

高等教育赋能新质生产力发展的影响研究

——基于双重机器学习模型的实证分析

魏建, 徐登可

杭州电子科技大学经济学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2026年8月17日; 录用日期: 2026年9月9日; 发布日期: 2026年9月18日

摘要

新质生产力以创新为核心, 兼具高科技、高效能、高质量特征, 高等教育作为科技、人才与创新的联结点, 对其发展具有关键支撑作用。基于2013~2022年中国31个省市自治区面板数据, 构建包含科技、绿色、数字生产力的评价指标体系, 通过双重机器学习模型分析显示, 高等教育对新质生产力发展呈显著正向作用, 且在东北、西部及欠发达地区效果更突出。进一步分析表明, 高等教育通过科技创新提升技术突破与成果转化能力、推动产业结构向高端化与服务化升级的双重路径, 赋能新质生产力发展。为强化高等教育效能, 建议优化区域资源配置, 加大对欠发达地区的支持力度; 深化“政产学研用”融合, 构建协同创新生态; 推进高等教育供给侧改革, 提升学科与产业需求的适配度, 以增强对新质生产力的支撑能力。

关键词

高等教育, 新质生产力, 双重机器学习模型, 科技创新, 产业结构升级

Research on the Impact of Higher Education Empowering the Development of New Quality Productive Forces

—An Empirical Analysis Based on a Double Machine Learning Model

Jian Wei, Dengke Xu

School of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang

Received: August 17, 2026; accepted: September 9, 2026; published: September 18, 2026

Abstract

New quality productive force, with innovation at its core, is characterized by high technology, high

efficiency, and high quality. As a connecting point for science and technology, talent, and innovation, higher education plays a crucial supporting role in its development. Based on the panel data of 31 provinces, autonomous regions, and municipalities in China from 2013 to 2022, an evaluation index system including scientific and technological productivity, green productivity, and digital productivity was constructed. Analysis using a double machine learning model shows that higher education has a significantly positive effect on the development of new quality productive forces, and this effect is more prominent in the northeast, western, and less developed regions. Further analysis indicates that higher education empowers the development of new quality productive forces through a dual path: enhancing technological breakthrough and achievement transformation capabilities through technological innovation, and promoting the upgrading of industrial structures to high-end and service-oriented. To strengthen the effectiveness of higher education, it is recommended to optimize regional resource allocation and increase support for less developed regions; deepen the integration of “government, industry, university, research, and application” to build a collaborative innovation ecosystem; and promote the supply-side reform of higher education to improve the adaptability of disciplines to industrial needs, so as to enhance the supporting capacity for new quality productive forces.

Keywords

Higher Education, New Quality Productive Forces, Double Machine Learning Model, Technological Innovation, Industrial Structure Upgrading

Copyright © 2026 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

新质生产力是以创新为主导, 兼具高科技、高效能、高质量特征的先进生产力形态, 更是推动高质量发展的内在要求与关键着力点。培育和发展新质生产力, 需统筹整合科技创新资源, 引领战略性新兴产业与未来产业发展, 加快实现科技自立自强, 推动产业体系转型升级, 助力绿色低碳发展, 同时深化体制机制改革, 健全教育、科技、人才协同发展体系, 为高质量发展注入新动能[1]。高等教育作为科技第一生产力、人才第一资源、创新第一动力的结合点, 已成为推动新质生产力发展的关键支撑力量。高校通过培养高素质创新人才、转化科研成果、服务区域发展等多重路径, 为产业升级与创新驱动注入新动能, 尤其在构建以高技术、高效能、高质量为特征的先进生产体系中, 高等教育的赋能作用愈发凸显[2]。鉴于高等教育在推动新质生产力发展中的关键地位, 本文基于 2013~2022 年省级面板数据, 系统评估高等教育对新质生产力的实际影响及其作用路径。通过构建双重机器学习模型, 识别变量之间的因果关系, 进一步探讨教育赋能下的新质生产力演进逻辑与区域异质性特征。研究旨在为提升教育资源配置效率、强化教育与科技产业深度融合提供数据支持与政策参考, 为加快建设教育强国和实现经济高质量发展贡献理论力量。

2. 文献综述与研究假设

2.1. 文献综述

新质生产力是一个内涵深刻、具有高度时代意义的经济范畴, 为把握其内涵, 需从“新”和“质”两个方面展开。所谓“新”, 强调新质生产力以关键性颠覆性技术突破为核心, 涵盖新技术、新经济、新业

态,体现了从传统发展路径向融合性、前瞻性发展的转变;所谓“质”,突出其以科技创新为内核,通过关键技术的实现带动生产力由量变向质变跃升,形成更加高效、高端、绿色、智能的新型生产方式[3]。新质生产力最鲜明的特征表现为四个方面:创新驱动特性、绿色低碳特性、开放融合特性和人本内蕴特性[4]。发展新质生产力,要坚持以创新为核心,因地制宜推动科技自立与对外开放协同并进,在理论指导下勇于实践探索,既保持雄心抢占先机,又立足实际错位发展,注重原始创新与成果转化衔接有序,统筹传统产业升级与新兴产业培育,做到先立后破、协同推进,加快构建高质量、高效能、可持续的现代化生产力体系[5]。当前,我国新质生产力整体发展水平仍有较大提升潜力[6],如何加快新质生产力的培育与释放,已成为推动高质量发展的核心课题和重要任务。现有学者从高质量就业[7]、数字经济[8]、人工智能[9]、农业高质量发展[10]和中国式现代化[11]等视角探讨新质生产力的发展路径与实现机制,为理论研究与实践推进提供了有益借鉴。

