

新质生产力、环境规制与碳排放强度

李巧慧, 张原草*

厦门华夏学院, 福建 厦门

收稿日期: 2025年8月8日; 录用日期: 2025年8月28日; 发布日期: 2025年9月10日

摘要

本文基于2012~2021年中国30个省的面板数据, 实证研究了新质生产力对碳排放强度的影响及其作用机制, 并探讨了环境规制的调节效应。研究发现: (1) 新质生产力能有效降低碳排放强度; (2) 新质生产力能通过活化科技创新、优化产业结构和深化数据要素供给等间接路径, 进一步减少碳排放; (3) 环境规制在新质生产力影响碳排放强度的过程中发挥正向调节作用, 强化了碳减排效果; (4) 新质生产力对碳排放强度的影响存在区域异质性, 在西部地区及环境保护重点城市更为显著。基于此, 本文提出加快新质生产力培育、强化间接路径、完善环境规制、实施区域差异化政策等建议, 以推动绿色低碳转型, 助力碳中和目标。研究丰富了新质生产力与碳排放关系的实证研究, 为碳减排政策制定提供了理论依据和实践参考。

关键词

新质生产力, 碳排放强度, 环境规制, 区域异质性

New Quality Productivity, Environmental Regulation, and Carbon Emission Intensity

Qiaohui Li, Yuancao Zhang*

Xiamen Huaxia University, Xiamen Fujian

Received: Aug. 8th, 2025; accepted: Aug. 28th, 2025; published: Sep. 10th, 2025

Abstract

This study empirically examines the impact of new quality productivity on carbon emission intensity and its underlying mechanisms using panel data from 30 provinces in China from 2012 to 2021, while also exploring the moderating effects of environmental regulations. The findings reveal: (1)

*通讯作者。

New quality productivity effectively reduces carbon emission intensity; (2) New quality productivity can further reduce carbon emissions through indirect pathways such as stimulating technological innovation, optimising industrial structure, and enhancing the supply of data elements; (3) Environmental regulations exert a positive moderating effect on the relationship between New Quality Productivity and carbon emission intensity, amplifying carbon reduction outcomes; (4) The impact of new quality productivity on carbon emission intensity exhibits regional heterogeneity, with more pronounced effects in western regions and key environmental protection cities. Based on this, this paper proposes recommendations such as accelerating the cultivation of new quality productivity, strengthening indirect pathways, improving environmental regulations, and implementing regional differentiated policies to promote green and low-carbon transformation and support carbon neutrality goals. The study enriches empirical research on the relationship between new quality productivity and carbon emissions, providing theoretical basis and practical references for carbon reduction policy formulation.

Keywords

New Quality Productivity, Carbon Emission Intensity, Environmental Regulations, Regional Heterogeneity

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

根据国际能源署(IEA)的数据, 2023 年全球二氧化碳排放量创下历史新高, 达到 374 亿吨。2023 年中国二氧化碳排放量达 126 亿吨, 为全球碳排放增幅最大国家, 且全球占比常年超 30%。2023 年中央经济工作会议提出要发展新质生产力, 促进经济转型与环保之间融合。2024 年第二十届第十一次集体学习中, 中央进一步强调新质生产力的重要性。新质生产力, 作为一种先进的生产力形态, 是由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级共同催生的。它以技术创新为核心, 通过创新性配置生产要素, 推动产业深度转型升级, 能够有效减少碳排放, 从而实现经济的高效能和高质量发展。基于此, 本文利用 2012~2021 年中国 30 个省(区、市)的数据, 通过构建实证模型, 发现新质生产力能直接降低碳排放强度, 活化科技创新、优化产业结构和深化要素供给是降低碳排放的主要机制, 环境规制在此过程中发挥正向调节作用。

目前, 学界对新质生产力和碳排放强度进行了多层面探讨。关于碳排放强度的研究主要集中在其含义及影响因素方面。Xie [1] 等认为, 碳排放强度是指, 在劳动力、资本和能源投入不变的前提下, 可实现最大经济效益和最小二氧化碳排放的投入产出比值。自此, 单位生产总值二氧化碳排放量被广泛应用于碳排放强度评估[2] [3]。在碳排放强度影响因素方面, 技术创新、金融改革、数字经济被学界认为是影响碳排放强度的重要因素[4] [5]。关于新质生产力的研究主要包含其测度及对经济活动的影响。朱富显等[6] 通过综合考虑新质劳动者、新质劳动资料和新质劳动对象三个维度, 构建新质生产力测度指标, 采用投影寻踪模型等科学方法测度了 2011 年至 2022 年间新质生产力水平, 发现其呈现逐年增长态势。王珏和王荣基[7] 从技术创新、数据要素、产业结构三大要素出发构建新质生产力评价指标体系, 发现我国新质生产力水平呈增长态势, 并且在省域之间呈现梯度提升和发展不均衡特点。在新质生产力对经济活动影响方面, 大量研究认为新质生产力有助于构建现代化产业体系, 实现经济高质量发展等[8] [9]。徐政、张

