

# 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

刘承良<sup>1,2,3</sup>, 管明明<sup>1</sup>

(1. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200241; 2. 华东师范大学全球创新与发展研究院, 上海 200062; 3. 华东师范大学崇明生态研究院, 上海 200062)

**摘要:** 基于2004-2015年的专利交易数据, 融合大数据挖掘技术、社会网络分析等方法, 系统刻画长三角城市群内部技术流动的主体、客体、网络的时空演化规律: ① 企业是技术流动的主体, 高校、科研机构技术输出有限; 主体倾向内部技术流通, 外溢不足; 专利类型由外观设计型向发明型、实用新型转变, 部类结构保持均衡稳定。② 上海、杭州、南京、苏州作为技术流动网络的核心节点, 由技术辐合向扩散中心转化, 合肥、南通、嘉兴等是主要技术转入地。③ 技术流集散交互, 以高等级城市向低等级城市转移和空间邻近城市相互作用为主导, 呈现等级扩散和接触扩散耦合态势。④ 技术流动空间分布不均衡, 马太效应明显, 城市链接对象不断延伸, 地方依赖与路径创造并存。⑤ 技术流动网络的空间结构呈现离散均质—单中心(上海)集散—双核(上海、苏州)驱动—多核心轴辐式(上海、苏州、杭州、南京)的演化规律。

**关键词:** 技术流动; 专利权转移; 时空演化; 社会网络; 长三角城市群

DOI: 10.11821/dlyj201805010

## 1 引言

知识经济和全球化时代下, 不同空间尺度的知识创新网络日渐成为经济地理学关注的热点, 全球生产网络理论基于跨界网络强调知识全球扩散与地方响应<sup>[1]</sup>, 新区域主义重视本地根植性的知识网络对区域创新的作用<sup>[2,3]</sup>, 关系经济地理学则构建“本地蜂鸣—全球管道”模型来理解知识创新网络<sup>[4]</sup>。伴随现代通信技术和交通工具的迅猛发展, 全球—地方范围的知识流动日益加速, 技术创新的地理集中与扩散日趋强烈和复杂<sup>[5]</sup>, 其空间演化规律成为创新地理学重要的研究方向<sup>[6]</sup>。创新驱动成为城市经济发展的主流, 世界主要的大城市群成为创新资源与要素集聚的高地, 正孕育着引领全球的科技创新中心<sup>[7]</sup>, 以城市为主导的创新空间逐渐崛起。城市群作为创新时代的重要经济空间, 发挥着知识生产的“孵化器”与技术流动的“枢纽”作用<sup>[8]</sup>。然而, 目前关于城市群内部的知识、技术流动, 尤其是技术转移方面, 仍然缺乏深入探讨。

普遍认为技术转移是指技术持有者通过各种方式将其拥有的技术以及相关的权利转移给他人的行为, 是科学技术转化为生产力的核心途径<sup>[9]</sup>。由于隐性知识的不可测度性, 目前常用技术交易与技术授权<sup>[10,11]</sup>、技术人才流动<sup>[12,13]</sup>、研发合作<sup>[14,15]</sup>、国际商品贸易与外商投资<sup>[16,17]</sup>等衡量技术转移。专利技术转移通常被认为是显性知识的转移<sup>[18]</sup>。国内外学者围绕技术转移的主体、过程、结构等开展了卓有成效的研究。如“知识螺旋”模型, 将

收稿日期: 2017-10-10; 修订日期: 2018-04-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571123); 上海市软科学研究重点项目(17692103600)

作者简介: 刘承良(1979-), 男, 湖北武汉人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事经济地理复杂性研究, 聚焦交通和创新网络空间复杂性领域。E-mail: [clliu@re.ecnu.edu.cn](mailto:clliu@re.ecnu.edu.cn)

知识或技术转移主体层次划分为个体、团体、组织与组织间<sup>[19]</sup>。在国际层面，跨国公司是推动国际技术转移的主体<sup>[20-21]</sup>；在区域层面，大学、企业、政府构建的三螺旋是创新生产与技术转移的参与主体<sup>[22]</sup>；在产业的产学研合作中，大学、科研机构肩负知识扩散任务、企业则是技术溢出的接受者<sup>[23,24]</sup>。不难发现，在不同尺度下创新主体在技术转移中扮演的角色与发挥的作用有所差异，因此有必要明晰城市群内部技术转移的主体的作用机制。

当前，知识成为推动城市经济增长的关键动力，城市间的知识、技术流动成为城市网络研究的新动向<sup>[25]</sup>。就全球而言，知识技术网络呈现非均衡分布，纽约、硅谷、伦敦等是知识高度集聚与生产的主要阵地，成为全球技术创新网络的创新枢纽（innovation hub city）<sup>[26]</sup>。在国家尺度上，国内外学者通过引力模型、知识网络、专利与学术论文合作、人才流动等构建中国城市创新关联网<sup>[27,28]</sup>、知识溢出网络<sup>[29]</sup>、科学与技术知识网络<sup>[30]</sup>、人才流动网络<sup>[31]</sup>，从层级格局、拓扑结构、空间组织等方面揭示了中国城市创新网络的网络属性与空间体系。从城市群尺度来看，以美国东北部城市群、长三角城市群的研究居多，涉及产学研网络<sup>[32]</sup>、企业创新网络<sup>[33]</sup>、科学知识网络<sup>[34]</sup>、技术创新网络<sup>[35]</sup>等，具体包括知识技术创新体系的空间特征、网络演化、网络结构及其创新绩效等。总体而言，这些网络本质上仍然是一种知识溢出形式。

综上，当前对城市知识创新网络和技术转移的研究中，仍有亟待思考之处：① 基于微观和宏观尺度，以大学、科研院所、企业、产业、国家为对象的技术转移，过多的聚焦于技术转移对主体效应和区域经济增长关系的探讨，忽视以城市为节点，城市群内部技术空间扩散规律的探究。② 由于知识外部性的特征，基于论文、专利的合作构建的知识溢出网络，无法衡量主体基于市场行为的技术转移流动，也难以有效动态地识别技术流动的空间向量性。因此，本文以长三角城市群为例，力图解决两大问题：① 城市群内部技术流的主体及客体的时序变化态势是怎样的？② 基于专利权转移网络的城际技术流动的空间演化有何规律？解答上述问题可为当前的城市技术转移和创新网络的空间研究提供一个崭新的视角。近年，加强技术转移与转化成为中国推动创新驱动发展战略的重要任务。长三角城市群作为中国经济最具活力、创新能力最强的区域之一，已成为建设全球性科技创新增长极的重要阵地。在国家的新一轮技术转移战略中，厘清长三角城市群内部技术转移网络的空间演化规律，对于优化科技资源配置、加强城市群的协同创新、促进城际技术转移具有一定的决策参考意义。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究区概况

