

# 京津冀城市群技术创新产出时空演化研究

刘波, 王承云\*, 杨苏琪, 李艺伟

上海师范大学环境与地理科学学院, 上海

收稿日期: 2022年12月10日; 录用日期: 2022年12月27日; 发布日期: 2023年2月28日

## 摘要

以专利授权量为评价指标,运用探索性空间数据分析(ESDA)、变异系数、相对发展率(NICH)指数等方法,分析京津冀城市群技术创新产出的时空演化特征。结果显示:2005~2020年,城市群技术创新产出的集聚分异特征显著,总体上与区域空间格局的“一核、双城、三轴”相吻合,高值主要分布在京津地区,低值主要分布于京津冀西北和东南一带;技术创新产出的相关性并不紧密,区域内部创新分化严重,极化效应加强,产出水平从低水平均衡化逐渐变为高水平差异化,整体上形成了以北京为核心的H-L集群和冀北为代表的L-H集群;此外,创新产出的增长演化特征明显,总体分布格局与产出区的集聚特征基本相同,相对发展率整体上稳步提升,但2015~2020年津保地区出现下滑态势。最后在实证分析的基础上,提出了科学建议。

## 关键词

创新产出, 京津冀, 空间分异, 时空演化

# Research on the Spatiotemporal Evolution of Technological Innovation Output in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban

Bo Liu, Chengyun Wang\*, Suqi Yang, Yiwei Li

School of Environmental and Geographical Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai

Received: Dec. 10<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 27<sup>th</sup>, 2022; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Taking the number of patents granted as the evaluation index, and using ESDA, coefficient of variation, NICE index and other methods to analyze the temporal and spatial evolution characteristics of technological innovation output of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. The results

show that from 2005 to 2020, the agglomeration and differentiation characteristics of technological innovation output of urban agglomerations are significant, which generally coincides with the regional spatial pattern of “one core, two cities and three axes”, with high values mainly distributed in Beijing and Tianjin, and low values mainly distributed in the northwest and southeast of Beijing-Tianjin-Hebei. The correlation of technological innovation output is not close, the innovation differentiation within the region is serious, the polarization effect is strengthened, the output level gradually changes from low-level equilibrium to high-level differentiation, and the H-L cluster with Beijing as the core and the L-H cluster represented by northern Hebei have been formed as a whole. In addition, the growth and evolution characteristics of innovation output are obvious, the overall distribution pattern is basically the same as the agglomeration characteristics of the output area, and the relative development rate has steadily increased as a whole, but in the past five years, the Tianjin-Baoding area has shown a downward trend. Finally, on the basis of empirical analysis, scientific suggestions are put forward.

## Keywords

Innovation Output, Beijing-Tianjin-Hebei, Spatial Differentiation, Spatiotemporal Evolution

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着全球化发展和知识经济时代的到来, 创新已成为推动社会发展、提高国家竞争力、实现民族崛起的重要支撑。创新产出作为评估地区创新能力的重要指标, 可以较好地反映创新活动在一定时期内实现的创新量[1]。京津冀城市群不仅是中国经济区的重要组成部分[2], 也是目前全国“5+9+6”城市群建设新格局中的5个特大城市群之一[3], 同时还是全国创新要素最集聚、创新产出最丰富的地区之一, 其高校和科研院所众多, 创新型人才资源密集, 技术创新成果丰硕, 高科技产业发展迅猛[4]。

2015年4月中共中央政治局审议通过了《京津冀协同发展规划纲要》, 成为高层力推的国家级区域规划[5]。2016年5月, 中共中央国务院发布了《国家创新驱动发展战略纲要》, 指出创新驱动发展是面向未来的一项重大战略, 是建设创新型国家的行动指南。2020年12月, 国家首个综合类技术创新中心“京津冀国家技术创新中心”揭牌成立, 旨在为京津冀区域发展提供技术供给, 培育创新人才, 打造国家创新体系的战略节点。所以, 以创新驱动京津冀协同发展既是时代要求, 也是社会发展的客观规律。但目前京津冀城市群创新发展协同程度还远远不足, 区域内部创新产出水平差距仍比较大, 如何有效提升京津冀区域创新产出水平, 推动京津冀一体化进程以及加速创新协同发展, 显得至关重要。

目前, 有关区域创新与时空关系的研究有很多, 从研究区域来说可分为大中小三个尺度。大尺度多从国家、城市群、经济带层面进行研究[6][7][8][9][10], 例如徐维祥、滕堂伟等对长江经济带和长三角城市群创新产出的时空演化特征进行了大量研究; 中尺度多从省域、地级区域进行研究[11][12][13][14][15], 例如王春杨、李国平、杨凡等对我国地级区域及省域创新产出的空间特征和时空演化进行了研究; 此外还有从县域、城市街道等微观小尺度进行研究的[16][17][18][19][20], 例如董俊等分析了中国县域创新产出的空间分异及其影响因素, 浩飞龙等以城市街道为分析单元对长春市创新产出的空间特征进行了探讨。此外, 还有学者从高校、人才、产业等视角对相关领域的创新产出进行研究[21][22][23]。从研究方法和评价指标来看, 主要有TOPSIS熵权法、探索性空间数据分析(ESDA)[11][12][13], 以及标

准差、变异系数、区位基尼系数、NICH 指数等空间计量方法和地理加权回归模型(GWR) [13] [16]、地理探测器等。选取指标多为单一指标专利申请授权量, 少数为双指标或多指标。

