

高速铁路、知识溢出与城市创新发展

——来自 278 个城市的证据

刘 芳

(1. 上海财经大学 商学院, 上海 200433; 2. 安徽财经大学 国际经济贸易学院, 安徽 蚌埠 233030)

摘 要: 利用 2007—2015 年 278 个城市数据, 通过构建空间面板计量模型, 实证研究了高速铁路对城市创新的影响及其作用机制。研究发现, 高速铁路通过加快人才流动过程中的知识溢出, 从而促进城市创新发展, 并且这一作用呈现出城市之间的异质性; 进一步研究发现, 高速铁路对城市创新活动的影响并未因通讯技术的发展而减弱, 高速铁路通过增强创新参与者及创新要素之间的相互作用, 从而促进高铁通车地区的创新活动, 并且也对高铁邻近地区的创新活动起到积极作用。

关键词: 高速铁路; 知识溢出; 城市创新

中图分类号: F061.5; F57 文献标识码: A 文章编号: 1001-6260(2019)04-0014-16

DOI: 10.19337/j.cnki.34-1093/f.2019.04.002

一、引言及文献评述

中共十九大报告指出, 建设现代化经济体系, 深化供给侧结构性改革, 需要加强基础设施建设。经过 10 余年的建设, 中国高速铁路网络已初具规模, 截至 2016 年, 中国高速铁路营业里程已达 22980 公里, 占全部铁路营业里程的 18.5%, 高铁客运量占全部铁路客运量的 43.4%^①。高速铁路在加快劳动力流动、优化资源配置方面起到了不可替代的作用。与此同时, 高铁沿线地区逐渐成为各类人才、资本及知识密集型产业的聚集地。而人才是创新的核心要素, 通过研究高速铁路如何加快劳动力流动, 可以改善创新环境, 优化人才、资本、技术等资源配置状况, 从而有助于促进知识溢出, 进而推动区域创新发展。

交通基础设施是经济发展的先行条件 (Rostow, 1960)、政府公共投资的重要方向 (Nurkse, 1953)。交通基础设施通过减小企业的运输费用、库存成本的方式来降低企业总体生产成本 (Seitz, 1993; 李涵等, 2009; 刘秉镰等, 2011), 提高生产效率和收入水平 (Aschauer, 1989, 1990; Duran - Fernandez et al., 2014); 改善交通运输条件能够促进区域贸易发展, 提高社会福利水平, 加快区域一体化市场的形成 (Donaldson, 2010; 刘生龙等, 2011), 推动经济的发展 (Munnell, 1992; Fernald, 1999; 张学良, 2012)。此外, 交通基础设施改善导致人口空间分布变化和城市化发展 (Baum - Snow, 2007; 岳钦韬, 2014), 使得居民生活质量不断提高 (Bhatta et al., 2003; 赵晶晶等, 2010; 李煜伟等, 2013; Chen et al., 2015)。

高速铁路作为一种主要承担旅客运输的城市交通工具, 其影响主要表现在以下几个方面: 第一, 破除区域间的时空阻隔, 提高通车地区的“可达性” (Ginés et al., 2012; Shaw et al., 2014; Jiao et al., 2014), 使“同城效应”得到充分发挥; 第二, 高铁通达会使更多土地得以被商业开发, 促进旅游、会展、房地产、信息、高科技等产业进一步发展 (Haynes, 1997; Masson et al., 2009; Yin et al., 2015), 加快区域经济发展,

收稿日期: 2018-12-02

作者简介: 刘 芳 (1981—), 女, 山东淄博人, 上海财经大学商学院博士生, 安徽财经大学国际经济贸易学院讲师。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“企业创新的财政激励机制扭曲: 形成机制、经济后果与改革策略” (71673174)。

① 资料来源《中国统计年鉴 2017》。

特别是有助于促进落后地区的经济发展和城市化进程(Verma et al. 2013; Yin et al. 2015);第三,高铁通车也会对某些地区经济发展带来不利影响,即大城市和中心城市的“虹吸效应”得以进一步加强,不利于小城市的发展(Givoni 2006; Cao et al. 2013; Vickerman 2015; 张克中等 2016; 王雨飞等 2016)。

现有研究仅仅关注高速铁路对人才流动的影响(李祥妹等 2014; 冯兵等 2014; 林晓言等 2015)以及高铁建设是否有助于促进要素集聚及高技术产业的发展(Chen et al. 2011; 王雨飞等 2016),但没有深入研究高速铁路对城市创新能力的影响以及产生这一影响的作用机制,特别是没有分析高速铁路与创新参与者及创新要素之间相互作用所产生的“空间溢出效应”。然而正如“地理学第一定律”所揭示的那样:所有事物都与邻近的事物有着密切的联系。因而,研究高速铁路通过促进知识溢出对城市创新活动产生的影响,必须将其置于一定的空间环境中加以考虑。

按照以上思路,本文使用 2007—2015 年城市面板数据研究中国高速铁路建设对通车城市创新能力的影响,并运用空间计量模型进一步探讨高铁通车对城市创新活动的空间溢出效应。本文可能的创新主要有:

第一,利用三类空间权重矩阵构造空间计量模型,分析高铁通车对城市创新活动的影响。空间权重矩阵的选择具有一定的主观性,仅仅考虑一种空间矩阵可能无法完全展现个体之间的空间关系,同时不考虑空间溢出效应容易导致高估高铁建设对相关经济活动的影响(张学良 2012; 林晓言等 2015; 朱桃杏 2015; 梁双陆等 2016; Agrawal et al. 2017),而使用三类空间权重矩阵可以更加全面地研究高铁对城市创新的影响。

第二,探讨了高速铁路对不同规模城市创新活动的影响。由于历史、地理及政策的原因,城市发展水平差异较大,高速铁路在不同类型城市的建设应当会起到不同的作用,分类研究更能展现高速铁路是否对不同类型城市创新活动影响存在差异。

第三,深入探讨高速铁路对创新活动的作用机制。通过在基础回归模型中加入交互项,可以更加清晰地描述出高速铁路与相关创新参与者及影响因素之间的相互关系,并揭示相应作用机制。

二、高速铁路对城市创新活动影响的作用机理及研究假设

高速铁路投资会通过“乘数效应”直接作用于经济发展,但是交通基础设施的间接经济效应远远大于其直接经济效应,也就是通过降低其它部门成本的方式提升经济效益。高速铁路通过构建 1 至 5 小时交通圈,加强创新参与者及各种影响因素之间的相互作用,从而促进知识溢出,进而带来不同以往的经济效应。

(一) 高速铁路通过加快劳动力流动中伴随的知识溢出影响城市创新

创新是创新参与者彼此合作、相互作用的非线性过程(Asheim, 1999),而具有专业知识的高技能人才是创新活动的核心。人才流动过程中的知识溢出,投资与研发(R&D) 活动中的技术溢出以及直接引用专利成果等是知识溢出的重要途径(魏守华等 2017),但溢出范围是有限的,往往随着时空距离的扩展而衰减。虽然现代信息技术使沟通变得虚拟化、网络化,并能实现一对多、多对多的沟通,但是面对面沟通仍然是人类沟通的重要途径和知识传播最佳方式(Hippel, 1994)。

高速铁路拉近了城市之间的时空距离,促进了以劳动力为载体的知识、技术、信息的传播和扩散,尤其推动了隐性知识的传播和扩散,进而加快知识积累、技术更新及信息再利用,从而促进城市创新活动,以此促成创新成果质量提高和数量增加。因此,提出:

研究假设 1: 高速铁路建设能够促进通车城市的科技创新活动,表现为高铁建设与当地创新成果数量呈显著的正向关系。

研究假设 2: 高速铁路与信息基础设施对创新活动的影响呈现互为补充关系。

(二) 高速铁路通过对创新环境的影响进而影响城市创新活动

创新活动离不开良好的外部环境。创新环境包括文化、法律、心理、制度等软性因素,也包括基础设

施、经济基础、技术、人才等硬性因素。高素质人才本身具有较强的流动性,而良好的交通基础设施和社会环境有助于各种创新资源的聚集和创新活动的开展。由于中国城市之间发展不平衡,导致城市创新的软硬性条件存在较大差异。城市规模越大、经济实力越强,一般城市功能也相应更加齐备,各种基础设施更加完善,产业链条更加完整,制度和文化的包容性越强,新技术和新产品更容易得到市场认可,市场反馈会更加全面及时。

但同时“中心—外围”理论也指出,区域发展是向心力和离心力共同作用的结果,过多生产要素在大城市的聚集也会导致“拥挤成本”上升,从而产生使生产要素及产业向邻近区域扩散的力量,使得中小城市获益。高速铁路可以改善城市创新环境,除了能够进一步强化大城市的“虹吸效应”外,也会给小城市的创新发展带来机遇。基于以上分析,本文提出:

研究假设 3: 高速铁路建设对创新产出的影响力度和质量受城市规模大小的限制。

(三) 高速铁路与创新投入要素之间相互作用影响城市创新活动并产生空间溢出效应

创新投入要素包括科技人才、科技资金、风险投入等。交通基础设施是经济发展的先行条件,交通运输更多通过“溢出效应”影响其它部门的经济活动,这种经济效应不但作用于本地区的经济活动,还会对邻近地区的经济活动产生正向或负向影响(张学良 2012)。高速铁路通过对人才、教育科技投入等创新生产要素的影响,从而促进彼此之间的相互作用,除了能够促进本地区创新活动开展,还会通过正向空间溢出效应带动邻近地区的创新活动;同时,本地区高速铁路建设也有可能增加对各种资源和要素的吸引力,从而不利于邻近地区的创新发展。就此,本文提出:

研究假设 4: 高速铁路与人才、科技教育投入等要素相互作用,不但能够促进高铁所在城市的创新活动,还会对邻近地区的创新活动产生正向或负向的空间溢出效应。

三、计量模型及数据来源

(一) 变量选取

1. 被解释变量

参考已有文献的研究,本文主要被解释变量为城市年度专利申请量。专利是知识生产及创新的最终表现(沈能 2014),是评价城市或区域创新能力最为广泛的一类指标(王俊松等 2017)。考虑到专利批准有一定的时滞,因此可以使用历年专利申请量(patper)来表示。专利包括发明(invenper)、实用新型(newper)和外观设计(faceper),其中“发明”最具有创造性和创新性,代表城市创新成果的质量,是较为重要的考察对象。

2. 解释变量

本文主要解释变量为高速铁路在该地是否开通二值变量,为了尽可能避免内生性,本文使用滞后一期数据进行回归。除此之外,还包括以下解释变量:

(1) 城市通信基础设施建设。通信基础设施建设使得信息和知识具有更强的共享性,从而使得人们以极低的成本甚至“零成本”获取对自己有价值的信息,这是促进知识交流和创新发展的重要途径之一。但是通讯设施无法完全满足的、直接的、面对面的沟通交流,而会展、商务活动、学术会议并未随着通讯技术的发展被取代,反而随着交通基础设施的完善变得越来越多、越来越频繁,交通枢纽地区往往承担更多的会务职能。因此,控制了这一变量,就更加能够突出高速铁路在知识溢出方面所起到的显著作用。在此,使用接入国际互联网用户数与人口数量之比(interper)进行衡量。

(2) 城市经济开放程度。除国际技术合作以外,外商直接投资(FDI)是国际技术溢出的重要方式(靳巧花等 2017),也是衡量区域开放度的一个重要指标。开放程度高的城市和经济体,通过参与国际竞争,消化吸收外来创新技术,积极组织研发活动,因此创新成果更多。本文借鉴已有研究成果,使用城市当年使用外资额与当年GDP的比值(wz)作为衡量城市开放程度的指标(冯白等 2016)。

(3) 城市经济发展水平。一般而言,经济越是发达的区域,收入水平越高,对人才的吸引力越强,创新能力也越强。城市平均工资是城市经济发展程度的表现,同时较高工资收入本身也是一种创新激励(诸竹君等,2017)。在此,使用城市职工平均工资(incow)来衡量城市经济发展水平。

(4) 政府教育、科技支出规模。教育、科技、文化、公共设施等都是政府财政支出的重要方向,体现了政府的活动范围和政策倾向。随着各地区对科学技术和创新人才的重视,各地出台了大量吸引人才、鼓励科技创新的政策措施,这些政策的进一步贯彻执行离不开各地政府的财政支持。大多数情况下,政府在教育、科技方面支出越高、比重越大意味着城市科技实力越强。使用城市人均教育(eduper)及科技经费(sciper)支出来衡量城市对教育科技活动的投入情况。

(5) 城市科研人员数量。人才是创新活动的核心,是创新资源的重要组成部分。科研人员数量往往体现本地区对科研人才的重视程度和吸引力。科研人员数量越多、素质越高,则意味着本地区的科研创新成果越多,质量也越高。在此,使用城市每万人科研人员数(scinumper)来衡量城市科研人员数量。

(6) 城市经济结构特征。除了经济实力存在差异,城市经济还呈现出各自的结构特征,其中产业结构是经济结构的重要组成部分。城市产业结构特点反映了城市所处的发展阶段及面临的历史机遇。第三产业比较发达的地区往往也是经济比较发达、科技实力较强的地区。在此,本文使用第三产业产值占GDP的比值(tr)衡量城市产业结构特征。

(7) 城市规模。以往的研究表明,城市规模的大小会影响高速铁路对城市发展正向作用。因此,控制城市规模这一变量,可以区分城市间个体差异,以更好地区分高铁建设对不同规模城市创新能力的影响。2014年10月出台的《国务院关于调整城市规模划分标准的通知(国发〔2014〕51号)》中规定:为更好地实施人口和城市分类管理,满足经济社会发展需要,将城市规模划分标准按照城区常住人口为统计口径划分为五类^①。本文将按照国家此项文件规定,对数据进行条件回归,研究高速铁路对不同规模城市创新活动的影响。

(二) 空间权重矩阵

为更好地测度城市高速铁路建设与创新产出之间的关系,本文构造了三组空间权重矩阵。

1. 0-1 空间权重矩阵

若两个城市如果存在共同的边(车相邻),就记为1,否则就记为0。0-1空间权重矩阵是最为初级的权重矩阵,能够初步判断区域之间的空间关系。

$$W_{ij}^a = \begin{cases} 1 & \text{当区域 } i \text{ 和区域 } j \text{ 相邻} \\ 0 & \text{当 } i = j \text{ 或者不相邻} \end{cases} \quad (1)$$

2. 地理距离空间权重矩阵

城市之间高速铁路的开通,会带来“时空压缩”效应,这一距离能够在某种程度上体现这一变化:客观上,距离较近的城市之间关系相对密切,距离较远的城市之间关系相对疏远;两座城市之间从没有城际高铁到拥有直达高铁列车,这有效缩小了城市之间的时空距离,加强了城市之间的联系。本文根据各地级市市政府地理位置坐标间的距离计算城市间的欧式距离,再对该距离的平方取倒数。即:

$$W_{ij}^d = 1/d^2 \quad (2)$$

其中 d 为两城市市政府所在地之间的欧氏距离。

3. 经济距离空间权重矩阵

0-1矩阵和地理距离矩阵能够在一定程度上反映城市之间的相互关系,但不一定地理临近的区域创新活动就具有相关性,经济距离更能体现出城市之间复杂的经济关系。因此,为了能更全面地衡量城市间由于高铁开通带来的创新活动的变化,就此引入经济距离构造权重矩阵。在此使用观察期内城市

^① 城区常住人口50万以下城市为小城市;城区常住人口50万~100万城市为中等城市;城区常住人口100万~500万城市为大城市;城区常住人口500万~1000万城市为特大城市;城区常住人口1000万以上城市为超大城市(以上包括本数,以下不包括本数)。

人均 GDP(平减后)的均值进行测算,具体计算公式为:

$$W_{ij}^e = 1 / |\overline{GDP}_i - \overline{GDP}_j| \quad (3)$$

其中, \overline{GDP} 为观察期内城市以 2007 年为基期人均 GDP 平减后的均值,该矩阵对角线均为 0,其余值取观察期内两地人均 GDP 均值差的绝对值的倒数。

(三) 模型设定

综上,本文的空间计量模型设定为:

$$y_{it} = \rho W y_{it} + X_{it} \beta + W X_{it} \delta + v_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W \varepsilon_{it} + \xi_{it}$$

$$y_{it} = \rho W y_{it} + X_{it} \beta + \mu_i + v_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W \varepsilon_{it} + \xi_{it}$$

其中,被解释变量 y 是专利总数以及三种专利类型的申请数量,主要解释变量为高铁是否开通二值变量滞后一期,包括该变量在内的解释变量用 X_{it} 表示; v_i 表示个体固定效应; μ_i 表示时间固定效应; ε_{it} 是随时间和个体改变的扰动项。式(4)为存在个体固定效应的空间杜宾模型(SDM),既考察被解释变量的空间溢出效应(ρ),也考察解释变量的空间溢出效应(δ);式(5)为存在个体及时间固定效应的空间自回归模型(SAC),即被解释变量和扰动项 ε_{it} 存在空间依赖性,其回归系数分别可以用 ρ 和 λ 表示。

(四) 数据来源

本文城市数据主要来源于 2008—2016 年《中国城市统计年鉴》,部分数据来源于各地政府统计局发布的历年统计年鉴。高速铁路开通数据来源于 2017 年 UIC(世界铁路联合会)发布的全球高速铁路统计数据。城市年度专利申请量来源于中国知网中国专利全文数据库。需要说明的是,笔者将数据集中被解释变量大量缺失的城市剔除,由于少数城市建市时间短,并不包括全部 2007—2015 年数据,本文也予以剔除。最终数据中包括城市 278 座,主要变量 13 个,共计 32526 个观测值。表 1 是主要变量的描述性统计。

