

# 长江经济带技术创新

## 网络格局演化及其多维邻近性机制

江凯乐 梁双波

中国科学院南京地理与湖泊研究所中国科学院流域地理学重点实验室

中国科学院大学

**摘要：**区域创新网络是建设创新型国家的重要支撑，也是实现区域高质量发展的重要保障。运用长江经济带城市间专利转移与合作数据，引入 K-means 聚类、地理探测器等方法，分析了长江经济带技术转移与合作的时空演化特征，探索了不同类型城市在技术创新网络中所扮演角色变化，并分析了专利流向的发展规律、多维邻近性对技术转移与合作的影响。研究发现：(1)长江经济带的技术创新网络呈现明显的异质性特征，表现在网络密度分布和重要节点分布两个方面；(2)长江经济带技术创新网络中的城市节点类型与特征都发生了较大的变化，从单一中心向多中心演变，技术创新网络一级中心城市的辐射带动作用不断加强；(3)专利净流入量与专利申请量、人均 GDP 呈现倒 U 形的关系。认知邻近、社会邻近、制度邻近、经济邻近、产业邻近、技术邻近和地理邻近都对技术转移与合作产生影响，但在不同时期其影响的强度和显著性存在差异，并且不同邻近因子之间具有显著的交互增强作用。

**关键词：**专利；创新网络；多维邻近性；长江经济带

**中图分类号：** F 4 9； F 1 2 4. 3   **文献标识码：** A   **文章编号：** 1 0 0 4 - 8 2 2 7 ( 2 0 2 3 ) 0 9 - 1 7  
9 6 - 1 0

**DOI：** 1 0 . 1 1 8 7 0 / c j l y z y y h j 2 0 2 3 0 9 0 0 3

**作者简介：**江凯乐（2000~），男，硕士研究生，主要研究方向为经济地理学。E-mail:jiangkaile2022@163.com；\*梁双波，E-mail:shbliang@niglas.ac.cn

**收稿日期：**2022-12-09

**基金：**国家自然科学基金项目(42071163)；中国科学院南京地理与湖泊研究所自主部署项目(NIGLAS2022GS06)

科技创新是推动国家和区域发展的关键驱动力[1, 2]，也是推动区域经济发展的重要引擎。随着经济社会的不断变革和创新进程的不断加快，科技创新活动的开展和运行正发生一些显著的变化，区域间协同和多元主体参与已经成为科技创新的新趋势[3]，这引起了相关学科学者的广泛关注[4, 5]。

专利作为一个可以衡量区域创新联系的指标[6]，具有空间、时间和数量维度。随着流空间理论的发展[7, 8]，越来越多的创

新经济地理学研究从专利的转移与合作等视角开展分析[9]。目前学者对技术创新网络的研究主要集中在空间格局[9]、影响因素[10]、创新绩效评价[11]等方面,研究的尺度涵盖了全球尺度[12]、全国尺度[9]、区域尺度[6, 10]等。此外,多维邻近性作为经济地理学研究创新联系的重要视角[13, 14, 15],地理邻近、产业邻近、技术邻近、社会邻近、行政等级、产业结构等对区域间知识技术流动的影响开始受到关注[6, 9, 16]。相关研究认为,认知邻近性反映合作主体在交流时的认知理解一致性及知识禀赋分布的相似性[16];语言邻近性表示语言的相似程度,使用相同或相近的语言有利于区域技术流动[17, 18];技术邻近是邻近性研究中的重要概念,表示两个主体之间已有知识基础的相似度[19];制度邻近性表示不同主体受一定规则约束程度的相似性,相似性越高越有利于跨城市交流[20];经济邻近性表示城市之间经济发展水平的差异,差异越小越有利于资源要素流动和知识交流[16]。当然,学术界目前关于地理邻近性作用的发挥尚未形成共识。部分研究表明地理邻近的作用是微弱的[12, 16],主要是由于受到数字技术的影响[21],但也有学者认为地理邻近在技术流动中发挥了重要的作用[10, 22, 23, 24, 25]。另外,学者对中心城市在区域技术创新中作用的发挥也进行了较多探讨[26, 27]。

长江经济带是一条重要的功能复合型经济带,承载了港口、工业、城市生活以及生态保护等诸多功能[28],在国家区域创新战略格局中发挥着重要作用。但目前其技术创新协同发展的动能还需要加强,创新能力极化严重、都市圈协同发展能力高度分化等问题依然存在[29]。本文基于2010年以来的长江经济带专利合作和转移数据,从经济带整体和城市节点不同空间尺度,分析经济带技术创新网络格局演变、城市节点专利技术流入流出变化,并分析其形成演化的影响机制,以期能进一步为长江经济带技术创新网络研究提供新的视角,为区域创新合作与高质量发展提供决策参考。

## 1 数据与方法

### 1.1 数据来源与研究区域

本文以长江经济带11省市的地级及以上城市、民族自治州、省直管县为研究对象,选择2010、2015、2020年3个年份,对长江经济带技术创新网络格局进行分析。长江经济带集聚了丰富的创新资源,2020年万人拥有科研人员数是全国平均水平的1.54倍;国家重点实验室和国家工程技术研究中心总量由2010年的169家增长到2020年的183家,入选首批国家公布的战略性新兴产业产业集群数量达到3个,占全国近一半;2010年到2020年专利申请量占全国总量近一半。

