

中国科技创新策源能力综合评价及 时空演化特征研究

程翔 简苏尔·居来提 杨宜

内容提要:中国区域科技创新正向形成核心策源能力中心发展。本文基于科创策源能力的核心内涵,从科创基础、政策导向、科创投入、科创产出、科创开放5个角度设计36个三级指标,构建省级科创策源能力评价体系,运用二次加权的纵横向拉开档次法,对2012—2021年中国各省份科创策源能力进行动态评价,并利用探索性空间分析(ESDA)法对其时空特征进行探索。研究表明:(1)开放与投入对科创策源能力的影响较大,其中每十万人研发经费权重系数最高,政策导向整体影响偏小,其中以财政政策为主的直接创新政策影响权重最低;(2)各省份科创策源能力整体呈逐年上升趋势,但增速存在较大差异,表现为东快西慢;(3)科创策源能力空间分异明显,总体呈现东-中-西阶梯式递减、南高北低的空间分布格局,在空间依赖性上呈现出全局空间正相关性,而局部空间上形成南部高-高型聚集和西部低-低型集聚。

关键词: 科技创新 科创策源能力 科创基础 科创投入 科创产出 科创开放 纵横向拉开档次法

中图分类号: F272.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7636(2023)10-0090-19

一、问题提出

党的二十大报告指出,“高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务”。在这个过程中必须充分发挥科技创新的生产力作用。从近十年来中国推动科技创新的实践来看,无论是加强基础研究突出原创,还是强化企业科技创新主体地位;无论是从经济社会发展和国家安全面临的重大紧迫挑战中凝练科学问题,还是从底层和源头上解决关键核心技术问题;无论是深化科技体制改革、提升国家创新体系整体效能,还是积极融入全球创新网络,营造合作共赢的世界级开放创新生态;以上种种均离不开国家或者区域科技创新策源能力的提升和发展。自党的十八大以来,科创策源能力作为区域科技创新水平的重要衡量标志不断出现在政府文件和各大媒体平台上,例如科技部印发的《“十四五”技术要素市场专项规划》中提到“推动国有企业布局建设原创技术策源地,提升原创技术需求牵引、源头供给、资源配置和转化应用能力”;上海

收稿日期:2022-12-15;修回日期:2023-06-05

基金项目:北京市社会科学规划一般项目“大数据驱动下的北京市科技金融政策精准治理研究”(20JJB005)

作者简介:程翔 北京联合大学管理学院副教授,北京,100101;

简苏尔·居来提 北京联合大学管理学院硕士研究生;

杨宜 北京财贸职业学院教授、博士生导师,通信作者,北京,101126。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

市科学技术委员会等印发的《推进“大零号湾”科技创新策源功能区建设方案》明确指出,“强化原始创新能力提升、关键核心技术突破、高质量成果转化、前瞻新兴产业引领、高品质生态打造,将‘大零号湾’打造成为上海科创中心的重要策源地和区域经济社会发展增长极”;《天津市科技创新“十四五”规划》明确要求将天津建设成为“全国先进制造研发基地、打造自主创新重要源头和原始创新主要策源地”;《长三角创新共同体建设发展规划》强调“以重大科技基础设施集群为依托,联合提升原始创新能力,强化核心技术协同攻关,提高重大创新策源能力,推动长三角地区成为以科技创新驱动高质量发展的强劲动力源”。

科创策源能力的概念和内涵学术界还未有定论,但对其内涵的理解基本达成共识,即科创策源能力强调原始创新能力、成为创新策源地的能力。现有研究多从创新投入与产出视角出发探究科创策源能力的测度方法,往往忽略了知识溢出和政策效益对科创策源能力的影响,缺乏对科创策源能力影响因素的全面度量。以往研究大部分局限于特定省份、经济区,且多是对截面数据进行静态评价,缺乏全国尺度的历史纵横、系统全面的揭露,从空间视角对科创策源能力展开的研究更是空缺。

因此,本文的边际贡献主要有两点:一是不同于以往从创新活动本身的投入和产出角度研究创新效率,而是在其基础之上考虑科技创新的知识溢出效应和激励创新活动的政策效应,加入对外开放和创新政策维度,构建新时代(近十年)反映科技创新策源能力发展的综合评价体系;二是在定性分析的基础上,将定量方法与之相结合,运用纵横向拉开档次法构建科创策源能力的综合评价指标体系,试图量化科创策源能力,通过二次加权合成科创策源能力综合指数;三是从空间视角对中国科创策源能力分布与时空演化展开研究,挖掘科创策源能力的空间分布特征。

二、文献综述

科创策源衍生于创新策源地,其概念可追溯至世界科学中心,即以原始创新能力及辐射功能为核心的城市或者区域^[1]。创新策源地作为区域创新体系中的领头羊,在整个经济社会系统的创新活动中都具有重要的引领作用^[2]。把握科技创新发展前沿趋势,策动未来发展,成为科学新规律的发现者、技术发明的创造者、创新产业的开拓者、创新理念的实践者^[3]。科创策源能力是一种广义的科技创新,不同于原始创新能力和区域创新能力,不仅要关注科技创新,也要关注产业创新^[4]。已有文献主要从学术新思想、科学新发现、技术新发明和产业新方向四个方面来理解^[5]。创新策源能力的提升不仅需要考察科技创新成果,还需从企业、产业的角度考察其是否具备先进性。科创策源能力的建设需要依托创新之源与创新策动两个维度的联动。前者为硬实力与软实力的结合,包括创新人才资源、创新物力资源、创新财力资源以及创新智力资源,后者则是宏观层面上的体系建设,包括政府层面的创新体制改革、高校层面加强基础研究、企业层面布局前端产业^[6]。综上,科创策源能力作为顺应时代发展而提出的新概念,虽并无准确定义,但其本质是一种综合能力。不同于单方面区域创新能力,科创策源能力强调包括对基础科学规律的创新、对技术应用开发的创新以及最终产生对整个产业的创新。

对于科创策源能力的影响机制研究,敦帅等(2021)构建了创新策源能力影响机制贝叶斯网络模型,运用数学推理、算法简化和算例分析的方法发现技术研发人员、技术研发机构与科创策源能力关联度较低,技术研发经费对创新策源能力的影响效果最显著^[7]。曹萍等(2022)采用定性比较分析(QCA)分析法并运用模糊集定性比较分析法(fsQCA),从学术基础、科学基础、技术基础、产业基础、政府支持五个维度探究创新策源能力对区域创新绩效的影响机制,发现产业基础、技术基础是取得高创新绩效的必要条件^[8]。刘琦等(2022)从人才网络视角,采用哈肯(Haken)协同演化模型实证检验了粤港澳大湾区创新策源能力的影响机

理,发现粤港澳大湾区人才网络对创新策源的动力要素有显著影响,直接关联技术创新和科学创新策源能力;人才网络与产业创新策源能力密切相关,深度辐射到创新应用策源能力^[9]。

在科创策源能力的评价方面(见表1),现有研究相对较少,研究区域主要集中在粤港澳大湾区,且以截面数据为多。朱梦菲等(2020)结合层次分析(AHP)、优劣解距离(TOPSIS)和自组织映射(SOM)算法,从学术新思想、科学新发现、科技新发明、产业新方向四个方面建立了创新策源能力评价指标体系,对中国31个省份2017年截面数据进行了评价^[4]。曹佳蕾和李婷(2020)采用熵权-GC-TOPSIS法,从科技创新投入、产出、扩散以及环境四种能力构建科技创新评价指标体系,对安徽省16个地市2009—2018年面板数据进行了评价^[10]。张鑫等(2020)运用改进的客观赋权-折中妥协(CRITIC-VIKOR)法,从创新产业发展潜力、服务创新资源投入能力、服务创新成果创造能力三方面构建指标体系,对中国各省份科技服务业服务创新能力进行综合评价^[11]。张金福和刘雪(2021)基于层次分析法与粒子群优化算法,从制度改革与创新、人才培养与建设、创新生态环境优化和科技创新布局四个维度构建创新策源能力评价指标体系,对31个省份2017年截面数据进行了评价^[12]。卢超和李文丽(2022)通过纵横向拉开档次法,从科研创新策源能力、技术创新策源能力和产业创新策源能力结合国家科学技术“三大奖”与三类创新策源能力的对应关系,构建创新策源能力评价指标体系,对京沪深2010—2018年创新策源能力进行评价对比^[13]。谢婧青(2023)采用专家咨询约束下综合评价指标体系构建方法对上海市科创策源能力进行评价,发现“十三五”期间上海科创策源能力呈现显著上涨的态势,且创新要素(以研发投入强度为主)、创新成果、成果转化、创新活力(风险资本融资为主)是推动其上涨的主要因素^[14]。

