

DOI: 10.13504/j.cnki.issn1008-2700.2026.03.005

# 数字基础设施对 要素市场配置的影响研究

田新豹, 王欣然

(山西大学 经济与管理学院, 山西 太原 030006)

**摘要:** 提升要素市场配置效率是推动经济高质量发展与建设全国统一大市场的关键。本文以“宽带中国”示范城市(城市群)创建为准自然实验,选取2012—2023年中国275个地级及以上城市的面板数据,运用双重机器学习方法,实证考察了数字基础设施建设对要素市场配置效率的影响及其作用机制。研究发现:数字基础设施建设能够提升要素市场配置效率,有效缓解资本、劳动及整体市场的扭曲程度;其作用主要通过增强城市创新能力、优化就业结构与促进数字金融发展三条路径实现。此外,数字基础设施建设的影响效应在非资源型城市、非老工业基地城市以及经济发达地区更为明显。本研究为理解数字技术如何优化要素市场配置、促进区域协调发展提供了经验证据与政策启示。

**关键词:** 数字基础设施; 要素市场配置效率; “宽带中国”; 双重机器学习; 要素扭曲

**中图分类号:** F492; F123.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-2700 (2026) 03-0058-13

## 一、问题提出

当前,全球经济社会正经历一场以数字化、网络化、智能化为核心特征的深刻变革。以大数据、人工智能、物联网和云计算为代表的数字技术,不仅催生出新兴的产业形态与商业模式,更重塑着全球分工体系与经济增长的内在逻辑。在此进程中,数字基础设施作为支撑数据要素流通、赋能技术融合应用、连接物理与数字空间的战略性底座,其重要性已上升至关乎国家综合竞争力的核心层面。中国正处于经济高质量发展与转型升级的关键时期,构建高速泛在、天地一体、云网融合的数字基础设施体系,不仅是把握新一轮科技革命与产业变革机遇的战略抉择,更是畅通国民经济循环、提升全要素生产率、构建新发展格局的基础支撑。在这一宏观趋势下,破除市场分割、促进商品与要素自由流动,加快建设高效规范、公平竞争、充分开放的全国统一大市场,已成为深化经济体制改革、激发内源增长动力的重要战略部署。《中共中央 国务院关于加快建设全国统一大市场的意见》明确指出,促进商品要素资源在更大范围内畅通流动,加快建设高效规范、公平竞争、充分开放的全国统一大市场。统一大市场的本质,是在市场机制作用下实现规则、标准、监管与服务的统一,最终构建起市场准入畅通、竞争有序、开放兼容、监管有力的现代市场体系。

长期以来,中国要素市场存在着较为突出的配置扭曲与区域分割现象,主要表现为:资本在所有制、行业与区域间流动不畅,面临一定的隐性壁垒;劳动力受户籍、社会保障及公共服务差异制约,

收稿日期: 2025-12-02; 修回日期: 2026-04-20

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“‘双碳’目标与数字经济双驱动下煤炭资源型区域能源转型的机制与路径研究”(23JLB00225)

作者简介: 田新豹, 山西大学经济与管理学院副教授; 王欣然, 山西大学经济与管理学院硕士研究生。

跨区域自由迁移受限,结构性失业与技能错配问题并存;技术、数据等新型要素的市场化配置机制尚不健全,价值实现渠道不够畅通<sup>[1]</sup>。这些扭曲一部分源于信息不对称与地理阻隔,另一部分则与地方保护、行政干预等制度性因素相关。其后果是生产要素难以从低效部门向高效部门顺畅转移,导致经济整体面临显著的“资源错配效率损失”<sup>[2]</sup>,进而成为制约全国统一大市场建设与经济高质量发展的深层矛盾。

在此背景下,数字基础设施的建设和完善为缓解要素市场扭曲提供了新的理论视角与实践路径。作为降低信息成本、打破地理与行政壁垒的关键载体,数字基础设施能够通过提升信息透明度、促进平台化交易与实现精准匹配,重构要素市场的运行逻辑。高速网络与数字平台使资本供求信息更为对称,助力劳动力实现跨区域、跨岗位的高效配置,并加速技术成果的转化与应用。因此,数字基础设施的普及与升级,能够通过缓解信息不对称与降低交易成本,为促进要素市场化配置、提升整体经济效率提供技术基础。基于上述战略考量,中国从国家层面系统实施了“宽带中国”战略。该战略不仅是一项信息通信领域的产业政策,更是夯实数字化发展根基、赋能经济社会全面转型的顶层设计。

自2013年起一系列政策的密集出台与滚动实施(见表1),形成了清晰的“中央部署—地方试点—全国推广”的推进路径。2014—2016年,工业和信息化部与国家发展改革委分三批累计遴选出117个“宽带中国”示范城市(城市群)。政策期内,这些试点城市(城市群)在网络覆盖、接入速率、用户普及等数字基础设施的核心维度上获得优先支持,并承诺达到全国领先水平。这种在时间上交错、在空间上非均衡实施的政策干预,为观察数字基础设施建设对地方经济产生的“处理效应”提供了良好的准自然实验场景。由此引申出本文关注的核心问题:数字基础设施建设是否能够提升要素市场配置效率并缓解要素扭曲?其内在的作用机制是什么?该效应是否因城市异质性而呈现差异?为系统回答上述问题,本文将“宽带中国”示范城市(城市群)创建视为一项外生冲击,借鉴李增福与云锋<sup>[3]</sup>的研究思路,将政策虚拟变量作为城市数字基础设施发展的代理变量,运用双重机器学习模型,实证评估其对要素市场配置效率的因果效应,并对其内在机制与异质性进行深入分析。

表1 “宽带中国”战略实施过程

出台时间	政策文件	相关政策内容
2013年	《“宽带中国”战略及实施方案》(国发〔2013〕31号)	首次在国家战略层面明确定义宽带网络为“战略性公共基础设施”,并系统部署了网络覆盖、接入速率、普及应用等基础设施发展核心指标,为衡量地区数字基建水平提供了根本政策依据与维度框架
2014年	《关于开展创建“宽带中国”示范城市(城市群)工作的通知》(工信厅联通〔2014〕5号)	正式启动试点工作,明确将宽带接入能力、固定宽带家庭普及率、宽带用户渗透率等量化指标作为示范城市的创建与评审核心标准,直接操作化了数字基础设施的衡量变量
2015年	《关于实施“宽带中国”2015专项行动的意见》	提出年度“提速降费”具体目标,如城市光纤到户覆盖能力、4G网络覆盖深度等,聚焦于基础设施“性能”指标的提升,使数字基建变量从“有无”向“质量”深化
2018年	《工业和信息化部 国资委关于深入推进网络提速降费加快培育经济发展新动能2018专项行动的实施意见》(工信部联通信〔2018〕87号)	在“宽带中国”框架下,进一步强调提升骨干网容量、扩容城域网等网络承载能力,并推动宽带在垂直行业的融合应用,拓展了数字基础设施变量的内涵,涵盖支撑能力与应用深度

