low-altitude distribution by JD.com, SF Express, and Meituan (as of 2024)

表 1. 京东、顺丰、美团低空配送实践案例(截至 2024 年)

企业	场景定位	核心设备	运营规模	关键效果指标
京东	农村地区配送	多旋翼无人机	覆盖 12 省 526 个行政村	配送成本较传统模式降低 28%, 时效提升 35%
顺丰	城市短途配送	低空物流舱(固定翼)	3 个试点城市, 日订单 1.2 万单	城区配送时长缩短至 1.5 小时, 投诉率下降 12%
美团	即时零售配送	eVTOL (垂直起降飞行器)	1 个试点城市, 聚焦 3 公里内订单	生鲜类订单损耗率降低 8%, 用户满意度达 92%

数据来源: 1) 企业公开披露信息, 包括京东物流 2024 年低空物流试点进展公告、顺丰 2024 年财报物流板块专项说明、美团无人机业务年度运营报告; 2) 行业权威机构监测数据, 引自中国物流与采购联合会航空物流分会《2024 低空物流企业实践白皮书》; 3) 公开媒体报道, 含环球网对京东农村无人机配送的实地调研数据及中国经济网对美团即时配送试点的跟踪报道。

但此类实践多集中于头部企业, 中小电商的参与痕迹尚未显现, 且未涉及恶劣天气应对、跨区域运营等关键挑战, 需结合表 2 的量化数据进一步分析。从表 2 的量化对比可清晰发现, 当前低空电商配送在多维度存在显著矛盾: 成本端, 中小电商因初始投入门槛高、运营成本占比高, 参与度不足 5%, 与头部企业的成本优势形成鲜明反差, 凸显市场集中度高的隐患; 技术端, 行业平均恶劣天气故障率超 30%, 中小电商因接驳系统覆盖率低, 配送稳定性更差; 用户端, 超四成用户存在安全顾虑, 中小电商的复购率不足 50%, 远低于头部企业的 72% 以上; 政策端, 行业平均空域审批时长超 7 天, 中小电商无专项通道支持, 跨区域标准统一度仅 20%~25%, 难以快速响应电商即时化需求。这些数据矛盾共同指向低空电商配送在成本、技术、用户体验、政策层面的系统性问题。

Table 2. Quantitative table of key influencing factors for low-altitude e-commerce distribution (as of 2024)**表 2.** 低空电商配送关键影响因素量化表(截至 2024 年)

影响因素类别	具体指标	行业平均水平	头部企业表现	中小电商表现
成本结构	单台低空设备初始投入(万元)	无人机 10~15, 物流舱 50~80	无人机 8~12, 物流舱 45~60	难以承担 (仅 5% 企业尝试)
成本结构	运营成本占总物流成本比重	28%~35%	22%~28%	38%~45%
技术适配性	恶劣天气(暴雨/大风)配送故障率	30%~40%	25%~30%	45%~55%
技术适配性	“地面 - 低空”接驳系统覆盖率	35%	60%~70%	10%~15%
用户体验	用户对低空配送安全顾虑占比	45%	30%~35%	60%~65%
用户体验	低空配送订单复购率	58%	72%~75%	40%~45%
政策适配性	空域审批平均时长	7~10 天	3~5 天(专项通道)	10~15 天
政策适配性	跨区域运营标准统一度	40%	65%~70% (企业协调)	20%~25%

数据来源: 1) 成本结构指标来自国家邮政局《2024 中国低空物流发展报告》成本专项分析及极兔速递 2024 半年报披露的设备折旧与维护数据; 2) 技术适配性数据引自中国航空运输协会《2024 低空飞行器运行可靠性测试报告》及低空经济产业联盟对全国 180 个试点县市的基础设施调研结果; 3) 用户体验指标来源于艾瑞咨询《2024 年中国即时物流行业研究报告》中的消费者调研章节; 4) 政策适配性数据取自民航局低空管理办公室 2024 年第四季度运行态势通报及安徽省低空无人机管理与服务平台发布的跨区域运营案例总结。

4.2. 基于 SWOT-PEST 模型的影响因素分析

结合上文案例实践现状, 为系统梳理低空经济与电商末端配送融合的核心影响变量, 本文运用 SWOT-PEST 模型从政策、经济、社会、技术四大维度, 剖析各维度下的优势、劣势、机会与威胁, 确定影响低空配送规模化发展的关键矛盾。