表1 区域科创策源能力的相关研究

研究内容	研究方法	内涵	除创新投入与产出外 其他评价指标	研究区域	样本时间跨度	学者
概念、内涵、建设路径	定性研究	学术新思想、科学新发现、技术新发明和产业新方向				朱梦菲等(2020) ^[4] 、 敦帅等(2021) ^[7] 、 宁连举等(2021) ^[15] 、 卢超和李文丽(2022) ^[13]
		科学新规律的发现者、技术发明的创造者、创新产业的开拓者、创新理念的实践者				李万(2020) ^[3]
		关键领域拥有独立自主的科技和国力相匹配的原始创新能力、产业发展有源源不断的原始科技供给				王少(2021) ^[1]
		创新策源,即“创新策动,创新之源”,“策”指创新计划实施等,“源”指创新要素积累等				敦帅和陈强(2022) ^[6]

表 1(续)

研究内容	研究方法	内涵	除创新投入与产出外 其他评价指标	研究区域	样本时间跨度	学者
影响机制研究	贝叶斯网络			上海		敦帅等(2021) ^[7]
	QCA 分析法		政府支持	全国 31 个省份	2019 年	曹萍等(2021) ^[8]
	Haken 协同演化模型		人才网络	粤港澳大湾区	2011—2021 年	刘琦等(2022) ^[9]
	主成分分析、专家咨询信息集		创新活力		2016—2020 年	谢婧青(2023) ^[14]
指标体系搭建与评价	AHP-TOPSIS 法、SOM 聚类		创新基础	全国 31 个省份	2017 年	朱梦非等(2020) ^[4]
	熵权法			北京、上海、纽约等 6 座城市	2019 年	敦帅等(2021) ^[16]
	层次分析法、粒子群优化算法		制度创新、人才培养、创新环境、创新布局	全国 31 个省份	2018 年	张金福和刘雪(2021) ^[12]
	熵权法、TOPSIS 法、灰色关联分析		创新政策、开放发展	八大经济区	2019 年	宁连举等(2021) ^[15]
	层次分析法		技术创新质量	上海、纽约、东京、伦敦	2009—2019 年	衣春波等(2021) ^[17]
	Haken 协同演化模型、SOM 聚类算法			粤港澳大湾区	2011—2020 年	刘琦(2021) ^[18]
	纵横向拉开档次法		科研创新载体、三大奖视角	北京、上海、深圳	2010—2018 年	卢超和李文丽(2022) ^[13]

上述文献对科创策源能力进行了多角度的阐释,但仍存在以下不足:其一,缺乏全面系统的数据指标,所构建的评价体系未能全面地体现科创策源能力的新内涵和新理念;其二,以往研究大部分局限于特定省份、经济区,且多是对截面数据进行静态评价,缺乏全国尺度的历史纵横、系统、全面的研究;其三,尚未有文献从空间视角对科创策源能力展开研究,中国科创策源能力的空间分布特征仍待挖掘。基于此,本文试图在现有研究的基础上,加入对创新政策、开放政策的评价,构建更为完善、系统、适用于新时代发展要求的中国科创策源能力评价体系,动态评价自 2012 年新时代以来中国各省份科创策源能力,并对其时空特征进行分析,围绕研究结论,从政策布局、科技成果转化、东西部协调发展等方面提供政策建议,以期为国家 and 地方推动新时代科创策源能力建设提供理论指导和政策参考。

三、研究设计

(一) 科创策源能力评价指标体系

创新能力是高质量发展的手段,也是新时代衡量中国高质量发展的重要标准^[19]。近十年来,中国科技创新水平取得了长足的发展,顺应新时代国家对于科技创新工作的重大战略部署,科创策源能力建设的重要性被提到新的高度。

科创策源能力不同于创新能力,其内涵复杂、因素众多,具有系统与整体性的显著特征。搭建系统、科

学、全面的多属性指标体系是准确评价科创策源能力的关键。对于省域科创策源能力评价,一个地区能否孕育学术新思想、诞生科学新发现、产生技术新发明和发展产业新方向是科创策源能力高低的具体表征,也是评价的关键。此外,还应包含以下三个方面:一是看是否具有良好的基础设施,能够为吸引人才和提供创新活动提供基本条件;二是看其是否具有充足的投入,以保障和鼓励创新策源活动的持续进行;三是看其是否有新成果和新作为,以实现“从无到有”的创新^[4]。

科创策源需要依托创新之源与创新策动两个维度的联动。具体来看,“策”是指顶层设计的谋划,是创新规划、创新战略等宏观举措,如创新驱动发展战略、人才强国战略等。“源”是指科创活动所需的创新要素与资源,包括研发投入、人力投入、财力投入、智力投入等。科创之“策”与科创之“源”,二者皆是科创策源能力的影响因素,同时也是其提升路径。通过对科创之“策”与科创之“源”的投入与转化,获得学术新思想、科学新发现、技术新发明以及产业新方向,如图1所示。

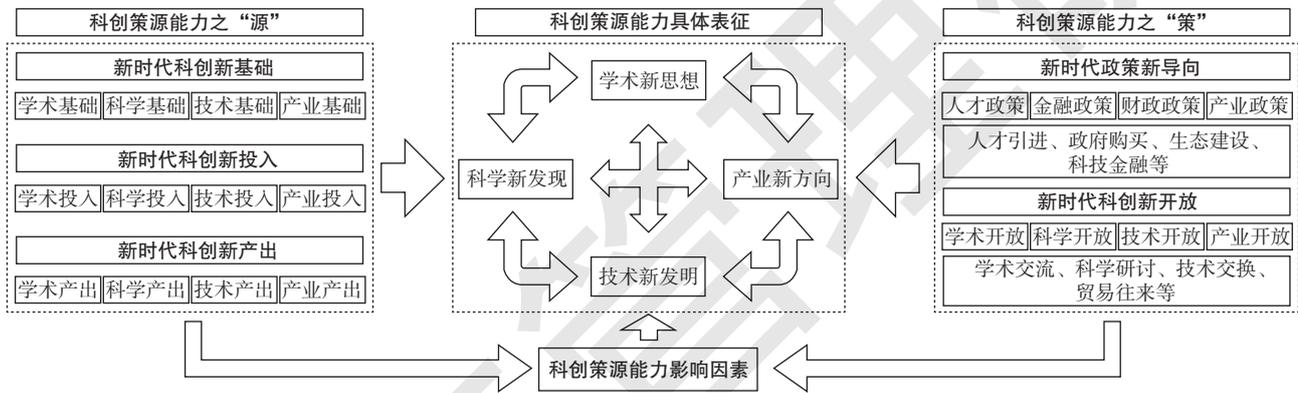


图1 科创策源能力内涵与提升路径

现有研究对科创策源能力的内涵理解主要涵盖学术新思想、科学新发现、技术新发明和产业新方向四方面,指标体系的设计也与之统一。然而,以正规高校数量为代表的学术基础指标,以研究与开发机构数量为代表的科学基础指标,以高技术产业研发机构数量为代表的技术基础指标,以及以高新企业数为代表的产业基础指标均为投入多年的累积成果,将各区域科创策源基础性指标单列出来可以更好地体现其余要素投入与产出的关系。人才^[20]、金融^[21]、财政^[22]、产业^[23]相关政策均已被证明可以促进企业创新驱动发展效率的提升,然而绝大部分文献并未将各区域政策纳入评价体系,少数考虑政策影响的研究也仅从教育经费财政支持、5G基站等投入类基础类指标出发。本文对各省份政策文件、法律法规等进行文本量化,通过筛选政策关键词以最大限度保留政策效益指标的数据有效性。

表2 政策文本量化筛选关键词

政策	关键词
人才政策	人才引进、领军人才、人才培养、人才激励
财政政策	资金支持、税收优惠、费用减免、政府购买
产业政策	生态建设、产业结构、科技成果转化、战略规划、平台搭建
金融政策	科技贷款、融资支持、风险补偿、科技金融、融资租赁、科技保险、科技担保

基于上述逻辑,在兼顾数据可得性和评价体系层次性的基础上,本文设计出一套反映新时代中国高质量发展的科创策源能力评价指标体系,主要包括科创基础、政策导向、科创投入、科创产出、科创开放 5 个子系统 36 个指标的评价体系(见表 3)。

(二) 指标设计含义

所在区域的创新基础设施、创新环境等条件都决定了区域创新能力^[24]。因此,创新基础条件对科创策源能力的评价有着重要影响。科创基础从学术、科学、技术、产业四方面对区域科创策源基础条件进行测度。高等学校是孕育学术新思想的重要载体;国家重点实验室是科学创新的主阵地;有研发(R&D)活动的企业是技术创新的核心力量;而高新企业往往具备持续创新研究与开发的能力,其数量代表了各区域产业的基础实力。

