

数字经济、虚拟集聚和产业绿色转型

——基于中微观视角的解析与验证

向仙虹^{1,2},张瀚月^{1,2},邹志雁^{1,2},杨国歌¹

(1. 新疆大学 经济与管理学院,新疆 乌鲁木齐 830046;2. 新疆大学 新疆创新管理研究中心,新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:推动绿色发展,促进人与自然和谐共生是中国式现代化的本质要求,数字经济与绿色发展的深度融合已成为实现“双碳”目标、推动经济高质量发展的必然要求和重要支撑。使用2011—2019年中国企业工商登记注册信息和地级市数据,考察数字经济发展对产业绿色转型的影响及作用机制。研究显示:数字经济发展正向促进了产业结构绿色转型和产业效率绿色转型,在通过内生性检验、更换关键变量等一系列稳健性检验后结论依然成立。机制分析表明,数字经济可以通过提升虚拟集聚水平来赋能产业结构绿色转型和产业效率绿色转型。异质性分析表明,数字经济发展可以带动基础设施建设较差、有地理障碍地区实现产业绿色转型。研究结论为有效释放数字红利,驱动产业绿色转型,实现高质量发展提供了参考价值。

关键词:数字经济;虚拟集聚;产业绿色转型;碳达峰碳中和

中图分类号:F49;F124 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)04-0067-11

一、引言

“十四五”规划强调,加快发展方式绿色转型,同时要注重资源节约和利用效率的提升,协同推进经济高质量发展和生态环境高水平保护。党的二十大报告也提到,中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化。为实现人与自然和谐共生,亟须促使经济社会发展全面绿色转型,协同推进降碳、减污、扩绿、增长^[1]。

产业绿色转型是推动绿色发展的关键一环。在资源和环境的制约下,产业绿色转型面临以下两个难题:一是,因为早期要素结构的约束,中国主要在劳动力等初级要素上发挥比较优势,使得早期主要的产业集中于价值链中低端,但在这些产业长期保持比较优势,使得要素禀赋难以流向处于价值链更高端的产业^[2-3]。而如何从此困境突围并成功推动产业转型升级是一个难题。二是,“绿水青山就是金山银山”“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”,这都要求我们在发展经济的同时尊重自然、顺应自然、保护自然,秉承人与自然和谐共生的理念谋划发展,全面推动产业绿色转型。

如何实现产业绿色转型也是当前的一个难题,而数字经济的蓬勃发展为这一难题的解决提供了一

收稿日期:2024-01-06;修回日期:2024-06-09

基金项目:国家社会科学基金青年项目“‘双碳’目标下高耗能制造业绿色转型升级研究”(22CJY057);新疆维吾尔自治区自然科学基金青年项目“新疆能源密集型产业‘碳达峰’预测与路径选择分析”(2022D01C666);新疆维吾尔自治区高校基本科研业务项目“数字赋能助力新疆资源型产业绿色转型升级的作用机制与路径选择”(XJEDU2023P038)

作者简介:向仙虹(1990—),女,重庆人,经济学博士,新疆大学经济与管理学院副教授,博士生导师,研究方向为经济政策与绿色转型;张瀚月(1998—),女,重庆人,新疆大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向为数字经济与绿色发展;邹志雁(1999—),女,山东青岛人,新疆大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向为数字政策与产业转型;杨国歌(1989—),男,安徽淮南人,通讯作者,新疆大学经济与管理学院博士研究生,研究方向为数字经济与高质量发展。

个全新的方案。数字经济的广泛应用极大地助力了产业绿色转型。一是数字技术的赋能可以推动企业生产要素的合理高效配置^[4],优化各项决策和流程,提升生产效率,推动清洁能源发展^[5],从而推动企业绿色生产^[6]。二是数字技术的进步促使企业高效地处理和精准地分析消费者信息,使企业能够准确了解不同消费者的需求,从而调整生产计划,避免产量过剩和货物积压^[7],并且数字技术的应用还促进了产品的回收再利用等绿色产业的发展^[8]。三是数字技术的应用加强了经济链接较强产业的空间集聚,同时依托数字网络,形成了一种新的产业集群模式——虚拟集聚^[9-10]。线下、线上的企业集聚,都会推动企业间的信息和技术交流,集聚的企业可以享受到知识、技术溢出的红利,进而推动能源利用效率、污染处理、资源回收再利用等方面的绿色技术进步,促进相关企业绿色生产。

基于此,本文重点探讨数字经济的发展对产业绿色转型的影响。相较现有文献,本文可能的边际贡献如下:一是研究视角创新。在数字经济发展势头强劲、产业规模持续扩张的当下,本文重点关注到了数字经济发展对产业绿色转型的影响,并从结构和效率两个方面对产业绿色转型展开讨论,其中在产业结构绿色转型中分别考虑了企业数量和企业规模,进一步丰富了数字经济的相关文献。二是研究内容创新。考虑到数字经济发展对跨越地理空间约束的虚拟集聚的带动作用,进一步检验虚拟集聚在数字经济发展赋能产业绿色转型中的机制作用,并在异质性检验中考察了数字经济发展对自身条件不佳地区产业绿色转型的影响。三是研究数据和指标构建方面的创新。在产业结构绿色转型的构造中,本文使用了中国企业工商登记注册信息,并从碳排放的视角对绿色产业和非绿色产业进行识别,构造了基于企业数量、企业规模衡量的产业结构绿色转型。

