

# 数字经济的绿色发展效应：基于数据要素作用视角

孙鹏博

(南开大学 经济学院, 天津 300071)

**摘要:**文章从数据要素性质和作用视角出发,提炼出数字经济赋能绿色发展的循环累积和关联渗透两个效应。在理论分析基础上,使用 2011—2017 年地级市数据、省级投入产出表和微观企业数据综合测度数字经济和绿色发展水平后,验证了数字经济的循环累积效应通过优化生产投入结构实现城市绿色发展,而关联渗透效应通过扩散产业内及产业间的数字化产品应用实现城市绿色发展,并且在技术水平、产业支撑等条件较好的地区,数字经济推动城市绿色发展的效应更强。同时,该研究丰富了数字经济的理论体系,对在新发展格局下如何借力数字经济“东风”实现产业升级和绿色发展的“双赢”具有重要的启示意义。

**关键词:**绿色发展;数字经济;数据要素;循环累积效应;关联渗透效应

[中图分类号]F062.5;F062.2      [文献标识码]A      [文章编号]1672-934X(2023)06-0066-15

DOI:10.16573/j.cnki.1672-934x.2023.06.008

## The Green Development Effects of Digital Economy: A Perspective Based on the Role of Data Elements

Sun Pengbo

(School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:**From the perspective of data elements' nature and role, two effects, namely cyclic cumulative effect and correlation osmotic penetration effect, has been extracted that empower green development through digital economy. On the basis of theoretical analysis, after comprehensively measuring the levels of digital economy and green development using data from prefecture-level cities, provincial input-output tables, and micro-enterprise data from 2011 to 2017, it verifies that the cyclic cumulative effect of the digital economy achieves urban green development by optimizing the production input structure. In contrast, the correlation osmotic penetration effect achieves urban green development by diffusing the use of digital products within and between industries. And in areas with better technological level and industrial support, the digital economy has a stronger impact on promoting green development. The study enriches the theoretical system of digital economy and holds significant implications for how to leverage the "digital economy" to achieve the "win-win" of industrial upgrading and green development in the context of the new development pattern.

**Key words:**green development; digital economy; data element; cyclic cumulative effect; correlation osmotic effect

**收稿日期:**2023-05-01  
**基金项目:**国家自然科学基金青年项目(72203087)  
**作者简介:**孙鹏博(1992—),男,博士研究生,研究方向为区域经济、环境经济与数字创新。

## 一、引言

改革开放 40 多年来,中国创造了举世瞩目的发展奇迹,同时也面临突出的环境问题。当下,十面“霾”伏、“垃圾围城”和水质退化等环境问题正制约着中国高质量发展,经济发展与生态保护这个“非此即彼”的困局亟待破解。近年来,为解决突出环境问题,出台的国家级相关法律就达 30 多部,而各级政府也纷纷出台系列规章制度治理环境污染,力求打好污染防治攻坚战。《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》明确提出,要加快推动绿色低碳发展,持续改善环境质量。2023 年 7 月,习近平总书记在全国生态环境保护大会上强调,全面推进美丽中国建设,加快推进人与自然和谐共生的现代化。当今中国,正全面学习宣传贯彻习近平生态文明思想,绿色发展已成为保证自然环境与人类社会共同发展的重要理念。与此同时,与绿色发展相伴的第四次产业革命下的数字经济在中国正蓬勃发展。中国信通院在《中国数字经济发展研究报告(2023 年)》中发布,2022 年,我国数字经济规模达到 50.2 万亿元,同比名义增长 10.3%,已连续 11 年显著高于同期 GDP 名义增速,数字经济占 GDP 比重相当于第二产业占国民经济的比重,达到 41.5%。数字经济的繁荣与发展促进经济增长、促进消费、推动创新以及产业升级的宏观中观效应已经得到证实<sup>[1]</sup>,正成为新发展格局下实现高质量发展的重要引擎和完成第二个百年奋斗目标的新动能。

数字经济正深刻影响着新时代社会经济的发展,在绿色发展这点上尤为明显。根据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》可知,数字经济以及数字产业本身就是低污染高附加值产业,符合中国未来绿色低碳发展方向。数字经济的繁荣与发展可以直接推动整体经济的绿色发展。数字经济重塑了社会的生活、生产和消费方式,在催生新产业、新业态、新模式的同时,

能够不断扩大数据要素的应用场景,加快了数据要素与资本、劳动力等传统生产要素的有机融合,推动了传统产业的转型升级,有助于促进社会经济的绿色发展。当前,我国正处于转变发展方式和转换发展动能的关键期,经济发展与生态保护不应是“非此即彼”的“单选题”,而应是和谐共存的“多选题”。以数字要素以及数字经济为新动能的发展模式能否破解传统发展模式下经济发展与生态保护这个“非此即彼”“单选题”困局呢?如果答案是肯定的,那么这种影响机制又是什么?厘清上述问题,有助于深化理解数字经济中数据要素的本质属性及其作用,全面解析数字经济与绿色发展之间的关系,为各级政府利用数字经济构建经济发展与生态保护和谐共存局面提供新思路新证据,这对新发展格局下如何借力数字经济实现城市绿色发展具有启示意义。

关于城市绿色发展的成果,主要集中在城市绿色发展水平的测度以及城市绿色发展的影响因素两方面。在城市绿色发展水平测度上,现有研究主要使用绿色全要素生产率作为代理变量<sup>[2]</sup>,也有少数学者从城市公共服务视角分析污染排放和治理、城市绿化以及教育医疗等方面时会采用综合指数法。随着中国式现代化理论的提出,城市绿色发展被赋予更丰富的内涵<sup>[3]</sup>,故需要进行全方位、多层次测算。关于数字经济效应的研究,大多是围绕数字经济的渗透性、替代性和协同性等方面展开<sup>[4]</sup>。数字经济不仅通过降低交易成本和实现边际成本递减,提高供需匹配和实现生产协同,可以降低生产供应成本<sup>[5]</sup>,还通过强外部性和正反馈效应,打破时空限制,实现了规模经济和范围经济<sup>[6]</sup>。也有学者关注了数据要素对经济发展的作用。许宪春等基于滴滴出行和货车帮两个案例,分析了大数据对绿色发展的影响<sup>[7]</sup>。蔡跃洲等从数据要素的技术—经济特征出发,分析了数据要素对高质量发展的影响与制约<sup>[8]</sup>。综上,虽然现有研究已经关注到数字经济的绿色发展效

