

数字经济能促进绿色发展吗?

——基于节能、减排、增效机制的实证检验

王庆喜, 胡安, 辛月季

(浙江工业大学经济学院, 浙江杭州 310014)

摘要: 构建多维评价体系测度中国各省绿色发展和数字经济水平, 并实证检验数字经济对绿色发展的影响作用及其内在机制。研究表明, 数字经济的发展显著促进了绿色发展水平的提高, 这一结论在采取工具变量等一系列稳健性检验后依然成立。分位数回归结果证明这种作用呈现出随数字经济水平提高而不断增强的非线性特征, 验证了网络效应的存在。异质性检验结果表明, 数字经济对绿色发展的影响作用表现出地区差异、产业结构差异和环境规制强度差异。数字经济能够降低能源消耗、减少污染排放、提高生产效率, 其中提高生产效率是数字经济促进绿色发展的主要作用机制。

关键词: 数字经济; 绿色发展; 网络效应; 生产效率; 中介机制

中图分类号: F207 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2154(2022)11-0044-16

DOI: 10.14134/j.cnki.cn33-1336/f.2022.11.004

Can Digital Economy Promote Green Development? Empirical Evidence from Energy Saving, Emission Reduction, and Efficiency Improvement

WANG Qingxi, HU An, XIN Yueji

(School of Economics, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper constructs a multidimensional evaluation system to measure the level of green development and digital economy of each province of China, and analyzes the effect of digital economy on green development and its mechanism. The results show that the development of digital economy significantly contributes to the improvement of green development level, and this finding still holds after a series of robustness tests including the use of instrumental variables. The quantile regression result demonstrates that this effect shows a non-linear characteristic that consistently increases with the level of digital economy, which verifies the existence of network effects. The results of heterogeneity test show that the effect of the digital economy on green development varies across regions with different geographical location, different industrial structure and different environmental regulation intensity. The digital economy can reduce energy consumption, decrease pollution emissions and improve production efficiency, among which improving production efficiency is the main mechanism of the effect of digital economy on green development.

Key words: digital economy; green development; network effects; production efficiency; mediating mechanism

收稿日期: 2022-04-09

基金项目: 国家社会科学基金项目“特色小镇的经济韧性评估与提升对策研究”(17BJL074)

作者简介: 王庆喜, 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要从事产业创新与区域经济发展研究; 胡安, 男, 博士研究生, 主要从事数字经济、产业集聚与区域发展研究; 辛月季, 女, 博士研究生, 主要从事数字经济、产业联系与区域发展研究。

一、问题提出与文献回顾

党的十九大报告指出,推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,在创新引领、绿色低碳等领域培育新增长点、形成新动能。《国民经济与社会发展十四五规划和2035年远景目标纲要》提出,全面提高资源利用效率,大力发展绿色经济,建设美丽中国。以互联网、物联网、大数据、人工智能等新兴技术为代表的数字经济,是推动绿色发展的重要突破口。然而,迄今为止,鲜见二者关系的正式检验。数字经济促进绿色发展的效应如何,作用点又在哪里,尚不明晰。这些问题的解决是政策实施的前提。本文在对数字经济和绿色发展水平进行多维测度的基础上,系统考察了二者的影响关系及其机制。本研究不仅可以推动相关研究进展,同时还可以为政府实践提供经验支持。

改革开放40余年来,我国经济快速发展,跃居为世界第二大经济体,然而与此同时,生态环境却在持续恶化。日益严重的环境问题已然成为制约我国实现高质量发展的主要障碍。绿色发展是可持续发展的必要条件和人民对美好生活追求的重要体现。如何在经济增长和环境友好之间进行权衡取舍,实现两者的均衡发展,是当前我国亟须破解的一大难题^[1]。探讨绿色发展的影响因素,并在此基础上剖析绿色发展的驱动机制对中国实现可持续增长至关重要^[2]。现有研究多从政府行为^[3]、产业集聚^[4-5]、资源禀赋^[1]、对外开放^[6]等视角探讨绿色发展的提升路径。但在我国实现“碳达峰”、争取“碳中和”的关键期和推动经济高质量发展的攻坚期,传统路径难以破解我国面临的经济增长与环境保护之间的两难局面,需要寻求新的手段和方式。

近年来,以大数据、物联网等为代表的新兴信息技术逐渐渗透到经济社会生活的诸多领域,在我国经济发展中扮演着越来越重要的角色。作为一种新型经济形态,数字经济不仅自身具有清洁高效的特点,同时还通过与其他经济形态的融合提升其技术含量和生产效率,减少污染排放。因此,通过数字经济促进绿色发展是破解经济发展与环境恶化之间两难矛盾、实现经济高质量发展的重要突破口,这也正是党的十九大报告提出的通过数字经济与实体经济的融合来实现创新发展和绿色发展的意图所在。

从现有文献来看,数字经济能否促进我国经济绿色发展这一问题尚未得到正式解答,数字经济与绿色发展之间的内在机制更是缺乏严谨检验。相关研究主要关注数字经济的潜在效益,大多认为数字经济作为基于互联网、大数据和新兴技术产生的新型经济形态,改善了生产效率和交易效率^[7-8],形成兼具规模经济、范围经济及长尾效应的经济环境,通过新的投入要素、资源配置效率和全要素生产率促进经济发展^[9]。而关于数字经济的绿色效应的探讨还局限于互联网或信息技术对环境质量或污染排放的影响这一层面上。关于互联网的研究支持了互联网发展对环境的正向作用,认为互联网发展能够正向促进地区全要素能源效率的提高,有利于工业绿色增长^[10]。关于信息技术的相关研究也得到了类似结论,认为信息技术的应用推广改变了居民的生活方式和企业的生产方式,推动了企业技术进步,降低了生产成本和交易成本,促进经济社会的可持续发展^[11]。在企业中,信息通信技术的广泛应用及其发展水平的快速提升,降低了能源消耗水平和生产中不必要的浪费,提高了绿色经济效率,因而有利于节能减排^[12]。

通过文献梳理可以发现,数字经济和绿色发展的相关研究尚存在如下不足:虽然已有少数文献考察了互联网及信息技术对环境质量或污染排放的影响,但从总体上考察数字经济对绿色发展影响的研究仍很少见。相比互联网及信息技术,数字经济是一个囊括生产力进步和生产关系变革的新型经济形态,数字经济对绿色发展的影响并不局限于互联网及信息技术的应用;即便现有研究证实了互联网和信息技术具有促进环境质量提升的作用,但对于二者作用机制的分析却不够深入,数字经济促进绿色发展的内在机理仍有待厘清,数字经济促进作用的阶段性特征也需要进一步探讨。

针对上述不足,为明晰数字经济与绿色发展的关系,本文构建多维评价体系测度数字经济和绿色发展水平,实证检验数字经济对绿色发展的影响效应及其作用机制,为通过数字经济提升我国绿色发展水平提供理论支撑和经验证据。本文的贡献主要有:构建评价我国数字经济水平和绿色发展水平的多维指标体系,较为客观全面地反映了我国数字经济和绿色发展现状。实证检验数字经济与绿色发展的关系,在采用工具变量缓解内生性干扰的基础上,得出了数字经济能够促进绿色发展的结论。此外,就数字经济促进绿

