

数字经济对碳排放强度的影响

——基于282个城市的实证分析

张 乐, 郭志钢

(西南石油大学经济管理学院, 成都 610500)

摘要: 基于2011—2021年中国282个城市面板数据, 实证检验数字经济对碳排放强度的影响。研究发现, 数字经济的发展能显著降低城市碳排放强度, 并且存在先降后升的“U”形特征。以产业结构高级化的质、产业结构高级化的量、绿色技术创新作为调节变量, 检验得出产业结构高级化的质强化了数字经济对碳排放强度的负向作用, 而产业结构高级化的量和绿色技术创新则弱化了这种负向作用。

关键词: 数字经济; 碳排放强度; 调节效应

中图分类号: F49; X321 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)14-0093-07

自中国政府2020年提出“双碳”目标以来, 由党中央、国务院牵头, 相关部门对所有领域、行业进行分类, 制定了各自的实施、支持方案, 构建起碳达峰、碳中和的“1+N”政策体系。作为制造业大国和全球第二大消费市场, 中国是全世界碳排放量最多的国家, 根据相关数据, 中国碳排放量由2009年的77.1亿t提升至2023年的126亿t, 稳居世界第一。过量碳排放引发的恶劣环境问题引发了社会各界的关注, 全社会生产生活的低碳绿色转型之路势在必行。近年, 随着有关政策措施渐次落地, 我国社会正进入一种新常态——数字化生产、运营和生活。据《中国数字经济发展研究报告(2023年)》统计, 中国2022年数字经济总量为50.2万亿元, 占GDP的41.5%, 稳居全球第二水平, 成为中国经济增长与转型的关键动力。作为继农业经济、工业经济之后的主要经济形式, 数字经济自身所具有的绿色效应、资源配置效应与网络效应等特点可提供巨大减排潜能, 这种新生产方式在各产业、各领域的具体应用将助力“双碳”愿景目标的实现。因此, 本文将数字经济作为核心解释变量, 检验数字经济对城市碳排放强度的影响效应, 为中国数字经济与低碳行动健康发展提供可行之路。

目前, 学界就数字经济和碳排放展开了多个层面的探讨。Tapscott在1996年首次提出数字经济

这一概念后, 国内外学者就数字经济的定义、测算、作用方面进行了大量研究, 数字经济因其具有的产业结构优化^[1-2]、技术创新^[3-4]、能源生产转化效率提升^[5]等功能在碳减排中发挥了重要作用。部分学者根据省级层面数据展开研究, 例如, 曹薇等^[6]使用2012—2019年数据检验绿色技术创新在数字经济助力低碳发展中产生的影响; 陈昕等^[7]研究数字经济与区域碳排放之间的定量关系使用的是2007—2017年中国30个省份的面板数据。还有一部分学者研究数字经济对碳排放总量或碳排放绩效的影响, 例如, 侯建和白婉婷^[8]将碳排放总量作为被解释变量展开研究; 董昕和张朝辉^[9]实证检验了数字经济与碳排放效率间的关系; 苏振等^[10]研究发现数字经济发展对旅游业碳排放效率提升具有正向促进作用。

通过相关文献梳理, 发现已有研究多是基于省级角度与碳排放总量、碳排放效率等角度进行研究, 检验城市层面数字经济与碳排放强度的文献较少; 同时, 少有文献运用调节效应模型检验变量在数字经济影响碳排放强度过程中的作用。因此, 本文的边际贡献在于: ①在数据选择上, 使用2011—2021年的282个城市面板数据进行研究; ②在方法使用上, 熵值法测算各城市数字经济发展水平, 采用范围1、范围2和范围3排放的测度方法计算碳排放总量, 再除以地区生产总值得到本文的碳排放

收稿日期: 2024-03-27

基金项目: 四川石油天然气发展研究中心项目(SKB22-07)

作者简介: 张乐(2000—), 女, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为产业结构与区域经济; 郭志钢(1975—), 男, 河北张家口人, 教授, 研究方向为能源经济、金融理论与金融市场。

强度数据;③在研究内容上,检验了数字经济与碳排放强度之间的非线性关系,接着从产业结构质与量、绿色技术创新的角度分析调节作用,并采取一系列稳健性检验提高结论可靠性。

