

高铁开通是否加速了技术创新外溢?^{*}

——来自中国230个地级市的证据

余泳泽^{1,2}, 庄海涛¹, 刘大勇³, 伏雨¹

(1. 南京财经大学 产业发展研究院, 江苏 南京 210046; 2. 南京财经大学 国际经贸学院, 江苏 南京 210046;
3. 天津大学 管理与经济学部, 天津 300072)

摘要: 高铁的出现压缩了区域之间的“时空”距离, 极大地促进了区域间要素的流动。文章重点关注了高铁开通是否加速了技术创新的外溢这一主题, 并采用2008—2013年中国230个地级市的面板数据, 通过双重差分法(DID)及倾向得分匹配-倍差法(PSM-DID)分析了高铁开通对区域技术创新外溢的影响。研究发现:(1)高铁开通提升了人均专利引用量, 同时加速了专利的折旧速度。高铁通过促进经济集聚、区域间合作与贸易以及企业间学习等方式增强了技术创新的外溢效应, 且高铁开通对技术创新外溢的影响时滞大约为2—3年。(2)高铁开通对技术创新外溢的影响具有一定的区域异质性。由于东部地区经济发展程度较高, 加之高铁网络下的资源聚集作用, 因此高铁开通对技术创新外溢的影响在东部地区更加显著。因此对于政府来说, 各城市需要继续完善关键性的基础设施, 为高铁建设提供各项技术与物质的支撑; 对于企业来说, 企业应充分利用高铁开通所带来的“时空压缩”效应, 加大与跨城企业的合作与贸易, 提高自身的创新水平并积极学习其他企业的技术。

关键词: 高铁开通; 专利引用; 失效专利; 创新外溢

中图分类号: F275 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2019)11-0020-13

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.2019.11.002

一、引言

高铁的出现压缩了区域之间的“时空”距离, 提升了人们的生活品质和经济活动的效率。自2008年第一条高铁“京津高铁”开通以后, 我国进入建设“高铁网络”的时代。现有关于交通基础设施对区域经济的影响研究表明, 交通基础设施建设对中国全要素生产率有显著的正向效应(刘秉镰和武鹏, 2010)。诸多学者认为交通基础设施是区域创新系统或创新网络的重要组成部分, 完善的交通基础设施有利于形成更加完善和发达的创新网络(Andersson和Karlsson, 2002; Fritsch和Slavtchev, 2011)。马明和薛晓达(2018)利用1995—2015年我国30个省份的面板数据, 构建了动态空间面板模型, 实证分析了交通基础设施建设对区域创新能力的影响, 结果显示交通基础设施建设对区域创新能力具有显著的空间溢出效应。交通基础设施建设不仅可以促进区

收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71973060); 国家社会科学基金青年项目(15CJY009); 江苏省社会科学基金项目(17DDB017)

作者简介: 余泳泽(1982—), 男, 河北承德人, 南京财经大学产业发展研究院、国际经贸学院教授, 硕士生导师;
庄海涛(1992—), 男, 山东东营人, 南京财经大学产业发展研究院硕士研究生;
刘大勇(1986—)(通讯作者), 男, 天津人, 天津大学管理与经济学部公共管理学院副教授, 硕士生导师;
伏雨(1995—), 女, 甘肃兰州人, 南京财经大学产业发展研究院硕士研究生。

域创新以及全要素生产率的增长,还促进了区域经济发展的空间外溢性。Banister 和 Berechman (2000)指出,交通基础设施具有网络属性,这也是其产生集聚或者扩散效应的基础。因而在知识外溢方面,交通基础设施建设能够加快地区之间的知识溢出(Tsekouras 等,2016)。现有研究表明,交通基础设施建设的外溢效应基本为正(张学良,2012)。高铁建设作为区域交通基础设施建设的重要组成部分,对区域经济发展具有显著的空间外溢效应。

随着高铁经济的发展,高铁对区域经济发展的影响受到学者们的重视。目前大部分文献从区域经济综合增长、区域经济一体化、产业结构调整、区域收入差异以及居民出行方式等方面对其进行了研究(张学良和聂清凯,2010;罗桑和林晓言,2013;刘勇政和李岩,2017;陈丰龙等,2018;张恒龙和陈方圆,2018)。Dong 等(2018)将高铁建设作为准自然实验,检验了高技能人才在更快的移动速度中是否更有可能合作与互动,进而将知识和想法传播到更远的距离。但在资料所及的文献中,缺少高铁开通对区域技术创新外溢影响的相关研究。由于我国地区之间发展极不均衡,内陆落后地区的经济基础以及基础设施建设、教育、生活水平等远远落后于东部沿海地区,而创新外溢可以使落后地区以及低收入人群搭上“便车”,加快追赶发达地区的步伐,因此创新外溢在我国经济增长中扮演着至关重要的作用。刘和东(2013)研究表明,地理特征会对区域创新溢出效应产生显著正的影响。而高铁的建设扩大了城市的辐射半径,打破了区域壁垒,极大地促进了区域间要素的流动(石林,2018)。人力资本的流动加快了知识特别是隐性知识的流动,资本的流动带来了区域科技创新要素集聚的变化,这都将对区域的技术创新尤其是技术创新的外溢产生重要影响。除了要素流动外,高铁还通过促进区域间的经济集聚、企业间学习和贸易合作等途径对创新外溢产生影响(Caniëls,2000;张红芳和郭立宏,2005;覃成林,2014)。

基于此,本文将重点关注高铁开通是否加速了技术创新的外溢这一主题,并采用2008—2014年230个地级市的面板数据,通过双重差分法(DID)及倾向得分匹配-倍差法(PSM-DID)分析了高铁开通对区域技术创新外溢的影响。本文的研究结论主要有以下几个方面:(1)高铁开通既提高了区域创新水平(专利引用量),也加速了专利的折旧速度;同时,高铁对创新外溢的促进效应具有时滞性,时滞大约为2—3年。(2)高铁开通对创新外溢的影响具有一定的区域异质性,其开通对东部地区的影响更加显著,而对中西部的影响较弱。

