

国家社会科学基金资助期刊

中国统计学会 国家统计局统计科学研究所 主办

A Journal of the National Statistical Society of China  
and Research Institute of Statistical Sciences of  
National Bureau of Statistics of China

# 统计研究

STATISTICAL RESEARCH



11 . 2021 第38卷  
总第362期



## 第二届数据科学与现代经济统计论坛 成功召开

10月24日,由暨南大学承办的“第二届数据科学与现代经济统计论坛”成功召开。本届论坛采用线上线下相结合的形式,线下主会场设在暨南大学,《统计研究》编辑部和其他发起高校,以及参会代表以线上分会场的形式召开。来自国家统计局以及清华大学、中国人民大学、厦门大学、暨南大学等近20所高校的统计专家学者参加会议,并围绕数字经济核算、大数据应用、数据科学研究新方向等问题进行研讨。



《统计研究》编辑部会场

论坛开幕式由暨南大学研究生院副院长、经济学院统计学系教授陈光慧主持,国家统计局总统计师、中国统计学会常务副会长曾玉平、暨南大学副校长王兵、暨南大学经济学院院长冯帅章分别致辞。

曾玉平在致辞中介绍了政府统计在数字经济核算方面的最新进展以及在大数据国际合作的最新成果。曾玉平强调,数据科学与现代经济统计有机融合对提升政府统计能力、提高统计数据质量具有重要作用,统计学者要聚焦世界统计学科和数据科学发展前沿,研究新问题,破解新矛盾,为推进我国经济高质量发展和统计现代化改革贡献智慧。他希望论坛要打造成为统计学领域的交流与合作新平台,持续研究大数据等现代信息技术对经济社会的影响,不断推动数据科学与现代经济统计的融合发展。



曾玉平总统计师致辞

ISSN 1002-4565



国内统一刊号 CN11-1302/C

国内邮发代号 82-14

定 价 35.00元





# 统计研究

STATISTICAL RESEARCH

第 38 卷第 11 期

(总第 362 期)

2021 年 11 月 25 日出版

## 目 录

- 中国时间序列投入产出表的编制:1981—2018 ..... 张红霞等(3)
- 派生产业核算的理论机理与方法逻辑 ..... 蒋 萍等(24)
- 家庭人口结构变动对居民消费的影响研究  
——基于微观家庭面板数据的分析 ..... 盛来运等(35)
- 我国人力资本变迁 70 年:人口转型与教育提升的双重视角 ..... 张 琼 张钟文(47)
- 国际生产网络视角下的增加值贸易结构分析与主导因素识别  
——以中美双边贸易为例 ..... 张同斌 周宗莉(60)
- 政府动机、企业预期与地价扭曲 ..... 卢建新 罗百棠(73)
- 市场竞争与银行流动性创造  
——基于分支机构的银行竞争指标构建 ..... 宋 科等(87)
- 我国地区间资本要素市场分割状况:测算与分析 ..... 吕冰洋等(101)
- 地理约束、合作与劳动力知识分配空间偏好 ..... 李建成等(115)
- 大数据背景下网络调查样本的随机森林倾向得分模型推断研究 ..... 刘 展等(130)
- 具有组群异方差结构的面板数据模型及其应用研究 ..... 任燕燕等(141)
- 测量误差模型稳健方法及应用研究 ..... 金 蛟等(150)



# 地理约束、合作与劳动力知识 分配空间偏好<sup>\*</sup>

李建成 陈建隆 邓敏

**内容提要:**经济高质量发展阶段,知识资源的空间再分配有着重要的现实意义。然而,在当前地理条件的约束下,对运输成本的改善将如何影响不同区位间技能劳动力跨空间知识合作行为,以及其不同区位合作对象间进行知识分配的空间偏好及其倾向与策略变化,却鲜有研究。为此,本文首先构建了一个纳入不同地理约束条件、运输成本变化以及基于异质性劳动力知识合作的区位选择模型;其中,城市间交通网络设施的改善降低了技能劳动力面对面交流的时间成本,提高了知识合作的匹配质量,从而促进了更远距离的知识合作及其绩效,同时伴随着知识配置从区域内部向外部的转变。另外,一个城市知识资源配置的空间偏好会随着该城市所可达交流市场量的增加而先递减再递增,并呈现知识资源集中分配趋势。进一步,本文利用2006-2015年的我国论文合作数据,基于多期双重差分法,估计了由高铁线路连通带来的劳动力运输成本的降低对知识资源空间配置行为的影响。本文的实证结果与理论模型相一致。

**关键词:**地理约束;交通;知识合作;空间配置偏好

DOI:10.19343/j.cnki.11-1302/c.2021.11.009

中图分类号:C812

文献标识码:A

文章编号:1002-4565(2021)11-0115-15

## Geographical Constraints, Collaboration and Spatial Preference of Labor Knowledge Allocation

Li Jiancheng Chen Jianlong Deng Min

**Abstract:** Although the spatial reallocation of knowledge resources is crucial for high-quality economic development, the related studies are limited. This paper attempts to bridge the gap by answering the questions: How does the reduction of transportation costs, subject to geographical constraints, affect knowledge collaboration between skilled labors of different locations, and how does it alter the spatial preferences, tendencies, and strategies for knowledge allocation among collaboration partners in different locations? To this end, we first construct a location selection model that incorporates different geographical constraints, changes in transportation costs, and knowledge collaborations among heterogeneous labor. The model shows that the improvement of inter-city transportation networks reduces the time cost of face-to-face communication between skilled labor, and increases the matching quality of knowledge collaborations, which in turn promotes the formation and performance of distant collaborations. Consequently, knowledge resources of a region shift from the inside to the outside of the region. In addition, when the markets accessible to a city increase, the city's spatial preference for knowledge allocation will decrease first and then increase, making the distribution of its

<sup>\*</sup> 基金项目:国家自然科学基金面上项目“外来人口给城市带来了什么?基于异质性劳动力区位选择效应视角的研究”(71874214);广东省哲学社会科学规划项目“适应创新驱动战略的分税制优化研究——央地关系与企业创新”(GD18CJLJ01);广州市哲学社科规划2019年度课题“粤港澳大湾区创新驱动战略的保障机制研究——地市税收留成与制造业创新”(2019GZYB05)。

# 地理约束、合作与劳动力知识 分配空间偏好<sup>\*</sup>

李建成 陈建隆 邓 敏

**内容提要:** 经济高质量发展阶段, 知识资源的空间再分配有着重要的现实意义。然而, 在当前地理条件的约束下, 对运输成本的改善将如何影响不同区位间技能劳动力跨空间知识合作行为, 以及其在不同区位合作对象间进行知识分配的空间偏好及其倾向与策略变化, 却鲜有研究。为此, 本文首先构建了一个纳入不同地理约束条件、运输成本变化以及基于异质性劳动力知识合作的区位选择模型; 其中, 城市间交通网络设施的改善降低了技能劳动力面对面交流的时间成本, 提高了知识合作的匹配质量, 从而促进了更远距离的知识合作及其绩效, 同时伴随着知识配置从区域内部向外部的转变。另外, 一个城市知识资源配置的空间偏好会随着该城市所可达交流市场量的增加而先递减再递增, 并呈现知识资源集中分配趋势。进一步, 本文利用 2006-2015 年的我国论文合作数据, 基于多期双重差分法, 估计了由高铁线路连通带来的劳动力运输成本的降低对知识资源空间配置行为的影响。本文的实证结果与理论模型相一致。

**关键词:** 地理约束; 交通; 知识合作; 空间配置偏好

**DOI:** 10. 19343/j.cnki.11-1302/c.2021.11.009

**中图分类号:** C812

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-4565(2021)11-0115-15

## Geographical Constraints , Collaboration and Spatial Preference of Labor Knowledge Allocation

Li Jiancheng Chen Jianlong Deng Min

**Abstract:** Although the spatial reallocation of knowledge resources is crucial for high-quality economic development , the related studies are limited. This paper attempts to bridge the gap by answering the questions: How does the reduction of transportation costs , subject to geographical constraints , affect knowledge collaboration between skilled labors of different locations , and how does it alter the spatial preferences , tendencies , and strategies for knowledge allocation among collaboration partners in different locations? To this end , we first construct a location selection model that incorporates different geographical constraints , changes in transportation costs , and knowledge collaborations among heterogeneous labor. The model shows that the improvement of inter-city transportation networks reduces the time cost of face-to-face communication between skilled labor , and increases the matching quality of knowledge collaborations , which in turn promotes the formation and performance of distant collaborations. Consequently , knowledge resources of a region shift from the inside to the outside of the region. In addition , when the markets accessible to a city increase , the city ' s spatial preference for knowledge allocation will decrease first and then increase , making the distribution of its

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家自然科学基金面上项目“外来人口给城市带来了什么? 基于异质性劳动力区位选择效应视角的研究”(71874214); 广东省哲学社会科学规划项目“适应创新驱动战略的分税制优化研究——央地关系与企业创新”(GD18CLJ01); 广州市哲学社科规划 2019 年度课题“粤港澳大湾区创新驱动战略的保障机制研究——地市税收留存与制造业创新”(2019GZYYB05)。

knowledge resources more centralized. Finally, we use China's co-publication data from 2006 to 2015 to estimate the effect of high-speed rail connection between cities on the spatial allocation of knowledge resources via the multi-period DID method, and the empirical results verify our model.

