

低空经济政策对产业结构升级的影响研究

——基于产业链、创新链与人才链视角的传导路径分析

邱可*, 胡佳艺*, 庞淑雯, 李金生#

南京师范大学商学院, 江苏 南京

收稿日期: 2026年6月30日; 录用日期: 2026年7月24日; 发布日期: 2026年7月30日

摘要

低空经济作为新质生产力的典型代表, 正成为推动产业结构升级的重要力量。本研究基于2000~2023年我国300个地级及以上城市的面板数据为样本, 系统梳理低空经济政策体系, 基于产业链、创新链、人才链视角, 采用双重差分模型实证检验低空经济政策对产业结构高级化与合理化的影响。研究发现: (1) 低空经济政策对产业结构升级呈现显著但非对称的驱动效应: 政策显著促进了产业结构合理化, 但对高级化的推动作用在全样本中未达统计显著水平; (2) 传导路径分析表明, 低空经济政策通过市场需求、科技支出与劳动力流动三条渠道对产业结构升级产生显著的正向传导作用; (3) 异质性检验结果显示, 政策效应在高创新水平地区显著, 在低创新水平地区为正但不显著, 但交互项检验表明两组之间的差异未达到统计显著水平, 初步验证了创新的依赖性。本文从多路径传导视角拓展了低空经济政策评估的研究框架, 为地方政府立足区域禀赋制定差异化政策、深化产业链创新链人才链协同发展、推动产业结构转型升级提供了实证依据。

关键词

低空经济政策, 产业结构升级, 双重差分法

Research on the Impact of Low-Altitude Economy Policies on Industrial Structure Upgrading

—An Analysis of Transmission Pathways from the Perspectives of Industrial Chain, Innovation Chain, and Talent Chain

Ke Qiu*, Jiayi Hu*, Shuwen Pang, Jinsheng Li#

*共一作者。

#通讯作者。

文章引用: 邱可, 胡佳艺, 庞淑雯, 李金生. 低空经济政策对产业结构升级的影响研究[J]. 服务科学和管理, 2026, 15(4): 909-923. DOI: 10.12677/ssem.2026.154106

Abstract

As a typical representative of new quality productive forces, the low-altitude economy is becoming an important driver of industrial structure upgrading. Based on panel data from 300 prefecture-level and above cities in China from 2000 to 2023, this study systematically reviews the policy system of the low-altitude economy. Adopting a triple-chain perspective—industrial chain, innovation chain, and talent chain—it employs a difference-in-differences model to empirically examine the impact of low-altitude economy policies on the advancement and rationalization of industrial structure. The findings are as follows: (1) The policies exert a significant but asymmetric driving effect on industrial structure upgrading, significantly promoting industrial structure rationalization, while their effect on industrial structure advancement is not statistically significant in the full sample. (2) Path analysis reveals that the policies generate significant positive transmission effects on industrial structure upgrading through three channels: market demand, technology expenditure, and labor mobility. (3) Heterogeneity analysis shows that the policy effects are significant in regions with high innovation levels, positive but not significant in regions with low innovation levels. However, interaction term tests indicate that the difference between the two groups is not statistically significant, preliminarily validating innovation dependence. This study expands the evaluation framework of low-altitude economy policies from a multi-path transmission perspective, providing empirical evidence for local governments to formulate differentiated policies based on regional endowments, deepen the synergistic development of the industrial chain, innovation chain, and talent chain, and promote industrial structure transformation and upgrading.

Keywords

Low-Altitude Economy Policies, Industrial Structure Upgrading, Difference-in-Differences Method

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

低空经济是在低空空域内(通常为 1000 米以下, 根据实际需要可延伸至不超过 3000 米), 以民用有人驾驶和无人驾驶航空器为主体, 以载人、载货及其他作业等多场景低空飞行活动为牵引, 辐射带动商业活动或公共服务领域融合发展的一种综合性新经济形态^[1]。

近年来, 随着科技的不断进步和创新, 全球低空经济发展进程加快, 并成为主要经济体角逐的新领域新赛道。我国也紧跟国际发展趋势, 加快部署出台相关政策, 促进低空经济发展。2021 年 2 月, 低空经济被纳入《国家综合立体交通网规划纲要》¹, 标志着其正式成为国家战略的一部分。2023 年 12 月的中央经济工作会议提出了“打造生物制造、商业航天、低空经济等战略性新兴产业”的目标²。2024 年,

¹中共中央, 国务院。国家综合立体交通网规划纲要。2021-02-24。

https://www.gov.cn/zhengce/2021-02/24/content_5588654.htm, 2026-06-10。

²中华人民共和国国家发展和改革委员会。从业界新变化看战略性新兴产业的 2023 年。

https://www.ndrc.gov.cn/wsdwhfz/202401/t20240116_1363298.html

“积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎”³被纳入政府工作报告,进一步凸显了国家对低空经济的重视。

低空经济涉及军、政、商、民全方位场景,具有产业链长、辐射面广、应用场景宽、成长性强等特征,并且能与其他产业很好地实现兼容,为其他产业发展赋能[2]。因此,各地方政府密集发布“低空经济高质量发展实施方案”,一系列旨在开放空域资源、完善基础设施、激发市场活力的政策体系已初步形成,为产业链生态重构与产业间相互融合创造新机遇,也吸纳更多创新资源与资金进入低空经济领域,从而对宏观层面的产业结构高级化和合理化产生影响。然而,低空经济政策是否真正能够推动产业结构升级,并且其中具体的传导机制现有研究尚未涉及。

