

【区域协调发展】

数字经济赋能经济绿色发展的效应与机制研究*

胡海洋 杨兰桥

摘要:在创新、协调、绿色、开放、共享新发展理念指引下,如何利用数字经济驱动绿色技术创新,进而引领经济绿色发展,已经成为亟待研究的重要命题。基于2011—2021年中国254个城市的面板数据,实证探究数字经济与经济绿色发展之间的关系,并运用中介效应模型着重识别绿色技术创新的作用机制,研究发现:数字经济已经成为推动经济绿色发展的重要力量;绿色技术创新是其发挥作用的关键中介;环境规制在数字经济影响经济绿色发展的过程中发挥了调节作用;数字经济对不同城市的赋能效应并不相同,表现出较强的异质性特征。因此,应从提升数字经济发展水平、强化绿色技术创新能力、建立健全数字经济与环境规制的协调机制、因地制宜制定发展战略等入手,加速推动经济绿色发展。

关键词:数字经济;绿色技术创新;经济绿色发展;作用机制

中图分类号:F062.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2095—5766(2023)06—0084—10 **收稿日期:**2023—08—17

***基金项目:**河南省哲学社会科学规划项目“创新生态系统视角下郑洛新自创区创新能力提升路径研究”(2021CJJ139);河南省软科学研究项目“数字经济赋能河南省企业绿色技术创新的机制及实现路径研究”(232400410056);河南牧业经济学院博士科研启动基金项目“创新生态系统视角下郑洛新自创区产业结构升级的路径研究”(2021HNUAHEDF015)。

作者简介:胡海洋,男,河南省社会科学院博士后工作站博士后(郑州 451464);河南牧业经济学院经济与贸易学院讲师(郑州 450053)。

杨兰桥,男,河南省社会科学院政策研究室研究员,博士后导师(郑州 451464)。

当前,创新、协调、绿色、开放、共享已经成为推动中国经济发展动力变革、效率变革和质量变革以及探寻高质量发展新路径的战略导向。党的二十大报告明确提出,“坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位”^①,着力促进经济社会发展的全面绿色转型。尤其是在“双碳”目标的背景下,要实现经济发展方式的转变,推动经济社会绿色转型,不能再依赖传统的要素投入和投资驱动,而是要把绿色低碳发展作为新的前进动力。同时,伴随着数字经济与实体经济更深层次、更广领域的渗透融合,数字经济已经成为实现新旧动能转换的重要支撑,引发了经济运行模式的巨大变革。科学评估数字经济的绿色发展效应,成为制定数字经济发展规

划、提高绿色发展效率的必然要求。在新发展阶段,如何利用数字经济实现经济增长与环境保护的协调发展,平衡经济增长和环境保护的矛盾成为备受关注的学术话题。一些学者指出,发展数字经济可能需要耗费更多的能源,新型基础设施建设和数字资源的运行管理均表现出较强的亲碳属性(Hittinger, et al., 2019)。例如,2021年中国数据中心总能耗达到2166亿千瓦时,二氧化碳排放量约1.35亿吨。由此可见,环境负担正在加速累积(史丹,2022;杨刚强等,2023),对经济绿色发展形成一定阻碍(陈诗一,2022)。但也有部分学者认为,仅从高能耗角度剖析数字经济的负外部性并不准确,数字经济具有环境友好的特殊性质,通过数字经济

赋能催生的新产业、新业态、新模式,加快了对经济系统的调整优化,为实现绿色发展提供了全新思路(黄群慧等,2019;魏丽莉等,2022)。

综上,学者们对数字经济影响经济绿色发展的研究主要集中在定性层面的理论机制分析和定量层面的直接效应检验上,并未构建统一的理论框架对其影响机制、作用路径及实现结果进行系统阐释和实证研究。实际上,数字经济赋能绿色技术创新是实现“双碳”目标和经济绿色发展的关键机制。首先,数据要素的非竞争性使其更容易实现开放共享,从而提升信息交流的频率和知识溢出的速度,市场主体得以在协同互动中学习到先进技术,从而提高绿色技术创新水平(朱洁西等,2023)。其次,数字经济通过降低空间和行业之间的壁垒,突破了地理与组织边界,有效减少了资源错配,通过引导资源合理配置,提高了资源利用效率,进而带动绿色技术创新(姚晨等,2023)。由此可见,数字经济是通过强化要素的交流互动和优化资源配置的综合作用来影响绿色技术创新,进而影响经济绿色发展的动态过程,绿色技术创新在此过程中发挥了重要的中介作用。此外,在实现“双碳”目标、建设美丽中国的愿景下,环境规制作为引导经济绿色、循环、低碳发展的重要工具,其能否助力数字经济克服亲碳属性,实现更大规模的节能减排,诱发更多的绿色技术创新,也应该引起重视。

与既往研究相比,本文的贡献在于:第一,将绿色技术创新视为数字经济带动经济绿色发展的关键动力,并运用中介效应模型识别和验证数字经济影响经济绿色发展的作用机制。第二,既往研究多是在省级层面对中国的经验事实进行实证分析,缺乏对研究对象的深层次细化。城市是经济发展的主要空间载体,在国家以城市群、都市圈为主要导向的发展背景下,基于城市视角对数字经济、绿色技术创新和经济绿色发展之间的关系进行解析,并考察不同城市的异质性影响,更能满足中国经济的现实发展需要。第三,在研究方法上,运用面板门限模型从非线性效应的角度考察了数字经济对经济绿色发展的影响,并采用工具变量法解决模型中因反向因果、测量误差等产生的内生性问题,提高了研究结论的稳健性,为实现数字经济赋能经济绿色发展贡献更加丰富的理论依据。