注:资料来源于中国政府网。

本文可能的边际贡献如下:第一,将数字基础设施建设与要素市场配置效率置于全国统一大市场建设的宏观战略背景下进行研究,为理解数字技术如何通过优化要素市场配置推动高质量发展提供了统一

的分析框架;第二,深入探讨数字基础设施建设影响要素市场配置效率的作用机制——创新驱动、就业优化与金融赋能,为数字技术赋能要素市场化改革、促进区域协调发展提供了理论依据;第三,基于产业结构弹性、制度转型深度与技术吸收能力等理论逻辑,对数字基础设施建设的异质性影响进行了分组检验,深化了对数字技术经济回报边界条件的认识。

## 二、文献综述

随着全球信息化进程的推进,数字基础设施已成为驱动经济发展与结构转型的核心动力,其对要素市场配置效率与扭曲程度的影响备受学术界关注。从理论层面看,早期研究已关注到互联网技术在缓解信息不对称方面的作用,如互联网能有效减少资本市场的信息不对称,提升风险控制能力<sup>[4]</sup>。在此基础上,何大安和任晓进一步从信息完整性、产业结构、投资者行为和数据挖掘技术四个维度,系统阐释了互联网时代资源配置机制的演变特征<sup>[5]</sup>。

在实证层面,学者们从不同角度考察了数字基础设施对资源配置的影响,研究结论存在一定分歧。部分研究认为,互联网发展提升了资源配置效率和全要素生产率<sup>[6]</sup>。更多研究则强调,随着数字基础设施的普及与升级,其与实体经济的融合不断加深,有助于优化要素供需匹配、降低市场准入门槛、缓解资源配置扭曲<sup>[7]</sup>。特别是在劳动力市场方面,互联网通过信息共享机制缓解就业信息不对称,促进岗位匹配,减少劳动力市场扭曲<sup>[8]</sup>。近期的研究进一步从企业层面证实,数字基础设施建设能够通过扩大生产规模、深化专业化分工及赋能数字化转型等多重机制,促进企业劳动雇佣的增长<sup>[9]</sup>。此外,数字基础设施还通过推动技术创新与产业重构,提升信息流通效率<sup>[10]</sup>。值得注意的是,互联网对要素市场扭曲的改善作用可能存在阈值效应,即其正面效果在发展到一定阶段后才显现<sup>[11]</sup>。这些研究为理解数字基础设施与要素市场配置之间的关系提供了重要参考。

在宏观层面,研究表明以“宽带中国”为代表的数字基础设施建设能提升城市经济韧性,其机制包括产业结构升级、技术创新和金融集聚等<sup>[12]</sup>。这呼应了区域经济韧性的理论框架<sup>[13]</sup>,说明数字基础设施有助于增强区域应对外部冲击的能力。此外,数字基础设施还可通过促进区域创新与人力资本集聚,推动区域协调发展<sup>[14]</sup>,体现出其在促进经济均衡与包容性增长方面的积极作用。最新研究进一步验证了其具体作用渠道,表明“宽带中国”战略主要通过驱动产业结构升级与技术创新来促进区域协调发展,并存在空间溢出效应<sup>[15]</sup>。数字基础设施不仅促进本地发展,还对邻近区域的城乡融合<sup>[16]</sup>与经济高质量发展<sup>[17]</sup>产生正向空间溢出效应,但其辐射效应受地理距离的制约。在微观机制方面,数字基础设施的核心作用体现在优化信息环境与促进创新。研究显示,网络基础设施通过提升企业的市场信息与技术信息可得性,拓展了企业的创新边界,提升了创新质量<sup>[18]</sup>,这体现了数字技术促进知识流动与缓解信息不对称的功能<sup>[19]</sup>。从新质生产力的视角看,数字基础设施能有效推动企业增加创新投入与产出,其核心机制在于赋能企业数字化转型<sup>[20]</sup>。从产业视角看,数字经济通过技术进步、技术效率提升与规模效率改善等多条路径,推动制造业全要素生产率的提高<sup>[6]</sup>,体现了数字技术由微观向宏观传导的链条。此外,数字基础设施还能通过促进绿色技术创新,进而推动国内价值链循环<sup>[21]</sup>。要素错配作为制约经济效率的核心问题,其矫正机制与数字技术密切相关。要素市场分割是导致错配的重要制度成因,而数字技术则被视为矫正错配的新兴力量。研究表明,平台经济既能直接改善要素错配,也可通过降低市场分割间接发挥作用,但其效果受市场分割程度的门槛效应制约<sup>[22]</sup>。类似地,数字金融可通过缓解信息不对称来抑制资本错配,但这一作用同样受到市场分割的削弱<sup>[23]</sup>。有学者则指出,互联网主要通过调整要素价格信号来矫正要素配置过度现象<sup>[24]</sup>。这些研究表明,数字经济发展虽有助于改善要素市场配置,但其效能受制于既有市场环境。

综上所述,现有研究已初步勾勒出数字基础设施影响要素市场配置的逻辑链条:通过改善信息可得性、促进知识溢出与技术创新,不仅直接提升了企业生产率和产业效率,增强经济韧性,还通过平台经济、数字金融等形式直接或间接地缓解要素错配。近期研究进一步丰富了这一链条,从宏观区域协调、

中观要素市场配置到微观企业生产与雇佣,提供了更为细化的机制证据,并强调了其空间溢出效应、对新质生产力的驱动作用以及对城乡融合、价值链循环等宏观结构的影响。然而,这一过程高度依赖于统一、竞争、有序的市场环境,市场分割仍构成明显制约。与此同时,数字技术的效应亦与产业空间组织、制度安排等相互交织,共同形塑区域资源配置格局。尽管现有成果丰硕,但关于数字基础设施影响要素市场配置的效应强度、具体机制及异质性,仍缺乏基于全国城市样本、结合准自然实验与前沿因果推断方法的系统评估。为此,本文以“宽带中国”示范城市(城市群)创建作为外生冲击,基于2012—2023年275个地级及以上城市的面板数据,从资本、劳动和整体市场三个维度测度要素市场配置效率与扭曲程度,运用双重机器学习模型进行因果识别,系统检验数字基础设施对要素市场配置的影响及其作用机制,并进一步探讨城市在资源禀赋、工业基础与发展水平等方面的异质性效应,以期为推动要素市场化改革与区域协调发展提供经验证据。

