

地理距离影响高校专利知识溢出吗

——来自中国高铁开通的经验证据

易巍, 龙小宁, 林志帆

[摘要] 本文通过匹配中国专利引用数据库、城市高铁开通数据、《中国城市统计年鉴》及高等学校科技统计数据,构造2000—2015年12922个地级市配对面板数据,考察中国高校知识在城市间流动的特征。研究发现:①高校专利的被引可能性与被引次数随地理距离的增大而减小。“985”高校和“211”高校专利技术传播范围相对较广,化学、机械和电子类专利技术的传播受地理距离的影响较大。与“高校对高校”的知识溢出相比,“高校对企业”的知识溢出呈现更强的本地化特征。②高铁带来的“时空压缩效应”可使本地引用两小时车程内的外地高校专利的可能性增加4%,引用数提升17%。从全国范围看,高校知识越来越集中于东部地区,导致西部地区高校知识的“流失”。③高铁开通通过促进学术会议举办、科技服务以及技术转让等渠道促进了高校技术知识的传播。本文为进一步完善交通基础设施建设、提升高校专利质量以及平衡高校资源的地区间差异提供了重要的政策参考。

[关键词] 地理距离; 高铁; 高校知识溢出; 专利引用

[中图分类号]F287 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2021)09-0099-19

一、引言

技术创新是引领经济发展的第一动力,是一国建设现代化经济体系、提升国际竞争力的战略支撑,也是当前“加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”的关键(黄群慧,2021)。在国家创新体系中,高校是在基础与前沿领域开展原始性创新的主力军,也是技术要素市场中的重要供给方。国家“十四五”规划提出了“建立健全高等院校、科研机构、企业间创新资源自由有序流动机制”“推进科研院所、高等院校和企业科研力量优化配置和资源共享”的目标。盘活高校科学技术存量、破除高校资源在空间上的分布不均、加快推动跨地区产学研合作,对于促进技术要素市场化配置改革至关重要。

2009—2018年,中国高校人均研发经费支出年均增长8.38%,其中,财政资金资助占比从

[收稿日期] 2020-10-30

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“科技创新的知识产权保护研究:测量指标构建与最优政策选择”(批准号72073114);福建省社会科学规划基金青年项目“技术要素市场化配置改革背景下行政边界对跨地区产学研合作的影响研究”(批准号FJ2020C066);广东省基础与应用基础研究基金青年项目“产业政策如何激励企业创新‘提质增效’:影响识别、机制分析与政策启示”(批准号2020A1515110944)。

[作者简介] 易巍,集美大学财经学院讲师,经济学博士;龙小宁,厦门大学知识产权研究院、“一带一路”研究院教授,博士生导师,经济学博士;林志帆,北京师范大学人文和社会科学高等研究院特聘副研究员,经济学博士。通讯作者:易巍,电子邮箱:susanyiwei@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

59.5%上升至67.6%,年均增长1.4%。与此同时,高校的专利数量从0.08件/人增长至0.4件/人,年均增长19.58%^①。2018年,共四所中国高校首次进入全球教育机构PCT专利申请量排名前十^②。其中,中国矿业大学(徐州)平均每件PCT专利申请进入国家阶段的数量约为2.9件,位列榜首。这在一定程度上体现出近年来中国高校创新水平和知识产权实力的提升。中国高校正在逐步推动专利的国际布局以在更大范围实现技术的商业价值。

在构建当前中国新发展格局中,一个更重要的问题是:中国高校不断发展的前沿技术是否在本国市场得到了充分的推广与应用?专利引用被认为是衡量知识传播的合理指标(Jaffe et al.,1993,2000)。2000—2015年,中国高校专利三年内的平均被引次数为1.1次,其中,企业引用占38.36%,主要集中在电通信技术、计算和计数方法、化学材料、纱线以及肥料等技术领域;高校引用占35.77%,主要集中于无机化学、计算和计数方法、超微技术、仪器的零部件和电解设备等领域。从知识结构看,高校流入企业的知识偏重生产与应用,流入高校的知识侧重于基础理论。与美国高校专利引用中企业占比超过半数的事实相比(Mowery and Ziedonis,2015),中国高校对企业的知识溢出仍处于较低水平,高校对实体经济的创新引领作用尚未充分发挥。因此,深入探究高校知识溢出的特性,突破高校知识在传播中遇到的障碍,对于充分发挥中国超大规模市场优势和内需潜力尤为关键。

已有研究发现,面对面交流(Face-to-Face)是促进知识溢出的重要条件。创新主体在面对面交流中能够获得更多的隐性知识,从而在合作研发(Hong and Su,2013;Dong et al.,2020)和技术购买(Cai et al.,2016)等活动中有更好的表现,而这些活动均被证实与专利引用显著相关(Duguet and MacGarvie,2005)。具体来说,面对面交流可以帮助交流参与者更好地了解彼此的研究领域和技术成果,推动相互间在研究开发等方面的合作,也是专利引用和技术购买的前提条件。2019年5月,美国商务部将华为公司列入“实体清单”后,英国芯片公司ARM要求其员工终止与华为公司的合作,该公司在对内发布的一则规定中称:“禁止所有工程师与华为员工见面,因为见面就是给技术”。同样地,国内信息技术领域的企业也指出研发人员的流动会导致技术流动。由此可见,面对面交流对知识传播有重要影响,而地理距离则是制约人们面对面交流的关键因素。中国幅员辽阔,但高等教育资源主要集中在东部城市。那么中国高校所创造的知识流动是如何受地理距离的影响呢?这是本文尝试回答的第一个问题。

与此同时,近十年来中国高铁的飞速发展降低了人员旅行成本,提高了面对面交流的可能性。截至2019年底,中国高铁营业里程达到3.5万公里,约占世界高铁总量的70%。高铁大大缩短旅途时间和减轻旅途劳顿,成为越来越多商务人士出行的选择。世界银行于2014年发布的《中国高铁区域经济影响分析报告》显示,中国高铁的乘客年龄以25—55岁为主,且大多为商务出行(占比62%)。党的十九届五中全会提出了“统筹推进基础设施建设,加快建设交通强国”的目标,未来“八纵八横”高速铁路网的贯通将实现相邻大中城市间1—4小时以及城市群内0.5—2小时交通圈。已有研究分别从贸易开放(孙浦阳等,2019;唐宜红等,2019)、资本要素流动(龙玉等,2017;张梦婷等,2018;马光荣等,2020)、土地价格(周玉龙等,2018)、供应商分布(饶品贵等,2019)以及区域经济发展差异(颜银根等,2020)等视角分析了高铁对中国经济发展的影响。而关于高铁影响知识溢出的研

① 数据整理自《高等学校科技统计资料汇编》以及国家统计局网站。

② 排名前十的四所中国大学分别是:深圳大学(201件)、华南理工大学(170件)、清华大学(137件)和中国矿业大学(114件),分别排在第三、第四、第七和第十名。排名前十位的其他大学包括五所美国大学和一所韩国大学。

究尚不充分,已有研究主要采用人员流动来间接衡量知识溢出,研究结论尚未达成一致(刘芳,2019;吉赞和杨青,2020;王春杨等,2020)。也有文献利用论文合作数据来衡量知识溢出,但受制于数据的局限性无法观察知识流动的方向(Catalini et al.,2016;Dong et al.,2020)。那么,如何更好地量化高校知识溢出,进而检验高铁开通是否有助于克服地理距离对高校前沿知识传播的影响?此为本文尝试回答的第二个问题。