一、理论分析与研究假设

数字经济既可以对经济绿色发展产生直接影响,也能够通过绿色技术创新产生间接影响,本文将对其作用机制进行充分讨论。

1.数字经济对经济绿色发展的直接影响

绿色发展是构建高质量现代化经济体系的必然要求。数字经济与实体经济的融合为实现绿色发展指明了方向。数字经济对绿色发展的直接影响主要体现在:第一,传统经济的发展模式以叠加要素投入、依赖投资驱动为手段,虽然能够实现经济增长的目标,但是在要素配置过程中也存在许多资源无谓损耗,导致经济绿色发展的效率偏低。而数字经济具有渗透性强、覆盖面广、智能化及共享化突出等特征,有利于提高资源的供需匹配度,扩展和延伸生产可能性边界(肖旭等,2019),破除传统发展方式的增长限制(荆文君等,2019),在提高经济运转效率的同时,降低了对资源等要素的过度消耗,带动了经济绿色高质量发展(邓荣荣等,2022)。第二,从监管效能提升的视角来看,数字经济的发展和数字技术的应用丰富了政府环境监管的工具箱,使得政府更容易获取动态的环境数据(Shin, et al.,2015),极大地提高了环境监管力度,从而倒逼经济绿色转型。第三,数字经济突破了地理与组织边界,降低了空间和行业之间的壁垒,地区间可运用数字技术通过虚拟信息平台建立产业互动,跨区域的产业集聚变得更加便捷,有利于形成循环经济系统,并通过产业关联、产业融合及产业创新机制,加快淘汰高污染、高耗能、高排放产业,最终促进经济绿色转型(戚聿东等,2020;魏丽莉等,2021)。

此外,数字经济对绿色发展的影响受地区资源禀赋、行业发展差异、基础设施完善程度等因素的支配,这使得在数字经济发展程度不同的地区,其作用效应存在较大差异,从而可能导致“数字鸿沟”现象(葛和平等,2021)。在数字经济发展相对滞后的地区,规模效应和正外部性尚未完全显现,为了抓住数字经济发展的新机遇,落后地区只能持续加大基础设施建设,在此过程中不可避免地会产生盲目发展和资源浪费等问题,不利于经济绿色发展。而在数字经济发展相对领先的地区,不断更新

迭代新型数字技术,以及围绕数字经济搭建的生态环境都在激发更大规模的数字产业化和产业数字化,数字经济对经济绿色发展的赋能效应得以快速提升。基于如上分析,本文提出以下研究假设:

H1a:数字经济能够提升经济绿色发展水平。

H1b:数字经济对经济绿色发展的影响存在非线性特征,同时其影响效应具有区域异质性。

2.数字经济影响经济绿色发展的机制

绿色技术创新是实现“双碳”目标和经济高质量发展的重要手段,数字经济能够提升绿色技术创新水平。第一,从人力资本的角度来看,数字产业化和产业数字化的推进能够吸引更多高水平的数字化人才集聚,进而不断优化人力资本结构(孙早等,2019),要素的优化配置为绿色技术创新水平的提升奠定了良好基础。第二,从融资效率的角度来看,通过数字技术赋能,金融机构能够实现对企业和个人数据的海量挖掘,并通过大数据分析实现精准的需求锚定和资源匹配(赵宸宇等,2021),从而提高金融支持效率,进一步引导金融资源向绿色领域配置,激励企业绿色技术创新。第三,从协同创新的角度来看,绿色技术创新是多主体协同、多领域互动的结果。数字经济所蕴含的共享性、平台性等特征(韩璐等,2021;胡山等,2022)有助于打造更加开放的创新生态系统,市场主体可以通过物理空间和网络空间的多维扩展实现资源共享、技术合作、成果转化等,从而提升绿色技术创新水平。

同时,绿色技术创新作为促增长的主要动力和调结构的根本途径,能从根源上缓解经济增长与环境保护之间的矛盾,带动经济绿色发展。第一,从企业和居民的微观视角来看,绿色技术创新能够帮助企业实现生产过程的绿色赋能,创新成果的应用不仅可以减少企业运行的成本,实现更多利润,还为企业赢得了富有社会责任的声誉价值,甚至成为绿色发展的标杆。在居民需求端,通过绿色技术创新产出的绿色产品及绿色服务,可以帮助消费者树立环保理念,培育绿色生活方式(杨岚等,2022)。因此,进行绿色技术创新有利于创造更多的“先发优势”与大规模的市场效应,从而推动经济绿色发展。第二,从产业发展的中观视角来看,绿色技术创新所带来的技术外溢效应,为传统产业向绿色化、智能化方向转型升级提供了新的驱动力,有助于开创资源循环利用、污染减量排放的产业发展新