## 2. 研究区域与数据来源

### 2.1. 研究区域

京津冀城市群是中国三大城市群之一, 是中国的“首都经济圈”, 同时也是我国北方经济规模最大、最具活力的地区。城市群位于东北亚环渤海心脏地带, 区域总面积约 21.5 万平方公里, 占全国国土面积的 2.3%; 2021 年常住人口 1.1 亿, 占全国总人口的 7.8%; GDP 达到 9.6 万亿元, 占全国 GDP 的 8.4%。京津冀城市群包括北京、天津两个直辖市以及河北省的石家庄、唐山等 11 个地级市。

### 2.2. 数据来源

创新产出作为创新活动的最终环节, 通常可以用专利授权量、新产品产值以及新产品销售收入等指标来衡量。其中专利授权量代表科技成果创新, 是研究技术创新的重要数据, 它反映了国家对于创新性和实用性新发明及新应用的认可与保护, 不仅是创新活动的中间产物, 也是表征地区技术创新产出的重要依据[1]。故本文选取京津冀城市群 13 市 2005~2020 年的发明专利授权量作为衡量技术创新产出的评价指标, 数据均来源于 Incopat 专利数据库。此外为了探究经济基础与创新产出的关系, 还分别获取了各市 2005~2020 年的 GDP 数据, 数据来源于各地区统计年鉴和统计公报。

## 3. 研究方法

### 3.1. 探索性空间数据分析

选取 Local Moran's  $I$  指数分析京津冀城市群创新产出的局部聚集情况, 观察相似的值是否靠近, 即相似的值是否形成聚类。计算公式如下:

$$I_i = z_i \sum_j W_{ij} z_j (i \neq j), \quad (1)$$

式中,  $z_i$  和  $z_j$  为空间单元  $i$  和  $j$  标准化后的技术创新产出,  $W_{ij}$  是进行标准化后不同类型的空间权重矩阵。

LISA 是衡量观测单元与周边单元属性相近或相异程度及其显著性的指标[24]。根据局部自相关公式, 运用 ArcGIS10.2 软件, 得到京津冀 13 市历个五年技术创新差异的 LISA 聚集图。

### 3.2. 变异系数

为了衡量京津冀城市群内部技术创新产出的差异性, 选取了变异系数, 它可以客观地反映一组数据内部的差异情况, 较标准差和方差等能更准确地反映数据的离散程度[25]。计算公式如下:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} / \bar{x}, \quad (2)$$

式中:  $C_v$  为变异系数,  $n$  为研究单元数,  $x_i$  为第  $i$  个市域单元的技术创新产出水平,  $\bar{x}$  为区域内所有研究单元产出水平的平均值。

### 3.3. NICH 指数

NICH 指数也称为相对发展率指数, 可以用来衡量京津冀各市域单元在某一时期内相对于区域整体的发展速度。计算公式如下:

$$NICH = \frac{Y_{2i} - Y_{1i}}{Y_2 - Y_1}, \quad (3)$$

式中,  $Y_{1i}$ 、 $Y_{2i}$  分别表示第  $i$  个市域在某一时期初期和末期的技术创新产出,  $Y_1$ 、 $Y_2$  分别表示京津冀各市域在该时期初期和末期的技术创新产出。

## 4. 实证分析

### 4.1. 创新产出的整体集中度分析

通过整理京津冀城市群 13 市的专利授权量数据和 GDP 数据, 计算出 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年四个时间段各城市专利授权量和 GDP 在城市群中的占比情况(表 1)。由表 1 可知, 2005~2020 年间, 技术创新产出主要集中在京津双城, 且集中程度始终保持在 90% 以上。进一步分析发现, 虽然两市整体创新产出集中度高, 但发展趋势并不相同: 北京市技术创新产出占比呈持续上升趋势, 而天津市创新产出集中度呈下降趋势, 究其原因与其近几年经济活力不足以及人才外流有关。相比之下, 河北省整体专利授权量占比逐年上升, 从 2005 年的 5.8% 上升到 2020 年的 8.45%, 尤其是 2014 年后增幅较快, 间接说明京津冀协同发展战略取得成效, 京津地区对河北省的产业转移以及辐射带动作用正在逐步增强。

**Table 1.** Proportion of patents and GDP in urban agglomerations in 2005, 2010, 2015 and 2020 (%)

**表 1.** 城市群 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年专利与 GDP 比重(%)

城市	2005 年		2010 年		2015 年		2020 年	
	PAT	GDP	PAT	GDP	PAT	GDP	PAT	GDP
北京市	77.69	34.65	81.08	35.28	80.91	37.32	84.52	42.02
天津市	16.51	15.31	13.87	16.11	10.56	16.38	7.03	16.39
石家庄市	2.38	8.97	1.72	8.02	2.33	8.19	2.26	6.91
唐山市	0.87	9.83	0.60	10.54	0.98	9.19	1.05	8.39
秦皇岛市	0.57	2.38	0.73	2.19	1.13	1.88	1.55	1.96
邯郸市	0.52	5.61	0.32	5.57	0.51	4.74	0.42	4.23
邢台市	0.17	3.30	0.14	2.86	0.26	2.66	0.32	2.56
保定市	0.47	5.20	0.93	4.83	1.90	4.97	1.18	3.90
张家口市	0.12	2.01	0.10	2.28	0.15	2.05	0.17	1.86
承德市	0.17	1.75	0.02	2.10	0.14	2.05	0.20	1.80
沧州市	0.07	5.48	0.11	5.19	0.25	5.00	0.27	4.31
廊坊市	0.33	3.01	0.27	3.19	0.67	3.73	0.85	3.84
衡水市	0.14	2.52	0.11	1.84	0.21	1.84	0.18	1.82

