

长江经济带城市创新能力差异的时空格局演变^{*1}

武晓静^{1,2} 杜德斌^{1,2*} 肖刚³ 管明明^{1,2}

(1. 华东师范大学城市与区域科学学院, 上海 200062;

2. 华东师范大学科技创新与发展战略研究中心, 上海 200062;

3. 江西财经大学旅游与城市管理学院, 江西 南昌 330031)

【摘要】: 以长江经济带 130 个城市作为空间观测单元, 以专利申请量作为衡量各城市创新能力的指标, 对长江经济带各城市 2000~2014 年创新能力的空间分布及演化进行分析。研究表明: (1) 从时空总体演变来看, 长江经济带城市创新能力表现出非常显著的区域差异, 且呈现出由渐进式集聚向缓慢扩散的发展趋势。(2) 从空间聚类分布来看, 长江经济带创新能力较高的城市主要分布在东部的长三角地区和中西部的省会城市地区。(3) 从空间分布演变来看, 长江经济带城市创新能力表现出显著的空间自相关, 空间分布集聚态势增强, 但在地理空间的差异上呈现出缩小的趋势, 且不同集聚区在不同空间范围上都表现出一定的扩展与收缩态势。(4) 城市的经济发展水平、创新主体、创新投入及创新基础设施的差异性, 对长江经济带城市创新能力呈现出不均衡的空间分布产生重要影响。

【关键词】: 长江经济带城市; 创新能力差异; 时空格局

【中图分类号】: F127 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2017)04 - 0490 - 10

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201704002

科技创新是经济增长的不竭动力, 新经济增长理论认为技术创新是促进经济增长的主要驱动力^[1]。随着经济全球化的深入发展和知识经济的快速发展, 综合国力的竞争越来越多地体现为创新能力的竞争, 世界各国对科学技术重要性的认识越来越深刻^[2]。创新作为关键性的竞争要素, 创新资源高度集聚的地区不仅能够代表国家参与全球竞争与国际分工, 而且正日益成为提升国家或区域创新竞争力的主导地区。长江经济带各城市聚集的创新资源成为驱动长江经济带经济社会发展的重要引擎, 同时核心城市创新资源极化效应导致长江经济带城市之间创新能力差异不断拉大, 进而影响长江经济带整体创新发展, 最终影响创新驱动发展战略和长江经济带建设战略的实施^[3]。因此, 分析长江经济带城市创新能力差异的时空格局演变尤为重要。

长江经济带横跨我国东中西部, 与沿海经济带共同构成我国国土开发和经济建设的“T”字型宏观格局, 在我国经济发展和创新格局中具有极其重要的战略地位。目前对长江流域的研究主要集中于区域整体发展^[4]、区域空间结构^[5]、区域经济差异与发

¹ 收稿日期: 2016-07-26; 修回日期: 2016-10-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41471108) [National Natural Science Foundation of China (41471108)]

作者简介: 武晓静(1991~), 女, 硕士研究生, 主要从事城市与区域创新方面研究. E-mail: xj_w021@163.com

*通讯作者 E-mail: dbdu@re.ecnu.edu.cn

展^[6, 7]及产业分工协调^[8]等方面, 而从时空分布角度研究的文章主要集中于区域经济差异方面。但对于长江经济带创新方面的研究较少, 主要是从不同角度对区域创新能力差异进行比较研究^[9, 10]及其战略创新方面的研究^[11]。在研究方法上, 对于长江经济带创新差异的研究主要采用标准指数、变差系数、区位基尼系数及集中度指数^[9]和系统聚类分析方法^[10]等。故本研究引入空间聚类分析法、碎化指数及变异系数和空间自相关 Moran' s I 指数, 从时间演变和空间演变的视角深入到长江经济带城市尺度对其创新能力差异的动态演变特征进行研究, 从而为缩小长江经济带各城市间的创新能力差异提供科学政策依据, 对整个国家及长江流域各城市发展都具有重要的现实意义。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区域

本研究区域是依据 2014 年国务院发布的《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》^②中指出的包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州 11 个长江经济带覆盖省, 以城市为研究单元对各省份进行行政区域的划分, 主要涉及 11 个省份的 130 个地级市。

1.2 数据来源

国内有诸多学者利用专利数据来衡量一个城市的创新能力^[12~17], 尽管学术界在探讨哪些指标最适合测度创新产出的问题上未形成共识, 所选择的指标也仅能部分地反映区域创新程度。但是, 专利在创新过程中的每个阶段都扮演重要角色, 专利数据为分析区域知识创新的时空分布提供了重要的信息^[18, 19], 仍然是到目前为止刻画知识创新最为合适与常用的指标^[20]。因为无论专利最终被批准与否, 申请这个产权都包含了支持者重要的成本, 并注重发明相关的新颖性和盈利能力特征^[21]。因此, 本研究采用 2000~2014 年长江经济带 11 个省份 130 个地级市专利申请数量来分析长江经济带城市创新能力差异的时空格局演变, 数据来源于国家知识产权局专利信息服务平台^③。对于专利申请量分布差异的解释变量(工业总产值、高等学校数量、人均地区生产总值、科学支出、互联网用户数量)主要来源于中国城市统计年鉴。

1.3 研究方法

1.3.1 空间聚类分析方法

ArcGIS 里的空间聚类分析法可以在分级数确定的情况下, 依据聚类分析将长江经济带各城市的专利数量以组内方差最小组间方差最大进行分级, 该方法能较好地保持数据的统计特性, 且有利于识别出专利数量的潜在分类与空间分布模式。空间聚类分析可对长江经济带各城市专利数量的空间格局进行等级划分, 确定长江经济带城市创新的空间核心及主体结构^[22]。

1.3.2 碎化度指数及变异系数

专利申请量空间分布碎化指数, 即不同城市的专利申请量占整个研究区域总量的百分比的平方根相加。假设 i 省份或城市的专利申请量为 x_i ($i = 1, 2, \dots, n$), 则

² ①人民网. 国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见. [EB/OL].