表 1 主要变量描述性统计

变量	变量含义	单位	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
patper	每万人专利申请量	件	2502	5.063	16.61	0	251.8
invenper	每万人发明专利申请量	件	2502	1.598	6.336	0	102.8
newper	每万人实用新型申请量	件	2502	2.178	6.168	0	91.27
faceper	每万人外观设计申请量	件	2502	1.286	5.542	0	109.2
dummy HSR	是否开通高速铁路	—	2502	0.243	0.429	0	1
interper	国际互联网用户数与人口数比值	户数/人	2502	0.136	0.169	0	3.663
wz	实际利用外资 GDP 占比	—	2502	0.0196	0.0190	0.0000795	0.132
sciper	人均科技经费支出	元	2502	119.9	289.8	1.988	6037
eduper	人均教育经费支出	元	2502	1016	796.0	140.6	9958
incow	平均工资	万元	2502	3.637	1.351	0.496	11.31
scinumper	每万人科研人员数量	人	2502	20.86	35.10	1.160	453.2
tr	第三产业占比	%	2502	36.61	8.843	8.580	79.65
pepcity	市区人口数	万人	2502	136.3	150.9	15.10	1376

资料来源:作者整理。

四、实证结果分析

(一) 城市创新产出空间特征初探

为确认中国城市创新产出是否存在空间依赖性,本文使用全局莫兰指数进行初步的空间相关性测算,具体见表 2。表 2 结果表明,中国城市之间创新产出确实存在较强的空间依赖性,一城市的创新能力较强,往往周边城市的创新能力也较强,反之亦然;不论使用哪一类空间权重矩阵,城市创新产出都呈现显著的正相关关系,并且空间依赖性逐年增强。因而使用空间计量模型进行研究有其合理性。

表2 历年城市专利申请量全局莫兰指数

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
邻接矩阵	0.184	0.196	0.247	0.313	0.391	0.448	0.479	0.541	0.554
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
距离矩阵	0.114	0.119	0.158	0.210	0.285	0.357	0.386	0.428	0.445
P 值	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
经济矩阵	0.031	0.030	0.050	0.082	0.105	0.113	0.121	0.139	0.145
P 值	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

数据来源:作者整理。

(二) 高铁开通对全部城市专利申请量影响的空间计量分析

在进行空间面板回归分析之前,需要确定空间模型的具体形式。Anselin(1988)提出检验空间滞后模型因变量是否存在自相关的极大似然 LM-Lag 检验,Bera et al.(1993)对该检验进行进一步的修正,提出了稳健的 LM-Lag 检验以及忽略因变量空间自相关的稳健的 LM-Error 检验。在此,为确定本文模型的具体形式,使用三种权重矩阵对模型进行稳健的 LM-Lag 检验和稳健的 LM-Error 检验。结果发现,三类空间权重矩阵均通过了这两类检验,仅凭 LM 检验无法确定模型的具体形式,还需要做出进一步检验。接下来,使用事后空间相关性检验,对模型进行进一步研究发现:三类空间权重矩阵(0-1 矩阵、距离矩阵和经济矩阵)均无法拒绝空间杜宾模型(SDM)。因此,本文以空间杜宾模型回归结果为主,以不存在自变量空间依赖性的空间自回归模型(SAR)作为参照^①;同时,为减少异方差带来的影响,使用聚类稳健标准误以提高估计效率。为对比加入空间效应前后的差异,在进行总体回归时,也列举了不考虑空间溢出效应的双向固定效应模型(FE)的回归结果。结果见表3、表4。

表3 高速铁路对全部城市专利申请量的影响普通面板及空间面板回归结果

	无空间效应	邻接矩阵 W ^a		距离矩阵 W ^d		经济矩阵 W ^e	
	FE	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
Wy		0.421*** (0.0649)	0.582*** (0.118)	0.401*** (0.0847)	0.487*** (0.123)	-0.216 ^e (0.112)	0.341 (0.240)
dummy HSR	2.207*** (0.756)	1.675** (0.729)	1.366** (0.587)	1.652*** (0.640)	1.391** (0.609)	1.797*** (0.674)	2.026*** (0.735)
wz	-72.88** (35.84)	-29.31 (33.06)	-26.82 (32.48)	-3.443 (30.08)	-4.772 (31.27)	-50.60 (33.96)	-54.47 (35.75)
incow	-1.807 (1.391)	-1.374 (0.934)	-1.753** (0.843)	-2.749*** (0.831)	-2.835*** (0.863)	-2.048 ^e (1.163)	-2.311 ^e (1.201)
tr	0.0820 (0.0891)	0.123 (0.0799)	0.0614 (0.0790)	0.0642 (0.0811)	0.0664 (0.0772)	0.0743 (0.0849)	0.0906 (0.0993)
interper	7.560*** (2.430)	6.180** (2.947)	5.307 ^e (2.738)	2.284 (3.714)	1.950 (3.524)	7.338*** (2.438)	4.716 (3.625)
scinumper	0.0341 (0.0547)	0.0786 ^e (0.0474)	0.0854 ^e (0.0476)	0.0918 ^e (0.0523)	0.0981 ^e (0.0541)	0.0492 (0.0553)	0.0856 (0.0542)
sciper	0.0282*** (0.00767)	0.0171** (0.00752)	0.0187*** (0.00711)	0.0206*** (0.00706)	0.0227*** (0.00722)	0.0273*** (0.00665)	0.0292*** (0.00735)
eduper	0.0132*** (0.00381)	0.00715** (0.00282)	0.00668** (0.00280)	0.0120*** (0.00269)	0.0112*** (0.00295)	0.00969** (0.00419)	0.00983** (0.00429)
W × dummy HSR		-0.227 (0.876)		-0.938 (0.804)		0.0482 (0.622)	
W × wz		-8.504 (41.31)		-28.12 (43.46)		76.71 (75.96)	
W × incow		-1.377 (0.946)		-0.243 (1.030)		-1.839 (1.176)	

① 主要使用 LR 检验和 Wald 检验进行进一步的模型筛选。事后空间相关性检验发现:除了 SDM 模型拟合较好以外,带空间自回归误差项的空间自回归模型(SARAR)在某些情况下也成立,因此,使用这一模型作为参照。SARAR 模型有时也称为 SAC 模型,本文使用 SAC 来称呼此类模型。

(续表 3)

	无空间效应		邻接矩阵 W^a		距离矩阵 W^d		经济矩阵 W^e	
	FE	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	
$W \times tr$		-0.0452 (0.0908)		0.0468 (0.109)		0.107 (0.143)		
$W \times interper$		-3.788 (9.931)		0.134 (4.399)		-20.18*** (7.162)		
$W \times scinumper$		0.0418 (0.126)		0.143 (0.128)		0.561*** (0.141)		
$W \times sciper$		0.0137 (0.00796)		0.0193 (0.0125)		0.0375*** (0.0127)		
$W \times eduper$		0.000373 (0.00251)		-0.00648*** (0.00161)		0.000800 (0.00364)		
λ			-0.250 (0.181)		-0.0727 (0.245)		-0.546 ^o (0.326)	
σ^2		21.98*** (7.834)	23.65*** (7.412)	22.31*** (7.638)	25.38*** (7.611)	25.70*** (8.170)	29.86*** (8.927)	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	
R ²	0.582	0.684	0.683	0.738	0.730	0.658	0.677	

注: 括号内是标准误; *, **, *** 分别表示在 1%、5%、10% 显著性水平上显著。下同。

表 4 高速铁路建设对全部城市发明专利申请量影响的回归结果

	无空间效应		邻接矩阵 W^a		距离矩阵 W^d		经济矩阵 W^e	
	FE	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	
W_y		0.413*** (0.0718)	0.480*** (0.117)	0.483*** (0.0995)	0.333*** (0.114)	-0.0196 (0.0975)	0.487** (0.195)	
dummy HSR	0.597*** (0.202)	0.631*** (0.195)	0.472** (0.185)	0.551*** (0.178)	0.504*** (0.187)	0.549*** (0.189)	0.495** (0.198)	
wz	-20.48 (13.53)	-9.241 (12.33)	-9.739 (12.46)	-1.126 (10.77)	-2.723 (11.37)	-14.10 (12.69)	-16.32 (13.04)	
incow	-0.250 (0.401)	-0.228 (0.268)	-0.298 (0.238)	-0.613** (0.249)	-0.608*** (0.234)	-0.331 (0.304)	-0.370 (0.306)	
tr	-0.0000992 (0.0278)	0.0238 (0.0268)	0.00880 (0.0256)	0.00889 (0.0264)	0.00862 (0.0259)	0.000404 (0.0262)	-0.00371 (0.0285)	
interper	0.723 (0.679)	0.710 (0.772)	0.453 (0.786)	-0.213 (1.283)	-0.216 (1.249)	0.670 (0.617)	0.877 (0.759)	
scinumper	0.0389** (0.0190)	0.0522*** (0.0171)	0.0510*** (0.0171)	0.0623*** (0.0204)	0.0624*** (0.0210)	0.0363 ^o (0.0193)	0.0505*** (0.0189)	
sciper	0.00916** (0.00375)	0.00596 ^o (0.00360)	0.00686** (0.00346)	0.00717** (0.00365)	0.00762** (0.00366)	0.00852** (0.00336)	0.00893** (0.00355)	
eduper	0.00302** (0.00119)	0.00186 ^o (0.000954)	0.00159 ^o (0.000940)	0.00314*** (0.000900)	0.00303*** (0.000951)	0.00204 ^o (0.00120)	0.00194 (0.00125)	
$W \times dummy\ HSR$		-0.435 ^o (0.249)		-0.460 ^o (0.260)		-0.255 (0.189)		
$W \times$ 其它解释变量		有		有		有		
λ			-0.106 (0.180)		0.233 (0.169)		-0.528** (0.225)	
σ^2		2.718*** (0.870)	3.054*** (0.866)	2.655*** (0.774)	3.072*** (0.803)	3.019*** (0.883)	3.371*** (0.993)	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	
R ²	0.523	0.569	0.582	0.702	0.697	0.513	0.588	

