
长江经济带创新发展水平 综合测度与空间异质性分析

于灵慧 徐紫腾 袁丰

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

河南大学黄河文明与可持续发展研究中心

中国科学院大学南京学院

摘要: 创新是推动经济发展的新引擎,探究创新发展对促进长江经济带的高质量发展具有重要意义。基于2010、2015、2020年长江经济带108个地级及以上城市的数据,从创新发展的内涵出发,构建涵盖创新资源、创新投入、创新绩效、创新环境4个维度的综合评价指标体系。运用基于熵权法的Topsis评估对长江经济带城市创新发展总体及分维度水平进行测算,并运用Dagum基尼系数分解等方法探究城市群创新发展水平的时空差异性、演化梯度性特征。研究表明:(1)长江经济带创新资源、创新投入、创新绩效逐年优化,但创新环境呈现出先上升后下降的趋势,高值区主要集中在核心城市和经济较为发达的城市;(2)总体创新发展水平不断提升,空间分布上表现出从上游到中游到下游阶梯式递增特征;(3)总体创新发展水平的基尼系数呈现先上升后下降的趋势,城市群间的差异是影响长江经济带创新发展不平衡的主要因素。

关键词: 创新发展; Topsis 熵权法; 空间异质性; Dagum 基尼系数分解法; 长江经济带

中图分类号: F49; F124.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8227(2023)09-1783-13

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj202309002

作者简介: 于灵慧(1997~),女,硕士研究生,主要研究方向为产业地理学. E-mail:yulinghui20@mails.ucas.ac.cn;
*袁丰, E-mail:fyuan@niglas.ac.cn

收稿日期: 2022-12-09

基金: 国家自然科学基金重点项目(42171189,42001138);中国科学院南京地理与湖泊研究所揭榜挂帅类项目(E2SLGS0602);

创新是引领高质量发展的第一动力，也是解决我国区域发展不平衡不充分问题的根本途径。中央从全国“一盘棋”的战略高度，提出推进京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展、黄河流域生态保护和高质量发展，并把科技创新作为推动区域协调发展的新引擎。长江经济带横贯我国东中西三大地带，以全国 21.4%的国土面积承载全国 42.8%的人口和 42.2%的经济总量。长江经济带拥有众多创新资源，包括近 80 所一流大学、200 余家国家重点实验室、近万余所科研机构，直接关系到我国创新型国家建设和科技自立自强战略的实施。但是在创新发展上仍存在不平衡问题，创新活动趋向于长江三角洲城市群集聚[1]，创新资源在核心城市出现极化效应[2]，城市间创新的产出水平差距不断扩大[3]等。因此摸清长江经济带的创新发展状况和存在问题，是制定有针对性的创新发展战略、推动打造引领全国转型发展的创新驱动带的重要前提。

创新是地理学、经济学、管理学研究的焦点领域[4, 5, 6, 7]。在当前的创新发展研究中，主要聚焦于创新发展水平、创新发展的空间格局、创新网络演化以及创新效率测度等方面[8, 9, 10, 11]。其中创新发展水平作为一个地区创新发展态势的表征，现有研究围绕创新发展的内涵外延、创新发展水平的状态测度、影响因素及作用机制等领域，开展了跨学科、多视角、广尺度的研究[12]。在状态测度方面，研究尺度上具体包括全国层面、地区层面和城市层面，全国层面的研究主要是结合省域单元的综合分析，也有其它学者对不同的地域单元上的差异性进行分析，例如按照城市群和东中西部等进行划分[13]。地区层面主要是针对某个省份创新发展水平的研究，而城市层面较为关注城市创新能力的空间分布及其差异性，但由于数据获取较为困难，往往使用单个指标或较为简单的指标对创新发展进行表示。在研究方法上，已有研究主要基于核心指标或指标体系两种方法来刻画创新发展水平的时空演化过程。核心指标法往往采用研发投入、创新机构、专利、风险投资、高新技术产业产值等单个或多个指标，测度区域创新要素(技术、知识、人才、资本、经济等)的富集程度或新知识、新技术、新经济的产出能力等[1, 14]，一定程度上忽视了新发展理念下创新发展的丰富内涵。相较核心指标法，指标体系法通过构建反映创新发展内涵的多维度指标来较为全面地评估区域创新发展水平，但是目前学界对具体采用的指标体系尚未形成共识[14]。Zabala 等运用 DEA 法对欧洲区域创新能力进行测评，主要是从创新投入和创新产出两个方面选择指标对区域创新进行评估[15]。Pointo 等运用因子分析法进行测评，所采用的指标包括人力资本、技术创新、劳动力市场和经济结构 4 个方面[16]。单东方在构建资源型地区创新能力评价体系的过程中，将知识创造能力、创新环境建设能力、产业转型发展能力和经济社会发展绩效 4 个维度作为主要指标[17]。

在新发展理念下，创新发展的测度可以从以下 5 个方面进行把握。(1)创新是一个复杂的社会系统工程，需要评价创新的全面性和系统性。(2)科技创新位于国家发展全局的核心地位，是创新发展的动力，因此在评价过程中科技创新能力的评估是重要方面。(3)科技创新与产业活动密切相关，创新成果是评价创新发展的重要成效，因此应结合产业发展水平和经济发展质量进行评估。(4)创新发展离不开创新的体制机制土壤，创新发展的评价需要考察各地体制机制对创新发展的支撑和保障能力。(5)创新发展的根本是人才和教育，创新发展离不开基础研究和应用基础研究以及教育发展和人才储备，因此创新发展水平需要评估创新资源的积累水平。从已有的研究来看，现有研究关于创新发展状态评价主要包括创新资源(人力资本、创新主体等)、创新投入(研发投入、教育投入等)、创新绩效(专利产出、新产品产出、产业结构等)和创新环境(开放程度、配套环境等)4 个方面[18, 19]。因此立足于新发展理念，并结合已有研究成果，本文将上述指标作为本文评价创新发展水平的出发点。

基于以上研究，考虑到长江经济带在全国创新网络中的关键地位和创新发展在推动长江经济带高质量发展的关键作用，本研究以此为研究对象，以地级及以上城市为基本单元，通过构建涵盖创新资源、创新投入、创新绩效、创新环境 4 个维度的指标体系来综合评估创新发展水平演化过程和时空分异特征。具体来讲，本文运用基于熵权法的 Topsis 评估方法测度指标权重，并对长江经济带的创新发展水平及分指标进行分析，更好反映创新发展水平的时空差异性。同时考虑到创新发展在区域间的差异性及各城市群间的梯度性，使用 Dagum 基尼系数分解方法揭示区域差异和分解后的贡献率，从不同尺度、不同维度更加全面反映创新发展异质性的来源及贡献。

1 研究方法

1.1 评价指标体系构建

根据创新发展的核心内涵，本文构建的创新发展评价指标体系包括创新资源、创新投入、创新资源、创新环境 4 个一级指标和 14 个二级指标(表 1)。其中，创新资源主要由人才储备、创新载体来表征，包括每万人中科研人员数、每万人在校大学生数、国家重点实验室和工程技术研究中心数、国家级高新区、每万人新高新技术企业数量 5 个具体指标。创新投入主要由城市政府对创新的重视程度和投入水平表征，包括政府科技投入占财政支出的比重、政府教育支出占财政支出的比重、R&D 经费占 GDP 比重 3 个具体指标。创新绩效主要由技术创新能力以及推动经济转型的能力来表征，包每万人发明专利授权量、人均 GDP、二三产业占比 3 个具体指标。创新环境主要由城市支撑创新发展的“硬件”环境和“软件”环境来表征，包括每百人公共图书馆藏书拥有量、年末金融机构贷款余额增长率、高端生产性服务业(APs)就业人数占第三产业的比重 3 个具体指标，其中 APs 包含的行业有：(1)信息传输、计算机服务和软件业；(2)金融业；(3)租赁和商务服务业；(4)科学研究、技术服务和地质勘查业；(5)水利、环境和公共设施管理业。

