

数字经济对碳排放的影响研究

余 侗*, 李兴东#

兰州交通大学数理学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2023年9月25日; 录用日期: 2023年10月19日; 发布日期: 2023年10月26日

摘要

数字经济在影响中国经济发展轨迹的同时, 也深刻影响着中国“双碳”的进程。选取2011~2020年我国30个省份的面板数据, 通过建立了多元线性回归模型和计算碳排放基尼系数综合分析了数字经济与碳排放之间的关联性, 研究结果表明, 数字经济发展对降低碳排放能够起到十分显著的促进作用, 但在不同地区、产业类型和经济发展水平下存在异质性。其中, 在高经济水平和东部地区, 数字经济的发展对人均碳排放影响更加显著。通过碳排放基尼系数发现地区间的交叉重叠和组内碳排放差异是整体差异的重要贡献因素。并提出促进数字经济的可持续发展, 制定差异化的碳减排策略, 加强环境监管与基础设施建设, 以及推动跨地区合作与交流等政策建议。

关键词

数字经济, 碳排放, 空间异质性, 区域差异

Research on the Impact of the Digital Economy on Carbon Emissions

Tong Yu*, Xingdong Li#

School of Mathematics and Physics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: Sep. 25th, 2023; accepted: Oct. 19th, 2023; published: Oct. 26th, 2023

Abstract

The digital economy not only affects the trajectory of China's economic development but also profoundly influences China's "dual carbon" process. This study selects panel data from 30 provinces in China from 2011 to 2020 and comprehensively analyzes the correlation between the digital

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 余侗, 李兴东. 数字经济对碳排放的影响研究[J]. 应用数学进展, 2023, 12(10): 4437-4446.

DOI: 10.12677/aam.2023.1210435

economy and carbon emissions through the establishment of a multiple linear regression model and the calculation of the carbon emission Gini coefficient. The research results show that the development of the digital economy can significantly promote the reduction of carbon emissions, but there are heterogeneities among different regions, industry types, and levels of economic development. Specifically, in regions with high economic levels and in the eastern part of China, the development of the digital economy has a more significant impact on per capita carbon emissions. The carbon emission Gini coefficient reveals that the overlap between regions and differences in carbon emissions within regions are important contributing factors to overall differences. Policy recommendations include promoting the sustainable development of the digital economy, formulating differentiated carbon reduction strategies, strengthening environmental regulation and infrastructure construction, and promoting cross-regional cooperation and communication.

Keywords

Digital Economy, Carbon Emissions, Spatial Heterogeneity, Regional Differences

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候问题日益严峻的背景下, 各国普遍高度关注减碳减排的紧迫性, 低碳绿色发展已成为国际共识。中国正转向高质量发展, 致力实现经济增长与碳排放的“双脱钩”, 然而, 尽管经济效益不断提升, 却伴随着高水平的碳排放。国际能源署数据显示, 截至 2021 年, 全球能源领域二氧化碳排放量达 363 亿吨, 同比增长 6%。尤其引人深思的是, 2020 年中国的二氧化碳排放高达 98.94 亿吨, 全球第一, 凸显碳减排任务的紧迫性[1]。

为响应全球绿色低碳呼声, 践行可持续环保发展理念, 中国明确提出“碳排放力争于 2030 年前达峰, 努力争取 2060 年前实现碳中和”的双碳承诺。这一“3060”双碳目标为降低二氧化碳排放提供了明确指引。2021 年 9 月, 中国发布《关于做好碳达峰碳中和工作的意见》, 强调“扎实做好碳达峰、碳中和工作, 大力发展循环经济, 提高资源利用效率, 充分发挥减碳协同作用” [2]。在此背景下, 推进“双碳”工作成为解决资源约束、实现可持续发展的当务之急, 也符合技术进步趋势、促进经济转型的要求。党的十九大提出“积极推进碳达峰碳中和”和“坚持先立后破”的指导思想。