### 三、理论分析与研究假设

数字基础设施的持续完善,深刻重塑着生产要素的流动与配置模式。该影响主要通过缓解信息不对称的直接效应,以及依托创新驱动、就业优化与金融赋能等间接机制得以实现。

#### (一) 数字基础设施对要素市场配置效率的直接影响

资源有效配置的理想状态是生产要素能够自由流向边际产出最高的部门。然而,现实经济运行中存在广泛的信息不对称,这被认为是阻碍要素市场配置效率提升的核心障碍<sup>[4]</sup>。在传统要素市场中,资本、劳动力等供需双方往往因地理分隔、数据缺失或信号失真而难以精准匹配。需求方为识别要素质量需支付高昂的搜寻与验证成本,供给方也难以触达最需要资源的应用场景。这种普遍存在的信息摩擦扭曲了价格信号,导致大量生产要素或滞留于低效部门,或进行非生产性套利,从而造成资源错配与效率损失。数字基础设施的广泛建设与深度应用,为缓解上述信息摩擦提供了技术基础与市场解决方案。高速网络与智能平台突破了信息的时空约束,使得要素的供求信息、价格信号与质量数据得以以前所未有的规模、速度和精度进行汇集、处理与传播。这一变革产生了多重直接影响:其一,显著降低了市场参与者的信息搜寻与匹配成本,使供需对接更为便捷;其二,信息的透明化与易得性削弱了信息优势方的议价能力,有助于要素价格更真实地反映其稀缺程度与边际贡献;其三,数字平台提供的标准化、可追溯的信息服务,增强了对远距离、陌生交易对象的信任,拓展了要素的可配置空间与流动半径。基于此,本文认为,数字基础设施的建设与普及能够通过缓解信息不对称这一根本性的市场摩擦,有效提升资本、劳动等生产要素的跨区域、跨行业配置效率,降低整体市场的扭曲程度。

基于以上分析,本文提出假设1:数字基础设施能够降低要素市场配置扭曲程度,提升要素市场配置效率。

#### (二) 数字基础设施影响要素市场配置效率的作用机制

数字基础设施对要素市场配置的改善,依赖于其对经济系统中多个核心环节的协同赋能。数字技术不仅直接破除了信息壁垒,更通过增强城市创新能力、优化就业结构与促进数字金融发展三条相互关联的路径,共同缓解要素错配,提升要素市场配置效率。从理论上讲,要素市场扭曲集中体现在资本、劳动与技术的错配上。因此,本文选取的机制分别对应:数字金融发展旨在缓解资本错配,就业结构优化旨在缓解劳动错配,城市创新则通过技术进步与知识溢出提升要素市场配置效率。这三个维度构成了分析数字基础设施赋能要素市场配置相对完整的理论框架,具体而言:

第一,创新驱动机制。数字基础设施通过促进数据资源跨区域快速流通与互动,不仅加强了城市间的合作与资源整合,也助力创新资本要素在区域与产业间流动,激发协同创新的“同群效应”<sup>[25]</sup>。数字技术吸引了高新技术产业集聚,支撑了本地创新成果转化;技术创新作为现代服务业转型的核心驱动力,能创造新增长点与就业机会,促进经济增长红利共享。通过知识溢出与技术扩散,创新活动能提升区域整体技术水平与生产效率,从而优化资源配置,促进经济协同发展。

第二,就业结构优化机制。数字基础设施的全面推广显著降低了信息传播成本,扩充了就业信息总量,为求职者拓宽了搜索视野并提升了匹配效能<sup>[26]</sup>。网络信息的自由流动有助于劳动者深化对岗位的认识,优化职业转换路径,促进薪资合理增长。同时,互联网发展直接拉动了通信设备、新材料等高新技术行业的劳动力需求,并催生出大量新业态与新商业模式,创造了多元化的就业岗位<sup>[27]</sup>。此外,互联网应用加速了农村劳动力向城市迁移,增加了城市劳动力供给,提升了低技能劳动者的非农就业机会<sup>[8]</sup>,这有助于促进人力资本的合理流动与收入分配均衡,缓解因信息不平等导致的资源错配。

第三,促进金融发展机制。数字基础设施建设打破了传统金融服务的地理局限,使偏远地区居民能够便捷地进行远程金融交易,显著扩展了金融服务的覆盖广度与深度<sup>[28]</sup>。在此基础上,数字普惠金融以较低的服务成本,为弱势群体提供了更精准的金融服务。线上支付与融资平台简化了资本转移流程,大幅降低了交易成本,加速了资本周转,从而提高了要素市场配置效率。研究表明,互联网金融服务有效促进了资本流向长期被传统金融忽视的小微企业,填补了金融供给缺口,优化了金融资源配置<sup>[29]</sup>。

基于以上分析,本文提出假设2:数字基础设施建设能够通过增强城市创新能力、优化就业结构、促进数字金融发展三条路径,降低要素市场配置扭曲,提升要素市场配置效率。

#### 四、实证设计

##### (一) 样本选取与数据来源

为保证数据完整性与可获性,本文选取中国275个地级及以上城市作为研究对象。核心被解释变量的样本区间为2012—2023年。在模型设定上,为缓解潜在的内生性问题并捕捉政策效果的滞后性,所有控制变量均作滞后一期处理,其样本区间相应为2011—2022年。为提高模型拟合度,回归中纳入了控制变量的二次项。同时,通过引入城市与年份虚拟变量,控制了城市固定效应与时间固定效应。在参数估计中,本文对所有回归的稳健标准误进行了城市层面的聚类调整,以处理同一城市不同时期观测值可能存在的组内自相关。数据来源于《中国城市统计年鉴》、中国研究数据服务平台(CNRDS)及北京大学数字金融研究中心。针对少量数据缺失,本研究通过查阅各城市统计年鉴进行补充,或采用插值法予以处理。

