

长三角区域技术关联特征及驱动因素研究^{* 1}

曹贤忠 陈波 郝均^{**}

【摘要】：技术关联对区域创新和区域经济发展具有显著促进作用，引起了经济地理学者高度关注，然而已有研究主要关注技术关联的外部影响，关于区域技术关联内部演化及影响因素尚待进一步探究。因此，本文以长三角区域 41 个地级及以上城市为例，利用 2000—2016 年发明专利授权数据，运用共存分析方法分析了长三角区域技术关联空间格局演化特征，并重点探讨政府支持、大学能力和企业能力对技术关联演化的驱动作用机制。研究发现：①长三角区域“技术空间”逐步呈现，空间格局呈现出典型的“核心—边缘”结构，且从相对孤立分散向以合肥—上海—杭州—宁波为核心的“Z”字形空间分布演化。②政府支持、大学能力和企业能力对城市技术关联密度的影响存在显著差异。政府支持的影响作用不显著，企业、大学对城市技术关联密度具有正向促进作用，且企业能力的影响作用更强。③针对不同类型的城市，企业、大学的正向促进作用存在异质性。通过本研究，有助于明晰长三角区域技术关联程度和影响因素，为长三角率先实现科技创新领域高质量一体化提供理论依据，同时，也有利于丰富完善区域创新系统等相关理论体系。

【关键词】：技术关联 区域创新系统 创新网络 影响因素 长三角

长三角区域拥有人才富集、科技水平高、制造业发达、产业链供应链完备、市场潜力大等诸多优势，中央对长三角创新共同体建设寄予厚望(曾刚和曹贤忠，2020)。据国家统计局数据显示，2019 年，长三角地区生产总值合计 23.7 万亿元，约占全国的 23.9%，2019 年 12 月 1 日，中共中央、国务院印发了《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，提出将长三角建设成全国高质量发展样板区、区域一体化发展示范区等战略定位；2020 年 12 月 20 日，科技部印发了《长三角科技创新共同体建设发展规划》，以加强长三角区域创新一体化为主线，以“科创+产业”为引领，优化区域创新布局，提升区域协同创新能力，努力建设具有全球影响力的长三角科技创新共同体。面对行政壁垒和制度文化差异等因素的阻碍，打造科技创新共同体以跨越上述阻碍成为推动长三角一体化的重要抓手，区域技术关联作为区域创新合作的基础，同时也是促进区域创新发展的重要因素(郝均等，2020)，有必要对区域技术关联演变的驱动因素进行进一步探讨。

演化经济地理学认为知识溢出同时受到地理与认知距离的影响，只有适中的认知距离才能产生知识溢出。认知距离较远的企业之间存在沟通障碍，认知距离较近则会阻碍新的信息和知识流动，从而容易产生路径锁定(Nootboom, 2000)。基于此，有学者运用认知邻近的概念来解释产业间知识溢出适中距离，从而引入技术关联来衡量认知邻近性(Boschma and Frenken, 2011)，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(Hidalgo et al., 2007; Neffke et al., 2011; Boschma et al., 2013; Frenken et al., 2007)。根据已有研究，经济地理学者重点探讨了技术关联对区域产业结构演变和区域发展的影响，发现区域技术关联对区域产业结构演变有着重要影响。如 Neffke 等发现瑞典的区域产业结构演化呈现路径依赖的特点，与区域产业结构关联性强的产业越容易进入，而关联性越弱的产业退出的可能性越大(Neffke et al., 2011)，相似结论也同样存在于发展中国家的案例中(贺灿飞等，2016)，且技术关联性对新技术的进入和增长均起到显著的促进作用(马双等，2020)。此外，已有研究还发现区域技术关联对区域发展以及区域创新也有着重要影响。技术关联会影响企业的绩效和多元化(Howell et al., 2016; Boschma et al., 2009)，还会在区域层面促进经济增长(刘鑫、贺灿飞，2016)。如欧洲新兴的燃料电池产业率先在相关知识丰富的地区产生，表明技术关联有助于新兴技术的创新(Tanner, 2015)，欧洲智慧专业化政策也将技术关联

¹ * **【基金项目】**：国家自然科学基金面上项目“跨界创新网络合作机制及其空间响应研究——以长三角高新技术产业为例”(42171184)。

* * 曹贤忠，经济学博士，华东师范大学中国现代城市研究中心副教授；陈波，华东师范大学中国现代城市研究中心硕士研究生；郝均，华东师范大学中国现代城市研究中心博士研究生。

作为区域发展政策制定和评估的维度(Balland et al., 2019)。

然而, 鲜有研究将技术关联作为因变量探讨其自身的演化和影响因素(Boschma and Frenken, 2011)。已有研究主要将技术关联界定为不随时间变化, 或者视为外生固定变量。实际上, 技术关联在短期内可能比较稳定, 但技术进步和时间变化会引起技术关联相应发生动态演变(Balland et al., 2015), 特别是当新的技术范式产生, 将会塑造新的“技术空间”。近年来, 技术关联的动态性特征也已得到相关学者的重视, 包括在模型构建中引入动态技术关联变量(Boschma et al., 2015), 还有学者将跨国公司投资战略(Crescenzi et al., 2015)、非本地企业流入以及移民、明星科学家(Boschma, 2016)等技术创新主体纳入区域技术关联演变的影响因素分析框架之中, 分析其对促进区域多样化发展的影响; 也有少量研究探讨相关影响因素对技术关联演化的直接影响。如 Juhasz 等(2021)利用 1980—2010 年欧洲专利数据探讨共同区位以及技术复杂性对于技术关联演化的影响, 并得出技术共同区位和复杂性随着时间的推移将有助于增强技术关联性。

