

中国中部地区技术关联对产业创新的影响研究

郝均¹, 曾刚¹, 赵建吉², 胡志强²

(1. 华东师范大学中国现代城市研究中心/城市与区域科学学院, 上海 200062;

2. 河南大学黄河文明与可持续发展研究中心, 开封 475001)

摘要: 技术关联对地区产业创新和经济增长具有重要影响。本文从演化经济地理学认知邻近的视角出发, 借助中部地区制造业企业数据和专利数据, 运用技术关联分析方法, 探究制造业四位数行业技术关联对产业创新的影响机制。结果表明: 随着时间的推移, 技术关联对创新能力较弱的中部地区产业创新的促进作用越来越强; 对于资源型产业集中、经济发展前景不佳的山西省而言, 技术关联的作用并不显著; 技术关联对其他五省制造业创新具有正向作用, 呈现中间强南北弱的空间格局; 从产业门类看, 技术关联对技术密集型产业创新促进作用最强, 劳动密集型产业次之, 资源密集型产业靠后, 资本密集型产业最弱。

关键词: 产业创新; 技术关联; 认知邻近; 中部地区

DOI: 10.11821/dljy020190049

1 引言

技术关联是指两个产业或产品之间在生产技术、知识基础、人才资源等方面的相似性, 广泛被用来解释新技术、新产品、新产业和新集群产生的原因^[1-6]。外部性理论学者认为, 知识溢出是企业创新和区域增长的重要动力。演化经济地理学者认为, 导致集聚外部性的地理邻近不一定能产生知识溢出, 但产业间的认知邻近有助于技术关联的产生, 有助于知识溢出^[7-9]。也就是说, 认知邻近是影响产业间知识溢出的重要因素。企业作为产业创新的微观主体, 其技术创新由相似的知识或技术组合加工而成, 具有路径依赖的特征。因此, 企业不会随意拓展技术和产品, 而是优先在知识关联领域开展技术创新^[10]。现有研究表明, 企业进行跨行业创新过程中, 将优先选择技术关联强的相关产业领域^[11], 即关联性产业间的知识溢出有利于推动产业创新^[12,13]。

技术关联有助于区域产业多样化和区域技术创新。国内外研究均表明, 技术关联对区域产业演化具有重要影响, 区域倾向于发展与区域现有产业存在技术关联的产业^[14,15]。另外, 欧洲实证研究表明, 技术关联对创新能力较弱区域的产业多样化发展的推动作用更强^[15]。Tanner发现, 欧洲地区新兴的燃料电池技术率先在相关知识丰富的地区产生, 技术关联有助于新兴技术的创新^[16]; 贺灿飞等学者以中国电子及通信设备制造业为研究对象, 分析技术关联与技术创新之间的关系, 发现只有存在技术关联的产业集聚才对产业创新产生正向影响^[17]。

收稿日期: 2019-01-17; 修订日期: 2019-06-12

基金项目: 教育部人文社科基地重大项目 (17JJD790006); 国家自然科学基金青年项目 (41801109)

作者简介: 郝均 (1991-), 女, 河南开封人, 博士研究生, 研究方向为创新、生态与区域发展。

E-mail: haojunhenu@163.com

通讯作者: 曾刚 (1961-), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为创新网络与产业集群、生态文明与区域发展。E-mail: gzeng@re.ecnu.edu.cn

技术关联对地区产业演化的影响存在着显著的时空差异。Hidalgo等学者指出,发达国家位居全球产业链的核心环节,而发展中国家则位于全球产业链的末端,发达国家拥有更多机会发展新兴关联产业^[1]。贺灿飞指出,技术关联对中国出口导向型产业演化的影响空间差异明显,东部和西部地区受技术关联影响较弱,中部和东北地区受技术关联的影响较强^[18]。