目前,学术界在高等教育促进高质量发展已普遍达成共识,新质生产力作为一个经济范畴的生产力,高等教育能否赋能其发展呢?景安磊和朱元嘉[12]指出,高等教育“三融”体系是赋能新质生产力的关键:职普融通通过资源配置、纵横向贯通塑造人才体系,产教融合以供需适配、协同体催生培养模式,科教融汇借技术迭代、要素整合释放动能。崔友兴[13]指出,高等教育深度集聚作为智能时代教育融合新形态,具有空间集聚、目标协同等特征,通过培养新质人才、推动科技创新、拓展劳动空间与对象赋能新质生产力,同时新质生产力倒逼教育变革;需以理念形塑、超前设计、共同体构建、机制创新、治理优化等路径促进两者良性循环。邢占军和王晶心[14]指出,高等教育数智化转型是通过人工智能等技术实现教育全要素智能化升级的过程,其与新质生产力形成双向互动良性关系,一方面可通过提升科技创新能力、优化产业结构、提高人才培养质量为新质生产力提供科技、产业、人才赋能,另一方面新质生产力发展也对高等教育数智化转型提出培养复合型创新人才、加速先进生产工具研发应用等要求,为此需从构建智能科研体系、推进产教深度融合、创新人才培养模式等路径推动两者协同发展。此外,周密等[15]指出,高等教育在拔尖创新人才培养、学科交叉融合等方面的探索,也为新质生产力发展提供了人才储备与知识创新支撑。具体而言,通过构建跨学科培养体系、强化产学研协同育人机制,高校能够培养具备创新思维与实践能力的复合型人才,推动基础研究与应用技术的深度融合。未来需进一步强化教育链、人才链与产业链的有机衔接,以系统性改革提升高等教育对新质生产力的赋能效能。

上述研究阐述了新质生产力的内涵特征,论证了高等教育以及不同要素赋能新质生产力发展的路径及影响,为下一步探究高等教育对新质生产力发展的影响和作用机制奠定了基础。但纵观现有研究,多以理论思辨讨论为主,少有利用数据进行科学严谨的实证检验,因此,本文在梳理理论机制,利用省级面板数据实证分析高等教育对新质生产力发展的影响和作用机制。

2.2. 研究假设

当前,推动经济社会高质量发展的核心在于构建与新时代发展要求相契合的生产力体系。新质生产力作为一种以数字化、绿色化、智能化为标志的复合型发展能力,要求劳动者具备更高层次的知识储备和技术素养。在这一背景下,高等教育体系通过对高层次人才持续供给、知识结构的重塑及社会认知体系的培育,成为驱动新质生产力演进的关键支柱。高等教育不仅在人才数量的扩展上满足了新经济形势的基本要求,更在结构与质量层面提供了适应未来产业需求的多元能力型劳动力基础,正如“发展新质生产力离不开富含深厚科学素养、具备跨学科知识和持续学习能力的高素质复合型创新型人才,深化产教融合协同育人是高校对接产业需求、推进人才培养供给侧改革的重要途径。”[16]

从宏观层面看,高等教育作为知识型社会的基石,重构了生产力与知识体系之间的联动关系。通过系统性的教学改革、跨学科培养路径和开放式教育资源配置,推动劳动力素质从“技术适应”向“战略

创造”转变,强化了经济体系中高端要素的配置效率。高校拔尖创新人才培养成为新质生产力与教育强国之间的关键桥梁,对于实施教育强国和科技强国战略、推动新质生产力的发展具有战略性作用[17]。同时,大学制度所蕴含的自由探索、问题导向和公共服务理念,也塑造了一种以理性、审慎与创新为特征的社会文化氛围,为新质生产力提供了文化基础与价值牵引。

更进一步,随着国家区域协调发展战略的不断推进,高等教育资源在空间上的优化配置也为欠发达地区新质生产力的激活提供了重要契机。中西部高校通过学科支持、产业对接、人才流动等方式,为区域差异缩小和整体创新能力提升提供了关键支撑。高等教育基于系统集成创新优势,在促进新质生产力发展进程中致力于实现“更强盛的发展需要-更美好的生活需要-更安全的战略需要”三大价值[18]。因此本文提出假设 H1:

H1: 高等教育可以显著提高新质生产力发展水平

科技创新已成为当代经济增长的核心驱动力,其主导力量正逐渐从传统企业研发向高校科研转移。高等教育机构凭借其深厚的学科基础、稳定的研究团队和制度优势,在原始创新、技术突破和前沿交叉领域持续发力,成为支撑新质生产力发展的关键技术力量。高等教育是高端人力资本的筛选器,更是教育、科技与人才的联结点 and 交汇处,在实现教育强国、科技强国、人才强国中扮演着至关重要的角色[19]。高校通过构建高水平实验平台、交叉学科研究中心和战略技术集群,实现了从理论创新到关键核心技术攻关的持续演进。同时,通过促进教师科研成果转化、建立技术转移平台和校企协同机制,高等教育拓展了技术扩散的渠道,加速了科研成果向产业系统的渗透,推动了生产范式的系统性升级。此外,高校在完善科技治理结构方面也发挥着制度引领作用,通过科研伦理管理、知识产权保护和资源配置优化,为科研活动提供了稳定预期和规范环境,保障了创新成果的合法流转。这种系统性的创新生态不仅增强了高校自身的科研产出能力,也使其成为技术向新质生产力转化的重要桥梁。因此,本文提出假设 H2:

H2: 高等教育可以通过提升科技创新赋能新质生产力发展

产业结构作为衡量经济发展水平的核心指标,其优化升级是推动新质生产力发展的关键。赵志强和屈西西[20]指出,高等教育学科结构升级应主动适应产业结构升级,遵循内外部发展规律。这意味着高校需动态调整学科设置,精准对接国家和区域的战略需求,为重点产业领域输送高素质人才。高等教育通过专业结构优化,积极服务新兴产业和传统产业转型升级。同时,高校整合职业教育、高职教育和继续教育资源,构建全方位的人才再培养体系,助力技能型人才适应产业变革。此外,高校通过“校企合作”“订单式培养”等多元化合作模式,推动科技资源与企业实际需求的高效对接,有效解决产业升级过程中的技术瓶颈和人才缺口问题。加强三产学科与一产和二产学科的交叉频率,形成新质生产力。这种跨学科交叉融合,不仅促进了知识的创新与应用,还推动了传统产业的转型升级和新兴产业的快速发展。

