

doi:10.20270/j.cnki.1674-117X.2025.4006

国家创新能力水平测度及其区域差异成因识别

彭志胜, 杨书悦

(安徽建筑大学 经济与管理学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 基于创新链研究范式并考虑创新环境的支撑作用, 构建在环境支撑下的“科学-技术-产业”路径国家创新能力内在机理模型和国家创新能力评价指标体系, 定量测算2011—2021年20个主要国家的国家创新能力水平, 并基于关系数据分析范式, 采用QAP方法对国家创新能力差异的影响因素进行实证检验。结果表明: 20个主要国家的创新能力水平均呈增长趋势, 其中美国创新能力水平一直处于领先地位, 而中国创新能力水平稳步上升, 在2018年超过日本排名第二; 市场商业成熟度、国际创新合作、创新制度、对外开放程度、人力资本与研究对国家创新能力差异具有显著的正向促进作用, 其中2016—2021年商业成熟度对国家创新能力差异的影响强度最大。据此, 建议发挥创新链协同作用、兼顾国家内外部因素、推动创新成果商业化应用, 以提升国家创新能力、缩小国家间创新能力差异。

关键词: 国家创新能力; 水平测度; 区域差异; 驱动因素; QAP

中图分类号: F113.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-117X(2025)04-0038-11

Measurement of National Innovation Capability and Identification of Regional Disparity Causes

PENG Zhisheng, YANG Shuyue

(College of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Based on the research paradigm of the innovation chain and considering the supporting effect of the innovation environment, this study constructs an intrinsic mechanism model and evaluation index system for national innovation capability (NIC) along the “science-technology-industry” pathway under environmental support. Using this framework, we quantitatively assess the NIC levels of 20 major countries from 2011 to 2021. Furthermore, utilizing the relational data analysis paradigm and employing QAP method, we empirically examine the determinants of NIC disparities. The results indicate that all 20 countries exhibited growth in innovation capacity, with the United States maintaining a leading position throughout the period, while China demonstrating steady advancement, surpassing Japan to rank second in 2018, and market commercial maturity, international innovation cooperation, innovation institutions, openness to trade, and human capital and research, have significantly contributed to the disparities in national innovation capability. Among these factors, commercial maturity had the greatest impact on the differences in national innovation capability from 2016 to 2021.

收稿日期: 2025-03-10

基金项目: 安徽省高校哲学社会科学研究重大项目“数字经济促进安徽乡村振兴: 作用机理与实现路径研究”(2023AH040033)

作者简介: 彭志胜, 男, 安徽安庆人, 安徽建筑大学教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为数字经济、乡村振兴、数字城乡建设管理。

Accordingly, this study proposes harnessing the synergistic effects of the innovation chain, balancing domestic and international factors, and promoting the commercial application of innovation achievements to enhance national innovation capability and narrow gaps among countries.

Keywords: national innovation capability; level measurement; regional disparity; driving factors; QAP

21世纪以来,新一轮科技产业变革兴起,国家发展方式正由要素驱动向创新驱动转变。许多国家将创新作为重要发展战略,我国中共二十大报告提出加快实施创新驱动发展战略,日本2020年发布《科学技术创新基本计划战略2020》,英国2022年发布《英国创新战略:创造未来以引领未来》等;但现实表明,不同国家之间创新能力存在明显差异,并且国家之间创新差距呈现扩大趋势。在此背景下,探究不同国家创新能力发展水平、创新能力差异及影响因素,具有重要的现实意义。

创新这一概念最早由熊彼特在《经济发展理论》中提出,他认为创新是在生产过程中引入新的生产要素和生产条件的重新组合^[1],创新具有破坏效应,每一次创新都伴随着新技术的扩散,经济发展的本质是创新^[2]。此后,创新理论得到巨大发展,被广泛应用到教育、经济、管理等各个领域。国家创新能力最初由Suarez-Villa提出,他将其定义为创新理论在国家层面的应用,并建议将专利发明作为衡量国家创新的重要因素^[3]。在此基础上,Freeman提出国家创新系统概念,认为其是公共部门和私营部门中各种机构组成的网络,网络中组织的活动和彼此间的互动促进了新技术的开发、引进和扩散^[4]。这一概念的提出为国家创新能力分析提供了重要理论框架。随后,Nelson、Lundvall等学者进一步深入研究并形成国家创新系统理论,认为国家创新系统涉及企业、研究机构、政府、大学等主体,该理论成为分析国家创新能力的重要框架^[5-6]。之后,Furman等基于国家竞争优势理论和国家创新系统理论等进一步界定了国家创新能力,将其视为一个国家长期技术研发并使其商业化的能力^[7],并在此基础上构建了全新的国家创新能力分析框架。虽然学者们对国家创新能力进行了系统研究和论述,但尚未形成共识性概念,导致国家创新能力测度研

