

创新网络、知识溢出与高质量 一体化发展*

——来自长江三角洲城市群的证据

殷德生^{1,2} 吴虹仪² 金 桩³

(1 华东师范大学中国经济研究中心 200062;

2 华东师范大学经济学院 200062;3 内蒙古财经大学金融学院 010070)

内容摘要：专利如何在长江三角洲城市群各城市之间流动，这是关系到长三角高质量一体化的重要方面。本文运用社会网络分析法，基于城际专利转移数据构建长三角城市群创新网络，揭示专利要素在长三角城市群各城市之间的流动状况及其变化，刻画长三角创新网络演化趋势和结构特征，实证检验创新网络对城市创新产出的影响。研究发现：长三角城市群创新网络从以上海为绝对中心的单级结构逐步演化为“一龙头、多中心”的钻石型结构，空间网络中心性对城市创新产出存在显著正向影响。我们进一步基于创新网络邻近性构建空间权重矩阵，应用空间计量方法揭示知识溢出驱动长三角城市群内生增长的内在机制和政策含义。

关键词：创新网络 知识溢出 专利转移 高质量经济发展 城市群一体化

中图分类号：F124 文献标识码：A 文章编号：1005-1309(2019)11-0030-016

DOI:10.19626/j.cnki.cn31-1163/f.20191016.001

一、引言

在现代城市发展从“建城”“扩城”向“联城”动态演变的进程中，区域竞争越来越明显地集中于城市群尺度。长三角城市群是我国市场经济最活跃、创新要素最丰富的跨省域城市群。国家发展和改革委员会发布的《长江三角洲城市群发展规划》(2016)明确提出，长三角城市群要着力于构建网络化、开放型、一体化发展新格局，推进创新链、产业链深度融合。国家要求，新时代长三角城市群经济发展需紧扣“高质量”和“一体化”两个关键，打造高质量发展区域集群，强化创新驱动增长模式。然而，长期以来我国地方政府以 GDP 为主要考核指标参与“晋升锦标赛”，区域产业、财税、投资、公共政策均以行政区划为权责边界，致使跨行政区划城市群内各城市难以在一体化发展的利益协调上达成一致。

收稿日期：2019-9-19

* 基金项目：本文为教育部人文社会科学规划基金项目(19YJA790107)、国家自然科学基金青年项目(71904051)的阶段性成果之一。

作者简介：殷德生(1973—)，男，安徽安庆人，华东师范大学经济学院、华东师范大学中国经济研究中心，教授，博士生导师。研究方向：区域经济、国际贸易；吴虹仪(1994—)，女，四川资阳人，华东师范大学经济学院博士研究生。研究方向：经济地理、区域创新；金桩(1972—)，男，内蒙古呼和浩特人，内蒙古财经大学金融学院。研究方向：金融发展。感谢金培振博士对本文提出的修改建议。感谢匿名评审人提出的修改建议，笔者已做了相应修改，本文文责自负。

长三角高质量一体化发展的关键驱动因素是核心城市因创新要素流动而形成的区域创新空间网络以及由此产生的知识溢出效应。区域高质量发展的根本驱动力是技术创新,而城市获取创新要素主要有两个途径:一是本地 R&D 活动的知识生产与积累,二是从其他城市获得技术转移和知识溢出。降低创新要素跨区域流动的制度和交易成本,增强区域创新系统在创新协同等方面的空间关联效应,是长三角高质量一体化进程的重要内容(白俊红和蒋伏心,2015;毛琦梁和王菲,2018)。本文以长三角城市群核心城市为研究主体,使用数据挖掘技术获取城际专利权及专利所有权变更(专利转移)数据(2004—2018),应用社会网络分析法构建长三角城市群创新空间网络,进而考察技术跨区域流动所表征的城市空间关联性如何影响城市群高质量一体化发展。本文试图回答的问题是:在加速推进高质量一体化进程的背景下,长三角城市群创新网络呈现怎样的演化趋势和空间特征?核心城市能否通过与其他城市建立技术跨区域流动关联以增强节点的创新网络中心性,进而提升本地创新能力?

本文试图回答上述重要问题。其一,基于城际专利转移数据构建创新空间网络,从整体密集度、板块结构以及节点特征三个维度系统地揭示了长三角高质量一体化发展的演化趋势和结构特征,丰富了区域创新及一体化发展相关研究。进一步的实证研究发现,长三角城市群核心城市能够通过建立更广泛、更密集的技术集散关系以增强本地创新优势。其二,基于创新网络设定邻近性权重矩阵,刻画空间层面核心城市技术集散和创新协同关联的紧密程度。现有文献通常基于经济发展水平、创新要素投入与产出等本地指标构建经济距离空间权重矩阵,实质上是以区域经济特征的“接近性”代替“邻近性”。本文运用城际专利转移数据构建创新空间网络,以科技成果在空间上的真实“流动”来刻画核心城市在技术集散和创新协同方面的空间关联性,具有更强的微观基础。基于空间计量方法的实证研究表明,创新网络邻近性下长三角城市群存在显著的知识溢出效应,当前长三角城市群的空间关联性正逐步超越地理行政区划边界,向跨区域高质量创新集群演化。

本文的结构安排如下:第二部分评述创新网络、空间溢出与高质量一体化发展的文献并提出理论假设;第三部分详述长三角城市群创新网络的构建方法和过程,刻画长三角城市群创新网络的空间演化趋势和结构特征;第四部分实证研究创新网络如何影响城市技术创新增长;第五部分揭示创新空间网络影响城市内生增长的作用机制,验证创新网络邻近性下知识溢出显著地驱动了城市群内生增长;第六部分是结论及相关政策含义。

二、文献回顾与理论假设

(一)创新网络与高质量一体化发展

网络由若干节点和连接这些节点的连边构成,空间因素会显著影响节点在网络中的收益和成本,致使网络关系在一定程度上呈现地理衰减和空间集聚效应(Ter Wal & Boschma, 2009)。技术进步是保证经济可持续发展的决定性因素,诸多文献从交通基础设施及客运流量(张学良,2012)、贸易关系(马述忠等,2016;蒋为等,2019)、人力资本关系与流动(Agrawal et al., 2006;吴群锋和蒋为,2015;刘善仕等,2017)、物质资本网络(Huggins & Thompson, 2015)、外商直接投资(刘景卿等,2019)等视角揭示了要素跨区域流动所引致的空间关联性对城市创新增长的重要作用。部分文献将专利数据处理为“关系型”数据(Maggioni et al., 2011),基于专利合作申请人信息构建发明家网络(Cantner & Graf, 2006;Hoekman et al., 2009),强调网络位置和吸收能力对节点创新能力的重要影响,刻画了创新的空间关联和网络关系特征。

区域一体化能够消除市场分割,在更大市场范围内整合地区比较优势,发挥规模经济、集聚效应和可流动要素的空间再配置效应。王一鸣(2018)认为高质量一体化发展的内涵包括创新驱动、

协调联动、生态共建、开放联动、共享共建等方面,而长三角地区最有条件在基础研究、战略高新技术等诸多领域建立创新联盟,打造全球领先的科技创新高地。当前关于区域技术创新和高质量一体化发展的文献与议题日趋增多(金碚,2018;Jin *et al.*, 2019),但主要集中于交通基础设施建设(刘生龙和胡鞍钢,2011)和贸易流量关系等视角,探讨创新的空间网络与区域高质量一体化之间作用机制的文献仍然较为缺乏。