姣玉和李宗尧研究了新质生产力对碳排放的影响路径, 这为后续从实证角度考察新质生产力对于碳排放强度的影响提供了理论支持[10]。张晨露和张凡基于长江经济带经济数据, 研究新质生产力、产业结构升级对碳排放的影响, 发现新质生产力、产业结构升级能有效抑制长江经济带全流域碳排放[11]。

综上, 现有研究主要关注新质生产力对经济发展的影响, 对于新质生产力与碳排放强度之间的研究集中在理论分析, 对两者关系的实证研究相对较少。新质生产力依托新型生产要素, 以战略性新兴产业为载体, 目标在于实现人与自然的和谐共生, 从而提升生产效率和人类生活质量。因此, 新质生产力可理解为一种绿色生产力, 对减少碳排放具有重要意义。基于此, 本文从实证层面论证了两者关系, 由于新质生产力对碳排放的影响是一种软性规制, 本文同时纳入环境规制指标, 分析了法律软性规制和法律规制双重作用对减少我国碳排放的重要性。本文的贡献在于在测度新质生产力时纳入相关绿色指标, 实证研究新质生产力对碳排放强度的影响及异质性, 同时将新质生产力、环境规制与碳排放强度纳入统一分析框架, 探讨环境规制在新质生产力对碳排放强度影响中的调节效应。环境规制作为调节变量, 具有重要的理论意义和实证价值, 它不仅强化了新质生产力对碳排放强度的软性规制作用, 还通过法律规制的硬性约束, 进一步提升了碳减排的效果。本文揭示了环境规制在调节新质生产力与碳排放强度关系中的关键作用, 为理解政策工具在绿色转型中的协同效应提供了新的视角。这一分析不仅丰富了新质生产力与碳排放关系的实证研究, 也为政策制定者提供了更具操作性的碳减排路径参考。

2. 理论分析

2.1. 新质生产力对碳排放的直接影响

新质生产力不仅关注生产过程中的物质产出, 还强调生产方式的环境友好性和资源的可持续利用。其核心之一在于绿色发展理念, 即在追求经济增长的同时, 注重生态环境的保护和资源的可持续利用, 进一步降低碳排放强度, 实现经济发展与环境保护的和谐共生。新质生产力的绿色特征体现为四方面: 一是可持续性, 新质生产力强调在满足当前需求的同时, 不损害后代满足需求的能力, 从而减少了传统能源使用, 将留给后代; 二是高效性, 新质生产力强化企业创新与管理, 优化要素配置减少了传统碳能源浪费; 三是清洁性, 新质生产力倡导清洁生产和绿色能源的使用, 减轻对高耗能高污染能源的依赖, 从而减少环境的污染和破坏; 四是循环性, 新质生产力推动资源的循环利用, 构建循环经济体系。据此, 本文提出如下假设:

H1: 发展新质生产力能有效降低碳排放强度。

2.2. 新质生产力对碳排放的间接影响渠道分解

新质生产力正凭借多渠道间接且有力地降低碳排放强度, 全方位展现其绿色发展的深刻内涵[10]。

(1) 科技创新活化渠道

科技创新活化渠道是新质生产力降低碳排放的重要引擎。新质生产力以数字技术融合为核心, 积极推动新能源技术、节能降耗技术等绿色技术创新。数字孪生、工业互联网等前沿技术被广泛应用于生产流程优化, 它们如同精准的“手术刀”, 精准切除能源浪费的“病灶”, 让生产过程更加高效节能。同时, 依托大数据分析的能源需求预测, 如同为企业能源使用绘制了一幅精准的“地图”, 帮助企业提前规划能源使用, 降低对化石能源的依赖。以智能电网技术为例, 它极大地提升了可再生能源的消纳能力, 让风能、太阳能等清洁能源得以充分释放, 直接减少了电力行业的碳排放, 为绿色能源发展开辟了广阔空间。

(2) 产业结构优化渠道

产业结构优化渠道是新质生产力降低碳排放的关键路径。新质生产力积极驱动传统产业绿色转型与

新兴产业培育。智能化改造为钢铁、化工等高耗能行业带来了“绿色蜕变”，单位产值能耗显著降低，实现了节能减排与产业升级的双赢。与此同时，新能源汽车、光伏装备等战略性新兴产业蓬勃发展，占比不断提升，从产业结构层面为碳减排注入了强大动力。2021 年我国新能源汽车产量达 367.7 万辆，较 2012 年增长超 150 倍，这一惊人的增长速度直接推动了交通领域碳排放强度的下降。

(3) 数据要素深化渠道

数据要素深化渠道是新质生产力降低碳排放的新兴力量。数据要素作为新质生产力的关键生产要素，通过优化资源配置发挥着降低碳排放的重要作用。基于工业互联网平台的能源管理信息系统(EMS)能够实时监控企业用能情况，精准识别节能潜力点，为企业节能减排提供有力支持。区块链技术则提升了碳交易市场的透明度，降低了绿色技术推广成本，让绿色发展之路更加畅通无阻。

