

高铁开通对知识溢出与城市 创新水平的影响测度^①

何凌云¹ 陶东杰²

(1. 中南财经政法大学经济学院; 2. 湖北经济学院财政与公共管理学院)

研究目标: 高铁开通对城市创新水平的影响及其机制。**研究方法:** 基于知识生产“面对面交流”理论, 构建实证模型, 利用 2003~2016 年地级市面板数据和双重差分法进行回归分析。**研究发现:** 基准回归结果表明高铁开通显著地提高了高铁沿线非节点城市的创新水平; 动态效应分析和工具变量估计仍然支持这一结论。异质性分析发现, 对于高铁沿线非节点城市, 与节点城市的距离越近、对应的节点城市创新水平越高, 高铁开通对其创新水平的提升作用越大, 且主要发生在东部和中部地区, 表明高铁开通具有知识溢出效应。进一步排除竞争性假说, 证实了知识溢出效应。**研究创新:** 从知识溢出效应角度考察高铁开通对城市创新水平的影响机制, 并利用工具变量方法缓解了已有研究中的内生性问题。**研究价值:** 有助于全面评价大规模高铁建设的经济效应, 同时为高铁时代地区间如何创新协同发展提供了丰富的政策启示。

关键词 高铁 创新 知识溢出 高质量发展

中图分类号 F532.8 **文献标识码** A

引言

党的十九大报告指出, 创新是引领发展的第一动力, 是建设现代化经济体系战略支撑, 到 2035 年, 我国经济实力、科技实力将大幅跃升, 跻身创新型国家前列。然而, 当前我国不同地区间的创新水平存在巨大的差异, 创新活动集中于大城市。在实施创新发展战略的过程中, 有效地发挥地区之间创新的知识溢出效应是带动中小城市和欠发达地区创新发展的关键路径。由于创新活动中的缄默知识依赖于面对面的交流, 城市之间的知识溢出效应随着地理距离的增加而衰减。高速铁路^② (以下简称“高铁”) 的开通大幅度地压缩了城市间的时空距离, 这能否降低城市之间知识流动的阻碍, 从而提升高铁沿线中小城市的创新水平? 回答这一问题有助于对我国大规模高铁建设的全面评价以及创新发展战略的实施举措。

本文从理论和经验上研究高铁客运专线开通对城市创新水平的影响及其机制。理论上,

① 本文获得教育部人文社科基金青年项目“老龄化背景下我国公共支出代际冲突的理论与实证研究”(17YJC790141)、“区域不平衡发展对幸福空间差异的影响研究”(18YJC790040) 的资助。本文通讯作者为陶东杰。

② 在 2013 年 2 月 1 日实行的《铁路主要技术政策》中, 高速铁路仅仅指新建设计开行 250 公里/小时 (含预留) 及以上动车组列车, 初期运营速度不小于 200 公里/小时的客运专线铁路。2014 年 1 月 1 日施行的中华人民共和国第 639 号国务院令中, 高速铁路是指设计开行时速 250 公里以上 (含预留), 且初期运营时速 200 公里以上的客运列车专线铁路。

基于知识生产的“面对面 (Face to Face) 交流”理论的研究 (Glaeser, 1999; Storper 和 Venables, 2004), 高铁开通为城市之间的信息和技术流动提供了高速通道, 有助于增强中心城市对高铁沿线中小城市知识溢出效应, 提高中小城市的创新水平。进一步地, 本文利用 2003~2016 年我国高铁客运专线的开通作为“准自然实验”, 采用倍差法 (DID) 证实了高铁开通对沿线非节点城市的创新水平具有显著的提升作用, 并通过异质性分析为高铁的知识溢出效应这一影响机制给出了经验证据。具体而言, 与节点城市距离越近, 所对应节点城市的创新水平越高, 高铁开通对城市创新水平的促进作用越强。

相对于已有的研究, 本文的贡献和现实意义是明显的。首先, 本文从理论上厘清了地区间交通基础设施促进知识溢出效应的作用机制, 并提供了城市层面的经验证据; 其次, 为考察高铁开通的经济效应提供了新的视角; 最后, 本文的研究结论对于全面评价大规模高铁建设投资的绩效以及高铁对于地区间创新协调发展的关键作用具有深刻的现实意义。

一、相关文献回顾

高铁开通对城市创新水平的影响在理论上可追溯到交通基础设施的经济增长效应。Lucas (1988)、Barro (1990) 基于内生经济增长理论模型阐述了交通基础设施的经济增长效应。大量的实证研究对交通基础设施的经济增长效应的发生机制给出了经验证据 (Hulten 等, 2006; Banerjee 等, 2012; 刘生龙和胡鞍钢, 2010)。随着新经济地理学的发展, 越来越多的文献开始关注交通基础设施的“经济分布效应” (Boarnet, 1998; Cantos 等, 2005)。一类研究发现交通基础设施的改善会增强中心地区对周边地区的经济集聚, 促进中心地区经济增长的同时可能对外围地区带来负面影响 (Chandra 和 Thompson, 2000; Faber, 2014; Qin, 2017; 李煜伟和倪鹏飞, 2013; 张克中和陶东杰, 2016)。另一类研究则发现交通基础设施的改善加速了区域经济由中心向外围的扩散 (Baum-Snow 等, 2017; Xu 和 Nakajima, 2017)。总之, 地区间交通基础设施水平的提升使地区之间经济发展的联系更加紧密。

高铁是 20 世纪中后期出现的一项重大的技术创新, 高铁网络的建设是交通基础设施水平的一次重大提升, 大幅缩短了地区间的时间距离。自 1964 年日本的“新干线”开通至今, 法国、意大利、美国、德国、中国等国家都大规模地建设了高铁网络。随着高铁的快速发展, 学术界对于交通基础设施经济效应的研究也随之进入“高铁时代”。一方面, 文献肯定了高铁推动经济增长的作用。针对法国的 TGV、德国的 ICE、西班牙的 AVE 和意大利的 Direttissima、日本的新干线和中国的高铁等多个国家高铁的研究发现, 高铁对总体经济增长具有明显的推动作用 (Vickerman, 1997; Kim, 2000; Ahlfeldt 和 Feddersen, 2018)。另一方面, 高铁开通也会带来区域间的“经济分布效应”。针对世界各国高铁的研究结果几乎一致地发现, 高铁开通增强了高铁网络中的中心城市对周边地区或沿途城市的经济集聚 (Sasaki 等, 1997; Givoni, 2006; Qin, 2017), 甚至导致区域经济的极化 (Albalade and Bel, 2012)。但同时也有一些研究发现, 高铁开通增强了地区间的经济联系, 有助于市场一体化, 给中心城市和沿线城市带来双赢 (Zheng 和 Kahn, 2013; 穆成林等, 2015)。

从已有研究可以看到, 高铁开通会增强地区间经济增长的“溢出效应” (董艳梅和朱英明, 2016), 但对于这种“溢出效应”是正向的还是负向的, 研究结论不一致。但更加重要的问题是, 现有研究几乎都关注于高铁开通对经济增长“数量”上的效应, 而忽视了高铁开通对经济增长“质量”的作用。高铁开通为地区间的人流、信息流提供了快速通道, 理论上有利于中心城市对外围城市的正向知识溢出, 进而提升外围城市的创新水平, 提高经济发展