本文的专利数据来源于国家知识产权局“专利信息服务平台”。专利数据截止到2020年12月份,包括外观设计专利、实用新型专利和发明专利,剔除独立申请和个人申请的数据。利用专利权人地址、专利申请(授权)时间进行梳理,获取长江经济带各城市的专利合作数据和转移数据,得到城市之间的专利合作和转移矩阵。其中,2010、2015年和2020年长江经济带专利转移与合作数据量分别为14 893、31 531和70 168项。人均GDP、实际利用外资、万人在校大学生数量等数据来源于历年《中国城市统计年鉴》和各省市统计年鉴。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 多维度邻近性

##### (1) 认知邻近性

长江经济带上中下游地区的自然条件和文化环境存在较大差异,对技术转移产生的影响也各不相同[30]。基于此,本文将长江经济带划分为上游、中游和下游三大地区,并考虑不同地区城市的邻近性进行赋值。其中,两个城市如果属于同一地区则赋值为1,如果属于相邻地区则赋值为2,若相隔(上游与下游)则赋值为3。

##### (2) 语言邻近性

地级市方言区和方言大区的识别主要考虑地级市内各县人口占比情况，方言距离基于方言树图度量，其值参考已有成果确定[17, 31]。

$$L_{ij} = \begin{cases} 2, \text{不属于一个方言大区} \\ 1, \text{属于同一方言区, 但不属于} \\ \quad \text{同一方言区} \\ 0, \text{两地级市同属于一个方言区} \end{cases} \quad (1)$$

式中： $L_{ij}$  为两个城市的语言邻近性。

### (3) 制度邻近性

基于已有的研究成果[20], 对省直管县赋值为 1, 对地级市、自治州赋值为 2, 省会城市赋值为 3, 副省级城市赋值为 4, 直辖市赋值为 5。

$$\tau_{ij} = |C_i - C_j| \quad (2)$$

式中： $\tau_{ij}$  为城市  $i$  和城市  $j$  的制度邻近性； $C_i$  和  $C_j$  分别为城市  $i$  和  $j$  的等级。

### (4) 经济邻近性

本文使用 GDP 总量的差值衡量经济邻近性[16]。

$$EC_{ij} = |EC_i - EC_j| \quad (3)$$

式中： $EC_{ij}$  为城市  $i$  和城市  $j$  的经济邻近性； $EC_i$  和  $EC_j$  分别为城市  $i$  和  $j$  的 GDP。

### (5) 产业邻近性

第三产业是优化城市环境的重要因素，能够对创新产生较大影响。参考已有研究[32], 使用第三产业增加值占 GDP 比重衡量产业邻近性。

$$IN_{ij} = |IN_i - IN_j| \quad (4)$$

式中： $IN_{ij}$  为城市  $i$  和城市  $j$  的产业邻近性； $IN_i$  和  $IN_j$  分别为城市  $i$  和  $j$  的第三产业增加值占 GDP 比重。

### (6) 技术邻近性

城市间的技术差距对彼此间专利技术的转移存在着较大影响[33]。本文使用专利申请量衡量技术邻近性。

$$TE_{ij} = |TE_i - TE_j| \quad (5)$$

式中：TE<sub>ij</sub>为城市 i 和城市 j 的技术邻近性；TE<sub>i</sub> 和 TE<sub>j</sub> 分别为城市 i 和 j 的专利申请量。

### (7)地理邻近性

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。

### 1.2.2 K-means 聚类分析

K 均值(K-means)基于点与点之间距离的相似度来计算最佳类别归属。K-means 算法通过试着将样本分离到 n 个方差相等的组中来对数据进行聚类，从而最小化目标函数。本文使用 K-means 聚类方法对城市的专利转出度、入度以及专利合作度中心性进行聚类分析，其中出度、入度的权重都为 0.25, 合作度的权重为 0.5, 将技术创新网络中的城市划分为四个等级。

### 1.2.3 地理探测器

地理探测器是基于因子、交互、风险和生态 4 个探测器，揭示地理事物或现象的空间异质性、探测因变量驱动力的一组统计学方法[34]。地理探测器可以克服共线性问题，因此本文采用地理探测器分析多维邻近性对专利合作、转移的影响。因子探测公式如式(6)：

$$q = 1 - \left( \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \right) \quad (6)$$

式中：q 为因子对专利合作或转移空间分异的影响力，取值范围为[0, 1], 值越大则象征该因子对专利合作或转移空间分异的影响越大；h=1, ..., L 为因子的分层；N<sub>h</sub> 和 N 分别为层 h 和全区的单元数； $\sigma_h^2$ 和 $\sigma^2$ 是层 h 和全区的 Y 值的方差。

## 2 研究结果

### 2.1 技术流动与转移的空间格局演变

2010 年以来，长江经济带专利合作与转移演化如图 1 所示。从区域内部联系来看，下游地区内部的创新联系紧密，上游地区内部联系次之，而中游地区的内部联系最少。在 2010 年，长江下游内部的技术转移和技术合作分别占到了总量的 71.1%和 68.8%，尽管 2015 和 2020 年所占比重逐渐下降，但无论技术转移还是技术合作都占到了长江经济带总量的 60%以上。2010 年到 2020 年，长江中游内部专利转移、专利合作的平均占比分别为 4.5%和 3.7%，上游内部专利转移、专利合作的平均占比分别为 9.6%和 4.3%。

