

分类号: F124.5

密 级: 公开

学校代码: 10363

学 号: 2210710102



安徽工程大学

Anhui Polytechnic University

硕士学位论文

题 目 双碳背景下电子商务发展对
绿色全要素生产率的影响研究

论 文 作 者 周云杰

指 导 教 师 钱龙

学 科 (专 业) 产业经济学

研 究 方 向 产业结构与绿色发展

论文提交日期: 2024 年 6 月 3 日

分类号：F124.5

密 级：公开

单位代码：10363

学 号：2210710102

题 目 双碳背景下电子商务发展对绿色全要素生
产率的影响研究

英文并列

题 目 Research on the Impact of E-commerce
Development on Green Total Factor
Productivity under the Dual Carbon Background

学生姓名：周云杰

指导教师：钱龙 教授

专 业：产业经济学

研究方向：产业结构与绿色发展

论文答辩日期：2024 年 5 月 29 日

安徽工程大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：周云杰

日期：2024 年 6 月 3 日

安徽工程大学学位论文版权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权安徽工程大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ☐，在 _____ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

学位论文作者签名：周云杰

日期：2024 年 6 月 3 日

指导教师签名：钱龙

日期：2024 年 6 月 3 日

双碳背景下电子商务发展对绿色全要素生产率的影响研究

摘 要

以国家电子商务示范城市政策实施为代表的电子商务在低碳发展中发挥着重要作用,但目前鲜有研究从空间视角关注电子商务对绿色全要素生产率(GTFP)的影响。为此,本文使用2006—2020年中国城市面板数据,以国家电子商务示范城市政策构造准自然实验,采用方向性距离函数(DDF)结合GML指数,加入CO₂排放量和PM2.5浓度作为非期望产出对GTFP进行测算,利用Dagum基尼系数测度国家电子商务示范城市与非示范城市的区域差异,使用非参数核密度估计中国城市GTFP的动态演进,使用空间双重差分模型(SDID)考察电子商务发展对城市GTFP的影响,研究了电子商务发展对GTFP在不同行政等级、区位与规模城市的异质性效果,利用中介效应模型探究了“电子商务发展→能源效率、外商直接投资、产业结构升级→绿色全要素生产率”的影响路径。研究的主要结论如下:

第一,“双碳”目标约束下的GTFP显著异于不考虑“双碳”目标约束下的GTFP,区域内差异是GTFP总体差异的主要来源,国家电子商务示范城市与非示范城市的组间差异日益加大,全国及国家电子商务示范城市和非示范城市的GTFP均存在不同程度的上升趋势。

第二,在“双碳”背景下,电子商务发展对GTFP提升起到了积极的促进作用,即与非示范城市相比,国家电子商务示范城市建设提

升了 GTFP 约 0.77%。同时国家电子商务示范城市建设具有空间辐射作用，相对于本地城市 GTFP 提升效果，国家电子商务示范城市建设对邻近城市 GTFP 提升作用更大，约为 3.15%。

第三，平行趋势检验表明，国家电子商务示范城市建设的实施效果并不是“立竿见影”，而是要在第 4 年才能发挥效果，且政策效果随着时间推移逐渐增强，国家电子商务示范城市的实施需要长期坚持才能提升 GTFP。

第四，机制分析表明，能源效率提升和产业结构升级是国家电子商务示范城市建设推动城市 GTFP 提升的两大作用路径，但促进外商直接投资的中介作用却不明显。电子商务发展对 GTFP 的提升效果在高行政等级城市、大城市和东部地区城市更显著。

基于上述实证结果，本文提出以下政策建议：（1）继续坚定推行国家电子商务示范城市建设，有力发挥国家电子商务示范城市的空间辐射作用。（2）国家电子商务示范城市建设要稳步推进，充分考虑区位条件、区域行政等级等因素，因地制宜差异化推进，并充分考虑能源效率和产业结构升级等因素在其中发挥的中介作用。（3）要更加关注区域内城市 GTFP 水平的平衡性，发挥中心城市对周边城市的协同带动作用，打破“虹吸”效应，弱化极化关系。本文研究为优化电子商务发展政策和提高绿色全要素生产率，提供经验支持和思路借鉴，也为更好利用电子商务来推动中国经济高质量发展提供经验证据。

关键词：电子商务，绿色全要素生产率，碳排放，空间双重差分，高质量发展

RESEARCH ON THE IMPACT OF E-COMMERCE DEVELOPMENT ON GREEN TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY UNDER THE DUAL CARBON BACKGROUND

ABSTRACT

E-commerce, represented by the national e-commerce demonstration city policy, plays an important role in low-carbon development, but few studies have focused on the impact of e-commerce on green total factor productivity (GTFP) from a spatial perspective. To this end, this paper uses the panel data of Chinese cities from 2006 to 2020, constructs a quasi-natural experiment based on the national e-commerce demonstration city policy, and uses the directional distance function (DDF) combined with Global The Malmquist-Luenberger (GML) index, adding carbon emissions and PM2.5 concentration as undesired outputs to measure GTFP, using the Dagum Gini coefficient to measure the regional differences between national e-commerce demonstration cities and non-demonstration cities, using non-parametric kernel density to estimate

the dynamic evolution of GTFP in Chinese cities, using the spatial difference-in-difference model (SDID) to investigate the impact of e-commerce development on urban GTFP, and studying the impact of e-commerce development on GTFP at different administrative levels. The intermediary effect model is used to explore the impact path of "e-commerce development→energy efficiency, foreign direct investment, industrial structure upgrading→green total factor productivity". The main conclusions of the study are as follows:

Firstly, the green total factor productivity under the "dual carbon" target constraint is significantly different from that without considering the "dual carbon" target constraint. Regional differences are the main source of overall differences in green total factor productivity, and the inter group differences between national e-commerce demonstration cities and non demonstration cities are increasing. Moreover, there is a varying degree of upward trend in the green total factor productivity of national and national e-commerce demonstration cities as well as non demonstration cities.

Secondly, in the context of "dual carbon", the development of e-commerce has played a positive role in promoting the improvement of green total factor productivity. Compared with non national e-commerce demonstration cities, the construction of national e-commerce demonstration cities has increased green total factor productivity by about

0.77%. At the same time, the construction of national e-commerce demonstration cities has a spatial radiation effect. Compared to the improvement effect of local green total factor productivity, the construction of national e-commerce demonstration cities has a greater effect on the improvement of green total factor productivity in neighboring cities, about 3.15%.

Thirdly, parallel trend testing indicates that the implementation effect of the construction of national e-commerce demonstration cities is not immediate, but can only be achieved in the fourth year, and the policy effect gradually strengthens over time. The implementation of national e-commerce demonstration cities requires long-term persistence to improve green total factor productivity.

Fourthly, The mechanism analysis shows that the improvement of energy efficiency and the upgrading of industrial structure are the two major paths for the construction of national e-commerce demonstration cities to promote the improvement of urban green productivity, but the intermediary role of promoting foreign direct investment is not obvious. The improvement effect of e-commerce development on green total factor productivity is more significant in high administrative level cities, large cities, and cities in the eastern region.

Based on the above empirical results, this article proposes the following policy recommendations: (1) Continue to firmly promote the

construction of national e-commerce demonstration cities, and effectively leverage the spatial radiation role of national e-commerce demonstration cities. (2) The construction of national e-commerce demonstration cities should be steadily promoted, fully considering factors such as location conditions and regional administrative levels, and promoting differentiated development according to local conditions. The intermediary role played by factors such as energy efficiency, and industrial structure upgrading should also be fully considered. (3) We need to pay more attention to the balance of green total factor productivity levels in cities within the region, leverage the synergistic driving effect of central cities on surrounding cities, break the "siphon" effect, and weaken polarization relationships. This study provides empirical support and ideas for optimizing e-commerce development policies and improving green total factor productivity, and also provides empirical evidence for better use of e-commerce to promote China's high-quality economic development.

Author: Yunjie Zhou (Industrial Economics)

Supervised by Long Qian

KEY WORDS: e-commerce, green total factor productivity, carbon emission, spatial difference in difference, high quality development

目录

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	III
第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究意义.....	2
1.2.1 理论意义.....	2
1.2.2 实践意义.....	3
1.3 研究内容、方法和技术路线图.....	4
1.3.1 研究内容.....	4
1.3.2 研究方法.....	7
1.3.3 技术路线图.....	8
1.4 可能的创新点与不足.....	9
1.4.1 可能的创新点.....	9
1.4.2 不足之处.....	10
第 2 章 相关理论及文献综述.....	11
2.1 相关理论.....	11
2.1.1 绿色经济增长理论.....	11
2.1.2 传统全要素生产率.....	11
2.1.3 绿色全要素生产率.....	12
2.2 国内外相关文献综述.....	12
2.2.1 电子商务内涵及测度研究.....	12
2.2.2 电子商务的影响因素研究.....	13
2.2.3 电子商务的经济效应研究.....	14
2.2.4 电子商务的社会效应研究.....	14
2.2.6 电子商务的环境效应研究.....	15
2.2.7 文献述评.....	16
第 3 章 国家电子商务示范城市政策背景与机理分析.....	18
3.1 国家电子商务示范城市政策背景.....	18
3.1.1 中国电子商务发展现状.....	18
3.1.2 国家电子商务示范城市建设.....	19
3.2 电子商务发展对绿色全要素生产率的影响机理分析.....	21
3.2.1 电子商务发展对绿色全要素生产率的直接影响.....	22
3.2.2 电子商务发展对绿色全要素生产率的间接影响.....	23
第 4 章 双碳背景下绿色全要素生产率测度方法与结果分析.....	27
4.1 绿色全要素生产率测度方法.....	27
4.2 双碳背景下绿色全要素生产率测度结果分析.....	30
4.2.1 有无考虑碳排放的绿色全要素生产率对比.....	30
4.2.2 双碳背景下绿色全要素生产率的空间差异.....	33
4.2.3 双碳背景下绿色全要素生产率的时间动态演进.....	38

第 5 章 电子商务发展对绿色全要素生产率影响的实证分析.....	42
5.1 模型构建.....	42
5.2 数据分析.....	43
5.2.1 变量说明.....	43
5.2.2 数据来源.....	44
5.2.3 变量描述性统计.....	45
5.3 基准回归分析.....	46
5.3.1 空间相关性分析.....	46
5.3.2 空间计量模型选择分析.....	48
5.3.2 空间双重差分基准回归结果.....	49
5.4 稳健性检验.....	52
5.4.1 平行趋势及动态效应检验.....	52
5.4.2 安慰剂检验.....	53
5.4.3 PSM-SDID.....	54
5.4.4 剔除其他相关政策干扰.....	55
5.4.5 动态时间窗检验.....	56
5.4.6 其他稳健性检验.....	57
5.5 异质性分析.....	58
5.5.1 城市等级异质性.....	58
5.5.2 城市规模异质性.....	60
5.5.3 城市区位异质性.....	60
第 6 章 电子商务发展对绿色全要素生产率的影响机制检验.....	63
6.1 中介效应模型构建.....	63
6.2 中介变量引入及测度.....	63
6.2.1 能源效率.....	63
6.2.2 外商直接投资.....	64
6.2.3 产业结构升级.....	64
6.3 影响机制检验.....	64
6.3.1 数据来源.....	64
6.3.2 机制检验结果和分析.....	64
第 7 章 主要结论与政策建议.....	68
7.1 主要结论.....	68
7.2 政策建议.....	70
7.2.1 持续推进试点政策.....	70
7.2.2 推广复制示范城市经验.....	70
7.2.3 因地制宜，精准施策.....	71
7.2.4 促进均衡发展.....	71
7.2.5 畅通作用渠道.....	71
7.3 不足与展望.....	71
参考文献.....	73
攻读硕士学位期间参与的科研项目及取得的学术成果.....	85
参与的科研项目.....	85
发表的学术论文.....	85
致谢.....	86

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

改革开放以来，中国快速经济增长消耗了大量资源和能源，直接导致环境污染、生态破坏、气候变暖等诸多环境问题。作为世界上最大的二氧化碳排放国和发展中国家，中国面临很大的碳减排压力，同时也面临着碳减排与经济发展之间的综合权衡。在双碳目标的约束下，如何平衡经济发展与碳减排的关系是亟需解决的重要问题，值得深入研究。中国需要在经济增长和环境保护之间加以平衡。因此，平衡经济增长和环境保护直接关系到中国未来可持续发展。中国既不能走以牺牲碳减排换取经济增长的“老路”，也不能走片面追求碳减排而忽视经济增长的“歪路”。作为世界上最大的发展中国家，中国需要同时兼顾经济效益和环境效益。

绿色全要素生产率兼顾经济效益和生态效益，是衡量绿色可持续发展的典型指标，也是经济高质量发展的重要指标。在此背景下，提高 GTFP 是解决经济增长与环境保护之间矛盾冲突的有效方法。已有研究探讨了 FDI、环境规制、出口、税收对绿色全要素生产率的影响^{[1] [2] [3] [4]}。然而，鲜有研究注意到电子商务对 GTFP 的积极影响，这是本文试图弥补的研究空白。目前尚没有相关文献将电子商务与城市 GTFP 放在统一框架中分析，这也为本文提供了研究空间。

为更好提升 GTFP，一方面，部分学者多利用传统 SBM-DEA 模型结合 Malmquist-Luenberger (ML) 指数以城市“三废”作为非期望产出测度 GTFP^{[5] [6] [7] [8]}，并从其空间差异和时变演进规律等方面分析 GTFP 特征，以期促进 GTFP 提升^{[9] [10] [11] [12]}。另一方面，大多数研究从 GTFP 影响因素出发，发现技术进步、技术效率等技术因素^{[13] [14] [15]}，经济发展水平、市场化水平等经济因素^{[16] [17]}，财政分权、环境规制等政府因素^{[18] [19] [20] [21] [22]}对 GTFP 提升起到重要作用。

其中，在政府因素中，中国政府为更好提升城市 GTFP，出台了许多环境和区域政策，以缓解经济增长和资源环境约束之间的矛盾，如智慧城市试点政策、新能源示范城市政策、低碳试点城市政策、碳交易试点政策、“文明城市”评选

等。同时,学者们对这些环境政策的 GTFP 提升效果进行了深入探讨^{[23][24][25][26][27]}。尽管目前学者们对 GTFP 的研究甚广,但鲜有研究关注到电子商务对 GTFP 的驱动作用,尚未充分认识到电子商务在环境治理中所扮演的积极角色,尤其鲜有利用国家电子商务示范城市建设研究电子商务发展对 GTFP 的影响。

电子商务作为数字经济最具创新活力的领域已快速渗透融合到各个行业^[28],利用信息技术创建线上交易的新型零售模式,助力居民消费增长与产业结构优化升级。与传统的商业模式相比,电子商务具有环境保护与节能减排效应,它可以通过无纸化办公、仓库精细化管理等方式,降低交易成本,减少能耗,实现经济绿色发展。据国内碳排放管理平台“碳阻迹”发布《中国电子商务企业温室气体排放总量研究报告》的数据显示,2019 年全国电商企业的碳排放总量为 5326 万吨,仅占当年第三产业总排放量的 2.5%。因此,电子商务应用不但提高了我国的经济效率,而且也会推动我国环境改善,促进中国城市 GTFP 提升,并最终实现经济高质量发展。

据《中国电子商务报告(2021)》显示,我国电子商务交易额自 2011 年来快速上升,2021 年全国电子商务交易额达到 42.3 万亿元,比 2011 年(6.09 万亿元)增长了 6.95 倍,电子商务的迅速发展得益于国家电子商务示范城市建设的实施。为进一步优化资源配置,提升产业结构和带动就业,大力推动电子商务发展,2009 年国家发改委和商务部正式批准深圳创建首个国家电子商务示范城市,并先后于 2011—2017 年又实施了三批次国家电子商务示范城市试点。那么在此政策具体执行过程中,这种渐进式的国家电子商务示范城市建设能否促进经济环境综合绩效改善尤其是城市 GTFP 提升?其主要以何种传导途径影响城市 GTFP?政策的实施是否对周边临近城市产生空间溢出影响?在不同类型的地区,该政策是否产生了异质性效果?这些问题的科学回答将有助于促进城市 GTFP 提升,有助于正确认识电子商务在可持续发展中所发挥的重要作用,有利于更好发挥电子商务的绿色发展功效。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

在当前“双碳”目标和“数字中国”背景下,以国家电子商务示范城市设立

作为电子商务发展的重要表征与城市 GTFP 的研究对优化资源配置,实现经济绿色健康可持续发展具有一定理论指导意义。主要包括以下方面:

1、优化了绿色全要素生产率的测度。本文在“双碳”目标背景下优化了 GTFP 的测度方法,在非期望产出层面加入 CO₂ 排放量和 PM2.5 浓度,采用 DDF 结合 GML 指数准确测度出“双碳”环境目标约束下的城市 GTFP,探讨了其空间差异和时间动态演进,这进一步充裕了 GTFP 的内涵和特征研究。

2、丰富数字经济发展理论。电子商务是数字经济的重要组成部分,是数字技术发展的典型代表,是数字经济最具活力的领域之一。本文研究促进了数字化与绿色化的深度融合研究,推动数字经济高质量发展,为“双碳”目标下中国实现数字化和绿色化协同发展提供了新路径参考,这进一步丰富了数字经济发展理论。本文构建了电子商务发展与 GTFP 增长的理论框架,利用 SDID 模型实证分析电子商务发展对 GTFP 的影响效果,运用分组回归探究电子商务发展在不同特征城市下对 GTFP 的异质性影响,使用中介效应模型探究电子商务发展与 GTFP 之间的作用“黑箱”,丰富了数字经济与高质量发展之间的关系研究。

1.2.2 实践意义

优化资源配置,促进产业结构优化升级,减少环境污染,发展绿色经济是国家电子商务示范城市设立的重要意义。而随着时间推移,部分国家电子商务示范城市的政策效应已逐渐凸显,研究电子商务发展对城市 GTFP 的影响,对实现经济绿色可持续健康发展具有一定的实践意义,具体包括:

1、量化中国城市绿色全要素生产率。本文科学测算出“双碳”背景下我国城市 GTFP,并使用 Dagum 基尼系数探讨城市 GTFP 的空间差异与来源分解,利用非参数核密度探讨城市 GTFP 的时间动态演进规律,以期把握 GTFP 演变规律,促进国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP 协调推进,为提升 GTFP 区域协同发展提供一条有效路径。

2、为绿色全要素生产率提升提供一条新路径。尽管大部分研究多集中于智慧城市试点政策、新能源示范城市政策、低碳试点城市政策、碳交易试点政策、“文明城市”评选等政策对 GTFP 的影响,但现有研究未充分关注到国家电子商务示范城市建设为代表的电子商务发展对城市 GTFP 提升可能产生的促进作用。

本文从电子商务维度为提高 GTFP 提供一条新路径。

3、拓展电子商务评价范围。目前大部分研究只关注了电子商务对经济、社会或者环境某一方面的影响,但是电子商务作为数字经济的重要组成部分不仅对经济和社会发展产生了重要影响,而且也是环境治理的重要影响因素。可以说,现有研究多关注电子商务对经济发展、环境治理的各自影响,却很少有文献评估电子商务对经济和环境的协同效应,尤其对兼顾经济绩效和环境绩效的 GTFP 展开研究。本文将考察电子商务建设的经济环境综合效应,为协同推进环境保护与经济发展提供有益洞见。

4、促进数字贸易发展。国家电子商务示范城市是推动数字贸易发展的平台载体,也是培育数字贸易新模式的“试验田”。本文研究为丰富数字贸易新业态新模式,为促进数字贸易发展提供重要抓手。

1.3 研究内容、方法和技术路线图

1.3.1 研究内容

本文在测度中国城市 GTFP 的基础上,主要研究了电子商务发展对城市 GTFP 的影响效果及其作用机制和异质性影响,选择样本期为 2006—2020 年,样本为 271 个城市。具体可以分为以下几个部分:

1、绿色全要素生产率概念界定及国家电子商务示范城市建设背景

在进行相关理论与实证分析前,本文对国家电子商务示范城市政策、GTFP 等相关概念与指标构建的研究进行梳理。近年来,在“双碳”目标与“数字中国”战略实施背景下,中国经济转向绿色高质量发展的动力愈加强烈。同时随着中国互联网规模发展迅速,信息化程度的不断加深,数字经济逐渐成为中国经济高质量发展的新动能。而作为数字经济最活跃表现形式的电子商务也得到大力发展。本部分将从相关文献对 GTFP 概念进行界定,梳理电子商务的相关研究,并阐述国家电子商务示范城市的政策背景。

2、电子商务发展影响绿色全要素生产率的理论机制分析

在“双碳”目标与“数字中国”战略背景下,抓住数字经济时代发展机遇,大力发展电子商务,能够推动我国经济实现绿色可持续健康发展,实现经济高质量发展,为此要充分明确电子商务发展对 GTFP 提升效应的作用机理。本部分将

从能源效率、外商直接投资与产业结构升级三个方面具体阐述“电子商务发展→能源效率、外商直接投资、产业结构升级→绿色全要素生产率”的传导机制。

3、绿色全要素生产率测度分析

(1) 利用 Matlab 软件采用考虑非期望产出的 DDF 结合 GML 指数对 GTFP 进行测度, 指标包括两大类: 一是投入指标, 包括人力、资本与能源消耗。二是产出层面, 包含期望产出和非期望产出, 期望产出使用各城市以 2006 年为基期不变价进行平减处理的实际生产总值。非期望产出采用 CO₂ 排放量和全年平均 PM2.5 浓度予以衡量。

(2) 探究是否考虑“双碳”目标约束下的 GTFP 变化情况, 同时基于“双碳”目标测算城市 GTFP, 使用 Dagum 基尼系数及其分解法测算城市 GTFP 在国家电子商务示范城市和非示范城市的差异情况, 采用非参数核密度估计刻画城市 GTFP 的时间动态演进特征。具体地, 利用 Dagum 基尼系数及其分解将 271 个城市 GTFP 的整体差异分解为组内差异、组间净差异和组间超密度三部分。使用 Kernel 核密度估计刻画样本数据的分布特征, 重点关注相应密度曲线的分布位置、主峰形态、分布延展性和波峰数目等重要属性, 描绘城市 GTFP 绝对差异变化的时变演进特征。

4、电子商务发展对绿色全要素生产率影响的实证分析

本文基于城市面板数据, 以国家电子商务示范城市建设作为外部政策冲击的准自然实验, 研究电子商务发展对 GTFP 的影响效果, 本部分主要包括以下内容:

(1) 空间双重差分模型构建。从空间视角结合多期双重差分 (Difference in Difference, DID) 模型建立 SDID 模型, 研究电子商务发展对 GTFP 的影响效果。

(2) 数据指标选取与来源分析。首先明确核心解释变量和各控制变量的选取。然后根据描述性统计分析 GTFP 在国家电子商务示范城市政策实施前后的外部差异, 并绘制其时间趋势项, 从而与理论内容进行分析比对, 初步判断与理论预期结果是否一致。

(3) 进行基准回归分析。①采用全局莫兰指数与局部莫兰指数分析 GTFP 的空间相关性; ②依次进行 LM 检验、Wald 检验和 LR 检验以选择合适的空间计量模型; ③利用合适的空间计量模型分析电子商务发展对 GTFP 的影响效果; ④利用偏微分方程对空间溢出效应进行分解, 得到国家电子商务示范城市建设的

直接效应、间接效应和总效应。

(4) 稳健性检验。利用平行趋势及动态效应检验验证 DID 模型成立的必要条件,通过提前 2 年政策实施时间和更换实验组两种安慰剂检验解决估计结果受人为设定或遗漏变量的影响,利用 PSM-SDID 解决“选择性偏误”,使用剔除其他政策干扰解决政策叠加效应,采用动态时间窗检验政策实施前后 GTFP 的差异,在使用传统的 SBM-DEA 数据包络分析的方法对 GTFP 重新测度以替换被解释变量,使用伪最大似然估计 QMLE,以消除个体固定效应和时间效应,为所有参数提供一致估计,以及缩尾处理等稳健性检验,进一步佐证基准回归结果的稳健性。

(5) 异质性影响。利用分组回归,从城市等级、城市规模和城市区位三个方面进行分析,以探究不同特征城市下电子商务发展对 GTFP 的异质性影响。

(6) 影响机制检验。基于前文对理论机制的阐述,进一步结合 SDM 模型,使用中介效应模型实证检验能源效率、外商直接投资以及产业结构升级在其中发挥的中介作用。

本文内容分为 7 章,具体安排如下:

第 1 章是绪论。首先阐述本文的研究背景,并提出需要解决的相关科学问题。其次从理论与实践两方面阐述本文的研究意义。再者归纳国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 影响的基本框架,最后介绍本文的研究方法、可能创新点与不足。

第 2 章为相关理论和文献综述。本章简单阐述绿色经济增长理论、TFP 和 GTFP 内涵界定,对国内外相关研究文献进行系统梳理。

第 3 章是国家电子商务示范城市政策背景与机理分析。首先介绍中国电子商务发展现状和国家电子商务示范城市建设背景,其次从能源效率、外商直接投资和产业结构升级三个方面对电子商务发展影响 GTFP 的机制进行提炼。

第 4 章是绿色全要素生产率测度和分析。基于 DDF 及 GML 指数,使用 CO_2 排放量与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度作为非期望产出对 GTFP 进行测度,对比是否考虑 CO_2 排放的城市 GTFP,并在测度基础上对 GTFP 使用 Dagum 基尼系数及其分解、非参数核密度估计进行特征分析。