质量。

最新的研究已经从个人、企业、城市等多个层面发现了高铁开通对知识生产企业创新以及城市创新的影响。个人层面，Dong 等（2018）对中国高铁的研究发现，高铁开通降低了城市间的面对面交流时间成本，提高了与一线城市科研人员合作的二线城市科研合作者的产出。企业层面，谭建华等（2019）研究发现高铁开通提高了企业创新水平——相对于未开通高铁城市的上市公司，地处开通高铁城市上市公司的各类专利申请数量显著增加；郭进和白俊红（2019）研究指出，高速铁路建设构成了信息和技术跨区域流通、扩散和再创新的高速通道，为企业在更大范围内搜索面对面交流对象以发掘更多有用的异质性知识提供了途径，最终带动了上市公司的创新产出。城市层面，杜兴强和彭妙薇（2017）发现高铁开通增强了沿线城市对高级人才的吸引力，从而使得该城市的上市企业聘用高级人才的数量增加，进而促进沿线城市的技术创新和经济发展。龙玉等（2017）发现高铁开通带来的空间压缩效应和时间节约效应有助于促进高铁城市吸引更多的风险投资，进而助推地方经济转型和技术创新。黄苏萍和李燕（2018）选取长三角城市群内开通高铁的 20 个城市为研究样本，研究发现高铁提升了沿线城市群科技创新潜力。

尽管上述文献从多个层面考察了高铁对创新的影响，但仍存在不足之处。首先，从宏观层面研究高铁开通对城市创新的影响的文献还比较少，这是对高铁这一大规模投资建设的成本收益分析不可或缺的部分。其次，已有文献主要基于高铁的资源配置效应讨论高铁的创新驱动作用，较少从地区间知识溢出效应的视角进行系统的理论分析。最后，高铁开通与创新之间存在潜在的反向因果关系，文献对这一内生性问题的处理不足，结论需谨慎对待。基于以上不足，本文基于知识生产“面对面交流”理论，利用优化的城市创新水平度量指标，使用工具变量解决内生性问题，考察高铁开通对城市创新水平的影响。

二、高铁开通的背景与理论假说

1. 中国高铁开通的背景

2003 年开通运营的秦沈客运专线是中国铁路第一条客运专线，全长 404 公里，是中国铁路步入高速化的起点。大规模的高铁客运网络建设始于 2004 年的《中国铁路中长期发展规划》中规划的超过 1.2 万公里“四纵四横”快速客运专线网。2008 年 8 月 1 日，中国第一条具有完全自主知识产权、世界水平的时速 350 公里高速铁路京津城际铁路开通运营。2008 年 10 月，国家批准《中长期铁路网规划（2008 年调整）》，确定到 2020 年全国铁路营业里程达到 12 万公里以上，其中客运专线达到 1.6 万公里以上。2016 年基本上建成了以“四纵四横”^① 为骨架的全国快速客运网。为更好地服务和支撑国家重大战略，2016 年 7 月国家发改委、交通部和铁路总公司联合发布了《中长期铁路网规划》（2016～2030）。《中长期铁路网规划》勾画了新时期“八纵八横”11 条高速铁路网的宏大蓝图^②。2018 年底中国高铁运营里程超过 2.9 万公里，占全球高铁运营里程的三分之二以上。2019 年，计划

① “四纵四横”客运专线是指连接直辖市、省会城市及大中城市间的四条纵贯南北和四条横贯东西的长途高速铁路。“四纵”分别是：京沪客运专线、京广深港客运专线、京哈客运专线、杭福深客运专线；“四横”分别是太青客运专线、徐兰客运专线、沪汉蓉客运专线、沪昆客运专线。

② “八纵”通道包括沿海通道、京沪通道、京港（台）通道、京哈—京港澳通道、呼南通道、京昆通道、包（银）海通道、兰（西）广通道。“八横”通道包括绥满通道、京兰通道、青银通道、陆桥通道、沿江通道、沪昆通道、厦渝通道、广昆通道。

确保投产高铁新线 3200 公里。根据中国中长期铁路网规划方案,到 2020 年,中国时速 200 公里以上的高铁里程将会超过 3 万公里。

高铁客运专线有别于在已有铁路上的提速列车以及动车组,其设计时速达到 350 公里以上,大幅地拉近了城市之间的时间距离。例如,2009 年 12 月 26 日,时速大于 350 公里的新建高铁客运专线武广客运专线正式开通,武汉到广州的铁路旅行时间从 11 小时缩短到约 4 小时。高铁客运专线除了速度快之外,还具备超大的客运能力。2018 年,高铁旅客周转量占铁路旅客周转量的 48%,高铁客运量超过铁路客运量的 50%。我国高铁的功能主要是客运,目前还没有大范围涉及货运^①。高铁的客运功能不同于普通列车,它大幅缩减长距离出行时间的主要意义是降低了跨地区往来的公务出差人员的出行成本。根据《CTR 媒介专项研究部与中国铁路总公司联合调研报告》《CTR 媒介专项研究部东北高铁商旅人群调查报告》《高铁对居民出游方式和消费需求趋势的影响研究》等调研报告显示:中国高铁和动车受众人群中,本科及以上学历人群占比分别达到 58.7%和 51.4%,政府、事业单位、公司的中高层管理人员占比分别达到 33.5%和 24.3%,且乘客中以公务出差为目的的占比最高。

高铁的开通在区域中心城市之间建立了快速的通道,高铁沿线的非中心城市直接融入了大都市的交通圈。高铁作为一种快速的交通工具,对区域经济的影响可以归结为“三大效应”:虹吸效应、同城效应和节点效应(张克中和陶东杰,2016)。“虹吸效应”是指高铁的开通会加速城市间经济要素流动,促进资金、人才、信息向发展环境优越、行政效能高的城市聚集,改变高铁沿途城市的经济空间分布格局。“同城效应”的意思是,高铁通过的城市与相邻城市将发生联动效应,在一体化基础上实现同城化。“节点效应”则是指高铁网络中的节点城市将是高铁开通的最大受益者。高铁的“三大效应”说明高铁开通对区域经济的影响具有两面性。一方面,高铁可能加速市场整合和要素流动。当区域中心城市和沿途城市之间的交通壁垒降低的时候,人口、资金等要素可能更容易集聚到更有增长潜力的城市,而区域中心城市通过市场一体化的提升将更多商品流入到沿线城市;另一方面,高铁带来的交通便利性可能加速区域中心城市的技术和知识外溢,通过扩散效应,促进沿线非中心城市的创新发展。

2. 理论假说

基于国内外文献梳理和高铁开通的背景,本文认为我国高铁客运专线的开通可能对城市创新产生影响。我国高铁客运专线经过近十年来的快速发展,已经形成网络,为较高知识水平人员的跨地区交流提供了快速通道,有助于信息和技术的跨地区流动。城市之间由于高铁的联通有助于中心城市对沿线非中心城市的正向溢出效应。

然而,在互联网时代,知识溢出还依赖于高铁这类运输人员的交通工具吗?知识跨地区溢出效应可以通过强大的互联网来实现,地理距离似乎不能构成知识溢出的阻碍(O'Brien, 1992; Cairncross, 2001; 徐德英和韩伯棠, 2015)。但也有很多研究表明,地理距离仍然是知识跨地区溢出的约束(Glaeser 和 Maré, 2001)。互联网等信息技术的发展所带来的“线上交流”与面对面的“线下交流”之间不是互相替代的关系,“线上交流”的发展反而拓展了“线下交流”的空间。Glaeser (1999)、Storper 和 Venables (2004) 提出并完善了“面对面交流理论”,认为知识分为可编码的显性知识(Codified Knowledge)和不可编码的隐性知识(Non-codified Knowledge),后者在很大程度上依赖于人们面对面的交流而产生和流

