引用格式:杨开心, 邓峰. 交通和信息基础设施、创新驱动与区域协调发展——基于异质性视角[J]. 技术经济, 2026, 45(2):30-43.
Yang Kaixin, Deng Feng. Transportation and information infrastructure, innovation driver and regional coordinated development: Based on heterogeneous perspective[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(2): 30-43.

交通和信息基础设施、创新驱动与区域协调发展
——基于异质性视角

杨开心, 邓 峰
(新疆大学经济与管理学院, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 基础设施建设是否可以优化资源配置,重塑创新要素空间格局,对推动区域协调发展尤为重要。以高铁开通和"宽带中国"示范城市建设分别作为交通和信息基础设施建设的准自然实验,利用2004—2020年中国284个城市数据考察异质性基础设施建设的创新效应。研究发现:高铁开通可以有效发挥人力资本效应和资金支持效应进而促进中西部和北方城市创新发展,有助于推动区域协调发展;"宽带中国"示范城市建设主要促进东部和南方城市创新水平提升,造成区域不平衡发展。进一步讨论表明,交通和信息基础设施建设对城市创新的促进作用存在叠加效应,且"宽带中国"示范城市建设可以借"高铁"之力,有效发挥人力资本效应和资金支持效应,进而加速推动东部和南方城市创新发展,进一步扩大区域发展的不平衡。研究结论有助于理解交通和信息基础设施建设的复杂创新效应,对基础设施空间布局、优化创新空间格局和区域协调发展具有重要意义。

关键词: 基础设施建设; 城市创新; 区域协调发展; 异质性视角; 高铁开通; "宽带中国"示范城市
中图分类号: F532; F49; F124 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2026)02-0030-14
DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J25042409

一、引言

优化创新资源空间配置、提高区域创新能力是推动创新驱动发展战略实施和创新型国家建设的内在要求和重要途径,同时也是推动区域协调发展、促进共同富裕的重要方式,而交通和信息基础设施建设对区域创新格局和发展都会产生重要影响。党的二十大报告指出,发展不平衡不充分问题仍然突出,推进高质量发展还有许多卡点瓶颈,科技创新能力还不强。基础设施建设、创新和经济高质量发展之间关联密切,从"要想富,先修路"到"要想富,先联网",交通和信息基础设施加速了创新要素流动,改变了资源空间配置方式,推动了经济高质量发展。因此,探讨交通和信息基础设施建设的区域创新效应并深入研究能否缓解区域不平衡发展问题,对于加快建设创新型国家和推动区域协调发展具有重要意义。

大多学者将高铁作为交通基础设施的代表,利用高铁开通的准自然实验研究交通基础设施建设的创新效应。在城市层面,高铁开通可以推动城市创新发展[1-2],促进区域创新融合[3]。基于人力资本的跨区域迁移视角,王春杨等[4]研究发现高铁开通可以显著提高东部和一、二线城市的创新水平,从而拉大区域创新差距。卞元超等[5]同样发现高铁开通拉大区域创新差距。杨思莹和李政[6]发现科教能力低的城市和一般地级市开通高铁后创新水平得到显著提升。何凌云和陶东杰[7]发现高铁开通可以通过知识溢出效应推动沿线非节点城市的创新发展。高铁开通同样可以促进企业创新[8],对沿线大中型城市的企业创新水平提升作用更为明显[9],还有可能进一步强化中国"西低东高"的区域创新格局[10]。

关于信息基础设施对创新的影响研究,沈坤荣等[11]发现信息基础设施建设显著促进了企业创新边界的

收稿日期: 2025-04-24
基金项目: 国家社会科学基金一般项目"区域协调发展机制问题中的'产业援疆'路径研究"(18BJL083);新疆维吾尔自治区高校基本科研业务费科研项目"中国(新疆)自贸区建设背景下产业升级机制与策略分析"(XJEDU2024J009)
作者简介: 杨开心(1998—),新疆大学经济与管理学院博士研究生,研究方向:技术创新与经济增长;邓峰(1970—),博士,新疆大学经济与管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:技术创新与经济增长。

拓展，以及企业创新质量和创新效率的提升。部分学者从互联网发展指数[12]、高技术产业[13]、区域创新包容性增长[14]视角探讨信息基础设施建设对创新的影响。还有学者根据信息基础设施的特征，从“宽带中国”示范城市和智慧城市建设的角度研究信息基础设施建设对创新的影响。城市入选“宽带中国”示范城市可以显著促进创新水平提升[15]，且这种促进作用在东部、高等级、大规模城市更加明显[16-18]，而在中西部、北方城市等欠发达地区呈现抑制作用[19]。另外，智慧城市建设不仅促进企业创新[20]，还有利于城市创新能力的提升[21]。智慧城市建设对城市创新的显著促进作用在高行政等级和东部城市更明显[22-23]。而何凌云和马青山[24]发现智慧城市建设创新效应的发挥在中小城市和科教水平较低的城市更明显。

已有文献多从交通或信息基础设施建设探析其对创新的影响效应，且对于创新驱动区域协调发展的结论并不一致，而且较少关注交通和信息基础设施对创新的差异影响。少量文献分析了不同类型基础设施建设的差异表现[25-26]，还有学者借助高铁开通和智慧城市建设来分析基础设施升级对企业家精神[27]和经济差距[28]等方面的异质性影响。但现有研究关于基础设施建设的创新效应能否驱动区域协调发展仍存在不足，而且未充分考虑交通和信息基础设施建设对推动区域间平衡发展的异质性影响。以往研究借助准自然实验虽可以较好地评估政策效应，但处理组和对照组样本未区分两种类型，这可能会造成评估结果受到叠加效应的影响，因此需要寻找更合适的方法来考察交通和信息基础设施建设的异质性影响。

基于此，本文选取2004—2020年中国284个地级及以上城市数据，以高铁开通和“宽带中国”示范城市建设分别作为交通和信息基础设施建设的准自然实验，在相同对照组下，利用多期双重差分模型考察交通和信息基础设施建设对城市创新水平的异质性影响。首先，对照组为从未开通高铁和入选“宽带中国”示范城市的城市；其次，将处理组分别定义为仅开通高铁和仅入选“宽带中国”示范城市的城市；最后，利用多期双重差分模型分析高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的创新效应，以便较为干净地识别交通和信息基础设施建设对城市创新发展的影响作用。以往研究中关注到交通和信息基础设施建设的创新要素流动效应，为此本文进一步考察高铁开通和“宽带中国”示范城市建设是否发挥了人力资本效应和资金支持效应，以及这种发挥是否具有差异性，进而分析两种基础设施建设对城市创新水平所产生的差异影响。另外从城市所处不同区域分析交通和信息基础设施建设的异质性创新效应，也探讨了不同基础设施建设影响区域创新时可能存在的叠加效应，从而为异质性基础设施建设发挥创新效应驱动区域平衡发展提供相应的政策建议。

