

低空经济政策对城市跨境电商发展的影响研究

——基于双重差分法的实证分析

王天近, 杜 希, 薛嘉懿

南京邮电大学经济学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年5月21日; 录用日期: 2026年6月4日; 发布日期: 2026年7月21日

摘 要

在加快发展新质生产力的关键节点, 探讨低空经济政策赋能跨境电商高质量发展具有重要现实意义。本文基于2015~2023年中国地级及以上城市面板数据, 将低空经济政策实施视为准自然实验, 运用多期双重差分法初步评估其影响及作用机理。研究发现, 低空经济政策显著提升了城市跨境电商发展水平, 结论在采用人口规模加权回归、历史工具变量法等检验后依然成立。机制检验发现, 政策通过物流效率提升、数字基础设施普及与科技产业集聚三重路径产生叠加效应。动态效应显示, 政策红利释放具有一定的时滞特征, 反映出低空基础设施建设与适航规则磨合需要一定的传导周期。异质性分析证实, 该政策对内陆城市具有强劲的追赶效应, 且在科技基础稳固或数智化基础完善的城市赋能更显著。本文拓展了空间治理与数字贸易交叉领域的理论边界, 为政府优化低空基建布局、助力跨境贸易换道超车提供了经验证据与政策启示。

关键词

低空经济, 跨境电商, 数字基础设施, 产业集聚, 新质生产力

Research on the Impact of Low-Altitude Economy Policy on Urban Cross-Border E-Commerce Development

—Empirical Analysis Based on the Difference-in-Differences Method

Tianjin Wang, Xi Du, Jiayi Xue

School of Economics, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing Jiangsu

Received: May 21, 2026; accepted: June 4, 2026; published: July 21, 2026

Abstract

At the critical juncture of accelerating the development of new quality productive forces, exploring how low-altitude economy policies empower high-quality cross-border e-commerce is of significant practical and theoretical importance. Based on panel data of Chinese prefecture-level and above cities from 2015 to 2023, this study treats the implementation of low-altitude economy policies as a quasi-natural experiment and applies a multi-period DID method to preliminarily assess its impacts. Findings reveal that low-altitude economy policies have significantly enhanced the level of urban cross-border e-commerce development, a conclusion remaining robust after tests including population-weighted regression and the historical instrumental variable method. Mechanism analysis indicates that the policy generates a comprehensive overlapping effect through the triple paths of logistics efficiency improvement, digital infrastructure expansion, and technology industry agglomeration. Dynamic analysis suggests that the release of policy dividends exhibits a certain time-lag, reflecting that the early stages of infrastructure construction and the adaptation of airworthiness rules require a necessary transmission period. Heterogeneity results show that the policy exerts a strong catch-up effect for inland cities and demonstrates more significant empowerment in cities with solid technological foundations or well-developed digital intelligence infrastructure. This study expands theoretical boundaries at the intersection of spatial governance and digital trade, providing empirical evidence and insights for optimizing low-altitude infrastructure and promoting the high-quality upgrading of cross-border trade.

Keywords

Low-Altitude Economy, Cross-Border E-Commerce, Digital Infrastructure, Industrial Agglomeration, New Quality Productive Forces

Copyright © 2026 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

2026 年,政府工作报告提出,推动跨境电商加海外仓模式扩容升级、规范有序发展¹。作为对外贸易转型升级的领航力量,跨境电商已深度融入新质生产力的稳步发展进程。然而,当前我国经济运行仍面临全球单边主义抬头、外部冲击加剧以及国内有效需求不足等深层次结构性挑战。为因地制宜发展新质生产力,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》²中进一步强调,要“加快新能源、新材料、航空航天、低空经济等战略性新兴产业集群发展”,将其视为构建现代化产业体系、抢占未来发展制高点的关键引擎。在此背景下,深入探究低空经济政策对城市跨境电商发展的影响,不仅有助于破解当前贸易物流的物理瓶颈,对于实现进出口高质量平衡发展亦具有深远的理论价值与现实意义。

低空经济是以民用有人驾驶和无人驾驶航空器为主,以类低空飞行活动为牵引,辐射带动相关领域融合发展的综合性经济形态。自 2021 年 2 月《国家综合立体交通网规划纲要》³将低空经济上升为国家战略以来,其产业能级持续跃升。作为新质生产力的典型代表,低空经济旨在通过空域资源的数字化重构与基础设施的立体化布局,优化生产要素的空间配置,大幅提升跨境物流配送的即时性与灵活性,从

¹<https://www.news.cn/politics/20260305/68e351d7972f44ea8a8209cde230135e/c.html>

²<https://www.qstheory.cn/20251028/763c275cd1544146925a821107d7c7df/c.html>

³https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5593440.htm

而为构建全国统一大市场提供强劲动力。尤其在出口贸易活跃的区域，低空物流已展现出作为新增长极的显著带动作用。目前，国家已将低空经济列为新兴支柱产业，明确要求“完善产业生态，实施新技术新产品新场景大规模应用示范行动”。这种从政策驱动向场景落地的战略转向，为跨境电商通过“低空+跨境物流”实现模式创新提供了坚实的制度保障与技术支持。

虽然既有研究对贸易模式演变有所探讨，但关于低空经济政策与跨境电商发展内在关联的系统性分析仍较为有限，尤其在政策的影响效应与作用机制方面有待深入研究。基于此，本文将低空经济试点政策的实施视为一项准自然实验，系统考察其对城市跨境电商发展的赋能效果及传导逻辑，并进一步分析该政策在不同资源禀赋下的实施差异，以期优化低空经济的空间布局、推动跨境电商高质量发展提供理论依据与政策启示。