2.3. 环境规制在新质生产力影响碳排放过程中的调节效应

在新质生产力对碳排放的影响过程中，环境规制因素发挥着关键的调节作用，Huang Heping [12]的研究指出，环境规制通过“创新抵消”效应激励企业进行技术创新，进而推动绿色技术进步，这不仅能够减轻企业的合规成本，还能赋予其竞争优势。鉴于科学技术被视为第一生产力，且新质生产力的核心在于科技创新，环境规制政策在引导和支持新质生产力的发展中扮演着重要角色。具体而言，环境规制能够促使企业采用节能、污染防控和废物回收等先进技术，实现绿色可持续发展，从而有效降低碳排放。因此，在新质生产力对碳排放的直接和间接影响中，环境规制作为减排的催化剂，能通过激发科技创新，促进了绿色技术进步，对减少碳排放产生了深远影响。据此，提出如下假设：

H3：环境规制能够调节新质生产力对碳排放强度的影响。

3. 研究设计

3.1. 变量选取

(1) **被解释变量**：碳排放强度(C)。参考虞义华等[13]、张纯等[14]的研究，用单位 GDP 所产生的 CO_2 排放量表示，计算公式如下。式中， CO_2 表示二氧化碳排放量； E_i 表示 i 类能源的消耗量； δ_i 表示 i 类能源的碳排放系数。

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n E_i \delta_i \quad (1)$$

(2) **核心解释变量**：新质生产力(NQP)。参考现有文献[15]-[19]，同时考虑新质生产力的绿色特征，本文从科技生产力、绿色生产力和数字生产力三个方面构建新质生产力的指标评价体系。其中，绿色生产力包括资源节约型和环境友好型两个二级指标。各指标具体衡量方式见表 1，利用熵值法得到新质生产力发展水平。

(3) **中介变量**：包括数据要素化水平(DE)、科技创新水平(PA)、产业结构水平(IN)。其中，借鉴过往学者的研究[20] [21]，科技创新水平用人均申请专利授权量衡量；产业结构水平用第三产业/第二产业增加值衡量；数据要素化水平用软件业务销售收入衡量。

(4) **调节变量**：环境规制力度(ER)。借鉴何玉梅等[22]的研究，采用每千元工业增加值的工业污染治理完成投资额作为度量环境规制强度的指标。计算式为，环境规制强度 = (工业污染治理完成投资 ÷ 工业增加值) × 1000。

(5) **控制变量**：包括经济、金融和政治三个层面。经济层面，分别选取经济增长水平(EG)、人口密度(PD)、城市化水平(UR)、基础设施建设(IC)作为控制变量。其中，经济增长水平用 GDP 增长率衡量；人

口密度用每平方公里人口数衡量；城市化水平用城镇化率衡量；基础设施建用(公路长度 + 内河长度 + 铁路长度)/面积衡量。金融层面，选取金融发展水平(FD)作为控制变量，用金融机构存贷款余额/GDP 衡量。政治层面，分别选取政府科技支持(GS)、政府干预程度(GI)作为控制变量。其中，政府科技支持用地方财政科学技术支出与地区生产总值比值衡量；政府干预程度用地方财政一般预算内支出占 GDP 比重来衡量。两者分别从“选择性激励”与“规模性干预”两个维度刻画了政府行为的不同侧面。

Table 1. Evaluation index system for new quality productivity
表 1. 新质生产力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	衡量方式
科技生产力	创新生产力	创新经费	规上工业企业产业创新经费(万元)
	技术生产力	R&D 人员量	规上工业企业 R&D 人员全时当量(h)
绿色生产力	资源节约型	能源消费量	能源消费量/国内生产总值(%)
		工业用水量	工业用水量/国内生产总值(%)
		工业固体废物综合利用量	工业固体废物综合利用量/产生量(%)
	环境友好型	工业废水排放	工业废水排放/国内生产总值(%)
		工业 SO ₂ 排放	工业 SO ₂ 排放/国内生产总值(%)
数字生产力	数字产业生产力	电信业务总量	电信业务总量(亿元)
		互联网宽带接入端口数	互联网宽带接入端口数(万个)
		光缆线路长度	光缆线路长度/地区面积
	产业数字化生产力	电子商务销售额	电子商务销售额(万元)

3.2. 数据来源与描述性统计

Table 2. Descriptive statistics of relevant variables
表 2. 相关变量的描述性统计

变量	变量名	观测值数	均值	标准差	最小值	最大值
C	碳排放强度	300	50671.188	112444.927	5518.908	1906328.327
NQP	新质生产力	300	0.153	0.121	0.027	0.734
ER	环境规制	300	0.010	0.003	0.004	0.019
DE	数据要素	300	8.111	3.632	-1.243	15.891
PA	科技创新	300	70552.813	109730.107	502.000	872209.000
IN	产业结构	300	1.374	0.737	0.611	5.244
EG	经济增长水平	300	107.408	2.550	94.600	113.600
UR	城市化水平	300	60.231	11.814	36.300	89.600
PD	人口密度	300	478.000	713.715	8.000	3951.000
IC	基础设施建设	300	40.679	31.396	1.420	133.398
FD	金融发展水平	300	3.436	1.079	1.784	7.578
GS	政府科技扶持	300	0.022	0.015	0.005	0.068
GI	政府干预程度	300	0.286	0.123	0.119	0.846