##### (二) 模型设定

本文旨在考察数字基础设施建设对要素市场配置效率及扭曲程度的影响。截至目前,相关文献多使用双重差分模型来分析“宽带中国”战略的实施效果。然而,这种方法依赖于一系列严格的假设条件,其中包括预设被解释变量和解释变量之间的关系为线性,这在一定程度上限制了该模型的应用范围。切尔诺茹科夫等(Chernozhukov et al.)<sup>[30]</sup>引入了双重机器学习这一概念,它提供了一种改进传统因果推断方法的新途径,能够缓解传统线性模型中预先设定的关系所带来的偏差,并克服高维度数据带来的挑战。因此,本文选择双重机器学习模型来评估“宽带中国”战略的效果,并参考王茹婷等<sup>[31]</sup>的研究,设定部分线性模型如下:

$$FAC_{i,t+1} = \theta_0 Broadband_{i,t} + g(X_{i,t}) + U_{i,t} \quad (1)$$

其中, $i$ 、 $t$ 分别表示城市、年份; $FAC_{i,t+1}$ 表示被解释变量,具体而言是指要素市场配置效率; $Broadband_{i,t}$ 为“宽带中国”示范城市(城市群)创建的虚拟变量,若城市入选取值为1,若未入选则取值为0; $\theta_0$ 为数字基础设施建设对要素市场配置的政策效应。 $X_{i,t}$ 为高维控制变量集合,包括地级市、企业层级的控制变量。 $g(X_{i,t})$ 为高维控制变量的未知函数, $U_{i,t}$ 为误差项,条件均值设置为0。

双重机器学习采用机器学习及其正则化算法估计具体函数形式 $\hat{g}(X_{i,t})$ ,必然地引入正则偏误,尽管它能避免估计量的方差过高,但同样使得估计量失去无偏性。为提升收敛速率,并确保在样本量较小的情形下,系数估计量能够满足无偏性要求,本文构建了相应的辅助回归模型:

$$Broadband_{i,t} = m(X_{i,t}) + V_{i,t} \quad (2)$$

$m(X_{i,t})$ 表示解释变量对高维控制变量的回归函数,同样需要采用机器学习算法估计其具体形式

$\hat{m}(X_{it})$ ,  $V_{it}$  为误差项, 条件均值为 0。基于式 (1) 和式 (2), 即可获得  $\theta_0$  的无偏估计量  $\hat{\theta}_0$ 。

### (三) 变量定义

#### 1. 被解释变量

本文基于谢长泰等 (Hsieh et al.)<sup>[2]</sup>、李青原和章尹赛楠<sup>[32]</sup> 的相关理论研究, 从资本、劳动和市场三方面来衡量要素市场配置效率。具体测算如下: 设定生产函数为规模报酬不变的柯布-道格拉斯函数并取其对数,  $\ln Y_{it} = \ln A + \beta_k \ln K_{it} + \beta_l \ln L_{it} + \varepsilon_{it}$ , 得到资本扭曲系数和劳动扭曲系数分别为  $PIR_{it} = \left| \frac{\beta_k Y_{it}}{r K_{it}} - 1 \right|$  和  $LAB_{it} = \left| \frac{\beta_l Y_{it}}{w L_{it}} - 1 \right|$ 。其中,  $Y_{it}$  为地区生产总值;  $K_{it}$  为资本存量, 采用永续盘存法测算;  $L_{it}$  为劳动力数量, 采用城市年末单位从业总人口衡量;  $r$  为资本价格, 设定为 10%, 含折旧与实际利率;  $w$  为劳动价格, 由各城市在岗职工平均工资表示;  $\beta_k$  和  $\beta_l$  分别为资本与劳动的产出弹性, 由生产函数回归估计得到, 且满足  $\beta_k + \beta_l = 1$ 。进一步地, 综合资本与劳动扭曲系数得到整体市场扭曲指数  $MAR_{it} = \sqrt{(PIR_{it})^2 + (LAB_{it})^2}$ 。为便于回归结果的经济含义解释, 将整体市场扭曲逆向转换为正向的要素市场配置效率指标  $FAC_{it} = \frac{\max(MAR) - MAR_{it}}{\max(MAR) - \min(MAR)}$ , 该指标取值介于 0 到 1 之间, 数值越大表示要素市场配置效率越高。在市场机制的作用下, 有效配置要素旨在通过促进资源的自由流通来最大化社会生产力。当出现要素配置不当或市场失灵时, 表明系统未能达到最优运作状态。

#### 2. 解释变量

依据国家发展改革委公布的“宽带中国”示范城市 (或城市群) 名录, 本文将这些地区的信息与相应的城市统计数据进行了匹配, 最终识别出 106 个受该政策影响的实验组城市, 以及 169 个未直接受该政策影响的对照组城市。此外, 结合各示范城市 (或城市群) 政策实施的具体时间节点, 本文构建了“宽带中国”示范城市 (城市群) 创建虚拟变量 *Broadband*。

#### 3. 控制变量

为提高政策效果估算的精准度, 本文参考刘诚和夏杰长<sup>[33]</sup> 的研究, 引入了多种可能对要素市场配置产生影响的控制因素。控制变量具体包括: 教育投入 (*Edu*), 以教育支出与地区生产总值比值衡量; 科技投入 (*Sci*), 以科学技术支出与地区生产总值比值衡量; 环境规制 (*Env*), 以环保词汇与工作报告总词数比值衡量; 互联网普及率 (*Inter*), 以互联网用户数占总人口比值衡量; 城镇化水平 (*Urban*), 以城镇常住人口与总常住人口比值衡量; 居民消费 (*Consump*), 以消费品零售额与地区生产总值比值衡量; 对外开放水平 (*Ope*), 以进出口总额与地区生产总值比值衡量; 政府干预 (*Gov*), 以地方财政一般公共预算内支出与地区生产总值比值衡量。

