



【数字经济研究】

# 绿色数字经济与新质生产力发展的交互影响及空间溢出

姚战琪

**【摘要】**在“双碳”目标与高质量发展战略的双重引领下，绿色数字经济与新质生产力深度融合的进程加快，正逐步成为推动区域经济结构转型的关键动力。然而，二者之间的内生互动机制及其空间溢出效应仍缺乏系统而严谨的实证检验，亟待深入探讨。绿色数字经济与新质生产力之间存在双向促进关系，若忽视新质生产力对绿色数字经济的反向作用，将导致高估绿色数字经济对新质生产力的促进作用。新质生产力通过促进技术创新与改进要素配置，对绿色数字经济产生显著的反向驱动作用。绿色数字经济对新质生产力均具有显著的空间溢出效应。具体而言，本地区的绿色数字经济对本地区的新质生产力存在显著的促进作用，本地区的新质生产力对本地区的绿色数字经济产生显著的推动效应；但邻近地区的绿色数字经济会显著抑制本地区新质生产力的发展，邻近地区的新质生产力同样对本地区绿色数字经济形成显著抑制，这表明二者之间存在显著的双向虹吸效应。绿色数字经济通过促进绿色技术创新、推动产业结构升级对新质生产力产生积极影响。因此，构建双向驱动的政策体系、设计跨区域要素补偿机制以破除虹吸效应，并基于其U型曲线特征实施差异化支持策略尤为重要。

**【关键词】**绿色数字经济；新质生产力；交互影响；虹吸效应

**【基金项目】**国家自然科学基金面上项目（72073139）；中国社会科学院财经战略研究院创新工程项目（2025CJY0101）

**【作者简介】**姚战琪，中国社会科学院财经战略研究院研究员，中国社会科学院大学商学院教授，中国社会科学院旅游研究中心特约研究员。

**【中图分类号】** F49；F124 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1001-6198（2026）03-0074-16

## 一、引言

绿色数字经济是新质生产力的关键引擎：其通过科技与生态理念深度融合重塑经济发展模式，依托数据资源优化配置，推动传统产业向智能化、

低碳化升级，催生共享经济、绿色金融等创新业态，还运用数字化监管实现全链条环保管控，引导绿色消费与清洁能源普及。这种以数字技术为支撑的绿色发展方式，摆脱了传统发展模式对自然资源的过度依赖，为可持续的经济增长提供新



的动能，是新质生产力培育的重要基础。

目前绿色数字经济与新质生产力的相关研究均取得一定成果，但二者相互作用的研究仍较为薄弱。绿色数字经济研究已从数字经济特征描述，深入其对绿色技术革新、产业升级的促进作用，再到数字化与绿色化协同发展及企业环保转型等领域。新质生产力是马克思主义生产力理论当代发展的产物，聚焦人工智能、大数据等前沿技术集群来重塑传统生产要素作用机制。现有研究表明，新质生产力本质上属于绿色生产力，核心在于科技创新与产业升级形成良性互动且具备创新驱动、绿色低碳等特征，其转化需要协调传统路径依赖和新兴动能培育。现有研究大多侧重独立分析，忽视了二者的协同效应，研究视角单一或采用简单线性模型，缺乏对内在联系与空间扩散效应的系统探究。在“双碳”目标和高质量发展的宏观背景下，二者互动机制与区域协调发展成为政策制定必须解决的关键课题，具有重大的理论价值与现实意义。

从空间维度来看，绿色数字经济与新质生产力二者分布高度相似。全国新质生产力发展呈现非均衡、空间集聚特征，二者的空间交互关联亟待深入探究，即绿色数字经济产业集聚如何促进新质生产力？新质生产力能否反向驱动绿色数字经济？二者是否存在空间交互溢出效应？本文聚焦二者交互机制并分析空间关联规律以填补学术空白，为区域协同发展、产业转型以及政策优化提供支撑。

## 二、文献综述

(一) 绿色数字经济与生产力理论的演进与融合

绿色数字经济与生产力理论的发展始终相互渗透、多维交叉，二者融合脉络随技术进步与发展需求逐步深化。绿色数字经济领域的早期研究主要聚焦于信息技术对经济形态的重构，昌忠泽等阐释了信息技术通过要素数字化和产业智能化改变传统增长模式的路径；<sup>[1]</sup>江小涓等进一步强调了数字经济资源共享对效率提升的作用；<sup>[2]</sup>随着环境压力不断加剧，学界的研究方向转向数字经济环境效应，王香艳等验证了其节能减碳的正向作用；<sup>[3]</sup>张腾等则指出二者存在复杂的相互影

响，且部分地区存在能耗反弹风险。<sup>[4]</sup>近期，Zou等将数据作为核心生产要素，提出产业“智能化与绿色化协同演进”观点，但也指出其生态维度理论体系不完善，且微观融合机制未深入解析。<sup>[5]</sup>在生产力理论研究中，技术创新是核心主线，马克思生产力理论与熊彼特创新理论构成新质生产力的研究基础。近年来，新质生产力研究聚焦于技术集群与要素重构，周鑫等提出“新质生产力本身就是绿色生产力”<sup>[6]</sup>；黄群慧等界定其创新驱动、绿色低碳等核心特征；<sup>[7]</sup>刘洋等强调，科技创新与产业升级互动是其形成关键。<sup>[8]</sup>Zou等认为数字经济能实现经济、社会与环境效益协同提升<sup>[9]</sup>，但此类研究多为宏观关联分析，未揭示二者内生互动的微观路径，也未考虑数字基础设施的能耗约束，因此为本文提供了研究空间。

(二) 绿色数字经济、新质生产力与区域协同机制

虽然已有研究成果对绿色数字经济和新质生产力的协同关系进行了初步探讨，但现有成果多局限于单向赋能分析视角，缺乏对双向协同演化路径的深入探究；同时，区域分析多以省级为研究尺度，未能深入研究地级市的空间交互特征。在绿色数字经济对新质生产力的驱动作用方面，殷筱等论证了绿色经济为新质生产力发展提供重要支撑与物质基础；<sup>[10]</sup>Li等通过实证分析揭示其通过技术创新与产业结构优化双重路径实现驱动效应。<sup>[11]</sup>然而对于新质生产力对绿色数字经济的反哺效应，相关研究仍较为欠缺。殷筱等虽提出新质生产力能促进绿色技术研发和数字产业升级<sup>[12]</sup>，但其研究未进行量化验证，也未将其置于空间协同分析框架内。

(三) 绿色数字经济对生产力的影响研究

绿色数字经济对生产力的作用机制是学界重点关注内容，当前研究主要围绕影响路径、实证效果和区域差异等三方面展开，但存在因果指向不明确、传导机制验证较为薄弱、空间关联解析较为肤浅等局限，且结论有分歧。在作用机制方面，现有文献普遍认为，绿色数字经济可通过技术革新、数据要素优化、产业结构升级等渠道提升生产力<sup>[13]</sup>，但多停留在宏观理论阐释层面，缺乏对企业数字化转型路径的分层剖析，也未深入探讨“环保效益与经济回报”的内在矛盾。



关于作用效果,学界对其线性或非线性关系存在争议:李睿娟证实数字经济促进东部地区绿色创新;<sup>[14]</sup> 龚新蜀等揭示其对东北绿色全要素生产率有积极影响;<sup>[15]</sup> Sun等发现数字经济与绿色制造效率呈现倒U型关联;<sup>[16]</sup> 樊轶侠等指出数字经济与经济绿色化发展存在倒U型拐点。<sup>[17]</sup> 在区域差异研究中,多数分析仅关注东、中、西部地区的整体差异<sup>[18]</sup>,未能从细分维度揭示其具体特征,进而导致政策建议缺乏针对性。从空间互动视角看,现有研究虽观察到二者存在空间溢出效应<sup>[19]</sup>,但仍存在三方面不足:未将二者的交互影响纳入空间分析框架;空间权重矩阵构建方法单一;对负向空间溢出机制的阐释不足,未识别虹吸效应等具体互动模式,也未考察制度环境与市场化的调节作用。