表 3 和表 4 分别列举了高速铁路对全部 278 个城市每万人专利申请量和每万人发明专利申请量的影响^①。表 3 回归结果显示, 高速铁路建设对本地区每万人专利申请量的影响系数均为正数, 且十分显

① 为节省篇幅, 本文仅列举全部专利申请量和发明专利申请量回归结果, 其它两类专利的回归结果与此类似, 文中不再一一列举。

著。这说明高速铁路建设确实便利了地区之间以人为载体的知识、技术交流,使高铁通车地区的创新产出显著增加。基于三类空间权重矩阵,上一期开通高速铁路的地区比未开通高铁的地区每万人专利申请量分别增加 1.675 件、1.652 件和 1.797 件。空间杜宾模型(SDM)和空间自回归模型(SAC)的回归系数接近。这一结果证实了本文研究假设 1。对比普通面板回归结果,如果不考虑空间溢出效应,会存在高估高铁建设对创新产出影响的可能,这也进一步印证了张学良(2012)等的研究结论。

人才集聚对城市创新能力有着显著的正向效应,特别体现在对发明申请量的影响方面(表 4)。基于三类权重矩阵,每万人科研人员数量每增加一个单位,相应的发明申请量分别增加 0.0522 件、0.0623 件和 0.0363 件。同时,表 3 也显示,每万人科教投入对专利申请量的影响在所有模型中都存在显著的正向效应,科技教育投入的增加也会极大地影响创新产出。这也意味着,通过相关政府政策倾斜来加大科教投入、吸引人才,会极大地推动城市创新活动的开展。此外,从表 3 和表 4 的回归结果也可以看出,外商直接投资并不能对中国的创新活动产生积极影响,特别是对“含金量”最高的发明申请量的影响。说明依靠“拿来主义”实现科技进步越来越不易实现,不断增强自主创新能力是实现“高质量”经济发展的迫切要求。

高速铁路通车的空间溢出效应也是本文研究的重点。如表 3 所示,邻近区域高速铁路通车并未对当地专利申请量产生显著影响。但表 4 针对发明申请量的回归结果显示,上一期邻近区域高速铁路开通对本地区当期每万人发明申请量产生了负向效应,其系数分别为 -0.435 和 -0.460。这一结果表明,邻近地区高速铁路的开通会使人才及创新资源流向高铁开通地区,从而对本地区产生了不利影响。同时还应看到,邻近地区科研人才的聚集以及科技投入的增加有助于本地区的创新发展。表 3 结果显示,基于 0-1 邻接矩阵和经济矩阵构造的空间杜宾模型中,相邻区域人均科技投入增加一个单位,本地区每万人专利申请量分别增加 0.0137 件和 0.0375 件。这说明,政府部门增加科技投入有利于本地区的创新发展,也对邻近地区的创新活动带来积极影响。

(三) 高铁开通对不同规模城市专利申请的影响

已有研究成果认为高速铁路大多连接人口稠密、经济发达的大中型城市,这些地区也是高铁站点地区,而在小型城市往往并不考虑设站,即使设站也会导致人口和资源继续向大中型城市聚集,因此,高速铁路建设使大中型城市获益更多,小型城市获益较少,甚至对其产生负面影响。那么,中国高铁对不同规模城市创新产生何种影响呢?

在此,按照中国城市规模划分标准,对所有 278 座城市进行分类研究。从样本数据来看,中国城市市区人口超过 500 万的城市样本量较少,市区人口超过 1000 万的更是不多,因此,在对不同规模城市进行分类时,将 278 座城市粗略划分为三大类:第一类是市区人口 50 万以下小城市;第二类是市区人口 50 万至 100 万的中等城市;第三类是市区人口超过 100 万的城市(大城市、特大城市和超大城市)^①。2007—2015 年间中国绝大多数城市规模变动不大。

表 5、表 6 和表 7 分别列举了不同规模城市创新发展受高铁建设的影响^②。从表 5 可知,不论是基于距离矩阵还是基于经济矩阵构建模型,高速铁路修建对大城市及以上规模城市创新活动的影响多数是显著正向的。具体而言,基于距离矩阵的模型中,上一期开通高速铁路的地区比没有开通高铁的地区当期每万人发明、实用新型申请量分别增加 0.825 件、0.695 件;基于经济矩阵的模型中,上一期开通高铁的地区比没有开通高铁的地区当期每万人发明、实用新型申请量分别增加 0.924 件、0.796 件。同时,邻近城市开通高铁对大城市及以上规模城市创新产出是极为有利的,上一期邻近城市开通高铁,使得大城市及以上规模城市当期每万人实用新型和外观设计的申请量分别增加 1.450 件和 1.151 件。这说明大城市、特大城市及超大城市对周边地区的吸引力仍然存在,高铁开通促进了创新要素流向大城

① 按照市区人口数量从少到多进行分类,样本数量占比分别为:16.5%、37.8%、45.6%。

② 为节省篇幅,仅列举了基于距离矩阵和经济矩阵的空间模型回归结果。

市、特大城市及超大城市,加快了知识溢出及城市的创新发展。值得关注的是,小城市受高铁建设的影响也十分显著。表7结果显示,不论是基于距离矩阵还是经济矩阵,高速铁路对这些城市的创新活动有显著的正向影响。以经济矩阵为例,上一期开通高速铁路的城市比没有开通的城市当期每万人实用新型和外观设计申请量分别增加0.413件和0.177件。高速铁路不但能够促进大城市的创新活动开展,还能显著促进小城市的创新发展;既能促进资源向大城市流动,也有助于小城市的资源积累和知识积累。这就验证了本文的研究假设3。