作为重要的知识产权和科技成果,专利凝结了高价值的创新要素和知识产出。近年来一些地理学文献提出以专利转移表征技术空间集散关系(段德忠,2018;刘承良和管明明,2018),为刻画城市群高质量一体化发展、揭示城市群创新优势新来源提供了有益借鉴。基于城际专利转移数据构建空间网络能够揭示城市群内部技术流动路径,反映创新的集聚与扩散。周密和孙湮阳(2016)以专利权转移数据构建空间网络,研究了京津冀协同创新发展的空间结构和关系特征。创新网络对城市群高质量一体化发展的作用机理在于:一方面,以城市群创新网络的整体空间关联密集程度反映高质量一体化进程是否深化;另一方面,以城市群创新区位基尼系数的变动刻画区域创新差距是否收敛。应用网络块模型划分出整体网中局部空间关系更为密切的行动主体,能够进一步刻画高质量一体化发展的演化趋势和空间特征。具有更高空间网络中心度的城市通常在城市群中居于更核心的技术集散枢纽地位,并通过产业协同和创新合作等方式增强本地创新实力。基于此,我们提出假设 1。

假设 1:以城际专利转移关系为核心的创新网络是城市群高质量一体化发展的重要路径,城市创新网络中心度的提高会增强本地创新能力。

(二)邻近性、技术转移与知识溢出

技术的空间转移主要来源于经济行为的 R&D 活动和技术贸易,属于有目的、有意识的技术扩散过程(李青,2007)。现有大量文献聚焦于国际技术转移对南北方创新利益分配的影响,认为技术引进是“后发优势”的重要体现。一方面,后进地区通过技术引进以相对较低的成本直接补偿本地技术存量,避免重复投资于发达地区已经开发过的技术;另一方面,技术引进地区可以通过“干中学”和人力资本积累将外部技术本地化,依托模仿创新逐步向自主创新阶段过渡(唐未兵等,2014;张勋和乔坤元,2016)。技术转移的溢出效应对区域经济增长贡献较为显著的部分。技术转移引致的空间溢出效应来源于技术外部性,主要体现在一般性资本积累和投资生产过程中的“干中学”效应(张勋和乔坤元,2016)。不少文献使用技术外部性和知识空间溢出解释区域产业集聚、技术进步以及经济增长收敛与分化,认为其是技术进步的重要渠道和内生增长理论的关键机制。技术成果和创新要素的跨区域流动带来了思想和经验的交换,使新的知识和工具被不同地区的生产和研发部门获得,从而创造出更多“站在巨人的肩膀上”的机会(Caballero & Jaffe, 1993)。空间溢出能改善本地创新要素积累不足、抵减空间层面的边际报酬递减,实现共同技术进步(Costa & Iezzi, 2004)。不同城市基于自身的比较优势分享技术成果、构建创新价值链、形成创新分工,有利于邻近地区能够获得规模经济和纵向一体化效应的经济利益,最终促进产业集群和创新网络的发展,提高本地创新产出和内生增长。

在地理区位、经济水平和技术水平等方面具有较高邻近性的城市,更容易发挥技术转移引致的知识溢出效应,这也是讨论创新网络驱动城市群内生经济增长的基础。如果一项本地研发的技术可在其他地区的市场获得丰厚的预期利润,则会产生市场导向型技术转移;政策导向型的技术转移则主要受到区域间产业合作、协同创新、科技对接、科技扶贫等政策目标驱动,是支撑区域协调发展的关键渠道;能力导向型的技术转移则强调技术引进地区的吸收能力。技术外部性和空间知识溢出机制的发挥高度依赖于区域的本地吸收能力(Tsai, 2001)和“技术—技能”结构(Acemoglu & Zilibotti, 2001),需依据本地产业结构和技术偏好相似性引进适宜类型和规模的专利技术。总的来说,城市之间专利转移的流量和份额越大,越容易产生知识空间溢出效应。据此我们提出

假设 2。

假设 2: 创新网络关系的密集程度反映着城市群高质量一体化发展的水平, 具有更强的创新网络邻近性的城市之间存在更显著的知识溢出效应。

传统研究关注地理邻近性对于空间溢出效应的重要影响, 空间溢出的地理距离衰减效应使某些特定区域能够积累创新优势并形成产业集群和创新高地 (Jaffe et al., 1993; Bottazzi & Peri, 2003; Moreno et al., 2005)。关于中国创新与知识外溢的地理距离问题, 符森 (2009) 认为主要集中在相邻的一到两个省域范围, 密集区域为 800 公里以内。随着一体化进程的加速, 创新要素跨区域流动的交易成本和制度壁垒不断削减, 空间溢出的地理衰减速度因交通基础设施的改善和信息搜集成本的降低而大幅减缓 (孙建和齐建国, 2011)。城市群的高质量一体化发展使创新要素的跨区域流动更加自由, 空间网络的城市节点邻近性关系逐步超越传统的行政区划边界, 向更大的城市群经济范围延伸。城市之间的知识溢出效应更加取决于城市的创新网络邻近性, 而非简单依赖于地理邻近关系。长三角城市群具备高质量一体化发展的良好基础, 与源于行政区划的地理邻近性相比, 创新网络邻近性更真实地反映了知识溢出过程中的城市空间关联。于是我们提出假设 3。

假设 3: 城市群创新网络邻近性对知识溢出效应的作用较地理距离邻近性更强, 城市群内部的知识溢出效应更加依赖于城市间创新网络的紧密程度。

三、长三角城市群创新网络与一体化发展的特征事实

(一) 长三角城市群创新网络构建方法及数据来源

1. 创新空间网络构建。我们以长三角城市群 26 个核心城市^①为节点 (N 为创新网络的节点数目, 则 $N=26$), 以城际专利转移的发生和流量为节点间的连边, 分别构建长三角城市群邻接创新网络 A 与加权创新网络 B 。元素 p_{ij}^t 为 t 时期城市 i 向城市 j 转移的专利数量, 反映城市 i 的技术扩散能力; p_{ji}^t 为城市 j 向城市 i 转移的专利数量, 反映城市 i 的技术集聚能力。具体构建方式包括:

一是邻接创新网络 A 。邻接创新网络是一个二值矩阵, 刻画城市节点之间是否存在技术转移关系。记元素 a_{ij}^t 为 t 时期邻接空间网络 A^t 中第 i 行第 j 列的元素, 反映了 t 时期城市 i 是否向城市 j 转移了专利。当 $i=j$ 时, 有 $a_{ij}^t=0$; 当 $i \neq j$ 时:

$$a_{ij}^t = \begin{cases} 1, & p_{ij}^t > 0 \\ 0, & p_{ij}^t = 0 \end{cases} \quad (1)$$