可能的边际贡献主要体现在：第一，目前大多文献关注基础设施建设对城市经济的影响，但较少关注基础设施的异质性所带来的差异性影响。本文从基础设施异质性视角出发，以高铁开通和“宽带中国”示范城市建设为例比较研究了交通和信息基础设施建设对城市创新水平的差异影响，不仅为基础设施建设提供了经验证据，还有助于理解创新驱动的区域协调发展格局。第二，相同对照组下，本文通过多期双重差分模型进行对比分析，较为创新性地发现交通和信息基础设施建设影响城市创新的差异机制，以及对区域创新的异质性影响。不仅有助于理解城市创新的差异化表现，还拓展了基础设施建设的异质性研究。第三，从基础设施建设的叠加效应视角出发，完善了交通和信息基础设施建设的比较分析，有助于进一步了解区域不平衡发展格局。“宽带中国”示范城市可以搭乘“高铁”发挥人力资本效应和资金支持效应提升东部和南方城市的创新水平，从而扩大区域间差异。该结论一定程度上对张杰等[19]的研究进行了补充，丰富了基础设施建设推动区域协调发展的相关研究。

二、政策背景与理论假设

（一）政策背景

自2008年首条高铁——京津城际铁路开通运营以来，经过近20年发展，中国建成了世界上规模最大和运行速度最高的高铁网络。截至2025年底，中国高速铁路营业里程突破5万千米，不仅稳居世界第一，而且超过全球其他国家高铁营业里程的总和①。以“四纵四横”为骨架的高铁网在2016年基本建成，其大幅度减少了时空成本。在此基础上，为加速基础设施建设，经国务院批准，国家发展和改革委员会、交通运输部和

① 资料来源于中国高铁营业里程突破五万公里，https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202512/content_7052882.htm。

中国铁路总公司共同发布的《中长期铁路网规划》,描绘了新时代高速铁路网络“八纵八横”的宏大蓝图。高铁开通有助于在城市之间建立快速的通道,推动经济要素流动和资金、人才、信息集聚,高铁的便利性也有利于技术和知识外溢,产生扩散效应,均改变了区域经济空间分布格局。

发展宽带网络已成为众多国家抢占新时期制高点的重要举措,并被提升至优先部署的战略规划。为加快宽带基础设施的健康发展,提升相关服务水平,解决目前所面临的一些问题,国务院于 2013 年 8 月印发了《“宽带中国”战略及实施方案》,将中国宽带网络确立为战略性基础设施。为加快信息化发展,国家工信部和国家发展和改革委员会在 2014—2016 年连续 3 年确定了共三批“宽带中国”示范城市(城市群),重点提升宽带发展水平,推进宽带网络区域协调发展。示范城市(城市群)应发挥示范引领作用,推进新时代信息基础设施建设,加快宽带网络发展。

从图 1 可以看出,从 2009 年开始每年都会有新的城市开通高铁,而且将近一半城市开通高铁后又入选“宽带中国”示范城市或入选“宽带中国”示范城市后开通了高铁。本文 284 个城市样本中,从 2009 年开始,截至 2020 年末共有 220 个城市已经开通高铁;另外 2014 年、2015 年和 2016 年分别有 34 个、37 个和 34 个共 105 个城市被确定为“宽带中国”示范城市,其中 89 个城市同时还开通了高铁,其数量已超过“宽带中国”示范城市数量的 80%,也大概是开通高铁城市数量的 40%。这表明以往研究未将两者区分开,仅简单评估单一基础设施建设的经济效应可能存在一定偏差,这种分析结果忽视了基础设施之间的叠加效应,不能有效反映交通和信息基础设施建设成果。

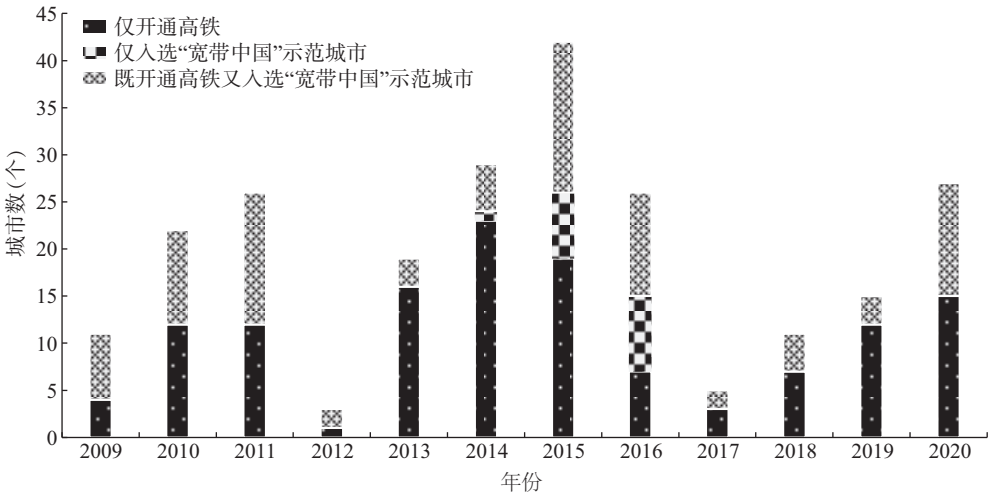


图 1　城市交通和信息基础设施建设进程

(二)理论假设

交通和信息基础设施建设均会对区域创新格局产生重要影响。高铁开通和“宽带网络”示范城市建设会为城市创新活动带来诸多便利,有效推动城市创新发展。高铁作为一种交通基础设施,其可以降低城市间通勤成本[29],有利于创新要素的流动,促进知识溢出和资金支持,进而提高区域创新水平。高铁等交通基础设施和宽带网络等信息基础设施的快速发展,有力地打破了时间和空间上的束缚,重塑创新要素配置格局,不仅增进了面对面的直接交流,也促进了高效便捷的线上沟通,均有利于加快知识溢出,强化创新主体间联系,促进技术创新。交通和信息基础设施建设可以推动创新活动向开放式转变,促进创新要素流动,减少不确定性,降低创新成本,推动城市创新发展。

交通和信息基础设施建设可以通过人力资本效应提升城市创新水平。知识和技能作为人力资本的核心内容,对于推动创新发展发挥着关键作用。人才是先进知识和卓越技能的承载者,因此人才流动本质上是知识和技术的关键转移,能够为流入地带来新的知识储备和创新活力,加速技术知识的传播与扩散。高铁开通提升了高技能人才在不同城市间的流动性,作为知识传播的媒介,人才流动促进了知识、技术、信息和经验在城市间的交换,激发了区域间的互动与学习,从而引发了知识溢出[30]。高铁开通促进了人力资本

迁移[4]、人力资本流入[31]，提升了企业中高学历员工的占比[9]，人力资本扩张可以有效地推动城市创新发展[32]。“宽带中国”示范城市建设推动地方政府出台相关人才政策，可以有效吸引高技能人才集聚[33]，并加大高层次人才引进和培养力度，催生和发展新一代信息技术产业，促进城市创新发展。“宽带中国”示范城市建设可以缓解市场信息不对称，促进信息共享和互联，有效加强高素质人才的流动，对人力资本进行合理有效配置，进一步推动城市创新。由此可以看出，城市开通高铁和入选“宽带中国”示范城市可以吸引更多的高素质人才集聚，实现人力资本扩张，构建线上和线下互补的交流网络，促进知识溢出，进而推动城市创新水平的提升。