依据2016年发布的《长江三角洲城市群发展规划》，长三角城市群由“三省一市”（上海、浙江、江苏、安徽）中的26个城市构成（图1），长三角城市群创新资源丰富，拥有近300所高校和国家级科技创新平台，年R&D支出和发明专利授权量均占



图1 长三角城市群行政区划范围

Fig. 1 The administrative division scope of Yangtze River Delta Urban Agglomeration

中国的30%左右<sup>[36]</sup>,是中国创新能力最强的地区之一;区域内技术流动活跃,其中,上海、江苏、浙江等省份的技术交易数额常年位居全国前列,是中国技术转移最活跃和技术交易市场的示范区域。

## 2.2 数据来源

在现有的创新研究文献中,专利是有效衡量技术知识的主要指标<sup>[37]</sup>,而专利交易(包括专利许可、专利转移、专利质押)则是衡量技术转移最为直接的方式。其中,专利权转移是中国目前最主要的专利交易方式,代表着直接的“技术流”。因此,本文主要使用专利交易中专利权转移来衡量技术流动,专利数据来源于SIPO(国家知识产权局)数据库中的“专利信息服务平台”。数据编码及其获取的过程:①专利数据提取。利用Python与C++语言构建分布式爬虫程序,提取该网站收录的2004-2015年的专利转移数据。②地理信息配对。以长三角城市群26个地级市为研究单元。2011年“三分巢湖”,致使行政区划不连续,因此将研究年限内巢湖市剔除,依次对专利交易合同备案中的专利号、发明名称、让与人、受让人、权利人邮编等信息进行编码化处理,利用ArcGIS的脚本语言构建“邮编—城市名称”空间数据库,识别出每条专利对应的空间地理信息。③数据清洗核查。通过大量的人工校验对数据进行修复,并通过随机抽取、交叉检验等方式对数据进行校验,并剔除了部分信息缺失,无法人工检索甄别的数据,从而确保数据的科学性和统一性。最终获取2004-2015年123216条专利转移数据,有效识别为122331条专利,得到城际转移量为19117条,各年度的技术转移数量如表1所示。

表1 各年度数据统计

Tab. 1 Data statistics for each year

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
数据总量	1421	1552	1751	2063	5423	6421	9302	13651	17729	18841	22001	23061
有效识别量	1384	1506	1685	1972	5363	6394	9243	13581	17587	18738	21889	22989
跨城转移量	56	93	132	216	621	816	840	1594	2093	3496	4393	4767

## 2.3 研究方法

基于有向加权网络的社会网络分析方法,引入加权出度、加权入度、转变中心度、度中心性、中介中心性等网络指标,以刻画城市在技术转移网络中的重要性和连接度<sup>[38]</sup>(表2)。

表2 有向加权网络指标及其含义

Tab. 2 Indices of the weighted and directed network and their geographical implications

指标	计算公式	公式解释	实际含义
加权入度	$S_i^{\text{in}} = \sum_{j=1}^g a_{ji} w_{ji}$	以节点 <i>i</i> 为终点的所有弧的边权之和	表示城市转入专利的总数量
加权出度	$S_i^{\text{out}} = \sum_{j=1}^g a_{ij} w_{ij}$	以节点 <i>i</i> 为起点的所有弧的边权之和	表示城市转出专利的总数量
转变中心度	$S = S_i^{\text{in}} - S_i^{\text{out}}$	节点 <i>i</i> 的入加权重与出加权重之差	为正表示城市在技术转移网络中发挥集聚作用,为负表示发挥扩散的作用
度中心性	$C_D(N_i) = \frac{\sum_{j=1}^g x_{ij}(x \neq j)}{g-1}$	节点 <i>i</i> 与其他节点的关联数与可能的 <i>g</i> -1节点可能连接数的比值	衡量一个城市与其他城市技术联系的能力,揭示该城市在网络中是否处于核心位置
中介中心性	$C_B(i) = \sum_{j=1, k=1, j \neq k \neq i}^g \frac{N_{jk}(i)}{N_{jk}}$	$N_{jk}(i)$ 则是节点 <i>i</i> 通过节点 <i>j</i> 和 <i>k</i> 之间的最短路径条数, $N_{jk}$ 表示节点 <i>j</i> 和 <i>k</i> 之间的最短路径的数量	城市在网络中控制其他城市交往的能力,分析城市是否在网络中扮演中间联络人的角色

### 3 城际技术流动主客体的时序变化

#### 3.1 技术流动主体的演化

选择2004年、2007年、2011年、2015年4个截面,统计让与人(转出主体)与受让人(转入主体)在整体技术转移中的占比变化(表3),可以得出:

(1)企业是技术转移的主体,高新技术企业渐成中流砥柱。从让与人与受让人的数量结构来看,2004年转移的专利中让与人和受让人为企业的占比分别为65.87%、81.90%,到2015年分别提升到74.18%、89.63%,企业在专利转移规模上占据绝对主导,且地位持续上升,成为技术转让与接受的主体,表明专利技术的转移高度集中于企业间,且日益活跃。在排名靠前的企业中(表4):2004-2007年阶段,技术转移的让与人和受让人企业主要属于传统制造业,如台州中山泵业等专用设备制造业,上海森林企业等木材加工及家具制造业,贝发集团、浙江蒙恬文具礼品等文体用品制造业。到2011-2015年阶段,排名靠前企业多数为先进制造业和高新技术企业,集中于集成电路和汽车制造领域,如中芯国际(上海)公司、浙江众泰集团及奇瑞汽车集团等。高新技术型和技术密集型企业已经逐渐取代传统制造业企业,在技术转移中的主导作用日益增强。

(2)高校、科研机构技术转移比率有限,技术输出作用仍显薄弱。在4个年份中,让与人为高校的占比分别为2.21%、2.41%、2.47%、2.91%,科研机构的占比为5.12%、5.18%、5.33%、5.42%,科研机构的总体占比高于高校,技术的市场化转移较高,但两

表3 技术转移主体结构变化(%)

Tab. 3 The proportional variations of the actors of technological transferring network (%)

让与人/受让人	2004年	2007年	2011年	2015年
企业	65.87/81.90	68.97/85.47	72.51/88.92	74.18/89.63
高校	2.21/0.51	2.41/0.46	2.47/0.51	2.91/0.61
科研机构	5.12/0.45	5.18/0.53	5.33/0.44	5.42/0.48
个人	23.25/1.51	20.51/1.27	18.24/1.80	15.81/1.21
主体内部转移占比	22.11	24.23	24.89	28.36

表4 主要权利主体为企业、高校、科研机构的统计

Tab. 4 The statistics of the main actors including enterprises, universities, and institutes