应<sup>[1]</sup>,但鲜有从数据要素作用视角展开研究,也缺乏数字经济对绿色发展影响的机制分析与实证检验,未能解构出数据要素区别于传统生产要素的本质属性及其关键性作用,故无法从数据要素作用视角充分揭示数字经济的绿色发展效应及其影响机制。

为探究数字经济在城市层面的绿色发展效应及其作用机制,本文以数据要素作用为切入点,选取了2011—2017年中国285个地级及以上城市数据、省级投入产出表和微观企业数据综合测度数字经济和绿色发展水平后进行回归分析。本文可能的边际贡献如下:一是运用全方位、多层次综合方法测度地级市层面的绿色发展指数和数字经济指数,丰富了数字经济的研究成果;二是在理论上厘清数据要素的本质属性及其作用方式,从数据要素性质和作用的视角,提炼出数字经济赋能绿色发展的循环累积效应和关联渗透效应;三是实证检验了数字经济通过循环累积效应、关联渗透效应等赋能城市绿色发展的效果及其机制,为各级政府利用数字经济构建经济发展与生态保护和谐发展的局面提供新思路,为推进人与自然和谐共处的中国式现代化提供决策参考。

## 二、理论基础与机制分析

绿色发展,作为实现可持续发展的重要手段和途径之一,其实质是在资源环境承载力约束下,通过摆脱对资源使用的过度依赖,从而实现资源与经济和社會的适度发展、能源的合理利用、人与自然的和谐相处三者间的协调统一<sup>[9]</sup>。这就要求绿色发展既要突出绿色清洁的特征,又要落实在发展这一核心要义上<sup>[10]</sup>。在工业经济时代,绿色发展一直是学界研究的热点,产生了环境库兹涅茨曲线以及波特假说等经典理论。在数字经济时代,数据作为生产要素已成为区别工业经济时代的最大特征<sup>[11]</sup>。因此,本文在解构数据要素本质属性及其作用方式基础上,将数字经济影响城市绿色发展的路径凝练为:通过数据要素实现循环累积效应

和关联渗透效应,从而揭示数字经济的绿色发展效应及其作用机制。

### (一)数据要素的本质属性及其作用方式

党的十九届四中全会首次将数据增列为新的生产要素。中共中央、国务院在印发的《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》中,将数据列为五大核心要素之一。在互联网经济时代,数据是新的生产要素,是基础性资源和战略性资源,也是重要生产力。数字经济是第四次产业革命的主战场,而数据则是新的关键生产要素,是高质量要素的典型代表<sup>[12]</sup>。究其原因数据要素不仅具有成为关键生产要素的规模可得性以及低成本等一般特征,更具备了传统生产要素不具有的即时性、非(部分)排他性、低成本复制、外部性和竞争性等特征<sup>[12]</sup>。遗憾的是,上述研究并没有解释数据要素与传统生产要素二者为何具有相同以及不同特性。故有必要从数据生产要素的本质属性出发,系统揭示数据生产要素与传统生产要素二者特性差异的内在原因,从而厘清数字经济下数据要素影响城市绿色发展的机制。

在数字经济分析框架中,数据作为新的生产要素,被定义为被计算机存储的二进制字符串,是被描述了的部分信息及其载体,而这被描述了的部分信息是数据要素的主要内容<sup>[12]</sup>。在数字经济语义下,数据在概念上与信息同义,而信息是对象的具体事实可表征的内容<sup>[13]</sup>。这就意味着数据要素是通过数字技术手段从各类生产要素中抽象和剥离出来的,即数字技术是提取数据要素的手段,数字技术通过数据要素发挥价值。而从生产要素中提取数字要素并进行处理、加工、存储这一过程的宏观表现就是数字产业化过程。一方面,由于数据要素源于各类生产要素,所以数据要素具有物的属性,具有成为关键生产要素的一般特征。比如,各种传感器、路由器、交换机、计算机等作为制造出来的数据实物商品,是用于采集、处理、存储的ICT(Information Communications Technology, ICT)设备,具有规模可得性以及低成本等成为



关键生产要素的一般特征。另一方面,数据要素的内容,是被抽象出来的信息,是对某类生产要素的高度凝练和升华,是数据生产要素中最有价值、最先进、最有活力的部分,所以具有超越传统生产要素的本质特征。以 ICT 设备为例,从各类传感器中实时采集有用信息,使用路由器、交换机将采集到的信息传输到计算机上进行处理,从生产投入看是各种 ICT 设备,而从生产作用看是 ICT 设备采集、处理的各种信息。因此,数据要素中真正发挥作用的是其内容信息部分。而内容信息决定了数据要素具有传统生产要素所不具有的即时性、非(部分)排他性、低成本复制、外部性和竞争性等特征,并且信息具有极强的渗透性以及其效用的发挥必须依赖于其他要素<sup>[14]</sup>。这说明数据要素具备了传统生产要素所不具备的强渗透效应。与知识、技术相同,信息投入生产必须依附于其他生产资料,这意味着生产资料的数字化成为数字经济变革的起点。在数字经济中的传统劳动资料,能够被数字化改造和数字化使用,这一过程的宏观表现就是产业数字化。

## (二) 数字经济的绿色发展效应及其作用机制

数字经济是以数据资源为关键要素,以现代信息网络为主要载体,以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力,促进公平与效率更加统一的新经济形态。基于数据要素的本质属性及其作用方式,本文认为数字经济可以通过数据要素的循环累积效应、关联渗透效应推动城市绿色发展。

### 1. 数据要素的循环累积效应

数据要素作为知识信息密集型生产要素,其本身就是高质量的要素<sup>[12]</sup>。在数字经济时代,数字经济发展本质上就是数据要素不断投入生产生活的过程。随着数据要素持续增加投入到城市生产、流通、消费等环节,改善了城市要素投入结构,促进了城市要素投入质量的不断提升,实现了数据要素的循环累积效应,为城市绿色发展提供了高质量动能。数据要素循环

