

【高质量发展】

高水平科技自立自强：测度、比较与推进

傅联英 黄博林 陈琳琳 蔡煜

摘要：习近平总书记指出，实现高水平科技自立自强，是中国式现代化建设的关键。本文依据科技强国“五个强大”的基本内涵和高水平科技自立自强的战略目标，构建高水平科技自立自强“三度三力”评价体系并利用熵值法测算其在省域层面的实现程度，借助自然断裂法、Dagum基尼系数、Moran's I指数、Markov链转移概率法、溢出效应分解法与障碍因素诊断模型揭示时空分异事实并识别障碍因素。结果表明：高水平科技自立自强实现程度的省际阵营分化明显，呈现出“领跑者”稀少、“竞跑者”适中、“跟跑者”扎堆的“金字塔”格局；时序上，高水平科技自立自强实现程度的总体差距呈现陡然下降→回弹上升→轻微下跌的“微笑型曲线”演变特征；空间上，高水平科技自立自强实现程度表现出正向空间集聚特征和“俱乐部收敛”现象；规上研发企业数量、工业机器人安装密度、高新技术交易量、高技术产品进出口比重，是阻碍高水平科技自立自强的主要因素。基于以上发现，本文从完善顶层设计、协调省际发展和紧抓破局因素三方面切入，提出推动实现高水平科技自立自强的建议。

关键词：高水平科技自立自强；科技创新；时空分异；障碍因素；科技强国

作者简介：傅联英，华侨大学经济与金融学院教授，博士生导师（泉州 362021）；黄博林，经济学硕士，华侨大学机电及自动化学院研究实习员（厦门 361021）；陈琳琳，华侨大学董事会/校友办公室助理研究员（泉州 362021）；蔡煜（通讯作者），华侨大学经济与金融学院博士研究生（泉州 362021）

基金项目：福建省科技计划基金（软科学研究）面上项目“海陆联动型产业技术创新平台构建与治理研究”（2019R0060）

DOI 编码：10.19941/j.cnki.CN31-1957/F.2025.05.005

自十八大以来，在高水平科技自立自强战略部署的指引下，我国科技事业取得了跨越式发展。全社会研发经费投入从2012年的1.03万亿元上升至2023年的3.33万亿元，跃居世界第二；^①研发人员全时当量从2012年的325万人年提高到2023年的635.4万人年，稳居世界首位；^②基础研究和原始创新不断加强，一些关键核心技术实现突破，战略性新兴产业发展壮大，量子科技、生命科学、物质科学、空间科学等领域取得重大成果，国内有效发明专利达401.5万件（2023年），成为世界上首个国内有效发明专利数量突

① 数据来源：2012—2023年《中国科技统计年鉴》。

② 数据来源：2012—2023年《中国科技统计年鉴》。

破 400 万件的国家；^① 全球创新指数排名从 2012 年的第 34 位跃升至 2023 年的第 12 位，是前 30 位中唯一的中等收入经济体，^② 成功迈入创新型国家行列，开启了实现高水平科技自立自强、建设科技强国的新阶段。然而，我国的科技崛起正遭受某些国家发起的技术封锁、专利壁垒和限制技术转移等遏制手段，迫切需要夯实高水平科技自立自强根基，以提升我国国际竞争力和维护国家安全。为此，党的二十大明确提出了科技领域发展的中长期目标和战略安排：未来五年，科技自立自强能力显著提升，到二〇三五年，实现高水平科技自立自强，进入创新型国家前列。^③ 习近平总书记在 2024 年全国科技大会上指出：“现在距离实现建成科技强国目标只有 11 年时间了。”^④ 现阶段，中国高水平科技自立自强的实现程度如何？地区差距几何？障碍因素为何？对上述问题的回答，有助于加深对我国高水平科技自立自强发展现状与薄弱之处的认知。

为切实下好高水平科技自立自强“先手棋”，既需要深刻理解高水平科技自立自强的时代内涵和基本要素，又需要科学合理测算科技自立自强的实现程度和区域差距。为此，本文将研究视角聚焦于省级层面，在厘清高水平科技自立自强历史脉络的基础上，结合习近平总书记关于科技强国的重要论述（特别是科技强国“五个强大”特征），构建“三度三力”（研发经费投入度、人才培养聚焦度、科技载体支撑度、重要成果突破力、高新产业生产力、科技国际影响力）评价体系，测评我国省域高水平科技自立自强的实现程度。具体而言：首先，本文构建“三度三力”的测度体系，剖析指标体系内部的层级结构，完善了高水平科技自立自强评价体系的理论框架，夯实了科技水平评价的理论底座。其次，本文评估我国省域高水平科技自立自强的实现程度，从时空双维度上解析八大经济区间的时序演进与区域差异，挖掘组团间时变特征与差异来源，揭示了高水平科技自立自强“金字塔”型空间分布事实，刻画了高水平科技自立自强“微笑型曲线”时序演进特征，提供了弥合省际建设差距的实践方向。最后，本文识别出制约高水平科技自立自强的主要障碍因素，厘清了实现高水平科技自立自强的关键抓手和可行路径，为加快实现高水平科技自立自强提供了新视角、新思路、新举措。本研究既客观梳理了我国高水平科技自立自强的发展现状和分布动态，又深入剖析了各省实现高水平科技自立自强的独特优势与薄弱环节，具有良好的理论价值与现实意义。

一、文献回顾与述评

现有文献遵循“科技自立自强的国际经验与国内实践→高水平科技自立自强的内涵与外延→面向高水平科技自立自强的自主创新能力测评及时空特征”的思路，围绕高水平科技自立自强的历史演进、理论逻辑、特征事实和政策意蕴开展研究。

① 数据来源：2012—2023 年《中国科技统计年鉴》。

② 数据来源：《2021 年全球创新指数报告》，世界知识产权组织 2021 年，<https://www.wipo.int/publications/zh/details.jsp?id=4560>。

③ 习近平：《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗》，《人民日报》2022 年 10 月 26 日。

④ 习近平：《在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话》，《人民日报》2024 年 6 月 25 日。

（一）科技自立自强的国际经验与国内实践

科技自立自强的本质即“自主创新”。^①“创新”是“建立一种新的生产函数”，将新的生产要素和生产条件引入生产体系，以获得潜在的利润。^②英国、美国、德国等发达国家皆重视创新活动，将创新确立为维护大国地位的根本战略，通过各种形式的政策措施支持科技研发与创新活动；^③日本政府通过大规模介入产业技术研发，有效扶植产业创新活动，逐步实现了科技自立自强的战略目标。^④

中国的科技自立自强建设历经自力更生、自主创新和科技自立自强三个主要阶段。^⑤在新中国成立后，“自力更生”的基本方针被逐步运用到科技发展之上，党中央确定了“自力更生，迎头赶上”的科技发展方针。^⑥在改革开放和社会主义现代化建设时期，随着“科学技术是第一生产力”和“四个现代化，关键是科学技术现代化”的科技思想依次诞生，我国走上中国特色自主创新道路，“自主创新，重点跨越，支撑发展，引领未来”在2006年被确立为之后15年的科技工作指导方针。^⑦经过15年跨越式发展，中国科技从“量的积累”迈向“质的飞跃”，2020年党的十九届五中全会提出“把科技自立自强作为国家发展的战略支撑”，^⑧2021年习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会等多次大会的讲话中都明确指出要“努力实现高水平科技自立自强”，^⑨2024年党的二十届三中全会决定将“推进高水平科技自立自强”写入了进一步全面深化改革的总目标。^⑩

（二）高水平科技自立自强的内涵与外延

纵览全球科技自立自强的历史演进过程，欧美大国崛起均呈现“科技强国—经济强国—政治强国”的规律性特征，充分表明科技是影响经济格局的关键力量。^⑪现阶段，构建新发展格局是制胜国际博弈的重要保障，^⑫其本质要求是突破核心技术依附性，以实现

① 张学文、陈劲：《科技自立自强的理论、战略与实践逻辑》，《科学学研究》2021年第5期，第769—770页。

② 约瑟夫·熊彼特：《经济发展理论》，北京：华夏出版社，2015年，第242页。

③ Acemoglu D, Moscona J, Robinson J A, “State Capacity and American Technology: Evidence from the Nineteenth Century” in *American Economic Review*, 2016, Vol.106, No.5, pp.61—67.

