

中国创新能力时空格局演变及其影响因素

侯纯光,程 钰,任建兰*,陈延斌

(山东师范大学地理与环境学院,济南 250014)

摘 要:创新驱动是经济发展新常态下中国发展的必然选择。本文选取2000-2014年中国30个省(市、区)的创新能力强相关数据构建面板数据集,运用线性加权综合法、变异系数、基尼系数、空间自相关、NICH指数分析等方法,结合GIS空间分析软件和SPSS数据分析软件,探究中国创新能力时空格局演变及其影响因素。研究表明:①2000-2014年中国创新能力逐年提升,从2000年的0.199提升至2014年的1.775。其中知识创新能力和技术创新能力提升速度较快,而政府支撑和服务能力以及创新基础环境提升较缓慢。②创新能力区域差异由“大差距低水平”向“小差距高水平”转变,高水平 and 增长较快的区域主要集中在东部沿海地区,西南和西北各省(市、区)创新能力较弱且增长较慢。③区域物质资本集聚、区域智力资本集聚、区域创新环境、全球化知识溢出等是影响中国创新能力时空格局特征的主要因素。

关键词:创新地理学;创新能力;时空格局;空间自相关;影响因素;中国

1 引言

创新是引领发展的第一动力,是推进可持续发展的主要驱动力,创新驱动是经济发展新常态下中国发展的必然选择。改革开放以来,中国取得巨大发展成就,但土地、水、矿产等资源能源及生态环境的约束,使得传统经济发展方式难以为继。发达国家及世界一些新兴经济体发展经验表明,随着发展阶段不断成熟,先前发展所依赖的“比较优势”“后发优势”等发展红利逐渐衰减,创新能力弱就会严重制约经济社会的发展,并陷入“中等收入陷阱”。目前,中国已经进入必须依靠创新为主要驱动力的发展阶段,先前依靠投资驱动、要素驱动的发展模式已不能适应新的发展需求。因此,中国想要跨过“中等收入陷阱”,实现绿色可持续发展,必须以坚实的创新能力和支撑(王建民等, 2015)。

1912年,经济学家熊彼特(Schumpeter)在其著作《经济发展概论》中阐述了创新理论的观点,认为创新是一种新的生产函数,是各种生产要素的重新组合(引自甄峰等, 2001; 引自汤尚颖等, 2011)。随着创新对经济发展驱动越来越显著,创新的空间问题引起了地理学家的关注。1994年弗里德曼(Feldman)提出了创新地理学,使创新地理成为人文地理学研究的热点问题(引自吕拉昌等, 2016)。目前学术界对创新地理的研究成果主要集中在以下方面:①创新要素的空间分布差异研究。创新实质上就是通过对创新人才、创新资本、创新技术、创新设施以及信息、知识等创新要素的组合实现价值的规模递增效益,多数研究运用基尼系数、变异系数、泰尔指数等经济学统计方法,揭示创新要素空间分布的不均衡性,表明创新活动具有空间形态、内在复杂程度、不规则性等各种空间分布的伸缩对称性(曹

收稿日期:2016-05;修订日期:2016-08。

基金项目:国家自然科学基金项目(41501124, 41571525);山东省自然科学基金项目(ZR2015DQ008);山东省高等学校科技计划项目(J15LH07) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41501124, No.41571525; National Natural Science Foundation of Shandong Province, No.ZR2015DQ008; Science and Technology Plan Program of Colleges and Universities in Shandong Province, No.J15LH07]。

作者简介:侯纯光(1990-),男,安徽亳州人,硕士生,研究方向为经济地理与区域可持续发展, E-mail: 1570846532@qq.com。

通讯作者:任建兰(1954-),女,山东莱州人,教授,博士生导师,主要研究方向为区域可持续发展, E-mail: renjianlan@sina.com。

引用格式:侯纯光,程钰,任建兰,等. 2016. 中国创新能力时空格局演变及其影响因素[J]. 地理科学进展, 35(10): 1206-1217. [Hou C G, Cheng Y, Ren J L, et al. 2016. Spatiotemporal changes and influencing factors of innovation capacity in China[J]. Progress in Geography, 35(10): 1206-1217.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.10.004

贤忠等, 2015; 丛海彬等, 2015; 王崇锋, 2015; 赵雪雁等, 2015)。②创新能力及创新绩效的空间测度研究。创新能力测度多通过构建单一或多指标测度体系, 采用函数模型法、综合指数法等测度国家层面、区域层面、省级层面、县级层面和城市间的创新能力空间分异特征(Chang et al, 2009; Fornahl et al, 2009; Jalles, 2010; 蒋颖, 2013)。创新绩效测度则多从投入产出的角度构建指标体系, 运用数据包络分析(DEA)、TOPSIS法等, 研究不同尺度下的创新绩效分异特征(桂黄宝, 2014; 蒋颖, 2014; 谭俊涛等, 2016)。③创新空间分异的影响因素研究。多数通过选取创新产出或者效率作为被解释变量, 资金投入、人才投入、知识溢出、产业集群等为解释变量, 构建随机效应或混合效应回归模型分析影响创新的机制因素, 发现创新投入、创新环境、创新基础、外商投资、产业集群是影响创新空间分异的主要因素(魏守华等, 2010; 齐亚伟等, 2014; 张希等, 2014; 周文泳等, 2015)。④创新空间溢出效应及效益研究。依据地理学第一定律的相关理论, 空间单元之间具有连通性(李小文等, 2007), 创新等经济活动在空间分布上存在空间溢出效应, 多数研究通过空间自相关、核密度估计、引力模型等方法揭示创新活动存在显著的空间溢出效应, 创新集聚中心对邻近区域具有显著的正向效应(曹广喜, 2009; 李国平等, 2012; 何键芳等, 2013; 蒋颖等, 2014; 张惠璇等, 2016); 创新网络作为创新空间溢出效应的主要路径, 而知识流则是构建创新网络的主要因素(吕国庆等, 2014; 史焱文等, 2015; 连远强, 2016; 司月芳等, 2016); 创新的空间溢出效益体现在创新对经济发展的驱动方面, 多数研究通过构建关系模型揭示创新对经济增长、产业转型升级、生产效率提升等具有显著的正向效应(程华等, 2011; 万勇, 2011; 陈雨柯, 2012; 王馨竹等, 2014)。

通过梳理现有的研究成果可以发现, 针对创新的理论与实证研究取得了较为丰富的成果, 但依然存在一些亟待解决和反思的问题。由于创新地理学相关理论相对不完善和对区域创新内外部条件认识的差异性, 其测度方法和影响因素选择还有待进一步探讨。一方面创新能力评价指标体系构建不合理, 导致一些研究结果的偏误; 另一方面由于方法及变量等选取不当, 导致无法理清影响创新空间分异的因素, 致使提高创新能力的路径对策缺乏针对性。此外, 随着经济全球化和区域经济一体化不断推进, 资本、智力、信息等创新要素在地理空间