低空经济政策作为培育新质生产力的核心驱动力与“第四次交通革命”的重要标志，已成为推动城市高质量发展的战略性路径[1][2]。目前学术界对此问题的探讨主要聚焦于演进脉络、赋能机理、要素集成及现实瓶颈四大领域。首先，在演进脉络方面，政策导向已完成由早期碎片化飞行管理向系统性产业链治理的深度转型，其核心在于通过低空空域的资产化开发，驱动城市增长格局由二维平面向立体纵深跨越，进而在时空压缩中重塑增长动力[3]-[5]。其次，在赋能机理方面，空间重构与技术诱导构成了政策效能释放的核心逻辑：低空政策不仅通过立体交通体系构建破除了传统地理约束，显著降低了要素流动的“冰山运输成本”，且人工智能能力与物流履约效率的互补增强效应，系统性地重塑了区域流空间的运行秩序[1][6][7]；同时，政策试点通过“技术突破-要素优化-产业跃升”的传导模式深化了数实融合，其中专精特新中小企业凭借敏捷的创新活力成为低空经济赋能实体经济的关键微观主体[4][8][9]。再次，在要素集成方面，数据已成为低空经济区别于传统航空经济的核心生产要素，公共数据开放通过释放高频空域与气象数据，在数字基础设施的介导下显著激发了城市的创业活力[10][11]；而科技金融则依托“结构-行为-绩效”模式提升了信贷可获得性，与技术创新及政策保障形成协同驱动体系，有效破解了产业导入期的融资梗阻[2][12]。最后，在现实瓶颈方面，低空政策的赋能深度受制于城市的数智化基础与人工智能技术阈值，尤其在沿海高开放度区域或地势陡峭等特定地理环境下展现出更强的边际赋能效应[4][13][14]；但不可忽视的是，现阶段政策的全面落实仍面临跨部门治理瓶颈、基础设施空间非均衡分布、就业结构的非对称替代冲击以及数据法治安全等现实挑战[3][15][16]。

跨境电商作为数字贸易与新质生产力深度融合的典型业态，其发展机理与演进规律受到学界的广泛探讨，目前学术界主要从宏观空间格局与微观驱动机制两个维度展开系统研究[17]。从宏观视角观察，跨境电商综合试验区与自贸区的联动建设构筑了系统性的制度保障，通过贸易便利化改革强化了城市的信息化基石，显著拓宽了贸易边界并产生了强劲贸易创造效应[18][19]，而这种效应的释放深度依赖于金融、技术与政策三者的耦合驱动，通过金融中介促进资本循环，进而突破产业发展的瓶颈[12]。在空间演化维度，跨境电商不仅驱动了全要素生产率的系统性提升，还通过地理与数字邻近维度展现出显著的空间溢出特征，其重心正呈现向西南方向迁移及多尺度空间分异的规律[17][20]，且数据作为核心生产要素的投入，在数字基础设施的介导下进一步强化了这种增长动能[10]。与此同时，国家层面的智能制造政策、高水平对外开放与数实融合战略协同发力，促使跨境电商成为推动产业体系高质量转型与全球价值链攀升的重要引擎[9][13][21]。在微观视角下，企业的出口绩效深度依赖于新型外贸基础设施与要素获取环境的支撑，海外仓凭借“先备货、后交易”模式有效破除了传统流转的时效瓶颈，通过贸易成本削减与订单响应加速效应显著扩大了企业的出口边际[22]，且研究证实，AI能力的提升能与物流履约效率产生显著的互补增强作用，从而提升企业的国际竞争力[7]。同步地，“无票免税”等制度创新精准解决了中小企业面临的进项抵扣凭证缺失困境，在显著降低企业合规成本的同时诱导了出口主体的空间集聚[23]。此外，公共数据的开放与科技金融的发展被证实为企业进入市场并实现高质量增长的关键条件，特别是

通过提高信贷可获得性缓解了初创主体及专精特新中小企业的融资约束，从而全面激发了微观主体的创新动能与城市创业活力[2][9][11]。

综上所述，以上研究丰富了中国低空经济政策与跨境电商发展的理论和实践，有助于优化新质生产力布局，提升跨境贸易履约效率，促进对外贸易高质量转型。同时，已有研究可能存在以下 3 个方面的问题：第一，研究视角亟需进一步整合。目前学界大多将低空经济与跨境电商作为独立的领域进行探讨，侧重于评估低空经济对宏观高质量发展或跨境电商对新质生产力提升的单一效应，缺乏将低空经济政策与跨境电商发展置于统一框架下的深度考量，导致两者间的因果关联尚未得到系统性识别；第二，作用机制亟需进一步深化。现有文献虽初步论证了低空经济对物流效率及空间重构的积极作用，但针对其如何通过破除二维地理环境约束、优化城市末端配送效率并协同数智化平台赋能跨境贸易的理论机理缺乏微观解构，难以精确阐明政策红利向跨境电商领域渗透的具体路径；第三，实证评估亟需进一步精细化。目前关于低空经济政策效应的研究多聚焦于省域尺度或全要素生产率等宏观指标，针对跨境电商这一高度依赖物流时效与数字基建的特定业态，缺乏利用多时点准自然实验开展的城市层面精细化评估，且关于地形特征、数智化水平等关键环境变量在政策效应传导中的异质性影响亦有待进一步量化检验。

基于上述分析，本文可能的边际贡献主要体现在以下三个方面：第一，在研究视角上，尝试将低空经济政策这一宏观空间治理创新与城市跨境电商发展纳入同一分析框架，通过考察三维空间重构对特定贸易业态的影响，拓展了交通地理与数字贸易交叉领域的研究边界，为理解新质生产力如何赋能城市贸易增长提供了新的经验证据；第二，在作用机制上，初步探讨了低空经济政策通过物流效率、数字基建与产业集聚赋能跨境电商的逻辑，厘清了从“空间修复”到“多维赋能”的传导路径，补充并丰富了相关领域的理论机理研究；第三，在现实意义上，本文的研究结论不仅有助于量化评估低空经济试点政策的实施绩效，更在培育新质生产力的背景下，为各级政府因地制宜布局低空基础设施、提升跨境电商供应链韧性提供了参考依据与政策启示。

2. 理论假说

2.1. 低空经济政策对城市跨境电商发展的直接影响

低空经济政策作为培育新质生产力的战略驱动力与引领“第四次交通革命”的核心标志[2]，正通过重塑城市空间治理体系与数智物流网络，为跨境电商的发展提供关键的制度红利与技术支撑[1][4]。从宏观层面的空间治理视角观察，低空经济政策具备显著的空间修复功能，其核心价值在于将低空空域这一三维空间资源转化为战略性生产要素，有效破除了传统城市地理环境对贸易流转引发的物理约束[5][14]。通过构建立体交通体系，政策引导城市经济由二维平面向立体纵深跨越，这种三维空间的资产化重构不仅突破了传统增长的地理边界，更显著降低了要素流动的“距离摩擦成本”与“冰山运输成本”，从而为跨境电商重塑了高效的区域流空间秩序[5][6][14]。