局面(常皓亮,2023)。第三,从经济社会的宏观视角来看,绿色技术创新能够赋能经济社会全面低碳转型(杨阳等,2022),尤其是在资源约束压力快速加剧、环境规制要求日益严格的背景下,绿色技术创新已成为经济绿色发展的新兴驱动力量。基于如上分析,本文提出以下研究假设:

H2:数字经济通过促进绿色技术创新推动经济绿色发展。

3.环境规制的调节作用

数字化建设带来的能源消耗正成为当下不可忽视的环境问题。当前,数字经济发展和数字技术大规模应用延伸出来的新兴科技产物正在重塑经济社会,而这一重塑过程必须依靠数字基础设施的支持。一方面,数字基础设施的建设会导致能源需求的增加,在能源效率以及能源结构没有改善的情况下,会导致碳排放总量上升,不利于经济绿色发展。另一方面,发展数字经济已经成为各地区落实新发展理念的重要共识,发达地区希望依靠数字经济实现新的技术革命,欠发达地区则设想利用新赛道实现后发赶超,数字经济发展方案层出不穷。盲目发展和过度重视数字经济概念,大干快上“新基建”,忽略了运营以及技术应用的合理性,没有因地制宜发展数字经济,导致产能过剩、资源浪费等问题,数字经济的负外部性日益凸显,从而减弱了对经济绿色发展的促进作用。

环境规制作为驱动绿色低碳发展的重要手段和工具(Rugman, et al., 1998),对推动经济绿色转型发展具有重要意义。从内部激励来看,适当的环境规制不仅能够激励企业减少污染排放,还能激发企业的内生动力,改进生产工艺和流程以提升资源利用效率,从而促使企业不断进行技术创新,提升企业的生产效率和竞争力(贾军等,2014;张平等,2016)。从外部压力来看,环境规制能使企业摆脱组织惰性,强化创新意愿,并降低企业投资的不确定性风险,从而驱动企业绿色发展(刘金科等,2022)。在数字经济快速发展和数字技术大规模应用的背景下,环境规制可以通过制定完善的行政法规和税费设计,实现节能减排和绿色发展的双重任务,助力数字经济克服亲碳属性。环境规制在数字经济的赋能作用下,其政策的实施速度、精度和覆盖面均有较大提升,降低了环境规制的实施成本和难度,政府能够获得更便捷的环境监督渠道和透

明的监督环境。企业也可以进行实时、精细化的监管,规避信息不对称带来的影响,有利于企业积极调整生产结构,投入更多的资金和人力积极开展绿色技术创新,从而在技术升级迭代的基础上带动经济绿色发展。基于如上分析,本文提出以下研究假设:

H3:环境规制对数字经济与经济绿色发展有调节作用。

二、变量选取与描述

为揭示数字经济赋能经济绿色发展的效应与机制,本文选取如下变量进行实证分析。

1.被解释变量 *ged*

经济绿色发展(*ged*)。经济社会在投入劳动、资本、技术、能源等生产要素后,会得到期望产出GDP,但同时也会产生环境污染等非期望产出。本文借鉴李江龙等(2018)的方法,使用全局生产技术条件下的超效率SBM模型测度经济绿色发展水平。

2.解释变量 *digitial*

数字经济发展水平(*digitial*)。本文利用互联网相关产业从业人员、移动电话普及率、5G基站数量、中国数字普惠金融指数、每万人数字高新技术相关专利数等五个指标,使用熵权法进行测算。

3.中介变量 *gte*

借鉴齐邵洲等(2018)的方法,选用各个城市每年申请的绿色专利数与专利申请总量的比值表征绿色技术创新情况。

4.调节变量 *er*

借鉴何兴邦(2019)的做法,采用由环境支出占GDP比重、环保系统人员占人口比重、环境处罚案件数量构成的复合指标,使用熵值法进行计算。

5.控制变量 *X*

人力资本发展水平(*hum*):以教育年限法进行测算;外商直接投资(*fdi*):以当年实际使用外资总额并进行汇率换算后表示;产业结构(*stru*):以第三产业和第二产业增加值的比值来衡量;科技投入(*tech*):用科技财政支出占财政支出的比重来衡量。

本文选用2011—2021年254个城市的数据,对于缺失数据利用插值法进行填充。相关数据来自《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及wind数据库。各变量的描述性统计见表1。

表1 各变量的描述性统计

变量	样本数	均值	最大值	最小值	标准差
<i>lnged</i>	2794	0.592	2.779	0.240	0.630
<i>lndigital</i>	2794	0.800	7.481	0.052	0.469
<i>lngte</i>	2794	0.711	3.885	-0.370	0.558
<i>lner</i>	2794	0.828	4.652	0.044	0.813
<i>lnhum</i>	2794	1.790	2.969	0.635	0.404
<i>lnfdi</i>	2794	5.215	11.003	2.116	0.892
<i>lnstru</i>	2794	0.568	0.998	0.137	0.209
<i>lntech</i>	2794	1.815	16.272	0.066	1.683

数据来源:作者整理。

三、实证结果

本节结合选取的变量,构建计量模型对数字经济影响经济绿色发展的效应进行检验。

1.基准回归分析

数字经济对经济绿色发展的基准回归结果如表2所示。其中,模型(1)对数字经济及其二次项与经济绿色发展之间的关系进行考察;模型(2)加入所有的控制变量;模型(3)为最小二乘法的实证结果,以便进行对比。