本文基于 Peri(2005)的知识流动模型,实证考察高校知识流动在地理距离上呈现出的特征,并进一步将高铁开通这一外生冲击引入知识流动模型,考察基础设施建设所产生的时空压缩效应如何影响高校知识的跨区域流动。实证研究发现,高校创新知识的流动在空间距离上呈现明显的衰减趋势,这一趋势在高铁开通之后得到了有效缓解。本文的贡献在于:①在内容方面,深入剖析不同知识来源、不同技术类别以及不同知识接收者对知识传播范围的影响,并考察基础设施建设能够从哪些维度降低知识的空间衰减程度。以高校创新知识流动为研究对象,实证检验学术会议、科技服务和技术转让等高校知识传播路径的有效性,以及高铁开通是否影响地区间高校创新资源的合理分配。为已有关于空间知识溢出、交通基础设施与经济发展以及高校创新方面的研究提供了新的经验证据。②在数据方面,做了大量基础性的搜集、整理和匹配工作。通过手工整理中国专利引用大数据,根据引证专利与被引专利申请人名称及地址信息将专利引用数据与高等学校科技统计数据库、城市高铁开通数据以及历年《中国城市统计年鉴》数据进行匹配,构造了地级市配对(Prefecture-pair)面板数据。该数据突破了以往采用人员流动数据来近似知识溢出的局限性,拓宽了知识溢出领域的可研究范围,为今后的实证研究奠定了重要基础。③在实证方面,对 Peri(2005)的知识流动模型进行了拓展与改进。具体而言,本文在实证设计中增加了时间维度,将原来的横截面回归扩展为面板回归,样本量的增大能够为回归分析提供更多有效信息。此外,本文控制了“引用城市×年份”“被引城市×年份”以及“城市对”三个层面的固定效应,较好地控制了由不可观测因素引致的内生性问题。④在政策方面,立足于高铁建设这一“国家名片”系统地检验交通基础设施对高校知识溢出的影响,以期为推动“产学研”深度融合,促进技术要素跨区域流动以及加快建设创新型国家提供有益的政策启示。

二、文献综述

1. 知识扩散

知识的公共品特征能否使其在传播过程中不受地域的限制?大量研究发现,知识的传播会受到地理距离的影响,且知识扩散具有本地化特征(Jaffe et al.,1993;Bottazzi and Peri,2003)。这些研究认为知识(Knowledge)与一般意义上的信息是两种不同的概念,并非所有的信息都能转化为知识,信息接收者需要将信息进行整理、加工和编译之后才能形成知识。相较于成熟技术,创新主体在吸收外界的前沿技术时需要花费更多成本来提升自身的认知技能,方能捕捉前沿技术中蕴含的商业价值。另一种关于知识受地理距离影响的解释是,知识无法完全通过文本化(Codified)形式表达出来,尤其是当其运用于实际生产时,无法体现在文本信息中的隐性知识(Tacit Knowledge)对知识的有效使用至关重要,例如,实验过程中的失败经验对于新技术的理解有很大帮助,而获取这些隐性知识的最佳途径是面对面交流(Agrawal and Goldfarb et al.,2008)。

知识传播的无形性使其量化成为难题。Jaffe et al.(1993)开创性地利用专利引用数据来刻画美国创新主体之间的知识溢出情况,并证实了知识溢出具有本地化特征。这一研究范式在后续研究中得到了广泛的运用(Hicks et al.,2001;Peri,2005)。还有一些研究使用地区间的人员流动以及商品

流通间接衡量知识扩散(Feldman, 1999)。作为创新资源与人才的聚集地,高校知识的扩散受到越来越多的研究关注。Feldman et al.(2002)发现,研究型大学通过向企业转化科技成果、输送人才以及搭建政产学研平台等方式促进了知识传播。Hong and Su(2013)认为,高校与企业是否同属一个直管部门、是否有过合作经历以及高校的声誉是影响中国产学合作的关键因素。易巍和龙小宁(2021a)发现,高校知识溢出会对本省份上市企业创新产生显著的正向影响,但这一促进作用会受到校企间技术结构、企业所有制形式以及地区知识产权保护水平的影响。

2. 交通基础设施建设与知识扩散

如果面对面交流对隐性知识的传播尤为重要,那么交通基础设施建设能否降低交通成本而促进知识扩散?已有文献大多以交通基础设施促进区域创新为研究议题,将交通基础设施促进知识扩散作为机制检验的一部分。刘芳(2019)采用空间面板计量方法考察高铁对城市创新的影响,发现高铁开通能够促进城市专利申请量的增加。王春杨等(2020)在地区层面考察了高铁对区域创新空间结构的影响,发现高铁开通显著提高了沿线城市创新水平,利用中介效应分析发现人力资本迁移是高铁影响区域创新水平的重要机制。吉赟和杨青(2020)在企业层级考察高铁对地区创新的影响,发现高铁开通使上市企业专利申请量显著增加,并指出背后的机制是高铁开通提升了本科及以上学历员工、技术型员工在沿线企业的占比。上述涉及交通基础设施与知识溢出的研究大多采用人员流动数据来近似替代知识扩散,结论尚未完全达成一致。

已有研究交通基础设施影响知识扩散的文献主要采用论文合作数据。Catalini et al.(2016)利用美国西南航空公司降低机票价格作为外生冲击,考察了更便宜的航空旅行能否促进科技合作,研究揭示远程线上交流无法替代面对面交流,交通成本的下降对科学知识的生产与重构有显著的促进作用,且这一效果在青年学者群体中更明显。Dong et al.(2020)利用中国高铁数据检验了交通成本下降能否促进高校科研人员的跨地区学术合作,结果显示,高铁开通之后跨地区合作的论文数量显著增加,尤其是促进了二线城市科研人员与一线城市科研人员之间的学术合作。然而,采用论文合作数据具有一定局限性:一方面,该数据仅能够识别科研人员之间的合作关系,而无法体现知识溢出的方向;另一方面,论文数据只能在学科上进行分类,无法在技术或行业层面展开分析,且研究对象大多局限在高校等科研机构内部。

目前,采用专利引用数据研究交通基础设施影响知识溢出的研究仍较为缺乏。Agrawal et al.(2017)研究了美国高速公路的建设如何影响区域内的创新水平。在机制检验中,其参照 Jaffe et al.(1993)通过样本匹配找出与每个引证专利相似的对照组专利,再通过比较两组专利(处理组和对照组)与被引专利的地理匹配度来考察知识溢出的空间分布特征。结果发现,便利的交通促使发明人引用本地专利的可能性显著增大。然而,采用上述方法得出的研究结论很容易受到对照组样本选择的影响。

上述关于知识溢出与交通基础设施两方面文献为本文的研究思路提供了有益启发。然而,鲜有研究关注公共研发部门知识溢出的空间特征。与一般创新主体不同,公共研发部门的创新成果更接近公共品,理论上,其创新知识的传播可能较少受到地理距离的影响,而这一推断仍有待进一步验证。为数不多的讨论高校知识溢出的文献也仅局限于高校科研人员之间的合作,缺乏对高校与产业间知识溢出的研究。为弥补已有文献的不足,本文在中国背景下,聚焦高校前沿技术的传播,考察高校知识溢出是否存在距离衰减,并在此基础上区分高校对高校以及高校对企业空间知识溢出的异质性,再进一步利用高铁开通这一外生冲击来检验距离对高校知识溢出的影响。

三、实证设计、变量与数据

本文首先构造高校专利被引量对距离的回归模型,并在此基础上引入高铁直通这一外生冲击;然后依次介绍实证中被解释变量、关键解释变量以及控制变量的数据来源及构造方法。

1. 模型设定

为了考察距离对高校知识溢出的影响,本文构造如下回归模型:

$$\ln(\text{Citations})_{ijt} = \alpha' \text{distance}_{ij} + \theta_{it} + \mu_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中,被解释变量 $\ln(\text{Citations})_{ijt}$ 为高校专利被引量加 1 取对数, i 表示被引高校所在城市, j 表示引用高校专利的创新主体(包括企业、高校和其他)所在城市, t 为年份。此外,本文也采用虚拟变量替换引用量,衡量高校专利是否被另一个城市的创新主体引用,是则取值为 1, 否则为 0。 distance_{ij} 是由一系列距离虚拟变量组成的向量。本文按照被引高校所在城市与引用高校专利的创新主体所在城市之间的距离分位数将样本分为十组,距离区间依次为(0,228]、(228,362]、(362,488]、(488,601]、(601,718]、(718,835]、(835,978]、(978,1137]、(1137,1358]、(1358,3466],单位均为千米(km)。例如,当 i 城市与 j 城市的地理距离落在(228,362]区间时 $\text{Dummy}(228\text{km} < \text{distance} \leq 362\text{km})$ 取值为 1, 否则为 0;其余 8 个虚拟变量的取值依此类推。同时,本文加入了 i 城市一年份的固定效应 θ_{it} 以及 j 城市一年份的固定效应 μ_{jt} ^①,用以控制每一知识源城市和每一知识接收城市层面上随时间变化的特征,如创新水平、人口以及航空客运量等因素。 ε_{ijt} 为随机误差项,所有回归的标准误均在城市对层面聚类。距离系数 α' 则表示不同距离范围对高校专利被引量(或被引可能性)的影响。由于知识溢出具有本地化特征,本文预期距离系数 α' 显著为负,且系数绝对值会随着距离的增大而增大,即知识溢出在空间距离上会呈现出衰减的特征。