但就城市群内部而言, 差距仍比较大, 北京市的专利授权量在 2010 年便突破一万件, 而其余城市中产出最高的天津市 2020 年专利授权量也不足 6000 件, 其余河北省 11 市的授权量更是均不足 2000 件, 说明京津冀城市群内部技术创新产出的集聚分异特征显著, 创新空间分化严重, 呈“断崖式”分布。从表 1 专利授权量的占比情况可以看出北京市的技术创新产出和其他城市的差距越来越大, 其他城市的创新产出虽也在增长, 但增长速度远小于北京的增长速度, 这主要与各地的经济基础、高校数量以及科研投入有关, 更重要的是大城市“虹吸效应”, 即发达城市的资源优势往往能促使其更好更快地发展, 且

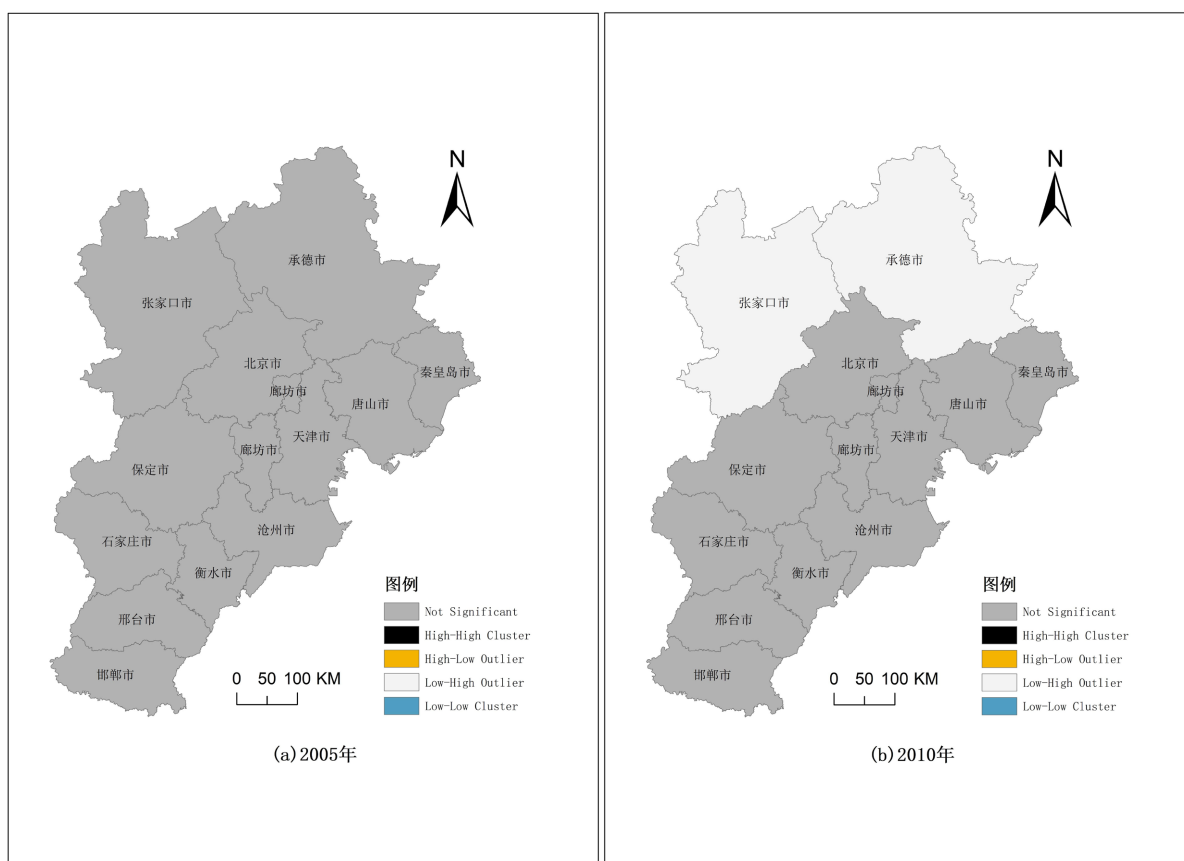
会对周围城市产生吸引。

同时,由表 1 还可以发现,对于经济发达的地区而言,GDP 的集聚程度远低于创新产出的集聚程度。以 2020 年为例,当年京津两市的 GDP 占城市群经济总量的 58.41%,明显低于专利授权量 91.55%的占比,这也在一定程度上印证了创新活动要比经济活动更加趋向空间集聚的事实[6]。

#### 4.2. 创新产出的空间集聚状态

由于本文所选研究区域范围过大,研究单元数量过少,全局相关性并不显著。因此为了更准确地研究京津冀技术创新产出的集聚态势,本文借助 ArcGIS 软件分别对 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年区域技术创新产出进行聚类分析,得到京津冀 13 市技术创新差异的 LISA 聚集图(图 1)。由图可知,2005 年城市群内部技术创新产出的空间集聚性并不显著,无明显集聚态势;2010 年张家口和承德市出现“L-H”集聚特征,原因是由于该地区创新禀赋较弱,创新产出水平相较于其他地区过低;2015 年和 2020 年北京市技术创新产出呈现“H-L”集聚,这是因为近十年北京市技术创新产出水平过高,且与其他地区的差距越来越大,相较于周围地区是个明显的高值,而张家口和承德市则仍表现为“L-H”集聚,其余地区仍不显著,说明京津冀城市群技术创新产出的内部差异程度在进一步扩大,主要体现在北京和其他城市间的差异,其余城市间的产出水平则相对较为接近。

此外,以上研究结果也间接说明技术创新产出具有空间锁定效应。从图 1 的 LISA 聚集图不难发现,2005~2020 年,京津冀城市群技术创新产出所形成的“核心-外围”格局并未发生明显变化,即以北京为核心,其他城市为外围区域。再结合表 1 分析发现,城市群内部创新产出的分异程度并没有因为经济发展而缩小,反而呈现出不断分化的空间格局。这些都在一定程度上说明,创新活动往往会集聚在最初发生