在微观运行效率与履约成本维度上，低空物流政策的实施诱导了配送模式的系统性变革。实证研究证实，低空配送能够将流通效率提升 5~20 倍，显著缩短了跨境贸易中的订单响应时滞并极大降低了运输损耗[6][24]。尤为重要的是，低空履约效率的提升与人工智能能力之间存在显著的互补增强效应，二者的深度耦合能够产生“1+1>2”的放大作用，进一步强化企业的国际贸易竞争力[7]。此类效率红利不仅深度缓解了传统物流体系中普遍存在的下游衰减困境，更有助于提升跨境电商在海外市场的物流可靠性与客户黏性，进而在集约边际上持续扩大出口规模[14][21][22]。此外，低空经济政策体系通过数字新基建与公共数据开放的统筹推进，释放了高频空域、气象及地理信息等数据要素[10]。数据作为新型生产要素，通过提升数字基础设施水平，显著降低了贸易主体进入市场的搜寻成本与合规负担[10][25]。同时，

科技金融依托“结构-行为-绩效”模式改善了信贷可获得性,有效缓解了微观主体面临的融资约束,从而全面激发了城市的创业活力[2] [11] [26]。

转向技术渗透与产业协同路径,政策试点通过驱动“数实融合”,促使数字经济与实体贸易深度耦合,特别是为专精特新中小企业提供了关键的技术迭代试验场[9]。金融、技术与政策三者的协同效应,有效地打破了产业发展的行政与技术瓶颈,为新质生产力的持续演进注入了不竭动能[12]。智能制造政策与低空技术的协同演化,使得跨境电商能够基于大数据与人工智能实现更精准的消费偏好匹配,在扩展边际上推动出口产品向高附加值、智能化方向转型[8] [21] [27]。不仅如此,低空经济政策的赋能效应展现出明显的空间溢出特征,依托基础设施网络的外部性带动地理邻近城市的协同增长,有助于在城市群内部构建起“空地一体”的数智贸易生态系统[17] [28]。综上所述,低空经济政策通过空间修复、提质增效与数智赋能的多重路径,能够系统性地驱动城市跨境电商的效能提升。据此,本文提出如下假说:

H1: 低空经济政策能够显著促进城市跨境电商的发展水平。

2.2. 低空经济政策赋能跨境电商发展的传导路径

低空经济政策对城市跨境电商发展的间接影响,主要通过重构物流时空秩序、完善数字基础设施以及促进高新产业集聚来实现。

首先,低空物流模式的引入推动了配送模式从二维平面向三维立体的转型,这种空间修复手段有效破解了传统城市路网因物理环境引发的流通硬约束[5] [14]。依托无人机等航空器实现的直线配送能够大幅缩短跨区域要素流动的物理时长,显著降低贸易流转中的“距离摩擦成本”与“冰山运输成本”,提升了跨境电商的履约效率与资源节约潜力[1] [6] [7]。

其次,低空经济政策的先行先试效应,倒逼城市加快数字化基座的升级[25] [27]。低空智能网联系统与数字新基建的统筹建设,实现了空域资源与电商平台数据的实时交互与动态调度,使得数据作为核心生产要素的价值得以充分释放[10]。这种数实融合新态势不仅增强了出口贸易履约的可靠性[8],更有效缓解了国际贸易中的信息不对称,为跨境电商的数智化升级提供了坚实的数字底座[9]。

最后,低空经济政策通过释放先行先试的制度红利和科技金融支持,显著降低了企业的进入壁垒与制度性交易成本[2] [12]。政策红利能显著激发城市的创业活力,吸引大量研发制造、飞控系统 & 智能算法等高新技术企业在城市空间内注册与集聚[11]。这种高新产业的规模化集聚产生了强烈的技术溢出效应,不仅推动了本地区关键核心技术的突破[29],更为跨境电商提供了先进的供应链管理工具与智能化配套支撑,形成从政策引导到产业集聚再到贸易升级的良性循环。基于上述分析,本文提出如下假说:

H2: 低空经济政策通过提升物流配送效率、完善数字基础设施及促进高新技术产业集聚,间接推动城市跨境电商的发展。

3. 研究设计

3.1. 数据来源与样本选择

本文选取 2015~2023 年中国地级及以上城市面板数据为研究对象。宏观经济与产业数据源于《中国城市统计年鉴》⁴及各省统计公报,跨境电商与微观指标来自 CSMAR 数据库及商务部公开信息。样本筛选遵循以下原则:第一,本文研究剔除了我国直辖市及西藏、港澳台地区的样本数据,以消除统计偏差;第二,以 2015 年为基准,选取各省 GDP 排名前 10 的城市作为初始样本(不足 10 个则全选),最终构建包含 2196 条观测值的平衡面板。针对个别缺失值,采用线性趋势插值与均值填充法予以补全。

⁴<http://www.tjnjw.com/hangye/c/zhongguo-chengshi-tongjijianjian.html>

3.2. 构建回归模型

为了考察低空经济试点政策对城市跨境电商发展水平的影响,本文构建多时点双重差分模型。该模型能够有效控制不随时间变化的城市个体特征以及不随城市变化的时间趋势,从而较为准确地识别出政策实施前后的净效应。基准回归模型设定如下:

$$CBEC_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \sum \gamma Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

在本模型中, i 代表城市, t 代表年份; $CBEC_{it}$ 为被解释变量,表示城市 i 在 t 年经对数化处理后的跨境电商发展水平; DID_{it} 为核心解释变量,其估计系数 β_1 捕捉了低空经济政策实施前后的净效应; $Control_{it}$ 为控制变量组,涵盖了经济发展水平、产业结构与消费需求等宏观经济指标;人力资本投入、政府干预程度与信息化基础设施等资源环境指标;以及对外开放程度与人口规模等城市特征指标; μ_i 为城市固定效应,旨在控制不随时间变化的城市个体差异; λ_t 为年份固定效应,旨在控制宏观经济波动等时间趋势; ϵ_{it} 为模型随机扰动项。