中部地区是以劳动、资本、资源密集型产业为主的欠发达区域,区域创新水平低于全国平均水平。21世纪初以来,中部地区的劳动和资本密集型产业转型也明显弱于东部和东北地区^[19]。因此,本文将聚焦于传统制造业集中、产业创新不足的中部地区,从演化经济地理学认知邻近的视角出发,构建以技术关联为核心,涵盖四位数行业特征的数据模型,探讨技术关联对中部地区产业创新的影响,尝试回答:技术关联对中部地区产业创新影响的演化特征是什么,是否存在空间差异和行业差异?以期中部地区制造业转型升级提供借鉴。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本文探究产业间技术关联对中部地区产业创新的影响。依据《国务院关于促进中部地区崛起“十三五”规划的批复》确定中部地区范围,包括山西、河南、湖北、湖南、安徽和江西6省87个地市。受数据可获取性限制,模型中的核心解释变量和控制变量来源于《2000年中国工业企业数据库》《2007年中国工业企业数据库》《2013年中国工业普查数据》。本文以制造业四位数行业为研究对象,剔除了采矿业、废弃资源和废旧材料回收加工业以及电力、燃气及水的生产和供应业数据。

受制于个人认识、统计标准、数据可获得性等因素影响,学界衡量产业创新的指标尚未统一,已有研究多选用专利申请量,也有少数研究使用新产品产值。本文将采用能够反映技术创新水平的发明专利和实用新型专利的申请数量来表征产业创新^[20]。专利数据通过网络数据抓取技术,从中国专利全文数据库(知网版)的“发明专利”和“实用新型专利”两个子库中获取。根据《国际专利分类与国民经济行业分类参照关系表(试用版)》,将专利与国民经济行业分类(四位数)进行匹配(其中一个专利主分类号对应多个行业的将重复匹配)。由于《国民经济行业分类》经历了两次修订,为使行业数据能与专利数据一一对应,本文将2000年和2007年的专利数据分别与GB/T 4754-1994和GB/T 4754-2007分类标准进行匹配。

2.2 研究方法

2.2.1 技术关联的测算 现有研究量化测度产业间技术关联的方法主要有三种:第一种是依据《国民经济行业分类》,判断是否同属一个两位数行业;第二种是用投入产出表中不同产业部门间的技术联系来衡量;第三种是根据不同行业在同一地区同时具有比较优势的概率来表征产业间技术关联^[1,21,22]。相较而言,最后一种方法可以从四位数行业维度测度拥有相似知识或技术的产业间的联系,有利于从微观视角分析技术关联与产业创新之间的关系。基于此,本文采用最后一种即Hidalgo等的研究方法并加以改进。首先,判定行业是否具有比较优势,在原有区位熵的基础上,借鉴支柱产业的概念和计算方法,加入限定条件 Q :城市某行业产值大于中部地区该行业总产值的5%^[23]。其次,计算行业之间的邻近性即同一城市内两个四位数行业同时具有比较优势的条件概率的最小值。具体定义为:

$$\theta_{ij} = \min\{P(RCA_i|RCA_j), P(RCA_j|RCA_i)\}$$

$$\text{其中, } RCA = \begin{cases} 1, & LQ > 1 \text{ 且 } Q > 5\% \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中： i 和 j 分别表示同一城市两个四位数行业； θ_{ij} 表示行业 i 和 j 的邻近性； P 表示行业 i 和 j 同时具有比较优势的条件概率； RCA 是以工业总产值数据为基础，计算所得的行业 i 的相对比较优势，其中 LQ 是某城市行业 i 的区位熵， Q 是某城市行业 i 占中部地区该行业产值的比例。最后，基于上述结果计算每个行业与所在城市现有行业间的技术关联，具体如下：

$$Relatedness_{rj} = \frac{\sum_j C_{rj} \theta_{rj}}{\sum_j \theta_{rj}} \quad (2)$$

式中： $Relatedness_{rj}$ 表示 r 城市 j 行业与 r 城市现有行业间的技术关联，当 r 城市 j 行业具有比较优势时 C_{rj} 取值为1，否则为0。

2.2.2 模型设定与变量选取 本文基于中部地区87个地市的制造业四位数行业数据和专利数据，利用最小二乘法分析技术关联对产业创新的影响。具体如下：

$$Patent_{i,r,t} = \alpha + \beta Relatedness_{i,r,t} + \gamma_1 COMP_{i,r,t} + \gamma_2 RD_{i,r,t} + \gamma_3 GOV_{i,r,t} + \gamma_4 MARK_{i,r,t} + \gamma_5 FDI_{i,r,t} + \varepsilon_{i,r,t} \quad (3)$$