色发展的阶段性差异进行探究,验证了数字经济的网络效应,丰富了数字经济和绿色发展的相关研究。证明了数字经济具有节能、减排、增效的作用,并采用中介效应模型识别了数字经济促进绿色发展的内在机制。本文的研究结果可以为未来制定合理的产业政策和环境政策提供理论支撑,有利于深入推进“数字中国”战略,促进我国经济实现绿色转型,推动高质量发展,助力美丽中国建设。

二、理论分析与研究假设

(一) 数字经济对绿色发展的影响效应

改革开放以来,中国经济的快速发展主要依赖于以资源要素投入为主要动力的粗放式增长方式。这种增长方式在推动经济高速增长的同时,也不可避免地导致了高排放和高污染等严重环境问题,威胁着人民的生活福祉和社会的可持续发展。为了满足人民群众对美好生活的强烈需求和实现经济社会的可持续发展,着力推进绿色发展在中国成为广泛共识。世界银行和国务院发展研究中心联合课题组(2012)^[13]指出,实现绿色发展就要让经济增长摆脱对资源使用、碳排放和环境破坏的过度依赖。因此,绿色发展其实质是要平衡好绿水青山和金山银山的关系。故而绿色发展就是在推动经济持续发展的同时,减少对自然资源的使用和对生态环境的破坏,以效率、协调、可持续为目标,实现经济发展和环境改善相互促进的发展方式^[14]。

要实现绿色发展,就要处理好人与自然的关系,从产业转型升级、优化资源配置、提高生产效率、减少污染排放等方面下功夫,而这正是数字经济的优势所在。在微观层面上,数字经济的发展鼓励企业使用更为先进的生产技术和生产设备,实现生产方式从传统的人工控制向先进的智能化控制转变。物联网、人工智能、数字化控制系统等先进数字技术在生产过程中的使用,可以实现对生产流程的精确监测,并根据实时生产状态进行及时有效的调整,将生产效率大大提高^[15]。同时,数字化平台的广泛使用在企业间建立起高效的生产网络,使得产业链联系更加紧密,生产信息和供求信息在企业间的传递更加及时充分,大大降低了企业的信息收集成本,高效地匹配企业间的供需目标,使得企业生产更具目的性,并有助于企业快速发现市场变化趋势和调整生产计划,以满足市场需求。信息搜寻效率的提高和生产技术的改善大大优化了企业的要素配置水平,提高了企业的生产效率,从而有效减少了资源浪费和污染排放,帮助企业实现绿色化转型^[14]。在宏观层面上,数字经济通过促进新型信息技术嵌入制造业产业链和价值链,推动制造业改变传统生产方式并向中高端领域迈进,实现转型升级。同时数字化水平的提升提高了服务业汇集需求信息的能力,实现了产业间更为高效的分工合作,加强了产业间的横向互补和纵向关联,从而促进了产业集聚与协同发展。更进一步地,数字经济带动的产业集聚与协同发展吸引更多的高新技术企业和高技能人才的汇聚,由此带来的规模经济效应可以进一步降低企业的研发成本,促进企业创新研发水平的提高,而数字化平台又加速了前沿技术在产业网络中的外溢与扩散^[16]。由此,数字经济推动的产业转型升级与技术更新换代提高了地区整体的产出效率,并减少了落后产能和污染排放,对地区绿色发展产生积极作用。因此,数字经济水平的提升可以有效促进地区绿色发展。

此外,数字经济在发展的不同阶段对绿色的作用可能存在差异。已有研究表明,互联网产业的技术进步对绿色经济增长具有显著的促进作用,且随着互联网普及率的提高,互联网对绿色经济增长的促进作用呈现非线性提升趋势^[17]。类似地,赵涛等(2020)^[18]的研究也证明,数字经济的积极影响呈现出边际效应非线性递增的特点。这是由于随着数字经济的持续发展,梅特卡夫法则的边际递增效应发挥作用,各经济部门和生产环节之间的协调成本不断降低,资源利用效率和生产效率持续提高。所以,数字经济对绿色的促进作用也应当不断增强,呈现为非线性递增特征的网络效应。据此,本文提出:

假说1:数字经济促进绿色发展,且其作用呈现出非线性递增的特征。

(二) 数字经济促进绿色的作用机制

数字经济作为一种清洁高效的新型经济形态,在生产过程中,一方面,可以实时监测企业生产效率和运行状态,及时对生产过程中的要素使用情况进行动态优化调整,提高要素资源的利用效率,减少资源的

无效损耗;另一方面,通过优化生产流程,使得生产过程更接近效率前沿面,投入要素尽可能地转化成为预期产品,从而减少副产品和污染物的产生。因此,数字经济具有降低能源消耗、减少污染排放、提高生产效率等作用,从而促进经济绿色转型,实现绿色发展。

一是数字经济具有节能效应。数字经济发展为企业提供了高效获取市场信息的平台,高效的信息沟通有助于缓解资源在地区间和行业间的配置扭曲,实现生产要素的高效配置,从而使要素投入更为集约、更具效率^[19]。随着数字经济融入生产环节,不仅促进企业生产技术升级、流程优化、设备更新,还为企业提供实时检测能源消耗的工具,优化企业的能源使用安排,及时调整生产状态^[12],从而降低能源消耗强度。此外,数字经济还通过驱动创新要素的集聚和生产技术知识的共享,推动了先进生产技术在产业活动中的应用,从而加速了产业的升级转型,使传统高能耗的工业逐渐智能化、轻量化和绿色化,实现了节约能源投入的目标。因此,数字经济的发展有利于降低能源消耗。

二是数字经济具有减排效应。前沿的数字技术加快了传统的工业产业向中高端制造业迈进的步伐,促进制造业和服务业融合发展,并通过提高人力资本水平和激发企业创新活力,驱动地区产业结构优化升级^[20]。传统产业通过引进数字技术带动企业生产设备和生产工艺的改造升级实现数字化转型,积极调整不符合比较优势的生产方式,并引进更为先进环保的生产技术和污染物末端处理设备,使生产过程中的污染物产出量和排放量大大降低^[21]。此外,数字技术上的创新可以助力企业采用新型清洁能源替代传统高污染能源,使能源结构向更为清洁的可再生能源倾斜,使得污染排放进一步减少^[22]。数字网络的出现还使得新型生产技术、知识和经验以更快的速度在更广的领域传播开来,使更多的企业在数字网络中学习生产管理经验,并在生产中加以应用,进而降低污染产出水平。因此,数字经济的发展有利于减少污染排放。

三是数字经济具有增效效应。数字技术的大范围使用,丰富了企业获取市场信息的渠道,企业可以以更快的速度和更低的成本收集到市场信息,更高效地匹配供给和需求,从而使得生产计划更加符合市场需求。同时企业可以通过数字平台及时了解市场需求的实时变化,通过对生产进度和生产规模的及时调整应对市场变化,减少无效供给和资源的浪费,提高企业的生产效率。另外,数字经济的发展为求职劳动力和招工企业提供了获取信息的平台,有助于劳动力需求和供给的高效匹配,加速地方劳动力市场化进程,从总体上提高劳动力资源配置效率和劳动生产率^[23]。更进一步地,数字经济推动传统产业转型升级,实现产业数字化、信息化、智能化转型,同时数据要素与其他要素的有机融合,可以促进新产业、新业态和新商业模式的产生,显著提升了社会生产效率^[24]。因此,数字经济的发展有利于提高生产效率。综上,本文提出:

假说2:数字经济通过节能、减排、增效等机制促进绿色发展。

三、模型、变量与数据

(一) 计量模型

1. 固定效应模型。为验证数字经济与绿色发展的关系,本文建立如下基准模型:

$$GreenIndex_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Digeco_{it} + \alpha_c Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中, $GreenIndex_{it}$ 为省份*i*在时期*t*的绿色发展水平, $Digeco_{it}$ 为表征省份*i*在时期*t*数字经济发展水平的数字经济指数, $Controls_{it}$ 为一系列省级层面的控制变量; μ_i 代表省份*i*不随年份变化的个体固定效应, δ_t 为年份固定效应, ε_{it} 表示随机误差项。根据式(1), $Digeco_{it}$ 前的系数 α_1 可以反映数字经济对绿色发展的平均影响。

2. 分位数回归模型。考虑到数字经济发展具有的网络化特征,数字经济发展水平可能存在促进绿色发展的非线性作用,本文根据蔡宏波等(2017)^[25]的方法,设定如下分位数模型捕捉数字经济在不同发展阶段对绿色发展作用的分布特征:

$$GreenIndex_{it} = \beta_{0q} + \beta_{1q} F_q [GreenIndex_{it} | \Phi_{it} (Digeco_{it}, Controls_{it})] + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} = \beta_q \Phi_{it} (Digeco_{it}, Controls_{it}) \quad (2)$$

式(2)中, q 代表分位点; $\Phi_{it}(Digeco_{it}, Controls_{it})$ 表示绿色发展水平的影响因素的分布,包括核心解释变量数字经济和一系列控制变量; $F_q[GreenIndex_{it} | \Phi_{it}(Digeco_{it}, Controls_{it})]$ 表示各影响因素确定的情况下,被解释变量绿色发展水平在 q 分位点上的条件分位数函数。分位数模型可以估计出被解释变量在给定解释变量时的条件分布, β_q 反映数字经济发展水平在不同分位点上对绿色发展的影响。

3. 中介效应模型。为了更清晰地了解数字经济对绿色发展的作用机理,考察数字经济影响绿色发展的内在机制,本文参考许家云(2019)^[26]的做法,构建中介效应模型识别节能、减排、增效等机制在数字经济影响绿色发展这一作用环节中的中介作用。在基准模型(1)的基础上,构建数字经济对中介变量的线性回归方程和数字经济与中介变量对绿色发展的回归方程,通过对比回归系数的大小和显著性水平可以判断中介效应是否存在。中介效应的具体形式设定如下:

$$Mediator_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Digeco_{it} + \gamma_c Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$GreenIndex_{it} = \theta_0 + \theta_1 Digeco_{it} + \theta_2 Mediator_{it} + \theta_c Controls_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中, $Mediator$ 为可能存在的中介变量,在本文中即为能源消耗、污染排放和生产效率,其他变量设定与基准模型相同。根据中介效应原理,在检验数字经济与绿色发展关系的基准模型(1)的系数 α_1 通过显著性检验的基础上,若 γ_1 、 θ_2 均通过显著性检验,且 θ_1 的绝对值相对于 α_1 的绝对值变小或其显著性水平降低,则证明中介效应存在。

(二) 变量设定与说明

1. 被解释变量:绿色发展指数。基于前文分析,绿色发展是指在推动经济持续发展的同时,减少对自然资源的使用和对生态环境的破坏,实现经济发展和环境改善相互促进的发展方式。但是关于绿色发展水平的测度,学界尚未达成共识,虽然已有研究将绿色全要素生产率或绿色经济效率作为绿色发展的重要因素,进而将其指代绿色发展水平^[1-2,5-6],但受限于评估维度过于单一,易受到极端因素的影响,且绿色效率只是绿色发展的中间环节,不能完全反映绿色发展的真实状态,将其作为绿色发展的代理变量已然不能满足当前研究的需要。因此,部分学者开始采用指标体系对绿色发展水平进行测度^[27-29]。胡鞍钢和周绍杰(2014)^[30]指出,绿色发展基于经济系统、自然系统和社会系统的交互作用,三大系统的共生性则形成了绿色增长、绿色财富和绿色福利的耦合关系,并在此基础上构建了包含绿色增长、绿色福利、绿色财富维度的“三圈模型”反映绿色发展的产生机制。本文参考前人文献,并从绿色发展所包含的经济发展和环境改善的双重内涵出发,兼顾指标的科学性和数据的可得性,在“三圈模型”的基础上,加入绿色治理维度反映当前生态修复、环境治理等绿色补偿措施对绿色发展水平的贡献,从以上四个维度选取19个指标构建多维度评价体系评价绿色发展水平,具体指标见表1。其中,绿色增长维度包含经济增长、产业结构等方面的6个指标,反映经济系统的增长水平和质量;绿色福利维度包括人民生活 and 绿色服务供给方面的5个指标,反映经济发展过程中人民福祉的水平及其变化;绿色财富维度包括生态资源方面的5个指标,反映绿色资源的保有水平;绿色治理维度包括污染治理方面的3个指标,反映社会发展过程中对污染治理的措施力度。本文采用面板熵值法对2011—2019年我国大陆30个地区(除西藏外)的绿色发展情况进行定量测度,得到表征各省绿色发展水平的绿色发展指数,记为 $GreenIndex$ 。

2. 核心解释变量:数字经济指数。由于学界尚未对数字经济的概念达成统一,数字经济的度量方法也不尽相同。本文采纳2016年杭州G20峰会对数字经济的定义:数字经济是指以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动。^①可见,数字经济以互联网和信息技术为基础依托,但更侧重于通过信息通信技术在生产生活中的广泛普及和深度应用来带动经济活动效率的提升和经济结构的升级优化,从而推动经济发展。鉴于此,首先借鉴黄群慧等(2019)^[31]的做法,以互联网和信息技术的基础设施建设情况反映数字经济发展的硬件基础。在此基础上,参考刘洋和陈晓东(2021)^[20]的做法,进一步引入反映数字

^①参见2016年G20峰会官网, http://www.g20chn.org/hywj/dnecgwj/201609/t20160920_3474.html。

技术在人民生活和产业经济活动中的应用深度的相关指标表征数字技术应用对经济活动的推动作用。综合以上两方面,可以在一定程度上克服以往研究通常仅仅从互联网或信息化技术发展的单一维度评价数字经济发展水平的不足。具体地,本文从数字化基础设施、数字化应用和数字化产业三个方面选取12个相关指标构建多维指标体系,对数字经济发展水平进行综合测度,具体指标见表1。采用主成分分析法,将上述指标数据进行标准化处理和降维后,加权计算得出数字经济指数,记为 *Digeeco*。