#### 4. 机制变量

为解释数字基础设施建设如何影响要素市场配置, 本文通过增强城市创新能力、优化就业结构以及促进金融发展三个维度进行阐释。(1) 为全面捕捉数字基础设施对城市创新能力的影响, 本文分别从总体创新与绿色转型创新两个层面进行衡量: 采用城市年度专利申请总量的自然对数度量技术创新水平 ( $\ln Patent$ ), 以反映综合创新产出与活跃度; 采用城市年度绿色专利申请量的自然对数度量绿色技术创新水平 ( $\ln GPatent$ ), 以反映其在绿色技术领域的创新努力与可持续发展导向。(2) 在优化就业结构方面, 为衡量数字基础设施对劳动力市场的改善作用, 本文从规模与质量两个角度设定变量: 采用在岗职工平均人数的自然对数度量就业规模 ( $\ln Scale$ ), 以反映就业岗位的创新与吸纳能力; 采用在岗职工人均工资的自然对数度量从业质量 ( $\ln Income$ ), 以反映劳动力市场匹配效率与人力资本回报的提升。(3) 在促进金融发展方面, 为更精准地测度数字基础设施通过提升金融服务效率优化资本配置的路径, 本文采用北京大学数字普惠金融指数 (*DFI*) 来衡量数字金融发展水平。该指数从覆盖广度、使用深度和数字化程度综合评估了金融服务的数字化与普惠化水平。

## (四) 变量描述性统计

主要变量的描述性统计结果如表2所示。

表2 主要变量描述性统计结果

变量类型	变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>FAC</i>	3 300	0.316 0	0.170 0	0.003 3	1.189 2
解释变量	<i>Broadband</i>	3 300	0.273 2	0.445 7	0	1
控制变量	<i>Edu</i>	3 300	0.175 0	0.039 8	0.024 6	0.368 2
	<i>Sci</i>	3 300	0.026 3	0.018 3	0.001 0	0.208 6
	<i>Env</i>	3 300	0.003 6	0.001 8	0.000 0	0.012 4
	<i>Inter</i>	3 300	0.664 0	0.259 1	0.151 2	0.921 7
	<i>Urban</i>	3 300	0.620 7	0.143 6	0.250 0	0.902 1
	<i>Consump</i>	3 300	0.390 7	0.108 0	0.178 6	0.682 4
	<i>Ope</i>	3 300	0.176 6	0.270 9	0.000 0	2.492 1
	<i>Gov</i>	3 300	0.177 1	0.096 8	0.023 4	0.727 3

## 五、实证结果与分析

## (一) 基准回归

本文运用双重机器学习模型,评估“宽带中国”战略对城市要素市场配置的影响。研究运用随机森林算法进行预测分析,采用1:4的样本分割比例,结果如表3所示。第一列回归纳入了城市固定效应、时间固定效应及其他城市变量的一阶项,覆盖了整个样本区间。结果显示,“宽带中国”战略提升了城市要素市场配置效率,说明数字基础设施建设在优化资源配置中具有关键作用。

为进一步验证这一发现,第二列回归在前列基础上控制了城市变量的二阶项,回归系数仍显著为正,且数值变动不大,此结果支持了假设1,即“宽带中国”战略对提升城市要素市场配置效率具有持续正面影响,证实了该政策的有效性和持久性。为深入分析“宽带中国”战略对要素市场不同维度的具体影响,后三列分别报告了该战略对整体市场要素扭曲、资本要素扭曲及劳动要素扭曲影响的回归系数。结果显示,回归系数均显著为负,这在一定程度上表明数字基础设施有助于提高要素市场配置效率,降低整体市场要素、资本要素及劳动要素的扭曲程度。随着数字基础设施的不断完善,信息产业如人工智能、物联网和区块链正在重新定义要素市场配置的方式。数字基础设施的发展不仅推动了传统产业的数字化转型,还为劳动力、资本和技术等关键要素创造了更多样的配置途径,有效缓解了供需之间的矛盾,提高了资源配置效率。

表3 基准回归结果

变量	<i>FAC</i>	<i>FAC</i>	<i>PIR</i>	<i>LAB</i>	<i>MAR</i>
<i>Broadband</i>	0.028 5*** (0.007 9)	0.031 2*** (0.007 9)	-0.257 1*** (0.037 5)	-0.245 6** (0.096 9)	-0.166 8*** (0.027 2)
控制变量一次项	控制	控制	控制	控制	控制
控制变量二次项	未控制	控制	控制	控制	控制

表3(续)

变量	FAC	FAC	PIR	LAB	MAR
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	3 300	3 300	3 300	3 300	3 300

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%水平下显著,括号内为聚类在城市层面的稳健标准误。后表同。

## (二) 稳健性检验

为检验结论的稳健性,本文进行了一系列检验:(1)调整研究样本,排除宽带基础设施较强的直辖市(北京、天津、上海、重庆)和较弱的地区(贵州、西藏、甘肃、宁夏、青海、新疆、云南),并限定“宽带中国”战略发布前后2年为对称时间窗口,使用2012—2018年样本重新回归;(2)对连续变量分别进行上下1%及5%分位的缩尾处理,以控制异常值影响;(3)在基准回归中纳入省份-时间交互固定效应,以控制省份层面时变因素的影响;(4)控制“智慧城市”与“国家大数据综合试验区”等并行政策的虚拟变量,以排除其他政策干扰。结果(限于篇幅不再详细报告,留存备案)显示,核心结论依然稳健。

双重机器学习算法需要设定初始参数,为排除模型设定不同影响结果的可能性,本文从两方面调整双重机器学习模型设定以验证结论稳健性:变更样本分割比例为1:2和1:7;改用套索回归和神经网络进行回归。结果(限于篇幅不再详细报告,留存备案)表明,核心结论依然稳健。

## (三) 机制检验

上文研究已证明数字基础设施建设能够提升要素市场配置效率,为进一步探究其内在传导机制,本文借鉴江艇<sup>[34]</sup>的思路,从城市创新能力、就业结构与数字金融三个视角进行考察。基于双重机器学习的部分线性机制分析模型设定如下:

$$M_{i+1} = \theta_0 \text{Broadband}_{i,t} + g(X_i) + U_{i,t} \quad (3)$$

其中, $M_{i+1}$ 为机制变量,其他变量与前文一致。本文重点检验系数 $\theta_0$ 是否显著。

### 1. 城市创新能力

为验证数字基础设施能否通过增强城市创新能力来提高要素市场配置效率,本文从总体创新产出(Patent)与绿色转型创新(GPatent)两个层面构建度量指标。表4前两列回归结果表明,数字基础设施建设对城市专利申请总量和绿色专利申请量均具有统计上显著的正向影响。这一结果表明“宽带中国”战略作为通用目的技术的重要载体,催化了城市创新生态,进而优化要素市场配置。具体有三条路径。其一,降低知识获取与协作成本。高速网络打破了地理与信息壁垒,促进了高校、科研院所、企业之间的知识溢出与研发合作,使得人才、数据、技术等核心创新要素能够跨组织、跨区域高效重组。其二,驱动产业智能化转型与集聚。数字基础设施为人工智能、大数据分析等技术应用提供了底层支撑,吸引了高技术制造业和知识密集型服务业集聚,这种集聚效应不仅提升了本地产业链的复杂度与韧性,也通过竞争与示范效应激发了整体创新活力。其三,赋能绿色低碳转型。数字技术显著提升了环境监测、能源管理和循环经济流程的智能化水平,直接降低了绿色技术研发与应用的不确定性,从而激励企业将创新资源导向绿色专利的创造,推动经济发展与环境保护协同,实现生产要素向更可持续的领域优化配置。

