

数字经济与黄河流域制造业绿色全要素生产率关联性研究

魏绪石^{1,2}, 周桐桐², 马中东^{2,3}, 李绍东²

(1. 德拉萨大学达斯马瑞纳斯校区 工商管理与会计学院, 菲律宾 达斯马瑞纳斯 4115;

2. 聊城大学 商学院, 山东 聊城 252000; 3. 青岛大学 经济学院, 山东 青岛 266071)

摘要:为考察数字经济与黄河流域制造业绿色全要素生产率的关联性,构建空间计量模型与面板门槛模型,基于2011—2020年黄河流域73个地级市面板数据,探究数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的直接效应、空间溢出效应与门槛特征。实证分析结果表明:1)数字经济不仅有利于提升当地制造业绿色全要素生产率,而且通过空间溢出效应对邻近地区制造业绿色全要素生产率的提升具有促进作用;2)数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的直接效应在黄河中下游地区具有显著性,空间溢出效应仅在黄河下游地区具有显著性;3)数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的促进作用具有边际递增的非线性特征;4)知识积累水平会显著提升数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的促进效应,当知识积累水平高于门槛值后,数字经济对制造业绿色全要素生产率的促进效应将大幅度提升。

关键词:数字经济;制造业;绿色全要素生产率;知识积累;空间溢出效应;门槛特征;黄河流域

中图分类号:F407;TV882.1 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1000-1379.2024.04.003

引用格式:魏绪石,周桐桐,马中东,等.数字经济与黄河流域制造业绿色全要素生产率关联性研究[J].人民黄河,2024,46(4):15-22.

Study on the Correlation Between Digital Economy and Green Total Factor Productivity of Manufacturing Industry in Yellow River Basin

WEI Xushi^{1,2}, ZHOU Tongtong², MA Zhongdong^{2,3}, LI Shaodong²

(1. School of Business Administration and Accounting, Das Marrenas Campus, De La Salle University, Das Marrenas 4115, Philippines;

2. Business School, Liaocheng University, Liaocheng 252000, China;

3. School of Economics, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: In order to investigate the correlation between digital economy and green total factor productivity of manufacturing industry in the Yellow River Basin, a spatial econometric model and a panel threshold model were constructed. Based on the panel data of 73 prefecture-level cities in the Yellow River Basin from 2011 to 2020, the direct effects, spatial spillover effects and threshold characteristics of digital economy on green total factor productivity of manufacturing industry in the Yellow River Basin were explored. The results of the empirical analysis show that a) digital economy is not only conducive to improving the green total factor productivity of local manufacturing industry, but also promotes the improvement of green total factor productivity of manufacturing industry in neighboring areas through the spatial spillover effect; b) The direct effect of digital economy on the green total factor productivity of manufacturing industry in the Yellow River Basin is significant in the middle and lower reaches of the Yellow River Basin, and the spatial spillover effect is significant only in the lower reaches of the Yellow River Basin; c) The promotion effect of digital economy on green total factor productivity of manufacturing industry in the Yellow River Basin is non-linear with marginal increase; d) Knowledge accumulation level will significantly enhance the promoting effect of digital economy on the green total factor productivity of manufacturing industry in the Yellow River Basin, especially when the knowledge accumulation level is higher than the threshold value, the impact of digital economy on the green total factor productivity of manufacturing industry will be greatly increased.

Key words: digital economy; manufacturing; green total factor productivity; knowledge accumulation; spatial spillover effect; threshold characteristics; Yellow River Basin

0 引言

黄河流域作为国家区域协调发展和“一带一路”建设的关键区域,具有“平衡南北方、协调东中西”的重要作用。然而,长期以传统制造业为主导的发展模式使得黄河流域能源过度消耗、生态环境不断恶化。制造业绿色全要素生产率是同时考虑制造业经济增

长、能源消耗和环境污染的综合效率,提升制造业绿色

收稿日期:2023-08-29

基金项目:国家社会科学基金一般项目(22BJY131)

作者简介:魏绪石(1992—),男,山东阳谷人,博士研究生,研究方向为产业组织理论与创新

通信作者:周桐桐(1996—),女,山东济南人,硕士,研究方向为产业经济

E-mail:18854880717@163.com

全要素生产率是化解黄河流域生态保护与经济发展矛盾的重要突破口。随着云计算、大数据、人工智能等新兴数字技术迅猛发展,数字经济成为全球经济增长的关键动力。在数字经济时代,黄河流域能否抓住新机遇通过发展数字经济提升制造业绿色全要素生产率?数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响是否具有空间效应及其在不同区域有何差异?数字经济对制造业绿色全要素生产率的促进作用是否受数字经济规模或其他因素的影响?回答上述问题,对于深刻理解数字经济影响黄河流域制造业绿色全要素生产率的机理与效应、促进黄河流域生态保护和高质量发展具有重要意义。

