

环境规制对碳排放的影响

——基于数字经济的调节效应分析

辛 翠

(华东政法大学商学院, 上海 201620)

摘要: 数字化正推动全球范围内工业 4.0 变革。建立多元线性回归模型将数字经济、环境规制和碳纳入统一分析框架,在探讨环境规制影响碳减排机理的基础上,研究数字化在两者之间的调节作用并做直观分析。结果表明:环境规制与碳之间存在显著倒“U”型关系;数字经济具备降碳绿色效应;数字经济反向调节环境规制与碳排放之间的关系,有效调节“绿色悖论”;高环境规制强度的地区更容易利用数字经济的调节作用。

关键词: 数字经济; 环境规制; 碳排放; 调节效应

中图分类号: F124.3; F127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)09-0333-06

全球变暖是全人类正在面临的巨大挑战,近年来中国经济发展面临低碳转型的新压力。如何实现低碳发展、促进碳减排也成为全世界关注的焦点。中国如何承担碳减排责任以及如何应对经济社会发展中的重大环境效应问题。在此背景下,中国提出二氧化碳排放量计划在 2030 年前达到峰值、并致力于在 2060 年前实现碳中和的目标,向全世界展现减缓气候变暖的责任担当。根据《世界能源统计年鉴 2022》统计数据显示,中国 2021 年的碳排放量达到 10 523 百万 t^①,较 2020 年增加了 5.5%,在全球碳排放总量中占比达到 31%，“双碳”目标的实现非常严峻。与此同时,中国有关环境规制的政策也在实践中不断成熟,从命令控制型到市场激励型再到非正式环境规制^[1],中国一直在积极探索协调经济可持续发展和保护环境的新路径。

与此同时,随着以 5G 为代表的数字信息技术的快速发展,数字经济凭借其高渗透性、边际效益递增性和可持续性成为新发展格局中促进经济社会发展的新生力量。相关数据显示,2022 年中国数字经济发展规模高达 50.2 万亿元,占国内生产总值的比重达到 41.5%,同比名义增长 10.3%^②,中国政府已经认识到数字经济的重要性,并在政策层面

给予支持^③。如何将数字经济这一时代变量纳入影响碳排放因子的研究框架中,发掘数字经济在环境规制对碳减排的机制影响,对中国产业数字化和绿色化转型均具有重要的经济意义。

1 文献综述

1.1 数字经济与碳减排

依托互联网和相应新兴信息技术发展而产生的新兴经济形态,数字经济借助数字产业化和产业数字化深度融合等策略,持续提高了中国经济社会的数字化、网络化和智能化程度,不仅加速推动产业结构优化升级^[2],还促进城市经济高质量发展^[3],并且在此过程中产生了显著的环保效益。

在地区层面,数字经济正向促进区域绿色发展,并成为区域绿色化转型的主要动力^[4]。在城市层面,第一种致力于环境污染^[5],数字经济发展通过绿色创新和产业结构优化显著降低了城市各类环境污染物的排放,而且其对不同污染物的降低作用还有所差异;第二种致力于碳减排^[6],数字经济基础设施使用的低门槛使得以往突出的数字鸿沟问题不断变小,推动以网络公众为主人公的非正式环境规制不断成熟,重塑环境治理格局,显著改善了城

收稿日期: 2024-10-14

作者简介: 辛翠(1999—),女,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为绿色经济、技术进步。

^①根据《世界能源统计年鉴 2022》解释,此碳排放数据仅反映石油、天然气和煤炭燃烧的相关活动导致的排放,并基于《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》所列“燃烧的 CO₂ 缺省排放因子”而得出。

^②相关数据来源于中国通信研究院公布的《中国数字经济发展研究报告(2023 年)》。

^③2022 年 3 月,十三届全国人大五次会议审查的计划报告提出实施“东数西算”工程,旨在引导东部算力需求到西部,促进数据跨域流动,缓解东部能源紧张问题,同时为西部开辟发展新路,强调地域间数字经济的联动。

