

数字经济碳减排效应分析

——基于生产与消费端的双重路径分析

黎毅,蒋青松

(重庆工商大学 金融学院,重庆 400067)

[摘要]基于2013—2019年中国30个省份的面板数据,从市场生产端与消费端构建数字经济碳减排的理论框架及传导机制。研究发现:数字经济能够显著降低碳排放强度,实现碳减排效应,且经过内生性与稳健性检验后结果依然显著。在数字经济的三个子维度中,信息化发展、互联网发展对碳减排都存在显著的促进作用,但数字交易发展的碳减排效应并不显著。数字经济对碳减排的影响存在异质性,数字经济的碳减排效应在东中部、高市场化程度和高创新创业水平的地区更加显著。机制分析结果表明,数字经济能够通过推动生产端的产业结构升级与消费端的消费结构升级来降低碳排放强度。这对实现绿色低碳发展具有重要的参考意义。

[关键词]数字经济;碳减排;市场化;创新创业;中介效应;产业结构升级;消费结构升级

[中图分类号]F49;F127 **[文献标志码]**A **[文章编号]**2096-3114(2023)04-0081-10

一、引言

改革开放以来我国经济快速发展,但也伴随着日益严重的环境问题,据相关统计数据显示,2006年起我国超过美国成为世界上最大的二氧化碳排放国,2019年二氧化碳排放总量达到98.26亿吨,占全球总量的28.76%。为实现经济的可持续发展,2020年习近平总书记在第七十五届联合国大会上宣布“中国力争分别在2030年前和2060年前达到碳达峰和碳中和目标”,同时在党的二十大上再次重申“向绿色、循环、低碳发展迈出坚实的步伐”。在面临“双碳”目标巨大压力的同时,我国数字经济发展迅速,根据《中国互联网发展报告2022》显示,2021年我国数字经济规模为45.5万亿元,占GDP的比重为39.8%。数字经济作为继农业经济、工业经济之后的主要经济形态,尤其是在新冠疫情期间,数字经济逆势增长,成为新常态下推动经济高质量发展的重要驱动力。数字经济在有效推动经济高质量发展时表现出的环境改善效应,也成为实现我国“双碳”目标的有效工具^[1]。因此,如何通过数字经济来降低碳排放强度实现“双碳”目标进而推动经济可持续发展就显得尤为重要。

现有文献对数字经济与碳减排的相关研究主要包括以下三个方面:首先是对数字经济发展水平的测度^[2]及数字经济对产业结构升级^[3]和消费增长^[4]等的影响;其次是碳减排影响因素分析,现有研究发现技术创新、共享经济与贸易技术溢出均能有效减少碳排放,实现低碳发展^[5-6],但经济政策不确定性会提高企业碳排放强度^[7];最后是数字经济与碳减排关系分析,数字经济的碳减排效应在宏观等多个层面都得到了验证^[8-10],并且发现产业端的产业结构升级与绿色技术创新是实现碳减排的重要路径^[11],但区域产业结构的差异严重影响了碳减排,使得碳减排效应在我国东、中、西部地区呈现出差异性^[12]。

已有文献对数字经济与碳减排的分析为本文研究提供了丰富的借鉴参考,但也存在一些不足之处:

[收稿日期]2022-11-17

[基金项目]国家社会科学基金一般项目(18BJY121);中国博士后科学基金面上资助项目(2021M692332)

[作者简介]黎毅(1988—),男,重庆人,重庆工商大学金融学院副教授,博士,主要研究方向为数字经济、农村金融理论与政策;蒋青松(1998—),男,四川广安人,重庆工商大学金融学院硕士生,主要研究方向为数字经济,通讯作者,邮箱:2621539504@qq.com。

一是数字经济与碳减排影响路径不完整,虽然从多个方面探讨了实现路径,但碳减排效应的路径分析多基于生产端的产业结构升级,而在环境污染问题加剧和碳减排压力趋增的背景下,碳减排的推进工作已不再局限于生产端,而应当将消费端的消费结构升级纳入机制路径进行综合考虑;二是现有研究中内生性与稳健性处理尚不足,既有研究集中分析数字经济与碳减排的关联,但忽略了两者的反向因果关系,同时稳健性检验方法单一,说服力不够;三是异质性分析多集中于区域差异,使研究者无法洞察数字经济在市场化程度与创新创业水平差异下的碳减排效应。

与已有文献相比,本文可能的边际贡献在于:(1)运用相关数据,从市场生产端和消费端综合构建数字经济对碳减排效应影响的机制路径,弥补了以往单一路径分析的不足;(2)选取合适工具变量和多种稳健性方法进行相应检验,使研究结论更具有说服力;(3)在分析数字经济不同子维度、不同区域碳减排的基础上,拓展探讨市场化程度和创新创业水平的异质性效应,深化了数字经济对碳减排的相关结论。