数字经济作为推动制造业发展的新引擎,二者间的关系受到学术界广泛关注。从微观层面来看,数字经济通过优化企业的生产和管理方式、推动企业技术创新、促进市场竞争等提高制造业资源配置效率^[1];从中观层面来看,数字经济通过降低资源误置程度、促进技术创新、积累人力资本、优化成本等方式推动制造业升级^[2-3],且数字经济对资本密集型与技术密集型制造业的影响更为显著^[4];从宏观层面来看,数字经济能够显著提升制造业生产率^[5],并通过提高居民消费水平、提升二元创新能力驱动制造业高质量发展^[6-7],二者之间为边际效率递增的非线性关系^[8]。黄河流域生态保护和高质量发展上升为重大国家战略后,黄河流域数字经济与制造业的关联性成为学术界的研究热点,如田刚元等^[9]实证分析了数字经济、产业集聚对黄河流域制造业高质量发展的影响机理,马中东等^[10]研究了数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的一般效应与非线性效应。

已有文献在研究尺度上,多采用省级面板数据进行相关研究,基于黄河流域地级市尺度的数字经济对制造业绿色全要素生产率影响的研究有待丰富;在研究方法上,基于空间视角分析数字经济影响黄河流域制造业绿色全要素生产率的研究不多;在研究内容上,少有研究关注知识积累对数字经济影响制造业绿色全要素生产率的具体表现。鉴于此,本文基于2011—2020年黄河流域73个地级市面板数据,通过空间杜宾模型考察数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的直接效应与空间溢出效应,采用面板门槛模型分析数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的非线性效应,并进一步考察知识积累的门槛特征。

1 理论基础与研究假设

1.1 数字经济影响制造业绿色全要素生产率的直接效应

数字经济为制造业绿色全要素生产率提升提供了新契机,主要表现如下:第一,促进制造业技术创新。数字经济的出现打破了传统生产边界,强大的通信网络将生产者和消费者聚合在一起,生产者更容易掌握消费者对产品质量和性能的需求,使得产品设计、产品质量升级具备更强的目标性,研发和创新更有针对性^[11]。第二,提升制造业技术效率。数字经济与制造业融合发展,实现信息、数据、技术等高端生产要素与传统要素重组,不仅改善了要素配比,而且改善了传统要素的质量和使用效率,增强了制造业的内生动力,推动传统制造业突破边际报酬递减的制约,摆脱依靠投资、人力驱动的发展模式,实现发展源头的动力转换,将生产点推向可能性边界^[11-13]。第三,推动制造业绿色转型。一方面,数字化转型有利于制造业企业实现生产过程模拟并根据模拟结果调整各类要素占比,从而减少不必要的能源消耗及污染物排放^[14];另一方面,数字技术不断革新不仅使政府升级了对环境、资源的监管手段^[15],而且使得监管形式从政府垂直单向监管向政府、社会多方位监管转变^[16],因而监管效能进一步增强。基于此,提出研究假设 H_1 :数字经济能够提升制造业绿色全要素生产率。

1.2 数字经济影响制造业绿色全要素生产率的空间溢出效应

数字经济突破地理空间距离的限制,通过空间溢出效应影响周边地区制造业绿色全要素生产率,主要表现如下:第一,信息溢出效应。数字经济的发展打破了传统的地域分割,其多对多的信息网络传播模式,有利于打破传统产业的地域界限,推动产业数字化集聚。第二,知识溢出效应。一方面,数字平台建设为远程学习、在线指导以及在线咨询提供了便利,放大了知识、文化的效用,降低了低技能劳动者模仿学习成本并优化了劳动力知识结构和技能结构,带来更高的社会回报率^[17];另一方面,数字经济推动了制造业企业间交流与合作,通过人才流动和技术合作产生溢出效应和扩散效应^[18]。第三,制度溢出效应。欠发达地区通过模仿、借鉴、复制发达地区的做法、经验、政策、制度等来推动数字经济发展与制造业转型^[19]。值得注意的是,发展数字经济需要持续积累各类先进生产要素,这

可能导致数字经济发展水平较高地区通过“虹吸效应”汇集邻近地区高素质劳动者、资本、技术等要素,对邻近地区发展产生不利影响^[20]。基于此,提出研究假设 H₂:数字经济通过空间溢出效应影响邻近地区制造业绿色全要素生产率。

1.3 数字经济影响制造业绿色全要素生产率的门槛效应

在不同发展阶段,数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响可能存在差异。数字经济发展初期,数字基础设施建设成本较高、投入较大,地方政府、企业对发展数字经济的积极性不高,致使其规模化程度较低,对制造业的驱动效应不强^[21]。在数字经济高速发展时期,数字基础设施不断完善、互联网用户数高速增长、数字化技术资本投入持续增加,数据被重复利用的频率越来越高、利用效率不断提升,数字经济能够最大限度发挥正外部性,这不仅能够降低各部门、各行业获取信息和技术的成本,而且能激发长尾效应,实现数字化消费的规模效应^[22]。若数字经济过度发展,则不仅会带来数据管理效率下降及数据储存成本增加^[23],而且会导致传统制造业与数字经济融合的“成本可加性”特质愈加明显,增大寡头垄断的可能性,给制造业绿色全要素生产率提升带来新一轮挑战^[24]。基于此,提出研究假设 H₃:数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响存在非线性效应。

