

环境科学
Environmental Science
ISSN 0250-3301,CN 11-1895/X

《环境科学》网络首发论文

题目：新质生产力发展对绿色全要素生产率的影响与作用机制
作者：张鹏，石晓瑜，辛丽娜，杨剩富
DOI：10.13227/j.hjkx.202506298
收稿日期：2025-06-25
网络首发日期：2025-11-04
引用格式：张鹏，石晓瑜，辛丽娜，杨剩富．新质生产力发展对绿色全要素生产率的影响与作用机制[J/OL]．环境科学. https://doi.org/10.13227/j.hjkx.202506298



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

网络首发时间：2025-11-04 14:25:09　网络首发地址：https://link.cnki.net/urlid/11.1895.X.20251104.1359.006

新质生产力发展对绿色全要素生产率的影响与作用机制

张鹏[1,2]，石晓瑜[1,3]，辛丽娜[1]，杨剩富[4]

（1.长安大学土地工程学院，西安 710054；2.陕西省土地整治重点实验室，西安 710054；3.厦门大学公共事务学院，厦门 361005；4.中国地质大学（武汉）公共管理学院，武汉 430074）

摘要：探究新质生产力对绿色全要素生产率的影响机制，对完善区域绿色发展政策、推动经济与生态协同共进具有重要意义。基于 2012~2022 年中国 30 个省级行政区面板数据，运用双向固定效应模型、中介效应模型与门槛回归模型，系统剖析新质生产力发展对绿色全要素生产率的影响效应、传导机制与区域差异。结果表明：①新质生产力发展能够显著促进绿色全要素生产率提升，该结果经系列稳健性检验后依然成立；②新质生产力可通过提升科技创新水平与优化资源配置效率间接推动绿色全要素生产率增长；③当科技创新水平或资源配置效率突破一定阈值后，促进效应显著增强，呈非线性跃升特征；④新质生产力的促进作用存在区域异质性，在东部、非资源型和清洁能源主导型省份更为显著，且边际效应更强。未来应强化科技创新与资源配置的协同联动，因地制宜实施绿色发展策略，完善跨区域绿色协作机制，协同提升新质生产力与绿色全要素生产率，助力高质量发展。

关键词：新质生产力；绿色全要素生产率；中介效应；门槛效应；异质性

DOI: 10.13227/j.hjkx.202506298

Effect and Mechanism of New Quality Productive Forces on Green Total Factor Productivity

ZHANG Peng[1,2], SHI Xiao-yu[1,3], XIN Li-na[1], YANG Sheng-fu[4]

（1. School of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Shaanxi Key Laboratory of Land Consolidation, Xi'an 710054, China; 3. School of Public Affairs, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 4. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China）

Abstract: Understanding the effect and mechanism of new quality productive forces (NQPF) on green total factor productivity (GTFP) is crucial for improving regional green development policies and promoting synergy between economic growth and environmental sustainability. Using panel data from 30 provincial-level administrative regions in China from 2012 to 2022, this study employs two-way fixed effects models, mediation effect models, and threshold regression models to systematically investigate the effects, transmission mechanisms, and regional heterogeneity of NQPF on GTFP. The results show that NQPF significantly enhances GTFP, and this conclusion remains robust under multiple tests. Technological innovation and resource allocation efficiency serve as important mediating channels through which NQPF indirectly enhances GTFP. When technological innovation or resource allocation efficiency surpass certain thresholds, the marginal effect of NQPF on GTFP significantly increases, revealing a nonlinear escalation pattern. Moreover, the positive effect varies significantly across regions, being more pronounced in eastern, non-resource-based, and clean energy-dominated provinces, with stronger marginal effects. The findings suggest that future efforts should strengthen the synergy between technological innovation and resource allocation, implement region-specific green development strategies, and improve cross-regional green cooperation mechanisms to jointly enhance NQPF and GTFP, thereby supporting high-quality development.

Key words: new quality productive forces; green total factor productivity; mediation effect; threshold effect; heterogeneity

在全球绿色低碳转型与中国“双碳”战略双重驱动下，实现经济与生态协同共进已成为高质量发展的核心命题[1]。当前，以数字化、智能化和绿色化深度融合为特征的新质生产力正加速演进[2]，通过劳动者技能升级、生产资料智能改造与资源循环利用等方式重塑要素配置格局，为技术创新、产业转型与生态保护的协同发展注入新动能[3~5]。作为衡量经济效率与资源环境协调水平的关键指标，绿色全要素生产率的提升不仅是破解资源环境约束的重要途径，更是塑造未来竞争新优势的战略支点[6,7]。然而，在新质生产力加速发展背景下，其能否有效促进绿色全要素生产率提升、内在作用机制与边界条件如何，现有研究尚未形成清晰结论。因此，亟需从理论与实证层面深入探究新质生产力对绿色全要素生产率的影响效应与作用机制，以揭示资源环境约束下经济与生态协同发展的内在逻辑，并为“双碳”目标导向下区域绿色转型与治理能力提升提供科学依据。

新质生产力及其经济社会与环境效应已成为学术界关注的热点，相关成果日益丰富。在理论层面，技术经济学视角强调新质生产力由人工智能、大数据及新能源等技术集群驱动，通过革新生产方式推动新兴产业发展[8]；政治经济学视角则聚焦其对传统生产关系与资源配置机制的重塑，突出数字化、绿色化

收稿日期：2025-06-25；**修订日期**：2025-09-25

基金项目：国家自然科学基金项目（42301315）；教育部人文社会科学研究项目（23XJCH018）；陕西省科协青年人才托举计划项目（20240708）；中央高校基本科研业务费专项（300102355203）

作者简介：张鹏（1993~），男，博士，讲师，主要研究方向为资源环境经济与国土空间治理，E-mail: peng.zhang@chd.edu.cn

与高端化融合特征[9]。在测度方法上，部分学者基于马克思主义劳动生产力理论，构建了涵盖劳动者、劳动资料与劳动对象的综合指标体系[10,11]；亦有学者引入“科技-绿色-数字”三维框架，结合改进的TOPSIS-熵值法，系统刻画新质生产要素的动态演进[12]。在影响效应方面，已有研究表明，新质生产力不仅有助于推动绿色创新与减污降碳[13~15]，还能促进产业结构优化与经济增长质量提升[11,16]。具体到绿色发展领域，部分学者从农业、制造业和商贸流通业等行业视角出发，证实了新质生产力对行业绿色全要素生产率的正向作用[17~19]。例如，郭海红等[17]发现，农业新质生产力可通过产业升级与集聚推动农业绿色全要素生产率跃迁；肖闻[19]则指出，数字新质生产力通过绿色技术创新显著提升了商贸流通业绿色全要素生产率。

绿色全要素生产率作为衡量绿色发展质量的核心指标，其理论体系与测度方法已较为成熟。相较于传统生产率指标，绿色全要素生产率通过纳入资源环境约束，更强调经济活动的可持续性[20,21]。在测度方法上，参数法（如随机前沿分析）理论基础扎实，但对生产函数形式与误差项分布依赖性较强；非参数法（如 SBM 和 EBM 模型）则因无需设定函数形式且能处理非期望产出，应用更为广泛[6,22]。现有研究主要从技术创新、产业结构与制度环境等方面探讨其影响机制，普遍认为绿色技术进步可降低资源消耗与污染排放，是提升绿色全要素生产率的关键动力[22,23]；产业结构绿色转型有助于优化资源配置、推动绿色增长[24]；适度的环境规制与对外开放政策亦为绿色增长提供了制度保障[25,26]。

