

长江经济带数字经济对碳排放的影响效应研究

——基于产业结构升级的中介效应

谢吉平, 张文娟*, 董宝中

云南师范大学经济学院, 云南 昆明

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月7日; 发布日期: 2025年6月12日

摘要

数字经济作为我国经济发展中最为活跃的领域, 是助推我国经济高质量发展的重要引擎。数字经济在推动经济创新发展的同时, 对低碳发展会产生怎样的影响。本文以长江经济带90个地级市的数据为研究样本, 探究长江经济带数字经济对碳排放的影响效应。实证结果表明, 长江经济带数字经济对碳排放的影响存在倒U型非线性关系, 并且数字经济会通过产业结构升级间接作用于碳排放, 在上中下游地区也存在异质性。基于以上结论, 长江经济带在发展数字经济时应加强在数字经济与绿色低碳发展方面的合作与协调, 共同推动区域绿色低碳转型, 同时也应注重实施差异化的政策引导, 促进碳减排目标的实现。

关键词

数字经济, 绿色低碳, 倒U型曲线

Study on the Influence Effect of Digital Economy on Carbon Emission in the Yangtze River Economic Belt

—Based on the Mediating Effect of Industrial Structure Upgrading

Jiping Xie, Wenjuan Zhang*, Baozhong Dong

School of Economics, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Received: Apr. 25th, 2025; accepted: May 7th, 2025; published: Jun. 12th, 2025

Abstract

The digital economy, as the most active area in China's economic development, is an important

*通讯作者。

文章引用: 谢吉平, 张文娟, 董宝中. 长江经济带数字经济对碳排放的影响效应研究[J]. 世界经济探索, 2025, 14(3): 452-462. DOI: 10.12677/wer.2025.143047

engine for fuelling the high-quality development of China's economy. What impact will the digital economy have on low carbon development while promoting economic innovation and development. This paper takes the data of 90 prefecture-level cities in the Yangtze River Economic Belt as a research sample to explore the effect of digital economy on carbon emissions in the Yangtze River Economic Belt. The empirical results show that there is an inverted U-shaped non-linear relationship between the impact of the digital economy on carbon emissions in the Yangtze River Economic Belt, and that the digital economy will have an indirect effect on carbon emissions through the industrial structure upgrading, and there is also heterogeneity in the upstream, midstream and downstream regions. Based on the above conclusions, the Yangtze River Economic Belt should strengthen the cooperation and coordination between the digital economy and green low-carbon development when developing the digital economy, and jointly promote the regional green low-carbon transformation, and also focus on the implementation of differentiated policy guidance to promote the achievement of carbon emission reduction goals.

Keywords

Digital Economy, Green Low-Carbon, Inverted U-Shaped Curve

Copyright © 2025 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

在全球经济格局深刻变革与气候变化挑战日益严峻的背景下，探讨如何平衡经济发展与环境保护，实现绿色低碳转型，已成为全球共识与紧迫任务。长江经济带，作为中国经济发展的重要战略支撑区域，其经济发展模式与碳排放状况不仅关乎国家整体经济结构的优化与升级，更直接影响到全球气候变化治理的成效与未来。近年来，随着信息技术的飞速发展和广泛应用，数字经济作为一种新兴经济形态，正以前所未有的速度和规模改变着传统经济结构与生产方式，为长江经济带的绿色发展提供了新的契机与挑战。长江经济带横跨我国东、中、西三大区域，拥有丰富的自然资源和庞大的经济总量，但同时也面临着产业结构偏重、能源消费结构单一、环境污染严重等问题。特别是随着工业化、城市化的快速推进，能源消耗持续增长，碳排放量居高不下，给区域乃至全国的生态环境带来了巨大压力。因此，如何在保持经济稳定增长的同时，有效控制碳排放，实现绿色低碳发展，成为长江经济带亟待解决的重要课题。