1 理论机制与研究假设

1.1 数字经济影响碳排放强度的机理分析

数字经济通过发挥数字化和智能化的规模效应和联动效应,使生产、分配、交换和消费各环节之间的联系更加紧密,更高效地提升了资源配置效率和能源利用效率,降低原材料和能源消耗水平,推动企业向资源节约型、环境友好型生产方式转变,实现碳减排和绿色发展。另外,从本质上来说,依靠数字技术持续创新驱动的数字经济,正释放技术红利,让包括云计算、大数据、人工智能等在内的新一代数字技术,加快与高碳排放领域结合,通过绿色算力为行业发展嵌入“双碳”基因,有助于提升企业各环节数字化运营效率与管理能力,提高产品质量,实现能源节约与碳减排。综上,提出以下假设。

H1:数字经济能有效降低碳排放强度。

1.2 产业结构高级化的调节效应分析

产业结构高级化的关键是技术进步,纵观人类历史,颠覆性的技术革新都会带来进步效应,催生出“明星产业”,辐射带动下相关产业也开始逐步变更。现如今,数字经济在产业格局中在一定程度上扮演着“明星产业”的角色,以其自身的优势特性促进产业结构沿着中高端和服务化的方向不断升级。数字经济发展过程中出现的新产业和新技术将提升传统产业的集约经营水平,传统产业依靠产业数字化提高信息化、智慧化水平,优化资源配置,减少更多的投入过程,降低能源消耗强度和污染排放,最终有效推动产业结构的高级化、低碳化发展,实现数字化赋能传统产业转型升级,减少碳排放。据此,提出以下假设。

H2:产业结构高级化在数字经济与碳排放强度之间具有调节作用。

1.3 绿色技术创新的调节效应分析

一方面,数字经济发展有绿色技术创新作为坚实的技术基础与储备,不仅能提高资源的利用效率,还能增加绿色产品的有效供应,在最小的资源消耗中获得最大的经济效益,同时通过产业升级与能源效率提升相结合的方式,减少污染物排放,实现降低碳排放量的目标。另一方面,数字化技术以其迭代快、扩散快、渗透能力强的特点,与节能低碳技术的相互渗透与融合,可以加速绿色科技创新的供应与扩散,推动传统产业实现低碳化、智能化的

转变,提升传统产业生产流程的科技效率与劳动生产率,减少单位产量的能源消耗与碳排放量。综上,提出以下假设。

H3:绿色技术创新在数字经济与碳排放强度之间具有调节作用。

2 研究方法与数据来源

2.1 模型设定

2.1.1 基准回归模型

为了检验数字经济发展与城市碳排放强度的关系,首先构建如下基准回归模型:

$$ce_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 dig_{it} + \alpha_2 Z_{it} + \gamma_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 为城市; t 为年份; ce_{it} 为城市 i 在 t 年的碳排放强度,为本文的被解释变量; dig_{it} 为城市 i 在 t 年的数字经济发展水平,为文章的核心解释变量; α_1 为自变量的回归系数,反映了数字经济发展对城市碳排放强度的影响; Z 为一系列控制变量的集合; γ_i 为城市固定效应; δ_t 为年份固定效应; ϵ_{it} 为随机扰动项。

进一步,若系数 α_1 显著为正,说明数字经济提高了碳排放强度;若显著为负,则相反。

2.1.2 调节效应模型

为验证产业结构高级化、绿色技术创新的调节作用,构建如下调节效应模型:

$$ce_{it} = \beta_0 + \beta_1 dig_{it} + \beta_2 indus_{it} + \beta_3 dig_{it} \times indus_{it} + \beta_4 Z_{it} + \gamma_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

式中: $indus$ 为产业结构高级化; $dig \times indus$ 为数字经济与产业结构高级化的交互项。(绿色技术创新将 $indus$ 替换为 $green$)

进一步,若系数 β_1 与 β_3 均显著,说明产业结构高级化在数字经济与碳排放强度之间存在调节作用;若两者同号,说明产业结构高级化强化了数字经济与碳排放强度的关系,反之则削弱。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

碳排放强度(ce)为被解释变量。在计算碳排放强度之前需要先测算各城市的碳排放总量,参照丛建辉等^[11]的做法,采用范围1排放、范围2排放与范围3排放的测度方法,将这些数据加总就是每个城市的碳排放总量,然后将总的碳排放量与国内生产总值的比率取对数,从而得出碳排放强度。