当前研究存在三方面主要局限:首先是未能有效处理因果内生性问题,多数研究仅关注单向作用路径,忽视逆向反馈机制,且将绿色数字经济视为外生给定因素;其次是传导机制缺乏实证支撑,仅停留在理论阐释层面,既未对作用路径进行分层检验,也未开展区域差异分析;最后是空间机制阐释深度不足,未考虑交互效应的影响,权重矩阵构建较为单一,溢出渠道的量化测度存在缺失,尤其对负面溢出效应的识别不足。

本文的创新价值主要体现在以下四个方面:第一是研究视角有创新,采用空间联立方程揭示二者的双向内生关联,填补了新质生产力对绿色数字经济逆向驱动的研究空白;第二是机制分析得到深化,通过构建中介效应模型检验绿色技术创新和产业结构升级的传导作用,解决传导机制实证研究薄弱的问题;第三是空间维度得到拓展,融合共生理论与引力模型构建复合权重矩阵,识别双向虹吸效应并实现溢出渠道的量化测度;第四是在尺度与异质性上有突破,基于292个地级市样本数据从多角度揭示区域异质性特征,基于稳健性检验结果,为差异化政策制定提供科学依据。

### 三、理论分析与研究假设

#### (一) 绿色数字经济的内涵

绿色数字经济是数字经济与绿色低碳发展的有机结合体,其代表着“双碳”战略背景下数字经济的演进方向。从政策导向角度看,《“十四

五”数字经济发展规划》明确要求促进数字经济与绿色产业协同发展,工业绿色发展规划将“数字技术驱动绿色生产”确立为核心举措。在学术界,戚聿东等学者指出数字化与绿色化可通过技术革新、政策引导和网络优化等途径,共同实现生产效率提升、碳减排、污染防治与生态改善等多重目标。<sup>[20]</sup> 基于上述政策依据和学术观点,本文将绿色数字经济定义为依托人工智能、大数据、物联网及区块链等前沿数字技术,以数据资源作为核心生产要素,以低碳环保为根本发展导向,涵盖数字技术产业化、传统产业数字化改造、环境治理智能化以及低碳发展信息化等维度的区域性经济模式。其本质是将可持续发展理念全面融入数字经济发展链条,借助数字技术创新推动绿色产业升级、优化环境治理效能并加速经济社会低碳转型进程。

现有研究表明,绿色数字经济属于数字经济发展到成熟阶段后的产物。<sup>[21]</sup> 该经济模式将数字技术与绿色发展整合至统一框架内,形成了融合技术创新与生态可持续的新形态。从对比视角来看,传统数字经济主要依托人工智能和大数据等技术发展,但数据中心、区块链及大模型算力往往伴随较高能源消耗。绿色数字经济则在技术研发、产业应用及技术落地的全环节前置低碳理念,通过大力推广绿色技术、绿色生产工具以及环境治理技术的深度应用来实现数字经济发展与生态环境保护的协同共进。这两种模式的差异主要源于发展导向的区别:传统数字经济更注重效率提升与规模增长,绿色数字经济则以可持续发展为核心目标<sup>[22]</sup>,同时兼顾创新效率、经济增长与生产方式的绿色改进。绿色数字经济的核心内涵包含了三个关键要素,分别是数字技术支撑、数据要素驱动以及绿色发展导向。其中,数字技术以人工智能和大数据等新一代技术为基础,数据要素作为关键的生产要素发挥作用,而绿色发展导向则贯穿整个发展过程。这三个要素共同构成了绿色数字经济区别于传统数字经济的本质特征,同时也决定了它对新质生产力的具体作用路径。

#### (二) 绿色数字经济对新质生产力的作用机制与非线性关系

绿色数字经济的三大核心支柱涵盖数字技术、数据要素以及绿色发展,三者分别通过技术驱动、



要素优化配置与绿色需求拉动，推动新质生产力向高效、低碳、可持续方向转型。绿色数字经济还通过产业结构调整与绿色技术创新两条间接路径，有效提升新质生产力水平。

### 1. 间接影响机制

(1) 绿色数字经济通过产业结构升级间接提高新质生产力

绿色数字经济通过产业优化间接推动新质生产力发展，其革新产业运行模式、改善资源配置状况，引导产业向环保、低碳方向调整。数字应用依托智能技术提升供需对接效率，从而减少能源消耗与污染排放；数据分析与智能技术助力高耗能部门实现工艺绿色化；产业绿色转型加快绿色制造体系建设，提高全要素生产率，还为新兴行业创造发展机遇。调整后的产业体系以数据为关键要素，引发技术革新与要素配置变革，构建高技术、高效率的发展模式；<sup>[23]</sup>传统产业绿色转型与新兴行业协同进步，强化创新链与产业链的深度融合，通过显著提升生产效率来实现新质生产力评价体系的整体优化。

(2) 绿色数字经济通过绿色技术创新间接提高新质生产力

绿色数字经济能通过技术革新来赋能新质生产力发展，其以绿色技术革新为媒介，对新质生产力发挥正向促进作用。数字技术可通过高效整合数据资源，优化资源配置效率，为绿色技术研发奠定坚实基础；低耗能的数字基础设施能帮助企业实现资源合理配置，依托大数据实时监测资源消耗与排放情况，引导企业加大节能减排技术研发投入；数字平台的协同效应能促进新能源与循环经济技术融合应用，有效降低绿色创新过程中的试错成本。<sup>[24]</sup>绿色技术以高效低碳的技术体系为核心，驱动新质生产力向高质量、可持续方向转型。从技术发展层面来看，可再生能源、智能环保装备等技术革新重构产业竞争格局，催生新兴产业集群稳步发展；从实际应用角度看，这些技术减少对传统能源的依赖，通过资源循环利用提高全要素生产率，同时培育绿色消费理念，为新质生产力注入持续增长动能。基于上述分析，本文提出以下研究假设：

假设 1a：产业结构升级是绿色数字经济推动新质生产力发展的关键路径。

假设 1b：绿色技术创新是绿色数字经济促进新质生产力提升的核心渠道。

### 2. 绿色数字经济与新质生产力的U型关系

绿色数字经济和新质生产力之间存在明显的U型非线性关联，这种关联会受产业结构绿色转型与绿色技术进步的协同影响。在初期阶段，即U型曲线前半段下降期，由于受限于规模效应不足，数字基础设施高能耗特性，例如数据中心产生的碳排放，对新质生产力形成暂时性制约；绿色技术水平偏低难以支撑生产规模的扩张，转型成本拖累经济增长；产业结构绿色化进程滞后导致资源配置不合理，第三产业及高技术绿色产业占比不足进而引发碳排放提高和资源利用效率降低。随着系统进入U型曲线后半段上升期，绿色技术实现突破性进展，减排增效效应成为主导力量，推动生产方式绿色化升级；产业结构同步优化调整，新能源、节能环保等新兴产业快速发展使资源配置效率显著提升；绿色数字经济通过规模效应与绿色技术的协同作用共同提高绿色全要素生产率，并通过中介效应促进新质生产力发展。前期的高能耗问题得以根本性缓解，新质生产力实现质的飞跃。<sup>[25]</sup>据此本文提出以下假设：