从表 3 矩阵分析可见, 四大维度的影响因素存在关联性: 政策维度的审批慢、标准乱加剧经济维度的中小电商成本压力, 技术维度的场景适配差导致社会维度的用户信任不足, 而这些矛盾的叠加, 共同指向规模化难推进、中小电商难参与、用户体验难保障的核心困境。

Table 3. SWOT-PEST analysis matrix for low-altitude e-commerce terminal distribution**表 3.** 低空电商末端配送 SWOT-PEST 分析矩阵

维度	优势(S)	劣势(W)	机会(O)	威胁(T)
政策(P)	国家战略支持, 12 省开展试点; 头部企业享政策倾斜	空域审批效率低 (中小电商 10~15 天); 跨区域标准不统一	2025 年试点扩容; 政策向“精细化”推进	监管政策更新滞后于 技术与商业模式创新

续表

经济(E)	电商件占比超 80%，头部企业资金实力雄厚	初始设备投入高；中小电商运营成本占比 38%~45%	设备租赁、运力共享模式兴起；地方补贴政策	锂电池等核心部件价格波动，挤压盈利空间
社会(S)	用户对时效需求高，68%愿为“3 小时达”支付溢价	45%用户存安全顾虑；中小电商复购率不足 45%	社区云仓、自提柜覆盖率超 50%	噪音扰民争议限制运营时段；用户信任度待提升
技术(T)	北斗定位精度 1 米内，AI 调度系统成熟	恶劣天气故障率 30%~40%；接驳系统覆盖率 35%	快充技术突破；防雨无人机、区块链溯源研发	数据传输安全风险；设备故障导致履约中断

数据来源：1) 政策维度：民航局低空管理办公室《2024 年第四季度运行态势通报》、安徽省低空无人机管理与服务平台跨区域运营案例总结及《“十四五”现代物流发展规划》政策文件；2) 经济维度：国家邮政局《2024 中国低空物流发展报告》成本专项分析、极兔速递 2024 半年报及中国物流与采购联合会航空物流分会《2024 低空物流企业实践白皮书》；3) 社会维度：艾瑞咨询《2024 年中国即时物流行业研究报告》消费者调研章节、低空经济产业联盟基础设施调研结果及公开媒体对试点运营的反馈报道；4) 技术维度：中国航空运输协会《2024 低空飞行器运行可靠性测试报告》、北斗定位技术公开性能参数及区块链溯源技术应用研究文献。

基于上述 SWOT-PEST 分析，本文进一步构建 SO (优势 - 机会)、WO (劣势 - 机会)、ST (优势 - 威胁)、WT (劣势 - 威胁)四类战略组合，为低空电商配送的差异化发展提供方向。

(一) SO 战略

1) 政策 - 经济协同。利用国家战略支持与电商市场规模优势，在试点省份优先布局低空物流走廊，形成规模效应。例如，在长三角地区建立跨省低空配送网络，共享空域资源与地面基础设施；2) 技术 - 社会协同。结合北斗高精度定位与社区云仓覆盖率提升，开发一键呼叫无人机功能，满足用户对极致时效的需求，同时通过技术可靠性增强用户信任。

(二) WO 战略

1) 经济 - 技术协同。针对中小电商设备投入高的劣势，发展低空运力共享平台，通过设备租赁、众包运力模式降低参与门槛。同时利用快充技术突破，建立共享充电网络，降低电池更换成本；2) 政策 - 社会协同。针对审批效率低问题，推动低空配送白名单制度，对信用良好的中小电商简化审批流程，同时加强社区宣传，降低用户安全顾虑。

(三) ST 战略

1) 政策 - 技术协同。建立政策与技术创新的动态适配机制，设立低空配送监管沙盒，在可控环境中测试新型商业模式，防范监管滞后风险；2) 经济 - 社会协同。利用头部企业资金优势，建立供应链风险对冲基金，应对锂电池价格波动，同时通过用户参与式设计，将社区噪音反馈纳入飞行路径优化算法。

(四) WT 战略

1) 系统性风险规避。针对中小电商面临的成本、技术、政策多重劣势，推动形成低空配送产业联盟，通过集体采购、技术共享、联合谈判降低个体风险；2) 应急能力建设。建立恶劣天气应急响应机制，当故障率超过阈值时自动切换至传统配送，保障服务连续性，同时为中小电商提供供应链中断保险。

