

# 数字鸿沟对中国式现代化的影响研究

## ——基于绿色科技创新视角

张正荣<sup>1,2</sup>, 梅可<sup>1</sup>, 高枫<sup>1</sup>, 魏吉<sup>3</sup>

(1. 浙江理工大学 经济与管理学院, 杭州 310018; 2. 浙江树人学院 数字经济与  
中国式现代化研究院, 杭州 310015; 3. 浙江金融职业学院 国际商学院, 杭州 310018)

**摘要:**基于2011—2021年中国277个地级及以上城市的面板数据,实证考察了绿色科技创新缓解数字鸿沟对中国式现代化负面影响的作用机制和空间溢出效应。结果表明:(1)数字鸿沟显著抑制我国城市中国式现代化发展,而绿色科技创新能够缓解其抑制效应;(2)空间溢出模型分析显示:数字鸿沟不仅会抑制本地区现代化进程,并对周边地区产生负面传递效应;(3)数字鸿沟的抑制效应具有空间异质性:数字鸿沟对不同区域均有抑制效应,其效应在东部地区较强,中西部地区相对较弱,体现了不同发展阶段的差异,同样数字鸿沟的负面效应也随城市规模的变大而加强,体现出数字技术的规模特性。

**关键词:**数字鸿沟;中国式现代化;绿色科技创新;空间溢出效应

**DOI:**10.13956/j.ss.1001-8409.2025.06.09

**中图分类号:**F49

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-8409(2025)06-0061-08

## Impact of Digital Divide on Chinese Modernization: Based on Green Science and Technology Innovation Perspective

ZHANG Zheng-rong<sup>1,2</sup>, MEI Ke<sup>1</sup>, GAO Feng<sup>1</sup>, WEI Ji<sup>3</sup>

(1. School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018;

2. Institute of Digital Economy and Chinese-style Modernization (IDECM), Zhejiang Shuren University, Hangzhou 310015;

3. International Business School, Zhejiang Financial College, Hangzhou 310018)

**Abstract:**Based on the panel data of 277 cities at and above the prefecture level in China from 2011 to 2021, this paper empirically examines the mechanism and spatial spillover effect of green technology innovation to alleviate the negative impact of the digital divide on Chinese Modernization. The results show that: (1) The digital divide significantly inhibits the development of Chinese Modernization in China's cities, and green technology innovation can alleviate its inhibition effect. (2) The analysis of the spatial spillover model shows that the digital divide will not only inhibit the modernization process of the region but also have a negative transmission effect on the surrounding areas. (3) The inhibition effect of the digital divide is spatially heterogeneous: the digital divide has an inhibiting effect on different regions, and its effect is stronger in the eastern region and relatively small in the central and western regions, reflecting the differences in different stages of development, and the negative effect of the digital divide is also strengthened with the increase in the scale of the city, reflecting the scale characteristics of digital technology.

**Key words:**digital divide; Chinese modernization; green technology innovation; spatial spillover effects

### 引言

在21世纪的信息化浪潮中,数字鸿沟问题日益凸显,成为全球关注的焦点。数字化是培育新质生产力的重要引擎,为实现中国式现代化提供助力<sup>[1]</sup>。随着环境保护意识的增强和绿色技术的进步,在数字技术驱动经济高质量发展、推动产业结构转型升级的同时,由信息

技术的普及差距引发的数字鸿沟同样不容忽视。

数字鸿沟指的是在获取和利用信息通信技术(ICT)方面存在的差异,这种差异不仅体现在个体之间,也存在于不同地区、国家乃至全球范围内<sup>[2]</sup>。随着中国经济的快速发展和科技的不断进步,中国式现代化建设正面临着数字鸿沟带来的挑战。一方面,数字技术的广泛应

收稿日期:2024-04-10

基金项目:国家社会科学基金项目(24BJY032);教育部人文社会科学基金项目(23A10338009);浙江省哲学社会科学规划项目(23NDJC140YB)

作者简介:张正荣(1978—),男,浙江新昌人,博士、教授,研究方向为数字经济与跨境电子商务(通讯作者);梅可(2000—),女,安徽滁州人,硕士研究生,研究方向产业经济与数字经济;高枫(1996—),男,山东济南人,硕士研究生,研究方向数字经济;魏吉(1990—),女,浙江湖州人,硕士研究生,研究方向为数字贸易。

用推动了经济的高速增长,提高了社会运行效率;另一方面,数字鸿沟的存在加剧了社会分层,不仅影响了信息资源的公平分配和有效利用,还对社会公平和生态文明建设产生了负面影响。在此背景下,绿色科技创新作为实现可持续发展的重要途径,为中国式现代化提供了新的增长动力和发展方向,其与数字鸿沟、中国式现代化之间的关系亟待深入探讨。现有研究大多数集中于数字鸿沟对经济收入<sup>[3]</sup>以及绿色科技创新对环境改善<sup>[4]</sup>和经济发展的影响<sup>[5]</sup>,而关于其对中国式现代化的具体影响以及绿色科技创新在缩小数字鸿沟、促进社会公平和生态文明建设的文献较少。

综上,本文的边际贡献主要在于:第一,在研究视角上,以城市层面为研究对象,探究数字鸿沟对中国式现代化的作用机制与空间效应,补充了相关文献研究的空白;第二,在研究内容上,将数字鸿沟和中国式现代化纳入一个研究框架,并从绿色科技创新角度分析了数字鸿沟影响中国式现代化的内在机理,丰富了传导机制方面的研究;第三,在研究方法上,使用不同矩阵的空间杜宾模型检验数字鸿沟影响中国式现代化的溢出效应以及从地理位置和城市规模的角度考察异质性影响,为政府制定差异化政策提供参考。