3.3. 变量说明

在实证分析中,为确保计量结果的准确性与稳健性,本文对所有涉及金额、规模及绝对值的变量进行了对数化处理,并针对面板数据进行了双向1%的缩尾处理,以消除极端值对回归系数的影响。各变量的具体定义与测度逻辑如下。

3.3.1. 被解释变量:跨境电商发展水平(CBEC)

本文选取各城市跨境电子商务交易额作为衡量跨境电商发展水平的核心指标。该数据来源包括商务部历年《中国电子商务报告》⁵、各市历年国民经济和社会发展统计公报⁶以及各级政府发布的商务工作报告或商务年度运行综述。考虑到部分城市在特定年份未公开披露专项数据,为保证数据完整性,本文针对缺失值采用线性插值法进行科学推算补全。作为贸易数字化与服务化的深度耦合,跨境电子商务交易额不仅直观反映了城市在数字平台上的贸易活跃度,更体现了其跨境支付、数字化运营及市场拓展的综合实力。通过取对数处理,该变量能有效刻画低空经济试点政策带来的贸易增量及其动态增长路径。

3.3.2. 核心解释变量:低空经济试点政策(DID)

本文通过构造双重差分项($Treat \times Post$)来识别政策效应。根据国家级低空经济战略的演进过程,本文以《国家综合立体交通网规划纲要》⁷发布的2021年作为全国性政策实施的基准时点。在实验组识别上,将涉及湖南、四川、广东、浙江、江西等15个低空空域管理改革试点的省份所属地市设定为实验组($Treat = 1$),其余省份城市作为对照组($Treat = 0$)。选择上述试点系因其涵盖多发展梯度与复杂地形,具备较强代表性。针对内生性问题,试点遴选主要基于空域安全与通航基础,而非特定电商表现,具较强外生性;后续将配合PSM-DID进一步缓解选择偏误。时间虚拟变量 $Post$ 在2021年及以后取值为1,此前取值为0。该设定旨在通过准自然实验框架,准确剥离低空经济试点政策对跨境电商的净驱动效应。

3.3.3. 中介变量

本文选取物流配送效率 LOG 、数字基础设施普及 DIG 与科技产业集聚 $CLUS$ 作为中介变量进行机制识别。其中,物流配送效率 LOG 采用城市当年快递业务量来衡量,用以反映低空物流对贸易流转效率的带动作用;数字基础设施普及 DIG 采用城市互联网接入用户数进行测度,用以表征低空智联网建设背景下城市整体的通信支撑能力;科技产业集聚 $CLUS$ 采用城市当年新注册高新技术企业数量来衡量,旨

⁵<http://opendata.mofcom.gov.cn/front/data/detail?id=B81C4D46AF081F881468B4E0E4830E20>

⁶2023年郑州市国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. <https://tjj.zhengzhou.gov.cn/tjgb/8324080.jhtml>, 2024-04-07.

⁷https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/24/content_5588654.htm

在捕捉政策红利引致的创新主体空间集聚效应。需要承认的是，受限于地级市专项统计口径，上述代理变量在精准刻画低空细分领域方面存在一定局限性，但在现有数据环境下，仍是反映城市物流、数智水平与产业环境相对主流且稳健的替代指标。在数据处理层面同上文变量处理方法一致。

3.3.4. 控制变量

为精准识别政策效应并减少遗漏变量导致的估计偏误，本文从宏观经济环境、产业基础、资源投入及市场规模等维度选取了以下控制变量：

GDP 表示地区生产总值的对数值，用以控制地级市的综合经济实力与市场容量；**STR** 表示第三产业增加值占国内生产总值的比重，用以衡量城市产业结构优化程度与现代服务业支撑能力；**CONS** 表示社会消费品零售总额的对数值，用以表征城市内部消费市场的活跃度；**EDU** 表示教育发展指标，用以控制高素质人力资本对新兴产业的支撑水平；**GOV** 表示一般公共预算支出的对数值，用以衡量政府财政支持与基础设施投入强度；**INF** 表示移动电话用户数的对数值，用以控制信息化基础设施及数字化连接能力；**OPEN** 表示出口总额的对数值，用以控制城市原始贸易积累及对外开放程度；**POP** 表示年末总人口的对数值，用以控制人口规模带来的规模效应与劳动力供给。

主要变量的描述性统计结果如表 1 所示。

Table 1. Descriptive statistics of main variables
表 1. 主要变量描述性统计

变量类别	变量名称	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	CBEC	14.692	1.494	11.553	18.417
解释变量	DID	0.194	0.396	0	1.000
中介变量	LOG	8.052	2.192	1.632	12.811
	DIG	15.035	2.150	11.918	20.455
	CLUS	8.389	1.223	4.890	11.581
	GDP	7.577	0.996	4.430	9.904
	STR	46.426	8.895	26.910	71.560
控制变量	CONS	15.754	1.164	11.981	18.196
	EDU	0.171	0.040	0.062	0.273
	GOV	15.075	0.670	13.461	16.990
	INF	6.288	1.299	3.380	11.003
	OPEN	12.740	2.592	2.639	18.226
	POP	5.849	0.773	3.362	7.090

4. 实证分析

4.1. 基准回归

为增强计算稳定性，本文对年份执行了中心化处理；同时，考虑到城市规模异质性，采用年末人口数进行人口规模加权回归(WLS)以缓解异方差干扰。回归显示的有效观测值为 1589 条，系剔除控制变量缺失值后的共同样本。从表 2 第(1)列可知，未加入控制变量时 DID 回归系数为正且在 5%的水平上显著。从第(2)到(9)列可知，在逐步加入控制变量后，DID 回归系数始终为正且显著，且 R² 有所增长。这说明在其他条件不变的情况下，低空经济试点政策显著促进了城市跨境电商的发展，假设 H1 得到验证。

基准回归主要结果如表 2 所示。

Table 2. Benchmark regression results
表 2. 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
DID	0.162** (2.008)	0.163** (2.075)	0.163** (2.071)	0.164** (2.084)	0.169** (2.141)	0.168** (2.135)	0.168** (2.132)	0.164** (2.118)	0.161** (2.122)
Constant	15.099*** (78.529)	12.654*** (9.877)	12.678*** (8.882)	13.561*** (8.399)	13.579*** (8.429)	13.473*** (8.222)	13.488*** (8.099)	13.791*** (8.051)	12.956*** (7.368)
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City Trend	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.008	0.014	0.014	0.016	0.017	0.017	0.017	0.027	0.029
Observations	1589	1589	1589	1589	1589	1589	1589	1589	1589