表1 绿色发展水平和数字经济发展水平评价指标体系

综合指标	指标类别	指标名称及统计单位	指标属性	
绿色发展指数 (<i>GreenIndex</i>)	绿色增长	人均 GDP(元)	正向(+)	
		人均地方财政一般预算收入(元)	正向(+)	
		第三产业增加值占比(%)	正向(+)	
		单位 GDP 的电力消耗(千瓦时/万元)	负向(-)	
		单位 GDP 的 SO ₂ 排放量(吨)	负向(-)	
		单位 GDP 的废水排放量(吨)	负向(-)	
	绿色福利	人均社会消费品零售额(元)	正向(+)	
		居民人均可支配收入(元)	正向(+)	
		规模以上工业企业科研经费(万元)	正向(+)	
		每万人在校大学生数(人)	正向(+)	
		万人拥有公共汽车(辆)	正向(+)	
	绿色财富	人均水资源量(立方米)	正向(+)	
		人均森林面积(公顷)	正向(+)	
		人均自然保护区面积(公顷)	正向(+)	
		建成区绿化覆盖率(%)	正向(+)	
		人均公园绿地面积(平方米)	正向(+)	
	绿色治理	工业污染治理完成投资额(万元)	正向(+)	
		城市污水处理率(%)	正向(+)	
		生活垃圾无害化处理率(%)	正向(+)	
	数字经济指数 (<i>Digeeco</i>)	数字化基础设施	移动电话交换机容量(万户)	正向(+)
			光缆线路长度(公里)	正向(+)
互联网宽带接入端口(万个)			正向(+)	
网站数(万个)			正向(+)	
数字化应用		移动电话普及率(部/百人)	正向(+)	
		互联网宽带接入用户数(万户)	正向(+)	
		企业每百人使用计算机台数(台)	正向(+)	
		每百家企业拥有网站数(个)	正向(+)	
数字化产业		信息传输、计算机服务和软件业从业人员占比(%)	正向(+)	
		人均电信业务总量(元)	正向(+)	
		电子商务销售额占地区生产总值比重(%)	正向(+)	
		人均快递业务收入(元)	正向(+)	

3. 中介变量。根据理论分析,本文设定如下中介变量:

(1) 能源消耗(*Lnsorce*)。生产生活中使用的能源种类多样,为便于分析,本文用折合成万吨标准煤的

能源消费总量表征能源消耗水平,并取其对数值纳入回归过程。

(2) 污染排放 (*Pollute*)。考虑数据的可得性,对生产中最主要的三种污染排放指标工业废水排放量、二氧化硫排放量和烟(粉)尘排放量作标准化处理后,进行主成分分析,用得出的综合污染排放量指标表征污染排放水平。

(3) 生产效率 (*Gpe*)。使用 SBM-DEA 模型对生产效率进行测算。考虑到绿色发展情景下的生产过程受到环境状况的约束,需要在评价时考虑非期望产出的问题,本文使用 Tone (2002)^[32] 构建的包含非期望产出的 SBM-DEA 模型测算生产效率。在测算过程中,以我国大陆除西藏外的30个地区为决策单元 (DMU),投入变量从劳动力、资本、能源等角度,分别选取当年就业人员总数、资本存量、能源消费总量3个指标;产出变量选取各地区生产总值作为期望产出指标,以三种主要污染物的排放量:二氧化硫排放量、烟(粉)尘排放量和工业废水排放量作为非期望产出指标。其中,资本存量采取永续盘存法进行估计,能源消费总量以万吨标准煤计,其他价格变量均使用价格指数折合成2011年不变价。

4. 控制变量。由于绿色发展水平除了会受到数字经济的影响外,还会受到一系列内外部因素的影响。为了更为准确地评估数字经济对绿色发展的影响,本文参照余硕等 (2020)^[2]、杨慧梅和江璐 (2021)^[33] 的研究,选取如下可能对绿色发展水平产生影响的控制变量:(1) 资源禀赋 (*Resource*),用采矿业从业人数在总就业人数中的占比来表示;(2) 技术创新 (*Techinov*),用各省发明专利申请授权量对数表示;(3) 产业结构 (*Industru*),用第二、三产业产值在地区 GDP 中的占比表示;(4) 城市化水平 (*Urbaniza*),用城镇人口与地区年末常住人口的比值表示;(5) 政府规模 (*Govescal*),用地方政府一般预算支出额与地区 GDP 的比值表示;(6) 人力资本 (*Humacapi*),用普通高校在校生人数与地区年末常住人口的比值表示;(7) 外商投资 (*Foreinve*),用外商投资企业投资总额与地区 GDP 的比值来表示;(8) 对外贸易 (*Lnexport*),用出口总额的对数反映对外贸易水平。

(三) 数据来源、描述性统计与相关性分析

由于我国对数字经济相关数据的统计工作开展较晚,特别是包含于本文数字经济指标体系中的部分变量从2011年起才纳入统计框架,所以本文的样本期选择为2011—2019年。考虑到西藏的相关数据缺失严重,本文以我国大陆除西藏外的30个地区为研究对象,使用的原始数据均来自国家统计局网站、历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》及 EPS 数据库,部分地区的缺失数据通过查阅相应地区统计年鉴和经济社会统计公报予以补充,少量仍然缺失的数据采用移动平均法补齐。变量的描述性统计结果如表2所示。

表2 描述性统计

变量类型	变量	说明	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>GreenIndex</i>	绿色发展指数	270	0.416	0.092	0.189	0.719
解释变量	<i>Digeco</i>	数字经济指数	270	0.242	0.142	0.064	0.835
中介变量	<i>Lnsorce</i>	能源消耗	270	9.434	0.642	7.378	10.569
	<i>Pollute</i>	污染排放	270	0.000	0.970	-1.494	2.847
	<i>Gpe</i>	生产效率	270	0.552	0.216	0.304	1.000
控制变量	<i>Resource</i>	资源禀赋	270	0.039	0.041	0.000	0.222
	<i>Techinov</i>	技术创新	270	8.117	1.406	4.248	10.998
	<i>Industru</i>	产业结构	270	0.903	0.051	0.739	0.997
	<i>Urbaniza</i>	城市化水平	270	0.576	0.122	0.350	0.896
	<i>Govescal</i>	政府规模	270	0.249	0.103	0.110	0.628
	<i>Humacapi</i>	人力资本	270	0.020	0.005	0.008	0.035
	<i>Foreinve</i>	外商投资	270	0.369	0.363	0.047	1.759
	<i>Lnexport</i>	对外贸易	270	17.017	1.564	12.590	20.287

根据测算数据, 绘制数字经济水平与绿色发展水平的散点图和拟合直线, 如图1所示。可以发现, 数字经济与绿色发展之间呈明显的正向关系, 下面通过计量方法更为严格地检验二者关系、阶段性特征及其影响机制。

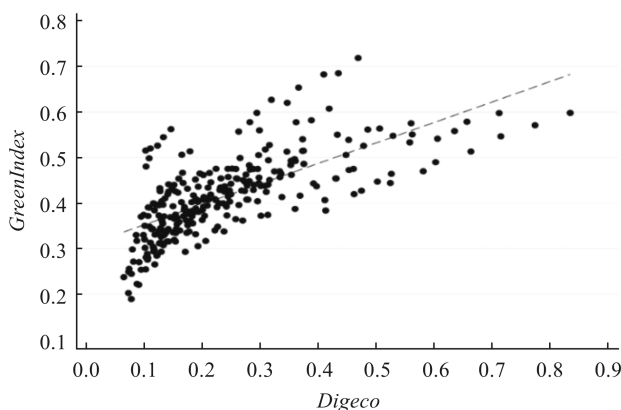


图 1 数字经济与绿色发展的相关关系

四、数字经济对绿色发展影响的实证检验

(一) 基准估计结果分析

基于式(1)的设定, 本文采用固定效应模型估计数字经济对绿色发展的影响, 结果如表3所示。第(1)列给出了仅控制个体固定效应的单变量回归结果, 数字经济的回归系数为0.573, 通过了1%水平的显著性检验。加入可能影响绿色发展水平的一系列控制变量后, 估计结果依然显著为正。考虑到绿色发展水平可能存在随时间变化的趋势, 第(3)列同时控制了个体固定效应和时间固定效应, 估计系数仍然显著。第(4)列在控制双重固定效应的情况下, 引入一系列控制变量, 模型整体解释力进一步加强, 估计系数下降为0.082, 但仍然在5%水平下显著。以上估计结果充分说明, 数字经济水平的提高对绿色发展水平有显著的促进作用。随着数字技术的普及及其在生产生活中的深度应用, 中国数字经济规模不断扩大, 推动产业结构持续升级优化, 在提高生产效率和交易效率的同时, 也减少了资源错配和污染排放, 从而促进经济的绿色转型, 绿色发展水平得以不断提高。