表5 市区人口超过100万城市高速铁路通车对三类专利申请量影响回归结果

	距离矩阵 W ^d						经济矩阵 W ^e					
	发明		实用新型		外观设计		发明		实用新型		外观设计	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
Wy	0.404*** (0.117)	0.205 ^e (0.110)	0.380*** (0.102)	0.269*** (0.0920)	0.161 (0.153)	0.543*** (0.123)	0.0588 (0.0749)	0.346 (0.253)	-0.0480 (0.0787)	0.167 (0.136)	-0.261** (0.129)	0.222 (0.658)
dummy HSR	0.825*** (0.295)	0.828*** (0.304)	0.695** (0.345)	0.706** (0.334)	0.912 (0.580)	0.793 (0.506)	0.924*** (0.323)	0.881*** (0.334)	0.796** (0.353)	0.803** (0.371)	1.061** (0.535)	1.298** (0.612)
wz	-22.19 (21.76)	-23.02 (21.69)	-30.05 ^e (17.83)	-31.28 ^e (18.25)	-45.35 (29.41)	-31.74 (25.39)	-34.80 (23.42)	-35.31 (28.50)	-36.15** (17.24)	-40.65** (19.77)	-45.83 ^e (24.61)	-44.00 (40.60)
incow	-0.759*** (0.269)	-0.703*** (0.238)	-1.331*** (0.316)	-1.323*** (0.307)	-1.314*** (0.291)	-1.217*** (0.279)	-0.537 ^e (0.309)	-0.568 ^e (0.308)	-1.411*** (0.382)	-1.417*** (0.387)	-1.519*** (0.363)	-1.604*** (0.369)
tr	-0.0497 ^e (0.0258)	-0.0491** (0.0249)	-0.0392 ^e (0.0237)	-0.0395 ^e (0.0232)	0.0240 (0.0302)	0.0133 (0.0273)	-0.0211 (0.0233)	-0.0235 (0.0234)	-0.0165 (0.0222)	-0.0186 (0.0232)	0.0584** (0.0291)	0.0529 (0.0348)
interper	0.950 (1.084)	0.724 (1.069)	2.901** (1.332)	2.680** (1.297)	2.287 ^e (1.260)	1.179 (1.042)	1.257** (0.521)	1.377** (0.623)	3.370*** (0.814)	3.435*** (0.865)	4.493*** (1.069)	2.603 (3.104)
scinumper	0.0442** (0.0219)	0.0432 ^e (0.0224)	0.00842 (0.0195)	0.00719 (0.0211)	-0.0506 (0.0326)	-0.0420 (0.0304)	0.0126 (0.0214)	0.0272 (0.0220)	-0.00976 (0.0157)	-0.00186 (0.0170)	-0.0643 ^e (0.0341)	-0.0524 (0.0398)
sciper	0.00687 ^e (0.00386)	0.00734 ^e (0.00400)	0.00936*** (0.00198)	0.00977*** (0.00207)	0.00536 (0.00342)	0.00695** (0.00296)	0.00779** (0.00356)	0.00789** (0.00374)	0.0104*** (0.00166)	0.0105*** (0.00178)	0.00731*** (0.00265)	0.00753** (0.00331)
eduper	0.00450*** (0.000936)	0.00438*** (0.000931)	0.00713*** (0.000885)	0.00709*** (0.000892)	0.00558*** (0.000727)	0.00494*** (0.000750)	0.00369*** (0.00122)	0.00346** (0.00135)	0.00729*** (0.00127)	0.00724*** (0.00129)	0.00554*** (0.00106)	0.00584*** (0.00109)
W × dummy HSR	0.0351 (0.385)		0.0442 (0.449)		-0.105 (0.580)		0.672 (0.409)		1.450*** (0.454)		1.151** (0.529)	
W × 其它解释变量	有		有		有		有		有		有	
λ		0.293** (0.144)		0.132 (0.150)		-0.512 (0.312)		-0.307 (0.311)		-0.160 (0.132)		-0.545 (0.817)
σ ²	2.288*** (0.711)	2.671*** (0.758)	1.981*** (0.419)	2.262*** (0.425)	6.602 ^e (3.528)	6.929** (3.245)	2.543*** (0.804)	2.976*** (0.898)	2.095*** (0.458)	2.532*** (0.502)	6.387 ^e (3.299)	7.458** (3.601)
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.777	0.797	0.814	0.823	0.532	0.528	0.592	0.683	0.801	0.817	0.526	0.519

表6 中等城市高速铁路通车对三类专利申请量影响回归结果

	距离矩阵 W ^d						经济矩阵 W ^e					
	发明		实用新型		外观设计		发明		实用新型		外观设计	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
Wy	0.365*** (0.0864)	-0.125 (0.200)	0.265*** (0.0582)	-0.0750 (0.0921)	0.152*** (0.0492)	-0.00565 (0.0452)	0.131** (0.0658)	-0.895*** (0.172)	0.0711 (0.0498)	-0.0554 (0.393)	0.000134 (0.0275)	0.0403 (0.0611)
dummy HSR	0.160 (0.111)	0.149 (0.113)	0.195 (0.237)	0.184 (0.242)	0.163 (0.161)	0.164 (0.165)	0.200 ^e (0.117)	0.216** (0.101)	0.230 (0.238)	0.204 (0.218)	0.182 (0.161)	0.169 (0.161)
wz	5.173 (4.705)	4.980 (4.879)	7.777 (7.259)	6.830 (7.561)	-3.576 (3.683)	-4.448 (3.751)	3.458 (4.432)	1.560 (3.116)	4.826 (7.026)	5.306 (7.089)	-4.909 (3.656)	-4.818 (3.667)
incow	0.354*** (0.0856)	0.343*** (0.0833)	0.287** (0.146)	0.277 ^e (0.147)	-0.00629 (0.0864)	-0.00471 (0.0879)	0.372*** (0.0919)	0.326*** (0.0721)	0.311** (0.152)	0.284 ^e (0.163)	0.0000189 (0.0875)	-0.00674 (0.0885)
tr	-0.0290*** (0.00634)	-0.0278*** (0.00613)	-0.0298*** (0.00787)	-0.0275*** (0.00740)	-0.00453 (0.00365)	-0.00350 (0.00339)	-0.0282*** (0.00639)	-0.0245*** (0.00528)	-0.0285*** (0.00797)	-0.0267*** (0.00788)	-0.00384 (0.00358)	-0.00323 (0.00342)

(续表 6)

	距离矩阵 W ^d						经济矩阵 W ^e					
	发明		实用新型		外观设计		发明		实用新型		外观设计	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
interper	0.144 (0.550)	0.127 (0.544)	2.405** (1.203)	2.381** (1.168)	0.970 (1.010)	0.980 (1.011)	0.231 (0.524)	-0.563 (0.443)	2.593** (1.166)	2.481* (1.379)	1.051 (1.008)	1.067 (1.028)
scinumper	0.0134 [†] (0.00741)	0.0124 [†] (0.00724)	-0.00177 (0.00726)	-0.00262 (0.00726)	0.000987 (0.00456)	0.000651 (0.00454)	0.0138 [†] (0.00725)	0.0160*** (0.00612)	-0.00149 (0.00755)	-0.000932 (0.00862)	0.000960 (0.00445)	0.000872 (0.00454)
sciper	0.00451** (0.00223)	0.00446** (0.00215)	0.00906 [†] (0.00467)	0.00907 [†] (0.00474)	0.00360 [†] (0.00213)	0.00368 [†] (0.00216)	0.00466** (0.00235)	0.00388** (0.00184)	0.00921 [†] (0.00476)	0.00936 [†] (0.00499)	0.00359 [†] (0.00216)	0.00370 [†] (0.00219)
eduper	-0.000176 (0.000249)	-0.000157 (0.000243)	0.000203 (0.000509)	0.000192 (0.000515)	0.000440 [†] (0.000261)	0.000412 (0.000262)	-0.000295 (0.000262)	-0.000207 (0.000203)	0.0000468 (0.000498)	0.0000832 (0.000510)	0.000397 (0.000251)	0.000390 (0.000257)
W × dummy HSR	0.0964 (0.109)		0.170 (0.136)		0.120 (0.131)		0.0158 (0.100)		0.116 (0.145)		-0.0294 (0.0861)	
W × 其它解释变量	有		有		有		有		有		有	
λ		0.439*** (0.156)		0.316*** (0.104)		0.166*** (0.0364)		0.855*** (0.126)		0.0891 (0.468)		-0.0704 (0.0645)
σ ²	0.150*** (0.0451)	0.167*** (0.0429)	0.317** (0.151)	0.356** (0.152)	0.120 [†] (0.0615)	0.135** (0.0621)	0.145*** (0.0422)	0.127*** (0.0271)	0.301** (0.140)	0.339** (0.143)	0.112** (0.0569)	0.126** (0.0572)
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.426	0.429	0.510	0.507	0.317	0.315	0.407	0.269	0.501	0.510	0.316	0.318