如果距离是影响知识传播的关键因素,那么两地直通高铁后,空间距离的“压缩”是否会降低知识溢出在空间距离上的衰减呢?为了探究高铁对高校知识溢出的影响,本文构造如下回归模型:

$$\ln(\text{Citations})_{ijt} = \delta \text{HSR}_{ijt} + \theta_{it} + \mu_{jt} + \varphi_{ij} + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

其中,被解释变量 $\ln(\text{Citations})_{ijt}$ 与(1)式相同,即表示 j 城市创新主体(包括企业、高校和其他)申请的专利在 t 年是否引用了位于 i 城市的大学专利或是其引用总量。 HSR_{ijt} 为虚拟变量,若两地在第 t 年直通高铁,那么高铁开通后取 1, 否则为 0。 θ_{it} 为被引城市一年份的固定效应, μ_{jt} 为引用城市一年份的固定效应。此外,由于在模型(2)中本文重点关注高铁直通的影响效应,上式进一步加入了城市对层面的固定效应 φ_{ij} 对所有城市对层面上不随时间变化的特征进行控制,因此, distance_{ij} 不再单独出现。

然而,上述回归可能存在内生性问题。有高铁连接的城市之间的关联度(包含技术、资本以及人员等要素的流动)也许原本就较高,因而有可能同时影响两地间建立高铁连接的可能性以及知识流动状况。为了解决潜在的内生性问题,本文做了以下尝试:①在基准回归中分别控制了“引用城市×年份”“被引城市×年份”以及“地级市配对”层面的固定效应,从而剔除了这些层面遗漏变量产生的干扰;②仅保留样本期间内(2000—2015年)直通高铁的城市对。因为样本期内开通的高铁线路早在 2004 年《中长期铁路网规划》时就基本规划确定,为了避免由“规划内”城市与“规划外”城市之间的固有差异而产生的影响,本文参照 Lin(2017)的做法将样本限定在“规划内”的城市对,则回归利用

① 本文也尝试了仅控制“年份固定效应”以及同时控制“年份固定效应、引用城市固定效应与被引城市固定效应”。

的信息仅来自不同城市对之间高铁直通的时间差异,而这一时间差只跟线路长短、施工难易程度等相对外生的因素相关;③采用动态回归的方法对高铁连接和知识溢出的“反向因果”关系进行检验,排除高铁连接是受到两地人员交流频繁影响的可能;④寻找工具变量来解决城市对层面随时间变化的遗漏变量内生性问题。本文首先参考马光荣等(2020)的做法,采用各城市到“四纵四横”规划路线的直线距离为基础信息构造第一个工具变量(*dist_dum*)。这一做法的逻辑在于,一个城市与“四纵四横”规划路线之间的距离仅影响该城市开通高铁的可能,并不影响该城市与其他城市之间的知识溢出。其次,参照王春杨等(2020)的做法,以1962年各城市铁路开通的历史数据为基础信息构造第二个工具变量(*rail_1962*)。这是因为,历史上开通铁路的城市在政治、军事和区位上具有重要作用,而这些因素也同样是高铁线路规划时所考虑的。同时,历史铁路线路并不影响当下城市间的知识溢出。因此,*dist_dum*和*rail_1962*指标在理论上符合工具变量的相关性与外生性条件。本文力图通过上述方法来进一步排除内生性可能,保证实证结果的稳健性。

2. 数据来源与处理说明

为考察高校知识流动的特征以及高铁直通的影响,本文综合多方面数据构造2000—2015年189个地级市共12922个城市对(Prefecture-pair)层级的面板数据。

(1)被解释变量。高校专利被引量由国家知识产权局公布的专利信息整理计算得到。由于缺乏引证来源信息,本文无法区分每一条引用是出自发明人还是审查员,为了减少测量误差,本文以三年窗口期来计算高校专利被引量,因为对新近技术的引用更可能来自发明人而非专利审查员(Jaffe et al., 2000);在后续稳健性检验中尝试其他年度窗口。然后,根据引证专利与被引专利的申请号将专利的引证信息与基本信息进行匹配,得到每对引证专利的基本信息。为了研究中国高校的知识溢出特征,本文将被引专利限定为高校专利,即申请人包含“大学”“学院”“专科学校”等字符,对引用专利不做限定,有可能是高校、企业或是其他创新主体。在2000—2015年期间共得到462449条高校专利被引记录,其中,企业引用数占38.36%,高校引用数占35.77%。然后将462449条高校专利被引记录按照“被引城市—引用城市—年份”加总,得到12922个城市对×16年的总样本。

专利引用信息是衡量知识流动的合理指标(Peri, 2005)。中国的《专利审查指南》要求发明人在撰写专利申请书时,介绍与本发明相关的“背景技术”,并通过引证的方式反映出背景技术的相关信息。值得注意的是,虽然《专利审查指南》同时对发明专利和实用新型专利的申请作出了引证背景技术的要求,但由于实用新型专利不像发明专利那样需要严格的实质审查,所以本文在数据上观察到,实用新型专利几乎没有引用信息。因此,样本引用数据仅包含“发明专利引用发明专利”以及“发明专利引用实用新型专利”这两种情形。此外,相比采用论文引用量来衡量高校知识溢出程度的研究,专利引用可能是更合理的度量指标,原因在于:从引用成本看,学术论文的引用成本几乎为零,一些论文作者也许会“礼节性”地引用熟人的论文;而发明人在进行专利引用时会表现得更加谨慎,因为当专利涉及侵权纠纷时,申请书中对背景技术的引用很可能成为新颖性和创造性的判断依据,从而影响专利权的保护效力。

(2)主要解释变量。世界银行与中国国家铁路局将高铁定义为“时速200千米及以上的客运专线”。2007年,中国铁路在第六次大提速中首次开行了中国铁路高速列车(CRH动车组),时速达200千米,中国从此跨入“高铁时代”。2008年8月,时速350千米的京津城际铁路的开通推动高铁建设迈上新台阶。2016年7月新修订的《中长期铁路网规划》再次勾画了新时期“八纵八横”高速铁路网的宏大蓝图。中国高铁的建设实现了从“四纵四横”到“八纵八横”的飞跃。本文通过爬虫方法从《全国铁路旅客列车时刻表》、高铁网以及114票务网获取到6218个C/D/G开头的车次信息,并从

维基百科上获得线路开通及站点使用时间。截至2015年底,开通高铁的城市共189个,高铁直通的城市对共12922对。

(3)其他变量。本文从高等教育出版社发布的《高等学校科技统计资料汇编》中获得2000—2015年各地高等学校有关科技交流、科技服务以及科技成果转化等数据;控制变量城市人口以及航空客运量数据来自历年《中国城市统计年鉴》。数据显示,本地创新主体对外地高校专利在近三年的引用次数约为2.2次,引用可能性约为14%,对高校专利在近五年的引用次数约为2.9次,对高校专利在近十年的引用次数约为3.5次,而从75%分位数看,大部分城市并没有获得外地高校的知识溢出。此外,在一些稳健检验中本文仅保留发明人自己递交申请的专利,则这部分专利对高校专利在近三年的引用次数约为0.4次,原因在于,发明人自己提交申请的专利仅占专利总数的25%^①。

四、高校知识溢出的地理特征

1. 距离对高校知识溢出的影响

为考察距离对高校知识流动的影响,本文根据模型(1)进行回归分析。表1中第(1)—(3)列回归的被解释变量为本地是否引用了外地高校专利, $Dummy(3-Year Citations>0)$ 为专利引用数量(计算窗口为3年)。其中,第(1)列为仅控制了年份固定效应的结果,第(2)列加入了被引高校所在城市与引证专利所在城市的固定效应,第(3)列则控制了被引高校所在城市与时间的交互项以及引证专利所在城市与时间的交互项。本文发现前三列结果中,9个距离虚拟变量的系数均显著为负,且数值逐渐变小。第(3)列回归中的 $Dummy(228km<distance\leq 362km)$ 系数表示距高校228—362千米的城市获得创新知识的概率比距高校228千米以内的城市小1.82%,其余距离系数的解释以此类推,当距离超过1358千米时,获取高校知识的概率将下降约4.48%。第(4)—(6)列回归的被解释变量为高校专利的被引量,结果显示,9个距离虚拟变量的系数仍显著为负,且数值逐渐变小,第(6)列回归中的 $Dummy(228km<distance\leq 362km)$ 系数表示,与高校相距228—362千米城市的引用数比228千米以内城市的引用数减少了4.5%,即高校创新知识衰减了4.5%。其余距离系数的解释以此类推,当距离超过1358千米时,高校创新知识将衰减约12%。控制变量的系数均显著为正,说明城市创新水平、人口以及航空客运量与高校知识流动存在正相关关系。为使这一规律更加可视化,本文将表1第(6)列回归中的距离系数及其95%置信区间绘制在图中,图像显示高校知识在500千米范围内呈现出快速衰减趋势,当超过500千米时(相当于从太原到北京的距离),距离对知识流动的负向影响则逐渐趋于稳定^②。

