

# 高铁建设、人力资本迁移与区域创新

王春杨, 兰宗敏, 张超, 侯新烁

**[摘要]** 本文从人力资本跨区迁移的视角,研究了我国高铁网络建设对区域创新空间结构的影响及其作用机制。理论研究表明,高铁建设通过降低地区之间的贸易成本从而引发高铁城市之间、高铁城市与非高铁城市之间的人力资本迁移,进而影响区域创新空间结构演化。实证结果表明,高铁开通显著提高了沿线城市的创新水平,而人力资本迁移是高铁影响区域创新空间结构演变的重要机制,使用工具变量、变换人力资本的衡量指标均得到相同结论。高铁开通对东部城市和一、二线城市的创新促进效应更为明显,从而拉大了区域创新差距。进一步分析表明,迁入人力资本来源地域的文化多样性对区域创新具有显著的正向调节效应。总体上,高铁网络的兴起改变了人力资本的流向和空间分布格局,进而重塑了中国区域创新的空间结构。本文为充分发挥高铁对优化创新资源空间配置、提高区域创新效率的促进作用提供了经验证据和政策启示。

**[关键词]** 高速铁路; 人口迁移; 区域创新; 文化多样性; 大数据

**[中图分类号]**F124 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2020)12-0102-19

## 一、引言

优化创新资源空间配置、提高区域创新效率是建设创新型国家的内在要求和重要途径,而高铁网络的兴起必将引发传统技术创新时空观的变革,重塑区域创新空间组织形态。高铁从根本上改变了传统的时空观念,正史无前例地重塑中国的经济发展和区域空间格局,不仅极大地改变了人们的出行方式,更加速改变了创新资源的空间配置方式,提升了区域创新效率。因此,对高铁网络影响下区域创新空间演化规律进行研究,对于加快建设创新型国家具有重要意义。2020年政府工作报告明确提出要“促进人才流动,培育技术和数据市场,激活各类要素潜能”。那么高铁建设是否提高了创新资源的空间配置效率?高铁如何重塑区域创新的空间格局?能否在创新政策制定中既尊重客观规律又兼顾区域公平?厘清这些问题,有助于促进政府和企业合理配置创新资源,促进区域创新空间优化与协调发展。然而,以往高铁影响区域经济的研究主要集中在传统的产业活动领域,高铁对创新要素迁移、知识溢出以及区域创新空间结构的影响研究尚未得到足够重视。

**[收稿日期]** 2020-03-18

**[基金项目]** 国家自然科学基金青年项目“基于大数据的城市群空间演化特征与机制研究”(批准号71804033); 国家社会科学基金西部项目“高铁重塑区域创新空间结构的机理与对策研究”(批准号18XJL009); 国家自然科学基金重点项目“我国产业集聚演进与新动能培育发展研究”(批准号71733001)。

**[作者简介]** 王春杨,重庆大学经济与工商管理学院博士后,经济学博士;兰宗敏,国务院发展研究中心宏观经济研究部副研究员,经济学博士;张超,河北工业大学经济管理学院副教授,经济学博士;侯新烁,湘潭大学商学院副教授,管理学博士。通讯作者:兰宗敏,电子邮箱:lanzongmin@126.com。感谢匿名审稿专家和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

近年来,随着高速铁路建设规模不断扩大,高铁对可达性、产业集聚和经济增长的影响已成为学术界关注的焦点。那么,高铁又将如何重塑区域创新的空间结构?郭进和白俊红(2019)的研究表明,高铁的确提升了沿线企业的专利产出水平。大量研究从“要素流动”的视角分析了高铁对区域创新带来的促进作用。基本逻辑是高铁开通降低了城市间的通勤成本,从而促进了面对面交流层面上的信息传播和知识溢出,并降低企业创新的社会成本(Donaldson and Hornbeck,2016)和投资风险(龙玉等,2017)。高铁通过增强创新要素的流动效应来提高区域创新水平,并拉大高铁城市与非高铁城市之间的创新差距(卞元超等,2019)。内生增长理论表明,地区创新增长主要来源于研发投入和知识溢出。其中,研发投入主要包括研发人员和研发资本,而知识溢出可以从两个空间尺度予以识别:一是区域内部的知识溢出,二是来自其他地区的知识溢出。鉴于知识根植于个体的特征事实,人才流动是区域间知识溢出特别是隐性知识溢出的最主要途径。因此,高铁开通提高了人才的跨区流动性,促进了地区间的知识溢出。不仅如此,高铁还通过影响经济要素的空间分布来重塑区域空间结构(饶品贵等,2019;马光荣等,2020)。高铁在增强跨区联系的过程中,显著降低了城市间的贸易成本(Bernard et al.,2019;孙浦阳等,2019;唐宜红等,2019)。根据新经济地理学理论,贸易成本的降低将会使生产要素面临新的区位选择以增加真实收益,创新要素跨地区迁移带来的集聚或扩散效应将使得区域创新呈现空间分异。

尽管高铁通过促进要素流动影响区域创新的机制得到普遍认可,但已有研究对于高铁网络下人力资本流动和人力资本迁移两种人口流动机制却未进行明确区分和界定。人口流动通常是指人口在短期离开后又返回原居住地的现象,而人口迁移则是指人口由迁出地到迁入地的永久性 or 长期性改变。从狭义上说,人力资本流动和人力资本迁移实际上指代了不同的人口移动类型:前者强调人力资本在不同空间范围的流动并与周围群体发生互动和交流,关注的主要是技术外部性对区域创新的贡献;而后者则强调人力资本作为创新投入要素其区位选择和空间分布变化,关注的主要是成本外部性对人才集聚和创新的影响。强调人力资本流动的研究侧重于从“跨区知识溢出”的视角展开,尚没有文献明确通过高铁影响人力资本迁移的视角展开理论和实证分析。忽视高铁对创新要素跨区迁移的影响,容易放大高铁对城市创新的知识溢出效应,从而低估高铁可能导致创新要素流失所带来的负面效应。事实上,借助于高铁的时空压缩和市场整合作用,个人、家庭和企业都将进行新的区位选择(董艳梅和朱英明,2016),而相比于传统交通工具,以高速、便捷和舒适为特征的高铁对高技术人员的影响更为明显。高铁开通提升了本科及以上学历员工在企业的占比(吉赞和杨青,2020),促进了人力资本流入(杨金玉和罗勇根,2019),对地区技术创新具有显著的带动作用(Bosetti et al.,2015;Fassio et al.,2019)。以上研究从人力资本迁移视角探讨高铁对区域创新的影响,但在理论上以局部、静态分析为主,缺乏多区域视角下同时考虑高铁城市之间、高铁城市与非高铁城市之间创新演化的系统分析;尤其是高铁引发的人力资本迁移与区域创新之间呈现内生互动关系,需要借助动态框架进行描述(见图1)。

总之,高铁不仅强化了创新主体的空间联系,而且将重塑国家人力资本和创新产出的空间分布格局。目前,高铁影响区域创新的作用机制仍需进一步厘清,高铁网络视角下多区域空间演化机制有待构建。同时,由于影响机制的复杂性和数据的可得性,直接并有针对性的定量分析较为缺乏。基于此,在已有研究基础上,本文可能在以下方面做出贡献:①基于新经济地理学理论模型,从高铁降低贸易成本的视角,系统阐述了高铁影响人力资本跨区迁移进而影响区域创新空间结构的作用机理。与已有相关文献相比,本文清晰地区分和界定了知识溢出和要素迁移两条高铁影响区域创新的作用路径,并验证了人力资本迁移是高铁影响区域创新空间演化的重要微观机制之一。②构建的三

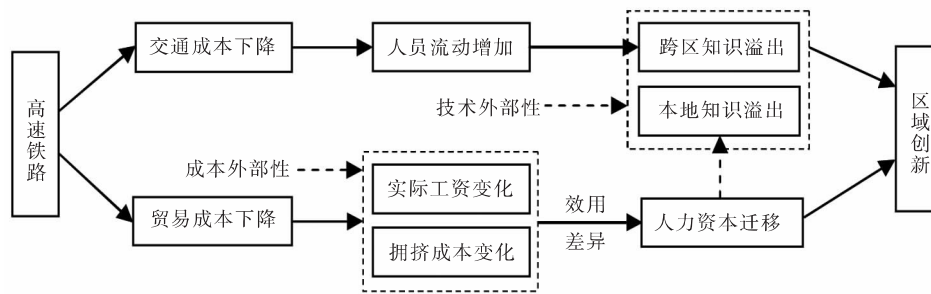


图1 高铁影响区域创新的作用机理

部门三区域新经济地理学模型包括2个高铁沿线城市和1个非高铁城市,这样的模型设定更加符合高铁网络建设的现实,可以分析高铁城市之间、高铁城市与非高铁城市之间的协同演化过程;并且,相比于传统的两区域新经济地理学模型,三区域模型的设计更能够清晰阐述高铁网络对区域创新的异质性影响。<sup>③</sup>实证方面,区别于已有研究采用重力模型对人口跨区流量进行估计,本文将人力资本迁移作为中介变量,直接使用人力资本迁移大数据对高铁影响区域创新的作用机制进行检验,并对人力资本迁移的中介效应进行估计,分析结果更为准确。此外,本文通过检验高铁网络对不同地区、不同规模城市的异质性影响,以及人口地域文化多样性对区域创新的影响,从人力资本跨区迁移的视角验证和回应了高铁对创新要素可能存在的“虹吸效应”。