二、理论分析

(一) 数字经济发展对产业绿色转型的直接影响

在近年发布的《中国制造2025》等相关文件和“十四五”规划中都提到了要推动数字化、智能化、绿色化融合发展,实现产业转型升级、提质增效,要以数字化转型驱动生产方式变革,赋能绿色制造。

从产业结构上看,大数据、云计算、人工智能、区块链等前沿技术的不断突破,带动以数字技术为核心业务的新兴产业不断涌现,引领新一轮产业变革,且与数字技术相关的新兴产业大都为清洁产业^[11],有助于产业结构绿色转型。同时数字技术嵌入全产业链,赋能传统产业,提升其各环节的生产效率和管理效率,促进各部门的协调、配合,优化企业要素配置^[12],实现资源、能源利用率的提升,推动产业结构绿色转型。

从产业效率上看,数字技术的应用对于企业而言本身就是投入生产的一项新技术^[4],加上数据具有非竞争性、非排他性、规模报酬递增性、正外部性等优质特点^[13],数字技术的广泛应用本身就能对绿色技术的进步和交流产生正向积极作用,提升产业绿色转型效率。与此同时,数字技术的发展也有助于能源开发、利用技术的提升,促使可再生能源的开发使用,缩短新能源研发周期,改善能源消费结构^[14],促进产业效率绿色转型。综上所述,提出本文假说1。

假说1:数字经济发展可以促进产业绿色转型。

(二) 数字经济发展对产业绿色转型的间接影响

产业集聚一般是指有经济联系的企业在地理空间上临近的过程。其中产业集聚正外部性的三个来源一般指的是劳动力蓄水池、中间投入共享和知识溢出^[15]。如今数字技术簇的集中突破促使人工智能、大数据、区块链、云计算、网络安全等新兴数字产业日新月异,通过数字网络平台搭建起的虚拟平台,催生出跨越地理空间距离的新产业组织形态——虚拟集聚^[9]。在网络搭建的虚拟平台中,每个用户都是一个不同的节点,其可以通过任意连接实现自由交流,获取所需信息,也可以通过组建虚拟社群的方式实现分工协作,来达成共同需求。比起产业集聚,虚拟集聚不仅能产生产业集聚的正外部性,还可以使不同地域的企业跨越地理空间约束在线上实现“集聚”。而且虚拟集聚具有部分绿色属性,能够积极地促进产业绿色转型。

一是虚拟集聚依托虚实融合的模式,加快了相关新产业、新业态的发展,同时数字技术通过线上平台对经济社会各领域快速渗透,也驱动了传统产业的转型升级^[16],这都加快了区域产业结构绿色

转型的实现。具体而言,虚拟集聚的模式催生了多样的集群组成方式和多元的组成成员,同时也使得部分线上集群的进入门槛变低,使集群内的成员感受到更多外部压力。并且虚拟产业集群中趋于模块化的组织分工模式,也使得集群内各企业以及企业内部各部门联系都更加自由^[10],为企业实现范围经济、开展跨界经营创造条件^[17]。这种更智能、更高效的线上集群模式,优化了企业的资源配置效率,减少了企业在生产中不必要的浪费,推动了区域产业结构绿色转型。

二是在虚拟集聚搭建的网络平台中,不同层级不同领域的人才都可以在这个网络社群中汇聚,这有利于知识、技术的广泛交流和共享,同时也推动相关人才在更广阔区域内的流动和就业,助力区域绿色技术进步,带动产业效率绿色转型。具体而言,线上平台使得各群体能在同一虚拟空间里开展“面对面交流”,这不仅有利于一般知识的学习和传播,还有利于缄默知识的传播和交流^[18],这都促进了绿色技术进步^[9],如污染处理、资源回收、更清洁的生产等技术的进步^[19],推动了区域产业效率绿色转型。综上所述,提出本文假说2。

假说2:在虚拟集聚作用下,数字经济发展可以促进产业绿色转型。

(三) 数字经济发展对自身条件不佳地区产业绿色转型影响的异质性分析

如何实现产业绿色转型是一个难题,而如何缩小区域间产业绿色转型进程差距,带动自身条件较差的地区实现产业绿色转型更是一个值得关注的议题,因为这些地区不仅面临着产业绿色转型问题,还面临着经济发展问题。由于发展水平和资源禀赋不同,各地区进行产业绿色转型的难度也截然不同。