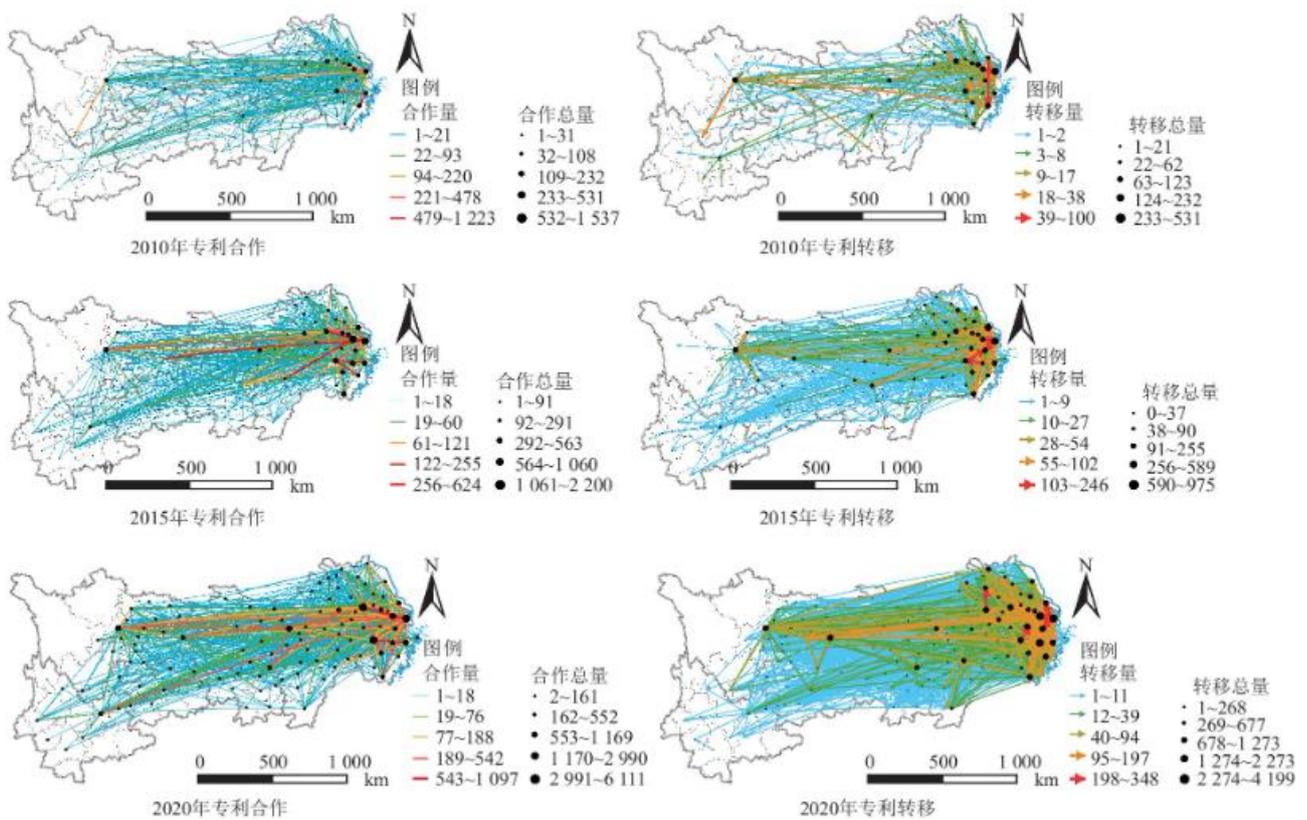


图1 长江经济带技术创新网络格局演化

从区域间的联系来看，长江下游与中游的联系最为密集，长江下游与长江上游的联系次之，长江上游与中游的联系最稀疏。尽管长江上游和中游技术转移、合作的数量不断增多，但专利转移在长江经济带中的占比最高只达到了 2.2%，专利合作的占比也始终低于 4%。而 2010 年到 2020 年，长江下游和中游之间的专利转移、专利合作平均占比分别为 12.5% 和 13%。长江上游和下游之间专利转移、专利合作平均占比为 8.5% 和 11.6%。

## 2.2 城市类型演化及其特征分析

K-means 分类结果如图 2 所示。2010 年，上海是长江经济带技术转入、转出、合作的中心，为单独的技术创新网络第一等级城市，苏州、杭州、成都、宁波、无锡、南京、武汉、长沙为技术创新网络第二等级城市。合肥、昆明、贵阳、南昌等城市节点在技术合作与流动中发挥的作用不强，为技术创新网络第三等级城市。在合作中心度方面，呈现上中下游多中心的结构，上海(144)、南京(117)、武汉(111)、成都(96)、杭州(87)、宁波(84)等城市在技术合作中都扮演了重要的角色。从转移出度来看，排名前 3 的城市分别为上海(72)、成都(38)、杭州(28)。从转移入度来看，排名前 3 的城市分别为上海(28)、南京(17)、武汉(16)，上海的技术转入和转出都远超过其他节点。从专利流动方向来看，在技术创新网络第一等级城市和第二等级城市中，仅武汉为专利净流入。上海是专利净流出最多的城市，专利净流出 102 项。技术创新网络第二等级城市平均净流出专利 9.5 项，第三等级城市平均净流入专利 4.61 项，第四等级城市平均净流入专利 0.32 项。技术创新网络第一等级城市和第二等级城市总体表现为专利流出状态，创新网络第三等级城市和第四等级城市总体表现为专利流入状态，并且第三等级城市吸收专利的能力更强。