时间	让与人	受让人	高校/科研机构
2004年	邱智铭(贝发集团有限公司)	贝发集团有限公司	浙江大学
	黄新华(宁波新海电气股份有限公司)	宁波新海电气股份有限公司	上海大学
	上海森林企业股份有限公司	袁苗森(上海森林企业股份有限公司)	上海交大
2007年	姜飞雄(浙江帝龙新材料股份有限公司)	浙江帝龙新材料股份有限公司	上海交大
	台州中山泵业有限公司	浙江山河实业有限公司	东华大学
	上海环达计算机科技有限公司	浙江蒙恬文具礼品有限公司	复旦大学
2011年	中芯国际集成电路制造(上海)有限公司	中芯国际集成电路制造(上海)有限公司	上海交大
	华荣集团有限公司	华荣科技股份有限公司	浙江大学
	方卫国(宁波恩博卫浴有限公司)	宁波恩博卫浴有限公司	南京大学
2015年	众泰控股集团有限公司	浙江众泰汽车制造有限公司	上海交大
	奇瑞汽车股份有限公司	奇瑞新能源汽车技术有限公司	浙江大学
	大亚科技股份有限公司	溧阳常大技术转移中心有限公司	南京大学

者的总体占比在每个时间段均不足10%，说明高校、科研机构技术成果的转化率整体有限。但从变化趋势来看，2004-2015时间段内，高校、科研机构专利转移的占比不断上升，数量大幅度增长，由2004年的转移101件专利，上升到2015年的1915件，年均增长率高达27.75%，这表明长三角城市群内高校和科研机构技术输出的数量越来越多，在技术转移中发挥着不可替代的职能，在此期间内浙江大学、上海交通大学、南京大学和东华大学等理工科为主导的高校技术转出量较多。

(3) 主体集团内部流通趋势明显，技术产业外溢不足。从让与人与受让人的关系来看，为了保护知识产权和使得子公司符合相应的评级条件，专利技术企业集团内部流通的模式主要分为集团子公司转移、个人职务发明归企业所有等两种方式。4个时间段内集团子公司转移的占比介于22%~29%间，其中大多都是总部转向子公司，如2015年的众泰控股集团、奇瑞汽车集团分别向其子公司浙江众泰汽车制造有限公司、奇瑞新能源汽车技术有限公司转移。在早期，个人职务发明也占有较高比例。在2004年、2007年、2011年中，个人职务发明归企业所有情况较多，如在转移排名靠前的让与人种主要有邱智铭（贝发集团董事长）、黄新华（宁波新海电气董事长）、姜飞雄（浙江帝龙新材料董事长）等，到2015年个人作为让与人的占比下降到15.81%，则说明以企业为主导的技术转移越来越多。

### 3.2 技术流动客体的演化

依据当前中国的专利法规定，专利类型可以分为发明型、实用新型和外观设计型。在此基础上，参照国际专利的IPC分类方法，发明专利和实用新型专利又可以划分为A—人类生活必需，B—作业和运输，C—化学和冶金，D—纺织和造纸，E—固定建筑物，F—机械工程，G—物理，H—电学共8大部。本文通过专利号的编码结构（专利的种类和分部）识别技术流动的客体，分别统计专利种类占比与分部占比（表5）可以发现：

(1) 专利由外观设计型向发明型、实用型转变。期初，外观设计型占比（46.47%）最大，实用新型专利次之（33.50%），发明专利占比（20.03%）最小。随后，发明专利、实用新型专利占比逐渐上升，以发明专利增幅最大，由2004年20.03%，增到2015年的48.03%。这主要是发明专利的市场应用前景大，因此转化率也逐年上升。而外观设计型专利转移量从2004年的46.47%剧烈下降到2015年的8.82%。这从侧面反映出，长三角城市群专利技术应用从初期的产品包装外观设计等向高端的产品发明、研发等转化，产业结构也从传统的低端制造业逐渐向技术含量高的先进制造业和技术密集型制造业升级。

(2) 专利类型结构相对均衡稳定，作业运输类、机械工程类、电学类、化学冶金类是主要的类型。从分部类的占比结构来看，在4个年份中作业运输类的占比稳居首位，超过20%；纺织造纸类和固定建筑物类的占比最小，不足10%；而机械工程类、电学类、化学冶金类和人类生活必需类占比介于11%~16%之间，整体的占比接近。从分部类

表5 转移专利的分类、分部变化统计 (%)

Tab. 5 The variations of patent transferring classification and category (%)

	发明型	实用新型	外观设计	A	B	C	D	E	F	G	H
2004年	20.03	33.50	46.47	16.42	21.94	10.90	7.00	5.65	14.27	10.90	11.71
2007年	31.24	39.40	29.36	10.48	23.62	14.21	4.09	7.97	13.93	9.83	15.87
2011年	30.42	46.98	22.61	11.78	22.40	11.26	4.25	6.19	17.19	10.32	16.68
2015年	48.03	43.14	8.82	13.63	23.63	13.68	3.82	7.14	13.02	11.56	13.82

的占比变化来看,人类生活必需类和纺织造纸类的专利转移量明显下降,物理类、化学冶金类和作业运输类呈缓慢波动上升,而其他类则为小幅波动下降,八部类结构表现稳定的均衡态势。这表明长三角城市群的产业部门相对完备,在经济发展过程中,产业结构不断优化,在各个产业门类中对技术的应用需求相对稳定。

## 4 城际技术流动网络的空间演化

### 4.1 城市中心性的演化

(1) 上海、杭州、南京、苏州等占据网络的核心位置,整个网络呈现“多中心”趋势。2004-2015年间,上海的度中心性值一直位居首位,属于网络一级核心节点,杭州、南京、苏州等城市度中心性值占据整个网络前5位,地处次级核心节点,整个网络核心演化表现出稳定态。与此同时,上海、杭州、南京、苏州的度中心性值彼此间的差异也日益缩小(表6),表明长三角城市群技术流动网络的中心化正在减弱,整个网络由期初的单核向多中心演化,与度中心性类似的是,上海、杭州、南京、苏州的中介中心性值也始终位于前列,在整个技术流动网络地处核心位置,扮演“桥梁”作用和“阀门”。与之略微不同的是,核心城市中介中心性值与城际差异波动式下降,整个网络中介中心性分布呈现分散化和多中心化演进趋势。值得一提的是合肥的位序排名变化较大,从2004年、2007年的第13位、第10位迅猛上升到2011年、2015年的第2位、第4位,表明合肥在整个长三角城市群的融入程度越来越高,作为技术转移中介的作用不断加强。