二、理论分析与假设提出

在当前环境污染和碳减排压力趋增的背景下,数字经济凭借其对资源的高效匹配与创新活动的支持,能使资源得到最大化利用,因而有助于实现低碳发展。此外,考虑到碳减排的实现不仅仅要从生产端着手,消费端碳减排对于双碳目标的最终实现也是颇为重要的。因此,数字经济碳减排效应的间接路径需要从市场生产端和消费端来进行协同分析。在企业生产端方面,数字经济发展所带来的产业结构升级,可以提高绿色全要素能源效率和能源生产技术,从而降低生产端企业碳排放;在居民消费端方面,数字经济发展有助于居民消费习惯的改善和消费质量的提升,所带来的消费结构升级和绿色购买增加能够显著降低消费端居民碳排放。数字经济碳减排效应的运作机理详见图 1。

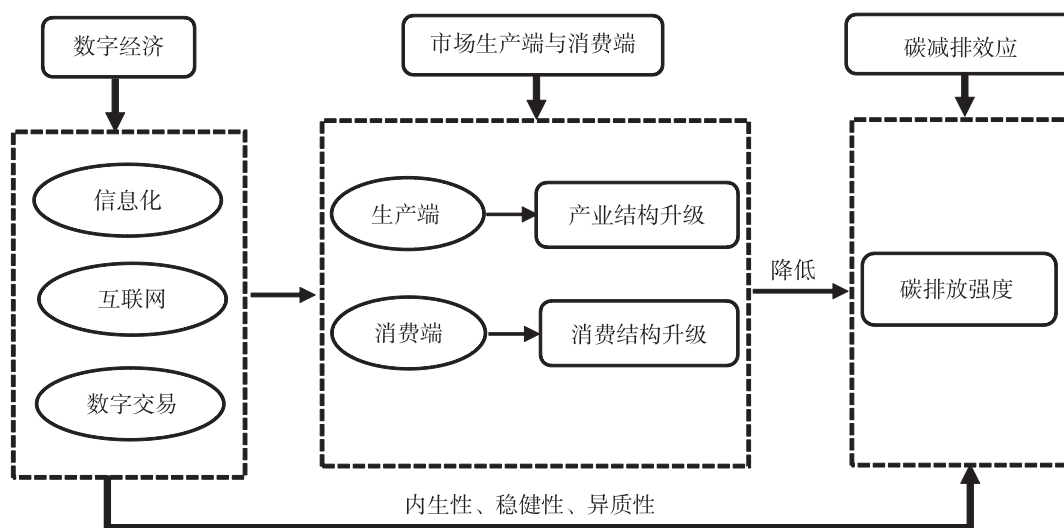


图 1 数字经济碳减排效应机理分析图

(一) 数字经济碳减排效应实现的直接路径分析

碳减排效应主要通过碳排放强度来进行表示,碳排放强度是指碳排放总量与 GDP 的比值,依托于数字技术,数字经济凭借其对经济社会各个方面的广泛影响,能够对碳排放量与 GDP 产生影响,进而对碳排放强度产生影响。总体上,政府可以通过碳排放权交易市场的数字化运营,更好地控制能源使用总量,从而有效控制碳排放强度^[13]。在数字技术加持下,信息的有效性和可得性使得资源能更好地通过市场进行匹配,数字经济与实体经济不断融合,进而实现资源的有效利用,更好地助推绿色低碳发展^[14]。而且数字经济下的信息、知识等生产要素产生的一系列生产消费活动,其绿色化水平普遍高于

传统制造业,具有环境友好、绿色低碳的特点。

一方面,数字经济的快速发展会促使生产端企业内部管理发展变革,通过降低运行成本和融资约束成本来达到碳减排目的。数字技术减少了企业管理层级,促进了企业扁平化发展,增强了企业生产、销售等各部门之间的协同效率。同时,通过数字技术从事相关经济活动、改进业务流程,实现了“产业链+供应链金融”的服务模式,提高了贸易达成率,降低了企业运行成本。此外,数字经济尤其是数字金融的快速发展,还打破了传统金融服务的边界,通过缓解企业融资约束成本,提升自主创新水平,进而实现绿色发展^[15]。另一方面,数字经济时代互联网资讯会促使消费端居民更加公开透明地参与社会治理,从而有利于环境保护事业的发展与公众环保意识的增强。公众通过举报污染企业,协助政府部门提升环境治理水平,实现碳减排。此外,数字经济下居民消费结构的升级有利于降低消费碳排放^[16]。基于上述分析,本文提出假设1。

假设1:数字经济能够显著降低碳排放强度,即数字经济具备显著的碳减排效应。

(二) 数字经济碳减排效应实现的间接路径分析

1. 产业结构升级的路径分析

自2013年以来,数字经济已经成为我国产业结构持续升级的动力源泉。一方面,数字经济全新的生产技术和商业模式能对传统经济产生技术溢出效应^[17],成为提高全要素生产率的重要引擎,助推产业结构升级。另一方面,数字技术还能够驱动制造业与互联网深度融合,加快产业结构从低水平向高水平状态进展的过程,不断优化调整第一、二、三产业的内部结构占比^[18]。此外数字消费的迅猛发展也推进了需求端的消费模式升级换代,倒逼产业结构调整,从而拉动了产业结构升级。