鉴于此,本研究试图弥补这一缺口,以“低空经济政策对产业结构升级的影响研究——基于产业链、创新链与人才链视角的传导路径分析”为核心议题进行实证分析。文章的边际贡献在以下三个方面:第一,在研究视角上,本文将低空经济政策效果评估从单一增长效应拓展至结构升级的多路径传导分析。以人才链、产业链与创新链为切入点,突破了既有研究将各要素割裂讨论的局限,系统考察了低空经济政策通过市场需求、科技支出、劳动力流动三条路径影响产业结构升级的内在逻辑。第二,首次收集并整理出我国地级行政区层面一整套涵盖低空经济的政策体系,并借助双重差分模型对低空经济政策实施的实际效应进行分析,构建了可量化的低空经济政策指数。该研究为评估地方政府出台的低空经济政策是否以及多大程度有利于促进本地产业结构升级提供证据支持。第三,对低空经济政策影响产业结构升级进行了基于创新水平的分组异质性分析,揭示了政策效应存在的“创新依赖性”特征。这为各地方政府如何根据自身创新基础出台差异化的低空经济政策、如何提升政策体系与本地资源禀赋的适配性,以及推动本地区产业结构升级提供了政策启示。

2. 理论机制及研究假说

2.1. 低空经济政策对产业结构升级的直接效应

近年来,随着低空经济逐渐崭露头角,关于低空经济政策的研究不断丰富,政府也发布了一系列相关政策,如在环境侧的产业发展规划政策、供给侧的低空配套设施建设政策、需求侧的采购补贴政策等[3],显然,低空经济政策属于产业政策的一种。而产业政策的运用将对产业结构的调整和升级产生影响,一方面,产业政策有利于弥补市场的外部性、信息不完全和不对称等缺陷,减少产业结构不合理变动的摩擦,提高资源配置的有效性,从而促进产业结构的合理化。另一方面,恰当的产业政策有助于引导产业技术创新方向[4],发挥技术研发的规模经济效应和集聚效应,发展前瞻性的主导优势产业、新兴产业,从而促进地区产业结构高级化[5]。

此外,低空经济作为新质生产力的典型代表,其核心是以科技创新推动产业创新,以前沿技术催生新兴产业新模式新动能[1]。依托这种新兴技术成果,低空经济带来的颠覆式技术创新能够颠覆传统产业体系,并通过突破性解决方案挑战现有市场结构,从而驱动产业结构升级[6]。

发展低空经济亦可推动现有产业智能化、绿色化升级,从而优化产业结构,加快经济转型[7]。产业智能化通过劳动力替代、劳动力互补与生产效率提升三方面对产业结构升级产生影响,具体来说,一方面,产业智能化通过要素转移、产业关联、产业竞争和示范提高产业结构高级化;另一方面,产业智能化影响了生产要素分配与地方政府官员倾向,从而影响了产业结构合理化[8]。也有研究表明产业智能化能够对产业结构高级化形成正向溢出效应,但可能对产业结构合理化造成负向的空间效应[9]。由此提出

³中华人民共和国中央人民政府。看!《政府工作报告》里的新质生产力。
https://www.gov.cn/zhengce/jiedu/tujie/202403/content_6937462.htm

假说如下:

H1: 低空经济政策能够直接促进产业结构升级, 具体包括产业结构合理化与高级化两方面。

2.2. 低空经济政策对产业结构升级的传导机制

低空经济政策能够为产业链生态重构与产业间相互融合创造新机遇, 促使各类生产要素的聚集和重组。在产业链下游, 其有助于市场需求扩容, 并最终增强了全产业链的韧性。在局部产业链关联方面, 有研究从乡村场景切入, 发现下游低空运营可反向拉动上游起降点密度提升 2.3 个单位, 形成“需求—供给”闭环[10]。此外, 低空经济政策在需求侧采取的采购补贴等措施可以有效创造需求, 提升市场需求水平。低空经济的跨界融合特性也明显加强了它与其他产业的联动效应, “低空 + 物流”、“低空 + 文旅”、“低空 + 环保”等多种融合途径的出现, 既拓宽了低空技术的应用范围, 培育出新的经济增长点和产业集群[11], 又为新型消费创造了全新的场景和模式, 使低空经济成为推动消费升级和培育新消费动能的重要力量[12], 从而推动整体产业结构向着多元化、高阶化方向发展。由此提出假说如下:

H2: 在产业链视角下, 低空经济政策通过促进市场需求推动产业结构升级。

一方面, 财政科技支出作为低空经济政策供给侧的重要政策工具, 起到降低创新风险、弥补市场失灵和提升区域创新能力的作用[13], 而区域创新通过技术创新、管理创新等方式, 推动产业结构从低附加值向高附加值转变, 从劳动密集型向技术密集型转变, 从而实现产业结构的优化和升级[14]。另一方面, 财政科技支出通过提升企业数据要素利用水平赋能新质生产力发展[15], 而新质生产力主要通过提升全要素生产率实现供给优化、在需求侧促进消费升级实现拉动需求以及通过金融科技实现供需协同, 进而推动产业结构升级[16]。

而从产业结构合理化来看, 财政科技支出在一定程度上有效地支持了各产业间要素资源的协调配置, 从而促进了产业结构的合理化发展[17], 从产业结构高级化来看, 财政科技支出通过推动经济增长与创新资源集聚, 能够提升地方产业结构的高级化水平[18]。由此提出假说如下:

H3: 在创新链视角下, 低空经济政策通过促进科技支出推动产业结构升级。

在供给侧, 低空经济政策可直接作用于劳动力的供给端, 吸引劳动力流入, 在环境侧, 低空经济政策通过优化就业环境和流动成本, 间接促进劳动力的顺畅流动。如出台人才引进政策可以显著扩大劳动力的流动规模, 且对高技能流动劳动力增量及占比提升具有明显的促进作用[19]。此外, 作为新质生产力的一种, 低空经济能够促进科技创新[20], 而技术创新通过增强信息流动、优化资本配置以及提升高技能劳动力的就业机会和收入预期, 加剧了不同技能劳动力流动的分化, 其主要促进了高技能劳动力的流入, 但抑制了低技能劳动力的流入[21]。

进一步地, 劳动力流动对产业结构升级的作用往往存在高级化和合理化的差异性表现。一方面, 劳动力流入带动要素集聚, 提高了地区经济专业化集聚, 通过禀赋效应、消费需求效应、人力资本效应与资源配置效应发挥积极作用。但劳动力流动对产业结构高级化的提升在总体上表现出促进作用的同时往往并存着显著的区域性差距[22], 从而引致区域产业结构升级差异。另一方面, 劳动力流动对产业结构合理化却往往呈现出一定的抑制作用[23], 具体会通过加剧城乡收入不平等极化途径, 抑制产业结构的合理化[24], 进而阻碍产业结构升级。由此提出假说如下:

H4: 在人才链视角下, 低空经济政策通过促进劳动力流动推动产业结构升级。

3. 研究设计与数据说明

3.1. 样本选取及数据来源

根据上述理论分析, 探讨低空经济政策对城市经济发展的影响效应。为有效识别净政策效应, 以 2021

年及以前纳入低空经济试点的城市为实验组, 以 2000~2023 年整个样本期内从未纳入低空经济试点的城市为对照组; 剔除 2022 年及以后新纳入试点的城市, 以保证政策冲击时点的统一性; 同时, 考虑到 2000~2023 年间部分地级及以上城市的行政区划变动, 删除行政区划发生调整的城市样本。最终共选取 300 个地级及以上城市作为研究样本, 本文数据来源于各地政府官方网站文件库、中国研究数据服务平台(CNRDS)、马克数据网以及《中国城市统计年鉴》⁴。

3.2. 模型设定和指标选取

3.2.1. 模型设定

本文实证分析选择 2000~2023 年的城市面板数据, 评估低空经济政策对产业结构转型升级的影响效应。起点定于 2000 年, 旨在涵盖通用航空等前期产业形态的完整发展周期, 以便更客观地评估 2021 年低空经济正式上升为国家战略后所带来的政策冲击与增长效应。

考虑到低空经济试点政策于 2021 年统一实施, 本文构建标准双重差分模型进行实证分析。以 2021 年纳入试点的城市为实验组, 以未纳入试点的城市为对照组, 通过比较政策实施前后两组城市产业结构转型升级的差异, 识别政策的净效应。基准回归模型设定如下:

$$Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \times treated_i \times post_t + Control\ variables_{i,t} + Year + city + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中, $Y_{i,t}$ 表示城市 i 在年份 t 的产业结构升级水平, 本文从产业结构合理化与产业结构高级化两个维度进行刻画; $treated_i \times post_t$ 为核心解释变量, 即低空经济政策的双重差分项, 用于识别政策冲击的平均处理效应; $Control\ variables_{i,t}$ 为一系列控制变量, 用于缓解遗漏变量偏误; $city$ 表示城市固定效应, 用于控制不随时间变化的城市特征; $Year$ 表示年份固定效应, 用于控制宏观经济环境变化; $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

3.2.2. 指标选取

被解释变量为产业结构升级水平, 具体包括产业结构合理化与产业结构高级化两个指标。其中, 产业结构合理化用于衡量地区产业结构由低端向高端演进的综合程度, 参考现有研究[25], 我们选取泰尔指数来衡量, 其计算公式如下:

$$TL = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) (i=1,2,3) \quad (2)$$

其中, TL 表示泰尔指数, Y 和 L 分别表示某城市总产值和总就业人数, $i=1, 2, 3$ 分别表示第一、第二和第三产业。为使得研究结果的呈现更加直观, 我们对该指数进行先取倒数再取对数的转换, 变换后该指数越大, 表明产业结构合理化的程度越高。

产业结构高级化则进一步刻画第三产业比重提升及产业结构优化趋势, 我们使用第三产业产值与第二产业产值的比值来衡量产业结构高级化, 该比值越大, 表明产业结构高级化程度越高。

核心解释变量为低空经济政策的双重差分项, 由处理组虚拟变量与时间虚拟变量交互生成, 即处理组虚拟变量 $treated_i$ 与政策时间虚拟变量 $post_t$ 的交互项。其中, 处理组虚拟变量用于识别纳入低空经济试点的城市, 取值为 1 表示试点城市, 否则为 0; 时间虚拟变量用于识别政策实施后的时期, 政策实施后取值为 1, 实施前为 0。二者交互项用于捕捉低空经济政策对产业结构升级的净影响。

中介变量方面, 本文选取三个中介变量分别检验不同传导路径。第一, 产业链路径, 以市场需求水平作为中介变量, 采用城市社会消费品零售总额的自然对数衡量, 取对数以消除异方差性, 反映地区市

⁴国家统计局。中国城市统计年鉴 2024。北京: 中国统计出版社, 2024。
<https://www.tongjinnianjian.com/china-city-statistical-yearbook.html>

场消费需求规模与潜力。第二, 创新链路径, 以科技支出水平作为中介变量, 采用地方财政一般预算支出中科学技术支出占总支出的比重衡量, 反映地方政府对科技创新活动的财政支持力度。第三, 人才链路径, 以劳动力流动水平为中介变量, 采用城市年末常住人口与年末户籍人口的比值衡量, 反映城市劳动力要素的跨区域流动程度与配置效率。

控制变量方面, 参考现有研究[26][27], 本文主要选取以下因素: 经济发展水平, 用于反映地区经济基础; 金融发展水平, 用于刻画金融体系对资源配置效率的影响; 城镇化率, 用于衡量人口集聚与空间结构变化; 创新水平, 用于反映地区技术进步能力; 政府干预程度, 用于控制政府在资源配置中的作用强度; 对外开放水平与人力资本水平, 用于刻画外部经济联系与劳动力质量对产业结构升级的影响。变量定义和相关说明详见表 1。

Table 1. Definition and description of variables

表 1. 各变量定义和说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量测度
被解释变量	产业结构合理化	$\ln(1/TL)$	$\ln(1/\text{泰尔指数})$
	产业结构高级化	Is	地区第三产业产值/地区第二产业产值
核心解释变量	低空经济政策	did	$treat_i \times post_i$; 其中, $treat_i$ 为处理组虚拟变量, 试点城市取值为 1, 否则为 0; $post_i$ 为政策时间虚拟变量, 政策实施后取值为 1, 实施前为 0。
中介变量	市场需求水平	$\ln_consume$	$\ln(\text{城市社会消费品零售总额})$
	科技支出水平	$tech$	科学技术支出/地方财政一般预算总支出
	劳动力流动水平	$labor_flow$	年末常住人口/年末户籍人口
控制变量	经济发展水平	$pgdp$	$\ln(\text{城市 GDP}/\text{城市年末总人口})$
	金融发展水平	fd	$\ln((\text{金融机构存款余额}+\text{贷款余额})/\text{地区 GDP})$
	城镇化率	$urban$	城镇人口/地区总人口
	创新水平	$innov$	$\ln(\text{城市专利申请总数}+1)$
	政府干预程度	gov	地方一般公共预算支出/地区 GDP
	对外开放水平	fdi	实际利用外资金额/地区 GDP
	人力资本水平	hr	普通高校在校人数/地区总人口