表6 节点中心性前五变化

Tab. 6 The top five variations of node centralities

度中心性				中介中心性			
2004年	2007年	2011年	2015年	2004年	2007年	2011年	2015年
上海(0.44)	上海(0.96)	上海(1.44)	上海(1.80)	上海(0.14)	上海(0.37)	上海(0.30)	上海(0.11)
杭州(0.32)	南京(0.56)	南京(1.04)	苏州(1.56)	杭州(0.09)	南京(0.13)	合肥(0.19)	南京(0.06)
南京(0.16)	杭州(0.52)	杭州(1.04)	南京(1.56)	苏州(0.02)	杭州(0.09)	杭州(0.11)	苏州(0.05)
无锡(0.16)	苏州(0.36)	苏州(0.8)	杭州(1.44)	南京(0.01)	宁波(0.08)	南京(0.09)	合肥(0.05)
金华(0.12)	宁波(0.36)	无锡(0.8)	宁波(1.44)	无锡(0.01)	无锡(0.06)	芜湖(0.08)	宁波(0.04)

(2) 上海、南京、杭州、苏州等城市由辐合中心转变为辐射中心,合肥、南通、嘉兴等成为技术汇聚地。比较统计城市加权入度、加权出度与转变加权度的变化(表7),可以得出:上海、杭州、南京、苏州和宁波等加权度值较大的网络核心城市,其转变中心加权度由期初的正值跳跃式变化为期末的负值,表明上述中心城市已从初期的技术吸收型全局辐合中心转变为技术扩散型辐射中心。主要是由于上海、南京、杭州、苏州等城市采取了“退二进三”的发展战略,向高新技术产业转型,把传统制造业转移到了长三角的腹地城市,而将研发中心留在城市内,加之本身的科技创新资源丰富,因而成为技术扩散的核心城市。湖州、嘉兴、合肥、盐城、南通等加权度值适中的次中心城市,其转变加权度则由较小的绝对值增长到较大的正值,从而接受了其他城市大量转移的专利技术,成为局域辐合中心。而舟山、安庆、铜陵、马鞍山、滁州、镇江等加权度值较小的边缘城市,其总体专利转出与转入的数量均较小,技术转移的活跃程度较低。

### 4.2 城际技术流动方向的演化

(1) 技术流动的方向以核心城市之间的交互及向周边转移为主导,呈现等级、接触

表7 网络节点转变加权重度、加权入度、加权出度

Tab. 7 The variations of the change weighted degree, weighted indegree and weighted outdegree

	2004年	2007年	2011年	2015年		2004年	2007年	2011年	2015年
上海	13(22/9)	-70(34/104)	-260(271/531)	-264(671/935)	湖州	3(3/0)	9(10/1)	77(94/17)	56(151/95)
苏州	0(6/6)	26(43/17)	134(249/115)	-160(485/645)	合肥	-8(0/8)	1(2/1)	57(83/26)	89(137/48)
杭州	-4(6/10)	12(23/11)	-103(105/208)	-137(360/497)	泰州	-3(0/3)	0(1/1)	7(18/11)	68(108/40)
宁波	-3(1/4)	1(10/9)	-46(71/117)	-154(246/400)	镇江	2(2/0)	2(2/0)	11(31/20)	-24(55/79)
南通	0(0/0)	-1(4/5)	-5(42/47)	447(544/97)	扬州	1(1/0)	-5(0/5)	-11(4/15)	60(85/25)
绍兴	-2(0/2)	0(9/9)	63(87/24)	-207(214/421)	芜湖	0(0/0)	0(0/0)	7(25/18)	55(76/21)
南京	-2(1/3)	3(15/12)	49(151/102)	-48(280/328)	滁州	0(0/0)	0(0/0)	6(9/3)	24(55/31)
嘉兴	0(1/1)	34(42/8)	33(55/22)	299(410/111)	马鞍山	0(0/0)	0(0/0)	10(14/4)	-1(36/37)
无锡	-3(1/4)	-3(7/10)	12(82/70)	-7(197/204)	安庆	-4(0/4)	-1(0/1)	1(2/1)	-13(13/26)
金华	3(3/0)	1(3/2)	-38(17/55)	-158(98/256)	舟山	-1(0/1)	1(1/0)	2(3/1)	17(28/11)
常州	2(2/0)	2(5/3)	18(45/27)	-36(146/182)	宣城	0(0/0)	2(2/0)	2(3/1)	4(20/16)
台州	0(1/1)	-15(0/15)	-28(105/133)	-16(140/156)	铜陵	2(2/0)	0(0/0)	-6(10/16)	-14(0/14)
盐城	0(0/0)	1(3/2)	7(16/9)	113(181/68)	池州	4(4/0)	0(0/0)	1(2/1)	7(10/3)

和跳跃式扩散的混合模式。从技术流动的城市对及其方向来看(图2),在2004-2007时段,城际技术流动网络形成以上海为强集散中心的轴—辐式格局,其自组织选择存在明显的地理邻近偏好,即技术联系以空间邻近的城市对为主,呈现接触式扩散特征,如上海的专利主要转入苏州和嘉兴等周边城市,杭州则主要与金华、绍兴、宁波等邻近城市互动,南京则主要与镇江、无锡、常州等产生联系。2011-2015年阶段,上海、苏州、杭州、南京等核心城市间技术流动强度增大,苏州、杭州、南京等次级核心城市不断吸收一级核心城市上海的专利技术转移,同时向周边城市技术扩散也逐渐加强,形成杭州向绍兴、湖州、金华,南京向镇江、扬州,合肥向池州、滁州、铜陵等边缘城市的等级技术扩散模式。此外,2011-2015年间,部分城际跨越行政边界的中长距离跳跃式技术扩散特征显著,形成合肥—上海、南京—上海、上海—台州、上海—盐城、马鞍山—南通等典型的转移城市对。

(2) 技术流动趋于继承中涌现变异,演化兼具路径依赖与路径创造。基于2004年城际技术流动网络关联序列(25条专利转移城市对),统计2007-2015年城际技术关联的流向与流量(加权强度)可以得出(表8):城际专利转移量较大的技术流向稳定锁定于上海—苏州、上海—杭州、杭州—湖州、南京—上海、绍兴—杭州等15条城市对(占总数的60%),遵循“地方依赖”(place dependence)演化机制,保持显著的空间惰性和时间惯性;其流量持续快速增长,城际技术流动的规模和强度增幅较大,表现为固定城市间的自我强化,具有明显的路径依赖。此外,合肥—铜陵、上海—扬州、苏州—无锡等7条专利转移城市对于2011年“涌现”结网,安庆—池州、舟山—杭州、台州—常州3对技术关联于2015年存在稳定的技术转入或转出关系,其专利转移强度呈现爆炸式增长(相较于期初增长多达174),突变成为城际技术流动网络新的生长线和伸展轴,不断在城际专利技术关联演化中创造新的路径,从而提升整个技术流动网络的连接程度、控制能力和伸展规模。