### 2. 就业结构

为验证数字基础设施是否通过优化就业结构影响要素市场配置效率,本文采用在岗职工平均人数(Scale)和人均工资(Income)来衡量就业结构并进行回归分析。表4中间两列回归结果显示,政策变量的回归系数显著为正,表明数字基础设施建设能够通过优化就业结构提高要素市场配置效率。此结果可

能归因于互联网宽带技术的广泛普及,它降低了信息传输的成本,从而增加了就业信息的可获得性并提升了求职效率。网络信息的自由流通不仅帮助在职员工深入理解工作内容,还优化了职业转换路径,有助于实现薪资水平的合理增长。互联网的快速发展推动了技术密集型行业就业需求的增长,催生了新的商业模式和就业岗位。此外,互联网应用进一步加速了城乡间居民的流动,增加了城市劳动力的供给,提升了低技能劳动者就业水平,有助于促进收入和就业机会的均等化。这些变化共同优化了就业环境,促进了人力资本的合理流动,缓解了信息不对称问题,并降低了市场准入门槛,进而提升了整体的要素市场配置效率。

### 3. 数字金融

金融是现代经济资源配置的核心。本文采用综合性的数字普惠金融指数(DFI)作为数字金融的代理变量进行机制检验,由表4最后一列回归结果可以看出,数字基础设施建设对数字金融发展具有明显的正向效应。这证实了数字基础设施通过推动金融行业的深度数字化转型,优化了资本要素的配置路径。一方面,拓展金融服务边界与普惠性。移动支付、在线信贷等数字金融模式突破了传统物理网点的限制,将金融服务延伸至小微企业和偏远地区,提升了金融服务的可得性,将更多社会闲散资金导入生产性领域。另一方面,提升风险定价与资本配置效率。大数据、云计算等技术使得金融机构能够更精准地评估客户信用、动态监测资金流向,从而降低信贷风险、提高审批效率,引导资本更快速、更准确地投向最具活力和创新潜力的企业与项目。数字金融的发展实质上构建了一个更具包容性、效率更高的资本要素配置新市场,使得资本这一关键要素的流动更加畅通、精准。

表4 机制检验回归结果

变量	<i>Patent</i>	<i>GPatent</i>	<i>Scale</i>	<i>Income</i>	<i>DFI</i>
<i>Broadband</i>	0.312 6*** (0.053 1)	0.458 4*** (0.039 2)	0.136 9*** (0.038 7)	0.034 7** (0.006 9)	0.282 6** (0.047 8)
控制变量一次项	控制	控制	控制	控制	控制
控制变量二次项	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	3 300	3 300	3 300	3 300	3 300

综上所述,城市创新、就业结构与金融发展的机制检验的回归结果均统计显著。这表明,数字基础设施确实能够通过增强城市创新能力、优化就业结构及促进数字金融发展,有效提升要素市场配置效率,假设2由此得到验证。

#### (四) 异质性分析

为进一步强化因果推断,并探讨数字基础设施建设对要素市场配置效率影响的边界条件,本文从资源禀赋、工业发展基础与经济发展水平三个维度进行异质性分析。

##### 1. 资源禀赋

基于《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》的分类,本文将样本划分为资源型城市与非资源型城市。表5的回归结果表明,“宽带中国”战略提升了非资源型城市的要素市场配置效率,但对资源型城市的影响在统计上不显著。这一鲜明对比为因果关系提供了重要支撑。资源型城市通常陷入“资源诅咒”困境,经济增长高度依赖资本密集的采掘业,形成了单一、僵化的产业结构。这种结构性锁定不仅妨碍了新兴产业与多样化市场主体的发展,特别是抑制了中小科技企业的萌发,也降低了对信息、

知识等新型要素的敏感度与需求。因此,即便数字基础设施改善了信息环境,其催生的新要素、新业态也难以在传统的资源依赖型经济生态中找到有效的嫁接点与增值空间。相反,非资源型城市产业结构更多元,要素组合更灵活,为数字技术促进要素跨部门流动与再配置提供了广阔的空间。该结果表明,数字基础设施建设的配置优化效应强烈依赖于一个多元化、富有弹性的产业生态。若观测到的效应仅是普惠性的政策红利,则理应在两类城市中均呈现类似的影响。因此,这一异质性分析结果表明,将总体效应简单归因于宏观趋势或普遍性政策冲击的解释力是有限的。

## 2. 工业发展基础

根据《全国老工业基地调整改造规划(2013—2022年)》,本文将样本区分为老工业基地城市与非老工业基地城市。表5的回归结果表明,“宽带中国”战略对非老工业基地城市的要素市场配置效率有明显的提升作用,但在老工业基地城市则效果不明显。这一差异深刻揭示了初始制度条件对技术赋能效果的调节作用。老工业基地城市承载着厚重的计划经济遗产,其资源配置长期受制于行政指令、所有制分割与僵化的企业组织形态,形成了强烈的制度惯性与路径依赖。这种制度环境不仅本身构成了要素自由流动的隐性壁垒,也可能导致数字基础设施与既有生产体系“貌合神离”,即技术被引入,但深层次的决策流程、激励结构与要素定价机制并未发生根本性变革。换言之,物理网络的建设并未能有效穿透厚重的制度壁垒。相比之下,非老工业基地城市的历史包袱较轻,市场机制相对健全,数字技术更易于嵌入并重塑资源配置的微观过程。此结果揭示了数字基础设施建设的作用不仅限于技术层面,更受到既有制度环境的深刻影响,其效能释放存在“制度门槛”。这支持了如下推断:不同城市在制度转型与市场机制完善程度上的差异是导致数字基础设施建设经济回报出现分化的重要原因。