<http://leaders.people.com.cn>, 2014-09-25.

³ ②专利信息服务平台 [EB/OL]. <http://search.cnipr.com/pages!advSearch.action>, 2015-11-25.

$$y_i = x_i / \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$I = \sum_{i=1}^n \sqrt{y_i} \quad (2)$$

式中：I 为碎化指数； y_i 为 i 城市的专利申请量占整个研究区域申请量的比重。I 的范围为 1~n。当 $y_i=1$ 时，I 值最小，专利申请分布高度聚集，说明区位分布越不均衡。当所有 y_i 都相等时，I 值最大，专利申请的空间分布绝对均匀。该模型可以测度长江经济带城市创新能力差异区位分布随时间演变的集聚与分散发展态势^[23]。

专利申请量空间分布变异系数，即城市的专利申请量标准差除以平均数。它是一个相对值，没有单位，其大小同时受平均数与标准差的影响，在比较两个或两个以上样本变异程度时，变异系数不受平均数与标准差大小的限制。变异系数越大，波动程度越大。变异系数可表示为：

$$C.V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \times 100\% \quad (3)$$

式中 S 表示标准差， \bar{x} 表示平均值。变异系数 >100% 属于强变异（即相对差异程度很大），介于 10% 和 100% 之间的属于中等变异（即相对差异程度较大），小于 10% 的属于弱变异（即相对差异程度较小）。变异系数可以很好的表征长江经济带城市创新能力的相对差异程度。

1.3.3 全局空间自相关 Moran' s I 指数与局域 Local Moran' s I 指数

全局 Moran' s I 定义是：

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij} z_i z_j}{\sigma \sum_{j=1}^n \sum_{j \neq i}^n W_{ij}} \quad (4)$$

式中：n 是观察值的数目； x_i 是在位置 i 的观察值； z_i 是 x_i 的标准化变换， $z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ ， $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ，

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

。通过标准化的权重矩阵计算的全局 Moran' s I 指数值介于 -1 到 1 之间，[-1, 0)，0 和 (0, 1] 分别为空间负相关，空间不相关和空间正相关。原假设是没有空间自相关，根据下面标准化统计量参考正态分布表可以进行假设

检验：当 $|Z| \geq 2.58$ ， $p \leq 0.01$ 时非常显著；当 $|Z| \geq 1.96$ ， $p \leq 0.05$ 时显著；当 $|Z| < 1.96$ ， $p > 0.05$ 时不显著。

全局自相关主要用于测度长江经济带各城市专利产出的整体空间关联程度，但其假定空间是同质稳定的，忽略了空间对象存在空间异质性以及空间过程的潜在不稳定性问题。为弥补其不足，引入局部空间自相关分析，可有效度量区域内专利产出的空间关联度，LISA图可反映专利产出的局部空间差异，有助于识别专利产出的空间热点区域。其计算公式如下：

$$I_i(d) = z_i \sum_{j \neq i}^n W_{ij} z_j \quad (5)$$

该系数正值表示同样类型属性值的要素相邻近，负值表示不同类型属性值相邻近，该指数值的绝对值越大邻近程度越大。 z_i 和 z_j 是区域*i*和*j*上观测值的标准化， W_{ij} 是空间权重行标准化形式^[24]。

2 长江经济带城市创新能力差异的结果与分析

2.1 长江经济带城市创新能力的总体演变特征

根据碎化指数模型(如图1)，碎化指数*I*的取值范围应为1~11.4。2000~2014年长江经济带专利申请量的空间分布碎化度指数最小值为7.282，最大值为8.327，平均值为7.642，计算所得的碎化指数高于碎化指数*I*的一半，表明长江经济带专利申请量的空间分布碎化度指数较高，在空间分布上较为均匀。从碎化指数的时间演变可得：呈现标准的“U”字型，即由渐进式集聚向相对均匀的方向发展。其空间演变过程主要表现为二个阶段：第一个阶段是2000~2007年，碎化指数呈下降趋势，其空间分布趋向于集聚发展。第二个阶段是2007~2014年，碎化指数呈现上升趋势，处于由集中向均匀分布的扩散过程。表明长江经济带城市创新能力空间分布随着时间的推移趋向于均匀发展。

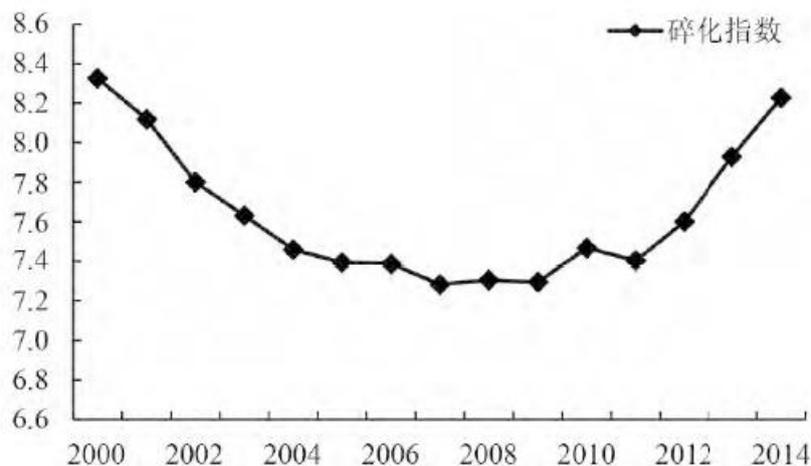


图1 2000~2014年长江经济带130个城市专利申请量的碎化指数
Fig.1 Index of Agglomeration- fragmentation of 130 Cities' Number of Patent Applications of the Yangtze River Economic Belt (2000-2014)

