

数字基础设施建设与城市创新质量——基于长江经济带 110 个地级市的实证分析¹

于志慧 a, 何昌磊 b

(安徽财经大学 a.金融学院; b.中国合作社研究院, 安徽 蚌埠 233030)

【摘要】: 中国创新驱动正由数量增长转向质量提升, 提升创新质量是驱动经济高质量发展的关键一环。文章基于 2010—2020 年长江经济带 110 个地级市面板数据, 在理论分析数字基础设施建设影响城市创新质量内在机理的基础上, 以“宽带中国”示范政策为准自然实验构建渐进双重差分模型, 系统考察数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的影响效应。研究发现: 数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量具有显著提升作用, 且该结论通过了一系列稳健性检验; 机制分析表明, 数字基础设施建设通过增强人才集聚、提高互联网发展水平和强化政府战略引领等途径促进了城市创新质量提升; 异质性分析表明, 数字基础设施建设对长江经济带一般城市和上游、中游地区的创新质量提升作用更明显。研究结论为进一步推动创新驱动发展战略和数字中国建设提供了参考和借鉴。

【关键词】: 数字基础设施建设; 城市创新质量; 长江经济带; “宽带中国”; 渐进双重差分模型

【中图分类号】: F49;F124.3 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1007-5097 (2023) 09-0057-11

一、引言及文献综述

当前, 我国已全面进入信息化社会, 数字基础设施建设作为新型基础设施建设的支柱, 可以打破信息传播的空间壁垒, 加速创新要素流动, 为提升创新质量开拓新发展空间。国务院在《“十四五”数字经济发展规划》中提出, 要加强数字基础设施建设, 完善数字经济治理体系, 增强关键技术创新能力, 优化创新成果快速转化机制。2022 年政府工作报告强调, 要建设数字信息基础设施, 构建全国一体化大数据中心体系, 推进 5G 规模化应用, 深入实施创新发展战略, 强化国家创新体系建设, 加快建设创新型国家。党的二十大报告进一步指出, 要贯彻新发展理念, 加快建设网络强国、数字中国, 完善科技创新体系, 坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位。因而, 数字基础设施建设对引导城市提升创新能力、推进创新型国家建设具有重要意义。

2021 年, 中国创新主体通过专利合作条约途径提交了 6.95 万件专利申请, 连续三年位居世界首位。虽然专利申请总量快速攀升, 但核心专利相对较少、创新效率较低、技术缺口较大等问题使中国创新陷入“低质低效”的困境[1]。“重数量轻质量”“重申请轻维护”的策略性专利行为是一种“创新假象”, 使得“专利泡沫”问题突出[2]。长江经济带作为我国重大战略发展区域, 迫切需要以创新驱动经济高质量发展。为实现创新收益最大化, 必须进一步提升创新质量。数字基础设施是以宽带网络为基础、以数字技术为依托, 提供智能升级、数字转型、融合创新等服务的新型基础设施体系, 涵盖数据中心、5G 和人工智能等新一代信息技术[3], 能够提升区域创新效率[4], 为推进创新高质量发展注入新动力。那么, 在深化创新驱动发展背景下, 数字基础设施建设的快速发展能否驱动长江经济带城市创新质量的提升?

¹ 收稿日期: 2022-12-12

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“我国数字化绿色化协同转型发展评价及推进策略研究”(22BJY262)

作者简介: 于志慧 (1973—), 女, 内蒙古赤峰人, 副教授, 博士, 研究方向: 数字金融, 区域创新; 何昌磊 (1998—), 女, 内蒙古乌兰察布人, 硕士研究生, 研究方向: 区域创新。

与本文研究较为相关的文献主要有以下三类：

第一类文献，着重研究影响城市创新质量的因素。首先，分析对城市创新质量提升具有促进作用的影响因素。高铁通过影响知识信息的非对称性外溢和资源配置，提升城市创新质量[5]；知识产权保护是激励创新的关键一环，知识产权示范城市强化政府战略引领，优化创新要素配置，增加知识产权制度供给，进而提升城市创新质量[6]；制度供给通过优化创新要素培育与配置，提升城市创新质量[7]；当研发经费处于中等水平，技术积累对城市创新质量具有较强的规模经济效应[8]。其次，探究抑制城市创新质量提升的影响因素。城市蔓延会明显抑制城市创新质量提高[9]；财政压力会抑制政府创新偏好，使城市创新质量难以提升[10]；创新型城市试点政策提高了创新的遍在性，降低了创新的多样性，使城市创新陷入“量增质降”的困境[11]。最后，分析区域创新质量的空间相关性。城市舒适性通过影响研发要素流动，促进区域创新质量的空间收敛[12]；数字经济发展会促进经济相似且地理距离相近城市的创新质量提升[13]。

第二类文献，以“宽带中国”战略作为一项准自然实验，着重评估数字基础设施建设的政策效应。从宏观视角来看，主要探讨了数字基础设施建设对经济增长、出口贸易、节能减排以及城市全要素生产率的积极作用。数字基础设施建设加速信息消费、提高信息传输和再加工效率，刺激经济增长[14]；提高信息传递效率，促进出口贸易增长[15]；通过技术进步、能源结构和人力资本改善，提高节能减排效率[16]；促进技术创新、缓解资源错配、推动产业结构升级，提升城市全要素生产率[17]。从微观视角来看，主要探讨了数字基础设施建设对企业技术知识扩散、企业生产率以及企业并购的推动作用。数字基础设施建设可以联合外部企业，从而对当地企业技术知识扩散产生正外部性[18]；促进信息开发和创新，提高再分配效率，降低交易成本，提升企业生产率[19]；缓解信息不对称，增加市场竞争力，促进企业并购[20]。

第三类文献，探讨数字基础设施建设对城市创新水平的影响，其与本文研究内容最为相关。数字基础设施建设降低信息成本，促进区域创新[21]；通过集聚驱动效应、结构优化效应，提高城市创新水平[22]；互联网发展显著推动了城市创新能力的提升[23]；增强科技人才集聚与投资集聚，提升城市创新水平[24]；提升信息化水平、缓解劳动力错配、促进数字金融发展，提高城市创新水平[25]；产业结构合理化、金融产业水平提升以及城市化发展，提升城市创新水平[26]。此外，数字基础设施建设促进了地方高新技术产业发展，从而联动城市间的合作创新[27]。

