

引用格式:王彬. 全球价值链视角下数字经济对中国碳排放的影响[J]. 资源科学, 2023, 45(9): 1899-1911. [Wang B. The impact of the digital economy on China's carbon emissions from the perspective of global value chains[J]. Resources Science, 2023, 45(9): 1899-1911.] DOI: 10.18402/resci.2023.09.15

# 全球价值链视角下数字经济对中国碳排放的影响

王彬

(山东财经大学国际经贸学院, 济南 250014)

**摘 要:**【目的】在数字化转型和低碳转型双重背景下,发展数字经济对于实现以碳减排和碳净零排放为目的的碳达峰、碳中和目标具有重要现实意义。【方法】本文将2012年、2015年、2017年中国多区域投入产出表与世界投入产出表相结合,构建嵌入式世界投入产出表,在此基础上,使用投入产出模型量化中国30个省份21个行业的数字经济规模及参与全球价值链产生的碳排放量,基于全球价值链视角探析数字经济降低中国碳排放的理论机制,并使用固定效应模型和中介效应模型进行实证检验。【结果】①中国各省份数字经济规模呈增长趋势,各省份参与全球价值链产生的碳排放量与经济发展水平一致;②发展数字经济能够显著降低中国碳排放,主要通过提升全球价值链参与度、促进三重价值链协调发展途径实现;③数字经济在复杂全球价值链、后向投入、省内碳排放、非制造业以及东部地区等方面减少中国碳排放的作用更显著。【结论】中国应充分发挥数字经济赋能作用,积极发展新技术新业态,通过“数字化”和“绿色化”模式构建经济新格局,借助数字经济实现双碳目标。

**关键词:**数字经济;碳排放;全球价值链;投入产出表;中国

DOI: 10.18402/resci.2023.09.15

## 1 引言

碳减排是中国经济发展与环境治理的重要议题。降低国际贸易隐含碳,尤其是降低参与全球价值链产生的碳排放,是中国碳减排的重要内容。全球价值链是指将产品的生产过程分割成不同阶段,每个国家(地区)根据各自禀赋进行专业化生产的过程,是全球产品制造和国际贸易的主要方式。中国作为全球价值链生产网络的中心节点国家,受益于深度参与全球价值链带来的经济快速发展的同时,其产生的碳排放同样值得关注,尤其是在着力实现碳达峰碳中和目标、积极参与应对气候变化全球治理的背景下。

数字技术的发展为中国减少碳排放提供了条件。正如Grossman等<sup>[1]</sup>所指出的,技术是经济活动影响生态环境的重要因素之一。2022年中国数字经济规模达到50.2万亿元,占国内生产总值比重为41.5%<sup>[2]</sup>;其中16个省份数字经济规模已突破万亿元

大关,且中西部省份数字经济持续快速发展,数字经济有望成为拉动中国经济稳定增长和减少碳排放的主要动力<sup>[3]</sup>。因此,在数字经济、低碳经济与全球价值链交汇时期,研究数字经济是否以及如何降低中国参与全球价值链产生的碳排放,对于应对气候变化、推进绿色高质量发展、最终实现数字化转型与低碳转型耦合协同具有重要意义。

近年来,国内外学者在数字经济增加值测算、数字经济发展水平测算、数字经济赋能高质量发展等领域进行了广泛研究<sup>[4-7]</sup>。关于碳排放影响因素的研究主要集中在国际贸易、生产分工、经济增长等领域<sup>[8-10]</sup>。国际贸易可以通过增加收入、产业升级和技术溢出3种方式影响碳排放,且中国进口强度的增加有利于降低人均碳排放强度<sup>[11]</sup>。3种方式中技术溢出对节能减排的影响最大,其次是产业升级<sup>[12]</sup>。由于全球价值链生产分工方式会直接影响国家间的碳排放转移,因此部分学者研究了参与全球

收稿日期:2023-03-09,修订日期:2023-07-06

基金项目:山东省社会科学规划青年项目(22DJJJ10)。

作者简介:王彬,男,山东济南人,讲师,研究方向为全球价值链与数字经济。E-mail: 1056098391@qq.com

价值链如何影响碳排放,例如Meng等<sup>[13]</sup>将全球价值链与碳排放纳入统一框架下进行相关研究,Shi等<sup>[9]</sup>研究发现全球价值链地位升级可以通过规模效应和结构效应减少碳排放,而参与全球价值链主要通过技术效应发挥作用。

随着数字经济的快速发展,部分学者考察了数字经济对碳排放的影响,例如缪陆军等<sup>[14]</sup>认为,数字经济在发展初期会增加碳排放,在发展成熟期会抑制碳排放。Lange等<sup>[15]</sup>研究发现,由数字化转型而提高的经济增长倾向于增加能源消费和碳排放,数字化带来的能源效率提高则倾向于减少能源消费和碳排放。Zhang等<sup>[3]</sup>指出,数字经济通过改变能源消费规模和消费强度途径减少碳排放。Jones<sup>[16]</sup>、Guo等<sup>[17]</sup>也探讨了数据中心、移动互联网等数字技术对碳排放的影响。

上述文献为本文研究奠定了基础。本文使用2012年、2015年、2017年中国多区域投入产出表与亚洲开发银行(Asian Development Bank, ADB)编制的世界投入产出表,构建嵌入式世界投入产出表,并使用碳排放清单数据,理论分析并实证检验数字经济对中国碳排放的影响。本文的边际贡献在于:第一,基于碳排放清单及嵌入式世界投入产出表测算中国各省份各行业因参与全球价值链而产生的碳排放量,以丰富追踪中国在全球价值链中的碳排放的测算方法;第二,基于全球价值链视角探析数字经济降低中国碳排放的理论机制并进行实证检验,且在多个维度分析该影响的异质性,以拓展数字经济和碳排放关系的研究视角。

## 2 理论分析与研究假设

数字经济发展背景下,以大数据、互联网、人工智能、云计算、区块链等为代表的数字技术通过产业数字化和数字产业化途径赋能价值链分工,尤其提升中国全球价值链参与度、促进三重价值链协调发展。三重价值链协调发展是指省内、国内及全球价值链的融合发展。基于价值链属地特性,可将价值链分为省内、国内和全球3类不同区域价值链,三者主要区别是中间品的来源区域不同,即中间品分别来源于本省、国内其他省份、其他国家(地区)。而全球价值链参与度的提升、三重价值链的协调发

展将通过提高能源和资源利用效率、促进绿色要素流动等途径降低中国碳排放。数字经济降低中国全球价值链碳排放的理论机制具体如下:

(1)数字经济通过提升全球价值链参与度从而降低中国碳排放水平。数字经济的发展促进了中国参与全球价值链分工,而且增加了中小企业参与全球价值链分工的机会<sup>[18,19]</sup>。具体而言,数字经济可通过规模经济效应提升中国全球价值链前向参与度,还可通过提高投入来源的多样化提升中国全球价值链后向参与度<sup>[20]</sup>。