通过上述模型设定, 在控制城市固定效应与年份固定效应的基础上, 可以较为准确地识别低空经济政策对产业结构升级的因果效应, 为后续机制分析与异质性检验提供统一的计量框架。

4. 实证结果与分析

本文统一采用 2000~2023 年的面板数据开展基准回归与平行趋势检验。这一处理主要基于低空经济政策逐步推进与试点扩围的现实背景, 通过考察政策实施前后的动态变化趋势, 以验证处理组与对照组在政策冲击前是否满足平行趋势假设, 从而增强双重差分识别结果的可靠性。

4.1. 描述性统计分析

对样本面板数据进行分析, 表 2 报告了产业结构合理化主要变量的描述性统计和相关系数矩阵, 表 3 报告产业结构高级化主要变量的描述性统计和相关系数矩阵。从相关性检验结果可知, 多数变量间的

相关系数绝对值小于 0.7, 这表明本文构建的多元线性回归模型不存在严重的多重共线性问题。*did* 与产业结构合理化($r = 0.130, p < 0.01$)、产业结构高级化($r = 0.111, p < 0.01$)均呈显著正相关关系, 政策促进产业升级的作用得到初步验证。

Table 2. Descriptive statistics and correlation matrix: industrial structure rationalization
表 2. 描述性统计和相关性分析: 产业结构合理化

变量	Mean	SD	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\ln(1/TL)$	2.2564	0.1535	1								
<i>did</i>	0.0262	0.1599	0.130***	1							
<i>pgdp</i>	10.1814	1.0162	0.682***	0.132***	1						
<i>fd</i>	2.3927	1.2579	0.622***	0.063***	0.304***	1					
<i>urban</i>	0.3745	0.2067	0.492***	-0.008	0.516***	0.449***	1				
<i>innov</i>	0.1921	0.1893	0.057***	0.008	-0.053***	0.406***	0.142***	1			
<i>gov</i>	6.5668	2.2001	0.584***	0.108***	0.702***	0.235***	0.264***	-0.299***	1		
<i>fdi</i>	0.0026	0.0029	0.236***	0.064***	0.185***	0.103***	0.176***	-0.087***	0.202***	1	
<i>hr</i>	0.0165	0.0227	0.597***	0.078***	0.530***	0.514***	0.450***	-0.042***	0.398***	0.239***	1

注: $N = 7200$, *** $p < 0.01$ 。

Table 3. Descriptive statistics and correlation matrix: industrial structure sophistication
表 3. 描述性统计和相关性分析: 产业结构高级化

变量	Mean	SD	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>IS</i>	0.9887	0.5259	1								
<i>did</i>	0.0262	0.1599	0.111***	1							
<i>pgdp</i>	10.1814	1.0162	0.115***	0.132***	1						
<i>fd</i>	2.3927	1.2579	0.496***	0.063***	0.304***	1					
<i>urban</i>	0.3745	0.2067	0.176***	-0.008	0.516***	0.449***	1				
<i>innov</i>	0.1921	0.1893	0.155***	0.008	-0.053***	0.406***	0.142***	1			
<i>gov</i>	6.5668	2.2001	0.171***	0.108***	0.702***	0.235***	0.264***	-0.299***	1		
<i>fdi</i>	0.0026	0.0029	-0.029**	0.064***	0.185***	0.103***	0.176***	-0.087***	0.202***	1	
<i>hr</i>	0.0165	0.0227	0.305***	0.078***	0.530***	0.514***	0.450***	-0.042***	0.398***	0.239***	1

注: $N = 7200$, *** $p < 0.01$ 。

4.2. 平行趋势检验

为验证双重差分模型的核心前提——平行趋势假设, 本文通过事件研究法, 分别绘制了低空经济政策对产业结构合理化与高级化影响的动态效应图, 来考察低空经济对产业结构升级的作用。结果如图 1、图 2 所示。横轴为政策实施相对年份, 纵轴为处理效应系数及 95%置信区间。

从产业结构合理化来看, 政策实施前, 合理化指标的估计系数在 0 值附近小幅波动, 置信区间均包含 0, 说明处理组与对照组无系统性差异, 平行趋势假设成立; 政策实施后系数持续为正、逐步上升, 政

策驱动效应不断增强。

从产业结构高级化来看, 高级化指标在政策前期系数虽有波动, 但未出现趋势突变, 平行趋势假设基本满足; 政策落地后系数快速转正并保持高位, 促进效果显著。

综上, 两项指标均通过平行趋势检验, 支持 *did* 模型的适用性, 为后续因果推断奠定可靠基础。

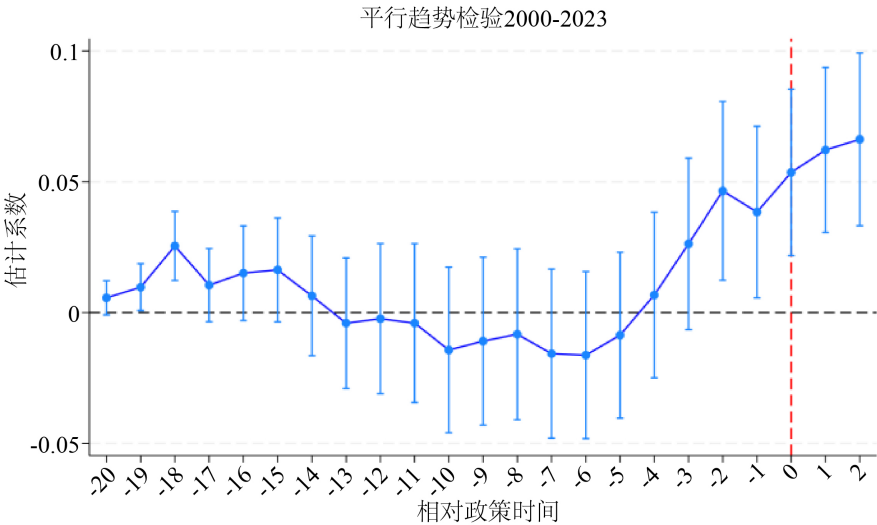


Figure 1. Parallel trends test for industrial structure rationalization
图 1. 产业结构合理化平行趋势图