上的流动日益频繁, 创新的空间溢出效应不断增强, 对中国创新能力时空格局演变、各省(市、区)创新能力的空间关联、各省(市、区)创新水平增长的空间差异等还有待进一步研究。基于此, 本文以各省(市、区)为基本研究单元, 通过构建涵盖知识、技术、制度和服务等要素的测度指标体系, 将探索性空间数据分析、多种空间统计数据分析与宏观分析等方法结合, 探讨中国创新能力时空格局演变、空间关联特征、空间集聚模式、空间增长差异, 并进一步分析其影响因素, 以期增强中国创新驱动、优化中国区域创新能力空间格局、缩小区域创新能力差距以及增强各地区可持续发展能力提供参考。

2 方法与数据

2.1 研究方法

2.1.1 创新能力测度模型

参考已有研究成果, 根据选取的指标, 考虑到熵权法的适应性及客观性能更好地解释所得到的结果, 故本文采用熵权法确定各指标权重系数, 并对原始数据进行无量纲化处理, 通过线性加权综合方法来构建创新能力测度模型:

$$IA = \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i \quad (1)$$

式中: IA 为创新能力指数; λ_i 表示指标 i 的权重; g_i 为描述创新能力特征的标准化数值。

2.1.2 变异系数与基尼系数

变异系数和基尼系数由于能很好地反映样本之间的差异程度, 因而得到广泛应用。本文选用变异系数和基尼系数来衡量中国创新能力省(市、区)之间的差异程度。公式分别如下:

$$V = \frac{\sigma}{|\bar{x}|} \quad (2)$$

式中: V 为变异系数; σ 是创新能力指数标准差; \bar{x} 是创新能力指数平均值。

$$G = \frac{n+1}{n} - \frac{2 \times \sum_{i=1}^n i \times x_i}{n^2 \times \bar{x}} \quad (3)$$

式中: G 为中国创新能力基尼系数; n 为研究区域行政单元数; x_i 为省(市、区) i 的创新能力指数; \bar{x} 是创新能力指数平均值。

2.1.3 空间自相关

(1) 全局空间自相关

全局 Moran's I 指数用于测度研究区内地理对象某种属性的空间自相关、显著性及其集聚模式。

其公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

式中: x_i 、 x_j 分别为省(市、区) i 和 j 的创新能力指数; \bar{x} 为创新能力指数平均值; w_{ij} 为权重; n 为省(市、区)单元总数。Moran's I 指数取值介于 $[-1, 1]$ 之间, 当取值介于 $(0, 1]$ 时, 表示省(市、区)创新能力为正相关; 当取值介于 $[-1, 0)$ 时, 表示省(市、区)创新能力为负相关; 当取值为 0 时, 表明省(市、区)创新能力空间上呈现随机分布, 不存在空间自相关关系。

(2) 局部空间自相关

运用 Getis-Ord G_i^* 指数 ($G_i^*(d)$) 识别中国创新能力空间演变过程中的高值簇区(热点区)和低值簇区(冷点区), 以便能够更好地测度中国创新能力的空间分异特征。其公式如下:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (5)$$

式中: d 为省(市、区) i 与省(市、区) j 的空间距离; 若不存在 $G_i^*=0$, 则 G_i^* 服从正态分布, 其检验的标准化公式如下:

$$Z(i)^* = \frac{\{G_i^*(d) - E[G_i^*]\}}{\sqrt{\text{Var}[G_i^*]}} = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d)x_j - w_i^* \bar{x}}{s \{nS_{ii}^* - w_i^{*2}/(n-1)\}^{1/2}} \quad (6)$$

式中: $E[G_i^*]$ 和 $\text{Var}[G_i^*]$ 分别为 G_i^* 的期望值和方差; w_i^* 、 s 和 S_{ii}^* 是计算过程中的替代变量, $w_i^* = \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) + w_{ij}$, $s = \sqrt{\sum_{j=1}^n x_j^2 / n - \bar{x}^2}$, $S_{ii}^* = \sum_{i=1}^n w_{ij}^2$ 。

若 $Z > 0$ 且显著, 则区域 i 周围为热点区(高的创新能力空间集聚区); 若 $Z < 0$ 且显著, 则区域 i 周围为冷点区(低的创新能力空间集聚区)。

2.1.4 NICH 指数

NICH 指数即相对发展率指数, 用于测度各省(市、区)创新能力指数在某一段时期内相对于全国创新能力指数的发展速度, 其公式如下:

$$NICH = \frac{x_{2i} - x_{1i}}{x_2 - x_1} \quad (7)$$

式中: x_{1i} 、 x_{2i} 分别表示第 i 个省(市、区)在某一段时期的末期和初期的创新能力指数; x_1 、 x_2 则分别表示全国在某一段时期的末期和初期的创新能力指数。

2.2 指标选取与数据来源

参考国内外创新能力相关研究成果, 基于国家创新能力体系及技术创新等理论, 在正确理解创新能力概念、内涵和特点的基础上, 从创新系统出发, 构建涵盖知识、技术、制度和服务等要素的中国创新能力测度指标体系(表 1)。考虑到制度创新能力和服务创新能力都是为创新主体提供服务保障, 可将二者合并为政府支撑和服务能力。考虑到指标体系数据的可获得性, 本文以省(市、区)为主要研究单元, 包括了除西藏自治区、香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省以外的中国 30 个省(市、区)。指标数据来源于 2001-2015 年《中国科技统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国区域创新能力报告》《中国教育统计年鉴》《中国高新技术产业统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》《中国科技论文统计与分析报告》《中国市场化指数报告》, 以及研究所需的 30 个省(市、区)相关年份的统计年鉴。

3 中国创新能力时空格局演变特征

3.1 创新能力时序演变特征

从整体上看, 2000-2014 年中国创新能力逐年

表 1 中国创新能力测度指标体系

Tab.1 Index system of innovation capacity in China

目标层	要素层	指标层	权重/%
中国创新能力	知识创新	科技成果登记数/项	6.38
		三项专利授权数/件	5.85
		每万人科技论文数/篇	5.35
		普通高等学校在校学生数/人	4.19
		每万人在校大学生数/人	4.05
	技术创新	R & D 人员全时当量/(人·年/万人)	6.58
		R & D 经费支出占 GDP 比重/%	4.92
		技术市场成交额占 GDP 比重/%	4.21
		高新技术产值占 GDP 比重/%	4.19
		高技术产品出口额占货物出口额比重/%	4.03
创新能力	政府支撑和服务能力	科学支出占 GDP 比重/%	6.51
		当年实际使用外资金额/亿美元	5.55
		科技企业孵化器数量/个	5.09
		基础研究人员人均经费/(万元/人·年)	5.00
		教育支出占 GDP 比重/%	3.27
	创新基础环境	信息化指数/%	6.45
		人均 GDP/万元	6.04
		三产增加值占 GDP 比重/%	4.56
		邮电业务总量占 GDP 比重/%	4.03
		高等学校数量/所	3.75