经济开放和发展水平较高、基础设施较完善的地区可以利用优势资源,转向发展更绿色、智能的产业^[20],而其他地区则很难通过此途径完成产业绿色转型。数字经济发展为农村和贫困地区产业兴起带来新的发展机遇,数字普惠金融的发展使得体量更小、更为贫困的群体更容易获得贷款^[21]。数字平台的兴起使得信息获取更加便利,降低了交易成本,对低禀赋创业者决策有巨大的帮助,助力他们创新、创业,增加农村、贫困地区居民收入,缩小区域收入差距^[22-23]。数字经济与农业融合发展缓解了农业资源约束,提高农业生产效率和发展质量,延长甚至重构了农村和贫困地区原有的产业链体系,带动社会共同富裕,并促进农村、贫困地区产业绿色转型。

有地理障碍的地区,受到地理约束难以与外界形成有效的贸易往来,其各项经济活动的开展都较为困难,产业发展更加依赖自身的资源禀赋,产业绿色转型的实现难度也就更大。而数字经济发展可以使得这些地区克服部分地理障碍限制,缓解行政分割影响^[24],进而带动有地理障碍的地区融入现代产业链体系^[25];并且数字经济活动对周边地区经济和知识的扩散效应可以推动有地理障碍的地区更快发展,提升资源利用效率,促进有地理障碍地区生态环境的保护、清洁能源的使用^[26],赋能产业绿色转型。综上所述,提出本文假说3。

假说3:数字经济发展可以推动经济发展水平较差、有地理障碍的地区实现产业绿色转型。

三、研究设计与数据说明

(一) 模型构建

基于前文的理论分析和研究假说,构建如下模型:

$$Green_{ct} = \alpha + \beta Digital_{ct} + \gamma X_{ct} + \mu_c + v_t + \varepsilon_{ct} \quad (1)$$

其中, $Green_{ct}$ 为产业绿色转型水平, $Digital_{ct}$ 为数字经济发展情况, X_{ct} 为系列控制变量, μ_c 、 v_t 分别为城市、时间固定效应, ε_{ct} 为随机扰动项,下标 c 、 t 分别为城市、年份。

(二) 变量定义

1. 产业绿色转型($Green$)

为全方位考察数字经济对城市产业绿色转型的影响,首先需要对城市产业绿色转型进行合理的刻画。本文参考 Zhong *et al.*^[27] 和 Mao *et al.*^[28] 的做法,从产业结构绿色转型和产业效率绿色转型两个方面来衡量产业绿色转型。其中本文的企业数据来自工商登记注册信息。

产业结构绿色转型从企业数量($Green_n$)和企业规模($Green_k$)两个方面测度,分别为城市绿色行业的新增企业数与城市总新增企业数的比值和城市绿色行业的新增企业资产与城市总新增企业资产

的比值。其中绿色行业为 2011—2019 年城市平均碳排放量与全国平均碳排放总量比值小于 1% 的行业,反之为非绿色行业^①。新增企业资产为行业法人单位平均资产乘新增企业数的积。

产业效率绿色转型(*Green_e*)采用非期望产出-超效率 SBM 模型和 GML 指数来衡量。其中:投入指标为劳动、资本、能源、土地,分别为城市单位从业人员、固定资本存量、能源消耗量、建成区面积;期望产出为实际生产总值;非期望产出为二氧化硫、烟尘、工业废水排放量,并用累乘法计算而得。

2. 数字经济发展水平(*Digital*)

目前有较多文献对数字经济的内涵和测度进行了探索,但大多集中于省级层面,由于城市层面可选取数据较少,现主要参考赵涛等^[29]的做法,从数字产业化、产业数字化、数字基础设施等方面综合考察城市数字经济发展水平。考虑到时间跨度和相关数据的可得性,本文使用信息传输、计算机服务和软件业从业人员数、国际互联网用户数、人均电信业务量、移动电话年末用户数、数字经济专利数 5 个指标,并用熵值法合成数字经济发展水平。

3. 虚拟集聚(*Vag*)

虚拟集聚主要是通过网络平台进行运营,因此测度虚拟集聚应当考虑区域数字平台的活跃度和区域企业在网络平台进行商业活动的情况。具体构建如下:

$$Vag_{ct} = Platform_{pt} \times \left(\frac{vs_{ct}}{x_{ct}} \right) / \left(\frac{vs_{pt}}{x_{pt}} \right) \quad (2)$$

式(2)中, Vag_{ct} 为 c 城市 t 年的虚拟集聚发展水平。 $Platform_{pt}$ 为 c 城市 t 年所在 p 省的数字平台活跃程度,由省级企业拥有网站数、电子商务交易活动企业比重、电子商务交易额无量纲处理后再等权相加合成的指数。 vs_{ct} 和 x_{ct} 分别为 c 城市 t 年的信息传输、计算机服务和软件业的就业人数和第三产业就业人数, vs_{pt} 和 x_{pt} 分别为 c 城市 t 年所在 p 省的信息传输、计算机服务和软件业的就业人数和第三产业就业人数。

