

中国城际技术转移网络的空间格局及影响因素

刘承良^{1,2,3}, 管明明¹, 段德忠¹

(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2015年专利交易数据, 融合数据挖掘、社会网络、空间分析等方法, 从节点、关联、模块及影响因素4个方面揭示中国城际技术转移的空间格局及其影响因素: ① 技术转移整体强度偏低, 空间极化严重, 长三角、珠三角、京津冀城市群成为技术转移的活跃地带。② 北京、深圳、上海、广州是全国技术转移网络的“集线器”, 发挥城际技术流的集散枢纽和中转桥梁作用, 中西部大部分城市处于网络边缘, 整个网络发育典型的核—边缘式和枢纽—网络式结构。③ 技术关联的空间层级和马太效应凸显, 形成以北京、上海、广深为顶点的“三角形”技术关联骨架结构, 技术流集聚在东部地带经济发达的城市之间和具有高技术能级的城市之间, 中西部技术结网不足, 呈现碎片化。④ 技术转移网络形成明显的四类板块(子群), 具明显自反性和溢出效应, 其空间聚类既有“近水楼台先得月”式块状集聚, 也有“舍近求远”式点状“飞地”镶嵌。⑤ 城际技术流呈现等级扩散、接触扩散、跳跃扩散等多种空间扩散模式, 其流向表现出经济指向性和行政等级指向性特征。⑥ 城市经济发展水平、对外开放程度、政策支持等主体属性和地理、技术、社会、产业邻近性的城市主体关系均会影响其技术转移强度。

关键词: 技术转移; 空间扩散; 社会网络; 多维邻近性; 技术关联; 中国

DOI: 10.11821/dlxb201808006

1 引言

知识经济时代, 中国经济发展进入新常态, 经济增长方式由要素驱动向创新驱动转变, 创新成为推动国家和区域经济增长首要动力^[1-2]。实施有效技术转移是中国实施创新驱动发展战略的重要任务, 国家先后颁布了《促进科技成果转化行动方案》(2016年)和《国家技术转移体系建设方案》(2017年), 明确提出技术转移对于推进供给侧结构性改革、建设创新型国家具有重要意义。

当前, 中国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡、不充分发展之间的矛盾^[3]。作为一个非均质的后发型大国, 中国面临着内部产业特性复杂、区域经济发展差异显著、地区科技资源分布不平衡等问题, 跨区域的技术转移成为实现创新资源流动与共享、促进欠发达地区技术进步和经济增长的重要途径^[4], 其空间规律亟待深入研究, 以服务于创新型国家战略决策。

技术转移是某种技术水平或知识体系的扩散过程, 既表现为地理空间上的动态扩散, 也呈现出组织、产业之间的知识流动, 是一种有意识的知识溢出^[5]。由于隐性知识的

收稿日期: 2017-12-19; 修订日期: 2018-04-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571123, 41471108) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41571123, No.41471108]

作者简介: 刘承良(1979-), 男, 湖北武汉人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事交通地理与区域创新研究。

E-mail: clliu@re.ecnu.edu.cn

通讯作者: 段德忠(1989-), 男, 江苏常州人, 博士, 主要从事创新地理研究。E-mail: dezhang_tuan@163.com

不可测度性, 技术转移常用技术交易、技术授权^[6-7]、技术人才流动^[8-9]、研发合作^[10-11]、国际商品贸易和外商投资^[12-13]等替代性变量衡量。研究视角主要围绕企业、大学、科研机构、国家或区域政府等创新主体展开, 聚焦于以下领域: 企业并购、跨国企业子公司间的技术转移对企业绩效的影响^[14-15]; 企业与高校、科研机构的产学研技术转移的模式与作用^[16-17]; 产业与技术联盟间的技术转移对产业集聚和竞争力的影响^[18-19]; 国际技术转移对发展中国家经济的影响等^[20]。

近年, 城市成为知识创新与技术扩散的主要场所, 以城市为枢纽的创新网络空间崛起, 创新城市体系组织由核心—边缘式向枢纽—网络式加速重构。城际知识和技术流动成为城市网络体系研究的新动向^[21]和创新地理学研究的重点课题^[22]。国内外学者运用引力模型和网络科学(复杂网络和社会网络)方法, 从知识合作(论文和专利)、知识溢出(专利转移)、人才流动、R&D机构等视角, 构建中国城际创新关联网^[23]、知识溢出网络^[24]、知识合作网络^[25-27]、人才流动网络^[28], 从拓扑结构、等级层次、空间格局及空间组织等方面较好揭示了中国城市创新网络的结构异质性及自组织规律。稍显遗憾的是, 现有研究主体以企业和产业为主, 空间尺度以省域居多^[29-30], 以城市为主体的城际技术转移网络研究不多; 测度指标以论文和专利合作关系为主, 基于市场行为的技术转移关系研究稍显不足。

作为一个复杂系统, 技术转移表现为高势能技术主体向低势能技术主体转移的过程^[31-32], 是产品周期演化和技术发展阶段作用的结果^[33]。大量的实证研究表明, 区域技术势差、技术特性、吸收能力、转移制度等因素对技术转移具有重要影响^[34-37]。近年, 除了主体势差和技术周期外, 区域主体间的相似性是否会影响城市技术转移引起关注, 逐步形成多维邻近性理论框架。邻近性理论由法国邻近性动力学派创立, 被广泛应用于产业集群、知识溢出和创新合作领域。以 Boschma 等为代表的演化经济地理学者指出主体间的邻近性是知识流动的基础, 其地理、认知、组织、社会、制度的邻近性利于主体间交流、共享、学习, 从而促进显性知识和隐性知识的扩散^[38-39]。因此, 主体邻近性成为创新网络形成与演化的重要因素。然而, 从多维邻近性视角, 揭示城市主体特性及其邻近性对技术转移的实证研究仍然较为匮乏。

综上, 近年兴起的网络科学为区域技术创新网络结构透视提供强大支撑, 相关研究成果大量涌现, 但仍然存在“一多一少”的研究失衡: ①在主体和空间尺度上, 以企业、产业、国家主体居多, 城市之间技术转移研究偏少; ②在创新网络构建上, 基于引力模型和科学计量方法较多(无法有效动态识别技术流的空间向量性), 基于技术交易流网络建模太少(准确认识创新的市场化规律); ③在影响机理剖析上, 多于传统的技术转移理论框架(以技术势差和区域吸收能力为核心), 鲜于分析城市主体环境属性和主体关系邻近性的作用机制。因此, 本文试图融合社会网络、空间统计和GIS空间分析手段, 以回答上述问题, 即城际技术转移网络格局如何分布和城市主体属性环境和邻近性如何影响城际技术转移强度。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

专利是衡量技术知识的主要指标^[40]。作为一种市场行为, 专利交易是技术转移最为直接的方式, 主要通过专利转移测度。本文主要使用专利交易的数据衡量技术转移, 数据主要来源于国家知识产权局提供的“专利信息服务平台”, 其提取与编码过程如下:

