



任亚运,胡宇晨.数绿融合对新质生产力的协同增效作用[J].中国人口·资源与环境,2025,35(9):198-208.[REN Y Y,HU Y C. Synergistic effect of the digital economy and green finance integration on new quality productive forces[J]. China population, resources and environment, 2025, 35(9): 198-208.]

数绿融合对新质生产力的协同增效作用

任亚运¹, 胡宇晨²

(1. 贵州财经大学经济学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 东南大学经济管理学院, 江苏 南京 211189)

摘要 新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点,数字经济与绿色金融共同主导的数字化与绿色化融合转型(以下简称数绿融合),不仅为新质生产力的加速形成奠定了更加前沿的科技创新基础,同时开辟了全新的领域和发展赛道。该研究基于2010—2022年中国城市面板数据,结合改进合成控制法思想,考察了数绿融合对新质生产力的协同增效作用及其内在机制。研究表明:①数绿融合对新质生产力产生了明显的协同增效作用,且政策效应逐年增强。该结论在经过时间安慰剂检验以及替换Lasso方法、替换信息准则、替换处理城市、基于双重机器学习的因果推断、剔除实施单一政策城市等一系列稳健性检验后依然成立。②从作用机制来看,数绿融合主要通过推动颠覆式创新、促进产业结构升级与加强新型人才集聚等渠道对新质生产力产生协同增效作用。③进一步分析表明,单一数字经济政策或单一绿色金融政策虽能提升新质生产力,但其效果显著低于数绿融合的综合作用,数绿融合产生了“1+1>2”的协同增效效应而非替代效应。鉴于此,政策制定主体应聚焦“数字化+绿色化”融合模式,稳步有序扩大试点范围,确保成功经验能够在更广泛的地区发挥作用。同时加大对前沿技术研发的资金投入,引导产业结构优化升级,制定系统化的人才引进和培养政策,畅通数绿融合对新质生产力的协同增效路径,从而促进新质生产力加速形成。该研究从政策协同视角拓展了促进新质生产力加速形成的工具箱,为政府部门制定差异化、动态化的政策组合提供了决策依据。

关键词 数绿融合;新质生产力;颠覆式创新;产业结构升级;新型人才集聚

中图分类号 F124.6 文献标志码 A 文章编号 1002-2104(2025)09-0198-11 DOI:10.12062/cpre.20250329

面对全球经济形势的不断变化,传统生产力理论的局限性日益凸显,其适用范围与现实需求之间的差距不断加大,已难以满足中国高质量发展的迫切需求,亟须新的生产力理论助推中国高质量发展。在此背景下,新质生产力作为引领经济转型的关键引擎,对于实现高质量、可持续发展具有重要的战略意义^[1]。当前新质生产力的发展虽已初见成效,但在推动其加速形成方面仍面临诸多挑战,包括核心技术突破不足、产业升级动力不强以及资源配置效率亟待提升等。如何有效破解这些瓶颈,成为学界和政策制定者关注的焦点。由数字经济与绿色金融共同推动的数绿融合转型,为解决这一难题开辟了全新的领域和发展赛道^[1]。数字经济与绿色金融一方面通过直接推动技术和生产工具创新,另一方面通过促进体制机制创新、优化调整生产关系,协同推动新质生产力加速形成^[2]。基于此,本研究从数字经济与绿色金融的协同视角切入,探讨其对新质生产力的协同增效作用及其内在机制,旨在为推动新质生产力加速形成提供理论支撑与政策参考。

1 文献综述

新质生产力自提出以来,迅速成为学术界关注的热点。研究初期,沈坤荣等^[3]和蔡继明等^[4]主要围绕其理论基础、内涵特征、发展逻辑及关键推动因素进行阐释和深入探讨,系统回答了“什么是新质生产力”“如何发展新质生产力”等问题,试图揭示其在现代经济中的核心作用及发展路径。方敏等^[5]、孟捷等^[6]和蒲清平等^[7]指出,新质生产力不仅是生产关系与生产方式深层次变革的产物,更体现了高质量发展对生产力结构优化的内在要求。在此基础上,孟捷等^[6]进一步结合历史唯物主义视角,将新质生产力定义为新型劳动者利用新型劳动资料作用于新型劳动对象,通过构建新的分工与协作体系,创造社会新财富的能力。

随着新质生产力理论框架的逐步清晰,韩文龙等^[8]和傅联英等^[9]开始关注新质生产力的量化测度问题,力图构建科学、系统的指标体系以反映其发展水平与演化趋势。传统的生产力测度方法主要集中在劳动生产率、

收稿日期:2025-01-17 修回日期:2025-04-25

作者简介:任亚运,博士,副教授,主要研究方向为环境经济政策、低碳经济。E-mail:renyayun@sina.com。

基金项目:国家社会科学基金青年项目“数字经济与绿色金融协同推动新质生产力加速形成机制及路径研究”(批准号:24CJY085)。

资本生产率等指标上,很难全面刻画新质生产力的本质特征。为此,韩文龙等^[8]、傅联英等^[9]和宋佳等^[10]基于新质生产力的核心内涵,创新性地建立了多维度综合评价体系。从研究层级来看,现有测度研究主要集中在省级和企业两个层面,市级层面的研究相对较少。已有实证结果显示,中国新质生产力总体呈上升态势,但存在显著的区域异质性。在具体指标选取上,不同学者各具特色。韩文龙等^[8]基于新质生产力的核心概念,从实体要素与渗透要素两个维度构建指标体系,系统评估其发展水平与演化趋势。宋佳等^[10]则从企业微观层面,基于生产力两要素理论,构建涵盖劳动力与生产工具等多指标的测算体系,进而测度上市企业的新质生产力水平。

现阶段,在测度体系日趋完善的基础上,研究前沿正朝着驱动因素识别与政策效应评估方向的纵深发展,旨在揭示不同影响因素与新质生产力之间的复杂互动关系。部分研究表明,资源配置优化、技术进步加速、人力资本积累以及营商环境改善等因素在推动新质生产力发展中均发挥着重要作用^[11-14]。同时,学者们还进一步将研究视角拓展至数字经济与绿色金融等新兴领域,关注其在推动新质生产力加速形成进程中的潜在影响。实证研究证实,数字经济与绿色金融均对新质生产力的发展具有积极推动作用^[15-17]。然而,现有研究在揭示数字经济与绿色金融对新质生产力的影响时,多聚焦于总量效应识别层面,未能深入剖析具体传导路径。事实上,数字经济并非直接作用于新质生产力,而是可能通过推动颠覆式创新、加快数字人才集聚等路径,间接推动其发展^[18-19]。同样,绿色金融也可能通过缓解企业绿色转型过程中的融资约束,进而优化产业结构,对新质生产力的加速形成产生间接影响^[20]。此外,当前研究多将数字经济与绿色金融作为独立变量进行考察,忽视了两者的协同发展可能产生的协同效应与共同作用机制。政策协同作为促进多领域政策效应互补的重要机制,能够有效提升政策实施的整体效果,从该视角进行分析,将是对已有研究的有益拓展。