提升(图1),创新能力指数从2000年的0.199提升至2014年的1.775,提升了7.92倍。根据中国创新能力变动趋势,可将其分为两大阶段:第一阶段2000-2006年,该阶段中国创新能力增长速度相对缓慢,从2000年的0.199升高到2006年的0.641,平均每年增长0.074,原因在于:该时期创新体制机制不健全,导致创新通道不畅,教育体制障碍致使创新基础相对薄弱,市场经济不健全导致创新动力不强;第二阶段2006-2014年,该阶段中国创新能力增长速度相对较快,从2006年的0.641升高到2014年的1.775,年平均增长0.142,主要由于通过加强深化科技体制改革,使企业自主创新能力显著提升;教育的快速发展使科技人才队伍不断壮大,从而为创新能力的提升提供了重要支撑作用;市场在资源配置中的决定性作用使创新市场环境得到优化;逐步建立完善的资本市场,为中国创新提供更多的资金支持。

在知识创新能力方面,其创新能力指数从2000年的0.030增长到2014年的0.515,提升了16.17倍,主要由于该时期高等教育快速发展使得普通高等学校在校学生数和毕业生数迅速增加,每万人在校大学生数从2000年的44人快速增至2014年的186人,人才队伍的迅速扩展使得知识创新绩效迅速提高,三项专利授权数、科技成果登记数和每万人科技论文数迅速增加,知识创新能力逐渐增强。在技术创新能力方面,其创新能力指数从2000年的0.002提升至2014年的0.237,主要由于2000年以来

企业R & D人力和资金投入逐渐增大使企业创新能力显著增强;技术市场成交额占GDP比重相应地从0.650提升到1.350,高新技术产值占GDP的比重迅速提升,技术创新能力提升较快。在政府支撑和服务能力以及创新基础环境方面,其创新指数变化相对缓慢,表明政府还需进一步加大创新投入,优化创新管理服务体制,营造良好的创新氛围,提高政府对创新的支撑和服务能力,优化创新基础环境,从而提高创新能力。

3.2 创新能力空间演变特征

(1) 总体差异和演变

通过测算2000-2014年创新能力、知识创新能力、技术创新能力、政府支撑和服务能力以及创新基础环境的变异系数和基尼系数(表2-3)发现,创新

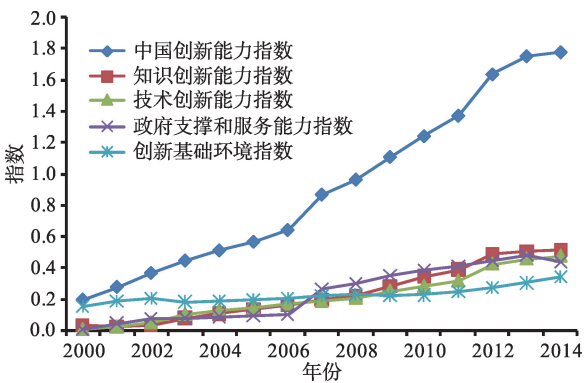


图1 2000-2014年中国创新能力变动趋势
Fig.1 Trend of innovation capacity in China, 2000-2014

表2 2000-2014年中国创新能力变异系数
Tab.2 Variation coefficient of innovation capacity in China, 2000-2014

年份	创新能力	知识创新能力	技术创新能力	政府支撑和服务能力	创新基础环境
2000年	0.812	0.907	0.987	0.689	1.148
2005年	0.630	0.851	0.913	0.624	0.957
2010年	0.474	0.512	0.613	0.386	0.768
2014年	0.424	0.452	0.526	0.343	0.582

表3 2000-2014年中国创新能力基尼系数
Tab.3 Gini coefficient of innovation capacity in China, 2000-2014

年份	创新能力	知识创新能力	技术创新能力	政府支撑和服务能力	创新基础环境
2000年	0.399	0.434	0.471	0.316	0.546
2005年	0.305	0.391	0.432	0.276	0.424
2010年	0.121	0.186	0.233	0.102	0.299
2014年	0.129	0.144	0.181	0.103	0.210

能力的变异系数从2000年的0.812下降到2014年的0.424,基尼系数相应地从0.399下降到0.129,表明中国创新能力的区域差异从2000年的“大差距低水平”特征逐渐向2014年的“小差距高水平”特征转变。从表2和表3的变异系数和基尼系数可以看出,中国创新基础环境区域差异性>技术创新能力区域差异性>知识创新能力区域差异性>政府支撑和服务能力区域差异性,说明各省(市、区)的创新基础环境、技术创新能力和知识创新能力存在较大的差异性,落后地区仍需加强优化创新环境,加大创新投入,创新体制机制,提高技术和知识创新能力水平,而政府支撑和服务能力的变异系数和基尼系

数相对较小,表明各省(市、区)政府对创新的支撑和服务能力差异相对较小。

(2) 空间格局演变

为充分刻画中国创新能力空间格局演变特征,参考谭俊涛等(2014)的研究成果,根据2000-2014年各省(市、区)的创新能力指数大小,运用SPSS 20.0数据分析软件对其进行系统聚类分析(选用分层Q型聚类法,距离测度则采用欧氏距离平均法),根据树型聚类图结果并结合GIS空间分析技术对30个省(市、区)的创新能力进行空间分析,将其分为高水平区、较高水平区、较低水平区和低水平区4个部分(图2)。总体来看,2000-2014年中国创新能力从“大