根据数据可获得性，本文选取长江经济带 108 个地级及以上城市 2010、2015、2020 年的截面数据开展创新发展水平的测度工作。其中，2016 年国家出台了《长江经济带发展规划纲要》，标志着长江经济带发展正式上升为国家战略，为了对比战略出台前后长江经济带创新发展水平的变化，本文将 2015 年作为评估的中间节点。统计数据主要来源于 3 个年份《中国城市统计年鉴》、国民经济和社会发展公报，国家重点实验室和工程技术研究中心、国家级高新区根据国家重点实验室名单、国家高新区名单统计得到。考虑到各个指标之间存在量纲和数量级的差异，本文采用极差法对其进行标准化，将所有指标转换为 0~1 之间的正向指标。其中，由于 2020 年每万人科研人员数的缺失，使用 2019 年数据代替。

表 1 长江经济带科技发展水平评估指标体系

一级指标	二级指标	数据来源
创新资源 A	每万人中科研人员数 A1	城市统计年鉴
	每万人在校大学生数 A2	城市统计年鉴
	国家重点实验室、工程技术研究中心数 A3	国家重点实验室名单
	国家级高新区 A4	国家高新区名单目录
	每万人高新技术企业数量 A5	高新技术企业数据库
创新投入 B	政府科技投入占财政支出的比重 B1	城市统计年鉴
	政府教育支出占财政支出的比重 B2	城市统计年鉴
	R&D 经费占 GDP 比重 B3	城市统计年鉴
创新绩效 C	每万人发明专利授权量 C1	城市统计年鉴

	人均 GDP C2	城市统计年鉴
	二三产业产值占比 C3	城市统计年鉴
创新环境 D	每百人公共图书馆藏书拥有量 D1	城市统计年鉴
	年末金融机构贷款余额增长率 D2	城市统计年鉴
	APS 就业人数占第三产业比重 D3	城市统计年鉴

1.2 基于熵权法的 Topsis 模型

常见的指标赋权方法包括 DEA 法、层次分析法、模糊判断法、因子分析法、多元回归法、熵权法等。其中，层次分析法等易受到主观评价的影响，导致权重系数产生偏差。熵权法以指标的信息熵进行赋权，一定程度上可以消除了 DEA 法、层次分析法、模糊判断法等人为因素以及主观因素的干扰，同时与因子分析和主成分分析法相对数据分布没有特殊要求，被越来越广泛使用[20, 21, 22]。本文具体选取基于熵权法的 Topsis 模型对表征创新发展的各个指标进行赋权加成，步骤如下：

步骤 1 将归一化数据构建初始矩阵：

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

步骤 2 计算每一个评估指标的熵值：

$$e_j = \left(-\frac{1}{\ln m}\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^m f_{ij} \cdot \ln f_{ij}\right) \quad (2)$$

其中 $f_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij}$ ，如果 $f_{ij}=0$ ，则定义 $\lim(f_{ij} \cdot \ln f_{ij})=0$ 。

步骤 3 权重的确定。将权重系数进行标准化：

$$w_j = \frac{1-e_j}{n-\sum_{i=1}^m e_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

步骤 4 构建标准化权重矩阵。以消除指标间差异，构建标准化矩阵 T:

$$T = (T_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

步骤 5 构建正理想解和负理想解，计算 Euclid 距离:

$$A^+ = \max (T_{+i1}, T_{+i2}, \dots, T_{+in}), i=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$A^- = \min (T_{-i1}, T_{-i2}, \dots, T_{-in}), i=1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (T_{ij} - A^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (T_{ij} - A^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

步骤 6 计算各个城市与理想解的相对接近度:

$$k_i = d_i^- / (d_i^+ + d_i^-) \quad (9)$$

1.3 Dagum 基尼系数分解

Dagum 基尼系数及其子群分解方法是一种区域差异测度方法，被广泛应用到多个领域[23, 24, 25, 26]。本文将总体基尼系数分解为城市群内差异贡献、城市群间净值差异和超变密度贡献，以解释长江经济带长江三角洲城市群、长江中游城市群、成渝城市群内部创新发展水平的差异、各城市群之间创新发展水平的差异以及由于城市群间交叉重叠引起的不平衡现象及非均衡的来源，具体方法参见 Dagum 的文章[27]。

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (10)$$

式中：n 表示所有城市个数； \bar{y} 表示长江经济带创新发展水平的平均值；k 表示所划分区域的个数；j(h) 表示所界定的区域；i 和 r 分别表示 j 区域和 h 区域内的城市； n_j 和 n_h 分别表示 j 区域和 h 区域内城市的个数； y_{ji} (y_{hr}) 分别表示区域 j(h) 内城市 i(r) 的创新发展水平。

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n_j \bar{y}_j} \quad (11)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{y}_j + \bar{y}_h)} \quad (12)$$

式中： G_{jj} 和 G_{jh} 分别表示区域内部基尼系数和区域间的基尼系数； \bar{y}_j (\bar{y}_h) 表示区域 j(h) 内创新发展水平的平均值； $|y_{ji} - y_{hr}|$ 表示区域 j(h) 内城市 i(r) 的创新发展水平插值的绝对值。

按照 Dagum 的方法，可以将基尼系数分解为：

$$G = G_w + G_{nb} + G_t \quad (13)$$

式中： G_w 表示区域内差异贡献率； G_{nb} 表示区域间差异； G_t 表示超变密度贡献率。

2 长江经济带创新发展水平时空格局分析

2.1 总体创新发展水平时空演变

利用 ArcGIS10.8 软件分别对 2010、2015、2020 年的创新发展总体水平空间分布进行可视化分析(图 1)。总体上，2010~2020 年间长江经济带创新发展总体水平呈现快速上升趋势，从 2010 年的 0.13 快速上升到 2020 年的 0.18，创新发展的低水平区域逐渐减少，高水平发展集聚区开始由下游向中游和上游地区扩散。与此同时，创新发展空间不平衡态势没有根本改变，创新发展指数从下游到中游到上游呈现阶梯式递减特征，城市现有的表现大都是基于上一时间段的分布格局，难以实现跨等级的跃升 [28]。