知识积累是技术进步的源泉,其会影响数字经济对制造业绿色全要素生产率的作用效果。知识积累机制主要有内部存量知识积累、内部流量知识积累和外部流量知识积累3种^[25],强化知识积累有助于更好地利用资源。具体表现如下:第一,提高制造业企业内部存量知识积累水平,有助于企业在不确定环境下做出正确决策。在数字经济起步阶段,内部存量知识积累水平较高的制造业企业会倾向于将资金投向新型数字化技术,从而享受更多“数字红利”。第二,提高制造业企业内部流量知识积累水平,有利于企业创新水平的提升。企业各部门通过共享知识与交流知识使知识的传播速度加快,有利于提升企业对知识的吸收、转化和应用能力^[26]。第三,提高制造业企业外部流量知识积累水平,有利于企业创新边界的外延。产-学-研合作政策将制造业企业、科研机构、高等院校密切联系起来,提升企业整合碎片化知识和信息的能力^[27],既能为企业发展带来新思路,又能进一步提高企业内部存量知识积累与内部流量知识积累。基于此,提出研究假设 H₄:数字经济与制造业绿色全要素生产率间存在

知识积累的门槛效应。

2 研究设计

2.1 邻接权重矩阵

区域创新理论指出,地理位置相近的地区易产生经济模仿行为,因此本文基于各样本市间的邻接权重矩阵构建模型并展开实证分析。邻接权重矩阵的元素为

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{样本市 } i, j \text{ 在空间上相邻}) \\ 0 & (\text{样本市 } i, j \text{ 在空间上不相邻}) \end{cases} \quad (1)$$

式中: i, j 为样本市编号, w_{ij} 为样本市*i*与样本市*j*的邻接权重。

2.2 空间自相关检验

采用全局莫兰指数 I 和局部莫兰指数 I_i 检验所研究指标的空间自相关性, I 和 I_i 的计算公式分别为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (Z_i - \bar{Z})(Z_j - \bar{Z})}{S^2 \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

$$I_i = \frac{(Z_i - \bar{Z})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (Z_j - \bar{Z}) \quad (3)$$

式中: n 为样本数量, Z_i, Z_j 分别为样本市*i*、样本市*j*的指标值, \bar{Z} 为指标值均值, S^2 为指标方差。

2.3 空间计量模型

为探讨数字经济影响黄河流域制造业绿色全要素生产率的空间溢出效应,构建如下形式的空间计量模型:

$$M_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} M_{jt} + \alpha_1 E_{digit} + \alpha_2 X_{control} + \alpha_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} E_{digit} + \alpha_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} X_{control} + \lambda \sum_{j=1}^n w_{ij} \varphi_{jt} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中:下标 i, t 分别为样本市的编号、年份; M_{it} 为被解释变量(本文为制造业绿色全要素生产率); E_{digit} 为核心解释变量(本文为数字经济发展水平); $X_{control}$ 为控制变量; α_0 为常数项; $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 为待估计的回归参数,其中 α_3, α_4 为空间回归系数,体现核心解释变量、控制变量与被解释变量在空间上的外生交互; ρ 为空间自回归系数,体现被解释变量与其空间自回归项的内生交互; λ 为空间误差系数; μ_i, δ_t 分别为样本市固定效应和年份固定效应; $\varphi_{it}, \varepsilon_{it}$ 均为服从正态分布的随机误差项。

2.4 面板门槛模型

为考察数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的非线性影响以及知识积累是否会影响数字经济对制造业绿色全要素生产率的作用效果,采用 Hansen^[28]提出的面板门槛模型进行实证分析,其形式如下:

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 E_{digit} \times K(T_{it} \leq \gamma) + \beta_2 E_{digit} \times K(T_{it} > \gamma) + \beta_3 X_{conit} + \varepsilon_{it} + \mu_i \quad (5)$$

式中: β_0 为常数; β_1 、 β_2 、 β_3 为待估参数; $K(\cdot)$ 为指示函数; T_{it} 为门槛变量,本文指数字经济发展水平 E_{digit} 或知识积累水平 $\ln X_{innoit}$; γ 为门槛值。

2.5 变量设置与数据来源

1)被解释变量(即制造业绿色全要素生产率)。参考王海杰等^[29]、邢会等^[30]的研究,基于投入、产出两个维度的评价指标体系进行制造业绿色全要素生产率测算,其中:投入涵盖劳动投入、资本投入和能源投入,分别采用制造业就业人数、规模以上工业企业固定资产合计值、工业用电量来衡量;产出涵盖期望产出和非期望产出,分别采用规模以上工业企业主营业务收入、工业二氧化硫排放量来衡量。