本文可能的创新点如下:(1)本文从技术创新外溢视角研究了高铁开通对知识要素流动的影响,从高铁开通视角弥补了基础设施建设对创新外溢影响的相关研究;(2)本文采用了人均专利引用率和失效专利增量作为度量创新外溢的重要变量,并且采用了 DID 和 PSM-DID 方法,在一定程度上提升了研究结论的稳健性和可信度。

二、影响机理分析

区域可达性是影响区域经济活动范围至关重要的因素,它影响着劳动力的流动、要素的集聚以及企业之间的“学习交流”等众多经济活动。由于区域可达性的限制,知识溢出一般是高度本地化的(Glaeser 和 Mare,2001;Rosenthal 和 Strange,2004)。尤其是对于那些交通条件不发达的城市,很难感受到高人力资本城市的知识外溢。而高铁的开通可以通过“压缩”地理时空距离、提高区域可达性。Gutiérrez(2001)以欧洲高铁网络为研究对象,对旅行时间、市场潜力和日可达性三个指标进行加权平均,定量分析了高铁网路对区域可达性的影响,结果表明高铁网络可以显著地提高可达性。蒋海兵(2014)利用 GIS 和空间数据库,研究了高铁对区域可达性的影响,发现高铁可从整体上提高区域可达性水平,对缩短中心城市间距离有显著作用。区域可达性的提升,促进了城市、区域之间的经济往来,带来了巨大的外部效应,技术知识外溢便是其中之一。新

知识的出现往往会伴随着新技术和创新的产生,由于知识的区域溢出效应,创新往往也表现出地理区域可溢出的性质。高铁通过多渠道提高了知识溢出效应,进而促进了区域创新的外溢。高铁开通对技术创新外溢的影响效应主要是通过以下四个途径实现的:

(一)高铁通过集聚经济外溢实现了技术创新的外溢。高速铁路建设可以提高沿线城市经济集聚程度。Ahlfeldt 和 Feddersen(2015)对德国科隆到法兰克福的高速铁路沿线城市的经济发展进行了实证分析,研究发现在该高铁沿线城市的经济发展中,高铁的贡献率高达 8% 以上。随后通过分析高铁对经济吸引力的影响,研究了高铁对集聚经济的影响,结果表明高铁作为一种新型的交通基础设施,可以提高城市可达性、经济发展潜力和沿线城市的生产力水平,这将进一步提高沿线城市的经济集聚程度。覃成林和种照辉(2014)为分析高速铁路对沿线城市经济集聚的影响,利用第三产业区位熵、就业密度、经济密度和 *primacy* 指数构建了城市经济集聚指数,并构建了包含可达性指标的经济集聚模型,研究表明高铁促进了沿线城市的经济集聚。

高铁促进了经济集聚,那么经济集聚是否会对技术创新的外溢效应产生影响?首先,从产业集聚方面来分析。产业集聚有着显著的技术创新效应,创新理论的创始者熊彼特从创新角度研究产业集聚,认为“创新并不是企业的孤立行为,它需要企业集聚才能得以实现”。同时,某一产业中研发出的新产品往往会通过投入产业链,对其他企业或产业的产品与生产技术水平产生间接影响(陈杰和徐伟,2009)。产业在特定区域内集聚,一方面可以促进技术创新,另一方面产业集聚可以通过合作创新与技术贸易等,促进同一产业内不同公司的技术学习,推动创新在产业内进行扩散(Arrow, 1962; Romer, 1986)。处于同一集聚区的企业在技术知识外溢方面存在优势,而且技术知识外溢的效果随企业空间距离的增加呈现递减趋势(Flscher 和 Varga, 2003)。高铁提高了产业集聚水平,进而促进了创新和创新外溢。其次,从创新要素集聚方面来看。创新要素的集聚会对科技创新产生显著的空间外溢效应(余泳泽和刘大勇,2013),创新要素的集聚促进了企业创新,企业创新也通过创新要素的流动得以扩散。综上所述,高铁开通促进了沿线城市的经济集聚,而集聚经济又带动了技术创新的扩散。

假说 1: 高铁开通促进了集聚经济,而集聚经济又促进了企业创新与合作,进而提高了技术创新的外溢效应。

(二)高铁通过促进企业间学习活动带动技术创新外溢。在企业技术创新活动中,知识以及隐性知识的获取至关重要。Caniels(2000)指出,隐性知识是有区域粘性的,不易大规模地积累和传播。企业间的学习交流可以有效带来知识尤其是隐性知识的溢出(林晓言和罗桑,2017)。因此,能否充分利用知识,或者说,知识的外溢效应大小,与个体和企业距知识源产地的距离有着重要的关系。高铁网络的建设,降低了不同城市和区域间交流的时间成本,“缩小”了它们之间的空间距离。Okabe(1979)和 Sands(1993)对新高铁线开通后沿线城市的商业活动进行了研究,发现新开通高铁城市的商业贸易、科技投资(R&D)等活动的合作变得更加频繁。

假说 2: 高铁通过促进不同地区企业间的交流学习而加速了技术创新的外溢。

(三)高铁通过促进人力、资本等要素流动带动技术创新外溢。高铁使创新资金、劳动力的流动性提高,劳动力与资本在城市间或区域间的流动加速了创新的外溢。Almeida 和 Kogut(1997)指出,劳动力在不同空间内的流动,也加快了新知识在不同区域的传播。高铁建设降低了要素流动、知识和技术传播的时间成本,打破了创新溢出在空间上的限制(王雨飞和倪鹏飞,2016)。高铁带来的交通便利,降低了人们外出求职、定居外市的成本,如探亲成本。高铁沿线欠发达地区的人才更倾向于前往发达地区求职和定居,形成所谓的人才流失;落后地区的人才流向发达地区,造成了落后地区因人才流失而形成的科技创新不足的困境。落后地区科技创新水平相对较