④ 李政：《创新与经济发展：理论研究进展及趋势展望》，《经济评论》2022年第5期，第35—50页。

⑤ 宋河发、刘安琪：《科技自立自强的历史逻辑、理论内涵与实现路径》，《科学管理研究》2024年第1期，第2—10页。

⑥ 范芙蓉、秦书生：《中国共产党科技自立自强思想百年演进》，《科技进步与对策》2021年第18期，第1—7页。

⑦ 沈梓鑫：《中国共产党百年科技思想与发展战略的演进》，《财经问题研究》2021年第12期，第12—20页。

⑧ 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》，《人民日报》2020年11月4日。

⑨ 陈曦、韩祺：《新发展格局下的科技自立自强：理论内涵、主要标志与实现路径》，《宏观经济研究》2021年第12期，第95—104+135页。

⑩ 《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》，《人民日报》2024年7月22日。

⑪ 彭绪庶：《高水平科技自立自强的发展逻辑、现实困境和政策路径》，《经济纵横》2022年第7期，第50—59+2页。

⑫ 尹西明、陈劲、贾宝余：《高水平科技自立自强视角下国家战略科技力量的突出特征与强化路径》，《中国科技论坛》2021年第9期，第1—9页。

高水平科技的自立自强。^①所谓高水平科技自立自强,是以科技创新主动赢得国家发展主动,推动实现科技高质量发展在结构、规模、体系、效率、安全等方面的高度统一。^②分解开来,高水平科技自立自强可以理解为“高水平”“自立”“自强”三者的有机统一。^③“高水平”意在通过科技创新活动形成自身新优势,实现从量变到质变的转型和从跟跑到领跑的超越。^④“自立”,即立足于自己,其基本要义是自主可控,重点在于自主创新,保障产业链和供应链的安全可控。^⑤“自立”分为两种情况,一是几乎完全立足于本国力量,二是基本立足于本国力量。^⑥“自强”不同于“自立”,“自强”将发展的着力点从基本生存转移到国际竞争上,^⑦主要表现为四种力量:关键核心技术攻关的创新力、科技转为现实生产的支撑力、科技赢得国际认可的影响力和把握全球发展趋势的把控力。^⑧

(三) 面向高水平科技自立自强的自主创新能力测评及时空特征

自主创新是高水平科技自立自强的基石,^⑨其测度受到学界的广泛关注。已有文献主要从企业、国家创新示范区、城市层面入手。在企业层面上,贺正楚等采用研发人员数量占当年员工数量的比重等指标作为衡量自主创新投入的代理指标,利用与数字化技术相关的无形资产总额等指标测度自主创新产出水平,运用赫芬达尔—赫希曼指数等指标评估自主创新环境的作用效果。^⑩在国家创新示范区层面,熊曦和魏晓在测度自主创新产出能力时,融入了产业结构高级化程度等指标,用以反映地区结构水平;^⑪董微微和蔡玉胜结合国家级孵化器个数、科技企业孵化器个数、所占场地面积及当年获风险投资额等高新项目指标,进一步评价我国国家自主创新示范区创新能力。^⑫在城市层面,高云虹等聚焦于长三角城市群,利用 GDP 增长率、第三产业增加值占 GDP 比重、碳排放强度和

-
- ① 黄群慧:《新发展格局的理论逻辑、战略内涵与政策体系——基于经济现代化的视角》,《经济研究》2021 年第 4 期,第 4—23 页。
- ② 蔡劲松:《以科技自立自强支撑国家重大战略需求》,《国家治理》2021 年第 Z2 期,第 11—13 页。
- ③ 盛朝迅:《高水平科技自立自强的内涵特征、评价指标与实现路径》,《改革》2024 年第 1 期,第 40—50 页。
- ④ 王春梅:《高水平科技自立自强的内涵与意蕴》,《科学与管理》2022 年第 2 期,第 28—31 页。
- ⑤ 宋河发、刘安琪:《科技自立自强的历史逻辑、理论内涵与实现路径》,《科学管理研究》2024 年第 1 期,第 2—10 页。
- ⑥ 郭飞:《关于中国科技自立自强的若干思考》,《经济纵横》2021 年第 2 期,第 29—37+2 页。
- ⑦ 阳镇、贺俊:《科技自立自强:逻辑解构、关键议题与实现路径》,《改革》2023 年第 3 期,第 15—31 页。
- ⑧ 温军、张森:《科技自立自强:逻辑缘起、内涵解构与实现进路》,《上海经济研究》2022 年第 8 期,第 5—14 页。
- ⑨ 沙德春、何新伟、周春涛:《科技自立自强:国际演绎、中国图景与测度体系》,《科学管理研究》2023 年第 3 期,第 44—53 页。
- ⑩ 贺正楚、潘为华、潘红玉:《制造企业创新效率测度与影响因素研究——基于数字化转型的视角》,《科学决策》2023 年第 2 期,第 18—29 页。
- ⑪ 熊曦、魏晓:《国家自主创新示范区的创新能力评价——以我国 10 个国家自主创新示范区为例》,《经济地理》2016 年第 1 期,第 33—38 页。
- ⑫ 董微微、蔡玉胜:《我国国家自主创新示范区创新能力评价》,《工业技术经济》2018 年第 8 期,第 78—85 页。

居民平均工资等多维指标，就城市群的创新绩效展开测度；^①相瑞兵等将研究视角集中到我国 35 座中心城市，增加劳动生产率、综合能耗产出率等反映创新社会效果的指标，进一步衡量城市创新产出，从而评估城市层面的自主创新效能。^②现有研究就自主创新能力的时序演进、空间分布与影响因素展开分析，将其作为刻画高水平科技自立自强时空特征、把握发展着力点的重要依据。时间上，我国的自主创新能力表现出持续上升的趋势。^③空间上，自主创新能力会因既有经济基础与经济发展外部环境的不同，而呈现出异质性空间分布格局。从地区层面上看，已有文献指出我国自主创新能力呈现出“东高西低”^④和“南高北低”^⑤的空间分布格局。进一步细分到省份层面，总体上可划分为三类区域：一是以“北上广”等经济发达省份为主的自主创新优势区；二是部分东部和中部地区相对发达省份组成的自主创新平缓区；三是西部和偏远地区欠发达省份集聚的自主创新劣势区。^⑥影响因素上，开发经费额、总产值和技术成交额较低是制约我国自主创新发展的障碍因素，^⑦创新环境营造、知识创造获取、协同合作创新是促进自主创新能力提升的重要因素。^⑧

（四）文献评述与边际贡献

现有文献探索了科技自立自强的国际经验与国内实践，总结了高水平科技自立自强的内涵外延，并从基石处自主创新入手，构建测度体系并挖掘典型特征，这为本文提供了坚实的理论支撑，但仍存在两项略显薄弱之处。第一，研究内容形而上。多数文献仅停留于高水平科技自立自强的理论层面，着重分析内在逻辑和实现路径，但下沉至实证层面进行测度的文献甚寡，实证研究的匮乏使得理论与实际之间存在一定的脱节，无法有效检验高水平科技自立自强建设的实际效果和影响因素，导致对实现高水平科技自立自强的针对性和指导意义不足。第二，研究视角中空化。现有文献主要关注国别与企业层面，从宏观（国家）与微观（企业）视域展开研究，鲜有文献从中观省级层面出发进行研究。就高水平科技自立自强而言，省域层面扮演着承上启下的关键角色，既能反映国家高水平自立自强的

① 高云虹、陈敏、黄华婷：《城市创新能力评价与提升路径研究》，《区域经济评论》2023 年第 1 期，第 117—126 页。

② 相瑞兵、田成诗、侯立春：《基于城市视角的国家创新体系效能评价》，《统计与决策》2024 年第 12 期，第 81—86 页。

③ 戴金辉、林典伟：《区域创新发展能力评价与空间差异测度》，《统计与决策》2024 年第 6 期，第 62—67 页。

④ 李斌、田秀林、张所地等：《城市创新能力评价及时空格局演化研究》，《数理统计与管理》2020 年第 1 期，第 139—153 页。

⑤ 贺茂斌、任福君：《“四个面向”战略导向下我国区域创新能力评价研究》，《科学学研究》2024 年第 2 期，第 395—404 页。

⑥ 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》，《经济地理》2017 年第 9 期，第 11—18 页。

⑦ 叶莉、王奥明、荣宇浩：《基于突变级数的高技术产业自主创新能力评价及障碍诊断——以我国 30 省市区为例》，《工业技术经济》2018 年第 1 期，第 93—102 页。

⑧ 赵菁奇、金露露、张文君：《科技自立自强视域下国家创新体系效能建设与提升——以长三角区域为例》，《华东经济管理》2024 年第 1 期，第 26—36 页。

落实情况，又能体现地方经济和科技产业的特色和差异。如果忽略了省域的高水平科技自立自强实现程度，就难以精准捕捉各地的独特优势与面临的挑战，使得宏观与微观企业之间出现断层，容易出现政策“一刀切”的问题，影响高水平科技自立自强的实现效果。

区别于现有文献，本文可能的贡献有三个方面：（1）研究话题现代化。本文立足“高水平科技自立自强”的时代话题，贯通从理论到实证的逻辑进路，提供了更具针对性和指导意义的政策建议，有助于推进创新驱动发展战略，有利于深化中国式现代化建设，有益于服务我国 2035 年建成科技强国的远景目标。（2）测度体系全面化。本文依据科技强国“五个强大”的基本内涵，结合高水平科技自立自强的发展要求，构建高水平科技自立自强“三度三力”评价体系，理顺了从“科技自立”到“科技自强”的发展逻辑，完善了从理论定义到实践要求的测量层级，为后续研究提供理论基准。（3）研究视域丰富化。本文将研究视域从宏观国家层面和微观企业层面扩展到中观省域层面，补充了省域层面的事实与证据，揭示了各省在科技资源配置、科技政策执行等方面的共性与差异，由此铺就了从微观集聚到宏观涌现的中观过渡层，打通了宏观—中观—微观研究视域，提炼出适配的发展路径和策略建议，促进区域间的协调发展和经验共享。