综上所述, 技术关联相关研究已经成为经济地理学关注的热点议题之一, 已有研究主要将技术关联作为解释变量探讨技术关联对于区域创新或区域经济发展的影响, 而关于技术关联演化及影响因素的研究仍不多, 亟待进一步探讨。区域创新系统是指由一定空间范围内相互分工与关联的企业、研究机构、高等学校、地方政府等主体构成的有利于创新活动的区域组织系统(Cooke and Morgan, 1998)。演化经济地理学者将技术关联纳入区域创新系统发展路径升级、分叉以及破除路径锁定的演化框架内, 同样区域创新系统内部行为主体以及制度等要素的互动也将对技术关联演变造成影响。因此, 本文聚焦于长三角区域, 运用发明专利授权数据刻画长三角区域的“技术空间”, 并基于区域创新系统主体作用, 探讨大学和企业能力以及政府支持对技术关联演化过程中的影响, 以期为推动长三角区域科技创新共同体的建设提供理论支撑。

一 研究方法数据来源

(一) 研究方法

综合已有研究成果, 量化测度产业、产品或专利类别之间关联的方法主要有三种: ①基于标准行业分类(Standardized Industrial Classification, SIC), 将产业划分为不同等级、相互嵌套的系统, 如果 2 个产品属于共同的上一级分类, 就定义为技术关联, 但这种方法忽略隶属不同行业分类的产品可能通过投入产出联系以及跨行业的知识溢出而存在关联(Essletzbichler, 2015); ②关注产业生产过程, 计算不同产业所使用资源的相似性或者利用投入产出关系来衡量技术关联, 但资源在所有行业并不是同等重要, 不同产业对于资源的使用存在差异; ③基于共存分析测度两种产业、产品或专利之间的技术关联, 即不同产品、产业或专利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(郭琪、贺灿飞, 2018)。

通过比较发现, 第三种方法不受投入产出数据限制, 重点关注产品或专利层面的地理数据, 就可以计算产品或专利层面的技术关联, 相对而言, 较第一种和第二种方法更加科学有效。因此, 本文借鉴 Boschma 等(2015)做法, 利用专利在城市同时具有比较优势的条件概率来表示两个专利技术类别之间的关联程度。首先, 依据国家知识产权局 IPC 分类, 将发明专利授权数据依据主分类号前三位划分为 122 类。其次, 判断某一专利类别是否具有比较优势, 借鉴郝均等(2020)的计算方法, 在原有区位商的基础上, 加入限定条件 Q(城市某一专利类别总量大于长三角地区该专利类别总量的 5%)。然后计算专利类别之间的关联性, 即同一城市内两个专利类别同时具有比较优势的条件概率的最小值。具体公式为:

$$\Phi_{ij} = \min \{ P(RCA_i | RCA_j), P(RCA_j | RCA_i) \} \quad (1)$$

$$RCA_i = \begin{cases} 1, & LQ > 1 \text{ 且 } Q > 5\% \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$LQ = \frac{\frac{X(c, i)}{\sum_i X(c, i)}}{\frac{\sum_c X(c, i)}{\sum_{c, i} X(c, i)}}$$

式(1)中： i 与 j 表示同一城市两个不同类别的专利类别； Φ_{ij} 表示专利类别 i 与 j 之间的关联性； P 表示 j 类专利具有比较优势时 i 类专利具有比较优势的条件概率； RCA_i 表示 i 类专利在 c 城市具有比较优势； LQ 表示 c 城市 i 类专利的区位商； Q 表示 c 城市 i 类专利数量占长三角地区该类专利总量的比例。

最后，基于上述结果，计算某一类别专利与城市现有专利类别之间的技术关联密度，具体公式为：

$$Relatedness_density_{i, c, t} = \frac{\sum_{j \in c, i \neq j} x_j \Phi_{ij}}{\sum_{i \neq j} \Phi_{ij}} \quad (2)$$

式(2)中： $Relatedness_density_{i, c, t}$ 表示 i 类专利对于 c 城市的技术关联密度，当 j 类专利在 c 城市具有比较优势时 x_j 取1，否则取0。

(二)数据来源

根据2019年12月1日中共中央、国务院印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，确定研究范围包括上海、浙江、江苏、安徽三省一市共41个地级及以上市。

专利数据虽然不能囊括所有形式的知识和技术生产，但其包含大量用于分析知识创造以及知识扩散的信息，允许从时间和空间两个视角对技术知识的生产进行系统分析，所以专利数据广泛用于创新以及技术关联的研究(Shearmur et al., 2016)。本文主要使用授权发明专利测度长三角区域专利数据层面上的技术关联，专利数据来源于incopat专利数据库(<https://www.incopat.com/>)。其采集及处理过程如下：①专利数据获取。利用Python软件编写爬虫程序，提取incopat专利数据库网站收录2000—2016年的长三角区域发明专利数据。②数据清洗核查。将所有专利按照专利申请人所在地市(第一申请人信息)进行归类，剔除不在研究范围和研究时间内的数据(巢湖市因行政区划调整不在研究范围)，通过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,在研究时限内长三角区域发明专利统计如图 1 所示,呈现先上升后下降的趋势,于 2014 年达到顶峰。国家知识产权局于 2013 年 10 月 15 日实施《国家知识产权局关于修改〈专利审查指南〉的决定》,对专利审批的质量做了进一步要求,同时根据作者所在研究团队以往走访调研可知,受地方政府政绩考核标准的转变等政策因素限制,呈现出 2014 年达到顶点,后下降的趋势(见图 1)。