产业结构升级对碳排放强度的降低作用主要是来源于生产效率的增加。产业结构升级的实质是资源要素从低效率部门转移到高效率部门,使得效率高的产业部门比例持续增加,最终引致不同产业部门的生产率共同提高。首先,产业结构升级能够促使劳动、资本等要素在产业内和产业间进行流转,资源的有效分配和利用有助于提高企业生产效率,伴随着生产效率的提高,各个部门的碳排放量会降低^[19]。其次,在三大产业中,第三产业的能源消费量相较于第二产业更低,产业结构升级伴随着第三产业的比重增加,整体经济活动的能源效率将极大改善,随着生产要素投入和产出结构耦合度的提高,碳排放量会减少。王文举等通过构建产业结构调整动态模型发现,得益于生产效率的提升,产业结构升级对我国碳强度目标贡献度达到60%^[20]。另外,数字化产业助力能源产业的数字化转型也能够减少基础设备生产制造阶段与运营阶段的能源消耗和碳排放。

2. 消费结构升级的路径分析

数字经济尤其是数字金融的快速发展,有效缓解了居民面临的流动性约束,能够在增加居民消费水平的同时进一步促进消费结构升级。在居民消费领域,数字技术的应用使得传统的线下消费模式转向线上互联网消费模式,同时互联网的“知识溢出效应”和电商平台的“消费释放效应”缩小了城乡居民的消费差距,推动了消费市场的良性发展^[21]。相比于生存性消费支出,数字经济在刺激居民消费增长时对服务型消费的促进效果更明显,因而有助于消费升级的实现^[22]。

消费结构升级对碳排放强度的降低作用主要是来源于绿色消费作用的增加。数字经济助力产业创新与产品质量升级,为消费者获得全新产品与服务提供了可能性,使得居民高质量消费需求得以满足,推动居民消费结构升级。在居民消费结构升级初期,家庭消费碳排放量会增加,进而会造成消费端碳排放量增加,但是随着人们环保意识的不断提高,数字金融发展的消费碳增排效应将得到一定程度的缓解。在消费结构升级的同时,环境责任感能有效提高消费者对绿色产品和服务的购买意愿^[23],使得总消费中的绿色消费占比不断提升,从而抑制碳排放量的过快增长。在当前双循环发展格局下,居民消费升级成为拉动内需的重要引擎,由此带动的绿色消费增长在推动经济增长的同时也使得碳排放强度下降^[24]。基于上述分析,本文提出假设2。

假设2:数字经济能够通过推动产业结构升级与消费结构升级来降低碳排放强度,实现碳减排目标。

(三) 数字经济碳减排效应的异质性分析

由于我国各区域在经济、社会及自然禀赋等方面存在较大差异,并且数字经济发展也呈现出“东强西弱”的特点,因此各地区对低碳企业的支持力度也会产生显著差异。东、中部地区经济发展程度较高,充足的财政投入有助于绿色创新企业开展碳减排活动,而西部经济欠发达地区则缺乏充足资金支持低碳产业发展,加之为经济发展承接了大量发达地区转移的高污染、高耗能企业,因此可能会出现碳增排的现象。此外,碳交易市场规模存在碳减排效应^[25],而碳交易市场规模又与市场化程度息息相关,市场化程度高的地区,交易主体之间的碳交易活动更加便利,有利于碳交易规模的扩大,进而实现碳减排。同时研究还发现,技术创新可以促进市场竞争程度的上升,有利于生产效率的提高,从而提高单位产出。而数字经济下的技术创新则主要集中于第三产业,该产业具有天然低碳排放的特点,能降低社会整体碳排放强度^[26]。基于上述分析,本文提出假设3。

假设3:数字经济的碳减排效应在不同地域、不同市场化程度和创新创业水平的地区存在显著的差异。

三、研究设计

(一) 数据说明

本文的研究样本为中国30个省级行政单位(不包括西藏及港澳台地区),数据来源于中国碳核算数据库(CEADs)2013—2019年的各省碳排放数据、2014—2020年中国统计年鉴、各省统计局官网及北京大学省级数字普惠金融指数(2013—2019年)。

(二) 模型设定

$$Ct_{i,t} = a_0 + a_1 digeco_{i,t} + a_2 controls_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

模型(1)为本文的基准回归模型,变量的下标*i,t*分别表示地区和时间。被解释变量*Ct*为碳排放强度;核心解释变量*digeco*为数字经济指数;*controls*为控制变量,包括*old*(人口老龄化)、*government*(政府干预)、*fin*(传统金融)、*open*(对外开放程度)、*inflation*(通货膨胀)、*green-finance*(绿色金融)、*forest*(森林覆盖率), ε 为残差项。系数*a*₁若为负,则表明数字经济能够降低碳排放强度,进而实现碳减排。

(三) 变量选择

1. 被解释变量

碳排放强度(*Ct*):用各省二氧化碳排放总量与各省GDP的比值来表示。各省二氧化碳排放量数据来源于中国碳核算数据库(CEADs),具体测算方法详见Shan等的文章^[27]。