2.2.2 核心解释变量

数字经济发展水平(dig)为核心解释变量。参照赵涛等^[12]的做法,从信息技术应用、互联网发展、数字普惠金融3个维度选择百人国际互联网用户数、信息传输计算机服务和软件业从业人员占比、

人均电信业务总量、百人移动电话用户数、数字普惠金融指数等 5 项指标,通过熵值法得到各城市数字经济发展指数。

熵值法具体步骤如下:

(1)指标说明: X_{ij} 为第 i 年第 j 项评价指标的数值, $\min X_j$ 和 $\max X_j$ 分别为所有年份中第 j 项评价指标的最小值和最大值; $k = \frac{1}{mn}$, 其中 m 为评价年数, n 为指标数。

(2)标准化处理。

正向指标:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j} \quad (3)$$

负向指标:

$$X'_{ij} = \frac{\max X_j - X_{ij}}{\max X_j - \min X_j} \quad (4)$$

(3)计算第 i 年第 j 项指标的比重。

$$Y_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^m X'_{ij}} \quad (5)$$

(4)计算指标熵值。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n Y_{ij} \ln Y_{ij} \quad (6)$$

(5)计算信息熵冗余度。

$$d_j = 1 - e_j \quad (7)$$

(6)计算指标权重。

$$W_i = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_j} \quad (8)$$

(7)计算单指标评价得分。

$$S_{ij} = W_i X'_{ij} \quad (9)$$

根据以上步骤,可计算出 2011—2021 年中国各城市数字经济发展水平。

2.2.3 调节变量

产业结构高级化(分为产业结构高级化的质和产业结构高级化的量)和绿色技术创新是调节变量。参照刘伟等^[13]、袁航和朱承亮^[14]的做法计算产业结构高级化,其中产业结构高级化的质通过各产业增加值占 GDP 比例与各产业劳动生产率的乘积加权值得到,产业结构高级化的量通过 m 产业增加值占 GDP 比例与 m 的乘积加权值得到。参照郭炳南等^[15]的做法计算绿色技术创新,具体而言选择当年获得绿色专利取对数后的值来衡量各城市的绿色技术创新水平。

2.2.4 控制变量

选取城市规模(popu)、对外开放程度(open)、

环境规制(envir)、人力资本水平(human)、科技水平(tech)、政府干预(gov)作为控制变量。其中,城市规模为年末户籍人口取对数,对外开放程度为实际利用外资金额与 GDP 的比值,环境规制为工业固体废物综合利用率,人力资本水平为普通高等学校在校学生数取对数,科技水平为科技支出占 GDP 比例,政府干预为地方财政一般预算内支出占 GDP 比例。

2.3 数据来源与描述性统计

选取 2011—2021 年 282 个城市的数据进行分析,数据均来源于《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》、国泰安数据库、EPS 数据库等,数字普惠金融数据使用郭峰等^[16]测算的北京大学数字普惠金融指数,部分缺失数据使用线性插值法补全,计算使用的是 stata16 软件。描述性统计如表 1 所示。

表 1 描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
year	3 102	2 016.000	3.163	2 011.000	2 021.000
city	3 102	142.000	82.040	1.000	284.000
id	3 102	381 718	138 522	130 100	650 200
ce	3 102	0.000 282	0.000 284	1.31×10^{-5}	0.002 470
dig	3 102	0.006 30	0.004 78	0.001 14	0.056 00
dig2	3 102	6.25×10^{-5}	0.000 165	1.30×10^{-6}	0.003 14
fin	3 102	184.200	72.800	17.020	359.700
indusz	3 102	0.500	0.252	0.0517	1.626
indusl	3 102	2.300	0.140	1.831	2.760
green	3 102	4.752	1.651	-0.223	9.784
popu	3 102	431.800	258.500	20.000	1 556.000
open	3 102	0.013	0.017	0.000	0.199
envir	3 102	78.060	33.380	-468.800	331.200
human	3 102	10.550	1.364	3.020	15.330
tech	3 102	0.002 77	0.002 74	0.000 13	0.063 10
gov	3 102	0.207	0.125	0.044	2.349