全球价值链参与度的提升可以降低中国碳排放<sup>[21,22]</sup>。提升全球价值链前向、后向参与度意味着某环节生产的产品更多地被下游环节所利用,或者使用更多来自上游环节的产品,即嵌入全球价值链程度较高;而嵌入全球价值链程度越高,越有利于促进产业结构升级和技术进步,从而降低中国碳排放<sup>[23]</sup>。此外,提升全球价值链参与度还可通过提高能源和资源利用效率、改善绿色要素投入结构、增加绿色技术使用等途径降低中国碳排放。首先,能源和资源利用效率方面,提升全球价值链参与度有助于企业提高生产效率,并强化企业按照发达国家严格的环保标准进行生产,以此降低中国碳排放。其次,绿色要素投入方面,提升全球价值链参与度有助于优化绿色要素投入结构,尤其是降低煤炭、石油等能源消费强度<sup>[24]</sup>,而且可通过出口竞争效应倒逼国内企业主动调整能源投入组合,增加绿色要素投入,从而降低中国碳排放。最后,绿色技术方面,企业为了应对国际竞争压力需要不断进行绿色技术创新和产品绿色升级,嵌入全球价值链还有助于企业获得绿色技术溢出和转移,提高产品生产和流通过程中的能源利用效率,进而降低中国碳排放。

(2)数字经济通过促进三重价值链协调发展从而降低中国碳排放水平。数字经济主要通过规模经济效应和增加投入来源的多样化提高价值链关联度、通过竞争效应和学习效应提升生产技术水平2条途径促进中国三重价值链协调发展<sup>[20]</sup>。而三重价值链协调发展可以降低中国碳排放。一方面,三重价值链协调发展可降低中国不同区域绿色要素

投入壁垒及交易成本,促进不同区域间的绿色要素流动,有效对接绿色能源资源的供给和需求,增加生产过程的绿色要素投入,降低中国碳排放。三重价值链协调发展还有利于中国构建绿色要素和资源统一大市场,通过制定统一生产环保规范和标准,要求企业提高资源能源利用效率,降低产品生产、流通过程的碳排放量。另一方面,三重价值链协调发展有利于绿色产品品牌效应的传播及销售网络的拓展,鼓励企业由高耗能、高污染产品生产转向绿色、低碳产品生产,降低中国碳排放。

基于以上内容,提出如下假设:

假设1:数字经济降低中国碳排放。

假设2:数字经济主要通过提升全球价值链参与度、促进三重价值链协调发展2条途径降低中国碳排放。

3 研究方法

3.1 构建嵌入式世界投入产出表

本文参考高敬峰等<sup>[25]</sup>、Meng等<sup>[26]</sup>的方法,按照“行业合并-嵌表-平衡数据”的思路构建嵌入式世界投入产出表,具体步骤如下:

(1)合并行业。因2012年、2015年、2017年中国多区域投入产出表与ADB世界投入产出表行业分类不同,为测算并分析全球价值链碳排放量,将中国多区域投入产出表的42个行业与ADB世界投入产出表的35个行业合并整理成21个行业。

(2)嵌表。首先,使用中国多区域投入产出表中各元素的占比拆分ADB世界投入产出表中的中国数据。其次,使用中国21个行业各省份出口比例,拆分ADB世界投入产出表中中国生产要素出口

至其他国家(地区)被中间使用和最终使用的数据和总产出数据。然后,使用中国21个行业各省份进口比例,拆分ADB世界投入产出表中中国进口使用的其他国家(地区)生产要素的数据和增加值、总投入数据。最后,将ADB世界投入产出表除涉及中国外的其他所有数据填充至嵌入式世界投入产出表。由于服务业进出口数据缺失严重,本文使用制造业比例进行替代;ADB世界投入产出表中的RoW(其他国家)数据使用巴西、印度、印度尼西亚、墨西哥的均值替代。

(3)平衡数据。基于双比例拟合法,使用面向科学计算的高性能动态高级程序设计语言,共执行10次编程平衡嵌入式世界投入产出表。

构建的嵌入式世界投入产出表如表1。表1中的 $A$ 、 $Y$ 、 $V$ 、 $X$ 分别表示中间投入矩阵、最终需求向量、增加值向量和总投入或总产出向量;BJ、TJ、...、XJ表示中国30个省份(因数据缺失,不含港、澳、台和西藏自治区4个省份);C2、...、C63为ADB世界投入产出表中除中国外的其他62个国家(地区); $i$ 、 $j$ 为21个行业。

3.2 模型构建

3.2.1 固定效应模型

为验证数字经济对中国碳排放的影响,本文通过构建三维面板数据计量模型进行实证检验。模型如下:

$$\ln CARBON_{sit} = \beta_1 + \beta_2 \ln DIG_{sit} + \beta_3 \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_t + \phi_i + \varepsilon_{sit}$$

(1)

式中: $s$ 为省份; $t$ 为年份; $CARBON_{sit}$ 为中国碳排放,

表1 嵌入式世界投入产出表

Table 1 Embedded international input-output table

省份、国家 及行业	01BJ <sup>j</sup> (中间使用)	02TJ <sup>j</sup> (中间使用)	...	30XJ <sup>j</sup> (中间使用)	C2 <sup>i</sup> (中间使用)	...	C63 <sup>i</sup> (中间使用)	01-30Y <sup>j</sup> (最终使用)	C2-C63Y <sup>j</sup> (最终使用)	X (总产出)
01BJ <sup>i</sup>	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$Y^{ij}$	$Y^{ij}$	$X^{ij}$
02TJ <sup>i</sup>	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$Y^{ij}$	$Y^{ij}$	$X^{ij}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
30XJ <sup>i</sup>	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$Y^{ij}$	$Y^{ij}$	$X^{ij}$
C2 <sup>i</sup>	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$Y^{ij}$	$Y^{ij}$	$X^{ij}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
C63 <sup>i</sup>	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$A^{ij}$	...	$A^{ij}$	$Y^{ij}$	$Y^{ij}$	$X^{ij}$
V(增加值)	$V^{ij}$	$V^{ij}$	...	$V^{ij}$	$V^{ij}$	...	$V^{ij}$	—	—	—
X(总投入)	$X^{ij}$	$X^{ij}$	...	$X^{ij}$	$X^{ij}$	...	$X^{ij}$	—	—	—



为消除异方差对模型结果产生的偏误影响,取自然对数; $DIG_{sit}$ 为数字经济; $Z_{sit}$ 为控制变量; $\chi_s$ 为省份固定效应; $\lambda_i$ 为行业固定效应; $\phi_t$ 为年份固定效应; $\varepsilon_{sit}$ 为随机误差项; $\beta_1 - \beta_3$ 为待估参数。