从上述文献分析来看，现有研究虽为揭示新质生产力与绿色全要素生产率关系奠定了坚实基础，但仍存在以下局限：其一，相关研究在探讨二者关系时多聚焦于农业或商贸流通等特定行业，未能充分体现绿色全要素生产率作为综合性指标所具有的系统性特征，难以全面揭示新质生产力对经济体系整体绿色转型的驱动效应。其二，机制分析层面，现有研究对中介机制的动态演化关注不足。尽管部分研究已关注到新质生产力影响效应的非线性特征[27,28]，但所引入的中介变量多被视为静态传导路径，未能深入揭示中介机制在不同发展阶段的作用变化，因而难以从动态视角解释新质生产力与绿色全要素生产率关系的阶段性变化及其内在逻辑。

基于此，本研究立足省域全要素视角，以 2012~2022 年中国 30 个省级行政区（中国台湾、香港、澳门和西藏资料暂缺）为研究对象，采用计量回归模型系统考察新质生产力发展对绿色全要素生产率的影响效应，深入解析“科技创新-资源配置”的中介作用及阶段性门槛特征，为环境约束下高质量发展提供理论依据与决策参考。本研究的边际贡献在于：①突破行业限制，从省级宏观层面以绿色全要素生产率作为绿色发展质量的综合表征，系统评估新质生产力的绿色驱动效应，更契合其“全域性生产范式”特征；②引入“科技创新-资源配置”双中介分析框架，并揭示其传导机制的动态演化差异，以期为制定分阶段、分区域绿色高质量发展政策提供科学支撑。

1 理论分析与研究假设

本研究在已有研究基础上，结合马克思主义劳动生产力理论、新古典经济学中的内生增长理论、资源基础理论及区域发展不均衡等相关理论，构建新质生产力影响绿色全要素生产率的分析框架（图 1），系统探讨其直接影响、传导机制及异质性特征。

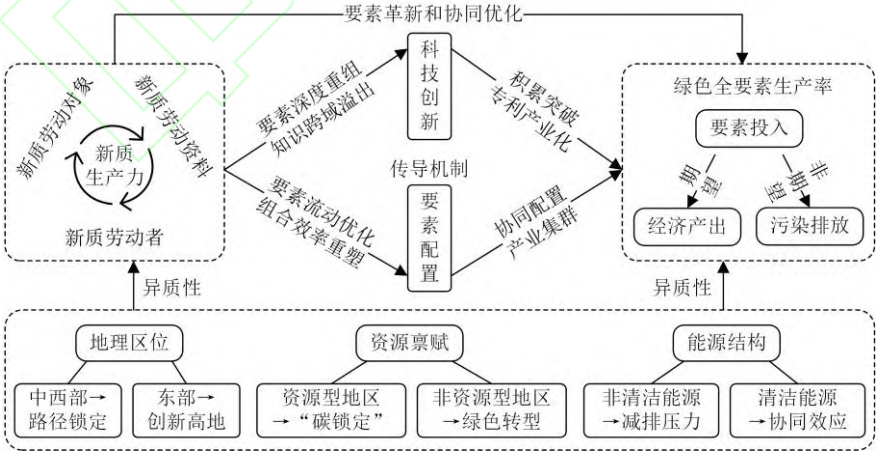


图 1 新质生产力影响绿色全要素生产率的机制及特征

Fig. 1 Mechanisms and characteristics of new quality productive forces affecting green total factor productivity

1.1 新质生产力对绿色全要素生产率的直接影响

新质生产力对绿色全要素生产率的影响，根源于其对传统生产要素的系统性革新与协同优化[4]。在劳动对象层面，基于循环经济理论，新质生产力通过推动清洁能源技术迭代和资源循环利用体系建设，引导资源投入由高碳型向生态友好型转变，显著提高资源利用效率与生态效益[15,29]。在劳动者层面，依据

人力资本理论，新质生产力强调绿色技能培训与创新激励机制的协同发力，推动人力资本向绿色研发与低碳管理等方向集聚，促进劳动者结构绿色化升级[30]。在劳动资料层面，基于技术扩散理论，新质生产力依托智能制造、物联网与人工智能等数字技术，推动生产系统智能化改造与流程优化，有效降低单位产出的能源消耗与污染排放[31,32]。三类生产要素的互促共进，共同推动绿色技术边界持续拓展，显著降低资源消耗与环境成本，从而实现绿色全要素生产率的稳步提升。据此，提出研究假设 1：新质生产力发展能够显著促进绿色全要素生产率提升。

1.2 新质生产力对绿色全要素生产率的作用机制

1.2.1 新质生产力、科技创新与绿色全要素生产率

科技创新作为新质生产力影响绿色全要素生产率的核心传导路径，其内在逻辑呈现“创新积累-系统突破”的动态演进特征。基于内生增长理论，新质生产力通过要素深度重组与知识跨域溢出，为绿色技术创新注入持续动能[4,5]。具体而言，数字化研发平台与智能化工具（如虚拟仿真系统和协同创新网络）的应用，能够显著降低创新过程中的信息搜寻成本与试错风险，提升知识扩散效率与技术转移速率，推动绿色技术从理论研发向产业应用高效转化，形成“需求识别-技术攻关-成果转化”的闭环创新生态。值得注意的是，依据技术扩散理论，这一中介传导过程具有鲜明阶段性特征，呈现从初期工艺改良到系统性创新突破的渐进式演进路径[33,34]。当区域创新环境演进至特定阈值时，创新网络外部性与协同效应发生质的跃升[35]，加速绿色技术规模化扩散与产业化应用，使新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用显著增强。这种阶段性跃迁本质上反映了以科技创新水平为门槛变量的非线性关系，导致新质生产力的促进效应在不同创新水平下呈现显著性差异。据此，提出研究假设 2a：新质生产力能够通过提高科技创新水平促进绿色全要素生产率提升；假设 2b：新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用因科技创新水平不同而呈现非线性特征。

1.2.2 新质生产力、资源配置与绿色全要素生产率

资源配置优化是新质生产力提升绿色全要素生产率的另一关键路径，其核心机制体现在对创新要素流动性及组合效率的系统性重塑。依据资源基础理论，新质生产力所具备的数字化和智能化特性，能够有效突破传统资源配置中存在的信息不对称及市场失灵等问题[36]。借助大数据驱动的要素交易平台及跨区域绿色创新联盟等载体，人才、资本和技术等关键创新要素在绿色领域的流动效率得以显著提升，配置精度也得到大幅提高[37]。这一过程同样呈现阶段性演化路径：初期以要素供给规模扩大与结构优化调整为主，后期则转向为要素间的协同配置与组合创新，进而实现资源配置效率的大幅跃升[38]。资源约束理论进一步指出，只有当资源配置效率突破特定阈值时，绿色产出效率才能实现实质性提升。这本质上反映了以资源配置效率为基础的门槛效应[36]，致使新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用在不同资源配置效率下呈现非线性差异。据此，提出研究假设 3a：新质生产力能够通过提高资源配置效率促进绿色全要素生产率提升；假设 3b：新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用因资源配置效率不同而呈现非线性特征。

1.3 新质生产力对绿色全要素生产率的异质性影响

基于区域非均衡发展理论和资源约束理论，新质生产力对绿色全要素生产率的影响并非呈现均一化特征，而是存在显著的空间异质性。这种异质性主要源于区域创新生态、资源禀赋与能源结构的差异。