2. 核心解释变量

数字经济(*digeco*),参考刘军等的数字经济指标构建^[28],本文从信息化发展(*infor*)、互联网发展(*internet*)和数字交易发展(*trade*)三个方面采用14个指标来构建数字经济发展水平指数,并运用熵权法来进行测度。数字经济指标构成如表1所示。

3. 控制变量

参考郭丰等的研究^[29],本文选取以下控制变量:(1)人口老龄化(*old*),用各省65岁以上人口在总人口中的占比来表示;(2)政府干预(*government*),用各省财政支出与GDP的比值来表示;(3)传统金融(*fin*),用各省金融机构存贷款总额与GDP的比值来表示;(4)对外开放程度(*open*),用各省进出口总额与GDP的比值来表示;(5)通货膨胀(*inflation*),用各省居民消费价格指数的增长幅度来衡量;(6)绿色金融(*green-finance*),用绿色金融发展指数来衡量;(7)森林覆盖率(*forest*),用各省的森林覆盖率来衡量。各变量的描述性统计如表2所示。

表1 数字经济发展水平指标构成

一级指标	二级指标	指标说明	指标属性
信息化发展	光缆密度	各省份光缆线路长度与省域面积的比值	正向
	移动电话基站密度	各省移动电话基站数量与省域面积的比值	正向
	信息化从业人员占比	各省信息传输、软件和信息技术服务业从业人员占总就业人数的比值	正向
	电信业务总量	各省电信业务总量(亿元)	正向
	软件业务收入	各省软件业务收入(亿元)	正向
互联网发展	互联网接入端口密度	互联网接入端口数与省域面积的比值	正向
	移动电话普及率	每百人拥有的移动电话数量(部)	正向
	宽带互联网用户人数占比	各省份固定宽带端与该省份总人口的比值	正向
	移动互联网用户人数占比	移动端互联网用户与该省份总人口的比值	正向
数字交易发展	每百家企业拥有网站数	每百家企业拥有网站数(个)	正向
	企业使用计算机情况	企业使用计算机数与该省份企业个数的比值	正向
	电子商务企业占比	有电子商务交易活动的企业占总企业数的比值	正向
	电子商务销售额	各省电子商务销售额(亿元)	正向
	网上零售额	各省网上零售额(亿元)	正向

表2 描述性统计

变量名称	变量符号	观测数	中位数	标准差	最小值	最大值
碳排放强度	<i>Ct</i>	210	1.6627	1.1062	0.2492	5.6667
数字经济	<i>digecon</i>	210	0.2065	0.1118	0.0730	0.7010
人口老龄化	<i>old</i>	210	0.1064	0.0220	0.0637	0.1627
政府干预	<i>government</i>	210	0.2532	0.1023	0.1198	0.6284
传统金融	<i>fin</i>	210	3.2990	1.1281	1.6825	8.1310
对外开放程度	<i>open</i>	210	0.2559	0.2755	0.0127	1.3418
通货膨胀	<i>inflation</i>	210	2.0608	0.6450	0.5667	3.9484
绿色金融	<i>green-finance</i>	210	0.1963	0.1134	0.0754	0.7930
森林覆盖率	<i>forest</i>	210	0.3366	0.1794	0.0424	0.6680

注:根据数据整理得出。

四、实证分析

(一) 基准回归

本文首先对相关变量进行方差膨胀因子检验,由检验结果可知,各变量方差膨胀因子均小于10,表明变量间不存在多重共线性。为选择合适的回归模型,本文进行了豪斯曼检验,由豪斯曼检验的p值为0.0002可知,选择固定效应模型进行回归分析更合适。数字经济对碳排放强度影响的回归结果如表3所示。列(1)为不加入控制变量的回归结果,列(2)为加入控制变量后的回归结果。由列(1)的回归结果可知,在未加入控制变量时,数字经济的系数在1%的水平上为负,表明数字经济能够显著降低碳排放强度;而由列(2)的回归结果可知,在加入控制变量后,数字经济的系数依然在1%的水平上为负,表明数字经济呈现出显著的碳减排效应,且数字经济每上升1个百分点,碳排放强度就会下降1.678个百分点。数字经济的迅速发展使得信息的有效性与可得性都得到了极大的增强,因此可以更好地匹配市场供求双方。在企业生产端,能源的最大化利用能够降低社会碳排放;在居民消费端,数字经济下的居民消费活动,具有绿色低碳特点,因而能更好助推绿色低碳发展。因此,假设1得到了支持。

(二) 数字经济不同维度分析

在基准分析的基础上,为进一步分析数字经济不同维度对降低碳排放强度是否存在差异性影响,接下来本文对数字经济不同维度与碳排放强度之间的关系进行了回归分析,回归结果如表4所示。列(1)为信息化发展对碳排放强度的影响,列(2)为互联网发展对碳排放强度的影响,列(3)为数字交易发展对碳排放强度的影响。由列(1)和列(2)的回归结果可知,信息化发展与互联网