假设 1c：绿色数字经济与新质生产力呈U型关系。

(三) 新质生产力对绿色数字经济的反向驱动机制

依据马克思主义生产力理论的要素重构和反哺思想，新质生产力以科技创新为核心、以绿色低碳为导向，从技术、要素、政策这三个维度对绿色数字经济形成反向驱动，推动绿色数字经济从“效率提升”向“质量升级”转型。新质生产力是依靠科技创新引领的先进生产力形态，其绿色化特征与数字化功能为绿色数字经济提供支撑。它借助突破性技术革新生产模式，在优化资源配置时将维护生态环境放在优先位置，夯实绿色数字经济的技术基础。侯冠宇等研究表明，新质生产力促进建立市场化绿色发展机制，通过绿色设计、绿色投入和绿色产品提高资源循环利用率，为绿色数字经济注入内生动力；其可持续性特征优化数据、人才、资本等要素配置，加快绿色技术研发与传统产业绿色化升级。<sup>[26]</sup>

在逆向驱动模式中，新质生产力借助技术融

合创新(即数字技术与绿色技术融合)、要素高效配置(即数据要素市场化配置)以及政策协同支持这三大路径,促进绿色数字经济高质量发展。在技术层面,数字技术与清洁能源、碳汇技术、智能环保等绿色技术深度融合,进而优化绿色管理流程,实现对能耗与排放的精准管控,进而提升绿色全要素生产率;在资源配置方面,新质生产力推动数据、人才等新型生产要素向绿色产业集聚,与传统要素形成协同效应;在政策协同方面,绿色金融创新和数据要素市场化改革会引导资本投向绿色研发,同时,“飞地经济”等区域协作模式助力绿色转型。最终,在绿色技术、产业布局与制度环境的共同作用下,绿色数字经济实现了从效率优先向整体质变的突破。<sup>[27]</sup>基于二者的正向互动关系,本文提出以下假设:

假设2a:绿色数字经济与新质生产力存在双向促进作用,新质生产力依托技术革新特别是数字技术相关创新驱动绿色数字经济高质量发展。

假设2b:新质生产力通过要素配置效应尤其是数据要素市场化推动绿色数字经济高质量发展。

#### 四、实证研究设计

传统的单方程模型忽略变量之间的双向因果关系。本文通过建立一个空间联立方程模型,研究绿色数字经济和新质生产力之间的内生互动关系。如果只考虑绿色数字经济对新质生产力的影响,而忽略新质生产力对绿色数字经济的反向影响,估计结果便可能产生联立性偏误。GS3SLS模型在空间联立方程框架下,同时估计两个方程。为了更好地处理联立方程中的内生性,本文也在估计时考虑两个方程扰动项之间的相关性。

##### (一) 基本模型设定

为了验证绿色数字经济与新质生产力可能存在的双向内生关系、绿色数字经济与新质生产力各自的空间溢出效应以及地区空间交互影响,构建如下新质生产力与绿色数字经济方程:

$$NEWQ_{it} = \alpha + \beta_1 GRDI_{it} + \rho_1 \sum_{j=1}^n w_{ij} NEWQ_{jt} + \rho_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} GRDI_{jt} + \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{it} + \mu_i + \varepsilon$$

(新质生产力方程) (1)

$$GRDI_{it} = \delta + \eta_1 NEWQ_{it} + \rho_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} GRDI_{jt} + \rho_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} NEWQ_{jt} + \eta_2 \sum_{i=1}^n Z_{it} + \xi_i + \nu$$

(绿色数字经济方程) (2)

$NEWQ$ 为新质生产力, $GRDI$ 为绿色数字经济。

考虑到其他影响绿色数字经济的因素,在绿色数字经济方程中加入一组影响绿色数字经济的控制变量:政府对绿色数字技术研发的补贴金额( $FIEDU$ )、科学技术支出占GDP比重( $EXPSC$ )、普通高等学校在校学生人数( $HIEDU$ )、移动电话数( $MOBPH$ )、互联网宽带接入用户数( $BROIN$ )。在新质生产力方程中加入一组控制变量:科学技术支出占GDP比重( $EXPSC$ )、大专及以上学历人员所占比重( $EDUCA$ )、电信业务占GDP比重( $TELEC$ )、城镇化水平( $URBAN$ )、网站数量占全国网站总数的比例( $WEBNU$ )。本文对控制变量取一阶滞后处理来缓解内生变量问题。 $\mu$ 、 $\xi$ 和 $\varepsilon$ 、 $\nu$ 分别为个体效应和随机扰动因素。

##### (二) 变量选取及定义

本文参考了王珏等提出的新质生产力多维框架<sup>[28]</sup>,将新质生产力指标划分为四个一级维度(见表1)。鉴于数据的可获得性,使用表1中的13个二级指标并采用熵值法与TOPSIS相结合的方法测算新质生产力。

为了实证检验上述理论机制,本文构建了一个既能反映绿色数字经济内涵,又能与机制路径相匹配的量化指标体系。绿色数字经济包括两个层面(数字技术层面和绿色发展层面)、四个维度(数字技术层面包括数字产业化、产业数字化两个维度,绿色发展层面包括环境治理、“三废”排放两个维度)。其中的数字产业化能直接测度数字技术本身的规模与创新能力,并对应绿色数字经济核心内涵中的数字技术支撑。产业数字化能体现绿色数字经济核心内涵中的数据要素驱动在实体经济中的落地效果,因此,产业数字化能反映数字技术在传统产业中的渗透与应用程度。

绿色数字经济核心内涵中的绿色发展层面,主要包括环境治理和“三废”排放两个维度。环境治理( $ENVIR$ )能衡量地方政府和企业为改善生态环境所投入的努力,体现“绿色发展导向”下的主动治理行为。经逆向化处理,表征环境

治理成效的“三废”排放 (EMIWA)，能反映绿色发展的结果。

绿色数字经济发展水平的四个维度不仅完整覆盖了绿色数字经济的内涵，而且与理论机制中的中介变量存在内在关联。数字产业化和产业数字化为绿色技术创新提供了技术工具和应用场景，环境治理投入为绿色技术研发提供了激励与资源。同时，产业数字化直接推动产业结构向高级化演进。环境规制则通过淘汰落后产能、引导清洁生产，促进了产业结构的合理化。因此，本文构建的指标体系既立足于内涵，又服务于机制检验，确保了理论分析与实证测度的逻辑一致性。

核心解释变量为绿色数字经济 (GRDI)，绿色数字经济是以数字产业化、产业数字化为支撑，

以环境治理和低碳排放为导向的区域经济形态。首先，使用表1中绿色数字经济发展水平的15个二级指标，采用面板熵值法降维，所得指标作为核心解释变量。GRDI是使用15个指标采用面板熵值法降维得到的绿色数字经济综合指数。其次，结合理论分析与已有研究<sup>[29]</sup>，本文从数字产业化 (DIGIN)、产业数字化 (INDDI)、环境治理 (ENVIR)、三废排放 (EMIWA) 四个维度构建绿色数字经济发展水平指标体系 (见表1)，采用熵值法测算绿色数字经济发展水平的4个一级指标。结合表1，对数字产业化、产业数字化和环境治理分别运用交叉熵法、主成分分析法、秩合比法进行测算，并对三废排放指标采用熵值法逆向化处理为正向指标。