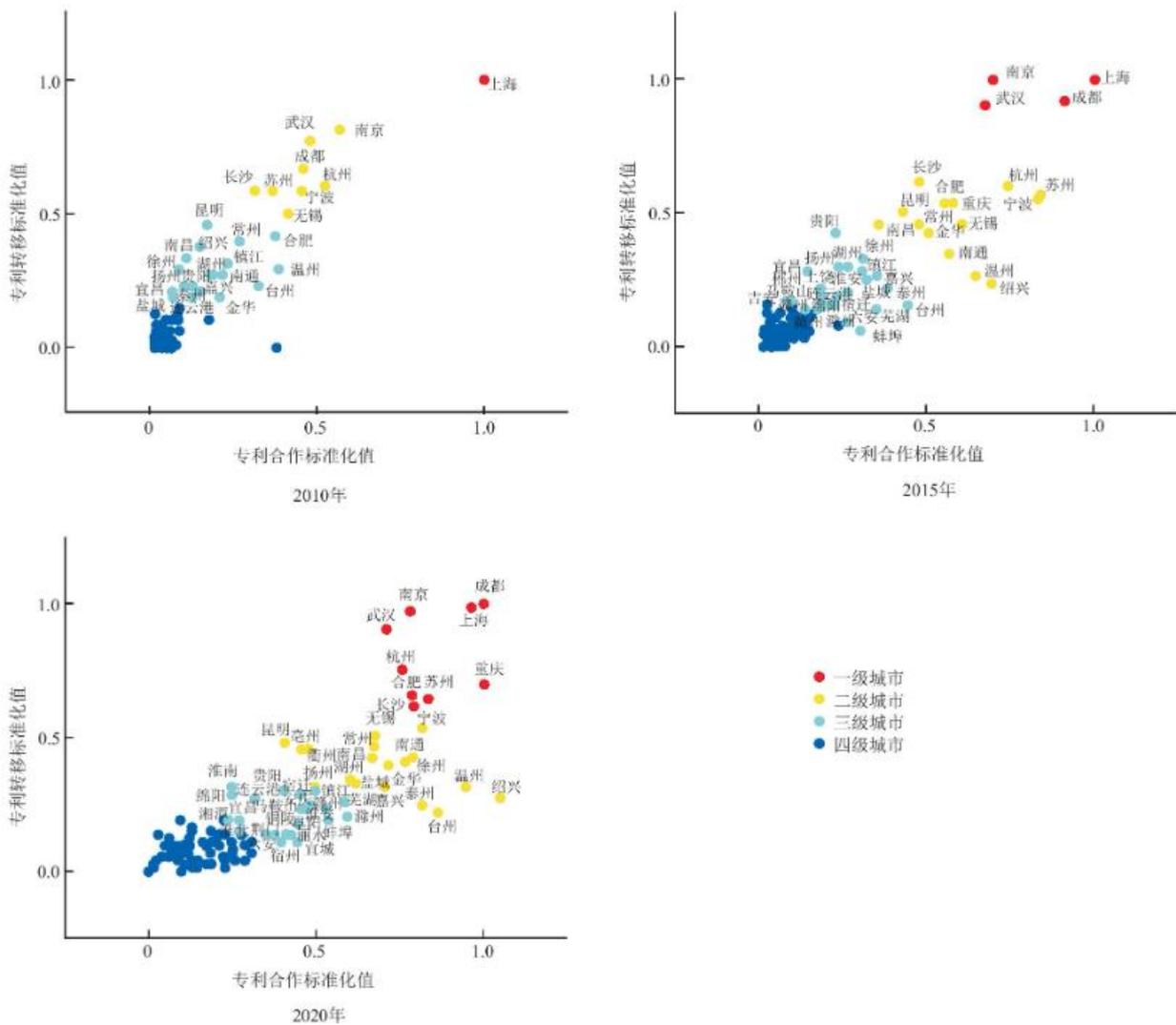


图2 长江经济带技术创新网络中的城市等级分类

2015年，更多的节点在长江经济带技术流动与合作中扮演了重要的角色。成都、南京、武汉升级为技术创新网络第一等级城市，上海保持不变，技术创新网络第一等级城市总数量达到4个。绍兴、温州、重庆、南通、合肥、金华、常州、昆明、南昌等城市升至技术创新网络第二等级城市，技术创新网络第二等级城市的总量达到14个。从专利合作度来看，不同技术创新网络第一等级城市的技术转移量差异较大，上海(160)、苏州(139)的技术转移量明显高于南京(115)和武汉(108)。从转移出度来看，前10名全部为技术创新网络第一等级和第二等级城市，宁波(120)成为转移出度最高的城市。从转移入度来看，上海(48)、成都(42)位列前2名，苏州(37)、绍兴(37)为并列第3名。从专利转移方向来看，有9个城市专利净流出超过100个，分别为宁波(396)、苏州(333)、上海(250)、绍兴(249)、金华(194)、杭州(174)、南京(137)、成都(128)、蚌埠(110)，其中大部分都为创新网络第一等级城市和第二等级城市，蚌埠为技术创新网络第三等级城市。有5个城市专利净流入超过100，分别为南通(546)、嘉兴(281)、淮安(178)、合肥(117)、盐城(116)，其中南通和合肥为技术创新网络第二等级城市，嘉兴、淮安、盐城为技术创新网络第三等级城市。4个技术创新网络第一等级城市全部为专利净流出，平均专利净流出146.5项，相比2015年技术辐射带动作用增强。技术创新网络第二等级城市则表现出明显的差异，8个城市表现为专利净流出，6个城市表现为专利净流入，平均专利净流出47.8项。技术创新网络第三等级城市和第四等级城市平均专利净流入量分别为36.8项和5.3项。

