

产业转型升级示范区的绿色转型效应 ——基于“数产融合”视角

李 慧¹, 佟孟华², 张国建³, 赵江山⁴

(1. 东北财经大学 东北全面振兴研究院, 辽宁 大连 116025; 2. 东北财经大学 经济学院, 辽宁 大连 116025;
3. 南京审计大学 联合研究院, 江苏 南京 211815; 4. 辽宁大学 经济学院, 辽宁 沈阳 110136)

摘 要:协同推进“数产融合”发展是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的重要战略选择,也是实现经济高质量发展的必然要求。因此,文章基于2007—2021年城市层面的数据,采用三重差分模型考察了数字经济促进示范区城市绿色转型的异质性效应。研究发现:协同推进“数产融合”发展能够有效提升资源型城市的绿色全要素生产率水平。该结论在考虑内生性问题以及进行一系列稳健性检验和识别假定检验后依然成立。机制分析表明,数字经济促进示范区城市绿色转型的促进作用主要来自绿色技术效率的提升;同时,“数产融合”主要通过缓解资本错配和促进传统产业转型升级的方式推动资源型城市绿色转型发展,而劳动力供需不匹配导致的市场扭曲问题阻碍了资源型城市的绿色创新发展,这是导致示范区城市绿色技术进步水平较低的原因。进一步研究发现,数字经济促进示范区城市绿色转型具有显著的空间溢出效应和非线性特征;此外,协同推进“数产融合”发展是资源型城市打破“资源诅咒”问题的关键,但数字经济发展的不平衡导致了中心城市与外围城市间的“数字鸿沟”。文章的研究为加快推进传统产业数字化转型和解决“数字鸿沟”难题提供了重要启示。

关键词:“数产融合”发展;绿色全要素生产率;“数字鸿沟”

中图分类号:F293 文献标识码:A 文章编号:1001-9952(2025)01-0004-15

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20241014.403

一、引 言

党的二十大报告提出了加快发展数字经济,促进数字技术与实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群的战略目标。同时,党的二十届三中全会强调要健全促进实体经济和数字经济深度融合制度。在当前经济形势下,发展数字经济是顺应科技革命浪潮、契合国家战略需求的必然之举,也是发展新质生产力,促进实体经济高质量发展的关键所在。而数字经济作为中国经济发展的重要因素,其具有高创新性、强渗透性和广覆盖性,它能够打破区域时间限制,增加个体产业间的互联互通,进而有效提升各生产要素的边际报酬增长率,并成为推动中国经济转型发展的重要“增长极”(刘维林和程倩,2023)。因此,作为环境污染重、转型发展

收稿日期:2023-12-18

基金项目:国家自然科学基金青年项目(72203100)

作者简介:李 慧(1994—)(通讯作者),女,山东淄博人,东北财经大学东北全面振兴研究院副研究员;
佟孟华(1965—),女,吉林白城人,东北财经大学经济学院教授,博士生导师;
张国建(1990—),男,安徽黄山人,南京审计大学联合研究院副教授;
赵江山(1984—),男,辽宁辽阳人,辽宁大学经济学院讲师。

难的资源型城市和老工业城市,更需要把握和利用好数字经济发展的机会,促进数字经济与实体经济深度融合,积极推动传统产业数字化转型。产业转型升级示范区(以下简称示范区政策)的实施为资源型城市推动数字经济的发展创造了机遇。充分利用示范区的政策优惠,有效发挥数字技术对经济发展的作用以及协同推进数字经济与示范区政策深度融合发展(以下简称“数产融合”发展),对促进资源型城市高质量发展具有重要意义。

现有文献从企业数字化转型(朱喜安和马樱格,2022;毛丰付等,2023)、网络基础设施建设(张杰和付奎,2021)和节能减排(Wen等,2021)等角度对数字经济的影响效应进行了探讨(Fernández-Portillo等,2020;沈坤荣等,2023)。但是,已有文献重点讨论数字经济的快捷性、边际效益递增性和外部经济性,忽略了数字经济的高渗透性。数字经济通过与各产业的深度融合发展,促进了新知识与新技术的模仿、应用和传播,增加了产业间的互联互通,提升了资源利用效率,对实现区域经济高质量发展具有重要作用。尽管刘维林和程倩(2023)从全球生产网络视角考察了数字经济的技术渗透性,但是该研究主要探讨了企业数字化转型的内部影响,忽略了数字经济与产业政策融合发展的作用效果。以示范区政策为代表的区位导向性政策的实施为数字经济的发展提供了良好的政策环境,而数字经济的发展又能激发示范区城市的发展潜力。此外,已有关于绿色转型的文章大多集中在企业层面(韩超和李鑫平,2023),较少有文献基于城市层面,从政府宏观调控政策与数字经济协同推进视角来探讨资源型城市绿色转型的实现路径。而可持续发展理论认为,资源环境逐渐成为制约经济增长的重要因素。如何实现经济发展与环境保护之间的平衡,成为发展新质生产力的关键。那么,数字经济与示范区政策的融合发展能否发挥事半功倍的效果,进而提升资源型城市的绿色全要素生产率水平?其具体传导路径是什么?弄清上述问题有助于进一步理解数字经济对示范区城市绿色转型的促进作用。

因此,本文基于2007—2021年城市层面的数据,采用三重差分模型考察了数字经济促进示范区城市绿色转型的异质性效应。研究结果表明,协同推进“数产融合”发展,能够有效提升资源型城市的绿色全要素生产率水平,并且数字经济促进示范区城市绿色转型具有显著的空间溢出效应。机制分析发现,数字经济促进示范区城市绿色转型的作用主要来自绿色技术效率的提升,而资本错配的缓解和传统产业的转型升级是其提升资源型城市绿色全要素生产率水平的渠道。进一步研究发现,数字经济促进示范区城市绿色转型具有显著的非线性特征。对于以上内容的分析有助于准确评估“数产融合”发展对资源型城市绿色转型的作用效果,为新时期深入推进信息化与工业化融合发展,加快构建现代数字产业体系和实现区域经济一体化发展提供经验证据和理论指导。

综上所述,本文可能的边际贡献主要体现在以下三个方面:第一,从“数产融合”发展视角,对数字经济促进示范区城市绿色转型的作用效果进行分析,并进一步从区域和经济两个角度探讨了“数产融合”发展推动资源型城市绿色转型的空间溢出效应,加深了对数字经济与示范区政策协同发展的认识,丰富了关于“数产融合”双重视角的文献,具有重要的理论和现实意义。第二,通过对绿色全要素生产率的分析,从动态视角讨论了数字经济促进示范区城市绿色转型的驱动因素,并提供了要素资源错配和绿色技术创新两个渠道影响资源型城市绿色转型的证据,有助于厘清数字经济促进资源型城市绿色转型的原因,为示范区政府在新发展阶段制定合理的“数产融合”发展方案提供有益参考。第三,在考虑数字经济发展不平衡的基础上,检验了数字经济促进示范区城市绿色转型的异质性效应和非线性特征,为探索破解“资源诅咒”难题的可行路径以及挖掘“数产融合”发展的经济价值,从而为政府优化“数产融合”发展策略和推动资源型城市绿色转型提供了政策启示和经验证据。