第 5 章是电子商务发展对绿色全要素生产率影响的实证检验。首先是 SDID 模型构建,其次对数据指标选取与来源及处理进行分析说明,再者进行空间计量

相关性分析与空间计量模型选择，最后对基准回归结果进行解释，并进行稳健性检验和异质性分析。

第 6 章是电子商务发展对绿色全要素生产率的影响机制检验。首先介绍中介效应模型，梳理检验流程。其次对引入的中介变量进行测度与解释，总结变量引入的合理性。最后使用中介效应模型进行检验，并对回归结果进行解释，验证电子商务发展对 GTFP 的作用机理。

第 7 章为结论和政策建议。基于本文第 1—6 章的研究进行总结，同时根据实证结果为更好利用电子商务提升城市 GTFP 提出相应对策与建议。

1.3.2 研究方法

本文综合运用定性与定量方法，即将理论分析与实证检验相结合，在充分证明电子商务发展与 GTFP 理论关系的基础上，分析其中的传导机制与路径，并深入剖析 GTFP 的时变演进。

1、文献分析法。通过对既有国内外文献的大量阅读与研究，归纳总结电子商务的内涵及测度研究、电子商务的影响因素、电子商务的经济效应、电子商务的社会效应和电子商务的环境效应文献，从而系统找出相关研究的最新成果。在既有文献的基础上，提炼本文的研究重点与创新之处。

2、比较分析法。比较分析法在本文中主要体现在：（1）比较是否考虑 CO_2 的 GTFP 以及国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP；（2）比较 GTFP 在国家电子商务示范城市建设实施前后的动态效果；（3）比较国家电子商务示范城市建设在不同等级、不同规模和不同区位城市对 GTFP 的影响；（4）比较 GTFP 在国家电子商务示范城市和非示范城市的差异。

3、空间双重差分模型。DID 模型是目前政策效应评价的主流模型之一，考虑到城市间 GTFP 的空间依赖性，本文结合空间计量模型，构建 SDID 模型对国家电子商务示范城市建设进行政策效应评价，并使用安慰剂检验等进行一系列稳健性检验。

4、中介效应模型。本文使用中介效应模型探究能源效率、外商直接投资以及产业结构升级在国家电子商务示范城市建设对 GTFP 发挥的中介作用进行机制分析实证检验。

5、Dagum 基尼系数和非参数核密度法。本文使用 Dagum 基尼系数及其分解法和非参数核密度估计探究我国城市 GTFP 特征。

1.3.3 技术路线图

技术路线图见图 1-1。

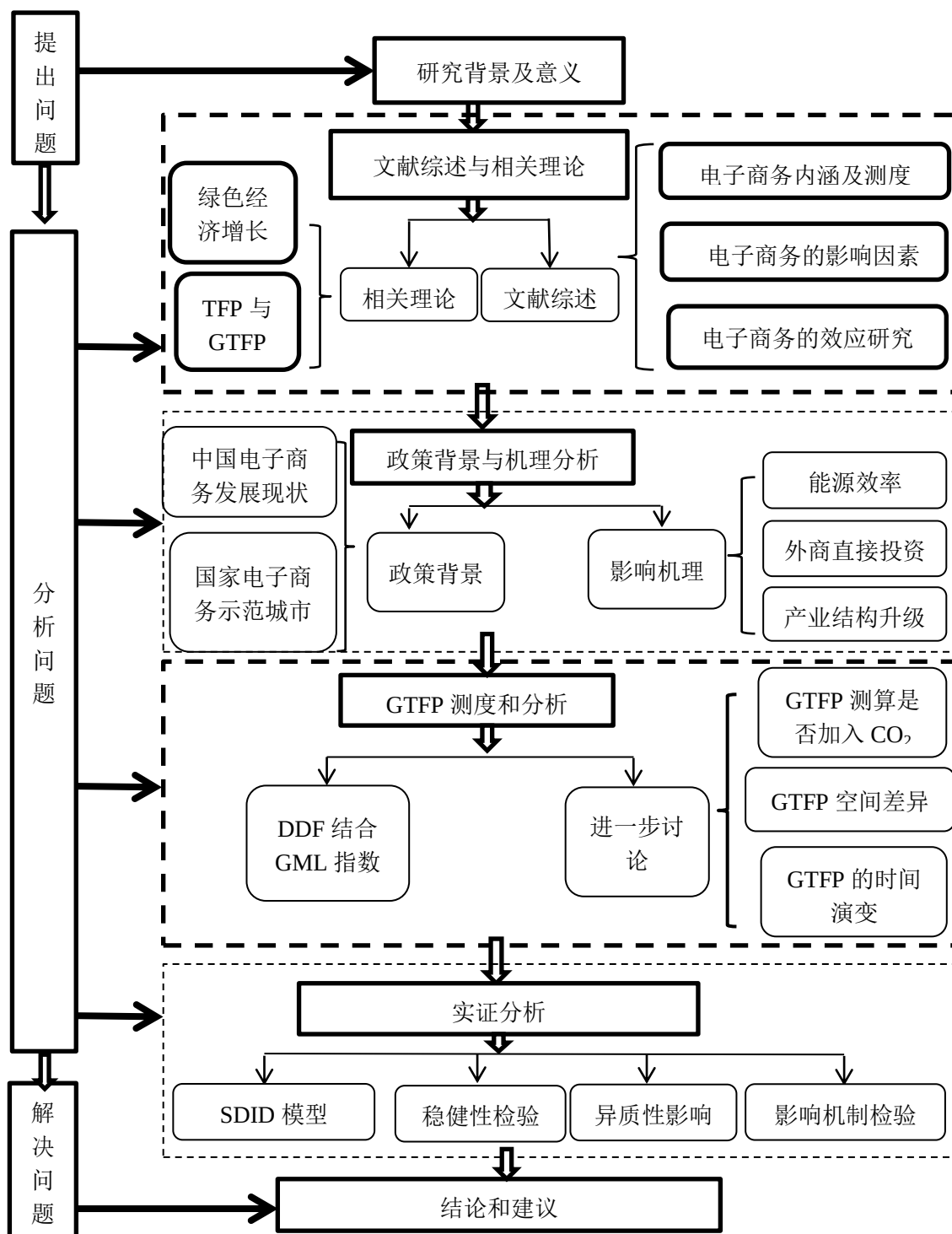


图 1-1 技术路线图

1.4 可能的创新点与不足

1.4.1 可能的创新点

1、选题视角不同。现有文献大多构建综合指标探讨数字经济对 GTFP 的影响,本文从数字经济的某一表现形式,即从电子商务发展视角探讨对 GTFP 的影响。并且考虑国家电子商务示范城市在申报条件和目标定位等方面的严格要求,本文以国家电子商务示范城市设立作为电子商务发展的重要表征,更能反映中国电子商务的发展水平。

在识别策略上,本文以国家电子商务示范城市设立作为一次外部政策冲击,以此衡量电子商务发展,可以大大缓解现有文献以线上销售额等衡量电子商务发展水平时很可能存在测量误差和双向因果关系等引发的内生性问题,创新了电子商务的测度方式,提高了研究结论的可信度,是对既有文献的有益补充。在测量手段方面具有创新性。

2、研究方法具有一定创新性。现有研究分析电子商务的影响效应大多不考虑空间依赖性。本文将电子商务对环境的影响纳入空间分析框架,使用了 SDID,不仅避免了传统政策评价模型的内生性问题和选择偏误,而且考虑了被解释变量的空间依赖性与政策可能存在的辐射示范作用,能够准确获得一致性估计。

本文结合电子商务的空间互动特征,充分考察电子商务服务城市低碳发展的空间溢出效应,这对探寻电子商务区域协同低碳发展的实现路径具有十分重要的参考价值。本文创新性探究了电子商务政策的空间外部性,发现该政策对城市低碳发展的促进作用可以从试点城市辐射至周边临近城市,使得周边地区低碳发展水平明显提高,为电子商务试点城市进一步扩围提供理论支撑。

3、绿色全要素生产率测算方法与指标体系不同。与传统 SBM-DEA 数据包络分析方法结合 ML 指数测算 GTFP 不同,本文运用 DDF 结合 GML 指数测度中国城市 GTFP,避免了传统 DEA 方法的方向距离函数径向与方向偏差问题,具有循环性和累积性优点。

与以往测度 GTFP 不同,本文采用考虑碳排放约束的 GTFP 度量“双碳”目标约束下 GTFP 水平。本文在传统全要素生产率(TFP)基础上,准确测算反映碳排放约束的 GTFP,更加准确反映新时期 GTFP 的状况,提高了研究结论的精

确度和可信度。

相对以往研究基本忽略碳排放等环境因素,本文将碳排放约束纳入考虑范畴,对 GTFP 进行了再测算。为在“双碳”目标下更准确测度 GTFP,在非期望产出层面,本文与传统采用城市“三废”不同的是,使用 CO₂ 排放量与 PM2.5 浓度进行衡量,并且进一步分析城市 GTFP 的区域差异和时变演进。

4、本文对电子商务与 GTFP 关系的“黑箱”,即影响机制进行探索,为理解电子商务的绿色发展效应提供了新的思路。不同于以往研究,本文从能源效率、外商直接投资和产业结构升级三个影响城市 GTFP 的作用路径进行分析,并使用中介效应模型检验,量化分析了电子商务对 GTFP 的间接贡献,拓深了两者的关系,打开了电子商务发展与 GTFP 间的作用“黑箱”,为更好发挥国家电子商务示范城市的绿色发展作用做铺垫。

5、在研究内容上,本文将国家电子商务示范城市政策评价进一步延伸至绿色全要素生产率领域。以往国家电子商务示范城市政策评价主要单独考察其经济绩效和环境绩效影响,缺乏对以 GTFP 为代表的经济与环境综合绩效的考量。

1.4.2 不足之处

1、本文在城市层面分析了电子商务发展对 GTFP 的影响效应,忽略了微观企业层面分析,存在一定的重宏观轻微观。因为企业是城市环境污染防治的主要对象,仅关注城市层面可能存在信息缺失。

2、本文虽然考虑了国家电子商务示范城市建设对 GTFP 的提升作用,但是没有考虑政策实施强度对 GTFP 的影响,因为不同的实施强度可能会影响政策效果,由此需要在未来研究中进一步考虑这个因素。

3、本文虽然确定电子商务发展对城市 GTFP 具有积极的空间溢出效应,但未能深入空间溢出效应边界进行分析,也即由于受到信息传播成本和地方保护主义影响,电子商务对 GTFP 的空间溢出影响应有地域界限。

第 2 章 相关理论及文献综述

2.1 相关理论

2.1.1 绿色经济增长理论

绿色经济增长概念最早出现于 2005 年，指低碳可持续经济发展方法^[29]。近些年来，随着环境污染日益恶化，人们的生命健康受到威胁，人均收入水平和 GDP 已不能衡量社会经济发展水平，因此绿色经济增长内涵得以进一步丰富。2011 年亚太经合组织^[30]认为绿色经济增长是：“促进经济增长和发展，同时确保自然资源能继续提供给我们福祉所依赖的资源和服务”。联合国环境规划署则定义绿色经济增长为：“改善人类福祉和增进社会公平的同时显著降低环境风险和生态稀缺性的经济”^[31]。由此 Bowen（2012）首次提出“绿色经济增长理论”，并逐渐成为许多国家实现可持续发展的理论支持和实践工具^[32]。而 GTFP 可以促进绿色经济增长^[33]，因此要不断通过技术进步与制度创新从而实现 GTFP 提升。

2.1.2 传统全要素生产率

TFP 是指经济增长动因中剔除生产要素投入量变化后的剩余量，对经济增长起到极其重要的作用。TFP 最早是由 Tinbergen（1942）于 1942 年首次提出并定义，认为 TFP 增长是无形的技术变化，表现为总生产函数的变化^[34]。从效率角度看，效率是一个国家或地区经济运行过程中的核心问题，经济学研究目的是将有限资源实现利润或产出最大化，其有效实现路径是效率提升，而效率提升主要在于生产率的提升。生产率是一个相对指标，指服务或产品生产过程中劳动、资本、企业家精神等有形或无形要素的有效利用程度。进一步地，从经济增长问题来看，效率被新古典经济索洛增长理论学派认为是去除了劳动和资本等要素投入增长外的技术进步率。由此得出的经济增长核算方程 $G_Y = G_A + \alpha G_K + \beta G_L$ ，它为经济运行效率提供了一个重要衡量指标——索洛余值，即 TFP，其中 G_Y 为总产出增长率， G_A 为 TFP 增长率， G_K 为资本投入增长率， G_L 为劳动投入增长率。TFP

作为产出的一部分，不通过生产中使用的投入量进行解释，主要取决于投入在生产中的利用效率与强度，反映了生产单位在一定时间范围内总产出与其投入所有资源要素的比值，体现了技术进步在经济增长中所起到的作用。

2.1.3 绿色全要素生产率

传统 TFP 是衡量经济效率的重要指标，成为经济长期增长的重要来源，但是只将劳动、资本等要素纳入在内，而未纳入其他如污染、环境等影响经济效率的因素。随着环境污染日趋严重，环境已成为制约经济效率的重要因素，传统 TFP 无法准确测算经济高质量增长，因此需要充分考虑这些因素对经济增长的影响。1996 年，Chambers 和 Chung（1996）第一次把环境污染作为“坏”产出考虑在传统 TFP 的测算体系中，由此 GTFP 逐渐成为经济高质量发展的重要关注内容。GTFP 基于传统 TFP，将环境等要素考虑在非期望产出，成为精确测算经济绿色可持续发展的重要指标，能较为精确反映城市经济的实际增长率。现有研究表明，未把环境污染等要素考虑在测算指标体系的 TFP 基本高于纳入环境因素的 GTFP^[35]。因此 GTFP 作为对传统 TFP 的丰富和发展，更加准确合理有效评估经济增长绩效与可持续发展水平^[36]。

2.2 国内外相关文献综述

与本研究相关的文献主要有五个方面：第一，电子商务内涵及测度研究；第二，电子商务的影响因素研究；第三，电子商务的经济效应研究；第四，电子商务的社会效应研究；第五，电子商务的环境效应研究。接下来，本文将对五个方面的相关文献进行回顾与评述。具体内容如下：

2.2.1 电子商务内涵及测度研究

首先，在电子商务内涵方面，大部分文献主要从四个方面赋予电子商务不同的定义。第一，从通讯技术视角来看，电子商务是通过计算机网络系统或者其他信息通讯产品来提供产品、服务、信息以及支付^{[37][38]}。第二，从商业视角来看，电子商务使用先进技术，实现商业工作交流和交易的机械化^{[39][28]}。第三，从服务角度来看，电子商务作为一种工具，考虑了消费者、管理层和公司的愿望，即

在加快服务交付速度和提高产品质量的同时，降低服务成本^[40]。第四，从在线视角来看，电子商务提供了在线服务，如在互联网上进行销售、购买产品和相关信息^{[41][42][43][44]}。综之，尽管各位学者关于电子商务定义的角度或者内涵不同，但电子商务最本质的特征仍是：电子商务是信息化时代理论与实践的产物，电子商务的发展必须依赖信息技术，具有信息传输和实物输送功能。

其次，在电子商务测度方面，最早由经济与合作组织 OECD 于 1998 年基于准备度、实用度和影响度三个方面对电子商务的测度开展研究。近年来，大部分文献采取单一指标替代法和综合指标构造法对电子商务发展水平进行测度。一方面，大多数学者使用单一指标来衡量电子商务发展水平，如网购指数和网商指数^[45]、电子商务产业集聚水平^[46]、个人网络购买力^[47]等。另一方面，部分学者通过构造综合指标衡量电子商务。2000 年国内最具权威的互联网研究与发展中心（China Internet Institute, CII）发布了“CII 电子商务总指数指标体系”（2001）^[48]，2013 年阿里巴巴研究院构建了“阿里巴巴电子商务发展指数”^[49]。此后多数学者以阿里巴巴电子商务发展指数作为电子商务衡量指标开展研究^{[50][51][52][53]}。除“阿里巴巴电子商务发展指数”之外，还有学者通过竞争能力、区域经济、规模水平、技术进步、经济地位、发展支撑、协同发展等角度构建综合指标衡量电子商务^{[54][55][56][57][58][59][60]}，以期更加准确反映电子商务发展水平。

2.2.2 电子商务的影响因素研究

电子商务不是孤立发展的，诸多因素都会综合影响到电子商务，目前大部分学者主要从宏观和微观两个角度进行分析。

首先，在宏观层面，经济发展、民生和信息化、交通等都会影响电子商务发展。鄢慧丽（2018）等基于电子商务数据使用逐步回归分析法进行研究，发现人口、物流体系、信息化、政策环境等都是电子商务的影响因素^[61]。刘晓阳（2018）等从民生、产业等视角出发，发现居民储蓄存款余额、城镇化率等都会影响电子商务发展^[51]。谷国锋和许瑛航（2019）以阿里研究院提供的 2016 年电子商务数据为基础进行研究，发现电子商务受到互联网和信息基础设施、经济发展、交通等诸多因素影响，且人口规模抑制了电子商务的发展^[45]。陈延斌（2020）等基于 2015 年阿里研究院提供的县域电子商务数据进行综合分析，认为交通、城镇

化水平、金融发展水平和信息化水平等是电子商务的影响因素^[62]。

其次,在企业微观层面,主要包括顾客感知风险、买家信任和服务质量。雷星晖和张伟(2012)研究了顾客感知价值对电子商务的影响,认为顾客需求会影响顾客购买行为,需要与顾客保持良好关系,进而培养顾客的忠诚度^[63]。王兴芬和杜惠英(2018)通过构建信任模型对买家评论进行分析,发现买家信任是电子商务的重要影响因素^[64],Kabango 和 Asa(2015)持同样态度^[65]。王超(2018)等使用目标——手段链理论进行文献回顾,发现服务质量是电子商务发展的决定因素^[66]。

2.2.3 电子商务的经济效应研究

关于电子商务对经济的影响,既有文献主要讨论了电子商务发展对生产率、消费和经济增长三方面的影响。首先信息通信技术(ICT)通过资本深化、技术进步和提高劳动力素质改善生产过程,从而促进生产率增长^{[67][68]};而电子商务是 ICT 迅速发展的产物,同样也是促进生产率增长的重要因素^{[69][70]}。其次电子商务的发展增加了居民收入^[71],使空间消费的不平等程度降低^[72],满足人们消费需求,增加消费支出^[73],从而对刺激消费起到了积极的促进作用^[74]。最后电子商务发展与经济增长具有显著的正向关系,这一点也得到大量研究的验证。张俊英等(2019)基于 2015—2017 城市面板数据,研究发现电子商务的发展不仅具有空间自相关性,而且促进了经济增长^[75]。鞠雪楠等(2020)认为电子商务发展显著推动了世界经济的增长^[76]。

2.2.4 电子商务的社会效应研究

关于电子商务的社会效应研究,以往文献主要从宏观和微观两个方面进行探讨。

首先是宏观层面,电子商务发展具有积极的宏观社会效应。Xue 等(2019)使用就业弹性和产业结构偏差法对中国电子商务服务业的就业吸收能力进行分析,发现其可以促进就业,且就业吸纳能力较强,缓解了就业压力^[77]。Huang 等(2020)探讨了中国慈善平台作为一个创新和成功的电子商务平台提高了中国“精准扶贫”的效率,并对工人及其家庭的技能发展、收入和资源分配产生了积

极影响^[78]。王奇等（2021）使用 2000—2017 年中国县级层面数据，基于电子商务进农村综合示范县计划，实证研究了电子商务发展对乡村振兴的影响，结果表明电子商务发展对中国乡村振兴具有明显的促进作用^[74]。李宏兵等（2021）利用 2009—2017 年阿里巴巴“淘宝村”数据，使用双向固定效应模型探究了农村电子商务对农民收入分配的影响，表明总体上电子商务发展有利于农民增收^[79]。谢文栋（2023）基于国家电子商务示范城市建设这一准自然实验，实证分析了城市电商化发展与稳就业之间的关系，发现电子商务发展对城市就业水平的提高具有明显的促进作用^[80]。

其次是微观层面，电子商务发展具有积极的微观社会效应。王金杰等（2019）利用城乡居民收入分配与生活状况调查、县域电子商务发展指数和《中国县域经济统计年鉴（2014）》数据，实证分析了县域电子商务水平和农村居民创业选择之间的关系，认为电子商务发展会明显促进农村居民的创业选择、创业投资和雇佣规模^[81]。Mei 等（2020）利用调查数据和结构方程模型分析了“淘宝村”家庭创业行为的影响因素，表明农村电子商务集群促进了家庭创业行为的发生^[82]。

2.2.6 电子商务的环境效应研究

现有文献大多考虑数字经济整体层面对 GTFP 的影响^{[83][84][85][86]}，以期探讨数字经济与 GTFP 之间的作用机理，从而提高 GTFP。

作为数字经济重要表现形式的电子商务与环境之间关系的研究主要分为两支：一支文献从定性角度分析并简单计算了电子商务和环保之间的成本效益关系^{[87][88][89]}。另一支文献从定量角度，采用 DID 模型讨论了电子商务对绿色发展的影响，并从经济集聚、降低交易成本、绿色创新等方面探究其在电子商务与 GTFP 之间所起到的中介作用^{[90][28]}。虽然当前文献从定性和定量角度分析了电子商务与环境之间关系，但是目前关于电子商务与绿色发展尤其是绿色高质量发展的研究较为欠缺。

然而，电子商务发展的积极成效并未得到所有学者认可，部分文献甚至认为，电子商务的发展可能会增加物流行业方面的成本，如增加了包装材料、电能及其他资源消耗，从而恶化环境^{[91][92]}。而 Tiwari 和 Singh（2011）则认为，电子商务对环境的影响是一把双刃剑^[93]。

2.2.7 文献述评

从现有文献来看, 尽管国内外学者对电子商务进行了丰富的研究, 但是依然存在以下不足:

1、电子商务测度有待改进。以往研究多以构建综合指标来衡量电子商务, 测度难免存在一定偏向性、非全面性, 而且还可能引发测量误差引发的内生性问题。

2、学界对以电子商务为代表的数字经济在经济发展中的影响已经有了较为丰富的讨论。现有文献主要围绕经济绩效或环境绩效对电子商务发展的有效性展开探讨。但电子商务发展既会影响经济绩效, 还会影响环境绩效。现有文献多从单一维度分析电子商务发展的实施效果, 电子商务发展对城市经济和环境综合影响的研究仍然比较匮乏。当前, 中国经济与环境矛盾日益凸显, 兼顾经济绩效和环境绩效的 *GTFP* 对于克服经济发展与环境保护难以兼容的冲突至关重要。

3、现有研究多采用 *DID* 评价电子商务政策效应, 相对忽略了区域空间关联性的客观事实, 由此得到的实证结果可能存在一定的偏误。

4、*GTFP* 测度有待进一步改善。既有研究多采用传统 *DEA* 模型及其拓展指数, 使用城市“三废”作为非期望产出测算 *GTFP*, 并未将“双碳”目标约束考虑在内, 由此得到的测度结果难以准确反映 *GTFP* 的低碳内涵和低碳要求。

鉴于此, 本文将从以下五个方面进行拓展:

1、本文创新了电子商务测度方式, 以国家电子商务示范城市政策实施作为电子商务发展的重要表征, 既能克服电子商务指标测量误差可能引发的内生性问题, 也能更加准确地衡量中国电子商务的发展水平。

2、本文关注电子商务发展对 *GTFP* 的影响。“双碳”背景下, 电子商务发展不仅需要追求经济效应, 也需要兼顾环境效应。与以往研究多考虑电子商务的经济效应影响不同, 本文从电子商务视角切入, 将 *GTFP* 作为衡量经济环境综合效应的指标, 深入探究电子商务对同时兼顾经济效益和环境效益的 *GTFP* 的促进作用。

3、本文基于区域空间依赖性这一客观事实, 采用 *SDID* 评价电子商务政策对经济 and 环境的协同效应, 改进了 *DID* 模型和拓展 *DID* 应用空间, 探讨了电子商务发展对 *GTFP* 的影响, 提供了可靠的实证证据。传统双重差分模型只考虑政

策对本地的影响，忽视政策可能对周边地区的影响，导致政策效果可能被错估。实际上，各个地区并非空间独立，而是存在广泛的空间关联。政策不仅会对本地产生影响，还会影响周边地区。基于空间关联的现实考虑，本文选择考虑空间效应的 SDID 模型来评价电子商务政策实施效果。

4、本文改善了 GTFP 的测度方法。在“双碳”目标约束下，本文将 CO_2 排放量和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度作为非期望产出，采用 DDF 模型结合 GML 指数，从而更加准确测度“双碳”约束下的 GTFP，并在测度基础上对 GTFP 进行了 Dagum 基尼系数及其分解、非参数核密度估计。

5、在此基础上，本文深入探讨了电子商务发展对 GTFP 的动态影响、作用机制、异质性影响，从而深化电子商务发展与 GTFP 提升之间的内在逻辑，打开电子商务发展与 GTFP 提升之间的作用“黑箱”。