表1 绿色数字经济发展水平、新质生产力评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	衡量方式	属性
绿色数字经济发展水平	数字产业化	人均电信业务总量	电信业务总量与人口数量的比值	+
		在数字经济领域的人力资源配置投入规模	信息传输、计算机服务和软件业就业人数	+
		经济数字化转型程度	ICT领域专业技术人员数量	+
		数字化研发设计工具普及率	应用数字化研发设计工具的企业数/工业企业总数	+
	产业数字化	数字基础设施普及程度	农村宽带接入用户数占比	+
		金融服务数字化程度	数字普惠金融指数	+
		电子商务市场规模	通过电子商务平台完成交易的商品总价值	+
		工业互联网平台应用企业数占比	应用工业互联网平台的企业数量/统计范围内的企业总数	+
	环境治理	工业污染治理项目本年完成投资占比	工业污染治理项目本年完成投资占工业增加值比重	+
		工业污染治理优先级	工业污染治理投资额/环境污染治理总投资	+
		资源循环利用效率	废弃物综合利用率	+
		数字监测设备覆盖度	已被数字监测设备有效覆盖的目标数量/应覆盖的目标总数量	+
	“三废”排放	工业生产的环境污染强度	工业二氧化硫排放量	-
工业生产的环境负荷		工业废水排放量	-	
对原材料的利用程度		一般工业固体废物产生量	-	
新质生产力	劳动者技能	科技人才	R&D从业人员数	+
		高技能员工占比	技术类员工数量/员工总人数	+
		数字技能证书获取率	当期数字技能证书发放总人次/对应目标劳动力人口数	+
	产业质态	战略性新兴产业增加值占比	战略性新兴产业增加值/地区生产总值	+
		数字经济核心产业增加值占比	数字经济核心产业增加值占GDP比重	+
		高新技术产业产值占比	高新技术产业产值占GDP比重	+
		绿色制造企业数占比	当期有效绿色制造企业总数/同期规模以上工业企业总数	+
	生态环境	绿色全要素生产率	采用SBM—GML模型测算	+
		环保支出占比	环保支出/当地GDP	+
		单位GDP碳排放强度	二氧化碳排放总量/同期地区生产总值	-
	技术创新	科技成果	专利授权数	+
		当年申请的数字经济相关发明数量占比	当年申请的数字经济相关发明数量/总人口	+
绿色数字技术专利授权数占比		当年绿色数字技术发明专利授权数/该省当年全部发明专利授权总数	+	



### (三) 数据及样本

本文从区域层面出发,探讨绿色数字经济和新质生产力的互动关系及空间扩散影响,以中国地级市为实证分析单元,未将研究范围拓展至省级层面或企业层面。基于此,本文选取2017—2023年292个地级市作为样本,其中政府对绿色数字技术研发的补贴金额以及财政科学支出占比来源于《中国城市统计年鉴》,普通高等学校在校学生人数和移动电话用户数取自CSMAR,互联网宽带接入用户数、大专及以上学历人员占比、电信业务占GDP比重、城镇化水平数据来自CNRDS,网站数量占全国网站总数的比例则取自Wind数据库。<sup>①</sup>

## 五、实证研究结果及分析

本文分别对绿色数字经济和新质生产力指标进行全局Moran's I检验,并计算其统计量及p值。检验结果显示,Moran's I指数显著( $p < 0.05$ ),表明变量存在空间依赖。同时LM-LAG显著且LM-ERR不显著,因此应将绿色数字经济和新质生产力的空间滞后项分别放入绿色数字经济和新质生产力方程。格兰杰因果检验结果显示,一个城市的绿色数字经济及周边地区的绿色数字经济会引起本城市的新质生产力发生变化,且城市层面的新质生产力及周边地区的绿色数字经济会引起本城市的绿色数字经济发生变化。本文采用广义空间三阶段最小二乘法(GS3SLS)来考察绿色数字经济和新质生产力可能存在的双向内生关系,使用基于引力模型的复合权重矩阵进行整体估计。

### (一) 新质生产力方程的估计结果

若回归阶数选择不当,可能导致模型存在缺陷;若阶数不足,可能忽略高阶效应,而阶数太高又容易造成过拟合的问题。基于此,本文采用二阶回归的结果,目的是获得更优的拟合效果。为了验证结果的稳健性,本研究还通过不同阶数的回归来进行内生性检验,表2展示出二阶回归的具体结果。由表2数据可知,绿色数字经济对本地新质生产力产生了明显的推动作用。具体来说,绿色数字经济在本地区的发展能够有效促进当地新质生产力的提升。该促进作用主要通过以下内生机实现,包括本地技术创新扩散、资源配置

优化以及全要素生产率提高等共同发挥作用,从而形成对生产力的综合影响。其传导机制主要体现在依托大数据、人工智能等数字技术,各产业的数字化渗透深度在不断加强,由此改变了传统生产要素的配置方式,这种由技术融合引发的结构性变革构成了新质生产力发展的核心基础。

绿色数字经济空间滞后项系数是负值,这意味着邻近区域绿色数字经济发展对本地区新质生产力有抑制效应,这种负向空间溢出效应的根源是区域发展不平衡导致的资源配置结构性失衡。当某地区绿色数字经济加速扩张时,会引发显著的要集现象。该地区凭借更高要素边际收益和更完善的产业生态持续吸引周边优质资源流入,此类资源转移不仅涵盖传统生产要素,还体现在对新型要素的争夺性吸纳上。鉴于要素高度流动性和稀缺特征,发达地区能提供更具有竞争力的发展平台,与之相比,欠发达地区长期面临较大的资源流失压力。

区域间制度配合不足进一步扩大了绿色数字经济空间负向溢出的影响。当前我国各地区间制度性障碍依旧明显,主要体现在数据要素市场存在割裂、环保标准体系存在差异以及创新政策衔接不顺畅等方面。这些制度性障碍不仅对绿色技术和数字资源的跨区域流动形成制约,还加剧了地方政府之间的非合作倾向。在缺少统一协调机制时,各地普遍采用地方保护主义策略,利用税收优惠和用地支持等手段争夺优质企业及投资项目,使得重复建设与资源分配失衡问题日益突出。同时,数字经济的平台化与规模化特征强化了“赢者通吃”现象,发达地区通过构建区域性数字生态系统和创新集群持续吸引周边优质资源,进一步加大了区域发展的差距。为此要着力构建跨区域协同治理框架,通过完善利益补偿机制、推动技术共享以及推进标准统一等措施,促进竞争性负向溢出向合作性正向联动转变。

环境治理综合指数的空间滞后项系数为负值,这表明周边地区强化环境管控会阻碍本地区新质生产力发展。该结论证实区域间存在显著的外部关联性。当邻近地区执行更为严格的环境规范时,部分高排放企业为降低成本会向环保要求低的地

<sup>①</sup>为节省篇幅,未提供变量描述性统计,有兴趣的读者可向作者索要。

区转移。若本地被动承接此类产业转移，不仅会强化对传统产业的依赖、阻碍绿色技术革新，还会因资源分配不当挤压高附加值产业成长机会。该影响不仅会增加本地环境负荷，更通过降低要

素配置效率阻碍生产率整体提升。空间负向溢出效应表明，区域环境政策缺乏协同易引发“污染避难所”现象和生产力发展失衡，需构建跨区域协作治理体系，推动全面绿色转型。

表2 新质生产力方程估计结果 (GS3SLS)

	因变量：新质生产力	因变量：新质生产力	因变量：新质生产力	因变量：新质生产力	因变量：新质生产力
	<i>NEWQ</i>	<i>NEWQ</i>	<i>NEWQ</i>	<i>NEWQ</i>	<i>NEWQ</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
w. <i>NEWQ</i>	0.1504*** (7.90)	0.1217*** (8.72)	0.4168*** (12.51)	0.0661*** (5.75)	-0.5537*** (-3.12)
w. <i>GRDI</i>	-0.0953*** (-7.05)				
w. <i>ENVIR</i>		-0.0396*** (-7.76)			
w. <i>DIGIN</i>			-0.5564*** (-12.05)		
w. <i>INDDI</i>				-0.0483*** (-2.65)	
w. <i>EMIWA</i>					0.1188*** (2.89)
<i>GRDI</i>	2.3878*** (29.35)				
<i>ENVIR</i>		0.7047*** (27.47)			
<i>DIGIN</i>			1.4395*** (14.41)		
<i>INDDI</i>				1.5414*** (13.81)	
<i>EMIWA</i>					-3.8009*** (-12.92)
<i>EXPSC</i>	0.0430*** (7.11)	0.0666*** (12.35)	0.0927*** (15.57)	0.1664*** (21.46)	0.1589*** (26.30)
<i>EDUCA</i>	-0.2049 (-1.19)	-0.1679 (-0.97)	1.7572*** (10.83)	2.0225*** (9.24)	0.1605*** (6.56)
<i>TELEC</i>	-0.0375*** (-5.73)	-0.0496*** (-6.91)	0.0060 (1.24)	0.0432*** (4.84)	-0.0534 (-1.11)
<i>URBAN</i>	0.0248*** (4.59)	0.0276*** (5.20)	-0.0040 (-0.47)	0.1254*** (11.26)	1.9294*** (8.77)
<i>WEBNU</i>	-0.0103 (-0.86)	0.0011 (0.09)	0.0030 (0.13)	0.1959*** (11.24)	0.0254*** (5.53)
常数项	4.6916*** (9.15)	1.9679*** (4.42)	-3.5432*** (-11.52)	-3.3593*** (-6.25)	1.9856*** (4.90)
Adj. R <sup>2</sup>	0.2818	0.5592	0.6091	0.1156	0.0144
观测值	2044	2044	2044	2044	2044