## 1 理论分析与研究假设

### 1.1 数字鸿沟对中国式现代化的影响

数字鸿沟是指数字技术发展过程中出现的信息技术获取和利用上的差异和不平等现象<sup>[6,7]</sup>,其对中国式现代化的影响是多维度的<sup>[8]</sup>。基于此,本文从中国式现代化的经济、社会、城乡、生态及精神这5个重要组成部分进行分析。首先,在经济发展视角下,数字鸿沟降低资源配置效率,制约创新驱动,影响经济增长和产业转型<sup>[9,10]</sup>。数字技术是促进产业升级和提升生产力的关键,但鸿沟的存在限制了其效益的最大化<sup>[2]</sup>。社会进程方面,数字鸿沟加深社会分层,损害社会流动性与公平性。信息技术获取的不均衡导致部分群体无法充分参与数字经济,减少教育与就业机会,加剧社会不公。城乡差异中,数字鸿沟尤为显著<sup>[9,11]</sup>。城市得益于完善的基础设施和教育资源,数字技术水平较高;农村则因基础设施和教育资源不足,面临更严重的数字鸿沟问题,制约了其经济发展和居民享受现代服务的能力。生态文明建设方面,数字技术的应用对环境保护和资源管理至关重要,但数字鸿沟可能阻碍这些技术在生态敏感和资源短缺地区的有效应用<sup>[10]</sup>。精神文明建设同样受到影响,数字技术为文化传承与创新提供新途径,但数字鸿沟可能导致文化资源分配不均,威胁文化多样性和文明交流。因此,提出如下假设:

H1:数字鸿沟会抑制中国式现代化水平提升。

### 1.2 绿色科技创新的中介效应

绿色科技创新在中国式现代化进程中发挥重要的传导机制,它不仅直接推动了生态文明建设,还通过促进经济结构的优化和提升社会整体福祉,间接地影响了数字鸿沟的弥合<sup>[5]</sup>。具体而言,绿色科技创新通过引入清洁能源、节能减排技术、循环经济模式等,有效降低了产业对环境的负面影响,提高了资源利用效率,这为经济的可持续发展奠定了坚实基础<sup>[4]</sup>。同时,绿色科技创新还带动了新兴产业的发展,如电动汽车、可再生能源设备制造等,这些产业往往伴随着高度数字化的特征,要求相关企业和劳动力具备一定的数字技能。绿色科技创新能推动数字技术的应用和数字素养的提升,从而有助于缩小数字鸿沟。此外,绿色科技创新还能够提高公众对环境保护的认识和参与度<sup>[12]</sup>,通过数字化平台和工具如环境监测应用、在线教育等,公众可以更加便捷地获取环境信息,参与环境保护活动,这不仅增强了社会的环保意识,也促进了数字技术的普及和应用<sup>[13]</sup>。综上,绿色科技创新在中国式现代化中起到了桥梁和催化剂的作用,不仅直接促进了环境的改善和经济的绿色转型,还间接地推动了数字鸿沟的缩小,加速了社会整体向数字化、智能化转型的步伐。因此,提出如下假设:

H2:绿色科技创新能缓解数字鸿沟对中国式现代化的抑制作用。

### 1.3 数字鸿沟对中国式现代化的空间溢出效应

数字鸿沟作为信息化时代的一个重要特征,其高渗透性和广辐射性特征在中国式现代化过程中存在空间效应<sup>[14,15]</sup>。数字技术的高渗透性使得经济活动、社会服务和文化信息在发达地区的传播速度快、覆盖广,而广辐射性使得空间效应能够跨越地理界限,对周边地区产生影响。然而,由于数字鸿沟的存在,这种辐射效应在传递过程中可能会受到阻碍,导致信息和技术的扩散不充分,从而影响欠发达地区的发展进程,尤其是在城市与农村、东部沿海与中西部地区之间<sup>[11]</sup>。区域发展不平衡,使得资源配置效率低下,创新潜力未能充分发挥,经济增长潜力受限。发达地区的企业和居民能够利用数字技术提高生产效率、拓宽市场、提升生活质量,而欠发达地区则因基础设施薄弱、数字技能缺乏而难以享受到这些优势。这种溢出效应说明,一个区域的数字鸿沟问题不仅局限于该区域内部,还可能波及周边地区,从而影响更广泛的社会经济结构和现代化进程。因此,提出如下假设:

H3:数字鸿沟对中国式现代化水平存在空间溢出效应。

2 研究设计与数据选择

2.1 模型设定

本文构建了以下双向固定效应面板数据模型,验证 H1:

$$CM_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DigDQ_{it} + \alpha_2 X_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中, $i$  代表地区; $t$  代表年份; $CM$  代表中国式现代化水平; $DigDQ$  代表数字鸿沟; $X$  代表控制变量; $\delta$  表示个体固定; $\mu$  表示时间固定; $\varepsilon$  表示随机扰动项。

根据前文研究假设可知,数字鸿沟可能通过绿色专利申请总量( $Gpt$ )和绿色专利授权总量( $Gpq$ )影响中国式现代化, $M$  表示中介变量。据此本文建立如下中介效应模型:

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 DigDQ_{it} + \beta_2 X_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$CM_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DigDQ_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 X_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