① 专利数据提取。利用 Python 与 C++ 语言构建分布式爬虫程序, 提取专利信息服务平台网站收录 2015 年的专利转移数据。② 地理信息配对。首先, 将 4 个直辖市和 6 个省直辖县级市 (湖北省仙桃市、潜江市、天门市和神农架林区, 河南省济源市, 新疆维吾尔自治区石河子市) 纳入, 加上其他所有地级城市, 共 340 个城市单元。然后, 依据全国各省、市、自治区地级行政单元的邮编号, 将邮编号与相应的城市配对生成“邮编号—城市名称”空间数据库, 从而获得专利权利人的城市地理信息。③ 数据清洗核查。一是将发生在同一城市内的专利转移数据剔除; 二是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以确保数据的科学性和统一性。

基于上述数据处理流程, 总共提取 2015 年专利权转移数据 117069 条, 通过地理信息配对和数据清洗后最终形成城际专利权利转移数据 29842 条。

2.1 研究方法

2.1.1 网络中心性模型 网络基本要素由节点与边构成, 本文中技术转移的城市为网络的节点, 城市间转移专利的数量关系为边。相较于论文、专利合作构建的网络矩阵, 城市 A 与城市 B 之间的技术转移既存在着方向性也存在着数量的权重性, 因此本文利用图论原理建立加权非对称矩阵来构建一个有向加权网络。

$$R = \begin{bmatrix} 0 & R_{12} & \dots & R_{1(n-1)} & R_{1n} \\ R_{21} & 0 & \dots & R_{2(n-1)} & R_{2n} \\ \dots & \dots & 0 & \dots & \dots \\ R_{(n-1)1} & R_{(n-1)2} & \dots & 0 & R_{(n-1)n} \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{n(n-1)} & 0 \end{bmatrix}$$

(1) 度中心性 (Degree centrality, C_D), 是描述节点重要性程度的指标:

$$C_D(N_i) = \frac{\sum_{j=1}^g x_{ij}(x \neq j)}{g-1} \quad (1)$$

式中: i 表示与其他节点的关联数; g 为节点的可能连接数。

(2) 介数中心性 (Betweenness centrality, C_B), 表明节点控制网络的能力的指标:

$$C_B(i) = \frac{\sum_{j=1, k=1, j \neq k \neq i}^N N_{jk}(i)}{N_{jk}} \quad (2)$$

式中: $N_{jk}(i)$ 则是节点 i 通过节点 j 和 k 之间的最短路径条数; N_{jk} 表示节点 j 和 k 之间的最短路径的数量。

2.1.2 改进的网络块模型 块模型是社会网络分析中探究网络凝聚性的重要方法, 常用迭代相关收敛的 CONCOR 算法探测, 主要是根据节点间的联系来识别节点的网络位置^[41]:

$$r_{ij} = \frac{\sum (x_{ki} - \bar{x}_i)(x_{kj} - \bar{x}_j) + \sum (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum (x_{ki} - \bar{x}_i)^2 + \sum (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum (x_{kj} - \bar{x}_j)^2 + \sum (x_{jk} - \bar{x}_j)(x_{kj} - \bar{x}_j)^2}} \quad (3)$$

式中: \bar{x}_i 为指向节点 i 的平均关系数; \bar{x}_j 为指向节点 j 的平均关系数; k 为整个网络的节点数。CONCOR 算法是节点是否存在联系的判断, 构建 0-1 矩阵决定节点“角色”, 不考虑节点间联系的权重。而城市间技术转移是一个典型的有向加权网络, 因此在识别空间聚类时, 需要同时考虑节点关系和权重。因而, 本文对传统的 CONCOR 算法进行改进, 参照前人研究^[42], 运用均值法则依据节点间联系权重, 将高于均值的赋值为 1, 低于平均值的为 0, 构建网络关联矩阵, 依据块模型理论, 将网络角色划分 4 种: 主受益板块, 该板块主要以内部联系为主, 与外部的联系较弱, 且接受外部联系要多于向其他板块的溢

出效应，属于网络中的受益者。净溢出板块，此位置的主体向外部发出的联系要多于内部主体，且较少接收外部的联系。经纪人板块，该角色的主体既向外部发送又接收外部的联系，但是内部主体之间的联系较弱。双向溢出板块，该板块向其他板块和内部成员均发出较多的联系，而接收的外部联系相对较少。

2.1.3 多维邻近性模型 关于多维邻近性的界定，目前学术界存在多种不同的方法，本文在 Boschma 等^[38]的基础上，结合以城市为主体的技术转移的特殊性，选择地理邻近、技术邻近、社会邻近、产业邻近这四维邻近性探究城市关系属性对技术转移的影响，其测算如下：

(1) 地理邻近性：是指技术转移网络中城市在地理空间上的距离，本文依据城市的经纬度测算城市之间的物理距离。考虑到城市间实际地理距离差异过大可能对估计结果造成偏误，采用如下公式对实际距离进行处理：

$$Geopro_{ij} = 1 - \ln \left(\frac{d_{ij}}{\max d_{ij}} \right) \quad (4)$$

式中： d_{ij} 表示城市*i*和城市*j*之间的地理距离； $\max d_{ij}$ 为研究样本中城市间的最大距离。

(2) 技术邻近性：表现为城市间在技术领域上的相似性。本文参照 Jaffe 等^[43]对技术邻近性测度的方法。以技术转移前一年双方城市专利授权中发明和实用新型专利 IPC 分类的八大部为结构分类，使用技术结构相似性公式计算得出：

$$Tecpro_{ij} = \frac{f_i f_j}{[(f_i f_i)(f_j f_j)]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

式中： f_i 、 f_j 分别表示技术分类构成的向量。专利数据来源于国家知识产权局。

(3) 社会邻近性：源于社会嵌入性理论，指行为主体之间社会嵌入性与亲疏关系。本文借鉴 Scherngell 等的研究^[44]，使用杰卡德指数来衡量城市在技术转移网络中的社会邻近性，计算公式如下：

$$Socpro_{ij} = \frac{I_{ij}}{O_i + I_i - I_{ij}} \quad (6)$$

式中： I_{ij} 表示城市*i*与城市*j*的技术转移强度； O_i 表示*i*城市转出强度； I_i 表示*i*城市转入强度。

(4) 产业邻近性：反映的技术转移城市间产业结构的相似性程度。本文依据城市统计年鉴中产业分行业的分类，使用产业结构相似系数反映产业邻近性：

$$Indpro_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (s_{ik}, s_{jk})}{\sqrt{\sum_{k=1}^n s_{ik}^2 \cdot \sum_{k=1}^n s_{jk}^2}} \quad (7)$$

式中： s_{ik} 、 s_{jk} 表示*k*产业的产值占*i*城市与*j*城市生产总值的比例；*n*表示产业种类的总数。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

3 城际技术转移网络的空间格局

3.1 网络节点

(1) 节点强度空间极化严重，地带性分异显著，呈现集群与中心—外围分布。运用 ArcGIS 10.2 制作节点加权强度空间分布图（图1）。城际技术转移强度分布不均衡，高度