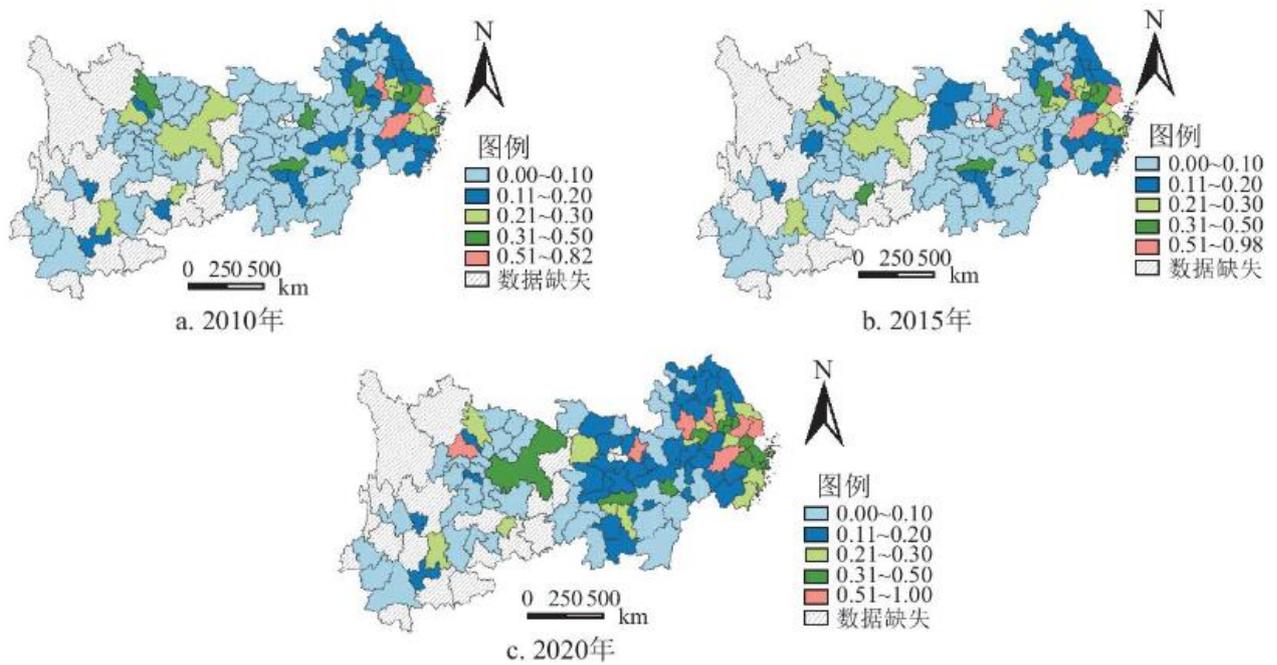


图 1 长江经济带创新发展水平的时空分异

(1) 2010 年，长江经济带总体创新发展水平较为不均衡，高值区主要集中在上海、南京、杭州、武汉、长沙等直辖市和省会城市，其中大多数为国家创新型试点城市，在国家政策的推动下，通过集聚城市周围的创新资源，逐渐成为区域创新发展的增长极。

(2) 2015 年，长三角地区出现高值连绵集聚区域，其中上海、苏州、南京、杭州等城市是创新发展的增长极。总体来看，下游地区创新发展水平高于中上游地区，上中下游的创新发展水平差异仍然较大，这与下游地区注重经济发展过程中人才的吸引、政策扶持及发展成果的共享化有关，有效地促进了长三角地区创新发展水平的提升[29]。

(3) 2020 年，长江经济带总体创新发展水平得到提升，其中下游地区核心高值区的范围不断沿周边城市向外扩散。中游地区提升更为迅猛，相较 2010 和 2015 年中游地区大部分城市创新发展水平都实现提升，城市间发展水平较为均衡。高值区主要集中在上海、南京、杭州、合肥、南昌、长沙、武汉、重庆、成都、贵阳、昆明等省会城市以及周边经济发达城市，而西部特别是边远地区的创新水平依然相对较弱。

2.2 分维度创新发展水平时空演变

为更好比较分析城市创新发展水平的时空差异性，本文基于 Arcgis10.8 平台对创新发展水平下的二级指标创新资源、创新投入、创新绩效和创新环境分年份进行可视化(图 2)。

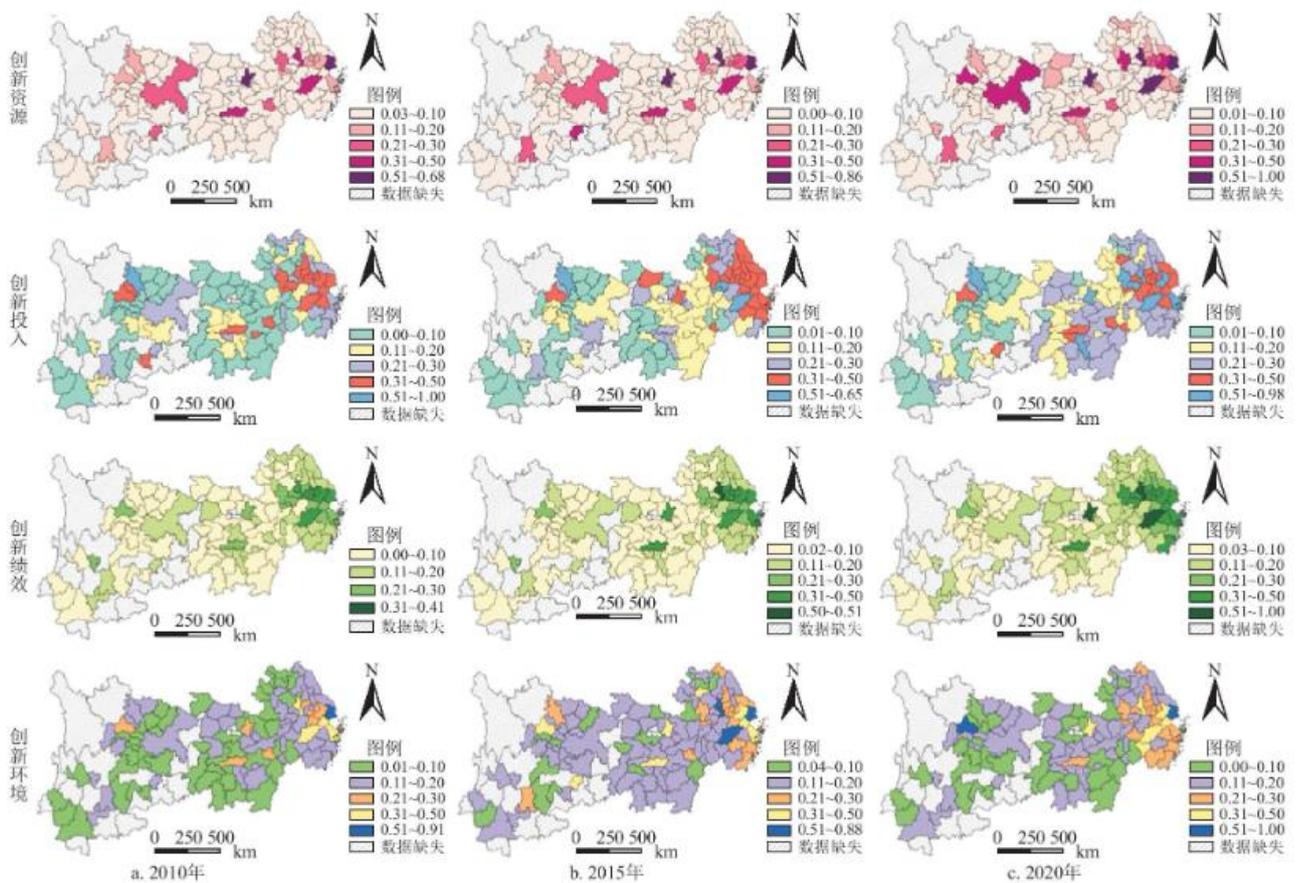


图 2 长江经济带创新发展分指标发展水平的时空分异

(1) 创新资源指数

长江经济带对人才的吸引和集聚能力不断增强，每万人中科研人员数、每万人在校大学生数分别由 2010 年的 14 人、156 人增长到 2020 年的 20 人、205 人，分别增长了 42.9%、31.4%。与此同时创新载体不断完善，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，国家级高新区数量由 2010 年的 36 家增加至 2020 年的 79 家，每万人高新技术企业数量由 2010 年的 1.78 家增加到 2020 年的 2.49 家。从创新资源指数时空演化来看，总体上呈现逐年递增的发展态势。虽然长江经济带各城市创新资源积累不断增长，但城市间的差异性仍然十分显著。2010 年，创新资源指数的高值区主要集中在上海、杭州、南京、武汉、长沙、成都等直辖市和省会城市，这一定程度上与创新资源等级配置有关[30]。2015 年，高值区除出现在上述省会城市外，贵阳和昆明的创新资源指数明显增大，说明随着时间推移，贵州、云南等后发省份的创新资源也出现了富集。2020 年，邻近中心城市和省会的城市创新资源水平实现快速提升，形成以上海、武汉、成都、重庆等城市为核心的集聚连片区域，与此同时城市群内部创新资源指数差异有所减少。