### 4.3 城际技术流动网络的演化

(1) 城际技术流动的空间分布不均衡,“马太效应”明显。以4个时间断面技术流动网络的边权为属性值,借助ArcGIS软件采用网络核密度分析工具,生成长三角城市群技

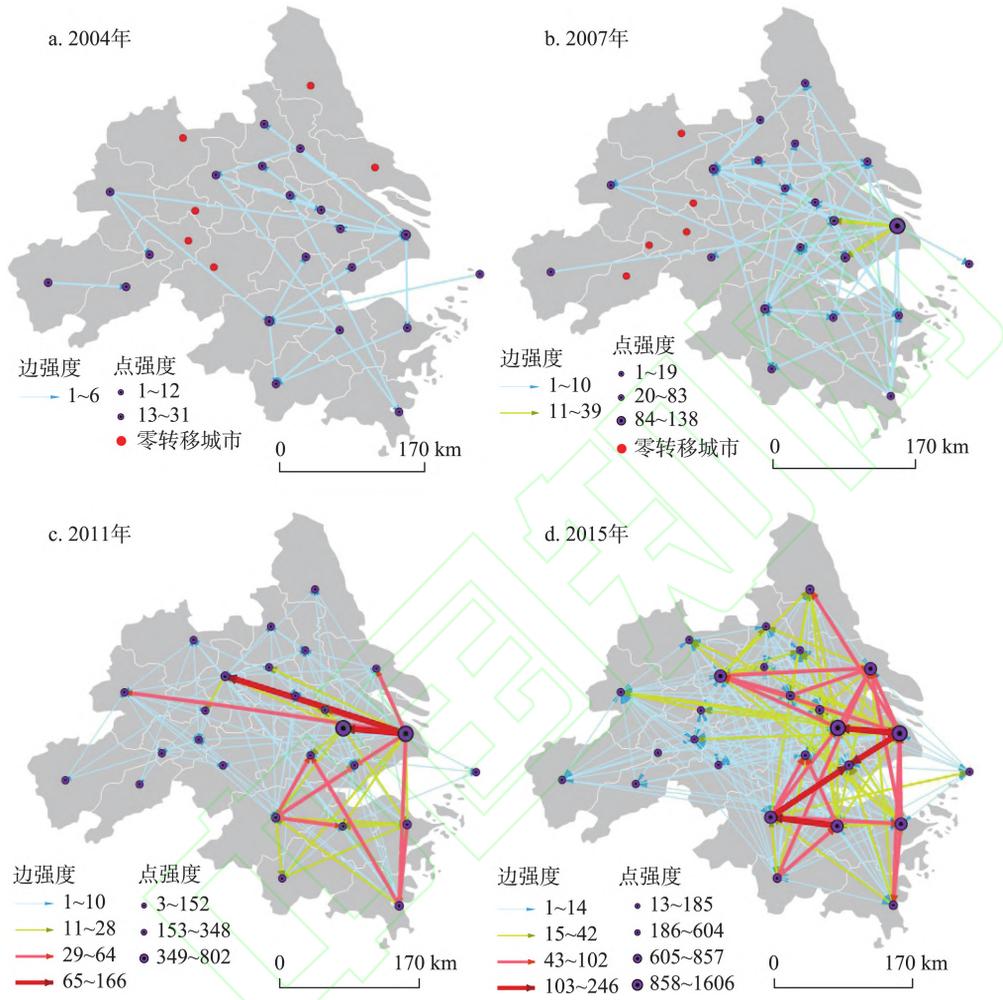


图2 长三角城市群城际技术流动网络的空间演化

Fig. 2 Spatial evolution of interurban technological flow network in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration

术流动网络的核密度分布图(图3)。从空间分布来看,高值区主要集聚于上海,浙江省的杭州、宁波、绍兴、嘉兴等,江苏省的苏州、无锡、南京等;低密度区域则连片分布在安徽省的安庆、池州、芜湖、滁州等大部分城市以及江苏省北部的盐城、泰州、扬州,浙江省的舟山等。在演化上,整体上技术转移的活跃区域集中镶嵌于长三角城市群的东部与南部,总体呈“东强西弱”的空间格局,在2011年以上海、南京、杭州、宁波等为核心的“Z”空间结构逐步明显,随着时间的推移“Z”形的技术流动走廊得到不断的强化。分别统计4个断面内均匀以上转移的空间网络分布,4个年份的网络相较于完整网络边数分别减少71.43%、78.46%、74.07%、80.83%,说明大部分城市的联系以低值联系为主。从网络极化程度来看,整体网络的极值从5增长到245,均值网络的极值也从3变为230,说明网络内部的空间极化效应不断增强,高值联系的城市间转移的数量越来越大,而低值之间的联系基本保持不变,表现为“强者恒强、弱者愈弱”的态势。

(2)空间结构上,技术中心呈现离散均质—单中心—双核驱动—多核心网络的演化态势。基于百度Echarts平台的双向矩阵程序,通过迭代运算,绘制2004-2015年技术流

表8 技术流动网络城市关联统计

Tab. 8 The variations of city pair in interurban technological flow network

关联城市	2004年	2007年	2011年	2015年	增幅	关联城市	2004年	2007年	2011年	2015年	增幅
上海—苏州	11	49	194	477	466	金华—杭州	1	2	22	41	40
上海—杭州	7	13	61	82	75	杭州—合肥	2	1	4	9	7
上海—宁波	4	10	24	92	88	合肥—铜陵	2	0	8	6	4
上海—合肥	4	1	65	46	42	上海—扬州	1	0	4	12	11
杭州—湖州	3	2	50	64	61	无锡—常州	1	0	11	22	21
泰州—上海	2	1	2	22	20	苏州—无锡	1	0	27	50	49
无锡—镇江	2	1	2	22	20	绍兴—金华	1	0	6	83	82
金华—宁波	1	2	15	16	15	南京—台州	1	0	9	13	12
南京—上海	1	7	122	89	88	南京—泰州	1	0	1	23	22
杭州—嘉兴	1	2	31	164	163	安庆—池州	4	0	0	0	-4
南京—无锡	1	2	20	46	45	舟山—杭州	1	0	0	21	20
上海—嘉兴	1	39	25	219	218	台州—常州	1	0	0	0	-1
绍兴—杭州	1	9	44	189	188	总关联序列	25	51	111	199	174

动网络的和弦图(图4),可以看出:2004年,整个长三角城市群城际专利转移数量较少,分布相对均匀,规模和强度相差不大,铜陵、宣城、马鞍山、滁州、盐城、南通6个城市尚未结网,成为孤立散点;整个网络没有明显的核心城市,等级规模结构尚未形成。2007年,上海市成为整个城市群的专利转移集散核心,整个网络初步发育形成以上海为轴心,与面向苏州、嘉兴、宁波、杭州、绍兴等周边城市的专利转移流为辐条的轴—辐式空间组织形式和核心—边缘式空间结构。2011年,苏州继上海之后迈入专利转移网络的核心集团,网络的多层次和网络化特征突显,经济较发达、产业较雄厚的上海、苏州、杭州、南京、宁波、合肥、台州等中心城市间多边专利转移频率高,强度大,呈现以上海和苏州主导的“双轮”驱动模式。2015年,南京、杭州、宁波等城市逐渐发展成为专利转移网络的次级核心,城际技术流愈发频繁,网络整体上呈现多核心网络化发展格局(图2、图4)。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