区域创新生态成熟度是影响新质生产力绿色转化效率的核心变量。我国东部地区依托长三角及粤港澳大湾区等国家级创新高地，已构建起较为完善的数字基础设施网络、产学研协同创新机制及多层次环境规制体系[35,39]，能够为新质生产力向绿色技术转化提供全链条支撑，并显著提升转化效率[40]。相比之下，中西部地区仍受限于传统产业的路径依赖、创新资源的结构性错配及要素跨区域流动的制度障碍，导致新质生产力的绿色转化效能难以充分释放，转化效率相对偏低。据此，提出研究假设 4a：新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用在东部地区比中西部地区更为显著。

资源禀赋差异通过产业结构传导路径塑造异质性影响[24]。资源型地区长期陷入“资源诅咒”困境，其经济发展高度依赖资源开发产业，导致绿色研发投入占比不足且技术创新被锁定在资源粗放利用路径，资源配置持续向高能耗领域倾斜，显著制约新质生产力的绿色转化能力[41]。而非资源型地区的经济发展则以先进制造业或现代服务业为主导，产业结构具有更高的绿色转型弹性，更易通过新质生产力实现“要素重组-技术创新-绿色转型”的链式升级。据此，提出研究假设 4b：新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用在非资源型省份比资源型省份更为显著。

地区能源结构的清洁化水平构成异质性影响的另一重要维度。在清洁能源占比高的地区，新质生产力可与清洁能源技术形成协同创新效应，加速生产系统的低碳重构，实现生态效益的倍增[42]。而以传统高碳能源为主导的地区，由于能源消费路径依赖根深蒂固，需先突破能源系统的锁定效应，才能有效释放新质生产力的绿色潜力[43]。据此，提出研究假设 4c：新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用在清洁能源主导型省份比非清洁能源主导型省份更为显著。

2 材料与方法

2.1 模型设定

2.1.1 基准回归模型

研究通过构建面板基准回归模型，考察新质生产力对绿色全要素生产率的直接影响，模型形式如下：

$$GTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 NQPF_{it} + \alpha_c Control_{it} + \sigma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中，$GTFP_{it}$和$NQPF_{it}$分别为i省t年的绿色全要素生产率和新质生产力发展水平；$Contorl_{it}$为控制变量；α_0为常数项，α_1和α_c为待估系数；σ_i和δ_t分别为个体与时间固定效应；ε_{it}为随机误差项。

2.1.2 中介效应模型

为避免传统三步法中介效应模型的缺陷，研究借鉴江艇[44]提出的两步法检验，对新质生产力与中介变量的关系进行回归分析。关于中介变量对绿色全要素生产率的影响，通过文献作证和理论分析方式加以解决。模型形式如下：

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 NQPF_{it} + \beta_c Control_{it} + \sigma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中，M_{it}为中介变量；β_0为常数项；β_1和β_c为待估系数；其余变量含义同式（1）。

2.1.3 面板门槛模型

为进一步探究非线性作用路径，研究在式（1）基础上构建面板门槛模型，具体公式如下：

$$GTFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 NQPF_{it} \cdot I(Thr_{it} \le \theta) + \alpha_2 NQPF_{it} \cdot I(Thr_{it} > \theta) + \alpha_c Control_{it} + \sigma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中，Thr_{it}为门槛变量；θ为待估门槛值；$I(\,)$为指示函数，当门槛变量满足相应条件时I取1，否则取0；其余变量含义同式（1）。

2.2 变量选择

2.2.1 被解释变量

绿色全要素生产率（GTFP）。该指标反映经济产出与资源环境消耗的协调程度，其值越高表明经济发展与生态环境协同性越强。借鉴相关研究成果[6,22]，本研究采用非导向、非径向的 SBM-GML 模型对其进行测度。该模型在引入非期望产出基础上，利用松弛变量克服径向模型带来的测度偏差，并通过 GML 指数将生产率分解为效率变动与技术进步两部分，增强了指标可比性与解释力。依据物质平衡原理，并考虑数据可得性，研究选取以下指标进行测算：实际 GDP 为期望产出；工业废水、二氧化硫、二氧化碳及固体废物排放量为非期望产出；年末就业人员数、固定资本存量与能源消费总量分别代表劳动力、资本和能源方面投入。其中，资本存量采用永续盘存法计算，以 2011 年为基期，折旧率为 9.6%。

2.2.2 核心解释变量

新质生产力发展水平（NQPF）。新质生产力本质是以科技创新为驱动内核，由劳动者、劳动对象与劳动资料构成的协同闭环系统。具体而言，劳动者的知识技能升级是其核心动能，决定了生产效率上限；劳动对象不断向数据资源及绿色能源等新兴领域拓展，推动生产边界延伸；劳动资料则通过智能装备与工业互联网实现效率跃升。三者之间形成明显的互馈机制，先进劳动资料为劳动者能力提升提供技术支撑，高素质劳动者推动新型劳动对象的开发与应用，而新型劳动对象的实践需求又反向驱动劳动资料持续创新。这一闭环协同机制构成了新质生产力区别于传统生产力的本质特征。基于此，参考已有研究成果[10,11]，本研究构建涵盖劳动者、劳动对象和劳动资料这 3 个维度的新质生产力综合评价指标体系（表1），采用 TOPSIS−熵值法对其发展水平进行定量测度。

表 1 新质生产力发展水平评价指标体系

Table 1 Evaluation index system for the development level of new quality productive forces

准则层	一级指标	二级指标	指标衡量	单位	方向
劳动者	劳动者技能	人均受教育程度	人均受教育年限	年	正
		人力资本结构	大学生数量/总人口	%	正
	劳动生产率	人均产值	GDP/就业人员数	元·人$^{-1}$	正
		人均收入	在岗职工平均工资	元	正
	劳动者意识	第三产业从业人员比例	第三产业从业人员数/从业人员总数	%	正
		创业活跃度	每百人新创企业数	个·百人$^{-1}$	正
劳动对象	未来产业	软件服务	软件业务收入	万元	正
		电子商务	电子商务销售额	万元	正
	生态环境保护	绿色环保	森林覆盖率	%	正
		环境保护力度	环境保护支出/政府公共财政支出	%	正
	污染减排	污染减排量	废水排放/GDP	t·万元$^{-1}$	负
			二氧化硫排放/GDP	t·万元$^{-1}$	负
			一般工业固体废物产生量/GDP	t·万元$^{-1}$	负
		污染治理度	工业废水治理设施数	个	正

			工业废气治理设施数	个	正
劳动资料	基础设施	传统基础设施	公路里程	km	正
			铁路里程	km	正
		数字基础设施	互联网宽带接入端口数	个	正
			光缆线路长度/地区面积	km • km^{-2}	正
	能源消耗	总体消耗	能源消费量/GDP（以标准煤计）	t • 万元$^{-1}$	负
		绿色消耗	可再生能源消耗量/能源消费总量	%	正
	科技创新	科技创新投入	R&D 经费/GDP	%	正
		科技创新成果	国内专利授权数/总人口	件 • $人^{-1}$	正
	数字水平	企业数字化	企业数字化水平 1）	无量纲	正

1）依据上市公司年报中出现的关键词，将企业定位到省级并对词频进行加总取平均来衡量

2.2.3 中介变量

基于前述理论传导机制，本研究选取科技创新水平（TI）和资源配置效率（RE）作为中介变量。①科技创新水平以国内发明专利授权量与信息软件从业人员数的自然对数交互项表示[45]。前者反映区域技术研发能力和核心技术突破水平，后者则体现区域信息技术人力资源的支撑作用及其在创新生态中的重要性。两者交互构建的综合指标能够较全面反映区域科技创新的系统性能力和协同效率。②资源配置效率指创新资源在资本和劳动等生产要素间的配置绩效。借鉴徐君等[46]研究成果，采用 SBM 模型对其定量测度。其中，投入指标包括 R&D 人员全时当量、有 R&D 活动的规上工业企业数和 R&D 经费内部支出；产出指标包括技术市场成交额、新产品销售收入和有效专利数量。