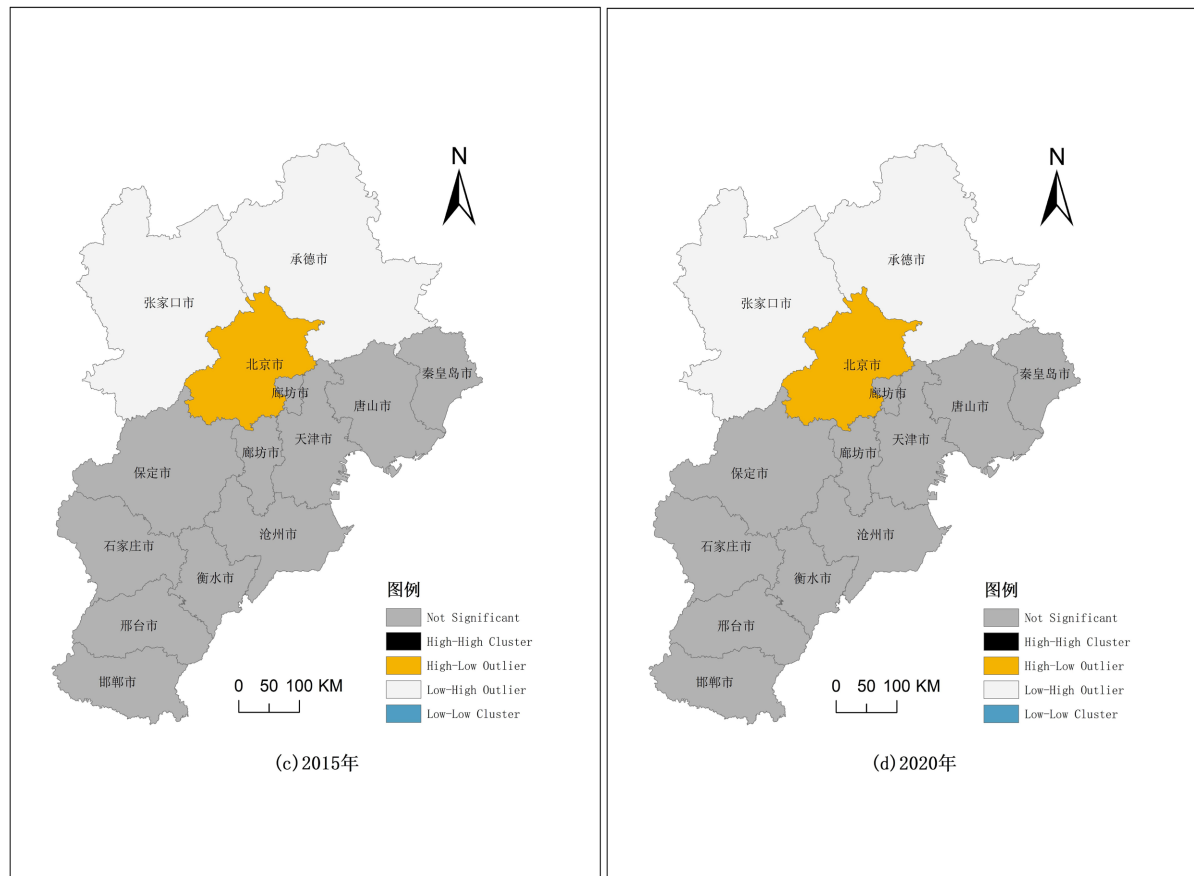


Figure 1. LISA aggregation map of technological innovation output in urban agglomeration

图 1. 城市群技术创新产出的 LISA 集聚图

的区域，形成“空间锁定”，因而具有一定的路径依赖。正是由于创新活动的这种路径依赖，使得城市群内部技术创新产出的分异程度不断增大，且短时间内很难摆脱这种困境，需要相关部门引起重视。

### 4.3. 创新产出的时空演化特征

为了进一步探究京津冀城市群技术创新产出的时空演化特征，选取 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年四个年份作为时间节点，首先对专利数据进行标准化处理，然后利用 ArcGIS 中的 Jenks 自然间断点分级法，将城市群 13 个市域单元的技术创新产出依次划分为高水平区、较高水平区、中等水平区和低水平区四个等级(图 2)。如图 2 所示，2005~2020 年，京津冀城市群技术创新产出的空间集聚分异特征显著，较高产出区的分布与京津冀区域空间格局的“一核、双城、三轴”大致相同。即京津地区、京保石地区和京唐秦地区技术创新产出水平较高，其中京津地区最为显著，而低水平区主要分散集中于京津冀西北和东南一带。

进一步对四个年份城市群技术创新产出的空间格局进行分析，发现城市群各市域技术创新产出在空间分布上逐渐集聚。2005 和 2010 年京津冀创新产出的高水平区、较高水平区以及中等水平区都相对较少，高水平区和较高水平区仅有北京和天津，中等水平区五年间从 1 个增加到 3 个，其余地区仍为低水平区。2015 年，处于中等水平区及以上的城市数量明显增加，共有 11 个。天津上升为高水平区，石家庄、保定、秦皇岛由中等水平区上升为较高水平区，廊坊和唐山由低水平区跃升为较高水平区，此外，沧州、衡水、邢台和邯郸的创新产出也由低水平上升为中等水平，说明 2010~2015 这五年间区域创新产