注：括号内数字为Z统计量值，\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的显著水平上通过统计检验（双尾检验）。下表同。



数字产业化空间滞后项系数为负，这表明邻近区域数字产业化发展不仅不会促进本地新质生产力提升，反而会产生负面影响，其背后原因主要体现在两个方面。一方面，数字人才和资本不断向高水平地区集中，导致本地创新资源流失、发展动力不足；另一方面，区域间技术标准存在差异且市场分割现象突出，阻碍知识传播与产业协作，还加剧了数字基础设施的重复建设与低水平竞争。此外，地方政策上的博弈行为影响跨区域产业链整合进程，进一步强化空间负向溢出效应。

产业数字化空间滞后项系数呈显著负值，表明周边地区数字化发展会抑制本地新质生产力培育。核心机理是数字化领先地区依靠技术与资本双重优势吸纳人才与资本，致使周边地区要素外流且产业升级步伐放缓。区域间数字化路径和产业结构趋同易引发重复建设和同质化竞争，既不利于资源配置效率提升，又降低区域协同与功能互补的可能性。

经过熵值法逆向化处理的三废排放指标，其空间滞后项系数显著为正。当某地区通过环境治理提升三废处理能力时，其在清洁技术研发、循环经济模式构建等方面的经验，能够借助技术扩散和要素流动影响周边区域。这种区域间的协同效应本质上是环境治理效能的空间联动，具体体现为新质生产力发展中绿色技术溢出、产业链协同创新以及政策制度渗透的叠加作用。环境治理成果不仅能激发本地创新活力，还通过空间关联机制促进跨区域知识共享与产业互补。这种“治理—创新—外溢”的作用机制，既验证了环境规制推动技术升级的本地效应，也阐明了绿色创新成果跨区域传播的内在逻辑。该结论为解析新质生产力的空间分布规律提供理论支撑，对制定区域协同环境政策具有实践指导意义。

## (二) 绿色数字经济方程的估计结果

新质生产力综合评价指数的系数显著为正，且在1%水平上显著，表明新质生产力对绿色数字经济发展有显著促进作用，能够有效提升绿色数字经济综合评价指数。基于共生水平与引力模型构建的空间权重矩阵测算结果表明，当新质生产力综合评价指数每提升1个百分点时，本地绿色数字经济规模会相应扩大0.3612个百分点。以科技

创新为核心的新质生产力，借助人工智能、大数据等前沿技术革新，持续优化绿色技术算法体系，显著提升能源利用效率与污染监测精准度，进而强化绿色数字经济的核心竞争力。生产力形态一方面驱动传统产业实现绿色化与数字化转型升级，另一方面催生新型产业形态与商业模式，不断拓展市场发展空间。新质生产力还通过吸引高素质人才与优质资本集聚，为产业发展提供关键的智力支持与资金保障。在多重因素的协同作用下，绿色数字经济在规模扩张、质量提升和效益优化等方面的综合表现，直接决定其综合评价指数水平。

新质生产力空间滞后项系数为负，并通过1%的显著性检验，表明邻近地区新质生产力对本地区的绿色数字经济具有阻碍作用。新质生产力空间滞后项系数显著为负，反映出邻近地区新质生产力提升，可能经由资源竞争、要素虹吸与技术壁垒等渠道抑制本地绿色数字经济。具体而言，邻近区域新质生产力提升引致高端人才与资本跨区集聚，削减本地要素供给；其技术优势直接形成壁垒，推升产业技术适配成本；区域政策差异与产业同构触发过度竞争，降低资源配置效率，最终对本地绿色数字经济产生负向空间溢出效应。

当以环境治理综合指数、数字产业化及产业数字化为因变量时，新质生产力的空间滞后项呈现负向系数，这表明周边区域新质生产力发展会对本地相关指标产生负面影响。其制约机制主要体现在三个方面。一是资源竞争成为首要瓶颈，新质生产力发展高度依赖创新人才、资金与数据资源等核心要素。邻近地区新质生产力的提升会吸引这些资源向其集中，导致本地供给不足。具体表现为环境治理领域专业人才与资金外流，进而削弱治理效能，同时资源短缺也制约了数字产业化与产业数字化的推进。二是技术壁垒形成关键障碍，先行地区凭借先发优势积累的先进技术，易形成技术垄断与标准壁垒，本地企业在获取和吸收这些技术时面临困难。这不仅延缓数字产业化进程，也阻碍先进污染治理技术的应用。三是市场竞争压力同步加剧，邻近地区新质生产力催生的新兴企业与产业，持续挤压本地市场，使本土企业在竞争中处于劣势，生存空间被压缩，从而抑制了环境治理产业的转型升级和产业数字化的深度发展。

当以熵值法逆向处理后的污染物排放指标为因变量时，新质生产力的空间滞后项呈现正向系数，这表明邻近地区新质生产力提升可有效促进本地污染物减排。该发现证实其存在显著的空间外溢效应，借助技术传播、产业转型和环境治理

经验的互通，邻近地区发展推动本地清洁生产技术采纳与产业结构调整，进而大幅减少污染物的排放。该效应充分体现了新质生产力在区域环境治理中的协同作用，为跨区域绿色协调发展提供了有力的实证支持（见表3）。

表3 绿色数字经济方程估计结果（GS3SLS）

	因变量：绿色数字经济（GRDI）	因变量：环境治理综合指数（ENVIR）	因变量：数字产业化（DIGIN）	因变量：产业数字化（INDDI）	因变量：三废排放熵值法逆向化处理后的指标（EMIWA）
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
w. GRDI	0.0456*** (7.20)				
w. ENVIR		0.0642*** (7.95)			
w. DIGIN			0.4664*** (14.92)		
w. INDDI				0.0746*** (6.27)	
w. EMIWA					-0.0388*** (-4.24)
w. NEWQ	-0.0696*** (-7.76)	-0.1871*** (-8.42)	-0.3450*** (-15.24)	-0.0477*** (-6.32)	0.1786*** (4.53)
NEWQ	0.3603*** (24.59)	-1.1439*** (-25.56)	0.5477*** (24.34)	0.2065*** (6.15)	0.0778*** (4.56)
FIEDU	0.0129 (0.77)	0.0019 (0.04)	0.2658*** (8.71)	0.1188*** (2.67)	0.0029*** (4.35)
EXPSC	-0.0166*** (-2.99)	-0.0948*** (-5.23)	-0.0391*** (-4.29)	0.0326** (2.28)	0.0092*** (4.37)
HIEDU	0.0023 (0.53)	0.0267* (1.69)	-0.0190** (-2.54)	0.0288** (2.39)	1.05E-07*** (4.84)
MOBPH	0.0279** (2.08)	0.1002*** (2.58)	0.0323 (1.63)	0.1940*** (5.99)	-1.74E-05*** (-8.43)
BROIN	-0.0124 (-1.05)	-0.0726** (-2.03)	-0.0279 (-1.51)	-0.0413 (-1.40)	2.46E-06 (0.70)
常数项	-2.0826*** (-21.13)	-3.4066*** (-11.21)	-0.9758*** (-5.87)	-3.3840*** (-13.89)	0.8396*** (73.02)
Adj. R <sup>2</sup>	0.3749	0.4288	0.4586	0.0586	0.0285
观测值	2044	2044	2044	2044	2044