(2) 创新投入指数

长江经济带各地区、各城市普遍开始重视教育和科技研发投入。政府科技投入占财政支出的比重、政府教育支出占财政支出的比重和 R&D 经费占 GDP 比重分别由 2010 年的 0.02%、16.19% 和 0.97% 上升到 2020 年的 2.69%、16.68% 和 1.82%。从创新投入指数的时空演变来看，2010~2020 年总体创新投入水平呈现逐年递增的发展趋势。虽然长江经济带各城市创新投入持续增加，但城市间仍表现出显著的差异性。2010 年创新投入指数的高值区主要集中在上海、南京、常州、杭州、绵阳、成都等城市群内

的核心城市。2015 年高值区主要集中在长三角核心区和武汉、成都、昆明、长沙等经济相对发达的城市，在一定程度上反映了经济发展水平越高的地区，创新投入水平越高[31]。2020 年，长江经济带整体创新投入水平实现提升，形成以上海、武汉、长沙、成都、昆明等城市的大面积集聚连片区域，但从长江上游地区到下游地区创新投入发展水平的空间分异仍较为明显，表明尽管各城市持续增加本地的创新投入，但投入强度仍存在差异[32]。

(3) 创新绩效指数

长江经济带的技术创新成果产出能力不断增强，每万人发明专利授权量从 2010 年的 0.67 件上升到 2020 年的 2.63 件，成果颇为丰硕。同时，科技创新对经济快速发展和推动经济转型效果显著，人均 GDP 实现由 2010 年的 3.0 万元/人上升到 2020 年的 7.2 万元/人，二三产业占比实现由 2010 年的 86.2% 上升到 2020 年的 89.2%，产业结构不断优化。从创新绩效指数的时空分布来看，长江经济带整体创新产出水平有所提升，其中 2010 年和 2015 年总体创新水平较低，归一化后指标数值均低于 0.50，相对高值区主要集中在长三角、武汉、长沙等经济较为发达的城市，其他城市间创新产出水平较为均衡。2020 年形成以上海、南京、苏州、杭州、武汉等城市为核心的创新产出增长极。高值区在长三角城市群附近不断集聚，这与创新资源在长江经济带的分布形成一定的错位，尽管在中西部省份创新资源不断富集，但是创新绩效一定程度上还受到地区创新资源转化能力的影响，导致城市间的创新产出的增长速率存在差异[33, 34]。

(4) 创新环境指数

长江经济带的创新环境不断优化，每百人公共图书馆藏书拥有量和 APS 就业人数占第三产业就业人数的比重分别由 2010 年的 42.0 本、17.9% 增长为 2020 年的 84.2 本、20.4%，对创新发展的支撑能力逐步增强。从创新环境指数的时空分布来看，整体较为均衡，相较于以上 3 个指标表现出不同的演化趋势。2010 年高值区主要为长三角城市群的核心城市，其余城市间创新环境指数差异不大。2015 年长江经济带整体创新环境指标数值有所下降，出现向长三角地区和各个省会城市集聚的趋势，这可能是因为当地的创新资源更加倾向于向省会城市倾斜，在一定程度上剥夺了周围城市发展的机会[30]。2020 年整体水平有所上升，高值区出现在上海、苏州、杭州、成都等省会城市和直辖市，并且在长三角城市群、长江中游城市群、成渝城市群及其周边地区逐步形成大面积集聚连片区域，表明核心城市对邻近城市的溢出作用逐步增强。

3 长江经济带创新发展水平的时空异质性

3.1 总体创新发展水平的比较

由表 2 可知，长三角城市群、长江中游城市群和成渝城市群创新发展水平总体基尼系数的均值为 0.45，总体表现出波动的变化趋势。具体来讲，2010~2020 年基尼系数先上升后大幅度下降。分城市群来看，十年间成渝城市群内部差异的均值为 0.48，表明城市群内部创新发展的协同水平较低，不均衡程度最高，长三角城市群和长江中游城市群基尼系数分别为 0.36 和 0.38，相对较为均衡。3 个城市群之间表现出不同的演化趋势，长三角城市群和长江中游城市群的基尼系数表现为先上升后明显下降趋势，表明城市群内创新协同发展取得一定的成效。而成渝城市群十年间表现为先下降后上升，表明城市群内部的创新发展的不均衡程度进一步上升。

表 2 长江经济带城市群创新发展总体及群内差异

群内差异	2010	2015	2020	均值
总体差异	0.44	0.48	0.43	0.45

长三角城市群	0.36	0.39	0.33	0.36
长江中游城市群	0.37	0.41	0.36	0.38
成渝城市群	0.48	0.47	0.49	0.48

从Dagum基尼系数的分解结果(表3)来看,长江经济带三大城市群间创新发展水平不一,长三角城市群与成渝城市群间的创新发展水平差异最大,两个城市群间系数达到0.55,而长江中游城市群和成渝城市群间差异最小,为0.46。此外,可以发现不同城市群间发展差异随时间变化表现出相同的特征,长三角城市群、长江中游城市群和成渝城市群间基尼系数在2010~2015年间小幅度上升后在2015~2020年间下降,降幅分别为10.00%、3.51%、2.13%。其次,长江中游城市群和成渝城市群间的差异明显小于与长三角城市群间的差异,表明长江中游城市群和成渝城市群间创新发展水平较为相近,但仍与长三角城市群创新发展水平有较大的差距,这也表明中西部城市与长三角城市在创新发展总体水平的差异,从而影响了长江经济带创新发展水平在区域间的均衡性。

表3 长江经济带城市群创新发展的群间差异

群间差异	2010	2015	2020	均值
1与2	0.47	0.5	0.45	0.47
1与3	0.52	0.57	0.55	0.55
2与3	0.45	0.47	0.46	0.46

注:1代表长三角城市群,2代表长江中游城市群,3代表成渝城市群。

从Dagum基尼系数的分解结果(表4)来看,群内差异贡献率均值为30.20%,群间差异贡献率均值为46.39%,超变密度贡献率均值为23.40%,表明城市群间差异是影响长江经济带创新发展水平的主要因素,一定程度上佐证了分维度分析中创新发展水平差异来源测度的结果。总体来看,群内差异贡献率在十年间呈现先上升后下降的趋势,但是波动不大,稳定在30%左右。群间差异从2010年的42.73%迅速上升到2015年的48.95%,到2020年有小幅度的下降,表明城市群间的创新发展水平在2010年之后差距迅速扩大,可能原因是长江经济带受到经济危机的冲击,整体创新发展速度有所下降,但是也加剧了城市间创新发展的不均衡。超变密度贡献率同样在2010~2015年间呈现下降的趋势,在2015~2020年保持不变,也就是说在创新发展水平较高(低)的地区出现了较低(高)发展水平的城市,局部不均衡现象在2010~2015年逐渐上升,表明该阶段是各个地区形成创新增长极的同时,向周围城市知识溢出和技术转移的能力有限,这一现象在长江中游城市群和成渝城市群尤为明显。

