

数据要素市场化与地区绿色低碳发展

——来自数据交易平台建设的准自然实验

杜传忠 曹效喜 刘书彤

内容提要:数字要素市场化赋能资源节约和资源再配置过程,有利于为地区减排增效注入新动能,从而促进地区实现绿色高质量发展。本文基于2007—2021年284个地级及以上城市的数据,利用数据交易平台建设这一准自然实验构建双重差分模型,实证分析数据要素市场化对地区绿色低碳发展的影响。研究结果表明:(1)数据要素市场化建设既有利于降低地区碳强度,又有助于提高地区绿色全要素生产率水平,该结论在一系列稳健性检验后均成立;(2)数据要素市场化通过影响企业决策和政府环保行为促进地区绿色低碳发展;(3)数据要素市场化的绿色低碳发展效应在信息壁垒强的地区更明显;(4)数据要素市场化对绿色低碳发展的影响存在空间效应和辐射范围,且对社会福利亦有明显提升效果。本文的研究结论对进一步推进数据要素市场化建设、促进其对地区减排增效发挥作用、推动加快绿色高质量发展具有较为重要的政策启示。

关键词:数据交易 数据要素市场化 碳强度 绿色全要素生产率 信息壁垒 福利效应

中图分类号:F424.1

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2025)04-0025-20

一、问题提出

作为《巴黎协定》的重要参与者,中国政府为提高资源利用效率、减少碳排放、促进可持续发展作出了巨大努力,全方位加强生态环境保护已取得重要成效。目前,中国已进入以降碳增效为重点战略方向,促进经济社会发展全面绿色转型的关键时期。数据要素因复制成本较低,质量不易损耗等优势为重构绿色要素资源,释放数据要素绿色价值,从而实现绿色低碳发展提供了可行路径。《数字中国建设整体布局规划》将“数字生态文明建设取得积极进展”作为2025年数字中国建设的重要目标,利用大数据要素引领生态环境转型成为新时代生态文明建设的重要手段之一。

党的二十大报告指出要加快建设网络强国、数字中国,同时也指出要加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合。《数字中国建设整体布局规划》指出,畅通数据资源大循环是数字中国建设的两大基

收稿日期:2024-06-17;修回日期:2025-03-09

基金项目:国家社会科学基金重大项目“新一代人工智能对中国经济高质量发展的影响、趋向及应对战略研究”(20&ZD067)

作者简介:杜传忠 南开大学经济与社会发展研究院教授、博士生导师,天津,300071;

曹效喜 南开大学经济学院博士研究生,通信作者;

刘书彤 南开大学经济学院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

础之一,市场化是促进数据流通融合的重要方式。《中共中央 国务院关于构建数据基础制度更好发挥数据要素作用的意见》的发布为最大化释放数据要素价值、推动数据要素市场化配置提出了明确导向。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中也明确强调,迎接数字时代,激活数据要素潜能,建立健全数据要素市场规则。

与传统生产要素不同,数据要素具有规模海量、来源广泛的技术特征以及规模经济、范围经济和网络效应等经济特征,因此需要首先把握数据要素及其市场化本身的特征和发展^[1]。具体来看,现有研究着重关注数据要素的概念界定、主要特征、数据资本估算、价值化过程以及对经济发展的赋能效果,包括福利效应、技术创新和分配等^[2-10]。多数已有文献认为数据要素存在规模报酬递增的特点,但也有文献认为数据要素的报酬递增特点在不同情境下是不同的,甚至可能会出现报酬性质转变的情况^[11]。聚焦到数据要素市场化,已有研究多关注其内涵特征、运行机理、制约因素和突破性发展路径等^[12-14]。

当前关于数据要素市场化的经济和环境效益的实证证据较为缺乏,有部分文献认为数据要素的集聚效应和技术进步效应会带来能源效率和绿色创新的提升,并且认为数据要素与生态环境之间存在耦合协同关系^[15-16]。另有部分文献利用各地积极展开的数据平台和数据交易市场作为准自然实验,分析其对区域协调发展、企业数字化转型、全要素生产率和地区数字经济发展的影响^[17-20]。现有研究能够为理解数据要素市场化的绿色效应带来一定启发,而通过对数字化、智能化的绿色效应的梳理也能够补充更多的视角和洞见。一方面,数字化和智能化的高效率、高精度特征,有助于实现产品的标准化控制,从而规范企业排污行为^[21-22]。同时,智能化能够促进信息、技术、研究人员和数据等资源的流动,可以打破地域限制,从而降低可再生能源的成本,提供更清洁的制造流程以实现最大的绿色创新潜力^[23-24]。另一方面,也有学者认为数字化和智能技术会加剧绿色不平等和空气污染,内在逻辑在于智能技术会对政府决策机制、信息传播机制和社会组织结构带来深刻影响,而数据偏差可能会导致环境决策者出现重大错误判断^[25]。

在数字经济快速发展条件下,仅仅通过总体上考察数字经济或数字技术本身对绿色低碳发展的影响是不够的,有必要进一步探索和揭示利用更为底层的数据要素市场提高自然资源利用效率的重要作用。已有研究多从定性分析或理论分析角度考察数据要素市场化的制约因素和实现路径,较少有文献分析其经济和环境效益。本文借助数据交易平台这一准自然实验,回答数据要素市场化是否对区域绿色低碳发展产生影响,其背后的作用机制和不同信息壁垒下的异质性特征又是什么。本文的边际贡献体现在三方面。一是在研究视角上,立足“数字中国”和“绿色发展”两大国家重大战略布局,将数据要素市场化与地区绿色低碳发展纳入同一分析框架,系统考察了数据要素市场化对地区绿色低碳发展的影响,为发挥数据要素的“乘数效应”,提升生态环境治理精细化、提高资源利用效率、促进地区绿色低碳发展提供新的理解和启示。二是在研究内容上,从减排与“增效”的双重视角探究数据要素市场化的绿色经济效应,从企业决策和政府行为双重维度揭示数据要素市场化促进地区绿色低碳发展的逻辑链条,从信息壁垒和辐射范围的角度探讨数据要素市场化对地区绿色低碳发展的异质性和空间作用距离,也为推动数据要素在绿色低碳转型中的应用提供了经验借鉴。三是在研究方法上,综合运用了双重差分(DID)的稳健估计方法、双重机器学习模型和空间效应模型进行稳健性检验和进一步分析,既有助于更干净地识别出政策效果的净效应,也从空间层面为拓宽绿色低碳发展的作用渠道提供了新的见解。

二、政策背景与理论分析

(一) 政策背景

以数据要素为核心引擎推动数字经济深化发展,推动实体经济和数字经济融合发展是当前社会经济发展的主要任务之一。自2014年大数据首次写入政府工作报告以来,各地区都在积极探索数据要素市场建设。2014年国内首个大数据交易平台正式启动。2015年党的十八届五中全会正式提出“实施国家大数据战略推进数据资源开放共享”。以贵阳大数据交易所为代表的机构呈迅速增长态势,仅2015—2016年就有12家数据交易平台相继成立。截至2017年年底,中国已成立近20家数据交易平台。此后,各地数据交易平台建设热潮趋缓,直至2019年,党的十九届四中全会首次将数据增列为生产要素。2020年《中共中央 国务院关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》发布,数据要素体系化顶层设计正式启动。在此背景下,2021年北京、上海、深圳等地数据交易平台的成立标志着数据交易机构迎来了第二轮探索期,数据交易再度成为热点问题。本文选择第一批建设数据要素交易的地区作为试点城市,这主要是因为第二轮政策试点正处于加速推进和建设期,此时政策效果可能尚未体现^①。

(二) 理论分析与研究假设

数据要素市场的建立可以将数据要素的配置转向由市场进行配置,改变数据作为虚拟产物交易时所面临的权属不明晰、隐私负外部性和数据垄断等阻碍数据信息顺畅流动的风险,使数据在流动中产生价值。市场化能够赋能减排增效已经得到现有文献的佐证,其内在逻辑是通过市场化配置,形成数据要素价格及其体系,引导各类主体强化数据驱动的生产要素配置能力^[26]。本文认为,数据要素市场化能够通过影响企业决策、优化政府行为实现地区绿色低碳发展。