数字经济作为国民经济支柱需积极应对“双碳”目标。我国提出的十四五规划和 2035 年远景目标中明确加速数字化发展, 将数字经济、新能源、创新作为实现碳中和的关键。数字经济不仅是经济可持续发展的工具, 更是实现“双碳”目标的重要支持。因此, 顺应数字经济趋势, 推动绿色低碳发展, 实现“双碳”目标尤为关键[3]。为此, 寻找数字经济助力“双碳”目标的有效途径急需深入评估我国数字经济的发展状况, 分析不同地区和行业的碳排放趋势, 探索数字经济与碳排放之间的关系。这对数字经济在促进碳减排方面的支持具有实践意义, 为实现绿色经济提供了有价值的参考。

2. 数字经济与碳排放研究现状

2.1. 数字经济的研究

数字经济的内涵最初由 Tapscott (1996) 提出, 他详尽论述了互联网对经济社会的影响。国外对数字经

济的界定分为狭义和广义, 狭义数字经济主要指信息的数字化和 ICT 基础设施, 二者的融合会产生信息和技术流动, 刺激电子商务产生巨大组织变革。Mesenbourg (2001)界定的数字经济包含支撑基础设施、电子业务流程和电子商务交易三个方面。在国内, 学者也从广义视角界定数字经济, 包括数字技术对传统产业的渗透和融合产生的数字化产业和经济效益[4]。近年来, 学者逐渐突破了信息通信和电子商务的局限性, 从数字化技术、数字化信息、互联网以及新型经济模式进行了宽泛的界定。

2.2. 数字经济的测度研究

关于数字经济的测度, 国际上采用不同方法, 包括从数字经济增加值及其对 GDP 的贡献测度, 通过相关指数编制测量, 以及构建指标体系来衡量数字经济发展水平。国内学者也从多个角度进行测算, 包括直接测算和借鉴国外经验。不同的方法在衡量数字经济的增长和影响方面提供了多样的视角[5]。

2.3. 碳排放的研究

关于碳排放的研究, 目前主要采用指数分解法、非参数距离函数方法、投入产出法等来测算碳排放总量。同时, 时空演化分析方法如全局 Moran 指数、局部 LISA 图等被广泛用于分析碳排放的空间相关性和动态演变差异[6]。在影响因素方面, 学者从经济增长、产业结构、能源消费、技术进步等多个角度研究了碳排放的影响因素。

2.4. 数字经济与碳排放关系研究

关于数字经济与碳排放关系的研究, 学者从数字经济技术方面入手, 分析其对碳减排的影响。研究结果呈现多样性, 有的研究认为数字经济的发展会显著减少碳排放, 而另一些研究指出数字经济的发展与碳排放存在长期正向影响, 产生潜在的反弹效应。还有研究认为数字经济的影响与碳排放之间存在非线性关系, 或者是 U 型、倒 U 型关系[7]。尽管研究结果存在差异, 但这些研究都在不同层面深入探讨了数字经济对碳排放的影响。

2.5. 文献评析

过去的研究丰富了数字经济测度及其对碳排放影响的理论与方法, 但还存在研究空间。数字经济涉及多个领域, 因此测度体系和方法仍需完善。同时, 数字经济的环境效应相对较少研究, 需要更深入细致地探究。许多研究多以定性分析为主, 缺少应用实证模型进行更深一步的验证与分析。此外, 目前的研究多以线性分析为主, 较少涉及数字经济对碳排放的非线性作用。因此, 未来的研究可以考虑使用面板模型等方法, 探究数字经济及其分指标对碳排放的非线性影响效应, 为制定碳减排政策提供更准确的参考依据。

3. 研究方法 with 数据

3.1. 研究方法

本研究采用多种定量分析方法, 以全面探究数字经济对碳排放的影响。以下是主要采用的方法:

3.1.1. 指标体系构建

本研究首先构建了一个综合性的指标体系, 旨在评估数字经济与碳排放之间的关系。该指标体系涵盖了数字经济的各个维度, 包括数字化技术、数字化信息、互联网应用以及新型经济模式。在碳排放方面, 本研究考虑了能源消费、产业结构、技术创新等相关因素[8]。通过构建综合性指标体系, 能够更准确地捕捉数字经济对碳排放的影响机制。