表3 数字经济对碳排放强度的影响

	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>Ct</i>
<i>digecon</i>	-1.6917*** (0.2119)	-1.6780*** (0.4498)
<i>old</i>		-4.8226** (2.0648)
<i>government</i>		3.4398*** (1.0237)
<i>fin</i>		0.0405 (0.0731)
<i>open</i>		-0.0349 (0.3280)
<i>inflation</i>		0.0988*** (0.0225)
<i>green-finance</i>		1.0476 (1.0714)
<i>forest</i>		-2.6501** (1.3279)
<i>cons</i>	2.0119*** (0.0460)	2.0097*** (0.4619)
N	210	210
R-sq	0.1390	0.3051

注:括号中为标准误,*、**、***分别表示回归系数在10%、5%、1%的水平上显著。下同。

发展的系数都显著为负,表明信息化发展与互联网发展程度的提高能降低碳排放强度,且互联网发展的碳减排效应大于信息化发展,可能的原因是互联网的迅速发展降低了整个社会的交易成本,进而能够显著促进碳减排。而由列(3)的回归结果可知,数字交易发展的系数虽然也为负,但是在统计上却并不显著。可能的原因是相比于信息化发展与互联网发展对碳减排的巨大影响,数字交易目前仍然处于发展阶段,因而作用效果还未显现。

(三) 内生性与稳健性检验

1. 内生性检验。由于数字经济与碳排放强度的回归分析可能存在遗漏变量及互为因果的问题,因此本文运用工具变量来进一步进行回归分析。参考李彦龙和沈艳的研究^[30],用邻近省份数字经济均值作为工具变量,邻近省份的数字经济会对本省的数字经济发展产生影响,进而影响碳排放强度,但是本省的碳排放强度变化则很难对邻近省份的数字经济形成影响,因此基本满足工具变量的选择条件。工具变量回归结果如表5所示,由列(1)的回归结果可知,邻近省份数字经济均值对本省数字经济呈现显著的正向影响,表明工具变量满足相关性。而由列(2)的回归结果可知,在加入工具变量后,数字经济的系数依然显著为负,且系数绝对值比基准回归的系数绝对值还要大,表明工具变量能够很好地解决模型存在的内生性问题。此外,工具变量一阶段的F值为67.49,远大于10,也表明工具变量的选取是有效的。

2. 稳健性检验。为检验基准回归结果是否稳健,本文采用以下三种方法进行稳健性检验。(1)替换核心解释变量:将核心解释变量由数字经济指数替换为数字普惠金融指数,为避免数值过大影响回归结果,将数字普惠金融指数除以100后再进行回归分析。(2)数字经济滞后一阶:为降低内生性对回归结果的影响,将数字经济滞后一阶后再进行回归分析。(3)改变工具变量回归方法:为稳健起见,使用对弱工具变量更不敏感的LIML来进行工具变量回归。稳健性检验的回归结果如表6所示,由表6的回归结果可知,在经过以上三种稳健性检验后,核心解释变量的系数依然显著为负,表明基准回归的结果是稳健的。

(四) 异质性分析

1. 地区异质性分析

考虑到中国各地区由于经济发展程度存在显著差异,数字经济的碳减排效应在不同地区可能呈现

表4 数字经济各维度对碳排放强度的影响

	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>Ct</i>	(3) <i>Ct</i>
<i>infor</i>	-3.2880 *** (1.0436)		
<i>internet</i>		-6.2870 *** (1.2236)	
<i>trade</i>			-1.3154 (1.0501)
控制变量	是	是	是
<i>cons</i>	1.9889 *** (0.4898)	1.7217 *** (0.4485)	2.7552 *** (0.4246)
N	210	210	210
R-sq	0.2899	0.3489	0.2557

表5 内生性分析

	(1) <i>digeco</i>	(2) <i>Ct</i>
<i>near-province</i>	0.3163 *** (0.0470)	
<i>digeco</i>		-3.4024 ** (1.4940)
控制变量	是	是
<i>cons</i>	-0.0820 ** (0.0387)	5.2115 *** (0.5046)
N	210	210
R-sq	0.7054	0.5307

表6 稳健性检验

	替换核心解释变量 数字经济滞后一阶 LIML 回归		
	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>Ct</i>	(3) <i>Ct</i>
<i>difi</i>	-0.3261 *** (0.0484)		
<i>L. digeco</i>		-1.3642 ** (0.5738)	
<i>digeco</i>			-3.4024 ** (1.4940)
控制变量	是	是	是
<i>cons</i>	1.0257 ** (0.4614)	1.7206 *** (0.4716)	5.2115 *** (0.5046)
N	210	180	210
R-sq	0.4057	0.1980	0.5307

出不同的影响,因此本文将研究的30个样本省份分为东、中、西三大区域来进行回归分析,区域异质性分析如表7所示。由表7的回归结果可知,东、中部地区,数字经济的系数均在1%的水平上为负,表明数字经济的碳减排效应在东、中部地区是显著存在的,且数字经济在中部地区的碳减排效应是显著大于东部地区的。可能的原因是经济较发达的地区,产业结构升级有利于推动生产效率,生产效率提高则能有效减少碳排放