究缺乏相应的理论支撑。

从研究方法角度来看,现有关于国家创新能力的研究主要分为两类:一类是量化评价国家创新能力以描述或比较不同国家创新能力的研究,如世界经济论坛从1979年起定期发布《全球竞争力报告》,该报告重点考察一国的科技准备程度;世界知识产权组织、欧洲工商管理学院和康奈尔大学于2013年共同发布《全球创新指数》(以下简称GII),该报告评价范围广泛,其指标包括创新投入、创新产出两项一级指标以及体现一国政治特色的二级指标等;中国科学技术发展战略研究院从2011年起定期发布《国家创新指数报告》,该报告聚焦创新驱动经济发展方式转变,其指标涵盖了创新活动的全过程;中国科学院创新发展研究中心从2019年开始发布《国家创新发展报告》,该报告着重从创新能力和创新发展水平两方面构建国家创新能力发展绩效框架。一些学者也开始尝试从投入(研发投入、教育投入等)、产出(专利、论文、新产品产出等)、环境(基础设施、开放程度等)等不同角度建立指标体系对国家创新能力进行评价^[8-10],但该类研究大多不能完全反映国家创新能力的全部内涵和复杂过程。另一类研究借助回归方法分析国家创新能力影响因素,如部分学者探究综合性国家科学平台、政府等因素对国家创新能力的影响,研究发现,综合性国家科学中心对创新能力有一定的提升效应,政府作为平台创造者、推进者和战略制定者将更有利于发展创新^[11-12]。这类研究往往采用专利、R&D变量衡量一国创新能力,而专利或R&D不能完全涵盖创新的全部信息,因此可能导致测量结果与实际国家创新能力水平存在偏差。此外,现有研究大多仅关注单一层面因素,鲜有文献从多层面系统阐述国家创新能力差异形成和发展的原因。

基于以上分析,本文拟构建国家创新能力内在

机理模型及其综合评价指标体系,定量测算和比较分析2011—2021年20个主要国家的国家创新能力水平。此外,从国家内外驱动因素角度出发,运用关系数据研究范式,动态识别并验证对国家创新能力差异产生影响的因素和核心驱动力,为各国推动创新驱动发展提供有力理论支撑。

相较以往研究,本文的边际贡献如下:第一,通过引入社会网络分析中的关系数据范式与QAP方法,有效规避了传统回归分析中的自相关与多重共线性问题,确保了分析结果的独立性与可靠性;第二,基于创新链研究范式,构建创新环境支撑下的“科学-技术-产业”路径的国家创新能力内在机理模型,从理论层面阐释国家创新能力的内在逻辑与过程,进而建立国家创新能力综合评价指标体系,实现对不同国家创新能力水平的全面评价和分析。第三,从多维度、多层面探讨国家创新能力差异的驱动因素,揭示国家创新能力差异形成和发展的原因,为相关类似研究提供新的理论视角和证据。

一、国家创新能力水平测度

(一)概念界定与内在机理

1. 概念界定

国家创新能力内涵界定是建立综合评价指标体系和分析其内在机理的理论基础。部分学者认为国家创新能力揭示了一个国家在较长时间内新技术生产和商业化的能力^[13]。一些学者将国家创新能力视为衡量一国知识生产、传播、扩散并商业化的能力,是一国资源要素禀赋的重要体现^[14]。目前学界虽未形成一致的国家创新能力概念,但普遍认可其最终目标是将创新成果进行商业化应用,实现创新成果的经济价值,从而推进国家经济增长和实现经济可持续发展。因此,本文以创新成果的商业化应用为目标,将国家创新能力视为一个国家在环境支撑下长期连续创造科学、开发技术并将创新成果进行商业化应用的能力。

2. 内在机理

创新链涵盖知识从创造、积累到技术应用,再至产业应用的完整过程,因此“科学-技术-产业”范式是分析创新的有效工具。陈凯华将国家创新能力分为国家科学创造力、国家技术开发力和国家产业发展力,测度和分析全球35个主要国家的

国家创新能力水平,发现我国创新能力排名稳步上升但仍有较大提升空间^[15]。在此基础上,考虑到创新环境对创新活动的支撑作用,构建在创新环境支撑下“科学-技术-产业”路径的国家创新能力内在机理模型,将国家创新过程视为在创新环境支撑下,从科学基础知识产生的科学创造到知识吸收和应用的技术开发,再到创新成果商业化的应用。

第一,科学创造关注创新链的前端,衡量科学基础知识产生和积累的水平。科学基础知识是整个科学体系的源头、所有技术问题的总机关,决定着—国创新能力上限^[16]。科学创造能够丰富一国的知识构成,提升对引进知识的学习、消化和理解水平,进而促进创新发展。此外,科学创造能够优化资源配置,通过知识咨询、服务、研发设备共享等方式降低创新主体研发成本,形成高效的公共知识池,从而吸引更多资本要素流入,有效提升国家创新能力^[17]。

第二,技术开发关注创新链的中端,评价基础知识吸收和应用转化能力。科学基础知识产生和积累后需要应用和转化为技术。技术开发不仅为科学研究提供新的工具和方法以推动科学创造,进而推动创新发展,还可以赋能旧产业以实现旧产业的转型升级,引起技术经济方式和经济结构的质变,创造新的市场和就业机会,从而推动经济增长,为国家创新提供物质和人力上的支持^[18]。

第三,产业应用关注创新链的后端,衡量创新成果的经济价值和市场化应用能力。创新成果产业化应用是创新主体能否持续高质量创新的关键环节。创新成果经由转化阶段的平台、资金、人才等要素成功应用于市场或转化为可应用的市场产品,可为创新主体带来经济利益并进一步促进创新主体参与创新活动,形成高质量创新的良性循环^[19]。此外,创新成果转化成功或失败可为创新者提供反馈,进而改进创新活动,提高创新的质量和效率。

第四,环境支撑衡量创新环境对国家创新能力的支撑作用。创新环境作为创新系统的基础条件,在推动科学发现、支持技术开发和促进创新成果产业化应用方面发挥重要作用。完善的创新环境一方面有助于降低科学基础研究门槛,促进资源共享、交流和降低创新成本,为多元主体协同科学