为讨论数字鸿沟对中国式现代化的空间溢出效应,构建空间杜宾模型(SDM),如下:

$$CM_{it} = \alpha_0 + \rho WCM_{it} + \alpha_1 DigDQ_{it} + \theta_1 WDigDQ_{it} + \alpha_2 X_{it} + \theta_2 WK_{it} + \delta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, $\rho$  代表空间自相关系数, $W$  为空间权重矩阵,本文采用地理距离和经济距离权重矩阵。

2.2 变量说明

2.2.1 被解释变量

本文从经济、社会、城乡、生态、精神 5 个维度,参考已有研究<sup>[17]</sup>并结合相关数据,选取 24 个代表性指标构建中国式现代化水平的测度体系,详细指标体系及说明如表 1 所示,计算得到中国式现代化指数  $CM$ 。

2.2.2 解释变量

数字鸿沟测度指标体系在借鉴国内外文献<sup>[15,17,18]</sup>的基础上,从数字通信技术使用、数字通信技术技能、数字通信技术产出和数字金融普惠 4 个维度以及数据的可得性,建立详细指标体系及说明如表 2 所示。由于数字鸿沟是一种差距,采用现有研究改进的区位熵法<sup>[15,18]</sup>,用各城市数字技术发展水平与全国平均水平作比较得到  $DigDQ$  来测度城市的数字鸿沟,公式如下:

$$DigDQ_i = \frac{DigD_i}{DigD} = \frac{\sum_{j=1}^m q_{ij}}{\sum_{j=1}^m Q_j} \quad (5)$$

式(5)中: $q_{ij}$  为第  $i$  个城市第  $j$  项二级指标值(表 2), $Q_j$  为中国第  $j$  项二级指标值。其中, $i = 1, \dots, n$ ;  $j = 1, \dots, m$ 。 $n$  取 277 个城市, $m$  取 4 项二级指标。 $DigDQ_i$  为第  $i$  个城市的数字技术发展指数区位熵。

2.2.3 控制变量

在考察数字鸿沟对中国式现代化的影响时,控制了以下变量,包括:政府干预程度( $Gov$ )<sup>[5]</sup>,按照政府财政一般

支出与各城市 GDP 的比值表示;人口规模( $Ps$ ),使用各城市年末总人口取对数;外贸依存度( $Fdi$ ),利用外商直接投资占 GDP 的比重衡量;城市收入水平( $Inc$ ),使用城市在岗职工平均工资的对数衡量;金融发展水平( $Fin$ )<sup>[19]</sup>,使用城市年末金融机构贷款余额与 GDP 之比表示。

表 1 中国式现代化评价指标

| 一级指标        | 二级指标   | 基础指标          | 属性 |
|-------------|--------|---------------|----|
| 经济发展<br>现代化 | 经济发展   | 人均 GDP        | 正  |
|             |        | 经济聚集水平        | 正  |
|             | 经济结构   | 第三产业占比        | 正  |
|             |        | 产业升级          | 正  |
|             | 市场规模   | ln 社会消费品零售总额  | 正  |
|             | 市场开放度  | ln 实际利用外资额    | 正  |
| 社会进程<br>现代化 | 教育水平   | 教育支出/财政支出     | 正  |
|             | 医疗基础   | 医师数/总人口       | 正  |
|             | 居民生活水平 | 社会消费品零售总额/GDP | 正  |
|             |        | 固定资产投资/GDP    | 正  |
|             | 基础设施建设 | 政府效能          | 正  |
|             | 城镇化    | 城镇化率          | 正  |
| 城乡共融<br>现代化 | 城乡收入   | 城镇居民人均可支配收入   | 正  |
|             |        | 农村居民人均可支配收入   | 正  |
|             | 城乡差距   | 城乡收入比         | 逆  |
|             |        | 城乡消费比         | 逆  |
|             | 污染排放   | 工业废水排放量       | 逆  |
|             |        | 工业二氧化硫排放量     | 逆  |
| 生态文明<br>现代化 | 污染处理   | 工业烟粉尘排放量      | 逆  |
|             |        | 城市污水处理率       | 正  |
|             | 绿化水平   | 生活垃圾无害化处理率    | 正  |
|             |        | 城市绿化率         | 正  |
| 精神文明<br>现代化 | 科技发展   | 科学技术支出占财政支出比例 | 正  |
|             | 文化作品   | 人均公共图书馆藏量     | 正  |

表 2 数字鸿沟评价指标

| 一级指标         | 二级指标     | 基础指标     | 属性 |
|--------------|----------|----------|----|
| 数字通信<br>技术发展 | 数字通信技术使用 | 人均互联网接入数 | 正  |
|              | 数字通信技术技能 | 高等教育普及率  | 正  |
|              | 数字通信技术产出 | 人均电信业务总量 | 正  |
|              | 数字金融普惠   | 数字金融普惠发展 | 正  |

2.2.4 中介变量

本文借鉴以往的研究<sup>[4,12]</sup>,采用绿色专利申请总量表示绿色创新数量( $Gpt$ ),采用绿色发明专利申请总量表示绿色创新质量( $Gpq$ ),为了减少数据过大产生对回归的影响将其进行标准化。表 3 列出了各变量的描述性统计。

2.3 样本与数据说明

为了保证样本数据的连续性和可得性,结合行政区划调整和数据缺失的情况,本文选取了 2011—2021 年



277 个地级及以上城市的观测值作为实证研究的样本。本文研究数据来自《中国统计年鉴》、EPS 数据库以及各省市的统计年鉴和统计公报。数字普惠金融指数来源于北京大学互联网金融研究中心<sup>[20]</sup>。