余下部分结构安排为:第二部分介绍中国高铁建设与区域创新空间演进的特征事实;第三部分构建新经济地理学模型,分析了高铁影响区域创新空间结构的作用机理;第四部分对计量模型和数据介绍;第五部分报告主要的计量结果;第六部分为结论和建议。

## 二、中国高铁建设与区域创新空间演化的特征事实

截至2016年底,中国“四横四纵”的高铁架构初步建成,高铁的时空压缩效应凸显。本文根据中国铁路线路和运行速度测算,中国285个地级及以上城市两两之间的平均铁路客运旅行时间由2008年的约14个小时压缩到2017年的8.50个小时。本文根据大数据测算发现,城市两两之间最短铁路客运旅行时间与城市间人口迁移数量呈显著负相关关系,表明高铁通过压缩时间距离促进了跨区域人口迁移(见图2)。从迁移总量看,相比非高铁城市,高铁城市拥有更多的人力资本迁入数量。在迁入高铁城市的人口中,大专及以上学历人口占比为41.23%,高于非高铁城市4个百分点。分城市规模和等级看,在迁入三线、四线和五线城市的人口中,拥有高铁站点的城市其平均大专以上学历人口迁入数量比没有高铁站点的同级别城市分别多出4.86万人、2.37万人和1.09万人,表明高铁开通促进了这些地区的人力资本迁入;并且城市等级越高,高铁对人力资本迁入的影响程度越大。同时,高铁的时空压缩效应在空间上也呈现较大的非均衡性,使得高铁对人力资本迁移的影响存在显著的区域差异。中国东部地区的高铁线路密度和开行车次频率均明显大于中西部地区,由此导致迁入东部地区高铁城市的大专以上学历人口数量分别是迁入西部地区、中部地区和东北地区的1.78倍、2.54倍和2.57倍。

从创新水平的空间分布特征看,以区域创新指数度量的区域创新产出集中分布于中国东部地区,这在空间上与高铁网络呈现一致性<sup>①</sup>。2008年以来,随着高铁网络的持续推进,东部地区创新产出的份额也在持续增加。截至2016年底,东部地区创新产出的份额达到了72.31%,而中部、西部和

<sup>①</sup> 人口迁移和创新指数空间分布参见《中国工业经济》网站(<http://ciejournal.ajcass.org>)附件。

东北地区的创新份额则依次减小到 11.71%、10.97%和 5.01%，表明区域创新差距仍在扩大。从创新的城市分布看，创新产出主要集中在交通条件较为发达的大城市，并与城市规模等级呈现显著的正相关。对照高铁线路空间分布看，这些城市集中分布于“四横四纵”高铁沿线通道上，并且大多为人口迁入较多的城市。城市人口迁入数量和地区创新指数之间呈正相关关系，说明人口迁入对城市创新具有显著促进作用(见图 3)。

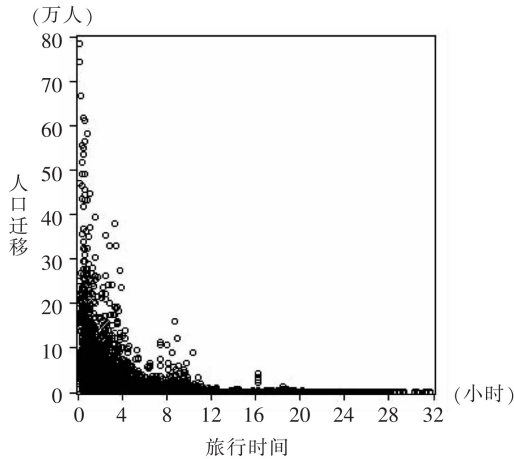


图 2 人口迁移数量与最短旅行时间的关系

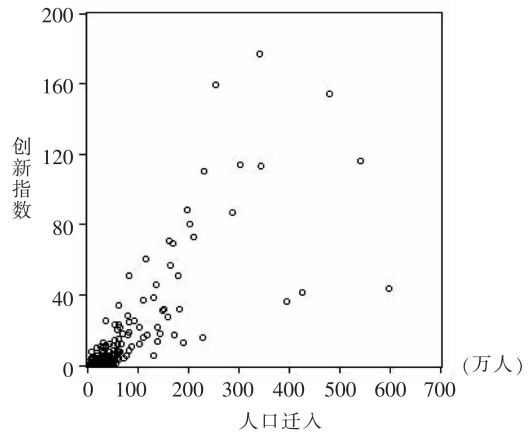


图 3 城市创新与人口迁入数量的关系

在高铁快速发展背景下，高铁城市与非高铁城市间的创新差距不断增大。2008—2016 年，开通高铁的地级及以上城市数量由 8 个上升至 180 个。将所有样本城市分为高铁城市和非高铁城市两个组别，图 4 显示了 2001—2016 年间两组样本创新指数均值之差随时间的变动趋势。可以看出，无论是全国层面还是分区域层面，高铁城市和非高铁城市之间的创新指数均值均存在显著差异。从地区差异看，东部地区高铁城市和非高铁城市之间的创新指数差距最大，并高于全国的平均创新差距；其次是西部地区和东北地区，而中部地区高铁城市和非高铁城市之间的创新差距最小。从时间趋势看，以 2008 年高铁开始大范围建设为分界，高铁城市与非高铁城市之间的创新差距表现出不同的增长趋势，即 2008 年之前，两组样本的创新差距随时间变化不大；而在 2008 年之后，两组样本城市的创新差距呈现非常明显的扩大趋势，这在一定程度上反映出高铁建设加速了创新产出的空间分异。

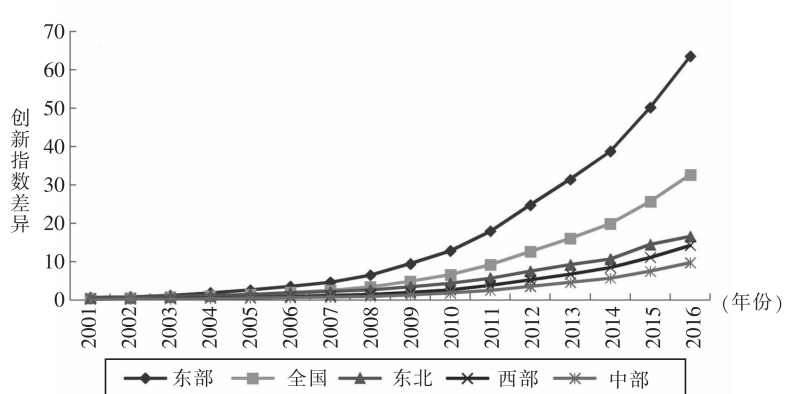


图 4 全国和分地区高铁城市与非高铁城市创新差异变动趋势

从地区差异看，东部地区高铁城市和非高铁城市之间的创新指数差距最大，并高于全国的平均创新差距；其次是西部地区和东北地区，而中部地区高铁城市和非高铁城市之间的创新差距最小。从时间趋势看，以 2008 年高铁开始大范围建设为分界，高铁城市与非高铁城市之间的创新差距表现出不同的增长趋势，即 2008 年之前，两组样本的创新差距随时间变化不大；而在 2008 年之后，两组样本城市的创新差距呈现非常明显的扩大趋势，这在一定程度上反映出高铁建设加速了创新产出的空间分异。

### 三、高铁开通影响区域创新空间结构的作用机理

新经济地理学理论表明，地区间工资和要素价格差异受到贸易成本影响；贸易成本下降将引发

经济要素区域转移从而带来区域空间结构的收敛或发散(Fujita et al., 2001)。因此, 高铁对区域创新空间结构的影响主要来自高铁对创新要素的空间优化配置。为突出高铁建设的网络化特征, 并刻画不同城市纳入高铁网络的时序差异对区域创新空间结构的影响, 本文基于新经济地理学框架, 通过纳入“高铁建设”因素和知识生产部门, 构建了一个三区域三部门的新经济地理学模型, 来研究高铁网络建设对区域创新空间结构演化的作用机理。本文将高铁城市和非高铁城市纳入同一城市体系进行分析, 更能准确揭示高铁背景下城市体系创新结构的演化过程; 而以往研究对于高铁城市之间、高铁城市和非高铁城市之间的分析往往是分开进行的。并且, 相比于传统的两区域模型, 三区域模型的设计更能分析高铁影响的异质性。