市碳排放,且这种效应在东部地区和城市群内部区域更大。在企业层面,数字经济促进企业数字化转型和持续绿色创新,最终降低碳强度^[7],重污染行业的企业进行数字化转型既可以优化生产流程和能源使用结构,提高资源配置效率,也通过增强信息共享和知识整合能力,推动企业实现绿色技术创新的目标^[8]。

1.2 数字经济、环境规制与碳排放

有关数字经济、环境规制与碳排放之间协同作用的研究尚显稀缺。值得注意的是,黄子涵和畅红琴^[9]开创性地将数字经济、环境规制及碳纳入一个综合性的分析框架,并采用空间杜宾模型进行分析,研究结果显示,数字经济在碳排放的空间分布上呈现负向溢出效应,并选择数字经济作为门槛变量,探讨环境规制和碳排放之间的非线性关系。侯建和白婉婷^[10]则探索不同环境规制门槛下数字经济的碳减排效果,较低的环境规制水平在一定程度上并不利于数字经济的碳减排效应,随着环境规制水平的提升并跨过阈值,数字经济发展能显著抑制区域的碳排放。

1.3 文献评述

通过梳理现有文献发现,有关研究在环境规制和数字经济单独对碳排放影响的领域较为丰富,其中环境规制与碳排放之间的倒“U”型关系得到广泛认可,但仅有少数学者结合当下新兴的经济形态把数字化发展纳入统一的分析框架内,虽有学者探讨了三者之间的关系,但是仅以环境规制作为中介变量^[11]或门槛变量验证非线性数量关系的存在,而忽略了数字经济在环境规制降碳中发挥的调节作用,有关研究依然存在研究黑箱,没有从根本上研究数字经济在碳减排领域产生的绿色效益。本文的创新点如下:①在传统数字经济、环境规制和碳排放的研究上,加入环境规制二次项,全面分析数字经济在环境规制降碳中的作用;②在基准回归基础上,将数字经济作为调节变量并通过构建转折点图直观分析其存在的调节效应,并对调节作用机制进行机制分析。

2 模型构建与数据说明

2.1 模型设计

2.1.1 基础回归模型

选择构建经典的多元回归模型,首先研究环境规制、数字经济分别对碳排放的影响,再将环境规制和数字经济一起作为碳排放的影响因子进行统一分析,具体模型如下:

$$CO_{2it} = \alpha_1 + \alpha_2 regulation_{it} + \alpha_3 regulation_{it}^2 + \sum_{j=1}^4 \alpha_4 control_{ijt} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

$$CO_{2it} = \alpha_1 + \alpha_2 digi_{it} + \sum_{j=1}^4 \alpha_4 control_{ijt} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$CO_{2it} = \alpha_1 + \alpha_2 regulation_{it} + \alpha_3 regulation_{it}^2 + \alpha_4 digi_{it} + \sum_{j=1}^4 \alpha_5 control_{ijt} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

式中: i 为地区; t 为年份; CO_{2it} 为*i*省份第*t*年的碳排放量; $regulation$ 为环境规制强度; $regulation^2$ 为环境规制强度的平方项; $digi$ 为数字经济发展水平; $control$ 为一系列控制变量,具体包括经济发展水平、人口总数、能源结构、产业结构和外商投资水平; ϵ_{it} 为随机误差项; α_1 为常数项; $\alpha_2 \sim \alpha_5$ 为系数。其中式(3)将数字经济、环境规制与碳排放纳入同一方程模型。另外,为克服异方差和多重共线性问题带来的干扰,对部分变量进行对数变换处理。

2.1.2 数字经济的调节效应模型

为验证数字经济作为调节效应的存在,将数字经济发展水平与核心解释变量进行交乘,具体模型如下:

$$CO_{2it} = \beta_1 + \beta_2 regulation_{it} + \beta_3 regulation_{it}^2 + \beta_4 regulation_{it} \times digi_{it} + \beta_5 regulation_{it}^2 \times digi_{it} + \sum_{j=1}^4 \beta_6 control_{ijt} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