表 3 变量描述性统计

| 类别     | Variable | N    | Mean   | p50    | SD    | Min   | Max   |
|--------|----------|------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 被解释变量  | CM       | 3047 | 0.123  | 0.110  | 0.059 | 0.028 | 0.720 |
| 核心解释变量 | DigDQ    | 3047 | 1.000  | 0.856  | 0.543 | 0.128 | 4.373 |
|        | Gov      | 3047 | 0.200  | 0.175  | 0.099 | 0.044 | 0.916 |
|        | Ps       | 3047 | 5.913  | 5.946  | 0.680 | 2.970 | 8.136 |
| 控制变量   | Fdi      | 3047 | 0.017  | 0.012  | 0.019 | 0.000 | 0.229 |
|        | Inc      | 3047 | 10.960 | 10.960 | 0.347 | 8.509 | 12.21 |
|        | Fin      | 3047 | 1.050  | 0.876  | 0.616 | 0.132 | 7.450 |
| 中介变量   | Gpt      | 3047 | 0.023  | 0.005  | 0.067 | 0.000 | 1.000 |
|        | Gpq      | 3047 | 0.023  | 0.005  | 0.064 | 0.000 | 1.000 |

### 3 实证分析

#### 3.1 基础回归

依据式(1),可验证数字鸿沟发展是否会阻碍区域中国式现代化进程,表 4 报告了数字鸿沟发展对区域中国式现代化的估计结果。出于稳健性考虑,本文采用递进式的回归范式。其中列(1)为仅加入数字鸿沟指数且控制双向固定效应后,数字鸿沟对中国式现代化的影响。列(2)为在列(1)基础上加入控制变量后的回归结果,本文将以此结果作为最终的解释。回归结果显示,

表 4 基础回归结果

|                | (1)                   | (2)                   |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| DigDQ          | -0.013 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) |
| Gov            |                       | -0.078 ***<br>(0.007) |
| Ps             |                       | 0.018 **<br>(0.009)   |
| Fdi            |                       | 0.227 ***<br>(0.041)  |
| Inc            |                       | 0.008 **<br>(0.004)   |
| Fin            |                       | 0.000<br>(0.001)      |
| cons           | 0.279 ***<br>(0.004)  | 0.064<br>(0.078)      |
| controls       | Yes                   | Yes                   |
| city           | Yes                   | Yes                   |
| year           | Yes                   | Yes                   |
| N              | 3047                  | 3047                  |
| R <sup>2</sup> | 0.900                 | 0.903                 |

注:\*\*\*、\*\*和\*表示 1%、5%和 10%水平上显著;括号内为标准误;下同

数字鸿沟的回归系数为-0.013,且在 1%的置信水平上显著为负。同时可以看出,加入控制变量后,数字鸿沟的回归结果与不加入控制变量的回归结果仅出现系数上的差异,说明本文的回归结果是稳健的。上述结果表明,数字鸿沟会显著抑制中国式现代化的进程,本文的 H1 得以验证。

#### 3.2 稳健性检验

##### 3.2.1 核心解释变量滞后一期

考虑数字鸿沟对中国式现代化的影响可能存在时滞性,将数字鸿沟指数滞后一期进行回归,结果如表 5 所示,数字鸿沟回归系数在 1%水平上负向显著,证明了 H1 成立。

##### 3.2.2 将变量进行缩尾处理

对原始数据进行 1%和 99%的缩尾处理,以剔除极端值对回归结果的影响。如表 5 列(2)所示,各个变量的系数和显著性均未发生明显变化,验证了 H1 的稳健性。

##### 3.2.3 剔除直辖市

由于北京、天津、上海和重庆 4 个直辖市无论是在数字技术、经济发展、政策支持等方面,都较一般城市更有优势,剔除这 4 个城市样本的干扰进行稳健性检验,结果系数与基础回归结果符号一致,并且在 1%水平上显著。

##### 3.2.4 替换数字鸿沟和中国式现代化指数

为进一步解释实证结果的稳健性,替换不同的数字鸿沟指数来进行实证检验,分别将数字鸿沟指数和中国式现代化指数取对数进行回归,表 5 列(4)得到回归结果,结果系数与基础回归结果符号一致,并且在 1%水平上显著。

表 5 稳健性检验

|                | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | 滞后一期                  | 缩尾                    | 剔除直辖市                 | 取对数                   |
| L. DigDQ       | -0.013 ***<br>(0.002) |                       |                       |                       |
| DigDQ          |                       | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) |                       |
| lnDigDQ        |                       |                       |                       | -0.018 ***<br>(0.004) |
| cons           | 0.153 *<br>(0.083)    | 0.172 ***<br>(0.059)  | -0.080<br>(0.074)     | 0.075<br>(0.062)      |
| controls       | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| city           | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| year           | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| N              | 2770                  | 3047                  | 3003                  | 3047                  |
| R <sup>2</sup> | 0.905                 | 0.946                 | 0.896                 | 0.919                 |