2.2.4 控制变量

为缓解潜在遗漏变量引致的内生性问题，参考既有研究成果[24,25]，本研究选取以下 5 个控制变量：①环境规制强度（ENV），以工业污染治理完成投资额占工业增加值的比例衡量；②政府干预程度（GOV），以地方财政支出占 GDP 的比例表征；③城镇化水平（URB），以年末城镇常住人口占常住总人口的比例衡量；④金融发展水平（FIN），以金融机构存贷款余额占 GDP 的比例表征；⑤产业结构升级（IND），对三次产业产值占比按权重 1、2、3 加权求和，反映经济结构高端化进程。各变量的描述性统计见表 2。

表 2 变量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of variables

变量类型	变量名称	符号	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	绿色全要素生产率	GTFP	330	0.845	0.115	0.465	1.000
核心解释变量	新质生产力发展水平	NQPF	330	0.305	0.077	0.135	0.580
中介变量	科技创新水平	TI	330	22.500	13.258	−3.442	60.411
	资源配置效率	RE	330	0.967	0.029	0.871	1.000
控制变量	环境规制强度	ENV	330	0.003	0.004	0.000	0.031
	政府干预程度	GOV	330	0.113	0.032	0.058	0.245
	城镇化水平	URB	330	0.607	0.117	0.363	0.896
	金融发展水平	FIN	330	3.340	1.182	1.279	8.131
	产业结构升级	IND	330	2.406	0.120	2.132	2.834

2.3 数据来源

本研究选取 2012~2022 年为研究时段。2012 年党的十八大明确提出“大力推进生态文明建设”，标志着我国绿色发展进入制度化推进阶段，相关政策体系逐步完善；同时该时段也是从移动互联网普及到人工智能兴起的关键技术跃迁期，能够较好地捕捉新质生产力对绿色发展的影响效应。考虑到数据可得性和完备性，以中国 30 个省级行政区（中国台湾、香港、澳门和西藏资料暂缺）为研究对象，数据主要来源于国家统计局、《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省份历年统计年鉴。

3 结果与分析

3.1 基准回归分析

在构建基准回归模型前，研究采用方差膨胀因子（VIF）对变量的多重共线性进行检验，结果显示变量平均 VIF 值为 3.24、低于阈值 5，表明不存在严重的多重共线性问题。Hausman 检验结果显示，固定效应模型优于随机效应模型，故采用固定效应模型进行实证分析，回归结果见表 3。

表 3 第（1）列结果显示，核心解释变量 NQPF 的系数为 0.726，且正向显著，表明新质生产力发展显著促进了绿色全要素生产率提升。第（2）至（6）列在逐步引入各控制变量后，NQPF 的估计系数虽略有波动，但始终保持正向且显著，进一步验证了回归结果可靠性。由此，假设 1 得以验证。从我国发展实践来看，新质生产力的发展在生产环节通过数字化、智能化与绿色化的融合，提高了能源利用效率和资源

循环水平，减少了资源消耗与污染排放；在产业层面则推动绿色技术应用和产业转型，引导要素向低碳高效领域集聚，从而系统性地提升了绿色全要素生产率。

表 3 基准回归结果 [1)]

Table 3 Benchmark regression results

变量	GTFP					
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
NQPF	0.726***	0.674***	0.640***	0.777***	0.797***	0.807***
	（0.153）	（0.152）	（0.147）	（0.157）	（0.156）	（0.154）
ENV		3.108***	2.748***	3.025***	2.964***	2.167**
		（1.000）	（0.971）	（0.970）	（0.964）	（1.003）
GOV			0.910***	0.841***	0.879***	0.796***
			（0.199）	（0.199）	（0.199）	（0.199）
URB				0.004**	0.004***	0.004**
				（0.002）	（0.002）	（0.002）
FIN					0.014**	0.011*
					（0.006）	（0.006）
IND						0.280**
						（0.109）
常数项	0.616***	0.619***	0.519***	0.284***	0.204*	−0.418
	（0.038）	（0.038）	（0.043）	（0.108）	（0.113）	（0.266）
样本数	330	330	330	330	330	330
时间/个体	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.875	0.879	0.887	0.889	0.890	0.892

1）括号内数值为标准误，***、**和*分别表示估计系数在 1%、5%和 10%水平上显著，下同

3.2 内生性与稳健性检验

为检验回归模型是否存在内生性问题，研究引入工具变量法进行稳健性分析。首先，借鉴黄群慧等[47]的研究方法，选取 1984 年各省份每百人固定电话数与上一年全国互联网用户数的交互项作为新质生产力发展水平的工具变量，利用两阶段最小二乘法（2SLS）进行内生性检验。表 4 第（1）列结果显示，所构造的工具变量通过了识别不足和弱工具检验，且 NQPF 的估计系数仍显著为正，表明在控制内生性后，新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用依然稳健可靠。进一步，为缓解潜在的内生性偏误，研究参考孙铭等[48]的做法，采用新质生产力发展水平的滞后一期值作为工具变量进行替代检验。表 4 第（2）列结果显示，NQPF 的估计系数依然显著为正，所选工具变量同样通过了识别不足和弱工具变量检验，结果与基准回归保持一致，再次验证了研究结果的可靠性和稳健性。

表 4 内生性检验结果

Table 4 Results of endogeneity test

变量	2SLS（1）		2SLS（2）	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
NQPF		2.823***（0.627）		0.405**（0.174）
工具变量	1.530***（0.296）		1.029***（0.015）	
控制变量	是	是	是	是
常数项	−0.130（0.045）	−0.297（0.199）	−0.057（0.020）	0.325（0.260）
样本数	330	330	300	300
时间/个体	控制	控制	控制	控制
Kleibergen-Paap rk LM	22.798***		63.965***	
Kleibergen-Paap rk Wald F	26.809***		244.10***	
R^2	0.882	0.898	0.565	0.191

本研究采用样本缩尾处理、调整样本时段和剔除特殊样本这 3 种方法进行稳健性检验。①对所有变量进行 1%水平的缩尾处理，以减弱极端值对回归结果的干扰；②调整样本时段，剔除 2020~2022 年数据，以控制新冠疫情期间经济异常波动可能带来的影响；③剔除北京、上海、天津和重庆这 4 个直辖市样本，规避其在行政级别、财政分配和政策支持等方面的特殊性可能引致的系统性偏差。表 5 第（1）至（3）列的结果显示，NQPF 估计系数的符号和显著性均保持一致，表明新质生产力对绿色全要素生产率的正向影响具有较强稳健性。

表 5 稳健性检验结果

Table 5 Robustness test results

变量	1%缩尾（1）	缩短时段（2）	剔除直辖市（3）
NQPF	0.902***（0.204）	1.312***（0.317）	1.187***（0.222）
控制变量	是	是	是
常数项	−0.702*（0.407）	−0.033（0.363）	−0.307（0.400）

样本数	330	240	286
时间/个体	控制	控制	控制
R^2	0.893	0.948	0.891

3.3 影响机制分析

3.3.1 中介效应

为进一步探究新质生产力对绿色全要素生产率的作用路径，检验其是否通过科技创新水平提升与资源配置效率优化产生间接效应，本研究基于公式（2）构建中介效应模型，对两种传导机制进行实证分析，结果见表 6。