根据变异系数模型(如图 2)，2000~2014 年期间，长江经济带城市专利申请量的变异系数平均数达到 2.5，超过 1，表明长江经济带城市专利申请量属超强变异，即创新能力在空间分布上差异极大。从变异系数的时间演变图可知其呈现倒“U”型，研究期内差异系数呈现先上升后下降的趋势，2000~2006 年呈现缓慢上升趋势，而 2006 年之后开始下降，表明长江经济带城市专利申请量的空间分布相对差异经历了从增大到减小的过程，最终差异趋向于减小。该研究结果进一步佐证了碎化指数的测度结果。

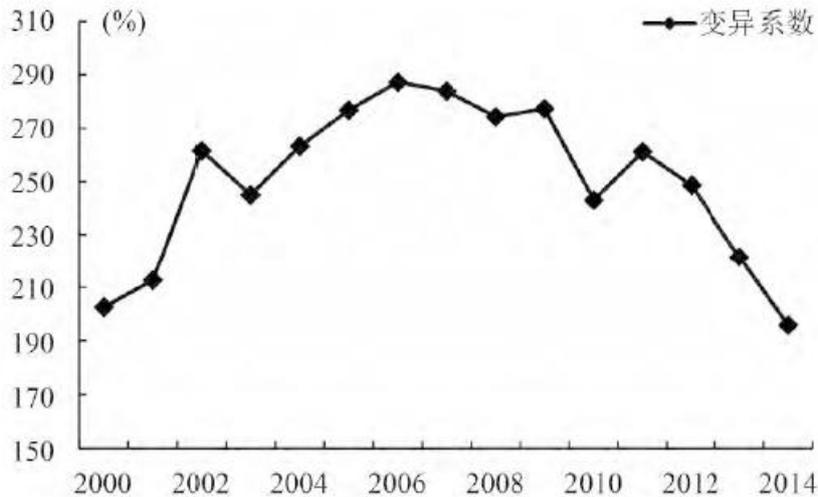


图 2 2000~2014年长江经济带130个城市专利申请量的变异系数
 Fig.2 Coefficient of Variation of 130 Cities' Number of Patent Applications of the Yangtze River Economic Belt (2000-2014)

2.2 长江经济带城市创新能力的空间分布

本研究选取 2014 年长江经济带各城市的专利申请量，利用 ArcGIS 的空间聚类分析功能，将其分为 4 个层次，据此得到长江经济带各城市专利申请量的空间分布格局(如图 3)，从中可发现其具有以下特征：①长三角城市间创新能力呈现出相对均衡发展的趋势。长三角地区是长江经济带城市申请专利量最为聚集的区域，该地区分布了 6 个居于第一层次的城市(第一层次城市共有 8 个)分别为上海、苏州、无锡、南京、杭州及宁波，并且这些城市周边同时聚集了许多第二、三层级的城市，如嘉兴、合肥、南通等。因此，长三角地区是长江经济带城市创新能力最强的地区。这是由于长三角地区研发投入大(2013 年 R&D 经费支出占到全国总支出的 26%)，高等院校及科研院所众多，设立在华跨国公司研发机构数量多，以及城市间交通网络密布，这极大促进了创新资源转移、知识与技术的城市间扩散与溢出效应，从而带动周边城市科技创新能力的逐步提高，使得该地区城市的科技创新能力一直处于较高水平。②创新能力较强的地区主要分布于长江经济带中的中西部各省的省会城市，如成都、重庆、武汉、长沙、昆明、贵阳、南昌。这是由于省会城市聚集大量的创新人才、创新资本等创新资源，以及良好的创新环境，从而成为全省创新极。然而这些城市中的成都与重庆位于第一层级，创新能力相对较强。这与成都和重庆不仅是成渝城市群的核心城市，也是长江经济带中西部地区的创新极城市，同时这两个城市既是西部地区创新资源高度聚集区，又是跨国公司在西部设立研发机构最多的城市。武汉与长沙位于第二层级，昆明、南昌、贵阳及绵阳位于第三层级，由于这些城市创新能力较弱，从而对其周边城市的辐射能力较小。总之，从整体来看中西部与东部相比，创新能力有一定差距。这是由于长江经济带中西部城市的经济发展水平、产业创新能力、企业创新水平、创新机构和创新环境等因素与东部地区都具有不少差距，这也是扩大长江经济带城市间创新能力差异的主要影响因素。

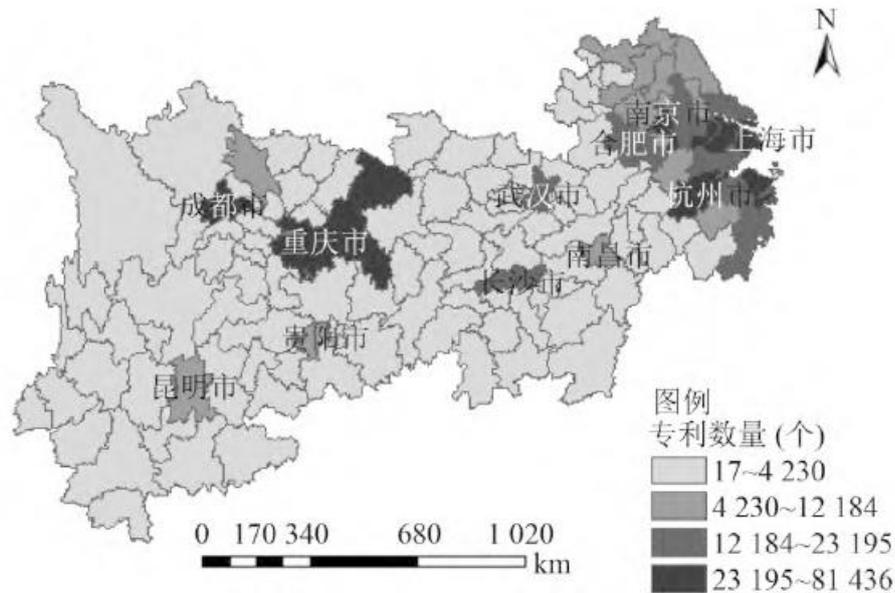


图3 2014年长江经济带130个城市专利申请量的空间分布格局

Fig.3 Spatial Distribution of 130 Cities' Number of Patent Applications of the Yangtze River Economic Belt in 2014