2)解释变量(即数字经济发展水平)。借鉴赵涛等^[31]的研究,基于人均电信业务总量、计算机和软件业从业人员占比、每百人互联网用户数、移动电话使用率、数字普惠金融指数等5项指标,采用主成分分析法进行数字经济发展水平测算。

3)门槛变量(即数字经济发展水平、知识积累水平)。参考毕鹏等^[32]的研究,用专利申请授权数的对数衡量知识积累水平。

4)控制变量。本研究设置的控制变量包括:经济发展水平 X_{grow} ,用人均GDP增长率衡量;金融发展水平 X_{fin} ,用年末金融机构存款余额与GDP之比衡量;政府参与程度 X_{gov} ,用地方财政一般预算内支出占GDP比例衡量;对外开放程度 X_{open} ,用进出口总额占GDP比例衡量;社会消费水平 X_{sum} ,用社会消费品零售总额占GDP比例衡量。

参照马中东等^[10]的研究,本文以黄河流域上、中、下游的73个地级市为样本单元,文中涉及的指标数据来源于EPS统计平台、中国经济信息网统计数据库、中国研究数据服务平台、《中国城市统计年鉴》以及北京大学数字金融研究中心等,部分缺失数据通过平均增长率法或插值法予以填补。

3 实证分析

3.1 空间自相关检验

在进行空间计量分析之前,需检验制造业绿色全要素生产率和数字经济的空间自相关性,其结果见表1。从研究时段整体来看,黄河流域制造业绿色全要素生产率和数字经济均表现出空间自相关性,因而有必要基于空间维度研究二者的关系。

表1 全局莫兰指数计算结果

年份	I	
	M_{it}	E_{digit}
2011	0.167*** (6.97)	0.068*** (3.23)
2012	0.207*** (8.61)	0.080*** (3.58)
2013	0.300*** (12.27)	0.179*** (7.36)
2014	0.307*** (12.65)	-0.037 (-0.90)
2015	0.317*** (12.98)	0.096*** (4.23)
2016	0.266*** (10.78)	0.043** (2.16)
2017	0.237*** (9.65)	0.026* (1.55)
2018	0.064*** (3.02)	0.029* (1.64)
2019	0.021* (1.33)	0.020* (1.36)
2020	0.015 (1.12)	0.013 (1.03)

注:上标*、**、***分别表示显著性水平达到10%、5%、1%(无*表示不显著),括号内为z值(度量样本均值与总体均值的差异),下同。

为进一步探讨地级市制造业绿色全要素生产率和数字经济的空间集聚状况,点绘了制造业绿色全要素生产率局部莫兰指数散点图和数字经济局部莫兰指数散点图(本文图略),结果表明,多数地级市制造业绿色全要素生产率和数字经济呈“高-高”集聚和“低-低”集聚状态,即制造业绿色全要素生产率和数字经济在空间上并不是随机分布的,因此考察二者关系时不能忽视空间效应。

3.2 空间计量模型选择与回归结果分析

为选择恰当的空间计量模型进行回归分析,基于邻接权重矩阵进行Hausman检验、Wald检验、LM检验及LR检验,结果表明构建个体、时点双向固定的空间杜宾模型更为合适。因此,对空间杜宾模型的回归结果(见表2)进行具体分析:空间自回归系数(ρ)显著为正,说明黄河流域各样本市的制造业绿色全要素生产率之间存在空间依赖性;数字经济发展水平、经济发展水平、社会消费水平的回归系数显著为正,且数字经济发展水平与社会消费水平的空间回归系数也显著为正;金融发展水平的回归系数及空间回归系数均显著为负。由于这些系数无法反映各变量对制造业绿色全要素生产率的边际影响,因此参考Lesage等^[33]的研究,对空间杜宾模型的回归结果进行分解,结果见

表3。

表2 空间计量模型回归结果

变量	回归系数			
	空间杜宾模型		空间滞后模型	空间误差模型
	解释变量	空间变量		
E_{dig}	0.196 3* (1.95)	1.525 6* (1.89)	0.191 2* (1.92)	0.160 2 (1.62)
X_{grow}	0.034 0** (2.45)	0.140 6 (1.58)	0.036 0** (2.58)	0.033 6** (2.40)
X_{fin}	-0.951 8*** (-4.63)	-2.118 7* (-1.96)	-1.033 0*** (-5.15)	-0.995 4*** (-4.84)
X_{gov}	0.014 3 (0.97)	0.084 4 (0.86)	0.013 9 (0.95)	0.011 4 (0.78)
X_{open}	0.001 9 (0.32)	-0.030 4 (-0.68)	0.001 8 (0.31)	0.003 1 (0.54)
X_{sum}	0.025 2*** (3.12)	0.155 6** (2.50)	0.027 8*** (3.45)	0.025 7*** (3.18)
ρ		0.331 5** (2.49)	0.591 1*** (6.50)	
λ				0.575 7*** (5.86)
sigma2_e	0.487 7*** (19.06)		0.499 1*** (19.02)	0.504 5*** (19.00)
Log-likelihood	-774.717 8		-787.402 2	-790.782 0
R^2	0.133 8		0.008 6	0.013 2
样本数量	730		730	730