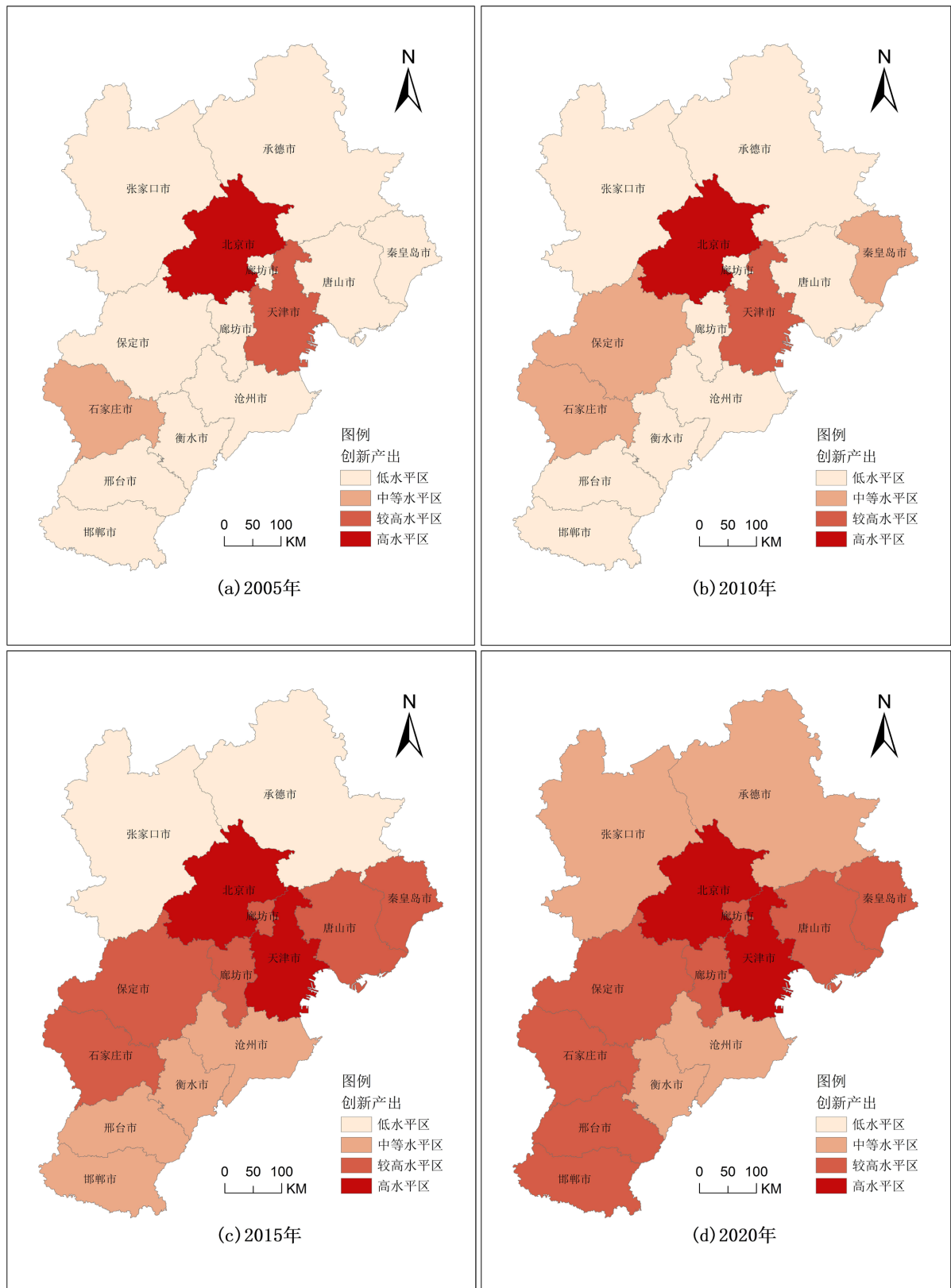


Figure 2. Evolution of spatial distribution of technological innovation output in urban agglomeration  
图 2. 城市群技术创新产出的空间分布演变

出水平提升显著。到 2020 年, 京津冀所有市域的技术创新产出均处于中等水平以上, 一直处于低水平区的承德和张家口也上升到中等水平。由此可见, 16 年间京津冀城市群技术创新产出水平整体提升, 其中中部地区增长较为显著, 尤其是京保石、京津唐秦地区, 究其原因, 这些地区经济实力相对较强, 地理位置优越, 高校数量相对较多, 为创新环境的孕育、创新水平的提升创造了良好的条件。而京津冀西北和东南一带经济实力较弱, 高等院校和科研院所较少, 而且受区位偏远、交通闭塞、创新型人才引进难等问题的限制, 创新环境不佳[16], 短时难以摆脱循环累积的发展困境, 实现跨越式发展。此外, 京津冀南部地区由于距离京津较远, 导致区域联系度降低、创新辐射效应减弱, 地区创新水平长期处于缓慢增长状态。

#### 4.4. 创新产出的内部差异程度

根据变异系数的计算方法, 分别计算出 13 市 2005~2020 年专利授权量的平均值和标准差, 进而计算出其变异系数(图 3)。从图中可以看出城市群技术创新产出的变异系数在 16 年间处于波动上升态势, 说明创新产出的离散程度越来越大, 其中 2008~2010 年上升最快, 说明此期间创新产出的离散程度变化最快, 2011~2017 年离散程度变化不大, 但 2018 年之后变异系数进一步增加, 说明此期间城市群技术创新产出的内部差异程度在进一步扩大, 极化效应加重。区域技术创新产出水平从低水平均衡化逐渐变为高水平差异化。