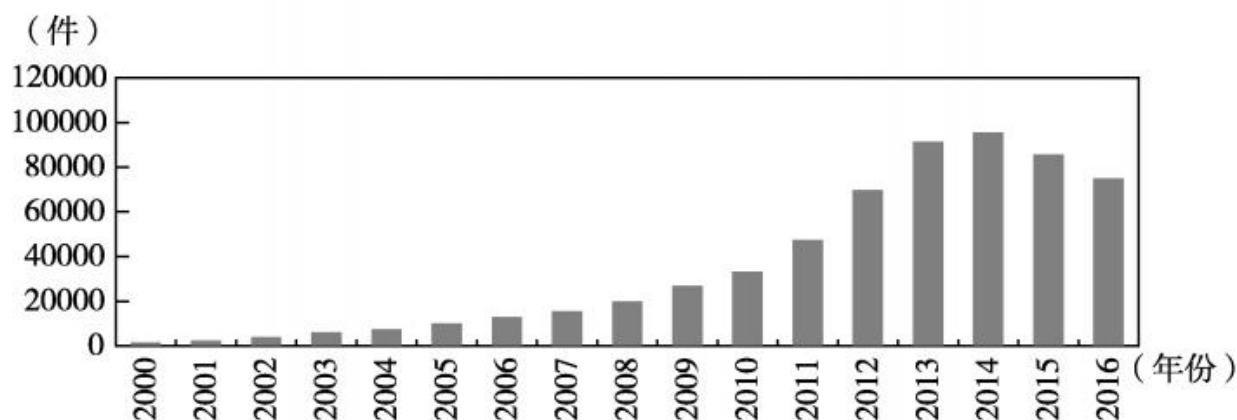


图 1 2000—2016 年长三角区域发明专利数据统计

选取 2000 年、2005 年、2010 年、2016 年等关键年份专利数据进行分析,模型中核心解释变量和控制变量主要来源于 2001—2017 年《中国城市统计年鉴》和长三角各省市和地级市 2001—2017 年统计年鉴数据,地理区位等数据来源于中科院资源环境数据云平台提供的中国地级市矢量数据。

二 实证分析

(一)长三角区域“技术空间”逐步呈现且具有动态演化特征

借鉴 Hidalgo 等对于产业关联度的等级划分,将长三角区域专利数据层面技术关联(除去技术关联为 0 授权专利对)划分为 5 个等级,运用 Gephi 软件制作 2016 年长三角地区专利技术关联图(见图 2)。长三角区域发明专利高度集中在部分类别,整体发明专利强度差异较大。根据统计 2016 年前五名授权专利总量约是后五名授权专利总量的 355 倍,平均差距高达 1982 个,长三角区域的发明专利集中在部分专利,例如在 B23 机床以及其他类目中不包括的金属加工、H01 基本电气元件、H04 电子通信技术等形成专利层面上的增长极,验证了学者实证装备制造业(马双和曾刚,2016)、电子信息产业(周灿等,2019)在长三角区域具有集聚性的特征。

长三角区域技术关联具有动态变化的特征。2016 年长三角区域发明专利技术关联整体平均值为 0.2199,处于 0—0.4 的专利对共有 3394 对,占比超过 68%;技术关联大于 0.7 的专利对共有 137 对,占比仅有 2.8%,绝大多数专利间技术关联处于低水平。从时间演化来看,专利间技术关联大于 0.4 的专利对数从 2000 年的 925 对增加到 2016 年的 1573 对,长三角区域专利显著增加的同时技术间关联性也在增加,新技术的产生一方面需要原始创新,另一方面也可以是技术的重新组合。进一步证实了知识重组理论下技术关联随着时间动态变化的特征,原来非相关的技术会因为新的知识组合变得相关,而原来相关的技术会因为知识组合的消失而变得不相关(Boschma, 2016)。