二、高水平科技自立自强的测度逻辑、测度方法及数据来源

（一）高水平科技自立自强的测度逻辑

从政策指向上看，习近平总书记对建成科技强国作出“五个强大”的明确指示，将“强大的基础研究和原始创新能力”“强大的关键核心技术攻关能力”“强大的国际影响力和引领力”“强大的高水平科技人才培养和集聚能力”“强大的科技治理体系和治理能力”列为基本要素。^⑨从理论导向上看，科技“自立”强调创新行为，通过“自主创新”实现产业链、供应链的自主可控；科技“自强”强调创新结果，是在自立的基础上实现更高质量、更高效率的创新。^⑩从实践取向上看，实现高水平科技自立自强需要在关键核心技术、重要创新成果、国际科技合作、体系化创新支撑能力、科技创新体制五个方面共同发力。^⑪因此，对高水平科技自立自强的测度不仅要考虑理论内涵和实践要义，还要充分结合时代要求；不仅要追求“自主创新”的过程，还要注重“自立自强”体系下的创新结果；不仅要把握高水平科技自立自强的体系支撑能力，还要发掘在新时代新要求下高水平科技自立自强的前景和潜力。在此基础上，本文从“科技自立破除创新制约”“科技自强掌握发展主动”两个维度切入，厘清高水平科技自立自强的形成逻辑与决定机制。具体如下：

第一，科技自立破除创新制约。科技自立是打破创新瓶颈的关键所在，将科技发展的立足点、着眼点和落脚点放在国内的科技发展，建立以本土企业等载体为支撑和科研人才等生

⑨ 习近平：《在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话》，《求是》2024 年第 13 期，第 4—10 页。

⑩ 臧红敏、臧红岩：《科技自立自强的内涵、理论逻辑及实现路径研究》，《改革与战略》2023 年第 1 期，第 132—140 页。

⑪ 盛朝迅：《高水平科技自立自强的内涵特征、评价指标与实现路径》，《改革》2024 年第 1 期，第 40—50 页。

产要素为助力的产业链,实现自主、可控和安全发展。^①因此,本文将科技自立解构为“三度”:研发经费投入度、人才培养聚焦度与科技载体支撑度。研发经费是科技自立的物质基础,本文参考刘思明等的研究,选用 R&D 经费支出占 GDP 比重指标代理经费投入度;^②借鉴彭绪庶提出的“强大的基础研究能力,面向世界科技前沿的原始创新都是高水平科技自立自强的内在要求和重要体现”观点,采用基础研究经费占全部研发经费比重作为基础研究能力的衡量指标;^③同时,结合方维慰的研究,以科研经费内部支出和境外研究机构支出占科研经费外部支出比重作为科研经费自立的刻画指标。^④人才培养是科技自立的核心驱动,因此,本文以规模以上工业企业 R&D 人员数量、R&D 人员全时当量两项指标衡量人力投入;^⑤以高等学校在校生占总人口比重、本科以上人数占 R&D 人员比重作为高学历人才环境的代理指标。同时,科技载体是科技自立的硬件支撑,本文选用高等学校数、研究与开发机构数^⑥及规上工业企业有 R&D 活动的企业数^⑦作为科技载体支撑度的评价指标。

第二,科技自强掌握发展主动。科技自强是铸就新质生产力的关键支撑,^⑧其重点关注从“0”到“1”的基础性突破和原创性、引领性创新,并在国际赛道上争取新优势。^⑨因此,本文将科技自强进一步聚焦到“三力”:重要成果突破力、高新产业生产力与科技国际影响力。重要成果是科技自强的集中体现,参考王慧艳等及戴金辉和林典伟的研究,^⑩选择高水平论文篇数、国内三种专利申请授权数及 R&D 项目数指标以评价重要成果的突破力。高新产业是实现科技自强的重要途径,本文以高新产业新产品销售收入与研发支出的比值、高新技术市场成交额占 GDP 比重两个指标,测度高新产业的发展情况,^⑪同时结合方维慰

- ① 盛朝迅、荣晨、吴迪:《中国式现代化背景下我国构建新发展格局的主要标志与对策研究》,《宏观质量研究》2022年第6期,第1—13页。
- ② 刘思明、张世瑾、朱惠东:《国家创新驱动测度及其经济高质量发展效应研究》,《数量经济技术经济研究》2019年第4期,第3—23页。
- ③ 彭绪庶:《新质生产力的形成逻辑、发展路径与关键着力点》,《经济纵横》2024年第3期,第23—30页。
- ④ 方维慰:《中国高水平科技自立自强的目标内涵与实现路径》,《南京社会科学》2022年第7期,第41—49+102页。
- ⑤ 赵菁奇、金露露、张文君:《科技自立自强视域下国家创新体系效能建设与提升——以长三角区域为例》,《华东经济管理》2024年第1期,第26—36页。
- ⑥ 徐君、郭鑫、蒋雨晨:《中国区域数字创新能力评价及空间相关性与分异性研究》,《软科学》2022年第11期,第49—58页。
- ⑦ 许军:《中国产业链创新水平的测度评价:地区差距与动态演进》,《统计与决策》2024年第5期,第111—115页。
- ⑧ 傅联英、蔡煜:《中国市域新质生产力:时序演变、组群特征与发展策略》,《产业经济评论》2024年第4期,第5—22页。
- ⑨ 梁红军:《高水平科技自立自强:内在逻辑、制约因素及实现路径》,《学习论坛》2023年第6期,第110—117页。
- ⑩ 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》,《经济学家》2019年第11期,第64—74页;戴金辉、林典伟:《区域创新发展能力评价与空间差异测度》,《统计与决策》2024年第6期,第62—67页。
- ⑪ 赵菁奇、金露露、张文君:《科技自立自强视域下国家创新体系效能建设与提升——以长三角区域为例》,《华东经济管理》2024年第1期,第26—36页。

的研究，以高技术国家产业化计划项目落实资金、工业机器人安装密度作为高新产业业态革新的代理指标。^① 国际影响是科技自强的关键标志，本文选用高技术产品进出口贸易总额占 GDP 比重、^② 国外主要检索工具收录我国科技论文篇数^③ 与国外技术引进合同数^④ 三则指标刻画科技自强的国际影响力。

综上所述，本文根据高水平科技自立自强的时代内涵划分出两重准则层，拆分出“三度三力”6 个主题层，分别选取 21 项细分指标，构建高水平科技自立自强实现程度的测评体系（见表 1）。

表 1 高水平科技自立自强实现程度测评体系

目标层	准则层	主题层	指标层	指标属性
高水平科技自立自强	科技自立破除创新制约	研发经费投入度	R&D 经费支出占 GDP 比重	正向
			基础研究经费占全部研发经费比重	正向
			科研经费内部支出	正向
			境外研究机构支出占科研经费外部支出比重	负向
		人才培养聚焦度	规模以上工业企业 R&D 人员数量	正向
			R&D 人员全时当量	正向
			高等学校在校生占总人口比重	正向
			本科以上人数占 R&D 人员比重	正向
		科技载体支撑度	高等学校数量	正向
			研究与开发机构数量	正向
			规上工业企业有 R&D 活动的企业数量	正向
	科技自强掌握发展主动	重要成果突破力	高水平论文篇数	正向
			国内三种专利申请授权数	正向
			R&D 项目数	正向
		高新产业生产力	高新产业新产品销售收入与研发支出的比值	正向
			高新技术市场成交额占 GDP 比重	正向
			高技术国家产业化计划项目落实资金	正向
			工业机器人安装密度	正向
		科技国际影响力	高技术产品进出口贸易总额占 GDP 比重	正向
			国外主要检索工具收录我国科技论文篇数	正向
			国外技术引进合同数	负向

① 方维慰：《中国高水平科技自立自强的目标内涵与实现路径》，《南京社会科学》2022 年第 7 期，第 41—49+102 页。

② 谷斌、廖丽芳：《新基建投入与科技创新能力耦合协调发展水平测度及时空演进》，《科技进步与对策》2023 年第 11 期，第 60—70 页。

③ 易平涛、李伟伟、郭亚军：《基于指标特征分析的区域创新能力评价及实证》，《科研管理》2016 年第 S1 期，第 371—378 页。

④ 陈钰芬、范嵩盈：《区域知识创新水平的测度逻辑及比较》，《统计研究》2022 年第 10 期，第 34—50 页。

（二）高水平科技自立自强实现程度的测度方法

为准确地量化评估高水平科技自立自强的实现程度，同时保证评价结果的可比性和客观性。本文选用熵值法实证测度 2013—2022 年中国省级高水平科技自立自强的实现程度。熵值法计算步骤如下：

首先，对数据进行标准化处理：

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

在式（1）、（2）中， x_{ij} 表示第 t 年第 i 个省份第 j 项测评指标， x'_{ij} 为标准化后第 t 年第 i 个省份第 j 项测评指标，共有 h 个年份、 m 个省份、 n 项测评指标。

随后，计算指标体系的比重矩阵 P_{ij} ：

$$P_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{t=1}^h \sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (3)$$