式中: $regulation \times digi$ 为数字经济发展水平与环境规制强度的交互项; $regulation^2 \times digi$ 为数字经济发展水平与环境规制强度平方项的交互; β_1 为常数项; $\beta_2 \sim \beta_6$ 为系数。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量:碳排放总量(CO_2)

依据中国碳核算数据库(IPCC)提供的碳排放计算方法,通过将消费燃料的数量与各类能源的碳排放因子相乘,计算得出总的碳排放量,同时进行对数化处理。

$$CO_{2it} = \sum (E_{ij} C_j N_j O_j) \quad (5)$$

式中: j 为消耗的燃料种类; E_{ij} 为*i*省份第*t*年对燃料*j*的消费总量; C_j 为燃料*j*的碳含量 $\times 44/12$,代表每单位燃料*j*的碳排放因子; N_j 为燃料*j*的低位发热值; O_j 为燃料*j*的氧化率。

2.2.2 解释变量:环境规制强度($regulation$)

借鉴环境规制强度衡量的主流指标,选择环境规制实施的成本指标来测算环境规制强度的大小,即各省份每单位工业产值所需的污染治理费用,成本值越高表示环境规制强度越大。

2.2.3 调节变量:数字经济发展程度(digital)

由于当前对数字经济的具体定义尚未明确,同时缺乏一个统一的衡量标准,借鉴赵涛等^[3]的研究,从互联网普及率、互联网相关行业就业人数、互联网相关产业产出、移动互联网用户数以及数字普惠金融发展这5个维度进行衡量,并采用主成分分析法计算得出各省份的数字经济综合发展指数,具体划分见表1。中国地区数字经济发展指数介于0.6~1,根据平均值划分为4个等级,呈现“东高西低”的阶梯状发展现状,与中国地区总体经济发展状况一致。

表1 各省份数字经济发展指数等级划分

平均指数等级	东部	中部	西部
0.9~1	北京、上海	—	—
0.8~0.9	浙江、福建、广东	—	—
0.7~0.8	天津、辽宁、江苏、山东、海南	湖北、四川	陕西
0.6~0.7	河北	山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖南	内蒙古、广西、四川、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆

2.2.4 控制变量

控制变量包括:①实际人均GDP(GDP)。一个地区的经济发展状况与减排成效息息相关,采用实际人均GDP来衡量该地区的经济发展水平。②外商直接投资水平(foreign)。外商投资能够提现国家对外开放的水平,外资企业进入中国会带来先进的管理理念和大量资本,有益于增加资本存量,提高生产效率,促进产业结构转型。采用地区对外直接投资总额与GDP之比来衡量外商直接投资水平。③人口总量(population)。自然是排放二氧化碳天然的因素,而且随着人口数量的增加,相应在生产生活等领域对能源的需求量也同步增加,进而导致化石燃料消耗增加,大气中二氧化碳等温室气体排放量上升。以地区年末常住人口取对数作为代理变量。④能源结构(energy)。以地区电力消费量占全国电力消费总量的比表示。⑤产业结构(industrial)。第二产业是影响碳排放的主要因素这一观点被广泛印证,产业结构的调整和升级成为促进中国低碳发展的重要举措。产业结构代表了一个地区经济增长和发展模式的状况,第三产业产值与第二产业产值的比可以侧面反映当地产业结构程度。

2.3 数据来源

采用2011—2021年中国30个省份(因数据缺

失,未包含西藏地区和港澳台地区)的面板数据作为研究样本,所有相关原始数据均来源于历年《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》和各省份统计年鉴,以及由北京大学与浙江大学联合发布的数字经济指数报告。碳排放的相关数据来源于CEARs(经济风险分析中心)。对于少数缺失值,采用线性插值法进行补充。具体变量的描述性统计见表2。

