

新质生产力对碳排放强度的影响及作用机制

王黎明¹, 牛雪洁^{1,*}, 刘欣旺¹, 赵娜¹

1. 内蒙古科技大学, 土木工程学院, 内蒙古自治区 包头, 014010

摘要: 为助力“双碳”目标的实现, 论文基于全国30个省份(不含港澳台地区和西藏自治区)2012-2022年的面板数据, 采用双向固定效应模型和中介效应模型探究了新质生产力对碳排放强度的影响及作用机制, 并在此基础上做了异质性检验。结果表明: (1) 新质生产力对碳排放强度具有显著的抑制作用; (2) 产业结构高级化和能源消费结构在新质生产力抑制碳排放强度的过程中发挥着中介传导效应, 其作用机制表现为新质生产力的发展会促进产业结构高级化、改善能源消费结构, 进而促进碳排放强度的降低; (3) 新质生产力对碳排放强度的影响存在区域异质性, 东北地区经济带新质生产力对碳排放强度有着更为显著的抑制作用, 中部和东部经济带次之, 而在西部经济带则不甚明显; 在构成新质生产力的三个维度中生产资料对碳排放强度的影响最为显著, 而劳动者、劳动对象对碳排放强度的影响次之。基于上述结论, 论文从多个角度对碳排放治理方式提出建议, 为“双碳”目标的实现提供新的理论研究视角和实践指导建议。

关键词: 新质生产力; 碳排放强度; 能源消费结构; 产业结构高级化; 异质性

The Impact and Mechanisms of New-Quality Productive on Carbon Emission Intensity

Liming Wang¹, Xuejie Niu^{1,*}, Xinwang Liu¹, Na Zhao¹

1. School of Civil Engineering, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou, Inner Mongolia, 014010, China

Abstract: To support the achievement of the “carbon peaking and carbon neutrality” goals, based on panel data from 30 provinces in China (excluding Hong Kong, Macao, Taiwan, and Tibet Autonomous Region) from 2012 to 2022, the impact of new-quality productivity on carbon emission intensity and its underlying mechanisms was explored in the study by employing the two-way fixed effects model and the mediating model. And heterogeneity examinations were explored on the basis. The main conclusions are as follows: (a) New-quality productivity significantly suppresses carbon emission intensity. (b) Industrial structure advancement and energy consumption structure play mediating roles in the process through which new-quality productivity reduces carbon emission intensity. The mechanism is reflected in the fact that the development of new-quality productivity promotes industrial structure advancement and improves energy consumption structure, thereby contributing to the reduction of carbon emission intensity. (c) The impact of new-quality productivity on carbon emission intensity exhibits regional heterogeneity. The Northeast economic belt demonstrates a more significant inhibitory effect of new-quality productivity on carbon emission intensity, followed by the central and eastern economic belts, while the effect is

less pronounced in the western economic regions. Among the three dimensions constituting new-quality productivity, the means of production have the most significant impact on carbon emission intensity, followed by laborers and labor objects. Based on these findings, the study proposed a multidimensional governance framework for carbon emission mitigation, offering novel theoretical perspectives and actionable implementation guidelines to achieve the “carbon peaking and carbon neutrality” goals.

Keywords: New-quality productivity; Carbon emission intensity; Industrial structure advancement; Energy consumption structure; Heterogeneity

近年来,全球气候变化形势日趋严峻,极端天气事件频发,生态环境面临前所未有的挑战,推动环境治理已成为全球共识。碳排放作为加剧温室效应的关键因素,其减排问题正日益受到国际社会的广泛关注与高度重视。为应对这一挑战,中国积极承担大国责任,习近平总书记在2020年9月提出了“3060”双碳目标。2023年9月,习近平总书记在黑龙江调研时首次提出“新质生产力”概念,指出“绿色发展是高质量发展的底色,新质生产力本身就是绿色生产力”,强调要整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加速形成新质生产力,以助力碳达峰和碳中和目标的实现。因此,探究新质生产力对碳排放强度是否存在影响关系以及背后的影响机制已成为当前亟待解决的重要课题。

关于新质生产力和碳排放相关的研究主要集中在新质生产力方面、碳排放方面以及两者之间的关系方面。新质生产力方面的研究主要包括理论内涵^[1-3]、测算指标构建^[4, 5]、实证研究^[6, 7]。碳排放方面主要包括各地区各行业中碳排放的影响因素^[8, 9]、核算方式^[10-12]、碳减排的实现路径^[13, 14]和实证研究^[15, 16]。由于新质生产力概念提出时间较短,目前可检索到的其与碳排放之间关系的系统性研究仍较为有限。比如陈培彬等^[17]与乔均等^[18]探究的是农业新质生产力与农业碳减排之间的作用机理。李娟,刘爱峰^[19]探究的是数字新质生产力对碳排放效率的影响。董志良等^[20]研究了京津冀地区新质生产力指数对碳排放量和效率的影响及其作用机制并进行了时空演变分析,欧辉等^[21]则是从整个国家层面来探究的。刘志华等^[22]与王洪艳^[23]分别选用绿色技术创新、产业结构升级、政府干预和产业结构高度化、合理化不同的视角深入探究新质生产力对碳排放的作用机制。王松等^[24]和岳明阳等^[25]则以科技生产力、创新生产力和绿色生产力三个维度构建新质生产力指标进行新质生产力对碳排放的影响研究。