2020年，杭州、合肥、苏州、长沙、重庆等5个城市从技术创新网络第二等级城市升至第一等级城市，总数量达到9个，上游和中游地区的第一等级城市数量各有2个，下游则达到5个。技术创新网络第二等级城市的数量从14个增至18个。在省会城市中，除贵阳为技术创新网络第三等级城市外，其他省会都为第一等级和第二等级城市。省会城市在长江经济带技术知识流动与合作中扮演了重要的角色。从合作度来看，技术创新网络第一等级城市之间的合作度仍然保持了较大的差异，最高的成都(219)、上海(216)、南京(213)超过200，而合肥(144)、苏州(141)、长沙(135)则较低。从转移出度来看，成都(182)、绍兴(174)、温州(174)、宁波(152)的转移出度超过150。从转移入度来看，排名前3的城市分别为重庆(76)、上海(69)、绍兴(69)。从专利转移方向来看，技术创新网络第一等级城市中，只有重庆、南京表现为专利净流入，分别净流入599、101项，第一等级城市平均净流出专利409.7项。技术创新网络第二等级城市平均净流入专利137.1项，第三等级城市平均净流入专利4.9项，第四等级城市平均净流入专利18.8项。总体来看，技术创新网络第一等级城市进一步强化了辐射带动作用，第二等级城市吸收成果的力大幅提升，区域协同创新能力进一步提高。

### 2.3 专利净流入量影响因素分析

从不同类型城市的专利转移特征可以发现，随着城市发展，可能存在从专利净流入到专利净流出转变的趋势。使用回归分析定量检验专利净流入量与人均GDP、专利申请量之间是否存在倒U形的关系。考虑到专利研发和申请周期，本文所选用的变量均为滞后2期。分别在模型1和模型2中加入ln人均GDP和ln专利申请量的二次项，将行政中心、实际利用外资占GDP比值、ln万人在校大学生数量作为控制变量。其中，行政中心为虚拟变量，当城市为省会、副省级或直辖市时赋值为1，否则赋值为0。结果如表1所示，人均GDP、专利申请量与专利净流入量之间为显著的倒U形关系。随着经济的发展，经济和技术强的城市辐射带动作用不断增强。在控制变量中，ln万人在校大学生在两个模型中都表现为显著的负相关关系，意味着城市创新人才集聚在加强城市创新能力的基础上，城市技术溢出的可能性也在提高。

表1 专利净流入量回归结果

	模型1	模型2
ln 人均GDP	1 453.10***	
ln 人均GDP <sup>2</sup>	-70.07***	
ln 专利申请量		217.37***
ln 专利申请量 <sup>2</sup>		-14.24***
行政中心	-112.90**	-72.56
实际利用外资占GDP 比值	4 356.68	6 137.59
ln 万人在校大学生	-27.68*	-32.17**
常数	-7 366.77***	-641.84***

注：\*表示  $p < 0.1$ ；\*\*表示  $p < 0.05$ ，\*\*\*表示  $p < 0.01$ 。

## 2.4 多维邻近性对专利转移与合作的影响

专利转移因子探测结果如表 2 所示。2010 年，认知邻近和地理邻近的影响并不显著，只有社会邻近和技术邻近较为显著。到 2015 年，认知邻近、社会邻近、制度邻近、经济邻近、技术邻近和地理邻近的影响变得更为显著。2020 年，认知邻近、社会邻近、制度邻近、经济邻近、技术邻近的解释力出现了下降，而地理邻近的解释力进一步增强，产业邻近的影响也开始变得显著。分析其原因，除了区域创新能力的提升，重大国家发展战略特别是区域一体化的推进也发挥了重要作用。随着长江三角洲城市群、成渝城市群、长江中游城市群的建设和技术创新网络中心城市的发展，创新要素在区域间的流动逐渐增多，多维邻近性对技术转移的影响也随之变得显著。

表 2 专利转移因子探测结果 导出到 EXCEL

	2010	2015	2020
认知邻近	0.01	0.027***	0.054***
社会邻近	0.016*	0.025***	0.032***
制度邻近	0.009	0.027***	0.023***
经济邻近	0.03	0.020***	0.019***
产业邻近	0.013	0.008	0.006***
技术邻近	0.030*	0.021***	0.017***
地理邻近	0.03	0.058***	0.073***

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

专利合作因子探测结果如表 3 所示。在 2010 年，只有认知邻近、社会邻近、经济邻近、地理邻近具有显著性。到 2015 年，认知邻近、制度邻近、经济邻近、产业邻近、技术邻近、地理邻近都具有显著性，解释力也均出现提升，社会邻近变得不显著。2020 年，社会邻近变得显著；制度邻近和社会邻近的解释力增强，认知邻近、经济邻近、产业邻近和技术邻近的解释力减弱，地理邻近的解释力没有变化。3 个年份中，地理邻近、经济邻近的解释力始终位列前 2 名。

表 3 专利合作因子探测结果

	2010	2015	2020
认知邻近	0.008*	0.009***	0.008***
社会邻近	0.006*	0.002	0.003*

制度邻近	0.006	0.007**	0.012***
经济邻近	0.038***	0.039***	0.015***
产业邻近	0.005	0.025***	0.013***
技术邻近	0.005	0.024***	0.009***
地理邻近	0.024**	0.025***	0.025***

注：\*表示  $p < 0.1$ , \*\*表示  $p < 0.05$ , \*\*\*表示  $p < 0.01$ .