集中于少数城市。大部分城市技术转移强度低于平均水平（低于均值水平的城市高达276个，占总量82.27%），属于低值范围0~77的城市达到229个，而高值范围1027~5201的城市仅有12个，空间极化显著。从地带性分布来看，东中西三大地带的技术转移规模呈现东部（46492）>中部（7341）>西部（5851）的位序，东部城市专利转移总量是中部和西部的6~7倍，东部与中西部之间的差异巨大。从空间格局来看，技术转移活动集群分布特征明显，高值呈“大集聚、小分散”特征。高值区集中于东部沿海少数城市，呈条带状伸展，由北向南相对集聚形成三大高值簇集区：环渤海城市群、长三角城市群和珠三角城市群。其中，长三角城市群高值空间集聚最为突出，是中国技术转移数量最多、最为活跃的地方。低值区则广布于中西部，锁定于西北、西南、东北等地区。此外，在技术转移强度较低的中西部，也呈现典型的“核心—边缘”结构，技术转移强度较高的城市零星呈点状散布于各省会城市（如成都、哈尔滨、乌鲁木齐、昆明、南宁等），而省内其他城市强度值则普遍很低。

(2) 京深沪穗是网络“中枢”和“桥梁”，承担全国技术转移的集散与中介。运用Gephi软件分别测度出节点度中心性、介数中心性，并统计中心性排名前十的节点（表1）。北京、深圳、上海、广州的度中心性值远高于其他城市，处于网络的绝对核心位置，且其出度与入度均高达100以上，说明与200多个城市存在着直接的技术转入或转出的交互作用，在功能上发挥着对全国技术资源集聚与扩散的统一。苏州、宁波、成都、青岛、杭州、南京等介于0.015~0.021之间，为技术转移网络的次级核心。介数中心性上，北京、深圳、上海、广州4个城市仍然为网络的绝对的中心，具备超强媒介功能，在技术转移的过程中发挥着“桥梁”的作用。宁波、成都、苏州、青岛、昆明、武汉等则为次级中心，这些城市扮演着“经纪人”的角色，起着起承转合的功能，自上而下发挥着连接北京、深圳、上海、广州等超级中心与网络中一般节点的作用。武汉、昆明的中介中心性的位序远高于度中心性的位序（分别为18、34），说明武汉、昆明在技术转移网络中虽然直接链接的节点数量较少，但是其“中介”能力较强。然而，值得注意的是如西安、兰州、南昌等一些中西部的省会或科技资源丰富的城市并没有成为较强的区域型中心。

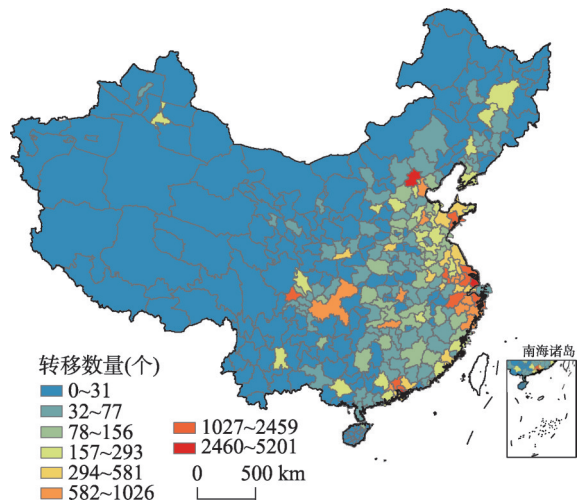


图1 2015年中国城际技术转移强度的空间格局
Fig. 1 Spatial pattern of interurban technology transfer intensity

表1 2015年网络度中心和中介中心性前十城市
Tab. 1 Indegree, outdegree and betweenness centralities of the top 10 cities

城市	度中心性			中介中心性	
	数值	入度	出度	城市	数值
北京	0.0371	184	157	北京	0.213
深圳	0.0309	155	129	深圳	0.127
上海	0.0243	104	119	上海	0.074
广州	0.0233	103	111	广州	0.061
苏州	0.0208	66	125	宁波	0.040
宁波	0.0197	59	122	成都	0.040
成都	0.0185	71	99	苏州	0.038
青岛	0.0175	85	76	青岛	0.035
杭州	0.0161	70	78	昆明	0.035
南京	0.0151	57	82	武汉	0.026

3.2 网络关联

(1) 网络整体联系较弱, 城市自选择范围有限, 马太效应凸显。基于标准差分级法, 将网络关联强度划分为四个等级, 利用 Gephi 软件分别统计每个等级网络的基本属性特征 (表2)。从连通性来看, 整体网络平均连接点数为27, 即每个城市大约与27个城市间存在技术交互链接, 网络表现为较低的连通性; 在考虑联系强度以后, 一、二、三级网络的平均连接点数分别为2.33、2.82、5.7, 相较于初始网络分别下降了91.5%、89.7%、79.2%。说明城市间的技术转移连接的城市范围大大缩小, 城市技术转入或转出在对象选择上有限。在联系强度上, 整体网络平均联系强度为6.5, 城市间技术转移强度较低; 从联系强度的层级来看, 四个层级关联网络的边数分别为7、48、405、4134, 其中四级网络边数占原始网络的89.7%, 且平均联系强度为2.99, 说明在整个网络的多边技术转移关系以低于3的弱强度联系的序列为主。四级联系网络与一、二、三级联系网络的平均联系强度的极差分别为251.15、96.86、23.94, 其中一、二联系网络1.2%的关联序列, 占据着整个网络22%的技术流量, 表明少数的城市集中大部分的技术流, 呈现出一定的马太效应。

表2 不同层级网络属性特征统计

Tab. 2 Statistical characteristics of network attributes at different levels

指标	节点数	边数	平均连接点数	平均联系强度	总联系强度
整体网络	335	4594	27.42	6.5	29842
一级联系网络	6	7	2.33	254.14	1779
二级联系网络	34	48	2.82	99.85	4793
三级联系网络	142	405	5.70	26.93	10908
四级联系网络	335	4134	24.68	2.99	12362

(2) 技术关联的空间层级显著, 呈现以京、沪 (苏)、穗 (深) 为顶点的三角形骨架。利用 Gephi 软件统计网络联系值, 发现城际技术转移网络呈现典型的等级层次性, 明显划分为四级 (图2)。

一级联系: 总共有7对关联序对, 分别是深圳→北京、深圳→上海、上海→苏州、苏州→上海、深圳→东莞、上海→嘉兴、上海→北京, 其技术转移的强度在204~348之间 (图2a)。连接指向上表现为以上海和深圳为辐散中心, 分别面向邻近城市的接触扩散, 以及以深圳为流源转入北京、上海的跳跃扩散。而北京对周边城市的邻近接触技术扩散不明显。

二级联系: 主要以北京→上海、东莞→深圳、济南→青岛为代表的共48对关联序列 (图2b)。其中, 共有42对为东部节点城市间的专利转移, 以北京、深圳、上海、广州为集散中心, 面向其他东部城市的双向转移为主; 少数为中西部节点城市 (成都、乌鲁木齐、长沙) 面向东部城市的单向技术流。初步形成以北京、上海 (和苏州)、深圳 (和广州) 为顶点的“技术转移三角”, 这与吕拉昌等提出的中国“创新关联金三角”结论相似^[23], 说明在一定程度上区域间技术转移的关联性可以反映出区域创新的关联程度。

三级关系: 共有405对序列, 占整体网络的8.82%, 而专利转移规模则占到36.5%。整体网络规模明显扩大, 由东南沿海地区迅速扩展到东北、西南、西北地区, 克拉玛依、南宁、哈尔滨、长春等边缘次核心城市加入, 成都不断结网迅速涌现成为区域性核心, 网络由三角形转变为菱形 (图2c)。这与以论文、专利合作构建的城市创新网络的空间结构大体相似^[23], 但是与之不同的是, 北京 (和天津) —上海—广州 (和深圳) 形成的东三角联系强度显著高于北京 (和天津) —成都—广州 (和深圳) 构成的西三角。这