基于2004-2015年间长三角城市群26个地级市专利权转移的空间关系,本文融合社会网络和GIS空间分析方法,系统刻画了长三角城市群内技术流动网络的时空演化规律:

(1)企业是技术转移的主体,高校、科研机构技术输出有限。技术转移主要集中在企业间,尤其是高新技术企业,但企业出于知识产权的保护和公司利益的考虑,多数的技术局限在集团内部流通,致使技术的产业外溢有限。高校、科研机构作为知识创新生产与传播的载体,技术转化率较低。

(2)核心城市是城市群内部知识生产的“孵化器”与技术流动的“枢纽”。城际技术转移网络的空间结构遵循散均质—单中心集散—双核驱动—多核心轴辐式的演化。目前,形成了上海、苏州、杭州、南京等技术流动中心,核心城市拥有众多的企业、高校,科研院所等技术资源,在网络中占据较高地位,以对外技术扩散为主。值得注意的是合肥在整个长三角城市群中作为技术转移中介的作用不断加强。

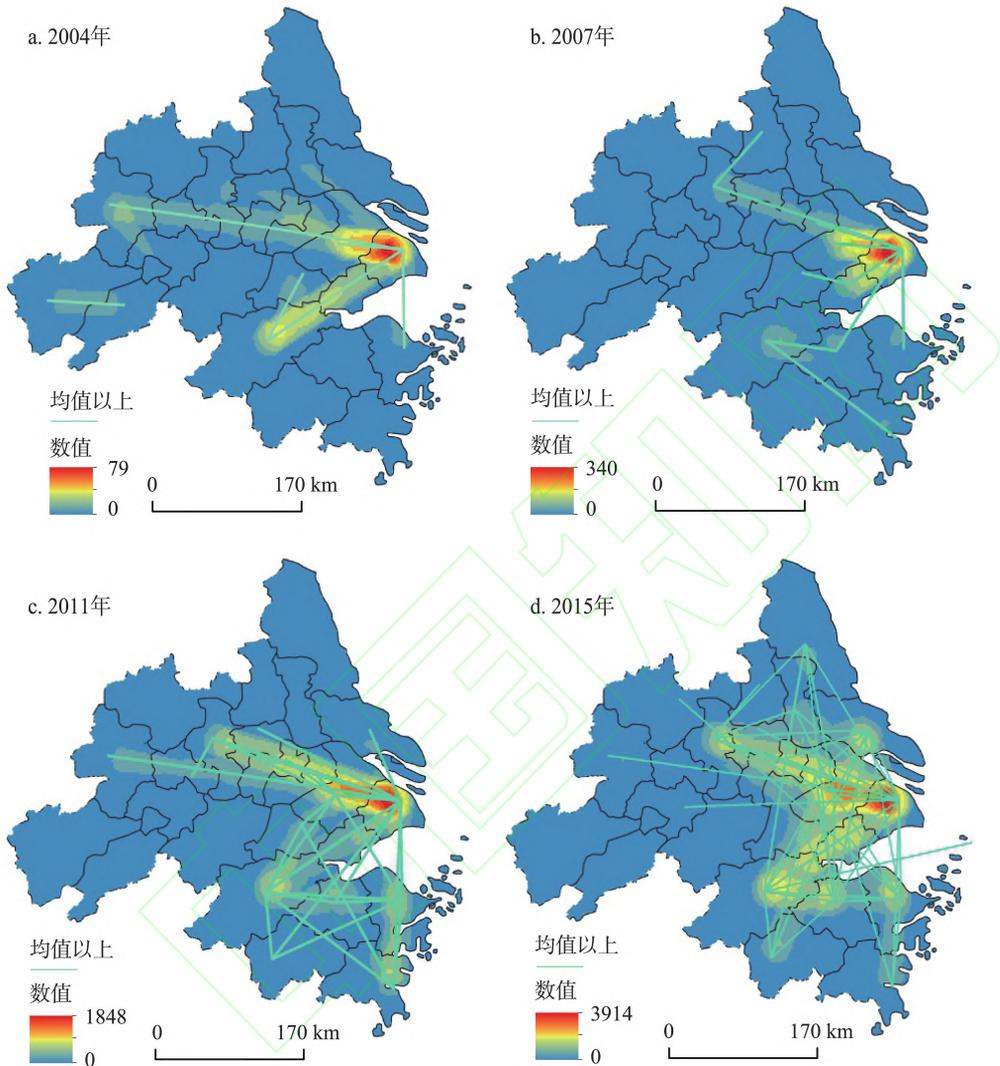


图3 长三角城市群城际技术流动网络核密度空间演化

Fig. 3 Spatial evolution of interurban technological transferring network kernel density in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration

(3) 城市群尺度下的技术流动仍然符合等级扩散和接触扩散的规律。技术流在连接方向上，同时呈现为上海、杭州、南京等中心城市向嘉兴、绍兴、南通等非中心城市技术扩散和无锡—常州、绍兴—宁波等空间邻近城市的交互作用。但是随着时间的推移，地理距离的约束逐渐下降，跨越行政边界的中长距离跳跃式技术流动也越发明显。

(4) 技术流动网络的连接对象存在路径依赖和空间偏好，但在演化过程中仍涌现路径创造。一方面上海—苏州、杭州—湖州等原有关联城市的流量持续增长，表现为固定城市间的自我强化；另一方面，随着时间的推移，新生的网络连接关系也不断增加，以上海、苏州、南京、杭州、宁波为核心的“Z”型技术流动空间走廊初步形成。

(5) 长三角城市群城际技术流动网络空间分布不均衡，存在明显马太效应。技术流量高度集中在上海、杭州、宁波、苏州、无锡、南京等；安庆、池州、滁州、盐城、泰州、扬州、舟山等则处于网络的边缘地带与其他城市技术交互薄弱。