表 7 小城市高速铁路通车对三类专利申请量影响回归结果

	距离矩阵 W ^d						经济矩阵 W ^e					
	发明		实用新型		外观设计		发明		实用新型		外观设计	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
Wy	-0.0122 (0.0130)	-0.0532 (0.0502)	0.0217 (0.0168)	-0.00393 (0.0534)	0.0292 [†] (0.0159)	-0.862*** (0.248)	-0.00965 (0.0229)	-0.0303 [†] (0.0155)	0.0620*** (0.0213)	-0.0144 (0.0248)	0.0274 (0.0248)	0.00658 (0.0328)
dummy HSR	0.0767 (0.150)	0.0627 (0.150)	0.406 [†] (0.212)	0.403 [†] (0.215)	0.182** (0.0849)	0.141 [†] (0.0836)	0.0886 (0.112)	0.0809 (0.113)	0.413*** (0.148)	0.417*** (0.150)	0.177** (0.0875)	0.180** (0.0887)
wz	-13.05 (9.417)	-12.88 (9.301)	3.142 (6.898)	2.661 (6.798)	1.016 (2.547)	1.480 (2.271)	-15.10 (9.623)	-14.58 (9.477)	-0.282 (7.104)	-0.299 (6.970)	0.605 (2.545)	0.672 (2.524)
incow	-0.117 (0.137)	-0.119 (0.136)	0.181 (0.166)	0.180 (0.166)	0.126** (0.0616)	0.110** (0.0556)	0.0707 (0.123)	0.0702 (0.123)	0.516*** (0.133)	0.502*** (0.132)	0.155*** (0.0440)	0.154*** (0.0433)
tr	0.00125 (0.00807)	0.00178 (0.00808)	-0.0258** (0.0101)	-0.0251** (0.00991)	-0.00697 [†] (0.00386)	-0.00651 [†] (0.00360)	-0.00287 (0.00836)	-0.00261 (0.00823)	-0.0343*** (0.00978)	-0.0327*** (0.00934)	-0.00789** (0.00401)	-0.00790** (0.00388)
interper	0.115 (1.017)	0.0854 (1.008)	1.093 (1.937)	1.098 (1.922)	0.471 (0.594)	0.374 (0.468)	0.289 (0.883)	0.246 (0.866)	1.640 (1.565)	1.588 (1.553)	0.591 (0.626)	0.584 (0.625)
scinumper	0.0107 (0.0115)	0.0106 (0.0115)	0.00407 (0.0211)	0.00372 (0.0214)	-0.00559 [†] (0.00317)	-0.00403 [†] (0.00232)	0.0194 [†] (0.0115)	0.0192 [†] (0.0116)	0.0189 (0.0208)	0.0190 (0.0207)	-0.00452 (0.00414)	-0.00433 (0.00402)
sciper	0.0107 [†] (0.00630)	0.0107 [†] (0.00630)	0.00890 [†] (0.00490)	0.00892 [†] (0.00491)	0.000110 (0.000257)	0.000112 (0.000214)	0.0111 [†] (0.00642)	0.0111 [†] (0.00642)	0.00968 [†] (0.00518)	0.00974 [†] (0.00519)	0.000169 (0.000252)	0.000178 (0.000253)
eduper	0.000231 (0.000542)	0.000218 (0.000543)	0.000467 (0.000615)	0.000453 (0.000612)	0.0000964 (0.000138)	0.0000720 (0.000119)	-0.000498 (0.000349)	-0.000512 (0.000342)	-0.000803 (0.000514)	-0.000823 (0.000506)	-0.00000838 (0.0000419)	-0.0000124 (0.0000417)
W × dummy HSR	0.0665 (0.0629)		0.0466 (0.0802)		0.0143 (0.0204)		0.0813 (0.112)		-0.00229 (0.0885)		0.0665 (0.0464)	
W × 其它解释变量	有		有		有		有		有		有	
λ		0.0359 (0.0494)		0.0196 (0.0578)		0.735*** (0.192)		-0.0262 (0.0309)		0.0407** (0.0207)		-0.0154 (0.0231)
σ ²	0.105 [†] (0.0536)	0.117** (0.0536)	0.180 [†] (0.0965)	0.203** (0.0964)	0.0193** (0.00979)	0.0169*** (0.00631)	0.0934 [†] (0.0499)	0.105** (0.0500)	0.160 [†] (0.0914)	0.180** (0.0911)	0.0179** (0.00899)	0.0201** (0.00897)
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.558	0.562	0.560	0.560	0.253	0.210	0.572	0.574	0.611	0.615	0.274	0.274

此外,综合全部城市及大、中、小城市的回归结果可以发现,工资激励对创新活动的作用在不同类型城市中呈现不同的特点。大城市工资的增加并未起到促进创新成果产出的作用,而中小城市工资的增加能够显著影响创新产出。这表明,适当增加中小城市科技人员和劳动者的收入,能够提高人才的创新积极性、主动性和创造性,从而促进中小城市创新发展。

(四) 高铁建设对创新活动影响机制的计量分析

1. 通信基础设施与高速铁路的交互作用对创新产出的影响

目前,学者关于交通基础设施与信息技术发展交互作用对区位选择、城市经济发展影响有着不同的看法。有学者认为,信息基础设施或者信息技术的发展对交通基础设施有着替代作用(黄张凯等, 2016);但也有学者认为,交通基础设施与通信技术的共同发展,强化了城市之间的联系(程利莎等, 2017),便利了人才流动、知识溢出,特别有利于信息服务业(林善浪等, 2011)及创新产业的发展(倪鹏飞等, 2011),两者之间是互补关系。在此,为验证两者的交互作用对城市创新产出的影响,在原有模型的基础上,加入通信基础设施指代变量(城市国际互联网用户数与人口数比值)与高速铁路是否开通(滞后一期)的交叉项(dummy HSR × interper)做进一步验证^①。

表 8 加入高铁与通信基础设施建设交叉项两类模型(全部城市)回归结果

	邻接矩阵 W ^a		距离矩阵 W ^d		经济矩阵 W ^e	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
dummy HSR × interper	23.28** (9.914)	23.09** (9.585)	30.02*** (10.30)	30.36*** (10.16)	29.56*** (11.31)	32.45*** (11.57)
dummy HSR	-1.618 (1.099)	-2.033* (1.102)	-2.629** (1.066)	-2.986*** (1.128)	-2.375* (1.340)	-2.777** (1.387)
interper	3.059 (4.249)	2.209 (4.279)	-3.462 (3.797)	-3.742 (3.850)	3.124 (2.862)	0.389 (3.699)
其它解释变量	有	有	有	有	有	有
W × (dummy HSR) × interper	20.11 (16.14)		2.149 (13.42)		25.77* (14.13)	
W × dummy HSR	-2.216 (1.626)		-0.536 (1.588)		-1.008 (1.221)	
W × interper	-6.763 (10.50)		-1.436 (3.878)		-19.12*** (4.265)	
W × 其它解释变量	有		有		有	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.716	0.717	0.778	0.772	0.688	0.706

从表 8 回归结果可以看出,高速铁路通车与通信基础设施发展之间存在较强互补关系,两者的交互作用极大地激发了创新产出,不论基于哪类矩阵或模型,两者的交互作用都存在正向影响,并且至少在 5% 的显著性水平上显著。上述结果表明,高速铁路建设与通信基础设施之间是互相促进、彼此依存的关系,两者对知识交流和城市创新都起着重要作用,并不存在信息基础设施取代交通基础设施的情况。基于经济矩阵的空间杜宾模型也显示,相邻城市通信以及交通基础设施建设对本地区的创新产出也有着十分强烈的正向效应。

由此可见,现代通信技术可以实现知识共享,而交通基础设施带来的面对面沟通和交流同样重要。高速铁路与通信基础设施发展并不存在替代关系,两者互相促进、互为依托,共同促进了城市创新发展。这也验证了本文的研究假设 2。

2. 科技教育投入与高速铁路建设交互作用对创新产出的影响

从前文研究可以看出,本地区科技和教育的投入对创新活动影响非常明显,那么高铁通车与科教投

^① 限于篇幅,仅报告一部分结果,下文同。

入的交互作用产生什么影响 科教投入是否随着高铁开通产生更强烈的溢出效应? 表 9 和表 10 分别加入了高速铁路是否通车(滞后一期)与人均科技投入的交叉项(dummy HSR \times sciper)、高速铁路是否通车(滞后一期)与人均教育投入的交叉项(dummy HSR \times eduper) 来验证高速铁路建设与教育科技投入的交互作用。研究发现: 人均教育投入与高速铁路的交互作用对创新产出的影响均呈显著的正向效应; 人均科技投入在基于距离矩阵的模型中呈现正向效应。此外, 邻近区域之间的交互作用还会显著影响本地区的创新, 不论是高铁与科技投入的交叉项还是与教育投入的交叉项均存在显著的正向溢出效应。即本地教育科技投入对城市创新产出的影响随着高速铁路的开通而增加, 教育投入的作用也更为稳健; 邻近地区两者的交互作用也会通过空间溢出效应对本地区的创新活动产生显著的正向影响。

表 9 加入高铁与科技投入交叉项两类模型(全部城市) 回归结果

	邻接矩阵 W ^a		距离矩阵 W ^d		经济矩阵 W ^e	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
dummy HSR \times sciper	0.0126 (0.0106)	0.0123 (0.0106)	0.0223* (0.0120)	0.0240* (0.0129)	0.0157 (0.0101)	0.0206** (0.0103)
dummy HSR	0.316 (0.878)	-0.0647 (0.917)	-0.789 (1.062)	-1.449 (1.140)	0.159 (0.819)	-0.348 (0.835)
sciper	0.0123*** (0.00400)	0.0135*** (0.00354)	0.0134*** (0.00351)	0.0145*** (0.00365)	0.0201*** (0.00326)	0.0203*** (0.00342)
其它解释变量	有	有	有	有	有	有
W \times (dummy HSR) \times sciper	0.0139 (0.0164)		0.0412** (0.0169)		0.0518*** (0.0106)	
W \times dummy HSR	-1.255 (1.236)		-3.816*** (1.421)		-2.122*** (0.794)	
W \times sciper	0.00568 (0.0114)		-0.00530 (0.0103)		-0.0207 (0.0135)	
W \times 其它解释变量	有		有		有	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.684	0.690	0.793	0.757	0.658	0.661

表 10 加入高铁与教育投入交叉项两类模型(全部城市) 回归结果

	邻接矩阵 W ^a		距离矩阵 W ^d		经济矩阵 W ^e	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
dummy HSR \times eduper	0.00448* (0.00241)	0.00443* (0.00238)	0.00595** (0.00244)	0.00627** (0.00246)	0.00543* (0.00281)	0.00625** (0.00277)
dummy HSR	-2.778 (1.964)	-3.180 (2.041)	-4.303** (1.986)	-5.029** (2.085)	-3.482 (2.421)	-4.369* (2.377)
eduper	0.00503 (0.00331)	0.00444 (0.00334)	0.00934*** (0.00339)	0.00844** (0.00367)	0.00684 (0.00476)	0.00635 (0.00496)
其它解释变量	有	有	有	有	有	有
W \times (dummy HSR) \times eduper	0.00252 (0.00387)		0.00194 (0.00320)		0.00658* (0.00362)	
W \times dummy HSR	-1.972 (3.036)		-1.805 (2.654)		-2.813 (2.491)	
W \times eduper	-0.000895 (0.00241)		-0.00677*** (0.00191)		-0.00256 (0.00275)	
W \times 其它解释变量	有		有		有	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.700	0.710	0.783	0.774	0.679	0.695