紧接着，计算第 j 项指标的熵值 e_j ：

$$e_j = -K \sum_{t=1}^h \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

其中， $K = \frac{1}{\ln(h \times m)}$ ， $e_j \in [0, 1]$ 。

再者，计算第 j 项指标的差异系数 g_j ：

$$g_j = 1 - e_j \quad (5)$$

再以 g_j 计算各项指标的权重 W_j ：

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j} \quad (6)$$

随后，计算各年份各省份的高水平科技自立自强实现程度综合指标指数 S_{it} ：

$$S_{it} = \sum_{j=1}^n W_j \times x'_{ij} \quad (7)$$

最后，计算出高水平科技自立自强实现程度综合指标系数 S_{it} ， $S_{it} \in [0, 1]$ ， S_{it} 越高表示省份 i 的高水平科技自立自强的程度越高；反之，该省份的高水平科技自立自强的程度越低。

（三）测算高水平科技自立自强的数据来源

本文搜集 2013—2022 年中国 31 个省、自治区、直辖市的面板数据作为研究资料，样本观测值数量为 310。数据来源于《中国科技统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《国民经济和社会发展统计公报》等，个别缺失数据采用插值法或线性趋势法予以补齐。

三、高水平科技自立自强实现程度的实证测评与结果分析

本部分测算了 2013—2022 年 31 个省、自治区、直辖市高水平科技自立自强实现程度的均值水平。同时，为了更直观地考察省域高水平科技自立自强实现程度的空间分布

特征，参考傅联英等的研究，借助 ArcGIS 对高水平科技自立自强实现程度的空间分布状况进行可视化表征。^① 具体测算步骤为：首先，以 2013—2022 年各省高水平科技自立自强均值水平为数据基础，通过自然断裂法由高到低地依次取断点值；其次，依据高水平科技自立自强均值水平的断点值和取值范围，将样本省份划分为“跟跑者”“竞跑者”“领跑者”三类组群，取值范围分别为（0.041，0.108]、（0.108，0.182]、（0.182，0.471]。测算结果如表 2 所示：

表 2 2013—2022 年中国省域高水平科技自立自强实现程度均值水平及分位概况

分位	省份	平均得分	分位	省份	平均得分
领跑者	广东	0.471	跟跑者	河北	0.108
领跑者	江苏	0.431	跟跑者	吉林	0.103
领跑者	北京	0.365	跟跑者	黑龙江	0.101
领跑者	浙江	0.298	跟跑者	江西	0.101
领跑者	上海	0.262	跟跑者	甘肃	0.083
领跑者	山东	0.246	跟跑者	广西	0.081
竞跑者	湖北	0.182	跟跑者	山西	0.080
竞跑者	四川	0.172	跟跑者	云南	0.075
竞跑者	陕西	0.166	跟跑者	贵州	0.069
竞跑者	天津	0.164	跟跑者	新疆	0.058
竞跑者	安徽	0.157	跟跑者	海南	0.056
竞跑者	河南	0.154	跟跑者	西藏	0.055
竞跑者	湖南	0.147	跟跑者	内蒙古	0.052
竞跑者	辽宁	0.135	跟跑者	青海	0.042
竞跑者	福建	0.134	跟跑者	宁夏	0.041
竞跑者	重庆	0.125			

可以看出：（1）在样本考察期内，中国省级高水平科技自立自强实现程度的均值水平得分位于 0.041—0.471 之间，说明我国高水平科技自立自强尚存有较大的提升空间；（2）全国高水平科技自立自强的得分均值为 0.152，有 12 个省份位于均值以上，有 19 个省份位于均值以下，充分说明我国高水平科技自立自强建设虽已初见成效，但区域分布相对不均衡的现象值得重视；（3）我国高水平科技自立自强综合实现情况大体呈现出“领跑者”稀少、“竞跑者”适中、“跟跑者”堆积的“金字塔”型分布态势。“领跑者”包括 6 个省份，以北京和“广苏浙上鲁”等沿海发达省份组成了头部组群；“竞跑者”共有 10 个省份，覆盖面较为广阔，不仅包括湖北、湖南等中部地区的发达省份，也囊括福建、辽宁等拥有良好科技基础的省份；“跟跑者”涵盖 15 个省份，主要分布在“胡焕庸线”的西部地区。

① 傅联英、黄博林、古洋洋等：《中国市域新型工业化高质量发展：水平测度、组群分析与推进策略》，《上海经济》2024 年第 2 期，第 1—21 页。

四、高水平科技自立自强的时空格局及组群分析

分析高水平科技自立自强的时序演进规律与空间演化特征，有助于“因时施策、因地制宜”地推动高水平科技自立自强的建设。因此，本部分采用描述性统计、Dagum 基尼系数和 Moran's I 指数，以刻画省级高水平科技自立自强的时序演进、空间差异与空间集聚事实。

（一）高水平科技自立自强的时序演进

将全部省份样本分为八大经济区^①并计算 2013—2022 年高水平科技自立自强实现程度的动态变化情况，结果如图 1 所示。全国及八大经济区高水平科技自立自强实现程度均呈现出稳定上升的演进轨迹。具体而言：全国高水平科技自立自强实现程度从 2013 年的 0.112 上升到 2022 年的 0.202，增幅高达 80.8%。八大经济区的高水平科技自立自强实现程度演进轨迹与全国综合水平类似，不再过多赘述。

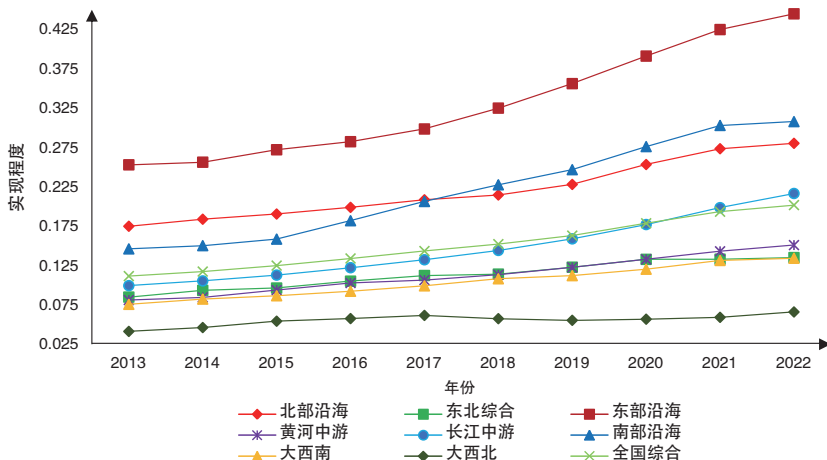


图 1 全国及八大经济区高水平科技自立自强实现程度演进轨迹

（二）高水平科技自立自强的空间差异

本部分采用 Dagum 基尼系数分解法剖析高水平科技自立自强的地区差异演变事实，结果如图 2 所示。从空间总体差异数值上看，我国高水平科技自立自强实现程度的总体基尼系数呈现出上升趋势，年平均增幅为 0.24%。从空间总体差异变化趋势上看，我国高水平科技自立自强实现程度的总体基尼系数呈现出“微笑型曲线”时序演变特征，表

① 依据国务院发展研究中心发表的报告《区域协调发展的战略与政策》（2005），我国可划分为八大经济区。东北综合经济区：辽宁、吉林、黑龙江。北部沿海综合经济区：北京、天津、河北、山东。东部沿海综合经济区：上海、江苏、浙江。南部沿海经济区：福建、广东、海南。黄河中游综合经济区：陕西、山西、河南、内蒙古。长江中游综合经济区：湖北、湖南、江西、安徽。大西南综合经济区：云南、贵州、四川、重庆、广西。大西北综合经济区：甘肃、青海、宁夏、西藏、新疆。由于数据可获得性，本研究的数据范围仅覆盖中国大陆 31 个省市，未包含香港特别行政区、澳门特别行政区以及台湾地区的数据。

现为“陡然下降→回弹上升→轻微下跌”的变化态势。首先，从 2013 年的 0.374 陡然下降至 2016 年的 0.340；随后，在 2017 年开始回弹，于 2021 年上升至最高值 0.386；紧接着，于 2022 年轻微回落至 0.383。

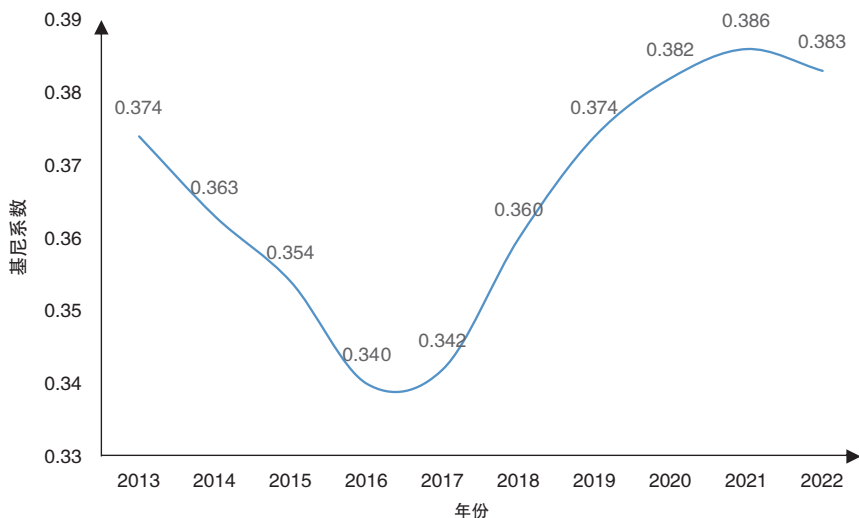


图 2 高水平科技自立自强实现程度基尼系数变动轨迹

在上述分析的基础上，本文将总体差异进一步分解为区域内贡献的差异、区域间贡献的差异及超变密度（区域间和区域内的交互作用）贡献的差异三部分，并考察各部分对总体差异的贡献大小。

