

DOI: 10.19361/j.er.2024.05.04

城市间技术邻近缩小了劳动生产率差异吗?

——基于长三角地区41个城市的经验证据

郑江淮 巫南杰 赖晓*

摘要: 创新驱动发展战略的深入实施,促进了创新要素的区际流动,深刻地改变了地区间技术联系,重塑了区域经济发展格局。本文试图提出一个城市技术边界假说,探讨城市间技术邻近形成与演变的内在机理,从城市间技术邻近视角解释城市间劳动生产率差异的变动。在此基础上,以2011—2020年长三角地区820个地级市配对面板数据为样本,实证检验城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响及其作用机制。研究发现:城市间技术邻近显著缩小了城市间劳动生产率差异;城市间技术邻近主要通过促进知识溢出和联合重组创新缩小劳动生产率差异;随着城市间信息化水平差异和地理距离的增大,城市间技术邻近对缩小劳动生产率差异的促进作用将减弱;城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响在不同经济发展水平、不同行政管辖界限的城市之间存在异质性。本文的研究为创新驱动发展进程中加强地区间技术联系,实现区域协调发展提供了有益的经验启示。

关键词: 城市间技术邻近;劳动生产率差异;知识溢出;联合重组创新;长三角
中图分类号: F124.3

一、引言

改革开放以来,中国凭借率先发展东部地区的非均衡区域发展战略,实现了经济的高速增长,但区域经济发展不平衡问题日益突出。如何缩小区域经济发展差距,促进区域协调发展已经成为中国经济发展新阶段的区域战略。该战略实施目标在中国经济增长动力由主要依靠要素投入数量增长转向主要依靠创新驱动全要素生产率提升的背景下,又表现为地区间劳动生产率差异的缩小,即创新资源及相关的创新活动在地区间的有序流动和合理配置,

* 郑江淮,南京大学长江三角洲经济社会发展研究中心、南京大学经济学院,邮政编码:210008,电子邮箱:zhengjh@nju.edu.cn;巫南杰(通讯作者),南京大学经济学院、南京大学数字经济与管理学院,邮政编码:210008,电子邮箱:wjn@smail.nju.edu.cn;赖晓,工业和信息化部中小企业发展促进中心,邮政编码:100082,电子邮箱:laixiao-253@163.com。

本文得到国家社会科学基金重大项目“创新链与产业链耦合的关键核心技术实现机理与突破路径研究”(22&ZD093)、教育部重点研究基地武汉大学经济发展研究中心重大项目“基于中国实践的创新发展理论研究”(23CEDRZ03)、南京大学长江三角洲经济社会发展研究中心和中国特色社会主义经济建设协同创新中心联合专项重大研究课题“长三角实践创新中国发展经济学:从产业集群到技术集群”(CYD2022006)的资助。感谢匿名审稿人和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

地区间的技术联系与产业分工日益紧密,使得经济落后地区劳动生产率得以较快速的增长,由此促使区域经济发展不仅呈现出地区间产业分工地理变化,而且在地区间技术分布邻近性上发生深刻变化。本文试图从地区间技术邻近性来揭示创新驱动区域经济发展的典型经验性特征及其发生、演变机制,从城市间技术邻近视角为城市间劳动生产率差异变动提供新的解释。

长三角地区作为我国经济发展最活跃的区域之一,同样长期存在着区域发展失衡问题,区域内城市间的劳动生产率差异尤为突出。2020年劳动生产率最低的阜阳仅为5.22万元/人,而最高的无锡高达31.04万元/人,是阜阳的5.95倍^①。同时,长三角地区也是我国创新能力最强的区域之一,不仅拥有丰富的创新资源禀赋和多样化的技术知识,而且不同城市间形成了错综复杂的技术结构。这为我们从技术邻近视角检验城市间技术结构对劳动生产率差异的影响提供了极好的样本。

为此,本文从长三角地区城市间技术邻近和劳动生产率差异的典型特征事实出发,理论分析城市间技术邻近的形成与演变,及其对劳动生产率差异的影响。在此基础上,以2011—2020年长三角地区820个城市对为样本,实证检验了城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响及其作用机制,并探讨了地理距离和信息化水平差异在城市间技术邻近影响劳动生产率差异过程中的调节作用。进一步地,本文还考察了不同经济发展水平、不同行政管辖界限的城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响,以期为长三角有效实现城市间技术要素良性互动、城市群协同创新发展,以及区域协调发展政策制定提供参考。

本文可能的边际贡献在于:第一,地区经济差距一直是经济学研究的热点话题,尤其是在人口红利消失使劳动力成本上升的新背景下,地区间的劳动生产率差距对于中国区域经济收敛变得愈发重要,但鲜有文献关注地区间的技术结构对地区经济差距(尤其是地区间劳动生产率差距)的影响。本文重点聚焦分析城市间技术邻近对城市劳动生产率差异的影响,不仅为地区经济差距的成因研究提供了新的文献补充,而且为我国区域协调发展提供了经验证据。第二,提出一个城市技术边界假说,以解释城市间技术邻近的形成与演变,为地区间技术结构研究提供了理论补充。第三,丰富了地区间技术结构影响地区经济差距的机制研究。现有文献证实,地区间技术互补可能缩小地区经济差距,但尚未对其作用机制进行分析(郑江淮等,2023)。本文首次考察了城市间技术邻近影响城市间劳动生产率差异的作用机制,是对现有文献的有益补充。第四,本文的发现对深入理解长三角各城市主动融入区域创新网络和积极参与城市间技术分工与合作的必要性具有重要启示。

二、文献综述

地区经济差距一直是经济学研究的热点话题,其中地区间的劳动生产率差异是地区经济差距研究的重要组成部分。自20世纪80年代以来,关于地区间劳动生产率差异的研究文献大量涌现,学者们从不同角度对地区间劳动生产率差异的敛散性和影响因素进行了研究(Baumol,1986;刘华军等,2020)。内生增长理论认为,知识和人力资本是全要素生产率提升的重要源泉,也是拉大地区间劳动生产率差距的重要因素(Romer,1986)。同时,由劳动力流动壁垒导致的资源错配可能影响地区间劳动生产率差异(张文武等,2021)。一些研究还

^①作者根据各省市统计年鉴中的相关数据计算所得。

表明,产业结构变迁也可被用于解释地区间劳动生产率差异(Caselli and Coleman, 2001)。政府政策的差异是造成地区间基础设施水平和市场环境差异的重要因素,而优越的基础设施和公平竞争的市场环境将吸引更多的劳动和资本流入,进而影响地区间的劳动生产率差距(郭凯明、王藤桥, 2019)。劳动就业制度差异也是影响地区间劳动生产率差异的主要因素(Mitra, 2024)。另外,地区间的经济活动空间分布差异、环境污染差异等因素都会在不同程度上对地区间劳动生产率差异产生影响(范剑勇, 2006; 陈帅、张丹丹, 2020)。

此外,现有文献还分别从地区间技术差距与技术溢出视角来解释地区间劳动生产率差异。新古典增长理论认为技术进步是全要素生产率增长的源泉(Solow, 1957),技术进步的地区结构性失衡是导致地区间劳动生产率差异的主要原因。Romer(1986)构建了以知识为内生要素的知识溢出模型,并认为空间知识溢出对要素生产率增长具有重要作用。继Romer(1986)的开创性研究之后,大量学者从不同视角就技术空间扩散对地区间劳动生产率差异的影响展开了相关研究,其基本观点为知识和技术的空间溢出有助于缩小区域间劳动生产率差距(龚斌磊, 2022)。新技术的出现在提高地区全要素生产率的同时,往往伴随着传统产业的衰退和新兴产业的发展,使得最早应用新技术的地区实现更快的劳动生产率增长,从而导致地区间的劳动生产率差距拉大(都阳、封永刚, 2021)。然而,随着新技术在其他地区的应用和扩散,因技术创新所引致的劳动生产率差异将逐步缩小,进而促进地区劳动生产率收敛(李小平、朱钟棣, 2006)。还有少数文献关注到,地区间的技术转移和技术结构也将影响地区经济差距。例如,技术在地区间的转移有助于增强区域间技术关联和提高区域技术多样性,推动地区间形成优势互补、联动创新的产业分工,进而缩小地区间经济差距(郑江淮、戴玮, 2021);地区间技术互补能够增强地区间技术互动与人才交流,深化地区间技术分工与合作,促进地区间经济收敛(郑江淮等, 2023)。