技术创新提供新机会^[20]; 另一方面, 良好的创新环境能够体现政府对创新活动的政策设计和支持, 迅速制定、实施新政策并及时调整相关制度和机制, 形成新的环境系统, 进而保护创新成果和规范创新成果转化^[21]。

基于上述分析, 本文构建创新环境支撑作用下“科学-技术-产业”路径的国家创新能力内在机理模型(见图1), 全面阐释国家创新能力的内在逻辑。

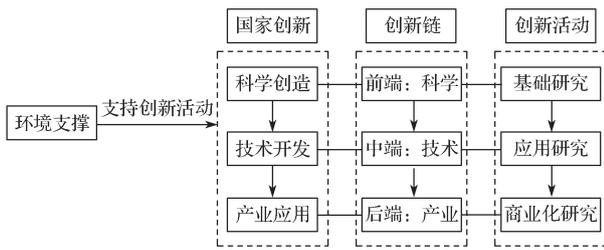


图1 国家创新能力内在机理模型

(二) 指标体系构建

论文是科学创造最直接的表现方式, 因此本文以论文产出衡量一国的科学创造水平。技术开发主要以专利的形式表现, 因此本文以专利数量衡量一国的技术开发。此外, 在市场经济条件下, 当创新成果完成研发和市场推广的全部过程, 即可视为实现了商业转化^[22]。因此, 本文以中高技术产品和高技术产品出口额和增加值衡量一国的产业应用水平。最后, 创新环境可分为由基础设施、资源条件等要素组成的硬性环境和由政策制度、法规条例等要素组成的软性环境^[23], 因此本文以信息基础设施、政府支持、法治等衡量一国的创新环境。

结合以上分析, 本文基于国家创新能力的内在机理模型, 构建国家创新能力综合评价指标体系, 详见表1。

表1 国家创新能力综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	作用
国家创新能力	科学创造	实力	排名前10%的论文数	+
			国际期刊论文被引频次/次	+
		效力	排名前10%的论文数/发表论文总数/%	+
			论文被引百分比/%	+
	技术开发	实力	本国居民专利授权量/件	+
			有效专利拥有量/件	+
		效力	PCT专利申请量/件	+
			单位研发本国居民专利授权量/(10 ⁹ 美元/件)	+
	产业应用	实力	单位研发有效专利拥有量/(10 ⁹ 美元/件)	+
			单位研发PCT专利申请量/(10 ⁹ 美元/件)	+
		效力	马德里商标注册量/件	+
			知识产权使用费收入/10 ⁶ 美元	+
环境支撑	实力	高科技产品出口额/10 ⁶ 美元	+	
		中高技术产业增加值/10 ⁶ 美元	+	
		知识产权收支比/%	+	
	效力	高科技产品出口额/制成品出口额/%	+	
		中高技术产业增加值/制造业增加值/%	+	
		每百万研发人员数	+	
环境支撑	实力	教育支出/10 ⁶ 美元	+	
		法治	+	
	效力	每百人固定宽带	+	
		研究与开发费用/GDP/%	+	
		教育支出/GDP	+	
		政府效率	+	
		ICT利用率/%	+	

(三) 国家创新能力水平测度

1. 样本数据

中高等收入国家成功转变为高收入国家的关键是创新能力水平,因此,根据世界银行对高收入国家和中高等收入国家的分类,选取高收入国家和中高等收入国家作为研究对象,深入分析和比较这些国家创新能力水平及其差异。考虑到人口规模较小的国家易受其他因素的干扰,选取国家时剔除人口规模在500万以下的国家;同时,考虑到跨国数据的可获得性,最终分别从欧洲、亚洲、美洲、非洲、大洋洲等选取20个具有代表性的国家,其中高收入国家为美国、日本、德国、法国、韩国、英国、意大利、西班牙、加拿大、新西兰,中高等收入国家为中国、南非、巴西、俄罗斯、墨西哥、阿根廷、土耳其、马来西亚、罗马尼亚、泰国。选取2011—2021年作为样本考察期。数据主要来源于世界银行、世界知识产权组织、联合国教科文组织、经济合作与发展组织、

incites数据库以及各国政府文件等,部分缺失数据采用插值法补齐。

2. 测度结果

本文采用熵值法对各国的国家创新能力水平进行测度,结果如表2~3及图2所示,其中,科学创造的贡献度为15.54%,技术开发的贡献度为34.11%,产业应用的贡献度为34.84%,环境支撑的贡献度为15.51%。

由表2~3、图2可知,2011—2021年,各国国家创新能力水平整体呈增长趋势。与2011年相比,2021年中国、美国、德国的国家创新能力增长分别达到0.3547、0.1144、0.0835,位居增长量前三位,国家创新能力水平显著提升;而罗马尼亚、俄罗斯、土耳其的国家创新能力增长分别达0.0042、0.0023、0.0007,位于增长量后三位。2011—2021年,美国年均国家创新能力水平为0.5933,位居首位;日本(0.3883)和中国(0.3580)次之;阿根廷国家创新能力水平(0.0354)最低。