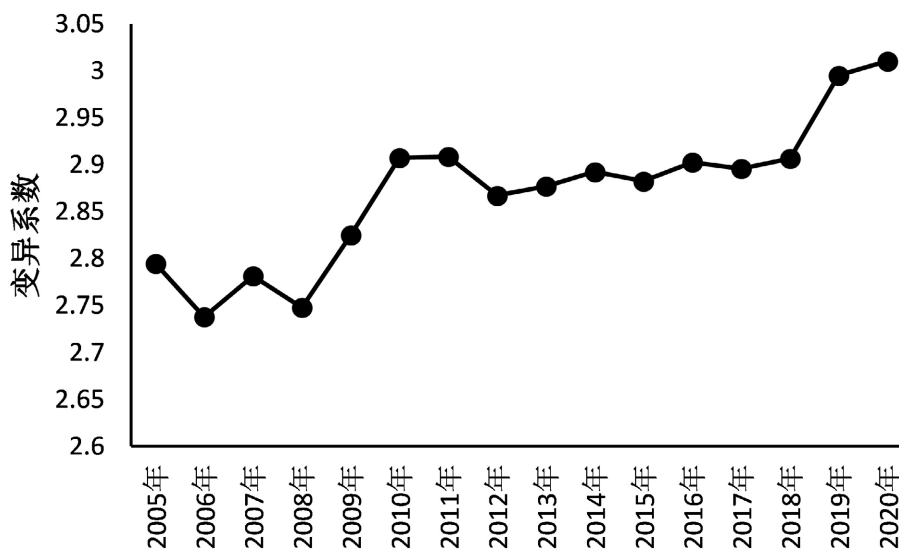


Figure 3. Coefficient of variation of technological innovation output in urban agglomeration (2005~2020)

图 3. 城市群技术创新产出的变异系数(2005~2020)

#### 4.5. 创新产出的增长演化特征

选取 2005~2010 年、2010~2015 年和 2015~2020 年三个时间段, 计算出京津冀各市域技术创新产出的相对发展率(NICH 指数), 计算结果如表 2 所示。根据结果并借助 ArcGIS 中的自然断点分级法, 将城市群 13 个市域单元从高到低依次分为高速增长区、中速增长区、低速增长区和滞后发展区四种类型(图 4)。

从图 4 可以看出, 2005~2015 年京津冀技术创新产出相对发展率的时空演化特征较为明显: 2005~2010 年, 中高速发展区共有 4 个, 其中北京、天津为高速发展区, 保定、石家庄为中速发展区, 低速增长区有 2 个, 分别是唐山和秦皇岛, 其余均为滞后发展区; 2010~2015 年, 高速发展区不变, 中速发展区增加了唐山和秦皇岛, 廊坊、邯郸则由滞后发展区上升为低速发展区; 然而 2015~2020 年, 不少地区技术