表3 数字经济影响绿色发展的基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Digeco</i>	0.573 *** (0.053)	0.158 ** (0.060)	0.097 *** (0.036)	0.082 ** (0.035)
<i>Resource</i>		-0.370 (0.307)		-0.149 (0.216)
<i>Techinov</i>		0.036 *** (0.012)		0.018 ** (0.008)
<i>Industru</i>		0.132 (0.156)		0.209 ** (0.104)
<i>Urbaniza</i>		0.352 (0.303)		-0.073 (0.134)
<i>Govescal</i>		0.080 (0.096)		-0.068 (0.062)

(续表3)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Humacapi</i>		4.532** (2.171)		2.802** (1.247)
<i>Foreinve</i>		0.015 (0.019)		-0.020** (0.014)
<i>Lnexport</i>		-0.008 (0.007)		-0.013** (0.005)
<i>Constant</i>	0.277*** (0.013)	-0.208 (0.157)	0.393*** (0.009)	0.300** (0.112)
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	否	否	是	是
观测值	270	270	270	270
<i>Adj-R²</i>	0.709	0.870	0.967	0.971

注:括号里是稳健标准误。***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。下同

(二) 稳健性检验

为验证上述研究结果的可靠性,本文采取多种方法进行稳健性检验:

1. 更换解释变量重新估计。数字金融是数字经济的重要组成部分,数字普惠金融指数在很大程度上反映了一地数字经济发展水平。北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团编制的中国数字普惠金融指数由覆盖广度、使用深度和数字化程度三个维度的33个具体指标组成,较为全面客观地评估了我国各省数字普惠金融的发展水平^[34]。借鉴张勋等(2019)^[35]研究,采用该指数来替代本文构造的数字经济指数对基准模型重新进行估计。结果见表4第(1)列。普惠金融指数的估计系数虽然相较于基准回归结果有所下降,但同样显著为正。尽管数字普惠金融仅能在一定程度上反映数字经济水平,但提供了数字经济对绿色发展促进作用的另一佐证。

2. 解释变量滞后一期重新估计。考虑到数字经济发展对绿色发展水平的提升作用可能需要一定时间才能得以发挥,因此其对绿色发展的影响具有时滞性。本文用数字经济指数的滞后一阶项替换解释变量再次进行回归,结果如表4第(2)列所示,数字经济滞后一阶项对绿色发展水平仍表现为较为显著的正向促进作用。

3. 剔除特殊样本重新估计。北京、天津、上海和重庆4个直辖市由于先天的区位优势和国家在发展政策上的重点关注,与其他地区相比具有一定特殊性,因此其数字经济与绿色发展可能呈现出与其他地区不同的变动态势,有必要将直辖市从全国省级样本中剔除并重新进行估计。估计结果如表4第(3)列所示,数字经济对绿色发展依旧表现出显著的正向促进作用。

4. 变换回归模型重新估计。由于基于熵值法和主成分分析法计算得到的绿色发展指数和数字经济指数均为介于[0,1]的截尾数据,故采用Tobit模型进行重新估计,结果如表4第(4)列所示。^①Tobit回归结果同样验证了基准估计的结论,数字经济指数的效应系数为正,并通过了1%水平下的显著性检验,进一步验证了基准结果的可靠性。

综上所述,数字经济对绿色发展水平的正向促进作用在稳健性检验中依然成立,基准估计结果具有较强的可信度。

^①由于固定效应的面板Tobit模型无法得到一致估计量,此处使用随机效应面板Tobit模型进行估计。感谢审稿人的建议。

表4 数字经济影响绿色发展的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	更换解释变量	解释变量滞后一期	剔除特殊样本	变换回归模型
<i>Digeeco</i>	0.044* (0.023)	0.076* (0.040)	0.058* (0.035)	0.118*** (0.026)
控制变量	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	否
时间固定效应	是	是	是	否
观测值	270	240	234	270
<i>Adj-R</i> ²	0.971	0.973	0.969	—

(三) 工具变量验证

尽管基准估计中采用的固定效应模型有助于缓解内生性对估计结果的影响,并且估计结果通过了稳健性检验,但仍然存在由于其他原因导致的内生性问题对估计结果造成偏误的可能性。一方面,数字经济的发展会影响绿色发展水平,反过来,绿色发展水平的提高又可能会促进数字化技术的广泛应用,从而提高数字经济发展水平,所以数字经济和绿色发展之间可能存在逆向因果问题。另一方面,数字经济和绿色发展可能受到一系列不可观测因素的共同影响,导致回归结果有偏。为处理可能由反向因果和遗漏变量导致的内生性问题,本文寻找合适的工具变量,运用两阶段最小二乘法(2SLS)再次对模型进行估计,进一步缓解内生性对估计结果产生的干扰。合适的工具变量必须同时满足相关性和外生性两个要求,在本文中即要求工具变量与数字经济水平高度相关,但又不通过其他渠道影响绿色发展水平。

本文从两个角度选取工具变量。一方面,从历史视角出发,选择1985年的邮局数量作为数字经济的工具变量。由于在互联网和电话普及之前,人们主要通过邮局系统实现信息沟通,并且邮局早期也是负责铺设固定电话线路的部门,而互联网最早是通过电话拨号的方式接入网络,因此邮局站点的数量和分布在很大程度上影响着—个地区的固定电话和互联网的普及程度,进而影响着—地的数字经济发展水平。从这个意义上讲,选取历史邮局数量作为地区数字经济指数的工具变量满足相关性条件。另一方面,相比于当前数字经济的高速发展,远在1985年的邮局数量对现在社会发展的影响逐渐减弱,对本文样本期内绿色发展水平的影响更是微乎其微。因此,在控制了其他变量之后,选取历史上的邮局数量作为数字经济的工具变量亦满足排他性条件。综合以上两方面,1985年的邮局数量满足作为数字经济的工具变量的要求。但由于1985年的邮局数量为截面数据,如果仅以此作为工具变量,则无法通过固定效应模型进行估计。为解决这一问题,本文参考黄群慧等(2019)^[31]的做法,构造各省1985年每百万人邮局数量与样本期各年互联网宽带接入用户数的交乘项(Postoffice1985),作为数字经济指数的工具变量。

为更充分地减少内生性有可能带来的估计偏误,本文还使用了外生性更强的各省地形起伏度作为数字经济指数的工具变量,以进行交叉验证。从相关性来看,数字经济的发展依赖于互联网基础设施的建设与使用,—个地区的地形状况会在很大程度上影响到互联网基础设施的布设,地形陡峭的偏僻山区难以建设完备的信息化网络,因此数字经济发展往往较地形平缓地区更为滞后。所以,以地形起伏度作为数字经济发展水平的工具变量满足相关性要求。从外生性来看,省级层面的地形起伏度由自然的地质作用决定,基本上不受人类活动的影响,外生性符合要求。因此,地形起伏度亦符合作为数字经济的工具变量的要求。各省份的地形起伏度参照封志明等(2007)^[36]的做法计算得到。但由于各省地形起伏度在样本期内基本不会发生显著变动,本文同样构造各省份地形起伏度与同年互联网宽带接入用户数的交互项(RDLS),作为数字经济指数的工具变量,与历史邮局数量—起进行2SLS回归。表5呈现了工具变量的2SLS估计结果。