交通和信息基础设施建设可以通过资金支持效应鼓励研发，进而促进城市创新。资本作为创新活动中不可或缺的生产要素，其注入能够显著提高企业在研发方面的投入力度，有效减轻企业在进行创新过程中遇到的资金限制问题[34]。高铁开通可以促进投资方与企业间面对面交流，提高可达性有助于降低投资公司与创新企业之间的信息不对称，从而减少投资风险，并揭示更多潜在的投资机遇[35]，激发创新活力，推动创新发展。企业构成了国民经济的微观基础，地方政府可以支持企业开展研发活动，增强创新意愿，提高创新动力，进而提升区域创新能力[36]。财政科技投入是驱动企业技术创新活动和提升企业创新水平的重要因素[37]。“宽带中国”示范城市应发挥政府的战略引导作用，改变财政支出结构，加大科技投入力度，推动创新发展。“宽带中国”示范城市建设也有助于转变政府职能，提高运行效率，优化资金管理，进而促进城市创新。

基于此，本文提出如下假设：

交通和信息基础设施建设可以显著提升城市创新水平（H1）；

基础设施建设可以发挥人力资本效应和资金支持效应推动城市创新发展（H2）。

交通和信息基础设施建设是促进落后地区发展的重要方式，均可以促进落后地区向发达地区学习，推动区域协调发展。高铁开通和“宽带中国”示范城市建设可以促进区域间创新要素流动，促进知识溢出，加快相对落后地区的创新能力提升和经济发展，推动区域协调发展。另外，交通和信息基础设施建设会加速创新要素向建设城市集聚，促进创新不平衡发展。由于东部和南方相对发达城市基础设施建设更加完善，创新环境更好，高铁开通和“宽带中国”示范城市建设后可能会促进高素质人才向这些城市集聚，引发创新要素集聚，进一步提升创新能力，推动区域不平衡发展。由此，高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的区域创新效应可能存在异质性。交通和信息基础设施建设既可能产生“普惠效应”，促进中西部和北方城市创新能力提升，有助于缩小区域间差异；也可能产生“虹吸效应”，促进东部和南方城市创新水平提高，进一步扩大区域间差异。

基于此，本文提出如下假设：

交通和信息基础设施建设对城市创新的促进作用具有区域异质性，即城市高铁开通和入选“宽带中国”示范城市对城市创新的影响因区域不同而存在显著差异（H3）。

三、数据来源与研究设计

（一）模型设计

为了更清晰地考察基础设施建设如何通过创新推动区域协调发展，先分别探讨交通和信息基础设施建设的城市创新效应，然后针对不同区域探讨异质性创新效应，进而分析创新驱动区域协调发展的差异化表现。本文将高铁开通和“宽带中国”示范城市建设分别视作为交通和信息基础设施建设的准自然实验，使用多期双重差分模型，科学评估基础设施建设对城市创新能力的影响效应。由于每个城市开通高铁和入选“宽带中国”示范城市的时间具有差异，参考以往研究，构建如式（1）所示的双向固定效应模型。

$$inno_{i,t+1} = \alpha + \beta did_{i,t} + \gamma control_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中：被解释变量 *inno* 为城市创新水平；解释变量 *did* 包括城市开通高铁的虚拟变量 *hsr* 和入选“宽带中国”示范城市的虚拟变量 *bb*；*control* 为可能影响城市创新水平的控制变量集合；μ 和 λ 分别为城市和时间固定效应；ε 为随机扰动项；α、γ 为待估系数，估计系数 β 为城市创新水平在开通高铁或“宽带中国”示范城市建设前后的平均差异。

(二)变量设定

1.被解释变量

城市创新水平(*inno*)。专利数量虽然可以较为直接衡量城市创新能力,但其中专利申请可能会存在策略性选择,不如专利授权更能体现城市创新能力。所以采用复旦大学产业发展研究中心测算并发布的城市创新指数数据来衡量城市创新水平。《中国城市和产业创新力报告2017》主要基于国家知识产权局的专利数据,使用发明授权专利,估计专利价值并加总获得城市创新指数[38]。另外原报告全国337个城市2001—2016年的数据已更新至2021年,其涵盖范围满足本文研究②。考虑到专利申请到授权时间较长和内生性问题,遂使用未来一期的创新指数作为被解释变量。

2.核心解释变量

高铁开通(*hsr*)。根据各城市高铁开通的具体时间来进行调整,如果城市在上半年开通高铁,则*hsr*取值在当年及以后年份为1;如果高铁开通时间在下半年,那么*hsr*取值当年为0,下一年及以后年份为1。若城市开通了多条高铁,则以最早年份为高铁开通年份。

"宽带中国"示范城市建设(*bb*)。根据各城市入选《"宽带中国"示范城市名单》的时间,*bb*取值在入选当年及以后年份为1,否则为0。

3.控制变量

借鉴以往研究,控制了以下可能影响城市创新水平的变量:①产业结构水平(ind_2、ind_3),分别使用第二、三产业增加值占GDP比重来衡量;②经济发展水平(*pgdp*),使用人均地区生产总值对数来衡量;③人口规模(*pop*),使用城市常住人口对数来衡量;④消费市场发展水平(*cgrs*),使用社会消费零售总额对数来衡量;⑤政府规模(*gov*),使用政府财政支出占GDP比重来衡量;⑥金融规模(*fin*),使用金融机构存贷款余额占GDP比重来衡量。主要变量的描述性统计见表1。

表1　变量描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
inno	4828	18.376	97.572	0	2907.851
hsr	4828	0.294	0.456	0	1.000
bb	4828	0.130	0.337	0	1.000
ind_2	4828	47.042	11.244	10.680	90.970
ind_3	4828	39.337	9.834	8.580	83.870
pgdp	4828	10.318	0.800	4.595	13.056
pop	4828	5.869	0.670	3.829	7.168
cgrs	4828	0.361	0.105	0	1.013
gov	4828	0.175	0.101	0.040	1.485
fin	4828	2.234	1.137	0.508	21.301

(三)数据来源与样本选取

涉及的城市层面数据主要来自《中国城市统计年鉴》,采用线性插值法对个别缺失值补齐。为了清晰地评估异质性基础设施建设对城市创新水平的差异影响效应,本文将2004—2020年284个城市数据划分为四类:①既未开通高铁又未入选"宽带中国"示范城市的城市(两无);②仅开通高铁的城市(仅高铁);③仅入选"宽带中国"示范城市的城市(仅宽带中国);④既开通高铁又入选"宽带中国"示范城市的城市(两有)。选择"仅高铁"和"仅宽带中国"样本分别作为处理组,选择"两无"样本作为共同对照组,在相同参照系下比较城市开通高铁和获批"宽带中国"示范城市对创新水平的边际效应。