数字经济以其独特的创新性和高效性，为长江经济带的碳排放治理提供了新的思路与路径。一方面，数字经济通过推动技术创新和产业升级，促进能源利用效率的提升和能源结构的优化，从而降低碳排放强度；另一方面，数字经济还通过促进信息交流与资源共享，提高资源配置效率，减少资源浪费和环境污染。此外，数字经济还催生了一批低碳、环保的新兴产业，如智能制造、绿色能源、智能交通等，为长江经济带的绿色低碳转型注入了新的动力。

然而，数字经济对碳排放的影响并非单一线性的，而是呈现出复杂多变的特征。在数字经济发展的不同阶段，其对碳排放的影响效应可能存在显著差异。初期阶段，由于数字经济基础设施建设、新技术研发与应用等需要大量能源投入，可能会间接导致碳排放量的增加；但随着数字经济的深入发展，其节能减排效应逐渐显现，对碳排放的抑制作用也日益增强。因此，深入研究长江经济带数字经济对碳排放的影响效应，对于准确把握数字经济与碳排放之间的内在联系，制定科学合理的政策措施，具有重要的理论意义和实践价值。

本研究旨在通过构建科学合理的分析框架,运用定量与定性相结合的研究方法,全面系统地探讨长江经济带数字经济对碳排放的影响效应。具体而言,本研究首先梳理了数字经济与碳排放的相关理论基础与文献综述,明确研究背景与当前的研究成果,然后基于长江经济带的数据资料,构建数字经济与碳排放的计量经济模型,实证分析数字经济对碳排放的影响程度与方向。在对实证结果进行分析后,提出针对性的政策建议与未来研究方向。通过本研究,期望能够为长江经济带的绿色低碳转型及经济高质量发展提供有力的理论支撑与实践指导,为构建人与自然和谐共生的现代化经济体系贡献力量。

2. 文献综述

“双碳”目标下,如何有效减少碳排放受到了社会各界的广泛关注。为寻找碳减排的突破口,学者们致力于分析碳排放的影响因素,从而探析减排的关键路径。当前关于碳排放影响因素的研究很多,可归纳为以下四个角度:从能源结构、能源强度、能源消费、能源利用效率等能源因素角度;从经济发展水平、城市化水平、人口规模、贸易开放度等宏观因素角度;从产业结构、行业效率、减排政策等中观因素角度;从劳动生产率、企业技术创新、互联网使用等微观因素角度。相关研究主要聚焦能源等角度对碳排放影响因素的分解,而从数字经济等视角对碳排放影响因素的研究还相对较少。相关研究主要聚焦能源等角度对碳排放影响因素的分解,而从数字经济等视角对碳排放影响因素的研究还相对较少。

在已有的研究中,数字经济发展对碳排放的影响是多样复杂的。有的研究认为数字经济对碳排放有抑制作用。徐维祥等(2022) [1]在研究数字经济发展对城市碳排放效应的空间效应时,认为数字产业发展、数字创新能力以及数字普惠金融对碳排放均有抑制作用。黎新伍等(2022) [2]认为数字经济可以促进产业优化升级,从而能够抑制碳排放量。郭丰等(2022) [3]在探究数字经济、绿色技术创新与碳排放时,认为无论是通过绿色发明专利的申请数,还是通过绿色发明专利的授权数,数字经济对城市绿色创新水平的提升均具有显著的促进作用,而通过绿色创新水平的提升可以对碳排放起到抑制作用。杨昕,赵守国(2022) [4]认为数字经济不仅对本地区的碳排放具有抑制作用,同时还能够降低邻近地区的碳排放量。Li Z, Wang J (2022) [5]认为数字经济可以通过直接效应和间接效应两种方式降低碳排放,而直接效应的作用相对于间接效应会更加显著。还有研究认为数字经济对碳排放具有促进作用。Salahuddin M, Alam K (2015) [6]认为数字经济发展可能因为其对电力能源消耗量的快速增加而加剧碳排放。杨莉莎等(2019) [7]认为在技术进步的同时,可能会带来额外的能源消耗以及碳排放。此外,还有研究认为数字经济对碳排放的影响不仅仅是单纯的促进或者抑制,二者之间存在着非线性关系。Han D 等(2022) [8]认为随着数字经济的发展水平的提高,其对碳排放的抑制作用会更加明显。此外,部分学者发现,数字经济与碳排放之间的影响效应存在异质性[9]-[12]。这种异质性体现在不同的地区、行业 and 不同数字经济增长阶段,这也反映出数字经济与碳排放之间的关系具有复杂性和多样性。