综上所述可以发现,现有文献对地区间劳动生产率差异的成因进行了较为丰富的探讨,但较少关注到地区间技术结构的影响。尽管已有少数文献探讨了地区间技术结构对地区经济差距的影响(郑江淮等, 2023),但其主要采用技术互补指标对地区间技术结构进行刻画,以及尚未深入剖析地区间技术结构对地区间劳动生产率差异的影响。与现有研究不同的是,本文强调区域间技术结构在区域均衡发展中的作用,从技术邻近视角对地区间技术结构进行刻画,直接关注地区间技术邻近对地区劳动生产率差异的影响。

三、指标测算与典型事实

(一) 指标测算

1. 城市间技术邻近度

城市间技术邻近度是指两两城市之间在技术空间中的接近程度或者技术结构上的相似程度,刻画了城市间知识基础和技术结构的相似性。值得强调的是,城市间技术邻近度指标侧重于从技术空间维度对城市间的技术结构特征进行刻画,以揭示城市间的技术关联。此外,专利数据已被广泛用于技术创新研究,其中专利跨技术类别的分布被用于表征城市在技术空间中的位置,因此本文利用城市在不同技术类别上的专利分布信息对城市间技术邻近度进行测算。为此,本文借鉴Hidalgo等(2007)提出的产品邻近度指标,采用各城市按照IPC四位码进行技术类别划分的发明专利申请数据构建城市间技术邻近度指标,具体步骤

如下^①：

首先,为了排除技术和城市特性的内生干扰,本文基于各城市发明专利申请数据,采用显性比较优势指标来测度城市技术比较优势,具体公式如下:

$$RTCA_{i,k} = \frac{x_{i,k} / \sum_k x_{i,k}}{\sum_i x_{i,k} / \sum_i \sum_k x_{i,k}} \quad (1)$$

(1)式中: $x_{i,k}$ 表示*i*城市*k*四位码技术类别的发明专利申请量。当 $RTCA_{i,k}$ 大于1时,意味着*k*技术类别在*i*城市专利中所占的份额大于*k*技术类别在所有城市专利中所占的份额,即说明*i*城市在*k*技术类别上具有技术比较优势;当 $RTCA_{i,k}$ 小于1时,则说明*i*城市在*k*技术类别上没有技术比较优势。为了简化表述,本文采用二值型变量 $M_{i,k}$ 来表示*i*城市在*k*技术类别上是否具有技术显性比较优势,具体设定如下:

$$M_{i,k} = \begin{cases} 1, RTCA_{i,k} > 1 \\ 0, RTCA_{i,k} < 1 \end{cases} \quad (2)$$

其次,本文基于城市技术显性比较优势指标来构建城市间技术邻近度指标。当两个城市共同具有显性比较优势的技术类别越多时,两个城市的知识基础和技术结构就越相似,城市间的技术邻近度也就越高。因此,本文采用两个城市共同具有相同技术比较优势的成对条件概率的最小值来表示城市间的技术邻近度。如果两个城市共同具有比较优势的技术类别完全相同,那么该城市间的技术邻近度为1;相反,如果两个城市共同具有比较优势的技术类别完全不相同,则城市间的技术邻近度为0。基于此,不同城市之间的技术邻近度可以表示为:

$$Prox_{ij} = \text{Min}\{P(M_i | M_j), P(M_j | M_i)\} \quad (3)$$

(3)式中: $Prox_{ij}$ 表示*i*城市与*j*城市之间的技术邻近度, $P(M_i | M_j)$ 表示在*j*城市具有某项技术比较优势的条件下,*i*城市同时具有该项技术比较优势的概率, $P(M_j | M_i)$ 的含义同理可知。

最后,为了便于计算,本文假设*i*城市和*j*城市在某项技术上是否具有比较优势是相互独立的,即满足等式 $P(M_i \cap M_j) = P(M_i)P(M_j)$ 。因此,可将(3)式进一步表示为:

$$Prox_{ij} = \frac{P(M_i \cap M_j)}{\text{Max}\{P(M_i), P(M_j)\}} \quad (4)$$

(4)式中: $P(M_i \cap M_j)$ 表示*i*城市和*j*城市在某项技术上同时具有比较优势的概率, $P(M_i)$ 和 $P(M_j)$ 分别表示*i*城市和*j*城市在某项技术上具有比较优势的概率。

2.城市间劳动生产率差异

劳动生产率是指单位劳动投入所带来的产出,在一定程度上反映了经济活动的产出效率和地区的经济发展水平,通常采用产出增加值除以就业人数予以测度。据此可知,城市间劳动生产率差异是指城市之间劳动生产率的差异程度,直观地反映了城市间在劳动生产率绝对数上的差距,该差值越大,则表明城市间的劳动生产率差异越大。本文采用城市间劳动生产率差值的绝对值对城市间劳动生产率差异进行测度,其中劳动生产率采用平减后的地

^①城市发明专利的技术类别及其申请量分别反映了城市在不同技术领域范围内的知识广度和在给定技术领域内的知识深度,因此能够有效捕获城市在每个技术类别上的技术分布。

区生产总值除以全社会就业人数进行衡量。

(二) 典型事实

本文从不同维度对 2011—2020 年间长三角地区城市间技术邻近度、劳动生产率差异的特征事实进行全面考察,总结得出以下三个典型事实。

典型事实 1:城市间技术邻近度总体呈现逐年上升趋势,但三省一市间差异明显。

图 1 展示了 2011—2020 年间长三角整体及三省一市的城市间技术邻近度变动趋势^①。从长三角整体来看,长三角地区的城市间技术邻近度呈现逐年上升的变化趋势,尤其在 2016 年后上升趋势明显,究其原因可能是 2016 年《国家创新驱动发展战略纲要》的印发促进了长三角各类创新主体的协同互动和创新要素的顺畅流动,进而促进了长三角地区城市间技术邻近度的快速提升。从省市间差异看,上海市的城市间技术邻近度明显低于长三角其他三省,且在 2018 年后与其他三省的差距进一步拉大,表明上海市在众多高技术领域上不断快速形成比较优势,进而导致上海市的技术结构形态与其他三省存在显著差异^②。而江苏省和浙江省的城市间技术邻近度始终较为接近,这意味着江苏省和浙江省的技术结构较为相似。此外,江浙皖三省之间的城市间技术邻近度呈现出收敛态势,而上海市与江浙皖三省之间的城市间技术邻近度则呈现发散态势,有效凸显了上海市作为长三角科技创新中心的实力和地位,以及上海市发挥科技创新龙头带动作用、江浙皖三省协同技术攻坚的区域创新战略。

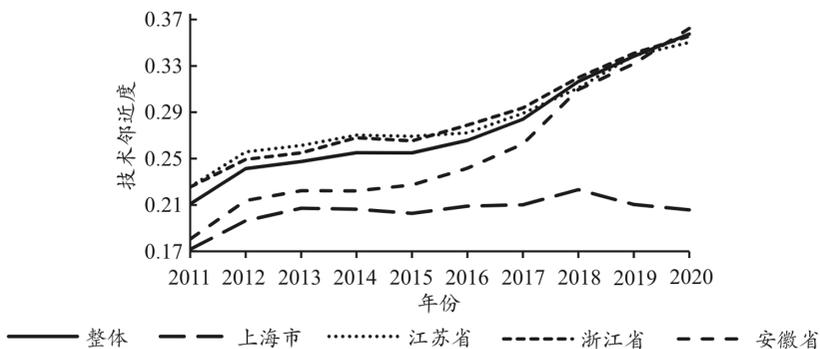


图 1 2011—2020 年不同区域维度的城市间技术邻近度变化趋势

典型事实 2:高、中高技术行业的城市间技术邻近度明显高于中低、低技术行业^③。

考虑到不同行业的技术类型存在显著差异,本文对长三角分技术层级行业的城市间技术邻近度进行分析,如图 2 所示。不难发现,高、中高技术行业的城市间技术邻近度显著高于中低、低技术行业。其中,高技术行业在 2016 年前的城市间技术邻近度普遍低于中高技术行业,但在 2016 年后,高技术行业的城市间技术邻近度呈现快速上升趋势并一直处于最高水平,其次为中高、中低和低技术行业。这表明城市间在高技术产业上的技术结构日益相似,越来越多的城市共同参与关键核心技术的协同攻关。