其他部分的内容如下：第二部分是文献综述与研究假说；第三部分是研究设计；第四部分为基准结果分析；第五部分为进一步讨论，主要探讨了“数产融合”促进示范区城市转型的作用机制和异质性效应；第六部分是文章的主要结论和政策建议。

二、文献综述与研究假说

（一）“数产融合”促进示范区城市绿色转型的影响机制

绿色全要素生产率是将能源消耗和环境因素加入生产函数所获得的经济效率，能够反映能源效率的优化和环境质量的改善，符合绿色可持续发展理念(Zhao 等, 2022)。因此，提升资源型城市绿色全要素生产率水平是其实现绿色转型的有效途径。示范区政策的实施为资源型城市的绿色转型提供了良好的政策环境，而数字经济的发展能够激发示范区城市的发展活力，帮助资源型城市绿色转型发展。与传统经济相比，数字经济可以增强信息交换的速度和准确性，降低个体交易的经济成本，实现区域资源要素的最优配置。而协同推进数字经济与示范区政策的融合发展，是提升资源型城市绿色全要素生产率的关键(毛丰付等, 2023)。两者的协同发展能够有效降低生产过程中的管理和交易成本，减少信息不对称造成的效率损失，提高生产中资源、能源等要素的利用效率，减少要素浪费或过度消费造成的环境污染问题，最终实现资源型城市经济发展与环境保护的“双赢”。

要素资源错配是导致绿色全要素生产率发展差异的关键因素之一(Tang 和 Qin, 2022)。示范区政策的税收优惠和政策补贴容易导致要素价格扭曲，造成资源浪费，进而产生效率损失，这不利于资源型城市的转型发展。而数字时代的到来，使得传统的生产经营模式发生较大变化。示范区政策通过与数字经济的融合发展可以有效减少信息不对称带来的贸易摩擦，降低企业间的交流成本，进而改善要素资源错配水平。因此，协同推进数字经济与示范区城市的融合发展能够有效发挥示范区的政策优势和数字经济的技术优势，通过降低交易成本、扩大交易可能性集合等方式优化资源配置，缓解市场要素扭曲水平。但是，数字经济的发展需要高技能人才，而资源型城市的劳动力以低技能为主，劳动力的供需不匹配将加剧劳动力要素的扭曲程度，这不利于示范区城市绿色转型发展。

此外，积极推动绿色技术创新也是提升资源型城市绿色全要素生产率的重要手段之一。绿色技术创新不仅可以减少资源浪费和环境污染，而且能够提高生产效率，使企业获得良好的经济效益，其逐渐成为实现经济、资源和环境协调发展的必然选择。数字经济与示范区政策的融合发展，提高了能源利用效率，推动了生产流程的智能化转型。具体来看：第一，“数产融合”发展通过提高企业获取、吸收和应用外部知识的能力，促进了企业的开放式创新(Urbinati 等, 2020)。第二，以数字平台为代表的数字经济通过促进知识和信息的流动来提高创新生态系统的协同作用，这降低了技术研发和产业应用之间跨部门互动的成本，对实现创新驱动发展具有重要作用。第三，宽带等数字网络基础设施的建设加速了企业间知识和技术的溢出，这有助于促进企业的绿色技术创新(Tang 等, 2021)。但是“信息超载”现象的存在使得数字经济与示范区政策融合发展对绿色技术创新的影响存在不确定性。Dou 和 Gao(2022)指出，数字经济在促进创新的同时也会导致“信息超载”现象，这会增加企业内部管理的难度和成本，造成有限资源配置的不平衡，从而阻碍技术创新。

综上所述，协同推进数字经济与示范区城市的融合发展能够有效解决示范区政策的税收优惠和政策补贴导致的要素扭曲问题，缓解企业融资约束难题，激励企业绿色创新发展，增强绿色技术在区域间的溢出效应，从而提升城市的绿色全要素生产率水平。但是需要警惕劳动力供需

不匹配导致的劳动力市场扭曲问题和“信息超载”造成的资源匹配不平衡问题。因此，本文提出以下假说：

假说1：“数产融合”能够有效推动资源型城市绿色转型发展，并通过缓解市场要素扭曲和推动绿色技术进步的方式对城市绿色全要素生产率产生积极作用。

（二）“数产融合”促进示范区城市绿色转型的空间溢出效应

“数产融合”发展能够通过增加区域间连通性的方式，打破空间市场分割，减少信息传递和交流的时空障碍，增加生产和创新活动中区域间联系的广度和深度，进而提升整体的绿色全要素生产率水平。因此，“数产融合”发展的空间溢出效应具有垂直溢出和横向溢出两个特征。一方面，数字经济与示范区政策的融合发展能够对经济关联性较强的区域产生垂直溢出效应。“数产融合”发展使企业间的信息交流更加方便快捷，这加强了地区间的产业联系，促使产业通过“虚拟集聚”的方式形成跨区域的产业网络。而“数产融合”发展可以借助“虚拟集聚”的新型空间组织形式降低上下游企业间信息传递的成本，实现知识和技术的共享，促进资源的灵活调度（[伦晓波和刘颜, 2022](#)），进而对经济关联性较强区域的绿色全要素生产率水平产生影响。另一方面，数字经济与示范区政策的融合发展能够对地理位置邻近区域产生横向溢出效应。数字经济促进示范区城市绿色转型能够对周围邻近城市产生示范效应和竞争效应（[Goldfarb和Tucker, 2019](#)）。周边城市与示范区城市的地理位置比较接近，其交流沟通的成本较低，从而可以通过学习示范区城市的知识技术和发展模式来提升绿色全要素生产率水平；同时，周边城市通过学习效应和竞争效应使区域内的先进技术和管理理念得到实施，进而提升整体的绿色全要素生产率水平。综上所述，“数产融合”发展能够削弱要素流动和商品交换的距离限制，有效扩大产业集聚的物理空间和网络空间，推动区域间的产业互动和远程合作，进而有效提升周边城市以及经济关联较强地区的绿色全要素生产率水平，有助于实现经济一体化发展。因此，本文提出以下假说：

假说2：“数产融合”通过垂直和横向两种空间外溢效应对邻近城市的绿色转型发展产生影响。

（三）“数产融合”促进示范区城市绿色转型的非线性特征

已有研究表明，数字经济可以显著提高中国制造业的绿色全要素生产率水平（[Meng和Zhao, 2022](#)）。但是Pan等（2022）的研究发现，数字经济与省域全要素生产率间的关系呈现非线性特征。数字经济的发展不仅受到网络基础设施建设的影响（[种照辉等, 2022](#)），还受到“梅特卡夫”法则的制约（[赵涛等, 2020](#)）。因此，数字经济与示范区政策融合发展对资源型城市绿色转型的影响会呈现异质性特征和非线性溢出效应。一方面，中国区域间资源禀赋和经济发展水平的差异会导致“数字鸿沟”的产生，这加剧了区域间经济发展的不平衡性。“数字鸿沟”的存在使得“数产融合”发展对资源型城市绿色转型的影响呈现“边际效应”递增的非线性特征，并且会加剧人力资本的不平衡。在数字经济发展较高地区，网络基础设施完善，就业机会多，工资福利待遇好，进而会吸引大量的数字专业人才集聚，为数字经济的发展奠定人才基础。欠发达地区可能会陷入劳动力市场扭曲的恶性循环，从而使“数字鸿沟”进一步加大，这不利于区域协调发展。此外，数字经济具有“自我膨胀”的特点，一旦数字经济的发展超过临界值，就可以“自我强化”（[杨文溥, 2021](#)），并通过规模效应积极拓展企业的发展空间，进而逐步拉大与欠发达地区的发展差距。因此，数字经济促进示范区城市绿色转型具有非线性特征，随着数字经济发展水平的提升，“数产融合”发展对资源型城市的推动作用不断加强。另一方面，数字经济促进示范区城市绿色转型的影响效应会随着城市资源禀赋的差异呈现异质性。资源型城市工业基础较好，产业集聚水平高，这为数字经济的发展创造了条件。但是创新不足是资源型地区产业结构的问