四、实证分析

(一)基础设施建设对城市创新激励效应的比较分析检验

本节主要使用模型(1)来比较分析交通和信息基础设施建设对城市创新的差异影响,表2展示了相关

② 中国城市和产业创新指数(2001—2021年),https://ride.fudan.edu.cn/info/1020/1274.htm。

回归结果。首先，将仅开通高铁城市（仅高铁）与“两无”城市进行对比：（1）列~（3）列展示了分析结果，（1）列仅考虑了城市和时间固定效应，（2）列在此基础上加入了相关控制变量，（3）列考虑基础设施建设的滞后效应将城市创新水平前置一期（*F. inno*）。*hsr* 的系数均为正且在 1%的水平上显著，表明高铁开通可以显著推动城市创新发展。其次，将仅入选“宽带中国”示范城市（仅宽带中国）与“两无”城市比较：（4）列~（6）列分别展示了不加入和加入控制变量，以及将创新指数前置一期的回归结果。*bb* 的系数均为正且在 1%的水平上显著，表明“宽带中国”示范城市建设同样可以有效促进城市创新发展。

表 2　基础设施建设对城市创新的比较分析回归结果

变量	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
	仅高铁与两无			仅宽带中国与两无		
	inno	*inno*	*F. inno*	*inno*	*inno*	*F. inno*
hsr	5.6514***	3.0918***	5.6294***			
	（0.8780）	（0.9572）	（0.9635）			
bb				5.6312***	4.8325***	5.3503***
				（1.0852）	（1.0442）	（1.2208）
ind_2		−0.4413***	−0.6959***		−0.0567	−0.0938*
		（0.1168）	（0.1192）		（0.0508）	（0.0569）
ind_3		−0.7264***	−0.8946***		−0.1275**	−0.1498**
		（0.1235）	（0.1426）		（0.0606）	（0.0700）
pgdp		−11.7537***	−7.8236***		−3.0723**	−1.8036
		（3.7135）	（2.9412）		（1.2094）	（1.3776）
pop		94.9380***	86.7417***		12.6718***	12.5864***
		（16.5102）	（17.8067）		（3.3228）	（3.5587）
cgrs		−19.4474***	−20.9265***		−0.8860	2.3824
		（5.1068）	（5.8055）		（2.4704）	（2.8959）
gov		−52.4613***	−47.5786***		−16.1973***	−17.0182***
		（16.7271）	（16.4253）		（3.0147）	（3.4183）
fin		0.2210	0.0443		−0.0700	−0.1356
		（0.4194）	（0.4282）		（0.3263）	（0.3046）
Constant	5.0189***	−364.3563***	−339.0586***	1.8614***	−24.9729	−35.6104*
	（0.4090）	（92.2422）	（101.1157）	（0.1225）	（18.4005）	（18.5960）
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
N	3043	3043	2864	1088	1088	1024
R^2	0.5383	0.5917	0.6056	0.5669	0.5944	0.6119

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。

将基础设施建设虚拟变量 *hsr* 和 *bb* 的估计系数进行比较分析，发现交通和信息基础设施建设对城市创新能力的促进作用均具有显著的滞后效应，即使开通高铁当期的创新促进效应低于“宽带中国”示范城市建设，但高铁开通促进城市创新的滞后效应要更明显。通过以上分样本回归结果对比可以发现，城市开通高铁和入选“宽带中国”示范城市可以有效推动创新发展，验证了假设 H1。交通和信息基础设施建设可以为城市带来人才和资金集聚，促进人才、技术等创新要素流动，有利于知识溢出，同时推动地方政府增加高水平教育和科技投入，加大对城市研发活动的支持力度，进而有效提升城市创新水平。

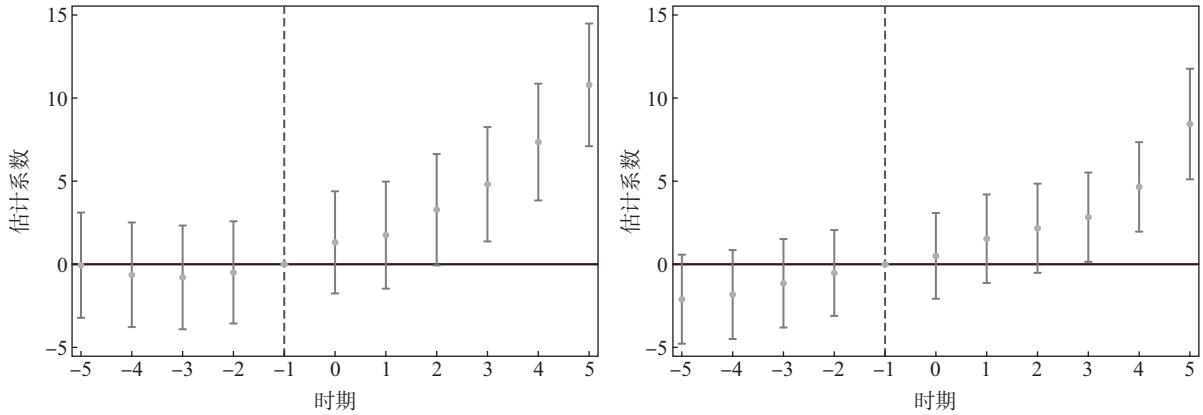
（二）平行趋势假设评估

采用双重差分模型的前提在于对照组和处理组在政策发生前保持一致的变动趋势，即满足平行性趋势假设。本文使用事件研究法[39]，构建如式（2）所示的模型。

$$inno_{i,t+1} = \alpha + \sum_{k=-5}^{5} \beta_k D_{i,t}^{k} + \gamma control_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中：D_{it}^{k} 为基础设施建设（高铁开通和“宽带中国”示范城市建设）的虚拟变量，若城市 i 政策实施的年份为 $time_i$，则令 $k=t-time_i$。由于各城市高铁开通和入选“宽带中国”示范城市的时间并不一致，所以 k 具有较多取值，本文只保留基础设施建设前后五期。同时将基础设施建设前 1 年（$k=-1$）作为基准期，通过观察回归系数 β_k，评估高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的时间效应。

图 2 表示高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的政策变量系数 β 的估计值和 95%的置信区间。可以发现,城市高铁开通前和入选“宽带中国”示范城市前的 β 系数基本分布在零值附近且均不显著,这说明实验组和对照组在基础设施建设前无系统性差异,符合平行趋势假设。另外,城市开通高铁和入选“宽带中国”示范城市当年估计系数不显著,之后估计系数不断提升并显著为正,表明城市建设交通和信息基础设施后可以显著促进创新水平提升,且这种效应具有一定的滞后性和持续性。这可能是基础设施建设和完善需要时间,并不能立即促进人才、资金等创新要素集聚,随着时间的推移,基础设施建设才能有效促进知识溢出,更好地服务于城市创新。