### 1. 基本假设

考察由三区域( $i=1, 2, 3$ )组成的封闭经济体系。经济体中存在三个部门: 传统农业部门( $A$ )、现代制造业部门( $M$ )和知识生产部门( $K$ )。而劳动力(消费者)消费三种产品: 农产品、制造业产品和住房产品。其中, 农业部门仅使用普通劳动力( $L$ )生产同质化产品, 知识部门则利用研发人员生产差异化知识。知识部门的下游为现代制造业部门, 其使用规模报酬递增的技术、普通劳动力和差异化知识生产差异化产品。创建一个新的企业需要一种新知识投入, 新知识本身的异质性直接导致制造业产品的差异化。新制造业企业通过新知识研发不断地被创造出来。区际产品贸易符合“冰山运输成本”假设。在未开通高铁状态下, 三区域间商品贸易自由度为  $\phi$ 。住房供给遵循 Helpman (1998) 模型设定, 住房供给量设为外生给定的  $\bar{H}$ , 且住房产品完全同质。研发人员可跨区域自由流动, 而普通劳动力则无法跨区流动, 但可以在农业部门和制造业部门间自由流动; 研发人员在三个区域分布如下: 区域 1 的研发人员假定为  $\lambda$ , 区域 2 为  $1-\lambda$ , 区域 3 为  $\bar{\lambda}$ , 普通劳动力均匀分布于三个区域, 每个区域普通劳动力供给量均设定为  $\rho$ 。

### 2. 基本模型

(1) 消费者。假设三区域内所有消费者具有相同的效用函数, 且代表性消费者效用函数形式为 Pflüger and Südekum (2008) 的拟线性形式:

$$U = \alpha \ln C_X + \beta \ln C_H + C_A \quad (1)$$

其中,  $C_X$  是差异化制造业产品消费,  $C_H$  表示地区住房、公共服务等“舒适物”供给量,  $C_A$  表示农产品消费,  $\alpha, \beta$  分别表示排除农产品消费后, 两类消费品相对支出份额,  $\alpha > 0, \beta \geq 0$ 。  $C_X$  由常替代弹性效用函数 (Constant Elasticity of Substitution, CES) 定义:

$$C_X = \left( \int_{i=0}^n m(i) \frac{\sigma-1}{\sigma} di \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (2)$$

其中,  $m(i)$  表示每一种可得差异化制造业产品种类的消费;  $n$  为生产的差异化制造业产品种类范围, 也被称作可得产品种类的“数量”; 参数  $\sigma$  表示任意两种产品之间消费替代弹性, 反映消费者对产品多样化的偏好程度, 且  $\sigma > 1$ 。代表性消费者最大化其效用函数, 并服从预算约束条件:

$$P C_X + p_H C_H + C_A = w \quad (3)$$

其中,  $w$  表示居民收入水平,  $p_H$  表示地区房价,  $P$  表示制造业产品价格指数, 即:

$$P_i = [n_i p_{ii}(c_i)^{1-\sigma} + n_j p_{ji}(c_j)^{1-\sigma}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (4)$$

(2) 生产者。农产品在完全竞争条件下生产, 且单位产品需要 1 单位普通劳动力投入。设定农产品为标准计价物, 则三城市普通劳动力工资均为 1。知识部门生产方面, 根据内生增长理论, 研发人

员的生产力随着知识资本的积累而增长。设定区域 1 和 2 的知识总量为  $K$ , 区域 3 的知识总量为  $\bar{K}$ , 每位研发人员拥有的特定知识量为  $l(j)$ , 不失一般性, 假设  $l(j)=M=1$ , 即每位研发人员均具备 1 单位的知识量。由此, 可得各区域拥有的知识总量分别为:

$$K_1 = \left[ \int_0^\lambda l(j)^\eta dj \right]^{\frac{1}{\eta}} = \lambda^{\frac{1}{\eta}} \quad (5)$$

$$K_2 = \left[ \int_0^{1-\lambda} l(j)^\eta dj \right]^{\frac{1}{\eta}} = (1-\lambda)^{\frac{1}{\eta}} \quad (6)$$

$$K_3 = \left[ \int_0^{\bar{\lambda}} l(j)^\eta dj \right]^{\frac{1}{\eta}} = \bar{\lambda}^{\frac{1}{\eta}} \quad (7)$$

其中,  $\eta$  是研发人员创新时的互补参数, 反映了研发要素的多样化程度,  $0 < \eta < 1$ 。  $\eta$  的值越小, 研发人员的差异性对区域知识总量的贡献越大, 越能够产生新的知识。根据已有研究, 文化多样性能增加迁入地人力资本的差异化程度, 从而创造更多的知识总量。假定创建一个新的制造业企业需要一种新的专利, 新企业通过知识的研发不断地被创造出来, 即任一时点, 制造部门的企业数目、制造品种类数和知识数量三者是一致的。企业购买专利知识的费用转化为其固定成本, 这也成为报酬递增的来源。一旦企业购买了专利, 就在该种制造品的生产上享有永久垄断权。这样, 制造业部门就具有 Dixit and Stiglitz (1977) 所提出的水平差异化特征。假设  $i$  区域制造业企业生产 1 单位制造业产品  $X_i(x_i)$ , 需要 1 单位专利知识投入和  $\beta X_i(x_i)$  单位的普通劳动力投入, 其中购买专利知识的成本为  $R_i$ , 那么该企业的总成本方程为:

$$TC_i(x_i) = R_i + W_i \beta X_i(x_i) \quad (8)$$

制造业产品是区际可贸易性产品, 贸易满足“冰山运输成本”条件, “冰山运输成本”为  $\tau$  意味着 1 单位可贸易差异性产品出口到另一地区, 仅有  $1/\tau$  单位到达。市场出清条件意味着某种制造业产品供给量  $X_i$  与三个区域对该制造业产品总需求量相等, 得到区域 1 代表性厂商的利润函数为:

$$\Pi_{i,1} = (p_{i,1} - c)(\rho + \lambda)x_{i,1} + (p_{i,2} - c)(\rho + 1 - \lambda)\tau x_{i,2} - R_1 \quad (9)$$

同时, 垄断竞争的企业根据溢价规则进行定价, 自产自销和自产他销制造业产品定价分别为:

$$\bar{p} \equiv p_{ss}(x) = w_{il} \frac{c\sigma}{\sigma-1} = \frac{c\sigma}{\sigma-1} \quad (10)$$

$$p_{sr}(x) = \tau_{sr} \frac{c\sigma}{\sigma-1} = \tau_{sr} \bar{p} \quad (11)$$

本文将“高铁开通”视为有效降低区际贸易成本和提升交易效率的手段。高铁不仅通过释放普铁和公路运能从而降低货物运输成本(孙浦阳等, 2019), 并且通过促进信息交流、降低企业风险、提高管理效率及提高市场准入等降低贸易成本(龙玉等, 2017; Bernard et al., 2019; 唐宜红等, 2019), 此设定具有合理性。在未开通高铁状态下, 三区域间商品贸易自由度为  $\phi$ <sup>①</sup>, 假设在某个时点, 三区域中 1 和 2 两区域率先开通高铁, 则 1、2 两区域间的贸易自由度将提升为  $\phi + \Delta\phi$ ,  $\Delta\phi$  为高铁对区际贸易自由度提升的贡献, 其中,  $0 < \phi < 1$ ,  $0 < \phi + \Delta\phi < 1$ , 根据市场出清条件及制造业产品定价方程, 可得三区域价格指数分别为:

①  $\phi = \tau^{1-\sigma}$ , 其中  $\phi$  为贸易自由度,  $\tau$  为“冰山运输成本”,  $\sigma$  为任意产品间的替代弹性。当“冰山运输成本”无穷大时,  $\phi = 0$  表示无贸易发生; 当“冰山运输成本”等于 1, 即不存在成本时, 表示完全的自由贸易。

$$P_1 = \bar{p} [\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (12)$$

$$P_2 = \bar{p} [(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (13)$$

$$P_3 = \bar{p} [\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (14)$$

由于知识生产部门中所有专利知识收益均用于支付研发人员工资,对于给定研发人员、普通劳动力在三区域空间分布条件下,由以上条件可得各区域研发人员的工资水平:

$$R_1 = \frac{\alpha}{\sigma} \left[ \frac{\frac{\rho + \lambda}{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} + \frac{(\phi + \Delta\phi)(\rho + 1 - \lambda)}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}}{\phi(\rho + \bar{\lambda})} + \frac{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}}{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] \quad (15)$$

$$R_2 = \frac{\alpha}{\sigma} \left[ \frac{\frac{(\phi + \Delta\phi)(\rho + \lambda)}{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} + \frac{\rho + 1 - \lambda}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}}{\phi(\rho + \bar{\lambda})} + \frac{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}}{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] \quad (16)$$

$$R_3 = \frac{\alpha}{\sigma} \left[ \frac{\frac{\phi(\rho + \lambda)}{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} + \frac{\phi(\rho + 1 - \lambda)}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}}{\rho + \bar{\lambda}} + \frac{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}}{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] \quad (17)$$