结果表明,模型(2)中数字经济与经济绿色发展之间呈U形的非线性关系。在数字经济的初始发展阶段,可能会因为新建大量的基础设施导致碳排放加剧,从而产生更大的环境成本,最终导致对经济绿色发展的抑制作用;在一定时期以后,数字经济已形成一定规模,数字技术、智能服务和网络大规模覆盖,极大地提升了资源匹配的速度和效率,数字经济对绿色发展的赋能作用开始显现。由此可见,数字经济能够带动经济绿色发展,且影响效应是非线性的。由此,H1假设部分得到验证。

控制变量的回归结果表明,人力资本能够显著提升经济绿色发展水平,一方面,教育水平提升能够培育公民的环保意识,有利于对污染行为进行全民监督;另一方面,人力资本提升使得劳动力蕴含更多的技术,可以更高效地创新并带动经济绿色发展。外商直接投资对经济绿色发展有促进作用。近年来,中国对外开放的领域不断扩大,引进的外资企业从加工制造逐步拓展到集成电路、智能制造等高端领域。伴随着引入外资数量和质量的双重提升,更多的先进技术应用到了国内市场,降低了环境治理成本,减少了污染排放。产业结构对经济

表2 基准回归结果

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)
	ln _{ged}	ln _{ged}	ln _{ged}
Indigital	-0.165** (-0.477)	-0.011* (-0.323)	-0.020 (-0.588)
(Indigital) ²	0.548* (1.316)	0.422* (7.305)	0.139** (3.326)
ln _{hum}		0.170*** (0.927)	2.752** (11.066)
ln _{fdi}		0.266** (2.113)	0.191 (1.824)
ln _{stru}		0.004 (0.175)	0.136 (0.629)
ln _{tech}		0.758* (4.024)	0.227*** (1.037)
常数项	0.372*** (2.159)	0.348*** (1.871)	0.319*** (1.259)
样本量	2794	2794	2794
固定效应	Yes	Yes	No
R-squared	0.336	0.757	0.499

数据来源:作者整理。

注:面板数据使用stata14.0进行估计,*、**、***分别表示在10%、5%和1%的显著水平下显著,下表同。

绿色发展的影响为正,但是不显著。其原因可能是,当前中国已开始着力推动产业结构转型升级,供给侧结构性改革持续深化,包括先进服务业在内的高端产业发展迅速。但总体来看,高能耗、高污染的传统产业占比依然较高,导致对经济绿色发展的促进作用无法完全展现。政府科技投入是助力经济绿色发展的关键支撑,科技财政支出越多,企业主动求变的意愿才会越强,企业获取更多资金后便于推进生产工艺的绿色化转型,从而实现绿色发展。

2. 环境规制的调节效应

环境规制能够帮助数字经济克服发展过程中的环境问题,为经济绿色发展提供重要的制度支持。研究将环境规制设定为调节变量,对其调节效应进行实证检验,结果如表3所示。

由模型(4)交互项(ln_{digital}×ln_{ner})的结果可知,环境规制在数字经济对经济绿色发展的影响中发挥了正向调节作用。依据前文基准回归的结果,数字经济与经济绿色发展之间呈U形的非线性关系,因此模型(5)中继续加入数字经济二次项与环境规制的交互项进行验证。结果证实交互项(ln_{digital}×ln_{ner})的系数显著为负,(ln_{digital})²×ln_{ner}的

表3 调节效应检验结果

变量	模型(4)	模型(5)	模型(6)
	ln _{ged}	ln _{ged}	ln _{ged}
Indigital	-0.089** (-0.661)	-0.114 (-0.873)	-0.074** (-0.530)
(Indigital) ²		0.433** (1.751)	0.662*** (2.114)
Indigital×ln _{ner}	0.143*** (0.505)	-0.007** (-0.038)	-0.004* (-0.021)
(Indigital) ² ×ln _{ner}		0.299*** (0.840)	0.335** (1.009)
ln _{ner}	0.950*** (3.266)	1.316* (1.701)	0.827* (2.600)
ln _{hum}			0.226*** (0.610)
ln _{fdi}			0.834*** (0.518)
ln _{stru}			0.149** (0.090)
ln _{tech}			0.373*** (1.078)
常数项	0.771* (0.249)	0.933* (0.380)	1.245** (0.771)
样本量	2794	2794	2794
固定效应	Yes	Yes	Yes
R-squared	0.513	0.228	0.645

数据来源:作者整理。

系数显著为正,环境规制能够强化数字经济与经济绿色发展的非线性关系。模型(6)考虑了所有的控制变量后,这种效应依然成立。环境规制强度较低时,数字产业面临的政策压力小,缺乏相应的激励对原有的发展路径做出调整。随着环境规制强度不断提升,相关产业必须调整能源使用方式并改善资源使用效率,这有助于降低数字经济的能源消耗和污染排放,推动经济绿色发展。由此,H3假设得到验证。

3. 稳健性检验

第一,替换变量。数字经济已经成为实现经济高质量发展的新引擎,各个城市2023年《政府工作报告》中数字经济相关词频出现的次数体现了各个城市对数字经济的重视程度。因此,本文以数字经济相关词频数替换基准回归中的数字经济发展水平,并进行稳健性检验,表4模型(7)的结果显示,在替换变量后,回归结果及其显著性和基准回归基本保持一致。