3. 科研人员数量与高速铁路建设交互作用对创新产出的影响

高技术产业有着集聚的特性(Audretsch et al. 1996)。那么, 高速铁路开通是否强化了这一趋势, 使得城市创新产出增加? 本地区人才集聚是否影响了周边地区的创新活动? 在式(4)和式(5)中加入高

速铁路是否通车(滞后一期)与每万人科研人员数量交互项(dummy HSR × scinumper)来验证这一影响。

从表 11 的回归结果可以看出,高速铁路建设与科研人员数量的交互项系数并不显著,但基于经济矩阵的模型中,两者交互项有显著的溢出效应,即邻近区域两者的交互作用对本地区创新活动有着积极影响。

表 11 加入高铁与科研人数交叉项两类模型(全部城市)回归结果

	邻接矩阵 W ^a		距离矩阵 W ^d		经济矩阵 W ^e	
	SDM	SAC	SDM	SAC	SDM	SAC
dummy HSR × scinumper	-0.0258 (0.0276)	-0.0242 (0.0272)	0.0234 (0.0315)	0.0159 (0.0307)	-0.0261 (0.0278)	-0.00814 (0.0366)
dummy HSR	2.289** (0.895)	1.902** (0.793)	1.176 (0.784)	1.054 (0.806)	2.475*** (0.881)	2.204** (1.100)
scinumper	0.104** (0.0474)	0.106** (0.0471)	0.0756 (0.0538)	0.0862 (0.0532)	0.0792 (0.0489)	0.0919 ^o (0.0505)
其它解释变量	有	有	有	有	有	有
W × (dummy HSR) × scinumper	0.0499 (0.0679)		0.0211 (0.0459)		0.532*** (0.0888)	
W × dummy HSR	-1.294 (1.187)		-1.271 (1.099)		-7.632*** (1.502)	
W × scinumper	-0.00275 (0.143)		0.131 (0.117)		0.307*** (0.104)	
W × 其它解释变量	有		有		有	
N	2502	2502	2502	2502	2502	2502
R ²	0.689	0.681	0.742	0.732	0.687	0.677

以上关于交叉项的检验,进一步理清了高速铁路对城市创新活动的作用机制。高速铁路通过加快科技教育投入过程中所产生的知识溢出,从而促进了城市创新发展;在高铁通车的背景下,科技人才的聚集也对邻接区域产生了一定程度的空间溢出效应,这一效应在经济发展程度类似的城市之间尤为明显。也就是说,高速铁路与创新要素及参与者之间相互作用,不但促进了本地区创新活动的开展,还存在一定的空间溢出效应。这也就证实了本文的研究假设 4。

五、结论与政策启示

经过研究发现,高速铁路通过提供便捷的交通服务,改善城市投资环境,加强了创新参与者之间的相互作用,促进了人才、资本、信息等要素在高铁通车区域的流动与配置,从而加速知识和技术的溢出,并加快城市创新发展。本文的主要结论有:

第一,从全国范围来看,高速铁路的开通对中国城市创新能力的提升起到了非常显著作用,上一期开通高速铁路城市每万人专利申请量分别增加 1.675 件、1.652 件和 1.797 件,其中发明专利申请量分别增加 0.631 件、0.551 件和 0.549 件。

第二,按照中国城市市区人口规模进行分类研究发现,人口数 50 万以下城市和人口数高于 100 万城市创新能力提升获益较大。基于距离矩阵和经济矩阵模型显示,市区人口低于 50 万城市中上一期开通高铁的比没有开通高铁城市每万人实用新型申请量分别增加 0.406 件和 0.413 件,外观设计分别增加 0.182 件和 0.177 件。基于这两类矩阵,人口数高于 100 万城市每万人发明专利申请量分别增加 0.825 件和 0.924 件,每万人实用新型申请量分别增加 0.695 件和 0.796 件。

第三,进一步研究发现,高速铁路对创新产出的影响并未因通信基础设施建设的发展而被取代,两者之间为互补关系;政府在教育及科技方面的投入对城市创新能力的影响会随着高速铁路的开通而增加。从空间溢出效应来看,本地高速铁路建设对本地区的创新发展十分有利,但高速铁路建设对邻近地区创新产出的影响不甚强烈;高速铁路与创新要素之间的交互作用也存在较强的空间溢出效应,不论是

人才聚集、科技教育投资增长还是通讯基础设施建设,其交互作用对邻近地区的创新活动都有着显著的正向影响。

第四,外商直接投资对中国各类城市创新活动的影响不够显著,某些情况下甚至是显著的负向效应;工资激励对创新产出的影响在不同类型的城市中存在差异,在中小城市中作用更为明显。

本文的研究结果具有重要的现实意义,带给我们的政策启示是:

第一,高速铁路对城市创新发展有着不可替代的作用,应当进一步加快高铁建设,提高路网密度。高速铁路建设不但能够带来城市投资环境的改善,还起到了现代通信科技无法取代的作用,虽然现代信息技术使沟通变得虚拟化、网络化,并且能够实现多对一、多对多的沟通,但高速铁路对缩短时空距离,优化人才资源配置,促进城市间知识传播和扩散,加快技术革新仍具有重要意义。其作用机制主要是通过加强创新参与者之间的沟通交流,在促进人才、资本等资源的流动过程中,增大知识、技术及信息的空间溢出效应,加快科技成果的产出。因此,进一步加快高速铁路建设是十分正确的选择,特别是目前路网密度比较低的省市,需要更加重视本地区的高速铁路规划建设。

第二,应适当考虑在小城市设置高铁站点,为小城市的发展创造机遇。在高速铁路修建过程中,规划及建设部门往往考虑到成本及上座率问题,不愿在小城市设置站点。但小城市生活节奏慢,竞争压力小,各行业都未完全饱和,有着自身的发展优势。高铁的经停,为小城市的创新发展助力,便利了发达地区与小城市之间的人才、技术、信息的交流,为发展信息技术、高端产业提供了新的契机。在高铁建设中,可以结合实际情况,适当考虑在小城市增设站点,加快小城市的经济和社会的发展。

第三,重视人才培养和引进,加大科技教育投资,不断完善创新环境是加快城市创新发展的重要途径。从回归结果看,除了高铁以外,创新活动中最重要的影响因素仍然是人才集聚和研发投入。人才与研发投入的结合是创新活动得以顺利开展的保证,而创新活动的不确定性使得部分地区存在短视行为。在逐渐认识到粗放型经济增长方式不可维持的情况下,实现经济发展动力从粗放型向集约型转变,强化创新驱动,增强科技实力是未来城市竞争力的重要组成部分和支撑。不论是哪种类型的城市,都要重视科技创新、人才培养及引进,加大科教文卫方面的投入,重视创新环境建设,对促进城市经济和社会可持续发展有着十分重要的意义。

第四,外商直接投资对城市创新的影响值得进一步探讨。在本文重点研究的问题之外发现,外商直接投资(FDI)并非如想象能够推动中国创新发展。就现阶段而言,随着中国国力的增强,发达国家越来越加强对自身知识产权的保护,并强制中国遵守相关知识产权法律法规,最近中美之间的贸易摩擦就是这一情况的具体体现。产权保护是一把双“刃”剑,在保护专利所有人垄断权的同时,也抑制了技术扩散和进一步创新。发达国家对中国进行出口高科技技术的限制,进一步增加了中国高科技产业发展的阻力。因此,中国在扩大对外开放,发展对外经济关系的同时,要研究在这样的环境下促进中国不同类型城市创新发展的政策措施,真正实现以科技实力推动经济“高质量”增长的新格局。

本文研究也存在一些不足,即没有深入探讨在大城市异质性的条件下城市创新受高铁影响的大小;并且由于数据的限制,没有研究其他创新指标受高铁建设的影响。这些问题都值得进一步研究。

参考文献:

- 程利莎,王士君,杨冉. 2017. 基于交通与信息流的哈长城市群空间网络结构[J]. 经济地理(5): 74-80.
- 冯白,葛扬. 2016. 资本投向、产权性质与区域产业结构调整[J]. 产业经济研究(1): 1-10.
- 冯兵,郑玲莉,周怡然. 2014. 高速铁路对区域产业发展的影响分析:以湖北为例[J]. 湖北社会科学(5): 62-66.
- 黄张凯,刘津宇,马光荣. 2016. 地理位置、高铁与信息:来自中国IPO市场的证据[J]. 世界经济(10): 127-149.
- 靳巧花,严太华. 2017. 国际技术溢出与区域创新能力:基于知识产权保护视角的实证分析[J]. 国际贸易问题(3): 14-25.
- 李涵,黎志刚. 2009. 交通基础设施投资对企业库存的影响:基于我国制造业企业面板数据的实证研究[J]. 管理世界(8): 73-80.
- 李祥妹,刘亚洲,曹丽萍. 2014. 高速铁路建设对人口流动空间的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境(6): 140-147.
- 李煜伟,倪鹏飞. 2013. 外部性、运输网络与城市群经济增长[J]. 中国社会科学(3): 22-42, 203-204.