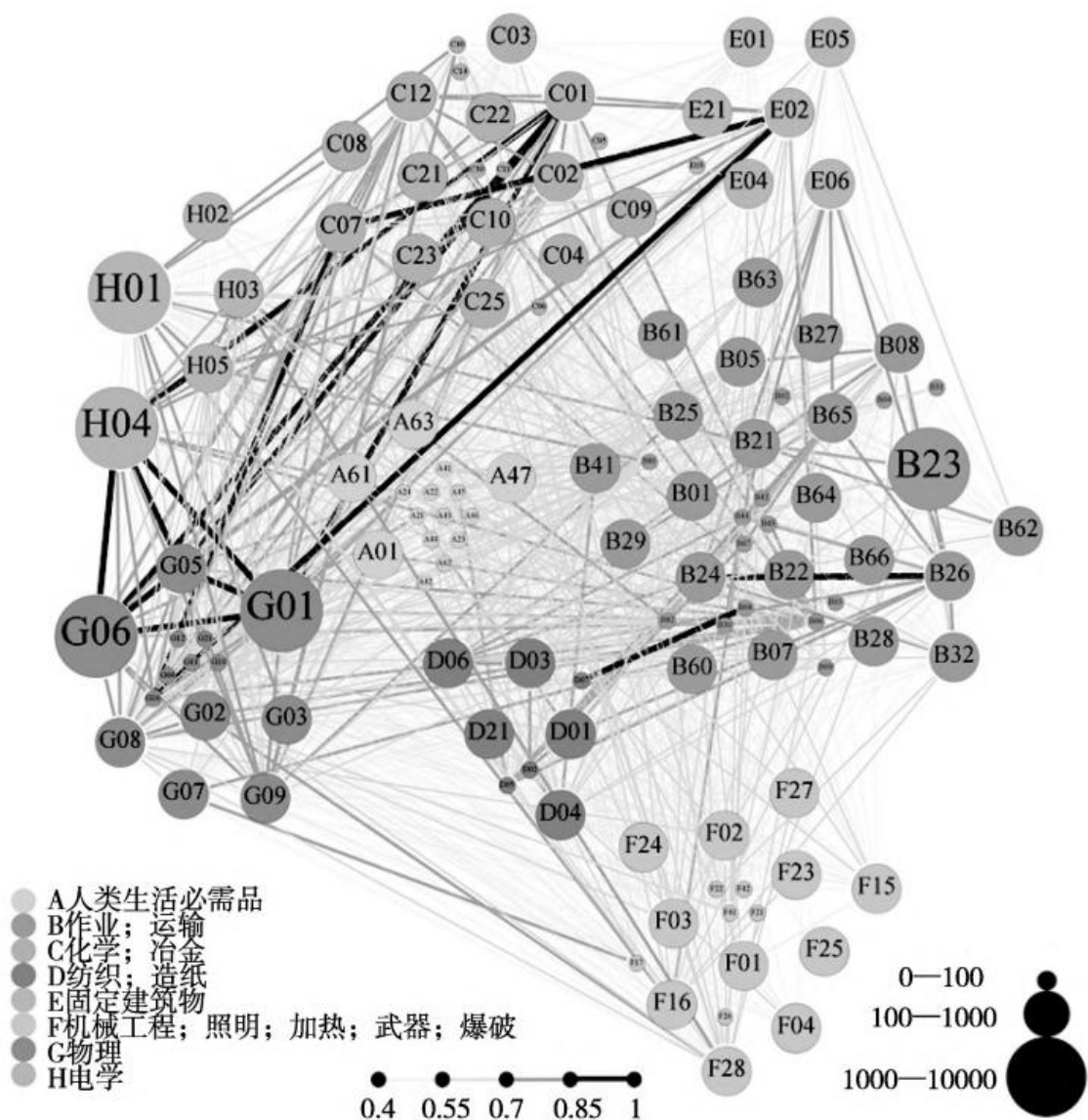


图2 2016年长三角区域“技术空间”

(二) 长三角区域技术关联密度具有增大趋势但差异明显

针对不同城市计算所有技术的技术关联密度取平均值，表征任意技术类别与城市技术知识基础相关程度，相关研究证实与城市技术基础相关性高的技术更有可能进入城市，相反与城市技术基础相关性低的技术退出城市的可能性更大(Neffke et al., 2011),所以具有较高技术关联密度的地区拥有更大可能接受技术，以及拥有更大的概率与其他地区开展技术层面的合作。利用共存分析方法计算任意专利相对每个城市的技术关联密度(见表1)。经过计算，长三角区域城市技术关联密度的均值呈现增大趋势，技术关联密度从2000年的0.0650提升到2016年的0.1149。表明长三角区域技术领域发展具有规模效应的同时还考虑范围效应，新技术进入长三角的难度在逐步降低，长三角区域城市间技术合作的难度也在逐步降低。

表 1 2000—2016 年长三角区域技术关联密度

年份	观测值	均值	最大值	最小值
2000	1399	0.0650	0.4650	0
2005	9747	0.0802	0.4993	0
2010	33133	0.0898	0.5585	0
2016	75075	0.1149	0.4911	0

进一步利用 ArcGIS 10.6 软件,选取 2000 年、2005 年、2010 年和 2016 年发明专利授权数据,刻画长三角区域技术关联密度空间演化特征,为从时间层面进行比较以 2010 年自然断裂点区间刻画长三角区域所有 41 个城市的技术关联密度演变格局。

分析发现,长三角区域技术关联密度总体呈现增大的趋势,空间格局呈现“核心—边缘”结构,核心分布从相对孤立分布向以合肥—上海—杭州—宁波为核心的“Z”字形空间分布演化。具体而言,具有高技术关联密度的城市从 2000 年的上海、杭州、南京、苏州 4 市增加到 2016 年的合肥、南京、无锡、苏州、上海、杭州、绍兴、宁波 8 市,高技术关联密度的城市主要集中在创新能力较强的城市以及其周边,数量保持稳定增加;技术关联密度处于较低水平的城市主要分布在长三角地区的北部、西部和西南部边缘区域,且绝对低技术关联密度的城市数量在逐步减少。从空间形态上来看,2000 年高技术关联密度的核心城市处于相互分离的状态,核心城市周边技术关联密度较边缘地区较高,空间溢出可能受地理邻近的影响;2016 年高技术关联密度的核心城市整体呈现沿合肥—上海—杭州—宁波的“Z”字形空间结构,与长三角创新产出高增长的空间结构一致(滕堂伟、方文婷,2017),也与长三角区域绿色技术创新的空间格局(曾刚等,2019)和创新驱动、绿色转型发展的空间格局相一致(葛世帅等,2021)。与此同时,受长三角区域一体化演化趋势和产业转移、技术转移转化等政策的影响,长三角区域技术关联呈现总体协同发展的趋势。