### 3.2.2 中介效应模型

根据前文理论分析可知,数字经济通过提升全球价值链参与度、促进三重价值链协调发展2条途径降低中国碳排放。构建以下中介效应模型进行检验:

$$\begin{aligned} \ln FGVC_{sit} &= \beta_4 + \beta_5 \ln DIG_{sit} + \beta_6 \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \\ \ln CARBON_{sit} &= \beta_7 + \beta_8 \ln DIG_{sit} + \beta_9 \ln FGVC_{sit} + \beta_{10} \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \ln BGVC_{sit} &= \beta_{11} + \beta_{12} \ln DIG_{sit} + \beta_{13} \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \\ \ln CARBON_{sit} &= \beta_{14} + \beta_{15} \ln DIG_{sit} + \beta_{16} \ln BGVC_{sit} + \beta_{17} \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln DGVC_{sit} &= \beta_{18} + \beta_{19} \ln DIG_{sit} + \beta_{20} \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \\ \ln CARBON_{sit} &= \beta_{21} + \beta_{22} \ln DIG_{sit} + \beta_{23} \ln DGVC_{sit} + \beta_{24} \ln Z_{sit} + \chi_s + \lambda_i + \phi_t + \varepsilon_{sit} \end{aligned} \quad (4)$$

式中: $FGVC_{sit}$ 、 $BGVC_{sit}$ 、 $DGVC_{sit}$ 分别为全球价值链前向参与度、后向参与度、三重价值链协调发展程度; $\beta_4 - \beta_{24}$ 为待估计参数。

### 3.3 变量说明与数据来源

考虑到数据可获得性及统计口径一致性,使用2012年、2015年、2017年中国30个省份21个行业面板数据进行实证分析,因原始数据缺失剔除了港、澳、台和西藏自治区4个省份。

#### 3.3.1 被解释变量

被解释变量为中国碳排放。Wang等<sup>[27]</sup>、王直等<sup>[28]</sup>、程大中<sup>[29]</sup>、李跟强等<sup>[30]</sup>在研究全球价值链相关问题时,构建生产要素增加值流动矩阵使用增加值数据进行研究。本文在中国碳核算数据库发布的30个省份碳排放清单及嵌入式世界投入产出表基础上,继续使用类似数学方法,将增加值矩阵替换成碳排放矩阵,以探析最终产品在生产过程中所产

生的碳排放量。构建的 $\hat{CB}\hat{Y}$ 矩阵如下:

$$\hat{CB}\hat{Y} = \begin{pmatrix} \hat{C}^1 B^{11} \hat{Y}^1 & \hat{C}^1 B^{12} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{C}^1 B^{1r} \hat{Y}^r \\ \hat{C}^2 B^{21} \hat{Y}^1 & \hat{C}^2 B^{22} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{C}^2 B^{2r} \hat{Y}^r \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{C}^s B^{s1} \hat{Y}^1 & \hat{C}^s B^{s2} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{C}^s B^{sr} \hat{Y}^r \end{pmatrix} \quad (5)$$

式中: $\hat{CB}\hat{Y}$ 为碳排放在各省份、各国家(地区)的前向与后向流动情况矩阵; $\hat{C}$ 为碳排放对角矩阵; $B$ 为里昂惕夫逆矩阵; $\hat{Y}$ 为最终需求对角矩阵。中国参与全球价值链产生的碳排放测算公式如下:

$$CARBON = \sum_{r=1}^m \sum_{j=1}^k \hat{C}_i^s B_{ij}^{sr} \hat{Y}_j^r + \sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^k \hat{C}_i^s B_{ij}^{sr} \hat{Y}_j^r \quad (6)$$

式中: $\sum_{r=1}^m \sum_{j=1}^k \hat{C}_i^s B_{ij}^{sr} \hat{Y}_j^r$ 为前向产出维度产生的碳排放量; $\sum_{s=1}^m \sum_{j=1}^k \hat{C}_i^s B_{ij}^{sr} \hat{Y}_j^r$ 为后向投入维度产生的碳排放量; $r$ 为省份; $m=30$ ,为省份总数; $k=62$ ,为除中国外的国家(地区)数量。

由于碳排放清单行业划分与嵌入式世界投入产出表行业划分不同,在整理行业时,假设行业技术具有同质性<sup>[31]</sup>,使用2012年、2015年、2017年中国多区域投入产出表中的批发和零售,交通运输仓储和邮政,住宿和餐饮,信息传输软件和信息技术服务总产出,拆分碳排放清单中的运输仓储邮电服务、批发零售贸易和餐饮服务数据得到相应行业碳排放数据。

此外,参照Wang等<sup>[32]</sup>对简单全球价值链和复杂全球价值链的界定,分别测算中国各省份各行业通过简单全球价值链和复杂全球价值链产生的碳排放数据。简单全球价值链为增加值跨越边境次数仅一次的全球价值链分工,复杂全球价值链为增加值跨越边境次数至少两次的全球价值链分工。

#### 3.3.2 核心解释变量

核心解释变量为数字经济。目前,国际上关于数字经济的测算范围和测算方法尚未明确和统一<sup>[33]</sup>,但2021年国家统计局通过并公布实施的《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》(以下简称《统计分类》)为中国的数字经济测算提供了指导和思路。本文参照《统计分类》的标准,使用中国多区域投入产出表对中国数字经济进行测算。

《统计分类》将数字经济核心产业划分为01数

2023年9月

字产品制造业、02 数字产品服务业、03 数字技术应用业、04 数字要素驱动业、05 数字化效率提升业五大类,第01-04类产业与《2017 国民经济行业分类》中C制造业第39行业(计算机、通信和其他电子设备制造业)、I信息传输、软件和信息技术服务业第63行业(电信、广播电视和卫星传输服务)、第64行业(互联网和相关服务)、第65行业(软件和信息技术服务业)划分标准一致。第05类是数字技术与实体经济的融合,主要围绕因使用数字技术和数据资源要素而带来的传统产业效率提升进行统计,本文借鉴制造业投入服务化研究方法<sup>[34,35]</sup>,从数字生产要素角度,使用投入产出模型测算各省份各行业最终产品生产过程中投入使用的数字生产要素,以此代理数字技术与实体经济的融合程度。

将2012年、2015年、2017年中国多区域投入产出表按照嵌入式世界投入产出表的行业划分标准,将列向行业整理成21个行业,行向行业划分标准维持不变,以使全文行业及数据口径统一。此外,由投入产出模型 $AX+Y=X$ 的基准表达式整理出 $\hat{V}B\hat{Y}$ 矩阵如下:

$$\hat{V}B\hat{Y} = \begin{pmatrix} \hat{V}^1 B^1 \hat{Y}^1 & \hat{V}^1 B^{12} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{V}^1 B^{1r} \hat{Y}^r \\ \hat{V}^2 B^2 \hat{Y}^1 & \hat{V}^2 B^{22} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{V}^2 B^{2r} \hat{Y}^r \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{V}^s B^s \hat{Y}^1 & \hat{V}^s B^{s2} \hat{Y}^2 & \dots & \hat{V}^s B^{sr} \hat{Y}^r \end{pmatrix} \quad (7)$$

式中: $\hat{V}B\hat{Y}$ 为生产要素增加值流动矩阵; $\hat{V}$ 为增加值对角矩阵。综上,中国数字经济测算公式如下:

$$DIG = \sum X_i^r + \sum_{s=1}^m \hat{V}_i^s B_{ij}^{sr} \hat{Y}_j^r, i=20、32 \quad (8)$$