综上所述,高等教育在产业结构优化升级和新质生产力发展中扮演着重要角色。通过专业结构优化、行业人才培养、产教融合机制完善以及跨学科交叉融合,高校为产业的转型升级提供了坚实的人才支撑和知识引领,助力经济高质量发展。因此,本文提出假设 H3:

H3: 高等教育可以通过促进产业结构升级赋能新质生产力发展

3. 研究设计

3.1. 模型构建

本文基于双重机器学习模型(Double Machine Learning, DML)探究高等教育对新质生产力发展的影响。相较于传统因果推断模型,DML 在处理高维非线性关系时具有显著优势。借鉴 Chernozhukov V [21]等的研究,构建部分线性模型如下:

$$\text{NQP}_{it} = \theta_0 \text{HE}_{it} + g(X_{it}) + U_{it} \quad (1)$$

$$E(U_{it} | \text{HE}_{it}, X_{it}) = 0 \quad (2)$$

其中, i 表示省份; t 表示年份; NQP_{it} 表示 i 省份在 t 年的新质生产力水平; HE_{it} 表示 i 省份在 t 年的高等教育发展水平; θ_0 表示高等教育对新质生产力发展的系数, 也是本文研究的重点; X_{it} 表示的是一系列的控制变量, 其通过机器学习算法估计具体形式 $\hat{g}(X_{it})$, 进而影响被解释变量; U_{it} 表示误差项, 满足零均值假设。直接对公式(1)和公式(2)进行估计, 可得处置系数估计量为:

$$\hat{\theta}_0 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it} (\text{NQP}_{it} - \hat{g}(X_{it})) \quad (3)$$

其中, n 为样本量。然而估计的 $\hat{\theta}_0$ 是有偏的, 需进一步考察偏误并修正:

$$\begin{aligned} \sqrt{n}(\hat{\theta}_0 - \theta_0) = & \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it} U_{it} \\ & + \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it} [g(X_{it}) - \hat{g}(X_{it})] \end{aligned} \quad (4)$$

其中, $a = \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it} U_{it}$, 服从均值为 0 正态分布,

$$b = \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} \text{HE}_{it} [g(X_{it}) - \hat{g}(X_{it})]。$$

双重机器学习模型使用机器学习与正则化算法来估计 $\hat{g}(X_{it})$, 虽然可以避免估计量方差过大问题, 但会引起正则偏误, $\hat{g}(X_{it})$ 向 $g(X_{it})$ 收敛速度较慢, $n^{-\varphi_g} > n^{-1/2}$, 随着 n 趋于无穷大, b 也趋于无穷大, $\hat{\theta}_0$ 难以收敛于 θ_0 。为了提高收敛速度并确保在小样本条件下处理效应系数估计量的无偏性, 本文采用正交化方法来校正偏差, 并构建以下辅助回归模型:

$$\text{HE}_{it} = m(X_{it}) + V_{it} \quad (5)$$

$$E(V_{it} | X_{it}) = 0 \quad (6)$$

其中, $m(X_{it})$ 为处置变量对高维控制变量的回归函数; V_{it} 为误差项, 条件均值为 0。对公式(5)和公式(6)进行回归估计, 得到其残差 $\hat{V}_{it} = \text{HE}_{it} - \hat{m}(X_{it})$, 将 $\hat{V}_{it}$ 作为 HE_{it} 的工具变量进行回归, 得到 $\hat{\theta}_0$ 的无偏估计量为:

$$\hat{\theta}_0 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \hat{V}_{it} \text{HE}_{it} \right)^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \hat{V}_{it} (\text{NQP}_{it} - \hat{g}(X_{it})) \quad (7)$$

同理, 进一步考察其估计偏误:

$$\begin{aligned} \sqrt{n}(\hat{\theta}_0 - \theta_0) = & [E(V_{it}^2)]^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} V_{it} U_{it} \\ & + [E(V_{it}^2)]^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} [m(X_{it}) - \hat{m}(X_{it})] [g(X_{it}) - \hat{g}(X_{it})] \end{aligned} \quad (8)$$

公式(8)中, $[E(V_{it}^2)]^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} V_{it} U_{it}$ 服从均值为 0 的正态分布, 基于两次机器学习,

$[E(V_{it}^2)]^{-1} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i \in I, t \in T} [m(X_{it}) - \hat{m}(X_{it})] [g(X_{it}) - \hat{g}(X_{it})]$ 的整体收敛速度取决于 $\hat{m}(X_{it})$ 向 $m(X_{it})$ 和

$\hat{g}(X_{it})$ 向 $g(X_{it})$ 的收敛速度, 即 $n^{-(\varphi_g + \varphi_m)}$, 与公式(4)相比, $\sqrt{n}(\hat{\theta}_0 - \theta_0)$ 向 0 收敛的速度更快, 从而能够获得无偏的高等教育系数估计量。