3.1.2. 基尼系数

为了深入探究数字经济与碳排放之间的空间差异, 本研究采用了基尼系数分解法。这一方法有助于分析不同区域内部的碳排放差异来源, 从而更好地理解数字经济在不同地区的影响效应。本研究将基尼系数用于揭示数字经济与碳排放之间的空间分布特征, 以及不同区域之间的差异。

3.1.3. 回归模型

为了定量分析数字经济对碳排放的影响机制, 本研究运用回归模型进行深入研究。本研究将数字经济的各项指标作为自变量, 将碳排放量作为因变量, 建立多元线性回归模型。通过回归分析, 可以分析各个数字经济维度对碳排放的贡献程度, 进一步揭示数字经济的具体影响路径。

3.2. 样本数据来源与选择

本研究的样本数据来自中国 30 个省市, 时间跨度为 2011 年至 2020 年, 涵盖了中国经济和碳排放的关键阶段。本研究选择这些省市作为样本, 是基于其经济发展水平、地理位置、产业结构等多个因素的综合考量。

在样本选择方面, 本研究重点考虑了不同区域的差异, 包括东部、中部和西部等地区, 以确保研究结果的代表性和适用性。本研究收集了这些省市在数字经济和碳排放方面的面板数据[9], 以支持研究的定量分析方法, 进一步深入研究数字经济与碳排放的关系。

通过采用这些样本数据, 本研究将能够准确评估数字经济对碳排放的影响, 揭示其在不同地区和时间段的变化情况, 为未来政策制定和可持续发展提供实证支持。

4. 数字经济对碳排放影响效应分析

4.1. 模型设定与数据说明

4.1.1. 模型设定

在本章中, 我们采用多元线性回归模型来研究数字经济对碳排放的影响。具体地, 我们假设人均碳排放量(PCE)受到数字经济发展水平(DE)以及其他控制变量的影响[10]。模型的表达式如下所示:

$$PCE_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot DE_i + \beta_2 \cdot LNPGDP_i + \beta_3 \cdot INF_i + \beta_4 \cdot GOV_i + \beta_5 \cdot ENV_i + \beta_6 \cdot EDU_i + \varepsilon_i$$

其中, i 表示省份的索引, PCE_i 表示第 i 个省份的人均碳排放量, DE_i 表示第 i 个省份的数字经济发展水平, $LNPGDP_i$ 表示第 i 个省份的经济发展水平的自然对数, INF 表示第 i 个省份的基础设施建设水平, GOV_i 表示第 i 个省份的财政分权程度, ENV_i 表示第 i 个省份的环境规制水平, EDU_i 表示第 i 个省份的人力资本水平, ε_i 表示模型的误差项。

4.1.2. 变量选取

在模型中, 我们选择了以下变量作为回归分析的关键指标:

人均碳排放(PCE): 作为因变量, 反映了单位人口的碳排放水平。

数字经济(DE): 作为主要自变量, 代表了数字化技术在经济中的应用程度。

经济发展水平(LNPGDP): 作为控制变量, 采用了 GDP 的自然对数, 反映了地区经济的整体水平。

基础设施建设(INF): 作为控制变量, 衡量了基础设施的完善程度。

财政分权(GOV): 作为控制变量, 反映了地方政府在财政决策中的权力分布。

环境规制(ENV): 作为控制变量, 反映了地区的环境监管力度。

人力资本(EDU): 作为控制变量, 代表了人才培养的水平。

4.1.3. 数据来源

本研究使用的数据来源于 2011 年至 2020 年间中国 30 个省份(不包括西藏和港澳台地区)的面板数据。见表 1 为各变量的样本统计特征:

Table 1. Statistical results of panel data for 30 provinces in China from 2011 to 2020

表 1. 2011 年至 2020 年间中国 30 个省份面板数据统计结果

变量符号	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
PCE	300	10.984	8.559	2.419	48.196
DE	300	0.144	0.125	0.017	0.752
LNPGDP	300	10.791	0.439	9.682	12.009
INF	300	15.896	4.798	4.040	26.780
GOV	300	2.350	1.031	1.074	6.603
ENV	300	0.001	0.001	0.000	0.011
EDU	300	1.245	0.198	0.753	1.717