题,而数字经济将以其强大的经济活力和产业韧性为资源型城市转型发展带来新的机遇。同时,数字经济能够与传统产业进行深度融合,打造新的经济增长点。协同推进“数产融合”发展可以有效缓解信息不对称导致的“市场割裂”难题,降低区域间的交流成本,有助于资源型城市延长产业链,推动新兴产业的发展,进而增强其内生发展潜力。总体来看,数字经济与示范区政策融合发展是资源型城市解决“资源诅咒”问题的关键,其能够有效带动资源型城市绿色转型发展。因此,本文提出以下假说:

假说 3:“数产融合”促进示范区城市绿色转型的影响具有“边际效应”递增的非线性特征,而协同推进数字经济与示范区政策的深度融合是资源型城市解决“资源诅咒”问题的关键。

三、研究设计

(一)模型设定

依据前文的理论分析,本文采用三重差分模型,探讨不同的数字经济发展水平下,示范区政策推动资源型城市绿色转型的异质性效应,即数字经济与示范区政策的融合发展能否在推动资源型城市绿色转型中发挥事半功倍的政策效果,以此来验证假说 1。一方面,以示范区设立作为准自然实验,将实施示范区政策的城市设为实验组,非示范区城市设为处理组,从而来考察两组城市在受到区位导向性政策冲击以后绿色全要素生产率变化的差异;另一方面,通过比较数字经济发展水平与其年度均值的大小将城市分为两组,分别为数字经济发展较高地区和数字经济发展较低地区,并将该变量与政策虚拟变量相乘来构建三重差分项。具体模型设定如下:

$$gtfp_{ct} = \alpha_0 + \alpha_1 DDD_{ct} + \alpha_2 did_{ct} + \alpha_3 digital_{ct} + \alpha_4 treat_c \times digital_{ct} + \alpha_5 post_{ct} \times digital_{ct} + \lambda control_{ct} + v_c + \mu_t + \varepsilon_{ct} \quad (1)$$

其中, $gtfp_{ct}$ 表示城市 c 第 t 年的绿色全要素生产率水平,采用 SBM-GML 指数测算; DDD_{ct} ($DDD_{ct} = did_{ct} \times digital_{ct}$) 表示三重差分虚拟变量; did_{ct} ($did_{ct} = treat_c \times post_{ct}$) 表示政策虚拟变量; $digital_{ct}$ 表示城市数字经济发展状况; $control_{ct}$ 是其他影响城市绿色全要素生产率水平的控制变量; v_c 和 μ_t 分别表示城市和年份固定效应, ε_{ct} 为随机误差项;为了消除回归中可能存在的异方差和自相关问题,本文将标准误均在城市层面进行聚类分析。

式(1)主要探讨数字经济促进示范区城市绿色转型的平均处理效应,该研究假设不存在空间溢出效应,但假说 2 的理论分析表明,数字经济具有较强的社会互动性,其能够通过示范效应引导周边城市绿色转型。另外,城市是各种生产要素空间集聚的产物,也是经济活动联系最紧密的单元,具有空间依赖特征。因此,城市之间的绿色全要素生产率也可能存在空间相关性。本文构建空间双重差分模型,对绿色全要素生产率可能存在的空间关联性进行检验。具体模型如下:

$$gtfp_{ct} = \beta_0 + \rho \sum_{j=1, j \neq c}^N w_{cj} gtfp_{jt} + \beta_1 DDD_{ct} + \beta_2 did_{ct} + \beta_3 digital_{ct} + \beta_4 treat_c \times digital_{ct} + \beta_5 post_{ct} \times digital_{ct} + \lambda control_{ct} + v_c + \mu_t + \varepsilon_{ct} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{ct} = \varphi \sum_{j=1, j \neq c}^N w_{cj} \varepsilon_{jt} + u_{ct} \quad (3)$$

其中, w 为空间权重矩阵,具体为地理距离矩阵和经济距离矩阵,^① ρ 和 φ 分别表示空间自回归系数和空间自相关系数。

① 地理距离矩阵为距离倒数的平方,经济距离矩阵是以年末单位从业人员数作为经济变量。

对于数字经济促进示范区城市绿色转型的实证检验除了直接影响以外，还应考虑数字经济与示范区政策协同推进资源型城市绿色转型的动态转换过程，并且数字经济具有较强的社会互动性，它不仅受到网络边际效应的影响，还受到“梅特卡夫”法则的制约。因此，需要进一步探讨“数产融合”发展推动示范区城市绿色转型的非线性特征。本文参考 Hansen(1999)的研究，通过构建门限面板模型来探讨数字经济促进示范区城市绿色转型的门限效应，具体模型如下：

$$gtfp_{ct} = \delta_0 + \delta_1 did_{ct} \times I(dig_{ct} \leq \gamma) + \delta_2 did_{ct} \times I(dig_{ct} > \gamma) + \delta_3 dig_{ct} + \lambda control_{ct} + \nu_c + \mu_t + \varepsilon_{ct} \quad (4)$$

其中， $I(\cdot)$ 为示性函数，当括号内条件成立时取1，否则为0；选择数字经济发展水平(dig_{ct})作为门限变量， γ 为待估的门限值。

当被解释变量的分布比较复杂时，平均处理效应很难揭示出其分布的整体变化，而分位数处理效应可以揭示这些信息。分位数倍差法(Villa, 2016)能够更加准确地评估各变量随被解释变量变化而变化的作用效果，从而更加全面和细致地分析数字经济促进示范区城市绿色转型的影响效应。因此，本文构建分位数倍差模型来探讨数字经济促进示范区城市绿色转型的分层效应。具体模型设定如下：

$$\tau(gtftp_{ct})_{\theta} = \phi_{0\theta} + \phi_{1\theta} DDD_{ct} + \phi_{2\theta} did_{ct} + \phi_{3\theta} digital_{ct} + \phi_{4\theta} treat_c \times digital_{ct} + \phi_{5\theta} post_{ct} \times digital_{ct} + \lambda_{\theta} control_{ct} + \nu_c + \mu_t + \varepsilon_{ct} \quad (5)$$

其中， $\tau(gtftp_{ct})_{\theta}$ 为城市 c 在 t 年分位点 θ 的绿色全要素生产率水平； θ 分别为 15%、30%、45%、60%、75% 和 90%，表示不同的分位点；各参数的系数估计值随着分位点的变化而呈现差异性。