中国多区域投入产出表中的第20和第32行业与《2017 国民经济行业分类》中的第39行业、第63行业、第64行业、第65行业一致。

### 3.3.3 中介变量

中介变量为中国全球价值链前向参与度、后向参与度、三重价值链协调发展程度。中国全球价值链前向、后向参与度基于Wang等<sup>[32]</sup>的方法,使用嵌入式投入产出表测算得到。本文借鉴赵文举等<sup>[36]</sup>的思路,使用耦合协调度方法,基于全球价值链参与度视角测算中国省内、国内与全球三重价值链协调发展程度,具体测算公式如下:

$$DGVC_{\text{png}}^t = \left( E_{\text{png}}^t \cdot T_{\text{png}}^t \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$E_{\text{png}}^t = 2 \times \left[ \frac{U_p^t \cdot U_n^t \cdot U_g^t}{(U_p^t + U_n^t)(U_p^t + U_g^t)(U_n^t + U_g^t)} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

$$T_{\text{png}}^t = \alpha_1 U_p^t + \alpha_2 U_n^t + \alpha_3 U_g^t \quad (11)$$

式中: $E_{\text{png}}^t$ 为三链耦合度值,耦合度为前向与后向耦合协调度的均值; $T_{\text{png}}^t$ 为协同效应综合评价指数; $U_p^t$ 、 $U_n^t$ 、 $U_g^t$ 分别为省内、国内和全球价值链前后向参与度; $\alpha_1 - \alpha_3$ 为参数,本文认为参与省内、国内和全球价值链同等重要,因此数值均为1/3。

### 3.3.4 控制变量

参照现有研究,将对外开放水平、行业规模、能源消耗水平、居民消费水平、技术水平作为控制变量引入到模型。其中,对外开放水平使用出口额,行业规模使用行业总产出,能源消耗水平使用电力消费量作为代理变量;技术水平使用劳动生产率,即平均每个劳动者所创造的增加值来表示<sup>[37]</sup>。以上数据均来源于中国多区域投入产出表、中国宏观经济数据库及《中国劳动统计年鉴》。

## 4 结果与分析

### 4.1 中国碳排放与数字经济数据分析

#### 4.1.1 中国碳排放数据分析

本文测算出2012、2015、2017年中国30个省份21个行业参与全球价值链产生的碳排放量,并将各省21个行业加总求得各省份碳排放量(图1-图3)。

从时间维度看,2012—2017年中国碳排放整体呈现增长趋势(图1)。除山东、湖北、黑龙江、福建、上海、吉林、北京、天津、甘肃外,其他21个省份碳排放均为增长状态,增速最高达到17%。从区域维度看,不同省份碳排放差距较大。根据2012年、2015年、2017年3年平均值,山东、江苏、河北、广东碳排放最高且均超过1000百万t,而青海、海南、宁夏、甘肃、天津、北京碳排放较低且均低于400百万t。中国各省份碳排放量与其经济发展水平基本一致。江苏、广东等经济大省主要通过发展高耗能制造业嵌入全球价值链,完成来自国外加工、组装等订单需要投入大量煤炭、石油等高碳能源,从而增加了这些省份的碳排放。青海、宁夏等省份位于内陆,参与全球价值链程度较小,且受经济规模等因素影响,碳排放较少。

由图2和图3可知,2012—2017年中国参与简单与复杂全球价值链产生的碳排放均呈现整体增长趋势,其中,复杂全球价值链碳排放增长趋势更加明显,增速最高达到71%。不同区域简单与复杂全球价值链碳排放差距较大。在简单全球价值链途径中,江苏、河北、河南、浙江、广东、内蒙古3年平均碳排放超过250百万t,而青海仅为17百万t;在复杂全球价值链途径中,江苏、广东、内蒙古3年平均碳排放超过200百万t,而青海仅为10百万t。相较于复杂全球价值链,在简单全球价值链生产分工网络合作中各省份均产生更多碳排放。由于中国长

期处于全球价值链低端环节,致使各省更多地通过加工组装等形式参与简单全球价值链,而中间品多次跨越边境的复杂活动较少。此外,在经济全球化过程中,各省份以简单全球价值链为主逐渐融入国际市场并进行专业化生产,规模经济得以实现,生产规模的扩大意味着能源消耗和资源投入增加,因此参与简单全球价值链而产生的碳排放相对更多。

#### 4.1.2 中国数字经济数据分析

本文测算出2012年、2015年、2017年中国30个省份21个行业数字经济规模,并将各省份21个行业加总求得各省份数字经济规模(图4)。

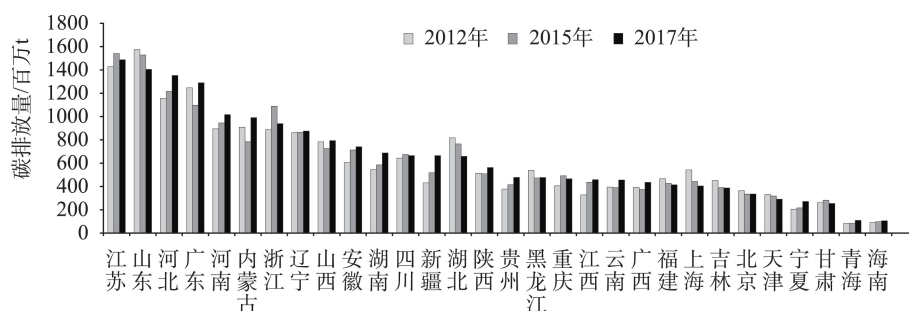


图1 2012年、2015年、2017年中国30个省份的碳排放量(全球价值链途径)

Figure 1 Carbon emissions in 30 provinces of China's mainland in 2012, 2015, and 2017 (global value chain pathway)

注:数据经作者计算得出,横轴30个省份按照2017年数据降序排列。下同。

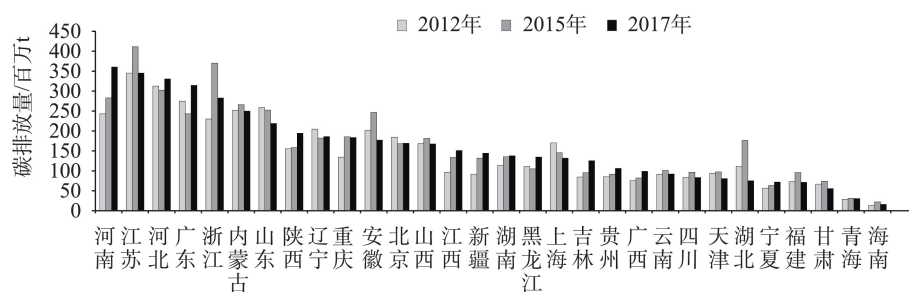


图2 2012年、2015年、2017年中国30个省份的碳排放量(简单全球价值链途径)

Figure 2 Carbon emissions in 30 provinces of China's mainland in 2012, 2015, and 2017 (simple global value chain pathway)