技术转移的交互探测结果如表 4 所示。总体来看, 3 个年份排名前 10 的交互项中, 有 16 个为地理邻近和其他邻近的交互项, 各个年份 q 值最高的交互项都包含地理邻近。从变化趋势来看, 各年份解释力最高的交互项 q 值呈现下降趋势。但并非所有交互项都呈单调下降的趋势。从 2015 到 2020 年, 除了技术邻近  $\cap$  地理邻近、地理邻近  $\cap$  制度邻近外, 其他交互项的解释力都出现了上升。3 个年份排名前 10 的交互项全部为非线性增强, 意味着邻近性的交互作用对技术转移的解释力远大于单一邻近性的解释力。邻近性因子之间对技术转移的影响既不是单一因子起作用, 也不是简单的叠加过程, 而是在不同邻近因子的交互作用下, 呈现出非线性增强的关系。

表 4 技术转移因子交互探测结果

序号	2010 年		序号	2015 年		序号	2020 年	
	交互项	q 值		交互项	q 值		交互项	q 值
1	地理邻近 $\cap$ 经济邻近	0.258**	1	地理邻近 $\cap$ 制度邻近	0.190**	1	地理邻近 $\cap$ 经济邻近	0.162**
2	产业邻近 $\cap$ 经济邻近	0.135**	2	技术邻近 $\cap$ 地理邻近	0.142**	2	技术邻近 $\cap$ 地理邻近	0.140**
3	地理邻近 $\cap$ 产业邻近	0.130**	3	地理邻近 $\cap$ 经济邻近	0.128**	3	地理邻近 $\cap$ 制度邻近	0.134**
4	经济邻近 $\cap$ 制度邻近	0.130**	4	地理邻近 $\cap$ 产业邻近	0.112**	4	地理邻近 $\cap$ 产业邻近	0.126**
5	技术邻近 $\cap$ 地理邻近	0.122**	5	技术邻近 $\cap$ 制度邻近	0.097**	5	经济邻近 $\cap$ 认知邻近	0.102**
6	经济邻近 $\cap$ 社会邻近	0.102**	6	技术邻近 $\cap$ 经济邻近	0.092**	6	制度邻近 $\cap$ 认知邻近	0.092**
7	地理邻近 $\cap$ 制度邻近	0.100**	7	制度邻近 $\cap$ 认知邻近	0.081**	7	技术邻近 $\cap$ 认知邻近	0.087**
8	技术邻近 $\cap$ 经济邻近	0.096**	8	制度邻近 $\cap$ 社会邻近	0.076**	8	地理邻近 $\cap$ 认知邻近	0.084**
9	技术邻近 $\cap$ 产业邻近	0.095**	9	地理邻近 $\cap$ 社会邻近	0.071**	9	地理邻近 $\cap$ 社会邻近	0.083**

10	技术邻近∩制度邻近	0.070**	10	地理邻近∩认知邻近	0.064**	10	产业邻近∩认知邻近	0.072**
----	-----------	---------	----	-----------	---------	----	-----------	---------

注：\*\*表示非线性增强，即  $q(X1 \cap X2) > q(X1) + q(X2)$ 。

技术合作的交互探测结果如表 5 所示。总体来看，3 个年份排名前 10 的交互项中，出现次数最多的是地理邻近和技术邻近，分别为 12 次和 11 次。2015 年，只有技术邻近∩经济邻近、技术邻近∩地理邻近有所提高，其他交互项都表现为下降；2020 年各交互项呈现出波动的特点，没有明显趋势。2010 年探测值前 10 的交互关系中，有 3 项是与技术邻近交互作用后显著强化了对技术合作的解释力。在 2015 和 2020 年有 4 项是与技术邻近交互作用。解释力最高的交互项也从 2010 年的产业邻近∩经济邻近，变为了技术邻近与其他因子的交互项。这表明技术邻近与其他邻近因子交互对城市间技术合作的影响呈不断增强趋势。3 个年份排名前 10 的交互项同样全部为非线性增强，邻近因子的交互作用对技术合作的解释力远大于单一邻近性的解释力。

表 5 技术合作因子交互探测结果

序号	2010 年		序号	2015 年		序号	2020 年	
	交互项	q 值		交互项	q 值		交互项	q 值
1	产业邻近∩经济邻近	0.220**	1	技术邻近∩经济邻近	0.253**	1	技术邻近∩制度邻近	0.172**
2	地理邻近∩经济邻近	0.185**	2	产业邻近∩经济邻近	0.192**	2	技术邻近∩经济邻近	0.147**
3	经济邻近∩制度邻近	0.167**	3	技术邻近∩制度邻近	0.189**	3	地理邻近∩制度邻近	0.133**
4	技术邻近∩经济邻近	0.152**	4	经济邻近∩制度邻近	0.179**	4	经济邻近∩制度邻近	0.119**
5	产业邻近∩制度邻近	0.150**	5	地理邻近∩产业邻近	0.168**	5	地理邻近∩产业邻近	0.110**
6	经济邻近∩社会邻近	0.137**	6	技术邻近∩产业邻近	0.156**	6	技术邻近∩产业邻近	0.107**
7	地理邻近∩产业邻近	0.121**	7	技术邻近∩地理邻近	0.132**	7	地理邻近∩经济邻近	0.078**
8	地理邻近∩制度邻近	0.086**	8	地理邻近∩经济邻近	0.126**	8	地理邻近∩技术邻近	0.077**
9	地理邻近∩技术邻近	0.080**	9	地理邻近∩制度邻近	0.122**	9	产业邻近∩经济邻近	0.069**
10	技术邻近∩产业邻近	0.074**	10	产业邻近∩制度邻近	0.103**	10	产业邻近∩制度邻近	0.053**

注：\*\*表示非线性增强，即  $q(X1 \cap X2) > q(X1) + q(X2)$ 。

### 3 结论与讨论

本文运用长江经济带的城市间专利转移与合作数据，使用 K-means 聚类、地理探测器等方法，通过分析长江经济带技术转移与合作的时空演化特征，研究了区域技术创新网络的演化与影响机制，得到以下结论：