4. 控制变量

为尽可能规避遗漏变量偏误,更好地识别数字经济发展对产业绿色转型的影响,还需控制与产业绿色转型相关的影响因素。具体包括:财政分权度(*Fiscal_decen*),为地方财政一般公共预算收入/地方财政一般公共预算支出;地区消费水平(*Consumption*),为社会消费品零售总额/地区生产总值;人口密度(*Population*),为年末总人口数/行政区划面积;科技投入水平(*Science*),为科技支出/地方财政一般公共预算支出;金融发展水平(*Finance*),为年末金融机构各项贷款余额/地区生产总值。

(三) 数据来源和描述性统计

本文针对 2011—2019 年中国 283 个地级市进行研究,新增企业数来源于工商登记注册信息,二氧化碳数据来源于 CEADs 数据库^[30-31],各行业法人单位平均资产的数据来源于经济普查数据,数字经济专利数来自 CNRDS 数据库,其他数据主要来自《中国城市统计年鉴》。各主要变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 主要变量描述性统计

变量	(1) N	(2) Mean	(3) SD	(4) Min	(5) Max	
被解释变量	<i>Green_n</i>	2 547	0.893	0.051	0.728	0.978
	<i>Green_k</i>	2 547	0.801	0.114	0.470	0.971
	<i>Green_e</i>	2 547	0.893	0.284	0.266	2.006
解释变量	<i>Digital</i>	2 547	0.042	0.046	0.007	0.324
中介变量	<i>Vag</i>	2 547	0.614	0.541	0.050	3.378
控制变量	<i>Fiscal_decen</i>	2 547	0.463	0.221	0.104	1.007
	<i>Consumption</i>	2 547	0.384	0.110	0.101	0.694
	<i>Population</i>	2 547	0.043	0.031	0.002	0.153
	<i>Science</i>	2 547	0.003	0.002	0.0003	0.013
	<i>Finance</i>	2 547	0.978	0.548	0.308	3.188

四、实证检验与结果分析

(一) 基准回归结果

表 2 报告了数字经济对产业绿色转型影响的估计结果,列(1)和列(2)是使用新增企业数构造的

^①非绿色行业包括:农、林、牧、渔业,煤炭开采和洗选业,石油、煤炭及其他燃料加工业,化学原料和化学制品制造业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼和压延加工业,电力、热力生产和供应业,交通运输、仓储和邮政业。这些行业的总碳排放量占到全国碳排放总量的 85% 以上,其中,煤炭开采和洗选业的占比为 0.9% 以上,接近 1%,在此也将其纳入非绿色行业。

产业结构绿色转型,列(3)和列(4)是使用新增企业资产规模构造的产业结构绿色转型,列(5)和列(6)是产业效率绿色转型。其中第(1)列、第(3)列和第(5)列为未加入控制变量的结果,数字经济的估计系数均显著为正,即数字经济发展有助于产业结构绿色转型和产业效率绿色转型。为进一步排除其他可能影响城市产业绿色转型的干扰因素对上述结果的影响,第(2)列、第(4)列和第(6)列分别汇报了在列(1)、列(3)和列(5)基础上引入控制变量的结果。从系数值来看,数字经济的系数均有下降;而从显著性方面来看,引入控制变量后列(2)不显著、列(4)显著,表明仅考虑绿色行业新增企业占比会低估数字经济对产业结构绿色转型的赋能效果,列(6)也显著,说明数字经济的发展助力绿色技术进步,促进产业效率绿色转型。上述结果说明数字经济发展正向促进了绿色企业规模的扩大和绿色技术进步,助力产业结构、产业效率绿色转型。其中产业结构绿色转型主要是由绿色企业规模扩大所驱动,数字经济虽然也正向影响了绿色企业注册登记,但作用较为微弱。综上所述,假说1得以验证。

表2 基准回归

变量	(1) <i>Green_n_{ct}</i>	(2) <i>Green_n_{ct}</i>	(3) <i>Green_k_{ct}</i>	(4) <i>Green_k_{ct}</i>	(5) <i>Green_e_{ct}</i>	(6) <i>Green_e_{ct}</i>
<i>Digital</i>	0.100* (1.72)	0.068 (1.09)	1.011*** (6.44)	0.557*** (3.34)	3.260*** (8.96)	2.880*** (7.39)
<i>Fiscal_decen</i>		-0.004 (-0.34)		0.064** (2.00)		-0.134* (-1.79)
<i>Consumption</i>		0.009 (0.68)		-0.108*** (-3.16)		-0.382*** (-4.77)
<i>Population</i>		0.040 (0.13)		3.413*** (4.25)		4.222** (2.25)
<i>Science</i>		1.695*** (2.73)		7.567*** (4.57)		-5.641 (-1.46)
<i>Finance</i>		0.008** (2.26)		-0.008 (-0.84)		0.044** (2.00)
<i>Constant</i>	0.888*** (356.42)	0.874*** (55.97)	0.759*** (112.91)	0.630*** (15.14)	0.757*** (48.57)	0.772*** (7.93)
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	2 547	2 547	2 547	2 547	2 547	2 547
R ²	0.687	0.688	0.551	0.564	0.609	0.615