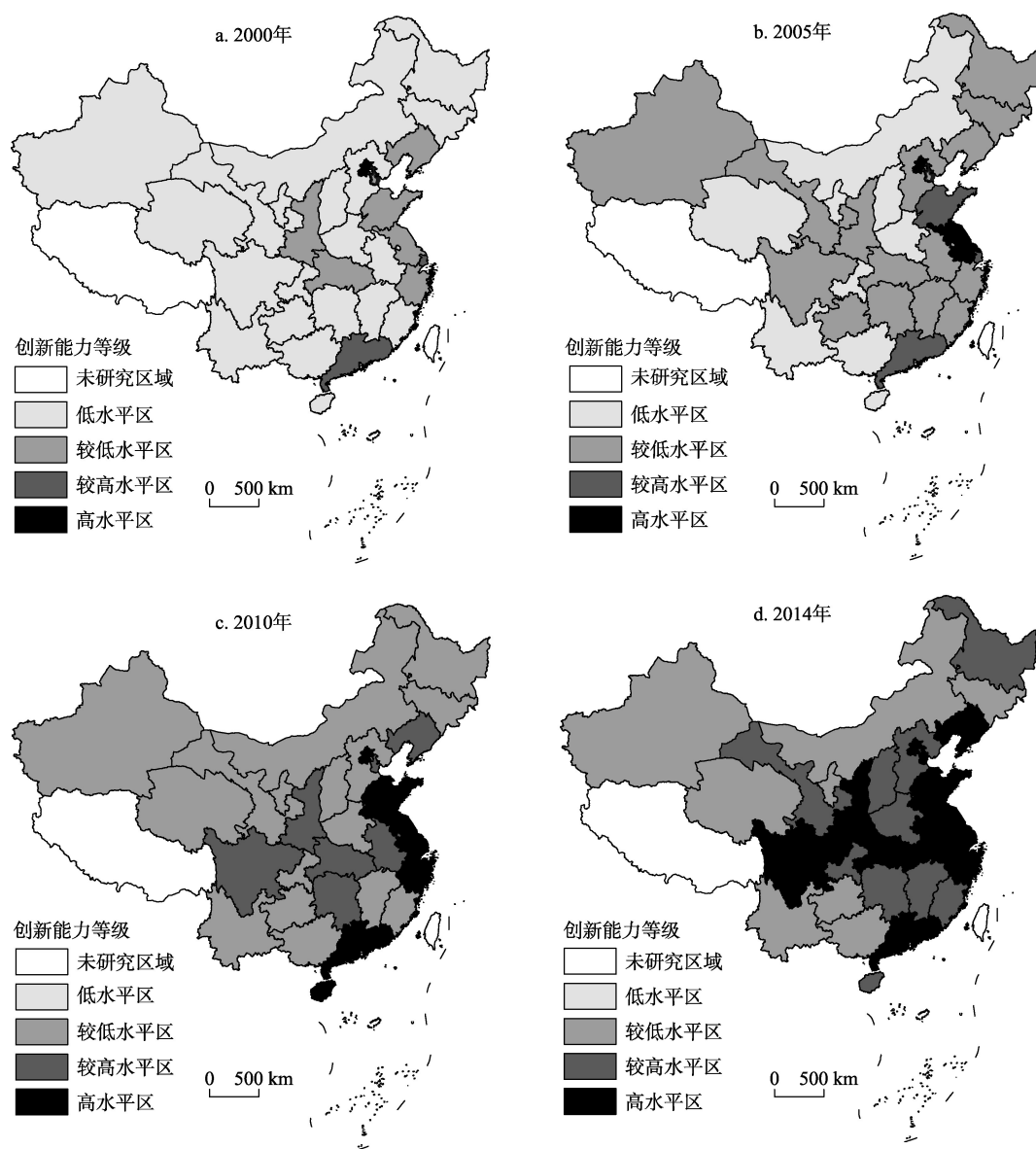


图2 2000-2014年中国各省(市、区)创新能力空间格局

Fig.2 Spatial pattern of innovation capacity of Chinese provinces, 2000-2014

差距低水平”向“小差距高水平”演变,呈现东高西低的“三级阶梯”空间格局特征。2000年,北京的创新能力指数达到1.087,为高水平区;上海、广东创新能力指数分别为0.599、0.603,为较高水平区;辽宁、山东、江苏、浙江、湖北、陕西创新能力指数平均为0.337,为较低水平区;其余中西部各省(市、区)是低水平区。2005年,江苏创新能力指数从2000年的0.454提升到1.035,上升为高水平区;山东由较低水平区提升至较高水平区;安徽、福建、江西、湖南、四川等12个省(市、区)由低水平区上升为较低水平区。2010年,上海、山东、浙江、广东、海南等5省(市、区)创新能力指数平均达到1.187,提升为高水平区;安徽、湖北、湖南、陕西、四川5省(市、区)提升至较高水平区。2014年,全国创新能力达到高水平的有北京、上海、广东等12个省(市、区),中部地区各省也达到了较高水平,西南和西北部分省(市、区)创新能力仍然较弱,为较低水平区。

(3) 创新增长差异空间格局演变

创新能力的提升是一个不断发展变化的过程,为更好地反映中国创新能力的增长变化过程,需进一步借用NICH指数探讨创新增长的空间格局演变特征。参考蒋天颖(2013)的观点,根据2000-2005、2005-2010、2010-2014年3个时期NICH指数的大小,运用SPSS 20.0统计软件的系统聚类方法,将30个省(市、区)分为高增长区、较高增长区、较低增长区和低增长区4个不同层次的区域(图3)。总体来看,中国创新增长呈现明显的空间差异,2000-2005年仅江苏的NICH指数达到1.577,为高增长区;北京、山东、浙江NICH指数平均值为0.621,属于较高

增长区;其余地区均为低增长区和较低增长区。2005-2010年,高增长区和较高增长区集中于东部沿海地区,其中属于高增长区的有江苏、浙江、广东和海南4省,辽宁、北京、山东、上海为较高增长区,其余地区依然属于低增长区和较低增长区。2010-2014年,由于科技投入增大、人才队伍不断壮大以及创新环境的优化,全国及各省(市、区)创新能力均有较大提升,达到高增长区的省份由2005-2010年的4个扩展至北京、天津、山东、江苏、安徽、浙江、广东、四川8个省市;此外,湖北、湖南、河南及陕西4省从低增长区和较低增长区提升至较高增长区;其余各省(市、区)由于科技投入相对较低、教育水平和东部沿海地区相比有一定差距,区位优势不明显,人才吸引力度不够等原因,依然属于创新增长的较低水平区和低水平区。

3.3 创新能力空间关联特征

本文通过全局自相关的方法,计算2000-2014年中国创新能力的全局Moran's I 值(表4),探究2000-2014年中国创新能力空间聚集格局及其演变特征。从2000-2014年中国的全局Moran's I 值的变动趋势可以看出,中国创新能力在空间上呈现集聚分布的态势,2000-2014年Moran's I 值从0.201上升到0.421,表明创新能力的空间集聚程度逐年增强。虽然2000-2014年各省(市、区)创新能力都有不同程度的提升,差距也在不断缩小,但创新能力较高的省(市、区)仍集聚在东部沿海地区。

为进一步探索中国创新能力空间格局特征,显示创新能力高值簇区(热点区)和低值簇区(冷点区)的分布特点,本文运用局部空间自相关方法,结合

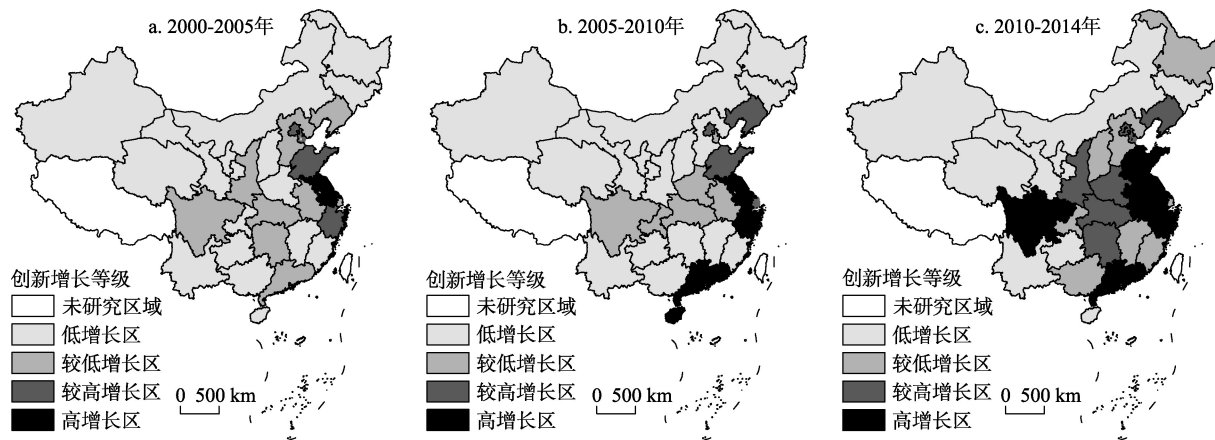


图3 2000-2014年中国各省(市、自治区)创新增长差异空间格局

Fig.3 Spatial pattern of innovation growth differences of Chinese provinces, 2000-2014