3.2. 变量设置与选择

3.2.1. 被解释变量

本文的被解释变量是新质生产力(NQP), 参考卢江等[22]构建的指标体系, 将新质生产力分为科技生产力、绿色生产力和数字生产力三个维度, 构建 6 个二级指标以及 20 个三级指标, 科技生产力维度, 关注创新生态系统的构建与运行, 通过评估知识创新的速度、技术扩散的广度, 衡量科技在突破传统生产局限、催生新兴产业方面的效能; 绿色生产力维度, 着重分析经济活动与生态环境的协同共进关系, 考察资源循环利用效率与生态系统服务价值的提升情况, 以此衡量绿色发展理念在优化生产模式、保障可持续发展能力上的成果; 数字生产力维度, 聚焦于数字技术对生产体系的全方位重塑, 分析数据要素的挖掘与数字化协作网络的构建水平, 评估数字生产力在革新产业组织形式、提升全要素生产率方面的贡献, 具体指标体系见表 1。本研究采用 CRITIC-TOPSIS 对指标进行综合评价。

Table 1. Comprehensive evaluation index system for new quality productive forces
表 1. 新质生产力综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标解释	属性
科技生产力	创新生产力	创新研发	国内专利授予数	+
		创新投入	规模以上工业企业 R&D 经费	+
		创新产业	高技术产业主营业务收入	+
	技术生产力	技术研发	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量	+
		技术效能	工业增加值	+
		技术效益	规模以上工业企业人均主营业务收入	+
		技术生产	机器人安装原始密度	+
	绿色生产力	资源节约型生产力	能源强度	能源消费量/国内生产总值
用电强度			电力消费量/国内生产总值	-
用水强度			工业用水/国内生产总值	-
环境友好型生产力		废物利用	一般工业废弃物综合利用率	+
		治理强度	污染治理项目本年完成投资/国内生产总值	-
		废气排放	工业二氧化硫排放总量/国内生产总值	-
		需氧强度	工业化学需氧量/国内生产总值	-
数字生产力		数字产业生产力	电信业务通讯	电信业务总量
	电子信息制造		集成电路产量	+
	产业数字生产力	软件服务	软件业务收入	+
		网络普及率	互联网宽带接入端口	+
		数字信息	光缆密度	+
		电子商务	电子商务销售额	+

3.2.2. 核心解释变量

高等教育作为人力资本积累的关键渠道,其核心功能在于通过系统的专业教育与技能培训,向社会输送高素质人才。普通高校毕业生作为高等教育人才培养的直接成果,承载着知识储备、专业技能与创新能力等核心要素,符合人力资本理论中“高质量劳动力推动经济增长”的逻辑框架。当普通高校毕业生数量增加时,社会整体人力资本存量提升,能够为产业结构升级提供适配的人力资源支撑,同时也为科技创新活动注入新动能。借鉴张心悦和马莉萍[23]的研究,本研究将普通高校毕业生人数作为高等教育的代理变量。

3.2.3. 机制变量

本文拟从科技创新、产业结构升级两条路径解释高等教育提升新质发展力水平的机制效应。科技创新作为推动新质发展力提升的关键因素之一,能够直接促进知识的创造和应用,进而提升教育质量与社会创新能力。参考李海奇和张晶[24]的研究,本文选用专利授权数(Sci)作为科技创新的代表性指标。专利授权数反映了一个地区或国家在技术研发和创新方面的活跃度,能够较好地体现出科技创新的水平。在产业结构升级方面,参考徐敏和姜勇[25]的研究,本文采用产业结构层次系数(UP1)来衡量各省份的产业结构升级程度。其计算公式为:

$$UP1 = \sum_{i=1}^3 q_i \times i = q_1 \times 1 + q_2 \times 2 + q_3 \times 3 \quad (9)$$

其中, q_i 为第 i 产业的产值比重。此外,产业结构升级的另一个维度是第二产业与第三产业的比值,参考刘在洲和汪发元[26]的研究,本文采用第二产业增加值与第三产业增加值之比(UP2)作为补充指标。

3.2.4. 控制变量

新质生产力发展水平不仅受到高等教育的影响,同样也受到经济活动的影响。为了更准确地评估高等教育对新质生产力发展的影响,本文选取以下控制变量。(1) 对外开放水平(Open)[27]: 高的对外开放水平能够促进国际技术交流与合作,引入先进技术和管理经验,为新质生产力发展注入活力。本文采用对外贸易进出口总额与 GDP 的比值来衡量。(2) 环境规制强度(ER)[28]: 合理的环境规制强度能够倒逼企业进行绿色技术创新,推动生产方式向绿色低碳转型,助力新质生产力的可持续发展。本文采用工业污染治理完成投资占工业增加值比重来衡量。(3) 产业结构升级(IU)[29]: 产业结构向高端化、服务化转型,有利于优化资源配置,提高生产效率,为新质生产力发展创造良好的产业环境。本文采用第二产业增加值与第三产业增加值之和占 GDP 的比重来计算。(4) 共同富裕(CP)[29]: 收入差距的缩小能够扩大内需,刺激消费升级,为新质生产力的产品和服务提供广阔市场。本文采用城镇居民人均可支配收入占农村人均可支配收入的比例衡量。(5) 工业发展水平(ID)[30]: 工业企业数量的增加和规模的扩大,意味着工业基础更加雄厚,产业配套能力更强,为新质生产力发展提供坚实的产业支撑。本文采用规模以上工业企业数来衡量。

3.3. 数据来源与描述性统计

本文针对 2013~2022 年中国 31 省(区、市)相关数据展开研究(其中,中国台湾、中国香港、中国澳门数据缺失),数据来源于国家统计局、《中国统计年鉴》¹《中国教育统计年鉴》²《中国科技统计年鉴》³《中国环境统计年鉴》⁴《中国能源统计年鉴》⁵和省级统计年鉴,以及 EPS 数据库。对于少量缺失值,本研究采用线性插值法进行插补,各变量的描述性统计结果如表 2 所示。