2.3 长江经济带城市创新能力差异空间分布的演变特征

碎化指数及变异系数仅仅揭示了创新活动的地理差异程度，但对一个区域的观测值与邻近地区的观测值以何种方式在空间上排列没有提供更多的信息。当然，空间差异的给定观测值实际上可能对应于变量不同的空间结构。本研究还使用了能够识别某一变量显著的区域模式非随机排列的空间自相关分析方法^[25, 26] (Anselin, 1996; Rey, 2001; Rey&Montouri, 1999)。空间自相关分析方法相对于泰尔指数更清晰明确地识别跨区域界限的集群模式。另外，地理距离对空间知识溢出发挥着不可忽视的作用，因此本研究利用空间自相关的显著性检验来识别创新在空间上是否存在显著的集群特性^[27]。

2.3.1 全局Moran's I分析

本研究通过Moran's I统计值来检验区域创新行为的全域空间自相关。由于在2006年之前，长江经济带各城市发展水平均相对落后，创新能力明显不足，各个区域之间的知识及技术溢出较弱，空间相关性不明显。故本研究选取的时间节点为2006~2014年，对长江经济带各城市的专利数据进行全局空间自相关分析。如表1所示，2006~2014年11个省130个城市创新活动的空间自相关Moran's I计算结果，该结果表明，130个城市专利申请量的Moran's I统计值在小于0.05的显著性水平表现出明显的空间自相关性。

表 1 130个城市专利创新活动的Moran's I统计值(2006~2014)

Tab.1 Moran's I of 130 Cities' Innovation Activities of the Yangtze River Economic Belt (2006-2014)

年份	Moran's I	P-value
2006	0.081 9	0.030
2007	0.144 6	0.010
2008	0.153 8	0.010
2009	0.174 1	0.010
2010	0.346 9	0.010
2011	0.443 2	0.010
2012	0.438 3	0.010
2013	0.443 4	0.010
2014	0.432 5	0.010
年均值	0.295 4	0.012

根据图 4 可知, 长江经济带城市创新产出呈现持续的空间集聚态势: 2006~2011 年全球 Moran's I 指数按年均 7.2% 的速度急速上升, 由 0.0819 上升至 0.4432, 全局的空间作用强度持续强化, 之后保持平稳。这表明尽管随着长江经济带的经济发展, 各个城市之间联系日益紧密, 合作创新的活动日益频繁, 带来知识与技术溢出效应有所增强, 城市创新能力空间聚集有所减弱。但长江经济带的城市创新空间高度聚集增强态势并不会产生根本改变。

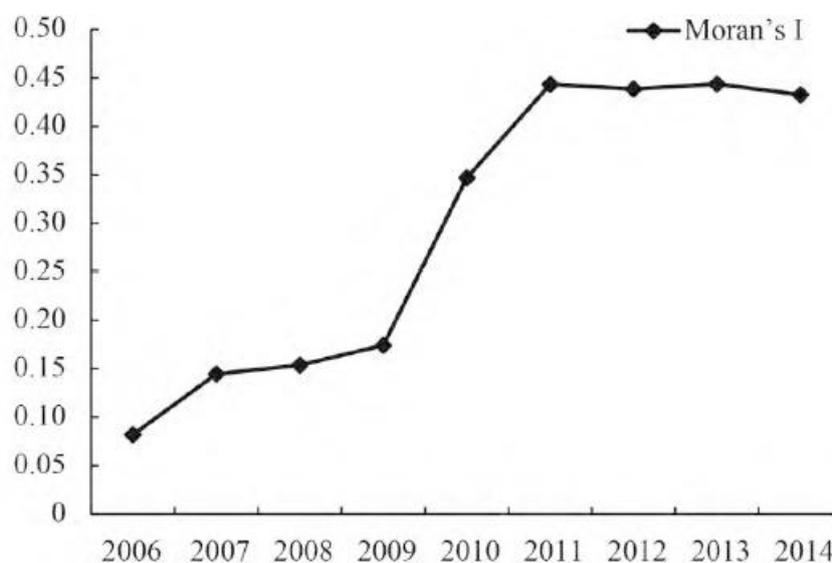


图 4 2006~2014年130个城市创新活动的Moran's I统计值

Fig.4 Moran's I of 130 Cities' Innovation Activities of the Yangtze River Economic Belt

2.3.2 局部 Moran's I (LISA) 相关分析

由于全局 Moran' s I 指数既不能表明具体地区的空间集聚特征强度，也不能反映出城市创新局域显著性空间变化的趋势。而局域空间自相关 LISA 指数可描述一个空间单元与其相邻空间专利产出的相似程度，从而表示每个局域服从全局总趋势的程度。因此，需要通过进一步测算局域空间自相关 LISA 指数，研究各城市之间是否存在局部集聚现象，更直观反应各城市创新能力的空间关联情况。结合 Moran' s I 散点图和局部 Moran' s I 指数进行分析。由于专利申请量能反映该城市科技成果的原始创新能力，是衡量一个城市技术创新能力和综合实力的重要标志之一，故在 Moran' s I 散点图中，以长江经济带各城市的专利数量为横坐标，专利数量的空间滞后值为纵坐标，以散点的横纵坐标的平均值为中心坐标，将平面图分为四个象限，4 个象限分别对应着不同城市的局部空间关联：第一象限是高高集聚区(H-H)，该象限内的城市创新能力及辐射周边城市创新能力均较强；第二象限是高低集聚区(H-L)，该象限内的城市创新能力较强，但辐射周边城市创新能力较弱；第三象限是低低集聚区(L-L)，该象限内的城市创新能力及辐射周边城市创新能力均较弱；第四象限是低高集聚区(L-H)，该象限内的城市创新能力较弱，但辐射周边城市创新能力较强。结合 Moran' s I 散点图和局部 Moran' s I 指数，分别做出 2000 年和 2014 年各城市在不同时期科技创新能力的 LISA 集聚地图(图 5、图 6)。随着时间的推移，4 种类型的空间分布与空间集聚区域均有不同程度的演变，科技创新能力在地理空间上的连续性逐渐增强。