创新政策在弥补市场失灵、建立创新网络、改善营商环境方面发挥着至关重要的作用^[25]。在评价区域科创策源能力时,有必要考虑区域创新政策。现有研究表明:人才引进、培养、激励等政策能够有效促进创新^[26];科技担保、科技保险、科技贷款等科技金融政策对区域科创策源能力有着重要影响^[27]。税收优惠、财政补贴等财政政策通过直接让渡一部分经济利益给微观市场主体,长期来看可以影响企业经营、投融资以及科技创新决策^[28];产业政策通过促进产业技术进步,调整产业结构,引导产业发展方向等直接作用于创新活动^[29]。因此,政策导向由人才政策、金融政策、财政政策、产业政策四种创新政策组成。在政策数据的表征上,以往研究常采用代理指标数据来表征,数据较为单一,本文采用政策文本计量的方式对区域创新政策进行评估。

在科创策源方面的投入与产出是衡量区域科创策源能力的基本指标。在学术投入方面,本文选取 R&D 人员全时当量、R&D 经费等作为学术投入的重要指标,研发人员、研发经费等是支持区域创新发展的根基,保障创新环境浓郁的学术氛围。在科学投入方面,科技服务、网络通信、物流以及近年来愈发重要的计算平台对科学创新起到重要的推动作用,其规模决定了科学投入。在技术投入方面,获得技术支持与技术服务、联合优秀科技企业进行自主创新或开放创新等是科技创新的重要途径^[15],故引入技术服务合同数量和技术服务引进合同金额作为技术投入的重要指标。孵化平台是创新型企业诞生的摇篮,更是推动产业创新发展的力量之源,故选取众创空间、大学科技园等作为产业投入指标。

科创产出由学术、科学、技术、产业四方面的产出构成。在学术产出方面,出版科技著作、形成国家或行业标准、科技论文代表了新理论的建立与新思想的诞生,是衡量学术产出的关键指标。科学产出方面,本文选取发明专利授权数、有效发明专利数。对于技术产出,学术界公认的指标是技术市场成交额,其能够量化专利技术向产业应用的转化程度。产业产出方面,规模以上工业企业新产品销售额反映出创新成果转化或产业化的绩效^[30],因此可作为衡量产业创新产出的关键指标。

对外开放可以充分利用国际创新资源,激发本土的创新热情^[31]。实证研究表明,外商直接投资(FDI)的技术外溢推动了中国高技术产业创新产出的增长^[31]。科创开放由学术开放、科学开放、技术开放、产业开放构成。考虑到数据可得性,本文主要采用与境外部门的经费支出与贸易往来作为衡量标准。学术开放是学术创新的重要影响因素,与国际机构的学术交流可以促进新学术思想的诞生,其中对国外知识内容的购买是重要的学术交流方式之一,因此选取高等学校对境外机构支出、学校 R&D 经费外国资金额作为其指标。科学开放与技术开放方面,国内研究与开发机构、企业在国际交流中往往伴随科学技术相关产品的购买与经费投入,因此,本文选取研究与开发机构 R&D 国外资金额、研究与开发机构

R&D 经费境外支出额作为科学开放的重要指标,规模以上工业企业 R&D 经费境外资金额和规模以上工业企业 R&D 经费境外支出作为技术开放的重要指标。对外贸易是产业开放的重要体现,故选取货物进出口额作为产业开放的重要指标。

(三) 研究方法

1. 纵横向拉开档次法

目前关于动态综合评价问题的研究成果较少。其中,郭亚军(2002)做出了较大贡献,提出了以下基于时序动态视角的综合评价方法:二次加权法、具有激励(或惩罚)特征的动态综合评价方法、纵向拉开档次分析法、纵横向拉开档次评价法、基于双激励控制线的多阶段信息集结方法、基于时序算子的动态综合评价方法^[32]。其中,纵横向拉开档次评价法既在横向上体现了某一时刻各系统的差异,又在纵向上体现了各系统总体情况,能够解决基于时序的多指标决策问题。为了更好地对中国各省份的科创策源能力进行评价和比较,本文采用纵横向拉开档次法对省域科创策源能力进行全方位综合评价。纵横向拉开档次法既能从横向视角反映某一年各省份科创策源能力的水平差异,又能从纵向上体现各省份在 2012—2021 年的科创策源能力的变迁与发展规律,具有较强的现实性与应用价值。该方法的赋权信息直接来源于被评价对象的各项原始数据,最大限度地反映了评价对象之间的总体差异,使本文中各评价指标、各时期之间均有可比性,是客观的综合评价方法^[33]。由于纵横向拉开档次法确定的指标权重系数只是最大可能地体现了各被评价对象的差异,未考虑各指标的相对重要性,故本文采用基于面板数据修正的熵权法对评价结果进行稳健性检验。在本文中,用 $i(i = 1, 2, \dots, 31)$ 表示省份, $j(j = 1, 2, \dots, 36)$ 表示第 j 个变量指标, $k(k = 2012, 2013, \dots, 2021)$ 表示年份。如此,各评价对象的各指标在 k 年的数值可以表示为 $x_{ij}(k)$,该方法的具体思路如下:

(1) 指标处理。参考王常凯和巩在武(2016)^[34]针对纵横向拉开档次法修正后的极差标准化方法对指标进行处理,一方面去除量纲不同的影响,另一方面避免了传统极差标准化处理面板数据无法从纵向上保持序关系的缺陷。对正向指标运用式(1),对负向指标运用式(2)。在本文中,所有指标均为正向指标。

$$d_{ij}(k) = \frac{x_{ij}(k) - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad (1)$$

$$d_{ij}(k) = \frac{x_{jmax} - x_{ij}(k)}{x_{jmax} - x_{jmin}} \quad (2)$$

(2) 线性加权。计算公式如下:

$$v_i(k) = \sum_{j=1}^n w_j y_{ij}(k) \quad (3)$$

其中, w_j 表示第 j 个指标的权重, $v_i(k)$ 表示第 k 年对象 i 的评价值。

(3) 确定各指标 j 的权重。权重计算公式为:

$$\delta^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m [v_i(k) - v]^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m \left[v_i(k) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_i(k) \right]^2 \quad (4)$$

同时约束:

$$w^T w = 1, w > 0 \quad (5)$$

(4)计算增长系数矩阵。计算公式如下:

$$b_{ij}(k) = y_{ij}(k) - y_{ij}(k - 1), k \geq 2013 \quad (6)$$

(5)计算增长系数评价价值,并放大:

$$\Delta v_i(k) = 10 \sum_{j=1}^n w_j b_{ij}(k) \quad (7)$$

(6)采用“厚今薄古”方法进行二次加权。为了比较评价对象在评价期间的整体情况,给予基于时间的第二次加权。设 w_k 表示 k 时刻综合评价的权重系数,且有 $\sum_{k=1}^N w_k = 1, w_k > 0$,则对象 i 综合评价值为:

$$g_i = \sum_{k=1}^N w_k u_i(k) \quad (8)$$

式中,在时间区间 $[1, k]$ 内, k 时刻的时间权重为:

$$w_k = \frac{k}{\sum_{k=1}^N k}, k = 1, 2, \dots, 10 \quad (9)$$

2. 探索性空间分析(ESDA)方法

探索性空间分析法常用于探究区域属性时空格局演进。本文采用全局和局部空间自相关指数对科创策源能力省份单元的空间相互作用和分布规律进行分析。探索性空间分析法以空间关联测度为核心,分为全局莫兰指数(Moran's I)和局部莫兰指数(local Moran's I),通过对事物或现象空间分布格局的描述与可视化来挖掘研究对象之间的空间依赖关系^[35]。

全局莫兰指数用于揭示相关变量全局视角下的空间集聚性,即科创策源能力相当的省域是否在地理空间上倾向于聚集,其计算公式如下:

$$Moran's I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (10)$$

式(1)中, n 为省份个数; y_i 和 y_j 分别为省份 i 和省份 j 的科创策源能力; \bar{y} 为所有省份科创策源能力的平均值; W_{ij} 为空间权重矩阵,采用布伦斯顿等(Brunsdon, 1998)^[36] 提出的高斯函数确定。由于海南无接壤邻省,参考刘贤赵等(2018)^[37] 的做法,假定广东和广西为其相邻省域。全局莫兰指数的取值范围为 $[-1, 1]$, 当值为正时,表示科创策源能力相近的省份在空间上聚集,即科创策源能力较高的省份趋于集中或科创策源能力较低的省份趋于集中,且值越接近于 1, 总体空间差异越小;当值为负时,表示该省份与周边省份的科创策源能力具有显著的空间差异,即科创策源能力彼此相差甚远的省份趋于集中,值越趋近-1, 该差异越大。