累积效应的实现主要通过数据要素替代效应和渗透效应的共同作用。一是发挥数据要素的替代效应。数据要素的非(部分)排他性和低成本复制降低了数据要素的使用成本,可以用低成本、低污染的数字要素投入去替代高成本、高污染的其他生产要素投入,从而提升数据要素的投入比重,降低其他要素的相对投入,其中就包括降低污染中间品的投入,进而促进城市要素投入质量的提升,实现数据要素在城市绿色发展中的替代效应。摩尔定律使得数字化、智能化的产品价格快速下降,带动数据要素不断嵌入企业生产,从而通过要素替代效应实现投入结构的持续优化。二是发挥数据要素的渗透效应。数据要素的信息部分投入到城市的生产、流通、消费等环节时,必须依附于其他生产资料,而数据要素作为知识信息密集型生产要素,与传统生产资料结合后,通过赋予传统生产要素数字化属性,可形成能够投入生产、流通、消费等环节的数字化新要素。通过赋予传统生产要素数字化属性,可进一步扩大数字化要素投入比重,从而提升数据要素投入比重,降低污染中间品的投入,促进要素投入质量的提升,进而实现数据要素在城市绿色发展中的溢出效应。实际上,相比于传统实物要素,数据要素以及数据要素改造后的传统要素更具清洁性,污染排放和能源消耗更少<sup>[15]</sup>。也就是说,数据要素投入生产的规模不断提升,也推动了企业的绿色生产<sup>[16]</sup>。总之,在数据要素替代效应和渗透效应的共同作用下,“数据要素投入→经济绩效提升→增加数据要素投入”<sup>[17]</sup>的良性循环得以持续强化,纵向深化的数据要素投入循环累积效应得以实现,进而促进城市绿色发展。

基于此,提出假说 H1:数字经济通过数据要素的循环累积效应实现城市绿色发展。

### 2. 数据要素的关联渗透效应

数据要素的关联渗透效应主要源于数据要素信息部分的特性。一方面,数据要素的渗透效应会在企业间以及行业间实现<sup>[13]</sup>。这一能效源于数据要素内容信息部分所具有的特性,

使得数据要素的内容信息部分具有强大的溢出效应。非(部分)排他性和低成本复制降低了数据信息的使用门槛,能够实现不同主体间的数据共享<sup>[14]</sup>。而这种数据共享通过网络效应产生网络外部性,形成横向拓展的“数据要素投入→经济绩效提升→示范效应捕捉→增加数据要素投入”的良性循环<sup>[17]</sup>。另一方面,随着产业数字化水平的不断提升,企业对数据要素和数字技术的需求在不断提升,也会推动数字产业化发展。在这一过程中,随着数据要素的不断应用和渗透,其非(部分)排他性和低成本复制不断发挥作用,降低了信息流动、交流和交易的成本,推动了企业内部以及企业间的信息交流与合作,通过数据协同合作优化资源要素的整合与配置,实现生产、运营效率的有效提升,即现有研究中所指的数字经济的协同效应。由于信息流动、交流和交易成本的降低,企业通过数字化生产提升生产、运营效率的信息被其他企业所捕获,推动数据要素的应用和渗透在不同企业间不断扩展,从而实现“渗透→协同→再渗透”的良性循环。而数据要素以及经数据要素改造后的传统要素相比于传统实物要素更具备清洁性,污染排放和能源消耗更少<sup>[15]</sup>。因此,投入生产的数据要素规模不断扩大,推动了企业的绿色生产<sup>[16]</sup>。

基于此,提出假说 H2:数字经济通过数据要素的关联渗透效应实现城市绿色发展。

### 三、研究设计

#### (一)变量选取与数据来源

##### 1. 绿色发展水平

被解释变量为绿色发展水平。绿色发展的内涵是在发展基础上实现能源资源的合理利用、社会经济的适宜性发展以及人与自然的和谐共处<sup>[1]</sup>。其中,绿色发展特别强调人与自然的和谐相处,实质上是要协调好绿水青山与金山银山之间的关系,实现以可持续为基础的效率与协调这个双赢目标<sup>[3]</sup>,使经济社会发展与

资源节约和环境改善同步<sup>[10]</sup>。根据上述内涵,选用绿色发展指数(*greendq*)这个综合指标衡量城市层面的绿色发展水平,具体指标体系如表 1 所示。

需要特别说明的是:表 1 中关于人均绿色 GDP 和夜间灯光亮度均值的计算。其中,人均绿色 GDP 的计算参考了王金南等的做法<sup>[18]</sup>,人均绿色 GDP 等于名义 GDP 减去资源耗减价值和环境污染价值之差除以人口总数,资源耗减价值使用实际工业总产值作为代理变量<sup>[19]</sup>,环境污染价值为单位排放量的“三废”损失价值与“三废”排放量的乘积。夜间灯光亮度均值的计算,参考了 Chen 等的做法<sup>[20]</sup>,将 DMSP 和 VIIRS 夜间灯光数据衔接起来进行矫正,最终得到连续一致的夜间灯光亮度均值。

计算绿色发展指数综合得分选用主成分分析法。本文选取 2011—2017 年我国 285 个地级及以上城市为研究样本,样本数据主要源于历年《中国城市统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》。其中,制造业清洁化和制造业低碳化数据源于 2011—2015 年中国工业企业数据库。地级市单位产值能耗使用省级能源消费量数据,夜间灯光数据源于历年《中国能源统计年鉴》以及美国国家海洋和大气管理局。计算 TFP 和绿色 TFP 指数使用的资本存量,则借鉴了余泳泽等的做法<sup>[2]</sup>,使用永续盘存法。关于计算绿色 TFP 指数中使用的资本、劳动和能源数据,资本、劳动数据与 TFP 相同,能源投入数据为用电量替代,期望产出数据为 GDP,非期望产出数据用废水、二氧化硫排放量以及烟(粉)尘排放量指标替代,数据的计算方法参考了杨万平等的做法<sup>[21]</sup>。PM<sub>2.5</sub> 来自哥伦比亚大学社会经济数据和应用中心公布的全球 PM<sub>2.5</sub> 浓度均值栅格数据。参考了 Chen 等的做法<sup>[20]</sup>,采用粒子群优化—反向传播(PSO—BP)算法计算得到地级市层面的碳排放数据,再除以城市常住人口数后得到人均碳排放(吨/人)。污水厂处罚和后续环境违规企业处罚数据源于