^① 物资资料的跨区域运输依然主要依靠普通火车、货车和货船等传统交通工具。放眼世界,也只有少数几个国家的高铁开展了轻载货物(如小型快递包裹)的跨区域运输服务。

动。林晓言和罗燊（2017）基于知识流空间理论分析了高铁对知识流动的影响，认为高铁开通促进了面对面交流，而且通过影响人力资本流动，促进产业集聚与扩散，吸引投资，站区开发等方面影响了区域间知识流的结构，同时改变了区域间的知识联系强度。基于以上分析，本文提出有待检验的理论假说：高铁开通增强了中心城市对非中心城市之间的知识溢出，进而提高了非中心城市的创新水平。

三、计量模型与数据

1. 计量模型

识别高铁开通与城市创新水平之间的因果关系面临潜在的内生性问题。其一是反向因果关系。高铁作为国家层面的重大战略规划，连接了占全国 GDP 大约一半的区域中心城市（直辖市、省会和副省级城市），形成纵横交错的高铁网络。具有较高的创新水平和发展潜力，可能是决定其能否成为高铁网络节点城市的关键因素。其二是遗漏变量问题。高铁开通的城市一般是相对发达的城市，其经济发展水平以及创新水平也较高，模型中可能遗漏某些不可观测的变量，同时影响高铁开通和创新水平。

为了应对潜在的内生性问题，我们对研究对象和研究方法进行了优化。首先，本文选取的研究对象是高铁沿线的非节点城市，避免反向因果带来的内生性问题。高铁作为国家层面的战略规划，对于非区域中心的高铁沿线城市而言，是否开通高铁主要取决于该城市是否位于中心节点城市之间的连线上。也就是说，非节点城市的创新水平不是决定高铁是否从该地级市经过的直接原因，可以将高铁的开通看作一项“准自然实验”进行研究。其次，对于潜在的遗漏变量问题，我们根据 Faber（2014）所使用的“最小路径树”思路构建工具变量进行稳健性检验。

由于不同地级市的高铁开通的时间存在年度上的差异，本文采用式（1）所示的双向固定效应模型^①，控制年份固定效应和地级市的个体固定效应，采用 OLS 估计。

$$Y_{it} = \alpha + \beta HSR_{it} + \gamma X_{it} + \delta_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， i 表示地级市， t 表示年度。 Y 是因变量，表示城市的创新水平。 X 是控制变量集，包括影响城市创新水平的多层因素，如经济发展水平、财政支出水平和结构、人力资本水平、对外开放水平等，具体见数据说明部分。虚拟变量 $HSR_{it}=1$ 表示城市 i 在年份 t 是开通高铁的状态， $HSR_{it}=0$ 表示未开通高铁。 δ_t 表示年份固定效应，在回归中是一系列的年份虚拟变量。 μ_i 表示地级市的个体固定效应， ε_{it} 是随机扰动项。

2. 数据说明与描述性统计

本文使用的数据主要有三部分。第一，城市是否开通高铁以及开通的年份。基于铁道部的公开资料，我们手工整理出 2003~2016 年，我国 284 个地级及以上城市是否开通高铁以及高铁开通的年份。如果是上半年（6 月 30 日之前）开通高铁，我们定义为当年开通，如

^① 已有的研究大多采用倍差法（Difference-in-Difference）来研究“接入高速公路”“铁路开通”或者“铁路提速”的经济后果。例如 Qin（2017）使用倍差法分别评估了 2004 年和 2007 年铁路升级对沿途城市的经济增长的影响；周浩和郑筱婷（2012）使用倍差法评估了 1997 年“京沪线”和“京广线”两条铁路的提速对沿途地区经济增长的影响。经典的倍差法是一种有效的政策评估方法，但是也存在一定的局限性，它适用的情形是，处理组的所有成员都在同一时间接受某项政策的作用，数据结构为政策前和政策后的两期面板。同时，需要排除与政策实施同时发生的其他因素变化所带来的影响。本文考察的对象是 2003~2016 年所有高铁线路开通，不同的城市开通高铁的时间不同，因此我们采用多期面板数据的双向固定效应模型，其本质也是倍差法。

果是下半年开通高铁，我们定义下一年为开通年份^①。表1列示了历年开通高铁的城市数量和城市名单。可以看到，随着我国高铁网络的快速发展，开通高铁的城市数量有很高的上升速度，同时，HSR 具有较大的变异，有利于进行回归分析。

表1 历年开通高铁的城市统计

年份	新开通高铁线路	新开通高铁的城市名单	新开通高铁的城市数	新开通高铁的非节点城市数
2009	京津城际、济青客专	北京、天津、石家庄、阳泉、六安、济南、青岛、淄博、潍坊、武汉、黄冈	11	5
2010	武广高铁、福厦铁路、郑西客运专线	宁波、温州、台州、福州、厦门、莆田、泉州、宁德、洛阳、三门峡、咸宁、长沙、株洲、衡阳、岳阳、郴州、广州、韶关、清远、成都、西安、渭南	22	15
2011	沪杭客运专线、汉宜铁路、宜万铁路、广佛肇城际	沧州、廊坊、长春、吉林、上海、无锡、徐州、常州、苏州、镇江、杭州、嘉兴、蚌埠、宿州、南昌、九江、枣庄、济宁、泰安、郑州、宜昌、恩施土家族苗族自治州、珠海、佛山、中山、海口、三亚	27	20
2012	广深高铁	漳州、深圳、东莞	3	2
2013	哈大高铁、郑武高铁	邯郸、邢台、大连、营口、辽阳、铁岭、四平、松原、哈尔滨、淮南、安阳、鹤壁、新乡、许昌、漯河、信阳、驻马店、孝感、荆州	19	17
2014	武黄城际、南广客专、津秦高铁、厦深铁路	唐山、保定、鹤岗、牡丹江、盐城、湖州、绍兴、黄石、鄂州、永州、汕头、惠州、汕尾、潮州、揭阳、南宁、柳州、桂林、梧州、北海、防城港、钦州、贵港、来宾、重庆、眉山、宝鸡、咸阳	28	26
2015	沪昆高铁、兰新高铁	金华、衢州、铜陵、黄山、宣城、南平、萍乡、新余、鹰潭、宜春、抚州、上饶、烟台、威海、开封、焦作、湘潭、邵阳、益阳、怀化、娄底、肇庆、云浮、贺州、德阳、绵阳、乐山、贵阳、铜仁、黔西南布依族苗族自治州、黔东南苗族侗族自治州、黔南布依族苗族自治州、兰州、嘉峪关、天水、张掖、酒泉、西宁、海东、海北藏族自治州、乌鲁木齐、吐鲁番、哈密	43	43

① 这种定义方法被广泛用于确定政策实施年份，具备合理性。如果以开通的年份作为开通当年，那么每个城市开通当年持续的时间都会小于一年（除非1月1日开通），实证分析中必然会低估高铁开通的影响。如果全部以开通年份的后一年作为开通当年，则会高估高铁开通的影响。按照文中的定义方法，则可以适当中和两个方向的偏差，降低总的估计偏差。

(续)				
年份	新开通高铁线路	新开通高铁的城市名单	新开通高铁的城市数	新开通高铁的非节点城市数
2016	沈丹高铁	本溪、丹东、延边朝鲜族自治州、齐齐哈尔、大庆、绥化、南通、扬州、泰州、丽水、芜湖、马鞍山、安庆、池州、龙岩、赣州、百色、儋州、广元、内江、南充、广安、资阳	23	23