表2 变量描述性统计

变量	样本数	最小值	均值	最大值	标准差
CO ₂	330	3.800	5.700	7.400	0.790
regulation	330	0.170	3.300	19.000	3.200
regulation ²	330	0.030	21.000	374.000	50.000
digi	330	0.490	0.600	0.820	0.065
population	330	6.400	8.200	9.400	0.740
energy	330	0.005	0.033	0.094	0.023
foreign	330	0.000	0.019	0.073	0.015
industrial	330	0.570	1.200	4.300	0.670
GDP	330	8.700	9.300	11.000	0.460

注:以上变量均做缩尾处理。

3 实证分析

3.1 基准回归

表3报告了数字经济对碳排放直接效应的结果。其中(1)列、(2)列是对环境规制与碳排放之间倒“U”关系进行检验的结果。结果发现,第(1)列回归中环境规制强度在1%水平上显著为正,表明环境规制措施未能有效遏制碳排放的增长,呈现“绿色悖论”现象。第(2)列回归中,环境规制一次项系数在1%显著性水平上为正,而二次项系数在1%显著性水平上为负,证实了环境规制与碳排放之间确实存在显著的倒“U”型非线性关系,即环境规制强度对碳排放的直接效应存在阈值,通过测算得出倒“U”型曲线的转折点为12.4,介于样本区间{0.2, 19.3}内。当环境规制强度小于12.4时会促进碳排放,发生“绿色悖论”现象;当环境规制强度超过12.4临界值时,其对碳排放将产生抑制效果,从而实现环境规制的预期效应,阈值的存在也反映了碳库兹涅茨曲线存在的稳健性。第(3)列显示数字经济发展水平在1%水平上显著为负,且系数值较大,证明数字经济的低碳环保效应强劲。第(4)列将数字经济、环境规制和碳排放纳入统一分析框架进行研究,结果发现数字经济依然在1%水平上显著为负。(3)列、(4)列均证明了数字经济潜藏的碳减排效果。控制变量方面,人口数量与碳排放显著正相关与理论相符,人口的快速增加对资源和环境的承

表 3 基本估计结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	OLS1	OLS2	OLS3	OLS4
regulation	0.047*** (0.010 9)	0.119*** (0.023 0)		0.103*** (0.022 1)
regulation ²		-0.004 78*** (0.001 36)		-0.004 06*** (0.001 30)
digi			-2.810*** (0.449)	-2.532*** (0.436)
population	0.376*** (0.066 5)	0.390*** (0.065 5)	0.178*** (0.054 5)	0.335*** (0.063 1)
energy	14.96*** (2.065)	14.71*** (2.031)	17.85*** (1.908)	15.13*** (1.937)
industrial	-0.178*** (0.054 9)	-0.167*** (0.054 1)	-0.209*** (0.052 5)	-0.160*** (0.051 5)
foreign	5.829*** (1.942)	6.070*** (1.910)	8.007*** (1.884)	7.223*** (1.831)
GDP	-0.170** (0.085 0)	-0.147* (0.083 8)	-0.398*** (0.085 0)	-0.301*** (0.084 1)
常数项	3.608*** (1.051)	3.139*** (1.042)	9.110*** (1.067)	6.534*** (1.152)
样本数	330	330	330	330
R ²	0.600	0.615	0.622	0.651

注：***、**、* 分别代表在 1%、5%、10% 水平上的显著性；括号内为回归系数估计值的标准误差。

载力提出巨大挑战；能源结构与碳排放显著正相关与预期不符，说明中国现阶段能源结构并没有得到有效改善，中国以煤为主导的能源消费模式依然阻碍着碳减排目标的实现；产业结构与碳排放之间显著负相关，与预期一致，说明中国产业结构得到改善，已经发挥降碳减排的效果；外商投资水平与碳排放显著正相关，说明中国外商直接投资的环境效益较小。人均实际 GDP 与碳排放显著负相关，说明中国经济发展方式转变有所成效，在协调和绿色中追求发展。