表7 区域异质性分析

	东部	中部	西部
	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>Ct</i>	(3) <i>Ct</i>
<i>digeco</i>	-1.3343*** (0.2753)	-4.0461*** (1.1335)	0.7807 (1.8976)
控制变量	是	是	是
<i>cons</i>	0.2583 (0.3628)	3.4798*** (1.0036)	3.3776** (1.3209)
N	77	56	77
R-sq	0.5179	0.8332	0.2952

的产生。东部地区产业转型较为成熟,目前已从粗放型生产向集约型生产转变,因此碳减排处于边际递减阶段,而中部地区则由于还处在产业结构转型初期,碳排放强度还处于较高位置,因此碳减排的边际效应更大。西部地区的数字经济系数为正且不显著,表明在西部地区,数字经济的发展会提高当地的碳排放强度,这可能是受制于当地在人力资本、研发力量 and 市场需求方面存在的劣势,无法实现产业结构升级推动生产效率的有效传导,同时西部地区也承接了东、中部地区转移的大量高碳排放企业,使得目前数字经济的碳减排效应不显著。

2. 市场化程度、创新创业水平异质性分析

为探析数字经济的碳减排效应在不同市场化程度地区、不同创新创业水平地区是否存在差异性。本文接下来进行市场化程度、创新创业水平异质性分析。借鉴王小鲁等编制的市场化指数^[31],以2019年各省市场化程度中位数为界限,将高于等于中位数的地区划分为高市场化程度地区,低于中位数的地区划分为低市场化程度地区。用戴若尘等测算的中国数字经济创新创业指数来衡量各省的创新创业水平^[32],以2019年各省创新创业水平中位数为界限,将高于等于中位数的地区划分为创新创业水平高的区域,低于中位数的地区划分为创新创业水平低的区域。回归结果如表8所示,由列(1)和列(2)的回归结果可知,数字经济的碳减排效应在高市场化程度地区显著,在低市场化程度地区则并不显著。由列(3)和列(4)的回归结果可知,数字经济的碳减排效应在高创新创业水平地区显著,在低创新创业水平地区不显著。可能的原因是高市场化程度使碳交易更加方便,推动碳交易规模上升,进而能够更好地实现碳减排,而创新技术的运用与低碳创业的开展也更有利于碳排放量的下降。由此,假设3得到了支持。

表8 市场化程度与创新创业异质性分析

	高市场化程度	低市场化程度	高创新创业水平	低创新创业水平
	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>Ct</i>	(3) <i>Ct</i>	(4) <i>Ct</i>
<i>digeco</i>	-1.5500*** (0.2785)	0.2238 (1.3668)	-1.0515*** (0.2589)	-0.9103 (1.3671)
控制变量	是	是	是	是
<i>cons</i>	0.3600 (0.4039)	3.2811*** (0.8699)	2.1926*** (0.3410)	2.9255*** (0.9521)
N	105	105	105	105
R-sq	0.5962	0.3662	0.7286	0.2823

业水平^[32],以2019年各省创新创业水平中位数为界限,将高于等于中位数的地区划分为创新创业水平高的区域,低于中位数的地区划分为创新创业水平低的区域。回归结果如表8所示,由列(1)和列(2)的回归结果可知,数字经济的碳减排效应在高市场化程度地区显著,在低市场化程度地区则并不显著。由列(3)和列(4)的回归结果可知,数字经济的碳减排效应在高创新创业水平地区显著,在低创新创业水平地区不显著。可能的原因是高市场化程度使碳交易更加方便,推动碳交易规模上升,进而能够更好地实现碳减排,而创新技术的运用与低碳创业的开展也更有利于碳排放量的下降。由此,假设3得到了支持。

五、机制分析

(一) 中介效应模型设定及变量解释

为进一步探究数字经济碳减排效应的实现途径,基于前文理论分析,本文从生产端的产业结构升级与消费端的消费结构升级这两大路径来分析碳减排效应的传导机制。本文参考温忠麟和叶宝娟的中介效应分析方法^[33],构建如下回归模型。

$$indusup_{i,t}/cup_{i,t} = b_0 + b_1 digeco_{i,t} + b_2 controls_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$Ct_{i,t} = c_0 + c_1 digeco_{i,t} + c_2 indusup_{i,t}/cup_{i,t} + c_3 controls_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

公式(2)为数字经济影响中介变量(产业结构升级、消费结构升级)的回归模型。公式(3)为加入中介变量后的回归模型,其中 *indusup* 为衡量产业结构升级的变量,*cup* 为衡量消费结构升级的变量,其余变量含义同上。

产业结构升级(*indusup*):通过对第一、二、三产业分别赋权来进行计算,其中 p_j 表示第 j 产业增加值占国内生产总值的比重。该指数取值范围为 1—3,数值越大说明产业结构水平越高。具体计算公式如下:

$$indusup = \sum_{j=1}^3 j \times p_j, j = 1, 2, 3$$

消费结构升级(*cup*):用发展与享受型消费支出在居民消费总支出中的占比来衡量。居民消费总支出包括食品烟酒、衣着、居住、生活用品及服务、交通通信、教育文化娱乐、医疗保健、其他用品及服务八大类;发展与享受型支出包括居住、交通通信、教育文化娱乐和其他用品及服务四类。