为了衡量观测省份与相邻省份的依赖或差异程度,引入安瑟兰(Anselin, 1995)^[38] 提出的局部莫兰指数。计算公式为:

$$local Moran's I = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (11)$$

在给定的显著水平下,局部莫兰指数 > 0 , 表示观测省份科创策源能力与邻近省份相似,即高-高或低-低;局部莫兰指数 < 0 , 则表示观测省份与邻近省份科创策源能力相异(低-高或高-低)。用局部自相关分析

相邻单元在空间上的相关程度,即表示省份科创策源能力具有相互集聚的倾向^[39]。

(四) 数据来源

党的十八大是习近平新时代中国特色社会主义思想的历史起点,本文选取新时代开始以来(2012—2021年)全国31个省份十年的科技创新相关数据,数据源包括国家统计局、《中国统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《前瞻经济学人》、北大法宝等,部分缺失数据采用插值法补齐。

四、评价结果与分析

(一) 指标权重与综合评价

利用 MATLAB 2021b 软件对前述步骤进行计算,得到科创策源能力评价指标的权重系数(表3)。根据所收集的数据,通过 MATLAB 编程计算得到中国31个省份(不含港澳台地区)在不同年份(2012—2021年)的评价得分(表4)和二次加权后的2012—2021年综合评分(表5)。

表3 省域科创策源能力评价指标体系

一级指标	权重系数	二级指标	三级指标	权重系数		
科创基础	0.133	学术基础	每10万人口拥有正规高校数量	0.026		
			每10万人口高等教育平均在校生数	0.022		
		科学基础	国家重点实验室数量	0.027		
		技术基础	高技术产业研发机构数量	0.030		
			有R&D活动的企业数量	0.028		
		产业基础	高新企业数量	0.029		
		政策导向	0.098	人才政策	人才政策数量	0.024
				金融政策	金融政策数量	0.026
				财政政策	财政政策数量	0.023
				产业政策	产业政策数量	0.025
科创投入	0.311	学术投入	每10万人口R&D人员全时当量	0.028		
			每10万人口R&D经费	0.032		
		科学投入	科学研究与技术服务业数量	0.027		
		技术投入	信息传输、软件和信息技术服务业数量	0.027		
			交通运输、仓储和邮政业数量	0.026		
		产业投入	每10万人口互联网宽带接入用户数	0.029		
			技术服务合同数	0.026		
			技术服务输出合同金额	0.029		
			每10万人口拥有国家级众创空间数量	0.029		
			每10万人口拥有国家级大学科技园数量	0.027		
每10万人口拥有国家级科技企业孵化器数量	0.030					
科创产出	0.193	学术产出	出版科技著作	0.024		
			形成国家或行业标准数	0.030		
			科技论文数	0.022		

表3(续)

一级指标	权重系数	二级指标	三级指标	权重系数
科创产出	0.193	科学产出	专利申请数	0.030
		技术产出	发明专利数	0.030
			技术市场成交额	0.029
科创开放	0.235	产业产出	规模以上工业企业新产品销售收入	0.027
		学术开放	高等学校对境外机构支出	0.030
			高等学校 R&D 经费外国资金额	0.030
			科学开放	研究与开发机构 R&D 国外资金额
		技术开放	研究与开发机构 R&D 经费境外支出额	0.029
			规模以上工业企业 R&D 经费境外资金额	0.030
			规模以上工业企业 R&D 经费境外支出	0.028
		产业开放	外商投资企业数量	0.028
			外商投资总额	0.029

从表 3 所示的各一级评价指标的最终权重可以看出,科创投入(0.311)在科创策源能力评价中的权重最高,其在区域科创策源能力的提升中起到至关重要的作用。而科创开放(0.235)的权重排在第二,可见海内外科技创新、学术活动交流的开展与区域科创策源能力的提升密不可分。政策导向(0.098)权重最小,其中以财政政策为主的直接创新政策影响权重最低,说明财政政策对创新策源能力的转化效率仍有待提升。从三级指标的最终权重来看,每 10 万人口 R&D 经费(0.032)、每 10 万人口拥有国家级科技企业孵化器(0.030)、高等学校对境外机构支出(0.030)、形成国家或行业标准数(0.030)、高等学校 R&D 经费外国资金额(0.030)、发明专利数(0.030)、专利申请数(0.030)共 7 个指标权重大于 0.03,它们是影响区域科创策源能力的关键因素。

从表 4 中可以看出:2012—2021 年中国各省份科创策源能力极不平衡:首先,科创策源能力得分排位第一的省份较最后一位差近 10 倍之多,且差距随时间的发展不断增大。其次,科创策源能力排在前六位和最后六位的省份在过去十年中排位相对稳定,2012—2015 年,中国科创策源能力最强的省份是北京,江苏位居第二,之后依次是广东、上海以及浙江;2016—2017 年,江苏超越北京成为中国科创策源能力最强的省份,广东其次,而北京逐年后退,排在第三名;2018—2021 年,广东成为中国科创策源能力最强的省份,江苏位居第二,北京连续五年位居第三。与之对应地,中国科创策源能力排在最后六位的省份同样在过去十年无较大变化,分别为青海、贵州、宁夏、海南、新疆以及西藏。第三,科创策源能力位于中间段位的省份在过去十年间变化较大,中游位置的省份竞争相对激烈。其中,天津极大差序值达到 10 位,其余省份极大差序值也均大于 4。

表 4 2012—2021 年省域科创策源能力评价得分

省份	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	得分	排名																		
北京	0.280	1	0.287	1	0.288	1	0.313	1	0.348	2	0.344	3	0.349	3	0.343	3	0.415	3	0.458	3
江苏	0.269	2	0.243	2	0.283	2	0.295	2	0.365	1	0.367	1	0.38	2	0.361	2	0.437	2	0.483	2

表4(续)

省份	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
	得分	排名																		
广东	0.233	3	0.216	3	0.216	3	0.248	3	0.327	3	0.356	2	0.475	1	0.490	1	0.560	1	0.611	1
上海	0.203	4	0.209	4	0.191	4	0.224	4	0.237	4	0.244	4	0.247	5	0.259	4	0.294	5	0.316	6
浙江	0.157	5	0.148	5	0.155	5	0.180	5	0.214	5	0.217	6	0.224	6	0.229	5	0.291	6	0.329	5
山东	0.134	6	0.127	6	0.153	6	0.169	6	0.212	6	0.242	5	0.271	4	0.22	6	0.299	4	0.347	4
天津	0.119	7	0.126	7	0.128	7	0.147	7	0.150	11	0.159	9	0.123	17	0.119	14	0.141	13	0.153	13
辽宁	0.093	11	0.095	9	0.010	9	0.125	8	0.175	7	0.173	8	0.158	9	0.014	9	0.146	12	0.215	7
湖北	0.103	8	0.103	8	0.011	8	0.122	9	0.154	9	0.158	10	0.172	8	0.186	7	0.190	7	0.196	9
福建	0.091	12	0.085	12	0.094	11	0.097	14	0.152	10	0.144	13	0.134	15	0.116	16	0.132	15	0.142	16
陕西	0.096	10	0.094	10	0.097	10	0.107	12	0.115	14	0.134	14	0.151	11	0.136	11	0.157	11	0.171	12
安徽	0.083	14	0.070	15	0.093	12	0.107	13	0.161	8	0.173	8	0.172	7	0.148	8	0.181	8	0.202	8
河南	0.088	13	0.088	11	0.09	13	0.108	11	0.142	12	0.158	11	0.134	10	0.137	10	0.161	9	0.177	11
四川	0.103	9	0.073	13	0.084	14	0.115	10	0.113	15	0.158	12	0.134	14	0.125	12	0.159	10	0.179	10
湖南	0.072	15	0.072	14	0.074	15	0.086	15	0.113	16	0.127	15	0.142	12	0.122	13	0.134	14	0.143	14
黑龙江	0.066	16	0.065	16	0.063	20	0.063	22	0.069	25	0.082	23	0.089	19	0.100	18	0.076	22	0.064	23
吉林	0.062	17	0.058	18	0.065	16	0.069	18	0.086	20	0.087	21	0.086	20	0.084	20	0.088	21	0.091	21
河北	0.060	18	0.055	21	0.064	19	0.075	16	0.116	13	0.122	16	0.138	13	0.117	15	0.132	16	0.143	15
江西	0.060	19	0.057	19	0.064	18	0.067	19	0.083	22	0.088	20	0.098	18	0.093	19	0.109	17	0.119	17
重庆	0.053	21	0.056	20	0.064	17	0.071	17	0.093	17	0.081	24	0.086	21	0.084	21	0.105	18	0.118	18
广西	0.059	20	0.055	23	0.048	22	0.060	24	0.070	24	0.098	17	0.125	16	0.105	17	0.102	19	0.103	19
甘肃	0.050	23	0.046	22	0.048	23	0.063	20	0.088	19	0.098	18	0.082	23	0.055	24	0.070	24	0.079	23
西藏	0.022	31	0.045	23	0.014	31	0.021	31	0.011	31	0.016	31	0.014	31	0.027	31	0.025	31	0.024	31
山西	0.051	22	0.061	17	0.056	21	0.061	23	0.086	20	0.085	22	0.083	22	0.067	22	0.09	20	0.103	20
海南	0.029	29	0.030	29	0.030	29	0.037	29	0.045	29	0.049	29	0.043	29	0.042	28	0.046	28	0.049	28
青海	0.033	26	0.030	28	0.031	28	0.047	25	0.093	18	0.067	26	0.079	24	0.040	29	0.044	29	0.047	29
内蒙古	0.046	24	0.041	24	0.045	24	0.063	22	0.072	23	0.088	19	0.064	26	0.053	25	0.062	26	0.067	26
贵州	0.034	27	0.036	25	0.038	27	0.045	27	0.054	28	0.064	28	0.063	27	0.053	26	0.063	25	0.069	24
宁夏	0.033	28	0.027	30	0.039	26	0.041	28	0.055	27	0.067	27	0.059	28	0.044	27	0.060	27	0.069	25
云南	0.037	25	0.035	26	0.039	25	0.046	26	0.064	26	0.076	25	0.075	25	0.055	24	0.073	23	0.084	22
新疆	0.029	30	0.030	27	0.028	30	0.030	30	0.039	30	0.044	30	0.038	30	0.036	30	0.038	30	0.039	30