第二,城市创新水平。现有研究主要使用三类指标:TFP(全要素生产率)、研发投入(R&D支出)和专利衡量技术进步或创新水平。TFP主要通过将经济增长进行分解,其中无法被要素积累解释的部分归因为技术进步,不足之处在于不完全竞争市场上使用该指标衡量创新的误差较大。R&D支出是从财力投入的角度度量创新水平,但在中国使用R&D支出存在数据可获得性较差,会计制度不够完善导致数据虚报问题比较严重等问题。专利是从创新活动产出的角度反映创新水平,专利的数据公开性、客观性、时效性和信息完整性,被广泛用于测度企业层面、地区层面的创新水平。

本文选择的创新水平的指标来源于复旦大学产业发展研究中心《中国城市和产业创新力报告2017》(以下简称《报告》)中的2001~2016年338个城市的创新指数。《报告》对城市创新指数的测算以国家知识产权局的专利数据为基础,但不同于以往直接采用专利总数作为城市创新水平的代理变量,该指数的测算方式做了进一步的优化。首先,仅使用最能代表创新能力的发明专利数量作为统计基础。其他形式专利只需满足一定的实用性与新颖性即可,而发明专利需要满足实用性、新颖性和创造性这三个特性,因而最能代表创新能力。其次,通过计量方法充分考虑到专利的价值差异。专利持有者需要缴纳年费来更新专利的存续期,一般而言,专利的存续年龄越大,私人价值也越大。因此,已有研究直接使用专利数量来衡量创新力的做法不够准确、合理,《报告》通过专利更新模型估计不同年龄专利的平均价值。在此基础上,将每个专利的价值加总到城市层面,得到城市创新指数^①。

第三,城市层面的其他变量来源于历年《中国城市统计年鉴》中的“地级及以上城市统计资料”。我们整理出2003~2016年地级市层面的面板数据,并以2003年为基期,将GDP数据根据各省份的CPI进行了平减调整;其他货币单位的变量根据各省份CPI进行了平减调整。本文所使用的主要变量的描述性统计如表2所示。

表2 变量描述性统计

变量名	变量含义	观测数	平均值	最小值	最大值
<i>INNOV</i>	创新指数	4042	6.865	0	1061
<i>HSR</i>	高铁开通	4042	0.174	0	1
<i>DTN</i>	与节点城市距离(公里)	4042	162.5	0	1125
<i>DTLine</i>	是否处于节点城市连线上	4042	0.0965	0	1
<i>Population</i>	总人口数	4016	5.844	2.795	8.129
<i>Area</i>	行政区划面积	4016	9.340	2.565	12.44
<i>M_wage</i>	职工平均工资	3992	10.01	2.281	11.76

① 具体计算方法请参阅《中国城市和产业创新力报告2017》的附录C1。

(续)

变量名	变量含义	观测数	平均值	最小值	最大值
<i>GRP_P</i>	人均地区生产总值	4006	9.862	4.380	12.79
<i>FI_GRP</i>	第一产业占比	4011	48.58	12.19	90.97
<i>TI_GRP</i>	第三产业占比	4011	36.87	8.580	80.23
<i>Fis_exp</i>	财政一般预算支出	4014	13.74	10.40	17.71
<i>Sci_exp</i>	财政科学支出	4011	8.779	3.463	14.89
<i>Edu_exp</i>	财政教育支出	4014	12.03	6.716	15.73
<i>Loan</i>	年末金融机构贷款余额	4015	15.36	5.965	19.89
<i>Num_HS</i>	普通高等学校数	3894	7.780	1	91
<i>Num_Teacher</i>	普通高等学校教师数	3895	4499	0	67549
<i>Fgn_TP</i>	外商投资企业总产值	3781	12.83	4.488	18.57
<i>GAT_TP</i>	港澳台企业总产值	3748	12.40	1.407	17.80

注：总人口数、行政区划面积以及所有以货币为单位的变量均取了自然对数；由于数据来源中存在少量缺失值，表中的数据是非平衡面板数据；根据本文的研究对象，我们剔除了区域中心城市（直辖市、省会城市和副省级城市），共包括 255 个地级市，2003~2016 年共 14 个观测年份；使用的是全市（地区）层面的数据，并非市辖区的数据；人口数为常住人口数；“与节点城市距离”是使用百度地图直线测量工具手工测量得到的数据。因为省际行政边界的存在降低了区域大城市对外省城市的“吸纳效应”（许政等，2010），所以我们测量的是该城市的政府大楼所在地和该城市所在省份的中心城市（省会、副省级城市或直辖市）政府大楼所在地之间的直线距离，作为两地间距离的代理变量。一个城市与省内所有中心城市的直线距离的最小值即观测值。

图 1 绘制了开通高铁和未开通高铁的城市创新指数发展趋势比较结果。显然，在首次开通高铁年份 2009 年之后，开通高铁的城市的创新指数增速高于未开通高铁的城市。为了直观地反映非节点城市在开通高铁前后创新水平的差异，我们将样本期间所有非节点城市开通高铁的年份设定为原点，计算高铁开通前后若干年的城市创新水平，结果展示于图 2。可以看出，对于非节点城市而言，开通高铁后的创新水平发展趋势明显快于高铁开通之前。当然，基于均值的统计结果无法剔除时间趋势和其他因素的干扰，需要进一步进行回归分析，揭示高铁开通与非节点城市创新水平之间的因果关系。