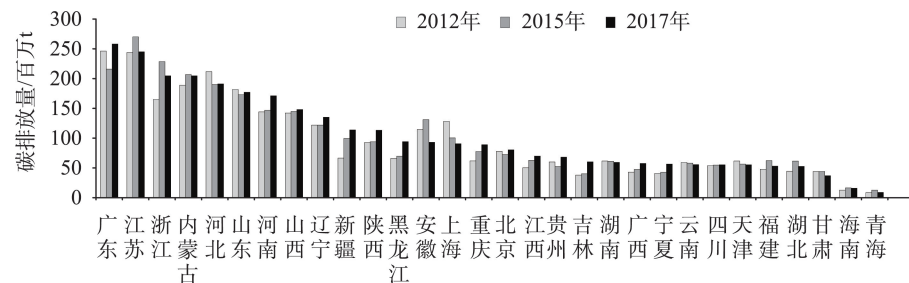


图3 2012年、2015年、2017年中国30个省份的碳排放量(复杂全球价值链途径)

Figure 3 Carbon emissions in 30 provinces of China's mainland in 2012, 2015, and 2017 (complex global value chain pathway)

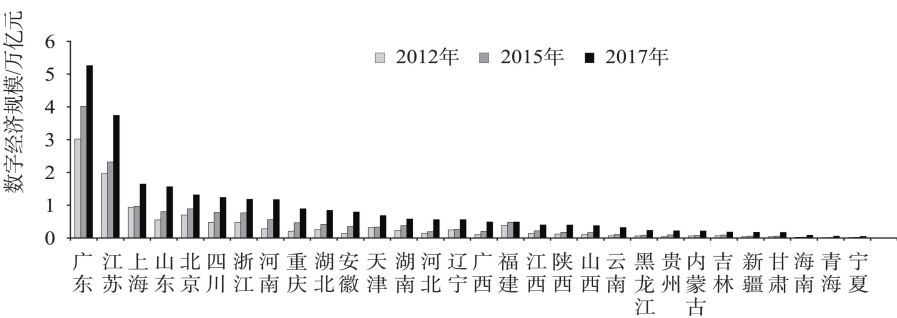


图4 2012年、2015年、2017年中国30个省份的数字经济规模

Figure 4 Scale of the digital economy in 30 provinces of China's mainland in 2012, 2015, and 2017

从时间维度看,2012—2017年中国各省份数字经济规模呈现明显增长趋势且增幅较大,83.3%的省份数字经济增速超过100%。从区域维度看,中国各省份数字经济发展呈不均衡状态。3年平均来看,广东、江苏、上海、山东等东部沿海省份数字经济规模较大,而青海、宁夏、甘肃、新疆等西部省份数字经济规模较小,且数字经济规模最大的广东是规模最小的青海的137倍。广东、江苏、上海、山东具备良好的产业基础,在电子信息制造业、软件和信息服务业等领域优势明显,同时政府依托人力资源、资本等优势全方位布局数字技术和大数据等新兴产业,而青海、宁夏、甘肃、新疆等省主要受限于地理位置、产业政策及经济发展等因素,数字经济发展较缓慢。中国30个省份数字经济规模依地理位置东、中、西递减,中西部省份存在较大发展空间。

4.2 数字经济对中国碳排放影响的基准回归分析

由表2基准回归结果可知,数字经济回归系数为-0.130,且在1%置信水平上显著,说明数字经济可以显著降低中国碳排放。数字经济以数字技术为基础,借助技术变革和技术创新实现经济数字化转型,并且数字技术还能提升国际生产分工协作效率,实现价值链各环节协同发展。在此过程中,数字经济既可以通过技术更迭和替代作用直接降低中国碳排放,又可以通过价值链途径间接降低中国碳排放。

在控制变量方面,对外开放水平、居民消费水平与技术水平系数为负,说明提高对外开放水平、居民消费水平以及技术水平均可以降低中国碳排放。对外开放水平越高意味着与其他国家贸易往来越频繁,为了出口产品,需提高产品生产标准,以

表2 基准回归结果	
Table 2 Benchmark regression results	
变量	碳排放量
数字经济	-0.130*** (0.024)
对外开放水平	-0.018** (0.009)
行业规模	0.838*** (0.019)
能源消耗水平	0.316*** (0.034)
居民消费水平	-0.251*** (0.062)
技术水平	-0.138*** (0.024)
常数项	-9.523*** (0.538)
观测量	1624
省份、行业、年份	固定
R <sup>2</sup>	0.875

注:\*,\*\*、\*\*\*分别代表在10%、5%、1%水平上显著,括号内数值为标准误。下同。

满足贸易国的碳排放要求。无论是终端能源直接消费还是衣食住行等间接消费,居民消费对碳排放均产生重要影响<sup>[38]</sup>,但随着居民消费水平的提高,低碳产品、绿色交通等绿色低碳消费意识日益深入人心,有利于中国碳排放的降低。技术水平的提高可以提高资源利用效率并显著降低中国碳排放。行业规模与能源消耗水平系数为正,说明提高行业规模与能源消耗水平会增加中国碳排放量。行业规模与经济发展水平呈正相关关系<sup>[39]</sup>,较大的行业规模会产生大量碳排放。能源消耗水平越高,中国参与全球价值链产生的碳排放越多。



4.3 稳健性检验

为检验上述数字经济降低中国碳排放的结论是否稳健,本文通过消除内生性及剔除异常值2种方法进行稳健性检验。在消除内生性方面:①选取核心解释变量数字经济的滞后2期作为工具变量进行回归;②将核心解释变量与控制变量均取滞后2期进行回归。在剔除异常值方面,对数据的1%与99%的异常值通过截尾与缩尾方法进行处理。由表3稳健性回归结果可知,数字经济降低中国碳排放的结论稳健。

4.4 异质性分析

4.4.1 区分简单和复杂全球价值链

由表4区分简单和复杂全球价值链异质性回归结果可知,与简单全球价值链相比,数字经济降低中国参与复杂全球价值链产生的碳排放更为显著。主要原因在于:复杂全球价值链生产分工体系更加复杂,各生产环节联系更密切,尤其是中间品多次跨越边境,相应的能源消耗及资源投入较大。数字经济不仅可以降低全球价值链生产环节的碳排放,还能减少各环节之间沟通与协作产生的碳排放。因此,数字经济的发展可以显著减少中国参与复杂全球价值链产生的碳排放。

4.4.2 区分碳排放途径

根据生产要素在全球价值链分工体系中的流向,将中国参与全球价值链产生的碳排放区分为前向产出和后向投入2种途径,进一步探析数字经济影响中国碳排放的异质性。由表5可知,数字经济降低后向投入维度产生的碳排放更为显著。中国各省份参与全球价值链分工体系主要以加工组装

来自其他国家的中间品为主,即承接大量来自上游环节的中间品隐含碳,在全球价值链中扮演着“污染避风港”的角色,然而数字技术的应用增强了各省份承接产品研发、品牌设计等绿色环节的能力,有效降低中国碳排放水平。此外,数字经济可打通不同区域的绿色要素流动壁垒,增强中间品投入来源多样化,便于选择更具有绿色及低碳标准的中间品来降低中国碳排放量。

4.4.3 区分碳排放范围

中国参与全球价值链产生的碳排放可以细化为省内碳排放以及国内其他省份碳排放两部分。其中,省内碳排放为参与省内价值链产生的碳排放,国内其他省份碳排放为参与本省以外其他省份价值链产生的碳排放。由表6可知,数字经济降低省内碳排放更为明显。受限于地理距离、行政区域划分及要素流动壁垒等,中国各省份参与价值链分工体系主要以省内价值链为主,即碳排放主要来自本省,因此数字经济更能降低本省的碳排放。