二是加权创新网络 B 。加权创新网络反映了城市节点之间的专利技术转移流量。应用马述忠等 (2016) 的思路将双向流量加总平均, 并对每一行元素进行归一化处理, 以消除量纲和取值范围可能造成的可比性差异。 b_{ij} 为 t 时期加权空间网络 B^t 第 i 行第 j 列元素, 则:

$$b_{ij} = \begin{cases} 0, & i=j \\ \frac{(p_{i,j} + p_{j,i}) - M}{M - m}, & i \neq j \end{cases} \quad (2)$$

其中: $M = \text{Max}[p_{1,1} + p_{1,i}, \dots, p_{i,i-1} + p_{i-1,i}, p_{i,i+1} + p_{i+1,i}, \dots, p_{i,N} + p_{N,i}]$,
 $m = \text{Min}[p_{1,1} + p_{1,i}, \dots, p_{i,i-1} + p_{i-1,i}, p_{i,i+1} + p_{i+1,i}, \dots, p_{i,N} + p_{N,i}]$ 。

2. 数据来源与处理。我们使用 Python 数据挖掘方法从国家知识产权局专利事务数据公告

^① 国家发展和改革委员会发布《长江三角洲城市群发展规划》(2016), 划定沪苏浙皖 26 个地级市为长三角城市群核心城市, 具体包括: 上海、南京、苏州、无锡、南通、泰州、扬州、盐城、镇江、常州、杭州、湖州、嘉兴、宁波、舟山、绍兴、金华、台州、合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、池州、滁州、宣城。

网站获取了 2004—2018 年间所有事务状态为“专利申请权、专利权的转移”的专利登记信息。进一步使用 SAS 软件进行数据清洗,构建长三角城市群专利转移数据库,信息涵盖专利申请号、事务数据公告日、IPC(主分类号)、登记号、登记生效日、变更前权利人、变更前权利人地址、变更后权利人和变更后权利人地址等。为了获得专利转移的空间信息,从专利转移数据提供的“变更前权利人地址”与“变更后权利人地址”中提取出邮政编码,并根据全国邮政编码查询系统将专利转移记录匹配到地级市;如果邮政编码缺失,使用高德地图 API 和 XGeoCoding 软件解析出相应的经纬度并反解出城市信息。本文考察长三角城市群城际技术转移,即专利变更前与变更后的权利人均归属于 26 个核心地级市,但并非同一地级市的专利所有权交易。

(二)长三角城市群创新网络特征与演化趋势

1. 创新网络整体密集度。图 1 描述了 2004—2018 年间长三角城市群创新网络整体密集度和创新区位基尼系数的变动趋势。整体密集度考察网络节点能够获取的资源总数和网络关系的疏密变化,是网络中实际存在的关系数与理论上能够存在的关系数的比值,反映空间网络中创新资源的丰富程度。如果空间网络存在 N 个节点且所有节点之间的实际网络关系数为 M ,则网络密集度为:

$$\rho = \frac{M}{N(N-1)} \quad (3)$$

创新区位基尼系数刻画了长三角城市群内核心城市间创新分化程度及高质量一体化发展趋势。该指标最早由 Krugman 提出并用于测度美国制造业空间集聚效应,后被广泛应用于衡量资源配置和收入分配的不平等程度(戴平生,2015;叶静怡和刘雯,2018)。我们控制城市经济规模影响,以长三角城市群核心城市当年专利申请总量和城市就业人口规模的相对份额计算相对创新区位基尼系数,计算方式为:

$$Gini_t = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |s_{it} - s_{jt}|}{2N \sum_{i=1}^N s_{it}} \quad (4)$$

$$s_{it} = \frac{pa_{it} / \sum_{i=1}^N pa_{it}}{L_i / \sum_{i=1}^N L_i} \quad (5)$$

其中, pa_{it} 是 t 时期城市 i 当年专利申请总量,数据来源于国家知识产权局专利检索系统; L_{it} 是城市从业人员总数, s_{it} 是控制城市 i 从业人口规模之后的创新份额,数据来源于 CEIC 中国经济数据库。创新区位基尼系数值越小说明城市群内部创新分化程度越小,城市创新资源空间配置越均衡。

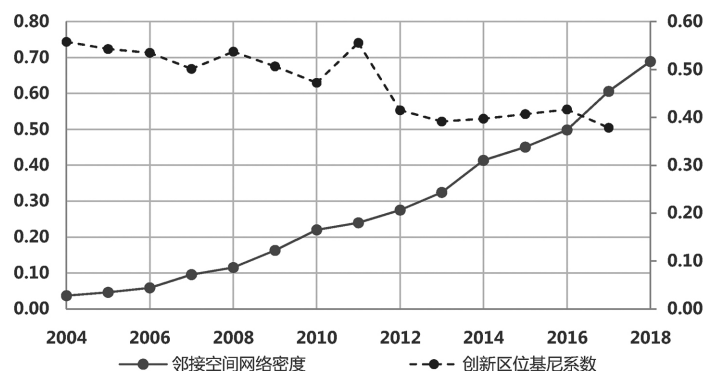


图 1 长三角空间网络整体密集度与创新区位基尼系数

注:使用 Ucinet6 软件分别计算 2004—2018 年每年度邻接空间网络 A 整体密集度。

图 1 显示,长三角城市群空间网络整体密集度自 2004 年以来不断上升,城际技术集散和创新协同更加活跃,整体网络内创新资源更加丰富,前沿技术跨区域流动广延性和集约性逐步增强。与此同时,长三角城市群创新区位基尼系数总体呈下降趋势,核心城市在自主创新和前沿技术生产等方面相对差距趋于收敛。显然,长三角城市群高质量一体化正在有效推进,城市之间的技术联系日益密切,创新网络的空间分布趋向均衡。

2. 创新网络板块结构。本文基于 CONCOR 方法(Convergence of Iterated Correlation)进行创新网络块模型分析,对长三角城市群创新网络皮尔森系数矩阵进行 1000 次迭代计算,将局部结构关系具有较高相似度的节点划分至同一板块(如表 1)。

表 1 长三角城市群创新网络板块的划分与变化

板块划分	2008	2018
第一板块	上海 湖州 杭州 金华 绍兴 无锡 台州	上海 湖州 杭州 宁波 绍兴 金华 台州
第二板块	南通 南京 苏州 宁波 常州 盐城 嘉兴 扬州 镇江	常州 苏州 南京 镇江 无锡 芜湖 马鞍山 合肥 安庆
第三板块	芜湖 合肥 铜陵 滁州 宣城	南通 扬州 盐城 滁州 嘉兴 泰州 舟山 铜陵
第四板块	泰州 舟山 马鞍山 安庆 池州	宣城 池州

注:CONCOR 方法可以直接分析多值关系矩阵,为保留更多原始信息,我们使用未经归一化处理的加权创新网络进行分析。

表 1 表明,最近 10 年来,长三角城市群的创新空间网络日益突破了行政区划边界,不同省域归属的城市也建立了相对密集的空间关联性。从创新网络板块结构来看,长三角城际创新要素流动不断加强,逐步突破行政区划边界向更大市场范围推进。地理距离和行政区划对城市群内核心城市间空间关联性的决定作用逐步下降。