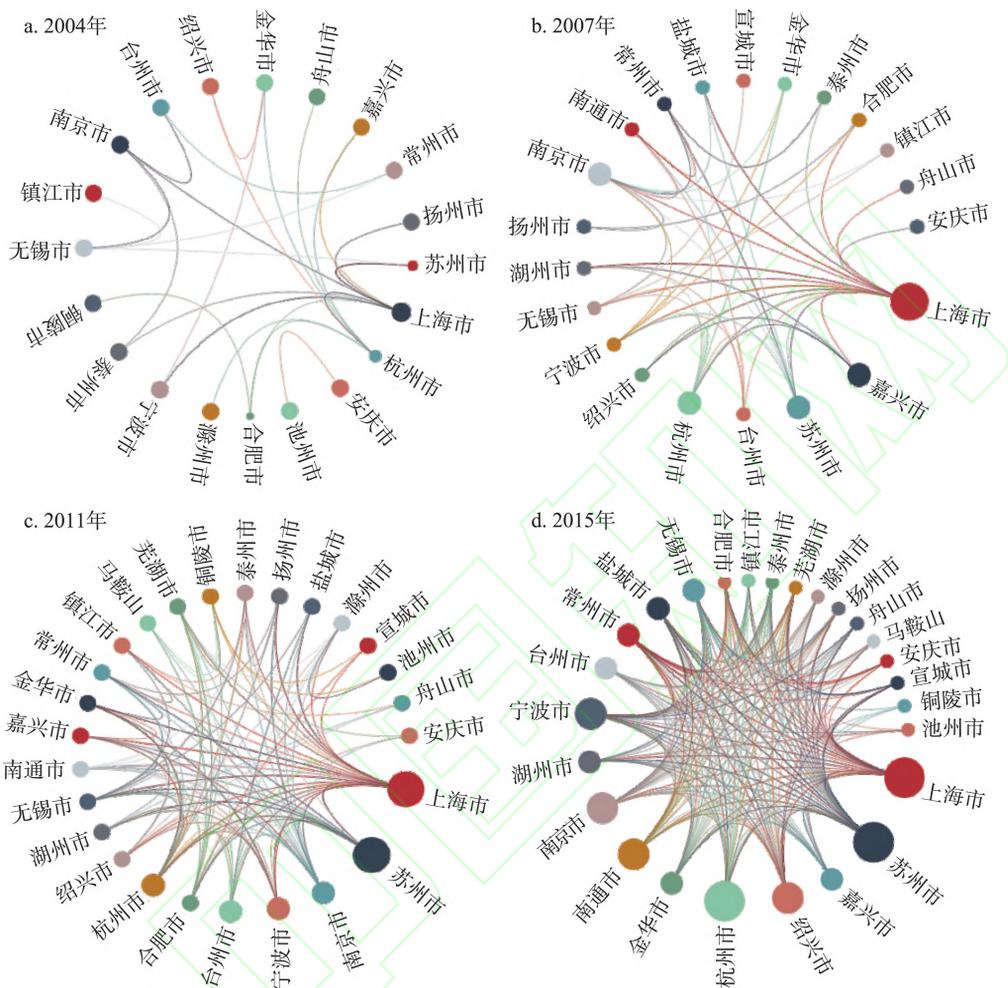


图4 长三角城市群城际技术流动的和弦图

Fig. 4 Interurban technological flow diagram in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration

### 5.2 政策启示及未来研究方向

一方面，从顶层积极谋划建设长三角城市群技术转移联盟，实施城际技术转移制度、政府联盟机制的创新；着重加强高校、科研机构的技术转移体制和管理方式的创新，促进其技术的外溢和产业化。另一方面，重视网络关系和城市属性对技术转移的作用，构建跨区域技术转移的空间联动机制。同时，安庆、池州、滁州、盐城、泰州等技术转移网络边缘的城市应当积极探索新的技术转移模式、推进产业升级发展、坚持创新发展驱动、提升区域创新能力，以积极有效承接上海、南京、杭州、苏州等核心城市的技术转移，实现创新资源的优势互补。

虽然专利交易是一种直接的“技术流”反映，但城际技术流动还包含知识合作、人才流动、政府技术联盟、商品交易、投资等内容和形式。因此，有必要从科研论文和项目合作、高端人才迁移、研发投资和商品交易等视角，全面度量城际技术流动的空间规律。作为一个复杂的系统过程，技术转移的地理学研究中应当进一步分产业、分类别揭示不同空间尺度下的技术转移特征与尺度效应。此外，区域技术转移受到主体属性、区

位条件、区域环境等地理因素的综合作用,有必要从经济、技术、制度、地理距离等多因素的视角探究城际技术转移的动力机制。

### 参考文献(References)

- [1] Coe N M, Dicken P, Hess M. Global production networks: Realizing the potential. *Journal of Economic Geography*, 2008, 8(3): 271-295.
- [2] Allen Scott. A new map of Hollywood: the production and distribution of American motion pictures. *Regional Studies*, 2002, 36(9): 957-975.
- [3] Cooke P, Asheim B, Boschma R, et al. *Handbook of Regional Innovation and Growth*. Cheltenham: Edward Elgar, 2011.
- [4] Bathelt H, Glückler J. Toward a relational economic geography. *Journal of Economic Geography*, 2003, 3(2): 117-144.
- [5] Heimeriks G, Boschma R. The path-and place-dependent nature of scientific knowledge production in biotech 1986-2008. *Journal of Economic Geography*, 2013, 14(2): 339-364.
- [6] 吕拉昌, 黄茹, 廖倩. 创新地理学研究的几个理论问题. *地理科学*, 2016, 36(5): 653-661. [Lv Lachang, Huang Ru, Liao Qian. Several theoretical issues on innovation geography. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5): 653-661.]
- [7] 杜德斌, 段德忠. 全球科技创新中心的空间分布、发展类型及演化趋势. *上海城市规划*, 2015, (1): 76-81. [Du Debin, Duan Dezhong. Spatial distribution, development type and evolution trend of global S&T innovation center. *Shanghai Urban Planning Review*, 2015, (1): 76-81.]
- [8] Li Y, Phelps N A. Knowledge polycentricity and the evolving Yangtze River Delta megalopolis. *Regional Studies*, 2017, 51(7): 1035-1047.
- [9] 黄静波. 国际技术转移. 北京: 清华大学出版社, 2005. [Huang Jingbo. *International Technology Transfers*. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.]
- [10] Buenstorf G, Geissler M. Not invented here: Technology licensing, knowledge transfer and innovation based on public research. *Journal of Evolutionary Economics*, 2012, 22(3): 481-511.
- [11] Bercovitz J, Feldman M. Entrepreneurial universities and technology transfer: A conceptual framework for understanding knowledge-based economic development. *Journal of Technology Transfer*, 2006, 31(1): 175-188.
- [12] Almeida P, Kogut B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. *Management Science*, 1999, 45(7): 905-917.
- [13] Trippi M. Scientific mobility and knowledge transfer at the interregional and intraregional level. *Regional Studies*, 2013, 47(10): 1653-1667.
- [14] Ponds R, Oort F, Frenken K. Innovation, spillovers and university-industry collaboration: An extended knowledge production function approach. *Journal of Economic Geography*, 2009, 10(2): 231-255.
- [15] Bozeman B. Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 2000, 29(4): 627-655.
- [16] Keller W. Geographic localization of international technology diffusion. *American Economic Review*, 2002, 92(1): 120-142.
- [17] Coe D T, Helpman E. International R&D spillovers. *European Economic Review*, 1995, 39(5): 859-887.
- [18] Polanyi M. *Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press, 2015.
- [19] Nonaka I, Takeuchi H. *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Cambridge: Oxford University Press, 1995.
- [20] Teece D J. Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know-how. *Economic Journal*, 1977, 87(346): 242-261.
- [21] Glass A J, Saggi K. International technology transfer and the technology gap. *Journal of Development Economics*, 1998, 55(2): 369-398.
- [22] Etzkowitz H, Klofsten M. The innovating region: Toward a theory of knowledge-based regional development. *R & D Management*, 2005, 35(3): 243-255.
- [23] Fuentes C D, Dutrénit G. Geographic proximity and university-industry interaction: The case of Mexico. *Journal of Technology Transfer*, 2016, 41(2): 329-348.
- [24] Siegel D S, Waldman D, Link A. Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy*, 2003, 32(1): 27-48.