由此,提出假设 H1:数据要素市场化促进地区绿色低碳发展。

1. 数据要素市场化、企业决策与地区绿色低碳发展

数据要素市场化会加速数据流动,对企业决策产生显著影响^[2,27]。数据要素市场化能够通过影响企业的进入退出决策和创新决策来实现地区绿色低碳发展。数据要素市场化影响进入退出决策有着基本逻辑。首先,在数据要素市场化建设过程中,形成了包括数据转售、数据撮合和数据增值服务在内的新型交易模式,由此带来了新的数字化和智能化企业的创业机会^[28]。数智型企业的进驻有助于推动地区产业结构升级,挤压了高污染、高能耗企业的生存空间,从而摆脱了传统经济发展模式面临的规模收益递减的问题,同时也突破了单个产品需求增长上限的约束,实现地区绿色低碳发展^[29]。其次,数据要素市场化加速了企业生命周期的动态演变,使得数据要素从高耗能和低配置效率企业释放,为环境友好型企业吸收其存量数据要素创造机会,从而通过数据要素的泛在赋能性和乘数效应实现与其他生产要素的共存以及深度融合,达到能源和资源利用效率的改善。这也为污染企业带来隐性壁垒,压缩了重污染企业的生存空间,倒逼高污染企业退出或转型,从而加速生产方向转变,实现绿色低碳发展^[9]。

数据要素市场化影响企业技术创新决策有着两个方面的基本逻辑。一方面,随着数据市场化的推进,对数据格式、处理流程和算法的标准化需求增加,这有助于提高技术之间的互操作性,促进数字技术和绿色技术在不同平台和系统中的融合应用。此外,数据要素市场化推动了对高效算力的需求,促使企

^① 本文同时整理了各数据交易平台的成立时间、数据来源、产品类型、定价模式和交易模式等具体信息,限于篇幅不再详细报告,留存备案。

业投资更先进的硬件和云计算资源,从而加速数字技术的发展。同时,算力的提升也为绿色技术创新提供了模拟和优化复杂环境系统的能力,如气候模型和能源消耗预测。另一方面,数据要素市场化为数字技术创新提供了丰富的数据资源和强大的算法、算力支持。通过对数据要素的动态投入可以不断优化算法决策,然后通过在其他领域的扩散、释放和应用,引发更多的后续创新,从而形成源源不断的创新“链式反应”。二者共同作用催生了数字技术和绿色技术的发展。数字技术和绿色技术本身就符合节能减排的绿色低碳发展内涵,能够通过共享经济提升资源利用效率,通过与交通和电力等高碳行业的融合,实现减排增效^[15,30]。

由此,提出假设 H2:数据要素市场化通过影响企业决策促进地区绿色低碳发展。

2. 数据要素市场化、政府行为与地区绿色低碳发展

数据要素市场化能够通过优化政府环保执法行为和污染控制行为实现地区绿色低碳发展。其中,优化政府环保执法行为的内在逻辑是:数据交易平台为政府获取企业的环境信息,包括环境预算、运营成本、环境违法处罚等硬信息和排放检测、绿色创新计划等软信息提供机会。对信息进行风险评估和损害赔偿等综合研判,可以为政府监管和生态环境保护决策、管理和执法提供决策依据。由此,环保部门能够更容易地发现企业的环境违法行为,并更有效地对污染企业实施监管。这有利于建立责任追究机制,增强环境治理的系统性、持续性和有效性,促进地区绿色低碳发展^[31]。

此外,中央政府和地方政府建设绿色数据中心等环保平台,收集并联网共享生态环境监测数据,进而利用大数据实现环境形势研判、环境政策措施制定、环境风险预测预警等推进环境管理转型。基于以上信息,政府能够加强生态监测,开展环境大数据关联分析,从而能够对地区污染总量予以更为准确的控制。一方面,在总量约束的情况下向各污染企业合理分配污染额度,从而提升生态环境治理能力^[32]。另一方面,数据要素市场化有助于辅助政府优化执法资源的分配,即通过分析污染源的分布和排放强度,政府可以优先监管那些污染更严重或环境风险更高的区域。

由此,提出假设 H3:数据要素市场化通过影响政府行为促进地区绿色低碳发展。

3. 数据要素市场化、信息壁垒与地区绿色低碳发展

信息壁垒是阻碍地区均衡发展的重要因素,自然禀赋和人文特征的差异阻碍了不同城市间的异地联通和信息获取,形成发展过程中的路径依赖,不利于地区绿色低碳发展^[33]。首先,交通不便带来的信息壁垒会阻碍地区间的技术扩散,难以发挥集约效应^[29]。同时,数据要素市场化能够整合分散的信息资源,形成集中化的数据平台,使得各方更容易获取和共享信息。利用互联网和大数据技术,可以实现远程数据传输和共享,减少物理交通不便带来的影响,提高绿色信息传递的效率,进而实现地区绿色低碳发展。其次,行政分割带来的信息壁垒通常伴随着边界污染和资源错配的问题^[30]。数据要素市场化通过建立跨区域统一的数据平台,使得各地区能够共享数据资源,打破行政边界,推动绿色低碳政策的协同实施。同时,数据要素市场化能够为促进绿色要素交易与能源环境目标更好衔接创造有利条件,从源头上矫正数据资源失衡错配问题,促进形成畅通的数据网络,避免数据基础设施重复建设和同质竞争等问题^[22]。最后,监管放松带来的信息壁垒会加剧监管部门与污染部门之间的信息不对称以及各地区环境监测和评价体系的不统一,由此削弱污染企业的减排动力,增加其策略性排放的可能性。数据要素市场化能够加快数据流通速度,借助于数据的跨时空性和智能即时性,为各地区和交易主体及时顺畅地获取环境和污染信息创造条件。因此,本文认为数据要素市场化信息壁垒较强的地区容易实现地区绿色低碳发展。

由此,提出假设 H4: 数据要素市场化的绿色低碳发展效应在信息壁垒强的地区更明显。

本文中的数据要素市场化对地区绿色低碳发展的影响机制如图 1 所示。

三、研究设计

(一) 识别策略

为检验数据要素市场化对地区绿色低碳发展的影响,本文构建如下基准模型:

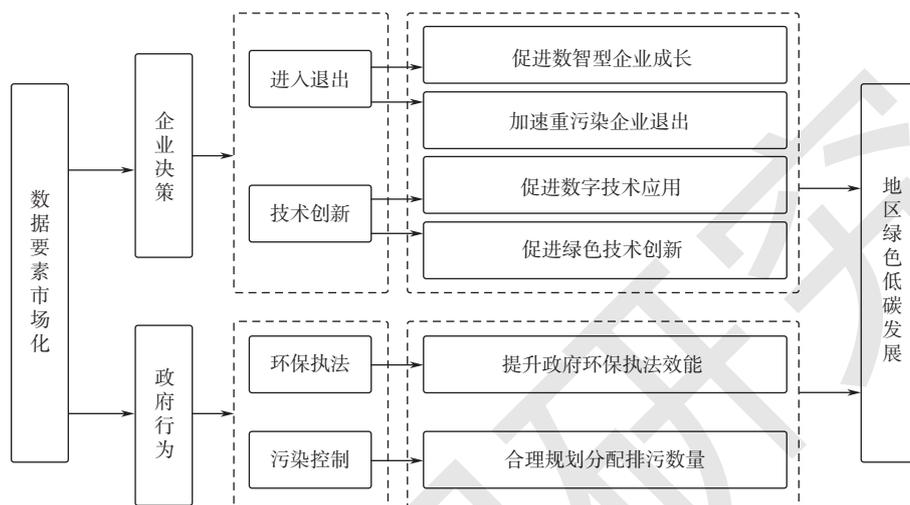


图 1 影响机制

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DID_{it} + X'_{it}\alpha + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 表示城市, t 表示年份, Y_{it} 表示城市 i 在 t 年的碳排放强度 (CEI) 和绿色全要素生产率 ($GTFP$); DID_{it} 代表处理组虚拟变量和年份虚拟变量; X'_{it} 表示控制变量向量; μ_i 代表城市固定效应, λ_t 表示年份固定效应, ε_{it} 表示随机扰动项; α_1 代表数据要素市场化的影响绿色低碳发展系数。

(二) 变量选取

1. 被解释变量

本文从减排和增效的双重视角定义核心被解释变量,其中减排重点关注减少污染物的排放,“双碳”目标下,降低碳强度成为地区实现低碳转型的重要内容。因此,本文选取二氧化碳排放量占地区生产总值 (GDP) 的比重来测算地区碳强度 (CEI),同时也利用地区细颗粒物 ($PM2.5$) 作为污染强度的代理变量进行稳健性检验。增效则强调在资源环境约束下提高生产过程中的资源利用效率,因此本文选择基于松弛值测算的全局马姆奎斯特-卢恩伯格 ($SBM-GML$) 指数测算地区绿色全要素生产率 ($GTFP$),同时也利用基于方向距离函数的马姆奎斯特-卢恩伯格 ($DDF-GML$) 指数进行稳健性检验。

2. 解释变量

本文的核心解释变量为 DID_{it} 。若城市 i 在 t 时间建立了数据要素交易中心 (含当年), DID_{it} 取值 1,反之取 0。具体来说,在 2015 年后年份虚拟变量取值为 1;设立数据要素交易中心的城市处理组取值为 1,将二者相乘即得到本文的解释变量。