## 3. 城市经济发展水平

鉴于中国不同地区和城市的经济发展水平因制度政策、资源禀赋、产业发展等因素而存在一定差异,数字基础设施对不同层级城市的要素市场配置也有所差异。本文按照学术界常用标准将研究样本进行分类:经济发达城市,包含一、二线城市;较发达城市,指三线城市;欠发达城市,包含四、五线城市。表5的回归结果显示,“宽带中国”战略的积极效应存在明显的梯度特征:对发达城市作用最强,较发达城市次之,对欠发达城市的作用则相对最弱。这一梯度模式完美契合技术吸收能力理论,构成了支持因果关系的又一有力证据。数字基础设施作为通用技术,其经济回报的高低,关键在于所在地区是否拥有与之匹配的互补性资产,如高水平人力资本、成熟的风险资本、高效的供应链体系以及活跃的创新创业文化。发达城市在这些方面具备显著优势,因此能最大化数字红利,实现要素市场配置的深度优化。欠发达城市虽接入了相同的网络,却因互补性资产薄弱,在利用网络进行复杂知识交换、高效率匹配与高风险创新等方面能力不足,从而限制了数字基础设施建设的效应。这种效应强度与城市综合发展水平正相关的模式,与技术吸收能力的理论预期相一致,支持了本文的核心结论。

表5 异质性分析回归结果

变量	资源禀赋		工业发展基础		城市经济发展水平		
	资源型	非资源型	老工业基地	非工业基地	发达	较发达	欠发达
<i>Broadband</i>	0.001 2 (0.015 3)	0.027 8 *** (0.016 3)	0.002 7 (0.013 6)	0.036 6 *** (0.010 3)	0.048 2 *** (0.016 3)	0.031 8 ** (0.012 7)	0.020 8 * (0.011 8)
控制变量一次项	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
控制变量二次项	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	1 327	1 973	1 110	2 190	592	808	1 900

## 六、结论与建议

本文立足中国加快建设全国统一大市场的战略背景,以“宽带中国”示范城市(城市群)创建为准自然实验,基于2012—2023年275个地级及以上城市的面板数据,运用双重机器学习模型,评估了数字基础设施建设对要素市场配置效率的影响效应,并检验其内在影响机制。研究发现,数字基础设施建设提升了城市的要素市场配置效率,并有效降低了资本、劳动力及整体市场的扭曲程度。这一核心结论在经过稳健性检验及多种机器学习算法验证后依然成立。机制分析揭示,数字基础设施的配置优化效应主要通过三条关键路径实现:一是通过促进知识溢出与产业集聚增强城市创新能力,特别是绿色技术创新;二是通过改善信息匹配与催生新业态来优化就业规模与质量;三是通过拓展服务边界与提升风险定价能力促进数字金融发展。异质性分析表明,数字基础设施的经济回报存在边界条件,其对要素市场配置的改善效应在非资源型城市、非老工业基地城市以及经济发达城市中更为突出。

基于上述研究结论,为推动数字基础设施更好地服务于全国统一大市场建设与区域协调发展,本文提出如下政策建议:

第一,坚持战略引领与高质量建设并重,强化数字基础设施的普惠性与赋能性。国家层面需继续将数字基础设施置于新型基础设施建设的核心位置,在持续扩大网络覆盖范围、提升接入速率的基础上,更加注重网络质量的可靠性、时延等性能指标,以及在中西部地区、偏远地区的普惠接入。政策制定应超越“硬件”投入思维,转向“连通+能力”并重,鼓励5G、千兆光网、物联网等新一代信息基础设施与工业互联网、智慧城市等应用场景深度融合,切实降低经济社会各领域获取和使用数字技术的综合成本,最大化其降低信息摩擦、赋能要素流动的底层价值。

第二,构建数据驱动、制度协同的要素市场配置新生态。为系统性地释放数字基础设施对要素市场配置的优化潜能,需着力推动数据要素市场化改革与多维度政策协同相互赋能,形成技术与制度良性互动的融合发展格局。其核心在于,将数据这一新型生产要素深度嵌入传统要素的配置全过程,通过建立统一规范、安全高效的数据要素市场基础制度,明晰产权界定、流通规则与收益分配机制,为要素的跨域流动与高效组合提供数字化的“操作系统”。与此同时,必须强化顶层设计与政策协同,打破部门与区域壁垒,促进数字基础设施建设规划与创新激励、就业促进、金融改革、社会保障等政策的系统集成。这要求推动数字基础设施与区域创新体系、统一劳动力市场、多层次资本市场建设紧密耦合,引导技术、人才、资本等要素沿数字化通道向先进生产力集群汇聚,并特别强化数字技术在绿色低碳等新兴要素配置领域的应用。最终目标是构建一个以高质量数字设施为底座、以市场化机制为核心、以协同化政策为支撑的要素配置生态系统,为提升全要素生产率、建设全国统一大市场提供持续而稳固的系统动力。

第三,实施差异化与精准化的区域推进策略,破解数字红利的释放瓶颈。鉴于数字基础设施建设的影响效应在资源型城市、老工业基地城市及欠发达地区相对较弱,相关政策需避免“一刀切”。对于资源型城市和老工业基地城市,应推行“数字基建+”综合配套改革,将网络建设与产业多元化培育、国有企业改革、营商环境优化等措施协同推进,着力打破制约要素流动的体制性壁垒,为数字技术融入传统生产体系创造制度接口。对于欠发达地区,除持续改善网络条件外,更需通过专项人才计划、数字化技能培训、引导金融科技服务下沉等方式,系统性培育本地的技术吸收能力与互补性资产,帮助其将数字接入优势切实转化为经济发展与社会治理的实际成效。

### 参考文献:

[1] 刘志彪. 全国统一大市场[J]. 经济研究, 2022, 57(5): 13-22.

[2] HSIEH C T, KLENOW P J. Misallocation and manufacturing TFP in China and India[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2009, 124

(4): 1403-1448.