第 3 章 国家电子商务示范城市政策背景与机理分析

3.1 国家电子商务示范城市政策背景

3.1.1 中国电子商务发展现状

“电子商务”的概念最早于 1994 年出现在美国，是指利用电子信息网络将顾客、售货员和物品供应商以及雇员通过信息网络联系在一起的商务活动。1995 年，欧洲和日本开始实行电子商务计划，特别是日本，1993 年日本政府拨款经费就已达 100 亿日元，再加上民间投资，其投资电子商务可能远不止 500 亿日元。对中国而言，自电子商务的概念和技术出现以来，电子商务在增强经济发展活力、提高资源配置效率等方面起到了重要的推动作用。改革开放以来，中国电子商务产业经历了从无到有、从模仿到创新、从幼稚到成熟的过程，特别是 2003 年以后，中国电子商务发展进入快车道，电子商务进入创新和快速发展阶段。新冠疫情期间，电子商务业态模式持续创新，发展势头强劲且韧性十足，为“十四五”开局做出了重要贡献。

根据《中国电子商务发展报告（2021）》，2020 年全国电子商务交易总额为 37.21 万亿元，比去年同期增长 4.5%。2021 年，中国电子商务坚持创新驱动发展战略，不断加快数字产业化和产业数字化步伐，全国电子商务交易总额达 42.3 万亿元，同比增长 19.6%（见图 3-1）；网上零售交易额达 13.1 万亿元，实物商品网上零售额达 10.8 万亿元，占社会消费品零售总额的 24.5%，且中国已连续 9 年蝉联全球最大网络零售市场地位。电子商务的快速发展突破了地理距离和自然资源限制，促进了商品和要素流通，逐步成为推动产业结构升级和现代服务业发展的重要引擎。

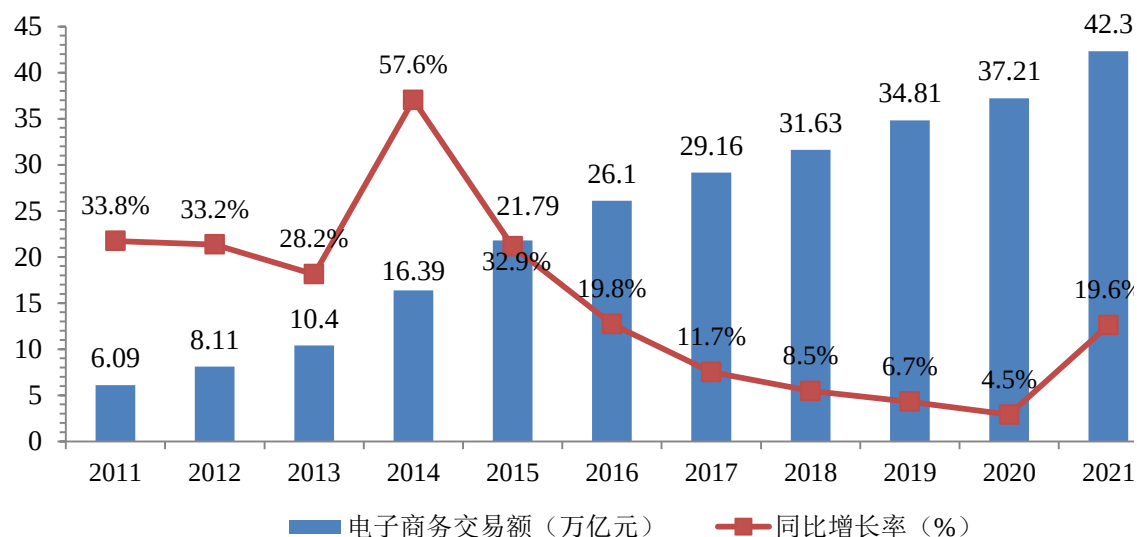


图 3-1 2011—2021 年中国电子商务交易额

数据来源：国家统计局

3.1.2 国家电子商务示范城市建设

电子商务是利用信息技术进行的商务活动。它的出现极大改变了社会生产、流通和消费方式，同时衍生出很多新商业模式、新业态。电子商务逐渐成为经济增长的重要引擎。当然，电子商务在发展过程中，也出现了一些问题。例如有些电子商务平台运营费用居高不下，给生产者和消费者均带来较高的成本负担；社会信用问题突出，制约了电商发展；有些地方信息基础设施落后，网速慢和上网贵，限制电子商务发展；网购带来购物便捷的同时，也产生了海量快递包装物被随意丢弃，造成资源浪费和环境污染。

为破解电子商务发展中存在的体制机制问题和深层次矛盾，适应电子商务创新发展需要，我国政府决定实施国家电子商务示范城市政策。国家电子商务示范城市是通过遴选特定城市，创新电子商务管理模式，享受部分优惠政策措施，促进贸易便利化的一种制度安排。为顺应电子商务发展新需求，2009 年国家发改委联合商务部等多个部门实施国家电子商务示范城市申报计划，明确示范城市申报具体要求和工作计划，适时开展评估，确保国家电子商务示范城市取得显著建设成效。中国希望通过这一政策解决电子商务发展中面临的众多矛盾和问题，提高我国电子商务发展水平，充分发挥电子商务在保增长、稳就业、资源优化配置中的作用。作为新时期全面深化电子商务的制度探索，国家级电子商务示范城市

承担着电子商务改革重任，对促进中国电子商务健康快速发展具有重要意义。同时，通过国家电子商务示范城市建设，旨在降低物质资源和能源消耗，发展绿色经济。可见，经济效应和环境效应都是国家电子商务示范城市创建的宗旨。

2009 年 9 月，深圳成为中国第一个获批国家电子商务示范试点城市。2011 年 11 月，北京、天津、上海等 23 个城市被授予国家电子商务示范城市。2014 年 3 月，国家发改委等部门同意东莞、义乌、泉州等 30 个城市创建国家电子商务示范城市。2017 年 1 月，大连、包头等 17 个城市获批国家电子商务示范试点城市。迄今为止，已有 71 个城市被列入国家电子商务示范城市试点名单，覆盖东部地区、中部地区和西部地区。国家电子商务试点政策具有以下特点：首先，试点空间不断扩大，目前已经覆盖全国 20 个省级行政区，这也是中国渐进式改革试点的生动实践。其次，试点对象始终以城市为主体。最后，政策的具体内容不断细化和具有更强的可操作性。

国家发改委等部门要求试点城市以入选国家电子商务示范城市为契机，大力发展制造业、服务业电子商务，创新电子商务发展新机制，严格治理电子商务市场，充分发挥电子商务在资源优化配置、低碳发展、产业结构升级、绿色低碳、公共服务、城市管理等方面的作用。其中，低碳发展是国家级电子商务示范城市建设的主要目的。城市在低碳发展中扮演重要角色，所以评估国家电子商务示范城市政策的城市低碳发展效应及其影响机制，将有助于进一步科学认识该政策的实施效果，对该政策的进一步普及和推广具有重要价值。图 3-2 报告了中国国家电子商务示范城市空间布局。

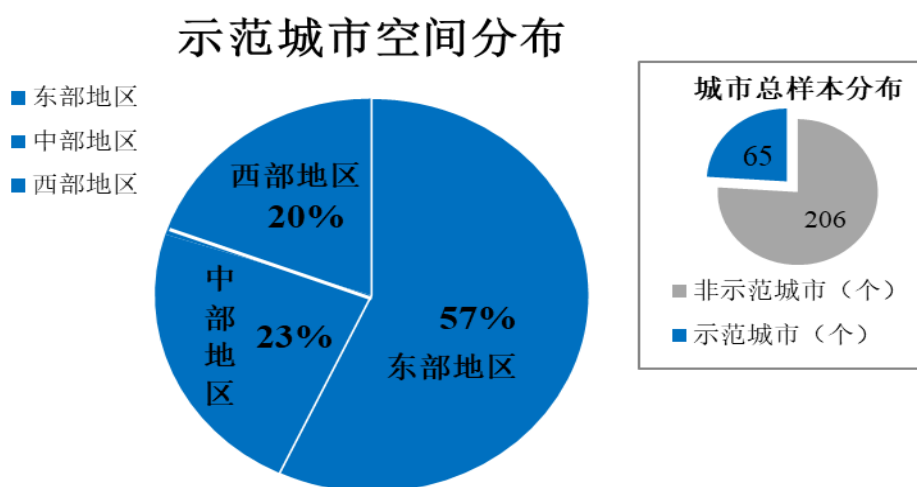


图 3-2 2009-2023 年四批试点城市的空间分布

在本文 271 个样本城市和研究期间内, 国家电子商务示范城市为 65 个, 示范城市占总样本城市比例约为 24%; 非示范城市为 206 个, 占 76%。从国家电子商务示范城市的空间分布来看, 东部地区城市、中部地区城市和西部地区城市数量分别为 37 个、15 个、13 个, 占全部国家电子商务示范城市的 57%、23%、20%, 可见东部地区获批国家电子商务示范城市最多, 超过示范城市的一半以上, 西部地区获批国家电子商务示范城市最少。改革开放以来, 东部地区拥有大量具有一定规模的优势产业, 在现有区位优势、经济体量优势、科研开发优势的支撑下, 为试点政策的实施提供了良好的制度环境。然而, 在中西部地区, 特别是西部地区, 由于地理位置、经济发展等因素, 许多城市与国家电子商务示范城市的申报条件相去甚远。因此, 东部地区获批的国家电子商务示范城市数量远多于中西部地区。

可以预见, 国家电子商务示范城市建设将有利于改善电子商务发展环境, 电子商务的健康发展将促进低碳绿色经济的发展, 优化资源配置。因此, 国家电子商务示范城市建设自然会对 GTFP 产生重要影响。此外, 国家电子商务示范城市分布在不同的地理位置, 这为本文构造准自然实验并使用 SDID 模型来识别电子商务发展对 GTFP 的净影响效应创造了条件。

3.2 电子商务发展对绿色全要素生产率的影响机理分析

电子商务作为数字经济中发展规模最大、覆盖范围最广、增速最快、创新创业活力最强的重要组成部分, 可以降低能耗, 优化资源配置, 具有较高的低碳绿色经济发展功能。但是电子商务与 GTFP 间是否存在必然联系未为可知, 因此本章将从电子商务发展对 GTFP 影响的传导机制着手, 分析电子商务发展对 GTFP 的直接影响和间接影响, 如图 3-3 所示, 这将为后文实证分析电子商务发展对 GTFP 的影响效果提供重要的理论支撑。

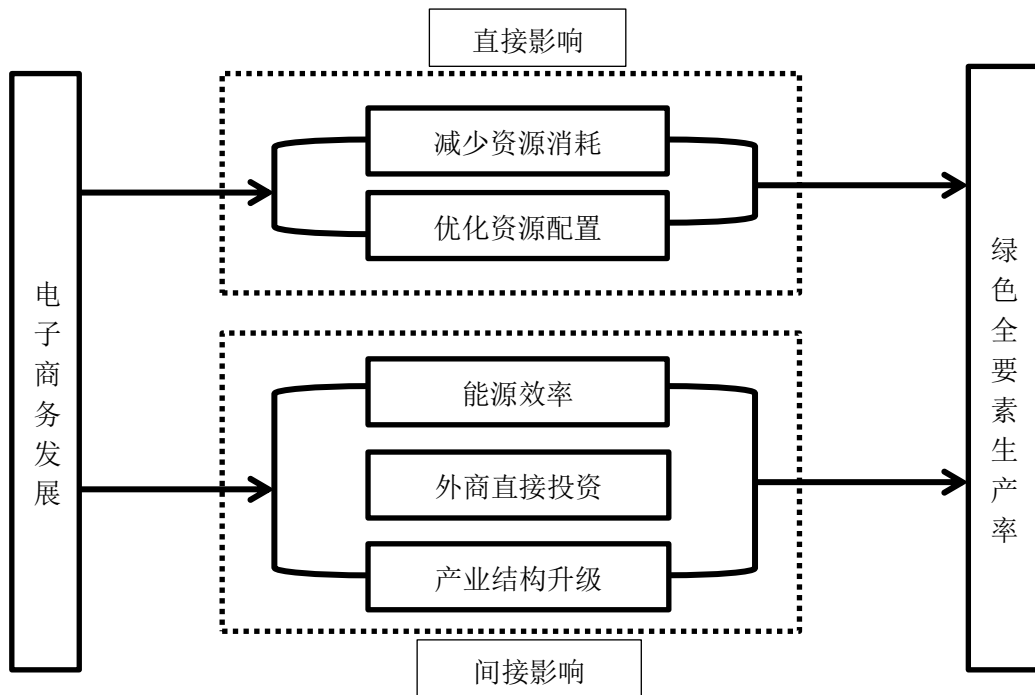


图 3-3 电子商务发展对绿色全要素生产率的传导机制

3.2.1 电子商务发展对绿色全要素生产率的直接影响

国家电子商务示范城市建设是中国的一次探索性政策实践，明确提出要深化电子商务应用，因此能够促进电子商务健康快速发展。数字经济是传统经济发展模式的创新和延伸，通常由互联网、信息通信、大数据等技术作为支撑，以生产力的提高来改善环境绩效^{[94][95]}。

首先，电子商务作为数字经济最重要的组成部分，成为一种新兴商业模式，通过传统供应链和产业链的合理配置，促进信息共享，节省信息搜集时间，压缩企业信息交流成本，提高经济发展效率，同时增加无纸化办公与在线广告销售等，减少资源消耗，促进绿色经济发展。电子商务的发展有利于企业加快技术创新，推动行业减少资源消耗等行为，转向发展资源节约型的绿色产业，推动行业绿色升级，充分发挥企业绿色生产价值，促进 GTFP 的提升。

其次，电子商务通过信息共享，减少了信息不对称问题的发生，从而优化了资源配置。电子商务发展得益于高效的信息传播，依靠现代化信息通信技术，利用在线平台达成信息共享，打破了信息传播壁垒，信息的精准度与有效性得以提高，经济发展过程中的信息不对称问题减少，信息流通更加顺畅，从而优化资本、技术和人才等资源配置，进而提高 GTFP。除此之外，电子商务集合了大数据、

云计算等数字技术,可以将生产要素在生产、运输、储存和销售等环节按需分配,使信息流和货物流之间形成高效循环,精准匹配供给与需求,使资源的冗余浪费减少,最终使资源配置到更高效率的部门。

3.2.2 电子商务发展对绿色全要素生产率的间接影响

1、能源效率

目前,关于电子商务发展对能源效率的影响效果并未形成统一观点。一方面,电子商务发展能够促进能源效率提升。首先,数字经济背景下电子商务的广泛应用在很大程度上使产品交易的采购与分销模式发生改变。相较于传统的生产销售模式,由电子商务所驱动的前向与后向灵活生产销售方式,使大多数产业链环节变非物质化,从而显著提高能源效率,并降低商品的能源消耗^{[96][97]}。其次,以信息技术为基础的电子商务能够推动信息技术与实体经济的深度融合,在一定程度上从传统知识和技术交流的时空约束中释放,催生出与能源生产和消费紧密相连的新技术,如智能电网等,从而对能源效率产生积极影响。具体理由如下:

第一,技术进步提高了生产、制造和消费过程的自动化、连通性和灵活性,实现了能源系统和数据智能管理与检测,这将有助于能源效率的提升。第二,基于互联网技术的电子商务加快了“知识扩散”,推动科技进步与创新,帮助企业实现智能化升级,减少销售过程中的冗余浪费。第三,大数据、云计算、移动互联网等高新技术在电子商务领域的日益渗透,有效组合了数字技术、能源等要素,从而加强对高能耗领域的监测与精准预测,推动能源行业实现数字化管理、集约化与高效化利用,促使能源等要素流向更高效率的部门,从而优化能源资源配置,促进能源效率提升。

另一方面,电子商务发展也有可能抑制能源效率提升。具体理由如下:第一,电子商务的应用与发展增加了电力需求,加快了能源需求从传统能源向新能源的转变,从而导致能源效率下降,不成熟的新能源技术也抑制了能源效率的提升。除此之外,广泛的能源使用和多样化能源的转换对能源效率也提出了巨大的挑战^[98]。第二,依赖信息通讯技术的电子商务具有能源密集型的特点^[99],电子商务的发展加大了对数字技术和设备的使用,因此数字基础设施的建设与维护刺激了能源需求的增加^[100],导致能源效率下降。第三,电子商务作为一种新兴商业模

式，重塑了买家和卖家之间的关系，满足了消费者的个性化需求，增加了与数字服务绑定的新产品，从而导致电子商务衍生的服务相比于其他服务较为密集，这将增加能源消耗，降低能源效率。第四，电子商务的发展使消费者可以较少的成本享受同等的服务，因此消费者经济压力的下降会直接增加能源消耗，同时减少的成本可能增加到其他生活消费中，进而导致其他消费量上升，从而增加能源消耗，降低能源效率^[99]。

尽管电子商务发展对能源效率的影响效果形成了不同观点，但普遍认为能源效率提升能够缓解经济发展带来的环境压力，并最终有利于 GTFP 提升。然而，在经济运行过程中，由能源效率所节约的那部分能源可能会通过能源替代效应等机制产生更大的能源需求，最终导致节约的能源部分或全部被额外增加的能源需求所消耗，这称为“能源反弹效应”。因此，学术界尚未形成能源效率与 GTFP 之间关系的统一定论。

因此，电子商务发展可以通过能源效率的路径影响 GTFP。

2、外商直接投资

电子商务作为数字经济的重要组成部分，逐渐成为影响外商直接投资进行区位选择的重要因素。电子商务的快速发展和广泛应用优化了营商环境，从而吸引了大量外资进入。电子商务通过加快生产要素流动效率、优化资源配置效率等途径加强了外资企业与当地同行企业互动交流的频繁性与便捷性，从而使大量外资企业进入国内市场，加速外商直接投资流入。此外，电子商务的快速发展，可以提高本地区的政务服务效率，提供高质量的公共服务供给。这可以有效降低投资者的市场风险和交易成本，吸引外商直接投资进入。

然而，目前关于外商直接投资与 GTFP 之间的关系尚未形成统一观点。一种观点是，外商直接投资可能通过“污染天堂”机制影响东道国的绿色生产率^[101]，从而抑制 GTFP 的提升。首先，外商投资行为使东道国的经济规模扩大，从而导致污染加剧。其次，外资可能将本国淘汰或污染型产业对外转移至东道国，以避免本国严格环境标准的约束。而发展中国家通常根据自己的经济发展需要放宽环境标准，导致大量具有低质、污染性强的外商直接投资进入本国。因此，在这种情况下，外商直接投资流入将会抑制 GTFP 提升。

另一种观点是，“污染光环”假说假设外商直接投资为东道国带来新技术，

促进产业结构的绿色转型，从而提高 GTFP^[102]。首先，外商直接投资行为通过挤压国内企业市场份额加剧市场竞争，从而迫使国内企业进行技术升级与创新，进而提高企业的要素利用率。其次，具有先进技术的外商直接投资对国内企业具有示范效应。国内企业可以通过对外资企业的生产技术、营销模式与管理方法等进行模仿与学习以提高生产率。再者，外资企业对当地企业员工的培训可以使其人力资本内部化，而企业间员工的流动伴随着人力资本溢出。最后，外资企业及其产业链上下游公司因需共享统一的生产标准，共同进行技术研发，甚至对当地企业进行技术培训，这可以在一定程度上使当地企业的生产效率得以提高。

因此，电子商务发展可以通过外商直接投资的路径影响 GTFP。

3、产业结构升级

一方面，电子商务是以信息技术、大数据和人工智能等为基础，电子商务的发展和应用促进了技术进步和创新，在互联网的高强度竞争压力之下，企业必须加大技术研发力度，提高技术创新水平和能力。刘乃全等（2021）认为技术进步和提高生产率是产业结构升级的核心，电子商务的发展与应用是导致不同部门生产率差异的原因，由此造成生产要素从低生产率部门流向高生产率部门，使得社会资源配置效率提高^[90]。而资源配置效率与传统产业的重塑打破了企业和消费者之间信息不确定性的壁垒，塑造了消费者需求的多样化，实现绿色转型，从而推动产业结构升级。

另一方面，电子商务的快速发展与应用使得服务经济发生了根本性变化^[103]。首先，与信息技术和互联网等生产性数字技术相比，电子商务的商业模式降低了消费者与生产者之间的信息搜索成本^[104]，使社会供需结构得以优化，从而促进产业结构转向合理化和先进化。其次，电子商务作为现代服务业的重要组成部分，其发展与应用显著增加了就业需求^[105]，特别是客服、运营等服务业，明显改变了原有服务业格局，使服务业在国民经济中的比重增大，促进了产业结构升级。然而，能源消耗与污染排放的产业分布模式在一定程度上取决于产业结构的特征。服务业，尤其使知识密集型产业等现代服务业的能耗明显低于资源密集型产业^[28]。最后，由于商品信息传输的及时性与大数据的智能分类，可以为消费者提供更加精准与个性化的产品和服务，提高消费者购买欲望。这也使得企业需要针对多样化的消费者需求进行产业升级与创新，促进产品更迭，转向产业上游发展，

使产品附加值提高，促进产业结构优化升级。

显然，电子商务的发展和应用有利于产业结构绿色转型，将高能耗、高污染行业替代，帮助升级优化产业结构，从而推动 GTFP 提高。

因此，电子商务发展可以通过产业结构升级的路径影响 GTFP。

第 4 章 双碳背景下绿色全要素生产率测度方法与结果分析

4.1 绿色全要素生产率测度方法

本文借鉴舒泰一等（2022）和 Cao 等（2021）的做法^{[106][28]}，采用 DDF，同时由于 GML 生产率指数与 ML 指数相比具有传递性和循环累积性的优点^[107]，因此本文使用 DDF 结合 GML 指数来估计中国城市的 GTFP。

首先本文基于生产可能性集定义方向距离函数 DDF，以此获得每个决策单元（DMU）的效率值。通常 DDF 可以表示为：

$$\overrightarrow{D}_0(x, y, d, g) = \sup\{\beta: (y, d) + \beta g \in P(x)\} \quad (4-1)$$

其中， x 为投入指标， y 为期望产出， d 为非期望产出， g 表示方向向量，且假定 $g = (y, -d)$ ，表示严格要求期望产出能够增加和减少非期望产出。 $P(x)$ 为环境技术函数的生产可能性集。 $g = (g_y, g_d)$ 表示输出扩展的方向向量。

对此，本文通过线性规划求解 DDF 函数^[108]。具体如下：

$$\overrightarrow{D}_0^t(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t) = \max \beta \quad (4-2)$$

$$s, t, \begin{cases} \sum_{j=1}^J z_j^t y_{jp} \geq (1 + \beta) y_{j'p}^t & p = 1, 2, \dots, P \\ \sum_{j=1}^J z_j^t d_{jk}^t \geq (1 - \beta) d_{j'k}^t & k = 1, 2, \dots, K \\ \sum_{j=1}^J z_j^t x_{jn}^t \leq x_{j'n}^t & n = 1, 2, \dots, N \\ z_j^t \geq 0 & j = 1, 2, \dots, J \end{cases} \quad (4-3)$$

其中， j 是DMU个数， p 表示期望产出个数， k 是非期望产出个数， n 是投入指标个数， z_j^t 为第 t 期的权重， β 是使得非期望产出减少和期望产出增加的最大比例。

因此，基于 DDF，本文进一步使用 GML 指数描述环境约束条件下的城市 GTFP。本文参考 Oh（2010）的方法^[109]，构建从 t 到 $t + 1$ 期的 GML 指数，具体如下：

$$\begin{aligned}
GML_t^{t+1} = & \sqrt{\frac{1+\overrightarrow{D}_0^t(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t)}{1+\overrightarrow{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, d^{t+1}; y^{t+1}, -d^{t+1})}} \times \frac{1+\overrightarrow{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t)}{1+\overrightarrow{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, d^{t+1}; y^{t+1}, -d^{t+1})} = \\
& \frac{1+\overrightarrow{D}_0^t(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t)}{1+\overrightarrow{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, d^{t+1}; y^{t+1}, -d^{t+1})} \times \\
& \sqrt{\frac{1+\overrightarrow{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t)}{1+\overrightarrow{D}_0^t(x^t, y^t, d^t; y^t, -d^t)}} \times \frac{1+\overrightarrow{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, d^{t+1}; y^{t+1}, -d^{t+1})}{1+\overrightarrow{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, d^{t+1}; y^{t+1}, -d^{t+1})} \quad (4-4)
\end{aligned}$$

实际上 GML 指数是一个增长率，计算得到的是产出增长率超过要素投入增长率的部分。其中，当 $GML > 1$ 时，表示 GTFP 呈增长趋势；当 $GML < 1$ 时，表示 GTFP 出现下降趋势；当 $GML = 1$ 时，表明 GTFP 保持不变。由于 GML 为环比增长率，因此借鉴邱斌等（2008）和陈超凡（2016）的做法^{[110][111]}，本文假设基期内所有 GTFP 均为 1，因此，通过将基期内 GTFP 乘以下一期的 GML 指数来计算下一期内的 GTFP，并依此类推，获得其他年份的 GTFP。

本文基于相关研究，同时结合国家在“十四五”的“双碳”目标和战略，基于数据的可得性与准确性，从产出与投入两个层面选取 2005—2020 年相关评价指标，使用 Matlab 软件计算了中国 271 个城市的 GTFP。在产出层面，不仅考虑了经济发展等期望产出的最大化，还将环境污染等非期望产出对经济发展的约束考虑在内。在投入指标上，本文将人力和资本等生产性要素投入考虑在内，能源消耗也作为重要指标纳入投入变量。具体指标如下：