①长三角整体的城市间技术邻近度通过计算长三角地区所有城市间技术邻近度的平均值得到;三省一市的城市间技术邻近度通过计算该省(市)各城市与其他所有城市间技术邻近度的平均值得到,例如江苏省的城市间技术邻近度通过计算江苏省各城市与其他所有城市间技术邻近度的平均值得到。

②本文进一步对长三角发明专利的技术类别进行了分析,发现上海市的高技术类别专利占比明显高于长三角其他三省,自 2018 年后尤其明显。

③本文基于研发强度将国民经济行业分为高、中高、中低、低技术行业四类。

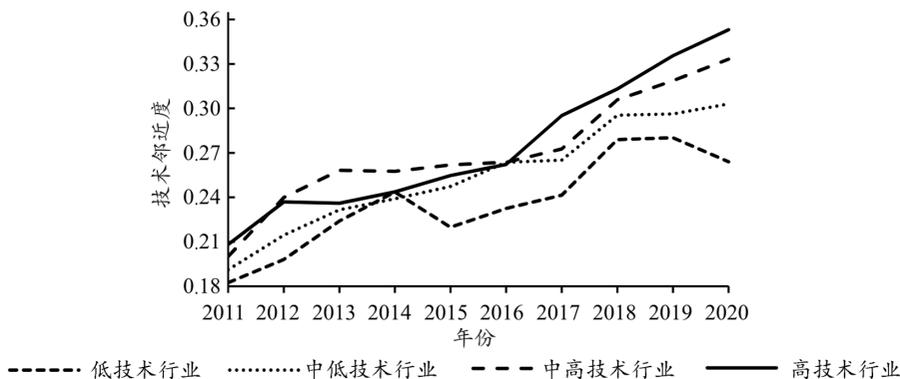


图2 2011—2020年各技术类型行业的城市间技术邻近度变化趋势

典型事实3:城市间技术邻近度与劳动生产率差异呈现负相关关系。

本文绘制了城市间技术邻近度与劳动生产率差异之间的散点图及其拟合线,具体如图3所示。可以看出,城市间技术邻近度与劳动生产率差异之间存在明显的负相关关系。此外,本文进一步对城市间技术邻近度与劳动生产率差异进行了 Pearson 相关性检验,发现城市间技术邻近度与劳动生产率差异在 1%的水平上呈显著的负相关关系,这再次表明城市间技术结构相似程度的提升将有利于缩小城市间劳动生产率差距。然而,简单的相关性分析并不足以揭示城市间技术邻近度与劳动生产率差异之间的因果关系,更为稳健的研究结论还依赖于后文严谨的理论分析和实证检验。

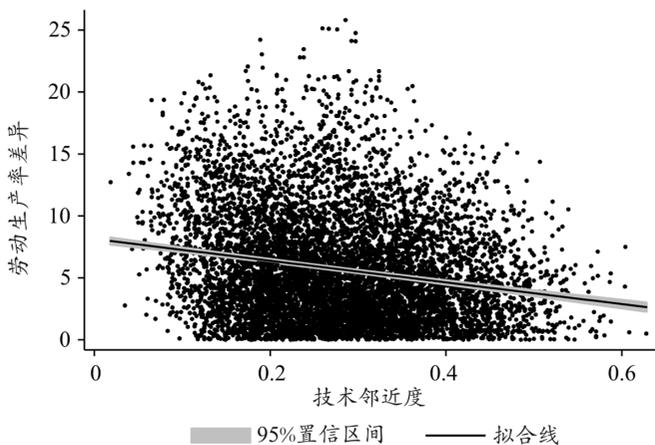


图3 城市间技术邻近度与劳动生产率差异之间的散点图及其拟合线

四、理论分析

本部分试图从创新资源配置视角,提出一个城市技术边界假说,来解释前文得到的城市间技术邻近度上升的典型事实,并在此基础上理论分析城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响及其作用机制。

(一)城市间技术邻近的形成与演变:一个“城市技术边界”假说

为简化分析,本文假设各城市均拥有本地化的创新资源禀赋和创新体系,例如高校、科

研究所、企业研发部门和政府创新服务部门等,但各城市本地化创新资源有限,且各城市间创新资源的丰裕程度存在显著差异。此外,鉴于新技术是由先前已有技术建构组合而成,且越复杂的新技术所集成的已有技术越多样^①,本文进一步假设随着技术复杂性的增加,创新所需的研发人员和技术知识也将不断增加。

从 Pavitt (1984) 区分的行业间技术创新差异看^②,以科学为基础的行业和专业化供应商行业(这两类行业以下简称原生创新型行业)的研发密集度高、技术构成复杂,不仅自身的技术研发和产品创新空间大,而且为供应商主导型行业和规模密集型行业(这两类行业以下简称再生创新型行业)提供新技术、新产品的空间也很大。而再生创新型行业的技术创新则主要是面向行业自身的产品或工艺创新,其中很多新技术、新设备、新材料均来源于原生创新型行业。

可以推断,原生创新型行业频繁的技术迭代和产品创新,将对相关技术领域的研发人员产生大量需求,但在短期内各城市高校和科研院所对研发人员的供给几乎无弹性,本地研发人员内生供给始终难以满足原生创新型行业技术研发和产品创新的需求。这意味着,在各城市本地研发人员供给有限的情况下,原生创新型企业出于对研发人员的争夺,将选址于创新资源丰裕的城市,并以较高工资溢价吸引本地或其他城市相应技术领域的研发人员流入。与此同时,与原生创新型行业相关联的企业及科研机构将不断向本地集聚,原生创新型企业所在城市的创新要素价格不断上涨,使得原生创新型企业研发的边际成本逐渐接近甚至超过其边际收益,进而导致原生创新型行业相对利润率下降。此时,本地创新资源的稀缺性与有限性将促使原生创新型企业到其他创新资源相对富余的城市寻求技术合作、开展研发外包或新建研发中心,以充分利用其他城市的创新资源。简言之,随着原生创新型行业所涉及技术领域复杂性与多样性的增加,原生创新型行业的技术创新发展表现为不同城市之间的原生创新型企业共同研发、分工与合作,即越来越多的城市会进入原生创新型行业所涉及的不同技术领域中进行创新。在此过程中,原生创新型行业研发活动的跨城市配置将促进创新资源相对富余城市的创新资源在更多的城市间配置,进而缩小城市间原生创新型行业相对利润率差异,直到原生创新型行业研发活动在城市间的配置达到长期稳定均衡状态——原生创新型行业所涉及技术领域的空间分布保持稳定。

相比于原生创新型行业,再生创新型行业的技术门槛较低,其企业主要依靠产量竞争或价格竞争争夺市场份额。在产品市场和要素市场的双重竞争压力下,再生创新型企业将面临所在城市要素成本逐渐升高、利润逐渐降低的困境,并逐渐趋于利润微薄的充分竞争状态。出于降本增利的动机,再生创新型企业会将自身非核心技术领域转移到要素成本更低、创新资源相对薄弱的城市进行研发。此外,由于再生创新型行业的技术创新往往使用原生创新型行业所提供的新材料、新设备和新零部件,研发成本不仅取决于其自身的研发投入,而且还与原生创新型行业的研发成本有关。这意味着,在各城市创新资源供给有限的情况下,原生创新型行业快速发展所带来的创新资源需求增长,将导致原生创新型行业研发成本

^①参见:布莱恩·阿瑟,2014:《技术的本质》,中译本,浙江人民出版社,第35页。

^②Pavitt (1984)根据创新技术来源和技术创新类型的差异,将行业分为以科学为基础的行业、专业化供应商行业、供应商主导型行业和规模密集型行业四类,其中前两类属于高和中高技术行业,后两类属于中低和低技术行业。

升高,进而引发所在城市的再生创新型企业更快进入到零利润状态,促使再生创新型企业研发环节加速向要素成本更低、创新资源相对薄弱的城市转移,城市间再生创新型企业相对利润率差异趋于缩小,再生创新型企业研发活动在城市间的配置逐渐趋向均衡状态——再生创新型企业行业所涉及技术领域的空间分布保持稳定。