由表5可知,以1985年各省的邮局数量为工具变量时,第—阶段的回归结果表明历史邮局数量与数字经济高度相关,LM统计量和Wald F统计量显示不存在弱工具变量和识别不足问题,说明历史邮局数量是

数字经济的合适工具变量。第二阶段估计结果表明数字经济对绿色发展具有显著的促进作用。同时以1985年各省的邮局数量和地形起伏度为工具变量时,第一阶段的回归结果表明历史邮局数量较多的地区数字经济发展水平更高,而地形起伏度较大的地区数字经济发展缓慢,两者符号均符合预期。LM统计量和Wald F统计量同样显示不存在弱工具变量和识别不足问题,同时 Hansen J检验表明两工具变量均具有较好的外生性,说明历史邮局数量和地形起伏度是数字经济的合适工具变量。第二阶段估计结果显示数字经济对绿色发展仍然具有显著的促进作用。综上,在利用工具变量缓解内生性问题后,数字经济促进绿色发展的结论未发生本质改变,进一步佐证了基准回归的结论,说明数字经济发展水平的提高有助于提升绿色发展水平。

表5 数字经济影响绿色发展的工具变量估计结果

模型	(1)	(2)	(3)	(4)
阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
变量	<i>Digeco</i>	<i>GreenIndex</i>	<i>Digeco</i>	<i>GreenIndex</i>
<i>Digeco</i>		0.055* (0.032)		0.055* (0.032)
Postoffice1985	0.241*** (0.013)		0.253*** (0.017)	
RDLS			-0.069** (0.035)	
Kleibergen-Paaprk LM	50.987*** [0.000]		51.296*** [0.000]	
Kleibergen-Paaprk Wald F	333.954		175.175	
Hansen J			0.073 (0.787)	
控制变量	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
观测值	270	270	270	270

注:圆括号里是稳健标准误,方括号里是P值。***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著。Kleibergen-Paaprk LM检验的原假设是工具变量识别不足,若拒绝原假设说明工具变量是合理的,Kleibergen-Paaprk Wald F检验的原假设是工具变量为弱识别,若大于Stock-Yogo检验临界值16.38,则拒绝原假设说明工具变量是合理的。Hansen J检验的原假设为所有工具变量均外生,若拒绝原假设则表明至少存在一个工具变量是内生的

五、进一步分析:网络效应验证与异质性检验

(一) 网络效应验证:分位数回归

以上分析已经充分验证了数字经济对绿色发展的促进作用,但反映的仅仅为自变量对因变量的平均效应系数,并未考虑数字经济对绿色发展的分位数特征,不能全面地反映两者之间的变化关系。特别地,考虑到数字经济可能具有的网络效应,因此有必要采用分位数回归方法验证数字经济对绿色发展的非线性影响。

鉴于样本数据两端容易受到极端值影响,本文剔除了数字经济位于0.2分位数以下和0.8分位数以上的样本,从0.2分位点开始,每隔0.05个分位点进行一次估计,一直估计到0.8分位点。估计时加入与基准回归相同的控制变量,并引入了时间固定效应和省份固定效应。对估计系数及其95%置信区间进行可视化表

达,结果如图2所示。可以看到,数字经济对绿色发展的促进作用随着数字经济水平的提高不断增强,从0.2分位数的0.02一直上升到0.8分位数的0.12,特别是在0.4分位数之后,95%的置信区间不再包含0值,说明数字经济能够显著提升绿色发展水平,且该作用呈现出非线性递增特征,验证了网络效应的存在。

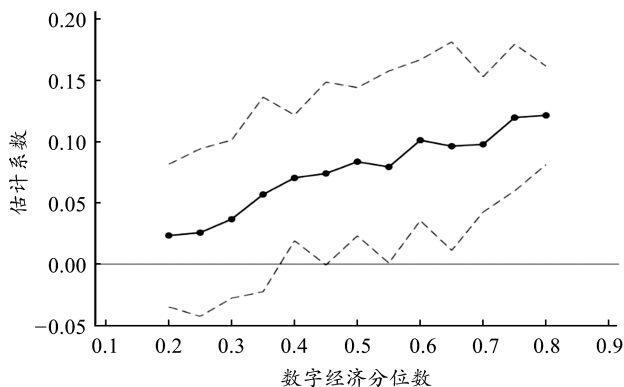


图2 分位数估计结果

(二) 异质性检验

由于经济发展水平的不同,各省份在数字经济的发展程度上也表现出较为明显的差异。东部地区经济发展水平较高,数字化基础设施的建设水平和数字化平台的应用程度都优于中西部地区。根据前文研究,数字经济在不同发展水平上对绿色发展的促进作用表现出差异性,因此在不同地区,数字经济的绿色效应可能存在异质性。本文按照地理区位将样本分为东部地区、中部地区和西部地区,^①进行异质性检验。表6第(1)列到第(3)列的结果表明,东部地区的数字经济对绿色发展水平具有显著的正向促进作用,而在中部地区该作用并不显著,在西部地区则呈现出一定的抑制作用。产生这一差异性结果的原因可能在于,我国东部地区数字经济发展起步较早,发展水平也明显高于中西部地区,从而更充分地利用了数字经济的绿色红利,中部地区则由于数字经济基础薄弱,数字经济促进绿色发展的潜力尚未充分发挥。而西部地区则由于尚处于数字化基础设施建设阶段,信息技术在产业活动中的应用仍处于起步阶段,尚未转化成推动经济转型发展的动力,从而对本地的绿色发展造成了轻微的负面影响。

随着经济社会的发展,不同产业在国民经济中所占的比重也发生着变化。传统工业的粗放式发展是造成我国产能过剩、污染增多和环境恶化的主要原因,而随着产业结构的不断优化调整,低碳高效的服务业在国民经济中的地位不断提升,成为我国经济发展的重要部分。数字经济对绿色发展的促进作用可能会受到产业结构的影响,根据各省份样本期内第三产业的平均占比与样本中位数的关系,本文将样本分为高低两组分别进行检验。从第(4)列和第(5)列的结果可以看出,数字经济的回归系数在两组中均不显著,但符号相反。这意味着在产业结构不同的地区,数字经济对绿色发展的影响可能是异质的。第三产业占比较高地区的现代服务业和商业更为发达,这些行业除本身相对更为清洁外,其对数字技术的应用也更为充分,更能发挥数字经济带来的绿色红利。而第三产业占比较低地区的经济发展更依赖于工业活动,当前工业生产中的数字化应用水平仍然不高,数字经济的绿色效应尚未显现,同时数字技术主要应用于扩大生产规模,可能对绿色发展产生负面影响。

前文已经证实数字经济对绿色发展具有促进作用,因此加深数字技术应用、推动数字经济发展可能成为改善地区环境质量的一个重要途径。可以预期环境规制强度较大的地区更可能出台政策鼓励引导当地企业广泛应用数字技术来优化资源配置和提高生产效率,同时通过推动数字经济的发展调整地区产业结

^①东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南,中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南,西部地区包括四川、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西和内蒙古。