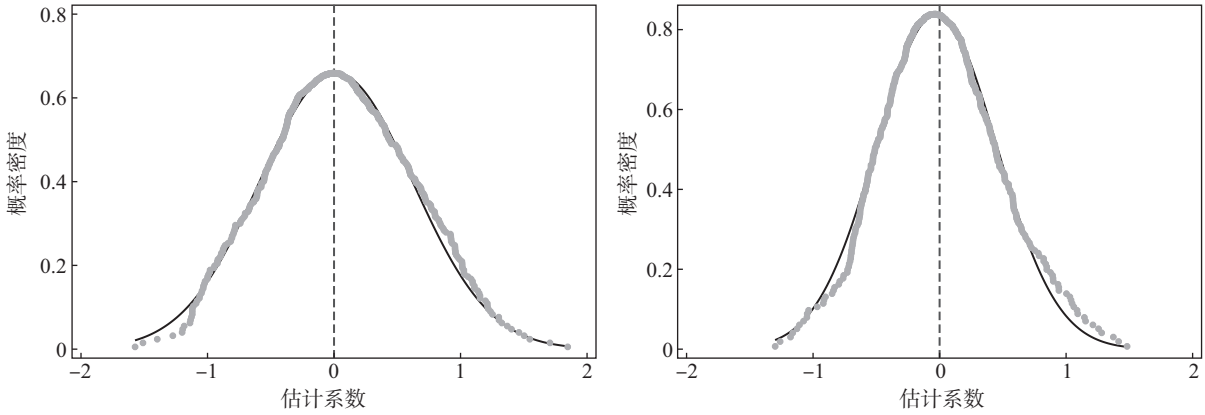


(a)高铁开通　　(b)“宽带中国”示范城市

图 2　平行趋势检验

(三)安慰剂检验

尽管本文已控制了大量的城市特征变量,但仍有可能遗漏某些非观测的城市特征因素使基础设施建设的评估结果受到影响。本文通过随机选取交通、信息基础设施建设实验组进行安慰剂检验,分别进行 500 次回归,图 3 为两次模拟中基础设施建设的回归系数的核密度图。可以发现,估计系数主要集中于 0 附近且近似于正态分布,与基准回归中交通和信息基础设施建设的估计系数具有较大差异,进一步表明研究结论是稳健的。



(a)高铁开通　　(b)“宽带中国”示范城市

图 3　安慰剂检验

(四)稳健性检验

1. 基于模型设定的稳健性检验

由于城市是否开通高铁和入选“宽带中国”示范城市很可能不是随机的,可能存在样本选择性偏差问题。为此,分别使用混合匹配和逐期匹配,进行了 PSM-DID 稳健性检验。具体做法:①将前文基准模型中使用的控制变量设定为匹配变量;②分别按照截面数据的混合匹配和逐期匹配方式,为开通高铁城市或入选“宽带中国”示范城市的处理组寻找满足共同支撑条件的最优对照组,得到两套数据集;③进行平衡性检验

然后重新评估高铁开通或“宽带中国”示范城市建设对地区创新发展的影响效应。表 3 为使用两种匹配方法后的回归结果，交通和信息基础设施建设虚拟变量 *hsr*、*bb* 的估计系数显著为正，与前文结论基本一致。

2. 替换城市创新水平衡量指标

前文中城市创新水平的衡量采用未经处理的城市创新指数，为便于比较，本文尝试选用经对数处理的创新指数来衡量城市创新水平，回归结果见表 4 的(1)列和(2)列。此外，本文考虑使用城市专利数量来直接衡量创新水平，即选取发明专利申请和授权数量作为衡量指标，回归结果见(3)列~(6)列。虚拟变量 *hsr* 和 *bb* 的系数均显著为正，表明即使更换城市创新水平的衡量指标，高铁开通和“宽带中国”示范城市建设都可以显著促进城市创新水平提升。与前文结论基本保持一致。

表 3　PSM-DID 回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	截面 PSM		逐年 PSM	
hsr	3.2202***		1.6424***	
	(0.6897)		(0.3504)	
bb		5.3311***		4.1689***
		(1.1450)		(1.2517)
控制变量	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定
N	3013	1059	2558	774
R^2	0.5780	0.5987	0.5741	0.5939

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未汇报。

表 4　重新度量城市创新水平

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	创新指数对数		发明专利申请数		发明专利授权数	
hsr	0.3061***		0.0262***		0.0179***	
	(0.0243)		(0.0062)		(0.0033)	
bb		0.2224***		0.0338**		0.0169**
		(0.0542)		(0.0139)		(0.0086)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
N	3043	1088	3033	1080	3033	1079
R^2	0.9150	0.8725	0.5452	0.3979	0.4778	0.3934

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未汇报。

3. 其他稳健性检验

本文还进行了其他稳健性检验：①前文中分析使用原始数据得到的结果可能会受到异常值干扰，所以对数据进行缩尾处理；②考虑样本期内其他政策的实施可能会干扰前文结果，于是进一步对智慧城市、创新型城市和国家大数据综合试验区建设进行控制；③考虑其他可能影响前文结论的因素，进一步对省份×年份交互固定效应进行控制。表 5 为其他稳健性检验结果，基础设施建设虚拟变量的估计系数仍然都显著为正，与前文结论一致，仍具有稳健性。

表 5　其他稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	缩尾处理		排除其他政策干扰		省份×年份交互固定	
hsr	3.8583***		2.8794***		3.5636***	
	(0.8644)		(0.8544)		(1.0599)	
bb		4.1779***		4.7697***		3.4882***
		(1.0336)		(1.1951)		(0.6890)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
N	3043	1088	2864	1024	2992	952
R^2	0.5814	0.5971	0.6695	0.6370	0.6913	0.6997

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未汇报。

(五) 基础设施建设的区域异质性创新效应检验

前文发现高铁开通和“宽带中国”示范城市建设均可以提升城市创新水平，但未能了解基础设施建设带来的创新效应是否推动了区域协调发展。本节主要关注高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的区位异质

性创新效应,即按照城市所处的区域将样本分为东部和中西部城市、南方和北方城市进行分组回归。

表6展示了交通和信息基础设施建设的区域异质性回归结果。(1)列~(4)列考察交通基础设施建设对区域创新的异质性影响。高铁开通虚拟变量*hsr*的回归系数均为正,但只有中西部和北方城市的系数在1%的水平上显著,表明中西部和北方城市可以借助高铁开通这一契机,充分发挥自身优势,吸引更多人才和资本集聚,加大创新投入,释放城市创新活力,促进创新水平提升,推动区域协调发展。(5)列~(8)列分析信息基础设施建设对区域创新的异质性影响。"宽带中国"示范城市虚拟变量*bb*的回归系数均在1%的水平上显著为正。对比东部和中西部城市、南方和北方城市的估计系数,发现信息基础设施建设对东部和南方城市的创新效应要高于中西部和北方城市。这在一定程度上表明信息基础设施建设可以吸引高素质人才集聚,促进创新要素流动,推动城市创新发展。另外,由于东部和南方城市本身信息基础设施水平相对较高,所以其所带来创新效应要高于中西部和北方城市。

高铁开通主要推动中西部和北方城市创新发展,"宽带中国"示范城市建设主要促进东部和南方城市创新水平提升,可以发现两者对城市创新的影响具有区域异质性,验证了假设H3。综合来看,高铁开通和"宽带中国"示范城市建设,可以吸引投资和人才集聚,促进要素流动,释放城市创新活力,发挥自身禀赋优势,推动城市创新发展,一定程度上有助于缩小区域间差距,推动区域协调发展。