表 6 中介效应回归结果

Table 6 Regression results of mediating effect

变量	TI（1）	RE（2）
NQPF	49.794***（9.720）	0.468***（0.088）
控制变量	是	是
常数项	−9.435（16.576）	0.910***（0.130）
样本数	330	330
时间/个体	控制	控制
R^2	0.983	0.750

表 6 第（1）列结果显示，新质生产力对科技创新水平的影响显著为正，表明其发展显著提升了科技创新能力。结合实践来看，新质生产力依托数字化和智能化技术集群，推动生产模式革新并激发绿色技术研发需求，同时在政府与市场合力下构建产学研协同创新体系，加快了绿色技术的应用与产业化进程。现有研究亦表明，科技创新不仅通过节能设备、污染治理技术和清洁能源替代方案减少了资源消耗与环境污染，还通过技术扩散提升了行业整体绿色生产水平，从而推动绿色全要素生产率的持续增长[22,23]。第（2）列结果显示，新质生产力对资源配置效率同样具有显著正向影响，说明其发展显著提升了资源配置效率。从发展实践来看，数字化应用有效降低了创新活动中的信息不对称，促进资金、人才和技术向低碳高效领域集聚，同时绿色导向的政策与市场机制共同作用，引导创新资源从高污染和高耗能领域有序退出。已有研究指出，资源配置效率的提升不仅减少了因要素错配导致的创新投入浪费与环境负担，还优化了技术研发结构与区域布局，增强了经济体系的绿色转型适应性，从而为绿色全要素生产率的持续提升提供了重要支撑[37,38]。综上，新质生产力能够通过提升科技创新水平与优化资源配置效率，间接推动绿色全要素生产率提升，假设 2a 与 3a 得以验证。

3.3.2 门槛效应

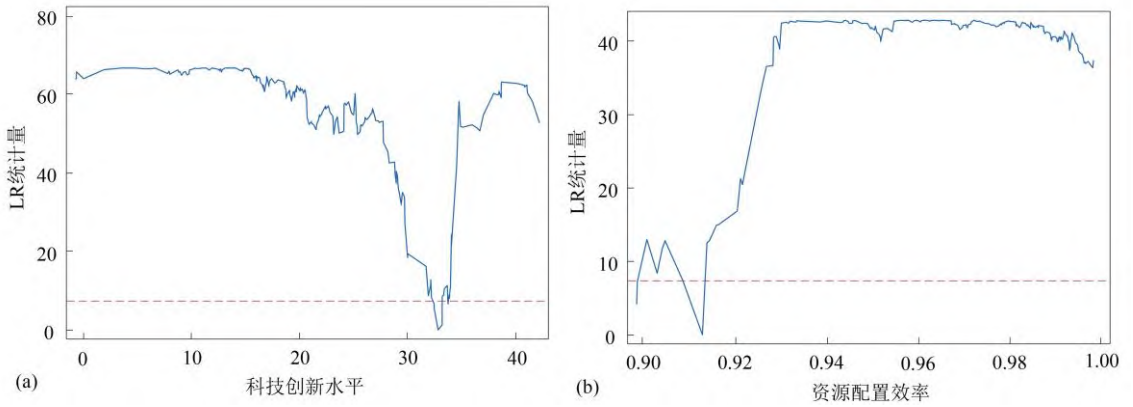
为进一步探讨科技创新与资源配置在新质生产力影响绿色全要素生产率过程中的非线性特征，研究基于公式（3），以 TI 和 RE 为门槛变量，分别构建单门槛和双门槛回归模型，并通过 300 次 bootstrap 自助抽样法进行门槛效应检验。由表 7 可知，TI 和 RE 的单门槛效应分别在 1%和 5%水平下显著，而双门槛效应不显著，表明二者在该作用机制中呈现显著的单门槛特征，门槛估计值分别为 32.832 和 0.913。此外，图 2 中的 LR 似然比检验结果与单门槛区间估计结果高度一致，进一步验证了门槛检验结果的可靠性。

表 7 门槛效应检验结果 1）

Table 7 Results of the threshold effect test

门槛变量	门槛设置	*F* 统计量	*P* 值	临界值			门槛值
				10%	5%	1%	
TI	单一门槛	68.13	0.001	37.000	44.965	60.259	32.832
	双重门槛	20.24	0.343	35.519	44.618	52.267	23.169
RE	单一门槛	39.03	0.017	24.828	32.773	45.445	0.913
	双重门槛	2.65	0.937	24.596	33.651	48.641	0.931

1）10%、5%和 1%分别对应 3 类显著性水平，其临界值用于检验 *F* 统计量的显著性



红色虚线表示 95%的置信区间参考线，穿过置信区间参考线的曲线最低点为相应的门槛值

图 2 科技创新和资源配置的单门槛 LR 似然比检验

Fig. 2 Single threshold likelihood ratio test of technological innovation and resource allocation

门槛回归结果显示（表 8），新质生产力在门槛值前后对绿色全要素生产率的影响均显著为正，但跨越门槛后，边际效应明显更强，验证了假设 2b 和 3b。从我国发展实践来看，科技创新水平在门槛值以下时，绿色技术多集中于传统工艺的节能改造、属渐进式创新，受路径依赖限制，减排效益有限；跨越门槛后，“动力电池能量密度提升”和“烟气脱硫脱硝技术升级”等关键技术实现产业化并依托工业互联网平台加速扩散，技术溢出效应明显增强，从而进一步放大新质生产力对绿色全要素生产率的促进作用。资源配置效率在门槛值以下时，高耗能产业仍占据研发资金、人才和技术等关键资源，绿色产业因融资约束面临要素错配，新质生产力的绿色转化效应受限；跨越门槛后，碳市场和绿色金融协同引导创新资源向绿色产业集聚，资源配置效率显著提升，从而增强新质生产力对绿色全要素生产率的推动能力。

表 8 门槛回归结果

Table 8 Threshold regression results

变量	GTFP	
	（1）	（2）
NQPF×I(TI≤θ_1)	0.423**（0.202）	
NQPF×I(TI＞θ_1)	0.652***（0.178）	
NQPF×I(RE≤θ_2)		0.331**（0.149）
NQPF×I(RE＞θ_2)		0.521***（0.168）
控制变量	是	是
常数项	−0.131（0.335）	−0.505（0.393）
门槛值	32.832	0.913
样本数	330	330
R^2	0.922	0.918

3.4 异质性分析

3.4.1 地理区位异质性

鉴于我国东、中、西部地区在经济基础、产业结构与技术水平方面存在显著差异，本研究将 30 个省级行政区划分为东部与中西部两大区域，考察新质生产力对绿色全要素生产率的区域异质性影响。表 9 第（1）和（2）列结果显示，在东部地区，新质生产力对绿色全要素生产率的影响显著为正，而在中西部地区影响则不显著，验证了假设 4a。究其原因，东部地区已基本形成新质生产力向绿色产出转化的良性生态系统。在产业层面，长三角和珠三角等地依托完善的产业体系，已构建起涵盖数字技术研发与绿色制造的完整产业链条，并借助工业互联网推动制造企业的大规模节能改造；在创新层面，区域内全国重点实验室与高新技术企业高度集聚，为绿色技术突破提供了坚实的研发支撑；在制度层面，绿色金融和碳市场等机制先行先试，显著降低了绿色技术转化的制度性成本。相比之下，中西部地区重工业占比偏高，对传统能源依赖较强，且高端人才与创新资源集聚度低，创新体系尚不健全，部分绿色项目因缺乏配套难以落地，致使新质生产力的绿色转化能力受限。