**Key words:** Geographical Constraints; Transportation; Knowledge Collaboration; Preference for Spatial Allocation

## 一、引言

知识资源作为一种促进技术创新和经济增长的无形要素,富有程度和外部性效益直接影响着一国经济发展质量与发展的可持续性(Romer,1986; Lucas,1988)。依靠劳动力和物质资本等有形生产要素促进知识等无形资本增长的过程也更加重要。然而,现代经济增长理论对知识创新与溢出的研究是基于社会整体的加总层面,人文地理学和演化经济地理学的研究则偏向于对知识流动现象的统计描述和非经济学解释(Broekel 和 Boschma,2012),传统空间经济学则将知识溢出视为一种技术外部性,缺乏可将其内生化的微观机制(Krugman,1991)。现有文献对知识溢出的发生机制,尤其是跨空间知识配置行为的微观基础理论研究较为缺乏,更加缺少与理论相一致的经验证据,将其过程视为“黑匣子”。知识溢出如何发生?如果区域间存在交流成本,异质性空间又扮演了怎样的角色?这些问题尚未有清晰的回答。本文构建了一个异质性劳动力知识空间配置行为的理论模型,尝试对知识资源的空间配置进行解释,并给出了高铁视角下相应的经验证据。

本文认为,知识资源空间配置过程是异质性劳动力通过寻找知识交换对象与寻求合作关系,对不同区位合作对象进行选择和匹配,自主寻求知识交换与合作、及其合作再创新的过程。在合作过程中寻求知识的积累、进步和劳动生产效率的提升(Kuznets,1962; Glaeser,1999),最终达到均衡的配置效率状态。其中,劳动力的异质性是基于知识类型的水平差异<sup>①</sup>,而非传统理论所强调的高、低技能差异,劳动力所处区位的地区文化、分工专业性等差异也会造成劳动力的异质性。因此,本文所探究的异质性劳动力区位选择是劳动力对他者所在区位的选择,不同于传统研究所强调的劳动力对自身移民区位和就业区位的选择。此外,本文强调劳动力知识交换与合作行为的自发性和自主性动机,不考虑知识资源的被动配置过程,我国政府在政策上采取了一定的平衡知识资源分配的措施,如20世纪50年代的高校搬迁运动等,不在本文的讨论范围之内。但行政手段主导的知识配置行为显然是不可持续的(夏怡然和陆铭,2018)。

另一方面,相比于显性知识的溢出与扩散,缄默知识的传播更为重要,知识溢出的地方性局限就是缄默知识的交换受到限制。合作不仅能使得显性知识在一定程度上突破地方性障碍,更为重要的是促使缄默知识被共享。交通基础设施网络拉近城市间距离,通过降低异质性劳动力流动时间成本、提升面对面交流便利性,促进城市间异质性劳动力合作,改善合作对象搜寻匹配的质量,从而提高知识资源的空间配置效率,对知识资本在区域间配置起到总量影响。高校和企业的学者与其他技能劳动力通过在城市和区域间更加快速地搜寻合作伙伴,通过交换知识与合作生产,达到提高生产效率、主动配置知识资源的目的,而高铁对这一过程无疑具有关键影响。

理论上,本文构建了一个基于交通基础设施改善的外生冲击和知识匹配与合作目的的异质性劳动力区位选择模型。劳动力的研究能力与匹配的质量是相辅的,高研究水平的劳动力更倾向于在更宽泛的空间尺度寻找优质、与自己匹配的合作伙伴进行合作,而研究水平较低的劳动力则更倾

<sup>①</sup> 与此相对应的是知识垂直差异(vertical aspects of knowledge),见Jovanovic 和 Rob(1989)。



向于本地合作。交通改善降低异质性劳动力面对面交流的成本,一方面,提高了外部合作和本地合作的效率;另一方面,对于较高水平的劳动力,区域内部或本地的合作将失去吸引力,促使向外搜寻匹配以替代本地合作者。两方面原因共同导致交通改善显著促进外部合作,但是内部合作的影响则不确定,需考虑到地理约束与合作取舍的效益变化之间的权衡。

实证上,高铁组城市的有序扩容为交通基础设施网络改善的多期政策效应评估提供了有效的“准自然实验”环境,为此本文重点刻画了城市间、不同时期的运输成本变化将如何影响不同地理约束下不同城市劳动力跨空间的知识自主配置行为及其空间偏好。本文的经验分析较好地对理论模型进行了验证。

本文的边际贡献重点在于构建了一个纳入交通基础设施改善的异质性劳动力知识资源配置的理论模型,解释了在不同地理条件约束下,速度降低的外生冲击影响劳动力知识分配策略变化的内在机制,目前都鲜有此类的研究。本文不仅对知识资源配置过程的研究具有重要意义,而且是对现有异质性劳动力区位选择理论和交通基础设施的资源配置效应研究的补充和拓展。

## 二、文献综述

现代增长理论认为知识生产要素具有非竞争性、部分排他性和正向外部性(Romer,1986),促进经济增长。空间经济学将这种外部性视为集聚向心力的重要来源。经典文献认为,知识溢出是从溢出主体无意识地扩散到被溢出主体的被接受过程,无报酬且广泛存在于各行业和地区间,城市则在其中扮演重要角色(梁琦,2004)。然而,Fujita(2007)认为知识溢出暗含了太多被动的意思,机制、过程含糊不清。知识外部性是一个未打开的黑匣子(Berliant和Fujita,2008)。沿这一脉络,异质性劳动力区位选择理论将知识资源的配置过程看作异质性劳动力有意识地学习与交流的主动过程,更加强调缄默知识的交换与互动,初步模型化了交换的选择条件、合作对象的特征偏好以及均衡结果(梁琦等,2018)。

Berliant等(2006)构建了基于知识交换模式的搜寻模型,解释了思想交换中因知识水平差异而引致的交换模式,以及与集聚效应的相互促进作用。研究发现,城市规模越大,个体在交换对象的匹配上更具选择性,从而所有个体平均分享到的知识水平将越低,但个体间的匹配率和知识交换量将越高。Berliant和Fujita(2009)基于知识的水平差异,进一步将城市内部的合作互动拓展到了城市之间,且引入了动态过程。通过构造双城模型,解析了两个城市间劳动力的知识类型异质性如何催生知识合作与创新,以及促进共同知识的积累。异质性劳动力跨区域知识合作的可持续性是一个长期过程,关键在于互动过程中双方知识结构差异的演化,且区域间知识合作的效率与成果差异引起了知识分子的区际流动,进一步导致了知识集聚的空间稳态均衡。Berliant和Fujita(2008)将双区位的劳动力知识交换模型拓展到了多维区位,探讨了不同区位劳动力对合作对象所在区位的偏好,及其在不同时间段对不同合作关系、次序的动态选择。根据区域初始禀赋差异,区域间的知识合作生产效率最大化条件也存在差异。

随着纳入交通基础设施的理论框架与实证分析范式的完善,以及交通基础设施建设相关数据可获得性的提高,诞生了大量的优质研究成果(Donaldson,2018;Duranton和Turner,2012)。现有研究或将高铁开通看作一项准自然实验,利用政策效应评估工具分析高铁的资源配置效应。如评估高铁对沿线城市的就业效应(董艳梅和朱英明,2016);对沿线城市要素集聚和集聚经济的影响(李红昌等,2016;Shao等,2017;Xiao等,2017);对沿线城市经济增长、城市群经济和对区域协调的促进作用(刘勇政和李岩,2017;Jia等,2017)等。部分文献撇开政策评估框架,讨论空间溢出效应(张学良和聂清凯,2010),以及对区域经济收敛的影响(Chen和Haynes,2017)。但是,现有对高铁