表2 各国国家创新能力水平得分均值及其不同分解力贡献度

国家	综合排名	年均值	增长量	年均增长率/%	科学创造年均值	技术开发年均值	产业应用年均值	环境支撑年均值
美国	1	0.5933	0.1144	1.95	0.1057	0.1679	0.2130	0.1066
日本	2	0.3883	0.0638	1.71	0.0138	0.2037	0.1014	0.0694
中国	3	0.3580	0.3547	10.45	0.0312	0.0759	0.1154	0.0736
德国	4	0.2961	0.0835	2.90	0.0225	0.0547	0.0681	0.0682
韩国	5	0.2557	0.0761	3.03	0.0123	0.1132	0.0550	0.0752
法国	6	0.2135	0.0257	1.25	0.0414	0.0295	0.0686	0.0696
英国	7	0.2090	0.0238	1.17	0.0238	0.0374	0.0363	0.0380
意大利	8	0.1355	0.0485	3.62	0.0230	0.0219	0.0226	0.0640
加拿大	9	0.1315	0.0181	1.38	0.0184	0.0156	0.0183	0.0463
新西兰	10	0.1062	0.0090	0.86	0.0119	0.0197	0.0129	0.0616
西班牙	11	0.0986	0.0118	1.26	0.0587	0.1306	0.1225	0.0462
俄罗斯	12	0.0935	0.0023	0.31	0.0102	0.0210	0.0040	0.0206
马来西亚	13	0.0793	0.0133	1.69	0.0078	0.0031	0.0117	0.0300
罗马尼亚	14	0.0574	0.0042	0.81	0.0042	0.0499	0.0138	0.0255
南非	15	0.0558	0.0173	3.46	0.0066	0.0078	0.0211	0.0176
土耳其	16	0.0540	0.0007	0.12	0.0045	0.0033	0.0054	0.0222
墨西哥	17	0.0532	0.0133	2.64	0.0066	0.0107	0.0130	0.0238
巴西	18	0.0526	0.0072	1.43	0.0094	0.0085	0.0290	0.0324
泰国	19	0.0478	0.0115	2.24	0.0108	0.0148	0.0113	0.0206
阿根廷	20	0.0354	0.0063	1.89	0.0065	0.0043	0.0170	0.0201

表 3 国家创新能力水平排名

国家	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
美国	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
日本	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
中国	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2
德国	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
韩国	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
法国	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
英国	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
意大利	9	9	9	9	10	8	8	8	8	8	8
加拿大	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9
新西兰	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10	10
西班牙	11	11	11	11	12	12	12	12	11	11	11
俄罗斯	13	12	12	12	11	11	11	11	12	12	13
马来西亚	12	13	13	13	13	13	13	13	14	13	12
罗马尼亚	15	15	14	15	17	16	16	18	13	17	19
南非	19	18	15	14	14	14	14	14	16	14	15
土耳其	14	14	17	18	16	18	18	16	17	15	14
墨西哥	18	17	19	17	18	17	17	17	15	16	16
巴西	16	16	16	16	15	15	15	15	18	19	18
泰国	17	19	18	19	19	19	19	19	19	18	17
阿根廷	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

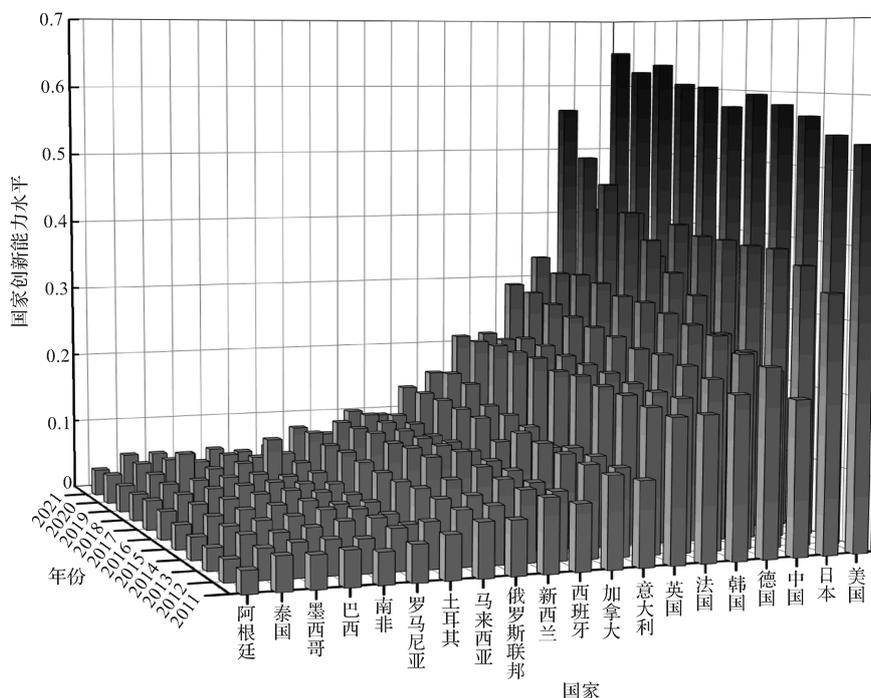


图 2 国家创新能力得分

从国家创新能力水平变化来看, 2011 年国家创新能力得分排名前三的国家依次是美国 (0.5364)、日本 (0.3453)、德国 (0.2521), 排名后三位国家依次是墨西哥 (0.0443)、南非 (0.0427)、阿根廷 (0.0306); 而 2021 年国家创

新能力得分排名前三的国家依次是美国 (0.6508)、中国 (0.5631)、日本 (0.4091), 排名后三位的国家依次是巴西 (0.0550)、罗马尼亚 (0.0540)、阿根廷 (0.0369)。高收入国家创新能力排名整体占据前列且较为稳定, 中高等收入国家排名整体