2. 异质性分析

(1)不同知识来源异质性。在中国的高等教育制度背景下,不同层级高校的学术影响力、社会知名度以及专利技术质量有着较大的差异,知识传播特征也可能有所不同。在中国,39所“985”高校聚集了大量优质的教育资源与人才,代表着中国高等教育的最高水平。为检验潜在的异质性,本文根据被引专利的申请人信息将专利分为“985”高校专利与非“985”高校专利,再将两类专利的被引量在“城市对—年份”层面加总。此外,112所“211”大学,是除“985”高校以外国家在高等教育领域进行的大规模、高层次重点建设工程。为了使结果更加稳健,本文进一步以被引专利是否来自“211”高校将样本分为“211”高校与非“211”高校进行分组回归^③。为使这一规律更加清晰可见,本文将前

① 主要变量的描述性统计参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

② 对应图形参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

③ 图1—图3对应的回归结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表 1 距离对高校创新知识流动的影响

	Dummy(3-Year Citations>0)			ln(Citations)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Dummy(228km<distance ≤ 362km)	-0.0180*** (0.0047)	-0.0182*** (0.0039)	-0.0182*** (0.0039)	-0.0480*** (0.0135)	-0.0447*** (0.0115)	-0.0450*** (0.0117)
Dummy(362km<distance ≤ 488km)	-0.0248*** (0.0047)	-0.0239*** (0.0040)	-0.0243*** (0.0040)	-0.0739*** (0.0135)	-0.0668*** (0.0117)	-0.0678*** (0.0119)
Dummy(488km<distance ≤ 601km)	-0.0382*** (0.0049)	-0.0357*** (0.0041)	-0.0355*** (0.0042)	-0.1034*** (0.0135)	-0.0962*** (0.0119)	-0.0958*** (0.0121)
Dummy(601km<distance ≤ 718km)	-0.0305*** (0.0048)	-0.0343*** (0.0041)	-0.0345*** (0.0041)	-0.0867*** (0.0140)	-0.0965*** (0.0126)	-0.0970*** (0.0128)
Dummy(718km<distance ≤ 835km)	-0.0322*** (0.0049)	-0.0344*** (0.0041)	-0.0345*** (0.0042)	-0.0909*** (0.0140)	-0.0903*** (0.0124)	-0.0910*** (0.0127)
Dummy(835km<distance ≤ 978km)	-0.0424*** (0.0049)	-0.0425*** (0.0041)	-0.0428*** (0.0042)	-0.0997*** (0.0152)	-0.1009*** (0.0134)	-0.1023*** (0.0136)
Dummy(978km<distance ≤ 1137km)	-0.0433*** (0.0050)	-0.0450*** (0.0043)	-0.0456*** (0.0044)	-0.0966*** (0.0159)	-0.1089*** (0.0146)	-0.1103*** (0.0149)
Dummy(1137km<distance ≤ 1358km)	-0.0446*** (0.0050)	-0.0442*** (0.0044)	-0.0448*** (0.0045)	-0.1139*** (0.0155)	-0.1122*** (0.0143)	-0.1141*** (0.0146)
Dummy(distance>1358km)	-0.0365*** (0.0055)	-0.0440*** (0.0051)	-0.0448*** (0.0052)	-0.0991*** (0.0172)	-0.1150*** (0.0170)	-0.1177*** (0.0174)
Controls	是	是	是	是	是	是
引用城市固定效应	否	是	否	否	是	否
被引城市固定效应	否	是	否	否	是	否
引用城市—年份固定效应	否	否	是	否	否	是
被引城市—年份固定效应	否	否	是	否	否	是
年份固定效应	是	是	否	是	是	否
观测值	201336	201336	201336	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.3856	0.4298	0.5346	0.3771	0.4402	0.6194

注:①本文按照距离的10%、20%……90%分位数将样本分为十组,基准组为0km<distance ≤ 228km。所有距离虚拟变量的取值方法为当且仅当两城市之间的距离落在该区间时取1,其余情况为0。②控制变量 Controls 包括引用城市和被引城市的专利数、人口以及航空客运量。③括号内为聚类至城市对层面的稳健标准误。④***、**、* 分别表示1%、5%、10%的显著性水平。以下各表同。

两组回归的系数绘制在图 1(a)中,将后两组回归系数绘制在图 1(b)中。

图 1(a)显示,“985”高校的知识传播随着地理距离变大的衰减幅度较小,而其他高校的知识在流动过程中则出现了较大幅度衰减。类似地,图 1(b)显示“211”高校的知识衰减幅度小于非“211”高校,但是两者之间的差异小于“985”高校与非“985”高校。可能的原因在于,除了 39 所“985”高校外,“211”高校还包括了其余 73 所其他高校,这部分高校的影响力和知名度可能低于“985”高校,从而缩小了两组间的差异。采用“985”和“211”两个标准来区分高校知识来源的实证结果均显示,与普

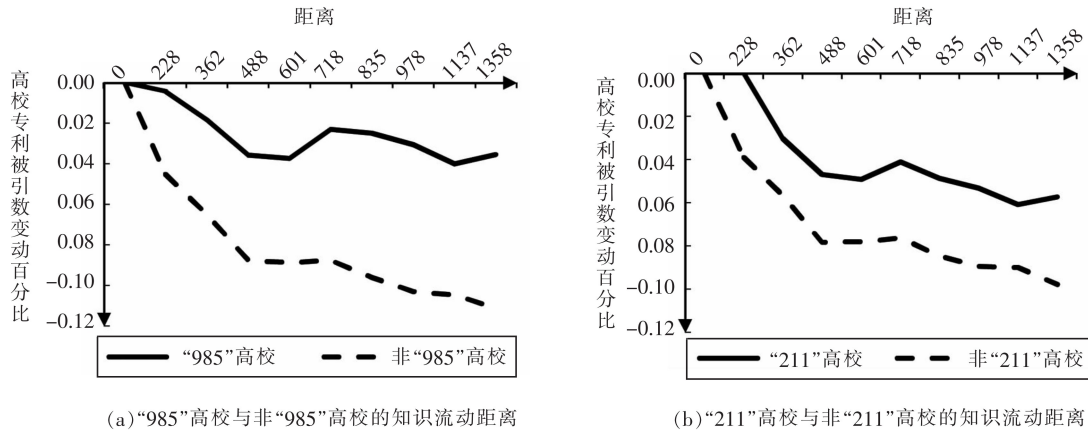


图1 不同类别高校创新知识流动的距离(单位:千米)

通高校相比高层级高校的专利技术传播受距离的影响越小。本文认为,“985”高校和“211”高校的专利技术传播对地理距离的敏感性较低可以归因于它们较大的学术影响力和社会知名度,而这又与中国近二三十年来对“985”高校和“211”高校在科研经费、人才建设、媒体宣传等诸多制度层面的资源倾斜相关。在这样的背景下,高层级高校的技术成果更容易得到其他高校、企业等各类创新主体的关注,“产学研”合作开展较多,也就更可能跨越空间的阻隔得到更多的引用。

(2)不同技术类别异质性。高校知识传播范围可能会在技术层面存在异质性,本文按照三位数国际专利编码(IPC Code)将高校专利分为机械、电子、计算机、化学、医药及其他。分样本回归结果显示(见图2),医药和计算机技术的传播在地理维度上的衰减幅度较小,而化学和机械类创新知识的传播则呈现出较强的本地化特征。已有研究指出,知识溢出可以通过人员流动和商品流通两个渠道来实现。一方面,人员的交流会促进知识尤其是隐性知识在城市间的传播(赵勇和白永秀,2009);另一方面,知识也可以通过商品贸易传播,一些内嵌于商品的新技术可能会在流通过程中被反向工程“破译”。对于化学、机械和电子行业而言,由于其商品的重量和体积较大,运输成本高,一定程度上降低了货物流通促进知识传播的可能,专利技术扩散更可能受地理距离的约束;而计算机和医药行业的商品具有重量轻、体积小的特征,便于运输。