低,本地的创新更多地依赖于技术的学习和借鉴,即与发达地区的企业或机构进行合作或向其学习。在中国,中西部地区的发展相对落后,教育水平和科技水平等较东部地区还有较大差距;同时,高铁开通后,中西部地区的人才可能更倾向于流向东部发达地区。因此,高铁开通对中西部地区的技术创新及外溢的作用可能相对小一些。

除了劳动力的流动,高速铁路的开通也促进了资本的流动,而资本流动尤其是跨区域投资促进了知识的外溢。李欣泽等(2017)借助双重差分法,利用中国 2008—2012 年“四横四纵”高铁开通站点匹配了 2006—2013 年工业企业数据库面板数据,从微观的角度考察了高铁开通对企业资源配置的影响,发现高铁开通从整体上提高了资本要素的流动。胡锡琴和扬琴(2017)利用空间面板 SAR 模型和我国 30 个省级行政区 2005—2014 年的数据,研究了 FDI 对创新的影响,发现 FDI 对相邻地区的创新有较明显的空间溢出效应。

假说 3: 高铁通过促进要素流动带来技术创新的外溢,不过这种效果可能存在区域间的异质性。

(四)高铁通过促进贸易和合作加速了技术创新外溢。首先,从区域贸易的角度来看,交通基础设施的建设水平在一定程度上代表了一个地区的发展程度,其对区域贸易有着重要的影响。刘生龙和胡鞍钢(2011)采用区域贸易作为衡量区域一体化的变量,运用引力模型研究了交通基础设施建设对区域一体化的影响,结果表明交通基础设施建设可以显著促进区域之间的贸易。高速铁路的建设是近年来我国交通基础设施建设的重要部分,高铁网络的建设必然会促进区域经济贸易的发展。同时,有学者认为区域之间的相互贸易具有创新溢出效应,包含新知识、新技术的创新产品通过贸易进入另外一个区域,该区域通过学习这些新知识、新技术而进行模仿和二次创新。其次,从企业跨区域合作方面来看,技术合作可以通过多种形式促进创新的外溢(张红芳和郭立宏,2005)。例如,各企业之间技术和科技人员相互进行观摩学习,一家科技先进的公司帮助其他公司培训技术人员以掌握某种新技术和新方法,通过制定详细的合同条款允许使用相关资源等。高铁的开通成为了加快沿线城市跨区域合作的“爆发点”,促进了区域间深层次、全方位的合作。高铁可以有效促进区域之间稳定的产学研创新网络的建立,加强区域间产学研间的合作,实现创新的溢出与扩散。

假说 4: 高铁可以促进区域贸易与合作,加速科技创新在区域间的外溢。

三、模型构建与变量选择

(一)模型构建

在实证分析中研究高铁开通对区域创新外溢效应的影响时,可能存在内生性问题。高铁开通并不是一个完全随机的自然实验,高铁开通与否与当地的经济水平、财政收入、人口、地理位置、文化、历史等诸多因素有关。此外,一个地区的创新也受当地的经济水平、产业结构、创新财政支出等因素的影响,进而也会对创新的外溢产生影响。对于这些影响高铁开通以及区域创新外溢的因素,我们无法将它们全部准确地找出并加以度量,也就无法全部纳入到模型中,因此模型可能存在内生性问题。如果不可观测的内生性因素在控制组和实验组之间的发展趋势是一致的,这种内生性因素就可以通过 DID 加以控制。除此之外,高铁开通与否并不是一个自然实验,它还受其他诸多因素的影响,而且高铁开通并不具备时间一致性,各地开通高铁的时间并不相同。并且本文选取了全国 230 个地级市作为研究对象,必然面临处理组和实验组的城市分别来自不同区域的问题,这是不随时间变化的组间差异。我们进一步采取了得分倾向匹配法来控制实验组和对照组样本选择过程中的“选择偏误”以及不可观测的但不随时间变化的组间差异。

因此,在实证研究中,为了控制模型中可能存在的内生性,我们没有选择区域内高铁开通的

里程数或区域内高铁通车频率作为核心解释变量,而是以高铁开通与否的虚拟变量为核心解释变量,并运用得分倾向匹配(PSM)与双重差分模型(DID)相结合的方法进行回归(董艳梅和朱英明,2016)。将开通高铁的区域设定为处理组,将未开通高铁的区域设定为对照组,通过模型对高铁开通这一政策变化前后处理组和对照组的创新外溢效应差异进行研究。该方法有效地控制了不可观测的因素的影响,在一定程度上缓解了模型内生性问题,可以用来分析高铁开通对创新外溢的实际效应。

根据 PSM-DID 的方法,本文构建了以下模型:

$$Atpi_{it} = \alpha_0 + \beta_1 City_{it} + \beta_2 Year_{it} + \beta_3 City_{it} \times Year_{it} + \gamma_j Control_{jt} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,下标 i 表示个体数,下标 t 表示时间;因变量 $Atpi$ 和 Sxi 分别为人均专利引用量和失效专利增量,以衡量区域技术创新外溢; $City$ 为城市虚拟变量($City=0$ 表示该城市在 t 时期未开通高铁, $City=1$ 则表示该城市在 t 时期开通了高铁), β_1 为估计系数; $Year$ 为年份虚拟变量($Year=0$ 表示 i 城市开通高铁之前的年份, $Year=1$ 表示该城市开通高铁之后的年份), β_2 为其估计系数; $City_{it} \times Year_{it}$ 为开通高铁的城市和时间的虚拟变量交叉项,也是本文的核心变量, β_3 即为高铁开通对创新外溢的影响效应; $Control$ 表示本文所选取的 j 个控制变量, γ_j 为其估计系数; ε 为模型的随机误差项。