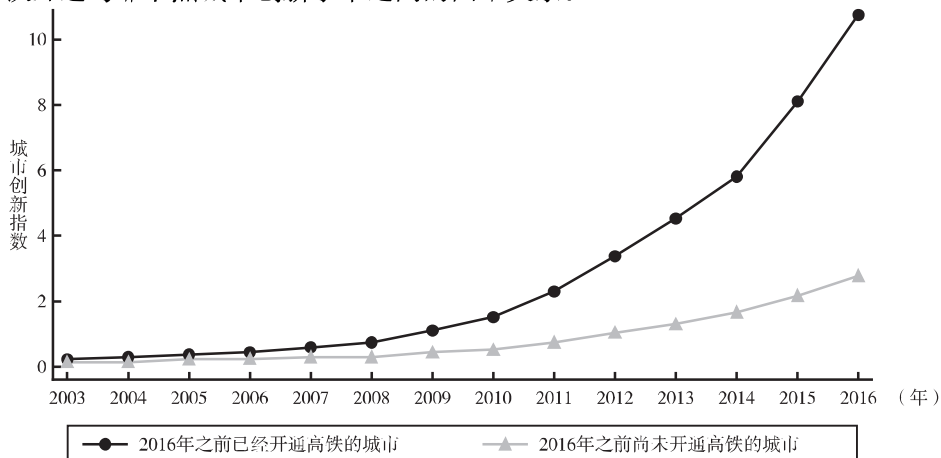


图 1 非节点城市创新指数时间趋势

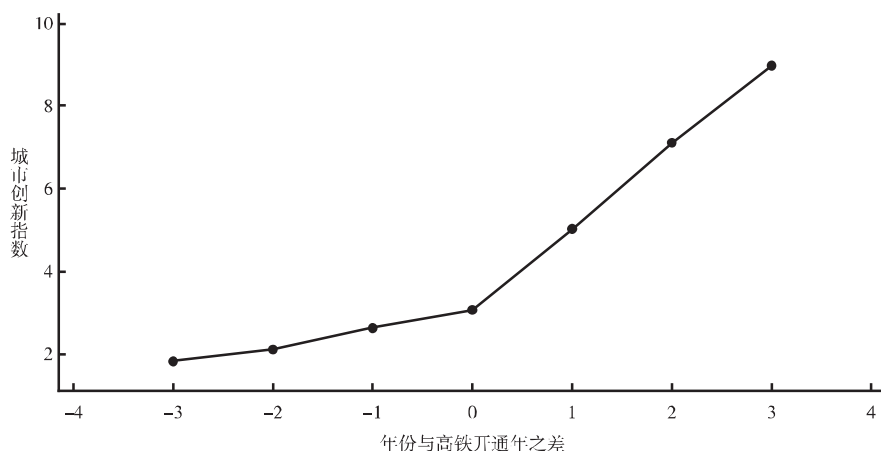


图2 非节点城市高铁开通前后创新指数比较

四、实证结果分析

1. 基本回归结果

本文使用双向固定效应模型进行 OLS 估计,考察高铁开通对非节点城市的创新水平的影响,结果列示于表 3。表 3 的回归 (1) 仅加入了高铁开通这一个解释变量和城市固定效应,回归 (2) 在回归 (1) 的基础上加入了年份固定效应,回归 (3)~回归 (5) 依次在前者基础上加入一系列控制变量。在这五个回归结果中,高铁开通的估计系数都在 1%水平上显著为正,表明高铁开通显著提升了非节点城市的创新水平。回归 (5) 的估计系数表明,在其他条件不变的情况下,高铁开通使得非中心城市创新指数上升 2.343,相当于平均值 6.865 的 34%。

表 3 高铁开通对沿线非节点城市创新水平的影响: OLS 估计

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>
<i>HSR</i>	6.638*** (1.251)	3.862*** (1.028)	3.717*** (0.968)	3.425*** (0.837)	2.343*** (0.562)
<i>Population</i>			7.191 (6.522)	6.849 (6.391)	5.206 (7.752)
<i>Area</i>			3.982 (6.079)	3.462 (6.460)	-1.277 (7.765)
<i>M_wage</i>			-3.038 (1.902)	-2.010* (1.199)	-7.569*** (2.073)
<i>GRP_P</i>				-2.834* (1.620)	-2.493 (1.528)
<i>FI_GRP</i>				-0.127** (0.049)	-0.125*** (0.048)

(续)					
变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>
<i>TI_GRP</i>				0.034 (0.070)	0.025 (0.067)
<i>Fis_exp</i>					-4.231** (1.682)
<i>Sci_exp</i>					1.818*** (0.597)
<i>Edu_exp</i>					1.713 (1.285)
<i>Loan</i>					0.398 (0.673)
<i>Num_HS</i>					0.022 (0.241)
<i>Num_Teacher</i>					0.002** (0.001)
<i>Fgn_TP</i>					0.099 (0.147)
<i>GAT_TP</i>					-0.181 (0.122)
常数项	1.014*** (0.185)	0.163 (0.253)	-50.232 (45.664)	-22.919 (52.804)	94.943 (67.761)
R ²	0.127	0.169	0.181	0.207	0.285
City FE	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市数	255	255	254	254	242
样本量	3538	3538	3499	3491	3042

注：解释变量中，总人口数、行政区划面积以及所有以货币为单位的变量均取了自然对数。括号里是稳健标准误。***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平下显著。

2. 动态效应

基本回归结果只能反映高铁开通后各年数下的平均效应，无法揭示高铁开通对城市创新的作用时间。为了分析高铁开通对城市创新的作用是在开通当年还是开通后的若干年，本文构造了新的系列变量代替 *HSR* 进行回归。与 *HSR* 的定义不同，*HSR_1=1* 表示该城市高铁开通后的第一年，*_HSR_1=1* 表示该城市高铁开通的前一年，其他年份以此类推。这一系列变量的估计系数表示高铁开通在不同时间点上的效应。回归结果列示于图 3，直观地展示动态效应。从中可以看到，高铁开通对非中心城市创新水平的影响在开通后第 2 年开始发生，并在后续年份持续增强，到第 6 年有一定回落。

动态效应分析的结果同时也提供了一项安慰剂检验 (Placebo Test)。安慰剂检验实际上是一种反事实分析，基本思路是：假设开通高铁的城市和没有开通高铁的城市之间存在系统性的差异，前文观察到的高铁开通对非中心城市创新水平的影响可能是这种差异引起的，并非高铁开通本身引起的。那么，我们可以认为这种系统性差异在高铁没有开通的时期也会发挥作用。对

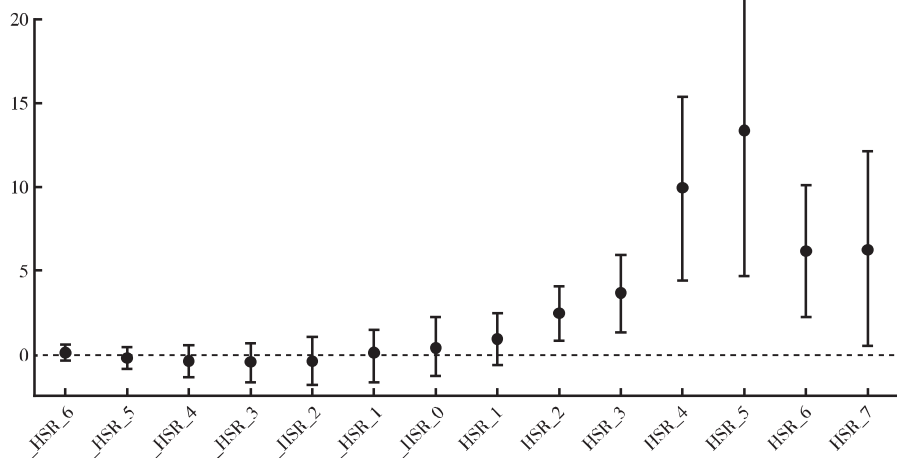


图3 高铁开通对城市创新水平的影响动态效应

这个推断进行实证检验， $_HSR_1$ 至 $_HSR_6$ 均不显著，说明在未真正开通高铁的年份，虚拟的高铁开通变量并没有对非中心城市创新水平产生显著影响，因此可以排除上述推测。

3. 工具变量回归结果

面板数据双向固定效应模型的本质也是倍差法，必须满足处理组和对照组具有共同趋势的假设。尽管我们认为高铁开通对于高铁沿线的城市来说是相对外生的，但高铁网络与原有的铁路网有很大程度上的重合，其主要目的是提速而非构建新的铁路网。假设原有的铁路网经过的城市具有较高的经济发展水平和创新潜力，那么OLS估计结果将产生正向偏误。此外，高铁开通的主要年份是2009年之后，正是全球经历了金融危机之后的年份，整体经济有下行趋势。假如开通高铁的城市受到金融危机的冲击较大，创新水平的发展势头低于未开通高铁的城市，那么前文的OLS估计结果则会产生向下的偏误。为了消除这种担忧，下文使用了工具变量法克服高铁开通可能的内生选择问题，作为对基本回归结果的进一步检验。