值得强调的是,随着本地化创新能力的持续增强,创新资源丰富且技术基础雄厚的城市将率先在某些原生创新型企业技术领域上逼近技术前沿,进入到独立自主创新阶段。但囿于创新资源有限,以及原生创新型企业技术构成复杂多样,该类城市将集中有限的创新资源于少数前沿技术领域进行新技术、新产品研发,由此使得该类城市与其他城市间的技术邻近度在此阶段有所下降^①。但由于前沿技术创新仅发生在少数创新发达城市,因此绝大部分城市间的技术邻近度仍不断上升。

基于以上分析,本文提出一个城市技术边界假说:在各城市创新资源有限且城市间创新资源禀赋存在显著差异的前提假设下,企业将根据自身创新需求和城市创新资源禀赋,在市场导向下跨城市配置和布局研发活动,进而形成不同创新资源丰富度城市发展不同优势技术领域的空间分布格局,直到研发活动配置在长期达到空间一般均衡——相应技术领域的空间分布保持稳定,由此形成了城市技术边界,城市间技术邻近度提升到一定的水平。其中,创新资源丰富度的城市重点发展原生创新型企业所涉及的技术领域,而那些创新资源相对薄弱的城市则重点发展再生创新型企业所涉及的技术领域。在此过程中,本地创新资源有限这一外生约束条件若得以放宽,例如加大创新对外开放,吸引更多的外地研发人才流入,城市间的技术分工与合作将进一步深化,城市间技术邻近度得以不断强化。为此,上述城市技术边界假说很好地解释了前文得到的典型事实1和2。

(二) 城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响

城市间技术邻近意味着城市间的创新主体具有相似的知识基础和技术经验,而创新主体间相似的先验(技术)知识被认为是知识交流的先决条件(Cohen and Levinthal, 1990)。对于不同城市的企业来说,相似的知识基础有利于企业识别、选择和吸收彼此间的技术知识,进而为企业的知识库带来新颖性并扩展企业的知识库。这种扩展不仅降低了企业的知识搜索成本,而且为企业创新能力的增强提供了重要的外部知识来源,并为内部现有知识相对薄弱的企业提供更多获取外部技术知识的机会。因此,内部知识相对薄弱的企业更可能通过与其技术邻近城市的企业中获取多样化知识,来提高自身技术创新能力,进而缩小与技术邻近城市企业间的技术差距,从而推动技术邻近城市企业间劳动生产率差异的缩小。此外,技术邻近作为创新主体间沟通交流和相互理解的技术基础,较高的技术邻近度能够减少沟通交流障碍和混淆误解风险(Broekel and Boschma, 2012),有利于促进不同城市劳动者间的技能交流和经验学习,并吸收掌握彼此间的技术诀窍,进而促进城市间劳动生产率差异的缩小。综上所述,城市间技术邻近有助于促进城市间的知识交流和经验分享,进而为城市(尤其是内部知识薄弱城市)创新提供多样化、异质性的外部知识来源,从而缩小城市间技术差距,推动城市间劳动生产率差异收敛,即前文的典型事实3得到解释。基于此,本文提出:

假说1:城市间技术邻近可以显著缩小城市间劳动生产率差异。

^①例如,图1中本地创新资源丰富且技术基础雄厚的上海市与其他城市间的技术邻近度在2018年后有所下降。

(三) 城市间技术邻近影响劳动生产率差异的作用机理

技术邻近度是知识流动、合作创新和吸收能力的重要决定因素(Benner and Waldfoegel, 2008)。为了利用相互的技术知识,创新主体需要具备一定的技术邻近度(Cantner and Meder, 2007)。据此推断,城市间技术邻近将有利于促进技术知识在城市间的相互利用,具体包括:(1)知识溢出。首先,技术邻近有利于增进区域间的知识人才流动(郑江淮等, 2022),而鉴于知识具有植根于个体的特征,知识人才流动是区域间知识特别是隐性知识溢出的主要途径(王春杨等, 2020);其次,相似的知识基础能够增强区域间的知识吸收能力,促使知识在区域间的溢出变得容易(Cohen and Levinthal, 1990);再者,相似的技术背景能够促进以获取技术为目的的跨地区并购(Bena and Li, 2014),而跨地区并购将有助于促进地区间的知识溢出。因此,城市间技术邻近促进了城市间的知识溢出和技术转移。(2)联合重组创新。首先,城市间相似的技术基础有利于创新主体发现合作所提供的技术机会(Grant and Baden-Fuller, 1995);其次,合作的互惠激励取决于资源的互补性(Cantner and Meder, 2007),相似的技术背景有利于异质性、多样化资源的获取,进而提高合作的潜力和意愿;再者,更高的技术邻近度使城市间创新主体的沟通难度更小、成本更低,从而降低了混淆和误解的风险(Broekel and Boschma, 2012)。因此,城市间技术邻近增加了将彼此知识重组为创新的可能性。基于此,本文尝试从知识溢出和联合重组创新两个主要路径出发,探讨城市间技术邻近对缩小劳动生产率差异的作用机制。

城市间技术邻近可以促进城市间的知识溢出,为后发城市利用后发优势推动快速的技术升级提供知识来源,从而促使城市间的劳动生产率差异缩小。先发城市依靠自身资源禀赋和技术先发优势,率先在新的技术领域进行自主创新和知识创造。其中,新知识、新技术应用带来的超额利润促使先发城市将更多的资金投入到新知识的生产当中,不断扩大自身的知识存量。随着知识存量的增加,先发城市的知识生产能力不断增强,更多新的知识将在先发城市不断产生,进而形成知识积累良性循环(Qiu et al., 2020)。在此过程中,先发城市与后发城市间的技术差距逐渐形成。由于技术模仿成本远远小于技术创新成本,后发城市更有可能利用技术后发优势向技术结构相似的先发城市学习模仿,以获取更多的技术模仿收益(赖明勇等, 2005)。在创新激励与利益驱动下,后发城市将主动吸引先发城市相关专业的研发人员流入,并积极与先发城市开展技术交流和互动,以获取来自先发城市的知识溢出。此时,研发人员的流入增强了后发城市的技术吸收能力,进一步推动了知识溢出的发生。随着后发城市不断吸收先发城市的知识溢出,并在模仿创新和干中学的共同作用下,后发城市与先发城市间的技术差距逐渐缩小,进而推动两者间劳动生产率趋于收敛。

城市间技术邻近可以通过促进联合重组创新提高后发城市的知识基础和技术水平,从而缩小城市间劳动生产率差距。原生创新型行业产品的技术构成具有复杂多样、集成度高和创新性强的特点,而技术复杂性的增加往往伴随着更多的重组创新机会(Guan and Yan, 2016)。这意味着,任何一个城市都难以独立完成原生创新型行业产品的研发与生产,需要与其他城市开展联合重组创新。出于资源共享和知识互补的需要,先发城市将选择与技术结构相似且创新资源相对充裕的后发城市在原生创新型行业上进行重组创新。该类后发城市通过积极与先发城市在原生创新型行业上进行联合重组创新,并在原生创新型行业上以与先发城市深化技术分工的方式实现了快速的知识积累和技术升级,不断缩小了与先发城市之间的劳动生产率差异。此时,该类后发城市的创新动力和研发能力不断增强,更复杂、

更多新的技术领域将在原有技术领域的基础上不断衍生,进一步促进该类后发城市在更多的原生创新型行业技术领域上与先发城市进行联合重组创新,加速缩小了与先发城市间的劳动生产率差距。与此同时,随着该类后发城市在越来越多的原生创新型行业技术领域上与先发城市开展重组创新,本地创新资源的有限性将促使该类后发城市选择与技术结构相似且创新资源相对薄弱的后发城市在再生创新型行业上进行联合重组创新,并将腾出的创新资源用于自身原生创新型行业技术领域的研发。在此过程中,创新资源相对薄弱的后发城市主要通过再生创新型行业技术领域上与创新资源相对充裕的后发城市开展重组创新参与到技术分工中,并在分工合作中不断提高自身在再生创新型行业上的比较优势,逐渐缩小与创新资源相对充裕的后发城市间的劳动生产率差异,进而实现向先发城市收敛。基于此,本文提出:

假说2:城市间技术邻近通过促进知识溢出、联合重组创新缩小劳动生产率差异。

五、研究设计

(一) 计量模型设定

为检验城市间技术邻近度对劳动生产率差异的影响,本文构建如下基准回归模型:

$$Diff_lp_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 Prox_{ijt} + \alpha_2 X_{ijt} + \lambda_{ij} + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