1、产出指标

（1）期望产出

由于经济发展是城市的重要产出成果，因此期望产出为各个城市以 2005 年为基期不变价进行平减处理的实际生产总值。

（2）非期望产出

对于非期望产出的指标，本文采用 CO₂ 排放量和全年平均 PM2.5 浓度予以衡量。原因如下：首先，CO₂ 是温室气体的主要成分，在碳达峰碳中和目标下，控制碳排放，推动碳减排，实现绿色发展，成为中国经济社会可持续发展的重要目标。其次，PM2.5 是空气污染的主要原因之一，严重有损群众生命健康和阻碍经济发展模式转型。控制 PM2.5 也是中国政府改善空气质量的重要目标，理应纳入环境治理领域。

大气污染治理和应对气候变化是当今中国面临的两大环境挑战。因此，本文

将以 PM2.5 为代表的空气污染和以 CO₂ 为代表的温室气体排放一同纳入非期望产出。

目前，中国没有 CO₂ 排放的权威官方数据，参考相关研究^{[112][113]}，本文对城市碳排放进行测算。城市碳排放为直接能源消耗（如天然气和液化石油气）和间接能源消耗（如用电和热能）产生的碳排放之和。

首先，本文使用由 IPCC（2006）提供的相关转换系数计算直接能源消耗——天然气和液化石油气产生的 CO₂ 排放量。

其次，计算间接能源消耗——用电和热能产生的碳排放量。城市用电产生的 CO₂ 可根据以下步骤计算：根据 Glaeser 和 Kahn（2010）的做法^[114]，中国电网分为 6 大区域，分别是华东、华中、华北、南方、东北和西北，且各区域电网均发布了基准线排放因子。因此，本文根据各区域用电总量与其基准线排放因子计算出城市电能产生的 CO₂ 排放量。城市热能产生的 CO₂ 排放量根据热能消耗的原煤数量计算。具体步骤为：城市以原煤为原料进行集中供热，主要是锅炉房与热电厂产生的蒸汽供热和热水供热总量，同时基于《GB/T 15317—2009 燃煤工业锅炉节能监测》规定热效率值为 70%，再使用供热量、热效率和原煤平均低位发热量（20908 千焦/千克）计算出原煤数量，并折算为标准煤数量。据此计算集中供热所耗能源。

城市碳排放量计算公式如下：

$$CO_2 = \sum_{i=1}^2 E_i \times CEF_i + \sum_{n=1}^6 EC_n \times EF_n + \sum_{j=1}^2 E_j \times NCV \quad (4-5)$$

其中， E_i 表示能源消耗量， CEF_i 为能源含碳量， i 分别是天然气和液化石油气。 EC_n 为各区域用电总量， EF_n 是各区域电网的基准线排放因子， n 表示中国六大区域电网。 E_j 为供热总量，主要是蒸汽供热和热水供热总量， NCV 为原煤平均低位发热量。

2、投入指标

（1）资本投入。

本文以 2005 年为基期，使用全社会固定资产投资价格指数平减固定资本形成总额，然后借鉴徐永慧和邓宏图（2022）的“永续盘存法”进行计算^[115]，具体计算公式如下：

$$K_{it} = I_{it} + K_{i,t-1}(1 - \delta) \quad (4-6)$$

其中 K_{it} 代表城市 i 在 t 期的资本存量； I 代表投资； δ 代表资本折旧，折旧率取5%^[116]。

(2) 劳动投入

鉴于数据的可得性，本文选用城市年末单位从业人员数和私营个体从业人员数之和，即全市就业人数予以度量^[117]。

(3) 能源投入

本文以全市总用电量作为能源投入^[117]。

4.2 双碳背景下绿色全要素生产率测度结果分析

4.2.1 有无考虑碳排放的绿色全要素生产率对比

1、“双碳”目标约束下中国城市 GTFP

基于上述利用 DDF 结合 GML 指数计算出来的 GTFP，本文进一步将全国及国家电子商务示范城市、非示范城市平均 GTFP 的年度变化情况汇报在图 4-1 中。

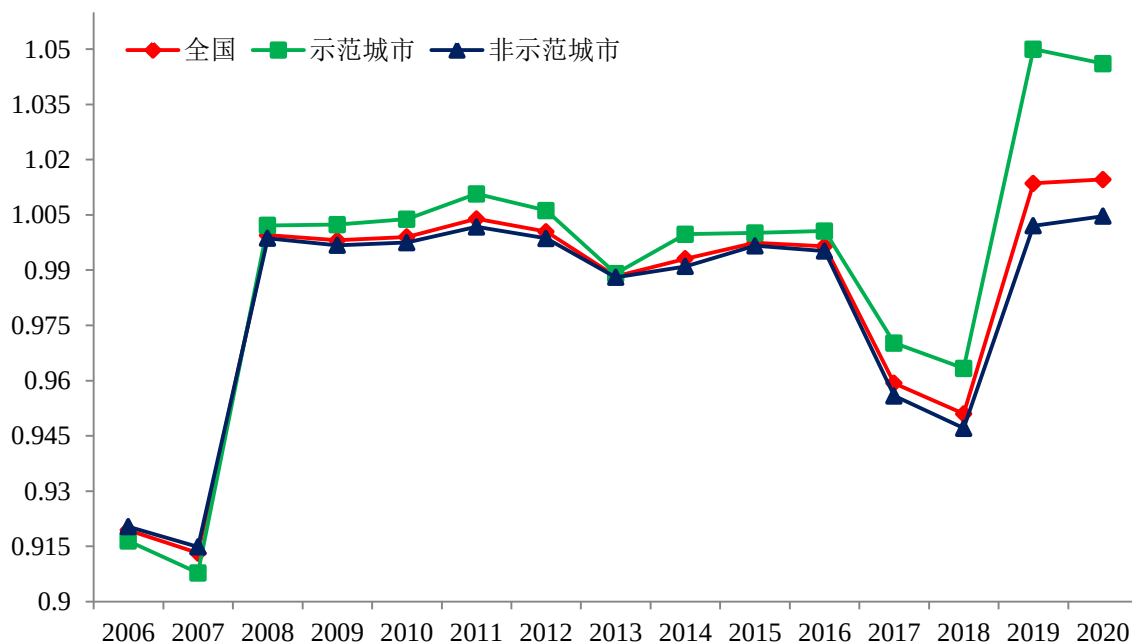


图 4-1 2006—2020 年全国、示范城市、非示范城市平均 GTFP 的年度变化情况

总体来看，中国平均 GTFP 从样本初期的 0.9194 逐渐上升到期末的 1.0146，年均增幅约为 0.71%，尤其近 3 年增幅明显，这意味着“双碳”目标工作已经取得坚实进展，中国经济高质量发展取得明显成效。从 GTFP 数值水平的分地区对比来看，非示范城市 GTFP 样本内均值最小，为 0.9806，而示范城市 GTFP 样本

内均值最高，为 0.9912 且高于全国 GTFP 平均水平，说明示范城市凭借其国家电子商务示范城市的政策优势与产业结构优势，使得其经济高质量发展水平位于全国前列。

从示范城市和非示范城市 GTFP 的时间趋势上看，示范和非示范城市 GTFP 在样本期间均呈“N”型上升态势。进一步分析，GTFP 整体上以 2008 年和 2018 年为节点，可以分为三个阶段。第一阶段是 2006—2008 年为上升阶段，其 GTFP 曲线整体大幅上升态势。第二阶段是 2008—2018 年为波动下降阶段，该阶段 GTFP 逐渐下降，但始终高于期初水平，说明尽管这个阶段中国经济高质量发展出现下滑趋势，但总体朝“稳中向好”方向发展。第三阶段是 2018 年之后，此时 GTFP 大幅提高，中国绿色经济高质量发展取得显著成效。

2、有无 CO₂ 条件下的中国城市 GTFP 测度对比分析

本文进一步使用 DDF 模型结合 GML 指数来测量不考虑“双碳”目标约束下的中国城市 GTFP，即将 CO₂ 从非期望产出指标中剔除。图 4-2 汇报了有无 CO₂ 情况下中国城市 GTFP 对比结果。

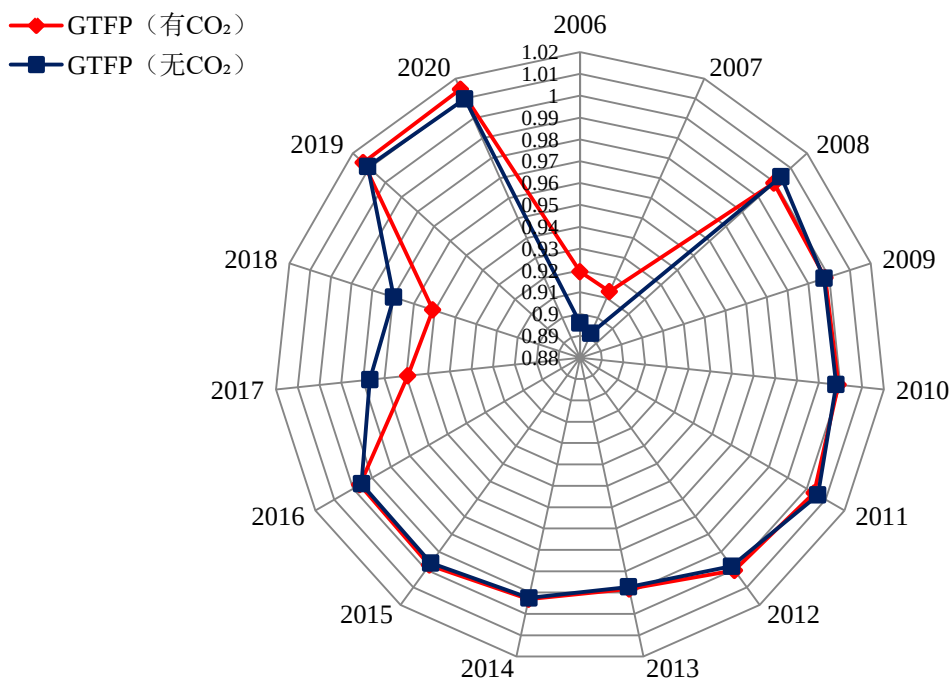


图 4-2 2006—2020 年中国有无 CO₂ 的城市 GTFP

由图 4-2 可以看出，在 2006—2008 年考虑“双碳”目标约束下的 GTFP 高于不考虑“双碳”目标约束下的 GTFP，说明在改革开放 30 年中国工业化取得重大成就的同时，中国对 CO₂ 资源利用技术已取得一定突破，可以将 CO₂ 转为

经济发展动能。2008—2019 年随着工业化进程的不断加快, CO₂ 排放量不断增大, 此时考虑“双碳”目标约束的 GTFP 基本低于不考虑“双碳”目标约束下的 GTFP, 说明 CO₂ 排放已对中国经济增长产生显著影响。2019—2020 年, 考虑“双碳”目标约束的 GTFP 大于不考虑“双碳”目标约束下的 GTFP, 说明中国节能减排技术日趋成熟, 化工领域对 CO₂ 的利用逐步增多, 生产规模日渐扩大, 生产工艺成本日益降低, 逐渐取代了其他化学生产方式, 对 CO₂ 的资源化利用技术日益完善。在减轻 CO₂ 对经济增长影响的同时, 积极利用 CO₂ 资源转化为经济增长动能, 中国政府有信心也有能力实现“双碳”目标。

从表 4-1 中可以看出, 当没有考虑“双碳”目标测算 GTFP 时, 只有 5 个省份 GTFP 大于 0.99。而在考虑“双碳”目标后, 有 6 个省份 GTFP 大于 0.99。这表明在考虑“双碳”目标后, GTFP 得以提高。

表 4-1 有无考虑 CO₂

省份	无 CO ₂	排名	有 CO ₂	排名
上海市	1.033041	1	1.043788	1
天津市	1.024292	2	1.03249	2
北京市	1.022147	3	1.028348	3
江苏省	0.992268	4	0.993696	5
贵州省	0.990969	5	0.990696	6
广东省	0.987415	6	0.989948	7
重庆市	0.985999	7	0.995992	4
山东省	0.98565	8	0.986588	9
吉林省	0.985293	9	0.987316	8
浙江省	0.984555	10	0.983776	15
黑龙江省	0.984277	11	0.986046	10
陕西省	0.983865	12	0.983433	16
湖北省	0.983556	13	0.984872	11
辽宁省	0.982479	14	0.983926	14
四川省	0.98239	15	0.98463	12
湖南省	0.982244	16	0.984552	13
安徽省	0.981509	17	0.982399	17
河南省	0.981071	18	0.982245	18
新疆	0.979563	19	0.980526	19
山西省	0.977948	20	0.977308	21
江西省	0.977551	21	0.977616	20
福建省	0.975842	22	0.976392	23
内蒙古	0.97487	23	0.9709	29
河北省	0.974805	24	0.976008	24
广西省	0.97368	25	0.974845	26

续表 4-1 有无考虑 CO₂

省份	无 CO ₂	排名	有 CO ₂	排名
云南省	0.973425	26	0.973577	27
甘肃省	0.973109	27	0.976994	22
宁夏省	0.971358	28	0.972156	28
海南省	0.971094	29	0.975045	25
平均值（全国）	0.982026		0.983156	

图 4-3 显示了 2006—2020 年国家电子商务示范城市和非示范城市在有无 CO₂ 情况下测算的城市 GTFP，结果显示无论是否考虑“双碳”目标约束，国家电子商务示范城市的 GTFP 基本大于非示范城市。这意味着电子商务的发展有利于促进城市 GTFP 提升，当然这需要在后续的实证分析中进一步验证。

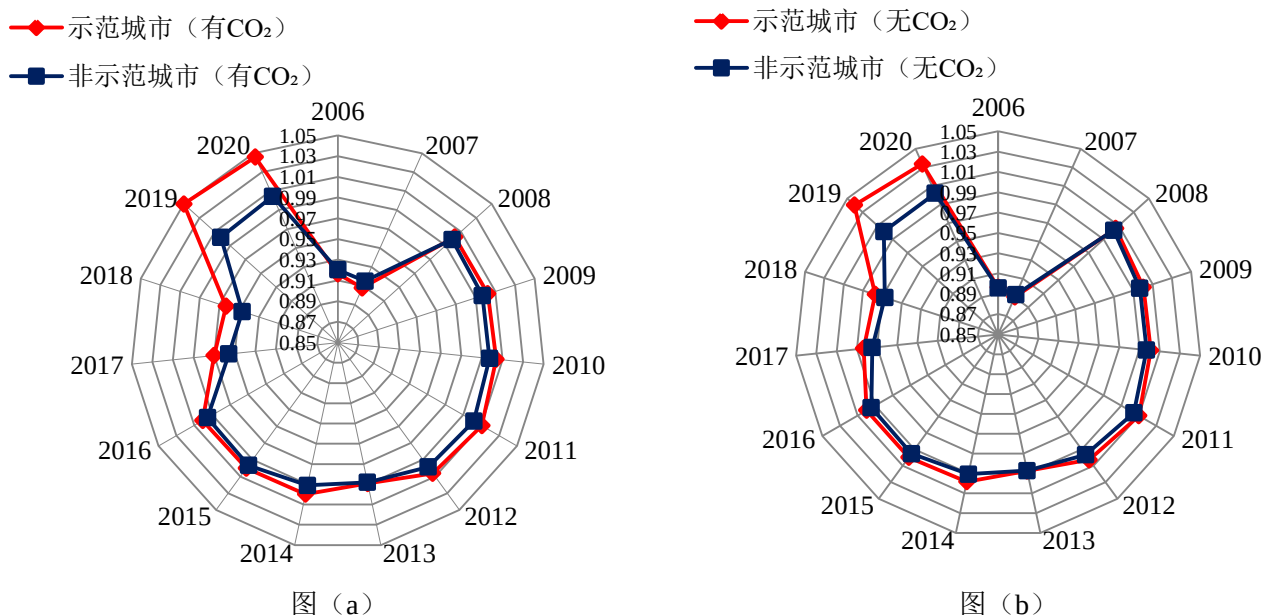


图 4-3 示范城市和非示范城市 GTFP 对比

为进一步探究中国 GTFP 在国家电子商务示范城市和非示范城市间产生区域异化的深层原因，还需进一步测度示范城市和非示范城市 GTFP 差异大小并剖析其具体来源。

4.2.2 双碳背景下绿色全要素生产率的空间差异

1、Dagum 基尼系数方法

尽管经典基尼系数和 Theil 指数等方法也可以衡量区域差异^[118]，但是无法解决样本数据交叉重叠与组间差异问题。而 Dagum 基尼系数可以弥补上述不足^[119]，对区域差异的来源进行分解，即将总体发展差异分解成区域内差异、区域间差异

和超变密度，从而准确判别区域差异对总体差异的贡献^[120]。具体而言，首先定义组间 Dagum 基尼系数：

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |GTFP_{ji} - GTFP_{hr}|}{n_j n_h (\overline{GTFP_j} + \overline{GTFP_h})} \quad (4-7)$$

其中， j 和 h 表示某两个特定区域。 n_j 和 n_h 表示相应区域内的城市数目， $GTFP_{ji}$ 和 $GTFP_{hr}$ 分别代表 j 区域内第 i 个城市和 h 区域内第 r 个城市的 GTFP， $\overline{GTFP_j}$ 和 $\overline{GTFP_h}$ 代表 j 和 h 区域全部城市 GTFP 均值。如果 $j = h$ ，表示 j 和 h 区域是同一区域，那么此时计算结果就是 j 或 h 区域内的组内基尼系数 G_{jj} 或 G_{hh} ，即

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |GTFP_{ji} - GTFP_{hr}|}{2n_j^2 \overline{GTFP_j}} \quad (4-8)$$

如果把样本中全部城市看作同一个组别，那么该分组的组内基尼系数就是全部城市 GTFP 的总体 Dagum 基尼系数 G ，即：

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |GTFP_{ji} - GTFP_{hr}|}{2n^2 \overline{GTFP}} \quad (4-9)$$

其中 $\overline{GTFP}$ 是 271 个城市 GTFP 的均值， k 是划分区域的个数， n 为所有城市数目。进一步地，Dagum 基尼系数分成以下三个部分：

$$G = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j + \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} D_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) + \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - D_{jh}) = G_w + G_{nb} + G_t \quad (4-10)$$

其中， G_w 为地区内差距贡献， G_{nb} 为地区间差距贡献， G_t 为超变密度贡献。 $p_j = n_j/n$ 代表代表 j 地区内城市数目 n_j 占总样本 n 的比重， $s_h = n_h \overline{GTFP_h} / n \overline{GTFP}$ 代表 h 地区 GTFP 占样本内所有城市 GTFP 的比重。由 $\sum_j \sum_h p_j s_h = 1$ 知总体 Dagum 基尼系数是全部地区两两组合的组间或组内基尼系数 G_{jh} 的加权平均，对应的权重为 $p_j s_h$ 。 D_{jh} 为 j 地区和 h 地区间的相对影响力，计算公式为：

$$D_{jh} = \frac{d_{jh} - p_{jh}}{d_{jh} + p_{jh}} \quad (4-11)$$

$$d_{jh} = \int_0^\infty dF_j(GTFP) \int_0^{GTFP} (GTFP - x) dF_h(x) \quad (4-12)$$

$$p_{jh} = \int_0^\infty dF_h(GTFP) \int_0^{GTFP} (GTFP - x) dF_j(x) \quad (4-13)$$

其中，计算 d_{jh} 和 p_{jh} 前需要对两个地区的编号进行调整，使得 $\overline{GTFP_j} - \overline{GTFP_h} \geq 0$ ， $F_j(F_h)$ 分别为调整后 j 地区和 h 地区 GTFP 的累积密度分布函数。 d_{jh} 为 j 和 h 地区间的总体影响力，是 j 和 h 地区内所有 $GTFP_{ji} - GTFP_{hr} > 0$ 汇总值的数学期望。 p_{jh} 为 j 地区和 h 地区间的超变一阶矩。 D_{jh} 实际上是地区间净影响力 $d_{jh} - p_{jh}$

占其可能最大值 $d_{jh} + p_{jh}$ 的比重, 有 $D_{jh} = D_{hj}$, 且其取值范围是 $[0, 1]$, 当且仅当 $\overline{GTFP_j} - \overline{GTFP_h} = 0$ 时 $D_{jh} = 0$, 当且仅当 j 和 h 地区间不存在交叉重叠时 $D_{jh} = 1$ 。

值得关注的是, 组间超变密度表示由于地区间重叠引致的地区发展不平衡。产生这种交叉重叠现象的原因是: 某一地区 GTFP 较高仅能反映该地区整体水平较高, 而不能反映该地区内各城市 GTFP 均处于较高水平。也就是说, 如果各地区间均无任何交叉重叠, 那么超变密度为 0。

2、Dagum 基尼系数分析

(1) 各区域内的绿色全要素生产率差异

基于 Dagum 基尼系数测度全国 271 个城市和国家电子商务示范城市与非示范城市 GTFP 的组内差异程度, 同时将 2006—2020 年的测度结果汇报在图 4-4 中。

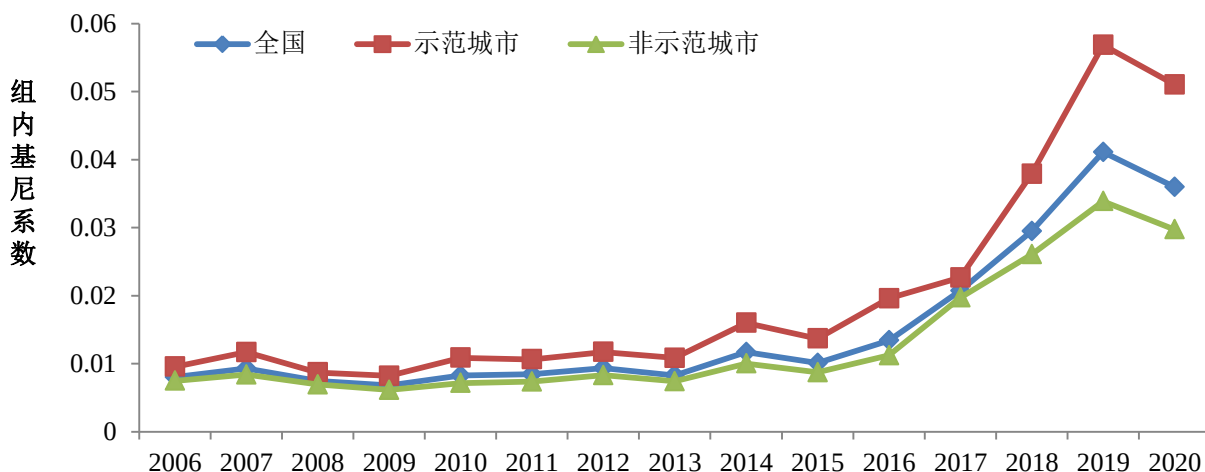


图 4-4 绿色全要素生产率组内差异的变化情况

从图 4-4 全国、示范城市和非示范城市 GTFP 组内差异变动轨迹来看, 主要体现了:

第一, 从全国层面来看, 整体基尼系数均值为 0.01523, 2006 年——2020 年中国 GTFP 整体基尼系数呈波动上升趋势, 从 2006 年的 0.0080 上升到 2020 年的 0.0359, 年均增幅约为 11.31%, 尤其是在 2015 年之后, GTFP 呈现跳跃式上升态势, 这可能是因为 2009 年、2011 年和 2014 年三批国家电子商务示范城市建设的实施, 使得 GTFP 大幅提升。同时在样本期内 GTFP 的整体基尼系数仅在 4 年内有所下降, 这表明中国城市 GTFP 之间存在较为显著的不均衡态势, 且不均衡程度正不断加深。

第二, 从国家电子商务示范城市和非示范城市对比来看, 总体而言, 示范城

市和非示范城市的 GTFP 组内差异逐渐扩大，具体来说：

①示范城市 GTFP 的 Dagum 基尼系数最大，均值为 0.0199，年均增幅约为 12.72%，在样本期内始终高于全国平均水平，表现为组内差异总体上升趋势，这说明国家电子商务示范城市建设的实施效果在不同城市具有异质性。

②就非示范城市而言，非示范城市 GTFP 的 Dagum 基尼系数始终位于全国平均水平之下，均值为 0.0132，年均增幅约为 10.35%，这表明相较于国家电子商务示范城市，非示范城市由于未实施国家电子商务示范城市建设，资源要素利用率相对较低，同时污染排放也较大。

总之，尽管 Dagum 基尼系数在样本期间起伏不定，但整体上处于不断增长状态，这同时也表明不管是从全国层面还是从示范城市与非示范城市来看，GTFP 的不平衡状态在逐渐扩大，这也就要求政府加快落实区域发展战略，以示范促发展，统筹兼顾。