3. 创新网络节点特征。社会网络分析法使用度数中心性和中间中心性刻画城市节点在空间网络中的重要性和控制力。度数中心性度量城市 i 空间网络关系的广延性,城市 i 与其他城市建立的空间关系数越多表明城市 i 在空间网络中的地位越高,计算方式为:

$$cen_d_i = (\sum_j a_{ij}^t + \sum_j a_{ji}^t) / 2(N-1) \quad (6)$$

其中, $\sum_j a_{ij}^t$ 度量了 t 时期城市 i 的点出度,刻画城市 i 的技术扩散能力; $\sum_j a_{ji}^t$ 度量了点入度,表示城市 i 的技术吸收能力, N 为总的节点数目。

中间中心性度量空间网络内任意两节点之间的捷径(最短距离)在多大程度上依赖于城市 i 。经过城市 i 的捷径数量占总捷径数量比重越大,代表城市 i 在空间网络内承担“中间人”功能越强,对空间网络内创新资源流动的控制力越大,其度量方法是:

$$cen_b_i = 2 \sum_j \sum_k g_{jk}^t(i) / g_{jk}^t (N^2 - 3N + 2) \quad (7)$$

其中, g_{jk}^t 为 t 时期任意两节点 $j, k (j \neq k \neq i \& j < k)$ 之间的捷径总数, $g_{jk}^t(i)$ 为 g_{jk}^t 中经过节点 i 的捷径数量。

我们绘制了 2008 年、2013 年以及 2018 年长三角城市群加权创新网络结构图(如图 2)。城市名称标签标识空间网络的城市节点,标签值的大小按照城市度数中心性加权,标签值的位置按地级市市政府在高德地图中经纬度位置布局。标签之间的连边代表城市节点间存在技术关联关系。在图 2 中,城市标签值的大小反映出城市节点在空间网络中的相对地位和重要程度。从中发现:最近 10 年来,长三角城市群创新网络从单级非均衡结构向“一龙头、多中心”的钻石型结构演化。2008 年时,长三角城市群创新网络整体形态较为松散,长三角一体化发展的空间关联性不强。到 2013 年时,长三角城市群的创新网络紧密程度明显提高,处于核心区域的城际创新协同关系较为集中,位于空间网络地理边缘区位城市的技术联系仍较为稀疏,该时期的长三角城市群创新网络的空间格局呈现“东密西疏”特征。到 2018 年,长三角城市群技术集散关系呈现“钻石型”结构形态,核心城市与地理边缘城市度数中心性差距缩小,长三角城市群高质量一体化发展的逻辑和机制已经形成。

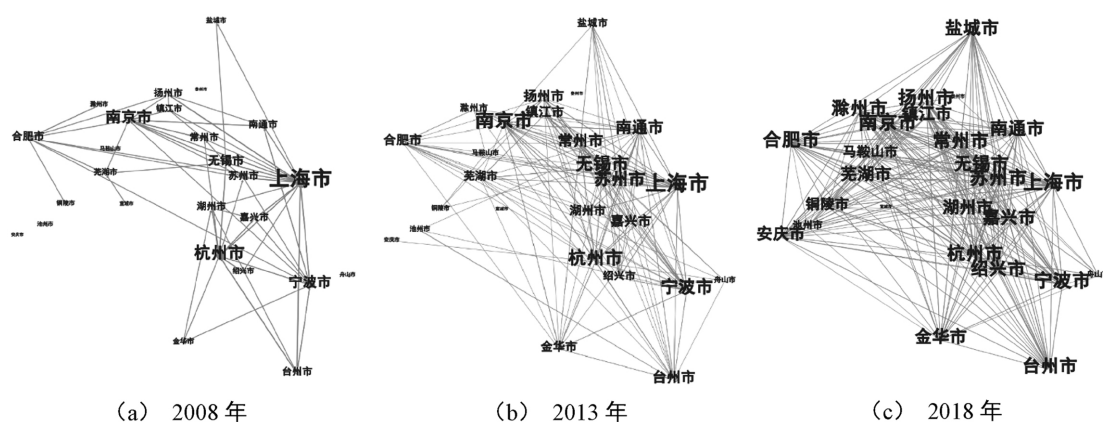


图 2 长三角城市群创新网络结构的演变过程

注：使用 Gephi 0.9.2 软件绘制加权空间网络。

四、长三角城市群创新网络对技术创新增长的影响

(一) 模型设定及变量选择

基于技术关联关系建立的创新空间网络能够揭示长三角城市群高质量一体化发展的路径和结构特征。高质量一体化发展的核心驱动力是创新，城市能否通过增强节点空间网络中心性而促进本地创新增长？我们进一步考察长三角城市群创新网络如何影响本地创新产出。遵循 Griliches-Jaffe 知识生产函数，以专利测度区域创新产出，设定创新投入与产出之间的关系为：

$$pa_{it} = \alpha_1 X_{it} + \sum_j \beta_j CV_j + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中， λ_i 是个体固定效应， γ_t 为时间固定效应， ε_{it} 为随机误差项。

被解释变量 (Y) 为城市创新产出，按照通常做法使用专利申请量加 1 后取自然对数。核心解释变量 (X) 为城市在创新网络中的节点特征，是节点空间网络度数中心性和中间中心性加 1 后取自然对数，刻画一个城市在长三角城市群创新网络中的重要性及其对创新资源的控制力。控制变量 (CV) 包括经济发展水平、物质及人力资本投入、金融发展水平、对外贸易规模、产业结构与要素流动规模。我们使用人均国内生产总值的对数值度量城市经济水平，使用地方财政教育支出占国内生产总值比值的对数值刻画财政对创新活动的支持力度。金融发展能够通过降低研发门槛 (Greenwood & Jovanovic, 1990)、改善融资约束 (Canepa & Stoneman, 2007) 和提升本地技术吸收能力 (Alfaro et al, 2004) 影响区域创新产出，采用城市年末金融机构存贷款余额占国内生产总值比值的对数值作为代理变量。人力资本水平使用地级市高等教育在校生人数占全社会从业人数比值的对数值进行度量。对外开放程度主要包括以外商直接投资为主要形式的国际资本流动和以对外贸易为主要形式的商品服务流动，分别以外商直接投资实际使用额的对数值和进出口总额占国内生产总值比值的对数值来表示。产业结构和要素流动规模分别使用第二产业从业人数占全社会从业人数比值的对数值和城市旅客运输总人数占常住人口比值的对数值作为替代变量。

表 2 变量定义及指标计算

变量	符号	指标计算	样本数	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
创新产出	<i>pa</i>	专利申请数加 1(取对数)	364	8.353	2.027	2.708	8.550	11.820
	<i>pa_inno</i>	发明专利申请数加 1(取对数)	364	7.240	2.175	1.386	7.561	10.930
度数中心性	<i>Cen_d</i>	度数中心性加 1(取对数)	364	2.457	1.494	0.000	2.833	4.533
中间中心性	<i>Cen_b</i>	中间中心性加 1(取对数)	364	0.655	0.866	0.000	0.183	3.590
经济发展水平	<i>pgdp</i>	人均国内生产总值(取对数)	364	10.760	0.669	8.777	10.870	12.000
地方财政支出	<i>fis</i>	地方财政教育支出占国内生产总值比值(取对数)	364	3.106	0.401	1.906	3.101	3.900
金融发展水平	<i>fin</i>	年末金融机构存贷款余额占国内生产总值比值(取对数)	364	7.776	0.362	7.050	7.722	8.720
人力资本水平	<i>edustu</i>	高等教育在校生人数占全社会从业人数比值(取对数)	364	-3.074	1.176	-5.480	-3.414	-0.425
对外贸易规模	<i>trade</i>	进出口总额占国内生产总值比值(取对数),经汇率调整为人民币计价	364	11.440	1.073	8.822	11.430	14.030
外商直接投资	<i>fdi</i>	外商直接投资实际使用额(取对数),调整为人民币计价	364	13.350	1.352	9.516	13.500	16.320
产业结构	<i>indu</i>	第二产业从业人数占全社会从业人数比值(取对数)	364	-0.801	0.243	-1.518	-0.791	-0.185
要素流动规模	<i>pass</i>	城市旅客运输总人数占常住人口比值(取对数)	334	-3.542	0.711	-5.321	-3.458	-1.922