(5)式中: $Diff_lp_{ijt}$ 表示 t 年 i 城市和 j 城市之间的劳动生产率差异,其测度方法同前文。 $Prox_{ijt}$ 表示 t 年 i 城市和 j 城市之间的技术邻近度,其测度方法同前文。 X_{ijt} 表示控制变量向量, λ_{ij} 表示城市对固定效应, μ_t 表示年份固定效应, ε_{ijt} 表示随机误差项。

参考现有文献(范剑勇,2006;李竞博、高媛,2020;艾阳等,2024),本文控制了如下变量:(1)城市间信息化水平差异($Diff_il$),采用城市之间每百人互联网用户数差值的绝对值进行测度;(2)城市间人力资本水平差异($Diff_hc$),采用城市之间每万人普通高等学校在校学生数差值的绝对值进行测度;(3)城市间地方公共预算支出差异($Diff_gi$),采用城市之间地方公共预算支出占GDP比重差值的绝对值进行测度;(4)城市间资本深化水平差异($Diff_cd$),采用城市之间劳均资本存量差值的绝对值进行测度,其中劳均资本存量采用实际资本存量与全社会就业人数之比进行衡量;(5)城市间产业结构差异($Diff_is$),采用城市之间第二产业与第三产业产值之比的差值的绝对值进行测度;(6)城市间就业密度差异($Diff_ed$),采用城市之间单位土地面积的全社会就业人数差值的绝对值进行测度。

(二) 数据样本说明

考虑到数据的可得性与完整性,本文采用2011—2020年长三角地区41个地级市共820个城市对层级的面板数据作为研究样本。样本构造过程如下:首先,将41个城市两两配对形成1681个城市对;其次,剔除由同一个城市配对形成的城市对(如上海市-上海市),并剔除由任意两个不同城市配对形成的重复城市对(如剔除上海市-南京市和南京市-上海市中的任意一个城市对),得到820个城市对;最后,在2011—2020年期间得到820个城市对 \times 10年的总样本。发明专利申请数据来源于中国专利全文数据库,该数据包含申请日期、公开日期、申请人、申请人类型、申请人地址、发明人和专利所属IPC类别等详细信息^①。其余数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》、各省市统计年鉴以及各地级市统计年鉴和统计公报。

^①若无特别说明,后文中的专利数据均指发明专利申请数据。

对于个别缺失数据,本文采用均值插补法或线性插补法进行填补。为消除通货膨胀的影响,本文对所有具有时间价值的变量(GDP、公共预算支出和资本存量)均以2011年为基期进行平减。主要变量的描述性统计见表1。

表1 主要变量的描述性统计

变量名称	变量符号	单位	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
城市间劳动生产率差异	<i>Diff_lp</i>	万元/人	8 200	5.7047	4.4159	0.0014	25.8114
城市间技术邻近度	<i>Prox</i>	-	8 200	0.2772	0.0995	0.0184	0.6279
城市间信息化水平差异	<i>Diff_il</i>	户/百人	8 200	9.1278	6.7404	0.0001	38.6476
城市间人力资本水平差异	<i>Diff_hc</i>	人/万人	8 200	69.6047	53.4954	0.0226	320.4240
城市间地方公共预算支出差异	<i>Diff_gi</i>	%	8 200	0.0648	0.0503	0.0000	0.2672
城市间资本深化水平差异	<i>Diff_cd</i>	万元/人	8 200	20.3655	15.4495	0.0023	85.2417
城市间产业结构差异	<i>Diff_is</i>	-	8 200	0.3545	0.3601	0.0001	2.5009
城市间就业密度差异	<i>Diff_ed</i>	万人/平方公里	8 200	0.0306	0.0378	0.0000	0.2093

六、实证分析

(一) 基准回归

表2报告了城市间技术邻近度对劳动生产率差异的基准回归结果。其中,第(1)列为随机效应模型,第(2)—(4)列为控制了城市对和年份的双重固定效应模型。从第(2)列和第(3)列可以看出,无论是否加入控制变量,城市间技术邻近度对劳动生产率差异的回归系数均至少在5%的水平上显著为负,说明城市间技术邻近度的增加显著缩小了城市间的劳动生产率差异。此外,从第(4)列的回归结果可以看出,将标准误聚类到城市对层面时,城市间技术邻近度对劳动生产率差异的影响仍显著为负。据此,假说1得到验证。

表2 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Prox</i>	-8.7499*** (0.4516)	-0.4843** (0.2272)	-0.7752*** (0.2104)	-0.7752** (0.3383)
<i>Diff_il</i>			0.0519*** (0.0031)	0.0519*** (0.0061)
<i>Diff_hc</i>			0.0151*** (0.0007)	0.0151*** (0.0013)
<i>Diff_gi</i>			5.0021*** (0.4799)	5.0021*** (1.0237)
<i>Diff_cd</i>			0.0345*** (0.0068)	0.0345*** (0.0129)
<i>Diff_is</i>			0.1018* (0.0538)	0.1018 (0.1107)
<i>Diff_ed</i>			14.3065*** (2.0735)	14.3065*** (4.4229)
<i>Constant</i>	8.1301*** (0.1422)	5.8390*** (0.0644)	2.8959*** (0.1734)	2.8959*** (0.3354)
年份固定效应	否	是	是	是
城市对固定效应	否	是	是	是
观测值	8 200	8 200	8 200	8 200
<i>Adj. R</i> ²	0.0387	0.9523	0.9595	0.9595

注:***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平,以下各表同。第(1)—(3)列括号内为稳健标准误,第(4)列括号内为聚类至城市对层面的稳健标准误。

(二) 内生性处理

考虑到可能存在因遗漏变量以及城市间技术邻近度与劳动生产率差异之间的反向因果关系而导致的内生性问题,本文采用工具变量法进行处理。具体地,参考 Ciccone 和 Hall (1996) 使用历史数据作为工具变量的做法,本文选取 1962 年两两城市之间是否开通铁路作为城市间技术邻近度的工具变量 ($Prox_{iv}$), 即当两个城市在 1962 年均开通铁路时, iv_rail 取值为 2; 当仅有一个城市开通铁路时, iv_rail 取值为 1; 否则为 0。此外,考虑到该变量值不随时间变化,本文借鉴易巍等(2021)的做法,将其与时间趋势项相乘构造出时变的工具变量。选用该工具变量的理由在于:首先,铁路的修建极大地促进了城市间创新要素的流动,铁路连通的城市间知识溢出更为频繁,而历史铁路线路也同样是高铁线路规划时重点考虑的因素(周玉龙等,2018),这再次说明历史上存在铁路连通的城市间在当前会拥有更频繁的研发人员流动和知识溢出,因此 1962 年城市之间是否存在铁路连通会对当前城市间的技术邻近度产生影响;其次,历史上城市间的铁路连通性很难影响当前城市间的劳动生产率差异,因而满足外生性条件。

表 3 报告了工具变量的估计结果和相关检验结果。第一阶段结果显示,该工具变量的估计系数在 1% 的水平上显著为正,表明该工具变量与城市间技术邻近度存在显著的正相关性。第二阶段结果显示,城市间技术邻近对劳动生产率差异具有显著的负向影响,与基准回归结果一致。在工具变量的弱识别检验中, Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量明显大于 Stock-Yogo 检验 10% 水平上的临界值,说明不存在弱工具变量问题;在工具变量识别不足检验中, Kleibergen-Paap rk LM 统计量在 1% 的水平上显著,说明该工具变量不存在识别不足问题。因此,上述结果表明,城市间技术邻近度的提升能显著缩小劳动生产率差异这一结论并不受内生性问题的干扰。

表 3 工具变量估计结果

	(1)	(2)
	$Prox$	$Diff_{lp}$
$Prox$		-7.9025*** (2.8884)
$Prox_{iv}$	0.0047*** (0.0005)	
控制变量	是	是
年份固定效应	是	是
城市对固定效应	是	是
观测值	8 200	8 200
$Adj.R^2$	0.7408	0.0053
Kleibergen-Paap rk LM 统计量		65.921***
Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量		80.301 [16.38]