综上，既有研究为探讨数字基础设施建设对城市创新质量的影响提供了一定的理论基础，但仍然存在以下拓展空间：①从研究内容看，仅有少数文献关注数字基础设施建设对城市创新水平的影响，且现有文献使用每万人专利申请数、专利授权数、发明专利申请数和发明专利授权数等指标刻画城市创新水平，多是聚焦于对城市创新数量的提升作用，而非对城市创新质量的系统性研究。当前，中国创新仍处于“量多质低”的境地，严重困扰了创新驱动发展战略的实施。城市创新迫切需要由数量为主转向“量质齐升”，因而，探究数字基础设施建设对城市创新质量的影响是必有之义。②从空间尺度看，鲜有文献将研究视野聚焦于长江经济带这一高质量发展增长极。长江经济带是我国经济重心所在、活力所在，以长江经济带为研究对象，可以更好地总结数字基础设施建设对城市创新质量影响的成功经验，有利于将经验推广至更多城市。因此，本文关注的是：数字基础设施建设能否推动长江经济带城市创新质量的提升？其影响路径如何？对创新质量的影响效应在长江经济带不同城市间是否具有差异？基于此，本文将“宽带中国”战略作为一项准自然试验，构建渐进双重差分模型来探讨数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的影响效应。

本文的边际贡献可能在于：①研究议题上，重视区域创新质量的提升，以多批次“宽带中国”示范政策构造准自然实验，论证数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的提升效应，将“宽带中国”政策的创新效应由数量增长转向质量提升，这为数字基础设施建设与创新质量相关研究领域提供新的经验证据；②研究路径上，深度挖掘数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的作用机制，将研究视野聚焦于人力、物力、财力三个维度，分别从加强人才集聚、提高互联网发展水平和强化政府战略引领等方面，探讨数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的作用路径；③区域异质性上，在确认数字基础设施建设提升长江经济带城市创新质量有效性的基础上，拓展分析长江经济带不同行政等级、不同地理区位城市的异质性效应，为进一步落实“宽带中国”政策、提高长江经济带城市创新质量提供更充分的理论支持。

二、政策背景及理论机制

（一）政策背景

数字基础设施建设是新型基础设施建设的核心，包括大数据、人工智能、5G等数字基础设施，有助于建立创新网络，激发协同创新能力，提升城市创新水平。宽带网络是我国新时期经济社会发展的战略性公共基础设施，是推动经济发展不可或缺的数字基础设施。自1994年接入互联网宽带至2013年的20年间，我国宽带网络飞速发展，在提高信息化水平、促进信息消费、激发创新创业活力等方面取得重要进展。为进一步强化数字基础设施建设，2013年国务院发布《“宽带中国”战略及实施方案》，制定了“宽带中国”战略的三个发展阶段，即2013年底宽带网络全面提速、2014—2015年持续加快宽带网络的推广与普及、2016—2020年宽带网络优化升级。随后工业和信息化部、国家发展和改革委员会分别于2014年、2015年、2016年批复了三批共计119个城市作为“宽带中国”示范城市（群）。示范政策的实施伴随着大量信息化基础设施建设投入，改善了各示范城市的数字基础设施，显著提升了城市信息化水平，为城市创新质量提升打开了新的成长空间。同时，长江经济带横跨东中西三个区域，是我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一，蕴含巨大的发展潜力。2014年国务院发布的《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》和2016年中共中央政治局印发的《长江经济带发展规划纲要》都强调，长江经济带的建设必须部署为创新驱动带。由此，长江经济带在数字基础设施建设与创新方面极具潜力，剖析数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的影响显得尤为重要。

（二）理论机制

1. 数字基础设施建设与城市创新质量

在“宽带中国”战略的推动下，数字基础设施建设使高速互联网成为可能，其收益在诸多领域产生正外部性，不仅可以促进经济增长，还利于科学调配创新资源，降低信息交易成本、管理费用，提高创新效率，对城市创新能力产生直接的促进作用[28]。此外，数字基础设施互联互通共享的特征，加快了知识信息编码，以近乎为零的边际成本即时交换，破除信息交流的时空壁垒，提高知识流动效率，促进创新要素在城市与产业间的传播，从而缓解信息不对称的不确定性风险，提高科技创新交流效率，推动城市创新质量直接提升[29]。基于以上分析，本文提出假设1。

H1：数字基础设施建设可以提高城市创新质量。

2. 数字基础设施建设影响城市创新质量的作用机制

“宽带中国”示范城市的设立，完善了数字基础设施建设。数字基础设施建设是信息技术发展能力的重要组成，其容量大、传送快的特征，加速驱动了人力、物力、财力等要素资源的优化配置，最终促进创新质量提升。本文以人才集聚代表人力资源、以互联网发展水平代表物力资源、以政府战略引领代表财力资源，数字基础设施建设正是通过增强人才集聚、提高互联网发展水平、强化政府战略引领提高城市创新质量。

（1）人才集聚效应。

“宽带中国”战略的实施伴随着政府大量的创新创业补贴与税收减免政策，有利于吸引大批高新技术、数字技术人才集聚，催生大量以云计算、5G、大数据等信息技术为工具的多元性创新主体。人才是专业化技术和知识的载体，具有创新能力的人才集聚可以产生知识溢出效应，形成创新规模效应，促进创新技术革新，撬动创新质量提升[30]。一方面，在创新质量提升过程中，难以避免资源环境瓶颈问题，而人才集聚为创新知识面对面交流创造有利条件，更利于整合资源和共享信息，使知识传播和转移产生良好的外溢效应，较大程度减少知识传播成本，带来更强的创新效应，从而满足创新质量提升的需求[31]；另一方面，人才高密度集聚更易形成竞争效应，产生创新性思维碰撞，提高技术创新能力，提升创新效率，促进创新专业化发展，最终使城

市创新质量不断攀升。基于此，本文提出假设 2。

H2: 数字基础设施建设通过增强人才集聚提高城市创新质量。

(2) 互联网发展水平提升效应。

互联网高速发展的重要载体是数字基础设施，“宽带中国”示范城市的数字基础设施建设发展更迅速，更利于提升互联网普及率及互联网综合发展水平[22]。互联网作为一种新兴的信息通信技术，可以推动信息传播和知识扩散，提升创新知识流动效率，改变创新系统和创新环境，促进城市创新质量提升[32]。一方面，互联网的持续扩散和使用，可以提供先进的网络技术开发平台，提供开拓新型创新模式的互联网思维等更高效的互联网服务，弥补传统创新知识流动方式的不足，使知识在城市创新系统中流动更畅通，让创新主体更便于获取信息和知识，提升自主创新能力和创新效率，从而促使区域创新质量提升；另一方面，互联网发展带来创新溢出红利后，创新主体会提出更高的互联网需求，促使城市持续革新互联网技术和服务以满足更高的创新需求，而更高水平的互联网技术运用在新一轮的创新活动中，又进一步提升创新效率，从而推动互联网发展水平与创新质量的持续攀升。基于以上分析，本文提出假设 3。