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

(二) 影响机制分析

由基准回归可知,数字经济发展促进了产业绿色转型。下面对数字经济发展能否通过推动虚拟集聚的发展来影响产业绿色转型进行检验。本文参考诸竹君等^[32]检验机制的方法,结果呈现在表3中。

表3列(1)显示,数字经济发展促进了虚拟集聚水平提升,列(2)至列(4)显示虚拟集聚水平提高能推动产业结构、产业效率绿色转型,在产业结构绿色转型中主要是影响绿色企业规模,对绿色企业注册影响微弱。综上所述,数字经济发展能够通过提升虚拟集聚水平来实现产业结构、

表3 影响机制分析

变量	(1) <i>Vag</i>	(2) <i>Green_n_{ct}</i>	(3) <i>Green_k_{ct}</i>	(4) <i>Green_e_{ct}</i>
<i>Digital</i>	6.448*** (13.37)			
<i>Vag</i>		-0.002 (-0.76)	0.020*** (2.78)	0.106*** (6.46)
控制变量	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
观测值	2 547	2 547	2 547	2 547
R ²	0.838	0.688	0.563	0.612

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

产业效率绿色转型,且其主要通过提升虚拟集聚水平驱动绿色企业规模扩张、助力绿色技术进步实现。

对上述结果可能的解释是数字经济的发展带动城市虚拟集聚^[29,33],而虚拟集聚水平的提升使企业信息获取、处理能力上升,可以更精准地生产、销售,同时企业可以享受到更多知识溢出红利,促进绿色技术进步,实现区域产业结构、产业效率绿色转型。同时虚拟集聚水平的提高扩展了企业的生产可能性边界^[4],抬高了绿色企业的进入门槛,所以从企业数量上看绿色企业新增数量并未明显超过非绿色企业。综上分析可知,假说2得以验证。

(三) 内生性问题

本文使用1984年城市邮局数与全国信息服务收入的交乘项(*post_o*)、固定电话数与全国信息服务收入的交乘项(*telephone*)作为工具变量进行检验。回归结果见表4和表5,结果与基准回归一致,使用企业数构造的产业结构绿色转型系数为正但不显著,使用企业资产规模构造的产业结构绿色转型的系数及产业效率绿色转型的系数显著为正,且较基准回归上升。本文的研究结论稳健。

表4 内生性问题(一)

变量	(1) first <i>Digital</i>	(2) second <i>Green_n_{ct}</i>	(3) first <i>Digital</i>	(4) second <i>Green_n_{ct}</i>	(5) first <i>Digital</i>	(6) second <i>Green_k_{ct}</i>
<i>post_o</i>	0.369*** (18.35)				0.369*** (18.35)	
<i>telephone</i>			0.001*** (11.21)			
<i>Digital</i>		0.239 (1.57)		0.183 (0.78)		1.512*** (3.55)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
LM 统计量		320.240***		133.049***		320.240***
Wald F 统计量		336.598***		125.741***		336.598***
观测值	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989
R ²		0.001		0.004		0.032

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

表5 内生性问题(二)

变量	(1) first <i>Digital</i>	(2) second <i>Green_k_{ct}</i>	(3) first <i>Digital</i>	(4) second <i>Green_e_{ct}</i>	(5) first <i>Digital</i>	(6) second <i>Green_e_{ct}</i>
<i>post_o</i>			0.369*** (18.35)			
<i>telephone</i>	0.001*** (11.21)				0.001*** (11.21)	
<i>Digital</i>		2.386*** (3.52)		9.519*** (8.85)		20.832*** (9.18)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
LM 统计量		133.049***		320.240***		133.049***
Wald F 统计量		125.741***		336.598***		125.741***
观测值	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989	1 989
R ²		-0.017		-0.079		-0.996

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

(四) 稳健性检验

本部分对解释变量、被解释变量的测度进行了调整。一是将数字经济发展测度调整为各指标标准化后等权相加(*Digital_e*),回归结果见表6的列(1)至列(3)。二是将煤炭开采和洗选业纳入绿色

行业,重新对产业结构绿色转型进行测度,回归结果见表6的列(4)和列(5)。三是使用EBM-GML来测度产业效率绿色转型,回归结果见表6的列(6)。可以发现,回归结论与基准回归相同。

表6 关键变量稳健性检验

变量	(1) <i>Green_{n_{ct}}</i>	(2) <i>Green_{k_{ct}}</i>	(3) <i>Green_{e_{ct}}</i>	(4) <i>Green_{n_{ct,n}}</i>	(5) <i>Green_{k_{ct,n}}</i>	(6) <i>Green_{e_{ct,E}}</i>
<i>Digital_e</i>	0.077 (1.56)	0.475*** (3.63)	2.546*** (8.33)			
<i>Digital</i>				0.062 (0.92)	0.499*** (2.92)	1.897*** (4.36)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	2 547	2 547	2 538	2 547	2 547	2 547
R ²	0.689	0.564	0.617	0.671	0.546	0.556