注:括号内为聚类至城市对层面的稳健标准误,以下各表同。方括号内为 10% 显著性水平上的 F 检验临界值。

(三) 稳健性检验

为了保证基准回归结果的可靠性,本文采用替换解释变量与被解释变量、改变时间序列以及样本缩尾处理等方法进行稳健性检验,具体回归结果见表 4。

表 4 稳健性检验的回归结果

	替换解释变量		替换被解释变量	改变时间序列	样本缩尾处理
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>Diff_lp</i>	<i>Diff_lp</i>	<i>Diff_lp_sub</i>	<i>Diff_lp</i>	<i>Diff_lp</i>
<i>Prox</i>			-2.2203*** (0.5514)		-0.7336** (0.3305)
<i>Prox_sub</i>	-0.9345*** (0.1978)				
<i>Prox_jaf</i>		-0.4497** (0.1865)			
<i>F.Prox</i>				-1.4796*** (0.3186)	
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是
观测值	8 200	8 200	8 200	7 380	8 036
<i>Adj.R</i> ²	0.9597	0.9595	0.9025	0.9641	0.9584

1. 替换解释变量

首先,考虑到按照 IPC 四位码进行技术类别划分可能存在过度识别技术间差异的问题,本文采用按照 IPC 三位码进行技术类别划分的发明专利申请数据,并基于(4)式对城市间技术邻近度(*Prox_sub*)重新进行测算;其次,考虑到基准回归中的城市间技术邻近度测算是基于具有显性比较优势的技术类别,而非所有技术类别,可能存在低估城市间技术邻近度的情况,本文借鉴 Jaffe(1986)的方法,通过计算两个城市的发明专利被纳入同一 IPC 四位码技术类别的程度来测度城市之间的技术邻近度,具体公式如下:

$$Prox_jaf_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{i,k} x_{j,k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n x_{i,k}^2 \sum_{k=1}^n x_{j,k}^2}} \quad (6)$$

(6)式中: $x_{i,k}$ 和 $x_{j,k}$ 分别为*i*城市和*j*城市*k*四位码技术类别的发明专利申请量。*Prox_jaf_{ij}*值越大,表明*i*城市和*j*城市之间的技术邻近度越高。

2. 替换被解释变量

考虑到长三角地区农业部门的产值占比较低,而城市间发生技术邻近的领域主要集中在非农部门,本文借鉴范剑勇(2006)的做法,采用城市间非农劳动生产率差值的绝对值衡量城市间劳动生产率差异,其中非农劳动生产率采用平减后的非农产出除以非农就业人数进行测度。

3. 改变时间序列

鉴于专利成果的形成需要一定的时间,本文通过改变时间序列,进一步考察*t*+1期的城市间技术邻近度对劳动生产率差异的影响,结果如表4第(4)列所示。

4. 样本缩尾处理

考虑到样本数据中的极端值和异常值可能会影响回归结果,本文对被解释变量进行1%的双边缩尾处理,并用缩尾后的样本重新进行基准回归,结果如表4第(5)列所示。

从表4可以看出,无论是替换解释变量与被解释变量、改变时间序列还是样本缩尾处理,城市间技术邻近度的估计系数均至少在5%的水平上显著为负,且控制变量的系数符号

与显著性仍与基准回归结果基本一致^①,表明本文的基准回归结果是稳健可靠的。

七、进一步分析

(一) 影响机制检验

前文理论分析表明,城市间技术邻近可能通过知识溢出、联合重组创新等渠道影响城市间的劳动生产率差异。为了对上述机制进行检验,本文构建如下中介效应模型:

$$Diff_lp_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 Prox_{ijt} + \alpha_2 X_{ijt} + \lambda_{ij} + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \quad (7)$$

$$Med_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 Prox_{ijt} + \beta_2 X_{ijt} + \lambda_{ij} + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \quad (8)$$

$$Diff_lp_{ijt} = \gamma_0 + \gamma_1 Prox_{ijt} + \gamma_2 Med_{ijt} + \gamma_3 X_{ijt} + \lambda_{ij} + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \quad (9)$$

其中, Med_{ijt} 表示中介变量,分别为城市间知识溢出 ($Spill$) 和联合重组创新 ($Recom$)。 (8)式中,为了排除地理距离带来的空间效应对城市间知识溢出或联合重组创新所造成的影响,本文在原有控制变量的基础上加入城市间距离成本 ($Dist_co$)。考虑到城市间的距离成本既取决于城市间不变的地理距离,又取决于动态变化的单位距离通勤成本,本文借鉴蒋殿春和张庆昌(2011)的做法,采用城市间地理距离与国际油价的乘积来测算城市间的距离成本,其中,城市间的地理距离使用城市行政中心所在位置的经纬度数据进行测算,国际油价使用布伦特原油年均价进行衡量。

专利引用信息反映了知识流动状况,常被用于衡量知识溢出(Peri,2005)。为此,本文采用两两城市之间互相引用的专利总数加1并取对数来衡量城市间知识溢出。对于城市间联合重组创新,本文参考Guan和Yan(2016)的方法,采用两个城市共同申请的发明专利中具有新IPC组合的专利数进行衡量。具体地,首先从专利数据库中筛选出两个及以上城市共同申请的发明专利数据,然后在此基础上筛选出具有新出现的IPC分类或IPC组合的专利,最后按照不同城市进行配对,如某项专利的申请人分属A城市、B城市和C城市,则认为A与B两城市间、A与C两城市间、B与C两城市间分别进行联合重组创新^②。

表5报告了城市间技术邻近影响劳动生产率差异的中介机制检验结果。

表5 影响机制检验的回归结果

	知识溢出				联合重组创新			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	$Spill$	$Diff_lp$	$Spill$	$Diff_lp$	$Recom$	$Diff_lp$	$Recom$	$Diff_lp$
$Prox$	1.0185*** (0.1784)	-0.7088** (0.3390)			0.8363*** (0.1294)	-0.6696** (0.3302)		
$Prox_jaf$			1.0276*** (0.1368)	-0.3858** (0.1913)			0.2449*** (0.0723)	-0.4162** (0.1822)
Med		-0.0653*** (0.0235)		-0.0623*** (0.0241)		-0.1183** (0.0492)		-0.1222** (0.0492)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200
$Adj.R^2$	0.8682	0.9596	0.8701	0.9595	0.7616	0.9596	0.7597	0.9596

①限于篇幅,未汇报控制变量及常数项的回归结果,备索。

②具有新出现的IPC分类或IPC组合的专利是指该专利具有其申请年份之前从未出现过的IPC分类或IPC组合。

结果显示,表5第(1)列中 *Prox* 的系数在1%的水平上显著为正,同时第(2)列中 *Prox* 和 *Spill* 的系数均至少在5%的水平上显著为负,表明城市间技术邻近能够通过促进知识溢出缩小城市间的劳动生产率差异,即知识溢出的作用机制成立。同样地,第(5)列中 *Prox* 的系数也在1%的水平上显著为正,且第(6)列中 *Prox* 和 *Recom* 的系数均在5%的水平上显著为负,表明城市间技术邻近能够显著促进联合重组创新,从而促使城市间劳动生产率差异缩小,即联合重组创新的作用机制成立。综上所述,假说2得到验证。此外,为论证假说2实证结果的稳健性,本文采用 Jaffe (1986) 方法测算的城市间技术邻近度 (*Prox_jaf*) 作为解释变量进行检验(见第(3)、(4)、(7)、(8)列),发现上述结论依然成立。

(二)调节效应检验

知识在城市间的自由有序流动对城市创新至关重要,而地理距离和信息化水平被认为是影响知识在城市间传播的关键因素(易巍等,2021;谢文栋,2022)。地理距离限制了研发人员的流动和知识传播的范围,制约了面对面交流所能获得的隐性知识,阻碍了城市间创新主体的合作创新,从而削弱了城市间技术邻近度对劳动生产率差异的影响。此外,不同城市在信息化水平上存在显著差异,较高的信息化水平不仅有利于降低知识搜寻成本,还将通过降低知识流动成本来促进知识要素的跨城市流动,增加互补性知识和技术重组的机会,促进前沿技术向后发城市扩散,进而强化城市间技术邻近对劳动生产率差异的抑制作用。为此,本文进一步考察城市间的信息化水平差异和地理距离在城市间技术邻近度影响劳动生产率差异过程中的调节作用,具体模型构建如下:

$$Diff_lp_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 Prox_{ijt} + \alpha_2 Prox_{ijt} \times Mod_{ijt} + \alpha_3 Mod_{ijt} + \alpha_4 X_{ijt} + \lambda_{ij} + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \quad (10)$$