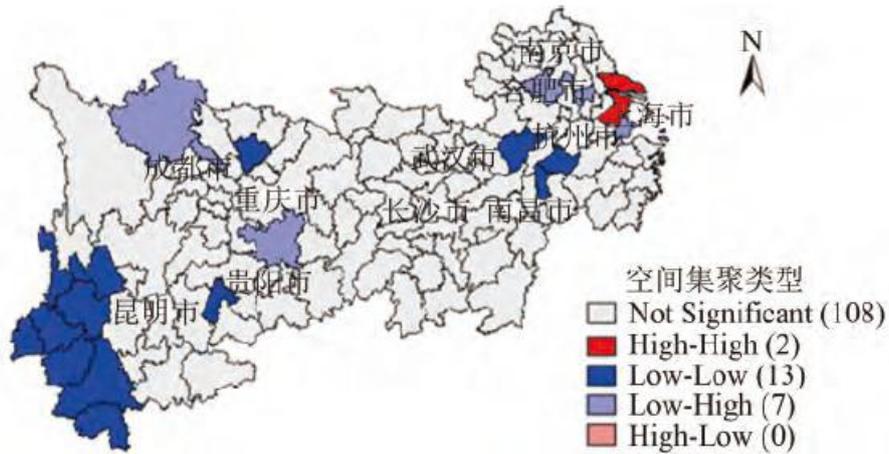


图 5 2000年长江经济带各城市创新能力LISA集聚分布图

Fig.5 LISA Cluster Map of Cities Innovation Abilities of the Yangtze River Economic Belt in 2000

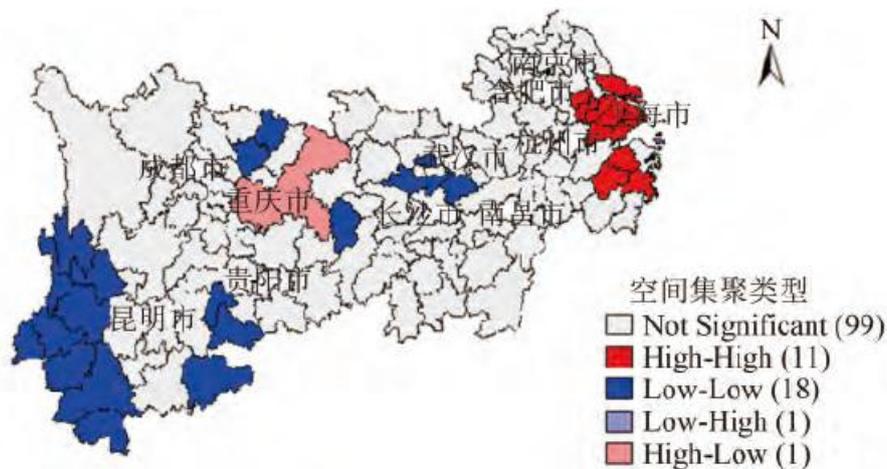


图 6 2014年长江经济带各城市创新能力LISA集聚分布图

Fig.6 LISA Cluster Map of Cities Innovation Abilities of the Yangtze River Economic Belt in 2014

(1) 高高集聚区(H-H)。该类地区科技创新能力远远高于周边城市，并成为其所在区域科技创新的增长极。主要集中于长三角地区，且呈现出集聚城市数量增加的态势。该类城市数量由2000年4个到2014年增至11个(这11个城市是上海、苏州、无锡、常州、南通、镇江、金华、湖州、嘉兴、绍兴、台州)。这些城市经济都比较发达，城市间联系密切，要素流动、转移及扩散等溢出效应明显，从而带动周边城市科技创新能力的逐步提高，这与范斐等学者观点一致^[24]。

(2) 高低集聚区(H-L)。落入该类地区仅有重庆市。这是由于重庆是中国四大直辖市之一、成渝城市群之一和长江经济带中西部地区的关键节点城市，其近几年来经济发展水平连续位于全国前列，创新投入日益加大，创新资源较为丰富，并且建立起了具有相当规模、门类齐全、研究成果于一体的创新体系^[28]。然而，尽管重庆市的创新能力相对较高，但对周边地区的创新能力辐射较弱，还是呈现出创新的极化效应，这也在一定程度上对该地区整体科技创新能力的提高起到了抑制作用。

(3) 低高集聚区(L-H)。该类地区是由科技创新能力提升较快地区向较慢地区的过渡区，其主要分布于科技创新能力增长较快的高值区附近。如在2000年时，该类型主要分布在四川的马尔康县、德阳市，重庆周边的遵义市及其安徽的滁州市、江苏的镇江市和浙江的嘉兴市。但到2014年时，聚集于该类地区的嘉兴市和镇江市发生空间转移，由于自身创新能力的不断提高及其周边高创新能力城市的辐射带动作用加速推动其转入高高集聚区。从总体来看，该类地区本身专利产出较低，增速较慢，区域创新能力较弱，受到科技创新能力提升较快地区的影响较小。