基于此,本研究可能的边际贡献体现在以下3个方面:①在研究视角上,将数字经济与绿色金融纳入统一分析框架,系统探讨了数绿融合对新质生产力的协同增效作用,扩充了促进新质生产力加速形成的政策工具箱。②在研究方法上,采用改进合成控制法,以克服传统双重差分框架在因果推断中易受地区同质化和溢出效应影响的问题,从而实现更准确的效应评估。③在研究机制上,从推动颠覆式创新、促进产业结构升级与加快新型人才集聚3个层面,构建数绿融合推动新质生产力协同增效的理论框架,系统揭示了数绿融合推动新质生产力加速形

成的内在机理。

2 理论分析与研究假设

2.1 数绿融合对新质生产力的协同增效作用

在推动新质生产力提升的过程中,数字经济与绿色金融作为两大重要力量,两者的有机融合,能够通过协同增效,进一步放大单一政策效应。首先,数绿融合依托数据要素以及金融资本的支持,优化资源配置,降低创新风险,推动新质生产力发展过程中的创新与市场需求的良性互动,使得更多的新兴技术得以落地并快速扩展,从而为新质生产力的提升奠定坚实的基础。其次,数绿融合有助于打破传统产业的路径依赖,引导社会资本流向智能制造、高端服务等产业,形成以低耗能、高效率为特征的产业集聚趋势,推动传统产业转型升级,从而对新质生产力产生协同增效作用^[21]。最后,数绿融合通过吸引数字技术、绿色金融以及跨领域的新型人才,持续提高人才质量,优化人才结构,赋能新质生产力加速形成^[22]。基于此,提出研究假设H1。

H1:数绿融合能够对新质生产力产生协同增效作用。

2.2 数绿融合对新质生产力产生协同增效作用的颠覆式创新机制

随着高水平科技自立自强已成为国家战略的重要组成部分,原创性与颠覆性技术创新被赋予了前所未有的重要地位。突破关键核心技术,推动原创性、颠覆性成果不断涌现,已被视为新质生产力加速形成的重要驱动力之一。具体来说,首先,数绿融合能够提高不同产业对颠覆式创新风险收益的预期,缓解技术创新活动中的长周期、高投入等情况所诱发的风险,从而提高经济主体参与颠覆式创新的积极性,加速创新资本流动速度,实现“技术创新-获取利润”的良性循环^[17]。其次,数绿融合通过智能化手段重塑传统产业的生产模式与商业结构,为颠覆式创新创造有利的发展条件。在此过程中,数字经济能够显著提升生产效率,而绿色金融则通过融资约束倒逼企业加快技术创新步伐,增强传统行业对市场变化与技术变革的响应能力,促使颠覆式创新的产生,进而推动新质生产力加速形成。基于此,提出研究假设H2。

H2:数绿融合能够通过推动颠覆式创新对新质生产力产生协同增效作用。

2.3 数绿融合对新质生产力产生协同增效作用的产业结构升级机制

产业结构升级是新质生产力提升的核心驱动力之一,新质生产力以构建现代化产业体系为根本落脚点^[23]。作为推动产业结构升级的关键力量,数绿融合为实现“产业

跃迁”提供了坚实基础。一方面,数绿融合推动资源从低效产业向高效的数字化、绿色化产业集聚,从而推动产业结构转型升级。在这一过程中,资本、劳动力、技术等资源汇聚到具有比较优势的产业中,进而促进新质生产力的发展^[24]。另一方面,数字经济与绿色金融的结合为高技术、高环保产业提供了良好的发展环境,吸引更多高新企业形成产业集聚。由此带来的新经济形态和新商业模式打破了传统产业之间的界限,促进资本、技术、人才和信息等资源在不同领域之间的跨界流动,从而提高资源配置效率,推动产业结构向更加合理和高级的方向发展,进一步提升新质生产力^[25]。基于此,提出研究假设 H3。

H3: 数绿融合能够通过促进产业结构升级对新质生产力产生协同增效作用。

2.4 数绿融合对新质生产力产生协同增效作用的新型人才集聚机制

新型人才不仅是新质生产力的核心要素,也是其持续提升的重要保障。数绿融合通过“新型人才集聚—科研成果孵化—新质生产力提升”的链式机制发挥协同增效作用^[26]。一方面,数绿融合通过增加对数字技术和可持续发展项目的资金投入,使新型人才更容易获取试点地区的资金补助与配套公共服务资源,降低其在城市间迁移中的搜寻与匹配成本,进而提升人才跨区域交流的效率,为区域内部知识扩散与技术转化提供有利条件。另一方面,数绿融合作为一种融合型发展模式,通过促进跨领域人才的互动与协同,打破了传统行业之间的壁垒,推动数字科技、绿色技术与创新管理等领域人才的深度合作,形成跨行业、跨学科的知识共享机制与技术协同网络,为新质生产力加速形成提供了持续的动力源泉。基于此,提出研究假设 H4。

H4: 数绿融合能够通过加强新型人才集聚对新质生产力产生协同增效作用。

3 研究设计

3.1 模型构建

本研究将国家级大数据综合试验区政策作为数字经济的代理变量,绿色金融改革创新试验区政策作为绿色金融的代理变量,根据政策交叉分布,将同时实施这两类政策的城市视为数绿融合城市。最终,有贵阳市、安顺市和广州市。但由于处理组样本数量极少,若直接采用双重差分法进行估计,无法有效控制异质性所带来的干扰,可能导致识别偏误。为克服上述问题,引入合成控制法(synthetic control method, SCM)进行政策效应评估。该方法通过对多个非处理单元进行加权组合,构建一个在政策实施前特征高度相似的“合成城市”,从而更精确地模

拟处理城市在无政策干预下的对照轨迹。

在处理城市选择方面,本研究以贵阳市作为主分析对象。同时,在稳健性检验中将安顺市与广州市作为替代性处理城市展开对比评估(当以贵阳市作为处理城市时,剔除安顺市和广州市的数据,反之亦然)。具体模型设定如下:

$$N_{it} = N_{it}^1 \times S_{it} + (1 - S_{it}) N_{it}^0 \quad (1)$$

式(1)中各变量含义如下: N_{it} 为城市*i*在时期*t*的新质生产力水平; N_{it}^1 表示城市*i*在时期*t*受到数绿融合政策冲击时的新质生产力水平; N_{it}^0 则代表其在未受到政策影响时的反事实新质生产力水平。 S_{it} 为政策虚拟变量,若城市*i*在时期*t*为数绿融合城市,则 $S_{it}=1$;反之, $S_{it}=0$ 。基于此,政策效应可表示为 $\Delta_{it} = N_{it}^1 - N_{it}^0$ 。然而,由于贵阳市的 N_{it}^0 实际上无法观察到,合成控制法提出了一种替代性思路,通过选择多个未受政策影响的控制组城市,构建一个加权组合的“合成城市”,以模拟贵阳市在未实施政策情境下的结果,从而估算出政策效应。但由于传统合成控制法要求控制组权重之和等于1且各权重均为非负值,当处理城市与控制组城市之间存在较大结构性差异时,该方法可能面临拟合不足的问题,进而影响政策效应的准确识别^[27]。基于此,本研究引入基于Lasso的合成控制法和结合Lasso的回归控制法进行政策效应的精准识别^[28-29]。两者在进行反事实拟合时均通过惩罚回归中的变量筛选机制筛选出能够最好预测处理城市结果的组合^[30]。

3.1.1 基于Lasso的合成控制法

本研究使用Lasso回归并正则化控制组权重,其模型构建为:

$$\hat{\omega}_0 = \arg \min_{\omega} \left(\sum_{t=1}^{T_0} (N_{0t} - x_t \omega)^2 \right) \quad (2)$$