注：1) *、**、***分别代表 10%、5%、1%水平的显著性；2) 括号内为 t 值，控制变量回归结果限于篇幅未展示，备索。下同。

4.2. 稳健性检验

4.2.1. 平行趋势检验

双重差分模型有效性的重要前提是处理组与对照组在政策实施前具有平行趋势。本文采用事件研究法进行检验，结果见图 1。

由图可知，在低空经济政策实施前的第-5 期至第-2 期，交互项的估计系数虽有小幅波动，但在统计水平上不显著异于 0，较好地满足了平行趋势假定。在政策实施当年，估计系数依然不显著，这反映出低空经济政策对跨境电商的驱动作用存在一定时滞效应，政策从发布到基础设施建设及产业落地需要一定的传导周期。进入政策实施后的第 1 期，估计系数显著为正；随后的第 2 期与第 3 期，系数虽有小幅回调但仍均保持在显著为正的区间内。这有力地证明了低空经济政策对跨境电商发展具有显著且稳健的促进作用，且这种正向驱动效应在跨越时滞期后展现出较强的持续性。

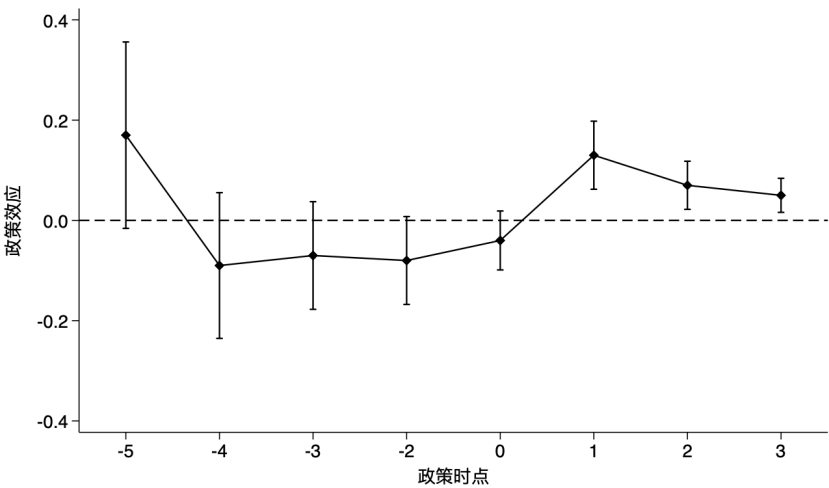


Figure 1. Parallel trend test results
图 1. 平行趋势检验结果

4.2.2. 安慰剂检验

为了进一步排除不可观测因素对实证结果的影响, 本文通过随机选定实验组城市重新评估政策实施效应, 将此过程重复进行 500 次, 并绘制估计系数的核密度与 P 值分布图, 结果见图 2。

从图 2 可以看到, 在 500 次随机抽样中, 估计系数均集中在 0 附近且绝大部分不显著, 而基准回归得到的真实估计值明显独立于模拟系数的分布区间, 处于核密度曲线的离群位置。这充分说明基准回归结果受到不可观测因素的影响是一个几乎不可能发生的概率事件, 本文识别出的政策红利具有极强的稳健性, 假设 H1 再次得到验证。

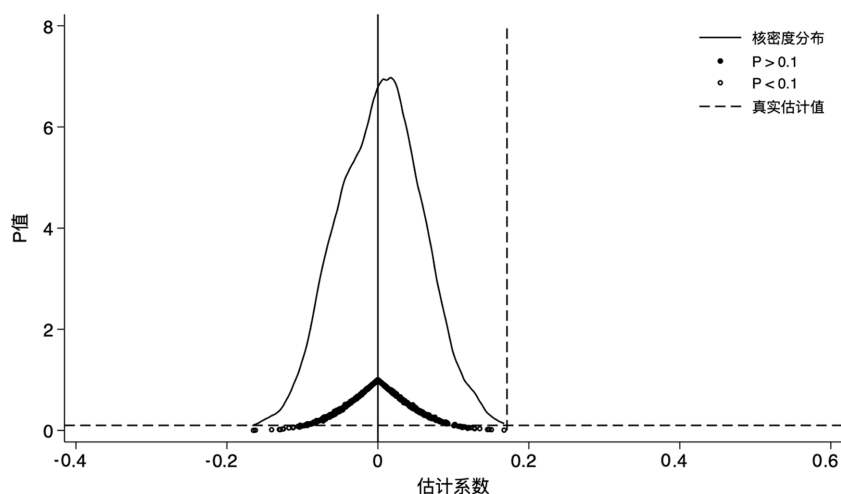


Figure 2. Placebo test results
图 2. 安慰剂检验结果

4.2.3. 倾向得分匹配 - 双重差分法(PSM-DID)

考虑到低空经济试点城市的选定可能存在非随机的选择性偏差, 本文采用倾向得分匹配双重差分法(PSM-DID)进行重新估计。首先, 以控制变量作为协变量, 采用核匹配(Kernel Matching)方式在 2020 年对样本进行匹配, 以寻找与实验组特征最为接近的对照组城市; 随后, 利用匹配后的样本重新进行回归。表 3 第(1)列结果显示, 在匹配后的样本中, 低空经济政策的回归系数在 5% 的水平上正显著, 这说明在缓解了样本选择偏差带来的内生性问题后, 本文的核心结论依然成立。

4.2.4. 排除政策干扰

由于 2021 年是低空经济战略确立的关键时点, 而 2020 年作为政策实施前夕, 可能受到宏观经济波动或局部试点政策预期的干扰。为排除这一特殊年份对识别效果的影响, 本文剔除 2020 年的观测值后重新执行回归。结果见表 3 第(2)列, 可以看到低空经济政策的系数在 1% 的水平上极显著。这表明基准回归结果并非由个别年份的随机波动所致, 进一步证实了政策效应的稳健性。