三 长三角区域技术关联影响因素分析

(一) 变量选择与模型构建

本文尝试探究区域创新系统中核心主体企业和大学能力以及政府支持对于城市技术关联密度的影响。从熊彼特提出创新理论以来,无论是早期强调企业规模在创新中的重要性,认为大企业不仅能负担起研发项目费用而且有能力通过大范围的研发创新来消化失败,同时创新成果的收获也需要企业具有一定的市场控制能力(吴延兵,2007);抑或周黎安等利用实证模型发现企业规模对创新具有显著的促进作用(周黎安等,2005),并认为企业规模与创新的关系要以一定的企业治理结构为条件,同时考虑到城市层面反映企业能力获取的难度,本文选择规模以上企业工业总产值即城市企业规模表征城市企业能力。同时借鉴已有研究

做法(王俊松等, 2017), 选取万人大学生人数、城市科学技术支出占财政收入的比例表征大学能力以及政府支持。此外, 城市对外程度是区域知识基础演化的重要力量(颜燕等, 2017), 城市经济发展水平在一定程度上也会影响城市技术知识发展水平不同行业创新的专利显性化倾向具有差异性(谢家艳和曾刚, 2019), 通常认为第二产业相对专利生产更多, 第二产业成为区域创新的主力(郭迎锋等, 2016)。因此, 选取城市经济发展水平(GDP 增长率)、城市对外开放度(实际使用外资占 GDP 比重)、城市产业结构(城市第二产业占比)作为控制变量。各变量的含义及其测度如表 2 所示。

表 2 主要变量及其测度方法

变量类型	变量名称	测度
因变量	技术关联密度	计算所有专利类别技术关联密度平均值
自变量	政府支持	科学技术支出占财政收入的比例(%)
	大学能力	万人大学生人数(人)
	企业能力	规模以上企业工业总产值(万元)
控制变量	经济发展水平	GDP 增长率(%)
	城市对外开放度	实际使用外资占 GDP 比重(%)
	城市产业结构	城市第二产业占比(%)

利用多元回归模型探究城市技术关联密度的影响因素。具体如下：

$$Relatedness_{density_{c,t}} = \alpha_0 + \beta_1 gov_{c,t} + \beta_2 college_{c,t} + \beta_3 enter_{c,t} + \beta_4 extro_{c,t} + \beta_5 eco_{c,t} + \beta_6 second_{c,t} + \varepsilon_{c,t} \quad (3)$$

式(3)中：因变量技术关联密度 $Relatedness_{density_{c,t}}$ 为所有专利类别对城市自身技术关联密度的平均值； gov 、 $college$ 、 $enter$ 分别表示政府支持、大学能力、企业能力三个主体的数据表征； $extro$ 、 eco 、 $second$ 分别表示经济外向度、经济发展水平、产业结构三个控制变量； β 为相关系数； α_0 为常数项； $\varepsilon_{c,t}$ 为随机变量。

(二) 回归结果分析

首先对数据进行离差标准化处理，对于缺失值利用趋势预测值填补，然后对回归模型进行多重共线性、变量相关性、异方差的检验。结果显示 VIF 均值为 1.26, 最大值为 1.46, 不存在多重共线性问题；自变量以及控制变量相关性分析均小于 0.7, 核心解释变量以及控制变量不存在相关性；White 检验的 p 值为 0.3453, 符合同方差原假设，不存在异方差问题。

通过对 2000 年、2006 年、2011 年和 2016 年长三角区域政府支持、大学能力、企业能力与技术关联密度的多元回归(模型 1—模型 4)发现，政府支持的回归系数不显著，说明政府通过科学技术支出对城市技术关联密度的影响不明显，证实政府对于市场研发活动的支持存在一定的脱节，政府的支持并不利于技术创新效率的提升(肖文和林高榜，2014)；大学能力的回归系数在所选取的四个年份均显著为正，但回归系数经历从 2000 年的 0.813 到 2016 年的 0.569 的较大波动，说明大学能力对于城市技术关联密度的塑造是正向的且存在较大波动；企业能力的回归系数在所选取的四个年份均在 0.01 水平下显著为正，回归系数在 0.900 上下波动，但波动幅度较小，说明企业能力对于城市技术关联密度的影响是正向的且保持相对稳定。企业能力与大学能力相比较而言，在所选取的四个年份中，二者的回归系数经历了从大体相当到企业大于大学的变化，说明在塑造城市技术关联密度方面企业发挥着更加核心的作用。这一发现也符合区域创新系统理论中政府作为引导者和维护者，提供制度和设施的功能；大学提供创新所需的知识源、人才源的功能，进行的创新更多的是原始性创新，到技术应用依然有一段距离；企业作为核心主体，结合市场需求对创新进行投入并承担研究开发与成果转化等功能(黄鲁成，2000)。