注: sigma2_e、Log-likelihood、 R^2 分别为误差项平方、对数似然值、模型的拟合优度,下同。

表3 空间杜宾模型分解结果

变量	直接效应系数	空间溢出效应系数	总效应系数
E_{dig}	0.215 6** (2.15)	2.367 1** (1.97)	2.582 7** (2.14)
X_{grow}	0.034 2*** (2.89)	0.204 9* (1.81)	0.239 1** (2.09)
X_{fin}	-0.970 1*** (-4.41)	-3.886 8** (-2.13)	-4.856 9*** (-2.61)
X_{gov}	0.016 1 (0.96)	0.147 5 (0.92)	0.163 6 (0.99)
X_{open}	0.000 4 (0.06)	-0.041 8 (-0.60)	-0.041 4 (-0.58)
X_{sum}	0.026 9*** (3.43)	0.245 2** (2.13)	0.272 2** (2.31)

由表3可知:1)数字经济发展水平的直接效应系数、空间溢出效应系数均显著为正,表明数字经济发展能够显著提升当地及邻近地区的制造业绿色全要素生产率,这验证了研究假设 H_1 、 H_2 。2)经济发展水平、社会消费水平的直接效应系数与空间溢出效应系数也显著为正,其原因是经济发展水平越高的地区基础设施建设越好,越能为制造业发展提供物质及技术支持,且当地经济快速发展能够通过经济互动推动邻近地区制造业发展;提升社会消费水平,必然激发制造业的消费

品产出增加并逐步引导制造业向产业链中高端转移,且消费者的跨区域交易能够影响邻近地区制造业绿色全要素生产率。3)金融发展水平的直接效应系数与空间溢出效应系数均显著为负,其原因可能是金融资金越来越倾向于投资到工业园建设与房地产项目中,从而导致金融规模与制造业规模不匹配,抑制了制造业绿色全要素生产率提升。4)政府参与程度、对外开放程度的直接效应系数与空间溢出效应系数绝对值均较小且不显著,即二者对制造业绿色全要素生产率的影响不显著。

3.3 稳健性及内生性检验

上述分析表明发展数字经济能够提升当地和邻近地区制造业绿色全要素生产率。为验证这一结论的稳健性,基于反地理距离权重矩阵重新构建空间杜宾模型,其回归结果(见表4第2~4列)表明,数字经济对制造业绿色全要素生产率的直接效应、空间溢出效应与总效应均显著为正,由此佐证了基于邻接权重矩阵得到的结论。

内生性是开展经验研究无法回避的现实问题,一方面,影响制造业绿色全要素生产率的因素包括但不限于经济发展水平、社会消费水平、金融发展水平、政府参与程度、对外开放程度,还可能存在其他不可测度因素;另一方面,数字经济在推动制造业发展的同时,先进制造业的发展也会促进数字经济的发展,二者之间可能存在双向因果关系。对此,参考李苏等^[34]的研究,基于邻接权重矩阵计算制造业绿色全要素生产率并滞后一期进行回归,结果(见表4第5~7列)与前文结论基本一致。

稳健性及内生性检验均表明上述结论较为可靠。

3.4 区域异质性分析

受要素禀赋、发展阶段以及发展政策等因素制约,黄河流域上、中、下游地区高质量发展不平衡问题突出。为探索数字经济影响制造业绿色全要素生产率的区域异质性,对各地级市按上、中、下游地区分组,并基于空间杜宾模型分别进行回归,结果见表5。由表5可知,数字经济对上游地区的直接效应与空间溢出效应均不显著,对中游地区的直接效应显著为正、空间溢出效应不显著,对下游地区的直接效应与空间溢出效应均显著为正。产生这种现象的原因是,下游地区经济实力相对雄厚、对外开放水平相对较高、社会消费的拉动作用相对较强,为数字经济与制造业发展奠定了良好基础,而中、上游地区数字经济起步较晚,数字经济发展对提升制造业绿色全要素生产率的作用还不

明显。

表 4 稳健性及内生性检验结果

变量	基于反地理距离权重矩阵的回归系数			基于邻接权重矩阵并滞后一期的回归系数		
	直接效应	空间溢出	总效应	直接效应	空间溢出	总效应
E_{dig}	0.293 3*** (4.11)	3.115 0*** (3.57)	3.408 2*** (3.88)	0.259 3*** (3.69)	1.368 9*** (2.90)	1.628 3*** (3.33)
X_{grow}	0.024 1* (1.77)	0.181 1* (1.74)	0.205 1** (2.05)	0.016 2 (1.10)	0.230 7*** (3.36)	0.246 9*** (3.33)
X_{fin}	-0.202 8** (-2.39)	-2.302 8*** (-2.98)	-2.505 6*** (-3.26)	-0.287 9*** (-3.64)	-1.614 8*** (-3.64)	-1.902 8*** (-4.09)
X_{gov}	-0.028 3*** (-6.76)	0.036 8 (1.17)	0.008 4 (0.27)	-0.027 0*** (-7.67)	0.003 2 (0.15)	-0.023 8 (-1.07)
X_{open}	0.007 8** (2.32)	-0.071 9** (-2.54)	-0.064 1** (-2.38)	0.007 6*** (2.67)	-0.038 4*** (-3.09)	-0.030 8*** (-2.62)
X_{sum}	0.020 8** (4.80)	0.195 4*** (4.45)	0.216 2*** (4.83)	0.015 9*** (3.87)	0.051 7* (1.86)	0.067 6** (2.39)