1. 区域内差异

如表 3 所示，样本期内，北部沿海经济区和长江中游经济区区域内差异逐步缩小；其余六大经济区区域内差异逐渐扩大。具体而言：（1）北部沿海经济区的区域内差距从 2013 年的 0.274 逐年下降至 2022 年的 0.209，降幅为 23.7%；长江中游经济区的区域内差距从 2013 年的 0.139 逐年下滑至 2022 年的 0.112，降幅为 33.1%。虽然经济区内尚存些许发展不平衡现象，但仍呈现出区域内差距缩小的特征事实。可能的原因是：在北部沿海经济区存在北京、山东等“领跑者”省份，科研人才、科技项目等科技资源通过“扩散效应”逐步辐射到周边省份，形成高水平科技创新的良性互动，推动了区域内的均衡发展。长江中游经济区依靠武汉城市圈、长株潭都市圈、大南昌都市圈“三圈”协同发展，凭借武汉东湖等国家级高新技术产业开发区，促进了创新资源的共享共用，实现了科技优势的深度融合，逐步缩小了区域内差距。（2）其余六大经济区的区域内基尼系数呈现出不同程度的增长，东部沿海经济区的增长幅度最为明显，从 2013 年的 0.112 增长至 2022 年的 0.135，涨幅高达 20.5%。可能的原因是：东部沿海经济区包含上海、江苏、浙江三个“领跑者”省份，这些省份科技基础好，对人才、资金、技术、数据等生产要素的吸纳

能力强，通过“虹吸效应”形成“科技高地”，不断地从周边省份汲取科技资源，扩大了区域内部差异。此外，其余经济区或因资源集中、产业单一和市场封锁等问题，导致区域内协同发展能力较弱，不再赘述。

表 3 高水平科技自立自强实现程度区域内基尼系数

年份	东北综合	北部沿海	东部沿海	南部沿海	长江中游	黄河中游	大西南	大西北
2013	0.081	0.274	0.112	0.403	0.139	0.212	0.199	0.154
2014	0.060	0.269	0.107	0.402	0.136	0.229	0.198	0.161
2015	0.078	0.262	0.099	0.419	0.130	0.229	0.172	0.165
2016	0.069	0.252	0.099	0.376	0.122	0.212	0.182	0.127
2017	0.066	0.248	0.104	0.390	0.117	0.219	0.183	0.120
2018	0.059	0.254	0.108	0.418	0.101	0.223	0.203	0.130
2019	0.063	0.241	0.129	0.432	0.095	0.235	0.198	0.171
2020	0.074	0.225	0.133	0.436	0.094	0.241	0.203	0.182
2021	0.082	0.216	0.133	0.433	0.094	0.244	0.205	0.180
2022	0.087	0.209	0.135	0.440	0.093	0.239	0.209	0.168
均值	0.072	0.245	0.116	0.415	0.112	0.228	0.195	0.156
变化情况	0.006	-0.065	0.023	0.037	-0.046	0.027	0.010	0.014

2. 区域间差异

表 4 刻画了八大经济区在 2013—2022 年的区域间差异变化情况。从表 4 中列举的区域空间差异变化情况及基尼系数均值水平分析可得：（1）就区域间差距变化情况而言，以长江中游—北部沿海领头的九大经济区组合的区域间基尼系数均为负数，表明区域间差距略有缩小，具体包括：北部沿海—长江中游、北部沿海—黄河中游、北部沿海—大西南、东部沿海—长江中游、东部沿海—黄河中游、东部沿海—大西南、东北综合—北部沿海、东北综合—大西北、北部沿海—东部沿海；以长江中游—大西北为首的十九个经济区组合的区域间基尼系数为正数，表明区域间差距呈现扩大化态势。由上述分析可知，长江中游经济区在样本期内“追先甩后”趋势明显。（2）就区域间差距高低而言，东部沿海—大西北、南部沿海—大西北、北部沿海—大西北的区域间基尼系数的均值位列前三位，说明大西北经济区的高水平科技自立自强基础较为薄弱，与三大沿海经济区之间客观上存在着“科技鸿沟”。东北综合—长江中游、东北综合—大西南、长江中游—黄河中游的区域间基尼系数的均值处于后三位，表明除较为发达的三大沿海经济区和稍显贫瘠的大西北经济区外，其余经济区科技基础和创新发展的相对均衡，区域间高水平科技自立自强建设的协调性相对较强。在诸如北部沿海—东部沿海等其他的区域组合中，高水平科技自立自强实现程度的区域间基尼系数均值处于中等差距范畴。

表 4 高水平科技自立自强实现程度区域间基尼系数

区域组合	变化情况	均值	区域组合	变化情况	均值
东北综合 – 北部沿海	-0.020	0.339	东部沿海 – 黄河中游	-0.021	0.490
东北综合 – 东部沿海	0.037	0.487	东部沿海 – 大西南	-0.003	0.519
东北综合 – 南部沿海	0.092	0.432	东部沿海 – 大西北	0.022	0.707
东北综合 – 长江中游	0.092	0.158	南部沿海 – 长江中游	0.029	0.400
东北综合 – 黄河中游	0.049	0.205	南部沿海 – 黄河中游	0.057	0.459
东北综合 – 大西南	0.003	0.176	南部沿海 – 大西南	0.068	0.466
东北综合 – 大西北	-0.003	0.338	南部沿海 – 大西北	0.084	0.605
北部沿海 – 东部沿海	-0.002	0.253	长江中游 – 北部沿海	-0.108	0.273
北部沿海 – 南部沿海	0.033	0.387	长江中游 – 黄河中游	0.029	0.204
北部沿海 – 黄河中游	-0.058	0.367	长江中游 – 大西南	0.051	0.219
北部沿海 – 大西南	-0.048	0.389	长江中游 – 大西北	0.117	0.439
北部沿海 – 大西北	0.001	0.595	黄河中游 – 大西南	0.030	0.233
东部沿海 – 南部沿海	0.017	0.370	黄河中游 – 大西北	0.054	0.364
东部沿海 – 长江中游	-0.091	0.390	大西南 – 大西北	0.027	0.315

3. 区域差异的来源及贡献

图 3 展示了八大经济区高水平科技自立自强实现程度总体差异的来源及其贡献率，结果表明：（1）区域间差异贡献率最高，平均贡献率 76.70%。由此可知，高水平科技自立自强实现程度总体差距主要来源于区域间差异。（2）超变密度是造成高水平科技自立自强实现程度总体差异的第二大原因，其平均贡献率为 16.73%。（3）区域内差异的平均贡献率为 6.57%，对高水平科技自立自强实现程度总体差异的贡献程度最低。

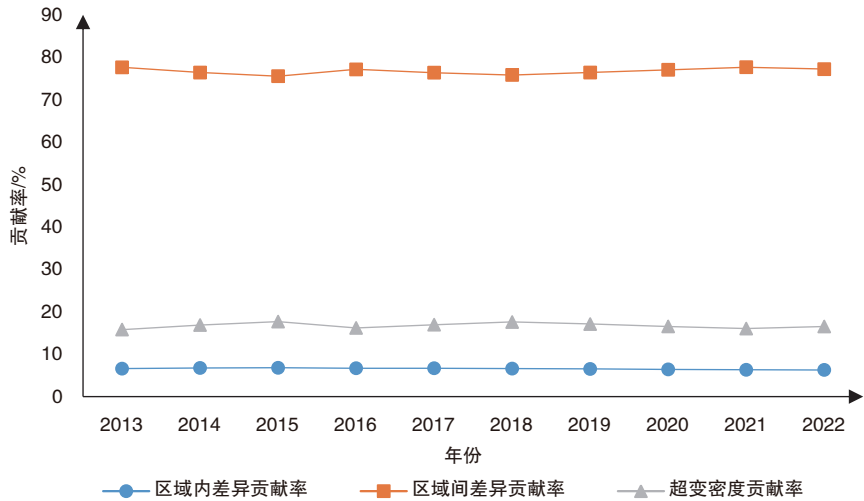


图 3 八大经济区高水平科技自立自强实现程度的空间差异来源

（三）高水平科技自立自强的空间集聚

1. 全局空间自相关分析

依据托布勒地理学第一定律，本文选用地理距离矩阵作为空间权重矩阵，估计高水平科技自立自强实现程度的省际全局 Moran's I 指数，结果如表 5 所示。2013—2022 年省际高水平科技自立自强实现程度的全局 Moran's I 指数均显著为正，表明省际高水平科技自立自强建设具有显著的空间正相关特征，意味着本省高水平科技自立自强实现程度的提高会受到地理距离相近省份的影响，呈现出“物以类聚”的空间关系。

表 5 2013—2022 年高水平科技自立自强实现程度的全局 Moran's I 指数及 P 值

年份	全局 Moran's I 指数	P 值	年份	全局 Moran's I 指数	P 值
2013	0.063	0.005	2018	0.040	0.023
2014	0.062	0.005	2019	0.046	0.015
2015	0.056	0.008	2020	0.052	0.010
2016	0.051	0.012	2021	0.059	0.006
2017	0.043	0.020	2022	0.066	0.003