表 3 2000—2016 年长三角区域技术关联驱动因子回归分析

变量类型	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
因变量	$Relatedness_{c,t}$	$Relatedness_{c,t}$	$Relatedness_{c,t}$	$Relatedness_{c,t}$
$gov_{c,t}$	-0.0194 (0.158)	-0.109 (0.0990)	0.0760 (0.0838)	0.217 (0.141)

collegc, t	0.813*** (0.165)	0.559*** (0.116)	0.374** (0.138)	0.569*** (0.143)
enterc, t	0.800*** (0.192)	1.103*** (0.138)	0.913*** (0.154)	0.901*** (0.110)
extroc, t	0.0852 (0.141)	0.0862 (0.110)	-0.00554 (0.118)	0.0742 (0.102)
ecoc, t	0.0354 (0.157)	-0.0731 (0.132)	-0.144 (0.163)	-0.336** (0.132)
secondc, t	-0.0701 (0.112)	-0.0976 (0.137)	0.0208 (0.126)	-0.0727 (0.137)
Constant	-0.0552 (0.114)	0.0417 (0.0685)	-0.0242 (0.0915)	0.0815 (0.110)
Observations	41	41	41	41
R-squared	0.782	0.837	0.697	0.805

注：*表示 $p < 0.10$; **表示 $p < 0.05$; ***表示 $p < 0.01$ 。

进一步探讨不同技术关联密度的城市政府支持、大学能力和企业能力的影响是否存在异质性，根据 2016 年城市技术关联密度的均值 (0.1149, 见表 1)，将长三角区域不同城市分为技术关联密度高和技术关联密度低的城市 (见表 5)。通过对高技术关联密度和低技术关联密度的城市分别进行回归分析 (模型 4、模型 5、模型 6 是长三角 2016 年所有城市回归结果)，研究发现不同技术关联密度城市政府支持的回归系数都不显著，说明政府通过科学技术支出对不同技术关联密度城市的影响没有差异；技术关联密度高的城市大学能力的回归系数为正，技术关联密度低的城市回归系数不显著，说明大学在塑造不同城市技术关联密度存在异质性，其原因可能是技术关联密度低的城市所拥有的大学较少，大学在塑造城市技术关联密度方面作用比较小；企业能力的回归相关系数都显著为正，但相较于技术关联密度低的城市，技术关联密度高的城市企业能力的回归系数更大，说明企业能力对两种类型城市的正向影响具有差异，其原因可能是技术关联密度高的城市作为区域的核心拥有更多更具创新能力的企业。综

上所述，区域创新系统中政府、大学和企业对于不同类型的城市技术关联密度的塑造存在异质性，验证了 Boschma (2016) 对以一种全球通用视角探讨技术关联以及其驱动因素的批判，呼吁在相关研究中考考虑区域情景性，增加更多的地理智慧。

表 4 2016 年长三角城市技术关联密度划分

技术关联类别	城市
高技术关联密度城市	上海、南京、无锡、苏州、宁波、杭州、常州、合肥、嘉兴、绍兴、芜湖、徐州、镇江、台州
低技术关联密度城市	南通、连云港、淮安、盐城、扬州、泰州、宿迁、温州、湖州、金华、衢州、舟山、丽水、蚌埠、淮南、淮北、马鞍山、铜陵、安庆、黄山、滁州、阜阳、宿州、六安、亳州、池州、宣城

表 5 2016 年长三角城市技术关联密度异质性分析

变量类型	Model 4	Model 5	Model 6
因变量	Relatednessc, t	Relatednessc, t	Relatednessc, t
govc, t	0.217	0.085	0.054
stuc, t	0.569***	0.477*	0.101
enterc, t	0.901***	0.666**	0.232**
控制变量	包含	包含	包含
Constant	0.082	0.395	-0.0412

城市	41	14	27
R-squared	0.805	0.676	0.336

注：*表示 $p < 0.10$; **表示 $p < 0.05$; ***表示 $p < 0.01$ 。

为了检验模型的稳健性，分别将 2016 年回归分析中相对指标万人大学生人数和科学技术支出占财政收入的比例换成绝对指标：大学生人数和科学技术支出(模型 7、模型 8)进行稳健性检验。结果显示，核心解释变量的显著性与原结论一致，表明模型结果稳健可信。

表 6 稳健性检验

变量类型	Model 1	Model 7	Model 8
因变量	Relatednessc, t	Relatednessc, t	Relatednessc, t
govc, t	0.217 (0.141)	0.190 (0.145)	
collegetc, t	0.569*** (0.143)		0.633*** (0.141)
enterc, t	0.901*** (0.110)	0.760*** (0.127)	0.853*** (0.166)
extroc, t	0.0742 (0.102)	0.0713 (0.103)	0.0821 (0.106)
ecoc, t	-0.336** (0.132)	-0.272* (0.134)	-0.266* (0.132)
secondc, t	-0.0727 (0.137)	0.0992 (0.149)	0.0227 (0.146)
ab_collegetc, t		0.597*** (0.156)	
ab_govc, t			0.110 (0.252)

Constant	0.0815 (0.110)	0.0109 (0.114)	0.0335 (0.114)
Observations	41	41	41
R-squared	0.805	0.800	0.793

注：*表示 $p < 0.10$; **表示 $p < 0.05$; ***表示 $p < 0.01$ 。

结合上述分析结果，总结归纳区域创新系统中政府支持、大学能力以及企业能力在城市技术关联密度的塑造作用机制，如图3所示。图中“0”表示影响作用不显著；“+”表示具有显著较弱正向促进作用；“++”表示具有显著较强正向促进作用。