3.2 机制检验

为了全面考虑数字经济的减排降碳效果，对数字经济的调节效应进行检验，结果见表 4。列(1)和列(2)是环境规制一次项与数字经济交乘的回归结果，主回归系数显著为正，交乘项系数显著为负，说明数字经济对环境规制与碳排放的关系具有显著削弱的作用，数字经济调节了环境规制对碳排放的负面影响。列(3)和列(4)是环境规制一次项、二次项分别于数字经济交乘的回归结果，主回归系数依然是倒“U”型，交乘项显著为“U”型。当环境规制力较小，其与碳排放之间出现“绿色悖论”时，数字经济负向调节了两者关系，使得环境规制的负面效果得到削弱，在一定程度上弥补了环境规制的缺陷；当环境规制力度超过阈值，与碳排放之间出现

表 4 环境规制与碳排放的间接效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	TJ1	TJ2	TJ3	TJ4
regulation	0.495*** (0.076 0)	0.363*** (0.049 7)	0.751*** (0.166 0)	0.625*** (0.110 0)
regulation ²			-0.022 8* (0.013 0)	-0.023 2*** (0.008 4)
regulation×digi	-0.784*** (0.121 0)	-0.526*** (0.080 9)	-1.113*** (0.269 0)	-0.874*** (0.181 0)
regulation ² ×digi			0.031 0 (0.020 9)	0.032 2** (0.013 7)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	5.586*** (0.059 7)	5.145*** (1.018 0)	5.478*** (0.080 5)	5.171*** (1.034 0)
样本数	330	330	330	330
R ²	0.115	0.646	0.131	0.660

注：***、**、* 分别代表在 1%、5%、10% 水平上的显著性；括号内为回归系数估计值的标准误差。

“倒逼转型”时，数字经济将有效扩大环境规制对碳排放的积极效果，在减污降碳中起到“润滑剂”的效果。这是因为，当企业面临政府的环境规制时，可以借助数字化技术满足生产上的减排要求，既能提高减排效率也能节约生产成本。总体上，数字经济在环境规制的降碳效果中起到正向调节作用。

同时发现，加入调节变量后环境规制的系数显著大于加入调节效应前(0.625>0.103)，数字经济的加入使得环境规制对碳排放的边际影响变大，单位环境规制强度带来的碳减排效果更大，进一步支持了前文的主要结论。出现这种调节结果的原因可能与数字经济的发展规律有关，在数字产业化和产业数字化的初期阶段，由于发展尚未成熟，数字经济基础设施建设导致高额投入和成本，进而加剧了生产生活中的碳排放水平。同时，绿色发展的迫切需要促使企业加大绿色技术研发力度，进一步产生额外的能耗投入，出现显著的“碳依赖”现象。然而，随着数字经济逐步成熟，前期投入的资本、人力和技术开始产生积极的正向净效应，资源利用效率大幅提升，产业结构也实现了高级化转型，这不仅降低了企业的生产成本且提升了技术研发效率，最终促使知识和技术密集型产业成为主导产业，进而减少了行业总体的碳排放量^[12-13]。

3.3 稳健性检验

考虑到 2020 年新冠肺炎疫情对全国各领域行业的冲击，剔除 2020—2021 年的样本数据，进一步对环境规制、数字经济和碳排放三者的关系进行检验，结果见表 5，列(1)和列(2)显示环境规制与碳排放存在稳健的倒“U”型关系，数字经济仍然在 1%

表 5 剔除异常年份后的回归结果

变量	OLS		调节效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)
regulation	0.141*** (0.024 3)	0.124*** (0.023 7)	0.347*** (0.047 9)	0.579*** (0.108 0)
regulation ²	-0.005 0*** (0.001 40)	-0.004 5*** (0.001 31)		-0.020 1** (0.008 18)
digi_zcf		-2.250*** (0.474)		
regulation×digi			-0.485*** (0.078 5)	-0.767*** (0.179 0)
regulation ² ×digi				0.026 4** (0.013 3)
常数项	1.302 (1.162)	4.722*** (1.329)	3.997*** (1.140)	3.775*** (1.174)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
样本数	270	270	270	270
R ²	0.641	0.670	0.669	0.685