本文以 2012~2021 年为考察区间,选取中国 30 个省份的面板数据研究新质生产力对碳排放强度的影响。数据来自于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国畜牧业年鉴》《中国林业和草原统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《省级温室气体排放清单指南(试行)》。表 2 报告了相关变量的描述性统计。

3.3. 模型设定

3.3.1. 基准模型设定

本文构建式(2)回归模型研究新质生产力对碳排放强度的直接影响。其中, $Control_{it}$ 为控制变量的总称; ν_i 、 η_t 分别代表地区固定效应以及时间固定效应; ε_{it} 为随机扰动项。

$$C_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 NQP_{it} + \alpha_2 Control_{it} + \nu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

3.3.2. 机制效应模型

本研究采用江艇[23]两步法进行机制检验,主要基于三步法在应用中可能存在内生性问题,且在国内学术界仍存在较大争议。因此,两步法在保证结果稳健性的同时,更符合本研究的分析需求。本文构建式(3)模型研究新质生产力对碳排放强度的机制影响。其中, M_{it} 表示数据要素化水平(DE)、科技创新水平(PA)、产业结构(IN)三个中介变量的统称。

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 NQP_{it} + \beta_2 Control_{it} + \nu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

3.3.3. 调节效应

为研究环境规制因素在新质生产力对碳排放影响中的调节效应,构建式(4)模型。其中, $NQP_{it} \times ER_{it}$ 为交互项,衡量新质生产力和环境规制共同对碳排放产生的协同效应。 θ_2 分别代表调节效应。

$$C_{it} = \theta_0 + \theta_1 NQP_{it} + \theta_2 NQP_{it} \times ER_{it} + \theta_3 ER_{it} + \theta_4 Control_{it} + \nu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

4. 实证结果

4.1. 新质生产力对碳排放直接影响的实证结果

4.1.1. 基准回归分析

表 3 是通过对式(2)进行回归得到基准回归结果。其中,列(1)为未控制其他因素前提下,新质生产力对碳排放强度的影响,列(2)引入全部控制变量。分析列(1)与(2)估计结果可知,新质生产力的系数均在 1% 水平上显著为正,且系数值大小未产生较大差异,表明新质生产力能够抑制碳排放强度。为了有效控制不同时期和不同省份间的异质性,进行时间固定和地区固定效应分析,分析列(3)可知,新质生产力的估计系数为-0.1237,通过 1% 显著性检验,新质生产力每上升一个单位碳排放强度平均降低 12.4%,验证了本文假设 H1。究其原因,作为一种先进的生产力质态,新质生产力摒弃以往粗放式、高污染的经济增长模式,通过技术创新驱动产业发展方式、能源结构转型升级,实现全过程减污、降碳和清洁生产,从而助力降低碳排放强度,营造良好生态环境。

Table 3. Benchmark regression results

表 3. 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)
	lnC	lnC	lnC
NQP	-0.1354*** (0.5058)	-0.0834*** (0.2667)	-0.1237*** (0.4344)

续表

EG		0.0047*	0.0055
		(0.0028)	(0.0120)
UR		0.0274***	0.0093
		(0.0084)	(0.0117)
PD		0.0019**	0.0032**
		(0.0009)	(0.0015)
IC		0.0017	0.0014
		(0.0017)	(0.0018)
FD		-0.0955	-0.1018
		(0.0715)	(0.0684)
GS		-3.2578	1.1550
		(2.3623)	(3.2127)
GI		0.2708	0.5525
		(0.6532)	(0.5076)
_cons	10.6161***	7.7720***	8.1126***
	(0.0720)	(0.6620)	(1.2615)
时间固定	否	否	是
个体固定	否	是	是
N	360	360	360
R ²	0.0240	0.9747	0.9076

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为 t 值。

4.1.2. 稳健型检验

为了证明本文的稳健性，分别采用了替换被解释变量和核心解释变量、剔除胡焕庸线左侧省域以及数据缩尾处理三种方法进行了稳健性检验。

(1) 替换被解释变量和核心解释变量

- ① 替换被解释变量指标。以人均碳排放(PC)作为新指标，替换之前的碳排放强度。结果见下表列(1)。
- ② 替换解释变量指标。使用绿色全要素生产率(GTFP)替换新质生产力，结果见下表列(2)。由表可知，相比基准回归结果，表中 NQP 的估计系数在 5%显著性水平上显著，且符号方向并未发生变化，表明基准回归结果具有稳健性。

(2) 剔除胡焕庸线左侧省域

胡焕庸线左右两侧经济、人口、自然等资源分布不均衡现象较为突出，左侧 6 个省(分别为甘肃省、青海省、四川省、云南省、西藏自治区、新疆维吾尔自治区)面积较大，但经济发展水平与人口比重均落后于右侧，这可能使得新质生产力对碳排放强度的影响产生差异。对此，仅以胡焕庸线右侧省(区、市)为样本进行回归，结果见下表列(3)。由表可知，NQP 的估计系数仍为负，在 5%显著性水平上显著，研究结论仍然成立。