要素配置作用的研究大多集中于有形的生产要素,尚缺乏对知识这一无形生产要素的关注。

现有研究主要存在两点不足,一是对异质性劳动力知识交换过程及其机制的刻画较为缺乏,亦未能对其理论解释提供充足的经验证据。区域间的知识合作作为一种主动平衡知识资源的方式,具有重要的经济学意义,需要有更多的理论分析和经验研究。二是鲜有文献分析交通基础设施对知识资源配置的影响,仅见Dong等(2018)估计了高铁对一个城市科研人员总体知识合作产量的影响,对不同学科的差异进行了比较,并将其影响机制解释为知识合作二元边际的提高。本文和Dong等(2018)的区别主要如下,首先,理论基础不同,本文立足于异质性劳动力区位选择理论,将知识的空间配置过程视为异质性劳动力交流、合作的过程,并构建了理论模型。其中,高铁对异质性劳动力知识合作的影响机制,是转变异质性劳动力对合作对象所在区位的选择,进而优化匹配质量,以及对知识资源配置不均衡的影响。藉由对上述机制进行检验证明,不仅丰富了异质性劳动力区位选择理论,为异质性劳动力知识合作与对象选择的理论框架提供了客观证据,也论证了高铁的知识资源配置效应。其次,本文测算了高铁网络效应对知识空间配置的影响,给出了工具变量估计。当前文献鲜有讨论此效应,是对交通经济研究的补充。

### 三、理论模型

假设存在南( $S$ )北( $N$ )两个区域。区域 $S$ 有 $J$ 个城市 $s_1, \dots, s_J$ ,区域 $N$ 有 $K$ 个城市 $n_1, \dots, n_K$ 。每个城市分布着一组测度为1的异质性劳动力,劳动力的知识交换和创新能力 $r$ 服从一个定义在 $[r, \bar{r}]$ 上的连续均匀分布,其中 $0 < r < \bar{r}$ 。为简化分析,本文仅讨论知识交换存在于不同区域和城市间的情形(跨空间配置)<sup>①</sup>。每个劳动力可使用的总时间为 $T$ ,可分配于闲暇 $l$ 和合作。由于合作效率依赖于面对面交流,因此所有知识的跨空间配置都面临交通成本。假设区域内部不同城市间的距离为 $d_w/2$ ,区域间不同城市的距离为 $d_b/2$ , $\rho < d_w < d_b$ 。假设交通工具运行的速度为 $v$ ,则交流一次所需时间为 $d_i/v$ , $i \in \{w, b\}$ 。不失一般性,将一个知识合作项目所需花费的研究时间以及面对面交流的次数标准化为1。为简化符号,定义 $t_i := 1 + d_i/v$ , $i \in \{w, b\}$ 。

异质性劳动力在区域内部搜寻、建立的知识交换与合作关系,其匹配质量最高为 $m_w$ ,区域外部合作关系的匹配质量最高为 $m_b$ 。由于和区域内部合作相比,进行外部合作时可供选择的对象范围更广,因此有 $m_b > m_w$ <sup>②</sup>。在所有位于城市 $n_i \in N$ ( $s_i \in S$ ),且交换和创新能力为 $r \in [r, \bar{r}]$ 的劳动力中,有 $1/(K-1)(1/(J-1))$ 占比的劳动力,其最优的区域内部合作对象位于城市 $n_j(s_j)$ , $\forall n_j \in N(s_j \in S)$ 且 $j \neq i$ ;同时有 $1/J(1/K)$ 占比的劳动力,其最优的区域外部合作对象位于城市 $s_k(n_k)$ , $\forall s_k \in S(n_k \in N)$ 。

异质性劳动力欲开展的合作项目个数 $e_i$ , $i \in \{w, b\}$ ,而每一个知识合作项目的成功概率由匹配质量 $m_i$ 和劳动力的交换与创新能力 $r$ 所决定。合作所需付出的努力成本为 $(e_w + e_b)^2/2$ 。异质性劳动力的效用水平是闲暇、成功的知识合作项目个数和努力成本的函数,其面对如下决策:

$$\max_{\{e_w, e_b, l\}} l + rm_w e_w + rm_b e_b - (e_w + e_b)^2/2 \quad \text{s.t.} \quad \begin{cases} t_w e_w + t_b e_b + l = T \\ e_w \geq 0, e_b \geq 0, l \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

根据库恩-塔克条件,式(1)最优解为:

$$(e_w^*, e_b^*) = \begin{cases} (rm_w - t_w, \rho) \\ \forall (e_w, e_b) \in \mathbb{R}_+^2, \text{ s.t. } e_w + e_b = rm_w - t_w, \text{ if } \begin{cases} r(m_b - m_w) < t_b - t_w \\ r(m_b - m_w) = t_b - t_w \\ r(m_b - m_w) > t_b - t_w \end{cases} \\ (0, rm_b - t_b) \end{cases} \quad (2)$$

① 由于交通改善只建设于不同城市之间,因此城市内部的合作方式并不是本文关心的议题。

② 如果 $m_b < m_w$ ,则进行外部合作是没有意义的。



从式(2)看出,当选择与区域外城市进行知识合作的边际效益  $r(m_b - m_w)$  小于所需的时间成本增量  $t_b - t_w$  时,合作将只发生在区域内部的不同城市之间,同时还需要满足  $e_w = rm_w - t_w$ ,即开展知识合作项目的边际成本  $e_w$  等于内部合作的边际收益  $rm_w - t_w$ 。

为了让区域内部和区域外部的知识合作同时存在,假设:

$$\begin{cases} \bar{r}(m_b - m_w) > t_b - t_w \\ \underline{r}(m_b - m_w) < t_b - t_w \end{cases} \quad (3)$$

即假设知识交换与创新能力最低的劳动力只在区域内部选择合作对象,而能力最高的只在区域外部选择合作对象,同时这也意味着在  $\underline{r}$  和  $\bar{r}$  之间必定存在一个  $r_c$  满足  $r_c(m_b - m_w) = t_b - t_w$ 。从而  $r < r_c$  的劳动力将在区域内部搜寻合作对象,  $r > r_c$  的劳动力将在区域外部搜寻合作对象;前者称为地区性劳动力,后者称为全国性劳动力。

由  $\partial r_c / \partial v = -(d_b - d_w) / (m_b - m_w) v^2 < 0$  可知,一次交通提速(如建设直达高铁)将会降低  $r_c$ ,使得全国性劳动力的数量增加,地区性劳动力的数量减少。这意味着交通提速增加了远距离知识合作的相对吸引力,促使部分地区性劳动力转变成全国性劳动力。

以下分析交通提速如何影响区域内外知识合作的绩效。令全国性和地区性劳动力的合作绩效分别为  $q_b$  和  $q_w$ ,总合作绩效为  $Q := q_b + q_w$ 。由于  $e_w^* = rm_w - t_w$ 、 $e_b^* = rm_b - t_b$ ,有:

$$q_w = \int_{\underline{r}}^{r_c} rm_w (rm_w - t_w) \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} dr \quad (4)$$

$$q_b = \int_{r_c}^{\bar{r}} rm_b (rm_b - t_b) \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} dr \quad (5)$$

对式(4)求  $v$  的一阶偏导有:

$$\frac{\partial q_w}{\partial v} = \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} \left[ r_c m_w \frac{\partial r_c}{\partial v} (r_c m_w - t_w) - \frac{m_w}{2} \frac{\partial t_w}{\partial v} (r_c^2 - \underline{r}^2) \right] \quad (6)$$

在式(6)中,由于  $\partial r_c / \partial v < 0$ ,方括号里第一项为负,意味着交通提速将通过减少地区性劳动力的数量来降低区域内部的合作绩效;同时,由于  $\partial t_w / \partial v < 0$ ,第二项为正,意味着交通提速将通过缩短合作所需要的时间来提高区域内部的合作绩效。因此,提升运行速度将会在集约边际上强化、在扩展边际上弱化区域内部不同城市间异质性劳动力的合作绩效。尽管速度  $v$  对区域内部合作绩效的影响在两个边际上正好相反,但是因为  $|\partial r_c / \partial v|$  随着  $d_b - d_w$  的增加而变大;因此,如果不同区域两个城市间的距离相对于同一区域两个城市间的距离足够远,交通改善对区域内合作的负面影响将会超过正面影响。