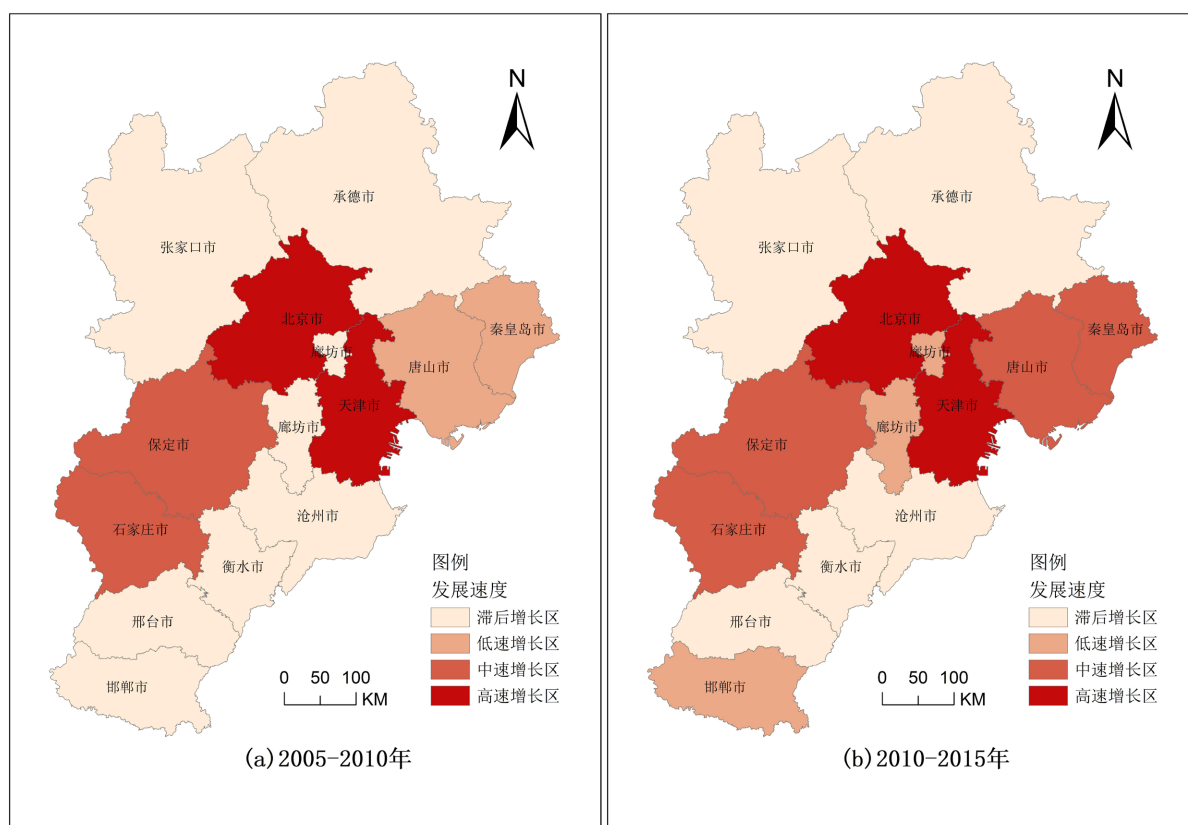


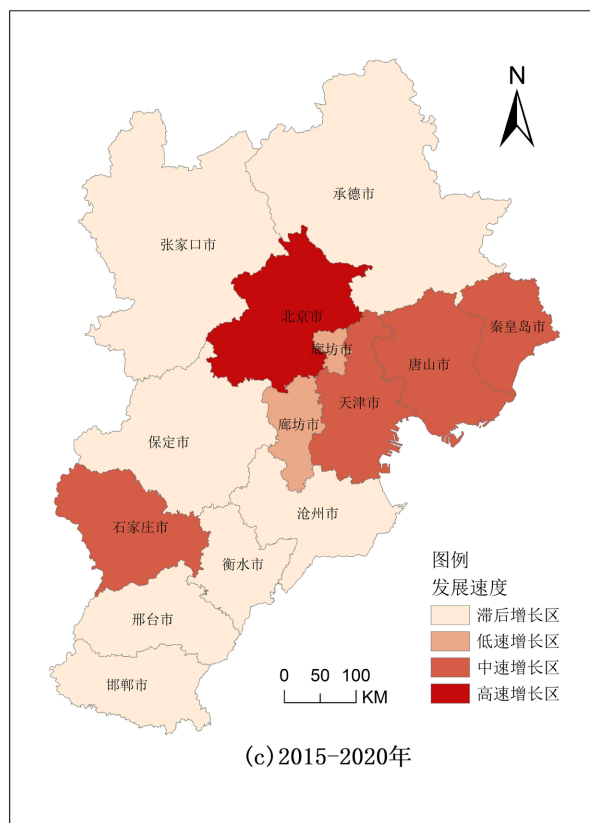
创新产出的相对发展率较上一阶段不升反降，例如天津由上一阶段的高速增长区降为低速发展区，保定则由中速增长区陡降为滞后发展区，邯郸也由低速增长区变为滞后发展区。结合表 2 和图 4，从整体来

**Table 2.** NICH index of each city area in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration

**表 2.** 京津冀城市群各市域 NICH 指数

NICH 指数	2005~2010 年	2010~2015 年	2015~2020 年
北京市	0.8285	0.8082	0.8882
天津市	0.1257	0.0902	0.0282
石家庄市	0.0139	0.0262	0.0216
唐山市	0.0046	0.0116	0.0114
秦皇岛市	0.0081	0.0131	0.0204
邯郸市	0.0022	0.0060	0.0032
邢台市	0.0013	0.0031	0.0040
保定市	0.0116	0.0235	0.0033
张家口市	0.0009	0.0017	0.0020
承德市	-0.0006	0.0019	0.0027
沧州市	0.0013	0.0032	0.0029
廊坊市	0.0024	0.0085	0.0106
衡水市	0.0009	0.0026	0.0014





**Figure 4.** Relative development rate of technological innovation output in urban agglomeration  
**图 4.** 城市群技术创新产出的相对发展率

看，2005~2020 年京津冀城市群技术创新产出的相对发展率有所提升，尤其是 2010~2015 年间，增速明显，但 2015~2020 年天津、保定、邯郸等部分城市的技术创新产出增速有所下降，结合表 1 分析，是由于近些年上述城市的专利授权量占比有所下降所致。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 结论

本文以京津冀城市群 13 市为空间研究单元，以专利授权量为技术创新产出评价指标，计算 2005~2020 年城市群技术创新产出的变异系数和 NICH 指数，并运用相关空间计量方法，探究城市群技术创新产出的时空演化特征。主要研究结论如下：

1) 2005~2020 年，京津冀城市群技术创新产出的集聚分异特征显著，具有一定的空间依赖性，创新产出区的分布与总体上与京津冀区域空间格局的“一核、双城、三轴”相吻合，高水平区主要集中于京津地区，低水平区主要以面状分布在城市群西北和东南一带；从 2005 年、2010 年、2015 年和 2020 年四年的变化趋势来看，京津冀地区技术创新产出的分异程度不断增强，创新产出水平从低水平均衡化逐渐变为高水平差异化。16 年间，京津两市的技术创新产出均处于较高水平以上，而冀北的张家口和承德大部分时间则处于低水平区，存在一定的空间锁定。

2) 京津冀城市群技术创新产出发展不均衡，内部分化严重。技术产出主要集中在京津双城，尤其是北京，基本上形成了“以北京为核心，其他城市为外围”的空间结构。其余城市的创新产出虽也在增长，但增长速度远小于北京，导致差距越来越大，尤其是京津地区与冀北、冀东南地区的创新水平差异过大，

亟需进行优化提升。

3) 京津冀各市域技术创新产出的相关性并不显著,整体上形成了以北京为核心的 H-L 集群和以冀北地区为代表的 L-H 集群。“极化”效应加重,非核心区的技术创新产出并没有因为毗邻京津而得到显著提升,相反两者之间的差距越来越大,城市群内部创新产出的溢出效应远小于极化效应。

4) 京津冀城市群技术创新产出的增长演化特征明显,总体分布格局与产出区的集聚特征大致相同。京津地区一直处于中高速发展区,而城市群西北和东南一带则持续处于滞后发展区。虽然各城市不同阶段的增长速度存在一定的波动性,但整体而言,2005~2015 年区域技术创新产出的相对发展率处于稳步提升状态,尤其是 2010~2015 年,增速明显。但 2015 年以后天津、保定、邯郸等部分城市的增长速度有所下降,需要引起相关部门重视。