(二)变量测度

1. 因变量的测度。当前,学者们的研究对于技术创新的衡量指标选取不一致,有的学者会以创新产出来衡量一个地区的科技创新能力(Li, 2012),还有一些学者使用专利指标作为衡量区域创新的指标(Gumbau-Albert 和 Maudos, 2009; 温军和冯根福, 2012; 余泳泽和刘大勇, 2013)。本文也参考以前以专利指标作为衡量区域创新指标的研究,选取了专利引用量作为衡量区域技术创新外溢效应的指标。专利引用量在一定程度上可以度量技术创新的传播速度,一定时间内专利引用量越高意味着技术创新传播速度越快,技术创新外溢水平也就越高。为此,本文采用人均专利引用量来综合度量技术创新的外溢水平。

同时,由于创新专利的传播速度的加快,在一定程度上也会加速知识创新的折旧速度,从而导致专利失效速度的加快。所谓的专利失效,大多数情况下我们可以理解为专利进入了公共领域,可以被其他个人或者任何公司使用,即便是因为商业目的。除了专利到期失效之外,放弃维持以及专利的技术质量、价值衰减和市场淘汰等都会影响到专利的失效。本文认为高铁开通带来的企业间的相互学习合作与集聚效果,会加速专利信息进入公共领域,以及专利价值衰减等,从而导致专利失效增快。为此,我们使用失效专利增量作为稳健性支撑。

2. 核心解释变量(高铁开通)的构造。本文的核心变量为我国 230 个地级市高铁开通与否的虚拟变量,包括开通高铁的城市虚拟变量($City$)、开通高铁的时间虚拟变量($Year$)以及开通高铁的城市与时间虚拟变量的交互项($City_{it} \times Year_{it}$)。需要指出的是,本文对于某个城市是否开通高铁的根据是该城市是否有高铁站,而开通高铁的年份为该城市开通第一条高铁的时间。此外,对于那些在下半年甚至是年末开通的高铁,如 2012 年 12 月 26 日开通的京石高铁等,其对区域创新外溢产生的效应在当年无法得以显现,我们对这类高铁沿线城市的高铁开通年份滞后一年。

3. 控制变量。除高铁开通这一核心变量外,城市的经济发展水平、工业化水平、信息化水平、对外开放程度以及城市规模等因素均可能对该城市创新外溢产生影响,因此本文对以上因素进行控制。其中,对于城市的经济发展水平,本文选取了各地级市的人均生产总值($Agdp$)作为衡量指标,并进行了去价格化处理;对于工业化水平,本文选取了第二产业占总产业的比重($Industry$)

作为衡量指标；关于信息化水平的衡量，本文选取了各地级市人均邮政业务量(*Information*)进行测度；而对于对外开放程度，本文选取了各地级市的外商投资工业企业产值占地区工业总产值比重(*Fdi*)作为衡量指标；对于城市规模，本文以各地市的常住人口除以总面积(*Pdens*)进行测度。

(三)数据说明

本文实证研究所用的数据为2008—2014年我国230个地级市(除直辖市)的面板数据。本文实证研究中的高铁数据是作者根据各地政府网站的报道整理所得，而所用的宏观经济数据均来自相应年份的《中国统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》以及《中国城市统计年鉴》等。关于专利信息，作者基于中国知识产权数据库进行分类观测，依据城市进行汇总。地级市的样本选择上，我们剔除了考察期内在地级市层面上发生了行政区划调整的城市，如巢湖市、三沙市等；而那些在地级市层面以下发生了行政区划调整的城市，我们则将其保留在样本中。此外，我们将观察期内发生了撤地设市的城市仍然视为同一个城市进行研究，如昌都市、日喀则市等。

四、结果分析与讨论

(一)得分倾向匹配结果

由于双重差分法要求对照组与处理组满足平行趋势，因此我们先对样本进行了平行趋势检验。以人均专利引用量为被解释变量研究高铁对创新外溢效应时，我们首先对样本进行得分倾向匹配，特征变量选取了本文的控制变量，再利用双重差分法进行研究。表1显示了处理组与对照组的得分倾向匹配前后的误差削减情况。从表1中我们可以看出，在匹配之前，除了区域工业化水平以外，其他变量在处理组与对照组之间存在系统性差异；在得分倾向匹配后，这些变量的 t 检验结果均有显著的下降。这表明各城市之间的特征变量在匹配之后变得非常接近，样本的选择性误差降低，处理组与对照组之间不再存在系统性差异。同时，从表1中我们还可以看出，各变量的标准化偏差均有所降低。因此，我们认为各特征变量的处理组与对照组的数据在匹配之后趋向于一致，具有了可比性。

表1 倾向得分匹配前后处理组与对照组的误差削减情况

| | 倾向得分匹配之前 | 倾向得分匹配之后 |
|-----------------------------|------------------|--------------|
| <i>Agdp</i> | 4.18(0.000)*** | -0.35(0.762) |
| <i>Industry</i> | 0.12(0.902) | -0.98(0.328) |
| <i>Information</i> | 5.66(0.000)*** | 0.23(0.817) |
| <i>Fdi</i> | 4.95(0.000)*** | -0.42(0.672) |
| <i>Pdens</i> | 10.24(0.000)*** | -0.32(0.746) |
| <i>Pseudo R²</i> | 0.100 | 0.002 |
| <i>LR Chi²</i> | 152.80(0.000)*** | 1.53(0.910) |
| <i>Mean-bias</i> | 36.5 | 3.5 |
| <i>Med-bias</i> | 30.7 | 2.7 |

注：各特征变量中，括号外数值表示其 t 统计量，括号内数值为相应的概率 P 值；***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平上显著。

接下来，我们对匹配后的样本进行了平行趋势检验。^①本文使用2007—2013年的数据进行了平行趋势检验，发现不论是人均专利引用量还是专利失效增量，处理组和对照组在高铁开通的影响下均有着相同的变化趋势，并且该变化趋势满足平行趋势。