表 5 区域异质性检验结果

变量	回归系数								
	上游			中游			下游		
	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应
E_{dig}	0.131 5 (1.12)	-0.021 4 (-0.06)	0.110 1 (0.28)	0.536 3*** (3.78)	-0.636 9 (-1.03)	-0.100 6 (-0.16)	0.626 4*** (5.38)	5.106 6*** (2.97)	5.733 0*** (3.24)
X_{grow}	0.023 0 (1.02)	0.101 3* (1.77)	0.124 3** (2.27)	0.023 6 (1.15)	-0.090 2** (-2.29)	-0.066 7** (-2.04)	0.070 4* (1.73)	0.481 4* (1.83)	0.551 8** (2.06)
X_{fin}	-0.537 2*** (-4.39)	-0.439 0 (-1.19)	-0.976 2** (-2.52)	-0.383 0*** (-2.61)	-1.228 7** (-2.13)	-1.611 6*** (-2.69)	-1.018 3*** (-4.37)	-8.146 5*** (-2.60)	-9.164 8*** (-2.80)
X_{gov}	-0.027 9*** (-7.54)	0.029 9** (2.41)	0.002 0 (0.15)	0.056 1*** (6.48)	0.009 0 (0.31)	-0.047 1** (-1.98)	0.033 5 (1.35)	0.477 9** (2.36)	0.511 4** (2.44)
X_{open}	-0.008 1* (-1.91)	-0.027 3 (-1.44)	-0.035 4** (-1.76)	-0.004 9 (-0.54)	-0.013 8 (-0.56)	-0.018 7 (-0.80)	0.011 5** (2.25)	0.113 4* (1.81)	0.124 9* (1.93)
X_{sum}	0.034 8*** (4.90)	0.065 4** (2.30)	0.100 1*** (3.22)	0.038 6*** (6.30)	-0.049 6 (-1.56)	-0.011 0 (-0.36)	-0.001 3 (-0.14)	0.427 9** (2.58)	0.426 5** (2.48)

3.5 面板门槛模型

3.5.1 门槛效应存在性检验

为检验门槛效应的存在性,分别以数字经济发展水平、知识积累水平为门槛变量,运用自主抽样法(Bootstrap)模拟 300 次得到门槛显著性 F 统计量(具

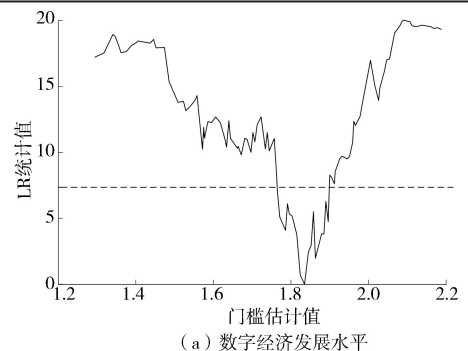
体计算方法参见文献[35])、 P 值(显著性水平)与不同显著性水平的临界值,结果(见表 6)表明,数字经济发展水平对制造业绿色全要素生产率的影响均存在数字经济发展水平与知识积累水平的单一门槛效应,其显著性水平分别达到 5%、10%。

表 6 门槛检验结果

门槛变量	门槛	F 统计量	P 值	不同显著性水平的 F 统计量临界值		
				1%	5%	10%
E_{dig}	单一	34.750 0**	0.013 3	34.755 4	26.311 8	22.757 7
	双重	13.740 0	0.293 3	41.943 4	25.997 7	21.035 9
$\ln X_{inno}$	单一	44.310 0***	0.000 0	34.534 8	28.010 3	25.164 6
	双重	16.890 0	0.216 7	36.143 2	25.671 8	23.093 5

为估计门槛值,采用最大似然估计法求得数字经济发展水平与知识积累水平的渐进分布,并绘制似然比(LR 统计值)曲线,见图 1(图中 LR 统计量最低点对应真实门槛值,虚线表示 95%置信水平的临界值(7.35),虚线以下部分为 95%置信水平的门槛值区间)。

由图 1 可知:数字经济发展水平的单一门槛值为 1.835 0,95%置信水平的门槛值区间为[1.793 5,1.845 0];