种菱形的关联形式主要包括3种：①北京、深圳、上海三大全国性集散核心与各省会城市间的等级式转移，如上海→武汉、长沙→上海、福州→北京等。②空间邻近城市间传染式转移，如杭州→宁波、成都→绵阳、深圳→惠州、南京→南通等。③以省会城市为区域性次级集散核心对省内其他城市的等级—传染综合式技术扩散居多。

四级联系：主要包括衡水→北京、泰州→北京、宁波→东莞、芜湖→深圳等共4134对序列（图2d）。四级联系网络覆盖了全国335个节点，新增大量西部地区的城市节点，网络空间分布相对均衡、网络规模骤增、节点多边联系增强，城市间技术转移呈现复杂的网络化形态。但在网络中宁夏、青海、西藏等省份的城市节点数量较少，省内大部分城市没有与外界产生技术转移。在方向上，西部地区内部的城市之间的技术交互薄弱、结网不足、网络较为稀疏，而主要与东部和中部的城市发生技术转移。西部城市内部乌鲁木齐、成都对外技术关联强度迅猛增大，成为本省转移和面向中、东部连接的区域性枢纽城市。

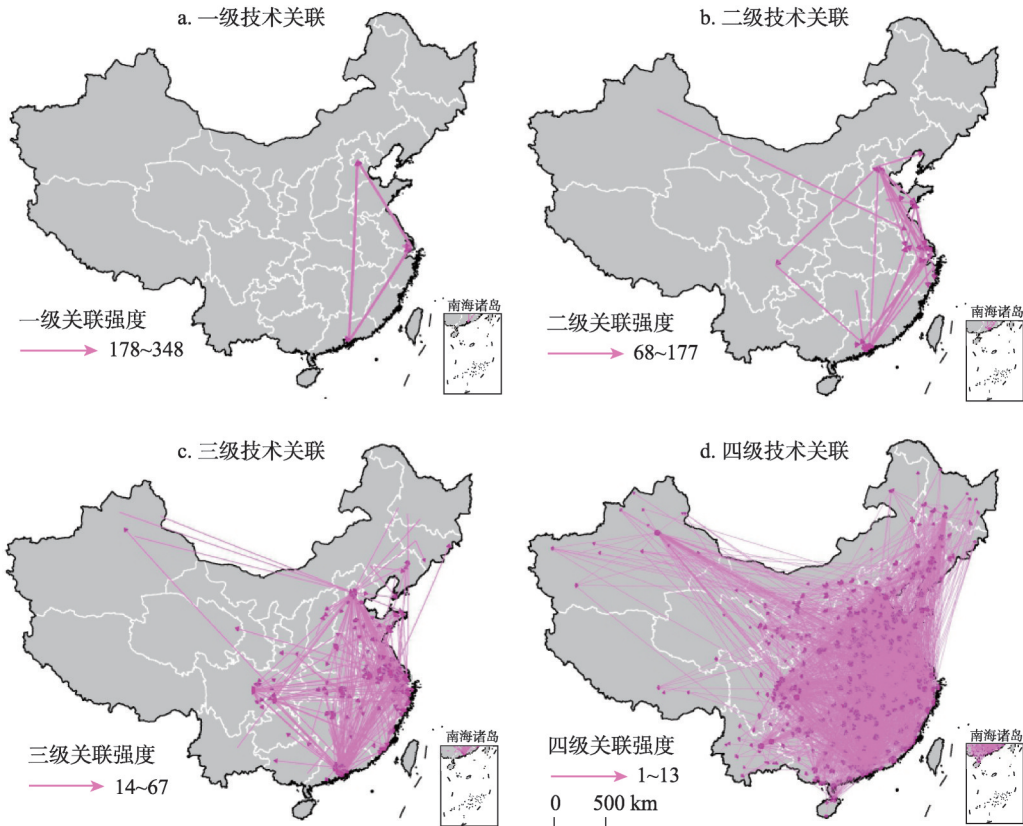


图2 2015年中国不同层级的技术转移空间网络
Fig. 2 Hierarchies of interurban technology transfer network in China in 2015

4 城际技术转移网络的子群结构

4.1 子群的角色

(1) 划分为净溢出、经纪人、双向溢出、主受益四大板块（子群）。使用CONCOR算法，借助Ucinet软件选择最大分割深度为2，收敛标准为0.2，将全部城市划分为四大

表3 技术转移网络的板块关系

Tab. 3 The relationship of the technology transfer plates

	第一板块接收	第二板块接收	第三板块接收	第四板块接收	板块内城市数	期望内部关系比	实际内部关系比	发出联系强度	接收联系强度	板块角色
第一板块	38	122	156	82	50	0.15	0.10	2472	2046	净溢出板块
第二板块	112	391	470	337	107	0.32	0.30	6168	5909	经纪人板块
第三板块	173	534	628	428	104	0.31	0.36	7110	6668	双向溢出板块
第四板块	106	343	405	247	71	0.21	0.22	6126	7253	主受益板块

注：期望内部关系比=(板块内城市数-1)/(网络中所有城市数-1)，实际内部关系比=板块内部联系数/板块对外发出的总数

模块：净溢出、经纪人、双向溢出、主受益四大板块（表3）。第一板块向外部发出关系数和接收外部关系数分别为360、391，向外发出和接收的联系强度分别为2472、2046，期望内部关系比为0.15，而实际的内部关系比为0.1，符合净溢出板块特征，相较于双向溢出板块主要表现为对外部板块的溢出效应。该板块内城市间的技术转移联系较少，与外部的城市发生技术交互也偏弱，在转移强度上呈现技术流失。第二板块向外部发出关系数和接收外部关系数分别为919、1061，向外发出的联系强度与接受强度分别为6168、5909，期望内部关系比和实际内部联系比分别为0.32、0.3，为典型的经纪人板块。在技术转移中承担着“桥梁”作用。第三板块向外部发出关系数和接收外部关系数分别为1135、1035，发出联系强度和接收联系强度分别为7110、6668，期望内部关系和实际内部关系比分别为0.31、0.36，为双向溢出板块。该板块相较于经纪人板块，不仅与外部成员技术交互密切，同时对板块内成员也产生技术溢出效应。第四板块向外部发出关系数和接收外部关系数分别为854、847，向外发出的联系强度与接受强度分别为6126、7253，期望内部关系比和实际内部联系比分别为0.21、0.22，为主受益板块，其接受外部的技术转移较多，在技术转移网络中属于受益者。

(2) 板块自反性与溢出效应明显，兼具等级传导与梯度传递，“技术东南飞”显著。依据城市间的技术转移关系计算各板块间的密度矩阵，并且依据 α 准则，把联系密度大于网络整体密度的赋值为1，小于网络整体密度的赋值为0，则可以转换成像矩阵（表4），并绘制板块间技术转移的传递关系图（图3）。从密度矩阵来看，第二、第三、第四板块之间的密度值较高，联系较为紧密，其中二三板块之间的联系最为密切。像矩阵中仅有第一板块为0，说明第一板块则与其他板块相对隔绝，处于整个技术转移网络的边缘，其他板块间的值均为1，表明板块间溢出效应明显，同时板块内部具有较强的自反性。