第二,排除极端值。样本极端值会导致回归偏差,因此本文对各个城市样本周期内的数字经济发展水平均值进行排序,并进行5%的双侧缩尾处理。模型(8)证实在剔除极端样本后,数字经济的相关变量对经济绿色发展的影响依然显著,研究结论稳健。

第三,工具变量法。为了消除互为因果、遗漏变量等引起的内生性问题,本文采用各个城市1984年每万人电话机数量和2011—2021年各个城市网络普及率的交互项,构建随时间与地区双维度变动的工具变量替代原模型中的数字经济发展(黄群慧,2019;柏培文等2021),具体结果见模型(9)。使用工具变量后,模型总体的回归结果与基准模型一致,同时选用的工具变量通过了识别不足检验、弱工具变量检验和过度识别检验,研究结论稳健。

表4 稳健性检验结果

变量	模型(7)	模型(8)	模型(9)
	lnged	lnged	lnged
Indigital	-2.833* (-1.254)	-0.225** (-0.451)	-1.084*** (-1.755)
(Indigital) ²	1.405*** (3.009)	0.290* (0.952)	1.331*** (2.708)
Indigital×lner	0.241* (0.383)	0.116** (3.734)	0.546* (7.081)
控制变量	控制	控制	控制
地区固定	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes
地区×时间	No	No	Yes
样本量	2794	2510	2794
K-PLM			41.327***
C-D Wald F			36.521
Sargan			0.146
R-squared	0.533	0.672	0.782

数据来源:作者整理。

四、影响机制与异质性分析

绿色技术创新是数字经济作用于经济绿色发展的重要路径,同时绿色技术创新还可能表现出较强的非线性效应,基于此,本文构建中介效应模型和面板门限模型进行进一步分析。

1. 中介效应模型分析

表5模型(10)证实数字经济对绿色技术创新有提升作用,且长期作用强度比短期更显著。数字经济

能够通过优化创新生态、加强产业协同、提升知识溢出实现对传统产业的技术赋能,改善地区总体的绿色技术创新能力,促进经济绿色发展。模型(12)继续考察加入中介变量绿色技术创新后,数字经济对经济绿色发展的影响。结果显示,考虑中介变量之后,数字经济对经济绿色发展的影响方向未发生变化,且其数值较基准模型更大,证明了绿色技术创新的中介作用,由此,H2假设得到验证。

表5 中介效应检验回归结果

变量	模型(10)	模型(11)	模型(12)
	lnged	lnged	lnged
Indigital	0.277* (1.813)	-0.011* (-0.323)	-0.371** (-0.679)
(Indigital) ²	0.609* (3.458)	0.422* (7.305)	0.836** (2.416)
lngte _{it}			1.710*** (4.027)
常数项	2.550*** (0.616)	0.348*** (1.871)	2.545*** (1.922)
样本量	2794	2794	2794
控制变量	Yes	Yes	Yes
固定效应	Yes	Yes	Yes
R-squared	0.493	0.757	0.624

数据来源:作者整理。

2. 面板门限模型分析

根据理论假设,数字经济与经济绿色发展之间呈U形特征,同时绿色技术创新是其关键的传导路径。因此,本文分别将两者设置为门限变量进行进一步讨论,对两个门限变量进行存在性检验后发现,数字经济与绿色技术创新均通过了单一门限、双重门限检验,未通过三重门限检验。基于此,本文分析了相应门限数量的回归结果,如表6所示。

当数字经济低于第一个门限值3.327时,对经济绿色发展的影响呈现抑制作用;而当其落在(3.327,6.810)这一区间时,影响系数为0.044,说明在第二门限区间内,数字经济能够带动经济绿色发展。当数字经济发展水平跨越第二个门限值6.810时,数字经济对经济绿色发展的促进效应仍然存在,且系数继续增大。门限回归的结果说明,数字经济对经济绿色发展的影响存在非线性特征,H1假设得到进一步验证。

当绿色技术创新低于第一个门限值0.164时,对经济绿色发展的促进作用为0.188。随着绿色技术创新能力的提升,在其他门限值区间内,会进一

表6 门限模型回归结果

门限变量	门限区间	模型(13)	模型(14)
		lnged	lnged
Indigital	$Indigital \leq 3.327$	-0.151** (-0.810)	
	$3.327 < Indigital \leq 6.810$	0.044* (0.730)	
	$Indigital > 6.810$	0.359** (5.988)	
lngte	$lngte \leq 0.164$		0.188*** (0.027)
	$0.164 < lngte \leq 0.498$		0.329*** (0.061)
	$lngte > 0.498$		0.470*** (0.085)
常数项		1.963*** (0.824)	0.960*** (0.065)
控制变量		Yes	Yes
样本数		2794	2794
R-squared		0.821	0.693

数据来源:作者整理。

步放大对经济绿色发展的推动作用。由此判断,绿色技术创新是现阶段中国实现经济绿色转型的内生动力,只有持续加强人才和资金投入,创造更好的创新环境,充分发挥绿色技术创新的作用,才能使其成为后发国家向创新型国家蛙跳转换、缓解资源环境压力的重要路径。