2. 局部空间自相关分析

全局 Moran's I 指数揭示了高水平科技自立自强建设存在空间集聚现象，但未能反映出其相应的空间集聚模式。为进一步呈现省际集聚的类型化特征，本文采用局部 Moran's I 指数散点图加以刻画，结果如图 4 所示。可以看出，2013 年[图（a）]与 2022 年[图（b）]高水平科技自立自强实现程度的局部 Moran's I 指数绝大部分都落入第一象限与第三象限，存在显著的“高—高”集聚和“低—低”集聚两种空间特征，说明中国高水平科技自立自强建设展现出正向空间集聚特征，表现出“珠联璧合”的空间关系。

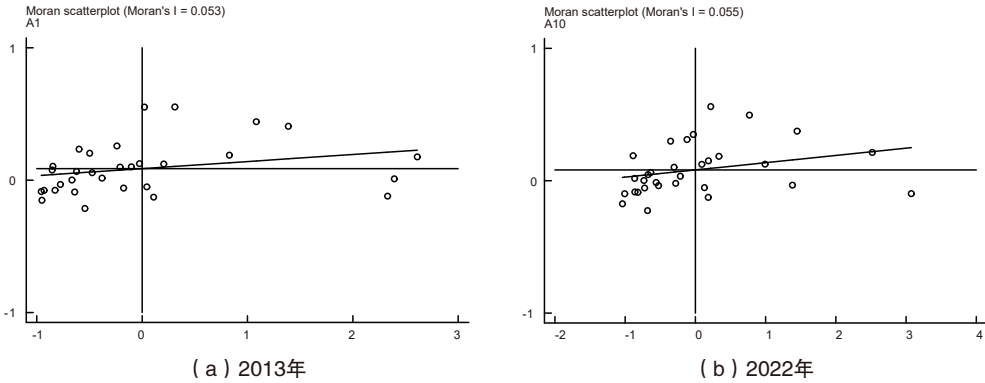


图 4 省域高水平科技自立自强实现程度的局部 Moran's I 指数散点图

（四）高水平科技自立自强的溢出效应

本部分进一步结合空间计量模型，识别并分析省域高水平科技自立自强实现程度的空间溢出效应。

1. 变量设置

参考林润田和李碧珍的研究，^① 本文将高水平科技自立自强的影响因素分为内部驱动因素（包含科技基础及政府、企业、高校、研发机构等参与主体提供的生产要素）和外部环境因素（外部经济环境），分别从高水平科技自立自强“内部攻坚”“外围坚守”两个阵地切入，选取政府投入（*Gov*）、企业支持（*Ent*）、高校创新（*Uni*）、机构支撑（*Ins*）、科技基础（*Bas*）五个内部驱动因素作为核心解释变量，设定产业结构（*Str*）、经济发展（*Eco*）、外商依存（*For*）三个外部环境因素作为控制变量，具体变量指标及说明见表 6。^②

表 6 变量指标设置及说明

变量类型	指标名称	指标说明
核心被解释变量	高水平科技自立自强实现程度	由前文高水平科技自立自强综合测度结果获得
核心解释变量	政府投入	政府科技支出
	企业支持	有研发机构企业数
	高校创新	高等学校 R&D 课题投入经费
	机构支撑	研发机构 R&D 人员占比
	科技基础	信息服务业从业人数
控制变量	产业结构	第三产业总产值 / 第二产业总产值
	经济发展	GDP 增长率
	外商依存	外商投资额

2. 模型设定

空间计量模型主要分为空间误差模型（SEM）、空间滞后模型（SLM）和空间杜宾模型（SDM）。因此，进一步通过空间面板模型检验以确定适用的空间计量模型。其结果如表 7 所示。

表 7 空间计量模型选择检验结果表

空间面板模型检验			统计值	P 值
LM 检验	Spatial error	LM	236.803***	0.000
		Robust LM	135.762***	0.000
	Spatial lag	LM	104.571***	0.000
		Robust LM	3.530*	0.060
			LR 检验	
		LR-SDM/SEM	67.760***	0.000
Wald 检验		Wald-SDM/SAR	26.030***	0.001
		Wald-SDM/SEM	15.020*	0.059

① 林润田、李碧珍：《中国工业创新效率的测度与空间溢出效应分析》，《统计与决策》2022 年第 7 期，第 97—101 页。

② 林润田、李碧珍：《中国工业创新效率的测度与空间溢出效应分析》，《统计与决策》2022 年第 7 期，第 97—101 页。

(续表 7)

空间面板模型检验		统计值	P 值
Hausman 检验		27.110*	0.057
个体 / 时间 / 双固定效应	LR-both/time	577.610***	0.000
	LR-both/ind	89.140***	0.000

注：***、**、* 分别代表在 1%、5%、10% 的水平上显著，下同。

可以看出，（1）LM 检验包括 LM-error 检验、稳健的 LM-error 检验、LM-lag 检验、稳健的 LM-lag 检验，其检验结果均显著拒绝“无空间自相关”假设，表明存在空间自相关效应，应选择空间计量模型。（2）LR 检验和 Wald 检验均显著拒绝了 SDM 模型退化成 SEM 模型或 SLM 模型的假设，因此选择空间杜宾模型（SDM）最优。（3）Hausman 检验说明模型在 1% 的水平上拒绝随机效应，应采用固定效应。（4）通过对个体、时间、双固定效应的 SDM 模型的似然比检验，均在 1% 的水平下显著拒绝原假设，故采用双固定效应。基于以上结果，本文选择双固定效应的空间杜宾模型（SDM）展开分析。

3. 空间溢出效应分解

为进一步考察内部驱动因素和外部环境因素对高水平科技自立自强的影响效应，本文采用空间杜宾模型（SDM）分析省域高水平自立自强实现程度的空间溢出效应，并将总效应拆解成直接效应和间接效应，结果如表 8 所示。

表 8 高水平科技自立自强的总效应、直接效应和间接效应

变量	直接效应	间接效应	总效应
<i>Gov</i>	0.011	0.030***	0.041***
<i>Ent</i>	0.014***	-0.010	0.004
<i>Uni</i>	0.016**	0.009	0.025
<i>Ins</i>	0.035***	0.055***	0.090***
<i>Bas</i>	0.006***	0.003	0.009***
<i>Str</i>	0.044***	0.122***	0.166***
<i>Eco</i>	0.107*	0.310**	0.417***
<i>For</i>	-0.012***	0.027***	0.015**

由表 8 结果可知：（1）政府投入的直接效应为正，但并不显著，总效应和间接效应均显著为正，说明各省政府的科技投入对高水平科技自立自强的建设并不明显，反而促进了溢出效应，可能的原因是各省的科技基础配套并不完善，导致对政府投入资金的吸收效率低下，进而造成高端科研设施匮乏、人才引进和留存困难等问题，加速了高水平科技自立自强生产要素的外溢。（2）企业支持的直接效应在 1% 的水平上显著为正，间接效应为负，总效应为正，均不显著，充分说明了企业作为科技创新主体在技术创新、研发投入和产业链整合方面的关键作用，但碍于企业的特殊性质，其建设成果未能实现有效溢出，导致企业对更大范围的高水平科技自立自强贡献有限。（3）高校创新的检验结果同企业支撑类似，但间接效应同总效应一样正向不显著，表明本省的高校在高水平

科技自立自强的课题研究和人才培养方面发挥了重要作用，但同样也反映了校际合作不充分和成果扩散机制不健全等问题。（4）机构支撑的三种效应均显著为正，证明研发机构在基础研究方面的着力，不仅显著促进了本省高水平科技自立自强的实现程度，同时形成了广泛的溢出效应，有效带动了邻省和全国的科技进步。（5）科技基础的直接效应和总效应的系数为正，且通过了 1% 的显著性检验，但间接效应并不显著，可能的原因是区域间协同机制不完善，导致基础优势无法辐射到邻省的高水平科技自立自强建设。

（6）从直接效应上看，产业结构、经济发展的显著为正，外商依存显著为负，但三者的间接效应和总效应均显著为正，阐明了良好的外部经济环境形成了“保障之墙”，逐步摆脱外商投资实现自主创新更是“蜕变之翼”，二者通力协作推动了各省高水平自立自强的建设，但现阶段我国正处于“将强未强、不进则退”的关键节点，囿于原始创新不足和整体效能不够等问题，仍需要进一步实现经济环境和产业结构的稳定，且需借助全方位国际合作实现突破。

（五）高水平科技自立自强的状态演变

参考许庆等的研究，本文采用传统 Markov 链和空间 Markov 链进一步测算高水平科技自立自强“领跑者”“竞跑者”“跟跑者”状态转移的概率，以及省域高水平科技自立自强的稳态分布特征。^①