(二) 变量定义

1. 被解释变量^①

本文选择绿色全要素生产率作为被解释变量城市绿色转型的测度指标。选择此指标的原因在于：第一，绿色全要素生产率与以节约资源为核心的绿色发展观相契合，其能够同时呈现区域的经济增长、能源消耗和环境污染等特征(Li 等, 2022)。第二，绿色全要素生产率采用非径向的 SBM-GML 指数法进行测算，该测算方法可以考察存在环境污染和能源消耗时城市绿色全要素生产率的增长差异，其能够更好地体现绿色可持续发展理念。第三，随着资源环境逐渐成为制约经济增长的重要因素，积极推动经济发展与环境保护的“双赢”是资源型城市转型发展的关键(Tiwari 等, 2022)，而绿色全要素生产率能够兼顾经济增长和环境保护，可以更准确地反映一个地区的经济发展质量及其可持续性。因此，本文将绿色全要素生产率作为经济绿色转型发展的测度指标(余泳泽等, 2019)。在计算城市绿色全要素生产率时，投入变量为年末就业人数、资本存量、能源消费总量和城市化水平。^②期望产出为实际 GDP(以 2007 年为基期)，非期望产出为工业废水、废气和烟尘排放量三个变量。本文还采用基于方向距离函数的 SBM-DDF 模型对城市绿色全要素生产率进行测算，并进行了稳健性检验。

2. 解释变量

本文的核心解释变量为三重差分虚拟变量 DDD_{ct} ($DDD_{ct} = did_{ct} \times dig_{ct}$)。一方面，在数字经济维度，根据赵涛等(2020)的研究，本文采用主成分分析法测算城市数字经济综合发展指数(dig)。^③根据数字经济发展水平及其年度均值的大小将城市分为两组，当城市数字经济发展水

① 限于篇幅，绿色全要素生产率测算结果合理性分析省略，留存备索。

② 参考张军(2004)的研究，资本存量的折旧率为 9.6%，并以 2007 年为基期。城市化水平用建成区面积来表示。

③ 测算数字经济综合发展指数涉及的指标分别为互联网普及率、互联网相关从业人数、互联网相关产出、移动互联网用户数据和数字普惠金融发展指数。

平大于年度均值时,则 $digital_{ct}$ 为 1, 否则为 0。另一方面,在区位导向性政策维度,示范区政策采用虚拟变量 did_{ct} ($did_{ct} = treat_c \times post_{ct}$) 来表示。其中,在样本期内,如果城市 c 被设为示范区城市,则 $treat_c$ 为 1, 否则为 0; $post_{ct}$ 为示范区政策实施时间虚拟变量,假设示范区设立时间为 T , 若 $t \geq T$, 则 $post_{ct}$ 为 1, 否则为 0。本文中政策发生时间为 2017 年和 2019 年。^①以上两者的交乘项 DDD_{ct} ($DDD_{ct} = did_{ct} \times digital_{ct}$) 为本文的核心解释变量。

3. 控制变量

为了保证示范区城市与非示范区城市绿色全要素生产率的可比性,参考 Gao 等(2022)、刘维林和程倩(2023)、Lyu 等(2023)的研究,本文控制了一系列城市层面的因素,具体如下:经济发展水平($lnpgdp$)采用人均实际 GDP 的对数值来度量;人口密度(pop)用总人口除以行政区划面积来衡量;城市污染物排放水平($lnso_2$)采用二氧化硫排放量的对数值来衡量;产业结构($ratio2$ 、 $ratio3$)分别用第二产业增加值占 GDP 比重和第三产业增加值占 GDP 比重来衡量;工业发展水平($lndgdp$)用工业总产值与 GDP 的比值来表示;政府支持度(gov)通过政府支出来衡量;储蓄率(sav)使用 GDP 加权的储蓄来衡量;金融发展水平($loan$)用贷款总额与 GDP 的比重来表示;工资水平($lnwage$)用在岗职工工资总额的对数值来衡量。

(三) 样本选择与数据来源

考虑到行政区划调整和数据完整性,本文以 2007—2021 年中国 284 个地级及以上城市为研究对象,数据主要来自北京大学企业大数据研究中心、各省政府工作报告、地级市统计年报、《中国城市统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。此外,本文对样本做了如下处理:第一,为了保证数据的完整性,对于数据缺失较少的地级市,通过线性插值的方式补齐数据,并删除了数据缺失较多的地级市样本;第二,涉及价格因素的指标,均以 2007 年为基期,采用 GDP 平减指数进行处理,并对绝对值变量取对数,以消除异方差对估计结果的干扰。本文主要变量的描述性统计见表 1。

表 1 主要变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	中值	最大值
$gtfp$	4260	1.0029	0.0517	0.3734	0.9989	1.7154
did	4260	0.0291	0.1681	0	0	1
dig	4260	0.0750	0.0835	0.0001	0.0621	0.8647
pop	4260	0.0435	0.0345	0.0005	0.0358	0.3160
$lnso_2$	4260	9.9690	1.3190	0.6931	10.1131	13.4341
$lndgdp$	4260	1.4198	0.7274	0.0007	1.3520	17.6470
$lnpgdp$	4260	10.5479	0.6885	4.5951	10.5641	13.0557
$ratio2$	4260	46.5842	11.2095	10.6800	46.9700	90.9700
$ratio3$	4260	40.6594	10.1487	8.5800	39.8100	83.8700
gov	4260	0.1894	0.1031	0.0426	0.1630	1.4852
sav	4260	0.7814	0.3186	0.0826	0.7172	2.9069
$loan$	4260	0.9628	0.6089	0.0753	0.7895	9.6221
$lnwage$	4260	10.7345	0.4937	8.5088	10.7818	12.2136

^① 在样本期内,没有发生示范区城市退出的情形。因此,在本文的研究中,不存在处理组样本变为控制组样本的问题,同时处理组样本的受处理强度没有发生变化。

四、实证结果分析

(一) 基准估计结果

表 2 汇报了数字经济促进示范区城市绿色转型的估计结果。其中,列(1)和列(2)展示了示范区政策实施对城市绿色全要素生产率的影响效应,列(3)至列(5)报告了“数产融合”发展推动资源型城市绿色转型的作用效果。列(1)和列(3)仅控制了城市和年份固定效应,列(2)和列(4)报告了加入城市层面控制变量的完整结果。为了检验是否存在遗漏变量导致的内生性问题,列(5)在列(4)的基础上进一步控制了省份和年份固定效应。研究发现,示范区政策对绿色全要素生产率的系数估计值在 1% 的显著性水平下显著为正,说明示范区政策的实施对城市绿色全要素生产率具有显著的促进作用。同时,由表 2 列(3)至列(5)的估计结果可知,三重差分虚拟变量的系数估计值在 1% 的显著性水平下显著为正,说明协同推进“数产融合”发展对资源型城市的绿色转型发展具有积极作用。在样本期内,与非示范区城市相比,示范区政策的实施使得处理组城市的绿色全要素生产率水平提升了 3.53%,而在数字经济发展水平较高地区,示范区城市的绿色全要素生产率提升了 8.58%。从经济学角度来看,“数产融合”发展使示范区城市的绿色全要素生产率相对于样本均值提升了 8.56%(0.0858/1.0029×100%)。上述结果表明,数字经济的发展有助于提升资源利用效率,从而促进传统产业转型升级,激发示范区城市绿色发展的内生动力,假说 1 的部分内容得到验证。