3 实证结果分析

3.1 基准回归

采用双向固定效应模型进行基准回归,表 2 汇报了基准回归的结果。列(1)~列(6)的结果表示在固定年份、城市的基础上,逐个加入控制变量,从 dig 变量的系数可知,数字经济对城市碳排放强度在 1% 的显著性水平上存在负向影响,即随着数字经济发展水平的提升,城市内资源配置效率与能源利用得到更好优化,能耗减少,碳排放强度随之降低,验证了 H1 的正确性。由列(6)可知,在加入全部控制变量后,对外开放程度与科技水平对碳排放强度的回归系数分别为 -0.001 和 -0.004,仍在 1% 的水平上显著为负,说明外商投资规模的增加

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	ce	ce	ce	ce	ce	ce
dig	−0.003*** (0.001)	−0.003*** (0.001)	−0.003*** (0.001)	−0.003*** (0.001)	−0.003*** (0.001)	−0.003*** (0.001)
popu	−0.000*** (0.000)	−0.000*** (0.000)	−0.000*** (0.000)	−0.000*** (0.000)	−0.000*** (0.000)	−0.000 (0.000)
open		−0.001*** (0.000)	−0.001*** (0.000)	−0.001*** (0.000)	−0.001*** (0.000)	−0.001*** (0.000)
envir			0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.000** (0.000)
human				−0.000** (0.000)	−0.000*** (0.000)	−0.000 (0.000)
tech					−0.002 * (0.001)	−0.004*** (0.001)
gov						0.001*** (0.000)
年份	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	3 102	3 102	3 102	3 102	3 102	3 102
调整后的 R ²	0.950	0.951	0.951	0.951	0.951	0.961

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平；括号内数值为稳健标准误。

与城市科技支出的增加有利于环境友好型技术的更新,加速企业对先进清洁生产技术和实践的吸收,有助于减轻环境污染,降低碳排放。

3.2 非线性关系

为验证数字经济与碳排放强度间的非线性关系,表 3 为加入数字经济平方项的回归结果,列(1)没有添加控制变量,列(2)加入了控制变量。由列(1)可知,在不考虑其他因素影响的情况下,数字经济一次项的系数为−0.006,在 1%的水平上显著,平方项系数为 0.085,在 5%的水平上显著,说明数字经济与碳排放强度之间存在“U”形关系,即随着数字经济的逐渐发展,城市碳排放强度呈现先减后增的趋势。列(2)引入了影响碳排放强度的一系列其他因素,其中,数字经济一次项的系数变为−0.007,平方项系数变为 0.084,均在 1%的水平上显著,说明数字经济与碳排放强度之间确实存在“U”形关系,这可能是因为数字经济发展初期由于自身迭代快、扩散快、渗透性强等特点,一定程度上大量释放了发展红利,区域内产业转型升级并提高了生产、运营、管理效率等,降低了碳排放量,碳排放强度也随之下降;而随着数字经济继续发展,数字化蓝图拓宽,基础设施建设陆续增多,经济规模扩大带来的碳排放增长具有刚性,造成环境污染,增加了碳排放总量,带来碳排放强度的上升。

表 3 非线性关系结果

变量	(1)	(2)
	ce	ce
dig	−0.006*** (0.001)	−0.007*** (0.001)
dig2	0.085** (0.026)	0.084*** (0.025)
popu		−0.000 * (0.000)
open		−0.001*** (0.000)
envir		0.000** (0.000)
human		−0.000 (0.000)
tech		−0.003*** (0.001)
gov		0.000*** (0.000)
年份	控制	控制
城市	控制	控制
观测值	3 102	3 102
调整后的 R ²	0.940	0.946

注：***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平；括号内数值为稳健标准误。

3.3 调节效应

根据上文的理论分析,产业结构高级化的质、

产业结构高级化的量、绿色技术创新在数字经济影响碳排放强度中可能发挥了一定的调节作用。表 4 报告了三个变量的调节作用,列(1)报告了产业结构高级化的质的调节效应检验结果,交互项 dz 系数显著为负,与数字经济系数同号,说明产业结构高级化的质强化了数字经济对城市碳排放强度的影响,这也许是由于产业结构从以劳动为主的低端结构向以知识和技术密集型为主导的高层次结构转变过程中,重污染、重能耗企业被引导停产或转产,同时高附加值、能耗少的企业得到税收扶持快速发展,碳排放量大大减少,因此,强化了数字经济对城市碳排放强度的负向影响。列(2)和列(3)分别报告了产业结构高级化的量和绿色技术创新的调节效应检验结果,交互项 dl 与交互项 dg 系数均显著