Faber (2014) 在对中国高速公路的研究中，使用了“最小路径树”的方法将中心城市用直线连接，利用“是否位于连接中心城市的直线上”作为“接入高速公路”的工具变量。借鉴这一思路，本文构造工具变量进行研究。中国高铁的规划目标是建成“四纵四横”的高铁网络，连接全国各区域的中心城市（节点城市）。非中心城市是否开通高铁，与该城市的地理位置是否处于高铁网络中的节点城市之间的直线上紧密相关。而后者由历史的地理区位决定，与近期经济发展水平和趋势之间没有直接的关系。因此，工具变量（ $IVHSR$ ）的构造方法如下。第一步，利用样本期间已建成的一部分高铁网络，找到已建成线路经过的中心节点城市（直辖市、省会和副省级城市），并在百度地图上使用测量工具将这些中心节点城市按照高铁网络的布局用直线连接起来；第二步，测量每个地级市的标记点（市中心）与直线段的垂直距离，如果该垂直距离小于或等于50公里，则认为该地级市位于直线段上；第三步，记录每一条直线段对应的高铁开通的年份作为基准年份；第四步，对于位于直线段上的地级市 i ，且年份 t 大于等于基准年份，则令 $IVHSR_{it}=1$ ，否则 $IVHSR_{it}=0$ 。虚拟变量 AFT_HSR1 表示该城市开通高铁1年后， $IVHSR1$ 是 AFT_HSR1 的工具变量，同时考虑第2年（ AFT_HSR2 ）和第3年（ AFT_HSR3 ），以研究高铁开通对创新水平影响的持续性。

利用构造出的工具变量，使用两阶段最小二乘法（2SLS）进行估计，回归结果列示在

表4中。Panel B是第一阶段的估计结果, *IVHSR* 的估计系数在1%的水平上显著, 说明 *HSR* 和 *IVHSR* 高度相关。值得注意的是, Panel A中2SLS的 *HSR* 估计系数的绝对值比表3中OLS估计系数的绝对值大, OLS估计实际上在一定程度上低估了高铁开通对非节点城市创新水平的影响, 这也证实基于OLS回归结果的结论是可靠的。

表4 高铁开通对非节点城市创新指数的影响: 2SLS估计

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>
Panel A: 2SLS				
<i>HSR</i>	8.078*** (0.719)			
<i>AFT_HSR1</i>		11.083*** (0.996)		
<i>AFT_HSR2</i>			15.918*** (1.461)	
<i>AFT_HSR3</i>				22.619*** (2.164)
Panel B: First-stage				
	<i>HSR</i>	<i>AFT_HSR1</i>	<i>AFT_HSR2</i>	<i>AFT_HSR3</i>
<i>IVHSR</i>	0.746*** (0.020)			
<i>IVHSR1</i>		0.740*** (0.015)		
<i>IVHSR2</i>			0.759*** (0.019)	
<i>IVHSR3</i>				0.782*** (0.017)
常数项	73.811*** (27.009)	74.028*** (27.282)	55.389** (28.073)	54.478* (29.270)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes
城市数	242	242	242	242
样本量	3042	3042	3042	3042

注: 控制变量同表3; 括号里是稳健标准误。***、**、* 分别表示在1%、5%和10%的统计水平下显著。

4. 机制检验: 异质性分析

上述基本回归结果表明, 高铁开通对沿线非节点城市的创新水平有显著的提升作用。进一步地, 我们通过异质性的分析来检验影响机制——高铁开通增强了中心城市对沿线非节点城市的知识溢出效应, 进而提升了非节点城市的创新水平。已有文献从微观层面给出了经验证据, 例如 Dong 等 (2018) 发现高铁开通增加了城市间学者科研合作上的正向外部性。尽管如此, 类似的证据还十分缺乏。我们采取检验推论的方式来为影响机制提供进一步的证据。

首先, 假设高铁开通增强了知识溢出效应, 那么自然地距离中心城市越近的城市, 高铁

开通对其创新水平的提升作用越大。为了检验这一推论，我们在式（1）中加入了 *HSR* 与“与节点城市的直线距离”（*DTN*）的交互项。为便于分析，对 *DTN* 变量进行了标准化处理，预期交互项的估计系数显著为负。结果如表 5 的回归（1）所示，*HSR* 的估计系数在 1% 水平上显著为正，交互项的估计系数在 5% 的水平上显著为负，说明距离中心节点城市越远，高铁开通的创新水平提升作用越弱。

表 5 异质性分析结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>	<i>INNOV</i>
	全样本	全样本	全样本	东部	中部	西部
<i>HSR</i>	6.757*** (2.431)	1.371*** (0.431)	1.362*** (0.426)	3.025*** (0.982)	0.565** (0.266)	0.345 (0.450)
<i>HSR</i> × <i>DTN</i>	-0.032** (0.016)					
<i>HSR</i> × <i>NCinnov</i>		1.721*** (0.578)	3.982*** (1.302)			
<i>HSR</i> × <i>DTN</i> × <i>NCinnov</i>			-0.014*** (0.006)			
常数项	98.393 (67.194)	72.599 (62.632)	58.869 (60.188)	36.971 (287.324)	-50.560 (38.452)	15.347 (12.311)
<i>R</i> ²	0.308	0.310	0.337	0.391	0.164	0.712
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市数	242	242	242	98	99	45
样本量	3042	3042	3042	1304	1306	432

注：同表 4。

其次，假设高铁开通增强了知识溢出效应，那么与非节点城市相连接的中心节点城市的创新水平越高，知识溢出效应也应该越强。为了检验这一推论，我们在式（1）中加入 *HSR* 与“节点城市的创新指数”（*NCinnov*）的交互项，预期交互项的估计系数显著为正。结果如表 5 的回归（3）所示，*HSR* 的估计系数在 1% 水平上显著为正，交互项的估计系数在 1% 的水平上显著为正，说明非节点城市被高铁所连接的节点城市的创新水平越高，高铁开通对其创新水平的驱动作用越强。表 5 的回归（3）是在回归（2）的基础上进一步地加入了 *HSR*、*NCinnov* 与 *DTN* 三者的交互项，检验 *DTN*、*NCinnov* 对高铁开通的创新驱动效应的调节作用是否具有独立性。结果表明，三者的交互项的估计系数在 1% 水平上显著为负，进一步验证了推论。

再次，基于传统的中东西部^①的划分，本文还进行了分样本回归，进一步考察高铁开通的创新驱动效应在各区域的异质性。理论上，高铁开通的“知识溢出效应”主要发生在城市

① 中国区域经济传统意义上对东、中、西部省份的划分如下：东部省份包括辽宁、河北、北京、天津、山东、江苏、浙江、上海、福建、广东、广西和海南；中部省份包括黑龙江、吉林、内蒙古、山西、河南、湖北、江西、安徽和湖南；西部省份包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、四川、重庆、云南、贵州和西藏。

空间分布相对密集,节点城市创新水平较高,且高铁网络较为密集的地区,那么我们预期高铁开通对非节点城市创新水平的提升作用在东部地区最大,中部地区次之,西部最弱。分样本回归结果列示于表5的回归(4)~回归(6)中。结果表明,高铁开通对东部地区非节点城市的创新驱动效应最强,中部地区相对弱化,而在西部地区HSR的估计系数并不显著。综合以上,基于对理论推论的检验,异质性分析结果进一步支撑了高铁开通增强知识溢出效应从而拉动非节点城市创新水平的理论假说。

5. 排除竞争性假说

基于前文的理论分析和实证结果,可以认为高铁开通的知识溢出效应能够解释高铁开通对非节点城市的创新驱动效应。为进一步增强结论的可靠性,基于因果关系识别对排除其他竞争性假说的严格要求,我们在认知范围内尽量排除可能的竞争性假说。