(二)创新网络中心度与城市技术创新增长

为找到长三角城市群创新网络特征对城市创新产出的影响,我们首先将创新空间网络中心度小于 25 分位数的样本划分为第一组,25 分位数至 75 分位数为第二组,75 分位数以上样本为第三组,比较组间的创新产出均值差异(见表 3)。结果显示:无论是以专利申请量还是发明专利申请量衡量,具有更高空间网络中心性的城市创新产出都显著更高。城市节点在创新网络中建立更多的技术关联有利于其增强本地创新能力。

表 3 以度数中心度为分组变量的均值检验

	样本数	专利申请量	发明专利申请量
组 1	75	6.0448	4.8684
组 2	185	8.1325	6.9483
Diff	—	-2.0877***	-2.0799***
组 2	185	8.1325	6.9483
组 3	104	10.4107	9.4708
Diff	—	-2.2783***	-2.5225***
组 1	75	6.0448	4.8684
组 3	104	10.4107	9.4708
Diff	—	-4.3659***	-4.6024***

注: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。

表 4 报告了长三角城市群核心城市创新网络中心性影响本地创新产出的实证结果。为控制可能存在的个体异质性和时间趋势,所有模型均控制城市固定效应和时间固定效应,并使用城市层面的聚类稳健标准误。实证结果证实了假设 1,即城市节点的创新网络中心性对本地创新产出产生了显著的正向效应。在控制其他变量的情况下,城市空间网络度数中心性每上升 1 个百分点,该城市的专利申请量增加 0.12 个百分点,发明申请量增加 0.17 个百分点;城市空间网络中间

中心性每增加 1 个百分点,城市专利申请量增加 0.11 个百分点,发明申请量增加 0.13 个百分点。因此,城市创新网络度数中心性和中间中心性越高,该城市与网络中其他城市建立的技术关联更紧密,有利于增加城市创新产出。

高质量一体化发展要求深化城市群内部核心城市的技术分工与创新合作,降低创新要素跨区域流动成本,推动技术在更大市场范围的应用。长三角城市群核心城市在创新协同的空间关联性逐步增强,城市群内部城市间的技术关联性是本地创新的重要源泉。专利技术流入城市的空间网络中心性上升意味着该城市从其他地区获取技术的多样性和灵活性增加,技术流出城市空间网络中心性上升反映该城市在区域创新体系中影响力提高,通过技术市场的扩展和产业市场化应用,更好地激励本地创新。

基于城际专利转移数据构建创新空间网络,我们证实了城市节点创新网络中心性与本地创新产出存在正向显著关系,丰富了专利转移与区域创新领域的研究。技术转移可能对区域创新存在正负两方面的影响,正向影响包括直接的技术补充效应和间接的溢出效应,负向效应主要包括路径依赖和低端锁定(唐未兵等,2014)。在空间网络视角下,本地与更多城市建立技术流动关系意味着该节点在空间网络中获取创新资源和前沿信息的能力更强,更有机会获得与本地技能结构和吸收能力相适宜的技术,实现技术创新增长。

表 4 专利转移网络中心度与城市技术创新增长

	(1)	(2)	(3)	(4)
	pa	pa	pa_inno	pa_inno
cen_d	0.1215** (2.7853)		0.1722** (2.7664)	
cen_b		0.1089** (2.3211)		0.1259** (2.1824)
pgdp	1.0933** (2.3511)	1.0923** (2.2047)	0.8896 (1.5233)	0.9052 (1.4922)
fis	0.7853** (2.4977)	0.8382** (2.4335)	0.4687 (1.1473)	0.5521 (1.1644)
fin	1.3493** (2.2102)	1.1801* (1.9173)	2.3529*** (2.9850)	2.1414** (2.7494)
edustu	0.8422*** (3.5881)	0.7944*** (3.3779)	0.6216* (1.9146)	0.5483 (1.6228)
indu	1.0550*** (3.2602)	1.0103*** (3.0545)	1.1561*** (2.9339)	1.1137** (2.6251)
trade	0.0308 (0.2583)	0.0589 (0.4438)	0.0633 (0.5752)	0.0997 (0.8026)
fdi	0.1383* (1.7710)	0.1301 (1.5317)	0.3023** (2.7466)	0.2891** (2.4647)
pass	0.1904 (1.6685)	0.2041 (1.6389)	0.1184 (0.7881)	0.1323 (0.8003)
_cons	-14.1741* (-1.7134)	-13.2254 (-1.5221)	-24.4429* (-1.9738)	-23.4342* (-1.8504)
City FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes
R2_Adjust	0.9610	0.9604	0.9608	0.9591
N	334	334	334	334

注:系数估计括号内为 t 值。* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。模型(1)-(4)使用城市层面的聚类稳健标准误。

(三) 稳健性检验

为确保检验结果的稳健性,我们进一步将核心自变量由空间网络度数中心性和中间中心性替换为特征向量中心性。该指标值越高表明城市节点在网络中居于更核心位置^①,基准回归结果仍然成立。

可能存在的内生性问题在于,城市节点的网络中心性可能与本地创新产出存在反向因果关系:自主创新能力更强的城市拥有更多创新产出,倾向于进一步扩张技术应用市场范围,或通过加强跨区域知识产权运用以获取专利转让收入,主动占据更高的网络中心度。此外,创新能力更强的城市积累了大量物资及人力资本,对于新技术的学习能力和吸收能力更强,更倾向于通过提升网络中心性来增加技术转移的潜在收益。我们使用空间网络中心性的滞后项作为工具变量进行两阶段最小二乘回归(2SLS),在控制内生性问题之后,基准回归的结论仍然成立。

表 5 稳健性检验

	(1)	(2)	(3)	(4)
	pa	pa_inno	pa	pa_inno
cen_e	0.0887*** (2.8475)	0.1047*** (3.0051)		
cen_d			0.5263*** (2.7956)	0.5605*** (2.8890)
_cons	-13.4484 (-1.6644)	-20.7691 (-1.5631)		
CV	Yes	Yes	Yes	Yes
city fe	Yes	Yes	No	No
Year fe	Yes	Yes	No	No
r2_a	0.9621	0.9610	0.8496	0.8676
N	364	364	312	312

注:系数估计括号内为 t 值。* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。CV 表示模型中的控制变量。模型(1)–(2)使用城市层面的聚类稳健标准误。(3)–(4)以网络中心度的一阶和二阶滞后项为工具变量。