综合来看,国内外学者已经从多个角度出发,对数字经济和碳排放之间的关系进行了深入细致的研究,但研究结论尚未达成一致,主要可以分为“赋能论”及“回弹论”。“赋能论”认为数字经济通过结构优化、技术创新和空间协同,对碳排放存在抑制作用。并且该方面的研究大多是在全国范围内展开的。而“回弹论”则认为数字经济对碳排放的回弹效应,即数字经济可能通过能源需求增长部分抵消减排效果。本文在已有研究的基础上,选择长江经济带作为研究对象,长江经济带横跨中国东、中、西部,是中国经济的重要支撑带。其经济发展水平、产业结构、能源消费模式等在全国具有相当的代表性,能够较好地反映中国经济发展的整体趋势和特点。且长江经济带内的多个省市在数字经济发展方面取得了显著成就,形成了较为完善的数字经济生态体系。此外,长江经济带内部各省市在经济发展水平、产业结构、能源消费等方面存在显著差异。这种差异性为研究提供了丰富的样本,可以更加全面地探讨数字经济对碳排放的影响路径和效果。

3. 理论分析与研究假设

在数字经济初期发展阶段，其通过技术创新、产业融合等方式，能够显著促进长江经济带的经济增长。一方面，沿江高校、科研院所和高新技术企业的协同创新加速了科技成果转化，推动产业链向高端化、智能化升级；另一方面，区域内的产业融合催生了新业态、新模式，优化了资源配置效率。这种“技术突破-产业协同-集群发展”的路径，使得长江经济带的经济向高质量发展。而经济增长往往伴随着能源消费的增加，特别是在工业化、城市化快速推进的背景下，能源需求激增，进而会导致碳排放量的上升。数字经济作为新兴动力源，虽然在一定程度上提高了能源利用效率，但其对经济增长的推动作用在初期阶段可能更为显著，从而可能间接导致碳排放量的增加。此外数字经济的发展离不开完善的基础设施支撑，包括信息网络、数据中心、智能设备等。这些基础设施的建设和运营需要大量的能源投入，尤其是在数字经济快速发展的初期阶段，基础设施建设规模迅速扩大，能源消费和碳排放量也随之增加。在数字经济推动传统产业转型升级的过程中，短期内可能会出现“新旧并存”的现象。传统产业尚未完全实现绿色化、低碳化改造，而数字经济带来的新技术、新业态、新模式尚处于推广应用阶段，因此会使得整体碳排放水平可能仍呈上升趋势。在该阶段，数字经济对碳排放的抑制作用低于其促进作用，整体而言数字经济对长江经济带的碳排放具有促进作用。

随着数字经济的深入发展，其强大的创新驱动能力和资源优化配置效应逐渐显现。通过大数据分析、云计算、物联网等技术的应用，可以实现能源生产、传输、分配和使用的智能化管理，提高能源利用效率，减少能源浪费。同时，数字经济还促进了可再生能源的开发和利用，推动能源结构向低碳、清洁方向转变，从而能够有效抑制碳排放。数字经济还可以通过促进高新技术产业、现代服务业等低碳产业的发展，推动传统产业转型升级，降低高能耗、高排放行业的比重。这种产业结构的变化在一定程度上也有助于减少碳排放强度。此外，政府在推动数字经济发展过程中，往往会出台一系列支持绿色低碳发展的政策措施，如税收优惠、资金补贴等，激励企业和个人采用低碳技术和产品。同时，数字经济还促进了绿色低碳技术的研发和应用，如智能电网、电动汽车、绿色建筑等，这些技术的应用可能会进一步降低碳排放水平。在该阶段，数字经济得到了进一步的发展，其对碳排放的抑制作用超过促进作用，最终数字经济会抑制长江经济带的碳排放。