通过对已有文献的梳理,现有的探究新质生产力与碳排放关系的研究日益丰富,也为本文的研究奠定了理论基础并提供了实证参考。但同时存在以下不足:(1)主要选取碳排放量为衡量碳减排程度的指标。然而我国各地区资源禀赋差异较大,且产业结构异质性强,采用碳排放量这一绝对指标衡量碳减排程度难以有效评测经济增长与碳减排的动态平衡;(2)在研究角度方面主要集中在综合分析新质生产力对碳排放的影响。鉴于此,本文选取碳排放强度来衡量碳减排程度,从而将碳排放与经济产出相联系,直观的反映经济活动中单位产出的碳排水平,同时碳排放强度也提供了一个相对统一的衡量标准,方便对不同地区碳排放效率进行横向比较。另外本文构建了分为劳动者、劳动对象、生产资料3个维度25个衡量指标的指标体系测算新质生产力水平,基于全国30个省份2012-2022年的面板数据,探究新质生产力对碳排放强度的影响及作用机制,并且分不同经济带地区和三个维度分别进行异质性分析,同时也为相关部门的政策制定提出参考依据,以期能够为“双碳”

目标的达成做出边际贡献。

1 理论分析与研究假设

1.1 新质生产力对碳排放强度的直接影响及作用机制

新质生产力是以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵，本质依然是先进生产力^[26]。新质生产力是在传统生产力基础上形成的一种更高级、更先进的生产力形态，主要通过劳动者提升、劳动对象优化、生产资料的迭代的方式来影响碳排放强度。劳动者提升方面要通过提高劳动者的科研能力、对高端设备及先进工艺的掌握能力以及增强劳动者个体的环保意识来研发更高效的生产技术或采用更高效、低碳的生产方式来影响碳排放强度。劳动对象的优化方面体现在使用低碳的生产材料和提升资源的利用率以减少资源浪费降低能耗。生产资料的迭代方面则通过技术升级、清洁能源应用和智能化管理降低能源消耗和碳排放。综上，新质生产力通过各个维度的改进都提升了生产效率和能源利用率，显著减少了单位产品的碳排放，抑制碳排放强度，助力了绿色低碳发展。基于此，本文提出：

假设 1：新质生产力对碳排放强度具有显著的抑制作用。

1.2 新质生产力对碳排放强度的间接影响及作用机制

新质生产力作为传统生产力的跃迁与升级，代表着更高阶、更可持续的生产力发展方向，在推动产业结构优化、促进经济转型升级等方面展现出巨大潜力^[27]。产业结构高级化是产业结构不断优化、产业技术水平持续提升、产业附加值逐步增加的过程。从产业结构优化来看，新质生产力因其在新能源、新材料、生物技术等行业的引领作用，深刻影响着产业结构的变革，其通过集成创新促进传统产业链的升级、延伸和再造，推动产业向更为智能、清洁的方向发展，使得经济增长与能源消费脱钩的趋势得以显现^[28]，从根本上对碳减排产生影响。在产业技术水平提升方面，新质生产力促使企业加大研发投入，采用先进的生产技术和工艺，应用智能化生产管理系统，以提高资源利用率，促使单位 GDP 的碳排放量显著下降。在产业附加值方面，高附加值产业往往依赖于知识、技术和创新，而非大量的资源投入和能源消耗，像软件开发、文化创意等产业可以创造出巨大经济效益，并且碳排放量极低。综上，新质生产力能够通过提升产业结构高级化程度的方式在多个方面发力推动碳排放强度降低。基于此，本文提出：

假设 2：新质生产力能够通过促进产业结构高级化来抑制碳排放强度。

作为全球碳排放规模最大的国家，我国以煤炭为主导的能源消费结构，是导致碳排放强度持续处于较高水平的根本原因。为有效推动“双碳”目标的实现，从源头上遏制碳排放增长，减少化石能源消费已成为一项关键举措。因此促进化石能源从能源消耗向资源化利用转变，以及调整能源结构，成为了解决问题的关键。而具有高科技、高效能、高质量特点的新质生产力高度符合新发展理念先进生产力质态的要求，成为了推动能源消费结构变革的核心动力。从能源供给端来说，新质生产力催生的新能源技术的突破与应用可以提高化石能源的转化率，进而提高能源的利用率和改善目前的能源消费结构。随着新质生产力的推动，高效太阳能光伏发电技术等的应用，使得清洁能源在能源供给中的占比逐渐提高。光伏板将太阳能不断地转化为清洁电力，有效减少了消费端对传统火电的依赖，降低了碳排放。大型且智能的风机出现，也让风能利用更加高效。新质生产力的发展下，电网中绿色电力占比也逐步增加，进一步优化了能源消费结构，减少了碳排放。综上，新质生产力能够从多个层面改善能源消费结构，进而有效推动碳排放强度的降低。基于此，本文提

出：

假设 3：新质生产力能够通过改善能源消费结构来抑制碳排放强度。

基于上述分析，本文构建的理论框架如图 1 所示。

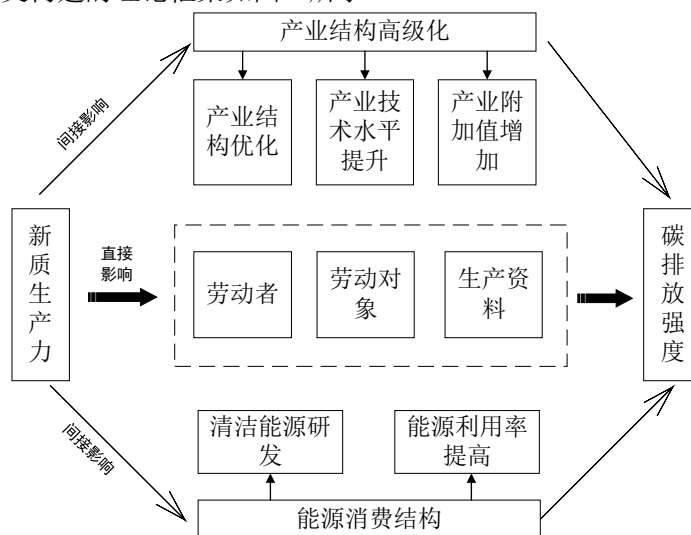


图 1 新质生产力影响碳排放强度的作用机制

Fig. 1 The Mechanism of New-quality productivity Influencing Carbon Emission Intensity