H3: 数字基础设施建设通过提高互联网发展水平提升城市创新质量。

(3) 政府战略引领效应。

《“宽带中国”战略及实施方案》明确提出，加大财税扶持、加强人才培养、完善制度环境以及规范建设秩序等政策措施。因而，“宽带中国”示范城市的设立，强化了政府在研发创新中的战略支持作用，进而提升城市创新质量。一方面，地方政府主动增加科学技术支出，以资金支持的方式盘活数字基础设施建设，提升城市创新质量的红利。在数字基础设施提升信息化水平，加速信息、知识以及创新要素流动速度的基础上，政府通过增加科技创新补贴、加大研发投入支持、补足研发资金缺口，为创新活动营造更广泛、优质的环境。同时，为企业积累创新知识与资源，进一步掌握技术发展趋势，从而实现城市创新提质增质[33]。另一方面，地方政府组织高校、科研机构以及相关企业攻克核心技术，提高成果转化率。新型数字基础设施建设具有万物互联、灵活高效的特征，使得机器设备具有更强的识别信息、学习与计算能力，能够提升终端响应速度，进而使资本呈现网络化、智能化与数字化的趋势[34]。因而，“宽带中国”示范城市的设立，加速了数字基础设施建设投资，推动创新由模仿向前沿革新转变，激发高等院校、科研机构以及企业更大幅度地提高创新成果的边际产出，进而提升区域创新质量。基于此，本文提出假设 4。

H4: 数字基础设施建设通过强化政府战略引领提高城市创新质量。

三、研究设计

(一) 模型设定

由于“宽带中国”示范政策是外生于创新质量的政策冲击，因此，将其视为一项准自然实验。同时，考虑“宽带中国”示范城市分三批次启动，本文使用渐进双重差分法的双向固定效应模型评估示范政策对城市创新质量的影响效应，构建如下回归模型：

$$\text{create}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{did}_{it} + \alpha_2 \text{control}_{it} + \text{city}_i + \text{year}_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中： $create_{it}$ 表示城市创新质量； did_{it} 表示“宽带中国”示范政策的效果，即数字基础设施建设的代理变量； $control_{it}$ 表示一系列控制变量； $city_i$ 表示城市固定效应； $year_t$ 表示时间固定效应； ε_{it} 表示随机扰动项； α_1 估计系数度量了城市创新质量在“宽带中国”示范政策冲击前后的平均差异。

为探究数字基础设施建设驱动长江经济带城市创新质量提升的作用机制，根据江艇（2022）[35]提出的关于机制变量的识别建议，本文在机理分析中探讨了人才集聚、互联网发展水平以及政府战略引领对城市创新质量的影响，在实证分析中只考察数字基础设施建设对 3 个机制变量的影响，从而避免原有中介效应模型的偏误。构建影响机制模型如下：

$$rd_{it} = \chi_0 + \chi_1 did_{it} + \chi_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$internet_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 did_{it} + \varphi_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$govinno_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 did_{it} + \gamma_2 control_{it} + city_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中： χ_1 、 φ_1 、 γ_1 分别表示数字基础设施建设对 3 个机制变量的影响程度；其余变量含义与基准回归模型相同。

（二）变量设定

1. 被解释变量

本文被解释变量为城市创新质量，其衡量方式主要有以下四种：一是使用专利引用次数法[36]；二是依据授权专利 IPC 分类号前 4 位表示[37]；三是专利年费的支付时间长度[38]；四是专利授权率及专利长度[39]。因专利代码、长度等微观数据难以获取，本文基于宏观城市面板数据，采用专利数据来刻画区域创新质量。专利包括发明专利、实用新型专利与外观设计专利三种，其中，发明专利技术复杂度与研发成本更高，所代表的专利质量最高；外观设计专利与实用新型专利所占比重越大，“专利泡沫”现象越严重，地区的创新质量越低[6]。此外，专利补贴政策以增加专利申请数量为目标，一定程度上造成了专利繁荣的“创新假象”，专利质量并未随数量的增长而提升，因而使用专利申请指标高估了城市的创新水平，无法准确反映城市创新质量[40]。因此，本文参考俞立平等（2021）[41]的方法，采用发明专利授权数与总授权数之比来表示城市创新质量（ $create$ ）。

2. 核心解释变量

本文的核心解释变量为“宽带中国”示范政策（ did ）。长江经济带共 110 个地级市，其中 48 个为处理组城市，62 个为对照组城市。将获批“宽带中国”示范城市 $treated$ 设置为 1，将当年及往后年份 t 赋值为 1，获批之前年份 t 赋值为 0；将尚未获批“宽带中国”示范城市 $treated$ 设置为 0，年份赋值为 0。以城市类型虚拟变量 $treated$ 与政策实施时间虚拟变量 t 的交互项表示“宽带中国”示范政策的处理效应 $did(did=treated \times t)$ 。

3. 机制变量

本文以人才集聚、互联网发展水平、政府战略引领为机制变量，进一步分析数字基础设施建设对城市创新质量的影响效应。

人才集聚 (rd) 参考金培振等 (2019)[7]的方法, 采用城镇每万人从业人员中科技从业人员数量的对数来衡量; 互联网发展水平 (internet) 参考黄群惠等 (2019)[42]的方法, 采用互联网综合发展指数来衡量, 包括标准化处理计算机软件和软件业从业人员占城镇单位从业人员比重、人均电信业务总量、每百人移动电话用户数以及每百人互联网宽带接入用户数等四个指标, 使用主成分分析法计算互联网综合发展指数; 政府战略引领 (govinno) 借鉴李政和杨思莹 (2018)[43]的方法, 采用政府财政科学技术支出与政府财政支出之比来衡量。

4. 控制变量

为控制其他因素对城市创新质量的影响, 本文参考毛文峰和陆军 (2020)[9]、梁琦等 (2021)[13]的方法, 选取控制变量如下: ①经济发展水平 (lnpgdp), 城市人均 GDP 的对数; ②产业结构 (ind), 第三产业增加值与 GDP 之比; ③人力资本水平 (hr), 普通本专科及以上学生数与全市常住人口数之比; ④外商直接投资 (fdi), 外商直接投资与 GDP 之比; ⑤金融业发展水平 (finance), 金融机构存贷款余额之和与 GDP 之比; ⑥人口密度 (lnden), 年末总人口与行政区域总面积之比的对数; ⑦基础设施水平 (infra), 邮电业务收入与 GDP 之比。

变量描述性统计见表 1 所列。

表 1 变量描述性统计

变量类型	变量名称	样本量	均值	方差	最小值	最大值
被解释变量	create	1 210	0.106	0.073	0.004	0.654
解释变量	did	1 210	0.239	0.427	0.000	1.000
机制变量	rd	1 210	-0.874	1.315	-4.180	3.818
	internet	1 210	0.067	0.827	-0.889	8.810
	govinno	1 210	0.012	0.016	0.000	0.121
控制变量	lnpgdp	1 210	10.951	0.602	9.076	15.675
	ind	1 210	0.455	0.106	0.189	0.797
	hr	1 210	1.747	1.992	0.005	11.390
	fdi	1 210	0.004	0.004	0.000	0.042
	finance	1 210	5.996	3.307	0.956	25.574
	lnden	1 210	6.005	0.639	3.931	7.744
	infra	1 210	0.060	0.051	0.004	0.649