（2）各区域之间的绿色全要素生产率差异

基于 Dagum（1997）^[119]提出的组间基尼系数测度国家电子商务示范城市与非示范城市 GTFP 之间的差异强度，组间基尼系数测度结果见图 4-5。

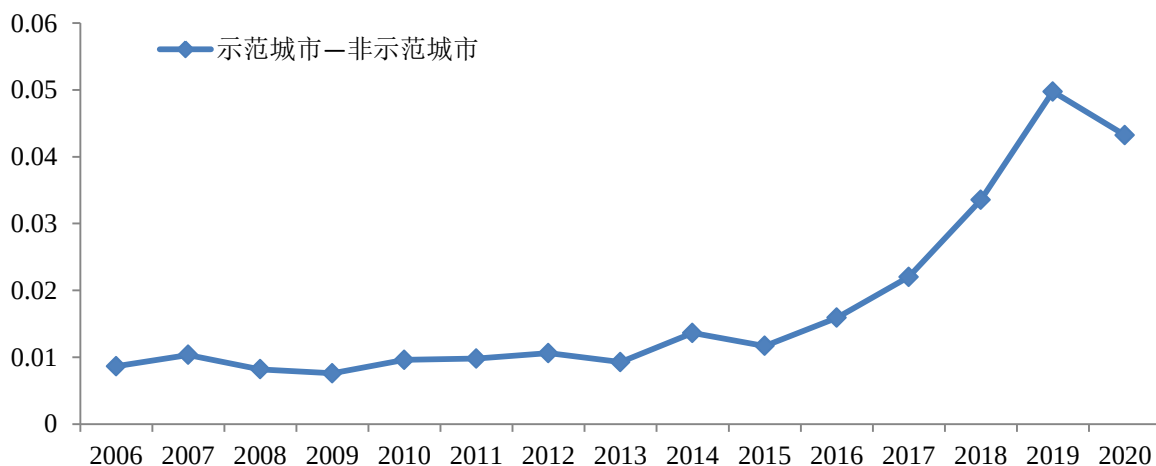


图 4-5 组间基尼系数

首先，从整体层面看，GTFP 的区域差异呈显著波动和总体上升趋势，这表明国家电子商务示范城市和非示范城市的 GTFP 分化趋势显著。这表明通过国家电子商务示范城市建设的实施，示范城市和非示范城市间的经济高质量发展水平差距逐渐加大，尤其使在 2015 年以后，示范城市与非示范城市间的差距急剧加大，这也从侧面验证了国家电子商务示范城市建设的政策实施效果显著。

（3）绿色全要素生产率的总体差异及分解

进一步地, 本文将样本数据的整体差异分解成组内贡献、组间净贡献与组间超变密度三部分, 图 4-6 描述了国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP 的来源贡献率及其演变趋势。

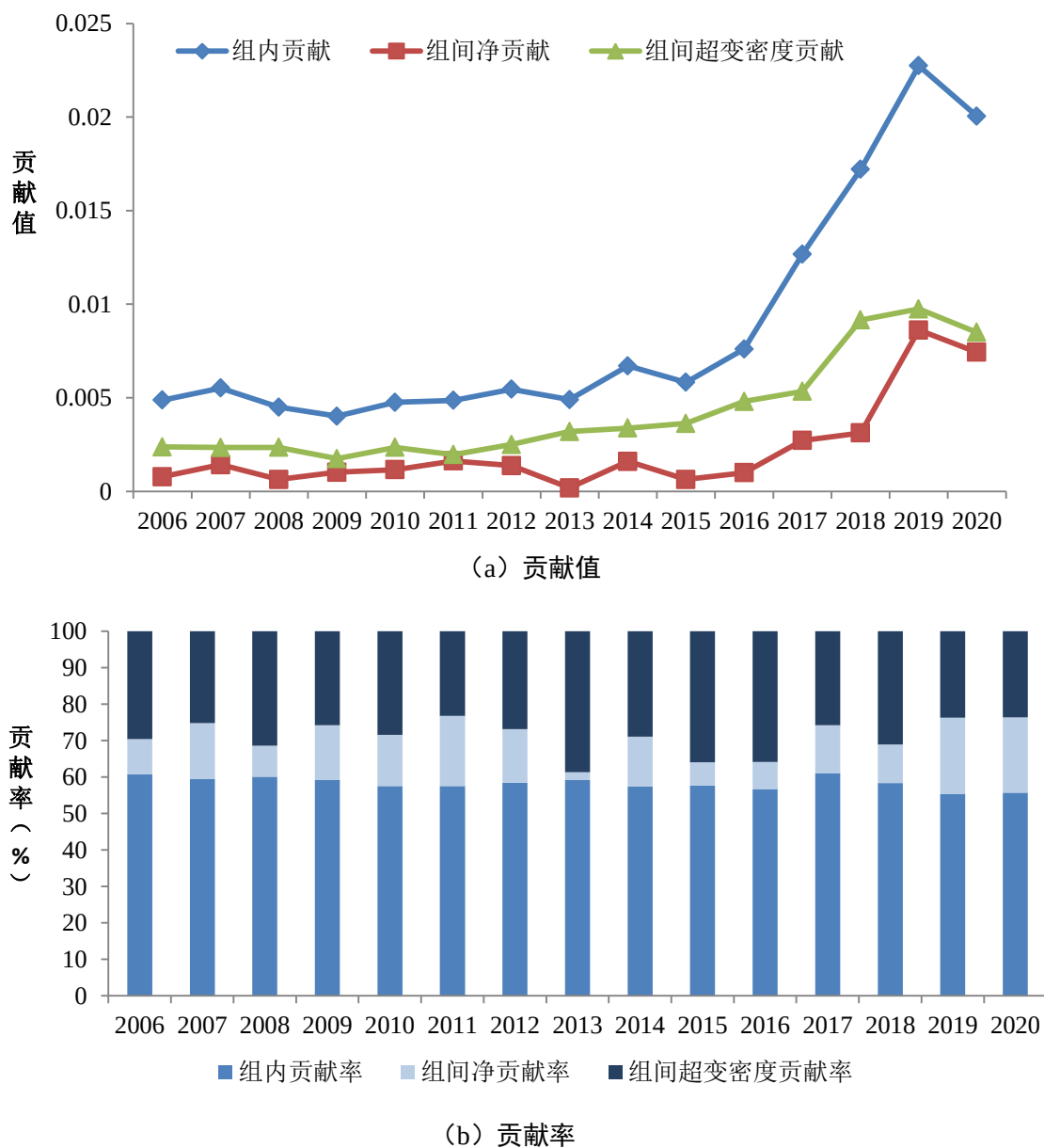


图 4-6 绿色全要素生产率的空间差异及其来源

从图 4-6 中可以看出, 国家电子商务示范城市和非示范城市的组内差异贡献值在 2006 年为 0.0049, 呈波动上升趋势, 最终在 2020 年上升到 0.0200。不过由于国家电子商务示范城市 GTFP 差异比样本数据的整体差异要大, 导致其对与整体差异的贡献率反而从 2006 年的 60.77% 波动下降到 2020 年的 55.71%, 样本期间的平均贡献率为 58.31%。换言之, 区域内差异是国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP 总体差异的主要来源, 和前文结论基本保持一致。

组间差异贡献包括组间差异净贡献和组间超变密度贡献。首先对于组间差异净贡献，样本初期为 0.0008，在样本期间保持波动上升态势，样本末期增长到 0.0074，其对总体差异的贡献率呈现出显著“V”型特征，即从 2006 年的 9.67% 下降到 2013 年的 2.23%，在 2020 年又快速上升到 20.67%，年均贡献率约 12.77%，因此削减区域间差异，是未来中国绿色高质量发展的重要任务。其次，组间超变密度绝对值在样本期内波动下降，从 2006 年的 0.0023 上升到 2020 年的 0.0085，贡献率在 23.22%—38.62% 波动，样本期间的平均贡献率为 28.92%。由于组间超变密度反映了不同区域间的重叠部分对总差异的贡献，且相对于组内差异较小，故国家电子商务示范城市的申报条件能合理地选择适合政策发展的城市。

4.2.3 双碳背景下绿色全要素生产率的时间动态演进

尽管 Dagum 基尼系数揭示了中国城市 GTFP 总体差异及其来源，描绘出国家电子商务示范城市和非示范城市相对变化轨迹，但是无法准确描述示范城市和非示范城市 GTFP 绝对差异的时变演进过程。因此，本文利用非参数核密度估计法刻画出中国城市 GTFP 在国家电子商务示范城市和非示范城市的分布特征和演进趋势，并选取 2006 年、2011 年、2016 年和 2020 年 4 个年份进行分析。具体动态演进特征汇报在表 4-2 中，核密度估计结果见图 4-7，其中横轴表示 GTFP，纵轴表示核密度。

1、核密度估计方法

对于核密度估计，可以将其理解为“光滑化”的直方图，能够利用连续的密度曲线描绘出中国城市 GTFP 的分布特征，克服了数据生成过程中对马尔可夫性质的需求，保留了数据本身特征。单独某期样本密度曲线的水平位置代表了 GTFP 的高低，曲线波峰的高度与宽度代表 GTFP 在区间内的集聚程度，波峰数目描绘了样本的极化程度，分布延展性即密度曲线拖尾程度代表了最高或最低 GTFP 城市和其他城市的距离，拖尾越严重，表示地区内差异程度越高。从横向比较多个地区密度曲线的形态来看，其描绘出了它们在 GTFP 变化轨迹上的差异。从纵向对比来看，同一地区内多期样本的密度曲线识别出了该地区 GTFP 在分布特征上的动态演变过程。 j 地区绿色全要素生产率的核密度曲线函数为：

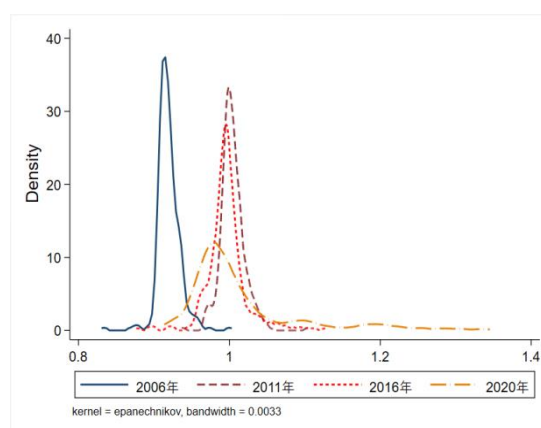
$$f_j(GTFP) = \frac{1}{n_j h} \sum_{i=1}^{n_j} K\left(\frac{GTFP_{ji} - GTFP}{h}\right) \quad (4-14)$$

其中, $K(\cdot)$ 表示核密度函数, 通常选择高斯核函数。 h 为带宽, 带宽越小估计越准确, 但相应地, 地区内参加计算的样本个数会减少, 从而导致估计量方差较大, 使核密度曲线光滑度降低。因此本文根据 Silverman (1986) 提出的最优带宽选择方法确定最合适的带宽^[121]。

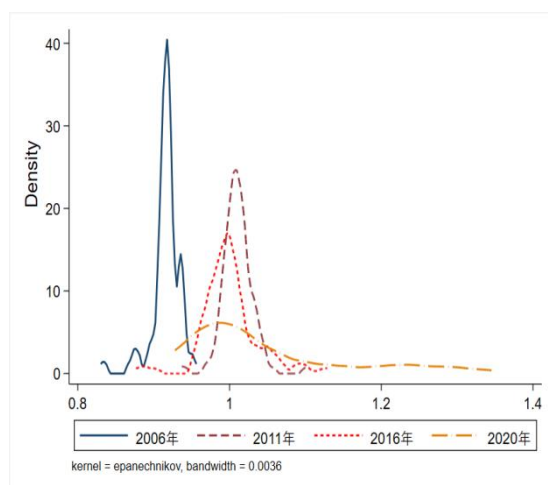
2、核密度估计分析

表 4-2 国家电子商务示范城市和非示范城市绿色全要素生产率的动态演进特征

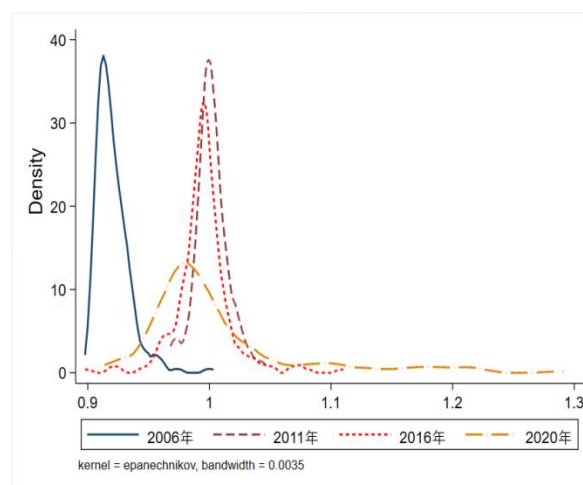
区域名称	分布位置	主峰分布形态	分布延展性	波峰数目
全国	右移	高度下降, 宽度变大	右拖尾, 延展收敛	单峰
示范城市	右移	高度下降, 宽度变大	右拖尾, 延展收敛	单峰或多峰
非示范城市	右移	高度下降, 宽度变大	右拖尾, 延展收敛	单峰



(a) 全国



(b) 示范城市



(c) 非示范城市

图 4-7 绿色全要素生产率的动态演进

（1）分布位置

自“十一五”以来，减排降碳已成为中国经济发展的约束性目标，同时伴随着经济高质量发展的呼声日益高涨，全国层面 GTFP 核密度曲线整体向右移动，说明中国 GTFP 在持续上升，这一特征和前文测算结果高度吻合。绿色经济高质量发展理念正倒逼各地政府加快产业结构转型升级，转变经济增长模式，推动高质量发展。其次，国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP 密度函数中心均呈现出不同幅度的右移趋势，表明示范城市和非示范城市在提升 GTFP 方面工作成效明显，将助力国家实现“双碳”目标与绿色高质量发展。值得关注的是，全国与示范城市和非示范城市在样本期间均表现出短暂左移趋势，意味着中国经济增长模式转型任重道远，环保政策的出台实施与经济实际发展状况的适配性仍需改进。

（2）主峰分布形态

首先从全国层面看，其核密度曲线表现为主峰高度下降，宽度变大，这说明城市间 GTFP 的离散程度呈上升趋势，GTFP 增长幅度差异加大，这可能是由于不同区域的经济基础与环境状况大不相同，实现“双碳”目标与高质量发展的路径和难易程度差异较大。其次，从国家电子商务示范城市和非示范城市来看，由于国家电子商务示范城市建设的实施，电子商务的发展与广泛应用能够降低能耗，优化资源配置，发展绿色经济，因此在各地尚无足够条件进行国家电子商务示范城市申请试点情况下，示范城市和非示范城市在提升 GTFP 过程中的表现差距迥异。示范城市的核密度曲线峰高持续下降，宽度持续变大，说明示范城市 GTFP 绝对差异变大，表明尽管示范城市进行了国家电子商务示范城市建设，但是区域发展不均衡程度也较为严重。非示范城市 GTFP 分布曲线峰高同样表现为持续下降趋势，宽度逐渐增加，意味着非示范城市 GTFP 存在差距变大现象，且相比示范城市，非示范城市不均衡程度更加严重。

（3）分布延展性

全国和国家电子商务示范城市与非示范城市的核密度曲线均存在明显的右拖尾现象，即区域内均存在部分城市 GTFP 明显高于同一区域内的其他城市。同时右拖尾存在逐年拉长现象，分布延展性在一定程度上存在拓宽趋势，意味着区域内 GTFP 的空间差距在逐步扩大。对非示范城市来说，随着时间推移，核密度

曲线逐渐出现左拖尾现象，表明非示范城市内部分城市的 GTFP 远低于其他城市。

（4）波峰数目

除全国层面外，示范城市和非示范城市在样本期间内均存在过多峰现象，即区域内城市 GTFP 存在“多极分化”演变趋势。具体来看，国家电子商务示范城市仅在样本初期 2006 年出现多峰，在而样本末期为单峰，说明示范城市内部的多极分化特征在整体上趋于弱化，示范城市内部差异化程度逐渐降低。非示范城市在样本期间内出现多峰，表明非示范城市内 GTFP 存在“多极化”趋势，但多极分化趋势逐渐弱化。

第 5 章 电子商务发展对绿色全要素生产率影响的实证分析

5.1 模型构建

国家电子商务示范城市建设作为典型的“先试点后推广”的渐进式改革政策，在时间和空间上都是逐步稳定实施的，这就导致了政策实施前后的差异以及示范城市（实验组）和非示范城市（控制组）之间的差异，从而为研究该政策对 GTFP 的影响效应提供了较为理想的准自然实验。因此，采用多期 DID 可以同时控制住这两个差异，能更准确地识别国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的净效应。DID 的基本原理如图：

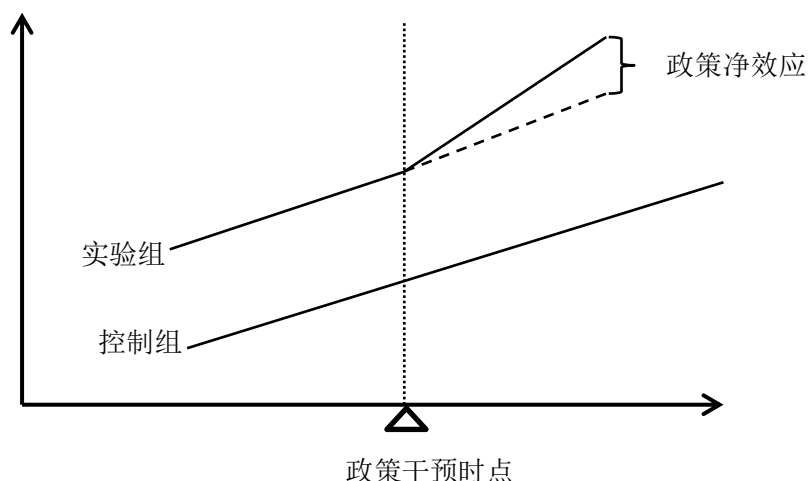


图 5-1 DID 模型的基本原理

如图 5-1 所示，如果没有政策干预，实验组和控制组在政策实施前后都会表现出相同趋势。因而实验组和控制组在政策实施后阶段所表现出的不同增长趋势的唯一原因是政策干预。

尽管多期 DID 模型具有解决内生性问题的优势，但是从空间计量经济学角度来看，国家电子商务示范城市建设不仅会对本地区 GTFP 产生影响，而且可能对周边地区产生影响。并且由于城市间 GTFP 具有空间依赖性，传统多期 DID 模型在国家电子商务示范城市建设和城市 GTFP 的空间溢出效应研究中无法获得一致性估计，因而违反了 SUTVA 稳定性假设^{[122][123]}。而 SDID 模型可以控制这种空间溢出效应^[124]。因此为准确评估国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的影响，本文借鉴 Delgado 等（2015）以及张杰和付奎（2021）的做法^{[125][126]}，

在传统多期 DID 方法上嵌入空间计量模型构建 SDID 模型，具体模型为：

$$GTFP_{it} = \beta_0 + \lambda_1 did_{it} + \lambda_2 did_{it} \times W + \theta control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (5-1)$$

其中下标*i*和*t*分别代表城市和年份；*GTFP*为城市的绿色全要素生产率；*did*为政策虚拟变量，代表国家电子商务示范城市建设；*W*是空间权重矩阵；*control*表示控制变量； μ 和 γ 为城市固定效应和时间固定效应； ε 为随机扰动项； β_0 ， λ_1 ， λ_2 ， θ 为待估参数。本文重点关注回归系数 λ_1 和 λ_2 ，它们分别衡量了国家电子商务示范城市建设对城市 *GTFP* 的影响效应是否存在，以及国家电子商务示范城市建设对城市 *GTFP* 的空间溢出效应。如果国家电子商务示范城市建设确实促进了城市 *GTFP*，那么 λ_1 应显著为正，否则存在阻碍作用。如果国家电子商务示范城市建设对城市 *GTFP* 存在“示范效应”，那么 λ_2 应显著为正，否则存在“虹吸效应”。

5.2 数据分析

5.2.1 变量说明

被解释变量为绿色全要素生产率（*GTFP*），采用前文测度的 *GTFP*。

核心解释变量为国家电子商务示范城市建设（*did*），即由组别虚拟变量 *treat_i* 和时间虚拟变量 *post_{it}* 的交互项构成，且 *did* 的回归系数反映了国家电子商务示范城市建设对城市 *GTFP* 的净效应。当某一城市设立为国家电子商务示范城市即为实验组，那么 *treat_i* = 1，否则为 0；将获批国家电子商务示范城市当年及之后的 *post_{it}* 变量赋值为 1，否则为 0。考虑到部分城市数据缺失严重可能带来估计结果偏差较大，因此剔除此类城市后，在样本期间，本文总样本中包括 65 个先后获批国家电子商务示范城市的实验组和 206 个非国家电子商务示范城市的控制组。

尽管 SDID 模型在不加入控制变量的情况下，一定程度上可以避免内生性，实现无偏估计，但是在加入影响 *GTFP* 的其他因素的扩展模型下，可以减少估计方差，提高估计精度，本文选取一系列控制变量，控制变量选取如下：

1、金融发展水平（*fin*），采用金融机构存贷款余额占 GDP 的比重表示。金融发展水平在一定程度上可以反映一个城市的经济发展水平，而经济发展是影响城市 *GTFP* 的一个重要变量^[127]。且健康发展的金融体系不但成为城市发展的资

本支撑,而且也为企业现代化的改革创新提供主要资金,增强企业活力,有利于企业效益改善。因此,城市金融发展水平直接关系到 GTFP 的提高。

2、政府规模 (*gov*),采用一般公共预算支出占 GDP 的比重表示。政府能够有效缓解市场失灵所导致的垄断和信息不对称,但如果政府干预机制不完善会导致资源配置效率降低,不利于经济高质量发展^[128]。因此预计政府规模在一定程度上对 GTFP 产生影响。

3、城镇化水平 (*urban*),采用市辖区人口与全市总人口的比重表示。城镇化是人口与要素长期积累的结果,其对城市经济的消费影响是不确定的。首先,当城镇化水平较高时,其处于较高水平的发展阶段,资本等要素的集中会优化资源配置,促进产业结构升级和技术进步,从而促进 GTFP。其次,城镇化意味着基础设施建设规模增大,这将导致对水泥等能源密集型产品的需求增大,从而对环境产生污染,阻碍绿色发展^{[129][130]}。因此,城镇化对 GTFP 的影响不确定。

4、市场自由度 (*market*),以全市 GDP 和财政支出之差与 GDP 的比重予以衡量。竞争性的市场结构有利于产业间的知识溢出和技术创新,从而达到资源优化配置,如果市场自由度不高,即政府干预过度,那么不益于市场公平竞争,降低生产效率,从而对 GTFP 产生重要影响^{[131][132]}。

5、人力资本 (*peo*),采用本专科及以上人数与全市总人口的比重表示。首先,人力资本水平的高低决定其对新技术的吸收与创新。其次,人力资本水平越高,知识溢出越多,通过知识溢出,一个地区劳动力的知识、生产技能和经验将提高整个区域生产力。再者,人力资本结构与产业结构的匹配,将促进资源有效利用,减少污染排放。最后,高水平的教育会导致环境友好行为,有利于长期可持续发展^[133]。

6、研发投资 (*rd*),采用科学技术支出占 GDP 的比重表示。研发投资的增加可以有效提高企业生产水平,解决产能过剩,从而提高产品质量。同时研发投入越高,越有利于促进技术进步,提高资源利用效率,减少能耗与碳排放,促进 GTFP 的提高^{[134][130]}。

5.2.2 数据来源

考虑到数据的可得性与准确性,本文基于 2006—2020 年 271 个城市的面板

数据，选取期间四批次共 65 个国家电子商务示范城市作为实验组，探讨国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的影响。数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《城市电力统计年鉴》。其中国家电子商务示范城市名单通过商务部及相关地方政府官网手动搜索整理。部分缺失数据主要采用插值法和均值法进行填补。

5.2.3 变量描述性统计

变量描述性统计如表 5-1 所示

表 5-1 描述性统计

变量类型	变量名	N	mean	sd	min	max
被解释变量	GTFP	4,065	0.983	0.0481	0.756	1.366
核心解释变量	did	4,065	0.118	0.323	0	1
	fin	4,065	0.909	0.565	0.0750	7.450
	gov	4,065	0.176	0.0850	0.0427	1.485
	urban	4,065	0.357	0.234	0	1
控制变量	market	4,065	0.824	0.0825	0.312	0.957
	peo	4,065	1.683	1.969	0.00386	12.76
	rd	4,065	0.236	0.255	0.00227	6.310

另外，为直观上了解国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的提升作用，本文绘制了实验组和控制组城市 GTFP 的时间趋势图 5-2。

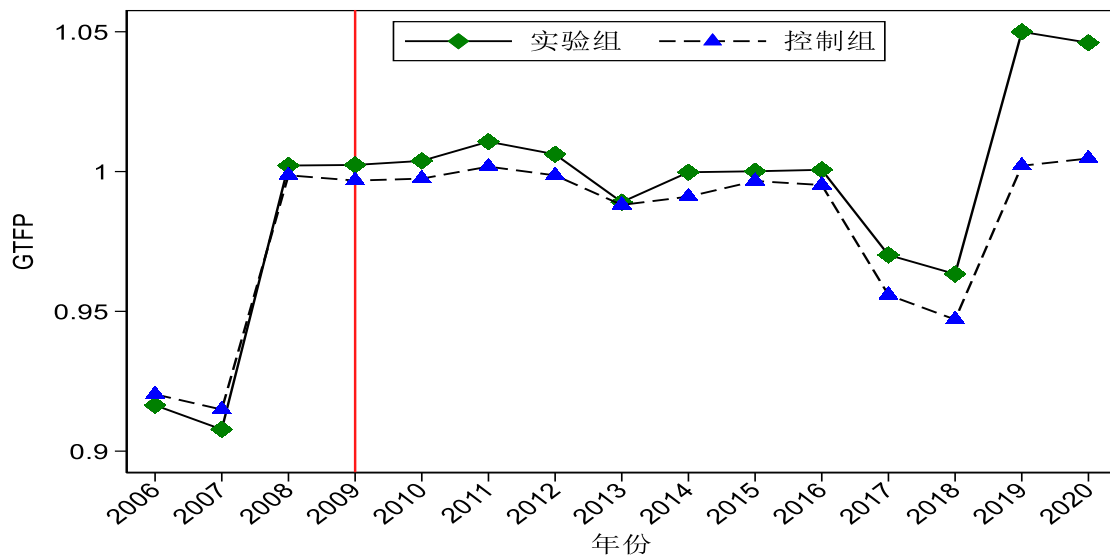


图 5-2 城市 GTFP 时间趋势图

如图 5-2 所示，在国家电子商务示范城市政策实施之前（2006—2008 年），控制组城市 GTFP 在实验组之上，且基本保持平行趋势。而在 2008 年实施国家电子商务示范城市建设的前 1 年及之后，实验组城市 GTFP 要显著高于控制组，