2 研究设计

2.1 基准模型构建

根据上述理论分析，本文构建下列计量模型进行实证检验：

$$CI_{it} = \alpha + \beta NQP_{it} + \gamma C_{it} + \theta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

在式(1)中，下标 i 、 t 分别表省份和年份，碳排放强度 (CI_{it}) 为被解释变量；新质生产力 (NQP_{it}) 为核心解释变量； C_{it} 是省份层面控制变量； θ_i 是省份固定效应， δ_t 是年份固定效应， ε_{it} 为随机扰动项。

2.2 变量说明

(1) 被解释变量。碳排放强度 (CI) 的测算为单位 GDP 所产生的碳排放量 (万吨 / 亿元)。碳排放的测度方法是由各省份几种主要化石能源 (即煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气和天然气) 的消耗数量基于政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 所制定的碳排放计算方法进行核算，得出结果。

(2) 核心解释变量。本文的核心解释变量是新质生产力 (NQP)。参考王珏，王荣基^[29]等的研究，构建了从劳动者、劳动对象、生产资料三个维度出发的包含 7 个一级指标，14 个二级指标，25 个衡量指标的综合评价体系如表 1 所示。

为保证结果的客观性，本文采用熵值法对新质生产力水平各个指标进行赋权，计算出各省份每年的新质生产力发展水平，取值范围为 0-1。具体步骤如下：

第一步，对数据先进行标准化处理 (为了避免赋权时对数计算出现负数无意义的情况，统一对正负向指标处理完结果为 0 的数据统一加 0.00001 的方式以方便后续计算)：

$$\begin{aligned} \text{正向指标: } X_{ij} &= \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \\ \text{负向指标: } X_{ij} &= \frac{\max(X_j) - X_{ij}}{\max(X_j) - \min(X_j)} \end{aligned} \quad (2)$$

表1 新质生产力水平测算指标体系

Table 1 Measurement Indicator System for New-quality productivity

衡量维度	一级指标	二级指标	三级指标	衡量方式	属性
劳动者	劳动者技能	受教育程度	人均受教育程度	人均受教育平均年限	+
		人力资本结构	高等院校在校学生结构	大学生数量/总人口	+
	劳动生产率	人均产值	人均GDP	GDP/总人口	+
		人均收入	人均工资	在岗职工平均工资	+
	劳动者意识	就业理念	三产从业人员比重	第三产业就业人员/总就业人员	+
		创业理念	创业活跃度	创业活跃度	+
劳动对象	新质产业	战略性新兴产业	新兴战略产业占比	新兴战略产业增加值/GDP	+
		未来产业	机器人数量	机器人数量/总人口	+
	绿色环保	森林覆盖率	森林覆盖率	森林覆盖率	+
			环境保护力度	环境保护支出/政府公共财政支出	+
	生态环境	二氧化硫排放	二氧化硫排放	二氧化硫排放/GDP	-
			废水排放	废水排放/GDP	-
	物质生产资料	污染减排	一般工业固体废物产生量	一般工业固体废物产生量/GDP	-
				工业废物治理	工业废水治理设施(套)
		基础设施	传统基础设施	公路里程	+
				铁路里程	+
数字基础设施		数字基础设施	光纤长度	+	
			人均互联网宽带接入端口数	+	
生产资料	能源消耗	总体能源消耗	能源消耗/GDP	-	
		可再生能源消耗	可再生能源电力消耗量/全社会用电量	+	
	科技创新	人均专利数量	专利授权数量/总人口	+	
		R&D投入	R&D经费支出/GDP	+	
无形生产资料	数字化水平	数字经济	数字经济指数	+	
		企业数字化	企业数字化水平	+	

第二步, 计算信息熵。信息熵是衡量指标内部信息分布的不确定性程度的指标, 可以用来度量指标的均匀性和差异性:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \times \sum_{i=1}^m a_{ij} \times \ln a_{ij} \quad (3)$$

$$\text{其中, } a_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (4)$$

$$\text{第三步, 计算各指标的权重: } \lambda_j = (1 - E_j) / \sum_{j=1}^m E_j \quad (5)$$

最后, 基于各个指标占比 a_{ij} 以及权重 λ_j 即可计算新质生产力水平。

(3) 控制变量。参考既有研究碳排放影响因素的成果, 选取人口规模 (P)、人口密度 (Pd)、贸易开放度 (Dft)、财政支持力度 (Fs)、环境规制 (Er) 作为本文的控制变量。其中, 人口规模用各地区年末常住人口数量来衡量, 人口密度用各地区年末常住人口数量与各地区规划面积的比值来衡量, 贸易开放度用各地区的进出口贸易总额与国内生产总值的比值衡量, 财政支持力度用各地区的财政一般预算支出与地区生产总值的比值衡量, 环境规制用工业污染治理完成投资与工业增加值比值衡量。

(4) 中介变量。本文中的中介变量分别为产业结构高级化 (Isa) 和能源消费结构 (Es)。借鉴已有研究^[30, 31]产业结构高级化的衡量方式采用第三产业与第二产业的产值比值, 更好地揭示产业结构变化的总体趋势。当第三产业占比越高, 产业结构高级化程度就越高, 碳排放强度则越低。能源消费结构则是用煤炭占比来衡量, 即煤炭消费能源与总消费能源的比值, 煤炭占比越低, 能源消费结构越好, 则碳排放强度越低。

2.3 数据来源

上述变量的原始数据来自历年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、国家基础地理信息中心网站以及国家和各地方统计局等。考虑数据的可获取性以及数据统计口径的一致性, 最终选取30个省份(不含港澳台和西藏自治区)2012-2022年的有效面板数据。对于部分指标存在的个别数据缺漏问题, 采用线性插值法予以补全。计量统计采用 Stata17.0 等分析软件。实证研究所涉及的主要变量的描述性统计见表2。