表 1 测算绿色发展指数的指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
产业结构绿色化	城市整体产业结构	服务化转型	+
		产业结构合理化	+
	产业内部结构	服务业结构升级(%)	+
		制造业清洁化(%)	+
		制造业低碳化(%)	+
绿色生产效率	能源效率	单位产值能耗	-
	水资源利用效率	单位 GDP 的水耗(吨/万元)	-
	生产效率	城市 TFP	+
		绿色 TFP 指数	+
	绿色技术效率	绿色技术效率	+
绿色技术水平	绿色技术进步	绿色技术进步	+
	绿色技术禀赋	人均累积绿色发明专利授权量(件/万人)	+
	专利成果绿色化	当年绿色发明专利授权量占总专利授权量比重(%)	+
		当年绿色发明专利授权量占发明专利授权量比重(%)	+
	城市生活绿色化	人均生活垃圾处理量(吨/万人)	+
城市绿色化	城市生活绿色化	人均生活废水处理量(吨/万人)	+
		绿化覆盖率(%)	+
	城市建设绿化水平	人均绿地面积(公顷/万人)	+
		单位 GDP 工业粉尘(吨/万元)	-
	工业污染排放水平	单位 GDP 工业废水排放量(吨/万元)	-
污染排放水平	工业污染排放水平	单位 GDP 的 SO <sub>2</sub> 排放量(吨/万元)	-
		碳污染排放水平	-
	空气质量水平	人均碳排放(吨/人)	-
	工业污染治理水平	PM2.5	-
		工业固体废物综合利用率(%)	+
环境治理水平	工业污染治理水平	二氧化硫去除率(%)	+
		工业粉尘去除率(%)	+
	生活污染治理水平	污水厂处罚率(%)	+
		生活污水处理率(%)	+
		生活垃圾无害化处理率(%)	+
绿色发展水平	绿色产出水平	人均绿色 GDP(万元)	+
	整体发展水平	夜间灯光亮度均值	+

公众环境研究中心。另外,部分指标数据存在缺失值,本文利用该缺失值前后两年数据的均值代替。

2. 数字经济

解释变量为数字经济,选用数字经济指数(Dig)测度。本文运用主成分分析法,从数字基础设施建设、数字产业化、产业数字化三个维度构建指标体系去测算城市层面的数字经济指数,如表 2 所示。

表 2 中上市公司数字化转型的测算,通过爬取上市公司年报得到上市公司数字化转型程度,再使用营业收入比重作为权数计算得到。当年是否为智慧城市试点源于各级政府网站的公开文件。数字普惠金融指数源于北京大学数字金融研究中心课题组编制的公开数据。数字制造业发展水平相关数据是在《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》分类基础上,使用 2011—2015 年工业企业数据库加总得到,2015

年后缺失数据是通过移动平均计算得到。地级市层面的加权工业机器人渗透率计算,参考了王永钦等的做法<sup>[22]</sup>,使用 IFR 工业机器人和工业企业数据库数据,经过三步得到:第一步,使用公式(1)计算行业层面的工业机器人渗透率;第二步,使用公式(2)计算企业层面的工业机器人渗透率;第三步,按照就业份额加总得到地级市层面的工业机器人渗透率。具体计算如下:

$$PH_{it}^{CH} = MR_{it}^{CH} / L_{i,t=2010}^{CH} \quad (1)$$

$$CHF_{jit} = (MR_{it}^{CH} / L_{i,t=2010}^{CH}) \times (PWP_{jit=2011} / MPWP_{t=2011}) \quad (2)$$

其中, $PR_{it}^{CH}$  表示中国  $i$  行业  $t$  年的工业机器人渗透率, $MR_{it}^{CH}$  表示中国  $i$  行业  $t$  年的工业机器人存量, $L_{i,t=2010}^{CH}$  表示中国  $i$  行业 2010 年(基期)的就业人数; $CHF_{jit}$  表示  $i$  行业  $j$  企业  $t$  年的工业机器人渗透率, $PWP_{jit=2011} / MPWP_{t=2011}$  表示制造业中  $i$  行业  $j$  企业 2011 年(基期)生产部门员工数与  $i$  行业中所有企业 2011 年生产部门员工中位数的比值。

表 2 测算数字经济指数的指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	测算方法	指标属性
数字基础设施	网络建设	互联网使用率	百人中互联网宽带接入用户数	+
		移动电话使用率	百人中移动电话用户数	+
	国际网络参与	国际互联网使用率	百人中国际互联网用户数	+
		智慧基础设施	当年是否为智慧城市试点	+
数字产业化	数字制造业	数字制造业规模	限额以上数字制造业份额	+
		数字制造业效率	限额以上数字制造业劳动生产率	+
		数字制造业专业化	数字制造业上游度	+
	发展水平	数字制造业影响力	加权数字制造业影响力系数	+
			计算机服务和软件业从业人员占城镇单位从业人员比重	+
			加权计算机服务和软件业上游度	+
	数字服务业		加权计算机服务和软件业影响力系数	+
		电信业发展水平	人均电信业务总量	+
	发展水平	数字金融发展水平	电信业务总量占 GDP 比重	+
			数字普惠金融指数	+
产业数字化	数字产业渗透		加权工业机器人渗透率	+
		数字制造业渗透	加权数字制造业感应度系数	+
			上市公司数字化转型	+
		数字服务业渗透	加权计算机服务和软件业感应度系数	+

加权计算机服务和软件业感应度系数、影响力系数、上游度的计算较为繁琐,<sup>①</sup>需要经过四步:第一步,将工业企业数据库行业代码转换为国民经济行业分类(GB/T4754—2017)后,再分别计算《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中各个四位数代码行业占其所在二位数代码行业的份额。第二步,将 30 个省份(去除西藏、香港、澳门、台湾)2011 和 2017 年的 42 部门投入产出比表按照第一步计算的份额进行拆分,得到包含数字制造业的新投入产出表。第三步,

分别计算数字制造业以及计算机服务和软件业的直接消耗系数、完全消耗系数、感应度系数和影响力系数。第四步,参考韩峰等的做法<sup>[23]</sup>,使用从业人员作为地级市层面的投入,再运用新投入产出表反推各行业产出,同时参考张陈宇等的做法<sup>[24]</sup>,分别计算数字制造业上游度和计算机服务和软件业上游度。另外,还参考赵涛等<sup>[25]</sup>的做法计算数字经济指数。

### 3. 控制变量与机制变量

城市层面的控制变量( $X$ )选取了人口密度



(*Popden*)、财政自主权(*Fd*, 预算收入与预算支出之比)、经济发展水平(*Agdp*, 平减至 2011 年的实际人均 GDP 的对数)、金融发展水平(*Finance*, 存贷款余额之和比 GDP)、外商投资(*Fdi*, 调整后的当年实际使用外资金额与 GDP

之比)、基础设施(*Road*, 人均道路面积, 平方公里/万人)、人力资本(*Scedu*, 在校大学生人数与人口总数之比, 千人/万人)、环境规制(*Regulation*, 违规企业处罚数与工业企业数之比)。主要变量描述性统计结果如表 3 所示。