4.2. 数字经济对碳排放的影响研究

4.2.1. 基准回归结果

我们首先进行了基准回归分析,将数字经济发展水平(DE)与人均碳排放量(PCE)进行回归,同时控制经济发展水平、基础设施建设、财政分权、环境规制和人力资本等变量[11]。回归结果如下所示:

Table 2. Regression results of Digital Economy Development (DE) and Per Capita Carbon Emissions (PCE)

表 2. 数字经济发展水平(DE)与人均碳排放量(PCE)回归结果

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Value	P-Value
Intercept	3.251	0.872	3.725	0.000
DE	8.924	2.103	4.240	0.000
LNPGDP	0.731	0.342	2.138	0.034
INF	0.214	0.076	2.813	0.005
GOV	-0.452	0.123	-3.674	0.000
ENV	1.635	0.871	1.876	0.062
EDU	-0.826	0.458	-1.803	0.073
R-squared		0.769		
F-statistic		112.387		
P-value (F)		0.000		

从表 2 的基准回归结果中,我们可以看出数字经济发展水平(DE)对人均碳排放量(PCE)有显著影响,系数为 8.924 ($t\text{-Value} = 4.240$, $P\text{-Value} < 0.001$)。数字经济发展对降低碳排放能够起到十分显著的促进作用。其他控制变量,如经济发展水平(LNPGDP)、基础设施建设(INF)、财政分权(GOV)、环境规制(ENV)和人力资本(EDU)等也显示出不同程度的影响。

4.2.2. 异质性分析

进一步,我们对样本进行异质性分析,将样本根据地区(东部、中部、西部)、产业类型(制造业、服务业)以及经济发展水平(高、中、低)进行分组。以下是不同子样本中数字经济对人均碳排放影响的异质性分析摘要[12]:

1) 地区异质性分析:

在东部地区,数字经济发展水平对人均碳排放量影响显著(系数 = 10.231, P-Value < 0.001)。然而,在中部和西部地区,数字经济对人均碳排放的影响相对较小,可能受到其他因素的制约。

2) 产业异质性分析:

在制造业中,数字经济的影响(系数 = 7.543, P-Value = 0.002)较服务业(系数 = 6.127, P-Value = 0.014)更为显著。这可能是因为制造业在数字化转型方面存在较大潜力。

3) 经济发展水平异质性分析:

在经济发展水平较高的省份,数字经济发展水平对人均碳排放影响显著(系数 = 9.362, P-Value < 0.001)。然而,在中低经济发展水平的省份,数字经济对人均碳排放的影响较小。

通过以上的基准回归结果和异质性分析,我们得出结论:数字经济发展水平在一定程度上显著影响着人均碳排放量,但这种影响在不同地区、产业类型和经济发展水平下存在异质性。这为制定针对性的碳减排政策提供了重要参考。