表2 描述性统计
Table 2 Descriptive Statistics

	变量名称	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	碳排放强度	CI	330	1.8	1.638	0.218	8.288
	人均碳排放强度	PCI	330	9.225	7.509	1.312	44.7
核心解释变量	新质生产力	NQP	330	0.234	0.107	0.078	0.577
中介变量	产业结构高级化	Isa	330	1.388	0.75	0.611	5.244
	能源消费结构	Es	330	0.364	0.147	0.006	0.687
控制变量	人口规模	p	330	4626.855	2872.731	571	12684
	人口密度	Pd	330	0.918	0.501	0.133	2.518
	贸易开放度	Dft	330	0.265	0.268	0.008	1.354
	财政支持力度	Fs	330	0.26	0.111	0.105	0.758
	环境规制	Er	330	31.751	35.375	0.615	309.838

3 结果分析

3.1 基准模型回归

考虑各变量量纲的不同, 首先对原始数据进行无量纲化处理, 再利用多重共线性检验判定各变量之间是否存在严重的多重共线性问题, 结果显示, 方差膨胀因子值为 2.14, 明显小于 5, 说明不存在多重共线性问题; 同时, F 检验以及 Hausman 检验的结果可以确定本文适用于时间、个体双固定效应模型。本文采用逐步加入变量的方式进行基准回归, 以便确保研究结果的可靠性, 相关结果如表 3 所示。

表 3 基准回归结果

Table 3 Result of the benchmark Regression

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	CI	CI	CI	CI	CI	CI
<i>NQP</i>	-0.517*** (-4.904)	-0.459*** (-4.056)	-0.431*** (-3.847)	-0.428*** (-3.818)	-0.426*** (-4.103)	-0.298*** (-3.029)
<i>P</i>		-0.893 (-1.381)	-0.774 (-1.212)	-0.502 (-0.738)	-0.177 (-0.280)	-0.262 (-0.445)
<i>Pd</i>			0.334*** (3.093)	0.335*** (3.107)	0.314*** (3.139)	0.265*** (2.838)
<i>Dft</i>				0.177 (1.155)	0.267* (1.872)	0.167 (1.251)
<i>Fs</i>					1.149*** (7.039)	0.777*** (4.814)
<i>Er</i>						0.508*** (6.843)
_cons	0.357*** (10.629)	0.638*** (3.094)	0.479** (2.287)	0.353 (1.493)	-0.039 (-0.173)	0.022 (0.104)
年份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	330	330	330	330	330	330
R ²	0.074	0.080	0.109	0.113	0.241	0.345
F	24.052	13.016	12.117	9.431	18.693	25.801

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表中列(1)为新质生产力对碳排放强度的单变量回归; 列(2)、列(3)、列(4)、列(5)、列(6)分别逐步加入控制变量人口规模、人口密度、贸易开放度、财政支持力度、环境规制进行回归, 从而形成最终的基准模型。回归结果显示, 随着各个控制变量的持续加入, 新质生产力的系数显著性一直保持 1%水平以下。假设 1 初步得以验证。

另外在控制变量中, 人口密度对碳排放强度的影响显著为正可能是人口密度越大, 该地区所消耗的能源越多, 从而导致碳排放强度的变高。财政支持力度对碳排放强度的影响显著为正可能是因为经济建设与碳排放尚未完全脱钩, 财政对经济的支持力度越大, 碳排强度就会越高。环境规制对碳排放强度的影响显著为正可能是产业转移与反弹效应, 即严格的环境规制可能使高污染、高排放产业从环境规制强的地区转移到环境规制较弱的地区, 整体碳排放并未减少。同时, 技术创新带来的效率提高或成本降低可能会导致消费或生产增加, 从而抵消部分环境效益, 出现“反弹效应”。

比如,新能源汽车的使用成本降低,可能会使人们增加出行次数,最终能源消耗和碳排放总量反而上升。

3.2 稳健性检验

为了验证基准回归结果的可靠性,对模型进行稳健性检验如下:

(1) 替换被解释变量

用人均碳排放强度替换碳排放强度进行基准回归,其中人均碳排放强度的衡量方式为碳排放强度与地区年末常住人口的比值。

(2) 剔除4个直辖市

采用减少样本量的方式(剔除北京、上海、天津、重庆4个直辖市)再次进行基准回归。

表4 稳健性检验结果

Table 4 Results of the robust test

	(1)	(2)	(3)	(4)
	替换被解释变量		剔除4个直辖市	
	<i>PCI</i>	<i>PCI</i>	<i>CI</i>	<i>CI</i>
<i>NQP</i>	-0.413*** (-4.881)	-0.339*** (-4.024)	-0.574*** (-4.722)	-0.377*** (-3.265)
<i>P</i>		0.541 (1.074)		0.171 (0.241)
<i>Pd</i>		-0.029 (-0.361)		0.268*** (2.704)
<i>Dft</i>		0.122 (1.067)		0.296 (1.169)
<i>Fs</i>		0.632*** (4.573)		0.938*** (5.030)
<i>Er</i>		0.314*** (4.931)		0.502*** (6.191)
_cons	0.311*** (11.543)	-0.089 (-0.491)	0.378*** (10.662)	-0.164 (-0.579)
年份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	330	330	286	286
R ²	0.074	0.251	0.079	0.360
F	23.828	16.399	22.300	23.849

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表4为分别对两种检验方式进行了加入和不加入控制变量两种情况进行回归的结果,可以看出无论哪种检验方式随着控制变量加入,拟合优度都在不断提升,而新质生产力的回归系数始终保持1%水平下负向显著,结果表明新质生产力对碳排放强度具有显著抑制作用是显著且稳健的,这进一步支撑了本文的理论分析。

3.3 内生性检验

为检验模型中是否存在遗漏变量和双向因果等原因的内生性问题,本文运用时间、个体双固定效应的模型,采用滞后一期核心解释变量重复回归和IV-2SLS工具变量法两种方式进行回归分析。