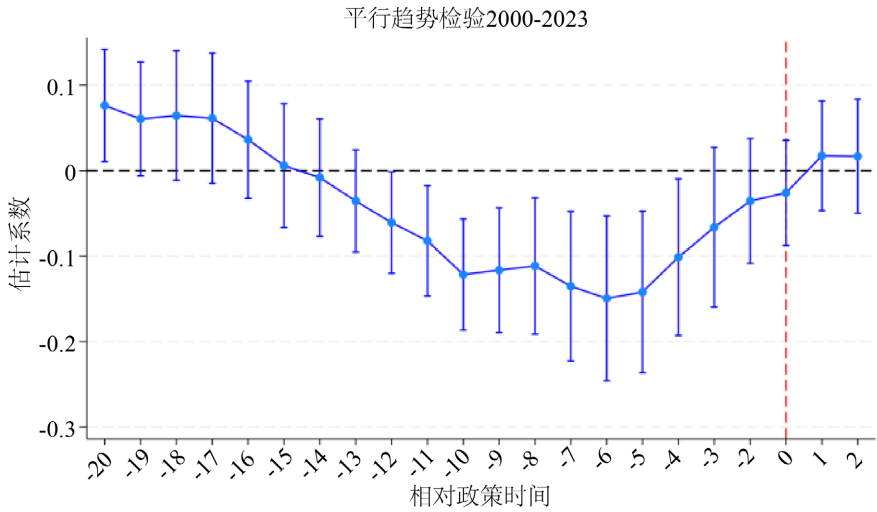


Figure 2. Parallel trends test for industrial structure upgrading
图 2. 产业结构高级化平行趋势图

4.3. 回归结果分析

本文基于 2000~2023 年 300 个地级市面板数据, 实证检验低空经济政策对产业结构升级的影响, 结果见表 4。模型均控制城市与年份固定效应, 并设置有无控制变量两组回归。在合理化维度, 无论是否加入控制变量, *did* 系数均在 1%水平上显著为正(加入后为 0.0544), 表明政策推动作用明显; 在高级化维度, 系数均不显著(加入控制变量后为 0.0461), 说明政策尚未有效赋能产业高级化转型。控制变量中, 经

济发展水平和金融发展水平对合理化和高级化均有显著正向影响, 创新水平相对合理化显著。城镇化率与政府干预程度在各列中均未表现出稳定的统计显著性。各列 R^2 均在 0.77 以上, 模型拟合良好。综上, 低空经济政策可显著促进产业结构合理化, 为后续异质性检验奠定基础。

Table 4. Regression results of low-altitude economy policy on industrial structure upgrading
表 4. 低空经济政策对产业结构升级的回归结果

	因变量为 $\ln(1/TL)$		因变量为 IS	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>did</i>	0.0625*** (0.0095)	0.0544*** (0.0085)	-0.0274 (0.0392)	0.0461 (0.0369)
<i>pgdp</i>		0.0355*** (0.0128)		-0.3379*** (0.0653)
<i>fd</i>		0.0217*** (0.0047)		0.0904*** (0.0300)
<i>urban</i>		0.0223 (0.0285)		0.1900* (0.1132)
<i>gov</i>		-0.0144 (0.0596)		-0.5375 (0.3449)
<i>innov</i>		0.0160*** (0.0041)		-0.0066 (0.0164)
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Cons</i>	2.2547*** (0.0003)	1.7312*** (0.1349)	0.9894*** (0.0010)	4.2863*** (0.6877)
<i>N</i>	7200	7200	7200	7200
<i>R²</i>	0.8797	0.8873	0.7731	0.8010
<i>Adj. R²</i>	0.8740	0.8820	0.7624	0.7916

注: t-statistics in parentheses; *** $p < 0.01$, * $p < 0.1$ 。

4.4. 中介效应检验

前文基准回归结果证实, 低空经济政策能够显著促进产业结构合理化, 但对产业结构高级化的全样本效应尚不显著。为进一步揭示政策影响产业结构升级的内在传导路径, 本文采用温忠麟等[28]提出的中介效应三步法进行实证检验。

4.4.1. 市场需求扩容: 中介效应检验

本文以市场需求水平作为产业链终端拉动的代理变量, 检验其在低空经济政策影响产业结构升级过程中的中介效应, 结果见表 5。总效应检验显示, 低空经济政策对产业结构合理化的影响在 1% 水平上显著为正, 对产业结构高级化的影响为正但不显著, 与基准回归一致。政策显著扩大了地区市场需求规模, 其 *did* 系数为 0.2831 ($p < 0.01$)。中介效应显示, 在合理化方程中加入市场需求后, 其系数为 0.0458 ($p < 0.01$), *did* 系数仍显著为正(0.0447, $p < 0.01$), 表明市场需求扩容发挥显著的部分中介效应, 即政策通过