(10)式中: Mod_{ijt} 表示调节变量,分别为城市间信息化水平差异(*Diff_il*)、城市间距离成本(*Dist_co*)、城市间高铁连通性(*Both_hr*)以及城市间高铁连通性与地理距离的交乘项($Both_hr \times Geo_dist$)。对于城市间高铁连通性,本文采用两两城市之间是否同时开通高铁进行衡量,具体设定为: $Both_hr_{ijt} = hr_{it} \times hr_{jt}$,其中, hr_{it} 和 hr_{jt} 分别表示*i*城市和*j*城市是否在第*t*年开通了高铁,是为1,否则为0^①。

表6报告了调节作用检验的回归结果。从表6第(1)列和第(3)列可以看出,城市间技术邻近度与城市间信息化水平差异和距离成本的交互项均在1%的水平上显著为正,意味着随着城市间信息化水平差异和地理距离的增加,城市间技术邻近对缩小劳动生产率差异的促进作用将减弱。从第(5)列可以看出,城市间技术邻近度与城市间高铁连通性的交互项在1%的水平显著为负,说明城市间开通高铁强化了城市间技术邻近度对缩小劳动生产率差异的促进作用。为进一步检验地理距离在城市间技术邻近度影响劳动生产率差异过程中的作用,本文在第(5)列的基础上将城市间高铁连通性与地理距离的交乘项作为调节变量。第(7)列回归结果显示,城市间技术邻近度、高铁连通性和地理距离三者的交互项系数为正,再次说明地理距离在一定程度上削弱了城市间技术邻近度对缩小劳动生产率差异的促进作用。另外,为了保证结果的稳健性,本文采用 Jaffe (1986) 方法测算的城市间技术邻近度 (*Prox_jaf*) 作为解释变量进行再检验(见第(2)、(4)、(6)、(8)列),发现上述结论依然成立。

①本文将第*t*年7月1日前开通的高铁视为第*t*年通车,第*t*年7月1日及以后开通的高铁视为第*t*+1年通车。

表 6 调节作用检验的回归结果

	城市间信息化水平差异		城市间距离成本		城市间高铁连通性		城市间高铁连通性与地理距离的交乘项	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Prox</i> × <i>Mod</i>	0.1111*** (0.0426)		1.4742*** (0.2072)		-3.5160*** (0.4861)		0.0008 (0.0025)	
<i>Prox_jaf</i> × <i>Mod</i>		0.0681*** (0.0258)		0.5042*** (0.1273)		-1.5859*** (0.3110)		0.0007 (0.0017)
解释变量/调节变量/控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200	8 200
<i>Adj. R</i> ²	0.9597	0.9596	0.9606	0.9599	0.9606	0.9600	0.9606	0.9600

(三) 异质性分析

1. 经济发展水平异质性

考虑到长三角地区不同城市在经济发展水平上存在明显差异,本文按照各年人均 GDP 的中位数将城市划分为高经济发展水平城市 and 低经济发展水平城市,进而将总体样本分为“高-高”、“高-低”和“低-低”三个子样本,分别进行回归分析,回归结果如表 7 第(1)—(3)列所示。结果显示,高-高城市间和高-低城市间的技术邻近度对劳动生产率差异的影响均至少在 5% 的水平显著为负,且对高-高城市间的影响更大更显著,而低-低城市间的技术邻近度对劳动生产率差异的影响则在 5% 的水平上显著为正。这意味着,高-高经济发展水平城市间和高-低经济发展水平城市间的技术邻近对于缩小劳动生产率差异具有显著的促进作用,而低-低经济发展水平城市间的技术邻近并不能缩小劳动生产率差异。可能原因在于,低-低经济发展水平城市之间存在大量重叠的低端技术,技术结构同质化严重,缺乏多样化的互补性技术,使得城市间的知识溢出难以发生,创新主体难以进行技术重组和互补式创新,进而导致低-低经济发展水平城市之间形成低端技术锁定。因此,低-低经济发展水平城市间的技术邻近不利于缩小劳动生产率差异。

2. 行政管辖界限异质性

不同城市之间的经济联系和技术关联存在显著差异,省域内城市间的经济往来和技术交流往往更为紧密。为此,本文按照城市所处省份,将总体样本划分为省际间城市对和省域内城市对两个子样本,分别进行回归分析,其回归结果如表 7 第(4)列和第(5)列所示^①。结果显示,省际城市间技术邻近度的系数在 10% 的水平上显著为负,省内城市间技术邻近度的系数为负但不显著,这表明省际城市间技术邻近度的提高对缩小劳动生产率差异具有显著的促进作用,而省内城市间技术邻近度的提高并不能显著缩小劳动生产率差异。可能原因在于,省内城市间的知识基础和技术结构过于相似,而过于相似的知识基础和技术结构将导致技术同质,进而增加城市间知识溢出和重组创新的难度。相反,省际城市间的技术知识往往呈现出多样化和专业化的特征,城市之间各自独特的专业化知识将促进互补技术的重组创新和创新要素在城市间的流动,进而缩小城市间劳动生产率差异。

^①省际间城市对是指不同省份的城市两两配对形成的城市对;省域内城市对是指同一省份的城市两两配对形成的城市对。

表 7 异质性分析的回归结果

	经济发展水平异质性			行政管辖界限异质性	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	高-高	高-低	低-低	省际城市间	省内城市间
<i>Prox</i>	-1.9801*** (0.5746)	-0.8488** (0.4190)	0.6886** (0.3026)	-0.7549* (0.4145)	-0.0343 (0.4535)
控制变量	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
城市对固定效应	是	是	是	是	是
观测值	2 079	4 163	1 880	5 670	2 530
<i>Adj. R</i> ²	0.9396	0.9686	0.9446	0.9596	0.9653

八、结论与政策建议

随着创新驱动发展战略的稳步推进,地区间技术联系日益成为缩小地区发展差距的关键。然而,劳动生产率差异作为地区经济差距的主要影响因素,地区间技术结构会对地区劳动生产率差异产生怎样的影响呢?在此背景下,本文从技术邻近视角对地区间技术结构形态进行刻画,以 2011—2020 年长三角地区 820 个城市对为样本,考察了城市间技术邻近对劳动生产率差异的影响及其作用机制。研究发现:(1)长三角地区的城市间技术邻近度总体呈现逐年上升趋势,但三省一市间差异明显。(2)就长三角整体而言,高、中高技术行业的城市间技术邻近度明显高于中低、低技术行业。(3)城市间技术邻近显著缩小了城市间劳动生产率差异,其中的作用机制在于城市间技术邻近有利于促进知识溢出和联合重组创新,进而促使城市间劳动生产率差异缩小。(4)随着城市间信息化水平差异和地理距离的增大,城市间技术邻近对缩小劳动生产率差异的促进作用将减弱。(5)高-高经济发展水平城市间和高-低经济发展水平城市间的技术邻近能显著缩小劳动生产率差异,而低-低经济发展水平城市间的技术邻近并不能缩小劳动生产率差异;省际城市间技术邻近能显著缩小劳动生产率差异,而省内城市间技术邻近并不能缩小劳动生产率差异。

基于上述结论,本文提出如下政策建议:(1)破除创新要素流动壁垒,增强城市间的技术交流。一方面,各城市政府在推进实施创新驱动发展战略过程中应积极发挥主导作用,运用制度和政策手段打破固有的行政区域界限,促进创新要素在城市间自主有序流动,构建创新要素统一大市场,进而增进城市间的技术交流和知识溢出。此外,要加快 5G 等信息基础设施建设,畅通技术知识在城市间的流动。另一方面,要积极探索制度化的合作创新机制,搭建城市间联合创新网络平台,形成跨城市边界的一体化创新体系。(2)充分利用本地创新资源禀赋,加速形成具有比较优势的技术领域。经济欠发达城市应根据自身的技术基础和技术消化吸收能力,选择适宜的引进技术和引进方式,并充分利用本地的创新资源禀赋消化吸收引进的先进技术,逐步在某些特定技术领域上形成比较优势,进而通过技术追赶缩小经济差距并最终实现向经济发达城市的收敛。经济发达城市应充分发挥在已有技术领域上的比较优势和先发优势,不断吸引相应技术领域的创新资源要素流入,进一步强化自身在已有技术领域的创新优势和创新潜力。(3)明确各城市的创新职能分工,因地制宜实施差异化的创新发展战略。经济发达城市要充分发挥自身在高新技术领域上的比较优势,联合技术前沿城市进行关键核心技术攻关,同时也要加快中低端技术产业向经济欠发达城市转移,为本地高技术产业发展预留空间。经济欠发达城市要积极承接经济发达城市先进技术转移,主动