式中： i 、 r 和 t 分别表示四位数行业、城市和年份； α 是截距项； $\varepsilon_{i,r,t}$ 为随机干扰项； β 和 γ 分别为主要解释变量和控制变量的待估参数； $Patent_{i,r,t}$ 变量表示 t 年 r 城市 i 行业的创新水平，用发明专利和实用新型专利的申请量来表征； $Relatedness_{i,r,t}$ 是模型的主要解释变量，用产业间技术关联来表征；模型涵盖5个控制变量，其中 $COMP$ 表示企业竞争强度，行业内企业的激烈竞争可以促进创新^[24]，用同一行业内的企业数量表征； RD 表示行业创新投入，采用行业内企业R&D经费投入总额表征； GOV 表示政府支持，用行业补贴收入表征，除了企业内部研发投入外，地方政府的资金支持也有利于产业创新^[25]； $MARK$ 表示行业市场自由化水平，较高的市场自由化水平可以加快行业间劳动力、资本等要素流动，增强行业联系，促进行业间知识溢出^[26]，采用行业内非国有企业数占有所有企业的比重来表征； FDI 表示行业内外资企业的知识溢出效应，中国实证研究表明，外资企业对本地企业技术创新的溢出效应显著^[27,28]，利用行业内外资企业产值占总产值的比重表征。模型的共线性检验显示变量的VIF值均接近1（表1），表明不存在多重共线性。

表1 共线性检验
Tab. 1 Collinearity check list

变量	2000年	2007年	2013年
技术关联	1.07	1.06	1.01
企业竞争强度	1.03	1.05	—
外资溢出效应	1.04	1.01	—
政府支持	1.01	1.03	1.02
市场自由化	1.06	1.01	—
企业创新投入	—	1.03	—

注：—表示无数据。

3 结果分析

3.1 中部地区技术关联的行业和区域差异

中部地区制造业四位数行业种类逐年增多、规模日益增大,2013年行业种类约比2007年增加37.6%,截至2016年中部地区规模以上工业企业数和主营业务收入分别占全国的23.4%和22.1%。经计算,中部地区制造业四位数行业间技术关联的均值呈减小趋势(表2)。从要素分类来看,资本密集型产业间技术关联最强,其次是技术密集型,资源密集型最弱。这主要与中部地区制造业的发展阶段有关,大体上还处于劳动力、资本驱动阶段,而且技术密集型制造业的发展尚处于初步阶段。

表2 2000—2013年中部地区制造业技术关联及其行业差异

Tab. 2 Manufacturing technological relatedness and industrial differences in central China during 2000-2013

	观测值	均值	最大值	最小值	劳动密集型	资本密集型	资源密集型	技术密集型
2000年	9386	0.221	1	0	0.224	0.247	0.198	0.225
2007年	10894	0.188	1	0	0.183	0.231	0.170	0.188
2013年	14987	0.182	1	0	0.181	0.210	0.166	0.184

按照自然断裂点法将中部地区各地市行业间技术关联分为五级(图1)。纵观三个年份中部地区高技术关联的城市主要是省会城市即郑州市、武汉市、长沙市和合肥市以及受省会城市知识溢出影响的焦作市和岳阳市;较高水平技术关联的城市主要聚集在省会城市周边并呈连片状分布;总的来说,技术关联水平中等以上的城市呈现先减少后增加的变化趋势。从空间来看,高水平 and 较高水平技术关联的城市主要分布在中部地区的中部和中南部区域,低水平技术关联城市则分布在中部地区的北部、西部和西南部边缘区域。总体来看,中部地区技术关联水平由中间高、四周低向中间、东部和东南高,北部和西南低的空间分布格局转变。