4.4.4 区分行业

在行业异质性分析中,将行业划分为制造业和非制造业,制造业包含食品饮料和烟草制品的制造、纺织服装业、木材加工品和家具、造纸印刷和文教体育用品、焦炭精炼石油和核燃料、化学工业、非金属矿物制品、金属冶炼及制品、机械设备制造、计算机通信和其他电子设备制造、运输设备制造、其他制造业;非制造业包含农林牧渔业、采选业、电力煤气和水的供应、建筑、批发零售、住宿和餐饮、运输服务、信息传输软件和信息技术服务、其他服务业。由表7可知,数字经济在非制造业领域降低碳

表3 稳健性检验回归结果

Table 3 Robustness test regression results

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	碳排放量(工具变量)	碳排放量(滞后2期)	碳排放量(截尾)	碳排放量(缩尾)
数字经济	-0.183** (0.075)	-0.212*** (0.058)	-0.106*** (0.025)	-0.125*** (0.024)
常数项	-	-10.748*** (1.471)	-8.833*** (0.562)	-9.534*** (0.542)
观测量	543	540	1529	1624
控制变量	控制	控制	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.599	0.858	0.859	0.874



表4 区分简单和复杂全球价值链回归结果

Table 4 Regression results distinguishing between simple global value chains (SGVC) and complex global value chains (CGVC)		
变量	(1)	(2)
	碳排放量 (简单全球价值链)	碳排放量 (复杂全球价值链)
数字经济	-0.056** (0.027)	-0.096*** (0.026)
常数项	-11.424*** (0.613)	-15.125*** (0.591)
观测量	1624	1624
控制变量	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.855	0.848

表5 区分碳排放途径回归结果

Table 5 Regression results distinguishing carbon emission pathways		
变量	(1)	(2)
	碳排放量(前向产出)	碳排放量(后向投入)
数字经济	-0.124*** (0.036)	-0.133*** (0.025)
常数项	-10.792*** (0.805)	-12.053*** (0.560)
观测量	1625	1609
控制变量	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.849	0.875

表6 区分碳排放范围回归结果

Table 6 Regression results distinguishing carbon emission ranges		
变量	(1)	(2)
	碳排放量(省内)	碳排放量(国内其他省份)
数字经济	-0.157*** (0.028)	-0.086*** (0.027)
常数项	-7.094*** (0.620)	-12.465*** (0.599)
观测量	1624	1624
控制变量	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.846	0.847

排放的作用更为显著。因农业、采选业、服务业等非制造业行业在转型升级过程中投入先进数字技术,大量使用数字生产要素,易于进行数字化转型,故其可以显著降低碳排放;制造业因传统设备数字化改造难度大而不易实现数字化转型。

表7 区分行业回归结果

Table 7 Regression results distinguishing industries		
变量	(1)	(2)
	碳排放量(制造业)	碳排放量(非制造业)
数字经济	-0.118*** (0.031)	-0.131*** (0.037)
常数项	-8.965*** (0.660)	-9.850*** (0.965)
观测量	1063	561
控制变量	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.878	0.839

4.4.5 区分地区

在区域异质性分析中,将中国划分为东部、中西部两大地区。其中,东部包含北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南10个省份;中西部包含山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆20个省份。由表8可知,数字经济降低碳排放的作用在东部地区更显著。一方面,东部省份数字产业蓬勃发展,凭借技术、政策等优势积极推动传统产业数字化转型;另一方面,东部省份聚集着众多互联网企业,催生出电子商务、数字金融、云计算、数据咨询等碳排放较低的新业态,以绿色、低碳的模式促进经济发展。

表8 区分地区回归结果

Table 8 Regression results distinguishing regions		
变量	(1)	(2)
	碳排放量(东部)	碳排放量(中西部)
数字经济	-0.145*** (0.056)	-0.027 (0.029)
常数项	-11.964*** (0.938)	-15.267*** (1.179)
观测量	574	1050
控制变量	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.910	0.880

4.5 中介效应检验分析

中介效应模型的回归结果见表9。由列(1)和列(3)回归系数可知,发展数字经济可以显著促进各省份参与全球价值链,且该作用无论在前向还是后向参与维度均成立。数字经济可以通过灵活调

表9 数字经济对中国碳排放影响的中介效应检验回归结果

Table 9 Mediation effect test regression results on the impact of digital economy on China's carbon emissions

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	前向价值链参与度	碳排放量	后向价值链参与度	碳排放量	三重价值链协调发展程度	碳排放量
数字经济	0.034*	-0.124***	0.189***	-0.077***	0.009***	-0.114***
	(0.019)	(0.024)	(0.017)	(0.024)	(0.002)	(0.024)
前向价值链参与度		-0.180***				
		(0.032)				
后向价值链参与度				-0.281***		
				(0.035)		
三重价值链协调发 展程度						-1.888***
						(0.334)
观测量	1625	1624	1625	1624	1625	1624
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份、行业、年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
R <sup>2</sup>	0.713	0.878	0.715	0.880	0.713	0.878

整产品生产并实现规模经济途径提升中国前向价值链参与度,还可以通过多样化中间品来源并替代低端生产要素投入途径提升中国后向价值链参与度。列(2)和列(4)回归系数表明,提升前向、后向参与度均可以降低中国碳排放量。因此,数字经济可通过提升全球价值链前向、后向参与度降低中国碳排放水平。

由列(5)回归系数可知,发展数字经济可以促进中国三重价值链协调发展程度。全球价值链分工的实质是将不同的生产环节碎片化,在此过程中,各环节间需要分工协作。以数字技术为核心的数字经济可以优化资源管理和配置、降低信息搜寻成本、减少交流阻碍,以此提高分工协作效率。列(6)回归系数表明,促进三重价值链协调发展可以降低碳排放量。因此,数字经济可通过促进三重价值链协调发展降低中国碳排放水平。

## 5 结论与政策启示

### 5.1 结论

本文基于投入产出模型分别测算了中国30个省份21个行业的数字经济规模和参与全球价值链产生的碳排放量。在测算数据的基础上,探析数字经济降低中国碳排放的理论机制并建立实证模型进行检验,同时区分简单和复杂全球价值链、碳排放途径、碳排放范围、所属行业、所在地区进行了异质性分析。主要结论如下:

(1)中国数字经济测算发现,2012—2017年各省份数字经济规模呈现明显增长趋势,广东、江苏2省数字经济规模最大,且明显高于其他省份。中国碳排放测算发现,2012—2017年各省份碳排放量与经济发展水平基本一致,山东、江苏、河北、广东碳排放最高,而青海、海南、宁夏、甘肃、天津、北京碳排放较低。与复杂全球价值链相比,中国各省份参与简单全球价值链产生的碳排放更多。

(2)数字经济可以显著降低中国各省份碳排放,经处理内生性、剔除异常值等检验后结论依然稳健。中介效应模型检验发现,数字经济主要通过提升全球价值链参与度、促进三重价值链协调发展2条途径降低中国碳排放。其中,数字经济即可以通过提升前向参与度,又可以通过提升后向参与度降低中国碳排放。