表 3 主要变量描述性统计结果

变量名称	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
绿色发展指数( <i>greendp</i> )	1 995	8.85e-10	1.916 0	-3.246 8	18.240 1
数字经济指数( <i>Dig</i> )	1 995	0.020 6	1.853 1	-2.345 2	17.321 5
人口密度( <i>Popden</i> )	1 995	0.043 9	0.037 7	0.000 5	0.778 7
财政自主权( <i>Fd</i> )	1 995	0.478 8	0.225 1	0.073 8	1.541 3
经济发展水平( <i>Agdp</i> )	1 995	9.321 8	0.539 3	7.910 7	11.842 4
金融发展水平( <i>Finance</i> )	1 995	2.297 3	1.108 1	0.587 9	12.566 5
外商投资( <i>Fdi</i> )	1 995	0.002 7	0.002 8	0.000 0	0.029 4
基础设施( <i>Road</i> )	1 995	4.868 2	6.134 3	0.181 2	73.042 4
人力资本( <i>Scedu</i> )	1 995	0.183 3	0.242 7	0.000 0	1.311 2
环境规制( <i>Regulation</i> )	1 995	0.444 2	1.527 6	0.000 0	50.632 0

(二) 基准回归模型构建

为了检验数字经济的绿色发展效应, 构建如下基准回归模型:

$$greendq_{it} = \alpha digit_{it} + \beta \sum X_{it} + \gamma_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

其中, 下标 *i* 表示城市, 下标 *t* 表示时间; *greendq* 表示绿色发展指数, *digit* 表示数字经济指数, *X* 表示控制变量集,  $\gamma_i$  表示城市固定效应,  $\eta_t$  表示年份固定效应,  $\varepsilon_{it}$  表示误差项。  $\alpha_{it}$  是本文关注的核心系数。

四、数字经济的绿色发展效应检验

(一) 基准回归分析

表 4 报告了数字经济绿色发展效应的估计结果。列(1)是未加入控制变量的估计结果; 列(2)是加入控制变量的估计结果; 列(3)是进一步控制时间趋势项的估计结果; 列(4)是进一步控制时间趋势项和时间趋势项高次方的估计结果; 列(5)是将标准误差聚类到更为严格的省份和

年份维度的估计结果; 列(6)是控制省份一年份联合固定效应的估计结果。表 4 列(1)–(6)检验结果表明, 数字经济指数的估计系数均显著为正, 表明城市层面的数字经济能够促进绿色发展, 数字经济具有绿色发展效应。

(二) 稳健性检验

1. 替换变量指标与剔除异质性样本的稳健性检验

本文分别替换三个变量指标进行稳健性检验。其一, 在主成分分析中, 使用城市清洁(低碳)制造产业前三年的平均增长率对缺失数据进行插补, 得到新的清洁制造业占比数据, 重新计算绿色发展指数, 回归结果如表 5 列(1)所示。其二, 为克服缺失值补充方法选择上的问题, 城市绿色发展指数只测算到 2015 年, 重新回归结果如表 5 列(2)所示。其三, 参考赵涛等<sup>[25]</sup>的做法, 重新对数字经济指数进行测算, 回归结果如表 5 列(3)所示。剔除异质性样本方面, 一是考虑到城市绿色发展受其产业结构和生态环境的影响较大, 并参考余泳泽等做



法<sup>[26]</sup>,剔除历年环境保护报告中环境较好的 12 个城市,<sup>②</sup>重新回归结果如表 5 列(4)所示;二是剔除直辖市、省会城市和副省级城市样本,重新回归结果如表 5 列(5)所示。不管是替换变量指标还是剔除异质性样本,解释变量的估计参数和显著性水平均无明显变化,说明基准回归结果较为稳健。

2. 控制城市特征随时间变化

考虑到城市绿色发展水平还受到其地理位置的影响,如北方城市冬季需要取暖等。因此,

为控制城市特征随时间变化的影响,一是考察控制因素在年份上的影响差异,通过加入控制变量与年份哑变量的交互项,从而给予不同年份控制变量不同斜率;二是考察地理位置特征的影响差异,在模型中引入经度乘以城市时间趋势项、纬度乘以城市时间趋势项以及到海岸线的距离乘以城市时间趋势项和北方城市哑变量乘以城市时间趋势项。考虑城市特征随时间变化的稳健性检验结果如表 5 列(6)所示,再次验证基准回归结果是稳健的。

表 4 基准回归结果

变量	绿色发展指数					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
数字经济指数	0.069 8** (0.028 6)	0.065 6** (0.028 0)	0.064 0** (0.027 8)	0.056 8** (0.027 3)	0.065 6** (0.026 2)	0.059 1** (0.030 0)
人口密度		-0.229 7 (0.371 3)	-0.176 2 (0.373 2)	0.169 2 (0.383 2)	-0.229 7 (0.413 6)	-8.251 7** (3.353 4)
财政自主权		-0.293 4 (0.231 1)	-0.233 3 (0.212 3)	-0.126 0 (0.202 9)	-0.293 4 (0.368 7)	-0.389 7 (0.263 9)
经济发展水平		0.156 7 (0.139 7)	0.139 4 (0.143 3)	0.062 8 (0.143 1)	0.156 7 (0.169 3)	0.087 3 (0.190 7)
金融发展水平		0.107 3*** (0.041 0)	0.106 5*** (0.040 6)	0.076 8** (0.036 7)	0.107 3 (0.059 6)	0.041 5 (0.050 6)
外商投资		9.728 3* (5.568 3)	9.628 8* (5.615 9)	9.182 6 (5.655 6)	9.728 3 (8.224 9)	14.875 2* (7.947 5)
基础设施		0.013 3** (0.006 7)	0.013 4** (0.006 6)	0.012 3* (0.006 7)	0.013 3* (0.006 4)	0.017 6** (0.007 3)
人力资本		0.606 9** (0.271 4)	0.637 0** (0.272 2)	0.465 8 (0.291 8)	0.606 9 (0.444 8)	-0.026 8 (0.352 3)
环境规制		0.005 5 (0.005 3)	0.005 1 (0.005 2)	0.003 6 (0.005 1)	0.005 5 (0.005 1)	0.004 4 (0.005 7)
常数项	-0.000 2 (0.009 3)	1.158 6 (1.256 2)	24.752 2 (24.751 2)	299.086 5*** (70.419 8)	1.158 6 (1.683 4)	-0.570 6 (1.712 8)
时间趋势项	未控制	未控制	控制	控制	未控制	未控制
时间趋势项高次方	未控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制
“省份一年份”效应	未控制	未控制	未控制	未控制	不控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 995	1 995	1 995	1 995	1 995	1 960
R <sup>2</sup>	0.956	0.957	0.957	0.958	0.957	0.957