3.2.5 内生性检验

探讨数字鸿沟对中国式现代化的影响时,为解决可能存在的逆向因果关系和测量偏误问题。本文选取地形起伏度和城市与最近沿海港口距离作为外生地理因素,构建了两个工具变量:IV1(地形起伏度与互联网宽带接入端口数对数的交互项)和 IV2(城市到最近沿海港口距离与互联网宽带接入端口数对数的交互项)。这些工具变量的相关性体现在地形起伏度影响数字基础设施建设成本,而沿海港口的邻近性促进数字化发展。外生性则基于这些地理因素与地区现代化发展的低关联度。工具变量法的回归分析显示,IV1 和 IV2 对数字鸿沟有显著影响,并通过相关检验,证实了工具变量的合理性。第二阶段结果表明,数字鸿沟对中国式现代化的影响显著为负,验证了研究结论的稳健性。

表 6 内生性检验

|                | IV 1                 |                       | IV 2                 |                      |
|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                | (1)                  | (2)                   | (1)                  | (2)                  |
|                | 第一阶段                 | 第二阶段                  | 第一阶段                 | 第二阶段                 |
| DigDQ          |                      | -0.051 ***<br>(0.012) |                      | -0.039 **<br>(0.018) |
| IV             | 0.136 ***<br>(0.024) |                       | 0.001 ***<br>(0.000) |                      |
| controls       | Yes                  | Yes                   | Yes                  | Yes                  |
| city           | Yes                  | Yes                   | Yes                  | Yes                  |
| year           | Yes                  | Yes                   | Yes                  | Yes                  |
| N              | 3036                 | 3036                  | 2948                 | 2948                 |
| R <sup>2</sup> | 0.885                | 0.888                 | 0.895                | 0.905                |
| 不可识别检验         | 31.403 ***           |                       | 38.801 ***           |                      |
| 弱工具变量检验        | 30.771 ***           |                       | 35.531 ***           |                      |
| 过度识别检验         | 17.575 ***           |                       | 2.840 *              |                      |

3.3 中介效应分析

在理论分析的基础上,通过实证分析探讨了绿色科技创新在缓解数字鸿沟对中国式现代化制约作用中的中介效应。研究采用了分步验证法,为解决统计检验中介效应时存在的局限性<sup>[21]</sup>,并用 Sobel 方法加强中介效应的统计检验,结果详见表 7。

表 7 列(1)、列(2)显示,数字鸿沟指数对绿色专利申请的数量和质量有显著负影响,抑制了绿色科技创新,支持 H2。进一步回归分析(表 7 列(3)和列(4))发现,绿色科技创新的中介变量系数为正且显著,DigDQ 的系数虽仍为负,但有所减小,表明绿色科技创新能减轻数字鸿沟的负面影响,间接促进中国式现代化,支持 H2 后半部分。Sobel 检验显示中介效应显著,P 值小于 0.01,中介效应在总效应中的占比分别为 42.6% 和 37.1%,证实了绿色科技创新在缓解数字鸿沟对中国式

现代化影响中的重要作用。

表 7 中介效应检验结果

|                | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | 数字鸿沟与中介变量             |                       | 中介变量与中国式现代化           |                       |
| DigDQ          | -0.059 ***<br>(0.006) | -0.055 ***<br>(0.006) | -0.007 ***<br>(0.002) | -0.008 ***<br>(0.002) |
| Gpt            |                       |                       | 0.089 ***<br>(0.014)  |                       |
| Gpq            |                       |                       |                       | 0.081 ***<br>(0.012)  |
| cons           | -0.437<br>(0.270)     | -0.674 **<br>(0.311)  | 0.103<br>(0.066)      | 0.119 *<br>(0.066)    |
| controls       | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| city           | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| year           | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| N              | 3047                  | 3047                  | 3047                  | 3047                  |
| R <sup>2</sup> | 0.823                 | 0.791                 | 0.905                 | 0.905                 |

4 进一步分析

4.1 全局莫兰指数

本文采用全局莫兰指数来考察变量的空间自相关性,计算公式如式(6)所示,采用地理距离空间权重矩阵,对中国式现代化和数字鸿沟的全局莫兰指数进行检验,结果如表 8 所示。2011—2021 年中国式现代化和数字鸿沟的全局莫兰指数均通过了显著性检验且为正数,说明各城市之间的中国式现代化与数字鸿沟具有显著的正相关性,建立空间计量模型进行分析是合理的。

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X}) (X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (6)$$

式(6)中, $X_i$ 、 $X_j$  为 i、j 城市的变量样本值, $\bar{X}$  为均值, $W_{ij}$  为空间权重矩阵, $n=277$ , $S^2$  为 X 的方差。

表 8 全局自相关检验

| 中国式现代化 |           |        | 数字鸿沟 |           |       |
|--------|-----------|--------|------|-----------|-------|
| 年份     | Moran's I | Z 值    | 年份   | Moran's I | Z 值   |
| 2011   | 0.461 *** | 15.343 | 2011 | 0.256 *** | 8.595 |
| 2012   | 0.469 *** | 15.609 | 2012 | 0.262 *** | 8.797 |
| 2013   | 0.471 *** | 15.700 | 2013 | 0.260 *** | 8.744 |
| 2014   | 0.452 *** | 15.030 | 2014 | 0.272 *** | 9.116 |
| 2015   | 0.466 *** | 15.500 | 2015 | 0.250 *** | 8.403 |
| 2016   | 0.408 *** | 13.585 | 2016 | 0.245 *** | 8.248 |
| 2017   | 0.416 *** | 13.854 | 2017 | 0.233 *** | 7.842 |
| 2018   | 0.368 *** | 12.355 | 2018 | 0.216 *** | 7.282 |
| 2019   | 0.341 *** | 11.518 | 2019 | 0.188 *** | 6.343 |
| 2020   | 0.300 *** | 10.277 | 2020 | 0.208 *** | 7.026 |
| 2021   | 0.303 *** | 10.402 | 2021 | 0.193 *** | 6.526 |