表 2 基准估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>gfp</i>	<i>gfp</i>	<i>gfp</i>	<i>gfp</i>	<i>gfp</i>
<i>did</i>	0.0409*** (0.0110)	0.0391*** (0.0111)	0.0371*** (0.0100)	0.0353*** (0.0105)	0.0338*** (0.0065)
<i>DDD</i>			0.0896*** (0.0197)	0.0858*** (0.0259)	0.0811*** (0.0129)
控制变量		控制		控制	控制
固定效应	城市、年份	城市、年份	城市、年份	城市、年份	城市、年份和省份
R^2	0.2227	0.2470	0.2250	0.2489	0.3658
<i>N</i>	4260	4260	4260	4260	4185

注:括号内为聚类到城市层面的稳健标准误; *、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平;回归中省略了示范区政策虚拟变量(*treat*)分别与年份虚拟变量(*post*)和数字经济虚拟变量(*digital*)的交乘项、控制变量以及常数项的估计结果。下表同。

(二) 识别假定检验^①

为了验证前文基准估计结果,本文进行了平行趋势检验。此外,本文还通过构建工具变量和 PSM-DID 的方式,来检验互为因果和自选择导致的内生性问题对估计结果的影响。同时,为了排除遗漏变量对估计结果的影响,本文采用随机抽取处理组的方式进行安慰剂检验。根据回归结果,本文的估计结果是可信的。

(三) 稳健性检验^②

为了进一步确保实证结果的稳健性,本文还进行了以下检验:改变被解释变量测度方式、排除“宽带中国”政策和国家级经济技术开发区的影响、仅保留包含处理组城市的省份样本、仅保留资源型城市 and 老工业城市样本、标准误在省级层面进行聚类、缩短样本期、考虑预期效应以及删除直辖市样本等稳健性检验。根据回归结果,本文的基准结论是稳健的。

① 限于篇幅,内生性检验和安慰剂检验结果省略,留存备案。

② 限于篇幅,稳健性检验结果省略,留存备案。

五、进一步讨论

(一)数字经济促进示范区城市绿色转型的空间溢出效应分析

本文在基准回归中探讨了数字经济促进示范区城市绿色转型的直接影响效应。然而,由于地理位置空间相邻和行业间的上下游联系等,城市间的绿色全要素生产率水平具有紧密的空间相关性,其发展不仅取决于自身经济、政策等因素的直接影响,还受到周围城市产业结构的影响。空间溢出效应是研究城市绿色全要素生产率发展时不可忽略的重要影响因素。另外,数字经济的正外部性也可能在一定范围内产生辐射效应。因此,本文采用空间差分模型。在考虑了绿色全要素生产率空间依赖特征的基础上,基于式(2)对数字经济促进示范区城市绿色转型的空间溢出效应进行检验。具体的估计结果如表3所示。

表3报告了两种不同空间权重矩阵下,“数产融合”发展对示范区城市绿色转型空间溢出效应的估计结果。第一,无论选择地

理矩阵还是选择空间距离矩阵,在考虑城市绿色全要素生产率空间依赖性的基础上,数字经济促进示范区城市绿色转型的推动作用依然显著为正。与表2的基准结果相比,三重差分虚拟变量的系数估计值有所增加。这说明在不考虑绿色全要素生产率空间关联的情形下,“数产融合”发展对示范区城市绿色转型的促进作用被低估,但是两者之间存在正向推动作用。第二,绿色全要素生产率的空间自回归系数和残差的空间自相关系数均在1%的显著性水平下显著,表明各城市绿色全要素生产率在内生空间交互效应和随机冲击的空间交互效应作用下存在显著的空间依赖特征。进一步分析发现,城市绿色全要素生产率的空间滞后系数为正,表明本地绿色全要素生产率的提升会带动相邻地区以及经济关联较强地区的绿色转型发展。第三,为了分析“数产融合”发展推动示范区城市绿色转型的边际影响,本文估算了数字经济促进示范区城市绿色转型的直接效应、间接效应和总效应。研究发现,三重差分虚拟变量直接效应和间接效应的系数估计值均显著为正,并且在经济距离权重矩阵下的影响更大。该结论表明,“数产融合”发展能够有效提升周边城市以及经济关联较强地区的绿色全要素生产率水平,即数字经济与示范区政策的深度融合发展能够有效扩大产业集聚的物理空间和网络空间,推动区域间的产业互动和远程合作,这不仅带动了示范区城市绿色转型,还会对邻近城市以及产业关联较强地区的绿色发展产生空间溢出效应,假说2得到验证。

(二)数字经济促进示范区城市绿色转型的机制分析

1. 绿色全要素生产率的分解

本文研究表明,协同推进“数产融合”发展对资源型城市 and 老工业城市的绿色转型具有积极促进作用,并且能够带动邻近城市以及产业关联较强地区绿色转型发展。但是绿色全要素生产率的提升主要体现的是一个结果,而数字经济促进示范区城市绿色调整是一个动态调整的过

表3 溢出效应

		地理距离矩阵	经济距离矩阵
		(1)	(2)
		<i>gftp</i>	<i>gftp</i>
<i>DDD</i>		0.0766*** (0.0276)	0.0864*** (0.0274)
	ρ	0.2482*** (0.0874)	0.3006*** (0.0644)
	φ	-0.3255*** (0.1082)	-0.3341*** (0.0718)
直接效应	<i>DDD</i>	0.0775*** (0.0280)	0.0880*** (0.0279)
间接效应	<i>DDD</i>	0.0264* (0.0147)	0.0378** (0.0166)
总效应	<i>DDD</i>	0.1039*** (0.0387)	0.1257*** (0.0419)
<i>R</i> ²		0.0343	0.0345
<i>N</i>		3692	3692

注:所有控制变量、固定效应均与表2相同,限于篇幅,省略这些内容,下表同。

程。那么,数字经济如何促进示范区城市绿色转型?为了回答此问题,本文参考Lyu等(2023)的研究,将绿色全要素生产率分解为绿色技术效率和绿色技术进步,然后将其作为被解释变量,基于式(1)对数字经济促进示范区城市绿色转型的具体影响原因进行检验,估计结果如表4列(1)和列(2)所示。研究发现,政策虚拟变量的系数估计值均显著为正,说明示范区政策的实施对绿色技术效率和绿色技术进步具有显著的双重促进作用。但是三重差分虚拟变量的系数估计值呈现差异性,该变量与绿色技术效率显著正相关,与绿色技术进步显著负相关。上述结果表明,“数产融合”发展对绿色技术效率和绿色技术进步的影响呈现“背离”趋势,其能够显著促进绿色技术效率提升,却抑制了绿色技术进步。数字经济促进示范区城市绿色转型的促进作用主要来自于绿色技术效率的提升,而绿色技术进步成为示范区城市绿色转型的制约因素。原因可能是:数字经济的发展有助于打破区域边界壁垒和破除市场分割,加强区域间的交流合作,从而充分发挥区域比较优势,推动绿色技术效率提升;同时,示范区政策的实施和数字经济发展激发了资源型城市创新转型的内生动力,但是技术进步是一个缓慢积累的过程,需要政府的扶持和大量的资金投入,再加上资源型城市产业结构单一,人口流失可能比较严重,这制约了数字经济促进示范区城市绿色技术进步的作用效果。