且两者之间的差距呈现逐渐拉大趋势。因此,进一步推断实验组城市 GTFP 的快速增长可能是由国家电子商务示范城市建设引起的。然而,这一因果关系的成立还需要后续更为严谨的实证分析与检验。

另外,碳排放表现出较强的“滚雪球”效应,如果上一时期的碳排放量处于较高水平,那么下一时期的碳排放量将继续上升。

5.3 基准回归分析

5.3.1 空间相关性分析

使用空间计量分析时,首先要确定变量是否具有空间依赖性,若不存在,则使用经典 OLS 法即可;若存在,可建立空间计量模型进行探究。全局 Moran 's I 统计量是目前测试变量空间相关性的常用方法^[135],其范围是 (-1, 1),当 Moran 's I 为正,表示正向空间相关性,负值表示空间排斥作用。若 Moran 's I 为 0,表明变量没有空间相关性。全局 Moran 's I 的具体计算公式如下:

$$I_{Moran's} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n W_{ij}} \quad (5-2)$$

其中 x_i 表示第 i 个城市 GTFP, x_j 表示第 j 个城市 GTFP, n 为样本量, $\bar{x}$ 为城市平均 GTFP, W_{ij} 为空间权重矩阵。

对于空间权重矩阵,本文使用地理距离矩阵 W ,地理距离矩阵由经纬度构成,具体表示为:

$$W = \begin{cases} 1/d_{ij}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (5-3)$$

其中 d_{ij} 表示两个城市 i 和 j 之间的地理距离。中国 271 个城市 2006—2020 年全球 Moran 's I 结果如图 5-3:

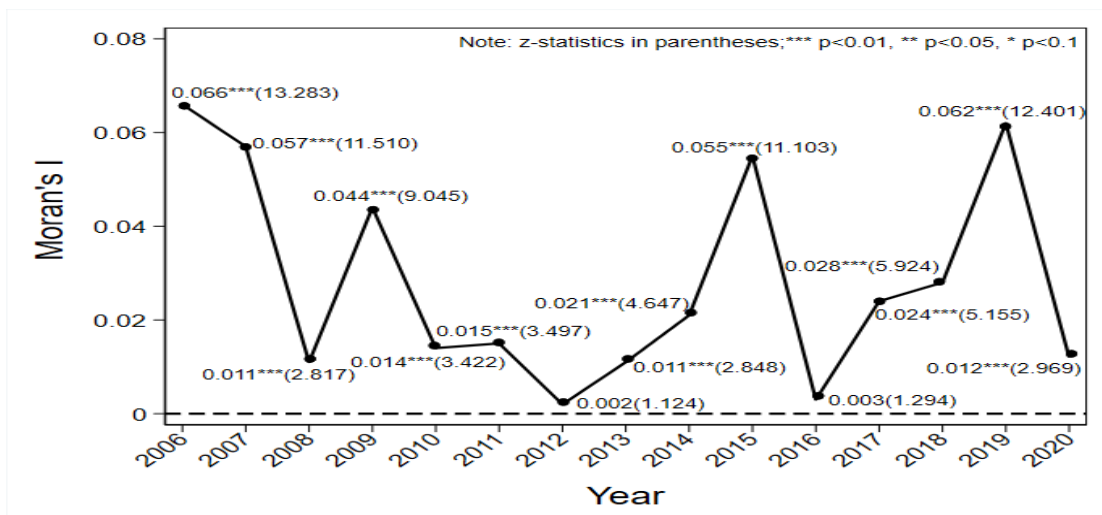


图 5-3 莫兰指数分布

由图 5-3 可知, 2006—2020 年, 中国各城市 GTFP 的 Moran's I 指数在 1% 水平下基本显著为正, 意味着在全域范围内, 城市 GTFP 存在显著正向空间相关性。

进一步地, 由于局部莫兰指数相比全局 Moran's I 指数能够更准确地反映变量的局部空间相关性, 因此本文将四批次“国家电子商务示范城市”设立年份的局部莫兰指数散点图绘制如图 5-4, 其中局部莫兰指数计算公式可表示为:

$$I_i = \frac{Z_i}{S^2} \sum_{j \neq i}^n W_{ij} Z_j \quad (5-4)$$

其中, $Z_i = x_i - \bar{x}$, $Z_j = x_j - \bar{x}$, $S^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2$, W_{ij} 为空间权重矩阵, n 为样本数。



图 5-4 局部莫兰指数散点图

由图 5-4 所示，水平轴为城市 GTFP，竖轴为空间滞后值，且第一、三象限的点明显多于第二、四象限，即表现出“高一高”和“低—低”型的城市较“高一低”型、“低—高”型的城市更多，也就是说 GTFP 较高（低）的城市在空间上更易聚集，同时这表明城市之间可能存在对 GTFP 的正空间依赖性。因此，基于全局 Moran's I 指数和局部莫兰指数散点图可知，在式（5-1）中使用空间计量模型是合理的。

5.3.2 空间计量模型选择分析

一般来说，空间计量模型主要有空间误差模型（SEM）、空间滞后模型（SAR）和空间杜宾模型（SDM）三种，因此本文基于以下规则对三种模型进行选择以确定何种模型为本文研究最优空间模型形式^{[136][137]}：（1）构建传统面板回归模型，进行 LM 检验以确定是否存在空间自相关性，若存在，那么 SEM 模型和 SAR 模型至少成立一个，选择两者结合的 SDM 模型。（2）构建 SDM 模型，通过 Wald 检验和 LR 检验判断 SDM 模型能否退化为 SEM 和 SAR 模型。表 5-2 描述了三

种检验结果：

表 5-2 空间计量模型选择

变量	统计量	P 值
LM 检验		
LM-SEM	2059.484	0.000
Robust LM-SEM	1789.194	0.000
LM-SAR	280.494	0.000
Robust LM-SAR	10.204	0.001
Wald 检验		
Wald-SEM	69.01	0.000
Wald-SAR	72.97	0.000
LR 检验		
LR-SEM	69.35	0.000
LR-SAR	72.56	0.000

由表 5-2 可知，首先，SEM 模型和 SAR 模型的 LM 值均在 1%水平上显著，且其 Robust LM 值也均通过了 1%的显著性水平，因此拒绝无空间误差和空间滞后效应的原假设，即本文选择 SEM 模型和 SAR 模型均合适，因此本文选择两种模型结合的 SDM 模型。其次，本文需进一步借助 Wald 和 LR 统计量对 SDM 模型的适用性进行检验。结果表明，SDM 模型的 Wald 和 LR 统计量均在 1%水平上显著，说明 SDM 模型不能退化成 SEM 和 SAR 模型，即 SDM 模型是最优空间计量模型。因此本文使用 DID 模型结合 SDM 模型，形成 SDID 模型进行分析。

5.3.2 空间双重差分基准回归结果

1、SDID 基准回归结果分析

本文对式（5-1）进行 SDID 基准回归，结果如表 5-3 所示：

表 5-3 SDID 基准回归结果

	DID		SDID	
变量	(1)	(2)	(3)	(4)
did	0.0140*** (5.2902)	0.0127*** (4.6690)	0.0081*** (3.0020)	0.0077*** (2.8034)
fin		0.0017 (0.7240)		0.0012 (0.5480)
gov		-0.0505*** (-3.4548)		-0.0395*** (-2.7915)
urban		-0.0285*** (-3.0695)		-0.0264*** (-2.9587)
market		-0.0020 (-0.2586)		-0.0029 (-0.3895)
peo		-0.0025* (-1.7569)		-0.0022 (-1.6054)
rd		0.0137*** (4.0388)		0.0130*** (3.9855)
_cons	0.9569*** (100.3103)	0.9843*** (63.3459)		
W×did			0.0328*** (5.6984)	0.0293*** (5.0672)
ρ			0.0699** (2.5714)	0.0642** (2.3608)
sigma2_e			0.0012*** (45.0653)	0.0012*** (45.0674)
Log-likelihood			7959.2738	7976.8095
城市固定效应	√	√	√	√
时间固定效应	√	√	√	√
N	4,065	4,065	4,065	4,065

注：FE模型括号内表示t值；SDID括号内表示z值；*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1；”√“代表控制；下同

为保证估计方法的合理性与估计结果的稳健性，本文同时采取 DID 模型进行回归，列式（1）和列式（2）为 DID 的回归结果，在加入和未加入控制变量的情况下，*did*的估计系数在 1%水平下均显著为正。列式（3）和列式（4）为 SDID 的回归结果，在加入和未加入控制变量的情况下，*did*的估计系数在 1%水平下均显著为正，空间权重矩阵 W 与双重差分交乘项*did*的回归系数至少在 10%的水平下显著为正。相对未考虑空间关联，考虑空间关联下*did*的回归系数明显变小。总之，这表明国家电子商务示范城市建设可以显著提高城市 GTFP。

以完整的列式（4）作为分析依据：首先，回归结果显示，*did*的回归系数为 0.0077，在 1%水平上通过显著性检验，即相对非国家电子商务示范城市，国家

电子商务示范城市建设使得所在城市 GTFP 提高大约 0.77%。

其次，从空间溢出效应来看，被解释变量空间滞后项系数 ρ 在 1%水平下显著为正，说明城市 GTFP 存在明显的空间溢出效应，本地区 GTFP 会对周边城市 GTFP 产生正向影响。而空间权重矩阵 W 与双重差分交乘项 did 的估计系数显著为正，表明邻近城市之间的国家电子商务示范城市建设具有显著的正向空间溢出效应，即国家电子商务示范城市建设加大了示范城市建设的示范效应，对邻近城市产生了一定程度的辐射效应。其中原因可能在于，国家电子商务示范城市建设加速了知识和信息的溢出与扩散，优化了信息和创新等要素资源的空间配置，带来了福利的空间流动，对邻近城市产生了较强的辐射示范效应。

最后，对于控制变量的影响效果，金融发展水平（ fin ）系数为正但不显著，说明中国目前的金融发展程度不高，体系还不完善，未能对企业现代化改革创新提供充足资金支持，因而未能显著促进 GTFP 提升。政府规模（ gov ）估计系数显著为负，表明政府干预机制不完善，导致资源配置效率降低，不利于经济高质量发展，从而显著抑制城市 GTFP 提升。城镇化水平（ $urban$ ）显著为负，意味着城镇化所带来的基础设施建设规模增大，加大了对能源密集型产品的需求，加剧了环境污染，阻碍了城市 GTFP 的提高。市场自由度（ $market$ ）系数为负但不显著，说明中国目前的市场机制不完善，对创新等要素资源禀赋的流通与扩散产生了阻碍作用，抑制城市 GTFP 提升。人力资本（ peo ）估计系数为负但不显著，说明尽管人力资本能带来知识和创新溢出，但是当地未能将高水平技术人才留住，导致人才流失严重，人力资本所带来的创新等方面的优势未能发挥。研发投入（ rd ）估计系数显著为正，意味着目前中国正加大对研发创新的投入，研发投入所带来的创新红利促进了城市 GTFP 的提升。

2、空间效应的分解

因为自变量的空间滞后项包括相邻区域的反馈效应和溢出效应，故仅基于自变量的空间滞后项评价其空间溢出效应是不准确的，估计系数的绝对值无法直接反映解释变量的边际影响。因此本文基于表 5-3 列式（4）的基准回归结果，本文进一步利用偏微分方程对其进行空间效应分解，通过间接效应考察国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的空间溢出。结果见表 5-4。

由表 5-4 可知，国家电子商务示范城市建设的直接效应、间接效应和总效应

均在 99%置信区间上显著为正,不但说明国家电子商务示范城市建设存在显著的直接效应,能够推动本地区的城市 GTFP 提升约 0.81%,而且其引致的空间溢出效应对邻近城市 GTFP 的提升具有显著促进作用,提升约 3.15%,即对邻近城市 GTFP 提升作用更大。这意味着忽视空间效应的存在会低估国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的真实效果。进一步地,SDID 模型的估计系数为 0.0077,且在 1%水平上显著为正,直接效应的系数为 0.0081,和 DID 模型(0.0127)相比,SDID 模型国家电子商务示范城市建设的直接效应更小。

另外,直接效应和 SDID 系数的差值表示地区间的空间反馈效应,显示了本地国家电子商务示范城市建设对邻近城市的反应,进而又反馈回本地的作用大小。本地国家电子商务示范城市建设的实施显著提升了本地 GTFP,系数作用大小为 0.0081,它与 SDID 系数的差值 0.0004 反映了国家电子商务示范城市建设的实施引致了邻近城市 GTFP 提升,该空间反馈效应约占直接效应的 4.94%。进一步地,国家电子商务示范城市建设的空间溢出效应为 0.0315,占总效应约为 80%。因此,国家电子商务示范城市建设不仅推动了本地 GTFP 提升,而且对邻近城市 GTFP 提升具有重要贡献。

表 5-4 空间效应的分解

变量	直接效应	间接效应	总效应
did	0.0081*** (2.8932)	0.0315*** (5.3703)	0.0396*** (7.0339)
控制变量	√	√	√

5.4 稳健性检验

5.4.1 平行趋势及动态效应检验

运用 DID 法的前提是需要满足平行趋势假设,即实验组和控制组在政策出台前具有相同的发展趋势,也即设立为国家电子商务示范城市与未设立为国家电子商务示范城市 GTFP 在政策出台前没有显著性的系统差异。本文借鉴 Beck 等(2010)^[138]的方法绘制了如图 5-5 所示的平行趋势及动态效应检验图,其中横轴表示国家电子商务示范城市建设实施前后的年份,纵轴表示实验组和控制组之间 GTFP 差异变化。

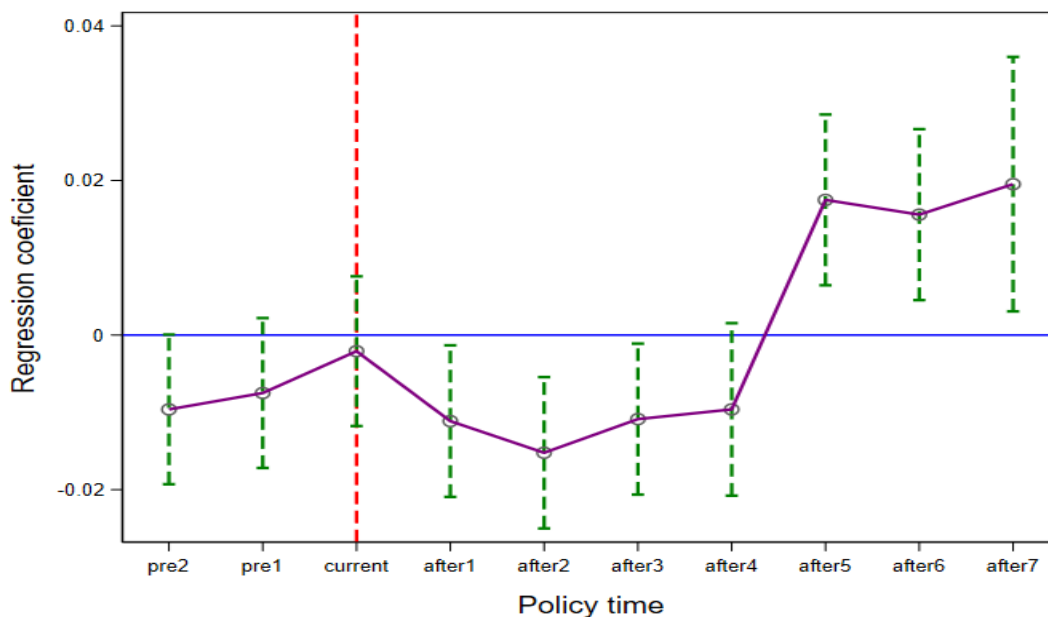


图 5-5 平行趋势及动态效应检验

由图 5-5 所知，在国家电子商务示范城市建设实施之前，实验组和控制组之间的 GTFP 差异均不显著，即国家电子商务示范城市建设是城市 GTFP 的外生因素，满足平行趋势假设，可以使用 DID 模型。

同时由图 5-5 可知，政策在实施当年并未对城市 GTFP 产生影响，而是在国家电子商务示范城市实施的第 1 年产生显著的负向影响，表明国家电子商务示范城市建设的实施具有一定的“滞后性”，滞后期约为 4 年，且由于政策实施初期，各方面工作准备不完善，故未产生显著的促进影响。但是在政策实施后的第 5 年及之后年份，国家电子商务示范城市建设对 GTFP 产生显著的提升作用，并且随着时间的推移，国家电子商务示范城市建设呈现动态可持续性。可能的原因在于，随着国家电子商务示范城市建设的深入实施，政策趋于完善，中国数字经济持续健康发展，政策红利得以充分释放。

5.4.2 安慰剂检验

为避免估计结果受人为设定或遗漏变量的影响，本文进行以下两个安慰剂检验。第一，改变政策实施时间进行反事实检验^[139]。除国家电子商务示范城市建设这一政策对城市 GTFP 产生影响外，其他政策或者随机性因素也会导致城市 GTFP 产生差异，而这种差异与国家电子商务示范城市的设立没有关系，也就导致前文基准回归结果不成立。因此，为排除影响，保证政策处理效应的真实性，

本文通过改变政策获批时间，将政策执行时间提前 2 年，如果此时 did 和与 $W \times did$ 交乘项的估计系数均显著为正，那么说明城市 GTFP 提升与其他政策或随机因素有关，而与国家电子商务示范城市无关，否则只与国家电子商务示范城市建设有关。第二，变换处理组进行安慰剂检验^[140]。某些未受到政策影响的城市假设其受到影响，然而这些城市并未进行国家电子商务示范城市建设，因此理论上这些城市 GTFP 并不会因虚假设设立的国家电子商务示范城市而受到显著的正向冲击。本文据此将其余未设立为国家电子商务示范城市的控制组随机设立为实验组，进行安慰剂检验。两种安慰剂检验的结果见表 5-5。

表 5-5 安慰剂检验

	改变政策实施时间	变换处理组
变量	(1)	(2)
did	-0.0004 (-0.1868)	-0.0041 (-1.1508)
控制变量	√	√
$W \times did$	0.0038 (0.8648)	-0.0083 (-1.0106)
ρ	0.0266 (0.4103)	0.0925*** (3.4400)
σ^2_e	0.0001*** (20.1607)	0.0012*** (45.0523)
Log-likelihood	2544.9799	7954.8191
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

由表 5-5 可知，在两种安慰剂检验下， did 和 $W \times did$ 的估计系数均未显著为正，因此可以反证：城市 GTFP 提升源于国家电子商务示范城市建设的实施，与其他政策或随机性因素没有关联。

5.4.3 PSM-SDID

由于 DID 模型可能存在“选择性偏误”，即在大样本条件下，实验组和控制组无法确保在政策执行前具有相同特征。因此为进一步验证基准回归结果，本文使用 PSM-SDID 进行稳健性检验。首先对实验组和控制组的协变量进行匹配和筛选，并分别在两组中选择特征变量相似区域，再次进行 SDID。具体地，本文使用半径匹配，分别选取两组协变量进行 PSM：（1）选择金融发展水平（ fin ）、政府规模（ gov ）、城镇化水平（ $urban$ ）、市场自由度（ $market$ ）、人力资本（ peo ）、研

发投入 (*rd*)、环境规制 (*envir*) 7 个变量作为协变量, 其中环境规制 (*envir*) 采用二氧化硫排放量占 GDP 的比重予以表征; (2) 选取金融发展水平 (*fin*)、政府规模(*gov*)、城镇化率(*urban*)、市场自由度(*market*)、人力资本(*peo*)5 个变量作为协变量进行 PSM。两组协变量的 PSM-SDID 的回归结果见表 5-6。

表 5-6 PSM-SDID 回归结果

	7 个协变量	5 个变量
变量	(1)	(2)
did	0.0076*** (2.7635)	0.0084*** (3.0580)
控制变量	√	√
W×did	0.0290*** (5.0017)	0.0301*** (5.1983)
ρ	0.0639** (2.3503)	0.0653** (2.3972)
sigma2_e	0.0012*** (45.0675)	0.0012*** (45.0670)
Log-likelihood	7977.1606	7968.8815
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

由表 5-6 可知, 基于两组协变量由 PSM 处理后, SDID 的回归系数、符号及显著性水平与基准回归结果几乎一致, *did*和 $W \times did$ 的估计系数均显著为正, 进一步佐证了基准回归结果的稳健性。

5.4.4 剔除其他相关政策干扰

由于在样本分析期间, 考虑到中国还实施了与国家电子商务示范城市建设相关的其他政策, 由此可能导致估计结果产生政策叠加效应。因此综合以往研究, 本文搜索了 2009—2018 年相关政策, 发现 2012 年国家开始实施智慧城市建设, 智慧城市具有较强的创新效应, 属于数字经济建设的重要组成部分, 这在一定程度上促进了经济高质量发展, 从而导致国家电子商务示范城市政策效果被高估。因此本文对智慧城市建设进行排除干扰检验, 剔除智慧城市试点政策对城市 GTFP 的影响。回归结果见表 5-7, 结果显示在剔除智慧城市试点政策之后, *did*和 $W \times did$ 的估计系数均显著为正, 与基准回归基本一致, 说明国家电子商务示范城市建设与城市 GTFP 的因果关系并未受到其他相关政策冲击影响, 基准回归结果依然稳健。

表 5-7 剔除其他政策干扰

变量	剔除智慧城市建设
did	0.0161*** (4.9757)
控制变量	√
$W \times did$	0.0139** (1.9742)
ρ	0.0263 (0.5927)
sigma2_e	0.0002*** (28.5117)
Log-likelihood	4721.9296
城市固定效应	√
时间固定效应	√

5.4.5 动态时间窗检验

尽管前文已经分析了国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的动态影响，但上文的实证检验是基于 2006—2020 年的城市数据，实证结果反映的是政策执行后（2010—2020 年）相对于政策执行前（2006—2009 年）的平均处理效应。而该结果不能反映电子商务发展对城市 GTFP 的影响在国家电子商务示范城市建设实施前后多久才反映出来，或许电子商务对 GTFP 的提升效应在国家电子商务示范城市建设前后的不同时间段内影响差异较大。因此，为充分对比国家电子商务示范城市建设实施前后的政策冲击效应，本文借鉴史丹和李少林（2020）、Fan 等（2021）的做法^{[141][142]}，改变国家电子商务示范城市建设执行前后的时间窗宽，检验不同时间段内 GTFP 的差异。具体地，以 2009 年作为政策时间节点，分别选取 2 年（2007—2011 年）和 3 年（2006—2012 年）为窗宽进行检验。回归结果见表 5-8，结果显示观测窗宽的变化并不会改变国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 影响效应和空间溢出效应的方向，且随着窗宽的增加，*did*和 $W \times did$ 估计系数的绝对值随之增大，进一步表明本文基准结果的可信性与稳定性。

表 5-8 动态时间窗检验

	窗宽 2 年	窗宽 3 年
变量	(1)	(2)
did	0.0152*** (4.5846)	0.0161*** (4.9757)
控制变量	√	√
W×did	0.0120* (1.6688)	0.0139** (1.9742)
ρ	0.0417 (0.8599)	0.0263 (0.5927)
sigma2_e	0.0002*** (26.0255)	0.0002*** (28.5117)
Log-likelihood	3944.4033	4721.9296
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

5.4.6 其他稳健性检验

1、替换估计方法

对于空间面板模型，在空间单元数 n 不是足够大时，极大似然估计（MLE）的估计结果可能不一致。尽管 n 和时间维度 T 都相对较大时，估计参数的分布也不会相对集中。因此本文借鉴 Lee 和 Yu（2010）的方法^[143]，使用伪最大似然估计（QMLE），以消除个体固定效应和时间效应，且可以为所有参数提供一致估计。因此，本文使用基于转换的 QMLE 重新估计式（5-1），估计结果见表 5-9 列式（1）。由表 5-9 列式（1）可知，在使用 QMLE 之后， did 和 $W \times did$ 的估计系数均显著为正，进一步验证了本文基准回归结果的稳健性。

2、替换被解释变量

在前文的基准回归中，本文所使用的被解释变量 GTFP 是通过 DDF-GML 指数计算得出，因此为进一步验证基准回归结果的稳健性，本文在不改变投入、产出指标的情况下，使用传统的 SBM-DEA 模型结合 ML 指数对城市 GTFP 重新进行测度，并使用重新测度的城市 GTFP 作为被解释变量对式（5-1）进行回归，回归结果见表 5-9 列式（2）。结果显示，在使用新测度的 GTFP 后的回归结果至少在 10%的水平上显著，进一步佐证了基准回归结果的稳健性。

3、缩尾处理

为排除极端值影响，本文对主要变量使用 1%缩尾处理后进行回归分析，回

归结果见表 5-9 列式(3)。由列式(3)可知,在进行缩尾处理后,*did*和 $W \times did$ 的估计系数均显著为正,进一步验证了基准回归结果的稳健性。