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

(五) 外生政策冲击检验

为进一步验证数字经济发展与产业绿色转型的因果关系,参考其他文献做法^[24],使用“宽带中国”试点政策作为外生政策冲击,利用双重差分法对该问题进行评估。数字经济的发展离不开网络基础设施建设,网络基础设施的覆盖范围、传输和接入能力都极大地影响了区域数字经济活动。“宽带中国”战略扩大了宽带网络覆盖范围、规模,推进宽带网络提速,推动宽带技术优化升级,进一步完善宽带网络产业链,并增强宽带网络安全保障能力,促进了网络基础设施建设和升级。故在此使用“宽带中国”试点政策作为数字经济发展的代理指标。

具体而言,根据国务院2013年8月印发的《国务院关于印发“宽带中国”战略及实施方案的通知》,工业和信息化部、国家发展改革委于2014、2015和2016年分三批共遴选出117个城市(群)作为“宽带中国”示范城市。模型设定如下:

$$Green_{ct} = \alpha + \beta Broadband_{ct} + \gamma X_{ct} + \mu_c + v_t + \varepsilon_{ct} \quad (3)$$

其他设定与前文一致,*Broadband_{ct}*指代c城市在t年是否入选“宽带中国”示范城市,入选则为1,反之为0。

回归结果如表7所示,列(1)和列(2)显示的是“宽带中国”试点政策对使用企业数构造的产业结构绿色转型回归的结果,列(3)和列(4)显示的是“宽带中国”试点政策对使用企业规模构造的产业结构绿色转型回归的结果,列(5)和列(6)显示的是“宽带中国”试点政策对产业效率绿色转型回归的结果。回归结果表明“宽带中国”试点政策显著促进了产业结构绿色转型和产业效率绿色转型,且“宽带中国”试点政策同时促进了绿色企业数量和规模的增加,对产业结构绿色转型有较强的积极推动作用。综合来看,在考虑外生政策冲击下,数字经济发展与产业绿色转型依然显著正相关。

表7 “宽带中国”试点政策对产业绿色转型的影响

变量	<i>Green_n</i>		<i>Green_k</i>		<i>Green_e</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>policy</i>	0.006*** (2.63)	0.006** (2.53)	0.021*** (3.25)	0.016** (2.43)	0.065*** (3.53)	0.067*** (3.66)
控制变量	否	是	否	是	否	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	2 547	2 547	2 547	2 547	2 538	2 538
R ²	0.687	0.689	0.545	0.563	0.802	0.803

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

五、进一步分析

前文的实证结果得出,数字经济发展正向促进了产业绿色转型。但是,是否只有自身基础设施建设较好、具备更优发展绿色产业条件的地区才能够通过数字经济发展实现产业绿色转型呢?下面对数字经济发展能否带动基础设施建设较差、地理条件不佳地区共同实现产业绿色转型进行进一步考察。

(一) 基础设施建设情况的异质性分析

使用城市总客运量、货运量来体现各城市基础设施建设情况,城市总客运量为公路、民用航空、水运客运量的和,城市总货运量为公路、民用航空、水运货运量的和。按 2011 年客运量、货运量的中位数分组,每组先展示的是小于等于中位数的部分,结果见表 8 和表 9。其中,表 8 列(1)至列(4)是使用企业数量构造的产业结构绿色转型,表 8 列(5)和列(6)、表 9 列(1)和列(2)是使用企业规模构造的产业结构绿色转型,表 9 列(3)至列(6)是产业效率绿色转型。整体结果表明:数字经济发展可以推动基础设施建设较差的地区实现产业结构绿色转型,且主要体现在地区绿色企业规模扩张上,而对新增绿色企业的促进作用相对较小;同时,数字经济对地区产业效率绿色转型也有一定积极作用,但对基础设施较好地区的促进作用强于基础设施较弱地区。

表 8 基础设施建设情况的异质性分析(一)

变量	客运量		货运量		客运量	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Digital</i>	0.449*	0.037	0.249	0.037	1.699**	0.277*
	(1.68)	(0.60)	(1.15)	(0.62)	(2.41)	(1.67)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	1 269	1 278	1 269	1 278	1 269	1 278
R ²	0.631	0.693	0.612	0.718	0.545	0.566
<i>Digital</i> 系数组间 差距检验 P 值	0.000***		0.006***		0.000***	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

对上述结果可能的解释是,信息技术的高速发展降低了信息的获取成本,同时便利的线上交易降低了部分绿色行业的进入门槛,给基础设施建设较差地区的家庭带来了创业机遇^[34],促使地区绿色企业发展,带动产业结构绿色转型。同时数字技术的应用也带动了部分基础设施建设较差地区的绿色技术进步^[35],实现区域产业效率提升。对于基础设施条件较好地区,根据互联网的“梅特卡夫法则”,其享受到的知识溢出红利较大,有助于城市绿色技术进步,而普遍的绿色技术进步可能提高了部分绿色企业的进入门槛。所以对于基础设施条件较好地区,数字经济发展显著促进产业效率绿色转型,而对产业结构绿色转型的积极作用有限。

表 9 基础设施建设情况的异质性分析(二)