3. 控制变量

本文从社会经济发展和自然禀赋特征两个维度选择控制变量^[17]。其中,衡量社会经济发展的控制变量中,经济发展水平 (GDP) 以地区生产总值的自然对数衡量;人口密度 ($Density$) 以单位平方公里常住人口的自然对数表示;城镇化水平 ($Urban$) 以城镇户籍人口和户籍人口之比表示;第二产业 ($Secind$) 和第三产业发展水平 ($Terind$) 分别以第二产业和第三产业增加值占 GDP 的比重衡量;政府干预 (Gov) 以财政支出占 GDP 的比重衡量;信息化水平 ($Internet$) 以电信业务总量占 GDP 的比重衡量;人力资本 ($Human$) 以每万人在校大学生数占常住人口比重衡量;外资开放程度 (FDI) 以实际使用外资占 GDP 的比重衡量。自然禀赋特征的控制变量包括植

被覆盖(NDVI)、年平均降水量(Precipitation)、年度平均气温(Temperature)和年度平均风速(Wind)。

4. 数据来源与变量描述性统计

本文选取2007—2021年284个地级及以上城市样本进行实证分析。城市社会经济变量的数据主要来自《中国城市统计年鉴》,碳排放数据来自欧盟联合研究中心(JRC)发布的全球大气研究排放数据库,生态环境质量数据来自美国航空航天局(NASA),降水量、气温和风速数据来自美国国家气候数据中心(NCDC)创建的全球每日地表摘要。缺失值采用线性插值法补齐。

变量的描述性统计结果见表1。

表1 描述性统计结果

变量符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
CEI	4 260	2.238 0	2.444 7	0.042 4	33.049 1
GTFP	4 260	1.002 7	0.051 6	0.373 4	1.715 4
DID	4 260	0.172 5	0.377 9	0.000 0	1.000 0
GDP	4 260	16.417 2	0.997 7	13.334 8	19.884 3
Density	4 260	5.737 3	0.917 7	1.609 4	7.881 6
Urban	4 260	0.499 9	0.219 4	0.116 3	2.971 1
Secind	4 260	1.044 2	1.329 2	0.012 5	11.447 7
Terind	4 260	1.120 3	2.251 2	0.020 6	32.888 5
Gov	4 260	0.189 4	0.103 1	0.042 6	1.485 2
Internet	4 260	0.020 3	0.018 3	0.000 0	0.228 3
Human	4 260	0.540 8	0.732 9	0.006 9	9.064 5
FDI	4 260	0.002 6	0.002 8	0.000 0	0.029 9
NDVI	4 260	0.493 0	0.130 3	0.101 0	0.812 3
Precipitation	4 260	0.151 0	0.199 8	0.000 3	1.833 0
Temperature	4 260	14.753 4	5.172 0	-1.571 6	26.309 3
Wind	4 260	4.758 0	1.030 2	2.149 3	8.967 4

四、实证分析

(一) 基准回归

表2报告了基准回归结果。检验结果表明,表2列(1)—列(2)回归系数均为正且至少在5%的统计水平上显著,表明数据要素市场化降低了碳强度并促进绿色全要素生产率提高,即能够实现减排和增效的协同效应,由此本文的假设H1得到验证。

表2 基准回归结果

变量	CEI	GTFP
DID	-0.107 1** (0.041 7)	0.0082 5*** (0.002 7)
常数项	50.261 5*** (2.280 1)	1.198 4*** (0.1439)
控制变量	控制	控制
固定效应	控制	控制
样本量	4 260	4 260
R ²	0.931 7	0.248 7

注:括号中为聚类到城市层面的标准误,*、**和***分别表示在10%、5%和1%的水平下显著,固定效应包括城市固定效应和年份固定效应。后表同。

(二) 平行趋势检验

采用DID进行实证分析的前提是样本满足平行趋势假定,即在各地数据交易平台未实施之前,位于处理组城市的排放强度和绿色全要素生产率与位于对照组城市的排放强度和绿色全要素生产率

保持相同的变动趋势。因此,本文借鉴已有研究^[34]进行平行趋势检验,来验证本文使用双重差分方法的合理性以及政策实施对城市绿色低碳发展的长期动态效应,结果如图2所示。

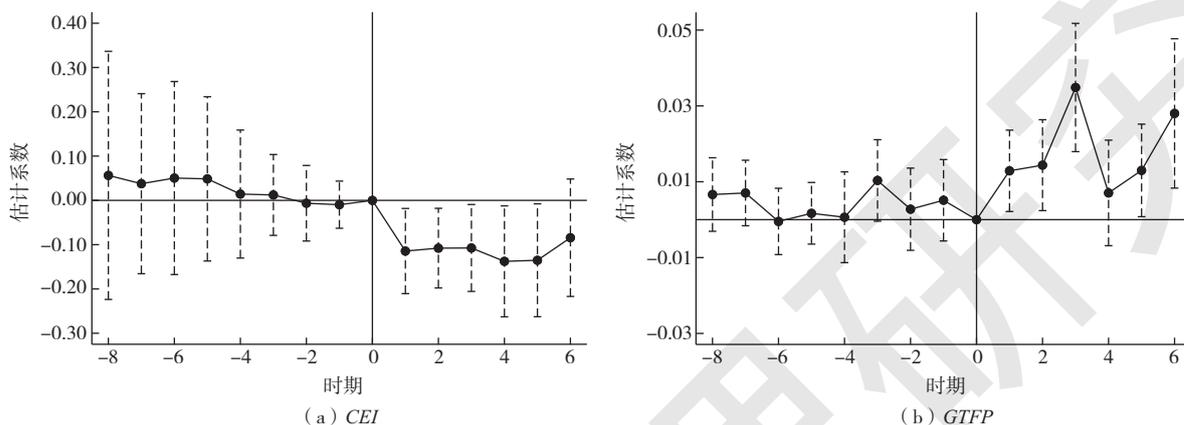


图2 平行趋势检验结果

结果表明,无论是碳强度还是绿色全要素生产率,政策实施前的回归系数均不显著,而从政策实施当年起,碳强度的估计系数显著为负且绿色全要素生产率的估计系数显著为正。综合来看,数据要素市场化政策影响地区绿色低碳发展的估计结果满足平行趋势假设,本文使用双重差分模型进行估计是合理的。

(三) 稳健性检验

基准回归结果已经支持数据要素市场化有助于地区绿色低碳发展的基本结论,但可能会受到变量测度误差、政策预期和模型偏误等问题的干扰而导致实证结果的偏误。因此,本文将通过替换被解释变量、更换估计方法和排除政策干扰等一系列稳健性检验来验证基准回归结果的稳健性。

1. 替换被解释变量

首先,本文以地区PM2.5作为代理变量进行重新估计,结果见表3列(1)。其次,本文以地区碳排放总量的对数值(*ln carbon*)和人均碳排放(*per capita carbon*)作为代理变量进行重新估计,结果见表3列(2)—列(3)。最后,本文利用DDF-GML指数测算地区绿色全要素生产率进行重新估计,结果见表3列(4)。进一步地,本文将SBM-GML指数分解为技术效率(*EC*)和技术进步(*TC*)并纳入模型进行重新估计,结果见表3列(5)—列(6)。

检验结果表明,在替换被解释变量后,回归结果依旧稳健。分解后的实证结果表明,数字要素市场化主要优化了资源环境要素配置效率和实现规模经济,从而带来绿色全要素生产率的提高。

表3 稳健性检验回归结果:替换被解释变量

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DID</i>	-2.949 4*** (0.887 0)	-0.015 7*** (0.005 8)	-0.220 6* (0.128 9)	0.0029 5*** (0.001 1)	0.006 4** (0.003 2)	0.001 9 (0.002 9)
常数项	119.799 8*** (42.336 4)	18.352 1*** (0.314 9)	82.704 0*** (7.050 2)	1.079 2*** (0.068 2)	1.294 1*** (0.207 8)	0.975 6*** (0.179 3)

表3(续)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4 260	4 260	4 260	4 260	4 260	4 260
R^2	0.885 2	0.990 4	0.966 1	0.226 5	0.108 0	0.202 5

注:列(1)为PM2.5的回归结果,列(2)和列(3)分别为碳排放总量和人均碳排放的回归结果,列(4)为DDF-GML指数的回归结果,列(5)和列(6)分别为SBM-GML分解的EC和TC的回归结果。

2. 考虑政策预期

考虑到各地区数据交易平台在建设前可能存在政策预期,各地区提前采取减排措施导致污染排放和绿色全要素生产率出现提前分异的趋势而对实证结果产生干扰。本文在基准回归中加入实际政策冲击发生前两年(2014年和2013年)的时间虚拟变量,结果见表4列(1)—列(2)。实证结果显示,考虑政策预期后,核心解释变量DID的回归系数没有显著改变,表明未考虑预期效应的回归结果仍为可信的。