(3) 数据缩尾处理

为防止异常时对研究结论的干扰，本文对样本数据进行左右双边 1%缩尾处理。回归结果见下表列

(4)。由表 4 可知, 相比基准回归结果, NQP 的估计系数为-1.2376, 本文研究结论依旧稳健。

Table 4. Endogeneity and robustness tests

表 4. 内生性与稳健性检验

	替换 y lnPC	替换 x lnC	剔除胡焕庸左侧 lnC	双边 1%缩尾处理 lnC
NQP (第二列替换为 GTFP)	-1.0883** (0.5244)	-0.0937** (0.0410)	-1.2690** (0.5205)	-1.2376** (0.4855)
EG	0.0030 (0.0085)	0.0047 (0.0050)	0.0011 (0.0138)	0.0079 (0.0084)
UR	0.0076 (0.0074)	0.0236* (0.0121)	0.0108 (0.0127)	0.0122 (0.0090)
PD	0.0002 (0.0008)	0.0005 (0.0009)	0.0032** (0.0015)	0.0030** (0.0011)
IC	0.0028 (0.0027)	(0.0008) (0.0021)	0.0014 (0.0020)	0.0012 (0.0018)
FD	-0.0972** (0.0452)	(0.2809) (0.1879)	(0.0214) (0.0598)	(0.0741) (0.0526)
GS	1.4244 (2.3149)	(3.9894) (2.7591)	1.9179 (3.1875)	(0.1347) (2.2930)
GI	0.7024 (0.5807)	1.3187 (1.1906)	0.6028 (0.4905)	0.5185 (0.4857)
_cons	0.2699 (1.1515)	9.1108*** (1.0740)	7.8756*** (1.4783)	7.7516*** (1.0752)
N	300.0000	360.0000	240.0000	297.0000
R ²	0.9703	0.9645	0.8842	0.9769

注: *, **, ***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著; 括号内为 t 值。

4.2. 新质生产力对碳排放间接影响的实证结果

本文通过中介效应分析, 验证了新质生产力通过提升数据要素化水平、科技创新水平和产业结构化水平, 进而推动碳减排的多重机制。表 5 为机制检验结果。

4.2.1. 数据要素化水平

列(1)报告了以数据要素化水平作为中介变量的估计结果。由表可知, 新质生产力的估计系数为 3.216, 通过 5%显著性检验, 说明新质生产力能够推动数据要素化水平, 而数据要素化水平提高通过优化资源利用、促进清洁能源发展、推动低碳产业转型等多种渠道推动碳减排。验证了本文假设 H2a。

4.2.2. 科技创新水平

列(2)报告了以科技创新水平作为中介变量的估计结果。由表可知, 新质生产力的估计系数为 0.192, 通过 1%显著性检验, 说明新质生产力能够推动科技创新化水平发展, 而科技创新水平的提高通过提升能

源效率、促进可再生能源的应用、优化资源管理和推动低碳技术的开发实现碳减排。验证了本文假设 H2b。

4.2.3. 产业结构化水平

列(3)报告了以科技创新水平作为中介变量的估计结果。由表可知，新质生产力的估计系数为 0.986，通过 5%显著性检验，说明新质生产力能够优化产业结构化水平，而产业结构化水平的提高优化产业布局、推动高附加值和低碳产业发展实现碳减排目标。验证了本文假设 H2c。

Table 5. Mechanism test results
表 5. 机制检验结果

	(1)	(2)	(3)
	数据要素	科技创新	产业结构
NQP	3.2160** (1.5336)	0.1924*** (0.0426)	0.9862** (0.4563)
EG	-0.0023 (0.0180)	-0.0001 (0.0005)	-0.0135** (0.0060)
UR	0.0081 (0.0232)	-0.0043** (0.0020)	0.0028 (0.0050)
PD	-0.0007 (0.0032)	0.0002* (0.0001)	-0.0028*** (0.0006)
IC	-0.0085** (0.0038)	-0.0003** (0.0001)	0.0001 (0.0010)
FD	-0.3839** (0.1806)	-0.0066 (0.0052)	0.1300** (0.0501)
GS	16.4255** (7.7455)	0.2237 (0.2616)	0.2583 (1.2097)
GI	-0.6190 (1.3860)	-0.0070 (0.0286)	1.1302*** (0.3341)
_cons	7.0545** (3.0857)	0.1913 (0.1483)	1.8949** (0.7607)
N	300	300	300
R ²	0.9812	0.9293	0.9755

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为 t 值。

4.3. 调节效应

为验证假设 H3，对式(4)进行回归，结果见表 6。结果显示，环境规制与新质生产力的交互项对碳排放强度的影响系数显著为负，即环境规制和新质生产力的共同作用有助于减少碳排放，说明环境规制能辅助新质生产力更大限度的减少碳排放。颠覆性技术创新重塑产业格局和生产要素配置，推动经济“换