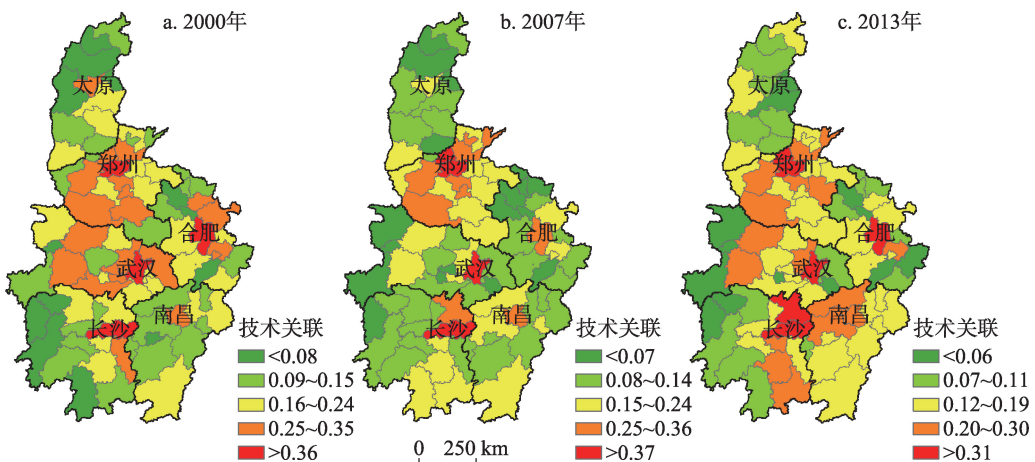


图1 2000—2013年中部地区制造业技术关联空间格局演化

Fig. 1 Evolution of spatial pattern of manufacturing technological relatedness in central China during 2000-2013

3.2 技术关联对产业创新的多维特征分析

3.2.1 时序特征 通过2000年、2007年和2013年中部地区产业间技术关联与产业创新的OLS回归分析（如表3）发现，三个时间节点上技术关联对产业创新的回归系数均显著为正，表明某一行业与其所在城市内其他行业间技术关联越强，行业创新水平越高，验证了已有研究关于产业间技术关联有利于产业创新的结论^[17]。上述三个模型中，技术关联的相关系数随时间变化明显增大，表明技术关联对产业创新的促进作用越来越显著。尤其是2007—2013年是中部地区产业转型升级和动力转换的关键阶段，即技术关联有助于中部地区制造业由劳动力、资本驱动向创新驱动转变。

表3 2000—2013年技术关联对中部地区产业创新的回归结果

Tab. 3 Regression results of technological relatedness and industrial innovation in central China during 2000-2013

变量	2000年	2007年	2013年
技术关联	1.166334***	8.639486***	39.30765***
企业竞争强度	0.011049**	0.022598**	—
企业创新投入	—	0.000014*	—
政府支持	0.000027	0.000007	0.000235*
市场自由化	-0.070779	-0.828600*	—
外资溢出效应	0.258593**	0.049403	—
<i>N</i>	9386	10894	14987
<i>R</i> ²	0.019409	0.058801	0.054576
Log <i>L</i>	-18239.15	-35888.62	-72698.78

注：*、**、***分别表示 $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ ；—表示无数据。

在2000年、2007年的模型中控制变量企业竞争强度均通过了显著性检验，并且2007年行业内企业间竞争强度对产业创新的促进作用更强，表明行业内企业间的激烈竞争可以促进产业创新，符合波特外部性（Porter Externalities）理论，与Feldman等对美国各城市四位数行业的研究结果一致^[24]。2000年模型中外资溢出效应的系数显著为正，2000年中国正处于外资引进的初期阶段，外资对当地企业技术溢出效果显著，而2007年此变量的系数不显著，主要是因为2007年处于中国外资引进的后期阶段，随着外资投资范围的扩大，其溢出效应逐渐减弱。2007年模型中市场自由化变量的系数显著为负，说明对于中部地区而言，市场自由化水平并不利于产业创新水平的提升，可能与地方政府政策有关。2007年模型中企业创新投入变量的系数显著为正，表明企业研究开发经费投入有利于产业创新水平的提升。2013年模型中政府支持变量的系数显著为正，表明2012年《国务院关于大力实施促进中部地区崛起战略的若干意见》实施效果显著。

3.2.2 区域特征 分别对2013年中部地区六省做OLS回归分析，以分析技术关联对产业创新的区域差异。结果显示（表4），除山西省以外，其他五省制造业产业间技术关联显著促进地区产业创新水平的提高。随着山西省经济发展由资源依赖向技术依赖转变，2013年山西省制造业的中高端和高端制造业企业数仅占中低端和低端制造业的49.4%，销售产值仅占38.9%，反映了Neffke等的结论，与区域生产能力有紧密关联的产业更可能进入该产业区域，与区域关联越弱的产业，退出区域的可能性较大^[2]。主要是因为山西省中高端和高端制造业与资源密集型产业之间关联较弱，产业间知识溢出效应不显著，导致山西制造业创新贫乏。

表4 2013年技术关联对中部地区六省产业创新水平的回归结果

Tab. 4 Regression results of technological relatedness and industrial innovation of six province in central China in 2013