表4 机制分析

	绿色全要素生产率分解		要素市场扭曲		绿色技术创新	产业结构	
	(1) 绿色技术效率	(2) 绿色技术进步	(3) 资本扭曲	(4) 劳动扭曲	(5) 绿色专利	(6) 衡量方式1	(7) 衡量方式2
<i>DDD</i>	0.1173* (0.0632)	-0.0512** (0.0259)	-0.1884** (0.0753)	0.0110 (0.0115)	-0.3978*** (0.1334)	0.0268*** (0.0095)	0.5675* (0.3148)
<i>R</i> ²	0.1320	0.1817	0.8590	0.9722	0.9374	0.9933	0.9221
<i>N</i>	4260	4260	3556	3556	3692	3666	4234

注:列(6)产业结构借鉴袁航和朱承亮(2018)的研究,采用产业之间的比例关系与各产业劳动生产率的乘积加权值来衡量;列(7)借鉴Lyu等(2023)的研究,采用第三产业与第二产业产值增加值的比值来衡量。

2. 数字经济促进示范区城市绿色转型的传导机制

通过对绿色全要素生产率的分解,本文研究发现,数字经济促进示范区城市绿色转型主要通过提升绿色技术效率驱动。在前文理论分析的基础上,本文参考袁航和朱承亮(2018)、Gao等(2022)、Lyu等(2023)的研究,从要素市场扭曲、绿色技术创新和产业结构升级三个方面,对数字经济促进示范区城市绿色转型的具体传导机制进行分析。

(1)要素市场扭曲。已有研究表明,数字经济的网络效应能够有效缓解信息不对称造成的效率损失,并通过规模效应降低企业间搜索、匹配和交易的成本(Goldfarb和Tucker, 2019)来提高要素配置效率,进而推动城市绿色全要素生产率的提升。但是区域间数字经济发展水平的差异以及示范区政策的实施可能会造成中心城市对外围城市的“虹吸效应”,进而导致要素市场扭曲,这不利于城市绿色全要素生产率水平的提升。因此,本文参考白俊红等(2022)的研究,用一个地区扭曲状态下资本和劳动投入比例与有效状态下资本和劳动投入比例的比值来衡量要素市场扭曲水平。然后以要素市场扭曲指数作为被解释变量,基于式(1)来探讨数字经济与示范区政策的融合发展能否通过缓解资本和劳动市场要素扭曲的方式来提升资源型城市的绿色全要素生产率水平。估计结果如表4列(3)和列(4)所示。列(3)结果显示,“数产融合”发展对资本错配指数的系数估计值显著为负,这表明协同推进数字经济与示范区政策的融合发展,能够在一定程度上降低资本错配程度,提升资本要素的配置效率。根据以上分析可知,数字经济与示范区政策的融合发展有效提高了资本要素信息的对称性和完全性(Fernández-Portillo等,

2020; 白俊红等, 2022), 拓宽了要素市场主体的参与范围, 有助于资本要素自由流动, 进而提高资本要素配置效率。此外, 由表 4 列(4)可知, 三重差分虚拟变量的系数估计值为正, 但不具有显著性。这表明数字经济与示范区政策的融合发展在一定程度上加剧了资源型城市的劳动要素扭曲程度。资源型城市产业结构单一, 并且以劳动密集型产业为主, 劳动力的知识和技能水平较低。随着数字经济的发展, 需要越来越多的高素质和高技能人才, 这就导致了严重的劳动力供需不匹配问题, 进而加剧了劳动力市场的扭曲。因此, 示范区城市在把握政策机遇、推动数字经济发展和改善资本错配的同时, 应实施开放的人才引进政策, 加快数字人才队伍建设, 进而有效缓解劳动力市场扭曲问题, 推动资源型城市绿色转型发展。

(2)绿色技术创新。劳动力市场扭曲问题的存在将严重制约区域绿色创新水平的提升, 而且绿色创新具有高投入和高风险的特性, 这都会降低企业进行绿色创新的积极性。但是推动绿色技术创新是实现技术进步的根源, 绿色技术创新作为经济发展和城市转型的内生动力对促进城市实现绿色转型发展具有积极作用。那么, 协同推进“数产融合”发展能否推动示范区城市绿色发展, 进而对资源型城市的绿色生产效率产生积极影响? 为了回答此问题, 本文参考 Gao 等(2022)的研究, 采用地级市绿色专利申请数来测量城市绿色创新水平。然后以绿色创新水平作为被解释变量, 基于式(1)来探讨“数产融合”发展能否通过促进城市绿色创新的方式来提升绿色全要素生产率水平。估计结果如表 4 列(5)所示, 三重差分虚拟变量的系数估计值显著为负, 这说明数字经济与示范区政策的融合发展未能提升资源型城市的绿色创新水平。示范区政策的实施和数字经济的发展为资源型城市转变发展方式、开辟新的发展路径创造了条件。但是示范区城市产业结构比较单一, 劳动力市场供需不匹配, 资源型城市的资源也逐渐减少, 这都会严重制约“数产融合”发展政策的效果, 进而对城市创新转型产生不利影响。因此, 资源型城市应把握示范区政策实施的机遇, 大力发展数字经济, 积极引进高素质人才, 为推动示范区城市绿色创新转型和提升绿色全要素生产率提供有力支撑。

(3)产业结构调整。资源型城市产业结构单一和替代产业发展乏力成为制约其转型发展的最大问题。数字经济的发展能够带动产业结构从能源和劳动密集型向数字和技术密集型转变(Lyu 等, 2023), 而传统产业的数字化转型能够产生共享经济等新的商业模式(Wen 等, 2021), 促进产业结构优化升级, 而产业结构的调整能够提高资源配置效率, 降低能耗和污染排放, 进而实现绿色转型发展。因此, 本文参考袁航和朱承亮(2018)、Lyu 等(2023)的研究, 构造产业结构指数作为被解释变量, 基于式(1)来探讨数字经济与示范区城市的融合发展能否通过促进产业结构转型升级的方式来实现资源型城市绿色转型发展。估计结果如表 4 列(6)和列(7)所示, 数字经济与示范区城市的深度融合对产业结构的系数估计值均显著为正, 这表明数字经济通过促进示范区城市产业转型升级的方式来提升其绿色全要素生产率水平, 实现绿色转型发展。总体来看, 数字经济与示范区城市的深度融合发展能够降低生产交易成本, 实现社会资源共享, 有效提升传统生产要素的使用效果, 促使信息化与工业化进行深度融合, 加速传统产业全面转型升级, 即示范区城市可以通过数字化促进传统产业转型升级, 从而实现绿色转型发展。

(三)数字经济促进示范区城市绿色转型的非线性效应分析

1. 门槛效应检验^①

在前文的分析中, 主要探讨了“数产融合”发展推动示范区城市绿色转型的直接效应和空间溢出效应, 并对其影响机制进行了检验。但是数字经济的社会互动性、区域间资源禀赋以及经济发展水平的差异导致了“数字鸿沟”, 使得“数产融合”发展对资源型城市绿色转型的影响