表4 长江经济带城市群创新发展区域差异来源的分解

年份	2010	2015	2020	均值
群内	0.13	0.15	0.13	0.14

	30.52%	30.72%	29.37%	30.20%
群间	0.19	0.23	0.21	0.21
	42.73%	48.95%	47.49%	46.39%
超变密度	0.12	0.1	0.1	0.11
	26.75%	20.32%	23.14%	23.40%

3.2 分维度创新发展水平的比较

本文采用基尼系数测度长江经济带创新资源、创新投入、创新绩效、创新环境4个创新发展维度的空间差异特征(图3)。总体来看,4个创新发展维度存在明显的时空异质性。十年间创新资源基尼系数保持在0.55以上,且数值远大于创新投入、创新绩效和创新环境,表明长江经济带城市间创新资源差异分布极其不均衡。虽然近年来改基尼系数略有缩小,但依然无法改变主要集中在中心城市以及长三角区域的现状。创新投入基尼系数呈现先下降后上升的趋势,从2010年的0.42降至2015年的0.33,2015~2020年间基尼系数较为稳定,表明近年来各地推动创新发展战略一定程度上促进了城市间创新投入的相对均衡。创新绩效基尼系数呈现出稳步上升的趋势,这也说明虽然各城市创新产出水平都在提升,但是城市间差距并没有得到明显的缩小。创新环境基尼系数与其他三个维度的基尼系数有所不同,总体呈上升趋势,说明在2010~2020年间各个城市创新环境的差距在不断增大,这可能是由于省会城市和经济发达城市具有更好的融资能力、创新补贴能力和创新氛围,不断增加在创新环境领域的投入和改造,导致城市间创新环境差异的拉大。

长江经济带创新发展水平呈现明显的城市群分异特征,为此本文进一步比较了长三角1、长江中游2、成渝3三大城市群分维度创新发展水平的时空差异(图4)。总体来看,三个城市群分维度创新发展水平的基尼系数与整个经济带基尼系数基本保持一致,但也有一些各自的特点。长三角城市群分维度基尼系数10年间变化幅度最小且保持在较低水平,这可能由于长三角是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一,内部创新发展水平的差异比较小,但即便如此,长三角创新环境的差距也在不断扩大。长江中游城市群和成渝城市群中创新投入的差异得到了大幅缩小,尤其是在2010年到2015年间改变幅度最大,表明随着我国创新发展战略的深入实施,中西部城市在科技、教育、研发等领域加大了投入力度,这也是导致长江经济带创新投入基尼系数快速下降的重要原因。成渝城市群中创新环境的基尼系数在2020年增大,表明成都、重庆等中心城市已经成为该地区创新发展极,创新环境得到了快速提升,但周边地区由于经济发展薄弱、财政能力有限,创新环境支撑能力的建设依然存在明显短板。

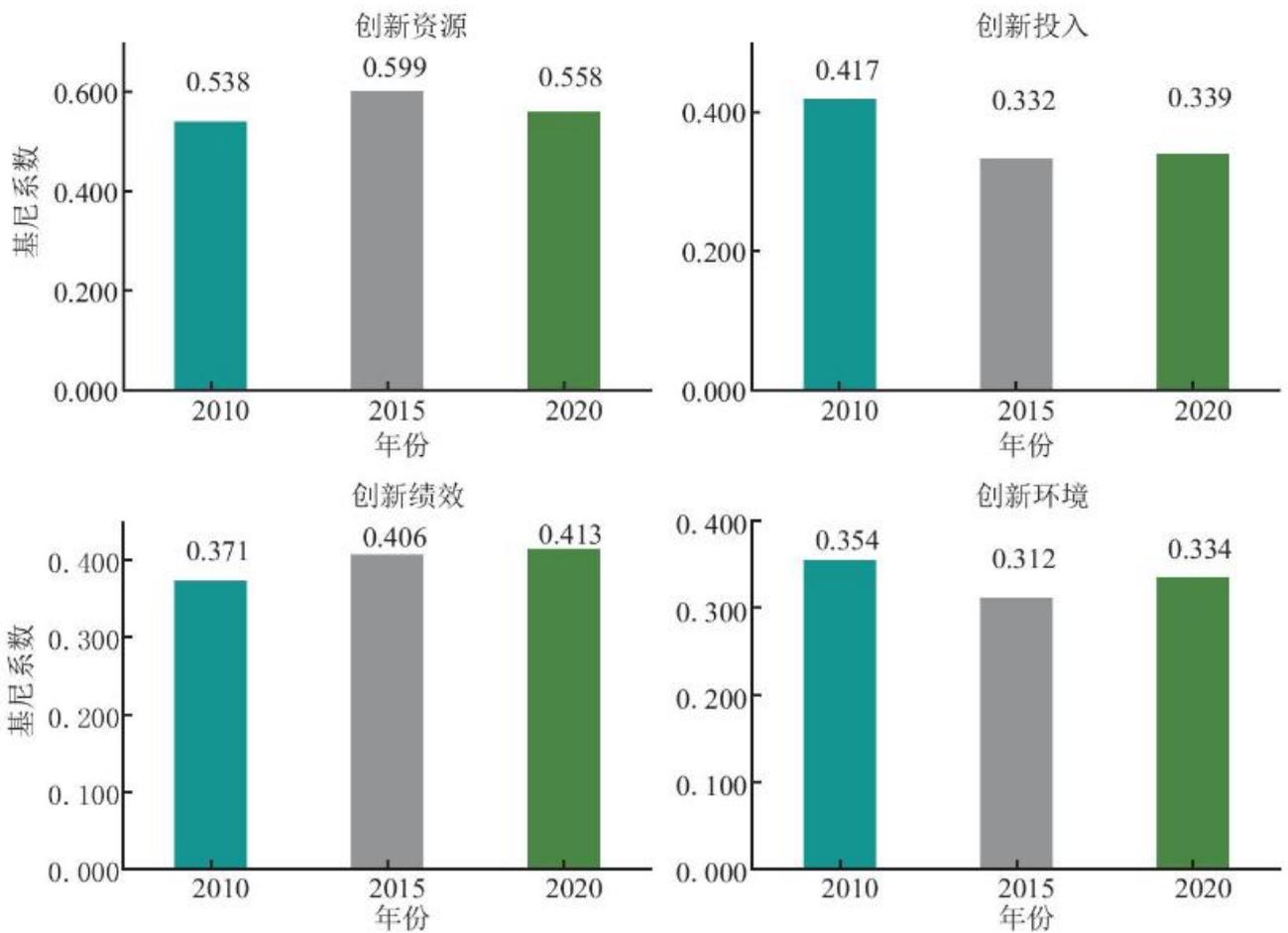


图3 分指标总体基尼系数变化

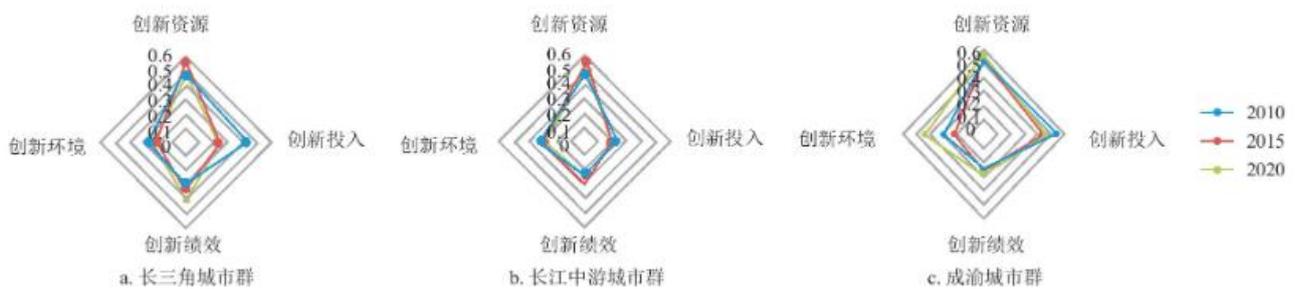


图4 长江经济带各城市群分指标基尼系数变化

为了更好地分析和比较不同城市创新发展水平差异的来源，本文采用 Dagum 基尼系数法将基尼系数分解成组(城市群)内贡献率、组(城市群)间贡献率、超变密度贡献率三部分(图5)。具体来说，创新资源的群内差异贡献率基本保持不变，群间差异贡献率呈现先上升后下降的趋势，而超变密度贡献率是创新资源空间差异的主要来源，表明创新资源的分布存在局部不均衡现象，例如在创新资源较为密集的长三角城市群内部，存在邻近城市间创新资源差距较大的现象(湖州与苏州)。而创新投入、创新绩效和创新环境的空间差异主要来源于群间的差异，表明城市群之间的差异是影响长江经济带分维度创新发展水平差异的主要因