表4 技术转移板块的密度矩阵和像矩阵

Tab. 4 Density matrix and image matrix of the technology transfer plates

	密度矩阵				像矩阵			
	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块
第一板块	0.002	0.016	0.018	0.014	第一板块	0	0	0
第二板块	0.017	0.276	0.333	0.301	第二板块	0	1	1
第三板块	0.038	0.569	0.417	0.412	第三板块	0	1	1
第四板块	0.04	0.31	0.323	0.244	第四板块	0	1	1

从各板块的关系机制来看，第一板块属于输出一回流式机制，主要与第二、第三板块的深圳、武汉、广州等核心城市存在技术转移，板块内部成员联系稀疏，且输出强度大于回流的强度。第二板块则为输出一回流—传递式机制，以深圳、天津等城市为核心

与第三、四板块形成技术的吸收与扩散，在技术转移中发挥着中间人的角色。第三板块表现为输出—互动—吸收—传递式机制，与第二、第四板块形成较强的技术输出—吸收关系，内部成员的互动—传递密切。第四板块为吸收—互动式机制，该板块大量吸收来自第二、第三板块中深圳、广州、杭州、宁波等城市的技术，并在内部以北京、上海、南通、苏州为核心城市间的技术传导。从梯度的顺序来看，东→中、东→西、中→西转移的强度分别为2671、1474、180，呈现一定的梯度递减规律，但东部向中西部转移的数量占其区域内部转移的比例分别为14%、7%，表现出一种低强度的梯度转移。从反向梯度来看，西→中、中→东、西→东的转移强度分别为204、2641、1420。西部地区与其邻近的中部技术转移的交互作用不强，反而大量的专利技术转移到了东部地区，出现了“技术东南飞”现象。其中，中、西部转移到东部地区的数量占其内部转移的比例分别达20.2%、16.3%，中、西部的地区大量的技术流向东部，且表现为自西部向中、东部高势能区的“飞地”式跳跃扩散。

整体上，城际技术转移的传导机制表现为核心城市互动、核心—边缘城市传递与回流的等级传导机制和东部城市向中西部城市输出与回流的梯度传导特征。

4.3 子群的空间聚类

(1) 地理空间聚类集聚特征不显著，大分散与小集聚并存。在空间分布上(图4)，净溢出板块主要为成都、绵阳、甘南州、哈尔滨等城市，呈片状集中分布于西南、西北以及东北等地区的城市。除成都、哈尔滨等少数城市外，大多数为经济欠发达的城市。经纪人板块主要是深圳、天津、太原、厦门、西安等，以科技资源丰富的城市为核心呈组团式分布于华东、华南、华中地区以及西部和东北的少部分城市。双向溢出板块主要有广州、东莞、杭州、包头等，以点状和团块状的形式分布于东北、华北、华南等地区的一部分城市。主受益板块则以北京、南通、安康等城市为主，大致呈点状的形式分布在胡焕庸线的两侧。

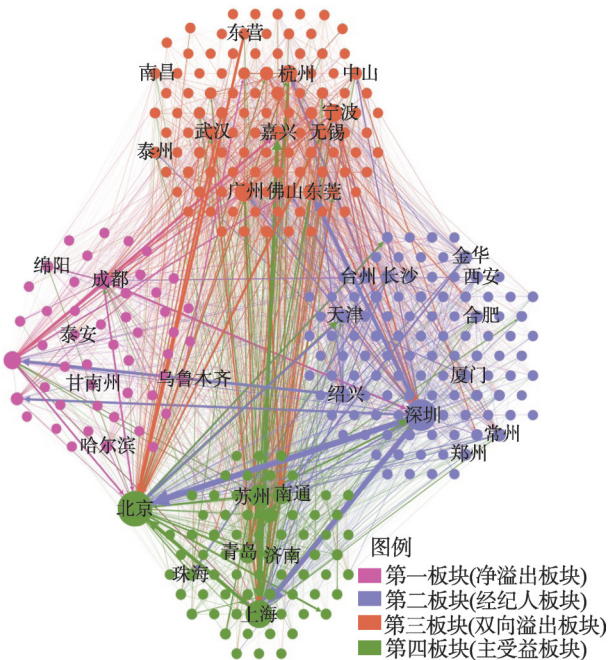


图3 技术转移板块的网络关系

Fig. 3 Linkage diagram among the four technology transfer plates

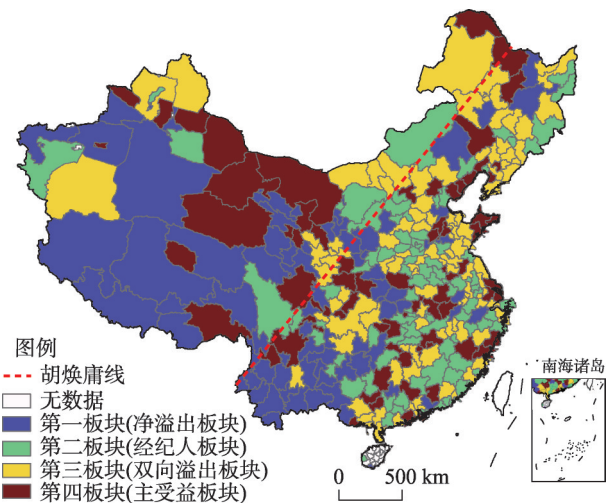


图4 2015年中国技术转移板块的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of technology transfer plates in China

(2) 四大板块的空间聚类在空间分布上相对较为混杂，板块间的边界模糊，既呈现地理邻近集聚，又表现出一定的跨越行政边界和距离的地理分散格局。其中，净溢出板块的空间集聚特征最为明显，其他的板块则整体上以“大分散、小集聚”的空间格局为主，说明当前城市间的技术转移呈现出等级扩散、接触扩散与跳跃扩散等多种模式并存态势。与交通网络的社团结构相比，技术转移网络社团划分多突破空间距离约束，以间断式、跨距离的子网关联为主，类似于航空网络社团结构特征，而与铁路和公路等距离驱动网络 (distance-driven network) 则具有良好的邻近性集聚不同^[45-46]。

5 城际技术转移的影响因素

5.1 变量选择与模型构建

在参照相关技术转移经典理论的基础，结合城市发展的社会经济环境，本文尝试从城市主体属性和城市主体邻近性关系层面探究技术转移影响因素。其中，城市主体社会经济环境主要是经济发展水平、对外开放程度、政策支持、科研教育资源；城市主体邻近性主要为地理、技术、社会、产业邻近性。在控制变量上，基于传统的技术势差、区域吸收能力等理论主要选择城市行政等级、城市技术势差、城市吸收能力等。各变量的含义及其测度如表5所示。专利授权数据来源于国家知识产权局，国家级技术转移示范机构数据来源于2015年科技部评选的国家级技术转移示范机构，城市人均GDP、外商投资额、R&D来源于各地级市统计公报与各省统计年鉴。