式(2)中各变量含义如下: $\hat{\omega}_0$ 表示通过普通最小二乘法估计得到的权重向量; T_0 为数绿融合实施年份; N_{0t} 表示第*t*年贵阳市新质生产力水平; $x_t = (N_{1t}, \dots, N_{nt})$ 为第*t*年控制组城市的新质生产力水平; $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$ 为权重。然而,最小二乘估计在处理样本外预测时的能力较为有限,针对这一问题,进一步构建如下模型:

$$\hat{\omega}_l = \arg \min_{\omega} \left(\sum_{t=1}^{T_0} (N_{0t} - x_t \omega)^2 + \lambda \|\omega\|_1 \right) \quad (3)$$

式(3)中各变量含义如下: $\hat{\omega}_l$ 表示通过Lasso方法估计得到的权重向量; T_0 表示数绿融合实施年份; N_{0t} 表示第*t*年贵阳市新质生产力水平; x_t 为第*t*年控制组城市的新质生产力水平; ω 为权重, $\|\omega\|_1$ 为各权重的绝对值之和; λ 为惩罚参数。具体来说,Lasso回归从 λ 集合中决定可以最小化真实数据和拟合序列之间的 λ ,以此提升回归的拟合能力。但是这一过程在某些情况下会过度拟合反事实结果,使研究结论产生偏误。为了应对这一问题,本研究进

一步采取K折交叉验证的方式确定 λ ,以增强模型对合成贵阳市新质生产力水平的预测能力^[31]。此外,如果在数绿融合实施后的时间段继续使用筛选出的权重拟合反事实结果,同样会导致估计结果产生偏差。对此,本研究在数绿融合实施前选择变量进行拟合,数绿融合实施后进行最小二乘估计,同时在模型中加入一系列控制变量,确保数绿融合政策效应的估计更加准确。

3.1.2 结合Lasso的回归控制法

与合成控制法类似,回归控制法依然是通过构建反事实框架,利用控制组建立最优线性回归模型,并对贵阳市的新质生产力水平进行拟合,从而通过观测值与预测值的差异来识别政策干预的因果效应,具体设定可见Hsiao等^[29]。然而,回归控制法不仅依赖于信息准则筛选最优预测模型,同时还通过信息准则对可能存在的过拟合情况进行惩罚,其表达式为:

$$A = T_0 \ln \left(\frac{S}{T_0} \right) + 2(p + 2) \quad (4)$$

式(4)中各变量含义如下:A表示赤池信息准则(akaike information criterion, AIC),用于在回归控制法中筛选最优的预测模型,S为残差平方和, T_0 表示数绿融合实施年份, p 为回归控制法筛选出拟合的城市数量。Hsiao等^[32]在回归控制法的框架下提出使用Lasso方法估计式,放松了回归控制法的假设条件,并进一步指出,为了提升估计的稳健性与预测精度,可以将回归控制法与其他变量选择方法相结合。根据这一思路,选择Lasso回归作为模型选择方法,使用AIC作为选择标准,以此有别于前文基于Lasso的合成控制法。在回归控制法中同样加入了一系列控制变量,确保结合Lasso的回归控制法能够更精准地评估数绿融合的政策效应。

3.2 变量定义

3.2.1 被解释变量

新质生产力以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵,本研究从这3个角度出发,参考韩文龙等^[8]、傅联英等^[9]以及蔡湘杰等^[33]的思路对新质生产力进行测度,在准则层定义了新质劳动者、新质劳动资料和新质劳动对象3个维度,下设6个一级指标、12个二级指标的测度体系,以尽可能客观、准确地衡量新质生产力的内在结构和外在表现。

其中,“新质劳动者”维度下包括劳动者素质和劳动者意识两个一级指标。在劳动者素质方面,选取“普通高校毕业生在校人数占总人口比重”衡量高素质劳动者的供给水平,同时引入“教育支出占地方一般公共预算支出比重”反映政府在人力资本培养方面的投入。在劳动者意识方面,采用“第三产业就业人员占总就业人员比

重”作为就业结构转型程度的指标,并引入“创业活跃度”衡量个体创业意愿和活力。

“新质劳动资料”维度下包括新基础设施与新知识应用两个一级指标。在新基础设施方面选取“光缆线路长度与地区面积比值”衡量光缆密度,以及“互联网宽带接入端口数占总人口比重”衡量宽带端口密度,以此反映新基础设施的普及程度。在新知识应用方面,使用“专利授权数量与总人口之比”衡量区域创新产出强度,同时采用“科技支出占地方一般公共预算支出比重”衡量政府对科技研发活动的财政支持水平。

“新质劳动对象”维度下则涵盖新兴产业与绿色产业两个一级指标。在新兴产业方面,通过“人工智能企业数量”衡量区域在智能化发展方向上的产业布局,并使用“是否设有数据交易平台”反映数据要素市场化配置的制度环境。在绿色产业方面,选取“环境保护支出占地方一般公共预算支出比重”衡量政府对绿色产业的财政支持,同时结合“碳交易、用能权交易、排污权交易额”指标衡量环境权交易产业的发展活跃度。上述各项指标均为正向指标。

3.2.2 控制变量

为避免遗漏变量对模型造成的偏误,参考韩文龙等^[8]和吴文生等^[34]的研究,控制了如下可能影响新质生产力的因素:①消费水平,以社会消费品零售总额的对数衡量。②要素禀赋,以资本存量与劳动人数比值的对数表征。③经济发展,以人均地区生产总值的对数表示。④金融发展,以年末金融机构贷款余额的对数表征。⑤公共医疗卫生,以医院和卫生院床位数的对数衡量。⑥外资依存度,以外商直接投资与固定资产投资之比表示。

3.2.3 数据来源

以2010—2022年中国274个地级及以上城市为研究样本(因数据可得性和缺失,未涉及西藏、香港、澳门和台湾;未包括黑河市、绥化市、亳州市、襄阳市、汕头市、钦州市、贵港市、河池市、金昌市和普洱市等)。数据来自《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》、国家知识产权局、天眼查、国家企业信用信息公示系统以及各城市政府网站。部分缺失的数据用移动平均插值法补齐。

4 实证结果分析

4.1 基准回归结果

基于Lasso的合成控制法和结合Lasso回归控制法的回归结果,如图1所示,垂直虚线表示数绿融合的政策冲击时间点。在虚线左侧,真实贵阳市与合成贵阳市的新质生产力水平差异极小,表明模型拟合效果良好。而在虚线右侧,合成贵阳市的新质生产力水平与真实贵阳市

的新质生产力水平出现显著偏离,表明与未受到数绿融合政策影响的合成贵阳市相比,数绿融合的政策冲击显著提升了贵阳市的新质生产力水平。

从 2018—2022 年的政策平均趋势来看,无论是采用基于 Lasso 的合成控制法,还是结合 Lasso 的回归控制法,数绿融合的政策效应均显著为正,并且随着时间的推移,政策效应总体呈扩大趋势。从 2018—2022 年的总体数据来看,数绿融合对贵阳市新质生产力的平均政策效应约为 0.017 个单位(取两种方法的系数均值)。考虑到 2017 年贵阳市的新质生产力水平为 0.273,通过计算可以得出,数绿融合冲击后每年贵阳市的新质生产力提升约 6%($0.017/0.273 \times 100\%$)。这表明,数绿融合对贵阳市新质生产力有显著的协同增效作用,且整体呈现积极发展态势。