变量	山西	河南	湖北	湖南	安徽	江西
技术关联	1.070479	26.256930***	60.696940***	26.316750***	90.981560***	15.380440***
政府支持	0.000042	0.000166***	0.000339***	0.000149***	0.000188**	-0.000006
<i>N</i>	820	3576	2910	2585	3256	1840
<i>R</i> ²	0.000606	0.040975	0.140377	0.080001	0.084597	0.025720
Log <i>L</i>	-3309.77	-15837.70	-14030.38	-11304.17	-17300.23	-7318.22

注: **、*** 分别表示 $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ 。

技术关联对产业创新的正向作用在空间上呈现中间强南北弱的分布格局。位于中间区域的安徽的技术关联回归系数远高于其他五省, 主要是因为安徽地处长江经济带的经济发达区域, 合肥市更是长江经济带上重要的节点城市, 区位优势优越, 与长江经济带的相邻地区产业间联系紧密, 知识溢出效果显著; 另外, 合芜蚌创新试验区和人才特区也为产业提供了良好的创新平台, 增进了产业间的互动交流, 提高了产业间技术关联水平。湖北省的技术关联回归系数仅次于安徽省, 其次是湖南省。湖北省、湖南省位于长江中游地区, 分别有8个、3个沿江节点城市, 具有相对优越的区位条件。湖北省的高校R&D人员约占中部地区的25%, 为企业研发提供了人才和技术支持, 有助于丰富当地产业的技术知识基础, 增强不同产业间知识基础的相似性。江西省也得益于长江中游的区位优势, 高端制造业发展态势良好, 带动了一般制造业的发展, 增进了不同类别产业间联系, 进而促进了产业创新水平的提升。

3.2.3 产业特征 本文依据2011年国民经济行业分类与代码(GB/T 4754-2011), 借鉴陈飞翔、张万里等对产业的生产要素分类^[29,30], 将2013年中部地区制造业四位数行业分为劳动密集型、资本密集型、资源密集型和技术密集型四类(表5), 用OLS回归模型分析技术关联对不同要素密集型产业创新的差异化影响。

表5 制造业按密集要素分类

Tab. 5 Manufacturing classified by dense factors

类型	涵盖行业
劳动密集型	食品制造业, 酒、饮料和精制茶制造业, 纺织业, 纺织服装服饰业, 皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业, 木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业, 家具制造业, 造纸及纸制品业, 橡胶和塑料制品业
资本密集型	印刷和记录媒介复制业, 文教、工美、体育和娱乐用品制造业, 化学纤维制造业, 黑色金属冶炼及压延加工业, 有色金属冶炼及压延加工业, 仪器仪表制造业
资源密集型	农副食品加工业, 烟草制造业, 石油加工、炼焦及核燃料加工业, 非金属矿物制造业, 金属制品业
技术密集型	化学原料及化学制品制造业, 医药制造业, 通用设备制造业, 专用设备制造业, 汽车制造业, 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业, 电气机械及器材制造业, 通信设备、计算机及其他电子设备制造业

如表6所示, 四类不同要素密集型产业间技术关联均有利于产业创新水平的提升。但技术关联对不同类型产业创新的影响程度有显著差异, 对技术密集型产业创新的促进作用最强, 其次是劳动密集型产业, 作用最弱的是资本密集型产业。这一结果证实了技术关联有助于高技术产业创新的研究, 并发现技术关联也有利于其他要素密集型产业创新, 只是作用强度存在差异。这主要与产业性质以及中部地区制造业的发展阶段有关, 中部地区制造业发展正逐步由资源、资本、劳动力驱动向创新驱动转变, 技术密集型产业占比逐年增大; 此外, 技术密集型产业技术水平较高, 不同行业间技术知识相似性较

表6 2013年中部地区技术关联对不同产业创新的回归结果

Tab. 6 Regression results of technological relatedness and industrial innovation of different industries in central China in 2013

变量	劳动密集型	资本密集型	资源密集型	技术密集型
技术关联	30.001810***	22.072760***	25.070630***	58.247100***
政府支持	0.000044	0.000079*	0.000013	0.000330***
<i>N</i>	4045	1513	3179	6005
<i>R</i> ²	0.019964	0.039125	0.056857	0.091540
Log <i>L</i>	-19776.98	-6778.83	-13249.74	-30170.44