表6　基础设施建设对区域创新的异质性影响分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	高铁开通				"宽带中国"示范城市			
	东部	中西部	南方	北方	东部	中西部	南方	北方
hsr	0.8292 (1.6662)	3.4786*** (1.0520)	0.0859 (1.2521)	4.4944*** (1.4732)				
bb					7.1386*** (1.9024)	4.1286** (1.1419)	7.8859*** (1.8026)	1.4958*** (0.5381)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
P			0.000***	0.000***				
N	1037	2006	1632	1411	221	867	374	714
R^2	0.6425	0.5763	0.6152	0.6069	0.8292	0.5266	0.6630	0.7457

注:括号内为稳健标准误;*、**、***分别表示系数在10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未汇报。

五、进一步讨论

(一)基础设施建设对区域创新异质性影响的机制检验

前文的实证分析中,验证了交通和信息基础设施建设对城市创新水平的异质性影响效应,但其背后的作用机制仍需进一步探索。高铁开通和"宽带中国"示范城市建设均可以显著促进城市创新,但对不同区位的城市带来的创新效应的差异性具有进一步探讨空间。为此,本节按照前文理论逻辑从人力资本效应和资金支持效应两个方面展开分析,探讨交通和信息基础设施建设对城市创新水平的异质性影响机理。其中人力资本效应主要包括人力资本集聚水平(*techpop*)和人力资本水平(*student*)。城市创新离不开高素质人才的支撑,采用科研、技术服务和地质勘查业从业人员数对人力资本集聚水平进行近似表征;由于平均受教育程度数据的限制,使用普通高等学生数来衡量人力资本水平。另外,资金支持效应主要包括投资集聚水平(*invest*)和创新投入水平(*tech*)。采用城市固定资产投资额对投资集聚水平近似表征;使用政府科技支出来衡量创新投入水平。

表7展示了基础设施建设影响区域创新的机制检验结果。(1)列和(2)列的被解释变量为人力资本集聚水平,*hsr*和*bb*的回归系数均在5%的水平上显著为正。(3)列和(4)列的被解释变量为人力资本水平,*hsr*和*bb*的回归系数同样显著为正。表明高铁开通和"宽带中国"示范城市建设可以吸引高素质人才集聚,加大人才培养力度,发挥人力资本效应,进而提升城市创新水平。(5)列和(6)列的被解释变量为投资集聚水平,只有*hsr*的估计系数在1%水平上显著为正。(7)列和(8)列的被解释变量为创新投入水平,*hsr*和*bb*的回归系数均为正,但只有*hsr*的系数具有显著性。表明开通高铁不仅可以吸引外来资金的集聚,缓解企业创

表 7　基础设施建设影响城市创新水平的机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	人力资本集聚水平		人力资本水平		投资集聚水平		创新投入水平	
	techpop	*techpop*	*student*	*student*	*invest*	*invest*	*tech*	*tech*
hsr	0.8151**		0.1590***		0.0478***		0.2473***	
	(0.3353)		(0.0321)		(0.0043)		(0.0331)	
bb		3.6343**		0.1542*		−0.0009		0.1197
		(1.5790)		(0.0841)		(0.0163)		(0.0807)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
N	2863	1023	3021	1080	2327	832	3043	1088
R^2	0.9077	0.7163	0.9902	0.9923	0.8265	0.7650	0.9247	0.9002

注：括号内为稳健标准误，*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未展示。

新的融资约束问题，还可以增强政府对创新的关注度，加大城市科技支出，有效发挥资金支持效应推动城市创新发展。假设 H2 得到验证。

综合来看，高铁开通推动中西部和北方城市创新水平提升，主要原因可能是相比于东部和南方城市，中西部和北方城市创新基础较差，高铁开通可以有效带动人才和资金集聚，促进创新要素流动，改善创新活动所面临的资金约束。同时充分发挥城市自身优势，释放城市创新活力，促进创新水平提升，推动区域协调发展。“宽带中国”示范城市建设主要发挥人力资本效应来推动城市创新发展，其中吸引人才集聚做出重要贡献。可能是东部和南方城市自身基础好，在投资集聚和创新投入方面进行其他相关工作支持，如税收优惠、政府补贴等。而相较这些措施，信息基础设施建设所发挥的资金支持效应不太明显，其所推动的信息化和网络化反而吸引了高技能劳动力，尤其是青年人才的集聚，促进知识溢出，进而推动城市创新水平提升，一定程度上形成区域不平衡发展格局。

（二）基础设施建设对城市创新水平的叠加效应

前文研究为避免两种基础设施建设的叠加效应造成无法识别影响来源的问题，处理组样本皆为单一基础设施建设的城市，未包含“两有”城市。本节为了更好地呈现比较分析结果，先考虑全样本下交通和信息基础设施建设的创新激励效应，分析同一模型中两者的影响差异。再将“两有”城市分别与“两无”城市、“仅高铁”城市、“仅宽带中国”城市进行比较，从交通和信息基础设施建设的叠加效应角度分析两者对城市创新的差异化影响，以完善对比分析结果。

首先，在全样本中将虚拟变量 *hsr* 和 *bb* 放入同一模型中进行回归，检验两种基础设施建设创新激励效应的差异，回归结果见表 8 的(1)列和(2)列。可以发现，*hsr* 的估计系数均为正，仅在(2)列显著，*bb* 的估计系数均显著为正且高于 *hsr* 系数，表明高铁开通可以提升城市创新水平且具有滞后性，而且“宽带中国”示范城市建设对区域创新发展的推动作用更为明显。

其次，将“两有”和“两无”城市一起回归，检验交通和信息基础设施共同建设对城市创新水平的影响，结果见表 8 的(3)列和(4)列。虚拟变量 *hsr* 和 *bb* 的回归系数均显著为正，且 *bb* 回归系数大于 *hsr*，说明高铁开

表 8　基础设施建设对城市创新的叠加效应分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	全样本		两有与两无		仅高铁、仅宽带中国与两有	
	inno	*F. inno*	*inno*	*inno*	*inno*	*inno*
hsr	4.4117	10.9229***	40.9055***		19.9132**	
	(3.1045)	(2.9301)	(6.5160)		(7.7813)	
bb	40.3455***	44.1816***		65.9873***		60.9829***
	(4.7915)	(5.3112)		(5.9172)		(6.6389)
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定
N	4828	4544	2329	2329	1785	3740
R^2	0.5811	0.6064	0.5470	0.5545	0.5491	0.5566

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未展示。

通又入选“宽带中国”示范城市可以推动城市创新发展,且“宽带中国”示范城市建设比高铁开通对城市创新发展的促进作用更大。

最后,将“两有”城市分别与仅开通高铁城市、仅入选“宽带中国”示范城市一起回归,检验交通和信息基础设施建设在推动城市创新发展时产生的叠加效应,结果见表8的(5)列和(6)列。*hsr* 和 *bb* 的回归系数为正且至少在5%水平上显著。这在一定程度上表明,无论城市先开通高铁还是先入选“宽带中国”示范城市,交通和信息基础设施建设对城市创新水平的促进作用都会产生叠加效应。而且城市高铁开通后入选“宽带中国”示范城市对创新水平的提升效应更明显,也就是“宽带中国”示范城市建设可以搭乘“高铁”之利,促进城市创新水平提升。