4.2 时间安慰剂检验

时间安慰剂检验的原理在于选择一个虚假的政策实施时间,通常是政策尚未实际实施的年份,以此检验在该虚假时间点政策效应是否显著来反向证明基准结

果的稳健性。具体而言,本部分选择将 2014 年作为虚假政策提前一年的时间点,原因在于,国家级大数据综合试验区政策首次于 2015 年启动,而绿色金融改革创新试验区政策首次于 2017 年设立。若将 2016 年作为数绿融合政策实施的时间点,贵阳市已经受到国家级大数据综合试验区政策的影响。相比之下,将 2014 年及之前年份作为虚假政策时间点,可以更准确识别数绿融合的政策效应。

检验结果如图 2 所示,在虚假政策冲击前,真实贵阳市与合成贵阳市的新质生产力轨迹高度重合。在虚假政策冲击后至真实政策实施前的窗口期内,尽管两者发展趋势出现分化,但真实贵阳市的新质生产力水平并未显著超越合成贵阳市。直到 2017 年真实政策实施后,真实贵阳市的新质生产力才开始呈现显著的上升趋势(上述结论在选择将 2012 和 2013 年作为虚假政策时间点时依然成立)。这一结果与预期一致,若基准结果由偶然因素或遗漏变量导致,则虚假政策时间段内应同样观测到真实贵阳市呈现显

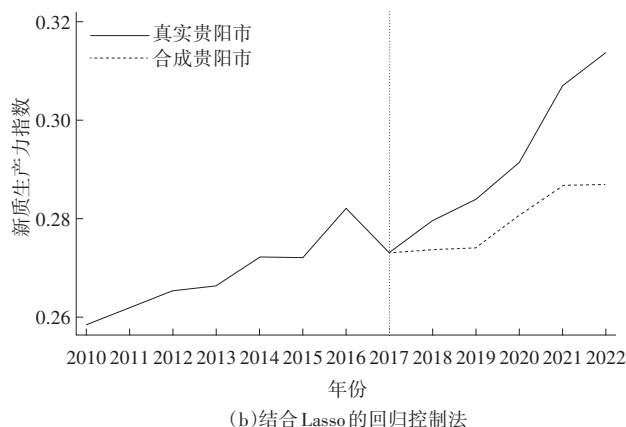
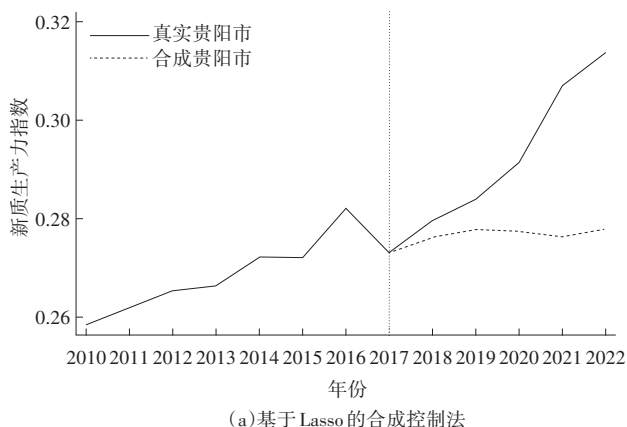


图 1 基准回归结果

注:基于 Lasso 的合成控制法在 2018—2022 年的政策效应分别为 0.004、0.006、0.014、0.031 和 0.036;结合 Lasso 的回归控制法在 2018—2022 年的政策效应分别为 0.006、0.010、0.010、0.020 和 0.027。

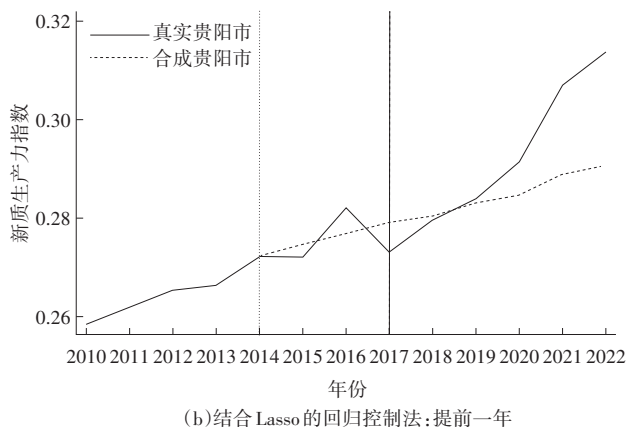
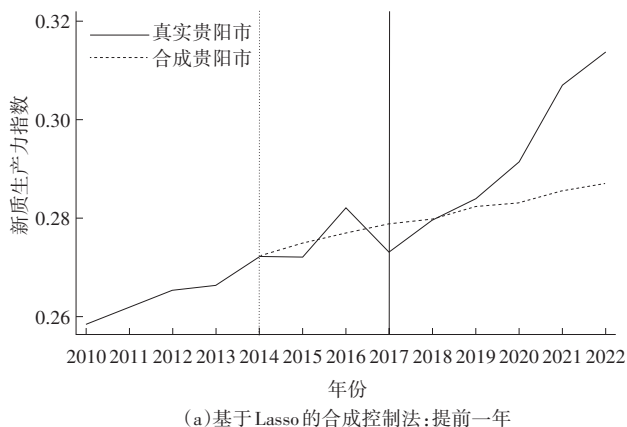


图 2 时间安慰剂检验

著的变化趋势。而检验结果显示政策效应仅在真实政策期显现,反向证实了基准结果的稳健性。

4.3 稳健性检验

通过上述分析初步验证了数绿融合对新质生产力具有显著的协同增效作用。为确保结论的可靠性,进一步开展了多重稳健性检验。相关结果因篇幅所限暂未详列,留存备案。

4.3.1 替换Lasso方法检验

当模型中的变量之间存在较强相关性时,Lasso方法往往会随机选择其中一个变量,忽略其他相关变量,从而导致模型对实际数据的解释能力不足。为解决这一问题,借鉴Zou等^[35]的做法使用弹性网方法进行改进。弹性网通过将岭回归和Lasso的惩罚机制结合,既能够有效控制模型复杂度,又能解决变量之间的多重共线性问题。此外,弹性网通过双重正则化增强了变量筛选的稳定性,使模型在面对高度相关的特征时仍能够得到更为准确的估计结果,其具体的权重选择公式为:

$$\hat{\omega}_t = \arg \min_{\omega} \left(\sum_{i=1}^{T_0} (N_{0t} - x_i \omega)^2 + \lambda \left[\frac{1}{2} (1 - \alpha) \|\omega\|_2^2 + \alpha \|\omega\|_1 \right] \right) \quad (5)$$

式(5)中各变量含义如下: $\hat{\omega}_t$ 表示通过弹性网方法估计得到的权重向量; T_0 表示数绿融合实施年份; N_{0t} 表示贵阳市新质生产力水平; x_i 为第 t 年控制组城市的新质生产力水平; ω 为权重; λ 为惩罚参数; α 为可变参数; $\|\omega\|_2^2$ 为各权重的平方和, $\|\omega\|_1$ 为各权重的绝对值之和。弹性网结合岭回归和Lasso回归能够处理存在高度相关变量时的筛选问题,与弹性网思路类似的是自适应Lasso^[36]。自适应Lasso为不同变量引入权重项,根据初始估计值调整正则化强度,对重要变量施加较小的惩罚,从而有效降低估计偏误,提高参数估计的准确性。其模型设定如下:

$$\hat{\omega}_t = \arg \min_{\omega} \left(\sum_{i=1}^{T_0} (N_{0t} - x_i \omega)^2 + \lambda \sum_{j=1}^J \frac{1}{|\hat{\omega}_j|^\theta} |\omega_j| \right) \quad (6)$$