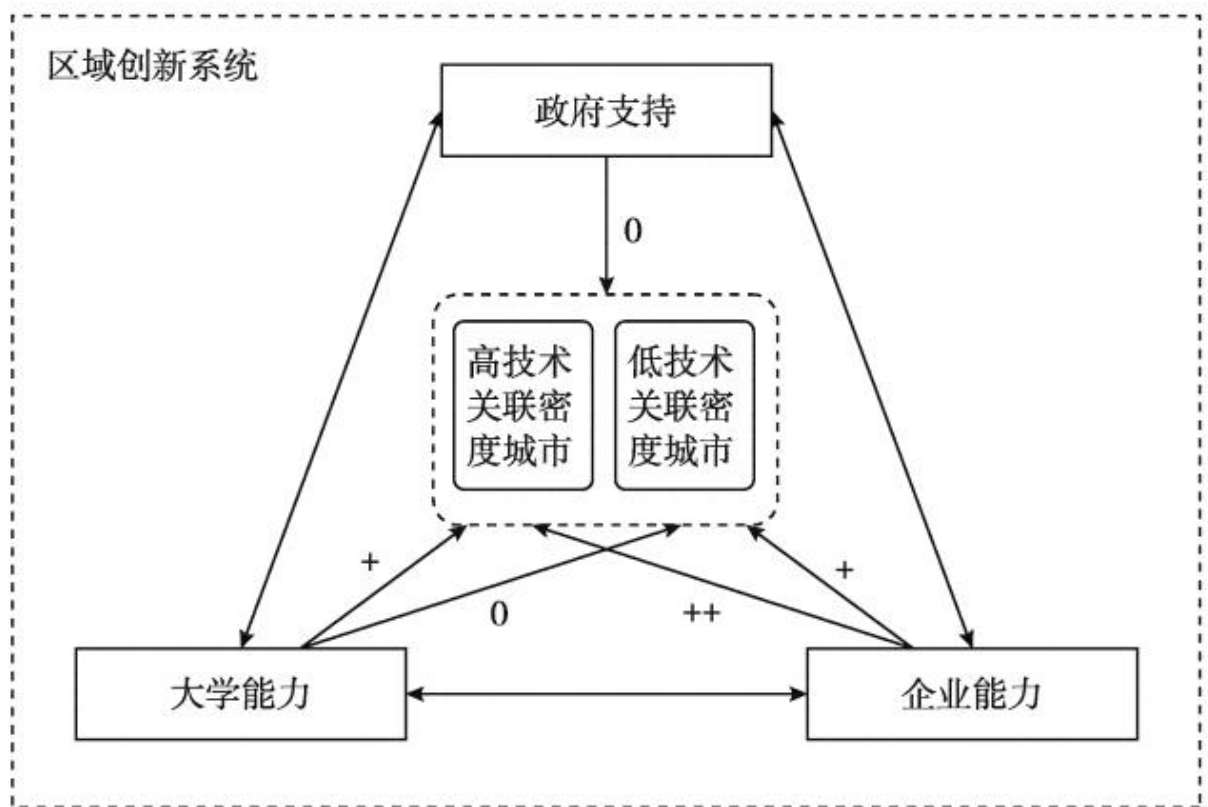


图3 长三角区域技术关联演化驱动机制

四 结论与讨论

基于演化经济地理学认知邻近的概念，已有研究主要关注技术关联的测度以及其对于区域经济发展和区域产业结构演变的重要影响，但对于技术关联动态变化背后的驱动因素探讨较少。本文基于2000年、2005年、2010年和2016年长三角区域发明专利授权数据，利用技术关联分析方法，基于区域创新系统理论，探讨政府支持、大学能力和企业能力对于城市技术关联动态

演变的影响。主要得出以下研究结论：

(1)长三角区域技术关联密度呈现出逐渐增强的动态演变态势，且“技术空间”分析发现长三角区域的技术专业化、集聚优势明显。此外，从空间分布上看，长三角区域城市群城市技术关联密度整体呈现“核心—边缘”结构，核心城市从相对孤立分散向以合肥—上海—杭州—宁波为核心的“Z”字形空间分布转变，该空间分布的转变与长三角高铁交通开通以及经济结构分布较为吻合；同时由于长三角区域一体化和产业转移等政策的实施，长三角区域技术关联密度呈现由核心带动周边发展向区域整体协同发展的趋势。

(2)基于区域创新系统政府支持、大学能力和企业能力对于城市技术关联密度的影响存在差异。政府支持在塑造区域技术关联密度方面作用不显著；企业能力具有显著正向促进作用且随时间变化较为稳定；大学能力对城市技术关联密度具有正向促进作用，较之企业能力而言较弱且随时间变化存在较大波动。

(3)对于技术关联密度不同的城市，大学能力和企业能力的影响机制也存在异质性。大学对高技术关联密度的城市技术关联具有正向促进作用，对低技术关联密度的城市作用不显著；企业对两种类型城市都具有正向促进作用，且对高技术关联密度城市的正向促进作用更强。这与相关研究探讨不同类型区域(如核心区与边缘区、新老工业区等)技术关联以及区域发展路径存在差异性相一致(苏灿和曾刚，2021)。

总体而言，本文探讨了政府支持、大学能力和企业能力对于区域技术关联密度动态变化的影响，为探讨区域多样化发展背后的影响机制研究奠定了一定研究基础。展望未来，建议加强对驱动区域多样化发展的微观主体(经济主体、非经济主体等)和地理情境关系方面的研究；从构建长三角区域创新共同体的目标要求来看，还需加强技术关联与创新网络、技术关联网络、技术关联的效应等方面的研究，为长三角区域实现高质量一体化发展提供更多理论参考。