ArcGIS 空间分析方法,测度中国各省(市、区)创新能力的 Getis-Ord G_i^* 指数,并按自然断点法分为冷点区、次冷点区、次热点区、热点区 4 级,绘制中国各省(市、区)创新能力的空间冷热点分布图(图 4)。总体来看,2000-2014 年中国创新能力的 Getis-Ord G_i^* 指数呈“自南向北,由东到西”逐渐减弱的态势,热

点区主要集中于东部沿海地区,而冷点区主要集中在中西部地区。2000 年热点区有上海、江苏、浙江 3 个,次热点区有广东、山东、福建、安徽、湖北、湖南、江西 7 个,其余的为 8 个冷点区、12 个次冷点区,创新能力空间集聚较为明显,差异较大。2005 年,热点区有上海、江苏、浙江、安徽 4 个,次热点区在 2000 年的基础上增加了海南、河南 2 省,达到 8 个;冷点区和次冷点区分别为 8 个和 10 个。2010 年,创新能力的热点区、次热点区、次冷点区和冷点区分别为 6 个、10 个、8 个和 6 个。2014 年,创新能力的热点区、次热点区、次冷点区和冷点区分别达到 7 个、10 个、6 个和 7 个。由此可以看出,2000-2014 年创新能力的热点区和次热点区逐渐增加,而冷点区和次冷点区逐渐减少,表明中国省(市、区)创新能力

表 4 2000-2014 年中国创新能力全局自相关情况
Tab.4 Global autocorrelation of innovation capacity in China, 2000-2014

创新能力	2000 年	2005 年	2010 年	2014 年
Moran's I	0.201	0.224	0.363	0.421
$Z(I)$	2.147	2.267	3.648	3.987
$P(I)$	0.031	0.022	0.003	0.001

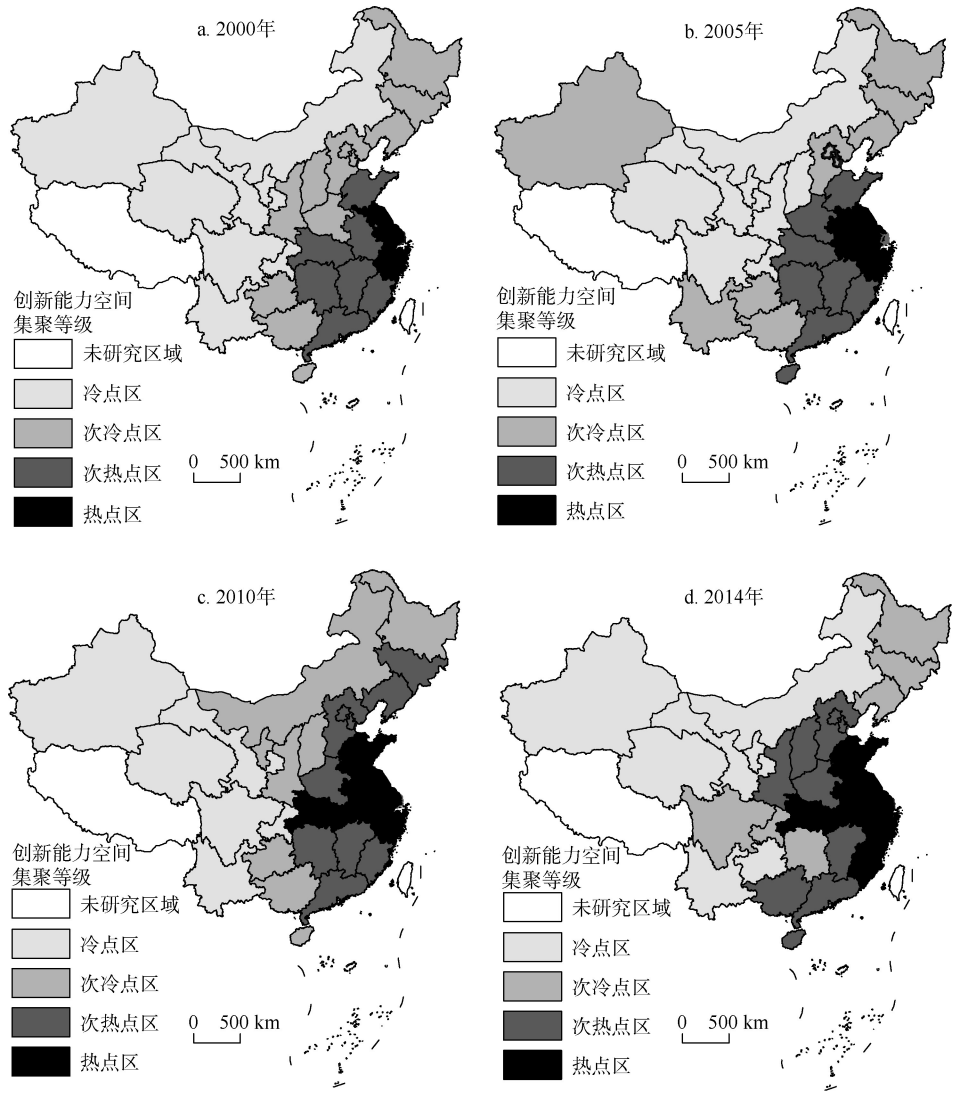


图 4 2000-2014 年中国各省域创新能力的空间冷热点分布
Fig.4 Spatial distribution of cold and hot spots (provincial units) of innovation capacity in China, 2000-2014

逐渐提升,整体创新能力不断提高。上海、江苏、浙江、安徽、湖北等省(市)基本为热点区,属于高创新能力的空间聚集区;内蒙、甘肃、青海、云南、贵州等省(区)基本属于冷点区,为低创新能力的空间聚集区。

4 中国创新能力时空格局演变的影响因素

通过上述对中国创新能力时空格局特征的动态分析,可以发现各省(市、区)创新能力存在明显的时空异质性。结合当前中国经济发展阶段特征探讨影响创新能力的因素,分析了多因素作用下中国创新能力时空格局的演变。创新能力受到多种因素共同影响,很多学者对其进行了大量研究,如彭建国等(2014)认为,高新技术产业研发创新投入对创新产出具有显著正向效应;蒋天颖(2013)认为人才因素是影响中国创新能力提升的关键因素;关皓元等(2016)认为,良好的创新环境是创新产生的基本前提。创新实质上是由创新要素、创新主体、创新环境及知识溢出等共同作用的结果,创新要素、创新环境、知识溢出等的空间异质性导致了区域创新能力空间分布的不均衡性。本文分析区域物质资本集聚、区域智力资本集聚、区域创新环境及全球化知识溢出等因素是如何通过微观层面的政府、企业、高校等创新主体驱动宏观层面的区域创新能力时空格局演变机制(图5)。

4.1 区域物质资本集聚

从理论上说,一个国家或区域集聚创新要素的规模和层次决定其创新能力的高低。地理空间上物质资本的集聚影响区域创新潜力,因为一方面它可驱动大量专业化高技术企业在地理空间上聚集,进而导致区域技术市场规模扩大、创新要素自由流动以及较低的交易成本;另一方面,研发部门一般都是高度资本密集型,需要昂贵的实验设备和较高的资金支持,创新主体在创新过程中通过资本投入提高均衡利润率可刺激创新,并以此提高创新绩效。因此,资本雄厚、金融体系完善的东部沿海地区通过给创新活动提供良好的资金支持,大大增强了其创新能力;而中西部省(市、区)由于经济发展水平较低,物质资本集聚能力较弱,对创新资本的投入明显弱于东部沿海各省(市、区)。