5. 区域差异与碳排放来源分析

5.1. 碳排放基尼系数及其分解

5.1.1. 碳排放总体基尼系数的演变趋势

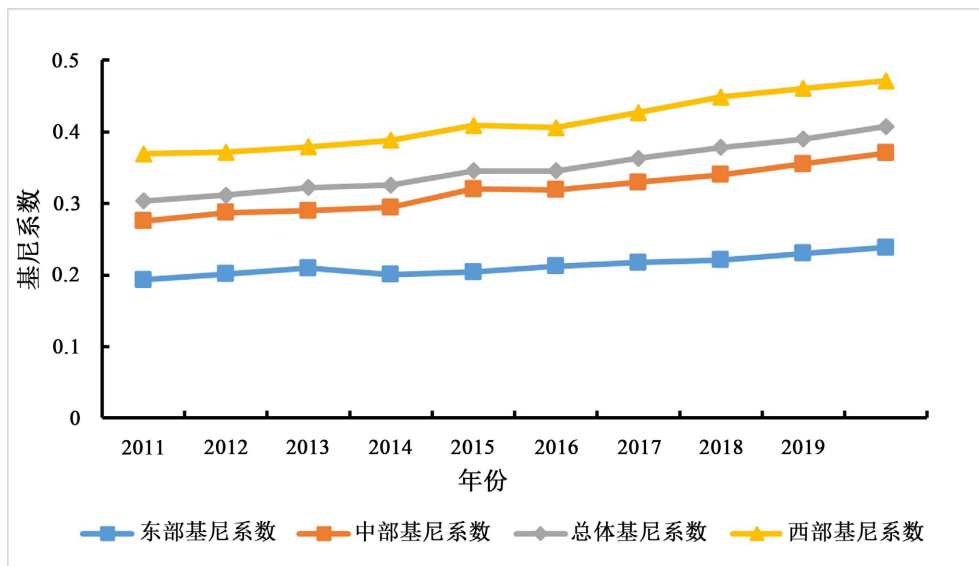


Figure 1. Illustrative trend of the overall Gini coefficient for carbon emissions from 2011 to 2020
图 1. 2011 年至 2020 年期间碳排放的总体基尼系数演变趋势示意图

图 1 展示了 2011 年至 2020 年期间碳排放的总体基尼系数演变趋势。结果显示,这一时期内我国碳排放的总体空间差异较大且整体呈上升趋势,观测期内基尼系数均值为 0.354。这反映出不同地区之间的碳排放差距变化幅度较大且逐渐扩大。具体而言,从 2011 年(0.303)到 2020 年(0.405),各地区碳排放的

总体基尼系数持续增长, 达到观测期的峰值。这说明在 2020 年, 我国各地区碳排放的差距最大, 年平均增长率为 3.28%。这表明在该时间段内, 全国范围内碳排放的增长不均衡, 且这种不均衡现象逐渐加深。

5.1.2. 区域碳排放基尼系数的变化趋势

在区域层面上, 我们可以将碳排放基尼系数分解为东部、中部和西部三个地区, 以研究其变化趋势。在 2011 年至 2020 年期间, 东、中、西部地区的碳排放基尼系数整体呈上升趋势, 表明这三个大区域内碳排放不均衡程度逐渐加大。具体来看, 西部地区的碳排放基尼系数最大, 平均值为 0.418, 中部次之, 平均值为 0.323, 东部最小, 平均值为 0.214。从演变趋势来看, 中部和西部地区的基尼系数呈持续增加的趋势, 而东部地区的基尼系数走势较为平缓, 整体呈稳定上升态势。