(3)研发人员流动的长期均衡条件。从长期看,由于仅研发人员可跨区流动,而跨区流动决策取决于任意两区域研发人员间接效用区际差异  $V_s - V_r$ 。其中,  $V_s - V_r = (w_s - w_r) - \alpha \ln(P_s/P_r) - \beta \ln(P_{Hs}/P_{Hr})$ , 即效用差异受研发人员工资水平、地区价格指数和房价水平差异三重影响。如果求解出的研发人员效用不满足空间均衡条件 ( $V_s - V_r = 0$ ), 则根据如下原则调整研发人员在各地区之间的分布: 效用较低地区的研发人员会向效用较高的区域流动, 这样会形成一个新的研发人员空间分布均衡, 此时重复这一过程, 直至最终达到空间均衡。本文基本假设已经给定了研发人员初始空间分布, 即城市 1 的研发人员假定为  $\lambda$ , 城市 2 为  $1-\lambda$ , 城市 3 为  $\bar{\lambda}$ , 且每个区域普通劳动力供给量均设定为  $\rho$ , 据此可得到三区域间的效用差异:

$$V_1 - V_2 = \frac{\alpha(1-\phi-\Delta\phi)}{\sigma} \left[ \frac{\rho + \lambda}{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} - \frac{\rho + 1 - \lambda}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] - \frac{\alpha}{1-\sigma} \ln \left[ \frac{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] - \beta \ln \left[ \frac{\rho + \lambda}{\rho + 1 - \lambda} \right] \quad (18)$$

$$V_1 - V_3 = \frac{\alpha}{\sigma} \left[ \frac{\frac{(1-\phi)(\rho + \lambda)}{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}} + \frac{\Delta\phi(\rho + 1 - \lambda)}{(\phi + \Delta\phi)\lambda^{1/\eta} + (1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}}{(1-\phi)(\rho + \bar{\lambda})} + \frac{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}}{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] - \frac{\alpha}{1-\sigma} \ln \left[ \frac{\lambda^{1/\eta} + (\phi + \Delta\phi)(1-\lambda)^{1/\eta} + \phi\bar{\lambda}^{1/\eta}}{\phi\lambda^{1/\eta} + \phi(1-\lambda)^{1/\eta} + \bar{\lambda}^{1/\eta}} \right] - \beta \ln \left[ \frac{\rho + \lambda}{\rho + \bar{\lambda}} \right] \quad (19)$$

(4)高铁开通条件下区域创新空间结构的仿真模拟。在新经济地理学中,几乎所有的模型均存

在两种临界状态的贸易自由度,一个是开始打破对称均衡的贸易自由度,即“突破点”;另一个是开始出现并能够维持“中心—外围”均衡时的贸易自由度,即“维持点”。在长期均衡变化中,需要在确定初始分布条件下考察 $\partial(V_s-V_r)/\partial\lambda$ 的性状。就区域1和区域2而言,当 $\partial(V_1-V_2)/\partial\lambda < 0$ 时,初始创新空间结构是稳定均衡;而当 $\partial(V_1-V_2)/\partial\lambda > 0$ 时,对称均衡是非稳定的。由 $\partial(V_1-V_2)/\partial\lambda = 0$ 可以得出初始均衡被打破的贸易自由度( $\hat{\phi}$ )值。同样,可以得到区域1和区域3初始均衡被打破的贸易自由度 $\tilde{\phi}$ 。由于假定三区域在贸易自由度为 $\phi$ 的条件下,生产要素空间分布处于均衡状态,因此, $\phi$ 恒小于初始要素分布下的 $\tilde{\phi}$ 。为方便模型模拟,假定在动态演化过程中,区域3与其他地区间的贸易自由度 $\phi$ 恒小于 $\tilde{\phi}$ 。在此条件下,通过 Mathematica 软件绘制区域1和区域2间贸易自由度与两地研发人员间关系的“战斧图”。在图5中,“突破点”和“分散点”分别为 $\hat{\phi}$ 和 $\bar{\phi}$ (参数选值为 $\alpha=0.6, \beta=0.5, \sigma=2, \rho=0.4, \eta=0.4, \lambda=0.5, \phi=0.5$ )。同时,通过比较 $V_1$ 和 $V_3$ 的大小判断未开通高铁区域3的研发劳动力迁移动机及创新差异演变趋势。当 $\phi + \Delta\phi < \hat{\phi}$ 时,分散均衡为稳定均衡,即无论开通高铁与否,经济系统三区域间贸易成本均过大,研发人员初始分布始终处于均衡状态,三区域间的创新差异将长期稳定在一定水平。当 $\bar{\phi} > \phi + \Delta\phi > \hat{\phi}$ 时,区域1和区域2之间交易成本大幅降低,两地人力资本开始重新配置,人力资本的空间集聚均衡为稳定均衡,区域1与区域2创新差异开始逐渐增大。当 $\phi + \Delta\phi > \bar{\phi}$ 时,即当高铁促使区域1和区域2间贸易成本进一步下降时,价格指数效应和住房成本效应又将驱使区域1和2人力资本重新趋向分散布局,两区域的创新差异又趋向减小。由此,本文提出:

命题1:在中等贸易成本条件下,高铁开通将引发高铁城市之间的人力资本迁移,从而拉大高铁城市之间的创新差距。

在图5中,最右侧虚线表示 $V_1=V_3$ ,虚线两侧区域则表示在区域1和区域2处于均衡状态下区域1和区域3之间的效用差异,该虚线右侧表示 $V_1 > V_3$ ;该曲线的左侧表示 $V_1 < V_3$ 。在区域1和区域3间贸易自由度为 $\phi$ 的条件下,高铁开通后使区域1和区域2之间的贸易自由度要高于 $\phi$ ,导致区域1和区域2人力资本迁移的长期均衡曲线均落在 $V_1 > V_3$ 的区间范围内,即相对于未开通高铁的城市而言,高铁的开通将提升高铁沿线城市人力资本的效用水平,进而造成高铁城市与非高铁城市研发人员效用差,从而产生非高铁城市人力资本向高铁沿线城市的迁移倾向,人力资本迁移带来创新的空间分异,拉大高铁城市与非高铁城市之间的创新差距。由此,本文提出:

命题2:当高铁开通使得贸易成本下降到某一程度,非高铁城市的人力资本将向高铁城市迁移,从而加大高铁城市与非高铁城市间的创新差距。

以上分析表明,原有的区域创新系统均衡状态将在高铁的冲击下调整而达到新的均衡,但是对于高铁网络下的个体城市而言,集聚还是扩散则取决于初始条件和高铁冲击强度。图5中,区域1和区域2的初始规模以及贸易自由度变化程度决定了两个城市的均衡走向。当高铁对 $\phi$ 的改善较小(如初始分布在A点),

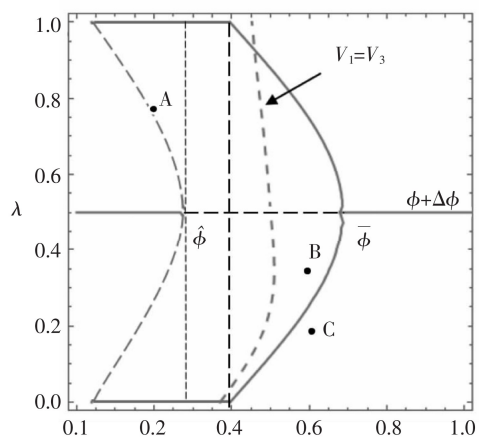


图5 均衡状态的研发人员空间分布



则区域 1 和区域 2 之间既有可能发生集聚,也有可能向分散的趋势演化;当贸易自由度提升较高,如初始分布在 B 点,此时空间集聚变为稳定的均衡,创新要素继续集聚将会拉大高铁城市之间的创新差距;但如果区域 1 和区域 2 之间人力资本的初始分布状态在 C 点(与 B 点  $\phi$  相同),则份额较大地区的人力资本将发生转出和外迁,区域创新呈现空间扩散的变化趋势。因此,区域 1 和区域 2 初始的人力资本分布  $\lambda$  会影响区域创新的空间演化方向。

同时,图 6 还给出了区域 3 人力资本规模  $\lambda$  和贸易自由度  $\phi$  在不同情况下经济系统的均衡状态。图 6(a)中,提高区域 3 的人力资本规模,区域 1 和区域 2 之间的均衡状态将在贸易自由度较低的情况下发生集聚,并且在贸易自由度较高的情况下保持分散状态;反之,如果区域 3 相比于区域 1 和区域 2 的人力资本规模相对较小,那么,区域 1 和区域 2 在较高的贸易自由度下仍然保持集聚状态。结果说明,对于邻近大城市的中小城市之间开通高铁,在中等贸易成本的情况下,两个城市间发生集聚的倾向较低,同时也不会吸引大城市的人力资本向本地区集聚,因为无论是集聚均衡还是分散均衡,两个中小城市的真实效用均难以超越大城市。而对于被高铁连接起来的大城市而言,中等贸易成本的情况下会带来人力资本的空间集聚,同时能够吸引周边中小城市的人力资本向本地区迁移,进一步拉大高铁城市与非高铁城市间的创新差距。同样,对于贸易自由度  $\phi$ ,不同的初始状态和变化程度决定了均衡状态的区间。图 6(b)中,降低初始的贸易自由度  $\phi$ ,可以发现,在高铁开通带来相同贸易自由度改善的情况下,区域 1 和区域 2 更容易发生集聚;如果初始的贸易自由度较高,在高铁开通带来相同贸易自由度改善的情况下,区域 1 和区域 2 则更容易向扩散的趋势演变。结果说明,在贸易自由度较低的地区,高铁开通更容易促进高铁城市间的集聚,从而扩大人力资本份额和创新差距;对于贸易自由度较高的地区,高铁开通则更容易促进人力资本扩散,从而缩小区域创新差距。不同的贸易自由度反映了不同地区在区位条件等方面的差异。由此,本文提出:

命题 3: 高铁开通通过人力资本迁移影响区域创新空间演化的方向和程度还取决于城市的初始规模和区位特征,表现为高铁开通影响的异质性。

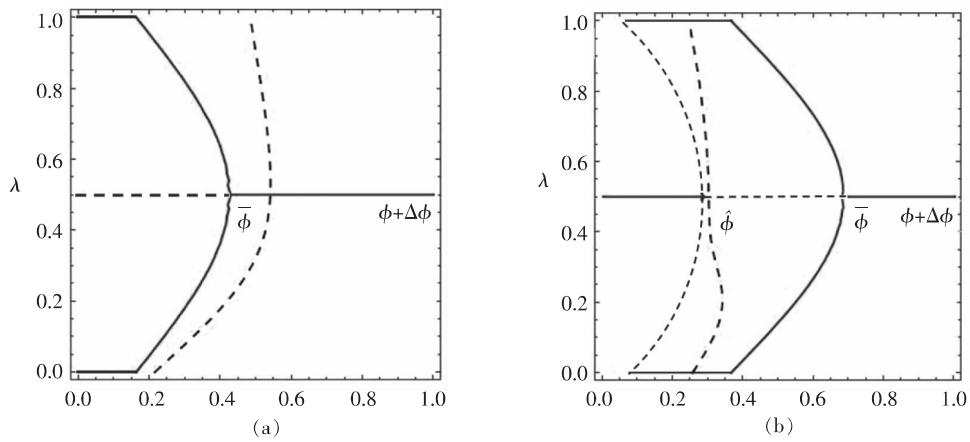


图 6 不同  $\lambda$  和  $\phi$  下均衡状态的研发人员空间分布

#### 四、计量模型与数据说明

##### 1. 计量模型构建

由于各级政府在规划高铁线路和站点选址过程中往往具有一定的目的性,如受到地方经济社会特征的影响,因此,高铁开通并不是一个纯粹的外生政策冲击。本文在使用倍差法估计高铁开通

对人口迁移和区域创新的影响时,除了对样本本身进行处理,如剔除直辖市、省会城市和副省级城市,还需要使用工具变量方法解决内生性问题。由于每个城市开通高铁的时间存在差异,参考已有研究,设定双向固定效应模型如下:

$$INV_{it} = \alpha_0 + \beta_0 HSR_{it} + \theta_0 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (20)$$

其中,被解释变量  $INV_{it}$  为城市  $i$  在时期  $t$  的创新产出水平; $HSR_{it}$  表示高铁开通虚拟变量,即高铁开通当年及开通之后的年份取值为 1,高铁开通之前取值为 0。 $X_{it}$  是可能影响城市创新产出的其他控制变量。 $\mu_i$  和  $\lambda_t$  表示城市固定效应和时间固定效应, $\varepsilon_{it}$  是随机误差。

如理论模型所述,高铁开通后,高铁城市捕获人力资本迁移的数量显著增加。为了验证这一作用机制,本文借鉴 Baron and Kenny(1986)的模型设定,对人力资本迁移作为高铁开通影响区域创新的中介变量进行验证。按照检验步骤,在方程(20)的基础上,将人力资本迁移数量作为被解释变量,考察高铁对人力资本迁移数量的影响;然后,将创新表示为高铁开通所带来的人力资本迁移数量增长的函数。方程设定如下:

$$Migrant_{it} = \alpha_1 + \beta_1 HSR_{it} + \theta_1 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (21)$$

$$INV_{it} = \alpha_2 + \beta_2 HSR_{it} + \gamma Migrant_{it} + \theta_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

其中,变量  $Migrant_{it}$  为城市人力资本迁移总量。对方程(20)——(22)进行估计可计算出人力资本迁入作为中介变量其中介效应占总效应的比重。具体可以计算中介效应量  $P_M$  和  $R_M$ ,其中, $P_M$  为中介效应占总效应比,计算方法为  $P_M = \beta_1 \gamma / \beta_0$ ;  $R_M$  为中介效应与直接效应比,计算方法为  $R_M = \beta_1 \gamma / \beta_2$ 。根据理论模型,迁移人口的差异化会促进创新产出。城市文化研究证据也表明更具文化多样性的城市往往拥有更高的创新水平(Niebuhr, 2010)。移民带来的文化多样性的增长被视为创新的重要因素(Lee, 2014; 张萃, 2019)。因此,地域文化多样性可能对城市创新存在正效应。为了验证这一作用机制,本文在方程(21)的基础上加入迁入人口来源地域的文化多样性指标,如方程(23)所示:

$$INV_{it} = \alpha_0 + \beta_1 HSR_{it} + \beta_2 MIG_{it} + \beta_3 DIV_{it} + \gamma MIG_{it} \times DIV_{it} + \theta X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

其中, $DIV_{it}$  为地域文化多样化指数,交互项  $MIG_{it} \times DIV_{it}$  的系数为正表明迁入人口的地域文化差异越大,人口迁移数量的提升对当地创新产出的带动效应越大。

## 2. 指标选取与数据说明

(1)被解释变量:区域创新产出。专利数据是目前国内外相关研究广泛使用的衡量指标(刘志东和高洪玮, 2019)。但是,使用发明专利数据衡量一个区域创新水平的做法仍然存在诸多缺陷,如专利数量无法反映其真正的社会经济价值,这也使得不同行业的专利数据不具有水平方向上的可比性。本文使用《中国城市和产业创新力报告》测算的 2001—2016 年中国 338 个城市的创新指数作为城市创新水平的测度指标,具体方法参见寇宗来和刘学悦(2017)。该指数通过专利更新模型估算了专利价值并加总到城市层面,得到城市创新指数,有效解决了专利质量异质性问题。

(2)高铁开通。截至 2016 年底,全国 297 个地级及以上城市观测样本中,共有 180 个城市新开通了高铁,以此作为本文处理组选择的范围,剩余 117 个非高铁城市则作为对照组。由于高铁投入运行的影响效果往往具有一定的时滞性,特别是对于创新活动而言更是如此。因此,本文对各个城市高铁开通的具体时间进行调整。如果城市所在高铁线路的开通运营时间在 6 月之前,那么高铁虚拟变量在当年取值为 1;如果线路开通运营时间在 7 月到 12 月之间,那么高铁虚拟变量则在高铁开通的下一年取值为 1,在当年取值为 0。考虑到高铁通过影响人口迁移促进城市创新的时滞性,再将高铁开通做滞后一期处理。最后,由于数据可得性问题,最终纳入分析的地级及以上城市为 285

个,其中,开通高铁的城市为 154 个,即处理组城市 154 个,对照组城市 131 个。

(3)城市间人力资本迁移。由于数据统计困难,跨城市的人口迁移数据较难获得。已有研究一般使用两种方式对城市间人口流量数据进行量化:一是采用重力模型对人口流量进行估计,二是使用调查方法获得城市间人口迁移的样本数据(马超等,2018)。但是,受地理根植性因素的影响,模型估计的人口流动数据与真实数据存在较大差异(赵梓渝等,2019)。大数据技术的发展使得对人口迁移行为的直接观测成为可能。本文使用“百度迁徙”大数据获取城市间的真实人口流动数据。在智能设备普及的大背景下,“百度迁徙”大数据具有广泛的代表性,能够全面反映中国人口流动和迁移的实际状况,并得到了广泛应用。参考已有研究,本文将具有大学专科及以上学历(包括大专、本科和研究生)迁移群体作为人力资本迁移的度量。

本文主要选取每年春节前后两个时间段的的城市间人力资本流动数据进行分析,以此作为城市间人力资本迁移的度量,基于以下两点原因:①如前文所述,不同的人口流动形式对区域创新的作用机制存在显著差异。高铁在促进人口流动性增强的同时也降低了城市间的贸易成本,这使得人力资本呈现跨区迁移,本文选择人口迁移作为检验高铁影响区域创新的中介变量。②城市间的人口流动特征在不同时间存在明显差异,为捕获人口迁移提供了可能。城市间日常人口流动主要包括以通勤、公务和商务出行及旅游探亲等为目的,在不受外生冲击的情况下相对较为稳定;而以变换长期就业地为目的的人口就业迁移则具有显著的时间特征,一般表现为春节前后的大规模迁移。在春节前返乡过年而在春节后回到迁入城市工作和生活具有地域普遍性,可以作为人口迁移现象的替代指标(徐腾和姚洋,2018)。尽管就业迁移也存在于日常的人口流动中,但往往能在春节前后的迁移人口中加以捕获。