## 4.2 空间计量模型选择

在进行空间面板模型回归之前,要基于普通面板回归模型,借鉴 Elhorst<sup>[22]</sup> 依次采用 LM 检验、Hausman 检验、LR 检验和 Wald 检验来对空间计量模型的选择问题进行判断。基于以上检验结果,本文选择双重固定效应的空间杜宾模型展开研究,检验结果如表 9 所示。

表 9 SDM 模型检验结果

| 检验      | 模型     | 统计值         | P 值   |
|---------|--------|-------------|-------|
| LM 检验   | 空间误差   | 917.785 *** | 0.000 |
|         | 空间滞后   | 149.043 *** | 0.000 |
|         | 个体固定效应 | 19.71 **    | 0.032 |
|         | 时间固定效应 | 3772.60 *** | 0.000 |
| LR 检验   | 空间误差   | 27.27 ***   | 0.000 |
|         | 空间滞后   | 21.70 ***   | 0.001 |
| Wald 检验 | 空间误差   | 27.43 ***   | 0.000 |
|         | 空间滞后   | 21.64 ***   | 0.001 |

## 4.3 空间溢出效应分析

根据表 10 的分析结果得出,在空间杜宾模型中,数字鸿沟对中国式现代化水平呈现出显著的负面影响。此外,模型还揭示了相邻地区之间数字鸿沟对中国式现代化水平存在相互影响的反馈机制。在回归中,数字鸿沟的系数显著且为负,这表明数字鸿沟确实对中国式现代化进程构成了阻碍。同时,空间滞后项的系数也显著为负,进一步说明了相邻地区数字鸿沟的扩大会减缓中国式现代化的发展步伐。

表 10 空间杜宾模型

| 变量        | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 模型设定      | SAR                   |                       | SDM                   |                       |
| 空间矩阵类型    | 地理距离                  | 经济距离                  | 地理距离                  | 经济距离                  |
| DigDQ     | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.011 ***<br>(0.002) |
| W × DigDQ |                       |                       | -0.074 ***<br>(0.025) | -0.011 **<br>(0.005)  |
| controls  | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| city      | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| year      | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   |
| N         | 3047                  | 3047                  | 3047                  | 3047                  |
| Log - L   | 8047.777              | 8038.646              | 8058.628              | 8051.813              |

## 4.4 空间溢出效应分解

表 11 展示了数字鸿沟指数对中国式现代化的空间溢出效应的详细分解。分析结果显示,无论是直接影响还是间接影响,数字鸿沟指数对中国式现代化的影响都在 1% 或 5% 的显著性水平上为负,这表明数字鸿沟的存在不仅对本地区现代化产生负面影响,也对周边地区

构成了阻碍。其中,直接效应和间接效应的系数分别为 -0.012、-0.143。说明数字鸿沟作为数字经济发展中的一个障碍,不仅阻碍了信息流通,还限制了数字资源的有效整合和规模经济的形成,从而影响了传统经济的转型升级和新动能的产生,进而减缓了中国式现代化的整体进程。

表 11 空间溢出效应

| 变量     | (1)   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|--------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 模型设定   | SAR   |                       | SDM                   |                       |
| 空间矩阵类型 | 地理距离  | 经济距离                  | 地理距离                  | 经济距离                  |
| 直接效应   | DigDQ | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) |
|        | Gov   | -0.073 ***<br>(0.010) | -0.079 ***<br>(0.010) | -0.066 ***<br>(0.012) |
|        | Ps    | 0.016 **<br>(0.007)   | 0.018 ***<br>(0.007)  | 0.012 *<br>(0.007)    |
|        | Fdi   | 0.221 ***<br>(0.029)  | 0.228 ***<br>(0.029)  | 0.215 ***<br>(0.029)  |
|        | Inc   | 0.008 **<br>(0.004)   | 0.008 **<br>(0.004)   | 0.009 **<br>(0.004)   |
|        | Fin   | 0.000<br>(0.001)      | 0.000<br>(0.001)      | 0.001<br>(0.001)      |
|        | DigDQ | -0.015 *<br>(0.009)   | -0.001<br>(0.001)     | -0.143 **<br>(0.059)  |
|        | Gov   | -0.094 *<br>(0.053)   | -0.004<br>(0.004)     | -0.346 *<br>(0.201)   |
|        | Ps    | 0.021<br>(0.015)      | 0.001<br>(0.001)      | 0.007<br>(0.123)      |
|        | Fdi   | 0.284 *<br>(0.167)    | 0.013<br>(0.010)      | 1.378 **<br>(0.687)   |
|        | Inc   | 0.010<br>(0.008)      | 0.000<br>(0.000)      | -0.163 **<br>(0.080)  |
|        | Fin   | 0.001<br>(0.002)      | 0.000<br>(0.000)      | 0.006<br>(0.034)      |
| 间接效应   | DigDQ | -0.027 ***<br>(0.009) | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.155 ***<br>(0.059) |
|        | Gov   | -0.167 ***<br>(0.055) | -0.083 ***<br>(0.011) | -0.411 **<br>(0.199)  |
|        | Ps    | 0.037 *<br>(0.019)    | 0.019 ***<br>(0.007)  | 0.018<br>(0.123)      |
|        | Fdi   | 0.506 ***<br>(0.175)  | 0.241 ***<br>(0.032)  | 1.593 **<br>(0.686)   |
|        | Inc   | 0.018<br>(0.011)      | 0.009 **<br>(0.004)   | -0.154 *<br>(0.080)   |
|        | Fin   | 0.001<br>(0.003)      | 0.000<br>(0.001)      | 0.006<br>(0.034)      |
| 总效应    | DigDQ | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) | -0.012 ***<br>(0.002) |
|        | Gov   | -0.073 ***<br>(0.010) | -0.079 ***<br>(0.010) | -0.066 ***<br>(0.012) |
|        | Ps    | 0.016 **<br>(0.007)   | 0.018 ***<br>(0.007)  | 0.012 *<br>(0.007)    |
|        | Fdi   | 0.221 ***<br>(0.029)  | 0.228 ***<br>(0.029)  | 0.215 ***<br>(0.029)  |
|        | Inc   | 0.008 **<br>(0.004)   | 0.008 **<br>(0.004)   | 0.009 **<br>(0.004)   |
|        | Fin   | 0.000<br>(0.001)      | 0.000<br>(0.001)      | 0.001<br>(0.001)      |