从变化趋势中可以看出,中国各省份的科创策源能力在过去十年中有增有减,但平均增速均为正,且绝大部分省份均有较为明显的提升。其中,广东自2014年以来增长系数均为正,极差达到3.49,平均增速高达39.69%,说明其科创策源能力在过去十年有极高的提升。其次是江苏,极差达到1.98,科创策源能力平均每年提升24.08%。除上述省份外,还有北京、上海、浙江以及山东等极差值大于1。吉林、黑龙江、贵州、新疆以及海南的增长系数评价极差值小于0.4,其中新疆平均增速不达1%,说明其在过去十年科创策源能

力发展接近停滞,而黑龙江、西藏的科创策源能力平均增速为负,表明过去十年科创策源能力出现倒退。

此外,逐年观察各省份科创策源能力增长系数发现,2018—2020年,全国超过半数省份的科创策源能力均出现不同程度下跌,其中2019—2020年下跌最为严重,仅7省份维持了正增长。该时间段与中美贸易摩擦相吻合,自2018年以来的中美贸易摩擦已升级至贸易、科技、金融、外交、地缘政治、国际舆论、国际规则等全领域,一定程度上阻碍了中国科创策源能力的高速发展。而2020—2021年,即新冠疫情期间,绝大多数省份科创策源能力增长系数均为正,且维持了较高的增速,表明中国科创策源能力发展韧性较高。

随后,采用“厚今薄古”方法对2012—2021年中国各省份科创策源能力历年得分进行二次加权,得到各省份科创策源能力综合得分(见表5)。从各省份的表现来看,广东以1.827的得分成为科创策源能力综合得分最高的省份,随后是江苏(1.568)、北京(1.510),综合得分均高于1.5,属于中国科创策源能力第一梯队。上海、山东、浙江得分均大于0.99,属于科创策源能力第二梯队。湖北、安徽、天津、河南、陕西以及四川科创策源能力综合得分均超过0.56,属于第三梯队。辽宁、福建、湖南、河北、江西、广西、重庆、吉林、吉林、山西以及黑龙江综合得分高于0.3,属于科创策源能力第四梯队。其余省份综合得分均在0.3以下,科创策源能力整体较弱,属于第五梯队。

不同于采用截面数据,上述基于时间的二次加权后的综合得分再次表明中国科创策源能力存在明显的两极分化特征。从单一省份角度来看,处于第一梯队的省份得分是第五梯队的近20倍。此外,第二梯队较第一梯队得分差距达30%之多,表明科创策源能力集中度极高,且梯队间存在断崖式落差。从城市群角度来看,珠三角地区科创策源能力整体高于长三角地区,长三角地区高于京津冀地区。同时,长三角地区各省份与排名整体相对协调,并未出现地区成员掉队现象,而京津冀地区除北京排位第三以外,其余省份科创策源能力综合得分均排在前十名以外,出现明显的掉队现象,表明长三角地区科创策源能力协同度高于京津冀地区。

表5 基于二次加权的省域科创策源能力综合得分

省份	广东	江苏	北京	上海	山东	浙江	湖北	安徽	河南	四川	陕西	天津	辽宁	福建	湖南	河北
排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
得分	1.827	1.568	1.510	1.067	1.032	0.998	0.653	0.646	0.580	0.567	0.566	0.564	0.560	0.512	0.490	0.473
省份	江西	广西	重庆	吉林	山西	黑龙江	甘肃	云南	内蒙古	贵州	宁夏	青海	海南	新疆	西藏	
排名	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
得分	0.423	0.374	0.371	0.334	0.332	0.302	0.288	0.268	0.253	0.233	0.223	0.207	0.174	0.148	0.090	

(二) 子系统评价

从各省份科创策源能力子系统看(表6),广东在科创投入之外的各项子系统中均排名第一,再次验证了广东在科创策源的突出位置,其他省份排位在不同项目下均有不同程度的波动,表明较强的子系统竞争态势。首先,在创新基础子系统中,广东、江苏、北京排位与综合评价一致,位列前三,而浙江与天津排位相较于综合评价分别提升2名与7名,说明浙江与天津的科创策源基础建设较为扎实,具备进一步提升创新策源能力的条件。其次,在政策导向子系统中,安徽排位跃至第二,表明安徽在创新政策制定、执行以及地方政府营造的创新环境上均优于其他省份。政策导向表现优秀的省份还包括河南、广西和河北,其中广西排名较综合得分提升12名。对于科创策源投入子系统,北京超越广东排在第一位,表明北京在科创策源能力发

展中投入较多,其余省份排名与综合能力基本一致。再次,在科创策源产出子系统中,北京超越江苏排在第二位,浙江与四川排名提升较为明显,表明两省份在科创投入转化能力上较为突出。最后,在科创策源开放子系统中,上海跃至第二,表明其国际科创交流与合作层次较深、对外贸易水平较高,拥有极强的开放式创新能力,此外,福建与辽宁排名也有较大提升。

表 6 基于二次加权的省域科创策源能力子系统得分

科创基础			政策导向			科创投入			科创产出			科创开放		
省份	得分	排名												
广东	0.345	1	广东	0.190	1	北京	0.516	1	广东	0.396	1	广东	0.358	1
江苏	0.308	2	安徽	0.188	2	江苏	0.383	2	北京	0.340	2	上海	0.320	2
北京	0.213	3	江苏	0.187	3	广东	0.345	3	江苏	0.292	3	江苏	0.275	3
浙江	0.192	4	山东	0.182	4	山东	0.287	4	浙江	0.177	4	北京	0.259	4
天津	0.146	5	河南	0.166	5	上海	0.280	5	湖北	0.167	5	山东	0.140	5
山东	0.142	6	广西	0.157	6	浙江	0.259	6	上海	0.166	6	浙江	0.120	6
陕西	0.133	7	浙江	0.150	7	湖北	0.196	7	山东	0.161	7	天津	0.104	7
上海	0.133	8	辽宁	0.136	8	天津	0.194	8	四川	0.119	8	福建	0.065	8
湖北	0.126	9	四川	0.123	9	陕西	0.177	9	湖南	0.118	9	辽宁	0.065	9
安徽	0.116	10	河北	0.119	10	辽宁	0.168	10	陕西	0.105	10	湖北	0.054	10

(三) 稳健性检验

纵横向拉开档次评价法既在横向上体现了某一时刻各系统的差异,又在纵向上体现了各系统总体情况,能够解决基于时序的多指标决策问题。然而,该方法在现实中也有一定的局限性,主要体现在基于该方法确定的指标权重系数只是最大可能地体现了各被评价对象的差异,未考虑各指标的相对重要性。因此,本文采用基于面板数据修正后的熵权法对科创策源能力评级体系进行稳健性检验,结果与纵横向拉开档次法除个别三级指标差距较大外均相接近。

此外,基于熵权法赋权下的二次加权的各省份科创策源能力综合得分情况显示,总体上,除天津与辽宁、内蒙古与贵州的位序出现1名的偏差外,得分排名情况与纵横向拉开档次法基本一致,可以看出本文采用的方法具有稳健性。

(四) 省域科创策源能力的时空演化分析

1. 时序演化分析

基于前文分析步骤,得出中国科创策源能力时序演化数据见图2。从图2可以看出,2012—2021年中国科创策源能力发展呈现出三个特点。首先,样本期内呈现逐年上升趋势,其综合得分从2012年的2.