(1) 滞后一期解释变量

参考田云,廖华^[32]等的研究采用滞后一期核心解释变量置于模型中进行回归,其结果如表5所

示。

表5 内生性检验结果

Table 5 Results of the endogenous treatment

	(1)	(2)	(3)	(4)
	滞后一期解释变量		IV-2SLS	
	CI	CI	CI	CI
<i>NQP</i>			-0.451*** (-2.867)	-0.257* (-1.850)
<i>L1_NQP</i>	-0.405*** (-3.793)	-0.308*** (-3.266)		
<i>P</i>		-0.246 (-0.421)		-0.343 (-0.685)
<i>Pd</i>		0.297*** (3.196)		0.268*** (2.633)
<i>Dft</i>		0.226* (1.685)		0.167** (2.286)
<i>Fs</i>		0.731*** (4.549)		0.772*** (3.915)
<i>Er</i>		0.539*** (7.396)		0.514*** (4.133)
<i>_cons</i>	0.320*** (9.551)	0.004 (0.018)		
年份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	330	330	330	330
R2	0.046	0.348	0.073	0.345
F	14.387	26.169		
First-stage F			52.02	39.95
LM test p			0.000	0.000

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$; L1_NQP 代表滞后一期的核心解释变量

其中表5列(1)列(2)分别为加入和不加入控制变量的两种情况下的回归结果,从中可以看出滞后解释变量的回归系数依然在1%水平下保持负向显著,由此可以排除反向因果带来的内生性问题。

(2) IV-2SLS 工具变量法

参考李江,吴玉鸣^[33]等的研究选取1984年每百万人邮局数为工具变量,原因是新质生产力的发展与先进的信息化技术有很大的相关性,而邮局可代表当年的信息化水平,正好可以满足相关性;而该年邮局又对碳排放强度的影响很微小,达到了外生性的要求。由于1984年每百万人邮局数为截面数据,采用1984年每百万人邮局数与新质生产力进行交互的处理方式把截面数据处理成面板数据,然后进行不加入控制变量和加入控制变量2种情况下的2SLS回归分析,结果如表5所示。

由表5中列(3)列(4)结果可知,两种情况下LM检验的P值均在1%的水平下显著,强烈拒绝原假设,表明工具变量与内生变量之间具有显著的相关性;且第一阶段核心解释变量对工具变量回归的F值也均大于10,说明不存在弱工具变量。检验结果显示两种情况下新质生产力对碳排放强度均呈现显著的抑制效应,这与基准回归结果保持一致,进一步印证了研究结论的可靠性。

3.4 机制检验

本文认为,新质生产力对碳排放强度的影响除了直接效应外,还存在间接效应。为了验证假设2和假设3,探究新质生产力对碳排放强度的作用机制,借鉴江艇^[34]等的研究采用逐步回归法进行验证,基于公式(1)构建如下中介效应模型:

$$M_{it} = \alpha + \beta_1 NQP_{it} + \gamma_1 C_{it} + \theta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$CI_{it} = \alpha + \beta_2 NQP_{it} + \gamma_2 M_{it} + \gamma_3 C_{it} + \theta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中, M_{it} 表示中介变量, β_1 表示新质生产力对中介变量的影响, β_2 表示考虑中介变量后新质生产力对碳排放强度的作用, γ_2 表示中介变量对碳排放强度的作用。

表6 机制检验结果

Table 6 Regression Results of the mechanism treatment

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
		产业结构高级化		能源消费结构	
	<i>CI</i>	<i>Isa</i>	<i>CI</i>	<i>Es</i>	<i>CI</i>
<i>NQP</i>	-0.298*** (-3.029)	0.087** (2.467)	-0.261*** (-2.651)	-0.166*** (-2.681)	-0.209** (-2.223)
<i>P</i>	-0.262 (-0.445)	0.062 (0.291)	-0.236 (-0.404)	-1.369*** (-3.706)	0.478 (0.842)
<i>Pd</i>	0.265*** (2.838)	-0.208*** (-6.173)	0.177* (1.798)	0.528*** (9.014)	-0.020 (-0.206)
<i>Dft</i>	0.167 (1.251)	-0.447*** (-9.313)	-0.024 (-0.157)	0.272*** (3.246)	0.020 (0.156)
<i>Fs</i>	0.777*** (4.814)	0.253*** (4.358)	0.884*** (5.368)	0.407*** (4.021)	0.557*** (3.565)
<i>Er</i>	0.508*** (6.843)	-0.114*** (-4.274)	0.460*** (6.065)	0.131*** (2.801)	0.438*** (6.172)
<i>Isa</i>			-0.426*** (-2.656)		
<i>Es</i>					0.540*** (6.171)
_cons	0.022 (0.104)	0.225*** (2.970)	0.118 (0.557)	0.700*** (5.299)	-0.356* (-1.717)
年份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	330	330	330	330	330
R ²	0.345	0.433	0.360	0.425	0.420
F	25.801	37.473	23.578	36.159	30.345

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: *p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

结果如表6所示。其中,列(1)为基准回归结果,属于中介检验三步法的第一步;列(2)、列(3)为中介变量产业结构高级化的检验结果;列(4)、列(5)为中介变量能源消费结构的检验结果。列(2)的回归系数说明新质生产力对产业结构高级化程度有显著的正向作用,而列(3)的产业结构高级化程度对碳排放强度的回归系数在1%的水平下表现负向作用,符合上述理论分析。列(4)的回归系数则说明新质生产力对能源消费结构有显著的负向作用,而列(5)的能源消费结构对碳排放强度的回归系数表现正向作用,同时在加入能源消费结构变量后此时新质生产力对碳排放强度的影响变为了在5%水平下负向显著,符合上述理论分析。综上,本文的机制检验得以验证。