式(6)中各变量含义如下: $\hat{\omega}_t$ 表示通过自适应Lasso方法估计得到的权重向量; T_0 表示数绿融合实施年份; N_{0t} 表示贵阳市新质生产力水平; x_i 为第 t 年控制组城市的新质生产力水平; ω 为权重; λ 为惩罚参数; $\hat{\omega}_j$ 为Lasso得到的初次估计值; θ 为调节惩罚项对权重系数大小的敏感度。由式(6)可知,初次筛选出的系数越小,对其施加的二次惩罚权重越大,被删除的可能性也越高,以此提高拟合的准确性。检验结果表明,在数绿融合实施前,真实贵阳市与合成贵阳市的新质生产力水平几乎一致。在数绿

融合实施后,真实贵阳市的新质生产力水平明显呈现向上趋势,且与合成贵阳市不再重合,因此,可以认为基准研究结论是可信的。

4.3.2 替换信息准则检验

在回归控制法中,除了利用赤池信息准则来选择模型并施加惩罚项外,还可以引入其他准则进一步增加惩罚项,从而优化模型选择过程并提高拟合效果。本部分选用贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion,BIC)、修正的贝叶斯信息准则(modified Bayesian information criterion,MBIC)、交叉验证的均方误差(cross-validation mean squared error,CVMSE)和修正的赤池信息准则(corrected Akaike information criterion,AICC)来检验结合Lasso的回归控制法的有效性。这4种方法的检验结果显示,采用BIC、MBIC和CVMSE作为惩罚准则时,拟合效果和政策效应几乎与基准结果一致。以AICC作为惩罚标准时,在政策实施前的拟合效果表现稍差,这可能与AICC基于AIC进行了修正有关,其设计初衷是适用于小样本,而在大样本条件下,AICC的表现不及AIC。但从政策实施后的效果来看,基于AICC准则的回归控制模型仍能显著提高新质生产力。因此,综合BIC、MBIC、AICC和CVMSE的结果,可以认为基准研究结论稳健。

4.3.3 替换处理城市检验

为进一步验证研究结果的稳健性,本部分将处理城市分别替换为安顺市和广州市进行稳健性检验,观察在不同规模和发展阶段的城市中,政策效果是否保持一致,确保研究结果不依赖于单一城市特征,从而提升结论的可靠性与可推广性。结果发现,在政策实施前,真实安顺市、真实广州市与各自合成城市的新质生产力水平几乎完全拟合。而在政策实施后,新质生产力水平显著上升,表明数绿融合对新质生产力确实具有积极影响,研究结论具有一定的普适性。

4.3.4 基于双重机器学习的因果推断检验

本研究进一步采用双重机器学习方法评估数绿融合对新质生产力的协同增效作用。双重机器学习能够有效应对政策评估中的混杂因素和潜在偏误问题,通过结合机器学习算法构建稳健的因果推断估计框架,从而避免模型设定偏误。此外,该方法利用交叉拟合技术降低第一阶段模型误差对最终因果效应估计的影响,同时能够捕捉复杂的非线性关系,提供更加准确的政策评估结果。其模型设立如下:

$$N_{it} = \theta_0 S_{it} + g(X_{it}) + U_{it} \quad (7)$$

$$E(U_{it} | S_{it}, X_{it}) = 0 \quad (8)$$

式(7)和式(8)中各变量含义如下: N_{it} 为新质生产力水平; S_{it} 为政策虚拟变量; X_{it} 为控制变量; U_{it} 为误差项。

直接对式(7)、式(8)进行估计,同时构建辅助回归可得:

$$\hat{\theta}_0 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \sum \hat{V}_{it} S_{it}^2 \right)^{-1} \frac{1}{n} \sum_{i \in I, t \in T} \hat{V}_{it} (N_{it+1} - \hat{g}(X_{it})) \quad (9)$$

式(9)中各变量含义如下: $\hat{\theta}_0$ 数绿融合的政策效应强度; n 为总样本量; \hat{V}_{it} 为误差项; S_{it} 为政策虚拟变量; N_{it+1} 为城市*i*在*t*+1时期的新质生产力水平; $\hat{g}(X_{it})$ 为通过机器学习方法估计的控制变量对新质生产力的影响函数。结果显示,数绿融合对新质生产力的回归系数为正,且在1%水平上显著,与基准回归结果一致。

4.3.5 剔除实施单一政策城市检验

为强化政策评估的因果推断效度,本部分在原有基础上,进一步将单独实施国家级大数据综合试验区政策或绿色金融改革创新试验区政策的城市样本予以剔除,确保控制组城市完全未受数字经济或绿色金融的政策干预,从而提升对数绿融合政策净效应的识别能力。通过检验发现,回归结果与基准结果一致,数绿融合依然对新质生产力产生了协同增效作用,进一步验证了本文结论的可靠性与稳健性。综上,假设H1得到验证。

5 机制检验

本研究在理论分析部分提出,数绿融合能够通过推动颠覆式创新、促进产业结构升级和加快新型人才集聚3条渠道协同增效新质生产力。该部分参考任亚运等^[37]的做法,使用两步法对上述机制进行验证。

5.1 颠覆式创新机制

颠覆式创新的核心特征是其引发的技术突破和产业变革,人工智能正是近年来最具颠覆性和创新性的技术之一。因此,参考邱蓉等^[38]的做法,采用Word2vec技术中的Skip-gram模型,结合维基百科和随机抽取的20%上

市企业数据,通过文本分析法提取上市公司年报中的人工智能关键词数量并汇总至城市层面,作为衡量颠覆式创新的指标。

颠覆式创新机制检验结果如图3所示。在数绿融合实施前,合成贵阳市与真实贵阳市的拟合效果良好,而在政策实施后,真实贵阳市的颠覆式创新出现显著上升趋势,表明数绿融合有助于促进颠覆式创新。颠覆式创新通过新技术的应用,能够提高生产过程中的资源配置效率和成本效益,从而促进新质生产力加速形成。综上,假设H2成立。

5.2 产业结构升级机制

产业结构升级是实现资源高效配置和低碳经济转型的核心机制。通过剖析产业结构升级如何在数绿融合与新质生产力之间发挥桥梁作用,能够为全面理解数绿融合的新质生产力加速形成机制提供更加系统的理论支持。具体来说,本研究将产业结构升级划分为产业结构高级化与产业结构合理化两个维度。产业结构高级化参考付凌晖^[39]的思路,采用向量夹角法进行测算,其值越高表明产业结构越高级。产业结构合理化则借鉴干春晖等^[40]的研究,采用泰尔指数衡量,泰尔指数越接近0,表明产业结构越均衡。

产业结构升级的机制检验结果如图4所示。由图4(a)与图4(b)可以看出,数绿融合对产业结构高级化的影响在2017年之后开始显现,且表现出较大幅度的促进作用。图4(c)与图4(d)的结果则表明,在政策实施后,真实贵阳市产业结构合理化水平更加接近于0,产业结构合理化水平更高。上述结果均表明数绿融合有助于产业结构升级,增强经济的灵活性和抗风险能力,保持新质生产力的稳定提升。基于以上结果,假设H3成立。