(4) 低低集聚区(L-L)。该类地区是创新能力较弱、创新增长速度较慢的集聚区，并以连片状主要聚集于长江经济带上游区域，处于本集聚区的城市数量表现为增加的趋势。该类区域由2000年的13个到2014年增加21个，这些城市主要来自长江经济带的中游与上游区域。这类地区之所以创新能力较低，首先在科技与智力资源方面基础薄弱，大学和科研院所数量很少，使得其生产新知识、新技术，培养新人才的能力有限；其次，该类地区企业缺乏创新活力，主动创新的能力较低；再者，该类地区市场发育程度低，直接影响到创新意识、创新机制、创新政策和创新体制等各方面，使得总体创新环境仍较差^[29]。

总体而言，长江经济带专利申请量呈现出较强的正向空间关联集聚特征，空间同质性显著(高高集聚与低低集聚)，而空间异质性(高低集聚与低高集聚)则不是特别显著，表明长江经济带区域创新存在显著的溢出效应。且这种溢出效应作用下带来的集聚态势在研究期内保持相对稳定，具有明显的路径依赖特征。作为区域增长极的高高集聚区主要分布在长三角地区，低低

集聚区则主要分布在长江经济带上游地区，这与前文的专利申请量空间分布格局特征相符。

3 长江经济带城市创新能力差异影响因素分析

3.1 回归分析

鉴于各地级市的专利申请量为非负整数，且被解释变量的方差明显大于期望，存在“过度分散”。因此，负二项式回归 (Negative Binomial Regression) 方法被引入研究专利产出与工业总产值、高等学校数量、人均地区生产总值、科学支出、互联网用户数量之间的作用机制：

$$P_i = \alpha + \beta_1 \text{aveGRP} + \beta_2 \text{GIOV} + \beta_3 \text{EST} + \beta_4 \text{HEI} + \beta_5 \text{NIS} + \varepsilon_i \quad (6)$$

式中， α 为常数项， ε_i 为随机误差项，其余变量含义解释如下。 P_i 表示第 i 个地级市的专利申请量，也是本文的被解释变量。 aveGRP 表示第 i 个城市的人均地区生产总值(元)， GIOV 表示第 i 个城市的工业总产值(万元)， EST 表示第 i 个城市的科学支出(万元)， HEI 表示第 i 个城市的普通高等学校数(个)， NIS 表示第 i 个城市的互联网用户数(万户)。由于行政区划的变动及其部分地级市数据缺失，本文选取长江经济带 108 个地级市 2010~2014 年的面板数据进行负二项回归。

3.2 结果与讨论

采用负二项回归模型分析方法，检验了各地级市专利申请量与工业总产值、高等学校数量、人均地区生产总值、科学支出和互联网用户数量的估计结果。从模型拟合程度来看，各因变量均具 1% 的显著性水平，模型拟合度较高，具较好解释力。

表 2 负二项式回归估计结果

Tab.2 Estimation Results of the Negative Binomial Regression

变量	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
aveGRP	0.047 3*** (0.007 62)	0.051 2*** (0.006 00)	0.040 1*** (0.004 69)	0.036 3*** (0.004 75)	0.037 8*** (0.004 71)
GIOV		1.265*** (0.068 7)	0.374*** (0.084 1)	0.296*** (0.087 0)	0.316*** (0.090 1)
EST			0.634*** (0.035 6)	0.601*** (0.038 1)	0.581*** (0.038 8)
HEI				0.012 2*** (0.003 92)	0.009 52** (0.004 06)
NIS					0.068 0*** (0.020 8)
Constant					-4.927*** (0.393)
Observations					540
Number of id					108

Standard errors in parentheses *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

不同因子对城市创新能力影响不同。人均地区生产总值一定程度上代表了一个地区的经济发展水平，对于城市的专利产出具有明显的正向促进作用。城市经济发展水平对其创新发展具有重要影响，经济发展水平越高的城市，专利产出能力越强。首先，城市经济发展水平的提高会使当地政府的财政收入增加，从而使得政府在投入教育及科技创新领域和资助高校及企业的研发活动方面拥有更多的资金，使城市创新活动有了资金保障，因此使城市专利产出提高。其次，经济水平较为发达的城市，居民收入也高，会促进居民消费，促使地区内产生大量消费需求，将会激发以利益为导向的企业创新热情，促进创新成果的产生。再次，城市发展水平的提高可以有效促进地区基础设施的建设，营造良好的创新环境，增加就业机会，吸引更多的人才，为城

市创新提供人才和资金保障。故人均地区生产总值越高，城市专利产出能力越强。

工业企业作为创新的骨干与主体，其总产值对于城市专利产出有明显的正向促进作用。工业企业对城市的科技创新活动具有带动和组织作用，直接支撑着城市的创新投入与创新产出，对工业企业而言，创新的最终目的是技术的商业化应用，并获得市场的认可，所以，工业企业总产值可视为工业企业创新产出的最终成效。在市场环境、研发效率等条件给定的情况下，创新投入很大程度上直接决定创新产出。故工业总产值越多，越有能力投入更多进行专利创新。

科学支出作为创新投入的重要组成部分，对于城市专利产出具有重要的促进作用。在知识生产函数模型中，区域创新系统被视为具有多重投入及产出知识生产系统，区域的创新投入决定着区域创新产出及创新能力的发展^[30]。而城市的科学技术经费支出作为科技财力投入的重要组成部分，是保证城市创新活动顺利开展的资金基础。因此，科技投入对城市专利产出能力的提升起正向促进作用，大量的科技投入能够有效促进城市创新活动的开展，有利于城市专利的产出。

高等学校作为创新的另一主体，对于城市专利产出也具有明显的正向促进作用。高校对于城市的科技创新活动具有重要的支撑作用。高校本身具有知识传授、科学研究和创新创业三大基本功能，能够不断培养创新人才、产生新知识、衍生新企业，因而往往成为城市创新发展的知识源头[2]。故城市的高校数量越多，对于城市创新能力的促进作用越明显。