4 异质性分析

4.1 区域异质性

考虑到各地区资源禀赋、产业基础、政策环境的不同, 本文将样本分为东部、中部、西部和东北地区四个经济带的方式分别进行回归, 回归结果如表7所示。

表7 我国东部、中部、西部和东北地区异质性分析结果

Table 7 The heterogeneity analysis results of China's eastern, central, western and northeastern regions				
	(1)	(2)	(3)	(4)
	东部	中部	西部	东北部
	CI	CI	CI	CI
<i>NQP</i>	-0.0977*	-0.262*	-0.446	-1.054**
	(-1.85)	(-1.72)	(-1.54)	(-2.41)
<i>P</i>	0.719***	1.342	-3.011	2.309
	(3.62)	(0.95)	(-1.14)	(0.81)
<i>Pd</i>	-0.586***	0.375***	0.158	0.223
	(-3.22)	(3.94)	(1.04)	(0.43)
<i>Dft</i>	-0.0862***	-0.143	0.469	3.265**
	(-2.87)	(-0.34)	(0.91)	(2.17)
<i>Fs</i>	-0.521***	-0.232	1.109***	2.229**
	(-3.99)	(-0.69)	(3.57)	(2.22)
<i>Er</i>	0.141**	0.482*	0.433**	0.243
	(2.63)	(1.88)	(2.33)	(0.72)
_cons	0.0854	-0.507	0.554	-1.040
	(1.58)	(-0.80)	(0.80)	(-1.52)
年份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	110	66	121	33
R ²	0.950	0.725	0.737	0.725

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: * p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

由表7可知, 新质生产力对碳排放强度的抑制作用在不同经济带存在显著差异。东北地区在5%的显著性水平上表现出较强的负向影响, 中部和东部经济带次之, 而西部经济带的影响则不显著。可能的原因是, 东北作为我国传统重工业基地, 长期以来以钢铁、机械、石化等高碳产业为主导, 碳排放强度居高不下。近年来, 在国家战略的支持下, 该地区通过智能化改造、清洁能源替代等技术升级措施, 显著提升了新质生产力对传统模式的替代效应。此外, 东北地区面临资源枯竭的严峻挑战, 倒逼其向数字经济、生物医药等新兴产业转型, 进一步强化了新质生产力的减排效果。同时, 国家对东北老工业基地的政策倾斜, 如低碳城市试点等, 也加速了绿色技术的转化与应用, 使得新质生产力的边际减排效应更加突出。

中部经济带正处在承接产业转移与加速绿色转型的交汇期。在承接东部制造业转移的过程中, 河南、湖北等省份同步引入绿色技术, 使新质生产力在工业化进程中直接转向低碳发展模式。此外, 中部地区农业占比较高, 生物质能源、智慧农业等新兴业态的推广既提升了农业生产效率, 又有效降低了碳排放。其独特的区位优势还推动了绿色交通的发展, 进一步增强了新质生产力在物流领域的减排作用。

东部经济带产业较为发达, 产业结构已趋于成熟稳定。传统高碳产业逐步外迁或升级, 使得新质生产力的减排空间相对有限。尽管该地区科技实力雄厚, 清洁技术普及率较高, 但进一步减排依赖颠覆性技术创新, 边际成本显著上升。此外, 东部外向型经济特征明显, 部分出口加工业仍依赖

高碳能源，在全球产业链分工的约束下，减排进程受到一定制约。

西部经济带仍处于工业化中期，产业结构以资源密集型为主，对化石能源的依赖程度较高。研究表明，资源禀赋在能源转型中具有关键作用，化石燃料丰富的地区往往因经济依赖而面临转型阻力^[35]。短期内，新质生产力难以突破这一路径锁定效应。此外，除成渝、西安等核心城市外，西部地区高技术产业规模较小，数字化与绿色技术应用不足，这在一定程度上制约了新质生产力的普及范围，并削弱了其在碳减排方面的实际效果。因此，虽然新质生产力在西部也有积极作用，但依然对碳减排的效用不明显。

4.2 分维度异质性

本文分别对新质生产力测算指标中的劳动者、劳动对象、生产资料这三个维度对碳排放强度的影响进行异质性回归检验。回归结果如表8所示。

表8 分维度异质性分析结果
Table 8 Results of the heterogeneity analysis

	(1) <i>CI</i>	(2) <i>CI</i>	(3) <i>CI</i>
劳动者 <i>NQP</i>	-0.292 (-0.33)		
劳动对象 <i>NQP</i>		-0.634 (-1.46)	
生产资料 <i>NQP</i>			-1.094*** (-2.92)
<i>P</i>	0.613** (1.99)	-0.388 (-0.73)	-0.688* (-1.71)
<i>Pd</i>	-0.0227 (-0.22)	0.265** (2.56)	0.290*** (2.84)
<i>Dft</i>	-0.104 (-1.09)	0.185** (2.53)	0.116 (1.54)
<i>Fs</i>	0.317** (2.03)	0.762*** (3.81)	0.771*** (3.75)
<i>Er</i>	0.301*** (2.99)	0.538*** (4.25)	0.505*** (4.06)
_cons	-0.0737 (-0.67)	0.0185 (0.11)	0.193 (1.28)
年份效应固定	Yes	Yes	Yes
省份效应固定	Yes	Yes	Yes
N	330	330	330
R ²	0.835	0.735	0.737

注: t statistics in parentheses, 显著性水平: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

由表8可知，仅生产资料维度对碳排放强度的影响显著，另两个维度回归结果均不显著。原因可能是与劳动者、劳动对象、生产资料自身的特性有关。

从劳动者维度来看，虽然劳动者专业素质提升和观念转变可以促进新质生产力发展，但这对碳排放的影响不会是立竿见影的，而是存在一定的滞后性。劳动者专业素质提升具体体现在研发新产品或技术以及对高端设备及工艺的操作上，但劳动者需要大量的时间去实现完成整个运转，所以所能表现出来的影响会延迟。再者劳动者观念转变方面上来讲，劳动者个体对碳排放的影响比较分散，无法实现集中对碳排放形成显著的影响。