表5 主要变量及其测度方法

Tab. 5 Main variables and their measurement methods

	变量名称	测度
因变量	技术转移	使用双方城市间专利转移的数量
	经济发展水平	使用接收城市的人均GDP表示
城市主体属性环境	对外开放程度	使用技术接收城市当年实际外商投资额表示
	政策支持	使用转移双方国家级技术转移示范机构的数量之和表示
	科研教育资源	使用转移双方城市万人大学数绝对差值表示
	地理邻近性	使用公式(4)计算得到
城市主体邻近性	技术邻近性	使用公式(5)计算得到
	社会邻近性	使用公式(6)计算得到
	产业邻近性	使用公式(7)计算得到
控制变量	技术势差	参照Elkan等 ^[47] 的研究，使用双方城市前一年专利授权数量的绝对差表示。
	区域吸收能力	参照Tsai等 ^[48] 的研究，使用转入城市前一年的R&D投入占GDP比重表示。
	城市行政等级	使用虚拟变量表示，如果双方城市均为直辖市或省会城市则取值为1，反之取值为0。

由于因变量是计数变量且存在“过度分散”现象，本文采用负二项回归模型探究城际技术转移的影响因素，构建的回归模型如下：

$$Y_{ij} = \alpha_0 + \beta_1 Geopro_{ij} + \beta_2 Tecpro_{ij} + \beta_3 Socpro_{ij} + \beta_4 Indpro_{ij} + \gamma_1 pergdj + \gamma_2 fdi_j + \gamma_3 policy_{ij} + \gamma_4 edu_{ij} + \gamma_j \sum control + \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

式中：因变量 Y_{ij} 为城市间专利转移的数量； $Geopro$ 、 $Tecpro$ 、 $Socpro$ 、 $Indpro$ 分别表示地理、技术、社会、产业邻近性； $pergdj$ 、 fdi_j 、 $policy_{ij}$ 、 edu_{ij} 分别为经济发展水平、对外开放程度、政策支持、科研教育资源； $control$ 为控制变量； β 为待估的系数； γ 为控制变

量系数； a_0 为常数项； ε_{it} 为随机误差项。

5.2 回归结果分析

为确保估计结果的准确可信，首先对回归模型进行多重共线性、序列自相关、异方差的检验。结果显示均值VIF为1.61，最大值为2.65，不存在多重共线性；BG检验的 P 值为0.0096，表示不存在自相关；White检验的 P 值为0，表明存在异方差的问题，因此使用稳健标准误进行估计，以此消除异方差的影响。其次，为使估计结果更加稳健，采用层次回归分析。第一步，分层引入核心解释变量（模型1、2、3、4）；第二步，同时加入所有解释变量和控制变量（模型5），最终解释以模型5为准。回归结果如表6所示。

在城市主体属性上，经济发展水平系数显著为正，表明相较于经济欠发达的城市，技术更多的流向了经济发达的城市，经济发展水平高的城市，往往需要更多技术来驱动经济增长，对技术的需求越大；对外开放程度有利于技术转移，一方面城市的对外开放有利于信息的获取，建立多方的技术合作渠道，另一方面，较高的开放程度也有利于技

表6 回归结果分析
Tab. 6 Regression result analysis

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
	技术转移量		技术转移量	技术转移量	技术转移量
地理邻近性	0.726*** (0.217)		1.206*** (0.179)		1.011*** (0.183)
技术邻近性	1.089*** (0.111)		0.754*** (0.0903)		0.423*** (0.0865)
社会邻近性	3.221*** (0.2826)		3.542*** (0.2631)		3.268*** (0.2510)
产业邻近性	2.152*** (0.223)		0.153 (0.198)		0.644*** (0.211)
经济发展水平		0.247*** (0.0637)		0.156** (0.0646)	0.215*** (0.0437)
对外开放程度		0.127*** (0.0193)		0.0991*** (0.0197)	0.0915*** (0.0149)
政策支持		0.125*** (0.0122)		0.0948*** (0.0142)	0.0852*** (0.0107)
科研教育资源		0.185 (0.842)		0.176 (0.820)	0.0468 (0.497)
区域吸收能力			0.0860*** (0.00719)	0.0424*** (0.0130)	0.0182** (0.00783)
行政等级			0.343*** (0.0547)	-0.107 (0.0927)	0.113* (0.0610)
技术势差			0.00291*** (0.000206)	0.000766*** (0.000212)	0.00283*** (0.000204)
截距	0.0953 (0.103)	-2.737*** (0.576)	-2.817*** (0.216)	-2.211*** (0.647)	-5.855*** (0.453)
样本量	4594	4594	4594	4594	4594

注：*： $P < 0.10$ ；**： $P < 0.05$ ；***： $p < 0.01$

术的吸收消化。政策支持能显著促进技术转移，技术转化中介服务等机构对推动技术交易和技术转化具有重要作用，这也说明政府的政策服务体系是推动技术转移的重要力量。科研教育资源的回归系数不显著，技术转移是高度市场化的行为，发生转移的专利具有一定的实用价值，而科研教育资源以科学研究为主导，对技术应用的引领性不强，这也从侧面反映出当前科研教育资源与产业结合有限，产学研的技术转化还有待进一步加强。

在城市主体邻近性上，地理空间上的邻近性有利于技术转移。这与Maskell等^[49]认为距离会影响知识溢出的观点相似。技术转移作为一种市场交易行为，仍然需要交易双方进行线下洽谈、签订合同等方式才得以成功实现，较短的地理距离可以降低交易的时空成本。其次，地理邻近会提高主体互动的概率，利于技术转移双方隐性知识的扩散。社会邻近可以显著促进城际技术转移。这与Wal等^[50]认为社会邻近性是促进知识跨区流动的关键因素的结论相似。在良好社会关系上建立的信任可以降低交易的风险性和不确定性。此外，亲密的社会关系为知识溢出创造条件，提高了嵌入外部技术的可能性。技术邻近对技术转移具有显著的正向促进作用。技术转移主体知识、经验、技术结构相似度与匹配程度越高，说明双方的隐性知识结构越相似，便于技术接受方对新技术的理解、吸收和利用，使得主体间技术交互过程变得容易和高效。产业邻近性对城际技术转移具有正向作用，技术生产依托于一定的产业发展，城市产业的相似性可以折射出对技术发展的需求，城市的产业技术升级往往会在相关性的产业中寻找吻合的技术。Frenken等和Boschma等^[51-52]演化经济地理学者也指出知识溢出在具有相关多样性产业中更易实现。

在控制变量上，技术势差、区域吸收能力、城市行政等级均存在显著的正效应。其中技术势差的系数显著为正，但其数值较小，较为接近0，表明城市间的技术转移主要集中在技术高势能的城市间，呈现出一定的极化特征，这也与上文的分析一致。而行政等级影响城际技术转移则主要是中国以政府为主导的国家创新系统中众多高校、科研机构、企业等创新主体集聚行政等级较高的城市，这些城市通常是技术转移网络中的枢纽节点。此外，区域吸收能力是城市技术创新的内生体现，对城市的技术转移至关重要，越高的区域吸收能力越有利于接收、消化外部的技术。

6 结论与讨论

本文以中国2015年城际专利交易数据，融合大数据挖掘技术、社会网络分析、GIS空间分析和负二项式回归等计量方法，系统揭示了中国城际技术转移网络的空间格局及影响因素：