表 9 异质性分析结果

Table 9 Results of heterogeneity analysis

变量	东部（1）	中西部（2）	资源型省份（3）	非资源型省份（4）	清洁能源主导型省份（5）	非清洁能源主导型省份（6）
NQPF	1.231*** （0.262）	0.032 （0.256）	0.488 （0.340）	1.355*** （0.259）	1.099*** （0.328）	0.569*** （0.199）
控制变量	是	是	是	是	是	是

常数项	−0.240 （0.596）	−0.595 （0.504）	−1.294** （0.549）	0.566 （0.570）	1.224** （0.489）	−0.833* （0.486）
样本数	121	209	165	165	99	231
时间/个体	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.943	0.864	0.913	0.886	0.898	0.910

3.4.2 资源禀赋异质性

考虑到资源禀赋对地区经济发展路径和产业结构具有深刻影响，研究将样本省份划分为资源型与非资源型两类，以检验新质生产力的绿色转化效应在不同资源背景下的差异。表 9 第（3）和（4）列结果显示，在非资源型省份，新质生产力对绿色全要素生产率具有显著正向影响，而在资源型省份该效应则不显著，验证了假设 4b。这一差异主要源于产业路径依赖与创新生态分化。资源型省份长期依赖煤炭、石油等初级资源开发，地方财政和就业对传统高碳产业依赖度高，使绿色技术替代面临较大阻力，同时“资源诅咒”效应显著，导致研发投入不足和环保政策执行乏力，从而削弱了新质生产力的绿色引导功能。相较而言，非资源型省份产业结构更具灵活性，早期依托轻工业和制造业积累了较强的技术吸收与转化能力，近年来在光伏及数字经济等绿色产业领域布局加快；同时，市场机制较为完善，绿色技术更易通过“需求牵引−资本跟进−政策保障”实现快速落地，为新质生产力的绿色转化营造了良好环境。

3.4.3 能源结构异质性

为进一步考察能源结构差异对新质生产力绿色转化效应的影响，研究依据各省可再生能源消费占比，将样本省份划分为清洁能源主导型与非清洁能源主导型两类。表 9 第（5）和（6）列结果显示，尽管新质生产力在两类省份均对绿色全要素生产率产生显著正向影响，但清洁能源主导型省份的边际效应更强，验证了假设 4c。可能的原因在于，清洁能源主导型省份依托水电和风电等资源优势，已基本建成“风光发电−储能−智能电网”一体化能源系统，为新质生产力提供了天然的绿色应用场景；同时，严格的环境规制与绿色激励政策有效降低了绿色技术转化成本，进一步增强了新质生产力的绿色推动作用。反观非清洁能源主导型地区，受制于以煤电为主的能源结构，传统高碳能源基础设施路径依赖显著，新质生产力的绿色潜能需在突破“高碳锁定”后方可释放，致使其边际促进效应相对较弱。

4 建议

（1）强化创新与资源配置协同，构建绿色增长正向循环。各地应将新质生产力作为现代化经济体系的重要引擎，推动形成“要素集聚—技术突破—绿色产出提升”的循环链条。在创新端，应设立绿色技术专项基金，聚焦清洁能源替代、碳减排与资源高效利用等关键领域，加快光伏电池效率提升、新型储能材料和工业节能装备等高新技术的研发与产业化。在资源配置端，应完善绿色信贷和绿色债券标准，拓展碳汇质押、排污权抵押等生态融资工具，并通过碳排放权与用能权市场机制，引导资本、技术和人才向绿色产业集聚。同时，建立绿色技术与资源要素的协同配置机制，对绿色溢出效应强的项目在用地、能源和资金等方面优先保障，形成“绿色创新−绿色产业−绿色增长”的政策闭环。

（2）因地制宜分类引导，提升区域绿色转型精细化水平。针对科技创新水平与资源配置效率差异，应实施分层分类策略。对创新能力和要素配置效率偏低的地区，应加快建设区域技术转移中心与众创空间，完善人才补贴、税收优惠和融资支持，优化行政审批流程，促进科研成果与产业需求精准对接，推动绿色技术在节能减排及循环利用等领域落地应用。对创新基础雄厚且资源配置效率较高的地区，应设立绿色技术转化引导基金，建设绿色技术交易与产业化平台，推动智慧环保、绿色制造和清洁能源等高端绿色技术集成应用与示范推广。

（3）发挥区域比较优势，推动绿色经济与生态协同发展。针对区域异质性，应构建“东部引领−中西部协同−区域联动”的绿色发展格局。东部沿海及非资源型城市可依托技术、资本和产业集聚优势，布局氢能、智能电网和碳捕集利用等高新技术产业，打造绿色技术创新高地和经济增长极。中西部及资源型城市应结合能源禀赋，加快传统行业绿色低碳转型，并发展“风光储氢”一体化等新兴绿色产业，优化经济结构。为实现区域联动，应建立跨区域绿色合作机制，通过“生态补偿+技术帮扶+产业共建”推动绿色技术扩散、制度共享与产业协同，并健全碳汇交易和排放权转让等生态产权市场制度，提升生态产品市场价值与流动效率，实现新质生产力带动的绿色经济外溢效应，促进经济增长与生态保护深度融合。

5 结论

（1）新质生产力发展能够显著提升我国绿色全要素生产率。实证结果表明，新质生产力对绿色全要素生产率具有显著正向影响，且该结论经过一系列稳健性检验后仍然成立。

（2）科技创新与资源配置是新质生产力发挥作用的核心机制。新质生产力能够通过促进科技创新与优化资源配置，实现技术进步与要素优化的复合驱动，从而有效推动绿色全要素生产率提升。

（3）新质生产力对绿色全要素生产率的影响存在科技创新水平和资源配置效率的显著门槛效应。在跨越门槛值前后，新质生产力对绿色全要素生产率的促进效应具有边际递增的非线性特征。

（4）新质生产力对绿色全要素生产率的促进效应存在区域异质性。在东部、非资源型与清洁能源主导型省份，其促进作用更为显著；而在中西部、资源型和非清洁能源主导型省份，促进作用相对较弱。

参考文献：

[1] 王育宝, 陆扬, 王玮华. 经济高质量发展与生态环境保护协调耦合研究新进展[J]. 北京工业大学学报(社会科学版), 2019, **19**(5): 84-94.
Wang Y B, Lu Y, Wang W H. New research progress on the coordinated coupling of high-quality economic development and ecological environmental protection[J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2019, **19**(5): 84-94.

[2] 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[J]. 改革, 2024, (2): 15-24.
Huang Q H, Sheng F F. New productive forces system: factor characteristics, structural bearing and functional orientation[J]. Reform, 2024, (2): 15-24.

[3] 蒲清平, 向往. 新质生产力的内涵特征、内在逻辑和实现途径——推进中国式现代化的新动能[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2024, **45**(1): 77-85.
Pu Q P, Xiang W. New quality productivity and its utilizations——new driving force for Chinese modernization[J]. Journal of Xinjiang Normal University (Edition of Philosophy and Social Sciences), 2024, **45**(1): 77-85.