3. 序列相关检验

伯川德等(Bertrand et al.,2004)指出横截面单元的取值可能很少随时间变化,存在较高的正向序列相关性^[34]。本文的样本区间跨度较长,为了解决可能存在的序列相关问题,本文利用系统广义矩估计(SYS-GMM)以解决可能存在的序列相关问题,结果见表4列(3)—列(4)。可以看出,在考虑可能存在的序列相关问题后,结果依旧稳健。

表4 稳健性检验回归结果:政策预期与序列相关

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>DID</i>	-0.103 1** (0.042 1)	0.014 6*** (0.003 2)	-0.124 6*** (0.025 6)	0.038 9*** (0.003 2)
常数项	1.201 4*** (0.143 2)	1.199 8*** (0.143 2)	-4.229 3*** (0.520 7)	0.934 8*** (0.036 3)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	未控制	未控制
样本量	3 124	3 124	3 976	3 976
R^2	0.946 4	0.139 1		

注:列(1)和列(2)分别为加入政策预期后的碳强度和绿色全要素生产率回归结果,列(3)和列(4)分别为碳强度和绿色全要素生产率的GMM估计结果。

4. 安慰剂检验

利用双重差分模型识别政策效果可能存在两个潜在问题:一是各地数据交易中心的建设与地区绿色低碳发展间可能存在伪回归问题,即位于处理组地区绿色低碳发展本身就较好;二是随着时间的推移,各地区减排措施逐步推进,此时的绿色低碳发展结果与数据交易并没有太多关联,只是一种随机现象。为了解决以上问题,本文通过随机生成实验组,再基于此样本虚构试点政策变量进行重新回归,并将该过程重复500次。

图3显示了随机化实验组和对照组模拟回归系数的核密度分布,可以看出,核心解释变量的回归系数为均值接近为零的正态分布,基本可以排除不可观测因素对基准结论的潜在影响。

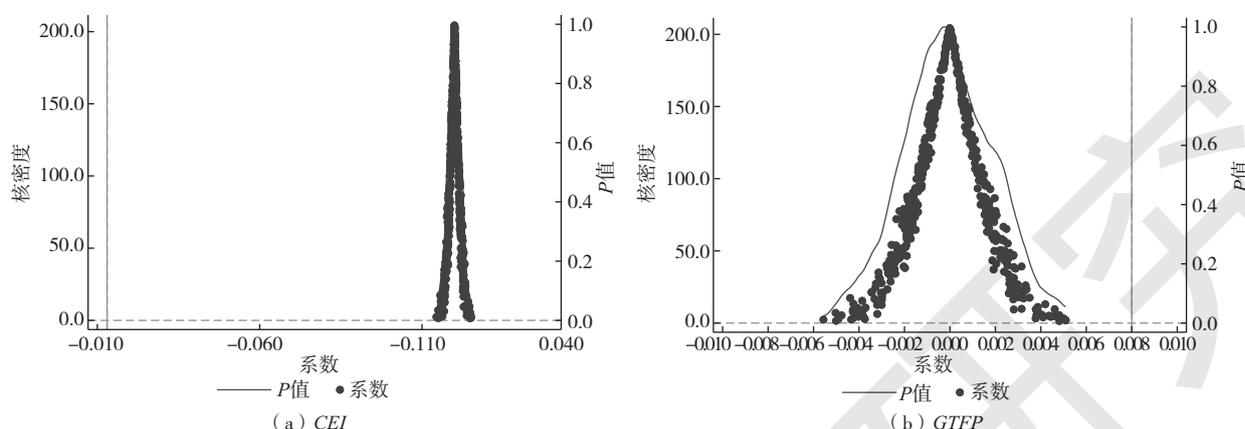


图3 安慰剂检验结果

5. 异质性稳健估计方法

中国数据交易中心的建设实行的是先试点再推广的渐次推进模式,因此本文在基准回归中构建的是政策时点不同的交错 DID 模型。但其中的潜在问题是存在处理效应的异质性,由此带来估计结果的偏差^[35]。因此,本文利用德谢兹马丹和德奥尔特弗(De Chaisemartin & D’Haultfœuille, 2020)^[35]提出的 DID_M 方法进行重新估计,结果见图 4(a)和图 4(b)。进一步,本文利用杜布等(Dube et al., 2023)^[36]提出的局部投影 DID 方法进行估计,该方法从宏观时间序列脉冲响应和微观动态因果效应的互动视角出发,可以视为其他稳健性估计量的一般情形,结果见图 4(c)和图 4(d)。可以发现在考虑处理效应异质性的情况下,结果依旧稳健。

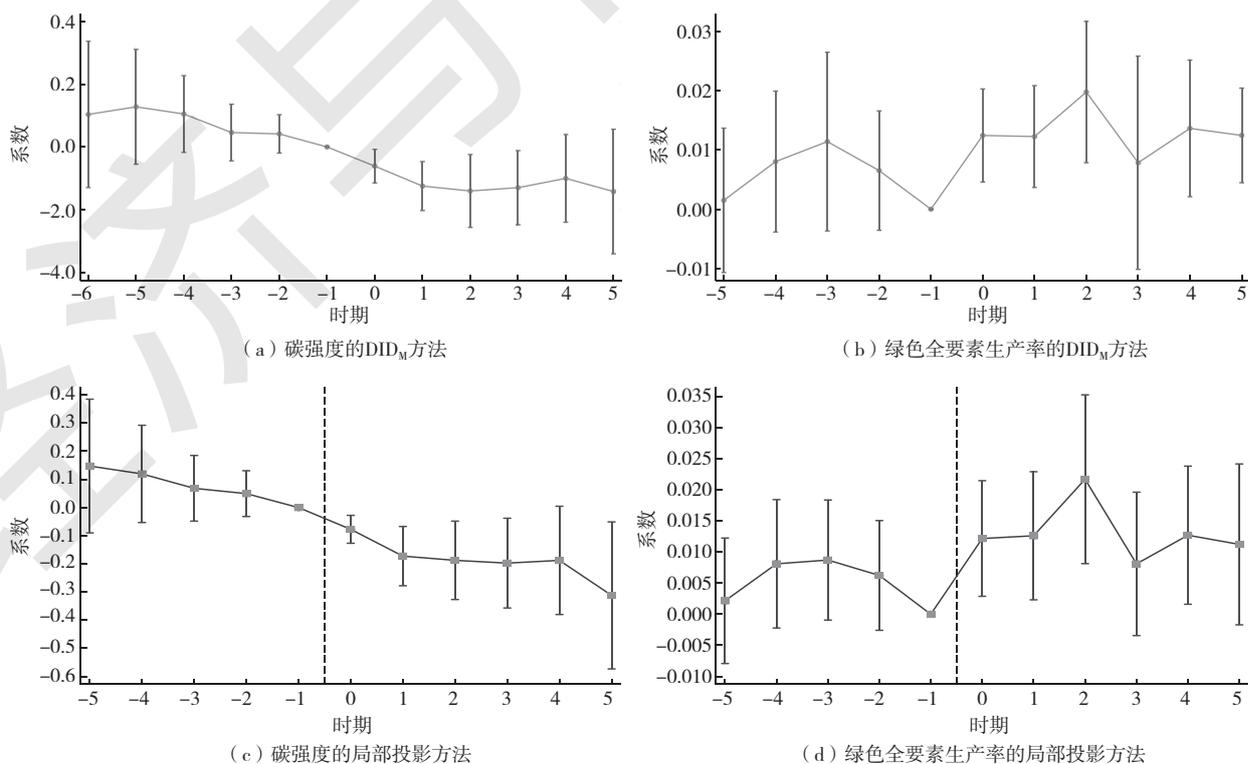


图4 异质性稳健估计结果

6. 双重机器学习估计方法

本文利用双重机器学习方法进行重新估计,在模型中加入控制变量及其二次项,同时控制个体和年份固定效应,估计结果见表5。分别使用随机森林、套索回归、梯度提升和神经网络等机器学习算法进行估计,可以看出回归系数依旧符合预期,能够证明本文的基本结论依旧显著。

表5 双重机器学习估计结果

变量	CEI				GTFP			
	随机森林	套索回归	梯度提升	神经网络	随机森林	套索回归	梯度提升	神经网络
<i>Did</i>	-0.1655*** (0.0488)	-0.1635*** (0.0485)	-0.1651*** (0.0480)	-0.1722*** (0.0481)	0.0077** (0.0035)	0.0091*** (0.0034)	0.0100*** (0.0034)	0.0093*** (0.0034)
控制变量一次项	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
控制变量二次项	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260