靠后。其中,美国一直保持领先地位;中国表现优异,从2011年的0.2084增长到2021年的0.5631,增长量为0.3547,年均增长率为10.45%,增长速度最快,国家创新能力不仅在中高等收入国家中始终处于领先地位,而且在2018年超越日本排名第二并一直保持;增长最慢的是土耳其,从2011年的0.0593增长到2021年的0.0600,增长量为0.0007,年均增长率仅为0.12%;阿根廷的国家创新能力始终排名末位。

从国家创新能力贡献度来看,从大到小依次是产业应用、技术开发、科学创造、环境支撑;从年均值来看,科学创造得分最高的是美国,其得分为0.1057,最低的是罗马尼亚,其得分为0.0042;在技术开发方面,表现最佳的是日本,其得分为0.2037,表现最差的是马来西亚,其得分为0.0031;在产业应用能力方面,美国依旧表现出色,其得分最高(0.2130),俄罗斯得分最低(0.0040);在环境支撑方面,美国仍然领先,其得分最高(0.1066),南非的得分最低(0.0176)。

总体而言,欧美国家创新能力长期保持领先地位,尤其是美国在全球创新领域占据创新高地。相较而言,亚洲、非洲和拉丁美洲国家创新能力整体较低,但东亚一些国家已取得明显进步,如日本、中国和韩国在国家创新方面表现优异,其创新能力不仅在亚洲地区遥遥领先,在全球范围内也是位居前列。

二、国家创新能力差异影响因素

(一) 研究方法

1. 模型设定

本文的关系数据计量模型设定如下:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z + U, \quad (1)$$

式中: β_i 为待估参数; X 、 Y 、 Z 分别表示解释变量、被解释变量和控制变量的差异矩阵; U 为残差项。矩阵的观测值 Y_{ij} 、 X_{ij} 、 Z_{ij} 分别表示被解释变量、解释变量和控制变量在两两地区间的差距,其具体数值可通过计算 $(Y_i - Y_j)$ 、 $(X_i - X_j)$ 和 $(Z_i - Z_j)$ 得到。当 $i=j$ 时,差异矩阵主对角线元素均为0。

2. 二次指派程序(QAP)

关系数据描述了两个“行动者”间的相互关系。当每个国家被视为一个独立的行动者时,其差异

形成一种特定关系,而国家创新能力水平及其驱动因素的区域差异实为变量间差异的集合,亦属于关系数据范畴。基于此,本文引入关系数据分析范式,构建关系数据计量模型并检验国家创新能力差异的关键驱动因素。

常规统计方法中若变量间缺乏独立性,会导致计量模型存在自相关性问题,尤其是在多元回归分析中,多变量间的非独立假设可能产生多重共线性问题,造成OLS估计量非有效,并使得变量的显著性检验也失去应有的统计意义^[24]。二次指派程序(QAP)作为一种基于随机置换的非参数检验方法,无需预设变量独立性即可有效解决模型指标间的自相关性和多重共线性问题,确保分析结果的稳健性^[25]。QAP涵盖相关性分析和回归分析两个模块,且两者原理基本一致,均通过将关系矩阵转化为长向量形式,实施OLS估计,随后执行多次行列随机置换试验,生成一系列相关系数集或回归系数集,最终依据其统计检验结果科学评估参数估计的显著性水平^[26]。本文采用QAP方法多维度探讨国家创新能力差异的影响因素,揭示国家创新能力差异形成和发展的原因。

(二) 指标选取和数据来源

1. 指标选取

(1) 被解释变量

以国家创新能力差异为被解释变量,并根据上文测算的国家创新能力得分构建国家创新能力水平差异矩阵。后续若无特别说明,创新差异均指代国家创新能力水平差异。

(2) 解释变量

随着创新资源在全球范围内加速流动,创新活动的多主体协作、集成式突破、大规模实施趋势日益凸显^[27]。如果只强调内部因素对国家创新能力的影 响,则会忽略国家创新对国家外部交流的敏感性。因此,本文从国家内部和外部两个视角出发探究影响国家创新能力差异的关键因素,具体变量如下:

内部因素。国家内部因素是决定国家创新能力的内部驱动力,本文使用GII(《全球创新指数》,Global Innovation Index)的投入指标作为内部因素并构建差异矩阵,包括人力资本和研究、创新制度、基础设施、市场商业成熟度。人力资本和研究反映基础教育、高等教育等因素对创新能力的影响。

基础教育是支撑教育活动的基石, 为培养具有创新意识的人才打下基础, 而高等教育为国家培养高层次拔尖创新人才^[28]。创新制度反映政治环境、法治环境等因素对创新能力的影响。稳定的政治环境能有效降低业务交易风险, 增强创新活动持续稳健性^[29]; 而良好的法治环境能引领和规范创新发展, 确保创新在公平公正的环境中展开, 从而降低创新风险, 保障创新在有序的轨道上健康运行^[30]。基础设施反映信息和通信技术、生态可持续性等因素对国家创新能力的影响。信息和通信技术拓宽了知识传播范围和渠道, 加速了知识溢出流动, 使得创新主体更容易获得和积累知识^[31]; 生态可持续性通过降低经济成本、节省财政资源, 实现创新活动的持续开展^[32]。市场商业成熟度反映信贷投资、市场规模等因素对国家创新能力的影响。信贷投资可为创新提供金融支持以缓解资金流动性难题和分散创新风险^[33]; 市场规模是国家创新提升的直接内源动力, 宏大的市场规模有助于增强创新的意愿^[34]。本文以 GII 中市场成熟度和商业成熟度为基础, 采用熵值法计算得到市场商业成熟度。