(三) 数据来源与说明

本文选取 2010—2020 年长江经济带 110 个地级市的平衡面板数据。其中, 发明专利授权量、专利授权总量等专利数据通过国家知识产权局专利公布公告系统手工整理; 解释变量“宽带中国”示范城市名单来源于工业和信息化部、国家发展和改革委员会公开文件; 其余数据来源于各地级市统计年鉴和统计公报、EPS 数据库、中经数据库、《中国城市统计年鉴》等, 部分缺失值采用线性插值法进行补充。

四、实证分析

(一) 基准回归

本文通过逐一加入控制变量的方法, 考察数字基础设施建设对长江经济带城市创新质量的影响。基准回归结果见表 2 所列,

其中，第（1）列是未加入控制变量的估计结果，第（2）—（4）列为逐一加入控制变量的估计结果。四列回归结果均表明，无论加入控制变量与否，“宽带中国”示范政策对长江经济带城市创新质量的作用在1%的水平上显著为正，即数字基础设施建设可以显著促进长江经济带城市创新质量提升。第（4）列显示，示范政策的虚拟变量系数为0.019，表明“宽带中国”示范政策的实施使长江经济带示范城市的创新质量比非示范城市提升1.9%，数字基础设施建设驱动城市创新质量提升的效果显著，由此验证了H1。

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
did	0.018 ** (0.006)	0.017* (0.006)	0.018 (0.006)	0.019** (0.006)
Inpgdp		-0.010 (0.008)	-0.008 (0.008)	-0.008 (0.008)
ind		0.073 (0.046)	0.070 (0.046)	0.069 (0.047)
hr			-0.021 (0.005)	-0.022 (0.005)
fdi			1.098 (0.715)	1.080 (0.719)
finance				0.003* (0.002)
Inden				0.075 (0.037)
infra				-0.092 ** (0.046)
常数项	0.075** (0.005)	0.147 (0.083)	0.155 (0.083)	-0.300 (0.244)
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
N	1210	1210	1210	1210
R ²	0.131	0.135	0.151	0.159

注：括号内为稳健标准误；*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平上显著。下同

（二）平行趋势检验

满足平行趋势假设是使用双重差分法进行政策评估的前提条件，即未受到“宽带中国”示范政策冲击之前，处理组和对照组城市的创新质量变化趋势相同。由此，本文采用事件研究法进行平行趋势检验，构建动态模型如下：

$$\text{create}_{it} = \alpha_3 + \sum_{t=-4}^3 \beta_t D_{it} + \alpha_4 \text{control}_{it} + \text{city}_i + \text{year}_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中： D_{it} 是虚拟变量，表示城市*i*在第*t*年实施了“宽带中国”示范政策，则赋值为1，反之取0； β 系数为“宽带中国”示范政策实施的第*t*年，示范城市与非示范城市的创新质量差异；其余各变量含义与基准回归结果一致。

由于政策实施前5年和实施后3年的数据较少，本文将“宽带中国”示范政策实施前5年的数据汇总到第-5期，将政策实施后3年的数据汇总到第3期，将“宽带中国”示范政策实施前的第5期作为基期，并剔除第-5期这一虚拟变量以避免多重共

线性。平行趋势检验结果如图 1 所示，“宽带中国”示范政策实施前各期的估计系数值较小且均不显著，这表明在政策实施前示范城市与非示范城市在创新质量变动上无显著差异，研究样本符合平行趋势假设。在动态效应方面，“宽带中国”示范政策实施后的第 1 年对创新质量的影响尚不显著，即存在政策的时滞效应。这是由于政策发展初始阶段，宽带发展处于全面提速阶段，此阶段重点加强数字基础设施建设，提高网络接入速率，改善用户网络体验，因而尚未对城市创新质量产生明显影响。在政策推行的第 2 年对城市创新质量有显著正向影响，但随着时间推移，政策红利在逐步释放，影响效应呈现减弱趋势。