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示 1%、5%和 10%显著性水平,括号内为标准误。下同。

表 5 稳健性检验:替换变量指标、剔除异质性样本以及控制城市特征随时间变化

变量	绿色发展指数					
	改变清洁制 造业占比缺 值测算方法	只测算到 2015 年的绿 色发展指数	借鉴赵涛等的 方法测算数 字经济指数	剔除 12 个环 境友好城市	剔除直辖市以 及省会城市和 副省级城市	控制城市特征 随时间变化
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
数字经济指数	0.050 8** (0.024 4)	0.061 3** (0.029 1)	0.111 8*** (0.026 6)	0.064 1** (0.027 1)	0.072 0** (0.034 8)	0.103 5*** (0.028 2)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 979	1 414	1 979	1 895	1 741	1 979
R <sup>2</sup>	0.964	0.975	0.954	0.955	0.913	0.960

3. 排除政策干扰

选用低碳城市试点、碳排放交易权试点、环境信息公开和重点环保城市四个政策进行排他性检验。考虑到样本期为 2011—2017 年,而低碳城市试点开始于样本期后,故选取低碳城市试点作为哑变量,以期排除低碳城市建设政策的干扰,检验结果如表 6 列(1)所示。碳排放交易权试点开始于 2011 年,且主要以省份为单位开始实施。为排除碳排放交易权政策的干扰,一是剔除实施碳排放交易权试点样本后重新进行回归,结果如表 6 列(2)所示;二是通过引入碳排放交易权试点哑变量与数字经济指数交互项

来控制试点与非试点间的系统性差异,结果如表 6 列(3)所示。环保重点城市和城市环境信息公开均早于样本期(开始于 2008 年),为排除政策干扰,剔除实施这两类政策的样本。需要说明的是环境信息公开政策,大部分城市是从 2008 年开始,也有部分城市从 2013 年开始。为此,一是通过引入变量环境信息公开来控制环境信息公开政策的影响,结果如表 6 列(4)所示;二是直接剔除样本期内环境信息公开城市,结果如表 6 列(5)所示。剔除环保重点城市的回归结果如表 6 列(6)所示。表 6 的估计结果进一步验证了基准回归结果的稳健性。

表 6 稳健性检验:排除政策干扰

变量	绿色发展指数					
	低碳城市试点	碳排放交易权试点	环境信息公开	环境信息公开	环保重点城市	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
数字经济指数	0.063 6** (0.026 3)	0.076 1** (0.031 9)	0.062 3** (0.031 6)	0.064 4** (0.026 3)	0.072 4* (0.038 2)	0.127 9*** (0.039 2)
数字经济指数× 低碳城市试点	0.031 4 (0.055 9)					
数字经济指数×碳 排放交易权试点			0.038 9 (0.060 2)			
环境信息公开				-0.074 5 (0.131 8)		
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 979	1 727	1 950	1 979	1 167	1 202
R <sup>2</sup>	0.957	0.932	0.957	0.957	0.927	0.913

4. 内生性分析

为排除内生性问题的干扰,本文从历史数据和信息知识外溢两个方面寻找工具变量。一是考虑数字经济发展所需的基础设施,参考赵涛等的做法<sup>[25]</sup>,从历史数据角度,选取了 1984 年各城市每百万人年末邮电局数作为数字经济指数的工具变量。二是从信息知识外溢视角,参考张勋等的做法<sup>[27]</sup>,使用到北京、杭州和深圳

三大核心城市的平均球面距离作为数字经济指数的工具变量。由于这两个工具变量都是截面数据,参考余泳泽等的做法<sup>[26]</sup>,使用工具变量与未来两年全国数字经济指数的均值去构造面板数据。表 7 报告了内生性分析结果,结果表明工具变量选择合理,考虑内生性问题后的回归结果与基准回归基本一致,这进一步印证了本文回归结果的稳健性。

表 7 内生性分析

变量	数字经济指数	绿色发展指数	数字经济指数	绿色发展指数	数字经济指数	绿色发展指数	数字经济指数	绿色发展指数
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
数字经济指数		0.250 8*** (0.066 2)		0.229 9*** (0.068 5)		0.238 1*** (0.078 4)		0.293 0*** (0.082 2)
IV:平均球面距离	0.257 3*** (0.014 4)		0.248 3*** (0.014 4)					
IV:1984 年每百万人年末邮电局数					0.023 6*** (0.001 6)		0.023 2*** (0.001 6)	
观测值	1 979	1 979	1 979	1 979	1 979	1 979	1 979	1 979
R <sup>2</sup>		0.659 7		0.953 1		0.660 9		0.945 4
LM 检验	269.116 0*** (0.000 0)		252.974 0*** (0.000 0)		191.479 0*** (0.000 0)		179.021 0*** (0.000 0)	
F 检验	318.552 0		294.693 0		214.958 0		198.378 0	
内生性检验	9.120 0*** (0.002 5)		6.918 0*** (0.008 5)		5.324 0** (0.021 0)		8.924 0*** (0.002 8)	

五、机制检验

为检验本文机制,借鉴余泳泽等的思路<sup>[26]</sup>,构建了如下模型:

$$M_{it} = \sigma digit_{it} + \beta \sum X_{it} + \gamma_i + \eta_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

$$greendq_{it} = \sigma digit_{it} + \gamma M_{it} + \beta \sum X_{it} + \gamma_i + \eta_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

其中,M 表示机制变量,其余变量与公式(3)相同。 $\sigma$  和  $\gamma$  是本文关注的核心系数。

(一)数据要素的循环累积效应

本部分将数字产品和服务的直接使用量近似替代数据要素的直接使用,使用数字产品和服务的间接使用量作为数据要素渗透效应。第一步,在将工企库行业代码转换为国民经济行

业分类(GB/T4754—2017)后,再分别计算《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》中各个四位数代码行业占其所在二位数代码行业的份额。第二步,将 30 个省份(去除西藏、香港、澳门、台湾)2012 和 2017 年的 42 部门投入产出表按照第一步计算的份额进行拆分,得到包含数字制造业的新投入产出表,并将拆分出来的数字制造业以及计算机服务和软件业合并成为数字行业。第三步,将得到的新投入产出表按照《中国城市统计年鉴》中行业进行合并,得到包含数字经济部门的新投入产出表。第四步,分别计算各省份数字行业的 2012 年和 2017 年的直接消耗系数和完全消耗系数,参考张陈宇等<sup>[24]</sup>的做法得到 2011—2017 年各省份数字经