外部因素。外部因素是影响国家创新能力的外部动力, 主要考虑国际创新合作和对外开放水平。国际创新合作对于各国获取新信息与新技术、共享创新资源以及在重要学科领域实现跨越式发展和取得科学技术突破等方面具有十分重要的意义。国际创新合作既实现了宏观层面上创新资源的全球优化配置, 也扩大了微观层面上企业创新活动空间以利于企业寻求更多的创新机会和创新资源^[35]。本文以国际合著论文衡量国际创新合作, 借鉴邓巍等^[29]的做法, 采用网络中主体结构洞大小测度国际合著论文, 并构建国际合作差异矩阵。高开放度区域汇聚丰富物质资本和智慧资源, 有力支撑创新活动发展, 但对外依存度的增加会导致该地区经济对世界经济的高度依赖, 当世界经济受到冲击时该地区的经济增长也会受到极大影响^[36]。本文采用货物进出口占 GDP 比例衡量一国对外开放程度, 并构建对外开放水平差异矩阵。

(3) 控制变量

本文选取工业化水平、经济发展水平、外商直接投资水平作为控制变量。工业作为国民经济的重要支柱, 是建设现代化创新型国家的重要支柱^[37],

因此本文以工业增加值占 GDP 比例衡量工业化水平, 并构建工业化水平差异矩阵。国家创新能力与经济发展水平密切相关, 经济发达地区的生产效率更高、经济形态更丰富, 创新活动也更活跃^[38], 因此本文以人均 GDP 衡量经济发展水平, 并构建经济发展水平差异矩阵。外资的引入不仅可以通过逆向技术溢出效应提高创新能力, 还可能通过劳动力和资源优势节约成本, 使得更多资源投入技术开发^[39], 因此本文以外商直接投资净流入占 GDP 比例衡量外商直接投资水平, 并构建工业化水平差异矩阵。

2. 数据来源

为保持与测度国家创新能力数据采集对象和时段一致, 本文采用 2011—2021 年上述 20 个国家的年度数据, 缺失数据采用插值法补齐。所有变量均为 20×20 的差异矩阵。数据主要来源于 GII、incites 数据库、世界银行、经济合作与发展组织等。

(三) QAP 回归结果分析

本文基于全样本与分时点视角, 运用 QAP 回归分析, 系统探讨各变量对创新差异的作用机制, 进而识别决定创新能力差异的关键因素。

1. 全样本考察

全样本 QAP 回归结果如表 4 所示。由表 4 可知, 经调整后, 模型拟合优度为 0.658, 说明从国家内外部角度所选取的 6 个影响因素和 3 个控制变量构成的差异矩阵对创新差异的解释能力达到 65.8%。

表 4 全样本 QAP 回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	未标准化系数	标准化系数	P 值	P_{large}	P_{small}
人力资本与研究	0.224***	0.232***	0.009	0.009	0.991
创新制度	0.280***	0.323***	0.002	0.000	0.999
基础设施	-0.107	-0.116	0.116	0.884	0.116
市场商业成熟度	0.382***	0.381***	0.001	0.001	1.000
对外开放程度	0.092*	0.093*	0.081	0.081	0.920
国际创新合作	0.316***	0.363***	0.001	0.001	1.000
Adj. R^2	0.658*** (0.000)				
观测值	380				

注: 变量均为 20×20 矩阵, 将相应的行和列随机置换 5000 次, Adj. R^2 括号内数值为其伴随概率 P 值; 标准化回归系数显著性经双尾检验, ***, * 分别表示在 1%、10% 的水平上显著; 由于篇幅限制, 控制变量的系数不再展示; 下同。

由表4列(2)可知,市场商业成熟度、国际创新合作、创新制度、人力资本和研究、对外开放程度5个变量均与创新差异呈正向变动关系,而基础设施对创新差异的影响不显著。从创新差异影响强度来看,其由高到低依次为市场商业成熟度(0.381)、国际创新合作(0.363)、创新制度(0.323)、人力资本和研究(0.232)、对外开放程度(0.093),这意味着这些变量在国家间的差距变大将进一步扩大国家之间的创新差距,市场商业成熟度差异对创新差异的影响最大,缩小市场商业成熟度差距是国家推进创新发展的重要任务。

2. 分时点考察

样本时段为2011—2021年,逐年分时点进行QAP回归分析,动态分析各变量对创新差异的影响,各因素的标准化回归系数如表5所示。回归结果表明,人力资本和研究、创新制度、国际创新合作和市场商业成熟度是国家创新能力差异的决定力量。2011—2015年,人力资本和研究、创新制度和国际创新合作是国家创新能力差异的关键因素;2016—2021年,市场商业成熟度也成为影响国家创新能力差异的重要因素,且在此期间对创新差异的影响程度均最高,表明随着时间推移,市场商业成熟度差异对创新差异的作用在增强,其空间的不平衡也将直接显著加剧国家间的创新能力不平衡。

表5 分时点QAP回归结果

变量	标准化系数及显著性水平											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
人力资本与研究	0.395***	0.152*	0.370***	0.115	0.422***	0.347***	0.127*	0.175**	-0.049	0.183***	0.086	
创新制度	0.072	0.346***	0.235***	0.555***	0.473***	0.179**	0.158***	0.193***	0.321***	0.335***	0.227***	
基础设施	-0.130*	-0.175**	-0.054	-0.005	0.095	-0.015	-0.130**	-0.180**	-0.067	-0.135*	0.093	
市场商业成熟度	0.139**	0.115*	0.174*	0.041	0.105	0.445***	0.694***	0.602***	0.647***	0.495***	0.547***	
对外开放程度	0.002	0.037	0.068	0.041	0.123**	0.081*	0.059	0.061	0.110*	0.068*	0.063	
国际创新合作	0.391***	0.421***	0.341***	0.452***	0.589***	0.402***	0.216***	0.250***	0.249**	0.322***	0.326***	
Adj. R ²	0.520***	0.503***	0.557***	0.542***	0.662***	0.737***	0.762***	0.751***	0.680***	0.714***	0.713***	
观测值	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	380	