根据数据可获得性,本文使用中国 285 个地级及以上城市样本人口迁移网络数据,即每个城市都有向其他 284 个城市的人口迁移数据。具体而言,考虑  $i \rightarrow j$  城市对,个体在春节前从  $i$  迁移到  $j$ ,代表返乡过年,此时  $i$  是迁入城市,而  $j$  是迁出城市;而春节后从  $j$  移动到  $i$ ,则代表返城工作生活,计入  $j$  市向  $i$  市的迁出人口。为加强数据的稳定性,参考徐腾和姚洋(2018),取返乡和回城两个观测点的平均值作为  $j$  向  $i$  的人口迁入数量。对单个城市的全部迁入和迁出人口数据进行加总,可以得到城市总迁入人口数量和总迁出人口数量,计算方法如下:

$$Migrant_{j \rightarrow i} = \frac{1}{2} (Pop\_flow_{i \rightarrow j}|_{\text{春节前}} + Pop\_flow_{j \rightarrow i}|_{\text{春节后}}) \quad (24)$$

$$MGR_i = \sum_{j=1}^n Migrant_{j \rightarrow i} \quad (25)$$

其中,  $Pop\_flow$  为春节前后的人口迁移数量,  $MGR$  是城市人口迁入总量。在考察人口迁移总量对区域创新产出影响的基础上,使用迁移人口来源城市多元性来表征迁入人口的文化多样性。参考已有研究,使用改进的赫芬达尔指数来测度迁入人口的地域文化多样性。计算公式为:

$$DIV_{it} = 1 - \sum_{j=1}^n S_{ijt}^2 \quad (26)$$

其中,  $DIV_{it}$  表示  $i$  城市  $t$  年份的地域文化多样性指数;  $S_{ijt}$  表示在  $t$  年份城市来自  $j$  城市的迁移人口数量占  $i$  城市总迁入人口的比重;其中,当考虑城市间地域文化差异时  $n=284$ (考虑到数据可得性,未包括中国香港、澳门和台湾地区)。

(4)控制变量。本文还控制了其他一些可能影响区域创新产出的变量。参考已有研究,选择地区财政科技支出 ( $SCIEXP$ )、在校大学生数 ( $STU$ )、人均地区生产总值 ( $PGDP$ )、第三产业所占比重

(*SER*)和城市当年实际利用外资数(*FDI*)作为控制变量。数据来自历年《中国城市统计年鉴》和《中国区域经济统计年鉴》。

## 五、计量结果分析

### 1. 基准回归结果

这里使用2014—2016年的人口迁移大数据,从人力资本迁移的视角对高铁影响区域创新的机制进行检验。样本方面,高铁主要是连接直辖市、省会和副省级城市等区域性中心城市,沿途中小城市的经济规模并不是决定高铁是否从该地级市经过的直接原因,因此,剔除掉大城市的样本也更能缓解内生性的问题(张克中和陶东杰,2016)。在所观察的285个地级及以上城市中,有90个城市在2014年之前就已经开通了高铁,并且包含了绝大多数的一、二线城市,因此,本文首先从样本中剔除掉这90个城市。在剩下的195个城市中,三线至五线城市数量分别为49个、62个、73个,此外还有11个二线城市。2014—2016年,分别有27个、37个、18个城市相继开通了高铁,且绝大多数为三线及以下城市,这有利于从空间和时间两个维度来观测高铁开通的实际影响。这里计量分析的思路是:剔除2014年之前和2016年当年开通高铁的城市,并将高铁开通时间再向后滞后1期,以体现高铁对人口迁移和城市创新产出影响的时滞,即2014年开通高铁的城市,高铁虚拟变量(*HSR*)在2014年当年取值为0,在2015年和2016年取值为1。同样,2015年开通高铁的城市在2015年取值为0,在2016年取值为1,这样得到的处理组样本城市为64个,对照组城市113个。

依次对方程(20)—(22)进行回归,表1给出了高铁影响人力资本迁移和区域创新的基准回归结果。在模型(1)中,以城市创新指数为被解释变量的回归结果显示,在控制了其他的影响因素后,高铁开通的影响系数在1%水平上显著为正。结果表明,相比没有高铁的城市,高铁开通显著提高了高铁沿线城市的创新水平。模型(2)中,以大专及以上学历人口迁移数量作为被解释变量,高铁对人力资本迁移数量的影响系数均在1%水平上显著为正。结果表明,相比没有开通高铁的城市,高铁开通显著促进了高铁城市的人力资本迁入。为进一步揭示高铁影响区域创新的作用机制,模型(3)在基础模型上加入人力资本迁移变量。结果显示,人力资本迁移数量的回归系数在1%水平上显著为正,说明高铁建设通过促进人力资本迁移从而提高了高铁城市的创新水平,即人力资本迁移是高铁影响区域创新空间结构演变的重要机制。根据中介效应的检验步骤,通过模型(1)—(3)的回归结果计算中介效应量 $P_M$ 和 $R_M$ ,结果显示,高铁通过促进大专及以上学历人力资本迁移从而提高区域创新水平的中介效应占总效应的比重为58.02%,是高铁影响区域创新直接效应的1.40倍。

表1 基准回归结果

被解释变量	创新指数	大专及以上学历人员	创新指数
	(1)OLS	(2)OLS	(3)OLS
<i>HSR</i>	1.2582*** (0.2926)	2.0393*** (0.5792)	0.5228** (0.2069)
大专及以上学历人员			0.3576*** (0.0196)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.4109	0.6089	0.7115
样本数	168	161	161

注:括号内数字为标准误,\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平下显著。以下各表同。

## 2. 使用工具变量的估计结果

为降低双向因果关系和遗漏变量所导致的内生性估计偏误,本文采用工具变量法做进一步检验。工具变量的选择方面,本文利用“最小生成树”和1961年是否有火车站两个虚拟变量作为开通高铁的工具变量。本文借鉴Faber(2014)关于高速公路工具变量的构建方法,通过地理信息数据计算“最小生成树”,以城市是否位于“最小生成树”上作为高铁的工具变量。主要原因在于:①在排除规划者对地区经济特征的考虑后,地理开发成本是决定高铁线路走向的重要依据且绝对外生,因此,基于地理信息计算的“最小生成树”可以直接影响城市是否开通高铁,但不受政府决策动机的影响;②高铁规划主要是为了“连接省会城市和其他50万以上大中城市,实现相邻大中城市间1—4小时交通圈”,因而与高速公路网络相似,都具有政策上的“靶点城市”,即行政中心和人口密集城市。因此,综合地理开发成本并考虑规划目标中的节点城市,所构建的“最小生成树”网络与高铁网络具有较强的相似性,从而依据地理信息构建工具变量能够有效减少内生性。同时,参考Duranton and Turner(2012)和Baum-Snow et al.(2017)将历史铁路线路作为评估高速公路等交通基础设施效应时设置工具变量的方式,选择将1961年城市是否有火车站作为工具变量,即某个城市在1961年之前有火车站则为1,反正则为0。由于历史上修建普通铁路和修建高铁一样,需要考虑地理、国防政治等因素,因而与高铁站点选址的相关性较高。采用二阶段最小二乘法(2SLS)对模型进行估计,表2给出了使用工具变量的回归结果。

表2 工具变量估计结果

被解释变量	创新指数	大专及以上学历人员	创新指数
	(1)2SLS	(2)2SLS	(3)2SLS
HSR	1.6920*** (0.4140)	3.7143*** (0.8377)	0.3489 (0.3020)
大专及以上学历人员			0.3608*** (0.0203)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.4067	0.5987	0.7109
样本数	162	161	161

在表2中,模型(1)的估计结果显示,高铁对区域创新的影响系数在1%水平上显著为正,表明了基准回归结果的稳健性。模型(2)给出了高铁对大专及以上学历人口迁移数量的回归结果,系数在1%水平上显著为正,说明高铁开通显著促进了大专及以上学历人力资本的迁入数量。模型(3)在模型(1)的基础上加入人力资本迁移变量,人力资本的回归系数显著为正,说明高铁开通通过促进人力资本迁移提高了高铁城市的创新水平。中介效应量 $P_M$ 和 $R_M$ 的计算结果显示,高铁通过促进大专及以上学历人口迁移而提高区域创新水平的中介效应占总效应的比重为79.24%。在使用工具变量的回归中,识别弱工具变量的Cragg-Donald Wald F统计量大于10%水平临界值,说明本文所选取的工具变量有效。过度识别检验Sargan统计量p值大于0.05,不能拒绝所有外生变量与方程中随机误差项不相关的零假设,说明了工具变量的外生性。总体上,使用工具变量方法与基准回归结果一致,表明高铁能够显著提高城市创新水平,而人力资本迁移是高铁开通影响区域创新的重要机制。