[4] 柳思, 董军. 科技创新视域下新质生产力的生态要素研究——对“新质生产力本身就是绿色生产力”的思考[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2025, **31**(2): 303-316.
Liu S，Dong J．Research on ecological elements of new quality productivity from the perspective of technological innovation: thoughts on “new quality productivity itself is green productivity”[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2025, **31**(2): 303-316．

[5] 石柔刚, 徐维祥. 新质生产力能否促进绿色创新的“量质齐升”：基于产业协同集聚的调节效应分析[J]. 环境科学, 2025, **46**(12), doi: 10.13227/i.hikx.202410135.
Shi R G, Xu W X. Does new quality productivity improve the quality and quantity of green innovation: based on the moderating effect of industrial collaborative agglomeration[J]. Environmental Science, 2025, **46**(12), doi: 10.13227/i.hikx.202410135.

[6] 吴朝霞, 龙思宇, 杨胜苏, 等. 中国省域绿色全要素生产率空间关联网络的结构特征及其演化机制[J]. 生态学报, 2025, **45**(12): 5736-5752.
Wu Z X, Long S Y, Yang S S, *et al*. Structural characteristics and evolutionary mechanism of spatial correlation network of provincial green total factor productivity in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2025, **45**(12): 5736-5752.

[7] Chang L, Taghizadeh-Hesary F, Mohsin M. Role of artificial intelligence on green economic development: Joint determinates of natural resources and green total factor productivity[J]. Resources Policy, 2023, **82**, doi: 10.1016/j.resourpol.2023.103508.

[8] 米加宁, 李大宇, 董昌其. 算力驱动的新质生产力：本质特征、基础逻辑与国家治理现代化[J]. 公共管理学报, 2024, **21**(2): 1-14, 170.
Mi J N, Li D Y, Dong C Q. New quality productive forces driven by computational power: essential characteristics, foundational logic and modernization of national governance[J]. Journal of Public Management (Quarterly), 2024, **21**(2): 1-14, 170.

[9] 张林, 蒲清平. 新质生产力的内涵特征、理论创新与价值意蕴[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2023, **29**(6): 137-148.
Zhang L, Pu Q P. The connotation characteristic, theoretical innovation and value implication of new quality productivity[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2023, **29**(6): 137-148.

[10] 王珏, 王荣基. 新质生产力：指标构建与时空演进[J]. 西安财经大学学报, 2024, **37**(1): 31-47.
Wang J, Wang R J. New quality productivity: index construction and spatiotemporal evolution[J]. Journal of Xi’an University of Finance and Economics, 2024, **37**(1): 31-47.

[11] 韩文龙, 张瑞生, 赵峰. 新质生产力水平测算与中国经济增长新动能[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, **41**(6): 5-25.
Han W L, Zhang R S, Zhao F. The measurement of new quality productivity and new driving force of the Chinese economy[J]. Journal of Quantitative & Technological Economics, 2024, **41**(6): 5-25.

[12] 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[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024, **30**(3): 1-17.
Lu J, Guo Z A, Wang Y P. Levels of development of new quality productivity, regional differences and paths to enhancement[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2024, **30**(3): 1-17.

[13] 石柔刚, 徐维祥. 新质生产力视角下数字经济与绿色创新协同发展的时空特征及溢出效应[J]. 环境科学, 2026, **47**(1), doi: 10.13227/j.hjkx.202410162.
Shi R G, Xu W X. Spatio-temporal characteristics and spillover effects of the synergistic development of digital economy and green innovation under the perspective of new quality productivity [J]. Environmental Science, 2026, 47(1), doi: 10.13227/j.hjkx.202410162.

[14] 刘志华, 徐军委, 吴福生. 新质生产力赋能碳中和绩效：作用机制与实证检验[J]. 环境科学, 2025, **46**(11), doi: 10.13227/i.hikx.202409269.
Liu Z H, Xu J W, Wu F S. New productivity empowering carbon neutrality performance: mechanisms and empirical test[J]. Environmental Science, 2025, **46**(11), doi: 10.13227/i.hikx.202409269.

[15] 高赢. 新质生产力对减污降碳的影响效应及作用机制[J]. 环境科学, 2025, **46**(9):5543-5553.
Gao Y. Impact effect and action mechanism of new quality productivity on the pollution and carbon emission reduction[J]. Environmental Science, 2025, **46**(9):5543-5553.

[16] 李华金, 彭咏琴, 褚楠, 等. 战略性新兴产业集聚与新质生产力耦合协调的时空特征及其驱动因素[J]. 经济地理, 2025, **45**(6): 130-139.
Li H J, Peng Y Q, Chu N, *et al*. The spatiotemporal characteristics and driving factors of the coupling and coordination between strategic emerging industry agglomeration and new quality productivity[J]. Economic Geography, 2025, **45**(6): 130-139.

[17] 郭海红, 韩文燕. 农业新质生产力何以促进农业绿色全要素生产率跃迁[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2024, **50**(6): 182-196.
Guo H H, Han W Y. Can agricultural new quality productivity promote the increase of agricultural green total factor productivity[J]. Journal of Southwest University (Social Sciences Edition), 2024, **50**(6): 182-196.

[18] 鲁汇智, 李元旭. 发展新质生产力视域下科创板上市对企业全要素生产率的影响机制[J]. 山东社会科学, 2025, (4): 104-111, 160.
Lu H Z, Li Y X. The influence mechanism of science and technology innovation board listing on enterprises' total factor productivity from the perspective of developing new quality productivity[J]. Shandong Social Sciences, 2025, (4): 104-111, 160.

[19] 肖闻. 数字新质生产力对商贸流通业绿色全要素生产率影响效应的实证检验[J]. 商业经济研究, 2025, (6): 10-14.
Xiao W. An empirical test of the impact of digital new quality productivity on green total factor productivity in the trade and circulation industry[J]. Journal of Commercial Economics, 2025, (6): 10-14.

[20] 邝劲松, 杨坤宇, 石校菲, 等. 省域人工智能发展对绿色全要素生产率的空间效应[J]. 经济地理, 2024, **44**(7): 144-154.
Kuang J S, Yang K Y, Shi X F, *et al*. Spatial effect of provincial artificial intelligence development on green total factor productivity[J]. Economic Geography, 2024, **44**(7): 144-154.

[21] Qian J L, Zhou Y X, Hao Q Y. The effect and mechanism of digital economy on green total factor productivity—Empirical evidence from China[J]. Journal of Environmental Management, 2024, **372**, doi: 10.1016/j.jenvman.2024.123237.

[22] Zhao X, Nakonieczny J, Jabeen F, *et al*. Does green innovation induce green total factor productivity? Novel findings from Chinese city level data[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, **185**, doi: 10.1016/j.techfore.2022.122021.

[23] Hunjra A I, Zhao S K, Tan Y, et al. How do green innovations promote regional green total factor productivity? Multidimensional analysis of heterogeneity, spatiality and nonlinearity[J]. Journal of Cleaner Production, 2024, **467**, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142935.

[24] 李博, 秦欢, 孙威. 产业转型升级与绿色全要素生产率提升的互动关系——基于中国 116 个地级资源型城市的实证研究[J]. 自然资源学报, 2022, **37**(1): 186-199.
Li B, Qin H, Sun W. Interaction mechanism between industrial transformation and upgrading and green total factor productivity improvement: an empirical study based on 116 China’s prefecture-level resource-based cities[J]. Journal of Natural Resources, 2022, **37**(1): 186-199.

[25] 黄庆华, 胡江峰, 陈习定. 环境规制与绿色全要素生产率: 两难还是双赢?[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, **28**(11): 140-149.