扩大需求、拉动产业链协同发展, 推动产业结构合理化。而对高级化而言, 市场需求水平的系数未通过显著性检验, 中介效应不成立。

Table 5. Mediation effect test results of market demand expansion
表 5. 市场需求扩容的中介效应检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\ln(1/TL)$	IS	$\ln_consume$	$\ln(1/TL)$	IS
<i>did</i>	0.0577*** (0.0080)	0.0518 (0.0377)	0.2831*** (0.0338)	0.0447*** (0.0084)	0.0434 (0.0398)
<i>pgdp</i>	0.0234 (0.0143)	-0.3059*** (0.0691)	0.5049*** (0.0512)	0.0002 (0.0145)	-0.3209*** (0.0649)
<i>fd</i>	0.0192*** (0.0047)	0.1078*** (0.0222)	-0.0071 (0.0142)	0.0195*** (0.0047)	0.1080*** (0.0222)
<i>urban</i>	0.0198 (0.0262)	0.2652** (0.1046)	-0.1612* (0.0932)	0.0271 (0.0258)	0.2700** (0.1056)
<i>gov</i>	-0.1313** (0.0596)	0.0065 (0.2723)	-0.9606*** (0.1709)	-0.0873 (0.0591)	0.0350 (0.2841)
<i>innov</i>	0.0161*** (0.0042)	-0.0215 (0.0170)	0.0551*** (0.0122)	0.0136*** (0.0041)	-0.0232 (0.0170)
<i>ln_consume</i>				0.0458*** (0.0088)	0.0297 (0.0433)
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Cons</i>	1.8805*** (0.1554)	3.9184*** (0.7417)	9.7130*** (0.5455)	1.4352*** (0.1822)	3.6297*** (0.9812)
<i>N</i>	6604	6604	6604	6604	6604
<i>R²</i>	0.8994	0.8249	0.9790	0.9026	0.8250
<i>Adj. R²</i>	0.8942	0.8159	0.9779	0.8976	0.8160

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

4.4.2. 科技支出机制：中介效应检验

本文以科技支出水平作为创新链传导的代理变量, 检验其中介效应, 结果见表 6。总效应检验显示, 低空经济政策对产业结构合理化的影响在 1%水平上显著为正, 对产业结构高级化的影响在 10%水平上显著为正。政策对中介变量的影响检验显示, *did* 系数为 0.0075 ($p < 0.01$), 表明低空经济政策显著增加了地方科技财政投入。

中介效应检验显示, 在产业结构高级化方程中加入科技支出后, 科技支出系数为 2.2884 ($p < 0.05$), 同时 *did* 系数不再显著(由 0.0703 降至 0.0531)。这表明科技支出发挥了完全中介效应, 即低空经济政策必须通过增加科技投入才能间接作用于产业结构高级化。对于产业结构合理化, 科技支出系数未通过显著性检验, 中介效应不成立。

Table 6. Mediation effect test results of science and technology expenditure mechanism
表 6. 科技支出机制的中介效应检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\ln(1/TL)$	IS	$tech$	$\ln(1/TL)$	IS
<i>did</i>	0.0577*** (0.0076)	0.0703* (0.0371)	0.0075*** (0.0018)	0.0565*** (0.0077)	0.0531 (0.0367)
<i>pgdp</i>	0.0178 (0.0140)	-0.3214*** (0.0734)	-0.0012 (0.0023)	0.0180 (0.0140)	-0.3186*** (0.0735)
<i>fd</i>	0.0163*** (0.0047)	0.1164*** (0.0234)	0.0004 (0.0006)	0.0163*** (0.0047)	0.1155*** (0.0234)
<i>urban</i>	0.0213 (0.0262)	0.2378** (0.1118)	0.0039 (0.0052)	0.0207 (0.0261)	0.2289** (0.1119)
<i>gov</i>	-0.1400** (0.0557)	0.0666 (0.2597)	-0.0510*** (0.0075)	-0.1320** (0.0563)	0.1834 (0.2640)
<i>innov</i>	0.0135*** (0.0041)	-0.0231 (0.0172)	0.0030*** (0.0006)	0.0130*** (0.0042)	-0.0301* (0.0182)
<i>tech</i>				0.1566 (0.1898)	2.2884** (0.9640)
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Cons</i>	1.9663*** (0.1520)	4.1135*** (0.7907)	0.0116 (0.0254)	1.9644*** (0.1520)	4.0869*** (0.7898)
<i>N</i>	6066	6066	6066	6066	6066
<i>R²</i>	0.9071	0.8407	0.7316	0.9072	0.8418
<i>Adj. R²</i>	0.9019	0.8318	0.7166	0.9020	0.8329

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

4.4.3. 劳动力流动：中介效应检验

本文以劳动力流动水平作为人才链传导的代理变量, 检验其中介效应, 结果见表 7。总效应显示, 低空经济政策对产业结构合理化的影响在 1%水平上显著为正, 对高级化的影响在 10%水平上显著为正。政策显著降低了常住人口与户籍人口比值, 其 *did* 系数为-0.0207 ($p < 0.1$), 反映出试点初期本地就业吸纳效应超过外来流入效应, 属于短期结构性调整摩擦。中介效应显示, 在高级化方程中加入劳动力流动后, 其系数为 0.5362 ($p < 0.01$), *did* 系数仍显著为正(0.0810, $p < 0.05$), 表明劳动力流动发挥显著的部分中介效应, 即政策通过优化本地劳动力配置推动产业结构高级化。而对合理化而言, 劳动力流动系数未通过显著性检验, 中介效应不成立。

综合上述三个中介效应检验结果, 低空经济政策对产业结构升级的推动作用通过多条路径实现: 市场需求扩容主要作用于产业结构合理化, 科技支出和劳动力流动主要作用于产业结构高级化。不同传导路径的差异反映了政策影响的复杂性与多维性。