注：*、***分别表示 $p < 0.05$ 、 $p < 0.001$ 。

强，行业间互动联系较多，促进了行业间知识溢出。而且，中部地区劳动密集型产业的发展条件优于资本、资源密集型产业，劳动密集型产业内行业间知识溢出效应强于资本和资源密集型产业。从政府支持变量的系数可以看出，地方政府对技术密集型产业的重视高于其他产业，表明2012年《国务院关于大力实施促进中部地区崛起战略的若干意见》中关于推动企业成为创新主体和差别化产业政策实施效果显著。

4 结论与讨论

基于技术关联的认知邻近对产业间知识溢出效应具有重要影响，从而否定了传统基于知识外部性的地理邻近对知识溢出的重要影响。已有研究成果主要关注国家空间尺度技术关联对高技术产业创新的促进作用，忽视了区域空间尺度传统制造业技术关联与产业创新之间的关系，对欠发达地区关注尤为不足。本文基于演化经济地理学的认知临近，利用技术关联分析方法，从制造业四位数行业维度，探讨了中部地区产业技术关联对产业创新水平的影响及其机制。结果显示：

(1) 产业间技术关联有助于中国创新能力较弱的中部地区实现产业创新，推动了产业升级和动能转换，而且随着时间的推移，效果越来越显著。从模型控制变量分析结果来看，同类型企业间的激烈竞争和政府的政策支持均可以提升制造业创新能力。

(2) 从空间差异看，受区位优势、产业基础、要素禀赋的影响，技术关联对中部地区产业创新的作用呈现中间强南北弱的空间格局。究其原因，首先，安徽省、湖北省、湖南省分别位于中国长江经济带，区位条件优越；其次，安徽省、湖北省两省拥有丰富的创新资源，安徽省合芜蚌试验区和人才特区、湖北省武汉都市圈高校人才优势显著。

(3) 对于资源型产业主导、经济发展前景欠佳的山西省而言，技术关联的作用并不显著。山西省中高端和高端制造业与现有资源密集型产业之间技术关联较弱，产业之间难以实现有效的知识溢出，以致山西省产业创新不足。

(4) 从产业门类看，技术关联对不同产业部门创新的影响不完全相同。其中，对技术密集型产业创新的促进作用最强，劳动密集型产业次之，资源密集型产业靠后，资本密集型产业最弱。从成因来看：①“创新驱动，转型发展”的国家战略以及重点支持高技术产业发展的政府政策发挥了重要作用；②技术密集型产业的知识含量高、产业之间相似性较强，产业间认知距离短，技术关联强。而劳动密集型产业的发展条件总体上优于资本密集型和资源密集型。

笔者发现，技术关联不仅对技术密集型产业创新具有显著的促进作用，而且对资源、劳动、资本密集型产业创新同样具有重要的促进作用。因此，对产业创新不足、产

业转型任务繁重、经济发展水平不高的地区来说,地方政府可以从以下两方面提升产业创新能力:一方面,建立科技服务机构和创新平台,加强产业间、行业内企业联系,缩短产业间认知距离;另一方面,优先发展与本地产业技术关联程度较高的产业,引进相关企业,为区域产业转型升级提供基础。而对资源密集型企业占比较大的山西省来说,应该大力引进技术密集型企业,重点支持高技术产业的发展。

参考文献(References)