^① 限于篇幅, 门槛效应的估计结果省略, 留存备案。

呈现非线性特征。因此,根据前文的理论分析,本文基于式(3),采用面板门限模型对数字经济促进示范区城市绿色转型的非线性特征进行检验。首先,在估计面板门限模型之前,采用 Hansen (1999)的方法对两者间是否存在门限效应进行检验;其次,通过“自助法”抽样 500 次后,确定门限值个数和门限值,从而避免模型设定偏误;最后,根据门限值个数设定相应的面板门限模型。研究发现,该门限模型为单门限模型。回归结果表明,无论在数字经济发展较低地区,还是在数字经济发展较高地区,示范区政策对城市绿色全要素生产率均具有显著的促进作用。而数字经济对示范区城市绿色转型的推动作用具有显著的非线性特征。当数字经济发展水平小于临界值时,其对示范区城市绿色转型的推动作用较小;随着数字经济发展水平的不断提升,其对示范区城市的影响逐渐增加;当数字经济发展水平大于临界值时,数字经济的规模效应和外溢效应的影响较大,此时与非示范区城市相比,“数产融合”发展对资源型城市绿色转型的促进作用远大于数字经济小于临界值的估计结果。总体来看,当数字经济发展水平达到一定阈值时,其连通性和共享性的特征逐渐显现,它能够影响生产、分配、交换和消费的各个环节,突破时空距离的限制,有助于提高生产效率,达到节能减排的效果,进而带动资源型城市的绿色转型,假说 3 的部分内容得到验证。

2. 分层效应检验^①

面板门限模型的研究表明,协同推进“数产融合”发展对示范区城市绿色转型的推动作用存在非线性特征。数字经济发展水平的不断提高能使数字技术得到广泛应用,这有助于加速要素流动,打破区域边界壁垒和破除市场分割,进而提高示范区城市的绿色全要素生产率。那么,数字经济促进示范区城市绿色转型的作用效果是否会因为城市间绿色全要素生产率的差异而呈现异质性效应?中国不同区域的经济基础和资源禀赋等的显著差异会导致不同城市间的绿色全要素生产率水平呈现很大的异质性。因此,本文基于式(4),采用分位数倍差法来检验不同绿色全要素生产率水平下数字经济促进示范区城市绿色转型的分层效应。研究发现,在不同的分位数水平上,数字经济对示范区城市绿色发展的影响具有异质性。随着绿色全要素生产率发展水平不断提高,协同推进“数产融合”发展对示范区城市绿色转型的推动作用呈上升趋势。这表明数字经济促进示范区城市绿色转型的作用效果是一个动态调整的过程,在绿色全要素生产率发展水平较高的地区,“数产融合”发展驱动资源型城市绿色转型的政策效果更显著。可能的原因是:绿色全要素生产率水平的提升能够促进技术进步和知识溢出,实现人口集聚和产业结构转型升级,从而激发示范区城市数字化发展的动力,有利于数字经济与示范区政策的融合发展。

(四)数字经济促进示范区城市绿色转型的异质性分析^②

资源禀赋和经济发展水平的差异会导致数字经济在区域间呈现不平衡、不协调的特征。数字经济促进示范区城市绿色转型的影响效应可能在区域和城市层级上产生异质性效应。为探索“数字鸿沟”的来源和解决“资源诅咒”问题,本文基于城市等级和自然资源禀赋的差异,考察数字经济促进示范区城市绿色转型的影响,从而进一步挖掘“数产融合”发展的价值。

本文研究发现,^③协同推进“数产融合”发展对中心城市和外围城市的绿色全要素生产率均具有显著的促进作用。但是中心城市三重差分虚拟变量的系数估计值要显著大于外围城市。中心城市人口密集,经济基础较好,其数字经济发展较早,数字化水平较高,这使得“数产融合”的

① 限于篇幅,分层效应估计结果趋势图省略,留存备索。

② 限于篇幅,异质性分析的估计结果省略,留存备索。

③ 本文将直辖市、省会城市和副省级城市归为中心城市,其他城市为外围城市,然后进行分组回归。

“红利”得到充分释放。而外围城市可能受到“虹吸效应”的影响，再加上数字经济发展水平较低，这都制约了“数产融合”的作用。此外，本文还进一步探讨了“数产融合”发展能否解决“资源诅咒”问题。结果表明，三重差分虚拟变量的系数估计值在资源型城市中显著为正，在非资源型城市中不显著。^①由此可知，资源型城市可以从“数产融合”发展中获得更多的绿色转型收益，假说 3 得到验证。

六、主要结论与政策建议

本文以数字经济与示范区政策深度融合为研究视角，基于 2007—2021 年中国城市层面的面板数据，采用三重差分模型来探讨数字经济促进示范区城市绿色转型的作用效果和传导机制，并讨论了“数产融合”发展的空间溢出效应和非线性特征。研究发现，数字经济与示范区政策的深度融合发展能够有效提升资源型城市的绿色全要素生产率水平，并且政策效果具有持续性。数字经济促进示范区城市绿色转型具有显著的空间溢出效应，数字经济与示范区政策的深度融合发展打破了行政区域限制，这不仅带动了示范区城市绿色转型，还会对邻近城市以及产业关联较强地区的绿色发展产生空间溢出效应。机制分析表明，数字经济促进示范区城市绿色转型的途径主要来自绿色技术效率的提升，而绿色技术进步成为示范区城市绿色转型的制约因素。同时，数字经济与示范区政策的融合发展可以通过缓解资本错配程度和促进传统产业转型升级的方式来提升资源型城市的绿色全要素生产率水平；劳动力供需不匹配会导致劳动力市场扭曲，这阻碍了资源型城市的绿色创新发展，也是示范区城市技术进步水平较低的原因。进一步分析表明，数字经济促进示范区城市绿色转型具有显著的门槛效应和分层效应。异质性分析发现，促进数字经济与示范区政策的深度融合是资源型城市打破“资源诅咒”问题的关键，但是数字经济发展水平的不平衡导致了中心城市与周边城市之间的“数字鸿沟”。上述结论对协同推进数字经济与示范区政策深度融合，实现经济绿色转型发展具有重要的借鉴意义。

基于以上结论，本文的政策建议如下：第一，资源型城市应协同推进数字经济与示范区政策深度融合发展，加快构建产业化发展模式，通过数字化转型全面推动传统产业升级，实现区域经济高质量发展。一方面，资源型城市应把握好示范区政策实施的机会，加大对 5G 网络等数字基础设施的投资，进一步巩固数字经济促进示范区城市绿色转型的作用效果；另一方面，各级政府间应加大新型数字基础设施建设的协调力度，充分发挥“数产融合”发展的空间溢出效应，从而实现区域经济一体化发展。第二，数字经济发展需要动态化、差异化的发展战略。数字经济促进示范区城市绿色转型具有非线性特征。因此，资源型城市政府应加大对数字经济落后城市的优惠政策力度，促进数字资源从数字经济水平较高的城市向周边城市扩散，通过发展数字经济来缩小区域经济差距，从而促进区域经济协调发展。第三，资源型城市应实施开放的人才引进政策，加快数字基础研发能力和数字人才队伍建设。各级政府应通过加强全民职业培训，加大职业学校数字化人才培养力度，从而完善数字化人才队伍建设。

主要参考文献：

- [1]白俊红, 王星媛, 卞元超. 互联网发展对要素配置扭曲的影响[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, (11): 71-90.
- [2]韩超, 李鑫平. 在自动化中推动企业绿色转型: 技术进步与产品重构效应[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, (4): 72-93.
- [3]刘维林, 程倩. 数字产业渗透、全球生产网络与非对称技术溢出[J]. 中国工业经济, 2023, (3): 96-114.