注:***、**分别代表在1%、5%水平上的显著性;括号内为回归系数估计值的标准误差。

显著性水平上降低了碳排放水平。列(3)和列(4)表示数字经济依然在环境规制与碳排放之间发挥反向调节效果,与以上结论一致。

3.4 异质性检验

考虑到环境规制降碳中门限效应的存在,以环境规制强度均值为标准进行分组回归,将总样本划分为高环境规制强度组和低环境规制强度组,回归结果见表6。列(1)和列(2)显示数字经济的调节效应在高环境规制强度的省份中更显著。可能原因在于高环境规制强度的地区面临更大的环保压力,迫使企业不得不开始探索数字化转型之路,技术革新、采用智能设备等加速了产业结构的优化升级,有效发挥数字技术、设施以及生产交易方式对环境规制降碳的协同作用。

表 6 环境规制强度异质性检验结果

变量	(1)	(2)
	高环境规制组	低环境规制组
regulation	0.634*** (0.143)	0.760** (0.306)
regulation ²	-0.023 60** (0.010 2)	-0.006 63 (0.067 1)
regulation×digi	-0.773*** (0.238)	-0.861 * (0.474)
regulation ² ×digi	0.030 700 0 * (0.016 6)	0.000 059 5 (0.104 0)
常数项	0.507 (2.220)	2.082 (1.260)
控制变量	Yes	Yes
样本数	138	192
R ²	0.703	0.711

注:***、**、* 分别代表在1%、5%、10%水平上的显著性;括号内为回归系数估计值的标准误差。

4 结论与建议

4.1 结论

通过构建多元回归的计量模型,将数字经济、环境规制和碳排放纳入统一分析框架进行回归,探究数字经济发展浪潮带来的减污降碳效能,得到如下结论。

(1)全样本下,环境规制、数字经济均具有促进碳减排的功能性作用,其中,环境规制与碳排放之间存在显著的倒“U”型关系,该关系在加入数字经济的影响后依然存在。

(2)数字经济在前期负向调节环境规制与碳排放之间的关系,有效缓解了“绿色悖论”,后期数字化成熟后增强了“倒逼转型”效应,可以产生较大的降碳效果。

(3)异质性检验结果表明,高环境规制强度的地区更能充分发挥数字经济“润滑剂”的调节作用。

4.2 政策启示

(1)重视区域环境规制和碳排放协调发展的差异性。各地区应采取灵活规制手段,根据地区发展的实际情况对环境规制策略进行调整和优化,合理选择适合当地的环境规制激励工具。区域差距较大的地区一方面要主动借鉴学习周边中心区域的发展经验,减轻极化现象,实现区域协调一体化发展,共享绿色经济生态发展福祉^[14]。另一方面需要国家政策的倾斜支持,加大环保投入力度,组合运用多种环境规制工具,重视非正式环境规制^[15]对环境质量改进的积极作用,并借助数字化的力量切实落实这一有效且低成本的环境管理制度。

(2)助力数字经济发展的速度和质量。数字经济在调节环境规制负面作用方面拥有巨大潜力。政府应加快数字技术基础设施智能化建设和数字人才队伍培养,有序推进大数据、云计算、人工智能等关键数字技术的研发和实际应用,充分利用数字经济在知识溢出方面的正外部效应。具体在碳减排领域,最核心的就是要提高环保技术,推进零碳电力、节能节材以及资源产品循环利用等减排技术的研发与商业化进程,研究污染物排放检测仪器、碳排放量检测仪器及其捕捉装置的研发与使用,统一行业间的数据规范和技术标准,提高环境监测的科学化与准确度^[16]。加快节能减材技术的应用,提高能源使用效率,减少生产过程中的原料浪费,探索数字化在推动减排技术全面推广、优化投入产出结构领域的应用场景,为降碳减排提供强有力的技术支持。