第一个竞争性假说是高铁新区建设的创新驱动效应。高铁开通对沿线城市具有非常大的战略意义,在高铁规划下达后至高铁开通之前的几年时间,这些城市都会进行相关配套设施建设,如修建高铁新区和其他高铁相关基础设施等,对当地GDP有很大的拉动作用。假设在高铁开通前的经济刺激作用下,当地的创新水平有了内生的增长,那么也能够出现我们所观察到的高铁开通与城市创新水平的同步提升。为了检验这一假说,将高铁开通前三年看作是高铁相关的配套投资时期,因而删除开通年之前一年或前两年或前三年的数据,再使用原模型进行回归。如果这一理论假说能够完全替代前文的理论假说,那么回归结果中HSR的估计系数将不再显著。表6的回归(1)~回归(3)报告了删除配套期之后的回归结果,HSR的估计系数仍然在1%的水平上显著为正。由此,我们认为这一竞争性假说未能对基本结论构成挑战。

表6 剔除高铁开通前若干年的观测回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	剔除高铁开通前一年的观测	剔除高铁开通前两年的观测	剔除高铁开通前三年的观测
	INNOV	INNOV	INNOV
HSR	2.158*** (0.532)	1.977*** (0.571)	1.741*** (0.631)
常数项	117.321* (68.769)	124.021* (67.498)	118.485* (67.000)
R ²	0.289	0.294	0.299
控制变量	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes
城市数	242	242	242
样本量	2906	2770	2634

注:同表4。

第二个竞争性假说是高铁开通对货运的“挤入效应”降低了市场成本,从而提升了创新水平。高铁开通的知识溢出效应以增加铁路客运量为前提,目前还未对此前提加以检验。同时,高铁开通增加的铁路客运量会在一定程度上节省普通铁路的运力,可能是这些运力导致了货运量的提升,对创新水平有拉动作用。为了检验这一假说,我们将式(1)的被解释变

量替换为与客运量、货运量相关的一组变量,回归结果报告于表7。回归(1)~回归(5)结果表明,高铁开通对铁路客运量的确具有提升作用,但是对公路、水运、民航以及客运总量不具有显著的提升作用。回归(6)和回归(7)表明,高铁开通对货运量并没有带来显著的效应。基于上述分析,可以排除这一竞争性假说。

表7 高铁开通对客运和货运量的影响回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	客运总量	铁路客运总量	公路客运总量	水运客运总量	民航客运总量	货运总量	铁路货运总量
HSR	0.007 (0.054)	0.269*** (0.100)	0.024 (0.051)	0.132 (0.117)	-0.098 (0.093)	0.040 (0.048)	-0.049 (0.093)
常数项	-7.173*** (2.561)	-0.815 (3.372)	-8.185** (3.430)	-0.193 (20.974)	-27.929** (11.850)	-5.245 (3.303)	-4.527 (5.492)
R ²	0.352	0.273	0.317	0.117	0.659	0.607	0.066
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市数	240	228	241	162	111	240	227
样本量	2591	2256	3033	1551	1042	2591	2275

注:同表4。

五、结论与政策启示

创新驱动战略是引领我国经济由高速发展向高质量发展转换的重要抓手。地区间交通基础设施建设大幅度地缩小了地区间的时空距离,为地区间空间溢出效应的发挥降低了阻碍。本文从城市层面创新水平的视角评估了高铁开通对经济发展质量的积极意义。以高效、便捷为特征的高铁客运专线构成了发生跨地区知识溢出效应的快速通道。理论分析表明,高铁开通会增强区域中心城市对高铁沿线其他非节点城市的知识溢出效应,进而对非节点城市的创新水平带来显著的提升作用。进一步利用2003~2016年地级市层面面板数据,实证考察了高铁开通这一“准自然实验”对非节点城市的创新水平的影响,结果印证了理论假说。异质性分析还发现,对于非节点城市而言,与节点城市的距离越近,对应的节点城市创新水平越高,高铁开通的创新驱动作用越大,且主要发生在东部和中部地区,对西部地区的创新驱动作用并不显著,证明高铁开通通过知识溢出效应影响城市创新水平。在进行了一系列稳健性检验和排除了其他竞争性假说之后,本文研究结论仍然成立。

在追求高质量发展的战略背景下,大规模的财政支出流向高铁建设。基于上述研究结论,本文具有以下政策启示。首先,研究发现高铁开通整体上带动了相关城市创新的提升,这一结论表明在新时代背景下高铁建设是推进我国经济社会高质量发展的重要手段,所以应该积极推进城市高铁建设,提升路网密度,从而发挥高铁建设在我国科技创新体系和创新网络中的积极作用。特别是目前高铁建设相对落后、路网密度较低的城市应该重视本地区高铁的规划与建设,从而助推城市创新搭乘“高速列车”,跑出“高铁速度”。

其次,研究结论表明知识溢出效应是高铁开通促进城市创新的重要途径。在高铁客运专线快速发展的背景下,可以通过优化高铁网络的站点布局将高铁的知识溢出效应充分发挥出

来;还可以考虑建立以高铁网络节点为中心的“高铁城市圈”,充分发挥中心城市对非中心城市创新水平的带动作用,促进城市圈内城市的协同创新联动发展。各城市应该构建全面合理的知识溢出机制,知识接受方要增强吸收能力,使得知识溢出的链锁效应、模仿效应和交流效应更顺畅地发挥作用。

再次,对于非中心城市本身而言,高铁开通同时带来了机遇和挑战,应当警惕由于高铁开通而带来的“创新俱乐部”效应,也就是说要积极地防止高铁城市对非高铁城市的虹吸效应。具体来看,非中心城市一方面要充分利用高铁的纽带作用,加强与区域中心城市的往来,努力放大高铁的“同城效应”,将自身的发展与中心城市紧密结合,从财税政策、产业政策、人才政策、营商环境等多方位着力,快速吸收中心城市先进技术,促进知识与技术的广泛传播与共享,提高本地创新能力。另一方面,也要根据自身初始交通禀赋差的实际情况,加速与高铁配套的设施建设,提升当地综合交通条件。

最后,异质性研究发现高铁开通对西部地区的创新驱动作用并不显著。因此要综合考虑各城市区位差异,因地制宜地推动高铁建设。整体来看,各地区应该积极推进高铁建设与本地区经济社会发展环境的深度融合,谨防高铁建设与地区经济不匹配而造成的基础设施过度投资的问题;对于西部地区的城市来说,应该不断提升自身的综合竞争优势,营造更加良好的创新环境,积极实施创新优惠政策,以此来吸引更加优质的创新要素的流入,从而促进城市创新水平的全面提升。

参 考 文 献

- [1] Albalade D., Bel G., Tomer A., 2012, *High-Speed Rail: Lessons for Policy Makers from Experiences Abroad with Commentary* [J], *Public Administration Review*, 72 (3), 336~350.
- [2] Ahlfeldt G. M., Feddersen A., 2018, *From Periphery to Core: Economic Adjustments to High-Speed Rail* [J], *Journal of Economic Geography*, 18 (2), 355~390.
- [3] Banerjee A. V., Duflo E., Qian N., 2012, *On the Road: Access to Transportation Infrastructure and Economic Growth in China* [R], MIT Department of Economics Working Paper, No. 12~06.
- [4] Barro R. J., 1990, *Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth* [J], *Journal of Political Economy*, 98 (5), S103~S125.
- [5] Baum-Snow N., Brandt L., Henderson J. V., Turner M. A., Zhang Q., 2017, *Road, Railroads and Decentralization of Chinese Cities* [J], *Review of Economics and Statistics*, 99 (3), 435~448.
- [6] Boarnet M. G., 1998, *Spillovers and the Locational Effects of Public Infrastructure* [J], *Journal of Regional Science*, 38 (3), 381~400.
- [7] Cairncross F., 2001, *The Death of Distance: How the Communications Revolution is Changing Our Lives* [M], Boston: Harvard Business Press.
- [8] Cantos P., Gumbau-Albert M., Maudos J., 2005, *Transport Infrastructures, Spillover Effects and Regional Growth: Evidence of the Spanish Case* [J], *Transport Reviews*, 25 (1), 25~50.
- [9] Chandra A., Thompson E., 2000, *Does Public Infrastructure Affect Economic Activity? Evidence from the Rural Interstate Highway System* [J], *Regional Science & Urban Economics*, 30 (4), 457~490.
- [10] Dong X. F., Zheng S. Q., Kahn M. E., 2018, *The Role of Transportation Speed in Facilitating High Skilled Teamwork* [R], NBER Working Papers, No. 24539.
- [11] Faber B., 2014, *Trade Integration, Market Size, and Industrialization: Evidence from China's National Trunk Highway System* [J], *Review of Economic Studies*, 81 (3), 1046~1070.