构,实现经济的升级转型,从而达到绿色发展的要求。为验证这一推断,本文参考陈诗一和陈登科(2018)^[37]的做法收集了30个地区2011—2019年的政府工作报告,统计与环境相关词汇出现的次数,并计算其占政府工作报告全文总词数的比值作为各省环境规制强度的代理指标,进而将样本分为环境规制强和环境规制弱两组,分别检验数字经济对绿色发展的影响。由表6第(6)列和第(7)列可知,在环境规制强度更大的地区,数字经济对绿色发展表现出显著的促进作用,而在环境规制强度较小的地区这一作用并不显著。这说明数字经济的绿色效应在环境规制更为严格的地区得到了充分发挥,这些地区通常环境污染问题较为严重,在严格的环境规制之下,通过数字化转型提高能源利用效率和减少污染排放成为改善环境质量的重要措施,从而推动了地区的绿色发展。

表6 数字经济影响绿色发展的异质性检验

解释变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	东部	中部	西部	三产占比高	三产占比低	环境规制强	环境规制弱
<i>Digeeco</i>	0.212 *** (0.048)	0.142 (0.107)	-0.092 ** (0.046)	0.088 (0.054)	-0.044 (0.050)	0.114 *** (0.032)	0.007 (0.057)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
观测值	99	72	99	135	135	126	144
<i>Adj-R</i> ²	0.975	0.972	0.972	0.969	0.970	0.978	0.971

六、数字经济促进绿色发展的机制检验

前面已经证实了数字经济对绿色发展的正向促进作用,接下来进一步探索数字经济通过何种渠道影响绿色发展。根据前文分析,本文通过中介效应模型检验节能、减排、增效等机制在这一影响中的传导作用。

表7的第(1)列到第(3)列分别以能源消耗、污染排放、生产效率为被解释变量对数字经济指数进行回归,结果显示数字经济具有降低能源消耗、减少污染排放、提高生产效率的作用。具体而言,数字经济对能源消耗的估计系数为-0.460,在1%水平下显著,说明数字经济显著降低了能源使用量,达到了“节能”的效果。数字经济的发展带动企业在使用更先进的生产技术,例如通过引入自动化流水线并配备基于ICT技术的生产控制系统,实时监控生产状态,及时调整生产能源投入方式,使得生产过程中投入的能源能够得到更为充分的利用,从而降低了能源的无效损耗^[12]。同样地,数字经济对污染排放的估计系数为-1.934,通过了1%的显著性检验,表明数字经济与污染物排放量存在负向关系,数字经济的发展实现了“减排”作用。在微观层面上,数字技术在工业企业生产过程的广泛应用使得企业可以优化其生产流程,同时加强对生产全过程中污染排放的末端监控,通过及时调整生产状态,减少污染物的产生。在宏观层面上,数字技术在生产生活中的渗透加快了地区产业结构向更加清洁的现代服务业转型,污染排放较为严重的传统产业也逐步改善生产工艺,实现优化升级,使得污染排放总体下降。第(3)列结果显示,数字经济与生产效率的估计结果显著为正,表明数字经济的发展提高了生产效率,发挥了“增效”的作用。首先,数字平台的应用有效降低了信息交流和搜寻的成本,能够帮助供需双方更快捷高效地实现需求匹配,从而提高了资源配置效率,降低了要素错配水平,使得各类生产要素投入到可以实现其最大效益的生产环节。其次,数字技术可以帮助产业链上下游企业之间实现生产环节中间品需求的快速匹配,提高企业间的沟通效率,从而提高整个产业链的生产效率。最后,数字经济的发展使得科技水平不断提高,并打破知识传播在空间距离上所受的制约,实现技术和知识,特别是有助于提高生产效率、降低能源消耗和污染排放的先进技术

在生产网络中的扩散溢出,使得生产效率倍增。综上,数字经济有效实现了节能、减排和增效的作用。

接下来为验证能源消耗、污染排放和生产效率在数字经济促进绿色发展过程中的中介效应,将三者分别与数字经济一起纳入回归。如表7的第(4)列到第(6)列所示,能源消耗和污染排放的回归系数均不显著,不满足中介效应原理的条件,说明数字经济的“节能”作用和“减排”作用未在促进绿色发展过程中发挥出显著的中介效应。而生产效率的回归结果在1%的水平下显著为正,且数字经济的回归系数从基准模型估计结果的0.082下降到0.069,同时显著性水平出现下降,说明了数字经济的“增效”作用在促进绿色发展时存在中介效应。出现这一结果的原因可能在于,能源消耗的降低和污染排放的减少均是数字经济提高生产效率、促进经济升级转型,进而实现绿色发展的结果,而非数字经济助力绿色发展的中间途径。数字经济作为一种新兴经济形态,其在经济活动中不仅将数据要素作为一种新型生产要素投入到生产过程中,更重要的是数字经济还作用于企业生产和经济转型的全过程。一方面,数字技术提高了微观企业的生产效率,使得能源要素得以充分转化,能源利用效率得以大幅提升,在扩大期望经济产出的同时,减少非期望的污染物排放。另一方面,数字经济规模的持续扩大也使得产业结构更趋高级化、合理化,生产要素在部门间的配置效率不断提高,经济结构更符合绿色发展的要求。因此,数字经济从根本上提高了经济社会整体的产出效率,进而实现了节约能源和降低排放的作用,而这两点本身就内在地包含于绿色发展的范畴中。故而,节能与减排并不是数字经济促进绿色发展的中介机制,而是数字经济提高生产效率,促进经济实现绿色发展的必然结果。

最后,本文将三个中介变量同时纳入回归模型,见表7第(7)列,结果表明数字经济对绿色发展的估计系数显著为正,且能源消耗、污染排放和生产效率的估计系数和显著性情况与单独回归的结果几乎保持一致,再次验证了前述猜想。

表7 数字经济影响绿色发展的中介机制检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	<i>Lnsorce</i>	<i>Pollute</i>	<i>Gpe</i>	<i>GreenIndex</i>	<i>GreenIndex</i>	<i>GreenIndex</i>	<i>GreenIndex</i>
<i>Digece</i>	-0.460*** (0.102)	-1.934*** (0.340)	0.284** (0.125)	0.089*** (0.029)	0.076** (0.030)	0.069** (0.027)	0.066** (0.030)
<i>Lnsorce</i>				0.016 (0.018)			0.025 (0.018)
<i>Pollute</i>					0.003 (0.005)		-0.007 (0.005)
<i>Gpe</i>						0.045*** (0.014)	0.049*** (0.015)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
观测值	270	270	270	270	270	270	270
<i>Adj-R</i> ²	0.992	0.961	0.894	0.971	0.971	0.971	0.973

七、研究结论与启示

绿色发展是可持续发展的必要条件和人民对美好生活追求的重要体现。推进绿色发展,建设美丽中国是我国一项重要的中长期国策,对未来我国的经济增长模式带来持久而深远的影响。数字经济作为一种清洁高效的新型经济形态,或将成为破解我国经济发展与环境恶化之间两难矛盾、实现经济高质量发展的重