表 4 调节效应结果

变量	(1)	(2)	(3)
	ce	ce	ce
dig	-0.003*** (0.001)	-0.005*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
indusz	0.000*** (0.000)		
dz	-0.003*** (0.001)		
indusl		0.000* (0.000)	
dl		0.008** (0.003)	
green			-0.000*** (0.000)
dg			0.001*** (0.000)
popu	-0.000** (0.000)	-0.000* (0.000)	-0.000* (0.000)
open	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
envir	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)	0.000** (0.000)
human	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
tech	-0.003*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.002*** (0.001)
gov	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
年份	控制	控制	控制
城市	控制	控制	控制
观测值	3 102	3 102	3 102
调整后的 R ²	0.946	0.946	0.947

注:***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平;括号内数值为稳健标准误。

为正,与数字经济系数异号,说明这两者弱化了数字经济对城市碳排放强度的影响。产业结构高级化的质、产业结构高级化的量、绿色技术创新在数字经济与碳排放强度之间存在调节作用,验证了 H2 和 H3。

3.4 稳健性检验

为确保上述结论的稳健性,通过替换核心解释变量、核心解释变量滞后一期再回归、对所有变量进行缩尾处理 3 种方法进行稳健性检验,结果如表 5 所示。列(1)为将数字经济替换成数字普惠金融的回归结果,数字经济发展水平与数字普惠金融水平高度相关,故选择数字普惠金融指数作为替代变量,数字普惠金融指数的系数在 1%的水平显著为负,与表 2 中数字经济的系数符号相同,说明结论稳健。列(2)为将核心解释变量数字经济滞后一期的结果,系数在 1%的水平上显著为负,与表 2 中数字经济的系数符号相同,说明结论稳健。列(3)为将所有变量进行缩尾处理再回归的结果,数字经济的系数符号、显著性不变,说明结论稳健。

表 5 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	ce	ce	ce
fin	-0.000*** (0.000)		
L. dig		-0.002*** (0.000)	
dig			-0.003*** (0.001)
popu	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
open	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)	-0.001*** (0.000)
envir	0.000** (0.000)	0.000* (0.000)	0.000** (0.000)
human	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)
tech	-0.003*** (0.001)	-0.004*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
gov	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
年份	控制	控制	控制
城市	控制	控制	控制
观测值	3 102	2 820	3 102
调整后的 R ²	0.960	0.968	0.961

注:***、**、*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平;括号内数值为稳健标准误。

4 结论与建议

4.1 结论

本文基于2011—2021年282个城市面板数据,分别利用双向固定效应模型、调节效应模型检验数字经济对碳排放强度的影响,研究结论如下。

(1)数字经济发展有助于降低城市碳排放强度,在考虑控制其他变量后,数字经济对城市碳排放强度仍有显著负向影响,并且这种影响存在先降后升的“U”形特征。

(2)以产业结构高级化的质、产业结构高级化的量、绿色技术创新作为调节变量,检验得出产业结构高级化的质强化了数字经济对碳排放强度的负向作用,而产业结构高级化的量和绿色技术创新则弱化了这种负向作用。

4.2 政策建议

根据上述结论,得到以下政策启示。

(1)明晰碳排放数据采集标准和使用规范,充分发挥数字经济在赋能城市碳减排中的潜力。研究制定数字化赋能节能降碳标准体系,明确数据采集主体,制定能源使用和碳排放监测数据的采集流程和使用规范,建立各利益相关者的协调机制,确保数据的真实性和唯一性。加大数据安全风险防范和数据产权保护力度,为数据有序流动、促进节能降碳提供有效的制度保障。

(2)加快培育数字化节能降碳第三方服务主体,丰富数字技术服务供给。鼓励培育和推广一批符合高耗能企业节能降碳需求的数字化平台、系统解决方案、产品和服务,增强数字化节能降碳产品供给能力,最大限度地发挥供给端的牵引作用,促进数字技术进一步拉动城市传统产业低碳转型,减少碳排放。