5.3 新型人才集聚机制

新型人才集聚不仅为经济注入创新驱动力,也是数绿融合得以协同赋能新质生产力的关键纽带。数绿融合

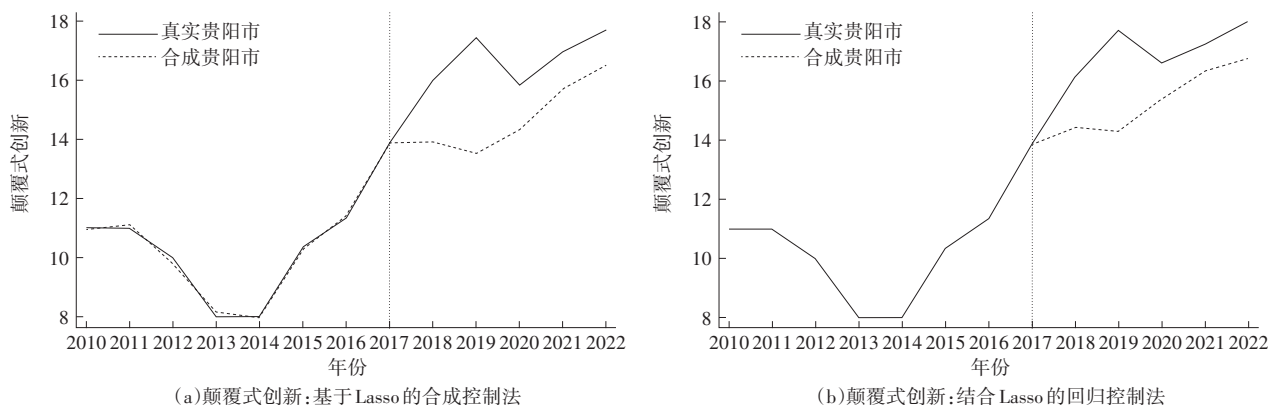


图3 机制检验:颠覆式创新

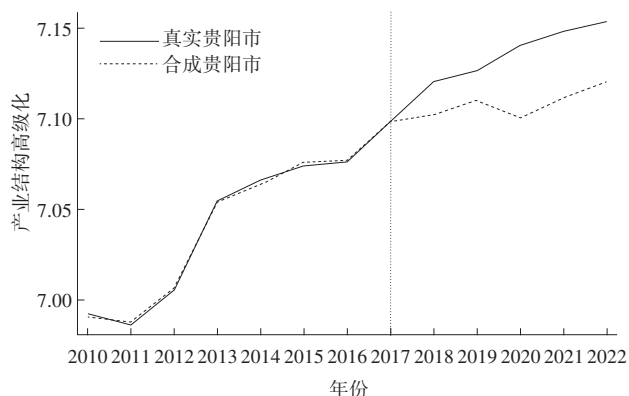
为高科技和绿色产业创造了大量专业化的就业机会,吸引了具备前沿技能、创新思维以及可持续发展意识的专业人才,为提升新质生产力奠定了基础。以信息传输计算机服务和软件业从业人员占总从业人员比重衡量新型人才集聚。

新型人才集聚机制检验结果如图5所示。在数绿融合实施前,合成贵阳市与真实贵阳市的新型人才集聚拟合效果良好,政策实施后,真实贵阳市的新型人才集聚出

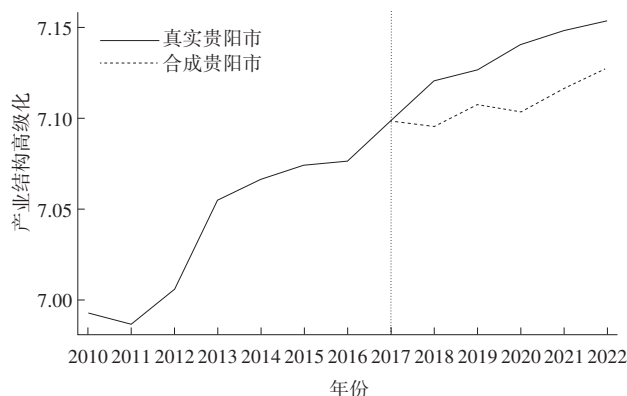
现了显著上升趋势。新型人才集聚推动了经济从资源密集型向知识密集型、技术密集型方向转型,加快了知识传递速度,为新质生产力的提升提供了持续动力。综上,假设H4得到了验证。

6 进一步分析

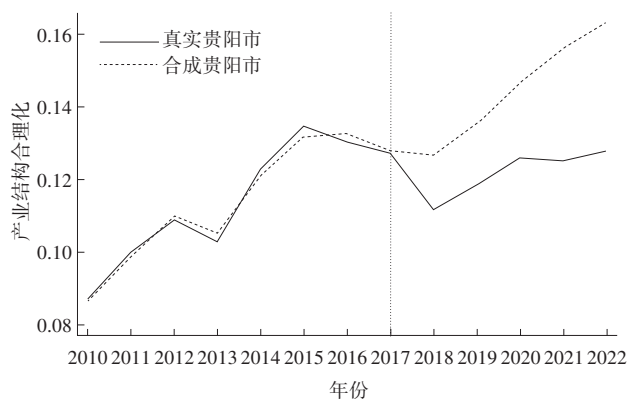
尽管前述检验已证明数字经济与绿色金融的协同作用能够有效提升新质生产力,但尚未验证其协同效应是