对式(5)求  $v$  的一阶偏导数有:

$$\frac{\partial q_b}{\partial v} = \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} \left[ -r_c m_b \frac{\partial r_c}{\partial v} (r_c m_b - t_b) - \frac{m_b}{2} \frac{\partial t_b}{\partial v} (\bar{r}^2 - r_c^2) \right] > 0 \quad (7)$$

在式(7)中,方括号里的第一项和第二项均为正,这意味着交通提速在集约边际和扩展边际上均显著提升区域间的知识合作绩效。

进一步,因为  $r_c(m_b - m_w) = t_b - t_w$ ,则有

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial v} &= \frac{\partial q_b}{\partial v} + \frac{\partial q_w}{\partial v} \\ &= \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} \left[ -\frac{\partial r_c}{\partial v} r_c (m_b - m_w) (r_c m_w - t_w) - \frac{m_b}{2} \frac{\partial t_b}{\partial v} (\bar{r}^2 - r_c^2) - \frac{m_w}{2} \frac{\partial t_w}{\partial v} (r_c^2 - \underline{r}^2) \right] > 0 \end{aligned}$$

在模型里,交通提速是外生事件,对应下文的实证分析中,则是城市间是否开通高铁的冲击。

如果两个城市间开通了直达班次,那么这两个城市的劳动力在知识合作的努力程度和对象选择上将受到速度提升的影响。据此,提出如下命题。

命题 1: 高铁开通提升了整体的知识合作绩效。但当不同的连通区域合作间距离差异  $d_b - d_w$  足够大、且超过某一地理阈值时,高铁开通将会降低区域内部的知识合作绩效,同时提高跨区域间的知识合作绩效。

命题 1 表明,运输条件改良提升合作绩效不仅是因为交通网络提高了既有匹配的合作项目数量,还因有助于形成质量更高的匹配关系。而在运输改善之前,更远距离合作的时间成本很高,更多劳动力选择与匹配质量较低的同区域劳动力合作,放弃跨区域合作。而交通基础设施的改善降低了跨区域成本,使得区域内合作的劳动力转而寻找区域外的合作对象。当转换合作对象的劳动力够多时,就会降低区域内的合作绩效。

上文仅假设匹配质量  $m_w$  和  $m_b$  均为常数,但匹配质量受到很多因素的影响。一个值得考虑的因素是城市在高铁网络中的度。在高铁网络中的度越大,表示该城市劳动力合作对象的可选范围、以及城市中心性越强,则该城市劳动力所能获取的信息越多,对其他城市劳动力特性、能力、专业有越好的理解。基于上述理由,假设一个城市劳动力所面对的匹配质量是该城市高铁线路数量的增函数:  $m'_w(\delta) > 0$ ,  $m'_b(\delta) > 0$ ,  $\delta$  是城市在高铁网中的度。高铁线路数量对跨区域匹配质量的提升效应应大于对区域内部匹配质量的提升效应,因为在区域内部,其他工具能较好地替代高铁在面对面交流上的角色。据此,  $m'_b(\delta) > m'_w(\delta)$ 。

以下分析城市开通的高铁线路数量对该城市知识资源配置不均衡程度的影响,用该城市与其他城市合作绩效的标准差来衡量知识资源配置的不均衡程度。不失一般性,考虑一个南方城市  $s_i \in S$ ,它与  $J-1$  个南方城市有区域内合作关系,与  $K$  个北方城市有跨区域合作关系。定义城市  $s_i$  合作绩效标准差:

$$SD_i := \left\{ \frac{1}{(J-1) + K} \left[ \sum_{s_j \in S \setminus \{s_i\}} (q_{s_i s_j} - \bar{q})^2 + \sum_{n_k \in N} (q_{s_i n_k} - \bar{q})^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

其中,  $q_{s_i s_j}$  是城市  $s_i$  和城市  $s_j$  的合作绩效,  $q_{s_i n_k}$  是城市  $s_i$  和城市  $n_k$  的合作绩效,  $\bar{q} = (q_w + q_b) / ((J-1) + K)$  是城市  $s_i$  与所有其他城市合作绩效的均数。

可证明如下命题:

命题 2: 若  $d_b - d_w$  足够大,且  $q_w|_{\delta=1} / (J-1) > q_b|_{\delta=1} / K$ , 则合作绩效的标准差是高铁线路数量的 U 形函数。

分析高铁线路数量对区域内和区域间知识合作绩效的影响。通过式(4)和式(5)有:

$$\frac{\partial q_w}{\partial \delta} = \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} \left[ \int_{\underline{r}}^{\bar{r}} r m'_w (2r m_w - t_w) dr + r_c m_w (r_c m_w - t_w) \frac{\partial r_c}{\partial \delta} \right] \quad (9)$$

$$\frac{\partial q_b}{\partial \delta} = \frac{1}{\bar{r} - \underline{r}} \left[ \int_{\underline{r}}^{\bar{r}} r m'_b (2r m_b - t_b) dr + r_c m_b (t_b - r_c m_b) \frac{\partial r_c}{\partial \delta} \right] \quad (10)$$

由于  $\partial r_c / \partial \delta = -(t_b - t_w)(m'_b - m'_w) / (m_b - m_w)^2 < 0$ , 因此式(9)方括号里的第二项是负的,而式(10)方括号里的第二项是正的。此外,式(9)和式(10)方括号里的第一项都是正的。据此,有  $\partial q_b / \partial \delta > 0$ , 而且因为  $|\partial r_c / \partial \delta|$  是  $d_b - d_w$  的增函数,所以如果  $d_b - d_w$  足够大,则  $\partial q_w / \partial \delta < 0$ 。将式(9)和式(10)相加也可以得出  $\partial(q_w + q_b) / \partial \delta > 0$ 。

在交换和创新能力为  $r$  的劳动力中,有  $1/(J-1)$  占比的劳动力和城市  $s_j$  的劳动力合作 ( $\forall s_j \in S \setminus \{s_i\}$ ), 且有  $1/K$  占比的劳动力和城市  $n_k$  的劳动力合作 ( $\forall n_k \in N$ ), 所以根据式(8)有:



$$SD_i = \left\{ \frac{J-1}{(J-1)+K} \left( \frac{q_w}{J-1} - \bar{q} \right)^2 + \frac{K}{(J-1)+K} \left( \frac{q_b}{K} - \bar{q} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

当  $\delta = 1$  时, 式(11)的第一项是  $\delta$  减函数, 因为  $q_w/(J-1) > \bar{q}$ ,  $\partial q_w/\partial \delta < 0$ , 且  $\text{sign}(\partial \bar{q}/\partial \delta) = \text{sign}(\partial(q_w + q_b)/\partial \delta) > 0$ ; 式(11)的第二项也是  $\delta$  减函数, 因为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \left| \frac{q_b}{K} - \frac{q_w + q_b}{(J-1)+K} \right|}{\partial \delta} &= \frac{\partial \left( \frac{q_w + q_b}{(J-1)+K} - \frac{q_b}{K} \right)}{\partial \delta} \\ &= \frac{1}{(J-1)+K} \frac{\partial q_w}{\partial \delta} + \left( \frac{1}{(J-1)+K} - \frac{1}{K} \right) \frac{\partial q_b}{\partial \delta} < 0 \end{aligned} \quad (12)$$

当  $\delta = 1$  时,  $SD_i$  是  $\delta$  减函数。只要  $q_w/(J-1) > q_b/K$ ,  $SD_i$  均为  $\delta$  减函数。

当  $\delta$  从 1 逐步增加,  $q_w$  随之逐步减少,  $q_b$  随之逐步增加, 因而存在一个  $\delta'$  使得  $q_w|_{\delta'}/(J-1) = q_b|_{\delta'}/K$ , 且对于所有的  $\delta > \delta'$ ,  $q_w/(J-1) < q_b/K$ 。利用与式(12)类似的论证, 可证明对于所有的  $\delta > \delta'$ ,  $SD_i$  是  $\delta$  的增函数。

命题 2 表明, 当速度降低仅发生在一个城市与少数几个外部可交流市场之间, 该城市的多数劳动力都是地区性劳动力, 区域内部合作绩效比跨区域合作绩效高很多。此时, 当交通网络改善, 速度冲击扩大可达市场范围和该城市全国性劳动力规模, 提升了跨区域合作绩效, 降低了区域内部合作绩效, 导致该城市知识资源配置的不均衡程度降低。然而, 当劳动力可交流市场数目和范围超过某个门槛值, 使得跨区域合作绩效高于区域内部合作绩效时, 可交流市场数目和范围进一步增加则会显著提高该城市知识资源在外部市场分配的集中程度。