从劳动对象维度来看,在大多数产业中,劳动对象本身获取和加工过程碳排放较为稳定,很难发生显著性的变化。当然一些资源依赖型的产业会倾向于寻找或者研发一种可替代性的更为环保的材料,但旧材料被替代的过程中所面临的成本、技术成熟度问题都使其难以在短期内实现大规模的应用,这就导致劳动对象对碳排放的影响不甚明显。

从新质生产力的三个构成维度来看,生产资料对碳排放强度的影响是显著的。可能是因为新质生产力推动了生产设备的升级换代,提高了能源利用率,使能源在生产过程中减少了消耗,从而降低了碳排放;再者就是新质生产力催生了新能源等新型生产资料的广泛应用,用太阳能、风能等清洁能源替代传统化石能源作为生产动力,从源头上大幅减少了碳排放。生产资料的迭代往往是大规模且高效的,企业一旦更新生产设备或采用新型能源,对碳排放的影响是立刻显现的,也因此而异质性检验中成为显著影响碳排放的关键因素,而劳动者和劳动对象维度对碳排放强度的影响在时间上都表现出滞后性。

5 研究结论与政策建议

5.1 研究结论

本文从劳动者、劳动对象及生产资料三个维度出发构建新质生产力水平的综合测度指标体系,并基于2012-2022年我国30个省份的面板数据,探究新质生产力对碳排放强度的影响及其作用机制,并进一步对结果开展了稳健性检验、内生性处理以及作用机制检验以增强研究结论的科学性与可靠性,确保实证结果具有较好的解释力与稳健性。同时从空间层面上把30个省份划分成东部、中部、西部和东北地区四个经济带进行异质性回归分析;从研究内容构成的角度将新质生产力分为劳动者、劳动对象、生产资料三个维度进行异质性回归分析。最终得到以下主要结论:

(1)新质生产力对碳排放强度具有显著的抑制作用,新质生产力发展水平每提高1%,碳排放强度便会下降0.298%。控制变量中,人口密度、财政支持力度以及环境规制对碳排放强度的影响显著为正。

(2)产业结构高级化和能源消费结构在新质生产力抑制碳排放强度的过程中发挥着中介传导效应,其表现为新质生产力的发展会促进产业结构高级化、改善能源消费结构,进而促进碳排放强度的降低。

(3)新质生产力对碳排放强度的影响在不同经济带中存在区域异质性,同时也在构建新质生产力测算指标的三个维度下存在分维度异质性。在空间区域层面东北地区新质生产力对碳排放强度有着更为显著的抑制作用,中部和东部经济带次之,而在西部经济带则不甚明显;在构成新质生产力的三个维度中生产资料对碳排放强度的影响最为显著,而劳动者、劳动对象对碳排放强度的影响略次之。生产资料迭代对碳排放强度的抑制效应在时效性上显著高于劳动者与劳动对象的减排效能。

5.2 政策建议

基于以上结论,提出政策建议如下:

(1)新质生产力对碳排放强度呈现显著抑制作用,应战略性聚焦培育新质生产力以驱动“双碳”目标进程。国家做好顶层设计,将新质生产力发展融于战略部署中。将环境保护、节能减排等理念融入到国民教育体系,构建劳动者意识培养机制。强化新质生产力基础性投入,推动可再生能源规模化应用,实施分布式清洁能源入户工程。为新能源、新技术、数字经济等前沿领域设立专项发展

基金, 加速经济与碳排放脱钩进程。完善全域化环境监管体系, 强化产业准入门槛与排放标准联动机制, 遏制环境规制下的“产业转移”行为。

(2) 充分发挥产业结构高级化与能源消费结构在抑制碳排放强度中的中介作用, 系统推进产业结构高级化与能源消费结构低碳化转型。以发展新质生产力为核心, 构建多维度政策支撑体系, 强化新兴产业技术攻关与财政激励协同机制。实施劳动力技能重塑工程, 引导就业导向向知识密集型服务业迁移, 通过结构性减税与产业引导基金协同发力, 推动经济动能由能源密集型第二产业向第三产业跃迁。同时, 创新清洁能源发展机制, 实施可再生能源消费占比阶梯目标, 通过碳税调节与绿色信贷定向支持, 驱动能源消费结构的供给侧结构性变革, 从根本上实现碳排放强度的下降。

(3) 精准定位区域发展实际, 因地制宜进行政策引导。东北地区需巩固技术升级成果, 避免减排后反弹, 鼓励发展高端服务业与战略性新兴产业。中部经济带处于产业转移承接的关键区域, 更加需要加强跨区域绿色技术合作, 防范产业转移中的碳泄漏。东部经济带经济发达, 拥有科技与人才的优势, 可以鼓励探索绿氢等碳中和前沿尖端技术, 发挥全球示范作用。西部经济带自然资源丰富, 重点加大清洁能源产业的发展, 同时完善人才引进政策, 引入高端科技人才, 加大科技创新投入, 充分发挥新质生产力的作用, 实现资源优势向低碳发展优势转化。

(4) 构建人力资本赋能机制, 加速生产资料迭代升级。鉴于生产资料对碳排放强度的抑制作用显现较快, 可设立专项基金激励企业研发新型低碳生产设备与工艺或用贴息贷款等方式鼓励企业购置先进绿色生产资料, 推动生产资料向绿色智能化方面迭代升级, 加快推动双碳目标实现。同时, 把劳动者和劳动对象纳入到减碳的长足发展中, 高校、职业院校与企业三方融合构建终身职业技能培训体系, 培养可以掌握绿色生产技术的专业人才, 加大资金投入寻找或者研发可替代性的环保材料助力碳减排, 形成“技术-人才-材料”三位一体的减排驱动格局。