## 3. 稳健性检验

为了检验上述结果的稳健性,本文又将其中的本科及以上学历迁移人口和专业技术人员作为

人力资本的度量指标进行回归,回归结果见表3。模型(1)和模型(2)给出使用工具变量下本科及以上学历人口迁移中介效应的回归结果。模型(1)的估计结果显示,高铁开通对本科及以上学历人口就业迁移具有显著的正影响。模型(2)的回归结果则进一步说明了高铁正是通过促进人力资本迁移进而影响区域创新。但是,从回归系数看,高铁对大专以上学历人口迁移的影响要大于对本科以上学历人口迁移的影响,但高铁影响下的本科及以上学历人口迁入对提高城市创新水平的作用则更为明显,这也符合预期,人力资本积累越多其对创新的影响也就越大。高铁通过促进本科及以上学历人口迁移提高区域创新水平的中介效应占总效应的比重为85.86%。模型(3)的估计结果显示,高铁开通对专业技术人员就业迁移具有显著的正向影响。模型(4)中,高铁开通变量和专业技术人员迁移变量对创新指数的回归系数均显著为正,说明专业技术人员表征的人力资本就业迁移是高铁影响区域创新的中介变量。使用高铁变量进行估计的模型中,高铁影响区域创新的过程中专业技术人员就业迁移的中介效应占总效应的比重为69.51%。

表3 稳健性检验

被解释变量	本科及以上学历人员	创新指数	专业技术人员	创新指数
	(1)2SLS	(2)2SLS	(3)2SLS	(4)2SLS
HSR	1.1272*** (0.2285)	0.2342 (0.3151)	3.1699*** (0.8113)	0.5119* (0.2980)
本科及以上学历人员		1.2886*** (0.0784)		
专业技术人员				0.3712*** (0.0207)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.6038	0.6836	0.6139	0.7134
样本数	161	161	161	161

#### 4. 异质性分析

在空间上遵从一般的划分标准,将全国空间划分为东部、中部、西部和东北四个区域。而在对城市类型划分时,本文参考新一线城市研究所发布的《中国城市商业魅力排行榜》,从商业资源集聚度、城市枢纽性、城市活跃度、生活方式多样性和未来可塑性五个维度对城市进行分级,反映城市的综合发展水平和创新潜力。本文对285个地级及以上城市进行分类和整合(合并一线和准一线城市),得出新的一线至五线城市,各等级城市的数目分别为19个、30个、70个、86个、80个。采用不同等级城市虚拟变量与高铁交互项方式对高铁影响区域创新的异质性进行检验,回归结果见表4。模型(1)—(4)给出的回归结果显示,高铁对城市创新产出的影响呈现显著的异质性特征。模型(1)中,交互项的回归系数在1%的水平上显著为正,表明高铁建设对创新产出的促进作用在二线城市更为明显。模型(3)和模型(4)中,交互项的回归系数在1%的水平上显著为负,表明相比于其他等级城市,高铁在四、五线城市促进创新的效应较弱。综合以上结果,高铁网络建设背景下,创新的极化效应仍在增强。

表5汇报了分地区的异质性检验结果。模型(1)—(4)给出了高铁与不同区域城市虚拟变量交互项的回归结果,结果显示高铁对创新产出的影响呈现空间异质性特征。模型(1)中交互项的回归系数在1%的水平上显著为正,表明相比其他区域城市,高铁开通对创新产出的促进作用在东部地

表 4 城市等级异质性回归结果

因变量	创新指数	创新指数	创新指数	创新指数
	(1)2SLS	(2)2SLS	(3)2SLS	(4)2SLS
<i>HSR</i> ×二线	4.7728*** (0.7298)			
<i>HSR</i> ×三线		0.6665 (0.6379)		
<i>HSR</i> ×四线			-2.7428*** (0.5852)	
<i>HSR</i> ×五线				-2.1076*** (0.7026)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
空间固定效应	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.4936	0.4151	0.4467	0.4258
样本数	162	162	162	162

区城市表现得更为明显。模型(2)中,交互项的回归系数在1%的水平上显著为负,表明相比于其他区域城市,高铁开通对中部地区城市创新的促进效应较弱。模型(3)和模型(4)中,高铁对西部地区的影响为正,而对东北地区的影响为负,表明高铁开通对西部地区城市的创新促进效应相对较强,而对东北地区创新促进效应较弱,但是交互项的回归系数并不显著。综合以上回归结果,说明在高铁网络建设的背景下,创新产出向东部地区的极化效应仍在增强,东中西跨区域之间并没有呈现出明显的创新扩散效应。综合城市等级异质性的回归结果可以得出,高铁开通对东部地区城市和一、二线城市的创新促进效应更强,从而在一定程度上拉大了区域之间的创新差距。

表 5 空间异质性回归结果

被解释变量	创新指数	创新指数	创新指数	创新指数
	(1)2SLS	(2)2SLS	(3)2SLS	(4)2SLS
<i>HSR</i> ×东部	1.3399** (0.6025)			
<i>HSR</i> ×中部		-2.9101*** (0.5973)		
<i>HSR</i> ×西部			0.1346 (0.6320)	
<i>HSR</i> ×东北				-2.1546 (2.0304)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
空间固定效应	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.4268	0.4452	0.4079	0.4080
样本数	162	162	162	162

### 5. 地域文化多样性对创新的影响

以上分析了人力资本迁移在高铁影响区域创新中的中介效应,但是不同地区的文化多样性也可能对此过程产生影响。因此,人口迁移的地理范围、分布状况也是影响区域创新的重要因素。本文将人力资本来源地域的文化多样性作为影响人力资本迁移中介效应的调节变量,并识别其中介调

节效应。在表6中,模型(1)一(3)汇报了使用工具变量的估计结果。结果表明,高铁建设引致的人力资本迁入是高铁影响区域创新水平的中介变量。模型(4)中交互项( $MGR \times DIV$ )的回归系数显著为正,则说明城市层面的地域文化多样性对人力资本迁移促进城市创新也起到了显著的中介调节作用。回归结果进一步证实了高铁背景下迁移人口文化多样性对区域创新水平具有重要影响,即迁移人口的文化多样性越高,其促进创新的效果越明显。

表6 文化多样性影响的估计结果

因变量	创新指数	$MGR$	创新指数	创新指数
	(1)2SLS	(2)2SLS	(3)2SLS	(4)2SLS
$HSR$	1.6920*** (0.4140)	7.8214*** (2.2116)	0.6428** (0.2967)	0.8678*** (0.2798)
$MGR$			0.1342*** (0.0075)	-0.2720*** (0.0704)
$DIV$				-8.0362 (6.0099)
$MGR \times DIV$				0.4343*** (0.0753)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
$R^2$	0.4067	0.5942	0.7136	0.7403
样本数	162	162	162	162

## 六、结论与启示

### 1. 研究结论

中国大规模的高铁网络建设为观测和描述交通基础设施与区域空间结构的关系提供了前所未有的叙事背景。如何通过高铁等交通基础设施建设促进创新要素流动、优化创新资源空间配置从而提高区域创新水平是本文的核心命题。为力求结论科学合理,本文不仅从人力资本跨区迁移的视角详细阐述了高铁开通对区域创新空间结构演进的作用机理,并且采用“百度迁徙”大数据对高铁开通与人力资本迁移和区域创新的关系进行实证检验。主要结论如下:①基于新经济地理学框架的理论研究表明,高铁开通可以通过降低地区之间的贸易成本从而引发人力资本的跨区迁移,通过改变和优化人力资本的空间分布进而重塑区域创新空间结构;②实证结果表明,高铁开通显著提升了沿线城市的创新水平,人力资本迁移是高铁开通影响区域创新空间结构演变的重要机制,使用工具变量、变换人力资本的衡量指标均得到一致结论,说明结果稳健;③高铁对区域创新的影响具有显著的异质性特征,表现为高铁开通对东部地区城市和一、二线大城市的创新促进效应更强,可能进一步拉大区域创新差距;④高铁开通背景下,迁入人口的地域文化多样性对区域创新具有显著的正向调节效应。总体上,高铁开通改变了人力资本的空间分布格局,进而重塑了中国区域创新的空间结构。

### 2. 政策启示

(1)完善高铁线路空间布局,充分发挥高铁对人力资本及创新要素的空间配置效应。目前东部地区的高铁线路和运行车次密度均明显大于中西部地区,使得基于高铁的城市间人口流动和迁移



也呈现非平衡的空间分布格局。因此,在完善东部高铁网络的基础上,要加快中西部重点地区城市群、都市圈的高铁线路建设。除积极配合国家大空间尺度高铁干线建设外,特别要强化城市群和都市圈内部城际铁路、市郊铁路建设,围绕“十四五”规划和交通强国战略,加快城市群和都市圈轨道交通网络化,引领中西部地区融入国家高铁网络,增强中西部地区创新增长极的辐射带动作用。强化南北协调与东西互动,吸引高质量人才向中西部优势地区集聚,服务西部大开发新格局和国家新发展格局。同时,充分发挥市场机制对创新资源配置的基础性作用,促进创新要素自由流动,实现科研力量优化配置和资源共享。