参考文献

葛世帅等：《长三角城市群绿色创新能力评价及空间特征》，《长江流域资源与环境》2021年第1期。

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年第2期。

郭迎锋等：《政府资助对企业R&D投入的影响——来自我国大中型工业企业的证据》，《中国软科学》2016年第3期。

郝均等：《中国中部地区技术关联对产业创新的影响研究》，《地理研究》2020年第3期。

贺灿飞等：《中国对外贸易产品空间路径演化》，《地理学报》2016年第6期。

黄鲁成：《关于区域创新系统研究内容的探讨》，《科研管理》2000年第2期。

刘鑫、贺灿飞：《技术关联与城市产业增长研究》，《地理研究》2016年第4期。

马双等：《技术关联性、复杂性与区域多样化——来自中国地级市的证据》，《地理研究》2020年第4期。

马双、曾刚：《我国装备制造业的创新、知识溢出和产学研合作——基于一个扩展的知识生产函数方法》，《人文地理》2016年第1期。

-
- 苏灿、曾刚：《演化经济地理学视角下区域新路径发展的研究评述与展望》，《经济地理》2021年第1期。
- 滕堂伟、方文婷：《新长三角城市群创新空间格局演化与机理》，《经济地理》2017年第4期。
- 王俊松等：《中国城市技术创新能力的空间特征及影响因素——基于空间面板数据模型的研究》，《地理科学》2017年第1期。
- 吴延兵：《企业规模、市场力量与创新：一个文献综述》，《经济研究》2007年第5期。
- 肖文、林高榜：《政府支持、研发管理与技术创新效率——基于中国工业行业的实证分析》，《管理世界》2014年第4期。
- 谢家艳、曾刚：《长三角地区复杂知识的空间特征及地方知识库类型》，《地理科学进展》2019年第12期。
- 颜燕等：《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年第1期。
- 曾刚等：《长三角区域一体化发展推进策略研究——基于创新驱动与绿色发展的视角》，《安徽大学学报》(哲学社会科学版)2019年第1期。
- 曾刚、曹贤忠：《推进长三角创新共同体建设的体制机制创新建议》，《张江科技评论》2020年第6期。
- 周灿等：《中国电子信息产业创新的集群网络模式与演化路径》，《地理研究》2019年第9期。
- 周黎安、罗凯：《企业规模与创新：来自中国省级水平的经验证据》，《经济学(季刊)》2005年第2期。
- Balland P.A., et al., “Smart Specialization Policy in the European Union: Relatedness, Knowledge Complexity and Regional Diversification”, *Regional Studies*, Vol. 53, No. 9, 2019.
- Balland P.A., et al., “Proximity and Innovation: From Statics to Dynamics”, *Regional Studies*, Vol. 49, No. 6, 2015.
- Boschma R., “Relatedness As Driver of Regional Diversification: A Research Agenda”, *Regional Studies*, Vol. 51, No. 3, 2016.
- Boschma R., et al., “Relatedness and Technological Change in Cities: the Rise and Fall of Technological Knowledge in US Metropolitan Areas from 1981 to 2010”, *Industrial and Corporate Change*, Vol. 24, No. 1, 2015.
- Boschma R., Frenken K., “The Emerging Empirics of Evolutionary Economic Geography”, *Journal of Economic Geography*, Vol. 11, No. 2, 2011.
- Boschma R., Frenken K., “Technological Relatedness, Related Variety and Economic Geography: Handbook of Regional Innovation and Growth”, Edward Elgar, Cheltenham, 2011.
- Boschma R., Iammarino S., “Related Variety, Trade Linkages, and Regional Growth in Italy”, *Economic Geography*, Vol. 85, No. 3, 2009.

Boschma R., et al., “The Emergence of New Industries at the Regional Level in Spain:A Proximity Approach Based on Product Relatedness”, *Economic Geography*, Vol. 89, No. 1, 2013.

Cooke P., Morgan K., *The Associational Economy:Firms, Regions, and Innovation*, Oxford, UK:Oxford University Press, 1998.

Crescenzi R., et al., “ Foreign Multinationals and Domestic Innovation:Intra-industry Effects and Firm Heterogeneity” , *Research Policy*, Vol. 44, No. 12, 2015.

Essletzbichler J., “ Relatedness, Industrial Branching and Technological Cohesion in US Metropolitan Areas” , *Regional Studies*, Vol. 49, No. 5, 2015.

Frenken K., et al., “ Related Variety,Unrelated Variety and Regional Economic Growth ” , *Regional Studies*, Vol. 41, No. 5, 2007.

Hidalgo C.A., et al., “The Product Space Conditions the Development of Nations” , *Science*, Vol. 317, No. 5837, 2007.

Howell A., et al., “Technological Relatedness and Asymmetrical Firm Productivity Gains under Market Reforms in China” , *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, Vol. 9, No. 3, 2016.

Juhasz S., et al., “Explaining the Dynamics of Relatedness:the Role of Colocation and Complexity” , *Papers in Regional Science*, Vol. 100, No. 1, 2021.

Neffke F., et al., “How do Regions Diversify over Time?Industry Relatedness and the Development of New Growth Paths in Regions” , *Economic Geography*, Vol. 87, No. 3, 2011.

Nooteboom B., “Learning by Interaction:Absorptive Capacity,Cognitive Distance and Governance” , *Journal of Management & Governance*, Vol. 4, No. 1-2, 2000.

Shearmur R., et al., *Handbook on the Geographies of Innovation*, London:Edward Elgar Publishing Ltd., 2016.

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*, Vol. 16, No. 3, 2015.