(3)数字经济对中国各省份碳排放的影响存在多方面异质性。异质性检验发现,与简单全球价值链相比,数字经济更能明显降低参与复杂全球价值链产生的碳排放;在区分碳排放途径方面,与前向产出维度相比,数字经济降低后向投入维度产生的碳排放更为显著;在区分碳排放范围方面,与国内其他省份相比,数字经济降低省内碳排放更为显著;与制造业相比,数字经济在非制造业领域降低碳排放的作用更为显著;另外,与中西部地区相比,数字经济降低碳排放的作用在东部地区更为显著。

2023年9月

## 5.2 政策启示

根据上述结论,得到以下3点政策启示:

(1)推动数字经济快速发展,充分发挥其低碳效应。政府通过搭建数字贸易平台、打造区域数字产业集群、完善数字经济法律法规、推动数字经济监管等形式推动数字经济快速发展,充分发挥数字经济带来的规模经济、要素投入来源多样化等效应,提升资源和能源的利用效率,降低中国碳排放水平。数据作为一种新型绿色生产要素进入生产、流通及消费环节,有助于优化绿色要素投入结构,从根源上降低碳排放水平,因此政府应该提早谋划数据要素发展规划,建立数据使用规范,营造良好的市场环境,推动数字经济发展。此外,鼓励企业积极实施数字化转型,通过改造生产流程,提高绿色技术水平,强化数字核心技术攻关,推进数字技术绿色资源共享。企业还应充分利用数字技术收集碳排放信息,并通过价值链途径将碳排放数据在上下游企业间传递,以追踪产品碳足迹,明确碳排放责任,掌握价值链碳减排情况及碳减排能力,为精准降低碳排放奠定基础。

(2)提升全球价值链参与度,增强嵌入全球价值链的低碳效应。提升全球价值链参与度有助于降低中国碳排放水平,因此,要注重提升中国在全球价值链中的地位,尤其要提高全球价值链的前向和后向参与度。鼓励企业增强自主创新能力,从加工、组装等低附加值环节向研发、设计等高附加值环节转移,实现绿色价值链升级。此外,强化外贸企业按照发达国家严格的环保标准进行生产,推进进出口产品绿色低碳转型,积极发展高质量、高标准、高附加值绿色低碳产品贸易,推动货物贸易数字化,探索虚拟服务贸易,增强嵌入全球价值链的低碳效应。

(3)增强省内、国内及全球价值链协调发展,降低不同区域价值链的要素流动、绿色技术溢出壁垒。增强省内、国内及全球价值链协调发展是加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局的重要途径,也是增强要素流动、绿色技术溢出的重要途径,更是实现中国碳减排的重要路径。通过增强不同区域价值链的协调发展,可降低区域间的生产要素流动壁垒、降低不同区域

的信息不对称性和交易成本,尤其利于构建国内统一大市场,充分发挥数字经济的低碳效应。

## 参考文献(References):

- [1] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [2] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展研究报告(2023)[R/OL]. (2023-04) [2023-07-06]. [https://www.xdyanbao.com/doc/9eab46dm6z?bd\\_vid=6848084479061228201](https://www.xdyanbao.com/doc/9eab46dm6z?bd_vid=6848084479061228201). [China Academy of Information and Communications Technology. China Digital Economy Development Report (2023)[R/OL]. (2023-04) [2023-07-06]. [https://www.xdyanbao.com/doc/9eab46dm6z?bd\\_vid=6848084479061228201](https://www.xdyanbao.com/doc/9eab46dm6z?bd_vid=6848084479061228201).]
- [3] Zhang W, Liu X M, Wang D, et al. Digital economy and carbon emission performance: Evidence at China's city level[J]. Energy Policy, 2022, DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112927.
- [4] 蔡跃洲, 牛新星. 中国数字经济增加值规模测算及结构分析[J]. 中国社会科学, 2021, (11): 4-30. [Cai Y Z, Niu X X. Scale measurement and structural analysis of the value-added of China's digital economy[J]. Social Sciences in China, 2021, (11): 4-30.]
- [5] 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, 38(7): 26-42. [Wang J, Zhu J, Luo X. Research on the measurement of China's digital economy development and the characteristics[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2021, 38(7): 26-42.]
- [6] 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. [Zhao T, Zhang Z, Liang S K. Digital economy, entrepreneurship, and high-quality economic development: Empirical evidence from urban China[J]. Journal of Management World, 2020, 36(10): 65-76.]
- [7] Bart V A. The productivity paradox of the new digital economy[J]. International Productivity Monitor, 2016, 31: 3-18.
- [8] Tian K L, Zhang Y, Li Y Z, et al. Regional trade agreement burdens global carbon emissions mitigation[J]. Nature Communications, 2022, DOI: 10.1038/s41467-022-28004-5.
- [9] Shi Q L, Zhao Y H, Qian Z L, et al. Global value chains participation and carbon emissions: Evidence from belt and road countries [J]. Applied Energy, 2022, DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.118505.
- [10] Gao C C, Ge H Q, Lu Y Y, et al. Decoupling of provincial energy-related CO<sub>2</sub> emissions from economic growth in China and its convergence from 1995 to 2017[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126627.
- [11] Wu Y, Shi X P, Hu C. Per capita CO<sub>2</sub> emissions divergence influenced by bilateral trade with China under the belt and road initiative[J]. Sustainable Production and Consumption, 2021, 27: 1589-