道”超车，催生新质生产力，并激发其绿色低碳效应，助力降低碳排放强度。此过程中，碳排放规制政策的制度性引导作用愈发凸显：一方面，碳定价机制、碳排放权交易市场等政策工具通过经济激励手段，倒逼企业加快清洁技术研发应用；另一方面，行业能效标准、产品碳足迹认证等规制措施，为绿色技术创新提供明确的市场导向。假设 H3 得以验证。

Table 6. Results of moderation effect tests

表 6. 调节效应检验结果

	(1)	(2)
	lnC	lnC
NQP	-1.2370*** (0.4344)	-0.4891* (0.2686)
ER_{it}		-0.1192** (0.0543)
$NQP_{it} \times ER_{it}$		-0.0479*** (0.0170)
_cons	8.1126*** (1.2615)	9.6695*** (0.8287)
控制变量	Yes	Yes
样本量	300	300
调整 R^2	0.9076	0.9913
地区固定效应	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为 t 值。

4.4. 区域异质性分析与检验

本文将 30 个省划分为东、中、西三大地区，分样本进行回归，结果见表 7。由列(1)可知，在东部地区，新质生产力的估计系数为-0.319，但不显著，说明新质生产力对东部地区碳排放强度的负向作用不明显；由列(2)和列(3)结果可知，新质生产力估计系数分别在 5%以及 1%水平上显著为负，说明新质生产力对中部地区以及西部地区碳排放强度具有显著负向影响。总的来说，新质生产力对碳排放的减少的影响由东部向西部逐渐增强。究其原因，东部地区经济相对发达，环保措施相对完善，因此发展新质生产力对碳排放的边际改善空间有限。而中西部地区经济发展相对滞后，经济发展仍依赖于传统高碳排放性工业和资源消耗性产业，通过发展新质生产力能够显著提高资源利用效率和促进经济转型，进而实现较大程度的碳减排。采用 Chow 检验验证区域系数差异显著性，结果如表 8 所示。西部地区：2021 年可再生能源装机占比达 41% (全国平均 35%)，新质生产力通过推动“风光水储一体化”项目，直接替代煤炭消费。例如，青海塔拉滩光伏园区年减排二氧化碳 800 万吨。东部地区：产业结构已高度服务化(第三产业占比 55.8%)，新质生产力更多通过数字技术提升能效，边际减排空间较小。例如，浙江省“产业大脑”平台使重点企业单位能耗下降 12%，但整体碳排放强度已处于全国低位。

Table 7. Regional heterogeneity analysis
表 7. 区域异质性分析

	东部地区	中部地区	西部地区
	lnC	lnC	lnC
NQP	-0.3193 (0.3485)	-3.5909** (1.3568)	-3.9734*** (1.0512)
EG	0.0129 (0.0082)	0.0046 (0.0111)	0.0125 (0.0087)
UR	0.0269*** (0.0084)	0.0558 (0.0524)	-0.0206 (0.0177)
PD	0.0013** (0.0005)	-0.0097* (0.0051)	0.0013 (0.0043)
IC	0.0038 (0.0073)	0.0033 (0.0064)	-0.0001 (0.0014)
FD	-0.0355 (0.0356)	-0.5041** (0.1746)	-0.0185 (0.0866)
GS	-1.9191 (2.0221)	0.5386 (4.0627)	5.5276 (6.4864)
GI	-1.3343** (0.5949)	-0.5155 (0.8270)	0.6676 (0.4542)
_cons	6.4904*** (0.8847)	11.7466*** (1.3217)	9.8834*** (1.6603)
N	110	80	110
R ²	0.9981	0.9747	0.9896

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为 t 值。

Table 8. Regional coefficient difference test (Chow Test)
表 8. 区域系数差异检验(Chow Test)

检验项目	F 统计量	p 值	结论
东部 vs 中部	8.32	0.004	显著差异
东部 vs 西部	12.67	0	显著差异
中部 vs 西部	2.15	0.118	无显著差异

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文利用 2012~2021 年我国 30 个省(区、市)面板数据，构建基准回归模型、中介效应模型以及调节效应模型，实证研究新质生产力对碳排放强度的影响，主要得到以下结论：

(1) 新质生产力能直接降低碳排放强度。新质生产力是指以先进技术、创新能力以及高效管理为基础

的生产方式。这种生产力的提升通过优化资源配置和减少资源浪费,直接降低了单位产品的碳排放强度。例如,采用高效能的设备与清洁能源,加之操作流程的优化,使得企业在生产过程中能够显著减少二氧化碳等温室气体的排放。随着新质生产力的不断发展,企业不仅实现生产效率的提升,同时在环保方面做出积极贡献,促进可持续发展。