五、长三角创新网络邻近性、知识溢出与城市内生增长

创新网络反映了城市在技术关联和创新协同方面的空间关联性。我们进一步验证,创新网络邻近性下,知识溢出是驱动城市内生经济增长的核心机制,是长三角城市群高质量一体化发展的动力源泉。

(一) 空间权重矩阵与计量模型

(1) 地理相邻权重矩阵。为刻画地理邻近性,我们基于国家地理信息系统电子地图判断城市 i 与城市 j 是否具有共同行政区划边界,按照 Rook 规则设定邻接二值矩阵。记 $w_{i,j}$ 为地理相邻权重矩阵(W_{geo})中第 i 行第 j 列元素,当 $i=j$ 时, $w_{i,j}=0$; 当 $i \neq j$ 时,若城市 i 与城市 j 存在共同行政区划边界则 $w_{ij}=1$, 否则 $w_{ij}=0$ 。

(2) 引力模型权重矩阵。我们借鉴白俊红和蒋伏心(2015)的思路设定基于引力模型的空间权重矩阵(W_{yl}),记 w_{ij} 为 W_{yl} 中第 i 行第 j 列的元素,则:

^① 特征向量中心性通过其他相邻节点的网络中心性来判断该节点是否属于整体网络中的核心地位。如果一个节点的相邻节点大部分都具有较高中心性,那么该节点本身的中心性也越高,即单个节点的中心性是与其相连的其他节点中心性的函数(刘军,2014)。

$$w_{ij} = \begin{cases} 0, & i=j \\ \frac{\overline{pgdp}_i \times \overline{pgdp}_j}{d_{ij}^2}, & i \neq j \end{cases} \quad (9)$$

其中： \overline{pgdp}_i 为 2004—2017 年城市 i 的人均 GDP 的均值； d_{ij} 为城市 i 与城市 j 之间的地理距离，该指标使用 Matlab 软件计算城市市政府经纬度坐标而得。

(3) 创新网络权重矩阵。区域间专利转移流量和份额越大意味着城市在产业和技术方面的邻近性越强。以长三角城市群实际发生的技术转移活动刻画城市空间关联性，设定创新网络邻近性空间权重矩阵。记 $w_{i,j}$ 为第 i 行第 j 列元素，则：

$$w_{ij} = \begin{cases} 0, & i=j \\ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T p_{ij}^t, & i \neq j \end{cases} \quad (10)$$

其中， $t=1, 2, \dots, T$ ， p_{ij}^t 为 t 时期城市 i 向城市 j 转移的专利数量，经标准化处理后得到创新网络权重矩阵 (W_{mt})。

表 6 报告了三种空间权重矩阵下的 Moran's I 检验、LM 检验以及 Robust LM 检验值，最终选择的计量模型均为空间杜宾模型 (SDM) 和空间滞后模型 (SAR)，分别设定为：

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \delta \ln y_{it} W + \beta_1 \ln k_{it} + \beta_2 \text{edustu}_{it} + \beta_3 \text{trade}_{it} + \beta_4 \text{indu}_{it} + \theta_1 \ln k_{it} W + \theta_2 \text{edustu}_{it} W + \theta_3 \text{trade}_{it} W + \theta_4 \text{indu}_{it} W + \lambda_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (11)$$

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \delta \ln y_{it} W + \beta_1 \ln k_{it} + \beta_2 \text{edustu}_{it} + \beta_3 \text{trade}_{it} + \beta_4 \text{indu}_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \epsilon_{it} \quad (12)$$

其中， δ 为空间自回归系数， λ_i 为个体固定效应， γ_t 为时间固定效应， ϵ_{it} 为随机误差项， W 为空间权重矩阵。

实证对象是 2004—2017 年长三角城市群核心城市^①。被解释变量是各城市实际国内生产总值的对数值，以 2000 年为基期并使用地级市 GDP 指数进行平减。计算各城市的资本存量 ($\ln k$) 时参考张少辉和余泳泽 (2019)，使用永续盘存法 (PIM) 估算并取对数值。 edustu 表示人力资本水平； trade 代表对外贸易规模， indu 是第二产业就业占比所表征的产业结构。数据来源于国家统计局和 CEIC 中国经济数据库。

表 6 三类邻近性下知识空间溢出效应估计模型的选择

指标	地理相邻权重矩阵	引力模型权重矩阵	创新网络权重矩阵
Moran's I	0.1071*** (2.9764)	0.0924*** (3.3526)	0.0487** (2.2108)
LM_lag	80.7636***	33.5446***	48.493***
Robust LM_lag	79.9963***	15.1158***	28.7288***
LM_error	34.6957***	21.7461***	20.4695***
Robust LM_error	33.9283***	3.3172*	0.7053

注：Moran's I 括号中的值为 Moran I-statistic。* $p < 0.1$ ，** $p < 0.05$ ，*** $p < 0.01$ 。

(二) 知识溢出与城市内生增长

表 7 报告了以空间滞后模型 (SAR) 和空间杜宾模型 (SDM) 估计长江三角洲城市群知识溢出效应的实证结果。在地理相邻权重矩阵、引力模型权重矩阵及创新空间网络权重矩阵下，自回归系数 δ 及资本存量、人力资本水平、对外贸易规模的间接效应均显著为正。长三角城市群核心城市间存在显著空间溢出效应，日益紧密的城际技术关联成为内生增长的重要动力。以第二产业就业占比所表征的产业结构对知识溢出的间接效应为负，一定程度上说明长三角城市群正逐步向以第

^① 由于宣城市和池州市在创新空间网络中与长三角城市群其他城市的关联性极弱，为保证空间计量回归可行，这里未纳入这两个城市。

三产业为主导的结构优化方向发展。

随着城市群高质量一体化进程的加速,创新要素跨区域流动日趋密集,区域间经济互动和空间关联性不断增强。创新网络邻近性刻画了城市群内城市在技术流动、创新协同方面的互动关系。城市创新优势不仅来源于本地物质资本和人力资本投入,而且依赖于邻近城市在物质资本、人力资本和对外贸易水平等方面的正向显著溢出。实证结果验证了假设 2,明确了空间关联性对城市创新产出和内生增长的重要作用。加强城市跨区域技术集散关系,提升创新网络联系密集度,促进要素空间溢出的正向效应,是实现区域高质量一体化发展的逻辑和途径。此外,相较于地理邻近性而言,创新空间网络邻近性对城市群知识溢出效应提供了更好的解释,其间接效应估计值更大,从而验证了假设 3。长三角城市群内核心城市的空间关联性更多地取决于城市之间创新要素流动和前沿技术集散。在多元参与、联动互促的城市群经济发展模式下,创新要素和科技成果的跨区域流动融合是增强城市空间关联性的重要条件,是以创新为动力、以知识溢出为渠道实现高质量一体化发展的关键路径。