Huang Q H, Hu J F, Chen X D. Environmental regulation and green total factor productivity: dilemma or win-win?[J]. China Population, Resources and Environment, 2018, **28**(11): 140-149.
[26] Tong L, Jabbour C J C, Najam H, *et al*. Role of environmental regulations, green finance, and investment in green technologies in green total factor productivity: Empirical evidence from Asian region[J]. Journal of Cleaner Production, 2022, **380**, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134930.
[27] 聂霞, 刘立新. 新质生产力对乡村振兴的非线性影响及机制分析[J]. 统计与决策, 2025, **41**(12): 24-30.
Nie X, Liu L X. Nonlinear impact of new quality productivity on rural revitalization and its mechanism analysis[J]. Statistics & Decision, 2025, **41**(12): 24-30.
[28] 张东明, 李化营. 新质生产力发展对出口结构转型升级的影响机制及非线性效应研究[J]. 西安财经大学学报, 2025, **38**, doi: 10.19331/j.cnki.jxufe.20250519.001.
Zhang D M, Li H Y. Research on the influence mechanism and non-linear effect of new quality productive forces on export structure upgrading in China[J]. Journal of Xi'an university of finance and economics, 2025, **38**, doi: 10.19331/j.cnki.jxufe.20250519.001.
[29] 董志良, 姜书强, 赵燕娜. 新质生产力对京津冀区域碳排放的影响机制[J]. 环境科学, 2025, **46**(10):6119-6132.
Dong Z L, Jiang S Q, Zhao Y N. Impact mechanism of new quality productivity on carbon emissions in the Beiiing-Tianjin-Hebei region[J]. Environmental science, 2025, **46**(10):6119-6132.
[30] 王子凤, 张桂文. 新质生产力促进劳动力高质量充分就业的机制与效应[J]. 华东经济管理, 2025, **39**(6): 46-57.
Wang Z F, Zhang G W. Mechanism and effects of new quality productive forces in promoting high-quality and full employment of labor force[J]. East China Economic Management, 2025, **39**(6): 46-57.
[31] 吴钟, 佘其平. 数实产业技术融合、新质生产力与能源结构低碳转型[J]. 统计与决策, 2025, **41**(12): 31-36.
Wu Z, She Q P. Technological integration of digital and real industries, new quality productivity and low-carbon transformation of energy structure[J]. Statistics & Decision, 2025, **41**(12): 31-36.
[32] 金鑫, 高煜. 数字技术与绿色技术融合的减碳效应研究：新质生产力的微观实现机制[J]. 经济学动态, 2025, (6): 51-67.
Jin X, G Y. The carbon reduction effects of digital-green technology convergence: the micro-level mechanism of new quality productive forces[J]. Economic Perspectives, 2025, (6): 51-67.
[33] Wang Q, Guan H S, Zou W Y. Digital economy development and regional innovation resilience: mechanism and empirical analysis[J]. Applied Economics, 2025, **57**(39): 6089-6104.
[34] 郭爱君, 徐莺歌, 杨春林. 数字技术、产业结构与城市创新质量的非线性关系——基于中国 282 个城市的实证研究[J]. 经济问题探索, 2025, (4): 90-106.
Guo A J, Xu Y G, Yang C L. The nonlinear relationship between digital technology, industrial structure and urban innovation quality: an empirical study based on 282 cities in China[J]. Inquiry into Economic Issues, 2025, (4): 90-106.
[35] 戴靓, 丁子军, 曹湛, 等. 长三角地区城市协同创新网络的演化特征及其驱动力[J]. 资源科学, 2023, **45**(5): 1006-1019.
Dan L, Ding Z J, Cao Z, *et al*. Change and driving forces of intercity collaborative innovation networks in the Yangtze River Delta region[J]. Resources Science, 2023, **45**(5): 1006-1019.
[36] 王艳荣, 谢晓茜, 杨艳. 新质生产力如何赋能经济高质量发展——基于创新要素配置视角[J]. 新疆社会科学, 2024, (6): 42-53.
Wang Y R, Xie X Q, Yang Y. How new quality production forces can empower high-quality economic development: from the perspective of innovation factor allocation[J]. Social Sciences in Xinjiang, 2024, (6): 42-53.
[37] 于洋, 陈放, 王尔大. 数据要素配置、新质生产力与区域绿色创新绩效[J]. 统计与决策, 2024, **40**(17): 5-11.
Yu Y, Chen F, Wang E D. Data factor allocation, new quality productivity and regional green innovation performance[J]. Statistics & Decision, 2024, **40**(17): 5-11.
[38] Lin B Q, Chen Z Y. Does factor market distortion inhibit the green total factor productivity in China?[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, **197**: 25-33.
[39] 许培源, 吴贵华. 粤港澳大湾区知识创新网络的空间演化——兼论深圳科技创新中心地位[J]. 中国软科学, 2019, (5): 68-79.
Xu P Y, Wu G H. Spatial evolution of the knowledge innovation network in Guangdong Hong Kong-Macao greater bay area——the role of Shenzhen technological innovation hub[J]. China Soft Science, 2019, (5): 68-79.
[40] 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.
Liu L, Ruan J J, Zhuang H T. Impact of digital intelligence on green development in the Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. Economic Geography, 2024, **44**(9): 123-132.
[41] 王珏, 李琳. 国家重大区域发展战略视角下资源型城市绿色转型绩效的地区差距及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2023, **38**(12): 3041-3057.
Wang J, Li L. Regional disparity in green transformation performance of resource-based cities and its policy enlightenment[J]. Journal of Nature Resources, 2023, **38**(12): 3041-3057.
[42] 徐曦, 赵新刚. 中国电力行业绿色全要素生产率的时空差异及影响因素[J]. 环境科学, 2025, **46**(11), doi: 10.13227/j.hjkx.202409308.
Xu X, Zhao X G. Temporal and spatial differences in green total factor productivity and the influencing factors in China's power industry[J]. Environmental Science, 2025, **46**(11), doi: 10.13227/j.hjkx.202409308.
[43] 朱丽, 曹梦莹, 刘瑞杰. "双碳"目标下煤炭资源型城市能源转型评价与障碍因子[J]. 环境科学, 2024, **45**(12): 6858-6869.
Zhu L, Cao M Y, Liu R J. Evaluation of energy transition and barrier factors in coal resource cities under carbon neutral and peak carbon goals[J]. Environmental Science, 2024, **45**(12): 6858-6869.
[44] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022, (5): 100-120.
Jiang T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. China Industrial Economics, 2022, (5): 100-120.
[45] 马海良, 向慧伶, 庞庆华. 新质生产力发展对中国水资源利用效率的影响[J]. 资源科学, 2025, **47**(3): 485-500.
Ma H L, Xiang H L, Pang Q H. The impact of new quality productivity development on water resource utilization efficiency in China[J]. Resources Science, 2025, **47**(3): 485-500.
[46] 徐君, 刘征宇, 朱微笑, 等. 资源配置对新质生产力的非线性影响——基于门槛效应的检验[J]. 调研世界, 2025, (3): 3-13.
Xu J, Liu Z Y, Zhu W X, *et al*. The nonlinear impact of resource allocation on new quality productive forces—based on threshold effect test [J]. The World of Survey and Research, 2025, (3): 3-13.
[47] 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.
Huang Q H, Yu Y Z, Zhang S L. Internet development and productivity growth in manufacturing industry: internal mechanism and China experiences[J]. China Industrial Economics, 2019, (8): 5-23.
[48] 孙铭, 王茗旭. 数字经济发展对生态韧性影响的机制及效应分析[J]. 环境科学, 2025, **46**(7): 4602-4614.
Sun M, Wang M X. Mechanism and effect of digital economy development on ecological resilience[J]. Environmental Science, 2025, **46**(7): 4602-4614.