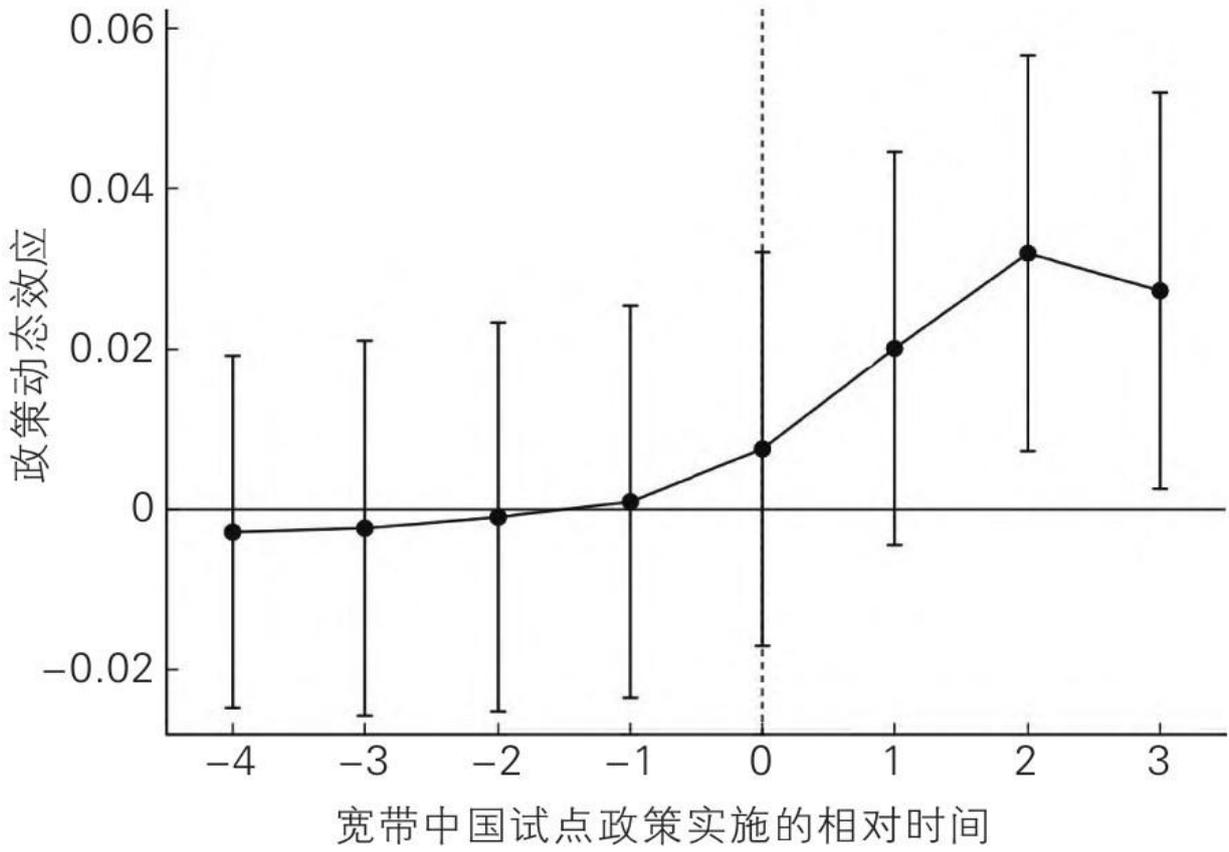


图 1 平行趋势检验

(三) 安慰剂检验

为避免回归结果受其他不可观测因素的干扰，通过替换处理组城市进行安慰剂检验。本文在样本城市中随机抽取 48 个虚假处理组城市，其余 62 个城市为虚假对照组城市，在此基础上重新进行基准回归，重复上述过程 500 次，完成 500 次安慰剂检验，得到 500 个回归系数及 p 值。绘制这 500 个系数估计值的核密度分布和 p 值，具体如图 2 所示。估计系数在 0 值附近，服从正态分布，且大多数估计系数的 p 值大于 0.1，即绝大多数回归结果不显著，说明本文的基准回归估计结果由不可观测因素所导致的可能性较低。

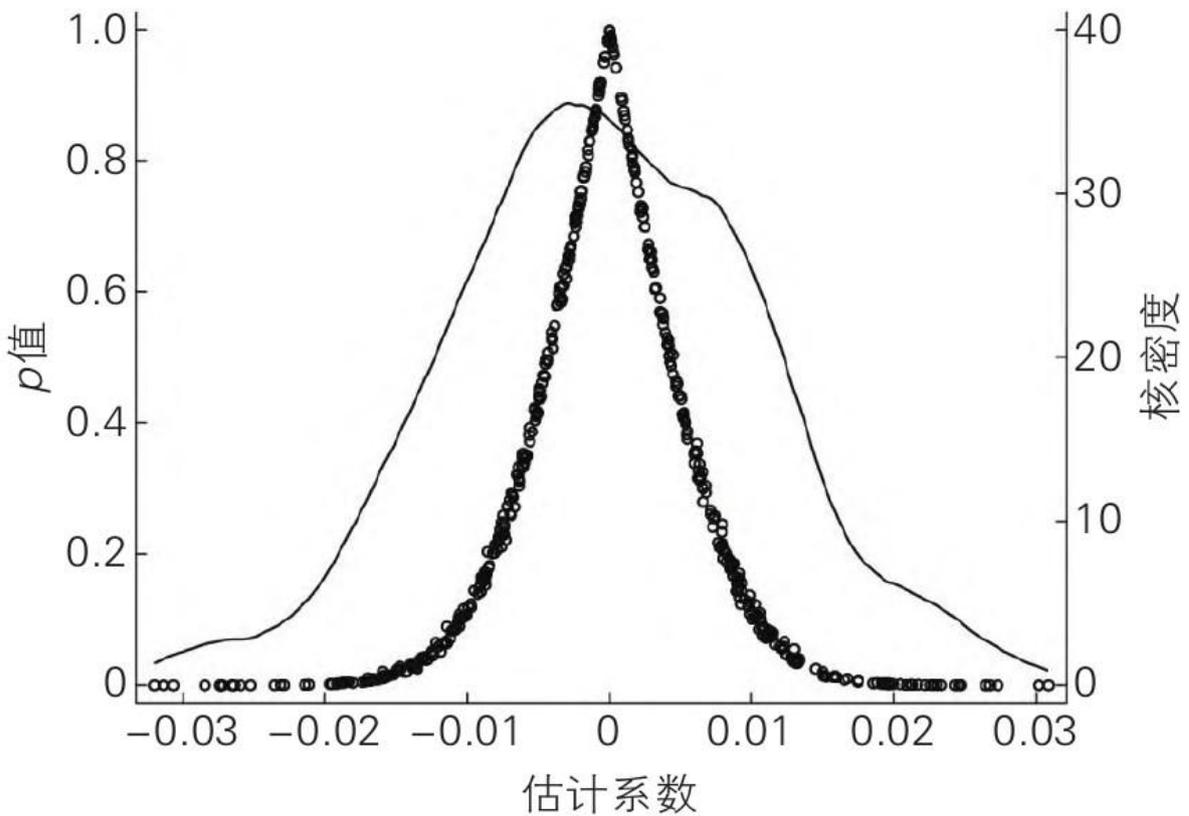


图2 安慰剂检验

(四) 内生性分析

由于政府对“宽带中国”示范城市的选择存在非随机性，入选城市本身可能具有较高的创新水平，这可能导致“宽带中国”示范政策对城市创新质量的回归结果受到潜在内生性问题的影响。为解决内生性问题，本文选取地形起伏度作为数字基础设施建设的工具变量，采取工具变量法进行回归。地形起伏度由最低和最高海拔高度、平地 and 区域总面积共同决定，是划分地貌的重要指标[44]。选取这一工具变量原因是：一方面，城市地形起伏度高低影响数字基础设施建设的难易程度与运营成本，城市地形起伏度越高，数字基础设施建设越困难、运营成本越高，入选“宽带中国”示范城市的概率越小，满足工具变量相关性要求；另一方面，地形起伏度是一种自然地理现状，无法直接对城市创新质量产生影响，属于前定变量，因而，在一定程度上能满足工具变量的外生性要求。由于本研究为面板数据，地形起伏度为横截面数据，因此，本文将地形起伏度与年份虚拟变量相乘，作为工具变量。

表3第(1)列工具变量回归结果显示，“宽带中国”示范政策的估计系数在1%的水平上显著为正，识别不足检验 Kleibergen-Paap rk LM 统计量 P 值为 0.000，拒绝识别不足假设；弱识别检验 CraggDonald Wald F 统计量值为 11.966，拒绝弱识别假设；工具变量一阶段 F 值 18.580（大于 10），表明工具变量的有效性与稳健性。即考虑内生性问题后，“宽带中国”示范政策对长江经济带城市创新质量依然存在显著的促进作用，表明基准回归结果稳健。同时，基准回归的估计系数 0.019 明显小于工具变量法的估计系数 0.119，说明模型中存在的内生性问题会低估“宽带中国”示范政策对长江经济带城市创新质量的促进作用。

(五) 稳健性检验

1. 剔除其他政策干扰

研究期内，长江经济带城市还受到 2012 年后设立的第三批智慧城市试点政策影响。因此，为避免出现城市创新质量的提升是由智慧城市试点政策冲击所导致的，在基准回归中加入智慧城市试点政策实施的年份虚拟变量。表 3 第（2）列表明，在控制智慧城市试点政策冲击后，数字基础设施建设的虚拟变量系数在 1% 的水平上仍然显著，由此说明“宽带中国”示范政策明显提升了长江经济带城市创新质量，结果较为稳健。