(二) 回归结果分析

中介效应回归结果如表 9 所示,列(1)为数字经济对碳排放强度的基准回归结果,列(2)和列(3)为产业结构升级的中介效应分析,列(4)和列(5)为消费结构升级的中介效应分析。由列(2)的回归结果可知,数字经济能显著促进产业结构升级,由列(3)的回归结果可知,在加入中介变量产业结构升级后,数字经济的系数依然显著为负,且产业结构升级能够显著降低碳排放强度,但加入中介变量后,数字经济系数的绝对值相比于列(1)显著下降,表明产业结构升级存在部分中介效应,产业结构升级的中介效应为 48%。

由列(4)的回归结果可知,数字经济能够显著促进消费结构升级,由列(5)的回归结果可知,在加入中介变量消费结构升级后,数字经济的系数依然显著为负,且消费结构升级也能显著降低碳排放强度,但加入中介变量后,数字经济系数的绝对值相比于列(1)也显著下降,表明消费结构升级也存在部分中介效应,消费结构升级的中介效应为 27.57%。由以上分析可知,产业结构升级与消费结构升级这两个中介变量解释了 75% 左右的中介效应,表明数字经济碳减排效应的实现主要依靠产业结构升级与消费结构升级这两条路径。由此,假设 2 得到了支持。

表 9 中介效应分析

	基准回归		产业结构升级		消费结构升级	
	(1) <i>Ct</i>	(2) <i>indusup</i>	(3) <i>Ct</i>	(4) <i>cup</i>	(5) <i>Ct</i>	
<i>digeco</i>	-1.6780*** (0.4498)	0.4904*** (0.0677)	-0.8726* (0.4993)	0.2145*** (0.0463)	-1.2154*** (0.4664)	
<i>indusup</i>			-1.6424*** (0.4923)			
<i>cup</i>						-2.1568*** (0.7239)
控制变量	是	是	是	是	是	
<i>cons</i>	2.0097*** (0.4619)	2.0166*** (0.0695)	5.3218*** (1.0894)	0.3092*** (0.0476)	2.6767*** (0.5041)	
N	210	210	210	210	210	
R-sq	0.3051	0.6917	0.3438	0.6397	0.3356	

六、结论性评述

本文基于 2013—2019 年中国 30 个省份的面板数据,从生产端与消费端构建数字经济影响碳排放强度的理论框架及传导机制,得到如下结论:(1)数字经济能够显著降低碳排放强度,实现碳减排效应,且在经过内生性与稳健性检验后结果依然显著。在数字经济的子维度中,信息化发展、互联网发展对碳减排都存在显著的促进作用,但数字交易发展的碳减排效应却不显著。(2)异质性分析表明,数字经济的碳减排效应在东部和中部地区、高市场化程度和高创新创业水平的地区更加显著。(3)进一步的机制分析表明,数字经济能够通过推动产业结构升级与消费结构升级来实现碳减排目标。

基于上述结论,本文提出如下建议:(1)要进一步发挥数字技术的“扩散效应”与“替代效应”在降低碳排放强度方面的积极作用,通过助推数字经济的进一步发展来实现“双碳”目标;积极发挥信息化