① 限于篇幅，本文没有给出具体的检验结果。

(二) 高铁开通对专利引用量的影响

本文首先以专利引用总量为创新外溢的度量指标,初步研究了高铁开通对技术创新外溢的影响。结果显示,高铁开通对专利引用总量的自然对数均有显著的正效应。^①因此,我们初步认定高铁开通可以促进区域技术创新外溢。在此基础上,本文根据式(1)进行实证研究,以观测高铁开通对区域创新外溢的影响效应。在实证研究中,为了降低解释变量与控制变量存在同时性而产生的估计偏误,我们将各控制变量的数据延后一期。结果显示,变量 GT (GT 变量为高铁开通的城市与时间虚拟变量的交叉项)的回归系数显著为正,表明高铁开通对区域创新外溢具有显著的正效应。此外,我们进一步考察了高铁开通对区域创新外溢效应在时间上的变化趋势。实证结果显示,变量 $GT2008$ 的系数为正但不显著,表明高铁开通当年对创新外溢并没有显著的正效应。由表 2 中的列(6)和列(7)可知, $GT2009$ 、 $GT2011$ 和 $GT2012$ 的系数显著为正,而 $GT2010$ 和 $GT2013$ 的系数并不显著,表明高铁在第二年起对创新外溢有显著的正效应,但这种正效应不是连续的。基于此,我们认为高铁开通会促进创新的外溢,且这种促进作用是有时滞的。

表 2 人均专利引用量的实证结果

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | <i>DID</i> | <i>PSM-DID</i> | | | | | |
| | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> | <i>Atpi</i> |
| <i>GT</i> | 0.289 (0.220) | 0.746*** (0.251) | 0.590** (0.260) | | | | |
| <i>GT2008</i> | | | | 1.014 (0.750) | 1.261 (0.865) | 1.232 (0.761) | 1.448* (0.877) |
| <i>GT2009</i> | | | | | | 0.895*** (0.341) | 0.703** (0.329) |
| <i>GT2010</i> | | | | | | 0.193 (0.243) | 0.054 (0.264) |
| <i>GT2011</i> | | | | | | 0.885** (0.372) | 0.614** (0.309) |
| <i>GT2012</i> | | | | | | 0.992*** (0.338) | 0.822** (0.356) |
| <i>GT2013</i> | | | | | | 0.571* (0.310) | 0.376 (0.282) |
| <i>Constant</i> | 2.999*** (1.117) | -0.491 (0.551) | 7.982** (3.121) | -0.437 (0.579) | 8.968*** (3.253) | -0.593 (0.618) | 7.993** (3.193) |
| 控制变量 | 控制 | | 控制 | | 控制 | | 控制 |
| 固定效应 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 |
| <i>Observations</i> | 1 334 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 | 698 |
| R^2 | 0.951 | 0.949 | 0.951 | 0.948 | 0.951 | 0.949 | 0.951 |

注:控制变量为 $Agdp$ 、 $Industry$ 、 Fdi 、 $Information$ 和 $Pdens$;***、**和*分别代表在 1%、5% 和 10% 的显著性水平上通过了系数显著性检验;括号内为标准误。下同。

(三) 高铁开通对不同地区创新外溢效应的异质性影响

在我国,东部地区相对发达,资源和要素往往会从西部地区往东部地区流动。高铁的开通促

① 高铁开通对专利引用总量的自然对数的 *DID* 检验结果为 0.503*** (0.029), *PSM-DID* 检验结果为 0.342*** (0.046)。

进了我国各个地区的联系,其对创新外溢的促进效应是否在不同地区表现出一定的异质性呢?为了验证这一问题,本文将样本中的地级市分为东部、中部和西部三个样本,分别对式(1)进行回归。由于中部和西部地区高铁开通普遍较晚,且西部地区开通高铁的城市较少,因此我们将西部与中部地区合并,只检验东部和中西部高铁开通对创新外溢影响的异质性。实证结果如表3中的列(1)–列(4)所示,东部地区 GT 变量的系数显著为正,中西部地区 GT 变量的系数并不显著,表明高铁开通对东部地区的创新外溢有显著的正效应,而对中西部地区的创新外溢没有显著影响。我们认为可以从以下三个方面对其原因进行解释:第一,中西部地区高铁开通时间较晚,高铁对创新外溢的效应在样本期内还未完全显现出来。第二,中西部地区发展相对落后,教育水平和科技水平等较东部地区还有较大差距,高铁开通后,中西部地区的人才倾向于流向东部发达地区;中西部地区的科技创新水平相对较低,外溢效果也会受到限制。第三,由于部分中部地区和西部地区距离人口最多的东部地区较远,即使高铁开通了,其对飞机等其他运输方式的替代效应也相对较小。

表3 高铁开通对人均专利引用量和失效专利增量的异质性检验

| | 人均专利引用量 | | | | 失效专利增量 | | | |
|----------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| | 东部 | | 中西部 | | 东部 | | 中西部 | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| | $Atpi$ | $Atpi$ | $Atpi$ | $Atpi$ | Sxi | Sxi | Sxi | Sxi |
| GT | 0.811** (0.328) | 0.577* (0.340) | 0.126 (0.203) | 0.113 (0.214) | 18.558** (7.817) | 12.453* (7.186) | 1.749 (1.583) | 1.144 (1.622) |
| $Constant$ | -0.704 (0.704) | 14.228** (6.337) | 1.625*** (0.425) | 1.390 (1.268) | -12.520 (10.307) | 148.661*** (45.004) | 11.143*** (1.906) | 32.719*** (8.652) |
| 控制变量 | | 控制 | | 控制 | | 控制 | | 控制 |
| 固定效应 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 |
| $Observations$ | 377 | 377 | 321 | 321 | 570 | 567 | 768 | 767 |
| R^2 | 0.946 | 0.949 | 0.963 | 0.964 | 0.848 | 0.855 | 0.915 | 0.917 |

为了进一步检验高铁开通对创新外溢的地区异质性,我们还以失效专利增量作为衡量创新外溢的测度指标,进一步对东部和中西部地区样本进行高铁开通对创新外溢的异质性检验,实证结果如表3中的列(5)-列(8)所示。从中我们可以看出,高铁开通对东部和中西部地区失效专利增量的影响与对人均专利引用量的影响是一致的。因此,高铁开通对区域创新外溢的影响效应存在区域异质性。