综合而言，在数字经济初期发展阶段，由于其带动经济增长、基础设施建设需求以及产业转型的过渡期等因素，可能会间接导致碳排放量的增加。然而，随着数字经济的深入发展，其能源结构优化、产业结构升级以及政策引导与技术创新等效应逐渐显现，对碳排放产生显著的抑制作用。由此可提出假设：长江经济带数字经济对碳排放的影响呈现出先促进后抑制的倒U型非线性关系。

此外，在数字经济发展初期，技术渗透和产业融合首先推动传统高耗能产业规模扩张，导致能源消费和碳排放增加；但随着数字经济的深入发展，其通过智能化改造、生产性服务业占比提升以及新兴产业的培育，逐步推动产业结构向高技术、低能耗方向转型。这一过程降低了单位GDP的能源强度，使经济增长与碳排放逐步脱钩。由此可提出假设：数字经济通过产业结构升级作用于碳排放。

4. 数据来源、模型设定与变量测度

4.1. 数据来源与描述性统计

在研究长江经济带数字经济对碳排放的影响效应时，在剔除了数据缺失严重的地级市后，选取了长江经济带90个地级市作为研究样本，时间跨度为2011年至2019年，对于90个地级市中的几个缺失数据，使用了线性插值的方法进行了补齐。数据来源于《中国城市统计年鉴》、各地级市统计年鉴以及CEADs碳核算数据库。数据的描述性统计见表1。

Table 1. Results of descriptive statistics**表 1.** 描述性统计结果

变量名称	变量符号	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
碳排放	lncdc	810	3.224	0.925	-0.528	5.466
数字经济	dig	810	0.117	0.0686	0.0300	0.420
数字经济平方项	dig ²	810	0.0183	0.0256	0.000900	0.176
产业结构	is	810	0.410	0.0922	0.207	0.727
城镇化水平	ul	810	0.564	0.120	0.234	0.896
经济发展水平	gdp	810	10.78	0.566	9.219	12.20
政府干预程度	gov	810	0.181	0.0657	0.0760	0.675

4.2. 模型设定

为定量分析数字经济对碳排放的影响效应，借鉴缪陆军等(2022) [13]的做法，在线性模型的基础上，加入了数字经济的平方项，由于碳排放的数据波动较大，因此对其采取对数的处理方式，回归模型如下：

$$\ln cdc_{it} = \beta_0 + \beta_1 dig_{it} + \beta_2 dig_{it}^2 + \beta_n x_{it} + \theta_i + \mu_t + e_{it} \quad (1)$$

上式(1)中， $\ln cdc_{it}$ 表示碳排放量的对数，是被解释变量； dig_{it} 为数字经济指数， dig_{it}^2 为数字经济指数的平方项，二者作为自变量， x_{it} 是模型中的控制变量； θ_i 是省份固定效应； μ_t 是年份固定效应； e_{it} 为随机扰动项。

4.3. 变量测度与说明

1) 被解释变量：碳排放。碳排放的数据来源于 CEADs 碳核算数据库，由于该数据库中长江经济带部分地级市的数据缺失较多，因此在收集过程中删除了该部分地区，最终选取了长江经济带 90 个地级市的数据，针对该地级市中几个缺失数据采用线性插值法进行了补齐。