## 5.2. 建议

1) 就京津冀城市群整体而言,应当在一体化发展的基础上,加速构建京津冀协同创新共同体,完善创新协同机制,打破传统行政区域的壁垒,促进区域整体技术创新水平的提高。针对城市群内部创新空间分化严重、发展不均衡的问题,应积极建设一批跨行政区域的协同创新平台,促进科技成果转化和创新资源共享。此外,还要建立统一的技术交易市场,降低交易成本,扩展技术合作的空间范围,同时加强创新链与产业链的衔接,让技术成果走出实验室,通过高技术产业的跨区域分工合作,缩小京津冀城市间的创新差距。

2) 在城市群内部,各地应采取不同措施,因地制宜促进本地区技术创新水平的提高。北京作为城市群技术创新产出的高地,应在充分发挥自身优势的同时,加大对其他城市的创新溢出,强化对京津冀的辐射引领作用,促进创新成果在津冀内部转化;天津应着力提升经济发展水平,依托京津冀创新平台及高校院所,增强科技赋能;河北省应结合自身特点,积极承接京津地区的创新资源,同时加强地区的人才引进,促进本地区创新资源的积累。

3) 此外,应充分利用京津冀协同发展战略,开展多方位的交流合作,形成一核带动、多级联动的京津冀技术合作体系,促进区域技术创新均衡发展。具体而言,各地区应加强在高校、科研院所、高科技人才等方面的交流合作,例如京津地区高校数量众多,但土地可利用资源有限,在新校区和科研机构等的选址上可以发挥其他城市的优势,促进内部创新要素的均衡整合,从而促进京津冀技术创新一体化发展。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(42171168)资助。

## 参考文献

- [1] 乔羽. 京津冀区域创新产出空间效应及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 秦皇岛: 燕山大学, 2019.
- [2] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. 地理学报, 2016, 71(4): 531-550.
- [3] 陆大道. 京津冀城市群功能定位及协同发展[J]. 地理科学进展, 2015, 34(3): 265-270.
- [4] 孙瑜康, 李国平. 京津冀协同创新水平评价及提升对策研究[J]. 地理科学进展, 2017, 36(1): 78-86.
- [5] 方创琳. 京津冀城市群协同发展的理论基础与规律性分析[J]. 地理科学进展, 2017, 36(1): 15-24.
- [6] 张贵, 李涛. 京津冀城市群创新产出空间差异的影响因素分析[J]. 华东经济管理, 2018, 32(1): 69-76.
- [7] 滕堂伟, 方文婷. 长三角城市群创新空间格局演化与机理[J]. 经济地理, 2017, 37(4): 66-75.
- [8] 徐维祥, 杨蕾, 刘程军, 等. 长江经济带创新产出的时空演化特征及其成因[J]. 地理科学, 2017, 37(4): 502-511.

- [9] 张建伟, 梁常安, 黄蕊琦, 等. 中部地区创新产出空间差异及影响因素研究——基于新经济地理学的视角[J]. 世界地理研究, 2020, 29(1): 159-167.
- [10] 马静, 邓宏兵, 张红. 空间知识溢出视角下中国城市创新产出空间格局[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 96-104.
- [11] 王春杨, 张超. 中国地级区域创新产出的时空模式研究——基于 ESDA 的实证[J]. 地理科学, 2014, 34(12): 1438-1444.
- [12] 李国平, 王春杨. 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, 2012, 31(1): 95-106.
- [13] 冯南平, 陈思宇, 司家兰. 基于 ESDA-GWR 的安徽省创新产出空间分布及影响因素分析[J]. 科技管理研究, 2017, 37(11): 78-85.
- [14] 杨凡, 杜德斌, 林晓. 中国省域创新产出的空间格局与空间溢出效应研究[J]. 软科学, 2016, 30(10): 6-10+30.
- [15] 李红雨, 赵坚. 中国技术创新产出的空间分布——来自中国地级以上区域的证据[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2020, 22(1): 82-92.
- [16] 董俊鸷, 孟怡伟, 丁志伟. 中国县域创新产出的空间分异及其影响因素[J/OL]. 世界地理研究, 1-19. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1626.P.20210915.1759.004.html>, 2021-09-16.
- [17] 蒋天颖. 浙江省区域创新产出空间分异特征及成因[J]. 地理研究, 2014, 33(10): 1825-1836.
- [18] 张友志, 顾红春. 江苏省县域创新产出的空间关联与时空演化[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(6): 33-38.
- [19] 王晶晶, 程钰, 曹欣欣. 山东省区域创新产出空间演化与影响因素研究[J]. 华东经济管理, 2018, 32(11): 14-21.
- [20] 浩飞龙, 杨宇欣, 王士君. 城市舒适性视角下长春市创新产出的空间特征及影响因素[J]. 人文地理, 2020, 35(5): 61-68+129.
- [21] 胡曙虹, 黄丽, 范蓓蕾, 等. 中国高校创新产出的空间溢出效应与区域经济增长——基于省域数据的空间计量经济分析[J]. 地理科学, 2016, 36(12): 1767-1776.
- [22] 刘晔, 曾经元, 王若宇, 等. 科研人才集聚对中国区域创新产出的影响[J]. 经济地理, 2019, 39(7): 139-147.
- [23] 王彬燕, 王士君, 田俊峰, 等. 中国重点产业创新产出时空分异及影响因素[J]. 地理研究, 2019, 38(2): 259-272.
- [24] 薛宝琪. 河南省经济空间格局演化特征分析[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(4): 44-48.
- [25] 武晓静, 杜德斌, 肖刚, 等. 长江经济带城市创新能力差异的时空格局演变[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(4): 490-499.