## 六、绿色数字经济对新质生产力影响机制的进一步验证

（一）非线性关系检验：U型关系与门槛效应的共同视角

为进一步验证绿色数字经济与新质生产力之

间的非线性关系，本文构建面板阈值模型研究二者之间的动态关联特征。

$$NEWQ_{it} = \beta_1 GRDI_{it} \times I(th \leq e_1) + \beta_2 GRDI_{it} \times I(th > e_1) + \beta_3 \times control_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

th为绿色数字经济综合评价指数的阈值指标，参数估计结果见表4。<sup>①</sup>

①为节省篇幅，本文未提供内生性检验、异质性分析的检验结果及门槛效应的相关检验，有兴趣的读者可向作者索要。



研究显示,在控制相关变量的条件下,如果绿色数字经济水平低于0.1313门槛值,绿色数字经济对新质生产力具有显著正向推动作用。当该指标处于0.1313—0.1905区间时,尽管影响方向依旧为正,但促进作用强度从0.6829降至0.3073。一旦突破0.1905这一临界点,其推动力迅速提升至0.7667。而在没有控制变量时,当绿色数字经济超过0.2455门槛时,其影响呈现出从快速下降转为快速提升的态势。0.1313与0.1905两个门槛值体现了绿色数字经济发展的不同阶段特征。具体来说,当低于0.1313时,由于技术投入成本较高且协同效应不足,绿色数字经济对新质生产力的带动作用相对有限。处于0.1313—0.1905区间时,数字基础设施虽已初步建成,但要素配置效率未得到充分发挥,进

而导致边际效应递减。当超过0.1905之后,技术规模化应用与绿色创新生态的协同效应凸显,数据要素的乘数效应和产业链重构效应显著增强,进而推动新质生产力实现加速发展。这组阈值清晰地展现了绿色数字经济从起步探索到成熟赋能的完整发展过程,这一发现与前文回归分析结果相一致。绿色数字经济与新质生产力二者之间存在显著的U型关系,在绿色数字化转型的初始阶段,大量的技术投入会压缩短期内的利润空间,导致新质生产力综合评价指数提升缓慢。随着技术不断成熟与规模效应逐步显现,绿色数字经济的资源利用效率优势逐步显现。当绿色数字技术得到普及后,边际成本会相应下降,数字技术能够加速绿色创新并减少交易成本,最终实现对新质生产力的强力赋能。

表4 门槛效应估计结果

变量	模型1		模型2	
	系数估计值	T检验值	系数估计值	T检验值
GRDI (GRDI<0.1313)	0.6829***	5.2800		
GRDI (0.1313<GRDI<0.1905)	0.3073***	3.0240		
GRDI (GRDI>0.1905)	0.7667***	8.4000		
GRDI (GRDI<0.1640)			-0.5019***	-4.7616
GRDI (0.1640<GRDI<0.2455)			-1.0516***	-11.9328
GRDI (GRDI>0.2455)			0.4157***	3.2832
控制变量	是	是	否	否
常数项	-0.0153	-0.37	0.6902***	54.36
R <sup>2</sup>	0.5890		0.0590	
F	307.9500		110.4000	
样本数	2044		2044	

(二) 中介效应检验

根据前文的基准回归结果和稳健性检验,绿色数字经济对新质生产力有显著的促进作用,本文进一步探讨绿色数字经济通过何种渠道对新质生产力产生促进作用。为了检验绿色技术创新作为影响渠道的实际效应,使用当年申请的绿色发明数量(GREIN)、当年申请的绿色实用新型数量(GREUT)来衡量绿色技术创新。

根据段永彪等学者的研究文献<sup>[30]</sup>,本文将产业结构合理化、产业结构高级化作为产业结构升级的代理变量(INDS)。我们采用对三次产业比重加权求和,并按产业层次依次赋权的方法测算产业结构高级化(INDS1)。对产业结构合理化(INDS2)的测度,我们专门设定了以下计算公式来进行精确衡量。

$$INDS2 = \sum_{i=1}^3 \frac{y_i}{y} \ln \left( \frac{y_i L_i}{y L_i} \right) \quad (4)$$

其中L<sub>i</sub>和y<sub>i</sub>分别表示各地区第i产业的就业人数和产值,泰尔指数越大,表明产业结构偏离程度越高;泰尔指数越小,表明偏离程度越小;泰尔指数为零,表明经济结构处于理想的均衡状态。其数值越小,说明产业结构越合理。

用中介效应模型检验绿色数字经济是否能促进绿色技术创新、促进产业结构升级,进而能否对新质生产力综合评价指数产生积极影响。具体模型设定如下:

$$NEWQ_{it} = \alpha + \beta_1 GRDI_{it} + \rho_1 \sum_{j=1}^n w_{ij} NEWQ_{jt} + \rho_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} GRDI_{jt} + \beta_2 \sum_{i=1}^n X_{it} + \mu_i + \varepsilon \quad (5)$$

$$M_{it} = \alpha + \beta_3 GRDI_{it} + \beta_4 \sum_{i=1}^n X_{it} + \mu_i + \varepsilon \quad (6)$$

$$NEWQ_{it} = \alpha + \beta_5 GRDI_{it} + \phi M_{it} + \rho_6 \sum_{i=1}^n w_{ij} NEWQ_{jt} + \rho_7 \sum_{i=1}^n w_{ij} GRDI_{jt} + \beta_5 \sum_{i=1}^n X_{it} + \mu_i + \varepsilon \quad (7)$$

$M$ 为中介变量，包括当年申请的绿色发明数量( $GREIN$ )、当年申请的绿色实用新型数量( $GREUT$ )、产业结构高级化( $INDS1$ )、产业结构合理化( $INDS2$ )。为了与前文保持一致，使用广义空间面板二阶段最小二乘法。

### 1. 绿色技术创新的间接效应

表5 绿色技术创新的间接效应

	$NEWQ$	$GREIN$	$NEWQ$	$GREUT$	$NEWQ$
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
$GRDI$	2.3878*** (29.35)	2.0116*** (29.12)	2.3175*** (28.48)	0.5130*** (7.11)	2.1793*** (27.83)
$w. NEWQ$	0.1504*** (7.90)		0.1441*** (7.93)		0.1349*** (7.87)
$w. GRDI$	-0.0953*** (-7.05)		-0.0908*** (-7.03)		-0.0841*** (-6.91)
$GREIN$			0.0095*** (3.02)		
$GREUT$					0.0302*** (6.28)
常数项	4.6916*** (9.15)	-0.1369*** (-9.28)	4.4878*** (8.74)	-0.0714*** (-4.63)	4.0464*** (8.35)
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	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
$R^2$	0.2818	0.8199	0.3186	0.7634	0.4527
样本数	2044	2044	2044	2044	2044

### 2. 产业结构升级的间接效应

由表6数据可知，绿色数字经济的发展可有效推动产业结构向高级化方向演进，而产业结构高级化进程又会对新质生产力水平的提升产生显著正向影响。值得注意的是，表6中列4和列5的回归结果表明，绿色数字经济和产业结构合理化指标呈现负相关关系，且该相关性在5%水平上显著。这表明，产业结构优化升级（含高级化与合理化）在绿色数字经济推动新质生产力发展中发挥了重要中介作用。具体而言，绿色数字经