1. 传统 Markov 链分析

利用 Matlab 软件测算高水平科技自立自强转移概率矩阵，结果如表 9 所示。

表 9 2013—2022 年高水平科技自立自强实现程度的传统 Markov 转移概率矩阵

类型	跟跑者	竞跑者	领跑者
跟跑者	0.877	0.123	0.000
竞跑者	0.014	0.831	0.155
领跑者	0.000	0.000	1.000

由结果可知：（1）对角线上的元素明显大于非对角线上的元素。“领跑者”“竞跑者”“跟跑者”省份在 1 年以后仍然保持该等级的概率分别为 87.7%、83.1% 和 100%，证明高水平科技自立自强不同等级下均拥有较强的稳定性，存在“俱乐部收敛”现象。对角线两端的元素大于对角线中间的元素，说明“俱乐部收敛”现象主要表现为“领跑趋同”和“跟跑趋同”。（2）“跟跑者”省份在 1 年之后提升到“领跑者”省份的概率为 0，说明高水平科技自立自强的等级提升仅存在于相邻等级之间，是个循序渐进的过程，不存在“跨越式提升”的现象。（3）“竞跑者”省份仅有 1.4% 的概率下跌至“跟跑者”，而“领跑者”省份不存在等级下跌的风险，表明高水平科技自立自强的建设成果具有“向上刚性”。可能的原因是：随着高水平科技自立自强等级的提升，“领跑者”“竞跑者”省份在科技基础、人才储备和国际合作等方面筑牢领先优势，科技成果的抗倒退风险能

① 许庆、刘进、熊长江：《中国农村基础设施发展水平、区域差异及分布动态演进》，《数量经济技术经济研究》2022 年第 2 期，第 103—120 页。

力随之提升。

2. 空间 Markov 链分析

高水平科技自立自强实现程度具有显著的空间相关性，本文据此进一步借助空间 Markov 链分析方法，识别空间因素对高水平科技自立自强程度的影响，结果如表 10 所示。

表 10 2013—2022 年高水平科技自立自强实现程度的空间 Markov 转移概率矩阵

空间滞后类型	$t/t+1$	跟跑者	竞跑者	领跑者
跟跑者	跟跑者	0.933	0.067	0.000
	竞跑者	0.000	0.833	0.167
	领跑者	0.000	0.000	1.000
竞跑者	跟跑者	0.895	0.105	0.000
	竞跑者	0.033	0.867	0.100
	领跑者	0.000	0.000	1.000
领跑者	跟跑者	0.800	0.200	0.000
	竞跑者	0.000	0.800	0.200
	领跑者	0.000	0.000	1.000

可以看到：（1）不同的空间滞后类型下，转移概率矩阵的对角线元素依然高于非对角线元素。这说明在空间溢出效应下，省域高水平科技自立自强实现程度仍能大概率保持等级锁定。（2）在不同空间滞后类型下，Markov 转移概率矩阵均不相同，说明邻近省份的高水平科技自立自强实现程度高低会对省高水平科技自立自强程度产生影响。（3）邻省高水平科技自立自强实现程度的高低会正向影响转移的概率和方向。当空间滞后类型为“跟跑者”省份时，未来 1 年同为“跟跑者”的省份维持原等级的概率为 93.3%，向“竞跑者”转移的概率为 6.7%。当“跟跑者”省份邻近“竞跑者”“领跑者”省份时，其保持原水平的概率分别降低至 89.5% 和 80.0%，向上转移的概率则分别提升至 10.5% 和 20.0%。同样地，当“竞跑者”省份与“领跑者”省份为邻时，其保持原水平的概率也由与“跟跑者”为邻时的 83.3% 和与“竞跑者”为邻时的 86.7% 降至 80.0%，说明“与善为邻”能够显著促进高水平科技自立自强实现程度低的省份向实现程度高转移。

五、实现高水平科技自立自强的障碍因素识别

本文参考佟孟华等的做法，^①采用障碍因素诊断模型对高水平科技自立自强的指标层进行诊断，以厘清我国实现高水平科技自立自强过程中的阻力因素。表 11 汇报了 2013—2022 年省域高水平科技自立自强实现程度的前 3 项障碍因素及其障碍度贡献率。

① 佟孟华、褚翠翠、李洋：《中国经济高质量发展的分布动态、地区差异与收敛性研究》，《数量经济技术经济研究》2022 年第 6 期，第 3—22 页。

表 11 2013—2022 年省域高水平科技自立自强实现程度的主要障碍因素及其贡献率

年份	第一障碍因素	第二障碍因素	第三障碍因素	年份	第一障碍因素	第二障碍因素	第三障碍因素
2013	规上研发企业数量(10.69%)	工业机器人安装密度(10.20%)	高新技术交易量(9.81%)	2018	规上研发企业数量(10.53%)	工业机器人安装密度(9.97%)	高新技术交易量(9.96%)
2014	规上研发企业数量(10.65%)	工业机器人安装密度(10.19%)	高新技术交易量(9.83%)	2019	规上研发企业数量(10.28%)	高新技术交易量(10.02%)	工业机器人安装密度(9.92%)
2015	规上研发企业数量(10.61%)	工业机器人安装密度(10.18%)	高新技术交易量(9.87%)	2020	规上研发企业数量(10.23%)	高新技术交易量(10.07%)	工业机器人安装密度(9.92%)
2016	规上研发企业数量(10.54%)	工业机器人安装密度(10.16%)	高新技术交易量(9.93%)	2021	高新技术交易量(10.14%)	规上研发企业数量(10.05%)	工业机器人安装密度(9.88%)
2017	规上研发企业数量(10.45%)	工业机器人安装密度(10.06%)	高新技术交易量(10.00%)	2022	规上研发企业数量(10.08%)	高新技术交易量(9.92%)	高技术产品进出口比重(9.88%)

从障碍因素出现频次上来看，科技自立破除创新制约层面中的规上研发企业数量指标与科技自强掌握发展主动层面中的高新技术交易量指标出现频次最高，均为 10 次；科技自强掌握发展主动层面中的两项指标工业机器人安装密度、高技术产品进出口比重出现频次位列其后，分别为 9 次与 1 次。此外，四项主要障碍因素中，有三项因素来源于科技自强掌握发展主动层面。不难发现，科技自强掌握发展主动是制约我国实现高水平科技自立自强的主要准则层因素。

从障碍因素贡献率上分析：（1）尽管规上研发企业数量在 2013—2020 年间为第一障碍因素，但其障碍度贡献率呈现逐年下滑的趋势，说明作为科研活动重要载体之一的企业，其研发贫瘠的状况正在慢慢改善。可能的原因在于，政府近年来开始重视企业作为技术创新的主体地位，并通过项目“揭榜挂帅”和研发补贴政策等方式，营造了更好的科研环境，切实加强企业的参与度。（2）工业机器人安装密度的障碍度贡献率从 2013 年的 10.20% 逐年下降至 2021 年的 9.88%，并在 2022 年不再成为前三障碍因素。可能的原因在于，我国重视智能化发展，积极推进业态革新，希冀在科技自强建设方面抢占高新产品新赛道，同时拥有广阔的机器人应用市场使之成为新时期高质量发展的攻坚方向，得到了政策的大力支持和推动。（3）高新技术交易量的障碍度贡献率从 2013 年开始逐年攀升，并在 2021 年以 10.14% 的贡献率成为第一障碍因素，虽在 2022 年有所回落，但整体仍呈现上升状态，表明我国高新成果向现实生产力转化不力、不顺、不畅的痼疾日益凸显。可能的原因在于，当前发展“重研发、轻转化”“重论文、轻专利”等现象仍然存在，导致源头上的科研成果转化意识不强，结果上对标技术市场的需求错位和脱节，使得有转化价值的成果涌现不足。（4）高技术产品进出口比重在 2022 年以 9.88% 的贡献率一跃成为第三障碍因素，说明高技术产品仍然欠缺适应国际不同市场需求的强大能力，国际竞争力亟待加强。

六、研究结论与推进策略

（一）研究结论

习近平总书记强调：“科技兴则民族兴，科技强则国家强。”^①实现高水平科技自立自强既是我国抓住新一轮科技革命和产业变革的战略选择，也是推动高质量发展的必由之路，更是立足全球的强盛之基、安全之要。本文从科技自立破除创新制约、科技自强掌握发展主动切入，构建包含研发经费投入度、人才培养聚焦度、科技载体支撑度、重要成果突破力、高新产业生产力、科技国际影响力的“三度三力”高水平科技自立自强评价体系，提取出 21 项细分指标，运用熵值法对 2013—2022 年省域高水平科技自立自强实现程度进行测评。此外，本文还进一步探究了高水平科技自立自强建设的动态时序演进、组群差异事实和空间集聚特征，并剖析了制约实现高水平科技自立自强的障碍因素。主要结论如下。

第一，从综合水平与时序演进上看，2013—2022 年间省域高水平科技自立自强平均实现程度存有较大的进步空间，并且在样本期内全国及八大经济区高水平科技自立自强实现程度均呈现出稳定上升的演进轨迹。

第二，从差异演变与来源上看，总体差异呈现出“陡然下降→回弹上升→轻微下跌”的“微笑型曲线”演变特征；区域内差异上，除北部沿海和长江中游经济区，其余经济区内部差异均逐渐扩大；区域间差异上，长江中游经济区在样本期内“追先甩后”趋势明显，大西北经济区稍显贫瘠，与其余经济区的差异有所扩大，其他区域组合的基尼系数均值处于中等差距范畴；进一步从差异来源分析，区域间差异对总体差异的贡献率最大。