4.2.5. 变更政策时点

为了验证跨境电商的发展确实是由 2021 年低空经济政策驱动, 而非其他随时间变化的随机因素所致, 本文进行了变更政策时点的反向安慰剂检验。本文截取 2020 年及以前的样本数据, 并将虚假的政策冲击时点设定在 2018 年。表 3 第(3)列结果显示, 虚假的政策变量系数仅为 0.099 且未能通过显著性检验。这一反事实检验结果说明, 在真实的政策发生前, 并不存在由于其他因素导致的跨境电商显著增长, 从而排除了遗漏变量干扰的可能。

4.2.6. 缩尾处理检验

为了排除极端异常值对回归结果的潜在干扰，本文对所有连续变量进行了上下 1% 分位数的双向缩尾处理。表 3 第(4)列结果显示，在处理了离群值后，低空经济政策对跨境电商发展的系数保持在 5% 的显著性水平。该系数大小与基准回归高度接近，说明本文的实证结果具有很强的鲁棒性，不依赖于个别极端样本点的表现。

Table 3. Robustness test
表 3. 稳健性检验

变量	PSM-DID	排除政策干扰	变更政策时点	缩尾处理检验
DID	0.142** (2.429)	0.294*** (2.625)	0.099 (1.408)	0.168** (2.198)
Constant	13.697*** (7.915)	13.480*** (6.967)	10.976*** (2.971)	12.484*** (7.001)
Individual FE	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES
City Trend	YES	YES	YES	YES
R ²	0.975	0.972	0.971	0.974
Observations	1544	1412	1060	1589

5. 影响机制分析

由前文基准回归结果可知，低空经济政策的实施显著推动了城市跨境电商的发展。为进一步厘清该政策效应的内在传导渠道，本文参考江艇(2022) [30]关于因果推断中机制分析的建议，着重检验政策冲击对中介变量的直接影响，并结合相关理论与文献完成机制检验。构建如下机制检验模型：

$$M_{it} = \alpha_0 + \beta_1 DID_{it} + \sum \gamma Control_{it} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it} \tag{2}$$

其中， M_{it} 是指机制变量，具体包括物流配送效率 LOG、数字基础设施普及 DIG 以及科技产业集聚 CLUS。其余控制变量及固定效应的定义与基准模型(1)保持一致。

机制检验结果如表 4 所示，各机制变量的估计系数均在 5%的水平下显著为正，证实了低空经济政策通过多维路径赋能跨境电商发展的机理。首先，第(1)列展示了物流配送效率的检验结果，表明低空经济政策通过重构三维立体物流网络，有效破解了传统地面交通因空间饱和和引发的流转硬约束[5]；低空物流模式凭借无人机点对点直线运输优势，显著缩短了货物周转物理时长并提升了跨境电商的物流履约效能[7][14]，为跨境电商高频次、碎片化的订单需求提供了高效且低成本的“最后一公里”履约保障。其次，第(2)列展示了数字基础设施普及的检验结果，其说明低空经济作为引领新质生产力发展的关键引擎[4][27]，其运行高度依赖并反向驱动了城市低空智联网与 5G 通信基座的完善；这种数字化环境的全面跃升促使数据作为核心生产要素的价值得以充分释放[10]，大幅增强了跨境电商平台的信息处理与动态交互能力，有效缓解了国际贸易中的信息不对称与搜寻摩擦[8][9]。最后，第(3)列展示了科技产业集聚的检验结果，表明试点政策通过释放先行先试的制度红利与科技金融支持[2][12]，显著激发了城市的创业活力并吸引大量高新技术企业的入驻与新注册[11]；这种高新产业的空间集聚不仅产生了强大的技术溢出效应并推动了核心技术突破[29]，更为跨境电商企业的数字化转型与智能化运营提供了底层技术支撑与配套产业集群[1][31]。综上所述，低空经济政策能够通过物流配送效率提升、数字基础设施普及以及科技

产业集聚三条路径产生叠加效应，共同推动城市跨境电商的高质量演进，本文假说 H2 得到实证支持。

Table 4. Mechanism test
表 4. 机制检验

变量	LOG	DIG	CLUS
DID	0.129** (2.139)	0.281** (2.519)	0.109** (2.335)
Constant	8.266*** (7.968)	14.218*** (5.853)	7.187*** (6.675)
Control	YES	YES	YES
Individual FE	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES
City Trend	YES	YES	YES
R ²	0.986	0.948	0.977
Observations	1499	1615	1650

6. 异质性分析

为了进一步探讨低空经济政策对跨境电商发展影响在不同城市禀赋下的差异化表现，本文从地理区位、科技基础及数智化基础三个维度进行了异质性检验。首先，考虑到我国“沿海－内陆”二元经济结构的长期存在，地理禀赋的差异可能通过影响低空物流对传统地面物流的互补与替代效率，进而产生差异化的政策效果；其次，低空经济作为典型的新质生产力，其政策红利的释放高度依赖于地区原始的技术吸收能力与科技创新积累，这决定了城市对低空领域硬核技术的转化上限；最后，城市数智化基础的差异将直接影响贸易信息的流转速率与数实融合程度，决定了政策驱动下的空中流量红利能否通过高效的信息匹配顺利转化为跨境电商的贸易增量。基于此，本文通过分组回归考察上述因素对政策效应的调节作用。具体结果如表 5 所示。

6.1. 地理区位异质性分析

表 5 第(1)列和第(2)列对比了沿海地区与内陆地区的分组回归结果。结果显示，低空经济政策对内陆城市的跨境电商发展具有显著的正向拉动作用，系数在 1%的水平上正显著；而沿海地区的回归系数不显著。这一发现印证了低空物流的空间修复功能在内陆地区更具边际红利。沿海城市拥有成熟的海运和发达的陆路物流体系，低空配送的边际改善作用相对有限；相比之下，内陆城市常受限于复杂的地理地形或相对薄弱的地面交通，低空飞行器的直线配送模式能够有效克服地理障碍，补齐内陆城市在跨境物流末端配送上的短板，从而产生了更强的追赶效应。

6.2. 科技支持异质性分析

表 5 第(3)列和第(4)列考察了城市科技创新水平的差异。结果显示，高技术支持组的政策系数在 5%的水平上正显著，而低技术支持组则未通过显著性检验。这说明低空经济政策的赋能效应存在明显的技术门槛特征。低空经济的运行高度依赖无人机自主导航、5G 通信网络及数字化监管平台，拥有更强科技实力的城市能够更迅速地实现低空技术与跨境电商供应链的深度耦合。若地区缺乏必要的科技支撑，即便拥有政策倾斜，也难以在短期内完成从空中流量到贸易增量的有效转化。