- 梁双陆, 梁巧玲. 2016. 交通基础设施的产业创新效应研究: 基于中国省域空间面板模型的分析[J]. 山西财经大学学报(7): 60 - 72.
- 林善浪, 张惠萍. 2011. 通达性、区位选择与信息服务业集聚: 以上海为例[J]. 财贸经济(5): 106 - 114.
- 林晓言, 石中和, 罗燊, 等. 2015. 高速铁路对城市人才吸引力的影响分析[J]. 北京交通大学学报(社会科学版)(3): 7 - 16.
- 刘秉镰, 刘玉海. 2011. 交通基础设施建设与中国制造业企业库存成本降低[J]. 中国工业经济(5): 69 - 79.
- 刘生龙, 胡鞍钢. 2011. 交通基础设施与中国区域经济一体化[J]. 经济研究(3): 72 - 82.
- 倪鹏飞, 白晶, 杨旭. 2011. 城市创新系统的关键因素及其影响机制: 基于全球 436 个城市数据的结构化方程模型[J]. 中国工业经济(2): 16 - 25.
- 沈能. 2014. 空间集聚、规模门槛与技术创新: 基于中国制造业企业普查数据的实证分析[J]. 管理工程学报(4): 21 - 27.
- 王俊松, 颜燕, 胡曙虹. 2017. 中国城市技术创新能力的空间特征及影响因素: 基于空间面板数据模型的研究[J]. 地理科学(1): 11 - 18.
- 王雨飞, 倪鹏飞. 2016. 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(2): 21 - 36.
- 魏守华, 顾佳佳, 姜悦. 2017. 知识溢出、吸收能力与经济绩效的研究述评[J]. 现代经济探讨(9): 123 - 132.
- 岳钦韬. 2014. 近代长江三角洲地区的交通发展与人口流动: 以铁路运输为中心(1905—1936)[J]. 中国经济史研究(4): 154 - 167.
- 张克中, 陶东杰. 2016. 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(6): 62 - 73.
- 张学良. 2012. 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(3): 60 - 77.
- 赵晶晶, 李清彬. 2010. 我国交通基础设施建设与城市化的互动关系: 基于省际面板数据的经验分析[J]. 中央财经大学学报(8): 69 - 74.
- 朱桃杏, 陆军. 2015. 高铁对区域科技创新协调的作用机制与效率分析[J]. 科技进步与对策(6): 51 - 54.
- 诸竹君, 黄先海, 宋学印, 等. 2017. 劳动力成本上升、倒逼式创新与中国企业加成率动态[J]. 世界经济(8): 53 - 77.
- AGRAWAL A, GALASSO A, OETTL A. 2017. Roads and innovation [J]. Review of Economics and Statistics, 99(3): 417 - 434.
- ANSELIN L. 1988. A test for spatial autocorrelation in seemingly unrelated regressions [J]. Economics Letters, 28(4): 335 - 341.
- ASCHAUER D A. 1989. Is public expenditure productive [J]. Journal of Monetary Economics, 23(2): 177 - 200.
- ASCHAUER D A. 1990. Highway capacity and economic growth [J]. Economic Perspectives, 14(9): 14 - 24.
- ASHEIM B, COOKE P. 1999. Local learning and interactive innovation networks in a global economy [M]//MALECKI E J, ALDERSHOT P O. Making connections: technological learning and regional economic change. UK: Ashgate: 145 - 178.
- AUDRETSCH D B, FELDMAN M P. 1996. R&D spillovers and the geography of innovation and production [J]. American Economic Review, 86(3): 630 - 640.
- BAUM - SNOW N. 2007. Did highways cause suburbanization [J]. The Quarterly Journal of Economics, 122(2): 775 - 805.
- BERA A K, YOON M J. 1993. Specification testing with locally misspecified alternatives [J]. Econometric Theory, 9(4): 649 - 658.
- BHATTA S D, DRENNAN M P. 2003. The economic benefits of public investment in transportation: a review of recent literature [J]. Journal of Planning Education and Research, 22(3): 288 - 296.
- CAO J X, LIU X C, WANG Y H, et al. 2012. Accessibility impacts of China's high - speed rail network [J]. Journal of Transport Geography, 28(10): 12 - 21.
- CHEN C L, HALL P. 2011. The impacts of high - speed trains on British economic geography: a study of the UK's InterCity 125/225 and its effects [J]. Journal of Transport Geography, 19(4): 689 - 704.
- CHEN Z H, HAYNES K E. 2015. Regional impact of public transportation infrastructure: a spatial panel assessment of the U. S. northeast megaregion [J]. Economic Development Quarterly, 29(3): 275 - 291.
- DONALDSON D. 2010. Railroads of the raj: estimating the impact of transportation infrastructure [J]. American Economic Review, 108(4/5): 899 - 934.
- DURAN - FERNANDEZ R, SANTOS G. 2014. Road infrastructure spillovers on the manufacturing sector in Mexico [J]. Research in Transportation Economics, 46(10): 17 - 29.
- FERNALD J G. 1999. Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity [J]. The American Economic Review, 89(3): 619 - 638.
- GINES D R. 2012. Economic analysis of high speed rail in Europe [R]. No 2012126 in Reports from Fundacion BBVA / BBVA Foundation.
- GIVONI M. 2006. Development and impact of the modern high - speed train: a review [J]. Transport Reviews, 26(5): 593 - 611.
- HAYNES K E. 1997. Labor markets and regional transportation improvements: the case of high - speed trains an introduction and review [J]. The Annals of Regional Science, 31(1): 57 - 76.

- HIPPEL E V. 1994. “Sticky information” and the locus of problem solving: implications for innovation [J]. *Management Science* ,40(4) : 429 – 439.
- JIAO J J , WANG J , JIN F J , et al. 2014. Impacts on accessibility of China’s present and future HSR network [J]. *Journal of Transport Geography* ,40(10) : 123 – 132.
- MASSON S , PETIOT R. 2009. Can the high speed rail reinforce tourism attractiveness? The case of the high speed rail between Perpignan (France) and Barcelona (Spain) [J]. *Technovation* ,29(9) : 611 – 617.
- MUNNELL A H. 1992. Policy watch: infrastructure investment and economic growth [J]. *The Journal of Economic Perspectives* ,6(4) : 189 – 198.
- NURKSE R. 1953. *Problems of capital formation in underdeveloped countries* [M]. New York: Cambridge University Press.
- ROSTOW W W. 1960. *The stages of economic growth: a non – communist manifesto* [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- SEITZ H. 1993. A dual economic analysis of the benefits of the public road network [J]. *The Annals of Regional Science* ,27(3) : 223 – 239.
- SHAW S , FANG Z X , LU S W , et al. 2014. Impacts of high speed rail on railroad network accessibility in China [J]. *Journal of Transport Geography* ,40(3) : 112 – 122.
- VERMA A , SUDHIRA H S , RATHI S , et al. 2013. Sustainable urbanization using high speed rail (HSR) in Karnataka , India [J]. *Research in Transportation Economics* ,38(1) : 67 – 77.
- VICKEMAN R. 2015. High – speed rail and regional development: the case of intermediate stations [J]. *Journal of Transport Geography* ,42(6) : 157 – 165.
- YIN M , BERTOLINI L , DUAN J. 2015. The effects of the high – speed railway on urban development: international experience and potential implications for China [J]. *Progress in Planning* ,98(5) : 1 – 52.

High – speed Rail , Knowledge Spillover and Urban Innovation Development: Evidence from 278 Cities

LIU Fang

(1. College of Business , Shanghai University of Finance and Economics , Shanghai 200433;

2. School of International Trade and Economics , Anhui University of Finance and Economics , Bengbu 233030)

Abstract: Spatial panel econometric model is constructed based on data of 278 cities from 2007 to 2015 to explore the impact of high – speed rail on urban innovation and its mechanism. It has found that high – speed rail promotes urban innovation development by accelerating knowledge spillover in the process of talent flow , and the effect shows the heterogeneity among cities. Further research finds that the impact of high – speed rail on urban innovation has not been weakened by the development of communication technology. High – speed rail promotes innovation development and plays a positive role in the innovation activities of adjacent areas by increasing the interaction between innovation participants and innovation elements.

Keywords: high – speed rail; knowledge spillover; urban innovation

(责任编辑 张 坤)