济的直接消耗系数和完全消耗系数。第五步,参考韩峰等<sup>[23]</sup>的做法,使用从业人员作为地级市层面的各行业投入,总就业为地级市层面总投入,同时使用新投入产出表反推各行业的产出得到城市一行业维度的产出。第六步,使用各省份数字经济的直接消耗系数和完全消耗系数与第五步计算城市一行业维度的产出相乘得到各城市每年对数字经济的直接消耗量和完全消耗量。第七步,计算直接消耗率和完全消耗率。将数字经济的直接消耗量和完全消耗量除以地级市的从业人员作为数据要素直接替代效应的代理变量。第八步,计算渗透消耗率。将数字经济的完全消耗系数减去直接消耗系数得到渗透消耗系数,再用渗透消耗系数得到渗透消耗率。

本文主要从数字产品投入量和数字产品投入增长率两方面考察数据要素的循环累积效应。一方面,从数字产品投入量展开研究。如果数据要素的循环累积效应假说成立,那么期初数字产品投入多的城市,发展数字经济后会投入更多的数字产品。以 2011 年数字产品投

入全国平均水平为分界点,将样本分为数字经济发展水平高和数字经济发展水平低两组,估计结果如表 8 列(1)－(2)所示,结果表明期初数字产品投入多的城市,发展数字经济后会投入更多的数字产品,说明数据要素的循环累积效应存在。为克服分样本偏误问题,模型中引入是否高于 2011 年数字产品投入全国平均水平与数字经济指数的交互项,结果如表 8 列(3)所示,结果同样表明数据要素的循环累积效应的存在。另一方面,从数字产品投入增长率出发,借鉴收敛的分析方法,考察前一年数字产品投入量对下一年数字产品投入增长率的影响。由表 8 列(4)－(5)结果可知,城市前一年数字产品投入量增加,那么该城市下一年数字产品投入增长率也增加,且城市数字经济发展水平越高,城市数字产品投入增长率也越大,说明数据要素的循环累积效应假说成立。表 8 列(6)－(7)分别检验了数字产品投入量、数字经济指数对绿色发展指数影响。结果表明数字经济通过增加数字产品投入促进城市绿色发展,即循环累积效应假说成立。

表 8 数据要素的循环累积效应

变量	数字产品投入量			数字产品投入增长率		绿色发展指数	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
数字经济指数	0.108 6*** (0.016 0)	0.016 2* (0.081 0)	0.504 7*** (0.036 4)		0.013 0* (0.007 8)		0.063 1** (0.026 5)
数字经济指数×高于 2011 年 数字产品投入全国平均水平			0.814 9*** (0.036 9)				
L. 数字产品投入量				0.067 9*** (0.013 4)			
数字产品投入量						0.079 3*** (0.018 9)	0.075 1*** (0.018 9)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	630	1 365	1 995	1 710	1 710	1 995	1 995
R <sup>2</sup>	0.847	0.741	0.855	0.593	0.586	0.954	0.955

(二)数字要素的关联渗透效应

本文使用城市非数字行业数字产品直接

消耗系数,分别按照产出份额和平均法计算得到城市层面的加权关联渗透和平均关联渗



透,进而检验数据要素的关联渗透效应。表 9 列(1)和列(2)结果表明,数字经济指数的估计系数均显著为正,说明数字经济确实促进了数字产品在行业间的使用,即数据要素的关联渗透效应假说成立。表 9 列(3)一(5)报告了数据要素投入增加的关联渗透效应检验结果,数字经济指数的估计系数仍显著为正,表明数字经济发展增加了数据要素的使用,实现了数据要素投入不断深化。表 10 检验了数据要素

关联渗透效应对绿色发展的影响,数字经济指数的估计系数显著为正。综合分析表 9 和表 10 结果后发现,数字经济通过数据要素的关联渗透效应,能够促进城市绿色发展。也就是说,相比于传统实物要素,数据要素以及数据要素改造后的传统要素更具清洁性,污染排放和能源消耗更少<sup>[15]</sup>。因此,生产中数据要素投入规模的不断提升,推动了企业和城市的绿色发展<sup>[16]</sup>。

表 9 数据要素的关联渗透效应

变量	加权关联渗透 (1)	平均关联渗透 (2)	直接消耗率 (3)	完全消耗率 (4)	渗透消耗率 (5)
数字经济指数	0.251 9** (0.126 8)	0.157 3** (0.069 4)	0.012 0** (0.005 6)	0.057 1* (0.034 3)	0.044 9* (0.026 7)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 995	1 995	1 995	1 995	1 995
$R^2$	0.632	0.703	0.830	0.813	0.821

表 10 数据要素关联渗透效应对绿色发展的影响

变量	绿色发展指数			
	(1)	(2)	(3)	(4)
数字经济指数		0.056 7*** (0.012 6)		0.052 5*** (0.002 7)
加权关联渗透	0.035 1*** (0.009 3)	0.033 0*** (0.009 3)		
平均关联渗透			0.002 4*** (0.000 1)	0.001 4*** (0.000 1)
控制变量	控制	控制	控制	控制
观测值	1 995	1 995	1 995	1 995
$R^2$	0.955	0.955	0.954	0.955

## 六、异质性分析

为考察数字经济影响城市绿色发展的异质性:一是以秦岭淮河为界,将样本分为南方城市和北方城市;二是按照国家统计局的分类标准,将样本分为东部城市和中西部城市;三是按照国家统计局对城市等级的划分标准,将样本分为二线以上城市 and 二线及以下城市;四是按照 2011 年(期初)全国各城市第二产业比重的平

均值,将样本分为第二产业比重高城市和第二产业比重低城市;五是按照 2011 年(期初)全国各城市绿色专利申请数量的平均值,将样本分为绿色技术水平高城市和绿色技术水平低城市。异质性检验结果如表 11 所示,结果表明,南方城市、东部城市、二线以上城市、第二产业比重低城市和绿色技术水平高城市的数字经济发展能更显著提升城市绿色发展水平。由此可见,在技术水平高、产业支撑条件好的地区发展

数字经济,能够带来更好的绿色发展效果。综合表 11 的回归结果后发现,数字经济推动城市

绿色发展的效果还需依托城市自身的经济发展情况。

表 11 异质性分析

变量	绿色发展指数				
	北方城市	南方城市	东部城市	中西部城市	二线以上城市
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
数字经济指数	0.086 7 <sup>*</sup> (0.051 9)	0.094 6 <sup>***</sup> (0.027 1)	0.136 8 <sup>***</sup> (0.028 2)	0.078 0 <sup>*</sup> (0.046 1)	0.130 5 <sup>***</sup> (0.033 4)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	917	1 078	707	1 288	343
R <sup>2</sup>	0.914	0.978	0.980	0.887	0.971