6.3. 数智化基础异质性分析

表 5 第(5)列和第(6)列根据城市数智化基础进行了对比。结果显示，在数智化基础较好的城市，低空经济政策对跨境电商的促进作用极其显著；而在数智化基础薄弱组中，政策效应并未通过显著性检验。这一发现揭示了低空经济赋能效应中存在较明显的数字化门槛特征，其强调城市在数据连接、信息响应与平台集成方面的软环境实力。在数字化底座扎实的城市，跨境电商平台能够依托高带宽、低延迟的物联网系统，实现海量贸易订单与低空物流配送的实时精准匹配，从而将政策带来的物流时效红利迅速转化为贸易规模的实际增量。而在数智化基础相对滞后的城市，由于缺乏必要的数字通信网络与智慧调度环境，低空物流产生的实时数据易陷入信息孤岛，导致政策红利在转化端面临极高的信息摩擦成本，难以对跨境电商的发展形成有效支撑。这表明，完善的数智化基础是低空经济政策由技术优势转向贸易增量的关键催化剂。

Table 5. Heterogeneity test
表 5. 异质性检验

变量	CBEC					
	沿海地区	内陆地区	高技术支持	低技术支持	高数智化基础	低数智化基础
DID	-0.043	0.313***	0.278**	0.019	0.346***	-0.044
	(-0.685)	(2.700)	(2.341)	(0.247)	(2.756)	(-0.472)
Constant	17.043***	9.528***	14.917*	11.931***	15.600***	12.019***
	(4.647)	(4.158)	(1.775)	(6.441)	(3.661)	(5.476)
Individual FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Year FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
City Trend	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R ²	0.980	0.964	0.966	0.968	0.964	0.963
Observations	701	888	522	575	566	466

7. 结论和建议

7.1. 研究结论

- (1) 低空经济政策有效提升城市跨境电商发展。这种驱动效应本质上源于对空域资源从物理空间向生产要素的属性重构。政策通过构建立体化的治理体系，提升了地面物流的承载上限，使贸易流转得以向纵深维度延伸。实证结果显示，在排除城市原有增长惯性的干扰后，该政策仍能产生一定的净增量红利，为数字贸易能级跃迁提供了新的空间拓展可能。
- (2) 政策效应具有显著的时滞性与持续性特征。动态效应检验显示，低空经济政策对跨境电商的驱动作用并非即时显现，而是存在一定的滞后期，这反映了基础设施建设与适航规则完善在初期存在必要的传导周期。由于目前政策实施时间较短，本文观察到的正向影响更多体现为政策起步阶段的初步成效。尽管当前数据展示了政策红利的增长潜力，但受限于观测窗口期，低空经济对贸易模式的深层影响及长效作用仍具不确定性。因此，相关结论应视为阶段性的探索发现，其长期效应仍有待未来随数据跨度增加进行更长周期的持续观测与验证。
- (3) 多途径传导是政策红利转化的重要支撑。低空经济对跨境电商的拉动作用依托于多维度的系统性优化。无人机配送模式通过点对点的立体联通，有效缓解了传统地面交通的物理瓶颈与流转损耗，通

过物理层面的流转提速增强了贸易履约韧性；低空物联网与 5G 通信基座的完善提升了城市的信息交互效率，通过数字赋能缓解了国际贸易中的信息不对称；政策红利引致的高新技术企业动态集聚，释放了潜在的技术外溢效应，为跨境电商的智能化升级提供了技术支撑。这种多路径的叠加效应解释了低空经济驱动贸易高质量发展的机理。

(4) 政策效能呈现出明显的非均衡特征。其表现受到了城市的区位环境、技术储备及数智化基础的影响。对于内陆地区而言，低空经济提供了对冲地理劣势、实现贸易突围的战略契机，展现出更强的空间修复边际效益；而从技术与环境维度看，政策效能存在一定的门槛特征，即科技基础越稳固、数智化基础越完善的城市，其对低空经济新质生产力要素的吸收能力与订单匹配效率越强。若城市缺乏必要的数字底座与技术积累，即便拥有政策红利，也相对难以在短期内实现从空中流量到贸易增量的有效转化。

7.2. 建议与启示

(1) 保持政策定力并统筹推进底层基础设施建设。各级政府应当强化政策连续性，持续加大对低空基础设施的财政投入。重点推进通用航空起降场、低空数字化管控系统以及专用通信网络建设，通过完善硬件基础缩短政策效应的蓄势期，加速跨越底部磨合阶段。同时，应建立长效的政策评价机制，为低空经济的长周期发展提供稳定的制度预期，从而为跨境电商迎来长效增长积累势能。

(2) 推动低空物流与跨境贸易全产业链深度耦合。积极引导低空物流技术与跨境电商海外仓、智慧物流园区实现深度数实融合。通过支持企业开发适配跨境“小单快反”模式的无人机配送场景，利用空间修复功能破解贸易末端配送的响应时滞难题。此外，应加快推动低空导航标准、实时调度算法与跨境供应链管理系统的数字化对接，构建机仓联动的智能化协同体系，有效削减贸易流转的冰山成本，提升跨境贸易的全球履约韧性。

(3) 实施差异化的区域策略以引导贸易协调发展。政策执行应遵循因地制宜原则，根据城市禀赋特征实行精准化空间治理。内陆地区应紧抓低空经济换道超车的历史契机，利用三维立体交通优势对冲传统地理区位优势，发挥政策的边际赋能优势以实现贸易突围。同时，鉴于数智化基础在政策红利转化中的门槛作用，后发地区需加快补齐 5G 通信与物联网短板，通过夯实数字底座为低空物流红利的释放创造必要条件。国家层面应向中西部及外贸基础薄弱区域倾斜基建资源，利用空间治理创新缩小区域贸易发展差异。

(4) 构建跨部门协同机制以优化空域治理环境。加快打破民航、商务、交通及公安等多部门间的行政壁垒，建立集航线审批、安全监管与数据共享于一体的数字化联合监管平台。通过简化跨境电商低空配送的适航审定流程，实现规制环境的透明化与互联互通，有效降低贸易主体的合规成本与准入门槛。通过制度创新缓解新质生产力应用初期的制度性摩擦，为低空经济驱动贸易模式革新创造良好的法治保障与营商环境。