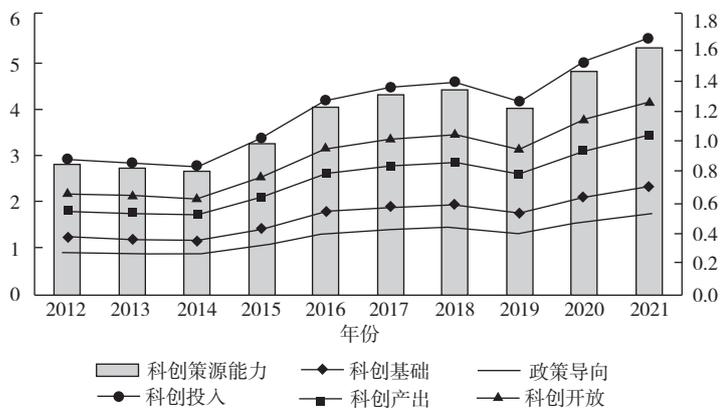


图 2 2012—2021 年中国科创策源能力变化趋势

85 上升至 2021 年的 5.73, 增长 2.01 倍, 说明研究期内中国在科创策源能力提升方面所取得的成效明显。其次, 从时间特征上看, 表现出阶段性特征, 2012—2014 年中国科创策源能力变化并不显著, 且呈现小幅下降趋势, 2015—2018 年增速明显加快, 而在 2018—2019 年受中美贸易摩擦影响, 中国科创策源能力有所回调, 但在 2019—2021 年迅速回升。最后, 从子系统时序变化来看, 样本期内科创开放变化幅度较大, 政策导向变动相对平缓, 各子系统整体呈现相同的变化趋势。

2. 空间演化分析

为了挖掘中国科创策源能力空间分布的潜在信息, 运用地理信息系统(GIS)空间分析技术对 31 个省份的科创策源能力分布进行可视化空间分析, 利用自然间断点分级法由高到低分为 1~5 等^[38], 见表 7。可以看出, 中国各省份科创策源能力的空间分布差异明显。2012 年, 中国各省份科创策源能力整体偏低, 仅北京、广东、江苏达到第一梯队, 而第五梯队的区域达到 9 个, 均位于西部地区。2013 年, 重庆、山东、上海、天津、河南的科创策源能力明显提升, 均在 2012 年基础上上升 1 个梯队。西部地区的甘肃科创策源能力有所降低, 进入第五梯队。2016 年第一、第二梯队中上海、天津分别下降一级, 第三、第四梯队的省份有所增多: 安徽与四川均提升一级进入第三梯队, 甘肃、内蒙古也提升一级进入第四梯队。2017 年中国东部地区均处于第二及以上梯队, 且西部地区科创策源能力出现较明显提升, 青海、宁夏、云南、贵州均由第五梯队上升至第四梯队, 而河北也提升一级至第三梯队。2021 年, 中部、东部地区科创策源能力出现较强提升, 其中, 山东、浙江、上海提升一级至第一梯队, 四川、天津、河南、湖北、安徽、辽宁均步入第二梯队。

总体来看, 中国科创策源能力在空间上表现为东部地区水平高、中西部地区水平相对较低, 且呈现出由沿海向内陆地区阶梯递减的格局特征, 这与各地区不同的经济水平、发展政策、资源禀赋密不可分。此外, 从 2012—2021 年的空间分布变迁也可得出中国科创策源能力在向沿海地区集中的时空演化的规律。

表 7 2012—2021 年省域科创策源能力空间分布

科创策源能力梯队	2012 年	2014 年	2016 年	2018 年	2021 年
第一梯队	京、粤、苏	京、粤、苏、沪	京、粤、苏	京、粤、苏	京、鲁、苏、浙、沪、粤
第二梯队	浙、沪	浙、鲁、津	鲁、沪、浙	鲁、沪、浙	皖、豫、鄂、津、川、辽
第三梯队	闽、鄂、陕、鲁、辽、津、川	闽、鄂、辽、豫	闽、皖、鄂、豫、川、辽、津	闽、湘、鄂、皖、豫、冀、辽、川、陕、津	闽、赣、桂、渝、冀、陕、湘
第四梯队	赣、皖、桂、湘、豫、冀、黑、吉、甘、晋	桂、湘、赣、渝、川、陕、冀、黑、吉、晋、皖	桂、赣、陕、渝、湘、冀、甘、蒙、黑、吉、晋	赣、滇、桂、黔、渝、青、甘、蒙、宁、晋、黑、吉	滇、黔、甘、蒙、宁、晋、黑、吉
第五梯队	琼、宁、渝、黔、滇、藏、新、蒙、青	黔、琼、滇、藏、新、青、甘、蒙、宁	琼、黔、宁、青、藏、新、滇、黔	新、藏、琼	新、藏、青、琼

(五) 中国各省份科创策源能力的空间关联分析

1. 全局自相关分析

为进一步分析中国各省份科创策源能力的空间关联性, 运用软件 ArcGIS 10.5 和 GeoDA 计算全局莫兰指数, 并运用其蒙特卡罗检验进行空间自相关显著性检验, 结果见图 3。可以看出 2012—2021 年的全局莫兰指数均为正, 并且除 2018 年 P 值达到 0.086 外, 全部通过 $P < 0.05$ 水平的显著性检验, 表明中国科创策源能力在空间分布上并非完全随机, 而是具有显著的空间依赖特征。具体来讲, 科创策源能力强的省份彼此

趋于相邻, 科创策源能力较弱的省份趋于相邻, 能力相近的省份扎堆集聚, 表现出一定的聚集分布空间格局特征, 这也表明近十年来中国各省份科创策源能力总体空间差异是趋于收敛的。

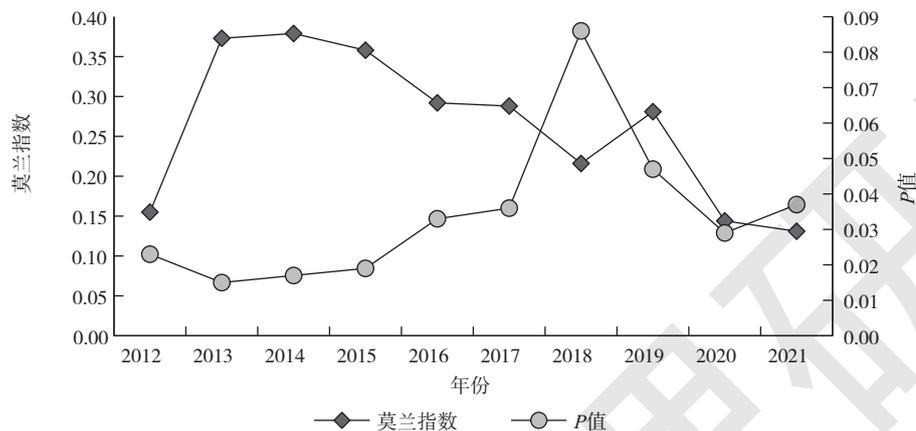


图3 2012—2021年省域科创策源能力全局莫兰指数

2. 局部自相关分析

运用 ArcGIS 10.5 软件对局部自相关 LISA (local indicators of spatial association) 指数可视化, 得到中国科创策源能力在 0.05 置信水平下空间关联的局部指标 (LISA) 聚类结果 (见表 8)。由表 7 可知, 从历史演进来看, 中国科创策源能力时空关联结构相对稳定, 多数省份并未在过去十年出现变化。在 5% 的显著性水平下, 东部沿海地区多处于高-高、低-高集聚型, 而北部地区则多处于低-低集聚型, 这表明中国各省份科创策源能力表现出非均衡发展格局。从空间分布来看, 在高-高集聚型区域, 上海、江苏一直是属于高-高集聚且辐射作用明显的省份, 而且其他科创策源能力较高的省份如安徽、江西、浙江均与之相邻, 天然的区位优势与雄厚的经济底蕴相辅相成, 使之在空间上形成涓滴效应^[39], 集聚程度较高。除四川省外, 西部地区省份聚集类型多属于低-低型, 这与西部地区经济水平较低、产业相对落后有关。从聚集类型的转变来看, 在过去十年, 中国各省份科创策源能力的低-低型聚集从新疆、西藏、四川三省逐步向东部辐射, 在 2021 年覆盖了西部绝大部分省份。这表明西部地区科创策源能力并未出现由弱向强的转变, 而更多是从不显著向低-低型转变。东部地区存在科创策源能力由弱向强的转变, 并且高-高型聚集在过去十年有所增加。这种东西地区异特征的形成, 一方面与区域资源禀赋的不同有关, 另一方面, 国家区域发展政策不同也对科创策源能力的发展水平产生重要影响。