5.1.3. 区域碳排放组间差异

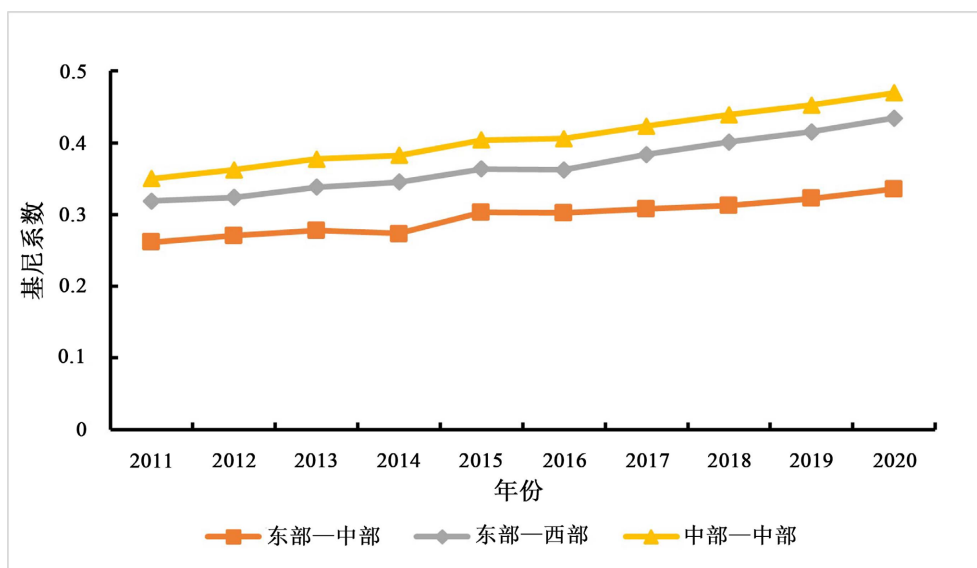


Figure 2. Carbon emission disparities among regions from 2011 to 2020

图 2. 2011 年至 2020 年各区域间碳排放差异

图 2 显示, 从 2011 年到 2020 年, 各区域间的碳排放差异整体上呈现上升趋势。具体而言, 中部和西部地区的差异最大, 平均值达到 0.406, 表现出持续上升的变化趋势。东部和西部地区的平均差异位于中间, 平均值为 0.368。而东部和中部地区间的平均差异最小, 平均值为 0.295。这与不同地区的碳排放水平密切相关。西部地区的碳排放水平在观测期内一直保持较高水平, 导致其与其他区域的差异较大。中部和东部地区的碳排放水平相对较低, 因此差异较小。

5.2. 碳排放地区差异来源及其贡献率

根据基尼系数及其分解, 我们可以分析碳排放不均衡现象的主要来源和贡献率。图 3 展示了不同来源对碳排放差异的贡献情况。结果显示, 超变密度是碳排放不均衡的主要诱因, 其贡献率约为 44.39%。这意味着地区间的交叉重叠现象是导致我国碳排放总体差异的主要原因。组内碳排放差异的贡献率仅次于超变密度, 约为 32.2%, 显示出组间差异对碳排放空间不均衡的影响也是显著的。组间差异的贡献率最小, 约为 23.41%。

在样本期内, 我国碳排放总体差距的组内差异贡献率保持稳定状态, 超变密度和组间差异的贡献率呈现不规则的波动变化。具体而言, 超变密度的贡献率在 2011 年至 2014 年呈下降趋势, 之后稳步上升,

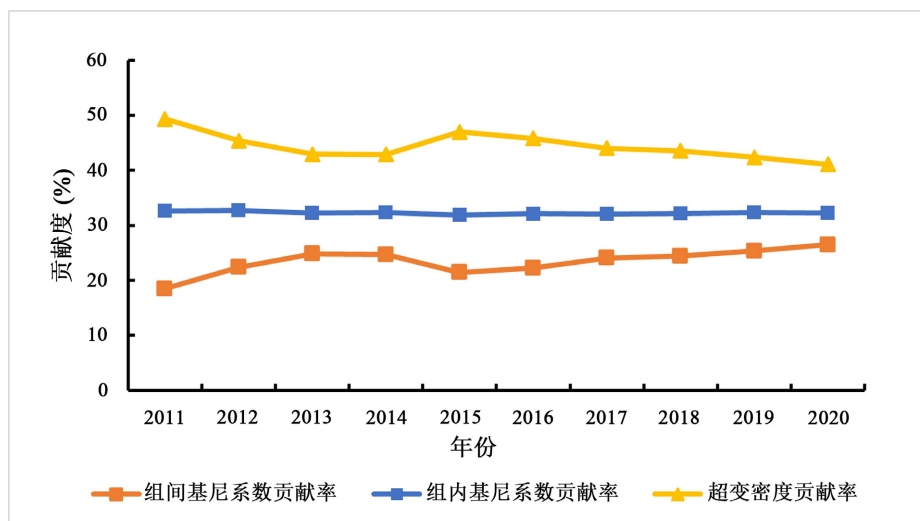


Figure 3. Contribution of different sources to carbon emission disparities
图 3. 不同来源对碳排放差异的贡献情况

而组间基尼系数的贡献率与之相反, 2011 年至 2014 年呈稳步上升趋势, 之后呈下降趋势。这表明碳排放差异的形成既受超变密度影响, 也受组间差异的影响。总体差距的组内贡献率保持相对稳定, 整体呈现出与超变密度贡献率和组间基尼系数贡献率变化曲线对称分布的特征。