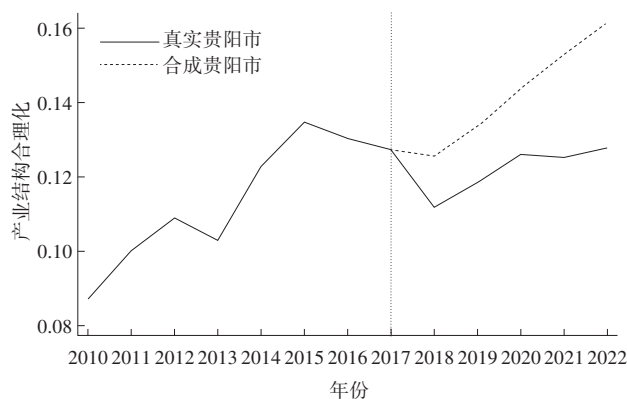
(a)产业结构高级化:基于 Lasso 的合成控制法



(b)产业结构高级化:结合 Lasso 的回归控制法

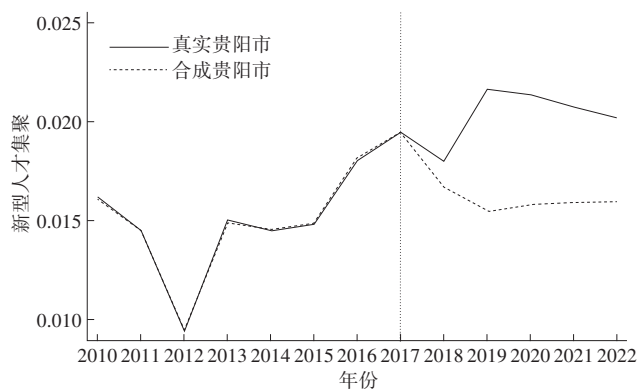


(c)产业结构合理化:基于 Lasso 的合成控制法

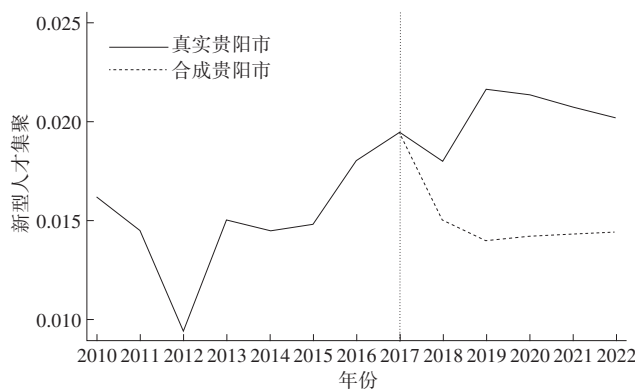


(d)产业结构合理化:结合 Lasso 的回归控制法

图4 机制检验:产业结构升级



(a)新型人才集聚:基于 Lasso 的合成控制法



(b)新型人才集聚:结合 Lasso 的回归控制法

图5 机制检验:新型人才集聚



否大于单一数字经济或绿色金融政策的净效应。因此,本部分通过使用双重差分法评估单一政策对新质生产力的影响,并与基准回归结果进行对比,检验数绿融合是否具有协同增效作用,具体模型构建如下:

$$N_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 r_1 \times t_1 + \varnothing_i X_{it} + \delta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$N_{it} = \beta_1 + \beta_2 r_2 \times t_2 + \varnothing_i X_{it} + \delta_i + \gamma_t + u_{it} \quad (11)$$

式(10)和(11)中各变量含义如下: N_{it} 为新质生产力水平;核心解释变量为 $r_1 \times t_1$ 与 $r_2 \times t_2$;若城市 i 实施了国家级大数据综合试验区政策,则 $r_1 = 1$;若城市 i 实施了绿色金融改革创新试验区政策,则 $r_2 = 1$,否则为0。 t_i 为时间虚拟变量,若处于对应政策的实施时间,则 $t_i = 1$;否则为0。 X_{it} 为一系列控制变量,其选取与基准回归一致。 δ_i 、 γ_t 分别代表城市固定效应和时间固定效应; ε_{it} 、 u_{it} 为随机干扰项; α_1 、 β_1 是常数项; α_2 、 β_2 是核心解释变量的系数;若 α_2 、 β_2 之和小于基准回归系数,说明单一数字经济或绿色金融政策对新质生产力的提升作用不如两者的协同效应。结果见表1,其中,列(1)和列(2)为数字经济政策的净效应,列(3)和列(4)为绿色金融政策的净效应。可以看出,列(2)和列(4)中的系数均在1%水平上显著为正,表明数字经济政策能够提升0.003个单位的新质生产力,绿色金融政策则能够提升0.012个单位的新质生产力,但总提升幅度小于0.017,即数绿融合的协同效应大于单一数字经济政策或绿色金融政策的净效应,且产生了“1+1>2的协同增效”作用。

表1 单一政策效应检验

变量	数字经济政策净效应		绿色金融政策净效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)
$r_1 \times t_1$	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.001)		
$r_2 \times t_2$			0.014*** (0.004)	0.012*** (0.004)
控制变量	否	是	否	是
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
观测值	3 562	3 562	3 562	3 562
R^2	0.979	0.980	0.979	0.980

注:*** $P < 0.01$;括号内数值为标准误;列(1)与列(2)基于公式(10)进行回归,其中列(2)在列(1)的基础上加入了控制变量;列(3)与列(4)基于公式(11)进行回归,列(4)在列(3)的基础上加入了控制变量。

7 研究结论和政策建议

本研究基于2010—2022年中国城市面板数据,探讨了数绿融合对新质生产力的协同增效作用及其实现路

径。研究结果显示,数绿融合对新质生产力具有显著的协同增效作用。机制分析揭示,数绿融合主要通过推动颠覆式创新、促进产业结构升级(包括产业结构高级化和产业结构合理化)以及加强新型人才集聚3条途径协同增效新质生产力。进一步分析发现,数绿融合对新质生产力的协同效应大于单一数字经济政策或绿色金融政策的净效应之和,产生了“1+1>2的协同增效”作用。

基于以上研究结论,提出如下政策建议:①扩大试点范围,拓展融合广度。政府应在现有试点城市基础上,优先遴选具备产业基础与技术优势的地区纳入试点范畴,推动数绿融合由“点状探索”向“区域联动”转变。例如,以“数字化+绿色化”协同发展模式为引领,充分发挥贵阳市作为先行示范区的带动作用,系统总结其在政策设计、制度创新与机制保障方面的有效经验,并向更多具备转型潜力的地区推广复制。②深化试点内涵,增强融合深度。例如,设立专项数字、绿色产业基金等,重点支持具备数绿融合特征的项目,鼓励企业探索数字化转型与绿色低碳发展的协同路径。在此基础上,逐步构建由政府引导与市场参与的可持续产业发展体系,为新质生产力的加速形成提供制度保障与资源支撑。③健全支撑体系,夯实融合基础。一方面,应加大对前沿技术研发的资金支持,围绕具有变革潜力的数字与绿色技术,加快培育颠覆性创新的源头供给。例如,通过设立高竞争力的创新基金、落实差异化税收优惠政策等,为高风险、高潜力的技术项目提供制度保障和资源支撑,增强创新体系的原始驱动力。另一方面,需强化产业引导,推动产业向高端化、绿色化方向升级。例如,健全环境信息披露制度,为重点行业绿色转型提供技术支持与制度保障,鼓励龙头企业建设绿色供应链、推动低碳生产实践,带动上下游产业协同升级,为新质生产力发展打造良好的产业生态。此外,还应制定系统化、前瞻性的人才引进与培育政策,构建涵盖引进、培养、激励与留用的全链条人才支持体系,吸引并集聚掌握数字技术、绿色转型等前沿能力的新型人才,为新质生产力发展夯实人力资本基础与技术支撑。

参考文献

- [1] 李政,廖晓东. 发展“新质生产力”的理论、历史和现实“三重”逻辑[J]. 政治经济学评论,2023,14(6):146-159.
- [2] 洪银兴. 新质生产力及其培育和发展[J]. 经济学动态,2024(1):3-11.
- [3] 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.
- [4] 蔡继明,高宏. 新质生产力参与价值创造的理论探讨和实践应用[J]. 经济研究,2024,59(6):15-28.