## 四、计量模型设定与变量测度

### (一) 计量模型设定

双重差分(difference in differences, DID)是评估干预事件处理效应的常用方法, 由于每个城市开通高铁直达线路的时间均不相同, 本文借鉴 Beck 等(2010)、Chen(2016)的研究设计, 设定如下模型:

$$\ln(\text{Paper}_{ijt} + 1) = C + \alpha_D \text{Drail}_{ijt-1} + \mathbf{X}'_{ijt} \beta + G_{ij} + T_t + \varepsilon_{ijt} \quad (13)$$

其中,  $\text{Paper}_{ijt}$  代表城市  $i$  和城市  $j$  的劳动力在  $t$  期的知识交换总量, 用两个城市每年的论文合作发表量来衡量。  $\text{Drail}_{ijt-1}$  是本文的核心解释变量, 为两个城市在  $t-1$  年是否开通高铁直达线路的虚拟变量。如果  $\alpha_D$  大于 0, 则表明高铁线路建设对知识交换具有正向影响。由于本文被解释变量采用的是中文论文数据, 期刊发表周期从 5 个月到 2 年不等, 因此对高铁直达线路变量作滞后处理。  $\mathbf{X}_{ijt}$  为一系列城市配对组属性的控制变量。  $G_{ij}$  为城市配对组虚拟变量,  $T_t$  为时间虚拟变量,  $\varepsilon_{ijt}$  为误差项。除了运用线性概率模型进行估计外, 本文还运用了负二项模型对被解释变量进行估计, 以作比较, 标准误均在城市配对组层面呈现聚类稳健。

### (二) 变量测度

#### 1. 被解释变量: 基于论文数据的知识资源配置衡量。

在异质性劳动力区位选择的理论框架中讨论知识资源配置问题, 认为知识资源的再配置过程是异质性劳动力基于对不同合作对象的偏好、对不同合作对象所在区位的偏好, 自主寻求知识合作与合作再创新的过程, 而论文合作数据则无疑是刻画这一过程的良好测度指标。合作论文的产生过程是从缄默知识的讨论、交换、磨合到最终创新, 并形成显性知识的过程, 其本质体现了缄默知识在异质性劳动力间、城市间的自主再配置。相比于专利合作数据的使用(Guan 等, 2015), 论文合作

在空间分布上的连续性与产出持续性上更加稳定。基于以上论述,本文采用论文合作数据作为知识资源空间自主配置的代理变量。

为保证对不同类型城市、不同知识领域均能进行有效、公平和全面的讨论,本文没有对合作论文作具体学科门类的细分(李建成等,2017)。另外,为直观地刻画异质性劳动力在不同区位合作关系上知识资源配置的强弱,即知识资源在空间区位上的集中程度,借鉴江艇等(2018)的研究,本文计算了各城市与其他城市合作论文分布的标准差,作为不平衡程度的衡量指标。标准差越大,代表该城市在不同合作关系上知识资源配置的不平衡程度越高。这一指标用来分析高铁网络效应对知识资源配置的影响,其计算方法如下:

$$PaperSD_{i,t} = \left[ \frac{1}{N-1} \sum_{j \in N \setminus \{i\}} \left( Paper_{ij,t} - \frac{\sum_{j \in N \setminus \{i\}} Paper_{ij,t}}{N-1} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (14)$$

借鉴李丹丹等(2015)的处理办法,论文数据由作者手动整理自维普期刊网,检索方法为“机构”+“机构”+“全部期刊”。三位作者以上的论文用排列组合法将其分到两两城市间。研究区域为京津冀、长三角和珠三角三大城市群,包括40个城市,共780对城市配对关系<sup>①</sup>,时间跨度为2006—2015年。选择三大城市群作为分析样本的主要原因有:首先,京津冀、长三角和珠三角三大城市群是我国形成最早、也是最成熟的城市群代表,内部一体化进程远远高于其他城市群;其次,三大城市群的经济总量超过了全国GDP的40%,常住人口占全国所有地级市的23%以上,985、211高校数量占全国49%,是我国改革开放的前沿阵地;最后,三大城市群在地理位置上分属华北、华东和华南地区,是三大地区的经济和文化中心,且地理距离较远,具有代表性,也更能观察到当高铁提高了远距离合作对象的可达性时,城市群内部合作的变化。因此,选择三大城市群作为分析样本是合理且合适的。

## 2. 主要解释变量: 高铁网络。

本文根据两个城市间开通的高铁线路运营班次和时间,构建了各年份两个城市是否开通高铁直达线路的虚拟干预变量  $Drail_{ij,t}$ : 如果两个城市  $i, j$  在  $t$  年开通了高铁直达线路,则在该年之后  $Drail_{ij,t}$  都为1,在该年之前都为0; 如果两个城市  $i, j$  在样本观察期间均未开通高铁直达线路,则  $Drail_{ij,t}$  都为0。为分析城市在高铁网络中的网络属性对其知识资源配置的影响,构建了网络变量  $Num\_Drail_{i,t}$ , 定义为在  $t$  年城市  $i$  可通过高铁直达的城市数量,也是  $t$  年城市  $i$  在高铁网络中的度。

虽然高铁建设与知识合作不存在互为因果问题,但是潜在的遗漏变量问题也可能导致内生性。本文采用工具变量予以识别。以1981年历史铁路运营数据作为工具变量的基础,做如下处理: 辨别研究样本中的城市配对组在1981年是否有铁路直达车次; 研究样本中的城市在1981年可直达该城市的铁路线路总数。历史铁路资料来源于中国铁道出版社1981年出版的《全国铁路旅客列车时刻表》。

## 3. 控制变量。

控制变量分为城市层面和城市配对组层面2个空间尺度,包括: 人口规模、人均GDP、历年985和211高校构成及其数量、政府的科学技术经费支出、政府的教育经费支出、城市间的地理空间距离。其中,在城市配对组层面,两个城市的人口规模、人均GDP、政府科技经费支出和教育经费支出等变量均采取相加取对数的处理方法。数据来源于各年《中国城市统计年鉴》。各变量符号和描述性统计见表1和表2。

<sup>①</sup> 安徽省被排除在外,因为安徽省是长三角扩容后才纳入城市群范围,因此除了高铁的影响,还会受到城市群扩容政策的冲击,影响本文识别。



表 1 变量定义与内涵			
	变量属性和名称	变量	计算方法与含义
因变量	合作发文章量	$\ln(Paper+1)$	城市间合作发文章量加 1 取对数 ,用于 OLS 回归。
	合作发文章量标准差	$PaperSD$	城市间发文章量加 1 避免零膨胀 ,用于负二项回归。
自变量	是否开通直达高铁线路	$Drail$	知识配置的不平衡程度。城市合作论文在不同合作城市间分布的标准差。数值越大 ,表示知识资源配置不平衡程度越大。
	是否可以通过转线间接到达	$Trail$	城市间是否开通直达高铁线路 ,开通为 1 ,否则为 0。
	开通直达高铁线路的数量	$Num\_Drail$	两个城市没有高铁直达班次 ,但是都设有高铁站台 ,可以通过转线方式间接到达 ,是为 1 ,否则为 0。
控制变量	人口规模	$PopSize$	该城市开通的直达高铁线路数量。
	人均 GDP	$Rgdp$	两个城市年末总人口数量相加取对数( 单个城市年末总人口数量) 。
	985 高校	$School985$	两个城市人均 GDP 相加取对数( 单个城市人均 GDP) 。
	211 高校	$School211$	两个城市 985 高校数量相加( 单个城市 985 高校数量) 。
	政府科技经费支出	$Techexp$	两个城市 211 高校数量相加( 单个城市 211 高校数量) 。
	政府教育经费支出	$Eduexp$	两个城市政府科学技术支出金额相加取对数( 单个城市政府科学技术支出金额) 。
工具变量	地理距离	$Geodist$	两个城市政府教育支出金额相加取对数( 单个城市政府教育支出金额) 。
	历史铁路	$His\_Drail$	两个城市的地理距离取对数。
		$His\_Trail$	两个城市在 1981 年是否开通了直达铁路线路。
		$His\_Nrail$	两个城市在 1981 年没有直达班次 ,但是否可以通过转线方式间接到达。