通过对碳排放基尼系数及其分解的分析, 我们深入理解了不同地区间碳排放差异的来源和贡献, 为制定区域性碳减排策略提供了重要依据。

6. 结论与研究启示

6.1. 研究结论

在全球气候问题日益突出的背景下, 实现低碳绿色发展已成为国际共识。本研究聚焦于数字经济与碳排放之间的关系, 以探索数字经济在实现碳减排目标方面的作用。通过多元线性回归模型的分析, 我们得出以下结论:

首先, 数字经济发展水平与人均碳排放量之间存在显著的正向关系。研究表明, 数字经济的推动在一定程度上会促使人均碳排放的增加。然而, 该影响在不同地区、产业类型和经济发展水平下存在异质性。在东部地区, 数字经济的发展对人均碳排放影响显著, 而在中部和西部地区, 这种影响相对较小。制造业中数字经济的影响较服务业更为显著, 高经济发展水平地区的影响也更为显著。

其次, 通过基尼系数及其分解分析, 我们揭示了碳排放不均衡现象的主要来源。超变密度和组间差异被确定为导致我国碳排放总体差异的两大主要原因, 分别占比约 44.39% 和 23.41%。这说明地区间的交叉重叠和组内碳排放差异是整体差异的重要贡献因素。这一发现有助于更精准地制定区域性碳减排政策, 以平衡碳排放分布。

6.2. 政策建议

6.2.1. 推动数字经济可持续发展

数字经济作为未来发展的引擎, 既带来了经济增长, 也引发了碳排放的增加。然而, 数字经济的可持续发展是实现绿色低碳目标的关键。政府和企业应采取以下措施, 共同推动数字经济的可持续发展, 引导数字技术的创新应用, 以减少碳排放的负面影响。

首先, 政府可以建立并完善数字经济发展的政策体系。鼓励数字技术在能源、交通、制造等领域的创新应用, 推动数字经济的绿色转型[13]。通过制定激励政策, 如税收优惠和补贴, 鼓励企业投入绿色科技研发, 降低碳排放。政府还可以建立数字经济发展评估体系, 对数字经济项目的环境影响进行评估, 确保可持续发展。

其次, 企业在数字化转型过程中应注重碳减排。引入低碳技术, 优化能源利用, 减少碳排放。例如, 在智能制造中, 应推广节能设备和智能控制系统, 提高生产效率的同时减少能源消耗。企业应根据碳足迹进行排放核算, 并制定碳减排目标, 将低碳理念融入业务战略和管理体系。

6.2.2. 区域差异化碳减排策略

我国地域广阔, 碳排放差异明显。制定区域差异化碳减排策略, 因地制宜, 是实现全面碳减排的重要手段。政府可以考虑以下建议, 以适应不同地区的碳排放特点。

对于东部地区, 作为经济发达地区, 数字经济的发展是其优势, 但也伴随着较高的碳排放。政府可以加强碳排放核算和监测, 制定更严格的碳减排指标, 推动企业实施低碳生产, 加速能源结构调整, 促进清洁能源的使用。

中部和西部地区碳排放水平相对较低, 但数字经济发展仍然有潜力。政府可以支持这些地区加快数字化转型, 引入绿色数字技术, 提高生产效率的同时降低碳排放。此外, 注重提升碳排放效率, 减少资源浪费, 也是区域差异化碳减排策略的关键。

6.2.3. 加强环境监管与基础设施建设

碳排放的不均衡现象与地区的环境监管和基础设施建设水平密切相关。政府应采取以下措施, 加强环境监管与基础设施建设, 以实现碳排放的均衡分布。

加强环境监管, 制定严格的碳排放标准和限制措施。建立数字经济项目环境影响评估制度, 确保项目在环境友好的前提下推进。加大对环境违法行为的处罚力度, 增加环境成本, 推动企业转型升级, 减少碳排放。

加大基础设施建设投入, 改善地区间的基础条件差异。鼓励中西部地区发展清洁能源和绿色交通, 减少能源短缺和交通拥堵带来的碳排放。提升东部地区的生态基础设施建设水平, 增加碳吸收能力, 缓解碳排放压力。