表7 异质性检验结果

变量	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区	中心城市	非中心城市
	模型(15)	模型(16)	模型(17)	模型(18)	模型(19)	模型(20)
Indigital	0.134** (1.759)	0.115* (1.374)	-0.256* (-1.635)	-0.092 (-1.326)	0.318*** (2.323)	-0.140* (-0.053)
$(Indigital)^2$	0.446*** (3.753)	0.270** (2.688)	0.107* (1.469)	0.078 (0.651)	0.575*** (4.226)	0.222 (1.039)
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
R-squared	0.469	0.414	0.526	0.503	0.514	0.600

数据来源:作者整理。

第二,城市级别差异。城市级别的高低决定了城市对人才的吸引程度、对资源的调配强度、对产业的支持力度。在数字经济快速发展的背景下,更高的城市等级更有利于扩大数字经济对经济绿色发展的影响作用。本文将样本城市划分为中心城市和非中心城市两个组别,其中中心城市包含省会城市和副省级城市,非中心城市为除中心城市外的其他城市。表7模型(19)—模型(20)结果显示,数字经济对不同级别城市的影响存在显著差异,中心

3.异质性分析

数字经济作为一种新型的经济形态所表现出的异质性影响也备受关注。本文从地理位置差异、城市级别差异两个角度来探究数字经济对经济绿色发展的异质性影响。

第一,地理位置差异。本文将样本城市划分为四个区域模块以对区域异质性进行解释,结果如表7模型(15)—模型(18)所示。比较回归结果后发现,东部地区的作用效果最明显,这可能是因为东部地区集聚了大量数字经济相关企业和人才,发展时间较早,相对更加成熟,且东部地区相关的政策制度更加完善,大量市场主体已经实现了数字赋能,因此对经济绿色发展的带动作用更强。中部地区的影响效应小于东部地区,但仍然可以看出近年来中部地区在数字经济发展上投入了较多资源,对经济绿色发展的促进作用也在逐步显现。西部地区和东北地区的数字经济效应为负,其原因可能是,近年来,西部地区城市开始着眼于利用数字经济发展契机,落实“东数西算”的国家战略,大量建设新型基础设施,这必然导致能源消耗的增加,对经济绿色发展产生一定的拖累;而东北地区则是因为经济结构相比于其他地区更加滞后,在发展数字经济时面临的制约因素更多,动力不足使得经济绿色发展的目标更难达成。

城市可以获得更大的数字经济发展红利,非中心城市的影响效应并不显著。其原因可能在于,首先,中心城市在资金支持、人才储备、基础设施、政策响应上比非中心城市更有优势,这使得这些城市更有能力借助数字经济促进经济绿色发展。其次,中心城市抢先布局战略性新兴产业,实现经济绿色发展的意愿更强,更愿意利用数字经济实现对实体经济的技术赋能,资源配置效率更高。上述分析能够说明,数字经济对经济绿色发展的作用效应具有区域

异质性,H1假设完全得到验证。

五、数字经济赋能经济绿色发展的制约因素

对照实证分析结果,数字经济的赋能效应若能得到更好的发挥,仍有以下问题需要解决。

1. 新型基础设施建设不均衡不完善

新型基础设施是数字经济发挥赋能作用的基石。近年来,中国新型基础设施建设取得了令人瞩目的成绩。截至2022年年底,中国已累计建成并开通了231万个5G基站,5G用户达5.61亿户,全球占比均超过60%。移动物联网终端用户数达到18.45亿户,成为全球主要经济体中首个实现“物超人”的国家。但是,中国新型基础设施建设还存在总体发展不完善和区域发展不均衡两个问题。首先,中国超大型数据中心数量占全球的比重为38.1%,与美国相比仍有差距。IPv6综合部署率为27.9%,处于较低水平,在世界主要国家中仅略高于俄罗斯的27.6%。新型基础设施总体水平不完善严重制约了数字经济的发展潜力,导致数字经济对经济绿色发展的赋能效应无法充分发挥。其次,新型基础设施建设在城市与城市之间的发展水平差距很大。西部地区 and 东北地区的城市数字基础设施相对薄弱,数据管理水平较为落后,区域发展不均衡导致数据要素在流动时难以实现高效的跨界整合,限制了数字经济“规模效应”与“乘数效应”的发挥,在一定程度上阻碍了经济绿色发展。

2. 绿色技术创新水平提升存在一定制约

绿色技术创新是数字经济作用于经济绿色发展的核心手段。当前,各地方政府均在着力构建良好的创新生态环境,出台了一系列有力举措保障各创新主体积极开展绿色技术创新。但是,从经济实践来看,绿色技术创新在保障机制和产学研协同上还有不足,创新深度、创新质量等方面仍存在差距,对经济绿色发展的支撑作用有待进一步提升。首先,绿色技术创新具有资金投入大、研发周期长、技术难度高的特点,单独依靠企业力量去筹措资金和组织人员进行研发活动非常困难,绿色技术创新迫切需要得到政府和金融机构的支持。就目前的情况而言,政府部门由于缺乏完善的沟通协调机制,使得金融机构很难掌握企业的绿色创新信息,无法实现高效的需求锚定和资源匹配,绿色技术创新并