第三，从空间事实与动态上看，通过自然断裂法对省域高水平科技自立自强实现程度进行分位后，我国 31 个省份被划分为领跑者（6 省）、竞跑者（10 省）和跟跑者（15 省），分别占据考察省份总数的 19.35%、32.26% 和 48.39%，呈现出“领跑者”稀少、“竞跑者”适中、“跟跑者”堆积的“金字塔”分布态势。中国省域高水平科技自立自强建设存在较高的空间相关性，多数省份位于“高—高”集聚区与“低—低”集聚区。企业支持、高校创新、机构支撑、科研基础等内部驱动因素会有效促进本省高水平科技自立自强的实现程度，在产业结构、经济发展等外部环境因素保障高水平科技自立自强建设的同时，减少外商依存度可以推动本省实现科技突破，并形成广泛的溢出效应。高水平科技自立自强实现程度存在“俱乐部收敛”现象，实现跨越式提升的可能性不高；但是，随着竞争位序的提升，科技成果的抗倒退风险能力随之提升；当考虑空间因素时，“与善为邻”“择良木而栖”的正向溢出效应，能够显著促进高水平科技自立自强实现程度低的省份向实现程度高转移。

第四，从障碍因素识别结果上看，规上研发企业数量、工业机器人安装密度、高新技术交易量、高技术产品进出口比重是阻碍实现高水平科技自立自强的主要因素，进一步加强高水平科技自立自强建设需因地制宜、量体裁衣，着重从以上四个方面发力。

^① 习近平：《在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话》，《人民日报》2024 年 6 月 25 日。

（二）推进策略

省域高水平科技自立自强实现程度虽呈现稳定增长的态势，但仍面临总体水平低、发展不均衡等问题。习近平总书记指出：“世界百年未有之大变局加速演进，科技革命与大国博弈相互交织，高技术领域成为国际竞争最前沿和主战场，深刻重塑全球秩序和发展格局。”^①在此背景下，本文的结论有益于深刻把握高水平科技自立自强的特征事实以筑牢科技根基和底座，有利于精准厘清高水平科技自立自强的建设障碍以破除困境并抢占科技创新制高点，有助于全面提升高水平科技自立自强的实现程度以牢牢掌握科技命脉和发展主动权。基于以上研究结论并结合习近平总书记的科技工作指示，本文试探性提出以下三点推进策略。

1. 完善顶层设计，理顺发展逻辑

从现有水平来看，我国高水平科技自立自强建设正处于“将强未强、不进则退”的关键阶段，需要充分发挥新型举国体制优势，提升科技创新效能。（1）优化科技战略布局。完善党中央对科技工作集中统一领导的体制，构建高水平科技自立自强的协同指挥体系，进一步强化战略布局和迎合时代需求，同时整合创新要素和优化资源配置，由上至下全面调动各方面科研积极性，着力发展“人工智能+”以推进“新质生产力”建设，从而赋能“未来产业科技”，提升高水平科技自立自强生命力和战斗力。（2）绘制科技自立蓝图。加大研发经费投入度，多样化 R&D 经费的来源，提高基础研究组织化程度，完善竞争性支持和稳定支持相结合的投入机制；深化人才培养聚焦度，优化高等学校学科设置，创新人才培养模式，实行“早发现早培养”，坚持“破四唯”和“立新标”并举，同时注重支持跨学科复合型人才，使更多的科研青年才俊脱颖而出；提升科技载体支撑度，坚持建设和完善各类科技创新平台，提供必要的实验设施、技术支持和资金投入，加速孕育“科技种子”，稳定构筑创新高地。（3）吹响科技自强号角。加速重要成果突破力，积极引导科研成果对标国家战略需求，对标“四个面向”发展需要，在重大“卡脖子”领域实现突破，同时优化配套体制机制保障推动高质量科技成果转化；培育高新产业生产力，扎实推动科技创新和产业创新深度融合，采取税收优惠和财政补贴等吸引更多创新型企业投入到高新技术领域的研发和生产中；立足科技国际影响力，深入践行国际科技合作倡议，汲取各国科技发展经验，参与和主导国际科技项目和联合研究，提升我国科技成果的知名度和影响力。

2. 协调区域发展，弥合科技鸿沟

通过样本经济区的时空组群分析发现，在实现高水平科技自立自强的进程中，无论是经济区内抑或是经济区间，都存在一定的差距，区域发展不平衡问题亟待解决。

（1）科学合理布局，持续优化北部、东部、南部三大沿海经济区的资源投入，重点扶持黄河中游、长江中游等中部经济区的科研力量建设，扎实推进东北综合、大西南、大西北等偏远经济区的科技战略部署，有序提升不同区域、不同类型、不同特色国家战略科

① 习近平：《在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话》，《人民日报》2024 年 6 月 25 日。

技力量的发展水平，因地制宜地塑造一批在不同关键核心技术领域具备原始创新能力的战略支点。（2）着力“扬优势补短板”，从各地优势领域着手，推动京津冀、长江经济带、粤港澳大湾区的国际科技创新中心建设，有效提升我国高水平科技自立自强的国际影响力；重点关注航空航天、轨道交通等中西部地区优势领域，形成对创新要素的“向心力”，力求“以点带面”式推动本地区高水平自立自强建设；此外，各省府应在短板处加大政策的倾斜力度，强化有利于资源要素向短板处配置的激励机制，形成内生聚合合力以有效增强区域高水平科技自立自强建设的平衡协调性。（3）省内构建协同创新机制，培育和发展价值共创型创新联合体，以吸引更多创新主体参与攻关“卡脖子”问题；省外增强资源跨区域流通性，促进人才、资金、技术等科研生产要素合理流动和高效集聚，“借外力”以“强内力”，形成“强强联合”“强弱协作”的高水平科技自立自强新模式。

3. 紧抓破局因素，着力自立自强

通过识别实现高水平科技自立自强进程中障碍因素发现，规上研发企业数量、工业机器人安装密度、高新技术交易量、高技术产品进出口比重是阻碍实现高水平科技自立自强的主要因素，政府可针对性地实行政策调整和激励以实现破局。（1）强化企业科技创新主体地位，支持企业牵头或参与国家重大科技项目，并完善容错和激励机制，分散科技投资风险，降低企业试错成本，稳定企业在开展研发活动时对投资回报率的预期。在此基础上，鼓励中小企业和民营企业积极参与科技创新活动。（2）完善企业主导的产学研深度融合，构建产学研科技创新协同体系，通过企业瞄准国际市场需求，进而最大程度发挥高校和研发机构的基础研究优势，为高水平科技自立自强提供前沿理论支持和高新技术储备，确保国家在全球科技竞争格局中的战略优势。（3）确保产业链供应链自主可控，有力扶持高新产业发展，抢占未来科技和产业发展制高点。扩大工业机器人安装投入量和保有量，推进工业机器人与产业链稳定的深度融合，在此基础上锻炼人机协作能力，发挥“1+1>2”的创新协同效应，形成高水平科技自立自强的支撑作用。同时依托我国产业基础优势和超大规模市场优势，瞄准国家需求和热点领域，促进科技成果转化应用，从而全面提升技术市场的流通率。（4）正确处理独立自主、自立自强与对外开放的辩证关系，实施开放包容、互惠共享的国际科技合作战略，积极融入全球创新网络，赋能高水平科技自立自强建设，坚持“引进来”和“走出去”并存，深度参与全球科技治理，推动完善我国科技成果的国际贸易规则，优化科研人才的国际协作体系，全方位提升我国科技发展的国际影响力，为高水平科技自立自强注入全新动能。

High-level Scientific and Technological Self-reliance: Measurement, Comparison and Advancement

FU Lianying, HUANG Bolin, CHEN Linlin, CAI Yu

Abstract: President Xi Jinping stated that achieving greater self-reliance and strength in science and technology is the key to Chinese modernization. Based on the basic connotation

of “five powerful” and the strategic goal of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement. It constructed the “three degrees and three forces” measurement system of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement, and used the entropy method to measure the degree of its realisation at the provincial level, with the help of the natural fracture method, Dagum’s Gini coefficient, Moran’s I index, Markov chain transfer probability, and the natural fracture method. With the help of natural fracture method, Dagum Gini coefficient, Moran's I index, Markov chain transfer probability method, spillover effect decomposition method and obstacle diagnostic model, It revealed the fact of spatial and temporal variations and identify the obstacles. The results show that: the inter-provincial camps of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement are obviously divided, presenting a “pyramid” with few “leaders”, moderate “competitors” and many “followers”. “Pyramid” pattern; Chronologically, the overall gap in the degree of realisation of high-level scientific and technological self-reliance shows the evolution of a “smiling curve” with a steep decline → rebound rise → slight decline; spatially, high-level scientific and technological self-reliance shows positive spatial agglomeration and “club convergence” phenomenon; The number of R&D enterprises under regulation, the density of industrial robot installation, the volume of high-tech transactions, and the proportion of import and export of high-tech products are the main factors hindering the self-reliance of high-level science and technology. Based on the above facts, It puts forward suggestions to accelerate the realisation of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement from the perspective of perfecting the top-level design, coordinating the inter-provincial development and grasping the breakthrough factors.

Keywords: greater self-reliance and strength in science and technology; scientific and technological innovation; spatial and temporal differentiation; obstacle factors; scientific and technological powerhouse

(责任编辑: 陈 彬)