要突破口。

为厘清数字经济与绿色发展的关系,验证数字经济对绿色发展的影响作用,本文构建多维评价体系测度我国大陆30个地区(西藏除外)2011—2019年的绿色发展水平和数字经济发展水平,系统考察数字经济对绿色发展的影响作用及其内在机制。结果表明,数字经济的发展显著促进了绿色发展水平的提高,这一结论在采取一系列稳健性检验后依然成立。此外,分位数回归结果证明了数字经济对绿色发展的作用呈现出随数字经济水平提高而不断增强的非线性特征,验证了网络效应的存在。异质性检验结果表明,数字经济对绿色发展的影响作用表现出地区差异、产业结构差异和环境规制强度差异。数字经济对绿色发展的影响在东部地区、第三产业比重高的地区和环境规制较强的地区表现为促进作用,而在西部地区、第三产业比重较低的地区和环境规制较弱的地区,数字经济并未呈现出对绿色发展的促进作用。机制分析表明,数字经济能够有效降低能源消耗、减少污染排放、提高生产效率,其中提高生产效率是数字经济促进绿色发展的主要作用机制。

基于以上结论,为充分发挥数字经济对于我国经济绿色转型的积极影响,本文提出如下建议:(1)大力发展数字经济。政府应加强引导,制定有助于数字经济发展的相关政策,营造有利于数字经济发展的制度环境和社会氛围,大力推进数字经济发展。首先,政府要加大力度建设数字化基础设施,增加5G基站数量,提高网络光纤的铺设密度,形成完善的数字技术服务网络,为数字经济的持续发展提供实质基础;其次,要积极推进数字化技术应用的普及,加深数字技术在企业生产和人民生活的各个环节中的应用,实现产业数字化发展和数字产业化发展;最后,鼓励企业和科研机构进行高新技术研发,不断提高数字科技水平,让数字经济可以更好地服务于人民生活和产业生产,通过推动数字经济的发展实现产业结构的升级优化,充分发挥数字经济的绿色红利。(2)实施差异化地数字经济发展战略。当前中国各区域的数字经济发展水平仍存在较大差异,要根据各地具体情况因地制宜的实施差异化发展战略。一方面,要鼓励数字经济发展良好的东部地区充分利用领先优势,继续加深数字技术的使用深度,引导企业使用先进的数字化生产技术和平台,实现产业数字化智能化转型,进一步发挥数字经济在提升生产效率方面的作用,促进经济高质量发展,并积极发挥数字经济的溢出效应,带动中西部落后地区的绿色发展;另一方面,要将工作重心向数字基础设施建设不足的落后地区和数字基础设施水平难以满足生产生活需要的“数字洼地”倾斜,在加强中西部地区数字经济基础设施建设的同时,积极鼓励数字技术的推广与使用,突破数字经济促进绿色发展的瓶颈,并利用好后发优势,加快数字经济发挥绿色效应的进程,努力缩小区域间、城乡间的数字鸿沟,充分发挥数字经济促进绿色发展的网络效应,实现各地区的协调发展。

受到数据可得性的限制,本文研究的样本期有待进一步扩充,同时研究对象为省级行政单位,未能在辖域更小的地级市或县级层面展开更为精细的研究。因此,未来需要进一步拓展研究的时间跨度,并从更为微观的层面具体分析,就数字经济对绿色发展的作用机制和影响程度展开更为细致的研究,从而得出更加深入、更具洞察力的结论,并制定出更有针对性的政策。

参考文献:

- [1]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):151-167.
- [2]黄志斌,高慧林.生产力双重维度的生态化解放与发展[J].江淮论坛,2021(5):78-84.
- [3]李子豪,毛军.地方政府税收竞争、产业结构调整与中国区域绿色发展[J].财贸经济,2018(12):142-157.
- [4]王许亮,王恕立.中国服务业集聚的绿色生产率效应[J].山西财经大学学报,2021(3):43-55.
- [5]林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019(2):119-132.
- [6]王竹君,魏婕,任保平.异质型环境规制背景下双向FDI对绿色经济效率的影响[J].财贸研究,2020(3):1-16.
- [7]JORGENSEN D, HO M, SAMUELS J, et al. Industry origins of the American productivity resurgence[J]. Economic Systems Research, 2007, 19(3):229-252.
- [8]BRYNJOLFSSON E, HITT M. Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance [J]. Journal of Economic Perspectives, 2000, 14(4):23-48.
- [9]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):66-73.

- [10]汪东芳,曹建华.互联网发展对中国全要素能源效率的影响及网络效应研究[J].中国人口·资源与环境,2019(1):86-95.
- [11]PRADHAN P, ARVIN B, NAIR M, et al. Sustainable economic growth in the European Union: the role of ICT, venture capital, and innovation[J]. Review of Financial Economics, 2020, 38(1):34-62.
- [12]张三峰,魏下海.信息与通信技术是否降低了企业能源消耗——来自中国制造业企业调查数据的证据[J].中国工业经济,2019(2):155-173.
- [13]世界银行和国务院发展研究中心联合课题组.2030年的中国:建设现代、和谐、有创造力的社会[R].北京:中国财政经济出版社,2012.
- [14]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.
- [15]史丹.绿色发展与全球工业化的新阶段——中国的进展与比较[J].中国工业经济,2018(10):5-18.
- [16]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(5):1-14,127.
- [17]ROLLER H, WAVERMAN L. Telecommunications infrastructure and economic development: a simultaneous approach[J]. American Economic Review, 2001, 91(4):909-923.
- [18]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(10):65-76.
- [19]邓荣荣,张翔祥,陈鸣.数字经济发展与经济增长质量耦合度的时空演变及驱动因素——数值测算与实证分析[J].南京财经大学学报,2021(5):33-43.
- [20]李腾,孙国强,崔格格.数字产业化与产业数字化:双向联动关系、产业网络特征与数字经济发展[J].产业经济研究,2021(5):54-68.
- [21]程中华,刘军.信息化对工业绿色增长的影响效应[J].中国科技论坛,2019(6):95-101,108.
- [22]MOYER D, HUGHES B. ICTs: do they contribute to increased carbon emissions[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(5):919-931.
- [23]ACEMOGLU D, RESTREPO P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. American Economic Review, 2018, 108(6):1488-1542.
- [24]王开科,吴国兵,章贵军.数字经济发展改善了生产效率吗?[J].经济学家,2020(10):24-34.
- [25]蔡宏波,杨康,江小敏.行业垄断、行业集聚与服务员工资——基于299个四位数细分行业的检验[J].统计研究,2017(2):67-78.
- [26]许家云.互联网如何影响工业结构升级?——基于互联网商用的自然实验[J].统计研究,2019(12):55-67.
- [27]田时中,丁雨洁.长三角城市群绿色化测量及影响因素分析——基于26城市面板数据熵值-Tobit模型实证[J].经济地理,2019(9):94-103.
- [28]程钰,王晶晶,王亚平,等.中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究[J].地理研究,2019(11):2745-2765.
- [29]张旭,魏福丽,袁旭梅.中国省域高质量绿色发展水平评价与演化[J].经济地理,2020(2):108-116.
- [30]胡鞍钢,周绍杰.绿色发展:功能界定、机制分析与发展战略[J].中国人口·资源与环境,2014(1):14-20.
- [31]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):5-23.
- [32]TONE K. A Slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1):32-41.
- [33]杨慧梅,江璐.数字经济、空间效应与全要素生产率[J].统计研究,2021(4):3-15.
- [34]郭峰,王靖一,王芳,等.测度中国数字普惠金融发展:指数编制与空间特征[J].经济学(季刊),2020(4):1401-1418.
- [35]张勋,万广华,张佳佳,等.数字经济、普惠金融与包容性增长[J].经济研究,2019(8):71-86.
- [36]封志明,唐焰,杨艳昭,等.中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J].地理学报,2007(10):1073-1082.
- [37]陈诗一,陈登科.雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J].经济研究,2018(2):20-34.