注:**表示在5%的水平上显著。

三、结论和建议

(一) 结论

本文在构建创新环境支撑作用下的“科学-技术-产业”路径国家创新能力内在机理模型的基础上,从科学、技术、产业、环境4个维度建立国家创新能力综合评价指标体系,并测度2011—2021年全球20个主要国家的国家创新能力水平。同时,引入关系数据分析范式,采用QAP分析法,从全样本和分时点两个维度探究国家内部和外部因素对国家间创新能力差异的影响。研究发现:

第一,各国国家创新能力水平整体呈增长趋势,但国家间创新能力存在显著差异。高收入国家创新能力排名整体高于中高等收入国家,其中美国一直占据国家创新能力首位,而中国在2018年超越日本排名第二,阿根廷国家创新能力表现最差。2011—2021年,中国创新能力增速最快,

土耳其增速最慢。从各分解力贡献度来看,贡献度从大到小依次是产业应用、技术开发、科学创造、环境支撑。创新成果产业应用是提高国家创新能力水平的关键因素。

第二,人力资本和研究、市场商业成熟度、创新制度和国际创新合作是影响国家创新差异的决定性因素。2011—2015年,人力资本和研究、创新制度和国际创新合作是国家创新能力差异的关键因素;2016—2021年,市场商业成熟度差异也成为影响国家创新能力差异的重要因素,且对创新差异影响最大。

(二) 对策建议

近年来,在实施创新驱动发展战略背景下,我国国家创新能力稳步上升,但与美国这一创新强国仍存在差距。根据以上分析,为提升我国创新能力,缩小与创新强国差距,提出以下建议:

第一,发挥创新链协同作用,促进国家创新

能力提升。一是提升科学创造能力。不仅要强化基础研究体系构建, 前瞻性地部署关键科学难题研究, 而且要加大基础研究领域的资金支持, 深化创新人才自主培养机制的优化与完善。二是提高技术开发能力。加强和完善知识产权保护制度, 引导和鼓励企业加大技术研发, 推动企业与研发机构和高校深度合作。三是增强产业应用能力。完善创新成果转化机制, 建立创新成果转化的研发和产业化平台。四是营造良好创新环境。制定和完善法律法规, 出台税收减免、研发补贴等鼓励创新的政策。同时加强基础设施建设, 建设高效的交通网络和信息数字设施, 为创新提供支持。

第二, 兼顾国家内外部因素, 全面提高国家创新能力。一是合理搭配国家内部因素以提升国家创新能力的内在驱动力。通过制定政策、实施改革、完善制度、加大教育和研发投入以及打造良好市场环境, 促进国家创新能力不断提升。二是发挥国家外部因素对创新能力的拉动作用。坚持推进对外开放和国际创新合作以提升国家创新能力。三是坚持产业深度转型升级。既要巩固我国已有优势领域产业, 又要培养发展新兴产业、布局建设未来产业, 以促进我国产业新质生产力发展, 发挥创新领域产业后发优势, 奠定创新超越的坚实基础。

第三, 推动创新成果商业化应用, 缩小国家间创新能力差异。一是建立创新成果转化的高效研发与产业化应用支撑平台。鼓励企业与研究所、高等院校等机构共建创新成果转化平台, 面向市场需求共同开展科技咨询、技术定制、产业转化等活动, 推动创新成果走向市场。二是强化技术市场体系构建。发展多元化科技中介服务组织, 规范和优化技术交易流程, 确保市场运作规范有序且服务全面。同时, 健全全国技术交易市场信息公示体系, 促进创新成果与技术交易等信息的透明化、公开化, 加速资源优化配置。三是强化创新成果的中试环节。在创新成果产业应用阶段, 引入多方投资, 以市场化手段降低中试风险。同时, 深化技术合同与转化产品的匹配对接, 加速创新成果向产业应用的转化进程。

参考文献:

[1] 约瑟夫·阿洛伊斯·熊彼特. 经济发展理论 [M]. 何畏,

易家详, 译. 北京: 商务印书馆, 1990: 73-74.