表 5-9 其他稳健性检验

	替换估计方法	替换被解释变量	缩尾处理
变量	(1)	(2)	(3)
<i>did</i>	0.0079** (1.9926)	0.0690* (1.7331)	0.0048** (2.0236)
控制变量	√	√	√
$W \times did$	0.0097* (1.6770)	0.2718*** (3.2539)	0.0209*** (4.1673)
ρ	0.6419*** (32.1174)	0.0907*** (2.9892)	0.0706*** (2.5808)
<i>sigma2_e</i>	2.9944*** (3.2208)	0.2434*** (45.0487)	0.0009*** (45.0630)
Log-pseudolikelihood	7396.7051		
Log-likelihood		-2898.3600	8593.1000
城市固定效应	×	√	√
时间固定效应	×	√	√

5.5 异质性分析

由前文的实证分析可知,国家电子商务示范城市建设的实施确实可以提高城市 GTFP,同时国家电子商务示范城市建设实施还具有正向的空间溢出效应,对邻近城市具有一定的“示范效应”,起到了一定的辐射作用。但是这种促进效应和空间溢出效应对不同特征城市是否存在一定差异?本文现从城市等级、城市规模、城市区位三个维度,基于基准模型(5-1)使用分组回归方法,探究国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的异质性影响,检验国家电子商务示范城市建设对不同特征城市的政策效果。

5.5.1 城市等级异质性

中国城市具有行政等级特征,不同行政等级城市无论是经济发展水平,还是制度环境等方面都存在着较大差异,由此可能导致国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 产生不同政策效果。相对而言,直辖市和省会城市可以通过行政等级优势成为政治经济中心和重大发展战略试验区,以此获得更多公共财政资源和一系列激励政策支持。基于此,本文对不同行政等级城市进行分组回归,回归结果

见表 5-10。

表5-10 城市等级异质性

	高行政等级	低行政等级
变量	(1)	(2)
did	0.0190*** (4.0154)	-0.0189*** (-3.9703)
控制变量	√	√
$W \times did$	0.0379*** (4.7418)	0.0180** (2.1255)
ρ	0.0626** (2.3046)	0.0765*** (2.8344)
sigma2_e	0.0012*** (45.0680)	0.0012*** (45.0607)
Log-likelihood	7983.5305	7974.5646
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

结果显示，高行政等级城市 did 和 $W \times did$ 的估计系数均在 1%水平上显著为正，即国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 存在显著的提升作用，且示范效应明显。而低行政等级城市的 did 系数显著为负， $W \times did$ 的估计系数均在 5%水平上显著为正，即国家电子商务示范城市建设显著抑制了城市 GTFP 提升，但具有较强的示范效应。这意味着，国家电子商务示范城市建设在高行政等级城市的政策效果更好，能够显著提升城市 GTFP。

可能的原因在于，相比低行政等级城市，高行政等级城市的市场机制和产业体系更加完善，要素配置效率更高，各种基础设施相对完善，科技发展水平更高，能够快速响应国家电子商务示范城市建设的各种政策要求，更快按照政策要求实现产业结构绿色转型。因而能够为国家电子商务示范城市建设促进城市 GTFP 提供更广阔的提升空间。对于低行政等级城市，不完善的制度环境和基础设施，不均衡的产业结构，均会对国家电子商务示范城市建设的实施产生一定的阻碍作用。此外，人力资本和物质资本的短缺会阻碍产业结构绿色转型，使得在低行政等级城市国家电子商务示范城市建设抑制了所在城市 GTFP 提升。就空间溢出效应来说，由于高行政等级城市的制度环境较西部地区更加完善，因而其示范效应要强于低行政等级城市。

5.5.2 城市规模异质性

为考察国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的影响在不同规模城市是否会表现差异性, 本文根据《关于国务院调整城市规模划分标准的通知》, 将城市样本分为市辖区人口规模大于等于 500 万的大城市和市辖区人口规模小于 500 万的中小城市两类, 回归结果见表 5-11。

表5-11 城市规模异质性

	大城市	中小城市
变量	(1)	(2)
did	0.0367*** (5.6277)	-0.0403*** (-6.1897)
控制变量	√	√
W×did	0.0292*** (4.6929)	-0.0040 (-0.2497)
ρ	0.0564** (2.0654)	0.0767*** (2.8475)
sigma2_e	0.0011*** (45.0700)	0.0012*** (45.0606)
Log-likelihood	7994.0648	7983.0978
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

结果显示, 国家电子商务示范城市建设对大城市 GTFP 产生了显著的促进作用, 而且还具有显著的正向空间溢出效应。在中小城市, 国家电子商务示范城市建设显著抑制了城市 GTFP 提升, 且产生了负向的空间溢出效应。

产生这种差异化结果的原因可能在于, 大城市拥有丰富的知识、技术、数据等要素, 为电子商务发展提供了优良环境。国家电子商务示范城市建设的实施吸引了大批高水平人才、高质量的人力资本和先进绿色创新技术, 这些提高了城市资源利用效率和污染集中排放能力, 推动产业转型升级, 从而极大促进了城市 GTFP 提升。对于中小城市而言, 尽管实施了国家电子商务示范城市建设, 但由于自身经济发展和资源要素禀赋受限, 无法留住高水平人才, 人才流失较为严重, 技术创新能力滞后, 从而导致城市 GTFP 下降。

5.5.3 城市区位异质性

中国幅员辽阔, 不同区位城市间的资源条件、经济发展等方面存在着较大差

异。根据经济发展水平，将城市划分为两组：东部、中西部，其中东部地区城市经济发展水平最好，其次是中西部地区。利用式（5-5）进行回归分析，结果见表 5-12。

表5-12 城市区位异质性

	东部	中西部
变量	(1)	(2)
did	0.0217*** (4.6226)	-0.0250*** (-5.3442)
控制变量	√	√
$W \times did$	0.0384*** (5.2269)	0.0079 (0.8254)
ρ	0.0571** (2.0984)	0.0766*** (2.8414)
sigma2_e	0.0011*** (45.0698)	0.0012*** (45.0607)
Log-likelihood	7991.7779	7978.4871
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√

结果显示，在东部地区城市，*did*和 $W \times did$ 的估计系数均在 1%水平上显著为正，即国家电子商务示范城市建设显著提升了当地 GTFP，且具有显著的空间示范效应。然而，在中西部地区城市，*did*估计系数在 1%水平上显著为负， $W \times did$ 的估计系数为正但不显著。也即，在中西部地区城市，国家电子商务示范城市建设显著降低了所在城市 GTFP，且空间示范效应不明显。

这可能是因为，东部地区城市基本处于沿海地区，拥有得天独厚的地理优势。改革开放以来，由于国家发展战略倾斜和对外贸易迅速发展，东部地区城市对政策和制度的实际利用效率以及经济绩效远远领先于中西部地区城市。国家电子商务示范城市建设的实施不仅进一步为东部地区城市带来了资本、技术和人力，而且优化了东部地区的资源配置效率，显著提高了城市 GTFP。相对而言，中西部地区城市在地理位置、制度安排、政策倾斜和经济发展等方面存在弱势。尽管国家电子商务示范城市建设能够在一定程度上推动产业结构的绿色转型升级，但是高污染高排放等高能耗产业仍占据主导地位，使得中西部地区获批的国家电子商务示范城市在建设初期面临因碳排放基数大而造成的碳减排任务艰巨，给国家电子商务示范城市建设带来巨大压力与挑战，因而在某种程度上会显著抑制城市 GTFP 提升。

从空间溢出效应来看，国家电子商务示范城市建设仅在东部地区产生显著的正向空间溢出效应。原因可能在于，东部地区城市形成了长三角、珠三角等世界级城市群，区域内经济交流活动日益频繁。因而在东部地区城市，国家电子商务示范城市建设的积极空间溢出效应更加显著。

第 6 章 电子商务发展对绿色全要素生产率的影响机制检验

6.1 中介效应模型构建

基准回归结果验证了国家电子商务示范城市建设确实可以促进城市 GTFP 增长,然而国家电子商务示范城市建设如何影响城市 GTFP?亟需回答。也就是说国家电子商务示范城市建设需要通过一定的传导途径才能影响到城市 GTFP。此传导途径即为中介变量 (M),本文据此基于 SDM 模型构建中介效应模型^[144]以反映三者之间的关系。

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 did_{it} + \alpha_2 did_{it} \times W + \theta control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (6-1)$$

$$GTFP_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 did_{it} + \varphi_2 M_{it} + \varphi_3 M_{it} \times W + \varphi_4 did_{it} \times W + \theta control_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (6-2)$$

其中 $control$ 表示控制变量, μ 是城市固定效应, γ 为时间固定效应, ε 是随机扰动项, M 为前文提出的能源效率 ($energy$)、外商直接投资 (FDI) 以及产业结构升级 ($structure$) 这三个传导途径。

中介效应的具体检验步骤如下:(1)首先对式(6-1)进行回归,如果估计系数 α_1 显著,说明国家电子商务示范城市建设对中介变量的影响显著存在。(2)其次对式(6-2)进行回归,检验估计系数 φ_2 和 φ_3 是否显著。(3)当 α_1 和 φ_2 中至少有一个不显著时,需要进行 *Bootstrap* 检验。当 *Bootstrap* 检验的置信区间不包含 0 时,说明通过 *Bootstrap* 检验,中介效应成立。

6.2 中介变量引入及测度

6.2.1 能源效率

本文使用单位 GDP 的实际能源消耗作为能源效率的代理指标。能源效率的具体计算步骤如下:(1)基于《中国城市统计年鉴》,城市的能源消费总量包括液化石油气、天然气和电力消费。(2)基于《中国能源统计年鉴》中提供的标准煤系数,将液化石油气和天然气转为万吨标准煤。(3)对于电力消费,基于《中国电力统计年鉴》提供的燃煤发电量占总发电量的统一比例以及《中国能源统计

年鉴》提供的能源折算标准煤系数,将城市电力消耗总量折算为万吨标准煤。(4)将转换后的三种能源消耗的标准煤相加得到总能源消耗标准煤,并用实际 GDP 与总能源消耗的万吨标准煤之比取自然对数作为能源效率的代理指标。

6.2.2 外商直接投资

外资进入所带来的技术转移是推动城市创新发展的重要驱动力之一,本文使用实际利用外资金额与实际 GDP 的比重作为外商直接投资的代理指标,实际利用外资金额已按当年美元汇率换算为人民币。

6.2.3 产业结构升级

产业结构升级对城市 GTFP 具有重要作用,本文使用第三产业产值占 GDP 比重作为产业结构升级的代理变量。

6.3 影响机制检验

6.3.1 数据来源

本章分析数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国电力统计年鉴》,部分缺失值采用插值法和均值法补全。

6.3.2 机制检验结果和分析

本文基于式(6-1)和式(6-2)对能源效率(*energy*)、外商直接投资(*FDI*)以及产业结构升级(*structure*)进行中介效应检验,具体回归结果如下所示。

1、能源效率

表6-1 基于能源效率的中介效应检验

	(1)	(2)
变量	energy	GTFP
did	0.0827*** (3.6593)	0.0072*** (2.6393)
energy		0.0054*** (2.8380)
控制变量	√	√
ρ	0.0813*** (2.7624)	0.0639** (2.3517)
sigma2_e	0.0787*** (45.0585)	0.0012*** (45.0675)
Log-likelihood	-602.8456	7980.8330
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√
N	4,065	4,065

由表 6-1 列式（1）可知，国家电子商务示范城市建设对能源效率的影响系数在 1%水平下显著为正，说明国家电子商务示范城市建设显著提升了能源效率。由列式（2）可知，在引入中介变量能源效率 $energy$ 后，电子商务对城市 GTFP 的影响系数小于基准回归结果表 5-3 列式（4）中 did 的回归系数，且在 1%水平下显著为正，这表明能源效率提升是电子商务建设促进绿色全要素生产率增长的重要作用路径。原因在于，能源效率越高，单位能源消耗带来的产值越高，这不但可以节约能源使用，减少污染排放，而且可以减少投入成本，产生更为可观的经济效益。综合列式（1）和列式（2）可得，国家电子商务示范城市建设通过能源效率提升来促进城市 GTFP 提升。中介效应模型检验结果支持“电子商务发展→能源效率提高→绿色全要素生产率提升”的具体作用路径。

2、外商直接投资

表6-2 基于外商直接投资的中介效应检验

	(1)	(2)
变量	FDI	GTFP
did	-0.0005 (-0.5402)	0.0076*** (2.7854)
FDI		-0.1650*** (-3.5072)
控制变量	√	√
ρ	-0.0211 (-0.7320)	0.0616** (2.2635)
sigma2_e	0.0001*** (45.0818)	0.0012*** (45.0683)
Log-likelihood	12447.3139	7982.9526
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√
N	4,065	4,065

由表 6-2 列式（1）可知，国家电子商务示范城市建设对外商直接投资的影响系数为负，但不显著，说明电子商务发展未能有效促进外商直接投资。由列式（2）可知，外商直接投资对城市 GTFP 的影响系数在 1%水平下显著为负，表明外商直接投资显著降低了城市 GTFP。造成这一情况的原因可能在于：中国吸收到的外商直接投资虽然规模较高，但缺乏高端技术和核心技术。鉴于同业竞争、技术安全、商业机密等因素考虑，部分外资企业不愿意将最先进的高端技术带到中国。尤其是近年来，全球贸易保护主义抬头，限制了部分先进外资来华投资，这些都在相当程度上制约了我国 GTFP 提升。综合列式（1）、列式（2）可知，国家电子商务示范城市建设未能通过外商直接投资显著影响城市 GTFP。中介效应模型检验结果未能支持“电子商务发展→外商直接投资→绿色全要素生产率”的具体作用路径。

3、产业结构升级

表6-3 基于产业结构升级的中介效应检验

	(1)	(2)
变量	structure	GTFP
did	0.0016 (0.3834)	0.0077*** (2.7967)
structure		0.0162 (1.6213)
控制变量	√	√
ρ	-0.0459 (-1.5746)	0.0631** (2.3189)
sigma2_e	0.0028*** (45.0759)	0.0012*** (45.0678)
Log-likelihood	6145.9557	7978.4259
城市固定效应	√	√
时间固定效应	√	√
N	4,065	4,065

由表 6-3 列式 (1) 可知, 国家电子商务示范城市建设对产业结构升级效应的系数为正但不显著。同时由列式 (2) 可知, 产业结构升级对城市 GTFP 的影响系数为正但不显著。由于 α_1 和 φ_2 均不显著, 此时进行*Bootstrap*检验, 结果为 (0.0191468, 0.0325186), 置信区间不包含 0, *Bootstrap*检验通过。综合表 6-3 列式 (1)、列式 (2) 和*Bootstrap*检验结果, 国家电子商务示范城市建设通过促进产业结构升级进而提升城市 GTFP。可见, 中介效应模型检验结果支持“电子商务发展→产业结构升级→绿色全要素生产率”的具体作用路径。

第 7 章 主要结论与政策建议

7.1 主要结论

电子商务作为数字经济的重要组成部分，对降低资源消耗，减少环境污染，加快绿色经济高质量发展具有重要意义。因此，在电子商务快速发展和“双碳”目标背景下，电子商务能否以及如何释放 GTFP 红利成为亟需解答的关键问题。

本文基于“双碳”背景，以国家电子商务示范城市政策实施作为电子商务发展的一次准自然实验，以此探讨电子商务发展对 GTFP 的影响效果。首先，阐述了绿色经济增长理论、传统 TFP 与 GTFP 的内涵界定，并总结了相关文献。其次介绍了中国电子商务发展现状以及国家电子商务示范城市建设的相关政策背景，并从能源效率、外商直接投资和产业结构升级三个方面对影响机理进行深入剖析。再次，对本文的被解释变量 GTFP 进行测度，对比了非期望产出中有无 CO₂ 的 GTFP，并利用 Dagum 基尼系数、非参数核密度估计方法对中国城市 GTFP 进行深入探讨。最后，使用 SDID 研究了“双碳”背景下电子商务发展对 GTFP 的影响效果及空间溢出效应，使用动态效应模型检验了国家电子商务示范城市建设对 GTFP 提升的时间效应，利用分组回归分析了国家电子商务示范城市建设对不同特征城市 GTFP 提升的异质性影响，并运用中介效应模型对其中的传导机制进行分析。主要得出以下结论：

第一，以国家电子商务示范城市政策实施为代表的电子商务发展能够显著促进试点城市绿色全要素生产率提高。这一结论在经历平行趋势检验、安慰剂检验、替换被解释变量等一系列稳健性检验后，仍然成立。可见，电子商务能兼顾经济发展与生态保护的双重需求，是化解经济增长与环境保护之间矛盾的重要突破口。这一发现丰富了实现城市绿色发展的新型路径，拓展了城市高质量发展的政策工具箱。在数字经济蓬勃发展背景下，电子商务已经成为中国实现经济环境协调发展的新路径。

第二，“双碳”背景下中国城市 GTFP 存在较大空间差异。全国及国家电子商务示范城市和非示范城市 GTFP 水平总体呈上升趋势，且示范城市 GTFP 水平高于全国平均水平，非示范城市低于全国平均水平。区域内差异始终是 GTFP 总

体差异的主要来源,而示范城市依然是区域内差异最大的地区,反映出尽管示范城市凭借其电子商务发展的政策优势,但不平衡问题仍然突出。从组间差异来看,示范城市和非示范城市的 GTFP 分化趋势显著,差异呈逐年递增趋势,反映出国家电子商务示范城市建设使示范城市和非示范城市间的差异逐渐增大,发展不平衡问题亟待解决。组间超变密度相对于组内差异来说较小,侧面反映出国家电子商务示范城市的申报条件能够合理地选择出适合政策发展的城市,以最大限度地发挥电子商务发展优势,形成以点带面优势。从非期望产出是否含有 CO_2 测算出的 GTFP 情况来看,“双碳”目标约束下的 GTFP 显著异于不考虑“双碳”目标约束时的 GTFP。这说明, CO_2 排放已成为制约我国城市 GTFP 的重要因素,要更加准确识别出城市 GTFP 的区域异化因素。

第三,从动态演进来看,全国及国家电子商务示范城市和非示范城市的 GTFP 均存在不同程度的上升趋势,表明中国的“双碳”目标已经得到一定程度的落实,经济高质量发展工作取得明显的积极成效,但示范城市和非示范城市的具体表现存在较大差异。示范城市仅在样本初期极化特征明显,GTFP 呈多极化分布趋势。而非示范城市在样本期间出现过多极化现象。这意味着,未来政府需要控制区域极化发展,实现均衡发展。

第四,国家电子商务示范城市建设不但提高了所在城市的 GTFP,促进了城市经济高质量发展,而且对邻近城市 GTFP 提升作用更大,也就是说国家电子商务示范城市建设产生了空间辐射效应。与非示范城市相比,国家电子商务示范城市建设使 GTFP 提升了约 0.77%。在经过一系列稳健性检验后,国家电子商务示范城市建设对 GTFP 的提升效应和对邻近地区的空间辐射效应仍然成立。也就是说国家电子商务示范城市建设对 GTFP 的提升效应不仅具有“属地特征”,还具有“溢出特征”。这意味着,国家级电子商务示范城市建设具有实现经济发展和环境保护双赢的潜在政策红利,电子商务发展需要加强区域协调和统筹规划,避免各自为战式的自我封闭式发展。

第五,从时间异质性来看,国家电子商务示范城市建设对 GTFP 的提升作用具有滞后性与可持续性并存的特征。国家电子商务示范城市建设对 GTFP 的影响不是立竿见影的,需要逐渐发挥作用。这意味着完全发挥国家电子商务示范城市建设的政策效应需要将顶层设计与政策实施的长期性和可持续性结合起来,需要

持续推进国家电子商务建设和完善电子商务相关政策。

第六，国家电子商务示范城市建设对城市 GTFP 的提升作用异质性明显，即在高行政等级城市、大城市和东部地区城市 GTFP 提升作用更大。这意味着要实现电子商务的绿色发展功效需要采取精准实施、差别化推进，避免“一刀切”式的建设。

第七，影响机制分析表明，能源效率和产业结构升级是国家电子商务示范城市建设推动城市 GTFP 提升的主要路径机制，但促进外商直接投资的中介作用却不明显。这就打开了电子商务发展促进 GTFP 提升的作用“黑箱”，为充分发挥电子商务的绿色发展功效提供了充分借鉴。

7.2 政策建议

研究结果表明，国家电子商务示范城市建设对中国城市 GTFP 提升具有显著的促进作用和空间溢出效应。为更好发挥电子商务发展对 GTFP 提升的促进作用，本文提出以下政策建议：

7.2.1 持续推进试点政策

继续坚定推行国家电子商务示范城市建设，强化经济高质量发展的政策基础。国家电子商务示范城市显著促进了 GTFP 提升，助推了中国“双碳”目标的实现和经济高质量发展。因此，必须保证国家电子商务示范城市建设的稳定性和连续性，不断扩大国家电子商务示范城市建设范围，完善电子商务政策环境，健全电子商务支撑体系，加强电子商务基础设施和交易保障设施建设。

7.2.2 推广复制示范城市经验

在更多区域推广复制国家电子商务示范城市建设经验，有力发挥国家电子商务示范城市的空间辐射作用。鉴于国家电子商务示范城市建设带动了周边地区 GTFP 提升，各地需要向示范城市学习先进经验和成功做法，加强与示范城市的要素流动和合作交流，同时示范城市也需要主动帮扶非示范城市电子商务建设，全力弥补非示范城市电子商务发展短板，激发溢出效应，切实有效发挥国家电子商务示范城市的“示范”和“模范”作用，真正实现以示范促发展。

7.2.3 因地制宜，精准施策

中国各地区资源禀赋差异较大，“一刀切”的做法需要极力避免。国家电子商务示范城市建设要因地制宜，精准施策。国家电子商务示范城市建设要稳步推进，充分考虑城市等级、城市规模和城市区位条件等，因地制宜差异化推进。国家电子商务示范城市试点应重点向高行政等级城市、大城市和东部地区城市倾斜，以进一步促进其 GTFP 提升，助力重点地区加快绿色发展升级。各地根据自身比较优势和禀赋条件，实施差别化的电子商务发展战略。制定具有地方特色的经济高质量发展路径，同时发挥相关经济社会因素在其中起到的影响作用，完善相关配套措施。

7.2.4 促进均衡发展

要更加关注区域内城市经济高质量发展水平的平衡性，发挥中心城市对周边城市的协同带动作用，打破“虹吸”效应，弱化极化关系，充分发挥示范城市的“区域增长极”作用。要促进区域间城市经济高质量发展的协调发展。在保持国家电子商务示范城市经济高质量发展稳中向好的同时，需要以更大的力度促进非示范城市加快经济高质量发展。电子商务非示范城市要多渠道利用示范城市强大的电子商务，学会借脑创新，以此缓解本地电子商务供应能力不足，从而提高本地电子商务水平。

7.2.5 畅通作用渠道

本文研究表明能源效率和产业结构升级是电子商务发展促进城市绿色全要素生产率提升的两大作用路径。为此，需要加快能源效率提升，多措并举推动能源节约和降低能耗，也要加强顶层设计，推动产业结构升级。严格控制高污染、高能耗、高排放等三高产业，淘汰落后产能，倒逼重污染行业低碳绿色转型，推动全行业绿色发展。

7.3 不足与展望

本文以国家电子商务示范城市建设作为一项准自然实验，提炼出“双碳”背

景下电子商务发展对 GTFP 的影响机理，并进行实证分析，同时对“双碳”背景下的 GTFP 进行了深入分析，但仍有不足之处，主要体现在：

（1）在第 5 章的实证分析中，本文假设国家电子商务示范城市受到的政策支持力度相同，但是从实际情况来看，每个示范城市政府对政策的重视程度各不相同，存在一定差异。因此在进一步的研究中，需要增设相关变量刻画当地政府对政策的支持力度，以便更加精细地反映出电子商务发展对 GTFP 的影响效果。

（2）受数据时间维度的限制，本文在政策效应持续性研究方面无法进行，因此后续研究中需要进一步更新数据研究电子商务发展对城市 GTFP 的影响效果，以更好地对国家电子商务示范城市建设做出更加客观的评价。

（3）国家电子商务示范城市建设作为一项发展低碳绿色经济的政策试点工作，已经成为国家的重要发展战略。因此，如何激发国家电子商务示范城市的低碳绿色经济功能，一直是学术界关注的重点。在今后的研究工作中，可以从微观层面出发，如基于企业面板数据，研究电子商务发展对企业 GTFP 的影响效果。

参考文献

- [1] 成力为,肖彩霞.环境规制作用下企业绿色全要素生产率的提升——基于异质性研发投资的路径分析[J].大连理工大学学报(社会科学版),2023,44(05):35-45.
- [2] 倪泽睿.贸易开放、外资开放与绿色全要素生产率——来自长三角地区 41 个城市的经验证据[J].华东理工大学学报(社会科学版),2023,38(05):136-148.
- [3] 陈晓兰,尚方平,沈万芳.税收竞争对绿色全要素生产率的影响——基于长江三角洲、长江中游城市群视角[J].经济与管理评论,2023,39(04):17-29.
- [4] 刘乾,程洪乾,邵砾群等.“双碳”愿景下双向 FDI 协调发展助推区域绿色转型的实证研究:本地效应与空间溢出[J].中国软科学,2024,(02):104-112.
- [5] 赫永达,王俏茹,刘达禹.中国绿色生产效率测度及时空演变特征研究——基于非期望投入改进的 SBM[J/OL].数理统计与管理:1-18[2022-11-07].
- [6] 邓晶,刘倩.区域创新、财政分权与绿色全要素生产率——基于空间视域的实证分析[J/OL].数学的实践与认识:1-14[2022-11-05].
- [7] 朱喜安,马樱格.数字经济对绿色全要素生产率变动的影响研究[J].经济问题,2022(11):1-11.
- [8] 张英浩,汪明峰,崔璐明,匡爱平.数字经济水平对中国市域绿色全要素生产率的影响[J].经济地理,2022,42(09):33-42.
- [9] 陈明华,张晓萌,刘玉鑫,仲崇阳.绿色 TFP 增长的动态演进及趋势预测——基于中国五大城市群的实证研究[J].南开经济研究,2020(01):20-44.
- [10] 邢宏洋,高俊,谭辉.国际空间溢出与服务业全要素生产率——基于空间随机前沿分析方法的测度[J].数量经济技术经济研究,2021,38(05):75-95.
- [11] 武义青,张旭.我国省域经济绿色发展评价——基于绿色全要素生产率的视角[J].河北经贸大学学报,2022,43(01):67-81.
- [12] 周玮庆,聂元昆.中国绿色全要素生产率动态测算与区域特征分解[J/OL].统计与决策,2022(20):37-42[2022-11-07].
- [13] 徐晓红,汪侠.中国绿色全要素生产率及其区域差异——基于 30 个省面板数据的实证分析[J].贵州财经大学学报,2016(06):91-98.