2. 剔除部分样本

考虑直辖市、省会城市以及副省级城市在数字基础设施建设上与其他城市有较大差异，因而本文剔除直辖市、省会城市和副省级城市，重新进行估计。表 3 第（3）列结果显示，估计系数依然显著为正，验证了本文的核心假说。

3. 剔除异常值

为消除异常数据对模型结果产生的影响，本文对被解释变量进行 1% 水平的 Winsorize 处理，重新进行估计。表 3 第（4）列表明，在剔除异常值后，估计系数在 1% 的水平上通过显著性检验，该结论与基准回归结果吻合。

4. 替换被解释变量

寇宗来和刘学悦（2017）^[45]基于国家知识产权局的发明专利授权数据，通过专利更新模型估计其价值，并将每个专利的价值加总至城市层面，得到城市创新指数。这一数据一定程度上缓解了专利质量与价值的异质性问题。表 3 第（5）列结果表明，在替换被解释变量后，估计结果仍然在 1% 的水平上显著为正，这表明“宽带中国”示范政策的施行对长江经济带城市创新质量的提升作用较为稳健。

5. 控制省份—时间联合固定效应

本文在基准回归中只控制了时间和城市固定效应，但是长江经济带所涉及省份会在不同年份颁布促进城市创新创业活动的相关政策，且不同省份在不同年份对创新的驱动力度不同，这些因素可能会影响长江经济带城市创新质量。因此，本文在基准回归模型中控制省份—时间联合固定效应。由表 3 第（6）列结果可知，回归结果仍然在 1% 的水平上显著为正，即“宽带中国”示范城市的设立依然显著提升长江经济带城市创新质量，验证了基准回归结果的稳健性。

表 3 内生性分析和稳健性检验结果

变量	地形起伏度 2SLS	剔除其他政策干扰	剔除部分样本	1%水平缩尾	替换被解释变量	联合固定效应
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
did	0.119*** (0.013)	0.018*** (0.006)	0.022*** (0.007)	0.018*** (0.005)	15.441*** (2.710)	0.024*** (0.005)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	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
省份—时间联合效应	不控制	不控制	不控制	不控制	不控制	控制
N	1 210	1 210	1 078	1 210	770	1 210
R ²	0.393	0.172	0.149	0.187	0.220	0.266

五、机制分析

上文机理分析指出，“宽带中国”示范政策显著提升了长江经济带城市创新质量，这主要是通过增强人才集聚、提高互联网发展水平和强化政府战略引领所驱动的。因此，本文在基准模型的基础上，对数字基础设施建设如何通过人力、物力、财力影响长江经济带城市创新质量的作用渠道进行识别和检验。

（一）增强人才集聚

长江经济带城市创新质量的提升离不开高新技术人才的支撑。从表 4 第（1）列结果来看，“宽带中国”示范政策对人才集聚的回归系数在 1%的水平上显著为正，即数字基础设施建设的完善可以吸引一大批高层次人才集聚。一方面，人才集聚在一定程度上丰富了长江经济带城市创业活动的主体，补充城市的创新要素，刺激了创业活跃度的提升；另一方面，由于长江经济带城市综合实力较强、发展潜力巨大，人才集聚会加剧创新市场的竞争程度，对创新效率较低的城市产生排他效应，进而使长江经济带城市的整体创新质量得到提升。张禹等（2022）[5]研究发现，高技能的人才集聚有利于城市创新质量提升。由此证明数字基础设施建设通过人力提升促进长江经济带城市创新质量提升，即 H2 成立。

（二）提高互联网发展水平

“宽带中国”示范政策推动数字基础设施建设更加完善，使互联网发展水平进一步提高，继而促进长江经济带城市创新质量提升。从表 4 第（2）列结果来看，“宽带中国”示范政策对互联网发展水平的回归系数在 1%的水平上显著为正，即“宽带中国”示范政策切实促进了互联网发展水平的提升。一方面，互联网发展水平提高使信息在创新系统即时扩散、高效传播，创新主体更易获得海量、共享的信息，增加了创新主体间的互动性，产生了更多创新性思维碰撞，信息增值效果明显，刺激前沿技术溢出；另一方面，互联网发展水平提高使长江经济带城市创新资源的使用效率提高，信息搜索、传播成本降低，有效缓解前互联网时代的信息不对称问题，优化了创新资源配置，从而显著提升长江经济带城市创新活动的质量。田洪刚和杨蕙馨（2021）[46]在要素、组织、生产范式三维理论框架下，验证了互联网发展有助于创新质量的提升。由此证明，数字基础设施建设通过物力增强支持长江经济带城市创新质量提升，即 H3 得到验证。

（三）强化政府战略引领

“宽带中国”示范政策的推行会强化政府和创新中的战略引领作用，提升长江经济带城市创新质量。从表 4 第（3）列结果可以看出，“宽带中国”示范政策对政府战略引领的强化作用在 1%的水平上显著。即“宽带中国”示范政策通过强化政府战略引领，为长江经济带提升城市创新质量提供物质基础和技术支持。政府战略引领对城市创新质量的提升具有导向性、引领性与激励性的作用，一方面，政府战略引领传递了创新发展的战略方向与政策倾斜信号，对创新主体的活动具有导向性和激励性作用；另一方面，政府创新方面的资金支持与政策补贴有利于推动数字基础设施建设，提升城市创新质量的红利。在政府支持与信息化水平高速发展的背景下，创新知识与资源要素流动的便利性，促使创新主体更倾向于选择技术突破性的创新活动，创新边际产出与创新质量均得到明显提升。纪祥裕和顾乃华（2022）[6]研究发现，政府战略引领可以显著促进创新质量提升。由此证明，数字基础设施建设通过财力增加推动长江经济带城市创新质量提升，即 H4 成立。

表 4 作用机制检验结果

变量	人力	物力	财力
	rd	internet	govinno
	(1)	(2)	(3)
did	0.172 ^{***} (0.036)	0.212 ^{***} (0.040)	0.004 ^{***} (0.001)
控制变量	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制
N	1 210	1 210	1 210
R ²	0.213	0.381	0.203

六、异质性分析：雪中送炭抑或锦上添花

“宽带中国”示范政策对城市创新质量的提升作用是否因城市特征不同而存在一定差异？进一步深入研究这一问题，更利于理解数字基础设施建设对城市创新质量提升的边界条件。为此，本文从城市等级、城市区位两个方面进一步探讨。