(2)强化高铁沿线城市间的分工合作与协同联动,实施差异化的区域创新发展策略。高铁网络下优化创新资源配置要重视创新活动的内在组织规律,因地制宜优化学科和研发空间布局,以避免创新资源空间错配。对于具有较强创新能力的大型城市,要充分利用高铁对高技术人才和创新资本的集聚作用,集中创新资源强化基础研究和原始创新,布局区域性综合性科学中心和区域性创新高地,使其成为创新的动力源和溢出源;对于创新能力较弱、创新环境有待提高的沿线中小城市,应重点考虑如何借助高铁增强与中心城市联动发展,在技术转化和产业化方面集聚创新资源,形成区域创新空间梯度。发挥地区比较优势,吸引非高铁城市创新要素向本地集聚,尽量避免盲目的创新投入导致研发资源错配。积极利用高铁为沿线地区带来的产业转移机遇,促进城市旅游、会展和咨询等服务业发展,创造更多就业机会,吸引要素集聚。

(3)科学评估高铁建设的空间重构效应,优化区域创新资源和产业空间布局。伴随跨区域大型交通基础设施建设,人口和经济要素流动面临诸多不确定性。在创新驱动加速、市场机制更加有效、微观主体活力增强的背景下,高铁网络对跨区域要素流动、创新要素迁移的影响愈加明显。正如本文结论所示,在中心城市获得更多收益的同时,边缘城市也面临进一步空间极化的风险。沿线中小城市要结合城市自身发展特征和基础条件谨慎评估高铁的短期和长期空间效应,因地制宜利用高铁带来的积极影响。根据城市所在城市体系中的区位条件、网络特征、规模位序和比较优势,积极参与区域分工,与城市群和大都市圈融合发展,形成区域专业型节点,减少高铁对区域发展所引发的各种不确定性,促进大中小城市协调发展。

(4)提升对接高铁的城市服务质量,加快营造多样化、包容性的城市创新环境。由于前期规划影响,很多城市的高铁站点远离城市中心,由此导致内外交通转换不畅,极大制约了高铁正向效应的发挥。因此,在强调融入全国高铁网络的同时,要更加重视与跨区域高铁连接和转换的城市内部交通质量,强化内外交通的互联互通。加强城市重点交通枢纽和城市功能的有机结合,实施高铁站场及毗邻地区土地综合利用,降低高铁与城市交通换乘的时间和空间成本,加速创新要素集聚与扩散。从高铁加速人力资本迁移的角度看,具有人才吸引力的高铁沿线城市将获得更大发展机会。因此,要在高铁网络下提升对接高铁的城市公共服务质量和可及性,在此基础上着力打造多样化、包容性的城市生活环境,以更宜居、宜业的地方品质和发展环境吸引多样化高技术人才向本地转移,促进本地知识溢出,提高城市创新活力。

本文从较为宏观的层面考察高铁开通对沿线城市创新水平的影响,并探讨了人力资本迁移作为高铁影响区域创新的作用机制,但仅仅从一个侧面反映了高铁重塑区域创新空间结构的微观机理,未来可以将知识溢出和创新要素迁移两种机制放在统一的框架下进行系统分析。本文在数理模型的设定上还存在一些局限性,有待于进一步放松假设以完善三区域三部门分析框架。此外,受数据获取的限制,本文对高铁的人口迁移效应的考察时间还较短,并不能很好反映高铁影响人口迁移进而影响区域创新的长期趋势,有必要进行更为长期的追踪研究。

## [参考文献]

- [1]卞元超,吴利华,白俊红. 高铁开通是否促进了区域创新[J]. 金融研究, 2019,(6):132-149.
- [2]董艳梅,朱英明. 高铁建设能否重塑中国的经济空间布局——基于就业工资和经济增长的区域异质性视角[J]. 中国工业经济, 2016,(10):92-108.
- [3]郭进,白俊红. 高速铁路建设如何带动企业的创新发展——基于 Face-to-Face 理论的实证检验[J]. 经济理论与经济管理, 2019,(5):60-74.
- [4]吉赞,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.
- [5]寇宗来,刘学悦. 中国城市和产业创新力报告 2017[R]. 复旦大学产业发展研究中心工作论文, 2017.
- [6]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.
- [7]刘志东,高洪玮. 中国制造业出口对美国企业创新的影响[J]. 中国工业经济, 2019,(8):174-192.
- [8]马超,曲兆鹏,宋泽. 城乡医保统筹背景下流动人口医疗保健的机会不平等——事前补偿原则与事后补偿原则的悖论[J]. 中国工业经济, 2018,(2):100-117.
- [9]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.
- [10]饶贵,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.
- [11]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, 2019,54(3):135-149.
- [12]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.
- [13]徐腾,姚洋. 城际人口迁移与房价变动——基于人口普查与百度迁徙数据的实证研究[J]. 江西财经大学学报, 2018,(1):11-19.
- [14]杨金玉,罗勇根. 高铁开通的人力资本配置效应——基于专利发明人流动的视角[J]. 经济科学, 2019,(6):92-103.
- [15]张萃. 外来人力资本、文化多样性与中国城市创新[J]. 世界经济, 2019,(11):172-192.
- [16]张克中,陶东杰. 交通基础设施的经济分布效应——来自高铁开通的证据[J]. 经济学动态, 2016,(6):62-73.
- [17]赵梓渝,魏治,杨冉,王士君,朱宇. 中国人口省际流动重力模型的参数标定与误差估算[J]. 地理学报, 2019,(2):203-221.
- [18]Baron, R. M., and D. A. Kenny. The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Stastical Consideration [J]. Journal of Personality & Social Psychology, 1986, 51:1173-1182.
- [19]Baum-Snow, N., L. Brandt, J. V. Henderson, M. A. Turner, and Q. Zhang. Roads, Railroads, and Decentralization of Chinese Cities [J]. Review of Economics and Statistics, 2017,99(3):435-448.
- [20]Bernard, A. B., A. Moxnes, and Y. Saito. Production Networks, Geography and Firm Performance [J]. Journal of Political Economy, 2019,127(2):639-688.
- [21]Bosetti, V., C. Cattaneo, and E. Verdolini. Migration of Skilled Workers and Innovation: A European Perspective[J]. Journal of International Economics, 2015,96(2):311-322.
- [22]Dixit, A. K., and J. E. Stiglitz. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity [J]. American Economic Review, 1977,67(3):297-308.
- [23]Donaldson, D., and R. Hornbeck. Railroads and American Economic Growth: A 'Market Access' Approach[J]. Quarterly Journal of Economics, 2016,131(2):799-858.
- [24]Duranton, G., and M. A. Turner. Urban Growth and Transportation [J]. Review of Economic Studies, 2012,79(4):1407-1440.
- [25]Faber, B. Trade Integration, Market Size, and Industrialization: Evidence from China's National Trunk Highway System[J]. Review of Economic Studies, 2014,81(3):1046-1070.

- [26]Fassio, C., F. Montobbio, and A. Venturini. Skilled Migration and Innovation in European Industries [J]. *Research Policy*, 2019,48(3):706–718.
- [27]Fujita, M., P. Krugman, and A. Venables. *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*[M]. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2001.
- [28]Helpman, E. The Size of Regions. In: Pines. D., E. Sadka, and I. Zilcha, Eds. *Topics in Public Economics* [M]. London: Cambridge University Press, 1998.
- [29]Lee, N. Migrant and Ethnic Diversity, Cities and Innovation: Firm Effects or City Effects [J]. *Journal of Economic Geography*, 2014,15(4):769–796.
- [30]Niebuhr, A. Migration and Innovation: Does Cultural Diversity Matter for Regional R&D Activity [J]. *Papers in Regional Science*, 2010,89(3):563–585.
- [31]Pflüger, M., and J. Südekum. Integration, Agglomeration and Welfare [J]. *Journal of Urban Economics*, 2008, 63(2):544–566.

## High-speed Rail Construction, Human Capital Migration and Regional Innovation

WANG Chun-yang<sup>1</sup>, LAN Zong-min<sup>2</sup>, ZHANG Chao<sup>3</sup>, HOU Xin-shuo<sup>4</sup>

- (1. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400075, China;  
2. Department of Macroeconomic Research DRCSC, Beijing 100010, China;  
3. School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China;  
4. Business School, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** From the perspective of cross-regional migration of human capital, this paper studies the impact and mechanism of China's high-speed rail network construction on regional innovation spatial structure. Theoretical research shows that the construction of high-speed rail leads to the cross-regional migration of human capital by reducing the trade cost between regions, and then reshapes the spatial structure of regional innovation. The empirical results show that the opening of high-speed rail has significantly improved the level of urban innovation, and human capital migration is an important mechanism for high-speed rail affecting the evolution of regional innovation spatial structure. The same conclusion is reached by using instrumental variables and changing the measurement indicators of human capital. The opening of high-speed rail has a stronger promoted effect on the innovation of eastern cities and the first and second tier cities, thus widening the regional innovation gap, and further analysis shows that the cultural diversity of the immigrants has a significant positive regulatory effect on regional innovation. On the whole, the rise of high-speed rail network has changed the spatial distribution pattern of human capital, thus reshaping the spatial structure of regional innovation in China. This paper provides empirical evidence and policy implications for making full use of high-speed rail to optimize the spatial allocation of innovation resources and improve the efficiency of regional innovation.

**Key Words:** high-speed railway; population migration; regional innovation; cultural diversity; big data

**JEL Classification:** R11 R23 R40

[责任编辑:李鹏]