4.5 异质性分析

4.5.1 区域异质性分析

为深度探究数字鸿沟对中国式现代化水平影响的区域异质性。除了将城市按照传统的区域划分外,本文还参考已有研究的通用做法<sup>[23]</sup>,将城市划分为超大型城市(7 座)、特大型城市(14 座)、I 型大城市(14 座)、II 型大城市(66 座)和中小城市(176 座)。

在不同区域,数字鸿沟对中国式现代化指数均具有显著的负向作用,且东部和东北地区系数较大。可能由于东部和东北地区数字技术发展较好,最先开始产业结构优化与数字教育转型,与其他地区差距较大。西部地区数字鸿沟对中国式现代化的影响系数为正,且不显著,通过分析认为,在西部地区,数字通信技术发展相对迟缓且水平偏低,同时西部地区资源转化能力和社会经济发展环境相对较差。

表 12 数字鸿沟与中国式现代化的区域异质性

| 变量             | (1)<br>东部             | (2)<br>中部             | (3)<br>西部         | (4)<br>东北             |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| DigDQ          | -0.020 ***<br>(0.004) | -0.014 ***<br>(0.003) | 0.003<br>(0.002)  | -0.016 ***<br>(0.004) |
| cons           | 0.466<br>(0.337)      | 0.115<br>(0.089)      | -0.006<br>(0.063) | -0.091<br>(0.119)     |
| controls       | Yes                   | Yes                   | Yes               | Yes                   |
| city           | Yes                   | Yes                   | Yes               | Yes                   |
| year           | Yes                   | Yes                   | Yes               | Yes                   |
| N              | 946                   | 880                   | 880               | 341                   |
| R <sup>2</sup> | 0.854                 | 0.927                 | 0.936             | 0.948                 |

4.5.2 城市类型异质性分析

表 13 的回归分析结果得出,数字鸿沟对于不同规模等级城市的中国式现代化影响存在显著差异。具体分析,数字鸿沟在超大型大城市、II 型大城市以及中小城市的模型中对应的系数显著为负,表明数字鸿沟对这

表 13 数字鸿沟与中国式现代化的城市类型异质性

|                | (1)<br>超大             | (2)<br>特大         | (3)<br>I 型            | (4)<br>II 型         | (5)<br>其他             |
|----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| DigDQ          | -0.018 ***<br>(0.006) | -0.003<br>(0.007) | -0.003<br>(0.007)     | -0.014 *<br>(0.007) | -0.008 ***<br>(0.002) |
| cons           | -1.287 ***<br>(0.448) | -0.255<br>(0.284) | -1.105 ***<br>(0.366) | 0.277<br>(0.215)    | 0.015<br>(0.059)      |
| controls       | Yes                   | Yes               | Yes                   | Yes                 | Yes                   |
| city           | Yes                   | Yes               | Yes                   | Yes                 | Yes                   |
| year           | Yes                   | Yes               | Yes                   | Yes                 | Yes                   |
| N              | 77                    | 154               | 154                   | 726                 | 1936                  |
| R <sup>2</sup> | 0.976                 | 0.919             | 0.922                 | 0.715               | 0.904                 |

些城市的中国式现代化水平具有明显的抑制效应。而在特大型城市与 I 型城市的情境下,虽然数字鸿沟的系数未能通过统计显著性检验,但其负向的趋势依然清晰可见,这进一步印证了数字鸿沟对中国式现代化水平的潜在抑制作用是普遍存在的。

5 研究结论与政策启示

基于 2011—2021 年中国 277 个地级市的面板数据,运用多种计量模型,从绿色科技创新视角分析了数字鸿沟对中国式现代化水平的作用机制及其空间效应,得出以下结论:(1)研究发现,数字鸿沟对中国式现代化水平有显著负面影响,城市数字鸿沟的扩大会降低其现代化水平,这一结论在经过双向固定效应、变量替换、滞后一期处理和缩尾等稳健性及内生性检验后依然稳定。(2)绿色科技创新通过提升资源利用效率、推动产业升级、增强社会参与等途径,有效缩小数字鸿沟,促进中国式现代化进程。(3)数字鸿沟在城市间存在显著的空间溢出效应,不仅影响本地,还对周边地区的现代化水平产生抑制作用,加剧城市间现代化水平的不均衡。(4)区域和城市类型的异质性分析显示,中西部地区的数字化和现代化水平相对落后,数字鸿沟对东部、中西部地区均有抑制效应,且在超大型城市和中小城市中的影响尤为显著。