表 7 长三角城市群知识空间溢出效应的估计结果

(a)地理相邻权重矩阵				
	SAR		SDM	
	系数估计	间接效应	系数估计	间接效应
lnk	0.1496*** (5.9931)	0.0084*** (5.4233)	0.2469*** (9.6336)	0.0102*** (3.7239)
edustu	0.2538*** (9.7376)	0.0142*** (8.0187)	0.2096*** (8.5992)	0.0086*** (3.6943)
trade	0.0557*** (3.0170)	0.0031*** (2.8828)	-0.0024 (-0.1215)	-0.0001 (-0.0934)
indu	-0.8223*** (-6.1475)	-0.0461*** (-5.4727)	-0.5756*** (-4.6530)	-0.0235*** (-3.1000)
Wgeo * lnk			-0.0426*** (-6.9414)	-0.0018*** (-3.3674)
Wgeo * edustu			0.0814*** (5.8495)	0.0033*** (3.9172)
Wgeo * trade			-0.0583*** (-5.6753)	-0.0024*** (-3.1204)
Wgeo * indu			-0.2733*** (-3.6044)	-0.0107*** (-3.2178)
Wgeo * dep. var(δ)	0.1043*** (8.2118)		0.0498*** (3.1985)	
R ²	0.9883		0.9908	
Log-likelihood	397.5644		445.9679	
Spatial FE	YES	YES	YES	YES
Time FE	YES	YES	YES	YES
(b)引力模型权重矩阵				
	SAR		SDM	
	系数估计	间接效应	系数估计	间接效应
lnk	0.1328*** (5.1158)	0.1716*** (3.4712)	0.2773*** (9.3166)	0.1874*** (3.0572)
edustu	0.2654***	0.3456***	0.2249***	0.1502***

	(9.7977)	(3.7907)	(8.1894)	(3.1963)
trade	0.0488**	0.0641**	0.0158	0.0111
	(2.5525)	(2.1163)	(0.8829)	(0.8240)
indu	-0.8782***	-1.1536***	-0.8307***	-0.5598***
	(-6.3330)	(-3.5861)	(-6.5388)	(-2.9277)
Wyl*lnk			-0.2713***	-0.1825**
			(-4.4974)	(-2.5240)
Wyl*edustu			0.6398***	0.4231***
			(6.8847)	(3.5604)
Wyl*trade			-0.1115*	-0.0756
			(-1.8714)	(-1.5719)
Wyl*indu			0.8068	0.5653
			(1.6094)	(1.3902)
Wyl*dep.var(δ)	0.5727***		0.4005***	
	(10.2318)		(5.7230)	
R ²	0.9874		0.9898	
Log-likelihood	383.7446		424.9530	
Spatial FE	YES	YES	YES	YES
Time FE	YES	YES	YES	YES
(c) 创新网络权重矩阵				
	SAR		SDM	
	系数估计	间接效应	系数估计	间接效应
lnk	0.1806***	0.5579***	0.3223***	0.1353***
	(7.4606)	(5.0573)	(12.4061)	(3.0160)
edustu	0.2401***	0.7416***	0.1777***	0.0742***
	(9.5062)	(6.0070)	(7.5060)	(2.9813)
trade	0.0318*	0.0962	0.0189	0.0078
	(1.7776)	(1.7058)	(1.1270)	(0.9845)
indu	-0.9046***	-2.7836***	-0.9117***	-0.3799***
	(-6.9760)	(-5.0781)	(-7.8296)	(-2.9394)
Wnet*lnk			-0.3913***	-0.1655**
			(-5.0824)	(-2.4308)
Wnet*edustu			1.0360***	0.4297***
			(9.2065)	(3.2010)
Wnet*trade			-0.4194***	-0.1751**
			(-4.422)	(-2.5168)
Wnet*indu			-0.4504	-0.1803
			(-1.0484)	(-0.9836)
Wnet*dep.var(δ)	0.7592***		0.2937***	
	(30.9098)		(4.2591)	
R ²	0.9890		0.9917	
Log-likelihood	397.7664		461.5656	
Spatial FE	YES	YES	YES	YES
Time FE	YES	YES	YES	YES

注:系数估计的括号中为 t 值。*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01。

六、结论及政策含义

中国进入了城市群驱动经济增长的新阶段,城市群的空间集聚与规模经济效应有利于加强城市之间的技术联系进而推动技术创新。本文采用社会网络分析和空间计量方法,基于长江三角洲城市群城际专利转移数据构建创新网络,刻画了长三角城市群创新空间网络的演化趋势和结构特征,实证检验了创新空间网络对城市创新产出的正向影响,揭示了城市群通过增强区域间技术集散关系、促进创新要素流动,进而驱动高质量一体化发展的内在机制。

创新是城市群高质量发展的根本动力。本文的研究显示,当前长三角城市群内核心城市间的创新要素流动日趋紧密,创新空间网络正从以上海为绝对中心的单级结构向“一龙头,多中心”的钻石型结构演变。城市群城际技术关联关系不断深化,创新网络整体密集度持续攀升,创新区位基尼系数总体下降,空间网络布局朝着均衡方向发展,为城市群高质量一体化发展注入了新的动能。城市创新优势不仅来源于本地物质资本和人力资本投入,而且依赖于邻近城市的知识溢出。长三角城市群核心城市的空间网络度数中心性和中间中心性与城市本地创新产出存在显著正向关系。城市能够通过与邻近地区建立更密集的技术关联关系,增强其在创新空间网络中的重要性和控制力,进而获得知识溢出的正向效应。在长三角高质量一体化进程加速推进的背景下,与地理距离和行政区划边界相比,创新要素和科技成果的跨区域流动更好地刻画了城市间空间关联性。物质资本投入、人力资本水平、对外贸易水平的显著空间溢出驱动着知识溢出和城市内生增长。

本文的结论为长三角城市群提升创新网络密集度提供了理论依据和实证经验。创新网络对城市群知识溢出和内生增长的重要作用昭示着过去以财政收入和GDP为导向,以市场分割、产业同质和过度竞争为典型特征的区域发展模式存在重大局限。在城市群驱动发展的新阶段,推动创新要素跨区域流动,在更大市场范围内发挥创新要素的空间溢出效应,提高创新网络的紧密度,是城市群高质量一体化发展的要义。

具体的政策建议包括两个方面:一是鼓励长三角核心城市在产业、教育、研发等方面建立联盟关系;二是在创新网络和知识溢出框架下打造“G60”科创走廊升级版。城市群内各城市应当鼓励本地产业、教育、研发等机构主动开发、对接、深化跨区域科技合作,建立知识创新联盟,增强与邻近城市的创新空间关联性。“G60”科创走廊就是长三角城市群内的典型创新联盟形式。长三角城市群应进一步消除行政区划壁垒和地方制度壁垒,在更大市场范围内活跃创新要素和科技成果流动,发挥创新网络对知识溢出和内生经济增长的驱动作用,使“G60”科创走廊成为高质量创新集群发展下的创新网络一体化示范区。□

参考文献:

1. 白俊红,刘宇英. 对外直接投资能否改善中国的资源错配[J]. 中国工业经济, 2018(1):60-78.
2. 戴平生. 区位基尼系数的计算、性质及其应用[J]. 数量经济技术经济研究, 2015,32(7):149-161.
3. 段德忠. 中国城市技术转移的空间演化研究[D]. 华东师范大学, 2018.
4. 符森. 地理距离和技术外溢效应——对技术和经济集聚现象的空间计量学解释[J]. 经济学(季刊), 2009,8(4):1549-1566.
5. 蒋为,李行云,宋易珈. 中国企业对外直接投资快速扩张的新解释——基于路径、社群与邻伴的视角[J]. 中国工业经济, 2019(3):62-80.
6. 金碚. 关于“高质量发展”的经济学研究[J]. 中国工业经济, 2018(4):5-18.
7. 李青. 知识溢出:对研究脉络的基本回顾[J]. 数量经济技术经济研究, 2007(6):153-161.
8. 刘承良,管明明. 基于专利转移网络视角的长三角城市群城际技术流动的时空演化[J]. 地理研究, 2018,

37(5):981-994.