(3)不同知识接收者异质性。不同的知识接收者也可能对高校知识的传播范围产生影响。本文按照高校知识的流入方,将样本划分为“高校对企业”的知识溢出以及“高校对高校”的知识溢出,分样本回归结果如图3所示,“高校对企业”知识溢出的衰减幅度要大于“高校对高校”知识溢出时的情况。可能的原因在于:①高校科研人员之间可以通过参加学术会议或讲座实现面对面的沟通交流,而企业与学校之间的类似交流渠道较少,因而二者间知识传播受地理距离的影响更大;②高校实行的同行评议机制使得科研人员之间的相互关注度更高,从而形成“科学与学术的共同体”。数据显示,企业引用高校专利的数量占其总引用数的10%,而高校引用高校专利的占比则高达39%。综上所述,交流渠道与评价机制的不同将在一定程度上影响高校对企业的知识溢出。

五、高铁对高校知识溢出的影响

截至2019年底,中国的高速铁路网总里程已突破3.5万千米,相较于2012年增长了3.4倍。前文实证结果揭示了高校知识流动在距离上呈现出衰减的特征,本文进一步思考高铁能否通过时空压缩来促进高校知识在城市间的流动?

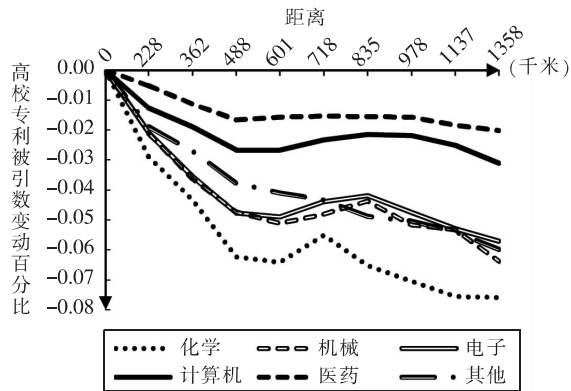


图2 不同技术领域高校知识流动的距离

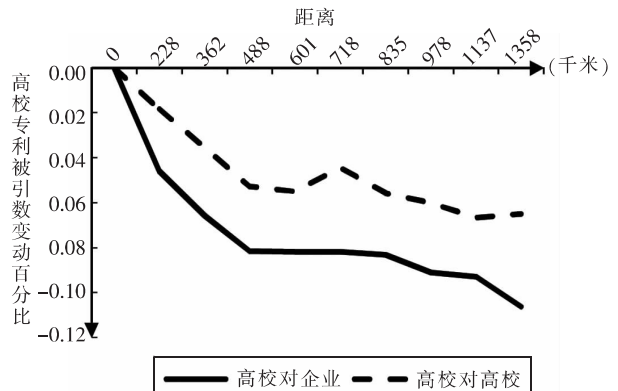


图3 高校知识流向不同知识接收者的距离

1. 高铁对高校知识溢出的影响

(1) 基准回归结果。为了考察高铁开通是否影响高校知识的外溢,本文对模型(2)进行回归,结果如表2所示。本文将两地高铁直通作为外生冲击,考察高铁直通后本地获取外地高校知识的可能性和数量是否会增加。表2对应模型(2)的回归结果,Panel A中的被解释变量为是否引用了高校专利,解释变量为两地是否直通高铁。为了保证结果的稳健,本文在第(1)—(5)列中分别加入不同固定效应,这五列回归中高铁开通(HSR)的系数均显著为正,表明高铁连接能够有效促进高校知识的跨区域传播。距离的系数显著为负,再一次验证了距离增加会削弱知识溢出效果。由于第(5)列回归对内生性的控制最为严格,本文以此为基准进行分析;高铁直通使本地引用外地高校专利的可能性平均提高了约0.75%。Panel B将被解释变量替换为高校专利被引数,其余设置保持不变。从第(5)列回归结果看,两地高铁直通使得本地获取外地高校创新知识的总量平均提升约5.18%。上述回归结果表明,高铁通过降低人们面对面交流的成本促进了高校创新知识的传播。

(2) 内生性问题处理。高铁对高校知识溢出的影响可能存在内生性问题。本文虽已通过控制三组固定效应以及将样本限定为2015年前已开通高铁的城市对,消除了一部分由遗漏变量以及高铁城市选择造成的内生性问题。但高铁通车与高校知识的外溢仍可能存在“反向因果”以及“共时性”(Simultaneity)问题。

本文首先采用动态回归的方法对“反向因果”关系进行检验。结果显示^①,高铁开通前4年的系数不显著异于0,说明高校知识外溢在高铁通车之前不存在显著上升趋势,两地直通高铁3年后,高校知识外溢效果才开始逐渐显现,说明交通基础设施对高校知识跨区域流动的影响存在一定的时滞。其次,本文利用工具变量两阶段最小二乘回归方法(IV-2SLS)来处理“共时性”(Simultaneity)问题。第一个工具变量 $dist_dum = dist_cited \times dist_citing$,其中, $dist_cited$ 表示被引城市在第 t 年到当年已开通高铁线路的直线距离,当直线距离小于等于100千米时, $dist_cited$ 取值为1,否则为0。 $dist_citing$ 表示引用城市在第 t 年到当年已开通高铁线路的直线距离,当直线距离小于等于100千米时, $dist_citing$ 取值为1,否则为0。值得注意的是,由于“四纵四横”规划线路的连通是随时间变化的,因此, $dist_cited$ 和 $dist_citing$,继而二者的乘积 $dist_dum$ 在时间维度上也是变化的。第二个工具变量 $rail_1962 = rail_1962_cited \times rail_1962_citing \times time_trend$,其中, $rail_1962_cited$ 和 $rail_1962_citing$

① 动态回归结果及系数图参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表 2 高铁对高校知识溢出的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Panel A	<i>Dummy(3-Year Citations>0)</i>				
<i>HSR</i>	0.0522*** (0.0034)	0.0511*** (0.0032)	0.0452*** (0.0031)	0.0340*** (0.0049)	0.0075* (0.0041)
$\ln(\text{distance})$	-0.0163*** (0.0016)	-0.0185*** (0.0014)		-0.0192*** (0.0015)	
观测值	201336	201336	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.3875	0.4315	0.5257	0.5349	0.6317
Panel B	$\ln(\text{Citations})$				
<i>HSR</i>	0.1640*** (0.0083)	0.1566*** (0.0074)	0.1258*** (0.0058)	0.1527*** (0.0127)	0.0518*** (0.0061)
$\ln(\text{distance})$	-0.0392*** (0.0047)	-0.0447*** (0.0046)		-0.0457*** (0.0047)	
观测值	201336	201336	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.3814	0.4434	0.6439	0.6207	0.8258
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	否	否
引用城市固定效应	否	是	否	否	否
被引城市固定效应	否	是	否	否	否
引用城市—年份固定效应	否	否	否	是	是
被引城市—年份固定效应	否	否	否	是	是
城市对固定效应	否	否	是	否	是

分别表示被引城市和引用城市是否在 1962 年开通了铁路,是为 1,否则为 0。本文将二者的乘积乘以时间趋势项 *time_trend* 构造出时变的工具变量。

表 3 中第(1)—(3)列依次为工具变量(*IV1*)、工具变量(*IV2*)以及同时加入两个工具变量(*IV1+IV2*)的回归结果,被解释变量均为是否引用高校专利。结果显示,*HSR* 系数均显著为正,与基准回归结果保持一致。工具变量一阶段回归结果显示^①,与“四纵四横”线路的直线距离越近的城市对之间开通高铁的可能性越大,1962 年已经开通铁路的城市对之间开通高铁的可能性越大。从 F 统计量大小上看,三个工具变量的一阶段回归均通过了弱工具变量检验。第(4)—(6)列的被解释变量为引用数量加 1 取自然对数,*HSR* 系数仍然显著为正,表明剔除可能存在的内生性问题之后,高铁开通对高校知识外溢的正向影响仍然存在。