表8 2012—2021年省域科创策源能力相关模式

聚集类型	2012	2014	2016	2018	2021
高-高	浙、沪	苏、沪、浙	苏、沪、浙	苏、沪、皖	苏、沪、皖
低-高	赣	皖	皖	赣	赣、闽
低-低	新、藏、川	新、藏、甘	新、藏、甘、青	新、藏、甘、青	新、藏、甘、川、青、蒙、吉
高-低		川	川	川	

五、研究结论与建议

(一) 研究结论

科创策源能力是衡量区域创新水平可持续发展的重要内容。本文基于科创策源能力的核心内涵,从科创基础、政策导向、科创投入、科创产出、科创开放5个方面选择36个三级指标,构建科创策源能力评价体系。基于二次加权的纵横向拉开档次法对2012—2021年中国31个省份科创策源能力进行动态评价,并结合ESDA法对其时空演变特征进行探索。主要结论如下:

(1)基于纵横向档次拉开法的权重结果,科创开放与科创投入对科创策源能力的影响较高。其中,每十万人R&D经费权重系数最高,而政策导向影响相对较小。创新投入是科创策源之“源”,对区域科创策源能力的发展起到决定性作用,而国际学术交流与科学研讨能够极大地激发科创策源能力,催化开放式创新的产生。创新政策在科创策源能力的评价当中整体影响较小,其中财政政策权重最低,说明财政补贴等直接创新政策的绩效不佳,这与俞立平等(2022)^[40]的研究结果相符。创新政策整体影响偏小主要由于创新政策是科创策源之“策”,其更多地起到导向与扶持作用,直接转化为科创策源能力的部分较少,而财政政策存在创新主体审核不到位、执行效率低等原因导致其对科创策源能力的影响最小。

(2)中国各省份科创策源能力整体呈逐年上升趋势,且存在阶段性特征,各省份增速存在较大差异,表现为东快西慢且差距逐年增大。首先,中国科创策源能力在样本期内呈现逐年上升趋势,其综合得分从2012年的2.85上升至2021年的5.73,增长2.01倍,说明研究期内中国在科创策源能力提升方面所取得的成效明显。其次,从时间特征上看,表现出阶段性特征,2012—2014年中国科创策源能力变化并不显著,且呈现小幅下降趋势,2015—2018年增速明显加快,而在2018—2019年有所回调,但在2019—2021年迅速回升。最后,从子系统时序变化来看,样本期内科创开放变化幅度较大,政策导向变动相对平缓,各子系统整体呈现相同的变化趋势。

(3)中国科创策源能力的空间分异明显,总体呈现“东-中-西”阶梯式递减、南高北低的空间分异格局。其中,西北地区省份科创策源能力在过去十年增速较低,而东北地区部分省份出现负增长现象。东部沿海地区增速最高,且除福建省外均在过去十年成为科创策源能力第一梯队。在空间依赖性上,中国科创策源能力存在较明显的全局空间正相关性,而在局部上形成了东部沿海地区的高-高和西部地区低-低集聚类型。其中,东部沿海省份的高-高型集聚带动内陆省份发展效果明显,而西部低-低型集聚在过去十年出现由西向东延展的趋势。从城市群角度来看,珠三角地区科创策源能力整体高于长三角地区,长三角地区高于京津冀地区。同时,长三角地区各省份排名整体相对协调,并未出现地区成员掉队现象。

(4)从各省份科创策源能力子系统看,广东在科创投入之外的各项子系统中均排名第一,再次验证了广东在科创策源的突出位置,其他省份排位在不同项目下均有不同程度的波动。在创新基础子系统中,浙江与天津的科创策源基础建设较为扎实。在政策导向子系统中,安徽在创新政策制定、执行以及地方政府营造的创新环境上均优于其他省份。对于科创策源投入子系统,得益于众多高新技术企业的研发,北京超越广东排在第一位。在科创策源产出子系统中,北京、浙江与四川排名提升较为明显,表明这三个省份在科创投入转化能力上较为突出。在科创策源开放子系统中,上海、福建与辽宁三座沿海港口省份提升极大,表明其国际科创交流与合作层次较深、对外贸易水平较高,拥有极强的开放式创新能力。

(二) 政策建议

基于上述结论,本文从以下几个方面给出相关建议:

(1)完善创新政策体系,提升创新政策效率。其一,在财政政策方面,应进一步优化财政补贴分配机制与审核制度,精准补贴具备科创策源能力的企业,加强财政政策对科创策源能力的转化水平,提升政策实施效率。其二,在人才政策方面,应从引才和用才两方面进行优化,进一步增强国际化人才吸引力度,加大对青年人才的培养,改革人才激励机制,畅通科技人才流动渠道。其三,在金融政策方面应加大对科创企业信贷投放力度,完善科技保险产品体系,鼓励并扶持科创企业上市,同时应加强政府投资基金的引导作用,带动社会资本对科技原始创新、高精尖产业的投资。最后,在产业政策政策方面,应进一步发挥新兴产业政策的靶向效应,提升政策前瞻性,侧重政策质量,杜绝政策“一刀切”做法,避免产业同质化。

(2)加强科创中心建设,完善其创新驱动引领作用。深化北京、上海、广东科创中心引领地位,围绕集成电路、人工智能、医药健康等领域合作开展基础研究、应用基础研究及关键核心技术攻关,辐射带动京津冀、长三角、珠三角等区域。一方面要求优势地区间加快完善协同创新机制,分工合作、优势互补,形成强劲的科创策源发展合力,携手进步;另一方面加强科创中心与邻近省市科创策源联动,根据自身发展选择优势方向,形成各具特色、优势互补、协同联动的科创策源新集聚格局。

(3)深化开放创新导向,加强国际科创交流合作。对外开放与交流在科创策源能力评价当中表现出极高的影响力,科技贸易摩擦期间各省份科创策源能力的骤降也充分证明了这一点。在强化对外科创交流合作方面,一是可从学术与科学角度,强化开放式的自主创新,在更高起点上推进自主创新,鼓励创新主体融合外部思想、知识、技术、资源进行创新,做到主动布局和积极利用国际创新资源。二是可从技术与产业角度,推动相关地区科技自贸区的建设,充分利用贸易开放带来的技术、知识扩散,将其转化为中国科创策源能力提升的助推力,增强企业对先进技术知识的学习、吸收能力,使得贸易开放对各地区的技术外溢效应达到最大化,从而进一步提升中国科创策源能力。最后,可建立中国国际科技合作的监测与评估评价机制,加强国际科技合作的绩效管理,及时提炼并推广诸如“一带一路”国际科技合作的成功范式,研究国际科技合作促进经济增长的机理和路径。

(4)推进东西部合作,缩小科创策源空间分异。中国科创策源能力在空间分布上是不平衡的。在新时代高质量发展的大背景下,做到科创策源区域协同共享,一方面,科创策源能力较弱的地区不仅要提高知识创造水平和技术创新水平,还要为提高内部创新能力创造良好的创新环境,增加对交通、教育等基础设施的投资。另一方面,中部地区作为东西部地区的桥梁,应积极吸收东部地区的科创策源成果与经验,搭建各地区之间的联系平台,加强与西部地区在产业、人才、科研等多方面的合作,帮助在科创策源后发地区获得知识和技术,在创新经济中实现追赶,促进创新空间的平衡。

参考文献:

- [1]王少. 科技创新策源地:概念、内涵与建设路径[J]. 科学管理研究,2021,39(2):17-21.
- [2]王业强,郭叶波,赵勇,等. 科技创新驱动区域协调发展:理论基础与中国实践[J]. 中国软科学,2017(11):86-100.
- [3]李万. 增强科技创新策源能力的战略选择[J]. 中国科技论坛,2020(8):1-3.
- [4]朱梦菲,陈守明,邵悦心. 基于 AHP-TOPSIS 和 SOM 聚类的区域创新策源能力评价[J]. 科研管理,2020,41(2):40-50.