素，也就是说缩小长江经济带创新发展水平的整体差异不仅要关注省内创新发展的协同性，也要关注城市群内部的协调性。

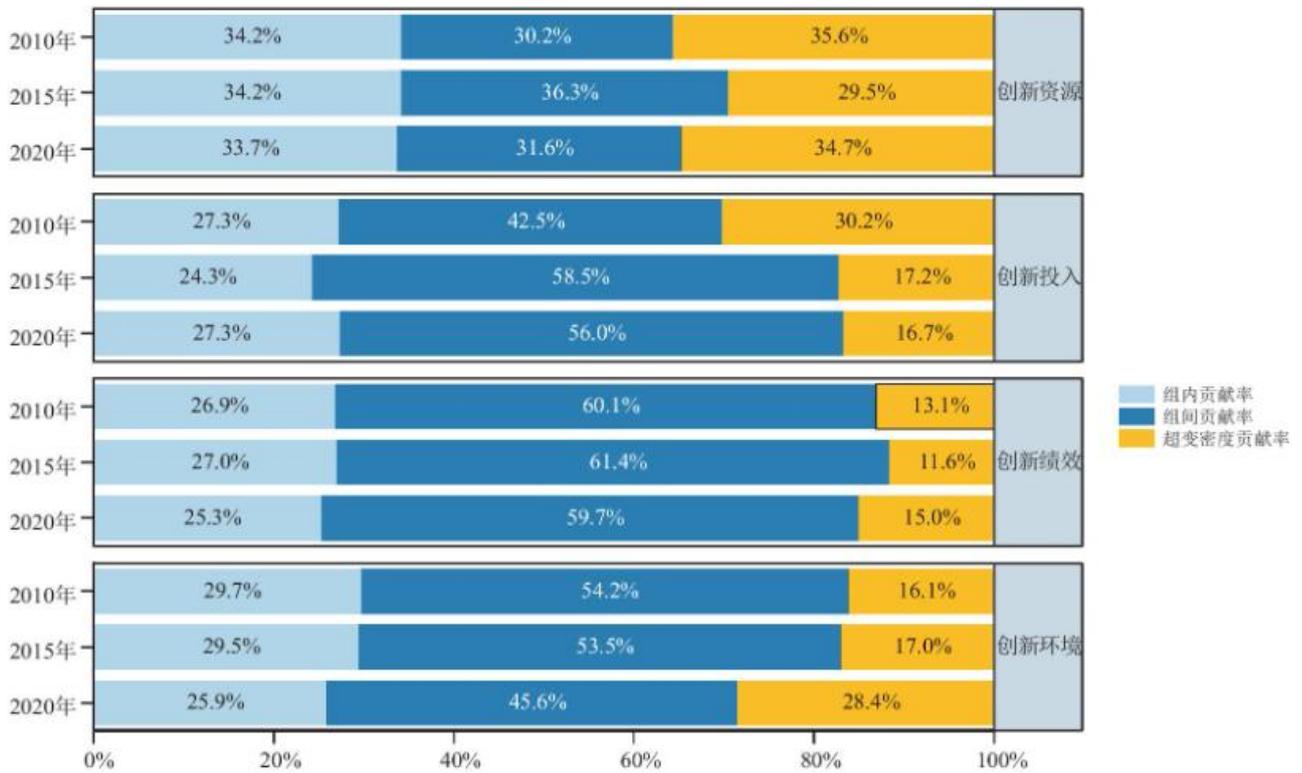


图5 长江经济带创新发展分指标区域差异来源

4 结论和建议

4.1 主要结论

本研究基于2010、2015、2020年长江经济带108个地级及以上城市数据，首先，构建涵盖创新资源、创新投入、创新绩效、创新环境4个维度的长江经济带创新发展水平综合测度指标体系，后运用基于熵权法的Topsis评估方法对创新发展及其分指标的水平进行测度。其次，利用Arcgis可视化方法分析创新发展水平及其分指标的时空演变特征。最后，结合Dagum基尼系数法，定量测度长江经济带108个地级及以上城市及城市群的创新发展水平及其分指标发展水平差异，得到以下结论：

(1) 长江经济带总体创新发展水平呈现快速上升趋势，十年间高水平发展集聚区逐渐由下游向中上游地区扩散，但是创新发展的不均衡态势没有根本改变，表现出从上中下游阶梯式递减的特征。创新高水平发展地区主要集中在上海、南京、杭州、合肥、南昌、长沙、武汉、重庆、成都、贵阳、昆明等省会城市以及周边经济发达城市，而西部特别是边远地区的创新水平依然相对较弱。

(2) 长江经济带的创新资源指数呈现逐年递增的趋势，并且逐步地围绕省会城市及经济发展水平较高的城市形成创新资源高水平聚集连片区域。创新投入指数总体呈现逐年递增的趋势，但是空间分异较为明显。创新绩效在长江经济带的整体发展水平有所提高，逐渐往长三角区域集聚，但在部分城市与创新资源的分布形成一定的错位，存在资源利用不合理等问题[35]。创新环境指数整体发展水平呈现出先下降后上升的趋势，高值区主要出现在上海、苏州、杭州、成都等直辖市和省会城市，并随着

时间的推移，逐步形成高值集聚连片区域。

(3) 长江经济带总体创新发展水平的基尼系数表现出先上升后大幅度下降的波动趋势。分城市群来看，长江中游城市群呈现逐步下降的趋势，长三角城市群和长江中游城市群呈现先上升后下降的趋势，而成渝城市群则呈现先下降后上升的趋势，表明在 2010 到 2015 年间成渝城市群内的协同发展取得一定成效，但是后续发展中城市群内部创新发展协同水平处于不稳定的状态。城市群间差异测度结果表明长三角与成渝城市群间的创新发展水平差异最大。通过区域差异来源的测度结果得出群间差异贡献率均值最大，表明城市群间的差异是影响长江经济带创新发展水平的主要因素。

(4) 分维度创新发展指数的基尼系数分析表明长江经济带存在明显的空间异质性。创新资源在长江经济带城市间分布极其不均衡，创新投入的基尼系数呈现先下降后上升的趋势，创新绩效基尼系数基本保持不变。创新环境基尼系数则呈现上升趋势，表明由于省会城市和经济发达城市对创新有更好的支撑能力，导致城市间创新环境差异不断增大。分城市群来看，三大城市群的分维度创新发展水平基本与整个长江经济带保持一致，同时通过对基尼系数的分解可以看出创新资源的空间差异主要来源于超变密度贡献率，而创新投入、创新绩效、创新环境的空间差异主要来源于城市群间的差异。