上述实证结果支持了高铁能够促进高校知识溢出的结论,但仍然存在以下三方面问题:①前文回归中被解释变量(高校专利被引量)的计算均以 3 年期为窗口,如果窗口期发生变化,上述结论是否依然成立? ②当发明人委托专利代理人撰写专利申请书时,代理人有可能在发明人提交的工作底

① 回归结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表 3 基于工具变量的回归结果

	Dummy(3-Year Citations>0)			ln(Citations)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	工具变量 (IV1)	工具变量 (IV2)	工具变量 (IV1+IV2)	工具变量 (IV1)	工具变量 (IV2)	工具变量 (IV1+IV2)
HSR	0.0906* (0.0497)	0.8746*** (0.2201)	0.1600*** (0.0487)	1.0072*** (0.1001)	0.8360* (0.4768)	0.9921*** (0.1008)
观测值	201336	201336	201336	201336	201336	201336
Controls	是	是	是	是	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是	是	是	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是	是

稿基础上添加新的引用,代理人引用可能会对本文的结论造成干扰。③互联网信息技术的发展也可能对知识溢出产生影响,前文已经分别控制了“引用城市×年份”“被引城市×年份”以及“城市对”三个层面的固定效应,理论上来自城市层面互联网发展的影响已经被固定效应吸收。但另一种可能是 A 城市与 B 城市互联网信息技术的发展,可能促使两地更多地通过互联网进行信息交流,而这样的变化则体现在“城市对—年份”层面,无法被“城市×年份”固定效应所控制,从而产生遗漏变量问题。

为了解决上述问题,本文做了如下稳健性检验^①: ①将高校专利被引量的计算窗口期替换为 5 年和 10 年;②仅保留那些由发明人自己提出专利申请(即没有委托专利代理机构代为申请)的引证专利对,并将其在城市对—年份层面进行加总构造高校专利被引量;③通过控制引用城市和被引城市互联网宽带接入用户密度,排除互联网信息技术发展对知识溢出的影响。基准结论均稳健成立。

2. 异质性分析

结合前文从不同知识来源、不同技术类别以及不同知识接收者三个维度考察距离对高校知识溢出的异质性影响,本文进一步探究高铁开通对高校知识溢出的影响是否也在这三个维度存在异质性。

(1)不同知识来源。表 4 为高铁对高校知识溢出在不同知识来源层面的异质性影响,结果显示,高铁开通对其他高校知识溢出的正向促进作用要显著高于“985”高校,采用“211”高校进行分组的回归结果也类似。实证结果再一次验证了第四节距离对不同知识来源知识溢出的异质性影响,即“985”高校和“211”高校的知识传播受距离影响较小,而普通高校受距离的影响较大。一个可能的原因是,受限于较弱的学术影响力和社会知名度,普通高校长期存在技术成果传播不畅的问题,而高铁开通这一外生冲击带来的“时空压缩效应”使得人们进行实地考察和面对面交流变得更为便捷,这对于原先技术成果“不为人所知”甚至学校整体“名不见经传”的普通高校在边际上的影响更大,在一定程度上反映了经济社会中普遍存在的“边际效应递减”原理。

^① 稳健性检验回归结果参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

表 4 高铁对高校知识溢出的影响——不同知识来源

	(1)	(2)	(3)	(4)
	“985”高校	非“985”高校	“211”高校	非“211”高校
<i>HSR</i>	0.0258*** (0.0039)	0.0545*** (0.0059)	0.0380*** (0.0045)	0.0453*** (0.0056)
<i>Controls</i>	是	是	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是
观测值	201336	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.7991	0.7954	0.8042	0.7739

注：①被解释变量为高校专利被引量 $\ln(Citations)$ ；②如未特别说明，本文分样本回归结果均通过似不相关回归(Seemingly Unrelated Regression, SUR)检验。以下各表同。

(2)不同技术类别。高铁对不同技术类别的高校知识流动也可能存在异质性影响。表 5 的回归结果显示,高铁对电子、化学和机械类知识流动的影响较大,而对计算机和医药类知识流动的影响较小。在第四部分的分析中,本文发现化学、机械和电子类高校知识溢出的本地化特征较为明显,原因在于,这些行业的商品不便于运输,因而知识扩散更加依赖人员的流动。而计算机和医药行业的情况则恰好相反。因此,当高铁开通降低了人们面对面交流的成本时,化学、机械和电子类知识溢出的增加幅度会更大,这与图 3 反映的情况一致。

表 5 高铁对高校知识溢出的影响——技术异质性

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	电子	化学	机械	计算机	医药	其他
<i>HSR</i>	0.0353*** (0.0047)	0.0300*** (0.0043)	0.0188*** (0.0039)	0.0163*** (0.0033)	0.0072*** (0.0022)	0.0139*** (0.0033)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是	是	是	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	201336	201336	201336	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.7343	0.7430	0.7100	0.6349	0.5742	0.6249

(3)不同知识接收者。表 6 为高铁对高校知识溢出在不同知识接收者层面的异质性影响。根据知识接收者类型,本文将样本分为企业引用高校专利以及高校引用高校专利两组。回归中 *HSR* 的系数均显著为正,说明高铁带来的“时空压缩效应”对于高校间和校企间的信息传播都具有显著的强化作用。值得注意的是,高校引用高校样本回归中 *HSR* 系数估计值略大于企业引用高校样本,但

SUR 检验 p 值为 0.1577,表明两组回归间的系数不具统计意义上的差别,说明高铁开通对高校和企业接受高校专利知识溢出的促进作用基本相当。

表 6 高铁对高校知识溢出的影响——不同知识接收者

	(1)	(2)
	高校→企业	高校→高校
<i>HSR</i>	0.0383*** (0.0052)	0.0407*** (0.0048)
<i>Controls</i>	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是
城市对固定效应	是	是
观测值	201336	201336
Adj. R ²	0.7596	0.7682

六、机制检验与拓展分析

1. 机制检验

既有研究发现,高铁开通能够通过加快人员流动来促进地区创新水平的提高(刘芳,2019)。从产学研角度看,高校的知识溢出可以通过学术会议、科技服务以及技术转让等形式来实现,而这些知识扩散的形式都与跨区域人员流动密切相关。具体地,本文采用被引城市高校举办学术会议的次数作为“学术会议”的代理变量,采用被引城市高校科技服务项目数与投入人员数作为“科技服务”的代理变量,采用被引城市高校技术转让合同数和合同金额作为“技术转让”的代理变量。然后,分别将上述五个指标与 *HSR* 构造交互项引入回归当中。回归结果如表 7 中所示,在第(1)列,学术会议举办次数与高铁的交互项系数显著为正,表明一个城市如果与那些举办学术会议越频繁的高校之间开通了高铁,就能够更多地获取高校的前沿知识。第(2)、(3)列中科技服务项目数、投入人员数与高铁交互项系数显著为正,说明高校提供的科技服务越多,高铁开通将促使这些高校知识更多地向外传播。同样地,第(4)、(5)列中技术转让合同数、转让合同金与高铁交互项系数均显著为正,表明高校知识能够通过技术转让的方式向外传播,且高铁开通显著促进了这种知识外溢^①。

2. 拓展分析——西部高校创新知识流失了吗

进而,本文考察高铁直通是否会影响高校创新知识在不同地区间的流动情况。具体地,通过同时限定被引地区与引用地区,构造如下城市对层级的虚拟变量:西部引用东部、东部引用西部、西部引用中部、中部引用西部、西部引用西部以及其他城市对。然后将上述虚拟变量分别与 *HSR* 相乘,构造六组交互项,通过比较交互项系数的大小就可以得到西部与东部、中部地区之间高校知识的净流动情况。

表 8 中第(1)列回归的被解释变量为高校专利被其他创新主体(包含高校、企业以及其他)引用的数量,第(2)列回归的被解释变量为高校专利被企业引用的数量,第(3)列回归的被解释变量为高校专利被其他高校引用的数量。第(1)列回归结果中 *Dummy*(东部引用西部) \times *HSR* 的系数表明,高