五、机制检验

本文探究了高铁开通对区域创新外溢的影响,并且分析了其理论机制。基于此,我们对高铁开通影响区域创新外溢的机制进行验证。首先,高铁通过经济的集聚效应促进了区域创新外溢。为了检验该机制,本文参考了韩峰(2015)、莫莎和欧佩群(2016)的研究,利用改进的赫芬达尔-赫希曼系数衡量多样化集聚水平(Dag),以此来测度区域经济集聚,并构建了以下模型:

$$Dag_{it} = \alpha_0 + \beta_1 City_{it} + \beta_2 Year_{it} + \beta_3 City_{it} \times Year_{it} + \gamma_j Control_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Atpi_{it} = \alpha_0 + \beta_1 Dag_{it} + \gamma_j Control_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中,模型(2)测度了高铁开通对区域产业多样化集聚的影响,模型(3)则测度了区域产业化集聚对创新外溢(人均专利引用量)的影响。其实证结果如表4中的列(1)和列(2)所示,结果表明高铁

开通可以显著促进产业的多样化集聚,而产业的多样化集聚也可以显著促进区域创新外溢。

其次,本文还探究了高铁通过促进区域间合作对区域创新外溢的影响机制。本文以各城市的进出口(万美元)的对数(Lt)来衡量各城市间的合作水平,并构建了以下模型:

$$Lt_{it} = \alpha_0 + \beta_1 City_{it} + \beta_2 Year_{it} + \beta_3 City_{it} \times Year_{it} + \gamma_j Control_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$Sxi_{it} = \alpha_0 + \beta_1 Lt_{it} + \gamma_j Control_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中,模型(4)验证了高铁开通对区域合作的影响,模型(5)则验证了区域合作对区域创新外溢的影响。实证结果如表4中的列(3)和列(4)所示。同时,由于包含新知识、新技术的创新产品通过贸易进入另外一个区域,给予该区域一个模仿前沿技术的机会,通过学习这些新知识、新技术进行模仿和二次创新,因此,一个地区的出口在一定程度上会影响当地的创新外溢。为此,本文又使用出口额(万美元)的对数(Lex)进行了机制检验。实证结果如表4中的列(5)和列(6)所示,表明高铁开通促进了区域间的合作,而区域间的合作可以显著促进创新的外溢。

表 4 高铁开通、产业集聚对创新外溢的机制分析

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | <i>Dag</i> | <i>Atpi</i> | <i>Lt</i> | <i>Atpi</i> | <i>Lex</i> | <i>Atpi</i> |
| <i>GT</i> | 0.062*** (0.008) | | 0.306*** (0.032) | | 0.333*** (0.038) | |
| 中间变量 | | 1.768*** (0.487) | | 0.461*** (0.089) | | 0.312*** (0.070) |
| 控制变量 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 |
| 固定效应 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 | 控制 |
| <i>Observations</i> | 1 334 | 1 334 | 1 333 | 1 333 | 1 333 | 1 333 |
| R^2 | 0.543 | 0.950 | 0.963 | 0.973 | 0.969 | 0.971 |

六、稳健性检验^①

(一)单一高铁线的检验。为了检验回归结果的稳定性,本文选取了我国比较具有代表性的一条高铁——武广高铁进行了稳定性检验。之所以选择武广高铁,是因为武汉和广州都是比较发达的科技城市,科技创新能力较强,在高铁开通之前就作为科技中心向周边城市扩散先进的科学技术。2010年,武广高铁全线通车。通过双重差分的方法研究武广高铁沿线城市在高铁开通前后的创新外溢差异,可以认为该差异是由高铁开通导致的,而不是由该城市的某些重大科技政策或非高铁因素导致的。除此之外,武广高铁途径湖北省、湖南省和广东省,跨越中部和东部地区,因此选取该高铁线,也具有一定的区域代表性。我们选取武广高铁经过的城市为处理组,而未经过的城市为对照组。2012年之前开通高铁却不在武广高铁线上的城市(如深圳、珠海等),则从对照组中剔除;而2012年及之后开通高铁的城市由于高铁开通对创新外溢具有时滞性,则保留在对照组中(如宜昌、荆州等)。本文运用双重差分研究了武广高铁开通对区域创新外溢的影响效应,结果表明武广高铁开通对创新外溢的促进作用是显著的。这验证了我们在前文中得出的结论,即高铁开通可以促进创新外溢。

(二)失效专利增量的检验。前文提到高铁开通带来的企业间的相互学习合作与集聚效果,会加速专利信息进入公共领域,加速专利价值衰减等,从而导致专利失效增快。我们以失效专利

^① 限于篇幅,本部分的稳健性检验结果未在文中呈现(备案)。

增量(Sxi)作为衡量区域创新外溢的变量,运用 *DID* 的计量方法构建了以下模型进行稳定性检验:

$$Sxi_{it} = \alpha_0 + \beta_1 City_{it} + \beta_2 Year_{it} + \beta_3 City_{it} \times Year_{it} + \gamma_j Control_{jit} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

研究表明,高铁开通会显著加快专利失效的速度,且这种促进效应是有点滞的,大约为2—3年。具体表现:*GT*对 Sxi 的系数显著为正,而 *GT2008* 系数为正但不显著,*GT2008*、*GT2009*、*GT2010* 的系数为正但不显著,而 *GT2011*、*GT2012*、*GT2013* 的系数显著为正。基于此,我们认为高铁开通会促进创新的外溢,且这种促进作用是有点滞的。

(三)安慰剂检验。本文无法完全排除开通高铁的城市与未开通高铁的城市之间存在的某些随时间变化的不可观测的系统性差异,那么开通高铁和未开通高铁城市之间的创新外溢差异则有可能是由这些不可观测的系统性差异引起的,而非高铁开通所带来的效应。为了进一步增强本文研究结论的稳定性和可靠性,我们针对上述问题做了安慰剂检验。