发展与互联网发展的碳减排效应,加快数字交易发展,降低交易成本,从而实现低碳减排。(2)在稳固东、中部地区数字经济碳减排效应的同时,也要积极关注西部地区出现的碳增排效应。考虑到西部地区受限于自身财力的限制,对低碳产业发展的支持力度有限,因此国家要积极统筹全局发展,加大对西部地区低碳产业的扶持力度。此外,政府还应该减少对市场的不合理干预,鼓励创新创业,进而提升市场化程度与创新创业水平,以便充分调动市场的积极性,合理配置资源,降低碳排放量。(3)在企业生产端,要继续发挥产业结构升级的碳减排效应。一方面,政府要加大产业升级的资金投入,助推传统产业实现数字化;另一方面,也要加大对创新的投入,发挥技术创新对产业升级的引领作用。在居民消费端,要继续发挥消费结构升级的碳减排效应,即要注重消费升级对经济稳定运行与国内大循环中的重要作用,也要重视消费升级带来的居民消费碳排放增长问题,注重培养居民绿色消费与低碳发展意识,推动居民消费升级的绿色发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王军,朱杰,罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究,2021(7):26-42.
- [3] 徐伟呈,周田,郑雪梅. 数字经济如何赋能产业结构优化升级——基于 ICT 对三大产业全要素生产率贡献的视角[J]. 中国软科学,2022(9):27-38.
- [4] 刘明星. 数字经济发展与消费者福利水平变化——基于时间分配理论研究[J]. 南方经济,2023(1):66-79.
- [5] Yang Y, Cai W J, Wang C. Industrial CO₂ intensity, indigenous innovation and R&D spillovers in China's provinces[J]. Applied Energy, 2014,131(19):117-127.
- [6] Gu J F. Sharing economy, technological innovation and carbon emissions: Evidence from Chinese cities[J]. Journal of Innovation & Knowledge, 2022,7(3),100228.
- [7] Yu J, Shi X P, Guo D M, et al. Economic policy uncertainty (EPU) and firm carbon emissions: Evidence using a China provincial EPU index[J]. Energy Economics, 2021,94(2):105071.
- [8] 余群芝,吴柳. 数字经济发展的碳减排效应[J]. 经济经纬,2022(5):14-24.
- [9] 谢云飞. 数字经济对区域碳排放强度的影响效应及作用机制[J]. 当代经济管理,2022(2):68-78.
- [10] 尹志超,王天娇,蒋佳伶. 移动支付对中国家庭碳消费的影响——来自家庭碳足迹的证据[J]. 会计与经济研究,2023(1):99-116.
- [11] 孔令英,董依婷,赵贤. 数字经济发展对碳排放的影响——基于中介效应与门槛效应的检验[J]. 城市发展研究,2022(9):42-49.
- [12] Tian X, Chang M, Shi F, et al. How does industrial structure change impact carbon dioxide emissions? A comparative analysis focusing on nine provincial regions in china[J]. Environmental Science and Policy,2014,37(3):243-254.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 赵晓鸽,钟世虎,郭晓欣. 数字普惠金融发展、金融错配缓解与企业创新[J]. 科研管理,2021(4):158-169.
- [16] 彭璐璐,李楠,郑智远,等. 中国居民消费碳排放影响因素的时空异质性[J]. 中国环境科学,2021(1):463-472.
- [17] 许恒,张一林,曹雨佳. 数字经济、技术溢出与动态竞合政策[J]. 管理世界,2020(1):63-84.
- [18] 韩健,李江宇. 数字经济发展对产业结构升级的影响机制研究[J]. 统计与信息论坛,2022(7):13-25.
- [19] 肖挺,刘华. 产业结构调整与节能减排问题的实证研究[J]. 经济学家,2014(9):58-68.
- [20] 王文举,向其凤. 中国产业结构调整及其节能减排潜力评估[J]. 中国工业经济,2014(1):44-56.
- [21] 陈冬梅,王俐珍,陈安霓. 数字化与战略管理理论——回顾、挑战与展望[J]. 管理世界,2020(5):220-236.
- [22] 赵保国,盖念. 互联网消费金融对国内居民消费结构的影响——基于 VAR 模型的实证研究[J]. 中央财经大学学报,2020(3):33-43.
- [23] 杜建国,段声丽. 环境责任感对消费者绿色购买行为的影响——绿色自我效能感和绿色感知价值的链式多重中介效应[J]. 南京工业大学学报(社会科学版),2022(3):48-60.

- [24]李世美,郭福良,谭宓. 双循环新格局下居民消费升级促进我国经济高质量发展的作用机制与实现路径[J]. 学术探索,2022(3):110-119.
- [25]薛飞,周民良. 中国碳交易市场规模的减排效应研究[J]. 华东经济管理,2021(6):11-21.
- [26]王元彬,张尧,李计广. 数字金融与碳排放:基于微观数据和机器学习模型的研究[J]. 中国人口·资源与环境,2022(6):1-11.
- [27]Shan Y L, Liu J H, Liu Z, et al. New provincial CO₂ emission inventories in China based on apparent energy consumption data and updated emission factors[J]. Applied Energy,2016,184(24):742-750.
- [28]刘军,杨渊堃,张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究,2020(6):81-96.
- [29]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(3):45-60.
- [30]李彦龙,沈艳. 数字普惠金融与区域经济不平衡[J]. 经济学(季刊),2022(5):1805-1828.
- [31]王小鲁,樊纲,胡鹏. 中国分省份市场化指数报告(2018)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2018.
- [32]戴若尘,王艾昭,陈斌开. 中国数字经济核心产业创新创业:典型事实与指数编制[J]. 经济学动态,2022(4):29-48.
- [33]温忠麟,叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展[J]. 心理科学进展,2014(5):731-745.

[责任编辑:高 婷]

Analysis of Carbon Emission Reduction Effect of Digital Economy: Based on the Dual Path Analysis of Production and Consumption

LI Yi, JIANG Qingsong

(School of Finance, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)

Abstract: Based on the panel data of 30 provinces in China from 2013 to 2019, the theoretical framework and transmission mechanism of the impact of digital economy on carbon emission intensity are constructed from the production and consumption sides. The research finds that: Digital economy can significantly reduce carbon emission intensity and achieve carbon emission reduction effect, and the results are still significant after endogenous and robustness tests. In the sub dimensions of the digital economy, the development of information technology and the internet have significantly promoted carbon emission reduction, but the carbon emission reduction effect of the development of digital trading is not significant. There is heterogeneity in the impact of the digital economy on carbon emission reduction, and the carbon emission reduction effect of the digital economy is more significant in the central and eastern regions, high marketization levels, and high innovation and entrepreneurship levels. The mechanism analysis results indicate that the digital economy can achieve a reduction in carbon emission intensity by promoting the upgrading of industrial structure at the production end and the upgrading of consumption structure at the consumption end. This has important reference significance for achieving green and low-carbon development.

Key Words: digital economy; carbon emission reduction; marketization; innovation and entrepreneurship; intermediary effect; industrial structure upgrading; consumption structure upgrading