- [1] Hidalgo C A, Klinger B, Barabasi A L, et al. The product space conditions the development of nations. *Science*, 2007, 317(5837): 482-487.
- [2] Neffke F, Henning M, Boschma R. How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, 2011, 87(3): 237-265.
- [3] Boschma R, Minondo A, Navarro M. The emergence of new industries at the regional level in Spain: A proximity approach based on product relatedness. *Economic Geography*, 2013, 89(1): 29-51.
- [4] Neffke F, Henning M, Boschma R, et al. The dynamics of agglomeration externalities along the life cycle of industries. *Regional Studies*, 2011, 45(1): 49-65.
- [5] Boschma R, Frenken K, Bathelt H, et al. Technological relatedness and regional branching: Beyond territory. In: *Dynamic Geographies of Knowledge Creation, Diffusion and Innovation*. London: Routledge, 2012: 64-68.
- [6] 贺灿飞. 区域产业发展演化: 路径依赖还是路径创造? . *地理研究*, 2018, 37(7): 1253-1267. [He Canfei. Regional industrial development and evolution: Path dependence or path creation?. *Geographical Research*, 2018, 37(7): 1253-1267.]
- [7] Nootboom B. Learning by interaction: Absorptive capacity, cognitive distance and governance. *Journal of Management & Governance*, 2000, 4(1-2): 69-92.
- [8] Boschma R. Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Study*, 2005, 39(1): 61-74.
- [9] 郭琪, 贺灿飞. 演化经济地理视角下的技术关联研究进展. *地理科学进展*, 2018, 37(2): 229-238. [Guo Qi, He Canfei. Progress of research on technological relatedness in the perspective of evolutionary economic geography. *Progress in Geography*, 2018, 37(2): 229-238.]
- [10] Breschi S, Lissoni F, Malerba F. Knowledge-relatedness in firm technological diversification. *Research policy*, 2003, 32(1): 69-87.
- [11] Neffke F, Henning M. Skill relatedness and firm diversification. *Strategic Management Journal*, 2013, 34(3): 297-316.
- [12] Frenken K, Van Oort F, Verburg T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies*, 2007, 41(5): 685-697.
- [13] Frenken K, Boschma R A. A theoretical framework for evolutionary economic geography: Industrial dynamics and urban growth as a branching process. *Journal of Economic Geography*, 2007, 7(5): 635-649.
- [14] 颜燕, 贺灿飞, 王俊松. 产业关联、制度环境与区域产业演化. *北京工商大学学报(社会科学版)*, 2017, 32(1): 118-126. [Yan Yan, He Canfei, Wang Junsong. Industrial linkage, institutional environment and regional industrial evolution. *Journal of Beijing Technology and Business University: Social Sciences*, 2017, 32(1): 118-126.]
- [15] Xiao Jing, Boschma R, Andersson M. Industrial diversification in Europe: The differentiated role of relatedness. *Economic Geography*, 2018, 94(5): 514-549.
- [16] Tanner A N. The emergence of new technology-based industries: The case of fuel cells and its technological relatedness to regional knowledge bases. *Journal of Economic Geography*, 2015, 16(3): 611-635.
- [17] 贺灿飞, 郭琪. 集聚经济、技术关联与中国产业发展. 北京: 经济科学出版社, 2016: 241-259. [He Canfei, Guo Qi. *Agglomeration Economy, Technology Relatedness and China's Industrial Development*. Beijing: Economic Science Press, 2016: 241-259.]
- [18] 贺灿飞, 董瑶, 周沂. 中国对外贸易产品空间路径演化. *地理学报*, 2016, 71(6): 970-983. [He Canfei, Dong Yao, Zhou Yi. Evolution of export product space in China: Path-dependent or path-breaking?. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(6): 970-983.]
- [19] Zhu Shengjun, He Canfei, Zhou Yi. How to jump further and catch up? Path-breaking in an uneven industry space. *Journal of Economic Geography*, 2017, 17(3): 521-545.