检验的时间跨度依旧为2008—2014年。同时,假设在某城市开通高铁的那一年,与其临近(以城市接壤为评判标准)的未开通高铁的城市也同时开通了高铁。如果开通高铁的城市与未开通高铁的城市之间的创新外溢变化差异是由城市间不可测的系统性差异引起的,那么高铁开通对创新外溢的影响在该假设下应当依旧显著;如果开通高铁的城市与未开通高铁的城市之间的创新外溢变化差异不是由这些不可测的系统性差异造成的,而是由高铁的开通导致的,那么高铁开通对创新外溢的影响在该假设下应不再显著。

安慰剂检验的 *DID* 结果显示,如果假设开通高铁的城市周边未开通高铁的城市也同时开通高铁,那么高铁开通对区域创新外溢的效应将不再显著,这表明开通高铁与未开通高铁的城市创新外溢的变化差异是由高铁开通引起的;同时,根据以失效专利增量测度创新外溢所做安慰剂检验的 *DID* 结果,我们可以得出同样的结论。

为了保证安慰剂检验的准确性,本文在上述假设下又以 *PSM-DID* 的方法验证了安慰剂检验的结果,从中得出了同样的结论。因此,开通高铁的城市与未开通高铁的城市之间的创新外溢变化差异是由高铁开通引起的,而不是由它们之间随时间变化的不可观测的系统性差异导致的。

(四)剔除省会城市的检验。省会城市的经济规模和科技水平一般都高于非省会城市,并且是否是省会城市也是影响高铁开通决策的重要因素。因此,为了进一步检验高铁开通对创新外溢影响的稳定性,我们在样本中剔除了省会城市,利用 *PSM-DID* 和 *DID* 的计量方法,进一步研究了高铁开通对非省会城市的人均专利引用量和失效专利增量的影响。结果显示,在剔除省会城市之后,高铁开通对区域内人均专利引用量和失效专利增量依旧具有显著的正效应,即高铁开通对区域创新外溢具有显著的正效应。

七、结论与启示

高铁是我国交通史上的一个里程碑。自2008年之后,我国进入“高铁网络”的建设时期,随着“四横四纵”高铁线的开通,区域之间的贸易和要素流动等活动越发频繁,区域科技创新的外部性增强。本文基于“高铁网络”的建设,通过对我国230个地级市2008—2014年的面板数据,运用双重差分与得分倾向匹配一倍差法,探究了高铁开通对区域创新外溢的影响效应及其作用机制。通过对实证结果的分析与研究,我们得出以下结论和启示:

高铁开通对区域中人均专利引用量和失效专利增量均有显著的正向影响,即高铁开通提高了区域内的人均专利引用量,同时也加速了专利的折旧速度。因此,高铁开通可能促进了区域创新的外溢。对于开通高铁的城市,区域之间的要素流动更加便捷,贸易以及合作更加频繁,这有利于加快技术和知识的传播与学习,进而带来更多的知识溢出。但高铁对创新外溢的促进效应

是有时滞的,该时滞大约为2—3年。除此之外,我们利用区分了东部地区和中西部地区的稳定性检验,验证了高铁开通对区域创新外溢的异质性,高铁开通主要是对东部地区有显著影响,而对中西部地区并没有显著的影响。究其原因,我们认为主要有三个:第一,因为中西部地区的经济发展水平较东部地区相对落后,技术创新的质量和数量较东部地区还有较大差距。第二,高铁带来的交通便利,降低了人们外出求职和定居外市的成本,导致高铁沿线欠发达地区的人才倾向于前往发达地区就职和定居,形成所谓的人才流失;而落后地区的人才流向发达地区,造成了落后地区因人才流失而遭遇的科技创新不足的困境。第三,由于我国东部地区与中部部分地区及西部地区的距离较远,在远距离运输的情况下,高铁对飞机等交通方式的替代效应相对稍差。

高铁开通对区域创新外溢具有促进作用,但这种促进作用在高铁开通当年是不明显的,大约有2—3年的时滞。基于此,我们提出以下相关建议:

从政府的角度来说,各城市要继续发展经济以完善高铁建设所需的各项技术与物质支撑,根据实际情况投入高铁建设。对于已经开通高铁的相对发达的城市来说,要进一步促进高铁与当地要素流动、贸易合作等各方面的深度融合,保证与强化高铁对创新外溢的促进作用。对于一些已经开通高铁但相对落后的城市来说,高铁开通是一把双刃剑:一方面,它可能导致资源外流;另一方面,它又可能促进学习与合作。对于尚未开通高铁的城市来说,政府一方面应优化交通基础设施建设,为高铁建设提供政策上的支持和物质上的支撑,另一方面应进一步促进创新与合作,通过创新来带动经济的综合发展,通过加深与其他城市的合作来带动对高铁建设的需求。从企业的角度来说,一方面,高铁开通促进了要素的流动,企业应适当提高劳动报酬率来提升其对劳动力的吸引力;另一方面,高铁开通降低了企业跨城贸易的成本,各企业应利用好高铁开通所带来的“时空压缩”效应,加大与跨城企业的交流、合作与贸易,积极学习其他企业的技术并提高自身的创新水平。

* 本文还受到江苏省高校优势学科、江苏现代服务业协同创新中心、江苏省高校品牌专业的资助。

主要参考文献:

- [1]陈丰龙,徐康宁,王美昌. 高铁发展与城乡居民收入差距:来自中国城市的证据[J]. 经济评论,2018,(2): 59—73.
- [2]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,(11): 26—44.
- [3]胡锡琴,杨琴. FDI、能源效率与自主创新的空间外溢效应[J]. 财经论丛,2017,(9): 105—112.
- [4]李欣泽,纪小乐,周灵灵. 高铁能改善企业资源配置吗?——来自中国工业企业数据库和高铁地理数据的微观证据[J]. 经济评论,2017,(6): 3—21.
- [5]刘生龙,胡鞍钢. 交通基础设施与中国区域经济一体化[J]. 经济研究,2011,(3): 72—82.
- [6]刘勇政,李岩. 中国的高速铁路建设与城市经济增长[J]. 金融研究,2017,(11): 18—33.
- [7]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,(2): 21—36.
- [8]温军,冯根福. 异质机构、企业性质与自主创新[J]. 经济研究,2012,(3): 53—64.
- [9]张红芳,郭立宏. 创新外溢、创新激励与经济增长——兼论陕西省技术创新扩散路径[J]. 人文杂志,2005,(6): 59—66.
- [10]张学良. 中国交通基础设施促进了区域经济增长吗——兼论交通基础设施的空间溢出效应[J]. 中国社会科学,2012,(3): 60—77.
- [11]张学良,聂清凯. 高速铁路建设与中国区域经济一体化发展[J]. 现代城市研究,2010,(6): 7—10.
- [12]Almeida P, Kogut B. The exploration of technological diversity and the geographic localization of innovation[J]. Small