4.3. 核心问题总结

综合上述现状与影响因素分析，当前低空经济视角下电商末端配送存在四大核心问题：其一，成本结构不合理。初始设备投入高、运营成本波动大，中小电商企业参与度低，市场集中度高；其二，技术场景不匹配。设备对恶劣天气的适应性差，缺乏“地面 - 低空”协同的接驳系统，导致配送稳定性不足；其三，用户体验待提升。安全顾虑、取件流程复杂、售后保障缺失，导致用户接受度未达预期，复购率低；

其四,政策适配性不足。空域审批效率低、跨区域标准不统一,导致低空配送“无法快速响应电商需求”,试点难以规模化。

5. 低空经济视角下电商末端配送的模式创新

针对上述问题,结合不同场景的需求差异,本文提出三类低空电商配送创新模式,分别聚焦农村覆盖、城市效率和即时零售三大场景,核心逻辑是“设备适配场景+多主体协同+降本增效”。

5.1. 模式一:“无人机+社区云仓”农村配送模式

(一) 模式架构

该模式以解决农村配送盲区为目标,由电商平台、地方政府和村集体三方协同。首先,电商平台负责无人机采购、订单调度,选择性能较好的多旋翼无人机,适配农村低复杂度空域;其次,地方政府提供村级云仓建设补贴,将云仓选址在村委会或村卫生室附近,作为无人机起降点与货物暂存点;最后,村集体安排云仓管理员,负责货物接收、通知村民取件,同时协助维护无人机起降场地。

(二) 运作流程

消费者在电商平台下单,订单信息同步至AI调度系统;区域配送中心将货物分拣至农村专用包裹,通过货车运输至村级云仓;云仓管理员将包裹装入无人机,系统规划最优飞行路径;无人机完成配送后,自动返回云仓充电,等待下一批订单;村民凭取件码在云仓取件,若需退换货,可通过无人机反向运输至区域中心。

(三) 模式优势

一是成本优势。云仓建设成本由政府补贴一部分,无人机运营成本较传统“货车+快递员”模式降低;二是覆盖优势。可覆盖农村部分配送盲区,村级配送覆盖率提升;三是协同优势。借助村集体力量解决“最后100米”取件问题,降低用户取件难度。

5.2. 模式二:“低空物流舱+智能自提柜”城市配送模式

(一) 模式架构

该模式以提升城市配送效率为目标,由电商平台、第三方技术厂商和物业三方协同。首先,电商平台负责订单整合,聚焦“3~10公里”的中短途订单,避免与即时配送竞争;其次,第三方技术厂商提供低空物流舱设备与AI调度系统,支持多舱协同飞行;最后,物业允许在小区楼顶或停车场设置物流舱起降平台,并连接智能自提柜,实现“空中运输-地面存储”无缝衔接。

(二) 运作流程

电商平台将同一小区的订单整合为批量包裹,运输至城市低空配送枢纽;枢纽工作人员将包裹装入低空物流舱,系统规划多舱协同路径;物流舱飞至小区起降平台,通过机械臂将包裹自动存入智能自提柜;自提柜向用户发送取件通知,用户可随时取件;物流舱完成配送后,返回枢纽充电,或承接周边小区的返程订单。

(三) 模式优势

一是时效优势。城市中短途配送时长缩短,高峰时段时效波动降低;二是成本优势。批量运输降低空驶率,物流舱单位货物运输成本较无人机低;三是安全优势。物流舱采用“封闭设计+GPS定位”,货物丢失率低,且避免扰民争议。

5.3. 模式三:“eVTOL+前置仓”即时零售配送模式

(一) 模式架构

该模式以优化生鲜即时配送为目标，由即时零售平台、生鲜商家和能源企业三方协同。首先，即时零售平台负责订单调度，聚焦“3公里内、30分钟达”的生鲜、药品订单；其次，生鲜商家在社区周边设置前置仓，作为eVTOL起降点，同时优化货物包装；最后，能源企业在前置仓附近建设eVTOL快充站，提供快充服务，保障设备续航。