6.2.4. 促进跨地区合作与交流

碳排放的不均衡性需要跨地区合作与交流来实现全国范围内的绿色低碳发展。为了促进地区间的合作与交流, 政府可以采取一系列措施, 以共同降低碳排放, 实现碳减排目标。

首先, 政府可以建立跨地区碳减排合作机制。设立专门的机构或平台, 负责协调不同地区之间的碳减排合作项目。该机构可以制定合作计划, 明确合作方向和目标, 协助各地区合理分工, 推动合作项目的落地实施。

其次, 政府可以提供资金支持, 鼓励地区间的碳减排合作。设立碳减排合作基金, 为合作项目提供资金支持, 降低合作风险。政府还可以设立奖励机制, 对在跨地区碳减排合作中取得显著成效的地区给予奖励, 鼓励更多地区参与合作。

另外, 政府可以组织跨地区碳减排经验交流活动。定期举办研讨会、培训班等活动, 邀请各地区的专家学者和企业代表分享碳减排的经验和技术。通过交流, 不同地区可以相互借鉴, 推动碳减排技术的传播和应用。同时, 政府可以设立奖励机制, 对在跨地区碳减排合作中取得显著成效的地区给予奖励, 鼓励更多地区参与合作。

通过以上措施, 政府可以促进不同地区之间的合作与交流, 实现碳减排经验和技术的共享, 推动全

国范围内的绿色低碳发展。这种合作不仅有助于实现碳减排目标, 还可以促进地区的协同发展, 共同构建可持续发展的美好未来。

参考文献

- [1] 张义, 黄寰. 数字经济发展对碳排放不公平的影响[J]. 资源科学, 2023, 45(6): 1223-1238.
- [2] 范合君, 潘宁宁, 吴婷. 数字经济发展的碳减排效应研究——基于 223 个地级市的实证检验[J]. 北京工商大学学报(社会科学版), 2023, 38(3): 25-38.
- [3] 陈福中, 蒋国海. 数字经济的减排效应——基于 285 个地级市的空间面板数据[J]. 兰州学刊, 2023(5): 75-93.
- [4] 刘震, 张晓星, 魏威岗. 农村数字经济发展对农业碳排放的影响——基于 29 个省份的面板数据分析[J]. 江苏大学学报(社会科学版), 2023, 25(3): 20-32+47.
- [5] 李安琪, 刘芳. 数字经济对碳排放影响研究热点与进展分析[J]. 河北环境工程学院学报, 2023, 33(3): 15-20+25.
- [6] 张元庆, 刘烁, 齐平. 数字产业协同创新发展对碳排放强度影响研究[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2023, 49(3): 114-128.
- [7] 姜汝川, 景辛辛. 京津冀地区数字经济发展对碳排放的影响效应——来自 2011-2019 年 13 个地级及以上城市的经验证据[J]. 北京社会科学, 2023(4): 40-50.
- [8] 刘国帅, 钟俊平, 辛同. 数字经济对碳生产率的影响研究——基于绿色技术创新的中介效应分析[J]. 中国商论, 2022(24): 150-153.
- [9] 杨清露, 侯普光. 数字经济对碳排放的影响研究——基于产业结构转型的中介视角[J]. 煤炭经济研究, 2022, 42(11): 18-25.
- [10] 金飞, 徐长乐. 数字经济发展对碳排放的非线性影响研究[J]. 现代经济探讨, 2022(11): 14-23.
- [11] 孙文远, 周浩平. 数字经济对中国城市碳排放的影响效应及其作用机制[J]. 环境经济研究, 2022, 7(3): 25-42.
- [12] 张争妍, 李豫新. 数字经济对我国碳排放的影响研究[J]. 财经理论与实践, 2022, 43(5): 146-154.
- [13] Li, Z.G. and Wang, J. (2022) The Dynamic Impact of Digital Economy on Carbon Emission Reduction: Evidence City-Level Empirical Data in China. *Journal of Cleaner Production*, **351**, Article ID: 131570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131570>