9. 刘景卿,于佳雯,车维汉. FDI流动与全球价值链分工变化——基于社会网络分析的视角[J]. 财经研究, 2019,45(3):100-113.
10. 刘善仕,孙博,葛淳棉,王琪. 人力资本社会网络与企业创新——基于在线简历数据的实证研究[J]. 管理世界, 2017(7):88-98.
11. 刘生龙,胡鞍钢. 交通基础设施与中国区域经济一体化[J]. 经济研究, 2011,46(3):72-82.
12. 马述忠,任婉婉,吴国杰. 一国农产品贸易网络特征及其对全球价值链分工的影响——基于社会网络分析视角[J]. 管理世界, 2016(3):60-72.
13. 毛琦梁,王菲. 地区比较优势演化的空间关联:知识扩散的作用与证据[J]. 中国工业经济, 2018(11):136-154.
14. 孙建,齐建国. 中国区域知识溢出空间距离研究[J]. 科学学研究, 2011,29(11):1643-1650.
15. 唐未兵,傅元海,王展祥. 技术创新、技术引进与经济增长方式转变[J]. 经济研究, 2014(7):31-43.
16. 王一鸣. 高质量发展十策[N]. 北京日报, 2018-04-02.
17. 吴群锋,蒋为. 全球华人网络如何促进中国对外直接投资? [J]. 财经研究, 2015,41(12):95-106.
18. 叶静怡,刘雯. 中国创新活动空间分布及创新增长收敛性分析[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2018,51(1):59-65.
19. 张少辉,余泳泽. 土地出让、资源错配与全要素生产率[J]. 财经研究, 2019,45(2):73-85.
20. 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.
21. 张勋,乔坤元. 中国区域间经济互动的来源:知识溢出还是技术扩散? [J]. 经济学(季刊), 2016(4):1629-1652.
22. 周密,孙溧阳. 专利权转移、空间网络与京津冀协同创新研究[J]. 科学学研究, 2016,34(11):1736-1743.
23. 林小玲. 财政科技支出与技术创新——基于金融发展调节效应视角的研究[J]. 广西财经学院学报, 2019(4):68-80.
24. Acemoglu D, Zilibotti F. Productivity Differences[J]. The Quarterly Journal of Economics, 2001,116(2):563-606.
25. Agrawal A, Cockburn I, McHale J. Gone but Not Forgotten: Knowledge Flows, Labor Mobility, and Enduring Social Relationships[J]. Journal of Economic Geography, 2006,6(5):571-591.
26. Alfaro L, Chanda A, Kalemli-Ozcan S, et al. FDI and Economic Growth: The Role of Local Financial Markets[J]. Journal of International Economics, 2004,64(1):89-112.
27. Bottazzi L, Peri G. Innovation and Spillovers in Regions: Evidence from European Patent Data[J]. European economic review, 2003,47(4):687-710.
28. Caballero R J, Jaffe A B. How High are the Giants' Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth[J]. NBER macroeconomics annual, 1993(8):15-74.
29. Canepa A, Stoneman P. Financial Constraints to Innovation in the UK: Evidence from CIS2 and CIS3[J]. Oxford economic papers, 2007,60(4):711-730.
30. Costa M, Iezzi S. Technology Spillover and Regional Convergence Process: A Statistical Analysis of the Italian Case[J]. Statistical Methods & Applications, 2004,13(3):375-398.
31. Greenwood J, Jovanovic B. Financial Development, Growth, and the Distribution of Income[J]. Journal of Political Economy, 1990,98(5):1076-1107.
32. Hoekman J, Frenken K, Van Oort F. The Geography of Collaborative Knowledge Production in Europe[J]. The Annals of Regional Science, 2009,43(3):721-738.
33. Huggins R, Thompson P. Entrepreneurship, Innovation and Regional Growth: A Network Theory[J]. Small Business Economics, 2015,45(1):103-128.

34. Jaffe A B, Trajtenberg M, Henderson R. Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations[J]. the Quarterly journal of Economics, 1993,108(3):577—598.
35. Jin P, Peng C, Song M. Macroeconomic Uncertainty, High-Level Innovation, and Urban Green Development Performance in China[J]. China Economic Review, 2019,55(7):1—18.
36. Maggioni M A, Uberti T E, Usai S. Treating Patents as Relational Data: Knowledge Transfers and Spillovers Across Italian Provinces[J]. Industry and Innovation, 2011,18(1):39—67.
37. Moreno R, Paci R, Usai S. Spatial Spillovers and Innovation Activity in European Regions[J]. Environment and planning A, 2005,37(10):1793—1812.
38. Ter Wal A L J, Boschma R A. Applying Social Network Analysis in Economic Geography: Framing some Key Analytic Issues[J]. The Annals of Regional Science, 2009,43(3):739—756.
39. Tsai W. Knowledge Transfer in Intraorganizational Networks: Effects of Network Position and Absorptive Capacity On Business Unit Innovation and Performance[J]. Academy of Management Journal, 2001,44(5):996—1004.

Innovation Network, Knowledge Spillover and High-Quality Integrated Development: An Empirical Study Based on the Urban Agglomeration of the Yangtze River Delta

YIN De-sheng^{1,2} WU Hong-yi² JIN Zhuang³

- (1. China Center for Economic Research, East China Normal University, Shanghai 200062;
2. School of Economics, East China Normal University, Shanghai 200062;
3. School of Finance, Inner Mongolia University of Finance and Economics, Huhhot 010070)

Abstract: How patents flow among cities in the Yangtze River Delta is an important aspect of high-quality integration of the Yangtze River Delta. Based on the inter city patent transfer data, this paper uses the social network analysis method to construct the innovation network of the Yangtze River Delta urban agglomeration, reveals the flow status and changes of patent elements among the cities in the Yangtze River Delta urban agglomeration, depicts the evolution trend and structural characteristics of the innovation network in the Yangtze River Delta, and empirically examines the impact of innovation network on urban innovation output. It is found that the innovation network of the Yangtze River Delta urban agglomeration has gradually evolved from a single level structure with Shanghai as the absolute center to a diamond type structure with "one leader and multiple centers". The centrality of the spatial network has a significant positive impact on the urban innovation output. We further build the spatial weight matrix based on the proximity of innovation network, and use the spatial measurement method to reveal the internal mechanism and policy implications of knowledge spillover driving the endogenous growth of the Yangtze River Delta urban agglomeration.

Keywords: Innovation Network; Knowledge Spillover; Patent Transfer; High-Quality Economic Integration; Integration of Urban Agglomerations