2) 解释变量：数字经济。借鉴赵涛等(2020) [14]的方法，在考量数字经济综合发展水平时，以互联网发展作为核心测度指标，并融入数字金融普惠的维度，同时，鉴于城市层面相关数据的可获取性，构建了涵盖互联网发展以及数字金融普惠两个方面的评估体系，以此对数字经济的整体发展水平进行量化评估。在对城市层面的互联网发展进行测度时，借鉴了黄慧群等(2019) [15]的做法，选用了互联网普及率、相关从业人员情况、相关产出情况和移动电话普及率四个指标，上述四个指标对应的内容包括百人中互联网宽带接入用户数、计算机服务和软件业从业人员占城镇单位从业人员比重、人均电信业务总量和百人中移动电话用户数。在测度数字金融发展水平时，采用了由北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团合作编制的中国数字普惠金融指数。最后运用主成分分析法，对上述五个指标的相关数据标准化，然后进行降维处理，最终得到了数字经济的综合发展指数。

3) 中介变量：产业结构升级(is)。借鉴郭丰等(2023) [16]的做法，以第三产业增加值与第二产业的增加值的比值来衡量产业结构。

4) 控制变量：① 城镇化水平(il)。使用城镇常住人口与总常住人口的比值来衡量。② 经济发展水平(gdp)。利用人均地区生产总值来衡量。③ 政府干预程度(gov)。采用政府财政一般支出与地区生产总值的比值来衡量。

5. 实证分析

5.1. 基准回归结果

Table 2. Benchmark regression and nonlinear regression results

表 2. 基准回归与非线性回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnede	lnede	lnede	lnede
dig	1.247 (0.924)	3.034*** (1.095)	3.262*** (1.101)	3.100*** (1.055)
dig ²		-5.828*** (2.214)	-6.561*** (2.155)	-6.130*** (2.073)
is	-0.188 (0.638)	-1.114** (0.557)	-1.244** (0.543)	-1.044* (0.529)
ul	-0.675 (0.659)		-0.861 (0.589)	-1.229** (0.503)
gov	-0.742 (1.013)			-0.654* (0.367)
gdp	0.399 (0.277)			0.282** (0.120)
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES	YES
N	810.000	810.000	810.000	810.000
r ² _a	0.947	0.941	0.942	0.943

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, 括号内为标准误。

基准回归结果见表 2, 列(1)为加入控制变量, 以及固定地区和时间效应后, 只将数字经济的一次项作为自变量进行回归的结果, 发现数字经济的一次项对碳排放的回归结果为 1.247, 但是该结果并不显著, 说明数字经济对碳排放的影响可能是正向的, 但是二者之间的线性关系并未得到模型上的证实。为此, 在模型中加入数字经济的平方项进行回归, 列(2)~(4)为逐个加入控制变量的回归结果, 在加入所有控制变量后, 得到的回归结果如列(4)所示。回归结果显示一次项系数为 3.10, 在 1%的水平下显著, 表明数字经济发展水平每提高一个单位, 会促进碳排放量增加 3.1%; 二次项系数为-6.13, 同样在 1%的水平下显著, 回归结果显示长江经济带 90 个城市的数字经济发展与碳排放之间存在倒 U 型关系。这也证实了前文提出的假设, 即数字经济发展初期由于基础设施建设和经济增长的需要, 会促进碳排放; 但随着技术的不断创新、产业结构的优化升级以及政策引导和监管的加强, 数字经济将逐渐转向抑制碳排放的方向。

在控制变量中, 产业结构的回归系数为负, 且在 10%的水平下显著, 说明产业结构的优化升级会抑制碳排放, 原因在于产业结构优化升级通过推动低能耗产业发展、提高能源利用效率、促进清洁能源和低碳技术应用以及引导经济高质量发展等多种途径, 有效抑制了碳排放; 城镇化水平的回归系数为负, 且在 5%的水平下显著, 说明城镇化水平越高, 碳排放量就越低, 城镇化水平能够通过促进资源集聚、技术进步、基础设施完善以及政策引导和居民意识提升等多方面因素的综合作用, 对碳排放产生抑制作用;