参考文献

- [1] 孙文浩, 张杰. 低空经济赋能城市高质量发展的成效与路径研究[J]. 商业经济与管理, 2026(2): 62-76.
- [2] Chai, Y.D., Liu, J.P., Zhang, Y.C. and Zhang, H.L. (2026) How Sci-Tech Finance Empowers China's Low-Altitude Economy: Mechanisms and Countermeasures. *Finance Research Letters*, **91**, Article 109465. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.109465>
- [3] 成祖松, 李雅云, 鲁三妹. 低空经济产业链现代化水平测度与影响因素分析[J]. 统计与决策, 2026, 42(3): 116-121.
- [4] 汤凯, 孙植华. 低空经济政策赋能城市新质生产力的机制研究——基于国家通用航空区与无人驾驶航空区的准自然实验[J/OL]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 1-20. <https://doi.org/10.14100/j.cnki.65-1039/g4.20251216.002>

- [5] 顾冬冬, 吴国宝. 向“天空”要“效益”: 低空经济何以驱动经济高质量发展? [J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2026, 46(2): 14-25.
- [6] 张应良, 李慧. 低空经济赋能城乡融合发展的机制研究[J]. 农村经济, 2026(2): 72-82.
- [7] Luo, H.G., Kamarudin, F., Soh, W. and Shan, Z. (2026) Fulfilment Efficiency, AI Capability, and Cross-Border E-Commerce Development in China: Complementarities, Regional Heterogeneity, and Resource-Saving Potential. *Sustainability*, **18**, Article 1202. <https://doi.org/10.3390/su18031202>
- [8] 韩发, 胡垂立, 张薇, 宋烜. 消费驱动与技术赋能——低空经济促进数实融合的双重效应检验[J]. 软科学, 2026, 40(4): 63-70.
- [9] Zhang, P.L. and Zhang, H. (2026) Research on the Mechanism and Pathways of Low-Altitude Economy Empowering New Quality Productive Forces Driven by Digital-Real Integration. *Proceedings of Business and Economic Studies*, **9**, 90-98. <https://doi.org/10.26689/pbes.v9i1.13765>
- [10] Huang, S.H. and Hua, H. (2026) Impact of Data as a Production Factor on the Low-Altitude Economy. *Finance Research Letters*, **92**, Article 109504. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2026.109504>
- [11] 张林, 李顺毅. 公共数据开放与低空经济企业创业活力[J]. 广东财经大学学报, 2026, 41(1): 68-81.
- [12] Ding, J.Q. (2025) Research on the Development of New-Quality Productive Forces Driven by the Low-Altitude Economy under the Coupling of Finance, Technology and Policy. *Asia Pacific Economic and Management Review*, **2**, 1-11. <https://doi.org/10.62177/apemr.v2i5.842>.
- [13] 刘伟. 高水平对外开放对低空经济高质量发展的影响[J]. 华东经济管理, 2025, 39(12): 54-63.
- [14] 张强, 张怀超. 低空经济促进乡村振兴的内在逻辑与实现路径[J]. 经济与管理, 2026, 40(2): 1-9.
- [15] 韩发, 胡垂立, 张薇. 低空经济如何重塑就业结构?——基于创造与替代的双重视角[J]. 学习与实践, 2026(2): 106-116.
- [16] 高志宏, 王艳芳. 低空经济数据风险防范的法治逻辑——从管制到协同的范式转型[J/OL]. 苏州大学学报(哲学社会科学版), 1-14. <https://link.cnki.net/urlid/32.1033.C.20260105.0956.002>
- [17] 李晓龙, 刘明宇. 跨境电商发展赋能新质生产力提升: 理论机制与实证检验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2025, 45(6): 167-180.
- [18] 张锡宝, 石以涛, 徐保昌. 贸易便利化与我国跨境电商发展——基于双重差分法的实证分析[J]. 华东经济管理, 2020, 34(2): 94-103.
- [19] 王智新, 邢双美, 韩承斌. 自由贸易试验区与跨境电商发展: 来自准自然实验的证据[J]. 世界经济研究, 2023(2): 19-33+134.
- [20] 舒长江, 郭靖宇, 方楚杰. 中国低空经济发展的尺度效应和空间分异特征[J]. 江西社会科学, 2025, 45(12): 54-66.
- [21] 马述忠, 贺歌. 智能制造政策与跨境电商出口——基于“中国制造 2025”城市试点的证据[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2025, 47(10): 142-161.
- [22] 刘斌, 朱晓梅, 李川川. 跨境电商海外仓储与企业出口——基于企业提单数据的检验[J]. 中国工业经济, 2025(12): 100-118.
- [23] 岳中刚, 张馨予, 李秋韵. 跨境电商综试区制度创新的企业出口效应——来自“无票免税”政策的证据[J]. 华东经济管理, 2026, 40(3): 56-66.
- [24] 张明明, 徐政. 低空经济提振消费的内在机制与战略路径[J]. 消费经济, 2026, 42(3): 12-23.
- [25] 李连成, 李名良, 马萍萍. 加快推动低空经济高质量发展[J]. 宏观经济管理, 2025(10): 14-20.
- [26] 周科选, 罗学强, 余林徽. 综合试验区试点政策促进跨境电商企业高质量发展的内在机理[J]. 学术交流, 2024(1): 108-131.
- [27] 李学彦, 李鑫. 低空经济、新质生产力与现代化产业体系建设[J]. 深圳大学学报(人文社会科学版), 2025, 42(3): 16-26.
- [28] 张军伟, 杜建军. 从传统农业到智慧农业: 低空经济赋能发展的理论机制与实证检验[J]. 上海财经大学学报, 2025, 27(6): 107-121.
- [29] 杨东, 彭前朝, 魏泽龙. 低空经济产业关键核心技术发展潜力预测及竞争态势研究[J]. 统计与信息论坛, 2026, 41(1): 49-60.
- [30] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120.
- [31] 王大中, 张达仁. 低空经济发展中科技创新与产业创新深度融合的内在逻辑、实现机制与政策支持[J]. 西安财经大学学报, 2026, 39(2): 84-98.