¹<https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/>

²http://www.moe.gov.cn/jyb_sjzl/moe_560/2024/

³<https://data.cnki.net/yearBook/single?id=N2026030259&pinyinCode=YBVCX>

⁴<https://data.cnki.net/yearBook/single?id=N2026070067&pinyinCode=YHJSD>

⁵<https://data.cnki.net/yearBook/single?id=N2026030239&pinyinCode=YCXME>

4. 实证分析

4.1. 基准回归

本文使用 Stata18 进行高等教育对新质生产力发展的影响检验, 其中, 借鉴张涛和李均超[31]的研究方法, 双重机器学习样本分割比例为 1: 4, 采用随机森林算法进行预测求解, 回归结果如表 3 所示。模型(1)~模型(4)展示了控制变量一次项设定下的结果, 其中, 模型(1)为不控制固定效应的结果, 模型(2)在模型(1)基础上进一步控制时间固定效应, 模型(3)在模型(1)基础上控制了个体固定效应, 模型(4)同时固定了个体 - 时间固定效应。模型(5)为控制变量二次项以及同时固定时间 - 个体固定效应的结果。由此可见, 无论是否控制固定效应, 高等教育对新质生产力的影响都在 1%统计水平显著为正, 说明高等教育显著影响新质生产力发展水平, 因此假说 H1 得证。

Table 2. Descriptive statistics of variables

表 2. 变量描述性统计

类别	变量名	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	新质生产力(NQP)	310	0.460	0.068	0.275	0.657
核心解释变量	高等教育(HE)	310	0.264	0.174	0.009	0.896
	共同富裕(CP)	310	2.524	0.364	1.827	3.556
	环境规制强度(ER)	310	0.003	0.003	0.000	0.028
	对外开放水平(Open)	310	380.310	403.675	10.978	2166.557
	工业发展水平(ID)	310	1.275	1.434	0.008	7.070
	产业结构升级(IU)	310	0.905	0.051	0.749	0.998

Table 3. Benchmark regression results

表 3. 基准回归结果

变量	(1) NQP	(2) NQP	(3) NQP	(4) NQP	(5) NQP
HE	0.126*** (0.030)	0.121*** (0.027)	0.145*** (0.036)	0.138*** (0.032)	0.135*** (0.031)
控制一次项	是	是	是	是	是
控制二次项	否	否	否	否	是
机器学习模型	随机森林	随机森林	随机森林	随机森林	随机森林
时间固定效应	否	是	否	是	是
个体固定效应	否	否	是	是	是
样本量	310	310	310	310	310

注: ***, **, *分别代表 1%、5%、10%的显著性水平; 括号内为稳健标准误。下同。

4.2. 稳健性与内生性检验

为了验证基准回归结果的可靠性, 本研究采用多元化方法进行检验。

4.2.1. 更换核心解释变量

本研究将核心解释变量由普通高校毕业生人数替换为普通高等教育在校生人数重新回归。作为高等

教育人才储备的重要指标, 在校生人数从规模层面补充了原变量的时效性视角。替换后, 表 4 模型(1)显示新变量回归系数仍显著为正, 高等教育对新质生产力发展的正向影响依然成立。这一替换检验有效规避了单一指标的局限性, 通过不同维度的变量设定, 进一步验证了高等教育与新质生产力发展间关系的可靠性。

4.2.2. 增设控制变量

本文基准回归中采用对外开放水平、环境规制强度、产业结构升级、共同富裕、工业发展水平为控制变量。除此之外, 科技创新和人口城镇化也是影响新质生产力发展水平的关键变量。科技创新是新质生产力发展的核心驱动力, 通过技术突破催生新业态, 提升生产效率与产品附加值; 人口城镇化促进要素集聚, 优化资源配置、扩大市场规模, 吸引人才推动技术创新扩散, 为新质生产力发展创造良好环境。结果如表 4 模型(2)所示, 高等教育对新质生产力发展仍在 1%水平上显著为正, 证明模型的稳健性。

4.2.3. 调整样本

由于北京、天津、上海、重庆四大直辖市存在特殊政策, 其拥有较为完善的产业基础、教育基础和资金基础, 本文剔除四个城市数据重新进行回归, 得出结果如表 4 模型(3)所示, 在剔除四大直辖市后, 高等教育仍然显著影响新质生产力发展水平。

4.2.4. 更换测度方法

在基准回归中, 本文采用 CRITIC-TOPSIS 法对新质生产力发展水平进行综合测度。该方法基于指标数据的变异程度及指标间的相关关系客观确定权重, 并结合 TOPSIS 法计算各地区新质生产力综合得分。为进一步检验研究结论是否受指标赋权方式影响, 本文分别采用 CRITIC 法和熵权法重新测算新质生产力发展水平。其中, CRITIC 法综合考虑指标的变异性与指标间的冲突性, 通过标准差和相关系数确定各指标权重; 熵权法则依据各指标的信息熵及其差异程度确定权重, 指标所包含的有效信息越多, 其相应权重越高。在保持其他模型设定不变的情况下, 分别以两种方法重新测算的新质生产力指数进行回归。结果如表 4 模型(4)所示, 高等教育的估计系数仍显著为正, 与基准回归结果在方向和显著性上保持一致, 表明本文研究结论不依赖于特定的新质生产力测度方法, 具有较好的稳健性。

4.2.5. 工具变量法

考虑到对于新质生产力发展而言, 高等教育并非完全外生。其可能存在反向因果以及遗漏变量导致偏误等问题, 参考罗仲尤等[32]和 Nathan [33]等的研究, 本文使用 1990 年的高等教育学校数与时间趋势项的交互项作为工具变量来缓解内生性问题, 从外生性看, 1990 年的高等教育学校数主要由当时的历史、政策等因素决定, 这些历史因素在当前新质生产力发展研究的时间框架内, 基本不受当前新质生产力发展状况的影响, 所以与模型中的误差项不相关。从相关性来讲, 1990 年的高等教育学校数会对当前区域的高等教育人才培养规模、科研创新能力等产生长期影响, 进而与新质生产力发展存在关联。因此, 该变量满足工具变量的外生性与相关性假设。基于 Chernozhukov V [21]的研究, 构建双重机器学习工具变量模型如下:

$$NQP_{it} = \theta_0 HE_{it} + g(X_{it}) + U_{it} \quad (10)$$

$$\text{Instrument}_{it} = m(X_{it}) + V_{it} \quad (11)$$

其中, Instrument_{it} 为 HE_{it} 的工具变量。结果如表 4 模型(5)所示, 高等教育仍显著为正, 这意味着在控制了内生性问题后, 高等教育对新质生产力发展仍具有积极的促进作用, 表明选用的工具变量有效缓解了内生性问题。