4.2 政策建议

(1) 加强关键技术协同创新与新业态培育，加快创新成果的转化，提高创新发展水平的整体性。加快创新要素流动、创新资源整合和科技成果在长江经济带的跨区域流动，逐步实现以国家创新型试点城市为主体、重点园区和科技小镇为支撑，内聚外合的开放协同创新网络体系。其次，推动产学研各类创新主体的协同发展，建设一批跨界、跨区产业创新中心、产业技术创新联盟、协同创新基地等，不断完善以企业为主体、产学研用协同的技术创新体系和区域创新网络。培育壮大创新型产业集群，发挥科技巨头的引领作用，重点支持大型企业跨区域整合创新资源与科技成果转化。

(2) 促进区域产业链和创新链的融合，实现长江经济带城市内部创新资源和创新能力的匹配。推动传统加工制造业向技术研发、市场拓展等价值链两端延伸，转变各地产业体系“大而全”、“同质竞争”的传统模式，充分发挥各城市在产业上的互补优势，明确各地主导产业、加强分工合作，培育高端引领、协同发展的开放型和创新型产业体系。推动区域内各城市产业链创新链融合，加快推动区域产业转型升级、向全球价值链顶端迈进，促进科技创新链与经济产业链双向融合。充分发挥上海、杭州、南京、合肥、武汉、成都、重庆等中心城市在现代服务业、高新技术产业等领域的引领和外溢作用，加快金融、文化创意等高端服务业发展，打造区域性高端服务中心，鼓励创新网络体系中系统集成商集聚，建设具有全球创新资源配置能力的服务中心。并依托中心城市和城市群先进制造业基础优势，推动战略性新兴产业的崛起和传统产业的升级改造，以创新驱动高质量发展为主线，打造具有全球竞争力的先进制造业基地和科技创新转化为产品和财富的基地。同时也要鼓励长江经济带各个地区围绕全产业链或者产业链的部分环节，既要培育“大而强”的企业集团和产业，也培育一批“小而美”的企业集群。

(3) 创新产创合作与协同发展模式，借鉴先进的协同发展经验，推动长江经济带创新的协同发展。加快推动传统产业在不同等级城市间的梯度转移，逐步构建创新共同体、产业联盟合作等发展新模式。其中，产业链整合模式是各地进行分工合作打造出完整的产业链，上海、杭州、南京、武汉、合肥等中心城市以产业链为纽带不断向区域延伸产业创新能力，带动中小城市和周边地区的联动发展，打破行政区划的限制，强化城市间的协同发展，从而形成具有竞争优势的区域主导产业集群。产业联盟合作模式是通过建设区域产业联盟整合产学研各类创新主体，以产学研合作为主导贯通区域创新链，加强长江经济带重点领域的产业协同创新。企业与科研机构的联合创新、利益共担等，使得科研机构在一定程度上能够精准对接企业的创新需求，从而提高创新成果的产出效率。

(4) 建立健全创新协同发展的体制机制，营造良好的创新发展环境。以利益分配机制创新推动产业转移基地、经济合作园区建设，进一步完善企业和产业转移过程中的分税制模式，探索园区共建的股权投资模式，根据各地股权份额分配 GDP 和税收收入，鼓励各地财政通过协议商定一定期限内产业转移与园区共建的收益分配标准。其次，建立基于主体功能区的地区产业负面

清单制度和考核机制，重点从环境保护、土地利用等方面建立差别化考核机制，积极调动各方面的积极性。加快区域统一市场建设，促进长江经济带产权市场、资本市场、劳动力市场、技术市场协调发展，打造区域统一生产要素市场，提高创新要素配置效率。最后，强化城市间人才引进政策、产业准入与环境管制、投融资平台等整合力度，完善知识产权保护体系，强化科技成果转化机制和服务能力建设，促进区域产业管理政策协调统一。

参考文献

[1] 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.

[2] 张帆, 邓宏兵, 彭永樟. 长江经济带经济集聚对工业废水排放影响的空间溢出效应与门槛特征 [J]. 资源科学, 2021, 43(1):57-68. ZHANG F, DENG H B, PENG Y Z. Spatial spillover effect and threshold characteristics of economic agglomeration on industrial wastewater discharge in the Yangtze River Economic Belt [J]. Resources Science, 2021, 43(1):57-68.

[3] 李习保. 中国区域创新能力变迁的实证分析: 基于创新系统的观点 [J]. 管理世界, 2007(12):18-30, 171. LI X B. A case study on the changes in the innovation capability of China's regions: A concept based on the innovation system [J]. Management World, 2007(12):18-30, 171.

[4] 上官绪明, 葛斌华. 科技创新、环境规制与经济高质量发展——来自中国 278 个地级及以上城市的经验证据 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(6):95-104. SHANGGUAN X M, GE B H. Scientific and technological innovation, environmental regulation and high-quality economic development: Empirical evidence from 278 Chinese cities at prefecture level and above [J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(6):95-104.

[5] 王慧艳, 李新运, 徐银良. 科技创新驱动我国经济高质量发展绩效评价及影响因素研究 [J]. 经济学家, 2019(11):64-74. WANG H Y, LI X Y, XU Y L. Research on performance evaluation and influencing factors of high-quality economic development driven by scientific and technological innovation in China [J]. Economist, 2019(11):64-74.

[6] 柳卸林, 高雨辰, 丁雪辰. 寻找创新驱动发展的新理论思维——基于新熊彼特增长理论的思考 [J]. 管理世界, 2017(12):8-19. LIU X L, GAO Y C, DING X C. Looking for new theoretical thinking of innovation-driven development—Based on new schumpeter's growth theory [J]. Management World, 2017(12):8-19.

[7] 刘思明, 张世瑾, 朱惠东. 国家创新驱动力度及其经济高质量发展效应研究 [J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(4):3-23. LIU S M, ZHANG S J, ZHU H D. Study on the measurement and high-quality economy development effect of national innovation driving force [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2019, 36(4):3-23.

[8] 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. SUN Y K, LI G P. Evaluation and upgrading of the Beijing-Tianjin-Hebei regional collaborative innovation capacity [J]. Progress in Geography, 2017, 36(1):78-86.

[9] 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. LI G P, WANG C Y. Spatial characteristics and dynamic changes of provincial innovation output in

China:An investigation using the ESDA [J].Geographical Research,2012,31(1):95-106.

[10] 刘汉初, 樊杰, 周侃. 中国科技创新发展格局与类型划分——基于投入规模和创新效率的分析 [J]. 地理研究, 2018, 37(5):910-924. LIU H C, FAN J, ZHOU K. Development pattern of scientific and technological innovation and typical zone in China based on the analysis of scale and efficiency [J]. Geographical Research, 2018, 37(5):910-924.

[11] 张凯煌, 千庆兰, 陈清怡. 多尺度视角下中国新能源汽车产业创新空间格局及网络特征 [J]. 地理科学进展, 2021, 40(11):1824-1838. ZHANG K H, QIAN Q L, CHEN Q Y. Multilevel spatial patterns and network characteristics of China's new energy vehicle industrial technological innovation [J]. Progress in Geography, 2021, 40(11):1824-1838.

[12] 陈清怡, 千庆兰, 姚作林. 广东省城市创新发展水平及其网络结构演化 [J]. 经济地理, 2021, 41(4):38-47. CHEN Q Y, QIAN Q L, YAO Z L. Urban innovation development level and network structure evolution in Guangdong Province [J]. Economic Geography, 2021, 41(4):38-47.