^① 剔除在同一年与相同的第三个城市相连的城市对样本后结果仍稳健成立。

表 7 高铁影响高校知识溢出的机制

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>HSR</i> ×学术会议举办次数	0.0272*** (0.0052)				
<i>HSR</i> ×科技服务项目数		0.0292*** (0.0052)			
<i>HSR</i> ×科技服务投入人员数			0.0289*** (0.0057)		
<i>HSR</i> ×技术转让合同数				0.2075*** (0.0315)	
<i>HSR</i> ×技术转让合同金额					0.3710*** (0.0571)
<i>HSR</i>	0.0082 (0.0054)	0.0378*** (0.0062)	0.0443*** (0.0060)	0.0337*** (0.0063)	0.0351*** (0.0063)
<i>Controls</i>	是	是	是	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是	是	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是
观测值	151181	200977	200977	200014	200014
Adj. R ²	0.8658	0.8256	0.8256	0.8263	0.8263

注:数据整理自《高等学校科技统计资料汇编》,其中,高校学术会议指标统计的时间跨度为2004—2015年,高校科技服务与技术转让指标统计的时间跨度为2000—2015年,但存在个别年份统计缺失的情况。

铁使得东部地区创新主体引用西部地区高校专利的数量增加了 8.72%,而 *Dummy*(西部引用东部)×*HSR* 的系数表明,高铁仅促进西部地区创新主体引用东部地区高校专利的数量增加了 6.18%,两相比较说明西部地区对东部地区存在高校知识的“净流出”。*Dummy*(中部引用西部)×*HSR* 的系数表明,高铁使得中部地区创新主体引用西部地区高校专利的数量增加了 5.16%,*Dummy*(西部引用中部)×*HSR* 系数却显示,高铁使得西部地区创新主体引用中部地区高校专利的数量增加了 6.14%,说明西部地区对中部地区存在高校知识的“净流入”。*Dummy*(西部引用西部)×*HSR* 系数表明,高铁显著促进了西部地区创新主体获取区域内的高校知识。*Dummy*(其他)×*HSR* 系数表明,高铁也促进了其他城市对之间的知识溢出。第(2)列回归结果显示,高铁促进了东部地区的企业获取西部地区高校的知识,但是对西部地区的企业获取东部地区高校的知识则没有影响。高铁促进了西部地区的企业获取中部地区高校的知识,但是却不影响中部地区的企业获取西部高校知识。第(3)列回归结果显示,高铁对高校引用高校样本的影响与第(1)列结果基本一致,即促进西部—东部之间发生高校知识“净流出”,促使西部—中部之间发生高校知识“净流入”。

七、结论与建议

在当前“双循环”背景下,解决关键技术“卡脖子”难题需要依靠国内基础性、原创性的技术创新。高校作为基础研究的主力军、原始创新的主战场,对国家创新发展水平的提升起到至关重要的

表 8 高铁对西部地区高校知识净流动的影响

	(1)	(2)	(3)
	全样本	企业引用高校	高校引用高校
<i>Dummy</i> (东部引用西部) \times <i>HSR</i>	0.0872** (0.0374)	0.0710** (0.0350)	0.1189*** (0.0329)
<i>Dummy</i> (西部引用东部) \times <i>HSR</i>	0.0618* (0.0334)	0.0268 (0.0285)	0.0888*** (0.0322)
<i>Dummy</i> (中部引用西部) \times <i>HSR</i>	0.0516* (0.0313)	0.0323 (0.0269)	0.0542* (0.0285)
<i>Dummy</i> (西部引用中部) \times <i>HSR</i>	0.0614** (0.0312)	0.0459** (0.0230)	0.0696** (0.0288)
<i>Dummy</i> (西部引用西部) \times <i>HSR</i>	0.1661*** (0.0529)	0.1502*** (0.0517)	0.1273** (0.0530)
<i>Dummy</i> (其他) \times <i>HSR</i>	0.0498*** (0.0063)	0.0374*** (0.0055)	0.0348*** (0.0050)
<i>Controls</i>	是	是	是
引用城市—年份固定效应	是	是	是
被引城市—年份固定效应	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是
观测值	201336	201336	201336
Adj. R ²	0.8258	0.7597	0.7683

作用。本文利用专利引用数据来刻画高校知识溢出的轨迹,发现高校知识流动呈现空间衰减特征,这一衰减趋势在 500 千米范围内达到最大程度,当超过 500 千米时,距离对知识流动的负向影响趋于稳定。高校知识流动的范围会受知识来源、技术类别以及知识接收者的影响,质量较高的专利技术传播范围越广,化学、机械和电子类等商品运输成本高的专利技术的传播受距离影响较大。与高校科研人员相比,企业研发人员更倾向于与周边城市高校进行合作交流。利用高铁直通作为外生冲击检验发现,交通基础设施建设改善了商务出行条件从而增加了人们面对面交流的机会,有利于高校知识的跨区域流动。但高铁对东中西部地区的影响存在差异:东部、西部地区高铁直通导致西部地区高校知识的“净流出”,主要体现在东部企业更多地引用了西部高校的专利技术;中西部地区高铁直通则促使西部地区获得了高校知识的“净流入”,主要体现为西部企业更多地引用中部高校的专利技术;同时,高铁显著增强了西部地区内部高校对企业以及高校对高校的知识溢出。高铁还促进了知识流动本地化特征明显的化学、机械和电子类高校知识的传播。机制拓展研究发现,高铁开通使人员跨地区流动变得更加容易,从而促使高校知识通过举办学术会议、提供科技服务以及进行技术转让等途径进行远距离传播。

本文的研究结论为交通基础设施促进经济增长提供了新的经验证据。便捷的交通不仅有利于劳动和资本要素的跨区域流动,还通过降低知识流动的成本来促进技术要素的跨区域流动。在创新驱动发展的大背景下,知识和技术成为生产的关键投入要素,高铁通过降低外地知识获取成本直接影响各创新主体的研发效率。因此,进一步完善交通基础设施建设,畅通技术要素流通渠道,实现各

类知识和技术向创新主体集聚,形成以企业为主体、市场为导向、产学研用深度融合的技术创新体系,对于推动中国经济高质量发展和国家创新能力的提升至关重要。本文为如何利用交通基础设施打通创新知识传播渠道提供了一定的参考。

(1)完善交通基础设施建设。国家“十四五”规划提出“推进城市群都市圈交通一体化,加快城际铁路、市域(郊)铁路建设,构建高速公路环线系统,有序推进城市轨道交通发展”的目标。本文认为,在轨道交通网络铺设的规划中,应充分考虑不同城市在创新资源方面的差异性和互补性,体现出不同城市的功能定位。从激励“产学研”合作、活跃高校创新资源以优化资源配置的角度出发,可考虑重点将高校资源丰富地区纳入高铁网络,围绕高校资源密集地区打造“2小时通勤圈”。尤其对于产业发展较快但高校资源匮乏的地区,应着力打通其与高校资源丰富的邻近区间的高铁线路,引导技术要素与科研人才以市场化方式有序流动,充分发挥高校等科研机构在地区经济发展中的创新引领作用。

(2)提升高校专利质量,实现专利价值。长期以来,中国高校专利存在转化率极低的现象,高校获得授权的专利中仅有约2%被转化,许多新技术往往随着专利的申请或授权而终止,这些“沉睡”的专利造成了极大的资源浪费(易巍和龙小宁,2021b)。造成这一问题的主要原因是高校普遍以论文、课题、专利的数量为高校教学科研人员的考核标准,而未关注专利的商业价值与转化情况。因此,政府在加大对高校科学研究的资金支持时应逐步推进高校科研成果评价体系和考核制度的改革,依循《中华人民共和国促进科技成果转化法》激励科研人员在获得专利授权后重视其商业价值的挖掘,在高校知识产权工作上树立“重质量、推转化、轻数量”的理念。同时,在中国高铁等交通基础设施蓬勃发展的时代背景下,应鼓励高校举办学术会议、技术展览、“产学研”合作洽谈会,引导高校和科研人员为企业提供科技服务、积极调研企业对高校科研院所技术成果的需求,扫除高校科技成果转化中存在的机制体制障碍,推动高校前沿技术的转移与转化。

(3)平衡高校资源的地区间差异。当前,中国各区域高校间已出现较为严重的资源不对称现象。本文实证结果显示,高铁开通促进了西部高校对东部高校的知识“净流出”——尽管这一知识流动趋势能提升资源配置效率、符合市场化动机,但强者愈强、弱者愈弱的“马太效应”逐步显现令人担忧。因此,本文建议结合传统基建和新基建技术将西部地区与中部、东部高校创新资源紧密连接,通过跨区域创新项目合作、科技成果转化以及人才引进等方式,加强西部地区与中部、东部高校的合作交流。同时,还要加大对西部地区高校科研经费的投入,提升西部地区高校的科研实力。在高校技术的需求侧应培育西部地区具有创新潜力的企业,在强化企业自身研发实力的同时,还应引导其对本地和外地高校前沿技术成果的吸收和转化。