济借助绿色金融工具、碳排放权交易市场等机制引导社会资本向环保产业集聚，同时加速淘汰高污染产能。产业数字化转型通过推动传统产业改造升级，间接提升新质生产力水平。数字产业化发展创造了大量高技术含量就业岗位，推动劳动力结构向知识密集型转型。严格的环境监管政策倒逼企业淘汰落后产能、加大清洁技术研发投入，进而推动产业结构优化升级。尤其是针对“三废”治理与回收利用技术的专项政策，促使企业关停高污染生产环节，加速产业向

济借助绿色金融工具、碳排放权交易市场等机制引导社会资本向环保产业集聚，同时加速淘汰高污染产能。产业数字化转型通过推动传统产业改造升级，间接提升新质生产力水平。数字产业化发展创造了大量高技术含量就业岗位，推动劳动力结构向知识密集型转型。严格的环境监管政策倒逼企业淘汰落后产能、加大清洁技术研发投入，进而推动产业结构优化升级。尤其是针对“三废”治理与回收利用技术的专项政策，促使企业关停高污染生产环节，加速产业向

济借助绿色金融工具、碳排放权交易市场等机制引导社会资本向环保产业集聚，同时加速淘汰高污染产能。产业数字化转型通过推动传统产业改造升级，间接提升新质生产力水平。数字产业化发展创造了大量高技术含量就业岗位，推动劳动力结构向知识密集型转型。严格的环境监管政策倒逼企业淘汰落后产能、加大清洁技术研发投入，进而推动产业结构优化升级。尤其是针对“三废”治理与回收利用技术的专项政策，促使企业关停高污染生产环节，加速产业向



高端化发展。

表5与表6中模型1、模型3、模型5的回归结果显示，绿色数字经济的空间滞后项系数均为负值，并且在1%的显著性水平下通过检验，该结果

再次验证，本地区绿色数字经济发展对新质生产力具有显著促进作用，但周边地区的绿色数字经济发展反而会对本地区新质生产力提升产生抑制作用。

表6 产业结构升级的间接效应

	NEWQ	INDS1	NEWQ	INDS2	NEWQ
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
GRDI	2.3878*** (29.35)	25.9720*** (6.55)	2.2634*** (28.81)	-0.1637*** (-2.79)	2.4071*** (29.49)
w. NEWQ	0.1504*** (7.90)		0.1476*** (8.50)		0.1514*** (7.89)
w. GRDI	-0.0953*** (-7.05)		-0.0931*** (-7.55)		-0.0959*** (-7.04)
INDS1			0.1221*** (2.78)		
INDS2					-0.0341** (-2.13)
常数项	4.6916*** (9.15)	45.9432*** (55.30)	3.9046*** (7.05)	0.2252*** (18.31)	4.9261*** (9.41)
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	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
R <sup>2</sup>	0.2818	0.3023	0.4023	0.3562	0.2734
样本数	2044	2044	2044	2044	2044

### 七、新质生产力对绿色数字经济反向影响的验证

基于前文理论机制，新质生产力通过驱动技术创新、发挥要素配置效应，为绿色数字经济提供必要的应用场景与资源支撑，进而间接推动其发展。为此，本文构建中介效应模型，检验新质生产力是否通过上述两条路径，对绿色数字经济产生显著促进作用。

#### (一) 技术创新的间接效应

选取创新指数 (INNO)、技术市场成交额占比 (TECM) 作为技术创新的代理变量，使用技术交易额在区域经济中的占比测算技术市场成交额占比，借鉴徐紫嫣等的方法测算创新指数。<sup>[31]</sup>

由表7列(4)可知，新质生产力 (NEWQ) 对技术市场成交额占比具有显著促进作用，列(5)进一步证实，技术市场成交额占比可显著推

动绿色数字经济 (GRDI)。这表明新质生产力以推动技术市场成交额为中介机制，切实促进绿色数字经济发展。由列(2)(3)可知，新质生产力能促进创新指数增长，创新指数对绿色数字经济也具有显著的促进作用。因此，技术创新(创新指数、技术市场成交额占比)在新质生产力促进绿色数字经济发展中发挥显著中介效应。

数字技术与绿色技术深度融合形成的创新形态(如数字孪生、区块链碳追溯与智能电网等)，展现了更广泛的协同效应与溢出价值。此类融合创新不仅提升了绿色生产过程的效率与透明度，还催生绿色金融、数字化碳交易等新兴业态，进而从结构与规模两个维度，共同推动绿色经济体系的深刻变革与转型升级。因此，政策层面应优先关注具备高度通用性、强大渗透性及融合特征的技术创新<sup>[32]</sup>，以充分释放新质生产力对绿色数字经济的高质量带动效能。<sup>[33]</sup>

表7 技术创新的间接效应

	<i>GRDI</i>	<i>INNO</i>	<i>GRDI</i>	<i>TECM</i>	<i>GRDI</i>
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
<i>NEWQ</i>	0.3603*** (24.59)	0.3951*** (58.01)	0.1025*** (30.67)	215.2418*** (34.07)	0.1161*** (19.46)
<i>w. _GRDI</i>	0.0456*** (7.20)		0.0506*** (5.46)		0.0430*** (4.13)
<i>w. NEWQ</i>	-0.0696*** (-7.76)		-0.0160*** (-3.52)		-0.0102** (-1.97)
<i>INNO</i>			0.0124** (2.41)		
<i>TECM</i>					1.25E-08* (1.68)
<i>_cons</i>	-2.0826*** (-21.13)	-0.1346*** (-3.04)	0.0694*** (33.16)	-177.7775*** (-4.33)	0.0683*** (29.29)
控制变量	是	是	是	是	是
城市固定效应	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
R <sup>2</sup>	0.3749	0.7417	0.6436	0.5334	0.6164
样本数	2044	2044	2044	2044	2044

## (二) 数据要素市场化的间接效应

数据要素市场化发展指数可在一定程度上间接反映并度量要素配置效应，借鉴颜蒙等的方法测算各城市数据要素市场化发展指数 (*MARKD*)。<sup>[34]</sup>由表8可知，新质生产力与数据要素市场化发展指数呈显著正相关，表明前者对后者具有显著驱动作用。数据要素市场化发展指数也对绿色数字经济产生显著正向影响，印证了数据要素市场化发展指数在新质生产力影响绿色数字经济的传导机制中发挥中介作用。

要深入解析新质生产力对绿色数字经济的驱动机制，需明确数据要素市场化发展指数的传导路径。该指数可从数据开放共享、交易活跃度与数据治理水平三个维度阐释，数据交易活跃度在其中居于核心地位。高效的数据交易机制可推动绿色技术、碳排放及能源使用等关键数据高效流通与优化配置，为企业提供可靠决策支持，进而促进绿色技术创新与数字化转型；数据治理水平通过提升数据质量、强化数据安全保障合规性，增强绿色数据的可信度与实用价值；数据开放共享则通过破除信息壁垒，为跨部门协同与区域融合发展提供基础支撑。三者协同联动，系统提升

绿色数字经济的运行效率与发展动能。

表8 数据要素市场化的间接效应

	<i>GRDI</i>	<i>MARKD</i>	<i>GRDI</i>
	模型1	模型2	模型3
<i>NEWQ</i>	0.3603*** (24.59)	0.7912*** (11.87)	0.1078*** (26.50)
<i>w. _GRDI</i>	0.0456*** (7.20)		0.0433*** (4.29)
<i>w. NEWQ</i>	-0.0696*** (-7.76)		-0.0116** (-2.33)
<i>MARKD</i>			0.0011* (1.83)
<i>_cons</i>	-2.0826*** (-21.13)	-0.3380*** (-3.64)	0.0699*** (33.35)
控制变量	是	是	是
城市固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
R <sup>2</sup>	0.3749	0.3599	0.6293
样本数	2044	2044	2044