4.2 区域智力资本集聚

区域智力资本是促使区域经济实现规模效益递增的知识资源,包括区域人力资本、结构资本和关系资本。区域人力资本对创新能力的影响体现在人力资本是创新技术的发明和使用,人力资本的外部效应能有效地促进创新要素从创新中心向邻近地区扩散,从而促进邻近地区创新能力发展;区域结构资本对创新能力的影响体现在结构资本通过影响区域经济结构、政府职能、要素流动机制等促进区域创新投入,另外结构资本通过影响区域创新设施、技术市场环境、金融投资环境等优化区域创新整体环境从而促进创新能力的提升;区域关系资本对创新能力的影响体现在创新关系网络能促进知识信息和技术的交流合作,从而提升创新能力,同时关系资本能有效地提高创新资源的配置效率。智力资本的空间异质性导致东部沿海地区各省(市、区)的创新能力明显高于中西部省(市、区)。

4.3 区域创新环境

随着“软空间”在创新中逐渐得到重视,创新环境引起学者们广泛关注。创新环境一般包括技术环境、市场环境、制度环境及政策环境。技术环境是一个区域包括知识储备和技术水平在内的科技

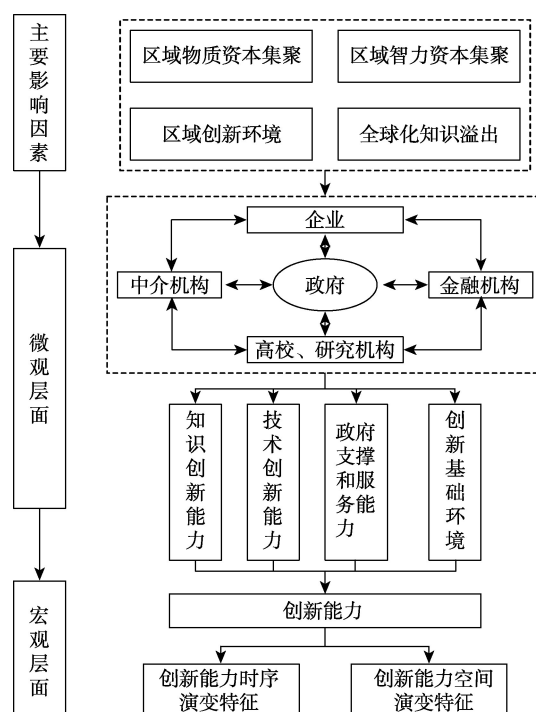


图5 中国创新能力时空演变驱动机制

Fig.5 Driving mechanism of the spatial and temporal change of innovation capacity in China

基础,由于科技创新具有一定的路径依赖性,所以具有良好科技基础的地区能够推动创新能力进一步提升,反之则会对创新能力起到制约作用;优越的市场环境可有效地促进物质资本、人力资本等创新要素的自由流动,进而激发区域创新活力;制度环境包括创新产权制度和有关创新的法律法规,完善的创新制度体系能够有效提升创新主体的创新积极性,增加科研经费的投入,促进创新成果转化,提升区域创新实力;创新政策环境影响区域创新主体的创新步骤和程序,良好的区域产业技术政策、财政金融政策、就业政策等对区域创新能力有着较大的促进作用。中国东西部地区创新环境差距较为明显,从而加剧了创新能力向东部沿海省市的空间集聚。

4.4 全球化知识溢出

在经济全球化大趋势下,知识溢出已超越国界,任何一个国家或地区都难以在封闭条件下实现创新发展,而需要通过知识溢出、技术扩散等方式提高区域创新能力,创新能力较弱的国家或地区由于自身创新能力的限制,更需要利用知识溢出、技术扩散等方式促进创新能力的提升。引进掌握世界绝大多数关键技术的跨国公司是全球背景下知识溢出的主要途径。外资研发的进入对中国省(市、区)创新能力的影响主要为竞争效应,通过市场竞争刺激促使区域增加创新资本投入以提高对外资研发的吸引能力。由于外资研发的知识溢出和技术扩散效益具有明显的区域差异性,其促进了东部沿海地区创新能力的提升,而对中西部地区创新能力则影响较小,从而对中国创新能力东高西低的空间格局特征产生重要影响。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文通过构建涵盖知识创新能力、技术创新能力、制度创新能力、服务创新能力和创新基础环境的多维度指标体系,选取2000-2014年多维面板数据,运用变异系数、基尼系数、空间自相关、NICH指数、自相关分析和多元线性回归分析等方法,结合GIS空间分析软件和SPSS数据分析软件探究中国创新能力时空格局演变及其影响因素。主要结论为:

(1) 从时间演变特征来看,中国创新能力呈波

动上升趋势;2000-2006年,由于创新体制机制不健全等原因,中国创新能力增长速度相对缓慢;2006-2014年,由于创新体制机制的改善,经济和教育事业的快速发展,中国创新能力增长速度相对较快。总体上,中国知识和技术创新能力提升速度较快,而政府的支撑和服务能力以及创新基础环境提升较缓慢。

(2) 从空间演变特征来看,中国创新能力区域差异由“大差距低水平”向“小差距高水平”特征转变,呈现东高西低的“三级阶梯”空间格局特征,创新能力高增长区域主要集中在东部沿海地区,较高增长区域分布在中部地区,西南和西北各省(市、区)属于低增长区和较低增长区。

(3) 从空间关联特征来看,中国创新能力在空间上呈现集聚分布的态势,热点区和次热点区数量逐渐增多,冷点区和次冷点区则不断减少,其中热点区主要集中在东部沿海地区,冷点区主要集中在中西部地区。

(4) 区域物质资本、区域智力资本、区域创新环境、全球化知识溢出等创新要素在地理空间上的集聚与分散影响微观层面各创新主体的创新能力,进而导致宏观层面的各省(市、区)创新能力具有明显的空间异质性。

5.2 讨论

从本文研究可看出,创新活动具有空间非均衡性和空间溢出效应,建议采取以下政策措施,以提升中国整体创新能力:

(1) 加强创新资本投入。东部沿海地区创新能力较强的省市,可通过加大对计算机、精密仪器及实验设备等创新资本的投入刺激创新;而中西部省(市、区),由于资本密集度远低于东部沿海地区各省市,可通过加强对先进技术的引进,对先进国家或地区的产品与技术进行模仿、消化和吸收、再创新来提高自身的创新能力。

(2) 优化创新环境。不管是创新能力强的地区还是弱的地区,都要完善知识产权制度,鼓励和保护创新行为,建立健全的创新金融支持体系,不断完善基础设施,特别要加强通讯卫星和网络设施建设,完善公共研究实验室、不断提高重大研究开放实验室水平,构建企业技术创新平台,包括各类规范、标准数据库,相关专利、科技成果数据库等以此优化区域创新环境,增强创新能力。