7. 排除政策干扰

在本文研究期(2007—2021年)内,中国为加快推动数字化和节能减排进程,实施了如“宽带中国”“智慧城市”“国家级大数据实验区”“低碳城市”等政策。为排除上述可能影响城市绿色低碳发展的政策干扰,本文在基准回归模型中分别加入标识各政策的虚拟变量,回归结果如表6所示。

可以看出,结果均符合预期,可见考虑潜在的政策干扰后,数据要素市场化仍能促进地区绿色低碳发展,这进一步验证了本文的基准假设。

表6 排除政策干扰回归结果

变量	CEI				GTFP			
	宽带中国	智慧城市	国家级大数据实验区	低碳城市	宽带中国	智慧城市	国家级大数据实验区	低碳城市
<i>Did</i>	-0.1070** (0.0417)	-0.1034** (0.0415)	-0.1083*** (0.0416)	-0.1056** (0.0417)	0.0083*** (0.0027)	0.0082*** (0.0027)	0.0082*** (0.0027)	0.0082*** (0.0027)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260
R^2	0.2487	0.2487	0.2490	0.2496	0.2487	0.2487	0.2490	0.2496

(三) 异质性分析

尽管中国市场一体化不断推进,但地方政府仍有激励进行地方保护和市场分割,而这不仅是导致地方污染排放的重要原因,也是构建全国统一大市场的阻力之一^[37]。当前各地建立的数据交易中心虽然带来了信息可及性和便利性,但各平台具有明显的区域性特征^[38]。借助数据交易平台破除不同地区和交易主体间的信息壁垒,实现资源和服务的互联互通以赋能地区绿色低碳发展,是另一个值得关注的问题。本部分试图厘清不同信息壁垒对政策效果的差异性影响。

1. 交通便捷程度

已有研究证明,交通的不便利造成的信息壁垒增加了跨区域协商交易的成本,扭曲了市场竞争行为,这可能会导致封闭式发展,带来资源错配、产品过度同质化、环境破坏等问题^[39]。本文通过调用高德地图地理编码接口和路径规划接口进行经纬度解析和交通路径规划,测算不同地区间的最短交通时间,并按城市汇总衡量地区交通便捷程度,将样本按照均值分为高低两组,回归结果见表7。

可以看出,无论是绿色全要素生产率还是碳强度,数据要素市场化政策均在交通不便利的地区发挥影响,并且费舍尔组合检验结果表明两组系数存在显著差异。原因在于,数据要素因其虚拟性特点能够把物理空间的物质通过编码形式呈现在虚拟空间,从而实现数字孪生后的数据虚拟化生产。数据要素市场化建设加速了数据流动和信息沟通,通过跨越时空限制实现要素在地区间的合理配置,因此数据要素市场化促进地区绿色低碳发展在交通不便利地区的边际效应更加明显。

表7 异质性分析回归结果:交通便捷程度

变量	CEI		GTFP	
	交通不便捷	交通便捷	交通不便捷	交通便捷
<i>Did</i>	-0.1671*** (0.0566)	0.1202** (0.0609)	0.0091** (0.0040)	0.0053 (0.0043)
常数项	49.1022*** (3.0914)	51.3746*** (4.0825)	1.1877*** (0.2175)	1.5346*** (0.2882)
组间系数差异检验 P 值	0.0010		0.0460	
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	2625	1635	2625	1635
R^2	0.9215	0.9516	0.2715	0.2038

2. 行政边界障碍

行政分割可能会增加跨区域信息获取壁垒,进一步加剧各行政区逐底竞争和边界污染行为,阻碍地区绿色低碳发展。本文利用地级市拥有的乡镇个数衡量行政分割水平,并将样本按照均值分为高低两组,回归结果见表8。可以看出,无论是绿色全要素生产率还是碳强度,数据要素市场化的政策效果均在行政分割程度高的地区更加明显,并且费舍尔组合检验结果表明两组系数存在显著差异。原因在于,数据要素市场化通过数据流动打通行政区间的信息壁垒,加强区域间的分工、合作和集聚。具体来说,数据要素市场化有助于促进资源和人才的跨区域流动,加强各地区之间的合作和联动,克服“边界洼地效应”^[40]。

表8 异质性分析回归结果:行政边界障碍

变量	CEI		GTFP	
	高行政分割	低行政分割	高行政分割	低行政分割
<i>Did</i>	-0.2032*** (0.0629)	-0.1556*** (0.0571)	0.0097** (0.0042)	0.0069* (0.0040)

表8(续)

变量	CEI		GTFP	
	高行政分割	低行政分割	高行政分割	低行政分割
常数项	51.957 5*** (3.976 5)	47.652 4*** (3.422 3)	1.590 9*** (0.256 2)	1.269 7*** (0.248 4)
组间系数差异检验 P 值	0.000 0		0.002 0	
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	1 859	2 400	1 859	2 400
R ²	0.926 1	0.937 5	0.313 9	0.174 5

3. 环境监管距离

地理距离的延长通常意味着监管强度的减弱,为政府监测企业减排行为带来挑战^[31]。如果污染企业位于偏远地区,信息环境封闭,政府可能很难及时获取信息,准确监控污染企业的排放行为,从而导致污染企业存在机会主义行为^[41]。本文手动收集各省份生态环境厅的经纬度数据,再结合各地区经纬度数据计算球面距离并通过计算其与地级市行政区域面积之比^①,将样本按照均值分为高低两组,回归结果见表9。

可以看出,无论是绿色全要素生产率还是碳强度,数据要素市场化政策均在监管距离较远,即监管强度较弱的地区发挥效果,并且费舍尔组合检验结果表明两组系数存在显著差异。原因在于,地理距离的延长意味着信息传递失真的可能性越大,而数据要素市场化建设则能够很好地弥补这一缺陷。数据要素流动削弱了地理距离的不利影响,增强了环境监管部门实时把握减排能力,通过数据流动降低监管部门和企业间的信息不对称程度,倒逼企业和地区绿色转型。综上,本文的假设 H4 得到验证。

表9 异质性分析回归结果:环境监管距离

变量	CEI		GTFP	
	低监管强度	高监管强度	低监管强度	高监管强度
<i>DID</i>	-0.138 7* (0.075 6)	-0.074 0 (0.050 6)	0.011 5* (0.006 5)	-0.001 2 (0.003 8)
常数项	36.712 4*** (3.663 8)	60.451 5*** (3.313 1)	0.990 2*** (0.312 8)	0.787 7*** (0.248 9)
组间系数差异检验 P 值	0.008 0		0.020 0	
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	1 255	3 005	1 255	3 005
R ²	0.895 5	0.939 6	0.161 9	0.224 5

① 考虑到地级市本身的环境规制水平可能会对结果产生干扰,本文在表9的基础上进一步增加了环境规制水平的控制变量以排除可能的干扰,该控制变量以地级市政府工作报告中的环境词频数衡量。限于篇幅,结果留存备案。

(四) 机制分析

本部分讨论数据要素市场化通过何种机制影响地区绿色低碳发展,具体包括企业决策和政府行为两个方面。本文构建如下实证模型检验可能的机制:

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DID_{it} + X'_{it}\alpha + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, M_{it} 为机制变量,其他变量与式(1)相同。

1. 数据要素市场化、企业决策与绿色低碳发展

根据理论分析,本文首先从企业进入退出决策视角验证数据要素市场化促进地区绿色低碳发展的机制。首先,本文利用天眼查平台特定搜索处于存续状态的人工智能企业,通过取对数、与地区工业企业数量比值和与地区行政面积的比值构建三个连续变量进行实证分析^[32,42],回归结果见表 10 列(1)—列(3)。其次,本文利用天眼查平台,按照城市、年份和行业三个维度对新注册企业数目进行汇总,再结合污染行业标准^①筛选出地区高污染企业的进入数量,最后通过取对数、与地区新注册企业总量的比值和与地区行政面积的比值构建三个连续变量进行实证分析,结果见表 10 列(4)—列(6)。

根据实证结果,主要结论均基本符合预期。但列(2)中人工智能企业与地区工业企业数比值的系数显著为负。可能的原因在于,数据要素市场化形成的企业多以数据转售、数据撮合和数据增值服务为主要业务,更多属于生产性服务业。此时新企业进入更可能集中于生产性服务业,本文以该变量与地区工业企业做比值,可能会弱化数据要素市场对人工智能企业和数字专利的影响。这也为本文提供另一维度的政策启示,即数据要素市场化的福利效果还没有拓展到制造业,这也是未来需要调整的方向。就重污染企业的进入情况来看,数据要素市场化对重污染企业的进入总量和单位面积的企业进入密度的影响并不明显,但降低了新进入重污染企业的比例。