注: 括号中为城市层面变量的含义描述。

表 2 变量描述性统计					
变量	样本量	平均数	标准差	最小值	最大值
城市配对组层面变量					
$\ln(Paper+1)$	7800	1. 7909	1. 8401	0	8. 0430
$Paper+1$	7800	52. 9801	206. 0411	1	3112
$Drail$	7800	0. 0494	0. 2166	0	1
$PopSize$	7800	6. 9427	0. 4097	5. 2429	7. 9331
$Rgdp$	7800	11. 5937	0. 4911	10. 0313	13. 5387
$School985$	7800	1. 2	2. 5704	0	16
$School211$	7800	1. 8	4. 2091	0	24
$Techexp$	7800	11. 9680	1. 5211	7. 1285	15. 5377
$Eduexp$	7800	13. 9647	0. 8497	11. 2624	16. 6024
$Geodist$	7800	5. 9260	1. 0175	2. 7411	7. 1903
城市层面变量					
$PaperSD$	400	110. 5912	139. 5588	8. 8995	683. 2791
$Num\_Drail$	400	1. 9425	3. 4203	0	17
$PopSize$	400	560. 303	310. 5705	92. 63	1442. 97
$Rgdp$	400	58006. 54	30847. 39	11146	157985
$School985$	400	0. 6	1. 843501	0	10
$School211$	400	0. 9	3. 018738	0	18
$Techexp$	400	212147	463210	569	2877956
$Eduexp$	400	851767. 1	1213269	37737	8556654

五、交通基础设施改善对知识分配的总量影响

(一) 基准回归结果

基准回归给出了最小二乘线性模型和负二项模型的估计结果 ,结果如表 3 所示。高铁开通对知识合作总量的平均影响均显著为正。加入控制变量和城市配对组和时间固定效应后 ,回归结果依然显著。回归结果表明高铁建设对知识资源空间配置具有正向作用 ,开通直达高铁的城市之间 ,

其异质性劳动力的知识交换与互动更为频繁。基准回归结果也显示,异质性劳动力更加倾向于同具有优质知识资源(如较多优秀高等教育资源)和丰厚教育资金支持的城市建立合作关系,以提高知识创新产出。

表 3 高铁开通对知识合作影响的基准回归结果<sup>①</sup>

Variables	ln( Paper+1) ,最小二乘估计				Paper+1 ,负二项估计			
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Drail</i>	3.0952 *** (0.2075)	1.0727 *** (0.1393)	0.1246 *** (0.0289)	0.1205 *** (0.0307)	2.3358 *** (0.1660)	0.6734 *** (0.1359)	0.0659 *** (0.0178)	0.0682 *** (0.0171)
<i>Rgdp</i>		0.4787 *** (0.0999)		-0.0358 (0.0480)		0.5534 *** (0.1516)		0.0721 * (0.0380)
<i>PopSize</i>		0.6417 *** (0.1028)		0.1614 (0.1086)		1.2529 *** (0.1404)		0.0969 (0.0780)
<i>Techexp</i>		-0.0451 (0.0654)		-0.0085 (0.0280)		0.1058 (0.0830)		0.0157 (0.0220)
<i>Eduexp</i>		0.2925 *** (0.0733)		0.0305 (0.0305)		0.1578 * (0.0944)		0.0219 (0.0252)
<i>School985</i>		0.2242 *** (0.0585)		0.0977 *** (0.0125)		0.1242 * (0.0739)		-0.2463 *** (0.0347)
<i>School211</i>		0.0446 (0.0334)		0.1147 *** (0.0013)		0.1064 ** (0.0419)		0.1261 *** (0.0204)
<i>Geodist</i>		-0.0022 *** (0.0001)		-0.0039 *** (0.0001)		-0.0026 *** (0.0001)		0.0005 ** (0.0002)
配对组 FE	否	否	是	是	否	否	是	是
时间 FE	否	否	是	是	否	否	是	是
R <sup>2</sup>	0.1136	0.6315	0.0340	0.0349				
L.LK.					-294528	-251486	-14335	-14297
样本量	7020	7020	7020	7020	7020	7020	7020	7020

注: 括号中数值为城市配对组层面的聚类稳健标准误。上标\*、\*\*、\*\*\* 分别对应系数在 10%、5%、1% 的统计水平上显著。常数项结果未报告。下同。

采用工具变量法进行估计,以避免潜在的内生性问题。结果见表 4,同时汇报了一阶段估计结果。从一阶段结果可见,工具变量的系数在 1% 水平下显著为正,且皆通过检验,表明不存在弱工具变量问题。根据二阶段结果,开通直达高铁致使城市间合作论文增加 13.83%。

表 4 工具变量回归

变量	ln( Paper+1)			
<i>Drail</i>	11.3174 *** (1.0837)	4.0945 *** (0.7981)	0.1467 ** (0.0666)	0.1383 ** (0.0671)
第一阶段结果				
<i>His_Drail</i>	0.0001 *** (0.0000)	0.0001 *** (0.0000)	0.07748 *** (0.0018)	0.0773 *** (0.0018)
Centered R <sup>2</sup>	0.1437	0.1878	0.2799	0.0348
识别不足检验	61.276	57.284	1454.021	1438.530
弱工具变量检验	99.500	73.391	1893.031	1865.622
控制变量	否	是	否	是
时间 FE	否	否	是	是
配对组 FE	否	否	是	是
样本量	7020	7020	7020	7020

注: 恰好识别检验为 Anderson canon. corr. LM 统计量,弱工具变量检验为 Cragg-Donald Wald F 统计量。

## (二) 稳健性检验

### 1. 前期共同趋势检验。

模型有效估计的一个前提是政策干预组与对照组满足共同趋势假设,以表明两组样本的事后

① 本文将控制变量也采取了差值形式予以回归,发现对高铁系数的估计并未造成敏感变化。



增量差异仅由政策干预所引起。为检验共同趋势假设设置模型如下:

$$\ln Paper_{ij,t} = C + \alpha_D^1 Drail_{ij,t}^{-4} + \cdots + \alpha_D^5 Drail_{ij,t}^0 + \cdots + \alpha_D^{10} Drail_{ij,t}^5 + \mathbf{X}_{ij,t}'\beta + G_{ij} + T_t + \varepsilon_{ij,t} \quad (15)$$

其中,  $Drail_{ij,t}^n = 1$  当且仅当在城市  $i$  和城市  $j$  的高铁直达线路开通之后第  $n$  年; 否则为 0。如果估计系数  $\alpha_D^1$  至  $\alpha_D^5$  不显著, 则在高铁开通前, 开通与未开通高铁直达线路的城市配对组间, 其合作的动态趋势没有差异, 满足共同趋势假设, 模型估计有效。结果如图 1。从第 -4 年到第 0 年, 高铁变量的系数均不显著。表明满足前期共同趋势假设。同时亦看出, 在高铁开通一年后, 系数立即上升且显著, 并在随后年份中基本维持稳定。这证明论文合作量的显著上升趋势确实是在高铁开通后发生。

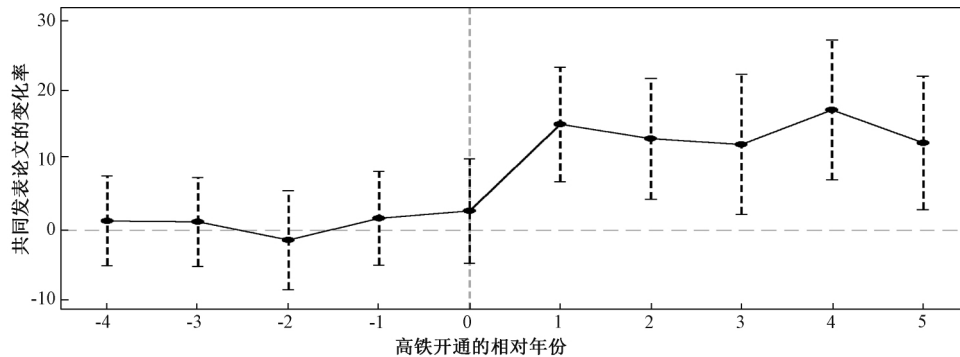


图 1 前期共同趋势检验与动态效应

## 2. 安慰剂检验。

安慰剂检验采用如下两种方式: 一是将政策干预组的干预时间前置。将直达高铁开通的时间统一向前设置在 2007 年 ( $Ttime_{2007}$ ), 干预组样本为在 2015 年所有已开通高铁连线的城市配对组 ( $Tgroup_{ij}^1 = 1$ )。二是构造虚拟政策干预组。将在 2015 年已经开通直达线路的城市配对组假设其在 2007 年均未开通高铁线路, 而在 2016 年尚未开通直达线路的城市配对组假设其在 2007 年均已开通高铁线路, 以此构造出虚拟政策干预组 ( $Tgroup_{ij}^2 = 1$ )。利用以上两种方法, 分别构造了两期面板数据, 采用标准 DID 范式进行检验。结果见表 5。无论是干预时间前置, 还是构造虚拟政策干预组, 系数  $\alpha_D$  均不显著, 通过安慰剂检验, 证明开通直达高铁对知识合作的政策干预效应具有真实性, 且不存在显著的遗漏变量问题, 再次证明本文的基准回归结果较为可靠。