(3) 提高对外资研发开放水平。东部沿海地区

创新能力较强的省市可通过强化市场竞争、促进研发合作、鼓励人员流动等方式,诱导外资研发对东部沿海地区产生更多的知识溢出;中西部地区则可通过加强交通、通讯等基础设施建设,增强与外部区域的相互联系,并缩短与国际市场的距离,从而增强对外资研发的吸引力。

(4) 制定区域化创新战略。东部沿海发达地区高水平创新集聚中心需强化创新的空间溢出效应,辐射带动邻近地区创新要素的集聚和创新能力的提升;中西部创新能力相对薄弱地区可通过培育和发展省会及区域中心城市创新集聚中心,进而增强知识、信息、技术等创新要素的扩散效应和溢出效应,以带动周边地区的创新发展。

参考文献(References)

- 曹广喜. 2009. FDI对中国区域创新能力溢出效应的实证研究: 基于动态面板数据模型[J]. 经济地理, 29(6): 894-899. [Cao G X. 2009. Empirical analysis on spillover effect of FDI to regional innovation capability[J]. Economic Geography, 29(6): 894-899.]
- 曹贤忠, 曾刚, 邹琳. 2015. 长三角城市群R & D资源投入产出效率分析及空间分异[J]. 经济地理, 35(1): 104-111. [Cao X Z, Zeng G, Zou L. 2015. Spatial differentiation of input-output efficiency of R & D resources in case of Yangtze River Delta Urban Agglomeration[J]. Economic Geography, 35(1): 104-111.]
- 陈雨柯. 2012. 中国创新能力对经济增长影响的实证研究[J]. 经济问题, (2): 36-39. [Chen Y K. 2012. Analysis on the contribution of innovation capability to Chinese economic growth[J]. Economic Problems, (2): 36-39.]
- 程华, 廖中举, 戴娟兰. 2011. 中国区域环境创新能力与经济发展的协调性研究[J]. 经济地理, 31(6): 985-991. [Cheng H, Liao Z J, Dai J L. 2011. The research on the coordination between China regional environment innovation ability and economy development[J]. Economic Geography, 31(6): 985-991.]
- 丛海彬, 邹德玲, 蒋天颖. 2015. 浙江省区域创新平台空间分布特征及其影响因素[J]. 经济地理, 35(1): 112-118. [Cong H B, Zou D L, Jiang T Y. 2015. The spatial distribution and elements of regional innovation platforms in Zhejiang Province[J]. Economic Geography, 35(1): 112-118.]
- 关皓元, 梁勤儒, 谷雨. 2016. 区域创新环境对广东工业专业镇创新绩效影响实证研究[J]. 科技管理研究, 36(9): 94-99. [Guan H Y, Liang Q R, Gu Y. 2016. An empirical study of the regional innovation environment on the Guangdong industrial town innovation performance[J]. Science and Technology Management Research, 36(9): 94-99.]
- 桂黄宝. 2014. 我国高技术产业创新效率及其影响因素空间计量分析[J]. 经济地理, 34(6): 100-107. [Gui H B. 2014. Innovation efficiency and its influencing factors of China's high-tech industry based on the spatial econometric model[J]. Economic Geography, 34(6): 100-107.]
- 何键芳, 张虹鸥, 叶玉瑶, 等. 2013. 广东省区域创新产出的空间相关性研究[J]. 经济地理, 33(2): 117-121, 140. [He J F, Zhang H O, Ye Y Y, et al. 2013. Research on spatial autocorrelation of innovation output in Guangdong Province[J]. Economic Geography, 33(2): 117-121, 140.]
- 蒋天颖. 2013. 我国区域创新差异时空格局演化及其影响因素分析[J]. 经济地理, 33(6): 22-29. [Jiang T Y. 2013. Study on spatial and temporal evolution and factors of regional innovation in China[J]. Economic Geography, 33(6): 22-29.]
- 蒋天颖. 2014. 浙江省区域创新产出空间分异特征及成因[J]. 地理研究, 33(10): 1825-1836. [Jiang T Y. 2014. Spatial differentiation and its influencing factors of regional innovation output in Zhejiang Province[J]. Geographical Research, 33(10): 1825-1836.]
- 蒋天颖, 华明浩, 许强, 等. 2014. 区域创新与城市化耦合发展机制及其空间分异: 以浙江省为例[J]. 经济地理, 34(6): 25-32. [Jiang T Y, Hua M H, Xu Q, et al. 2014. Coupling development and spatial differences between regional innovation and urbanization: A case of Zhejiang Province[J]. Economic Geography, 34(6): 25-32.]
- 李国平, 王春杨. 2012. 我国省域创新产出的空间特征和时空演化: 基于探索性空间数据分析的实证[J]. 地理研究, 31(1): 95-106. [Li G P, Wang C Y. 2012. Spatial characteristics and dynamic changes of provincial innovation output in China: An investigation using the ESDA[J]. Geographical Research, 31(1): 95-106.]
- 李小文, 曹春香, 常超一. 2007. 地理学第一定律与时空邻近度的提出[J]. 自然杂志, 29(2): 69-71. [Li X W, Cao C X, Chang C Y. 2007. The first law of geography and spatial-temporal proximity[J]. Chinese Journal of Nature, 29(2): 69-71.]
- 连远强. 2016. 国外创新网络研究述评与区域共生创新战略[J]. 人文地理, 31(1): 26-32. [Lian Y Q. 2016. A review of foreign literature of innovation network and regional symbiotic innovation strategy[J]. Human Geography, 31(1): 26-