基于以上结论,本文提出以下政策启示:(1)加强农村和欠发达地区的数字基础设施建设,实现“市市通千兆”“县县通 5G”“村村通宽带”,提升网络覆盖,扩大宽带用户规模,确保城乡“同网同速”,促进全社会移动和固定网络平滑改进升级。(2)推动绿色科技创新,开发适应不同地区的绿色技术和解决方案,提高绿色技术的普及率和使用效率,以缩小数字鸿沟、促进产业升级和增强社会参与。数字化平台应成为提供绿色科技知识和技能教育的关键,提升公众环保意识和参与度,政策需加强数字教育资源供给,优化公共服务平台。鼓励跨部门、跨行业合作,形成绿色科技创新的合力,推动绿色科技成果在各行各业的应用。(3)对于欠发达地区,政策应加大支持力度,促进区域协调发展,缩小数字化和现代化水平的差距。对于超大型城市和中小城市,政策应特别关注数字鸿沟的影响,通过优化城市空间布局 and 推动城市数字化转型,提升城市综合管理服务能力。(4)深化智慧城市发展,推进城市全域数字化转型,丰富普惠数字公共服务,提升“一网通办”效能,推动数字技术与教育、医疗、住房、就业、养老等公共服务融合。助力城市治理与服务实现深度协同,形成相互促进、有机融合的良好互动格局,实现数字经济与实体经济的深度融合,最终实现中国式现代化的全面、协调发展。



# 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,2020,36(10):65-76.
- [2] 谢宜泽.中国式数字化之路:从跨越数字鸿沟到构建数字中国[J].经济学家,2023(12):104-113.
- [3] 尹志超,王天娇,栗传政.数字鸿沟对中国家庭收入差距的影响[J].国际金融研究,2024(2):16-26.
- [4] 刘亦文,陈熙钧,高京淋,等.媒体关注与重污染企业绿色技术创新[J].中国软科学,2023(9):30-40.
- [5] 刘亮,阮俊杰,庄海涛.数智化赋能长三角城市群绿色发展的效应研究[J].经济地理,2024,44(9):123-132.
- [6] Alexander JAM van Deursen, Jan AGM van Dijk. The First - level Digital Divide Shifts from Inequalities in Physical Access to Inequalities in Material Access[J]. New Media & Society, 2019, 21(2): 354-375.
- [7] 袁逸铭,王瀚迪,朱虹.官员更替能弥合数字鸿沟吗?——基于制度供给、制度环境视角[J].软科学,2023,37(3):11-17+24.
- [8] 任保平.以数字经济打造中国式现代化新引擎[J].人民论坛·学术前沿,2023(3):40-45.
- [9] Lorna Philip, Caitlin Cottrill, John Farrington, et al. The Digital Divide: Patterns, Policy and Scenarios for Connecting the 'Final Few' in Rural Communities Across Great Britain[J]. J Rural Stud, 2016, 54: 386-398.
- [10] 陈梦根,周元任.数字不平等研究新进展[J].经济学动态,2022(4):123-139.
- [11] 任欣怡,周亚虹.我国数字鸿沟的形成因素、影响及其治理路径[J].经济问题,2024(9):50-58.
- [12] 邓荣荣,张翱翔.中国城市数字经济发展对环境污染的影响及机理研究[J].南方经济,2022(2):18-37.
- [13] 刘贝贝,左其亭,刁艺璇.绿色科技创新在黄河流域生态保护和高质量发展中的价值体现及实现路径[J].资源科学,2021,43(2):423-432.
- [14] 李江一,荔迪.移动社交网络的知识溢出效应——信息红利还是数字鸿沟?[J].统计研究,2023,40(10):69-82.
- [15] 段杰冉,张丽君,秦耀辰,等.中国城市数字鸿沟时空分异及其影响因素[J].世界地理研究,2024,33(2):108-122.
- [16] 任保平,张倩.构建科学合理的中国式现代化的评价指标体系[J].学术界,2022(6):33-42.
- [17] Chuku Otioma, Ana Mafalda Madureira, Javier Martinez. Spatial Analysis of Urban Digital Divide in Kigali, Rwanda[J]. GeoJournal, 2019, 84(3): 719-741.
- [18] Nishida T, Pick J B, Sarkar A. Japan's Prefectural Digital Divide: A Multivariate and Spatial Analysis[J]. Telecomm Policy, 2014, 38(11): 992-1010.
- [19] 董春风,司登奎.数字普惠金融改善城市技术创新“低端锁定”困境了吗?[J].上海财经大学学报,2022,24(4):62-77.
- [20] 郭峰,王靖一,王芳,等.测度中国数字普惠金融发展:指数编制与空间特征[J].经济学(季刊),2020,19(4):1401-1418.
- [21] Matthew S Fritz, David P MacKinnon. Required Sample Size to Detect the Mediated Effect[J]. Psychol Sci, 2007, 18(3): 233-239.
- [22] Elhorst P J. Matlab Software for Spatial Panels[J]. Int Reg Sci Rev, 2014, 37(3): 389-405.
- [23] 李汝资,刘耀彬,王文刚,等.中国城市土地财政扩张及对经济效率影响路径[J].地理学报,2020,75(10):2126-2145.

(责任编辑:秦颖)