变量	货运量		客运量		货运量	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Digital</i>	1.549***	0.311*	-2.108	2.639***	2.044*	2.474***
	(2.76)	(1.88)	(-1.40)	(6.13)	(1.78)	(5.56)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	1 269	1 278	1 269	1 278	1 269	1 278
R ²	0.539	0.583	0.615	0.612	0.622	0.607
<i>Digital</i> 系数组间 差距检验 P 值	0.000***		0.000***		0.144	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为t值。

(二) 地理条件情况的异质性分析

使用地理起伏度来刻画区域地理条件,先呈现的是地理起伏度大于等于中位数的地区。表 10 的列(1)和列(2)显示,数字经济发展对地理情况不同地区的绿色企业注册均无显著影响,列(3)和列(4)以及列(5)和列(6)显示,数字经济发展能够促进有地理障碍和无地理障碍的地区实现绿色企业规模增长和绿色技术进步,且数字经济发展更能带动无地理障碍的地区实现绿色企业规模增长和绿色技术进步。可能的原因是,由于地理条件的限制,存在地理障碍的地区更难发展规模较大的产业,并且其数字基础设施的架设也有一定困难,所以数字经济发展对有地理障碍地区的产业绿色转型有一定促进作用,但正向作用相较无地理障碍地区相对有限。

表 10 地理条件情况的异质性分析

变量	<i>Green_n</i>		<i>Green_k</i>		<i>Green_e</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Digital</i>	0.166 (1.63)	0.001 (0.02)	0.452* (1.70)	0.531** (2.44)	1.462*** (2.62)	3.562*** (6.54)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	1 287	1 260	1 287	1 260	1 287	1 260
R ²	0.663	0.712	0.557	0.581	0.675	0.578
<i>Digital</i> 系数组间差 距检验 P 值	0.031**		0.319		0.006***	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为*t*值。

六、结论与启示

本文考察了数字经济发展对产业绿色转型的影响,得到了以下发现:(1)数字经济发展可以助力产业结构绿色转型和产业效率绿色转型,且产业结构绿色转型主要体现在绿色企业规模扩张上,在通过内生性检验、关键变量更换等一系列稳健性检验后作用依然显著。(2)虚拟集聚水平的提升是数字经济助力产业绿色转型的重要作用机制,数字经济能够通过促进虚拟集聚水平提升的路径来驱动产业结构、产业效率绿色转型。(3)数字经济发展可以推动自身条件不佳地区实现产业绿色转型,数字经济发展能够带动基础设施建设较差、有地理障碍地区实现产业结构绿色转型。

基于本文研究结论提出如下政策建议:(1)数字经济发展可以为产业绿色转型提供助力,我们可以通过在多场景中打造数字生态与数字化平台,助力产业数字化、绿色化发展,同时也需要优化虚拟平台企业的进入退出制度,降低绿色企业进入门槛,引导产业绿色转型。(2)注重数字产业化和产业数字化相结合,加强数字基础设施建设,推动数字技术不断进步,赋能产业绿色转型。(3)数字经济可以为基础设施建设较差、有地理障碍地区提供更多产业绿色转型机会,所以要进一步完善这些地区的数字基础设施建设,助力产业持续绿色转型。

参考文献:

- [1]王茹.人与自然和谐共生的现代化:历史成就、矛盾挑战与实现路径[J].管理世界,2023,39(3):19-30.
- [2]邓向荣,曹红.产业升级路径选择:遵循抑或偏离比较优势——基于产品空间结构的实证分析[J].中国工业经济,2016(2):52-67.
- [3]樊纲.比较优势与后发优势[J].管理世界,2023,39(2):13-21+37.
- [4]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.
- [5]SHAHBAZ M, WANG J D, DONG K Y, et al. The impact of digital economy on energy transition across the globe: the mediating role of government governance[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2022, 166: 112620.
- [6]宋德勇,朱文博,丁海.企业数字化能否促进绿色技术创新?——基于重污染行业上市公司的考察[J].财经研究,2023,49(1):1-12.