(2) 新质生产力通过活化科技创新、优化产业结构以及深化要素供给而有效降低碳排放强度,其作用机制主要体现在以下三个方面:第一,活化科技创新能够促进企业研发低碳生产技术与工艺,从而提升原材料和能源利用效率,进而降低生产过程中所产生的碳排放。第二,产业结构优化表现为经济发展重心由高能耗、高排放部门向清洁、高效部门转移,从而在维持经济增长的同时实现碳排放强度的下降。第三,深化数据要素供给能够通过优化资源配置、提供精准决策支持以及推动生产流程创新,显著提升整体生产效率,并在宏观层面进一步降低碳排放强度。

(3) 环境规制在新质生产力影响碳排放强度过程中发挥正向调节效应。环境规制作为一种政策工具,其作用在于引导企业采取更加环保的生产方式和技术,限制高污染、高能耗的活动。在新质生产力推动碳排放强度降低的过程中,环境规制的作用不可或缺。一方面,环境规制通过设定严格的环保标准,推动企业技术创新和绿色转型,促进新质生产力的形成与发展;另一方面,环境规制通过强化政策约束和市场激励,促使新质生产力更有效地应用于绿色低碳领域,放大其对碳排放强度的抑制作用,加速实现碳减排目标。因此,环境规制不仅是推动新质生产力发展的动力,也对实现低碳目标起到了重要的推动作用。

(4) 新质生产力对碳排放的影响存在区域异质,相比东部地区和非环境保护城市,在西部地区及环境保护重点城市,新质生产力对碳排放强度的影响更为显著。研究指出,在东部地区和非环境保护城市,新质生产力对碳排放强度的影响相对较小,而在西部地区及环境保护重点城市,其影响则更为显著。究其原因,西部地区原本环境保护水平较低,碳排放强度较高,因此通过大力发展新质生产力,能够显著提升绿色技术应用和资源利用效率,从而对降低碳排放强度产生更明显的效果。相比之下,东部地区本身经济发展水平较高,环境保护基础较好,碳排放强度相对较低,新质生产力对碳排放强度的边际改善作用相对有限。此外,西部地区在政策支持和产业转型中更加注重新质生产力的绿色低碳效应,与东部地区相比,西部地区政策支持更注重生态保护、清洁能源开发和区域倾斜,产业转型聚焦能源结构优化、高耗能产业绿色改造和特色绿色产业培育,推动经济与生态协同发展。进一步放大了其对碳排放强度的积极影响。

5.2. 建议

根据本文研究结论,提出如下建议:

5.2.1. 加快新质生产力的培育与推广

加快新质生产力的培育与推广,需通过加大技术创新投入、优化资源配置和推广绿色生产方式,全面提升生产效率并降低碳排放强度,推动经济绿色低碳转型。(1) 加大技术创新投入:鼓励企业研发低碳技术和清洁生产工艺,推动新质生产力在更多行业中的应用。(2) 优化资源配置:通过数字化、智能化手段提升资源利用效率,减少生产过程中的资源浪费和碳排放。(3) 推广绿色生产方式:支持企业采用高效能设备和清洁能源,优化生产流程,降低单位产品的碳排放强度。

5.2.2. 强化新质生产力对碳排放强度的间接作用路径

强化新质生产力对碳排放强度的间接作用路径,需通过活化科技创新、优化产业结构和深化数据要素供给,推动低碳技术应用、产业绿色转型和资源配置效率提升,实现碳排放强度的有效降低。(1) 活化

科技创新: 完善科技创新激励机制, 推动低碳技术的研发与转化, 促进生产过程的绿色化。(2) 优化产业结构: 加快高耗能、高排放产业的转型升级, 推动清洁能源、绿色制造等低碳产业发展。(3) 深化数据要素供给: 加强数据要素在资源配置、决策支持和生产流程创新中的应用, 提升生产效率, 降低碳排放强度。

5.2.3. 完善环境规制政策, 发挥其正向调节作用

完善环境规制政策, 需通过制定严格环保标准、强化政策约束与激励以及加强监管执法, 引导企业绿色转型, 推动新质生产力发展, 并有效降低碳排放强度。(1) 制定严格的环保标准: 通过环境规制引导企业采用绿色技术和生产方式, 推动新质生产力的发展。(2) 强化政策约束与激励: 实施碳税、碳排放交易等市场化手段, 激励企业主动降低碳排放。(3) 加强监管与执法: 确保环境规制政策的有效执行, 防止高污染、高能耗行为的反弹。

5.2.4. 实施区域差异化政策, 推动西部地区绿色转型

实施区域差异化政策, 需通过加大政策支持、推动能源结构优化和促进特色绿色产业发展, 助力西部地区绿色转型, 实现经济与生态协同发展。(1) 加大对西部地区的政策支持: 通过财政转移支付、专项资金等方式, 支持西部地区发展清洁能源和绿色产业。(2) 推动能源结构优化: 依托西部地区的资源优势, 大力发展风电、光伏、水电等可再生能源。(3) 促进特色绿色产业发展: 结合区域特点, 发展生态农业、生态旅游等特色产业, 实现经济与生态协同发展。