（一）城市等级异质性

将长江经济带的城市按照行政等级进行异质性分析，将直辖市、省会城市和副省级城市归为重点城市，其余城市归为一般城市，进行分样本回归，探讨“宽带中国”示范政策提升创新质量的效果是否因城市等级不同而具有显著差异。表 5 第（1）、第（2）列展示了长江经济带城市等级的异质性结果，一般城市的回归系数在 1% 的水平上显著为正，重点城市的回归系数为正但不显著。这表明，“宽带中国”示范政策对行政等级较低的城市创新质量的提升作用更高。长江经济带中上海、杭州、武汉、南京、重庆等重点城市通常是区域发展的先行者，经济实力、地理区位以及数字基础设施等方面更优越，创新要素资源丰富且流动更畅通，因而城市创新质量的基础较好，“宽带中国”示范政策对城市创新质量的提升作用更多是“锦上添花”；而一般城市的政策集聚、创新能力等方面弱于重点城市，“宽带中国”示范政策的施行，引导政策向一般城市倾斜，创新所需的人才集聚、互联网发展水平以及政府战略引领在不同程度上显著提升，因此，可以极大地推动城市创新质量的提升，“宽带中国”示范政策对城市创新质量的影响发挥“雪中送炭”的作用。

（二）城市区位异质性

从地理角度按照长江经济带上游、中游、下游进行异质性分析，探讨“宽带中国”示范政策提升创新质量的效果是否因城市区位不同而具有显著差异。表 5 第（3）—（5）列展示了长江经济带城市区位的异质性结果，上游回归系数为 0.034，在 5% 的水平上显著；中游回归系数为 0.026，在 1% 的水平上显著；下游为 0.004，不显著。长江经济带“宽带中国”示范政策对城市创新质量的提升，呈现上游、中游到下游递减的趋势，其中下游的促进作用不明显。这是由于长江经济带上游虽深处内陆，经济相对落后，但以成渝城市群为中心，近年来依托重庆、成都国家创新型城市和绵阳国家科技城等创新城市资源，大力发展数字基础设施建设，整合创新资源，建设创新平台，加速改革创新，具有强劲的后发优势，因而上游城市创新质量提升效果最为显著；在中游武汉城市圈、长株潭城市群、鄱阳湖城市群等地区，近年来大力实施创新驱动发展战略，建立创新平台，促进科技成果转化，共同打造经济新增长极，“宽带中国”政策的实施使数字基础设施建设更完善，促进城市创新发挥中部崛起力量，使城市创新质量有明显提升，但弱于上游地区；而下游长三角城市群科技水平高，人才资源丰富、研发经费充足，创新环境优渥，相较于中上游地区，城市创新水平优势明显，因而，“宽带中国”示范政策对城市创新质量提升的边际效应有限。

表 5 异质性分析

变量	城市等级		城市区位		
	一般城市	重点城市	上游	中游	下游
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
did	0.022 ^{***} (0.007)	0.007 (0.011)	0.034 ^{**} (0.014)	0.026 ^{***} (0.006)	0.004 (0.007)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	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
N	1 078	132	363	396	451
R ²	0.149	0.698	0.168	0.277	0.559

七、结论与政策启示

本文以“宽带中国”战略的实施作为准自然实验，利用长江经济带 2010—2020 年 110 个城市面板数据构建渐进双重差分模型，系统评估了数字基础设施建设对城市创新质量的影响。研究发现：考察期内“宽带中国”示范政策显著提升了长江经济带城市创新质量，并且这一结论经过工具变量等检验后依旧稳健。这一促进效应与增强人才集聚、提升互联网发展水平以及强化政府战略引领密切相关，即数字基础设施建设主要通过人力、物力、财力三个维度，对城市创新质量产生正向影响。同时，数字基础设施建设的促进效应具有强烈的异质性，对长江经济带城市创新质量提升的作用差异与城市行政等级、城市区位有关。在行政等级较低的一般城市、区位优势较差的上中游地区，数字基础设施建设对城市创新质量的提升作用更为明显，且上游地区由于后发优势，提升作用更强；在行政等级较高的重点城市、区位优势较好的下游地区，数字基础设施建设对城市创新质量的提升作用却不明显。

基于以上研究结论，本文得到如下政策启示：

第一，进一步强化数字基础设施建设。“宽带中国”示范政策在长江经济带取得阶段性的胜利，对此要以“宽带中国”示范城市为契机，实现由点到面覆盖。持续挖掘数字基础设施建设的宏观内涵，加大对数字基础设施建设工作的支持力度，着力提高数字基础设施的战略地位，加快形成长江经济带一流的数字基础设施体系。进一步推动数字基础设施建设与创新驱动的有机结合，将宽带网络技术内化为提升城市创新质量的动力，激发城市创新质量的活力。

第二，深入疏通“宽带中国”示范政策促进长江经济带城市创新质量提升的传导机制，完善数字基础设施建设在人力、物力、财力等方面促进城市创新质量提升的多维体系。首先，充分利用数字基础设施建设对高新技术人才的集聚作用，集中更多创新人才与资源，强化原始性创新与基础研究；其次，以数字基础设施建设为抓手，大力提高互联网发展水平，通过互联网技术优化创新资源配置，破除创新要素的流动障碍；最后，以数字基础设施建设为依托，进一步强化政府在工作中的战略意识和引领地位，增加财政科技支出，加大科研机构创新联合，提高创新成果转化率，最终实现城市创新质量的提升。

第三，提升“宽带中国”示范政策的包容性与灵活度，实行差异化、动态化的数字基础设施建设。长江经济带下游地区及城市等级较高地区“宽带中国”示范政策对创新质量提升的效果并不明显，即在这些城市提升城市创新质量对数字基础设施建设有更高的要求，因而，要提高数字基础设施建设在创新方面的深度与广度，强化创新溢出效应；长江经济带中游地区数字基础设施建设对城市创新质量的提升具有崛起力量，要不断加强数字基础设施建设覆盖范围，注重数字基础设施与城市创新质量提升的协调发展作用；长江经济带上游地区及城市等级较低地区创新质量的提升效果具有明显的后发优势，要进一步把握数字基础设施建设提供的弯道超车机会，有针对性地通过数字基础设施建设改进创新短板，最大限度地激发数字基础设施建设的创新效能，最终实现创新质量的进一步提升。

参考文献:

- [1] 诸竹君, 黄先海, 王毅. 外资进入与中国式创新双低困境 破解[J]. 经济研究, 2020, 55(5): 99-115.
- [2] 竺李乐, 吴福象, 范衍玮. “专利泡沫”与“创新假象”——国有企业民营化改革及其真实创新产出[J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(12): 82-95.
- [3] 袁航, 朱承亮. 数字基础设施建设加速中国产业结构转型升级了吗? ——基于“宽带中国”战略的准自然实验 [J]. 经济问题探索, 2022(10): 118-133.
- [4] 韩先锋, 宋文飞, 李勃昕. 互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J]. 中国工业经济, 2019(7): 119-136.
- [5] 张禹, 孙双利, 陈春春. 高铁开通与城市创新质量——基于变处理时点 DID 的再检验[J]. 科学决策, 2022(1): 51-64.
- [6] 纪祥裕, 顾乃华. 知识产权示范城市的设立会影响创新质量吗? [J]. 财经研究, 2021, 47(5): 49-63.
- [7] 金培振, 殷德生, 金桩. 城市异质性、制度供给与创新质量[J]. 世界经济, 2019, 42(11): 99-123.
- [8] 俞立平. 技术积累提高了区域创新数量还是创新质量 [J]. 科技进步与对策, 2022, 39(17): 30-40.
- [9] 毛文峰, 陆军. 蔓延的城市空间形态影响城市创新质量吗——来自中国地级市层面的经验证据[J]. 现代经济探讨, 2020(4): 94-100, 108.
- [10] 郑威, 陆远权. 财政压力、政府创新偏好与城市创新质量[J]. 财政研究, 2021(8): 63-76.
- [11] 杨君, 叶世杰, 肖明月, 等. 创新型城市试点政策与中国城市创新“量增质降”困境[J]. 南京财经大学学报, 2022(4): 1-11.
- [12] 王钺. 研发要素流动是否促进了区域创新质量的空间收敛——基于城市舒适性的视角[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(3): 62-70.
- [13] 梁琦, 肖素萍, 李梦欣. 数字经济发展、空间外溢与区域创新质量提升——兼论市场化的门槛效应[J]. 上海经济研究, 2021(9): 44-56.
- [14] 韩宝国, 朱平芳. 宽带对中国经济增长影响的实证分析 [J]. 统计研究, 2014, 31(10): 49-54.
- [15] ZHOU F X, WEN H W, LEE C C. Broadband Infrastructure and Export Growth [J/OL]. Telecommunications Policy, 2022, 46(5): 102347 [2022-11-20]. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102347>.
- [16] WU H T, XUE Y, HAO Y, et al. How Does Internet Development Affect Energy-saving and Emission Reduction? Evidence from China [J/OL]. Energy Economics, 2021, 103: 105577 [2022-11-20]. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105577>.
- [17] 刘传明, 马青山. 网络基础设施建设对全要素生产率增长的影响研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J]. 中国人口科学, 2020(3): 75-88, 127-128.

-
- [18] 薛成, 孟庆玺, 何贤杰.网络基础设施建设与企业技术 知识扩散——来自“宽带中国”战略的准自然实验[J]. 财经研究, 2020,46(4):48-62.
- [19] ZHANG L L, TAO Y Q, NIE C. Does Broadband Infrastructure Boost Firm Productivity? Evidence from a Quasi-natural Experiment in China[J/OL]. Finance Research Letters, 2022, 48:102886 [2022-11-20]. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102886>.
- [20] SUN N,KONG D M, TAO Y Q. Does Broadband Infrastructure Affect Corporate Mergers and Acquisitions? Quasi-natural Experimental Evidence from China [J/OL]. International Review of Financial Analysis, 2023, 85: 102461 [2022-11-20]. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102461>.
- [21] XU X, WATTS A, REED M. Does Access to Internet Promote Innovation? A look at the US Broadband Industry[J]. Growth and Change, 2019, 50(4): 1423-1440.
- [22] 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”战略试点的准自然实验[J]. 产业经济研究, 2021(5):1-14,127.
- [23] 冯苑, 聂长飞, 张东.宽带基础设施建设对城市创新能力的影 响[J].科学学研究, 2021,39(11):2089-2100.
- [24] 谢文栋.“新基建”与城市创新——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J].经济评论,2022(5):18-34.
- [25] 范红忠, 范乐怡, 宋颜希.网络基础设施建设与城市创新——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J].产 经评论, 2022, 13(4):52-67.
- [26] 刘帅, 李琪, 徐晓瑜, 等.互联网发展与城市创新提升 ——基于“宽带中国”战略的准自然实验[J].西安交通 大学学报(社会科学版),2022,42(6):10-20.
- [27] 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, 48 (3):79-93.
- [28] CZERNICH N, FALCK O, KRETSCHMER T, et al.
Broadband Infrastructure and Economic Growth [J]. The Economic Journal, 2011, 121:505-532.
- [29] VARIAN H R. Computer Mediated Transactions [J]. American Economic Review,2010,100(2):1-10.
- [30] FRITSCH M, KUBLINA S. Related Variety, Unrelated Variety, and Regional Growth:The Role of Absorptive Capacity and Entrepreneurship [J]. Regional Studies, 2017, 52(10):1360-1371.
- [31] FLORIDA R. The Economic Geography of Talent [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2015, 92(4):743-755.
- [32] KAUFMANN A,LEHNER P,TODTLING F. Effects of the Internet on the Spatial Structure of Innovation Networks [J]. Information Economics and Policy, 2003, 15 (3): 402-424.

-
- [33] 韩先锋, 惠宁, 宋文飞. 信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗[J]. 中国工业经济, 2014(12):70-82.
- [34] 郭凯明, 潘珊, 颜色. 新型基础设施投资与产业结构转型升级[J]. 中国工业经济, 2020(3):63-80.
- [35] 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.
- [36] ALDIERI L. Overlap Citation Proximity Within the Triad: Evidence from US and European Patent Citations [J]. *Rivista Di Politica Economica*, 2015(4): 157-170.
- [37] LERNER J. The Importance of Patent Scope: An Empirical Analysis [J]. *Rand Journal of Economics*, 1994, 25 (2):319-332.
- [38] DONOGHUE T, SCOTCHMER S, THISSE J F. Patent Breadth, Patent Life, and the Pace of Technological Progress [J]. *Journal of Economics & Management Strategy*, 1998, 7 (1): 1-32.
- [39] 张古鹏, 陈向东, 杜华东. 中国区域创新质量不平等研究[J]. 科学学研究, 2011, 29(11):1709-1719.
- [40] 张杰, 高德步, 夏胤磊. 专利能否促进中国经济增长 —— 基于中国专利资助政策视角的一个解释[J]. 中国工业经济, 2016(1):83-98.
- [41] 俞立平, 邱栋, 彭长生, 等. 高技术产业创新效率对创新质量作用机制研究[J]. 宏观质量研究, 2021, 9(2): 29-42.
- [42] 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.
- [43] 李政, 杨思莹. 财政分权、政府创新偏好与区域创新效率[J]. 管理世界, 2018, 34(12):29-42, 110, 193-194.
- [44] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性[J]. 地理学报, 2007, 62(10):1073-108
- [45] 寇宗来, 刘学悦. 中国城市和产业创新力报告 2017[R]. 上海: 复旦大学产业发展研究中心, 2017.
- [46] 田洪刚, 杨蕙馨. 互联网发展与创新绩效: 三维理论框架和异质性验证[J]. 南方经济, 2021(12):93-111.