(4)为开放式创新体系构建法律保障。随着科学技术更新换代加速、研发成本攀升、全球竞争日益激烈,创新活动不再局限在组织内部,越来越多的创新主体开始寻求外部创新资源,通过研发合作或技术购买等途径实现价值突破。对新技术、新知识的捕捉和获取将直接影响企业的创新速度,从而影响企业的竞争力。建设完善的交通基础设施网络有利于促进创新资源的跨组织、跨边界流动,一定程度上能够加快知识流动的速度,有利于开放式创新体系的形成。但同时,一些新兴知识产权领域出现确权模糊、监管困难的难题也亟需克服,政府应及时开展调研和梳理各方主体的需求“痛点”,积极应对知识产权管理的新挑战。

最后,应指出本文研究仍存在一些局限性。企业在得到高校专利技术溢出后,自身研发能力以及以盈利性和全要素生产率衡量的经营绩效是否改善是一个值得关注的问题,这关系到高铁网络扩张是否带来切实经济收益的评估。但受限于最新大样本微观企业数据的可获得性和专利引证数

据匹配的质量,本文尚未对“高铁开通→专利知识流动→企业绩效”这一传导机制进行检验,这将是未来研究的重要拓展方向。

[参考文献]

- [1]黄群慧. 新发展格局的理论逻辑、战略内涵与政策体系——基于经济现代化的视角[J]. 经济研究, 2021,(4):4-23.
- [2]吉贇,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,(2):147-166.
- [3]刘芳. 高速铁路、知识溢出与城市创新发展——来自 278 个城市的证据[J]. 财贸研究, 2019,(4):14-29.
- [4]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,(4):195-208.
- [5]马光荣,程小萌,杨恩艳. 交通基础设施如何促进资本流动——基于高铁开通和上市公司异地投资的研究[J]. 中国工业经济, 2020,(6):5-23.
- [6]饶品贵,王得力,李晓溪. 高铁开通与供应商分布决策[J]. 中国工业经济, 2019,(10):137-154.
- [7]孙浦阳,张甜甜,姚树洁. 关税传导、国内运输成本与零售价格——基于高铁建设的理论与实证研究[J]. 经济研究, 2019,(3):135-149.
- [8]唐宜红,俞峰,林发勤,张梦婷. 中国高铁、贸易成本与企业出口研究[J]. 经济研究, 2019,(7):158-173.
- [9]王春杨,兰宗敏,张超,侯新烁. 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.
- [10]颜根银,倪鹏飞,刘学良. 高铁开通、地区特定要素与边缘地区的发展[J]. 中国工业经济, 2020,(8):118-136.
- [11]易巍,龙小宁. 高校知识溢出对异质性企业创新的影响[J]. 经济管理, 2021a,(7):120-135.
- [12]易巍,龙小宁. 中国版 Bayh-Dole Act 促进高校创新吗[J]. 经济学(季刊), 2021b,(2):671-692.
- [13]张梦婷,俞峰,钟昌标,林发勤. 高铁网络、市场准入与企业生产率[J]. 中国工业经济, 2018,(5):137-156.
- [14]赵勇,白永秀. 知识溢出:一个文献综述[J]. 经济研究, 2009,(1):144-156.
- [15]周玉龙,杨继东,黄阳华,Geoffrey J. D. Hewings. 高铁对城市地价的影响及其机制研究——来自微观土地交易的证据[J]. 中国工业经济, 2018,(5):118-136.
- [16]Agrawal, A., and A. Goldfarb. Restructuring Research: Communication Costs and the Democratization of University Innovation[J]. *American Economic Review*, 2008,98(4):1578-1590.
- [17]Agrawal, A., A. Galasso, and A. Oettl. Roads and Innovation [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2017, 99(3):417-434.
- [18]Bottazzi, L., and G. Peri. Innovation and Spillovers in Regions: Evidence From European Patent Data[J]. *European Economic Review*, 2003,47(4):687-710.
- [19]Cai, Y., X. Tian, and H. Xia. Location, Proximity, and M&A Transactions [J]. *Journal of Economics and Management Strategy*, 2016,25(3):688-719.
- [20]Catalini, C., C. Fonsrosen, and P. Gaulé. Did Cheaper Flights Change the Direction of Science[EB/OL]. SSRN Electronic Journal, 2016, <http://ssrn.com/abstract=2764219>.
- [21]Dong, X., S. Zheng, and M. E. Kahn. The Role of Transportation Speed in Facilitating High Skilled Teamwork Across Cities[J]. *Journal of Urban Economics*, 2020,115:103212.
- [22]Duguet, E., and M. Macgarvie. How Well Do Patent Citations Measure Flows of Technology? Evidence from French Innovation Surveys[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2005,14(5):375-393.
- [23]Feldman, M., I. Feller, J. Bercovitz, and R. Burton. Equity and the Technology Transfer Strategies of American Research Universities[J]. *Management Science*, 2002,48(1):105-121.
- [24]Feldman, M. P. The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 1999,8(1-2):5-25.
- [25]Hicks, D., T. Breitzman, and D. Olivastro. The Changing Composition of Innovative Activity in the U.S.—A Portrait Based on Patent Analysis[J]. *Research Policy*, 2001,30(4):681-703.

- [26]Hong, W., and Y. S. Su. The Effect of Institutional Proximity in Non-Local University-Industry Collaborations: An Analysis Based on Chinese Patent Data[J]. *Research Policy*, 2013,42(2):454-464.
- [27]Jaffe, A. B., M. Trajtenberg, and R. Henderson. Geography, Location of Knowledge Spillovers as Evidence of Patent Citations[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1993,108(3):577-598.
- [28]Jaffe, A. B., M. Trajtenberg, and M. S. Fogarty. Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors[J]. *American Economic Review*, 2000,90(2):215-218.
- [29]Lin, Y. Travel Costs and Urban Specialization Patterns: Evidence from China's High Speed Railway System[J]. *Journal of Urban Economics*, 2017,98:98-123.
- [30]Mowery, D. C., and A. A. Ziedonis. Markets Versus Spillovers in Outflows of University Research[J]. *Research Policy*, 2015,44(1):50-66.
- [31]Peri, G. Determinants of Knowledge Flows and their Effect on Innovation [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2005,87(2):308-322.

Does Distance Affect University Knowledge Spillover ——Empirical Evidence from the Opening of Chinese High-speed Rail

YI Wei¹, LONG Xiao-ning², LIN Zhi-fan³

(1. The School of Finance and Economics, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. IPRI & BRRI, Xiamen University, Xiamen 361005, China;

3. IASHSS, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

Abstract: This paper constructs 12922 prefecture-pair level panel data from 2000 to 2015 to investigate the geographical characteristics of knowledge spillovers of Chinese universities between regions by matching the patent citation database released by the China National Intellectual Property Administration (CNIPA), the Chinese high-speed rail (HSR) data, the city statistical yearbook data released by the China National Bureau of Statistics and the higher education science and technology statistical yearbook data released by the Ministry of Education PRC. We find that: ①The probability and the number of citations of university patents decrease with the increase of distance. The “985” and “211” universities have a relatively wide range of patent technology dissemination and the spread of chemical, mechanical and electronic patented technologies is more sensitive to distance. Comparing with the “university-to-university” knowledge spillover, the “university-to-firm” knowledge spillover presents more localization. ②The HSR connection, which brought the “space-time compression effect”, can increase the probability of citing patents of universities from other cities (within a two-hour drive) by 4% and the number of citations by 17%. From the whole country perspective, academic resources is increasingly concentrated in the eastern region, resulting in the “loss” of universities knowledge in the western region. ③The connection of high-speed rail can accelerate the diffusion of university knowledge through academic conferences, scientific and technological services, and technology transfer activities. This paper provides an important policy reference for further improving the construction of transportation infrastructure, improving the quality of university patents, and balancing regional differences in university resources.

Key Words: geographical distance; high-speed rail; university knowledge spillovers; patent citations

JEL Classification: D83 R41 O33

[责任编辑:许明]