- Business Economics*, 1997, 9(1): 21–31.
- [13] Arrow K J. The economic implications of learning by doing[J]. *The Review of Economic Studies*, 1962, 29(3) : 155–173.
- [14] Caniëls M C J. Knowledge spillovers and economic growth: Regional growth differentials across Europe[M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2000: 437–439.
- [15] Gumbau-Albert M, Maudos J. Patents, technological inputs and spillovers among regions[J]. *Applied Economics*, 2009, 41(12): 1473–1486.
- [16] Gutiérrez J. Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border[J]. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9(4): 229–242.
- [17] Okabe S. Impact of the Sanyo shinkansen on local communities[A]. Straszak A, Tuch R. The shinkansen high-speed rail network of Japan[M]. Oxford: Pergamon Press, 1979
- [18] Romer P M. Increasing returns and long-run growth[J]. *Journal of Political Economy*, 1986, 94(5): 1002–1037.

Does the Opening of High-Speed Rail Accelerate the Spillover of Technological Innovation? Evidence from 230 Prefecture-level Cities in China

Yu Yongze^{1,2}, Zhuang Haitao¹, Liu Dayong³, Fu Yu¹

(1. *Industrial Development Institute, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210046, China*;
2. *School of International Economics and Trade, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210046, China*; 3. *Department of Mangement and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China*)

Summary: The appearance of high-speed rail has compressed the “space and time” distance between regions and promoted people’s life and economic activities, which is known as one of the “four new great inventions” of China. Since the opening of the first high-speed rail “Beijing-Tianjin” in 2008, China has entered the era of building “high-speed rail network”. At present, most literature has studied it from the aspects of comprehensive regional economic growth, regional economic integration, industrial structure adjustment, regional income differences and residents’ travel mode.

However, there is a lack of relevant research on the impact of high-speed rail on the spillover of regional technological innovation in the literature. China’s regional development is extremely unbalanced. The economic foundation and infrastructure construction of the backward inland areas lag far behind the eastern coastal areas. Innovation spillover can make backward areas and low-income people catch up with the “free ride” and improve the pace of catching up with the developed areas. Therefore, innovation spillover plays a vital role in China’s economic growth. Based on the panel data of 230 prefecture-level cities from 2008 to 2013, this paper analyzes the impact of high-speed rail on the spillover of regional technological innovation through DID and PSM-DID.

The study finds that, first of all, the opening of high-speed rail raises the patent quotation rate and accelerates the depreciation rate of patents. High-speed rail enhances the spillover effect of technological innovation by promoting agglomeration economy, face-to-face exchange, flow of talents and capital, and regional

(下转第 111 页)

from the perspectives of transport costs and transaction costs. It further analyzes the impact of the opening of CR-express on investment and industrial distribution in inland regions, and examines the regional heterogeneity of CR-express on trade growth in inland free trade zones, source nodes, and transport channels. Important conclusions of this paper are as follows: Firstly, the opening of CR-express has significantly promoted the trade growth in inland regions, especially the regions opening CR-express. The trade growth effect is mainly reflected in the significant increase of exports, and this effect presents the periodic dynamic characteristics which is shown as a “U”-shaped curve. Secondly, the opening of CR-express will help to reduce transport costs (shorter transport time) and transaction costs (government subsidies). These two cost savings enhance the attractiveness and cost competitive advantage of CR-express, which is a new mode of international trade logistics transportation, and helps to promote trade growth in inland regions. Thirdly, the opening of CR-express has enhanced the attraction of inland regions for foreign investment, encouraged domestic enterprises to invest, promoted the transfer and receiving of industries among regions, played a catalytic role in the adjustment of the local industrial structure and the optimization of the industrial layout, brought about the transformation and upgrading of industries and trade, and provided endogenous impetus for the trade growth in inland regions. Finally, the analysis of location heterogeneity shows that the opening of CR-express has a greater impact on the trade level of inland free trade zones, source nodes and transport channels, and the trade hub effect of inland free trade zones is significant. CR-express strengthens the trade resource agglomeration function of inland free trade zones, and enlarges the siphon effect of source nodes and the radiation effect of transport channels.

Key words: CR-express; inland regions; trade growth effect; PSM-DID

(责任编辑 景 行)

(上接第 31 页)

cooperation and trade. The time lag of the impact of high-speed rail on technological innovation spillover is about 2-3 years. Secondly, the impact of high-speed rail on technological innovation spillover has certain regional heterogeneity. Due to the high level of economic development in the eastern region, coupled with the brain drain from the high-speed rail network, the impact of the opening of high-speed rail on technological innovation spillover is more significant in the eastern region.

Therefore, this paper puts forward the following suggestions: (1) For the government, cities should continue to develop their economy in order to improve the technical and material support of high-speed rail construction, and invest in the construction of high-speed rail according to the actual situation. (2) For enterprises, they should properly increase the rate of labor remuneration to improve the competitiveness of talents, prevent factor outflow, and attract new elements; at the same time, they should make good use of the “space-time compression” effect brought by the opening of high-speed railway, increase exchanges and trade with trans-city enterprises, improve their innovation level, and actively learn the technology from other enterprises.

Key words: high-speed rail opening; patent citation; invalid patent; innovation spillover

(责任编辑 景 行)