未得到金融服务的有力支持。其次,在产学研协同过程中,企业更加关注如何利用绿色技术创新创造更多的经济效益,高校、科研机构则更加关注理论研究和突破,三者预期目标不统一往往会导致产学研协同的合作深度不足,最终影响绿色技术创新水平的提升。

3. 环境规制的政策体系有待进一步完善

数字经济在发展的过程中不可避免地产生亲碳现象,环境规制就是要利用多元化的政策引导数字经济发挥正外部性,最终促进经济绿色发展。但是,与现实需求相比,当前中国的环境规制政策体系仍需要进一步完善。首先,环境规制的监管体系不完善。立法层次低、政策文件内容不一致、机构重复、职权交叉等问题使得数字经济基础设施项目从评估、投资到运营的整个过程都缺少有力的监管,从而导致政策压力不足,无法克服固有的亲碳属性。其次,目前的环境规制政策主要是由政府主导的以行政手段为主的命令控制型,随着市场经济的不断发展,多种经济主体共生的环境使得仅仅使用行政干预为主的命令控制型政策已经无法调和经济发展与环境保护之间的矛盾,实现经济绿色发展迫切需要结合市场激励型的环境规制工具,利用基于市场机制的手段引导市场主体来保护与改善环境。因此,建立健全环境规制体系,注重异质性环境规制工具所发挥的差异化作用至关重要。

六、对策建议

中国应在加强新型基础设施建议、激发绿色技术创新活力、健全环境规制体系等方面采取措施,从而促进经济绿色发展。

1. 加快新型基础设施建设,提升数字经济发展水平

新型基础设施建设有助于突破时空阻碍,实现更高效率的要素流动,带动数字产业化和产业数字化的发展,为赋能经济绿色发展持续提供动力。加强新型基础设施建设,一是要合理规划,适度超前。各地区应结合自身禀赋特征和数字经济的差异化作用结果,因地制宜地制定发展规划,逐步实现全面建设的目标。同时,继续加大投入,通过适度超前打造以数字技术为核心的新型基础设施,强化数字经济在生产、生活和城市管理等领域的应

用,从而不断提高数字经济服务经济绿色发展的能力。二是要利用多元主体投资模式,充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。数字经济的发展尤其是新型基础设施的建设公共属性强、服务面积广,政府要发挥投资主体的功能,为新型基础设施提供足够的资金保障。同时,新型基础设施需要的投资金额多、技术难度大,仅靠公共部门发力难以实现良好的发展。因此,更需要调动民间资本的积极性,给予更多的正向激励,使更多市场主体参与建设过程中,从而利用好各方资源共同推进新型基础设施建设,助力经济绿色发展。

2. 激发绿色技术创新活力,培育经济绿色发展新引擎

绿色技术创新作为推进降碳、减污、扩绿、增长的新引擎,在引领经济绿色发展的过程中起着至关重要的作用。激发绿色技术创新活力,首先,政府应该营造更加开放的创新环境,不断增强对绿色技术创新活动的政策支持力度,通过制定动态调整的新型绿色技术指导目录、设立绿色创新专项基金、引导信贷资源向积极开展绿色技术研发和升级改造的企业倾斜。其次,企业作为绿色技术创新的第一主体,要确定绿色转型目标,坚持用技术进步推动企业成长,不断提升绿色技术创新的自主性。同时,深化与高校、科研院所等创新主体的合作,构建优质的创新生态,强化绿色技术产业链、创新链、资金链和人才链的深度融合,助力实现绿色技术市场全链条全过程创新。再次,要以地区协作机制为纽带,形成经济绿色发展合力。绿色技术创新存在极强的空间溢出效应,这意味着“孤舟独桨”式的政策模式难以成功,实现经济绿色发展,必须在区域尺度,以绿色技术地域分工、区域协作为重要抓手,塑造绿色技术创新“飞地”平台,构建形成以市场需求为导向,资源要素互补、梯度分工协作、协同联动发展的绿色技术创新区域合作空间。

3. 健全环境规制体系,引导经济绿色转型

环境规制是引导经济绿色转型的有效手段,在供给端,环境规制可以带动生产活动绿色化,实现产品结构和产业结构优化升级;在需求端,环境规制能够帮助消费者树立监督意识和环保消费理念,最终促进经济绿色发展。因此,要建立健全数字经济与环境规制的协调机制,注重环境规制政策所发挥的调节作用。首先,完善法律法规和政策体系,

通过有力监管加强对数字经济发展过程中高能耗、高排放领域的环境约束,加快对资源使用效率低下的生产环节进行改造,着力增进其环境绩效,充分发挥环境规制的倒逼作用。其次,有效利用市场激励型环境规制的激励作用,通过推进排污权交易、碳排放市场、提高环境准入门槛等手段,引导资本流向更加绿色、低碳的部门。再次,注重数字技术赋能与环境规制引导相结合。利用数字技术搭建全过程的环境监控平台,结合多元化的环境规制手段不断拓宽环境治理渠道,降低环境保护的成本,促进经济发展方式的绿色转型。