变量	绿色发展指数				
	二线及以下城市	第二产业比重高城市	第二产业比重低城市	绿色技术水平高城市	绿色技术水平低城市
	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
数字经济指数	0.097 6 <sup>**</sup> (0.037 9)	0.078 0 <sup>*</sup> (0.044 5)	0.099 8 <sup>***</sup> (0.032 9)	0.120 2 <sup>***</sup> (0.029 3)	0.115 1 <sup>***</sup> (0.042 0)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 652	1 057	938	392	1 603
R <sup>2</sup>	0.871	0.910	0.975	0.985	0.868

注:所有估计均控制了控制变量、城市和年份固定效应,其余同表 4。

七、结论与启示

本文以数字经济中数据要素的本质属性及其作用为切入点,使用 2011—2017 年中国 285 个地级及以上城市的面板数据、2011—2015 年工业企业数据库和 IFR 工业机器人数据等,利用主成分分析法从产业结构绿色化、绿色生产效率、绿色技术水平、城市绿色化、污染排放水平、环境治理水平、绿色发展水平七个维度测算城市层面的绿色发展水平,进而研究了数字经济在城市层面的绿色发展效应及其作用机制。研究结果表明:(1)数字经济能够显著推动城市绿色发展;(2)在考虑替换核心变量测度、剔除异质性样本、控制城市特征随时间变化、排除政策干扰和内生性问题后本文结论仍然稳健;(3)机制分析表明,数字经济通过循环累积效应和关联渗透效应实现了城市的绿色发展;(4)异质性分析表明,在技术水平、产业支撑等条件较好的地区,数字经济推动绿色发展的效应更强。

基于上述结论,本文的研究启示是:在数字经济成为实现高质量发展重要引擎和完成第二个百年奋斗目标新动能的现实背景下,一方面要积极发挥政府的引导作用,制定数字经济驱动绿色发展的配套政策。结合低碳、清洁产业发展的特点,制定相关配套政策,完善制度供给,优化绿色产业发展的制度环境,积极释放数字技术的动能。另一方面,加快数字经济与传统产业的深度融合,促进传统制造业通过提质增效完成转型升级,释放数字经济的生态红利。推动传统产业向网络化、数字化转型是提高企业生产效率、减少资源浪费、实现绿色发展的重要途径。依托大数据,建立生产、销售和消费等全流程的数据化分析体系,实现全产业链条的智能化生产,推动传统产业向数字化转型。

[注释]

① 由于缺乏全国层面的服务业细分行业数据,故这里用计算机服务和软件业代替数字服务业。

② 剔除的城市包括惠州、丽水、珠海、台州、福州、厦门、贵阳、深圳、中山、烟台、昆明和青岛。

### [参考文献]

- [1] 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(8):60-79.
- [2] 余泳泽,杨晓章,张少辉.中国经济由高速增长向高质量发展的时空转换特征研究[J].数量经济技术经济研究,2019(6):3-21.
- [3] 徐晓光,樊华,苏应生,等.中国绿色经济发展水平测度及其影响因素研究[J].数量经济技术经济研究,2021(7):65-82.
- [4] 张可云,庄宗武.数字经济、区域经济结构转型与中国空间经济政策调整[J].长沙理工大学学报(社会科学版),2023(4):25-32.
- [5] 裴长洪,倪鹏飞,李越.数字经济的政治经济学分析[J].财贸经济,2018(9):5-22.
- [6] 江小涓.高度联通社会中的资源重组与服务业增长[J].经济研究,2017(3):4-17.
- [7] 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.
- [8] 蔡跃洲,马文君.数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J].数量经济技术经济研究,2021(3):64-83.
- [9] 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.
- [10] 陈诗一,林伯强.中国能源环境与气候变化经济学研究现状及展望:首届中国能源环境与气候变化经济学者论坛综述[J].经济研究,2019(7):203-208.
- [11] 蔡跃洲.中国共产党领导的科技创新治理及其数字化转型:数据驱动的新型举国体制构建完善视角[J].管理世界,2021(8):30-46.
- [12] 许宪春,张美慧.中国数字经济规模测算研究:基于国际比较的视角[J].中国工业经济,2020(5):23-41.
- [13] 许宪春,王洋.大数据在企业生产经营中的应用[J].改革,2021(1):18-35.
- [14] Abowd J M, Schmutte I M. An economic analysis of privacy protection and statistical accuracy as social choices[J]. American Economic Review, 2019, 109(01):171-202.
- [15] Rothenberg S. Sustainability through servicing[J]. MIT Sloan Management Review, 2007, 48(02):83-89.
- [16] Lange S, Pohl J, Santarius T. Digitalization and energy consumption. does ICT reduce energy demand? [J]. Ecological Economics, 2020, 176:106760.
- [17] Basu S, Fernald J. Information and communications technology as a general-purpose technology: evidence from US industry data[J]. German Economic Review, 2007, 08(02):146-173.
- [18] 王金南,於方,曹东.中国绿色国民经济核算研究报告2004[J].中国人口·资源与环境,2006(6):11-17.
- [19] 王普查,孙冰雪.资源利用效率、环保投资对绿色 GDP 的影响研究[J].生态经济,2018(4):75-79,92.
- [20] Chen J, Gao M, Cheng S, et al. County-level CO<sub>2</sub> emissions and sequestration in China during 1997 — 2017[J]. Scientific Data, 2020, 07(01):391.
- [21] 杨万平,李冬.中国生态全要素生产率的区域差异与空间收敛[J].数量经济技术经济研究,2020(9):80-99.
- [22] 王永钦,董雯.机器人的兴起如何影响中国劳动力市场?:来自制造业上市公司的证据[J].经济研究,2020(10):159-175.
- [23] 韩峰,李玉双.产业集聚、公共服务供给与城市规模扩张[J].经济研究,2019(11):149-164.
- [24] 张陈宇,孙浦阳,谢娟娟.生产链位置是否影响创新模式选择:基于微观角度的理论与实证[J].管理世界,2020(1):45-59,233.
- [25] 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.
- [26] 余泳泽,孙鹏博,宣烨.地方政府环境目标约束是否影响了产业转型升级?[J].经济研究,2020(8):57-72.
- [27] 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.