(3)建立数字化与环境规制的协调机制。积极推动数字化与环境规制举措的协同融合。在数字化快速发展的今天,政府应充分利用数据资源,借助数字技术建设一套科学的从中央到地方互联互通的智能化数据采集和共享系统,加快云计算等数据处理技术在环境管理、环保方案制定、减排措施模拟和评估环境规制效果等治理决策中的应用,通过更准确的数据、更高效的监测和预警,以数字化实现政府环境规制的实时化、智能化和效率化,提高政府环境治理质量。社交媒体等数字化平台的兴起也可以促进公众对环境问题的关注和参与,不仅可以提高公众的环保意识,也可以对政府环境规制政策的实施进行监督和支持。

考虑到市场滞后性的缺陷和数据的可获得性,研究存在以下两点不足。第一,数字经济这一新型经济形态缺乏统一的定义,其发展水平的测算指标参差不齐,导致运用的各省份数字经济发展水平数据在一定程度上缺乏可信度。第二,没有充分利用环境规制政策的发展演进,非正式环境规制应该作为新型环境规制手段被考虑到碳减排因素中去,而以上的环境规制强度依然采取的是传统命令型的规制强度指标,创新性有限。

参考文献

- [1] 李小平,余东升,余娟娟. 异质性环境规制对碳生产率的空间溢出效应:基于空间杜宾模型[J]. 中国软科学, 2020(4): 82-96.
- [2] 陈晓东,杨晓霞. 数字经济发展对产业结构升级的影响:基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J]. 改革, 2021(3): 26-39.
- [3] 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.
- [4] 袁梦莎,李佳桓. 数字经济赋能绿色发展:统计测度与实证研究[J]. 科技和产业, 2023, 23(20): 29-34.
- [5] 邓荣荣,张翔祥. 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): 18-37.
- [6] 徐维祥,周建平,刘程军. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1): 111-129.
- [7] 周雪峰,韩露,肖翔. “双碳”目标下数字经济对企业持续绿色创新的影响:基于数字化转型的中介视角[J]. 证券市场导报, 2022(11): 2-12.
- [8] 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, 2022, 48(4): 34-48.
- [9] 黄子涵,畅红琴. 数字经济、环境规制与碳减排:基于空间溢出与面板门槛的分析[J]. 煤炭经济研究, 2022, 42(8): 19-25.
- [10] 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.
- [11] 郭玥沁,郭彬,张荣霞. 双碳背景下数字经济对碳排放强度的影响研究:基于有调节的中介效应检验[J]. 现代管理科学, 2022(6): 138-147.
- [12] 缪陆军,陈静,范天正,等. 数字经济发展对碳排放的影响:基于278个地级市的面板数据分析[J]. 南方金融, 2022(2): 45-57.
- [13] 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): 80-98.
- [14] 刘甲双,乔美华. 环境规制和碳排放协调度的动态演进及区域差异[J]. 科技和产业, 2024, 24(15): 148-155.
- [15] 刘亦文,周韶成. 正式与非正式环境规制政策协同的减污降碳效应研究[J]. 财经论丛, 2023(8): 103-112.
- [16] 张帆,施震凯,武戈. 数字经济与环境规制对绿色全要素生产率的影响[J]. 南京社会科学, 2022(6): 12-20, 29.

Impact of Environmental Regulation on Carbon Emissions: An Moderating Effect Analysis Based on the Digital Economy

XIN Cui

(School of Business, East China University of Political Science and Law, Shanghai 201620, China)

Abstract: Digitalization is driving the Industry 4.0 transformation globally. By establishing a multiple linear regression model that integrates the digital economy, environmental regulation, and carbon emissions into a unified analytical framework, the mechanism through which environmental regulation influences carbon reduction was explored. Furthermore, it investigates the moderating role of digitalization between the two and presents an intuitive analysis. The results indicate a significant inverted “U”-shaped relationship between environmental regulation and carbon emissions. The digital economy exhibits a green effect by reducing carbon emissions. The digital economy reverses the relationship between environmental regulation and carbon emissions, effectively moderating the “green paradox”, and regions with high intensities of environmental regulation are more likely to leverage the moderating role of the digital economy.

Keywords: digital economy; environmental regulation; carbon emissions; moderating effect