- [5] 方敏,杨虎涛. 政治经济学视域下的新质生产力及其形成发展[J]. 经济研究, 2024, 59(3): 20-28.
- [6] 孟捷,韩文龙. 新质生产力论:一个历史唯物主义的阐释[J]. 经济研究, 2024, 59(3): 29-33.
- [7] 蒲清平,向往. 以全面深化改革推进新质生产力发展的逻辑与进路:基于对党的二十届三中全会精神的学习与研究[J]. 财经问题研究, 2024(9): 3-17.
- [8] 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.
- [9] 傅联英,蔡煜. 中国市域新质生产力:时序演变、集群特征与发展策略[J]. 产业经济评论, 2024(4): 5-22.
- [10] 宋佳,张金昌,潘艺. ESG发展对企业新质生产力影响的研究:来自中国A股上市企业的经验证据[J]. 当代经济管理, 2024, 46(6): 1-11.
- [11] 韩建雨,许冉. 全面深化改革、资源配置效率与新质生产力[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2025(2): 155-176.
- [12] 娄伟. 新质生产力创新生态进化研究:基于中美创新韧性比较[J]. 中国软科学, 2024(11): 1-11.
- [13] 郑兆峰,高鸣. 农村人力资本助推新质生产力:关键问题与政策优化[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2024(5): 10-21.
- [14] 刘洪铎,王梦飞,徐雨欣,等. 制度型开放、营商环境改善与新质生产力发展:基于中国自由贸易试验区设立的准自然实验[J]. 广东财经大学学报, 2024, 39(5): 4-22.
- [15] 王寅,杨宛谕,蔡双立. 绿色数字经济与新质生产力协同发展的理论机制与实践路径:基于“技术-要素-产业”理论框架的组态分析[J]. 南开经济研究, 2024(12): 85-103.
- [16] 李小胜,胡建炳,宋马林. 数字经济政策如何赋能新质生产力发展[J]. 经济管理, 2025, 47(2): 5-26.
- [17] 毛晓蒙,王仁曾. 绿色金融与新质生产力:促进还是抑制:基于技术创新与环境关注度的视角[J]. 上海财经大学学报, 2024, 26(5): 30-45.
- [18] 朱海华,陈柳钦. 数字经济赋能新质生产力的理论逻辑及路径选择[J]. 新疆社会科学, 2024(4): 27-37.
- [19] 任保平,刘洁. 数字新质生产力赋能实体经济新质化的机制与路径[J]. 财经科学, 2025(3): 58-70.
- [20] 刘纪鹏,敦志刚. 绿色金融赋能新质生产力发展的理论逻辑、动力机制与实践路径[J]. 江淮论坛, 2024(6): 114-123.
- [21] 毛强,庞凯. 新质生产力与现代化产业体系的内在契合与互动路径[J]. 改革, 2025(2): 62-76.
- [22] 杜莉,孙秋枫,孙茹峰. 绿色金融赋能新质生产力:一个三维分析框架[J]. 社会科学战线, 2024(10): 88-98.
- [23] 洪银兴,王坤沂. 新质生产力视角下产业链供应链韧性和安全性研究[J]. 经济研究, 2024, 59(6): 4-14.
- [24] 韩晶,李婷婷,陈超凡. 数字经济与公正转型耦合协调:时空格局与影响因素[J]. 经济社会体制比较, 2024(5): 91-103.
- [25] 孙绪芹,陆雪艳. 新质生产力赋能的产业协同集聚、技术创新与绿色经济效率:基于空间计量模型的中介效应分析[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2024, 50(5): 42-55.
- [26] 陈曦,吴英巨,朱建华. 新质生产力视角下地方人才引进与全要素生产率[J]. 经济管理, 2024, 46(12): 104-120.
- [27] ABADIE A, DIAMOND A, HAINMUELLER J. Synthetic control methods for comparative case studies: estimating the effect of California's tobacco control program[J]. Journal of the American Statistical Association, 2010, 105(490): 493-505.
- [28] TIBSHIRANI R. Regression shrinkage and selection via the lasso[J]. Journal of the royal statistical society: series B (methodological), 1996, 58(1): 267-288.
- [29] HSIAO C, STEVE CHING H, WAN SKI. A panel data approach for program evaluation: measuring the benefits of political and economic integration of Hong Kong with the mainland[J]. Journal of applied econometrics, 2012, 27(5): 705-740.
- [30] ABADIE A. Using synthetic controls: feasibility, data requirements, and methodological aspects[J]. Journal of economic literature, 2021, 59(2): 391-425.
- [31] CHETVERIKOV D, LIAO Z P, CHERNOZHUKOV V. On cross-validated Lasso in high dimensions[J]. Annals of statistics, 2021, 49(3): 1300-1317.
- [32] HSIAO C, ZHOU Q K. Panel parametric, semiparametric, and non-parametric construction of counterfactuals[J]. Journal of applied econometrics, 2019, 34(4): 463-481.
- [33] 蔡湘杰,贺正楚. 新质生产力何以影响全要素生产率:科技创新效应的机理与检验[J]. 当代经济管理, 2024, 46(10): 1-14.
- [34] 吴文生,荣义,吴华清. 数字经济赋能新质生产力发展:基于长三角城市群的研究[J]. 金融与经济, 2024(4): 15-27.
- [35] ZOU H, HASTIE T. Regularization and variable selection via the elastic net[J]. Journal of the Royal Statistical Society series B: statistical methodology, 2005, 67(2): 301-320.
- [36] ZOU H. The adaptive lasso and its oracle properties[J]. Journal of the American Statistical Association, 2006, 101(476): 1418-1429.
- [37] 任亚运,胡宇晨. 绿色金融有助于实现碳排放双控吗?[J]. 环境经济研究, 2024, 9(2): 132-151.
- [38] 邱蓉,田子豪,买俊鹏,等. 耐心资本与企业全要素生产率提升[J]. 证券市场导报, 2024(12): 3-12.
- [39] 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.
- [40] 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.

Synergistic effect of the digital economy and green finance integration on new quality productive forces

REN Yayun¹, HU Yuchen²

(1. School of Economics, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang Guizhou 550025, China;

2. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing Jiangsu 211189, China)

Abstract New quality productive forces are an intrinsic requirement and an important focal point for promoting high-quality development. The integrated transformation driven by both the digital economy and green finance (hereinafter referred to as digital-green integration) not only lays a cutting-edge and original foundation of technological innovation for the accelerated formation of new quality productive forces but also opens up entirely new fields and development tracks. This study utilized panel data of Chinese cities from 2010 to 2022 and, incorporating the idea of an improved synthetic control method, examined the synergistic effects of digital-green integration on new quality productive forces and its internal mechanisms. The results showed that: ① Digital-green integration had a significant synergistic effect on new quality productive forces, and the policy effect strengthened year by year. This conclusion remained valid after a series of robustness tests, including time placebo tests, replacing the Lasso method, replacing information criteria, changing treated cities, applying causal inference based on double machine learning, and excluding cities that had implemented a single policy. ② In terms of mechanisms, digital-green integration mainly produced a synergistic effect on new quality productive forces by promoting disruptive innovation, facilitating industrial structure upgrading, and enhancing new-type talent agglomeration. ③ Further analysis showed that although single digital economy policies or single green finance policies could improve new quality productive forces, their effects were significantly weaker than the comprehensive effect of digital-green integration, which generated a synergistic effect of “1+1>2” rather than a substitution effect. In light of this, policymakers should focus on the integration model of “digitalization + greening,” steadily and orderly expand the pilot scope, and ensure that successful experiences can play a role in broader regions. At the same time, they should increase funding for frontier technological R&D, guide the optimization and upgrading of industrial structures, and formulate systematic policies for talent introduction and cultivation, so as to smooth the path for the synergistic effect of digital-green integration on new quality productive forces, thereby promoting their accelerated formation. This study expands the toolbox for promoting the accelerated formation of new quality productive forces from the perspective of policy coordination and provides a basis for government departments to formulate differentiated and dynamic policy portfolio schemes.

Key words digital-green integration; new quality productive forces; disruptive innovation; industrial structure upgrading; new-type talent agglomeration

(责任编辑:刘呈庆,于 杰)