- 32.]
- 吕国庆, 曾刚, 顾娜娜. 2014. 经济地理学视角下区域创新网络的研究综述[J]. 经济地理, 34(2): 1-8. [Lv G Q, Zeng G, Gu N N. 2014. Literature review of regional innovation network: An economic geographical perspective[J]. Economic Geography, 34(2): 1-8.]
- 吕拉昌, 黄茹, 廖倩. 2016. 创新地理学研究的几个理论问题[J]. 地理科学, 36(5): 653-661. [Lv L C, Huang R, Liao Q. 2016. Several theoretical issues on innovation geography[J]. Scientia Geographica Sinica, 36(5): 653-661.]
- 彭建国, 郭鹏, 于明洁. 2014. 基于典型相关分析的高技术产业研发创新投入与创新产出的关系研究[J]. 科技管理研究, 34(6): 101-104, 113. [Peng J G, Guo P, Yu M J. 2014. Research on relationship between innovation input and output of high-tech industry based on canonical correlation analysis[J]. Science and Technology Management Research, 34(6): 101-104, 113.]
- 齐亚伟, 陶长琪. 2014. 环境约束下要素集聚对区域创新能力的影响: 基于GWR模型的实证分析[J]. 科研管理, 35(9): 17-24. [Qi Y W, Tao C Q. 2014. Influence of factor agglomeration on regional innovation capability under environmental constraints: An empirical analysis based on GWR model[J]. Science Research Management, 35(9): 17-24.]
- 史焱文, 李二玲, 李小建, 等. 2015. 基于SNA的农业产业集群创新网络与知识流动分析: 以寿光蔬菜产业集群、鄱陵花木产业集群为例[J]. 经济地理, 35(8): 114-122. [Shi Y W, Li E L, Li X J, et al. 2015. The agricultural industry cluster innovation network and knowledge flow based on SNA: The cases of Shouguang vegetable cluster and Yanling flower and plant cluster[J]. Economic Geography, 35(8): 114-122.]
- 司月芳, 曾刚, 曹贤忠, 等. 2016. 基于全球—地方视角的创新网络研究进展[J]. 地理科学进展, 35(5): 600-609. [Si Y F, Zeng G, Cao X Z, et al. 2016. Research progress of global innovation networks[J]. Progress in Geography, 35(5): 600-609.]
- 谭俊涛, 张平宇, 李静. 2014. 2001-2010年黑龙江省城市创新能力格局与发展过程[J]. 地理科学进展, 33(4): 508-516. [Tan J T, Zhang P Y, Li J. 2014. Structure and development of urban innovation capability in Heilongjiang Province during 2001-2010[J]. Progress in Geography, 33(4): 508-516.]
- 谭俊涛, 张平宇, 李静. 2016. 中国区域创新绩效时空演变特征及其影响因素研究[J]. 地理科学, 34(1): 39-46. [Tan J T, Zhang P Y, Li J. 2016. Spatio-temporal characteristics of regional innovation performance and its influencing factors in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 34(1): 39-46.]
- 汤尚颖, 孔雪. 2011. 区域空间形态创新理论的发展与前沿[J]. 数量经济技术经济研究, (2): 148-161. [Tang S Y, Kong X. 2011. Review of the regional spatial patterns innovation theory[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, (2): 148-161.]
- 万勇. 2011. 创新能力的空间分布及其经济增长效应的实证研究[J]. 上海经济研究, (4): 36-46. [Wan Y. 2011. Empirical research on the spatial distribution of innovation capability and its growth effect[J]. Shanghai Journal of Economics, (4): 36-46.]
- 王崇锋. 2015. 知识溢出对区域创新效率的调节机制[J]. 中国人口·资源与环境, 25(7): 77-83. [Wang C F. 2015. Moderating effects about knowledge spillover and regional innovation efficiency[J]. China Population, Resources and Environment, 25(7): 77-83.]
- 王建民, 王艳涛. 2015. 我国区域创新能力研究述评[J]. 经济问题探索, (12): 185-190. [Wang J M, Wang Y T. 2015. Woguo quyu chuangxin nengli yanjiu shuping[J]. Inquiry into Economic Issues, (12): 185-190.]
- 王馨竹, 杜德斌, 张斌丰, 等. 2014. 长三角知识创新能力与城市化、工业化进程的协调关系研究[J]. 资源开发与市场, 30(5): 598-602, 640. [Wang X Z, Du D B, Zhang B F, et al. 2014. Research on coordinating relation between knowledge innovation capability and urbanization industrialization in Changjiang River Delta[J]. Resource Development & Market, 30(5): 598-602, 640.]
- 魏守华, 吴贵生, 吕新雷. 2010. 区域创新能力的影响因素: 兼评我国创新能力的地区差距[J]. 中国软科学, (9): 76-85. [Wei S H, Wu G S, Lv X L. 2010. The determinants of regional innovation capability: Comment on the regional gap of innovation capability in China[J]. China Soft Science, (9): 76-85.]
- 张惠璇, 刘青, 李贵才. 2016. 广东省城市创新联系的空间格局演变及优化策略[J]. 地理科学进展, 35(8): 952-962. [Zhang H X, Liu Q, Li G C. 2016. Spatial structure change and optimization strategies of innovation linkage among the cities in Guangdong Province[J]. Progress in Geography, 35(8): 952-962.]
- 张希, 罗能生, 彭郁. 2014. 税收安排与区域创新: 基于中国省际面板数据的实证研究[J]. 经济地理, 34(9): 33-39. [Zhang X, Luo N S, Peng Y. 2014. Tax arrangement and re-

- gional innovation: An empirical research based on the provincial panel data in China[J]. *Economic Geography*, 34(9): 33-39.]
- 赵雪雁, 李文美, 张亮, 等. 2015. 社会资本对区域创新能力的影响[J]. *干旱区地理*, 38(2): 377-383. [Zhao X Y, Li W M, Zhang L, et al. 2015. Influence of social capital to regional innovation ability[J]. *Arid Land Geography*, 38(2): 377-383.]
- 甄峰, 徐海贤, 朱传耿. 2001. 创新地理学: 一门新兴的地理学分支学科[J]. *地域研究与开发*, 20(1): 9-11, 18. [Zhen F, Xu H X, Zhu C G. 2001. Innovative geography: A new branch of geography[J]. *Areal Research and Development*, 20(1): 9-11, 18.]
- 周文泳, 项洋. 2015. 中国各省市区域创新能力关键要素的实证研究[J]. *科研管理*, 36(S1): 29-35. [Zhou W Y, Xiang Y. 2015. An empirical study on key factors of regional innovative capability about China's provinces and cities[J]. *Science Research Management*, 36(S1): 29-35.]
- Chang C L, Oxley L. 2009. Industrial agglomeration, geographic innovation and total factor productivity: The case of Taiwan[J]. *Mathematics and Computers in Simulation*, 79(9): 2787-2796.
- Fornahl D, Brenner T. 2009. Geographic concentration of innovative activities in Germany[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 20(3): 163-182.
- Jalles J T. 2010. How to measure innovation? New evidence of the technology-growth linkage[J]. *Research in Economics*, 64(2): 81-96.

Spatiotemporal changes and influencing factors of innovation capacity in China

HOU Chunguang, CHENG Yu, REN Jianlan*, CHEN Yanbin

(College of Geography and Environment Sciences, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: Supporting national development by innovation is China's inevitable choice in the new normal economic development environment. In this study, the data of innovation capacity of 30 provinces (municipalities, autonomous regions) from 2000 to 2014 were selected to construct panel datasets, and linear weighted synthesis method, coefficient of variation, Gini coefficient, spatial autocorrelation, NICH index, and macro analysis method, combined with GIS spatial analysis and SPSS data analysis tools were used to explore the spatiotemporal change and influencing factors of innovation capacity in China. The results shows that: (1) In 2000-2014, innovation capacity in China increased year by year, from 0.199 in 2000 to 1.775 in 2014. Knowledge innovation capacity and technology innovation capacity improved faster as compared to government support and service capacities and the basic environment of innovation. (2) Difference in regional innovation capacity shifted from great gap at an overall low capacity level to small gap at and overall high capacity level. High capacity and faster growing areas are mainly concentrated in Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Guangzhou, and other eastern coastal provinces (municipalities). Guizhou, Yunnan, Gansu, Xinjiang, Inner Mongolia, and other provinces (municipalities, autonomous regions) in the southwestern and northwestern regions have relatively low level of innovation capacity and slow growth. (3) Regional material wealth concentration, regional intellectual capital agglomeration, regional innovation environment, and global knowledge spillover are the main factors that affect the change of China's innovation capacity. The research results provide some guidance for the improvement of China's innovation capacity and regional sustainable development.

Key words: innovation geography; innovation capacity; spatiotemporal pattern; spatial autocorrelation; influencing factor; China