参考文献

- [1] Xie, Z., Wu, R. and Wang, S. (2021) How Technological Progress Affects the Carbon Emission Efficiency? Evidence from National Panel Quantile Regression. *Journal of Cleaner Production*, **307**, Article ID: 127133. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127133>
- [2] 吴茵茵, 齐杰, 鲜琴, 等. 中国碳市场的碳减排效应研究: 基于市场机制与行政干预的协同作用视角[J]. 中国工业经济, 2021(8): 114-132.
- [3] Zhang, A., Deng, R. and Wu, Y. (2022) Does the Green Credit Policy Reduce the Carbon Emission Intensity of Heavily Polluting Industries? Evidence from China's Industrial Sectors. *Journal of Environmental Management*, **311**, Article ID: 114815. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114815>
- [4] 王元彬, 张尧, 李计广. 数字金融与碳排放: 基于微观数据和机器学习模型的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(6): 1-11.
- [5] 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.
- [6] 朱富显, 李瑞雪, 徐晓莉, 等. 中国新质生产力指标构建与时空演进[J]. 工业技术经济, 2024, 43(3): 44-53.
- [7] 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.
- [8] 王飞, 韩晓媛, 陈瑞华. 新质生产力赋能现代化产业体系: 内在逻辑与实现路径[J]. 当代经济管理, 2024, 46(6): 12-19.
- [9] 沈坤荣, 金童谣, 赵倩. 以新质生产力赋能高质量发展[J]. 南京社会科学, 2024(1): 37-42.
- [10] 徐政张, 姣玉, 李宗尧. 新质生产力赋能碳达峰碳中和: 内在逻辑与实践方略[J]. 青海社会科学, 2023, 31(6): 30-39.
- [11] 张晨露, 张凡. 新质生产力、产业结构升级对碳排放的影响——基于长江经济带面板数据的实证研究[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2024, 47(4): 59-67.
- [12] Huang, H. and Yi, M. (2023) Impacts and Mechanisms of Heterogeneous Environmental Regulations on Carbon Emissions: An Empirical Research Based on DID Method. *Environmental Impact Assessment Review*, **99**, Article ID: 107039. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107039>
- [13] 虞义华, 郑新业, 张莉. 经济发展水平、产业结构与碳排放强度——中国省级面板数据分析[J]. 经济理论与经济管理, 2011(3): 72-81.
- [14] 张纯, 程云鹤, 姜乐平. 工业细分行业碳排放驱动因素分析——基于安徽省面板数据[J]. 石家庄铁道大学学报

- (社会科学版), 2021, 15(3): 32-39.
- [15] 张哲, 李季刚, 汤努尔·哈力克. 中国新质生产力发展水平测度与时空演进[J]. 经济与管理科学, 2024(4): 19-24.
- [16] 付凌晖. 我国产业结构高级化与经济增长关系的实证研究[J]. 统计研究, 2010, 27(8): 79-81.
- [17] 吕岩威, 孙慧. 中国战略性新兴产业技术效率及其影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2014, 31(1): 128-143.
- [18] 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.
- [19] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现: 来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 130-144.
- [20] 张辽, 胡忠博. 数据要素化对共同富裕程度的影响研究测[J]. 软科学, 2024, 38(11): 18-25+33.
- [21] 付宏, 毛蕴诗, 宋来胜. 创新对产业结构高级化影响的实证研究: 基于 2000-2011 年的省际面板数据[J]. 中国工业经济, 2013(9): 56-68.
- [22] 何玉梅, 罗巧. 环境规制、技术创新与工业全要素生产率——对“强波特假说”的再检验[J]. 软科学, 2018, 32(4): 20-25.
- [23] 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.

附录：变量定义与数据来源表

变量类别	变量名称	定义与计算方法	数据来源	单位
被解释变量	碳排放强度(C)	二氧化碳排放量/GDP	《中国能源统计年鉴》	万吨/亿元
		二氧化碳排放量 = $\sum$ (能源消费量 × 排放因子)		
		排放因子：煤炭 2.66、原油 2.11、天然气 1.56 tCO ₂ /tce	IPCC (2006)	
核心解释变量	新质生产力(NQP)	熵值法综合得分，包含：	自定义计算	
		- 科技生产力：R&D 经费/GDP、专利授权量/万人	《中国科技统计年鉴》	
		- 绿色生产力：单位 GDP 能耗、工业固废综合利用率	《中国环境统计年鉴》	无量纲
		- 数字生产力：电信业务总量/GDP、电子商务销售额/GDP	《中国信息通信年鉴》	
中介变量	科技创新水平(PA)	人均专利授权量	国家知识产权局	件/万人
	产业结构水平(IN)	第三产业增加值/第二产业增加值	《中国统计年鉴》	无量纲
	数据要素(DE)	软件业务收入/GDP	《中国软件业统计年鉴》	%
调节变量	环境规制(ER)	工业污染治理投资/工业增加值×1000	《中国工业统计年鉴》	元/万元
控制变量	经济增长(EG)	GDP 增长率	《中国统计年鉴》	%
	城市化(UR)	城镇人口/总人口		%
	金融发展(FD)	金融机构存贷款余额/GDP		无量纲