表 5 安慰剂检验

变量	政策干预组干预时间前置		虚拟政策干预组	
	全样本	子样本	全样本	子样本
$Tgroup^k$	1.4166 *** (0.1620)	1.3100 *** (0.1529)	-1.4166 *** (0.1620)	-1.3100 *** (0.1870)
$Ttime_{2007}$	0.0373 (0.1165)	0.1495 (0.1081)	0.0012 (0.1104)	0.1498 (0.1083)
$Tgroup^k \times Ttime_{2007}$	-0.0361 (0.0350)	0.0002 (0.0456)	0.0361 (0.0350)	-0.0002 (0.0457)
控制变量		是		是
时间 FE		是		是
配对组 FE		是		是
样本量	1560	1332	1560	1332
$R^2$	0.6638	0.6029	0.6638	0.6029

## 3. 控制其他工具对运输成本与合作的影响。

考虑到高铁并不是唯一影响运输成本和合作效果的工具, 其他交通设施以及互联网设施等都存在显著影响, 因此进一步将其控制从而消除干扰。首先, 控制了各个城市的历年公路客运量、该

年是否有飞机场等,以消除除高铁外的传统交通工具的影响。公路客运量加总后取对数,两个城市如果在该年同时建有机场,则机场变量取1,否则取0。结果见表6列1,仍然显著。其次,将各城市互联网使用人数加总取对数加入回归,控制互联网对合作交流的影响。列2显示,在控制互联网用户数后,结果仍然显著。最后,搜集历年各城市间高铁和传统铁路的到达时间,将两者做差值对数化后替代原有的高铁0/1变量。这样可通过差分的形式消除传统铁路连通与否的影响,而旅行时间缩减变化量的经济学含义也更加明显。结果见列3。高铁开通前后,旅行时间(分钟)每缩短1%,合作量增长1.42%。

表6 其他工具对运输成本的影响

变量	ln( Paper+1)		
	公路+机场设施	互联网设施	旅行时间变化量
<i>Drail</i>	1.1186*** (0.0294)	0.1147*** (0.0304)	
$\Delta TravelTime$			0.0142** (0.0073)
公路+机场	是	是	是
互联网		是	是
控制变量	是	是	是
时间 FE	是	是	是
配对组 FE	是	是	是
R <sup>2</sup>	0.0355	0.0367	0.0555
样本量	7020	7020	7020

## 六、知识分配的空间偏好

### (一) 知识资源空间配置倾向的转变

理论模型表明,开通直达高铁提升异质性劳动力的知识合作绩效不仅是因为高铁提高了既有匹配的合作项目数量,还因为高铁有助于形成更好的匹配。高铁开通在集约边际和广延边际上提高了跨区域合作的知识合作表现,但就区域内部合作而言,高铁开通虽然在集约边际上提高了,却在广延边际上降低了其知识合作表现。如果区域内的相对距离够大,开通高铁反而会降低区域内部的合作绩效。

为检验上述机制,对跨区域(跨城市群和跨省)的知识合作和区域内部(城市群内、省内)的知识合作进行分组回归。工具变量估计结果见表7。跨城市群的知识合作量在高铁开通后,增加了30.96%,而跨省则提高了25.25%;城市群内的知识合作量在高铁开通后,减少了21.88%,而省内则下降了31.59%。高铁对跨省合作的促进作用要小于跨城市群的合作,而对省内合作的挤压作用要大于城市群内的合作。

表7 高铁建设对知识资源空间配置的影响

变量	区域间		区域内	
	跨城市群	跨省	城市群内	省内
IV 第二阶段估计结果				
<i>Drail</i>	0.3096** (0.0984)	0.2525** (0.0843)	-0.2188** (0.1007)	-0.3159** (0.1108)
IV 第一阶段检验				
识别不足检验	1197.796	1297.208	340.281	205.610
弱工具变量检验	1686.112	1748.081	402.300	243.602
控制变量	是	是	是	是
配对组 FE	是	是	是	是
时间 FE	是	是	是	是
样本量	4617	5616	2403	1404



高铁对区域内合作的影响是负面的并不意味着高铁对城市知识配置的影响是消极的,也不意味着区域内部不能或不需要开通高铁。更有意义的解释是,高铁促使知识资源从区域内部配置向区域间配置的转变,而这种转变无论是对异质性劳动力个体、还是对城市整体发展都是有益的,因为其知识创新的总量提升了。以上实证结果为命题 1 提供了经验支持,即高铁开通降低了那些与匹配质量更高、知识互补性更强的区域间劳动力的合作成本,造成了知识合作对象更加集中于跨区域城市的现象。如果不是因为高铁有助于劳动力从低匹配质量转为高匹配质量的合作关系,很难解释高铁开通为何会降低区域内部的合作表现。

## (二) 知识资源空间配置策略的集中

高铁经济具有明显的网络化特征: 随著高铁运营线路的增加,其对高铁网络中任一节点的价值将呈指数型增长。现有研究或多或少提到高铁网络效应,但鲜有对其量化考核,多强调交通基础设施建设将对相邻区域的发展产生空间溢出效应(张学良和聂清凯,2010; 张学良,2012)。然而,网络效应指高铁网络中新连接的出现或者既有连接的变化使得网络中所有属于处理组的城市节点产生相应变化,而不会影响到那些未建设高铁的控制组城市。网络效应是显著区别于空间溢出效应的另一种区域间外部性,而新连接的建立所带动的整体高铁网络空间福利的提升,或许比高铁建设在区域间无形的溢出更加重要。相较于未设立高铁站的城市,处于高铁网络中的城市是否具有某些知识交换与互动优势,因而影响其劳动力的知识配置策略,进而影响知识配置的空间格局? 这是本文需要回答的问题。本文从度的角度衡量了高铁网络效应: 城市开通的高铁直达线路数量,即该城市可通过高铁直达城市的数量。

本文分析了一个城市在高铁网络中度的增加将如何影响该城市异质性劳动力的知识资源配置策略。计量模型设计如下:

$$PaperSD_{it} = C + \alpha_{Net} Num\_Drail_{it} + \alpha'_{Net} Num\_Drail_{it}^2 + X'_{it} \beta + G_i + T_t + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

其中,  $PaperSD_{it}$  为城市  $i$  在  $t$  年与不同城市知识合作量的标准差,衡量了城市  $i$  知识资源配置的不平衡程度;  $X_{it}$  为城市  $i$  的一组控制变量。  $G_i$  控制城市个体固定效应,  $T_t$  控制时间固定效应。使用的工具变量为 1981 年城市  $i$  所开通的铁路直达线路数量,即该城市在 1981 年铁路网络中的度。估计结果见表 8。

表 8 城市网络属性对知识资源分配不均衡程度的影响

IV 第二阶段估计结果	M1	M2
$Num\_Drail$	-12.8088 ** (6.3131)	-14.7452 ** (7.1588)
$Num\_Drail^2$	1.5575 ** (0.5089)	1.6817 ** (0.5625)
IV 第一阶段检验		
识别不足检验	24.795	14.12
弱工具变量检验	12.908	10.828
控制变量	否	是
城市 FE	是	是
时间 FE	是	是
样本量	400	400

注: 标准误在城市层面聚类稳健。

$Num\_Drail_{it}$  的系数显著为负,  $Num\_Drail_{it}^2$  的系数显著为正,表明城市直达高铁线路的数量和该城市与其他城市知识合作量的标准差之间存在显著的正 U 型关系。随着一个城市开通的直达高铁线路数量增多,该城市知识资源的空间配置会先分散再集中,与命题 2 的一致。直观上,高铁网络效应扩大了知识合作对象的可选范围和相关信息数量,因而提高了异质性劳动力知识匹配