^① 本文根据国务院公布的资源型城市名单，将样本分为资源型城市和非资源型城市，并进行分组回归。

- [4] 伦晓波, 刘颜. 数字政府、数字经济与绿色技术创新[J]. 山西财经大学学报, 2022, (4): 1-13.
- [5] 毛丰付, 邵芳琴, 邵慰. 数字产业化对绿色全要素生产率的影响研究[J]. 工业技术经济, 2023, (6): 19-25.
- [6] 沈坤荣, 林剑威, 傅元海. 网络基础设施建设、信息可得性与企业创新边界[J]. 中国工业经济, 2023, (1): 57-75.
- [7] 杨文溥. 数字经济与区域经济增长: 后发优势还是后发劣势?[J]. 上海财经大学学报, 2021, (3): 19-31.
- [8] 余泳泽, 刘大勇, 龚宇. 过犹不及事缓则圆: 地方经济增长目标约束与全要素生产率[J]. 管理世界, 2019, (7): 26-42.
- [9] 袁航, 朱承亮. 国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗[J]. 中国工业经济, 2018, (8): 60-77.
- [10] 张杰, 付奎. 信息网络基础设施建设能驱动城市创新水平提升吗?——基于“宽带中国”战略试点的准自然试验[J]. 产业经济研究, 2021, (5): 1-14.
- [11] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究, 2004, (10): 35-44.
- [12] 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, (10): 65-75.
- [13] 种照辉, 高志红, 覃成林. 网络基础设施建设与城市间合作创新——“宽带中国”试点及其推广的证据[J]. 财经研究, 2022, (3): 79-93.
- [14] 朱喜安, 马樱格. 数字经济对绿色全要素生产率变动的的影响研究[J]. 经济问题, 2022, (11): 1-11.
- [15] Dou Q Q, Gao X W. The double-edged role of the digital economy in firm green innovation: Micro-evidence from Chinese manufacturing industry[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(45): 67856-67874.
- [16] Fernández-Portillo A, Almodóvar-González M, Hernández-Mogollón R. Impact of ICT development on economic growth. A study of OECD European union countries[J]. *Technology in Society*, 2020, 63: 101420.
- [17] Gao D, Li Y, Li G. Boosting the green total factor energy efficiency in urban China: Does low-carbon city policy matter?[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(37): 56341-56356.
- [18] Goldfarb A, Tucker C. Digital economics[J]. *Journal of Economic Literature*, 2019, 57(1): 3-43.
- [19] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. *Journal of Econometrics*, 1999, 93(2): 345-368.
- [20] Li J L, Chen L T, Chen Y, et al. Digital economy, technological innovation, and green economic efficiency-empirical evidence from 277 cities in China[J]. *Managerial and Decision Economics*, 2022, 43(3): 616-629.
- [21] Lyu Y W, Wang W Q, Wu Y, et al. How does digital economy affect green total factor productivity? Evidence from China[J]. *Science of the Total Environment*, 2023, 857: 159428.
- [22] Meng F S, Zhao Y. How does digital economy affect green total factor productivity at the industry level in china: From a perspective of global value chain[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(52): 79497-79515.
- [23] Pan W R, Xie T, Wang Z W, et al. Digital economy: An innovation driver for total factor productivity[J]. *Journal of Business Research*, 2022, 139: 303-311.
- [24] Tang C, Xu Y Y, Hao Y, et al. What is the role of telecommunications infrastructure construction in green technology innovation? A firm-level analysis for China[J]. *Energy Economics*, 2021, 103: 105576.
- [25] Tang J, Qin F M. Analyzing the impact of local government competition on green total factor productivity from the factor market distortion perspective: Based on the three stage DEA model[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2022, 24(12): 14298-14326.
- [26] Tiwari A K, Abakah E J A, Adewuyi A O, et al. Quantile risk spillovers between energy and agricultural commodity markets: Evidence from pre and during COVID-19 outbreak[J]. *Energy Economics*, 2022, 113: 106235.
- [27] Urbinati A, Chiaroni D, Chiesa V, et al. The role of digital technologies in open innovation processes: An exploratory multiple case study analysis[J]. *R&D Management*, 2020, 50(1): 136-160.

- [28] Villa J M. Diff: Simplifying the estimation of difference-in-differences treatment effects[J]. *Stata Journal*, 2016, 16(1): 52–71.
- [29] Wen H W, Lee C C, Song Z Y. Digitalization and environment: How does ICT affect enterprise environmental performance?[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28(39): 54826–54841.
- [30] Zhao L, Zhang L, Sun J X, et al. Can public participation constraints promote green technological innovation of Chinese enterprises? The moderating role of government environmental regulatory enforcement[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, 174: 121198.

The Green Transformation Effect of Industrial Transformation and Upgrading Demonstration Zones: From the Perspective of Digital-Production Integration

Li Hui¹, Tong Menghua², Zhang Guojian³, Zhao Jiangshan⁴

- (1. *Institute for Northeast Full Revitalization, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China;*
2. *School of Economics, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China;*
3. *Joint Research Institute, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China;*
4. *School of Economics, Liaoning University, Shenyang 110136, China*)

Summary: The implementation of industrial transformation and upgrading demonstration zones has created opportunities for resource-based cities to promote the development of the digital economy. Making full use of preferential policies for demonstration zones and jointly promoting the in-depth integration of the digital economy and demonstration zone policies is of great practical significance for promoting the green transformation of resource-based cities and achieving high-quality regional economic development.

Based on the city-level data from 2007 to 2021, this paper uses a DDD model to investigate the heterogeneity effect of urban green transformation in the digital economy empowerment demonstration zones. It is found that digital-production integration development effectively improves the green TFP level of resource-based cities. Mechanism testing shows that the promoting effect of urban green transformation mainly comes from the improvement of green technology efficiency. At the same time, digital-production integration mainly promotes the green transformation development of resource-based cities by easing capital mismatch and promoting the transformation and upgrading of traditional industries. Further research shows that urban green transformation has a significant spatial spillover effect and nonlinear characteristics.

This paper has the following marginal contributions: (1) It analyzes the effect of urban green transformation, deepens the understanding on the coordinated development of the digital economy and demonstration zone policies, and fills the gap of existing literature on the dual perspectives of digital-production integration. (2) It provides evidence that digital-production integration development affects the green transformation of resource-based cities through the two channels of factor resource mismatch and green technology innovation, and provides a useful reference for the government to formulate a reasonable development plan of digital-production integration in the new development stage. (3) It provides policy inspiration and empirical evidence for the government to optimize the development strategy of digital-production integration and promote the green transformation of resource-based cities.

Key words: digital-production integration development; green TFP; digital divide

(责任编辑 顾 坚)