- [2] 杨森, 雷家骝. 基于熊彼特创新周期理论的科技创新驱动经济增长景气机理研究 [J]. 经济学家, 2019(6): 23-32.
- [3] SUAREZ-VILLA L. Invention, Inventive Learning, and Innovative Capacity[J]. *Systems Research and Behavioral Science*, 1990, 35(4): 290-310.
- [4] FREEMAN C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan[M]. London: Pinter Publishers, 1987: 30-43.
- [5] NELSON R R. National Innovation Systems: A Comparative Analysis[M]. Oxford: Oxford University Press, 1993: 5-6.
- [6] LUNDVALL B A. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning[M]. London: Pinter Publishers, 1992: 43-55.
- [7] FURMAN L J, PORTER E M, STERN S. The Determinants of National Innovative Capacity[J]. *Research Policy*, 2002, 31(6): 899-933.
- [8] 刘凤朝, 冯婷婷. 国家创新能力形成的系统动力学模型及应用 [J]. 科研管理, 2011, 32(8): 17-25.
- [9] ALLARD G, WILLIAMS C. National-Level Innovation in Africa[J]. *Research Policy*, 2020, 49(7): 104074.
- [10] MONTENEGRO R L G, RIBEIRO L C, BRITTO G. The Effects of Environmental Technologies: Evidences of Different National Innovation Systems[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 284: 124742.
- [11] 覃若兰, 王守文, 赵敏. 综合性国家科学中心对创新能力的影响机制与实证分析 [J]. 中国软科学, 2023(9): 191-201.
- [12] BĂZĂVAN A. Chinese Government's Shifting Role in the National Innovation System[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 148: 119738.
- [13] AFZAL M, AHMAD H K, MUSHTAQ B. National Innovative Capacity and Knowledge Creation in Advanced Economies: An Empirical Investigation[J]. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 2024, 37(2): 361-381.
- [14] 朱兰. 国家创新能力视角下的中等收入转型: 基于新结构经济学理论 [J]. 经济与管理研究, 2019, 40(12): 16-28.
- [15] 陈凯华, 张超, 薛晓宇. 国家创新力测度与国际比较: 2006—2020年 [J]. 中国科学院院刊, 2022, 37(5): 685-697.
- [16] 桂钦昌, 杜德斌, 刘承良. 全球科学知识生产的时空格局及影响因素 [J]. 地理科学, 2023, 43(7): 1185-1194.
- [17] 于晓琳, 石军伟, 万凯. 知识的力量: 基础研究与区域技术创新 [J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(12): 68-85.

- [18] 李瑞, 梁正, 薛澜. 建设世界科技强国: 基本内涵、动力源泉及实现路径[J]. 科学学与科学技术管理, 2020, 41(1): 3-15.
- [19] 米磊, 赵瑞瑞, 侯自普, 等. 中国科技成果转化体系存在的问题及对策: 从科技创新的底层逻辑出发[J]. 科技导报, 2023, 41(19): 96-102.
- [20] 吴晓波, 林福鑫, 李思涵, 等. 超越追赶视角下新型国家创新体系的构建[J]. 科研管理, 2024, 45(1): 1-12.
- [21] 韩凤芹, 索朗杰措, 陈亚平. 科研机构创新环境治理过程研究: 基于多重螺旋视角的多案例分析[J]. 科学学研究, 2023, 41(11): 2016-2026.
- [22] 胡筱丹, 胡冰. 加快我国科技成果商业化的对策与建议[J]. 中国科技论坛, 2010(10): 67-71.
- [23] 赵彦飞, 陈凯华, 李雨晨. 创新环境评估研究综述: 概念、指标与方法[J]. 科学学与科学技术管理, 2019, 40(1): 89-99.
- [24] 刘军. QAP: 测量“关系”之间关系的一种方法[J]. 社会, 2007(4): 164-174, 209.
- [25] SCOTT J P. Social Network Analysis[M]. 4th ed. London: Sage, 2017: 163-164.
- [26] 杨骞, 刘鑫鹏, 孙淑惠. 中国科技创新效率的区域差异及其成因识别: 基于重大国家区域发展战略[J]. 科学学研究, 2022, 40(5): 927-937, 949.
- [27] 解佳龙, 王梦兰. 城市群型自创区创新共同体的建构基础与策略[J]. 中国软科学, 2024(1): 86-98.
- [28] WU N, LIU Z K. Higher Education Development, Technological Innovation and Industrial Structure Upgrade[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 162: 120400.
- [29] 邓巍, 梁巧转, 王维. “一带一路”背景下国家创新系统内外部要素对创新能力的构型影响[J]. 科学学与科学技术管理, 2020, 41(10): 43-61.
- [30] 石佑启, 刘茂盛. 论创新驱动发展的法治支撑[J]. 学术研究, 2016(1): 51-58, 177.
- [31] 李海超, 肖瑶. ICT提升区域创新效率的作用机理研究[J]. 软科学, 2021, 35(5): 20-26.
- [32] HEKKERT M P, SUURS R A A, NEGRO S O, et al. Functions of Innovation Systems: A New Approach for Analysing Technological Change[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2007, 74(4): 413-432.
- [33] 杨媛棋, 杨一帆, 寇明婷. 科技金融支持国家创新体系整体效能提升研究[J]. 科研管理, 2023, 44(3): 10-18.
- [34] 陈琦, 欧阳晓. 市场规模、创新要素集聚与后发大国创新能力提升[J]. 湖南师范大学社会科学学报, 2022, 51(6): 32-42.
- [35] 陈健, 郑丹青. 外向关联度与国际合作创新发展: 跨国经验实证与启示[J]. 南大商学评论, 2015, 12(3): 69-87.
- [36] 吕承超, 宋洁. 金融发展缩小了我国地区经济差距吗: 基于关系数据分析范式[J]. 经济学家, 2020(9): 42-52.
- [37] 胡立和, 商勇, 王欢芳. 长江经济带工业科技创新效率变化的实证分析[J]. 湖南工业大学学报(社会科学版), 2019, 24(4): 80-86.
- [38] 孙瑜康, 吕爽, 崔丹. 区域知识基础理论及其对中国区域创新的启示[J]. 科学学研究, 2022, 40(2): 366-375.
- [39] ZHANG Y, ZHANG Z, JIN H, et al. Innovation and OFDI Along the Belt and Road[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2024, 200: 123136.

责任编辑: 徐海燕