- [5] 陈超. 如何理解创新策源能力[J]. 竞争情报, 2018, 14(4): 3.
- [6] 敦帅, 陈强. 创新策源能力: 概念源起、理论框架与趋势展望[J]. 科学管理研究, 2022, 40(4): 33-41.
- [7] 敦帅, 陈强, 丁玉. 基于贝叶斯网络的创新策源能力影响机制研究[J]. 科学学研究, 2021, 39(10): 1897-1907.
- [8] 曹萍, 赵瑞雪, 尤宇, 等. 创新策源能力如何影响区域创新绩效? ——基于 30 个省份的 QCA 分析[J]. 科技管理研究, 2022, 42(13): 1-9.
- [9] 刘琦, 罗卫国, 罗萧. 人才网络视角下粤港澳大湾区创新策源能力影响机理研究[J]. 企业经济, 2022, 41(12): 98-106.
- [10] 曹佳蕾, 李婷. 基于熵权 GC-TOPSIS 的区域科技创新能力评价与实证[J]. 统计与决策, 2020, 36(15): 171-174.
- [11] 张鑫, 梁佩云, 陈茹茹. 区域科技服务业服务创新能力评价——基于改进的 CRITIC-VIKOR 法[J]. 科技管理研究, 2020, 40(16): 60-69.
- [12] 张金福, 刘雪. 我国地方创新策源能力的模糊综合评价研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(9): 8-14.
- [13] 卢超, 李文丽. 京沪深创新策源能力评价研究: 基于国家科学技术“三大奖”的视角[J]. 中国科技论坛, 2022(2): 151-161.
- [14] 谢婧青. 科技创新策源能力: 影响因素与提升路径[J]. 上海经济研究, 2023(2): 64-77.
- [15] 宁连举, 肖玉贤, 刘经济, 等. 跨行政区域创新策源能力评价与实证——基于熵权法、TOPSIS 法、灰色关联分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(20): 44-51.
- [16] 敦帅, 陈强, 马永智. 创新策源能力评价研究: 指标构建、区域比较与提升举措[J]. 科学管理研究, 2021, 39(1): 83-89.
- [17] 衣春波, 赵文华, 邓璐芾, 等. 基于专利信息的技术创新策源评价指标体系构建与应用[J]. 情报杂志, 2021, 40(2): 55-62.
- [18] 刘琦. 粤港澳大湾区科技创新策源能力评价研究[J]. 经济体制改革, 2021(3): 65-72.
- [19] 任保平, 文丰安. 新时代中国高质量发展的判断标准、决定因素与实现途径[J]. 改革, 2018(4): 5-16.
- [20] 彭川宇, 刘月. 城市科技创新人才政策扩散动力因素时空差异研究[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(24): 81-90.
- [21] 冯永琦, 邱晶晶. 科技金融政策的产业结构升级效果及异质性分析——基于“科技和金融结合试点”的准自然实验[J]. 产业经济研究, 2021(2): 128-142.
- [22] 郑威, 陆远权. 财政科技政策如何影响企业创新驱动发展效率? [J]. 科研管理, 2022, 43(3): 9-16.
- [23] 睢博, 雷宏振. 产业政策对科技创新中心形成的影响——基于企业区位选择的视角[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 42(2): 132-144.
- [24] 黄鲁成. 关于区域创新系统研究内容的探讨[J]. 科研管理, 2000(2): 43-48.
- [25] 刘凤朝, 孙玉涛. 我国科技政策向创新政策演变的过程、趋势与建议——基于我国 289 项创新政策的实证分析[J]. 中国软科学, 2007(5): 34-42.
- [26] 钟腾, 罗吉罡, 汪昌云. 地方政府人才引进政策促进了区域创新吗? ——来自准自然实验的证据[J]. 金融研究, 2021(5): 135-152.
- [27] 李响. 科技金融政策与区域创新产出[D]. 济南: 山东大学, 2022.
- [28] 柳光强. 税收优惠、财政补贴政策的激励效应分析——基于信息不对称理论视角的实证研究[J]. 管理世界, 2016(10): 62-71.
- [29] 付晨玉, 杨艳琳, 田野, 等. 产业政策、技术创新与中国工业发展质量[J]. 经济评论, 2022(6): 67-84.
- [30] 李培楠, 赵兰香, 万劲波. 创新要素对产业创新绩效的影响——基于中国制造业和高技术产业数据的实证分析[J]. 科学学研究, 2014, 32(4): 604-612.
- [31] 柳卸林, 胡志坚. 中国区域创新能力的分布与成因[J]. 科学学研究, 2002(5): 550-556.
- [32] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [33] 肖仁桥, 丁娟, 钱丽. 绿色创新绩效评价研究述评[J]. 贵州财经大学学报, 2017(2): 100-110.
- [34] 王常凯, 现在武. “纵横向”拉开档次法中指标规范化方法的修正[J]. 统计与决策, 2016(2): 77-79.
- [35] ANSELIN L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis[Z]. Regional Research Institute Working Paper No. 200, 1996.
- [36] BRUNSDON C, FOTHERINGHAM A S, CHARLTON M E. Geographically weighted regression[J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician), 1998, 47(3): 431-443.
- [37] 刘贤赵, 高长春, 张勇, 等. 中国省域碳强度空间依赖格局及其影响因素的空间异质性研究[J]. 地理科学, 2018, 38(5): 681-690.
- [38] ANSELIN L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [39] 王学义, 熊升银. 中国经济发展方式转变综合评价及时空演化特征研究[J]. 地理科学, 2020, 40(2): 220-228.
- [40] 俞立平, 钟昌标, 王安然, 等. 创新政策的测度及不同政策效果比较研究[J]. 中国科技论坛, 2022(2): 41-49, 58.

Comprehensive Evaluation and Spatial-temporal Evolution of China's Sci-tech Creational and Original Innovation Capacity

CHENG Xiang¹, JULAITI Jiansuer¹, YANG Yi²

(1. Beijing Union University, Beijing 100101;

2. Beijing College of Finance and Commerce, Beijing 101126)

Abstract: China's regional sci-tech innovation is developing towards the formation of core creational and original capacity. From the connotation of sci-tech creational and original innovation capacity, 36 three-tier indicators are designed to build a provincial evaluation system from five perspectives: sci-tech innovation foundation, policy orientation, sci-tech innovation input, sci-tech innovation output, and sci-tech innovation openness. Using the second-weighted vertical and horizontal gradation method, this paper conducts a dynamic evaluation of provincial sci-tech creational and original innovation capacity in China from 2012 to 2021. Then, it explores their spatial and temporal characteristics with the ESDA method.

The marginal contributions are twofold. First, it considers the knowledge spillover effect of sci-tech innovation and the policy effect of incentivizing innovation activities. Adding the dimensions of openness and innovation policy, it constructs a comprehensive evaluation system reflecting the development of sci-tech creational and original innovation capacity in this decade. Second, it combines quantitative methods with qualitative analyses and uses the second-weighted vertical and horizontal gradation method to construct this evaluation system, quantify the creational and original capacity, and synthesize comprehensive indexes. Thirdly, it aims to study the spatial distribution and spatial and temporal evolution of China's sci-tech creational and original innovation capacity and explore its spatial differentiation characteristics.

The results are as follows. (1) Based on the weighting results of the vertical and horizontal gradation method, openness and inputs have a greater impact on the sci-tech creational and original innovation capacity. Specifically, the R&D expenditure per 100,000 people exhibits the highest weighting coefficient, followed by policy orientation and the direct innovation policy driven by fiscal measures. (2) China's provincial sci-tech creational and original innovation capacity consistently exhibits an upward trend over the years, though with significant differences in the growth rates, characterized by a rapid pace in the eastern region and a slow pace in the western region. (3) The spatial differentiation is also obvious, exhibiting a gradual decrease from the eastern, central, and western regions, with higher levels observed in the southern region and lower levels in the northern region. Moreover, in terms of spatial dependence, there is a positive global spatial correlation, and the southern region exhibits a high-high concentration pattern while the western region shows a low-low concentration pattern.

This paper enriches the evaluation index system of sci-tech creational and original innovation capacity, visualizes the causes of provincial sci-tech creational and original innovation capacity and its spatial distribution pattern, and proposes targeted countermeasures.

Keywords: sci-tech innovation; sci-tech creational and original innovation capacity; sci-tech innovation foundation; sci-tech innovation input; sci-tech innovation output; sci-tech innovation openness; vertical and horizontal gradation method

责任编辑:宛恬伊