4.2.6. 调整机器学习模型

为了避免双重机器学习模型的偶然性导致结果显著, 本文参考陈旭东等[34]的研究, 将机器学习模型的样本分割比例由原来的 1:4 改为 1:2 和 1:7, 验证样本分割比例是否影响本文结论。其次, 更换机器学习方法, 将基准回归中的随机森林换成梯度提升和支持向量机, 验证预测算法的影响。结果如表 5 所示, 无论是改变样本分割比例还是更换机器学习模型, 高等教育都在 1%水平上显著影响新质生产力发展水平。

Table 4. Robustness test
表 4. 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
	更换核心解释变量	增设控制变量	调整样本	更换测度方法(1)	更换测度方法(2) 工具变量	
HE	0.053*** (0.011)	0.060*** (0.021)	0.151*** (0.032)	0.202*** (0.042)	0.160*** (0.043)	0.601*** (0.116)
控制一次项	是	是	是	是	是	是
控制二次项	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	310	310	270	310	310	300

Table 5. Robustness tests of the double machine learning model
表 5. 双重机器学习模型稳健性检验

变量	(1) 改变样本分割比例		(2) 更换机器学习模型	
	Kfolds = 3	Kfolds = 8	Gradboost	Svm
HE	0.150*** (0.029)	0.126*** (0.034)	0.131*** (0.025)	0.193*** (0.014)
控制一次项	是	是	是	是
控制二次项	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
样本量	310	310	310	310

4.3. 异质性分析

本文从区域异质性和经济发展水平异质性两个维度进行分析。其中, 区域异质性参考国家统计局发布的《东西中部和东北地区划分方法》⁶, 将样本省(市、区)划分为东北、东部、中部和西部四个区域。结果如表 6 模型(1)~模型(4)所示, 所有地区高等教育系数均显著为正, 其中西部地区 and 东北地区的系数和显著性均比东部地区和中东部地区好, 且东部地区高等教育赋能新质生产力的系数最小, 西部地区的影响最大。这种差异具有统计学意义的可比较性, 表明高等教育赋能新质生产力发展在东北地区 and 西部地区效果更为明显。其次, 经济发展水平异质性以人均国内生产总值为依据, 将各省(市、区)人均国内生产总值高于平均值的记为较发达地区, 低于平均值的记为欠发达地区, 结果如表 6 模型(5)和模型(6)所示,

⁶https://www.stats.gov.cn/zt_18555/zthd/sjtjr/dejtkfr/tjkgp/202302/t20230216_1909741.htm

欠发达地区的显著性和系数值均比较发达地区好，与区域异质性结论相吻合。

这种区域与经济发展水平维度下的异质性特征，存在多方面成因。其一或可归因于高等教育赋能新质生产力过程中显著存在的边际效益递减规律[35]：东部等经济先发地区高等教育体系较为完善，新质生产力相关要素配置和协同机制相对成熟，新增高等教育投入的边际促进作用因而有所减弱。相比之下，东北、西部及欠发达地区仍处于要素积累和结构优化阶段，高等教育资源投入能够通过人力资本提升、技术扩散和创新能力增强等途径有效缓解要素约束，并借助后发优势实现技术追赶，因此表现出相对更强的促进效应。

其二，差异化教育政策进一步强化了区域异质性。中央层面的高等教育发展战略具有明显的区域导向，东部地区更多侧重于优化既有教育资源配置效率，而中西部及东北地区则更加注重弥补师资、科研平台和经费等方面的不足。政策倾斜有助于欠发达地区突破资源约束，提升人力资本积累和技术吸收能力，同时推动高校教育科研优势与区域特色产业相结合。例如，西部高校依托生态治理、清洁能源等领域形成特色知识和技术优势，从而增强高等教育对新质生产力的赋能效果。因此，政策支持与区域资源禀赋的差异化匹配，也是高等教育影响新质生产力呈现区域异质性的重要原因。

Table 6. Heterogeneity analysis
表 6. 异质性分析

变量	按地区划分				按经济划分	
	(1) 东北	(2) 东部	(3) 中部	(4) 西部	(5) 较发达地区	(6) 欠发达地区
HE	0.259*** (0.057)	0.101** (0.047)	0.143** (0.057)	0.283*** (0.070)	0.100** (0.046)	0.217*** (0.047)
控制一次项	是	是	是	是	是	是
控制二次项	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	30	100	60	120	110	200

4.4. 机制分析

进一步探讨高等教育是通过何种渠道赋能新质生产力发展。因学术界对中介效应模型的内生性问题和渠道识别问题存在争议[36]，因此本文参考相关研究[37]，仅探讨高等教育对产业结构升级、科技创新等两种机制的影响。

在科技创新机制层面，表 7 模型(1)的回归结果显示，科技创新机制分析系数在 1%的统计水平上显著为正，表明高等教育对新质生产力的赋能作用通过科技创新路径实现显著正向影响。高等教育机构作为知识生产与人才培养的核心载体，其科研活动与人才输出构成科技创新的双轮驱动：一方面，高校通过基础研究与应用研究产出前沿理论、方法与技术，为新质生产力提供知识储备与技术支持，如在人工智能、新能源等领域的研究突破直接推动相关产业技术迭代；另一方面，高等教育培养的高素质人才进入生产与科研领域，通过技术扩散、工艺改进及管理创新等途径，加速科技成果转化为现实生产力，形成“知识生产 - 人才供给 - 创新实践”的完整链条。假说 H2 得证。