（二）运作流程

用户在平台下单，订单同步至就近前置仓；前置仓工作人员快速分拣货物，装入保温箱并固定至eVTOL货舱；AI系统规划最短路径，避开人流密集区域，eVTOL起飞配送；eVTOL抵达用户指定地点，通过“低空悬停+绳索下放”完成货物交付；eVTOL返回前置仓快充站充电，准备下一笔订单。

（三）模式优势

一是保鲜优势。生鲜类订单从前置仓到用户的时间缩短，损耗率降低；二是灵活优势。eVTOL垂直起降无需专用场地，可适配城市社区复杂环境；三是体验优势。用户无需下楼取件，通过手机APP解锁货舱即可收货，便捷性提升。

6. 低空经济视角下电商末端配送的质量优化路径

上述模式创新需配套质量优化措施，才能实现可持续运营。本文从政策、技术、成本、用户四个维度，设计低空电商配送的质量优化路径。

6.1. 政策协同：分阶段推进低空配送制度化

（一）短期行动（1年内）

在现有12个试点省份内设立低空配送示范园区，实行一站式审批服务，将空域申请时间压缩至24小时内；发布《低空电商配送设备准入清单》，明确无人机、物流舱的技术标准与保险要求；建立中小电商低空配送专项扶持基金，对首批参与企业给予设备采购一定比例的补贴。

（二）中期行动（1~3年）

建立低空配送运营积分制，对安全记录良好的企业给予空域使用优先权与费用减免；推动省际标准互认，在长三角、珠三角等区域率先实现“一次审批、区域通用”；将低空配送纳入城市应急物流体系，在自然灾害等紧急情况下启动低空绿色通道。

（三）长期行动（3~5年）

完成全国低空物流空域规划，构建“国家-区域-社区”三级低空配送网络；建立与跨境电商相适应的国际低空配送标准，推动“一带一路”沿线国家空域规则对接；将低空配送基础设施纳入新基建范畴，享受同等土地、税收优惠政策。

6.2. 技术突破：聚焦“场景适配+安全保障”

其一，设备场景化升级。针对农村恶劣天气，研发防雨无人机；针对城市批量运输，优化低空物流舱自动装卸系统，缩短装卸时间；针对即时零售，开发低温货舱，适配生鲜保鲜需求；其二，构建“空地协同”系统。搭建低空配送云平台，整合无人机、物流舱、自提柜的实时数据，实现“订单-设备-用户”全链路可视化，若设备出现故障，系统自动调度备用设备补位，降低配送中断率；其三，强化数据安全保障。采用区块链技术存储用户信息与订单数据，实现不可篡改，同时设置数据脱敏机制，隐藏用户详细地址，降低信息泄露风险。

6.3. 成本控制：创新“共享+租赁”商业模式

其一，设备共享。由行业协会牵头，成立低空配送设备共享平台，电商企业可按需租赁无人机、物

流舱, 租赁费用按每单合理计算, 成本较自购设备低; 其二, 能源共享。与新能源企业合作, 在社区、农村建设共享快充站, 采用按度计费模式, 同时推出充电套餐, 稳定运营成本; 其三, 运力共享。推动电商企业与快递企业合作, 共享低空配送运力, 例如京东无人机在完成自身订单后, 可承接顺丰的农村订单, 提升设备利用率, 降低单位运输成本。

针对中小电商资金有限、技术能力不足的痛点, 设计低空配送服务模式。平台化运营方面, 由第三方平台公司统一采购、维护低空配送设备, 中小电商按需购买配送服务, 按订单量付费, 实现从固定资产投入向运营费用转化; 动态定价机制方面, 采用“基础服务费 + 浮动配送费”模式, 基础服务费保障平台固定成本回收, 浮动部分根据配送距离、时效要求、订单重量动态调整; 智能合约保障方面, 基于区块链技术建立自动结算系统, 当配送任务完成且用户确认收货后, 系统自动执行费用结算, 降低交易成本与信用风险; 商业逻辑验证方面, 该模式使中小电商无需重资产投入即可享受低空配送红利, 平台公司通过规模化运营降低单位成本, 形成中小电商拓市场、平台公司增收益的双赢格局。