Table 7. Mediation effect test results of labor mobility
表 7. 劳动力流动的中介效应检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	ln(1/TL)	IS	labor_flow	ln(1/TL)	IS
<i>did</i>	0.0550*** (0.0078)	0.0699* (0.0365)	-0.0207* (0.0113)	0.0541*** (0.0079)	0.0810** (0.0366)
<i>pgdp</i>	0.0371*** (0.0142)	-0.3038*** (0.0669)	0.0378* (0.0208)	0.0387*** (0.0140)	-0.3241*** (0.0619)
<i>fd</i>	0.0230*** (0.0041)	0.0911*** (0.0223)	0.0236*** (0.0086)	0.0240*** (0.0041)	0.0785*** (0.0212)
<i>urban</i>	0.0242 (0.0268)	0.2458** (0.1225)	0.2151*** (0.0612)	0.0334 (0.0247)	0.1304 (0.1033)
<i>gov</i>	0.0253 (0.0407)	-0.4878* (0.2679)	-0.3497*** (0.0761)	0.0102 (0.0451)	-0.3003 (0.2884)
<i>innov</i>	0.0080** (0.0036)	-0.0075 (0.0199)	-0.0310*** (0.0066)	0.0066* (0.0037)	0.0092 (0.0186)
<i>labor_flow</i>				-0.0429 (0.0341)	0.5362*** (0.1880)
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Cons</i>	1.7679*** (0.1542)	3.9848*** (0.7249)	0.7691*** (0.2431)	1.8009*** (0.1713)	3.5724*** (0.7412)
<i>N</i>	5514	5514	5514	5514	5514
<i>R²</i>	0.9152	0.8300	0.9336	0.9156	0.8348
<i>Adj. R²</i>	0.9099	0.8193	0.9295	0.9103	0.8244

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

4.5. 稳健性检验

本文进行了多项稳健性检验以确保基准结论的可靠性。首先,为排除不可观测遗漏变量的干扰,本文随机生成低空经济政策试点城市名单,对产业结构合理化和高级化分别进行 500 次安慰剂检验。结果显示,产业结构合理化的真实估计系数(0.0544)位于随机系数分布的右侧尾部,属于统计异常值,表明基准结果并非由偶然因素驱动;产业结构高级化的真实估计系数(0.0461)同样位于右侧偏尾部,与前文不显著的结论一致。其次,在基准模型中加入对外开放水平与人力资本水平两个控制变量,产业结构合理化的 *did* 系数为 0.0553 ($p < 0.01$),与基准结果(0.0544)高度一致。再次,为缓解反向因果问题,将所有控制变量滞后一期处理,合理化的 *did* 系数为 0.0539 ($p < 0.01$),核心结论保持稳健。此外,采用 PSM-DID 方法缓解选择偏差,合理化的 *did* 系数为 0.0544 ($p < 0.01$),与基准结果完全一致。上述稳健性检验一致表明,低空经济政策对产业结构合理化的促进效应具有较强的稳健性,基准结论未受到不可观测因素、遗漏变量、反向因果或样本选择偏差的系统性干扰。限于篇幅,此处未列示具体回归图表。

4.6. 基于创新水平分组的异质性检验

以创新水平中位数分组回归, 结果见表 8, 产业结构合理化、高级化层面仅高创新组 *did* 系数显著为正, 低创新组系数均不显著; 交互项检验, 结果见表 9, 表明两组政策效应不存在显著统计差异。综上, 高创新水平地区政策效应更稳定, 组间差异未达到显著标准。

Table 8. Innovation heterogeneity

表 8. 创新异质性

	因变量为 $\ln(1/TL)$		因变量为 <i>IS</i>	
	(1) 高创新组	(2) 低创新组	(3) 高创新组	(4) 低创新组
<i>did</i>	0.0447*** (0.0061)	0.0480 (0.0519)	0.1058*** (0.0297)	-0.0522 (0.1205)
<i>pgdp</i>	0.0189 (0.0152)	0.0351* (0.0184)	-0.1085 (0.0683)	-0.3155*** (0.0895)
<i>fd</i>	0.0141*** (0.0042)	0.0224*** (0.0086)	0.0996*** (0.0263)	0.0732 (0.0518)
<i>urban</i>	0.0458* (0.0245)	0.0048 (0.0814)	0.2430** (0.1187)	-0.1844 (0.3028)
<i>gov</i>	-0.1277* (0.0757)	-0.0031 (0.0683)	0.2425 (0.3056)	-0.4797 (0.4402)
<i>innov</i>	0.0088 (0.0060)	0.0163*** (0.0051)	-0.0423 (0.0331)	0.0220 (0.0194)
<i>City FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Cons</i>	2.0225*** (0.1617)	1.7145*** (0.1891)	2.1664*** (0.7473)	3.8420*** (0.9140)
<i>N</i>	3599	3596	3599	3596
<i>R</i> ²	0.9243	0.8564	0.8849	0.8079
<i>Adj. R</i> ²	0.9174	0.8437	0.8744	0.7909

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$ 。

Table 9. Heterogeneity analysis: interaction term

表 9. 异质性检验: 交互项

	(1)	(2)
	$\ln(1/TL)$	<i>IS</i>
<i>did</i>	0.0598*** (0.0116)	0.0713 (0.0469)
<i>did_x_high</i>	-0.0118 (0.0144)	-0.0550 (0.0590)

续表

<i>fd</i>	0.0356*** (0.0128)	-0.3374*** (0.0655)
<i>urban</i>	0.0217*** (0.0047)	0.0903*** (0.0300)
<i>gov</i>	0.0225 (0.0286)	0.1912* (0.1136)
<i>innov</i>	-0.0146 (0.0598)	-0.5383 (0.3440)
<i>fd</i>	0.0160*** (0.0041)	-0.0067 (0.0164)
<i>City FE</i>	Yes	Yes
<i>Year FE</i>	Yes	Yes
<i>Cons</i>	1.7303*** (0.1349)	4.2820*** (0.6888)
<i>N</i>	7200	7200
<i>R²</i>	0.8874	0.8011
<i>Adj. R²</i>	0.8820	0.7916

注：*** $p < 0.01$ ，** $p < 0.05$ ，* $p < 0.1$ 。

5. 结论与政策启示

本文选取 2000~2023 年 300 个地级市面板数据，将低空经济试点作为外生政策冲击，运用双重差分法实证检验低空经济政策对产业结构的影响。研究发现：低空经济政策可显著推动产业结构合理化，但全样本下对产业结构高级化无显著促进作用，核心原因是政策实施周期较短，产业高级化依托高端要素集聚、产业链深度升级，政策效应具备滞后性。中介机制方面，低空经济政策可通过扩容市场需求、加大科技投入、驱动劳动力流动三条路径赋能产业升级：市场需求对产业结构合理化发挥部分中介效应，科技支出、劳动力流动分别对产业结构高级化发挥完全、部分中介效应。异质性分析显示，政策赋能效应在高创新地区更突出，整体呈现创新依赖特征。