参考文献

- [1] 徐建伟, 李子文. 准确把握新质生产力的理论内涵与实践指引[J]. 宏观经济管理, 2025, (1): 31-37+67.
- [2] 周文. 新质生产力的时代内涵和核心要义[J]. 毛泽东研究, 2024, (6): 4-13.
- [3] 刘元春. 新质生产力的科学内涵与发展着力点[J]. 中国社会科学评价, 2024, (3): 41-47+158.
- [4] 王珏. 新质生产力: 一个理论框架与指标体系[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版), 2024, 54(1): 35-44.
- [5] 裴斯怡, 吴先强. 中国新质生产力: 水平测度、空间差异与动态演进[J]. 工业技术经济, 2025, 44(3): 3-13.
- [6] 张超, 蒋天颖. 点“数”能否成“金”——数据要素对新质生产力发展的影响研究[J]. 调研世界, 2025, (12): 39-51.
- [7] 龙云安, 张璇, 曾馨怡. 新质生产力对区域经济高质量发展的影响——来自中国省级层面的经验证据[J]. 广西财经学院学报, 2025, 38(1): 39-50.
- [8] 王永瑜, 张仪棣. 碳达峰试点城市达峰状态与影响因素分析[J]. 环境科学, 2025, 46(11): 6770-6781.
- [9] 钟金钦, 郭健翔, 王吉进, 等. “双碳”目标下省域碳排放影响因素分析及趋势预测: 以山东省为例[J]. 环境科学, 2025, 46(11): 6757-6769.
- [10] 任晓灵, 王晓燕, 尹朋建, 等. 基于生命周期法的社区生活垃圾碳排放核算[J]. 低碳化学与化工, 2025, 50(9): 27-35.
- [11] 姚沅, 崔培强, 梁叶云, 等. 基于全生命周期高速公路碳排放研究与实践[J]. 交通节能与环保, 2025, 21(1): 52-56.
- [12] 李昊天, 汪永丰, 郭玮, 等. 海绵城市设施运行阶段碳排放核算及碳减排路径分析[J]. 环境监测管理和技术, 2024, 36(6): 11-17.
- [13] 杨平, 吕雁琴, 陈静, 等. 政府数字化转型对我国城市碳排放效率影响机制与路径研究[J]. 城市发展研究, 2024, 31(12): 109-116.

- [14] 朱健齐, 黄希颖, 谭晓雯, 等. 绿色低碳技术创新视角下影响城市经济增长与碳排放脱钩的因素和路径研究——以广东省21个地市为例[J]. 科技管理研究, 2024, 44(24): 191-201.
- [15] 张芳华, 何心玥, 傅传锐, 等. 绿色投资者能抑制高耗能企业碳排放吗? [J]. 金融发展研究, 2024, (12): 68-79.
- [16] 李从欣, 刘佳源. “双碳”战略背景下数字经济碳减排效应的实证研究[J]. 城市问题, 2024, (12): 74-85.
- [17] 陈培彬, 黄可权, 朱朝枝. 农业新质生产力对农业碳排放强度的影响研究[J]. 管理现代化, 2025, 45(1): 21-31.
- [18] 乔均, 台德进, 邱玉琢. 农业新质生产力赋能农业碳减排的机理与效应[J]. 当代经济管理, 2024, 46(12): 42-55.
- [19] 李娟, 刘爱峰. 数字新质生产力对碳排放效率的影响[J]. 统计与决策, 2024, 40(24): 23-28.
- [20] 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.
- [21] 欧辉, 刘沛峒, 张禹罗. 新质生产力对我国碳排放的影响及其空间效应研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2025, 48(1): 28-36.
- [22] 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): 6709-6721.
- [23] 王洪艳. 新质生产力对碳排放效率的影响——基于产业结构高度化和合理化的双重视角[J]. 统计与决策, 2024, 40(17): 24-29.
- [24] 王松, 徐政, 邓颖. 新质生产力对碳减排的影响研究[J]. 企业经济, 2024, 43(9): 36-47.
- [25] 岳明阳, 徐政, 刘穷志. 新质生产力与碳生产率: 效应与机制[J]. 技术经济与管理研究, 2024, (10): 91-96.
- [26] 习近平. 开创我国高质量发展新局面[J]. 先锋, 2024, (6): 4-10.
- [27] 罗寒, 岳强. 以新质生产力推进“双碳”战略: 内在逻辑·现实困囿·实践指向[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2025, 44(2): 39-45.
- [28] 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, (6): 30-39.
- [29] 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.
- [30] 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[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 4-16+31.
- [31] 张欣艳, 谢璐华, 肖建华. 政府采购、数字经济发展与产业结构升级[J]. 当代财经, 2024, (3): 43-55.
- [32] 田云, 廖华. 数字经济对农业碳排放的影响及作用机制研究[J]. 改革, 2024, (9): 84-99.
- [33] 李江, 吴玉鸣. 数字经济与区域自主创新和模仿创新——基于省级面板数据的实证分析[J]. 经济体制改革, 2023, (4): 70-78.
- [34] 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.
- [35] Zhang S, Yang D, Meng H, et al. Spatiotemporal pattern evolution and driving factors of China's energy transition from a heterogeneity perspective[J]. Journal of Cleaner Production, 2025, 487, 144624.

基金项目: 基于社会经济演化视角内蒙古碳达峰综合判断系统研究(2024QNJS082), 内蒙古统筹推进碳达峰碳中和与经济社会协同发展研究(2023ZZB041), 基于计划行为理论的建筑业主碳减排意愿及影响因素研究(2024QNJS083), “双碳”目标背景下异质型环境规制对我国建筑业创新驱动发展的影响研究(2023YXXS036)。

第1作者简介: 王黎明(1993-), 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 碳减排、房地产管理。 E-mail: 2018932@imust.edu.cn。

*** 通讯作者简介:** 牛雪洁(1994-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 碳排放、新质生产力。 E-mail: n20250314@163.com