政府干预程度的回归系数为负，在 10%的水平下显著，说明政府干预程度对碳排放量起到抑制作用，政府干预程度会抑制碳排放，可能时通过监管执法、市场机制与资源配置等多方面的综合作用来实现的，这些措施共同促进了低碳经济的发展和碳排放的减少；经济发展水平的回归系数在 5%的水平下显著为正，说明经济发展水平对碳排放有促进作用，原因可能在于经济发展水平的提高会促进工业化进程、能源需求增长、消费模式变化以及基础设施建设等多个方面，这些因素共同作用导致了碳排放量的增加。

5.2. 稳健性检验

为了检验研究的稳定性，通过对数据进行上下 1%的缩尾处理、替换解释变量以及缩短样本周期的方法，对前文的研究结果进行了稳健性检验。检验结果见表 3。

Table 3. Robustness test results

表 3. 稳健性检验结果

	(1)	(2)	(3)
	缩尾处理 lncde	替换解释变量 lncde	缩短样本周期 lncde
dig	3.097*** (1.091)	21.450** (10.155)	4.987*** (1.811)
dig ²	-6.394*** (2.376)	-16.289** (7.749)	-9.854*** (3.230)
is	-0.943* (0.540)	-0.917 (0.553)	-0.369 (0.607)
ul	-0.935* (0.477)	-0.937* (0.488)	-0.709 (0.617)
gdp	0.211* (0.123)	0.218* (0.123)	0.465* (0.273)
gov	-0.717 (0.697)	-0.752 (0.699)	-0.546 (1.029)
时间固定效应	YES	YES	YES
省份固定效应	YES	YES	YES
N	810.000	810.000	450.000
r ² _a	0.945	0.944	0.948

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ，括号内为标准误。

1) **缩尾处理。**表 3 (1)列为对数据进行上下 1%的缩尾处理，将得到的数据作为新样本进行回归，得到的结果中数字经济及其平方项依旧是在 1%的水平下显著，且系数符号未变，系数大小也基本保持不变，说明基准结论具有良好的稳健性。

2) **替换解释变量。**表 3 (2)列为替换数字经济的度量方式重新进行回归的结果，通过替换解释变量，可以排除由于度量方式差异而导致的偶然性结论，从而增强研究结论的可靠性和普适性。回归结果中数字经济及其平方项的系数符号未变，且在 5%的水平下显著，证明基准结论是稳健的。

3) **缩短样本周期。**为了验证在较短的时间内结论是否成立，表 3 中(3)列选择了各地级市近五年的数

据作为新样本，在缩短时间样本的同时，保持分析模型、解释变量和被解释变量不变，从而确保了检验的一致性和可比性。根据表中结果显示，缩短时间样本后，数字经济及其平方项的显著性水平未发生变化，符号未改变，即前述基准结论具有良好的稳健性。

5.3. 异质性检验

Table 4. Results of heterogeneity analysis

表 4. 异质性分析结果

	上游	中游	下游
	lnede	lnede	lnede
dig	4.052* (2.209)	5.320 (3.228)	1.773* (0.956)
dig ²	-7.443 (6.504)	-11.902 (9.736)	-4.313** (1.724)
is	-1.760** (0.805)	-0.910 (1.012)	-0.559 (0.367)
ul	-3.964*** (0.910)	-0.979 (0.762)	0.287 (0.403)
gdp	-0.023 (0.236)	0.736** (0.304)	0.118 (0.097)
gov	-0.793** (0.393)	-2.589** (1.310)	-0.822* (0.440)
N	153.000	288.000	369.000
r2_a	0.949	0.866	0.978