在产业结构升级机制层面，模型(2)中变量 UP1 的系数为 0.191，表明高等教育对产业结构升级具有显著正向促进作用。这一路径的作用机制体现为：高等教育通过专业人才培养，为产业部门输送具备先进知识与技能的劳动力，推动传统产业向技术密集型、高附加值方向转型，并助力新兴产业的培育与发

展，从而优化产业结构。模型(3)中变量 UP2 的系数为-0.713，该指标为第二产业增加值与第三产业增加值的比值。系数显著为负表明，高等教育发展水平提升会降低第二产业相对第三产业的比重，即推动产业结构向第三产业占比更高的形态演进。两项模型共同揭示了高等教育通过产业结构升级路径赋能新质生产力的双重机制：既直接推动产业向高级化演进，又通过调整产业间比例关系优化资源配置效率。假设 H3 得证。

Table 7. Mechanism analysis
表 7. 机制分析

变量	科技创新	产业结构升级	
	(1) Sci	(2) UP1	(3) UP2
HE	1.600*** (0.509)	0.191*** (0.044)	-0.713*** (0.195)
控制一次项	是	是	是
控制二次项	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
样本量	310	310	310

5. 主要结论及建议

5.1. 结论

本研究基于 2013~2022 年全国 31 个省市自治区面板数据，从科技生产力、绿色生产力和数字生产力三个维度构建新质生产力评价指标体系，运用 CRITIC-TOPSIS 法客观确定指标权重并计算综合得分。通过构建双重机器学习模型，系统检验高等教育对新质生产力的影响效应；同时，借助中介效应模型剖析产业结构升级、科技创新等传导路径，并基于区域划分与经济发展水平分组，开展异质性分析，全面揭示高等教育作用于新质生产力发展的内在机制与区域差异特征。研究发现：

第一，高等教育对新质生产力具有显著正向影响，且该结论在一系列稳健性检验及工具变量法的因果识别后依然成立。这表明高等教育通过人才培养、知识传播与技术创新，能够持续为新质生产力发展注入动能，验证了人力资本理论在新经济形态下的适用性。

第二，高等教育对新质生产力的影响存在显著区域差异性和经济发展水平异质性。具体表现为在东北地区、西部地区及以人均国内生产总值衡量的欠发达地区，高等教育的促进作用更为明显。其原因可归结为两方面：一是边际收益递增效应，欠发达地区通过高等教育快速提升人力资本水平，能够实现生产效率的跨越式增长；二是国家教育政策对中西部地区的倾斜，如“双一流”高校对口支援、专项科研经费投入等，加速了高等教育资源与区域经济发展的融合。

第三，科技创新和产业结构升级在高等教育影响新质生产力的过程中发挥显著中介作用。高等教育通过集聚科研人才、搭建创新平台，直接推动关键技术突破与科研成果转化，为科技生产力、数字生产力提供技术支撑；同时，高等教育培养的专业人才进入产业领域，能够促进传统产业智能化改造和新兴产业培育，优化产业结构，进而提升绿色生产力和整体经济质量。这一机制验证了高等教育在新质生产力形成过程中的“双轮驱动”效应。

5.2. 建议

第一，优化区域高等教育资源配置，提升欠发达地区教育赋能效能。研究表明，高等教育对东北、

西部及经济欠发达地区新质生产力的促进作用更为显著, 因此应进一步强化区域高等教育资源的差异化配置。加大对欠发达地区高校基础设施、科研平台和数字化教学条件的支持力度, 并结合地方产业基础和资源禀赋, 重点发展清洁能源、生态治理等特色优势学科。同时, 深化发达地区高校与欠发达地区高校之间的对口支援和学科共建, 通过师资交流、课程共享和科研协作提升欠发达地区高校创新能力。此外, 应完善人才引进、培养和留用机制, 推动高校与地方产业园区、企业建立稳定合作关系, 促进教育资源有效转化为区域创新和新质生产力发展的持续动力。

第二, 深化“政产学研用”协同创新, 提升科技成果转化效能。科技创新是高等教育赋能新质生产力的重要路径, 应进一步畅通高校科技成果由科研端向产业端转化的渠道。完善高校科技成果产权和收益分配机制, 增强科研人员开展成果转化的积极性; 推动高校、政府与企业共建产业技术研究院、联合实验室和创新平台, 加强基础研究、中试孵化与产业应用之间的衔接。同时, 深化校企协同育人, 鼓励企业参与人才培养、课程建设和科研攻关, 提升人才培养与产业需求的匹配程度, 形成科技创新、人才培养与产业发展的良性互动。

第三, 推进高等教育供给侧结构性改革, 增强教育供给与新质生产力需求的适配性。面向新质生产力发展的高科技、高效能和高质量特征, 高等教育应由规模扩张进一步转向内涵式发展。在学科专业设置方面, 应根据产业结构和技术变革趋势动态优化专业布局, 重点加强数字经济、绿色低碳、人工智能等战略性新兴产业人才培养, 并推动跨学科交叉融合。在人才培养模式方面, 应强化项目化、实践教学, 提高学生解决实际产业问题的能力。同时, 完善高校评价体系, 适当提高科技成果转化、产学研合作和社会服务等指标权重, 引导高校更加注重人才培养质量、创新成果转化及其对经济社会发展的实际贡献。