- 1601.
- [12] Jiang Q C, Ma X J, Wang Y. How does the one belt one road initiative affect the green economic growth?[J]. *Energy Economics*, 2021, DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105429.
- [13] Meng B, Peters G P, Wang Z, Li M. Tracing CO<sub>2</sub> emissions in global value chains[J]. *Energy Economics*, 2018, 73(6): 24–42.
- [14] 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. [Miao L J, Chen J, Fan T Z, et al. The impact of digital economy development on carbon emissions: A panel data analysis of 278 prefecture-level cities[J]. *South China Finance*, 2022, (2): 45–57.]
- [15] Lange S, Pohl J, Santarius T. Digitalization and energy consumption: Does ICT reduce energy demand?[J]. *Ecological Economics*, 2020, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106760.
- [16] Jones N. How to stop data centres from gobbling up the world's electricity?[J]. *Nature*, 2018, 561: 163–166.
- [17] Guo J, Wang L, Zhou W J, et al. Powering green digitalization: Evidence from 5G network infrastructure in China[J]. *Resources Conservation and Recycling*, 2022, DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106286.
- [18] 吕越, 谷玮, 包群. 人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J]. *中国工业经济*, 2020, (5): 80–98. [Lv Y, Gu W, Bao Q. Artificial intelligence and Chinese enterprises' participate in global value chains[J]. *China Industrial Economics*, 2020, (5): 80–98.]
- [19] Jouanjean M A. Digital Opportunities for Trade in the Agriculture and Food Sectors[R]. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 2019.
- [20] 王彬, 高敬峰, 宋玉洁. 数字经济对三重价值链协同发展的影响[J]. *统计研究*, 2023, 40(1): 18–32. [Wang B, Gao J F, Song Y J. The impact of the digital economy on the coordinated development of triple value chains[J]. *Statistical Research*, 2023, 40(1): 18–32.]
- [21] Zakari A, Li G, Khan I, et al. Are abundant energy resources and Chinese business a solution to environmental prosperity in Africa?[J]. *Energy Policy*, 2022, DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112829.
- [22] Creutzig F, Niamir L, Bai X, et al. Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being[J]. *Nature Climate Change*, 2022, 12: 36–46.
- [23] 吕越, 马明会. 全球价值链嵌入对中国碳减排影响的实证研究[J]. *国际经济合作*, 2021, (6): 24–36. [Lv Y, Ma M H. An empirical study of the effects on China's efforts of reducing carbon emission by the integration of Chinese industries into the global value chain[J]. *Journal of International Economic Cooperation*, 2021, (6): 24–36.]
- [24] 白俊红, 余雪微. 全球价值链嵌入对节能减排的影响: 理论与实证[J]. *财贸经济*, 2022, 43(6): 144–159. [Bai J H, Yu X W. The impact of global value chain embedment on energy conservation and emissions reduction: Theory and empirical evidence[J]. *Finance & Trade Economics*, 2022, 43(6): 144–159.]
- [25] 高敬峰, 王彬. 国内区域价值链、全球价值链与地区经济增长[J]. *经济评论*, 2020, (2): 20–35. [Gao J F, Wang B. Domestic regional value chain, global value chain and regional economic growth[J]. *Economic Review*, 2020, (2): 20–35.]
- [26] Meng B, Wang Z, Koopman R. How are Global Value Chains Fragmented and Extended in China's Domestic Production Networks?[R]. *IDE Discussion Papers*, 2013.
- [27] Wang Z, Wei S J J, Zhu K F. Quantifying International Production Sharing at the Bilateral and Sector Levels[R]. *NBER Working Paper*, 2013.
- [28] 王直, 魏尚进, 祝坤福. 总贸易核算法: 官方贸易统计与全球价值链的度量[J]. *中国社会科学*, 2015, (9): 108–127. [Wang Z, Wei S J, Zhu K F. Gross trade accounting method: Official trade statistics and measurements of the global value chain[J]. *Social Sciences in China*, 2015, (9): 108–127.]
- [29] 程大中. 中国参与全球价值链分工的程度及演变趋势: 基于跨国投入-产出分析[J]. *经济研究*, 2015, (9): 4–16. [Cheng D Z. China's integration into the global value chains: A transnational input-output analysis[J]. *Economic Research Journal*, 2015, (9): 4–16.]
- [30] 李跟强, 潘文卿. 国内价值链如何嵌入全球价值链? 增加值的视角[J]. *管理世界*, 2016, (7): 10–22. [Li G Q, Pan W Q. How do domestic value chains embed into global value chains? Perspective from value added[J]. *Journal of Management World*, 2016, (7): 10–22.]
- [31] Timmer P M, Dietzenbacher E, Los B, et al. An illustrated user guide to the world input-output database: The case of global automotive production[J]. *Review of International Economics*, 2015, 23(3): 575–605.
- [32] Wang Z, Wei S J, Yu X D, et al. Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles[R]. *NBER Working Paper*, 2017.
- [33] 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. [Xu X C, Zhang M H. Research on the scale measurement of China's digital economy: Based on the perspective of international comparison[J]. *China Industrial Economics*, 2020, (5): 23–41.]
- [34] 吕越, 李小萌, 吕云龙. 全球价值链中的制造业服务化与企业全要素生产率[J]. *南开经济研究*, 2017, (3): 88–110. [Lv Y, Li X M, Lv Y L. Servicification in global value chain and firm's productivity[J]. *Nankai Economic Studies*, 2017, (3): 88–110.]
- [35] 祝树金, 谢煜, 段凡. 制造业服务化、技术创新与企业出口产品质量[J]. *经济评论*, 2019, (6): 3–16. [Zhu S J, Xie Y, Duan F. Manufacturing servitization, technological innovation and quality

- of export products[J]. *Economic Review*, 2019, (6): 3–16.]
- [36] 赵文举, 张曾莲. 中国经济双循环耦合协调度分布动态、空间差异及收敛性研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(2): 23–42. [Zhao W J, Zhang Z L. Research on the dynamic distribution, spatial difference and convergence of China's economic dual circulation coupling coordination degree[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2022, 39(2): 23–42.]
- [37] 樊纲, 关志雄, 姚枝仲. 国际贸易结构分析: 贸易品的技术分布[J]. *经济研究*, 2006, (8): 70–80. [Fan G, Guan Z X, Yao Z Z. Analyzing the foreign trade structure based on technologies of traded goods[J]. *Economic Research Journal*, 2006, (8): 70–80.]
- [38] 张炎治, 冯颖, 张磊. 中国碳排放增长的多层递进动因: 基于SDA和SPD的实证研究[J]. *资源科学*, 2021, 43(6): 1153–1165. [Zhang Y Z, Feng Y, Zhang L. Analysis on the progressive motivation of carbon emissions growth in China using structural decomposition analysis and structural path decomposition methods[J]. *Resources Science*, 2021, 43(6): 1153–1165.]
- [39] 方慧, 赵胜立, 吕静瑶. 生产性服务业集聚提高了城市FDI效率吗?[J]. *数量经济技术经济研究*, 2021, 38(7): 124–142. [Fang H, Zhao S L, Lv J Y. Has the agglomeration of producer services improved the efficiency of FDI in cities?[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2021, 38(7): 124–142.]

## The impact of the digital economy on China's carbon emissions from the perspective of global value chains

WANG Bin

(School of International Trade and Economics, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China)

**Abstract:** [Objective] Under the background of digital transformation and low-carbon transformation, the development of digital economy is of great practical significance for achieving carbon peaking and carbon neutrality with the aim of reducing carbon emissions and net zero carbon emissions. [Methods] This study combined China's multi-regional input-output table with the global input-output table in 2012, 2015, and 2017 to construct an embedded international input-output table, based on which the input-output model was used to quantify the scale of digital economy and carbon emissions from the global value chains of China's 30 provinces and 21 industries, and to analyze the theoretical mechanism of the digital economy to reduce China's carbon emissions from the perspective of global value chains and carry out empirical tests using fixed effects model and mediation effects model. [Results] (1) The scale of the digital economy in 30 provinces of China's mainland showed a growing trend, and the carbon emissions from global value chains of all provinces were consistent with the level of economic development. (2) The development of the digital economy can significantly reduce China's carbon emissions, which is mainly realized through two ways: enhancing the participation in global value chains and coordinated development of triple value chains. (3) The digital economy played a greater role in reducing China's carbon emissions in the dimensions of complex global value chains, backward input dimensions, provincial carbon emissions, non-manufacturing sectors, and the eastern region. [Conclusion] China should give full play to the empowering role of the digital economy, actively develop new technologies and new business formats, develop a new economic pattern through "digital" and "green" models, and use the digital economy to achieve the dual carbon goals.

**Key words:** digital economy; carbon emissions; global value chain; input-output table; China