- 2022,48(4):34-48.
- [7] 韩晶,陈曦,冯晓虎. 数字经济赋能绿色发展的现实挑战与路径选择[J]. 改革,2022(9):11-23.
- [8] LIU Q L, TREVISAN A H, YANG M Y, et al. A framework of digital technologies for the circular economy: digital functions and mechanisms[J]. Business strategy and the environment, 2022, 31(5): 2171-2192.
- [9] 王如玉,梁琦,李广乾. 虚拟集聚:新一代信息技术与实体经济深度融合的空间组织新形态[J]. 管理世界,2018,34(2):13-21.
- [10] 陈小勇. 产业集群的虚拟转型[J]. 中国工业经济,2017(12):78-94.
- [11] SALAHUDDIN M, ALAM K, OZTURK I. The effects of Internet usage and economic growth on CO₂ emissions in OECD countries: a panel investigation[J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2016, 62: 1226-1235.
- [12] 田秀娟,李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界,2022,38(5):56-73.
- [13] 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.
- [14] 王锋正,刘向龙,张蕾,等. 数字化促进了资源型企业绿色技术创新吗? [J]. 科学学研究,2022,40(2):332-344.
- [15] 苏丹妮,盛斌. 产业集聚、集聚外部性与企业减排——来自中国的微观新证据[J]. 经济学(季刊),2021,21(5):1793-1816.
- [16] 李伟. 数字经济发展的底层理论逻辑、发达国家战略部署及我国应对[J]. 中国软科学,2023(5):216-224.
- [17] 戚聿东,肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界,2020,36(6):135-152.
- [18] 刘洋,董久钰,魏江. 数字创新管理:理论框架与未来研究[J]. 管理世界,2020,36(7):198-217.
- [19] 史丹,孙光林. 数字经济和实体经济融合对绿色创新的影响[J]. 改革,2023(2):1-13.
- [20] 刘守英,杨继东. 中国产业升级的演进与政策选择——基于产品空间的视角[J]. 管理世界,2019,35(6):81-94+194-195.
- [21] 宋文豪,黄祖辉,叶春辉. 数字金融使用对农村家庭生计策略选择的影响——来自中国农村家庭追踪调查的证据[J]. 中国农村经济,2023(6):92-113.
- [22] 王定祥,彭政钦,李伶俐. 中国数字经济与农业融合发展水平测度与评价[J]. 中国农村经济,2023(6):48-71.
- [23] 刘奥,张双龙. 革命老区振兴规划实施的共同富裕效应——基于城乡收入差距视角[J]. 中国农村经济,2023(3):45-65.
- [24] 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.
- [25] 马九杰,杨晨,赵永华. 农产品电商供应链“最初一公里”为何仍然需要代办制? ——基于供应链治理框架与过程追踪法的分析[J]. 中国农村经济,2023(6):72-91.
- [26] 吕进鹏,贾晋. “革命老区+民族地区”叠加区域乡村振兴的多维困囿、现实契机与行动路径[J]. 中国农村经济,2023(7):143-163.
- [27] ZHONG S H, PENG L, LI J M, et al. Digital finance and the two-dimensional logic of industrial green transformation: evidence from green transformation of efficiency and structure[J]. Journal of cleaner production, 2023, 406: 137078.
- [28] MAO W X, WANG W P, SUN H F. Driving patterns of industrial green transformation: a multiple regions case learning from China[J]. Science of the total environment, 2019, 697: 134134.
- [29] 赵涛,张智,梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界,2020,36(10):65-76.
- [30] SHAN Y L, GUAN D B, ZHENG H R, et al. China CO₂ emission accounts 1997—2015[J]. Scientific data, 2018, 5: 170201.
- [31] GUAN Y R, SHAN Y L, HUANG Q, et al. Assessment to China's recent emission pattern shifts[J]. Earth's future,

2021, 9(11): e2021EF002241.

- [32] 诸竹君, 谢然成, 郭志芳, 等. 服务型制造技术创新与企业劳动要素市场势力——基于 BERT 语言模型的微观证据[J]. 中国工业经济, 2023(12): 135 - 152.
- [33] 刘焯, 王琦, 班元浩. 虚拟集聚、知识结构与中国城市创新[J]. 财贸经济, 2023, 44(4): 89 - 105.
- [34] YI M, LIU Y F, SHENG M Y S, et al. Effects of digital economy on carbon emission reduction: new evidence from China[J]. Energy policy, 2022, 171: 113271.
- [35] 徐扬, 刘育杰. 数字化基础设施建设与企业技术创新——基于“宽带中国”示范城市政策的经验证据[J]. 南京财经大学学报, 2022(4): 77 - 87.

(责任编辑:原小能;英文校对:谈书墨)

Digital Economy, Virtual Agglomeration, and Green Transformation of Industries:

Based on the Medium and Micro Perspectives

XIANG Xianhong^{1,2}, ZHANG Hanyue^{1,2}, ZOU Zhiyan^{1,2}, YANG Guoge¹

(1. School of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Center for Innovation Management Research of Xinjiang, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Promoting green development and the harmonious coexistence of human beings and nature is an essential requirement of Chinese modernization. Further, the deep integration of the digital economy and green development has become an inevitable requirement and an important support for realizing the “dual carbon” goals and promoting the high-quality development of the economy. Based on business registration information for Chinese enterprises and data for prefecture-level cities from 2011 to 2019, this paper examines the impact of the development of the digital economy on the industrial green transformation and the mechanism for this effect. The study shows that digital economic development actively promotes the green transformation of industries' structures and efficiency; the conclusion holds after a series of robustness tests, including endogeneity testing and replacement of key variables. The mechanism analysis suggests that the digital economy can promote the green transformation of industrial structures and the efficiency by enhancing virtual agglomeration level. The heterogeneity analysis shows that the development of the digital economy can drive the industrial green transformation in areas with poor infrastructure construction and geographic barriers. This study provides a reference point for effectively releasing the digital dividend to drive the industrial green transformation and achieve high-quality development.

Key words: digital economy; virtual agglomeration; industrial green transformation; peak carbon dioxide emissions and carbon neutrality