- [12] Glaeser E. L. , 1999, *Learning in Cities* [J], Journal of Urban Economics, 46 (2), 254~277.
- [13] Glaeser E. L. , Maré D. C. , 2001, *Cities and Skills* [J], Journal of Labor Economics, 19 (2), 316~342.
- [14] Givoni M. , 2006, *Development and Impact of the Modern High-speed Train: A Review* [J], Transport Reviews, 26 (5), 593~611.
- [15] Hulten C. R. , Bennathan E. , Srinivasan S. , 2006, *Infrastructure, Externalities, and Economic Development: A Study of the Indian Manufacturing Industry* [J], World Bank Economic Review, 20 (2), 291~308.
- [16] Kim K. S. , 2000, *High-Speed Rail Developments and Spatial Restructuring: A Case Study of the Capital Region in South Korea* [J], Cities, 17 (4), 251~262.
- [17] Krugman P. , 1991, *Increasing Return sand Economic Geography* [J], Journal of Political Economy, 99 (3), 483~499.
- [18] Lucas R. E. , 1988, *On the Mechanics Of Economic Development* [J], Journal of Monetary Economics, 22 (1), 3~42.
- [19] O'Brien R. , 1992, *Global Financial Integration: The End of Geography* [M], New York: Council on Foreign Relationship Press.
- [20] Qin Y. , 2017, *No County Left Behind? The Distributional Impact of High-Speed Rail Upgrade in China* [J], Journal of Economic Geography, 17 (3), 489~520.
- [21] Storper M. , Venables A. J. , 2004, *Buzz: Face-to-Face Contact and the Urban Economy* [J], Journal of Economic Geography, 4 (4), 351~370.
- [22] Spiekermann K. , Wegener M. , 1994, *The Shrinking Continent: New Time-Space Maps of Europe* [J], Environment & Planning; B Planning & Design, 21 (6), 653~673.
- [23] Sasaki K. , Ohashi T. , Ando A. , 1997, *High-Speed Rail Transit Impact on Regional Systems: Does the Shinkansen Contribute to Dispersion?* [J], Annals of Regional Science, 31 (1), 77~98.
- [24] Vickerman R. , 1997, *High-Speed Rail in Europe: Experience and Issues for Future Development* [J], Annals of Regional Science, 31 (1), 21~38.
- [25] Xu H. , Nakajima K. , 2017, *Highways and Industrial Development in the Peripheral Regions of China* [J], Papers in Regional Science, 96 (2), 325~356.
- [26] Zheng S. , Kahn M. E. , 2013, *China's Bullet Trains Facilitate Market Integration and Mitigate the Cost of Mega City Growth* [J], Science Foundation in China, 110 (1), 1248~1253.
- [27] 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年第12期。
- [28] 董艳梅、朱英明:《高铁建设的就业效应研究——基于中国285个城市倾向匹配倍差法的证据》[J],《经济管理》2016年第11期。
- [29] 郭进、白俊红:《高速铁路建设如何带动企业的创新发展——基于 Face-to-Face 理论的实证检验》[J],《经济理论与经济管理》2019年第5期。
- [30] 黄苏萍、李燕:《高铁对沿线城市群科技创新的影响》[J],《经济问题探索》2018年第1期。
- [31] 林晓言、罗燊:《知识溢出研究脉络及其研究方向——基于成本视角》[J],《技术经济》2017年第7期。
- [32] 李煜伟、倪鹏飞:《外部性、运输网络与城市群经济增长》[J],《中国社会科学》2013年第3期。
- [33] 刘生龙、胡鞍钢:《交通基础设施与经济增长:中国区域差距的视角》[J],《中国工业经济》2010年第4期。
- [34] 龙玉、赵海龙、张新德、李曜:《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年第4期。
- [35] 穆成林、陆林、黄剑锋、汪莹、邓洪波:《高铁网络下的长三角旅游交通格局及联系研究》[J],《经济地理》2015年第12期。
- [36] 谭建华、丁红燕、谭志东:《高铁开通与企业创新——基于高铁开通的准自然实验》[J],《山西

财经大学学报》2019年第3期。

[37] 王雨飞、倪鹏飞：《高速铁路影响下的经济增长溢出与区域空间优化》[J]，《中国工业经济》2016年第2期。

[38] 徐德英、韩伯棠：《地理、信息化与交通便利邻近与省际知识溢出》[J]，《科学学研究》2015年第10期。

[39] 许政、陈钊、陆铭：《中国城市体系的“中心—外围模式”》[J]，《世界经济》2010年第7期。

[40] 张克中、陶东杰：《交通基础设施的经济分布效应——来自高铁开通的证据》[J]，《经济学动态》2016年第6期。

[41] 周浩、郑筱婷：《交通基础设施质量与经济增长：来自中国铁路提速的证据》[J]，《世界经济》2012年第1期。

Measurement of the Impact of High-speed Rail Opening on Knowledge Spillover and Urban Innovation Level

He Lingyun¹ Tao Dongjie²

(1. Economics School, Zhongnan University of Economics and Law;

2. School of Finance and Public Administration, Hubei University of Economics)

Research Objectives: The impact of high-speed rail opening on the level of urban innovation and its mechanism. **Research Methods:** Based on the “face-to-face communication” theory of knowledge production, this paper constructs an empirical model, and makes regression analysis by using the data of prefecture level city panel in 2003~2016 and the double difference method. **Research Findings:** The benchmark regression results show that the high-speed rail opening has significantly improved the level of innovation in non-node cities along the high-speed rail. Dynamic effect analysis and instrumental variable estimates still support this conclusion. The heterogeneity analysis shows that for non-node cities along the high-speed rail, the closer the distance to the node city and the higher the innovation level of the corresponding node city, the greater the role of high-speed rail opening in promoting its innovation level, which mainly occurs in the eastern and central regions, indicating that the high-speed rail opening has knowledge spillover effect. Furthermore, the competitive hypothesis is excluded and the knowledge spillover effect is confirmed. **Research Innovations:** From the perspective of knowledge spillover effect, the mechanism of the impact of high-speed rail opening on urban innovation level is investigated, and the instrumental variable method is used to alleviate the endogenous problems in existing research. **Research Value:** It will help to comprehensively evaluate the economic effects of large-scale high-speed rail construction, and provide rich policy inspiration for how to innovate and coordinate development in the high-speed rail era.

Key Words: High-speed Rail; Innovation; Knowledge Spillover; High-quality Development

JEL Classification: F14; R11

(责任编辑：焦云霞)