本研究为数字化时代地方政府依托低空经济政策助推产业结构升级提供参考：其一，低空经济政策赋能产业结构合理化成效明确，产业高级化发展依托地区创新能力，需科技、人才政策协同配套，地方需完善研发支撑与应用场景平台，打通低空经济产业化发展链路。其二，均衡布局低空经济基础设施，补齐西部等低创新区域发展短板，依托空域资源优势助力区域协同发展。其三，地方制定低空经济政策需贴合本土产业基础与资源禀赋，杜绝盲目跟风施策，规避公共资源浪费、冲击本土优势产业等问题。其四，搭建低空经济政策长周期评估体系，依托后续长效面板数据，追踪政策滞后效应，为政策迭代优化提供实证支撑。

参考文献

- [1] 郭辰阳, 敖万忠, 吕宜宏. 充分把握发展机遇, 加快推进低空经济高质量发展[J]. 财经界, 2022(25): 36-38.
- [2] 张晓兰, 黄伟熔. 低空经济发展的全球态势、我国现状及促进策略[J]. 经济纵横, 2024(8): 53-62.

- [3] 任新惠, 蒋好婕. 低空经济政策与城市空中交通创新生态系统产业发展演变及作用机制研究[J]. 铁道运输与经济, 2026, 48(1): 59-69, 140.
- [4] Peters, M., Schneider, M., Griesshaber, T. and Hoffmann, V.H. (2012) The Impact of Technology-Push and Demand-Pull Policies on Technical Change—Does the Locus of Policies Matter? *Research Policy*, **41**, 1296-1308.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.004>
- [5] 韩永辉, 黄亮雄, 王贤彬. 产业政策推动地方产业结构升级了吗?——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 33-48.
- [6] 李宁, 万相昱. 颠覆性技术创新对全球价值链分工地位的影响——基于产业结构升级的中介效应分析[J]. 管理现代化, 2026, 46(1): 34-42.
- [7] 周钰哲. 低空经济发展的理论逻辑、要素分析与实现路径[J]. 东南学术, 2024(4): 87-97.
- [8] 张万里, 宣旸, 睢博, 魏玮. 产业智能化、劳动力结构和产业结构升级[J]. 科学学研究, 2021, 39(8): 1384-1395.
- [9] 张万里, 宣旸. 产业智能化对产业结构升级的空间溢出效应——劳动力结构和收入分配不平等的调节作用[J]. 经济管理, 2020, 42(10): 77-101.
- [10] 黄志威, 毛国民. 低空经济赋能乡村振兴: 功能向度、现实困境及路径探讨[J]. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2025, 22(4): 41-44.
- [11] 黄强, 陈修素. 中国省域低空经济发展对产业结构升级的影响分析[J]. 统计与管理, 2025, 40(9): 97-109.
- [12] 阳运清. 低空经济对新型消费发展影响的实证分析——以创新要素配置为中介[J]. 商业经济研究, 2026(8): 43-46.
- [13] 冯程程, 闫文军, 肖尤丹. 地方财政科技支出对区域创新能力的影响研究[J/OL]. 科学学研究: 1-20.
<https://link.cnki.net/doi/10.16192/j.cnki.1003-2053.20251114.001>, 2026-06-29.
- [14] 杜廷霞, 程铭, 刘颖莹, 闫峰. 财政科技支出、区域创新与产业结构升级间互动关系研究——基于山东省 16 市面板数据的 PVAR 研究[J]. 情报工程, 2025, 11(6): 70-80.
- [15] 童光辉, 杨澄逸. 财政科技支出赋能新质生产力发展研究——基于数据要素利用的视角[J]. 财经理论研究, 2025(5): 43-57.
- [16] 张同蕾, 马远. 新质生产力赋能产业结构升级的影响研究[J]. 统计与信息论坛, 2026, 41(3): 57-69.
- [17] 甘行琼, 雷正. 我国财税政策促进产业结构转型的有效性研究[J]. 税务研究, 2022(7): 142-145.
- [18] 李振, 王秀芝. 财政科技支出效率对地方产业结构升级的影响——基于我国省级面板数据的实证分析[J]. 经济体制改革, 2022(1): 143-149.
- [19] 张文武. 城市人才引进政策与高技能劳动力流动[J]. 统计研究, 2025, 42(6): 122-134.
- [20] 中国社会科学院经济研究所课题组, 黄群慧, 杨耀武, 杨虎涛, 楠玉. 结构变迁、效率变革与发展新质生产力[J]. 经济研究, 2024, 59(4): 4-23.
- [21] 付明辉, 邓铭生, 刘传江. 技术创新的劳动力流动分化效应[J]. 中国农村经济, 2025(11): 103-123.
- [22] 王玥. 人口集聚会促进产业结构升级吗?——基于中国 285 个城市的实证研究[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版), 2018, 42(3): 133-139.
- [23] 程风雨. 劳动力流入对城市产业结构升级的影响研究[J]. 技术经济与管理研究, 2020(7): 104-110.
- [24] 刘慧, 汝刚, 张俊. 产业结构升级的城乡收入分配效应——基于劳动力流动视角[J]. 东北农业大学学报(社会科学版), 2017, 15(3): 14-22.
- [25] 王鹏, 吴思霖, 李彦. 国家高新区的设立能否推动城市产业结构优化升级?——基于 PSM-DID 方法的实证分析[J]. 经济社会体制比较, 2019(4): 17-29.
- [26] 刘成坤, 赵昕东. 人口老龄化对产业结构升级的溢出效应研究——基于空间动态杜宾模型[J]. 数理统计与管理, 2019, 38(6): 1062-1079.
- [27] 袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗? [J]. 中国工业经济, 2018(8): 60-77.
- [28] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.