- [3]李增福,云锋.网络基础设施建设与企业会计稳健性——基于“宽带中国”战略的准自然实验研究[J].外国经济与管理,2023,45(1):104-120.
- [4]BODOFF D, LEVECQ H, ZHANG H. EDGAR on the internet: the welfare effects of wider information distribution in an experimental market for risky assets[J]. *Experimental Economics*, 2006, 9(4): 361-381.
- [5]何大安,任晓.互联网时代资源配置机制演变及展望[J].经济学家,2018(10):63-71.
- [6]黄群慧,余泳泽,张松林.互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J].中国工业经济,2019(8):5-23.
- [7]牛子恒,崔宝玉.网络基础设施建设与劳动力配置扭曲——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J].统计研究,2022,39(10):133-148.
- [8]宋林,何洋.互联网使用对中国农村劳动力就业选择的影响[J].中国人口科学,2020(3):61-74,127.
- [9]贾晓芳,谢宝剑.数字基础设施建设对企业劳动雇佣的影响与机制——以“宽带中国”战略为准自然实验[J].中国流通经济,2024,38(10):18-32.
- [10]魏丽莉,侯宇琦.数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J].数量经济技术经济研究,2022,39(8):60-79.
- [11]韩长根,张力.互联网是否改善了中国的资源错配——基于动态空间杜宾模型与门槛模型的检验[J].经济问题探索,2019(12):43-55.
- [12]胡振华,杨敏,董巧杰.网络基础设施建设与城市经济韧性——来自“宽带中国”政策的经验证据[J].哈尔滨商业大学学报(社会科学版),2025(5):33-46.
- [13]MARTIN R, SUNLEY P. On the notion of regional economic resilience: conceptualization and explanation[J]. *Journal of Economic Geography*, 2015, 15(1): 1-42.
- [14]闫绪娴,郭伟.数字基础设施如何影响区域经济韧性? [J]. 现代经济探讨,2023(10):33-42.
- [15]蒋波,周立新,丁黄艳.数字基础设施影响区域协调发展的作用机制检验[J].统计与决策,2024,40(16):67-72.
- [16]谢会强,朱雪峰.空间视角下数字基础设施对中国城乡融合发展的影响[J].资源科学,2025,47(10):2130-2144.
- [17]余志文,周慧.数字基础设施、数字治理与经济高质量发展[J].江西财经大学学报,2026(1):62-74.
- [18]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.
- [19]FORMAN C, VAN ZEEBROECK N. Digital technology adoption and knowledge flows within firms: can the internet overcome geographic and technological distance? [J]. *Research Policy*, 2019, 48(8): 103697.
- [20]闫小娜.数字基础设施的企业创新效应——新质生产力的视角[J].经济管理,2025,47(8):40-58.
- [21]姚树洁,蒋艺翊.数字基础设施与企业新质生产力形成:理论与实证[J].东北师大学报(哲学社会科学版),2024(5):1-12.
- [22]陈书平.数字基础设施、绿色技术创新与国内价值链循环[J].统计与决策,2025,41(22):102-107.
- [23]何文盛,丁乔颖.平台经济、市场分割与要素错配[J].统计与决策,2025,41(16):78-83.
- [24]李香菊,刘硕,边琳丽.数字金融、市场分割与资本要素错配[J].统计与决策,2023,39(17):137-142.
- [25]李健,张金林,董小凡.数字经济如何影响企业创新能力:内在机制与经验证据[J].经济管理,2022,44(8):5-22.
- [26]STEVENSON B. The internet and job search[Z]. NBER Working Paper No. 13886, 2008.
- [27]ATASOY H. The effects of broadband internet expansion on labor market outcomes[J]. *ILR Review*, 2013, 66(2): 315-345.
- [28]张龙耀,邢朝辉.中国农村数字普惠金融发展的分布动态、地区差异与收敛性研究[J].数量经济技术经济研究,2021,38(3):23-42.
- [29]王馨.互联网金融助解“长尾”小微企业融资难问题研究[J].金融研究,2015(9):128-139.
- [30]CHERNOZHUKOV V, CHETVERIKOV D, DEMIRER M, et al. Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters[J]. *The Econometrics Journal*, 2018, 21(1): C1-C68.
- [31]王茹婷,彭方平,李维,等.打破刚性兑付能降低企业融资成本吗? [J].管理世界,2022,38(4):42-64.
- [32]李青原,章尹赛楠.金融开放与资源配置效率——来自外资银行进入中国的证据[J].中国工业经济,2021(5):95-113.
- [33]刘诚,夏杰长.线上市场、数字平台与资源配置效率:价格机制与数据机制的作用[J].中国工业经济,2023(7):84-102.
- [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.

# The Impact of Digital Infrastructure on Factor Market Allocation

TIAN Xinbao, WANG Xinran  
(Shanxi University, Taiyuan 030006)

**Abstract:** For a long time, China's factor markets have been characterized by pronounced allocation distortions and regional segmentation. These distortions hinder the efficient reallocation of production factors from low-productivity to high-productivity sectors, resulting in substantial efficiency losses due to resource misallocation. This has become a fundamental constraint on the development of a unified national market and high-quality economic growth. Against this backdrop, the rapid expansion and diffusion of digital infrastructure provide new technological pathways for alleviating factor market distortions and optimizing resource allocation.

This study takes the "Broadband China" pilot city policy as a quasi-natural experiment. Using panel data from 275 prefecture-level and above cities in China from 2012 to 2023, and applying a double machine learning approach, this study systematically examines the impact of digital infrastructure development on factor allocation efficiency and its underlying mechanisms. Factor allocation efficiency and distortion are measured across three dimensions—capital, labor, and the overall market—while the transmission channels and heterogeneous effects are further explored.

The results show that digital infrastructure development significantly improves factor allocation efficiency and effectively alleviates distortions in capital, labor, and the overall market. Mechanism analysis indicates that digital infrastructure promotes factor allocation efficiency through three main channels. First, it enhances urban innovation capacity, including overall innovation output and green technology innovation. Second, it optimizes the labor market structure by expanding employment scale and improving job quality. Third, it facilitates the development of digital finance, thereby broadening the scope of financial services and improving capital allocation efficiency. The regression coefficients for all three channels are significantly positive, confirming the effectiveness of the transmission mechanisms.

Heterogeneity analysis further shows that the effects of digital infrastructure on factor allocation are more pronounced in non-resource-based cities, non-traditional industrial bases, and economically developed regions, indicating that the effects are significantly moderated by urban resource endowments, institutional environments, and technological absorption capacity.

This study integrates digital infrastructure and factor market allocation into a unified analytical framework. Based on a nationwide city-level sample and a quasi-natural experiment design, it provides robust micro-level evidence for understanding how digital technologies alleviate factor distortions and promote coordinated regional development. In addition, this study identifies three key transmission channels, namely, innovation capacity, labor market structure, and digital finance, and clarifies the boundary conditions under which these effects operate, offering important policy implications for advancing market-oriented factor reforms and designing a differentiated policy framework.

**Keywords:** digital infrastructure; factor market allocation efficiency; Broadband China; double machine learning; factor distortion

(编校: 周 斌)