注释

①习近平:《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》,《求是》2022年第21期:4—35。

参考文献

- [1]Hittinger E., Jaramillo P.. Internet of Things Energy Boon or Bane[J]. Science, 2019,364(6438).
- [2]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).
- [3]杨刚强,王海森,范恒山,等.数字经济的碳减排效应:理论分析与经验证据[J].中国工业经济,2023(5).
- [4]陈诗一.“双碳”目标约束下应对气候变化的中长期财政政策研究[J].中国工业经济,2022(5).
- [5]黄群慧,余泳泽,张松林.互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J].中国工业经济,2019(8).
- [6]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(8).
- [7]朱洁西,李俊江.数字经济如何赋能城市绿色发展:基于区域创新产出和要素配置效率的视角[J].兰州学刊,2023(1).
- [8]姚晨,胡海洋.数字经济、创新资源流动与区域创新能力提升:基于城市面板数据的空间杜宾模型研究[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2023(4).
- [9]肖旭,戚聿东.产业数字化转型的价值维度与理论逻辑[J].改革,2019(8).
- [10]荆文君,孙宝文.数字经济促进经济高质量发展:一个理论分析框架[J].经济学家,2019(2).
- [11]邓荣荣,张翱翔.中国城市数字经济发展对环境污染的影响及机理研究[J].南方经济,2022(2).
- [12]Shin D. H., Choi M. J., Kim W. G.. Ecological Views of Big Data: Perspectives and Issues [J].Telematics & Informatics, 2015, 32(2).

- [13] 戚聿东,肖旭,蔡呈伟.产业组织的数字化重构[J].北京师范大学学报(社会科学版),2020(2).
- [14] 魏丽莉,侯宇琦.专业化、多样化产业集聚对区域绿色发展的影响效应研究[J].管理评论,2021(10).
- [15] 葛和平,吴福象.数字经济赋能经济高质量发展:理论机制与经验证据[J].南京社会科学,2021(1).
- [16] 孙早,侯玉琳.工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J].中国工业经济,2019(5).
- [17] 赵宸宇,王文春,李雪松.数字化转型如何影响企业全要素生产率[J].财贸经济,2021(7).
- [18] 韩璐,陈松,梁玲玲.数字经济、创新环境与城市创新能力[J].科研管理,2021(4).
- [19] 胡山,余泳泽.数字经济与企业创新:突破性创新还是渐进性创新?[J].财经问题研究,2022(1).
- [20] 杨岚,周亚虹.环境规制与城市制造业转型升级:基于产业结构绿色转型和企业技术升级双视角分析[J].系统工程理论与实践,2022(6).
- [21] 常皓亮.数字经济、绿色技术创新与碳排放强度:基于我国城市面板数据的经验研究[J].商业研究,2023(2).
- [22] 杨阳,曾刚,葛世帅,等.国内外绿色创新研究进展与展望[J].经济地理,2022,42(3).
- [23] Rugman A. M., Verbeke A.. Corporate Strategies and Environmental Regulations: An Organizing Framework[J]. Strategic Management Journal, 1998, 19(4).
- [24] 贾军,张伟.绿色技术创新中路径依赖及环境规制影响分析[J].科学学与科学技术管理,2014(5).
- [25] 张平,张鹏鹏,蔡国庆.不同类型环境规制对企业技术创新影响比较研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(4).
- [26] 刘金科,肖翊阳.中国环境保护税与绿色创新:杠杆效应还是挤出效应?[J].经济研究,2022(1).
- [27] Baron R. M., Kenny D. A.. The Moderator–mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic and Statistical Considerations [J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1986, 51(6).
- [28] 李江龙,徐斌.“诅咒”还是“福音”:资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长?[J].经济研究,2018(9).
- [29] 齐绍洲,林岫,崔静波.环境权益交易市场能否诱发绿色创新:基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J].经济研究,2018(12).
- [30] 何兴邦.环境规制与城镇居民收入不平等:基于异质型规制工具的视角[J].财经论丛,2019(6).
- [31] 柏培文,张云.数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J].经济研究,2021(5).
- [32] 陈喆,郑江淮.绿色技术创新能够促进地区经济高质量发展吗?——兼论环境政策的选择效应[J].当代经济科学,2022(4).
- [33] 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(4).
- [34] 邵帅,范美婷,杨莉莉.经济结构调整、绿色技术进步与中国低碳转型发展:基于总体技术前沿和空间溢出效应视角的经验考察[J].管理世界,2022(2).

Study on the Effect and Mechanism of Digital Economy Enabling Economic Green Development

Hu Haiyang Yang Lanqiao

Abstract: Under the guidance of the new development concepts of innovation, coordination, green, open and sharing, how to use the digital economy to drive green technology innovation and then lead the economic green development has become an important proposition to be studied urgently. Based on the panel data of 254 cities in China from 2011 to 2021, this paper empirically explores the relationship between digital economy and economic green development, and uses the intermediary effect model to identify the mechanism of green technology innovation. The findings are as follows: digital economy has become an important force to promote economic green development; Green technology innovation is the key intermediary to play its role. Environmental regulation plays a regulating role in the process of digital economy affecting economy green development. The enabling effect of digital economy on different cities is not the same, showing strong heterogeneity. Therefore, we should enhance the development level of digital economy, strengthen the innovation ability of green technology, establish and improve the coordination mechanism between digital economy and environmental regulation, formulate development strategies according to local conditions, and accelerate the promotion of economic green development.

Key Words: Digital Economy; Green Technology Innovation; Economic Green Development; Action Mechanism

(责任编辑:张子)