注：* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ ，括号内为标准误。

通过前述分析，总效应结果显示数字经济对碳排放的影响呈现出先促进后抑制的“倒U型”趋势。进一步分析上中下游的异质性，由表4可得，上游地区数字经济对碳排放的直接影响相对较弱，一次项系数为4.052，在10%的水平上显著，但二次项不显著，表明上游地区数字经济尚处于发展初期，其减排效应尚未充分显现。这可能与上游地区经济基础相对薄弱、数字经济基础设施建设滞后有关，未来需加强政策引导与投入，促进数字经济与绿色低碳技术的深度融合。中游地区则表现出数字经济对碳排放影响的模糊性，一次项和二次项系数均不显著，可能反映了该区域数字经济发展与碳排放之间关系的复杂性，既受到产业结构、能源结构等多重因素的制约，也需考虑数字经济在该区域的渗透程度与实际应用效果。因此，中游地区需进一步探索适合自身特点的数字经济与低碳发展路径。下游地区则呈现出显著的“倒U型”关系，与总效应一致，且二次项系数在更高显著性水平下为负，说明下游地区数字经济发展已步入成熟阶段，其对碳排放的抑制作用明显。这得益于下游地区强大的经济基础、完善的数字经济基础设施以及先进的绿色低碳技术，为数字经济推动碳排放减少提供了有力支撑。下游地区的成功经验可为其他区域提供宝贵借鉴。

6. 机制检验

如表5所示，产业结构升级在数字经济与碳排放之间起到部分中介作用。数字经济通过推动产业结

构升级, 间接减少碳排放, 但并非唯一路径, 数字经济还可能通过其他途径影响碳排放。数字经济对产业结构的影响呈倒 U 型, 意味着数字经济对碳排放的间接影响也呈现类似趋势。初期, 数字经济通过优化产业结构显著减少碳排放, 但随着数字经济发展到一定水平, 其对碳排放的间接影响减弱。

Table 5. Results of the mediation effect test

表 5. 中介效应检验结果

变量	Is	Incde
	产业结构	
is		-0.357* (0.198)
dig	1.479** (0.676)	0.076*** (0.024)
dig ²	-4.356*** (1.395)	-0.010* (0.006)
控制变量	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes
省份固定效应	Yes	Yes
N	810.000	810.000
adj. R ²	0.920	0.945

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, 括号内为标准误。

7. 结论与政策建议

7.1. 研究结论

通过收集长江经济带 90 个城市的面板数据, 运用固定效应模型进行实证检验, 根据前文的实证检验结果, 可以得到以下主要结论。第一, 长江经济带数字经济对碳排放的影响并不是一成不变的, 而是呈现出先促进后抑制的倒 U 型非线性关系, 其可能的原因在于在数字经济发展的初期, 由于数字基础设施基础设施建设等需要大量的能源消耗, 因此其发挥的抑制作用低于促进作用, 整体来看数字经济会对长江经济带的碳排放起到促进作用, 而当数字经济经过深入的发展, 其会促进能源结构向低碳、清洁的方向转变, 同时会带动高新技术产业的发展, 使得其对碳排放的抑制作用加强, 最终降低碳排放量。上述结论经过了一系列稳健性检验, 可以证明模型及结论的可靠性。第二, 通过对长江经济带的上中下游地区进行异质性分析, 发现数字经济对长江经济带上中下游城市的影响作用是不同的, 上游地区由于数字经济发展尚处于初级阶段, 因此数字经济对碳排放的呈现促进作用; 中游地区数字经济与碳排放之间则呈现出较为复杂的关系; 下游地区回归结果与总效应相同, 二者之间存在倒 U 型关系。

7.2. 政策建议

基于上述实证检验结果, 针对长江经济带数字经济对碳排放的影响, 可以提出以下政策建议。

第一, 针对长江经济带上中下游地区数字经济发展的不同阶段和特征, 应实施差异化的政策引导。上游地区应加大数字经济基础设施建设投入, 促进数字经济快速发展, 同时注重绿色低碳技术的研发与应用, 以减少数字经济发展初期的碳排放增长。中游地区则需深入探索数字经济与碳排放之间的复杂关