- [20] 王彬燕, 王士君, 田俊峰, 等. 中国重点产业创新产出时空分异及影响因素. 地理研究, 2019, 38(2): 259-272. [Wang Shanyan, Wang Shijun, Tian Junfeng, et al. Spatial-temporal characteristics of innovation output and its influencing factors of the key industries in China. *Geographical Research*, 2019, 38(2): 259-272.]
- [21] Essletzbichler J. Relatedness, industrial branching and technological cohesion in US metropolitan areas. *Regional Studies*, 2015, 49(5): 752-766.
- [22] Guo Qi, He Canfei. Production space and regional industrial evolution in China. *Geo Journal*, 2017, 82(2): 379-396.
- [23] 周慧秋, 周德群, 朱佩枫. 基于DAMATEL方法的区域支柱产业选择——以江苏省徐州市为例. 统计研究, 2006, 23(4): 50-52. [Zhou Huiqiu, Zhou Dequn, Zhu Peifei. Regional pillar industry selection based on DAMATEL method-taking Xuzhou city, Jiangsu province as an example. *Statistical Research*, 2006, 23(4): 50-52.]
- [24] Feldman P, Audretsch B. Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, 1999, 43(2): 409-429.
- [25] 马双, 曾刚, 张翼鸥, 等. 中国地方政府质量与区域创新绩效的关系. 经济地理, 2017, 37(5): 35-41. [Ma Shuang, Zeng Gang, Zhang Yiou, et al. Research on the relationship between quality of local government and regional innovation performance in the cities of China. *Economic Geography*, 2017, 37(5): 35-41.]
- [26] 贺灿飞, 潘峰华. 中国城市产业增长研究: 基于动态外部性与经济转型视角. 地理研究, 2009, 28(3): 726-737. [He Canfei, Pan Fenghua. City industry growth in China: Perspectives of dynamic externalities and economic transition. *Geographical Research*, 2009, 28(3): 726-737.]
- [27] 潘镇. 外商直接投资是否促进了中国的科技进步——来自各地区的经验证据. 中国软科学, 2005, (10): 66-72. [Pan Zhen. Does FDI benefit scientific and technical development in China - the evidence from the provincial data. *China Soft Science*, 2005, (10): 66-72.]
- [28] 彭向, 蒋传海. 产业集聚、知识溢出与地区创新: 基于中国工业行业的实证检验. 经济学(季刊), 2011, 10(2): 913-934. [Peng Xiang, Jiang Chuanhai. Industrial agglomeration, technological spillovers and regional innovation: Evidences from China. *China Economic Quarterly*, 2011, 10(2): 913-934.]
- [29] 陈飞翔, 俞兆云, 居励. 锁定效应与我国工业结构演变: 1992-2006. 经济学家, 2010, (5): 54-62. [Chen Feixiang, Yu Zhaoyun, Ju Li. Lock-in effect and the evolution of industrial structure in China: 1992-2006. *Economist*, 2010, (5): 54-62.]
- [30] 张万里, 魏玮. 制造业集聚对效率的影响研究: 抑制还是促进——基于地区和要素密集度分类的PSTR分析. 南方经济, 2018, (4): 95-113. [Zhang Wanli, Wei Wei. The impact of manufacturing agglomeration on efficiency: Restrain or promote? PSTR analysis based on region and factor intensity classification. *South China Journal of Economics*, 2018, (4): 95-113.]

The impacts of technological relatedness on industrial innovation in central China

HAO Jun¹, ZENG Gang¹, ZHAO Jianji², HU Zhiqiang²

(1. Center for Modern Chinese City Studies & School of City and Regional Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China)

Abstract: Cognitive proximity based on technological relatedness has an important impact on the knowledge spillover effect between industries. This conclusion refutes the important influence of traditional geographical proximity based on knowledge externality on knowledge spillover. The existing research mainly focused on the promotion of high-tech industry innovation by technological relatedness at national spatial scale, but ignored the analysis of the relationship between traditional manufacturing technological relatedness and industrial innovation at regional spatial scales, especially for underdeveloped regions. This paper draws on the concept of cognitive proximity in evolutionary economic geography, and uses the improved technological relatedness analysis method to take central China as an example to investigate the impact mechanism of technological relatedness on industrial innovation in the four-digit classification level dimension of manufacturing industry. The results show that: (1) the industrial technological relatedness in central China has significantly improved industrial innovation performance, and the effect becomes more and more obvious with the passage of time. (2) From the perspective of regional heterogeneity, the technological relatedness of Shanxi Province, which is dominated by resource-based industries and has poor economic development prospects, is not significant. The level of innovation in manufacturing of another five provinces, namely Henan, Hubei, Hunan, Anhui, and Jiangxi, is obviously promoting, and the spatial pattern shows a strong central but a weak link between the north and south. (3) From the perspective of industry categories, technological relatedness not only plays a significant role in promoting high-tech industrial innovation, but also has a great impact on the promotion of resource-intensive, labor-intensive, and capital-intensive industrial innovations, although the degree of influence is different. The role of technological relatedness in promoting industrial innovation from strong to weak is followed by technology-intensive industries, labor-intensive industries, resource-intensive industries, and capital-intensive industries. (4) In addition, this paper finds that the fierce competitive environment and government policy support contribute to the improvement of manufacturing innovation. Local governments should take measures to promote industrial innovation from two aspects: establishing innovative platforms and technology service institutions to strengthen inter-industry and intra-industry enterprise contact and shorten the cognitive distance between industries; prioritizing the development of industries that have higher technological relatedness with local industries, and introducing related companies, thus to promote the transformation and upgrading of regional industries.

Keywords: industrial innovation; technological relatedness; cognitive proximity; central China