(1) 中国城际技术转移整体强度偏低、地区分布不均衡、马太效应显著。技术转移呈现地带性空间分异，具有集群分布和中心—外围的分布模式，这与当前经济发展格局大体一致。东部沿海的环渤海、长三角、珠三角以及中西部的省会城市的技术转移强度远高于西北、西南、东北等地区的城市，技术流量集中在高层级城市和东部内部的城市。

(2) 以技术流动构建有向加权城际技术转移网络呈现明显的等级层次性和“三角形”的空间结构。北京、深圳、上海、广州处于网络的绝对核心位置，为全国的技术集聚和扩散的中心。苏州、宁波、成都、青岛、杭州、南京、昆明、武汉等则为次级中心，发挥“区域技术守门员”的作用，中西部大部分城市为网络的边缘节点；城市间技术关联的空间异质性显著，大致发育出以北京—上海、苏州—广州、深圳为顶点的“技术转移三角”的空间结构。

(3) 城际技术转移的空间方向表现出经济指向和行政等级指向特征, 区域层面则是弱梯度转移和较强的飞地转移。从城市层面来看, 技术主要流向经济发达和行政等级较高的城市; 而区域间的技术流向既符合东—中—西部的梯度转移特征, 也表现为较强的西—中—东部“飞地”式转移, 中、西部的地区大量的技术流向东部, 而东部向中西部的技术外溢有限。

(4) 空间层面的技术转移是等级扩散、接触扩散、跳跃扩散等多种空间扩散模式并存。技术转移关系一方面为北京、上海、深圳等核心城市之间的技术互动和核心—边缘城市的传递与回流, 另一方面也表现出核心城市向周边城市技术转移和空间邻近城市间的交互作用。网络空间聚类的地理特征不明显, 板块间的边界模糊, 既呈现“近水楼台先得月”的地理邻近集聚, 也表现出“舍近求远”的跳跃特征。

(5) 在技术转移的影响因素上, 城市的经济发展水平、对外开放程度、政策支持均对技术转移具有正向效应, 而当前城市的科研教育资源对技术转移并未起到明显的作用。城市主体关系的地理邻近性、技术邻近性、社会邻近性、产业邻近性也对技术转移具有正向的促进作用。

技术转移的核心作用在于创新资源的流动和共享, 当前中国空间层面的技术转移, 既要盘活创新资源的流动, 也要避免纯粹市场经济条件下技术转移过度极化对区域协调发展的阻碍效应。优化技术转移的空间格局, 要在遵循技术空间扩散规律的基础上, 结合市场导向和政府引导推动跨区域技术转移“通道”的建设, 针对不同区域的发展基础和创新资源, 施行区域差异化的技术转移调控政策。当前的区域技术转移联盟建设中, 不能仅局限于空间上的邻近, 而应从“结构—功能—网络”的视角构建跨区域技术转移的协同机制, 更加重视城市的技术属性、产业结构对技术转移的作用, 培育具有特色的技术输出城市, 才能有效地构建跨区域技术转移的空间联动机制, 实现创新资源的优势互补。虽然成都、重庆、乌鲁木齐、西安等是技术转移网络重要的节点, 拥有丰富的创新资源, 具有较强的技术研发能力, 但是中西部地区大部分城市的产业结构、创新环境无法吸收相关的技术成果。因此, 中西部地区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, 这样才能防止大量的技术流失。

尽管采用专利交易直接而典型地刻画了城际技术转移流空间特征, 但城际技术转移是一复杂的技术流空间过程, 还包含人才流动、政府技术联盟、商品交易、投资外溢等难以测度的形式, 有必要开展分产业、分类别揭示不同空间尺度下的技术转移特征与尺度效应, 从主体、技术结构、空间网络等视角探究区域技术转移网络的动态演化及其动力机制。

参考文献(References)

- [1] Dunning J H. Regions, Globalization, and the Knowledge-based Economy. London: Oxford University Press, 2002.
- [2] The Royal Society. Knowledge, Networks and Nations-Global Scientific Collaboration in the 21st Century. London: The Royal Society, 2011.
- [3] Xi Jinping. Build a well-off society in an all-round way and win the great victory of socialism with Chinese characteristics in the new era. People's Daily, 2017-10-28(001). [习近平. 决胜全面建成小康社会夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利. 人民日报, 2017-10-28(001).]
- [4] Aghion P, Howitt P, Brant-Collett M, et al. Endogenous Growth Theory. Cambridge: MIT Press, 1998.
- [5] Polanyi M. Personal Knowledge: Towards a Post-critical Philosophy. Chicago: University of Chicago Press, 2015.
- [6] 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.
- [7] Bercovitz J, Feldman M. Entrepreneurial universities and technology transfer: A conceptual framework for

- understanding knowledge-based economic development. *The Journal of Technology Transfer*, 2006, 31(1): 175-188.
- [8] Almeida P, Kogut B. Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. *Management Science*, 1999, 45(7): 905-917.
- [9] Trippel M. Scientific mobility and knowledge transfer at the interregional and intraregional level. *Regional Studies*, 2013, 47(10): 1653-1667.
- [10] 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.
- [11] Bozeman B. Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 2000, 29(4): 627-655.
- [12] Keller W. Geographic localization of international technology diffusion. *American Economic Review*, 2002, 92(1): 120-142.
- [13] Coe D T, Helpman E. International R&D spillovers. *European Economic Review*, 1995, 39(5): 859-887.
- [14] Teece D J. Technology transfer by multinational firms: The resource cost of transferring technological know-how. *Economic Journal*, 1977, 87(346): 242-261.
- [15] Glass A J, Saggi K. International technology transfer and the technology gap. *Journal of Development Economics*, 1998, 55(2): 369-398.
- [16] Etzkowitz H, Klofsten M. The innovating region: Toward a theory of knowledge-based regional development. *R & D Management*, 2005, 35(3): 243-255.
- [17] 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.
- [18] Maskell P. Accessing remote knowledge: The roles of trade fairs, pipelines, crowdsourcing and listening posts. *Journal of Economic Geography*, 2014, 14(5).
- [19] Luo Siping, Yu Yongda. Technology transfer, "return of sea" and technological innovation of enterprises based on the empirical study of China's photovoltaic industry. *Management World*, 2012(11): 124-132. [罗思平, 于永达. 技术转移、“海归”与企业技术创新: 基于中国光伏产业的实证研究. 管理世界, 2012(11): 124-132.]
- [20] Xing Fei, Zhang Jianhua. Impact of foreign technology transfer on indigenous R&D in China. *Economic Research Journal*, 2009(6): 94-104. [邢斐, 张建华. 外商技术转移对我国自主研发的影响. 经济研究, 2009(6): 94-104.]
- [21] Ma Haitao. Research progress and prospects of city networks based on knowledge flow in China. *Economic Geography*, 2016, 36(11): 207-213. [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.]
- [22] Lv Lachang, Huang Ru, Liao Qian. Several theoretical issues on innovation geography. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5): 653-661. [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.]
- [23] Lv Lachang, Liang Zhengji, Huang Ru. The innovation linkage among Chinese major cities. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(1): 30-37. [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.]
- [24] Li Dandan, Wang Tao, Zhou Hui. The structural characteristics of knowledge spillover networks based on different spatial and temporal scales. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(10): 1180-1187. [李丹丹, 汪涛, 周辉. 基于不同时空尺度的知识溢出网络结构特征研究. 地理科学, 2013, 33(10): 1180-1187.]
- [25] 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. [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.]
- [26] Liu Chengliang, Gui Qinchang, Duan Dezhong, et al. Structural heterogeneity and proximity mechanism of global scientific collaboration network based on co-authored papers. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(4): 737-752. [刘承良, 桂钦昌, 段德忠, 等. 全球科研论文合作网络的结构异质性及其邻近性机理. 地理学报, 2017, 72(4): 737-752.]
- [27] Andersson D E, Gunessee S, Matthiessen C W, et al. The geography of Chinese science. *Environment & Planning A*, 2014, 46(12): 2950-2971.
- [28] Ma Haitao. Triangle model of Chinese returnees: A tentative method for city networks based on talent flows. *Geographical Research*, 2017, 36(1): 161-170. [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.]
- [29] Liu Fengchao, Ma Rongkang. Study on the network structure and spatial distribution of inter-regional technology transfer: analysis based on inter-provincial technical market transaction of China in 2006-2010. *Studies in Science of Science*, 2013, 31(4): 529-536. [刘凤朝, 马荣康. 区域间技术转移的网络结构及空间分布特征研究: 基于我国2006-2010省际技术市场成交合同的分析. 科学学研究, 2013, 31(4): 529-536.]
- [30] Ren Long, Jiang Xuemin, Fu Xiaoxiao. Research on the regional technology flow network based on the patent right transfer in China. *Studies in Science of Science*, 2016, 34(7): 993-1004. [任龙, 姜学民, 傅晓晓. 基于专利权转移的中国区域技术流动网络研究. 科学学研究, 2016, 34(7): 993-1004.]