参考文献

- [1] 雷小苗. 新质生产力推动经济高质量发展的理论渊源及实践路径[J]. 北京社会科学, 2025(7): 4-14.
- [2] 邵剑耀. 高等教育、科技创新、人力资本与新质生产力的耦合协调及 2035 图景[J]. 重庆高教研究, 2025, 13(5): 61-74.
- [3] 周文, 许凌云. 论新质生产力: 内涵特征与重要着力点[J]. 改革, 2023(10): 1-13.
- [4] 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.
- [5] 方江山. 因地制宜发展新质生产力要牢牢把握好六个关系[J]. 人民论坛, 2024(11): 6-10.
- [6] 胡欢欢, 刘传明. 中国新质生产力发展水平的统计测度及动态演进[J]. 统计与决策, 2024, 40(14): 5-10.
- [7] 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.
- [8] 吴小军. 数字经济何以赋能新质生产力: 基于生产关系理论与双重机器学习模型[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2025, 47(4): 29-44.
- [9] 周文, 杨正源. 人工智能赋能新质生产力: 作用机理与实践进路[J]. 改革, 2025(4): 1-15.
- [10] 闫亚飞, 崔俊辉. 发展农业新质生产力, 赋能农业高质量发展[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(3): 561-570.
- [11] 徐龙建, 王浩源. 新质生产力赋能中国式现代化研究[J]. 现代经济探讨, 2025(1): 36-44.
- [12] 景安磊, 朱元嘉. 高等教育“三融”体系赋能新质生产力发展[J]. 教育研究, 2025, 46(4): 112-122.
- [13] 崔友兴. 高等教育深度集聚赋能新质生产力的逻辑与路径[J]. 湖北社会科学, 2025(1): 108-115.
- [14] 邢占军, 王晶心. 高等教育数智化转型赋能新质生产力的内在机理与实现路径[J]. 南京社会科学, 2024(12): 155-162.
- [15] 周密, 李明, 杨欣. 发展新质生产力视域下高校拔尖创新人才培养的目标、困境与路径[J]. 现代教育管理, 2025(5): 26-36.
- [16] 陈立斌, 赵莉莎, 王小华. 新质生产力视域下高等教育产教融合的实践困境与优化路径[J]. 高等工程教育研究, 2025(1): 111-116.

- [17] 韩飞, 郭广帅, 姬鸣. 面向教育强国: 高校拔尖创新人才培养与新质生产力的内生耦合[J]. 大学教育科学, 2023(3): 43-51.
- [18] 宣勇, 翁默斯. 高等教育促进新质生产力发展: 价值意蕴、分析框架与议题设置[J]. 苏州大学学报(教育科学版), 2025, 13(2): 1-10.
- [19] 姜朝晖, 金紫薇. 教育赋能新质生产力: 理论逻辑与实践路径[J]. 重庆高教研究, 2024, 12(1): 108-117.
- [20] 赵志强, 屈西西. 新时代高等教育学科结构与产业结构的协同性研究[J]. 复旦教育论坛, 2024, 22(3): 102-110.
- [21] Chernozhukov, V., Chetverikov, D., Demirer, M., Duflo, E., Hansen, C., Newey, W., et al. (2018) Double/Debiased Machine Learning for Treatment and Structural Parameters. *The Econometrics Journal*, **21**, C1-C68.
<https://doi.org/10.1111/ectj.12097>
- [22] 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.
- [23] 张心悦, 马莉萍. 高等教育提升全要素生产率的作用机制[J]. 教育研究, 2022, 43(1): 35-46.
- [24] 李海奇, 张晶. 金融科技对我国产业结构优化与产业升级的影响[J]. 统计研究, 2022, 39(10): 102-118.
- [25] 徐敏, 姜勇. 中国产业结构升级能缩小城乡消费差距吗? [J]. 数量经济技术经济研究, 2015, 32(3): 3-21.
- [26] 刘在洲, 汪发元. 高等教育赋能农业新质生产力的效应与机制——基于省级面板数据的实证[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2025(4): 94-105.
- [27] 毛晓蒙, 王仁曾. 数字普惠金融与共同富裕——基于创业与创新双重视角[J]. 统计与决策, 2025, 41(7): 152-157.
- [28] 马银琦, 许志通, 张天雪. 高等教育资源配置何以成为推动新质生产力发展的引擎——基于 2012-2021 年省级面板数据的实证分析[J]. 中国高教研究, 2024(8): 23-31.
- [29] 余曼靖, 许有款, 黄燕芬. 政绩考核体系转型的共同富裕效应研究——基于城乡收入差距的经验证据[J/OL]. 当代财经, 1-14.
<https://doi.org/10.13676/j.cnki.cn36-1030/f.20260915.001>, 2026-09-16.
- [30] 张茂聪, 黎敏辉, 范晓婷. 教育何以促进共同富裕——基于 2003-2020 年省级面板数据的实证检验[J]. 教育研究, 2024, 45(5): 132-149.
- [31] 张涛, 李均超. 网络基础设施、包容性绿色增长与地区差距——基于双重机器学习的因果推断[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(4): 113-135.
- [32] 罗仲尤, 刘伟豪, 邹明, 等. 高等教育赋能新质生产力发展: 机制逻辑与实证检验[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2024, 23(6): 25-37.
- [33] Nunn, N. and Qian, N. (2014) US Food Aid and Civil Conflict. *American Economic Review*, **104**, 1630-1666.
<https://doi.org/10.1257/aer.104.6.1630>
- [34] 陈旭东, 沈利芸, 秦文晋. 数字经济、财政纵向失衡与区域经济包容性增长——基于双重机器学习的因果推断[J]. 经济与管理研究, 2024, 45(9): 61-77.
- [35] 黄海刚, 毋偲奇, 曲越. 高等教育与经济高质量发展: 机制、路径与贡献[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(5): 26-40.
- [36] 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.
- [37] 陈鸣, 王志帆. 智慧城市建设对共同富裕的影响: 基于双重机器学习的实证评估[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2024, 44(9): 20-36.