(三)基础设施建设对区域创新的异质性叠加效应

前文分析发现,交通基础设施建设对城市创新水平的促进作用可以和信息基础设施建设产生叠加效应;信息基础设施建设可以在交通基础设施建设上产生显著的叠加效应,对城市创新水平提升发挥“更上一层楼”作用。这种叠加效应是否推动了区域协调发展,还需要从城市区位特征进一步分析。

表9的(1)列~(4)列分析交通基础设施建设在信息基础设施上产生的叠加效应,高铁开通变量 *hsr* 的回归系数均不显著。可能是因为“宽带中国”示范城市建设在促进东部和南方城市创新水平提升时,会对中西部和北方城市形成一定的“虹吸效应”,这种作用力大于高铁开通对中西部和北方城市创新水平所带来的推动力。(5)列~(8)列分析信息基础设施建设在交通基础设施上产生的叠加效应,“宽带中国”变量 *bb* 的回归系数均显著为正,且在东部和南方城市的促进作用更加明显。这可能是因为东部和南方城市的基础设施完善,在高铁开通的基础上,“宽带中国”示范城市建设可以更大程度地发挥人力资本效应和资金支持效应,加大创新投入力度,推动城市创新发展,不利于区域协调发展。

表9　基础设施建设关于区域异质性创新的叠加效应分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	仅宽带中国与两有				仅高铁与两有			
	东部	中西部	南方	北方	东部	中西部	南方	北方
hsr	−14.7937 (20.2399)	4.1143 (2.5785)	4.0778 (6.6163)	9.2062 (15.5652)				
bb					97.3517*** (14.8872)	9.6987*** (2.1502)	47.5569*** (5.2593)	38.8480*** (9.7336)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定	固定
P					0.0000***		0.0000***	
N	663	1122	986	799	1479	2261	2244	1496
R^2	0.6499	0.5707	0.6720	0.5456	0.6365	0.5803	0.6560	0.5444

注:括号内为稳健标准误;*、**、*** 分别表示系数在10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未展示。

(四)基础设施建设叠加效应的机制检验

前文发现两种基础设施共同建设可以促进城市创新水平提升,而且信息基础设施建设与交通基础设施建设产生更加显著的叠加效应。为什么信息基础设施建设可以和交通基础设施建设产生叠加效应,对城市创新水平具有更大的提升作用?信息基础设施建设对东部和南方城市创新水平的促进作用要明显高于中西部和北方城市,这推动了区域不平衡发展,其背后的机理需要进一步考察。接下来本节仍然从人力资本效应和资金支持效应角度考察背后的存在机制。

从表10可以看出,*bb* 对人力资本效应和资金支持效应的回归系数均在1%水平上显著为正。与前文机制检验表7中 *bb* 的回归系数比较分析发现:人力资本集聚水平和人力资本水平的估计系数明显变大,显著性也有所提升;投资集聚水平和创新投入水平的估计系数变得显著,而且数值有所增加。这在一定程度上表明,信息基础设施建设推动区域不平衡发展是因为基础设施建设对城市创新水平带来的叠加效应。“宽带中国”示范城市建设可以在高铁开通的基础上,吸引更多的技术人才和研发投资,加大教育和科技投入,提升人力资本水平,对城市创新发展起到促进作用,推动区域不平衡发展。

表 10　基础设施建设叠加效应的机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	人力资本集聚水平	人力资本水平	投资集聚水平	创新投入水平
	techpop	*student*	*invest*	*tech*
bb	8.6965***	0.3985***	0.0578***	0.1411***
	(0.9055)	(0.0465)	(0.0099)	(0.0292)
控制变量	是	是	是	是
城市/年份	固定	固定	固定	固定
N	3520	3705	2860	3740
R^2	0.9373	0.9892	0.8786	0.9469

注：括号内为稳健标准误；*、**、*** 分别表示系数在 10%、5%、1%的水平显著。控制变量和常数项的回归结果未展示。

六、结论与政策启示

深入分析异质性基础设施建设的创新效应，对推动区域协调高质量发展具有重要的意义。本文借助高铁开通和“宽带中国”示范城市建设的准自然实验，利用2004—2020年284个城市数据，构建相同对照组，运用多期双重差分模型，比较分析了交通和信息基础设施建设对城市创新水平的影响。研究发现，与未开通高铁和未入选“宽带中国”示范城市建设的城市相比，开通高铁城市和入选“宽带中国”示范城市建设的城市其创新水平均得到显著提升，并且一系列稳健性检验均得到一致的结论。高铁开通主要通过人力资本效应和资金支持效应对城市创新水平提升产生积极影响，而且这种提升效应在中西部和北方城市更为明显，一定程度上推动区域协调发展。“宽带中国”示范城市建设主要通过人力资本效应促进城市创新，其资金支持效应暂无显著的促进作用，而且这种创新效应在东部和南方城市更为明显，一定程度上推动了区域不平衡发展。基础设施建设对城市创新水平的提升作用存在叠加效应，信息基础设施建设城市开通高铁所产生的叠加效应。明显低于交通基础设施建设城市入选“宽带中国”示范城市所产生的叠加效应。“宽带中国”示范城市在开通高铁后，可以搭乘“高铁”有效发挥人力资本效应和资金支持效应，吸引更多的人才和资金集聚，加大科技创新投入，提升城市创新水平，而且这种叠加效应在东部和南方城市更为明显，形成区域不平衡发展格局。

基于此，提出以下政策启示：第一，合理规划基础设施建设布局，优化资源空间配置，推动区域协调发展。东部和南方城市现有基础设施相对比较完善，应相应关注中西部和北方城市建设，有利于缩小城市间差距，减少区域不平衡发展。现有的高铁网络在东部已具有一定规模，在中西部却相对缺乏，需要加大对中西部交通基础设施建设的支持，有利于相对落后地区的创新发展，驱动经济高质量发展，推动区域协调发展，实现共同富裕。第二，信息基础设施建设应更好发挥示范和扩散效应，引领和带动其他地区发展。在交通基础设施的基础上建设信息基础设施可以更大力度地推动区域创新发展，此时需要更好地发挥信息基础设施的溢出效应，在实现自身高质量发展的同时需要关注“示范城市”的带动作用，促进区域协同创新发展。第三，政府应注重创新要素集聚的重要性，为创新活动提供相应的支持和保障。基础设施已加速创新要素流动和优化资源配置，但资源集聚可能还会面临其他阻碍因素。政府需要出台相应的人才政策，降低人力资本集聚所需要考虑的成本，加速高学历人才的集聚；还需要给予创新活动支持，加大对投资的吸引力度，鼓励科研活动开展，从而加速创新资源的集聚实现创新水平的提升。

参考文献

[1] 谭志雄，邱云淑，李后建，等. 高铁开通、人才流动对区域创新的影响及作用机制[J]. 中国人口·资源与环境，2022，32(8)：128-139.