(1)长江经济带的技术创新网络呈现明显的异质性特征。从网络来看,技术转移与技术合作都表现为长江下游密集、中上游合作相对偏弱,其中下游地区内部的创新联系在长江经济带技术创新网络中地位显著。从具体城市看,重要节点城市集中在长江下游地区,长江下游的上海、苏州、南京、杭州等在网络中扮演了重要的角色,中游的武汉和长沙、上游的成都和重庆也发挥了重要的作用。

(2)长江经济带技术创新网络中的城市节点类型发生了较大的变化,协同创新发展趋势不断增强。技术创新网络中心城市数量逐渐增多,技术创新网络第一等级和第二等级城市总量从2010年的9个增长到2020年的27个。第一等级城市的带动作用不断提升,东中西部协同发展趋势逐渐增强。城市在技术创新网络中的等级提升与行政等级有着明显的联系,省会城市和副省级城市地位提升明显。

(3)专利流动方向、强度同技术、经济有着显著的关系。专利净流入量与专利申请量、人均GDP呈现倒U形的关系。认知邻近、社会邻近、制度邻近、经济邻近、产业邻近、技术邻近和地理邻近都对技术转移与合作产生影响,但在不同时间其影响的强度和显著性存在差异。不同邻近因子具有显著的交互增强作用,其中地理邻近与其他邻近因子交互项对技术转移与合作影响的解释力最为突出。

创新网络的测度是多维度的,包括技术、知识、人才等多个方面,本文使用专利合作和专利转移数据表征创新网络,反映了技术维度的创新网络,长江经济带知识和人才的流动仍然有待探究。在数据方面,本文使用2010、2015、2020年的数据,在今后可以扩充为连续年份的数据,并拓展创新网络的维度,从而更加全面准确反映长江经济带创新网络的演化特征和影响因素。

围绕长江经济带的区域协调创新与高质量发展,建议发挥上海张江、安徽合肥综合性国家科学中心的创新辐射带动能力,推动中上游布局综合性国家科学中心,提高中上游城市创新能力。畅通创新资源要素流动,增强创新网络中心城市对周边区域创新带动作用,加强上中下游之间的创新联系,促进长江经济带协同创新发展。

## 参考文献

- [1] DUNNING J H.Regions, globalization, and the knowledge-based economy [M].Oxford:University Press, 2002.
- [2] 段德忠, 杜德斌.科技地缘政治:从现实到理论——关于地理学加强科技地缘政治研究的思考 [J].地理科学, 2023, 43(1):20-30. DUAN D Z, DU D B.Geopolitics of science and technology (S&T):From reality to theory:Some thoughts on strengthening the research on geopolitics of S&T by Geography [J].Scientia Geographica Sinica, 2023, 43(1):20-30.
- [3] BOSCHMA R, IAMMARINO S.Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy [J].Economic Geography, 2009, 85(3):289-311.
- [4] WHITTINGTON K B, OWEN-SMITH J, POWELL W W.Networks, propinquity, and innovation in knowledge-intensive industries [J].Administrative Science Quarterly, 2009, 54(1):90-122.
- [5] 邓羽, 司月芳.西方创新地理研究评述 [J].地理研究, 2016, 35(11):2041-2052. DENG Y, SI Y F.The progress and prospect of innovation geography research in the West [J].Geographical Research, 2016, 35(11):2041-2052.
- [6] 王丰龙, 曾刚, 叶琴, 等.基于创新合作联系的城市网络格局分析——以长江经济带为例 [J].长江流域资源与环境, 2017, 26(6):797-805. WANG F L, ZENG G, YE Q, et al.Analysis of city network based on innovation cooperation:Case study of Yangtze River Economic Belt [J].Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(6):797-805.

- 
- [7] CASTELLS M. The rise of the network society [M]. Oxford: Black well, 1996.
- [8] BERGMAN E M. Embedding network analysis in spatial studies of innovation [J]. *The Annals of Regional Science*, 2009, 43 (3) : 559-565.
- [9] 刘承良, 管明明, 段德忠. 中国城际技术转移网络的空间格局及影响因素 [J]. *地理学报*, 2018, 73 (8) : 1462-1477. LIU C L, GUAN M M, DUAN D Z. Spatial pattern and influential mechanism of interurban technology transfer network in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73 (8) : 1462-1477.
- [10] 刘承良, 牛彩澄. 东北三省城际技术转移网络的空间演化及影响因素 [J]. *地理学报*, 2019, 74 (10) : 2092-2107. LIU C L, NIU C C. Spatial evolution and factors of interurban technology transfer network in Northeast China from national to local perspectives [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74 (10) : 2092-2107.
- [11] 宓泽锋, 曾刚. 创新松散型产业的创新网络特征及其对创新绩效的影响研究——以长江经济带物流产业为例 [J]. *地理研究*, 2017, 36 (9) : 1653-1666. MI Z F, ZENG G. The innovation network characteristics of innovation-loose industry and its impact on innovation performance: An empirical analysis on the logistics industry of the Yangtze River Economic Belt [J]. *Geographical Research*, 2017, 36 (9) : 1653-1666.
- [12] GUI Q, LIU C, DU D. Globalization of science and international scientific collaboration: A network perspective [J]. *Geoforum*, 2019, 105: 1-12.
- [13] BOSCHMA R. Proximity and innovation: A critical assessment [J]. *Regional Studies*, 2005, 39 (1) : 61-74.
- [14] KNOBEN J, OERLEMANS L A G. Proximity and inter-organizational collaboration: A literature review [J]. *International Journal of Management Reviews*, 2006, 8 (2) : 71-89.
- [15] TORRE A, RALLET A. Proximity and localization [J]. *Regional Studies*, 2005, 39 (1) : 47-59.
- [16] 李颖, 马双, 富宁宁, 等. 中国沿海地区海洋产业合作创新网络特征及其邻近性 [J]. *经济地理*, 2021, 41 (2) : 129-138. LI Y, MA S, FU N N, et al. The characteristics and proximity of cooperative innovation network of marine industry in China's coastal areas [J]. *Economic Geography*, 2021, 41 (2) : 129-138.
- [17] 赵向阳, 李海, 孙川. 中国区域文化地图: “大一统”抑或“多元化”? [J]. *管理世界*, 2015 (2) : 101-119, 187-188. ZHAO X Y, LI H, SUN C. The regional cultural map in China: Is it “the great unification” or “the diversification”? [J]. *Management World*, 2015 (2) : 101-119, 187-188.
- [18] 焦美琪, 杜德斌, 桂钦昌, 等. “一带一路”视角下城市技术合作网络演化特征与影响因素研究 [J]. *地理研究*, 2021, 40 (4) : 913-927. JIAO M Q, DU D B, GUI Q C, et al. The spatio-temporal evolution and influencing factors of urban technical corporation networks: From the perspective of Belt and Road [J]. *Geographical Research*, 2021, 40 (4) : 913-927.
- [19] JAFFE A. Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firms' patents, profits and market value [J]. *The American Economic Review*, 1986, 76 (5) : 984-1001.