- [14] Yang X, Jia Z, Yang Z. How does technological progress impact transportation green total factor productivity: a spatial econometric perspective[J]. Energy Reports, 2021, 7: 3935-3950.
- [15] 赵巍.数字经济与城市绿色全要素生产率:作用机制与门槛效应[J/OL].中国流通经济:1-12[2022-10-30].
- [16] 杨建飞,席小瑾.基于 DEA 方法的地方财政科技投入效率的估计及优化对策[J].自然辩证法通讯,2018,40(11):88-94.
- [17] 刘华军,李超,彭莹.中国绿色全要素生产率的地区差距及区域协同提升研究[J].中国人口科学,2018(04):30-41+126.
- [18] 杨志安,王佳莹.财政分权与绿色全要素生产率——基于系统 GMM 及门槛效应的检验[J].生态经济,2018,34(11):132-139.
- [19] 夏凉,朱莲美,王晓栋.环境规制、财政分权与绿色全要素生产率[J].统计与决策,2021,37(13):131-135.
- [20] 徐军委,刘志华,平婧怡,张冉.双重环境规制提升了绿色全要素生产率吗?——基于产业结构升级的门槛效应分析[J].调研世界,2022(09):80-88.
- [21] Tian Y, Feng C. The internal-structural effects of different types of environmental regulations on China's green total-factor productivity[J]. Energy Economics, 2022, 113: 106246.
- [22] 张静晓,芦冠仰,顾杨,程佳伟,张芝粤.绿色全要素生产率分析:影响因素与清单列表[J].生态经济,2022,38(06):56-62+69.
- [23] 申洋,郭俊华,朱彦.智慧城市建设对地区绿色全要素生产率影响研究[J].中南大学学报(社会科学版),2021,27(02):140-152.
- [24] 孙一平,刘泽杰,刘益冰,卞平官.新能源示范城市建设对绿色全要素生产率的影响研究[J].宏观经济研究,2022(11):134-146.
- [25] 熊广勤,方扶星.低碳城市建设提升了绿色全要素生产率吗?——基于 278 个地级市的实证研究[J].福建论坛(人文社会科学版),2022(12):101-114.
- [26] 梁军,李佳艺.碳交易是否提升了城市绿色全要素生产率?[J].上海经济研究,2023(03):97-114.
- [27] 王家庭,袁春来,刘子杰.“生态锦标赛”有利于绿色全要素生产率提升吗?——

- 来自文明城市评选的经验证据[J].管理学刊,2023,36(01):16-32.
- [28]Cao X, Deng M, Li H. How does e-commerce city pilot improve green total factor productivity? Evidence from 230 cities in China[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 289: 112520.
- [29]UNESCAP, The State of the Environment in Asia and the Pacific 2005, 2005.<https://www.unescap.org/resources/state-environment-asia-and-pacific-2005> #.
- [30]OECD. Towards green growth A summary. [R]. 2011.
- [31]UNEP. Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication. A synthesis for policy makers.[R].2011,P17-37.
- [32]Bowen A. 'Green'growth,'green'jobs and labor markets[J]. World bank policy research working paper, 2012 (5990).
- [33]王晓岭,武春友,于文嵩.绿色增长驱动因素的国际比较研究——基于“20 国集团(G20)”面板数据的实证检验[J].北京理工大学学报(社会科学版),2015,17(06):12-20.
- [34]Tinbergen J. Zur theorie der langfristigen wirtschaftsentwicklung[J]. Weltwirtschaftliches Archiv, 1942: 511-549.
- [35]张平淡,陈臻.国家级新区创设驱动绿色发展的效应检验[J].北京理工大学学报(社会科学版),2020,22(04):49-59.
- [36]范合君,何思锦.现代产业体系与经济可持续发展——基于经济政策不确定性与政府人才数量的调节作用[J].中国流通经济,2021,35(12):16-27.
- [37]Kalakota R, Whinston A B. Electronic commerce: a manager's guide[M]. Addison-Wesley Professional, 1997.
- [38]王硕. 电子商务概论[D].合肥工业大学,2007.
- [39]翁君奕.商务模式创新:企业经营"魔方"的旋启[M].北京:经济营理出版社, 2004, 8-9.
- [40]Xie H, Chang S, Wang Y, et al. The impact of e-commerce on environmental sustainability targets in selected European countries[J]. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 2023, 36(1): 230-242.

- [41]李琪.中国电子商务[M].成都:西南财经大学出版社, 1997, 55-56.
- [42]Su C W, Yuan X, Umar M, et al. Does technological innovation bring destruction or creation to the labor market?[J]. *Technology in Society*, 2022, 68: 101905.
- [43]Tao R, Su C W, Naqvi B, et al. Can Fintech development pave the way for a transition towards low-carbon economy: A global perspective[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 174: 121278.
- [44]Tao R, Su C W, Yaqoob T, et al. Do financial and non-financial stocks hedge against lockdown in Covid-19? An event study analysis[J]. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2022, 35(1): 2405-2426.
- [45]谷国锋,许瑛航.中国地级市电子商务发展水平的空间格局及影响因素[J].*经济地理*,2019,39(10):123-129+145.
- [46]王璇,王海宁,陈昭旭.基于空间计量模型的我国电子商务发展水平差异研究[J].*商业经济研究*,2020,No.807(20):87-89.
- [47]Xie H, Chang S, Wang Y, et al. The impact of e-commerce on environmental sustainability targets in selected European countries[J]. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2023, 36(1): 230-242.
- [48]《CII 电子商务指数研究与测算》课题组.关于电子商务水平测度的研究[J].*统计研究*,2001 ,(12):26- 31.
- [49]盛振.2014 年中国电子商务示范城市发展指数报告[EB/OL1. (2015. 05 05) [2017 02 -2tp /n aresearch. com/mle/20150508/20150508010
- [50]浩飞龙,关皓明,王士君.中国城市电子商务发展水平空间分布特征及影响因素[J].*经济地理*,2016,36(02):1-10.
- [51]刘晓阳,丁志伟,黄晓东,王敏,王发曾.中国电子商务发展水平空间分布特征及其影响因素——基于 1915 个县(市)的电子商务发展指数[J].*经济地理*,2018,38(11):11-21+38.
- [52]Liu H, Ai C. Empirical research on rural e-commerce development level index system based on catastrophe progression method[J]. *Cluster Computing*, 2019, 22(Suppl 3): 6101-6109.
- [53]Peng C. Does e-commerce reduce traffic congestion? Evidence from alibaba single day shopping event[J]. 2019.

- [54]U.S.NSF Workshop Report of Research Priorities in Electronic Commerce 1999[R]. <http://crec.mcombs.utexas.edu/workshop/ecdraft.html>, 1999.
- [55]APEC, APEC E - Commerce Readiness Assessment Guide. APEC Telecommunications And Information Working Group , 2000.
- [56]Peng L, Lai L. A service innovation evaluation framework for tourism e-commerce in China based on BP neural network[J]. Electronic Markets, 2014, 24: 37-46.
- [57]陈云帆,曹玲.我国省域电子商务的发展绩效评价——基于 31 个省域的宏观数据[J].商业经济研究,2018(02):60-63.
- [58]姚慧丽.区域电子商务发展水平测度与分析[J].统计与决策,2019, 35(14):105-108.
- [59]贾铖,夏春萍.我国区域电子商务发展的动态演进与聚敛分析[J].统计与决策,2021,37(03):85-89.
- [60]付媛,郭晨,任保平.省域电子商务高质量发展的测度与动态演进分析[J].区域经济评论,2022(02):43-50.
- [61]鄢慧丽,王强,熊浩,徐帆.华东地区电子商务发展水平空间差异及影响因素分析[J].西北师范大学学报(自然科学版),2018,54(03):97-104.
- [62]陈延斌,殷冠文,王少慧.山东省电子商务发展水平的地域特征及影响因素[J].经济地理,2022,42(01):135-143.
- [63]雷星晖,张伟.电子商务平台顾客感知价值对购买行为及企业未来销售的影响[J].上海管理科学,2012,34(04):27-33.
- [64]王兴芬,杜惠英.基于买家评论文本分析的 C2C 电子商务推荐信任研究[J].中国流通经济,2018,32(11):22-30.
- [65]Kabango C M, Asa A R. Factors influencing e-commerce development: Implications for the developing countries[J]. International Journal of Innovation and Economic Development, 2015, 1(1): 64-72.
- [66]王超,吴斌,李玉.基于订单调度的 B2C 电子商务服务质量评价[J].企业经济, 2018,No.452(04):73-79.DOI:10.13529/j.cnki.enterprise.economy.2018.04.10.
- [67]Sichel D E. The Computer Revolution: An Economic Perspective[J]. 1997.
- [68]Anvari R D, Norouzi D. The impact of e-commerce and R&D on economic

- development in some selected countries[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2016, 229: 354-362.
- [69]Liu T K, Chen J R, Huang C C J, et al. E-commerce, R&D, and productivity: Firm-level evidence from Taiwan[J]. *Information Economics and Policy*, 2013, 25(4): 272-283.
- [70]王蓓.电子商务发展对经济增长作用路径的实证分析[J].*商业经济研究*, 2017(17):61-63.
- [71]Luo X, Niu C. E-Commerce participation and household income growth in Taobao Villages[J]. *World Bank Policy Research Working Paper*, 2019 (8811).
- [72]Luo X, Wang Y, Zhang X. E-Commerce development and household consumption growth in China[J]. *World Bank Policy Research Working Paper*, 2019 (8810).
- [73]李瑶.电子商务对宏观经济增长的影响机制分析[J].*商业经济研究*, 2016(10):121-122.
- [74]王奇,牛耕,赵国昌.电子商务发展与乡村振兴:中国经验[J].*世界经济*, 2021,44(12):55-75.
- [75]张俊英,郭凯歌,唐红涛.电子商务发展、空间溢出与经济增长——基于中国地级市的经验证据[J].*财经科学*,2019(03):105-118.
- [76]鞠雪楠,赵宣凯,孙宝文.跨境电商平台克服了哪些贸易成本?——来自“敦煌网”数据的经验证据[J].*经济研究*,2020,55(02):181-196.
- [77]Xue X, Wang X, Li L. Employment Absorption Capacity of E-commerce Service Industry[J]. *Journal of Coastal Research*, 2019, 93(SI): 879-882.
- [78]Huang C C, Jin H, Zhang J, et al. The effects of an innovative e-commerce poverty alleviation platform on Chinese rural laborer skills development and family well-being[J]. *Children and Youth Services Review*, 2020, 116: 105189.
- [79]李宏兵,王爽,赵春明.农村电子商务发展的收入分配效应研究——来自“淘宝村”的经验证据[J].*经济经纬*,2021,38(01):37-47.
- [80]谢文栋.城市电商化发展能否实现稳就业? [J].*财经研究*,2023,49(01):139-153.
- [81]王金杰,牟韶红,盛玉雪.电子商务有益于农村居民创业吗?——基于社会资本

- 的视角[J].经济与管理研究,2019,40(02):95-110.
- [82]Mei Y, Mao D, Lu Y, et al. Effects and mechanisms of rural E-commerce clusters on households' entrepreneurship behavior in China[J]. Growth and Change, 2020, 51(4): 1588-1610.
- [83]Liu Y, Yang Y, Li H, et al. Digital economy development, industrial structure upgrading and green total factor productivity: Empirical evidence from China's cities[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19(4): 2414.
- [84]Meng F, Zhao Y. How does digital economy affect green total factor productivity at the industry level in China: From a perspective of global value chain[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022: 1-19.
- [85]刘维林,王艺斌.数字经济赋能城市绿色高质量发展的效应与机制研究[J].南方经济,2022(08):73-91.
- [86]张圆.城市数字经济对绿色全要素生产率的空间效应研究——理论机理与实证检验[J].经济体制改革,2022(04):43-50.
- [87]Sui D Z, Rejeski D W. Environmental impacts of the emerging digital economy: the e-for-environment e-commerce?[J]. Environmental Management, 2002, 29(2): 155-163.
- [88]Karbassi S M T A R. Application of E-commerce in local home shopping and its consequences on energy consumption and air pollution reduction[J]. Journal of Environmental
- [89]Sivaraman D, Pacca S, Mueller K, et al. Comparative energy, environmental, and economic analysis of traditional and e-commerce DVD rental networks[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11(3): 77-91.
- [90]刘乃全,邓敏,曹希广.城市的电商化转型推动了绿色高质量发展吗? ——基于国家电子商务示范城市建设的准自然实验[J].财经研究,2021,47(04):49-63.
- [91]Mills A. Collaborative engineering and the Internet: linking product development partners via the web[M]. Society of Manufacturing Engineers, 1998.
- [92]Påsson H, Pettersson F, Hiselius L W. Energy consumption in e-commerce versus conventional trade channels-Insights into packaging, the last mile, unsold

- products and product returns[J]. Journal of cleaner production, 2017, 164: 765-778.
- [93]Tiwari S, Singh P. Environmental impacts of e-commerce[C]//International conference on environment Science and engineering. 2011, 8: 202-207.
- [94]Moyer J D, Hughes B B. ICTs: do they contribute to increased carbon emissions?[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(5): 919-931.
- [95]Du L, Lin W. Does the application of industrial robots overcome the Solow paradox? Evidence from China[J]. Technology in Society, 2022, 68: 101932.
- [96]Reijnders L, Hoogeveen M J. Energy effects associated with e-commerce: A case-study concerning online sales of personal computers in The Netherlands[J]. Journal of Environmental Management, 2001, 62(3): 317-321.
- [97]Sivaraman D, Pacca S, Mueller K, et al. Comparative energy, environmental, and economic analysis of traditional and e-commerce DVD rental networks[J]. Journal of Industrial Ecology, 2007, 11(3): 77-91.
- [98]Niu Y, Lin X, Luo H, et al. Effects of Digitalization on Energy Efficiency: Evidence from Zhejiang Province in China[J]. Frontiers in Energy Research, 2022: 707.
- [99]夏子惠,古丽娜尔·玉素甫.数字经济对中国绿色能源效率的影响——基于中介和门槛效应的分析[J].技术经济与管理研究,2022,No.315(10):3-9.
- [100]Zhao S, Peng D, Wen H, et al. Nonlinear and spatial spillover effects of the digital economy on green total factor energy efficiency: Evidence from 281 cities in China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022: 1-21.
- [101]Jiang X, Fu W, Li G. Can the improvement of living environment stimulate urban innovation?——analysis of high-quality innovative talents and foreign direct investment spillover effect mechanism[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 255: 120212.
- [102]Qiu S, Wang Z, Geng S. How do environmental regulation and foreign investment behavior affect green productivity growth in the industrial sector? An empirical test based on Chinese provincial panel data[J]. Journal of

- Environmental Management, 2021, 287: 112282.
- [103] Wymbs C. How e-commerce is transforming and internationalizing service industries[J]. Journal of Services Marketing, 2000.
- [104] 孙浦阳,张靖佳,姜小雨.电子商务、搜寻成本与消费价格变化[J].经济研究,2017,52(07):139-154.
- [105] Biagi F, Falk M. The impact of ICT and e-commerce on employment in Europe[J]. Journal of Policy Modeling, 2017, 39(1): 1-18.
- [106] 舒泰一,赵田田,张晓磊.绿色金融对绿色全要素生产率的影响研究——基于固定效应模型的实证检验[J].绿色科技,2022,24(15):255-258.
- [107] Zhuo C, Xie Y, Mao Y, et al. Can cross-regional environmental protection promote urban green development: zero-sum game or win-win choice?[J]. Energy Economics, 2022, 106: 105803.
- [108] Fukuyama H, Weber W L. A directional slacks-based measure of technical inefficiency[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2009, 43(4): 274-287.
- [109] Oh D. A global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. Journal of productivity analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [110] 邱斌,杨帅,辛培江.FDI 技术溢出渠道与中国制造业生产率增长研究:基于面板数据的分析[J].世界经济,2008(08):20-31.
- [111] 陈超凡.中国工业绿色全要素生产率及其影响因素——基于 ML 生产率指数及动态面板模型的实证研究[J].统计研究,2016,33(03):53-62.
- [112] 吴建新,郭智勇.基于连续性动态分布方法的中国碳排放收敛分析[J].统计研究,2016,33(01):54-60.
- [113] Guo Q, Wang Y, Dong X. Effects of smart city construction on energy saving and CO2 emission reduction: Evidence from China[J]. Applied Energy, 2022, 313: 118879.
- [114] Glaeser E L, Kahn M E. The greenness of cities: Carbon dioxide emissions and urban development[J]. Journal of urban economics, 2010, 67(3): 404-418.
- [115] 徐永慧,邓宏图.城市绿色全要素生产率的重新测算及经济解释——基于规模效应和产业选择的视角[J].中国流通经济,2022,36(12):27-43.

- [116] 柯善咨.中国城市与区域经济增长的扩散回流与市场区效应[J].经济研究,2009,44(08):85-98.
- [117] Bao B, Jin S, Li L, et al. Analysis of Green Total Factor Productivity of Grain and Its Dynamic Distribution: Evidence from Poyang Lake Basin, China[J]. Agriculture, 2021, 12(1): 8.
- [118] Zhang L, Ma X, Ock Y S, et al. Research on regional differences and influencing factors of Chinese industrial green technology innovation efficiency based on dagum gini coefficient decomposition[J]. Land, 2022, 11(1): 122.
- [119] Dagum C. A New Approach to the Decomposition of the Gini Income Inequality Ratio [J],Empirical Economics, 1997,22 (4):515-531.
- [120] Larraz B. Decomposing the Gini inequality index: An expanded solution with survey data applied to analyze gender income inequality[J]. Sociological Methods & Research, 2015, 44(3): 508-533.
- [121] Silverman B. Density estimation for statistics and data analysis[M].New York: Chapman and Hail, 1986.
- [122] Li, J., Li, S., 2020. Energy investment, economic growth and carbon emissions in China—empirical analysis based on spatial Durbin model. Energy Policy 140, 111425.
- [123] Pan, H., Cong, C., Zhang, X., Zhang, Y., 2020. How do high-speed rail projects affect the agglomeration in cities and regions? Transport. Res. Part D—Transport. Environ. 88,102561.
- [124] Chagas, A.L.S., Azzoni, C.R., Almeida, A.N., 2016. A spatial difference-in-differences analysis of the impact of sugarcane production on respiratory diseases. Reg. Sci. Urban Econ. 59, 24–36.
- [125] Delgado, M.S. and R.J.G.M. Florax, Difference-in-differences techniques for spatial data: Local autocorrelation and spatial interaction. Economics Letters, 2015. 137: p. 123-126.
- [126] 张杰,付奎.信息网络基础设施建设能驱动城市创新水平提升吗?——基于“宽带中国”战略试点的准自然试验[J].产业经济研究,2021(05):1-14+127.
- [127] Mikayilov J I, Galeotti M, Hasanov F J. The impact of economic growth on

- CO2 emissions in Azerbaijan[J]. Journal of cleaner production, 2018, 197: 1558-1572.
- [128] 师博,沈坤荣.政府干预、经济集聚与能源效率[J].管理世界, 2013 (10):6-18+187.
- [129] Li T, Han D, Ding Y, et al. How does the development of the internet affect green total factor productivity? Evidence from China[J]. IEEE Access, 2020, 8: 216477-216490.
- [130] 魏丽莉,侯宇琦.数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J].数量经济技术经济研究,2022,39(08):60-79.
- [131] Cheng Z, Jin W. Agglomeration economy and the growth of green total-factor productivity in Chinese Industry[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2020: 101003.
- [132] 周永浩. 碳排放权交易政策对我国绿色全要素生产率的影响[D].江西财经大学,2022.
- [133] Wang M, Xu M, Ma S. The effect of the spatial heterogeneity of human capital structure on regional green total factor productivity[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2021, 59: 427-441.
- [134] Cheng Z, Jin W. Agglomeration economy and the growth of green total-factor productivity in Chinese Industry[J]. Socio-Economic Planning Sciences, 2020: 101003.
- [135] Moran P A P. Notes on continuous stochastic phenomena[J]. Biometrika, 1950, 37(1/2): 17-23.
- [136] LeSage J, Pace R K. Introduction to spatial econometrics[M]. Chapman and Hall/CRC, 2009.
- [137] 于伟,张鹏,姬志恒.中国城市群生态效率的区域差异、分布动态和收敛性研究[J].数量经济技术经济研究,2021,38(01):23-42.
- [138] Beck T, Levine R, Levkov A. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States[J]. The Journal of Finance, 2010, 65(5): 1637-1667.

- [139] 刘瑞明,赵仁杰.国家高新区推动了地区经济发展吗?——基于双重差分方法的验证[J].管理世界,2015(08):30-38.
- [140] 王晓红,李娜.数字技术发展、产学研合作与企业创新能力——基于国家级大数据综合试验区的分析[J].科技管理研究,2022,42(17):1-8.5.4.3
- [141] 史丹,李少林.排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证[J].中国工业经济,2020(09):5-23.
- [142] Fan S, Peng S, Liu X. Can smart city policy facilitate the low-carbon economy in China? A quasi-natural experiment based on pilot city[J]. Complexity, 2021, 2021.
- [143] Lee L, Yu J. Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects[J]. Journal of econometrics, 2010, 154(2): 165-185.
- [144] Jia R, Shao S, Yang L. High-speed rail and CO2 emissions in urban China: A spatial difference-in-differences approach[J]. Energy Economics, 2021, 99: 105271.

攻读硕士学位期间参与的科研项目及取得的学术成果

参与的科研项目

2023 年安徽省高等学校科学研究项目“双碳目标下长三角城市群碳减排：潜力评估、动力机制及责任分摊”（2023AH050877，参与）

发表的学术论文

- [1] Qian L, Zhou Y J, Sun Y*, et al. Carbon emission reduction effects of intellectual property institution construction in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 2023, 30(27): 70569-70591.
- [2] Qian L, Zhou Y J, Sun Y*. Regional Differences, Distribution Dynamics and Convergence of the Green Total Factor Productivity of China's Cities under the Dual Carbon Targets. *Sustainability*, 2023, 15(17):12999.
- [3] Qian L, Xu X, Zhou Y J, Sun Y*. Carbon Emission Reduction Effects of the Smart City Pilot Policy in China. *Sustainability*, 2023, 15(6):5085.
- [4] 钱龙,周云杰.互联网使用与制造业全要素生产率提升研究.绍兴文理学院学报(自然科学),2022,42(03):91-97.

致谢

匆匆三年，转眼就要毕业，此刻思绪万分，回想起这三年的研究生时光，心中难免有些感慨。很多时候其实都会在想，如果有些事情可以再往前做一点，事情可能会发展得更加顺利，但是人生没有后悔药，只能不断向前。

首先我要感谢的就是我的导师，钱龙教授。这篇论文的完成离不开钱老师的悉心指导，前前后后总共修改了五次，每次的修改老师都一遍遍跟我讲如何修改，哪里有不恰当的地方，甚至于是符号的问题，钱老师都会帮我指出来。除此之外，钱老师平日不管是对我的学习还是生活都事无巨细的关心，关心我的论文，关心我在学校的生活情况，能不能吃得饱吃得好。在这里再次感谢钱老师对我的关心和指导。

我要感谢孙颖老师。记得还是研一下学期的时候认识的孙老师，直至今日孙老师依然指导着我的学习和生活。从某种意义上来说，孙老师就是我的小导师，教我如何改论文，教我如何处理学习工作和生活上的一些事情。当然，在我研究生期间，还要感谢教过我课的蔡书凯教授，章秀琴教授，刘鹏副教授，张芳副教授，黄桂琴副教授，还有指导我论文的潘明明副教授，感谢各位老师对我学习工作上的指导。

我要感谢我的家人，没有他们的支持和鼓励，我不会如此顺利地读完我的研究生。尤其我要感谢我的妈妈和姐姐，没有这两个我生命中最重要的人，我想我整个的生命都是毫无色彩的。在我迷茫困惑的时候，妈妈和姐姐总是能及时地帮我指明方向；当我心情低落，缺乏自信时，也是妈妈和姐姐鼓励我，提振我的信心。在这里我想大声地告诉她们：我爱你们！

最后，感谢在百忙之中评审本文的各位专家以及所有关心我、帮助我的人。