表 10 机制分析回归结果:进入退出决策

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DID</i>	0.057 5*	-0.014 7**	0.008 0**	0.014 6	-0.008 6***	-0.000 2
	(0.031 0)	(0.007 0)	(0.003 6)	(0.030 3)	(0.002 3)	(0.029 3)
常数项	-4.429 9**	0.531 1	-0.484 9**	-5.053 8***	-0.106 9	-1.917 4
	(1.839 4)	(0.471 2)	(0.235 0)	(1.664 1)	(0.086 0)	(2.746 4)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4 259	4 259	4 259	4 260	4 260	4 260
R^2	0.987 6	0.963 4	0.987 1	0.924 9	0.824 1	0.862 7

注:列(1)—列(3)分别为人工智能企业通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果,列(4)—列(6)分别为重污染企业通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果。

根据理论分析,本文从企业技术创新决策视角验证数据要素市场化促进地区绿色低碳发展的机制。数据要素市场化有助于数据要素的加速流动,而数据的基础性和支撑性作用有助于地区数字技术和绿色技术的创新发展。本文首先通过识别《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表(2018)》(国知办发规字[2018]31号)将专利号与国民经济行业匹配。其次,参考 2021 年的《数字经济及其核心产业统计分类》(国

① 根据中国证监会 2012 年颁布的行业分类标准,重污染行业代码分别为: B06、B07、B08、B09、B10、B11、B12、C17、C18、C19、C22、C25、C26、C27、C28、C29、C31、C33、D44。

家统计局令第33号),从行业中识别出数字经济行业,然后加总获得城市的数字经济专利授权的面板数据。最后,通过取对数、与地区工业企业数量比值和与地区行政面积的比值构建三个连续变量进行实证分析,结果见表11列(1)—列(3)。本文按照相同的方式测算地区的绿色创新水平,回归结果见表11列(4)—列(6)。

根据实证结果,各列结果均基本符合预期。列(2)与列(5)的结果不显著,可能的原因也与企业的进入退出决策机制相同。可见,数据要素市场化能够通过影响企业的进入退出决策和创新决策实现地区绿色低碳发展。本文假设H2得到验证。

表11 机制分析回归结果:创新决策

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DiD</i>	0.127 4 [*] (0.066 3)	0.000 7 (0.009 3)	0.014 5 ^{**} (0.007 4)	0.006 3 ^{**} (0.003 1)	-0.000 4 (0.001 1)	0.000 7 ^{***} (0.002 4)
常数项	-6.231 3 [*] (3.253 0)	-0.611 3 (0.498 4)	-0.571 5 (0.357 6)	0.344 1 [*] (0.182 2)	0.018 1 (0.034 6)	0.326 0 [*] (0.168 0)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	4 260	4 260	4 260	4 260	4 260	4 260
<i>R</i> ²	0.938 4	0.906 8	0.940 2	0.926 5	0.891 9	0.903 4

注:列(1)—列(3)分别为数字经济专利通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果,列(4)—列(6)分别为绿色技术专利通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果。

2. 数据要素市场化、政府行为与绿色低碳发展

数据要素市场化既有助于提升政府环保执法强度,又有助于政府识别企业污染行为而精准发放排污许可^[43]。

首先,本文利用北大法宝网公布的地方环保行政处罚案件作为环保执法强度的代理变量,通过取对数、与地区工业企业数量比值和与地区行政面积的比值构建三个连续变量进行实证分析,结果见表12列(1)—列(3)。

其次,由县市级核发的排污许可证能够改变从上往下分解总量指标的行政区域总量控制制度。根据生态环境部的规定,对环境质量不达标地区,通过提高排放标准等,依法确定企业更加严格的许可排放量,从而服务于改善环境质量的目标。本文通过全国排污许可证管理信息平台整理各地区排污证发放信息,并通过取对数、与地区工业企业数量比值和与地区行政面积的比值构建三个连续变量进行实证分析,结果见表12列(4)—列(6)。

实证结果表明,环保处罚和排污证发放的回归系数均显著为正,表明数据要素市场化能够通过增加强制性环保处罚和排污证发放,促进地区绿色低碳发展。综合来看,本文的假设H3得到验证。

表12 机制分析回归结果:政府行为

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DiD</i>	0.550 0 ^{***} (0.124 8)	0.045 1 ^{***} (0.017 1)	0.062 5 ^{***} (0.013 8)	0.444 8 ^{***} (0.086 7)	0.014 1 ^{***} (0.004 4)	0.051 8 ^{***} (0.003 8)
常数项	-1.057 5 (8.175 6)	0.924 2 (1.202 5)	0.410 3 (0.964 9)	0.420 1 (3.388 2)	1.185 9 ^{***} (0.238 5)	0.387 9 [*] (0.207 7)

表12(续)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	3 124	3 124	3 124	4 260	4 260	4 260
R ²	0.816 2	0.794 2	0.816 2	0.959 8	0.970 1	0.955 9

注:列(1)—列(3)分别为环保行政处罚变量通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果,列(4)—列(6)分别为排污证发放变量通过取对数、与地区工业企业数量和行政面积做比后的回归结果。

五、进一步分析

(一) 空间效应与辐射范围

已有研究证明数据能够通过集聚效应带来知识溢出,而仅以传统 DID 考察政策效果会忽略城市之间的关联性,即空间溢出效应带来估计结果的低估^[44-45]。因此,有必要识别出该政策的空间效应以及进一步的辐射距离或者作用的地理范围。本文首先构建如下 DID 空间杜宾模型进行实证分析^①:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \rho WY_{it} + \alpha_1 DID_{it} + \alpha_2 WDID_{it} + X_{it}\delta_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中 W 为空间权重矩阵,本文主要选择邻接矩阵^②和反距离矩阵^③进行实证分析,其他变量与基准回归相同,回归结果见表 13。

结果表明,空间关联系数 ρ 显著为正,表明数据要素市场化建设存在正向的空间溢出效应。直接效应的分解结果显示,数据要素市场化对本地区 CEI 的影响显著为负,对本地区 $GTFP$ 的影响系数显著为正。间接效应的分解结果显示数据要素市场化对相邻城市 CEI 产生的空间溢出效应为负,对相邻城市 $GTFP$ 的空间溢出效应为正。总效应的估计结果显示,数据要素市场化对 CEI 的影响系数显著为负,对 $GTFP$ 的影响系数显著为正。

表 13 溢出效应分析结果

变量	邻接矩阵		反距离矩阵	
	CEI	$GTFP$	CEI	$GTFP$
DID	-0.088 9** (0.039 6)	0.007 0** (0.002 8)	-0.105 9*** (0.039 9)	0.006 3** (0.002 8)
$Spatial\ rho$	0.183 8*** (0.019 2)	0.106 0*** (0.020 3)	0.556 5*** (0.074 1)	0.643 8*** (0.073 4)
$Direct$	-0.089 4** (0.040 0)	0.007 1** (0.002 8)	-0.106 2*** (0.040 1)	0.006 3** (0.002 8)
$Indirect$	-0.019 1** (0.008 9)	0.000 8** (0.000 4)	-0.136 5** (0.067 5)	0.012 0* (0.007 0)

① 在构建模型之前,本文参考程中海等(2024)^[46]的研究,对变量的空间相关性和空间模型遴选进行了一系列检验。一方面,本文通过测算 CEI 和 $GTFP$ 的莫兰指数结果表明两个变量均存在显著的正向空间关联。另一方面,为了选择出合适的空间计量模型,本文补充了 LM 检验和 LR 检验,结果均支持选择双重差分空间杜宾模型。限于篇幅,结果留存备索。

② 拥有共同边界的地级市赋值为 1, 否则为 0。

③ 根据地级市的经纬度数据计算地级市之间的地理距离,然后取倒数。

表13(续)

变量	邻接矩阵		反距离矩阵	
	CEI	GTFP	CEI	GTFP
Total	-0.108 6** (0.048 6)	0.007 9** (0.003 1)	-0.242 7** (0.101 0)	0.018 3** (0.009 2)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	4 260	4 260	4 260	4 260
R ²	0.105 0	0.053 9	0.114 1	0.078 4

在验证空间效应的基础上,本文进一步探索数据要素市场化对地区绿色低碳发展的辐射范围。具体来说,本文构建如下计量模型:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 did_{it} + \sum_{s=50,100,\dots,400+} \varphi Dis_{it}^s + X'_{it}\alpha + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, s 为任意对照组距离处理组的球面距离,本文以50公里为基本单位,参考李慧等(2023)^[47]的研究,当 $[s-50,s]$ 范围内存在处理组时赋值为1,否则为0。本文在 $[50,400]$ 公里区间总共设置了八个间隔点以计算和比较不同阈值下空间溢出效应的辐射距离。