系,通过政策调控和市场机制引导,实现数字经济与低碳环保的协调发展。下游地区则应充分利用其数字经济先发优势,进一步推动产业升级和能源结构优化,加速实现碳排放的拐点,发挥其在长江经济带绿色低碳转型中的引领作用。

第二,建立健全碳排放监管体系,加强对长江经济带各城市碳排放的监测、报告和核查工作,确保数据的准确性和及时性。同时,完善碳排放权交易市场和绿色金融体系,通过市场机制激励企业减少碳排放,推动绿色低碳转型。此外,还应加大对节能减排项目的支持力度,引导社会资本向绿色低碳领域倾斜。

第三,长江经济带各城市应加强在数字经济与绿色低碳发展方面的合作与协调,共同推动区域绿色低碳转型。上游地区可以重点发展绿色数据中心、数字生态监测,探索生态产品价值实现;中游地区着力推动数字农业、智慧长江航运,加强工业数字化转型与减污降碳协同;下游地区则聚焦数字金融、国际碳市场链接,引领高端绿色技术创新。此外,还可以整合高校、科研机构和企业资源,重点突破碳捕集、智慧能源存储等关键技术。

第四,鼓励和支持数字经济与绿色低碳产业的深度融合,依托数字经济优势,培育和发展新能源、节能环保、绿色制造等新兴绿色低碳产业。形成数字经济引领下的绿色低碳产业体系。通过政策激励和资金支持,引导企业加大在绿色低碳技术领域的研发投入,提高能源利用效率,降低碳排放强度。此外,也要支持建设数字经济与绿色低碳产业融合的创新平台,为技术创新和成果转化提供有力支撑。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 黎新伍,黎宁,谢云飞. 数字经济、制造业集聚与碳生产率[J]. 中南财经政法大学学报, 2022(6): 131-145.
- [3] 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, 51(3): 45-60.
- [4] 杨昕,赵守国. 数字经济赋能区域绿色发展的低碳减排效应[J]. 经济与管理研究, 2022, 43(12): 85-100.
- [5] Li, Z. 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>
- [6] Salahuddin, M. and Alam, K. (2015) Internet Usage, Electricity Consumption and Economic Growth in Australia: A Time Series Evidence. *Telematics and Informatics*, **32**, 862-878. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2015.04.011>
- [7] 杨莉莎,朱俊鹏,贾智杰. 中国碳减排实现的影响因素和当前挑战——基于技术进步的视角[J]. 经济研究, 2019(11): 118-132.
- [8] Han, D., Ding, Y., Shi, Z. and He, Y. (2022) The Impact of Digital Economy on Total Factor Carbon Productivity: The Threshold Effect of Technology Accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, **29**, 55691-55706. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19721-x>
- [9] 冯兰刚,阳文丽,王忠,等. 中国数字经济与城市碳排放强度: 时空演化与作用机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(1): 150-160.
- [10] 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.
- [11] Yi, M., Liu, Y., Sheng, M.S. and Wen, L. (2022) Effects of Digital Economy on Carbon Emission Reduction: New Evidence from China. *Energy Policy*, **171**, Article ID: 113271. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113271>
- [12] Pan, W., Tu, H., Hu, C. and Pan, W. (2020) Driving Forces of China's Multisector CO₂ Emissions: A Log-Mean Divisia Index Decomposition. *Environmental Science and Pollution Research*, **27**, 23550-23564. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08490-0>
- [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] 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.
- [15] 黄群慧,余泳泽,张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8): 5-

23.

- [16] 郭丰, 任毅. 数字经济如何赋能城市绿色全要素生产率?——基于数字技术创新与产业结构升级视角[J]. 环境经济研究, 2023, 8(4): 74-94.