[2] 吴建军，陈乃康. 高铁开通、要素流动与城市创新能力提升——来自中国268个城市的经验证据[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版)，2023，47(3)：52-62.

[3] YANG X，ZHANG H，LIN S，et al. Does high-speed railway promote regional innovation growth or innovation convergence?[J]. Technology in Society，2021，64：101472.

[4] 王春杨，兰宗敏，张超，等. 高铁建设、人力资本迁移与区域创新[J]. 中国工业经济，2020(12)：102-120.

[5] 卞元超，吴利华，白俊红. 高铁开通是否促进了区域创新?[J]. 金融研究，2019(6)：132-149.

[6] 杨思莹，李政. 高铁开通与城市创新[J]. 财经科学，2019(1)：87-99.

[7] 何凌云，陶东杰. 高铁开通对知识溢出与城市创新水平的影响测度[J]. 数量经济技术经济研究，2020，37(2)：125-142.
[8] 诸竹君，黄先海，王煌. 交通基础设施改善促进了企业创新吗？——基于高铁开通的准自然实验[J]. 金融研究，2019(11)：153-169.
[9] 吉赟，杨青. 高铁开通能否促进企业创新：基于准自然实验的研究[J]. 世界经济，2020，43(2)：147-166.
[10] 孙文浩，张杰. 高铁网络能否推动制造业高质量创新[J]. 世界经济，2020，43(12)：151-175.
[11] 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.
[12] 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.
[13] 孙早，徐远华. 信息基础设施建设能提高中国高技术产业的创新效率吗？——基于 2002—2013 年高技术 17 个细分行业面板数据的经验分析[J]. 南开经济研究，2018(2)：72-92.
[14] XU X，WATTS A，REED M. Does access to internet promote innovation? A look at the U. S. broadband industry[J]. Growth and Change，2019，50(4)：1423-1440.
[15] 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.
[16] 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.
[17] 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.
[18] 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.
[19] 张杰，白铠瑞，毕钰. 互联网基础设施、创新驱动与中国区域不平衡——从宏观到微观的证据链[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(1)：46-65.
[20] 王帆，章琳，倪娟. 智慧城市能够提高企业创新投入吗?[J]. 科研管理，2022，43(10)：12-23.
[21] 姚璐，王书华，范瑞. 智慧城市试点政策的创新效应研究[J]. 经济与管理研究，2023，44(2)：94-111.
[22] 袁航，朱承亮. 智慧城市是否加速了城市创新?[J]. 中国软科学，2020(12)：75-83.
[23] 姚圣文，张耀坤，赵兰香. 智慧城市试点政策能否助推城市创新水平提升？——基于多时点 DID 的实证研究[J]. 科学学与科学技术管理，2022，43(5)：85-99.
[24] 何凌云，马青山. 智慧城市试点能否提升城市创新水平？——基于多期 DID 的经验证据[J]. 财贸研究，2021，32(3)：28-40.
[25] AUDRETSCH D B，HEGER D，VEITH T. Infrastructure and entrepreneurship[J]. Small Business Economics，2015，44(2)：219-230.
[26] ACHEAMPONG A O，OPOKU E E O，DZATOR J，et al. Enhancing human development in developing regions：Do ICT and transport infrastructure matter?[J]. Technological Forecasting and Social Change，2022，180：121725.
[27] 孔令池，张智. 基础设施升级能够促进企业家精神成长吗？——来自高铁开通和智慧城市建设的证据[J]. 外国经济与管理，2020，42(10)：139-152.
[28] 陈明生，郑玉璐，姚笛. 基础设施升级、劳动力流动与区域经济差距——来自高铁开通和智慧城市建设的证据[J]. 经济问题探索，2022(5)：109-122.
[29] DONG X，ZHENG S，KAHN M E. The role of transportation speed in facilitating high skilled teamwork across cities[J]. Journal of Urban Economics，2020，115：103212.
[30] 杜兴强，彭妙薇. 高铁开通会促进企业高级人才的流动吗?[J]. 经济管理，2017，39(12)：89-107.
[31] 杨金玉，罗勇根. 高铁开通的人力资本配置效应——基于专利发明人流动的视角[J]. 经济科学，2019(6)：92-103.
[32] 何小钢，黄莹珊，朱国悦. 高质量人力资本与中国城市创新能力——来自高校扩招政策的证据[J]. 当代财经，2022(10)：15-27.
[33] 焦豪，崔瑜，张亚敏. 数字基础设施建设与城市高技能创业人才吸引[J]. 经济研究，2023，58(12)：150-166.
[34] 刘督，万迪昉，吴祖光. 风险资本阶段性投资对企业研发投入影响的研究[J]. 科学学研究，2017，35(3)：396-406.
[35] 龙玉，赵海龙，张新德，等. 时空压缩下的风险投资——高铁通车与风险投资区域变化[J]. 经济研究，2017，52(4)：195-208.
[36] WU A. The signal effect of government R&D subsidies in China：Does ownership matter?[J]. Technological Forecasting and Social Change，2017，117：339-345.
[37] 李宪印，王凤芹，杨博旭，等. 人力资本、政府科技投入与区域创新[J]. 中国软科学，2022(11)：181-192.
[38] 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.
[39] BECK T，LEVINE R，LEVKOV A. Big bad banks? The winners and losers from bank deregulation in the United States[J]. Journal of Finance，2010，65(5)：1637-1667.

Transportation and Information Infrastructure, Innovation Driver and Regional Coordinated Development: Based on Heterogeneous Perspective

Yang Kaixin, Deng Feng

(School of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: It is particularly important for promoting coordinated regional development whether infrastructure construction can optimise resource allocation and reshape the spatial distribution of innovation factors. Using the opening of high-speed rail and the "Broadband China" demonstration city as quasi-natural experiments for transport and information infrastructure construction respectively, the impact of infrastructure construction on city innovation from a heterogeneous infrastructure perspective by the data of 284 cities in China from 2004 to 2020 was explored. The results are as follows. The opening of high-speed rail can effectively exert the effect of human capital and financial support to promote urban innovation, and this promotion is more significant in the central and western cities and northern cities, which is conducive to promoting regional coordinated development. The demonstration city of "Broadband China" has an important role to promote the innovation level of eastern and southern cities, and promotes the unbalanced development of regions. Further analysis shows that there is a superimposed effect on the promotion of urban innovation by transportation and information infrastructure construction. The demonstration city of"Broadband China" can effectively exert the effect of human capital and financial support by the power of "high-speed rail", thus accelerating the innovation development of cities in the east and south, and further expanding the regional unbalanced development. The research findings contribute to understanding the complex innovation effects of transport and information infrastructure construction, and have important implications for the spatial layout of infrastructure, the optimization of innovation spatial pattern and the region coordinated development.

Keywords: infrastructure construction; urban innovation; regional coordinated development; heterogeneous perspective; opening of high-speed rail; "Broadband China" demonstration city