[13] 陈明华, 王哲, 谢琳霄, 等. 中国中部地区高质量发展的时空演变及形成机理 [J]. 地理学报, 2023, 78(4):859-876. CHEN M H, WANG Z, XIE L X, et al. The spatiotemporal pattern evolution and formation mechanism of high-quality development in Central China [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(4):859-876.

[14] 张廷, 王军川. 基于 AHP 的区域创新质量评价体系的构建 [J]. 统计与决策, 2020, 36(18):185-188. ZHANG T, WANG J C. Construction of regional innovation quality evaluation system based on AHP [J]. Statistics & Decision, 2020, 36(18):185-188.

[15] ZABALA-ITURRIAGAGOITIA J M, VOIGT P, GUTIÉRREZ-GRACIA A, et al. Regional innovation systems:How to assess performance [J]. Regional Studies, 2007, 41(5):661-672.

[16] PINTO H, GUERREIRO J. Innovation regional planning and latent dimensions:The case of the Algarve region [J]. The Annals of Regional Science, 2010, 44(2):315-329.

[17] 单东方. 资源型地区创新能力评价指标体系构建 [J]. 统计与决策, 2020, 36(2):38-42. SHAN D F. Construction of evaluation index system of innovation ability in resource-based areas [J]. Statistics & Decision, 2020, 36(2):38-42.

[18] 焦敬娟, 王姣娥, 程珂. 中国区域创新能力空间演化及其空间溢出效应 [J]. 经济地理, 2017, 37(9):11-18. JIAO J J, WANG J E, CHENG K. Spatial-temporal evolution and spillover effects of regional innovation ability in China [J]. Economic Geography, 2017, 37(9):11-18.

[19] 王纪武, 刘妮娜. 杭州市 9 区创新发展潜力评价研究 [J]. 经济地理, 2020, 40(11):105-111. WANG J W, LIU N N. Empirical study on the evaluation of urban innovation space development potential in 9 districts of Hangzhou [J]. Economic Geography, 2020, 40(11):105-111.

[20] 曾刚, 胡森林. 技术创新对黄河流域城市绿色发展的影响研究 [J]. 地理科学, 2021, 41(8):1314-1323. ZENG G, HU S L. The impact of technological innovation on urban green development in the Yellow River Basin [J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(8):1314-1323.

-
- [21] 成长春, 徐长乐, 叶磊, 等. 长江经济带协调性均衡发展水平测度及其空间差异分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(5):949-959. CHENG C C, XU C L, YE L, et al. Measurement and spatial differences of coordinated and balanced development level of Yangtze River economic belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2022, 31(5):949-959.
- [22] XIAO X Y, YANG L W. A comparative study of regional innovation capability of China based on TOPSIS method [C]//2011 International Conference on Business Management and Electronic Information. May 13-15, 2011, Guangzhou, China. IEEE, 2011:579-582.
- [23] 唐娟, 秦放鸣, 唐莎. 中国经济高质量发展水平测度与差异分析 [J]. 统计与决策, 2020, 36(15):5-8. TANG J, QIN F M, TANG S. Measurement and difference analysis of China's high-quality economic development level [J]. Statistics & Decision, 2020, 36(15):5-8.
- [24] 祝志川, 刘博, 和军. 中国乡村振兴、新型城镇化与生态环境协同发展测度分析 [J]. 经济问题探索, 2022(7):13-28. ZHU Z C, LIU B, HE J. Measurement and analysis of coordinated development of rural revitalization, new urbanization and ecological environment in China [J]. Inquiry into Economic Issues, 2022(7):13-28.
- [25] 郑群明, 姜奎. 湖南省旅游经济的地区差异与动态收敛性研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(11):2396-2405. ZHENG Q M, JIANG K. Regional differences and dynamic convergence of tourism economy in Hunan Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(11):2396-2405.
- [26] 李华, 董艳玲. 中国基本公共服务均等化测度及趋势演进——基于高质量发展维度的研究 [J]. 中国软科学, 2020(10):74-84. LI H, DONG Y L. The equalization measurement and trend evolution of China's basic public service: A study based on high quality development [J]. China Soft Science, 2020(10):74-84.
- [27] DAGUM C. Decomposition and interpretation of Gini and the generalized entropy inequality measures [J]. Statistica, 1997, 57(3):295-308.
- [28] 骆康, 郭庆宾, 刘耀彬. 长江经济带科技创新资源集聚能力空间格局及网络结构 [J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(8):1783-1794. LUO K, GUO Q B, LIU Y B. Research on spatial pattern and network structure analysis of science and technology innovation resources aggregating ability in the Yangtze River economic belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(8):1783-1794.
- [29] 梁丽娜, 于渤. 经济增长: 技术创新与产业结构升级的协同效应 [J]. 科学学研究, 2021, 39(9):1574-1583. LIANG L N, YU B. Economic growth—the synergistic effect of technological innovation and industrial structure upgrade [J]. Studies in Science of Science, 2021, 39(9):1574-1583.
- [30] 张杰, 刘志彪, 郑江淮. 中国制造业企业创新活动的关键影响因素研究——基于江苏省制造业企业问卷的分析 [J]. 管理世界, 2007(6):64-74. ZHANG J, LIU Z B, ZHENG J H. Research on the key influencing factors of innovation activities of China manufacturing enterprises: Based on the analysis of Jiangsu manufacturing enterprises questionnaire [J]. Management World, 2007(6):64-74.
- [31] MARTÍNEZ-SENRA A I, QUINTÁS M A, SARTAL A, et al. How can firms' basic research turn into product innovation? the

role of absorptive capacity and industry appropriability [J].IEEE Transactions on Engineering Management, 2015, 62(2):205-216.

[32] 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. XU W X, YANG L, LIU C J, et al. Temporal-spatial evolution characteristics and its causes of innovation output in the Yangtze River economic belt [J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(4):502-511.

[33] 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. WU X J, DU D B, XIAO G, et al. The temporal and spatial evolution of city innovation capability differences in the Yangtze River economic belt on the numbers of patents [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(4):490-499.

[34] 王承云, 孙飞翔. 长三角城市创新空间的集聚与溢出效应 [J]. 地理研究, 2017, 36(6):1042-1052. WANG C Y, SUN F X. Spatial agglomeration and spillover effects of urban innovation in Yangtze River Delta [J]. Geographical Research, 2017, 36(6):1042-1052.

[35] 段学军, 陈雯, 朱红云, 等. 长江岸线资源利用功能区划方法研究——以南通市域长江岸线为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(5):621-626. DUAN X J, CHEN W, ZHU H Y, et al. Method to make function division of waterfront resources along the Yangtze River: A sample on the waterfront for Nantong city [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(5):621-626.

注释

1、长三角城市群包括上海市、南京市、无锡市、常州市、苏州市、南通市、盐城市、扬州市、镇江市、泰州市、杭州市、宁波市、绍兴市、湖州市、嘉兴市、金华市、台州市、舟山市、合肥市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市、安庆市、滁州市、宣城市、池州市, 共 26 个城市.

2、长江中游城市群包括南昌市、九江市、上饶市、抚州市、宜春市、吉安市、景德镇市、萍乡市、新余市、鹰潭市、武汉市、黄石市、宜昌市、襄阳市、鄂州市、荆门市、孝感市、荆州市、黄冈市、咸宁市、长沙市、株洲市、湘潭市、衡阳市、岳阳市、常德市、益阳市、娄底市, 共 28 个城市.

3、成渝城市群包括重庆市、成都市、绵阳市、自贡市、泸州市、德阳市、遂宁市、内江市、乐山市、资阳市、宜宾市、南充市、达州市、雅安市、广安市、眉山市, 共 16 个城市.