参考文献

- [1] 白丽飞. 数字经济的碳减排效应研究——兼论财政政策和市场机制的叠加作用[J]. 甘肃社会科学, 2023(6): 224-236.
- [2] 郭爱君, 张传兵. 数字经济如何影响碳排放强度?——基于产业结构高级化与合理化的双重视角[J/OL]. 科学与科学技术管理, 1-29[2024-03-23]. <https://kns.cnki.net/urlid/12.1117.G3.20231130.1033.004.html>.
- [3] 陈晓, 张鑫奥, 王育宝. 数字技术创新赋能城市低碳转型路径机制研究[J/OL]. 科技进步与对策, 1-11[2024-03-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1224.G3.20240315.1421.004.html>.
- [4] 张跃. 数字经济、时空动态效应与城市碳排放效率[J]. 河

北经贸大学学报, 2023, 44(6): 87-98.

- [5] 江元, 徐林. 数字经济、能源效率和碳排放——基于省级面板数据的实证[J]. 统计与决策, 2023, 39(21): 58-63.
- [6] 曹薇, 赵伟, 司玉静. 数字经济对低碳发展的影响效应研究——基于绿色技术创新的调节效应与门槛效应分析[J]. 软科学, 2023, 37(9): 47-54.
- [7] 陈昕, 金殿臣, 张亚豪. 数字经济能否助力“双碳”目标的实现——基于中国省级面板的实证分析[J]. 社会科学家, 2023(8): 70-76.
- [8] 侯建, 白婉婷. 环境规制视角下数字经济发展的碳减排效应检验[J]. 统计与决策, 2023, 39(19): 164-166.
- [9] 董昕, 张朝辉. 数字经济、城市空间结构与碳排放效率[J]. 城市问题, 2023(8): 15-25.
- [10] 苏振, 郑应宏, 郭峦. 数字经济对旅游业碳排放效率的影响及门槛效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(8): 69-79.
- [11] 丛建辉, 刘学敏, 赵雪如. 城市碳排放核算的边界界定及其测度方法[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 19-26.
- [12] 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.
- [13] 刘伟, 张辉, 黄泽华. 中国产业结构高度与工业化进程和地区差异的考察[J]. 经济学动态, 2008(11): 4-8.
- [14] 袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济, 2018(8): 60-77.
- [15] 郭炳南, 王宇, 李宁. 数字经济促进了中国的绿色技术创新吗? [J]. 广西财经学院学报, 2022, 35(2): 1-19.
- [16] 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, 19(4): 1401-1418.
- [17] DAVID M, AUBRY A, DERIGENT W. Towards energy efficient buildings: how ICTs can convert advances? [J]. IFAC-Papers Online, 2018, 51(11): 758-763.
- [18] HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing and inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.
- [19] 连港慧, 徐蔼婷, 汪文璞. 19个国家级城市群数字经济发展水平测度及空间格局研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(24): 29-39.
- [20] 郭丰, 杨上广, 任毅. 数字经济、绿色技术创新与碳排放——来自中国城市层面的经验证据[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 51(3): 45-60.
- [21] 王宁, 韩澄宇, 张杨, 等. 基于门限-STIRPAT扩展模型的区域碳排放达峰研究——以华东地区为例[J/OL]. 环境工程, 1-11[2024-03-25]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2097.X.20231026.1803.004.html>.
- [22] 魏中龙. 数字经济的内涵与特征研究[J]. 北京经济管理职业学院学报, 2021, 36(2): 3-10.
- [23] 李楠博. 数字经济有效赋能城市低碳发展了吗?——来自低碳技术进步的解释[J]. 北师大学报(哲学社会科学版), 2023(6): 71-82.

Impact of Digital Economy on Carbon Emission Intensity: An Empirical Analysis Based on 282 Cities

ZHANG Le, GUO Zhigang

(Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: Based on the panel data of 282 cities in China from 2011—2021, the impact of digital economy on carbon emission intensity was empirically tested. It is found that the development of the digital economy can significantly reduce the intensity of urban carbon emissions, and there is a “U-shaped” characteristic of first decreasing and then increasing. Using the quality of industrial structure upgrading, the quantity of industrial structure upgrading, and green technology innovation as moderating variables, it is found that the quality of industrial structure upgrading strengthens the negative effect of digital economy on carbon emission intensity, while the quantity of industrial structure upgrading and green technology innovation weaken this negative effect.

Keywords: digital economy; carbon emission intensity; regulatory effect