的质量,改变了其知识资源的空间配置策略,进而促使其在更高质量的合作关系中采取更为集中的知识交换与创新策略。

## 七、结论

本文的理论模型表明高铁建设会提升一个城市的总体知识合作表现。然而,高铁建设对该城市在区域内的合作行为却有不同的影响。具体而言,在集约边际上,高铁建设同时提升了区域内和区域间的知识合作绩效,但是在广延边际上,高铁建设虽然提高了区域间的合作绩效,却降低了区域内的合作绩效。如果区域内城市间的距离差距很大,则高铁建设对区域内的知识合作有负面影响。此外,随着一个城市开通直达高铁线路的增加,该城市知识资源配置的不平衡程度会先递减后递增。为了验证理论模型的预测结果,本文利用论文合作数据,估计了高铁开通对知识资源空间配置的平均处理效应,结果显示开通直达高铁会提升一个城市的知识合作成果。无论是以城市群还是以省为空间尺度,高铁均促进了区域间的知识合作,降低了区域内部的知识合作。随着直达线路或网络中心度的提高,城市的空间知识配置策略发生了显著改变,其不同城市间的知识资源分配呈现了先分散再集中的形态,这与本文的理论模型相一致。

高铁为异质性劳动力区际知识交流提供了便利、降低了时间成本,从而扩大了合作对象的市场选择范围,进而使得合作对象更加多样化且匹配质量更高。知识资源自主配置是一个连续的动态过程,通过持续性的合作与交流,不同城市劳动力合作关系的匹配质量和合作效率会逐渐改善,存在自组织效应,而高铁开通则影响了异质性劳动力对合作伙伴所在区位的选择偏好与配置倾向。同时,高铁本身具有规模效益和网络化特征,随着高铁网的完善,高铁网络效应也会改善不同城市间异质性劳动力的匹配质量,提高了其在合适区位找到适配的知识交换与合作对象的概率,其知识资源也将更加有效地被配置在最优的合作关系上。高铁不仅重塑了有形要素的地理分布格局,也提高了知识等无形资本的配置效率,影响着微观主体在城市尺度上的知识配置空间偏好与配置策略。政府应当合理引导知识的空间流动,更加有效地促进知识资源的空间配置效率。

## 参考文献

- [1]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.
- [2]江艇,孙鲲鹏,聂辉华.城市级别、全要素生产率和资源错配[J].管理世界,2018,34(3):38-50,77,183.
- [3]刘勇政,李岩.中国的高速铁路建设与城市经济增长[J].金融研究,2017(11):18-33.
- [4]李丹丹,汪涛,魏也华,等.中国城市尺度科学知识网络与技术知识网络结构的时空复杂性[J].地理研究,2015,34(3):525-540.
- [5]李建成,王庆喜,唐根年.长三角城市群科学知识网络动态演化分析[J].科学学研究,2017,35(2):189-197.
- [6]李红昌,Linda Tji,胡顺香.中国高速铁路对沿线城市经济集聚与均等化的影响[J].数量经济技术经济研究,2016,33(11):127-143.
- [7]梁琦.产业集聚论[M].商务印书馆,2004.
- [8]梁琦,李建成,陈建隆.异质性劳动力区位选择研究进展[J].经济学动态,2018(4):122-137.
- [9]夏怡然,陆铭.行政主导的人力资本均衡可否持续:让历史告诉未来[J].学术月刊,2018,50(5):45-55.
- [10]张学良.中国交通基础设施促进了区域经济增长吗:兼论交通基础设施的空间溢出效应[J].中国社会科学,2012(3):60-77,206.
- [11]张学良,聂清凯.高速铁路建设与中国区域一体化发展[J].现代城市研究,2010,25(6):7-10.
- [12]Beck T, Levine R, Levkov A. Big Bad Banks? The Winners and Losers From Bank Deregulation in The United States[J]. The Journal of Finance, 2010, 65(5): 1637-1667.
- [13]Berliant M, Reed III R R, Wang P. Knowledge Exchange, Matching, and Agglomeration[J]. Journal of Urban Economics, 2006, 60

- (1): 69–95.
- [14]Berliant M ,Fujita M. Knowledge Creation as A Square Dance on the Hilbert Cube[J]. *International Economic Review* ,2008 ,49( 4) : 1251–1295.
- [15]Berliant M ,Fujita M. Dynamics of Knowledge Creation and Transfer: The Two Person Case [J]. *International Journal of Economic Theory* ,2009 ,5( 2) : 155–179.
- [16]Broekel T ,Boschma R. Knowledge Networks in the Dutch Aviation Industry: The Proximity Paradox [J]. *Journal of Economic Geography* ,2011 ,12( 2) : 409–433.
- [17]Chen P C. Banks' Acquisition of Private Information About Financial Misreporting[J]. *The Accounting Review* ,2015 ,91( 3) : 835–857.
- [18]Chen Z ,Haynes K E. Impact of High-speed Rail on Regional Economic Disparity in China [J]. *Journal of Transport Geography* ,2017 ,65: 80–91.
- [19]Condeço-Melhorado A ,Tillema T ,Jong de T ,et al. Distributive Effects of New Highway Infrastructure in the Netherlands: the Role of Network Effects and Spatial Spillovers [J]. *Journal of Transport Geography* ,2014 ,34: 96–105.
- [20]Dong X ,Zheng S ,Kahn M E. The Role of Transportation Speed in Facilitating High Skilled Teamwork. *National Bureau of Economic Research*. No. w24539 ,2018.
- [21]Donaldson D. Railroads of the Raj: Estimating the Impact of Transportation Infrastructure [J]. *American Economic Review* ,2018 ,108( 4–5) : 899–934.
- [22]Duranton G ,Turner M A. Urban Growth and Transportation [J]. *Review of Economic Studies* ,2014 ,79( 4) : 1407–1440.
- [23]Fujita M. Towards the New Economic Geography in the Brain Power Society [J]. *Regional Science and Urban Economics* ,2007 ,37( 4) : 482–490.
- [24]Glaeser E L. Learning in Cities [J]. *Journal of Urban Economics* ,1999 ,46( 2) : 254–277.
- [25]Guan J ,Zhang J ,Yan Y. The Impact of Multilevel Networks on Innovation [J]. *Research Policy* ,2015 ,44( 3) : 545–559.
- [26]Jia R. The Legacies of Forced Freedom: China's Treaty Ports [J]. *Review of Economics & Statistics* ,2014 ,96( 4) : 596–608.
- [27]Jia S ,Zhou C ,Qin C. No Difference in Effect of High-speed Rail on Regional Economic Growth Based on Match Effect Perspective [J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* ,2017 ,106: 144–157.
- [28]Jovanovic B ,Rob R. The Growth and Diffusion of Knowledge [J]. *Review of Economic Studies* ,1989 ,56( 4) : 569–582.
- [29]Keller W ,Yeaple S R. The Gravity of Knowledge [J]. *American Economic Review* ,2013 ,103( 4) : 1414–44.
- [30]Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography [J]. *Journal of Political Economy* ,1991 ,99( 3) : 483–499.
- [31]Lucas Jr R E. On the Mechanics of Economic Development [J]. *Journal of Monetary Economics* ,1988 ,22( 1) : 3–42.
- [32]Moretti E. Human Capital Externalities in Cities. in: *Herdson & Thisse ( eds.) , Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier ,2004.
- [33]Moser P ,Voena A. Compulsory Licensing: Evidence from the Trading with the Enemy Act [J]. *American Economic Review* ,2012 ,102( 1) : 396–427.
- [34]Romer P. M. Increasing Returns and Long-run Growth [J]. *Journal of political economy* ,1986 ,94( 5) : 1002–1037.
- [35]Shao S ,Tian Z ,Yang L. High Speed Rail and Urban Service Industry Agglomeration: Evidence from China's Yangtze River Delta Region [J]. *Journal of Transport Geography* ,2017 ,64: 174–183.
- [36]Xiao K ,Chen H ,Hong Y ,et al. Do China's High-speed-rail Projects Promote Local Economy? — New Evidence from A Panel Data Approach [J]. *China Economic Review* ,2017 ,44: 203–226.

#### 作者简介

李建成 广东外语外贸大学经济贸易学院讲师、云山青年学者。研究方向为空间经济和发展经济学。

陈建隆(通讯作者) 中山大学管理学院副研究员。研究方向为契约理论与组织经济学。电子邮箱: lungelchen@icloud.com。

邓敏 上海海关学院海关与公共管理学院讲师。研究方向为海关经济管理和贸易政策。

(责任编辑: 董倩)