## 八、主要结论及政策启示

本文基于全国地级市2017—2023年的数据，



采用空间联立方程考察了绿色数字经济与新质生产力的双向内生影响及其空间溢出效应,研究发现:(1)绿色数字经济与新质生产力存在双向促进作用,忽略新质生产力对绿色数字经济的反向内生性影响会显著高估绿色数字经济对新质生产力的促进作用。绿色数字经济通过推动绿色技术创新与促进产业结构升级,对新质生产力综合评价指数的提升具有积极作用。(2)绿色数字经济与新质生产力具有显著的空间溢出效应,具体表现为:本地区绿色数字经济水平与邻近地区绿色数字经济水平呈现显著正相关关系,本地区新质生产力与邻近地区的新质生产力显著正相关。(3)绿色数字经济与新质生产力在区域互动中可能存在双向竞争抑制关系。不仅邻近地区绿色数字经济对本地新质生产力具有阻碍作用,邻近地区的新质生产力对本地区的绿色数字经济也具有阻碍作用。(4)当绿色数字经济低于门槛值0.1313时,绿色数字经济能促进新质生产力增长;当绿色数字经济大于门槛值0.1313小于0.1905时,绿色数字经济对新质生产力的回归系数下降;当绿色数字经济跨越门槛值0.1905时,绿色数字经济对新质生产力的回归系数快速提升。进一步验证了绿色数字经济与新质生产力呈U型关系的回归结果。(5)此外,新质生产力通过推动技术创新与数据要素市场化,对绿色数字经济形成显著的反向促进作用,验证了二者之间存在双向赋能的内在机制。

根据以上结论,本文提出以下三点建议。第一,应强化二者协同互促,构建更为系统的政策框架,建立跨部门的协同合作平台,统筹数字基础设施投资与绿色技术研发,稳步推进数据要素市场化改革,落实绿色技术专利池制度,建立新质生产力评估体系,将相关指标纳入区域高质量发展考核评价体系,实施数绿融合产业赋能计划,针对不同发展水平地区实施差异化政策,充分激活技术扩散效应。第二,应创新区域协同治理模式,有效破解空间负向溢出问题,建立跨行政区的要素补偿机制,在重点城市群开展数字生态飞地建设试点,共同建设绿色算力中心,依托碳配额交易收益反哺欠发达地区,加快推进人才循环发展相关计划,实施差异化的产业政策,结合区域比较优势,打破资源虹吸效应与技术壁垒,推

动空间竞争向协同演进转变。第三,应采取分阶段实施策略,最大化发挥二者协同效应:低水平阶段重点强化数字基础设施建设与环境治理,设立专项资金,缩小区域数字鸿沟,将市场化环保工具纳入考核体系;中等水平阶段聚焦技术扩散与产业结构升级,建立配套补偿机制,组建技术帮扶联盟,加速绿色技术产业化进程;高水平阶段强化创新激励与市场机制,推行绿色创新券制度,构建动态监管体系,防范技术垄断。

### 〔参考文献〕

[1] 昌忠泽、孟倩:《信息技术影响产业结构优化升级的中介效应分析——来自中国省级层面的经验证据》,《经济理论与经济管理》2018年第6期。

[2] 江小涓、靳景:《数字技术提升经济效率:服务分工、产业协同和数实孪生》,《管理世界》2022年第12期。

[3] 王香艳、李金叶:《数字经济是否有效促进了节能和碳减排?》,《中国人口·资源与环境》2022年第11期。

[4] 张腾、蒋伏心、韦联韬:《数字经济能否成为促进我国经济高质量发展的新动能?》,《经济问题探索》2021年第1期。

[5][9] Zou J., Tanamee D., Romprasert S., "The Impact of China's Digital Economy Development on Green Total Factor Productivity," *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, vol.8, no.4(2025), pp.2076-2087.

[6] 周鑫、张满银:《“新质生产力本身就是绿色生产力”论断的逻辑要义、内涵意蕴与实践路径》,《生态文明研究》2025年第2期。

[7] 黄群慧、盛方富:《新质生产力系统:要素特质、结构承载与功能取向》,《改革》2024年第2期。

[8] 刘洋、李浩源:《新质生产力赋能高质量发展的逻辑理路、关键着力点与实践路径》,《经济问题》2024年第8期。

[10][12] 殷筱、房志敏:《新质生产力赋能绿色经济何以可能》,《南京工业大学学报(社会科学版)》2024年第3期。

[11] Li Z., Zhou Q., Wang K., "The Impact of the Digital Economy on Industrial Structure Upgrading in Resource-based Cities: Evidence from China," *PLOS One*, vol.19, no.2(2024), pp.1-13.

[13][18][21] 李占风、粟文元:《数字经济对绿色全要素生产率的影响研究》,《西安财经大学学报》2023年第6期。

[14] 李睿娟:《数字经济与人力资本对绿色创新影响研究》,《生态文明研究》2024年第4期。

[15] 龚新蜀、杜江:《数字经济、绿色创新与企业绿色全要素生产率》,《统计与决策》2024年第2期。

[16] Sun X., Zhang W., Kuang X., "How the Digital



Economy Can Contribute to Green Manufacturing Efficiency,”  
*Frontiers in Environmental Science*, vol.12(2024), 1418307.

[17]樊轶侠、徐昊:《中国数字经济发展能带来经济绿色化吗?——来自我国省际面板数据的经验证据》,《经济问题探索》2021年第9期。

[19][22]王智茂、纪峰:《数字经济赋能新质生产力发展:机制分析与空间溢出》,《现代财经(天津财经大学学报)》2025年第3期。

[20]戚聿东、蔡青青、罗天舒:《数字化与绿色化协同发展的模式与路径》,《数量经济技术经济研究》2026年第3期。

[23]卢江、郭子昂、王煜萍:《新质生产力发展水平、区域差异与提升路径》,《重庆大学学报(社会科学版)》2024年第3期。

[24]孙小婷、李敏:《绿色技术创新、新质生产力与低碳经济高质量发展》,《统计与决策》2024年第14期。

[25]干春晖、郑若谷、余典范:《中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响》,《经济研究》2011年第5期。

[26]侯冠宇、赵万鑫、张震宇:《健全因地制宜发展新质生产力体制机制:内涵特征、历史经验与路径选择》,《长安大学学报(社会科学版)》2025年第1期。

[27]倪外、吴桂全:《数字化转型对中国制造业企业绿色

生产力的影响》,《资源科学》2025年第4期。

[28]王珏、王荣基:《新质生产力:指标构建与时空演进》,《西安财经大学学报》2024年第1期。

[29]王寅、杨宛谕、蔡双立:《绿色数字经济与新质生产力协同发展的理论机制与实践路径——基于“技术—要素—产业”理论框架的组态分析》,《南开经济研究》2024年第12期。

[30]段永彪、赵宇洋、董新宇:《数字经济如何赋能新质生产力——基于省级面板数据的实证研究》,《经济问题探索》2025年第3期。

[31]徐紫嫣、夏杰长、姚战琪:《人力资本对服务消费水平的提升效应——基于城乡居民服务消费差距视角》,《经济与管理研究》2024年第6期。

[32]周文、白佳:《新质生产力的形成机理、历史演进与理论创新》,《社会科学辑刊》2024年第6期。

[33]刘辉、李诗:《新质生产力赋能农田水利高质量发展的机理与路径》,《社会科学辑刊》2025年第2期。

[34]颜蒙、王超贤、张伟东:《中国分省份数据要素市场化发展指数构建与分析》,《新经济导刊》2021年第4期。

【责任编辑:田 华】