- 
- [20] 夏丽娟, 谢富纪, 王海花. 制度邻近、技术邻近与产学协同创新绩效——基于产学联合专利数据的研究 [J]. 科学学研究, 2017, 35(5):782-791. XIA L J, XIE F J, WANG H H. The impact of institutional proximity and technological proximity on industry-university collaborative innovation performance: An analysis of joint-patent data [J]. Studies in Science of Science, 2017, 35(5):782-791.
- [21] 展亚荣, 谷人旭. 中国网络游戏产业合作网络特征及其多维邻近性机制 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(7):1145-1155. ZHAN Y R, GU R X. Characteristics and multi-dimensional proximity mechanism of the online game industry cooperative network in China [J]. Progress in Geography, 2022, 41(7):1145-1155.
- [22] HOEKMAN J, FRENKEN K, TIJSSEN R J W. Research collaboration at a distance: Changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe [J]. Research Policy, 2010, 39(5):662-673.
- [23] LIU C, NIU C, HAN J. Spatial dynamics of intercity technology transfer networks in China's three urban agglomerations: A patent transaction perspective [J]. Sustainability, 2019, 11(6):1647.
- [24] 席强敏, 李国平, 孙瑜康, 等. 京津冀科技合作网络的演变特征及影响因素 [J]. 地理学报, 2022, 77(6):1359-1373. XI Q M, LI G P, SUN Y K, et al. Evolutionary characteristics of science and technology cooperation network of Beijing-Tianjin-Hebei region and its influencing factors [J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(6):1359-1373.
- [25] 张翼鸥, 谷人旭, 马双. 中国城市间技术转移的空间特征与邻近性机理 [J]. 地理科学进展, 2019, 38(3):370-382. ZHANG Y O, GU R X, MA S. Spatial characteristics and proximity mechanism of technology transfer among cities in China [J]. Progress in Geography, 2019, 38(3):370-382.
- [26] 马茹, 王宏伟. 中国城市群创新非均衡性 [J]. 技术经济, 2017, 36(3):54-60. MA R, WANG H W. Spatial inequality of innovation in Chinese metropolitan areas [J]. Technology Economics, 2017, 36(3):54-60.
- [27] EVENDEN L J, HAGERSTRAND T. Innovation diffusion as a spatial process [J]. Social Forces, 1969, 47(3):356-357.
- [28] 潘雄锋, 张静, 米谷. 中国区际技术转移的空间格局演变及内部差异研究 [J]. 科学学研究, 2017, 35(2):240-246. PAN X F, ZHANG J, MI G. Spatial pattern evolution and inner differences of Chinese interregional technology transfer [J]. Studies in Science of Science, 2017, 35(2):240-246.
- [29] 杨德新. 论技术转移与长江经济带的开发 [J]. 中南财经大学学报, 1995(4):49-53. YANG D X. On technology transfer and the development of the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of Zhongnan University of Finance and Economics, 1995(4):49-53.
- [30] 陈跃刚, 张弛, 吴艳. 长江三角洲城市群多维邻近性与知识溢出效应 [J]. 城市发展研究, 2018, 25(12):34-44. CHEN Y G, ZHANG C, WU Y. Proximities and knowledge spillover in the Yangtze River Delta [J]. Urban Development Studies, 2018, 25(12):34-44.
- [31] 刘毓芸, 徐现祥, 肖泽凯. 劳动力跨方言流动的倒U型模式 [J]. 经济研究, 2015, 50(10):134-146, 162. LIU Y Y, XU X X, XIAO Z K. The pattern of labor cross-dialects migration [J]. Economic Research Journal, 2015, 50(10):134-146, 162.

---

[32] 章屹祯, 汪涛, 张晗. 基于金融细分行业的长三角城市网络的组织模式及驱动因素 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(4):567-581. ZHANG Y Z, WANG T, ZHANG H. Organizational models and driving factors of the Yangtze River Delta urban network based on different financial industries [J]. Progress in Geography, 2022, 41(4):567-581.

[33] KOTABE M, DUNLAP-HINKLER D, PARENTE R, et al. Determinants of cross-national knowledge transfer and its effect on firm innovation [J]. Journal of International Business Studies, 2007, 38(2):259-282.

[34] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1):116-134. WANG J F, XU C D. Geodetector: Principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1):116-134.