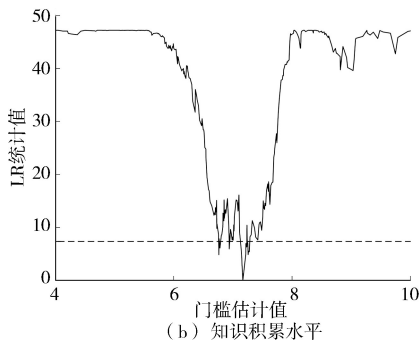


图1 门槛值及其置信区间示意

知识积累水平的单一门槛值为 7.169 3,95%置信水平的门槛值区间为[7.134 3,7.218 9]。

3.5.2 门槛模型估计

分别以数字经济发展水平、知识积累水平为门槛变量进行面板门槛模型回归,结果见表7。

以数字经济发展水平为门槛变量的回归结果表明:数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响效应表现为“扩大—扩大”的趋势,数字经济发展水平低于

门槛值 1.835 0 时数字经济对制造业绿色全要素生产率有正向影响但其作用较小(回归系数为 0.380 1),数字经济发展水平高于门槛值 1.835 0 时数字经济对制造业绿色全要素生产率的正向影响增大(回归系数增大至 0.642 9)。其原因是数字经济发展水平越高,越能够释放“数字红利”进而带动制造业发展,这一结论佐证了研究假设 H₃。

以知识积累水平为门槛变量的回归结果表明:数字经济对制造业绿色全要素生产率的作用效应呈门槛增强特征,知识积累水平低于门槛值 7.169 3 时其回归系数为 0.555 8,知识积累水平高于门槛值 7.169 3 时数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响效应增大至 0.925 7。其原因是知识积累能够促进数字技术应用、加快技术创新并推动创新边界外延,随着知识积累水平的提升,数字经济能够更好地服务于制造业进而提升制造业绿色全要素生产率,这验证了研究假设 H₄。

表7 面板门槛模型估计结果

门槛变量	回归系数							常数项
	$E_{dig}(T \leq \gamma)$	$E_{dig}(T > \gamma)$	X_{grow}	X_{fin}	X_{gov}	X_{open}	X_{sum}	
E_{dig}	0.380 1*** (2.68)	0.642 9*** (6.09)	-0.023 3* (-1.67)	-0.534 3*** (-2.29)	0.031 1* (1.78)	0.000 1 (0.01)	0.027 9*** (3.52)	8.922 7*** (18.41)
$\ln X_{inno}$	0.555 8*** (5.37)	0.925 7*** (9.60)	-0.012 (-0.88)	-0.617 2*** (-2.69)	0.053 3*** (3.11)	0.000 9 (0.13)	0.024 7*** (3.17)	8.245 7*** (18.74)

注: $T \leq \gamma$ 表示门槛变量小于门槛值, $T > \gamma$ 表示门槛变量大于门槛值。

4 结论与建议

4.1 结论

1)数字经济不仅有利于提升当地制造业绿色全要素生产率,而且通过空间溢出效应对邻近地区制造业绿色全要素生产率的提升具有促进作用。

2)数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的直接效应在黄河中下游地区具有显著性,空间溢出效应仅在黄河下游地区具有显著性。

3)数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的促进作用具有边际递增的非线性特征。

4)数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的影响存在知识积累水平的门槛效应,当知识积累水平高于门槛值后数字经济对制造业绿色全要素生产率的影响效应将大幅度提升。

4.2 建议

1)为数字经济营造良好的发展环境。数字经济是提升制造业绿色全要素生产率的重要手段,各地级市应贯彻落实数字经济发展政策、加大数字基础设施的

投资和建设力度,为数字经济营造良好的政策环境、基础环境 and 应用环境。

2)强化各地级市的空间关联。应主动打破行政边界的约束,加强各地级市间的经济交流与合作,遵循自愿、协商、平等的原则构建政府间合作机制,鼓励、支持欠发达地区模仿、学习发达地区的发展经验、管理经验与政策制度。

3)因地制宜,制定差异化产业发展政策。黄河上游地区应以 5G、大数据、工业互联网等新技术手段为催化剂,着力推动传统制造业转型升级,提高能源利用效率,构建绿色制造业体系;中游地区应持续推动数字经济发展,改变制造业基础薄弱的状况;下游地区不仅要重视数字经济发展,而且要保证经济平稳运行、培育中高端消费市场,为制造业发展提供保障。

4)高度重视知识积累。一方面,国家应制定高等教育资源优先向黄河流域配置的倾斜政策,以提高全流域高等教育水平、培养高层次人才;另一方面,各地政府应实行积极、开放、多元的人才引进政策,并切实

推动产-学-研深度融合。

参考文献:

- [1] 韦庄禹. 数字经济发展对制造业企业资源配置效率的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(3): 66-85.
- [2] 于世海, 许慧欣, 孔令乾. 数字经济水平对中国制造业资源配置效率的影响研究[J]. 财贸研究, 2022, 33(12): 19-34.
- [3] 陈晓峰. 数字经济发展对我国制造业升级的影响: 基于省级面板数据的经验考察[J]. 南通大学学报(社会科学版), 2022, 38(3): 128-140.
- [4] 王瑞荣, 陈晓华. 数字经济助推制造业高质量发展的动力机制与实证检验: 来自浙江的考察[J]. 系统工程, 2022, 40(1): 1-13.
- [5] 李治国, 王杰. 数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升[J]. 经济学家, 2021(10): 41-50.
- [6] 周正, 王搏. 数字经济推动制造业高质量发展路径研究: 以居民消费为中介效应的实证检验[J]. 学习与探索, 2023(5): 113-121.
- [7] 杜金柱, 吴战勇, 扈文秀, 等. 数字经济与制造业高质量发展: 影响机制与经验证据[J]. 统计与决策, 2023, 39(7): 5-10.
- [8] 刘鑫鑫, 惠宁. 数字经济对中国制造业高质量发展的影响研究[J]. 经济体制改革, 2021(5): 92-98.
- [9] 田刚元, 陈富良. 数字经济、产业集聚与黄河流域制造业高质量发展[J]. 统计与决策, 2022, 38(21): 10-14.
- [10] 马中东, 周桐桐, 高建刚. 数字经济对黄河流域制造业绿色全要素生产率的影响研究[J]. 人民黄河, 2023, 45(4): 6-12, 34.
- [11] 余东华, 王梅娟. 数字经济、企业家精神与制造业高质量发展[J]. 改革, 2022(7): 61-81.
- [12] 钞小静. 新型数字基础设施促进我国高质量发展的路径[J]. 西安财经大学学报, 2020, 33(2): 15-19.
- [13] 刘钊, 余明月. 数字科技驱动长江经济带城市转型升级研究: 基于长江经济带 44 个城市面板数据的分析[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(24): 48-57.
- [14] 刘强, 马彦瑞, 徐生霞. 数字经济发展是否提高了中国绿色经济效率? [J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(3): 72-85.
- [15] 刘维林, 王艺斌. 数字经济赋能城市绿色高质量发展的效应与机制研究[J]. 南方经济, 2022(8): 73-91.
- [16] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [17] 张蕴萍, 董超, 栾菁. 数字经济推动经济高质量发展的作用机制研究: 基于省级面板数据的证据[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2021, 31(5): 99-115, 175.
- [18] 苗效东, 吕明元, 张旭东. 工业大数据对我国制造业绿色发展的影响: 基于省级面板数据的空间效应检验[J]. 软科学, 2023, 37(3): 1-10.
- [19] 乌静, 肖鸿波, 陈兵. 数字经济对绿色全要素生产率的影响研究[J]. 金融与经济, 2022(1): 55-63.
- [20] 宋跃刚, 郝夏珍. 数字经济对黄河流域经济高质量发展的门槛和空间溢出效应研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2022, 50(1): 48-58.
- [21] 李娜, 王宏, 王艺. 数字经济对制造业高质量发展的非线性异质影响研究[J]. 技术经济与管理研究, 2022(10): 10-15.
- [22] 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.
- [23] WAMBA S F, GUNASEKARAN A, AKTER S, et al. Big Data Analytics and Firm Performance: Effects of Dynamic Capabilities [J]. Journal of Business Research, 2017, 70(1): 356-365.
- [24] 郭家堂, 骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗? [J]. 管理世界, 2016(10): 34-49.
- [25] 张军, 许庆瑞. 知识积累、创新能力与企业成长关系研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2014, 35(8): 86-95.
- [26] 胡艳, 代晶晶, 张安伟. 数字经济、空间关联与区域创新产出: 兼论区域吸收能力的门槛效应[J]. 科技管理研究, 2022, 42(15): 79-88.
- [27] 郭丰, 杨上广, 金环. 数字经济对企业全要素生产率的影响及其作用机制[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(9): 20-36.
- [28] HANSEN B E. Threshold Effects in Non-Dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference [J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.
- [29] 王海杰, 李捷, 张小波. 黄河流域制造业绿色全要素生产率测评及影响因素研究[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2021(10): 127-139.
- [30] 邢会, 姜影, 陈园园. “双碳”目标下碳交易与制造业绿色全要素生产率: 基于异质性技术创新模式的机制检验[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(23): 76-86.
- [31] 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.
- [32] 毕鹏, 李盼盼. 技术进步路径与企业创新绩效关系分析: 基于“知识积累”门槛效应的实证检验[J]. 企业经济, 2022, 41(1): 55-64.
- [33] LESAGE J, PACE R K. Introduction to Spatial Econometrics [M]. New York: CRC Press, 2009: 38.
- [34] 李苏, 郭远通, 司宝静. 绿色金融助推乡村振兴的实现机制研究: 基于空间溢出效应与门槛效应的经验分析[J]. 林业经济, 2023, 45(5): 53-74.
- [35] 刘尧成, 李想. 金融周期、金融波动与中国经济增长: 基于省级面板门槛模型的研究[J]. 统计研究, 2019, 36(10): 74-86.

【责任编辑 张智民】