- [31] Bernard A B, Durlauf S N. Convergence in international output. *Journal of Applied Econometrics*, 1995, 10(2): 97-108.
- [32] Eicher T S, García-Peñalosa C. Inequality and growth: The dual role of human capital in development. *Journal of Development Economics*, 2001, 66(1): 173-197.
- [33] Rink D R, Swan J E. Product life cycle research: A literature review. *Journal of Business Research*, 1979, 7(3): 219-242.
- [34] Cohen W M, Levinthal D A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 1990: 128-152.
- [35] Gertler M S. Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). *Journal of Economic Geography*, 2003, 3(1): 75-99.
- [36] Jonathan C C, Wikle T A. Worldwide diffusion of the cellular telephone, 1995-2005. *Professional Geographer*, 2008, 60(2): 252-269.
- [37] Perkins R, Neumayer E. The international diffusion of new technologies: A multitechnology analysis of latecomer advantage and global economic integration. *Annals of the Association of American Geographers*, 2010, 95(4): 789-808.
- [38] Boschma R. Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 2005, 39(1): 61-74.
- [39] Brooks H. The relationship between science and technology. *Research Policy*, 1994, 23(5): 477-486.
- [40] Karlsson C, Johansson B. Towards a dynamic theory for the spatial knowledge economy. *Centre of Excellence for Studies in Science and Innovation*, 2004, 20.
- [41] White H C, Boorman S A, Breiger R L. Social structure from multiple networks I: Block models of roles and positions. *American Journal of Sociology*, 1976, 81(4): 730-780.
- [42] Snyder D, Kick E L. Structural position in the world system and economic growth, 1955-1970: A multiple-network analysis of transnational interactions. *American Journal of Sociology*, 1979, 84(5): 1096-1126.
- [43] Jaffe A B. Technological opportunity and spillovers of R & D: Evidence from firms' patents, profits, and market value. *American Economic Review*, 1986, 76(5): 984-1001.
- [44] Thomas Scherngell, Yuanjia Hu. Collaborative knowledge production in China: Regional evidence from a gravity model approach. *Regional Studies*, 2011, 45(6): 755-772.
- [45] Chen Wei, Liu Weidong, Ke Wenqian, et al. The spatial structures and organization patterns of China's city networks based on the highway passenger flows. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(2): 224-241. [陈伟, 刘卫东, 柯文前, 等. 基于公路客流的中国城市网络结构与空间组织模式. *地理学报*, 2017, 72(2): 224-241.]
- [46] Wang Jiao'e, Jing Yue. Comparison of spatial structure and organization mode of inter-city networks from the perspective of railway and air passenger flow. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(8): 1508-1519. [王姣娥, 景悦. 中国城市网络等级结构特征及组织模式: 基于铁路和航空流的比较. *地理学报*, 2017, 72(8): 1508-1519.]
- [47] Elkan R V. Catching up and slowing down: Learning and growth patterns in an open economy. *Journal of International Economics*, 1996, 41(1/2): 95-111.
- [48] Tsai K H, Wang J C. External technology sourcing and innovation performance in LMT sectors: An analysis based on the Taiwanese technological innovation survey. *Research Policy*, 2009, 38(3): 518-526.
- [49] Maskell P, Malmberg A. Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge Journal of Economics*, 1999, 23(2): 167-185.
- [50] Wal T, Anne L J. The dynamics of the inventor network in German biotechnology: Geographic proximity versus triadic closure. *Journal of Economic Geography*, 2014, 14(3): 589-620.
- [51] Frenken K, Van Oort F, Verburg T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional Studies*, 2007, 41(5): 685-697.
- [52] Boschma R, Iammarino S. Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy. *Economic Geography*, 2009, 85(3): 289-311.

Spatial pattern and influential mechanism of interurban technology transfer network in China

LIU Chengliang^{1,2,3}, GUAN Mingming¹, DUAN Dezhong¹

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

2. Institute for Global Innovation and Development, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

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

Abstract: On the basis of patent transaction data in 2015, spatial pattern of interurban technology transfer network in China was portrayed by integrating big data mining, social network, and GIS, from the perspectives of nodal strength and centrality, linkage intensity, and modular divisions. Then, its key influencing factors were identified as well using the Negative Binominal Regression Analysis. Some findings were obtained as follows. First of all, the intensity of interurban technology transfers in China is not well distributed with obvious polarization. Those cities with higher-level technology transfers are concentrated in the three urban clusters, namely, the Yangtze River Delta, the Pearl River Delta and Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. Secondly, a typical core-periphery structure with hub-and-spoke organization is evidently observed, which consists of several hubs and the majority of cities with far lower technology transfers. Beijing, Shenzhen, Shanghai and Guangzhou are acting as the pivot of the technology transfer network and playing a critical role in aggregating and dispersing technology flows. Thirdly, technology linkage intensities of urban pairs appear to be significantly uneven with hierarchies, centralizing in the three edges from Beijing to Shanghai, from Shanghai to Guangzhou and Shenzhen, and from Beijing to Guangzhou and Shenzhen, which shapes a triangle pattern. Fourthly, the technology transfer network is divided into four communities or plates, with prominent reflexivity and spillover effects, which is resulted from geographical proximity and technological complementary. Last but not least, spatial flows of technology are co-organized by a variety of spatial diffusion modes such as hierarchical diffusion, contact diffusion and leapfrog diffusion, owing to economic and administrative powers. They are greatly influenced by urban economic scale, foreign linkage, policy making, as well as multiple proximity factors related to geographical, technological, social and industrial proximities.

Keywords: technology transfer; spatial diffusion; social network analysis; multiple proximity; technical association; China