- [25] 马海涛. 基于知识流动的中国城市网络研究进展与展望. 经济地理, 2016, 36(11): 207-213. [Ma Haitao. Research progress and prospects of city networks based on knowledge flow in China. *Economic Geography*, 2016, 36(11): 207-213.]
- [26] Matthiessen C W, Schwarz A W, Find S. World cities of scientific knowledge: Systems, networks and potential dynamics. An analysis based on bibliometric indicators. *Urban Studies*, 2010, 47(9): 1879-1897.
- [27] 周灿, 曾刚, 曹贤忠. 中国城市创新网络结构与创新能力研究. 地理研究, 2017, 37(7): 1297-1308. [Zhou Can, Zeng Gang, Cao Xianzhong. Chinese inter-city innovation networks structure and city innovation capability. *Geographical Research*, 2017, 37(7): 1297-1308.]
- [28] 吕拉昌, 梁政骥, 黄茹. 中国主要城市间的创新联系研究. 地理科学, 2015, 35(1): 30-37. [Lv Lachang, Liang Zhengji, Huang Ru. The innovation linkage among Chinese major cities. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(1): 30-37.]
- [29] 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. 地理研究, 2015, 34(3): 525-540. [Li Dandan, Wang Tao, Wei Yehua, et al. Spatial and temporal complexity of scientific knowledge network and technological knowledge network on China's urban scale. *Geographical Research*, 2015, 34(3): 525-540.]
- [30] Andersson D E, Gunessee S, Matthiessen C W, et al. The geography of Chinese science. *Environment & Planning A*, 2014, 46(12): 2950-2971.
- [31] 马海涛. 基于人才流动的城市网络关系构建. 地理研究, 2017, 36(1): 161-170. [Ma Haitao. Triangle model of Chinese returnees: a tentative method for city networks based on talent flows. *Geographical Research*, 2017, 36(1): 161-170.]
- [32] 吕国庆, 曾刚, 郭金龙. 长三角装备制造业产学研创新网络体系的演化分析. 地理科学, 2014, 34(9): 1051-1059. [Lv Guoqing, Zeng Gang, Guo Jinlong. Innovation network system of industry-university-research institute of equipment manufacturing industry in the Yangtze River Delta. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(9): 1051-1059.]
- [33] 解学梅, 左蕾蕾. 企业协同创新网络特征与创新绩效: 基于知识吸收能力的中介效应研究. 南开管理评论, 2013, 16(3): 47-56. [Xie Xuemei, Zuo Leilei. Characteristics of collaborative innovation networks and innovation performance of firms: the mediating effect of knowledge absorptive capacity. *Nankai Business Review*, 2013, 16(3): 47-56.]
- [34] 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. 科学学研究, 2017, 35(2): 197-205. [Li Jiancheng, Wang Qingxi, Tang Gennian. Dynamic evolution of scientific knowledge network in the Yangtze River Delta. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(2): 197-205.]
- [35] 陆天赞, 吴志强, 黄亮. 美国东北部城市群创新城市群落的社会网络关系、空间组织特征及演进. 国际城市规划, 2016, 31(2): 51-60. [Lu Tianzan, Wu Zhiqiang, Huang Liang. Social network, spatial structure and evolution of the Bosnywash megalopolis innovative cities cluster. *Urban Planning International*, 2016, 31(2): 51-60.]
- [36] 国家发展改革委, 住房城乡建设部. 长江三角洲城市群发展规划(2016-2020年). 北京: 国家发展改革委, 住房城乡建设部, 2016. [National Development and Reform Commission, Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. *The Development Plan of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration (2016-2020)*. Beijing: National Development and Reform Commission, Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, 2016.]
- [37] Hagedoorn J, Cloodt M. Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? *Research Policy*, 2003, 32(8): 1365-1379.
- [38] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET软件实用指南. 上海: 格致出版社, 2009. [Liu Jun. *Lectures on Whole Network Approach: A Practical Guide to UCINET*. Shanghai: Truth and Wisdom Press, 2009.]

## Spatio-temporal evolution of interurban technological flow network in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration: From the perspective of patent transaction network

LIU Chengliang<sup>1,2,3</sup>, GUAN Mingming<sup>1</sup>

(1. School of Urban and Regional Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University, Shanghai 20062, China;

3. Institute of Eco-Chongming, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** Taking the Yangtze River Delta Urban Agglomeration as an example, based on the perspective of patent transaction network and applying the big-data mining technology, social network analysis and GIS, this paper describes the regular laws of the spatiotemporal evolution of the interurban technological flow network systemically. The results are obtained as follows: First, enterprise is the main body of interurban technological transfer, while universities and institutes play a minor role in the patent transferring relationship. Besides, technological transfer tends to generate in an internal system, instead of spillovers outside. What's more, the patent related to appearance designs is less than innovative patent and utility-oriented patent. Second, as the diffusion centers of the interurban technological flow network under a hub-and-spoke organization, Shanghai, Hangzhou, Nanjing and Suzhou make a transfer from technical convergences to technical centers. Furthermore, Hefei, Nantong and Jiaying become the main technological absorbers. Third, two diffusion models in the interurban technological flow network are observed. One is hierarchical diffusion model from hubs towards lower-tier cities or sub-centers. The other is contacting diffusion models and technological flows have emerged between those neighboring city pairs because of spatial proximity. Fourth, interurban technological transfers are not well distributed. Under the Matthew Effect, the dynamics of the technological flow network is self-organized with the coupling mechanism including place dependence and path creation. Finally, the spatial evolution of the network presents an evolutionary law from discrete homogeneity with single core (e.g., Shanghai) to dual-hub driven pattern (i.e., Shanghai and Suzhou) to multi-core network with a hub-and-spoke system (e.g., Shanghai, Suzhou, Hangzhou and Nanjing).

**Keywords:** technological flow; patent transaction network; spatiotemporal evolution; social network analysis; Yangtze River Delta Urban Agglomeration