城市的互联网用户数作为创新基础设施的代表，为城市创新发展提供了必要的条件保证。城市研发活动的开展和科技成果的转化都需要一定的平台和载体为其提供有效支撑。完善的创新基础设施作为创新环境的硬件条件，可起到吸引人才和研发机构的作用，能够进一步推进城市创新活动的开展。故良好的城市创新基础设施对于城市创新能力的发展有着显著的推动作用。

4 结论与讨论

本研究采用空间聚类分析法、碎化指数及变异系数和空间自相关 Moran' s I 指数，从时间与空间的角度来分析 2000~2014 年长江经济带城市创新能力差异时空格局演变的过程和特征，并采用负二项回归分析法对长江经济带城市创新能力空间分布差异的影响因素做出了分析。从而得出以下结论：

(1)从总体演变来看，研究期内长江经济带城市创新能力碎化指数模型变化呈现标准的“U”字型，即由渐进式集聚向相对均匀的方向发展；研究期内变异系数大于 1，表明长江经济带城市专利申请量在空间分布上表现出显著的差异性。研究期内的演变呈现倒“U”型，表明长江经济带城市专利申请量的空间分布相对差异呈现出由增大至减小并趋向于缩小的演变过程。

(2)从空间聚类分布来看，长江经济带城市创新能力高低分布表现出不均衡演变趋势，创新能力较高的地区主要分布于东部的长三角地区和中西部的省会城市地区，其他地区创新能力较低，这与各地区的经济发展水平、创新资源禀赋及其地区开放度有明显的关联性。

(3)从空间集聚演变来看，创新能力呈现出非常显著的正向空间相关性，表现出相似值(高高或低低)之间的空间集聚，且这种空间相关性日益加大，空间分布的集聚态势增强，在地理空间上总体差异具有变小的趋势。对 2000 和 2014 年科技资源配置效率进行局域空间自相关性分析，通过 LISA 集聚图将 130 个市划分为高高集聚区(H-H)、高低集聚区(H-L)、低高集聚区(L-H)和低低集聚区(L-L)4 种类型，反映科技创新能力的空间关联模式，研究发现，不同集聚区在不同的空间范围上都表现出一定的扩展与收缩。长江经济带的高高集聚区，主要集中在长三角城市群，呈现扩展趋势；高低集聚区在研究期内空间变化上比较稳定，主要分布在重庆市；低高集聚区主要分布在四川的北部，重庆周边的几个城市及其安徽的部分城市，趋向于缩小；低低集聚区主要集中在云南的大部分地区及贵州、湖南、湖北的部分地区。

(4)城市的经济发展水平、创新主体、创新投入及创新基础设施的差异性，对长江经济带城市创新能力呈现出不均衡的空间

分布产生重要影响。城市的经济发展水平越高，城市专利产出能力越强；城市创新主体包括工业企业及高等院校，工业企业作为创新的骨干与主体，高等学校作为创新的另一主体，对于城市的科技创新活动具有重要的支撑作用；大量的科技投入能够有效促进城市创新活动的开展，有利于城市专利的产出；完善的创新基础设施作为创新环境的硬件条件，对于城市创新能力的发展有着显著的推动作用。其中长三角地区城市经济发展水平高，工业企业及高等院校数量众多，基础设施完善，能够有效促进技术创新要素的聚集^[31]，增强城市间技术、知识、信息的扩散与溢出效应，通畅全球创新网络与本区域创新网络衔接通道，优化创新资源的高效配置，充分发挥各城市创新职能，从而推动该地区内部城市创新向均衡方向发展。而在长江经济带的中上游地区，由于省会城市在创新投入、创新资源丰富、经济发展环境和创新基础设施等方面的优势相对于省内其他城市较为突出，所以省会城市成为地区创新活动的集聚中心。其它地区创新资源基础薄弱，经济发展水平不高，企业创新活力不足，这也使得其总体创新环境表现较差，导致其城市创新能力较弱。

需要指出是，用单一专利申请数量来代表城市的创新能力存在一定局限性，因此也是未来需要深入研究的方向。

参考文献：

- [1] ROMER P M. Endogenous technological change[J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5): S71-S102.
- [2] 杜德斌. 全球科技创新中心：动力与模式[M]. 上海：上海人民出版社，2015：10 - 60.
- [3] 肖刚，杜德斌，李恒，等. 长江中游城市群城市创新差异的时空格局演变[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(2): 199 - 207.
- 【XIAO G, DU D B, LI H, et al. The temporal and spatial evolution of city innovation differences in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(2): 199 - 207.】
- [4] 刘毅，周成虎，王传胜，等. 长江经济带建设的若干问题与建议[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(11): 1345 - 1355.
- 【LIU Y, ZHOU C H, WANG C S, et al. Issues and suggestions on the construction of the Yangtze River Economic Belt[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(11): 1345 - 1355.】
- [5] 陈修颖. 长江经济带空间结构演化及重组[J]. *地理学报*, 2007, 62(12): 1265 - 1276.
- 【CHEN X Y. The formation, evolvement and reorganization of spatial structure in Yangtze River economic zone[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(12): 1265 - 1276.】
- [6] 刘伟. 长江经济带区域经济差异分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(2): 131 - 135.
- 【LIU W. Regional economic disparity of Yangtze economic zone[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(2): 131 - 135.】
- [7] 曾浩，余瑞祥，左桢菲，等. 长江经济带市域经济格局演变及其影响因素[J]. *经济地理*, 2015, 35(5): 25 - 31.
- 【ZENG H, YU R X, ZUO Y F, et al. Evolution of spatial-temporal pattern and its influential factors of city

regional economy in Yangtze River economic belt[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(5): 25 - 31.】

[8] 黄庆华, 周志波, 刘晗. 长江经济带产业结构演变及政策取向[J]. *经济理论与经济管理*, 2014(6): 92 - 101.