融入发达城市主导的区域创新网络,同时也要积极与其他经济欠发达城市开展协同式创新。(4)以互补性技术融入创新网络,深度参与技术分工和合作创新。随着生产技术复杂性的增加,任何一个城市都难以独立完成技术密集型产品的研发和生产,城市间的技术分工日益精细化和专业化,各城市要积极主动以互补性技术融入区域创新网络,积极参与战略性新兴产业的研发与生产分工。同时,要加快高技能人才和发明人才的培养,让更多的研发人员参与技术分工和联合创新,促进技术知识在城市间的外溢与扩散。

参考文献:

1. 艾阳、宋培、李琳、白雪洁, 2024:《数字经济发展、产业结构转型与劳动收入份额提升——基于人力资本的调节视角》,《经济评论》第3期。
2. 陈帅、张丹丹, 2020:《空气污染与劳动生产率——基于监狱工厂数据的实证分析》,《经济学(季刊)》第19卷第4期。
3. 都阳、封永刚, 2021:《人口快速老龄化对经济增长的冲击》,《经济研究》第2期。
4. 范剑勇, 2006:《产业集聚与地区间劳动生产率差异》,《经济研究》第11期。
5. 龚斌磊, 2022:《中国农业技术扩散与生产率区域差距》,《经济研究》第11期。
6. 郭凯明、王藤桥, 2019:《基础设施投资对产业结构转型和生产率提高的影响》,《世界经济》第11期。
7. 蒋殿春、张庆昌, 2011:《美国在华直接投资的引力模型分析》,《世界经济》第5期。
8. 赖明勇、张新、彭水军、包群, 2005:《经济增长的源泉:人力资本、研究开发与技术外溢》,《中国社会科学》第2期。
9. 李竞博、高媛, 2020:《我国人口老龄化对劳动生产率的影响机制研究》,《南开经济研究》第3期。
10. 李小平、朱钟棣, 2006:《国际贸易、R&D溢出和生产率增长》,《经济研究》第2期。
11. 刘华军、石印、乔列成、郭立祥, 2020:《中国全要素劳动生产率的时空格局及收敛检验》,《中国人口科学》第6期。
12. 王春杨、兰宗敏、张超、侯新烁, 2020:《高铁建设、人力资本迁移与区域创新》,《中国工业经济》第12期。
13. 谢文栋, 2022:《“新基建”与城市创新——基于“宽带中国”战略的准自然实验》,《经济评论》第5期。
14. 易巍、龙小宁、林志帆, 2021:《地理距离影响高校专利知识溢出吗——来自中国高铁开通的经验证据》,《中国工业经济》第9期。
15. 张文武、梁琦、张为付, 2021:《房价、户籍制度与城市生产率》,《经济学(季刊)》第21卷第4期。
16. 郑江淮、陈喆、康乐乐, 2022:《国家间技术互补变迁及其对发明人才跨国流动的影响——一个国际技术发现假说与检验》,《中国工业经济》第4期。
17. 郑江淮、陈喆、冉征, 2023:《创新集群的“中心—外围结构”:技术互补与经济增长收敛性研究》,《数量经济技术经济研究》第1期。
18. 郑江淮、戴玮, 2021:《中国技术空间雁行式变迁缩小了地区经济差异吗——基于地区间技术邻近度的假说和实证》,《财贸经济》第12期。
19. 周玉龙、杨继东、黄阳华、Geoffrey J.D. Hewings, 2018:《高铁对城市地价的影响及其机制研究——来自微观土地交易的证据》,《中国工业经济》第5期。
20. Baumol, W. J. 1986. “Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show.” *The American Economic Review* 76(5): 1072-1085.
21. Bena, J., and K. Li. 2014. “Corporate Innovations and Mergers and Acquisitions.” *The Journal of Finance* 69(5): 1923-1960.
22. Benner, M., and J. Waldfoegel. 2008. “Close to You? Bias and Precision in Patent-Based Measures of Technological Proximity.” *Research Policy* 37(9): 1556-1567.
23. Broekel, T., and R. Boschma. 2012. “Knowledge Networks in the Dutch Aviation Industry: The Proximity Paradox.” *Journal of Economic Geography* 12(2): 409-433.
24. Cantner, U., and A. Meder. 2007. “Technological Proximity and the Choice of Cooperation Partner.” *Journal of Economic Interaction and Coordination* 2(1): 45-65.
25. Caselli, F., and W. J. Coleman. 2001. “The U.S. Structural Transformation and Regional Convergence: A Reinterpretation.” *Journal of Political Economy* 109(3): 584-616.
26. Ciccone, A., and R. E. Hall. 1996. “Productivity and the Density of Economic Activity.” *The American Economic Review* 86(1): 54-70.
27. Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. 1990. “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation.” *Administrative Science Quarterly* 35(1): 128-152.
28. Grant, R. M., and C. Baden-Fuller. 1995. “A Knowledge-Based Theory of Inter-Firm Collaboration.”

- Academy of Management Proceedings* 1995(1):17-21.
29. Guan, J. C., and Y. Yan. 2016. "Technological Proximity and Recombinative Innovation in the Alternative Energy Field." *Research Policy* 45(7):1460-1473.
30. Hidalgo, C. A., B. Klinger, A. L. Barabási, and R. Hausmann. 2007. "The Product Space Conditions the Development of Nations." *Science* 317(5837):482-487.
31. Jaffe, A. B. 1986. "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value." *The American Economic Review* 76(5):984-999.
32. Mitra, A. 2024. "The Productivity Puzzle and the Decline of Unions." *Journal of Economic Dynamics and Control* 159, 104806.
33. Pavitt, K. 1984. "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory." *Research Policy* 13(6):343-373.
34. Peri, G. 2005. "Determinants of Knowledge Flows and Their Effect on Innovation." *The Review of Economics and Statistics* 87(2):308-322.
35. Qiu, J. W., W. J. Liu, and N. Ning. 2020. "Evolution of Regional Innovation with Spatial Knowledge Spillovers: Convergence or Divergence?" *Networks and Spatial Economics* 20(1):179-208.
36. Romer, P. M. 1986. "Increasing Returns and Long-Run Growth." *Journal of Political Economy* 94(5):1002-1037.
37. Solow, R. M. 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function." *The Review of Economics and Statistics* 39(3):312-320.

Does the Technological Proximity between Cities Narrow Labor Productivity Differences? Empirical Evidence Based on 41 Cities in the Yangtze River Delta

Zheng Jianghuai^{1,2}, Wu Nanjie^{2,3} and Lai Xiao⁴

(1: Yangtze River Delta Economic and Social Development Research Center, Nanjing University;
2: School of Economics, Nanjing University; 3: School of Digital Economy and Management,
Nanjing University; 4: China Centre for Promotion of SME Development, MIIT)

Abstract: The in-depth implementation of the innovation-driven development strategy has promoted the interregional flow of innovative elements, profoundly changed the technological connections between regions, and reshaped the regional economic development pattern. This paper attempts to propose a hypothesis of urban technological boundaries, explore the internal mechanism of the formation and evolution of technological proximity between cities, and explain the changes in labor productivity differences between cities from the perspective of technological proximity between cities. On this basis, using paired panel data from 820 prefecture level cities in the Yangtze River Delta region from 2011 to 2020 as samples, this paper empirically examines the impact and mechanism of technological proximity between cities on labor productivity differences. Research has found that: Technological proximity between cities significantly narrows labor productivity differences between cities; The technological proximity between cities mainly narrows labor productivity differences by promoting knowledge spillovers and joint recombination innovation; When the geographical distance and information level differences between cities increase, the promoting effect of technological proximity between cities on narrowing labor productivity differences will weaken; The impact of technological proximity between cities on labor productivity differences is heterogeneous among cities with different levels of economic development and administrative boundaries. This paper provides useful experience and inspiration for strengthening inter regional technological connections and achieving coordinated regional development in the process of innovation-driven development.

Keywords: Technological Proximity between Cities, Labor Productivity Differences, Knowledge Spillover, Joint Recombination Innovation, Yangtze River Delta

JEL Classification: J24, O32, O33

(责任编辑:惠利、陈永清)