6.4. 用户体验: 基于 TAM 模型的接受度提升路径

基于技术接受模型, 从感知有用性、感知易用性两个核心构念出发, 设计低空配送用户体验优化路径。

(一) 增强感知有用性

第一, 时效可视化。在电商平台展示“低空专送”标识, 提供精确到分钟的预计送达时间, 并实时显示无人机位置轨迹, 让用户直观感知时效优势; 第二, 特殊场景赋能。针对急需药品、生鲜等高时效敏感订单, 设置“低空优先配送”选项, 通过解决用户痛点证明其独特价值; 第三, 增值服务绑定。将低空配送与无忧退换货服务结合, 支持无人机上门取件, 提升用户对服务完整性的感知。

(二) 优化感知易用性

第一, 极简交互设计。开发“一键授权”功能, 用户首次使用后即可保存配送偏好, 如接收方式、放置位置, 减少重复操作; 第二, 智能收货系统。推广智能货舱与智能门窗互联, 经用户授权后, 无人机可通过认证将包裹直接送入阳台货舱, 实现真正无接触配送; 第三, 语音引导支持。为老年用户提供语音操作指引, 通过简单语音指令完成取件全过程, 降低技术使用门槛。

(三) 构建外部变量支持系统

第一, 社群影响机制。在试点社区设立低空配送体验官, 通过邻里口碑传播降低感知风险; 同时建立用户积分体系, 邀请好友使用可获得配送优惠券; 第二, 系统兼容保障。确保低空配送 APP 与主流电商平台、支付系统、地图服务无缝对接, 避免因系统不兼容增加使用难度。

7. 结论与展望

7.1. 研究结论

本文以低空经济与电商末端配送的融合为核心, 通过现状分析、模式创新、路径优化层层递进式研究, 得出以下结论: 低空经济为电商末端配送提供了突破地面限制的新路径, 现有实践已在农村覆盖、城市时效、即时零售三大场景显现效果, 但面临政策、技术、成本、用户四大问题; 针对不同场景设计的三类创新模式可通过多主体协同解决场景适配性问题, 实现降本增效; 从政策、技术、成本、用户四个维度的质量优化路径, 可系统性解决现有问题, 推动低空电商配送从试点走向规模化, 最终提升电商末端服务质量。

7.2. 未来展望

首先, 随着 AI、电池技术的突破, 低空配送设备将向更大载重、更长续航、全天气适配发展, 未来

可能实现 100 kg 以上货物的低空运输, 覆盖家电、家具等大件电商订单; 其次, 低空配送将从末端配送向“干线 - 末端协同”延伸, 例如通过“大型货运无人机 + 末端小型无人机”的组合, 实现“区域中心 - 社区 - 用户”的全链路低空运输; 最后, 随着跨境电商的发展, 低空配送可能应用于边境小额贸易, 未来需推动跨境低空空域协同, 建立国际统一的监管标准, 拓展电商物流的全球化边界。

参考文献

- [1] 钟成林, 胡雪萍. 低空经济高质量发展的新质生产力逻辑与提升路径[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版), 2024, 41(5): 84-93.
- [2] 黄信毅, 刘文昌. 政策规制下低空经济驱动供应链效率跃迁的机制研究——以中国跨境电商为例[J]. 企业研究, 2025(4): 43-51.
- [3] 乔莉, 霍达, 顾雯嘉, 等. 低空经济现代化发展的路径优化研究——基于 3D 无人飞行的视角[J]. 科学管理研究, 2025, 43(2): 29-38.
- [4] 蒋丽, 王洪艳, 梁昌勇. 新零售背景下卡车与无人机协同的电商物流末端配送优化[J]. 系统管理学报, 2024, 33(6): 1461-1470.
- [5] 齐晓璇. 面向农村电商物流的车辆与无人机联合配送路径优化研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连交通大学, 2025.
- [6] 孙俊男. M 公司无人机配送业务模式优化研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京工业大学, 2024.
- [7] 杨洋, 武志磊, 王晓霞. 不确定需求下物流配送网点选址多目标优化及仿真[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(14): 5994-6002.
- [8] 隋晓琪. H 公司生鲜电商末端配送物流服务质量评价研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连交通大学, 2025.
- [9] 王艺璇, 柯佳鑫. “区块链 + 低空经济”双驱赋能农产品电商的影响因素分析[J]. 电子商务评论, 2025, 14(8): 52-58. <https://doi.org/10.12677/ecl.2025.1482492>