图5绘制了式(3)的估计结果,可以看出,数据要素市场化对绿色全要素生产率的影响不显著,其作用范围主要集中在50公里内。数据要素市场化对碳强度的影响随着地理距离呈现先促进后抑制的作用,表明数据交易平台和地区减排增效存在空间上的错位。原因在于,数据要素市场化虽然具备资源价值,但一方面平台建设过程中可能会产生能源消耗而增加排放,另一方面数据平台运行过程中也会消耗大量的电能。但随着辐射距离的增加,其降低碳强度的效果开始体现,通过数据交易重新组合资源要素,节约环境成本从而降低碳强度。这与传统呈现倒U型的特征不同,未来降低碳强度不仅需要协同治理,也需要关注数据要素市场化建设带来的“绿色悖论”问题^[3]。

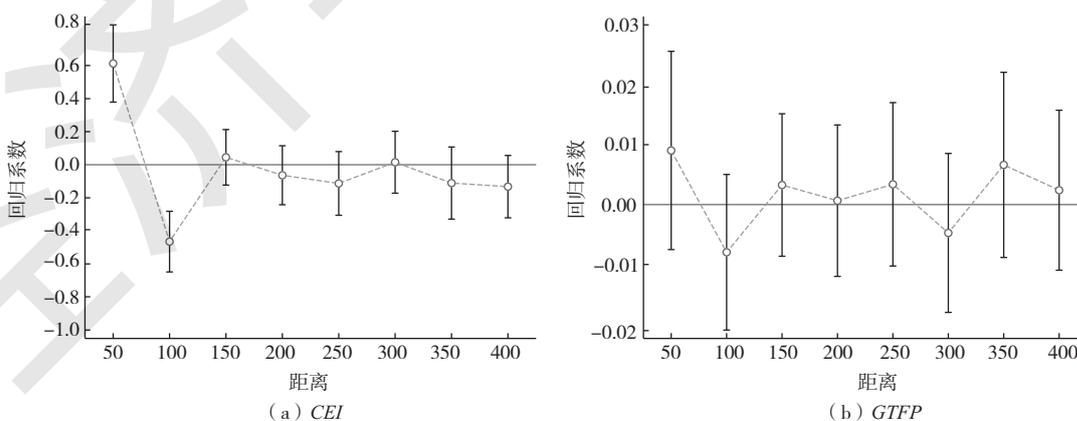


图5 辐射距离

(二) 数据要素市场化的福利效应

本文验证了数据要素市场化的绿色效应,另一个需要考量的问题是其对社会经济发展的影响,这也是

数字中国建设的两个重要问题。为此,本文从普惠性和个体效用两个维度考察数据要素市场化的福利效应。具体来说,本文利用夜间灯光数据衡量地区经济发展水平,利用夜间灯光数据的标准差衡量地区发展均衡程度^①,利用城镇居民失业率和平均工资衡量居民的发展程度,回归结果见表 14。

由实证结果可以看出,数据要素市场化有利于地区经济发展,但对弥合地区发展差距的影响并不明显。此外,数据要素市场化有利于降低地区失业率,这可能与地区人工智能创业活跃度提升有关,但对平均工资的影响并不明显。这也为未来进一步提高数据要素市场化的普惠性提供了政策启示。

表 14 福利效应分析结果

变量	经济发展水平	均衡发展	失业率	平均工资
<i>DiD</i>	1.342 0*** (0.307 3)	0.046 7 (0.187 3)	-0.418 8* (0.237 8)	-0.001 1 (0.006 2)
常数项	14.781 0 (14.403 1)	-36.251 6*** (11.964 6)	22.148 5* (13.008 1)	6.219 5*** (0.337 2)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	4 260	4 260	4 260	4 260
R^2	0.966 1	0.949 9	0.136 9	0.963 3

六、结论与建议

本文运用 2007—2021 年城市碳强度和绿色全要素生产率数据,以数据交易平台政策为准自然实验,实证分析了数据要素市场化对地区碳排放强度和绿色全要素生产率的影响效应及作用机制。研究发现,数据要素市场化有利于地区减排增效,这主要得益于数据要素市场化加速了数据流动。数据的资源性特征通过赋能全产业链协同绿色转型,围绕环境保护和生态建设等应用场景开展数据分析应用,为资源管理和环境保护提供决策支持和技术保障。数据要素市场化通过影响企业进入退出决策,包括人工智能企业创业和减少重污染企业进入比例,进而促进地区绿色低碳发展;同时数据要素市场化通过影响企业创新决策,包括数字专利申请和绿色专利申请,进而促进地区绿色低碳发展。数据要素市场化还通过优化政府行为,包括加强环保处罚和实现排污证精准发放,进而促进地区绿色低碳发展。数据要素市场化在信息壁垒较强地区的绿色低碳发展效应更为明显。具体来看,数据要素市场化在交通不便利、行政分割程度较高和监管距离较远的地区对绿色低碳发展的效果更加明显。数据要素市场化对碳强度的影响随地理距离呈现先增加后降低的趋势,而随地理距离的变化对绿色全要素生产率的影响并不明显。数据要素市场化有助于地区经济发展,同时降低失业率。

为持续深入发挥数据要素市场化对地区绿色低碳发展的正面效应,应重点采取以下对策:

第一,加快推进数据交易平台建设。根据各地区数据资源、应用场景和产业基础的禀赋条件,合理布局地区数据交易中心。对数据交易与技术研发等技术型产业应集中布局于发达地区,而数据采集和清洗等劳

^① 夜间灯光数据来自美国国防气象卫星计划-卫星运行的线性扫描系统(DMSP-OLS)和美国国家极轨卫星搭载的可见光近红外成像辐射仪(NPP-VIIRS)两套数据,通过提取、矫正和平滑处理后得到中国 284 个地级市 2007—2021 年夜间灯光平均亮度和标准差。

动密集型产业着重布局于劳动成本较低的地区。同时,要进一步促进数据交易中心加速数据资源及数据要素的跨区域的流通交易,加快实现以数据要素为核心驱动的算力跨区域调度体系。通过政府政策引导和规范,完善数据要素市场交易制度和公共数据运营模式,构建统一开放、竞争有序的数据交易市场。

第二,加强建设环境信息基础设施。当前中国地区之间和城乡之间存在“数字鸿沟”问题,阻碍了环境资源的有效利用。未来应加速构建高频度、多用户的生态环境大数据平台,利用物联网、卫星遥感和智能识别等先进技术实现环境信息资源的数字化和可视化,进而构建完整的生态环境智能感知系统。同时,依托大数据、云计算和边缘计算等技术加强环境监测站的精准监测、数字决策以及智慧预警预报。

第三,通过数据流通建立跨地区、跨部门环境治理协调机制。无论数据要素还是碳排放都具有明显的跨时空特征,因此未来加速数据要素市场化和降低碳强度,都需要建立自上而下的联动机制。具体是通过数据交易加速环境信息、资源、数据共享促进地方环保部门环境执法合作交流,协商解决边界地区、环境敏感区的污染问题。同时,各地区间应统一执法标准和执法力度,增强环境综合治理、综合施策的管理体系。

参考文献:

- [1] 陈雨露. 数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J]. 经济研究, 2023, 58(9): 22-30.
- [2] 徐翔, 厉克奥博, 田晓轩. 数据生产要素研究进展[J]. 经济学动态, 2021(4): 142-158.
- [3] 史丹. 数字经济条件下产业发展趋势的演变[J]. 中国工业经济, 2022(11): 26-42.
- [4] 刘涛雄, 戎珂, 张亚迪. 数据资本估算及对中国经济增长的贡献——基于数据价值链的视角[J]. 中国社会科学, 2023(10): 44-64.
- [5] 李海舰, 赵丽. 数据价值理论研究[J]. 财贸经济, 2023, 44(6): 5-20.
- [6] 蔡继明, 刘媛, 高宏, 等. 数据要素参与价值创造的途径——基于广义价值论的一般均衡分析[J]. 管理世界, 2022, 38(7): 108-121.
- [7] 杨俊, 李小明, 黄守军. 大数据、技术进步与经济增长——大数据作为生产要素的一个内生增长理论[J]. 经济研究, 2022, 57(4): 103-119.
- [8] 谢丹夏, 魏文石, 李尧, 等. 数据要素配置、信贷市场竞争与福利分析[J]. 中国工业经济, 2022(8): 25-43.
- [9] 徐翔, 赵墨非, 李涛, 等. 数据要素与企业创新: 基于研发竞争的视角[J]. 经济研究, 2023, 58(2): 39-56.
- [10] 蔡继明, 曹越洋, 刘乐易. 论数据要素按贡献参与分配的价值基础——基于广义价值论的视角[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(8): 5-24.
- [11] 王超贤, 张伟东, 颜蒙. 数据越多越好吗——对数据要素报酬性质的跨学科分析[J]. 中国工业经济, 2022(7): 44-64.
- [12] 刘雅君, 张雅俊. 数据要素市场培育的制约因素及其突破路径[J]. 改革, 2023(9): 21-33.
- [13] 孔艳芳, 刘建旭, 赵忠秀. 数据要素市场化配置研究: 内涵解构、运行机理与实践路径[J]. 经济学家, 2021(11): 24-32.
- [14] 戎珂, 刘涛雄, 周迪, 等. 数据要素市场的分级授权机制研究[J]. 管理工程学报, 2022, 36(6): 15-29.
- [15] 戴翔, 杨双至. 数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J]. 中国工业经济, 2022(9): 83-101.
- [16] TAO C Q, YI M Y, WANG C S. Coupling coordination analysis and spatiotemporal heterogeneity between data elements and green development in China[J]. *Economic Analysis and Policy*, 2023, 77: 1-15.
- [17] 方锦程, 刘颖, 高昊宇, 等. 公共数据开放能否促进区域协调发展? ——来自政府数据平台上线的准自然实验[J]. 管理世界, 2023, 39(9): 124-142.
- [18] 郑国强, 张馨元, 赵新宇. 数据要素市场化如何驱动企业数字化转型? [J]. 产业经济研究, 2023(2): 56-68.
- [19] 戴魁早, 王思曼, 黄姿. 数据交易平台建设如何影响企业全要素生产率[J]. 经济学动态, 2023(12): 58-75.
- [20] 刘满凤, 杨杰, 陈梁. 数据要素市场建设与城市数字经济发展[J]. 当代财经, 2022(1): 102-112.
- [21] WANG D Q, LIAO H W, LIU A G, et al. Natural resource saving effects of data factor marketization: implications for green recovery[J]. *Resources Policy*, 2023, 85: 104019.
- [22] 吕越, 马明会, 陈泳昌, 等. 人工智能赋能绿色发展[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(10): 100-111.

- [23] 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.
- [24] BERNARD A B, MOXNES A, SAITO Y U. Production networks, geography, and firm performance[J]. *Journal of Political Economy*, 2019, 127(2): 639-688.
- [25] LANGE S, POHL J, SANTARIUS T. Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? [J]. *Ecological Economics*, 2020, 176: 106760.
- [26] 段玉婉, 蔡龙飞, 陈一文. 全球化背景下中国碳市场的减排和福利效应[J]. *经济研究*, 2023, 58(7): 121-138.
- [27] 黄阳华. 基于多场景的数字经济微观理论及其应用[J]. *中国社会科学*, 2023(2): 4-24.
- [28] 何雨可, 牛耕, 逯建, 等. 数字治理与城市创业活力——来自“信息惠民国家试点”政策的证据[J]. *数量经济技术经济研究*, 2024, 41(1): 47-66.
- [29] 李冬, 杨万平. 面向经济高质量发展的中国全要素生产率演变: 要素投入集约还是产出结构优化[J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40(8): 46-68.
- [30] 许宪春, 任雪, 常子豪. 大数据与绿色发展[J]. *中国工业经济*, 2019(4): 5-22.
- [31] 金浩, 陈诗一. 地理距离对政府监管企业污染排放的影响效应研究——兼论数据技术监管的作用[J]. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(10): 109-128.
- [32] 余泳泽, 林彬彬. 偏向性减排目标约束与技术创新——“中国式波特假说”的检验[J]. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(11): 113-135.
- [33] 林建浩, 赵子乐. 均衡发展的隐形壁垒: 方言、制度与技术扩散[J]. *经济研究*, 2017, 52(9): 182-197.
- [34] BERTRAND M, DUFLO E, MULLAINATHAN S. How much should we trust differences-in-differences estimates? [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2004, 119(1): 249-275.
- [35] DE CHAISEMARTIN C, D'HAULTFŒUILLE X. Two-way fixed effects estimators with heterogeneous treatment effects[J]. *American Economic Review*, 2020, 110(9): 2964-2996.
- [36] DUBE A, GIRARDI D, JORDÀ Ò, et al. A local projections approach to difference-in-differences[Z]. NBER Working Paper No. 31184, 2023.
- [37] 刘志彪, 孔令池. 从分割走向整合: 推进国内统一大市场建设的阻力与对策[J]. *中国工业经济*, 2021(8): 20-36.
- [38] 杨艳, 王理, 廖祖君. 数据要素市场化配置与区域经济发展——基于数据交易平台的视角[J]. *社会科学研究*, 2021(6): 38-52.
- [39] STEINWENDER C. Real effects of information frictions: when the States and the Kingdom became united[J]. *American Economic Review*, 2018, 108(3): 657-696.
- [40] 郭峰, 熊云军, 石庆玲, 等. 数字经济与行政边界地区经济发展再考察——来自卫星灯光数据的证据[J]. *管理世界*, 2023, 39(4): 16-33.
- [41] HU C, MAO J H, TIAN M, et al. Distance matters: investigating how geographic proximity to ENGOs triggers green innovation of heavy-polluting firms in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 279: 111542.
- [42] 韩文龙, 张瑞生, 赵峰. 新质生产力水平测算与中国经济增长新动能[J]. *数量经济技术经济研究*, 2024, 41(6): 5-25.
- [43] 孙慧, 王凤逸, 丁辰鑫. 环境信息公开、绿色金融与城市绿色创新[J]. *首都经济贸易大学学报*, 2023, 25(1): 69-83.
- [44] 孙伟增, 毛宁, 兰峰, 等. 政策赋能、数字生态与企业数字化转型——基于国家大数据综合试验区的准自然实验[J]. *中国工业经济*, 2023(9): 117-135.
- [45] 王欣亮, 张家豪, 刘飞. 大数据是经济高质量发展的新引擎吗? ——基于数据基础设施与技术应用的双重效应解释[J]. *统计研究*, 2023, 40(5): 103-119.
- [46] 程中海, 乔智宏, 南楠. 信息消费何以赋能城市活力? ——基于需求侧和供给侧的双重视角[J]. *经济与管理研究*, 2024, 45(11): 67-85.
- [47] 李慧, 冯孟华, 张建国, 等. 跨区域能源调度促进企业减排效应研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2023, 40(7): 156-178.

Marketization of Data Elements and Regional Green and Low-Carbon Development

—A Quasi-natural Experiment from Data Trading Platform Construction

DU Chuanzhong, CAO Xiaoxi, LIU Shutong

(Nankai University, Tianjin 300071)

Abstract: The low replication cost and minimal quality degradation of data elements provide a feasible pathway for reconstructing green resource elements, enhancing the precision of ecological governance, and ultimately unleashing the green value of data resources. Existing studies primarily explore the constraints and implementation pathways of marketization of data elements from a qualitative or theoretical perspective. This paper focuses on the enhancement pathways through which marketization of data elements contributes to regional green and low-carbon development, conducting an in-depth analysis of its underlying mechanisms, heterogeneity, spatial effects, and welfare implications.

Based on data from 284 prefecture-level and above cities from 2007 to 2021, this paper employs a quasi-natural experiment of data trading platform construction to construct a difference-in-differences (DID) model for an empirical analysis of the impact of marketization of data elements on regional green and low-carbon development. The findings confirm that marketization of data elements helps reduce regional carbon intensity while enhancing regional green total factor productivity (TFP). This conclusion remains valid after a series of robustness tests. Heterogeneity analysis indicates that the impact is more pronounced in regions with stronger information barriers. Mechanism analysis reveals that marketization of data elements promotes regional green and low-carbon development by influencing both corporate decision-making and government behavior. Further analysis identifies that the impact of marketization of data elements on carbon intensity initially increases and then decreases with geographical distance, whereas its impact on green TFP does not exhibit significant variations with distance. Finally, marketization of data elements contributes to regional economic development while reducing unemployment rates.

The potential marginal contributions of this paper are as follows. First, it integrates marketization of data elements and regional green and low-carbon development into a unified analytical framework, systematically examining the impact and underlying mechanisms. Second, it enriches the research on the impact of marketization of data elements on low-carbon and green development. Third, it employs advanced robustness estimation techniques for DID models, double machine learning models, and spatial effect models to conduct robustness checks and further analysis.

Based on theoretical and empirical analysis, this paper proposes policies that include accelerating the construction of data trading platforms, strengthening the development of environmental information infrastructure, and establishing cross-regional and cross-sectoral environmental governance coordination mechanisms through data circulation to further leverage the role of data element markets in enhancing China's green and low-carbon development.

Keywords: data trading; marketization of data elements; carbon intensity; green TFP; information barrier; welfare effect

责任编辑:姜 莱