【HUANG Q H, ZHOU Z B, LIU H. Studies of industrial structure evolution and policy orientation of the Yangtze River economic zone[J]. *Economic Theory and Business Management*, 2014(6):92 - 101.】

[9] 丁军, 黄茹, 吕拉昌. 基于专利授权数的长江经济带创新差异的多尺度分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(6): 868 - 876.

【DING J, HUANG R, LV L C. Multiscale analysis of innovation difference in the yangtze River economic belt based on the number of patents[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(6): 868 - 876.】

[10] 陈华彬, 袁青垂, 胡德茂, 等. 创新能力: 长江经济带不同区域的比较研究[J]. *湖北文理学院学报*, 2016, 37(2): 70 - 76.

【CHEN H B, YUAN Q C, HU D M, et al. Innovation capability: a comparative study of different regions in Yangtze River economic belt[J]. *Journal of Hubei University of Arts and Science*, 2016, 37(2):70 - 76.】

[11] 虞孝感, 王磊, 杨清可, 等. 长江经济带战略的背景及创新发展的地理学解读[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(11): 1368 - 1376.

【YU X G, WANG L, YANG Q K, et al. Background of the Yangtze River economic belt development strategy and geography interpretation of its innovative development[J]. *Progress in Geography*, 2015, 34(11): 1368 - 1376.】

[12] 古利平, 张宗益, 康继军. 专利与 R&D 资源: 中国创新的投入产出分析[J]. *管理工程学报*, 2006, 20(1): 147 - 151.

【GU L P, ZHANG Z Y, KANG J J. Patent and R&D resources: the input-output analysis of China innovation[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2006, 20(1): 147 - 151.】

[13] 牛欣, 陈向东. 城市创新跨边界合作与辐射距离探析——基于城市间合作申请专利数据的研究[J]. *地理科学*, 2013, 33(6): 659 - 667.

【NIU X, CHEN X D. The cooperation innovation across city boundary and radiation distance——based on the cross-city cooperation-patent application data[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(6): 659 - 667.】

[14] JAFFE A B. Real effects of academic research[J]. *The American Economic Review*, 1989, 79(5): 957 - 970.

[15] ANSELIN L, VARGA A, ACS Z. Local geographic spillovers between university research and high technology innovations[J]. *Journal of Urban Economics*, 1997, 42(3): 422 - 448.

[16] BODE. The spatial pattern of localized R&D spillovers: an empirical investigation for Germany[J]. *Journal of Economic Geography*, 2004, 4(1): 43 - 64.

[17] GRILICHES Z. Patent statistics as economic indicators: A survey[J]. *Journal of Economic Literature*, 1990, 28(4): 1661 - 1707.

[18] ARCHIBUGI D. In search of a useful measure of technological innovation (to make economists happy without discontending technologists) [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1988, 34(3): 253 - 277.

[19] BASBERG B L. Technological change in the Norwegian whaling industry: A case-study in the use of patent-statistics as a technology indicator[J]. *Research Policy*, 1982, 11(3): 163 - 171.

[20] 程叶青, 王哲野, 马 靖. 中国区域创新的时空动态分析[J]. *地理学报*, 2014, 69(12): 1779 - 1789.

【CHENG Y Q, WANG Z Y, MA J. Analyzing the space-time dynamics of innovation in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1779 - 1789. 】

[21] POLANYI M. Knowing and being[J]. *Mind*, 1961, 70(280): 458 - 470.

[22] 石奇, 杜德斌, 张祥, 等. 全球创新资金的空间格局及其演变特征[J]. *中国科技论坛*, 2013(11): 124 - 130.

【SHI Q, DU D B, ZHANG X, et al. The spatial pattern and evolution characteristics of global innovation fund[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2013(11): 124 - 130. 】

[23] 史雅娟, 朱永彬, 冯德显, 等. 中原城市群多中心网络式空间发展模式研究[J]. *地理科学*, 2012, 32(12): 1430 - 1438.

【SHI Y J, ZHU Y B, FENG D X, et al. Polycentric network development patterns of Zhongyuan urban agglomeration[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(12): 1430 - 1438. 】

[24] 范斐, 杜德斌, 李恒, 等. 中国地级以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. *地理学报*, 2013, 68(10): 1331 - 1343.

【FAN F, DU D B, LI H, et al. Spatial-temporal characteristics of scientific and technological resources allocation efficiency in prefecture-level cities of China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1331 - 1343. 】

[25] ANSELIN L. The moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association[M]//FISCHER M, SCHOLTEN H J, UNWIN D. *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. London, UK:Taylor & Francis, 1996.

[26] REY S J, MONTOURI B D. US regional income convergence: a spatial econometric perspective[J]. *Regional Studies*, 1999, 33(2): 143 - 156.

[27] 吴玉鸣. 中国区域研发、知识溢出与创新的空间计量经济研究[M]. 北京: 人民出版社, 2007: 95 - 155.

[27]

[28] 刘 洋. 重庆创新评价研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010: 10 - 12.

【LIU Y. The evaluation of innovation in Chongqing[D]. Chongqing:Southwest University, 2010: 10 - 12. 】

[29] 胡宝娣, 胡 兵. 中西部地区区域创新能力研究[J]. 重庆工商大学学报(西部经济论坛), 2003(5): 17 - 19.

【HU B D, HU B. Study on regional innovative ability in the middle and western area[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (West Economic Forum), 2003(5): 17 - 19. 】

[30] 盛翔. 区域创新产出的差异比较及影响因素的实证研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012: 16.

【SHENG X. Empirical research on difference and influence factors analysis of regional innovation output[D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2012: 16. 】

[31] 肖刚, 杜德斌. 跨国公司在华研发机构角色演化研究[J]. 当代财经, 2014(1): 69 - 77.

【XIAO G, DU D B. A study of the role evolution of multinational R&D institutions in China[J]. Contemporary Finance & Economics, 2014(1): 69 - 77. 】